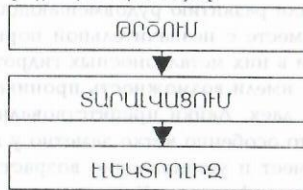


**ՄԵՏԱԼՈՒՐԳԻԱ ԵՎ ՆՅՈՒԹԱԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆ**

**ԿԱՊԱՆԻ ԼԵՈՒՆԱՅԱՐՍԱՑՄԱՆ ԿՈՄԲԻՆԱՏԻ ՑԻՆԿԱՅԻՆ ԽՏԱՆՅՈՒԹԻ ԲՈՎՎԱԾՔԻ ՏԱՐԱԼՎԱՑՈՒՄԻՑ ԱՏԱՑՎԱԾ ԼՈՒԾՈՒՅԹԻ ՊՈՏԵՆՑԻՈՍԱՏԻՎ ՉԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ**

*Լ.Սարգսյան, Մ.Սարտիրոսյան, Ա.Տեր-Թորոսյան*

Ֆիզրոնետալուրգիական եղանակով ցինկի ստացման գործընթացը կարելի է ներկայացնել հետևյալ տեխնոլոգիական սխեմայով:

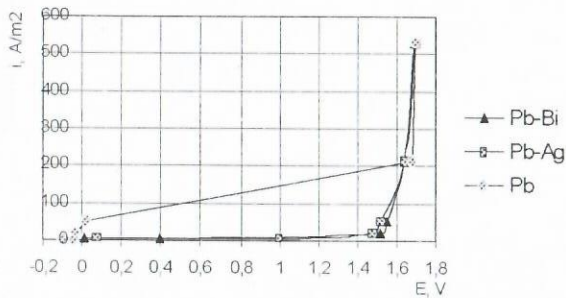


Ստացվող մետաղի մաքրությունը հիմնականում պայմանավորված է էլեկտրոլիզի օպտիմալ պարամետրերի ընտրությամբ:

Ցինկի կորզումը նրա սուլֆատային լուծույթից հնարավոր է դառնում միայն այն բանի շնորհիվ, որ ջրածնի անջատումը ցինկի վրա ուղեկցվում է շատ բարձր գերլարմամբ: Մինիմալ գերլարումը, որը դիտվում 2M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> պարունակող ջրային լուծույթում ցինկի էլեկտրոդի վրա ջրածնի առաջին պոպուլյար առաջացման ժամանակ, հավասար է -0.74: Պարզ է, որ -0.762V ստանդարտ պոտենցիալ ունեցող ցինկի կորզման դեպքում միաժամանակ կանջատվի նաև ջրածին: Ցինկի համար ելքը ըստ հոսանքի որոշվում է նրա և ջրածնի իոնների վերականգնման պոտենցիալների հարաբերությամբ:

Այդ երկու մետաղների համեմատումը թույլ է տալիս եզրակացնել, որ հոսանքի խտության մեծացման հետ մեկտեղ ջրածնի իոնների վերականգնման պոտենցիալը դառնում է ավելի բացասական, մինչդեռ ցինկինը գրեթե չի փոփոխվում:

Չափի առնելով բոլոր այս հիմնահարցերը խտանյութից ցինկի էլեկտրալորզման օպտիմալ պարամետրերի ընտրության նպատակով կատարվել են պոտենցիոստատիկ հետազոտություններ:

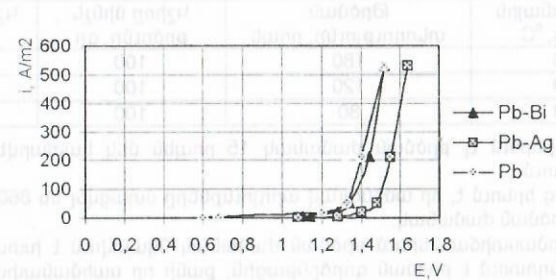


Փորձերը կատարվել են Կ-5827Օ պոտենցիոստատի օգնությամբ երկու ջերմաստիճանային ռեժիմներով (27°C և 40°C): Չափումների ժամանակ օգտագործվել է Ag/AgCl<sub>2</sub> համեմատման էլեկտրոդը հազեցված KCl-ի լուծույթում: Որպես էլեկտրոլիտ ծառայել է 55 գ/լ Zn և 160 գ/լ H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> պարունակող ջրային լուծույթը: Կատոդը պատրաստվել է մաքուր

պլումինից, իսկ որպես անոդ օգտագործվել են 0.13 սմ<sup>3</sup> մակերես ունեցող մաքուր Pb, Pb-Ag և Pb-Bi համաձուլվածքները:

Ստացված արդյունքների հիման վրա կառուցվել են անոդների բևեռացման կորերը: Բերված տվյալներից երևում է, որ հետազոտվող լուծույթում, ցածր ջերմաստիճանի պայմաններում բոլոր երեք անոդները ցուցաբերում են միատեսակ բևեռացման վարքագիծ:

Ջերմաստիճանի բարձրացումը իջեցնում է թթվածնի անջատման պոտենցիալը, ընդ որում Pb-Ag և Pb-Bi անոդներինը ավելի ուժեղ է արտահայտված, իսկ մաքուր կապարինը՝ թույլ:



**ԿԱՊԱՆԻ ԼԵՈՒՆԱՅԱՐՍԱՑՄԱՆ ԿՈՄԲԻՆԱՏԻ ՑԻՆԿԱՅԻՆ ԽՏԱՆՅՈՒԹԻ ԹՐՈՄԱՆ ՕՊՏԻՄԱԼ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐԻ ԸՆՏՐՈՒԹՅՈՒՆԸ**

*Լ.Սարգսյան, Ա.Տեր-Թորոսյան, Ա.Չուրնայան*

Ներկայումս ցինկային խտանյութի վերամշակումը համաշխարհային մետալուրգիական պրակտիկայի խնդիրներից մեկն է:

Մշակված տեխնոլոգիաները և եղանակները ունիվերսալ չեն և սահմանափակվում են հումքի որոշակիությամբ: Նկատվում է հիդրոնետալուրգիական եղանակների կիրառման միտում:

Կապանի լեռնահարստացման կոմբինատի ցինկային խտանյութի թրծման օպտիմալ պարամետրերի ընտրության նպատակով կատարվել են այս հետազոտությունները:

Խտանյութը պարունակում է 55-58% Zn, որը հանդես է գալիս ZnS-ի տեսքով, ընդ որում S-ի քանակությունը այդ նույն խտանյութում տատանվում է 31-32%: Ցինկից բացի խտանյութում հանդիպում են նաև այլ մետաղներ (Fe, Cu, Pb, Mn, Cd, Co), որոնք հանդես են գալիս սուլֆիդների, օքսիդների և այլ միացությունների տեսքով:

Ցինկի սուլֆիդը չի լուծվում թույլ ծծմբական թթվի լուծույթում: Այդ իսկ պատճառով ցինկային խտանյութը ենթարկում են թրծման, որպեսզի ZnS-ը փոխակերպվի ZnO-ի:

Թրծման ժամանակ պետք է ապահովել

1. ZnS-ի ամբողջովին փոխակերպում թթվում հեշտ լուծվող ZnO-ի:
2. Թթվում չլուծվող ֆերիտների մինիմալ պարունակությունը բովվածքում:
3. Խոշոր գնդիկներ չպարունակող մանր, սորուն բովվածքի ստացում:

Թրծման գործընթացը բնորոշող հիմնական պարամետրերն են ջերմաստիճանը և ժամանակը:

Սովորաբար այդ պրոցեսը իրականացնում են 800-980°C ջերմաստիճանային միջակայքում, ընդ որում որքան բարձր է ջերմաստիճանը, այնքան քիչ ժամանակ է պահանջվում թրծման համար:

Լավագույնը այն թրծման պայմաններն են, որոնք դեպքում բովվածքում սուլֆիդային ծծմբի պարունակությունը չի գերազանցում 0.3%, իսկ ֆերիտների քանակությունը նվազագույնն է:

Սակայն իրականում 675°C բարձր ջերմաստիճաններում սկսվում է ֆերիտների առաջացման գործընթացը, որը հատկապես ակտիվանում է 800°C բարձր ջերմաստիճաններում: Այդ ամենը հաշվի առնելով՝ թրծումը պետք էր իրականացնել 700-750°C, սակայն այդ դեպքում կտրուկ իջնում է վառարանի արտադրողականությունը:

Փոխակերպման արդյունավետությունը գնահատվել է քիմիական և ռենտգենագրաֆիկ վերլուծությունների միջոցով:

Թրծման պայմանները և ստացված արդյունքները ըստ կշռի բերված են աղյուսակում:

Ջերմաստիճանային միջակայքը, °C	Թրծման տևողությունը, րոպե	Կշիռը մինչև թրծումը, գր	Կշիռը թրծումից հետո, գր
800-840	180	100	87.6
860-900	120	100	84.5
920-960	80	100	89.8

Երեք դեպքերում էլ թրծման ժամանակ 15 րոպեից մեկ կատարվել է խտանյութի ինտենսիվ խառնում:

Աղյուսակից երևում է, որ ամենալավ արդյունքները ստացվել են 860-900°C ջերմաստիճաններում թրծման ժամանակ:

Բարձր ջերմաստիճաններում թրծման ժամանակ նկատվում է խտանյութի եռակալում, ինչը խոչընդոտում է թրծման գործընթացին, քանի որ սահմանափակվում է տեսակարար մակերևույթը:

800-840°C-ում, չնայած թրծման երկար ժամանակահատվածի, բովվածքում մնում է բավականին մեծ քանակությամբ ծծուկ, սուլֆիդի տեսքով:

### ԾԱՆՐ ԳՈՒՆԱՎՈՐ ՄԵՏԱՂՆԵՐԻ ՏԱՐՐԱԼՈՒԾՄԱՆ, ԷԼԵԿՏՐԱՎՈՐՉՄԱՆ ԵՎ ԷԼԵԿՏՐՈՎԱՖԻՆԱՑՄԱՆ ՊՐՈՑԵՍՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ

L. Սարգսյան, Ս. Սարտիրոսյան, Ա. Գուլիանյան, Ա. Տեր-Թորոսյան, Գ. Ավագյան, Դ. Թովմասյան

Մետաղատար հումքի տարրալուծման ու այնուհետև գոյացած լուծույթներից էլեկտրաստեցման միջոցով մետաղների կորզման գործընթացները արդյունաբերական մասշտաբներով լայնորեն կիրառվել են դեռևս 20-րդ դարի նախաշեմին, սակայն հետագայում բավականին մեծ հեռանկարներ ունեցող այդ ցիկլի երկրորդ օղակը գրեթե ամբողջովին փոխարինվել է (համեմայն դեպս պղնձի ու ոսկու համար) ցինկի փոշու օգնությամբ կորզվող մետաղի դուրս մղումով լուծույթից (ցեմենտացմամբ): Ընդ որում, էլեկտրակորզման տեղատվությունը բացատրվել է պրոցեսի ցածր արդյունավետությամբ կապված աղքատ հումքի վերամշակման ոչ մեծ ծավալների հետ, քանի որ այդպիսի դեպքերում տվորաբար էներգիայի ծախսի չնչին մասն է ընկնում բուն էլեկտրաստեցմանը:

Չարգացման արդի փուլում, երբ նույնիսկ պղնձի պիրոմետալուրգիան է իր տեղը աստիճանաբար զիջում հիդրոէլեկտրամետալուրգիային, երբ մետաղների արդյունահանման ծավալները թույլ են տալիս կազմակերպել խոշոր գանգավածային արտադրություններ, կիրառելով մետաղի չափազանց բարձր պարունակությամբ խտանյութեր, տարրալուծում էլեկտրակորզում գործընթացային ցիկլը դառնում է գրեթե աներկընտրանքային: Դա հատկապես նշանակալի է, երբ վերամշակվող հումքն է բազմամետաղային ու պահանջվում է նրանում պարունակող բոլոր սրժեքավոր տարրերի համալիր կորզում: Անտարակույս, կորզվող հիմնական մետաղներին ուղեկցող փոքրաքանակ այն բաղադրիչները, որոնք դժվարությամբ են ընկրկում էլեկտրականությամբ, կամ էլ ընդունակ են կորզվող մետաղի հետ միասին անցնելու կաթոդային նստվածքի մեջ, աղտոտելով վերջինիս, նախապես պետք է ենթարկվեն ցեմենտացման համապատասխան տարրերի օգնությամբ: Բազմամետաղային հումքի հիդրոէլեկտրամետալուրգիական վերամշակությունը ուշագրավ է նաև մետաղների մաքրության նկատմամբ ժամանակակից շուկայի պահանջների աննախադեպ աճի տեսակետից:

Չետագոյության առաքել են հանդիսացել Կապանի (Շահումյանի) բազմամետաղային հանքանյութերի հարստացմամբ արտադրվող պղնձի ու ցինկի խտանյութերը (աղ.1,2), ինչպես նաև արտադրական պայմաններում պատրաստվող ցիանային լուծույթները:

Կապանի (Շահումյանի) ցինկի խտանյութի բաղադրությունը

Տարր	Պարունակությունը	Տարր	Պարունակությունը
Zn	55-58%	Te	20 գ/տ
Fe	2%	Au	20 գ/տ
Cu	1,1-1,5%	Co	30 գ/տ
Pb	1,1 %	S	31,5 %
Mn	0,1 %	F	0,11 %
Sb	0,006 %	Cl	0,01 %
As	0,0022 %	SiO <sub>2</sub>	3 %
Cd	3142 գ/տ	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,8 %
Ag	320-370 գ/տ	CaO	0,8 %
Se	48 գ/տ	MgO	0,3-0,5%
Bi	40-48 գ/տ	H <sub>2</sub> O	8%

Կապանի (Շահումյանի) պղնձի խտանյութի բաղադրությունը

Տարր	Պարունակությունը	Տարր	Պարունակությունը
Cu	22-26 %	Cd	< 100 գ/տ
Fe	30 %	Ag	50-100 գ/տ
Zn	0,4-0,7 %	Te	25-48 գ/տ
As	0,3-0,4 %	Au	1,5-3,2 գ/տ
Bi	0,2-0,4 %	S	30-33 %
Pb	0,04-0,1 %	SiO <sub>2</sub>	6-8 %
Sb	0,006-0,015 %	CaO	1 %
Ni	0,005 %	MgO	0,8-1 %
Se	90-110 գ/տ	H <sub>2</sub> O	8-10 %

Տարրային հարուստ սպեկտրը ինքնին հուշում է գործընթացների բարդությունը և պայմանավորում տեխնոլոգիական սխեմայի կազմը: Սյուս կողմից, ինչպիսին էլ որ լինի մետաղակորզման գործընթացը, վերջնական մաքրման փուլում էլեկտրատաֆինացումը, սուլֆատային լուծույթների կիրառումով գերմաքուր մետաղների ստացման ամենաարդյունավետ միջոցն է իր տեսակների մեջ:

Կորզվող մետաղների անմնացող տարրալուծումն ապահովելու նպատակով խտանյութերը ենթարկվել են սուլֆատացման թրծման  $t_{\text{zn}} = 850 \pm 20$  °C,  $t_{\text{cu}} = 900 \pm 20$  °C 1ժ տևողությամբ, օդի միջավայրում, թրծվող շերտի պարբերաբար խառնումով: Բովվածքի ֆազային բաղադրությունը որոշվել է պետրոգրաֆիկ և ռենտգենաչափական վերլուծությամբ: Տարրալուծման համար կիրառվել է արդյունաբերական բաղադրության ծծմբական թթվի ջրային լուծույթը (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – 86,04 գ/լ): Բովվածքները նախորոք ենթարկվել են մանրացման մինչև -71 մկմ չափի: Պինդ և հեղուկ ֆազերի հարաբերությունը կազմել է 1:3: Անընդհատ խառնման պայմաններում ցինկի խտանյութերի բովվածքի տարրալուծման համար պահանջվել է 1,5 ժամ, իսկ պղնձինը 2 ժամ 40-45 °C-ում: Ցիանային լուծույթում ոսկու պարունակությունը կազմել է 280-300 գ/տ: Ամեն մի մետաղի տարրալուծման աստիճանը լուծույթում ու մնացորդային կեկում այդ մետաղի բաղադրությունը որոշվել է քիմիական վերլուծության եղանակով: Հետազոտվել են լուծույթների օհմային դիմադրությունները (հոսանքի տարբեր խտությունների և տարբեր ջերմաստիճանների պայմաններում), իմպեդանսները 20 Հց – 50 կՀց հաճախականությամբ փոփոխական հոսանքով: Գալվանոստատիկ և պոտենցիոստատիկ եղանակներով որոշվել են պղնձե, կապարե, կապար-արծաթե, կապար-անտիմոնե և կապար-քիսմոնե անոդների վարքը ուսում-

նասիրվող լուծույթներում: Ցիանային լուծույթների համար որպես անոդ է ծառայել չժանգոտվող պողպատը, կատոդի համար նույն մետաղի բարակ թելերը: Որոշված են թթվածնի անջատման պոտենցիալները և բջջային լարումների արժեքները տարբեր պայմաններում, որոնք կապահովեն էներգիայի նվազագույն ծախս:

## ԷԼԵԿՏՐՈԼԻՏԱՅԻՆ ՀԱՎԵԼՈՒՄՆԵՐԻ ԱՉԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԷԼԵԿՏՐՈԱՖԻՆԱՑՄԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿ ՔԱՋԱՐԱՆԻ ԽՏԱՆՅՈՒԹՅՑ ՍՏԱՅՎԱԾ ՍԵՎ ՊՂՆՉԻ ՊԱՍԻՎԱՑՄԱՆ ՎՐԱ

L. Սարգսյան, Գ. Ավագյան

Պղնձի էլեկտրառաֆինացումը հոսանքի բարձր խտությունների պայմաններում (առանց նվազացնելու էլը ըստ հոսանքի) այսօր աշխարհի առաջատար պղինձ արտադրող ձեռնարկությունների համար կարևորագույն խնդիր է: Ստացված կաթոդները պետք է լինեն հարթ, խիտ և հնարավորին չափ մաքուր: Սա պահանջում է համալիր լուծում, քանի որ պղնձի էլեկտրառաֆինացման գործընթացը կախված է մի շարք գործոններից: Դրանցից ամենակարևորները կիրառվող էլեկտրոլիտային հավելումների (մակերևութային ակտիվացնող նյութերի) պարունակություններն են:

Հավելանյութերը, ավելացվելով էլեկտրոլիտի մեջ, լավացնում են կաթոդային նստվածքի որակն ու կառուցվածքը, թույլ են տալիս բարձրացնել հոսանքի խտությունը և ստանալ ժամանակակից պահանջներին բավարարող կաթոդային պղինձ: Միաժամանակ, կաթոդային նստվածքի որակի լավացման հետ մեծանում է պղնձի էլը ըստ հոսանքի, և նվազում էլեկտրաէներգիայի տեսակարար ծախսը:

Սակայն պղնձի էլեկտրառաֆինացման պրակտիկայում ընդունված հավելումային ազդանյութերը չեն կարող լինել բավականին պրոյունավետ գործընթացի իրականացման տարբեր պայմաններում: Այսպես, 150-200 Ա/մ<sup>2</sup> հոսանքի խտության տիրույթում արդյունավետ գործող հավելումները ավելի բարձր հոսանքի խտությունների դեպքում դառնում են ոչ արդյունավետ [1]: Այդ տեսակետից, բարձր ամպերային հոսանքով ռաֆինացման անցնելու նախապայման է նոր, բավականին էժան և արդյունավետ գործող մակերևութային ակտիվացնող նյութերի և նրանց խառնուրդների ընտրությունը:

Տվյալ աշխատանքը նվիրված է կավերդու պղնձամուլական գործարանի արտադրանք՝ սև պղնձի էլեկտրառաֆինացման համար առաջարկվող առավել տարածված հավելումների թիմիզանյութի, սոսնձի և քլորիդի ազդեցության որոշմանը անոդների պասիվացման վրա: Անոդների պասիվացիոն վարքի ուսումնասիրման համար օգտագործվել է պոտենցիոմետրիկ չափման եղանակը: Փորձարկումները կատարվել են 3500 Ա/մ<sup>2</sup> հաստատուն հոսանքի խտության դեպքում: Յուրաքանչյուր հավելումի ազդեցությունը հետազոտվել է առանձին: Փորձարկվել են նաև զույգ և եռաբաղադրիչ հավելումները: Հետազոտությունները իրականացվել են սինթետիկ էլեկտրոլիտում (40 գ/լ Cu, 160 գ/լ H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> թորած ջրում) 40, 50, և 65 °C ջերմաստիճաններում: Պղինձը ներմուծվել է CuSO<sub>4</sub> · 5H<sub>2</sub>O տեսքով: Թիմիզանյութը և սոսնձը (էլեկտրոլիտի մեջ տրոհվելու հայտնի ունակությամբ) ավելացվել են էլեկտրոլիտի տաքացումից առաջ:

Փորձերի ընթացքում քլորիդը ցուցաբերել է զգալի դրական ազդեցություն անոդների պասիվացման ժամանակի երկարացման տեսակետից: Սոսնձը և թիմիզանյութը առաջարկվում են որպես էլեկտրոլիտային հավելումներ՝ օպտիմալ բաղադրությամբ (մոտ 1գ/լ), որի դեպքում անոդների մոտ դիտվում է պասիվացման ժամանակի աճ:

### Գրականություն

1. Левин А. И., Номберг М. И. Электролитическое рафинирование меди. Металлургия, 1963, 219 стр.

