

Է.Գ. ԶԱՔԱՐՅԱՆ

ԹԵՂՈՒՏԻ ՆԱԽԱՊԵՍ ՄԵԽԱՆԱԱԿՏԻՎԱՑՎԱԾ ՄՈԼԻԲԴԵՆԻՏԱՅԻՆ
ԽՏԱՆՑՈՒԹՅՑ ՖԵՐՈՄՈԼԻԲԴԵՆԻ ՍՏԱՑՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ

Քննարկվում է Թեղուտի հարստացուցիչ ֆաբրիկայում արտադրվող մոլիբդենիտային խտանյութից ֆերոմոլիբդենի ստացման գործընթացը: Ցույց է տրվել, որ հանրապետությունում գործող երկու գործարանները, որոնք Քաջարանի մոլիբդենիտային խտանյութից սիլիկաջերմային վերականգնման եղանակով ստանում են ֆերոմոլիբդեն, անհրաժեշտաբար պետք է հաղթահարեն որոշակի դժվարություններ: Դեռևս լուծված չէ SO_2 -ի կորզման խնդիրը, որը բնապահպանական լուրջ դժվարություն է ստեղծում շրջակա միջավայրի համար: Այդ է պատճառը, որ վերջին տարիներին մեծ հետաքրքրություն է առաջացել Թեղուտի սուլֆիդային հանքանյութերի ալյումինաջերմային վերականգնման եղանակը, որի զուգակցումը նախնական մեխանաքիմիական ակտիվացման հետ կնպաստի օքսիդացման-վերականգնման գործընթացների հետագա ինտենսիվացմանը և սկզբունքորեն նոր, մոդիֆիկացված արգասիքների ստացմանը՝ միաժամանակ շրջանցելով թրծման վտանգավոր գործընթացը:

Փորձարարական հետազոտությունների արդյունքում որոշվել այն լավարկված պայմանները, որոնք թույլ կտան Թեղուտի նախապես մեխանաքիմիական ակտիվացման ենթարկված մոլիբդենային խտանյութից ստանալ ֆերոմոլիբդենային համաձուլվածք՝ 96,5% ելքով: Կատարված փորձերի արդյունքները հաստատագրվել են քիմիական, ռենտգենաֆազային և տեսաձևով էլեկտրոնային մանրադիտակային հետազոտություններով:

Առանցքային բառեր. մոլիբդենիտ, խտանյութ, ֆերոմոլիբդեն, մեխանաակտիվացում, համաձուլվածք, բարձրջերմաստիճանային ինքնատարածվող սինթեզ:

Ներածություն: ՀՀ տնտեսության զարգացման տեսանկյունից կարևոր տեղ է հատկացվում պահանջվող հատկություններով նյութերի ստեղծմանը և առաջատար տեխնոլոգիաներով դրանց ստացման եղանակների մշակմանը: Դա հատկապես վերաբերում է նոր կառուցվածքով համաձուլվածքների ստեղծմանը, որոնք աչքի են ընկնում բարձր ամրությամբ, մաշակայունությամբ և զանազան ագրեսիվ միջավայրերի նկատմամբ կոռոզիակայունությամբ: Այդպիսի համաձուլվածքներից է ֆերոմոլիբդենը, որը կիրառվում է հիմնականում որպես լեգիրող հավելանյութ պողպատի և մի շարք գունավոր մետաղների մետալուրգիայում [1, 2]: Ֆերոմոլիբդենի ստացման համար որպես ելանյութ կարող է ծառայել Թեղուտի պղնձամոլիբդենային հանքանյութերից ստացված մոլիբդենիտային խտանյութը՝ 52...55% մոլիբդենի պարունակությամբ:

Ներկայումս Քաջարանի հարստացուցիչ ֆաբրիկայում արտադրվող մոլիբդենիտային խտանյութերի հիմքի վրա հանրապետությունում գործում են «Մաքուր երկաթ» և «Արմենիան մոլիբդեն փրոդաքշն» գործարանները, որոնք սիլիկաջերմային վերականգնման եղանակով ստանում են ֆերոմոլիբդեն: Սակայն վերականգնման այս եղանակով ֆերոմոլիբդենի արտադրությունը հանրապետությունում կապված է որոշակի դժվարությունների հետ: Դեռևս չլուծված է մնում SO_2 -ի կորզման հարցը, որը բնապահպանական մեծ դժվարություն է ստեղծում շրջակա միջավայրի համար [1]: Այդ է պատճառը, որ մոլիբդենիտային խտանյութերի վերամշակման նոր եղանակը, որը շրջանցում է SO_2 -ի առաջացումը և արտանետումը շրջակա միջավայր, խիստ արդիական խնդիր է: Մշակելով ոչ ավանդական տեխնոլոգիա և շրջանցելով SO_2 -ի առաջացումը, հնարավորություն կստեղծվի փոքր տնտեսական ծախսերով կորզել մոլիբդենը և երկաթը ֆերոմոլիբդենի ձևով: Այս տեսակետից մեծ հետաքրքրություն է ներկայացնում սուլֆիդային հանքանյութերի մշակումը այլումինաջերմային վերականգնման եղանակով, այն զուգակցելով նախնական մեխանաքիմիական ակտիվացման հետ, որը կնպաստի հետագա օքսիդավերականգնման գործընթացների ինտենսիվացմանը և սկզբունքային նոր մոդիֆիկացված արգասիքների ստացմանը, միաժամանակ շրջանցելով թրծման վտանգավոր գործընթացը [3, 4]: Նախնական մեխանաքիմիական ակտիվացումը կնպաստի խտանյութում պարունակվող մոլիբդենիտ միներալի քիմիական ակտիվացման մեծացմանը և հետագա այլումինաջերմային վերականգնման գործընթացի անհամեմատ ցածր ջերմաստիճաններում ընթանալուն, որն էլ իր հերթին կնպաստի ստացված ֆերոմոլիբդենի կառուցվածքի լավացմանը [5, 6]:

Այսպիսով, Թեղուտի մոլիբդենային խտանյութերից ֆերոմոլիբդենի ստացման ժամանակակից տեխնոլոգիայի մշակումը խիստ արդիական է և բխում է հանրապետության տնտեսության արդի պահանջներից:

Խնդրի դրվածքը և մեթոդիկայի հիմնավորումը: Ելնելով վերոհիշյալից՝ աշխատանքի նպատակն է Թեղուտի նախապես մեխանաակտիվացված մոլիբդենիտային խտանյութերի այլումինաջերմային վերականգնման եղանակով ֆերոմոլիբդենի ստացման տեխնոլոգիական օրինաչափությունների մշակումը, որոնք թույլ կտան ստանալ համասեռ կառուցվածքով և առավելագույն ելքով ֆերոմոլիբդեն:

Հետազոտության համար ընտրվել է Թեղուտի մոլիբդենիտային խտանյութը հետևյալ բաղադրությամբ (աղ.):

Թեղուտի մոլիբդենիտային խտանյութի բաղադրությունը

Քիմիական բաղադրությունը, %										
MoO ₃	Mo	Cu	S	FeO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	Zn	CaO	MgO
74,25	49,5	0,85	35,6	1,7	2,9	3,5	0,02	0,002	2,0	1,0

Ռենտգենաֆազային հետազոտություններն իրականացվել է ED 2000 տիպի ատեստավորված ռենտգենաֆլյուրեսցենտային և “Oxford Instruments Analytical” (Մեծ բրիտանիա) ֆիրմայի սպեկտրաչափով [6, 7]:

Մակերեսների մորֆոլոգիական ուսումնասիրությունները կատարվել են բարձր ճշտություն ապահովող «Mira» ֆիրմայի «Tescan» (Չեխոսլովակիա) տեսածրող էլեկտրոնային մանրադիտակի և «INCA Energy 350» տիպի միկրոռենտգենասպեկտրային անալիզատորի միջոցով [8].

Հետազոտության արդյունքները: Քննարկվել է Թեղուտի մոլիբդենիտային խտանյութի այրումինաջերմային վերականգնման գործընթացը՝ 36,84% Fe և 63,16% Fe բաղադրությամբ ֆերոմոլիբդենային համաձուլվածքի ստացման նպատակով [1, 2]: Ընտրվել է բովախառնուրդի հետևյալ բաղադրությունը՝ մոլիբդենիտային խտանյութ - 47,09%, երկաթի տաշեղներ - 10,51%, Al-ի փոշի - 18,99%, NaNO₃ - 4,71%, կիր - 15,82%, CaF₂ - 2,88%: Նշված բաղադրություններով կազմված բովախառնուրդը, բացի մոլիբդենիտային խտանյութից և երկաթի տաշեղներից, պարունակել է նաև այլ բաղադրիչներ: Մասնավորապես՝ բովախառնուրդի թերմիկությունը մեծացնելու նպատակով ավելացվել է NaNO₃, իսկ խարամագոյացման համար՝ CaO:

Նկ. 1 - ում ցույց է տրված ֆերոմոլիբդենի ստացման գործընթացը բովախառնուրդի այրման պահին: Փորձերից հետո ստացված մետաղական զանգվածը կշռվել և ենթարկվել է ինչպես քիմիական, այնպես էլ ռենտգենաֆազային և էլեկտրոնային տեսածրող մանրադիտակային վերլուծության:

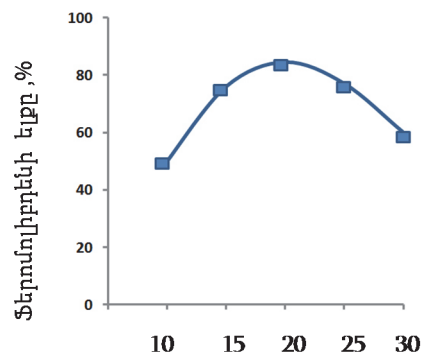


Նկ. 1. Ֆերոմոլիբդենի ստացումը բովախառնուրդի այրման պահին

Որոշվել է մետաղի գումարային ելքը, որը ներկայացրել է փորձի արդյունքում ստացված և տեսականորեն հաշվված ֆերոմոլիբդենի զանգվածների հարաբերությունը՝ արտահայտված տոկոսներով:

Առաջին փորձի ընթացքում ուսումնասիրվել է ֆերոմոլիբդենի ելքի կախումը երկաթի տաշեղների քանակից: Փորձերում երկաթի տաշեղների փոխարեն վերցվել է ավելի էժան Fe_2O_3 : Ըստ տեսական հաշվարկի՝ 10,51g երկաթին համարժեք է 15g Fe_2O_3 : Դա ստեխիոչափային քանակն է (100%): Փորձերի համար վերցվել են Fe_2O_3 -ի ստեխիոչափից բարձր տարբեր քանակներ: Բովախառնուրդը կազմող մնացած բաղադրիչների քանակները պահպանվել են ըստ վերը նշված բաղադրության:

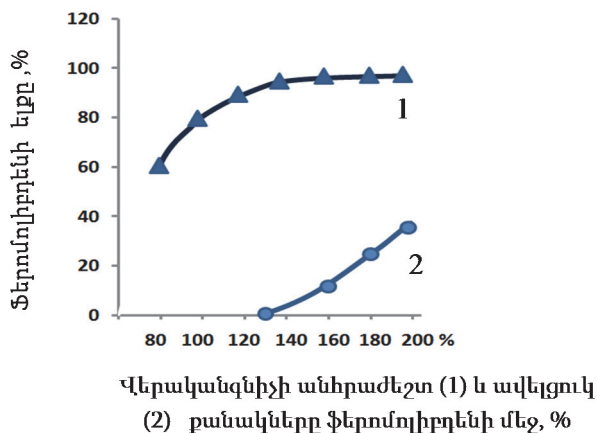
Ինչպես երևում է նկ. 2-ից, ֆերոմոլիբդենի կորզման աստիճանն իր առավելագույն արժեքին հասնում է (84,5%) 20g Fe_2O_3 -ի պարունակության կամ ստեխիոչափային քանակից 130% ավելցուկի դեպքում, երբ համաձուլվածքը հիմնականում բաղկացած է երկաթից և մոլիբդենից՝ ալյումինի չնչին պարունակությամբ: Fe_2O_3 -ի քանակի հետագա մեծացումը հանգեցնում է ֆերոմոլիբդենի ելքի նվազման, քանի որ մետաղական ֆազ է անցնում նաև ալյումինը:



Երկաթի օքսիդի քանակը, g/100g բովախառնուրդում

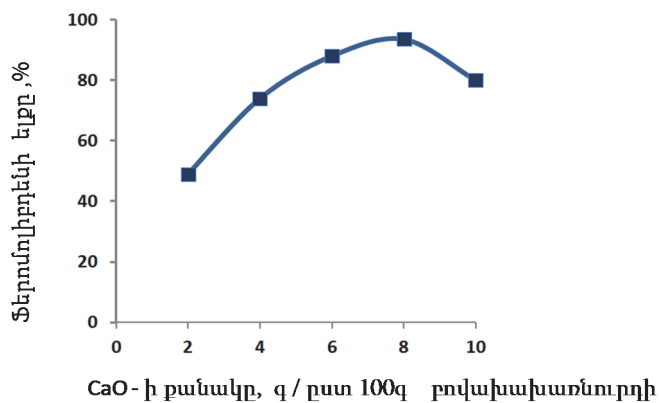
Նկ. 2. Ֆերոմոլիբդենի ելքը՝ կախված երկաթի օքսիդի քանակներից (q)

