

Ս.Գ. ԱՂԲԱԼՅԱՆ, Ա.Ռ. ՍԱՐԳՍՅԱՆ

ԲԱՐՁՐ ԷԼԵԿՏՐԱՀԱՂՈՐԴԱԿԱՆՈՒԹՅԱՄԲ ԵՎ ՋԵՐՄԱԿԱՅՈՒՆՈՒԹՅԱՄԲ  
ՊՂՆՁԻ ՀԻՄՔՈՎ ՓՈՇԵԿՈՄՊՈԶԻՏՅՈՒՆ ՆՅՈՒԹԵՐԻ ՍՏԱՑՄԱՆ  
ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՅԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ

Մշակվել է դիսպերս մասնիկներով կարծրացող (ինտերմետաղական ֆազեր) և դիսպերս հատիկներով ամրացվող պղնձի հիմքով բարձրամուր և բարձր էլեկտրահաղորդականությամբ ու ջերմակայունությամբ օժտված շերտավոր փոշեկոմպոզիտային նյութի ստացման տեխնոլոգիա, որը ներառում է հետևյալ գործողությունները. արտաքին և ներքին շերտերի բովախառնուրդների պատրաստում, արտաքին շերտի և միջուկի մամլում, մեկը մյուսի մեջ հավաքում, վերամամլում, տաքացում (եռակալում), տաք արտամղում և ջերմային մշակում: Ուսումնասիրվել են ստացված շերտավոր կոմպոզիտային նյութի կառուցվածքը և ֆիզիկամեխանիկական հատկությունները, որոնք լիովին բավարարում են կոնտակտային եռակցման էլեկտրոդների հատկություններին ներկայացվող պահանջները:

**Առանցքային բառեր.** բովախառնուրդ, մամլում, եռակալում, տաք արտամղում, փոշեկոմպոզիտային նյութ, ջերմամաշակում, դիսպերս կարծրացում և ամրացում, էլեկտրահաղորդականություն, ջերմակայունություն:

**Ներածություն.** Հայաստանի Հանրապետության տնտեսության զարգացման գերակա ուղղություններից է մետալուրգիան, այդ թվում՝ մետաղական հիմքով և ֆունկցիոնալ հատկություններով օժտված նոր կոմպոզիտային նյութերի ստեղծումը, առանց որոնց անհնար է պատկերացնել տեխնիկական առաջընթացը, հատկապես մեքենաշինության, էլեկտրատեխնիկական և ռազմական արդյունաբերության հետագա զարգացումը: Ընդ որում, տեխնիկայի զարգացմանը զուգընթաց ավելի մեծ տեղ է հատկացվում կոմպոզիտային նյութերին (ԿՆ), հատկապես մետաղական հիմքով բարձրամուր և ֆունկցիոնալ նշանակությամբ նյութերին: Այս տեսակետից մեծ հետաքրքրություն են ներկայացնում պղնձի հիմքով կոմպոզիտային նյութերը, ինչպիսիք են դիսպերս մասնիկներով կարծրացող և դիսպերս հատիկներով ամրացվող պղնձե փոշեհամաձուլվածքները, որոնց պահանջարկը շատ մեծ է ժամանակակից տեխնիկայում, հատկապես կոնտակտային եռակցման էլեկտրոդների արտադրությունում: Այս էլեկտրոդներին ներկայացվող պահանջներն են բարձր էլեկտրահաղորդականությունը և ջերմակայունությունը, որոնց ապահովման համար օգտագործվող նախապատրաստվածքները ցանկալի է՝ ունենան անձակոտկեն և շերտավոր կառուցվածք, որում արտաքին

