

ՀՀ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ
ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

ՀՈՎՍԵՓՅԱՆ Արմեն Հովհաննեսի

ՄՈԼԻԲԴԵՆԱՅԻՆ ԽՏԱՆՅՈՒԹԵՐԻ ՎԵՐԱՄՇԱԿՄԱՆ ԵՎ ՍՏԱՑՎԱԾ
ՄԻԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԻՄԱՆ ՎՐԱ ԼԵԳԻՐՈՂ ԵՎ ՆՈՐ ՆՅՈՒԹԵՐԻ
ՍՏԱՑՄԱՆ ՏԵՍԱԿԱՆ ԵՎ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ՀԻՄՈՒՆՔՆԵՐԻ
ՄՇԱԿՈՒՄԸ

ԱՏԵՆԱԽՈՍՈՒԹՅՈՒՆ

Ե.16.02 –«Մե տալ ու ը գ ի ա» մասնագիտությունը ամբ
տեխնիկական գիտությունը ու ներքին դոկտորի
գիտական աստիճանի հայցման համար

ԵՐԵՎԱՆ 2018

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ5

1. ՄՈՒԻԲԴԵՆԻ ՍՈՒԼՖԻԴԱՅԻՆ ԽՏԱՆՈՒԹԵՐԻ ՎԵՐԱՄՇԱԿՄԱՆ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ, ՄՈՒԻԲԴԵՆԻ ԵՌՕՔՍԻԴԻ, ԿԱԼՑԻՈՒՄԻ ՄՈՒԻԲԴԱՏԻ, ՄԱՔՈՒՐ ՄԻԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ՝ ԵՐԿՍՈՒԼՖԻԴԻ, ԿԱՊԱՐԻ ՄՈՒԻԲԴԱՏԻ ԵՎ ԼԵԳԻՐՈՂ ՆՅՈՒԹԵՐԻ ՍՏԱՑՄԱՆ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ, ԴՐԱՆՑ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՎ ԱՌԱՆՁՆԱՅԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ.....12
 - 1.1. Մոլիբդենի սուլֆիդային խտանյուղերի վերամշակման արդյունաբերական մեթոդները՝ օքսիդացուցիչ թրծում, տարրալուծումը ազոտական թթվով և վերլուծության յուղ.....12
 - 1.2. Մաքուր մոլիբդենի եռօքսիդի ստացման մեթոդները և դրանց վերլուծության յուղ..24
 - 1.3. Կալցիումի մոլիբդատի ստացման մեթոդները և կիրառման բնագավառները28
 - 1.4. Mo-S համակարգի վիճակի դիագրամի վերլուծության յուղ, մոլիբդենիտային խտանյուղերից մոլիբդենի երկսուլֆիդի և կապարի մոլիբդատի ստացումը, Մոլիբդենի երկսուլֆիդի և կապարի մոլիբդատի հատկության ներքին կիրառման բնագավառները30
 - 1.4.1. Mo-S համակարգի վիճակի դիագրամի վերլուծության յուղ30
 - 1.4.2. Մոլիբդենիտային խտանյուղերից մոլիբդենի երկսուլֆիդի ստացումը32
 - 1.4.3. Մոլիբդենի երկսուլֆիդի բյուրեղային կառուցվածքը և հատկության ներքին38
 - 1.4.4. Մոլիբդենի երկսուլֆիդի հատկության ներքին կիրառման առանձնահատկության ներքին40
 - 1.4.5. Կապարի մոլիբդատի ստացման արտադրական մեթոդները և առանձնահատկության ներքին46

1.4.6.	Օքսիդացած հանքանյութերի հարստացման մեթոդները և առանձնահատկությունները	.....51
1.5.	Պողպատների և եզիրման և թթվածնազտման տեխնոլոգիական առանձնահատկությունները	.......54
1.5.1.	Ցածր և եզիրված պողպատների մոլիբդենոլ և եզիրման տեխնոլոգիական առանձնահատկությունները	.......56
1.5.2.	Մոլիբդենի քիմիական միացությունները որպես և եզիրող նյութեր, դրանց առանձնահատկությունները	.......58
	ԵՉՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ, ՅԵՏԱԶՈՏՄԱՆ ՆՊԱՏԱԿՆ ՈՒ ԽՆԴԻՐՆԵՐԸ	.....59
2.	ԵԼԱՆՅՈՒԹԵՐԸ, ՉԱՓԻՉ ՅՍԿԻՉ ՍԱՐՔԱՎՈՐՈՒՄՆԵՐԸ ԵՎ ՅԵՏԱԶՈՏՄԱՆ ՄԵԹՈԴԻԿԱՆ	.....64
	2.1. Ելանյութերը և դրանց նութագրերը	.....64
	2.2. Չափիչ հսկիչ սարքավորումները և հետազոտման մեթոդիկան	.....73
	ԵՉՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ	.....81
3.	ՍՈԼԻԲԴԵՆԻՏԱՅԻՆ ԽՏԱՆՅՈՒԹԵՐԻ ՄԱՔՐՈՒՄԸ ԽԱՌՆՈՒՐԴՆԵՐԻՑ, ԳՈՐԾԸՆԹԱՑԻ ՏԵՍԱԿԱՆ ԵՎ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ԱՌԱՆՁՆԱՅԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ	.....82
3.1.	Մոլիբդենիտային խտանյութերի մաքրումը ծանր գունավոր մետաղներից	.....82
3.2.	Մոլիբդենիտային խտանյութերի մաքրումը \$l\$ նոսազդանյութերից	.....87
3.3.	Մոլիբդենիտային խտանյութերի մաքրումը կալցիումի և մագնեզիումի միացություններից	.....90
3.4.	Մոլիբդենիտային խտանյութերի մաքրումը քվարցիտներից	.....94

3.5. Մոլ իբրդենիտայ ին խտանյ ու թերի տարրալ ու ծոււմը 5-8 %- անոց ազոտական

թթվով96

ԵՉՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ97

4. ՄՈՒԻԲԴԵՆԻ ՍՈՒԼՖԻԴԱՅԻՆ ԽՏԱՆՅՈՒԹԵՐԻՑ ՄՈՒԻԲԴԵՆԻ ԵՌՕՔՍԻԴԻ, ԿԱԼՑԻՈՒՄԻ ՄՈՒԻԲԴԱՏԻ, ՄԱՔՈՒՐ ՄԻԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ՝ ԵՐԿՍՈՒԼՖԻԴԻ ԵՎ ԿԱՊԱՐԻ ՄՈՒԻԲԴԱՏԻ, ԵՐԿՍԻԼԻՑԻԴԻ ՈՒ ՍԻԼԻՑԻՈՒՄԻ ՍՈՒԼՖԻԴԻ ՍՏԱՑՄԱՆ ՏԵՍԱԿԱՆ ԵՎ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ՀԻՄՈՒՆՔՆԵՐԸ98

4.1. Մաքուր մոլ իբրդենի եռօքսիդի և կալցիումի մոլ իբրդատի ստացումն ու հատկությունների հետազոտումը98

4.2. Մոլ իբրդենի երկսուլֆիդի և կապարի մոլ իբրդատի ստացումն ու հատկությունների հետազոտումը 103

4.3. Մոլ իբրդենի երկսիլիցիդի և սիլիցիումի սուլֆիդի ստացումն ու հատկությունների հետազոտումը118

4.4. Սիլիցիումի երկսուլֆիդ, պղնձի օքսիդացած հանքանյութերից պղնձի սուլֆիդների ստացման առանձնահատկությունները128
ԵՉՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ144

5. ՄՈՒԻԲԴԵՆԻ ՍՈՒԼՖԻԴԱՅԻՆ ԽՏԱՆՅՈՒԹԵՐԻՑ ՍՏԱՑՎԱԾ ՔԻՄԻԱԿԱՆ ՄԻԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ՝ ԿԱԼՑԻՈՒՄԻ ՄՈՒԻԲԴԱՏԻ ԵՎ ՄՈՒԻԲԴԵՆԻ ԵՐԿՍԻԼԻՑԻԴԻ, ՈՐՊԵՍԼԵԳԻՐՈՂ ՆՅՈՒԹԵՐԻ ՍՏԱՑՄԱՆ ՏԵՍԱԿԱՆ ԵՎ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ՀԻՄՈՒՆՔՆԵՐԸ146

5.1. Կալցիումի մոլ իբրդատի հատիկավորման տեխնոլոգիայի մշակումը և հատիկավորված կալցիումի մոլ իբրդատի հատկությունների հետազոտումը146

5.2. Մոլ իբրդենի երկսիլիցիդի կիրառումը որպես պողպատի լեգիրման համալիր լիգատորա162

5.3. Պողպատների թթվածնազտման և լեգիրման ժամանակ ընթացող ջերմային Էֆեկտները167

	ԵԶՐԱԿԱՑՈՒ ԹՅՈՒՆՆԵՐ	.....	175
6.	ՀԱՏԻԿԱՎՈՐՎԱԾ ԿԱԼ ՑԻՈՒՄԻ ՄՈԼ ԻԲԴԱՏՈՎ ԵՎ ՄՈԼ ԻԲԴԵՆԻ ԵՐԿՍԻԼ ԻՑԻԴՈՎ ՑԱԾՐ Լ ԵԳԻՐՎԱԾ ՊՈՂՊԱՏՆԵՐԻ, Լ ԵԳԻՐՄԱՆ ԵՎ ԹԹՎԱԾՆԱՉՏՄԱՆ ՏԵԽՆՈԼ ՈԳԻԱԿԱՆ ՀԻՄՈՒՆՔՆԵՐԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ: ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ԷՖԵԿՏԻՎՈՒ ԹՅԱՆ ՀԻՄՆԱՎՈՐՈՒՄԸ .....	.....	177
6.1.	Հատիկավորված կալ ցիոլ մի մոլ իբդատով ցածր և եգիրված պողպատների և եգիրման տեխնոլոգիայի մշակումը .....	.....	177
6.2.	Մոլ իբդենի երկսիլ իցիդով ցածր և եգիրված պողպատների և եգիրման և	թթված նազտման տեխնոլոգիայի մշակումը .....	..... 180
6.3.	Փորձնական հալումների որակական բնութագրերը և առանձնահատկությունները .....	.....	186
6.4.	Տնտեսական էֆեկտիվություն	հիմնավորումը .....	..... 191
	ԵԶԻԱԿԱՑՈՒ ԹՅՈՒՆՆԵՐ	.....	198
	ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԵԶՐԱԿԱՑՈՒ ԹՅՈՒՆՆԵՐ	.....	199
	ԳՐԱԿԱՆՈՒ ԹՅԱՆ ՑԱՆԿ	.....	202
	ՀԱՎԵԼՎԱԾՆԵՐ	.....	218

ՆԵՐԱՇՈՒ ԹՅՈՒՆ

Հայաստանի և եռնամետալոգիական արդյունաբերությունը հանրապետության տնտեսության գերակա ճյուղերից մեկն է, որն ապահովում է արտահանման ծավալների մեծ մասը: Հանրապետությունը մոլ իբդենի հայտնաբերված պաշարներով աշխարհում գրավում է առաջնակարգ տեղերից մեկը, որտեղ կենտրոնացված են մոլ իբդենի համաշխարային հաշվարկված

պաշարների մոտ 10 տոկոսը: Յայտնի են մոլիբդենի շուրջ քսան միներալներ, որոնցից արդյունաբերական նշանակություն ունեն, մոլիբդենիտը (MoS_2), պովելիտը (CaMoO_4), մոլիբդիտը ($\text{Fe}_2(\text{MoO}_4) \cdot n\text{H}_2\text{O}$), վոլլֆենիտը (PbMoO_4) և մոլիբդոշեելիտը ($\text{Ca}(\text{W},\text{Mo})\text{O}_4$): Յայաստանում մոլիբդենի ամենատարածված միներալը՝ մոլիբդենիտն է (2H-MoS_2):

Յայաստանի տարածքում շահագործման մեջ գտնվող հանքավայրերը պղինձ-մոլիբդենային են: Սյունիքի մարզում են տեղաբաշխված Քաջարանի (0,21% Cu, 0,0455% Mo), Ագարակի (0,33% Cu, 0,0217% Mo), Դաստակերտի (0,62% Cu, 0,047% Mo), Լիճքի (0,558% Cu, 0,03% Mo) հանքավայրերը: Թեղուտի պղինձ-մոլիբդենային (0,34% Cu, 0,03% Mo) հանքավայրը գտնվում է Ալավերդու հանքային գոտում:

Յանրապետության հանքահարստացման ձեռնարկությունները (Քաջարանի, Ագարակի, Թեղուտի) տարեկան արտադրում են ~12000տ մոլիբդենիտային խտանյութեր: Այդ խտանյութերի համալիր վերամշակումը և դրա հիման վրա ժամանակակից նյութերի ստացումը հանդիսանում է հանրապետության արդյունաբերության զարգացման կարևոր ուղղություններից մեկը: Ներկայումս այդ խտանյութերի վերամշակմամբ ստանում են ֆերոմոլիբդեն և փոքր քանակի կալցիումի մոլիբդատ:

Անկախ նրանից թե ինչ նյութ են ուզում ստանալ, խտանյութերի վերամշակումը սկսում են օքսիդացուցիչ թրծումով, որի արդյունքում ստացվում են տեխնիկական մաքրության մոլիբդենի եռօքսիդ՝ հոլմք ֆերոմոլիբդենի ստացման համար և ծծմբային գազեր (SO_2 , SO_3) որոնք արտանետվում են մթնոլորտ, աղտոտելով շրջակամիջավայրը:

Մոլիբդենի եռօքսիդը ֆերոմոլիբդենի ստացման հիմնական ելանյութն է:

Ֆերոմոլիբդենը երկաթի և մոլիբդենի համաձուլվածք է 50...75% մոլիբդենի պարունակությամբ, որը օգտագործվում է պողպատների և գիրման համար:

Ներկայումս Լիգատուրաներին ներկայացվում են նոր պահանջներ գունավոր մետաղներից մաքրության, խտության, հալման ջերմաստիճանի, բաղադրության, ձուլազանգվածի

համասեռության, երկաթի հալույթում լուծման արագության վերաբերյալ :

Հանրապետության գործարաններն արտադրում են ստանդարտի պահանջներին բավարարող \$երոմոլիբդեն: Սակայն \$երոմոլիբդենն ունի թերություններ, բաղադրության անհամասեռություն (մոլիբդենի բաղադրությունը ձուլագանգվածի մեջ տատանվում է 45...70%), մեծ խտություն և հեղուկ մետաղում լուծման փոքր արագություն: Նշված գործոնները դժվարացնում են որակյալ պողպատների ստացումը մոլիբդենի պարունակության ստանդարտների սահմանների ցածր արժեքներով, մոլիբդենի տնտեսման նպատակով և նաև տարբեր հալույթների պողպատների հատկությունների ստանդարտացման համար: Բացի դրանից \$երոմոլիբդենը մոլիբդենիտային խտանյութերից ստացվող մոլիբդենային արտադրանքի ամենաէժան արտադրատեսակն է, որը և արտահանվում է եվրոպական երկրներ:

Մոլիբդեն պարունակող պողպատների արտադրությունում որպես լիգատորա, \$երոմոլիբդենից բացի, օգտագործվում է նաև կալցիումի մոլիբդատը: Հարկավոր է նշել, որ կալցիումի մոլիբդատի ստացման հիդրոմետալուրգիական գործընթացը, սկսած հանքանյութերից, ավելի հեշտ է և էժան քան \$երոմոլիբդենինը: Կալցիումի մոլիբդատի արտադրության համար կարելի է օգտագործել նույնիսկ բոլոր տեսակի սուլֆիդային և երկրորդային կիսաարտադրանքներ: Չնայած այդ առավելություններին կալցիումի մոլիբդատը համարվում է ոչ տեխնոլոգիական նյութ, որպես լիգատորա այն ունի թերություններ ու նաև սահմանափակ կիրառություն և հալված մետաղի կողմից մոլիբդենի յուրացման ցածր աստիճան (70... 80%):

Մանրաբյուրեղային կալցիումի մոլիբդատը կշռաբաշխում են երկաթյա բանկաների մեջ, ամեն մեկի մեջ տասը կգ մոլիբդեն հաշվարկով: Օգտագործվում է միայն բովախառնուրդի մեջ:

Չնայած խոշոր ծավալներով բնական պաշարների առկայությանը, հանքահարստացման արտադրությունների գոյությանը, ինչպես նաև բարձր գները և

շուկայի հուսալիությունը, ներկայումս հանրապետությունում կազմակերպված չէ մոլիբդենի մաքուր միացությունների արտադրությունը: Այս խնդրի հիմքում ընկած է նորագույն առաջնակարգ տեխնոլոգիաների բացակայությունը: Մշակվող տեխնոլոգիան պետք է լինի էկոլոգիապես պաշտպանված և մրցունակ:

Հանրապետությունում բարձր մաքրության մոլիբդենի եռօքսիդի, երկսուլֆիդի, երկսիլիցիդի, կալցիումի և կապարի մոլիբդատների, մաքուր ֆերոմոլիբդենի և ժամանակակից այլ նյութերի արտադրությունը բացակայում է, մինչդեռ մեծ շահութաբերություն ակնկալելու համար հարկավոր է արտահանել ժամանակակից վերջնական արտադրանք:

Բնական մոլիբդենիտի ($2H-MoS_2$) բյուրեղային կառուցվածքը հեքսագոնալ շերտավոր է: Ծերտի ներսում գործում է ամուր քիմիական կապի սկզբների միջև թույլ Վան-դեր-վալսյան կապ: Այդ իսկ պատճառով միջշերտային տեղաշարժի նկատմամբ դիմադրությունը փոքր է: Մոլիբդենի դիսուլֆիդը որոշակի պայմաններում կարելի է տրոհել նանոչափ բլոկների: Այդ հատկությունների շնորհիվ բարձր մաքրության մոլիբդենի դիսուլֆիդը, որպես հակաշփական նյութ կիրառվում է կենցաղային սարքերում, էներգետիկայում, ռազմական, ավիացիոն և տիեզերական տեխնիկայում, որտեղ սովորական յուղերը և քսուլները կիրառելի չեն (բարձր ջերմաստիճան, ճնշում, վակուում, ագրեսիվ միջավայր, ճառագայթում և այլն), այն անփոխարինելի է: Բնական մոլիբդենիտը $2H-MoS_2$ կիրառվում է որպես երկարաժամկետ քսանյութ ճշգրիտ մեխանիկայում, ներքին այրման շարժիչների մեջ՝ շփման գործակիցը փոքրացնելու համար, նոր մետաղակերամիկական հակաշփական կոմպոզիտային նյութերում, պլիմերներում և այլուր: Հանրապետությունում կիրառվում է ատոմակայանում և ՋԵԿ-երում: Որպեսզի այն կիրառվի որպես հակաշփական նյութ, պետք է լինի գերմաքուր, չպարունակի շփական նյութեր:

Տեղական մոլիբդենիտային խտանյութերն ունեն իրենց յուրահատուկ բաղադրությունը, պիրիտի, խալկոպիրիտի, քվարցի, արգնահողի և այլ շփական միներալների սերտաճվածությունն ու ներփակվածությունը հնարավորություն չի տալիս ֆլոտացման

միջոցով ամբողջովին մաքրել խտանյութերը և ստանալ գերմաքուր մոլիբդենիտ ($2H-MoS_2$):

Հաշվի առնելով մաքուր և դիսպերս փոշիների մեծ պահանջարկը, բարձր շուկայական գինը և դրանցից նոր հակաշփական նյութերի ստացման հնարավորությունը, տեղական հումքի բազայի վրա գերմաքուր և դիսպերս $2H-MoS_2$ -ի ստացման տեխնոլոգիայի մշակումը ժամանակի հրամայականն է և ունի մեծ գիտագործնական նշանակություն:

Կապարի մոլիբդատի մոնոբյուրեղները, շնորհիվ բարձր ֆիզիկական և օպտիկական հատկությունների, մեծ կիրառություն ունեն ժամանակակից լազերային համակարգերում, ակուստոօպտիկական սարքերում՝ վերափոխվող ֆիլտրերում, ռադիոհաճախության սպեկտրների անալիզատորներում, մոդուլյատորներում և դեֆլեկտորներում, միջուկային սարքերում, որպես ցածր ջերմաստիճանային սցինտիլյատորներ:

Կապարի մոլիբդատի օգտագործումը պայմանավորված է նրա հատկությունների այնպիսի հաջողված համակցությունը ինչպիսիք են լայն սպեկտրային ընդգրկույթը, բարձր ակուստոօպտիկական որակը, լավ ակուստիկական հատկությունը: Կապարի մոլիբդատի մոնոբյուրեղի աճեցման Չոխրալսկու մեթոդն ունի հետևյալ բնութագրերը բյուրեղի մեծ չափեր՝ տրամագիծը 40...50մմ, երկարությունը 40...60մմ, բարձր օպտիկական համասեռություն, ցածր կլանելիություն և ցրում:

Կապարի մոլիբդատի մոնոբյուրեղը լայնորեն կիրառվում է օպտիկական և ակուստոօպտիկական սարքերում լազերային ճառագայթը շեղելու համար, սակայն աճեցված բյուրեղները ստացվում են դեղին երանգավորմամբ, որը և պայմանավորում է թափանցելիության փոքրացում օպտիկական սպեկտրի համապատասխան տիրույթում և հետևաբար, բյուրեղի օգտագործման հնարավորությունների նեղացում:

Բյուրեղի դեղին գունավորումը հիմնականում կապված է կապարի մոլիբդատում ներխառնուկների առկայությամբ և ստեփոմետրիայի խախտմամբ: Այս տեսակետից խիստ կարևոր է

ստանալ խառնուրդների նվազագույն պարունակությամբ և ստեխիոմետրական բաղադրությամբ կապարի մոլիբդատ:

Մոլիբդենի երկսիլիցիդը շնորհիվ իր մի շարք հատկությունների էլեկտրահաղորդականության, ջերմահաղորդականության, կիզակայունությունը և կիրառում է գտել ժամանակակից տեխնիկայում, հատկապես բարձրջերմաստիճանային էլեկտրական տաքացուցիչների արտադրությունում, որոնք ապահովում են օդի միջավայրում մինչև 1800 °C: Մոլիբդենի երկսիլիցիդը կիրառվում է նաև որպես ծածկութապատման նյութ մոլիբդենի հիմքով հրակայուն համաձուլվածքները օքսիդացումից պաշտպանման համար: Յեռանկարային է նաև մոլիբդենի երկսիլիցիդի հիմքով կոմպոզիտային նյութերի կիրառությունը այսպես կոչված «կերամիկական» ներքին այրման շարժիչների արտադրությունում:

Վերջին ժամանակներս խառնուրդների վերամշակման ավանդական եղանակներին փոխարինելու են գալիս ավելի արդյունավետ արդիական մեթոդներ: Դրանց թվին է պատկանում բարձրջերմաստիճանային ինքնատարածվող սինթեզի (ԲԻՍ) մեթոդը:

Գոյություն ունեցող ավանդական մեթոդների համեմատ այս մեթոդն ունի մի շարք առավելություններ էլեկտրական կամ բնական գազի այրման էներգիաների փոխարեն էլանյութերի քիմիական էներգիայի օգտագործում, սարքավորումների պարզություն, գործընթացների մեծ արագություն, անընդատ արտադրության կազմակերպման հնարավորություն, ջերմության անջատման շերտային բնույթ:

Այսպիսով մոլիբդենային խառնուրդների վերամշակման ռացիոնալ տեխնոլոգիայի մշակման խնդրի արդիականությունը միանշանակ ակնհայտ է, որը պետք է ապահովի բարձր մաքրության մոլիբդենի միացությունների ստացումը և լեգիրող ու նոր նյութերի արտադրությունը:

Այդ տեսակետից անտեսախոսության թեման խիստ արդիական է և հրատապ:

Յետադոտությունների նպատակը և խնդիրները:

Անտեսախոսության հիմնական նպատակն է մշակել մոլիբդենի

սուլֆիդային խտանյութերի համալիր վերամշակման շահույթաբեր, բնապահպանական նորմերին բավարարող արտադրական տեխնոլոգիաներ բարձր մաքրության մոլիբդենի երկսուլֆիդի, երկսիլիցիդի, կալցիումի և կապարի մոլիբդատների, մոլիբդենի եռօքսիդի ու լեգիրող նյութերի ստացման համար և բացահայտել գործընթացների տեսական և տեխնոլոգիական հիմունքները:

Պատասխանում են երկայացվող հիմնական դրոյթները:

1. Մոլիբդենիտային խտանյութերի վերամշակման գործընթացների տեսական և տեխնոլոգիական հիմունքները, մոլիբդենի մաքուր միացությունների՝ եռօքսիդ, երկսուլֆիդ, երկսիլիցիդ, կալցիումի և կապարի մոլիբդատներ և նոր լեգիրող նյութերի ստացումը և բնապահպանական խնդիրները:

2. Մոլիբդենիտային խտանյութերի ուղեկից միներալներից մաքրումը, հատկությունների հետազոտումը, լավարկված ռեժիմների ընտրումը ու համալիր վերամշակմամբ տեխնիկական մաքրության մոլիբդենի եռօքսիդի և բարձր մաքրության մոլիբդենիտի ստացման տեխնոլոգիական պարամետրերը:

3. Ստացված տարալուծման լուծույթներից հիդրոմետալուրգիական եղանակով կալցիումի մոլիբդատի և կապարի ստեխիոմետրական բաղադրությամբ գերմաքուր մոլիբդատի ստացման տեխնոլոգիան:

4. Մոլիբդենի սուլֆիդային խտանյութերից, վառարանային և բարձրջերմաստիճանային ինքնատարածվող սինթեզի մեթոդներով, մոլիբդենի երկսիլիցիդի ստացման տեխնոլոգիան, Mo-S-Si համակարգի թերմոդինամիկական և տեսական հիմնավորումները, ռեակցիաների մեխանիզմը և լավարկված ռեժիմները: Խտանյութերից բարձրջերմաստիճանային ինքնատարածվող սինթեզի մեթոդով ստացված արգասիքների ռենտգենաֆազային և միկրոկառուցվածքային հետազոտությունների արդյունքները:

5. Մոլիբդենի սուլֆիդային խտանյուղերի սիլիցիումով վերականգնման գործընթացում ստացված սիլիցիումի երկսուլֆիդի և նրա նատրիումական թիոկոմպլեքսի կիրառումով պղնձի օքսիդացած միներալների աղացման փուլում մակերևութային սուլֆիդացումը, մեխանիզմը, կինետիկան, տեխնոլոգիական ռեժիմները և պղնձի փրփրաֆլոտացումով կորզման տեխնոլոգիայի մշակումը:

6. Լեգիրող նյութերի ստացումը, կալցիումի մոլիբդատի հատիկավորման տեխնոլոգիայի մշակումը, Լավարկված ռեժիմները:

7. Հատիկավորված կալցիումի մոլիբդատով ցածր լեգիրված պողպատների լեգիրման տեխնոլոգիան և մոլիբդենի երկսիլիցիդով լեգիրման և թթվածնազտման տեխնոլոգիան:

8. Մոլիբդենի սուլֆիդային խտանյուղերի համալիր վերամշակման և նրանցից մոլիբդենի մաքուր միացությունների՝ երկսուլֆիդի, երկսիլիցիդի, եռօքսիդի, կալցիումի և կապարի մոլիբդատների և նոր լեգերող նյութերի ստացման մշակված տեխնոլոգիաների տեխնիկատնտեսական հիմնավորումը:

1. ՄՈԼԻԲԴԵՆԻ ՍՈԼԼՖԻԴԱՅԻՆ ԽՏԱՆՈՒԹԵՐԻ ՎԵՐԱՄՇԱԿՄԱՆ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ, ՄՈԼԻԲԴԵՆԻ ԵՌՕՔՍԻԴԻ, ԿԱԼՑԻՈՒՄԻ ՄՈԼԻԲԴԱՏԻ, ՄԱՔՈՒՐ ՄԻԱՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ՝ ԵՐԿՍՈՒԼՖԻԴԻ, ԿԱՊԱՐԻ ՄՈԼԻԲԴԱՏԻ ԵՎ ԼԵԳԻՐՈՂ ՆՅՈՒԹԵՐԻ ՍՏԱՑՄԱՆ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ, ԴՐԱՆՑ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՎ ԱՌԱՆՁՆԱՅԱՏՎՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

1.1 Մոլիբդենի սուլի ֆիդայի խտանյուղերի վերամշակման արդյունաբերական մեթոդները՝ օքսիդացուցիչ թրծում, տարրալուծումը ազոտական թթվով և վերլուծությունը

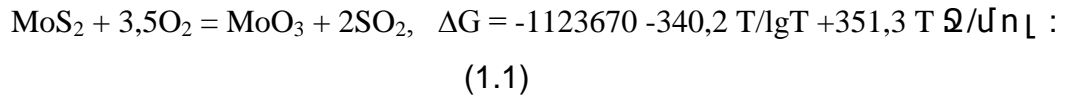
Արդյունաբերական արակտիկայում անկախ նրանից թե ինչ նյութ են ուղղում ստանալ խտանյուղերի վերամշակումը սկսում են օքսիդացուցիչ թրծումով, որի արդյունքում ստացվում են տեխնիկական մաքրության մոլիբդենի եռօքսիդ՝ հոլմք ֆերոմոլիբդենի ստացման համար և ծծմբային գազեր (SO_2 , SO_3) որոնք արտանետում են մթնոլորտ, աղտոտելով շրջակա միջավայրը [1]:

Մոլիբդենիտային խտանյուղերի թրծման գոծընթացում ընթանում են մի շարք քիմիական ռեակցիաներ, որոնք կարելի է բաժանել չորս խմբերի՝

1. Մոլիբդենիտի օքսիդացումը թթվածնով մինչև մոլիբդենի եռօքսիդ:
2. Մոլիբդենիտի երկրորդային փոխազդեցությունը եռօքսիդի հետկազմավորելով մոլիբդենի ցածր օքսիդներ:
3. Ուղեկից սուլի ֆիդային միներալների (աղնձի, երկաթի, ցինկի և այլն) օքսիդացումը, որի հետևանքով կազմավորվում են օքսիդներ և սուլֆատներ:
4. Մոլիբդենի եռօքսիդի և խառնուրդների թթվածնային միացությունների (օքսիդներ, սուլֆատներ, կարբոնատներ) միջև

փոխազդեցությունը, որի հետևանքով կազմավորվում են մոլիբդեններ:

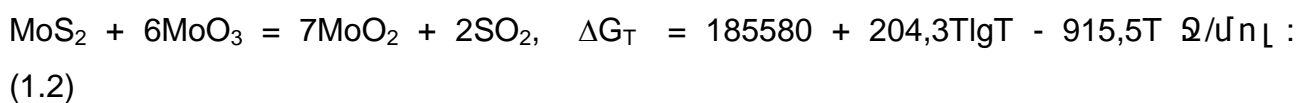
Մոլիբդենիտը ինտենսիվորեն սկսում է օքսիդանալ օդի թթվածնով 500 °C- ից բարձր ջերմաստիճանում առաջացնելով մոլիբդենի եռօքսիդ համաձայն հետևյալ էկզոթերմիկ ռեակցիայի [1,2].



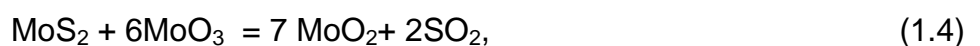
Օքսիդացման գործընթացում մոլիբդենիտի մասնիկները ծածկվում են մոլիբդենի եռօքսիդի թաղանթով: Այդ պատճառով ռեակցիայի արագությունը որոշվում է օքսիդացած թաղանթի կառուցվածքով, որի միջով թթվածինը և ծծմբային գազը պետք է դիֆուզվեն հակառակ ուղղություներով:

400 °C ջերմաստիճանում կազմավորվում է խիտ օքսիդային թաղանթ և օքսիդացման արագությունը որոշվում է պինդ թաղանթի միջով թթվածնի դիֆուզիայով: 550...600°C ջերմաստիճանում օքսիդային թաղանթը դառնում է ծակոտկեն և չի արգելակում ռեակցիայի ընթացքին:

Մոլիբդենիտի օքսիդացման ռեակցիայի բարձր ջերմային էֆեկտն ապահովում է մոլիբդենիտային խտանյութերի թրծման հնարավորությունն ի հաշիվ գործընթացի ջերմության: Օդի մուտքի բացակայության դեպքում (օրինակ եռակաված կտորների ներսում, որոնք կազմավորվում են թրծման ժամանակ) թերայրուկի մեջ առաջանում է մոլիբդենի երկօքսիդ ըստ հետևյալ ռեակցիայի.

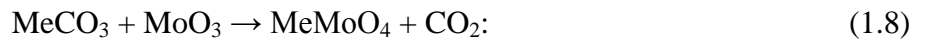
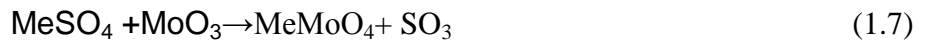


Թրծման ժամանակ MoS₂-ի օքսիդացումն ընթանում է հետևյալ փուլերով՝



Մոլիբդենիտային խտանյութերի օքսիդացուցիչ թրծման ժամանակ, երկաթի, պղնձի, ցինկի և այլ խառնուրդ սուլֆիդները նույնպես օքսիդանում են առաջացնելով օքսիդներ և սուլֆատներ,

ինչպես նաև կարբոնատները, որոնք միանում են մոլիբդենի եռօքսիդի հետ կազմավորելով մոլիբդատներ, հետևյալ ռեակցիաներով՝



Գործարանային պրակտիկայում մոլիբդենային խտանյութերի թրծումը կատարում են բազմահատակային վառարաններում մեխանիկական խառնումով և «եռացող շերտով» վառարաններում [1,3]: Երբեմն թրծումը կատարում են նաև թմբուկային վառարաններում, որոնք քիչ են պիտանի մոլիբդենային խտանյութերի թրծման համար: Քանի որ այդպիսի վառարաններում դժվար է ապահովել թրծման անհրաժեշտ ջերմաստիճանը իսկ գերտաքացումը բերում է նյութի եռակավմանը:

Արդյունաբերական պրակտիկայում մոլիբդենիտային խտանյութերի թրծումը բազմահատակային վառարաններում համարվում է ամենատարածված մեթոդը: Լավ խառնումը, նյութի և գազերի հակահոսքը և ինտենսիվ օքսիդացումը կախյալ վիճակում, երբ նյութը անցնում է մեկ հատակից մյուսը, ապահովում են գործընթացի կատարման հնարավորությունը ռեակցիայի ջերմության հաշվին:

Թրծումը կատարում են 8, 10, 12 և 16 հատակներ ունեցող վառարաններում:

Առաջին երկու հատակների վրա (վառարանի առաջին զոնա) գոլորշիանում և վառվում են \$L\$ ոտոագդանյութերը և միայն փոքր օքսիդանում է մոլիբդենիտը: Երկրորդ զոնայում (3...6 հատակներ) օքսիդացումը ընթանում է գլխավորապես կազմավորելով \$\text{MoO}_2\$ (ըստ \$\text{MoS}_2\$ և \$\text{MoO}_3\$ միջև ռեակցիայի): Յաջորդ երրորդ զոնայում (7...8 հատակներ) \$\text{MoS}_2\$-ի քանակի նվազեցման հետևանքով մոլիբդենի երկօքսիդը և սուլֆիդը օքսիդանում են մինչև \$\text{MoO}_3\$: Չորրորդ զոնայում (9...11 հատակներ) վերջանում է մոլիբդենիտի օքսիդացումը (ծծրի պարունակությունը նվազում է մինչև 0,1%): Վառարանի այս հատակների վրա, քանի որ ռեակցիայի ջերմությունը չի բավականացնում, տեղադրում են գազային այրիչներ:

Մոլիբդենի սուլֆիդային կիսաարտադրանքների վերամշակման գործընթացներում տարածում են ստացել նաև թրծումը «Եռացող շերտով» վառարաններում [1,4]: Այդ դեպքում նյութի մասնիկները գտնվում են վերընթաց գազի հոսքում, «Եռացող կամ կեղծ հեղուկ» վիճակում: Այդպիսի վիճակին հատկային նյութը անցնում է գազային հոսքի որոշակի կրիտիկական արագության ներքին դեպքում: Վառարանն իրենից ներկայացնում է կլոր կտրվածքով հրակայուն խուց, որի ստորին մասում տեղակայված է օդաբաշխիչ ցանցը (հատակը): Խտանյութով վառարանի հավասարաչափ սնումը հանդիսանում է կարևորագույն պայման տրված պահանջվող թրծման ռեժիմների պահպանման համար:

Արդյունաբերական վառարանների փորձը ցույց է տվել եռացող շերտով վառարանների հետևյալ առավելությունները՝

ա) վառարանի արտադրողականությունը, որը կազմում է օրական 1200...1300 կգ/մ², 15...20 անգամ ավելի մեծ է քան բազմահատակային վառարանների արտադրողականությունը,

բ) գործընթացը լրիվ ավտոմատացված է (թրծումը կատարում են ի հաշիվ ռեակցիայի ջերմության),

գ) ստացվող թերայրուկների որակը, որը բնութագրվում է նրանց մեջ պարունակվող տարրալուծման ենթակա մոլիբդենի քանակով, ավելի բարձր է քան հատակային վառարաններում, ինչը բացատրվում է մոլիբդատների կազմավորման ռեակցիաների աննշան ընթացքով և մոլիբդենի երկօքսիդի բացակայությամբ,

դ) եռացող շերտով թրծման դեպքում ապահովվում է մոլիբդենի ուղեկից ռենիումի բարձր աստիճանով անջատմանը (գազերի հետ միասին հեռանում են ռենիումի ավելի քան 90% Re₂O₇-ի տեսքով): Հատակային վառարաններում թրծման ժամանակ ռենիումի հեռացման աստիճանը կազմում է 60...70% :

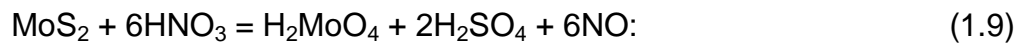
Եռացող շերտով թրծման գործընթացի թերությունները՝ թերայրուկի մեջ ծծմբի բարձր պարունակությունն է 2...2,5%, (որոնցից 1,5...2,0%-ը՝ սուլֆատային ծծումբ): Թերայրուկի մեջ ծծմբի բարձր պարունակության հետևանքով եռացող շերտով թրծման վառարաններից ստացվող թերայրուկը պիտանի չէ ֆերոմոլիբդենի հալման համար [3-6]:

Մինչև այժմ թրծման գործընթացում ստացվող գազերը արտանետում են մթնոլորտ, այն պատճառով, որ ծծմբաթթվային արտադրությանը ունեն այդ գազերից տևտեսապես ձեռնատու է:

Մոլիբդենի սուլֆիդային խտանյութերի հիդրոմետալուրգիական եղանակով վերամշակումը, տարալուծումը ազոտական թթվով

Արտադրությանը ունենում կիրառվում է մոլիբդենիտային խտանյութերի ազոտական թթվով տարալուծման եղանակը [7-15]: Չայտնի են նաև հիմնային լուծույթներում խտանյութերի օքսիդացումը թթվածնով, ճնշման տակ և վերամշակումը նատրիումի հիպոքլորիդի լուծույթով [1]:

Մոլիբդենիտի քայքայումը ազոտական թթվով բնութագրվում է հետևյալ ռեակցիայով [7, 9].



