

Լ.Ե. ՄԱՐԳՍՅԱՆ, Ն.Ռ. ՄԱՆՈՒԿՅԱՆ

ՊԻՐԻՏԱՅԻՆ ՊԱՐՓԱԿ ՈՍԿՈՒ ԵՎ ԱՐԾԱԹԻ ԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏ ԿՈՐԶՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ

Հետազոտված է պղինձ-կոլչեդանային հանքաքարի խալկոպիրտային ֆլոտացման պոչանքից ստացված պիրիտային խտանյութից ոսկու և արծաթի կորզման գործընթացը: Ցույց է տրված, որ պիրիտի սուլֆատային փոխակերպումը բովման ժամանակ կարող է դառնալ լավագույն նախադրյալը նրա հատիկներում պարփակված ոսկու և արծաթի արդյունավետ կորզման համար:

Առանցքային բաներ. պիրիտային խտանյութ, պարփակված ոսկի և արծաթ, սուլֆատացնող բովում, բովվածք, տարրալուծում:

Պղինձ-կոլչեդանային հանքաքարի խալկոպիրտային ֆլոտացման պոչանքի վերաֆլոտացմամբ ստացված երկրորդային խտանյութի (աղյուսակ 1) հիմնական բաղադրիչը, ռենտգենֆազային վերլուծության (ժՀԿԾ-2,0, Cu-K α - ճառագայթմամբ) տվյալներով, պիրիտն է (FeS₂): Մնացածը SiO₂, CaO, MgO ապարներն են և չնչին քանակությամբ խալկոպիրիտ (CuFeS₂), սֆալերիտ (ZnS) ու այլ միներալներ:

Աղյուսակ 1

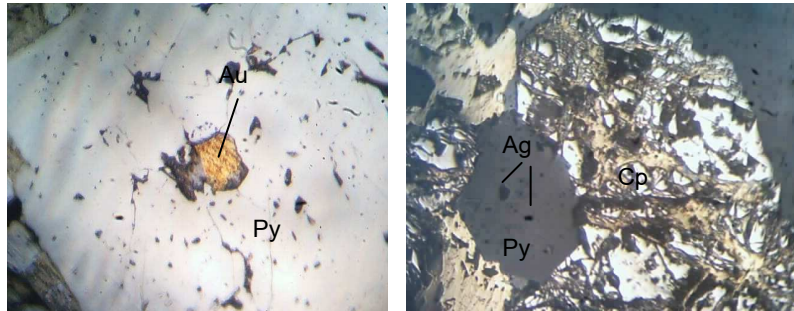
Պիրիտային խտանյութի քիմիական վերլուծության արդյունքները*

Տարրերի պարունակությունը, %						
Au, գ/տ	Ag, գ/տ	Cu	Zn	Pb	Fe	S
5,80	7,05	0,41	0,42	0,033	20,40	20,77

* Վերլուծությունը կատարված է ԼԵՆՆԱՄԵՏԱԼՈՒՐԳԻԱԿԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏՈՒ ՓԲԸ – ում:

Խտանյութի միներալոգիական վերլուծության տվյալներով բնածին ոսկու մանրագույն մասնիկները՝ 0,08 մմ և 0,004 մմ չափերով ներփակված են պիրիտի հատիկներում (նկ.1ա): Բնածին արծաթի մասնիկները՝ միջին հաշվով 0,04 մմ չափերով նկատվում են պիրիտի հատիկներում, համակցված խալկոպիրիտի հետ և դասավորված անկանոն ձևով (նկ.1բ):

Ոսկու և արծաթի պարունակությունները հետազոտվող խտանյութում բավարար են՝ տնտեսապես շահավետ վերամշակման արտադրություն կազմակերպելու համար: Մակայն, ինչպես հայտնի է [1], եթե ոսկին պարփակված է պիրիտի հատիկներում, այն զրկված է տարրալուծման գործընթացում ցիանիդ-իոնների հետ փոխազդեցության մեջ մտնելու հնարավորությունից: Հետևաբար այս տեսակի միներալ պարունակող խտանյութը պետք է կա՛մ ուղղակիորեն ենթարկվի հալման (եթե ոսկու պարունակությունը բավականին բարձր է), կա՛մ բովվի՝ որպեսզի միներալում գոյանան բազմաթիվ ծակոտիներ ու կանալներ, ցիանիդ-իոնների (CN⁻) թափանցման համար:

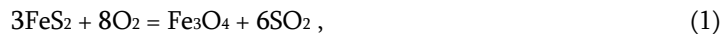


ա (x 400)

