

Դ.Գ. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ

**ՊՂՆՁԱՅԻՆ ԽՏԱՆՑՈՒԹԻ ՎԵՐԱՄՇԱԿՄԱՆ ՕՊՏԻՄԱԼ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱԿԱՆ
ՑԻԿԼԻ ԸՆՏՐՈՒՄԸ՝ ԱՐԺԵՔԱՎՈՐ ՄԵՏԱՂՆԵՐԻ ՀԱՄԱԼԻՐ ԿՈՐԶՄԱՆ
ՆՊԱՏԱԿՈՎ**

Ներկայացված են արժեքավոր մետաղների կորզման նպատակով պղնձային խտանյութերի վերամշակման օպտիմալ տեխնոլոգիայի ընտրման պայմանները: Ցույց է տրված, որ ամեն կոնկրետ դեպքում հարկավոր է ելնել վերամշակվող ելանյութի միներալային բաղադրությունից, նրանում կորզվող մետաղների պարունակությունից: Որպես սուլֆիդապղնձային խտանյութերից պղնձի ուղղակի կորզման օպտիմալ տեխնոլոգիա է երաշխավորված հիդրոքլորիդային տարրալուծման մեթոդը, մնացած սորախցուկից երկաթի կորզման համար՝ ջրածնային երկաստիճան վերականգնումը, իսկ վերջնական օքսիդային սորախցուկից ոսկու և արծաթի կորզման համար՝ ցիանիդային տարրալուծման եղանակը:

Առանցքային բառեր. պղնձի սուլֆիդային խտանյութ, միներալային բաղադրություն, տարրալուծում, վերականգնում:

Ներածություն. Հանքանյութերից պղնձի ուղղակի կորզման ժամանակակից հիդրոմետալուրգիական տեխնոլոգիական ցիկլերն ըստ էության ընդգրկում են երեք փուլեր (գործընթացներ), այդ թվում՝ տարրալուծում, լուծիչահանում և էլեկտրակորզում: Տարրալուծման գործընթացը ներառում է պղինձ պարունակող միներալներից H_2SO_4 -ի ջրային լուծույթի միջոցով Cu^{2+} (կամ Cu^+) իոնների կորզումը դեպի լուծույթ՝ արդյունքում ստանալով պղնձով հագեցած տարրալուծման լուծույթ (մայրակ-լուծույթ): Սակայն այս տեխնոլոգիական ցիկլի կիրառումն աննպատակահարմար է պղնձի սուլֆիդային հանքանյութերի վերամշակման դեպքում:

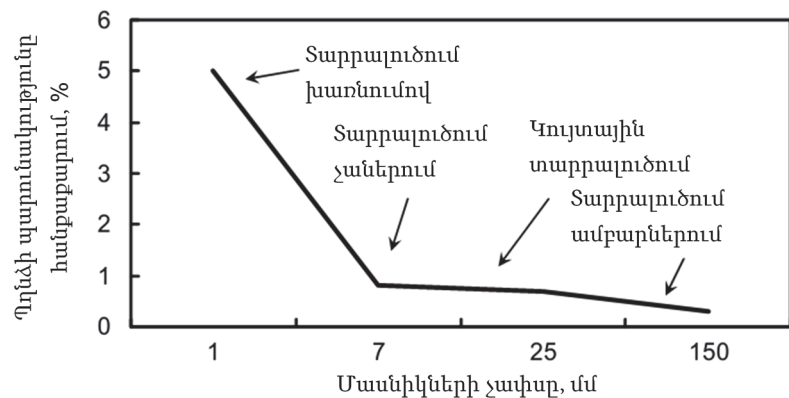
Հետազոտության համար որպես ելանյութ հանդիսացող պղնձի սուլֆիդային խտանյութի (հիմնական միներալը՝ CuFeS_2) ուղղակի հիդրոքլորիդային տարրալուծման լուծույթում պղինձն անցնում է բացարձակապես իր միավալենտ քլորիդի (CuCl) տեսքով, որը, ինչպես հայտնի է, բարենպաստ պայման է՝ նատրիումի հիդրօքսիդով պղնձի մոնօքսիդի (Cu_2O) նստեցման համար:

Աշխատանքի նպատակն է վերլուծել պղնձի, երկաթի, ոսկու և արծաթի կորզման նպատակով տեղական սուլֆիդապղնձային խտանյութերի վերամշակման օպտիմալ տեխնոլոգիական ցիկլը: Վերլուծվում են պղնձի կորզման համար խալկոպիրիտի ուղղակի հիդրոքլորիդային տարրալուծման եղանակը, ելանյութում պարունակվող երկաթի կորզման համար՝ հիդրոքլորիդային տարրալուծման

օքսիդային սորախցուկի երկաստիճան ջրածնային վերականգնման մեթոդը, իսկ նրա էլանյութում առկա ոսկու և արծաթի կորզման համար՝ մնացորդային (երկրորդային) սորախցուկի ցիանիդային տարրալուծման ու ստացված լուծույթի էլեկտրոլիզով ոսկու և արծաթի կորզման ավանդական եղանակը:

Փորձարկման մեթոդները. Մետաղական իոնների կոնցենտրացիաները լուծույթներում չափվել են ատոմա-աբսորբցիոն սպեկտրասկոպիայի մեթոդով (AAS): Հիմնական և օժանդակ բաղադրիչների պարունակությունները պինդ արգասիքներում որոշվել են քիմիական և էմիսիոն-սպեկտրալային վերլուծության եղանակներով: Պինդ նյութերի ֆազային բաղադրություններն ուսումնասիրվել են ռենտգենակառուցվածքային վերլուծության մեթոդով:

Հետազոտության արդյունքների քննարկումը. Ներկայումս գոյություն ունեցող պղնձային հանքանյութերի հիդրոմետալուրգիական վերամշակման չորս հիմնական տեխնոլոգիաների (կույտային տարրալուծում, տարրալուծում ամբարներում, տարրալուծում չաներում, տարրալուծում խառնումով), ինչպես նաև դեռևս սակավ կիրառություն գտած «տարրալուծում հանքային մարմնում» մեթոդի ընտրությունը այս կամ այն տեսակի կոնկրետ հանքանյութից պղնձի կորզման համար կախված է, առաջին հերթին, այդ մետաղի պարունակությունից հանքաքարում, վերջինիս միներալոգիական կազմից և միներալների մասնիկների չափերից [1] (նկ. 1): Հանքավայրի աշխարհագրական դիրքը, կլիմայական, ինչպես նաև տնտեսական պայմանները նույնպես կարող են դեր խաղալ տարրալուծման եղանակի ընտրության հարցում:

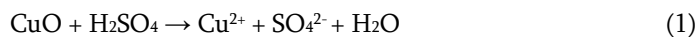


Նկ. 1. Պղնձի տարրալուծման մեթոդի կախումը հանքաքարում նրա պարունակությունից և մասնիկների չափսից

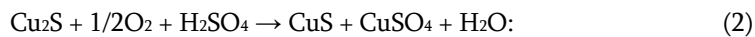
Կույտային տարրալուծումը պղնձի հիդրոմետալուրգիական արտադրության մեծ մասն է կազմում: Ինչպես կույտային, այնպես էլ ամբարային տարրալուծ-

ման ժամանակ տարրալուծող լուծույթն իր ծանրության ուժի ազդեցությամբ ծորում է հանքաքարի զանգվածի միջով [2]: Չաներում տարրալուծման եղանակի դեպքում լուծույթը մղվում է հանքաքարի միջով և այնուհետ դուրս բերվում և վերամշակվում՝ պղնձի կորզման համար:

Կույտային և ամբարային տարրալուծման եղանակների դեպքում ոչ սուլֆիդային պղնձի միներալները H_2SO_4 -ով տարրալուծվում են



