

Ս.Գ. ԱՂԲԱԼՅԱՆ, Վ.Ա. ՍԻՄՈՆՅԱՆ

ՄԱՐՏԵՆՍԻՏԱՅԻՆ ԾԵՐԱՑՈՂ ՓՈՇԵՊՈՂՊԱՏՆԵՐԻ ՍՏԱՑՄԱՆ
ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՅԻ ՀԻՄՆԱՎՈՐՈՒՄԸ

Հայրենական և արտասահմանյան գրականության վերլուծության արդյունքում ուսումնասիրվել են լեգիրված մետաղափոշիների ստացման տարբեր մեթոդներ, ինչպիսիք են՝ հալոյթափչումը, կալցիումի հիդրիդի միջոցով ստացումը, ջերմադիֆուզիոն հազեցումը, կարբոնիլային գործընթացը, էլեկտրոլիզը և բարդ օքսիդների սինթեզումը՝ հետագա վերականգնմամբ: Արդյունքում պարզվել է, որ գոյություն ունեցող բոլոր մեթոդները, բացի բարդ օքսիդների սինթեզումից և հետագա վերականգնումից, նպատակարար չեն մարտենսիտային ծերացող պողպատափոշիների ստացման համար: Հալոյթափչման մեթոդը նպատակահարմար է մաքուր մետաղափոշիների ստացման դեպքում, մինչդեռ կալցիումի հիդրիդով ստացումը նպատակահարմար չէ, քանի որ մարտենսիտային ծերացող պողպատները պարունակում են թթվածնի նկատմամբ փոքր խնամակացություն ունեցող մետաղներ՝ *Fe, Ni, Co* և *Mo*, ջերմադիֆուզիոն հազեցումը հարմար չէ մետաղական փոշու օգտագործման պատճառով, կարբոնիլային գործընթացը՝ բավականին բարդ է, իսկ իրականացնելը՝ դժվար:

Համալիր հետազոտության արդյունքում ցույց է տրված, որ լավագույն կերպով գույքակցելով բարդ օքսիդների սինթեզի (\$երիտի առաջացում) և վերականգնման գործընթացները՝ հնարավոր է մշակել լեգիրված մետաղափոշիների արտադրության արդյունավետ տեխնոլոգիա, որը կապահովի գերմաքուր քիմիական բաղադրություն, պահանջվող կառուցվածքի և հատկությունների ստացում:

Առանցքային բառեր. մետաղական օքսիդներ, սինթեզ, վերականգնում, մետաղափոշի, մամլում, եռակալում, տաք արտամղում, մարտենսիտային ծերացող փոշեպողպատ:

Ներածություն: Մարտենսիտային ծերացող պողպատները, որոնք առաջին անգամ մշակվել են 1960-ական թվականների սկզբին, ներկայումս ստացել են լայն տարածում՝ ի հաշիվ հատկությունների լավ համադրման: Դրանք օժտված են բարձր ամրությամբ, պլաստիկությամբ, ջերմակայունությամբ, սառցաբեկունությամբ, բավարար դիմադրությամբ փխրուն քայքայման նկատմամբ և չափերի պահպանմամբ ջերմային մշակման ընթացքում: Կոնստրուկցիոն պողպատներից պահանջվող հիմնական հատկություններն են բարձր կոշտությունը, հուսալիությունը և երկարակեցությունը: Մարտենսիտային ծերացող պողպատներն այդ հատկություններով գերազանցում են այլ կոնստրուկցիոն պողպատներին, սակայն դրանք

ավելի թանկ են [1]: Այս պողպատներն ունեն օգտագործման լայն շրջանակներ, ինչը պայմանավորված է ժամանակակից տեխնիկայի առաջադեմ ոլորտներում բարձր ամրությամբ նյութերի աճող պահանջարկով: Այդպիսի ոլորտներից են ինքնաթիռաշինությունը, հրթիռաշինությունը, տիեզերական սարքաշինությունը, կրիոգենային տեխնիկան և այլն, որտեղ պողպատն օգտագործում են՝ շնորհիվ սողքի նկատմամբ բարձր դիմադրության, որը պահանջվում է շարժիչների և շասիների որոշ դետալներից, ինչպես նաև տիեզերական սարքաշինության մեջ օգտագործվող տարբեր ամրացնող դետալներից և այլն: Տեխնիկայի զարգացմանը զուգընթաց բարձրանում են նաև մարտենսիտային ծերացող պողպատների ներկայացվող պահանջները: Օրինակ, ինքնաթիռների շարժիչների արդյունավետության բարձրացման համար անհրաժեշտ են ավելի ջերմակայուն և հրամուր պողպատներ, ինչն արդիական խնդիր է և պահանջում է ավելի բարձր հատկություններով մարտենսիտային ծերացող պողպատների մշակում:

Մարտենսիտային ծերացող պողպատների արտադրությունը հիմնականում կատարվում է ձուլման և փոշեմետալուրգիական եղանակներով: Վերջինն ունի մի շարք առավելություններ, որոնցից կարելի է նշել մետաղական ելանյութերի ավելի արդյունավետ օգտագործումը, արտադրողականության բարձրացումը և էներգիայի ավելի արդյունավետ սպառումը: Սակայն ամենակարևոր առավելությունը թերևս այն է, որ փոշեմետալուրգիական եղանակով հնարավոր է ստանալ գերձճրիտ մաքրությամբ պողպատներ, հատկապես ածխածնի նվազագույն պարունակությամբ, որը հնարավորություն է տալիս ապահովել բարձր ջերմակայունություն և հրամրություն: Այս պողպատներն ամրացվում են ջերմամշակմամբ՝ դիսպերս կարծրացման մեխանիզմով, այսինքն միմյանք և ծերացմամբ:

Ելնելով վերոհիշյալից, աշխատանքի նպատակն է ուսումնասիրել մարտենսիտային ծերացող փոշեպողպատների ստացման եղակները՝ բացահայտել առանձնահատկությունները և արդյունքում մշակել բարձր ամրությամբ և մաշակայունությամբ գերձճրիտ բաղադրությամբ փոշեպողպատների ստացման տեխնոլոգիա:

Խնդրի դրվածքը և մեթոդիկայի հիմնավորումը: Մարտենսիտային ծերացող պողպատները բաժանվում են երկու խմբի՝ ըստ նշանակության և ամրության: Ըստ նշանակության բաժանվում են ընդհանուր և հատուկ նշանակության պողպատների, իսկ ըստ ամրության՝ չափավոր (1000...2000 ՄՊա), բարձրամուր (2000...3500 ՄՊա) և գերամուր (>3500 ՄՊա) պողպատների: Չափավոր ամրությամբ պողպատները ոչ թանկարժեք տարրերով լեգիրված պողպատներն են: Դրանք չեն պարունակում կոբալտ, որը համարվում է թանկարժեք լեգիրող տարր: Պարունակում են քիչ քանակությամբ նիկել և մոլիբդեն (Ni=4...12%, Mo=1...3%): Իսկ ածխածնի պարունակությունը բարձր է պահանջվող քանակից (C=0,04...0,1%): Բացի դրանցից, այս

տեսակի պողպատներում որոշակի քանակությամբ ավելացվում են նաև՝ պղինձ (1...5%), ալյումին և տիտան ($Al+Ti \leq 1,5\%$): Չափավոր ամրությամբ մարտենսիտային ձերացող պողպատների օրինակներ են՝ H12X5M3 ($\sigma_{\partial}=1200$ ՄՊա), 08X15H5Ճ2T ($\sigma_{\partial}=1300$ ՄՊա), 03X11H9M2T ($\sigma_{\partial}=1600$ ՄՊա) և այլն:

Բարձրամուր մարտենսիտային ձերացող պողպատները պարունակում են 16...19% նիկել, 8...15% կոբալտ, 4...6% մոլիբդեն և տիտան: Այս պողպատներից են H12K12M10TIO ($\sigma_{\partial}=3000$ ՄՊա), H18K12M3T2 ($\sigma_{\partial}=2400$ ՄՊա), H12K12M7B7 ($\sigma_{\partial}=2600$ ՄՊա) և այլն, իսկ գերամուր պողպատներում սովորաբար առկա են 15...18% կոբալտի և 10...14% մոլիբդենի բարձր պարունակություններ [2]:

Փոշեմետալուրգիական գործընթացում կարևորագույն քայլերից մեկն է մետաղափոշիները բովախառնուրդի պատրաստումը: Եռակալման արդյունքում ստացված պողպատների մի շարք հատկություններ կախված են կառուցվածքի համասեռությունից, այսինքն՝ որքան հավասարաչափ են բաշխված եղել փոշու բաղադրիչ տարրերը մամլվածքի մեջ: Բովախառնուրդները պատրաստվում են մետաղափոշիների մեխանիկական կամ քիմիական խառնման միջոցով:

Մեխանիկական խառնման համար օգտագործվում են հատուկ սարքեր՝ աղացներ, թմբուկներ և այլն: Այս եղանակը հնարավորություն է տալիս համտեղել մետաղափոշու ստացման և խառնման գործընթացները: Սա թերևս նրա կարևորագույն առավելություններից մեկն է: Սակայն մեխանիկական խառնման ճանապարհով դժվար է ստանալ հոմոգեն խառնուրդ, քանի որ բովախառնուրդի ստացման ժամանակ տեղի է ունենում մետաղափոշիների տարանջատում. ավելի մեծ չափսերի փոշու հատիկները տեղաշարժվում են մի կողմ, իսկ ավելի փոքր չափսերովները՝ մեկ այլ կողմ, ինչն անթույլատրելի է բարձրորակ մարտենսիտային ձերացող պողպատների ստացման ժամանակ: Տարանջատման վրա ազդում են նաև մետաղափոշիների խտությունները:

Քիմիական եղանակի հիմքում ընկած է լեգիրող տարրի նստեցումը երկաթի փոշիների հատիկների վրա: Դա, օրինակ, հնարավոր է կատարել միաժամանակ գոլորշիացնելով մետաղի և լեգիրող տարրի աղերի ջրային լուծույթները՝ ինտենսիվորեն խառնելով ստացված զանգվածը: Քիմիական եղանակն ապահովում է մետաղափոշիների ավելի համասեռ բաշխումը, որը բարձրացնում է եռակալման ընթացքում հոմոգենացման աստիճանը: Արդյունքում ստացվում է, որ յուրաքանչյուր հիմնական մետաղի փոշու հատիկ պատված է լեգիրող տարրի հատիկներով: Ներկայումս քիմիական եղանակն ավելի քիչ է տարածված, սակայն նրա առավելությունները հիմք են հանդիսանում՝ ընտրելու լեգիրված մետաղափոշու ստացման հենց այս եղանակը [3]:

Հայտնի է [4, 5], որ մարտենսիտային ձերացող պողպատները համարվում են գերմաքուր համաձուլվածքներ և բնութագրվում են հստակ քիմիական

բաղադրությամբ, խառնուկների բացակայությամբ և որոշակի կառուցվածքով: Այստեղից կարելի է պնդել, որ մարտենսիտային ծերացող պողպատների մշակման արդյունքում պետք է լուծվի երկու կարևոր խնդիր: Առաջինը՝ պետք է ստանալ լեգիրված պողպատափոշիներ (բայց ոչ տարբեր մետաղափոշիների մեխանիկական խառնուրդի տարբերակով) և երկրորդը՝ անծակոտկեն կառուցվածքով իրի ստացում՝ լեգիրված պողպատափոշիների մամլմամբ ու հետագա տաք ճնշմամբ մշակմամբ:

Խնդրի լուծման նպատակով ուսումնասիրվել են լեգիրված պողպատափոշու ստացման հետևյալ եղանակները՝ լեգիրված պողպատափոշու ստացումը հալույթափչման եղանակով, կալցիումի հիդրիդի միջոցով, ջերմադիֆուզիոն հազեցումով, կարբոնիլային գործընթացներով և բարդ օքսիդների սինթեզումով ու հետագա վերականգնումով:

Հետազոտության արդյունքները: Գոյություն ունի մետաղական հալույթների փոշիացմամբ մետաղափոշիների ստացման երեք եղանակ՝ փոշեցրում հեղուկներով, գազային հոսքով և պտտվող սկավառակով: Լեգիրված փոշեպողպատներն արտադրվում են ապաօքսիդացնող միջավայրերում, որը ստացվում է չեզոք գազերի միջավայրում հալույթների փոշիացմամբ: Փոշու հատիկի առաջացման վրա ազդում են մի շարք գործոններ՝ հալված ելանյութի շիթի ջերմաստիճանը, ջերմունակությունը և տրամագիծը, գազային հոսքի հզորությունն ու ջերմաստիճանը և հալույթի մակերևութային լարվածությունն ու մածուցիկությունը [6, 7]: Արտադրական պայմաններում փոշեցրումը կատարվում է ստորև բերված պարամետրերով, որի արդյունքում ստացվում են ընդունելի տվյալներ՝ հալույթի ջերմաստիճանը $1650...1700^{\circ}\text{C}$, մետաղի ծախսը $15...30 \text{ կգ/ր}$, էներգակրի ծախսը՝ $0,5...1,0 \text{ ս}^{\circ}/\text{կգ}$, գազի ճնշումը՝ $8...20 \text{ կգ/սմ}^2$, էներգակրի ջերմաստիճանը՝ $21...500^{\circ}\text{C}$, թթվածնի պարունակությունը էներգակրում՝ $0,005\%$ (իսկ փոշում՝ $0,01\%$):

Գազով հալույթների փոշեցրման տեխնոլոգիան լայնորեն կիրառվում է արագահատ փոշեպողպատների արտադրությունում: Փոշիացումով հնարավոր է ստանալ նաև հրամուր և չժանգոտվող պողպատներ [8-10]: Այս եղանակի հիմնական առավելությունն այն է, որ ստացված լեգիրված փոշիները համասեռ են բաղադրությամբ և կառուցվածքով:

Վերլուծությունները ցույց են տալիս, որ այս եղանակով փոշիների ստացումը տնտեսապես շահավետ է, երբ որպես ելանյութ ծառայում են երկրորդային հումքը, իսկ մաքուր մետաղներից մետաղափոշիների ստացումը նպատակահարմար չէ: Դա շահավետ կարող է լինել միայն այն դեպքում, երբ նպատակ կա ստանալու գերմաքուր մայրակով համաձուլվածքներ:

Ռուսաստանյան Դաշնության ԼՀИИЧМ կենտրոնում մշակվել է համաձուլվածքների և հատկապես պողպատների փոշիների ստացման տեխնոլոգիա,

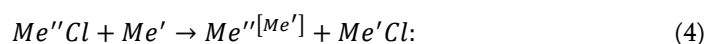
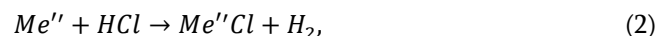
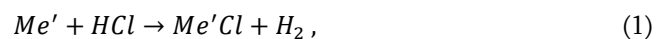
որը հիմնված է մետաղական փոշիների խառնուրդների և կալցիումի հիդրիդով օքսիդների համատեղ վերականգնման վրա [11-14]:

Բաղադրիչները և հեշտությամբ վերականգնվող օքսիդները ներմուծվում են բովախառնուրդի մեջ մետաղափոշու տեսքով, որը հնարավորություն է տալիս նվազեցնել թանկարժեք կալցիումի հիդրիդի քանակը: Բսկ դժվար վերականգնվող օքսիդները՝ Al_2O_3 , SiO_2 , MnO , V_2O_3 և այլն, վերականգնվում են կալցիումի հիդրիդի միջոցով $1150...1200^{\circ}C$ -ում:

Տարբեր մետաղական փոշիներից, օքսիդներից և կալցիումի հիդրիդից կազմված բովախառնուրդը խառնվում է հատուկ խառնիչներում: Այնուհետև այն լցվում է չժանգոտվող պողպատից կամ համաձուլվածքից պատրաստված թորանոթ՝ վերականգնելու նպատակով: Վերականգնումից հետո լեզիրված փոշուց և CaO -ից կազմված եռակաված սպունգը դուրս է հանվում թորանոթից, այնուհետև աղացներում ենթարկվում է նախնական մանրացման, որից հետո մաղման և հատուկ աղացներում՝ ջրային միջավայրում, դիսպերս մանրացման: Լեզիրված մետաղափոշին ջրազրկում են կենտրոնախույս սարքի միջոցով, այնուհետև չորացնում վակուումային վառարանում $60...70^{\circ}C$ -ում: Ներկայումս այս եղանակով արտադրում են մի շարք պողպատներ և համաձուլվածքներ, ինչպիսիք են ПХ18Н15, ПХ30, ПХ20Н80 և այլն:

Վերլուծելով հիդրիդա-կալցիումային արտադրության եղանակը, կարելի է եզրակացնել, որ այն տնտեսապես նպատակահարմար է բարձր ջերմադինամիկ ակտիվությամբ էլեմենտներ՝ Cr , Al , Ti և այլն, պարունակող փոշեհամաձուլվածքների ստացման համար: Կարելի է ենթադրել նաև, որ այն ընդունելի չէ որոշ մետաղափոշիների ստացման համար, որոնց բաղադրության մեջ առկա են թթվածնի նկատմամբ փոքր խնամակացություն ունեցող մետաղներ, ինչպիսիք են Fe -ը, Ni -ը, Co -ը, Mo -ը, W -ը և այլն: Այստեղից հետևում է, որ այս եղանակը նպատակահարմար չէ մարտենսիտային ծերացող փոշեպողպատներ ստանալու համար:

Լեզիրված մետաղափոշիների ստացման հաջորդ եղանակը հիմնված է քիմիա-ջերմային մշակմամբ մետաղապատման գործընթացի վրա [15, 16]: Այս եղանակը կիրառելի չէ Cr , Mn , Si , Ti և այլ մետաղներ պարունակող համաձուլվածքների փոշիների ստացման համար [17-19]: Ջերմադինամիկ հագեցման ընթացքում տեղի ունեցող հիմնական ռեակցիաների ընդհանուր տեսքը բերված է ստորև՝



(1)-ին և (2)-րդ ռեակցիաները բնութագրում են մետաղների քլորացումը, իսկ (3)-րդ և (4)-րդ ռեակցիաները՝ Me' և Me'' ակտիվ ատոմների առաջացման շնորհիվ փոխադարձ դիֆուզիոն հազեցումը: Այս գործընթացի տեխնոլոգիական ընթացքը բավականին պարզ է, համաձայն որի բովախառնուրդի ելանյութերը՝ Me' , Me'' և NH_4Cl , խառնվում են, այնուհետև տեղափոխվում հերմետիկացված բեռնարկը: Հետո դրանք ենթարկվում են դիֆուզիոն հազեցման $5...10$ ժ տևողությամբ, $800...1100^\circ C$ -ում, ջրածնի միջավայրում: Լեգիրող տարրերի քլորիդների ստացման համար բովախառնուրդի մեջ ավելացվում է $1...3\%$ NH_4Cl : Բացի քլորաջրածնի ստացման աղբյուր լինելուց, NH_4Cl նաև օգտագործվում է մետաղափոշու փխրեցման նպատակով: Այն արագացնում է ստացված սպունգի հեշտությամբ մանրացման գործընթացը: Այդ պատճառով NH_4Cl -ի բաղադրությունը բովախառնուրդում կազմում է $10...15\%$: Փխրեցման համար կարելի է օգտագործել նաև ամոնիումի երկկարբոնատը: Այս դեպքում $NH_4Cl + (NH_4)_2CO_3$ -ի ընդհանուր քանակությունը լինում է $10...15\%$:

Ջերմադիֆուզիոն հազեցման եղանակ է համարվում մետաղաօքսիդային տեխնոլոգիան, որը հիմնված է մետաղապատման և համակցված վերականգնման ($C+H_2$) գործընթացների վրա: Մշակվել է լեգիրված փոշիների ստացման տեխնոլոգիա $Me' + Me''O_y$ կոմպոզիցիայից, որտեղ Me' -ը մայրակ մետաղի փոշին է, իսկ $Me''O_y$ -ը՝ լեգիրող մետաղի օքսիդը [20, 21]: Ուսումնասիրվել են ֆերոմանգանային ($Fe - MnO_2$) և ֆերոքրոմային փոշիների ($Fe - Cr_2O_3$) ստացման գործընթացները, որոնք պարունակում են 6% Mn և 12% Cr : Ելանյութերը եղել են՝ մանգանի երկօքսիդը, ամոնիումի քլորիդը, $ПЖ4М2$ մակնիշի երկաթափոշին, $ОХМ$ մակնիշի քրոմի օքսիդը և $ТГМ-33$ մակնիշի մուրը: Լեգիրված մետաղափոշիների ստացման համար օպտիմալ ռեժիմներ են հանդիսանում $T = 1100 ... 1200^\circ C$ և $\tau = 3,5 ... 5,0$ ժ:

Լեգիրված մետաղափոշիների ստացման քիմիաջերմային եղանակը նպատակահարմար չէ մարտենսիտային ծերացող պողպատափոշիների ստացման համար՝ հոմոգեն կառուցվածք չապահովելու պատճառով, իսկ մետաղաօքսիդային տարբերակն ըստ էության նման է հիդրիդա-կալցումային տեխնոլոգիային:

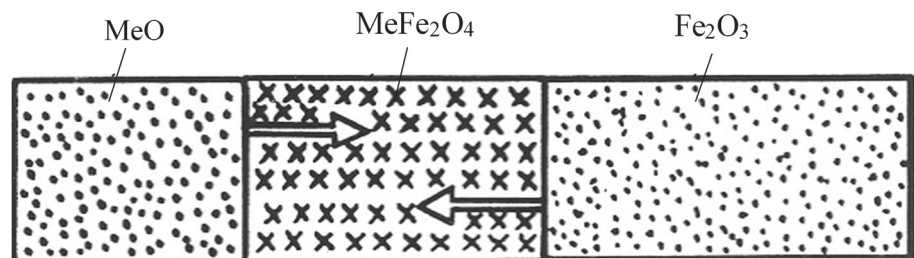
Որոշակի հետաքրքրություն են ներկայացնում նաև մետաղափոշիների ստացման էլեկտրոլիզի [22, 23] և կարբոնիլային եղանակները [24, 25], որոնք օգտագործվում են տարբեր մետաղների փոշիների ստացման զանգվածային արտադրություններում, ինչպիսիք են Sn , Ti , Ni , Fe , Co , Ta և այլն: Այս եղանակներով ստացված մետաղափոշիներն ունեն բարձր դիսպերսայնություն և քիմիական մաքրություն: Սակայն նշված եղանակները չեն օգտագործվում բազմակոմպոնենտ համաձուլվածքների փոշիներ ստանալու համար, որովհետև էլեկտրոլիզի եղանակը բավականին էներգատար է, իսկ կարբոնիլային տեխնոլոգիայի կիրառումը՝ շատ բարդ:

Վերջին տասնամյակներում լայն տարածում են գտել մետաղական օքսիդներից բարդ օքսիդների սինթեզումը (ֆերիտների ստացումը) և սինթեզված բարդ օքսիդային համակարգերի վերականգնմամբ լեգիրված մետաղափոշիների ստացումը [26-29]:

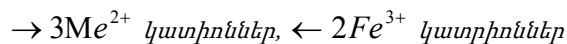
Օքսիդային միացություններից օքսիդների պինդ լուծույթ կարելի է ստանալ, եթե դրանք իզոմորֆ են, և մետաղներն ունեն միևնույն իոնային շառավիղները: Ընդհանուր տեսքով օքսիդների սինթեզը հնարավոր է իրականացնել, եթե դրանցից մեկը թթվային է (Fe_2O_3 , Cr_2O_3 , TiO_2 , MoO_3 , Re_2O_7 և այլն), իսկ մյուսը՝ հիմնային (CuO , FeO , NiO , CoO , ZnO և այլն): Եռավալենտ մետաղի թթվային օքսիդի $\text{Me}^{III}\text{O}_3$ և երկվալենտ մետաղի հիմնային օքսիդի Me^{II}O փոխազդեցության հետևանքով առաջանում են հատուկ միացություններ՝ ֆերիտներ, ալյումինատներ, քրոմիտներ, տիտանիդներ, մոլիբդատներ և այլն:



Ֆերիտներն իոնային միացություններ են, որոնցում անիոնները թթվածինն է (O^{2-}): Բյուրեղային ցանցի հանգույցներում տեղավորված են բացասական լիցքավորված անիոնները (O^{2-}), իսկ դրական լիցքավորված կատիոնները (Me^{2+} , Fe^{3+})՝ նրա ներսում, այսինքն թափուր տեղերում: Պինդ ֆազային ռեակցիայի դեպքում տեղի է ունենում իոնների, այսինքն Me^{2+} և Fe^{3+} կատիոնների դիֆուզիա, իսկ O^{2-} անիոնները մնում են անշարժ (նկ. 1):



Նկ. 1. MeFe_2O_4 ֆերիտ-շպինելի առաջացման մեխանիզմի սխեման.



Էլեկտրաչեզոք վիճակ ստացվում է, եթե դիֆուզվում են (3Me^{2+} և 2Fe^{3+}) կատիոնների էկվիվալենտ քանակություններ: Այս ենթադրությունը հիմնավորվում է իոնային շառավիղների մեծ տարբերությամբ (աղ. 1): Քանի որ մոնոֆերիտների իոնային շառավիղները (աղ. 1) և բյուրեղային ցանցի պարամետրերը (աղ. 2) շատ մոտ են իրար, հետևապես՝ դրանք կարող են գոյացնել անսահմանափակ լուծելիություն՝ առաջացնելով պինդ լուծույթի տիպի բարդ օքսիդներ:

Աղյուսակ 1

Մետաղների իոնային տրամագծերը ($ro^{2-} = 0,14$ նմ)

Իոն (2 ⁺)	r, նմ	Իոն (3 ⁺)	r, նմ	Իոն (4 ⁺)	r, նմ
Fe	0,074	Fe	0,064	Mo	0,068
Ni	0,069	Co	0,063	Ti	0,068
C	0,070	Al	0,051	C	0,046

