

ՆՅՈՒԹԱԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆ ԵՎ ՄԵՏԱԼՈՒՐԳԻԱ

**ՍԱՔՈՒՐ ՊՂՆՁԱՓՈՇՈՒ ՍՏԱՑՈՒՄԸ ԿՈՆՎԵՐՏԵՐԱՅԻՆ
ՊՂՆՁԻ ՈՒՂԱԿԻ ԷԼԵԿՏՐՈՎԱՖԻՆԱՑՄԱՍԲ**

L. Սարգսյան, Ս. Իսրայելյան

Կոնվերտերային (կիսամաքուր) պղնձի ուղղակի էլեկտրառաֆինացմանը նվիրված սակավաթիվ աշխատանքներում [1-4], չնայած չի բացառվում միափուլանի գտումով (առանց նախնական հրային ռաֆինացման) մաքուր կաթոդային մետաղի ստացման հնարավորությունը, սակայն պրոցեսի գործնական կիրառության սահմանափակվածությունը հեղինակների կողմից հիմնականում կապվում է համեմատաբար ցածր տեխնիկա-տնտեսական ցուցանիշների հետ:

Նշված խնդիրները, այնուամենայնիվ, կարող են լուծում ստանալ, եթե խիտ կաթոդների փոխարեն էլեկտրոլիզի արգասիքը ձևավորվի փխրուն կաթոդային մատվածքի տեսքով, որը ծառայում է որպես էլանյութ լայն պահանջարկ վայելող պղնձափոշու ստացման համար:

Այս նպատակով, հետազոտվել է «Էյ-Սի-Փի» ընկերության Ալավերդու պղնձածուլական գործարանի կողմից բողարկվող կոնվերտերային պղնձի էլեկտրոլիտիկ ռաֆինացման գործընթացը, հոսանքի բարձր խտության պայմաններում:

Ռաֆինացվող անոդները 80×45×8 մմ չափերով պատրաստվել են առաքման ենթակա արտադրանքին համապատասխանող բաղադրության կիսամաքուր պղնձից (աղյուսակ): Չուլված նախապատրաստվածքներում առկա զազային խռոչների փակման համար անողային սալերը ենթարկվել են հարթ մամլման՝ հիդրալիկ մամլիչի օգնությամբ: Բոլոր փորձերում որպես կաթոդային հիմք է ծառայել չժանգոտվող պողպատյա թերթը, նույն չափերով, ինչ անոդը:

Աղյուսակ

Կոնվերտերային պղնձում խառնուրդների պարունակությունը, * % (ոչ ավել)

Si	Al	Mg	Fe	Ni	Pb	O ₂
0,0075	0,0032	0,0075	0,0075	0,01	0,024	0,6
Ca	Ti	Sn	Ag	Mo	Cr	S
0,01	0,0013	-	0,1	0,003	0,001	0,27

*Էմիսիոն-սպեկտրիալ վերլուծությունը կատարվել է ԳԳ ԳԱԱ ԵԳԻ լաբորատորիայում: Թթվածնի պարունակությունը որոշվել է մետաղազրաֆիկ եղանակով:

Էլեկտրոլիզի փորձերն իրականացվել են հարթ-գուգահեռ էլեկտրոդներով, 10-35 մմ միջէլեկտրոդային հեռավորություններով: Որպես էլեկտրոլիտ օգտագործվել են պղնձի սուլֆատի թթվային լուծույթներ՝ 40 գ/լ Cu և 120-180 գ/լ H₂SO₄ բաղադրությամբ:

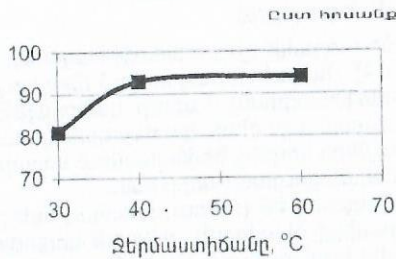
Պրոցեսի հիմնական պարամետրը՝ պղնձի ելքը ըստ հոսանքի ուսումնասիրվել է էլեկտրոլիտի 30-60 °C ջերմաստիճանային տիրույթում, 1500-3000 Ա/մ² հոսանքի խտության պայմաններում:

Նկ. 1-ում բերված գրաֆիկից երևում է, որ 30 °C-ում պղնձի ելքը ըստ հոսանքի ամենացածրն է՝ 78 %: Ջերմաստիճանի բարձրացումը բերում է ըստ հոսանքի ելքի մեծացման, այն հասցնելով մինչև 94 %՝ 60 °C-ի դեպքում: Դա բացատրվում է նրանով, որ ջերմաստիճանի բարձրացմանը զուգընթաց Cu²⁺ իոնների շարժունակության մեծացման հետ մեկտեղ, ավելանում է մաև կաթոդի վրա նրանց վերականգնման արագությունը: Դրա հետևանքով մերձկաթոդային տարածությունը աղքատանում է պղնձի կատիոններով, իսկ, այնուհետև, դրանց կոնցենտրացիան արագորեն վերականգնվում է ինտենսիվ խառնման շնորհիվ:

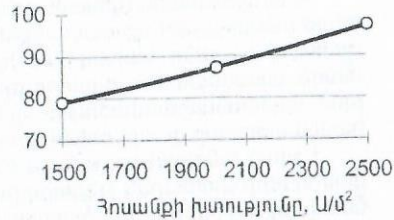
Նկ. 2-ից երևում է, որ հոսանքի խտության բարձրացմանը զուգընթաց, ըստ հոսանքի, պղնձի ելքը աճում է գծային օրենքով:

Միջլեկտրոդային հեռավորությունից կախված, ըստ հոսանքի, մետաղի ելքը փոքրանում է (Նկ. 3):

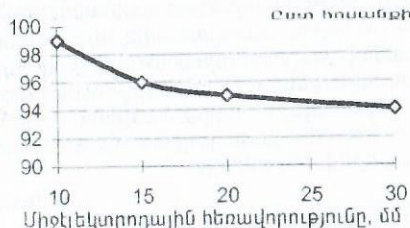
Ծծմբական թթվի կոնցենտրացիան բավականին լայն տիրույթում ազդեցություն չունի ըստ հոսանքի մետաղի ելքի վրա (Նկ. 4):



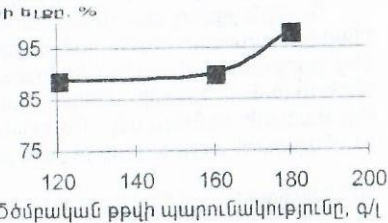
Նկ. 1. Ելքի կախումը հոսանքի զտման արագությունից ըստ հոսանքի պղնձի ելքի վրա (3000 Ա/մ², a=42 մմ, 150 գ/լ H₂SO₄.)



Նկ. 2. Հոսանքի խտության ազդեցությունը ըստ հոսանքի պղնձի ելքի վրա (50 °C, a=42 մմ, 160 գ/լ H₂SO₄.)



Նկ. 3. Միջլեկտրոդային հեռավորության ազդեցությունը ըստ հոսանքի, պղնձի ելքի վրա (50 °C, 2000 Ա/մ², 160 գ/լ H₂SO₄.)



Նկ. 4. Ծծմբական թթվի կոնցենտրացիայի ազդեցությունը ըստ հոսանքի, պղնձի ելքի վրա (50 °C, a=15 մմ, 2000 Ա/մ²)

Գիտափորձի արդյունքների հիման վրա, որպես կոմպլեքսային պղնձի, ուղղակի ռաֆինացման օպտիմալ ռեժիմ է ընտրված՝

- էլեկտրոլիզի ջերմաստիճանը՝ 50-55 °C,
- H₂SO₄-ի կոնցենտրացիան էլեկտրոլիտում՝ 180 գ/լ,
- հոսանքի խտությունը՝ 2000-2200 Ա/մ²,
- միջլեկտրոդային հեռավորությունը՝ 15 մմ:

Օպտիմալ պայմաններում (T=50°C, C_{H2SO4}=180 գ/լ, i=2000 Ա/մ², h=15 մմ) ստացված պղնձափոշին իր քիմիական կազմով չի զիջում MOOK, MO1 մակնիշների պղնձին՝ ԳՕՍՏ 8859-74-ով:

Գրականություն

1. Орлов А.К. Конвертирование медных штейнов. Огневое и электролитическое рафинирование меди. Гидрометаллургия меди. - Л.: Изд.-во ЛГИ, 1978. - 109 с.
2. Смирнов В.Ф. и др. Металлургия меди, никеля и кобальта. Ч.1. - М.: Металлургия, 1964. - 462 с.
3. Узкин Н.И. Металлургия цветных металлов. - М.: Металлургия, 1985. - 440 с.
4. Исаков В.Т. Электролиз меди. - М.: Металлургия, 1970. - 224 с.

ՄՈԼԻԲԴԵՆԻՏԱՅԻՆ ԽՏԱՆՅՈՒԹԻ ԹՐԾՄԱՆ ԳՈՐԾՆԹԱՅԻ ԴԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ ԵՎ ՄՈԼԻԲԴԵՆԻ ՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՄԱՔՐՈՒԹՅԱՆ ԵՌՈՔՄԻՂԻ ԱՍԱՑՈՒՄԸ

Ա. Դովհաննիսյան, Ա. Դովսեփյան, Ա. Խաչատրյան

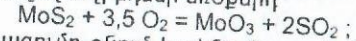
Մոլիբդենիտային խտանյութի թրծման գործընթացի հետազոտման համար որպես ելանյութ ծառայել է Քաջարանի պղնձամոլիբդենային կոմբինատի հարստացուցիչ ֆարրիկայում ստացված մոլիբդենիտային խտանյութը, որի միջին քիմիական կազմը բերված է աղյուսակում:

Բաղադրիչներ	Mo	Cu	Fe	S	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Re	Այլ խտանյութեր
Պարունակություն, %	51.8	0.44	1.80	35.67	6.90	0.82	0.75	0.025	1.82

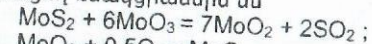
Մոլիբդենիտային խտանյութի վերամշակման համար արդյունաբերական լայն կիրառություն ունի օքսիդացուցիչ թրծումը, որի արդյունքում ստացվում է կիսաարուք: Այն պարունակում է մոլիբդենի եռօքսիդ և այլ խտանյութերի միացություններ, որը հումք է հանդիսանում ֆերոմոլիբդենի արտադրության, ինչպես նաև այլ քիմիական միացությունների ստացման համար: Մոլիբդենիտային խտանյութի թրծման ժամանակ տեղի են ունենում հետևյալ ռեակցիաները՝

- մոլիբդենիտի օքսիդացում եռօքսիդի առաջացմամբ;
- մոլիբդենի եռօքսիդի և մոլիբդենիտի փոխազդեցություն երկօքսիդի ստացմամբ;
- ուղեկցող սուլֆիդային միներալների օքսիդացում օքսիդների և սուլֆատների առաջացմամբ;
- մոլիբդենի եռօքսիդի և խտանյութերի օքսիդային միացությունների փոխազդեցությամբ մոլիբդատների առաջացում:

500 °C -ից բարձր ջերմաստիճանում մոլիբդենիտը ինտենսիվ փոխազդում է թթվածնի հետ առաջացնելով մոլիբդենի եռօքսիդ՝



Մոլիբդենիտի օքսիդացումը գնում է պինդ ֆազում, նույնիսկ, թթվածնի փոքր կոնցենտրացիայի պայմաններում: Օքսիդացման գործընթացում մոլիբդենիտի հատիկը պատվում է գոյացած մոլիբդենի եռօքսիդի թաղանթով, հետևաբար ռեակցիայի արագությունը որոշվում է օքսիդային թաղանթի կառուցվածքով, որի միջով թթվածինը և ծծմբային գազը պետք է դիֆուզվեն հակառակ ուղղություններով: 400-600 °C ջերմաստիճանում մոլիբդենիտը փոխազդում է թթվածնի հետ առաջացնելով մոլիբդենի երկօքսիդ, որը արագ փոխարկվում է եռօքսիդի: 550-600 °C ջերմաստիճանում մոլիբդենի երկօքսիդի առաջացումը կապված է մոլիբդենիտի փոխազդեցությամբ մոլիբդենի եռօքսիդի հետ [1,2]: 550-600 °C ջերմաստիճանում ընթացող ռեակցիաներն են՝



400 և 500 °C ջերմաստիճանում օքսիդացման արդյունքում ստացվում է միայն մոլիբդենի եռօքսիդ, որը պայմանավորված է ռեակցիայի արագացման պինդ թաղանթի կառուցվածքից, այսինքն MoS₂-ի օքսիդացման կինետիկայից և արագությունից: 550-600 °C ջերմաստիճանում մոլիբդենի եռօքսիդի թաղանթը ծակոտկեն է և դիֆուզիայի գործընթացին էական դիմադրություն չույց չի տալիս: Օքսիդացումն ընթանում է հաստատուն արագությամբ: Գործընթացն ընթանում է

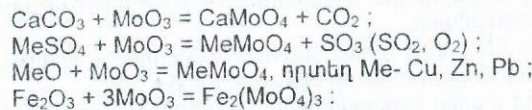
կինետիկ շրջանով: 500 °C -ից ցածր ջերմաստիճաններում օքսիդային թաղանթն ավելի խիտ է, որի պատճառով գործընթացն ընթանում է դիֆուզիոն ռեժիմով: 400 °C ջերմաստիճանում օքսիդային թաղանթը խիտ է և մեխանիկորեն անջատում է միներալի մակերևույթը զագային ֆագայից և տեղի է ունենում մաքուր դիֆուզիոն ռեժիմ:

Մոլիբդենի դիսուլֆիդի և մոլիբդենի եռօքսիդի փոխազդեցությունը 400 °C ջերմաստիճանից բարձր ջերմաստիճաններում թթվածնի ոչ բավարար քանակության պայմաններում կատարվում է նկատելի արագությամբ, իսկ 550 °C ջերմաստիճանից բարձր՝ արագ [3]:

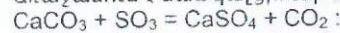
$MoS_2 + 6MoO_3$ խառնուրդի տաքացման ժամանակ արգոնի միջավայրում, 60 րոպեի ընթացքում ռեակցիայի մեջ է մտնում 45% խառնուրդ, իսկ 700 °C-ում՝ 90%: Քանի որ MoO_2 -ը քիչ է լուծվում ամիակաջրում կամ սոդայի լուծույթում, այդ իսկ պատճառով թրծման ռեժիմը պետք է տարվի այնպես, որ բացառվի կիսայրուքում MoO_2 -ի առկայությունը:

Մոլիբդենիտային խտանյութերի օքսիդացուցիչ թրծման ժամանակ խտանյութում գտնվող պղնձի, ցինկի, երկաթի և կապարի միներալների սուլֆիդները առաջացնում են օքսիդներ և մասամբ՝ սուլֆատներ: Սուլֆատների առաջացման ռեակցիաների կատալիզատորներ են հանդիսանում $SO_2 + 0,5O_2 \leftrightarrow SO_3$, պղնձի և երկաթի օքսիդները՝ հատկապես մոլիբդենի եռօքսիդը: Սուլֆատների առաջացմանը նպաստում է թրծման ցածր ջերմաստիճանը՝ 550 - 580 °C: Նշենք, որ երկաթի սուլֆատը բավական քանակությամբ դիսոցվում է 450 - 500 °C -ից բարձր, պղնձի սուլֆատը 600 - 650 °C-ից բարձր, իսկ ցինկի սուլֆատը 700 °C-ից բարձր ջերմաստիճաններում:

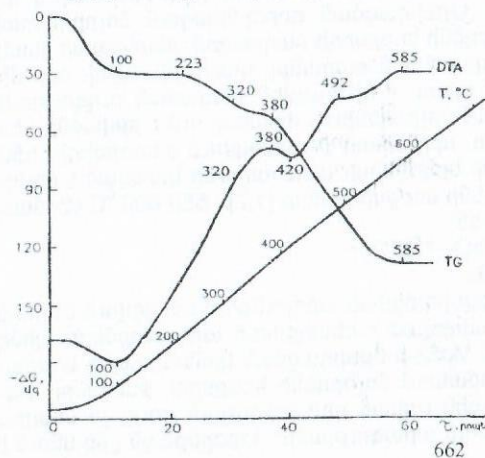
500 - 600 °C ջերմաստիճաններում մոլիբդենի եռօքսիդը փոխազդում է օքսիդների, կարբոնատների և սուլֆատների հետ առաջացնելով մոլիբդատներ՝



Առաջանում է նաև կալցիումի սուլֆատ հետևյալ ռեակցիայով՝

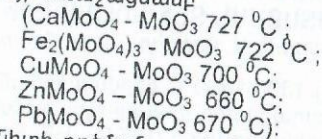


Մոլիբդատների առկայությունը նպաստում է կիսայրուքի հալմանը մոլիբդենի եռօքսիդի հալման ջերմաստիճանից ցածր ջերմաստիճանում, որը բացատրվում է մոլիբդատմոլիբ-

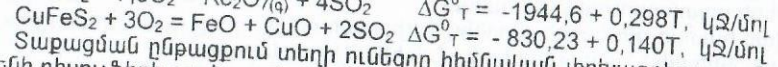
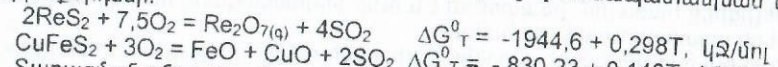


Նկ. Մոլիբդենիտային խտանյութի թրծման գործընթացի դերիվատոգրամները՝ TG-մոլիբդատի փոփոխությունն է կախված ժամանակից և ջերմաստիճանից, DTA- դիֆերենցիալ-թերմիկ վերլուծության կորն է, T, °C- գիծը ջերմաստիճանի ժամանակային ֆունկցիան է:

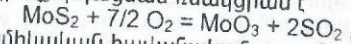
դենի եռօքսիդ էվտեկտիկայի առաջացմամբ



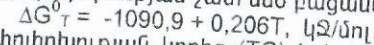
Կատարվել է մոլիբդենիտի թրծման գործընթացի դերիվատոգրաֆիական հետազոտություն, որը բերված է նկարում: Թրծման գործընթացում, բնականաբար, օքսիդանում են մոլիբդենին ուղեկից ռենիումը և խառնուրդ սուլֆիդները, առաջացնելով համապատասխան մետաղների օքսիդներ.



Տաքացման ընթացքում տեղի ունեցող հիմնական փոխազդեցությունը մոլիբդենի դիսուլֆիդի օքսիդացման ռեակցիան է՝



որի թերմոդինամիկական հավանականությունը պայմանավորված է ռեակցիայի ազատ էներգիայի փոփոխության շատ մեծ բացասական արժեքով՝



Ձանգվածի փոփոխության կորից (TG) երևում է, որ խտանյութը մինչև 120-122 °C տաքացնելիս գոլորշիացնում է լիովին հեռանում է նրանում պարունակող խոնավությունը: Ձանգվածի հետագա փոփոխությունը՝ 223-320 °C ջերմաստիճանային տիրույթում, հավանականորեն տեղի է ունենում մագնոդային ֆլոտացիոն ռեագենտների գոլորշիացման հետևանքով:

Դիֆերենցիալ-թերմիկ վերլուծության կորի (DTA) վրա այդ գործընթացը ցայտուն արտահայտված է համապատասխան էնդոթերմիկ էֆեկտով:

Մոլիբդենի դիսուլֆիդի և թթվածնի փոխազդման ռեակցիայի զարգացումն սկսվում է 380 °C-ից, այնուհետև 420 °C-ից ինտենսիվորեն ընթանալով ավարտվում է 585 °C-ում: Դա ակնհայտ է DTA կորի վրա ցայտուն արտահայտված էկզոթերմիկ էֆեկտով:

Սակայն խտանյութում նրանց փոքր պարունակության պատճառով զանգվածի փոփոխություն և դիֆերենցիալ-թերմիկ վերլուծության կորերի վրա առանձին էֆեկտներ չեն նկատվում:

DTA կորի սլյալներից երևում է նաև, որ խտանյութի թրծման գործընթացն ուղեկցվում է ցայտուն արտահայտված էկզոթերմիկ էֆեկտով և արդեն 600 - 610 °C ջերմաստիճաններում MoS_2 -ի փոխակերպումը MoO_3 -ի գործնականորեն անհետադարձելի է: Ռեակցիայի ուժգին էկզոթերմիկությունը իր հերթին նպաստում է նաև թրծման ազդեգատի ջերմային հաշվեկշիռին՝ թույլ չտալով ունենալ վառելանյութի մեծ ծախս:

Ռենտգենակառուցվածքային հետազոտության տվյալներով, խտանյութի թրծման գործընթացի արդյունքում ստացված արգասիքը, հիմնականում, մոլիբդենի եռօքսիդն է:

Այսպիսով անկախ այն բանից, թե ինչպիսի արտադրանք պետք է ստանալ մոլիբդենիտային խտանյութի վերամշակումից, սկզբնական տեխնոլոգիական օպերացիան հանդիսանում է օքսիդացուցիչ թրծումն է, որի արդյունքում ստացվում է կիսայրուք՝ բաղկացած մոլիբդենի եռօքսիդից:

Գրականություն

1. Зеликман А.Н. Молибден. - М.: Металлургия, 1970.
2. Зеликман А.Н., Беляевская Л.В. // ГИИХ. - 1956. - Т.1, в.10. - С.2245-2256.
3. Ջաքարյան Ֆ.Յ. Քաջարանի մագնետիտային և մոլիբդենիտային խտանյութերի ֆերոմոլիբդենի ստացման տեխնոլոգիայի մշակումը այլումինաթերմիկ եղանակով. Տեխ. գիտ.թեկնածուի գիտական աստիճանի սեղմագիր. - Երևան, 2004. - 20 էջ:

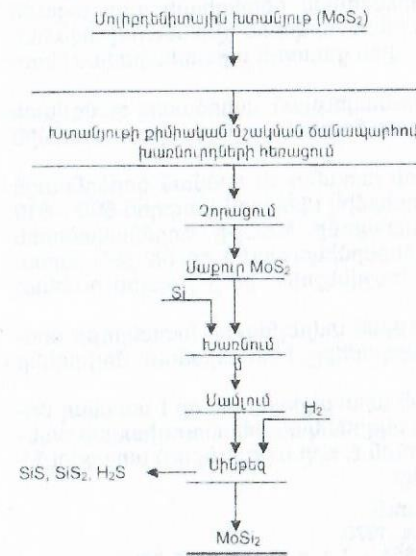
**ՄՈԼԻԲԴԵՆԻ ԽՏԱՆՅՈՒԹԵՐԻՑ ԲԱՐՁՐ ՍԱՔՐՈՒԹՅԱԲ ՄՈԼԻԲԴԵՆԻ
ՂԻՍԻԼԻԳԻՂԻ ԱՏԱՑՄԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՅԻ ԴՅԵՏԱԶՈՏՈՒԸ**

Ա. Գրիգորյան, Ա. Գրիգորյան, Ա. Գրիգորյան

Մոլիբդենի դիսիլիցիդը 1300-1800°C ջերմաստիճաններում օժտված է բարձր կիզակայունությամբ (օքսիդացմանը դիմադրելու ունակությամբ) [1]: Այն գործնականորեն կայուն է հանքային թթուների (H₂SO₄, HF, HCl, HNO₃) նկատմամբ, սակայն հեշտությամբ լուծվում է ազոտական և ֆտորաջրածնային թթուների խառնուրդների մեջ: 1000°C ջերմաստիճանում MoSi₂-ը կայուն է SO₂, CO₂, NO₂ գազերի և հալված մետաղների նկատմամբ (Na, K, Zn, Sn, Sb, Cu և այլն): Մոլիբդենի դիսիլիցիդը համալիր լիգատուրա է և ունի թթվածնագտող հատկություն պողպատների արտադրության ժամանակ:

Նշված հատկությունների շնորհիվ մոլիբդենի դիսիլիցիդը լայն կիրառություն է գտել տեխնիկայի և արդյունաբերության հետևյալ ճյուղերում.

- **Տաքացուցիչների արտադրությունում**, որտեղ օգտագործվում է որպես նյութ, օդի և ազոտիվ գազի միջավայրերում շահագործվող բարձր ջերմաստիճանային էլեկտրավառարանների տաքացուցիչների պատրաստման համար;
- **Պողպատի արտադրությունում**՝ որպես լեգիրող կոմպոնենտ, ֆեռոմոլիբդենի փոխարեն;
- **Ծածկուրապատման համար**՝ մոլիբդենից պատրաստված իրերի վրա քիմիապես կայուն և կիզակայուն ծածկույթների ստացման համար;
- **Ջերմափոխանակիչների պատրաստման ժամանակ**, որպես նյութ, ատոմային կայանքներում տեղի ունեցող պրոցեսների ժամանակ անջատվող ջերմության հեռացման համար նախատեսված ջերմափոխանակիչների պատրաստման համար և այլն;
- Մոլիբդենի դիսիլիցիդը ստացվում է հետևյալ եղանակներով [2].



