

25.03.2022

## Կարծիք

### Հասմիկ Կիրակոսյան Վահագի

*«Թթվածնավոր միացություններից այրման ռեժիմում Mo-Cu  
նանոկոմպոզիտային նյութերի սինթեզը և մետաղների համասեռ  
վերականգնման մեխանիզմը» թեմայով քիմիական գիտությունների  
թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության վերաբերյալ*

Մոլիբդեն-պղինձ (Mo-Cu) կոմպոզիտային նյութերը բնութագրվում են ֆունկցիոնալ և կառուցվածքային հատկությունների (բարձր ջերմա- և էլեկտրահաղորդականությամբ, ցածր և կարգավորելի ջերմային ընդարձակման գործակիցով, բարձր ջերմակայունությամբ) փոխափոխելի համադրմամբ: Շնորհիվ նշված հատկությունների Mo-Cu համաձուլվածքները լայնորեն կիրառվում են գերհզոր էլեկտրոնային հպակների, եռակցման էլեկտրոդների պատրաստման, վակուումային տեխնոլոգիաներում, ռազմական, ինքնաթիռաշինության, տիեզերագնացության, նավաշինության և մի շարք այլ առաջատար ոլորտներում: Այս նյութերի կիրառման հիմնական ոլորտներում պահանջվում է փոքր ծակոտկենությամբ և համասեռ միկրոկառուցվածքով համաձուլվածքներ, որը հնարավոր է ապահովել օգտագործելով մանրահատիկ և համասեռ բաշխմամբ փոշեխառնուրդներ:

Դժվարահալ մետաղների հիմքով համաձուլվածքները ավանդական փոշեմետալուրգիական եղանակներով ստանալը բավական բարդ պրոցես է: Պատճառը բաղադրիչների տեսակարար կշռի և հալման ջերմաստիճանի միջև եղած շատ մեծ տարբերությունն է, ինչպես նաև բաղադրիչների խիստ սահմանափակ փոխադարձ լուծելիությունը և՛ պինդ, և՛ հեղուկ վիճակում: Հետևաբար, համասեռ և մանրահատիկ, եռակալման բարձր ընդունակությամբ կոմպոզիտային նյութերի ստացման մատչելի, պարզ և էներգիախնայող եղանակի մշակումը հանդիսանում է արդի խնդիր:

Հասմիկ Կիրակոսյանի թեկնածուական ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, 5 գլխից, եզրակացություններից և գրականության ցանկից: Այն շարադրված է 141 էջում, պարունակում է 7 աղյուսակ, 70 նկար և 150 հղում:

Ներածությունում մանրամասն ներկայացված է աշխատանքի արդիականությունը, համառոտ նկարագրված է աշխատանքի նպատակը, խնդիրները, նորույթը և գործնական արժեքը, ինչպես նաև աշխատանքի բովանդակությունն ու կառուցվածքը:

### *Գրուխ 1. Գրական ակնարկ*

Գրական ակնարկը բաղկացած է 6 հիմնական բաժիններից, որոնցում ներկայացվում են մոլիբդեն-պոլինձ կոմպոզիտային նյութերի հատկություններն ու կիրառությունները, ստացման հիմնական եղանակները և դրանցում առկա խնդիրները: Նկարագրվում է նաև որպես էլանյութ պղնձի մոլիբդատի օգտագործման առավելությունները և ստացման հնարավոր եղանակները: Բացի այդ, այս բաժնում ներկայացվում է նաև բարձր ջերմաստիճանային ինքնատարածվող սինթեզի (ԲԻՍ) և լուծույթների այրմամբ սինթեզի (ԼԱՍ) ընդհանուր բնութագիրը, դրա առանձնահատկությունները, տեսակները և առավելությունները՝ որպես անօրգանական նյութերի սինթեզի եղանակ, ինչպես նաև քիմիական ռեակցիաների զուգորդման մոտեցման էությունը, տարատեսակները, հիմնական առավելություններն ու կարևորությունը ԲԻՍ պրոցեսներում:

### *Գրուխ 2. Մեթոդական մաս*

Նպատակային Mo-Cu նանոկոմպոզիտային նյութերի ստացումն իրականացվել է ԲԻՍ պրոցեսի և լուծույթների այրմամբ սինթեզի առանձին և համատեղ օգտագործմամբ: ԲԻՍ պրոցեսն իրականացվել է հաստատուն ճնշման ռեակտորում զազային ազոտի միջավայրում, իսկ ԼԱՍ-ը էլեկտրական սալիկի վրա տեղադրված կվարցապակե բաժակում, բաց օդում: Նախքան փորձարարական հետազոտություններն սկսելը, իրականացվել է ուսումնասիրվող բոլոր համակարգերի թերմոդինամիկական վերլուծություն ISMAN-THERMO ծրագրային փաթեթի միջոցով: Այրման ալիքում ջերմաստիճանի բաշխումը և այրման պարամետրերը որոշվել են միկրոջերմազույգային անալիզի եղանակով: Ելանյութերը, վերջանյութերը և միջանկյալ նյութերը բնութագրվել են ռենտգենաֆազային, միկրոկառուցվածքային, տեղային ռենտգենաապեկտրալ անալիզի եղանակներով: Ստացված փոշիները կոմպակտավորվել են կայծապլազմային եռակալման եղանակով: Չափվել են ստացված կոմպակտ նմուշների Արքիմեդյան և երկրաչափական խտությունները, ինչպես նաև Վիկերսի միկրոպնդությունը:

Ամփոփապես այրման ալիքում փոխազդեցության մեխանիզմի ուսումնասիրման նպատակով կիրառվել է պղնձե մասսիվ բլոկի սեպածն կտրվածքում այրման ալիքի արգելակման տեխնիկան:

Հաշվի առնելով, որ տաքացման արագությունը էականորեն կարող է ազդել փոխազդեցության մեխանիզմի վրա, աշխատանքում օքսիդների/աղերի վերականգնման մեխանիզմը ոչ իզոթերմ պայմաններում հետազոտվել է ջերմային անալիզի դասական դերիվատոգրաֆիական (DTA/TG) եղանակով 2.5–20 °C/րոպե տաքացման արագության պայմաններում,  $T_{max}=1000$  °C, և արագագործ ջերմաստիճանային սկաներ սարքավորմամբ (HSTS-1, ՀՀ ԳԱԱ ԶՖԻ),  $V_{տ}=100-5200$  °C/րոպե,  $T_{max}=1300$  °C:

*Գրուխ 3. Mo-Cu կեղծ համաձուլվածքների ստացումը մոլիբդենի և պղնձի օքսիդների մագնեզիումա-կարբոթերմ վերականգնմամբ*

