

Կ Ա Ր Ծ Ի Ք

«Մետալուրգիա» մասնագիտությամբ (թվանիշ Ե.16.02) տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման համար Էդգար Գագիկի Ջաքարյանի կողմից «Թեղուտի մոլիբդենային խտանյութի բարձրջերմաստիճանային ինքնատարածվող սինթեզի եղանակով ֆերոմոլիբդենի ստացման տեխնոլոգիայի մշակումը» թեմայով պաշտպանության ներկայացված ատենախոսական աշխատանքի վերաբերյալ

ք.Երևան

09 դեկտեմբերի 2022թ.

Ատենախոսական թեմայի արդիականությունը

Հայաստանի Հանրապետությունը հարուստ է մոլիբդենի պաշարներով: Քաջարանի և Ագարակի հանքահարստացուցիչ ֆաբրիկաներում ստացված մոլիբդենային խտանյութերի հենքի վրա հանրապետությունում գործում են երկու գործարաններ՝ «Մաքուր երկաթի գործարան» ԲԲԸ և Արմավիրի «Ֆերոհամաձուլվածքների գործարան փրոդաքշն» ՍՊԸ, որտեղ խտանյութի նախնական թրծման և սիլիկաջերմային վերականգնման եղանակով արտադրում են ֆերոմոլիբդեն: Սակայն ֆերոմոլիբդենի ստացման գործող տեխնոլոգիան ունի որոշակի թերություններ՝ հատկապես լուծված չէ SO₂-ի կորզման և վնասազերծման հարցը թրծման գործընթացում, որը ստեղծում է բնապահպանական խնդիրներ շրջակա միջավայրի համար, լուծված չէ նաև ստացված ֆերոմոլիբդենի բաղադրության և կառուցվածքի հոմոգենության ապահովման խնդիրը: Հետևապես, գործող տեխնոլոգիայի ներդրումը ՀՀ Թեղուտի հանքահարստացուցիչ ֆաբրիկայի մոլիբդենային խտանյութերց ֆերոմոլիբդենի ստացման գործընթացում ցանկալի չէ: Հաշվի առնելով վերոհիշյալը, ատենախոսության թեման անկասկած արդիական է և ունի ինչպես գիտական, այնպես էլ գործնական կարևոր նշանակություն:

Վերը նշված խնդիրների լուծմանն է նվիրված գրախոսության ներկայացված ատենախոսական աշխատանքը, որի հիմնական նպատակը մեխանաքիմիական ակտիվացման եղանակով Թեղուտի մոլիբդենային խտանյութերի ռեակցիոն կարողությունների մեծացումն է՝ որպես հիմք մետալուրգիական հետագա գործընթացների ինտենսիվացման համար, և նախապես ակտիվացրած խտանյութից այլումինաջերմային վերականգնման եղանակով մոդիֆիկացված ֆերոմոլիբդենի ստացման տեխնոլոգիայի մշակումն ու տեխնիկատնտեսական հիմնավորումը:

Ատենախոսական աշխատանքի բովանդակությունը

Էդգար Գազիկի Զաքարյանի ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, հինգ գլուխներից, ընդհանուր եզրակացություններից և 170 անուն օգտագործված գրականության ցանկից, շարադրանքը կազմում է համակարգչային 128 էջ, ներառում է 26 նկար, 13 աղյուսակ և 1 հավելված:

Ատենախոսության հիմնական արդյունքները հրատարակված են 22 գիտական աշխատանքներում, որոնցից վեցն առանց համահեղինակների են, իսկ երեքը՝ ՀՀ արտոնագիր: Ընդհանուր եզրակացությունները ներկայացված են տասնմեկ կետով, որոնք մետալուրգիայի զարգացման ասպարեզում ունեն գիտական և կիրառական մեծ նշանակություն:

Ատենախոսական աշխատանքի սեղմագիրը շարադրված է 24 համակարգչային տպագիր էջերի վրա, ներառում է աշխատանքի ընդհանուր բնութագիրը, ատենախոսության հիմնական համառոտ բովանդակությունը, 6 նկար, ատենախոսության հիմնական արդյունքները և եզրակացությունները: Սեղմագրում բերված են տպագրված 22 աշխատանքները:

Ներածությունում հիմնավորված են ատենախոսության թեմայի արդիակա- նությունը, հիմնական նպատակը և պաշտպանության ներկայացվող դրույթները, ինչպես նաև աշխատանքի կիրառական նշանակությունը:

Առաջին գլխում կատարվել է ֆերոմոլիբդենի ստացման վերաբերյալ հայրենական և արտասահմանյան գրականության վերուծություն, ուսումնասիրվել են ֆերոմոլիբդենի միներալները և հանքանյութերը, մոլիբդենային հանքաքարերի հարստացման, խտանյութի ստացման և ֆլոտացման գործընթացները: Ցույց է տրված, որ դժվարահալ մետաղների սուլֆիդների մշակումը հարմար է իրականացնել ոչ թե ավանդական վառարանային մեթոդներով, այլ ուղղակի, անվառարան այլումինա- ջերմային վերականգնման եղանակով, քանի որ այս եղանակի առավելությունները խիստ ակնառու են գոյություն ունեցող ավանդական եղանակների համեմատ:

Ուսումնասիրվել են մեխանաքիմիայի հիմնահարցերը՝ մեխանաքիմիան որպես փոխազդող նյութերի ռեակցիոն ունակությունների մեծացման գործոն: Ցույց է տրված, որ պինդ նյութերի մանրացման գործընթացում արտաքին մեխանիկական ուժերի

ազդեցությունը նյութում առաջացնում է դեֆորմացիա, որը կապված է միջհատիկային հեռավորության փոփոխության, բյուրեղային ցանցերի աղավաղման, արատների առաջացման և ամորֆացման հետ, որոնք խիստ ազդեցություն են թողնում նյութերի ռեակցիոն ունակությունների վրա: Ընդհանուր առմամբ, այդ փոխարկումները հանգեցնում են փոխազդող նյութերի քիմիական ռեակցիայի ակտիվացման էներգիայի նվազմանը, ռեակցիոն ունակությունների մեծացմանը, ռեակցիաների նոր, յուրահատուկ ընթացքի և նոր մոդիֆիկացված արգասիքների առաջացմանը: Կատարված վերլուծության արդյունքում հիմնավորվել է աշխատանքի նպատակը, և հստակեցվել են հետազոտության խնդիրները:

Երկրորդ գլխում ընտրվել և հիմնավորվել են ելանյութերը, ուսումնասիրվել են դրանց բնութագրերը, մասնավորապես, Թեղուտի հանքավայրի մոլիբդենային հանքանյութերի և խտանյութի ընդհանուր բնութագրերը՝ այդ խտանյութի միներալոգիական կազմը, քիմիական և ֆազային վերլուծության արդյունքները: Արդյունքում՝ ընտրվել է նախապես մեխանաակտիվացված մոլիբդենային խտանյութի վերականգնման այլումինաջերմային մեթոդը:

Կատարվել են մոլիբդենային խտանյութի մեխանաքիմիական ակտիվացման ենթարկված և դրանից ֆերոմոլիբդենի ստացման համար նախատեսված չափիչ-հսկիչ սարքավորումների ընտրություն ու հիմնավորում:

Ուսումնասիրվել են ֆերոհամաձուլվածքների որակին ներկայացվող հիմնական պահանջները և դրանց իրականացման եղանակները:

Երրորդ գլխում հետազոտվել են մետաղների օքսիդների այլումինաջերմային վերականգնման գործընթացի հիմնահարցերը և այրման տեխնոլոգիան: Ցույց է տրված, որ բարձրաջերմաստիճանային ինքնքատարածվող սինթեզն (ԲԻՍ) այրման տեսակ է, որի արդյունքում առաջանում են գործնականում արժեքավոր պինդ նյութեր:

Աշխատանքում առաջարկվում է մեխանաակտիվացման զուգակցումը ԲԻՍ գործընթացի հետ, որն ունի կարևոր տեխնոլոգիական նշանակություն: Մեխանաակտիվացման ԲԻՍ գործընթացը (ՄԱ ԲԻՍ) կազմված է մեխանիկական ակտիվացման և նրան հաջորդող ինքնատարածվող սինթեզի փուլերից: Հայցորդը ցույց է տվել, որ մեխանաակտիվացման գործընթացում նախնական մանրացումը զգալի ազդեցություն

է թողնում ստացված արգասիքի հատկությունների վրա: Փոխազդող նյութերի մակերեսը մեծացնելիս և ամորֆ մասնիկների չափերը փոքրացնելիս սինթեզն ընթանում է ավելի ցածր ջերմաստիճաններում՝ ավելի ցածր ակտիվացման էներգիայի պայմաններում՝ ինչն ազդում է սինթեզված ֆերոմոլիբդենի կառուցվածքագոյացման գործընթացի վրա: Առաջանում են մեծ թվով բյուրեղացման կենտրոններ, իսկ ստացված բյուրեղները սկսում են աճել ցածր ջերմաստիճաններում՝ մինչև հեղուկ ֆազի առաջացումը, ինչն ազդում է սինթեզված ֆերոմոլիբդենի կառուցվածքագոյացման և ֆազաառաջացման գործընթացի վրա: Ընթանում է ԲԻՍ գործընթաց, որի արդյունքում առաջանում է միկրոհետերոգեն կառուցվածքով նյութ: Քանի որ սինթեզն ընթանում է խառնուրդներից ազատված օքսիդների հետ, հետևաբար՝ ստացվում է ավելի մաքուր և նանոչափային հատիկներով ֆերոմոլիբդեն:

Կատարվել է մոլիբդենային խտանյութի այլումինաջերմային գործընթացի թերմոդինամիկական հիմնավորում: Տարբեր օքսիդների համատեղ վերականգնման ռեակցիաների ΔG_T^0 -երի փոփոխության ջերմաստիճանային կախվածության դիտարկումը ցույց է տալիս, որ երկաթի օքսիդն առաջինն է վերականգնվում: Ավելի դժվար վերականգնվող օքսիդներից է SiO_2 -ը: Ցույց է տրված, որ օքսիդների վերականգնող ունակությունը կախված է ոչ միայն դրանց կայունությունից, այլև հալույթում դրանց կոնցենտրացիայից: Որոշվել է նաև այլումինաջերմային գործընթացի գծային արագությունը: Կատարվել են նաև ֆերոմոլիբդենի այլումինաջերմային վերականգնման գործընթացի տեսակարար ջերմության (2686,65 կՋ/կգ), բովախառնուրդի հալման առավելագույն ջերմաստիճանի (2312 K) և ջերմային կորուստների (3%) տեսական հաշվարկներ: Ցույց է տրվել, որ ստացված պարամետրերը միանգամայն բավարար են այլումինաջերմային վերականգնման գործընթացն անվառարան իրականացնելու համար:

Չորրորդ գլխում կատարվել է ֆերոմոլիբդենի ստացման գործընթացի հետազոտում: Հայցորդը մանրամասնորեն հետազոտել է մոլիբդենային խտանյութերի ֆազային փոխարկումների ընթացքը մեխանաքիմիական և ջերմային մշակման ժամանակ: Ցույց է տրվել, որ ինչպես առանձին միներալները, այնպես էլ մոլիբդենային խտանյութը օդում և ջրային միջավայրում դիսպերս մանրացման արդյունքում ենթարկվում են խոր քիմիական փոխարկումների, ընդ որում՝ 60 րոպե ջրային միջավայրում

