

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

**ՊՂՆՁԻ ՀԻՄՔՈՎ ԴԻՍՊԵՐՍ ԿԱՐԾՐԱՑՈՂ ԵՎ ՊՂՆՁՅԱ ԹԵԼՔԵՐՈՎ
ԱՄՐԱՆԱՎՈՐՎԱԾ ՓՈՇԵԿՈՄՊՈԶԻՏԱՅԻՆ ՆՅՈՒԹԵՐԻ ՋԵՐՄԱՅԻՆ ՄՇԱԿՄԱՆ
ԳՈՐԾԸՆԹԱՑԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ**

Փորձարարական հետազոտությունների արդյունքում որոշվել են ամրացնող ջերմային մշակման (մխում, ծերացում) լավարկված պարամետրերը՝ $T_{\text{մ}}=1000^{+25^{\circ}\text{C}}$, $(\tau_{\text{մ}}=2\text{ժ}, T_{\text{ծ}}=425^{+25^{\circ}\text{C}}, \tau_{\text{ծ}}=6\text{ժ},$ որոնց դեպքում ապահովվում են ոչ միայն մեխանիկական բարձր հատկություններ՝ $\sigma_{\text{ծ}}=350\dots360 \text{ ՄՊա}, \text{HB}=1200\dots1300 \text{ ՄՊա},$ այլ նաև բարձր ջերմահաղորդականություն ($\chi=70 \text{ Վտ/}^{\circ}\text{C.մ}$) և էլեկտրահաղորդականություն: Մետաղագիտական վերլուծության արդյունքում ցույց է տրվել, որ $\text{Cu}+1,0\%\text{Cr}+0,8\%\text{Zr}+10\%\text{Cu}_{\text{թ}}$ փոշեկոմպոզիտային նյութի կառուցվածքը եռաֆազ է: Այն բաղկացած է $\alpha\text{-Cu}$ -ից (Cr-ի և Zr-ի պինդ լուծույթը պղնձում), Cu_5Zr ինտերմետաղական ֆազից և պղնձի թելքերից: Ընդ որում, պինդ լուծույթի հիմքով մայրակն ապահովում է բարձր ամրային հատկություններ և ջերմակայունություն, իսկ պղնձյա թելքերը՝ բարձր ջերմահաղորդականություն և էլեկտրահաղորդականություն:

Առանցքային բառեր. պղինձ, դիսպերս կարծրացում, մետաղաթելք, ամրանավորում, փոշեկոմպոզիտային նյութ, մխում, ծերացում, պինդ լուծույթ, ինտերմետաղական ֆազ:

Ներածություն. Բարձր տեսակարար ամրությամբ, ջերմակայունությամբ, հրամրությամբ, պլաստիկությամբ, էլեկտրահաղորդականությամբ և այլ արժեքավոր հատկություններով օժտված նոր 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 $10\dots100 \text{ նմ}$, իսկ ծավալային պարունակությունը՝ $1\dots15 \text{ ծավ.}\%$, մինչդեռ երկրորդում դիսպերս հատիկների չափերը գերազանցում են $1,0 \text{ մկմ}$ -ը, իսկ ծավալային պարունակությունը՝ մոտավորապես $25 \text{ ծավ.}\%$: Հատկությունների բազմազանության տեսանկյունից առավել հեռանկարային են մետաղական թելքերով ամրանավորված կոմպոզիտային նյութերը, որոնց մեջ մետաղական թելքերի տրամագիծը տատանվում է $1,0 \text{ մկմ}$ -ի մասերից մինչև մի քանի տասնյակ և հարյուր մկմ , իսկ ծավալային պարունակությունը՝ մի քանի $\%$ -ից մինչև $70 \text{ ծավ.}\%$ և ավելի [1, 2]:

Մետաղական թելքերով ամրանավորված կոմպոզիտային նյութերի առաձևա-հատկությունն այն է, որ դրանք օժտված են ամրացման բարձր գործակցով, իսկ կառուցվածքային տեսակետից՝ ամրանավորող ֆազի մեկ չափը մեծ է, մինչդեռ մյուս

երկու խմբերի կոմպոզիտային նյութերում ամրացնող մասնիկները համարյա հավասարաառանցք են: Կոմպոզիտային նյութերի հատկությունները խիստ կերպով կախված են բովանդակության 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 է: Այսպիսի նյութերը պետք է ունենան անծակտկեն կառուցվածք և մեխանիկական բարձր հատկություններ, որոնք գործնականում հնարավոր է ապահովել տաք արտամղման և ջերմային մշակման միջոցով:

Ելնելով վերը նշվածից՝ հետազոտության նպատակն է մշակել բարձր էլեկտրահաղորդականությամբ և ջերմակայունությամբ օժտված, դիսպերս մասնիկներով (ֆազերով) կարծրացող և պղնձյա թելքերով ամրանավորված, պղնձի հիմքով բարձրամուր կոմպոզիցիոն նյութերի ջերմային մշակման տեխնոլոգիա և ընտրել օպտիմալ ռեժիմներ:

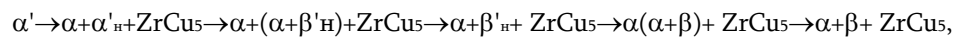
Խնդրի դրվածքը և մեթոդիկայի հիմնավորումը. Պղնձի հիմքով համաձուլվածքները ենթարկվում են տարբեր տեսակի ջերմամշակման՝ թրծման, միման, ծերացման և այլն: Թրծման ջերմաստիճանն ընտրվում է մեխանիկական հատկությունների ջերմաստիճանային կախվածության գրաֆիկից, համաձայն որի, այն պետք է ավելի բարձր լինի համաձուլվածքի վերաբյուրեղացման ջերմաստիճանից: Պղնձի հիմքով դիսպերս կարծրացող համաձուլվածքների համար վերաբյուրեղացման թրծման ջերմաստիճանը գտնվում է համեմատաբար նեղ տիրույթում՝ $T_{\text{վ}} = 650 \dots 700 \text{ }^{\circ}\text{C}$, իսկ տևողությունը՝ $1 \dots 2 \text{ ժ}$ և կախված է վառարանի բեռնավորման աստիճանից:

Միմումը և ծերացումը հիմնական տեխնոլոգիական օպերացիաներ են, հատկապես պատրաստի արտադրանքի դեպքում, որոնց շնորհիվ բարձրանում են նյութի մեխանիկական և շահագործական հատկությունները՝ ապահովելով դրանց որոշակի զուգակցումը: Այդ իսկ պատճառով դիսպերս կարծրացող համաձուլվածքների օգտագործումն առանց միման նպատակահարմար չէ: Միման ջերմաստիճանը, անկախ համաձուլվածքի քիմիական բաղադրությունից, սահմանափակվում է համեմատաբար նեղ միջակայքում, ամենից հաճախ՝ $950 \dots 1000 \text{ }^{\circ}\text{C}$: Պահման տևողությունը միման ջերմաստիճանում սովորաբար կազմում է $30 \dots 150 \text{ րոպե}$, սառեցումը՝ սառը ջրում:

Քրոմային և քրոմցիրկոնիումային բրոնզների միման ջերմաստիճանի բարձրացումը մինչև $1000 \dots 1050 \text{ }^{\circ}\text{C}$ կարող է ապահովել մեխանիկական հատկությունների զգալի ավելացում (մոտավորապես $10 \dots 30\%$ -ով)՝ $20 \dots 450 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ջերմաստիճանային միջակայքում ծերացման դեպքում [3-5]: Դա բացատրվում է նրանով, որ գործնականո-

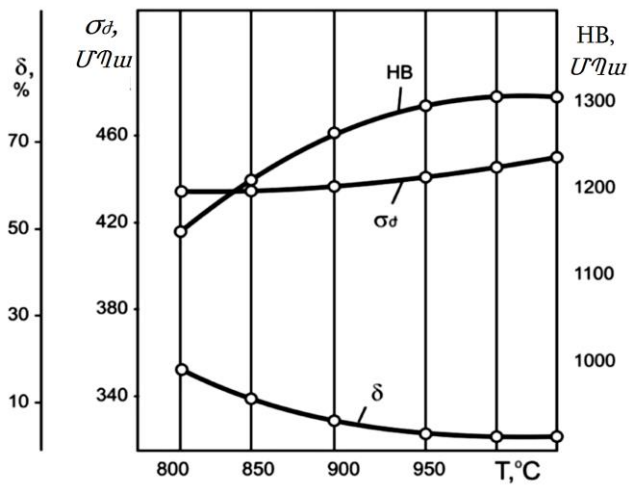
րեն մինչև հալման ջերմաստիճանն այս համաձուլվածքներն ունեն երկֆազ կառուցվածք, և միմյան ջերմաստիճանի բարձրացումը մեծացնում է պինդ լուծույթում լեգիրող տարրերի լուծվելիությունը, որի հետևանքով միտումից հետո ստացվում է ավելի գերհագեցած պինդ լուծույթ: Հաջորդող ծերացման ժամանակ մեծանում է երկրորդ ֆազի առաջացման ծավալային բաժինը, ինչպես նաև համաձուլվածքի մեխանիկական հատկությունները: Պղնձի հիմքի վրա դիսպերս կարծրացող համաձուլվածքների ծերացումը սովորաբար իրականացվում է $400...500^{\circ}\text{C}$ ջերմաստիճանային միջակայքում 2...6 ժ տևողությամբ:

Ներկայումս $\alpha+\beta$ կառուցվածքով պղնձի համաձուլվածքների (α -ն՝ պինդ լուծույթ է պղնձի հիմքով, β -ն՝ պինդ լուծույթ քրոմի հիմքով) դեպքում հիմնականում կիրառում են ամրացնող ջերմամշակում, որի էությունը արագացված սառեցումով (միմամբ) կիսակայուն ֆազի պահպանման և հետագա արհեստական ծերացման ժամանակ նրա քայքայումն է, որի բնթացքում առաջանում են դիսպերս մասնիկներ՝ բաղկացած պինդ լուծույթից և ինտերմետաղական ZrCu_5 ֆազերից.

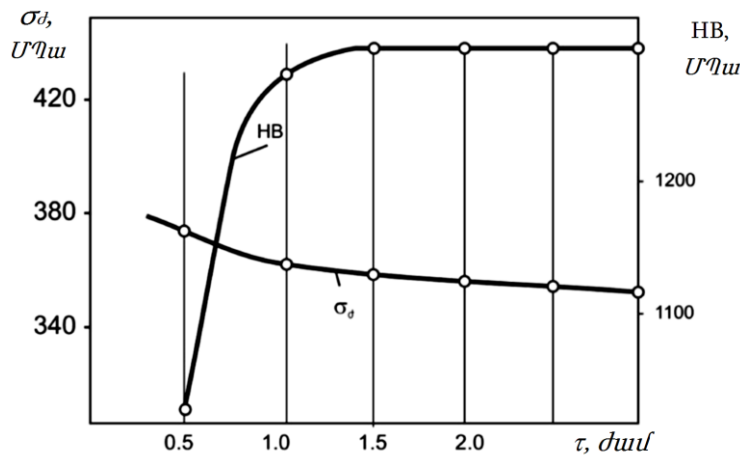


որտեղ α'_H -ը անկայուն α' -ֆազն է, իսկ β'_H -ը՝ անկայուն β -ֆազը: Ինչ վերաբերում է միմյան ռեժիմի ընտրմանը, ապա պետք է նշել, որ ամենաբարձր ամրություն և կարծրություն ստացվում է փոխակերպության ջերմաստիճանների մոտակայքում միմյան ժամանակ՝ 950°C -ից բարձր ջերմաստիճանից (նկ. 1 և 2): Միմյան ջերմաստիճանի բարձրացումը 1050°C -ից ավելի նպատակահարմար չէ՝ կապված համաձուլվածքում հեղուկ ֆազի առաջացման հետ: Միմյան ջերմաստիճանում պահման տևողությունը վերցվում է հավասար 30...250 *րոպեի* (նկ. 2), որի դեպքում տեղի է ունենում հատկությունների կայունացում:

Cu-Cr-Zr փոշեհամաձուլվածքների ամրացման համար միտումը կատարվել է α տիրույթից՝ $\alpha \leftrightarrow \beta$ փոխակերպությանը մոտ ջերմաստիճաններից: Դիսպերս ամրացման արդյունավետությունը զգացվում է 400°C -ից բարձր ջերմաստիճաններից ծերացման դեպքում (նկ. 3): Ամենամեծ ամրություն և կարծրություն, ինչպես նաև նվազագույն պլաստիկություն ստացվել է $400...425^{\circ}\text{C}$ ծերացման դեպքում: Ծերացման ջերմաստիճանի հետագա բարձրացումը (որպես կանոն՝ 450°C) առաջացնում է փոշեհամաձուլվածքի ամրության լրիվ կորուստ և պլաստիկության աճ: Ծերացման տևողության ազդեցությունն ավելի փոքր է, քանի որ ֆազի դիսպերս քայքայման գործընթացն ընթանում է ավելի ինտենսիվ առաջին մի քանի րոպեում: Սովորաբար գործարանային պայմաններում պղնձի համաձուլվածքների ծերացման տևողությունը կազմում է 2...6 ժ:

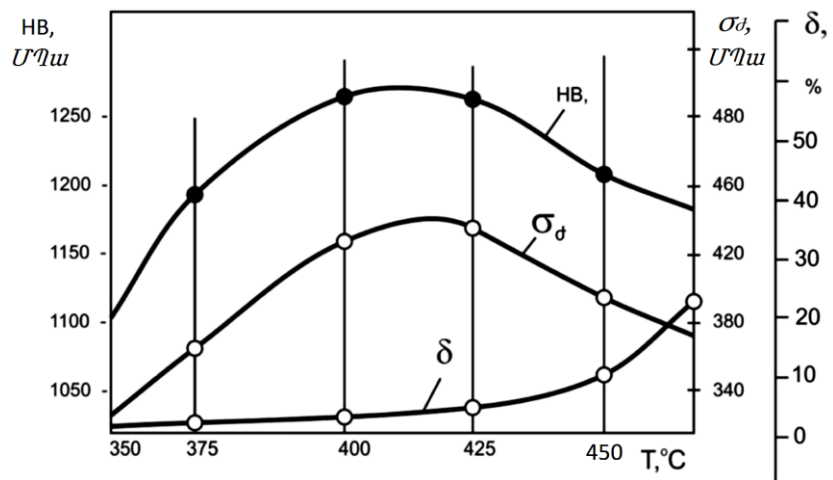


Նկ. 1. Ամրության սահմանի (σ_{δ}), հարաբերական երկարացման (δ) և կարծրության (HB) կախվածությունը միմյան ջերմաստիճանից, երբ $T_{\delta} = 425^{\circ}\text{C}$, $\tau_{\delta} = 6$ ժամ



Նկ. 2. Ամրության սահմանի (σ_{δ}) և կարծրության (HB) կախվածությունը միմյան ջերմաստիճանում պահման տևողությունից, երբ $T_{\delta} = 425^{\circ}\text{C}$, $\tau_{\delta} = 6$ ժամ

Cr և Zr փոխադարձ լուծվելիությունը Cu-ի մեջ բարենպաստ պայմաններ է ստեղծում պինդ լուծույթների գերհալման համար՝ միմյան և հետագա ծերացման դեպքում: Հետևաբար՝ Cu-Cr-Zr փոշեհամաձուլվածքում՝ ամրացնող ջերմամշակման դեպքում, ընթանում են ամրացման երկու մեխանիզմներ՝ ֆազային՝ լուծույթային և Cu_5Zr - ֆազային՝ ինտերմետաղական:

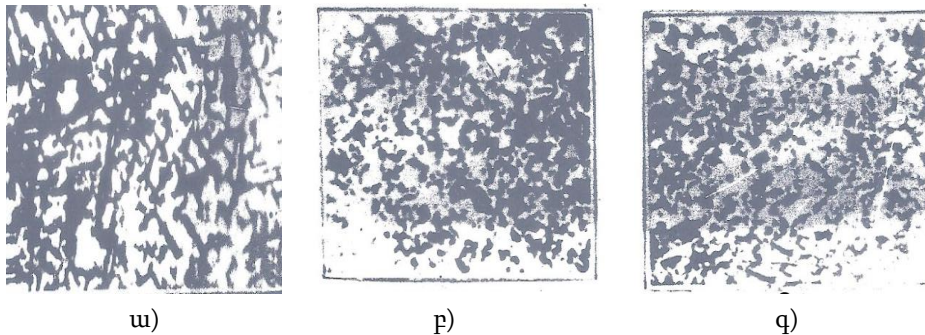


Նկ. 3. Կարծրության (HB), ամրության սահմանի (σ_{δ}) և հարաբերական երկարացման (δ) կախվածությունը ծերացման ջերմաստիճանից, երբ $T_{\text{լ}}=1000^{\pm 25} \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau_{\text{լ}}=2$ ժամ