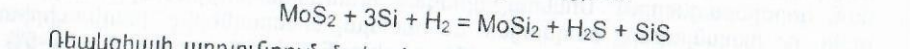
Նկ.1. Բարձր մաքրությամբ մոլիբդենի դիսիլիցիդի ստացման տեխնոլոգիան

Սինթեզ էլեմենտներից, այլուժ-սիլիկաջերմային մեթոդով, պղնձ-սիլիցիդային մեթոդով, կարբոթերմիկ մեթոդով, նըստեցում գազային ֆազերից, նստեցում քլորիդների խառնուրդներից և այլն:

Թվարկված մեթոդներով մոլիբդենի դիսիլիցիդի ստացման ժամանակ օգտագործվում է կամ մաքուր մետաղական մոլիբդենի փոշի կամ մոլիբդենի եօքսիդ, որոնց ստացման համար մոլիբդենի դիսուլֆիդը ենթարկվում է թրծման: Թրծման արդյունքում մթնոլորտ է արտանետվում զգալի քանակությամբ ծծմբային գազեր (SO₂, SO₃)՝ աղտոտելով այն: Բացի այդ, այրման ժամանակ կորչում են մեծ քանակությամբ էլեմենտներ:

Հաշվի առնելով այն հանգամանքը, որ Հայաստանի ընդերքը հարուստ է մոլիբդենի դիսուլֆիդով, հետազոտվել է MoS₂-ից սիլիկաջերմային մեթոդով մոլիբդենի դիսիլիցիդի ստացման մեթոդիկան: Մոլիբդենիտային խտանյութից մոլիբդենի դիսիլիցիդի ստացման տեխնոլոգիան բերված է նկ.1-ում:

Ինչպես գիտենք, մոլիբդենիտային խտանյութը, բացի հիմնական նյութից (Mo), պարունակում է նաև մեծ քանակությամբ խառնուրդներ (Cu, Fe, Zn, Al₂O₃, SiO₂, MgO և այլն), որոնք իջեցնում են ստացվող մոլիբդենի դիսիլիցիդի հատկությունները: Այդ խառնուրդների պարունակության իջեցման համար կատարվել է մոլիբդենիտային խտանյութի մաքրում [3]: Մաքրման առաջին փուլում կատարվել է ֆլուտոռեագենտների հեռացում և շլամագերծում: Մաքրման երկրորդ փուլում խառնուրդների հեռացման համար, կատարվել է խտանյութի քիմիական մշակում, որից հետո նստվածքը չորացվել է մինչև կշռի կայունացումը:



Մաքրումից հետո կատարվել է ստեխիոմետրիկ քանակի ելանյութերի MoS₂-ի և Si-ի խառնում: Ստացված խառնուրդից մամլման ճանապարհով պատրաստվել են բրիկետներ, ապա կատարվել է սինթեզ, որը տարվել է ջրածնի միջավայրում: Սինթեզի ժամանակ տեղի է ունենում հետևյալ ռեակցիան.

Ռեակցիայի արդյունքում մոլիբդենը միանում է սիլիցիումի հետ և առաջանում մոլիբդենի դիսիլիցիդ, իսկ ծծումբը սիլիցիումի սուլֆիդների (SiS, SiS₂) տեսքով ամբողջությամբ հեռանում է ռեակցիայի տարածքից և կոնդենսում սառնարանում: Առաջացած սիլիցիումի սուլֆիդները, նույնպես, կիրառելի են: Դրանք կարող են փոխարինել Na₂S-ին, որպես ֆլուտոռեագենտ պղնձ-մոլիբդենային հանքանյութերի հարստացման գործընթացում:

Փորձերը կատարվել են 800-1200 0C -ում և տարբեր տևողությամբ (60, 90, 120 րոպե): Քիմիական և ռենտգենոֆազային վերլուծության միջոցով պարզվել է, որ 1150 0C-ում և 1ժամ տևողությամբ եռակայան դեպքում ստացվում է բարձր մաքրությամբ մոլիբդենի դիսիլիցիդ:

Ուսումնասիրությունները ցույց են տվել, որ գրականությունում եղած մեթոդների հետ համեմատած, մոլիբդենիտային խտանյութից սիլիկաջերմային մեթոդով MoSi₂-ի ստացումը ունի մի շարք առավելություններ:

Ղիսիլիցիդը ստացվում է անմիջապես խտանյութից (MoS₂) և գործընթացը էկոլոգիապես պաշտպանված է:

Գրականություն

1. Самсонов Г. В., Дворина А. А., Рудь Б. М. Силициды. - М.: Металлургия, 1979.
2. Зеликман А. Н. Молибден. - М.: Металлургия, 1970.
3. Овсянян А. О., Айрапетян Г. М., Минасян С. А. // Изв. НАН РА и ГИУА. Сер. Т. Н. - 2004. - Т. LVII, № 2. - С. 256.

**ՔԱԶԱՐԱՆԻ ԵՎ ԿԱՊԱՆԻ ՊՂՆՁԱՅԻՆ ԽՏԱՆՅՈՒԹԵՐԻ
ՓՈԽԱՐԿՈՒՄՆԵՐԸ ՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆ ՄՇԱԿՈՒՄՆԵՐԻ ԴՅԵՏՎԱՆՔՈՎ**
Վ.Սարտիրոսյան, Տ.Աղամյան

Պինդֆազ քիմիական ռեակցիաներն ընկած են շատ քիմիական և մետալուրգիական արտադրական գործընթացների հիմքում: Այդ ռեակցիաների բնորոշ առանձնահատկությունը դրանց փոքր արագություններն են: Այդ պատճառով փնտրվում են ռեակցիոն պինդ նյութերի ակտիվության բարձրացման նոր եղանակներ, որոնք կբերեն պինդֆազ ռեակցիաների արագության մեծացման: Այդ տեսակետից ժամանակակից էֆեկտիվ եղանակ է համարվում մեխանաքիմիական ակտիվացումը, որի հիմքում ընկած է նյութերի նուրբ մանրացումը:

Ներկա աշխատանքում բերվում են պղնձ պարունակող ամենաբնորոշ սուլֆ-

իրային միացություններից մեկի՝ խալկոպիրիտային խտանյութի մեխանիկական փոխարկումները չոր, թաց և կոմբինացված մանրացման ընթացքում: Ուսումնասիրվել են Հայաստանի Շահումյանի տեղայնքի Կապանի (փորձանմուշ 1) և Քաջարանի (փորձանմուշ 2) խտանյութերը, ինչպես նաև համեմատության համար վերցված են նաև խալկոպիրիտային տալունային նմուշներ: Սանրացումը կատարվել է պլանետար վիբրացիոն լաբորատոր աղացում: Ստացված նմուշները (50գ), ենթարկվել են մաղային, ռենտգենաֆազային և քիմիական վերլուծության: Ջրով մշակման դեպքում չորացումը կատարվել է չորացնող պահարանում՝ 90...100°C ջերմաստիճանում:

Խալկոպիրիտը պղնձային հանքերի հիմնական միներալն է և նրա մեխանիկական մշակման արդյունքները կարևոր գործնական նշանակություն կարող են ունենալ ինչպես պիրոմետալուրգիական, այնպես էլ հիդրոմետալուրգիական մշակման գործընթացներում: Միներալոգիական ուսումնասիրությունները ցույց են տվել, որ խտանյութերը բաղկացած են հետևյալ միներալներից՝ խալկոպիրիտ ($CuFeS_2$) -60%, խալկոզին (Cu_2S) -8%, պիրիտ (FeS_2) -5%, կովելին (CuS) -5%, տենորիտ (CuO) -4% և բորնիտ Cu_5FeS_4 -3%:

Բացի խալկոպիրիտից կա նաև պենտալանդիտ և կարանիտ: Վերջիններս հազվագյուտ են հանդիպում խալկոպիրիտում: Շատ ավելի հաճախ հանդիպում է պիրոնիտը: Պիրիտը հանդիպում է ազատ հատիկների ձևով:

Ռենտգենաֆազային վերլուծության տվյալները հաստատում են միներալոգիական հետազոտության տվյալները: Դիֆրակտագրամներում հստակ ֆիքսվում են $d=1,772$; $5,79$ Å գծերը, որոնք բնորոշ են պենտալանդիտին:

Ելանյութ նմուշների դիֆրակտոգրամներում կան նաև $d=3,21$ և $3,11$ Å ռեֆլեքսներ, որոնց քանակներն, ըստ ինտենսիվության, շատ չեն: Հիմնական գծերը համընկնում են տալունի հետ, բայց տարբերվում են ինտենսիվությամբ:

Միներալոգիական և ռենտգենաֆազային վերլուծության տվյալները բավական լավ համընկնում են քիմիական վերլուծության տվյալներին: Այսպես, պենտալանդիտի և պիրիտի քանակները հաստատվում են և քիմիական վերլուծության տվյալներով՝ պիրիտ -5%, խալկոզին -8%, տալունային խալկոպիրիտի քիմիական վերլուծության արդյունքներն են՝ 26,29% Cu; 31,78% Fe; 33,78% S; $\Sigma 91,85\%$: Քաջարանի պղնձային խտանյութինը՝ Cu 15,68%; Fe 18,64%; S 20,0%; $\Sigma 54,32\%$: Կապանինը՝ Cu 16,01%; Fe 28,29%; S 34,72%; $\Sigma 77,02\%$: մնացածը երկու դեպքում SiO_2 և CuO :

Մեխանիկական մշակումից հետո զգալի փոփոխվում են խալկոպիրիտային խտանյութի բնութագրերը: Ռենտգենագրամներում 30ր ակտիվացումից հետո նկատվում են նոր ռեֆլեքսներ $d=4,36$; $3,99$ Å, որոնք հաստատում են $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ -ի առկայությունը: Cu-ի, Fe-ի և S-ի քանակները նվազում են և, համեմատած ելանյութի հետ, համապատասխանաբար՝ 2,54; 3,35; 2,89%, կամ գումարային 8,48%-ով:

Ջրային միջավայրում 30ր ակտիվացնելիս խալկոպիրիտի և պենտալանդիտի կառույցները քայքայվում են, որը երևում է $CuFeS_2$ -ի $d=1,870$ և $1,855$ Å գծերի ինտենսիվությունից (պենտալանդիտում $1,772$ և $5,79$ Å): Բացի $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ֆազայից, որի քանակը մանրացնելիս ավելանում է, առաջանում է և նոր ֆազա $4Fe_2(SO_4)_3 \cdot 5Fe_2O_3 \cdot 27H_2O$, որի լավ բյուրեղացման արդյունքը $d=3,12$ և $5,08$ Å գծերի սուր ձևն է: Այսինքն մանրացման հենց սկզբնական փուլում տեղի ունի էֆեկտիվ մեխանիկական ակտիվացիա: Հետագա մանրացումից $4Fe_2(SO_4)_3 \cdot 5Fe_2O_3 \cdot 27H_2O$ ֆազան դառնում է ավելի բյուրեղացած, որը հաստատվում է $d=3,08$ Å գծի սուր ռեֆլեքսով և $d=4,73$ Å ռեֆլեքսով, որը բնորոշ է $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ -ին:

Մոլյուսակ 1
Խալկոպիրիտային խտանյութերի ռենտգենագրամները

Գծ	Փորձանմուշներ				Էտալոն, ASTM			
	Փորձանմուշ 1		Փորձանմուշ 2		9...423, խալկոպիրիտ		6...0710, պիրիտ	
	d	l	D	l	d	l	d	L
1.	-	-	-	-	-	-	-	-
2.	3,04	100	3,04	100	3,03	100	-	2,6
3.	-	-	-	-	-	-	-	-
4.	2,65	10	2,64	14	2,63	5	2,709	84
5.	-	-	-	-	-	-	-	-
6.	-	-	-	-	-	-	2,423	66
7.	-	-	-	-	-	-	2,2118	52
8.	1,865	40	1,862	79	1,865	40	1,9155	40
9.	1,857	42	-	-	1,854	80	-	-
10.	-	-	-	-	-	-	-	-
11.	1,594	27	1,591	35	1,591	60	1,6332	100
12.	1,578	12	-	-	1,573	20	-	-
13.	-	-	-	-	-	-	-	-
14.	-	-	1,317	9	-	-	1,5025	20
15.	-	-	1,211	10	-	-	-	-
16.	-	-	-	-	-	-	-	-
17.	-	-	1,077	10	1,077	6	-	-

Ուշադրություն է գրավում և $d=1,843$ Å գծը, որը 30ր ակտիվացնելիս բնորոշ է լավ բյուրեղացած մագնետիտային ֆազին: Բացի այդ, նկատվում է խալկոպիրիտի և պենտալանդիտի ռեֆլեքսների նվազեցում և կլորացում, որը խտում է ամորֆ վիճակի անցման հետ:

Ավելի էֆեկտիվ է օդում և ջրում կոմբինացված մեխանիկական մշակումը: 30ր հետո ռենտգենագրամում հիմնական ֆազը դառնում է $4Fe_2(SO_4)_3 \cdot 5Fe_2O_3 \cdot 27H_2O$: Ակտիվացման ժամանակի աճի հետ այդ ֆազի քանակը ավելի զգալի է նվազում քան մնացած $CuFeS_2$ -ը, իսկ ավելի մանրացնելիս՝ 60ր, նրա քանակը նորից գերակշռում է: Սեր ստացած $4Fe_2(SO_4)_3 \cdot 5Fe_2O_3 \cdot 27H_2O$ -ի և տալունի գծերի ինտենսիվությունների հարաբերությունները զգալի տարբեր են: Եթե տալունում հիմնական գծերն են $5,11^{100}$; $3,13^{90}$ և $3,09^{90}$, ապա մեր նմուշում նրանց հարաբերությունը հակառակ ձևով է ընկած: Միաժամանակ, միջհարթությունների միջև եղած հեռավորությունը այդ ֆազի և $Cu_9Fe_9S_{16}$ (մուխուկիտ) ինտենսիվությունները հավասար են և ընկած են $3,08$ Å-ի վրա: Սա թույլ է տալիս եզրակացնել, որ մեխանիկական մշակումից $CuFeS_2$ -ը վեր է ածվում $Cu_9Fe_9S_{16}$ ձևի: Դա հիմնավորվում է նրանով, որ խալկոպիրիտը մեխանիկական մշակման ժամանակ կորցնում է իր S-ի մի մասը:

Ամիրաժեշտ է նշել Fe_3O_4 -ի բավական կատարյալ բյուրեղային ֆազի առաջացումը ավելի երկար ժամանակով մշակման արդյունքում:

Քիմիական անալիզի արդյունքներից երևում է, որ ակտիվ ֆրակցիան խալկոպիրիտի և նրա մեխանիկական ակտիվացման արդյունքում ստացված նյութերի խառնուրդ է (աղյուսակ 2): Հիդրատացված սուլֆատների առկայությունը հաստատում է այն փաստը, որ Fe-ի և Cu-ի հիդրատացված սուլֆատների առաջացումից էլեմենտների քանակությունը կազմում է 54,32%, 91,85 ելանյութի հետ համեմատած:

Խալկոպիրիտային խտանյութի մեխանիկական մշակման արդյունքները

Գիծ	Էտալոն, ASTM																
	Փորձա- նմուշ 1		18...615 4Fe ₂ (SO ₄) ₃ 5Fe ₂ O ₃ 27H ₂ O				11...646 CuSO ₄ 5H ₂ O				26...1288 Fe ₃ O ₄						
	d	l	d	l	d	l	d	l	d	l	d	l					
1.	5,95	12	5,97	40	-	-	5,83	13	20.	2,78	6	-	-	2,79	20	2,78	10
2.	5,48	14	-	-	5,48	55	5,43	19	21.	2,74	11	-	-	2,75	50	-	-
3.	5,10	72	5,11	100	5,15	25	5,07	20	22.	2,71	8	-	-	2,72	15	-	-
4.	4,91	12	-	-	-	-	4,92	25	23.	2,68	8	-	-	2,69	9	-	-
5.	4,84	15	-	-	4,84	10	4,82	20	24.	2,58	10	-	-	2,58	5	2,57	11
6.	4,78	30	-	-	4,73	100	-	-	25.	2,56	15	2,55	40	2,56	71	-	-
7.	4,34	24	-	-	-	-	4,38	100	26.	2,52	10	-	-	2,53	5	2,51	10
8.	4,12	3	-	-	-	-	4,12	10	27.	2,42	7	-	-	2,42	40	2,40	10
9.	3,99	30	-	-	3,99	60	4,00	60	28.	2,27	23	2,27	60	2,28	3	2,28	17
10.	3,70	22	3,68	40	3,71	85	-	-	29.	1,985	28	1,987	60	1,981	9	1,992	20
11.	3,54	5	3,54	20	3,54	20	-	-	30.	1,832	12	1,986	40	1,933	9	1,932	20
12.	3,45	22	-	-	3,45	17	3,44	10	31.	1,801	19	1,895	20	1,800	11	1,808	8
13.	3,29	12	-	-	3,30	60	-	-	32.	1,837*	28	1,838	60	-	-	-	-
14.	3,17	10	-	-	3,18	17	3,18	13	33.	1,701	5	1,771	10	-	-	-	-
15.	3,12	75	3,13	90	-	-	-	-	34.	1,594*	8	1,596	40	-	-	-	-
16.	3,08	100	3,09	90	-	-	-	-	35.	1,584	11	1,586	20	-	-	-	-
17.	3,04*	47	-	-	3,05	30	-	-	36.	1,564	7	1,566	10	-	-	-	-
18.	2,90	15	-	-	2,90	11	2,83	33	37.	1,511	8	1,505	60	-	-	-	-
19.	2,84	19	2,84	40	2,82	40	2,82	13									

Ինչպես երևում է, երկու նմուշներում մեխանիկական ակտիվացման հետևանքով ընթանում են նմանատիպ ֆազային փոխարկումներ:

Ամփոփելով ֆիզիկաքիմիական փոխարկումների արդյունքները, կարելի է նշել, քննարկված երկու նմուշներում էլ սուլֆիդները մանրացնելիս ենթարկվում են խորը քիմիական փոխարկումների, որոնք կապված է ինչպես ֆազային, կառուցվածքային, այնպես էլ քիմիական բաղադրության փոփոխությունների հետ: Առաջանում են Fe₂(SO₄)₃·4Fe₂O₃·27H₂O և CuSO₄·5H₂O, ինչպես նաև մագնետիտ, որը դառնում է որոշիչ այդ գործընթացի վերջում:

Ստացված ակտիվացված նմուշները շնորհիվ իրենց քիմիական ակտիվության, կենթարկվեն հետագա օքսիդացման և վերականգնման գործընթացների, համեմատաբար ցածր ջերմաստիճաններում:

Այսպիսով, հունքային միներալների և հանքանյութերի մեխանիկական ակտիվացումը կարելի է ընդունել որպես պիրո- և հիդրոմետալուրգիական գործընթացների ինտենսիֆիկացման արդյունավետ եղանակներից մեկը, որը դեռ գործնական կիրառում չի գտել, բայց ունի հեռանկարային մեծ արժեք:

Քանի որ շատ գունավոր մետաղների սուլֆատները լուծելի են ջրում, կարելի է կատարել հանքանյութերի նախնական հարստացում:

Գրականություն

1. Колебакин В.Г. Превращения сульфидов при активации. – Новосибирск: Наука, 1983. – С. 208.
2. Колебакин В.Г., Юсупов Т.С. Некоторые физико-химические особенности тонкодисперсного халькопирита. Т.108, вып.305 – Новосибирск: 1986. – С. 219-223.
3. Аввакумов Е.Г., Болдырев В.В., Кособутский И.И. Механохимическая активация твердых реакций // Изв. СО АН ССР, Сер. хим. наук. Вып.4. – 1982. – С. 45-50.
4. Голосов С.И., Молчанов В.И.. Центробежная планетарная мельница, ее технические возможности и применение в практике геологических исследований: В. кн. Физ. хим. изменения минералов в процессе сверхтонкого измельчения. –Новосибирск: изд. ИГ и Г, 1986. – С. 5-25.

ТЕРМОХИМИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ ЗОЛОТО-МЕДНОГО СУЛЬФИДНОГО СЫРЬЯ В ПЛАЗМЕ

Г. Григорян, А. Абрамян, В. Мирзоян

Работа посвящена разработке перспективной технологии эффективной переработки золото-медного сульфидного сырья на примере Капана, Дрмбона, Личкваса.

Приведенный в табл. 1,2 вещественный состав сырья выявлен аналитико-расчетным методом. Согласно правилу аддитивности минералы (табл.2) - халькопирит (CuFeS₂), халькозин (Cu₂S), пирит (FeS₂) можно представить в виде усредненного монокомплекса типа Cu_{1,5}Fe₃S₆ со следующими термодинамическими параметрами: энтальпия – 168 кДж/моль и энтропия +63 Дж/моль·град [1]. Остальные минералы сырья являются окислами и карбонатами. Золото, серебро, селен, теллур, висмут связаны с сульфидными минералами

Таблица 1

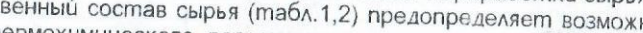
Сырье	Химический состав												
	%							г/м					
	Cu	Fe	S	CaO	MgO	CO ₂	O ₂	пр.	Au	Ag	Se	Te	Bi
Капанский концентрат	18	21	34	1,0	1,0	1,9	1,0	12,1	10	80	100	120	150
Дрмбонский концентрат	17	30	32	2,0	1,0	2,66	1,45	13,89	50	60	200	2	1
Личкваская руда	2	8	9	4,0	3,0	6,45	0,19	59	5	40	20	30	100

Таблица 2

Сырье	Минералогический состав, %								
	CuFeS ₂	Cu ₂ S	FeS ₂	Fe ₂ O ₃	CaCO ₃	MgCO ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	пр.
Капанский концентрат	36,5	6,7	37	3,3	1,8	2,1	3,0	6,0	3,6
Дрмбонский концентрат	34	6,4	35	4,8	3,56	2,1	1,0	7,0	6,04
Личкваская руда	4,0	0,75	13,8	0,64	7,15	6,3	6,0	53	8,36

В настоящее время руды Капана и Дрмбона перерабатываются многостадийными сложными процессами. При этом используется всего 3-5 % ценного сырья, остальные 95-97 % выбрасываются в окружающую среду, что экономически и экологически невыгодно. В этой связи требуется разработать более приемлемую технологию переработки сырья.

Вещественный состав сырья (табл.1,2) предопределяет возможность его прямого термохимического разложения в низкотемпературной плазме по следующей суммарной реакции:



Ход реакции определяется термодинамикой и кинетикой в зависимости от температуры. Используются все продукты реакции, кроме CO₂.

Благодаря высоким коэффициенту использования энергии (80-90 %), скорости нагрева (10⁹ К/с), теплосодержанию (10⁴ кДж/кг) и незначительному времени контакта плазмы с частицами (10⁻³-10⁻⁵ с) происходит мгновенное превращение сырья. Это позволяет применять компактные реакторы с минимальными размерами и высокой производительностью, следовательно,

значительно сокращаются капитальные и эксплуатационные расходы и снижается себестоимость переработки сырья [2, 3].

В табл. 3 приведены результаты термо-химического анализа реакции разложения основных минералов сырья. В столбце "Т К" приведены температуры, при которых ход реакции отсутствует ($\Delta Z=0$). В других двух столбцах приведены значения изобарных потенциалов реакции ($\Delta Z \cdot 10^{-3}$ ккал) в необходимых для процесса температурных условиях: 1723 К (температура остальной части реактора вне плазмы) и 2723 К (температура плазмы).

Приведенные температуры процесса определены из потребных температур, которые обеспечивают разложение Cu_2S и FeS_2 (реакц. 5, 6) в плазме и образование, разделение серо-шлако-металлических продуктов в остальной части реактора. Таким образом термо-химическое превращение сырья происходит в одном компактном реакторе: в плазме разлагаются сульфиды и карбонаты по реакциям 1-6, а вне плазмы, в остальной части реактора, завершаются образование и разделение продуктов процесса. Согласно реакции 11 образование сернистого ангидрида вне плазмы исключается.

Согласно уравнению упругости испарения: $\lg P_{Fe} = -18000/T + 9$ мм рт. ст. и при температуре кипения 3343 К, железо, выделяемое по реакции 6, не испаряется, оно окисляется по реакциям 7, 11, 12, 13 (табл. 3) и с окислами Ca, Mg, Si, которые согласно реакциям 8, 9, 10 не разлагаются, образует шлаковый комплекс типа $-FeO_x(SiO_2)_yCaO_mMgO_n$. Газообразная сера, полученная по реакциям 1, 2, 5, 6, 11, и шлаковый комплекс непрерывно удаляются из реактора.