Ուսումնասիրվել է նաև ֆերոմոլիբդենի ելքի կախումը վերականգնիչի քանակից՝ Fe_2O_3 -ի 20g/100g բովախառնուրդում: Ինչպես երևում է նկ. 3 - ից, Al-ի տեսական քանակից 130% ավելցուկի պայմաններում ֆերոմոլիբդենի կորզման աստիճանն առավելագույնն է և կազմում է 92,4%: Վերականգնիչի քանակի հետագա ավելացումը հանգեցնում է մետաղի ելքի մեծացման, սակայն այս դեպքում համաձուլվածքի մեջ աճում է ալյումինի քանակը և տեսական քանակից 200% ալյումինի ավելցուկի դեպքում հասնում է իր առավելագույն արժեքին՝ մինչև 50% Al:



Նկ. 3. Վերականգնիչի քանակը՝ ըստ տեսականորեն անհրաժեշտ քանակի, % (1) և ստացված մետաղական ֆազում ալյումինի քանակը, % (2)

Ուսումնասիրվել է նաև մետաղի ելքի կախումը CaO -ի լավարկված քանակից՝ Fe_2O_3 -ի 20գ/100գ բովախառնուրդում և վերականգնիչի 130% ավելցուկի պայմաններում (նկ. 4): CaO -ն խարամագոյացնող հալանյութ է, որը բովախառնուրդի մեջ մտցնելու հիմնական նպատակը որոշակի ֆիզիկամեխանիկական բնութագրերով խարամային հալույթի ստացումն է և մետաղական ֆազի ու խարամի հնարավորինս լրիվ բաժանման հնարավորության ապահովումը: CaO -ն կապում է թթվային օքսիդները՝ հատկապես ավելցուկ SiO_2 -ի և գոյացած Al_2O_3 -ի պարունակությունները խարամի մեջ, տեղաշարժելով վերականգնման ռեակցիայի հավասարակշռությունը ձախից աջ:

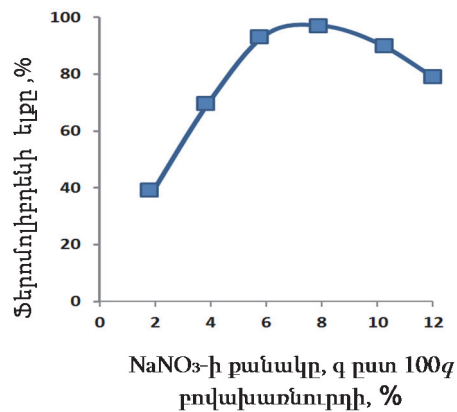


Նկ. 4. Ֆերոմոլիբդենի ելքի կախումը CaO -ի քանակից

Ուսումնասիրվել է ֆերոմոլիբդենի ելքի կախումը բովախառնուրդում NaNO_3 -ի քանակից (նկ. 5): NaNO_3 -ը մեծացնում է բովախառնուրդի թերմիկությունը,

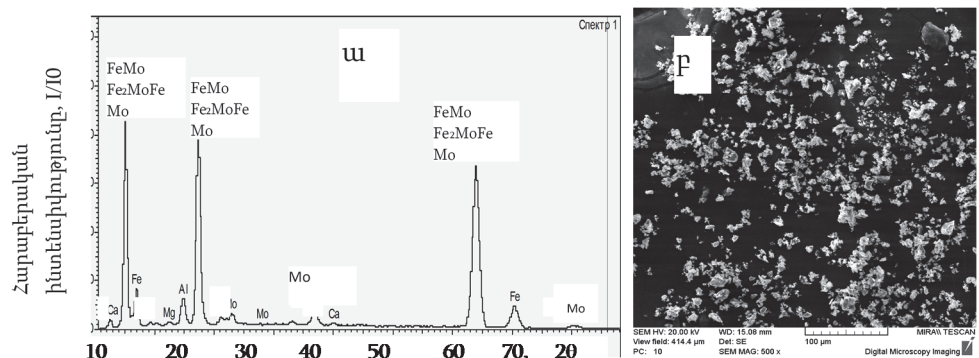
որը հանգեցնում է մետաղի կորզման աստիճանի մեծացման: Մինչև 6 %՝ ըստ բովախառնուրդի զանգվածի NaNO_3 -ի ավելացումից ֆերոմոլիբդենի կորզման աստիճանը հասնում է իր առավելագույն արժեքին՝ 95,6%: NaNO_3 -ի ավելի մեծ քանակների դեպքում ֆերոմոլիբդենի ելքը նվազում է՝ կապված մետաղի ցայտումների հետ:

Այլումինաջերմային վերականգնման գործընթացում բովախառնուրդի հեղուկահոսունությունը մեծացնելու նպատակով ավելացվում է նաև CaF_2 բովախառնուրդի զանգվածի 5%-ի չափով: Այսպիսով, բովախառնուրդի լավարկված բաղադրությունն է մոլիբդենիտային խտանյութի՝ Fe_2O_3 -ի 20գ, այլումինի փոշու տեսական քանակից 130% ավելցուկի և CaO -ի 8, NaNO_3 -ի 6 և CaF_2 -ի 5%, ըստ 100գ բովախառնուրդի զանգվածի պարունակությունները: Այդ պայմաններում ստացվում է մոնոֆերոմոլիբդեն՝ FeMo համաձուլվածքը, այլումինի չնչին հետքերով:



Նկ. 5. Ֆերոմոլիբդենի ելքի կախումը NaNO_3 -ի քանակից, %

Ստացված ֆերոմոլիբդենը ենթարկվել է նաև ռենտգենաֆազային (նկ. 6ա) և տեսաձրող էլեկտրոնային մանրադիտակային (նկ. 6բ) վերլուծության:



Նկ. 6. Մոլիբդենիտային խտանյութի այլումինաջերմային վերականգնումից ստացված մետաղական ֆազի ռենտգենագիրը (ա) և միկրոկառուցվածքը (բ)

Ինչպես երևում է ռենտգենագրերից, մետաղական ֆազը հիմնականում բաղկացած է հետևյալ արտացոլումներից՝ FeMo (2.00x; 1.82x; 1.198 Å), Fe₂Mo (2.03x; 1.173; 1.432 Å): Դա համապատասխանում է ֆերոմոլիբդենային համաձուլվածքին՝ FeMo բանաձևով (ա), որն ունի բավական համասեռ միկրոկառուցվածք (բ): Նկատվում են նաև Al-ի աննշան պարունակության արտացոլումներ: Այդ պայմաններում ստացված համաձուլվածքն ունի հետևյալ քիմիական բաղադրությունը՝ 36,80% Fe, 63,16% Mo և 0,4% Al: Ըստ Fe-Mo վիճակի դիագրամի՝ ստացված համաձուլվածքը գտնվում է Mo+FeMo տիրույթում:

Եզրակացություն: Վերլուծության արդյունքները հաստատում են, որ փորձնականորեն կարգավորելով տեխնոլոգիական պայմանները՝ հնարավոր է Թեղուտի նախապես մեխանակտիվացված մոլիբդենիտային խտանյութի ալյումինաթերմային վերականգնման եղանակով ստանալ արժեքավոր ֆերոմոլիբդեն՝ 95,6% մետաղի ելքով: Միաժամանակ լուծվում են բնապահպանական հարցեր: Հետևաբար, շնորհիվ մեխանաքիմիական ակտիվացման, մոլիբդենիտային խտանյութի ալյումինաթերմային վերականգնման ռեակցիաներն ընթանում են նոր, միանգամայն չնախատեսված ընթացքով, որը հանգեցնում է մաքուր՝ խառնուրդներից զուրկ, մետաղական ֆերոմոլիբդեն համաձուլվածքի ստացմանը: Դա կարևոր տեխնոլոգիական նշանակություն ունեցող խնդիր է մոլիբդեն պարունակող սուլֆիդային խտանյութերի ալյումինաթերմային վերականգնման ուղղակի անվառարան գործընթացի իրականացման առումով:

Այսպիսով, հնարավորություն է ստեղծվում ռեակցվող նյութերի դիսպերսության մեծացման հաշվին շրջանցել մոլիբդենիտային խտանյութի դժվարին և աշխատատար թրծման գործընթացները և կատարել խտանյութի ուղղակի ալյումինաթերմային վերականգնում: Դիսպերսայնության մեծացումը նպաստում է նաև վերականգնման գործընթացում տեղի ունեցող ռեակցիաների ինտենսիվության մեծացմանը:

Հետազոտությունն իրականացվել է Հայ-Բելառուսական համատեղ 16 ՀԲ-48 գիտական նախագծի՝ ՀՀ ԳԳՆ ԳՊԿ-ի կողմից տրամադրվող ֆինանսական աջակցության շրջանակներում:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. Зеликман А.Н. Молибден. – М.: Металлургия, 1978. – 438 с.
2. Перельман Ф.М., Зворыкин А.Я. Молибден и вольфрам. – М.: Наука, 1968. – 214с.
3. Аввакумов Е.Г., Болдырев В.В., Кособудский И.Д. Механическая активация твердофазных реакций. Сообщ. 1: О взаимодействии пирита с железом // Изв. СО АН СССР. Сер. хим. наук.-1972.- Вып. 4, N9.- С. 45-50.

4. **Болдырев В.В.** Механохимия и механическая активация твердых веществ // Успехи химии / РАН.- 2006.- Т.75, вып. 3.- С. 203-216.
5. **Мержанов А.Г.** Процессы горения в физикохимии и технологии неорганических материалов // Успехи химии.- 2003.-Т. 72, № 4.- С. 323-339.
6. **Ищенко А.А., Киселев Ю.Н.** Рентгенофазовый анализ.- М.: МИТХТ им. Ломоносова, 2008.- 52с.
7. **Ревенко А.Г.** Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ природных материалов.- Новосибирск: Наука, 1994.- 264 с.
8. **Ищенко А.А., Киселев Ю.Н.** Рентгенофазовый анализ.- М.: МИТХТ им. Ломоносова, 2008.- 52с.

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 07.05.2018:

Э.Г. ЗАКАРЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ФЕРРОМОЛИБДЕНА ИЗ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО МЕХАНОАКТИВИРОВАННОГО ТЕХУТСКОГО МОЛИБДЕНИТОВОГО КОНЦЕНТРАТА

Обсуждаются вопросы получения ферромolibдена из молибденитового концентрата, полученного из обогащительных фабрик Техута. Действующие в республике два завода производят ферромolibден из Каджаранского концентрата силикотермическим методом восстановления, что вызывает определенные затруднения. Пока не решен вопрос утилизации SO_2 , что создает экологические затруднения для окружающей среды. С этой точки зрения представляет интерес разработка сульфидных концентратов Техута путем сочетания методов механоактивации и металлотермического восстановления, что будет способствовать интенсификации дальнейших окислительно-восстановительных процессов и получению принципиально нового модифицированного продукта, минуя опасный этап обжига.

Проведены экспериментальные исследования и определены оптимальные условия, позволяющие получить ферромolibден из предварительно механоактивированного Техутского молибденитового концентрата с 96,5% выходом. Полученные опытные данные подтверждаются химическим, рентгенофазовым и сканирующим электронным анализами.

Ключевые слова: молибденит, концентрат, ферромolibден, сплав, механоактивация, высокотемпературный синтез.

E.G. ZAKARIAN

**INVESTIGATING THE PROCESS OF OBTAINING FERROMOLYBDENUM
FROM THE TEGHUT PRELIMINARILY MECHANOACTIVATED
MOLYBDENITE CONCENTRATE**

The issues on obtaining ferromolybdenum from molybdenite concentrate obtained from the Teghut beneficiating plants are discussed. The two factories operating in the republic produce ferromolybdenum from the Kajaran concentrate with a silicothermic recovery method, which causes certain difficulties. So far, the issue of utilization of SO₂ has not been resolved, creating ecological problems for the environment. From this point of view, it is of interest to develop the Teghut sulphide concentrates by combining the mechanoactivation and metal-thermal reduction methods, which will contribute to the intensification of further oxidation-reduction processes and the production of a fundamentally new modified product, bypassing the dangerous stage of calcination.

Experimental studies have been carried out and optimal conditions have been determined that make it possible to obtain ferromolybdenum from a previously mechanoactivated Teghut molybdenum concentrate with a 96.5% yield. The experimental data obtained are confirmed by chemical, X-ray and scanning electron analyses.

Keywords: molybdenite, concentrate, ferromolybdenum, alloy, mechanoactivation, high-temperature synthesis.