Հետազոտության արդյունքները. Կատարվել է ստացված փոշեհամաձուլվածքների կառուցվածքի լրիվ վերլուծություն՝ օգտագործելով օպտիկական և էլեկտրոնային մանրադիտակները, ինչպես նաև միկրոռենտգենական օգտագործվածքային սպեկտրային և ռենտգենագրական անալիզներ, որի համար օպտիմալ ռեժիմներով ($T_{\text{ա}}=1000^{\pm 25} \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau_{\text{ա}}=2$ ժ, $\alpha_{\text{լ}}=110^{\circ}\text{C}$, $\lambda=5$) պատրաստվել է $\text{Cu}+1\%\text{Cr}+0,8\%\text{Zr}+10\%\text{Cu}_{\text{p}}$ բաղադրությամբ կոմպոզիտային նյութի փորձնական խմբաքանակ, որոնցից ստանդարտ մեթոդիկայով [6] պատրաստվել են հղկանմուշներ, որոնց խաճատման համար օգտագործվել է աղաթթվի 40 տոկոսանոց ջրային լուծույթ [7]: Տաք արտամղումից հետո նմուշներն ընտրված ռեժիմներով ենթարկվել են միմյան և ծերացման: Թրծումը կատարվել է $T_{\text{թ}}=675^{\pm 25} \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau_{\text{թ}}=2$ ժ, մխումը՝ $T_{\text{մ}}=1000^{\pm 25} \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau_{\text{մ}}=2$ ժ, ծերացումը՝ $T_{\text{ծ}}=425^{\pm 25} \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau_{\text{ծ}}=6$ ժ: Բոլոր փորձանմուշների համար միմյան ջերմաստիճանը համապատասխանում է α -տիրույթին: Մթնոլորտի բացասական ազդեցությունը բացառելու համար ջերմամշակումը կատարվել է արգոնի միջավայրում:

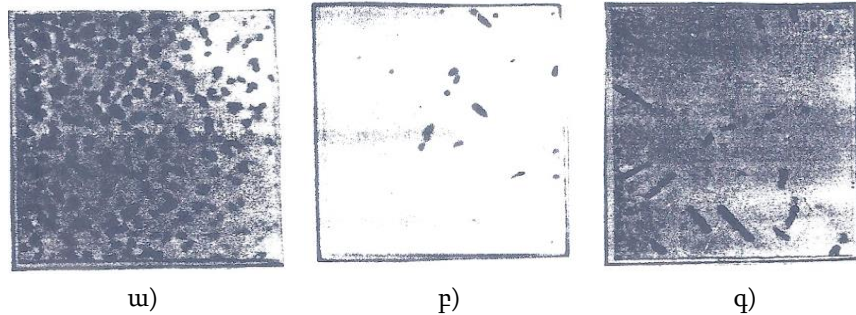
Նկ. 4-ում պատկերված են տաք արտամղմամբ ստացված $\text{Cu}+1\%\text{Cr}+0,8\%\text{Zr}+10\%\text{Cu}_{\text{p}}$ բաղադրությամբ պղնձի փոշեհամաձուլվածքի միկրոկառուցվածքները թրծումից (ա), մխումից (բ) և ծերացումից (գ) հետո: Թրծմամբ, մխմամբ ու ծերացմամբ ամրացված փոշեհամաձուլվածքներն ունեն իրենց առանձնահատուկ կառուցվածքները: Հետազոտությունները ցույց են տվել, որ մշակված փոշեհամաձուլվածքում ծերացման ժամանակ ստացվում է ծավալակենտրոն խորանարդային ցանցով β -ֆազ: Հայտնաբերվել է նաև փոքր քանակությամբ Cu_5Zr ինտերմետաղական ֆազ: Ծերացման ջերմաստիճանի բարձրացման ժամանակ՝ 500°C -ից բարձր ($600\ldots 700^{\circ}\text{C}$), դիտվում է փոշեհամաձուլվածքների կառուցվածքի փոփոխություն (նկ. 5): Եթե 500°C ջերմաս-

տիճանում ծերացված փոշեհամաձուլվածքում առաջացած ֆազերը միկրոկառուցվածքում դիտվում են դեֆորմացված հատիկների սահմաններում, որոնք շատ նման են կոհերենտ անցումներում լարումների դաշտի բաշխվածությանը (նկ. 5ա), իսկ նրանց չափերը գործնականում միատեսակ են և գնահատվում են 18...19 նմ, ապա 600°C (նկ. 5բ) և 700°C (նկ. 5գ), ջերմաստիճաններում ծերացման ժամանակ առաջացած ֆազերն ունեն ցայտուն արտահայտված ձողանման ձև, ընդ որում, 500°C-ում դիսպերսայնության չափը համարյա 2 անգամ փոքր է, քան 700°C-ում: Ցիրկոնիումի փոքր ավելացումները խիստ կերպով ազդում են երկրորդ β - ֆազի մասնիկների չափերի վրա: Պինդ ֆազում եղած ցիրկոնիումը նվազեցնում է քրոմի դիֆուզիոն շարժունակությունը, որով և բացատրվում է Cu-Cr-Zr փոշեհամաձուլվածքի ջերմադիմացկունությունը:



Նկ. 4. Cu+1%Cr+0.8%Zr+10%Cu_p բաղադրությամբ պղնձի փոշեհամաձուլվածքի միկրոկառուցվածքը ($\times 1000$). ա) - թրծաթողումից հետո, բ) - մխումից հետո ($T_d=1000^\circ\text{C}$, $\tau_d=2$ ժ), գ) - մխումից և ծերացումից հետո ($T_d=1000^\circ\text{C}$, $\tau_d=2$ ժ, $T_\delta=400^\circ\text{C}$, $\tau_\delta=6$ ժ)

Cu+1%Cr+0.8%Zr+10%Cu_p բաղադրությամբ փոշեհամաձուլվածքի միկրոկառուցվածքը տարբերվում է իր մանրահատիկայնությամբ և ֆազերի բաղադրամասերի համաչափ բաշխմամբ: Փոշեհամաձուլվածքն ունի եռաֆազ կառուցվածք, դրանք են՝ δ կոն և պլաստիկ մայրակը, որը քրոմի և ցիրկոնիումի պինդ լուծույթն է պղնձում, Cu₅Zr ինտերմետաղական ֆազի դիսպերս միացությունները և Cu-ի թելքերը, որոնք համաչափ բաշխված են մայրակի մեջ: Այսպիսի անհամասեռ կառուցվածքն ամբողջությամբ բավարարում է կոնստրուկցիոն նյութերի ժամանակակից պահանջները:



Նկ. 5. $\text{Cu}+1\%\text{Cr}+0,8\%\text{Zr}+10\%\text{Cu}$ բաղադրությամբ փոշեհամաձուլվածքների միկրոկառուցվածքը մխումից և ծերացումից հետո ($\times 500$). ա - $T_0=500^\circ\text{C}$, $\tau_0=1$ ժ, բ - $T_0=600^\circ\text{C}$, $\tau_0=1$ ժ, գ - $T_0=700^\circ\text{C}$, $\tau_0=1$ ժ

Ֆազերի բաղադրամասերի ծավալային պարունակությունը որոշվել է Սալթի-կովի [8] մեթոդով: Հղկանմուշի կառուցվածքը դիտվել է 10 միավորանոց չափման տեսադաշտում, օգտագործելով 100 հանգուցային կետերով օկուլյար ցանց: Այսպիսով, կետերի ընդհանուր քանակը կազմում է 1000: Հավանականության տեսությունը թույլ է տալիս որոշել բացարձակ շեղման մեծությունը, որն արտահայտվում է հղկանմուշի մակերեսի մասերով կամ համաձուլվածքի ծավալի մասերով:

$$\varepsilon = t \sqrt{\frac{\sum V(1 - \sum V)}{Z}},$$

որտեղ Z -ը կետերի ընդհանուր քանակն է, $\sum V$ - ն՝ ֆազին պատկանող կետերի մասը, t -ն՝ նորմավորված շեղումը, որը որոշում է ստացված արդյունքի վստահելի հավանականությունը՝

$$P = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^t e^{-t^2/2} dt :$$

Ընտրվել է $t=0,6745$, որը համապատասխանում է անալիզի վստահելի հավանականության շեղմանը: Այն արտահայտված է փոշեհամաձուլվածքի ծավալի մասերով: $\text{Cu}-\text{Cr}-\text{Zr}-\text{Cu}$ փոշեհամաձուլվածքում ($\text{Cr}=1$ զանգվ.%, $\text{Zr}=0,8$ զանգվ.%, $\text{Cu}=10$ զանգվ.%), 1000 կետերից 45-ը և 40-ը պատկանում են համապատասխանաբար Cr -ի հիմքի վրա պինդ լուծույթին (β -ֆազ) և Cu_5Zr ինտերմետաղական ֆազին: Հետևաբար, կառուցվածքային բաղադրամասերի իրական ծավալային մասը գտնվում է $0,45 \pm 0,02$ (β -ֆազ) և $0,40 \pm 0,0019$ (Cu_5Zr) սահմաններում: Ֆազերի այդպիսի քանակը, որը որոշված է փորձնական ճանապարհով, ամբողջությամբ համընկնում է տեսական հաշվարկների արդյունքներին՝ 4,49 ծավ. % β -ֆազի և 4,45 ծավ. %՝ ինտերմետաղական ֆազի դեպքում:

Ժամանակակից մետաղագիտությունը մեծ ուշադրություն է դարձնում կոտրվածքների կառուցվածքի (ֆրակտոգրամ) ուսումնասիրությանը, քանի որ այն կարևոր տեղեկություն է տալիս նյութի կառուցվածքային քայքայման մեխանիզմի մասին [9, 10]: Սակայն մինչև այսօր ամբողջությամբ ուսումնասիրված չեն պղնձի հիմքով և պղնձյա թելքերով ամրանավորված բարձրամուր կոմպոզիտային նյութի կառուցվածքային քայքայման հիմնական օրիանաչափությունները: Այս առումով ուսումնասիրվել է MM մակնիշի պղնձյա թելքերով ($V_{\text{ծավ}}=10\%$, $d=0,20$ մմ, $l/d=20$) ամրանավորված պղնձի հիմքով $\text{Cu}+1\%\text{Cr}+0,8\%\text{Zr}+10\%\text{Cu}_\text{P}$ բաղադրությամբ կոմպոզիտային նյութի քայքայման բնույթը: Կոտրվածքները ստացվել են $10\times10\times55$ մմ չափսի (KCU), $2,0$ մմ խորությամբ կտրվածքով և $2,5$ մմ կլորացման շառավղով ջերմամշակված նախապատրաստվածքների հարվածային քայքայման արդյունքում: Կոտրվածքների ֆրակտոգրամների ուսումնասիրությունը ցույց է տալիս, որ կառուցվածքում գոյություն ունեն Cu -ի թելքերի կողմնորոշվածություն, հավասարաչափ բաշխվածություն և փափուկ մայրակի հետ ամուր կապ: Քայքայված թելքերի ծայրերը գտնվում են մոտավորապես մայրակի կտրման հարթությունում: Քայքայումից հետո բուն թելքի դեֆորմացումը հավասարաչափ է, առանց խանգարումների: Բարդ կոնֆիգուրացիաով կոտրման աստիճանները հպվում են սակավաթիվ ֆասետների հետ: Հատիկասահմանային ֆասետները կողմնորոշված են դեֆորմացնող լարումների առանցքի նկատմամբ որոշակի անկյան տակ: Փոշեհամաձուլվածքի քայքայման բնույթն առաջին հերթին բնորոշվում է լարվածային-դեֆորմացված վիճակում գտնվող թելքերի վարքից: Կողմնորոշվածությունը և մայրակի հետ թելքերի կապակցման ամրությունը խոչընդոտում են թելքերի վրա վզիկների առաջացմանն ու զարգացմանը, ինչը բարենպաստ պայմաններ է ստեղծում ամբողջ թելքի երկայնքով հավասարաչափ պլաստիկ դեֆորմացման զարգացման համար: Այստեղից հետևում է, որ թելքերի հատկություններն օգտագործվում են 100% -ով, որով և որոշվում են ամրանավորված փոշեհամաձուլվածքների բարձր ամրության հատկությունները, իսկ մշակված փոշեհամաձուլվածքում՝ բարձր էլեկտրահաղորդականությունը: Այս եզրակացությունը հաստատվում է նաև նրանով, որ ֆրակտոգրամներից ոչ մեկի վրա չեն հայտնաբերվել մայրակի միջից պոկված թելքեր:

Ինչպես ցույց են տալիս հետազոտությունները, տաք արտամղման և հետագա ջերմամշակման ընթացքում տեղի է ունենում Cu_P -ի և Cu -ի հիմքով մայրակի միջև քիմիական փոխազդեցություն՝ լուծում մեկը մյուսի մեջ: Սակայն այս գործընթացը չի ընթանում թելքի ամբողջ կտրվածքով, որն էլ հնարավորություն է տալիս պահպանել բարձր մաքրությամբ պղնձյա թելքի առկայությունը, արդյունքում՝ նաև բարձր էլեկտրահաղորդականությունը:

Եզրակացություն. Մետաղագիտական վերլուծության արդյունքում ցույց է տրված, որ միտումից և ծերացումից հետո $\text{Cu}+1,0\%\text{Cr}+0,8\%\text{Zr}+10\%\text{Cu}_\phi$ բաղադրությամբ փոշեկոմպոզիտային նյութի կառուցվածքը եռաֆազ է: Այն բաղկացած է $\alpha\text{-Cu}$ -ից (Cr-ի և Zr-ի պինդ լուծույթը պղնձում), Cu_5Zr ինտերմետաղական ֆազից և պղնձի թելքերից: Ընդ որում, պինդ լուծույթի հիմքով մայրակն ապահովում է բարձր մեխանիկական հատկություններ և ջերմակայունություն, իսկ պղնձյա թելքերը՝ բարձր ջերմահաղորդականություն և էլեկտրահաղորդականություն: Ֆրակտոգրաֆիական հետազոտությամբ սահմանվել է կառուցվածքային քայքայման մեխանիզմը: Ցույց է տրված, որ թելքերի կոդմնորոշվածությունը և մայրակի հետ կապակցման ամրությունը խոչընդոտում են թելքերի վրա վզիկների առաջացմանն ու զարգացմանը, ինչը բարենպաստ պայմաններ է ստեղծում ամբողջ թելքի երկայնքով հավասարաչափ պլաստիկ դեֆորմացման զարգացման համար, որը և ապացուցում է թելքերի հատկությունների 100%-ով օգտագործման հնարավորությունը:

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. **Dol T.** Nippon Kindzoku Gakkaishi. - 1957.- V.21.- P.337-339.
4. **Дорофеев Ю.Г.** Динамическое горячее прессование в металлокерамике.- М.: Металлургия. 1972.- 176 с.
5. **Колачев Б.А., Ливанов В.А., Елагин В.И.** Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов.- М.: Металлургия, 1981.- 416 с.
6. **Геллер Ю.А., Рахсггадт А.Г.** Материаловедение.- М.: Металлургия, 1984.- 384 с.
7. **Баранова Л.В., Демина Э.Л.** Металлографическое травление металлов и сплавов.- Справочник.- М.: Металлургия, 1966.- 256 с.
8. **Салтыков С.А.** Стереометрическая металлография.- М.: Металлургия, 1970.- 375 с.
9. **Фрактография, прокаливаемость и свойства сплавов / М.П. Браун и др.- Киев: Наукова Думка, 1966.- 312 с.**
10. **Приборы и методы физического металловедения.- Вып. 2 / Под ред. Ф. Вейнберга.- М.: Мир, 1974.- 363 с.**

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 10.09.2016:

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

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДИСПЕРСНО
ТВЕРДЕЮЩИХ И АРМИРОВАННЫХ МЕДНЫМИ ВОЛОКНАМИ
ПОРОШКОВЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МЕДИ**

По результатам экспериментальных исследований определены оптимальные параметры ($T_3=1000^{\pm 25} \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau_3=2 \text{ ч}$, $T_c=425^{\pm 25} \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau_c=6 \text{ ч}$) упрочняющей термообработки (закалка, старение), которые обеспечивают не только высокие механические свойства ($\sigma_b=350 \dots 360 \text{ МПа}$, $\text{HB}=1200 \dots 1300 \text{ МПа}$), но и высокие теплопроводность ($\chi=70 \text{ Вт/К}\cdot\text{м}$) и электропроводность. Результаты металлографического анализа показали, что порошковый композиционный материал $\text{Cu}+1,0\%\text{Cr}+0,8\%\text{Zr}+10\%\text{Cu}_f$ имеет трехфазную структуру и состоит из $\alpha\text{-Cu}$ (твердого раствора Cr и Zr в меди), интерметаллидной фазы и медных волокон. Матрица на основе твердого раствора обеспечивает высокие прочностные свойства, а медные волокна – высокие теплопроводность и электропроводность.

Ключевые слова: медь, дисперсное твердение, металлическое волокно, армирование, порошковый композиционный материал, закалка, старение, твердый раствор, интерметаллидная фаза.

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

**INVESTIGATING THE PROCESSES OF HEAT TREATMENT OF
DISPERSIONHARDENING AND FIBER - REINFORCED COPPER POWDER
COMPOSITE MATERIALS BASED ON COPPER**

According to the results of experimental studies, the optimal parameters ($T_h=1000^{\pm 25} \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau_h = 2 \text{ h}$, $T_o = 425^{\pm 25} \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau_o = 6 \text{ h}$) of the hardening heat treatment (hardening, aging), providing not only high mechanical properties ($\sigma_t = 350 \dots 360 \text{ МПа}$, $\text{HB} = 1200 \dots 1300 \text{ МПа}$), but also high thermal ($\chi = 70 \text{ W/K}\cdot\text{m}$) and electrical conductivity. The results of the metallographic analysis have shown that the powder composite material $\text{Cu} + 1,0\% \text{ Cr} + 0,8\% \text{ Zr} + 10 \% \text{Cu}_f$ has a three-phase structure and is composed of $\alpha\text{-Cu}$ (solid solution of Cr and Zr in the copper) and intermetallic phase of copper fibers. The matrix based on a solid solution provides high mechanical properties, while the copper fibers-high electrical conductivity.

Keywords: copper, dispersion hardening, metal fiber, reinforcement, powder composite material, hardening, aging, solid solution, intermetallic phase.