

Հ.Ա. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ

ՊՂՆՁԻ ՀԱՄԱՁՈՒԼՎԱԾՔՆԵՐԻ ԷԼԵԿՏՐԱՀԱՂՈՐԴԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՎՐԱ
ԼԵԳԻՐՈՂ ՏԱՐԻՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ներկայացված են պղնձի համաձուլվածքների էլեկտրահաղորդականության վրա կալցիումի, ալյումինի և քրոմի ազդեցության փորձնական ուսումնասիրությունների արդյունքները: Լեգիրող տարրերի առավելագույն պարունակությունը 1,0% է: Հետազոտման արդյունքների հիման վրա ընտրվել են բարձրաէլեկտրահաղորդիչ ցածր լեգիրված պղնձի վրա առավել արդյունավետ ազդող լեգիրող տարրը և վերջինիս պարունակության սահմանը:

Առանցքային բառեր. ձուլվածք, էլեկտրական դիմադրություն, լեգիրում, լիգատուր, ֆլյուս, նախապատրաստվածք:

Մետաղական նախապատրաստվածքները և իրերը ստացվում են ճնշմամբ մշակմամբ (տաք և սառը վիճակում), եռակցմամբ, փոշեմետալուրգիայի եղանակով, ձուլմամբ և այլն: Նշված եղանակներից ամենաարդյունավետը ձուլման տեխնոլոգիան է, քանի որ այդ եղանակով են ստացվում գրեթե ցանկացած համաձուլվածքից, համապատասխան չափերով, կշռով ու անհրաժեշտ ուրվագծով, տարբեր իրեր, որոնք հաջողությամբ կիրառվում են տնտեսության համապատասխան բնագավառներում: Ձուլածո իրերի ստացման համար օգտագործվող համաձուլվածքների ընտրությունը բարդ խնդիր է, քանի որ գրեթե ցանկացած համաձուլվածքից, նույնիսկ ոչ ձուլման, կարելի է պատրաստել ձուլվածքներ: Այդ իսկ պատճառով էլ համաձուլվածքն ընտրելիս պետք է հաշվի առնել ստացվող ձուլվածքի տեխնիկական պահանջները:

Էլեկտրատեխնիկական արդյունաբերությունում զգալի է անհրաժեշտ ֆիզիկամեխանիկական հատկություններով և բարձր էլեկտրահաղորդականությամբ օժտված ձևավոր ձուլվածքների պահանջարկը:

Գունավոր մետաղների համաձուլվածքներից ձուլվածքների ստացման համար որպես բովախառնուրդային նյութեր օգտագործվում են առաջնային գունավոր մետաղներ, երկրորդային գունավոր մետաղների ձուլակոճղեր, լիգատուրներ, ձուլման և մեխանիկական արտադրամասերի թափոններ, ինչպես նաև ֆլյուսներ ու խարամագոյացման հավելանյութեր:

Պղնձի հիմքով համաձուլվածքները լայն կիրառություն ունեն որպես կոնստրուկցիոն նյութեր: Դա պայմանավորված է պղնձի բարձր էլեկտրահաղորդականությամբ և ջերմահաղորդականությամբ, ինչպես նաև բարձր պլաստիկությամբ ու կոռոզիակայունությամբ:

Արդյունաբերությունում թողարկվող պղնձի մականիշներն իրարից տարբերվում են խառնուրդների պարունակությամբ, վերջինները զգալիորեն իջեցնում են պղնձի էլեկտրահաղորդականությունը: Առավել վնասակար խառնուրդներ են բիսմութն ու թթվածինը:

Բիսմութը պղնձի հետ առաջացնում է սահմանափակ լուծելիությամբ (600°C -ում լուծելիությունը կազմում է մինչև $0,001\%$) դյուրահալ պինդ լուծույթներ, որոնք բյուրեղանալիս պնդանում են ամենավերջում և էվտեկիկական ռեակցիայի ժամանակ (270°C) տեղաբաշխվում են հատիկների սահմաններում, իսկ տաք գլոցման դեպքում 270°C -ից բարձր ջերմաստիճաններում տաքացնելիս նրբաշերտերի հալումից ձուլուկները քայքայվում են: $0,001\%$ -ից ավելի բիսմութի պարունակության դեպքում պղինձը դառնում է փխրուն սառը մշակման դեպքում:

Թթվածինը պղնձի հետ առաջացնում է դժվարահալ էվտեկտիկա, որի հալման ջերմաստիճանը բարձր է պղնձի տաք մշակման ջերմաստիճանից: Եթե պղինձը պարունակում է $0,005\%$ -ից ավելի թթվածին (ըստ զանգվածի), ապա բյուրեղների սահմաններում անջատվում է էվտեկտիկա ($\text{Cu} + \text{Cu}_2\text{O}$): Հետևաբար, չնչին քանակով թթվածնի առկայությունը չի ուղեկցվում շիկաբեկունքության առաջացմամբ: Սակայն թթվածնի պարունակության զգալի բարձրացումը կտրուկ իջեցնում է պղնձի մեխանիկական, տեխնոլոգիական և կոռոզիոն հատկությունները, որի արդյունքում պղինձը դառնում է շիկաբեկուն և սառնաբեկուն:

Պղինձը, որում առկա է թթվածին, ջրածին պարունակող միջավայրում թրծաթողման դեպքում դառնում է փխրուն ու ճաքճքում է: Այս երևույթը հայտնի է <<ջրածնային հիվանդություն>> անվանումով: Այս դեպքում պղնձի ճաքճքումը տեղի է ունենում ջրածնի ու թթվածնի փոխազդեցությունից զգալի քանակով ջրային գոլորշիների առաջացման արդյունքում: Բարձր ջերմաստիճաններում ջրային գոլորշիներն ունեն բարձր ճնշում և քայքայում են պղինձը: Պղնձում ճաքերի առկայությունը հաստատվում է նմուշներն ըստ ծոման և ոլորման փորձարկելիս, ինչպես նաև միկրոսկոպիկ մեթոդներով:

Պղինձը ձուլվածքային բրոնզների և արույրների հիմքն է: Պղնձի բարձր էլեկտրահաղորդականությունը հիմնական գործոնն է, որով բնորոշվում է պղնձի օգտագործումը որպես նյութ հոսանքահաղորդիչ դետալների պատրաստման համար: Շիկափափկացրած պղնձի էլեկտրահաղորդականությունը, որը 20°C -ում ունի $\rho=0,017241 \text{ Օմ}\cdot\text{մմ}^2/\text{մ}$ տեսակարար էլեկտրական դիմադրություն, ընդունված է 100% կամ $58 \text{ մ}\cdot\text{Օմ}\cdot\text{մմ}^2$ որպես էլեկտրահաղորդականության միջազգային ստանդարտ: Սակայն պղինձը դեֆիցիտ գունավոր մետաղ է, հետևաբար՝ հատուկ ուշադրություն պետք է դարձնել նրա հալման և ձուլման շահավետ ու անթափոն տեխնոլոգիայի ստեղծմանը՝ նվազագույնի հասցնելով մետաղի կորուստները:

Պղնձի հիմքով համաձուլվածքներից ձուլվածքների ստացման հիմնական դժվարությունը պայմանավորված է մաքուր պղնձի ցածր հեղուկահոսունությամբ,

մեծ գծային (2,1%) ու ծավալային կծկվածքներով (մոտ 11%), գազակլանման և ճաքերի առաջացման մեծ հակումով, ինչպես նաև թթվածին ու ջրածին չպարունակող համաձուլվածքների ստացմամբ [1]:

Գրականության տվյալներից հայտնի է, որ տեխնիկական մաքուր պղնձից և նրա հիմքով բարձրաէլեկտրահաղորդիչ համաձուլվածքներից ձևավոր ձուլվածքների ստացման գործընթացներն ուսումնասիրված են բավականին քիչ, որը դժվարացնում է լավագույն հատկություններով օժտված որակյալ ձուլվածքների ստացումը: Բավարար չափով ուսումնասիրված չի նաև հալույթի լցման ջերմաստիճանի ու լեգիրող տարրերի ազդեցությունը պղնձի ձուլման հատկությունների վրա: Պղնձի հիմքով համաձուլվածքներից ձևավոր ձուլվածքների ստացման համար հիմնականում օգտագործվում են մետաղակաղապարային, հալվող մոդելներով և թաղանթային ձուլվածքներում ձուլման եղանակները:

Աշխատանքի նպատակն է՝ ուսումնասիրել չնչին քանակով լեգիրող տարրերի ազդեցությունը պղնձի հիմքով համաձուլվածքների էլեկտրահաղորդականության վրա:

Լեգիրող տարրերի ընտրությունը կատարելիս առաջնորդվել ենք հետևյալ դրույթներով՝

- դրանք պետք է լավ լուծվեն պղնձում,
- լեգիրող տարրերի մնացորդները չպետք է ազդեցություն թողնեն պղնձի էլեկտրահաղորդականության վրա,
- դրանք պետք է նպաստեն պղնձի ձուլման և մեխանիկական հատկությունների բարձրացմանը:

Պղնձում տարբեր տարրերի առկայությունը, ինչպես նաև հատուկ ներմուծվող լեգիրող տարրերը այս կամ այն չափով ազդում են պղնձի և նրա համաձուլվածքների ֆիզիկամեխանիկական ու տեխնոլոգիական հատկությունների վրա և, առաջին հերթին, իջեցնում են նրա էլեկտրահաղորդականությունը:

Մաքուր պղնձի էլեկտրահաղորդականությունը որոշվում է այն բոլոր գործոններով, որոնք ազդում են մետաղի մաքրության, ինչպես նաև նրա բյուրեղացման բնույթի և բյուրեղային կառուցվածքի վրա: Եթե հաշվի առնենք, որ 1 մ³ ծավալով մաքուր պղնձում, ըստ զանգվածի, պարունակվում է 0,01% Fe, Co և Ni, երբ խառնուրդների ատոմների թիվը հասնում է 10¹⁷, ապա հասկանալի է, թե որքան ուժեղ են ազդում պղնձում պարունակվող խառնուրդները և լեգիրող տարրերը նրա էլեկտրահաղորդականության վրա, ընդ որում՝ այդ ազդեցությունը կարող է լինել զգալի կամ չնչին [2]:

Պղնձի էլեկտրահաղորդականությունը չնչին չափով նվազեցնող տարրերից են արծաթը, կադմիումը, մագնեզիումը, ցիրկոնիումը և այլն, որոնք պղնձի հետ առաջացնում են համեմատաբար բարձր լուծելիությամբ սահմանափակ պինդ լուծույթներ (Էվտեկտիկայի ջերմաստիճանում դրանց սահմանային լուծելիությունը պղնձում կազմում է՝ 8,8% Ag, 2,7% Ca, 2,8% Mg) և բարձրացնում են նրա ամրությունն ու

կարծրությունը [3]: Արծաթի, կադմիումի և մագնեզիումի չնչին պարունակությամբ (մինչև 1,0%) պղնձի համաձուլվածքները ջերմային առումով չմշակվող են և ամրանում են միայն սառը դեֆորմացիայի դեպքում: Արծաթի նվազագույն քանակությունը ամենաքիչն է իջեցնում պղնձի էլեկտրահաղորդականությունը, սակայն արծաթ պարունակող պղնձի համաձուլվածքների ամրության սահմանն ու կարծրությունը սենյակային և բարձր ջերմաստիճաններում զիջում են այլ տարրերով լեգիրված պղնձի համաձուլվածքներին: Արծաթը զգալիորեն բարձրացնում է պղնձի վերաֆյուրեղացման ջերմաստիճանն ու սողքի դիմադրությունը, հետևաբար՝ բարձրաէլեկտրահաղորդիչ պղնձի համաձուլվածքների համար ամենաթանկ լեգիրող տարրն է:

Էլեկտրահաղորդիչ պղնձի համար առավել տարածված լեգիրող տարր է կադմիումը, որը քիչ է իջեցնում պղնձի էլեկտրահաղորդականությունը, սակայն բարձրացնում է նրա ամրության ցուցանիշները: Կադմիումին փոխարինող տարր է մագնեզիումը, բայց քանի որ մագնեզիումը արծաթի ու կադմիումի համեմատ զգալիորեն է իջեցնում պղնձի էլեկտրահաղորդականությունը, ուստի մագնեզիումը համաձուլվածքի մեջ է ներմուծվում մինչև 0,3%-ի չափով: Հետազոտությունները ցույց են տվել, որ (0,1...0,3)% Mg պարունակող Cu-Mg համաձուլվածքներն իրենց հատկություններով համարժեք են (0,9...1,2)% Cd պարունակող ստանդարտ կադմիումային բրոնզներին: Cu-Mg համաձուլվածքներում առավել արդյունավետ հավելանյութ է բորը, որի մինչև 0,2% պարունակությունը նպաստում է հատիկի մանրացմանը, մեծացնում է ամրությունը, պահպանելով պլաստիկությունը:

Պղնձում 0,1% ֆոսֆորի պարունակությունը (ըստ զանգվածի) բարձրացնում է էլեկտրական դիմադրությունը 2 անգամ, իսկ է 1% կադմիումի քանակությունը բարձրացնում է այն ընդամենը 5%-ով: Հաղորդալարերի պատրաստման համար պղինձը սովորաբար լեգիրվում է (0,8...1,0)% կադմիումով: Այս դեպքում մոտ երեք անգամ բարձրանում է ստացվող հաղորդալարի ամրության սահմանը, իսկ էլեկտրահաղորդականությունը կազմում է տեխնիկապես մաքուր պղնձի էլեկտրահաղորդականության մոտ 90%-ը [4]: Ընդհանուր օրինաչափությունն այն է, որ լուծված տարրի ատոմները թույլ ազդեցություն են թողնում այն դեպքում, երբ դրանք իրենց բնույթով նման են լուծիչ տարրի ատոմներին և պարբերական համակարգում գտնվում են իրարից ոչ շատ հեռու:

Պղնձից ձևավոր ձուլվածքների ստացման կարևոր փուլ է հալույթի պատրաստումը, քանի որ տեղի է ունենում համաձուլվածքի բաղադրիչների ակտիվ փոխազդեցություն գազային միջավայրի հետ: Այս ընթացքում մետաղի և գազերի փոխազդեցությունից կարող են առաջանալ քիմիական միացություններ, լուծույթներ և մեխանիկական խառնուրդներ, որոնք վատացնում են հալույթի որակը: Պղնձի ձուլման և ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների վրա զգալի ազդեցություն ունեն նաև նրանում պարունակվող գազերը, հատկապես պղնձի մեջ ջրածնի ու թթվածնի միաժամանակյա առկայությունը: Լեգիրումով պղնձի ձուլման և ֆիզիկամեխանիկական

հատկությունների լավացումը կապված է որոշակի դժվարությունների հետ, քանի որ այս դեպքում համարյա միշտ նվազում է նրա էլեկտրահաղորդականությունը, նույնիսկ նրանում լեգիրող տարրերի չնչին ավելացումների դեպքում:

Օհմի օրենքից հետևում է, որ էլեկտրահաղորդականության մեծությունը (γ) հակադարձ համեմատական է տեսակարար էլեկտրական դիմադրությանը ($\gamma=1/\rho$): Հաղորդչի տեսակարար էլեկտրական դիմադրությունը ճիշտ որոշելու համար շատ կարևոր է ճիշտ որոշել նրա ընդլայնական կտրվածքի մակերեսը, ինչը բավականին դժվար է: Հաշվի առնելով միջազգային պրակտիկան՝ մեր կողմից որոշվել է տեսակարար էլեկտրական դիմադրությունն ըստ նմուշի զանգվածի մեծության՝ օգտագործելով հետևյալ առնչությունը.