Согласно уравнениям упругостей испарения:

$$\lg P_{Cu} = -24438,4/T + 12,344; \quad \lg P_{Au} = -18016/T + 8,8833;$$

$$\lg P_{Ag} = -14584/T + 1,274 \lg T + 13,188, \text{ мм.рт.ст.}$$

и температурам кипения: 2843 К; 3223 К; 2473 К соответственно медь, золото, серебро в процессе не испаряются и образуют донный металлический продукт, который периодически удаляется из реактора.

Таблица 3

Ход реакции термохимического разложения основных минералов золотомедного сульфидного сырья в зависимости от температуры

NN реакции	Ход реакции	Уравнения изобарных потенциалов: ΔZ	Т К		
			$\Delta Z=0$	1723 К	2723 К
1	$4CuFeS_2 \rightarrow 2Cu_2S + 4FeS + S_2$	67000-122T	550	-143	-263
2	$2FeS_2 \rightarrow 2FeS + S_2$	69000-60T	1160	-35	-94
3	$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$	42000-40T	1080	-27	-40
4	$MgCO_3 \rightarrow MgO + CO_2$	24000-41T	590	-47	-88
5	$2Cu_2S \rightarrow 4Cu + S_2$	71000-30T	2360	19	-11
6	$2FeS \rightarrow 2Fe + S_2$	77000-34T	2250	18	-16
7	$2FeO \rightarrow 2Fe + O_2$	12800-35T	3660	68	33
8	$SiO_2 \rightarrow Si + O_2$	210000-44T	4800	144	90
9	$2CaO \rightarrow 2Ca + O_2$	302000-50T	6000	215	166
10	$2MgO \rightarrow 2Mg + O_2$	288000-52T	5550	198	147
11	$2SO_2 + 4Fe \rightarrow 4FeO + S_2$	-83000+36T	2340	-21,5	14
12	$Fe_2O_3 + Fe \rightarrow 3FeO$	4000-12T	335	-16,7	-29,6
13	$Fe_3O_4 + Fe \rightarrow 4FeO$	11000-10T	1100	-6,23	-16,23
14	$Fe_2O_3 + 2Cu \rightarrow Cu_2O + 2FeO$	28000-11T	2550	9	-2
15	$Fe_3O_4 + 2Cu \rightarrow Cu_2O + 3FeO$	35000-9T	3900	19,5	11,5

Окисление меди по реакциям 14,15 (табл. 3) не происходит, и ее оксидные потери со шлаками исключаются. Однако из-за неполного разделения донных расплавленных шлако-металлических фаз возможен механический унос со шлаками короки металлической меди с растворенными в ней золотом и серебром. Доказана возможность плазменного разложения сырья.

Литература

1. Григорян Г.Б., Григорян Г.Г. О возможности прямого получения меди из сульфидных концентратов // Изв. НАН и ГИУА. Сер. ТН - 1999. - N2. - С. 259-262
2. Современное состояние плазменной технологии и экономическая целесообразность ее реализации // Цветная металлургия. ЦНИИ Экономика и информация цветной металлургии. Серия экономика цветной металлургии. - М., 1991. - Вып. 3. - 36 с.
3. Дембовский В. Плазменная технология. - М. Металлургиздат, 1981. - 280 с.

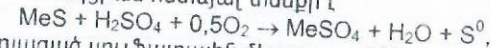
ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐԻ ԱՉԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԱՅԱԼԵՐԻՏԻ ԾՏՄԲԱԹԹՎԱՅԻՆ ՏԱՐՐԱԼՈՒԾՄԱՆ ԿԻՆԵՏԻԿԱՅԻ ՎՐԱ

L. Սարգսյան, Ա. Դովիանցիսյան, Թ. Ավագյան

Հանքային խտանյութերում ցինկը հիմնականում հանդես է գալիս սֆալերիտ միներալի տեսքով (ZnS): Ցինկի արտադրական տեխնոլոգիաների վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ սուլֆիդային խտանյութերից ցինկի կորզումը առավել նպատակահարմար է իրականացնել հիդրոմետալուրգիական եղանակով, որի հեռանկարայնությունը տեղական բազմամետաղական հումքի վերամշակման ասպարեզում պայմանավորված է դրանում պարունակվող տարրերի համալիր կորզման մեծ հավանականությամբ [1]:

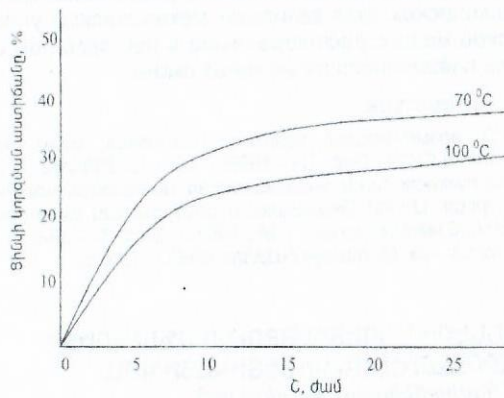
Ավանդական հիդրոմետալուրգիայում ցինկի սուլֆիդային խտանյութերի վերամշակումը սկզբունքորեն իրականացվում է <բովում-տարրալուծում-էլեկտրակորզում> տեխնոլոգիական ցիկլով, համաձայն որի, խտանյութը չորացվում է, այնուհետև բովվում: Բովվածքը ենթարկվում է տարրալուծման ծծմբական թթվի թույլ ջրային լուծույթով, որի հետևանքով ցինկը պղնձի և կադմիումի հետ միասին անցնում է լուծույթ, իսկ ազնիվ մետաղները մնում են ստրախցուկում: Լուծույթը, պղնձի և կադմիումի ներմուծանքներից մաքրելուց հետո, ենթարկվում է էլեկտրոլիզի՝ մետաղական ցինկի կորզման նպատակով:

Նախնական հետազոտություններով՝ ճշգրիտ թերմոդինամիկայի տեսանկյունից, հիմնավորված է ոսկու և արծաթի բարձր պարունակությամբ բազմամետաղական սուլֆիդային խտանյութերից ցինկի ուղղակի հիդրոմետալուրգիական կորզման գործընթացը (չրջանցելով ավանդական բովման օպերացիան): Բացահայտված է, որ ծծմբական թթվի թույլ ջրային լուծույթում թթվածնի ցածր ճնշման պայմաններում հնարավոր է օքսիդացնել սֆալերիտը և տարրալուծել ցինկը: Պրոցեսի հիմնական ռեակցիան հետևյալ տեսքի է՝



որի հետևանքով գոյացած սուլֆատային միացությունները լավ լուծելի են ջրում: Հետազոտությունների համար որպես ելանյութ է ընտրված Դինո Գուլ Մայնինգ Բանինի ՓԲԸ հանքահարստացուցիչ ֆաբրիկայի թողարկած ցինկային խտանյութը՝ առաքման ենթակա կշռաբաժիններից: Ռենտգենակառուցվածքային վերլուծության եղանակով ցինկի խտանյութի միներալոգիական կազմում հաստատագրված են հիմնական սուլֆիդային ֆազերը՝ ZnS-ը և $Cu_9Fe_9S_{16}$ -ը: Քիմիական վերլուծության եղանակով որոշված է խտանյութի հիմնական տարրի՝ ցինկի, ինչ-

պես նաև ուղեկցող արժեքավոր մետաղների տոկոսային պարունակությունը (Zn-50%, Fe-2%, Pb-1,1%, Cu-0,5%, S-31,5%, Au-7,8գ/տ, Ag-120,8գ/տ):



Նկ. Ծծմբական թթվի 10%-անոց ջրային լուծույթում սֆալերիտի ուղղակի տարրալուծման կինետիկան

Գիտավորժի առաջին մասում խտանյութը ուղղակիորեն (առանց բովման) տարրալուծվել է ծծմբական թթվի 10%-անոց լուծույթում, 30 ժամվա ընթացքում, 70°C ջերմաստիճանում, անընդհատ խառնման պայմաններում: Ինչպես երևում է բերված գրաֆիկից (նկար), նշված պայմաններում խտանյութում առկա ամբողջ ցինկի 40%-ը անցնում է լուծույթ:

Փորձերի երկրորդ մասում խտանյութը ուղղակիորեն տարրալուծվել է ծծմբական թթվի 10%-անոց լուծույթում, 30 ժամվա ընթացքում, 100°C ջերմաստիճանում, օդամղման և ան-

ընդհատ խառնման պայմաններում: Այնուհայտ է, որ ջերմաստիճանի բարձրացումը փոքրացնում է տարրալուծման աստիճանը, հասցնելով 29%: Դա բացատրվում է նրանով, որ բարձր ջերմաստիճաններում իջնում է թթվածնի լուծելիությունը ջրում [2], հետևապես, համեմատաբար ավելի փոքր քանակությամբ թթվածին է մասնակցում ռեակցիայի գոտում (աղյուսակ):

Բոլոր դեպքերում նկատվում են փոփոխազդեցություններ, ինչը բացատրվում է խտանյութում մնացորդային ֆլոտացման ազդանյութերի առկայությամբ ($CuSO_4 \times 5H_2O$, նատրիումի բութիլայն քանտոզենատ, ֆլոտոյուլ (T66, T92), կիր և այլն): Մնացորդային ֆլոտացման ազդանյութերի առկայությունը ազդում է նաև կորզման աստիճանի վրա, ուստի տարրալուծումից առաջ նրանց հեռացնելու համար անհրաժեշտ է խտանյութը վանալ Na_2S -ի ջրային լուծույթով, ակտիվացած ածխի ներկայությամբ:

Օդից կամ մաքուր թթվածնից ջրում լուծված թթվածնի հագեցած կոնցենտրացիաները, կախված ջերմաստիճանից [2]

Ջերմաստիճանը, °C	Թթվածնի լուծելիությունը, մգ/լ	
	21% O ₂ (օդ)	100% O ₂
0	14,58	69,45
5	12,75	60,72
10	11,27	53,68
15	10,12	48,02
20	9,11	43,39
25	8,25	39,31
30	7,53	35,88
35	6,96	33,15
37	6,75	32,22
40	6,47	30,82

Այսպիսով ցինկի միներալը՝ սֆալերիտը, հնարավոր է ծծմբական թթվի թույլ ջրային լուծույթում օդի թթվածնով օքսիդացնել մինչև նրա ջրում լուծելի

միացության, նախադրյալներ ստեղծելով սուլֆիդային խտանյութերի ուղղակի տարրալուծումով անկորուստ ձևով ցինկի կորզման համար:

Գրականություն

1. L. Սարգսյան, Թ. Ավագյան // Յինկ-սուլֆիդային խտանյութի օքսիդացման և տարրալուծման գործընթացի ուսումնասիրումը. ԳՊԵԳ-ի տարեկան գիտաժողով, հատոր 2. - 2004. - էջ 629-632:
2. The Extractive Metallurgy of Gold in South Africa. Edited By G. G. Stanley. Vol. 1, Vol. 2, Johannesburg, 1987.

ԲԱԶՄԱՍԵՏԱՂԱՅԻՆ ԳՈՒՄԲԻՑ ԿՈՐԶՎԱԾ ԿԱՊԱՐԻ ԷԼԵԿՏՐՈԼԻՏԱՑԻՆԱՑՈՒՄԸ
Ա.Աղայան

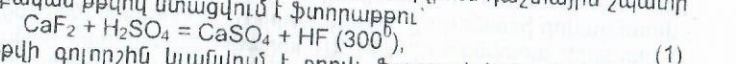
Սուլֆատային բովվածքի թթվային տարրալուծման կապարատար սորախցուկից (հիմնական բաղադրիչը $PbSO_4$) կերակրի աղով հագեցած ջրային լուծույթում քլորիդացված և երկաթի տաշեղով վերականգնված արգասիքի ռենտգենակառուցվածքային վերլուծությունը ($\Delta POH-2,0$; CuK_{α} - ճառագայթմամբ, ռենտգենոգրամի վերծանումը ըստ [1]) ցույց է տալիս, որ այն, առավելապես մետաղական

կապար է՝ 2,8377 Å ($Pb_{(111)}$); 2,4648 Å ($Pb_{(200)}$); 1,7391 Å ($Pb_{(220)}$) և 1,4848 Å ($Pb_{(311)}$) բնորոշ միջհարթությունային հեռավորություններով (նկար): Ռենտգենագրամի վրա փոքր ինտենսիվությամբ արտահայտված գծերը՝ 4,23 Å ; 3,3188 Å ; 2,9760 Å ; 2,6851 Å ; 2,0562 Å ; 1,9640 Å միջհարթությունային հեռավորություններով վերաբերում են մնացորդային $PbSO_4$ ֆազին՝ համընկած չնչին քանակությամբ տեխ-

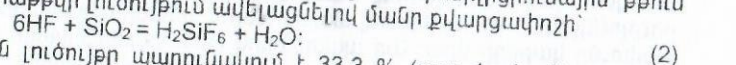
նոլոգիապես անխուսափելի ներմուծանքի ($FeOOH$) գծերի հետ: 1,9640 Å և 1,9065 Å գծերը առավել հավանականությամբ վերաբերում են մնացորդային Fe_1-xS միացությանը: Մնացած գծերը, հավանաբար, արտահայտում են α -Fe ֆազը, որի գոյությունը վերականգնված արգասիքում պայմանավորված է ցեմենտացնող երկաթատաշեղի մեխանիկական մաշվածքով:

Այլ տեսակի խառնուրդները ռենտգենակառուցվածքային վերլուծության միջոցով չեն կարող հայտնաբերվել՝ նրանց չնչին քանակության պատճառով: Ստացված կիսամաքուր կապարի ռաֆինացման անոդները պատրաստվել են ավանդական հալման և ծուլման եղանակով: Մեկնարկային կաթոդային հիմքեր են ծառայել մաքուր էլեկտրոլիտային կապարե թերթիկները:

Էլեկտրոլիտը կապարի ֆտորոսիլիկատի և ազատ ֆտորոսիլիցիումային թթվի ջրային լուծույթն է [2], որը պատրաստվում է տեղում: Սկզբում դաշտային շպատի քայքայմամբ ծծմբական թթվով ստացվում է ֆտորաթթու՝

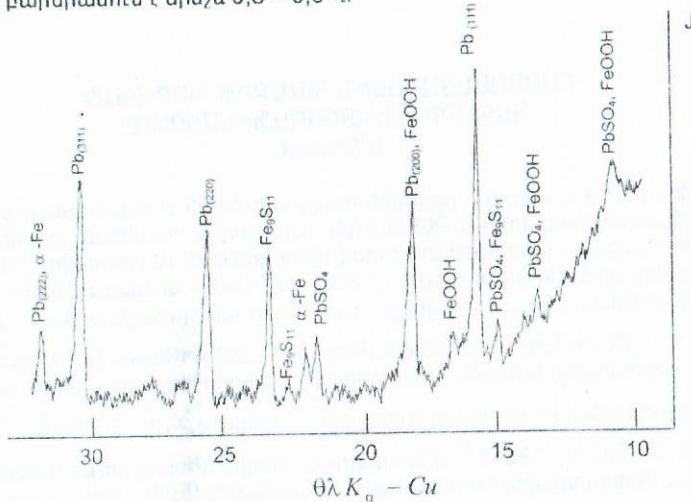


անջատված թթվի գոլորշին կլանվում է ջրով: Ֆտորոսիլիցիումային թթուն ստացվում է ֆտորաթթվի լուծույթում ավելացնելով մանր քվարցափոշի՝



Ստացված ջրային լուծույթը պարունակում է 33,3 % (ըստ ծավալի) H_2SiF_6 : Լուծույթի հագեցումը կապարով ($PbSiF_6$ - ի տեսքով) կատարվում է սառեցման պայմաններում:

- էլեկտրառաֆինացման օպտիմալ ռեժիմ է ընտրված՝
- էլեկտրոլիտի կազմը՝ 65-90 գ/լ կապար՝ PbSiF₆ – ի տեքով և 70-95 գ/լ ազատ H₂SiF₆;
- էլեկտրոլիտի ջերմաստիճանը՝ 35-50 °C (պահվում է ինքնուրույնբարձր ի հաշիվ էլեկտրոդների վրա էկզոթերմիկ ռեակցիաների հետևանքով անջատվող ջրուլյան ջերմության);
- հոսանքի խտությունը՝ 150-200 Ա/մ²;
- վաննայի սկզբնական լարումը՝ 0,3 – 0,4 Վ, որն, այնուհետև, անոդի բևեռացման հաշվին բարձրանում է մինչև 0,5 – 0,6 Վ:



Այ. Վերականգնված կապարային արգասիքի ռենտգենագրամը:

Խիտ և հարթ կաթոդային նստվածք ստանալու համար էլեկտրոլիտի մեջ հավելվում է սուսինձ և «գուլակ» (սուլֆիտ – ցելյուլոզային արտադրության արգասիք): Սոսնձի ծախսը կազմում է 0,2 – 0,4գ, իսկ գուլակինը՝ 0,4 – 0,8գ՝ մեկ կգ կապարի համար:

Անոդային խառնուրդների վարքը էլեկտրոլիտի ժամանակ, առավելապես, կախված է լարվածությունների շարքում նրանց գրաված դիրքից: Անոդի քայքայման ժամանակ, կապարի հետ միասին, էլեկտրոլիտ են անցնում բոլոր այն տարրերը, որոնք ավելի էլեկտրաբացասական են, քան կապարը ($E^0 = -0,126$ Վ), այդ թվում՝ ցինկը ($E^0 = -0,763$ Վ), երկաթը ($E^0 = -0,440$ Վ), միկելը ($E^0 = -0,250$ Վ) և անագը ($E^0 = -0,136$ Վ): Այս տարրերը չեն վերականգնվում կաթոդի վրա և կուտակվում են էլեկտրոլիտում: Առավել վտանգավոր խառնուրդը անագն է, որի էլեկտրոդային պոտենցիալը այնքան մոտ է կապարի պոտենցիալին, որ էլեկտրավերականգնման համար անհրաժեշտ ոչ մեծ կաթոդային գերլարումը ծածկում է էլեկտրոդային պոտենցիալների տարբերությունը (0,01 Վ), այդպիսով ապահովելով անագի և կապարի համատեղ լիցքաթափումը կաթոդի վրա: Այդ պատճառով էլեկտրառաֆինացումից առաջ անագը պետք է հեռացվի կապարից իրային ռաֆինացման միջոցով: Սակայն, դրա ան-

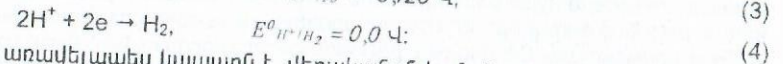
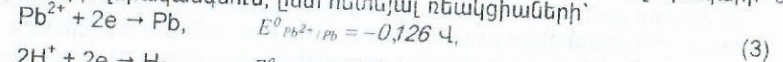
հրաժեշտությունը չկա, քանի որ ինչպես էլքային խտանություն, այնպես էլ միջանկյալ արգասիքներում անագ չի հայտնաբերված:

Կապարից ավելի մեծ էլեկտրադրականությամբ օժտված տարրերը, այդ թվում՝ անտիմոնը ($E^0 = +152$ Վ), արսենը ($E^0 = +0,247$ Վ), փսմուտը ($E^0 = +0,32$ Վ), պղինձը ($E^0 = +0,34$ Վ), արծաթը ($E^0 = +0,80$ Վ) և ոսկին ($E^0 = +1,5$ Վ) չեն լուծվում էլեկտրոլիտում և մնում են անոդի վրա՝ գոյացնելով շլամ: Սակայն եթե այդ տարրերը անցնեն էլեկտրոլիտ, ապա կաթոդի վրա կվերականգնվեն առաջին հերթին և կաղտոտեն կապարը: Այդ պատճառով էլեկտրառաֆինացման կարևոր խնդիրն է՝ թույլ չտալ անտիմոնի, արսենի, փսմուտի, պղնձի, արծաթի և ոսկու տարրալուծումը էլեկտրոլիտում ու ապահովել դրանց ամբողջովին անցումը շլամի մեջ:

էլեկտրադրական տարրերից առավել դժվարություններ առաջ բերողը պղինձն է: Պղինձը պահվացնում է անոդը՝ պայմանավորելով անոդային բևեռականացման ավելացման անհրաժեշտությունը, որպեսզի պատշաճ մակարդակի վրա պահվի ռաֆինացման պրոցեսի արագությունը: Արդյունքում, հնարավոր է դառնում անտիմոնի, արսենի և այլ խառնուրդների տարրալուծումը էլեկտրոլիտում: Ռիստի, որպես կանոն, էլեկտրոլիտից առաջ, կապարից բացի անոդային նյութից պետք է հեռացվի նաև պղինձը, որի անհրաժեշտությունն էլ չկա, քանի որ խտանյութի բովանդակի թթվային տարրալուծման միջոցով արդեն ձեռք է բերվել պղնձի ամբողջական կորզումը:

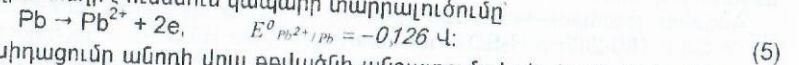
Կիսամաքուր կապարի ռաֆինացման համար ընտրված սիլիցիումֆտորային էլեկտրոլիտը իրենից ներկայացնում է H₂SiF₆ և PbSiF₆ միացությունների ջրային լուծույթ և օժտված է բավականի լավ էլեկտրահաղորդականությամբ:

Մաքուր էլեկտրոլիտում կաթոդի վրա կարող է տեղի ունենալ կապարի և ջրածնի իոնների վերականգնում, ըստ հետևյալ ռեակցիաների՝

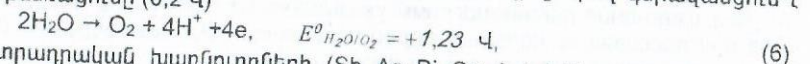


Սակայն առավելապես կապարն է վերականգնվում: Դա բացատրվում է նրանով, որ կաթոդի վրա բավարար արագությամբ կապարի վերականգնման համար բավական է շատ փոքր բևեռացում ($< 0,1$ Վ), այն դեպքում երբ ջրածնի իոնների վերականգնման գերլարումը 25 °C և 100 Ա/մ² հոսանքի խտության պայմաններում 1,09 Վ է:

Անոդի վրա տեղի է ունենում կապարի տարրալուծումը՝



Ջրի օքսիդացումը անոդի վրա թվածնի անջատումով քիչ հավանական է, քանի որ այդ ռեակցիայի էլեկտրոդային պոտենցիալը զգալի չափով գերազանցում է անոդի բևեռացումը (0,2 Վ)



և էլեկտրադրական խառնուրդների (Sb, As, Bi, Cu, Ag) էլեկտրոդային պոտենցիալը:

Անոդի ոչ մեծ բևեռացման պայմաններում կապարը տարրալուծվում է բավարար արագությամբ, և էլեկտրադրական խառնուրդները մնում են անոդի մակերևութին՝ գոյացնելով սպունգաձև շլամ: Այդ շերտի մեծացումը դժվարացնում է կապարի տարրալուծումը և պայմանավորում է անոդի բևեռացման ավելացումը, պայմաններ է ստեղծում էլեկտրադրական խառնուրդների անցմանը էլեկտրոլիտի մեջ: Այդ պատճառով, որպեսզի ապահովված լինի կաթոդային նստվածքի մաքրությունը, փոքրացվում է անոդային հոսանքի խտությունը (այսինքն կապար-

րի տարրավունժան արագությունը) և նստվածքի հաստությունը: Վերջինիս համար անհրաժեշտ է եղել հնարավորին չափով փոքրացնել վաննայում անոդի գտնվելու ժամանակահատվածը:

Վաննայից հանված կաթոդները լվացվել են տաք օճառաջրով, չորացվել և ենթարկվել էմիսիոն սպեկտրալ վերլուծության: Խառնուրդների ընդհանուր պարունակությունը չի գերազանցել 0,005 %-ը: Մետաղի ելքը ըստ հոսանքի 95 % է:

Բաժինացված կապարն իր մաքրությամբ չի զիջում գրականական տվյալներին [3]:

Գրականություն

1. ASTM (США). Американская рентгеновская картотека
2. Шиврин Г.Н. Металлургия свинца и цинка. - М.: Металлургия, 1982. - 351 с.
3. Смирнов М.П. Рафинирование свинца и переработка полупродуктов. - М.: Металлургия, 1977. - 272 с.