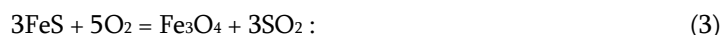
բ (x 250)

Նկ. 1. Բնածին ոսկու (ա) և բնածին արծաթի (բ) տեղաբաշխումը պիրիտային հատիկներում

Թվարկված երկու ուղղություններից առաջինի դեպքում, ինչպես ցույց է տվել արտադրական փորձը (մասնավորապես Ալավերդու պղնձածուլարանում), պիրիտի բարձր պարունակությամբ պղնձային խտանյութի «հեղուկ վաննայում» հալման ժամանակ, չնայած բովախառնուրդի հմտորեն նախապատրաստմանը, նրանում առկա պիրիտը զգալի խնդիրներ է առաջ բերում արտադրական գործընթացում, այդ թվում՝ կապված հեղուկ վաննայի մուտքի շեմին դժվարահալ եռակալված խարամագանգվածների գոյացման հետ, որոնք պարբերաբար պետք է հեռացվեն՝ վառարանի անխափան աշխատանքն ապահովելու համար: Ընդ որում, տեսական և փորձարարական վերլուծության տվյալներով նշված պինդ զանգվածների կուտակումը հալման վաննայի նախաշեմին պայմանավորված է պիրիտի (FeS₂) օքսիդացման հետևանքով երկաթի դժվարահալ օքսիդների գոյացման հետ, ըստ հետևյալ ռեակցիաների [2]՝



Բացի դրանից, եթե պիրիտը վառարանի մուտքի մոտ քայքայվի նույնիսկ պիրոթիտի (FeS) գոյացմամբ, ապա վերջինս օդի թթվածնով օքսիդանալով նույնպես կփոխակերպվի դժվարահալ մագնեթիտի [1]՝



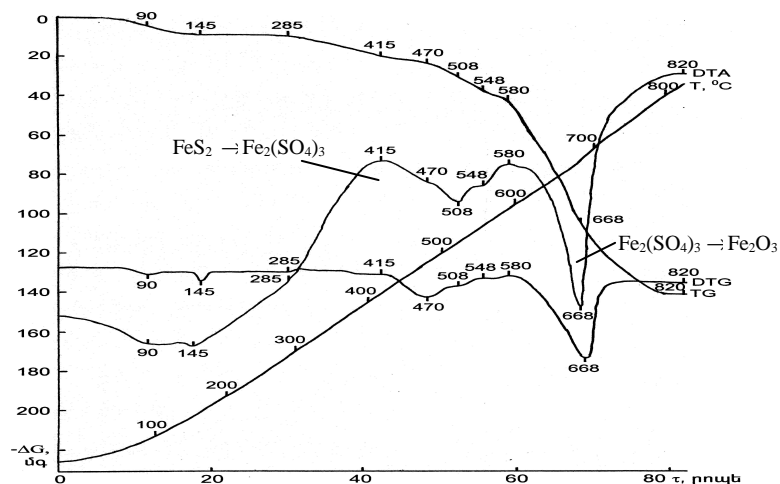
Եվ քանի որ բովախառնուրդի միջոցով վառարան տրվող ֆլյուսը (SiO₂) անկարող է մագնեթիտի կամ հեմաթիտի հետ դյուրահալ խարամներ գոյացնել (ինչպես օրինակ, վյուսթիտի հետ՝ FeO.SiO₂ կամ 2FeO.SiO₂), ապա, հավանաբար, հենց ծծմբազրկված մագնեթիտն է եռակալվում ֆլյուսով ու պինդ զանգվածի տեսքով կաչում վաննայի թեք հատակին:

Մակայն խնդիրը միայն մեխանիկական անհարմարությունը չէ: Պիրիտը զգալի քանակությամբ մանրահատիկ ոսկի է պարփակում իր մասնիկներում, և եթե դրանք չեն միահավում բովախառնուրդի մյուս բաղադրիչների հետ հեղուկ վաննայում, ուրեմն պիրիտային ոսկին, ինչպես նաև արծաթը, ուղղակիորեն կարող են կորչել խարամագոյացման ճանապարհով:

Աշխատանքում փորձ է արվել խտանյութի սուլֆատացնող բովման միջոցով պարփակ ոսկու զգալի բարձր պարունակությամբ պիրիտի հատիկների ֆագային

