

Մ.Ա. ԽԱՇԱՏՐՅԱՆ, Թ.Ր. ԱՎԱԳՅԱՆ

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕДИ И
ЦИНКА ИЗ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНЦЕНТРАТОВ
КАПАНСКОЙ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ МЕТОДОМ
ОБОГАЩЕНИЯ**

Исследованы технологические особенности процессов извлечения меди и цинка из местных полиметаллических концентратов методом обогащения.

Ключевые слова: полиметаллический концентрат, обогащение, флотация, извлечение, медь, цинк, технология.

Մ.Ո. ԽՈՇԱՏՐՅԱՆ, Թ.Ր. ԱՎԱԳՅԱՆ

**THE TECHNICAL PROPERTIES OF COPPER AND ZINC EXTRACTION
FROM POLYMETALLIC CONCENTRATES OF THE KAPAN MINING
AND DRESSING PLANT BY THE ENRICHMENT METHOD**

The technological properties of the copper and zinc extraction studied from the local polymetallic concentrates by the enrichment method have been studied.

Keywords: polymetallic concentrate, enrichment, flotation, extraction, copper, zinc, technology.

ՀՏԴ 621.762:669.15

Է.Գ. ԶԱՔԱՐՅԱՆ

**ՄՈՒԼԻԲԴԵՆԱՅԻՆ ԽՏԱՆՅՈՒԹԻ ԱԼՅՈՒՄԻՆԱՋԵՐՄԱՅԻՆ
ՎԵՐԱԿԱՆԳՆՄԱՆ ԵՂԱՆԱԿՈՎ ՖԵՐՈՄՈՒԼԻԲԴԵՆԻ ՍՏԱՑՄԱՆ
ԳՈՐԾԸՆԹԱՑԻ ՈՐՈՇ ՀԱՐՑԵՐ**

Քննարկվում է ջերմաստիճանային պրոֆիլների առաջացումը, Թեղուտի մոլիբդենային խտանյութի այլումինացերմային վերականգնման եղանակով ֆերոմոլիբդենի ստացման գործընթացում: Մեկնաբանված են բարձրջերմաստիճանային ինքնատարածվող սինթետիկ գործընթացի մեխանիզմի որոշ հարցեր:

Առանցքային բառեր. ջերմաստիճանային պրոֆիլ, ֆերոմոլիբդեն, այլումինացերմային վերականգնում, մոլիբդենային խտանյութ, մոլիբդեն:

Ներածություն. Մոլիբդենի բարձր պարունակությամբ համաձուլվածքներն այսօր հեռանկարային են որպես բարձրջերմաստիճանային հակակոռոզիոն նյութեր: 20-25% և ավելի Mo պարունակությամբ լեգիրված պողպատները, բացի հրակայունությունից և ագրեսիվ միջավայրերում կոռոզիոն կայունությունից,

ցուցաբերում են նաև մեծ կայունություն օքսիդացման նկատմամբ: Այդպիսի պողպատների լեգիրման համար որպես հումք ծառայում է ֆերոնիլիթեն համաձուլվածքը, որն ունի աուստենիտային կառուցվածք՝ խորանարդային նիստակենտրոնացված բյուրեղային ցանցով, և բարձր ջերմաստիճաններում ցուցաբերում է մեծ կայունություն օքսիդացման և կոռոզիայի նկատմամբ [1]:

Սակայն այդ համաձուլվածքի ստացումն ավանդական վառարանային եղանակներով պահանջում է երկար ժամանակ և տևական բարձր ջերմաստիճաններ (2000...2500°C), հետևաբար՝ բարձրջերմաստիճանային սարքավորումները, որոնք թանկ են, էներգատար, զբաղեցնում է մեծ տարածքներ, ինչպես նաև ֆիզիկապես արագ ծերանում են: Այդ տեսակետից ավելի էներգախնայող տեխնոլոգիա է համարվում այլումինաջերմային վերականգնումը, որը ներկայացնում է բարձրջերմաստիճանային ինքնատարածվող սինթեզ (ԲԻՍ): Համաձուլվածքների ստացման ԲԻՍ մեթոդն առանձնանում է նրանով, որ վերականգնումն ընթանում է ռեակցիայից անջատված ջերմության հաշվին և չի պահանջում լրացուցիչ էներգիայի ծախս: Այսպիսի գործընթացը կայանում է վառարանից դուրս՝ անվառարան, որը և տեխնոլոգիայի ամենակարևոր առավելությունն է: Բացի այդ, այս մեթոդը, հայտնի մեթոդների համեմատ, ունի մի շարք առավելություններ՝ տեխնոլոգիայի և սարքավորումների պարզություն, բարձր արտադրողականություն, սինթեզված նյութի մաքրություն, և քանի որ գործընթացը կայանում է կոնդեսացված ֆազում, չկան գազային արտանետումներ և լվացող ջրեր, հետևապես՝ պաշտպանված է նաև բնապահպանական տեսանկյունից [2-6]:

