

Կ Ա Ր Ծ Ի Ք

«Մետալուրգիա» մասնագիտությամբ (թվանիշ Ե.16.02) տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման համար Նինա Գագիկի Սահակյանի կողմից «Երկաթով և սիլիցիումով լեգիրված MAX-ֆազային կառուցվածքով համաձուլվածքների ստացման տեխնոլոգիայի մշակումը» թեմայով պաշտպանության ներկայացված ատենախոսական աշխատանքի վերաբերյալ

Ատենախոսական թեմայի արդիականությունը

Ներկայացված ատենախոսական աշխատանքը նվիրված է մետալուրգիայի արդիական խնդիրների լուծմանը, այդ թվում՝ մետաղական հիմքով և ֆունկցիոնալ հատկություններով օժտված նոր համաձուլվածքների ստացման տեխնոլոգիաների մշակմանը և կառուցվածքի ու հատկությունների հետազոտմանը: Մասնավորապես, աշխատանքում ուսումնասիրվել է Ti-ի հիմքով MAX-ֆազերի ստացման գործընթացը՝ բարձր ջերմաստիճանային ինքնատարածվող սինթեզի (ԲԻՍ) եղանակով՝ մեխանաքիմիական մշակման կիրառմամբ և գործընթացների թերմոդինամիկական հիմնավորմամբ:

Աշխատանքի արդիականությունը պայմանավորված է ժամանակակից գիտության և տեխնիկայի պահանջներով պայմանավորված՝ մետաղական և կերամիկական նյութերի արժեքավոր հատկությունները համատեղող, նոր համաձուլվածքների, այդ թվում՝ ֆունկցիոնալ հատկություններով, ստեղծմամբ: MAX-ֆազերը, շնորհիվ իրենց շերտավոր և բազմաֆազ կառուցվածքի, բնութագրվում են բարձր էլեկտրահաղորդականությամբ և ջերմահաղորդականությամբ, բարձր տեսակարար ամրությամբ, հրակայունությամբ, պլաստիկությամբ և բարձր ջերմաստիճանային օքսիդացման նկատմամբ կայունությամբ: Այն հնարավորություն է տալիս այս համաձուլվածքներն օգտագործել ավիատիեզերական տեխնիկայում, ատոմային էներգետիկայում, բարձր ջերմաստիճաններում աշխատող սարքավորումներում, ինչպես նաև էլեկտրոնային և քիմիական արդյունաբերությունում, պաշտպանիչ ծածկույթների ստացման ժամանակ և այլն: Նշված հատկությունների համակցված դրսևորումը MAX-ֆազերում պայմանավորված է դրանց բազմաֆազ և շերտավոր կառուցվածքով, որոնց բաղադրության մեջ ընդգրկված են մետաղների կարբիդներ, սիլիցիդներ և տարբեր միջմետաղական ֆազեր:

Ատենախոսական աշխատանքում կիրառված ԲԻՍ եղանակը՝ մեխանաքիմիական ակտիվացման համադրմամբ, հնարավորություն է տալիս նվազեցնել սինթեզի

տնողությունը և էներգետիկ ծախսերը, իսկ իրականացված թերմոդինամիկական հաշվարկները հիմնավորում են գործընթացների ընթացքը և ստացվող ֆազերի կայունության կանխատեսումը: Ստացված արդյունքները վկայում են աշխատանքի գիտական արժեքի և գործնական նշանակության մասին:

Ելնելով վերոնշյալից՝ ատենախոսական աշխատանքի նպատակն է մշակել բարձրջերմաստիճանային ինքնատարածվող սինթեզի եղանակով երկաթով և սիլիցիումով լեգիրված MAX-ֆազային կառուցվածքով համաձուլվածքների ստացման տեխնոլոգիա և հետազոտել Ti-ի, FeSi-ի և Al-ի մետաղափոշիների ու ածխածնափոշու էկվիմոլյար խառնուրդից սինթեզված Ti_3AlC_2 համաձուլվածքի հիմքով $(Fe,Ti)_3(Si,Al)C_2$ բաղադրությամբ MAX-ֆազի կառուցվածքագոյացման ու հատկությունների ձևավորման գործընթացները:

Նշված նպատակին հասնելու համար առաջադրվել և լուծվել են հետևյալ խնդիրները՝ MAX-ֆազերի ստացման գործընթացի և առանձնահատկությունների բացահայտումը և առաջարկվող տեխնոլոգիայի հիմնավորումը, երկաթի և տիտանի կարբիդների ու սիլիցիդների ստացման գործընթացի թերմոդինամիկական հիմնավորումը, բովախառնուրդի նախնական մեխանաքիմիական ակտիվացման և դրանից MAX-ֆազերի ստացման բարձրջերմաստիճանային ինքնատարածվող սինթեզի մեխանիզմի և կառուցվածքագոյացման սկզբունքների հիմնավորումը, բովախառնուրդի նախնական մեխանաքիմիական ակտիվացման և ստացված արգասիքի ալյումինաթերմային վերականգնման եղանակով MAX-ֆազերի ստացման տեխնոլոգիական սխեմայի մշակումը և առաջարկված տեխնոլոգիայի տեխնիկատնտեսագիտական հիմնավորումը:

Հաշվի առնելով վերոհիշյալը՝ ատենախոսության թեման անկասկած արդիական է և ունի ինչպես գիտական, այնպես էլ գործնական կարևոր նշանակություն:

Ատենախոսական աշխատանքի բովանդակությունը

Նինա Գագիկի Սահակյանի ատենախոսական աշխատանքը բաղկացած է ներածությունից, հինգ գլխից, ընդհանուր եզրակացությունից և 157 անուն օգտագործված գրականության ցանկից: Այն շարադրված է համակարգչային տպագիր 145 էջի վրա, պարունակում է 43 նկար և 18 աղյուսակ:

Ատենախոսական աշխատանքի սեղմագիրը շարադրված է 23 համակարգչային տպագիր էջերի վրա, ներառում է աշխատանքի ընդհանուր բնութագիրը,

ատենախոսության համառոտ բովանդակությունը, 9 նկար, 2 աղյուսակ և ատենախոսության հիմնական արդյունքներն ու եզրակացությունները: Սեղմագրում բերված են նաև ռուսերեն և անգլերեն լեզուներով ատենախոսության ամփոփագրերը և տպագրված 10 գիտական աշխատանքներն ու ՀՀ գյուտի 4 արտոնագրերը:

Ներածությունում հիմնավորված է թեմայի արդիականությունը, շարադրված են նպատակն ու պաշտպանության ներկայացվող դրույթները, հետազոտության օբյեկտն ու առարկան, ինչպես նաև աշխատանքի գիտական նորույթն ու նշանակությունը:

Առաջին գլխում կատարվել է թեմայի վերաբերյալ հայրենական և արտասահմանյան գիտական գրականության վերլուծություն: Ցույց է տրվել, որ MAX-ֆազերի ստացումը բարձր ջերմաստիճանային ինքնատարածվող սինթեզի (ԲԻՍ) եղանակով ներկայումս հանդիսանում է առավել արդիական և հեռանկարային ուղղություններից մեկը: Համեմատած ավանդական սինթեզի մեթոդների հետ՝ ԲԻՍ տեխնոլոգիան ունի մի շարք էական առավելություններ, որոնցից հատկապես կարևոր են ցածր էներգատարողությունը և բարձր արտադրողականությունը: Նշված եղանակը հնարավորություն է տալիս ստանալ տարբեր քիմիական բաղադրությամբ համաձուլվածքներ և կոմպոզիտային նյութեր, ինչպիսիք են Ti_3SiC_2 , Ti_2AlC , Ti_3AlC_2 , Ti_2AlN և այլ MAX-ֆազեր: Առանձնակի ուշադրություն է դարձվել Ti-Si-Al-C համակարգին, որտեղ համատեղվում են նյութերի մետաղական և կերամիկական հատկությունները: Դրանք բնութագրվում են բարձր էլեկտրահաղորդականությամբ, ջերմային և օքսիդացման նկատմամբ կայունությամբ, ինչպես նաև լավ մեխանիկական մշակելիությամբ:

Վերլուծության արդյունքում հիմնավորվել է, որ դրանց ֆերոմագնիսական հատկությունների բարելավման նպատակով նպատակահարմար է MAX-ֆազերի լեգիրումը երկաթով, նիկելով, կոբալտով կամ նշված տարրերի համաձուլվածքներով: Կատարված վերլուծության արդյունքում հիմնավորվել է աշխատանքի նպատակը և հստակեցվել հետազոտության խնդիրները:

Երկրորդ գլխում ընտրվել և հիմնավորվել են հետազոտությունների համար անհրաժեշտ ելանյութերը, ուսումնասիրվել են դրանց ֆիզիկաքիմիական բնութագրերը և ձևակերպվել հետազոտության մեթոդիկան: Կատարվել է բովանդակառարկայի նախնական մեխանաքիմիական ակտիվացում և $(Fe,Ti)_3(Al,Si)C_2$ MAX-ֆազի ստացում բարձր ջերմաստիճանային ինքնատարածվող սինթեզի (ԲԻՍ) եղանակով, որի համար

նախագծվել և պատրաստվել է փորձնական սարքավորում՝ օդի մուտքը փոխադրեցության տարածք արգելափակելու համար: Տեխնոլոգիական ռեժիմների վերահսկման նպատակով կիրառվել են ժամանակակից չափիչ և հսկիչ սարքավորումներ:

ԲԻՍ գործընթացի արդյունքների գնահատման նպատակով ընտրվել և կիրառվել են ֆազային փոխակերպումների և կառուցվածքի վերլուծության, միկրոկառուցվածքի ուսումնասիրման, ֆիզիկաքիմիական և թերմոդինամիկական հիմնավորման, ինչպես նաև մեխանաքիմիական ակտիվացման և մանրացման մեթոդներ ու սարքավորումներ:

Բացահայտվել է, որ մեխանիկական ակտիվացման գործընթացը հնարավորություն է տալիս բարձրացնելու պինդ մարմինների ռեակցիոն ունակությունները՝ ի հաշիվ բյուրեղային կառուցվածքում արատների առաջացման և դիֆուզիայի գործընթացի արագության մեծացման:

Աշխատանքի փորձարարական մասը հիմնված է նաև ժամանակակից սինթեզի մեթոդների վրա, այդ թվում՝ բարձր ջերմաստիճանային ինքնատարածվող սինթեզի (ԲԻՍ) եղանակի վրա: Ավելի մեծ հետաքրքրություն է ներկայացնում փոշեմետալուրգիական գործընթացների կիրառումը՝ բարձր որակով MAX-ֆազեր ստանալու և նրանց մագնիսական հատկությունները բարելավելու նպատակով: Մշակվել են հետազոտման մեթոդիկան, որի համար օգտագործվել են ռենտգենակառուցվածքային, մետաղագրական, միկրոռենտգենասպեկտրային և այլ վերլուծական մեթոդներ:

Երրորդ գլխում կատարվել է Fe և Si պարունակող MAX-ֆազերի բարձր ջերմաստիճանային ինքնատարածվող սինթեզի (ԲԻՍ) գործընթացի թերմոդինամիկական հիմնավորում և փորձարարական հետազոտություն: Ցույց է տրվել, որ MAX-ֆազերի ձևավորման ընթացքում երկաթը և տիտանը կարող են մասնակցել ինչպես կարբիդների առաջացման ($\text{Fe}+\text{C}\rightarrow\text{Fe}_3\text{C}$, $\text{Ti}+\text{C}\rightarrow\text{TiC}$), այնպես էլ սիլիցիդների առաջացման ($\text{Fe}+\text{Si}\rightarrow\text{FeSi}$, $\text{Ti}+\text{Si}\rightarrow\text{TiSi}_2$) ռեակցիաներին՝ թերմոդինամիկորեն գրեթե նույն հավանականությամբ: Ցույց է տրված, որ Fe-Si վիճակի դիագրամի և ալյումինաթերմային վերականգնման միջոցով տեսականորեն հնարավոր է ստանալ FeSi, Fe_3Si , Fe_2Si_3 և FeSi_2 ֆազեր: Այդ է պատճառը, որ թերմոդինամիկական հաշվարկները կատարվել են հենց այս ռեակցիաների համար: Գիբսի էներգիայի հաշվարկները ցույց են տալիս, որ կարբիդների և սիլիցիդների առաջացման ռեակցիաների