Ազոտական թթվով մոլիբդենիտային խտանյութերի տարալուծման կարևորագույն առավելություններից է ծծմբային գազերի արտանետումների բացակայությունը, ինչպես նաև խտանյութերում առկա բոլոր արժեքավոր տարրերի կորզումը լուծույթներից և նստվածքից: Ազոտական թթվով մոլիբդենիտի քայքայման ժամանակ առաջացած NO և NO₂ գազերը կարելի է օգտագործել՝ վերադարձնելով տարալուծման գործընթաց:

Մոլիբդենիտը պատկանում է առավել դժվար լուծվող սուլֆիդների թվին [9]: Տաքացման պայմաններում 25%-ից բարձր կոնցենտրացիայի ազոտական թթուն ակտիվ օքսիդացնում է մոլիբդենիտին [1]:

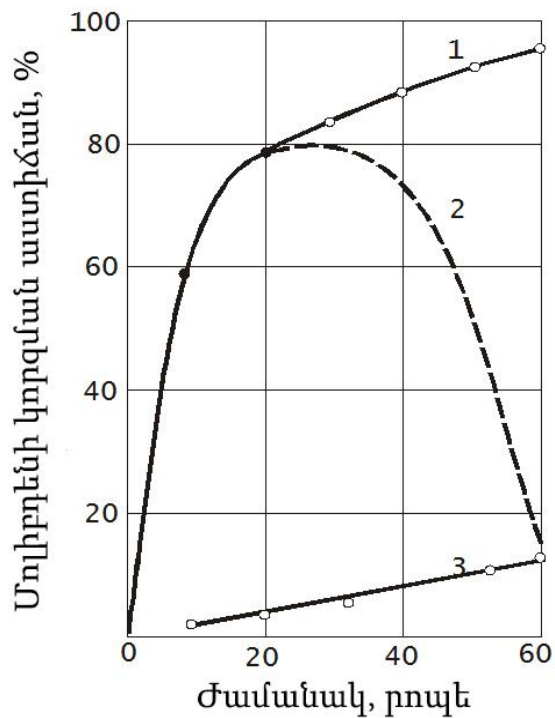
Ռեակցիայի արդյունքում առաջին րոպեներին տեղի է ունենում ազոտի երկօքսիդի բուռն անջատում, ի հաջիվ թթվածնի հետ ազոտի ենթօքսիդի փոխազդեցության [10]: Առաջացած մոլիբդենաթթվի որոշ մասը մնում է մայրակ լուծույթում [Mo₂O₅(SO₄)_n-(2n-2) տեսքով [1]:

[1, 8, 9] աշխատությունում հիմնավորվել է, որ 60 °C-ից բարձր ջերմաստիճանում և HNO₃-ի ավելի քան 20% կոնցենտրացիայի դեպքում սկզբնական շրջանում (30...40 րոպե) ամբողջ օքսիդացված մոլիբդենն անցնում է լուծույթ, սակայն հետո անջատվում է մոլիբդենաթթվի տեսքով, և մոլիբդենի պարունակությունը լուծույթում կտրուկ նվազում է: Մոլիբդենաթթվի անջատումից

հետո մոլիբդենիտի քայքայման արագությունը նվազում է ի հաշիվ մասնիկների վրանստող մոլիբդենաթթվի արգելակող ազդեցության (նկ.1.1, կոր 1): Դրա հետևանքով վատանում է ազոտական թթվի ներթափանցումը հատիկի կենտրոն:

Ազոտական թթվի կոնցենտրացիայի մեծացման և ջերմաստիճանի բարձրացման հետ մոլիբդենիտի օքսիդացման արագությունը մեծանում է, ի դեպ երկու գործոններն էլ նպաստում են մոլիբդենաթթվի կոագուլացմանը: Ազոտական թթվի 45 գանգ. % կոնցենտրացիայի դեպքում կոագուլացումը սկսվում է 70°C-ում, 30%-ի դեպքում մոտ 80°C-ում: Կոնցենտրացիայի մինչև 15% նվազեցման դեպքում չի նկատվում կոագուլացում մինչև 85°C [10]:

Ազոտական թթվով մոլիբդենիտի օքսիդացումը ծծմբաթթվային միջավայրում սկսվում է 70...80°C-ում: Պիրիտի և խալկոպիրիտի ավելացումը բարձրացնում է մոլիբդենիտի լուծման արագությունը, ընդ որում առավել մեծ ազդեցություն ունի պիրիտը: Այն հեշտ է օքսիդանում ազոտական թթվով՝ քայքայելով դրան, առաջ է բերում ազոտի օքսիդներ: Պիրիտի ներկայությամբ օքսիդացումը սկսվում է 30°C-ում և արագությունն աճում է ջերմաստիճանի բարձրացմանը զուգընթաց [10]:



Նկ. 1.1. Մոլիբդենիտի օքսիդացման կինետիկական կորերը 54 %-անոց ազոտական թթվով 80°C –ում (1) և 20°C –ում (3), (2)- լ ու ծ ու յ թ անցած մոլիբդենի քանակը [1]

[7, 8] աշխատանքներում բերված են տվյալներ այն մասին, որ ազոտական թթվով մոլիբդենիտի քայքայման ժամանակ օգտագործվել է հեռացող գազերի և թթվածնի խառնուրդի շրջապտույտը: Տվյալները ցույց են տվել, որ այս եղանակով մոլիբդենիտային խտանյուն լրիվ քայքայումը հնարավոր է ազոտական թթվի ստեխիոմետրիկ քանակի 80...90% ծախսի դեպքում: Բացի ազոտական թթվի ծախսի նվազեցումից, այն նաև թույլ է տալիս ամբողջովին օգտագործել ստացված ազոտի օքսիդները և, հետևաբար, բացառել վնասակար գազերի արտանետումները: MoS_2 -ի և HNO_3 -ի փոխազդեցության արդյունքում NO -ի հետմիասին առաջանում է NO_2 , որը կատալիզատորի դեր է կատարում տարրալուծման գործընթացում [9- 12]:

[13]-ում ցույց է տրված, որ համակարգչային մոդելավորմամբ ազոտական թթվով մոլիբդենիտի քայքայման գործընթացում FeO , Fe_2O_3 և CaCO_3 միացությունների ավելացումը դրական ազդեցություն ունի՝ հատկապես HNO_3 -ի ցածր կոնցենտրացիաների դեպքում:

Որպեսզի դեպի լուծույթ մոլիբդենի կորզման աստիճանը բարձր լինի, անհրաժեշտ է տարրալուծման գործընթացում առաջացած մոլիբդենաթթուն նույնպես լուծել: [14] աշխատանքում ուսումնասիրվել է մոլիբդենաթթվի լուծելիությունն աղաթթվում, ազոտական և ծծմբական թթուներում, կախված դրանց կոնցենտրացիաներից և լուծույթի ջերմաստիճանից: Ըստ արդյունքների, թթվի կոնցենտրացիայի աճի հետ լուծելիությունն աճում է: Աղաթթվի ցածր կոնցենտրացիայի դեպքում (2...5 N) մոլիբդենաթթվի լուծելիությունը 20°C-ում ավելի բարձր է, քան 50 և 100°C-ում և հակառակը՝ բարձր կոնցենտրացիայի (6 N-ից բարձր) դեպքում 50 և 100°C-ում մոլիբդենաթթվի լուծելիությունն ավելի բարձր է քան 20 °C-ում:

Ջերմաստիճանի բարձրացումը 20...100°C կտրուկ նվազեցնում է մոլիբդենաթթվի լուծելիությունն ազոտական թթվում: Ամենամեծ

լուծելիությունը նկատվել է 20°C-ում, 27,5 գ/լ HNO₃-ի պայմաններում:

Բարձր ջերմաստիճաններում H₂MoO₄-ի լուծելիությունը ինչպես ազոտական, այնպես էլ ծծմբաթթվի լուծույթներում նվազում է [13-16]:

[17] աշխատանքում մոլիբդենաթթվի և վոլֆրամաթթվի լուծելիությունը ուսումնասիրվել է աղաթթվում, աղաթթվի ու ազոտական թթվի խառնուրդում և ծծմբական թթվում: Պարզվել է, որ նստվածքում վոլֆրամական թթվի ներկայությունը հիմնականում նվազեցնում է մոլիբդենաթթվի լուծելիությունը, ընդ որում որքան շատ է նրա պարունակությունը, այնքան քիչ է մոլիբդենաթթվի լուծելիությունը:

[18] աշխատանքում ցույց է տրված, որ ազոտական, ծծմբական և նրանց խառնուրդ թթուների կոնցենտրացիաները 2...10N ավելացնելիս, մոլիբդենաթթվի լուծելիությունն ավելանում է և մոլիբդենի քանակը լուծույթում հասնում է ամենաշատը ~80գ/լ: Ազոտական թթվով մոլիբդենի առավելագույն լուծելիության հասել են 5 ժամում, ծծմբական թթվով և խառնուրդով՝ 4 ժամում:

Ծծմբական թթվի ավելացումն ինտենսիվացնում է MoS₂-ի քայքայումը ազոտական թթվով, քանի որ այն քայքայում է նստվածքային H₂MoO₄-ը [19, 20]: Սակայն ծծմբական թթուն նաև մոլիբդենիտի օքսիդացման արգասիք է և նրա քանակության ավելացումը կարող է բերել գործընթացի դանդաղեցման, հետևաբար, նպատակահարմար է նրա պարունակությունը պահպանել 4,5...5 մոլ/դմ³ [19]:

Լուծման գործընթացի արագությունը կարելի է արտահայտել միավոր ժամանակում լուծույթ անցած նյութի քանակով: Ընդհանուր առմամբ նրա վրա ազդում են հետևյալ գործոնները՝ 1) լուծվող նյութի մակերևույթի մեծությունը, 2) ջերմաստիճանը, 3) խառնման ինտենսիվությունը, 4) հեղուկի շարժման բնույթը ծավալում և ֆազի բաժանման մակերևույթում (գործընթացի հիդրոդինամիկան), 5) լուծույթի վրա գազային ֆազի պարցիալ ճնշումը, 6) լուծիչի կոնցենտրացիան, 7) լուծվող նյութի

կոնցենտրացիան (ռեակցիայի արգասիքը), 8) խառնուրդների կոնցենտրացիան լուծույթում և պինդ ֆազում:

Նշված յուրաքանչյուր գործոնից արագության կախվածության որոշումը հնարավոր է միայն փորձի մնացած պարամետրերի խիստ հաստատուն պայմանների դեպքում [21]:

Մի շարք աշխատանքներում [9, 22, 23] պտտվող սկավառակի մեթոդով ուսումնասիրվել է մոլիբդենի երկսուլֆիդի տարրալուծման կինետիկան:

Ղուկասյանի, Կիսլյակովի և ուրիշների կողմից ուսումնասիրվել է ազոտական թթվի նոսր լուծույթով մոլիբդենի երկսուլֆիդի օքսիդացման կինետիկան [22]: Պարզվել է, որ HNO_3 -ի խտության բարձրացումը 120 գ/լ-ից ավել, ինչպես նաև փորձի տևողության ավելացումը (1 ժամից ավելի), բերում է դեպի լուծույթ մոլիբդենի անցման աստիճանի նվազմանը, ինչը սկավառակի մակերևույթին մոլիբդենաթթվի և NO -ի պղպակների ծածկույթի առաջացման արդյունքն է: Ուսումնասիրվել է նաև օքսիդացման արագության վրա սկավառակի պտտման ինտենսիվության և ջերմաստիճանի ազդեցությունը: MoS_2 -ի օքսիդացման ռեակցիան մինչև 60 րոպե ընթանում է դիֆուզիոն տիրույթում:

[9] աշխատանքում ցույց է տրվել, որ խառնման ինտենսիվության ավելացման դեպքում և NO -ի ավելցուկի առկայությամբ փոխազդեցությունը դանդաղում է՝ MoS_2 -ի մակերևույթին NO_2 -ի կոնցենտրացիայի նվազման հետևանքով:

[23] աշխատանքում պտտվող սկավառակի մեթոդով հետազոտվել է մոլիբդենիտի, պիրիտի և սֆալերիտի HNO_3 -ի, H_2O_2 -ի և NaOCl -ի լուծույթներով օքսիդացման կինետիկան: Հաստատվել է, որ MoS_2 -ի ընտրողաբար տարրալուծման ամենալավ արդյունքների հասել են NaOCl -ի լուծույթում:

Աշխատանք [24]-ում ուսումնասիրել են մոլիբդենիտի միկրոկշռամուշների ազոտական թթվի լուծույթով քայքայման կինետիկան, երբ պայմանականորեն հաստատուն է համարվել մոլիբդենի (VI), ազոտական և ծծմբական թթուների կոնցենտրացիաները: Տարբեր գործոնների ազդեցությունը

գործընթացի արագության վրա գնահատվել է լուծույթ անցած մոլիբդենի քանակով՝ տարրալուծման սկզբնական փուլում, երբ օքսիդացման աստիճանը չի գերազանցել 10...15%-ը: Փորձերի համար օգտագործվել է քաջարանի ֆլուտազանյութերից մաքրված խտանյութը: Կառուցել են ազոտական թթվի տարբեր կոնցենտրացիաների լուծույթներով, 80°C-ում մոլիբդենիտի տարրալուծման կինետիկական կորերը: Հաստատվել է, որ մոլիբդենիտի տարրալուծման աստիճանն աճել է ազոտական թթվի խտության ավելացմամբ: Ձերմաստիճանի բարձրացումը մեծացրել է տարրալուծման աստիճանը: Մոլիբդենիտի քայքայման աստիճանի մեծացման հետևանքով Եներգիան նվազել է, որը վկայում է այն մասին, որ կինետիկական ռեժիմը ժամանակի ընթացքում անցնում է դիֆուզիոնի:

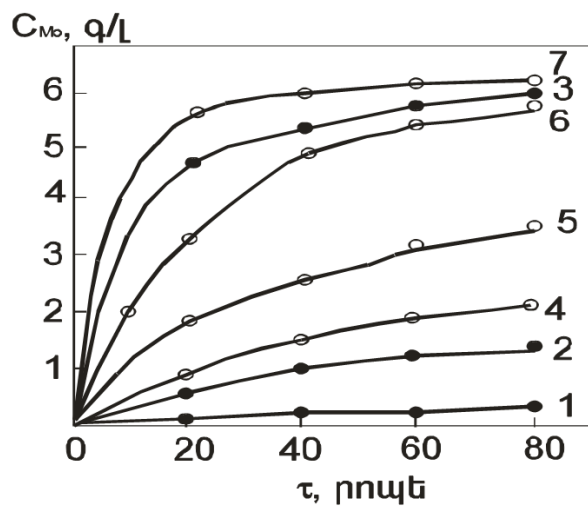
Բացի վերը նշված գործոնների ազդեցությունը, տարրալուծման գործընթացի արագության վրա նաև ազդում է մեխանաքիմիական ակտիվացումը:

Ընդունված է տարբերել մեխանաքիմիական ակտիվացման երկու եղանակ՝ առանց ազոտանյութերի և ազոտանյութերով ակտիվացում: Առաջին դեպքում գործընթացին մասնակցում է միայն պինդ նյութը և լուծիչը, իսկ երկրորդում՝ նաև պինդ նյութի հետ փոխազդող ազոտանյութ, որը փոխադրում է նրան (ամբողջությամբ կամ մասամբ) լուծելի վիճակի: Հետազոտման արդյունքները ցույց են տվել, որ տարրալուծման արագությունը և լուծվող տարրերի լիակատար կորզումը կախված է ոչ միայն պինդ ֆազի դիսպերսության աստիճանից, այլ նաև ազատ մակերեսի վիճակից [25]:

[26] աշխատանքում մանրամասն նկարագրված է մոլիբդենիտի ֆիզիկաքիմիական փոփոխությունները կապված մեխանաքիմիական ակտիվացման հետ:

Պղնձի և երկաթի սուլֆիդների հետ համեմատած մոլիբդենիտը մեխանաակտիվացման ժամանակ նկատելիորեն քիչ է ենթարկվում կառուցվածքային փոփոխությունների: Բայց և այնպես այդ փոփոխություններն զգալի բարձրացում են միներալի ռեակցիոն կարողությունը՝ անօրգանական ազոտանյութերի հետ փոխազդելիս: Փորձերը կատարվել են խառնիչով ռեակտորում, 99,5% MoS₂

պարունակող միներալ ը տարրալուծվել է 20°C և 80°C-ում, HNO₃-ի կոնցենտրացիան համապատասխանաբար կազմել է 6,2% և 17,6%: Որպես ակտիվարար օգտագործվել է լաբորատոր մոլիբդակային կենտրոնախուլյա աղացը: Նկ. 1.2-ում ցույց է տրված, օդում ակտիվացված և չակտիվացված մոլիբդենիտի ազոտական թթվով տարրալուծման կինետիկական կորերը: Ավելի բարձր ջերմաստիճանի և ազոտական թթվի կոնցենտրացիայի դեպքում ակտիվացման էֆեկտը քիչ է [27]: Փորձերի արդյունքներից պարզ երևում է, որ տարրալուծման աստիճանը մեծացել է մեխանիկական ակտիվացման արդյունքում:



Նկ. 1.2. Ազոտական թթվով MoS₂-ի քայքայման կինետիկան.

1, 3- չակտիվացրած, 4, 7 - ակտիվացրած (τ=15 րոպե),

1, 4- 20°C, 6,2% HNO₃, 2, 5- 20°C, 17,6% HNO₃, 3, 7- 80°C, 17,6% HNO₃

Մշակված են ազոտական թթվով մոլիբդենիտային խտանյուղերի տարրալուծման միջանի տարբերակներ՝

- խտանյուղերի երկփուլ տարրալուծում ազոտական թթվով,
- ավտոկլավում միափուլ տարրալուծում, որպես օքսիդիչ օգտագործելով ազոտական թթուն և թթվածինը,
- տարրալուծում օգտագործելով մոլիբդեն պարունակող ազոտական և ծծմբական թթուների լուծույթի շրջապատում [28]:

Երկփուլ տարրալուծման են ենթարկվել 48% և 48,6% Mo պարունակող մոլիբդենիտային խտանյուղերը: Միջանկյալ ստացված մոլիբդենական թթուն տարրալուծվել է ամոնիակի ջրային լուծույթով: Երկփուլ տարրալուծմամբ մոտ 99%-ով մոլիբդենը լուծույթ է անցել [29]:

[30] պատենտում խտանյուղը հատուկ կառուցվածքով ավտոկլավի մեջ ենթարկվում է քայքայման ազոտական թթվով՝ թթվածնի ներկայությամբ: Ազոտի օքսիդները փոխազդում են թթվածնի և ջրի հետ՝ գոյացնելով ազոտական թթու, որը նորից փոխազդում է մոլիբդենի երկսուլֆիդի հետ: Այսպիսով, օքսիդացումն իրականանում է միայն ի հաշիվ թթվածնի: Խտանյուղը խյուսի ձևով բեռնվում է ավտոկլավ, այնուհետև ավելացվում է ջուր, ազոտական թթու և թթվածին: Գործընթացն իրականացվում է 150...160°C ջերմաստիճանում, 0,65 ՄՊա ճնշման տակ, 1,5 ժամվա ընթացքում: Մոլիբդենիտի քայքայումը հասնում է 97...99%-ի:

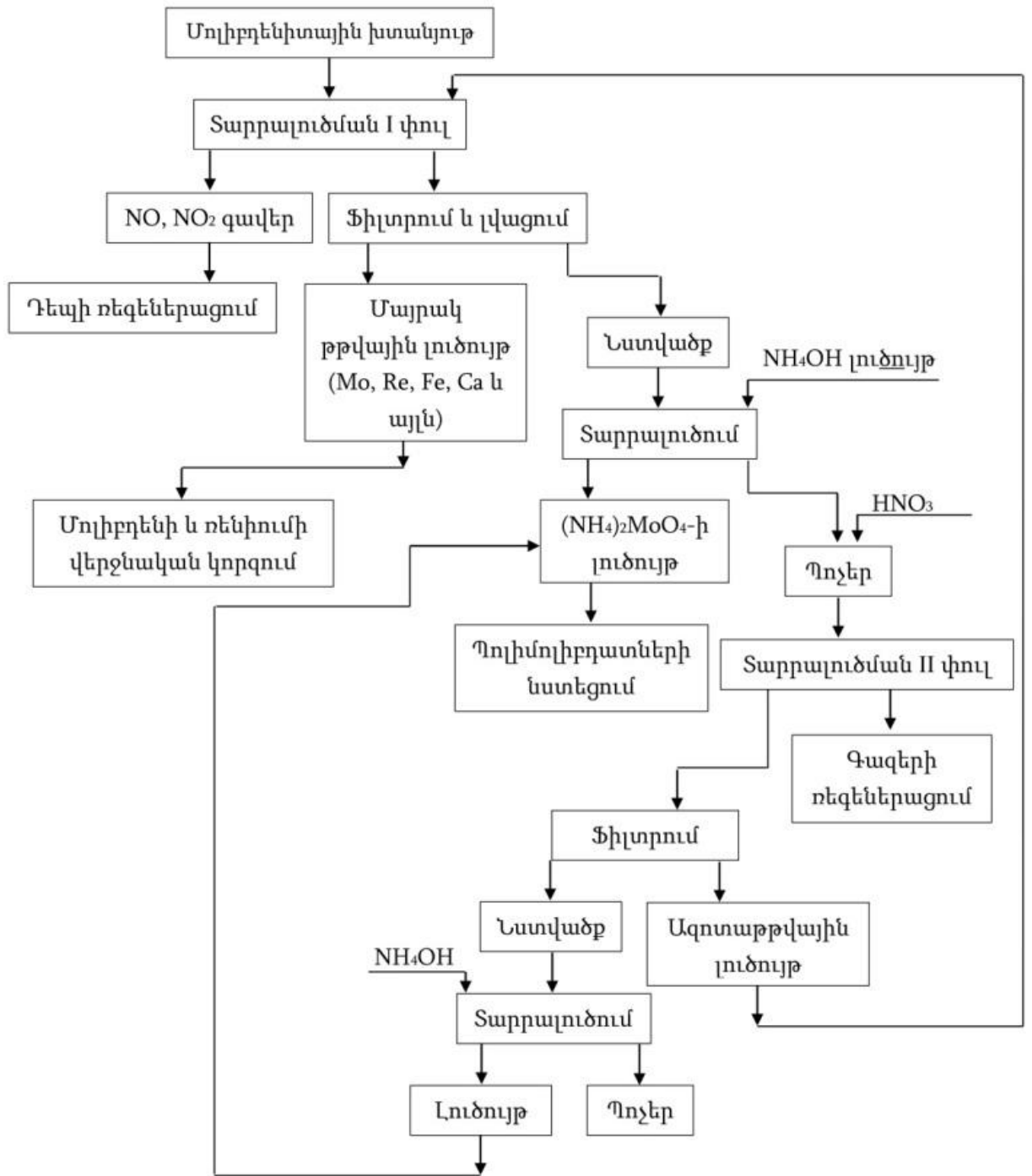
[31] աշխատանքում ներկայացված եղանակում, 30...35%-անոց ազոտական թթվի և մոլիբդենիտային խտանյուղի պ:հ=1:7 հարաբերությամբ տրվում է ավտոկլավ: Որտեղ այն ազոտի օքսիդներով հարուստ գոլորշիով ու տաք օդով տաքացվում է 90°C-ից բարձր: Երրորդ տարբերակով մոլիբդենիտային խտանյուղի տարրալուծումն իրականացվում է 120...160 °C ջերմաստիճանի և թթվածնի 1...1,4 ՄՊա ճնշման պայմաններում 3...4 ժամվա ընթացքում: Ելքային լուծույթում ազոտական թթվի կոնցենտրացիան կազմում է 25...40գ/լ, ծծմբական թթվինը՝ 400գ/լ: Մոլիբդենիտի մոտ 99,5%-ը լուծվում է:

[32, 33] աշխատանքում ներկայացված է ազոտի օքսիդների աբսորբցիան, որոնք առաջանում են սուլֆիդային միներալները ազոտական թթվով քայքայման ժամանակ:

Նկ.1.3-ում ներկայացված է արտադրությանում կիրառվող մոլիբդենիտային խտանյուղերի ազոտական թթվով տարրալուծման սխեման [1]:

Մոլիբդենիտի քայքայումը կատարվում է երկփուլ սխեմայով: Թարմ ազոտական թթուն օգտագործվում է ամոնիակով տարրալուծումից ստացված մնացորդների տարրալուծման համար: Այս դեպքում թթվի ծախսը փոքր է քան միաստիճանային տարրալուծման ժամանակ: Ազոտական թթվով ինայողաբար քայքայման պարտադիր պայմանը դա ազոտի օքսիդներից ստացվող թթվի ռեգեներացիան է: Այդ դեպքում միաժամանակ ապահովվում է ազոտի

օքսիդների լրիվ որսումը և բացառվում է դրանց արտանետումը մթնոլորտ, որն անհրաժեշտ է բնապահպանական անվտանգության տեսանկյունից:



Նկ. 1.3. Մոլիբդենիտային խտանյուղերի ազոտական թթվով տարրալուծման սկզբունքային սխեման

Թթվի ծախսը գալիս իջնում է գազերի շրջապտույտի դեպքում միաժամանակ համակարգի մեջ թթվածին մտցնելով: Այս դեպքում թթվածնով NO-ի օքսիդացման արդյունքում առաջացած ազոտի

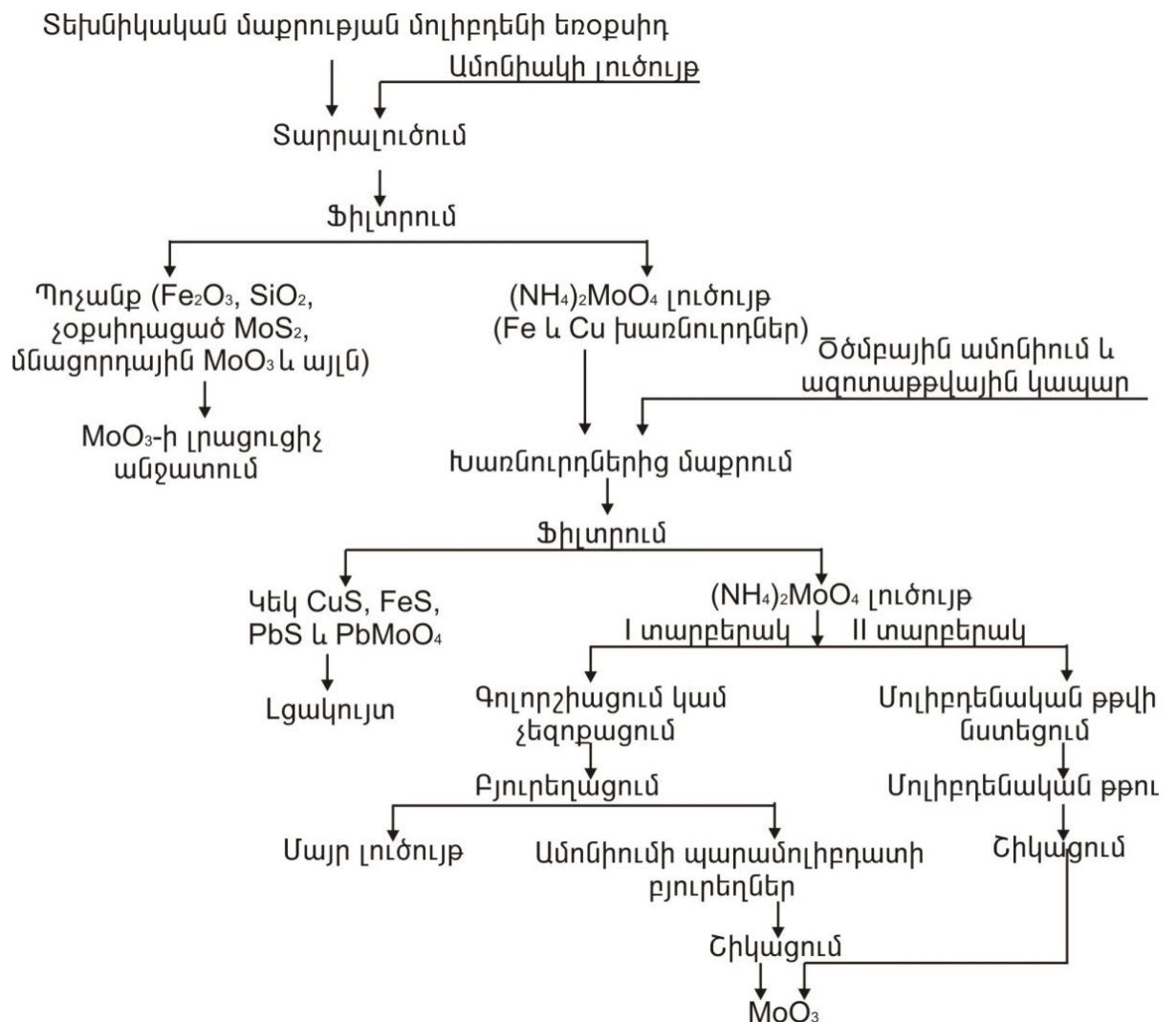
երկօքսիդը լուծվում է՝ առաջացնելով HNO_3 և HNO_2 , որոնք օքսիդացնում են մոլիբդենիտին:

1.2. Մաքուր մոլիբդենի եռօքսիդի ստացման մեթոդները և դրանց վերլուծությունը

Արտադրական պայմաններում հայտնի են օքսիդացված խտանյութերից մաքուր մոլիբդենի եռօքսիդի ստացման երկու մեթոդներ, հիդրոմետալուրգիական և ցնդեցման մեթոդները:

Ամենատարածված մեթոդը դա օքսիդացուցիչ թրծման հետևանքով ստացված խտանյութերից տարալուծումն է ամոնյակի ջրային լուծույթով [1]:

Նկ. 1.4-ում ներկայացված է հիդրոմետալուրգիական եղանակով մոլիբդենի եռօքսիդի ստացման սխեման [1]:



Նկ. 1.4. Հիդրոմետալուրգիական եղանակով մոլիբդենի եռօքսիդի ստացման սխեման

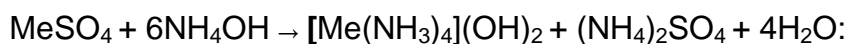
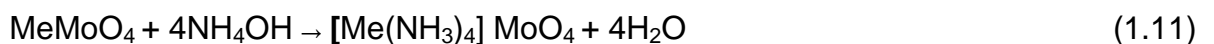
Ամյակային լուծույթից, խառնուրդները մաքրելուց հետո, անջատում են մոլիբդենը, ամոնիումի պարամոլիբդատի տեսքով: Մոլիբդենի եռօքսիդը ստանում են ամոնիումի պարամոլիբդատի ջերմային քայքայմամբ: Տարալուծման ընթացքում թերայրուկի մեջ գտնվող մոլիբդենի եռօքսիդն անցնում է լուծույթ հետևյալ ռեակցիայով.



Մոլիբդենի կորզման աստիճանը լուծույթից կախված է թերայրուկի կազմից: Բացի մոլիբդենի եռօքսիդից թերայրուկի մեջ կարող են լինել կալցիումի, պղնձի, ցինկի և երկվալենտ երկաթի մոլիբդատները, մոլիբդենի երկօքսիդը, չօքսիդացած մոլիբդենիտը, պղնձի և կապարի սուլֆատները և այլ խառնուրդներ:

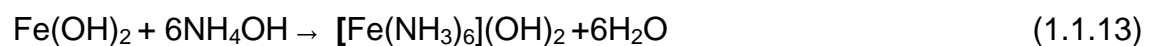
Կալցիումի մոլիբդատը, մոլիբդենի երկօքսիդը և մոլիբդենիտը պրակտիկորեն անլուծելի են ամյակաջրում և նրանք տարրալվացումից հետո մնում են պոչերում:

Պղնձի, ցինկի և նիկելի մոլիբդատները և սուլֆատները հեշտ լուծվում են ամյակաջրում կազմավորվով ամյակային կոմպլեքսներ [6].



(1.12)

Երկաթի մոլիբդատները քայքայվում են ամյակաջրում, ռեակցիան դանդաղ է ընթանում, քանի որ մոլիբդատի մասնիկների վրա կազմավորվում է երկաթի հիդրոօքսիդի և հիդրոտենթօքսիդի թաղանթներ, որոնք պրակտիկորեն անլուծելի են ամյակաջրում: Երկվալենտ երկաթը մասնակիորեն անցնում է ամյակային լուծույթ, որպես երկաթ-ամյակային կոմպլեքս

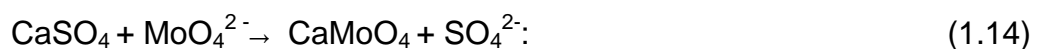


Մոլիբդենի օքսիդացված խտանյութերը տարրալուծում են 8...10%-անոց ամոնյակի ջրային լուծույթով սառը կամ տաք մինչև 50...60°C-ի պայմաններում, պինդ և հեղուկ պ:h=1:(3...4)) հարաբերությամբ: Ամյակի ծախսը տատանվում է ստեխիոմետրիկ քանակի 120...140%-ը, այս դեպքում հաշվի է առնվում վերջնական լուծույթներում ամյակի ավելցուկային կոնցենտրացիայի

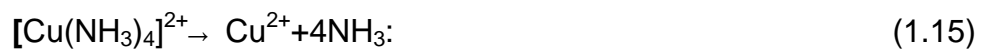
անհրաժեշտությունը (25...30գ/լ), որպեսզի բացառվի բազմամոլիբդատի առաջացումը:

Կախված խտանյունի բաղադրությունից մոլիբդենի ելքը ամյակային լուծույթ կազմում է 80...95%, պոչերի ելքը տատանվում է 10...25%-ի սահմաններում, իսկ մոլիբդենի պարունակությունը նրանց մեջ կազմում է 5...25%: Այդ պատճառով, անհրաժեշտ է պոչերից լրացուցիչ կորզել մոլիբդենը:

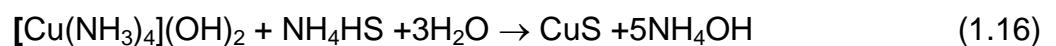
խտանյունի թրծման ժամանակ եռացող շերտով վառարանում կալցիումը առավել ասեսվերափոխվում է CaSO_4 -ի: Բայց ամյակաջրով տարալուծման ժամանակ կալցիումի սուլֆատը անցնում է ավելի քիչ լուծելի CaMoO_4 -ի



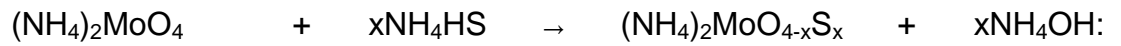
Մոլիբդենի օքսիդացված խտանյունի տարալվացումը ամյակաջրով կատարում են պողպատյա ռեակտորների մեջ, որոնք ունեն մեխանիկական խառնիչներ, սովորաբար կատարում են 3-4 աստիճանի մշակում: Առաջին երկու տարալուծման խիտ լուծույթները (120...140 գ/լ Mo) ենթարկում են խառնուրդներից մաքրման: Պղնձից և երկաթից մաքրելու համար կիրառում են նրանց նստեցումը սուլֆիդների ձևով, ամոնիումի սուլֆիդով: Պղնձի և երկաթի սուլֆիդները պրակտիկորեն անլուծելի են ամյակաջրում: CuS -ի և FeS -ի լուծելիությունը համապատասխանաբար հավասար են $8,5 \cdot 10^{-45}$ և $3,7 \cdot 10^{-19}$: Չնայած նրան, որ պղինձը կապված է ամուր կոմպլեքսի ձևով, լուծույթում միշտ գոյություն ունի պղնձի իոնների որոշակի քանակություն, որը համապատասխանում է դիսոցման հավասարակշռությանը.



Ռեակցիայի հավասարակշռությունը տեղաշարժվում է դեպի աջ այնքան ժամանակ, մինչև և չվերջանապղնձի լրիվ նստեցումը



Երկաթը նույնպես լրիվ նստում է: Այլ ձևով է ընթանում գործընթացը ցինկի և նիկելի խառնուրդների հետ: Անհրաժեշտ է հաշվի առնել, որ լուծույթում շատ ցածր է S^{2-} ազատ իոնների կոնցենտրացիան, քանի որ ավելացվող ամոնիումի սուլֆիդը առաջացնում է օքսիսուլֆոմոլիբդատ



(1.17)

ZnS-ի և NiS-ի լուծելիությունը բավականին ցածր են և համապատասխանաբար կազմում են $6,9 \cdot 10^{-25}$ և $7,9 \cdot 10^{-26}$: Բայց ամյակային կոմպլեքսների ամրության հետևանքով նիկելի և ցինկի իոնների կոնցենտրացիան ցածր է չի հասնում նրանց սուլֆիդների լուծելիության հաստատունին (այն հաշվով որ լուծույթում S^{2-} իոնների կոնցենտրացիան ցածր է): Դրա հետևանքով էլ ցինկի և նիկելի խառնուրդները մնում են լուծույթի մեջ:

Ավելացվող ամոնիումի սուլֆիդի քանակը խիստ հսկվում է, քանի որ նրա ավելցուկի դեպքում լուծույթի մեջ առաջանում են մոլիբդենի սուլֆատեր որոնք կեղտոտում են վերջնական արգասիքը:

Մաքուր մոլիբդենի եռօքսիդի ստացման ցնդեցման եղանակը հիմնված է MoO_3 -ի համեմատաբար ցածր եռման ջերմաստիճանով ($1155^\circ C$): Այն հիմք է հանդիսացել մաքուր մոլիբդենի եռօքսիդի ստացման արդյունաբերական եղանակի մշակման համար [5]: Մեթոդի առավելությունը կայանում է մաքուր MoO_3 -ի ստացումը կարճ տեխնոլոգիական սխեմայով: Մոլիբդենի անհիդրիդը սկսում է ցնդել մինչև հավելելը: MoO_3 -ի գոլորշու ճնշման կախումը ջերմաստիճանից արտահայտվում է հետևյալ հավասարումով.

$$\lg P(MoO_3)_3 = -7685/T + 8,26 (\text{մմ սնդ. ս.}):$$

Գոլորշիացման ջերմությունը կազմում է $\Delta H_{գոլ.} = 35,2$ կկալ /մոլ., իսկ գոլորշիացման էնտրոպիան՝ $\Delta S_{գոլ.} = 24,6$ կալ /մոլ.:

Մաքուր մոլիբդենի եռօքսիդի գոլորշիացման արագությունը կախված է ջերմաստիճանից և գազի հոսքի արագությունից: 48...50% մոլիբդեն պարունակող թերայրուկից MoO_3 -ի գոլորշիացման արագությունը $1000^\circ C$ ջերմաստիճանում և օդի 2,3 սմ/վրկ արագության դեպքում կազմում է մոտավոր 10...20 կգ/(մ²ժամ):

Այս մեթոդը կիրառվել է ԱՄՆ-ում [34] և Ավստրիայում [35]:

[36-39] աշխատանքներում հետազոտվել է պղինձի բարձր պարունակություն մոլիբդենիտային խտանյութերի մաքրումը գունավոր մետաղներից, մասնավորապես պղինձից: Մաքրումը

կատարվել է ջրային գոլորշու միջավայրում թրծումով 700 °C-ում, այնուհետև տարալուծվել է ծծմբական թթվի 100-150գ/լ լուծույթով: Որպես հումք վերցվել է Ալմալիկի մոլիբդենի սուլֆիդային խտանյութերը 26,41% մոլիբդենի և 4,7% պղնձի պարունակությամբ: Մշակվել է տեխնոլոգիական սխեմա, որի համաձայն ստացվել է 45,1% Mo և 0,27% Cu պարունակող խտանյութեր: Այս եղանակի թերություններից է գործընթացների բարձր ջերմաստիճանը և ցածր արագությունը:

1.3. Կալցիումի մոլիբդատի ստացման մեթոդները և կիրառման բնագավառները

Բազմամետաղային սուլիդային հանքանյութերի հարստացման արդյունքում օրինակ՝ պղնձ-մոլիբդենային, բացի ստանդարտ խտանյութերից ստանում են 5-20% Mo պարունակող կիսաարտադրանքներ [40-41]: Մոլիբդենը կիսաարտադրանքներից կորզում են հիդրոմետալուրգիական մեթոդներով, ստանալով «քիմիական խտանյութեր» - կալցիումի մոլիբդատ, որոնք կարող են օգտագործվել պողպատների և գիրման համար:

Կալցիումի մոլիբդատը օգտագործվում է պողպատածուլման արտադրությունում՝ մոլիբդենով պողպատը և գիրման համար, այն դեպքում երբ պողպատի մեջ մոլիբդենի պարունակությունը չի գերազանցում 1%-ը: Որպես վերականգնիչ հանդես է գալիս հալված երկաթը, ընթանում է հետևյալ ռեակցիան



Ներկայացված է մոլիբդենիտային կիսաարտադրանքի քիմիական բաղադրությունը, %-ներով՝

Mo _{ընդ.} - 15,0 ... 22,0	SiO ₂ - 21,0 ... 24,0
Mo _{օքս.} - 0,2...0,4	Al ₂ O ₃ - 10,0 ... 12,0
Fe - 3,0 ... 7,0	CaO - 0,8 ... 1,2
Cu - 2,0 ... 5,0	MgO - 0,2 ... 0,6
S _{ընդ.} - 15,0 ... 23,0	Ածուխ - 9,0 ... 11,0:
S _{սուլֆատ} - 0,2 ... 0,3	

Հարստացման կիսաարտադրանքը պարունակում է հետևյալ միներալները. մոլիբդենիտ, արվելիտ, խալկոպիրիտ, պիրիտ,

կալցիումի կարբոնատ, մագնիումի կարբոնատ, քվարց, ալյումինի հիդրատներ: Ածուխը խտանյութ է մտնում նատրիումի սուլֆիդի միջոցով, որը օգտագործվում է ֆլոտացման ժամանակ: Նկ. 1.5.-ում ներկայացված է մոլիբդենիտային կիսաարտադրանքների վերամշակման արտադրական սխեման [40]: Այն ներառում է օքսիդացուցիչ թրծում, տարալուծում սոդայով, լուծույթների մաքրում և տեխնիկական մաքրության կալցիումի մոլիբդատի նստեցում: Օքսիդացուցիչ թջծումը կատարում են եռացող շերտով վառարաններում 650...660 °C ջերմաստիճանում: Թրծման արգասիքը մոլիբդենի եռօքսիդից բացի պարունակում է մոլիբդատներ [CaMoO₄, CuMoO₄, FeMoO₄ և Fe₂(MoO₄)₃], սուլֆատներ (CuSO₄, CaSO₄), սիլիկատի SiO₂, ալյումինի հիդրատներ և այլն: Որպեսզի ապահովեն մոլիբդենի լրիվ կորզումը լուծույթ, տարալուծումը կատարում են սոդայով: Այդ դեպքում լուծույթ են անցնում նաև մոլիբդատները: Թրծման արգասիքը տարալուծում են 8...10%-անոց սոդայի լուծույթով, 85...90 °C ջերմաստիճանում, 4...5 փուլերով:

Պղնձից, երկաթից և սիլիկաթթվից լուծույթների մաքրման համար չեզոքացնում են մինչև pH≈7...8:

Կալցիումի մոլիբդատի նստեցման լուծույթներն ունեն հետևյալ օրինակելի բաղադրությունը, գ/լ` 40-60 Mo; 0,25-0,5 Na₂CO₃; 8-10 SO₄²⁻; 0,4-0,5Cu; 1,0...2,0Cl; pH= 8...9: Ջերմաստիճանի, pH-ի և կալցիումի քլորիդի ազդեցությունը կալցիումի մոլիբդատի նստվածքի բաղադրության և կառուցվածքի վրա ներկայացված են [40, 41] աշխատանքներում: Պողպատների լեգիրացման համար օգտագործվող մոլիբդենաթթվային կալցիումը (կալցիումի մոլիբդատ) համապատասխան OCT 48-16-80 թողարկվում է երկու մակնիշի МДК-1 և МДК-2: Աղ. 1.1-ում ներկայացված է կալցիումի մոլիբդատին ներկայացվող պահանջները:

Աղյուսակ 1.1

Կալցիումի մոլիբդատին ներկայացվող պահանջները

Ցուցանիշների անվանումը	Մակնիշները	
	МДК-1	МДК-2
Արտաքին տեսքը	Սպիտակից մինչև բաց գորշ գույնի մանրաբյուրեղային փոշի	
Mo, % ոչ պակաս	45	43
Խառնուրդների քանակը, ոչ ավելի		