ВЛИЯНИЕ АНОДНЫХ ПРИМЕСЕЙ, ИОННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ, ТЕМПЕРАТУРЫ И ДОБАВОК В ЭЛЕКТРОЛИТЕ НА ПАССИВАЦИЮ АНОДА ИЗ МЕДИ

М. Мартиросян, С. Израелян

Одним из основных резервов увеличения производительности электролитического рафинирования меди является повышение плотности тока, которое позволяет существенно снизить удельные энергетические затраты и улучшить технико-экономические показатели процесса [1].

В данной работе исследовано влияние анодных примесей, ионной концентрации, температуры электролита, а также добавок в растворе на пассивацию медного анода при его рафинировании с высокой плотностью тока.

Экспериментальные аноды с рабочей поверхностью 1см^2 были изготовлены из огнево-рафинированной конвертерной меди, а также из стандартной меди марки М1. Опыты проводили в трехэлектродной ячейке объемом 50 мл. Пассивацию анодов изучали методом хронопотенциометрии с помощью потенциостата П-5827М. Вспомогательным электродом служила пластинка из меди марки М0.

Анодное растворение меди проводили в электролитах, содержащих 30-55 г/л Cu и 160-200 г/л H_2SO_4 , при температурах 30-65°C и плотности тока 350-400 А/см². Фазовый анализ анодных слоев проводили рентгенометрическим методом (дифрактометром ДРОН-2,0 в медном K_{α} -излучении).

Ход изменения потенциограмм указывает на сложность поведения анодов при пассивации, который порой изменяется сложным образом. В первоначальном этапе потенциалы анодов минимальны и почти не меняются во времени. Это означает, что сначала аноды активно растворяются, затем наступает предпассивационная зона и далее резкий рост потенциалов. У анода из меди М1 через некоторое время пассивации наблюдается его активное растворение и стабилизация режима работы.

Потенциал анода из огнево-рафинированной конвертерной меди через примерно 450с резко увеличивается и достаточно долго придерживается на таком уровне. Это, очевидно, связано с образованием и стабилизацией

шламового слоя на основе анодных примесей Se и Te и их соединений, что подтверждается данными рентгенофазового анализа.

Данные табл. 1 и 2, в свою очередь, указывают на существенное влияние температуры и состава электролита на время пассивации медных анодов.

Таблица 1
Влияние температуры электролита (40 г/л Cu, 160 г/л H_2SO_4) на начало пассивации медных анодов при плотности тока 350 А/см²

Температура, °С	30	35	40	45	50	55	60	65	70
Начало пассивации, с									
• огнево-рафинированной меди	5	8	15	30	38	57	215	250	315
• стандартной меди М1	10	14	27	40	60	90	305	390	420

Таблица 2
Влияние концентрации электролита на начало пассивации медных анодов при плотности тока 350 А/см² и температуры 60 °С

Концентрация, г/л	30	40	40	50
• меди	160	160	180	200
• серной кислоты				
Начало пассивации, с				
• огнево-рафинированной меди	440	210	80	30
• стандартной меди М1	525	310	125	55

Для предотвращения анодной пассивации с практической точки зрения наиболее приемлемым способом является применение электролитных добавок. Из широко используемых в производственных условиях добавок были выбраны тиомочевина, желатин, клей, которые добавляли в электролит непосредственно в начале опытов.

Результаты экспериментов приведены на рисунке, из которого видно, что наличие тиомочевины до 1 мг/л в растворе увеличивает время активного состояния анода, а с увеличением концентрации добавки наблюдается быстрая пассивация поверхности электрода.

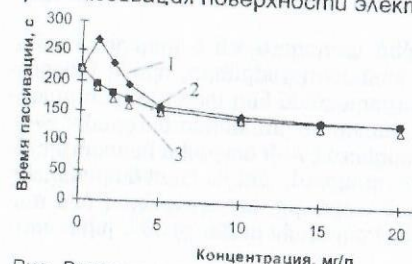


Рис. Влияние различных добавок на время пассивации анода из меди в электролите, содержащем 40 г/л Cu и 160 г/л H_2SO_4 при $i=4000\text{ А/м}^2$, $t=65\text{ °С}$: 1 - тиомочевина; 2 - клей; 3 - желатин

Добавки в виде клея или желатина одинаковым образом влияют на пассивацию анода. Так, прибавление каждого из этих добавок в электролит до 1 мг/л приводит к незначительному ускорению пассивации. Быстрая пассивация анода наблюдается при увеличении концентрации клея или желатина.

Положительное влияние небольшого количества тиомочевины на увеличение времени активного состояния анода, вероятно, обусловлено образованием комплексного соединения типа $[\text{Cu}(\text{Тим})_4]^+$ между

одновалентными ионами меди и тиомочевинной (Тим.). Таким образом, органические добавки сокращают время пассивации анода в процессе рафинирования при высокой плотности тока. Добавка тиомоче-

вины в раствор до 1г/л заметно увеличивает время нахождения медного анода в активном состоянии.

Литература

1. Козлов В.А., Набойченко С.С., Смирнов Б.Н. Рафинирование меди. - М.: Металлургия, 1992. - 254 с.

**ԵՐԿԱԹՈՎ ԵՎ ՍԻԼԻՑԻՈՒՄՈՎ ԼԵԳԻՐՎԱԾ
ՂԵՖՈՐՄԱՑՎՈՂ ԱԼՅՈՒՄԻՆԱՅԻՆ ՀԱՄԱՁՈՒԿԱԾՔՆԵՐԻ
ՁՈՒԼՄԱՆ ԳՈՐԾՆԹԱՑՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄ**
Ա. Ջաբարյան

Շնորհիվ մի շարք արժեքավոր հատկությունների, այլումինային համաձուլվածքները հանդիսանում են ամենակարևոր կոնստրուկցիոն նյութերից մեկը ժամանակակից տեխնիկայում: Հատկապես լայն տարածում են ստացել Fe-ով և Si-ով լեգիրված ղեֆորմացման այլումինային համաձուլվածքները, ինչպես են 8011, 8111 և 8079, որոնցից պատրաստում են տարբեր տեսակի պրոֆիլներ, թերթեր, փայլաթիթեղ և այլն: Չնայած տարեց-տարի արտադրության մեջ էլ ավելի մեծ կիրառություն են գտնում նշված համաձուլվածքները, սակայն դեռևս ամբողջովին մշակված չեն նրանց ձուլման և ջերմային մշակման ռեժիմները: Ելնելով վերոհիշյալից աշխատանքի նպատակ է ուսումնասիրել երկաթով և սիլիցիումով լեգիրված ղեֆորմացվող այլումինային համաձուլվածքների ձուլաին հատկությունները: Փորձարկումները կատարվել են 8011 մակնիշի համաձուլվածի վրա:

Համաձուլվածքների ձուլային հատկությունները կախված են ինչպես նրանց քիմիական բաղադրությունից և կառուցվածքից, այնպես էլ տարբեր տեսակի ֆիզիկա-քիմիական գործընթացներից: Ձուլային հատկություններից են հեղուկահոսունությունը, զծային և ծավալային կծկվածքը, լիկվացիան, գազերի կլանումը, ճաքագոյացումը, տարբեր տեսակի գազային ծակոտկենության և կծկվածքային խտոչների առաջացումը և այլն:

Հեղուկահոսունության մեծության վրա մեծ ազդեցություն է թողնում համաձուլվածքի բաղադրությունը: Այլումինային համաձուլվածքները, որոնց կառուցվածքի 40-80% էվտեկտիկական է, ունեն բյուրեղացման նեղ տիրույթ, բնութագրվում են լավ ձուլային հատկություններով և բարձր հեղուկահոսունությամբ: Si-ը մինչև 2% պարունակության դեպքում, ցածրացնում է Al-ի ձուլային հատկությունները, սակայն բարձր կոնցենտրացիաների դեպքում, մինչև էվտեկտիկականը (11,7%) և այլն փոքրացնում է բյուրեղացման տիրույթը, առաջացնելով մեծ ծավալով էվտեկտիկա, ինչը նպաստում է բարձր հեղուկահոսունության և խիտ ձուլվածքների ստացմանը:

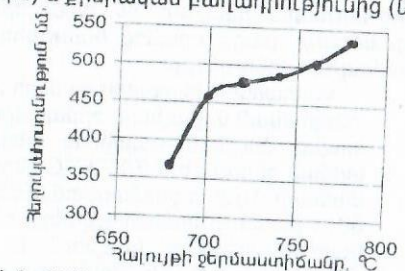
Fe-ը մեծացնում է այլումինային համաձուլվածքների մածուցիկությունը և, հետևաբար, բացասաբար է ազդում հեղուկահոսունության վրա: Ti և B, որոնք հաճախ ներմուծվում են որպես մոդիֆիկատորներ այլումինային համաձուլվածքների հատիկների մանրացման և մեխանիկական հատկությունների բարձրացման նպատակով, նույնպես բացասաբար են ազդում հեղուկահոսունության վրա:

Հեղուկահոսունության մեծության վրա մեծ ազդեցություն է թողնում մասնուշի (ծուլածևի) ջերմաստիճանը: 8011 մակնիշի համաձուլվածքի հեղուկահոսունության կախվածությունը ձուլածևի ջերմաստիճանից բերված է նկ.1-ում: Ինչպես երևում է փորձնական տվյալներից, ձուլածևի ջերմաստիճանի բարձրացմանը զուգընթաց հեղուկահոսունությունն աճում է:

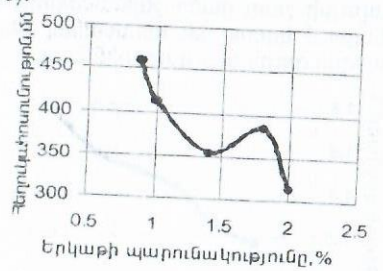


Նկ.1. 8011 մակնիշի համաձուլվածքի հեղուկահոսունության կախվածությունը ձուլածևի ջերմաստիճանից°

Հեղուկահոսունության մեծությունը կախված է հալույթի ջերմաստիճանից (նկ.2) և քիմիական բաղադրությունից (նկ.3):



Նկ.2. 8011 մակնիշի համաձուլվածքի հեղուկահոսունության կախվածությունը հալույթի ջերմաստիճանից



Նկ.3. 8011 մակնիշի համաձուլվածքի հեղուկահոսունության կախվածությունը երկաթի պարունակությունից

Համաձուլվածքի բյուրեղացման ընթացքում և հետագա սառեցման ժամանակ, սկսած լցման ջերմաստիճանից մինչև բյուրեղացման սկզբի ջերմաստիճանը, տեղի է ունենում ծավալի փոքրացում, որը կոչվում է ծավալային կծկում: Կծկումային դատարկությունների առաջացման գործընթացի վրա որոշիչ ազդեցություն է թողնում բյուրեղացման կծկումը: Այն որոշվում է որպես լիկվիդուսի ջերմաստիճանում հեղուկ ֆազի ծավալի ($V_{հեղ}^l$) և սուլիդուսի ջերմաստիճանում պինդ ֆազի ծավալի ($V_{պ}^u$) տարբերություն՝ արտահայտած տոկոսներով.

$$\beta = ((V_{հեղ}^l - V_{պ}^u) / V_{հեղ}^l) \cdot 100\%$$

Ձուլման պայմաններից կախված միևնույն համաձուլվածքում բյուրեղացման կծկումը կարող է ի հայտ գալ միայն կենտրոնացված կծկվածքային խտոչի տեսքով, կամ ցրված ծակոտկենության տեսքով և կամ էլ այդ երկուսը միասին: Սակայն յուրաքանչյուր համաձուլվածքին առավել բնորոշ է նշված կծկվածքային արատներից որևէ մեկը՝ կախված բաղադրությունից:

Ձուլվածքի գծային չափերի փոքրացումը, որը տեղի է ունենում բյուրեղացման և հետագա սառեցման գործընթացում, կոչվում է գծային կծկվածք: Այն արտահայտվում է հետևյալ բանաձևով.

մատիկական պլանավորում [1,2], որտեղ որպես ելքային պարամետր վերցրվել է ջերմամշակված (միաված և արծակված) մուշների կարծրությունը՝ HRC:

Բոլոր փորձանմուշների արձակումը կատարվել է $180 \pm 10^\circ\text{C}$ ջերմաստիճանում մեկ ժամ պահմամբ:

Նախնական փորձերի հիման վրա ընտրվել է մաթեմատիկական մոդելը՝

$$HRC = K \cdot \left(\frac{T}{10}\right)^{b_1} \cdot (10 \cdot c)^{b_2} \cdot t^{b_3}, \quad (1)$$

որտեղ K -ն, b_1 -ը, b_2 -ը և b_3 -ն անհայտ գործակիցներ են, որոնք որոշվում են $C++$ ծրագրի միջոցով: (1) հավասարման լուծելու համար կիրառվել է 2^3 տիպի փորձերի կատարման իրական գործընթաց:

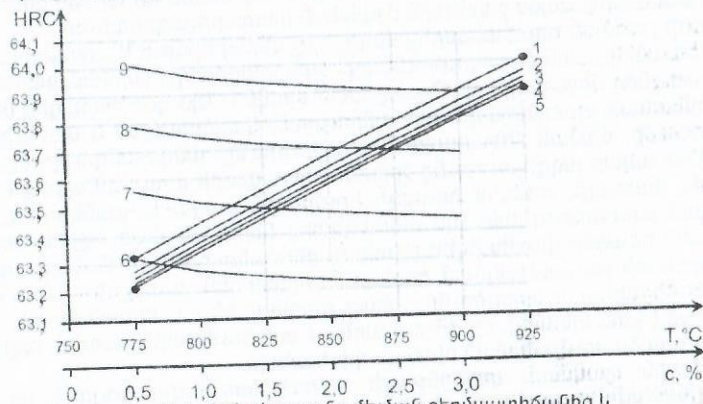
9XC գործիքային պողպատը մխելուց հետո $C++$ ծրագրի միջոցով որոշվել են b_0 , b_1 , b_2 , b_3 անհայտ պարամետրերը՝

$$b_0 = 3.913811, \quad b_1 = 0.061100, \quad b_2 = -0.001012, \quad b_3 = -0.009941:$$

$$HRC = e^{3.914} \left(\frac{T}{10}\right)^{0.061} \cdot (10 \cdot c)^{-0.001} \cdot t^{-0.01}, \quad (2)$$

2-րդ մոդելի վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ փոփոխականների նշված տիրույթում կարծրությունն ուղիղ կախվածության մեջ է գտնվում միմյան ջերմաստիճանից, սառեցնող միջավայրի ջերմաստիճանից և նրա կոնցենտրացիայից: Ինչպես և սպասվում էր, կարծրության վրա ազդող հիմնական պարամետրերը միմյան ջերմաստիճանն է, այնուհետև սառեցնող միջավայրի կոնցենտրացիան և նրա ջերմաստիճանը:

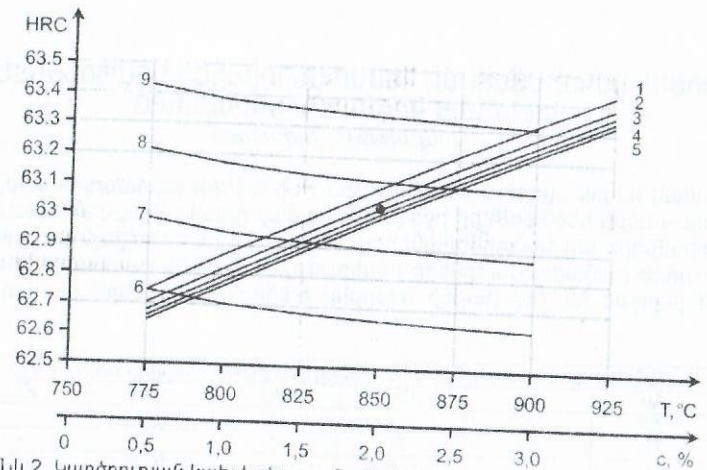
Օպտմալացման խնդրի փորձական պարամետրերը հանրեկնում են հաշվարկային արդյունքների հետ և ցույց են տրված նկ.1, 2, 3-ում, որի վերլուծությունը թույլ է տալիս ընտրել հետևյալ օպտիմալ ռեժիմները՝ միմյան ջերմաստիճանը՝ $T=850...875^\circ\text{C}$, սառեցնող միջավայրի ջերմաստիճանը՝ $20...30^\circ\text{C}$, սառեցնող միջավայրի կոնցենտրացիան՝ $1.0...1.5\%$:



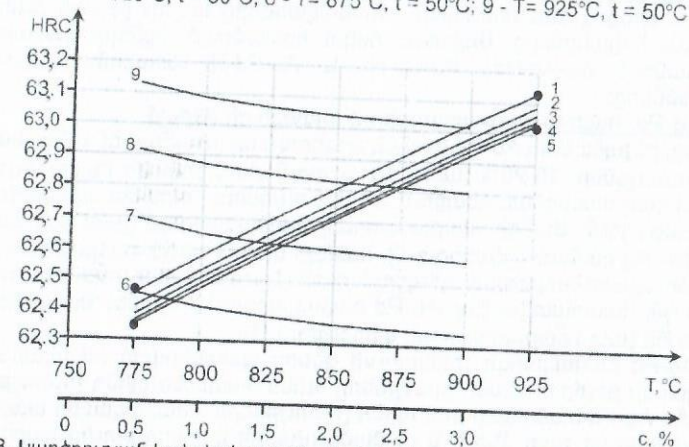
Նկ.1. Կարծրության կախվածությունը միմյան ջերմաստիճանից և սառեցնող միջավայրի կոնցենտրացիայից՝
 1 - $c = 0.5\%$, $t = 20^\circ\text{C}$; 2 - $c = 1.0\%$, $t = 20^\circ\text{C}$; 3 - $c = 1.5\%$, $t = 20^\circ\text{C}$;
 4 - $c = 2.0\%$, $t = 20^\circ\text{C}$; 5 - $c = 2.5\%$, $t = 20^\circ\text{C}$; 6 - $T = 775^\circ\text{C}$, $t = 20^\circ\text{C}$;
 7 - $T = 825^\circ\text{C}$, $t = 20^\circ\text{C}$; 8 - $T = 875^\circ\text{C}$, $t = 20^\circ\text{C}$; 9 - $T = 925^\circ\text{C}$, $t = 20^\circ\text{C}$

Այսպիսի ռեժիմներով ջերմամշակումից հետո պողպատի ստրուկտուրան ստացվում է մանր ասեղնավոր մարտենսիտային, իսկ կարծրությունը՝ $HRC=63.5...64$ միավոր:

Կատարված համալիր հետազոտությունների հիման վրա առաջարկվում է նախնական լատենքի $1.0-1.5\%$ ջրային լուծույթն օգտագործել որպես միմյան միջավայր բարձր լիամիսելիությանը ոչ ջերմակայուն 9XC մակնիշի գործիքային պողպատի համար՝ փոխարինելով նախկինում նույն նպատակի համար կիրառվող յուղին:



Նկ.2. Կարծրության կախվածությունը միմյան ջերմաստիճանից և սառեցնող միջավայրի կոնցենտրացիայից՝
 1 - $c = 0.5\%$, $t = 50^\circ\text{C}$; 2 - $c = 1.0\%$, $t = 50^\circ\text{C}$; 3 - $c = 1.5\%$, $t = 50^\circ\text{C}$;
 4 - $c = 2.0\%$, $t = 50^\circ\text{C}$; 5 - $c = 2.5\%$, $t = 50^\circ\text{C}$; 6 - $T = 775^\circ\text{C}$, $t = 50^\circ\text{C}$;
 7 - $T = 825^\circ\text{C}$, $t = 50^\circ\text{C}$; 8 - $T = 875^\circ\text{C}$, $t = 50^\circ\text{C}$; 9 - $T = 925^\circ\text{C}$, $t = 50^\circ\text{C}$



Նկ.3. Կարծրության կախվածությունը միմյան ջերմաստիճանից և սառեցնող միջավայրի կոնցենտրացիայից՝
 1 - $c = 0.5\%$, $t = 80^\circ\text{C}$; 2 - $c = 1.0\%$, $t = 80^\circ\text{C}$; 3 - $c = 1.5\%$, $t = 80^\circ\text{C}$;
 4 - $c = 2.0\%$, $t = 80^\circ\text{C}$; 5 - $c = 2.5\%$, $t = 80^\circ\text{C}$; 6 - $T = 775^\circ\text{C}$, $t = 80^\circ\text{C}$;
 7 - $T = 825^\circ\text{C}$, $t = 80^\circ\text{C}$; 8 - $T = 875^\circ\text{C}$, $t = 80^\circ\text{C}$; 9 - $T = 925^\circ\text{C}$, $t = 80^\circ\text{C}$

Գրականություն

1. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. - М.: Наука, 1976. - 276 с.
2. Новик Ф.С., Арсов Я.Б. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов. - М.: Машиностроение, София: Техника, 1980. - 304 с.

ՍՊԻՏԱԿ ՈՍԿՈՒ ՄՏԱՅՄԱՆ ՀԱՄԱՐ ԱՆՀՐԱԺԵՇՏ ԿՈՄՊՈՆԵՆՏՆԵՐԸ ԵՎ ՆՐԱՆՑ ՎԻՃԱԿԻ ԴԻԱԳՐԱՄՆԵՐԸ

Ս. Ալայան, Լ. Գալստյան

Սպիտակ ոսկին սկզբում ստանում էին Pt-ի և Pd-ի օգտագործմամբ, սակայն համաձուլվածքի ինքնաթեքը իջեցնելու համար դրանք լրիվ կամ մասնակիորեն փոխարինվեցին այլ կոմպոնենտներով՝ Ni, Ag, Cu, Zn: Սակայն սպիտակ ոսկու ցածր հարգի համաձուլվածքները ոսկերչության մեջ չեն օգտագործվում: Այդուսակուն բերված են 750 հարգի տարբեր համաձուլվածքների բաղադրությունները:

750 հարգի սպիտակ ոսկու համաձուլվածքների բաղադրությունը (%)					
Au	Ag	Cu	Pd	Ni	Zn
75	5	-	20	-	-
75	12	6	7	-	-
75	-	3,5	-	16,5	5,0
75	-	-	10	15	-
75	-	-	20	5	-

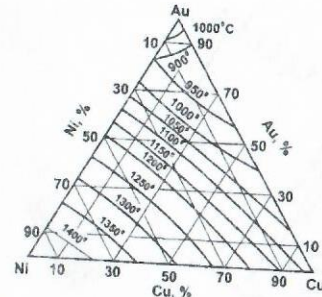
Եռակոմպոնենտ վիճակի դիագրամներ

Ոսկու հիմքով եռակոմպոնենտ համակարգերը ավելի քիչ են ուսումնասիրված, քան երկակիները: Սպիտակ ոսկու համաձուլվածքների համար հիմք են հանդիսանում Au-Ag-Pd, Au-Cu-Ni և Au-Pd-Ni եռակոմպոնենտ վիճակի դիագրամները:

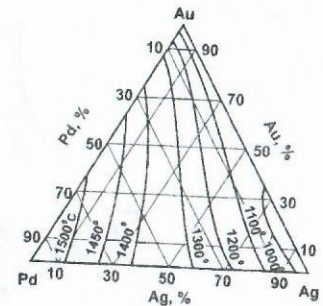
Au-Ag-Pd՝ ոսկի-արծաթ-պալադիում վիճակի դիագրամ

Au-Ag, ինչպես նաև Au-Pd համակարգերում առաջանում են անսահմանափակ պինդ լուծույթներ: 15-20% (ատ.) Ag պարունակող երկակի համաձուլվածքների մոտ դանդաղ սառեցման դեպքում տեղի է ունենում մոտակա կարգավորվածության առաջացում: Ցանցի պարամետրերը համակարգում շատ քիչ են փոփոխվում: 38% Ag համաձուլվածքը ունի հաճելի կանաչ գույն, սակայն արծաթի ավելի բարձր պարունակության դեպքում համաձուլվածքները ունեն խամրած սպիտակ գույն: Հաստատվել է, որ Au-Pd համակարգում նույնպես կա կարգավորում՝ 15-80 % Pd (ատ.) բաղադրության տիրույթում [1]:

Au-Ag-Pd համակարգի լիկվիդուսի գծերը պատկերված են նկար 1-ում: Այս համակարգի բոլոր համաձուլվածքները ունեն համասեռ պինդ լուծույթի կառուցվածք: Au-Ag-Pd համակարգում պինդ լուծույթների առաջացմամբ պայմանավորված ամրացումը շատ մեծ է, և համաձուլվածքի կարծրությունը կարող է մոտ 3 անգամ գերազանցել մաքուր մետաղներին համապատասխանող արժեքներին: Կարծրությունը շատ զգալուն է Pd-ի պարունակության նկատմամբ, քիչ զգալուն է Au և Ag-ի նկատմամբ [2]:



Սկ. 1. Au-Ag-Pd համաձուլվածքների լիկվիդուսը



Սկ. 2. Au-Cu-Ni համաձուլվածքների լիկվիդուսը

Au-Cu-Ni՝ ոսկի-արծաթ-նիկել վիճակի դիագրամ

Au-Cu-Ni համակարգի լիկվիդուսի գծերը պատկերված են նկար 2-ում: Սոլիդուս բաղադրության ողջ տիրույթում մոտ է լիկվիդուսին, բացառությամբ Ni-ի անկյան տիրույթի: Համասեռ լուծույթի տրոհումը սկսվում է բարձր ջերմաստիճաններում: Cu-Ni և Au-Cu համակարգերում առաջանում են անսահմանափակ պինդ լուծույթներ, իսկ Au-Ni համակարգում կա անընդհատ լուծելիության խզում: Այդ խզումը Au-Ni համակարգում վերանում է ~850°C-ում: Cu-ի ավելացման հետ տրոհման կրիտիկական ջերմաստիճանը բարձրանում է 850 °C-ից (երկակի) և հասնում առավելագույնը 970°C: Au-Cu-Ni համաձուլվածքները, որոնք պարունակում են 4-20% Zn պատկանում են սպիտակ ոսկու համաձուլվածքների խմբին:

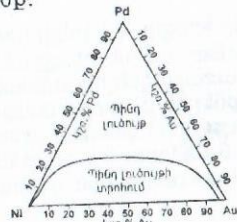
Zn-ի լուծելիությունը եռակի վիճակի դիագրամներում տարբեր է: Ոսկու մեջ Zn-ի լուծելիությունը կազմում է ~5 %, արծաթի մեջ՝ 20%, պղնձի մեջ մինչև 40 %: Մաքուր ոսկին արդեն 5% ցինկի հետ առաջացնում է Au₃Zn փխրույն միացություն, որը, օրինակ, Au-Ag-Cu համակարգում չի առաջանում՝ արծաթում և պղնձում ցինկի լուծելիության հետևանքով [3]: Բայց Zn-ը բարձր հարգի սպիտակ ոսկու համաձուլվածքներում չի գերազանցում 5 %-ը, այսինքն Zn-ի քանակությունը պինդ լուծույթի առաջացման սահմաններում է:

Au-Pd-Ni՝ ոսկի-պալադիում-նիկել վիճակի դիագրամ

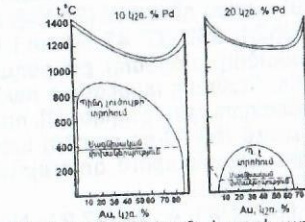
Au և Ni-ը ունեն անսահման լուծելիություն հեղուկ վիճակում, իսկ բարձր ջերմաստիճաններում նաև պինդ վիճակում: Դիագրամի վրայի min-ի կետը պայմանավորված է լիկվիդուսի և սոլիդուսի կորերի համընկմամբ: Au-Ni համակարգում ~812°C-ից ցածր դանդաղ սառեցման դեպքում տեղի է ունենում հոմոգեն պինդ լուծույթի տրոհում՝ ոսկու և նիկելի հիմքով պինդ լուծույթների խառնուրդի՝ 70 % (ատ.) Ni-ի պարունակության դեպքում [4]: Ni-ի ավելացումը իջեցնում է լիկվիդուսի ջերմաստիճանը մինչև 950°C՝ 42% (ատ.) Ni-ի պարունակության դեպքում [5]: Դանդաղ սառեցված համաձուլվածքներին բնորոշ է երկֆազ կառուցվածքը:

Au-Pd-Ni վիճակի դիագրամից երևում է (նկար 3), որ համակարգում առկա է անսահմանափակ լուծելիություն: Սակայն որոշակի ջերմաստիճանից սկսած տեղի է ունենում պինդ լուծույթի տրոհում [6]:

հաճախականության վառարանում, քլորային բարիումի՝ BaCl₂-ի շերտի տակ՝ բո-
րակի ավելացումով: Ընդհանուր առմամբ պատրաստվել և հետազոտվել է 77 հա-
մաձուլվածք:



Աղ.3. Au-Pd-Ni վիճակի դիագրամ



Աղ.4. Au-Pd-Ni համակարգի պոլիթերմ կտրվածքներ

Վիճակի դիագրամից երևում է, որ համակարգում առկա է անսահմանափակ լուծելիություն (Աղ.3): 10-20 %Pd պարունակող համաձուլվածքի պոլիթերմ կտր-
վածքները ցույց են տալիս, որ սառելիս եռակի պինդ լուծույթները ենթարկվում
են տրոհման՝ առաջացնելով մեխանիկական խառնուրդի լայն տիրույթ՝ բաղկա-
ցած ոսկու և նիկելի հիմքով պինդ լուծույթներից (Աղ.4): Pd-ի պարունակության
մեծացման հետ համաձուլվածքներում տրոհման ջերմաստիճանը իջնում է,
այսինքն՝ Pd-ը կայունացնում է առաջացող պինդ լուծույթները: Այսպիսով, այս
համաձուլվածքների հատկությունները կարելի է փոփոխել կոմպան և ապա
վերաբյուրեղացման միջոցով՝ առանց ֆազային փոխակերպության և ուղղակի
ջերմային մշակման միջոցով և ֆազային փոխակերպության՝ համապատասխան
համաձուլվածքների դեպքում: Այսպես Աղ.4-ից կարող ենք ասել, որ 10 % Pd-ի
պարունակությամբ 750 հարգի սպիտակ ոսկու համաձուլվածքը ~570°C-ում են-
թարկվում է տրոհման, իսկ 20%Pd համաձուլվածքը՝ ոչ:

Գրականություն

1. Fraenkel W., Stern A., Z.anorg.Chemie. - 1926, 151, 105. - 1927, 166, 161.
2. Малышев В.М., Румянцев Д.В. Золото. - М.: Металлургия, 1979.
3. Вол А.Б., Коган К.К. Структура и свойства двойных металлических систем. Т.3. - М.: Наука; 1976. - 814 с.
4. Иверонова В.И. // Изв.АН. Металлы. - 1970. - № 8.
5. Hultgren R., Zapffe C. Trans. AIME, 133, 58, 1939.

СОХРАНЕНИЕ ЭФФЕКТА УПРОЧНЕНИЯ ПРИ НАСЛЕДСТВЕННОЙ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

С.Маян, А.Андрисян, Т.Сафарян, Е.Акопян

В связи с непрерывным развитием техники в мире постоянно существует
потребность в материалах с более высоким комплексом механических свойств.
Одним из основных направлений получения материалов с высокими показате-
лями предела прочности, выносливости и трещиностойкости является
применение термомеханической обработки (ТМО) и слоистых композицион-
ных материалов с мягким подслоем [1, 2].

В последнее время все большее внимание уделяется инженерии поверхно-
сти, т.к. свойства и состояние поверхности изделия являются основными
показателями его конструкционной прочности, а следовательно, качества

и надежности. Инженерия поверхности объединяет методы изменения
свойств поверхностных слоев материалов путем деформирования, модифи-
цирования, нанесения пленок, покрытий различными комбинированными ме-
тодами [3].

Исходя из важности состояния поверхности, в данной работе исследо-
вана сталь У8, из которой состоит твердый и износостойкий поверхност-
ный слой трехслойного материала с мягким подслоем. Исследования прово-
дились посредством изучения результатов механических испытаний, рент-
геноструктурных анализов и данных измерения удельных электросопротив-
лений после различных обработок – высокотемпературной термомеханичес-
кой обработки (ВТМО), наследственного высокотемпературного термоме-
ханического упрочнения (НВТМУ) и обычной термической обработки (ОТО).

В качестве исходного сырья для изготовления образцов применялись кар-
бонильный железный порошок марки А2 и промышленный восстановленный
порошок марки ПЖ2М. Для обеспечения однородности порошковой смеси
углерод вводился в карбонильное железо в виде тонкодисперсной ламповой
сажи ТМ-15, а в восстановленное железо – в виде грубодисперсного карандаш-
ного графита. Спекание спрессованных заготовок проводилось в водород-
ной среде при температуре 1150°C с выдержкой 1.5ч. Пористость получен-
ных заготовок составила 10-15%. Для уменьшения пористости все образцы
были подвергнуты холодной прокатке со степенью деформации 30%, после
чего нагревались в соляных ваннах (22% NaCl+78% BaCl) до температуры
950°C и деформировались со степенью обжатия 50%. Затем часть образ-
цов закалывали для осуществления ВТМО и НВТМУ, а другую часть образ-
цов медленно охлаждали (ОТО) для проведения сравнительного анализа.

Применение НВТМУ позволит расширить область применения созданных
высокопрочных трехслойных композиционных материалов. Данная обработка
даст возможность использовать промежуточный смягчающий отпуск с целью
выполнения промежуточных механических обработок путем резания или об-
работки металлов давлением. Благодаря этому целесообразно подвергать
ТМО полуфабрикаты на металлургических заводах, кратковременный отпуск
позволит обрабатывать металл резанием, а "заложенная" ТМО высокая проч-
ность может быть реализована последующей термической обработкой.

Исследование субструктуры и морфологии мартенсита методом просве-
чивающей электронной микроскопии, а также строения мартенсита на стадии
двухфазного распада путем анализа профиля дифракционной линии (211)_α
показало, что применение НВТМУ приводит лишь к незначительному измене-
нию его параметров по сравнению с ВТМО. Если содержание кубического
мартенсита после ВТМО и НВТМУ составляет 0.25 и 0.24, то после ОТО –
0.16 (таблица). Данные различия объясняются образованием сильно разви-

Влияние режима обработки металлопорошковой стали У8А на состоянии мартенсита после ОТО, ВТМО и НВТМУ.

Режим обработки	c/a	V	Ст, % по весу	Физическое ушрение (211) _α , рад.
ОТО	1.035±0.001	0.16±0.03	0.73±0.02	0.049±0.001
ВТМО	1.028±0.001	0.25±0.02	0.61±0.02	0.047±0.001
НВТМУ	1.030±0.001	0.24±0.02	0.68±0.02	0.045±0.001

V – объем малоуглеродистого мартенсита (<0.3%С); c/a – отношение осей тетраго-
нального мартенсита; Ст – соответствующее ему содержание углерода в тетраго-
нальном мартенсите.

той дислокационной структуры после ВТМО и НВТМУ, которая берет часть углерода на себя и способствует уменьшению тетрагональности мартенсита и увеличению содержания кубического мартенсита.

Как видно из рис. 1 предел выносливости после НВТМУ макрокомпозита ПУ9-П20-П60 составляет $\sigma_{-1} \approx 1000$ МПа, что несколько ниже, чем после ВТМО, а после ОТО $\sigma_{-1} \approx 700$ МПа.

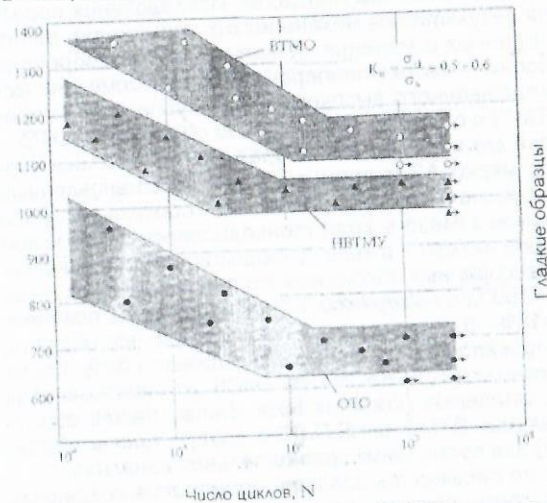


Рис.1. Усталостная прочность макрокомпозита с мягким подслоем (ПУ9-П20-П60) после ВТМО, НВТМУ и ОТО

Для исследования эффекта ВТМО и наследственного упрочнения также был проведен анализ электросопротивлений стали У8 после различных обработок (рис.2).

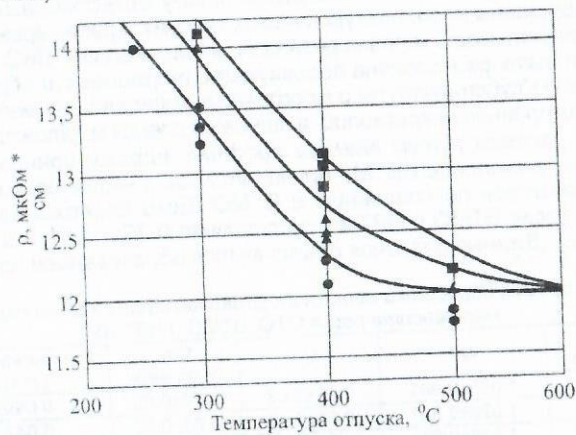


Рис. 2. Зависимость удельного электросопротивления от метода обработки и температуры отпуска.

● - ВТМО ▲ - НВТМУ ■ - ОТО

Таким образом, можно сделать вывод, что между данными рентгеноструктурного анализа и показаниями удельных электросопротивлений существует прямая корреляция. Приведенные результаты исследований подтверждают факт наследования свойств ВТМО после смягчающего отпуска и повторной закалки.

Литература

1. Мамян С.Г., Петросян А., Андриасян А.В., Степанян К.А. Влияние мягкого подслоя на трещиностойкость высокопрочных сталей // Сб. материалов Годичной научной конференции ГИУА. – Ереван: ГИУА, 2001. – С.520-522
2. Мамян С.Г., Агбальян С.Г., Андриасян А.В. Создание термомеханически упрочненных квазицементованных деталей с использованием двухслойных заготовок // Заготовительные производства в машиностроении. – М.: Машиностроение. – 2004. – N4.
3. Харламов Ю.А. Инженерия поверхности и развитие современного машиностроения. // Тяжелое машиностроение. – 2002. – N3.

ՀԱՄԱՁՈՒՎԱԾՔՆԵՐԻ ՌԵՆԻՈՒՄԱՊԱՏՄԱՆ ՏԵՏՆՈՒՈՂԳԻՎԱԿԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՅԻ ԿԱՏԱՐԵԼԱԳՈՐԾՈՒՄԸ

Կ. Կարապետյան, Լ. Հարությունյան, Կ. Հովսեփյան

Մետաղակերամիկական կարծր համաձուլվածքների մաշակայունության բարձրացումը կարևորագույն խնդիր է մեքենաշինական և մետալուրգիական ձեռնարկությունների կաևորագույն օղակներից մեկի՝ գործիքային տնտեսության համար: Համաձուլվածքների մաշակայունության բարձրացման ժամանակակից և առաջավոր եղանակներից է ջերմաքիմիական մշակումը: Նման եղանակի տարրեր մեթոդներով կարծր համաձուլվածքների վրա կարելի է ստանալ մակերևութային մաշակայուն շերտեր, այդ թվում՝ բորիդներ, կարբիդներ, կարբոնիդներ և այլն: Առանձին հետաքրքրություն է ներկայացնում կարծր համաձուլվածքների մակերևութների ամրացումը դժվարահալ մետաղներով, որոնցից է բացառիկ ֆիզիկամեխանիկական հատկություններով օժտված ռենիումը: Ռենիումը ունի հալման բարձր ջերմաստիճան (3190 °C): Չնայած հալման ջերմաստիճանով ռենիումը զիջում է վոլֆրամին (3387 °C), սակայն իր որակական հատկանիշներով գերազանցում է վերջինիս: Բավական է նշել, որ ռենիումի վերաբյուրեղացման աստիճանը կազմում է 1500 °C, այն դեպքում երբ այդ ցուցանիշը վոլֆրամի համար 1100 °C է:

Կարծր համաձուլվածքների քիթեղիկների ամրացումը ռենիումով նման չէ մյուս մաշակայուն շերտերի ստացման մեխանիզմին: Ռենիումով ջերմաքիմիական մշակման դեպքում կարծր համաձուլվածքն քիթեղիկների մակերևութներին ռենիումից բաղկացած մաշակայուն շերտեր չեն առաջանում, այլ գոյանում են նոր ֆազեր և միացություններ, որոնք և օժանդակում են կարծր համաձուլվածքից պատրաստված գործիքային մաշակայունության բարձրացմանը: Հաշվի առնելով, որ ռենիումի հալման ջերմաստիճանը բարձր է և ունեցած սարքավորումները թույլ չեն տալիս ջերմաքիմիական մշակումը կատարել նման բարձր ջերմաստիճաններում, մյուս կողմից էլ կարծր համաձուլվածքները 1200 °C-ից ավել տաքացնելուց տեղի է ունենում կարծր համաձուլվածքն քիթեղիկների վերաբյուրեղացում, ուստի անհրաժեշտություն է զգացվել ջերմաքիմիական մշակումը կատարել ռենիումի աղերից մեկի՝ ամոնիումի պերմենատի (NH₄ReO₄)

I օպերացիա - մետաղակերամիկական կարծր համաձուլվածքե քիթեղիկների յուղագրվում. 1-լուծույթի տաքացում, 2-լուծույթը խառնող էլեկտրաշարժիչի միացում, 3-շարժիչի պտուտաթվերի կարգավորում, 4-պահում (ժամանակի կարգավորում), 5-լուծույթի հեռացում, 6-ջրի մատուցում և շարժիչի օգնությամբ վազում, 7-չորացում:

II օպերացիա - Անոնիումի պերտենատ (NH_4ReO_4) աղ պարունակող ռենիումի լուծույթի մեջ կարծր համաձուլվածքե քիթեղիկների լուծույթապատում. 1-էլեկտրաշարժիչի օգնությամբ քիթեղիկների շարժում, 2-պահման ժամանակի կարգավորում:

III օպերացիա - Կարծր համաձուլվածքե քիթեղիկների նմուշների չորացում. 1 - վառարանի միացում, 2 - վառարանի տաքացում մինչև 1000C, 3 -պահման ժամանակի կարգավորում (ժամ), 4 - վառարանի անջատում:

IV օպերացիա - Կարծր համաձուլվածքե քիթեղիկների նմուշների չորացում վակուումային վառարանում. 1-վառարանի միացում, 2-վառարանի տաքացում մինչև 900C, 3-վակուումի ապահովում մինչև 8-10 ՄՊա, 4-պահման ժամանակի կարգավորում (ժամ), 5-վառարանի անջատում:

V օպերացիա - Ջրածնի միջավայրում կարծր համաձուլվածքե քիթեղիկների ամրացում ռենիումով. 1-ջրածնի մատուցում վառարանին, 2-վառարանի տաքացում մինչև 11500C, պահման ժամանակի (0,5; 1,0; 2,0 ժամ և այլն) կարգավորում, 3-ջրածնի հոսքի անջատում, 4-վառարանի անջատում:

VI օպերացիա - անցումները նույն են ինչ որ IV օպերացիայում:

VII օպերացիա - ռենիումապատված կարծր համաձուլվածքե քիթեղիկների քրծում. 1-վառարանի միացում, 2-վառարանի տաքացում մինչև 350-4000C, 3-պահման ժամանակի (1,0 ժամ) կարգավորում, 4-վառարանի անջատում:

Մշակված ծրագրով տեխնոլոգիական գործընթացի իրականացումն ապահովում է մեծ ճշգրտություն, նվազում է օժանդակ ժամանակը, ապահովում է բարձր որակ, արտադրողականություն և համակարգչային տեխնիկայի կիրառումն արտադրական գործընթացներում:

Գրականություն

1. Овсеян Г. С., Ананян К.Е. Повышение прочности и износостойкости и твердосплавных пластин // Материалы междунард. конф. – Новочеркасск. - 2002.

ФОРМИРОВАНИЕ УПРОЧНЕННЫХ СЛОЕВ НА КОНТАКТНЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ ИНСТРУМЕНТОВ ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ

А. Саградян

Инженерия поверхности, как правило объединяет методы направленного изменения физико-химических свойств поверхностных слоев, материалов путем деформирования, модифицирования, нанесения пленок, покрытий, защитных слоев, полученных путем управления процесса обработки, в частности, при резании металлов [1-4].

Управление процессами получения поверхностных слоев требуемых характеристик представляется возможным путем обеспечения на контакте передней поверхности резца соответствующей деформации и изменения структуры с повышением прочности и износостойкости тонких слоев. При этом в металлообработке можно достичь ресурсосбережения за счет повы-

шения износостойкости дорогостоящего инструментального материала и повышения производительности обработки. Одним из дополнительных резервов повышения износостойкости инструмента в процессе резания является управление взаимодействием дефектов кристаллической решетки структурно-пластическом деформировании контактного участка.

Применение в машиностроении сложно-легированных труднообрабатываемых высокопрочных материалов с повышенной вязкостью требует создания инструментальных материалов с новыми, качественно отличающимися свойствами.

Однако в настоящее время решение данной проблемы начали решать преимущественно не созданием новых конструкционных и инструментальных материалов, а разработкой новых технологий с целью создания оптимальных макро-, микро- и субмикроструктур тонких поверхностных слоев существующих материалов, обеспечивающих требуемые эксплуатационные свойства.

Целью данной работы является исследование и определение оптимальных режимов резания для упрочнения и улучшения структуры и достижения максимального эффекта естественной самоорганизующейся низкотемпературной термомеханической обработки (ЕСНТМО) поверхностно-контактных слоев инструмента. При этом преимущество термомеханической обработки (ТМО) поверхности неоспоримо и по сравнению с существующими методами дает возможность для комплексного решения повышения физико-механических свойств контактных слоев инструмента.

Изучение влияния физических механизмов термомеханического воздействия сходящего потока стружки на контактный слой поверхности резца имеет большое научно-практическое значение для выбора оптимальных режимов резания, при которых в процессе обработки контактный слой передней поверхности инструмента претерпевает структурные изменения под воздействием высоких давлений и температур.

Перспективное использование эффекта ТМО в процессе резания возможно изучением изменения строения и свойств контактных слоев инструментального материала для выбранной пары резец-обрабатываемая сталь. При этом несовершенство реального строения в кинематике и механике структурно-фазовых превращений приводит к целесообразности использования и регулирования плотности и характера распределения дислокаций в инструментальном материале.

Рациональное регламентирование несовершенств строения структур в контактных слоях инструмента по выявленным режимам резания, при соответствующих внешних силовых воздействиях и температурах, приводит к созданию улучшенного тонкого строения, повышающего эксплуатационные свойства резцов из безуглеродистых быстрорежущих сплавов В14М7К25 при обработке стали 45 (рис.).

В работе с управлением процесса резания экспериментально найдены те режимы резания, при которых с использованием в двухстадийном методе технологии низкотемпературного термомеханического воздействия получено улучшение качества тонких слоев инструмента, не требуя при этом дополнительных оборудования и средств.

На рис. изображена технологическая схема термической обработки (ТО) и ЕСНТМО инструмента из В14М7К25 при резании стали 45.

Выявлено, что у безуглеродистых быстрорежущих сплавов по сравнению с традиционными быстрорежущими сталями после закалки твердость практически не повышается и находится в пределах HRC 35...40. В процессе отпуска с выделением интерметаллидных частиц твердость достигает HRC65...68, в зависимости от химического состава, условий выплавки и термообработки.

В настоящее время мало изучены и не изысканы возможности применения ТМО в области повышения износостойкости углеродистых и безуглеродистых быстрорежущих сталей и сплавов, что вызвано следующими условиями:

- высокой температурой закалки этих материалов приводящей к рекристаллизации при использовании высокотемпературной термомеханической обработки (ВТМО);
- реализация НТМО ограничена возможностями деформации высокопрочных быстрорежущих материалов при низких температурах.

Предложенный нами метод естественной самоорганизующейся НТМО раскрывает принципиально новое явление, позволяющее достичь повышения комплекса физико-механических свойств указанных инструментов посредством управления режимов резания, с применением деформационно-тепловых воздействий на рабочие контактные поверхностные слои.

Для проведения ЕСНТМО (рис.) выбран двухстадийный метод. При этом в первой стадии ЕСНТМО с режимами: $V = 10$ м/мин, $S = 0,3$ мм/об, $t = 2,0$ мм, $P_z = 1710$ Н, при температуре 350°C в течение $T = 5$ мин происходит изменение структуры контактных поверхностных слоев инструмента под воздействием указанных сил и температур, что приводит к упрочнению и формированию дисперсной, мелкозернистой структуры в тонких слоях толщиной $100...150$ мкм. Для релаксации пиковых напряжений с целью стабилизации полученных структур производится полиганизационный отжиг при 550°C с выдержкой 30 мин.

Вторая стадия ЕСНТМО начинается с эксплуатации инструмента и продолжается примерно 5 мин и совпадает с периодом начального износа при оптимальных режимах резания $V_{60} = 65$ м/мин, $S = 0,3$ мм/об, $t = 2,0$ мм,

$P_z = 1560$ Н, $T = 5$ мин, температура резания 700°C .

