

Ս.Գ.ԱՂԲԱԼՅԱՆ, Ֆ.Հ.ԶԱՔԱՐՅԱՆ, Ա.Մ.ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ

**ՖԵՐՈՄՈԼԻԲԴԵՆԻ ՍՏԱՑՄԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱԿԱՆ
ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ԵՎ ՔԱԶԱՐԱՆԻ ՀԱՐՍՏԱՑՈՒՑԻՉ
ՖԱԲՐԻԿԱՅԻ ՄՈԼԻԲԴԵՆԻՏԱՑԻՆ ԽՏԱՆՑՈՒԹԵՐԻՑ ՈՒ
ԹԱՓՈՆՆԵՐԻՑ ՆՐԱ ՍՏԱՑՄԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՅԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ**

Ուսումնասիրվել են ֆերոմոլիբդենի ստացման տեխնոլոգիական առանձնահատկությունները՝ ջերմաստիճանային տիրույթները, տեղի ունեցող փոխակերպությունները և ֆազային կազմը: Գոյություն ունեցող տեխնոլոգիական գործընթացների վերլուծության և համալիր հետազոտությունների հիման վրա մշակվել է այլումինաջերմային եղանակով ֆերոմոլիբդենի ստացման նոր տեխնոլոգիա, որտեղ որպես էլանյութեր օգտագործվել են Քաջարանի հարստացուցիչ ֆաբրիկայի մոլիբդենիտային խտանյութերից և թափոններից ստացված մոլիբդենի եռօքսիդն ու երկաթափոշին:

Առանցքային բառեր. ֆերոմոլիբդեն, խտանյութ, թերայրուք, օքսիդ, վերականգնում, համաձուլվածք, ֆազ, փոխակերպություն, դիագրամ:

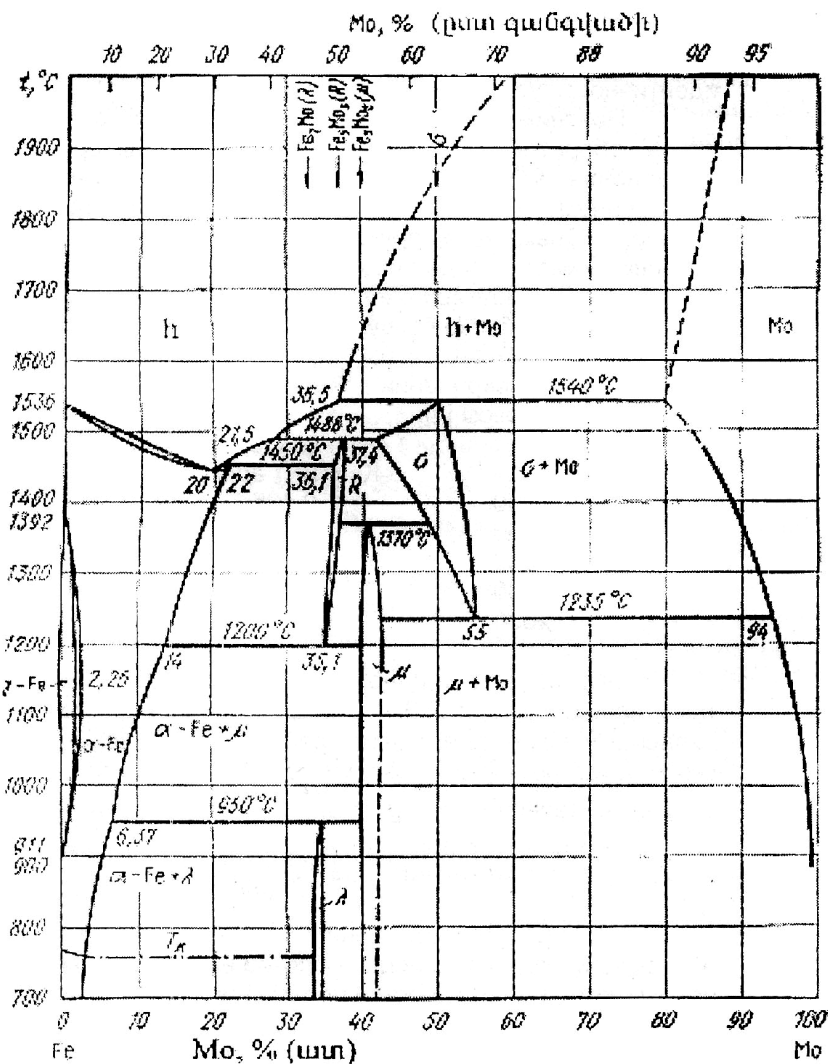
Մետաղների և համաձուլվածքների հատկությունները բնութագրվում են նրանց կառուցվածքով, որն իր հերթին կախված է քիմիական բաղադրությունից, ստացման տեխնոլոգիայից և հետագա ջերմային, մեխանիկական, ֆիզիկա-քիմիական և այլ եղանակներով մշակումներից: Այս տեսակետից պողպատների լեգիրումը մոլիբդենով, որը մեծ տարածում է գտել ժամանակակից մետալուրգիայում, խիստ արդիական է և հրատապ: Այն կարևորվում է հատկապես Հայաստանի Հանրապետության համար, որտեղ առկա են մոլիբդենի մեծ պաշարներ (~3%):