շերտը կապահովի բարձր էլեկտրահաղորդականություն, իսկ ներքին շերտը՝ բարձր ջերմակայունություն: Այսպիսի կառուցվածք գործնականում հնարավոր է ապահովել միայն փոշեմետալուրգիական եղանակներով, հատկապես շերտավոր մամլվածքների տաք արտամղման կամ ճնշմամբ մշակման միջոցով: Սակայն մինչև այժմ մշակված չէ համապատասխան տեխնոլոգիա, և ուսումնասիրված չեն դիսպերս մասնիկներով (ֆազերով) կարծրացող և դիսպերս հատիկներով ամրացվող պղնձի հիմքով շերտավոր կառուցվածքներով փոշեկոմպոզիտային նյութերի ստացման տեխնոլոգիական առանձնահատկությունները և կառուցվածքագոյացման գործընթացը: Եվ քանի որ փոշեմետալուրգիան հանդիսանում է խիստ հեռանկարային ուղղություն Հայաստանի Հանրապետության համար, որտեղ առկա են մետաղական հումքի, հատկապես պղնձի, մեծ պաշարներ, հետևապես՝ առաջարկվող տեխնոլոգիան նույնպես հեռանկարային է, շահավետ և տարբերվում է ավանդական եղանակներից:

Ելնելով վերը նշվածից՝ հետազոտության նպատակն է մշակել դիսպերս մասնիկներով (ֆազերով) կարծրացող և դիսպերս հատիկներով ամրացվող բարձր էլեկտրահաղորդականությամբ ու ջերմակայունությամբ օժտված պղնձի հիմքով շերտավոր կոմպոզիտային նյութերի ստացման տեխնոլոգիա և հետազոտել դրանց կառուցվածքի ու հատկությունների ձևավորման գործընթացները:

**Խնդրի դրվածքը և մեթոդիկայի հիմնավորումը.** Կատարվել է կոմպոզիտային նյութերի ստացման տեխնոլոգիային և կառուցվածքի ու հատկությունների ձևավորմանը նվիրված հայրենական և արտասահմանյան գրականության վերլուծություն [1-6], որի արդյունքում պարզվել է, որ բարձր կարծրությամբ, ամրությամբ, էլեկտրահաղորդականությամբ, ջերմահաղորդականությամբ և ջերմակայունությամբ օժտված համաձուլվածքները, որոնք կարող են կիրառվել կոնտակտային եռակցման էլեկտրոդներ պատրաստելու համար, պետք է լինեն պղնձի հիմքով, որոնց կարծրացումը և ամրացումը պետք է կատարվի ջերմամշակմամբ՝ դիսպերս մասնիկներով (ինտերմետաղական ֆազերով) կարծրացման և դիսպերս հատիկներով ամրացման մեխանիզմներով:

Դիսպերս մասնիկներով (ֆազերով) կարծրացող և դիսպերս հատիկներով ամրացվող նյութերում դիսպերս մասնիկները և հատիկները սկսում են ցուցաբերել ամրացնող ազդեցություն այն ժամանակ, երբ մեխանիկական ներգործությունների ընթացքում սահմանափակվում է մայրակի դեֆորմացումը: Այդ ամրացման մեծությունը հայտնի չէ և ներկայացնում է բարդ կախվածություն: Մա մասնիկների կամ հատիկների միջև եղած հեռավորության և դրանց տրամագծի հարաբերության ֆունկցիան է, ինչպես նաև՝ մայրակի և մասնիկի կամ հատիկի առաձգական բնութագրերի հարաբերությունը: Մովորաբար դիսպերս մասնիկներով կամ հատիկներով ամրացված կոմպոզիտային նյութի առաձգականության

մոդուլն ունի նվազագույն մեծություն, որը հիմնավորվում է համաձայն «խառնուրդի օրենքի».

