

Ս.Գ. ԱՂԲԱԼՅԱՆ, Ն.Գ. ՄԵԼԻՔՍԵԹՅԱՆ, Հ.Հ. ԵՋԱԿՅԱՆ, Գ.Հ. ԱՍՉՅԱՆ
ՊՂՆՁԱՁՈՒԼԱԿԱՆ ԱՐՏԱԴՐՈՒԹՅԱՆ ԽԱՐԱՄՆԵՐԻ ՄԱՆՐԱՑՄԱՆ ԵՎ
ՄԵԽԱՆԱՔԻՄԻԱԿԱՆ ԱԿՏԻՎԱՑՄԱՆ ԳՈՐԾՆԹԱՑՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ

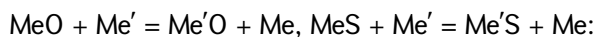
Հետազոտվել է պղնձաձուլական արտադրության խարամների դիսպերս մանրացման գործընթացը տարբեր աղացներում և միջավայրերում: Ցույց է տրվել, որ մեխանաքիմիական ակտիվացման հետևանքով աղացներում մեխանիկական էներգիան վերածվում է ջերմայինի, որը կուտակվելով պինդ նյութի մակերևույթին՝ հանգեցնում է փոխազդող նյութերի քիմիական ակտիվության մեծացման և նոր յուրահատուկ, փոխակերպությունների, որոնք ընթանում են անհամեմատ ցածր ջերմաստիճաններում և փոքր ակտիվացման էներգիայով:

Առանցքային բառեր. պղինձ, խարամ, գնդաղաց, թրթռաղաց, մանրացում, մեխանաքիմիա, մակերևութային էներգիա, ակտիվացում, վերականգնում, երկաթափոշի:

Ներածություն. Վերջին ժամանակներս մետալուրգիական գործընթացներում տեղ է գտել նոր ուղղություն, համաձայն որի խտանյութերի մշակումը կատարվում է մեխանաքիմիական մանրացման եղանակով, որը նպաստում է հետագա օքսիդավերականգնման գործընթացին: Այն արդյունք է ոչ միայն նյութի մանրացման աստիճանի և մակերևութային էներգիայի մեծացման, այլ նաև պայմանավորված է բյուրեղային ցանցում աղավաղումների առաջացմամբ [1-4]: Այսինքն՝ քիմիական ակտիվացման պատճառը ոչ միայն մասնիկների չափերի փոքրացումն է, այլ նաև նյութերի բյուրեղային ցանցերի աղավաղումները: Երբ մանրացվող նյութի չափսերը դառնում են համաչափելի տարրական բջջին, տեղի են ունենում արմատական փոփոխություններ նյութերի ֆիզիկական հատկությունների մեջ: Մեծանում է պինդ նյութերի ռեակցիոն ունակությունը, որը հանգեցնում է քիմիական ռեակցիայի արագության մեծացմանը: Մեխանաքիմիական գործընթացների հետևանքով տեղի են ունենում մանրացվող նյութի քիմիական կազմի և կառուցվածքի փոփոխություններ: Նյութերը գերմանրացված վիճակում ենթարկվում են սկզբունքային նոր փոփոխությունների, որոնք պայմանավորված են կոնդենսացված վիճակի ֆիզիկական առանձնահատկություններով, կապերի ձևով, կառուցվածքով, տարրերի յուրահատուկ կազմով, ֆիզիկական բնութագրերի փոփոխությամբ և այլն [5, 6]:

Դեռևս նախորդ դարի 80-ական թվականներին ակադեմիկոս Ն.Ս. Ենիկոլոպովի ղեկավարությամբ ՀԽՍՀ ԳԱ Ընդհանուր և անօրգանական քիմիայի ինստիտուտում ուսումնասիրվել են պինդֆազ ռեակցիաների կինետիկական հարցերը: Հատկապես ուսումնասիրվել են բարձր ճնշումների և դեֆորմացիաների

պայմաններում ընթացող մեխանաքիմիական օքսիդավերականգնման ռեակցիաները [7-9]: Բացահայտվել է, որ որոշ տիպի ջերմանջատիչ ռեակցիաներ, մեխանաքիմիական ազդեցությունից հետո, ի տարբերություն ջերմային քայքայման ռեակցիաների, կարող են ընթանալ դետոնացիոն արագություններով և համեմատաբար ցածր ակտիվացման էներգիայով: Դա վերաբերում է մեխանիկական էներգիայի ազդեցությամբ մի շարք մետաղների (մոլիբդեն (Mo), կապար (Pb), պղինձ (Cu), երկաթ (Fe) և այլն) օքսիդների և սուլֆիդների վերականգնման ակտիվ մետաղներով կամ ածխածնով (C)՝ նրանց միջև ընթացող վերականգնման պինդֆազ ռեակցիաների հետևանքով [10]: MoS_2-Mg , $PbO-Mg$, $CuO-Al$, Fe_2O_3-Si և այլ համակարգերի ուսումնասիրությունները ցույց են տվել, որ թրթռադացներում որոշակի ինտենսիվությամբ մանրացնելիս դրանց միջև ռեակցիաներն ընթանում են անոմալ մեծ արագություններով և ուղեկցվում են պայթյունով [11], ըստ հետևյալ հավասարումների՝



