

A.A. AYVAZYAN, T.S. AGHAMYAN, H.V. AVAGYAN

THE MECHANISM AND KINETICS OF PHYSICAL AND CHEMICAL PROCESSES PROCEEDING AT ORE CRUSHING

The mechanism and kinetics of physical and chemical processes taking place at crushing oxidized ores are observed. It is shown that the mechanical activation based on spinel is a special method for obtaining amorphous substances during which the crystal mesh transfers from the ordered state into the disordered one. By increasing the duration of mechanical activation, the spinels change from the initial state into the active state, and as a result, structural and chemical changes take place at physical and chemical activity of the spinel oxide structure. Researches are conducted to explain the structural changes of activated spinels.

Keywords: mechanochemistry, oxide, activity, spinel, structure, crystal mesh, amorphous state.

ՀՏԴ 621.762 + 669

Ա.Գ. ՀԱՅՐԱՊԵՏՅԱՆ, Վ.Հ. ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ, Օ.Պ. ՏԵՐ - ԳԱԼՍՅԱՆ

**ԱԾԽԱԾՆԱՅԻՆ ՀԱՆՔԱՆՅՈՒԹԵՐԻՑ ԱԶՆԻՎ ՄԵՏԱՂՆԵՐԻ
ՄԵՏԱՂԱԹԵՐՄԱՅԻՆ ԵՂԱՆԱԿՈՎ ԿՈՐԶՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑԻ
ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄ**

Ածխածնային հանքանյութերում առկա ազնիվ մետաղների կորզման գործընթացի հետազոտությունը կատարվել է մետաղաթերմային եղանակով: Հետազոտությունում ստացված տվյալները վկայում են, որ ածխածնային հանքանյութերը և մետաղներով հարստացված դրանց արգասիքները ինքնաբոցատարածման բարձրջերմաստիճանային սինթեզի տեխնոլոգիաներով փորձարկելիս հումքում առկա ազնիվ մետաղները տեղափոխվում են գործընթացի արդյունքում գոյացած քիմիապես բարդ մետաղական միացություններ: Ցույց է տրված, որ ստացված արգասիքներում, ոսկուց և արծաթից զատ, կուտակվում են պլատինային մետաղներ, որոնց բացահայտումը ըստ էության հնարավոր է թթուներով տարրալուծումների միջոցով: Հետազոտության արդյունքների ամփոփումից հետևում է, որ ստացված խտանյութերում ազնիվ մետաղների ընդհանուր պարունակությունը կազմում է շուրջ 20 գ/տ:

Առանցքային բառեր. ածխածնային հանքանյութ, ազնիվ մետաղներ, պլատինային մետաղներ, մետաղաթերմային եղանակ, կորզում:

Ներածություն: Ածխածնային հանքանյութերը՝ ըստ ազնիվ մետաղների պարունակության, դասվում են դժվար հարստացող հանքանյութերի շարքը, ինչը պայմանավորված է դրանց երկրաբանական կազմով [1,2]: Այս հանքանյութերի մշակման տեխնոլոգիաները կատարելագործումների պահանջ ունեն,

քանի որ արտադրությունում գործածվող հիդրոմետալուրգիական միջոցների միանշանակ կիրառումը տնտեսական և բնապահպանական նկատառումներով նպատակահարմար չէ:

Նշված խնդրի լուծմանը ուղղված այս հետազոտությունում ածխածնային հանքանյութերում առկա ազնիվ մետաղների համալիր կորզման հնարավորություններն ուսումնասիրելու նպատակով փորձարկվել են ինքնաբոցատարածման բարձրջերմաստիճանային սինթեզի (ԻԲՍ) մետաղաթերմային տեխնոլոգիաները: Այս գործընթացներում գործածվում են ազնիվ մետաղներում այլումինի, երկաթի, պղնձի հիմքով կուտակիչներ և ապաօքսիդիչ նշանակությամբ քիմիական նյութեր: Վերջինիս արդյունքում գոյանում են ինտերմետաղական միացություններ, որոնց կազմում կուտակված ազնիվ մետաղների բացահայտումը սովորաբար իրականացվում է թթուներով տարրալուծումների միջոցով [3 - 5]:

Փորձերի նկարագրությունը և արդյունքները: Վերը նշված գործընթացի փորձարկումներում որպես հումք օգտագործվել են Հայաստանի Հանրապետության ազնիվ մետաղներ պարունակող ածխածնային հանքանյութերը: Համաձայն առկա տվյալների՝ այդ ածխածնային հանքանյութերում Au-ը կազմում է 0,35...0,40, Ag-ը 1,7...2,0 գ/տ, իսկ Pt և Pd պլատինային մետաղների գումարային պարունակությունը (Pt+Pd) տատանվում է 0,02...0,10 գ/տ միջակայքերում: Նախկինում կատարված տարբեր տեխնոլոգիական փորձարկումների միջոցով ստացված տվյալները վկայում են այդ հանքանյութերում այլ պլատինային մետաղների առկայության մասին [6,7]:

Ազնիվ մետաղների կորզման այլումինաթերմային փորձերում ածխածնային հումքը հիմնականում գործածվել է ըստ ազնիվ մետաղների պարունակությամբ հարստացած վիճակում: Վերջինիս ստացմանը նպատակաուղղված փորձերի ընթացքում, թեթև ածխածնային զանգվածի և ծանր մետաղակիր մասնիկների առանձնացման համար, օգտագործվել է ելանյութ հանքանյութի ջրով լվացումների միջոցը: Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանում կատարված քիմիական վերլուծությունները ցույց են տալիս, որ հանքանյութերի համեմատ՝ մետաղներերով 5...10 անգամ հարուստ արգասիքներում C-ը կազմում է 25...28 %, SiO₂ - ը՝ մոտ 35%, իսկ մնացածը Fe₂O₃, Al₂O₃, MgO, CaO և այլ միացություններն են: Նույն արգասիքների ռենտգեն ֆազային վերլուծությունները (ՌՖՎ) վկայում են, որ բացի C-ից և SiO₂-ից, դրանցում առկա են FeS₂, CuFeS₂, Fe₂C, SiC, TiO₂, Re, FeRe, FeMo:

Փորձերում օգտագործված հումքի, օժանդակ նյութերի և ստացված արգասիքների վերաբերյալ տվյալները ներկայացված են աղ. 1 - ում:

Աղյուսակ 1

Ազնիվ մետաղների՝ ալյումինաթերմայի միջոցով կորզման փորձերում օգտագործված հումքը, օժանդակ նյութերը և ստացված արգասիքները

Փ.Փ. ը/հ	Հանքա – նյութ, գ	Հարստացված հանքանյութ, գ	Օժանդակ նյութեր, գ	Մե-ական ելք, գ /%	Խարամ, գ
1	25	5	Fe ₂ O ₃ – 10,0, NaNO ₃ – 2,5, CaO – 2,0, Al – 6,0	3,0 / 50,0	20,0
2	25	5	CuO – 6,0, NaNO ₃ – 2,5, CaO – 2,0, Al – 6,0	Խարամատեսք ելքը 19,6 գ	
3	10	-	Al – 3,0, NaNO ₃ – 2,5, CaO – 2,0	1,5 / 50,5	13,4
4	12,5	5	CuO – 10,0, CaO – 2,0, NaNO ₃ – 2,5, Al – 8,0	5,0 / 62,5	16,3
5	12,5	5	Cu-ի խտ. – 10, CaO – 2,0, NaNO ₃ – 2,5, Al – 8,0	4,1 / 51,2	24,5
6	15	6	CuO – 6,0, NaNO ₃ – 2,5, CaO – 2,0, Al – 10,0	4,7 / 97,9	18,6