$$E_{կն} = V_{ս} E_{ս} + V_{դս} E_{դս} + V_{դհ} E_{դհ},$$

որտեղ  $E_{կն}$ -ն,  $E_{ս}$ -ը,  $E_{դս}$ -ը և  $E_{դհ}$ -ը համապատասխանաբար կոմպոզիտային նյութի, մայրակի, դիսպերս մասնիկների և դիսպերս հատիկների առաձգականության մոդուլներն են,  $V_{ս}$ -ն,  $V_{դս}$ -ն և  $V_{դհ}$ -ն՝ համապատասխանաբար մայրակի, դիսպերս մասնիկների և դիսպերս հատիկների ծավալային մասնաբաժինները: Այս նյութերում, այդ թվում՝ նաև փոշեկոմպոզիտային, մայրակն իր վրա է կրում հիմնական բեռնվածությունը, իսկ դիսպերս մասնիկները և հատիկներն արգելակում են մետաղական մայրակում դիսլոկացիաների շարժումը: Մայրակի ամրացման աստիճանը համեմատական է այն դիմադրությանը, որը ցուցաբերում են մասնիկները և հատիկները դիսլոկացիաների շարժմանը [7, 8]: Հիմնական փոփոխականները, որոնցից կախված է ամրացման արդյունավետությունը, հանդիսանում են մայրակում մասնիկների կամ հատիկների միջև եղած միջին ազատ ճանապարհը ( $S$ ) և նրանց միջև գոյություն ունեցող միջակայքը ( $D$ ): Այս մեծությունները կախված են մասնիկների և հատիկների տրամագծից ( $d$ ) և նրանց ծավալային կոնցետրացիայից ( $V$ ) հետևյալ հարաբերակցությամբ՝

$$S = (2d / 3V) (1 - 3V),$$

$$D = (2d^2 / 3V)^{1/2}(1 - V) :$$

Դիսպերս մասնիկների կամ հատիկների միջով դիսլոկացիայի անցման համար կիրառված լարումը պետք է լինի բավարար և հնարավորություն տա դիսլոկացիային ծովելու և կիսակլոր օղակի վերածվելու: Դիսլոկացիայի ծոման կորության նվազագույն շառավիղը՝ ըստ  $\tau_i$  ներքին լարումների դաշտի ազդեցության, արտահայտվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$R = G_{ս} b / 2\tau_i,$$

որտեղ  $G_{ս}$ -ը մայրակի սահքի մոդուլն է, իսկ  $b$ -ն՝ Բյուրգերսի վեկտորը: Համապատասխանաբար, եթե մասնիկների և հատիկների միջև հեռավորությունը հավասար է  $D_{դս}$  կամ  $D_{դհ}$ , ապա մասնիկի կամ հատիկի շուրջը դիսլոկացիայի կորացման համար անհրաժեշտ լարումը կլինի.

$$\tau_i = G_{ս} b / D_{դս} \text{ կամ } \tau_i = G_{ս} b / D_{դհ},$$

քանի որ  $2R = D_{դս}$  կամ  $2R = D_{դհ}$ :

Եթե լարման մեծությունը բավարար է  $R = D_{դս}/2$  կամ  $R = D_{դհ}/2$  կորության շառավիղով դիսլոկացիայի ծոման համար, ապա դիսլոկացիայի հանգույցը ըն-

դարձակվում է ինքնաբերաբար՝ արդեն առանց լարման մեծացման: Մասնիկների միջև վերին և ներքին սահմանների միջակայքը կարելի է գնահատումով որոշել՝ վերցնելով որպես ներքին լարման սահման, որն անհրաժեշտ է մասնիկի շուրջը հանգույցի ընդարձակման համար, մաքուր մայրակի հոսունության սահմանը, որը հավասար է  $G/1000$ , իսկ որպես վերին սահման՝ տեսական ամրությունը, որը սահքի ժամանակ հավասար է  $G/30$ : Տեղադրելով այս արժեքները  $2R = D_{\text{մ}}$  կամ  $2R = D_{\text{ն}}$  հավասարումների մեջ և ընտրելով  $b$  Բյուրգերսի վեկտորի մոդուլի մեծությունը հավասար  $0,3 \text{ նմ}$ , կստանանք, որ արդյունավետ կերպով ամրացման համար մասնիկների միջև հեռավորությունը պետք է լինի 10-ից մինչև 300  $\text{նմ}$  սահմաններում: Բայց եթե հաշվի չառնենք ամրության բարձրացման և սողքի դիմադրության դեպքերը, ապա միշտ նպատակահարմար է պահպանել մայրակի ավելի շատ հատկություններ, ինչպիսիք են պլաստիկությունը, էլեկտրահաղորդականությունը, ջերմահաղորդականությունը և հարվածային մածուցիկությունը: Այս վերջին սահմանափակումը պահանջում է, որ մասնիկների ծավալային կոնցենտրացիան պահպանվի ցածր մակարդակում: Որպեսզի պահպանենք մայրակում միջին ազատ ճանապարհի մեծությունը  $0,01$  մինչև  $0,3 \text{ մկմ}$ , մասնիկների ծավալային բաժնի մինչև 15 տոկոսի սահմաններում, մասնիկների տրամագիծը չպետք է գերազանցի  $0,1 \text{ մկմ}$ : Այս պարամետրերը դիսպերս-կարծրացող և ամրացվող կոմպոզիտային նյութերում պետք է պահպանել հետևյալ սահմաններում՝  $S = 0,3$  մինչև  $0,01 \text{ մկմ}$ ,  $D_{\text{մ}} = 0,3$  կամ  $D_{\text{ն}} = 0,3$  մինչև  $0,01 \text{ մկմ}$ ,  $d = 0,1 \text{ մկմ}$  փոքր,  $V_{\text{մ}} = 0,01$  կամ  $V_{\text{ն}} = 0,01$  մինչև  $0,15$ :