Այս համակարգերում, կախված մեխանիկական մշակման տևողությունից, վերականգնման արագությունը խիստ մեծանում է՝ որոշ դեպքերում հասնելով մինչև 2 կմ/վ-ի: Պարզ է, որ վերականգնման այդպիսի արագությունների դեպքում համակարգում հարուցվում է հարվածի ալիք, այսինքն՝ ջերմանջատիչ ռեակցիայի ամբողջ ջերմությունն անջատվում է շատ կարճ ժամանակահատվածում ($10^{-4} \dots 10^{-6}$ վ), որը հանգեցնում է համակարգում հաղորդված մեխանիկական էներգիայի կուտակման և ակտիվացման էներգիայի նվազման, ինչն էլ իր հերթին հանգեցնում է մի քանի կարգով վերականգնման ռեակցիայի արագության աճին:

Խնդրի դրվածքը և մեթոդիկայի հիմնավորումը. Հիմք ընդունելով ՀՀ ԳԱԱ Ընդհանուր և անօրգանական քիմիայի ինստիտուտում կատարված հետազոտությունների արդյունքները [7-9], համաձայն որոնց՝ ֆիզիկական հատկությունների փոփոխությունները, կապված մեխանիկական մանրացման հետ, խիստ կերպով ազդում են նյութերի քիմիական կարողությունների մեծացման վրա [1-6, 12-14], աշխատանքում փորձ է արվել զուգակցել մեխանաքիմիական և մետաղավերականգնման գործընթացները Ալավերդու պղնձածուլական արտադրության խարամների վերամշակման տեխնոլոգիայում: Նախատեսվում է, որ նախնական մեխանաքիմիական ակտիվացումը կհանգեցնի այդ խարամների ռեակցիոն ունակությունների մեծացման, պինդ ֆազային վերականգնման գործընթացների ինտենսիվացման և ոչ ավանդական ընթացքի՝ լավացնելով վերջնական արգասիքի ֆիզիկամեխանիկական հատկությունները: Այդ տեխնոլոգիան թույլ կտա մեխանաքիմիապես ակտիվացրած խարամից պինդֆազային վերա-

կանգնման եղանակով կորզել երկաթը (Fe)՝ բարձր մաքրությամբ երկաթափոշու տեսքով:

Քանի որ մանրացման գործընթացում քիմիական փոխակերպումների և դեֆորմացիաների բնույթը կախված է բազմաթիվ գործոններից՝ նյութի մանրացման աստիճանից, մանրացման տևողությունից, կիրառվող լարումներից, աղացի և մանրացվող միներալի տեսակից, այդ իսկ պատճառով աշխատանքում նպատակ է դրված հետազոտել պղնձածուլական արտադրության խարամների վարքը նուրբ մանրացման գործընթացում (աղ.):

Աղյուսակ

Պղնձածուլական արտադրության խարամների միներալոգիական կազմը

Միներալներ	Բաղադրակազմը	Բաղադրություն, %	
		Թափոնակույտային	Կոնվերտորային
Մագնետիտ	FeFe ₂ O ₄	20-25	25-30
Պիրիտ	FeS	5-10	5-10
Բորնիտ	Cu ₅ FeS ₄	3-7	-
Ֆայալիտ	Fe ₂ SiO ₄	40-45	30-35
Դորոմիտ	FeCr ₂ O ₄	-	5-7
Սուլֆիդներ	-	-	10-12
Պղինձ	Cu	Մինչև 1	1-2
Ապակի	-	10-12	5-7

Թափոնակույտային խարամների գույնը սև է, իսկ խտությունը հավասար է 3,78 գր/սմ³, մինչդեռ կոնվերտորային խարամների գույնը մուգ է, իսկ խտությունը՝ 4,25 գր/սմ³:

Պղնձածուլական արտադրության խարամները, որոնց քիմիական բաղադրությունն է՝

- թափոնակույտային խարամներ. Fe=37,9%, Cu=0,82%, SiO₂=30,41%, Al₂O₃=11,54%, CaO=2,86%, MgO=1,58%, TiO₂=0,85%, P₂O₅=0,3%, MnO=0,05%, K₂O+Na₂O=0,91, S=1,8%, Mo=0,05%, Zn=0,55%, Pb=0,5%, As=0,23%, մնացածը սին ապարներ,

- կոնվերտորային խարամներ. Fe=49,52%, Cu=1,64%, SiO₂=21,00%, Al₂O₃=6,33%, CaO=0,42%, MgO=0,55%, TiO₂=0,45%, P₂O₅=0,36%, MnO=0,12%, K₂O+Na₂O=2,95, S=0,95%, Mo=0,02%, Zn=0,95%, Pb=0,55%, As=0,01%, մնացածը սին ապարներ, կարող են հումք հանդիսանալ երկաթափոշու արտադրության համար՝ առավել ևս կոնվերտորային խարամները, որտեղ երկաթի պարունակությունը հասնում է 49-50%: Խարամների մեջ մեծ է փուչ ապարների պարունակ-

կությունը, այդ իսկ պատճառով մեկ տոննա երկաթափոշու ստացման համար անհարժեշտ է վերամշակել 5-6 տոննա բովախառնուրդ, ընդ որում՝ վերամշակումը պետք է կատարել աստիճանական՝ սկզբում խարամի դիսպերս մանրացմամբ՝ ընդգրկելով մեխանաքիմիական գործընթացները վերականգնման և մագնիսական չոր տարանջատման միջոցով: Վերջում պետք է իրականացվի ցածր-ջերմաստիճանային վերականգնում:

Աղացներում նյութերի գերմանրացման դեպքում տեղի են ունենում անսովոր երևույթներ, որոնք արմատապես փոխում են նյութերի հատկությունները [15, 16]: Այս դեպքում տեսակարար մակերևույթը կարող է աճել հարյուր հազար անգամ՝ հասնելով միլիոն $\text{սմ}^2/\text{գ}$ չափերի, և քանի որ տեսակարար մակերևույթը պայմանավորված է մասնիկների ատոմների կամ մոլեկուլների թվի մեծացմամբ, պինդ նյութի խորքից դեպի մակերևույթ դուրս եկած մասնիկների մակերևույթների շնորհիվ խիստ աճում է մակերևութային էներգիայի գումարային արժեքը: Իհարկե, խորքից դուրս եկած մոլեկուլներն իրենց էներգիայի պաշարով խիստ տարբերվում են մակերևույթի վրա եղած մոլեկուլներից, որը պինդ նյութերում նպաստում է քիմիական ակտիվության մեծացմանը: Սկզբունքորեն մոլեկուլը, որը պոկվում է պինդ նյութից ջերմային սուբլիմացիայի հետևանքով, չպետք է տարբերվի մեխանիկական ազդեցության հետևանքով խորքից դուրս եկած մոլեկուլներից: Հետևաբար, մանրացումը կարելի է դիտել որպես նյութի պինդ վիճակից գազային վիճակին անցնելու գործոն: Մեխանաքիմիական գործընթացները թույլ են տալիս, օգտագործելով նոր գոյացած մակերևույթների կատալիտիկ հատկությունները, փոխել պինդ մարմնի մակերևութային որոշ հատկություններ, պինդ նյութի մակերևույթի վրա իրականացնել և կարգավորել նոր քիմիական ռեակցիաներ: Վերջիններիս իրականացման համար պահանջվում են հատուկ պայմաններ և բարձր էներգետիկական առբերումներ: Այսինքն՝ մեխանիկական ազդեցությունները կարող են հանգեցնել այնպիսի արգասիքների առաջացման, որոնք գործում են կատալիզատորների նման՝ արագացնելով քիմիական ռեակցիաները:

Պինդ նյութերի մեխանաքիմիական ակտիվացումը գրգռում է մասնիկների շարժունակությունը՝ ոչ միայն հաղորդելով ջերմային շարժում, այլ նաև դեֆորմացիայի պատճառով. ներքին լարումների առաջացման հետևանքով կառուցվածքային ցանցում սկսում են առաջանալ կետային արատներ, իսկ հատիկների սահմանագծերում՝ դիսլոկացիաներ:

Որպես էներգիայի քանակական չափանիշ կարող է ծառայել, այսպես կոչված, մակերևութային էներգիան, որն ինչ-որ չափով նման է քիմիական միացությունների կապի էներգիային: Մակերևութային էներգիայի մեծացման հետևանքով