ԲԻՍ գործընթացները բնութագրվում են բարձր ջերմաստիճաններով (1500...4000°C) և այրման ճակատի տարածման մեծ արագություններով (0,5...15 սմ/վ) [5]: Գործընթացի հիմքում ընկած է երկու և ավելի օքսիդների, կոնկրետ այս դեպքում՝ երկաթի և մոլիբդենի, այլումինով վերականգնման ռեակցիան, որն ընթանում է անընդհատ այրման ռեժիմում: Այս գործընթացում չափազանց կարևոր է առավելագույն ջերմաստիճանի չափումը, ինչպես նաև այրման ճակատի տարածման գծային արագության որոշումը: ԲԻՍ գործընթացում ջերմաստիճանի չափումը, կախված ժամանակից, ավանդական եղանակներով դժվար է, և հետևաբար՝ դժվար է նաև այրման գործընթացի հետազոտումը: Այդ հետազոտությունները կարելի է կատարել՝ ելնելով վերականգնման գործընթացի ջերմաստիճանային պրոֆիլներից [2]:

ԲԻՍ գործընթացները կարող են ընթանալ տարբեր մեխանիզմներով, ինչպես պարզ, այնպես էլ բարդ օրենքներով: Տաքացման արագությունը կարող է ամեն վայրկյան փոփոխվել բավական լայն սահմաններում՝ (0...106 Կ/վ), որն

այլ եղանակներին բնորոշ չէ: Ջերմաստիճանային պրոֆիլը կարելի է կարգավորել՝ փոփոխելով սկզբնական ջերմաստիճանը, վերականգնիչի քանակը, մասնիկների դիսպերսությունը, բրիկետների խտությունը և այլն:

Աշխատանքում քննարկվում է մոլիբդենային խտանյութից այլումինաջերմային վերականգնման եղանակով ֆերոմոլիբդենի ստացման գործընթացում ջերմաստիճանային պրոֆիլների ստացումը: Այրման ճակատի տարածումը բնութագրվել է հիմնականում երկու պարամետրերով՝ ճակատի տարածման գծային արագությամբ (Սա) և սինթեզի ժամանակ այրման առավելագույն ջերմաստիճանով (Տա):

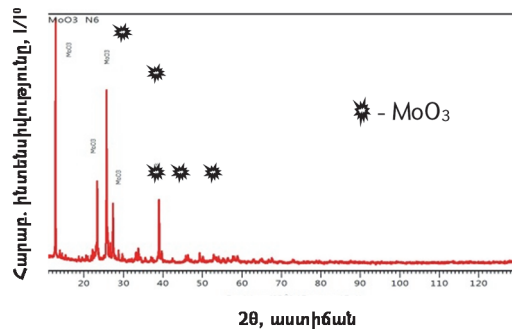
Հետազոտման մեթոդը. Հետազոտության համար որպես ելանյութ ծառայել է Թեղուտի մոլիբդենիտային խտանյութը (աղյուսակ):

Աղյուսակ

Թեղուտի մոլիբդենիտային խտանյութի քիմիական բաղադրությունը

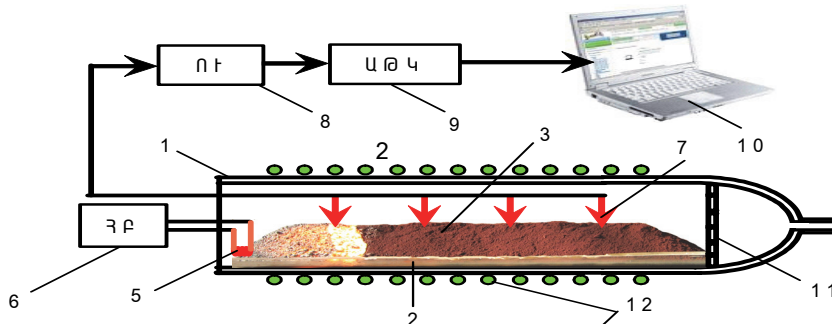
| MoO ₃ | Mo | Cu | S | FeO | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | P ₂ O ₅ | Zn | CaO | MgO |
|------------------|------|------|-------|-----|------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------|-----|-----|
| 74,25 | 49,5 | 0,85 | 14,63 | 1,7 | 2,9 | 3,5 | 0,02 | 0,002 | 2,0 | 1,0 |