## ОБЖИГ СУЛЬФИДНЫХ МЕДНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ, ИСКЛЮЧАЮЩИЙ ПЕРЕХОД СЕРНИСТОГО АНИДРИДА В ГАЗОВУЮ ФАЗУ

Ж. Гукасян, О. Саакян, А. Оганесян, А. Кочинян

Сульфидные медные концентраты, выпускаемые обогащительными фабриками Республики, характеризуются содержанием серы (30-35%).

При пирометаллургической обработке этих концентратов сера переходит в газовую фазу в виде токсичного сернистого газа — SO<sub>2</sub>, выбросы которого привели к резкому ухудшению экологической обстановки на бывшем Алавердском комбинате и явились главной причиной закрытия этого предприятия в 1989 году.

В этой связи вопрос восстановления и организации медеплавильного производства является одной из актуальных проблем, решение которой должно занимать важное место в первоочередных планах промышленного развития республики.

Учитывая вышеизложенное, были проведены исследования по разработке технологии пирометаллургической переработки медных концентратов путем их обжига в присутствии добавок, исключающих перевод серы в газовую фазу.

В качестве исходного для проведения исследований использовалось медное сульфидное сырье, ныне применяемое на предприятии "Манес-Валлекс". Приводится средний химический состав медного концентрата (смесь концентратов Каджаранской и Капанской обогатительных фабрик): Cu-25...26%, Fe-28%, S-27%, SiO<sub>2</sub>-9%.

Обжиг концентрата проводился в лабораторной муфельной печи при различных температурах в шамотовых четырехугольных тиглях.

Основные химические реакции, протекающие при окислительном обжиге медных концентратов в общем виде представляются уравнениями:



Принимая во внимание наличие значительного количества окислов серы в обжиговых газах, были начаты исследования по выявлению возможности связывания серы в твердые продукты в процессе обжига концентрата.

Учитывая наличие в РА природных запасов известняка, в качестве реагента для связывания серы использовались соединения кальция, в частности, окись кальция (CaO), карбонат кальция (CaCO<sub>3</sub>), а также насыщенный раствор - суспензия CaO + H<sub>2</sub>O → Ca(OH)<sub>2</sub>.

Для проведения исследований медный концентрат шихтовался с определенным количеством измельченного порошка окиси кальция или его водной суспензии и после тщательного перемешивания в тигле подвергался обжигу в муфельной печи при температурах 600, 650, 700, 750 °C в течение 2-2,5 часов.

Полученный отгарок анализировался на содержание общей, сульфатной и сульфидной серы.

На основании анализа экспериментальных данных выявлены следующие особенности исследуемого процесса обжига медного концентрата в присутствии добавок соединений кальция.

Повышение температуры (от 600 до 750°C), продолжительность обжига до 2-2,5 часов и увеличение добавок соединений кальция от 20 до 30% способствуют увеличению степени связывания серы в твердый продукт (CaSO<sub>4</sub>).

Установлено, что наиболее эффективной добавкой является известковое молоко (суспензия, содержащая 25-30г CaO, 50г H<sub>2</sub>O на 100г концентрата), смешение которого с концентратом и последующий обжиг шихты при температур

700-750 °С в течение 2 часов обеспечивают практически полное связывание оксидов серы в сульфат кальция. При этом полученный огарок по остаточному содержанию сульфидной серы (6-7%) вполне пригоден для дальнейшей плавки с получением металлической меди.

При добавке к концентрату до 30% сухого СаО процесс обжига протекает аналогично, т.е. выделения серосодержащих газов в атмосферу не наблюдается. Однако, в полученных огарках заметно снижается содержание сульфидной серы (5-6%).

Эксперименты по обжигу шихты, состоящей из добавок измельченного природного известняка (СаСО<sub>3</sub>), подтвердили возможность его использования при сравнительно больших расходах (40-50% на 100 г концентрата). При этом наблюдались незначительные проскоки оксидов серы в атмосферу (10-15% от исходного содержания в концентрате).

Таким образом, лабораторные исследования показали возможность проведения окислительного обжига сульфидных медных концентратов без перевода соединений серы в обжиговые газы путем связывания ее оксидов окисью кальция.

Полученный огарок подвергается плавке при температуре 1250-1300°С и последующей продувке расплава воздухом. При этом получают металлическую медь и богатые по содержанию серы газы. Из выделенной меди, после огневого рафинирования и электролиза, можно получить чистую катодную медь по традиционной технологии.

Богатые серосодержащие газы могут быть утилизированы путем их улавливания в орошаемых раствором NaOH в башнях с получением смеси серноокислотного и серноокислого натрия. Полученная смесь солей (Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> и Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) может быть использована для синтеза дефицитного фторореагента — сернистого натрия (Na<sub>2</sub>S), широко используемого при обогащении медно-молибденовых руд (Каджаран, Агарах).

### ՍԱԿԱԿ ԼԵԳԻՐՎԱԾ ՊՂՆՁԻ ՀԱՄԱՉՈՒՎԱԾՔՆԵՐԻ ԾԱՎԱԼԱՅԻՆ ԿԾԿԱԾՔԻ ՌԻՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒՄԸ

Չ. Կարապետյան, Գ. Դովսեփյան, Չ. Գալստյան

Հայաստանի Հանրապետության արդյունաբերության զարգացումը պայմանավորված է հատուկ հատկություններով օժտված ծուլածո իրերի անվանացանկի ընդլայնմամբ, քանի որ էլեկտրատեխնիկական արդյունաբերության զարգացմամբ կտրուկ աճում է բարձր էլեկտրահաղորդիչ և ֆիզիկամեխանիկական հատկություններով բարդ ու ձևավոր ծուլվածքների պահանջարկը:

Հայտնի է, որ մաքուր պղինձը ծուլման նպատակների համար համարյա չի օգտագործվում իր ցածր հեղուկահոսունության, բարձր շիկաբեկունության և մեծ կծկվածքի պատճառով: Պղնձի բարձր էլեկտրահաղորդականությունը նրա հիմնական գործոնն է, որով այն օգտագործվում է որպես նյութ հոսանքահաղորդիչ դետալների ստացման համար:

Պղնձի ծուլման և ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների լավացման համար փորձարկվել են մի շարք լեգիրող տարրեր՝ մինչև 1,0% սահմաններում և ստացվել են բարձր էլեկտրահաղորդականությամբ և համապատասխան տեխնոլոգիական հատկություններով պղնձի համաձուլվածքներ, որոնցից կարելի է պատրաստել ձևավոր ծուլվածքներ: Այդպիսի լեգիրող տարրերից են Al-ը, Cr-ը, Te-ը և այլն:

Ուսումնասիրությունները կատարվել են ինչպես հայտնի, այնպես էլ կատարելագործված մեթոդներով, որոնց արդյունքում մշակվել են սակավ լեգիրված բարձրաէլեկտրահաղորդիչ պղնձի համաձուլվածքների հալման օպտիմալ մետալուրգիական պարամետրերը, այդ թվում և համաձուլվածքների թթվածնագերծումը: Պղնձում թթվածինը

գտնվում է Cu<sub>2</sub>O օքսիդի ձևով, որն ունի գոյացման չնչին ազատ էներգիա, որի հետևանքով էլ նրան վերականգնում են գրեթե բոլոր քիմիական տարրերը: Որպես թթվածնագերծիչ օգտագործվել է ֆոսֆորային պղինձ, քանի որ այն լավ լուծվում է պղնձում, իսկ թթվածնագերծման արգասիքները հեշտ հեռացվում են հալույթից դեպի մթնոլորտ կամ խարամ:

Համաձուլվածքների հալումը կատարվել է հորանային էլեկտրական վառարանում, գրաֆիտե տիգելներում, փայտածխի շերտի տակ: Որպես բովախառնուրդային նյութեր օգտագործվել է M1 մակնիշի պղինձ և համապատասխան լիգատուրաներ: Համադրելի արդյունքներ ստանալու նպատակով ապահովվել են հաստատուն պայմաններ համաձուլվածքների հալման, լցման և ձուլվածքների սառեցման համար: Յուրաքանչյուր համաձուլվածքից պատրաստվել է ամուլագն երեք նմուշ:

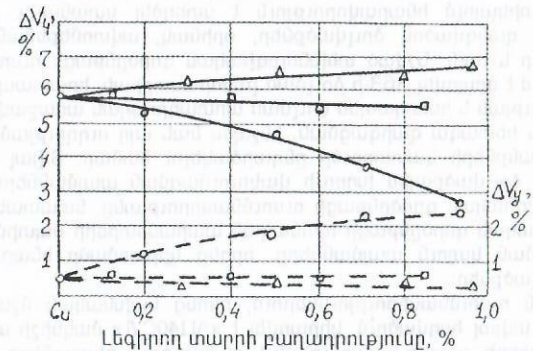
Հալույթի լցումը կատարվել է 1150-1180 °С-ում: Ավելի ցածր լցման ջերմաստիճանն նվազեցնում է հեղուկահոսունությունը, ինչպես նաև նպաստում է ձուլվածքում միջբյուրեղային գազային ծակոտկենության առաջացմանը: Ավելի բարձր ջերմաստիճաններում լցնելիս մեծանում են հատիկի չափերը և ի հայտ է գալիս կծկվածքային ծակոտկենություն:

Սակավ լեգիրված պղնձի համաձուլվածքների կծկվածքային ծակոտկենություն առաջանալու հակումը ուսումնասիրելու համար օգտագործվել է կոնական տեխնոլոգիական նմուշը: Նմուշում կծկվածքային դատարկությունների տեղաբաշխման բնույթը ուսումնասիրվել է երկայնական ձևակտրոնների վրա, որոնք կտրվել են նմուշների կենտրոնական մասից: Ձևակտրոնները լուսավորվել են ռենտգենյան ճառագայթներով և ստացված ռենտգենագրամի օգնությամբ պարզաբանվել է նմուշում կծկվածքային խտոռչների բնույթն ու տեղաբաշխման ձևը:

Պղնձի համաձուլվածքներում կծկվածքային դատարկությունների ուսումնասիրման արդյունքները, կախված լեգիրող տարրերի բաղադրությունից, բերված է նկ. 1-ում:

Ստացված տվյալները վկայում են, որ տեխնիկապես մաքուր պղինձը օժտված է 6,3% ծավալային կծկվածքով, որը ձուլվածքում տեղաբաշխվում է՝ համապատասխանաբար 5,8%՝ կենտրոնացված խտոռչների և 0,5%՝ ցրված ծակոտկենության ձևով:

Մինչև 1,0% Te-ով Cu-ը լեգիրելիս ծավալային կծկվածքը փոքրանում է 6,3-ից մինչև 4,8%: Կենտրոնացված կծկվածքային խտոռչների հարաբերական ծավալը այս դեպքում փոքրանում է 5,8-ից մինչև 2,5%, իսկ ցրված ծակոտկենությունը մեծանում է համապատասխանաբար 0,5-ից մինչև 2,3%:



Նկ. 1. Լեգիրող տարրերի ազդեցությունը պղնձի ծավալային կծկվածքի (ΔV) վրա (○ - Te; Δ - Al; □ - Cr)  
 — ΔV<sub>g</sub> - կծկվածքային խտոռչ; — — ΔV<sub>g</sub> - ցրված ծակոտկենություն

Cu-Al համաձուլվածքներում կծկվածքային դատարկությունների ծավալը մեծանում է ոչ թե ցրված ծակոտկենության մեծացման, այլ կենտրոնացված կծկվածքային խտոռչների

մեծացման հաշվին: Այն պայմանավորված է Cu-ի և մինչև 1,0% Al համաձուլվածքների բյուրեղացման փոքր միջակայքով:

Պղինձը մինչև 1,0% Cr-ով լեգիրելու դեպքում նկատվում է կծկվածքային դատարկությունների հարաբերական ծավալի չնչին փոքրացում 6,2%-ից (0,1% Cr) մինչև 5,9% (0,85% Cr): Ցրված ծակոտկենության հարաբերական ծավալը այս դեպքում քիչ է փոխվում, որը պայմանավորված է Cu - Cr համաձուլվածքի բյուրեղացման միջակայքի շատ քիչ փոփոխությամբ:

Կատարված հետազոտությունների հիման վրա մշակվել են Cu-ի հիմքով երեք համաձուլվածքներ, որոնք օժտված են բարձր էլեկտրահաղորդականությամբ, բավարար ձուլման և ֆիզիկամեխանիկական հատկություններով:

**ՎԱԿՈՒՄԻ ԿԻՐԱՄԱՄԲ ԾՆՇՄԱՆ ՏԱԿ ՉՈՒՄԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆ**

*Լ. Գասպարյան*

Ենչձման տակ ձուլման տեխնոլոգիան, ունենալով մի շարք էական առավելություններ՝ մեխանիզացման և ավտոմատացման լավ հմարավորություններ, բարձր արտադրողականություն, պատրաստվող ձուլվածքների ճշգրիտ չափեր, մակերեսների մաքրության բարձր մակարդակ, համեմատաբար բարակ պատերով ձուլվածքների ստացում, սանիտարական և հիգիենիկ բարենպաստ պայմաններ և այլն, ընդգրկում է կիրառվող մետաղների և համաձուլվածքների առավել բազմազան տեսականի, միաժամանակ ապահովելով ավելի բարդ, մեծ եզրաչափեր և զանգված ունեցող ձուլվածքների ստացում:

Սակայն նշված տեխնոլոգիայի հետագա ավելի լայն կիրառումը դանդաղում է ձուլվածքներում ստացվող զազային ծակոտկենության պատճառով, որը զգալիորեն ազդում է ձուլվածքի տարբեր մասերում նյութի որակական հատկությունների վրա:

Ենչձման տակ ձուլման տեխնոլոգիայի՝ վերը նշված թերության վերացման վճռական միջոց է ձուլվածքային խողջից նախապես այն զբաղեցնող օդի և այլ գազերի հեռացումը վակուումացման միջոցով կիրառելով տարբեր համակարգեր: Վերջին տասնամյակներում այս առաջավոր կատարելագործված կիրառումը մի շարք զարգացած արդյունաբերական երկրների պրակտիկայում հնարավորություն է ստեղծել ստանալու շատ բարդ, մեծ եզրաչափերով և զանգվածով ձուլվածքներ, օրինակ, ավտոմեքենաների շարժաբերի գլանների բլոկներ և այլն: Նշված տեխնոլոգիական գործընթացի ուսումնասիրությունը, որով շարունակում է զբաղվել ԴԵՖ-ի ձուլման լաբորատորիան, հրատապ է և կարևոր նաև ՀՀ արդյունաբերության և հատկապես ձուլման արտադրության առաջավոր տեխնոլոգիաների ներդրման և հետագա զարգացման, ինչպես նաև այդ ուղղությամբ գիտահետազոտական աշխատանքների կատարումը ընդարձակելու համար: Տվյալ ուսումնասիրությունը նվիրված է ձուլվածքային խողջի վակուումացման պայմաններում ճնշման տակ ձուլման տեխնոլոգիական գործընթացի ուսումնասիրությանը, նպատակ ունենալով որոշելու տեխնոլոգիական գործընթացի հիմնական պարամետրերի օպտիմալ արժեքները և նրանց ապահովման կայուն պայմանները, որոնց կիրառմամբ հնարավոր է ստանալ բարձրորակ ձուլվածքներ:

Փորձնական ուսումնասիրություններում, որոնց նախնական մշակման արդյունքները բերված են տվյալ հոդվածում, կիրառվել է «AL40C.A» մակնիշի արույր, որից ձուլված տարբեր չափերի, պատի հաստության և բարդության դետալները պրակտիկ կիրառում ունեն ներկայումս արտադրվող էլեկտրական չափիչ սարքերում:

Կիրառվել են փորձերի պլանավորման և արդյունքների մշակման մաթեմատիկական մեթոդներ:

Փորձերի պլանավորման կողային մատրիցայի տեսքը բերված է աղյուսակ 1-ում:

Օգտագործված է «2<sup>3</sup>» տիպի լրիվ ֆակտորային փորձի մատրիցա N 8 փորձաբանակով: Որպես գործընթացի երեք փոփոխական պարամետրեր ընդունվում են

$X_1$  -տեսակարար ճնշումը մետաղի վրա «MPa»;  $X_{1max} = 70MPa$ ;

$X_{1min} = 50MPa$ ;  $X_{1որջ} = 60$

$X_2$  -հալված մետաղի լցման ջերմաստիճանը t° C;

$X_{2max} = 950^{\circ}C$ ;  $X_{2min} = 910^{\circ}C$

$X_3$  - ճնշումը ձուլվածքային խողջում (վակուում) մինչև հալված մետաղի մուտքը

$X_{3max} = 0,1MPa$ ;  $X_{3min} = 0,05MPa$

Աղյուսակ 1

Փորձերի պլանավորման 2<sup>3</sup> տիպի կողավորված մատրիցա (փորձերի արդյունքներով լրացված)

Փորձի համարը	Տեխնոլոգիական գործընթացի փոփոխական պարամետրեր				Փորձերից ստացված ձուլվածքի որակական ցուցանիշեր	
	X <sub>0</sub>	X <sub>0</sub>	X <sub>0</sub>	X <sub>0</sub>	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>
1	+1	-1	-1	-1 վ	94	6
2	+1	+1	-1	-1 վ	96	7
3	+1	-1	+1	-1 վ	94	7
4	+1	+1	+1	-1 վ	96	8
5	+1	-1	+1	+1	92	6
6	+1	+1	+1	+1	92	7
7	+1	-1	-1	+1	90	5
8	+1	+1	-1	+1	92	7

Կատարելով փորձի արդյունքներով ստացված ռեգրեսիայի հավասարման գործադրանքի հաշվարկները, ստացվում են հետևյալ ռեգրեսիայի հավասարումները

1.  $Y_1 = 93,25 + 0,75X_1 + 0,25X_2 - 1,75X_{3(վ)}$

2.  $Y_2 = 6,0 + 0,62X_1 + 0,37X_2 - 0,37X_{3(վ)}$

Վերլուծելով ստացված ռեգրեսիայի հավասարումները կարելի է հանգել հետևյալ եզրակացությունների

1. Ձուլվածքի նյութի խտության բարձրացման համար զգալիորեն ավելի արդյունավետ է ձուլվածքային խողջի վակուումացումը, քան հեղուկ մետաղի վրա ճնշման մեծացումը և առավել ևս լցման ջերմաստիճանի բարձրացումը:
2. Ձուլվածքի մակերևութային մաքրության բարձրացման համար առավել կարևոր տեխնոլոգիական փոփոխվող պարամետր է հանդիսանում ճնշման մեծությունը մետաղի վրա:
3. Հետագա առավել մանրամասն և բազմազան փորձնական ուսումնասիրությունները հնարավորություն կտան ավելի խոր տեսական վերլուծություններին:

**ՊՂՆՁԻ ՕՔՍԻԴՆԵՐԻ՝ ԶՐԱԾՆՈՎ ՎԵՐԱՎԱՆՔՄԱՆ ՍԵԽԱՆԻՉՄԻ ՈՐՈՇ ԶՈՐՑԵՐ**

*Ս.Աղբալյան, Վ.Մարտիրոսյան, Մ. Սասունցյան*

Պղնձի օքսիդներից պղնձի վերականգնման մեխանիզմի ուսումնասիրությունը տարբեր վերականգնիչներով այսօր ունի գործնական մեծ նշանակություն, հատկապես, եթե հարը վերաբերում է երկրորդական հումքից գործարանային զանազան թափոններից, պղնձափոշու ստացմանը:

Աշխատանքում, ելնելով փորձագիտական տվյալներից, կատարվել է պղնձի օքսիդների ջրածնով վերականգնման գործընթացի տեսական վերլուծությունը: Պղնձի օքսիդները հեշտ վերականգնվում են: Այդ պատճառով նույնիսկ ջրածնի ցածր կոնցենտրացիաների և ցածր ջերմաստիճանների պայմաններում վերականգնման ռեակցիան