մանրացման գործընթացում տեղի է ունենում ջերմաստիճանի բարձրացում: Սակայն, քիմիական ակտիվացման մեծացումը չի կարելի բացատրել միայն ջերմաստիճանի ընդհանուր կամ տեղայնացված բարձրացումով [17]: Այն կապված է նաև բյուրեղային ցանցի աղավաղումների հետ: Այդ պատճառով թերմոդինամիկական հաշվարկներում պետք է հաշվի առնել նաև նյութերի բյուրեղային ցանցերում տեղի ունեցող աղավաղումները՝ պայմանավորված մասնիկների չափերի փոքրացմամբ մինչև միկրոմետրի չափսերը:

Մանրացման գործընթացում շատ կարևոր է աղացի ճիշտ ընտրությունը: Գնդային աղացների [15, 18] մեծ կիրառությունն աղացման գործընթացում ոչ միայն կապված է դրանց հեշտ սպասարկման և մեծ արտադրողականության, այլ նաև տնտեսական շահավետության հետ: Նշված առավելության հետ մեկտեղ՝ այդ աղացներն ունեն իրենց սահմանային ցուցանիշները: Նման աղացներում 10...50 մկմ-ից պակաս չափեր ստանալ հնարավոր չէ: Որպեսզի սովորական գնդային աղացում 1սմ³ նյութը մանրացվի մինչև 0,01մմ չափերի, կպահանջվի 12 օր, այսինքն՝ սովորական գնդային աղացներում նման հարց չի կարող դրվել: Նուրբ մանրացման գործընթացները հնարավոր չէ կատարել նաև մուրճային և սկավառակային աղացներում, քանի որ այստեղ նույնպես մանրացումն ընթանում է երկու մասնիկների շփման մակերևույթի կամ գծի վրա, և արագության մեծացումից արտադրողականությունը խիստ նվազում է: Որպեսզի մասնիկի չափերը հասցվեն մի քանի մկմ-ի, պետք է ստեղծել բազմափուլ մանրացում, ըստ որում, ամեն փուլում մասնիկների չափերը փոքրացնելով 5...10 անգամ:

Գնդաղացում, երբ թմբուկը պտույտ է գործում, գնդերը և խարամի կտորները՝ թմբուկի ներսի պատերի հետ ունեցած իրենց շփման հետևանքով, վեր են բարձրանում այնքան, քանի դեռ վերամբարձ անկյունը չի գերազանցել բնական թեքության անկյանը, որից հետո գնդերը վայր են ընկնում կամ գլորվում ներքև ու մանրացնում խարամը՝ կտորատելով խարամի կտորները կամ տրորելով դրանք գնդերի և պատերի միջև: Գնդերի կտորատող և տրորող գործողությունների միջև փոխհարաբերությունը նշանակալիորեն կախված է թմբուկի տրամագծի ու ծնիչի երկարության հարաբերությունից: Այդ հարաբերության 3...5 արժեքների դեպքում առավելապես տեղի է ունենում կտորատում, իսկ ավելի փոքր արժեքների դեպքում՝ տրորում [15]:

Մանրացման ինտենսիվության և մեխանիզմի վրա որոշիչ դեր են խաղում թմբուկի պտտման արագությունը, մանրացնող մարմինների ձևն ու քանակը, բեռնված նյութի ծավալը, մանրացման տևողությունն ու միջավայրը: Թմբուկի պտտման արագության մեծացմանը զուգընթաց, կենտրոնախույս ուժի աճի ու վերամբարձ անկյան մեծացման հետ կապված, գնդերը սկսում են վայր ընկնել

ավելի մեծ բարձրություններից՝ ավելի արդյունավետորեն մանրացնելով նյութը: Պատման արագության հետագա մեծացման դեպքում կենտրոնախույս ուժը կարող է այնքան աճել, որ գնդերն ու մանրացնող նյութը պտտվեն թմբուկի հետ միասին՝ կպած մնալով նրա պատերին, հետևապես՝ մանրացում տեղի չի ունենա, այսինքն՝ կստեղծվեն կրիտիկական արագություն ($N_{կր.}$) կամ կրիտիկական պտտտաթվեր ($N_{պտ.}$): Մանրացման արդյունավետության բարձրացման նպատակով գործնականում թմբուկի պտտաթվերը վերցվում են կրիտիկականի ($N_{կր.}$) 75...80%-ի սահմաններում [15]: Մանրացման գործընթացի վրա մեծ ազդեցություն ունեն գնդերի զանգվածը և գնդերի ու մանրացվող նյութի կտորների չափերի միջև հարաբերությունը: Գործնականում, երբ թմբուկի պտտման արագությունը $0,75N_{կր.}$ է, գնդերի լավագույն զանգվածը պետք է կազմի 1,7...1,9 կգ՝ աղացի 1լ ծավալի դեպքում:

Ավելի նուրբ մանրացում կատարելը վայր ընկնող գնդերի հարվածի միջոցով սկզբունքորեն անհնարին է: Այս դեպքում կիրառվում է այնպիսի մանրացման ռեժիմ, որի դեպքում գնդերը ոչ թե վայր են ընկնում որոշակի բարձրությունից, այլ վեր են բարձրանում պտտվող գլանի ներսի պատերի հետ միասին և այնուհետև գլորվում են գնդային զանգվածի թեք մակերևույթով: Այս դեպքում նյութի մանրացումը տեղի է ունենում հիմնականում ի հաշիվ թեք մակերևույթով գլորվող գնդերի փոխադարձ շփումների: Շատ նուրբ մանրացման համար հարվածային մեծ ուժեր պետք չեն: Ավելի լավ մանրացում է կատարվում ոչ մեծ մեխանիկական ուժերով գնդերի վրա՝ նյութի անընդհատ խառնմամբ: Մանրացման այդպիսի ռեժիմ է առաջանում, երբ թմբուկի պտտման արագությունը չի գերազանցում կրիտիկականի 60%-ը: Կարող է առաջանալ նաև մանրացման ևս մեկ տարբերակ: Հարթ ներքին մակերևույթով թմբուկի օգտագործման և գնդերի ոչ մեծ ծավալով բեռնավորման դեպքում մանրացվող գնդերը թմբուկի ներսում շրջապտույտ չեն կատարում: Գնդերի ամբողջ զանգվածը սահում է պտտվող թմբուկի մակերևույթով: Գրեթե բացակայում է գնդերի փոխադարձ տեղափոխությունը: Նյութի մանրացումն այս դեպքում տեղի է ունենում ի հաշիվ գնդային զանգվածի և թմբուկի մակերևույթի միջև տրոհման [15, 16, 18]:

Եթե մտովի գնդային աղացը բաժանենք 2 կեսի՝ վերևի և ներքևի, ապա կհավաստիանանք, որ առաջին կեսում մանրացումը կատարվում է բարձրացող-մանրացնող գնդերի հետ նյութի շփման հետևանքով: Երկրորդ կեսում թմբուկի մակերեսը շարժվում է դեպի ներքև: Այստեղ մանրացումը կատարվում է կասկադային կամ ջրվեժային ռեժիմով՝ վերևից ընկնող գնդերի հարվածի հետևանքով, հաղորդելով էներգիայի մի մասը պտտվող թմբուկից թափվող մասնիկներին: Այսպիսով, թմբուկի երկրորդ կեսը կարելի է համարել պտտման

էներգիայի գեներատոր՝ նման ջրվեժային աղացի անիվի շարժմանը, ըստ որում տրվող ջուրը կատարում է մանրացնող գնդերի դերը, այսինքն՝ էներգիայի մի մասը վերականգնվում է գնդերի հարվածից: Ակնհայտ է, որ գնդային աղացները մեծ առավելություն ունեն զանազան տիպի իներցիոն, մուրճային աղացների համեմատ, որոնք չունեն գնդերի հարվածի էներգիան [15, 16, 18]: Ելնելով դրանից, անհրաժեշտ է հիմնական ուշադրությունն ուղղել ոչ թե նրան՝ ինչ անկյունով է ընկնում գունդը, ինչը մինչև այժմ արվում է, այլ թմբուկի այն հարվածի վրա, որն իր վրա է վերցնում գնդերի հարվածը և աշխատում է մանրացման հետ միասին վերադարձնել ծախսված էներգիան:

Թմբուկային աղացների տեսության մեջ կարևոր գործոն է գնդերի ազդեցության բացահայտումը մանրացվող նյութի վրա: Պարզ է, այստեղ որոշակի բաժինն ընկնում է գնդերի հարվածի վրա: Սակայն միայն գնդերի հարվածով չի կարելի բացատրել մանրացումը: Այսպիսի աղացներում նյութի ավելի նուրբ մանրացումը վկայում է, որ մասնիկների շարժման ժամանակ կատարվում է նաև մասնիկների փոխադարձ մանրացում: Վերջինս իր հերթին առաջադրում է նոր հարց՝ կապված թմբուկի և մանրացնող գնդերի տրամագծի հարաբերության հետ, ելնելով գնդերի և նյութի միջև եղած ազատ տարածություններից և կառչման անկյունից: Այսպիսով, բազմազան պայմանների փոփոխությունից գնդային աղացներում կարելի է ապահովել արդյունավետ մանրացում:

Տեխնիկական առաջընթացը, սակայն, վերջին տարիներին ստիպեց որոնել մեծ արտադրողականությամբ և մանրացման ավելի բարձր աստիճաններ ապահովող աղացներ: Այդ տեսակետից առաջարկվեցին կենտրոնախույս գնդային աղացները [19], որոնցում պտտման արագությունը կարելի է շատ մեծացնել և մանրացման գործընթացը դարձնել խիստ արդյունավետ՝ ապահովելով ավելի բարձր մանրացման աստիճան: Այդպիսին են այն աղացները, որոնք ունեն թմբուկների մոլորակային պտույտ և կարող են աշխատել նաև առանց մանրացնող գնդերի: Աղացների այս վերջին տարբերակը սկզբունքորեն տարբերվում է գնդային աղացներից նրանով, որ այստեղ շարժման ամպլիտուդը բազմաթիվ անգամներ մեծացված է, որը որոշիչ դեր է խաղում էլեկտրաէներգիայի տնտեսման և մանրացող նյութի որակական չափանիշների բարելավման գործում:

Ինչպես նշվեց, սովորական գնդային աղացներում, կարգավորելով թմբուկի պտույտները, կարելի է հասնել այն բանին, որ մանրացնող գնդերն ընկնեն տարբեր դիրքերից՝ կասկադային, ջրվեժային և սահմանային, շարժվելով կրիտիկական արագությամբ շրջանային շարժումով [15]: Նման պայմաններ կարելի է ստեղծել և կենտրոնախույս աղացներում, քանի որ կենտրոնական առանցքի շուրջը կատարվող մոլորակային պտույտը մասնիկին ավելի մեծ ուժ է հաղորդում, քան

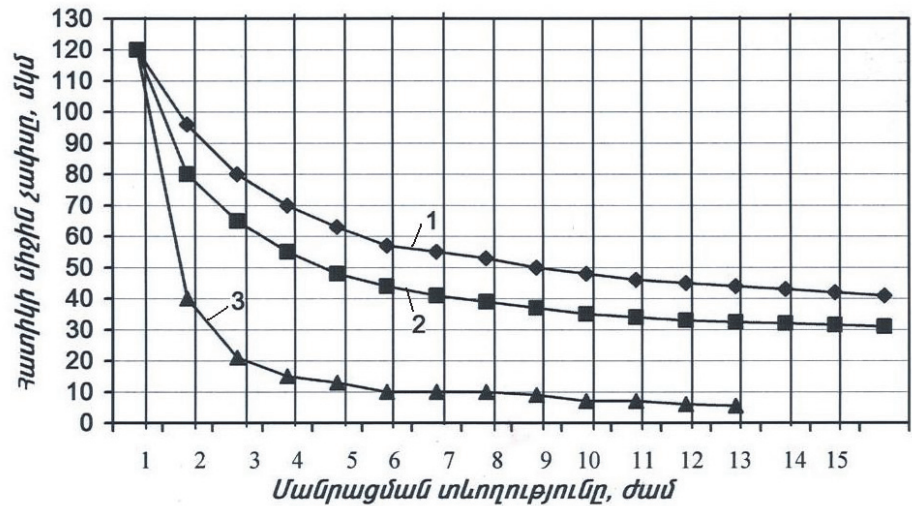
մանրացնող գնդերի հարվածն է: Մեծացնելով մոլորակային աղացի պտտման արագությունը՝ կարելի է ապահովել մանրացման ավելի բարձր աստիճաններ:

Ավելի կատարելագործված են թրթռաղացները: Այստեղ 2 մմ-ից մինչև 60 մկմ մանրացման աստիճան ստանալու համար ծախսում են 45 կՎ/ժամ, այսինքն՝ 3 անգամ ավելի շատ էլեկտրաէներգիա, քան գնդային աղացներում [15, 16]: Սակայն թրթռաղացներում մանրացումը կատարվում է ավելի արդյունավետ, քանի որ այստեղ նյութերի մակերեսները գտնվում են գնդերի կողմից ստացված հարվածների, գլորման, շփման ու ինտենսիվ տրորման պայմաններում: Այս դեպքում աղացի ծավալի լցման գործակիցը գնդերով չպետք է գերազանցի 0,4...0,5-ից, քանի որ դրա ավելի մեծ արժեքների դեպքում գնդերը բախվում են միմյանց՝ կորցնելով իրենց սեփական ուժը և չեն ցուցաբերում բավարար և արդյունավետ մանրացման գործողություն: Գնդերի չափերը նույնպես ազդեցություն ունեն մանրացման գործընթացի վրա: Առավել արդյունավետ մանրացման համար գնդերի տրամագիծը պետք է գտնվի հետևյալ սահմաններում՝ $d \geq D/18 \dots D/24$, որտեղ D-ն թմբուկի ներսի տրամագիծն է [15]:

Երկար տարիների կատարված ուսումնասիրություններն ուղղված են եղել հիմնականում եղած աղացների կատարելագործմանը և ամենարդյունավետ մանրացման ռեժիմի ստեղծմանը: Դուրս են բերվել զանազան էմպիրիկ բանաձևեր, որոնցով հնարավոր է եղել որոշել գնդերի շառավիղը, թմբուկի տրամագիծը և այլ պարամետրեր: Սակայն շատ հարցեր այդ ուղղությամբ դեռևս լուծված չեն:

Այսպիսով, միկրոմետրից փոքր չափեր կարելի է ստանալ միայն թրթռաղացներում՝ գնդաղացների համեմատ մոտ 1000 անգամ մեծ արագությունների դեպքում: Սովորական աղացներում ծանրության ուժը փոխարինելով թրթռայինի կամ կենտրոնախույսի՝ նույնպես կարելի է ստանալ նման արդյունքներ:

Հետազոտության արդյունքները. Խարամների մանրացումը կատարվել է չոր և խոնավ միջավայրում 71-AM մակնիշի գնդաղացում 1...15 ժամ տևողությամբ, ինչպես նաև խոնավ միջավայրում M-30 մակնիշի թրթռաղացում 1...12 ժամ տևողությամբ: Որպես խոնավ միջավայր վերցվել է ջուրը: Խարամի և գնդերի զանգվածների հարաբերությունը վերցվել է 1:6, իսկ պինդ և հեղուկ զանգվածների հարաբերությունը՝ $T:Ջ=1:1$: Նկարում ցույց է տրված մասնիկների միջին չափսի կախվածությունը մանրացման տևողությունից տարբեր աղացներում և միջավայրերում մանրացնելիս:



Նկ. Հատիկների միջին չափսի կախումը մանրացման տևողությունից.
 1- չոր մանրում գնդադաշտում, 2- խոնավ մանրում գնդադաշտում, 3 - խոնավ մանրում
 թրթռադաշտում

Ինչպես երևում է նկարից, գնդադաշտում մանրացնելիս բավականին արագանում է մանրացման գործընթացը, հատկապես երբ այն կատարվում է խոնավ միջավայրում: 5-6 ժամ մանրացնելուց հետո հատիկների միջին չափսը տատանվում է 40...45 մկմ-ի սահմաններում, մինչդեռ թրթռադաշտում այն իջնում է 15...18 մկմ: Փորձերի արդյունքների հիման վրա որպես լավագույն տարբերակ ընտրվել են թրթռադաշտները:

Եզրակացություն. Այսպիսի մանրացումը խարամը, որի 40...45% ֆայալիտն է (Fe_2SiO_4), դարձնում է մեխանաքիմիապես ակտիվացած, որի պինդ-ֆազային (C-ով) վերականգնման միջոցով հնարավորություն կստեղծվի կորզել երկաթը՝ բարձր մաքրությամբ երկաթափոշու տեսքով:

Հեղագրությունը կատարվել է Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանի «Նյութագիտություն և մեթալուրգիա» բազային գիտահետազոտական լաբորատորիայում:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Аввакумов Е.Г., Болдырев В.В., Косубудский И.Д.** Механическая активация твердофазных реакций. Сообщ. 1: О взаимодействии пирита с железом // Изв. СО АН СССР. Сер. Хим. наук.-1972.- Вып.4, №9.- С.45-50.

