

S.G. HAYRAPETYAN, V.H. MARTIROSYAN, O.P. TER-GALSTYAN

**INVESTIGATING THE EXTRACTION OF NOBLE METALS
CONTAINED IN CARBON ORES BY THE METALLOTHERMIC
METHOD**

An investigation of the extraction process of noble metals contained in carbon ores is carried out by the metallothermic method. The results of the research show when testing carbon ores and the products of their enrichment by the technology of self-propagating high-temperature synthesis, noble metals contained in the raw material transfer to chemically complex metal compounds. It is shown that, besides gold and silver, different platinum metals are accumulated in these products, whose discovery is basically possible by decomposition with acids. By summing up the research data, we can state that the overall content of noble metals in the concentrates is 20 g/t.

Keywords: carbon ore, noble metals, platinum metals, metallothermic method, extraction.

ՀՏԴ 621.715

Փ.Լ. ԵՐԵՄՅԱՆ

**ԱԼՅՈՒՄԻՆԻ ՀԻՄՔՈՎ ԲԱՐՁՐԱՄՈՒՐ ԴԵՖՈՐՄԱՑՎՈՂ
ՀԱՄԱՁՈՒՎԱԾՔՆԵՐԻ ՍՏԱՑՄԱՆ ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ**

Ներկայացված են այլումինի հիմքով բարձրամուր դեֆորմացվող համաձուլվածքների ստացման մեթոդները: Ուսումնասիրությունների հիման վրա ընտրվել է այլումինի հիմքով բարձրամուր դեֆորմացվող համաձուլվածքների ստացման առավել արդյունավետ մեթոդ, և ուսումնասիրվել են մեթոդի առանձնահատկությունները: Ցույց է տրված, որ ճնշմամբ ձուլված և սառը վիճակում դեֆորմացված այլումինային համաձուլվածքները, շնորհիվ ձուլման արատների բացակայության, մանրահատիկ կառուցվածքի ստացման և դիսլոկացիաների խտության մեծացման, ձեռք են բերում բարձր մեխանիկական հատկություններ:

Առանցքային բառեր. ձուլում, համաձուլվածք, ամրանավորում, կոմպոզիտային նյութ, դեֆորմացում, դիսլոկացիա, տեսակարար ամրություն, դիսպերս կարծրացում:

Ներածություն. Վերջին տարիներին արդյունաբերության տարբեր բնագավառներում հատկապես լայն կիրառություն են ստացել այլումինի հիմքով բարձրամուր կոմպոզիտային համաձուլվածքները, որոնք, ունենալով բարձր տեսակարար ամրություն, հրամրություն, պլաստիկություն և այլ արժեքավոր հատկություններ, կարող են աշխատել ստատիկ և դինամիկ բեռնվածությունների տակ, տարբեր արագությունների պայմաններում, բարձր ու ցածր ջերմաստիճան-

ներում, քիմիական ագրեսիվ միջավայրերում և այլուր: Հատկապես ուշագրավ են դիսպերս ֆազերով կարծրացող և դիսպերս հատիկներով ամրացվող կոմպոզիտային նյութերը, որոնցից առաջինում դիսպերս մասնիկների չափերը տատանվում է 0,01 մկմ-ից մինչև 0,1 մկմ, իսկ ծավալային պարունակությունը՝ 1-ից 15 ծավ. %, մինչդեռ երկրորդում դիսպերս հատիկների չափերը գերազանցում են 1,0 մկմ, իսկ ծավալային պարունակությունը՝ ~25 ծավ. %-ը: Սակայն հատկությունների բազմազանության տեսակետից առավել հեռանկարային են մետաղական թելքերով ամրանավորված կոմպոզիտային նյութերը, որոնց մեջ մետաղական թելքերի տրամագիծը տատանվում է մեկ մկմ-ից մինչև մի քանի տասնյակ և հարյուր մկմ, իսկ ծավալային պարունակությունը՝ մի քանի %-ից մինչև 70 ծավ. % և ավելի: Այս նյութերը կարելի է ստանալ թե՛ փոշեմետալուրգիական, թե՛ ձուլման տեխնոլոգիաներով: Փոշեմետալուրգիական տեխնոլոգիան զերծ չէ որոշակի թերություններից: Նախ՝ այլումինային փոշին իր ակտիվության պատճառով բավականին օքսիդացած է (մինչև 20%), ինչը խոչընդոտում է լեգիրող տարրերի հետ մետաղական կապերի առաջացմանը և հետևաբար՝ համասեռ փոշեհամաձուլվածքի ստացմանը, որի հետևանքով խիստ դժվարանում է անհրաժեշտ մեխանիկական հատկությունների ապահովումը: Եվ երկրորդ՝ փոշեմետալուրգիական տեխնոլոգիաների կիրառման դեպքում հնարավոր չէ ապահովել բացարձակ անծակոտկեն կառուցվածք, ինչպես նաև եռակլաման ջերմաստիճանում պահման ժամանակ կարող է տեղի ունենալ մայրակի և թելքի փոխադարձ լուծում, ինչը կհանգեցնի թելքի հատկությունների վատացմանը: Բացի նշվածից, այլումինային փոշին բավական թանկ է: Ձուլման եղանակով ստացված համաձուլվածքներում նշված թերություններն իսպառ վերանում են:

Այսպիսի համաձուլվածքների ստեղծումը համարվում է խիստ արդիական խնդիր՝ հատկապես Հայաստանի Հանրապետության համար, որտեղ կատարվում են համապատասխան աշխատանքներ Պաշտպանության բանակի սպառազինման նպատակով:

Խնդրի դրվածքը և մեթոդիկայի հիմնավորումը. Ելնելով վերը նշվածից՝ հետազոտության նպատակն է մշակել մետաղական թելքերով ամրանավորված այլումինային բարձրամուր դեֆորմացվող համաձուլվածքների ձուլման տեխնոլոգիա և հետազոտել կառուցվածքագոյացման գործընթացը, որի իրականացման համար խիստ կարևորվում է այլումինի հիմքով բարձրամուր դեֆորմացվող համաձուլվածքների ստացման առանձնահատկությունների հետազոտումը:

Փոքր ամրության պատճառով մաքուր այլումինը մեքենաշինության, ինքնաթիռաշինության, ինչպես նաև տեխնիկայի այլ բնագավառներում, բացառությամբ էներգետիկայի ոլորտի, չի օգտագործվում: Այդ իսկ պատճառով, ամրության

բարձրացման և տարբեր հատկություններով օժտված ալյումինային համաձուլվածքների ստացման նպատակով, ալյումինը լեգիրում են այլ մետաղներով և ստացված համաձուլվածքը ենթարկում ջերմային մշակման՝ մխման և ծերացման: Որպես լեգիրող տարրեր ավելի շատ կիրառվում է պղինձը, մանգանը, մագնեզիումը, ցինկը, սիլիցիումը, վերջին ժամանակներս՝ նաև լիթիումը, սակայն սահմանափակ քանակներով: Բացի նշվածներից, հայտնի են նաև մոտ երկու տասնյակ այլ լեգիրող տարրեր [1, 2]:

Ալյումինի համաձուլվածքները բաժանվում են 3 խմբի. դեֆորմացման (թերթեր, ժապավեններ, խողովակներ, լարեր, զանազան պրոֆիլներ), ձուլման (ձևավոր ձուլվածքներ) և հրամուր (ձուլման և դեֆորմացման), որոնք աշխատում են բարձր ջերմաստիճանների պայմաններում [3-5]: Ձուլման ալյումինային համաձուլվածքներն իրենց հերթին բաժանվում են 5 խմբի.

1. Al-Si հիմքով, որոնցում սիլիցիումի պարունակությունը >5%;
2. Al-Mg հիմքով, որոնցում պղնձի պարունակությունը >5%;
3. Al-Cu, որոնցում պղնձի պարունակությունը >4%;
4. Al-Zn հիմքով, որոնցում ցինկի պարունակությունը >5%;

5. Բարդ ալյումինային համաձուլվածքներ, որոնք նախատեսված են բարձր ջերմաստիճաններում (200-300°C) աշխատող ձուլվածքների ստացման համար:

Ալյումինի հիմքով կոմպոզիտային նյութերի արտադրությունը շատ բարդ և թանկ գործընթաց է: Այդ է պատճառը, որ ներկայումս հետազոտողների ուշադրությունն ուղղված է նոր տեխնոլոգիաների մշակման վրա, որոնք թույլ կտան ստանալ ոչ միայն նոր կոմպոզիտային նյութեր, այլ նաև դրանք ավելի հասանելի դարձնել:

Հալույթի ուլտրաձայնային մշակման և տիգելի վրա վիբրացիոն ազդեցության մեթոդների առավելությունների ու թերությունների ուսումնասիրման հիման վրա Ուկրաինայի ազգային ակադեմիայի մետալուրգիական ինստիտուտում առաջարկվել է հալույթի ցածր հաճախականությամբ տատանումների միջոցով կոմպոզիտային նյութերի ստացման նոր մեթոդ, որի մեխանիզմն ունի ազդեցության բազմակողմանիություն (հալույթի ամբողջ ծավալում վիբրացիոն հարիչի ազդեցության հետևանքով ճնշման պարբերական փոփոխություններ, մեծ արագությամբ պտտվող հոսանքների առաջացում, որոնք ամբողջ ծավալում առաջացնում են ինտենսիվ տատանողական շարժում) և թույլ է տալիս ստանալ կոմպոզիտային նյութերի և կառուցվածքային բաղադրիչների հավասարաչափ բաշխվածությամբ համաձուլվածքներ [6,7]: Այս մեթոդը դեռևս կատարելագործված չէ, և պահանջվում է հալույթի աշխատանքի օպտիմալ ռեժիմի ընտրության և պարամետրերի ղեկավարման խնդիրների հետ կապված որոշակի հարցերի

ճշգրտում: Նոր մեթոդով ստացվող կոմպոզիտային նյութերի որակը որոշվում է մեխանիկական հատկություններով և հետագա մշակման ենթարկվելու հնարավորությամբ: Այլուհինի հիմքով կոմպոզիտային նյութերի ցածր հաճախականությամբ մշակելու հակվածությունը բացատրվում է տեխնիկայում այլուհինի բարենպաստ հատկություններով և բնության մեջ տարածվածությամբ:

Բարձրամուր այլուհինային համաձուլվածքները բյուրեղանում են, որպես կանոն, լայն ջերմաստիճանային միջակայքում: Դա հաճախ խոտանի պատճառ է հանդիսանում՝ ձուլվածքում ծակոտիների և խոռոչների առաջացման և հերմետիկության բացակայության պատճառով: Ճիշտ նախագծված լցանային համակարգը թույլ է տալիս ձուլված արտադրատեսակում վերացնել թերությունները: Շատ դեպքերում նպատակին հասնում են բազմակի վերամշակումից հետո: Հատկապես մեծ են ժամանակի և միջոցների կորուստները նոր կոկիլային ձուլվածքների դեպքում: Այս տեսակ ձուլման համար բնութագրիչ են բարձր արժողությունը և տեխնոլոգիական գործընթացի պարամետրերի նկատմամբ որակի զգայնությունը: Ձուլման լցանային համակարգի և ռեժիմների բարդությունը կտրուկ աճում է: Այսպիսով, ըստ Մոսկվայի "Ձերժինեց" ագրեգատային գործարանի տվյալների, մեկ կոկիլային հավաքածուի արժեքը կազմում է 1500-2500 ՌԴ *ռուբլի*՝ 2010 թվականի տվյալներով, իսկ ծախսերը կազմում են 50-ից 100 *տոկոս*՝ կախված հավաքածուի արժեքից: Նոր ձուլվածքի հետազոտության ցիկլի տևողությունը կազմում է 2-ից 3 ամիս: Ձուլվածքի որակի բարձրացումը, կապված արտադրության նյութական և էներգետիկ ծախսերի միաժամանակյա նվազեցման հետ, հասցվում է հալույթի և բյուրեղացած ձուլվածքի վրա արտաքին գործոնների ազդեցության՝ հատուկ մեթոդների ուսումնասիրման և մշակման միջոցով, որոնց մեջ ճնշմամբ մշակումը, հատկապես ճնշման տակ ձուլումը և գլրցումը զբաղեցնում են հատուկ տեղ: Գլրցումը մետաղների ճնշմամբ մշակման ամենատարածված եղանակներից է: Ցածր հաճախականությամբ ստացված կոմպոզիտային նյութերի ճնշմամբ մշակումն ունի իր առանձնահատկությունները, որը շատ արդիական խնդիր է և ուսումնասիրության կարիք ունի:

20-րդ դարի 30-ական թվականներին Ռուսաստանում մշակված ճնշման տակ ձուլման մեթոդը ձուլման հատուկ եղանակների հեռանկարային մեթոդներից մեկն է, ինչը պայմանավորված է ձուլվածքների բարձր ֆիզիկա-մեխանիկական և որակական հատկություններով [8]: Այս ուսումնասիրությունները վերաբերում են հատկապես հատուկ նշանակության ձուլվածքների ձուլման և մամլման տեխնոլոգիական ռեժիմների, մամլածնի նախագծման և պատրաստման, ձուլվածքի պահանջվող որակը ու արտադրման արդյունավետությունն ապահովելուն:

Վերջին 20 տարիներին ավելի մեծ ուշադրություն է դարձվել ձուլվածք-ծուլածն համակարգում ջերմային ռեժիմների ուսումնասիրմանը: Մաթեմատիկական հաշվարկներն իրականացվել են գործընթացին ոչ բնորոշ պայմաններում, իսկ փորձերը՝ գլանածն ձուլվածքներում, ջերմային կենտրոնում մեկ թերմոզույգի տեղադրմամբ՝ բյուրեղացման ժամանակի որոշման համար: Այս դեպքում շատ հարցեր, ինչպիսիք են՝ ճնշման և ջերմության ազդեցությունները, Al-Si, Al-Cu համաձուլվածքներից ձուլվածքների բյուրեղացման կինետիկան և մեխանիզմը, ինչպես նաև ալյումինի հիմքով կոմպոզիտային նյութերի մամլմամբ ստացման տարբեր սխեմաները, բավարար ուսումնասիրված չեն: Բերված կախվածությունները ներկայացնում են որոշակի տեսական և փորձնական հետաքրքրություն, քանի որ թույլ են տալիս կատարել մաթեմատիկական հաշվարկներ և օպտիմալացնել տեխնոլոգիական ռեժիմները:

Հետազոտության արդյունքները. Ալյումինը, ինչպես նաև ալյումինային համաձուլվածքների մեծ մասը, օժտված է բարձր պլաստիկությամբ: Ալյումինային համաձուլվածքներից պատրաստում են տեխնիկայում հայտնի գրեթե բոլոր դեֆորմացվող նախապատրաստվածքները՝ փայլաթիթեղ, թերթեր, սալեր, ձողեր, տարբեր պրոֆիլներ, խողովակներ, կողավոր կոթառներ, կռվածքներ, դրոշմվածքներ, լարեր և այլն: Որպես նախապատրաստվածքներ ծառայում են անընդհատ ձուլման եղանակով ստացված ձուլուկները [9]:

Պլաստիկ դեֆորմացումը ճնշմամբ մշակման ժամանակ ոչ միայն մետաղին նախընտրելի ձև տալու միջոց է, այլ նաև ամբողջությամբ փոխում է դրա կառուցվածքը, ավելացնում դիսլոկացիաների և վականսիաների կոնցենտրացիան: Մեծ չափերի մոնոբյուրեղներում դիսլոկացիաների խտությունը՝ $\rho < 10^3 \text{ սմ}^{-2}$ է, թրծված մոնոբյուրեղում՝ $\rho = 10^4 \dots 10^6 \text{ սմ}^{-2}$, թրծված սառը դեֆորմացված մետաղներում՝ $\rho = 10^{11} \dots 10^{12} \text{ սմ}^{-2}$ [10]:

Տաք և սառը ճնշման մշակում անցած ալյումինին և նրա համաձուլվածքներին բնութագրական են.