$CuO+H_2=nCu+H_2O$  քանակապես տեղաշարժված է դեպի աջ: Այդ են հաստատում աղյուսակում ներկայացված պղնձի օքսիդների տարբեր վերականգնիչներով վերականգնման ռեակցիաների ԼԳԿ<sub>n</sub>-ի արժեքները կախված ջերմաստիճանից: Պղնձի օքսիդների ջրածնով վերականգնման մեխանիզմը բացատրվում է աղսորբցիոն կատալիզային տեսությամբ [1,2], որն իր մեջ ընդգրկում է հետևյալ փուլերը ջրածնի աղսորբումը պղնձի օքսիդների մակերեսի վրա, մետաղական ֆազի առաջացումը, վերականգնման գործընթացում առաջացած ջրային գոլորշիների դետորումը: Ջրածնի քեմատորբման արագությունը որոշվում է պղնձի օքսիդների մակերևույթի վիճակով, ջերմաստիճանով, ջրածնի պարզիալ ճնշմամբ, որն ածում է պղնձի օքսիդների կառուցվածքում բյուրեղային ցանցի արատների աճման հետ: Ջրային գոլորշիների քանակի մեծացմանը զուգընթաց զագային ֆազում փոքրանում է ջրածնի պարզիալ ճնշումը, դժվարանում է ջրածնի աղսորբցիան և վերականգնման ռեակցիայի հետևանքով զագային արգասիքների դետորբցիան: Ընդդիմ ռեկոմբինացիայի, պակասում է վականսիայի քանակը օքսիդի մակերեսին հարող շերտերում և առաջանում է բացասական լիցք:

Աղյուսակ

Պղնձի օքսիդների տարբեր վերականգնիչներով վերականգնման ռեակցիաների ԼԳԿ<sub>n</sub>-ի արժեքների կախումը ջերմաստիճանից

№	Ռեակցիաների հավասարումը	Ջերմաստիճան, Կ						
		300	500	700	900	1100	1300	1500
1	$CuO + C = Cu + CO$	1,68	4,85	6,18	6,63	7,40	7,73	7,97
2	$CuO + 1/2 C = Cu + 1/2 CO_2$	12,27	9,29	8,05	7,36	6,92	6,61	6,39
3	$1/2 Cu_2O + 1/2 C = Cu + 1/2 CO$	-0,83	1,24	2,12	2,62	2,91	3,12	3,28
4	$1/2 Cu_2O + 1/4 C = Cu + 1/4 CO_2$	0,45	3,46	3,05	2,82	2,67	2,57	2,50
5	$CuO + H_2 = Cu + H_2O$	15,99	9,85	7,27	5,83	4,92	4,28	3,82
6	$1/2 Cu_2O + 1/2 H_2 = Cu + 1/2 H_2O$	1,06	1,28	1,38	1,44	1,48	1,63	1,52
7	$CuO + CO = Cu + CO_2$	22,81	13,74	9,92	7,80	6,45	5,51	4,83
8	$1/2 CuO + 1/2 CO = Cu + 1/2 CO_2$	19,99	11,49	8,13	6,27	5,08	4,26	3,65
9	$4CuO + C = 2Cu_2O + CO_2$	-7,71	0,24	3,44	10,29	10,70	6,62	6,40
10	$CuO + 1/2 C + 1/2 H_2 = Cu + 1/2 CO + H_2O$	34,43	25,64	21,93	19,87	18,55	17,65	16,99

Քեմատորբված ջրածնի դրական լիցքերի ազդեցությունից պղնձի (I) դրական իոնները միգրացիայի են ենթարկվում և մտնում բյուրեղային ցանցի խորքը, լրացնելով եղած վականսիան, ըստ որում, ազատված թթվածնի անիոնները փոխազդում են աղսորբված ջրածնի հետ առաջացնելով ջուր:

Պղնձի իոնների պակասումը  $Cu_2O-H_2$  մակերեսին նպաստում է մետաղական ցանցի առաջացմանը՝  $Cu_2O + 2H^+ + 2e = 2Cu + H_2O$

Վերականգնման սկզբնական շրջանում ռեակցիայի արագությունը աննշան է, կախված ջրածնի քեմատորբցիայի փոքր արագության հետ, որն առաջին հերթին ընթանում է պղնձի օքսիդի մակերեսի ակտիվ կետերում: Աստիճանաբար բյուրեղական ցանցի արատների մեծացման հետ արագանում է առաջնային փոխազդեցության փուլը, որն ավարտվում է մետաղական ֆազի առաջացումով: Երկրորդ փուլում մեծացնում է  $Cu-Cu_2O$  բաժանման մակերեսը, արագանում է քեմատորբցիայի ակտը և ջրածնի ատոմացումը թարմ վերականգնված պղնձի մակերեսին, մեծացնելով վերականգնման գումարային արագությունը: Վերականգնման վերջում օքսիդային ֆազը փոքրանում է, մեծանում է համակարգի միաֆազությունը, դանդաղում են դիֆուզիոն փուլերը ոչ միայն

վականների լրացման, այլ և մետաղական շերտի հաստատման հաշվին: Այս բոլորը բերում է վերականգնման գործընթացի արագության նվազմանը:

Մեծ է ածխածնի կատալիտիկ դերը ջրածնի մոլեկուլի ատոմների դիսոցման գործընթացում, որը տեղի է ունենում ածխածնի մակերեսին: Ջրածնի քեմատորբցիան ածխածնի մակերեսին ուղեկցվում է ջրածնի մոլեկուլում քիմիական կապի զգալի թուլացումով, որը և բերում է ջրածնի մոլեկուլի դիսոցման բոլոր դեպքերում, ատոմար ջրածնով պղնձի օքսիդների վերականգնումը կգնա ավելի ինտենսիվ, քան մոլեկուլյար ջրածնի հետ: Ելնելով դրանից ավելի հարմար է կիզաթեխուկի վերականգնումը տանել համակցված վերականգնիչներով ( $H_2+C$ ), քան  $H_2$ -ով:

Գրականություն

1. Родомысельский И.Д., Напаря-Волгина С.Г. Порошковая металлургия, 1971, №9, с.10-14.
2. Федорченко И.М., Андриевский Р.А. Основы порошковой металлургии. Киев.: Наукова думка, 1960, 492с.

### ՊՂՆՉԱՓՈՇՈՒ ՄՏԱՑՈՒՄԸ ԿԱԲԵԼԱՅԻՆ ԱՐՏԱԴՐՈՒԹՅԱՆ ԹԱՓՈՆՆԵՐԻՑ

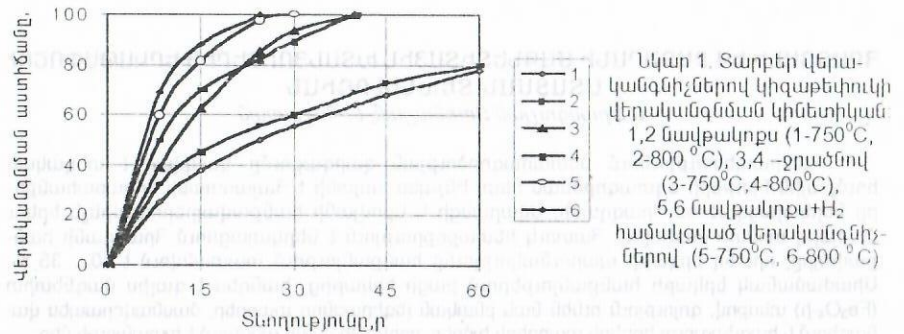
Ս. Աղբալյան, Վ. Սարտիրոսյան, Ս. Սատուցյան

Աշխատանքում առաջարկվում է պղնձափոշու ստացման նոր, ոչ ավանդական տեխնոլոգիա, քիչ ջերմա և էներգետիկ ծախսեր պահանջող, անհամեմատ էժան հունքից տեղական կաբելային արտադրության թափոն հանդիսացող գլոցման կիզաթեխուկից: Մասնավորապես ելանյութ է հանդիսացել «Երևանկաբել» գործարանի թափոնը՝ գլոցման կիզաթեխուկը: Նշված կիզաթեխուկում պղնձի պարունակությունը կազմում է ~ 86%: Այդ քանակի պղնձ պարունակող կիզաթեխուկի վերականգնումը չափազանց կարևոր և արդիական հարց է: Այն լուծում է նաև բնապահպանական հարցեր, կապված թափոնների իրացման հետ:

Գլոցման կիզաթեխուկի վերականգնման փորձերը կատարվել են հոսքային պայմաններում, 5գ փորձանմուշով: Վերականգնված փորձանմուշները ենթարկվել են ինչպես քիմիական, այնպես էլ ռենտգենակառուցվածքային անալիզի:

ՌԻՍՈՒՄՆԱՍԻՐՎԵԼ Է ԿԻԶԱԹԵՒՈՒԿԻ ՎԵՐԱԿԱՆԳՆՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՅՐ ԵՐԱՐԵՐ ՎԵՐԱԿԱՆԳՆԻՉՆԵՐԻ ՆԵՐԿԱՅՈՒՅԱԾԸ: Մասնավորապես որպես վերականգնիչներ վերցվել են նավթակոքը, ջրածինը և դրանց խառնուրդը՝ նավթակոքս + ջրածին: Փորձերը տարվել են 750 և 800°C-ում:

Փորձերի արդյունքները ցույց են տվել (նկ.1), որ բոլոր դեպքերում կիզաթեխուկից պղնձի վերականգնումը ավարտվում է 45-60 րոպեում: Սակայն լավագույն արդյունքներ ստացվում են համակցված վերականգնման դեպքում: Նման դեպքում պղնձի վերականգնումը 750-800°C-ում ավարտվում է 30 րոպեի ընթացքում:



Նկար 1. Տարբեր վերականգնիչներով կիզաթեխուկի վերականգնման կինետիկան 1,2 նավթակոքս (1-750°C, 2-800°C), 3,4 - ջրածնով (3-750°C, 4-800°C), 5,6 նավթակոքս+H<sub>2</sub> համակցված վերականգնիչներով (5-750°C, 6-800°C)

Ուսումնասիրվել է նաև կիզաթեփուկից պղնձի վերականգնման գործընթացը համակցված վերականգնիչներով, կախված ջերմաստիճանից: Փորձերը տարվել են 600, 700, 800 և 900° C-ում, 9% կոքսի և ջրածնի 0,1/ր ծախսի պայմաններում: Այստեղ առավել եռանդուն է կատարվում վերականգնումը 900° C-ում, որտեղ առավելագույն վերականգնման աստիճանը հաստատվում է մոտ 25րոպեում: Սակայն ստացված պղնձափոշին մաքուր չէ, և պարունակում է երկաթի, ալյումինիումի և ավազի խառնուրդներ: Խառնուրդներից ազատվելու նպատակով վերականգնման հաջորդ փորձերը կատարվել են սողայի առկայությամբ:

Բովախառնուրդի պատրաստումը կատարվել է բաղադրամասերի (կիզաթեփուկ, կոքս, սողայի ջրային լուծույթով) մանրակրկիտ խառնման և հետագա չորացման միջոցով: Պատրաստվել են 7 փորձանմուշներ: Առաջին երկու փորձանմուշներում վերցվել է 1- CuO, 2- CuO+9%Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>: Վերցվել է նաև CuO+9%Na<sub>2</sub>O բաղադրությունը: Վերականգնման գործընթացը տարվել է 800° C-ում ջրածնի 0,1/ր ծախսի պայմաններում:

Փորձերի արդյունքները ցույց են տվել, որ մաքուր պղնձի օքսիդի վերականգնումը ընթանում է ավելի դանդաղ, քան կիզաթեփուկինը, որն ըստ երևույթին բացատրվում է մաքուր CuO-ի բյուրեղային ցանցի կայուն կառուցվածքով: Սակայն սողայի ներկայությունը զգալիորեն նպաստում է վերականգնման արագության մեծացմանը, ըստ որում ավելի շատ, քան Na<sub>2</sub>O-ինը:

Ուսումնասիրվել է նաև կիզաթեփուկում պղնձի օքսիդի համակցված վերականգնիչով (9%կոքս +H<sub>2</sub>) վերականգնման աստիճանի կախումը սողայի քանակությունից (3, 6, 9 և 12 %): Վերականգնման գործընթացի հետազոտումը կատարվել է 800° C-ում: Հետազոտման արդյունքների վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ սողայի քանակության ավելացմամբ վերականգնման գործընթացը կտրուկ արագանում է: Վերականգնման առավելագույն արագությունը համապատասխանում է վերականգնման ամենամեծ արժեքին: Սողայի հետագա ավելացումը (~12%) առանձնապես չի ավելացնում պղնձի վերականգնման աստիճանը:

Միաժամանակ ուսումնասիրվել է սողայի դերը խառնուրդ օքսիդների սիլիկատազոյացման և հետևաբար պղնձափոշու մաքրման գործում: Ուսումնասիրվել է խառնուրդ օքսիդների հիմնականում Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> և SiO<sub>2</sub>-ի վարքը վերականգնման ընդհանուր գործընթացում Ուսումնասիրությունները կատարվել են կիզաթեփուկ +9%կոքս+9% սողա փորձանմուշի վրա 600,700, 800 և 900° C ջերմաստիճաններում և ջրածնի 0,1/ր հ մոսքի պայմաններում:

Պարզվել է, որ 900° C- ում փորձի 60 ր տևողության պայմաններում վերականգնված պղնձափոշու խառնուրդները կազմում են հետքեր:

Այսպիսով պղնձափոշու ստացման օպտիմալ պայմաններն են կիզաթեփուկ+9% նավթակոքս և վերականգնում ջրածնով ( 0,1/ր արագությամբ), 800-900° C ջերմաստիճանում փորձի 45-60ր տևողության պայմաններում:

Ռենտգենագրաֆիկ անալիզի արդյունքները հաստատում են, որ վերը նշված օպտիմալ պայմաններում ստացվում է պղնձափոշի 99,8...99,9%Cu բաղադրությամբ:

**ՀՐԱԶԳԱՆԻ ԵՎ ԲԱԶԱՐԱՆԻ ՄԱԳՆԵՏԻՏԱՅԻՆ ԽՏԱՆՅՈՒԹԵՐԻՑ ԵՐՎԱԹԱՓՈՇՈՒ ՍՏԱՅՄԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՆ Ա.Ֆրանգուլյան Գյուլնայան, Լ. Գալստյան**

Հանրապետությունում մետաղագործության զարգացումը կապված է տեղական հումքային նյութերի օգտագործման հետ: Ինչպես հայտնի է Հայաստանի երկաթահանքերը ներկայացված են Հրազդանի, Սվարանցի և Լրովյանի հանքավայրերով, մինչև երկու միլիարդ տոննա ծավալով: Հատուկ հետաքրքրություն է ներկայացնում Հրազդանի հանքավայրը, որտեղ երկաթի պարունակությունը հանքանյութում տատանվում է 30...35 %: Միաժամանակ երկաթի հանքանյութերում բացի երկաթից, հանդես է գալիս մագնետիտ (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-ի) տեսքով, գոյություն ունեն նաև բնական լեգիրացնող տարրեր, մասնավորապես վանադիում և հազվագյուտ հողերի տարրերի խմբեր, որոնց մի մասը անցնում է խտանյութի մեջ:

Մետաղ պարունակող հումք են նաև Քաջարանի պղնձամոլիբդենային կոմբինատի հարստացուցիչ ֆաբրիկայի թափոնները (պղշերը), որոնց մեջ Fe-ի պարունակությունը հասնում է մինչև 3,5...4,5 %: Հարստացման արդյունավետ մեթոդը հնարավորություն է տալիս այդ թափոններից ստանալ 60...65 % Fe-ի պարունակությամբ խտանյութեր:

Ուսումնասիրվել են Հրազդանի երկաթի հանքաքարերից մագնետիտային խտանյութերի ստացման տեխնոլոգիայի և առանձնահատկությունները, որը ապահովում է 68 % երկաթ պարունակող խտանյութերի ստացումը:

Խտանյութի վերականգնման կինետիկան ուսումնասիրվել է ջերմոգրավիմետրիկ սարքի օգնությամբ: Վերականգնման աստիճանը զննատվել է մետաղապատման աստիճանով:

Որպես պինդ վերականգնիչ փորձարկվել են նավթային կոքսը, փայտածուխը և մուրը, իսկ որպես գազային վերականգնիչ սինթեզ գազը:

Հաստատվել է, որ նավթային կոքսի վերականգնիչ հատկությունը ավելի բարձր է քան փայտածուխինը և մրինը:

Սողայով ակտիվացված խտանյութի նավթային կոքսով վերականգնման մեխանիզմի և կինետիկայի ուսումնասիրման նպատակով կատարվել են կոմպլեքս դերիվատոգրաֆիկական հետազոտություններ:

Պատրաստված եռվախառնուրդը, որը բաղկացած է խտանյութից, կոքսից և սողայից, ենթարկվել է հատիկավորման և չորացման:

Վերականգնման գործընթացը ուսումնասիրվել է 0...15 % սողա պարունակող բովախառնուրդների համար 25...1200 ° C ջերմաստիճանային միջակայքում: Փորձերը կատարվել են Q-1500 D մանվիչի դերիվատոգրաֆի օգնությամբ, որը հնարավորություն ունի մինչև 1200 ° C մաքացման լնացքում միաժամանակ չափելու նմուշի ջերմաստիճանը /T/, գանգվածը /TG/, գանգվածի փոփոխման արագությունը /DTG/ և բովախառնուրդի էնթալպիան /DTA/:

Հետազոտությունները ցույց են տվել, որ սողայի պարունակության աճին զուգընթաց Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> – FeO և FeO – Fe վերականգնման արագությունը մեծանում է: Դա բացատրվում է սողայի և խառնուրդների փոխազդեցությամբ, որի հետևանքով տեղի է ունենում կապված երկաթի օքսիդների քացահայտում: FeO – Fe վերականգնման երրորդ փուլը ընթանում է 900...1000 ° C-ում:

Բացահայտված է բովախառնուրդի վերականգնման վերջնական ջերմաստիճանի և տևողության կախվածությունը սողայի քանակությունից: 5 % սողայի պարունակության դեպքում նկատվում է վերականգնման վերջնական ջերմաստիճանի և տևողության կտրուկ նվազում: 10 % սողա պարունակող բովախառնուրդի համար վերջնական ջերմաստիճանը 130...150 ° C-ով ավելի ցածր է առանց սողայի բովախառնուրդի վերականգնման ջերմաստիճանից: Բացի դրանից 20 %-ով կրճատվում է վերականգնման տևողությունը:

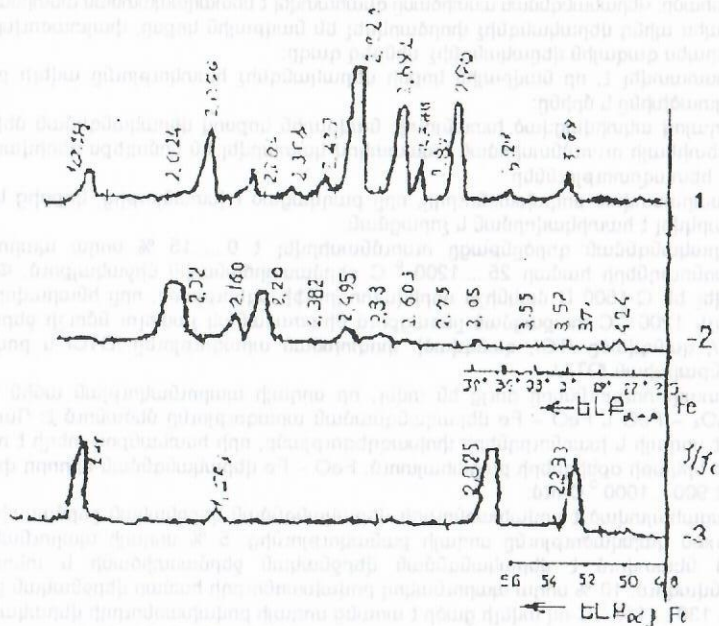
Կատարվել են համալիր ջերմադրավիմետրական հետազոտություններ, որոնք հնարավորություն են տվել ուսումնասիրել ռեակցիաների կինետիկան, ինչպես նաև վերականգնման աստիճանի վրա սողայի ազդեցության մեխանիզմը:

Վերականգնման կինետիկայի հետազոտման շնորհիվ կապ է հաստատվել վերականգնման ռեակցիայի արագության և վերականգնման աստիճանի միջև:

Հետազոտվել են սիլիկատառաջացման ռեակցիաները և բացահայտվել է սողայի ազդեցությունը բովախառնուրդի վերականգնման գործընթացի արագացման վրա: 630...780 ° C ջերմաստիճանային միջակայքում սողան փոխազդեցության մեջ է մտնում բովախառնուրդի մեջ եղած խառնուրդների հետ առաջացնելով չափնելի տիպի քիմիական միացություններ, որի հետևանքով երկաթի օքսիդները ազատվում են բնական միացություններից, և մեծանում է նրանց բացման աստիճանը: Սողան ակտիվացնում է նաև ածխածնի գազաֆիկացիան իր տրոհման արգասիքներով, որոնք պահելով ավելցուկային էներգիան, ենթարկվում են գրաֆիտ ցանցի մեջ և դրանով թուլացնում կապերը բազիսային հարթությունների միջև:

Ինչպես ցույց է տրված ռենտգենաֆազային անալիզները (նկ. 1-ում) հատկավորված բովախառնուրդն վերականգնման գործընթացում, 1000...1050° ջերմաստիճանում տեղի է ունենում պինդ ֆազային ռեակցիաների վերաճածկում:

Ըստ ռենտգենագրամի խտանյութի մեջ մեծ քանակի խառնուրդներ չեն նկատվել (նմուշ 1) Զիննական ֆազերը մագնետիտ ( $\alpha=3,384$ ) և գեմատիտ (CNd): Սպունգի մեջ (նմուշ 2) բացի հիմնական  $\alpha$ -Fe ֆազից, ցայտուն երևում է շպինելներ և սիլիկատներ ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) այլումինատներ ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ) և այլումոսիլիկատներ նեֆելինների տեսքով [ $\alpha$ -Na ( $\text{AlSiO}_4$ ):] Գոյություն ունի նաև որոշակի քանակի  $\text{Na}_2\text{O}$  ազատ վիճակում, որին համապատասխանում է  $d/n=2,55 \text{ \AA}$  և  $d/n=1,805 \text{ \AA}$ : Երկաթափոշու մեջ (նմուշ 3) բացի  $\alpha$ -Fe որի  $a=2,862 \text{ \AA}$  ոչ մի այլ մաքսիմումներ չեն հայտնաբերվել, որը հաստատում է ստացված երկաթափոշու մաքրության աստիճանը:



Նկ. 1 Ռենտգենագրամներ  
1. Վերջնական խտանյութի նմուշ, 2. Վերականգնված սպունգի նմուշ,  
3. Սետաղափոշու նմուշ

Կատարված տեսական և փորձնական արդյունքների հիման վրա մշակվել է Զրագրանի և Քաջարանի խտանյութերից մաքուր երկաթափոշու ստացման տեխնոլոգիա, որը հիմնված է սողայով զտման և բաց մագնիսական զտման գործընթացների վրա և թույլ է տալիս վերամշակել ոչ միայն խտանյութեր, այլև ամեն տեսակի աղտոտվածություններով զրոցման կիզուկներ:

**ԿՈՒՆԵԼԻ ԹՈՒՋԵՐՈՒՄ ԳՐԱՖԻՏԱՑՄԱՆ ԿԵՆՏՐՈՆՆԵՐԻ ՓՈՓՈԽՄԱՆ ԵՂԱՆՎԿՆԵՐԸ**  
*Ս.Աղբալյան, Ռ.Եղիազարյան, Եվ.Սալտիկովա*

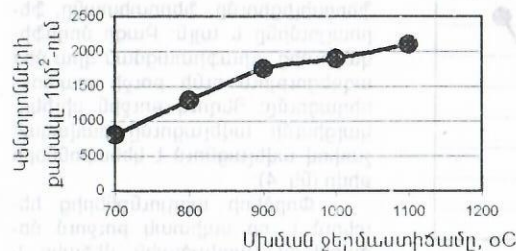
Սպիտակ թուջից կռելի թուջի ստացումը, հատկապես գրաֆիտացումը, բարդ դիֆուզիոն գործընթաց է, որի ժամանակ տեղի է ունենում ցեմենտիտի տրոհում, ածխածնի լուծում առատենիտում, գրաֆիտի սաղմերի առաջացում և նրանց աճ:

Յուրաքանչյուր դիֆուզիոն գործընթաց արագացնելու համար անհրաժեշտ է առաջին հերթին օգտվել ջերմաստիճանի բարձրացման հնարավորությունից: Բացի դրանից դիֆուզիայի տևողությունը կախված է նաև դիֆուզիոն ատոմի անցած ճանապարհի (դիֆուզիայի ճանապարհի) երկարությունից:

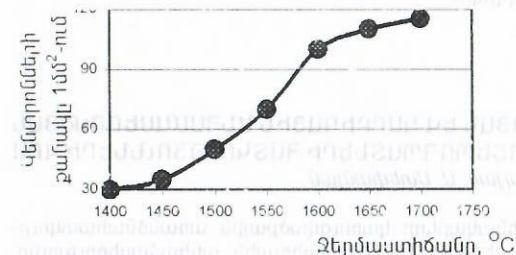
Ելնելով վերոհիշյալից կարելի է եզրակացնել, որ գրաֆիտացման ժամանակ թուջի միավոր ծավալում գրաֆիտացման կենտրոններն ինչքան շատ լինեն, այնքան նրանց միջև եղած հեռավորությունը կփոքրանա, որը և կհանգեցնի դիֆուզիայի ճանապարհի երկարության, հետևաբար նաև դիֆուզիայի (գրաֆիտացման) տևողության կրճատման:

Չամածայն գրականության տվյալների, սպիտակ թուջում, որը հալումից հետո սառեցվում է մինչև  $900^\circ\text{C}$  և ապա պահվում է այդ ջերմաստիճանում 20 ժամ, գրաֆիտացում տեղի չի ունենում, և թուջի միկրոստրուկտուրայում չեն նկատվում նույնիսկ գրաֆիտի հետքեր: Դրան հաջորդող տաքացման ժամանակ ևս գրաֆիտացման կենտրոններ չեն առաջանում: Միայն տաքացումից հետո կատարվող սառեցումն է ապահովում գրաֆիտացման սաղմերի առաջացում և նրանց քանակի աճ, հատկապես, երբ այն իրականացվում է բավական արագ (մի րոպե, երբեմն ավելի):

Թրծման ջերմաստիճանի բարձրացումը գրաֆիտացման կենտրոնների քանակը չի ավելացնում, այլ այն արագացնում է դիֆուզիոն գործընթացը՝ շնորհիվ ատոմների շարժունակության բարձրացման:



Նկ. 1: Միաման ջերմաստիճանի ազդեցությունը գրաֆիտացման կենտրոնների քանակի վրա

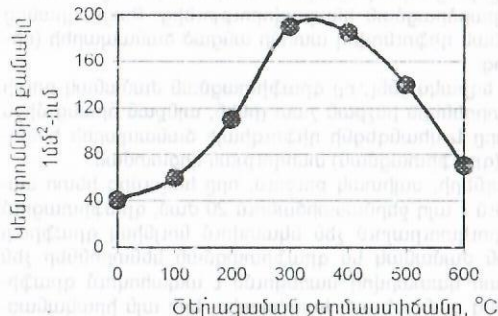


Նկ. 2: Չավվածքի գերտաքացման ազդեցությունը  $1 \text{ մմ}^2$ -ում գրաֆիտացման կենտրոնների քանակի վրա

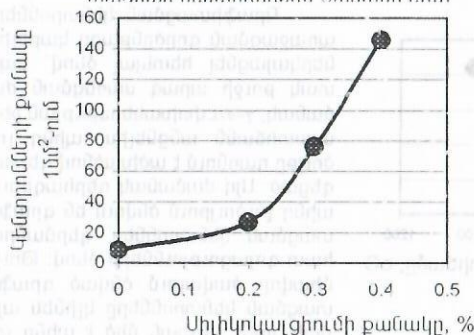
Գրաֆիտացման կենտրոնների առաջացման գործընթացը կարելի է ներկայացնել հետևյալ ձևով՝ սպիտակ թուջի արագ սառեցման ժամանակ,  $\gamma \rightarrow \alpha$  փոխակերպության ջերմաստիճանն անցնելիս, պինդ լուծույթը դառնում է ածխածնով գերհագեցած: Այդ ժամանակ գերհագեցած պինդ լուծույթում ծնվում են գրաֆիտացման կենտրոններ՝ գերմանրահատ գոյացությունների ձևով: Թուջի միավոր ծավալում ծնված գրաֆիտացման կենտրոնները կլինեն այնքան շատ, ինչքան մեծ է պինդ լուծույթի գերսառեցման աստիճանը:

Սպիտակ թուջի միավոր ծավալում եղած գրաֆիտացման կենտրոնների քանակը դրոշում է նրանց միջև եղած հեռավորությունը և բրծման ժամանակ պինդ լուծույթի միջով ածխածնի ատոմի դիֆուզիայի ճանապարհի միջին երկարությունը, որն էլ իր հերթին արտահայտում է գրաֆիտացման գործընթացի տևողությունը:

Գրաֆիտացման կենտրոնների քանակի ավելացման եղանակներից մեկը սպիտակ թուջի միջուկն է բրծումից առաջ: Ինչպես ցույց են տալիս փորձերը, կենտրոնների քանակը այնքան մեծ է, որքան մեծ է գերսառեցման աստիճանը (Նկ. 1):



Նկ. 3. Ծերացման ջերմաստիճանը ազդեցությունը կոբալտի բույսում գրաֆիտային լուծույթի կիրառման և հանրահամաժամանակահատվածի վրա:



Նկ. 4. Գրաֆիտացման կենտրոնների քանակի կախվածությունը սովորական կալցիումի քանակից:

Հալվածքի գերտաքացումը որոշակի սահմաններում արդյունավետ է ազդում էաջորդող գրաֆիտացման վրա: Համաձայն փորձի տվյալների գերտաքացումը մեծացնում է գրաֆիտային սաղմերի թիվը և նրանց բաշխման համասեռությունը (նկ. 2):

Գրաֆիտացման առաջին փուլում գրաֆիտային սաղմերի թվի մեծացման վրա մեծ ազդեցություն ունի սպիտակ բույսի պահումը ցածր ջերմաստիճաններում (ցածր ջերմաստիճանային մշակում՝ 82S) կամ արհեստական ծերացումը (նկ. 3):

Գրաֆիտացման կենտրոնների քանակը երկուսն է, երբ այն մոդիֆիկացվում է այնպիսի մոդիֆիկատորներով, ինչպիսիք են ֆերոսիլիցիումը, ֆերոտիտանը, ֆերոպլանդինը և այլն: Բացի մոդիֆիկացումից, գրաֆիտացման վրա մեծ ազդեցություն ունի թույլ ապաստիպացումը: Հեղուկ թույլի սխիզոկալցիումի ավելացումը բավական չափով ավելացնում է կենտրոնների թիվը (նկ. 4):

Փորձերի արդյունքներից հետևում է, որ սպիտակ բույսում մեծացնելով կրվածային վիճակը և արատների կոնցենտրացիան, արագանում է ինչպես գրաֆիտի օւղմների առաջացման, այնպես էլ նրանց աճման արագությունը:

**ԱՈՒՍՏԵՆԻՏԻ ՀԱՏԻԿԻ ՄԵԾՈՒՅՅԱՆ ԵՎ ԿԱՐԲՈՂՅՈՒՆ ԱՆՀԱՄԱՍԵՈՒՅՅԱՆ ԱԶԳԵՑՈՒՅՑՈՒՆԸ ԱՐԱԳԱՀԱՏ ՓՈՇԵՂՈՂՊԱՏՆԵՐԻ ՀԱՏԿՈՒՅՑՈՒՆՆԵՐԻ ՎՐԱ**

Ս. Աղբալյան, Ա. Ստեփանյան

Արագահատ պողպատների ամենակարևոր կառուցվածքային առանձնահատկություններից են աուստենիտի հատիկի մեծությունը և կարբիդային անհամասեռությունը, որոնցով է պայմանավորված են ստացվող մեխանիկական, տեխնոլոգիական և շահագործման հատկությունները: Աուստենիտի իրական հատիկի չափը, որը ստացվում է տաքացման ժամանակ, պահպանվում է միաված և արձակված պողպատում: Դա պայմանավորված է նրանով, որ աուստենիտ-մարտենսիտային փոխակերպությունը սկսվում է աուստենիտի յուրաքանչյուր նախկին հատիկի սահմաններում տարածվելով դեպի հատիկի խորքը: Մյուս կողմից արձակման ժամանակ հատիկների սահմաններում անցատվում են կարբիդներ, որոնք և հանդիսանում են բեկուր քայքայման ժամանակ առաջացած ճաք:

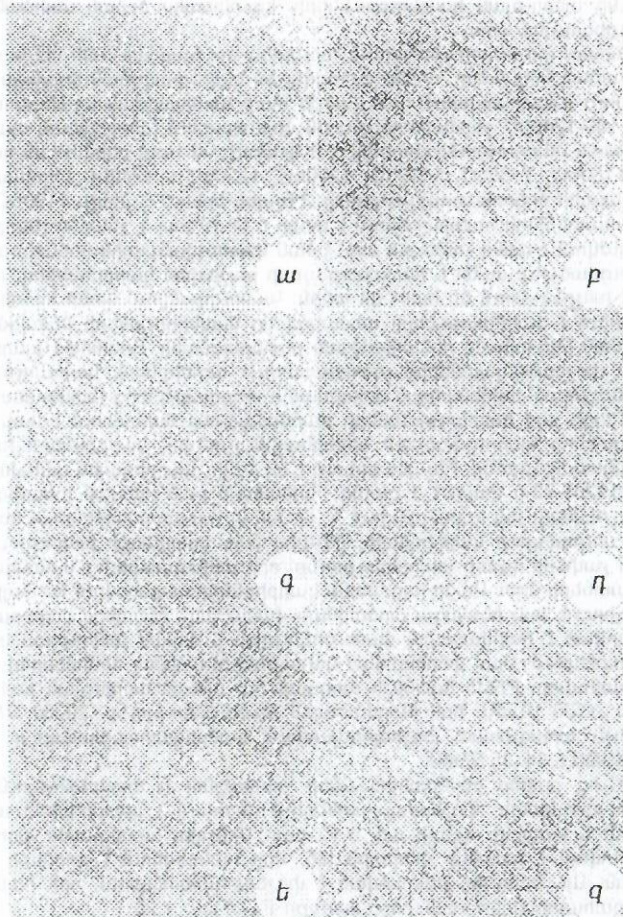
տարածման խոչընդոտ: Ճաքերի ծայրերում ստեղծվում է լարումների ամենամեծ կոնցենտրացիան, ընդ որում այն այնքան մեծ է, որքան մեծ է ճաքը, ուստի և որքան մեծ է հատիկը: Այդ է պատճառը, որ ժամանակակից գործիքաշինության մեջ մեծ հետաքրքրություն է ներկայացնում առավել շատ օգտագործվող արագահատ փոշեպողպատների ջերմային մշակման ժամանակ աուստենիտի հատիկի մեծության և կարբիդային անհամասեռության ազդեցությունը սմրության հատկությունների էառկապես ծեման սահմանի և հարվածային մածուցիկության վրա:

Արագահատ փոշեպողպատներում աուստենիտի հատիկի աճի կինետիկան ուսումնասիրելու համար նմուշները, որոնք ստացվել են հալույթափչման եղանակով ստացված մետաղափոշուց պատրաստված մսմվածքի տաք արտանդան եղանակով, ենթարկվել են միջման 1160-1240°C ջերմաստիճանային միջակայքում (վերջնական տաքացման շամանակ սպահման տևողությունը վերցվել է 8 վրկ/մմ): Նկ 1-ում բերված են համապատասխանաբար 1160°C, 1180°C, 1190°C, 1200°C, 1220°C և 1240°C ջերմաստիճաններից միաված պողպատի միկրոկառուցվածքները: Ինչպես երևում է մինչև 1190°C տաքացման ժամանակ աուստենիտի հատիկը մնում է կոբը ( 11-10 բալ ), չնայած լեգիրող տարրերի մեծ մասը լուծվում է պինդ լուծույթի մեջ: Նման կառուցվածքային վիճակը պայմանավորված է կառուցվածքում մանր և հավասարաչափ բաշխված կարբիդներով, որոնք ինտենսիվ կերպով խոչընդոտում են հատիկի աճին: Կառուցվածքում մանր հատիկների առկայությունը բերում է սահմանագծերի տեսակարար մակերևույթների մեծացման, ուստի և ճաքագոյացման նկատմամբ դիմադրության բարձրացմանը: Դրանով է պայմանավորված արագահատ փոշեպողպատներից պատրաստված գործիքների կայունության բարձրացումը 1,5-2,0 անգամ համեմատած ստանդարտ պողպատներից պատրաստված գործիքների հետ: Բացի այդ հատկությունների բարձրացմանը նպաստում է նաև արագահատ փոշեպողպատների կառուցվածքում առաջնային չլուծվող կարբիդների խոշոր կուտակումների բացակայությունը: Ինչպես երևում է նկ. 1-ից , կարբիդային անհամասեռությունը ըստ ԳՕՍՍ 19265-73-ի փորք է 1 բալից: Համաձայն քանակական անալիզի տվյալների կարբիդների չափերը չեն գերազանցում 1...2 մկմ-ն: Այս պողպատներում բացակայում են նաև խոշոր սուրբաճյուն կարբիդները, ինչպես նաև կտրվածքի խորությունից կախված կարբիդների չափերի զգալի տարբերությունը, որը անխուսափելի է ստանդարտ արագահատ պողպատների մոտ: Բացի այդ, մանր կարբիդները ապահովում են մայրակի առավել լիարժեք լեգիրում, իսկ հետագա արձակման ժամանակ՝ դիսպերս կարծրացում, որով է պայմանավորված է հարվածային մածուցիկության և ծեման ամրության սահմանի աճը փոշեպողպատներում: Ըստ փորձնական տվյալների օպտիմալ ռեժիմներով միաված և արձակված ստանդարտ P6M5 մակնիշի պողպատում ծեման ամրության սահմանը ստացվում է 3100...3300 ՄՆ/մՄ, իսկ հարվածային մածուցիկությունը՝ 29.30 Ջ/սմՄ, մինչև ծեմույն մակնիշի արագահատ փոշեպողպատում համապատասխանաբար ստացվում է 3800...3900 ՄՆ/մՄ և 34...35 Ջ/սմՄ:

1190°C-ից բարձր ջերմաստիճաններ տաքացնել ի տարբերություն ստանդարտ արագահատ պողպատի, փոշեպողպատներում դիտվում է կարբիդների առավելագույն լուծելիություն և հատիկի զգալի աճ՝ 9-10 բալ: Մինչդեռ ստանդարտ պողպատում այս ռեպքում դիտվում է հատիկի տեղային աճ, որը կանգեցնում է գործիքի կտրող մասի փշրամաշման: Այս երևույթը բացառված է փոշեպողպատներում, որի հավաստի ապացույցն է տարահատիկայնության փորք արժեքը  $F_{max}/F_{min} = 1,25$ :

1200-1220°C-ից միջման դեպքում դիտվում է մեխանիկական հատկությունների կտրուկ անկում, չնայած աուստենիտի հատիկի չափը դեռևս գտնվում է ԳՕՍՍ-ով թույլատրված սահմաններում՝ 9-10 բալ: Սա բացատրվում նրանով, որ 1200-1240°C ջերմաստիճանային տիրույթից միջման ժամանակ աուստենիտի ջերմազեցվածության աստիճանը բավական մեծ է: Միջման ըսքացքում մինչև  $A_{r1}$  տիրույթի շրջակայքը ինտենսիվ ընթանում են դիֆուզիոն գործընթացներ: Այս դեպքում աուստենիտից հասցնում են անջատվել զգալի թվով կարբիդներ և բաշխվելով հատիկի սահմանագծերով առաջացնում են կարբիդային ցանց: Ցանցի ընդհատությունը և խտությունը կախված է պինդ լուծույթի բաղադրությունից՝ գերազեցման աստիճանից, ուստի և տաքացման ջերմաստիճանից: Սեխանի-

կական հատկությունների առավել զգալի անկում է դիտվում արձակման ժամանակ, երբ տեղի է ունենում դիսպերս կարծրացում: Միման ընթացքում որքան շատ է անջատվող կարբիդների քանակը, այնքան ավելի զգալի է հատկությունների անկումը: Սրանով է բազատրվում 1190ԵC-ից բարձր ջերմաստիճաններից միաված փոշեպողպատների ճաքակայունության, ավելի ճիշտ ճաքի տարածման նկատմամբ դիմադրության անկումը:



Նկ.1 Տաք արտանդմամբ ստացված P6M5-7 մակնիշի արագահատ փոշեպողպատի աուստենիտի հատիկի մեծությունը տարբեր ջերմաստիճաններից միման ժամանակ, պահման տևողությունը 8 վրկ/մմ