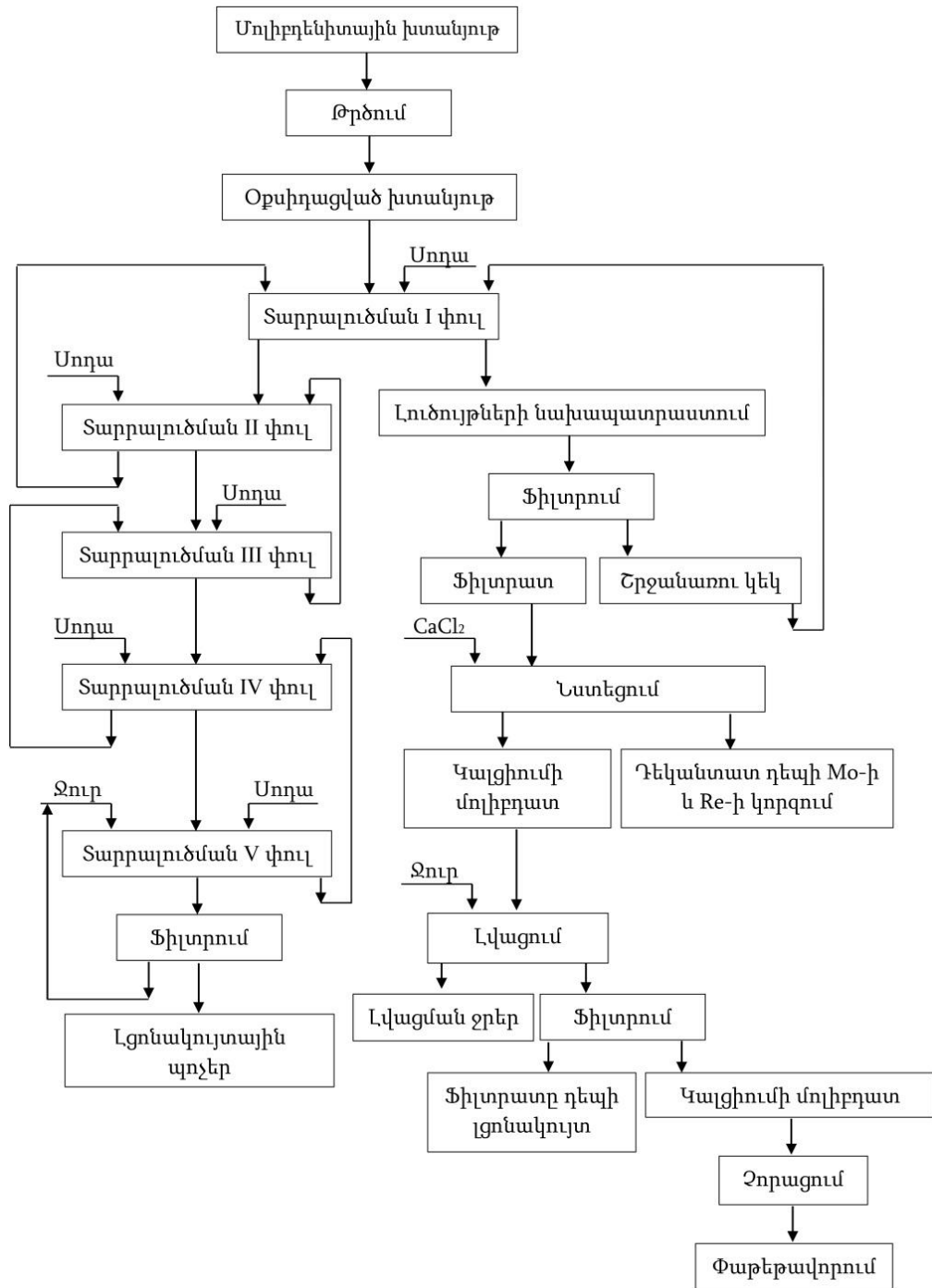
Կալցիում	21	23
Ֆոսֆոր	0,1	0,2
Ծծումբ	0,2	0,3
Կապար	0,05	0,1
H ₂ O,%, ոչ ավելի	4,5	4,5

Կալցիումի մոլիբդատի հատիկաչափի անկախ կազմը ներկայացված է աղ. 1.2 –ում [40]:

Աղյուսակ 1.2

Կալցիումի մոլիբդատի հատիկաչափի անկախ կազմը

Նմուշ	Պարունակությունը, %-ներով				
	Ֆրակցիա, մմ				
	> 0,1	> 0,08	> 0,063	> 0,04	< 0,04
A	-	3,1	8,2	6,5	82,2
Б	0,6	4,2	9,2	8,5	77,5



Նկ. 1.5. Կալցիումի մոլիբդատի ստացման տեխնոլոգիական սխեման

1.4. Mo-S համակարգի վիճակի դիագրամի վերլուծությանը, մոլիբդենիտային խտանյութերից մոլիբդենի երկսուլֆիդի և կապարի մոլիբդատի ստացումը, մոլիբդենի երկսուլֆիդի և կապարի մոլիբդատի հարկությանը ու ներքին կիրառման բնագավառները

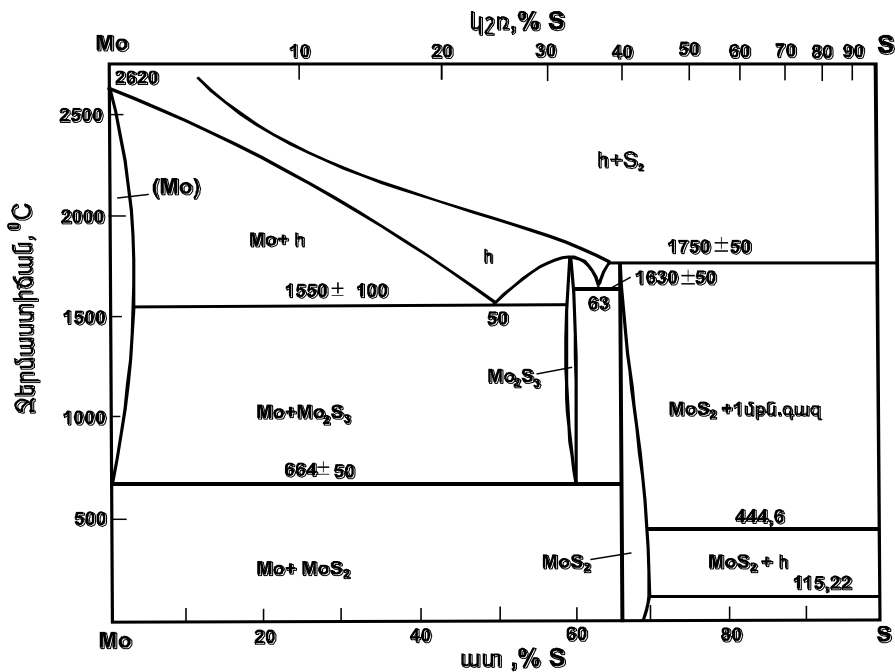
1.4.1. Mo-S համակարգի վիճակի դիագրամի վերլուծությանը

Մոլիբդեն - ծծումբ համակարգի ուսումնասիրությունների մասին կան բազմաթիվ աշխատություններ [42-46]: Մոլիբդենի երկսուլֆիդի և նրա հիմքով հակաշփական նյութերի կիրառման բնագավառներն անընդհատ ընդլայնվում են, որը պահանջում է համակարգի ֆազային հավասարակշռության և առաջացող ֆազերի հատկությունների որոշում [42-44]:

Հայտնի են մոլիբդենի հետևյալ սուլֆիդային ֆազերը՝ MoS_3 , Mo_2S_5 , MoS_2 Mo_2S_3 [44]:

Ստարկովը, Դրոբառը և մյուսներն [42] ուսումնասիրել են երեք տարբեր աշխատանքներում հետազոտված Mo-S համակարգի վիճակի դիագրամները, որի արդյունքում հեղինակներն ընդհանրացված տվյալներով կառուցել են Mo-S վիճակի դիագրամը:

Նկ. 1.6.-ում բերված է Mo-S համակարգի վիճակի դիագրամը [44]:



Նկ. 1.6. Mo-S համակարգի վիճակի դիագրամը

Ծծմբի լուծելիությունը մոլիբդենում կազմում է 1,49 առ. % (0,5 գանգ. %) [1]:

Մոլիբդենի լիկվիդուսը ընկած է 1552...2620°C-ի միջև: Մոլիբդենի սուլֆուրը 627...1552°C

միջակայքում է [44]:

MoS_3 -ի ստացումը ուղղակիորեն սինթեզելով էլեմենտներից անհնար է: Այն ստանում են տիոմոլիբդատի թթվային լուծույթներից ծծմբաջրածնով նստեցման միջոցով: Անկախ

սինթեզման եղանակից ստացվում է ռենտգենաամորֆ արգասիք, որի բաղադրությունը ստեխիոմետրիայից տարբեր է: MoS_3 -ի ջերմային քայքայումը հանդիսանում է անդարձելի գործընթաց և 400°C -ից բարձր ջերմաստիճանում բերում է $\text{MoS}_{2,4}$ ֆազի առաջացման:

Տեղեկությունները Mo_2S_5 -ի սինթեզի մասին խիստ սահմանափակ են: Հետագա ուսումնասիրություններում նրա գոյությունը ապացուցված չէ:

Մոլիբդենի դիսուլֆիդը գոյություն ունի երկու ձևափոխություններով՝ կայուն հեքսագոնալ 2H-MoS_2 և մետաստաբիլ շեղանկյունանիստ (3R-MoS_2):

[45] աշխատության հեղինակները ցույց են տվել, որ մինչև 26 զանգ. % ծծմբի պարունակության տիրույթում առկա է երկֆազ բյուրեղացման $\text{Mo}+\text{Mo}_2\text{S}_3$ դաշտը՝ 1540°C սուլիդուսի ջերմաստիճանային գծով:

Չելիկմանի և Բելյանսկու տվյալներով [46] MoS_2 -ը մթնոլորտային ճնշման տակ հալվում է $1650\dots1700^\circ\text{C}$ -ում: Այդ դեպքում տեղի է ունենում տարրաբաժանում՝ Mo_2S_3 -ի ձևավորմամբ:

Mo-S համակարգի դիագրամում դիտվում է երկու էվտեկտիկ կետեր Mo -ի և Mo_2S_3 -ի միջև, $1550\pm 100^\circ\text{C}$ ջերմաստիճանում 50 ատ. % ծծմբի պարունակությամբ և MoS_2 -ի ու Mo_2S_3 -ի միջև՝ $1630\pm 50^\circ\text{C}$ ջերմաստիճանում, 63 ատ. % ծծմբի պարունակությամբ [44]:

1.4.2. Մոլիբդենիային խանյութերից մոլիբդենի երկսուլֆիդի ստացումը

Մաքուր մոլիբդենի երկսուլֆիդ ստանում են խանյութերից՝ խառնուրդների բազմափուլ մաքրմամբ: Կարելի է ստանալ նաև արհեստական մոլիբդենի երկսուլֆիդ՝ տարբեր եղանակներով:

Մաքուր մոլիբդենի երկսուլֆիդի ստացման համար խառնուրդների հեռացումն իրականացվում է առանց օքսիդացուցիչ թրծման: Հայտնի են մի շարք մեթոդներ՝

1. [47] արտոնագրում նկարագրվում է մաքուր մոլիբդենի երկսուլֆիդի ստացման եղանակ, որում խանյութը սկզբում ենթարկվել է թրծման չեզոք (N_2) միջավայրում, $650\dots800^\circ\text{C}$ ջերմաստիճանում: Թրծման հետևանքով պիրիտը փոխակերպվել է պիրոտինի: Այն ավելի հեշտ էլ ուծվում թթուներում: Թրծումը նաև

հեռացնում է Fe ոտոագդանյ ու թերը: Այնուհետև մոլիբդենիտային խտանյութը ենթարկվել է տարրալուծման ֆտորաջրածնային և ծծմբական թթուների խառնուրդով: Տարրալվացումից հետո, թթվից մաքրման համար լվացվել է տաք ջրով և չորացվել 100°C -ում, ստացվել է մաքուր MoS_2 :

2. [48]-ում լաբորատոր պայմաններում, բարձր մաքրությամբ մոլիբդենի երկսուլիդ է ստացվել հանքակտորներից (շտուֆային), որը պարունակում է 63% MoS_2 , 0,74% WO_3 , 30% SiO_2 , 0,64% Fe , 3,54% CaO , 0,25% MgO , 0,93% Al_2O_3 : Այդ հանքաքարը ենթարկվել է գրավիտացիոն և Fe ոտացիոն հանքահարստացման: Օգտագործվել է 3 կգ/տ ֆտորաջրածնային թթու, կերոսին և ջրում լուծվող փրփրացնող (O_2 -9): Արդյունքում ստացվել է մոլիբդենիտի բարձր պարունակությամբ խտանյութ, խառնուրդների պարունակությունը՝ 1% SiO_2 և 1,2...1,9% WO_3 : Fe ոտացումից հետո ստացված մոլիբդենիտը ենթարկվել է կրկնակի տարրալուծման ֆտորաջրածնային թթվի և աղաթթվի խիտլուծույթներով, որից հետո բազմակի անգամ լվացվել է ջրով և ամոնիակի լուծույթով: Չորացված արգասիքը մշակվել է երկբլորեթանով: Ստացված արգասիքը պարունակում է 99% MoS_2 , 0,4% SiO_2 , 1,1% WO_3 , 0,04% Al_2O_3 , 0,06% CaO , 0,08% MgO : Այս հետազոտությունների հիման վրա Սկոպիևի հիդրոմետալուրգիական գործարանում (Ռուսաստան) յուրացվել և կատարելագործվել է արտադրական մասշտաբով, բարձր մաքրությամբ մոլիբդենիտի ստացման եղանակ՝ մեխանիկական հարստացման մեթոդներով, որին հաջորդել է հարստացված արգասիքի քիմիական մշակումը: Բարձր մաքրությամբ մոլիբդենիտի ստացման համար որպես էլակետային հումք ընտրվել են մոլիբդենիտային հանքակտորներ (շտուֆային), որոնք պարունակում են. % 83,5 MoS_2 , 4,24 SiO_2 , 0,16 Cu , 0,19 TiO_2 , 0,07 Sn , 0,68 MgO , 0,92 CaO , 0,12 Pb , 0,73 Bi , 0,19 Mn , 0,1 WO_3 , 8,02 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$:

30...50մմ խոշորությամբ մոլիբդենիտային հանքաքարը ջարդվում է այտային ջարդիչներում: Ջարդման արգասիքը մանրացվում է գնդաղացում: 0,15մմ-ից խոշոր մասնիկները հետ են վերադարձվում մանրացման, իսկ մինչև 0,15մմ խոշորությամբ մասնիկներն ուղարկվում են Fe ոտացման: Fe ոտացումը կատարվում է մեխանիկական 30Պ մակնիշի Fe ոտացման մեքենայով: Խտանյութը

Ֆլոտացումից հետո պարունակում է ոչ պակաս 97,5% MoS₂, և խառնուրդներ ոչ ավել 0,6% SiO₂, 0,2% CaO, 0,3% MgO, 1,3% Fe₂O₃ + Al₂O₃: Խտանյութը ենթարկվում է եռակի մաքրման, ֆիլտրման, ջրով լվացման: Այնուհետև ուղարկվում է թթվային տարրալուծման: Սկզբում տարրալուծվում է աղաթթվով, որի նպատակն է հեռացնել թթվում լուծվող խառնուրդները: Տարրալուծումը կատարվում է սառը վիճակում, 6 ժամվա ընթացքում, պ:հ = 1:2: Այնուհետև տարրալուծվում է ֆտորաջրածնային թթվով՝ ավելացված 10%-նոց H₂SO₄, որպեսզի լուծույթ անցկացվի և հեռացվի սիլիկաթթվային միացությունները: Այս տարրալվացումը կատարվում է սառը վիճակում՝ 2...3 ժամ, պ:հ = 1:1:

Տարրալվացված մոլիբդենիտի սորախցուկը մշակվում է սոդայի 150գ/լ լուծույթով (պ:հ=1:2), 80...100°C ջերմաստիճանում, 1...2 ժամ տևողությամբ: Ֆիլտրված սորախցուկը ենթարկվում է օդում չորացման և պարունակում է 99,5...99,85% MoS₂:

3. Ֆլոտացիոն -գրավիտացիոն եղանակ [48]: Սկոպիևի հիդրոմետալուրգիական գործարանում մշակվել է մաքուր մոլիբդենիտի ստացման ևս մեկ եղանակ՝ առանց հիդրոմետալուրգիական մաքրման: Մոլիբդենիտային խտանյութը՝ ֆլոտացման մեթոդով եռակի մաքրումից հետո, բազմակի անգամ ենթարկվում է ռեպուլպացիայի ջրում, որին հաջորդում է շլամների պարզված քաղառման գործընթացը:

Այս գործընթացի արդյունքում շլամի մեջ են անցնում և հեռանում մոլիբդենիտից համեմատությամբ փոքր տեսակարար կշիռ ունեցող խառնուրդների մեծ մասը: Ռեպուլպացիայից հետո, նստվածքը լվացվում է տաք թորած ջրով և ֆիլտրվում: Լվացված խտանյութը նորից ենթարկվում է ռեպուլպացիայի, լվացվում է էթիլ սպիրտով կամ երկթլորէթանով և ֆիլտրվում: Ֆիլտրումից հետո սորախցուկը ենթարկվում է բնական չորացման, փաթեթավորվում և ուղարկվում սպառողին:

Լվացումից հետո սպիրտը ռեգեներացվում է, մոլիբդենիտի հաջորդ խմբաբանակների լվացման համար, սպիրտի ծախսը փոքրացնելու նպատակով: Ստացվող արգասիքը պարունակում է ոչ

պակաս 99,0% MoS₂, ոչ ավել 0,25...0,30% SiO₂, 0,1% CaO, 0,4...0,5% Fe₂O₃ + Al₂O₃:

4. [49]- ում ներկայացված է մոլիբդենիտի մաքրման հետևյալ եղանակը, հանքից մոլիբդենիտը կորզվում է ֆլոտացիայի ճանապարհով: Այնուհետև բարձրորակ խտանյութը մաքրման նպատակով ենթարկվում է թթուներով երկփուլ մշակման: Առաջին փուլում 60...80°C-ում 2...6 ժամ տևողությամբ, մշակվում է խիտ ծծմբական թթվով, ավելացնելով ամոնիումի ֆտորիդ: Երկրորդ փուլում մշակվում է 50...300գ/լ խտությամբ ազոտական թթվով: Մշակումից հետո լվացվում է ջրով, սոդայի լուծույթով, սափրտով և կատարվում մաքրված մոլիբդենի երկսուլֆիդի չորացում:

5. [50] աշխատության մեջ ներկայացված է մոլիբդենիտի մաքրման մեկ այլ եղանակ:

Մաքուր մոլիբդենիտի արտադրության համար 58,52% Mo պարունակող խտանյութը, ենթարկվում է քիմիական մշակման, այն տարրալվացվում է աղաթթվով (պ:հ=1:1): Տարրալվացման տևողությունը կախված է բեռնվող նյութի քանակից: Մոլիբդենիտը մաքրվում է Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO խառնուրդներից, ինչպես նաև լուծույթ անցած մոլիբդենի օքսիդներից:

Տարրալվացումից հետո արգասիքը մշակվում է HF-ով (պ:հ=1:1), որպեսզի լուծվի SiO₂ և Al₂O₃-ի մնացուկը: Աղաթթվով և ֆտորաջրածնային թթվով մշակումը կարող է ինել միանգամյակամբազմակի:

HF-ով մշակումից հետո արգասիքը լվացվում է թորած ջրով, իսկ HF-ի չեզոքացումն իրականացվում է ամոնիակով: Օդային չորացումից հետո արգասիքը լվացվում է սափրտով, որն արագացնում է չորացման գործընթացը և պահպանում մոլիբդենիտի կառուցվածքը քայքայումից: Այս մեթոդով ստացված մոլիբդենի երկսուլֆիդն ունի հետևյալ բաղադրությունը (%). 98,5...99,5 MoS₂, 0,17 SiO₂, 0,28 Al₂O₃+Fe₂O₃, CaO-ի հետքեր:

6. [51] արտոնագրում ներկայացված եղանակով խտանյութից մոլիբդենի երկսուլֆիդ է ստացվում, որը օժտված է հակաշփական հատկություններով: Մոլիբդենիտային խտանյութը ենթարկվում է երկփուլ թթվային մշակման և նաև սոդայով ու ջրով լվացման:

Սպիրտով լվացման ժամանակ օգտագործվում է MoS_2 : լուծույթ = 1: 0,2...1 հարաբերությամբ յուղով հարստացած սպիրտը: Հաջորդող չորացումն իրականացվում է ջրի եռման ջերմաստիճանից բարձր՝ 101°C , բայց 145°C -ից ցածր:

Այս եղանակը թույլ է տալիս ինտենսիվացնել չորացման գործընթացն առանց MoS_2 -ի օքսիդացման:

[52]- արտոնագրում ներկայացված եղանակով մոլիբդենիտային խտանյուղը նախապես մշակվում են նատրիումի մետասիլիկատի ($\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) և նատրիումի հիդրօքսիդի (NaOH) խառնուրդով: Եղանակի թերությունը կայանում է նրանում, որ նատրիումի հիդրօքսիդը օդի միջավայրում $105...110^\circ\text{C}$ ջերմաստիճանում օքսիդացնում է մոլիբդենի երկսուլֆիդը առաջացնելով նատրիումի մոլիբդատ, որը լավ լուծելի է ջրում և հետևաբար տեղի ունի մոլիբդենի կորուստ: Բացի դրանից 6...7%-անոց ազոտական թթվով լվանալուց հետո մոլիբդենիտի (MoS_2)-ի մակերևույթին առաջանում է մոլիբդենաթթու (H_2MoO_4), որը կեխտոտում է ստացված մոլիբդենի երկսուլֆիդը:

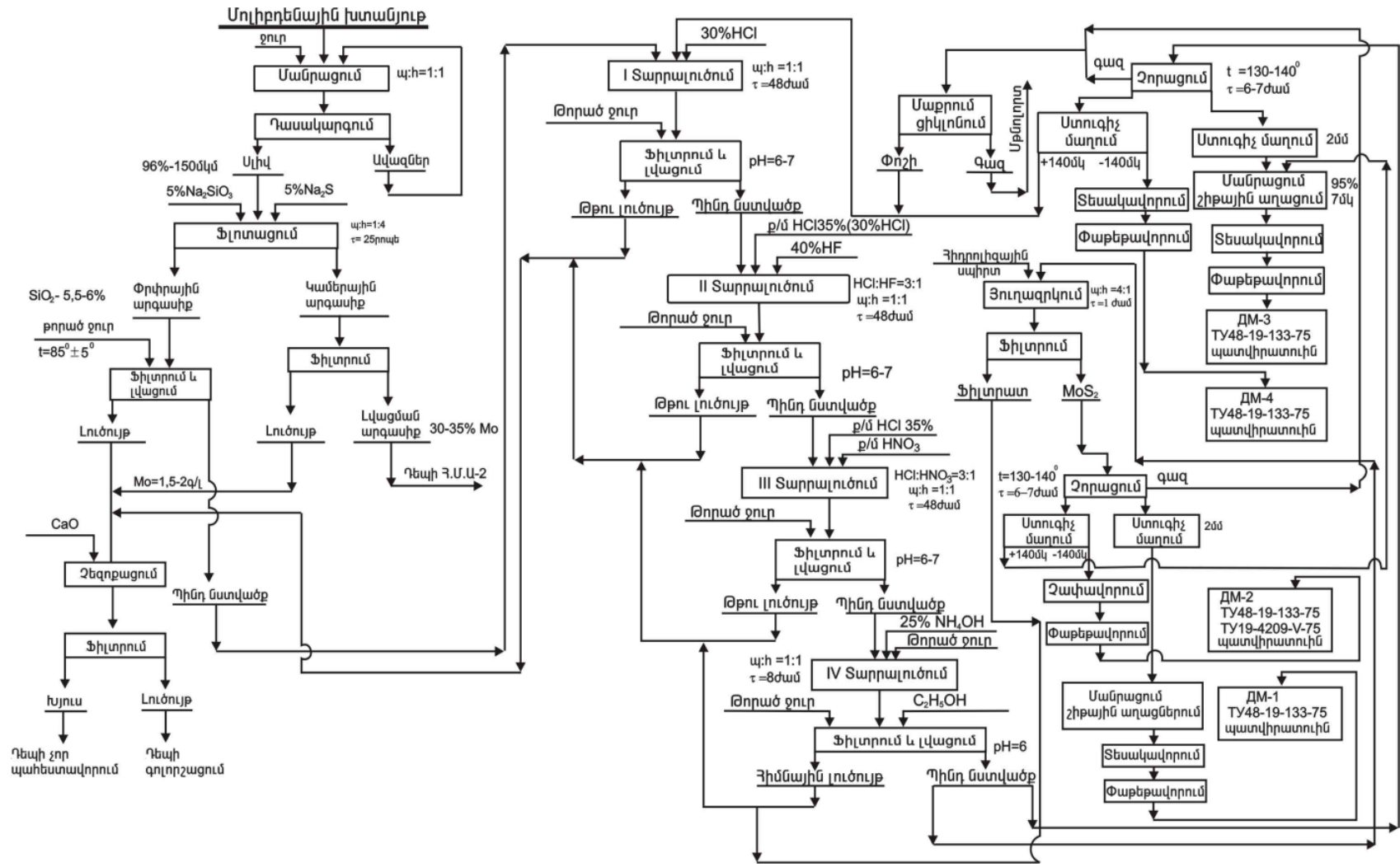
7. ԱՊՀ երկրներում միակ գործող Սկոպիևի հիդրոմետալուրգիական գործարանում մոլիբդենի երկսուլֆիդի արտադրության տեխնոլոգիական սխեման բերված է նկ. 1.7-ում [53]: Մշակվել է Սորսկի հանքավայրերի $\text{KM}\Phi$ -1 և $\text{KM}\Phi$ -2 մակնիշների մոլիբդենիտային խտանյուղերը:

Առաջին տարրալվացումը կատարվել է 30%-անոց HCl -ի լուծույթով $\text{ա:հ}=1:1$, 48 ժամվա ընթացքում: Այնուհետև ֆիլտրվել է և լվացվել թորած ջրով, մինչև $\text{pH}=6...7$ -ի սահմաններում: Քիմիապես մաքուր 30...35%-անոց HCl -ի և 40%-անոց HF -ի ($\text{HCl}:\text{HF}=3:1$) լուծույթով 48 ժամ տևողությամբ, $\text{ա:հ}=1:1$, կատարվել է երկրորդ տարրալվացումը: Այս փուլում հիմնականում հեռանում է սիլիցիումը: Ֆիլտրվել է և լվացվել թորած ջրով, մինչև $\text{pH}=6...7$: Թթվային լուծույթն ուղարկվել է չեզոքացման, իսկ պինդ նստվածքը երրորդ տարրալվացման: Այս տարրալվացման ժամանակ արքայաջրով հեռացվում է մետաղների օքսիդները: Գործընթացը տևել է 48 ժամ, որից հետո նորից կատարվել է ֆիլտրում և լվացում: Նստվածքը ենթարկվել է տարրալվացման: Պինդ նստվածքի մի մասն ուղարկվել է չորացման $130...140^\circ\text{C}$ -ում 6...7 ժամ տևողությամբ: Չոր մոլիբդենի

Երկսուղի \$իդը մանրացվել է շիթային աղացում մինչև 7 մկմ: Այնուհետև տեսակավորվել է և փաթեթավորվել: Ստուգիչ մաղման խոշոր մասը DMC-140 (140 մկմ) և մանր մասը DMI-7 (7 մկմ) մակնիշի են և համապատասխանում են TY- 48-19-133-90-ի պահանջներին:

Չորրորդ տարալվացումից ստացված պինդ նստվածքի մյուս մասը յուղազրկվել է հիդրոլիզային էթիլ սպիրտով 1 ժամ տևողությամբ, ա:հ=4:1: Այնուհետև \$իլ տրվել է, չորացվել և մաղվել: +140մկմ-ը մանրացվել է շիթային աղացներում մինչև -140 մկմ-ը:

Ընդհանուր գումարային տարալվացման ժամանակը կազմում է 200 ժ, որը համարվում է տեխնոլոգիայի գլխավոր թերություններից մեկը:



Նկ.1.7. Սկոպիինի հիդրոմետալուրգիական գործարանում մոլիբդենի երկսուլֆիդի արտադրության տեխնոլոգիական սխեմա

8. [54] աշխատության ուսումնական ներկայացված եղանակով մշակվել է 40...90% MoS₂ պարունակող հանքաքարերը: Սկզբնական քիմիական մշակումը կատարվել է ծծմբական թթվով 260...280°C ջերմաստիճանում ~1 ժամ տևողությամբ, որից հետո պինդ նստվածքն անջատելով մայրակլուծության թից, տարրակլուծվել է 0,5...3,5 N HF և 0,5...2,5 N HCl պարունակող թթուների խառնուրդով, ~6 ժամ տևողությամբ, ~70°C ջերմաստիճանում, պ:h=1...4:1 հարաբերությամբ՝ կախված սիլիցիումի և երկաթի օքսիդի քանակությունից: Այնուհետև մայրակլուծությունը հեռացվել է, իսկ պինդ նստվածքը՝ լվացվել ջրով մինչև pH≈6,5...7,5: Ստացված MoS₂-ի մաքրությունը կազմում է 99%-ից բարձր:

1.4.3. Մոլիբդենի երկսուլֆիդի բյուրեղային կառուցվածքը և հատկությունները

Գոյություն ունի մոլիբդենի երկսուլֆիդի ութ մոդիֆիկացիա, որոնցից միայն հինգն են հանդիսանում անկախ (ուսեն անհամարժեք դիֆրակցիոն հատկանիշներ) [55, 56]:

Բնության մեջ գերակշռում է հեքսագոնալ երկշերտ մոդիֆիկացիան 2H-MoS₂ և քիչ տարածված եռաշերտ ձևը 3R-MoS₂ [1]:

Յեքսագոնալ բյուրեղային ցանցի պարամետրերը չափել են միշտք հեղինակներ և ստացել են հետևյալ արժեքները՝ a=3,163Å, c=12,353Å [57], a=3,16Å, c=12,29Å [58], a=3,1602Å, c=12,294Å [59], a=3,1603Å, c=12,2943Å [60] և այլն:

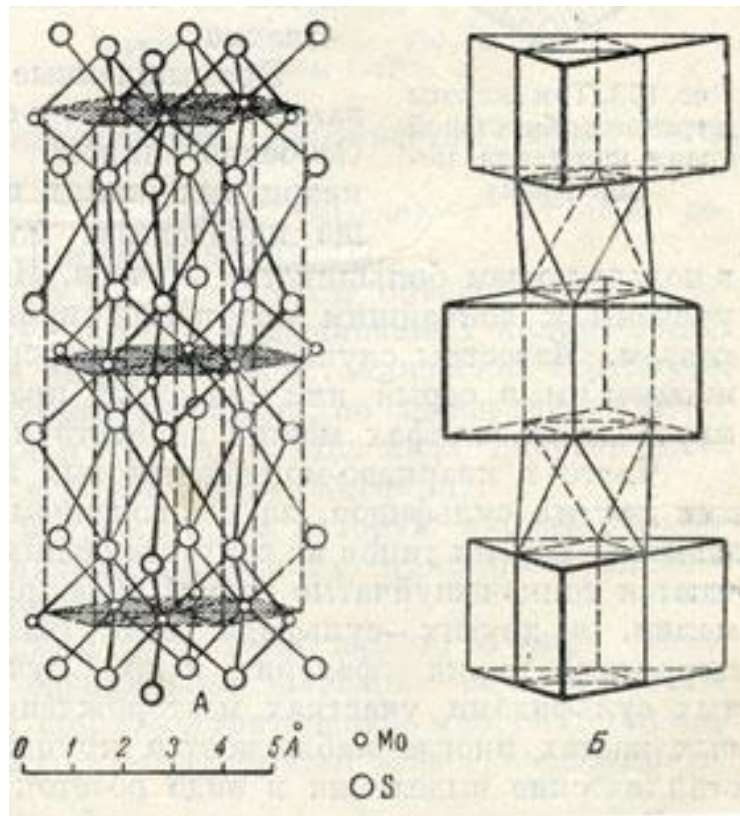
Ըստ [61] աշխատանքի a=3,16Å, c=12,32Å, c/a=3,89:

Մոլիբդենի ատոմների շերտերը դասավորված են ծծմբի ատոմների երկու շերտերի միջև, առաջացնելով S-Mo-S-ի եռաշերտ փաթեթներ (սկ. 1.8) [2]: Այդ փաթեթները տեղակայված են մեկը մյուսի վրա այնպես, որ յուրաքանչյուր երրորդը կրկնում է առաջինին, յուրաքանչյուր չորրորդը՝ երկրորդին և այլն:

Մոլիբդենի և ծծմբի իոնները շերտի ներսում ամուրկապված են, այն դեպքում, երբ եռակի շերտերի միջև կապերը թույլ են, Վան-դեր-Վալսյան տիպի [1]: 0,025 մկմ հաստության մոլիբդենի դիսուլֆիդի թաղանթը կազմված է 40 շերտից և նրանց միջև գոյություն ունի սափի 39 հարթություններ [62-64]:

Բելլի և Յերֆերտի կողմից կատարված [55] աշխատության ուսումնասիրվել է իրենց կողմից սինթեզված մոլիբդենի դիսուլֆիդը և հայտնաբերվել է զգալի

տարբերություններ մոլիբդենիտի և սինթետիկ MoS₂-ի կառուցվածքի միջև:



Նկ. 1.8. Մոլիբդենիտի հեքսագոնալ կառուցվածքով բյուրեղային ցանցը [2]

Սինթետիկ MoS₂-ի բյուրեղացանցը շեղանկյունանիստ է: Ըստ նրանց շեղանկյունանիստ բյուրեղացանցը ստացվում է մի փաթեթի ծծմբի իոնների ստորին շերտը վերևի նկատմամբ 60°-ով պտտմամբ: Սակայն, Սեմիլետովը [65] ցույց է տվել, որ շեղանկյունանիստային մոդիֆիկացիան ստացվում է հեքսագոնալ այինից, ամբողջ եռաշերտ փաթեթը 60°-ով պտտելիս, որը բերում է տարածական R3m կառուցվածքով խմբին:

[66] աշխատությունում ցույց է տրվել, որ Հայաստանի հանքավայրերում հայտնաբերվել են մոլիբդենիտներ, որոնք պարունակում են մինչև 1,88% ռենիում (Վարդենիս), որը ունի շեղանկյունանիստ մոդիֆիկացիա: Հեղինակները ենթադրում են, որ 3R-MoS₂-ի առաջացմանը նպաստում է ռենիումի բարձր քանակությունների առկայությունը: Ռենիումի պարունակության աճին զուգընթաց աճում է շեղանկյունանիստության աստիճանը:

Սինթետիկ մոլիբդենի երկսուլֆիդի բյուրեղային կառուցվածքի վրա ազդում է

նաև ստացման եղանակը: [65] աշխատության ուսումնասիրվել է տարբեր եղանակներով ստացված մոլիբդենի երկսուլֆիդի բյուրեղային ցանցը: MoS_2 -ի նմուշներն ստացվել են սոդայի հալույթում ծծմբի և մոլիբդենի եռօքսիդի կամ կալցիումի մոլիբդատի, MoCl_5 -ի և H_2S -ի, մոլիբդենի եռօքսիդի կամ մոլիբդենի և ծծմբի գոլորշիների փոխազդեցությամբ [62]: Ռենտգենագրերի համեմատությամբ ուսնելը ցույց են տվել, որ ստացված բոլոր սինթետիկ MoS_2 -ները իրենց կառուցվածքով, տարբերվում են ինչպես α - MoS_2 -ից, այնպես էլ β - MoS_2 -ից:

[67] աշխատության հեղինակները սինթեզել են շեղանկյունանիստ (3R) և խառը ($2\text{H}+3\text{R}$) կառուցվածքով մոլիբդենի երկսուլֆիդ և հետազոտել MoS_2 -ի կառուցվածքի փոփոխության վրա թրծաթողման պայմանների, ինչպես նաև ռենտգենային խառնուկների ազդեցությունը: Ցույց են տվել, որ շեղանկյունանիստային MoS_2 -ը կայուն է ընդհուպ մինչև 1100°C ՝ վակուումում թրծաթողման դեպքում: Ծեղանկյունանիստից հեքսագոնալ մոդիֆիկացիա փոխակերպությունն նկատվել է միայն ծծմբային գոլորշիների և ճնշման տակ թրծաթողման ժամանակ: Հեքսագոնալ մոդիֆիկացիան ավելի կայուն է և թրծաթողման ցանկացած պայմաններում շեղանկյունանիստի չի փոխակերպվում: Ռենտգենային պարունակությունը 1,2-ից մինչև 12 զանգ. % ավելացնելիս 3R մոդիֆիկացիայի քանակությունը կտրուկ աճել է:

Ծեղանկյունանիստային ցանցի պարամետրերը չափվել են մի շարք նմուշներում՝ $a=3,158\text{Å}$, $c=18,358\text{Å}$ [58], $a=3,163\text{Å}$, $c=18,37\text{Å}$, $c/a=5,81$ [59], $a=3,162\text{Å}$, $c=18,367\text{Å}$, $c/a=5,8087$ [60], $a=3,164 \pm 0,001\text{Å}$, $c = 18,387 \pm 0,005\text{Å}$ [67], $a = 3,158\text{Å}$, $c = 18,36\text{Å}$ [68] և այլն:

Այսպիսով, a պարամետրը երկու մոդիֆիկացիաներում էլ նույնն է, այն դեպքում, երբ c պարամետրը 3R- MoS_2 -ում 1,5 անգամ մեծ է քան 2H- MoS_2 -ում [55]:

Մոլիբդենի մեջ քիմիական կապերի ուսումնասիրումը բերել է այն եզրակացության, որ ծծմբի վեց ատոմները ձևավորվում են մոլիբդենի ատոմների շուրջը՝ եռանկյուն պրիզմայով [43]: [69] աշխատության ուսումնասիրությունները ցույց են տվել, որ MoS_2 -ի վերին վալենտային գոտին կառուցված է 3p- և 4d-վիճակի ծծմբի և մոլիբդենի ատոմներից:

1.4.4. Մոլիբդենի երկսուլֆիդի հատկություններն ու կիրառման առանձնահատկությունները

Մոլիբդենի երկսուլֆիդի հակաշփական հատկությունը: Պինդ քսանյութեր անվանում են այն նյութերին, որոնք սահմանային շփման պայմաններում նվազեցնում են մաշվածքը, այսինքն պինդ մարմինների հպակում ադիեզիայի, շփման ու մաշվածքի փոքրացման ունակություն: Հակաշփական նյութերը բնականաբար, պետք է ապահովեն շփման փոքր գործակից: Ըստ դասակարգման MoS_2 -ը պատկանում է անօրգանական շերտավոր կառուցվածքի քսանյութերին, որոնք օժտված են քսուքային հատկություններով՝ շնորհիվ բյուրեղային ցանցի կառուցվածքի [70]:

[43, 71-72] –ում ներկայացված են մոլիբդենի երկսուլֆիդի ֆիզիկաքիմիական հատկությունները՝ տեսակարար էլեկտրադիմադրությունը՝ $6,2 \cdot 10^{-2}$ Օհմ·սմ, Հոլի հաստատունը՝ $36,3 \text{ R} \cdot 10^4$ սմ³/կոուլոն, ջերմահաղորդականությունը՝ 0,0049 կալ/սմ·աստվրկ., ջերմաէլեկտրաշարժ ուժը՝ 72,7մկվ/աստ, առաջացման ջերմությունը՝ -91,34 կկալ/մոլ [43], միկրոկարծրությունը՝ 254 ՄՊա, միներալոգիական սանդղակով կարծրությունը՝ 1, ջերմային ընդարձակման գործակիցը՝ $10,7 \cdot 10^6$ աստ⁻¹ [72]: MoS_2 -ի բյուրեղն ունի հեքսագոնալ շերտավոր կառուցվածք: Մոլիբդենի ատոմները տեղակալված են ծծմբի երկու ատոմների միջև առաջացնելով եռաշերտ փաթեթ: Փաթեթի ներսում գործում է ամուր քիմիական կապ, իսկ փաթեթների միջև գործում է թույլ Վան-դեր-վալսյան կապ: Այդ իսկ պատճառով միջփաթեթային տեղաշարժի դիմադրությունը փոքր է, հետևաբար այդ հատկության շնորհիվ ունի յուղման մեծ ունակություն: Նրա յուղման հատկությունը պահպանվում է ջերմաստիճանային լայն միջակայքում՝ $-45 \dots +400^\circ\text{C}$ [1]:

Շնորհիվ շերտավոր կառուցվածքի մոլիբդենի երկսուլֆիդը որոշակի պայմաններում կարելի է տրոհել նանոչափերով բլոկների: Դիսպերս և գերմաքուր մոլիբդենի երկսուլֆիդը համարվում է ռազմական նշանակության նյութ, այն ամենալավ պինդ հակաշփական նյութն է [73]:

MoS_2 -ի հակաշփական հատկության վրա ազդում են մի շարք գործոններ՝ MoS_2 -ի

մաքրության աստիճանը և փոշու հատիկների չափը, քսանյութի շերտի հաստությունը, շրջակա միջավայրը և նրա ջերմաստիճանը, սահելու արագությունը և ճնշումը, շփվող գույգի նյութը, շփվող գույգի մակերևույթի վիճակը, շփման մակերևույթին քսուքի ներմուծման եղանակը և այլն [73]:

[74] աշխատությունում ուսումնասիրվել է 20...1300°C ջերմաստիճանային միջակայքում, MoS₂-ի կիրառումով, շփման գործակիցը և մաշվածքը բարձր մաքրության հելիումում և 5·10⁻⁵ մմ. սնդ. սյուն վակուումի պայմաններում: Ցույց է տրված, որ MoS₂-ը հելիումում կայուն է մինչև 1250°C տաքացնելիս: Շփման գործակիցը 950...1250°C-ից բարձր ջերմաստիճաններում կտրուկ բարձրանում է, ինչը կապված է սուլֆիդի դիսոցման հետ: Ջերմաստիճանից կախված շփման գործակիցը վակուումում նույն կերպ է փոփոխվում, սակայն նրա աճն ավելի ցածր ջերմաստիճանից է սկսվում (80...100°C-ով), քան հելիումում: Մետաղական մոլիբդենի վրա նստեցված MoS₂-ի շերտի շփման ցածր գործակիցը վակուումում և հելիումում պահպանվում է մինչև 600...800°C-ը [75]: Եռակալված նյութերի շփման ժամանակ MoS₂-ի յուղման ազդեցության ուսումնասիրություններից երևում է, որ 20...1200°C ջերմաստիճանային տիրույթում շփման գործակիցը գտնվում է 0,05...0,25-ի սահմաններում, և պինդ քսանյութը վակուումում ապահովում է բավականին բարձր մակարդակով շփման բնութագիր [76]: Ուսումնասիրված է նաև MoS₂-ի շփման գործակիցը վակուումում, 300-ից մինչև 804 ջերմաստիճանի նվազեցման պայմաններում: 300-ից մինչև 240...2104 նվազեցման դեպքում շփման գործակիցը համարյա չի փոփոխվում, 240...1904-ում նկատվում է կտրուկ աճ: Հետագա սառեցման դեպքում մինչև 804 շփման գործակիցը գործնականում չի փոփոխվում [77]: Ջրի ոչ մեծ քանակի առկայությունը MoS₂-ի մակերևութային շերտում կարող է զգալի ազդեցություն թողնել սահքի շփման գործակցի վրա [78]:

Մոլիբդենի երկսուլֆիդը հիդրոֆոբ նյութ է: Թթվածնի միջավայրում նույնիսկ ցածր ջերմաստիճաններում MoS₂-ի մակերևույթին առաջանում է մոլիբդենի եռօքսիդի հիդրոֆիլ շերտ, որն օժտված է քսուքային հատկությամբ [79]: Հաստատվել է, որ հարաբերական խոնավության բարձրացման հետ, MoS₂-ի

օքսիդացման աստիճանը մեծանում է [80]: Արդյունքում խոնավ օդում MoS_2 -ի քսուքային հատկությունը էլ ավելի է վատանում [70]:

Մոլիբդենի երկսուլֆիդը որպես քսանյութ կիրառելու համար պահանջվում է, որ այն չպարունակի շփական նյութեր: Յատկապես վնասակար խառնուրդ է համարվում քվարցը: Այդ պատճառով որպես քսանյութ չի կարող օգտագործվել 12...15% խառնուրդներ, այդ թվում 5...7% սիլիկահող պարունակող ստանդարտ մոլիբդենիտային խոանյութերը [81]:

Որպես քսանյութ մոլիբդենիտը գրաֆիտի հետ համեմատած ունի որոշակի առավելություններ: Գրաֆիտի քսուքային հատկությունը պայմանավորված է մակերեսային շերտում ադսորբցված ջրի թաղանթի առկայությամբ: Շփման ժամանակ ջերմաստիճանի բարձրացումը նպաստում է այդ թաղանթների դեսորբմանը, դրանով իսկ գրաֆիտին դարձնելով հղկանյութ: Այդպիսի ազդեցությունն են թողնում նաև ցածր ջերմաստիճանները (0°C -ից ցածր) և վակուումը [81]: Այդ պատճառով վակուումում և ցածր ջերմաստիճաններում գրաֆիտը չի կարելի օգտագործել որպես քսանյութ: MoS_2 -ը զուրկ է այդպիսի թերություններից [73]: Առավելագույն երկարակեցությունն ապահովելու համար, պինդ քսանյութի թաղանթի հաստությունը պետք է կազմի 20...30 մկմ: Ավելի հաստ թաղանթները բավարարում են մնում մետաղի մակերևույթին, ավելի բարակ թաղանթները՝ (5 մկմ-ից քիչ) հարաբերականորեն երկարակյաց չեն [62]:

Իր առանձնահատուկ կառուցվածքի և մի շարք արժեքավոր հատկությունների շնորհիվ մոլիբդենի երկսուլֆիդը լայն կիրառությունն է գտել տեխնիկայում: Այն կիրառվում է փոշու, մածուկի, կախույթի, պլաստիկ քսուքի, պինդ քսուքային պատվածքի և բրիկետի տեսքով [62]:

Խորհուրդ է տրվում կիրառել շատ բարձր և շատ ցածր ջերմաստիճանների և ագրեսիվ միջավայրերի պայմաններում: MoS_2 -ը լավ է աշխատում բարձր տեսակարար ճնշմամբ (մինչև 8000 ՄՊա) հանգույցներում [82]:

Ժամանակակից տեխնիկայում մոլիբդենի երկսուլֆիդը կիրառվում է՝ կենցաղային սարքերում, էներգետիկայում,

ավիացիոն և տիեզերական տեխնիկայում: Օգտագործվում է նաև որպես երկարաժամկետ քսանյութ ճշգրիտ մեխանիկայում, պողպատների գլանման գործընթացում, շարժիչների յուղերում՝ որպես հավելանյութ, մետաղակերամիկական հակաշփական նյութերում, պլիմերներում և այլուր [70, 73]: 1955թ.-ից մոլիբդենի երկսուլֆիդը և այնորեն կիրառվում է Ֆորդի ավտոմեքենաշինական գործարաններում [64]:

Մոսկովի և մանածագործական արդյունաբերության սարքավորումների հանգույցների յուղման համար MoS_2 -ի հիմքով քսուլենների կիրառումը մեծ առավելություն ունի սովորական յուղերի համեմատ, որոնց ընկնելն արտադրանքի մեջ բերում է նրա կեղտոտմանը [82]:

Մասսայական կիրառման համար օգտագործվում են բարձր մաքրության (>98,5 % MoS_2) փոշիներ, որոնց չափերը հիմնականում կազմում է 1...7 մկմ: [64]-ում բերված է մոլիբդենի երկսուլֆիդի պարունակությամբ քսուլենների մեծ տեսականի և համառոտ ցույց է տրված դրանց կիրառման բնագավառները:

[83] աշխատությունում ցույց է տրված, որ սենյակային և բարձր ջերմաստիճաններում, մթնոլորտի պայմաններում շատ ավելի երկարակյաց ծածկույթներ են ՎՆԻԻ ՆՊ-212 և ՎՆԻԻ ՆՊ-230 մակնիշի օրգանական թաղանթագոյացուցիչներով պինդ քսուլային ծածկույթները: Ցածր ջերմաստիճանը և ճառագայթահարումը գործնականում չեն ազդում պինդ քսուլային ծածկույթների երկարակեցության վրա:

ՎՆԻԻ ՆՊ-232 քսանյութը կիրառությունն է գտել մետալուրգիական գործարանների սարքավորումների յուղման համար: Մոլիբդենի երկսուլֆիդի հիման վրա պինդ բրիկետավորված քսուլի կիրառումը մետաղամշակման ժամանակ, թույլ է տալիս 2...3 անգամ բարձրացնել կտրող գործիքի դիմաց կոնկրետությունը [64]:

Մետաղի տաք կռման ժամանակ՝ մշակվող մետաղի եռակցումը մամլամայրի հետ, կարելի է նվազեցնել նախապես մամլամայրը մշակելով մոլիբդենի երկսուլֆիդով: Հատկապես բարձր ջերմաստիճանի պայմաններում՝ որոշ պողպատներից, ալյումինաբրոնզային և որոշ նիկել-մոլիբդենային համաձուլվածքներից պատրաստվածքների ճշգրիտ կռման դեպքում, գերազանց արդյունք է

տալ իս դիսպերս մոլիբդենի երկսուլֆիդը ջրում, ու այն-սպիրտում կամ յուղում կիրառելիս [70]: Հայաստանի ազգային արվեստի ինստիտուտի համալսարանի «Նյութագիտություն և մետալուրգիա» գիտահետազոտական և արտադրության ուսումնասիրվել է երկաթափոշու մամլելիության վրա, որպես պինդ քսանյութ, մոլիբդենի երկսուլֆիդի կիրառման ազդեցությունը: Այն թույլ է տվել նկատելիորեն և ավացնել փոշենյութի մամլելիությունը և նվազեցնել տեսակարար ճնշումը [84]:

Մոլիբդենի երկսուլֆիդը կիրառվում է մոլիբդենային մետաղալարերի կորզանման ժամանակ օգտագործվող քսուքներում [85]:

Մոլիբդենի երկսուլֆիդը կիրառվում է ավտոմեքենաների շարժիչների հավաքման ժամանակ: Կախույրների կոթերին, մխոցային մատերին, մխոցին, բռնցքավոր և խեռիկին և այլ շփման դետալներին MoS₂-ի քսումը հեշտացնում է կախույրների և վառքի կարգավորման ժամանակ շարժիչի սկզբնական պտտումը: Այն օգտագործվում է ապակյա շշերի արտադրությունում՝ շշերի անընդհատ գործողության ավտոմատների յուղման համար:

Շղթայավոր փոխանցիչների յուղման համար կիրառվում է չոր մոլիբդենի երկսուլֆիդը: Այն դեպքերում, երբ շղթան բարձր արագությամբ է պտտվում (օր.՝ մոտոցիկլետի շղթան), կենտրոնախույս ուժերի ազդեցության տակ քսանյութը շղթայի վրայից դուրս է շարտվում: Նման դեպքերում ավելի հարմար է կիրառել նուրբ մանրացված մոլիբդենի երկսուլֆիդի և ալաստիկ քսուքի խառնուրդը:

Փորձարկումները ցույց են տվել, որ մոլիբդենի երկսուլֆիդով աշխատելու դեպքում, գործիքների կտրող ընդունակությունը 60%-ով աճում է:

MoS₂ պարունակող բրիկետներն օգտագործվում են գնացքի ռելսերի աշխատանքային մակերևութների քսուքապատման համար: Մոլիբդենի երկսուլֆիդը ավելացվում է մետաղական ճոպանների քսանյութերին [70]:

[86] աշխատությունում ներկայացված փորձերը ցույց են տվել, որ ինքնայուղվող կոմպոզիտային Mo-MoS₂ նյութը կարող է

օգտագործվել շփման հանգույցներում, աշխատելով միաված պողպատների հետ, մինչև 250 ՄՊա տեսակարար բեռնվածության տակ՝ օդում և վակուումում:

Լիթիումային բազմաֆունկցիոնալ քսոլեների հակաշփական հատկությունն ավելի է լավանում MoS_2 -ի ավելացմամբ: Այդպիսի քսոլեները կիրառվում են, օրինակ, ճանկավոր ավտոբեռնիչների շփման հանգույցներում, բեռնատարներում, որոնց հողակապային միացումներն աշխատում են բարձր փոփոխական և հարվածային բեռնվածությունների տակ [70]:

Փոշեմետալուրգիան մեծ հնարավորություններ է տալիս նյութեր ստանալ՝ նախօրոք տրված հատկություններով: Նյութերի հակաշփական հատկությունները լավացնող եղանակ է հանդիսանում MoS_2 -ի ներմուծումը մետաղակերամիկական կոմպոզիցիաներում: MoS_2 -ը գտնվելով նյութի կառուցվածքում, առանձին ֆազի տեսքով, կարող է պինդ քսանյութի դեր կատարել [73]: Ուսումնասիրվել է պղնձի հիմքով ամրանավորված փոշեհամաձուլվածքների կառուցվածքի և հատկությունների ձևավորումը, որպես հակաշփական նշանակության նյութ: Հակաշփական հատկություններ ստանալու նպատակով, որպես պինդ քսանյութ, օգտագործվել է մոլիբդենի երկսուլֆիդը [87]:

Հետազոտությունները ցույց են տվել [88], որ պինդ ֆազային ինքնայուղումն ապահովում է տարբեր միջավայրերի և բեռնվածությունների պայմաններում շփման հանգույցների լավ աշխատանքը: Փոշեհամաձուլվածքների մեջ MoS_2 -ի ներմուծումն արգելակում է հարակցման երևույթը, որը բնորոշ է ալյումինի և նրա համաձուլվածքների համար: Դրանով հնարավորություն է ստեղծվում ստանալ հետերոգեն կառուցվածք ունեցող $\langle \text{Al}[\text{Cu}]-\text{Al}_2\text{Cu}-\text{MoS}_2 \rangle$ համաձուլվածքներ, որոնք լիովին բավարարում են շփման և մաշման և՛ մոլեկուլյար, և՛ մեխանիկական մեխանիզմների պահանջները:

Հետազոտությունները ցույց են տվել [89], որ բենտոնիտային ալաստիկ յուղման կոմպոզիտային նյութերում՝ որպես լցանյութ մոլիբդենի երկսուլֆիդի կիրառումը բարձրացրել է շփագույզի մաշակայունությունը և հակաքերծվածքային բնութագիրը:

Այս ափսոսվ, մոլիբդենի դիսուլֆիդի կիրառման բնագավառները շատ բազմազան են:

1.4.5. Կապարի մոլիբդատի ստացման արտադրական մեթոդները և առանձնահատկությունները

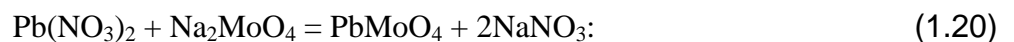
Արտադրությունում կապարի մոլիբդատ ստանում են Na_2MoO_4 և PbCl_2 լուծույթներից նստեցմամբ (100°C ջերմաստիճանում, անընդհատ խառնումով) ըստ հետևյալ ռեակցիայի [90].



[91] աշխատանքում կապարի մոլիբդատը սինթեզել են բազմաբաղադրիչ հալույթների համակարգերում: Օկտագոնրծվել է PbCl_2 , LiMoO_4 , Na_2MoO_4 , K_2MoO_4 , սինթեզը կատարվել է $600\text{-}650^\circ\text{C}$ – ում:

Յիմնականում կապարի մոլիբդատ կարելի է ստանալ կապարի լուծվող աղերի և մոլիբդատների փոխազդմամբ [90, 92, 93]:

[94, 95] աշխատանքներում կապարի մոլիբդատ ստացվել է կապարի նիտրատի և նատրիումի մոլիբդատի ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$: $\text{Na}_2\text{MoO}_4 = 1:1$) փոխազդեցությոնից հետևյալ ռեակցիայով.



Գործարաններում կապարի մոլիբդատը ստանում են ամոնիումի մոլիբդատից և կապարի նիտրատից: Ամոնիումի մոլիբդատի լուծույթի մի մասը լցվում է կապարի նիտրատի լուծույթի վրա և խառնվում է: Ամոնիումի մոլիբդատի լուծույթի մնացած մասին ավելացվում է ամոնիակ և դանդաղ լցվում կապարի նիտրատի լուծույթի վրա՝ խառնելով: Ծարուհակելով խառնելը, առաջացած կապարի մոլիբդատի նստվածքը տաքացվում է 30° մինչև նստվածքը փոխվի մանր փոշու: Մեծ քանակի նստվածքի դեպքում, որպես նստեցնող կիրառում են կապարի ացետատ, այդ դեպքում ադսորբցիան այնքան է մեծ, որ հանդարտ տաքացման ժամանակ նստվածքը մզանում է [96, 97]:

[98, 99] աշխատանքում կապարի մոլիբդատ ստացվել է, փոշեմետալուրգիայի մեթոդով, ստեխիոմետրիկ քանակությամբ MoO_2 , MoO_3 և PbO օքսիդների մամլման և հետագայում թթվածնի միջավայրում եռակալմամբ:

Արտադրությունում կապարի մոլիբդատը ստանում են մոլիբդենի անհիդրիդի (MoO_3) և կապարի օքսիդի (PbO) եռակալմամբ [100]: Կապարի օքսիդի և մոլիբդենի եռօքսիդի փոխազդեցության

ռեակցիայի պայմանները որոշելու համար [100-102] աշխատանքներում կատարվել են թերմոդինամիկական հաշվարկներ և հաստատվել է, որ կապարի օքսիդի փոխազդեցությունը մոլիբդենի եռօքսիդի հետ թերմոդինամիկորեն հնարավոր է: Ջերմաստիճանի բարձրացման հետ կապարի մոլիբդատի առաջացման հավանականությունը մեծանում է:

Կապարի օքսիդի և մոլիբդենի եռօքսիդի միջև փոխազդեցությունը կատարվում է հետևյալ հավասարմամբ



Կապարի մոլիբդատի սինթեզման գործընթացում, որպես թերություն և համարվում է այն, որ փոխազդեցության ժամանակ կարող են գոլորշիանալ նրա բաղադրիչ օքսիդները, որոնք ունեն գոլորշու մեծ առաձգականություն՝ $P_{\text{MoO}_3}=13\text{Պա}$ և $P_{\text{PbO}}=0,13\text{Պա}$ [103]: Այս պայմաններում բաղադրիչներից մեկի ինտենսիվ գոլորշացումը փոքրացնում է նրա պարունակությունը, որը կարող է բերել ստեխիոմետրիայի խախտման՝ առաջացնելով Pb_2MoO_5 ֆազի մասնիկներ և հետևաբար խախտելով համասեռությունը [104-106]:

[107]-ում տրված է, որ անկախ փոխազդող խառնուրդի բաղադրություն և փոխազդեցության ռեժիմի առաջին հերթին առաջանում է առավել ջերմակայուն PbMoO_4 ֆազը, որի հալման ջերմաստիճանն ավելի բարձր է և միայն հետագա ջերմաստիճանի բարձրացման դեպքում առաջանում է Pb_2MoO_5 ֆազը:

Համաձայն [108] աշխատանքի կապարի մոլիբդատ ստացվել է, ստեխիոմետրիկ բաղադրությամբ մոլիբդենաթթուն՝ H_2MoO_4 , և կապարի նիտրատը՝ $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, լուծվել են 75 մլ թորած ջրում: Հիդրոլիզի արագությունը մեծացնելու նպատակով լուծույթի pH-ի արժեքը հասցվել է pH=11-ի, 30%- ոց NH_4OH -ով: Լուծույթը ուղտրածայնով 30ր խառնումից հետո տեղափոխվել է ավտոկլավի մեջ, որտեղ 10ր տևողությամբ, տարբեր ջերմաստիճանային պայմաններում (60...120°C) իրականացվել է սինթեզի գործընթացը: Լվացումից հետո կապարի մոլիբդատի սպիտակ նստվածքը չորացվել է 70 °C ջերմաստիճանում:

**Կապարի մոլիբդատի հաղկությունները և կիրառման
բնագավառները**

Կապարի մոլիբդատի մոնոբյուրեղը մեծ կիրառություն ունի ակուստոօպտիկական մոդուլյատորներում [109] և դեֆլեկտորներում [110], և ագերային համակարգերում:

$PbMoO_4$ -ի մոնոբյուրեղների որակը գերազանցում է $LiNbO_3$ -ին զիճում է $\alpha-HIO_3$ -ին, բայց $\alpha-HIO_3$ -ը համեմատաբար դժվար է ստանալ, կոտրվում են, և ուծվում են ջրում, հետևաբար կայուն չեն խոնավ միջավայրում [91]:

Ակուստոօպտիկական սարքերի համար կարևոր բնութագրիչներ են համարվում դիֆրակցիան և անհրաժեշտ հզորությունը, որոնք կախված են միջավայրի հատկություններից, քանի որ այդ միջավայրում է իրականանում ուլտրաձայնի և ևսային ալիքների փոխազդեցությունը:

[110, 111]- աշխատանքներում ներկայացված են կապարի մոլիբդատի ֆիզիկական հատկությունները (աղ. 1.3):

Կապարի մոլիբդատի մոնոբյուրեղներն առավել հաճախ կիրառվում են այնպիսի հատկությունների շնորհիվ, ինչպիսիք են բարձր ակուստոօպտիկական որակը, ցածր ակուստիկ և օպտիկական կորուստը, մեծ սպեկտրյալ տիրույթը, մեծ չափերը ($5 \times 5 \times$

Աղյուսակ 1.3

Կապարի մոլիբդատի մոնոբյուրեղի ֆիզիկական հատկությունները

Քիմիական բանաձևը	$PbMoO_4$
Բյուրեղային կառուցվածքը	Տետրագոնալ
Ցանցի հաստատունները Å	$a=5,432, c=12,107, z = 4$
Խտությունը, $գ/սմ^3$	6,95
Չալման ջերմաստիճանը, $^{\circ}C$	1070
Ամրությունը, ըստՄոոսի սանդղակի	3
Գույնը	Անգույն կամ թույլ դեղնավուն
Լուծելիությունը	Անլուծելի է ջրում
Թափանցիկության տիրույթ, մկմ	0,42...5,5
Բեկման ցուցիչ 633 նմ-ի դեպքում	$n_o=2,38, n_e=2,25$
Ջերմային ընդարձակման գործակիցը	$\perp <001> 10,$

10 ⁻⁶ /°C 20 °C-ում	|| <001> 25
Ջերմահաղորդականություն, մՎտ/սմ°C	15
Չայնային արագություն, կմ/վ	3,63
Ակուստոօպտիկական որակի գործակիցը, M ₂ , 10 ⁻¹⁸ վրկ ³ /գ	37
Չայնի մարումը 500 ՄՊգ, դբ/սմ	2,5
Դիելեկտրիկ հաստատուններ a և c ուղղություններով	34,0 , 40,0