մանրացնելիս ստացվում է մոլիբդենի եռօքսիդ (MoO_3), իսկ երկաթի դեպքում՝ նաև օքսիդներ (Fe_2O_3 և Fe_3O_4): Ուսումնասիրվել են նաև ջերմային մշակման ենթարկված մոլիբդենային խտանյութում առկա առանձին միներալների և խտանյութի փոխարկումները, ինչի արդյունքում պարզվել է, որ մեխանաքիմիապես ակտիվացված և ջերմային մշակման ենթարկված փորձանմուշների օքսիդացման օրինաչափությունները նման են միմյանց, այսինքն՝ առաջանում են նույն ֆազերը: Սակայն մեխանաակտիվացված փորձանմուշների օքսիդացումն ընթանում է ավելի ինտենսիվ և $\sim 100^\circ\text{C}$ -ով ցածր ջերմաստիճաններում: Ցույց է տրվել, որ մեխանաքիմիական ակտիվացումը ամբողջությամբ կարող է փոխարինել բարձրջերմաստիճանային թրծման գործընթացին, բացառելով ոչ ցանկալի և դեռևս լուծում չստացած SO_2 -ի կորզման հարցը: Այս կարևոր եզրակացությունները հաստատվել են ռենտգենաֆազային և մորֆոլոգիական հետազոտություններով: Աշխատանքում մեխանաքիմիական ակտիվացումը տարվել է մոլիբդենային խտանյութի, CaO -ի և NaNO_3 -ի առկայությամբ ջրային միջավայրում, որի ընթացքում մոլիբդենի սուլֆիդն ամբողջությամբ փոխակերպվում է մոլիբդենի օքսիդի, իսկ ծծումբը մտնում է CaSO_3 -ի բաղադրության մեջ և չի խանգարում հետագա վերականգնման աշխատանքների ընթացքին:

Կատարվել են փորձագիտական հետազոտություններ՝ Թեղուտի նախապես մեխանաակտիվացված մոլիբդենային խտանյութից այլումինաջերմային վերականգնմամբ $36,84\%\text{Fe}+63,16\%\text{Mo}$ բաղադրությամբ ֆերոմոլիբդենի ստացման նպատակով: Ընտրվել են օպտիմալ պայմաններ այլումինաջերմային վերականգնման գործընթացում նման բաղադրությամբ համաձուլվածքի ստացման համար: Այն ունի հետևյալ քիմիական բաղադրությունը՝ $35,53\%\text{Fe}$, $64,43\%\text{Mo}$ և $0,4\%\text{Al}$: Ըստ Fe-Mo վիճակի դիագրամի՝ ստացված համաձուլվածքը գտնվում է Fe+FeMo տիրույթում:

Հայցորդի կողմից կատարվել են հետազոտություններ, որոնք վերաբերվում են մոլիբդենային խտանյութի այլումինաջերմային վերականգնման ԲԻՍ գործընթացի ժամանակ այրման ճակատի տարածման առանձնահատկություններին՝ գծային արագությանը և առավելագույն ջերմաստիճանի կախվածությանը բովախառնուրդում առկա վերականգնիչի քանակից: Արդյունքները մշակվել Lab View ծրագրային փաթեթի

միջոցով: Ելնելով վերականգնման գործընթացի ջերմաստիճանային պրոֆիլներից, որոշվել են այդ մեծությունների արժեքները:

Հինգերորդ գլխում կատարված համալիր հետազոտությունների հիման վրա առաջին անգամ մշակվել է ուղղակի, անվառարան այլումինաջերմային վերականգնման եղանակով ֆերոմոլիբդենի ստացման ժամանակակից տեխնոլոգիա, որը ներառում է՝ մոլիբդենային խտանյութից և Fe-ի ջարդոններից որոշակի հարաբերությամբ բովախառնուրդի պատրաստում, խառնում կոնաձև խառնիչում, լցում գրաֆիտաշամոտային հրակայուն թասերի մեջ, կոնական փոսի պատրաստում, բռնկիչի տեղադրում, այրում (վերականգնում) բաց օդում, զանգվածի սառեցում, մանրացում և մետաղական ֆազի անջատում խարամից: Կատարվել է ֆերոմոլիբդենի ստացման գործընթացի տեխնիկատնտեսագիտական հիմնավորում:

Ընդհանուր առմամբ Է.Գ. Ջաքարյանի կողմից կատարված է մեծ ծավալի գիտահետազոտական աշխատանքներ, որոնց արդյունքները նորություն են մետալուրգիայի ոլորտում: Հայցորդի կողմից հրատարակված 22 գիտական աշխատանքները համապատասխանում են ատենախոսության բովանդակությանը, որն իր հերթին համապատասխանում է «Մետալուրգիա» մասնագիտությանը (թվանիշ Ե.16.02):