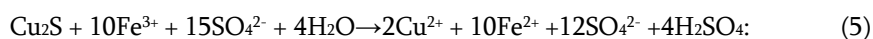
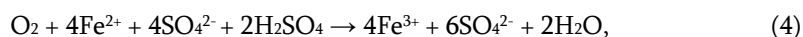
ռեակցիայով: Սակայն սուլֆիդային միներալների տարրալուծումը, H_2SO_4 -ից բացի, պահանջում է նաև օքսիդարարի առկայություն: Օքսիդարար O_2 -ի մասնակցությամբ պղնձի սուլֆիդի տարրալուծման հիմնական ռեակցիան ունի հետևյալ տեսքը՝



Սուլֆիդային հանքանյութերի կույտային տարրալուծման գործընթացը կարող է ակտիվանալ միկրոօրգանիզմների մասնակցությամբ: Մանրէները, որոնք նաև բնականոն ձևով առաջանում են հանքաքարում, տարրալուծման ռեակցիայի ժամանակ գործում են որպես կատալիզատորներ: Մանրէի ազդեցությամբ բարձրանում է ռեակցիայի արագությունը, և այսպիսով հանքաքարի տարրալուծման տևողությունը դառնում է տնտեսապես ձեռնասու:

Մյուս կողմից, ինչպես ցույց է տվել փորձը, սուլֆիդների տարրալուծման ռեակցիայի արագ ընթանալու համար անհրաժեշտ է Fe^{3+} տարրամասնիկների առկայությունը: Այսպես, օրինակ, հանքաքարում երկաթ պարունակող միներալներից պիրիտը (FeS_2), Fe^{3+} տարրամասնիկներից օքսիդանում է ծծմբի օքսիդիչ-մանրէի առկայությամբ (սև օքսիդարար մանրէ՝ որպես կատալիզատոր), արդյունքում ազատելով Fe^{2+} իոններ: Վերջիններս արագորեն վերաօքսիդանում են մինչև Fe^{3+} իոնների, թթվածնի և այդ նույն կատալիզատորի միջոցով:

Երկաթի եռավալենտ իոնների և մանրէների ակտիվ մասնակցությամբ պղնձի սուլֆիդները կարող են ուղղակիորեն տարրալուծվել հետևյալ ռեակցիաներով՝



Ինչպես երևում է, (3) ռեակցիայով գոյացած Fe^{2+} իոններն այնուհետ վերաօքսիդանում են ըստ (4) ռեակցիայի, և գործընթացը դառնում է ցիկլային [3]:

Մանրէային կատալիտիկ գործընթացներն առավել հաճախ վերագրվում են *Acidithiobacillus ferrooxidans*, *Leptospirillum ferriphilum* և

Acidithiobacillus thiooxidans մանրէների դասերին: Միջավայրի ջերմաստիճանը կարևոր գործոն է դրանց գործունեության համար: Օրինակ, 40...45°C ջերմաստիճանային միջակայքում գերիշխում են *Acidithiobacillus caldus* դասի մանրէները, մինչդեռ 60°C-ից բարձր ջերմաստիճաններում՝ *Sulfolobus metallicus* and *Metallosphaera* spp դասի մանրէները [4]:

Մանրէների օպտիմալ ակտիվությանն օժանդակում են հետևյալ պայմանները՝

ա) տարրալուծող լուծույթի pH - ը 1,5 -ից մինչև 6,0 (օպտիմալը՝ pH ≈ 2),

բ) ջերմաստիճանը 5 -ից մինչև 45°C (օպտիմալ սահմանը՝ ≈ 30°C),

գ) համապատասխան քանակի O₂-ի մատակարարում դեպի տարրալուծող սուլֆիդային հանքաքարի ռեակցիոն գոտի, որը հաճախ կատարվում է հատուկ խողովակներով՝ մեղմ օդափչման միջոցով [5]:

Չաներում տարրալուծման մեթոդը հարմար է պղնձի ցածր պարունակությամբ օքսիդային (0,5...1% Cu) և կարբոնատային հանքաքարերի դեպքում, երբ տարրալուծման կինետիկան արագ է, ու դրա համար համեմատաբար ավելի կարճ ժամանակահատված է պահանջվում [6]: Հանքաքարի վերամշակման համապատասխան ժամանակից (սովորաբար՝ 4...20 օր) հետո պղնձով հարստացած լուծույթը ենթարկվում է մետաղի կորզման:

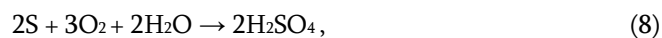
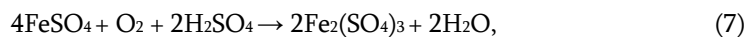
Խառնուժով տարրալուծում էղանակի լայն կիրառումը օքսիդային միներալների տարրալուծման դեպքում պայմանավորված է այն հանգամանքով, որ դրանք (օրինակ՝ կարբոնատները) ունեն բարձր տարրալուծման կինետիկա, ինչպես նաև պղնձի մեծ պարունակությամբ հանքաքարերի դեպքում (0,8...5% Cu): Եղանակը կարող է օգտագործվել նաև այլ տարրալուծման էղանակով ստացված պոչանքների վերամշակման համար: Ներկայումս այն լայնորեն օգտագործվում է African Copperbelt ընկերությունում, որի կողմից վերամշակվող հանքանյութերը մշտապես կոբալտ են պարունակում [7, 8]:

Ծծմբական թթվի օգտագործումը պղնձի սուլֆիդային միներալների տարրալուծման գործընթացում նույնպես պայմանավորված է դրանց բյուրեղավանդակների քայքայման անհրաժեշտությամբ, որպեսզի այն անցնի լուծույթ Cu²⁺ իոնների տեսքով [9]:

Պղնձի բոլոր սուլֆիդների հաջող տարրալուծման համար, ծծմբական թթվից բացի, պահանջվում է նաև Fe³⁺ տարրամասնիկների և մոլեկուլյար O₂ -ի առկայությունը՝ որպես օքսիդարար ագենտներ: Սուլֆիդի կազմում պղինձն օքսիդանում է Fe³⁺ -ով ու անցնում լուծույթ, որի հետևանքով եռավալենտ երկաթը փոխակերպվում է երկվալենտի, այնուհետև ստացված Fe²⁺ կատիոնները վերաօքսիդանում են O₂-ի միջոցով մինչև եռավալենտ վիճակը:

Այս փոխազդեցություններում Fe (II) / Fe (III) օքսիդիչ - վերականգնիչ զույգը գործում է կատալիտիկ ռեժիմով (դա այն դեպքերում է, երբ պրոցեսը տեղի է ունենում բարձր ջերմաստիճաններում, երբ ծծումբ պարունակող արգասիքը սուլֆատ է, այլ ոչ թե շրջակա միջավայրի ազդեցությամբ գոյացող տարրային ծծումբ):

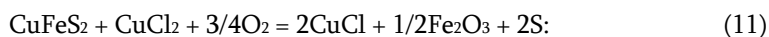
Խալկոպիրիտի տարրալուծումը տեղի է ունենում օքսիդարար պայմաններում և բարձր ջերմաստիճաններում՝ ըստ հետևյալ ռեակցիաների.



Աշխատանքի շրջանակներում փորձարկված հիդրոքլորիդային տարրալուծման մեթոդն առավել կատարյալ է (նկ. 2), քանի որ բոլոր գործողություններն իրականացվում են փակ ցիկլով: Հիմնական ազդանյութը՝ պղնձի երկքլորիդը (ցիկլի մեկնարկին NaCl – ի ջրային լուծույթում ներմուծվող CuCl₂ աղը), ռեգեներացվում է պրոցեսի ընթացքում՝ ըստ հետևյալ ռեակցիայի.