Մոլիբդենով պողպատների լեգիրման համար հիմնականում օգտագործվում է 55...65 % մոլիբդենի պարունակությամբ ֆերոմոլիբդեն: Դա բացատրվում է նրանով, որ մոլիբդենն ունի շատ բարձր հալման ջերմաստիճան (2617 °C) և, մյուս կողմից, մաքուր մոլիբդենով լեգիրման դեպքում այն շատ արագ օքսիդանում է՝ առաջացնելով MoO_3 օքսիդ, որը 600 °C -ից բարձր ջերմաստիճաններում ինտենսիվ կերպով սկսում է ցնդել, իսկ 795 °C - ում՝ հալվել [1]: Արդյունքում տեղի է ունենում մոլիբդենի մեծ կորուստ, որը տնտեսապես շահավետ չէ:

Այս տեսակետից ներկայացվող աշխատանքը, որի նպատակն է ուսումնասիրել ֆերոմոլիբդենի ստացման տեխնոլոգիական առանձնահատկությունները և դրա հիման վրա մշակել Քաջարանի հարստացուցիչ ֆաբրիկայի մոլիբդենիտային խտանյութերից ու թափոններից ֆերոմոլիբդենի ստացման տեխնոլոգիա, խիստ արդիական է և հրատապ:

Ինչպես երևում է Fe – Mo համաձուլվածքների վիճակի դիագրամից (նկ.1) [2], ըստ զանգվածի 55% Mo պարունակող համաձուլվածքը տաքացնելիս հեղուկ ֆազի առաջացումն սկսվում է 1488 °C – ում, որի համաձայն, սառեցման ժամանակ պերիտեկտիկական փոխակերպության շնորհիվ ստացվող R ֆազը (Fe_5Mo_3) տաքացնելիս փոխակերպվում է հեղուկ և σ ֆազերի (FeMo) մեխանիկական

խառնուրդի: Հետագա (մինչև 1540 °C ջերմաստիճան) տաքացման ժամանակ մեծանում է հեղուկ ֆազի և փոքրանում՝ σ ֆազի քանակությունները: 1540 °C σ ֆազը, որն ըստ զանգվածի պարունակում է 63,2 % Mo և առաջանում է սառեցման ժամանակ պերիտեկտիկական փոխակերպության շնորհիվ, փոխակերպվում է հեղուկ ֆազի և մոլիբդենի մեխանիկական խառնուրդի: Իսկ եթե Mo-ի պարունակությունն ըստ զանգվածի մեծ է 63,2 % -ից և փոքր 87,3 %-ից, մինչև 1540 °C ջերմաստիճան տաքացնելիս համաձուլվածքը գտնվում է պինդ վիճակում և նրա ստրուկտուրան բաղկացած է ((FeMo) ֆազի և Mo-ի դիսպերս մեխանիկական խառնուրդից: 55 % Mo պարունակող համաձուլվածքը դառնում է միաֆազ (հեղուկ ֆազ) ~ 1700 °C ջերմաստիճանում, իսկ 65 % պարունակողը՝ ~ 1900 °C – ում:



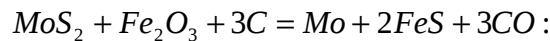
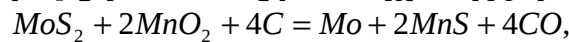
Նկ. 1. Fe-Mo համաձուլվածքների վիճակի դիագրամը

Մյուս կողմից, ըստ զանգվածի մոլիբդենի 50 % -ից ցածր պարունակության դեպքում համաձուլվածքի հալման ջերմաստիճանը կտրուկ իջնում է, իսկ 1450 °C –

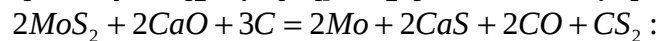
ում տեղի ունեցող պերիտեկտիկական փոխակերպության շնորհիվ առաջանում է α - Fe հիմքով մոլիբդենի պինդ լուծույթ, որը պարունակում է ըստ զանգվածի 32,6 % Mo: Հետագա սառեցման ժամանակ Mo-ի պարունակությունը α - Fe-ում փոքրանում է՝ կազմելով 1200 °C-ում՝ 21,8 %, 950 °C –ում՝ 10,5 %, իսկ սենյակային ջերմաստիճանում՝ 3,6%: 55...65 % Mo պարունակող համաձուլվածքի սառեցման ժամանակ պերիտեկտիկական (1370 °C) և էվտեկտոիդային (1235 °C) փոխակերպությունների շնորհիվ սենյակային ջերմաստիճանում համաձուլվածքի ստրուկտուրան բաղկացած է $\mu(\text{Fe}_3\text{Mo}_2)$ ֆազից և մաքուր մոլիբդենից, ընդ որում՝ μ ֆազի քանակությունը կազմում է. 55 % Mo-ի առկայության դեպքում՝ ~ 100 %, իսկ 65 % -ի դեպքում՝ 75,8 %:

Ֆերոմոլիբդենը ստանում են երկու տարբեր եղանակներով՝ չթրծված և թրծված մոլիբդենային խտանյութերի՝ մոլիբդենիտի (MoS_2) վերամշակմամբ [3]:

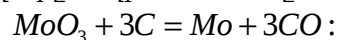
Չթրծված խտանյութերի վերամշակման ժամանակ տեղի են ունենում գործընթացներ, որոնք ընթանում են նշված ռեակցիաներից որևէ մեկով.



Սակայն ժամանակակից արտադրությունում այս եղանակները մեծ կիրառություն չեն գտել: Կիրառվում է նաև կրաքարի առկայությամբ մոլիբդենիտի՝ ածխածնով մշակման եղանակը: Այս դեպքում ընթանում է հետևյալ ռեակցիան.



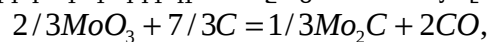
Գործնականում մեծ կիրառություն է գտել թրծված խտանյութի վերականգնումը ածխածնով, որը տեղի է ունենում ըստ հետևյալ ռեակցիայի.



Այս գործընթացը կիրառվել է եվրոպական մի շարք երկրներում և փորձարկվել ԽՍՀՄ-ում [3]:

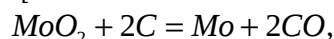
Մշակված տեխնոլոգիայի համաձայն՝ թրծված խտանյութին ավելացվում է ածխային փոշի, այն բրիկետացվում և բարձվում է միաֆազ էլեկտրական վառարան՝ միաժամանակ ավելացվում կրաքար և երկաթ: Հալումը կատարվում է մինչև բլոկի ստացումը՝ առանց մետաղի բաց թողնման: Մտացված համաձուլվածքը պարունակում է 35 - 50 % Mo, 1-2% Si և 6-8% C:

Տեսականորեն ռեակցիան սկսվում է 406 °C –ում: Ածխածնի առկայությամբ հնարավոր է նաև մոլիբդենի կարբիդի առաջացում՝ հետևյալ ռեակցիայով.



որն սկսվում է 402 °C -ում:

Մոլիբդենի երկօքսիդը ևս վերականգնվում է ածխածնով մինչև մետաղական վիճակ՝ հետևյալ ռեակցիայով.

