

Գ.Ա. ՎԱՍԻԼՅԱՆ, Ռ.Ս. ՊԱՊՈՅԱՆ, Ա.Ս. ԱՂԲԱԼՅԱՆ

ԳՆԴԱՂԱՑՆԵՐՈՒՄ ՄԵՏԱՂԱԿԱՆ ՀԱՆՔԱՔԱՐԵՐԸ ՄԱՆՐԱՑՆՈՂ ԳՆԴԵՐԻ ՆՅՈՒԹԵՐԸ ԵՎ ԴՐԱՆՑ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Ուսումնասիրվել են գնդադացներում օգտագործվող գնդերի աշխատանքային պայմանները և դրանց հատկությունները, որոնց ապահովման համար առաջարկվում է մշակել այնպիսի միսման միջավայրեր, որոնք հնարավորություն կտան, ներքին լարումների փոքրացման շնորհիվ, կանխել ճաքերի առաջացման վտանգը և մեծացնել գնդերի աշխատունակությունը:

Առանցքային բաղադրանք. գնդադաց, պողպատ, գնդեր, կարծրություն, լիամխվելիություն, մխում, արձակում:

Ներածություն. Հանքաքարերի ջարդման և մանրացման ժամանակ օգտագործվում են մեծ քանակությամբ պողպատյա գնդեր, որոնք աշխատում են դինամիկ հարվածների և ինտենսիվ մաշման պայմաններում: Հետևապես՝ գնդերի կարծրության, ամրության և մաշակայունության բարձրացումը, բավարար մածուցիկության ապահովմամբ, կնպաստի դրանց աշխատունակության և երկարակեցության բարձրացմանը, ինչը հանդիսանում է կարևոր գիտատեխնիկական խնդիր:

Խնդրի դրվածքը և մեթոդիկայի հիմնավորումը. Հաշվի առնելով վերը նշվածը, աշխատանքի նպատակն է գնդադացներում մետաղական հանքաքարերը մանրացնող գնդերի հատկությունների ուսումնասիրումը և դրանց նյութերի ընտրումն ու հիմնավորումը:

Նշված նպատակին հասնելու համար անհրաժեշտ է համապատասխան ԴՕՇ-ից ընտրել պողպատի մակնիշը և մշակել տվյալ չափսի գնդի համար ջերմային մշակման այնպիսի տեխնոլոգիա, որը կապահովի ըստ շառավղի խորության պահանջվող կառուցվածքներն ու հատկությունները:

Հետազոտման արդյունքները. Համաձայն ԴՕՇ 7524-89-ի՝ ԱՊՀ երկրներում արտադրվում են աղ. 1-ում ներկայացված պարամետրերով և չափերով գնդեր [1], որոնք ըստ կարծրության ստորաբաժանվում են հետևյալ խմբերի.

1-ընդհանուր նշանակության՝ նորմալ կարծրությամբ,

2- ընդհանուր նշանակության՝ բարձրացված կարծրությամբ,

3- սև մետաղների հանքաքարերի մանրացման համար՝ բարձր կարծրությամբ,

4- գունավոր մետաղների հանքաքարերի, ցեմենտի և հրակայուն նյութերի մանրացման համար՝ հատկապես բարձր կարծրությամբ:

Գնդերի չափսերը, դրանց թույլատրելի շեղումները, հաշվարկային ամենափոքր ծավալը և զանգվածը պետք է բավարարեն աղ. 1-ի պահանջներին:

Աղյուսակ 1

Գնդերի հիմնական չափսերը

Պայմանական տրամագիծը, մմ	Ամենափոքր տրամագիծը, մմ	Ամենափոքր տրամ.-ից թույլատրելի շեղումները	Հաշվարկային ամենափոքր ծավալը, սմ ³	Հաշվարկային ամենափոքր զանգվածը, կգ
15	15,0	±1,0	1,76	0,014
20	20,0		4,18	0,033
25	25,0		8,18	0,064
30	31,5	±2,0	16,4	0,128
40	41,5		37,4	0,294
50	52,5	±3,0	74	0,58
60	62,0		125	0,98
70	73,0		204	1,60
80	83,0		299	2,35
90	94,0	±4,0	435	3,41
100	104,0		589	4,62
110	114,0		776	6,09
120	125,0	±5,0	1023	8,03

