

Է.Գ. ԶԱՔԱՐՅԱՆ

ԹԵՂՈՒՏԻ ՆԱԽԱՊԵՍ ՄԵԽԱՆԱԱԿՏԻՎԱՑՎԱԾ ՄՈԼԻԲԴԵՆԱՅԻՆ ԽՏԱՆՅՈՒԹՅՑ ՖԵՐՈՄՈԼԻԲԴԵՆԻ ՍՏԱՑՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ

Ուսումնասիրվել է մետաղի գումարային ելքի կախվածությունը բովախառնուրդը կազմող բաղադրիչների քանակական հարաբերությունից, մասնավորապես՝ երկաթի տաշեղների (կամ Fe_2O_3 -ի), վերականգնիչ Al -ի, CaO -ի, $NaNO_3$ -ի և CaF_2 -ի քանակներից: Ըստ բովախառնուրդի նախնական նյութական հաշվեկշռի հաշվարկների, 36,84% Fe և 63,16% Mo բաղադրությամբ ֆերոմոլիբդեն համաձուլվածքի ստացման համար պահանջվող բովախառնուրդի բաղադրությունը հետևյալն է՝ նախապես մեխանաակտիվացված մոլիբդենային խտանյութ -47,05%, երկաթի տաշեղներ -10,51 %, Al -ի փոշի-18,99%, $NaNO_3$ - 4,71%, կիր-15,82% և CaF_2 -2,88%:

Փորձնականորեն ընտրվել են բովախառնուրդի այլումինաջերմային վերականգնման գործընթացի լավարկված պարամետրերը, համաձայն որոնց՝ բովախառնուրդում Fe_2O_3 -ի քանակը պետք է լինի 15գ, վերականգնիչի քանակը՝ 25% տարրաչափային քանակից ավելի, իսկ CaO -ն՝ 8գ, $NaNO_3$ -ը՝ 10գ և CaF_2 -ը՝ 5գ, հաշվարկված ըստ 100գ բովախառնուրդի զանգվածի: Արդյունքում՝ ստացվել է 95,6% ելքով և միկրոհոմոգեն կառուցվածքով մոնոֆերոմոլիբդեն, որի քիմիական բաղադրությունն է՝ 36,44% Fe , 63,16% Mo և 0,4% Al : Ցույց է տրվել, որ ռեակցվող նյութերի դիսպերսության մեծացման հաշվին կարելի է շրջանցել մոլիբդենային խտանյութի թրծման դժվարին և աշխատատար գործընթացը և իրականացնել խտանյութի ուղղակի մետաղաջերմային վերականգնում: Բացահայտվել է, որ դիսպերսայնության մեծացումը նպաստում է նաև վերականգնման գործընթացում ընթացող ռեակցիաների ինտենսիվության մեծացմանը:

Առանցքային բաղադր. երկաթի տաշեղներ, այլումինի փոշի, կիր, ֆերոմոլիբդեն, համաձուլվածք, այլումինաջերմային վերականգնում:

Ներածություն: Ֆերոհամաձուլվածքների արտադրության հեռանկարային ուղղություն է նախապես մեխանաակտիվացած մոլիբդենիտային խտանյութի մշակումը՝ համադրված բարձրջերմաստիճանային ինքնատարածվող սինթեզի հետ (ՄԱ ԲԻՍ): Դա թույլ է տալիս ստանալ առանձնահատուկ տիպի նյութեր և համաձուլվածքներ՝ զգալիորեն իջեցնելով էներգետիկական ծախսերը: Շնորհիվ վերականգնման ռեակցիայի ջերմանջատիչ բնույթի՝ այս ռեակցիայի ընթացքը չի պահանջում լրացուցիչ էներգետիկական ծախսեր և ընթանում է անվառարան, իր սեփական ջերմության հաշվին, որը և մեծ առավելություն է մնացած տեխնոլոգիաների համեմատ: Նախնական ուսումնասիրությունները ցույց են տվել, որ Հայաստանի Հանրապետության Թեղուտի հանքավայրի նախապես մեխանա-