Աղյուսակ 2

Ֆերիտների որոշ բնութագրեր

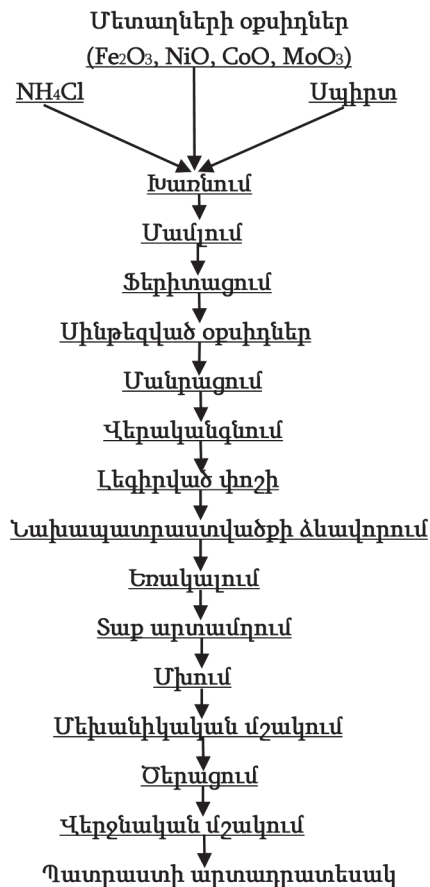
Ֆերիտներ	Կատիոնների բաշխվածությունը հանգույցներում	Ցանցի պարամետրը a , նմ	Խտությունը, g/cm^3
FeFe ₂ O ₄	Fe ³⁺ [Fe ²⁺ Fe ³⁺]O ₄	0,839	5,24
NiFe ₂ O ₄	Fe ³⁺ [Ni ²⁺ Fe ³⁺]O ₄	0,834	5,38
CuFe ₂ O ₄	Fe ³⁺ [Cu ²⁺ Fe ³⁺]O ₄	0,822	5,35
MnFe ₂ O ₄	Mn ²⁺ _{0,8} Fe ³⁺ _{0,2} [Mn ²⁺ _{0,2} Fe ³⁺ _{1,8}]O ₄	0,850	5,00

Ոչ ստեխիոմետրիկ համակարգերն ունեն գործնական մեծ նշանակություն փոշեմետալուրգիայի բնագավառում: Ըստ քիմիական բաղադրության՝ դրանք զբաղեցնում են ցածր, միջին և բարձր բաղադրությամբ լեգիրված փոշեկոմպոզիտային նյութերի գրեթե ողջ տիրույթը: Հետևապես, լավագույն ձևով զուգակցելով բարդ օքսիդների ֆերիտառաջացումը (սինթեզը) և վերականգնումը, հնարավոր է մշակել լեգիրված մետաղափոշիների արտադրության արդյունավետ տեխնոլոգիա, որը կապահովի պահանջվող քիմիական բաղադրությունը և հատկությունները: Ելքային օքսիդների սինթեզը համարվում է կարևոր գործընթաց, քանի որ օքսիդների մեխանիկական խառնուրդները վերականգնվում են ընտրողական, այսինքն առանց համաձուլվածքի առաջացման [30, 31]: Հենց այս տեսանկյունից էլ դրվել և լուծվել է գերմաքուր փոշեհամաձուլվածքների փոշիների ստացման տեխնոլոգիական խնդիրը, որը կիրառելի է մարտենսիտային ծերացող պողպատների դեպքում:

Հայտնի է [26, 32-35], որ ծակոտկեն փոշենյութերի տաք մշակման մեթոդներով հնարավոր է ապահովել փոշեհամաձուլվածքների ցածր ծակոտկենությունը կամ առհասարակ դրա բացակայությունը: Այդ մեթոդներից են տաք մամլումը (ΓΠ) [32, 33], տաք դրոշմումը (ΓΙΙ) [32, 34], դինամիկ տաք մամլումը (ΔΓΠ) [35], տաք արտամղումը (ΓΘ) [26, 36] և զագաստատիկ մամլումը (ΓCΠ) [37]: Խտացման բոլոր այս մեթոդները կարելի է օգտագործել ցանկացած տեսակի փոշենյութերի համար: Իսկ բուն մեթոդի ընտրումը պետք է կատարվի՝ հաշվի առնելով դետալի աշխատանքային պայմանները և պահանջվող հատկությունները: Քանի որ մար-

տենսիտային ծերացող պաղպատներից պահանջվում է անձակոտկեն կառուցվածք, հետևապես՝ պետք է ընտրել կոմպակտավորման այնպիսի մեթոդ, որը կապահովի անձակոտկեն կառուցվածքի ստացումը: Այդպիսի մեթոդներ են գազաստատիկ մամլումը (ГСП) և տաք արտամղումը (ГЭ) [26, 34]: Հաշվի առնելով գազաստատների բացակայությունը Հայաստանի Հանրապետությունում, կոմպակտավորման գործընթացն իրականացվել է տաք արտամղման եղանակով:

Կատարված համալիր հետազոտությունների արդյունքում մշակվել է մարտենսիտային ծերացող փոշեպողպատների փոշու և նրանից արտադրատեսակների ստացման տեխնոլոգիա (նկ. 2), որը ներառում է կոմպոնենտների օքսիդներից բարդ օքսիդների սինթեզման և վերականգնման, ինչպես նաև ստացված պողպատափոշուց պատրաստված ծակոտկեն մամլվածքների տաք արտամղմամբ կոմպակտավորման գործընթացը:



Նկ. 2. Մարտենսիտային ծերացող փոշեպողպատների և արտադրատեսակների ստացման տեխնոլոգիան