Առաջին և երկրորդ խմբերի գնդերը պատրաստում են ածխածնային, ցածր լեգիրված և լեգիրված կոնստրուկցիոն պողպատներից: Ածխածնի քանակությունն ածխածնային պողպատներում, երբ գնդի տրամագիծը 15...60 մմ է, պետք է լինի ոչ պակաս 0,40%, երբ գնդի տրամագիծը 70...120 մմ է. ապա ոչ պակաս 0,60%, ցածր լեգիրված և լեգիրված կոնստրուկցիոն պողպատներում, երբ գնդի տրամագիծը 15...60 մմ է, պետք է լինի ոչ պակաս 0,50%, իսկ երբ գնդի տրամագիծը 70...120 մմ է, ապա ոչ պակաս 0,70%:

Երրորդ խմբի գնդերը պատրաստվում են ГОСТ 24182-ով նախատեսված պողպատներից, իսկ չորրորդ խմբի գնդերը՝ ГОСТ 5950-ով նախատեսված X և XFC մակնիշների տիպի լեգիրված գործիքաշինական պողպատներից: Թույլատրվում է գնդերը պատրաստել նաև ГОСТ 5950-ով նախատեսված այլ պողպատներից, եթե պահպանվում է պահանջվող կարծրությունը:

Գնդերի կարծրությունը պետք է համապատասխանի աղ. 2-ում բերված չափանիշներին [1]:

Գնդերի կարծրություններն ըստ տրամագծի խորության

Գնդի պայմանական տրամագիծը, մմ	Կարծրությունը HRC (HB, ՄՊա) ոչ պակաս ըստ խմբերի			
	1	2	3	4
	գնդի մակերևույթին			գնդի շառավղի 1/2 խորության վրա
15...70	43(4010)	49(4610)	55(5340)	55(5340)
80...100	40(3520)	42(3750)	52(4950)	-
110...120	35(3020)	38(3310)	50(4770)	-

Ինչպես երևում է աղ. 2-ից, գնդերի տրամագծի մեծացմանը զուգընթաց տեղի է ունենում կարծրության փոքրացում, ինչը պայմանավորված է զանգվածի մեծացմամբ՝ նույն միսման միջավայրում, սառեցման արագության փոքրացումով: Բոլոր դեպքերում գնդի շառավղի 0,5 մասի խորությամբ կարծրությունը պետք է լինի HRC 45 միավորի սահմաններում, այսինքն՝ այն պետք է ունենա արձակման տրոստիտային կառուցվածք: Նշված կառուցվածքի ստացումը հնարավոր է օպտիմալ ռեժիմներով պողպատի միսման և միջին ջերմաստիճանային արձակման միջոցով:

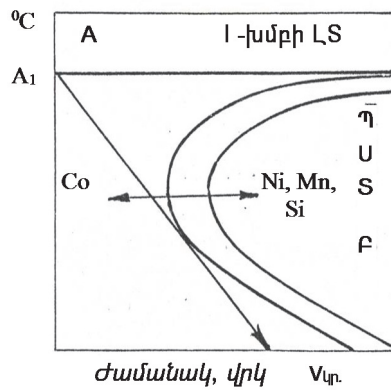
Լեգիրված պողպատները մեծ մասամբ պարունակում են ածխածին և հանդիսանում են եռակի ու ավելի բարդ համակարգեր: Լեգիրող տարրերի համեմատաբար ցածր պարունակության դեպքում «երկաթ-ածխածին» վիճակի դիագրամի պողպատի անկյան ընդհանուր տեսքը պահպանվում է, սակայն հանգուցային կետերը և դիագրամի գծերը տեղաշարժվում են ինչպես ուղղահայաց, այնպես էլ հորիզոնական ուղղություններով [2]:

Ինչպես հայտնի է [2], առաջին խմբի լեգիրող տարրերն իջեցնում են A₃ և A₁ կրիտիկական կետերի ջերմաստիճանները, իսկ երկրորդ խմբինը՝ բարձրացնում, այսինքն՝ տեղաշարժում են այդ կետերն ուղղահայաց ուղղությամբ՝ ներքև կամ վերև: Դրա հետ մեկտեղ՝ լեգիրող տարրերը փոխում են ածխածնի պարունակությունը պեռլիտում և նրա սահմանային լուծելիությունը առատենիտում, այսինքն՝ տեղաշարժում են «երկաթ-ածխածին» վիճակի դիագրամի S և E կետերը հորիզոնական ուղղությամբ: Բնականաբար, փոխվում է և այս կետերը միացնող գծերի դիրքը դիագրամում:

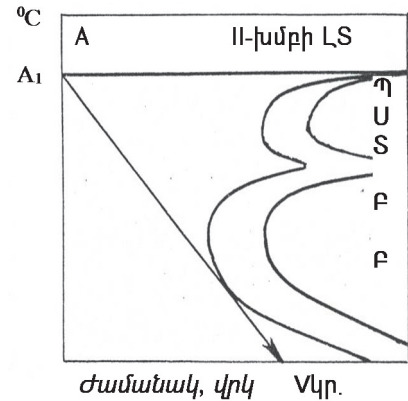
Բոլոր լեգիրող տարրերը մեծ ազդեցություն ունեն առատենիտի տրոհման գործընթացի, այսինքն՝ նրա ֆերիտա-կարբիդային խառնուրդի՝ պեռլիտի սորբիտի, տրոստիտի կամ բեյնիտի փոխակերպման վրա: Լեգիրող տարրերը տարբեր ձևով են ազդում պեռլիտային և բեյնիտային փոխակերպությունների արագության վրա: Պեռլիտային փոխակերպության ժամանակ կարբիդի առաջացման համար պահանջվում է ինչպես ածխածնի, այնպես էլ լեգիրող տարրի դիֆուզիա, մինչդեռ լեգիրող տարրի ատոմների վերաբաշխում չպահանջող բեյնի-

տային փոխակերպության արագությունը կապված է միայն ածխածնի դիֆուզիայի հետ: Այդ իսկ պատճառով կարբիդ առաջացնող լեգիրող տարրերը, կտրուկ դանդաղեցնելով պեռլիտային փոխակերպությունը, համեմատաբար քիչ են ազդում բեյնիտային փոխակերպության վրա: Ի տարբերություն դրանց, ֆերիտում և ցեմենտիտում լուծվող, բայց հատուկ կարբիդներ չառաջացնող լեգիրող տարրերը նույնությամբ ազդում են և պեռլիտային, և բեյնիտային փոխակերպությունների արագությունների վրա:

Աուստենիտային փոխակերպության կինետիկան բնութագրվում է նրա իզոթերմիկ տրոհման C-ածն կորով: Լեգիրող տարրերի ազդեցությունը աուստենիտի փոխակերպման տրոհման կինետիկայի վրա դրսևորվում է C-ածն կորերի տեղափոխումով աջ կամ ձախ, վերև կամ ներքև, իսկ կարբիդ առաջացնող լեգիրող տարրերի դեպքում կատարվում է նաև ձևի փոփոխություն (նկ. 1, 2):