հնարավորությունները Fe և Ti տարրերի համար գրեթե նույնն են, իսկ ΔG արժեքները բացասական են և գտնվում են 25–50 կՋ/մոլ սահմաններում: Սա վկայում է այն մասին, որ Fe, Ti, Si և C տարրերի համակցված ներկայությունը չի արգելակում MAX-ֆազի ձևավորումը, այլ կարող է նպաստել դրա արդյունավետ ստացմանը՝ պահպանելով ռեակցիայի համամասնությունները և վերահսկելով ջերմաստիճաններն ու միջավայրը: Մեկֆազ նյութի ձևավորումը թերմոդինամիկորեն ավելի նախընտրելի է, քան բազմաֆազ համակարգերի դեպքում, քանի որ բազմաթիվ նախնական ֆազերից անցումը մեկ կայուն MAX-ֆազային կառուցվածքի ուղեկցվում է համակարգի էնտրոպիայի նվազմամբ: Ընդհանուր դեպքում, քանի որ ռեակցիաները խիստ ջերմանջատիչ են ($\Delta H < 0$), ամբողջական ռեակցիայի Գիբսի էներգիան մնում է բացասական, ինչը փաստում է MAX-ֆազի սինթեզի թերմոդինամիկորեն կայուն և բարենպաստ բնույթը:

Չորրորդ գլխում կատարվել են փորձարարական աշխատանքներ քրոմ, տիտան, երկաթ և սիլիցիում պարունակող MAX-ֆազերի ստացման ուղղությամբ՝ օգտագործելով բարձրջերմաստիճանային ինքնատարածվող սինթեզի (ԲԻՍ) այլումինաթերմային եղանակը: Ցույց է տրվել, որ Cr–Ti–Al–C համակարգում քրոմի և տիտանի տարբեր հարաբերություններով բովախառնուրդի բարձրջերմաստիճանային ինքնատարածվող սինթեզի արդյունքում ձևավորվում են $(\text{Cr}_x\text{Ti}_{1-x})_3\text{AlC}_2$ տեսքի բարդ MAX-ֆազեր, որոնց առավելագույն ելքը (~98%) ստացվում է այն նմուշներում, որտեղ օգտագործվում է միայն մեկ հիմնական տարր՝ Ti կամ Cr: Ֆերոսիլիցիումի, տիտանի, այլումինի և ածխածնի դիսպերս փոշիներից պատրաստված բովախառնուրդի արագ տաքացման և սառեցման միջոցով ստացվել են MAX-ֆազեր՝ Ti_3AlC գերակշռությամբ, որտեղ արգասիքի մոտ 95%-ը Ti_3AlC_2 բաղադրությամբ MAX-ֆազ է, իսկ մնացած 5%-ը TiC բյուրեղների ներառումներ են: Նախնական մեխանաքիմիական ակտիվացման դեպքում ԲԻՍ գործընթացի արդյունքում MAX-ֆազերի ելքը բարձրանում է 51,6%-ից մինչև 91,1%, ստացվել են գրեթե միաֆազ Ti_3AlC_2 MAX-ֆազեր՝ հանդիսանալով վերջնական արգասիքի հիմնական մասը: Մեխանաքիմիական ակտիվացման պարամետրերը՝ հատկապես դեֆորմացիայի արագությունը, կարևոր ազդեցություն ունեն նյութի կառուցվածքի ձևավորման վրա, ինչի միջոցով հնարավոր է վերահսկել փոշու չափն ու ձևը, ինչպես նաև կառուցվածքային դասավորությունը: Նախապես