Փորձում գոյացած մետաղական և խարամային արգասիքների փորձարկումները ցույց են տալիս, որ դրանք բուռն են փոխազդում 1 ՏՀ ինդուկտիվությամբ մագնիսի հետ: Դրանից հետևում է, որ ալյումինաթերմային արգասիքների՝ ըստ քանակի հիմնական բաղադրիչը երկաթն է: Վերջինս հեռացնելու և ազնիվ մետաղները բացահայտելու նպատակով փորձերում օգտագործվել են թթուներով տարրալուծումների միջոցը: Ազնիվ մետաղներ պարունակող արգասիքների կամ խտանյութերի ստացմանը նպատակաուղղված գոծողությունների վերաբերյալ հիմնական բնութագրերը բերված են աղ. 2-ում:

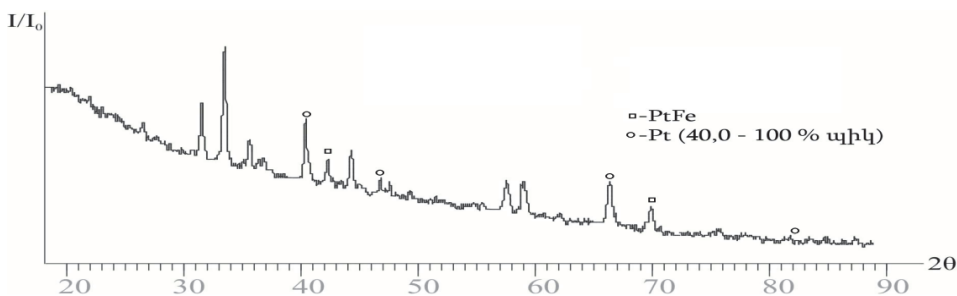
Աղյուսակ 2

Ալյումինաթերմային արգասիքների թթուներով տարրալուծման գործընթացների արգասիքների տվյալները

Փ.Փ. ը/հ	Տարրալուծվող արգասիքները		Ազնիվ Մե պարունակող արգասիքները	
	Տեսակը	Քանակը, գ	Քանակը, գ	Պարունակությունը, կգ/տ
1	Մետաղական ելք	3,0	0,15	6,0
	Խարամ	5,0	0,4	-
2	Խարամատեսք ելք	10,0	0,4	-
3	Մետաղական ելք	0,5	0,23	60,0
4	«նոյնը»	1,0	0,25	75,0
5	« - »	1,0	0,16	47,0
6	« - »	1,5	0,85	170,0
		1,0	0,13	34,5

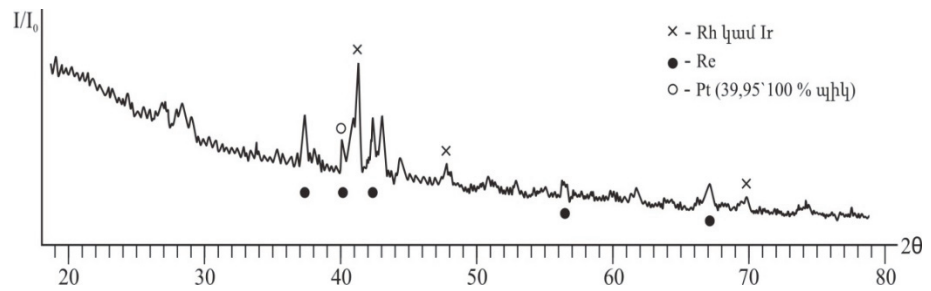
Աղ. 2-ում բերված փորձ 1-ի արգասիքները քայքայվել են խիտ, իսկ 3-ինը և 6-ինը (առաջին արգասիք) աղաթթվի՝ ջրով 1:1 հարաբերությամբ նոսրացված լուծույթներով: Երկրորդ փորձի խարամատեսք արգասիքը մշակվել է՝ սկզբում խիտ ազոտական, հետո նաև աղաթթվի լուծույթներով: Մնացած՝ 4, 5 և 6 փորձերի արգասիքները տարրալուծվել են ազոտական թթվի՝ թորած ջրով 1:1 հարաբերությամբ նոսրացված լուծույթով: Այս միջոցներով ստացված արգասիքներում առկա ազնիվ մետաղների վերաբերյալ տվյալների ստացմանը նպատակաուղղված ՌՖՎ-ը կատարվել են ՀՀ ԳԱԱ Ա.Բ. Նալբանդյանի անվան քիմիական ֆիզիկայի ինստիտուտում՝ ДРОН-2 սարքի միջոցով (CuK α , 2000 իմպ/վրկ):