Նկ. 1. Առաջին խմբի լեգիրող տարրերի ազդեցությունը C-ածն կորերի վրա



Նկ. 2. Երկրորդ խմբի լեգիրող տարրերի ազդեցությունը C-ածն կորերի վրա

Առաջին խմբի լեգիրող տարրերը, ինչպես նաև սիլիցիումը հատուկ կարբիդներ չեն առաջացնում բացառությամբ մանգանից, որը լուծվում է ցեմենտիտի մեջ, առաջացնելով $(Fe,Mn)_3C$ կարբիդը: Ուստի այս լեգիրող տարրերը մոտավորապես հավասար չափով են ազդում ինչպես պեռլիտային, այնպես էլ բեյնիտային փոխակերպությունների արագությունների վրա, փոքրացնելով (նիկել, մանգան, սիլիցիում) կամ մեծացնելով (կոբալտ) աուստենիտի տրոհման արագությունը: Արդյունքում առաջին խմբի տարրերը և սիլիցիումը չեն փոխում C-ածն կորերի ձևը, բայց տեղաշարժում են դրանց, ինչպես ցույց է տրված նկ. 1-ում, աջ (նիկել, մանգան, սիլիցիում) կամ ձախ (կոբալտ): Տեղաշարժելով C-ածն կորերը դեպի աջ՝ բոլոր լեգիրող տարրերը փոքրացնում են միմյան կրիտիկ-կական արագությունը $V_{լր}$, բացի կոբալտից, որը մեծացնում է այն: Հարկ է նշել, որ երկու խմբերի

բոլոր լեզիրող տարրերից կոբալտը միսման կրիտիկական արագությունը մեծացնող միակ տարրն է:

Երկրորդ խմբի լեզիրող տարրերը (բացի սիլիցիումից) կարբիդ առաջացնող են: Ուստի, ինչպես հետևում է վերը նշվածից, նրանք խիստ կերպով դանդաղեցնում են պեռլիտային փոխակերպությունը, համեմատաբար քիչ ազդելով բեյնիտային փոխակերպության վրա: Արդյունքում տեղի է ունենում C-ածն կորերի երկատում և բաժանում, ինչպես ցույց է տրված նկ. 2-ում: C-ածն կորերի վերևի զույգը ցույց է տալիս պեռլիտային, իսկ ներքևինը՝ բեյնիտային փոխակերպության կինետիկան: Այս դեպքում նույնպես բոլոր լեզիրող տարրերը փոքրացնում են պողպատի միսման կրիտիկական արագությունը՝ $V_{կր}$:

Աուստենիտի կինետիկան բնութագրող C-ածն կորերի դիրքերն ու ձևերը որոշվում են աուստենիտի քիմիական բաղադրությամբ, որը հաճախակի կարող է որոշակի չափով տարբերվել բուն պողպատի բաղադրությունից: Հետևյալ տորային պողպատներում, օրինակ, որքան տաքացման ջերմաստիճանը բարձր է A_1 կետի ջերմաստիճանից, այնքան շատ կարբիդ է լուծվում աուստենիտում, հարստացնելով այն ածխածնով և լեզիրող տարրերով: Ուժեղ կարբիդ առաջացնող տարրերով լեզիրված մի շարք պողպատների ստրուկտուրաներ պարունակում են ներդրման ֆազերի տիպի դժվար լուծվելի հատուկ կարբիդներ, որոնց լուծումը աուստենիտում պահանջում է տաքացման բարձր ջերմաստիճաններ: Այդ իսկ պատճառով միևնույն պողպատի միսման կրիտիկական արագությունը կախված է նրա տաքացման ջերմաստիճանից, որքան այն բարձր է, այնքան բարձր է աուստենիտի լեզիրման աստիճանը և նրանում ածխածնի պարունակությունը, որն արդյունք է հատուկ կարբիդների ավելի շատ լուծման: Սովորական ջերմաստիճաններից ուժեղ կարբիդ առաջացնող տարրերով լեզիրված պողպատների միսման ժամանակ նրանց լիամխվելիությունը կարող է լինել ավելի ցածր, քան ածխածնային պողպատինը, որովհետև հատուկ կարբիդները այս ջերմաստիճաններում գրեթե չեն լուծվում: Սակայն նույն պողպատների միսման ավելի բարձր ջերմաստիճաններից, որն ապահովում է հատուկ կարբիդների լուծումը և աուստենիտի հարստացումն ածխածնով ու լեզիրող տարրերով, կտրուկ բարձրացնում է լիամխվելիությունը, ինչը շատ կարևոր է գնդերի ջերմամշակման համար:

Պողպատի միսման կրիտիկական արագության փոքրացումը նպաստում է նրա լիամխվելիության բարձրացմանը և կրիտիկական տրամագծի՝ $d_{կր}$, մեծացմանը: Հետևապես՝ մեծ տրամագծի գնդերի դեպքում, հատկապես, երբ դրանք պատրաստված են լեզիրված պողպատներից, լիամխվելիության ապահովումը հանդիսանում է խիստ կարևոր խնդիր: Այդ է պատճառը, որ գունավոր մետաղների հանքաքարերի մանրացման համար հիմնականում օգտագործվում է XFC

մակնիշի պողպատ, որի $Ac_1 = 755^{\circ}C$, $Ac_3 = 900^{\circ}C$, $Ar_1 = 700^{\circ}C$, $Mn = 200^{\circ}C$, իսկ կարծրությունը թրծված վիճակում՝ $HB = 2410$ ՄՊա: Այս պողպատի միումը $820...860^{\circ}C$ ջերմաստիճանից յուղում ապահովում է HRC 62...63 միավոր կարծրություն: Սակայն գնդերի մեծ ծավալի և զանգվածի պատճառով միմյան գործընթացն ուղեկցվում է ինքնարձակմամբ, և մակերևութային շերտում պահանջվող կարծրության ապահովումը դառնում է շատ դժվար: Միմյան արագության մեծացումը հանգեցնում է ներքին լարումների մեծացմանը և ճաքերի առաջացմանը, ինչը կտրուկ իջեցնում է գնդերի աշխատունակությունը: Խնդիրը լուծելու համար Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանի «Նյութագիտություն և մետալուրգիա» բազային գիտահետազոտական լաբորատորիայում աշխատանքներ են կատարվում նոր միմյան միջավայրերի ստեղծման ուղղությամբ, ինչը հնարավորություն կտա բարձր ջերմաստիճան-ներում կատարել արագ սառեցում, իսկ ցածր ջերմաստիճաններում՝ դանդաղ, չհատելով C-ձև կորերը:

Եզրակացություն. Գնդաղացներում օգտագործվող գնդերի աշխատանքային պայմանների և պահանջվող հատկությունների ուսումնասիրման արդյունքում առաջարկվում է մշակել նոր միմյան միջավայրեր, որոնք միմյան ժամանակ կապահովեն աուստենիտային տիրույթում սառեցման մեծ արագություն, իսկ աուստենիտ→մարտենսիտ փոխակերպության տիրույթում՝ փոքր արագություն: Այն հնարավորություն կտա, ներքին լարումների փոքրացման շնորհիվ, կանխել ճաքերի առաջացման վտանգը և մեծացնել գնդերի աշխատունակությունը:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. Межгосударственный стандарт. Шары стальные мелющие для шаровых мельниц.- ГОСТ 7524-89.
2. Աղբալյան Ս.Գ., Սալտիկովա Ե.Ս. Հատուկ պողպատներ և համաձուլվածքներ: Ուսումնական ձեռնարկ.- Երևան: ՀՊՃՀ, 2003.- 260 էջ:

Г.А. ВАСИЛЯН, Р.С. ПАПОЯН, А.С. АГБАЛЯН

МАТЕРИАЛЫ ШАРОВ, ИЗМЕЛЬЧАЮЩИХ МЕТАЛЛИЧЕСКУЮ РУДУ В ШАРОВЫХ МЕЛЬНИЦАХ, И ИХ СВОЙСТВА

Исследованы условия работы и свойства шаров, используемых в шаровых мельницах. Для их обеспечения предлагается разработка закалочных сред, позволяющих за счет предоставления возможности уменьшения внутренних напряжений предотвратить появление трещин и увеличить работоспособность шаров.