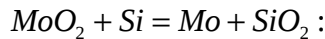
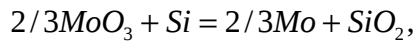


իսկ վերականգնումն սկսվում է 671 °C ջերմաստիճանից:

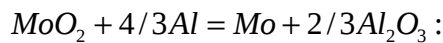
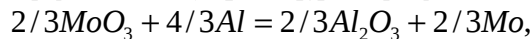
ԽՍՀՄ-ում, դեռևս 1929 թ., Ս.Ս.Շտեյնբերգի և Պ.Ս.Կուսակինի [4] կողմից փորձեր են կատարվել ֆերոմոլիբդենի ստացման ուղղությամբ, որոնց արդյունքում նրանց հաջողվել է ստանալ 50 – 65 % Mo, 4-6 % C և 0,06-0,77 % S պարունակող ֆերոմոլիբդեն, որից Mo-ի ելքը կազմել է 80-90%:

Վ.Պ.Ելյուտինի կողմից կատարված աշխատանքները ցույց են տալիս, որ հալման գործընթացում հնարավոր է ածխածնագրկում, իսկ ավելի ցածր ջերմաստիճանում ածխածնի պարունակությունը կարելի է իջեցնել մինչև 0,30-0,40 % C:

Ֆերոմոլիբդենի ստացման ավելի պարզ եղանակ է վերականգնման սիլիկաջերմային եղանակը, որն ընթանում է հետևյալ ռեակցիաներով.

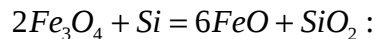


Գործընթացն ավելի ինտենսիվ է ընթանում ալյումինով վերականգնման ժամանակ, որը կատարվում է հետևյալ ռեակցիաներով.



Նշված ռեակցիաների ազատ էներգիաների փոփոխությունը՝ կախված ջերմաստիճանից (նկ.2), թույլ է տալիս եզրակացնել, որ այս եղանակներով հնարավոր է ստանալ բարձրորակ ֆերոմոլիբդեն:

Նշված տարրերով երկաթի օքսիդների վերականգնումն ընթանում է փուլերով՝ մի մասը վերականգնվում է մինչև մաքուր երկաթ, իսկ մյուս մասը՝ մինչև FeO, ընդ որում՝ FeO-ն անցնում է խարամ՝ նպաստելով նրա հեղուկահոսունության բարձրացմանը: Գործընթացն ընթանում է հետևյալ ռեակցիայով.



Ֆերոմոլիբդենի ստացման համար հումք է ծառայում մոլիբդենիտային խտանյութը, որն օքսիդացուցիչ թրծման է ենթարկվում բոցային, մուֆելային, պտտվող թմբուկային, բազմահատակային կամ եռացող շերտով վառարաններում: Արդյունքում ստացվում է թրծված խտանյութ (թերայրուք), որը բաղկացած է տարբեր խառնուրդներ պարունակող մոլիբդենի եռօքսիդից:

Մոլիբդենիտային խտանյութերը, ըստ մոլիբդենի և խառնուրդների պարունակության, պետք է բավարարեն աղյուսակ 1-ում բերված պահանջները:

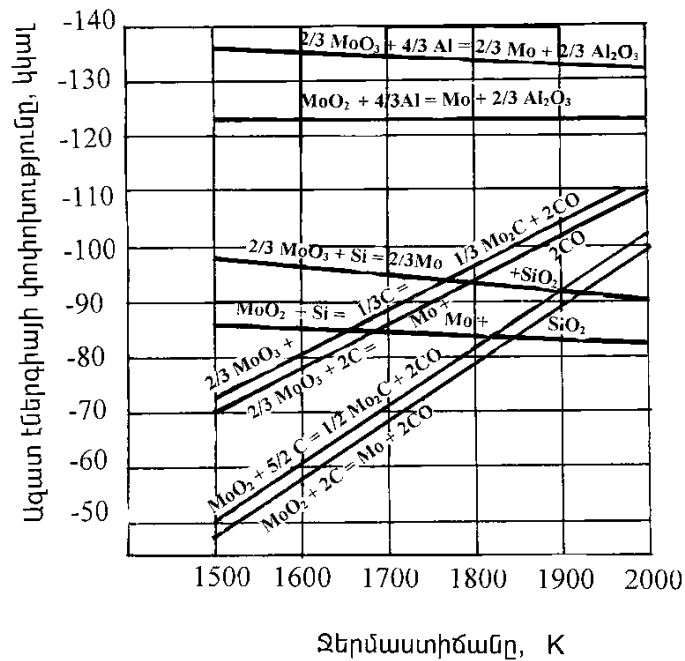
Աղյուսակ 1

Մոլիբդենիտային խտանյութի մակնիշը և քիմիական կազմը, %

Մակնիշը	Mo, ոչ պակաս, %	Քիմիական կազմը, %, ոչ ավելի				
		SiO ₂	As	Sn	P	Cu
KMՓ-B	52	4	0,03	0,02	0,02	0,4
KMՓ-1	51	5	0,04	0,02	0,02	0,4
KMՓ-2	48	7	0,05	0,04	0,03	0,7
KMՓ-3	47	9	0,06	0,05	0,05	1,0
KMՓ-4	45	11	0,07	0,07	0,05	2,0

Եթե թրծված խտանյութը (թերայրուքը) պետք է ուղարկվի ֆերոմոլիբդենի արտադրություն, ապա թրծման գործընթացն իրականացվում է այնպես, որ այրվի խտանյութում գտնվող ամբողջ ծծումբը:

Իսկ եթե այն պետք է ուղարկվի հետագա հիդրոմետալուրգիական մշակման, գործընթացը տարվում է այնպես, որ խտանյութում գտնվող ամբողջ մոլիբդենն անցնի լուծույթ:



Նկ.2. Ածխածնով, սիլիցիումով և ալյումինով մոլիբդենի օքսիդի վերականգնման ազատ էներգիայի փոփոխության կախվածությունը ջերմաստիճանից

Թերայրուքը, որը ստացվում է հարուստ մոլիբդենիտային խտանյութերի թրծմամբ, խառնուրդների պարունակությամբ պետք է բավարարի աղյուսակ 2-ում ներկայացվող պահանջները:

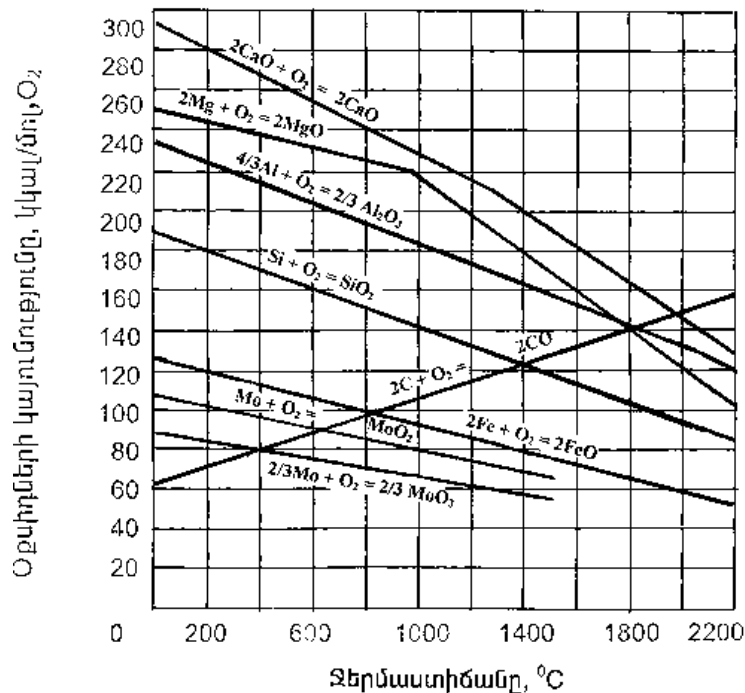
Աղյուսակ 2

Մոլիբդենի եռօքսիդին ներկայացվող տեխնիկական պահանջները, %

Մակնիշը	Mo, ոչ պակաս, %	Քիմիական կազմը, %, ոչ ավելի					
		As	Sn	P	Cu	C	S
KM0-1	55	0,05	0,03	0,03	0,6	0,2	0,15
KM0-2	53	0,06	0,05	0,05	1,0	0,5	0,18
KM0-3	50	0,07	0,07	0,07	1,5	1,0	0,20

Մոլիբդենի օքսիդներն ունեն ոչ մեծ կայունություն և հեշտությամբ վերականգնվում են ածխածնով, սիլիցիումով և ալյումինով, որի կինետիկական ցույց է տրված նկար 3-ում:

Միլիկաջերմային եղանակով ֆերոմոլիբդենի ստացման բովախառնուրդային նյութեր են թրծված մոլիբդենիտային խտանյութը, հարուստ երկաթային հանքաքարը, երկաթի տաշեղները, կրաքարը և շպատը: Աղքատ խտանյութերի դեպքում օգտագործում են նաև սելիտրա:



Նկ.3.Ֆերոմոլիբդենի հալման ժամանակ հումքում գտնվող օքսիդների կայունության կախվածությունը ջերմաստիճանից

Գործընթացի տեսակարար ջերմունակությունը կազմում է 710 կալ/կգ (գործընթացն ըստ բովախառնուրդի գործնականորեն իրագործելի է 500 կալ/կգ ջերմության անջատման պայմաններում):

Գործընթացի ժամանակ որպես ֆյուսացնող նյութ օգտագործվում է նաև մանգանային հանքաքար, որը լավ հեղուկացնում է խարամը և նպաստում ծծմբի հեռացմանը: Որպես վերականգնիչ օգտագործվում է 75 % - անոց ֆերոսիլիցիում և մասամբ այլումին կամ սիլիկակալցիում:

Հալման համար նախապատրաստված նյութերը տրվում են չափաբաժանիչ կայան, որտեղից համապատասխան քանակով կշռվում են և տրվում խառնիչ թմբուկ: Խառնումից հետո բովախառնուրդը տրվում է հալման:

Ֆերոմոլիբդենը հալեցվում է հրակայուն նյութերով երեսպատված մետաղական գլանում: Որպես հրակայուն նյութ օգտագործվում է շամոտային աղյուս: Հալման տևողությունը 40-70 րոպե է: Հալման ավարտից հետո հալույթը պահվում է 20 րոպե, որի ժամանակ մետաղի կտորները նստում են հատակին: Այնուհետև հատուկ անցքով հեռացվում է խարամը, ստուգվում նրա մեջ մոլիբդենի պարունակությունը և, եթե այն չի գերազանցում 0,3 %-ը, ուղարկվում է թափոն:

Հավման գործընթացում վերականգնվում է մոլիբդենի օքսիդի 99 % -ից ավելին:

Հավման համար նախապատրաստվող բովախառնուրդն ունի հետևյալ բաղադրությունը, կգ

մոլիբդենային խտանյութ	100
75%- անոց ֆերոսիլիցիում	35,1
երկաթի հանքաքար	26,0
երկաթի տաշեղներ	19,5
ֆլյուորիտային շպատ	2,0
կրաքար	3,0
այլումին.....	3,7

Հավման գործընթացն իրականացվում է վերնից բռնկմամբ, ինչը նպաստում է մոլիբդենի կորստի փոքրացմանը: Բովախառնուրդի վերնի մասում բռնկման խառնուրդի համար բացվում են 2...3 անցքեր: Բռնկման խառնուրդն ունի հետևյալ բաղադրությունը.

այլումինային հատիկներ	15
սելիտրա	5
երկաթի հանքաքար	15
երկաթի տաշեղ	0,2

Այն այրում են շիկացրած երկաթի լարով:

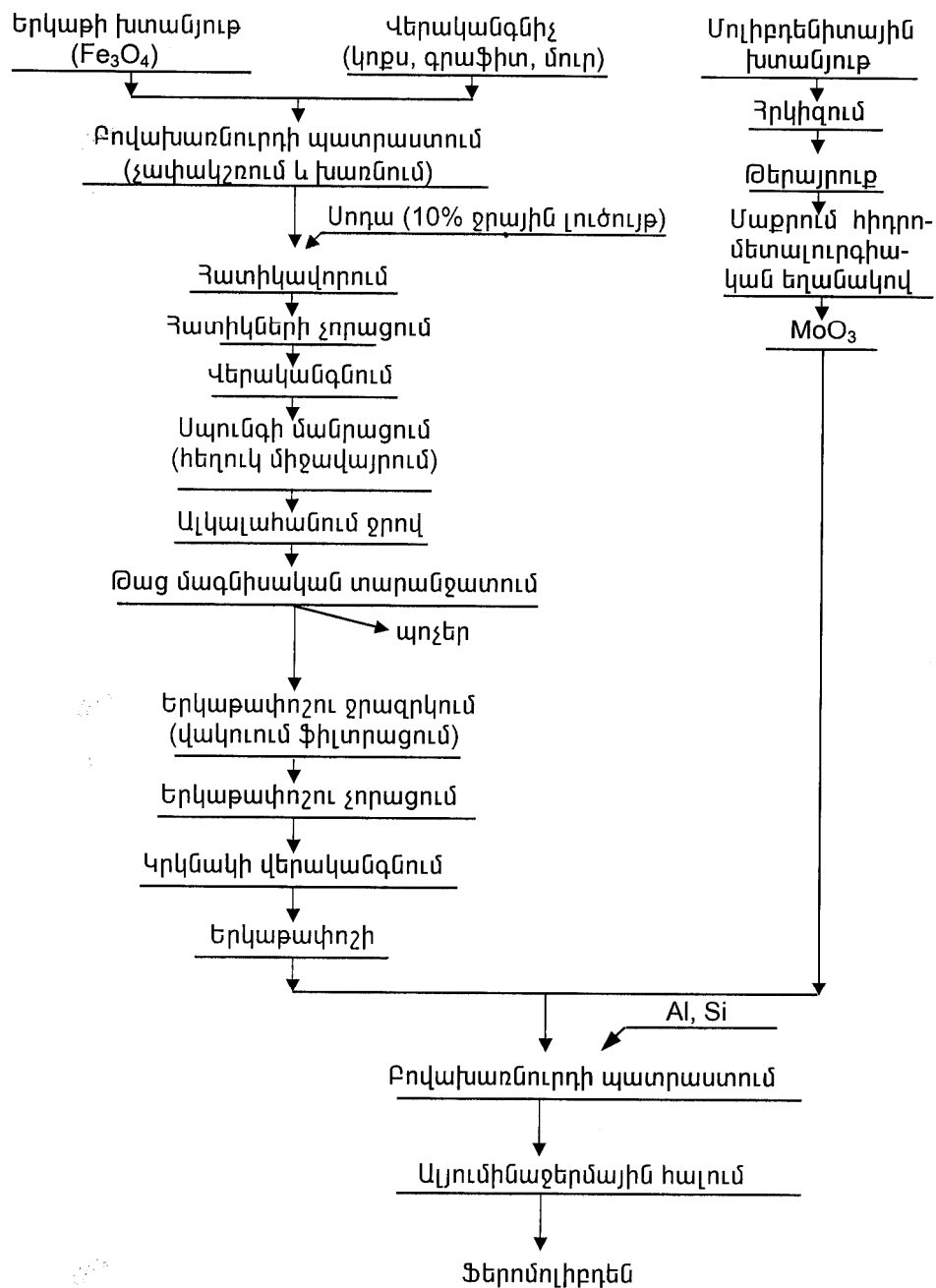
Մոլիբդենի կորզումը կազմում է 99,0-99,5 %: Հավման գործընթացում մոլիբդենի որոշ մասը հեռանում է գազերի հետ՝ մոլիբդենի եռօքսիդի տեսքով: Հետևաբար, անհրաժեշտ է ունենալ գազադրաման և գազամաքրման սարքավորումներ: Երբեմն մոլիբդենի բարձր պարունակությամբ խարամը մանրացվում և ենթարկվում է թաց հարստացման:

Ֆերոմոլիբդենի արտադրության գործընթացում օգտագործվող մոլիբդենային թերայրություն ծծմբի պարունակությունը չպետք է գերազանցի 0,1-0,2 % : Ստացված մոլիբդենային թերայրություն անհրաժեշտ է ունենալ գունավոր մետաղների և ոչ մետաղական խառնուրդների սահմանափակ քանակություն:

Հետևաբար՝ բարձրորակ ֆերոմոլիբդեն ստանալու կարևոր նախապայման են հանդիսանում ստացված թերայրություն ներկայացվող պահանջները: Այս նպատակի համար օքսիդացուցիչ թրծումից ստացված թերայրությամբ ենթարկվում են հիդրոմետալուրգիական մաքրման:

Կատարված վերլուծությունից պարզվում է, որ այլումինաջերմային եղանակով ֆերոմոլիբդենի ստացման գործընթացն ամբողջությամբ ուսումնասիրված չէ: Այս առումով խիստ կարևորվում է Քաջարանի հարստացուցիչ ֆաբրիկայում ստացված մոլիբդենիտային խտանյութից և ֆաբրիկայի թափոններից ստացված երկաթափոշուց [5] ֆերոմոլիբդենի ստացման գործընթացի փորձագիտական ուսումնասիրությունը և տեխնոլոգիայի մշակումը:

Կատարված համալիր հետազոտությունների հիման վրա մշակվել է ֆերոմոլիբդենի այլումինաջերմային եղանակով ստացման նոր տեխնոլոգիա, որտեղ որպես ելանյութեր օգտագործվել են Քաջարանի հարստացուցիչ ֆաբրիկայում ստացված մոլիբդենիտային խտանյութը և ֆաբրիկայի թափոններից ստացված երկաթափոշին (տեխնոլոգիական սխեման ներկայացված է նկ.4-ում):



Նկ. 4. Ալյումինաջերմային եղանակով ֆերոմոլիբդենի ստացման տեխնոլոգիական սխեմա

Ստացված ֆերոմոլիբդենը, ըստ ԳՈՍՏ 4759-79-ի, բավարարում է աղյուսակ 3-ում բերված տեխնիկական պահանջները:

Աղյուսակ 3

Ֆերոմոլիբդենի քիմիական բաղադրությունն ըստ ԳՈՍՏ 4759-79-ի								
		C	Si	S	P	Sb	Cu	Sn
ՓМ 1	60	0,05	0,8	0,1	0,05	0,01	0,5	0,01
ՓМ 2	58	0,08	1,0	0,12	0,05	0,02	0,8	0,02
ՓМ 3	55	0,08	1,0	0,12	0,08	0,02	0,8	0,02

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Самсонов Г.В.** Свойства элементов. Часть II . Химические свойства: Справочник. 2-е изд.- М.: Металлургия, 1976. – 384с.
2. Диаграммы состояния двойных и многокомпонентных систем на основе железа: Справочник / **О.А. Банных, П.Б.Будберг, С.П. Алисова** и др.- М.: Металлургия, 1986. – 440 с.
3. **Елютин В.П., Павлов Ю.А., Левин Б.Е., Алексеев Е.М.** Производство ферросплавов.- М.: Металлургиздат, 1957.- 436 с.
4. **Штейнберг С.С., Кусакин П.С.** Цветные металлы: Сборник научно-технических информации.- М.: ОНТИ, 1930.- № 11.
5. **Франгулян А.А.** Разработка технологии получения железных порошков из концентратов железорудных месторождений Армении: Автореф. дис... канд. техн. наук. - Ереван, 1998.- 18с.

ՀՊՀՀ: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 07.10.2003.

С.Г. АГБАЛЯН, Ф.А. ЗАКАРЯН, А.М. ОГАНЕСЯН ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ФЕРРОМОЛИБДЕНА И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ЕГО ПОЛУЧЕНИЯ ИЗ РУД ЖЕЛЕЗО- МОЛИБДЕНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АРМЕНИИ

Исследованы технологические особенности получения ферромolibдена: температурные зоны, протекающие превращения и фазовый состав. На основе анализа известных технологических процессов и проведенных комплексных исследований разработана новая технология получения ферромolibдена методом алюминотермии, где в качестве исходных материалов использовали триокись молибдена и железный порошок, полученный из молибденитового концентрата и хвостов Каджаранской обогатительной фабрики.

S.G.AGHBALYAN, F.A.ZAKARYAN, A.M.HOVHANNISSYAN TECHNOLOGICAL PECULIARITIES OF OBTAINING FERROMOLYBDENUM AND ELABORATION OF TECHNOLOGY FOR EXTRACTING IT FROM THE ORES OF IRON-MOLYBDENUM DEPOSITS IN ARMENIA

The technological peculiarities of obtaining ferromolybdenum, i.e. temperature zones, the transformation flow, and the phase composition are investigated. On the basis of the known production method analysis and complex investigations, a new technology to obtain ferromolybdenum by the method of aluminothermy is elaborated in which molybdenum trioxide and iron powder have been used as source materials obtained from molybdenum concentrate and the tailings of Kajaran concentrating mill.