Առաջին փորձի մետաղական արգասիքում առկա ազնիվ մետաղների հետազոտման վերաբերյալ ՌՖՎ ռենտգենագիրը ներկայացված է ստորև՝ նկ. 1-ում: Նշված ռենտգենագրում Pt տարրը իր կառուցվածքով դժվար է տարբերել Pd-ից (ASTM 4-802, 5-702), իսկ FePt-են՝ FePd-ից (ASTM 26-1139,2-1410): Նույն արգասիքում առկա Re, Rh, Ir մետաղների (ASTM համապատասխանաբար 5-702, 5-685, 6-598) և դրանց երկաթի միացությունների ՌՖՎ տվյալները երբեմն համընկնում են: Ոսկին հանդես է գալիս այլումինի հետ՝ AlAu₂, Al₂Au (ASTM 26-1006, 17-877) միացությունների տեսքով, որոնք նման են տարրական Ag-ին:



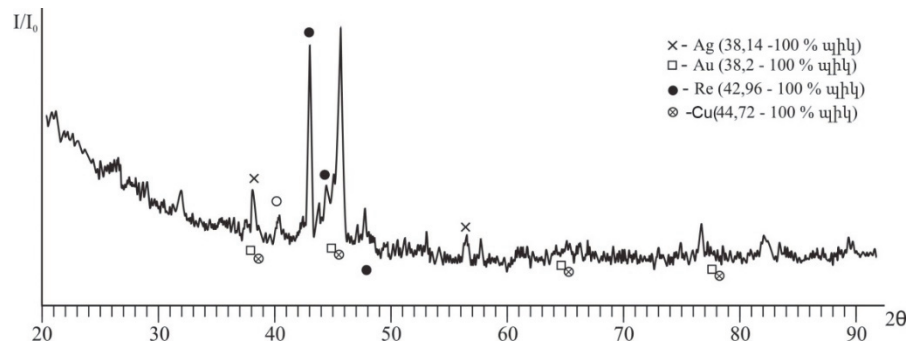
Նկ. 1. Փորձ 1. մետաղներով հարուստ ածխածնային ելանյութի այլումինաթերմայից գոյացած մետաղի՝ աղաթթվով մշակված 0,15 գ արգասիքի ռենտգենագիրը

Իր տեսակով եզակի 3-րդ փորձում ազնիվ մետաղների կորզման համար օգտագործվել է բնական հանքանյութ: Այստեղ ստացված մետաղի՝ աղաթթվի 1:1 լուծույթով մշակված արգասիքի ՌՖՎ ռենտգենագիրը ներկայացված է նկ. 2-ում:

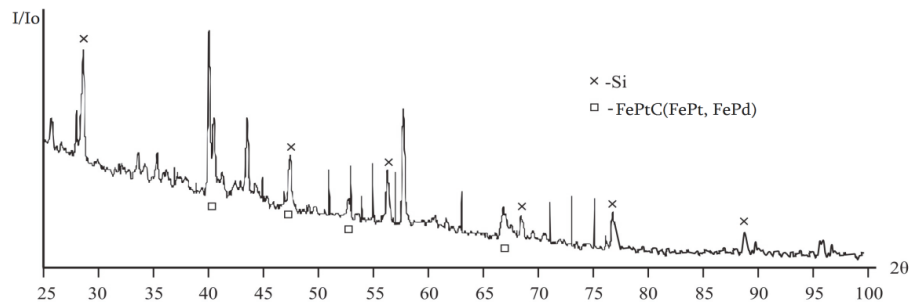


Նկ. 2. Փորձ 3. ածխածնային հանքանյութի ալյումինաթերմիայից գոյացած մետաղի՝ աղաթթվով մշակված 0,23 գ արգասիքի ռենտգենագիրը

Ազնիվ մետաղների կորզման 5-րդ փորձում որպես կուտակիչ փորձարկվել է Քաջարանի հարստացուցիչ կոմբինատի պղնձի խտանյութը, իսկ 6-ում՝ պղնձի օքսիդը: Դրանցում գոյացած և թթվով տարրալուծված արգասիքների ռենտգենագրերը բերված են համապատասխանաբար նկ. 3 և 4-ում:



Նկ. 3. Փորձ 5. մետաղներով հարուստ ածխածնային ելանյութի ալյումինաթերմիայից գոյացած մետաղի ազոտական թթվի լուծույթով մշակված 0,16 գ արգասիքի ռենտգենագիրը



Նկ. 4. Փորձ 6. մետաղներով հարուստ ածխածնային ելանյութի ալյումինաթերմիայից գոյացած մետաղի ազոտական թթվի լուծույթով մշակված 0,13 գ արգասիքի ռենտգենագիրը

Փորձերով կորզված ազնիվ մետաղներին վերաբերող տվյալները լրամշակելու նպատակով հետազոտվել են նաև փորձ-1-ում գոյացած խարամի և փորձի-2-ի արգասիքների հարստացված փորձանմուշները: Դրանցից առաջինում զգալի քանակ են կազմում FeRe-ը (ASTM 20-531), Pt –ը, իսկ ոսկու և արծաթի պարունակությունները այստեղ բացակայում են: Ի տարբերություն առաջին փորձի հարստացված խարամի՝ փորձ 2-ի հարստացված արգասիքում (ինչպես փորձ 1-ի մետաղական ելքում) ոսկին հանդես է գալիս Al₂Au-ի տեսքով՝ 100%-ոց և այլ պիկերի տեսքով: Բացի ոսկուց, այստեղ առկա են FePt և FePd, FeRe, Re, Cu և այլն:

Արդյունքների քննարկում: Հետազոտության արդյունքները վկայում են, որ ածխածնային հանքանյութերի այլումինաթերմայի արգասիքները պարունակում են քիմիապես բարդ միացություններ: Վերջիններիս բնութագրերից հետևում է, որ նշված գործընթացները ընթանում են 1700 °C և ավելի բարձր ջերմաստիճաններում: Միջանկյալ փորձարկումները ցույց են տալիս, որ փորձերում գոյացած, մասնավորապես, մետաղական արգասիքներում կուտակված ազնիվ մետաղների (Au, Ag, ՊԽՄ) առկայությունը հնարավոր է բացահայտել տարբեր թթուներով մշակումների միջոցով:

Հաջողված են հատկապես հումքում առկա ազնիվ մետաղների կորզման՝ պղնձի կուտակիչների օգտագործմամբ փորձերը. ըստ պարզագույն հաշվարկի տվյալի 1 *տ* հանքանյութի մշակման արդյունքում ստացվում է մոտ 40 *կգ* խտանյութ: Համաձայն ՌՖՎ-ից ստացված տվյալների՝ նշված արգասիքները, բացի ազնիվ՝ Au, Ag, Pt, Pd, Rh մետաղներից, պարունակվում են հազվագյուտ մետաղներ՝ Re և Mo: Փորձերով կորզված ազնիվ մետաղների պարունակությունները որոշելու համար վերջում օգտագործվել է հարգորոշիչ գրավիմետրական եղանակով վերլուծության միջոցը [8]: Վերջինիս տվյալներից հետևում է, որ հանքանյութերի համեմատ՝ մետաղներերով 5...10 անգամ հարուստ արգասիքների այլումինաթերմայի և ստացված մետաղի թթուներով տարրալուծման արդյունքում գոյացած արգասիքներում առկա ազնիվ մետաղների (Au, Ag, PtMe) ընդհանուր պարունակությունը կազմում է մոտ 20 *գ/տ*:

Եզրակացություն: Ածխածնային հանքանյութերում առկա ազնիվ մետաղների բարձր արդյունավետությամբ կորզումը հնարավոր է դրանց՝ այլումինաթերմայի և գոյացած արգասիքները թթուներով տարրալուծելու ճանապարհով: Ակնհայտ է նաև, որ առաջադրվող գործընթացում առկա թերությունները վերացնելու նպատակով հետագա ուսումնասիրություններում անհրաժեշտ է կիրառել ազնիվ մետաղների պարունակությամբ հարուստ հումք:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. Gold-Copper Ores // Innovations in Gold and Silver Recovery: Phase IV / Randol Int Ltd.- Colorado, USA, 1992.- Vol. 8, chapt 23.- P. 4175-4428.
2. Патент RU 2108402. МПК С 22 В 11/00, С 22 В 3/24. Способ восстановления драгоценного металла из углеродистых руд / **Вильям Дж. Кохр.**-Опубл. 10.04.1998.
3. **Гостищев В.В., Лебухова Н.В.** Переработка золотосодержащих концентратов методом металлотермии // Химическая технология.- 2005, № 2. – С. 28 – 31.
4. Патент Ru 2078840. Способ извлечения благородных металлов из руд и концентратов / **В.В. Гостищев, А.А. Ковалев.** - Опубл. 10.05.1997.
5. **Павлов Е.А., Мальцев Э.В., Гуцинский А.А.** Энергосберегающий способ перевода в растворимую форму металлов – спутников платины // Известия Самарского научного центра Российской академии наук.- 2012.- Том 14, № 4(5).- С.1273-1276.
6. **Айрапетян С.Г., Мартирян В.А.** Исследование возможности извлечения золота и серебра из сланцевых углей Армении // Изв. НАН РА и НПУА. Серия Техн. науки.- 2015.- Т. 68, № 2. – С. 149- 153.
7. **Алоян П.Г., Алоян Гайк П.** Платиноиды в промышленных рудах Армении. - Ереван: ГЕОИД.-2003.- 182 с.
8. Пробоотбирание и анализ благородных металлов: Справочник / Под ред. **И.Ф. Барышникова.**- М.: Металлургия, 1978.- 432 с.

С.Г. АЙРАПЕТЯН, В.А. МАРТИРОСЯН, О.П. ТЕР-ГАЛСТЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗВЛЕЧЕНИЯ СОДЕРЖАЩИХСЯ В УГЛЕРОДИСТЫХ РУДАХ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ МЕТОДОМ МЕТАЛЛОТЕРМИИ

Проведено исследование процесса извлечения содержащихся в углеродистых рудах благородных металлов методом металлотермии. Полученные в исследовании данные свидетельствуют, что при испытании углеродистых руд и продуктов их обогащения по технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза содержащиеся в сырье благородные металлы переходят в химически сложные металлические соединения. Показано, что в этих продуктах, кроме золота и серебра, накапливаются разные платиновые металлы, выявление которых, по существу, возможно посредством разложения кислотами. Из обобщения результатов исследования следует, что в полученных концентратах общее содержание благородных металлов составляет около 20 г/т.

Ключевые слова: углеродистая руда, благородные металлы, платиновые металлы, метод металлотермии, извлечение.

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-