3-րդ գլխում հեղինակը նկարագրել է Mo-Cu կեղծ համաձուլվածքների սինթեզը այրման ռեժիմում  $Mg+C$  համակցված վերականգնիչ խառնուրդի միջոցով՝ որպես ելանյութ օգտագործելով օքսիդների խառնուրդ ( $MoO_3+CuO$ ): Գտնվել են օպտիմալ պայմաններ նպատակային նյութի ստացման համար: Նշված տիրույթում ստացված 100-500 նմ մասնիկի միջին չափսով նանոփոշին եռակալվել է, ինչի արդյունքում ստացվել է 3.14ԳՊա միկրոպնոթյամբ կոմպակտ նմուշ: Բացահատվել է վերականգնիչների, մասնավորապես ածխածնի դերը այրման արագության և ջերմաստիճանի վրա: Համոզիչ կերպով ներկայացվել է վերականգնման պրոցեսի փուլային մեխանիզմը, ինչպես մոդելային փորձեր իրականացնելով, այնպես էլ վերականգնման ռեակցիայի մեխանիզմը զծային տաքացման պայմաններում և՛ ցածր ( $V_{տ}=2.5-30$  °C/րոպե), և՛ բարձր ( $V_{տ}=100-5400$  °C/րոպե) տաքացման արագությունների տիրույթում: Ըստ ստացված արդյունքերի, անկախ տաքացման արագությունից, պղնձի օքսիդի վերականգնումն ընթանում է ածխածնով, իսկ մոլիբդենի եռօքսիդի վերականգնման առաջին փուլը կարբոթերմ վերականգնումն է մինչև  $MoO_2$ , այնուհետև վերականգնումը շարունակվում է մագնեզիումով կամ  $Mg+C$  խառնուրդով՝ բերելով մոլիբդենի առաջացման: Տարբեր տաքացման արագությունների դեպքում իրականացված ուսումնասիրությունները հնարավորություն են տվել հաշվարկել մագնեզիումաթերմ վերականգնման փուլերի համար ակտիվացման էներգիաների ( $E_a$ ) էֆեկտիվ արժեքները Կիսինջերի եղանակով:



*Գրուխ 4. Mo-Cu կեղծ համաձուլվածքների ստացումը պղնձի մոլիբդատի մագնեզիումա-կարբոնիում վերականգնմամբ*

4-րդ գլխում հեղինակը ներկայացրել է Mo-Cu համաձուլվածքների ստացումը երեք տարբեր մոտեցումներով ստացված պղնձի մոլիբդատից: Հատկանշական է, որ ի տարբերություն օքսիդների համասեղ վերականգնման, որպես ելանյութ  $\text{CuMoO}_4$ -ի օգտագործման դեպքում երկու մետաղները՝ մոլիբդենը և պղինձը գտնվում են նույն բյուրեղացանցում՝ քիմիապես կապված վիճակում ուստի և հավանական է առավել համասեռ կոմպոզիտի ստացումը: Նշված բոլոր դեպքերում ընտրվել են վերականգնիչների քանակի փոփոխության օպտիմալ տիրույթներ նպատակային նանոփոշու ստացման համար: Mg-ի քանակության ընտրությունը պայմանավորված է հնարավորինս ցածր ջերմաստիճաններում պղնձի մոլիբդատից մոլիբդենի և պղնձի ամբողջական վերականգնում ապահովելու նպատակով: Ածխածնի ազդեցությունը այրման պարամետրերի վրա (ջերմաստիճան, ալիքի տարածման արագություն) որոշելու համար փորձերի շարք է իրականացվել ածխածնի քանակի փոփոխության բավականին լայն տիրույթում: Գտնված օպտիմալ տիրույթներում ստացված նանոփոշիները ենթարկվել են կոմպակտավորման: Ըստ ստացված արդյունքների որպես ելանյութ լուծույթների այրմամբ սինթեզի եղանակով ստացված աղի վերականգնման դեպքում սինթեզված նանոփոշու եռակալման արդյունքում ստացվել է ավելի բարձր հարաբերական խտությամբ կոմպակտ նմուշ, որի միկրոպնդությունը կազմել է 4.61 Գ/սմ: Այն մոտ 1.5 անգամ գերազանցում է վառարանային և համանստեցման եղանակով ստացված կոմպակտ նմուշների միկրոպնդության արժեքներին և մոտ 2 անգամ գերազանցում է զրականության մեջ հայտնի մեթոդներով ստացված միկրոպնդության արժեքին:

Պղնձի մոլիբդատների վերականգնման օրինաչափությունները ևս ուսումնասիրվել է գծային տաքացման պայմաններում: Ըստ ստացված արդյունքների, ի տարբերություն տաքացման փոքր արագությունների, մեծ արագությունների դեպքում փոխազդեցությունը սկսվում է մագնեզիումի հալումից անմիջապես հետո: Ընդ որում տաքացման արագության մեծացմանը զուգընթաց առանձին փուլերը տեղաշարժված են դեպի ավելի բարձր ջերմաստիճանային տիրույթ: Անկախ տաքացման արագությունից, վերականգնման պրոցեսն սկսվում է ավելի թույլ (C) և ավարտվում ուժեղ (Mg) վերականգնիչի հետ փոխազդեցությամբ:

*Գրուխ 5. Mo-Cu կեղծ համաձուլվածքների ստացումը LCU և RFU եղանակների համադրմամբ*

Այս գլուխը նկարագրում է կոմպոզիտային Mo-Cu նանոփոշի ստանալու նոր այլընտրանքային եղանակ լուծույթների այրմամբ սինթեզի և RFU պրոցեսների համադրմամբ: Նշված մոտեցումը

հետաքրքրական է այն առումով, որ այս դեպքում առաջին փուլում ստացվում է ( $\text{MoO}_2+\text{Cu}$ ) համասեռ խառնուրդի նանոփոշի, որն էլ հանդիսանում է ելանյութ երկրորդ փուլում ԲԻՍ եղանակով  $\text{Mg/C}$  համակցված վերականգնիչ խառնուրդով վերականգնման և  $\text{Mo-Cu}$  համաձուլվածքի ստացման համար: Արդյունքում հնարավոր է եղել ստանալ 70 նմ մասնիկի միջին չափսով  $\text{Mo-Cu}$  նանոփոշի համեմատաբար մեղմ ջերմային ռեժիմի պայմաններում: Ստացված նանոփոշու եռակայման արդյունքում ստացվել է 4.31 ԳՊա միկրոպնդությամբ կոմպակտ նմուշ: Այս արժեքը մոտ է ԼԱՍ եղանակով սինթեզված պղնձի մոլիբդատից ստացված կոմպակտ նմուշների միկրոպնդության արժեքին (4.61 ԳՊա), սակայն մոտ 1.4 անգամ գերազանցում է օքսիդների համատեղ վերականգնման դեպքում ստացված արգասիքին:

Ատենախոսության բովանդակությունը ներկայացված է տրամաբանական հաջորդականությամբ: Գրելու ոճը հիմնականում պարզ է և հստակ: Եզրակացություններն ամփոփում են ուսումնասիրության արդյունքները և նախանշում դրա հիմնական դրույթները: Սեղմագիրը և հրապարակումներն ամբողջությամբ արտացոլում են ատենախոսության կարևոր դրույթները, եզրակացությունները և առաջարկությունները:

Ատենախոսությունը համապատասխանում է քիմիական գիտությունների թեկնածուի աստիճանի պահանջներին, իսկ հեղինակ Հասմիկ Կիրակոսյանն արժանի է այդ աստիճանին:

Շարունակությունը հաջորդ էջում

Հրաչյա Սարգսյան

Հ. Ման

Խապրաբուհ 552, Սարգսյանի պարսպարանը.

ԲՏԻ ջիլ, Կարգուշաչի պարսպարան 9 Վնչյան



Տեխնիկական գիտությունների դոկտոր,  
պրոֆեսոր

Իրինա Հուսսահինովա

Մեխանիկական և արդյունաբերական  
ճարտարագիտության բաժնի տնօրեն,  
պրոֆեսոր

Կրիստո Կարյուստ

Ի. Հուսսահինովայի և Կ. Կարյուստի ստորագրությունները հաստատված են:

Գիտական քարտուղար

Ռուբ Կուլբաս

25.03.2022

Թարգմանությունը համապատասխանում է բնօրինակին:

017 գիտական խորհրդի քարտուղար



Հ.Պ. Սարգսյան

Հ.Պ. Սարգսյանի ստորագրությունը հաստատում են:

Քիմիական ֆիզիկայի ինստիտուտի  
գիտական քարտուղար, ք.գ.թ.



Լ.Հ. Սեդրակյան