Ռենտգենաֆազային վերլուծությունը կատարվել է DPOH-3 դիֆրակտաչափի միջոցով, որում հիմնականում օգտագործվում են մոնոքրոմատիկ ռենտգենյան ճառագայթներ: Փորձերի ընթացքում օգտագործվել են CuK α ճառագայթներ և Ni-ի ֆիլտր հետևյալ ռեժիմով. լարումը՝ 25 կՎ, հոսանքը՝ 10 մԱ, գրանցման արագությունը՝ 420 մմ.ժամ²: Նկ. 1-ում ներկայացված են մոլիբդենային խտանյութի ռենտգենագիրը, որը ստացվել է մոլիբդենիտային խտանյութի նախնական մեխանաքիմիական ակտիվացումից:



Նկ. 1. Թեղուտի մոլիբդենիտային խտանյութի ռենտգենագիրը

Ջերմաստիճանային պրոֆիլների ստացումը. Ջերմաստիճանային պրոֆիլների ստացումն իրականացվել է պարբերական գործողության պարզագույն լաբորատոր սարքի միջոցով, որի ուրվապատկերը ներկայացված է նկ. 2-ում:



Նկ. 2. Լաբորատոր ՔԻՍ սարքավորման սխեման.

- 1- քվարցե խողովակ, 2- քվարցե պնակ, 3- ելանյութերի փոշեխառնուրդ, 4- թթվածնի բալոն, 5- շիկացման պարույր, 6- հարուցման բլոկ, 7- ջերմազույգ, 8- ազդանշանի ուժեղարար, 9- անալոգ-թիվ կերպավորիչ, 10- համակարգիչ, 11- քվարցե ցանց, 12- նախնական շիկացման պարույր

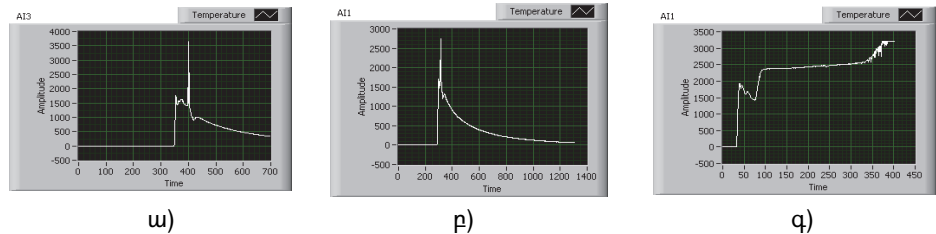
Ջերմաստիճանի փոփոխությունը յուրաքանչյուր նմուշում որոշվում է ջերմազույգերի միջոցով, որոնք ֆիքսում են նմուշի մակերեսի ջերմաստիճանների փոփոխությունը:

Փորձերն իրականացվել են հետևյալ ձևով. բովախառնուրդի որոշակի քանակը տեղավորվել է քվարցե պնակի (1) մեջ, և ծայրային մասում ավելացվել հարուցիչ՝ (Ti+C): Քվարցե պնակի պարունակության մեջ՝ իրարից որոշակի հեռավորությամբ, (20 մմ), մտցվել են 4 W-Re ջերմազույգեր (7): W-ից պատրաստված շիկացած լարով սկիզբ է դրվել բարձրջերմաստիճանային ինքնատարածվող սինթեզին: Ջերմաստիճանը որոշվել է ջերմաէլեկտրական սկզբունքով: Ջերմազույգերը բովախառնուրդում տեղավորվել են այնպես, որ շրջակա միջավայրի ջերմային կորուստները լինեն նվազագույնը, ինչը կարևոր է իրական ջերմաստիճանը չափելու համար: Այրման ալիքը հաստատուն արագությամբ տարածվել է՝ անցնելով հաջորդաբար 4 ջերմազույգերի միջով՝ տարածվելով բովախառնուրդի ամբողջ երկարությամբ:

Ջերմազույգերի միջոցով ստացված ազդանշանները գրանցելու և մշակելու համար վերջիններս միացվել են ազդանշանային ուժեղարարին (8), որից հետո ուժեղացված ազդանշանը միացվել է Ni-USB-625M մակնիշի անալոգաթվային կերպավորիչի (9) մուտքին, որի ելքում ստացված ազդանշանները գրանցվել են համակարգիչի մեջ (10) և մշակվել Lab View ծրագրային փաթեթով: Գործընթացն ավարտվելուց հետո պնակը սառեցվել է, և մետաղական ֆազն անջատվել է խարամային ֆազից:

Փորձերի վերլուծությունը. Ուսումնասիրվել է ջերմաստիճանային պրոֆիլների առաջացումը՝ կախված վերականգնիչի քանակից: Տրվել են ըստ

ստեխիաչափային տեսականորեն անհրաժեշտ՝ ω - 10 %-ով պակաս քանակից, ρ - տեսական քանակություն և q - 10 %-ով ավելցուկ քանակներ (նկ. 3):



Նկ. 3. Ֆերոմոլիբդենի սրացման ջերմաստիճանային պրոֆիլները՝ կախված վերականգնիչի քանակից

Ինչպես երևում է ջերմաստիճանային պրոֆիլներից, վերականգնիչի քանակի փոփոխությունը զգալիորեն ազդում է ինչպես գործընթացի առավելագույն ջերմաստիճանի, այնպես էլ մեխանիզմի վրա: Մետաղի սինթեզը այստեղ կատարվում է այրման նեղ զոնայով՝ ստացիոնար արագություններով: Վերականգնիչի քանակի ավելացումը զգալիորեն ազդում է նաև ռեակցիայի սկզբի վրա: Այրմանի տեսական քանակից պակասի դեպքում (նկ. 3,ա), փորձի 350 վ-ում սկսում է են բազմաթիվ գործընթացներ, որոնք ուղեկցվում են ջերմանջատիչ և ջերմակլանիչ երևույթներով և ավարտվում են մոտավորապես 420 վ-ում, սկիզբ դնելով խարամագոյացման գործընթացին, որն ավարտվում է սառեցման ստացիոնար ռեժիմով: Այրման առավելագույն ջերմաստիճանն այստեղ մոտավորապես 2500K է:

Վերականգնիչի տեսական քանակի դեպքում (նկ. 3,բ) գործընթացը սկսվում է ավելի արագ. փորձի 300վ տևողությունից հետո ընթանում են բազմաթիվ ջերմանջատիչ և ջերմակլանիչ երևույթներ, կապված երկաթի և մոլիբդենի օքսիդների աստիճանական վերականգնման, մոլիբդենիտի բյուրեղային ցանցի քայքայման, ֆերոմոլիբդենի սինթեզի և խարամագոյացման գործընթացների հետ: Բայց այստեղ, շնորհիվ մեծ արագությունների, բազմաթիվ ջերմանջատիչ և ջերմակլանիչ երևույթներն իրար վերաձածվում են և արդյունքում՝ մարում: Այս սկսվում է սառեցման գործընթացը: Այրման առավելագույն ջերմաստիճանն այստեղ մոտավորապես 2700K է (նկ. 3,բ): Հատկապես ջերմային երևույթներն ինտենսիվանում են վերականգնիչի քանակը մեծացնելիս (նկ. 3,գ): Վերականգնիչի առավել քանակության դեպքում նկարագրված գործընթացներն սկսվում են ավելի վաղ՝ 30...40վ տևողությունից հետո: Փորձի 60վ տևողության պայմաններում այստեղ նույնպես կորի վրա նկատվում են բազմաթիվ իրար հաջորդող ջերմանջատիչ և ջերմակլանիչ էֆեկտներ, կապված վերը նշված օքսիդներից մետաղների աստի-