1- 1160ԵC, 2- 1180ԵC, 3- 1190ԵC, 4- 1200ԵC, 5- 1220ԵC 6- 1240ԵC

Արագահատ փոշեպողպատներում միման ջերմաստիճանի բարձրացմանը զուգընթաց ջերմակայունությունը բարձրանում է ավելի սրագ, քան ստանդարտ պողպատներում: Վերջինս պայմանավորված է պինդ լուծույթի առավել բարձր գերլեզրիմամբ: Սակայն միման ջերմաստիճանի բարձրացումը որոշակի սահմաններից վերև ցանկալի է

վերը բերված ոչ ցանկալի երևույթների հետևանքով: Այդ իսկ պատճառով փոշեպողպատների միման ջերմաստիճանային տիրույթը ավելի նեղ է, քան ստանդարտինը և պահանջվում է ջերմաստիճանային ռեժիմների ավելի խստացված վերահսկում:

Փորձերի արդյունքների վերլուծությունից հետևում է, որ ճշգրիտ մշակելով և ապա վերահսկելով արագահատ փոշեպողպատների ջերմամշակման ռեժիմները կարելի է ստանալ մեխանիկական և շահագործման հատկությունների առավելագույն արժեքներ հետևաբար գործիքի կայունության զգալի ան, ուստի և զգալի տնտեսական շահույթ:

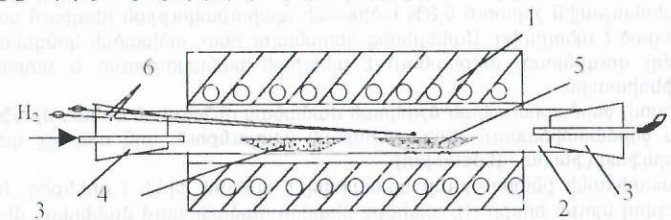
### ԴԻՖՈՒԶԻՈՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑՆԵՐԻ ԴԻՄՆԱԿԱՆ ՕՐԻՆԱԿԱՓՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ԵՐԿԱԹՆՓՈՇՈՒ ԱԾԽԱԾՆՈՎ ՀԱՐՍՏԱՑՄԱՆ ԺՄՄԱՆԱԿ

Ս. Աղբալյան, Ա. Ստեփանյան

Համաձայն ԳՈՍՏ 9849-86-ի թողարկվող երկաթափոշիները կարող են պարունակել 0,02...0,25% ածխածին, այդ իսկ պատճառով նրանցից պատրաստված արտադրատեսակները, անկախ ծակոտկենությունից, չեն ենթարկվում ջերմային մշակման և օժտված են ցածր կարծրությամբ ու անրային հատկություններով: Սեխանիկական եղանակով ածխածնի ավելացումը, որը իրականացվում է բովախառնուրդի պատրաստման ժամանակ, չի տալիս ցանկալի արդյունքներ, որովհետև արտադրատեսակի եռակայունից հետո ածխածնի մի մասը, միշտ մնալով ազատ վիճակում, փոքրացնում է մեխանիկական հատկությունները: Լույնիսկ տաք արտանդման միջոցով ստացված անծակոտկեն արտադրատեսակները, որտեղ լուծված ածխածնի պարունակությունը հասնում է մինչև 0,8%, ունի համեմատաբար փոքր ամրային հատկություններ: Օրինակ տաք արտանդման մրջջով ստացված պողպատ 80 մակնիշի անծակոտկեն նմուշի մեջ, որի ստացման ժամանակ բովախառնուրդում ածխածնի պարունակությունը եղել է 1,2%, ջերմամշակումից հետո (մխում 820°C, արձակում 480°C) ստացվում է  $\sigma_T = 80 \text{ ՄՊա}$ ,  $\sigma_c = 900 \text{ ՄՊա}$ ,  $\delta = 5\%$ ,  $\psi = 25\%$ , մինչդեռ նույն մակնիշի ստանդարտ պողպատի մեջ  $\sigma_T = 950 \text{ ՄՊա}$ ,  $\sigma_c = 1100 \text{ ՄՊա}$ ,  $\delta = 7\%$ ,  $\psi = 30\%$ : Այս տեսակետից քննարկվող խնդիրը արդիական է և հրատապ, հատկապես, եթե հաշվի առնենք փոշեմետալուրգիայի զարգացման հնարավորությունները մեր հանրապետությունում: Ելնելով վերոհիշյալից աշխատանքի նպատակն է ուսումնասիրել երկաթափոշու ածխածնով հարստացման ժամանակ դիֆուզիոն գործընթացների օրինաչափությունները և մշակել համապատասխան տեխնոլոգիա շարժր ածխածնային պողպատափոշի ստանալու համար:

Որպես ելանյութ վերցվել է կԻ4Ծ մակնիշի երկաթափոշի, որի հատիկաչափական նազընը եղել է -160 +100 մկմ: Փորձերը կատարվել են պաշտպանիչ միջավայրի պայմաններում ( $\text{H}_2$ ), իսկ տաքացումը խողովակաձև վառարանում, ինչպես ցույց է տրված նկ. 1-ում:

Ածխածնով հարստացումը կատարվել է 930...950°C ջերմաստիճաններում, իսկ տևողությունը ընտրվել է ելնելով փորձի արդյունքներից (45...60 րոպե):



Նկ. 1. Երկաթափոշու ածխածնով հարստացման սարքի ուսեման:

1-վառարան, 2-կվարցե խողովակ, 3-խցաններ, 4-պինդ կարբիդիզատորով լցված նավակ, 5-երկաթափոշու լցված նավակ, 6- բերնոզույգ:

Տարացման ժամանակ տեղի են ունենում հետևյալ գործընթացները: Մինչև հարստացման ջերմաստիճանը տարացման ժամանակ կարբոնիդառորի ածխաթթվային աղերը, որոնց քանակը հասնում է 10...20% ըստ զանգվածի, դիտցվում են առաջացնելով ածխաթթու գազ  $BaCO_3 \rightarrow BaO + CO_2$ : Ածխաթթու գազը փոխազդեցության մեջ է մտնում փայտածխի ածխածնի հետ, առաջացնելով ածխածնի օքսիդ  $CO_2 + C = 2CO$ : Ածխածնի օքսիդը, տեղափոխվելով ջրածնի հոսքի ազդեցությանը և հալվելով երկաթափոշու շրջացած մակերևույթի հետ, տարրալուծվում է անջատելով ակտիվ ատոմադր ածխածին  $2CO \rightarrow CO_2 + C$  ատոմ, որը արտորդվում է երկաթափոշու մակերևույթի կողմից և դիֆուզիվում դեպի ներս:

Անո հետաքրքրություն է ներկայացնում ածխածնով հարստացված շերտի խորության աճը կախված պահանջան տեղադրությունից և օքսիդի ծախսից:

Դիտարկենք ածխածնի թափանցման դիֆուզիոն գործընթացը երկաթափոշու մակերեսից մինչև միջուկ: Դիֆուզիոն սահմանի յուրաքանչյուր կետում երկաթափոշու մակերեսից  $x$  հեռավորության վրա ածխածնի պինդ լուծույթի կոնցենտրացիան ( $c$ ), կախված ժամանակից ( $\tau$ ) փոխվում է համաձայն ֆիկի II օրենքի

$$\frac{\partial c}{\partial \tau} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} \quad (1)$$

որտեղ  $D$ -ն դիֆուզիայի գործակիցն է:

Ընդունելով, որ  $D$ -ն կախված չէ կոնցենտրացիայից կարելի է լուծել դիֆուզիայի հավասարումը նախօրոք ընտրելով որոշակի սահմանային պայմաններ: Մակերեսից  $x$  հեռավորության վրա գտնվող  $X$ , կետում ածխածնի կոնցենտրացիան կախված է մակերեսի վրա ածխածնի  $c$  կոնցենտրացիայից, դիֆուզիայի գործակիցից և պահանջան տեղադրությունից

$$C(x, \tau) = (C_M - C_0) \operatorname{erf} \frac{x}{2\sqrt{D\tau}} \quad (2)$$

որտեղ  $\operatorname{erf}(z)$ -ը կոչվում է սխալների ֆունկցիա և ընտրվում է տեղեկատուից՝  $z = \frac{x}{2\sqrt{D\tau}}$ :

Պահանջան տեղադրության մեծացումով՝ դիֆուզիոն սահմանը լայնանում է, իսկ դիֆուզիոն լուծույթի պարունակությունը՝ մեծանում է: Եթե որպես դիֆուզիոն լուծույթի թափանցման խորության ցուցանիշ ընտրենք տրված կոնցենտրացիայով մակերեսից մինչև յուրաքանչյուր կետ եղած  $x$  հեռավորությունը, ապա (2)-ից հետևում է, որ  $x/\sqrt{D\tau} = \operatorname{const}$ , որտեղից

$$x = k\sqrt{D\tau} \quad (3), \text{ որտեղ } k \text{ ն հաստատուն է:}$$

Ինչպես երևում է (3) բանաձևից, հաստատուն ջերմաստիճանում դիֆուզիոն շերտի խորությունը փոխվում է պայմանա տեղադրության քառակուսի արմատին ուղիղ համեմատական:

Ածխածնով հարստացված երկաթափոշու մետաղագիտական անսլիզը ցույց է տալիս, որ մակերևութային շերտում 0,3% ածխածնի պարունակության դեպքում ստրուկտուրան բաղկացած է պեռլիտից: Մակերեսից հեռանալու հետ, ածխածնի կոնցենտրացիայի փոքրացմանը զուգընթաց, փոքրանում է պեռլիտի քանակությունը և ստրուկտուրան դառնում է ֆերիտային:

Այսպիսով, ջերմաքիմիական մշակման ժամանակ դիֆուզիոն զոնան միաֆազ է, իսկ սենյակային ջերմաստիճանում փոխակերպման այդպիսինում, այն ածքող կտրվածքով դառնում է երկֆազ (ֆերիտ+ցեմենտիտ):

Ջերմաստիճանի ընտրությունը կատարվել է ելնելով ֆիկի I օրենքից, համաձայն որի դիֆուզիոն նյութի հոսքը (I), այսինքն միավոր ժամանակում մակերեսի միավոր հատույթով անցնող նյութի քանակությունը, համեմատական է  $x$  ուղղությամբ կոնցենտրացիայի գրադիենտին  $\frac{\partial c}{\partial x}$  և ուղղահայաց է այդ հատույթին  $y = -D \frac{\partial c}{\partial x}$ , որտեղ

$D = A^* e^{-\frac{Q}{RT}}$ : Այստեղ  $R$ -ը գազային հաստատունն է,  $T$ -ն ջերմաստիճանը,  $Q$ -ն դիֆուզիայի ակտիվացման էներգիան,  $A^*$ -ն հաստատուն է, որը կախված է ջերմաստիճանից: Զանի որ ջերմաստիճանը աստիճանացույցն է, հետևապես նրա չնչին փոփոխությունը դեպի վեր զգալիորեն արագացնում է դիֆուզիայի գործընթացը: Այդ է պատճառը, որ ածխածնով հարստացնելուց հետո կատարվող հոմոգենացնող օքսիդը ցանկալի է իրականացնել ոչ բարձր ջերմաստիճաններից երկաթափոշու միջուկում ֆերիտային կառուցվածք ապահովելու համար: Մյուս կողմից ջերմաստիճանի բարձրացման ժամանակ տեղի է ունենում երկաթափոշու եռակայուն, որը ցանկալի է:

Ուսումնասիրվել են ածխածնով հարստացված երկաթափոշու ֆիզիկատեխնոլոգիական հատկությունները, այդ թվում ազատ լցման խտությունը, որը հավասար է  $2,0...2,5 \text{ գր/սմ}^3$  և մասնիկալությունը, որոնք համապատասխանում են ստանդարտ կԻ40 մակերիչ երկաթափոշու եռակայուն, որը ցանկալի է:

Ստացված պողպատափոշուց տաք արտադրման եղանակով պատրաստվել են փորձանմուշներ, որոնք ջերմամշակումից հետո (մխում  $820^\circ\text{C}$ , արձակում  $430^\circ\text{C}$ ) օժտված են հետևյալ հատկություններով  $\sigma_T = 950...1000 \text{ ՄՊա}$ ,  $\sigma_c = 1100...1150 \text{ ՄՊա}$ ,  $\delta = 7\%$ ,  $\psi = 30\%$ :

Տեսական և փորձնական համալիր հետազոտությունների հիման վրա մշակվել է երկաթափոշուց, ածխածնով հարստացման միջոցով, պողպատափոշու ստացման տեխնոլոգիա, որը խիստ հեռանկարային է և շահավետ:

## ВОЗДЕЙСТВИЕ СТРУКТУРЫ И СТРУКТУРНЫХ ДЕФЕКТОВ НА ДИФФУЗИЮ

А.Парогян, А.Алаян

Как показали многочисленные исследований все структурные дефекты: вакансии, дислокации, как и границы зерен, субграницы оказывают влияние на диффузионную подвижность атомов. При большой плотности вакансий и дислокаций наблюдается ускорение диффузии. Диффузия вдоль краевых дислокаций обладает более низкой энергией активации вследствие сравнительно большого объема, в котором может перемещаться атом. В таком объеме атом становится как бы "наполовину" внедренным. Влияние дислокаций на диффузию заключается скорее в том, что повышение их плотности или их перемещение обуславливает повышение плотности вакансий. В непосредственной близости от дислокаций возможно непрерывное возникновение вакансий. Это и может приводить к ускорению диффузии. Внутренние напряжения и особенно искажения кристаллической решетки существенно влияют на диффузию. Еще большее влияние на диффузию оказывает деформация. Ускорение диффузии при деформации наблюдается главным образом по плоскостям сдвига и границам зерен, т. е. там где сохраняется энергия остаточных упругих напряжений.

Коэффициент диффузии имеет наибольшее значение для диффузии по поверхности, среднее по границам зерен, и наименьшее по объему зерен. При ХТО реализуется как объемная диффузия (в толщине каждого зерна), так и диффузия по границам зерна. Как уже говорилось выше диффузия вдоль границ зерна происходит с гораздо большей скоростью, чем в объеме зерна. Это объясняется тем, что высокоугловые границы независимо от их физической модели содержат повышенную концентрацию вакансий и нарушений периодичности расположения атомов, что увеличивает вероятность атомных переходов и уменьшает энергию активации диффузии.

Для исследования диффузии по границам зерен чаще пользуются моделью Финшера, позволяющей по значению коэффициента диффузии в объеме определить коэффициент диффузии по границам зерна  $D_{гп}$ :

$$D_{гп} = \frac{0.21 (D_{об} \setminus \tau)^{1/2}}{\lg^2 \alpha}$$

где  $\tau$  - время диффузии,  $\alpha$  - угол наклона прямой, показывающей зависимость  $\lg C$  - концентрации диффундирующего элемента на поверхности, от глубины диффузии. Толщина диффузионного слоя при прочих равных условиях ( $t = \text{const}$ ,  $\tau = \text{const}$ ) тем больше, чем больше концентрация диффундирующего элемента на поверхности металла (рис. 1). Концентрация диффундирующего элемента на поверхности зависит от активности окружающей среды, обеспечивающей приток атомов элемента к поверхности, скорости диффузионных процессов, приводящих к переходу атомов в глубь металла. Однако следует иметь в виду, что решение Финшера является корректным только для сравнительно небольших  $\tau$  или больших отношений  $D_{гп} \setminus D_{об}$ . Изучение пограничной диффузии показало, что величина  $D_{гп} \setminus D_{об}$  в зависимости от температуры лежит в пределах  $10^3 - 10^5$ , а  $Q_{гп} \setminus Q_{об}$  колеблется для различных металлов диффундирующих элементов в пределах 0.55-0.7 для металла растворителя с ОЦК и 0.35-0.55 с ГЦК решеткой. Влияние границ зерен особенно велико при низких температурах диффузии.

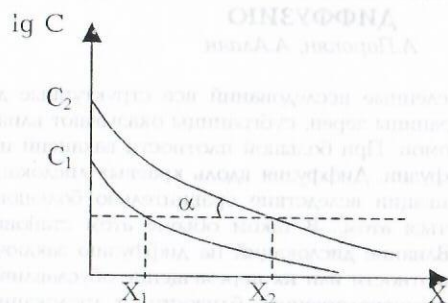


Рис. 1

При высоких температурах ( $0.85 - 0.95 \cdot T_{пл}$ ) роль границ в общем диффузионном потоке сравнительно невелика. На скорость диффузии по границам зерен оказывает значительное влияние взаимная разориентировка зерен и их величина.

Таким образом чем мельче зерно, тем больше протяженность границ, тем быстрее происходит диффузия и при прочих равных условиях толщина диффузионного слоя оказывается больше. При сравнительно высоких температурах, при которых осуществляют поверхностное насыщение стали углеродом и различными металлами, разница в скорости граничной и объемной диффузии обычно не слишком велика.

Более часто граничная диффузия наблюдается при насыщении стали азотом, которая выполняется при сравнительно низких температурах. Таким образом чем ниже температура, тем больше разница между  $D_{гп}$  и  $D_{об}$ .

## ВЛИЯНИЕ ПОРИСТОСТИ НА ДИФФУЗИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПОРОШКОВОМ МАТЕРИАЛЕ

А.Алаян, А.Паронян

Наличие пор в порошковом материале, с одной стороны, ускоряет эффективный диффузионный массоперенос, поскольку активизирует диффузионные процессы в слое толщиной  $\delta$ , окружающем пору, где коэффициент диффузии аномально высок вследствие повышенной плотности дефектов этого слоя и вклада поверхностной диффузии. С другой стороны, оно тормозит его, так как в объеме поры перенос вещества через газовую фазу обычно меньше потока объемной диффузии через тоже сечение. Многочисленными исследованиями было показано, что факт вакансионного пересыщения в ансамбле пор практически не должен изменять эффективный коэффициент диффузии. Между тем в условиях направленного диффузионного потока, поры могут существенно обнаружить себя, влияя не на изменение коэффициента диффузии, а на величину потока. Принципиальная возможность такого эффекта основана на следующем соображении. Факт присутствия изолированной поры радиуса  $R$  имеет два следствия. Во-первых, фронт объемного потока сокращается на величину  $S \approx \pi R^2$ , что означает уменьшение объемного потока на  $j_v = D_v \pi R^2 \nabla C$ , где  $\nabla C$  - градиент концентрации,  $D_v$  - коэффициент объемной диффузии,  $R$  - радиус изолированной поры.

Во-вторых, с порой связана возможность диффузионного транспорта вдоль ее поверхности, который осуществляется в меру коэффициента поверхностной диффузии и изменяет поток на  $j_s = D_s 2\pi R \delta_s \nabla C$ , где  $D_s$  - коэффициент поверхностной диффузии,  $\delta_s$  - толщина приповерхностного слоя, в котором диффузия осуществляется в меру  $D_s$ . Из условия равенства изменений потоков  $j_v = j_s$ , следует оценка граничного размера поры:

$$R' = (2D_s \delta_s) / D_v,$$

при котором пора в диффузионном массопереносе вообще не обнаруживается. При  $R > R'$  диффузионная проницаемость объекта уменьшается, при  $R < R'$ , наоборот увеличивается. Таким образом, поры в зависимости от их размера могут оказывать двойное влияние на результирующий диффузионный поток: не только увеличивать его, что установлено экспериментально, но и уменьшать, чего экспериментально не обнаружено.

### Литература

1. Гегузин Я.Е., Богданов В.В., Парницкая А.Н. Порошковая металлургия.

