

Ա.Ռ. ՍԱՐԳՍՅԱՆ

**ՊՂՆՁԻ ՀԻՄՔՈՎ ԴԻՍՊԵՐՍ ԿԱՐԾՐԱՑՈՂ ԵՎ ԱՄՐԱՑՎՈՂ ՇԵՐՏԱՎՈՐ
ՓՈՇԵԿՈՄՊՈԶԻՏԱՅԻՆ ՆՅՈՒԹԵՐԻ ՖԻԶԻԿԱՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆ
ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ**

Ուսումնասիրվել են պղնձի հիմքով դիսպերս մասնիկներով կարծրացող և դիսպերս հատիկներով ամրացվող շերտավոր փոշեկոմպոզիտային նյութի ֆիզիկամեխանիկական հատկությունները, համաձայն որոնց օպտիմալ ռեժիմներով ջերմամշակումից հետո ստացվում են ոչ միայն բարձր մեխանիկական հատկություններ. արտաքին շերտ՝ $\sigma_s=550..600$ ՄՊա, HB=1550...1850 ՄՊա, $\delta=10..20\%$, ներքին շերտ՝ $\sigma_s=900..950$ ՄՊա, $\delta=10..15\%$, HB=2500...2600 ՄՊա, այլև արտաքին շերտի բարձր ջերմահաղորդականություն ($\chi=70$ Վր/4.ս), էլեկտրահաղորդականություն՝ պղնձի էլեկտրահաղորդականության $\approx 80\%$ -ը և ներքին շերտի ջերմակայունություն՝ մինչև 500°C :

Առանցքային բառեր. մամլում, եռակալում, տաք արտամղում, փոշեկոմպոզիտային նյութ, մխում, ծերացում, դիսպերս կարծրացում և ամրացում, ջերմակայունություն, էլեկտրահաղորդականություն:

Ներածություն. 21-րդ դարում տեխնիկական առաջընթացն անհնար է պատկերացնել առանց նոր նյութերի ստեղծման, որոնցից պահանջվում են 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.% [1, 2]:

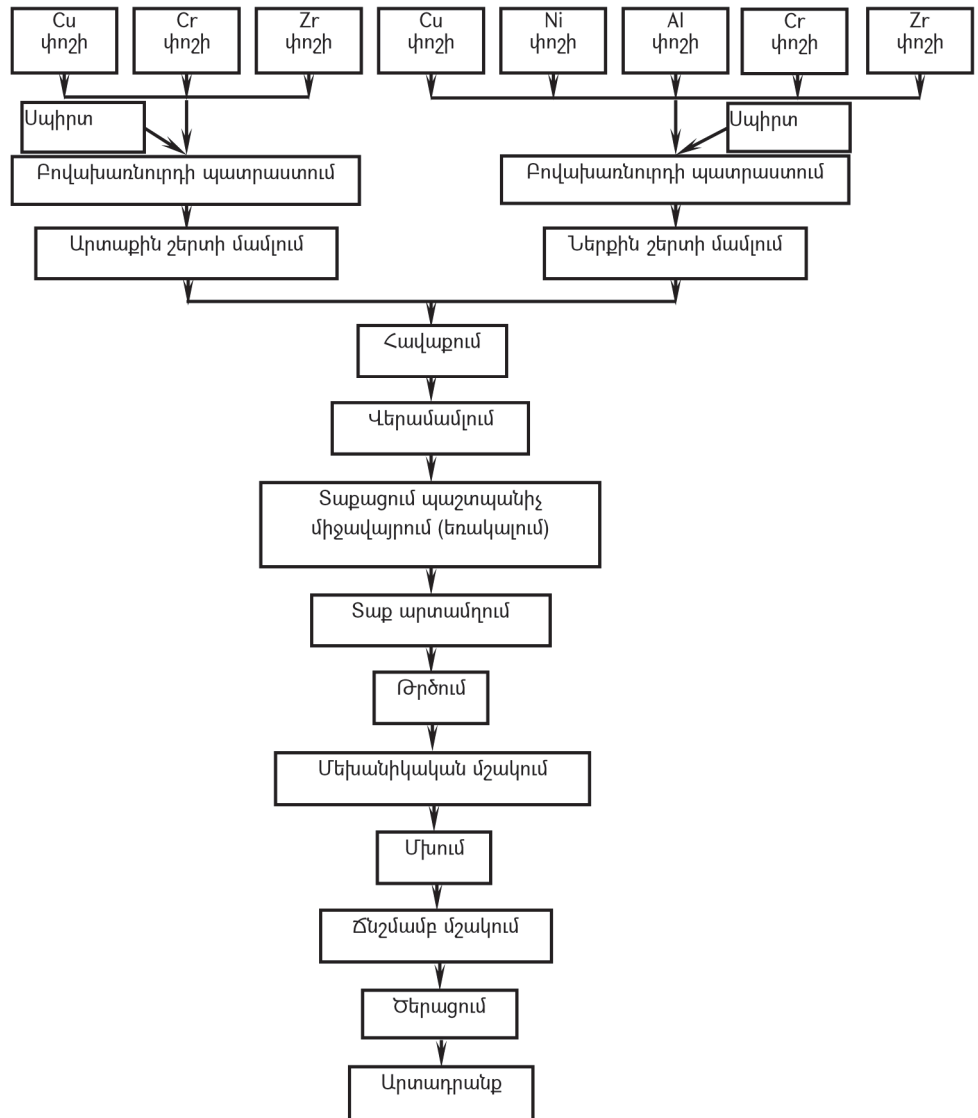
Կոմպոզիտային նյութերի ստացման բնագավառում փոշեմետալուրգիան ունի լայն հնարավորություններ: Այսպիսի նյութերը պետք է ունենան անձակոտկեն կառուցվածք և բարձր ֆիզիկա-մեխանիկական հատկություններ, որոնք գործնականորեն հնարավոր է ապահովել ծակոտկեն նյութերի տաք արտամղման և ջերմային մշակման միջոցով [3-6]: Նշված նյութերը մեծ կիրառություն են ստացել հատուկ տեխնիկայում, այդ թվում՝ նաև կոնտակտային եռակցման էլեկտրող-

ների արտադրությունում, որոնցից առաջին հերթին պահանջվում է բարձր էլեկտրահաղորդականություն և ջերմակայունություն:

Հաշվի առնելով վերը նշվածը՝ հետազոտության նպատակն է ուսումնասիրել պղնձի հիմքով դիսպերս մասնիկներով կարծրացող և դիսպերս հատիկներով ամրացվող շերտավոր փոշեկոմպոզիտային նյութերի ֆիզիկամեխանիկական հատկությունները:

Խնդրի դրվածքը և մեթոդիկայի հիմնավորումը. Կատարվել է կոմպոզիտային նյութերի ստացմանը և կառուցվածքի ու հատկությունների ձևավորմանը, այդ թվում՝ դիսպերս մասնիկներով կարծրացող և դիսպերս հատիկներով ամրացվող շերտավոր նյութերին նվիրված հայրենական և արտասահմանյան գրականության վերլուծություն [1, 2, 7]: Ցույց է տրված, որ կոնտակտային եռակցման էլեկտրոդներն աշխատում են բարդ պայմաններում, հատկապես՝ մեծ ճնշումների և բարձր ջերմաստիճանների ազդեցության տակ [8-10]: Կախված եռակցվող մետաղներից, նրա չափերից և սառեցման պայմաններից՝ էլեկտրոդի ծայրում ջերմաստիճանը բարձրանում է մինչև 500...600°C, իսկ տեսակարար ճնշումը՝ 300...400 ՄՊա:

Ելնելով վերը նշվածից՝ էլեկտրոդներից պահանջվում են մեխանիկական բարձր հատկություններ՝ էլեկտրահաղորդականություն, ջերմահաղորդականություն, ջերմակայունություն, բավարար մաշակայունություն, եռակցվող մետաղի հետ բարձր ջերմաստիճաններում չեռակցվելու հատկություն, կոռոզիակայունություն, ցածր արժեք և պարզ կառուցվածք: Այս հատկությունների ապահովման համար լավագույն նյութը պղինձը և նրա հիմքով համաձուլվածքներն են, ընդ որում, առաջարկվում է մակերևութային շերտից և միջուկից բաղկացած շերտավոր կառուցվածքով էլեկտրոդների ստացման տեխնոլոգիա (նկ. 1), որոնց մայրակի կարծրացումը և ամրացումը կատարվում է ջերմամշակմամբ՝ դիսպերս մասնիկներով կարծրացման և դիսպերս հատիկներով ամրացման մեխանիզմներով:



Նկ. 1. Դիսպերս մասնիկներով կարծրացող և դիսպերս հատիկներով ամրացվող պղնձի հիմքով ջերմակայուն և բարձր էլեկտրահաղորդականությամբ ու ջերմահաղորդականությամբ օժտված շերտավոր փոշեկոմպոզիտային նյութի սրացման տեխնոլոգիական սխեման

Մակերևութային շերտի բարձր էլեկտրահաղորդականությունը և ջերմահաղորդականությունն ապահովում են ցածր լեգիրված պղնձյա անձակոտկեն մարյակը (1,0%Cr+0,8%Zr+Cu₀ բաղադրությամբ), իսկ միջուկի բարձր մեխանիկական հատկությունները և ջերմակայունությունը՝ պղնձի հիմքով բարձր լեգիրված

կոմպոզիտային անձակոտկեն կառուցվածքով նյութը (13%Ni+3%Al+1,0%Cr+0,8%Zr+Cu_{տն} բաղադրությամբ), որոնց անձակոտկենության ապահովումն իրականացվում է տաք արտամղմամբ: Բարձր ամրային արդյունավետության հասնելու համար անհրաժեշտ է ապահովել նաև ամուր կապ «արտաքին շերտ-միջուկ» անցումային շերտում՝ կոմպոզիտային նյութի ստացման գործընթացում: Սակայն պղնձի հիմքով շերտավոր փոշեկոմպոզիտային նյութերի համար այս ուղղությամբ հետազոտություններ քիչ են կատարվել, և չեն ուսումնասիրվել շերտերի նյութերի կառուցվածքագոյացման գործընթացը և ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների փոփոխությունը՝ կախված ջերմային մշակման ռեժիմներից:

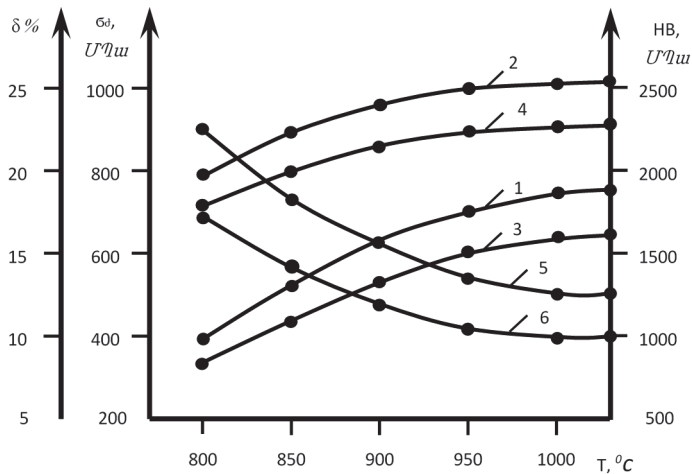
Որպես ելանյութեր օգտագործվել են ՄՄС-1 մակնիշի էլեկտրոլիտիկ պղնձի (ГОСТ 4960-75), ՄՄ1С մակնիշի քրոմի (ТУ 14-22-50-91), ՄՄ1 մակնիշի ցիրկոնիումի (ТУ 48-42-51-73), ՄՄԻ-1 մակնիշի նիկելի (ГОСТ 9722-79) և ՄՄС-1А մակնիշի ալյումինի (ГОСТ 10096-76) փոշիներ: Արտաքին շերտի բովանդակությունը (1,0%Cr+0,8%Zr+Cu_{տն}) երկկողմանի մամլմամբ պատրաստվել են սնամեջ գլանական (D_{տն}=29,5 մմ, D_{տն}=21,5 մմ, H=50 մմ, θ = 20%), իսկ միջուկի բովանդակությունը (13%Ni+3%Al+1,0%Cr+0,8%Zr+Cu_{տն})՝ գլանական նմուշներ (D_{տն}=21 մմ, H=50 մմ, θ = 20%), այնուհետև մամլվածքներն իրար մեջ հավաքելուց, վերամամլումից և ջրածնի միջավայրում 900...950⁰С ջերմաստիճանում 1...1,5 ժ եռակալելուց հետո ենթարկվել են տաք արտամղման մայրակի 2α_{տն}=110⁰ և λ=4 արտամղման գործակցով: Անձակոտկեն նմուշների ամրությունը, կարծրությունը և հարվածային մածուցիկությունը որոշվել են համապատասխանաբար ըստ ԳՈՍՏ 1412-85, ԳՈՍՏ 9012-95, ԳՈՍՏ 9013-95 և ԳՈՍՏ 9454-78:

Հետազոտության արդյունքները. Ուսումնասիրվել են կոնտակտային եռակցման էլեկտրոդների աշխատանքային պայմանները և դրանց բնութագրերը: Ցույց է տրված, որ էլեկտրոդներից պահանջվող հիմնական հատկություններն են՝ բարձր էլեկտրահաղորդականությունը, լայն ջերմաստիճանային տիրույթում բարձր մեխանիկական հատկությունները, բավարար մաշակայունությունը, բարձր ջերմահաղորդականությունը, կոռոզիակայունությունը, ջերմակայունությունը և այլն: Կոնտակտային եռակցման էլեկտրոդներից պահանջվող ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների և կառուցվածքի ուսումնասիրման արդյունքում ընտրվել և հիմնավորվել է նոր դասի փոշեհամաձուլվածք՝ պղնձի հիմքով դիսպերս մասնիկներով կարծրացող և դիսպերս հատիկներով ամրացվող շերտավոր կոմպոզիտային նյութ, որը կարելի է ստանալ նախօրոք պատրաստված բովանդակություններից միջուկի և արտաքին շերտի (սնամեջ գլան) մամլման,

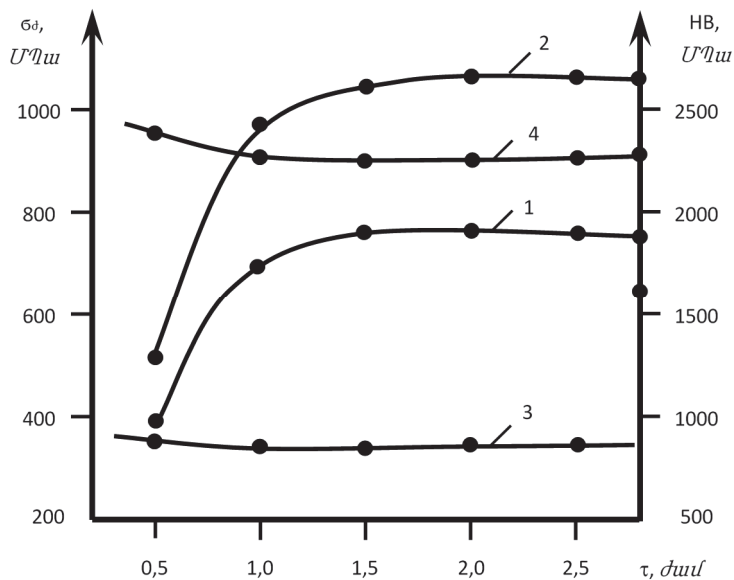
դրանք մեկը մյուսի մեջ հավաքման, վերամամլման, տաքացման (եռակալման), տաք արտամղման և համապատասխան ջերմային մշակման միջոցով:

Ջերմաստիճանների և դեֆորմացումների լայն միջակայքում բացահայտվել են $1,0\%Cr+0,8\%Zr+Cu_{տն}$ և $13\%Ni+3\%Al+1,0\%Cr+0,8\%Zr+Cu_{տն}$ բաղադրությամբ փոշեկոմպոզիտային նյութերի տաք արտամղման ժամանակ կառուցվածքագրյացման օրինաչափությունները: Փորձի մաթեմատիկական պլանավորման և գիտափորձերի արդյունքների մշակմամբ արտածվել են ամրության և կարծրության կախվածությունները տաք արտամղման պարամետրերից, որի արդյունքում կատարվել են տաք արտամղման լավարկված ռեժիմների ընտրում և հիմնավորում: արտամղման ջերմաստիճանը՝ $T_w=900...950^{\circ}C$, արտամղման ջերմաստիճանում պահման տևողությունը՝ $\tau_w=1...1,5$ ժ, մայրակի կոնական անկյունը՝ $2\alpha_{\nu}=110^{\circ}$ և արտամղման գործակիցը՝ $\lambda=4...5$: Տաք արտամղումից հետո մշակված շերտավոր փոշեկոմպոզիտային նյութը ենթարկվել է ջերմամշակման՝ թրծման, մխման, ճնշմամբ մշակման և ծերացման: Թրծման ջերմաստիճանն ընտրվել է մեխանիկական հատկությունների ջերմաստիճանային կախվածության գրաֆիկից, համաձայն որի այն գտնվում է համեմատաբար նեղ տիրույթում՝ $T_{\nu}=650...700^{\circ}C$, իսկ տևողությունը վերցվել է $1...2$ ժ կախված վառարանի բեռնավորման աստիճանից:

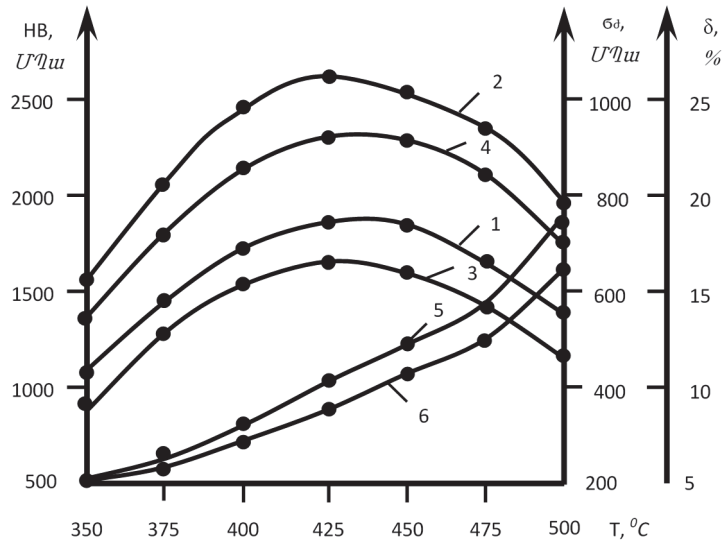
Համալիր գիտափորձնական հետազոտությունների արդյունքում (նկ. 2-4) որոշվել են ամրացնող ջերմային մշակման (մխում, ծրացում) լավարկված պարամետրերը՝ $T_{\nu}=1000\pm 25^{\circ}C$, $\tau_{\nu}=1...1,5$ ժ, $T_{\delta\tau}=450\pm 25^{\circ}C$, $\tau_{\delta\tau}=6$ ժ, որոնց դեպքում ապահովվում են ոչ միայն մեխանիկական բարձր հատկություններ՝ α -պինդ լուծույթի հիմքով արտաքին շերտ - $\sigma_{\delta}=550...600$ ՄՊա, $HB=1550...1850$ ՄՊա, $\delta=10...20\%$, α -պինդ լուծույթի հիմքով ներքին շերտ - $\sigma_{\delta}=900...950$ ՄՊա, $\delta=10...15\%$, $HB=2500...2600$ ՄՊա, այլև արտաքին շերտի բարձր ջերմահաղորդականություն ($\chi=70$ Վտ/Կ.մ), էլեկտրահաղորդականություն՝ պղնձի հաղորդականության $\approx 80\%$ -ը և ներքին շերտի ջերմակայունություն՝ մինչև $500^{\circ}C$:



Նկ. 2. Կարծրության (1, 2), ամրության սահմանի (3, 4) և հարաբերական երկարացման (5, 6) կախվածությունը միմյան ջերմաստիճանից, երբ $T_{\delta}=450^{\circ}\text{C}$, $\tau_{\delta} = 6\text{ժ}$. 1, 3, 5 – արդաքին շերտ (1,0%Cr+0,8%Zr+Cu_{սն}), 2, 4, 6 – ներքին շերտ (13%Ni+3%Al+1,0%Cr+0,8%Zr+Cu_{սն})



Նկ. 3. Կարծրության (1, 2) և ամրության սահմանի (3, 4) կախվածությունը միմյան ջերմաստիճանում պահման տևողությունից, երբ $T_{\delta}=450^{\circ}\text{C}$, $\tau_{\delta}=6\text{ժ}$. 1, 3 – արդաքին շերտ (1,0%Cr+0,8%Zr+Cu_{սն}), 2, 4 – ներքին շերտ (13%Ni+3%Al+1,0%Cr+0,8%Zr+Cu_{սն})



Նկ. 4. Կարծրության (1, 2), ամրության սահմանի (3, 4) և հարաբերական երկարացման (5, 6) կախվածությունը ծերացման ջերմաստիճանից, երբ $T_{\sigma}=1000\pm 25^{\circ}\text{C}$, $\tau_{\sigma}=1,5$ ժ, $\tau_{\delta}=6$ ժ.
 1, 3, 5 – արտաքին շերտ (1,0%Cr+0,8%Zr+Cu₅Zr), 2, 4, 6 – ներքին շերտ (13%Ni+3%Al+1,0%Cr+0,8%Zr+Cu₅Zr)

Մետաղագիտական վերլուծությամբ ցույց է տրվել, որ մշակված շերտավոր փոշեկոմպոզիտային նյութի արտաքին շերտի (1,0%Cr+0,8%Zr+Cu₅Zr բաղադրությամբ) կառուցվածքը եռաֆազ է և բաղկացած է պղնձի հիմքով α պինդ լուծույթից (Cr-ի և Zr-ի պինդ լուծույթը պղնձում), Cr-ի դիսպերս մասնիկներից և Cu₅Zr ինտերմետաղական ֆազից, իսկ ներքին շերտի (13%Ni+3%Al+1,0%Cr+0,8%Zr+Cu₅Zr բաղադրությամբ) կառուցվածքը բազմաֆազային է և բաղկացած է պղնձի հիմքով α_1 պինդ լուծույթից (Ni-ի, Al-ի, Cr-ի և Zr-ի պինդ լուծույթը պղնձում), Cr-ի դիսպերս մասնիկներից, Cu₅Zr և NiAl ինտերմետաղական ֆազերից:

Ստացված կոմպոզիտային նյութի ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների ուսումնասիրումը ցույց է տալիս, որ ծակոտկեն շերտավոր մամլվածքի տաք արտամղումն ապահովում է գործնականում անծակոտկեն կառուցվածք, իսկ հետագա ջերմային մշակումը՝ պահանջվող ֆիզիկամեխանիկական հատկություններ:

Եզրակացություն. Ուսումնասիրվել են պղնձի հիմքով դիսպերս մասնիկներով կարծրացող և դիսպերս հատիկներով ամրացվող շերտավոր փոշեկոմպոզիտային նյութերի ֆիզիկամեխանիկական հատկությունները, որոնց արդյունքում ստացվում են ոչ միայն բարձր մեխանիկական հատկություններ՝ արտաքին շերտ - $\sigma_{\sigma}=550\text{...}600$ ՄՊա, HB=1550...1850 ՄՊա, $\delta=10\text{...}20\%$, ներքին

շերտ - $\sigma_{\sigma}=900\dots950$ ՄՊա, $\sigma=10\dots15\%$, HB=2500...2600 ՄՊա, այլև արտաքին շերտի բարձր ջերմահաղորդականություն ($\chi=70$ Վր/Վ.ս), էլեկտրահաղորդականություն՝ պղնձի հաղորդականության $\approx 80\%$ -ը և ներքին շերտի ջերմակայունություն մինչև 500°C :

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. **Агбальян С.Г., Петросян А.С., Амалян 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 – ՀՃԱ.- 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. **Николаев А.К., Розенберг В.М.** Сплавы для электродов контактной сварки.- М.: Металлургия, 1978.- 96 с.
8. **Чулошников П.Л.** Точечная и роликовая электросварка легированных сталей и сплавов. - М.: Машиностроение, 1974.- 232 с.
9. **Слюзберг С.К., Чулошников П.Л.** Электроды контактной сварки.- Л.: Машиностроение, 1972.- 96 с.
10. **Кутковский С.И.** Электроды контактных электросварных машин.- Л.: Машиностроение, 1964.- 112 с.

А.Р. САРКИСЯН

**ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИСПЕРСНО-
ТВЕРДЕЮЩИХ И УПРОЧНЯЮЩИХ СЛОИСТЫХ ПОРОШКОВЫХ
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МЕДИ**

Исследованы физико-механические свойства дисперсно-твердеющих и упрочняющих слоистых порошковых композиционных материалов на основе меди, которые после термообработки при оптимальных режимах приобретают не только высокие механические свойства (наружный слой - $\sigma_b=550...600$ МПа, $HB=1550...1850$ МПа, $\delta=10...20\%$; внутренний слой - $\sigma_b=900...950$ МПа, $\delta=10...15\%$, $HB=2500...2600$ МПа), но и высокие теплопроводность ($\chi=70$ Вт/К.м), электропроводность ($\approx 80\%$ электропроводности меди) и теплостойкость внутреннего слоя (до 500°C).

Ключевые слова: прессование, спекание, горячее выдавливание, порошковый композиционный материал, закалка, старение, дисперсионное твердение и упрочнение, теплостойкость, электропроводность.

A.R. SARKISYAN

**PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF DISPERSELY-HARDENING
AND STRENGTHENING LAYERED POWDER COMPOSITE
MATERIALS BASED ON COPPER**

The physico-mechanical properties of dispersely-hardening and strengthening layered powder composite materials based on copper are investigated which, after heat treatment at optimal modes, acquire not only high mechanical properties: the outer layer: $\sigma_b = 550...600$ МПа, $HB = 1550..1850$ МПа, $d=10...20\%$, inner layer: $\sigma_b = 900...950$ МПа, $d=10...15\%$, $HB = 2500...2600$ МПа, but also high thermal conductivity ($\chi=70$ Вт/К.м), electrical conductivity $\approx 80\%$ copper electrical conductivity and heat resistance of the inner layer up to 500°C .

Keywords: pressing, sintering, hot extrusion, powder composite material, quenching, aging, dispersion hardening and strengthening, heat resistance, electrical conductivity.