Աշխատանքի գիտական դրույթները և եզրակացությունների ճշտությունը

Աշխատանքում ձևակերպված են 7 գիտական դրույթներ, որոնք հիմնված են հետազոտվող գործընթացների տեսական վերլուծության և գիտափորձերի ուսումնասիրությունների վրա: Հատկապես պետք է նշել 2, 3, 4, 5 և 6 դրույթները, որոնք բացահայտում են ԲԻՍ գործընթի առանձնահատկությունները:

Գիտական դրույթների ճշտությունը ապացուցված է, քանի որ հիմնված է ծավալուն և նպատակաուղղված գիտափորձարարական տվյալների վրա: Ուսումնասիրությունների ընթացքում օգտագործվել է ժամանակակից վերլուծության միջոցներ, որոնք հեղինակին հնարավորություն են տվել հաջողությամբ իրագործել հետազոտությունների ծրագիրը և ստանալ գիտափորձի հավաստի արդյունքներ: Հիմնական արդյունքները և եզրակացությունները տրված են 11 կետով, որոնք հիմնավորված ու ապահովագրված են հետազոտություններով և տեսական դրույթներին դրանց համապատասխանեցմամբ՝ ունեն գիտական և գործնական նշանակություն:

Կատարվել է ժամանակակից ռենտգինաֆազային վերլուծություն DRON-3 սարքի օգնությամբ՝ օգտագործելով Cu-K α ճառագայթներ և Ni-ի ֆիլտր: Փորձերի արդյունքները ենթարկել են մետաղագրական վերլուծության "JXS-5" (JOUL ճապոնական ֆիրմայի արտադրություն): Ստացված մետաղական համաձուլվածքների միկրոկառուցվածքային վերլուծության, ինչպես նաև տարրերի բաշխման վերլուծության համար օգտագործվել է (SEM) VEGA TS 5130MM, Tescan, Czech Republic, Microanalysis Sistem INCA Energy 300, Oxford Instruments, UK 7 մակնիշի սկանացնող էլեկտրոնային մանրադիտակ և Energi Dispersive X-ray միկրոանալիզատոր:

Ստացված արդյունքների նորությունը և հիմնավորման աստիճանը

Ցույց է տրվել, որ Թեղուտի սուլֆիդային խտանյութի նախնական մեխանաակտիվացման և ստացված արգասիքի ալյումինաջերմային վերականգնման եղանակով կարելի է ստանալ արժեքավոր ֆերոմոլիբդեն: Բացահայտվել են ալյումինաջերմային վերականգնման գործընթացի կինետիկական և տեխնոլոգիական օրինաչափություններն ու առանձնահատկությունները:

Փորձնական եղանակով հիմնավորվել են Թեղուտի մեխանաակտիվացրած խտանյութի ալյումինաջերմային վերականգնման ԲԻՍ գործընթացին վերաբերող որոշ տեսական հարցեր կապված այրման ճակատի տարածման գծային արագության որոշման և առավելագույն ջերմաստճանի չափման հետ՝ կախված բովախառնուրդում առկա վերականգնիչի քանակից: Ելնելով վերականգնման գործընթացի ջերմաստիճանի տարածման ուղղությունից որոշվել են այդ մեծությունների արժեքները և պարզաբանվել ֆերոմոլիբդենի ստացման ԲԻՍ գործընթացի մեխանիզմը:

Հեղինակի կողմից ստացված արդյունքների կարևորությունը գիտության և արդյունաբերության ոլորտում

Հետազոտությունների արդյունքների հիման վրա մշակվել է Թեղուտի հարստացուցիչ ֆաբրիկայից ստացված սուլֆիդային խտանյութից մեխանաքիմիական ակտիվացման և ստացված արգասիքի ալյումինաջերմային վերականգնման եղանակով ֆերոմոլիբդենի ստացման տեխնոլոգիա, որը նորույթ է, քանի որ բացառում է անցանկալի և լուծում չստացված SO₂-ի առաջացումը, որը բնապահպանական տեսակետից ստեղծում է դժվարություններ: Մշակված տեխնոլոգիան ապահովում է