Եզրակացություն: Կատարվել է հայրենական և արտասահմանյան գրականության համալիր վերլուծություն մարտենսիտային ծերացող փոշեպողպատների ստացման ուղղությամբ: Ուսումնասիրվել են լեգիրված մետաղափոշիների ստացման տարբեր մեթոդներ, ինչպիսիք են՝ հալույթափչումը, կալցիումի հիդրիդի միջոցով ստացումը, ջերմադիֆուզիոն հագեցումը, կարբոնիլային գործընթացը, էլեկտրոլիզը և բարդ օքսիդների սինթեզումը՝ հետագա վերկանգնմամբ:

Հետազոտության արդյունքում պարզվել է, որ գոյություն ունեցող բոլոր մեթոդները, բացի բարդ օքսիդների սինթեզումից և հետագա վերկանգնումից, նպատակարար չեն մարտենսիտային ծերացող պողպատափոշիների ստացման համար: Ցույց է տրված, որ օպտիմալ կերպով զուգակցելով բարդ օքսիդների սինթեզի (ֆերիտի առաջացում) և վերկանգնման գործընթացները, հնարավոր է մշակել լեգիրված մետաղափոշիների արտադրության արդյունավետ տեխնոլոգիա, որը կապահովի անհրաժեշտ քիմիական բաղադրությունը, կառուցվածքի ստացումը և պահանջվող հատկությունները:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. <https://studizba.com/lectures/inzhenerija/metallovedenie-legirovannyh-stalej-i-splavov-i-ih-jekspluatacionnye-svoystva/37484-martensitnostarejuschie-stali.html>
2. http://oitsp.ru/welding_article/sostav-struktura-i-naznachenie-martensitno-stareyushchih-staley
3. <https://industrial-wood.ru/osnovy-poroshkovoy-metallurgii/12219-smeshivanie-metallicheskih-poroshkov.html>
4. **Гольдштейн М.И., Грачев С.В., Векслер Ю.Г.** Специальные стали: Учебник для вузов.- М.: Металлургия, 1985.- 408 с.
5. **Աղբալյան Ս.Գ., Մալիկովա Եվ.Ս.** Հատուկ պողպատներ և համաձուլվածքներ: Ուսումնական ձեռնարկ.- Երևան: ՀՊՃՀ, 2003.- 260 էջ:
6. **Грацианов Ю.А., Путимцев В.Н., Силаев А.Ф.** Металлические порошки из расплавов.- М.: Металлургия, 1970.- 245 с.
7. **Ничипоренко О.С., Найда Ю.И., Медведевский А.Б.** Распыленные металлические порошки.-Киев: Наукова думка, 1980.-240 с.
8. Порошковая металлургия сталей и сплавов / **Ж.И. Дзиеладзе, Р.П. Шеголева, Л.С. Голубева и др.**- М.: Металлургия, 1978.-264 с.
9. Железные порошки. Технология, состав, структура, свойства, экономика /**В.Б. Акименко, В.Я. Буланов, В.В. Рунин и др.**- М.: Наука, 1982.- 264 с.
10. **Gessinger G.H.** Powder metallurgy of Superalloys.- London, 1984.- 319 p.
11. А.с. 127029 (СССР). Способ получения порошков сплавов / **Б.А. Борок, В.И. Гаврилин, В.Г. Тепленко и др.** //Открытия. Изобретения.- 1960.- №. 6.
12. **Борок Б.А., Тепленко В.Г.** Получение порошков сплавов и сталей совместным восстановлением смесей окислов гидридом кальция.- В кн.: Порошковая металлургия.- М.: Металлургия, 1965.- С.69-81.

13. **Борок Б.А., Шеголева Р.П., Голубева Л.С.** Получение и свойства порошка нержавеющей стали // Порошковая металлургия.-1969.- №3.- С.1-5.
14. Исследование микроструктуры легированных порошков, полученных совместным восстановлением / **Р.П. Шеголева, Л.С. Голубева, Н.А. Ручьева и др.**- В. кн.: Порошковая металлургия.- М.: Металлургия, 1965.- С. 81-98.
15. **Минкевич А.Н.** Химико-термическая обработка металлов и сплавов.- М.: Металлургия, 1965.- 491 с.
16. **Дубинин Г.Н.** Диффузионное хромирование сплавов.- М.: Металлургия, 1964.- 451 с.
17. **Радомысльский И.Д., Напара-Волгина С.Г.** Исследование режимов получения хромированного железного порошка методом диффузионного насыщения из твердых хромосодержащих засыпок // Порошковая металлургия.- 1965.- №8.-С. 12-18.
18. **Радомысльский И.Д., Напара-Волгина С.Г., Мартюхин И.Д.** Механизм процесса диффузионного насыщения из точечных источников // Тр. XI Всесоюз. науч.-техн. конф. по металлокерамическим материалам и изделиям.- Ереван, 1973.- С. 3-8.
19. **Радомысльский И.Д., Напара-Волгина С.Г.** Получение легированных порошков диффузионным методом и их использование.- Киев: Наукова думка, 1988.- 138 с.
20. А.с. 752917 (СССР). Шихта для получения легированного порошка диффузионным насыщением / **И.Д. Радомысльский, В.Н. Клевцов, С.Г. Напара-Волгина и др.** // Открытия. Изобретения.-1965.
21. **Радомысльский И.Д., Напара-Волгина С.Г.** Термическая и химико-термическая обработка в порошковой металлургии // Сб. науч. статей по порошковой металлургии.- Киев: Наукова думка, 1969.- С. 32-43.
22. **Кудра О., Гитман Е.** Электролитическое получение металлических порошков.- Киев: Изд-во АН УССР, 1952.- 144 с.
23. **Юрьев Б.П., Суханова Л.П.** Электролитический способ непрерывного получения поликомпонентных металлических порошков // Порошковая металлургия.- 1969.- №6.-С. 12-17.
24. **Сыркин В.Г.** Химия и технология карбонильных материалов.-М.: Химия, 1973.- 240 с.
25. **Белозерский Н.А.** Карбонилы металлов.- М.: Металлургия, 1958.- 372 с.
26. **Манукян Н.В.** Технология порошковой металлургии.- Ереван: Айастан, 1986.- 232с.
27. Получение порошковых мартенситно-стареющих сталей / **С.Г. Агбалян, Б.Ф. Бадеян, Р.Г. Самвелян и др.** // Порошковая металлургия.- Киев, 1994.- N 9/10.- С. 7-15.
28. Формование структуры и свойств мартенситно-стареющих порошковых сталей, полученных экструзией / **С.Г. Агбалян, Б.Ф. Бадеян, С.А. Ассила и др.** // Порошковая металлургия.- Киев, 1994.- N 11/12.- С. 10-13.
29. Низколегированные порошковые стали, полученные по металлооксидной технологии / **С.Г. Агбалян, С.А. Ассила, Н.Н. Манукян и др.** // Порошковая металлургия.- Киев, 1995.- N 1/2.- С. 5-10.