ակտիվացրած մոլիբդենային խտանյութից ստացվում է ամորֆ մաքուր MoO_3 , երբ շրջանցվում է անցանկալի SO_2 -ի ստացման գործընթացը: Աշխատաքի նպատակն է ստանալ նոր, հոմոգեն կառուցվածքով արժքավոր ֆերոմոլիբդեն՝ առավելագույն ելքով:

Խնդրի դրվածքը և մեթոդիկայի հիմնավորումը: 36,84% Fe և 63,16% Mo [1-3] բաղադրությամբ ֆերոմոլիբդեն համաձուլվածքի ստացման նպատակով հետազոտվել է Թեղուտի նախապես մեխանաակտիվացված մոլիբդենային խտանյութի այլումինաջերմային վերականգնման գործընթացը:

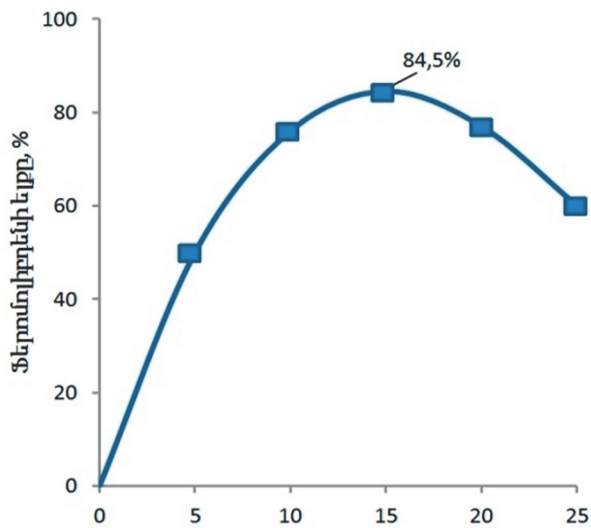
Հաշվարկվել և ընտրվել է բովախառնուրդի հետևյալ բաղադրությունը. նախապես մեխանաակտիվացված մոլիբդենային խտանյութ - 47,05%, երկաթի տաշեղներ - 10,51%, Al-ի փոշի - 18,99%, NaNO_3 - 4,71%, կիր - 15,82% և CaF_2 - 2,88%: Նշված բաղադրություններով կազմված բովախառնուրդը, բացի մոլիբդենային խտանյութից և երկաթի տաշեղներից, պարունակել է նաև այլ բաղադրիչներ: Մասնավորապես՝ բովախառնուրդի թերմիկությունը մեծացնելու նպատակով ավելացվել է NaNO_3 , իսկ որպես խարամագոյացնող՝ CaO :

Ֆերոմոլիբդենի ստացման լաբորատոր ԲԻՍ սարքը հրակայուն կոնական հաստապատ Ti-Hf-ից պատրաստված ինքնաշեն ռեակտոր է, որի ձևը հարմարեցված է հանրապետությունում օգտագործվող գործարանային ռեակտորին [4]:

Ստացված մետաղական զանգվածը կշռվելուց հետո ենթարկվել է ինչպես քիմիական, այնպես էլ ռենտգենաֆազային և էլեկտրոնային սկանացնող մանրադիտակային վերլուծության: Որոշվել է մետաղի գումարային ելքը, որը փորձի արդյունքում մետաղական ֆազ անցած բոլոր մետաղների զանգվածների գումարի և տեսականորեն հաշված մետաղների զանգվածների գումարի հարաբերությունն է՝ արտահայտված տոկոսներով [4]:

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

Հետազոտության արդյունքները: Նկ.1-ում ներկայացված է ֆերոմոլիբդենի ելքը՝ կախված երկաթի օքսիդի տարբեր քանակներից:

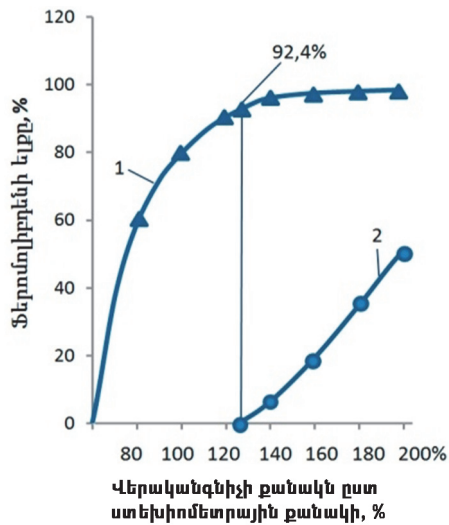


Երկաթի օքսիդի քանակը, գ/100գ բովախառնուրդում քանակներից, գ

Նկ. 1. Ֆերոնոլիթի ելքը՝ կախված երկաթի օքսիդի փարբեր քանակներից, գ

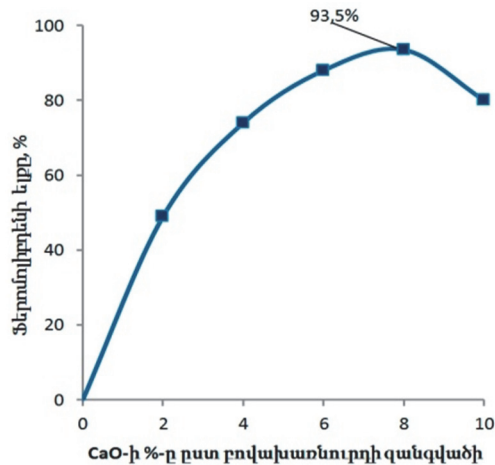
Ինչպես երևում է նկ. 1-ից, ֆերոնոլիթի կորզման աստիճանն իր առավելագույն արժեքին հասնում է (84,5%) Fe_2O_3 -ի 100% տարրաչափային քանակից 30% ավելցուկի դեպքում, որի արդյունքում համաձուլվածքը հիմնականում բաղկացած է երկաթից և մոլիբդենից՝ այլումինի չնչին պարունակությամբ: Fe_2O_3 -ի քանակի հետագա մեծացումը հանգեցնում է ֆերոնոլիթի ելքի նվազեցման, քանի որ մետաղական ֆազ է անցնում նաև այլումինը, ինչպես աշխատանք [4]-ում՝ ֆերոսիլիցիումի ստացման դեպքում:

[1] աշխատանքում ուսումնասիրվել է նաև ֆերոնոլիթի ելքի կախումը վերականգնիչի քանակից՝ Fe_2O_3 -ի 15գ/100գ բովախառնուրդի պայմաններում: Ինչպես երևում է նկ. 2-ից, Al-ի 125% պայմաններում, այսինքն 25% ավելցուկի դեպքում ֆերոնոլիթի 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 այլումինի քանակը և տեսական քանակից 100% այլումինի ավելցուկի դեպքում հասնում է իր առավելագույն արժեքին՝ մինչև 50% Al:



Նկ. 2. Ֆերոմոլիբդենի քանակն ըստ տեսականորեն անհրաժեշտ վերականգնիչի քանակի (1) և սրացված մետաղական ֆազում այլումինի քանակը (2)