Վերամշակվող խալկոպիրիտային խտանյութը (հիմնական բաղադրությունը՝ CuFeS₂) բեռնվում է նատրիումի քլորիդի հազեցած ջրային լուծույթում, որտեղ խալկոպիրիտը (CuFeS₂) քայքայվում է պղնձի (II) քլորիդի (CuCl₂) և օդամղման թթվածնի հետ փոխազդեցության շնորհիվ՝ արդյունքում գոյացնում է պղնձի (I) քլորիդ (CuCl)՝ լուծույթում և երկաթի օքսիդ (Fe₂O₃)՝ պինդ մնացորդում, ինչպես նաև տարրային ծծումբ (լուծույթի մակերեսին)՝



Այս ռեակցիայի համար անհրաժեշտ պղնձի (II) քլորիդը պատրաստում են առանձին չանում՝ տարրալուծման փուլում ստացված և խառնուկներից մաքրված պղնձի (I) քլորիդի լուծույթի 1/2 մասի վերամշակմամբ արդյունաբերական քլոր գազով (ջերմաստիճանը 85°C): Լուծույթում մղվում է նաև օդ:

Տարրալուծման փուլից ստացված և խառնուկներից մաքրված պղնձի (I) քլորիդի լուծույթի մյուս կեսը առանձին չանում վերամշակում են արդյունաբերական նատրիումի հիդրօքսիդով, այդպիսով ստանում պղնձի միավալենտ օքսիդ նստվածքում: Օքսիդի նստեցումը տեղի է ունենում ըստ



Diagram illustrating the chemical process for the extraction of copper from malachite ore:

Raw Material: խտանյութ (Malachite)

Reaction 1: $\text{CuFeS}_2 + \text{CuCl}_2 + 3/4\text{O}_2 = 2\text{CuCl} + 1/2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{S}$

Intermediate Products:

- Լուծույթ (Solution)
- Լուծույթի պարզեցում (խառնուրդների մասեցում) (Simplification of the solution (fractionation))
- Սորախցուկ (անլուծելի մնացորդ) (Sludge (undissolved residue))
- Մաքայացուկ ($\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{Au}, \text{Ag}$) (Sludge ($\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{Au}, \text{Ag}$))
- Լվացում Զորացում (Washing and enrichment)
- Նախնական վերականգնում (Preliminary reduction)

Reaction 2: $\text{CuCl} + 1/2\text{Cl}_2 = \text{CuCl}_2$

Reaction 3: $2\text{CuCl} + \text{NaOH} = \text{Cu}_2\text{O} + \text{NaCl}$

Reaction 4: $\text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2 = 2\text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 5: $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{H}_2 = 2\text{Fe} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 6: $\text{Au} + \text{H}_2 = 2\text{Au} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 7: $\text{Ag} + \text{H}_2 = 2\text{Ag} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 8: $\text{CuCl}_2 + \text{NaOH} = \text{Cu(OH)}_2 + \text{NaCl}$

Reaction 9: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 10: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 11: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 12: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 13: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 14: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 15: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 16: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 17: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 18: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 19: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 20: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 21: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 22: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 23: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 24: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 25: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 26: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 27: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 28: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 29: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 30: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 31: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 32: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 33: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 34: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 35: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 36: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 37: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 38: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 39: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 40: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 41: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 42: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 43: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 44: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 45: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 46: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 47: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 48: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 49: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 50: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 51: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 52: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 53: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 54: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 55: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 56: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 57: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 58: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 59: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 60: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 61: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 62: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 63: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 64: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 65: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 66: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 67: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 68: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 69: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 70: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 71: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 72: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 73: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 74: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Reaction 75: $\text{Cu(OH)}_2 + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{$

Պղնձօքսիդային փոշեան նստվածքը, լվացումից ու չորացումից հետո, վերականգնում են արդյունաբերական ջրածնով, ստանում մետաղական պղինձ ($\text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2 = 2\text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$): Ինդուլցիոն վառարանում դրա հալումով և ձուլումով ստանում են ստանդարտ մաքրությամբ պղինձ (օրինակ, M1 մակնիշի):

446

- տաքրալուծման ջերմաստիճանը՝ 85°C,
- NaCl -ի հազեցած ջրային լուծույթը (30% NaCl),
- տևողությունը 12 ժամ՝ անընդհատ խառնման և ինտենսիվ օդամղման պայմաններում:

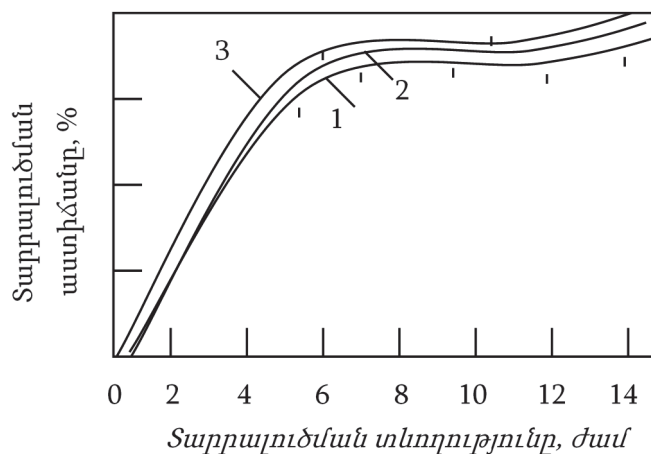
Այս պայմաններում արտադրական խալկոպիրիտային խտանյութի փորձարկման արդյունքները (աղ., նկ. 3) ցույց են տալիս, որ ելանյութից դեպի լուծույթ է անցնում պղնձի միջին հաշվով 99% - ը, իսկ դա շատ ընդունելի ցուցանիշ է:

Պղնձի խտանյութի տաքրալվացման հետևանքով առաջացած անլուծելի մնացորդը՝ սորախցուկը, որը բաղկացած է Fe_2O_3 , Au, Ag – ի քիմիական միացություններից, ենթարկվում է լվացման, չորացման և նախնական վերականգնման: Առաջացած մագնետիտային սորախցուկը (Fe_3O_4 , Au, Ag) ենթարկվում է բազմաստիճան մագնետիտային զատման, որի հետևանքով առաջացած օքսիդային սորախցուկը (Au, Ag) ենթարկվում է ցիանիդային տաքրալուծման, էլեկտրալորզման, և ստացվում է Դորեի համաձուլվածքը (Au, Ag), իսկ մագնետիտային խտանյութի վերականգնման գործընթացից հետո ստացվում է երկաթափոշին:

Աղյուսակ

Արդյունաբերական խալկոպիրիտային խտանյութերի փորձարկման արդյունքները

Նմուշի համարը	Cu, %	Պայմանները	Պղնձի կորզման աստիճանը
Խտանյութ -1	28,2	85 °C, 10 ժամ	98,8%
Խտանյութ -2	26,5	85 °C, 12 ժամ	99,1%
Խտանյութ -3	28,0	85 °C, 14 ժամ	99,2%



Նկ. 3. Խալկոպիրիտային խտանյութի տաքրալուծման կորերը. 1 - 28,2% Cu, 2 - 26,5 %Cu, 3 - 28 %Cu

Փորձի տվյալներից երևում է նաև, որ պղնձի պարունակությունը փորձարկվող խտանյութում գրեթե չի ազդում նրա կորզման աստիճանի վրա, ինչը վկայում է հիդրոմետալուրգիական եղանակի համապիտանիության մասին:

Հեղուկ միջավայրում փոխազդեցությունները լուծիչի (CuCl_2) և լուծվող միներալի (CuFeS_2) միջև մակերևութային բնույթի են՝ պայմանավորված պինդ մասնիկների մանրության աստիճանով և զանգվածափոխադրության արագությամբ, որի գլխավոր պայմանը լուծիչի ջերմաստիճանն է: Տվյալ դեպքում 85°C – ը բավարար պայման է՝ ապացուցված ապրիորի փորձարարական միջոցներով: Դրանից ավելի բարձր ջերմաստիճանը կարող է էլ ավելի արագացնել տարրալուծման պրոցեսը, սակայն այդ դեպքում լուծույթի ինտենսիվ գոլորշիացումը կարող է պատճառ հանդիսանալ շրջակա միջավայրի լրացուցիչ աղտոտմանը: Ուստի այն ընդունված է որպես օպտիմալ բավարար ջերմաստիճան:

Եզրակացություն. Խալկոպիրիտային խտանյութի ուղղակի արդյունավետորեն տարրալուծման համար երաշխավորվում է հիդրոքլորիդային տարրալուծման մեթոդը: Հիդրոքլորիդային տարրալուծման մեթոդով հնարավոր է պղնձի կորզման աստիճանը հասցնել ավելի քան 99 % – ի:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Scheffel R.E.** Copper heap leach design and practice // Mineral processing plant design, practice, and control / A.L. Mular, D.N. Halbe, D.J. Barratt. - Littleton, CO: SME, 2002. - Vol. 2.- P. 1571-1605.
2. **Murr L.E.** Theory and practice of copper sulfide leaching in dumps and in-situ // Minerals Science and Engineering.- 1980.- № 12.- P. 121-189.
3. **Brierley C.L., Brierley J.A., Jergensen G.V.** Bioheap processes - operational requirements and techniques // Copper leaching, solvent extraction and electrowinning technology. - Littleton, CO: SME, 1999. - P. 17-27.
4. **Watling H.R.** The bioleaching of sulfide minerals with emphasis on copper sulfides - a review // Hydrometallurgy. - 2006 - № 84. - P. 81-108.
5. **Salomon-de-Friedberg H.** Design aspects of aeration in heap leaching // Randol copper hydromet.- Roundtable. Golden, CO: Randol International, 1998.- P.243-247.
6. **Zarate G., Saldivar E., Rojas C., Nunez J.** Vat leach cycle optimisation at Anglo American Chile Mantos Blancos division // Cytec Solutions.- 2004.- № 10.- P. 4-5.
7. **Reolon M., Gazis T., Amos S.** Optimizing acid utilisation and metal recovery in African Cu/Co flowsheets // Hydrometallurgy Conference, Johannesburg, South Africa: Southern African Institute of Mining and Metallurgy.- Reolon, 2009.- P. 1-20.
8. Copper oxide agitated leaching on the African Copperbelt and possible heap leach application / **L. Roux, M. van Rooyen, E. Minnaar, et al** // Copper 2010.- Vol. 5: Hydrometallurgy Clausthal-Zellerfeld.- Germany: GDMB, 2010. - P. 1999 - 2016.

9. Sherrit R., Pavlides A.G., Weekes B.L. Design and commissioning of the Sepon copper pressure oxidation circuit // 1st extractive metallurgy operators' conference.- Victoria: Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 2005.- P. 21-27.

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 27.06.2019:

Д.Г. ВАРДАНИЯН

**ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА
ПЕРЕРАБОТКИ МЕДНОГО КОНЦЕНТРАТА ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО
ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЦЕННЫХ МЕТАЛЛОВ**

Представлены условия оптимальной технологии переработки медных концентратов с целью извлечения ценных металлов. Показано, что в каждом конкретном случае необходимо исходить из минерального компонента обрабатываемого исходного материала, содержания в нем извлекаемых металлов. В качестве оптимальной технологии прямого извлечения меди из сульфидообразующих концентратов выступают гарантированный метод разложения гидрохлорида для восстановления железа из остаточной растворимости, метод двухстадийного восстановления и метод разложения цианидов для извлечения золота и серебра из конечного оксидного раствора.

Ключевые слова: сульфидный концентрат меди, минеральный состав, выщелачивание, восстановление.

D.G. VARDANYAN

**SELECTING THE OPTIMAL TECHNOLOGICAL CYCLE OF COPPER
CONCENTRATE PROCESSING FOR THE COMPLEX EXTRACTION OF
VALUABLE METALS**

The conditions of the optimal technology for processing copper concentrates with the aim of extracting precious metals are presented. It has been shown that in each specific case it is necessary to take into account the content of the extracted metal from the mineral component of the source material being processed. The optimal technology for the direct extraction of copper from sulphide-forming concentrates is a guaranteed method for decomposing hydrochloride to reduce iron from residual solubility, a two-stage reduction of hydrogen, and a method of decomposing cyanide to recover gold and silver from the final oxide solution.

Keywords: copper sulphide concentrate, mineral composition, hydrochloride leaching, recovery.