ճանական վերականգնման հետ: Վերջին դեպքում, վերականգնիչի առավել քանակության և փորձի 100...150Վ տևողության պայմաններում, կորի վրա խիստ ջերմակլանիչ էֆեկտը, ըստ երևույթին, կապված է երկաթի օքսիդի ամբողջովին վերականգնման և մոլիբդենիտի բյուրեղային ցանցի վերջնական քայքայման հետ: Բոլոր դեպքերում, նախ՝ վերականգնվում է երկաթը, որի ընթացքում մոլիբդենիտի բյուրեղային ցանցի ամբողջականությունը չի խախտվում: Երկաթի լրիվ վերականգնումից հետո սկսվում է մոլիբդենի վերականգնումը, ըստ որում՝ վերականգնված երկաթը նպաստում է նաև մոլիբդենի օքսիդի վերականգնմանը: Այնուհետև՝ ընթանում են մոլիբդենի և երկաթի օքսիդների վերջնական վերականգնման և FeMo համաձուլվածքի սինթեզի գործընթացները, որից բովախառնուրդի ջերմաստիճանը բարձրանում է՝ հասնելով առավելագույն (3000 K): Նկ. 3.բ-ից գրաֆիկորեն կարելի է որոշել այրման առավելագույն ջերմաստիճանը (Tա) և այրման ճակատի տարածման արագությանը (Սա), ըստ որում, վերջինս կարելի է որոշել՝ ելնելով ջերմազույգերի միջև եղած հեռավորությունից և ժամանակից: Վերականգնիչի առավել քանակության դեպքում այն կազմում է՝ $S_a = 22 : 50 = 0,44$ մմ/վ, պակասի դեպքում՝ 0,32 մմ/վ:

Այսպիսով, վերականգնիչի ավելացումը հանգեցնում է այրման ջերմաստիճանի բարձրացմանը 2500-ից մինչև 3000 K: Մեծանում է նաև այրման ճակատի տարածման արագությունը (Սա): Այս երևույթը բացատրվում է նրանով, որ մեծանում են վերականգնման գործընթացում ջերմության անջատումը և սինթեզված մետաղի ջերմահաղորդականությունը:

Կատարվել են նաև մի շարք փորձեր ֆերոսիլիկաքրոմի ստացման գործընթացը բովախառնուրդի բրիկետացման պայմաններում տանելու ուղղությամբ: Սակայն փորձերի արդյունքները ցույց տվեցին, որ բրիկետացումը բացասաբար է ազդում սինթեզման պարամետրերի վրա՝ որոշ դեպքերում չնպաստելով անգամ այրման ռեակցիայի ինքնատարածման ընթացքին: Չնայած բրիկետացումը պետք է նպաստեր ռեակցիոն նյութերի շփման պայմանների լավացմանը, սակայն, ըստ երևույթին, այս դեպքում վատանում է սինթեզված համաձուլվածքի ազատ տեղաշարժը, հետևաբար՝ նաև վերականգնման ռեակցիայի ինքնատարածվող ընթացքը:

Եզրակացություն. Այսպիսով, ջերմաստիճանային պրոֆիլների միջոցով հնարավոր է որոշել այրման ջերմաստիճանի (Tա) և ճակատի տարածման արագությունը (Սա)՝ կախված բովախառնուրդում առկա վերականգնիչի քանակից և բովախառնուրդի բրիկետացման պայմաններից: Միաժամանակ, ստացված պրոֆիլների ձևով պարզաբանվել են մոլիբդենի և երկաթի օքսիդների համատեղ վերականգնման եղանակով ֆերոմոլիբդենի ստացման ԲԻՍ գործընթացի

մեխանիզմի որոշ հարցեր: Այս հարցերի մեկնաբանումը կարող է օգնել ֆերոմո-
լիթիտի ստացման մի շարք տեխնոլոգիական հարցերի լուծման գործին: Կառա-
վարելով սինթեզի պայմանները, կարելի է ստանալ նյութ՝ ցանկալի բաղադրու-
թյամբ, կառուցվածքով և հատկություններով:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. Ֆերոսիլաքրոմի ստացումը Տապասարի քրոմիտների և պղնձածուլական գործա-
րանների թափոնակույտային խարամների համատեղ սիլիաջերմային վերականգն-
ման եղանակով / Վ.Հ. Մարտիրոսյան, Ն.Ն. Հակոբյան և ուրշներ // ՀՃԱ “Լրաբեր”.-
2007.- Հ. 4.- էջ 622-626:
2. Левашов Е.А., Рогачев А.С., Юхвид В.И., Боровская И.П. Физико-химические и
технологические основы самораспространяющегося высокотемпературного син-
теза.-М.: ЗАО “Изд. БИНОМ”, 1999.-174 с.
3. Yukhvid V.I. Combustion processes forming high-temperature melts // Joint
meetings of the combustion Institute. Tacchi-Editore.- Pisa, Italy, 1990.- P.431-434.
4. Боровская И.П. Концепция развития самораспространяющегося высокотемпе-
ратурного синтеза как область научно–технического прогресса.- Черногловка:
Теория, 2003.- 178 с.
5. Проблемы технологического горения. Т.1. Кинетика и термодинамика, механизм
и теория горения / АН СССР. Отделение орд. Ленина института химфизики. -
Черногловка, 1981.- 134 с.
6. Self-Propagating Higt-Temperature Synthesis of ferrites International / P.V. Avakyan,
V.G. Andreev, et al // Journal of Self-Propagating Higt-Temperature Sunthesis. –
USA, 2002. – Vol. 11, N3. - P. 299-306.