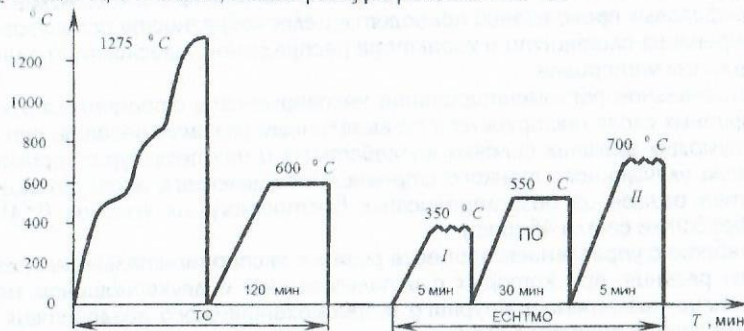


Рис. Схема термической обработки (ТО) и ЕСНТМО для резцов из В14М7К25 при обработке стали 45

В результате полученных экспериментальных данных по сравнению с обычной термической обработкой установлено:

- повышение износостойкости в 1,5 раза при 60-минутной стойкости;
- улучшение интерметаллидной неоднородности на 2 балла в тонком контактном слое, достигая 11...12 баллов с повышением мелкозернистости и прочности,
- повышение теплостойкости на $10-15^\circ\text{C}$ для исследуемых инструментальных материалов.

Литература

1. Берштейн М. А., Зайновски В. А., Капуткина Л. М. Термомеханическая обработка стали. - М.: Металлургия, 1983. - 479 с.
2. Саградян А. И. О механизме изнашивания передней поверхности резцов из быстрорежущих сплавов при обработке сталей // Изв. АН Арм. ССР. Сер. ТН. - XXXVIII. - 1985. № 4 - С. 13-17.
3. Сорокин Г. М. Трибология на пороге XXI века // Вестник машиностроения. - 1998. - №5. - С. 3-6.
4. Харламов Ю. А., Будагянц Н. А. Физика, химия и механика поверхности твердого тела. - М.: Изд-во МГУ, 1990. - 284 с.

ԳՈՒԹԱՆԻ ԽՈՓԻ ՄԱՇԱԿԱՅՈՒՆՈՒԹՅԱՆ ԲԱՐՉՐԱՅՈՒՄԸ և Ալեքսանյան

Արագամաշ մեքենամասերի և գործիքների մաշակայունության բարձրացման համար մեր կողմից կատարված է գյուղատնտեսության մեջ մեծ տարածում գտած գուրթանի խոփի կոնստրուկտիվ փոփոխություններ, որի արդյունքում ստեղծվել է նոր կոնստրուկցիայի գուրթանի խոփի դանակների մեխանիկական ամրացումով [1]:

Առաջարկվող նոր խոփը 2005 թվականի մարտ և ապրիլ ամիսներին փորձարկման է ենթարկվել Մասիսի շրջանի Մարմարաշեն գյուղի դաշտերում և արտադրական փորձարկումների արդյունքում բացահայտվել են մի շարք կարևոր առանձնահատկություններ կապված խոփի վրա տեղակայվող դանակների դիրքի, կարծրության, հուսալիության և մաշման օրինաչափությունների վերաբերյալ:

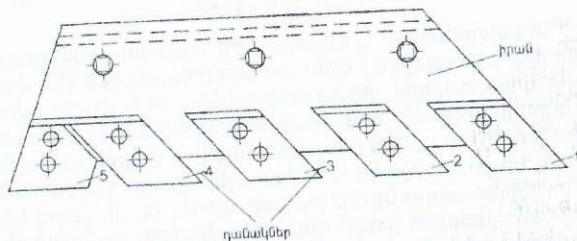
Գուրթանի խոփի արտադրական փորձարկումների ժամանակ մեր կողմից առաջարկվող դանակների մեխանիկական ամրացմամբ խոփը փորձարկվել և համեմատվել է ավանդական եղանակով արտադրվող խոփի համար ստացված մաշակայունության և հուսալիության ցուցանիշների հետ: Փորձարկումների ընթացքում երկու տարբեր հատվածներում էլ տեղակայվել է մեկ խոփ և աշխատանքի ընթացքում, ժամանակի տարբեր հատվածներում ուսումնասիրվել և որոշվել է խոփի բանվորական տեղամասի մաշման չափը (գոյություն ունեցող խոփի համար) և առաջարկվող խոփի համար մեխանիկական ամրացումով դանակների մաշման չափը:

Արտադրական փորձարկումների արդյունքում բացահայտվել են մի շարք կարևոր առանձնահատկություններ, որոնցից են՝

1. Ավանդական եղանակով պատրաստված խոփի աշխատանքի ընթացքում ինտենսիվ մաշվում է խոփի առջևի մասը: Դա կարելի է բացատրել նրանով, որ խոփն առջևի մասով է կտրում հողաշերտը և այն բաժանում ընդհանուր զանգվածից: Կոնստրուկտային այս մասում կոնցենտրացվում է կտրման վրա ազդող և շփման ուժերը, որն էլ պատճառ է հանդիսանում աշխատանքի ընթացքում բանվորական այդ տեղամասի արագ մաշմանը:

- Արագ մաշվում է նաև գոյություն ունեցող խոփի հետևի ծայրային մասը, ավելի պակաս բան առջևի մասը (20...25%-ի չափով) և միջանկյալ մասից 30...35%-ի չափով ավելի: Խոփի հետևի մասի ոչ սովորական և անհավասարաչափ մաշումը կապված է խոփի հետևի ծայրային մասով ճիգ գործադրելուն և ընդհանուր զանգվածից կտրված հողաշերտը շուտ տալու հետ:
- Ուսումնասիրությունները ցույց են տվել, որ մաշման նույն օրինաչափությունները նկատվում են նաև դանակների մեխանիկական ամրացումով և մեր կողմից առաջարկված նոր կոնստրուկցիայի խոփի ժամանակ: Խոփի վրա տեղակայված հինգ դանակներից, ավելի ինտենսիվ է մաշվում առաջին դանակը և մաշման չափերով հաջորդում է 2-րդ և 5-րդ դանակները:
- Կրկնակի հետազոտությունները հաստատել են ավանդական գոյություն ունեցող և մեր կողմից առաջարկվող խոփերի մաշման օրինաչափությունները, որոնք կրկնվել են փոքր շեղումներով:

Ուսումնասիրելով երկու տարբերակի խոփերի մաշումը, պարզ է դառնում, որ ավանդական եղանակով պատրաստված խոփերի բանվորական տեղամասերն ունենում են ամբողջ երկարության վրա նույն կարծրությունները և տեղամասի տարբեր մասերում կարծրությունները չեն փոփոխվում: Նման խոփերն աշխատեցնում են մինչև 25...30 մմ-ի չափով խոփի խորությամբ մաշվելը, որից հետո թիկունքի հաստության հաշվին ծեծում, բարակեցնում և մոտեցնում են խոփի նախնական երկրաչափական չափերին, օգտագործում և մաշումից հետո ամբողջ խոփը դուրս է գալիս շահագործումից, այլևս պիտանի չի լինում և այն փոխարինվում է նորով:



Նկ. Դանակների մեխանիկական ամրացումով գութանի նոր կոնստրուկցիայի խոփ

Անհամեմատ ավելի մեծ հնարավորություններ ունի առաջարկվող խոփը: Այն ունի իրանային մաս, մեխանիկական ձևով ամրացվող դանակներ: Իրանային մասը պատրաստվում է ոչ թանկարժեք պողպատից (պողպատ 40, 45 և այլն) և այն մնում է անփոփոխ, փոփոխվում են միայն դանակները: Առաջարկվող խոփի մաշումը և կարելի է փոփոխել և նվազեցնել փոփոխելով դանակների կարծրությունները: Ավելի մեծ կարծրություններ են ունենում առաջին, երկրորդ և հինգերորդ դանակները, ունենալով համապատասխանաբար (HRC 55, 52, 53), իսկ երրորդ և չորրորդ դանակների կարծրությունները տատանվում են HRC 45...48-ի սահմաններում, որը հնարավորություն է տալիս դանդաղեցնել և նվազեցնել գութանի խոփի առջևի և հետևի բանվորական տեղամասերի արագ մաշումը:

Առաջարկվող խոփի մյուս առավելություններից է այն, որ մեխանիկական ամրացումով դանակները կապված չեն մեկը մյուսի հետ, հանդես են գալիս որպես առանձին էլեմենտներ և յուրաքանչյուր դանակի առանձին մաշման դեպքում այն կարելի է հանել և տեղադրել նորը:

Արտադրական փորձարկումներից պարզ է դարձել, որ առաջարկվող նոր կոնստրուկցիայի խոփն ունի մեծ արտադրողականություն, հուսալիություն և մաշակա-

յունություն: Նոր խոփի շահագործման ընթացքում տրակտորի քարշի ուժը նվազում է 23-ից 25%-ի չափով: Նոր խոփի երկարակեցությունն անհամեմատ ավելի մեծ է:

Գրականություն

- Հովսեփյան Գ., Ալեքսանյան Ն. Գութանի աշխատանքային օրգան: Գյուտարտոնագիր N 1230 A2. Հայտի համարը NP 20020120: - Երևան, 2003:

ԽՈՂՈՎԱԿՆԵՐԻ ՄԱՍԼՄԱՆ ՈՒԺԻ ՀԱՇՎՈՐԿԸ ՎԵՐԻՆ

ԳՆԱՀԱՏՄԱՆ ԵՂԱՆԱԿՈՎ

Մ. Սաֆարյան, Ս. Առաքելյան, Ս. Մանուկյան

Որպեսզի պատկերացում կազմվի, թե ինչ տեղ է գրավում խողովակների արտադրությունը համաշխարհային արդյունաբերության մեջ, բավարար է նշել, որ պողպատյա խողովակների համար նախատեսված ծուլված մետաղը զարգացած կապիտալիստական երկրներում կազմում է ողջ ծուլված պողպատի 8.6-12.7 %-ը [1]։ Մեր հանրապետությունում խողովակների մամլման գործընթացներ են իրականացվում մի շարք խոշոր արտադրական ձեռնարկություններում և լայն հեռանկարներ կան նրանց արտադրական հզորությունների աճի և նոր արտադրական օբյեկտների ստեղծման համար, կապված մեր տարածաշրջանում գունավոր մետալուրգիայի թափ առնող զարգացման հետ։

Հանրապետություն է ներմուծվում սնանց պողֆիլների մեծ քանակություն, որը մեր հանդգմամբ, հիմնվելով տեղական արտադրական ձեռնարկությունների հնարավորությունների և մասնագիտական կադրերի առկայության փաստի վրա, հաջողությամբ կարելի է ստանալ տեղում։

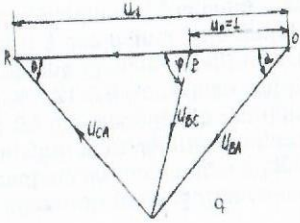
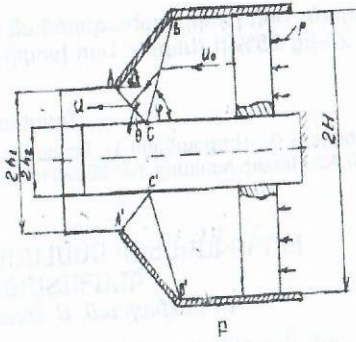
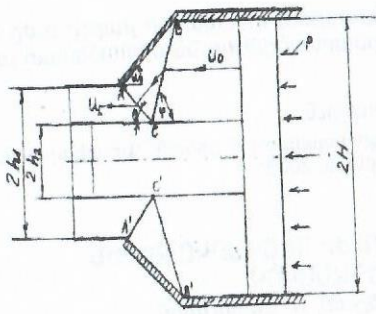
Խողովակների մամլման գործընթացն ուղեկցվում է գործիքների մակերևույթի վրա առաջացող մեծ ճնշումների առկայությամբ, որոնք հաճախ սահմանափակում են գործընթացների տեխնոլոգիական հնարավորությունները։ Ուստի շատ հրատապ է մամլման ուժի մեծության որոշման ճարտարագիտական եղանակների հստակեցումը և ուժի նվազեցման հնարավորությունների ուսումնասիրությունը։ Գրականությունից հայտնի բանաձևերը [2, 3, 4] բարդ են և չեն արտահայտում գործընթացի և հանդերձանքի կառուցվածքային առանձնահատկությունները։

Նպատակ է դրված մամլման ուժի մեծության որոշման համար ընտրել մի եղանակ, որը լինի պարզ, ունենա բավարար ճշտություն և ոյուրին հաշվարկներ կատարի։ Այսպիսի եղանակ է վերին գնահատման եղանակը, որտեղ դեֆորմացիայի օջախը ներկայացվում է կոշտ եռանկյունաձև բլոկների տեսքով, որոնք սահում են մեկը մյուսի և նրանց պարփակող հանդերձանքի մակերևույթի նկատմամբ [5,6]։ Մի որևէ դեֆորմացվող համակարգի համար, ելնելով ներքին ուժերի ակնթարթային հզորության հավասարությունից, դեֆորմացնող p տեսակարար ուժը հավասար է՝

$$p = (\sum \tau_n u_n l_n) / a u_0 \quad (1)$$

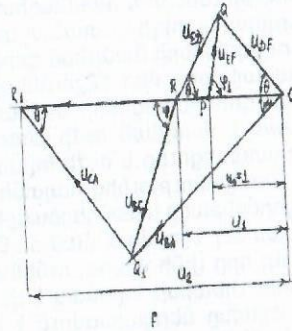
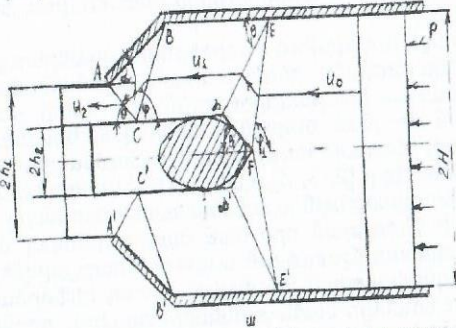
որտեղ τ_n -ը շոշափող լարումն է, u_n -ը սահքի արագությունը եռանկյուն բլոկների սահմաններում, l_n -ը եռանկյուն բլոկի կողմի երկարությունը, a -ն շփման մակերեսի լայնությունը, u_0 -ն դեֆորմացման արագությունը

Նկ. 1ա և 1բ - ում բերված են խողովակների մամլման սխեմաները շարժական և անշարժ ասեղների տարբերակներով և նրանց հողորգաֆը՝ 1գ:



Նկ.1. Խողովակի անձնան սխեման
ա) շարժական սանդղով, բ) անշարժ
սանդղով, գ) հողորգրաֆ

Նկ.2.ա-ում պատկերված է խողովակների եռակցմամբ մանվան սխեման, իսկ
Նկ.2.բ-ում՝ հողորգրաֆը:



Նկ. 2. Եռակցումով խողովակի մանվան սխեման (ա) և հողորգրաֆը (բ)

(1) հավասարման համաձայն Նկ.1 ա և բ սխեմաների համար ստացվում է՝

$$\frac{P}{\sigma_s} = \frac{(CA \cdot U_{CA} + BC \cdot U_{BC}) \sqrt{3}}{H} (1 + \mu \text{ctg} \alpha) \quad (2)$$

Իսկ Նկ.2ա սխեմայի համար՝

$$\frac{P}{\sigma_s} = \frac{(CA \cdot U_{CA} + BC \cdot U_{BC} + EF \cdot U_{EF} + ED \cdot U_{ED}) \sqrt{3}}{H} (1 + \mu \text{ctg} \alpha) \quad (3)$$

որտեղ σ_s - ը հոսունության լարումն է, CA, BC, EF, ED, և H չափերը վերցվում են որոշակի մասշտաբով զծված սխեմաներից, իսկ U_{CA} , U_{BC} , U_{EF} , և U_{ED} հարաբերական արագությունները՝ հողորգրաֆներից:

Օրինակ, 76մմ տրամագծի կոնտեյներով և $\alpha = 50^\circ$ կոնականության մամլամայրով արտաքին 42մմ և ներքին 20մմ տրամագծի խողովակի մամլման դեպքում, ընդունելով, որ շփման μ գործակիցը հավասար է 0.2-ի և $\theta = 35^\circ$, օգտագործելով (2)

բանաձևը Նկ.1ա և բ սխեմաների համար $\frac{P}{\sigma_s}$ մեծությունը ստացվում է հավասար

1.22-ի, որը շատ մոտ է գործնականում հայտնի բանաձևերով ստացվող արդյունքին [7]: Նկ.2ա-ի սխեմայի համար $\frac{P}{\sigma_s}$ մեծությունը ստացվում է հավասար 2.53-ի:

Այսպիսով, վերին զնահատման եղանակի օգտագործումը թույլ է տալիս պարզ գրաֆիկական կառուցումներով հաշվարկել խողովակների մամլման գործընթացում պահանջվող ուժի մեծությունը:

Եղանակի առավելություններից է նաև այն, որ վերջինս կարելի է օգտագործել մամլման ուժի հաշվարկի համար այն սխեմաներում, որոնց համար գոյություն չունեն համապատասխան պարզ բանաձևեր (օրինակ՝ ձևավոր պրոֆիլի կամ բազմաթիվ անցքերով մամլամայրով մամլում և այլն):

Գրականություն

1. Современное состояние мирового производства труб. - М.: 1992. - 353 с.
2. Перлин И. А., Рейтберг А. Х. Теория металлов. - М.: Металлургия, 1975. - 445 с.
3. Манегун Ю.В. и др. Горячее прессование труб и профилей. - М.: Металлургия, 1980. - 271 с.
4. Ковка и штамповка. Т. 3. Холодная объемная штамповка. -М.: Машиностроение, 1987.- 384 с.
5. Джонсон У., Мелор П. Теория пластичности для инженеров. - М.:Машиностроение.
6. Սաֆարյան Մ., Վարդանյան Ս. Սետաղի հոսքի վրա մամլմանյի պրոֆիլի ազդեցության ուսումնասիրությունը մամլման ընթացքում // ՀԳԾՀ տարեկան գիտաժողովի նյութերի ժողովածու, հատոր 2.- Երևան. -2004.
7. Жолобов Б.Б., Зверев Г.И. Прессование металлов. - М.: Металлургия, 1971. - 454 с.

ՀԵՄԱՏԻՏԱՅԻՆ ՀԱՆՔԱՔՎՐԵՐԻՑ ԵՐԿԱԹԱՓՈՇՈՒ ՍՍԱՑՄԱՆ ՏԵՒՆՈՒՈՂԳԻՎԱՄՆ ԱՈՒԱՆՆԱՀԱՏԱԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Տ.Ավոյան

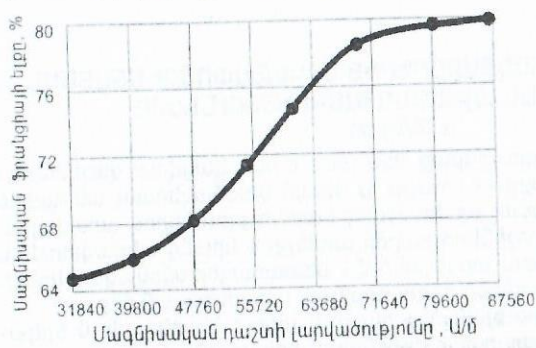
Տեխնիկայի զարգացմանը զուգընթաց մեծ տեղ է հատկացվում փոշեմետալուրգիային, որը հնարավորություն է տալիս ոչ միայն կազմակերպել անթափան արտադրություն, այլ նաև ստանալ պահանջվող հատկություններով արտադրատեսակներ: Սակայն մետաղափոշիների բարձր արժեքը և նրանց տեղափոխման դժվարությունները զգալի կերպով արգելակում է մետաղակերամիկական իրերի արտադրությանը և նրանց ներդրմանը ժողովրդական տնտեսության մեջ:

Մետաղափոշիների արտադրության մեջ հատուկ տեղ է հատկացվում երկաթափոշու արտադրությանը: Հայաստանը չունենալով երկաթափոշու արտադրություն, այն ներկրում է ԱՊՀ երկրներից: Սակայն ներկայումս ԱՊՀ երկրների կողմից մետաղափոշիների մուտքը հանրապետություն գրեթե դադարեցված է, այդ իսկ պատճառով խիստ անրաժեշտություն է դառնում տեղում տեղական կամ հարևան

իրանի հսկանական Հանրապետության հունքի բազայի վրա երկաթափոշու արտադրության կազմակերպումը: Հայաստանը բավականին հարուստ է երկաթահանքերով և արդեն մշակված են համապատասխան տեխնոլոգիաներ, դրանցից հարուստ խտանյութեր ստանալու համար [1, 2]:

Ելնելով վերոհիշյալից, աշխատանքում ուսումնասիրվել է երկաթի հեմատիտային հանքաքարերից երկաթափոշու ստացման գործընթացը և մշակվել է համապատասխան տեխնոլոգիա, որը հնարավորություն է տալիս ստանալ բարձր մաքրությամբ երկաթափոշի: Հեմատիտային հանքաքարը ունի հետևյալ քիմիական բաղադրությունը՝ FeO - 16,0 %, Fe₂O₃ - 58,8 %, SiO₂ - 3,4%, MnO - 0,7 %, CaO - 1,0 %: Երկաթի հանքաքարը մինչև 160 մկմ մանրացնելուց հետո ենթարկվել է գրավիտացիոն հարստացման, ջրազրկման և չորացման: Պատրաստվել է բովախառնուրդ, որտեղ տրվել է վերականգնիչ (զրաֆիտ) 4-5%-ի չափով՝ ըստ հանքաքարի զանգվածի: Ստացված հոմոգեն բովախառնուրդը ենթարկվել է հատիկավորման, որտեղ որպես հեղուկ օգտագործվել է 10%-ոց սոդայի լուծույթ: Բովախառնուրդի հատիկավորման գործընթացը համատեղվել է բովախառնուրդի մեջ սոդայի ջրային լուծույթի ներմուծման գործընթացի հետ: Պա հնարավորություն է ստեղծում սոդայի մասնիկներին հավասարաչափ բաշխվելու խառնուրդի ամբողջ ծավալով, որի հետևանքով նրա ակտիվությունը կտրուկ մեծանում է և բովախառնուրդի վերականգնման ժամանակ ստացվում է փափուկ և ծակոտկեն սպունգ՝ բովազնդիկի տեսքով: Այս ամենը բարենպաստ պայման է ստեղծում վերականգնման գործընթացի ավելի էֆեկտիվ ընթացքի, ինչպես նաև սիլիկատառաջացման ռեակցիաների արգասիքների հեռացման համար: Վերականգնման ջերմաստիճանը կարող է տատանվել 1000-1200 °C: Բարձր ջերմաստիճանային վերականգնման ժամանակ առաջնում են բարդ սիլիկատային միացություններ, որոնք չեն լուծում ոչ թթուներում ոչ էլ հիմքերում: Ելնելով կատարված հետազոտություններից հատիկավորված բովախառնուրդը ենթարկվել է թրծման խցային վառարանում 900-1000 °C ջերմաստիճանային միջակայքում 2 ժամ տևողությամբ: Որպես օպտիմալ ջերմաստիճան վերցրվել է 1000 °C, որի դեպքում վերականգնման աստիճանը կազմել է 98,3 %:

Այնուհետև տրախցուկը ենթարկվել է թաց մանրացման և թաց մագնիսական տարանջատման 31840 Ա/մ մինչև 95520 Ա/մ մագնիսական դաշտի լարվածության տակ (Նկ.1), որի ժամանակ ջրում լուծվող սիլիկատային միացությունները



Նկ. 1. Մագնիսական ֆրակցիայի ելքը կախված մագնիսական դաշտի լարվածությունից:

լուծվում են ջրում և հեռանում, իսկ չլուծվողները հեռանում են մագնիսական տարանջատման ընթացքում: Փորձի արդյունքների հիման վրա ընտրվել է օպտիմալ լարվածություն, որը կազմում է 71640 Ա/մ: Ստացված մագնիսական ֆրակցիան ենթարկվել է չորացման և վերականգնման դիտցված ամոնյակի միջավայրում 750 °C ջերմաստիճանում 1 ժամ տևողությամբ: Վերականգնումը հետո մետաղափոշին ենթարկվել է մաղման 0,16 մմ անցք ունեցող մաղով և փաթեթավորմամբ:

Ստացված երկաթափոշին համապատասխանում է ՍՊՀ4 մակնիշին [3]: Այն ունի բեկորած և տեսք, որի կառուցվածքը ցույց է տրված Նկ.2-ում: Երկաթափոշու տեխնիկական պարամետրներն են՝