մեխանաակտիվացված Fe-Ti-Al-C բովախառնուրդի ԲԻՍ մշակմամբ ստացվել է համակցված բաղադրության դիսպերս փոշեզանգված, որտեղ $(\text{Fe,Ti})_3(\text{AlSi})\text{C}_2$ MAX-ֆազը կազմում է 93%, իսկ մնացած 7%-ը Fe_5Si_3 , Fe_3Si և FeSi միացություններն են, որոնք ապահովում են մագնիսական հատկություններ: Ցույց է տրված, որ $(\text{Fe,Ti})_3(\text{AlSi})\text{C}_2$ ֆազն ունի վեցանկյուն կառուցվածք, որտեղ Ti և Fe ատոմները տեղակայված են մետաղակարբիդային շերտերում՝ հավասարազոր դիրքերով, և մանրացման միջոցով ստացվում է MAX-ֆազային դիսպերս փոշեզանգված, որից փոշեմետալուրդիական մեթոդներով կարելի է ստանալ արտադրատեսակներ: Սինթեզված MAX-ֆազերն ունեն շերտավոր վեցանկյուն բյուրեղային կառուցվածք, որտեղ կարբիդային խմբերը բաժանված են միաշերտ A-ատոմներով, իսկ շերտավոր կառուցվածքն ապահովում է մետաղներին և կոմպոզիտներին բնորոշ համակցված հատկություններ՝ բարձր էլեկտրական և մագնիսական հատկություններ, ցածր տեսակարար կշիռ, բարձր տեսակարար ամրություն և առածգականություն, ցածր ջերմային ընդարձակման գործակից և այլն: Սիլիցիումով լեգիրումը բարելավում է Ti-Al-C համաձուլվածքների մեխանիկական, կառուցվածքային և գործառնական հատկությունները, բարձրացնում է ջերմակայունությունը և ամրությունը, մինչդեռ երկաթը մեծացնում է կարծրությունը, բայց առաջացնում միկրոկառուցվածքային խաթարում և նվազեցնում առածգականությունը, ինչը սահմանափակում է նրա կիրառելիությունը:

Հինգերորդ գլխում ընտրվել և հիմնավորվել են անհրաժեշտ տեխնոլոգիական սարքավորումները, ինչպես նաև կատարվել է մշակված տեխնոլոգիայի տեխնիկատնտեսագիտական հիմնավորում:

Համալիր հետազոտությունների արդյունքում մշակվել է երկաթով և սիլիցիումով լեգիրված MAX-ֆազային կառուցվածքով համաձուլվածքների ստացման տեխնոլոգիա: Ստացված համաձուլվածքները ներկայացնում են բազմաֆազ նյութեր և պարունակում են մինչև 93% $(\text{Fe,Ti})_3(\text{Al,Si})\text{C}_2$ MAX-ֆազ, ինչպես նաև բյուրեղային տեսքով երկաթի սիլիցիդներ (Fe_5Si_3 , Fe_3Si , FeSi) և փոքր քանակությամբ Ti_5Si_3 , TiC , Al_4C_3 ֆազեր: Բարձր ջերմաստիճանային ինքնատարածվող սինթեզի ալյումինաթերմային եղանակը հիմնավորված է գիտատեխնիկական տեսակետից. այն տնտեսապես շահավետ է և թույլ է տալիս ստանալ բարձր մաքրությամբ, մագնիսական և մեխանիկական

հատկություններով օժտված կայուն փոշեզանգված: Ցույց է տրվել, որ ճշգրիտ հումքային հաշվարկի, մեխանաքիմիական ակտիվացման և վերահսկվող սինթեզի միջոցով հնարավոր է բարձրացնել արտադրողականությունը՝ նվազեցնելով ծախսերը: Կատարված տեխնիկատնտեսական վերլուծության արդյունքում հիմնավորվել է, որ $(\text{Fe,Ti})_3(\text{Al,Si})\text{C}_2$ MAX-ֆազի արդյունաբերական արտադրությունը տնտեսապես արդյունավետ է. տարեկան տաս տոննա արտադրության դեպքում մեկ տոննայի ինքնարժեքը կազմում է շուրջ 21052 հազար դրամ, իսկ 10 տոննա արտադրության դեպքում շահույթը կազմում է 366980 հազար դրամ, ինչը ապահովում է ավելի քան 174% շահութաբերություն:

Աշխատանքի գիտական դրույթները և եզրակացությունների ճշտությունը

Աշխատանքում ձևակերպված են 4 գիտական դրույթներ, որոնք հիմնված են հետազոտվող գործընթացների տեսական վերլուծության և գիտափորձերի արդյունքների վրա: Գիտական դրույթների ճշտությունը հավաստի է և հիմնված է ծավալուն ու նպատակաուղղված գիտափորձարարական տվյալների վրա: Հետազոտությունների ընթացքում օգտագործվել է ժամանակակից վերլուծության միջոցներ, որոնք հեղինակին հնարավորություն են տվել հաջողությամբ իրագործել հետազոտական ծրագիրը և ստանալ գիտափորձի հավաստի արդյունքներ: Հիմնական արդյունքները և եզրակացությունները տրված են 8 կետով, որոնք հիմնավորված ու ապահովագրված են գիտափորձնական հետազոտություններով ու տեսական դրույթներին դրանց համապատասխանեցմամբ՝ ունեն գիտական և գործնական նշանակություն:

Ստացված արդյունքների նորությունը և հիմնավորման աստիճանը

Աշխատանքի արդյունքում սինթեզվել է տիտանի կարբոսիլիցիդի հիմքով նոր MAX-ֆազ՝ $(\text{Fe,Ti})_3(\text{Si,Al})\text{C}_2$, որում տիտանի մի մասը փոխարինվել է երկաթով, իսկ ալյումինի մի մասը՝ սիլիցիումով: Ստացված MAX-ֆազը միաժամանակ դրսևորում է մետաղներին և կոմպոզիտներին բնորոշ հատկություններ, ինչպես նաև օժտված է արժեքավոր ֆերոմագնիսական հատկություններով: Երկաթը և սիլիցիումը ներմուծվել են ոչ մաքուր մետաղների, այլ էժան FeSi լիգատուրայի ձևով, որը ստացվել է մետալուրգիական գործարանների թափոններից: Շնորհիվ երկաթի և սիլիցիումի առկայության՝ MAX-ֆազի մեջ ձևավորվում են նաև Fe_5Si_3 , Fe_3Si և FeSi ֆազեր, որոնք

համաձուլվածքին հաղորդում են լրացուցիչ ֆերոմագնիսական հատկություններ: Արդյունքում միաժամանակ ձևավորվում են տիտանի և երկաթի թե՛ սիլիցիդներ, թե՛ կարբիդներ, ինչը բարձրացնում է նյութի բազմակողմանի գործառնական արժեքը:

Բացահայտվել է, որ մեխանաքիմիական ակտիվացումն ապահովում է ելանյութերի դիսպերս կառուցվածքի ձևավորումը, անհրաժեշտ աստիճանի ակտիվացումը և սկզբնական կառուցվածքային վերադասավորումը, ինչը անհրաժեշտ է MAX-ֆազի միատեսակ և կայուն սինթեզի համար: Մեխանաքիմիական ակտիվացումը կարևոր է, քանի որ այն մեծացնում է ռեակցիայի մեջ մտնող նյութերի մակերևույթի մակերեսը, խախտում է քիմիական կապերը, ստեղծում է կառուցվածքային միկրոարատներ և բարձրացնում է տարբեր բաղադրիչների փոխազդեցության արագությունն ու հոմոգենությունը: Արդյունքում այն թույլ է տալիս ստանալ MAX-ֆազեր ավելի բարձր ելքով, ինչպես նաև նվազեցնում է ռեակցիայի ընթացքի ժամանակը և ապահովում ֆերոմագնիսական ու մեխանիկական հատկությունների բարելավված համադրություն:

Հեղինակի կողմից ստացված արդյունքների կարևորությունը գիտության և արդյունաբերության ոլորտում

Հեղինակի կողմից ստացված արդյունքները կարևոր նշանակություն ունեն թե գիտության, թե արդյունաբերության ոլորտում: Գիտական առումով աշխատանքը տալիս է նոր գիտելիքներ MAX-ֆազերի բաղադրության, կառուցվածքի և սինթեզի մեխանիզմների մասին, հատկապես Fe-Ti-Si-Al-C համակարգում, բացահայտելով նոր կոմպոզիտային ֆերոմագնիսական MAX-ֆազերի ձևավորման պայմաններն ու բնութագրերը: Արդյունաբերական տեսանկյունից՝ մշակված բարձր ջերմաստիճանային ինքնատարաձվող սինթեզի ալյումինաթերմային տեխնոլոգիան թույլ է տալիս ստանալ բարձր մաքրությամբ կայուն և բազմաֆունկցիոնալ MAX-ֆազային նյութեր, որոնք կիրառելի են մագնիսական սարքավորումներում, բարձր ջերմաստիճաններում աշխատող կոռոզիոնակայուն կոմպոզիտներում, միկրոէլեկտրոնիկայում և այլ բարձր տեխնոլոգիական ոլորտներում:

Ատենախոսությունում առաջադրված խնդիրներն ու նպատակներն ունեն բարձր արդիականություն, իսկ կատարված հետազոտությունները ներկայացնում են նշանակալի գիտական և գործնական արժեք: Աշխատանքում մշակվել և առաջարկվել է նոր