$$F = \frac{M}{ml},$$

որտեղ F -ը փորձարկվող նմուշի ընդլայնական կտրվածքի մակերեսն է, ml^2 , M -ը՝ նմուշի զանգվածը, l , m -ը՝ համաձուլվածքի խտությունը, որը պղնձի համար 20°C -ում միջազգային ստանդարտով ընդունվում է $8,89 \text{ g/cm}^3$ կամ $8,89 \cdot 10^{-3} \text{ կգ/սմ}^3$, l -ը՝ նմուշի երկարությունը, $սմ$:

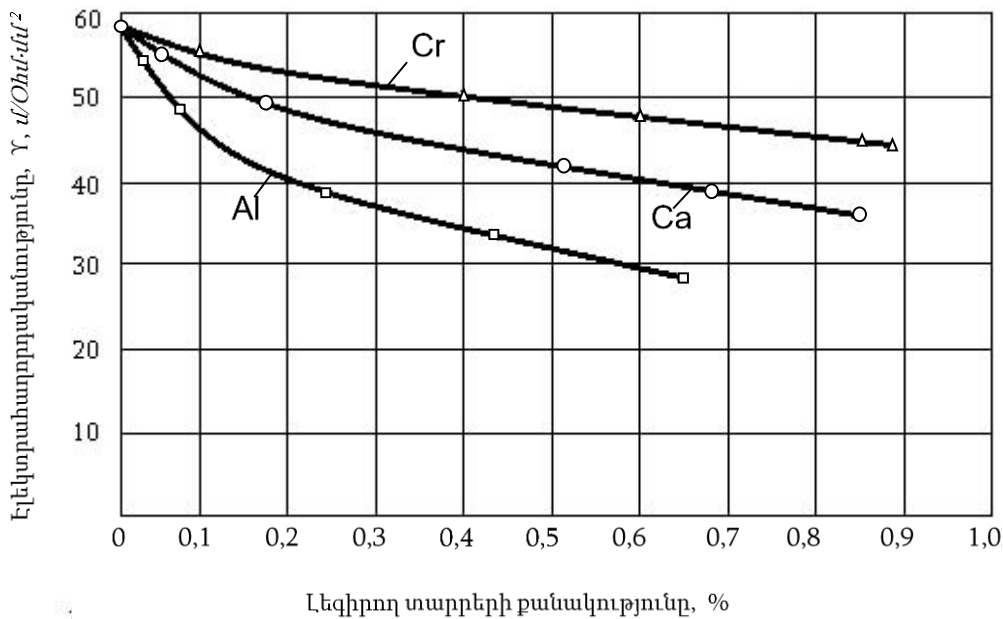
Հետևաբար, պղնձի համար օգտագործվում են տեսակարար դիմադրության երկու մեծություններ՝ ծավալային (ρ_v) և զանգվածային (ρ_m), $Օմ \cdot սմ$: Տեխնիկական գրականությունում հաճախ էլեկտրահաղորդականությունն արտահայտվում է տոկոսներով: Եթե ըստ միջազգային ստանդարտի պղնձի էլեկտրական դիմադրությունն ընդունվում է $\rho_v=0,017241 \text{ Օմ} \cdot մմ^2/մ$, ապա պղնձի էլեկտրահաղորդականությունը կլինի՝ $\gamma=1/\rho_v=1/0,017241=58 \text{ մ/Օմ} \cdot մմ^2 [5]$:

Հաշվի առնելով, որ պղնձի տեսակարար դիմադրության մեծությունը որոշվել է՝ ելնելով նմուշի զանգվածից, ուստի պղնձի էլեկտրական դիմադրության որոշման արդյունքների վրա խտության ազդեցությունը բացառելու համար օգտագործել ենք ըստ զանգվածի պղնձի տեսակարար դիմադրությունը, այսինքն՝ $\rho_m=8,89\rho_v=8,89 \cdot 0,017241=0,15328 \text{ Օմ} \cdot գ/մ^2$:

Էլեկտրահաղորդականությունը որոշելու համար ձուլման եղանակով պատրաստել ենք $12 \times 12 \times 100 \text{ մմ}$ չափերով նախապատրաստվածքներ և չափել դրանց էլեկտրադիմադրությունը: Չափումները կատարել ենք սենյակային ջերմաստիճանի պայմաններում $4 \dots 5$ անգամ:

Որպես լեգիրող տարրեր ընտրել ենք կալցիումը, ալյումինը և քրոմը մինչև $1,0\%$ պարունակությամբ: Լեգիրող տարրերը բովախառնուրդի մեջ ենք ներմուծել համապատասխան լիգատուրների ձևով: Հալումը կատարել ենք ինդուկցիոն վառարանում, գրաֆիտե տիգելներում, պաշտպանիչ շերտի տակ: Համաձուլվածքների փորձարկման պայմանները պահպանվել են նույնը:

Նկարում բերված են պղնձի էլեկտրահաղորդականության վրա լեգիրող տարրերի ազդեցության բնութագրերը: Ինչպես երևում է գրաֆիկներից, բոլոր լեգիրող տարրերն իջեցնում են պղնձի էլեկտրահաղորդականությունը, մասնավորապես, առավել չափով նվազում է Al-ով, իսկ ամենաքիչը՝ Cr-ով լեգիրելիս:



Նկ. Լեգիրող տարրերի ազդեցությունը պղնձի էլեկտրահաղորդականության վրա

Cu-Al համաձուլվածքներում Al-ի 0,65% պարունակության դեպքում պղնձի էլեկտրահաղորդականությունը նվազում է 51%-ով: Մինչև 0,85% Ca-ով լեգիրելիս պղնձի էլեկտրահաղորդականությունը նվազում է (36...38)%-ով, իսկ 0,88% Cr-ով լեգիրելիս՝ ընդամենը (20...22)%-ով:

Այսպիսով, պղնձի հիմքով սակավ լեգիրված համաձուլվածքների էլեկտրահաղորդականության պահպանման համար որպես լեգիրող տարր նպատակահարմար է օգտագործել քրոմը՝ համաձուլվածքի զանգվածի (0,1...0,88)%-ի չափով: Այդպիսի համաձուլվածքներից հնարավոր է ստանալ բարձրորակ ձևավոր էլեկտրահաղորդիչ ձուլվածքներ:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. Курдюмов А.В., Пикунов М.В., Чурсин В.М., Бибииков Е.Л. Производство отливок из сплавов цветных металлов. - М.: МИСИС, 1996.-504 с.
2. Технология литейного производства / Под ред. Б.С. Чуркина. - Екатеринбург: УрГПУ, 2000.- 662 с.

3. Двойные и многокомпонентные системы на основе меди / Под ред. **Н.Х. Абрикосова.** - М.: Наука, 1979.- 248 с.
4. Технология литейного производства / Под ред. **А.П. Трухова.** - М.: Академия, 2005.-528 с.
5. Цветное литье: Справочник / Под общ. ред. **Н.М. Галдина.** - М.: Машиностроение, 1989.-528 с.

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 03.08.2015:

Г.А. КАРАПЕТЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ МЕДНЫХ СПЛАВОВ

Приведены результаты экспериментального исследования влияния кальция, алюминия и хрома на электропроводность медных сплавов. Количество легирующих элементов составляет до 1,0%. Выбран наиболее рациональный легирующий элемент (и предел его содержания) для высокоэлектропроводной низколегированной меди.

Ключевые слова: отливка, электрическое сопротивление, легирование, лигатура, флюс, заготовка.

H.A. KARAPETYAN

INVESTIGATING THE IMPACT OF ALLOYING ELEMENTS ON THE ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF COPPER ALLOYS

The results of experimental investigation of the calcium, aluminum and chromium effect on the electrical conductivity of copper alloys are introduced. The amount of alloying elements is up to 1.0%. The most rational alloying element (and the limit of its content) for high electrical conductivity low alloyed copper is selected.

Keywords: casting, electrical resistance, alloying, hardener, flux, blank.