Ключевые слова: шаровая мельница, сталь, шары, твердость, прокаливаемость, закалка, отпуск.

G.A. VASILYAN, R.S. PAPOYAN, A.S. AGHBALYAN

MATERIALS OF BALLS CRUSHING THE METAL ORE IN THE BALL MILL AND THEIR QUALITY REQUIRED

The operating conditions and the properties of the balls used in ball mills are investigated. To provide them, it is proposed to develop a quenching environment which allow to reduce the internal stresses to prevent the cracking, and increase the efficiency of the balls.

Keywords: ball mill, steel, balls, hardness, hardening, quenching, tempering.

ՀՏԴ 669-176

Ա.Ա. ԱԼԱՅԱՆ, Մ.Հ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ

**3003 ԱԼՅՈՒՄԻՆԱՅԻՆ ՓԱՅԼԱԹԻԹԵՂԻ ՎԵՐԱԲՅՈՒՐԵՂԱՑՄԱՆ
ԱՍՏԻՃԱՆԻ ՈՐՈՇՈՒՄԸ ՌԵՆՏԳԵՆԱԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԱՅԻՆ
ՇԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅԱՄԲ**

Պլաստիկ դեֆորմացումից (սառը գլոցում) հետո այլումինային փայլաթիթեղը կորցնում է իր պլաստիկությունը և ձեռք է բերում կոփվելու հատկություն: Հետագա գլոցման համար անհրաժեշտ է կատարել թրծում: Թրծումը ապահովում է այլումինային փայլաթիթեղի վերաբյուրեղացումը, որը վերադարձնում է համաձուլվածքի սկզբնական հատկությունները: Վերաբյուրեղացման աստիճանը որոշվում է ռենտգենակառուցվածքային անալիզի միջոցով, որը հիմնված է $AlFeSi$ ավելցուկային ֆազի տեքստուրացման վրա: Այլումինային փայլաթիթեղի հետազոտումը կատարվել է EMPYREAN, Patalytical ռենտգենյան դիֆրակտաչափի վրա, ուղղահայաց տեղակայված բարձր թույլտվության գոնիաչափ՝ $Cu_{k-\alpha}$ ճառագայթների կիրառմամբ $40կՎ$ լարման և $45մԱ$ հոսանքի դեպքում:

Առանցքային բառեր. փայլաթիթեղ, վերաբյուրեղացման աստիճան, ռենտգենակառուցվածքային անալիզ, ռեժիմներ, ռեֆլեքսներ, փայլաթիթեղ, այլումին:

Ներածություն. 3003 մակնիշի այլումինային փայլաթիթեղի գլոցման գործընթացը ներկայացնում է բազմաստիճան գլոցում: Գլոցման որոշակի աստիճանից հետո անհրաժեշտ է լինում փայլաթիթեղը ենթարկել թրծման՝ սկզբնական կառուցվածքը վերականգնելու և հետևապես՝ կոփման երևույթը վերացնելու համար: Վերաբյուրեղացումը թույլ է տալիս շարունակել հետագա գլոցման գործընթացները, իսկ վերաբյուրեղացման աստիճանի ճշգրիտ որոշումը՝ կիրառել թրծման ավելի նպատակահարմար ջերմային ռեժիմներ:

Խնդրի դրվածքը և մեթոդիկայի հիմնավորումը. Գլոցումը ներկայացնում է մետաղների պլաստիկ դեֆորմացման եղանակ, իսկ, ինչպես հայտնի է, դեֆորմացման հետևանքով մետաղներում դիսլոկացիաների խտությունը մեծանում է, որն էլ հանգեցնում է կոփման երևույթի: Բացի դրանից, դեֆորմացման ժամանակ հատիկների բյուրեղագրական առանցքները ձեռք են բերում որոշակի գե-