Е.Г. ЗАКАРЯН

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ФЕРРОМОЛИБДЕНА МЕТОДОМ АЛЮМИНОТЕРМИЧЕСКОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ МОЛИБДЕНОВОГО КОНЦЕНТРАТА

Обсуждаются вопросы образования температурных профилей в процессе по-
лучения ферромolibдена путем алюминотермического восстановления молибдено-
вого концентрата. Объясняются некоторые вопросы механизма процесса саморас-
пространяющегося высокотемпературного синтеза.

Ключевые слова: температурный профиль, ферромolibден, алюминотерми-
ческое восстановление, молибденовый концентрат, молибден.

E.G. ZAKARYAN

SOME ISSUES ON THE PROCESS OF OBTAINING FERROMOLYBDEN AN BY ALUMINOTHERMAL REDUCTION OF MOLYBDENUM CONCENTRATE

The problems of formation of temperature profiles in the process of ferromolybdenum production are discussed by means of aluminothermic reduction of molybdenum concentrate. Some issues of the mechanism of the process of self-propagation high-temperature synthesis are given.

Keywords: temperature profile, ferromolybdenum, aluminothermic reduction, molybdenum concentrate, molybdenum.

ՀՏԴ 621.762

Ռ.Ս. ՊԱՊՈՅԱՆ

ԳՆԴԱՂԱՑՆԵՐՈՒՄ ՀԱՆՔԱՔԱՐԵՐԻ ՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆ ՄԱՆՐԱՑՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ ԵՎ ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Դիտարկվել են տրված հանքանյութերի մանրացման գործընթացի առանձնահատկությունները, գնդաղացների աշխատանքի սկզբունքը և մետաղական գնդերից պահանջվող հատկությունները:

Առանցքային բառեր. գնդաղաց, թմբուկ, հանքանյութ, պողպատ, գունդ, մանրացում:

Ներածություն. Հայաստանի Հանրապետության ընդերքը հարուստ է օգտակար հանածոներով: Համաձայն հնագիտական տվյալների [1, 2]՝ հանրապետությունում պղնձի, ոսկու, երկաթի և մի շարք այլ օգտակար հանածոների հանքավայրեր հայտնի են եղել դեռևս հնագույն ժամանակներում, իսկ դրանցից մի քանիսը նույնիսկ մասամբ շահագործվել են: Ներկայումս Հայաստանի Հանրապետության տարածքում հայտնաբերվել և արդյունաբերական իրացման են նախապատրաստվել 54 տեսակի հանածոների՝ երկաթի, պղնձի, մոլիբդենի, կապարի, ցինկի, ոսկու, արծաթի և այլ մետաղական ու ոչ մետաղական նյութերի հանքավայրեր: Այդ հենքի վրա զարգացել են հանրապետության տնտեսության որոշ ճյուղեր, ինչպիսիք են լեռնահանքային և մետալուրգիական արդյունաբերությունները, շինանյութերի արտադրությունը և այլն: Շահագործվող և շահագործման նախապատրաստվող ութ մետաղային հանքավայրերից մեծածավալ պաշարներով երկարաժամկետ ապահովված են միայն Քաջարանի պղինձ-մոլիբդենային հանքավայրը (ավելի քան 150 տարի), Սոթքի ոսկու և Շահումյանի ոսկի-բազմամետաղային հանքավայրերի պաշարները կարող են շահագործվել մոտ