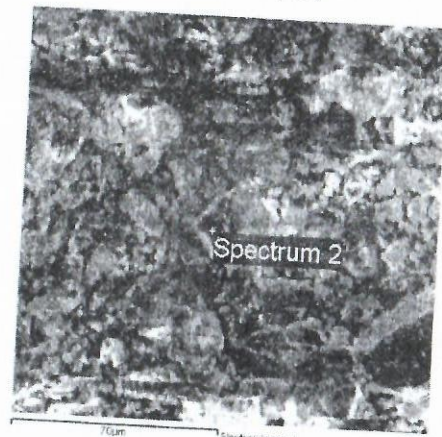
1. Քիմիական բաղադրությունը, %՝ Fe - 98,35, C - 1,65;
2. Հատիկաչափական կազմը, %՝

$$\begin{matrix} -200 \\ +160 \end{matrix} \left\{ \begin{matrix} -0-1,5 \\ +80 \end{matrix} \right\} \left\{ \begin{matrix} -25-35 \\ -50-15-30 \end{matrix} \right.$$

$$\begin{matrix} -160 \\ +100 \end{matrix} \left\{ \begin{matrix} -10-30 \\ +50 \end{matrix} \right\} \left\{ \begin{matrix} -20-30 \end{matrix} \right. ;$$

3. Ֆիզիկա-տեխնոլոգիական հատկությունները՝
 միկրոկարծրությունը, H_μ - 1150...1170;
 տեսակարար խտությունը, գ/սմ³ - 1,6...1,8;
 հոսունությունը, գ/վ - 10...12;
 տեսակարար մակերևույթը, մ²/գ - 0,35...0,40;
 պիկնոմետրիկ խտությունը, գ/սմ³ - 7,70...7,72;

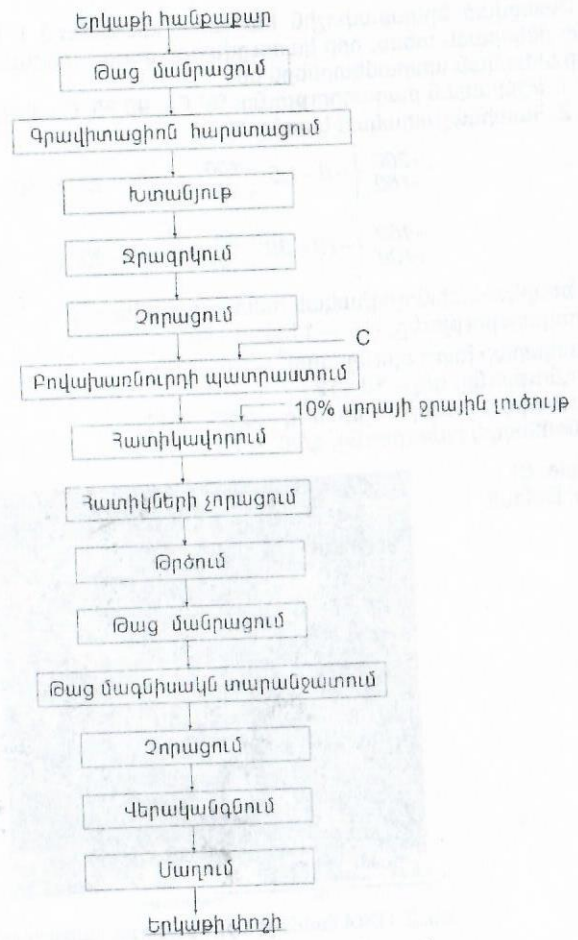
Sample: 01
 Type: Default
 ID:



Նկ. 2. ՍՊՀ4 մակնիշի երկաթափոշու կառուցվածքը

Հեմատիտային հանքաքարերից երկաթափոշու ստացման տեխնոլոգիական սխեման ցույց է տրված Նկ. 3-ում:

Առաջարկված տեխնոլոգիան հնարավորություն է տալիս հեմատիտային հանքաքարերից, որը օժտված է պարամագնիսական հատկություններով, ստանալ բարձր մաքրությամբ (98,35 %) երկաթափոշի: Հիմնական առանձնահատկությունը նրանում է, որ հանքանյութը օժտված լինելով պարամագնիսական հատկություններով հնարավոր չէ ենթարկել մագնիսական տարանջատման, մինչդեռ մեր կողմից մշակված տեխնոլոգիան, որը հիմնված է քիմիկոմետալուրգիական գործընթացների վրա, ապահովում է երկաթափոշու բարձր մաքրություն [3]:



Նկ. 3. Հեմատիտային հանքաքարերից երկաթափոշու ստացման տեխնոլոգիական սխեմա

Գրականություն

1. Манукян Н.В. Производственный процесс получения порошка гидромеханическим и железорудным методом // Промышленность Армении.-1964.- № 10. - С.34-38.
2. Агбалян С.Г., Касьян В.А., Франгулян А.А. и др. Исследование процессов получения железного порошка из руд Разданского и Капунтанского месторождений. // Изв. НАН Армении и ГИУА.-Сер.ТН.-Ереван.-1997.- Т.1. - № 3.-С.175-181.
3. ГОСТ 9849-86 Порошок железный. Технические условия.

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

ՀԱՏՈՐ 1

ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱ

Հ.Հայրապետյան Դիրիխլեի խնդրի մասին կշռային տարածություններում 3

Н. Товмасын, А. Бабаян Нелокальные краевые задачи для уравнения Бицадзе в единичном круге 5

Р. Багян Метод возрастающих множителей и их применение в проблеме моментов 8

В. Мирзоян, Г. Аракелян, О. Хосровян Теоремы разложения для некоторых классов Ric – полусимметрических подмногообразий в евклидовых пространствах 11

Н. Бадалян Связь нормы булевой функции и активностей ее аргументов 14

Լ.Գևորգյան Որոշ նշանավոր կորերի կինեմատիկական նկարագրությունը MATLAB համակարգչային ծրագրի միջոցներով 16

А. Закарян, Г. Айрапетян Существование и единственность квазистационарного решения в условиях фронтальной радикальной полимеризации 19

А. Аракелян Применение теплицевых матриц к случайным процессам с дискретным временем 23

О. Асатрян, К. Эроянц О табличном интеллекте 27

О. Асатрян, А. Асатрян Протопология. Равномерная структура окружений, функции абсолютной эффективности 33

ՖԻԶԻԿԱ

А. Оганесян, Н. Бархударян, Ж. Паносян Хранение водорода в углеродных нанотрубках 36

ժ.Փանոսյան, Ա.Մելիքսերյան, Ռ.Գրարյան, Ա.Ղարրաշյան, Ե.Ենգիբարյան, Կ.Եղիշյան, Հ.Ղարաբեկյան, Ս.Սևակյան Գազային պլազմայի օպտիկական ճառագայթման սպեկտրի չափման համակարգ 39

А. Восканян, Р. Абрамян, А. Дарбасян, С. Восканян Оценка температуры газоразрядной плазмы методом уширения линий эмиссионного спектра 43

Ս.Մախիսյան Էլեկտրադինամիկայի հիմնական խնդրի լուծման միակությունը 46

Ս.Միտոյան Վերադրման սկզբունքի մասին՝ ըստ դասական ֆիզիկայի և բվանտային պատկերացումների 50

Н. Испирян, А. Хачатрян, А. Петросян, К. Агаронян Амлитуды отражения и прохождения электрона рассеивающегося в поле одномерного симметричного потенциала произвольного вида 52

Р. Мовсисян Влияние топологического магнитного поля на электронные состояния в двойной δ - яме 54

Ա. Արոյան, Ա. Խզարշյան Եռակի երկբյուրեղ և եռաբյուրեղ ինտերֆերաչափեր 57

ՕՐԳԱՆԱԿԱՆ ՍԻՆԹԵԶ ԵՎ ԲՆԱՊԱՀՊԱՆԱԿԱՆ ՃԱՐՏԱՐԱԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆ

Р. Варданян, А. Варданян, А. Атабекян, С. Казарян Ингибирование этиловым эфиром α -N-салицилиден- β -индолил аминопропионовой кислоты и его хелатами 61

Р. Варданян, А. Варданян, А. Атабекян, А. Акопян Ингибирование реакции окисления экстрактами из семян пищевых продуктов 63

А. Сафарян Особенности проникновения и ускорения стереоизомеров (D-L-) и рацематов валлина и алланина у голодающих и неголодающих по азоту дрожжей <i>Candida guilliermondi</i> ВКМ Y-42.....	66
Е. Багдасарян, А. Сафарян Индукция оксидазы L-аминокислот [EC 1,4,3,2] дрожжам <i>Candida tropicalis</i> DH-3.....	69
Ա. Վարդերեսյան, Հ. Պարիկյան, Պ. Փիրումյան, Ջ. Սկրտչյան Աղիքատիկ պայմաններում ϵ -կապրոլակտամի անհոնային ակտիվացված պոլիմերացման կինետիկան.....	72
Հ. Պարիկյան, Ռ. Ղևոնդյան, Ա. Բաղդասարյան, Ա. Տոնոյան ϵ -կապրոլակտամի անհոնային ակտիվացված պոլիմերացման կինետիկան.....	75
Ս. Սիրումյան, Ա. Թոնոյան Фронтальное отверждение эпоксидных олигомеров ароматическими аминами в трубчатых проточных реакторах.....	79
Н. Киракосян, А. Вардересян, А. Закарян, А. Багдасарян Полимер-полимерные композиции, полученные в условиях фронтальной полимеризации, и их свойства.....	83
Ռ. Ղևոնդյան, Ն. Վիրակոյան, Ջ. Սկրտչյան, Ա. Դավթյան Ոչ իզոբրերմ պոլիմերացման պայմաններում բյուրեղացման կինետիկան.....	86
Գ. Վարդերեսյան, Ա. Սուքիասյան, Ռ. Սալադյան, Է. Անտոնյան Նավթանյութեր պարունակող հոսքաջրերի խոր մաքրումը դիատոմիտով մոդիֆիկացված փրուն պեռլիտով.....	90
Ն. Անդրիասյան, Է. Խալաթյան, Ք. Թահմազյան Ներքին սառեցմամբ ռեակտոր-պոլիմերիզատորներում պտտվող մակերևույթների ու միջավայրի ջերմաստիճանի չափումը.....	92
Н. Тагмазян, Н. Хачатурян, А. Балаян, К. Тагмазян Синтез эффективных композиционных ингибиторов кислотной коррозии.....	94
Մ. Խաչատրյան, Ֆ. Ռիշա, Ք. Թահմազյան, Գ. Հովհաննիսյան Կատամից AB-18-ի և 1,3-դիքլոր-2-բութենի հիման վրա բաղադրամասային ինհիբիտորի ստացման միափուլ եղանակի մշակումը.....	97
Г. Торосян, А. Арутюнян, А. Назаретян, А. Празян, А. Арутюнян Синтез производных ацетоуксусного и малонового эфиров и их хелатобразующая способность.....	100
А. Исакова Синтез и изучение хелатобразующей способности производного цианоуксусной кислоты.....	104
А. Исаков Адсорбция фенола из водных растворов цеолитами и его дальнейшее химическое преобразование.....	107
А. Алексанян, М. Закарян, А. Назарпетян, С. Айрапетян, А. Хачатурян, Г. Торосян Удаление анилина из растворов алюмосиликатами и его дальнейшее химическое преобразование.....	110
В. Давтян Системные операторы на предприятиях по переработке сточных вод.....	113
Ա. Վարդանյան, Ա. Վարդանյան, Ա. Տեր-Հովհաննիսյան, Ա. Միքայելյան Ֆունկցիոնալ տեղակալված կարբոցիկլիկ միացությունների ֆիզիոլոգիական ակտիվության գնահատումը բվանտամեխանիկական հաշվարկներով.....	117
Ս. Ավարմազյան, Ն. Ասատրյան, Մ. Ավդալյան, Ա. Միքայելյան Քլորփիլիային միացությունների թթվածնով հեղուկաֆազ կատալիտիկ օքսիդացմամբ α -քլորկարբոնաթթուների ստացում.....	121

А. Амбарцумян, А. Сукиасян, А. Тадевосян Применение хемилюминесцентного метода химического последействия к оценке ингибирующих свойств экстракта коры дуба.....	125
Դ. Կոչարյան, Տ. Կոտիկյան, Մ. Տիրականյան, Ք. Միրզահանյան Изучение экстракционной способности N,N-бис (дифенилфосфиноксидоэтил) гидроксидов по отношению к уранилнитрату.....	128
Ս. Գուկասյան, Ք. Տայադյան, Ա. Թորոսյան Օրոլի գետերոգենային ֆակտորները մեղմացման և սառեցման օքսիդացման փուլերում.....	130
К. Хизанцян, С. Саргисян Электроокисления фенола на платиновом и окисноплатиновом электродах.....	133
Н. Гаспарян Влияние передачи, включенной в коробке передач на количество оксида углерода в отработавших газах автомобиля.....	136
ԱՆՕՐԳԱՆԱԿԱՆ ՆՅՈՒԹԵՐԻ ՏԵՆՍՈՒՈՒՂԻԿ	
В. Парванян, Ф. Григорян, Г. Мирзоян, Г. Асатрян, Г. Петросян, В. Габриелян, Э. Аракелова, А. Мирзоян Закономерности разложения Zn-содержащего комплекса для синтеза пленок.....	139
В. Парванян, Ф. Григорян, Г. Асатрян, А. Мирзоян, Г. Мирзоян, Г. Петросян, Э. Аракелова Влияние Уф-облучения мишени на концентрацию Zn-содержащего летучего комплекса для синтеза пленок.....	142
К. Налбандян Исследование свойств фторосодержащих алюмосиликатных стекол, перспективных для волоконной оптики.....	145
А. Гаспарян, К. Костанян Стеклообразование и физико-химические свойства стекла системы $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7\text{-}3\text{Li}_2\text{O-Al}_2\text{O}_3\text{-PbF}_2$	148
М. Петросян Область стеклообразования и некоторые физико-химические свойства стекол системы $\text{BaF}_2 - \text{V}_2\text{O}_5 - \text{B}_2\text{O}_3$	152
Լ. Ալիխանյան Ազոտի երկօքսիդի աղտոտիչի անջատման միջավայրի մաքրման փուլի վրա.....	153
М. Оганесян, Н. Князян Исследование свинцовооборотных цинкфторидных легкоплавких стекол.....	156
Ն. Բոշյան, Ռ. Ավետիսյան $\text{ZnO/SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-LiF}$ համակարգի ապակեգոյացման տիրույթի և բովանդակության ջերմամշակման գործընթացի ուսումնասիրությունը.....	159
Ն. Բոշյան, Ռ. Ավետիսյան Ցածրադասային ընդարձակման ջերմաստիճանային գործակցով ապակեբյուրեղային նյութ $\text{ZnO/SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{LiF}$ համակարգի հիման վրա.....	162
М. Мелкумов, А. Григорян Определение механизма и кинетических уравнений гидрирования бензола на Ni/SiO ₂ катализаторах в различных температурных областях.....	165
Վ. Մարտիրոսյան, Տ. Աղամյան, Ա. Զիտանյան Պիրիտի փոխարկումները մեխանիկական և ջերմային մշակման արդյունքում.....	167
Մ. Շմավոնյան, Մ. Սասունցյան, Ա. Շմավոնյան Կարելային արտադրության թափոն գլոմման կիզաթեփուկից բրոնզների ստացման գործընթացի թերմադինամիկական վերլուծությունը.....	171
Ա. Գյուլզադյան, Ռ. Աղաբեկյան ՀՀ Արարատի մարզի Ուրցի տեղանքի հեմատիտ-կաոլինիտային հանքանյութից ալյումինիումի սուլֆատի ստացումը.....	173
Г. Вардересян, Э. Антонян, К. Тагмазян, М. Сираканыан Глубокая очистка нефтесодержащих сточных вод с применением в качестве сорбента вспученного перлита, модифицированного бентонитом.....	175

Ա.Կալպակյան, Ա.Յամբարձումյան, Զ.Խաչատրյան, Զ.Մարգարյան C ₁ - C ₄ սահմանային թեթև ածխաջրածինների փոխազդեցության կողմնորոշման էֆեկտը՝ Շիրակի մոլորենիտի վրա դրանց աղտորեցիայի ժամանակ	177
Ա.Կալպակյան, Զ.Խաչատրյան, Ն.Գասպարյան, Զ.Մարգարյան Գազաքրոմա-տոգրաֆիական եղանակով թեթև սահմանային C ₁ - C ₄ ածխաջրածինների բաժանումը Շիրակի մոլորենիտի վրա	180
Ա.Գրիգորյան Սիլիկատեի վրա նստեցված պալադիում, պալադիում-արծաթ և պալադիում-պղինձ կատալիզատորների ակտիվության և տեսակարար մակերեսի կախումը պատրաստման եղանակից	183
Ս.Մարտիրոսյան, Ն.Ավագյան Միներալ զոնից ցինկ էլեկտրոդով կուտակիչների համար	185
А. Сукиасян, А. Киракосян, А. Тадевосян Мониторинг распределения ионов d -элементов с использованием сверхслабого свечения экстрактов некоторых растений	188
Զ.Գյուրջինյան, Ա.Գյուրջինյան Ջրացեմենտային հարաբերության գործոնի ազդեցությունը տուֆաբետոնի ամրության վրա	190
Ա.Մաթևոսյան Սիկրոլիթվացիոն կառուցվածքով ֆտոր պարունակող այրմամարրատային ապակիների հատկությունների ուսումնասիրությունը	193
ԷԼԵԿՏՐՈՍԵՆՏԻԿՎ	
Գ. Տարկուսյան Параллельные генетические алгоритмы	196
А. Арутюнян, Г. Оганесян Моделирование вентиляльно-индукторного привода в системе MATLAB-Simulink	198
Арт. Кардашян К вопросу автоматизированного измерения скорости движения автомобилей и статистического мониторинга транспортно-го потока	202
Э. Акопян, Г. Питкевич, В. Овсепян Математическая модель тягового асинхронного электропривода с микропроцессорным управлением	205
М. Матевосян, Э. Кургиян, А. Матевосян Методика определения абсорбционного сопротивления диэлектрика	208
В. Нерсисян, В. Симонян Метод определения эквивалентных параметров магнитной цепи вихретокового преобразователя	211
З. Беллуян, А. Киракосян, А. Беллуян, К. Исаян, А. Григорян К расчету надежности обмоток трансформаторов и генераторов	214
Ա.Դինգզյան, Ա.Տատինգյան Պլիանիլինային կոնդենսատորներ	218
Ж. Давидян Управляемая параллельная работа синхронных турбоэнер-гоагрегатов (математическая модель и структурная схема)	221
Л. Маулян Дифференциальные уравнения синхронного генератора с синхронным возбудителем	224
М. Арамян, В. Симонян, М. Григорян Являются ли закон электромагнитной индукции Фарадея и закон полного тока Био-Савара эквивалентными ?	228
М. Арамян, А. Арамян О закономерности, установленной в теории электро-динамики Максвелла	230
А. Арамян К теории электромагнитного поля движущихся тел (об уста-новлении взаимосвязи классической электродинамики и классической ме-ханики)	236

Գ.Գևորգյան, Ն.Դավթյան, Ռ.Հակոբյան Հիդրոգեներատորի օդային բացակա ստուգող համակարգի և հենակետային տարրերի համատեղ աշխատանքի առանձնահատկությունները	239
Р. Акопян, А. Айрапетян, С. Овсепян Анализ погрешности измерения температуры устройством контроля теплового состояния гидрогенера-тора	243
Р. Оганян Критерии выбора норм показателей изменения напряжения при сбросе-набросе ступеней нагрузки автономных генераторов спе-циального назначения	246
А. Саргсян О методе расчета усредненных параметров неоднородных материалов с учетом двойного электрического слоя	248
Н. Саакян Экспериментальные исследования по определению сухого ос-татка питьевой воды на основе удельной электропроводности	250
ԷԼԵԿՏՐԱԵՆԵՐԳԵՏԻԿՎ	
Գ. Խոստիկյան Երևան քաղաքի «Արաբկիր» մասնաճյուղի էլեկտրական ցանցի զարգացման հեռանկարները	254
Ա. Թումանյան Արեգակնային էներգիայի խտացմամբ էլեկտրական և ջեր-մային կերպափոխման նոր կայանքի մոդել	256
С. Акопян, К. Габриелян Методика и технические мероприятия, обеспе-чивающие абсолютно симметричный режим работы синхронных генера-торов электрических станций	260
А. Овакимян Некоторые вопросы методики расчета годового регулиро-вания ГЭС в сложной энергосистеме	263
Է. Սարգսյան, Լ. Գալստյան Հայկական էներգահամակարգի ԱԷԿ վթարային ռեժիմները և նրանց կանխարգելումը	266
М. Тамразян Построение системы нелинейных алгебраических уравне-ний Z-Y математической модели установившегося режима электроэнер-гетической системы при смешанном типе станционных узлов	268
Վ.Առաքելյան էլեկտրահաղորդման գծերի նոր մաթեմատիկական մոդելի կա-ռուցումը	271
Է.Սարգսյան, Ս.Հովհաննիսյան Արդյունարար կայունության, ներառյալ սինք-րոն ռեժիմների, հաշվարկի մեթոդները բարդ էներգահամակարգերի համար	274
Ս.Հովհաննիսյան Ասինքրոն ռեժիմների հաշվարկը ճշգրիտ մաթեմատիկա-կան մոդելով	276
ՋԵՐՄԱԵՆԵՐԳԵՏԻԿՎ ԵՎ ՇՐՋԱԿԱ ՄԻՋԱԿԱՅՐԻ	
ՃԱՐՏԱՐԱԳԻՏԱԿԱՆ ՊԱՇՏՊԱՆՈՒԹՅՈՒՆ	
Ռ. Շամանյան, Զ. Գարոյան, Ա.Դանիլով, Ա. Սահակյան Փոքր հզորության կաբսայատան հիման վրա լուկալ ջերմամատակարարման արդյունավետու-թյունը կլիմայական տարրեր պայմաններում	278
С. Шахвердян, А. Симонян Расчет плотности потока радиоактивного излучения в радиальном направлении от изотропного цилиндрического источника с цилиндрической защитой	280
Ա.Հայրապետյան, Ս. Ներսեսյան, Ա.Գրիգորյան Արևի ազդեցությունը Երևան քաղաքում բացօթյա գործող ուժային տրանսֆորմատորների հզորության վրա	283
Ս.Պապիկյան Գյուլմրի քաղաքի ջերմամատակարարման զարգացման մի քանի հարցեր	286

Л. Оганесян, А. Хизанцян Тепловая модель брызгального бассейна при отводе остаточного энерговыделения активной зоны.....	289
Ս.Մարուխյան, Մ.Ղազարյան, Ա.Գևորգյան, Ա.Շամամյան Վառելիքի ծախսի կրճատումը շոգետուրբինային ջերմաէլեկտրակենտրոնում.....	293
Ս.Մարուխյան, Ս.Գևորգյան Կայուն զարգացման հիմնախնդիրները և միջուկային էներգետիկան.....	295
Ա.Գևորգյան, Զ.Յոսեփյան ՁԷԿ-ի փոփոխական աշխատանքային ռեժիմներում գազային արտանետումների ցրման հետազոտումը.....	298
Ս.Ղազարյան, Ս. Մարուխյան Նավթային արգասիքներով աղտոտված հոսքերի մաքրումը և օգտագործումը.....	302
Ա.Գրիգորյան, Ս.Ներսեսյան Ուժային տրանսֆորմատորների փաթույթներում ջերմային դաշտի հետազոտումը.....	305
Ա.Գևորգյան, Շ.Պողոսյան Հայկական ԱԷԿ-ի առաջին կոնտուրից արտահոսքի դեպքում ռեակտորի անվտանգ կանգը ապահովող համակարգերի հավանականային վերլուծությունը.....	307
В.Харазян Эффективность комбинированных энергоустановок с газовыми двигателями в условиях Армении.....	311
Ե.Շամամյան Շենքի ջերուցման ջերմային բնութագրի նվազագույն արժեքի որոշումը.....	313

