

С.Г. АГБАЛЯН, В.Г. ВАРДАНЫАН

ВЛИЯНИЕ ВТОРИЧНОЙ СТРУКТУРЫ АЛЮМИНИЕВОГО ПОРОШКОВОГО СПЛАВА НА АНТИФРИКЦИОННЫЕ СВОЙСТВА

Исследован механизм образования вторичной структуры при трении алюминиевого порошкового сплава следующего состава: 4%Cu+1,8%Mg+1,2%Cr+ +4,5%MoS₂+Al_{ост}. Из результатов исследования следует, что образование пленки связано как с химическим составом и фазами антифрикционных материалов, так и с внешними факторами, особенно давлением и скоростью.

Ключевые слова: порошковый алюминиевый сплав, антифрикционный материал, вторичная структура, пленка, фаза, давление, скорость, трение, износ.

S.G. AGHBALYAN, V.G. VARDANYAN

THE IMPACT OF SECONDARY STRUCTURE OF ALUMINUM POWDER ALLOY ON ANTI-FRICTION PROPERTIES

The mechanism of formation of secondary structure at the friction of aluminum powder alloy of the composition 4% Cu + 1,8% Mg + 1,2% Cr + 4,5% MoS₂ + Alres is investigated. The investigation results show that the formation of the film is connected with both the chemical composition and phases of anti-friction materials, and with the external factors, especially pressure and speed.

Keywords: aluminum powder alloy, friction reducing agent, secondary structure film, phase, pressure, velocity, friction, wear.

ՀՏԴ 621.762:621.791.76.03

Ա.Ռ. ՍԱՐԳՍՅԱՆ

ԿՈՆՏԱԿՏԱՅԻՆ ԵՌԱԿՑՄԱՆ ԷԼԵԿՏՐՈՂՆԵՐԻ ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐԸ, ՕԳՏԱԳՈՐԾՎՈՂ ՀԱՄԱՁՈՒԼՎԱԾՔՆԵՐԸ, ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԸ ԵՎ ԲՆՈՒԹԱԳՐԵՐԸ

Ուսումնասիրվել են կոնտակտային եռակցման էլեկտրոդների աշխատանքային պայմանները, օգտագործվող համաձուլվածքները և բնութագրերը: Ցույց է տրված, որ բարձր էլեկտրահաղորդականություն ապահովելու համար որպես մայրակի նյութ նպատակահարմար է ընտրել պղինձը, իսկ բարձր ամրություն և ջերմակայունություն կարելի է ապահովել միայն դիսպերս մասնիկներով կարծրացման կամ դիսպերս հատիկներով ամրացման միջոցով: Պղնձի հիմքով վիճակի դիագրամների ուսումնասիրման արդյունքում որպես լեգիրող կոմպոնենտներ ընտրվել և հիմնավորվել են Ni-ը, Si-ը և Cr-ը:

Առանցքային բառեր. կոնտակտային եռակցում, էլեկտրոդ, դիսպերս կարծրացում, դիսպերս ամրացում, փոշեկոմպոզիտային նյութ, պինդ լուծույթ, ինտերմետաղական ֆազ:

Ներածություն: Ժամանակակից տեխնիկայի զարգացմանը զուգընթաց մեծ տեղ է հատկացվում հատկապես բարձրամուր և ֆունկցիոնալ նշանակության կոմպոզիտային նյութերին (ԿՆ): Այս տեսակետից առավել ուշագրավ են մետաղական

հիմքով կոմպոզիտային նյութերը, ինչպիսիք են դիսպերս մասնիկներով կարծրացող և դիսպերս հատիկներով ամրացվող փոշեհամաձուլվածքները:

Կոմպոզիտային նյութերի ստացման հետ կապված խնդիրները բաժանվում են երեք խմբի:

Առաջին խմբին են պատկանում այն հիմնահարցերը, որոնք կապված են դիսպերս մասնիկների կամ դիսպերս հատիկների և մայրակի նյութի փոխկապակցության հետ: Այս խնդիրների ճիշտ լուծումից է կախված ջերմամշակմամբ առաջացած դիսպերս ֆազերի (մասնիկների) կամ ներդրված դիսպերս հատիկների և մայրակի միջև առաջացած ամուր կապը, ինչպես նաև ֆիզիկա-քիմիական փոխակերպությունների ոչ ցանկալի ընթացքը սահմանային շերտում:

Երկրորդ հիմնահարցը կապված է մայրակ ներմուծված դիսպերս հատիկների հավասարաչափ բաշխվածության հետ:

Երրորդ հիմնահարցը տեխնոլոգիական է և կապված է նախապատրաստվածքների և արտադրատեսակների ստացման հետ:

Այս տեսակետից փոշեմետալուրգիան ունի լայն հնարավորություններ և հանդիսանում է կոմպոզիտային նյութերի ստացման հեռանկարային մեթոդներից մեկը: Այսպիսի նյութերը պետք է ունենան անձակոտկեն կառուցվածք, որը գործնականում հնարավոր է ապահովել միայն տաք արտամղմամբ: Նշված նյութերը մեծ կիրառություն են ստացել կոնտակտային եռակցման էլեկտրոդների պատրաստման բնագավառում, որոնցից առաջին հերթին պահանջվում է բարձր էլեկտրահաղորդականություն և ջերմակայունություն:

Խնդրի դրվածքը և մեթոդիկայի հիմնավորումը: Կոնտակտային եռակցման էլեկտրոդները, անկախ տեսակից, աշխատանքի ընթացքում կատարում են հետևյալ ֆունկցիաները.

ա) մոտեցնում են թիթեղներն իրար՝ ճնշում գործադրելով նրանց վրա,

բ) հաղորդում են եռակցվող թիթեղներին էլեկտրական հոսանք,

գ) հեռացնում են ջերմությունը, որն առաջանում է թիթեղներում եռակցման ժամանակ:

Ինչպես երևում է նշվածից, էլեկտրոդներն աշխատում են բարդ պայմաններում, հատկապես մեխանիկական ուժերի և ջերմության ազդեցության տակ [1-3]: Կախված եռակցվող մետաղներից, նրա չափերից և սառեցման պայմաններից՝ էլեկտրոդի ծայրում ջերմաստիճանը բարձրանում է մինչև 600-700 °C, իսկ տեսակարար ճնշումը՝ 300-400 ՄՊա: Կոնտակտային եռակցումը հանդիսանում է չքանդվող միացությունների ստացման լավագույն մեթոդներից մեկը:

Ելնելով վերը նշվածից՝ էլեկտրոդները պետք է ունենան հետևյալ հատկությունները՝

- բարձր էլեկտրահաղորդականություն, որը թույլ կտա ավելի հաստ թիթեղներ եռակցել՝ առանց տաքացնելու էլեկտրոդը,
- 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,
- ցածր արժեք և պարզ կոնստրուկցիա:

Ասվածից հետևում է, որ էլեկտրոդների աշխատունակությունը և երկարակեցությունը մեծ մասամբ կախված է այն նյութերի հատկություններից, որոնցից նրանք պատրաստվում են [2]: Բացի նշվածից, էլեկտրոդի երկարակեցությունը կախված է նաև նրա չափերից, կոնստրուկցիայից և եռակցվող նյութից (ցածր ածխածնային պողպատ, չժանգոտվող պողպատ, համաձուլվածք և այլն): Այս հատկությունների ապահովման լավագույն նյութը պղինձն է և նրա համաձուլվածքները: Թեթև համաձուլվածքների եռակցման համար օգտագործում են բրոնզ HB=1000 ՄՊա կարծրությամբ և 90% ջերմահաղորդականությամբ: Այս տիպի բրոնզները լեգիրվում են ակտիվ ամրացուցիչներով (Ag, Cd, Te), որոնց ազդեցությունը պղնձի էլեկտրահաղորդականության վրա չնչին է և որոշակի չափով մեծացնում է Cu-ի վերաբյուրեղացման ջերմաստիճանը [4-5]: Ցածր ածխածնային և ցածր լեգիրված պողպատների եռակցման համար օգտագործվում են բրոնզ՝ HB=1200 ՄՊա կարծրությամբ և Cu-ի նկատմամբ 80% էլեկտրահաղորդականությամբ: Այս տիպի համաձուլվածքներից են ԵրX և Մս տիպի բրոնզները (ГОСТ 18175-72): Մս մակնիշի բրոնզներից ամենամեծ հրամարությամբ օժտված են այն համաձուլվածքները, որոնց քիմիական բաղադրությունը համընկնում է քվազիբինար կտրվածքով եռակի և քառակի համակարգին, օրինակ, բրոնզ Մս86, 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:

Հետազոտության արդյունքները: Չնայած եռակցվող մետաղների ցածր էլեկտրա- և ջերմահաղորդականությանը և բարձր կարծրությանը, որոշ դեպքերում անհրաժեշտ է, որ բրոնզներն ունենան HB=1800 ՄՊա կարծրություն և Cu-ի նկատ-

մամբ մոտավորապես 45% էլեկտրահաղորդականություն: Այս դասին են պատկանում բերելիումային բրոնզները Бр5,2, Бр2,5 և БрНБТ (Cu-Ni-Ti), ГОСТ 18175-72: Արտասահմանյան երկրներում մեծ տարածում է ստացել մելորի-100 (2,5% Co, 0,5% Be), սուդալոկա-300 (նույն բաղադրությամբ), կանդյուլոյի NBC (1,5% Ni, 0,4% Zr, 0,25% Be) և այլ համաձուլվածքները: Էլեկտրոդների մետաղների կառուցվածքը և անալիզը ցույց են տալիս, որ Cu-ի շիկակայունության բարձրացումը հիմնականում կատարվում է բարդ լեգիրման շնորհիվ: Շիկակայունության ավելի մեծ արժեք կարելի է ապահովել, եթե ֆազագոյացման մեխանիզմը զուգակցվի ջերմամեխանիկական մշակման հետ, որը պետք է իրականացնել աշխատանքային ջերմաստիճաններում, այսինքն՝ (0,5... 0,6).T_{հալ} ըստ Cu:

Բարձր ջերմաստիճանում տեղի է ունենում բյուրեղների կառուցվածքի փոփոխություն, որը կատարվում է ամրացվող մետաղային գոտում և ուղեկցվում է կոհերենտության խախտմամբ, ֆազային դիսպերս մասնիկների մեծացմամբ և, վերջապես, ամրության փոքրացմամբ:

Վերջին տարիների հետազոտություններից հետևում է, որ մետաղների աշխատանքային ջերմաստիճանի մակարդակի մեծացմանը կարելի է հասնել միայն կոմպոզիտային նյութերի ստեղծման ճանապարհով [6-9]: Այս նյութերի ամրությունը կարելի է բարձրացնել դիսպերս մասնիկներով կարծրացմամբ կամ դիսպերս հատիկներով ամրացմամբ: Դիսպերս մասնիկներով կարծրացող կամ դիսպերս հատիկներով ամրացվող համաձուլվածքները կարծրացման և ամրացման մեխանիզմներով չեն տարբերվում ծերացող համաձուլվածքներից: Հիմնական տարբերությունն այն է, որ այս նյութերի դեպքում ամրացնող ֆազը տրվում է արհեստական ձևով համաձուլվածքի պատրաստման ժամանակ: Որպես կարծրացնող ֆազ դիսպերս կարծրացող և դիսպերս ամրացվող նյութերի համար օգտագործում են թերմոդինամիկորեն կայուն և դժվարահալ միացություններ, հատկապես օքսիդներ, որոնց դեպքում ֆազային փոխակերպությունը բացառվում է:

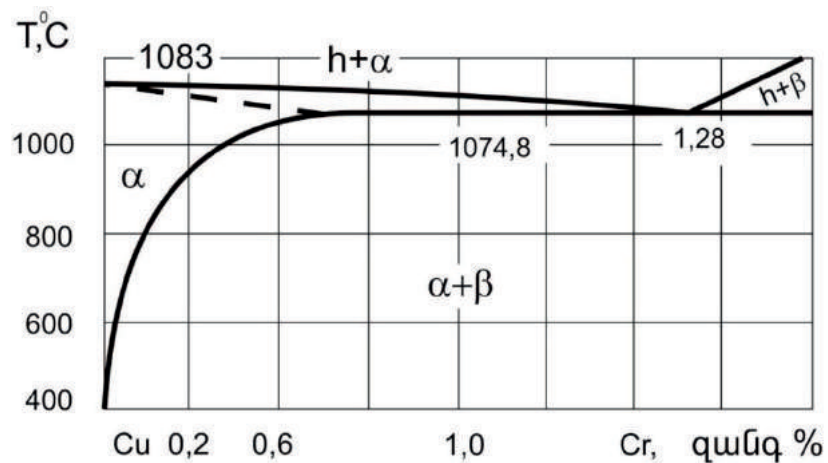
Դիսպերս մասնիկներով կարծրացող (ամրացվող) նյութերը պատկանում են կոմպոզիտային նյութերի դասին: Բնութագրականն այն է, որ ամրացումը հիմնականում կատարվում է դժվարահալ միացություններով (օքսիդներով, կարբիտներով, նիտրիդներով, բորով և այլն): Ամրացման էֆեկտը կախված է մասնիկների չափերից (նվազագույն չափը տատանվում է 10...100 նմ) և հիմնական ֆազում նրանց հավասարաչափ բաշխվածությունից (նրանց միջև եղած հեռավորությունը պետք է լինի հավասար 0,1...0,5 մկմ), ծավալային չափը՝ 1...15%: Որպեսզի ապահովենք ամրության և կարծրության բարձր արժեքներ բարձր ջերմաստիճաններում, դիսպերս մասնիկները չպետք է համագործակցեն մայր ֆազի հետ: Նրանք պետք է լինեն թերմոդինամիկորեն կայուն և չունենան հակում կոալեսցենցիայի նկատմամբ:

Այսպիսի պայմաններում պահպանվում է բարձր շիկակայունությունը: Արտադրատեսակներ պատրաստելու ժամանակ պահանջվում է լուծել հետևյալ խնդիրները.

- 1) ընտրել մայր ֆազի ամրացման մեխանիզմը և ծավալի բաղադրությունը,
- 2) ընտրել ֆազի ամրացման ձևը,
- 3) ընտրել հոծ նախապատրաստվածքի ստացման ձևը, որը հետագայում պետք է ենթարկվի դեֆորմացմամբ մշակման,
- 4) ընտրել դեֆորմացիայի և հետագա ջերմային մշակման ուղիղնալ ռեժիմները:

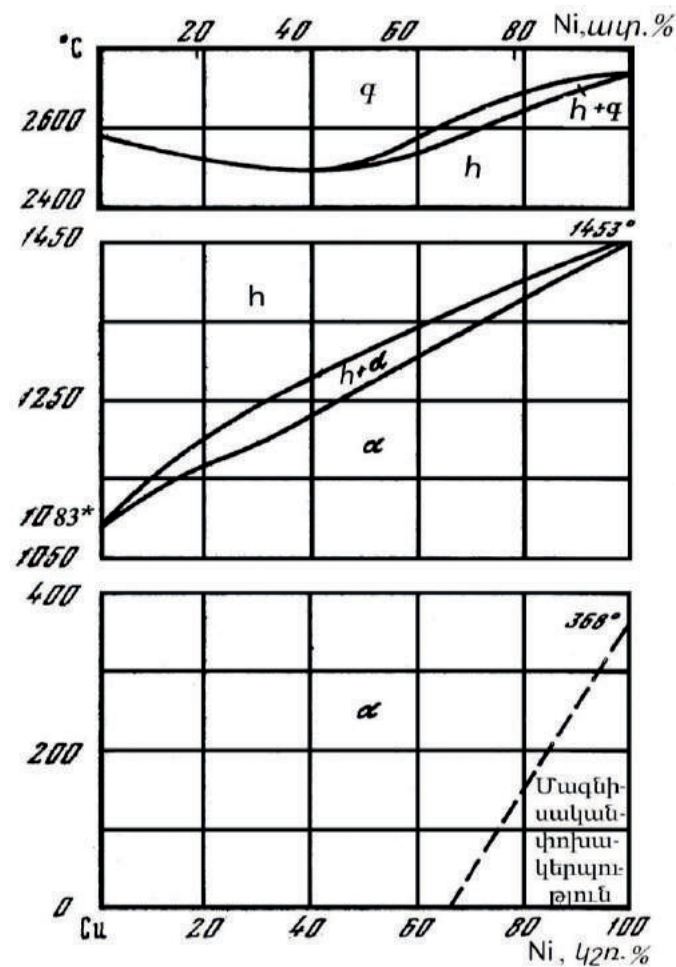
Դետալների պատրաստման տեխնոլոգիայի մեջ մտնում է բովախառնուրդի պատրաստումը, ձևավորումը, եռակալումը, խտացումը մինչև անձակոտկեն վիճակ և ջերմային մշակումը:

Ինչպես հայտնի է, պղնձի հիմնական ամրացուցիչներն են Zn, P, Cr, Ni, Si, Zr: Cu-Cr համակարգի վիճակի դիագրամն ամենայն մանրամասներով հետազոտված է պղնձով (Cu) հարուստ համաձուլվածքների կոնցենտրացիայի տիրույթում [10]: Նկ. 1-ում ցույց է տրված Cu-Cr համակարգի վիճակի դիագրամի մի մասը, որը կառուցված է գերճզգրիտ ջերմային անալիզի մեթոդով, ինչպես նաև մետաղագիտական, ռենտգենակառուցվածքային հետազոտությունների տվյալների հիման վրա [10]: Համաձուլվածքի կառուցվածքում առկա են երկու պինդ ֆազեր՝ պղնձի (α) և քրոմի (β) հիման վրա: $1074,8^{\circ}\text{C}$ ջերմաստիճանում տեղի է ունենում էվտեկտիկական փոխակերպություն: Պինդ վիճակում քրոմի լուծվելիությունը Cu-ում ուսումնասիրված է մետաղագրական, քիմիական, ռենտգենակառուցվածքային անալիզների մեթոդով և էլեկտրադիմադրության չափումներով: Քրոմային բրոնզներն օժտված են բարձր սողքի դիմադրողականությամբ և տարբերվում են մաշակայունությամբ:



Նկ. 1. Cu-Cr վիճակի դիագրամը

Cu-Ni վիճակի դիագրամը ներկայացնում է համակարգ, որտեղ Cu-ը և Ni-ն առաջացնում են անսահմանափակ լուծելիությամբ պինդ լուծույթ (նկ. 2): Վիճակի դիագրամը կառուցված է ջերմային և միկրոռենտգենական կառուցվածքային անալիզի մեթոդներով [10]: Պինդ վիճակում տեղի է ունենում մագնիսական փոխակերպություն, որը պայմանավորված է Ni-ի մագնիսական փոխակերպությամբ: Ինչպես երևում է դիագրամից, Cu-Ni համակարգում բացակայում է կարգավորումը, որը խիստ կերպով կարող է իջեցնել համաձուլվածքի էլեկտրահաղորդականությունը:



Նկ. 2. Cu-Ni համակարգի վիճակի դիագրամը

Cu-Si համակարգի վիճակի դիագրամը ցույց է տրված նկ. 3-ում [10]: Այն կառուցված է ջերմային, մետաղագիտական, ռենտգենական կառուցվածքային և ջերմաձանրաչափական անալիզի արդյունքների հիման վրա: Ինչպես երևում է վիճակի

Վերլուծելով կոնտակտային եռակցման էլեկտրոդների համար օգտագործվող համաձուլվածքների բաղադրությունը և կառուցվածքը, պարզվում է, որ բոլոր դիսպերս կարծրացող համաձուլվածքները հիմնված են Cu-Cr, Cu-Cr-Zr, Cu-Co-Si, Cu-Ni-Si և Cu-Ni-Be համակարգերի վրա: Այս համակարգերի հիմնական առանձնահատկությունը α պինդ լուծույթի տիրույթի ընդարձակումը և այդ տիրույթի ջերմաստիճանի բարձրացումն են: Նշվածը հանդիսանում է անհրաժեշտ պայման միսման ժամանակ գերհագեցած պինդ լուծույթի ստացման և ծերացման ընթացքում նրա տրոհման համար: Տրոհման արդյունքում տեղի է ունենում ամրացնող մանրահատիկ ֆազի անջատում հատիկների սահմաններում: Էլեկտրոդների համար օգտագործվող ժամանակակից համաձուլվածքներում այդպիսի ֆազեր են հանդիսանում Co_2Si -ը և Ni_2Si -ը՝ կոբալտսիլիցիումային և նիկելսիլիցիումային բրոնզներում, CoBe -ը և NiBe -ը՝ կոբալտբերիլիումային և նիկելբերիլիումային բրոնզներում:

658

բարձրացում է տեղի ունենում այն համաձուլվածքներում, որտեղ տեղի է ունենում պինդ պղնձում լեգիրող էլեմենտների լուծելիության մեծացում՝ կախված ջերմաստիճանից: Այսպիսի համակարգերից են Cu-Ni-Si, Cu-Co-Si, Cu-Co-Be և Cu-Ni-Be: Այս համակարգերի համաձուլվածքների ամրության ցուցանիշները ծերացման արդյունքում աճում են 250...350 %:

Մյուս կողմից՝ որքան զգալի է փոփոխվում պինդ լուծույթում լեգիրող էլեմենտների լուծելիությունը միմյան և ծերացման ջերմաստիճանային միջակայքում, այնքան փոքր է համաձուլվածքի ջերմակայունությունը: Զերմաստիճանից կախված՝ լուծելիության փոքրացման դեպքում անջատված մասնիկների ձգտումը կոագուլյացիայի փոքրանում է, այդ իսկ պատճառով ապամրացման ջերմաստիճանային գործակիցը փոքրանում է: Հետևապես, կախված համաձուլվածքի շահագործման պայմաններից, լեգիրող էլեմենտների լուծելիության օպտիմալ չափը ջերմաստիճանային միջակայքում պետք է լինի տարբեր: Օրինակ՝ Cu-Ni-Si համակարգի համաձուլվածքներն ավելի ամուր են 20...500 °C, քան Cu-Co-Si համակարգի համաձուլվածքները:

Այն համաձուլվածքները, որոնց հիմքում եռակի կամ ավելի բարդ համակարգեր են, հնարավոր է առաջանան ջերմակայուն և ամուր միացություններ՝ շնորհիվ լեգիրող էլեմենտների՝ մեկը մյուսի հետ փոխազդեցության: Սա հնարավորություն է տալիս ապահովել բարձր ամրություն և ջերմակայունություն: Քիմիական միացությունների առաջացումը, որոնք չեն պարունակում լուծիչ մետաղի ատոմներ, բավականին փոքրացնում է դիֆուզիոն գործընթացները և դրա հետ կապված փոքրանում է ամրացնող ֆազի լուծելիությունը, նրա կոագուլյացիան՝ կախված ջերմաստիճանի աճից, հետևապես և փոքրանում է ապամրացումը: Այսպիսի համակարգեր են հանդիսանում Cu-Ni-Be, Cu-Co-Be, Cu-Ni-Si, Cu-Co-Si և այլն: Որպես կանոն, այս համակարգերում լեգիրող կոմպոնենտների որոշակի քանակությունների դեպքում կտրուկ բարձրանում են նաև ջերմա- և էլեկտրահաղորդականությունը, որը բացատրվում է պինդ վիճակում պղնձում լեգիրող կոմպոնենտների լուծելիության փոփոխությամբ՝ շնորհիվ նրանց փոխադարձ լուծելիության:

Ելնելով վեր նշված վելուծությունից՝ հետագա հետազոտությունների համար ընտրվել է Cu-Ni-Si համակարգը, որը լրացուցիչ կլեգիրվի Cr-ով:

Նյութերի ընտրությունը հիմնավորվում է հետևյալ դատողությամբ: Մինչև այժմ գոյություն ունեցող աշխատանքների մեծ մասը նվիրված է ձուլման մեթոդով կոնտակտային եռակցման էլեկտրոդների ստացման և կառուցվածքագոյացման հարցերին: Մեր կողմից առաջարկվող տաք արտամղման մեթոդը հնարավորություն է տալիս բարձր ջերմաստիճաններում և մեծ ճնշումների ազդեցության տակ, պլաստիկ դեֆորմացիաների միջոցով, իրականացնել փոշեկոմպոզիտային նյութի խտացման գործընթացը և մեծացնել կոմպոնենտների լուծելիությունը մեկը մյուսի մեջ [10]:

Քանի որ պղինձը համարվում է ժամանակակից էլեկտրատեխնիկական նյութերի հիմքը, հետևապես՝ որոշակի հետաքրքրություն է առաջանում նրա օգտագործումը որպես մայրակ: Մնացած նյութերի ընտրությունը պայմանավորված է պղնձի մեջ նրանց լուծվելիությունից և ինտերմետաղական ֆազերի առաջացման տեսականից: Նշված փոշենյութերն ունեն արդյունաբերական լայն կիրառություն, հատկապես էլեկտրատեխնիկական արդյունաբերությունում:

Եզրակացություն: Գրականության վերլուծության և համալիր հետազոտությունների արդյունքում ցույց է տրված, որ կոնտակտային եռակցման էլեկտրոդների համար նպատակահարմար է օգտագործել պղնձի հիմքով փոշեկոմպոզիտային նյութեր, իսկ բարձր ամրություն և ջերմակայունություն կարելի է ապահովել միայն դիսպերս մասնիկներով կարծրացման կամ դիսպերս հատիկներով ամրացման միջոցով: Պղնձի հիմքով վիճակի դիագրամների ուսումնասիրման արդյունքում որպես լեգիրող կոմպոնենտներ ընտրվել և հիմնավորվել են Ni-ը, Si-ը և Cr-ը:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Чулошников П.Л.** Точечная и роликовая электросварка легированных сталей и сплавов.- М.: Машиностроение, 1974.-232 с.
2. **Слиозберг С.К., Чулошников П.Л.** Электроды контактной сварки.- Л.: Машиностроение, 1972.- 96 с.
3. **Кутковский С.И.** Электроды контактных электросварных машин.- Л.: Машиностроение, 1964.- 112 с.
4. **Смирягин А.П., Смирягина Н.А. , Белова А.В.** Промышленные цветные металлы и сплавы.- М.: Металлургия, 1970.- 364 с.
5. **Мальцев М.В.** Металлография промышленных цветных металлов и сплавов.- М.: Металлургия, 1970.- 364 с.
6. **Новик Ф.С., Розенберг В.М., Николаев А.К., Слиозберг С.К.** // Цветные металлы.- 1974.- N11.- С. 53-59.
7. **Розенберг В.М., Николаев А.К.** // Цветные металлы.- 1972.- N8.- С. 65-70.
8. **Николаев А. К.** //Цветные металлы.-1974.- N1.- С. 61-64.
9. **Двойные и многокомпонентные системы на основе меди: Справочник / М.Е. Дриц, Н.П. Бочвар, Л.С. Гузей и др.- М.: Наука, 1979.- 248 с.**
10. **Агбалян С.Г.** Теоретические и технологические основы формирования структуры и свойств порошковых материалов при экструзии: Автореф. дис.... докт. техн. наук.- Ереван, 1992.- 33 с.

А.Р. САРКИСЯН

**УСЛОВИЯ РАБОТЫ КОНТАКТНЫХ СВАРОЧНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ,
ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ СПЛАВЫ, ИХ СТРУКТУРА И ХАРАКТЕРИСТИКИ**

Изучены условия работы контактных сварочных электродов, используемые сплавы, их структура и характеристики. Показано, что для обеспечения высокой электропроводности в качестве материала матрицы целесообразно использовать медь, а высокую прочность и термостойкость можно обеспечить твердением их дисперсными зернами или упрочнением дисперсными частицами. В результате изучения диаграммы состояния сплавов на основе меди в качестве легирующих компонентов выбраны Ni, Si и Cr.

Ключевые слова: контактная сварка, электрод, дисперсное твердение, дисперсное упрочнение, порошковый композиционный материал, твердый раствор, интерметаллидная фаза.

A.R. SARGSYAN

**OPERATING CONDITIONS OF CONTACT WELDING ELECTRODES, THE
USED ALLOYS, THEIR STRUCTURE AND CHARACTERISTICS**

The operation conditions of contact welding electrodes, the used alloys, their structure and characteristics are studied. It is shown that to ensure high electrical conductivity, it is advisable to use copper as a matrix material, and the high strength and heat resistance can be provided by their hardening with dispersed grains or strengthening with dispersed particles. As a result of studying the constitution diagram of the copper-based alloys as alloying components, Ni, Si and Cr are selected.

Keywords: contact welding, electrode, dispersion hardening, dispersion strengthening, powder composite material, solid solution, intermetallic phase.