2. **Болдырев В.В.** Механохимия и механическая активация твердых веществ // Успехи химии / РАН.- 2006.- Т.75, вып.3.- С. 203-216.
3. **Болдырев В.В.** Механохимический синтез в неорганической химии: Сб. науч. тр.- Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1991.- С.55-33.
4. **Гусев Г.М., Молчанов В.И.** Поведение сульфидов тяжелых металлов при диспергировании // В кн.: Механохимические явления при сверхтонком измельчении.- Новосибирск: Изд-во ИГ и Га, 1971.- С. 55-56.
5. **Соколов И.П., Чекмаров А.М., Селезнев В.П., Козырев А.В.** Особенности протекания твердофазных металлотермических реакций // Изв-во АН СССР.- Металлы.- 1990.- №2.- С.17-18.
6. **Бутягин П.Ю.** Разупорядоченные структуры и механохимические реакции в твердых телах // Успехи химии.- М.: Наука, 1984.- Т.53, №11.- С. 1769-1789.
7. **Данелян Н.Г., Торосян А.Р., Мельниченко В.В., Карапетян Т.Д.** Энергетические выходы в условиях высокого давления и деформации сдвига // Механохимический синтез: Сб. научн. тр / АН СССР.- Новосибирск: Наука, Сибирское отд-ие, 1991.- С. 56-59.
8. **Торосян А.Р.** Поведение некоторых твердофазных систем под воздействием высокого давления, сочетаемых деформацией сдвига: Дис. ...канд. физ-мат. наук / ИППФ.-Ереван, 1996.- 85 с.
9. **Мхитарян А.А.** Сверхбыстрые твердофазные эндотермические реакции // Химический журнал Армении.- 2000.- Т.53, №3-4.- С. 10-15.
10. **Торосян А.Р., Данелян Н.Г.** Влияние механической обработки на процесс термического восстановления MoS₂ металлическим магнием // Арм. Хим. журнал.-1992.-Т.45, №1-2.- С. 21-26.
11. **Danelyan N.G., Janazyan S.K., Melnichenko V.V., Yenikolopyan N.S.** Slow Burning Transition Into Detonation un MoS₂-Mg Mixture as a Result of Mechanical Allouing // Modern Physics Letters B.-1991.-V.5, №19.-P.1301-1305.
12. О влиянии механической активации на СВС-составы NiAl и TiAl / **Н.Ф. Шкодич, Н.А. Кочетов и др.** // Цветная металлургия.- 2006.- №5.- С. 44-50.
13. Изучение механических свойств материалов на основе NiAl, полученных методом СВС / **А.Г. Николаев, В.Г. Кошеляева и др.** // Известия РАН. Металлы.-1992.- №2.- С.128-134.
14. **Юхвид В.И.** Закономерности фазораспределения в металлотермических процессах // Известия АН СССР. Металлы.- М.: Наука, 1980.- №6.- С.61-64.
15. **Андреев С.Е., Зверевич В.В., Перов В.А.** Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых.- 3-е изд.- М.: Недра, 1980.- 415 с.
16. **Ходаков Г.С.** Физика измельчения.- М.: Наука, 1972.- 298 с.
17. **Heinicke G., Bock N., Harenz H.** Zum Mechanizmus der tribimechanischen aktivierten Metallcarbonylbildung unter Einfluss schwefelhaltig Substanz // Z.Anorg. Allg. Chem.-1970.-BD. 372.- S. 1672-1700.

18. Андреев С.Е., Товаров В.В., Перов В.А. Закономерности измельчения и исчисления характеристики гранулометрического состава.- М.: Metallurgizdat, 1959.- 73 с.
19. Голосов С.И., Молчанов В.И. Центробежная планетарная мельница, ее технические возможности и применение в практике геологических исследований // В кн.: Физико-химические изменения минералов в процессе сверхтонкого измельчения.- Новосибирск: Изд-во ИГ и Га, 1966.- С. 5-15.

С.Г. АГБАЛЯН, Н.Г. МЕЛИКСЕТАН, А.О. ЕЗАКЯН, Г.Х. АСЧЯН

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ И
МЕХАНОХИМИЧЕСКОГО АКТИВИРОВАНИЯ ШЛАКОВ
МЕДЕПЛАВИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

Исследован процесс дисперсионного измельчения шлаков медного производства на разных мельницах и в различных средах. Показано, что благодаря механохимической активации в мельницах механическая энергия преобразуется в тепловую, которая накапливается на поверхности твердого материала, что приводит к увеличению химической активности взаимодействующих веществ и к новым превращениям, происходящим при несравненно более низких энергиях и температурах.

Ключевые слова: медь, шлак, раствор, вибратор, дробление, механохимия, поверхностная энергия, активация, восстановление, железный порошок.

**S.G. AGHBALYAN, N.G. MELKSETYAN, H.H. YEZAKYAN,
G.H. ASCHYAN**

**INVESTIGATING THE PROCESSES OF GRINDING AND
MECHANOCHEMICAL ACTIVATION OF SLAGS OF COPPER
SMELTING PRODUCTIONS**

The process of dispersis grinding of slas of copper production in different mills and different environments is investigated. It has been shown that due to mechanochemical activation, the mechanical energy in the mills converts to thermal energy, which accumulates on the surface of the solid material, leading to an increase in the chemical activity of the interacting substances and to new transformations, occurring at incomparably lower energies and temperatures.

Keywords: copper, slag, mortar, vibrator, crushing, mechanochemistry, surface energy, activation, recovery, iron dust.