ՈւղիղՏԵՆՏԻԿԱ ԵՎ ԿԱՊ

Դ.Հուսիկյան Կառուցվածքային հիերարխիայի հաստատունի ուսումնասիրումը և լավարկումը լարերի երկարության տեսանկյունից.....	316
Լ.Հուսիկյան Բջջային հեռախոսային համակարգի կառուցվածքային հիերարխիայի մոդելավորումը և վերլուծությունը.....	318
Վ.Առուստամյան, Հ.Գրիգորյան Թվային կոմպանդերների համեմատական վերլուծությունը և փոխակերպման աղմուկների գնահատումը.....	321
В. Арустамян, К. Франгулян Матричный метод организации защиты информации в сетях передачи данных.....	323
М. Азоян, Т. Азоян СВЧ информационный элемент с частотным выходом.....	324
Օ. Բագдасарյան, Թ. Կնязյան, Ք. Սիմոնյան, Զ. Օվսեպյան Влияние потерь на отражательные характеристики многослойных четвертьволновых структур.....	326
Ք. Սիմոնյան Влияние входного конца оптического волокна на излучательные свойства многослойных вертикально-излучающих структур.....	329
Ռ. Կիրակոսյան, Ա. Սահակյան Բալանսային ուժեղարարներ.....	331
Դ. Բերբերյան, Դ. Զամակոչյան Алгоритм расширения информационной емкости микрочипов радиочастотной идентификации без увеличения их начального формата памяти.....	334
Ա. Սարգսյան, Հ. Արրահամյան Ռադիոհաղորդիչ կայանների տեղադրման աշխատանքային նախագիծ.....	337
Ա. Ավետիսյան Դիտարկող ռադիոլուկացիոն կայանի ինդիկատորի արդիականացումը.....	339
А. Хачатрян Использование программного пакета Lab View в курсовом проектировании по антенным системам.....	341

ՏՐԱՆՍՊՈՐՏԱՅԻՆ ՀԱՍՍՎԱՐԳԵՐ

Գ. Մուսայելյան, Լ. Զաքարյան Վերջավոր տարրերի մեթոդով բեռնատար ավտոմոբիլի շրջանակի բաղկացուցիչ տարրերի միացումների մոդելավորման մեթոդիկան.....	344
Ա. Բուդաղյան, Ա. Քալաշյան Արգելակման պրոցեսում ԱՏՄ-ի արագության հաշվարկումը ABS-ի կառավարման նպատակով.....	346
Г. Налбандян, Э. Амираган Распределение температурных полей в барабанном тормозном механизме.....	350
Ռ. Այվազյան Դիզելների աշխատանքային գործընթացի օ.գ.գ.-ի մասին.....	352
Կ. Սայադյան, Գ. Երիցյան Ավտոմոբիլացման էկոլոգիական հիմնախնդիրները.....	354
Ս. Զիրուխյան, Վ. Բալջյան Ավտոբեռնիչների բեռնամբարձ մեխանիզմների հիդրոհաղորդակներում ոչ ստացիոնար շարժման ուսումնասիրումը.....	357
Arp. Kardashyan Система автоматизированного мониторинга дорожного движения транспортного потока и алгоритм обработки информации.....	358

ՀԱՏՈՐ 2

ՄԵՆԱՆԻԿԱ ԵՎ ՄԵՔԵՆԱԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆ

Ա.Պողոսյան, Տ.Սարտիրոսյան, Ի.Գասպարյան Պլաստիկ յուղանյութերի շփագիտական առանձնահատկությունների ուսումնասիրումը մոլիբդենային լցանյութերի կիրառմամբ.....	363
Ա.Պողոսյան, Յու. Առուստամյան, Վ.Սարգսյան Քսուբայուղերի հավելանյութերի ընտրության և աշխատունակության գնահատման ընդհանրացված օրինակափոխությունը.....	366
Ա.Թամրազով, Ա.Բախշյան, Ա.Իսաջանյան, Տ.Կարապետյան Ավտոտրանսպորտային միջոցների արգելակային սարքի ցնցումա-աղմկային երևույթի հետազոտման լաբորային նոր սարք.....	368
Д. Габриэлян, С. Геворкян, А. Мурадян Влияние трещинообразования на напряженное состояние в корке непрерывного слитка.....	371
С. Геворкян, Г. Самра К задаче исследования сил сопротивления на устойчивость пластинки в сверхзвуковом потоке.....	373
А. Арустамян К динамической устойчивости ортотропной прямоугольной пластинки при различных граничных условиях.....	377
Ս.Հարությունյան Սարդու արյան շրջանառությունը կարգավորող, սրտանոթային և շնչառական համակարգերը ապաքինող մարգասարքի նախագծումը.....	380
Ю.Сафарян, А. Атасунц, О. Малинцян Выход ракеты из сжимаемой жидкости.....	383
Ն.Մախսուդյան Գնդղորտային և հարթ երկշուռտվիկ մեխանիզմների վերլուծություն և սինթեզ.....	387
Ռ.Զավախյան, Ա.Հարությունյան Քառոնդակապային լծակային ուղղորդիչ մեխանիզմների սինթեզ և համեմատական վերլուծություն.....	390
Ռ.Զավախյան, Հ.Գևորգյան Ելքի օդակի մոտավոր կանգառով տարածական քառօղակ լծակային մեխանիզմի վերլուծությունը ըստ կանգառքի ճշտության.....	393
Մ.Ստակյան, Մ.Սանուկյան, Ա.Ռամազյան Լիսեռներում ճաքերի զարգացման վրա ազդող գործոնների հաշվեգրաֆիկական գնահատումը.....	397
Մ.Ստակյան, Ա.Սարգսյան, Գ.Միրաքյան Պողպատների կոռոզիոն հոգնածային դիմադրության հաշվարկային մեթոդ.....	400

Կ.Իսախանյան Լիսեռների հոգնածային դիմադրության գնահատման հաշվե- գրաֆիկական մեթոդ և ծրագրային ապահովում.....	403
Յ.Ֆահրադյան, Գ.Վասիլյան Ջերմանշակված միջին ածխածնային կոնստրուկ- ցիոն պողպատների միկրոկլառուցվածքի պարամետրերի հավանական գնա- հատումը.....	406
Գ.Պետրոսյան, Տ.Վլեքսանյան Կոնական մամլամայրում հարթ նախապատ- րաստվածքների շառավղային հոսքի լարվածադեֆորմացիոն վիճակի բա- ղադրիչների արտահայտումը եռանկյունաչափական ֆունկցիաներով.....	408
Գ.Պետրոսյան, Յ.Պետրոսյան, Յ.Լևոնյան Ծակոտկեն նյութերի պլաստիկու- թյան տեսության պարզեցված բանաձևերի մասին.....	411
Յ.Լևոնյան, Ա.Ասմանզուլյան Ստատիկորեն անորոշելի տարածական ծողա- համակարգի վերջավոր տարրերի մեթոդով հաշվարկման մի տարբերակի մասին.....	413
Յ.Իսախանյան Փափուկ նյութից միջուկով երկմետաղ ծողերի մամլման գործ- ընթացի հետազոտումը.....	416
Ա.Ասմանզուլյան Չսպանակների վրա հենված մեկ հարթության մեջ գտնվող անիվի ճաղերում ճիգերի որոշումը.....	418
А. Шемян, А. Шемян, С. Верлинский Об уравнениях плоской контактной задачи теории упругости с учетом шероховатости износа и тепловыде- ления от трения.....	421
М. Белубекян, М. Саркисян, Ю. Саноян Напряженно-деформированное состояние биморфной пьезоэлектрической консольной пластинки.....	423

ՄԵՔԵՆԱՇԽԻԱՎԱՆ ԱՐՏԱԴՐՈՒԹՅԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՆԵՐ ԵՎ
ՍԱՐՔԱՎՈՐՈՒՄՆԵՐ

А. Арзуманян, О. Манукян Температура на вершине лезвия режущей пластины.....	426
Զ. Ասատրյան Բարի ճեղքման սարք.....	429
А. Хачатурян Метод планетарной полировки кабошонов из цветных и полудрагоценных камней.....	431
Մ. Պողոսյան, Ա. Մուրադյան, Ա. Հակոբյան, Ա. Մաճկալյան Ածխափոշիների բոցավառման և այրման դինամիկական տարբեր կարգերի ռեակցիաների դեպքում.....	434
Ս. Խրիստաֆորյան, Ա. Արթունյան, Մ. Հակոբյան Բարդ կաղապարների մշակ- ման տեխնոլոգիական և ճշտության հարցեր.....	437
Ա. Ղարայան, Ա. Արթունյան Ֆրեզման գործընթացի շրջանային ուժի չափման ուժաչափ.....	439
Ֆ. Փարիկյան, Ա. Բաբայան Տարբեր գազային միջավայրերի օգտագործման և ազդեցության մի բանի հարցեր.....	442
Ֆ. Փարիկյան, Ա. Բաբայան Մակերևութների պլաստիկ դեֆորմացման արդյու- նավետությունը տարբեր գազային միջավայրերում.....	445
Ա. Բալասանյան Հեղուկ միջավայրերում ընթացող գործընթացների արդյու- նավետության բարձրացումը հզոր գերձայնային տատանումների կիրառմամբ.....	447
Ս. Խրիստաֆորյան, Ա. Բալասանյան, Խ. Հակոբյան Գերձայնային էնուլգաց- ման և դիսպերսման արդյունավետության բարձրացման հնարավորություն- ները.....	450
Խ. Հակոբյան, Կ. Փալայան Գերձայնային տեխնոլոգիաների հնարավորու- թյունները և նրանց զարգացման հենանկարները Յայաստանում.....	453

Մ. Սիմոնյան, Ա. Ղարայան Բազմասայր կտրման գործընթացի հավասարաչա- փությունը հարվածային երևույթների պայմաններում.....	456
ՏԵՔՍՏԻԼ Ու ԹԵԹԵՎ ԱՐԴՅՈՒՆԱԲԵՐՈՒԹՅԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱ ԵՎ ՆՅՈՒԹԵՐ Ա. Սիմոնյան, Ն. Սուղնեցյան Կոմպոզիցիոն նյութերում տեքստիլ մանրաթելե- րի օգտագործման հնարավորության հետազոտումը.....	460
А. Асатрян, З. Минасян, Н. Нагапетян Экспериментальное исследование микроклимата межпальцевых пространств.....	463
Գ. Մաշեյան, Յ. Մինասյան, Ա. Սյոնյան Разработка конструкции колодки для влажно-тепловой фиксации формы обуви.....	465
Գ. Հակոբյան, Տ. Մարգարյան Ցանցախյուսք զարդերի պատրաստման արտա- դրողականության բարձրացման մասին.....	468
Ն. Մարգարյան, Ն. Սուղնեցյան, Ս. Սահակյան Հատակի գորգանման ծածկու- թների որակի գնահատման ցուցանիշների որոշումը և դրանց համապատաս- խան նորմերի մշակումը.....	470
Գ. Հակոբյան, Տ. Մարգարյան Ցանցախյուսք զարդերի լարերի ոլորման առանձ- նահատկությունները.....	473
Զ. Երանոսյան Նոր տեխնոլոգիական մշակում՝ կոշիկների և հագուստի կաշի- ների ապրանքաշահագործման հատկությունների բարելավման համար.....	476
ԿԻՐՈՒՈՎՎԱՆ ԵՐԿՐՈՎՉՈՒԹՅՈՒՆ ԵՎ ԵՆՏՐԱՐԱԳԻՏԱՎԱՆ ԳՐԱՖԻԿԱ Կ. Սողոմոնյան, Կ. Թումանյան, Զ. Դավթարյան Տարածության գծային արտա- պատկերումը երկու զուգահեռ հարթություններով սահմանափակված տի- րույթում.....	479
Ван. Адамян, Г. Замицян, А. Манандян, Ваг. Адамян Определение орбит по двум заданным положениям спутника.....	483
К. Согомонян, Э. Амбарцумян Параметризация позиционных отношений фигур в многомерном пространстве.....	486
ՎՈՇՎՈՂՈՎՎԱՆ ՏԵԽՆԻԿԱ ԵՎ ԻՆՖՈՐՄԱՏԻԿԱ Գ. Կարապետյան, Վ. Վաղրայան, Զ. Սոգոսյան Система управления эксперимен- тами по формализации и представлению экспертных знаний.....	489
Զ. Մանուկյան, Ս. Մանուկյան, Գ. Նազարյան Схема организации смыслового поиска в Интернет среде.....	491
Զ. Իվանյան Адаптация системы IGAF к защите сервера в системе Linux.....	494
Գ. Մարգարով, Գ. Կազարյան Обоснованное принятие решений при проекти- ровании системы скрытнописи.....	497
Հ. Ղազարյան Ինֆորմացիայի բարձրագույն բազմությունների հաջորդակա- նությունների ձևափոխման հիման վրա.....	500
Գ. Մարգարով, Գ. Մարկոսյան, Ա. Հարությունյան Հեռահար ուսուցման համա- կարգում գիտելիքների գնահատման ծրագրային միջոցների մշակում.....	502
Բ. Ժաննադյան Об организационной модели системы Онлайн обучения.....	506
Գ. Գրիգորյան, Բ. Ժաննադյան, Ա. Կалантарյան О концепции и архитек- туре программного обеспечения системы обучения.....	508
Լ. Մանուկյան "Քվանտ" դինամիկ ուսուցողական համակարգը.....	511
Ա. Առաքյան, Բ. Առաքյան Разработка инструментария для моделирования обработки изображений посредством спектрального анализа.....	514

(H)

Ա.Նազարյան, Ա.Պողոսյան IP- հեռախոսակապում կառավարող հանգույցների միջև կապի հաստատումը անցախցի նմանակման մոդուլով 516

С. Назарян Методы установления соединения в IP-телефонии 518

Ա.Մարտիրոսյան Ծրագրային և պարամետրային մոդուլների համատեղ մոդելավորումը համակարգային ինտեգրավ սխեմաների նախագծման գործընթացում..... 522

Ռ.Վարդանյան, Գ.Մարտիրոսյան, Զ.Մանուկյան Կիսահաղորդչային արևային մարտկոցների էլեկտրաֆիզիկական պարամետրերի ավտոմատացված հաշվարկ LabVIEW ծրագրային փաթեթի միջոցով 525

A. Grigoryan, Art. Harutyunyan, A. Hayrapetyan, G. Khachatryan, R. Mkrtchyan Armenian e-Science Foundation: Goals, Achievements, Projects 527

ԱՎՏՈՄԱՏԱՑՎԱԾ ՀԱՄԱՎՈՐԳԵՐ ԵՎ ԿԱՌԱՎՈՐՈՒՄ

Կ.Շահինյան Պարբերական հիվանդության այխտորոշման մոդելի մշակումը ... 534

Ա.Զիլինգարյան ԲԱԿՅ-երի վիճակագրական ճշտության գնահատման մեթոդների համեմատական վերլուծություն..... 536

Ա.Արզարյան, Է.Հակոբյան, Ս.Փափազյան Բառաուսուցման գործընթացի ընդհանրացված մոդելը 539

Ա.Մխիթարյան, Տ.Պետրոսյան, Ա.Կյուրեղյան Սրտի թոպեական ծավալի հաշվառումը օրգանիզմի շնչառական համակարգի մոդելում 542

Ս.Կյուրեղյան, Տ.Պետրոսյան, Ա.Մխիթարյան, Մ.Քարամյան Ֆիզիկական բեկումի հաշվառումը սիրտ-անոթային և շնչառական համակարգերի ինտեգրացված մաթեմատիկական մոդելում 545

Ս.Կուլչատյան լ-տարբերությունների մեթոդի դիֆերենցիալ - թեյլորյան (ԴԹ) նմանակը ոչ ավտոնոմ մատրիցների համար 548

Գ.Վարդանյան Ոչ ավտոնոմ գծային հավասարումների համակարգերի լուծման Կրամերի և SSOR եղանակների դիֆերենցիալ-թեյլորյան նմանակները... 551

P. Avetisyan, P. Gevorgyan Использование протокола SNMP в системах автоматизации..... 554

Г. Акопян Система принципов автоматической ликвидации асинхронного режима в электроэнергетических системах 557

ԿԵՆՍԱԲԺՇՎԱԿԱՆ ԾՈՒՏԱՐԱՊԵՏՈՒԹՅՈՒՆ

Արթ. Ղանբարյան Արյան համակարգային գարկերակային ճնշման չափման ավտոմատ սարքի ղեկավարման սխեմա 561

Յու. Մելիքսեթյան Պուլսոքսիմետրիկ չափումների վրա շարժողական արտեֆակտների ազդեցության գնահատումը 565

Э. Кришян, А. Папоян Применение транскраниального электрического воздействия для коррекции адаптационных возможностей организма 568

Ա.Հուրոյան, Ռ.Խանդանյան, Ա.Սուրբաբյան Երկու ակտիվ շարժումակությանը վերին վերջույթների պրոթեզի ղեկավարման կոմբինացված համակարգի տրամաբանական սխեմայի կատարելագործումը..... 570

Ա.Զաղոյան, Ռ.Խանդանյան, Ա.Հուրոյան Կոմբինացված մեկուսացմամբ երեք ակտիվ շարժումակությանը վերին վերջույթի պրոթեզի ստացման հնարավորության ուսումնասիրումը 573

Ա.Զաղոյան, Ա.Սուրբաբյան Իզոպլանար տեխնոլոգիայով բազմաֆունկցիոնալ կենսապրոթեզի ղեկավարման համակարգի պատրաստման հնարավորության ուսումնասիրումը 575

Р. Геворкян Увеличение КПД озонаторов за счет метода осушки рабочего газа и характеристик разряда 578

ԷԼԵԿՏՐՈՆԻԿԱ, ՄԻԿՐՈՒԷԼԵԿՏՐՈՆԻԿԱ ԵՎ ՉԱՓԻՉ ՏԵԽՆԻԿԱ

Գ.Շամկոնյան, Լ.Խաչիկյան Ge/Si մակերևույթի ռեկոնստրուկցիայի և ռելիեֆի ուսումնասիրումը գերբարձր վակուումային փռող թունելային մանրադիտակով 581

К. Мелконян, Г. Айвазян, Д. Мелконян Высокоскоростной микропроцессорный сердечник 584

Վ.Բեգլարյան, Գ.Հայրապետյան, Զ.Մանուկյան Որակի կառավարման համակարգի անընդհատ բարելավման սկզբունքները 586

А. Мурадян О новом методе штрихового кодирования 589

Б. Мамиконян, Х. Мамиконян Измерительная цепь для бесконтактного измерения малых постоянных токов 591

Э. Казарян, Н. Алу, Р. Хачатрян Измерительно-информационная система для корректировки режима работы комбинированной солнечно-биогазовой установки..... 595

М. Осипян К вопросу реализации функций статистической обработки данных в программно- инструментальной среде LabVIEW 598

Н. Петросян, Г. Кароян Работа пусковой цепи интегрированного модуля для управления электроприводами 600

Մ. Սուրբաբյան, Կ. Հարությունյան, Ա. Գրիգորյան Մարտկոցների սպասարկման միկրոկոնտրոլերային համակարգ 602

Վ. Մովսիսյան, Գ. Սարգսյան Ռեզոնանսային ինվերտորի ելքային լարման թվային կառավարման համակարգ 605

Ս. Խուրդավերդյան, Ժ.Ղոխոսյան, Ա. Ջղաբյան, Դ. Խուրդավերդյան Նեղ բազայով երկարգելք կառուցվածքներում կիսահաղորդչի ծավալի ազդեցությունը ընդհանուր ֆոտոհոսանքի վրա608

Ս.Կարազոյան Բազմաֆունկցիոնալ տրամաբանական էլեմենտների սինթեզումը 610

Կ. Ֆանյան, Զ. Եզոյան, Ի. Գեոլեցյան Գերմեծ ինտեգրավ սխեմաներում (ԳՄԻՍ) էլեկտրամիգրացիայի կամոնների ստուգման նպատակով տոպոլոգիայի տրոհման ալգորիթմի մշակումը 612

Դ. Պետրոսյան Ստանդարտ մուտք-ելք հանգույցների ելքային կասկադի նախագծման միջոցի մշակումը 615

Ա.Հարությունյան Ինտեգրավ սխեմաների ջերմային ռեժիմի հաշվառումը տարրերի տեղաբաշխման ժամանակ 617

Տ. Շահինյան, Ա. Ներսիսյան Ինտեգրավ սխեմաների պարագիտ ինդուկտիվությունների հաշվարկման անհրաժեշտությունը 620

Ն. Մարտիրոսյան, Վ. Խաչատրյան Միլիցիում կարբիդի հիմքով կերամիկական նմուշների ստացումը և էլեկտրական հատկությունների հետազոտումը... 623

К. Мурзабекян Устройство для измерения влажности керамических материалов 626

Մ.Սուրբաբյան, Ա.Գասպարյան Միկրոկոնտրոլերների ուսումնասիրման «AVR Simulation Demo» ինտերակտիվ համակարգը 628

Վ. Մովսիսյան, Դ. Շաղգամյան Սիզմա-դելտա մոդուլարարների հետազոտումը ... 631

ԸՆԴԵՐՔԱՐԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Յ. Տադեոսյան, Յ. Արարատյան, Լ. Արարատյան	643
Глобальные сети Хартмана-солнечные вспышки-природные катастрофы	643
Ա. Արարատյան, Ս. Գրիգորյան, Ե. Աբաջյան	635
Модель образования геоструктур океанической коры и механизм возникновения цунами	635
Ա. Խաչատրյան, Ռ. Հակոբյան	639
Ջրատար հորիզոնների ջրատվության կախվածությունը հորիզոնների ապակավայնացման գործընթացից	639
Ք. Առաքելյան, Ե. Աբաջյան	643
Применение бентонит-полимерных буровых растворов при бурении скважин на Тухумском месторождении РА	643
Հ. Ավետիսյան	645
Հորիզոնական շերտերի հանումով և լցումով մշակման համակարգի կիրառման համաշխարհային փորձի վերլուծություն	645
Ն. Գրիգորյան, Լ. Գրիգորյան	648
Հորատապայթեցման աշխատանքների պարամետրերը հիդրոտեխնիկական թունելների շինարարության ժամանակ	648
Ա. Զաքարյան, Ա. Ղազարյան, Գ. Մովսիսյան, Ա. Ստեփանյան	651
Լեռնային փորվածքներում շրջանակային ամրակապերի պարամետրերի որոշման եղանակը	651
Հ. Հովհաննիսյան	653
Թեղուտի պղնձամոլիբդենային հանքավայրի մշակման փուլերի հիմնավորումը	653
Ա. Հակոբյան	656
Քաջարանի հանքավայրի պաշարների օպերատիվ գնահատման խնդիրները	656
ՆՅՈՒԹԱԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆ ԵՎ ՄԵՏԱԼՈՒՐԳԻԱ	
Լ. Սարգսյան, Ս. Խրայեյան	659
Մաքուր պղնձափոշու ստացումը կոնվերտորային պղնձի ուղղակի էլեկտրառաֆինացմամբ	659
Ա. Հովհաննիսյան, Ա. Հովսեփյան, Ա. Խաչատրյան	661
Մոլիբդենիտային խտանյութի թրծման գործընթացի հետազոտումը և մոլիբդենի տեխնիկական մաքրության եռօքսիդի ստացումը	661
Ա. Հովսեփյան, Ա. Գրիգորյան, Ս. Հարությունյան	664
Մոլիբդենի խտանյութից բարձր մաքրությամբ մոլիբդենի դիսիլիցիդի ստացման տեխնոլոգիայի հետազոտումը	664
Վ. Սարտիրոսյան, Տ. Աղանյան	665
Քաջարանի և Կապանի պղնձային խտանյութերի փոխարկումները մեխանիկական մշակումների հետևանքով	665
Գ. Գրիգորյան, Ա. Աբրահամյան, Բ. Միրզոյան	669
Термохимическое разложение золотомедного сульфидного сырья в плазме	669
Լ. Սարգսյան, Ա. Հովհաննիսյան, Թ. Ավագյան	671
Տեխնոլոգիական պայմանների ազդեցությունը սֆալերիտի ծծմբաթթվային տարրալուծման կինետիկայի վրա	671
Ա. Աղայան	673
Բազմամետաղային հումքից կորզված կապարի էլեկտրառաֆինացումը	673
Մ. Մարտիրոսյան, Ս. Իսրայելյան	676
Влияние анодных примесей, ионной концентрации, температуры и добавок в электролите на пассивацию анода из меди	676
Ա. Զաքարյան	678
Երկաթով և սիլիցիումով լեգիրված դեֆորմացվող ալյումինային համաձուլվածքների ծուլման գործընթացների հետազոտումը	678
Ա. Պետրոսյան	681
9XC մակնիշի պողպատի միանման գործընթացի հետազոտումը նախիտային լատեքսի ջրային լուծույթում	681
Ա. Ալայան, Լ. Գալստյան	684
Սպիտակ ոսկու ստացման համար անհրաժեշտ կոմպոնենտները և նրանց վիճակի դիագնոզները	684
Ա. Ալայան, Լ. Գալստյան	686
750 հարգի Au-Pd-Ni համակարգի սպիտակ ոսկու կառուցվածքագոյացման ուսումնասիրումը	686