կիրառական կարևոր խնդրի լուծումն ապահովող գիտականորեն հիմնավորված տեխնիկական և տեխնոլոգիական մշակում է: Ատենախոսությունը համապատասխանում է ՀՀ գիտական աստիճանաշնորհման անվանացանկի «Մետալուրգիա» մասնագիտությանը (թվանիշ Ե.16.01):

Սեղմագիրը և հրատարակված գիտական հոդվածներն ընդգրկում են ատենախոսության հիմնական բովանդակությունը:

Ընդհանուր եզրակացությունները ներկայացված են 11 կետով, որոնք ֆերոմոլիբդենի ստացման տեսական և արտադրական բնագավառում ունեն գիտական և կիրառական մեծ նշանակություն:

Ատենախոսության վերաբերյալ առկա են հետևյալ դիտողությունները

1. Աշխատանքում չի քննարկվել ռենիումի հարցը, որն առկա է մոլիբդենային խտանյութում: Չի ուսումնասիրվել ռենիումի վարքը մեխանիկական ակտիվացման և այլումինաջերմային վերականգնման գործընթացներում:

2. Աշխատանքում բացակայում է խարամային ֆազի ռենտգենակառուցվածքային վերլուծության հիմնավորումը, ինչն ավելի ամբողջական կդարձնեք այն:

3. Տեխնիկատնտեսական հաշվարկների արդյունքները, այդ թվում տարեկան արտադրանքի ինքնարժեքը համեմատված չէ գործող մոլիբդենային արտադրության տվյալների հետ, որպեսզի գնահատվի մշակված տեխնոլոգիայի առավելությունը պիրոմետալուրգիականի նկատմամբ:

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 մշակվել Թեղուտի մոլիբդենային խտանյութի նախապես մեխանաակտիրացրած արգասիքի ուղղակի, անվառարան այլումինաջերմային վերականգնման եղանակով ֆերոմոլիբդենի ստացման ժամանակակից տեխնոլոգիա, որի արդյունքում բացահայտվել է, որ ռեակցվող նյութերի դիսպերսության մեծացման հաշվին կարելի է շրջանցել մոլիբդենային խտանյութի թրծման դժվարին և աշխատատար գործընթացը և իրականացնել խտանյութի ուղղակի մետաղաջերմային վերականգնում: Գիտական հա-

վաստի արդյունքներով ցույց է տրվել, որ դիսպերսայնության մեծացումը նպաստում է նաև վերականգնման գործընթացում ընթացող ռեակցիաների ինտենսիվության մեծացմանը և համասեռ կառուցվածքով մոդիֆիկացված վերջնական արգասիքի ստացմանը:

Հեղինակը հմտորեն կիրառել է ժամանակակից հետազոտական մեթոդներ ու գիտականորեն հիմնավորել ստացված արդյունքները: Նրա կողմից առաջադրված և լուծված խնդիրներն իրենց արդիականությամբ, գիտական և գործնական արժեքներով գնահատվում են որպես էական ներդրում ժամանակակից մետալուրգիայի բնագավառում: Այն գիտականորեն հիմնավորված տեխնիկական և տեխնոլոգիական լուծում է, որը հիմնավորապես կարող է նպաստել մետալուրգիայի բնագավառում գիտատեխնիկական առաջընթացին:

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

Պաշտոնական ընդդիմախոս՝
ՀԱՊՀ «Մետալուրգիա և նյութագիտություն»
ամբիոնի պրոֆեսոր, տ.գ.դ.

Հասմիկ Սամսունի Պետրոսյան

Հ.Ս. Պետրոսյանի ստորագրության իսկությունը հաստատում եմ՝

ՀԱՊՀ գիտական քարտուղար
տեխ. գիտ. թեկնածու, դոցենտ

Ծ.Ս. Հովհաննիսյան

" 08 " 12 2022թ.