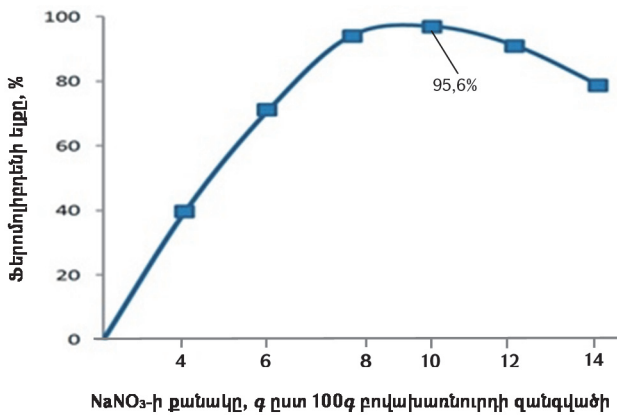
Ուսումնասիրվել է նաև մետաղի ելքի կախումը CaO-ի լավարկված քանակից՝ Fe₂O₃-ի 15գ/100գ բովախառնուրդի պայմաններում և վերականգնիչի 25% ավելցուկի դեպքում (նկ. 3): CaO-ն խարամագոյացնող հալանյութ է, որի բովախառնուրդի մեջ մտցնելու հիմնական նպատակը որոշակի ֆիզիկամեխանիկական բնութագրերով խարամային հալույթի ստացումն է և գոյացած Al₂O₃-ի տեղափոխությունը խարամի մեջ՝ տեղաշարժելով վերականգնման ռեակցիայի հավասարակշռությունը ձախից աջ:



Նկ. 3. Ֆերոմոլիբդենի ելքի կախումը CaO-ի քանակից՝ 8գ ավելցուկի դեպքում՝ ըստ 100գ բովախառնուրդի քանակի

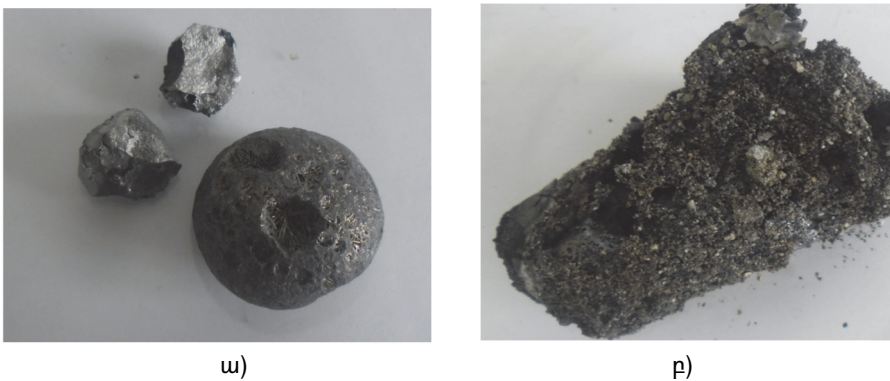
Ինչպես երևում է նկ. 3-ից, ֆերոմոլիբդենի ելքն իր առավելագույն արժեքին է հասնում (93,5%) CaO-ի 8% ավելցուկի դեպքում, ըստ 100գ բովախառնուրդի զանգվածի: CaO-ի հետագա ավելացումից մետաղի ելքը նվազում է:

Ուսումնասիրվել է ֆերոմոլիբդենի ելքը բովախառնուրդում՝ կախված NaNO_3 -ի քանակից (նկ. 4): NaNO_3 -ը մեծացնում է բովախառնուրդի թերմիկությունը, որը հանգեցնում է մետաղի կորզման աստիճանի մեծացման: NaNO_3 -ի ավելացումից մինչև 10%՝ ըստ բովախառնուրդի զանգվածի, ֆերոմոլիբդենի կորզման աստիճանը հասնում է իր առավելագույն արժեքին՝ 95,6%:



Նկ. 4. Ֆերոմոլիբդենի ելքի կախումը NaNO_3 -ի քանակից՝ 10 գ ավելցուկի պայմաններում

Նկ. 5-ում ներկայացված են ստացված երկաթ-մոլիբդենային համաձուլվածքի մետաղական (ա) և խարամային ֆազերի (բ) մակրոկառուցվածքները, որոնք շատ նման են երկաթ-սիլիցիումային համաձուլվածքների մետաղական և խարամային ֆազերի մակրոկառուցվածքներին [4]:



ա)

բ)

Նկ. 5. Ստացված երկաթ-մոլիբդենային համաձուլվածքի մետաղական (ա) և խարամային ֆազերի (բ) մակրոկառուցվածքները (x25)

Եզրակացություն: Վերլուծության արդյունքները հաստատում են, որ փորձնականորեն կարգավորելով տեխնոլոգիական պայմանները, հնարավոր է Թեղուտի նախապես մեխանաակտիվացրած մոլիբդենային խտանյութի ալյումինաջերմային վերականգնման եղանակով ստանալ արժեքավոր ֆերոմոլիբդեն՝ 95,6% մետաղի ելքով՝ միաժամանակ լուծելով բնապահպանական խնդիրներ: Հետևաբար, շնորհիվ մեխանաքիմիական ակտիվացման [5-8], մոլիբդենային խտանյութի ալյումինաջերմային վերականգնման ռեակցիաները կարող են ընթանալ նոր, միանգամայն չնախատեսված ընթացքով, որը կհանգեցնի մաքուր՝ խառնուրդներից զերծ մետաղական ֆերոմոլիբդեն համաձուլվածքի ստացմանը: Դա կարևոր տեխնոլոգիական նշանակություն ունեցող հարց է մոլիբդեն պարունակող օքսիդային խտանյութերի ալյումինաջերմային վերականգնման ուղղակի անվառարան իրականացման գործընթացում, քանի որ հնարավորություն է ստեղծվում ռեակցվող նյութերի դիսպերսության մեծացման հաշվին շրջանցել մոլիբդենային խտանյութի դժվարին և աշխատատար թրծման գործընթացը և կատարել խտանյութի ուղղակի մետաղաջերմային վերականգնում:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **ՀՀ Արտոնագիր** № AM20190044. Ֆեռոհամաձուլվածքի ստացման եղանակ / **Վիլենա Մարտիրոսյան, Մարինե Սասունցյան, Նինա Սահակյան, Էդգար Զաքարյան**. C22B 34/00, C22C 33/00.- Ներկայացվել է 09.04.2019, տրվել է 01.08.2019:
2. **ՀՀ Արտոնագիր** № AM20190045. Բովախառնուրդ ֆեռոհամաձուլվածքի ստացման համար / **Վիլենա Մարտիրոսյան, Մարինե Սասունցյան, Նինա Սահակյան, Էդգար Զաքարյան**. C22C 33/00.- Ներկայացվել է 09.04.2019, տրվել է 01.08.2019:
3. **Закарян Э.Г.** Исследование процесса получения ферромолибдена из предварительно механоактивированного техутского молибденитового концентрата // НАН РА и ГИУА. Сер. ТН.- 2018.- Т. 71, N 3.- С. 259-267, DOI: 10.17580/cislr.2019.01.09.
4. **Չիտանյան Ա.Հ.** Ֆերոսիլիցիումի ստացման տեխնոլոգիայի մշակումը մետալուրգիական արտադրական թափոնախարամներից. S.գ.թ. ատենախոսության սեղմագիր.- Երևան, 2013.- 24 էջ:
5. Поведение шлаков металлургических заводов при механохимической активации /**В.А. Мартыросян, В.В. Савич, Ю.О. Лисовская и др.** // “Новые материалы и технологии: порошковая металлургия, композиционные материалы, защитные покрытия, сварка”: Материалы 12-й Международной конференции.- Минск, 25-27 мая, 2016.-С.105-113.
6. МА и МАСВС получения нанокомпозитов металлоксид и интерметаллид оксид / **Т.Ф. Григорьева, Т.Л. Талако, А.А. Новакова, И.А. Ворсина, А.П. Барина, Т.Ю. Киселева, Н.З. Ляхов, П.А. Витязь** // Фундаментальные проблемы современного материаловедения.- 2007.- № 3.- С. 26-31.

