

Ս.Գ. ԱՐԲԱԼՅԱՆ, Ա.Ա. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ, Փ.Լ. ԵՐԵՄՅԱՆ
ԱԼՅՈՒՄԻՆԻ ՀԻՄՔՈՎ ԲԱՐՁՐԱՄՈՒՐ ԴԵՖՈՐՄԱՑՎՈՂ
ՀԱՄԱՁՈՒՎԱԾՔՆԵՐԻ ՍՏԱՑՄԱՆ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ ԵՎ
ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Վերլուծվել են այլումինային բարձրամուր համաձուլվածքների ստացման եղանակներն ու առանձնահատկությունները: Տույց է տրվել, որ բարձր հատկությունների ապահովումը նպատակահարմար է իրականացնել ոչ միայն լեգիրման, այլ նաև մետաղական թելքերով ամրանավորման և սառը գլոցման գործընթացներով: Թելքերով ամրանավորված այլումինային կոմպոզիտային նյութերի կառուցվածքային առանձնահատկությունների ուսումնասիրման արդյունքում պարզվել է, որ առավել մեծ հետաքրքրություն են ներկայացնում պողպատյա թելքերով ամրանավորված կոմպոզիտային նյութերը, քանի որ վերջիններս խիստ սահմանափակ են լուծվում այլումինում: Մշակվել է այլումինի հիմքով կոմպոզիտային համաձուլվածքների ստացման տեխնոլոգիա, որն ընդգրկում է պողպատյա ցանցով կոմպոզիտային նյութի ձուլումը, գլոցումը և ջերմային մշակումը: Ոչ մեծ շրջաստից գլոցումից հետո նշված կոմպոզիտի ամրությունը՝ պողպատյա լարերի 3300-3600 ՄՆ/մ² ամրության դեպքում, հավասար է 1200...1250 ՄՆ/մ²:

Առանցքային բառեր. այլումին, պղինձ, լեգիրող տարրեր, ձուլում, համաձուլվածք, կոմպոզիտային նյութ, պողպատյա թելքեր, գլոցում:

Ներածություն. 21-րդ դարում տեխնիկական առաջընթացն անհնար է պատկերացնել առանց նոր նյութերի ստեղծման, որոնք կարող են աշխատել ծայրագույն պայմաններում՝ բարձր ու ցածր ջերմաստիճաններում, քիմիապես ագրեսիվ միջավայրերում, ստատիկ և դինամիկ բեռնվածություններով և այլն: Հատկապես բարձր տեսակարար հատկություններով օժտված նոր նյութերի ստեղծման բնագավառում մեծ հետաքրքրություն են ներկայացնում մետաղական հիմքով ու դիսպերս մասնիկներով կարծրացող, դիսպերս հատիկներով ամրացվող և մետաղական թելքերով ամրանավորված կոմպոզիտային նյութերը, որոնք կարող են ստացվել թե՛ փոշեմետալուրգիական և թե՛ ձուլման տեխնոլոգիաներով, ընդ որում, փոշեմետալուրգիական տեխնոլոգիան մեծ կիրառություն չի գտել որոշակի թերությունների պատճառով: Նախ՝ այլումինային փոշին, այլումինի խիստ ակտիվության պատճառով, բավականին օքսիդացած է, ինչը խոչընդոտում է լեգիրող տարրերի հետ մետաղական կոնտակտների և, հետևաբար, համասեռ համաձուլվածքի ստացմանը, որի հետևանքով խիստ դժվարանում է

մեխանիկական անհրաժեշտ հատկությունների ապահովումը: Երկրորդ՝ եռակալման ջերմաստիճանում պահման ժամանակ կարող է տեղի ունենալ մայրակի և թելքի փոխադարձ լուծում, ինչը կհանգեցնի թելքի հատկությունների վատացմանը: Բացի նշվածից, այլումինային փոշին բավականին թանկ է: Մինչդեռ ձուլման եղանակով ստացված համաձուլվածքներում նշված թերություններն իսպառ վերանում են:

Այլումինային բարձրամուր համաձուլվածքների ստեղծումը համարվում է խիստ արդիական խնդիր, հատկապես ժամանակակից տիեզերական սարքաշինության և ինքնաթիռաշինության բնագավառներում: Ինչ վերաբերում է Հայաստանի Հանրապետությունում այս նյութերի պահանջարկին, ապա այն ոչ մի կասկած չի հարուցում, հատկապես Ազգային բանակի սպառազինմանը ներկայացվող պահանջների բաելավման առումով:

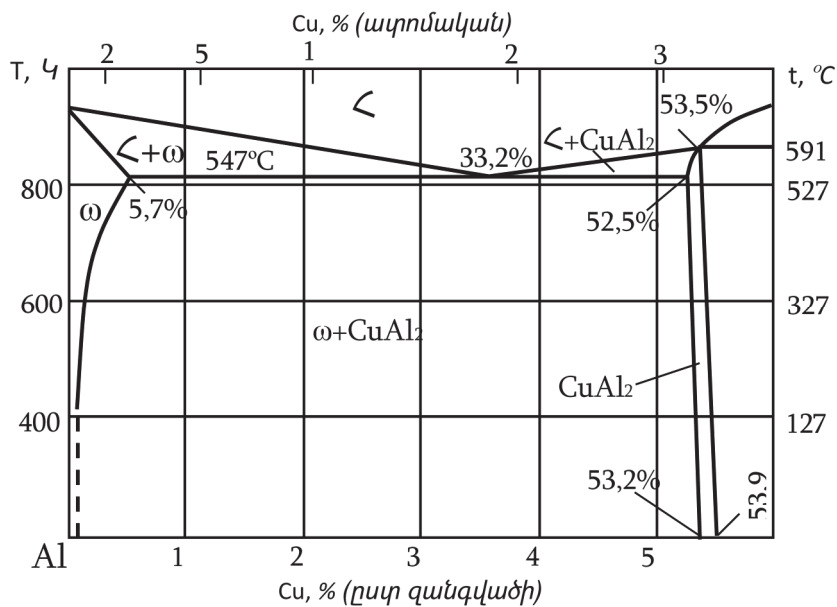
Խնդրի դրվածքը և մեթոդիկայի հիմնավորումը. Հետազոտության նպատակն է ուսումնասիրել այլումինի հիմքով բարձրամուր դեֆորմացվող համաձուլվածքների ստացման մեթոդները և բացահայտել ձուլման եղանակով դրանց ստացման առանձնահատկություններն ու օրինաչափությունները:

Դեֆորմացվող այլումինային համաձուլվածքներից առավել լայն տարածում են ստացել ջերմամշակմամբ ամրացվող «ոլորայլումին» կոչվող համաձուլվածքները, որոնք, որպես հիմնական լեգիրող տարր, պարունակում են պղինձ, ինչպես նաև լրացուցիչ լեգիրվում են մանգանով ու մագնեզիումով:

Նկ. 1-ում մասնակիորեն ներկայացված է Al-Cu վիճակի դիագրամը [1]: Պղինձն այլումինի հետ առաջացնում է տեղակալման ω -պինդ լուծույթ, որում պղնձի առավելագույն լուծվելիությունը կազմում է 5,7% 547°C ջերմաստիճանում: Նույն ջերմաստիճանում 33,2 % Cu-ի պարունակության դեպքում առաջանում է էվտեկտիկա, որը կազմված է ω -լուծույթից և CuAl_2 միացությունից: Ջերմաստիճանի իջեցման հետ պղնձի լուծվելիությունը ω -պինդ լուծույթում արագ նվազում է և նորմալ ջերմաստիճաններում կազմում է 0,1%-ից պակաս Cu: 5,7%-ից պակաս պղնձի պարունակություն ունեցող համաձուլվածքները, պղնձի լուծվելիության փոքրացման արդյունքում, ի հայտ են բերում պինդ վիճակում ֆազային փոխակերպություն, ինչը և թույլ է տալիս դրանց նկատմամբ կիրառել ամրացնող ջերմամշակում:

Դյուրալները սովորաբար պարունակում են մոտ 4% Cu: Դրանց կառուցվածքը կազմված է ω -պինդ լուծույթից և CuAl_2 միացության մասնիկներից: Սովորաբար գծից բարձր ջերմաստիճանում այդպիսի համաձուլվածքների տաքացման

Ժամանակ CuAl_2 միացության մասնիկները լուծվում են ω -պինդ լուծույթում, և արդեն մոտ 500°C ջերմաստիճանում ստացվում է միաֆազ ω -պինդ լուծույթ, որի մեջ լուծված է ամբողջ պղինձը: Միտումից անմիջապես հետո այդպիսի համաձուլվածքն ունենում է ցածր կարծրություն և ամրություն, բայց բարձր պլաստիկություն: Սակայն քանի որ միմյան ճանապարհով ստացված ω -պինդ լուծույթը խիստ գերհագեցած է Cu -ով, ապա ավելցուկային պղինձն անջատվում է նրանից CuAl_2 ինտերմետաղական ֆազի ձևով, այսինքն՝ տեղի է ունենում ծերացում: Որքան ցածր է ω -պինդ լուծույթի տրոհման ջերմաստիճանը, այնքան ավելի դիսպերս են ստացվում CuAl_2 -ի մասնիկները, ամրությունը ստացվում է բարձր, բայց գործընթացը երկարում է:



Նկ. 1. Al-Cu վիճակի մասնակի դիագրամը

Տեխնիկական մաքրությամբ ալյումինի վերաբյուրեղացման ջերմաստիճանը բավականին ցածր է՝ մոտ 100°C , այդ իսկ պատճառով ցածր է նաև նրա հրամրությունը: Այս ցուցանիշի բարձրացմանը կարելի է հասնել ալյումինային համաձուլվածքների կառուցվածքում՝ պինդ ալյումինում, դժվար լուծվող և այդ պատճառով դանդաղ կոագուլացվող դիսպերս ամրացնող ֆազերի ստեղծմամբ:

Հրամուր ալյումինային համաձուլվածքների կառուցվածքի հիմքը լեգիրող տարրերի բազմաբաղադրիչ պինդ լուծույթն է ալյումինում, որն ամրացվում է դիսպերս, դժվարությամբ լուծվող Al_2CuMg , $\text{Al}_6\text{Cu}_3\text{Ni}$, Al_5SiFe և այլ միացություն-

ներով: Որպեսզի ամրացնող ֆազը ստացվի ավելի դիսպերս, հրամուր համաձուլվածքները սովորաբար ենթարկվում են մխման և հետագա արհեստական ծերացման [2]: Այլումինի հրամրությունը երկաթի ավելացման դեպքում աճում է և հասնում առավելագույն արժեքի մոտավորապես 1,3% Fe-ի պարունակության դեպքում: Si-ը նույնպես բարձրացնում է այլումինի վերաբյուրեղացման ջերմաստիճանը: 1% Si-ի պարունակության դեպքում մաքուր այլումինի վերաբյուրեղացման ջերմաստիճանն աճում է մոտավորապես 50 °C-ով [3]:

Հրամուր այլումինային համաձուլվածքները երկու տեսակ են՝ ձուլման և դեֆորմացման, և լայնորեն կիրառվում են ինքնաթիռների կոնստրուկցիոն մասերի (D16, D19), ճնշակների թիակների (D20, AK4, AK4-1), ներքին այրման շարժիչների մխոցների (AЛ1, AK4, AK4-1), մխոցների գլանների գլխիկների (AЛ5), տուրբոռեակտիվ շարժիչների դետալների (AK4, AK4-1) և այլ դեպքերում [4]: Այլումինային համաձուլվածքներից շինվածքներ կարելի է ստանալ ձուլման գրեթե բոլոր հայտնի եղանակներով: Առավել լայն կիրառություն են գտել ճնշմամբ, կոկիլային ձուլումը, անընդհատ և կիսաանընդհատ ձուլման եղանակները: Վերջին տարիներին լայնորեն կիրառվում է նաև ճմշմամբ ձուլման և բյուրեղացման եղանակը, որը ճնշմամբ ձուլման եղանակի համեմատ ունի մի շարք առավելություններ, մասնավորապես՝ ձուլվածքները ստացվում են ավելի խիտ՝ զերծ գազային ծակոտիներից [3, 5-7]: Ձուլվածքների ստացման այս կամ այն եղանակի ընտրությունն առաջին հերթին պայմանավորված է համաձուլվածքի բաղադրությամբ:

Al-Cu խմբի համաձուլվածքներն ունեն երկֆազ հավասարակշռված կառուցվածք՝ $\alpha + \theta$ (CuAl₂), և տիպիկ ջերմային մշակմամբ ամրացվող համաձուլվածքներ են: Սակայն դրանք ունեն բյուրեղացման բավականին լայն տիրույթ (90-100 °C), ինչով էլ պայմանավորվում են վերջիններիս ձուլման ցածր հատկությունները՝ ոչ բարձր հեղուկահոսունությունը, ձուլման ժամանակ տաք ճաքեր առաջացնելու հակվածությունը և կծկվածքային ծակոտկենության առաջացումը: Al-Cu համաձուլվածքները հատկապես լայն կիրառություն են ստացել ջերմային մշակմամբ ամրացվող 295 մակնիշի համաձուլվածքի մշակումից հետո, ինչը հնարավորություն է տվել զգալիորեն բարձրացնել շինվածքների մեխանիկական հատկությունները: Հետագայում նշված համաձուլվածքի մոդիֆիկացումը և B195 մակնիշի համաձուլվածքի ստեղծումը, որը պարունակում է մոտ 2,5% Si, հնարավորություն տվեց կոկիլային ձուլման ժամանակ մեծացնել նրա դիմադրությունը ճաքագոյացման նկատմամբ:

Բացի հիմնական բաղադրիչներից, ինչպիսիք են՝ Si, Cu, Mg, Mn, Ni, Sn և Zn, այլումինային համաձուլվածքները պարունակում են նաև ոչ հիմնական բա-

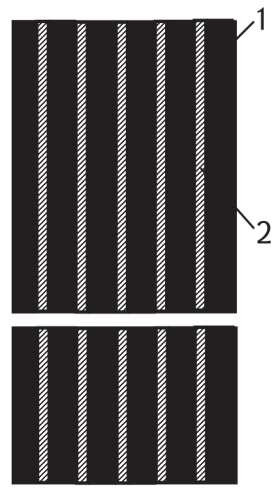
դադրիչներ և խառնուկային տարրեր: Տոկոսի հազարերորդական մասի չափով բերիլիումի ներմուծանքները նվազեցնում են Al-Mg խմբի համաձուլվածքների օքսիդացումը: 0,02%-ի դեպքում բերիլիումն ավելացնում է վերջինիս ամրությունը: Բիսմութը, կադմիումը, կապարը և անագը սովորաբար դիտարկվում են որպես ոչ ցանկալի խառնուկներ: Սակայն մինչև 1%-ի սահմաններում նշվածների ավելացումը X310, X335 և X385 մակնիշի համաձուլվածքներում լավացնում է վերջինների հակաշփական հատկությունները և կտրմամբ մշակվելիությունը: Քրոմը և մանգանը, սովորաբար մինչև 1%-ի սահմաններում, մեծացնում են RedX-20 համաձուլվածքների հրամրությունը: Մի շարք համաձուլվածքներում Cr-ը և Mn-ը փոփոխում են Al-Fe-Si բաղադրիչների հարաբերությունը, ինչը հանգեցնում է մեխանիկական հատկությունների լավացման: Երկաթի պարունակությունը շատ համաձուլվածքներում սահմանափակվում է 0,8..1,0%-ի սահմաններում, քանի որ այն բացասաբար է ազդում համաձուլվածքի հեղուկահոսունության և պլաստիկության վրա: Ճնշմամբ ձուլման դեպքում կիրառվող համաձուլվածքներում Fe-ի պարունակությունը բարձր է (1,0..1,5%), ինչը նպաստում է ձուլվածքի՝ ձուլաձևին կաշողականության նվազեցմանը: Նիկելը նպաստում է հրամրության բարձրացմանը և ջերմային ընդարձակման գործակցի նվազեցմանը: Ֆոսֆորը 0,01...0,03%-ի սահմաններում մանրացնում է առաջնային Si-ի հատիկները հետէվտեկտիկական սիլումիններում (>13%Si): Նատրիումը և կալցիումը մոդիֆիկացվող տարրեր են ալյումինային համաձուլվածքներում, ընդ որում, Na-ն ավելի արդյունավետ է: Այն ներմուծվում է 0,001..0,003%-ի սահմաններում: Տիտանը, բորը և ցիրկոնիումը մանրացնում են ալյումինային համաձուլվածքների հատիկները [5]:

Կետագոտության արդյունքները. Ալյումինի հիմքով բարձրամուր դեֆորմացվող համաձուլվածքների ստացման նպատակով այն ամրանավորվել է մետաղական թելքերով: Այսպիսի կոմպոզիտային նյութերի ստացման համար մեծ կիրառություն են գտել մի շարք տեխնոլոգիական մեթոդներ [8, 9], ինչպիսիք են անուղղակի (տաք մամլում, հալույթով տոգորում, էլեկտրանստեցում, պլազմային նստեցում, գոլորշով նստեցում, սառը մամլում և եռակալում, տաք արտամղում կամ գլոցում, կոմպոզիտը կազմող բաղադրիչների միավորում իմպուլսային հոսանքների միջոցով) և ուղղակի (ուղղորդված էվտեկտոիդային փոխակերպում, էվտեկտիկական բյուրեղացում, դենդրիտների ուղղորդված աճ, երկֆազ համակարգերում թելքավոր կառուցվածքի ստացում դեֆորմացմամբ) մեթոդները, որոնցից առավել հեռանկարային են անուղղակի մեթոդները:

Թելքավոր կոմպոզիտային նյութերի ստացման ցանկացած եղանակ պետք է ապահովի նյութի պահանջվող ձևի ստացում, թելքերի ներմուծում մայ-

րակի մեջ առանց քայքայման, մայրակի և թելքի միջև տեխնոլոգիական փոխազդեցության բացակայություն, բաժանման սահմանում ամուր կապի առկայություն, բավարար քանակությամբ թելքերի մատուցման հնարավորություն, մայրակում թելքերի հավասարաչափ կողմնորոշում: Այս ամենից ելնելով՝ կոմպոզիտների ստացման անուղղակի տեխնոլոգիական գործընթացը պետք է ներառի՝ բաղադրիչների նախապատրաստում, կոմպոզիցիայի հավաքում, բաղադրիչների միավորում և վերջնական գործընթացներ (ջերմամշակում և այլն):

Տաք մամլմամբ եղանակն ունի լայն կիրառություն այլումինի հիմքով կոմպոզիտային նյութերի ստացման գործընթացում: Տաք մամլման համար նախատեսված նախապատրաստվածքները ստացվել են ձուլման եղանակով նախօրոք պատրաստված չժանգոտվող պողպատյա ցանցերի օգտագործմամբ (նկ. 2): Ստացված նախապատրաստվածքները տեղադրվել են դրոշմիչի մեջ և ենթարկվել մամլման: Մամլումից հետո թելքի և մայրակի միջև ստեղծվում է որոշակի կապ: Մամլումը կատարվել է օդում: Այլումինային 2024 մակնիշի համաձուլվածքից և չժանգոտվող պողպատի ($\sigma_{\sigma}=3370\dots3650$ ՄՆ/մ²) ցանցից ձուլված կոմպոզիտային նյութը պահվել է 480..500 °C ջերմաստիճանում 100 ՄՆ/մ² ճնշման տակ 20 րոպե: Այս եղանակով պատրաստվել են 200x50 մմ և 5..20 մմ հաստությամբ թերթեր: Հետագա ոչ մեծ շրջաստեղծմամբ գլոցումից հետո նշված կոմպոզիտի ամրությունը, լարերի 3370...3650 ՄՆ/մ² ամրության դեպքում, հավասար է եղել 1210...1240 ՄՆ/մ²:



Նկ. 2. Տաք գլոցման նմուշի սխեման՝ 1- մայրակ, 2- ամրանավորողլարեր (պողպատյա ցանց)

Մայրակի և թելքի անհամատեղելիության դեպքում թելքերը պետք է պատել միջանկյալ նյութով, որը համատեղելի է ինչպես թելքի, այնպես էլ մայրակի հետ: Այս եղանակով պատրաստված նախապատրաստվածքների զլոցման ժամանակ ստացվում են խիտ պոլիգոնալ կառուցվածքով կոմպոզիցիոն նյութեր:

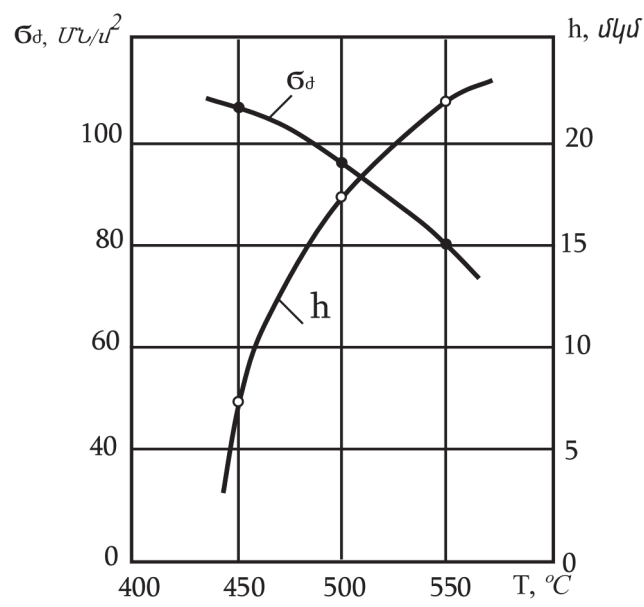
Ինչպես կոմպոզիտային նյութերի մեծ մասը, այնպես էլ ալյումինային կոմպոզիտային նյութերը, թերմոդինամիկորեն անհավասարակշռված համակարգեր են, որոնցում առկա են բաղադրիչների բաժանման հարթություններ և քիմիական պոտենցիալների գրադիենտ: Քիմիական պոտենցիալների գրադիենտը հանդիսանում է միջֆազային փոխազդեցության, մասնավորապես՝ փոխադարձ դիֆուզիայի և քիմիական ռեակցիաների շարժիչ ուժ: Սահմանափակ տիրույթում այդպիսի փոխազդեցություններն անհրաժեշտ են լավարկված հատկություններով կոմպոզիտային նյութերի ստացման համար, սակայն փոխազդեցությունների ինտենսիվացումը հանգեցնում է կոմպոզիտային նյութի մեխանիկական հատկությունների վատացման [8, 10-12]:

Քիմիական ազդեցություն կարող է տեղի ունենալ ինչպես կոմպոզիտային նյութի ստացման, այնպես էլ շահագործման ժամանակ: Կայուն հատկություններով կոմպոզիտային նյութերում կոմպոնենտները պետք է լինեն քիմիապես համակցելի [13]: Դա ներառում է թերմոդինամիկական և կինետիկական համակցությունները [9]: Թերմոդինամիկապես անհամակցելի բաղադրիչները որոշակի ջերմաստիճանաժամանակային տիրույթում կարող են լինել կինետիկապես համակից և հաջողությամբ շահագործվել կոնստրուկցիաներում [11, 14]: Քիմիական համակցության հետ մեկտեղ պետք է ապահովվել նաև բաղադրիչների մեխանիկական համակցությունը, քանի որ վերջինիս առկայության պայմաններում է հնարավոր բաժանման հարթությամբ լարումների արդյունավետ փոխանցումը [8]:

Al-պողպատ կոմպոզիտային նյութերի ստացման, ինչպես նաև շահագործման ժամանակ բաղադրիչների միջև ֆիզիկաքիմիական փոխազդեցությունների հետևանքով միջանկյալ շերտում առաջանում են փխրուն ինտերմետաղական ֆազեր՝ Fe_2Al_5 և $FeAl_3$: Al-չժանգոտվող պողպատ կոմպոզիցիաներում առաջանում են նաև քրոմ, նիկել և կոբալտ պարունակող ինտերմետաղական ֆազեր [15]:

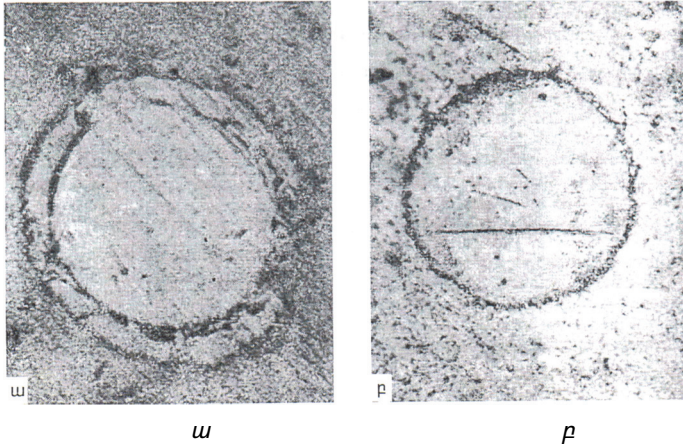
Ռեակցիոն գոտու առկայությունը հանգեցնում է կոմպոզիտային նյութերի հատկությունների կտրուկ վատացման: Սակայն ցանկացած ջերմաստիճանում գոյություն ունի որոշակի ժամանակահատված, որի դեպքում ինտերմետաղական ֆազեր ընդհանրապես չեն առաջանում [11, 16-18]: Դա, այսպես կոչված,

լաթենտային ժամանակահատվածն է, որն ունի շատ կարևոր տեխնոլոգիական նշանակություն: Փոխազդեցության սկզբում ինտերմետաղական ֆազերը հպման տեղամասում անջատվում են առանձին կղզյակների ձևով, ջերմաստիճանի բարձրացման կամ պահման տևողության մեծացման հետևանքով ինտերմետաղական ֆազերով հարուստ շերտի հաստությունն աճում է: Al-X18H19 մակնիշի չժանգոտվող պողպատ կոմպոզիտային նյութի ամրության և ինտերմետաղական շերտի հաստության կախվածությունը ջերմաստիճանից բերված է նկ. 3-ում: Գրաֆիկից երևում է, որ կոմպոզիտային նյութի ամրությունը կախված է ինտերմետաղական շերտի հաստությունից: Կոմպոզիտային նյութի ստացման լավարկված ջերմաստիճանը այն ջերմաստիճանն է՝ որի դեպքում ապահովվում է բաղադրիչների միջև ամուր կապը և ինտերմետաղական ֆազերով հարուստ շերտի նվազագույն հաստությունը:



Նկ. 3. «Al - չժանգոտվող պողպատ» կոմպոզիտային նյութի ամրության և ինտերմետաղական ֆազերի շերտի հաստության կախվածությունը ստացման ջերմաստիճանից

Նկ. 4-ում բերված է Al-չժանգոտվող պողպատ բաժանման հարթության միկրոկառուցվածքը: Պողպատյա թելքերով ամրանավորված այլումինային համաձուլվածքներում պահպանվում է բավարար պլաստիկություն: Ամրանավորման հետևանքով զգալիորեն աճում են բացարձակ և տեսակարար ամրություններն ու հրամրությունը:



Նկ. 4. «Al - չժանգոտվող պողպատյա ցանց» կոմպոզիտային նյութի բաժանման հարթության միկրոկառուցվածքը. ա- 560°C, P= 15 ՄՆ/մ², τ=60 րոպե, բ- 460°C, P=15 ՄՆ/մ², τ=60 րոպե

Եզրակացություն. Վերլուծության են ենթարկվել այլումինային բարձրամուր համաձուլվածքների ավանդական մեթոդներով ստացման եղանակներն ու առանձնահատկությունները: Արդյունքում՝ հիմնավորվել են այս համաձուլվածքների ստացման հեռանկարային եղանակները, որոնցից է հատկապես ձուլման եղանակը, ընդ որում, բարձր հատկությունների ապահովումը նպատակահարմար է իրականացնել ոչ միայն լեգիրման, այլ նաև մետաղական թելքերով (ցանցերով) ամրանավորման և սառը գլոցման գործընթացներով, որոնք ապահովում են մեխանիկական բարձր հատկությունների ստացումը և նպաստում այլումինային համաձուլվածքի հետագա ջերմային մշակման ժամանակ կառուցվածքագոյացման գործընթացին:

Թելքերով ամրանավորված այլումինային կոմպոզիտային նյութերի կառուցվածքային առանձնահատկությունների վերլուծության արդյունքում պարզվել է, որ առավել մեծ հետաքրքրություն են ներկայացնում պողպատյա թելքերով (ցանցերով) ամրանավորված կոմպոզիտային նյութերը, քանի որ վերջիններիս լուծելիությունն այլումինում խիստ սահմանափակ է:

Կատարվել է այլումինային համաձուլվածքների ձուլման և ջերմային մշակման գործընթացների վերլուծություն, համաձայն որի առավել մեծ հետաքրքրություն են ներկայացնում մի քանի տարրերով լեգիրված այլումինային համաձուլվածքները, որոնցում ամրանավորման մեխանիզմն իրագործվում է թե՛ պինդ լուծույթների առաջացման և թե՛ կարծր մասնիկների անջատման մեխանիզմներով:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Мондольфо Л.Ф.** Структура и свойства алюминиевых сплавов / Пер. с англ.- М.: Металлургия, 1979.- 640 с.
2. **Колачев Б.А., Ливанов Б.А., Елагин Б.И.** Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов.- Изд. 2-е.- М.: Металлургия, 1981. - 416 с.
3. **Хэтч Дж.Е.** Алюминий, свойства и физическое металловедение: Справочник.- М.: Металлургия, 1989. – 424 с.
4. **Morley P.P.** Elevated Temperature Aging of 24s Aluminium Alloy // Journal of Aeronautical Science.- 1943.- Vol 10 (№6).- P.180-184.
5. **Добаткин В.И.** Плавка и литье алюминиевых сплавов: Справочное руководство.- М.: Металлургия, 1989.- 350 с.
6. **Баладин Г.Ф., Константинов Л.С.** Специальные виды литья.- М.: Машиностроение, 1970.- 223 с.
7. **Белоухов А.К., Винберг Л.И.** Литье под давлением.- М.: Машгиз, 1962.- 339 с.
8. **Иванов В.С., Копьев И.М.** Упрочнение металлов волокнами: Монография.- М.: Наука, 1973.- 207 с.
9. Композиционные материалы с металлической матрицей. Композиционные материалы. Т.4 / Пер. с англ.; Под ред. К.И. Портного.- М.: Машиностроение, 1978.- 502 с.
10. Композиционные материалы в конструкции латетельных аппаратов / Пер. с англ.; Под ред. А.Л. Абибова.- М.: Машиностроение, 1975.- 265 с.
11. Волокнистые композиционные материалы с металлической матрицей / Под ред. М.Х. Шоршорова.- М.: Машиностроение, 1981.- 272 с.
12. **Карпинос Д.М., Тучинский Л.И., Вишняков Л.Р.** Новые композиционные материалы.- Киев: Вища школа, 1979.- 312 с.
13. **Портной К.И., Заболоцкий А.А., Турченков В.А.** К оценке взаимодействия и совместимости компонентов в волокнистых композиционных материалах // Порошковая металлургия.- 1978.- N 10.- С. 64-71.
14. **Иванов В.С., Кольев И.М., Елагин Ф.М.** Алюминиевые и магниевые сплавы, армированные волокнами.- М.: Наука, 1974.- 199 с.
15. Композиционный материал ВКА-1 на алюминиевой основе, упрочненный волокнами бора / **А.Т. Туманов, К.И. Портной, В.М. Чубаров, С.Е. Салибеков** // В кн.: Композиционные металлические материалы.- М.: ОНТИ, 1972.- С. 40-51.
16. Исследование условий получения композиционного материала на основе алюминия, армированного стальными волокнами с использованием метода плазменного напыления / **Д.М. Карпинос, В.Г. Зильберберг, В.Х. Кадыров и др.** // Порошковая металлургия.- 1974.- N 8.- С.41-44.
17. Композиционный материал на основе алюминия, армированного проволокой из стали ВНС-9 / **И.Н. Фридляндер, В.П. Северденко, С.А. Юдина, Н.А. Коновалова и др.** // В кн.: Волокнистые и дисперсно-упрочненные композиционные материалы.- М.: Наука, 1976.- С. 128-132.

18. **Patiniak A., Lowely A.** Effect of elevated temperature exposure on the structure, stability and mechanical behaviour of aluminum-stainless steel composites // *Met.Trans.*- 1974.- V. 5, N 1.- P. 111-122.

С.Г. АГБАЛЯН, А.А. ПЕТРОСЯН, П.Л. ЕРЕМЯН

МЕТОДЫ И ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОПРОЧНЫХ ДЕФОРМИРОВАННЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ

Проанализированы методы и особенности получения алюминиевых высокопрочных сплавов. Показано, что для обеспечения высоких свойств целесообразно использовать не только легирование, но и процессы армирования металлическими волокнами и холодной прокатки. В результате изучения структурных особенностей алюминиевых композиционных материалов, армированных волокнами, обнаружено, что наибольший интерес представляют армированные стальными волокнами композиционные материалы, поскольку они обладают весьма ограниченной растворимостью в алюминии. Разработана технология получения композиционных сплавов на основе алюминия, которая включает литье композиционных материалов со стальной сеткой, прокатку и термическую обработку. После прокатки и небольшого обжатия прочность получаемого композита, армированного стальной проволокой с прочностью 3300...3600 MN/m^2 , равна 1200... 1250 MN/m^2 .

Ключевые слова: алюминий, медь, легированные элементы, литье, сплав, композиционный материал, стальные волокна, прокатка.

S.G. AGHBALYAN, A.A. PETROSYAN, Ph.L. YEREMYAN

METHODS AND PECULIARITIES OF OBTAINING ALUMINIUM- BASED HIGH-STRENGTH DEFORMED ALLOYS

Methods and peculiarities of obtaining aluminum high-strength alloys are analyzed. It is shown that to ensure high properties, it is expedient to use not only alloying, but also the processes of reinforcement by metal fibers and cold rolling. As a result of studying the structural peculiarities fiber-reinforced aluminum composition materials, it is revealed that the composite materials reinforced by steel fibers are of great interest as they have limited solubility in aluminium. A technology for obtaining composite alloys on the basis of aluminum which includes casting, rolling and heat treatment of composite materials with a steel grid is developed. After rolling and small pressing, the strength of the obtained aggregate, in case of durability of 3300-3600 MN/m^2 of steel wires, is equal to 1200... 1250 MN/m^2 .

Keywords: aluminum, copper, alloyed elements, casting, alloy, composite material, steel fibers, rolling.