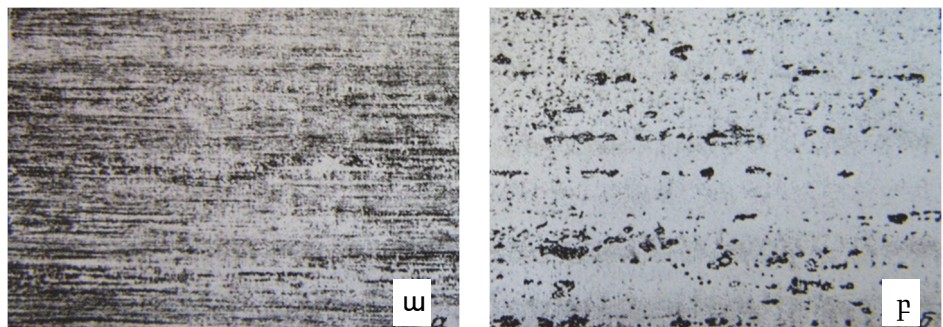
1. Հատիկների և ինտերմետաղական մասնիկների նախընտրելի երկրաչափական կողմնորոշումը: Դեֆորմացման աստիճանից և դեֆորմացման սխեմայից կախված՝ պինդ լուծույթի հատիկները կարող են ստանալ հետևյալ ձևերը՝ թելքային, թերթային և այլն: Ինտերմետաղական մասնիկները դասավորվում են դեֆորմացման գլխավոր ուղղությամբ՝ տողերի տեսքով: Դեֆորմացված ալյումինի միկրո- (ա) և մակրոկառուցվածքները (բ) բերված են նկարում: Ճնշմամբ մշակման ժամանակ ինտերմետաղական մասնիկները, շնորհիվ իրենց փխրունության, չեն դեֆորմացվում: Սառը ճնշմամբ մշակման ժամանակ խոշոր ինտերմետաղական մասնիկներում առաջանում են ճաքեր, որոնք հանգեցնում են դրանց մանրացման:

2. Հատիկների բյուրեղաբանական կողմնորոշում կամ դեֆորմացման տեքստուրա:

3. Դիսլոկացիաների բարձր խտություն: Դիսլոկացիաների խտությունը թրծված ալյումինում կազմում է 10^7 սմ⁻²: Դեֆորմացման ընթացքում այն աճում է մի քանի կարգով և սառը ճնշմամբ մշակված մետաղում հասնում է $10^{11} \dots 10^{12}$ սմ⁻²: Սառը ճնշմամբ մշակված ալյումինին բնութագրական է բջջային կառուցվածքը: Բջջի ներսում երևում են ուղիղ դիսլոկացիաները:

Տաք ճնշմամբ մշակման ընթացքում ալյումինային համաձուլվածքներում ձևավորվում է ենթահատիկային կառուցվածք, որի չափերը 1...3 մկմ են: Տաք դեֆորմացման դեպքում տեղի է ունենում վերադարձ: Դիսլոկացիաները տեղա-կայվում են հատիկներում որպես պատեր ու ցանցեր և առաջացնում են ենթա-հատիկների սահմաններ [10]:

4. Ձուլվածքի մակրո- և միկրոարատների վերացում: Դեֆորմացված մե-տաղը միշտ ավելի խիտ է ու համասեռ, քան ձուլվածը [11] (նկար):



Նկ. Դեֆորմացվող ալյումինային համաձուլվածքի բնորոշ միկրո- (ա) և մակրոկառուցվածքները (բ)

Տաք ճնշմամբ մշակված ալյումինային համաձուլվածքներում վերաբյուրեղացման ջերմաստիճանն ավելի բարձր է, քան սառը դեֆորմացվածներում: Վերաբյուրեղացման ջերմաստիճանն ալյումինային համաձուլվածքներում, կախ-ված ճնշմամբ մշակման եղանակից, կարող է փոխվել լայն միջակայքում: Վերա-բյուրեղացման նկատմամբ առավել բարձ կայունություն ունեն տաք արտամղված համաձուլվածքները [11-16]:

Բարձր վերաբյուրեղացման ջերմաստիճանը որոշ ալյումինային համա-ձուլվածքների տարբերակիչ առանձնահատկությունն է: Անցումային մետաղնե-րով լեգիրված մի շարք ալյումինային համաձուլվածքներում այն հասնում է (0,95...1,0)· $T_{տոլ}$ [12]: Այս համաձուլվածքներում չվերաբյուրեղացված վիճակը կա-րող է պահպանվել նույնիսկ տաք ճնշմամբ մշակված նախապատրաստվածք-

ներում ջերմամշակումից հետո [11, 12]: Գոյություն ունեն նաև այնպիսի այլումինային համաձուլվածքներ, որոնցում վերաբյուրեղացումը հասցնում է տեղի ունենալ տաք ճնշմամբ մշակումից հետո [12, 14]:

Պլաստիկ դեֆորմացման առավել կարևոր ազդեցությունն այլումինային համաձուլվածքների վրա դիտվում է մակակոփման ժամանակ: Մակակոփման հետևանքով տեղի է ունենում ամրության զգալի աճ, իսկ պլաստիկությունը նվազում է:

Եզրակացություն. Ուսումնասիրվել են այլումինի հիմքով դեֆորմացվող և բարձրամուր համաձուլվածքների ստացման առանձնահատկությունները, այդ թվում՝ նաև մետաղական թելքերով ամրանավորվածների: Ցույց է տրված, որ ճնշմամբ ձուլման եղանակն առավել արդյունավետ մեթոդ է, որով ստացված ձուլվածքները, ենթարկելով հետագա սառը դեֆորմացման, հնարավոր է ստանալ անձակոտկեն և մանրահատիկ կառուցվածքով բարձրամուր այլումինային համաձուլվածքներ:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Фистуль В.И.** Новые материалы.- М.: МИСИС, 1995. - 142с.
2. **Матусевич А.С.** Композиционные материалы на металлической основе. - Минск: Наука и техника, 1978. - 216с.
3. **Прокопов И.В.** Российская алюминиевая промышленность и некоторые современные тенденции развития мирового рынка алюминия.- Электронный ресурс: Доклад // ICSOBA-2004.
4. **Гаврилин И.В., Свердлин А.В.** Новые технологии композиционного литья // Литейное производство.- 1996.- №9.- С. 4-5.
5. Специальные способы литья: Справочник / **Под ред. В.А. Ефимова.**- М.: Машиностроение, 1991. - 790 с.
6. **Батышев А.И.** Кристаллизация металлов и сплавов под давлением. — М.: Металлургия, 1977.- 151 с.
7. **Киселев А.В.** Получение литых композиционных материалов с алюминиевой матрицей воздействием на расплавы низкочастотными колебаниями.- М.: Металлургия, 2006.- 141 с.
8. **Батышев К.А.** Исследование тепловых и силовых условий литья с кристаллизацией под давлением алюминиевых сплавов с целью производства высококачественных отливок ответственного назначения.- М.: Металлургия, 2009.- 263 с.
9. **Ерманок М.З., Фейгин В.И.** Производство профилей из алюминиевых сплавов.-М.: Металлургия , 1972. -272с.

10. **Աղբալյան Ս.Գ.** Բյուրեղագրություն և մետաղների բյուրեղային ցանցի արատներ. - Երևան: ՀՊՃՀ, 2005. - 190 էջ:
11. **Колачев Б.А., Ливанов Б.А., Елагин Б.И.** Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов.- М.: Металлургия, 1981.- 415 с.
12. **Колобнев И.Ф.** Термическая обработка алюминиевых сплавов.- М.: Металлургиздат, 1966.- 394 с.
13. **Новиков И.И., Захаров М.Б.** Термическая обработка сплавов.- М.: Металлургия, 1962.- 257 с.
14. **Новиков И.И.** Теория термической обработки металлов.- М.: Металлургия, 1978.- 392 с.
15. **Добаткин В.И., Козловская В.П., Бавыкина И.М.** Металловедение легких сплавов.- М.: Наука, 1965.- 323 с.
16. **Лахтин Ю.М.** Металловедение и термическая обработка металлов.- М.: Металлургия, 1983.- 360 с.

Ս.Լ. ԵՐԵՄՅԱՆ

ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОПРОЧНЫХ ДЕФОРМИРУЕМЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ

Приведены способы получения высокопрочных деформируемых сплавов на основе алюминия. В результате исследований выбраны и изучены особенности наиболее эффективного способа производства высокопрочных деформируемых сплавов на основе алюминия. Показано, что алюминиевые сплавы, полученные литьем под давлением и деформированные в холодном состоянии, благодаря отсутствию литейных дефектов, получению мелкозернистой структуры и увеличению плотности дислокаций приобретают высокие механические свойства.

Ключевые слова: литье, сплав, армирование, композиционный материал, деформация, дислокация, удельная прочность, дисперсионное твердение.

P.L. YEREMYAN

PECULIARITIES OF OBTAINING HIGH-STRENGTH DEFORMABLE ALUMINUM-BASED ALLOYS

The methods for obtaining high-strength deformable alloys based on aluminum are introduced. As a result of investigations, the most effective method for producing high-strength deformable alloys based on aluminum are selected and studied. It is shown that due to the lack of casting defects, grain structure and the increase in the dislocation density, aluminum alloys that are fused under pressure and deformed in the cold state obtain high mechanical properties.

Keywords: molding, alloy, reinforcement, composite material, deformation, dislocation, specific strength, dispersed hardening.