Մեխանիկական բարձր հատկություններ ապահովելու համար անհրաժեշտ է ունենալ նաև ամուր կապ «արտաքին շերտ - միջուկ» անցումային շերտում: Նշված խնդիրները կարող են լուծում գտնել միայն կոմպոզիտային նյութերի ստացման փոշեմետալուրգիական տեխնոլոգիաներով, չնայած որ այստեղ նույնպես կան որոշակի դժվարություններ, հատկապես շերտավոր անձակոտկեն կոմպոզիտային նյութի ստացման դեպքում, երբ անհրաժեշտ է ապահովել շերտերի հավասարաչափ հոսք տաք արտամղման ժամանակ: Աշխատանք [9]-ից հայտնի է, որ շերտավոր անձակոտկեն կոմպոզիտային նյութ ստանալու լավագույն ճանապարհը տաք արտամղումն է, երբ եռակալումը և կառուցվածքի ձևավորումը համատեղվում են, և ապահովվում է անցումային շերտի բարձր ամրություն: Մակայն պղնձի հիմքով փոշեկոմպոզիտային նյութերի համար այս ուղղությամբ հետազոտություններ քիչ են կատարվել, մշակված չէ վերջնական տեխնոլոգիա, և ուսումնասիրված չեն հիմնական օրինաչափությունները:

**Հետազոտության արդյունքները.** Որպես ելանյութեր օգտագործվել են ПМС-1 մակնիշի էլեկտրոլիտիկ պղնձի (ГОСТ 4960-75), ПХ1С մակնիշի քրոմի (ТУ 14-22-50-91), ПЦ1 մակնիշի ցիրկոնիումի (ТУ 48-42-51-73), ПНЭ-1 մակնիշի նիկելի

(ГОСТ 9722-79) և АПС-1А մակնիշի ալյումինի (ГОСТ 10096-76) փոշիները: Արտաքին շերտի բովախառնուրդից ( $1,0\%Cr+0,8\%Zr+Cu_{\text{մե}}$ ) երկկողմանի մամլամբ պատրաստվել են սնամեջ գլանական ( $D_{\text{տ}}=29,5 \text{ մմ}$ ,  $D_{\text{ն}}=21,5 \text{ մմ}$ ,  $H=50 \text{ մմ}$ ,  $\theta = 20\%$ ), իսկ միջուկի բովախառնուրդից ( $13\%Ni+3\%Al+1,0\%Cr+0,8\%Zr+Cu_{\text{մե}}$ )՝ գլանական նմուշներ ( $D_{\text{ն}}=21 \text{ մմ}$ ,  $H=50 \text{ մմ}$ ,  $\theta = 20\%$ ), այնուհետև մամլվածքներն իրար մեջ հավաքելուց, վերամամլելուց և ջրածնի միջավայրում  $900...950^{\circ}C$  ջերմաստիճանում  $1...1,5$  ժ եռակալելուց հետո ենթարկվել են տաք արտամղման մայրակի  $2\alpha_{\text{մ}}=110^{\circ}$  և  $\lambda=4$  արտամղման գործակցով:

«Արտաքին շերտ-միջուկ» շերտավոր կառուցվածքով կոմպոզիտային նյութերի միջուկի R-երկրաչափական պարամետրը, որն ապահովում է արտամղման ժամանակ շերտերի կոնտակտային մակերևույթների վրա հարաբերական տեղաշարժերի բացակայությունը, հետևաբար՝ շերտերի կառուցման բարձր ամրությունը, հաշվարկվել է՝ համաձայն [9] աշխատանքում բերված մեթոդիկայի:

Կատարվել են առաջարկվող շերտավոր կառուցվածքով փոշեկոմպոզիտային նյութերի եռակալման և տաք արտամղման ժամանակ կառուցվածքագոյացման գործընթացի մեխանիզմի ու կինետիկայի օրինաչափությունների հայտնաբերմանը նվիրված ջերմածանրաչափական հետազոտություններ, ինչպես նաև իրականացվել են տաք արտամղման և ջերմային մշակման գործընթացների հետազոտում, պարամետրերի օպտիմալացում, մետաղագիտական հիմնավորում և ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների ուսումնասիրում:

Ջերմածանրաչափական վերլուծության մեթոդով հետազոտվել են  $1,0\%Cr+0,8\%Zr+Cu_{\text{մե}}$  և  $13\%Ni+3\%Al+1,0\%Cr+0,8\%Zr+Cu_{\text{մե}}$  բաղադրություններով փոշեկոմպոզիտային նյութերի կառուցվածքագոյացման մեխանիզմը և կինետիկական տաքացման ժամանակ, որի արդյունքում հիմնավորվել են մշակված փոշեկոմպոզիտային նյութերի եռակալման, տաք արտամղման և միման ջերմաստիճանները:

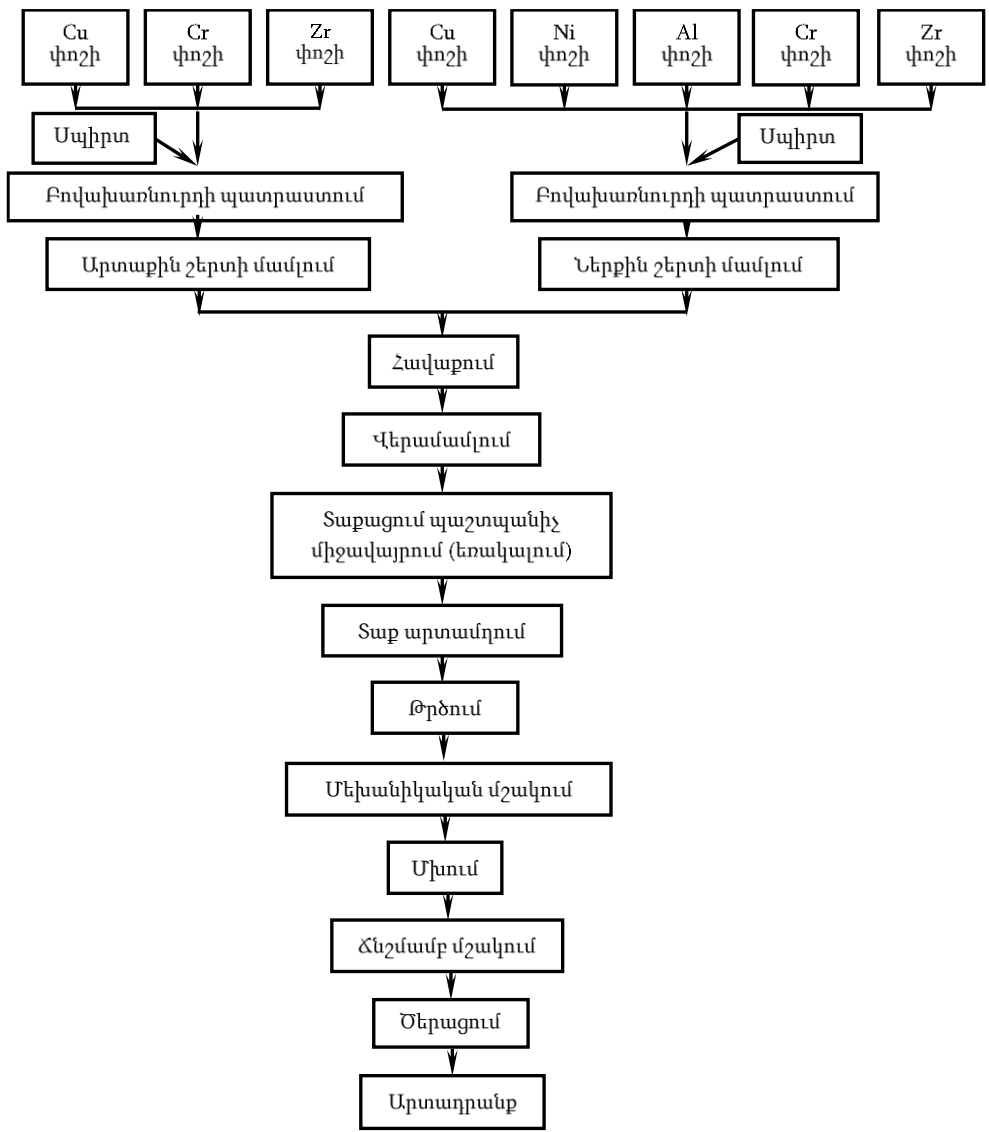
Ջերմաստիճանների և դեֆորմացումների լայն միջակայքում բացահայտվել են  $1,0\%Cr+0,8\%Zr+Cu_{\text{մե}}$  և  $13\%Ni+3\%Al+1,0\%Cr+0,8\%Zr+Cu_{\text{մե}}$  բաղադրությամբ փոշեկոմպոզիտային նյութերի տաք արտամղման ժամանակ կառուցվածքագոյացման օրինաչափությունները: Փորձի մաթեմատիկական պլանավորման և գիտափորձերի արդյունքների մշակմամբ արտածվել են ամրության և կարծրության կախվածությունները տաք արտամղման պարամետրերից, որի արդյունքում կատարվել է տաք արտամղման լավարկված ռեժիմների ընտրում և հիմնավորում. արտամղման ջերմաստիճանը՝  $T_{\text{տ}}=900...950^{\circ}C$ , արտամղման ջերմաստիճանում պահման տևողությունը՝  $\tau_{\text{տ}}=1...1,5$  ժ, մայրակի կոնական անկյունը՝  $2\alpha_{\text{մ}}=110^{\circ}$  և արտամղման գործակիցը՝  $\lambda=4...5$ :

Տաք արտամղումից հետո մշակված շերտավոր փոշեկոմպոզիտային նյութը ենթարկվել է ջերմամշակման՝ թրծման, մխման, ճնշմամբ մշակման (կոփման) և ծերացման: Թրծման ջերմաստիճանն ընտրվել է մեխանիկական հատկությունների ջերմաստիճանային կախվածության գրաֆիկից, համաձայն որի այն գտնվում է համեմատաբար նեղ տիրույթում՝  $T_{\text{վ}}=650\dots700^{\circ}\text{C}$ , իսկ տևողությունը վերցվել է  $1\dots2\text{ժ}$  կախված վառարանի բեռնավորման աստիճանից:

Կատարված համալիր հետազոտությունների հիման վրա մշակվել է դիսպերս մասնիկներով կարծրացող և դիսպերս հատիկներով ամրացվող պղնձի հիմքով շերտավոր փոշեկոմպոզիտային նյութի ստացման տեխնոլոգիա (նկ.), որը հնարավորություն է տալիս ապահովելու ոչ միայն բարձր մեխանիկական հատկություններ՝ ամրություն, կարծրություն, շիկակայունություն, ջերմակայունություն, այլ նաև բարձր ֆիզիկական հատկություններ՝ ջերմահաղորդականություն և էլեկտրահաղորդականություն:

Կոմպոնենտների հավասարաչափ խառնման և հոմոգեն բովախառնուրդներ ստանալու նպատակով ավելացվել է սպիրտ 0,1%-ի չափով: Բովախառնուրդներից արտաքին և ներքին շերտերի ձևավորումից հետո մամլվածքները հավաքվել են իրար մեջ, ենթարկվել վերամամլման, եռակալման, տաք արտամղման, թրծման, մեխանիկական և ջերմային մշակման՝ մխման և ծերացման, ընդ որում, մխումից հետո իրականացվել է ճնշմամբ մշակում՝ էլեկտրոդների ստացման նպատակով, այնուհետև այն ենթարկվել է ծերացման (նկ.):

Համալիր գիտափորձական հետազոտությունների արդյունքում որոշվել են ամրացնող ջերմային մշակման (մխում, ծրացում) լավարկված պարամետրերը՝  $T_{\text{մ}}=1000\pm 25^{\circ}\text{C}$ ,  $\tau_{\text{մ}}=1\dots 1,5\text{ժ}$ ,  $T_{\text{ծեր}}=450\pm 25^{\circ}\text{C}$ ,  $\tau_{\text{ծեր}}=6\text{ժ}$ , որոնց դեպքում ապահովվում են ոչ միայն բարձր մեխանիկական հատկություններ՝  $\alpha$ -պինդ լուծույթի հիմքով արտաքին շերտի  $\sigma_{\text{թ}}=550\dots 600\text{ ՄՊա}$ ,  $\text{HB}=1550\dots 1850\text{ ՄՊա}$ ,  $\delta=10\dots 20\%$ , իսկ  $\alpha$ -պինդ լուծույթի հիմքով ներքին շերտի  $\sigma_{\text{թ}}=900\dots 950\text{ ՄՊա}$ ,  $\delta=10\dots 15\%$ ,  $\text{HB}=2500\dots 2600\text{ ՄՊա}$ , այլ նաև արտաքին շերտի բարձր ջերմահաղորդականություն ( $\chi=70\text{ Վտ/}^{\circ}\text{C}\cdot\text{մ}$ ), էլեկտրահաղորդականություն՝ պղնձի հաղորդականության  $\approx 80\%$ -ը և ներքին շերտի ջերմակայունություն մինչև  $500^{\circ}\text{C}$ : Մետաղագիտական վերլուծությամբ ցույց է տրվել, որ մշակված շերտավոր փոշեկոմպոզիտային նյութի արտաքին շերտի ( $1,0\%\text{Cr}+0,8\%\text{Zr}+\text{Cu}_{\text{մ}}$  բաղադրությամբ) կառուցվածքը եռաֆազ է՝ բաղկացած պղնձի հիմքով  $\alpha$  պինդ լուծույթից (Cr-ի և Zr-ի պինդ լուծույթը պղնձում), Cr-ի դիսպերս մասնիկներից և  $\text{Cu}_{\text{մ}}\text{Zr}$  ինտերմետաղական ֆազից, իսկ ներքին շերտի ( $13\%\text{Ni}+3\%\text{Al}+1,0\%\text{Cr}+0,8\%\text{Zr}+\text{Cu}_{\text{մ}}$  բաղադրությամբ) կառուցվածքը բազմաֆազային է՝ բաղկացած պղնձի հիմքով  $\alpha$  պինդ լուծույթից (Ni-ի, Al-ի, Cr-ի և Zr-ի պինդ լուծույթը պղնձում), Cr-ի դիսպերս մասնիկներից,  $\text{Cu}_{\text{մ}}\text{Zr}$  և NiAl ինտերմետաղական ֆազերից:



*Նկ. Դիսպերս մասնիկներով կարծրացող և դիսպերս հատիկներով ամրացվող պղնձի հիմքով ջերմակայուն և բարձր էլեկտրահաղորդականությամբ ու ջերմահաղորդականությամբ օժտված շերտավոր փոշեկոմպոզիտային նյութի ստացման տեխնոլոգիական սխեման*

**Եզրակացություն.** Ստացված շերտավոր կոմպոզիտային նյութի ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների ուսումնասիրումը ցույց է տալիս, որ ծակոտկեն շերտավոր մամլվածքի տաք արտամղումն առաջացնում է պրակտիկորեն անձակոտկեն կառուցվածք՝ ապահովելով պահանջվող հատկությունները, որի