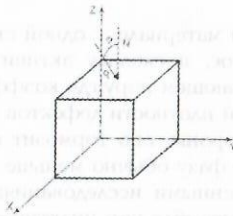
## ՀԱՎԱՇՏՈՒԿԱՆ ՀԱՄԱՉՈՒԼՎԱԾ ԵՆԵՐՈՒՄ ՄԱԿԵՐԵՎՈՒՅՑԱԾ ԹԱՂԱՆԹԻ ԱՉԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՀԱՎԱՇՏՈՒԿԱՆ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՎՐԱ

Ս Աղբալյան, Է Անճալյան, Գ Վասիլյան

Չոր շփման պայմաններում հետերոգեն կառուցվածքով նյութերի աշխատանքը բացատրվում է հետևյալ կերպ: Նյութի գելուսից հետո արտաքին բեռնվածությունը իր վրա է վերցնում առավելագույն միկրոկարծրություն ունեցող ֆազան: Արտաքին բեռնվածության ազդեցության տակ նախ դեֆորմացվում է ավելի ցածր միկրակարծրություն ունեցող մատրիցան: Կոնտակտի մակերևույթների վրա շփման ուժերի ազդեցության տակ պինդ քսուքի ներկայությամբ տեղի է ունենում երկրորդային կառուցվածքների առաջացում, որով ապահովվում է մեխանիկական հատկությունների դրական գրադիենտ: Մաշվածությունը և շփման գործակիցը փոքրացնող բաժանարար փաղանթների առաջացմանը նպաս-

տում է պինդ քսուքի սահքի ցածր լարումը: Սահքը կարող է տեղի ունենալ հետևյալ պայմանի դեպքում.

$$P \cos(90 - \varphi) + F \geq Q_{\text{ս}} \alpha + \tau_{\text{G}} + \tau_{\text{S}}$$



որտեղ  $P=qk$  միավոր մակերեսի վրա բեռնվածությունն է ( $q$ -ն արտաքին բեռնվածությունն է մեկ միավոր կարծր ֆազի վրա,  $k$ -ն կարծր ֆազերի քանակը միավոր մակերեսի վրա),  $F$ -ը՝ շփման ուժը,  $Q_{\text{ս}}$ -ը՝ քսուքային շերտի սահքի դիմադրությունը,  $\alpha$ -ն ընդհանուր մակերեսի բաժնենասը, որտեղ տեղի է ունեցել կամրջակների առաջացում,  $\tau_{\text{G}}$ -ն սահքի ժամանակ նյութի ամրացմամբ պայմանավորված բեռնվածությունը,  $\tau_{\text{S}}$ -ը ջերմաստիճանային լարում:

Շփվող զույգերի դեֆորմացումից խուսափելու համար բեռնավորումը պետք է իրականացվի սռածգական գոտում: Օգտագործելով առաձգականության տեսությունը, որի հիման վրա ուժի և դեֆորմացման միջև գոյություն ունի հետևյալ կապը, կստանանք

$$\varepsilon = 1,231 \sqrt{(q_i/E)^2 \cdot (1/R)}$$

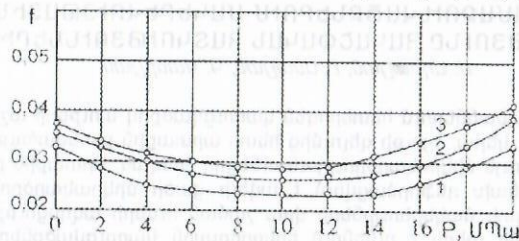
որտեղ  $\varepsilon$ -ը միավոր հատիկի վրա ազդող արտաքին  $q$ -ն ուժի ազդեցության տակ մատրիցայի դեֆորմացումն է,  $E$ -ն մատրիցայի առաձգականության մոդուլը,  $R$ -ը՝ կարծր մասնիկի տրամագիծը:

Շփման հանգույցում ընդհանուր թույլատրելի բեռնվածությունը որոշվում է հետևյալ բանաձևով

$$Q = \frac{18S^2 a^2 \sigma_{\text{հս}}^3}{E^2 \delta \pi^2 (1 + f^2)}$$

որտեղ  $S$ -ը գլանաձև մակերևույթի մակերեսն է,  $a$ -ն միավոր մակերեսին ընկնող կարծր մասնիկների գումարային մակերեսը,  $\sigma_{\text{հս}}$ -ն փաստացի կոնտակտի երկարությունը,  $\sigma_{\text{հս}}$ -ն շփման գոտում տվյալ ջերմաստիճանում նյութի համաչափության սահմանը,  $E$ -ն շփման գոտում տվյալ ջերմաստիճանում մատրիցայի առաձգականության մոդուլը,  $\delta$ -ն լիսեռի և իրանի միջև անվանական բացակի մեծությունը,  $f$ -ը՝ շփման գործակիցը:

Ռեսուլտատները կատարվել են մեր կողմից մշակված պղնձի հիմքով բարձրամուր հակաշփական համաձուլվածքից պատրաստված նմուշներով: Համաձուլվածքի բաղադրությունն է  $\text{Cu}+12\%\text{Ni}+15\%\text{X18H9T}+6\%\text{MoS}_2$ : Փորձի արդյունքները բերված են նկ. 1-ում:



Նկար 1. Շփման գործակից կախվածությունը բեռնվածությունից

5 ՄՊա բեռնվածության տակ 4-5 րոպեի ընթացքում բաղաձրի հաստությունը հասնում է 0,02 մմ: Բեռնվածության և սահքի արագության մեծացումով տեղի է ունենում բաղաձրի քայքայում, որը զուգակցվում է նյութի կատաստրոֆիկ մաշումով: Ինչպես չոր, այնպես էլ սահմանային շփման պայմաններում բաղաձր է առաջանում նաև հակամարմնի վրա: Թաղանթի հաստությունը չի գերազանցում 0,01... 0,02 մմ, ընդ որում բեռնվածության և սահքի արագության մեծացումով դիտվել են նաև քայքայման հետքեր:

Թաղանթի քիմիական և ֆազային բաղադրությունները ուսումնասիրվել են միներալոգիական և ռենտգենյան անալիզներով, ինչպես նաև NU-2 (Carl Zeiss) ունիվերսալ մանրադիտակի և ԺՀԿԾ-2 ռենտգենյան դիֆրակտոմետրի վրա: Միներալոգիական անալիզի ընթացքում հայտնաբերվել են պինդ քսուքի թեփուկներ, որոնք կողմնորոշված են սահքի ուղղությամբ: Պա բացատրվում է նրանով, որ պղնձի սուլֆիդը շերտավոր կառուցվածքով միացություն է և հեշտությամբ ենթարկվում է տեքստուրացման, քանի որ շերտերի միջև կապերի ամրությունը շատ ավելի ցածր է շերտում կառուցվածքային տարրերի կապի ամրությունից:

AMA-10 լազերային միկրոանալիզատորի միջոցով կատարված սպեկտրալ անալիզով որոշվել է մայրակի և մայրակի ու հակամարմնի մակերեսների վրայի թաղանթների քիմիական կազմը: Հանվել են 220-ից մինչև 400 նմ ալիքների երկարությունների միջակայքում սպեկտրներ: Պարզվել է, որ մակերևույթների քիմիական բաղադրությունները նման են միմյանց և պարունակում են պղնձ և նիկել մակրոքանակություններով: Սահմանային շփման ժամանակ հակամարմնի վրա թաղանթի առաջացումը բացատրվում է նյութի միկրոտեղափոխությամբ:

Շփման զույգերի մակերևույթները ուսումնասիրվել են MIM-8 մանրադիտակի միջոցով: Հակամարմնի վրայի թաղանթը աչքի է ընկնում անընդհատությամբ, ուստի և ավելի մեծ երկարակեցությամբ:

## ՄԵՏԱԳԱՓՈՇՈՒ ՄԱՔՐՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԴԻՍԴԵՐՍՈՒԹՅԱՆ ԱՉԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ Կ-60 ՊՈՂՊԱՏԻ ՀՈԳԱԾԱՅԻՆ ԱՍՐՈՒԹՅԱՆ ՎՐԱ

Ս.Սամյան, Ա.Պետրոսյան, Կ.Ստեփանյան, Ա.Անդրիասյան

Վերջին տարիներս մեծ տեղ է հատկացվում փոշեմետալուրգիայի ճանապարհով բարձրամուր կոնստրուկցիոն դետալների ստացման ժամանակակից տեղնուղղիաների մշակմանը: Բազմաթիվ աշխատանքների ուսումնասիրությունը ցույց է տալիս, որ փոշեմետալուրգիայի և ջերմամեխանիկական մշակման (ՋՄՄ) համատեղումը գիտականորեն հիմնավորված ռեժիմներով թույլ է տալիս ստանալ բարձրամուր դետալներ, միաժամանակ ապահովելով մեծ երկարակեցություն, հուսալիություն և փոքր մետաղատարություն: Գործնական տեսանկյունից շատ կարևոր նշանակություն ունի փոշեմետալուրգիայի ճանապարհով կոմպակտ դետալների ստացման տեխնոլոգիաներում ՋՄՄ-ան համատեղման հնարավորությունը առանց լրացուցիչ սարքավորումների պահանջարկի:

Նախկինում կատարած ուսումնասիրությունները ցույց են տվել, որ փոշեմետալուրգիայի ճանապարհով ստացված սովորական ածխածնային պողպատներում ՋՄՄ-ան կիրառմամբ կարելի է ստանալ բարձր կոնստրուկցիոն ամրություն: Այսպես օրինակ՝ բարձր մաքրության A2 և ԼԻՊՈՒԿՄ երկաթի փոշիների հիմքով վրա բՋՄՄ-ան կիրառմամբ ստացված պողպատների համար օպտիմալ ջերմաստիճանային և դեֆորմացիոն ռեժիմների դեպքում ապահովվում են բարձր համալիր մեխանիկական հատկություններ՝  $\sigma_2=1800-2200$  ՄՊա,  $\sigma_3=1600-1900$  ՄՊա,  $\delta=12-4\%$ ,  $\psi=30-10\%$ ,  $KCU=0.5-0.3$  ՄՁ/մ<sup>2</sup>,  $KCT=0.4-0.1$  ՄՁ/մ<sup>2</sup>,  $\sigma_{-1}=700-200$  ՄՊա:

Արդյունաբերության տարբեր բնագավառներում նշված պողպատի ստեխնոլոգիայի արդյունավետ կիրառման համար անկասկած շատ կարևոր է համեմատաբար էժան, միջին մաքրության սկզբնափոշիների օգտագործումը:

Որքան բարձր է պողպատի ամրությունը, այնքան զգալի է սկզբնափոշու դիսպերսության և մաքրության ազդեցությունը կոնստրուկցիոն ամրության վրա:

նստանափրություններ կատարվել են տարբեր ճաքրության և դիսպերսության երկաթափոշիների, որոնց բնութագրերը բերված են աղյուսակ 1 և 2-ում:

Ոչ մետաղական խառնուկները լարման կոնցենտրատորներ են, որոնք նվազեցնում են զիլիկի ամրությունը ինչպես նաև դիմադրողականությունը ճաքի տարածման նկատմամբ (KCT):

Աղյուսակ 1.

Երկաթի փոշիների քիմիական բաղադրությունն ըստ զանգվածի.

Փոշու մակնիշը	Տարրերի պարունակությունը, %						
	Fe	C	Si	Mn	S	P	O
ՍՅԿԻՄ	98.50	0.08	0.2	0.5	0.02	0.02	0.5
Ա2	99.98	1.4*10 <sup>-2</sup>	4*10 <sup>-4</sup>	1*10 <sup>-4</sup>	-	-	-
ԸՄՄՄԿՄ	99.50	0.01	7*10 <sup>-3</sup>	0.01	8*10 <sup>-3</sup>	-	-

Աղյուսակ 2.

Երկաթի փոշիների բնութագրերը.

Երկաթի փոշու մակնիշը	Չափակաչափական կազմ							Յոսունությունը q/l	Լցախտությունը $\gamma$ q/սմ <sup>3</sup>
	-450 +315	-315 +180	-180 +100	-160 +100	-100 +63	-63 +50	-50		
ՍՅԿԻՄ	1.4	1.2	6.60	30.2	42.3	8.6	8.9	4.31	2.66
Ա2	-	-	0.08	10.3	10.7	8.0	71.6	5.61	3.58
ԸՄՄՄԿՄ	-	0.2	6.20	21.3	39.0	14.3	18.9	3.11	2.02

Անկասկած, լարման կոնցենտրատորների բաշխումը խիստ կախված է սկզբնափոշու հատիկայնությունից:

Սետաղափոշու հատիկային կազմը փոփոխելու համար մի դեպքում վերցրել ենք ստանդարտ Ա2 և ՍՅԿԻՄ երկաթի փոշիներ, մյուս դեպքում մանր մետաղափոշի ստանալու համար դրանք անց ենք կացրել 63մկմ տրամագծով անցքեր ունեցող մաղով, որոնցից պատրաստված փոլպատների մակնիշները նշանակվել են համապատասխանաբար K և M տառերով:

### ВЛИЯНИЕ МЯГКОГО ПОДСЛОЯ НА ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ ВЫСОКОПРОЧНЫХ СТАЛЕЙ

С.Мамян, А.Петросян, А.Андреасян, К.Степанян

Прочность материалов была, есть и будет первоочередной задачей металлостроения. В настоящее время разработаны многочисленные технологии термической обработки конструкционных сталей, которые дают возможность получить высокую прочность (порядка 2000-2500 МПа). Однако при этом уровень усталостной прочности сохраняется на прежнем уровне ( $\sigma_{-1}$  порядка 1000-1200 МПа). Это явление связано со слабой сопротивляемостью материалов относительно распространения трещин, особенно в высокопрочном состоянии.

Анализ литературы показывает, что разрушение сталей в высокопрочном состоянии начинается с поверхности, путем зарождения и распространения трещины. В механизме разрушения трещина играет ту же роль, что и дислокация в механизме пластической деформации. Одним словом, разрушение происходит не одновременно по всему сечению, а локально, т.к. в металлах всегда присутствуют концентраторы напряжений микро- или макроскопического характера.

Для реализации прочности высокопрочный материал должен обладать достаточным уровнем пластичности, которая обеспечит перераспределение пиковых напряжений, возникающих под влиянием внешних силовых нагрузок. Для обеспечения высокой конструкционной прочности, кроме временного сопротивления, важ-

ными показателями являются предел усталости ( $\sigma_{-1}$ ), трещиностойкость, которые обеспечивают такие важные характеристики, как долговечность, надежность и живучесть материалов.

Все методы повышения прочности материалов в основном связаны с повышением их сопротивляемости относительно распространения трещин. В связи с этим основными путями получения высокопрочных материалов является применение высокотемпературной термомеханической обработки (ВТМО) и слоистых композиционных материалов.

В данной работе рассмотрена технология получения высокопрочных материалов с совмещенным применением указанных двух методов.

Высокопрочные квазитрехслойные композиты получены путем совмещения прогрессивных технологий порошковой металлургии и ВТМО.

Механические свойства порошковых сталей и трехслойных композитов с мягким подслоем после ВТМО приведены в таб.1

Таб.1

Механические свойства порошковых сталей и композитов после ВТМО.

числитель  $t_{\text{ВТМО}} = 200$  °C знаменатель  $t_{\text{ВТМО}} = 250$  °C

Марка стали или композита	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\delta$ , %	$\psi$ , %	$\sigma_{-1}$ , МПа	KCU, МДж/м <sup>2</sup>	KCT, МДж/м <sup>2</sup>	HRC
П20 (A <sub>2</sub> )	1400	1300	22	60	450	1.2	0.6	40
	1350	1220	26	65	400	1.5	1.0	37
П20(ՍՅԿԻՄ)	1200	1000	8	25	300	0.6	0.3	40
	1150	940	10	30	250	0.8	0.2	36
П40 (A <sub>2</sub> )	1900	1700	5	10	550	0.58	0.38	52
	1830	1650	8	15	700	0.70	0.45	46
П40(ՍՅԿԻՄ)	1700	1420	4	6	400	0.41	0.25	52
	1600	1380	6	12	500	0.51	0.30	48
П60 (A <sub>2</sub> )	2100	2000	4	8	630	0.5	0.35	56
	2150	1950	8	15	750	0.6	0.43	43
П60(ՍՅԿԻՄ)	1600	1500	3	6	400	0.38	0.23	56
	1800	1600	6	10	500	0.43	0.28	54
ПУ8А (A <sub>2</sub> )	1900	1700	2	3	650	0.25	-	61
	2100	1900	5	10	670	0.30	0.1	56
ПУ8А(ՍՅԿԻՄ)	1400	1300	2	-	380	0.05	-	61
	1650	1450	5	6	460	0.08	-	56
П20 + квазицементированный слой	1400	1300	22	60	750	0.60	0.50	61
	1350	1650	26	65	720	0.65	0.55	56
П20 + обезуглерожженный слой	2100	1900	5	9	550	1.05	0.80	-
	2150	1950	12	12	450	1.25	0.90	-
ПУ8А - 20-80	-	-	-	-	1000	1.1	0.6	61
	-	-	-	-	1050	1.2	0.7	56
ПУ8А - 20-60	-	-	-	-	1140	1.3	0.7	61
	-	-	-	-	1150	1.4	0.8	56
ПУ8А - 20-40	-	-	-	-	760	1.45	0.90	61
	-	-	-	-	800	1.65	1.25	56

Анализ приведенных данных показывает, что при правильном выборе параметров макрокомпозиции и режимов ТМО наличие мягкого подслоя дает возможность резко повысить  $\sigma_{-1}$ , КСУ, КСТ, характеризующие конструкционную прочность стали.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОКОВОК И ШТАМПОВОК ИЗ ВЫСОКОПРОЧНЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Ю. Авилян, А.Кожьян

Действующие технологии предусматривают изготовление поковок и штампов свободной ковкой и горячей штамповкой из следующих термически упрочняемых сплавов- Д1, Д20, В93, В95, и др. Поковки каждого сплава разделяют на группы по массе, к каждой группе поковок предъявляют особые требования по механическим свойствам.

Поковки и штамповки из алюминиевых деформируемых сплавов изготавливают из двух видов заготовок- литого круглого слитка и промежуточной прессованной заготовки преимущественно круглого сечения. Так как поковки и штамповки изготавливают путем горячей деформации в готовых поковках и особенно в штамповках имеет место наследственное сохранение структуры исходного слитка. Так, в штамповках, изготовленных из слитка с крупнокристаллическим зерном сохраняется более крупнозернистая структура по сравнению с макроструктурой штамповок, изготовленных из слитка с мелким зерном. У штамповок с мелкозернистой структурой значение предела прочности и предела текучести выше, чем у штамповок с крупнозернистой структурой. Исследования полуфабрикатов из сплава В93 показали, что с увеличением диаметра исходного слитка снижается уровень значений предела прочности и предела текучести. Существенное значение в обеспечении требуемых свойств сплава имеет чистота металла и газонасыщенность. Если поковки изготовлены из сплава с повышенной газонасыщенностью, то предел текучести понижается.

При изготовлении поковок и штамповок слитки применяют в гомогенизированном состоянии. Гомогенизация слитков перед их деформацией облегчает течение процессов рекристаллизации и перехода составляющих в твердый раствор при последующих нагревах. Для получения поковок и штамповок применяют гидравлические прессы и молота. Горячекованные и горячештампованные детали об-

ладают однородной структурой и высокими механическими свойствами. При горячей деформации зерна изменяют форму, не дробясь, они только вытягиваются в направлении течения и приобретают вид волокон - это является причиной повышения механических свойств.

Последней операцией является термическая обработка. Для сплавов, упрочняемых термообработкой, применяют закалку и старение (искусственное или естественное). Температура закалки в достаточно широких интервалах 450-500°C. При закалке штамповок из сплава В93 в горячую воду



Рис. 1. Влияние естественного старения на механические свойства сплава В95

уменьшение прочности по сравнению с закалкой в холодную воду практически не изменяется. Наиболее оптимальная температура воды- 75-85°C.

У сплава В95 в течение первых двух часов после закалки упрочнение не наблюдается. В дальнейшем происходит быстрое повышение прочностных свойств (рис. 1).

При искусственном старении при температуре 125°C прирост прочности достигает в течение 12-24 ч.  $\sigma_b=52$ даН/мм<sup>2</sup>. При температуре 140°C предел прочности достигает за 8-16 ч.  $\sigma_b=50$ даН/мм<sup>2</sup>. При температуре 160°C- за 3-4 ч. предел прочности равен 50даН/мм<sup>2</sup>. Дальнейшее увеличение времени при температуре 160°C приводит к снижению прочности. Таким образом старение можно проводить и при более низких температурах (рис. 2.)

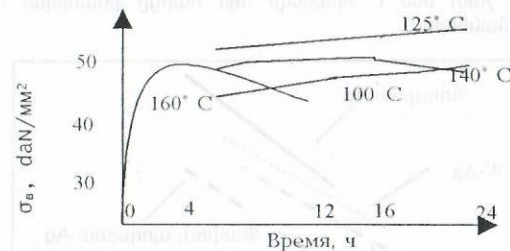
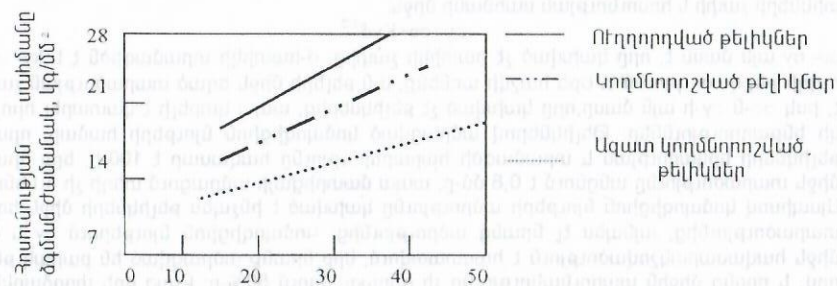


Рис. 2. Влияние температуры и времени старения на механические свойства сплава В95.