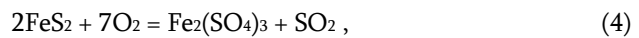
փոխակերպմամբ ձեռք բերել դրանցում տարրալուծման տեսակետից առավել հարմարավետ, ծակոտիներով ու միջանցիկ կանալներով լեցուն սուլֆիդազուրկ կառուցվածք՝ բաղկացած գերազանցապես ջրում լուծելի եռավալենտ երկաթի սուլֆատից և օքսիդային ֆազերից:

Այդ նպատակի համար, նախ ուսումնասիրվել են պիրիտում տեղի ունեցող ֆազային փոխակերպումները ոչ իզոթերմիկ տաքացման պայմաններում, օգտվելով 43,12% FeS₂ (մնացածը՝ CuFeS₂, CuS, ZnS, SiO₂ և այլն) պարունակությամբ խտանյութի ջերմաձանրաչափական և դիֆերենցիալ-թերմիկական վերլուծության բնութագրերից, հանված Q-1500D դերիվատոգրաֆի օգնությամբ (նկ. 2) [3]:



Նկ. 2. Պիրիտի 43,12% պարունակությամբ խտանյութի դերիվատոգրիր. TG – նմուշի զանգվածի փոփոխությունը, DTG – զանգվածի փոփոխության դիֆերենցիալը, DTA – դիֆերենցիալ-թերմիկական վերլուծությունը, T- ջերմաստիճանը, °C

Դերիվատոգրի բնութագրերի համադրումը իզոթերմիկ պայմաններում (250, 400, 500, 650, 700 °C) ստացված բովվածքների ռենտգենաֆազային վերլուծության տվյալներին թույլ է տալիս հաստատելու, որ նմուշի զանգվածի փոփոխությունը 285...508 °C ջերմաստիճանային տիրույթում և համապատասխան ջերմանջատիչ էֆեկտը 415 °C մաքսիմումով պայմանավորված են պիրիտի սուլֆատացմամբ ըստ հետևյալ ռեակցիայի՝



$$\Delta G_T^0 = -2554,5 + 0,97T, \text{ կՋ/մոլ} :$$

Գոյացած եռավալենտ սուլֆատը պահպանում է իր կայունությունը ընդհուպ մինչև 640 °C, որից ի վեր այն ենթարկվում է ջերմային դիսոցման՝

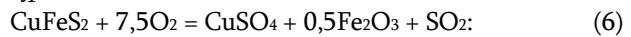


$$\Delta G_T^0 = 568,11 - 0,59T, \text{ կՋ/մոլ} ,$$

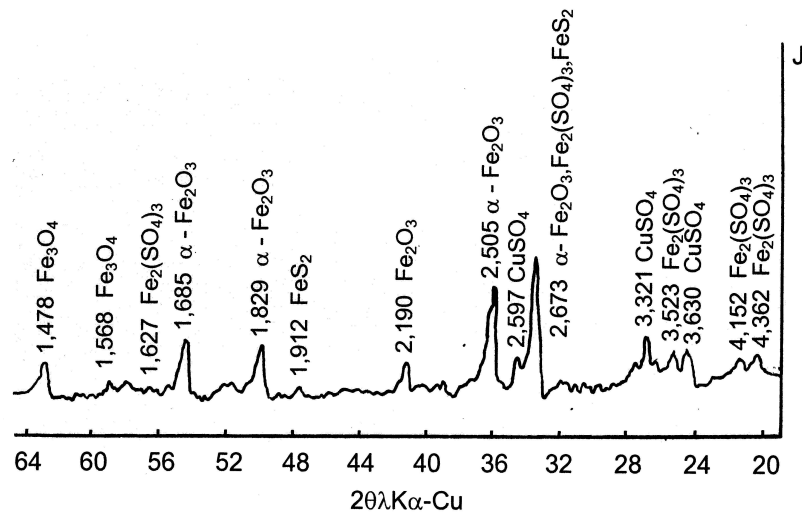
ինչի մասին վկայում է բավականի խորը ջերմակլանիչ էֆեկտի հանդես գալը DTA կորի վրա 640...700 °C տիրույթում և նմուշի զանգվածի համապատասխան փոփոխությունը: DTA կորի զգալի սրությունը 668 °C – ում իր հերթին վկայում է, որ երկաթի եռավալենտ սուլֆատի փոխակերպումը հեմաթիտի է (Fe₂O₃) տեղի է ունենում թոփչքաձև, նեղ ջերմաստիճանային տիրույթում, ինչը հատուկ է դիսոցման ռեակցիաներին:

Վերլուծության արդյունքներից հետևում է, որ պիրիտի սուլֆատացված վիճակի պահպանման համար խտանյութի բովման ջերմաստիճանը չպետք է գերազանցի $640\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ը: Այդ առումով, հետազոտման ենթակա երկրորդային պիրիտային խտանյութի վերահսկիչ բովումն իրականացվել է $480\text{ }^{\circ}\text{C}$ - ում, 3 ժամ տևողությամբ: Ջուգահեռաբար կատարվել է նաև խտանյութի բովում ավանդական ռեժիմով (700 և $900\text{ }^{\circ}\text{C}$)՝ տարրալուծման աստիճանների համեմատման համար:

Նկ. 3 - ում պատկերված դիֆրակտոգրի վրա հստակորեն երևակված են բովվածքի հիմնական բաղադրիչի՝ երկաթի եռավալենտ սուլֆատի ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$) բնորոշ դիֆրակցիոն արտացոլումները $0,4362$ նմ, $0,4152$ նմ, $0,3523$ նմ և $0,2673$ նմ միջհարթությունային հեռավորություններով: Նկատվում է նաև հեմաթիտի (Fe_2O_3), ինչպես նաև պղնձի սուլֆատի առկայությունը բովվածքում: Դրանց միաժամանակյա առկայությունը կարող է հետևանք լինել խտանյութում պարունակող ուղեկից խալկոպիրիտի ուղղակի սուլֆատացման, ըստ հետևյալ ռեակցիայի՝



CuSO_4 - ը առանձնապես անհանգստություն չի պատճառում, քանի որ այն նույնպես ջրում լուծելի սուլֆատ է:



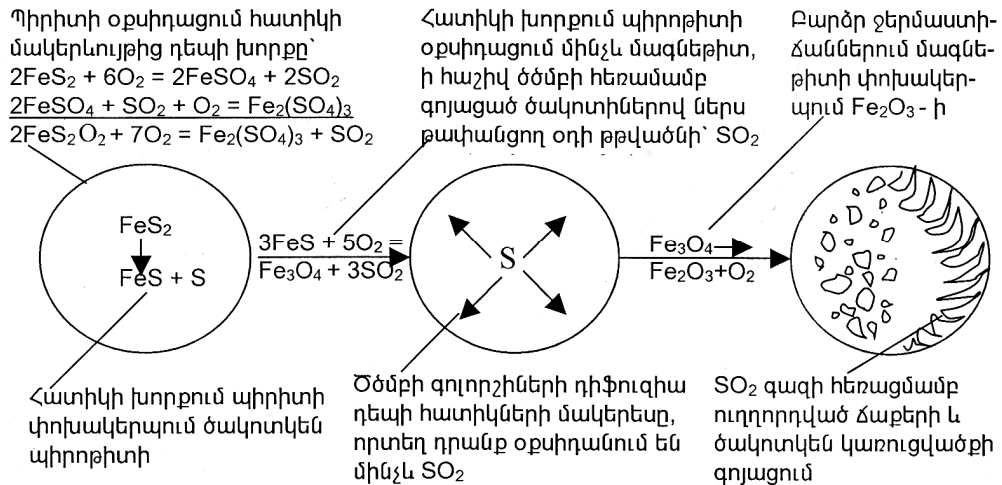
Նկ. 3. Պիրիտային խտանյութի սուլֆատացված բովվածքի ռենտգենագիրը

Սակայն, ինչպես ցույց տրվեց, բովված նմուշի պետրոգրաֆիկական վերլուծությամբ, հեմաթիտը և պղնձի սուլֆատը ոչ թե հոծ կուտակումներ են, այլ բաշխված են $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ - ի զանգվածում, մանրագույն անջատվածքների տեսքով (նկ. 4): Դրանք կարող են հեշտությամբ առանձնանալ եռավալենտ սուլֆատի տարրալուծման ժամանակ: Բացի դրանից, այս նմուշի հատիկներն աչքի են ընկնում մեծ ծակոտկենությամբ և լեփ-լեցուն են տարանցիկ կանալներով, որոնցով դեպի տարրալուծվող ոսկու մասնիկները հեշտությամբ կարող են թափանցել ցիանիդ-իոնները:

Ի տարբերություն սուլֆատացված բովվածքի, օքսիդացված արգասիքների հիմնական բաղադրիչը, սովորաբար, հեմաթիտն է (Fe_2O_3), որը լուծելի չէ նույնիսկ ծծմբական թթվի ջրային լուծույթներում: Այսպիսի բովվածքների հատիկներում

