

M.E. SASUNTSYAN, V.H. MARTIROSYAN, E.G. ZAKARYAN

**EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS ON OBTAINING IRON-SILICON ALLOYS (LIGATURE) FROM PRODUCTION WASTES**

The aluminum-copper-molybdenum recovery unit of Alaverdi copper smelting plant and Molybdenum production unit of Yerevan "Pure Iron" plant is considered to obtain iron-silicon alloys.

**Keyword:** copper smelter, molybdenum slags, wastewater sludge, charge, alloy, iron silicon.

ՀՏԴ 621.762

**Հ.Ս. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ, Լ.Ջ. ԳԱԼՍՅԱՆ**

**ՏԱՔ ԱՐՏԱՄՂՄԱՄԲ ՍՏԱՑՎԱԾ Fe-Cr-Ni-Mo ԲԱԶՄԱԲԱՂԱԴԻԻՉ ՓՈՇԵՊՈՂՊԱՏԻ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԱԳՈՅԱՑՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ ԵՎ ՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒՄԸ**

Fe-Cr-Ni-Mo համակարգի համաձուլվածքները բարձրամուր են, սակայն դրանց դեֆորմացումը մշակման պայմաններում ցածր է, ինչը պայմանավորված է դրանց կառուցվածքային անհամասեռությամբ: Առաջարկվում է Fe-Cr-Ni-Mo համակարգի համաձուլվածքների ստացումը բովախառնուրդի տաք արտամղման եղանակով: Ուսումնասիրվել են այդ համաձուլվածքների մեխանիկական հատկությունները, և կատարվել է կառուցվածքային վերլուծություն:

**Առանցքային բառեր.** փոշեհամաձուլվածքներ, եռակալում, տաք արտամղում, կառուցվածքագոյացում, մեխանիկական հատկություններ:

**Ներածություն:** Մետաղական կոմպոզիտային նյութերի զգալի մասը, որոնք ստացվում են փոշեմետալուրգիայի մեթոդներով, բազմաբաղադրիչ են: Վերջին տասնամյակում խիստ աճել է հետաքրքրությունը՝ ստանալու այնպիսի միացությունների հիման վրա համաձուլվածքներ, ինչպիսիք են ինտերմետաղական ֆազերով ամրացվող կամ բարդ լեգիրված և գերհագեցած պինդ լուծույթի կառուցվածք ունեցող համաձուլվածքները: Այս միտումը պայմանավորված է փոշեմետալուրգիայի մի շարք առավելություններով, ինչպես, օրինակ, քիմիական ճիշտ բաղադրությամբ և բաղադրիչների հավասարաչափ տեղաբաշխման երաշխիքով համաձուլվածքների ստացումը:

Բաղադրիչների փոխադարձ դիֆուզիայի ակտիվացման համար անհրաժեշտ է մշակել եռակալման հատուկ տեխնոլոգիաներ:

Հայտնի է, որ փոշեկոմպոզիտային նյութերում առանձին մասնիկների կոնսոլիդացման գործընթացն ունի ժամանակավոր բնույթ՝ նստեցման գործընթացների և փոխադարձ կոնտակտների առաջացումն առավել ակտիվ ընթանում է եռակալման առաջին րոպեներում, հետագայում այդ ակտիվությունը նվազում է: Դա բացատրվում է ելքային բաղադրիչների բարձր ակտիվությամբ, որը զգալիորեն նվազում է թրժման ժամանակ: Դիֆուզիայի առավելագույն ակտիվությունն ընթանում է փորձանմուշների մակերևութային շերտում և առավել դեֆորմացված՝ մամլման գործընթացում [1, 2]:

**Խնդրի դրվածքը և մեթոդիկայի հիմնավորումը:** Նյութերի մեծ մասը, որոնք ստանում են փոշեմետալուրգիայի եղանակով, բազմաբաղադրիչ են: Վերջին ժամանակներում բարձրացել է հետաքրքրությունը տարբեր միացությունների նկատմամբ՝ ինտերմետալիդներ, սուպերհամաձուլվածքներ կամ այլ բարդ լեգիրված համաձուլվածքներ: Այս միտումը պայմանավորված է փոշեմետալուրգիայի առավելություններով՝ քիմիական ճշգրիտ բաղադրությամբ համաձուլվածքների ստացում և բաղադրիչների հավասարակշռված տեղաբաշխում ամբողջ համաձուլվածքով:

Բաղադրիչների միջև դիֆուզիան արագացնելու համար պետք է օգտվել եռակալման հատուկ եղանակներից:

Հայտնի է, որ փոշենյութերից պատրաստված մարմնի առանձին մասերի կոնսոլիդացումը (համախմբումը) ունի ժամանակավոր բնույթ. կծկվածքի և կոնտակտների առաջացումն առավել ակտիվ է ընթանում եռակալման առաջին րոպեներին, ժամանակի հետ ակտիվությունը թուլանում է:

Դա բացատրվում է փոշիների ակտիվությամբ, որը արագ փոքրանում է թրժման ժամանակ: Դիֆուզիայի զգալի ակտիվությունը նկատվում է նախապատրաստվածքի արտաքին շերտում, որն առավել շատ է դեֆորմացվում մամլման արդյունքում: Այսպիսով, փոշիների բարձր ակտիվությանը և բյուրեղային ցանցի աղավաղումը հանդիսանում է դիֆուզիայի արագացման պատճառ: Սակայն եռակցման ժամանակ հնարավոր չէ այդ պայմանները երկար պահպանել: Դրա համար էլ հոմոգենացման գործընթացները պահանջում են մի քանի ժամվա թրժում: Բացի դրանից, շատ դեպքերում մակերեսին առաջացած պինդ լուծույթի շերտերը կամ միացությունները արգելակում են դիֆուզիայի շարունակությունը:

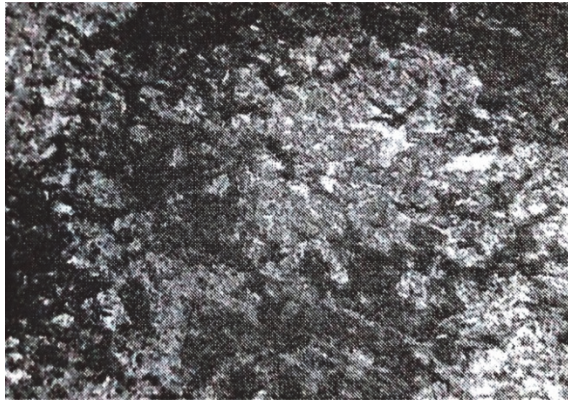
Համակարգի պահանջվող անհավասարակշռությունը պահպանելու համար անհրաժեշտ է անընդհատ պահպանել բյուրեղային ցանցի արատների առկայությունը:

**Հետազոտության արդյունքները:** Վականսիաների բարձր կոնցենտրացիայի պահպանումը հնարավոր է եռակալման ջերմաստիճանում՝ միայն անընդ-

հատ պլաստիկ դեֆորմացման պայմաններում: Այս ենթադրությունը հաստատված է սույն աշխատանքում՝ Fe-Cr+K<sup>0</sup> (Ni-1,5%, Mo-0,5%, C-0,4%, Cr-1%) համակարգի համար:

Բոլոր փոշիները մոտ 10 ժամ խառնել ենք թմբուկային խառնիչում, որն ապահովում է միատարր խառնուրդի ստացումը: Նախապատրաստվածքները, որոնք մամլվել են մինչև 20% նախնական ծակոտկենության ստացումը, եռակալվել են ջրածնում 1150...1200°C-ում և պահվել 3 ժամ: Ստացված եռակալված փորձանմուշների կառուցվածքներն ուսումնասիրվել են օպտիկական մանրադիտակով (նկ. 1):

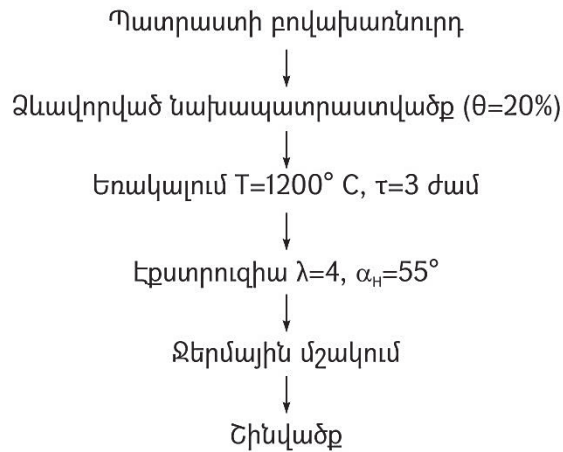
Ցույց է տրված, որ եռակալման ժամանակ չի ապահովվում համաձուլվածքի ամբողջովին հոմոգենացումը: Համաձուլվածքում հանդիպում են ձուլված ինտերմետաղական միացություններ [3]:



Նկ. 1.  $T=1150...1200^{\circ}\text{C}$ -ում,  $\tau_{\text{պահ}}=3$  ժամ եռակալված նյութի (Fe-Cr-Ni-Mo-C) միկրոկառուցվածքը ( $\times 400$ )

Եռակալումից հետո նախապատրաստվածքները ենթարկվել են տաք արտամղման (էքստրուզիայի):

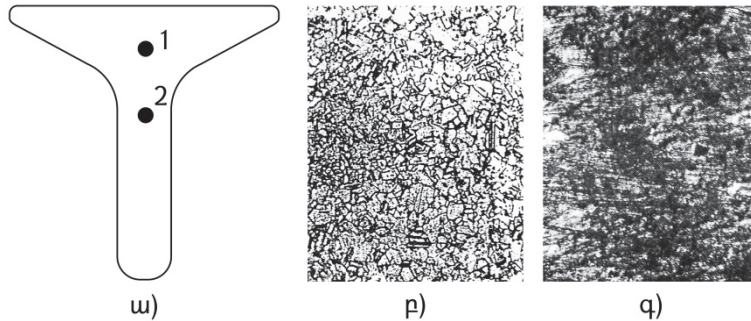
Պատրաստի շինվածքի ստացման տեխնոլոգիական սխեման բերված է նկ. 2-ում:



*Նկ. 2. Փոշեմեդալուրգիայի մեթոդներով պատրաստի շինվածքի սրացման տեխնոլոգիական սխեման*

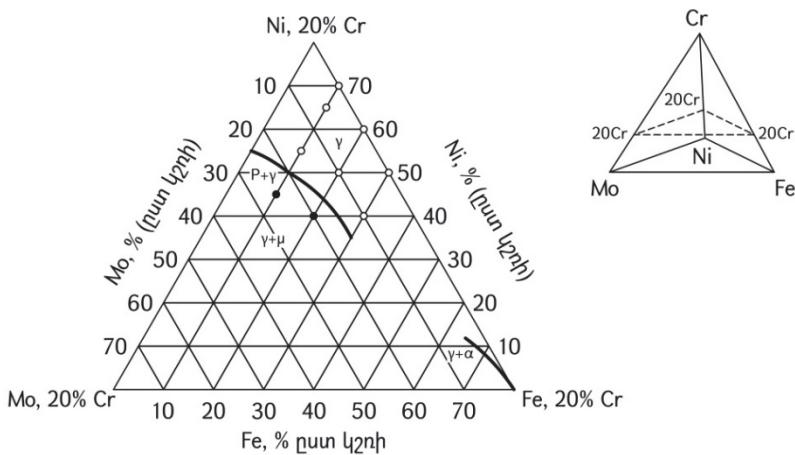
Այն նյութերը, որոնք ստացվում են տաք արտամղմամբ, լինում են ամբողջովին հոմոգեն և մանրահատիկ: Եռակալումից և տաք արտամղումից հետո նյութերի կառուցվածքների համեմատությունը ցույց է տալիս, որ այդ կառուցվածքների մեջ էական տարբերություններ չկան (նկ. 3): Mo և Cr-ի մանրահատիկությունները եռակալումից և տաք արտամղումից հետո չեն տարբերվում: Տաք արտամղման ենթարկված նյութի կառուցվածքը փոփոխվում է ձողի երկայնքով՝ ըստ դեֆորմացման պայմանների փոփոխման:

Մամլամնացորդի նյութը ենթարկվել է փոքր դեֆորմացման և շերտերի տեղաշարժի: Այս դեպքում դեֆորմացումը տեղի է ունենում այնպիսի պայմաններում, որոնք մոտ են սեղմմանը բոլոր ուղղություններով: Դրա պատճառով համաձուլվածքի առաջացումը պետք է ընթանա ավելի դանդաղ, քան ձողի նյութում, որը դեֆորմացման է ենթարկվել  $\lambda=4\dots 6$  ձգման գործակցով: Սակայն կառուցվածքի ուսումնասիրությունները ժխտեցին այդ ենթադրությունը: Մամլամնացորդում նյութը նույնպես հոմոգեն է, ինչպես և ձողում: Միակ տարբերությունն այն է, որ մամլամնացորդի մեջ կրկնօրինակների մի փոքր մեծ խտություն է նկատվում:



Նկ. 3. Արտամղված փոշեպողպարի միկրոկառուցվածքը տարբեր ասփիճանի դեֆորմացման գոտիներում. ա - արտամղված ձողի երկայնական կտրվածքը, բ - մամլամնացորդի միկրոկառուցվածքը՝ 1 կետ, գ - արտամղված ձողի միկրոկառուցվածքը՝ 2 կետ ( $\times 600$ )

Տաք դեֆորմացման ժամանակ դիֆուզիոն գործընթացների ինտենսիվության հնարավոր պատճառներից կարող են լինել կոմպոնենտների տարբեր մեխանիկական հատկությունները: Ni-ի պլաստիկությունը շատ ավելի բարձր է, քան Mo և Cr-ինը, դրա պատճառով էլ տաք արտամղման ժամանակ հիմնական դեֆորմացումը տեղի է ունենալու նիկելային ֆազում, որում դիսլոկացիաների խտությունը պետք է շատ բարձր լինի: Այս դեպքերում հնարավոր է Mo-ի արագացված դիֆուզիա Ni-ի մեջ (Mo-ի լուծելիությանը Ni-ի հիմքով  $\gamma$ -պինդ լուծույթում) (նկ. 4): Այսինքն, կարելի է ասել, որ տաք դեֆորմացումն անհավասարակշռված փոշեհամակարգում նպաստում է համաձուլվածքի առաջացման արագության կտրուկ մեծացմանը:



Նկ. 4. Fe-Mo-Ni-Cr համակարգի իզոթերմիկ կտրվածքը 1200 °C-ում (20%Cr) [4]

**Եզրակացություն:** Տեխնոլոգիական սխեմայի հիման վրա ստացվել են Fe-Cr-Ni-Mo բաղադրությամբ նախապատրաստվածքներ՝ բարձր դեֆորմացման աստիճանով՝ տաք արտամղմամբ, ինչպես նաև ձողեր՝ մեխանիկական բարձր հատկություններով: Մշակված տեխնոլոգիան թույլ է տալիս ստանալ Fe-Mo-Ni-Cr-C բաղադրությամբ համաձուլվածքներ, որոնց մեխանիկական հատկությունները գերազանցում են ձուլմամբ ստացված նյութերին ներկայացված պահանջները:

40XHM մակնիշի փոշեպողպատի ջերմային մշակման ռեժիմներն են՝ մխումը՝  $T_d=850^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանից յուղում և արձակումը՝  $T_w=600^{\circ}\text{C}$  ջերմաստիճանում՝ սառեցումը յուղում:

Ստացված փոշեպողպատի մեխանիկական հատկություններն են՝  $\sigma_f=1230$  Մն/ս<sup>2</sup>,  $\delta=12\%$ ,  $\psi=33\%$ ,  $KC=617$  ԿՋ/ս<sup>2</sup>,  $HB=3400$  ՄՊա:

#### ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Иванова И.И., Демидок Д.Н.** Разработка технологии получения беспористых порошковых сплавов системы никель - молибден // Порошковая металлургия. - Киев, 2001. - № 5/6. - С. 50-56.
2. **Радомысльский И.Д.** Металлокерамические конструкционные детали // Порошковая металлургия. - Киев, 2002. - № 9/10. - С.105-117.
3. **Петросян А.С., Амбарцумян Э.Г., Гукасян В.С.** Структурообразование и механические свойства многокомпонентных порошковых композиционных материалов на основе Fe-Cr // Вестник Инженерной академии Армении. – 2007. - Т.4, -N4, - С. 627 - 630.
4. Диаграмма состояния двойных многокомпонентных систем на основе железа: Справочник / **О.О. Банних и др.** - М., 1983 - 439 с.