## ԱՄՐԱՆԱՅԻՆ ԹԵԼԵՐԻ ԱՄՐՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԾԱՎԱԼԱՅԻՆ ՊԱՐՈՒՆԱԿՈՒԹՅԱՆ ՄԻՋՆ ԿԱՆՎԱԾՈՒԹՅՈՒՆԸ

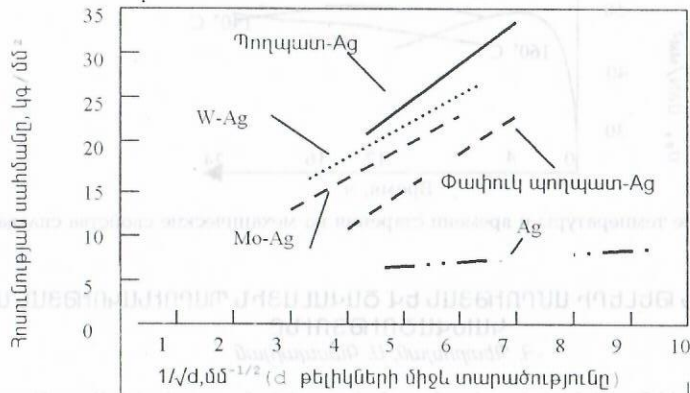
.Ֆ. Պետրոսյան, Ա. Գասպարյան

Կարճ թելիկներով մատրիցայի ամրացման աստիճանը որոշվում է մի քանի պարամետրերով: Դա առաջին հերթին թելիկների երկարությունն է, նրանց հաստությունը, ինչպես նաև այս մեծությունների հարաբերությունները: Կոմպոզիցիոն նյութին առավելագույն ամրություն տալու համար, անհրաժեշտ է, որպեսզի թելիկների երկարությունը մոտ 100 անգամ մեծ լինի նրանց տրամագծից: Օրինակ արծաթի ամրության, որը ամրացված է անկանոն դասավորված պողպատյա թելիկներով, կախվածությունը թելիկների ծավալային պարունակությունից բերված է գծ. 1-ում:



Գծ. 1. Արծաթի հիմքով 0,075 մմ տրամագծով, պողպատյա թելիկներով ամրացված կոմպոզիցիոն նյութի ձգման ժամանակ ամրության կախվածությունը թելիկների ծավալային պարունակությունից և ուղղությունից

Անկանոն դասավորված անրանային թելիկներով ամրացված կոմպոզիցիոն նյութի ամրության առավելագույն արժեքը տարբերվում է իրար զուգահեռ թելիկներով ամրացված կոմպոզիցիոն նյութի ամրությունից: Այս 1-ից երևում է, որ այսպիսի կոմպոզիցիոն նյութերի ամրությունը կախված է անրանային թելիկների կողմնորոշվածության աստիճանից: Այս տվյալների միկրոսկոպիկ անալիզը թույլ է տալիս անել հետաքրքիր հետազոտություններ: Ինչպես գիտենք կոմպոզիցիոն նյութերի ամրությունը որոշվում է ոչ միայն մատրիցայում թելիկների ընդհանուր պարունակությունից, այլ նաև նրանց միկրոսկոպիկ բախշվածությունից: Այս կապակցությամբ անկանոն դասավորված թելիկներով որոշ կոմպոզիցիոն նյութերում չափվել է թելիկների միջև եղած հեռավորությունը: Այնուհետև կոմպոզիցիոն նյութի ամրությունը կապել են այդ տարածությունների հետ: Այդ փորձի արդյունքները բերված են նկ. 2-ում: Այստեղից կարելի է ենթադրել, որ թելիկների միջև եղած հեռավորությունը շատ մեծ է, որպեսզի այս հարցը քննարկեն դիսպերսային ֆազերի տեսության սահմաններում:



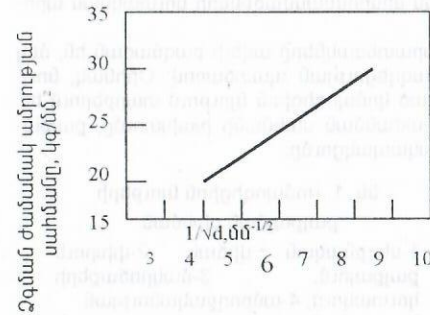
ՊՈ 2 Տարբեր անրանային թելիկներով ամրացված արժաթե հիմքով կոմպոզիցիոն նյութերի հոսունության սահմանի կախվածությունը միջթելիկային հեռավորությունից

Չնայած այս կոմպոզիցիոն նյութերը որոշ չափով մոտ են երկաթ-ածխածնային համաձուլվածքներին, որտեղ ցեմենտիտի և ֆերիտի մասնիկների միջև հեռավորություններով որոշում են այդպիսի երկֆազային համակարգի ամրությունը: Յետևյալ բանաձևը կապ է հաստատում ծավալակեստրոն խորանարդային ցանց ունեցող մետաղների հատիկների չափի և հոսունության սահմանի միջև

$$\sigma_y = \sigma_0 + Kyd^{-1/2}$$

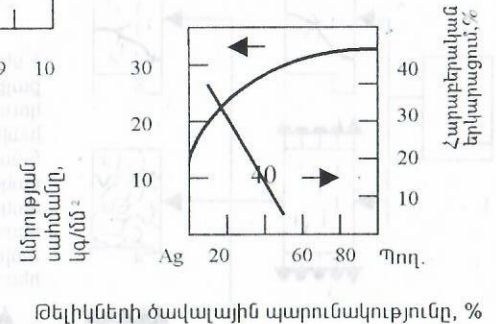
$\sigma_0$  -  $\sigma_y$  այն մասն է, որը կախված չէ հատիկի չափից,  $d$  - հատիկի տրամագիծն է և  $Ky$  -  $\sigma$  -  $d$  ուղղի թեքվածությունն է: Եթե հաշվի առնենք,  $d$ -ն թելերի միջև եղած տարածության չափն է, իսկ  $\sigma_0$ -ն  $\sigma_y$ -ի այն մասը, որը կախված չէ թելիկներից, ապա կարելի է կատարել որոշակի ենթադրություններ: Թելիկներով ամրացված կոմպոզիցիոն նյութերի համար, որտեղ թելիկների երկարության և տրամագծի հարաբերությունը հավասար է 100-ի, երբ նրանց միջև տարածությունը անցնում է 0,8 մմ-ը, ապա մատրիցայի ամրացում տեղի չի ունենում: Այսպիսով կոմպոզիցիոն նյութերի ամրությունը կախված է ինչպես թելիկների միջև եղած տարածությունից, այնպես էլ նրանց ամրությունից: Կոմպոզիցիոն նյութերում  $\sigma_y$  և  $d^{-1/2}$  միջև հավասարակշռվածություն է հաստատվում, երբ նրանց ամրացված են բարակ թելերով, և որոնց միջին պարունակությունը չի գերազանցում 50%-ը: Բայց եթե փորձարկենք թելիկների մեծ պարունակությամբ կոմպոզիցիոն նյութեր, ապա ինչպես ցույց է տրված գծ. 3-ում, այս կախվածությունները փոփոխվում են: Այս սխեմայում բերված են 80% ծավալային պարունակությամբ պողպատյա թելիկներով ամրացված կոմպոզիցիոն

նյութերի մասին տվյալներ, որտեղ թելիկների տրամագիծը 0,075 մմ է, երկարությունը 6 մմ և որոնք դասավորված են գործադրվող լարման ուղղությամբ: Այս կոմպոզիցիոն նյութերում չափված թելիկների միջև տարածությունը համապատասխանում է երկու տարբեր թելիկների ծայրերի միջև եղած հեռավորությանը, ինչպես պատկերված է գծ. 3-ում: Այդ տվյալները ավելի լավ ձևով բերված են գծ. 4-ում պլաստիկության տվյալների հետ մեկտեղ: Այն փաստը, որ կոմպոզիցիոն նյութերում որոշակի թելիկների պարունակության դեպքում ձեռք են բերում ամրացում, իսկ այնուհետև այդ ուղղությամբ ամրային էֆեկտ չի նկատվում, վկայում է այն մասին, որ տեղի են ունենում մեծ փոփոխություններ ամրացման, դեֆորմացման և քայքայման մեխանիզմներում:



ՊՈ 4 Ag կոմպոզիցիոն նյութի ամրությունը և պլաստիկությունը

ՊՈ 3 Պողպատյա թելիկներով ամրացված Ag կոմպոզիցիոն նյութի ձգման դեպքում ամրության սահմանի կախվածությունը թելիկների միջև եղած հեռավորությունից

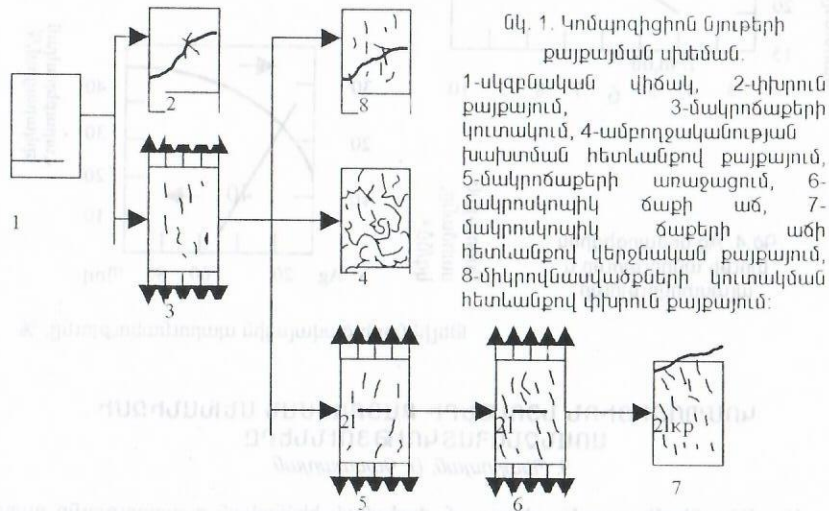


**ԿՈՍՊՈԶԻՑԻՈՆ ՆՅՈՒԹԵՐԻ ՔԱՅՔԱՅՄԱՆ ՄԵԽԱՆԻԶՄԻ ԱՈՒՆՉԱՂԱՅԱԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ**  
 Դ. Պետրոսյան, Ա. Գասպարյան

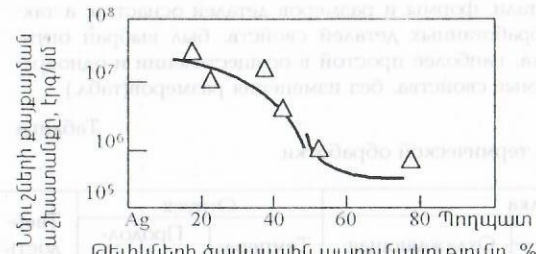
Այս մեխանիզմի ուսումնասիրության ժամանակ հիմնական ուշադրությունը դարձվում է մարմիններում ճաքերի կայունության հաստատմանը, ինչպես նաև ճաքի շուրջը լարման և դեֆորմացման բախշման խնդրի լուծմանը: Կոմպոզիցիոն նյութերի մեծամասնությունը բաղկացած է բարձրամուր ամրանային տարրերից և մատրիցայից, որն օժտված է բավականին մեծ աստիճանով դեֆորմացվելու կարողությամբ: Ամրանային տարրի քայքայման կամ բաժանման սահմանի վնասման դեպքում տեղի է ունենում լարման այնպիսի բախշվածություն, որ դրանք կուտակվում են համեմատաբար փոքր ծավալներում: Դրա շնորհիվ կոմպոզիցիոն նյութի էֆեկտիվ ամրությունը ընդհանուր առմամբ չի նվազում, որը կոմպոզիցիոն նյութերի առավելություններից մեկն է: Իսկ այն կոմպոզիցիոն նյութերում, որտեղ ամրանային տարրերը օժտված են բարձր պլաստիկությամբ, իսկ մատրիցան փխրուն է, լարումների կուտակումը տեղի է ունենում շնորհիվ ամրանային տարրերի: Կոմպոզիցիոն նյութերի քայքայման մեխանիզմը, որը հաշվի է առնում միկրովնասվածքների կուտակման պրոցեսի և վերջնական քայքայման միջև փոխկապակցությունը բերված է նկ. 1-ում: Այս սխեմայում սկզբնական վիճակում (1) նմուշում գոյություն ունե-

ցող արատները ունեն նույն բնույթը, ինչ որ միկրովնասավածքները: Իսկ լարման գործադրման դեպքում տեղի է ունենում կամ մնուչի փխրուն քայքայում (2), կամ միկրովնասավածքների կուտակման պրոցեսը (3): Վերջին դեպքում հնարավոր է երեք տարբերակ: Առաջին հերթին կուտակման պրոցեսը կարող է ավարտվել այն դեպքում, երբ միկրովնասավածքների խտությունը կհասնի որոշակի կրիտիկական արժեքի, որի դեպքում տեղի է ունենում մնուչի քայքայում՝ ամբողջականության խախտման ճանապարհով (4): Երկրորդ հերթին մեկ կամ մի քանի վնասված կառուցվածքային տարրերի շուրջը կարող է առաջանալ արատների համակցություն, որոնք հետագայում դառնում են միկրոճաքերի սաղմեր (5), որտեղ միկրոճաքի սաղմի չափը նշանակված է (1): Այնուհետև տեղի է ունենում աստիճանաբար ճաքի աճ (6), մինչև նրա չափը հասնում է կրիտիկականին՝ IIP: Երրորդ դեպքում հնարավոր է փխրուն քայքայում (8), որպես միկրովնասավածքների կուտակման պրոցեսի վերջ:

Կոմպոզիցիոն նյութերում քայքայման տարատեսակները ավելի բազմազան են, մեկ կամ մի քանի վնասման մեխանիզմների փոխազդեցության պատճառով: Օրինակ, նույնիսկ հասարակ անընդհատ թելերով միատուղված կոմպոզիցիոն նյութում տարբերում են առանձին թելերի քայքայումը, մատրիցա-թել բաժանման սահմանի խախտումը, քայքայում մատրիցայում, ինչպես նաև այս բոլորի փոխկապակցումը:



Թելերով ամրացված կոմպոզիցիոն նյութերի քայքայման վրա ծախված մեծ աշխատանքը կարող է պայմանավորված լինել միայն ճաքի տարածման ճանապարհին բաժանման մակերևույթի փոքր անրությանը կամ փոխանցման մեծ երկարությամբ: Օրինակ Նկ. 2-ում բերված են պողպատյա թելիկներով և արծաթե մատրիցայով կոմպոզիցիոն նյութի քայքայման վրա ծախսված աշխատանքի չափման արդյունքները: Այս տվյալները վկայում են, որ պլաստիկ կոմպոզիցիոն նյութերը կոմպոզիցիոն տեսակետից, ունեն սահմանային քայքայման աշխատանք: Համեմատաբար ամուր կոմպոզիցիոն նյութերի քայքայման աշխատանքը մեկ-երկու կարգ փոքր է սահմանային չափից: Այստեղից հետևում է, որ թելերի մեծ պարունակությամբ կոմպոզիցիոն նյութերի քայքայման համար պահանջվում է համեմատաբար ավելի փոքր պլաստիկ աշխատանք, քան թելերի փոքր պարունակությամբ նյութերի համար: Կարճ թելիկներով ամրացված կոմպոզիցիոն նյութերի քայքայումը ունի բազմակողմանի բնույթ: Այստեղ ամենակարևորն այն է, որ եթե դե-



Նկ. 2 Կարճ, 0,05մմ հաստությամբ պողպատյա թելիկներով ամրացված արծաթե կոմպոզիցիոն նյութի քայքայման աշխատանքը

ֆորմացիան ամբողջովին ընկած է մատրիցայի վրա, ապա քայքայումը տեղի է ունենում մատրիցայից թելերի պոկման ճանապարհով: Թելիկները քայքայվում են մատրիցայի պլաստիկ դեֆորմացման հետևանքով, եթե այնտեղ լարումները առաջացնում են թելիկների քայքայման դեֆորմացիա:

### ПОЛИМЕРНАЯ ЗАКАЛОЧНАЯ СРЕДА НА ОСНОВЕ НАИРИТОВОГО ЛАТЕКСА ДЛЯ БЕЗДЕФОРМАЦИОННОЙ ЗАКАЛКИ

А. Паронян, Г. Василян

В технологическом цикле производства деталей машин и других изделий особое внимание уделяется правильному выбору вида и режима упрочняющей термической обработки, в частности, выбору и использованию закалочной среды, обеспечивающей бездеформационную закалку получением минимальных изменений объема.

Применяемые в мировой практике традиционные закалочные среды - вода и масло - во многих случаях не обеспечивают оптимальные скорости охлаждения для получения необходимых свойств сталей.

При закалке в воде достигаемая высокая твердость сопровождается короблением и трещинообразованием.

Закалка в масле более «мягкая», однако пожароопасность процесса, тяжелые санитарно-гигиенические условия труда, дефицитность и дороговизна закалочных масел требует замены их другими средами, обеспечивающими требуемые закалочные свойства с одновременным улучшением санитарно-гигиенических условий труда.

Существующий разрыв между высокой охлаждающей способностью воды и весьма умеренной охлаждающей способностью масел заполняется применением водных растворов полимеров. Изменением концентрации растворов достигается возможность регулирования скорости охлаждения.

Разработанная закалочная среда на основе наиритового латекса А-ММА-М [1,2] прошла экспериментальные и производственные испытания, успешно внедрена на ряде заводов для закалки деталей станков, приборов, технологической оснастки изготовленных из сталей 20Х, 18ХГТ, 12ХН3А, 40Х, 50ХФА, 65Г, ШХ15, У8, ХВГ, 9ХС, Х12М, Х12Ф1 и др.

Известно [3], что штамповые стали высокой прокаливаемости (хромистые стали с 12% хрома - Х12, Х12М, Х12Ф, Х12Ф1) требуют проведения режима термической обработки, так называемой тепловой доводки, для обеспечения минимальных объемных изменений.

Целью настоящих исследований является установление возможности применения закалочной среды на основе латекса А-ММА-М<sub>1</sub> для закалки деталей технологической оснастки, обеспечивающей минимальные деформации.

В зависимости от состава стали, формы и размеров деталей оснастки, а также требуемых от термически обработанных деталей свойств, был выбран оптимальный режим закалки и отпуска, наиболее простой в осуществлении и одновременно обеспечивающий необходимые свойства, без изменения размеров (табл.)

Режимы термической обработки

Марка стали	Закалка		Охлаждающая среда	Отпуск		Твердость HRC
	Температура, °C			Температура, °C	Продолжительность, ч	
	Подогрев	Окончательный нагрев				
X12	800	1040	Водный раствор наиритового латекса А-ММА-М	400	1,5-2	52-55
X12M	800	1075		400	1,5-2	53-55
X12Ф1	800	1075		400	1,5-2	53-55

В результате проведенных экспериментов и производственных испытаний предложен технологический режим термической обработки матриц и других деталей оснастки применением закалочной среды на основе наиритового латекса обеспечивающий сохранение исходных размеров.

Применением данной технологии термической обработки отпадает необходимость процесса термической доводки-многократных отпусков и измерений после каждого отпуска с целью доведения размеров до требуемых по техническим условиям.

Литература

1. А. с 1211308 СССР.МКИ С 21Д 1/60. Закалочная среда.
2. Паронян А.С., Аракелян Н.А., Шушанян Ш.С., Геворкян А.В. Закалочная среда на основе наиритового латекса А-ММА-М.// МинТОМ. 1989. №6.С. 13-15.
3. Блантер М.Е. Металловедение и термическая обработка. Машгиз. 1963.416с.