արդյունքում մշակվել է պղնձի հիմքով բարձր էլեկտրահաղորդականությամբ և ջերմակայունությամբ փոշեկոմպոզիտային նյութի ստացման տեխնոլոգիա՝ կոնտակտային եռակցման էլեկտրոդների համար:

*Հետազոտությունը կատարվել է Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանի «Նյութագիտություն և մետալուրգիա» բազային գիտահետազոտական լաբորատորիայում:*

#### ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Николаев А.К., Розенберг В.М.** Сплавы для электродов контактной сварки.- М.: Металлургия, 1978.- 96 с.
2. Современные композиционные материалы / **Под ред. И.Л. Светлова.**- М.: Мир, 1970.- 672 с.
3. **Карпинос Д.М., Тучинский Л.И., Вишняков Л.Р.** Новые композиционные материалы.- Киев: Вища школа, 1977.- 312 с.
4. **Ковальченко М.С.** Теоретические основы горячей обработки пористых материалов давлением.- Киев: Наукова думка, 1980.- 240 с.
5. **Манукян Н.В.** Технология порошковой металлургии.- Ереван: Айастан, 1986.- 230 с.
6. **Агбальян С.Г.** Теоретические и технологические основы формирования структуры и свойств порошковых материалов при экструзии: Автореф. дис. ... докт. техн. наук.- Ереван, 1992.- 33 с.
7. **Աղբալյան Ս.Գ.** Բյուրեղագրություն և մետաղների բյուրեղային ցանցի արատները.- Երևան: Ճարտարագետ, 2005.- 190 էջ:
8. **Новиков И.И.** Дефекты кристаллического строения металлов.- М.: Металлургия, 1983.- 232 с.
9. **Աղբալյան Ս.Գ., Սարգսյան Ա.Ռ.** Պղնձի հիմքով շերտավոր փոշեկոմպոզիտային նյութերի տաք արտամղման գործընթացի հետազոտումը // Հայաստանի ճարտարագիտական ակադեմիայի Լրաբեր.- Երևան, 2017.- Հատ. 14, N 4.- էջ 586-592:

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 26.06.2017:



**С.Г. АГБАЛЯН, А.Р. САРКИСЯН**

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВЫХ  
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МЕДИ С ВЫСОКИМИ  
ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬЮ И ТЕПЛОСТОЙКОСТЬЮ**

Разработана технология получения высокопрочного слоистого порошкового композиционного материала на основе меди с высокими электропроводностью и теплоустойчивостью, с твердеющими дисперсными частицами (интерметаллические фазы) и упрочняющими дисперсными зёрнами, которая включает следующие операции: подготовка шихты наружного и внутреннего слоев, прессование наружных и внутренних слоев, сборка, допрессовка, нагрев (спекание), горячее выдавливание и термообработка. Исследованы структура и физико-механические свойства слоистого композиционного материала, которые полностью соответствуют требованиям, предъявляемым к электродам для контактной сварки.

**Ключевые слова:** шихта, прессование, спекание, горячее выдавливание, порошковый композиционный материал, термообработка, дисперсионное твердение и упрочнение, электропроводность, теплоустойчивость.

**S.G. AGHBALYAN, A.R. SARKISYAN**

**DEVELOPING A TECHNOLOGY FOR OBTAINING A POWDER COMPOSITE  
MATERIAL BASED ON COPPER WITH HIGH ELECTRICAL CONDUCTIVITY  
AND HEAT RESISTANCE**

A technology is developed for producing a high-strength layered powder composite material based on copper with high electric conductivity and heat resistance, with hardening disperse particles (intermetallic phases) and strengthening disperse grains, which includes the following operations: the preparation of the charge of the outer and inner layers, pressing of the outer and inner layers, assembly, pre-pressing, heating (sintering); hot extrusion and heat treatment. The structure and physicomachanical properties of the laminated composite material have been studied, which fully correspond to the requirements imposed on the electrodes for contact welding.

**Keywords:** charge, powder composite material, heat treatment, dispersion hardening and strengthening, electrical conductivity, heat resistance, pressing, sintering, hot extrusion.