7. **Ляхов Н.З., Талако Т.Л.** Влияние механоактивации на процессы фазо- и структурообразования при самораспространяющемся высокотемпературном синтезе / Отв. ред. О.И. Ломовский.- Новосибирск: Параллель, 2008.- 168 с.
8. **Витязь П.А., Талако Т.Л., Беляев А.В.** К вопросу о влиянии механоактивации реакционной шихты на процессы фазо- и структурообразования при самораспространяющемся высокотемпературном синтезе гексаферрита бария // Вестн. НАН Беларуси. Сер. навук.- 2003.- №1.- С. 21-26.

Э.Г. ЗАКАРЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ФЕРРОМОЛИБДЕНА ИЗ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО МЕХАНОАКТИВИРОВАННОГО ТЕХУТСКОГО МОЛИБДЕНИТОВОГО КОНЦЕНТРАТА

Изучена зависимость общего выхода металла от количественного соотношения составляющих сплава, в частности, от количества железа (или Fe_2O_3), алюминиевого порошка, CaO , $NaNO_3$ и CaF_2 . Согласно расчетам начального материального баланса смеси, состав ферромolibденитового сплава, необходимый для получения сплава ферромolibдена с содержанием 36,84% Fe и 63,16% Mo, следующий: предварительно механизированный концентрат молибдена - 47,05%, железные осколки - 10, порошок Al - 18,99%, $NaNO_3$ - 4,71%, известь - 15,82%, CaF_2 - 2,88%.

Экспериментально выбраны оптимальные параметры процесса алюминотермического восстановления горючей смеси, согласно которым количество Fe_2O_3 в смеси должно составлять 15 г, количество восстановителя – 25% в избытке от стехиометрии, а количество CaO – 8 г, $NaNO_3$ - 10г и CaF_2 – 5 г в пересчете на массу 100 г смеси. В результате был получен моноферромolibден с микрогомогенной структурой 95,6%, химический состав которого следующий: 36,44% Fe, 63,16% Mo и 0,4% Al. Показано, что за счет увеличения дисперсности реагентов можно обойти сложный и трудоемкий процесс отжига молибденитового концентрата, выполнив прямое металлотермическое восстановление концентрата. Обнаружено, что увеличение дисперсии также увеличивает интенсивность реакций в процессе восстановления.

Ключевые слова: железные опилки, алюминиевый порошок, известь, ферромolibден, сплав, алюминотермическое восстановление.

E.G. ZAKARYAN

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

The dependence of the total metal yield on the quantitative ratio of the alloy components, in particular on the amount of iron (or Fe_2O_3), aluminum powder, CaO , NaNO_3 and CaF_2 , is studied. According to calculations of the initial material balance of the mixture, the composition of the ferromolybdenum alloy required to obtain an alloy of ferromolybdenum with 36,84% Fe and 63,16% Mo is as follows: pre-mechanized molybdenum concentrate - 47,05%, iron fragments - 10, Al powder - 18,99%, NaNO_3 - 4,71%, lime - 15,82% and CaF_2 - 2.88%.

The optimal parameters of the aluminum-thermal reduction process of the combustion mixture are selected experimentally, according to which the amount of Fe_2O_3 in the mixture should be 15g, the amount of the reducing agent - more than 25%, and the amount of CaO - 8g, NaNO_3 - 10g and CaF_2 - 5g, calculated by mass of 100g of mixture. As a result, monoferromolybdenum with a 95,6% microhomogeneous structure was obtained, the chemical composition of which is 36,44% Fe, 63,16% Mo and 0,4% Al. It has been shown that by increasing the dispersion of the reactants, the difficult, labor-intensive process of annealing the molybdenum concentrate can be bypassed by direct metallo-thermal recovery of the concentrate. It has been found that increasing the dispersion also increases the intensity of the reactions in the recovery process.

Keywords: iron scrub, aluminum powder, lime, ferromolybdenum, alloys, aluminothermic reduction.