**ԿԱՐՔՈՆԻՏՐԻՔԵ ՄԱՇԱԿԱՅՈՒՆ ՇԵՐՏԻ ԶԵՎԱՎՈՐՄԱՆ ՎՐԱ ԱԶՈՂ ԳՈՐԾՈՆՆԵՐԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ**

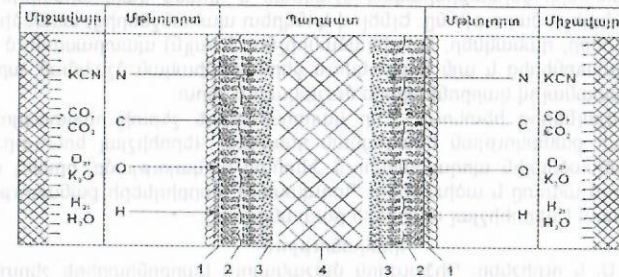
Գ. Յուլսեփյան, Գ. Ամբարյան, Կ. Եղիազարյան, Գ. Կարապետյան

Աշխատանքի արտադրողականության բարձրացման և տնտեսական շահավետության ապահովման համար հաճախ անհրաժեշտություն է զգացվում բարձրացնել արքավորումներում աշխատող արագամաշ մեքենամասերի և գործիքների մաշակայունությունը և երկարակեցությունը: Պողպատե մեքենամասերի և արագահատ գործիքապողպատների որակական հատկանիշների բարձրացման արդյունավետ ուղիներից մեկը ջերմաքիմիական մշակումն է կարբոնիտրիդե մաշակայուն շերտի ստացմամբ:

Մետաղաբանական ուսումնասիրությունները ապացույց են այն բանի, որ ջերմաքիմիական մշակման եղանակով պողպատների և համաձուլվածքների միկրոկառուցվածքները և ֆիզիկամեխանիկական հատկությունները կարելի է զգալի փոփոխել: Պողպատի մակերևույթում ազոտի և ածխածնի դիֆուզիայի հետևանքով առաջանում է կառուցվածքային գոյացում, որն իր որակական հատկանիշներով տարբերվում է մետաղի միջուկային մասից և հանգեցնում պողպատի մակերևութային շերտում հատկությունների արձատական փոփոխության:

Փորձնական հետազոտությունների արդյունքների հիման վրա բացահայտված է, որ մետաղների և համաձուլվածքների ջերմաքիմիական մշակման ընթացքում որոշակի ջեր-

մաստիճաններում և առանձին տարրերի առկայության պայմաններում պողպատի մակերևույթում առաջանում է դիֆուզիոն շերտ օժտված ֆիզիկամեխանիկական լավագույն հատկություններով: Երկաթաքիմիայի, կարբոնատի և փայտածխի խառնուրդի պինդ միջավայրում ջերմաքիմիական մշակման ժամանակ գոյացող դիֆուզիոն մաշակայուն շերտի ձևավորման սխեման ցույց է տրված նկ. 1-ում: Ինչպես երևում է նկ. 1-ից, երկաթաքիմիայի, կարբոնատի և փայտածխի խառնուրդի պինդ միջավայրում պողպատների ջերմաքիմիական մշակման ընթացքում արտաքին մակերևութների վրա գոյանում է մակերևութային կարբոնիտրիդե շերտ, որը ոչ ամուր ձևով է անրացած լինում պողպատին (նկ. 1.1.) և ջերմաքիմիական մշակումից հետո այն առանց դժվարության մաքրվում և դուրս է գալիս: Զաջորդը (նկ. 1.2) դիֆուզիոն մաշակայուն կարբոնիտրիդե շերտն է, որն իր կարծրությամբ գերազանցում է պողպատի միջուկային մասին:



Նկ. 1 Երկաթաքիմիայի, կարբոնատի և փայտածխի խառնուրդի պինդ միջավայրում ջերմաքիմիական մշակման ժամանակ ստացվող դիֆուզիոն մաշակայուն շերտի ձևավորման սխեմա: 1. պողպատի արտաքին մակերևութի վրա գոյացող ոչ ամուր շերտ; 2. դիֆուզիոն մաշակայուն կարբոնիտրիդե շերտ [Fe<sub>3</sub>(N,C)]; 3. դիֆուզիոն հետերոգեն ֆազ [Fe<sub>4</sub>(N)]; 4. պողպատի միջուկային մաս, չենթարկված ջերմաքիմիական մշակման

Կարբոնիտրիդե շերտի խորությունը կախված է հաստատուն ջերմաստիճանում (T=540-560°C) պահման տևողությունից: Ժամանակի ավելացմանը զուգընթաց շերտի խորությունը ավելանում է: Կարբոնիտրիդե շերտի գոյացման և դեպի միջուկային մասը բափանցման վրա էական ազդեցություն ունի պողպատի մակնիշը: Այս տեսակետից թափանցելիությունը մեծ է ցածր ածխածնային կոնստրուկցիոն պողպատների մոտ: Մաշակայուն կարբոնիտրիդե շերտին հաջորդում է դիֆուզիոն հետերոգեն ֆազը (նկ. 1.3), որը համեմատական կերպով ավելի խորն է թափանցում, իսկ շերտի կարծրությունը նվազում է հավասարվելով պողպատի միջուկային մասի կարծրությանը: Միջուկային մասը (նկ. 1.4) ջերմաքիմիական մշակման չի ենթարկվում, անփոփոխ է մնում ինչպես միկրոկառուցվածքային տեսակետից, այնպես էլ կարծրության չափանիշներով:

Ջերմաքիմիական մշակումը իրականացվում է երկաթաքիմիայի, կարբոնատի և փայտածխի խառնուրդի պինդ միջավայրում, որտեղ տաքացնելու մինչև 540-560°C, տեղի են ունենում քիմիական ռեակցիաներ [1,2], առաջանում են KCN, CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O միացությունները և գազային մթնոլորտում գոյացող N<sub>2</sub>,O<sub>2</sub>,H<sub>2</sub> ֆազերը թափանցում են պողպատի մակերևութային շերտերը:

Լավագույն արդյունքներ են ստացվել արագահատ պողպատների վերոհիշյալ սխեմայով ջերմաքիմիական մշակման գործընթացներում: Նախքան ջերմաքիմիական մշակումը կատարվել է արագահատ պողպատների մխում և արձակում, նոր միայն իրականացվել է ջերմաքիմիական մշակումը, որտեղ արագահատ մխված պողպատի մակերևութի վրա 550-560 °C ջերմաստիճանում նստեցվել է կարբոնիտրիդե շերտ, դրանով իսկ ավելացնելով միկրոկարծրությունը 25-60%-ով կախված պահման ժամանակից: Այդ 1-ում բերված են կալիումի երկաթաքիմիայի, կարբոնատի և փայտածխի պինդ միջավայրում արագահատ պողպատի ջերմաքիմիական մշակման տվյալները:

Լյուրը	Միկրոկարծրությունը նախկան ջերմաքիմիական մշակումը, HV	Միջինը, HV	Միկրոկարծրությունը ջերմաքիմիական մշակումից հետո, HV	Միջինը HV
Պողպատ P6M5	840	836	1051	1050
	854		1105	
	830		1023	
	820		1017	

Փորձնական մի շարք հետազոտությունների հիման վրա ապացուցվել է ցածր ածխածնային պողպատների ջերմաքիմիական մշակման և դրանց կարբոնիտրիդե շերտի ստացման նպատակահարմարությունը: Ելնելով կոնկրետ պահանջներից, առանձին մեքենանասեր (սեգմենտներ, դանակներ, հատիկամանրիչներ և այլն) պատրաստվում է ցածր ածխածնային պողպատներից և այն ենթարկվում ջերմաքիմիական մշակման արտաքին մակերևույթի վրա ստանալով կարբոնիտրիդե մաշակայուն շերտ:

Ստացված տվյալներից հետևում է, որ կարբոնիտրիդե շերտի հաստությունը մեծանում է ածխածնի քանակության նվազեցման դեպքում: Վերոհիշյալ երևույթը բացատրվում է ցածր ածխածնային պողպատներում ֆերիտի առկայությամբ, որտեղ առավել հեշտ են բաժանվում ազոտը և ածխածինը: Պողպատում կարբիդների քանակության մեծացումը խոչընդոտում է վերոհիշյալ տարրերի թափանցմանը:

Գրականություն

1. Հովսեփյան Գ. Ս. և ուրիշներ: Պիֆուգիոն մաշակայուն կարբոնիտրիդե շերտի ստացումը ջերմաքիմիական մշակմամբ: ՀՀԳԱԱ, Հայաստանի քիմիական գիտությունը 21-րդ դարի շեմին, 18-20.05.2000.
2. Химия ферроцианидов. Танапаев И.В., Сейфер Г.Б., Харитонов Ю.Я. и др. М., Наука, 1971. 320с.

**ԳՈՐԾԻՔԱՅԻՆ ՏՆՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆՈՒՄ ՄԵՏԱՂԱՅԱՏ ԳՈՐԾԻՔՆԵՐԻ ՉՈՂՄԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՅԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՎ ԿԱՏԱՐԵԼԱԳՈՐԾՈՒՄԸ**

Գ. Հովսեփյան, Յ. Ամրարյան, Կ. Եղիազարյան

Մեքենաշինական ձեռնարկությունների և գյուղատնտեսական տեխնիկայի արտադրամասերի ու նորոգման արհեստանոցների զարգացումը կապված է նաև գործիքային տնտեսության կատարելագործման հետ: Սարքավորումների նորացման, մեքենայացման և ավտոմատացման կարևորագույն գործընթացներում, ինչպես նաև մշակման ռեժիմների լավացման, արագությունների մեծացման և դրա հետ կապված արտադրողականության ավելացման համար անհրաժեշտ է զարգացնել գործիքային տնտեսությունը, ստեղծել նոր որակական հատկանիշներով օժտված մետաղահատ գործիքներ, որոնք մրցունակ լինեն և բավարարեն առաջադրվող ժամանակակից տեխնիկական պահանջներին:

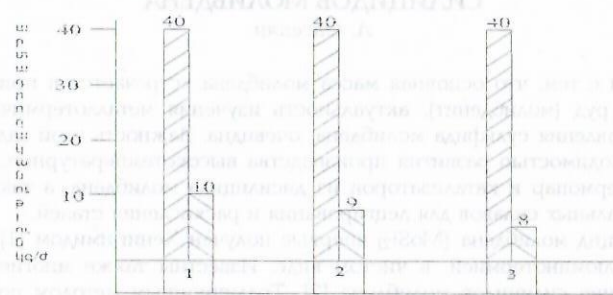
Այս առումով հետաքրքրություն է ներկայացնում տեխնիկական նոր եղանակներով մշակմամբ մետաղակերամիկական կարծր համաձուլվածքներից պատրաստված գործիքների մաշակայունության բարձրացումը: Այս գործիքանյութերի արտադրության ծավալներում մեծ չափերի են հասնում զոդման եղանակով պատրաստվող գործիքները, որոնք կազմում են ընդհանուր պատրաստվող մետաղահատ գործիքների 60-ից 70%-ը:

Արտադրության մեջ ընդունված է մետաղակերամիկական կարծր համաձուլվածքների գոդումը գործիքների իրանային մասերին կատարվել և կատարվում է բարձր հաճախակալության հոսանքի գեներատորների օգնությամբ: Հաշվի առնելով, որ տնտեսության մեջ մետաղակերամիկական կարծր համաձուլվածքներից պատրաստված գործիքների նշանակությունը չափազանց մեծ է, խնդիր է դրված բարձրացնել զանգվածային կիրա-

ռություն գտած զոդման եղանակով ստացվող գործիքների մաշակայունությունը, երկարակեցությունը, ամրությունը:

Հիմք ընդունելով, որ ներկա շուկայական հարաբերություններին համաշունչ Հայաստանի Հանրապետության արդյունաբերության և գյուղատնտեսության զարգացումը սերտ կապված է գործիքային տնտեսության զարգացման, կատարելագործման, առաջավոր նոր եղանակներով և բոլորովին նոր տեխնոլոգիաներով գործիքների ստացման վետ, կատարված տեսական և փորձնական ծավալուն հետազոտություններից պարզվել է, որ ավանդական և պրակտիկ կիրառություն գտած մետաղակերամիկական գործընթացը ԲՀԳ-ով զեռծ չէ մի շարք էական թերություններից, որոնցից են զոդման կարում «օղային պարկեր»-ի առկայությունը և անորակությունը, քիթեղիկների արագ տաքացման և սառեցման ժամանակ ներքին լարումների և ձևախախտումների աճը, միկրո- և մակրոճաքերի առաջացումը քիթեղիկներում և շահագործման ընթացքում նրանց քայքայումը, զոդման ջերմաստիճանի կարգավորման դժվարությունները, զոդման ընթացքում գործիքի քիթեղիկի ամբողջ ծավալով ջերմաստիճանի անհավասարաչափ բաշխումը և վերջապես տեխնոլոգիական գործընթացի մեքենայացման և ավտոմատացման դժվարությունների հետ կապված լինելը:

Կատարված բազմաբնույթ փորձերի հիման վրա մետաղակերամիկական կարծր համաձուլվածք քիթեղիկների գոդումը մետաղահատ գործիքների իրանային մասերին կատարել հատուկ պաշտպանիչ գազային միջավայր ունեցող հարահոսային վառարաններում: Առաջարկվող տեխնոլոգիական նոր գործընթացը հնարավորություն է տալիս խուսափել վերոհիշյալ թերություններից, նոր տեխնոլոգիայի շնորհիվ ստացվում են բարձրորակ զոդակարեր, քիթեղիկների տաքացման և սառեցման կարգավորվող ռեժիմները հնարավորություն են տալիս նվազեցնել ներքին լարումները [1] վառարանում գազային միջավայրի առկայությունը բացառում է ֆյուսի անհրաժեշտությունը: Առաջարկվող տեխնոլոգիական գործընթացի արտադրողականությունը ԲՀԳ-ի նկատմամբ անհամեմատ բարձր է: ԲՀԳ-ի դեպքում այն կազմում է 8-ից 10 կգ/ժամ, իսկ վառարանում 40 կգ/ժամ (նկ.1): Չոդման տեխնոլոգիական գործընթացը հարահոսային վառարաններում հնարավոր է լիովին մեքենայացնել և ավտոմատացնել [2]:



- Նկ. 1. Մետաղահատ կտրող գործիքների տարբեր եղանակներով զոդման տեխնոլոգիական գործընթացի արտադրողականության ցուցանիշներ
- 1- վիխրային կտրիչներ;
  - 2- ճակատային ֆրեզի դանակներ;
  - 3- խառատային կտրիչներ
- Չոդումը պաշտպանիչ գազային միջավայր ունեցող հարահոսային KBH – 60 տիպի վառարանում
  - Չոդումը բարձր հաճախակալության հոսանքի գեներատորներում

Առաջարկվող տեխնոլոգիայի դեպքում, մետաղակերամիկական կարծր համաձուլվածք քիթեղիկները տաքացնելով մինչև 1100° C (զոդման ջերմաստիճանը պղնձե զոդա-

նյութի դեպքում) գազային մթնոլորտից ազոտի և ածխածնի ատոմները բախանցում են կարծր համաձուլվածքե քիթեղիկների մեջ, առաջացնելով դիֆուզիոն մաշակայուն կարբոնիտրիդե շերտ, որն էլ իր հերթին օժանդակում է գործիքների ֆիզիկամեխանիկական և որակական հատկանիշների բարձրացմանը:

Հարահոսային պաշտպանիչ գազային միջավայր ունեցող վառարաններում մետաղահատ գործիքների զոդման տեխնոլոգիական գործընթացի իրականացումը ապահովում է երաշխավորված ռեժիմներ, հնարավորություն է տալիս խոսափելու խոտանից, ապահովում է բարձր արտադրողականություն և որակ: Տեսական ուսումնասիրությունները և փորձնական տվյալները ցույց են տվել, որ հարահոսային վառարաններում զոդում կատարած գործիքների մաշակայունությունը գերազանցում է ԲՀՀ-ով ստացված գործիքների մաշակայունությունը 2.5-ից 3.0 անգամ:

Նոր առաջարկվող եղանակով մետաղահատ գործիքների զոդման և պատրաստման տեխնոլոգիական գործընթացի կիրառումը և վերոհիշյալ հարցերի ուսումնասիրությունը և պարզաբանումը հնարավորություն կստեղծեն միանշանականորեն բարձրացնելու վոլֆրամ պարունակող կարծր համաձուլվածքե թանկարժեք նյութերի, նշանակությունը ապահովել գործիքային տնտեսության պահանջները այս ուղղությամբ:

Գրականություն

1. А.С. 1044676 СССР С 23 С 11/14. Способ газового азотирования твердосплавных пластин. Г.С. Овсеян (СССР). №3372128/22-02. Заявл. 23.12.81; Опубл. 30.09.83. Бюл. №36-6С.
2. Овсеян Г.С. и др. Формирование структуры и оптимизация технологических параметров азотирования металлокерамических твердых сплавов. Изв. РА и ГИУА. Сер. ТН. 1998. Т.51№3-с.283-287.

## СИЛИКОТЕРМИЧЕСКИЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ СИЛИЦИДОВ МОЛИБДЕНА

А. Овсеян

В связи с тем, что основная масса молибдена встречается в природе в виде сульфидных руд (молибденит), актуальность изучения металлургических реакций восстановления сульфида молибдена, очевидна. Важность этой задачи определяется необходимостью развития производства высокотемпературных электронагревателей, термпар и катализаторов из дисилицида молибдена, а также лигатурных и специальных сплавов для легирования и раскисления сталей.

Дисилицид молибдена ( $\text{MoSi}_2$ ) впервые получен Хенигшмидом [1] из окислов молибдена алюминотермией, в чистом виде. Известны также многие другие методы получения силицидов молибдена [2]. Традиционным методом получения дисилицида молибдена ( $\text{MoSi}_2$ ) является непосредственный высокотемпературный синтез из металлического молибдена и кремния [3].

Реакции молибденита и кремния относятся к сложным и высокотемпературным процессам, а отсутствие термодинамических исследований затрудняет предсказание хода и результатов взаимодействия.

Целью настоящей работы является изучение характера взаимодействия в системе сульфид молибдена – кремний и стадийность протекающих процессов на примере реакции:

- 1)  $\text{MoS}_2 + 4\text{Si} = \text{MoSi}_2 + 2\text{SiS}$
- 2)  $\text{MoS}_2 + 3\text{Si} = \text{MoSi}_2 + \text{SiS}_2$
- 3)  $3\text{MoS}_2 + 7\text{Si} = \text{Mo}_3\text{Si} + 6\text{SiS}$
- 4)  $3\text{MoS}_2 + 4\text{Si} = \text{Mo}_3\text{Si} + 3\text{SiS}_2$

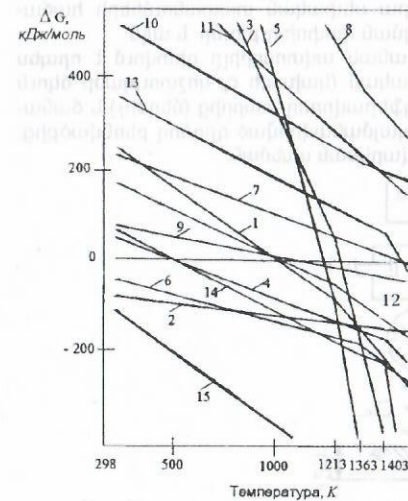
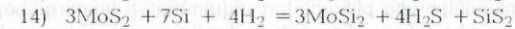
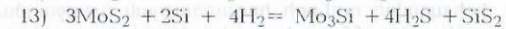
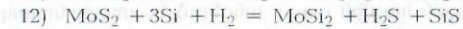
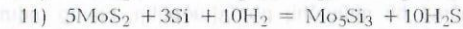
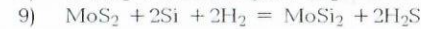
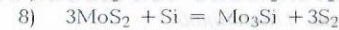
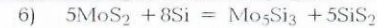


Рис. Изменение энергии Гиббса ( $\Delta G$ ) от температуры

Предварительный термодинамический анализ протекания этих реакций (определялась температурная зависимость энергии Гиббса, рис.) показал, что процесс образования  $\text{SiS}$  преобладает только при температурах выше 1000K, до этой температуры преимущественно образуются  $\text{SiS}_2$ . Процессу образования низших силицидов молибдена ( $\text{Mo}_3\text{Si}$ ) предшествует образование высших силицидов ( $\text{MoSi}_2$ ,  $\text{Mo}_5\text{Si}_3$ ).

При низких температурах наиболее вероятен механизм образования силицидов по реакциям 2 и 6, (рис., линии 2 и 6).

Исследования условий получения силицидов из  $\text{MoS}_2$  методом силикотермического восстановления проводились на лабораторной установке в среде гелия или водорода при пониженном давлении [4].

Экспериментальные данные подтвердили результаты термодинамического расчета. Восстановление молибденита кремнием проходит через стадии образования дисилицида молибдена. В продуктах взаимодействия не был обнаружен металлический молибден.

### Литература

1. Honnigschmid O. Monatsh., 28, 1017, 1907.
2. Самсонов Г.В. и др. Силициды. – М: Металлургия, 1979. – 272 с.
3. Кислый П.С. и др. Высокотемпературные неметаллические нагреватели. – Киев: Наукова думка, 1981. – 160 с.
4. Овсеян А.О. Манукиан Н.В. Технология получения дисилицида молибдена. //Годичная научная конференция ГИУА. Сборник материалов. 1999.- 254 с.