մեթոդիկա նյութերի ստացման համար, որը տեխնոլոգիական առումով ունի ակնհայտ առավելություն առկա մոտեցումների նկատմամբ: Հեղինակը հիմնավորված ուշադրություն է դարձրել MAX-ֆազերում ֆազերի և կառուցվածքների ձևավորման մեխանիզմներին, ինչը հաստատվում է բազմաթիվ փորձարկումներով և հաշվարկներով:

Աշխատանքի արդյունքները կարևոր են մետալուրգիայի և նյութագիտության ոլորտներում հետագա հետազոտությունների, նոր ջերմակայուն և մագնիսական համաձուլվածքների մշակման, ինչպես նաև տարբեր արդյունաբերական ոլորտներում MAX-ֆազերի կիրառության ընդլայնման համար: Կարևոր է նաև, որ առաջարկված տեխնոլոգիան կարելի է օգտագործել բարելավված շահագործման հատկություններով օժտված նոր նյութերի սինթեզի համար:

Ատենախոսության համապատասխանությունը ՀՀ ԲԿԳԿ-ի գիտական աստիճանաշնորհման կանոնակարգի 6-րդ, 7-րդ, 10-րդ, 11-րդ և 13-րդ կետերի պահանջներին

Նինա Գագիկի Սահակյանի ատենախոսությունը հանդիսանում է ինքնուրույն ավարտուն գիտական աշխատանք, որտեղ հեղինակը մշակել է երկաթով և սիլիցիումով լեգիրված MAX-ֆազային կառուցվածքով համաձուլվածքների ստացման ժամանակակից տեխնոլոգիա: Բացահայտել է, որ ստացված $(\text{Fe,Ti})_3(\text{Al,Si})\text{C}_2$ ֆազը իրենից ներկայացնում է վեցանկյուն կառուցվածքով նյութ, որում Ti և Fe ատոմները տեղակայված են մետաղակարբիդային շերտում՝ կառուցվածքի մեջ ունենալով հավասարազոր դիրքեր: Վերջինիս մանրացման ճանապարհով ստացվում է MAX-ֆազային դիսպերս փոշեզանգված, որը կարելի է օգտագործել փոշեմետալուրգիայում որպես երկաթով հարուստ և սիլիցիդների պարունակությամբ մագնիսական MAX-ֆազեր:

Ատենախոսության հիմնադրույթներն ու հետազոտության արդյունքները զեկուցվել և քննարկվել են ՀԱՊՀ 2018...2025 թթ. տարեկան գիտաժողովներում: Ատենախոսության հիմնական արդյունքները հրատարակվել են 14 գիտական աշխատանքներում, որոնցից 10-ը գիտական հոդվածներ են՝ այդ թվում երկու հոդված՝ առանց համահեղինակների, ինչպես նաև ՀՀ գյուտի 4 արտոնագրեր:

Ատենախոսությունը բավարարում է ՀՀ ԲԿԳԿ-ի գիտական աստիճանաշնորհման կանոնակարգի 6, 7, 10, 11 և 13 կետերի պահանջներին, համաձայն որի այն

կիրառական կարևոր խնդրի լուծումն ապահովող գիտականորեն հիմնավորված տեխնիկական և տեխնոլոգիական մշակում է: Ատենախոսությունը համապատասխանում է ՀՀ գիտական աստիճանաշնորհման անվանացանկի «Մետալուրգիա» մասնագիտությանը (թվանիշ Ե.16.02): Սեղմագիրը և հրատարակված 10 գիտական հոդվածներն ընդգրկում են ատենախոսության հիմնական բովանդակությունը:

Ընդհանուր եզրակացությունները ներկայացված են 8 կետով, որոնք ընդգծում են, որ մշակված $(\text{Fe,Ti})_3(\text{Al,Si})\text{C}_2$ MAX-ֆազի ստացման տեխնոլոգիան ունի մեծ գիտական և կիրառական նշանակություն:

Ատենախոսության վերաբերյալ առկա են հետևյալ դիտողությունները

1. Աշխատանքից պարզ չէ, թե $(\text{Fe,Ti})_3(\text{Al,Si})\text{C}_2$ MAX-ֆազի ձևավորման ընթացքում երկաթի և սիլիցիումի տարբեր հարաբերությունները ինչպես են ազդում միջֆազային փոխակերպումների արագության և վերջնական բյուրեղային կառուցվածքի վրա:

2. Ցանկալի կլիներ հատուկ ուշադրություն դարձվեր ելանյութերի բաղադրության և հատիկաչափական կազմի ազդեցությանը բարձրջերմաստիճանային ինքնատարավող սինթեզի արդյունավետության վրա, ինչը կարող է դառնալ առանձին հետազոտման թեմա:

3. Ցանկալի կլիներ ուսումնասիրվեր մեխանաքիմիական ակտիվացման գործընթացից հետո $(\text{Fe,Ti})_3(\text{Al,Si})\text{C}_2$ MAX-ֆազի բյուրեղային ցանցի պարամետրերի և ներքին էներգիայի փոփոխությունները, ինչը հնարավորություն կտար ավելի ճշգրիտ գնահատել գործընթացի արդյունավետությունը և ստացված նյութի կայունությունը:

4. Աշխատանքից պարզ չէ, թե Fe_5Si_3 , Fe_3Si և FeSi միջմետաղական ֆազերի առկայությունն ինչպես է ազդում վերջնական MAX-ֆազի մագնիսական և մեխանիկական հատկությունների վրա, ինչը կարող էր պահանջել լրացուցիչ փորձարարական հետազոտության կատարում:

Նշված դիտողությունները չունեն էական նշանակություն և չեն կարող նսեմացնել ատենախոսական աշխատանքի գիտական արժեքը, ինչպես նաև չեն ազդում նրա գիտական ուղղվածության և արդյունքների վրա: Տեսական վերլուծությամբ և մեծածավալ փորձարարական հետազոտություններով հեղինակին հաջողվել է առաջին անգամ մշակել մեխանաքիմիական ակտիվացմամբ երկաթով և սիլիցիումով լեգիրված

(Fe,Ti)₃(Al,Si)C₂ MAX-ֆազի ստացման ժամանակակից տեխնոլոգիա, բացահայտել ստացման հիմնական օրինաչափությունները և ֆազերի ձևավորման գործընթացի մեխանիզմը:

Հեղինակը հմտորեն կիրառել է ժամանակակից հետազոտական մեթոդներ՝ ներառյալ ռենտգենաֆազային, մետաղագրական, միկրոռենտգենասպեկտրային, մանրադիտակային ու ֆիզիկաքիմիական վերլուծությունները, և գիտականորեն հիմնավորել ստացված MAX-ֆազերի կառուցվածքային և ֆիզիկամեխանիկական հատկությունները: Նրա կողմից առաջադրված և լուծված խնդիրներն իրենց արդիականությամբ, գիտական և գործնական արժեքներով գնահատվում են որպես էական ներդրում ժամանակակից մետալուրգիայի և նյութագիտության բնագավառում: Այն գիտականորեն հիմնավորված տեխնիկական և տեխնոլոգիական լուծում է և կարող է նշանակալիորեն նպաստել MAX-ֆազերի արդյունաբերական արտադրության, ինչպես նաև նոր կոմպոզիտային նյութերի մշակման ոլորտում գիտատեխնիկական առաջընթացին:

Հետազոտման ծավալով, գիտական նորությամբ և գործնական նշանակությամբ ատենախոսությունը համապատասխանում է ՀՀ ԲԿԳԿ-ի կողմից տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման համար ատենախոսական աշխատանքներին ներկայացվող պահանջներին, իսկ հեղինակը՝ Նինա Գագիկի Սահակյանը, արժանի է «Մետալուրգիա» մասնագիտությամբ (թվանիշ Ե.16.02) տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի շնորհմանը:

ՀՀ ԳԱԱ ֆիզիկայի կիրառական պրոբլեմների ինստիտուտի
առաջատար գիտական աշխատող,
տեխն. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր



Հենրիկ Ռուբենի Դրմեյան

Հենրիկ Ռուբենի Դրմեյանի ստորագրության իսկությունը հաստատում եմ՝

ՀՀ ԳԱԱ ֆիզիկայի կիրառական պրոբլեմների ինստիտուտի գիտ. քարտուղար



" 06 " 02 2026թ.