մեծամասամբ առկա են փակ ծակոտիներ (հատկապես 900 °C-ում բովված նմուշներում), որոնք բարձր ջերմաստիճաններում հատիկների մասնակի եռակալման հետևանք են: Այդ է պատճառը, որ օքսիդացված բովվածքներից ոսկու կորզման աստիճանն ավելի ցածր է, քան սուլֆատացվածից (աղյուսակ 2):

Այսպիսով, պիրիտային պարփակ ոսկու առավելագույն կորզման աստիճանի ապահովման համար խտանյութի բովումը պետք է կատարվի սուլֆատացնող ռեժիմում՝ ջերմաստիճանը 480...500 °C, տևողությունը 3 ժամ:



Նկ. 4. Բովման գործընթացում պիրիտի աստիճանական փոխակերպման մեխանիզմը ըստ պետրոգրաֆիկական վերլուծության տվյալների

Աղյուսակ 2

Բովման արգասիքների ցիանիդային տարրալուծման արդյունքները*

Բովման արգասիքը	Ջերմաստիճանը, °C	Պարունակությունը բովվածքում, գ/տ		Կորզումը դեպի լուծույթ, %	
		Au	Ag	Au	Ag
Սուլֆատացված	480	5,8	7,11	80,4	85,6
Օքսիդացված	700	6,1	8,4	65,8	69,2
Օքսիդացված	900	6,6	8,8	59,2	61,3

* Վերլուծությունները կատարվել են «Լեռնամետալուրգիայի ինստիտուտ» ՓԲԸ – ում:

Արտադրական պայմաններում այդպիսի բովում կարող է իրականացվել «եռացող շերտով» վառարաններում, որոնք լայն կիրառում են գտել “Компер Хилл” (ԱՄՆ) և СУМЗ (նախկին ԽՍՀՄ) ընկերություններում: Դրանք օգտագործվում էին նաև Ալավերդու լեռնաքիմիական կոմբինատում [4]: Այդպիսի վառարաններում խտանյութը բեռնվում է

ավտոմատացված ձևով ժապավենային կամ ափսեաձև սնուցիչներով: Խտանյութը 20...25% ջրի պարունակությամբ մատուցվում է բոցամուղով վառարանի կամարից և փոշեցրվում է խտացրած օդով [5]: Սուլֆատացնող բովման տևողությունը այդպիսի վառարանների կիրառման դեպքում հնարավոր է կրճատել մինչև 0,5...1,0 *ժամ*:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Mardsen J. and House I.** The Chemistry of Gold Extraction.- Ellis Horwood Limited, Chichester, England, 1992. - 597 p.
2. **Coleman R.B.** Roasting of refractory gold ores and concentrates // Proc. of Gold Symp. AIME. – 1990. - P. 381-388.
3. **Саргсян Л.Е., Оганесян А.М.** Фазовые превращения в медном концентрате с высоким содержанием пирита при политермическом нагреве // Цветные металлы.- 2006.- №7. - С. 16-18.
4. **Зеликман А.Н., Крейн О.Е., Самсонов Г.В.** Metallurgy редких металлов. – М.: Metallurgy, 1978. - 560 с.
5. **Гудима Н.В., Шейн В.П.** Краткий справочник по металлургии цветных металлов.- М.: Metallurgy, 1975. - 536 с.

ՀՊՃՀ (Պ). Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 11.04.2010:

Л.Е. САРГСЯН, Н.Р. МАНУКЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭФФЕКТИВНОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗАМКНУТЫХ В ПИРИТЕ ЗОЛОТА И СЕРЕБРА

Исследован процесс извлечения золота и серебра из пиритного концентрата, полученного из хвостов халькопиритной флотации медно-колчедановой руды. Показано, что сульфатное превращение пирита при обжиге может стать хорошей предпосылкой для эффективного извлечения золота и серебра, вкрапленных в его зернах.

Ключевые слова: пиритный концентрат, вкрапленное золото и серебро, сульфатизирующий обжиг, огарок, выщелачивание.

L.YE. SARGSYAN, N.R. MANUKYAN

INVESTIGATION OF EFFECTIVELY RECOVERY PROCESS IN PYRITE-LOCKED GOLD AND SILVER

The recovery process of gold and silver out of pyrite concentrate obtained from copper-pyrite ore chalcopyrite-flotation tailings is investigated. It is shown that the sulphate conversion of pyrite at roasting can become a good precondition for effectively recovery of gold and silver locked in its grains.

Keywords: pyrite concentrate, locked gold and silver, sulphatizing roasting, roast calcine, leaching.