30. **Тумарев А.С.** Комплексное восстановление и окисление элементов // Проблемы металлургии.- М.: Металлургия, 1953.- 33-63 с.
31. Механизм и кинетика восстановления металлов / **Г.И. Чуфаров и др.**- М.: Наука, 1970.- 399 с.
32. **Ковальченко М.С.** Теоретические основы горячей обработки пористых материалов давлением.- Киев: Наукова думка, 1980.- 240 с.
33. Промышленная технология горячего прессования порошковых изделий / **Ю.Г. Дорофеев, Б.Г. Гасанов, В.Ю. Дорофеев и др.**- М.: Металлургия, 1990.-206 с.
34. Порошковая металлургия. Спеченные и композиционные материалы / **Под ред. В. Шатта**; Пер. с нем.- М.: Металлургия, 1983.-520 с.
35. **Дорофеев Ю.Г.** Динамическое горячее прессование пористых порошковых заготовок.- М.: Металлургия, 1977.- 216 с.
36. **Агбальян С.Г.** Теоретические и технологические основы формования структуры и свойств порошковых материалов при экструзии: Дис. ... докт. техн. наук.- Ереван, 1992.- 382 с.
37. Порошковая металлургия и напыленные покрытия: Учебник для вузов / **В.Н. Анциферов, Г.В. Бобров, Л.К. Дружинин и др.**; Под ред. Б.С. Митина.- М.: Металлургия, 1987.- 792 с.

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 12.04.2022:

С.Г. АГБАЛЯН, В.А. СИМОНЯН

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ МАРТЕНСИТНО-СТАРЕЮЩИХ ПОРОШКОВЫХ СТАЛЕЙ

В результате анализа отечественной и зарубежной литературы изучены различные способы получения легированных порошков металлов, в частности: распыление расплавов, получение при помощи гидрида кальция, термодиффузионное насыщение, карбонильные процессы, электролиз и синтез сложных оксидов с дальнейшим восстановлением. В результате оказалось, что все существующие методы, кроме синтеза и последующего восстановления сложных оксидов, не подходят для получения мартенситно-стареющих стальных порошков. Распыление расплавов сжатым воздухом подходит для получения порошков чистых металлов, а получение при помощи гидрида кальция нецелесообразно, так как мартенситно-стареющие стали содержат металлы Fe, Ni, Co и Mo с низким сродством к кислороду, термодиффузионное насыщение не подходит из-за использования металлического порошка, а карбонильный процесс довольно сложен и трудно реализуем.

Комплексные исследования показали, что, сочетая наилучшим образом процессы синтеза (ферритизации) и восстановления сложных оксидов, можно разработать эффективную технологию производства легированных порошков, которая обеспечит сверхчистый химический состав, требуемые структуру и свойства.

Ключевые слова: оксиды металлов, синтез, восстановление, металлический порошок, прессование, спекание, горячая экструзия, мартенситно-стареющая порошковая сталь.

S.G. AGHBALYAN, V.A. SIMONYAN

**SUBSTANTIATING THE TECHNOLOGY FOR MANUFACTURING
MARAGING STEELS**

As a result of the analysis of domestic and foreign literature, various methods for producing alloyed metal powders are studied, in particular atomization of alloys, acquisition with calcium hydride, thermal diffusion saturation, carbonyl processes, electrolysis and synthesis of complex oxides with further reduction. As a result, it was found that all researched methods, except for the synthesis and subsequent reduction of complex oxides, are not suitable for producing maraging steel powders. Atomization is suitable for producing pure metal powders, production with calcium hydride is impractical because maraging steels contain metals with a low affinity for oxygen *Fe, Ni, Co, Al, Mo*, thermal diffusion saturation is not suitable due to the use of metal powder and the carbonyl process is rather complicated and difficult to implement.

Comprehensive studies have shown that by combining the processes of synthesis (ferritation) and reduction of complex oxides in the best possible way, it is possible to develop an effective technology for production of alloyed powders, which will guarantee acquisition of an ultrapure chemical composition, required structure and properties.

Keywords: metal oxides, synthesis, reduction, metal powder, pressing, sintering, hot extrusion, maraging steel powder.