#### Ա.Տ. ՍԵՏՐՕՍՅԱՆ, Լ.Յ. ԳԱԼՏՅԱՆ

#### ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ И ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ ПОРОШКОВОЙ СТАЛИ Fe-Cr-Ni-Mo, ПОЛУЧЕННОЙ МЕТОДОМ ГОРЯЧЕЙ ЭКСТРУЗИИ

Сплавы системы Fe-Cr-Ni-Mo отличаются высокой прочностью, однако их деформируемость при горячей обработке низка, что связано со структурной неоднородностью. Предложен метод получения данных сплавов из смеси исходных порошков Fe-Cr-Ni-Mo методом горячей экструзии шихты. Определены механические свойства, исследована микроструктура полученных сплавов.

**Ключевые слова:** порошковые сплавы, спекание, экструзия, структурообразование, механические свойства.

H.S. PETROSYAN, L.Z. GALSTYAN

**INVESTIGATING THE STRUCTURIZATION AND MECHANICAL PROPERTIES OF THE FeCr- Ni-Mo MULTICOMPONENT POWDER STEEL OBTAINED BY THE METHOD OF HOT EXTRUSION**

Alloys of the Fe-Cr-Ni-Mo system have high strength, however their deformability is low conditioned by their structural inhomogeneity. A method for obtaining these alloys from the mixture of the Fe-Cr-Ni-Mo initial powders by the method of hot extrusion of the burden is proposed. The Mechanical properties are indentified and the microstructure of the obtained alloys is studied.

**Keywords:** powder alloys, roasting, extrusion, structurization, mechanical properties.

ՀՏԴ 669-176

**Ա.Ա. ԱԼԱՅԱՆ, Մ.Հ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ, Ս.Ա. ԴԱՎԹՅԱՆ**

**ԱԼՅՈՒՄԻՆԱՅԻՆ ՓԱՅԼԱԹԻԹԵՂԻ ՎԵՐԱԲՅՈՒՐԵՂԱՑՄԱՆ ՏԵՔՍՈՒՐԱՅԻ ԴԵՐԸ ՎԵՐԱԲՅՈՒՐԵՂԱՑՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑՈՒՄ**

Որոշվել է հարթ գլոցման դեպքում դեֆորմացման միջանկյալ և վերջնական վերաբյուրեղացման տեքստուրաներին և  $\gamma(\text{AlFeSi})$  ֆազի տեքստուրացմանը 8011A 25մկմ հաստությամբ փայլաթիթեղի ստացման գործընթացում  $\text{Cu}_{k-\alpha}$  ռենտգենյան ճառագայթների կիրառմամբ վերաբյուրեղացման աստիճանը, որը տարբերվում է 8011 համաձուլվածքից ստացված փայլաթիթեղի վերաբյուրեղացման տեքստուրայից: Վերաբյուրեղացման աստիճանի որոշումը հիմք է հանդիսանում գիտականորեն հիմնավորված վերաբյուրեղացման տեխնոլոգիական ռեժիմների ճիշտ ընտրության համար:

**Առանցքային բաներ.** տեքստուրա, ջերմամշակում, վերաբյուրեղացման աստիճան, ռենտգենակառուցվածքային անալիզ, ռեժիմներ, ռեֆլեքսներ:

**Ներածություն:** Փայլաթիթեղի ստացումը պահանջում է մեծ դեֆորմացման աստիճաններ, ուստի նաև միջանկյալ վերաբյուրեղացման ջերմամշակումներ, իսկ վերջնական հատկությունները և ապրանքային տեսքը ապահովելու համար՝ նաև վերջնական ջերմամշակում: Վերաբյուրեղացման ջերմամշակման ռեժիմների ճիշտ ընտրությունը և տնտեսագիտական, և գիտատեխնիկական խնդիր է: Այդ խնդիրը լուծելու համար անհրաժեշտ է վերաբյուրեղացման թրծման գործընթացի բազմակողմանի հետազոտություն:

**Խնդրի դրվածքը և մեթոդիկայի հիմնավորումը:** Բազմաբյուրեղ նյութը, այդ թվում և բազմահատիկ մետաղը հավասարակշռված վիճակում ունեն հավասարառանցք կառուցվածք, այսինքն՝ հատիկների (միաբյուրեղների) բյուրեղագրական առանցքների ուղղությունների հավանականությունը ցանկացած ուղղությամբ նույնն է: Այս դեպքում նյութը օժտված է իզոտրոպ հատկություն-