10մմ մինչև 25 x 25 x 50մմ), բարձր օպտիկական համասեռությունը, ցածր կլանումը և ցրումը (He-Ne լազերով ղեկավարում), ռենտգենյան մեթոդով բյուրեղի առանցքների կողմնորոշումը մինչև 1,5° ճշտությամբ, բարձր որակի ողորկումը, բավարար ջերմամեխանիկական հատկությունները: Կապարի մոլիբդատի մոնոբյուրեղն անլուծելի է ջրում և նրա մակերևույթը չի պահանջում պաշտպանում մթնոլորտից: Չնայած կապարի մոլիբդատն ակուստոօպտիկական սարքերում կիրառման համար համարվում է ամենաէֆեկտիվ նյութերից մեկը՝ շնորհիվ նկատելի ձայնային հզորության մակարդակի, մեծ ապերտուրայով, սարքերում պահանջվում է շեղել լույսի մեծ մասը: Եթե կապարի մոլիբդատի մոնոբյուրեղը պետք է օգտագործվի լույսի մեծ ինտենսիվության պայմաններում՝ սպեկտրի երկնագույն-կանաչ մասում, կարևոր է, որ այն լինի մաքուր՝ սպիտակ լույսով լուսավորելիս, որպեսզի հնարավոր լինի խուսափել լրացուցիչ օպտիկական կորուստներից, որոնք նկատվում են դեղնավուն նմուշներում: Կապարի մոլիբդատի մոնոբյուրեղը լավ էֆեկտիվ սցինտիլյատոր է [112], հեղուկ ազոտի ջերմաստիճանում (77 Կ):

Այսպիսով, կապարի մոլիբդատի մոնոբյուրեղը իր ֆիզիկական և օպտիկական հատկությունների շնորհիվ ներկայումս համարվում է նախընտրելի նյութ շատ ակուստոօպտիկական կիրառումներում:

Կապարի մոլիբդատը կիրառվում է նաև գունանյութերի արտադրությունում [113, 114]: Կապարամոլիբդատային քրոմաներկը, շնորհիվ վառ գունային հատկությունների, ունի մեծ

կիրառությունն որպես միակ և մատչելի կարմիր միներալային գունանյութ: Կապարամոլիբդատային քրոմաներկն ունի վառ կարմրանարնջագույն գունավորում և ներկայացվում է հետևյալ բանաձևով՝ $7PbCrO_4 \cdot PbMoO_4 \cdot nPbSO_4$, որտեղ n -ը տատանվում է 0,3...1,0 սահմաններում:

Կապարամոլիբդատային քրոմաներկը զբաղեցնում է Եվրոպայի գունանյութերի շուկայի 60%-ը: Շնորհիվ մեծ ջերմակայունության (200...250°C), բավարարչունակայունության, մեծ ծածկունակության (24գ/մ²) այն օգտագործվում է շինարարական նյութերի, պլաստմասսաների, ներկերի, թղթի և տպագրման թանաքի [115] և լաքերի արտադրությունում, էլեկտրասարքերի իրանի, խողովակների, ճանապարհային նշանների, բեռնատար մեքենաների ներկման համար:

Կապարի մոլիբդատի մոնոբյուրեղի դեղին գունավորումը և ֆոտոքրոմային էֆեկտը սահմանափակում են այս նյութի կիրառումը օպտիկական սարքերում: Բյուրեղների թերությունները և անհամասեռությունը հիմնականում կապված է տարբեր ներխառնուկների հետ, ինչպիսիք են՝ Co, Cr, Mn, Fe, Ni [116, 117], որոնք կառուցվածքում ձևավորելով բյուրեղացման կենտրոններ, առաջացնում են դիսլոկացիաներ: Բյուրեղում ներխառնուկների առկայությունը անխուսափելի է, դրանք ներդրվում են ելանյութերից [118]: Կապարի մոլիբդատը բյուրեղանում է շեյլիտի կառուցվածքով [119], ունի տետրագոնալ բյուրեղային ցանց, որտեղ MoO_4 տետրաէդրներն ութ գագաթներով կապարի հետ կապված են: Բյուրեղի գունավորումը կապված է միայն ներխառնուկային պարունակության հետ, բյուրեղի գունավորում կարող է առաջացնել նաև ստեխիոմետրիայի խախտումը [120]:

1.4.6. Օքսիդացած հանքանյութերի հարստացման մեթոդները և առանձնահատկությունները

Ֆլոտացիան հանդիսանում է հիմնական և որոշիչ գործընթացը գունավոր և հազվագյուտ մետաղների հանքանյութերի հարստացման համար: Գործող ֆաբրիկաներում ֆլոտացման գործընթացների կատարելագործումը, առանց էական կապիտալ ծախսումների և աննշան շահագործման ծախսերի, և օպտիմալացումը հանդիսանում

են հիմնական ռեզերվը մետաղների կորզման և հումքի համալիր օգտագործման բարձրացման համար [121-125]:

ՌԴ գունավոր մետաղների պետական ինստիտուտում (Գինցվետմետ) մշակվել և փորձարկվել է օքսիդացված և խառը պղնձային հանքանյութերի հարստացման գործընթացի տեխնոլոգիան, ներկայացված են փորձարկումների արդյունքները: Այն հիմնված է օքսիդացած հանքանյութերի մակերևույթների էլեմենտար ծծմբով սուլֆիդացման վրա, 3434 ջերմաստիճաններում, թույլ թթվային միջավայրում pH 4,0 –6,9, այնուհետև նատրիումի սուլֆիդով մշակումը pH 8,5 - 9,5 հիմնային միջավայրում: Տեխնոլոգիան փորձարկվել է Վոլկովյան հանքավայրի հանքաքարի վրա [126]:

[127-134] –ում տրված են սուլֆիդացման ցածր և բարձր ջերմաստիճանային գործընթացներ, որոնք ընթանում են համապատասխանաբար 293 - 413 և 1073 -1773 Կ ջերմաստիճանային միջակայքում: Սակայն, պղնձային հանքանյութերի դեպքում, որոնք մեծ քանակի են և ունեն օքսիդացման տարատեսակ ձևեր, սուլֆիդացման բարձր ջերմաստիճանային գործընթացի իրականացումը գործնականում բավականին դժվար է և տնտեսապես ոչ շահավետ, կիրառություն են գտել միայն սուլֆիդացման ցածր ջերմաստիճանային հետևյալ գործընթացները:

Ղազախստանի Յանրապետության ԳԱԱ-ի Քիմիկա-մետալուրգիական ինստիտուտի կողմից մշակվել է հարստացման սխեմա, որը ներառում է օքսիդացած պղնձային հանքանյութերի սուլֆիդացումը նատրիումի պրիսուլֆիդների ջրային լուծույթներով 353-368 Կ ջերմաստիճանում [135,136]:

Յայտնի է ծծմբաջրածնով սուլֆիդացման մեթոդը, որը կիրառվում է Մոա Բեյ (Կուբա) և Շերիտ Գորդոն (Կանադա) գործարաններում [137, 138]: Տարալուծման լուծույթների մաքրումը կատարում են ծծմբաջրածնով՝ պղնձի սուլֆիդացման համար ստեխիոմետրիկ անհրաժեշտ քանակով և կապարի համար 10% ավել ցուկով [139, 140]: Մեխանոբր ինստիտուտի կողմից կատարվել է տեխնիկա-տնտեսական հաշվարկ Ալմալիկի LՄԿ ԲԲԸ (Ուզբեկստանի Յանրապետություն) պղնձի օքսիդացած դժվար հարստացվող հանքանյութերի վերամշակման համար [141]: Քննարկվել է

օքսիդացած պղնձի հանքանյութերի բուրդը հայտնի վերամշակման տեխնոլոգիաները՝ անմիջական ֆլոտացումը, Մոստովիչի սխեման, սորբցիա-ֆլոտացման սխեման, հիդրոթերմալ սուլֆիդացում, սեգրեգացիոն թրծում, բիոտեխնոլոգիա, կոմբինացիոն սխեման: Ամենատարածված մեթոդը հանդիսանում է ծծմբական թթվով տարրալուծման մեթոդը [142-144]: Օքսիդացած միներալների մակերևույթի խորը սուլֆիդացմամբ, տրված ֆիզիկա-քիմիական հատկություններով օժտված հանքանյութերի ստացման մեթոդը հիմնված է հանքանյութերի բյուրեղային կառուցվածքի փոփոխման վրա:

Հանքանյութի վրա մեխանիկական էներգիայի ազդեցությունը նրա տեխնոլոգիական հատկության ուղղորդված փոփոխման նպատակով հիմնված է արատագոյացման ու կառուցվածքա-քիմիական փոխակերպումների գործընթացի վրա: Միներալների արատավորության աստիճանի ազդեցությունը, ֆլոտացման հատկության վրա, որը որոշում է հարստացման մեթոդը մանրամասն նկարագրված է [145] աշխատանքում:

Պղնձային միներալների հարստացման դեպքում մակերևույթների ակտիվացման ավելի ընդունելի տեսակ է հանդիսանում ավելացվող ռեագենտների համակցությամբ, մեխանակտիվացման գործընթացները:

Ինչպես նշվում է [146] աշխատանքում, մանրացման դեպքում մեխանիկական ազդեցությունը պինդ մարմնի վրա՝ հարվածն ու շփումն է, որն առաջացնում է հետևյալ երևույթները՝ հարուցում է լայն միջակայքի էլեկտրամագնիսական ալիքներ, այդ թվում ձայնային ու լուսային, առաջացնում է ջերմություն՝ տաքացնելով մանրացված նյութը, խթանում էլեկտրոնների էմիսիան և առաջացնում է պոտենցիալների տարբերություն, բերում է նյութի ամբողջականության խախտման ու մեծացնում է նյութի ազատ մակերևույթը առաջացնում է կոշտ և առաձգական դեֆորմացիաներ:

Մանրացման համար հայտնի բուրդ մեքենաներից ամենատարածվածը թմբուկային աղացներն են, որոնցում գնդերի հարվածը որոշվում է բնական գրավիտացիոն ուժով: Չնայած նրան, որ թմբուկային աղացները գերմանր աղացման համար չեն

նախատեսված, սակայն նուրբ մանրացման հասնում են կասկադային ռեժիմի կիրառմամբ և քսատրոբման ազդեցության գերակշռմամբ ու շփվող գնդերի մակերևույթների փոքրացմամբ: Ակտիվացման նպատակի համար էֆֆեկտիվ է նաև գերկրիտիկական ռեժիմը: Նուրբ մանրացման ու մեխանիկական ակտիվացման համար լայն տարածում ունեն վիբրացիոն ու շիթային աղացները [147-150]: Սակայն, [147] -ում ցույց է տրված, որ ֆիզիկական, քիմիական և տեխնոլոգիական հատկությունների փոփոխությունն այս կամ այն չափով արտահայտվում է արդեն սովորական մանրացման դեպքում: Այսպես օրինակ, հեմատիտի մինչև 0,1 մմ մանրացման դեպքում տեսակարար մազնիսական ընկալողականությունը փոքրանում է մոտ 3 անգամ: [151, 152] հեղինակների կողմից ցույց է տրվել, որ մանրացման մեթոդները և մանրացնող մարմինների առաձգական հատկությունը ազդում են հանքաքարի բաղադրիչների ֆիզիկական հատկությունների վրա, իսկ մանրացման ռեժիմները՝ ֆլոտացիայի ցուցանիշների վրա:

[153-158] աշխատանքներում բերված են ծանր գունավոր մետաղների ու երկաթի սուլֆիդացման օրինակներ, որոնք տեղի են ունենում էլեմենտար ծծմբի և համապատասխան մետաղի համատեղ գերնուրբ թաց մանրացման ժամանակ:

Պղնձի դժվար հարստացվող օքսիդացած և խառը հանքաքարերի վերամշակման մեթոդների ու սուլմնասիրությունները ներկայումս հանդիսանում են գունավոր մետալուրգիայի կարևոր գիտատեխնիկական պրոբլեմներից, քանի որ ավանդական մեթոդների կիրառումը չեն ապահովում պահանջվող տեխնոլոգիական և տնտեսական ցուցանիշները: Օքսիդացած հումքի հարստացման գոյություն ունեցող մեթոդների վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ խնդրի ամենահեռանկարային լուծումը, արդյունավետ վերամշակման համար, հանդիսանում է աղացում հանքանյութերի սուլֆիդացման գործընթացը:

Բազմաթիվ սուլֆիդարարներից հետաքրքրություն են ներկայացնում ջրում հիդրոլիզվող և սուլֆիդացնող նյութերը, որոնք աղացում մեխանոակտիվացման ժամանակ առաջացնում են պղնձի կայուն սուլֆիդներ թթվայինից մինչև չեզոք միջավայրերում:

1.5. Պողպատների լեգիրման և թթվածնազտման տեխնոլոգիական առանձնահատկությունները

Պողպատների լեգիրումը և թթվածնազտումը վառարանում ուղեկցվում է փոխազդեցությունները խարամի և մետաղի միջև: Առաջին հերթին նկատվում է թթվածնազտող և լեգիրող նյութերի օքսիդացում [159-162]; Նրանք փոխազդում են ոչ միայն մետաղի մեջ լուծված թթվածնի, այլ նաև խարամի մեջ գտնվող թթվածնի հետ: Ստեղծվում է նպաստավոր պայմաններ ֆոսֆորի վերականգնմանը և անցումը խարամից մետաղ:

Հալումի տևողությունը ավելանում է 10-20 րոպեով, այդ իսկ պատճառով փոքրանում է վառարանի արտադրողականությունը, բարձրանում է թթվածնազտող և լեգիրող նյութերի ծախսը, ավելանում է մետաղի մեջ ջրածնի քանակը, բարձրանում է պողպատի հալույթի ինքնարժեքը, նկատվում է հալույթի ընդհանուր որակի վատացում:

Ֆոսֆորի բաշխումը խարամի և մետաղի միջև քննարկվել է [163-165]-ում: Համաձայն [164]-ի ֆոսֆորազտման ռեակցիայի հավասարակշռության հաստատունը արտահայտվում է հետևյալ հավասարումով.

$$K_p = \frac{(a_{Ca_3P_2O_8})}{[\%P]^2 (a_{FeO})^5 (a_{CaO})^3}, \quad (1.21)$$

որտեղ a - խարամի մեջ օքսիդների ակտիվությունն է, $[\%P]$ – պողպատում ֆոսֆորի քանակն է:

(1.16) հավասարումից ֆոսֆորի բաշխումը խարամի և մետաղի միջև որոշվում է հետևյալ արտահայտությամբ.

$$\frac{(a_{Ca_3P_2O_8})}{[\%P]^2} = K_p (a_{FeO})^5 (a_{CaO})^3, \quad (1.22)$$

որտեղից հետևում է, որ ֆոսֆորի անցումը խարամից մետաղ նպաստում է կալցիումի օքսիդի և երկաթի ենթօքսիդի ակտիվության նվազեցմանը խարամում:

Սիլիցիումով պողպատների լեգիրումը և թթվածնազտումը վառարանում, խարամի երկաթի ենթօքսիդի հետ փոխազդեցության հետևանքով նվազում է (a_{FeO}) և խարամում SiO_2 –ի ավելացման հետ նվազում է (a_{FeO}) , որը նպաստում է ֆոսֆորի անցումը խարամից

մետաղ: Արդյունքում ստացվում է մետաղում \$ու\$ոռի քանակի ավելացում 0,001...0,003% [166,167]:

[168-170] աշխատանքներում նշվում է, որ վառարանում թթվածնազտման հետևանքով ջրածնի քանակը պողպատում նույնպես ավելանում է: Մետաղի «եռման» փուլում տեղի ունի ջրածնի երկու հակադիր ուղղություններով հոսքեր, վառարանի մթնոլորտից մետաղ և մետաղից ածխածնի օքսիդի պղպաղակների միջոցով վառարանի մթնոլորտ [171, 172]: Այդ հոսքերի արագությունը որոշվում է հետևյալ հավասարումներով.

$$\frac{+d[H]}{d\tau} = K^I [H]_{մեռ.հալ.} - [H] \quad (1.23)$$

$$\frac{-d[H]}{d\tau} = K^{II} \cdot V_{ած.} [H]^2$$

որտեղ $[H]$ -ը մետաղում ջրածնի միջին պարունակությունն է, $[H]_{մեռ.հալ.}$ մետաղի մեջ ջրածնի պարունակությունը, որը հավասարակշռված է վառարանի մթնոլորտի հետ, $V_{ած.}$ -ն՝ ածխածնի օքսիդացման արագությունը K^I, K^{II} -ը՝ գործակիցներ են, որոնք կախված են խարամի ծավալում և մետաղում գանգվածափոխանցման արագությունից: Վառարանում պողպատների լեգիրման և թթվածնազտման ժամանակ $V_{ած.} = 0$ հետևաբար $\frac{d[H]}{d\tau} = 0$ ՝ ուրեմն մետաղի գազազերծումը դադարում է, բայց ջրածնի ավելացումը մետաղում շարունակվում է [173]:

1953 թվականին Ն.Ն.Դոբրոխտովը առաջարկել է ածխածնային և լեգիրված պողպատների հալման գործընթացում բոլոր թթվածնազտող և լեգիրող հավելանյութերը պինդ վիճակում մտցնել միայն ձուլաչեղանի [158, 174]: Վառարանի օքսիդացնող մթնոլորտը և համեմատական խարամի հաստ շերտը բերում է թթվածնազտող և լեգիրող էլեմենտների զգալի կորուստների [167, 168, 175]:

Ուսումասիրությունները ցույց են տվել, որ պողպատների թթվածնազտման և լեգիրման տեխնոլոգիաների լավացման ուղղություններից մեկը կարելի է համարել նրանց տեղափոխումը ձուլաչեղանի: Այդ մեթոդն ունի մի շարք առավելություններ: Նա թույլատրում է փոքրացնել պողպատների ինքնարժեքը շնորհիվ

Ֆերոհամաձուլվածքների ծախսի փոքրացման, որը պայմանավորված է
լեգիրող և թթվածնազտող նյութերի կորստի փոքրացման հետ[168, 175,
176]:

Արտավառարանային թթվածնազտումը և լեգիրումը փոքրացնում
է հալուժի ժամանակը և մեծացնում է վառարանների
արտադրողականությանը [168, 175, 177-180]: [177, 178] աշխատանքներում
ցույց է տրված, որ ածխածնային և լեգիրված պողպատների հալման
գործընթացում բոլոր թթվածնազտող և լեգիրող գործընթացների
տեղափոխումը ձուլ աչքերեփերում է մարտենյան և էլեկտրահալման
վառարանների արտադրողականության բարձրացման 2...10% -ով:

Ձուլ աչքերում պողպատների լեգիրման և թթվածնազտման
աշխատանքների վերլուծությունից կարելի է նշել հետևյալ
առավելությունները [176].

- 1) նվազեցնում է թթվածնազտող և լեգիրող էլեմենտների
հալակորուստը;
- 2) փոքրացնում է հալման ժամանակը և մեծացնում
վառարանների արտադրողականությանը;
- 3) տեղի է ունենում \$ոսֆորի, ծծմբի, ջրածնի և ոչ
մետաղական ներխառնուկների քանակության ներքուցում:

Դրանց հետմեկտեղ կարելի է նշել նաև այն դժվարությունները,
որոնք առաջանում են ձուլ աչքերում ֆերոհամաձուլվածքներով
պողպատների թթվածնազտման և լեգիրման ժամանակ [178]: Ցածր և
միջին լեգիրացված պողպատների ձուլ աչքերում թթվածնազտման և
լեգիրման ժամանակ պինդ վիճակում ֆերոհամաձուլվածքների
ներմուծման հետևանքով առաջանում է մետաղի մեջ լեգիրող
էլեմենտների անհամասեռ բաշխվածության վտանգ, հալված
մետաղում ֆերոհամաձուլվածքների ոչ բավարար լուծման
արագության հետևանքով, ինչպես նաև հալելանյութերի լուծման
հետևանքով ջերմաստիճանի նվազում [166, 181-184]:

1.5.1. *Ցածր լեգիրված պողպատների մոլիբդենով լեգիրման տեխնոլոգիական առանձնահատկությունները*

Միջազգային կազմակերպության (International Association, London)
տվյալներով
մոլիբդենի համաշխարհային արտադրության և օգտագործման
վերլուծությունը ցույց է

տալ իս, որ նրա 80% -ը օգտագործվում է պողպատների և թուջի
լեգիրման համար:

Մոլիբդեն պարունակող պողպատների և լեգիրումը
իրականացվում է \$երոմոլիբդենի, մետաղական մոլիբդենի,
կալցիումի մոլիբդատի կամ մոլիբդենի օքսիդի օգտագործմամբ,
միայն վառարանում խառնման միջոցով:

\$երոմոլիբդենի էական թերությունը որպես
\$երոհամաձուլվածք, համարվում է նրա մեծ խտությունը, 9,0...9,4
գ/սմ³, այդ իսկ պատճառով նախտում է վառարանի կամ ձուլաչեղանի
հատակին և դժվար է լուծվում, որը բերում է պողպատի քիմիական
բաղադրության անհամասեռությանը: Բացի դրանից
\$երոհամաձուլվածքի ձուլազանգվածի տարբեր մասերում
մոլիբդենի պարունակությունը տատանվում է 45-ից մինչև 70%,
սիլիցիումը 0,2-ից մինչև 5,0%, P, S, C կոնցենտրացիան 1,4 –ից մինչև
4,0 անգամ, Zn-ը – 5 անգամ [185]: Այդ բոլորը կապված են լիքվացիայի
գործընթացների հետ: Բացասական ազդեցությունն ունի նաև
\$երոմոլիբդենի հալման ջերմաստիճանը, որը կախված մոլիբդենի և
սիլիցիումի կոնցենտրացիայից տատանվում է 1973...2273 Կ:
Դժվարահալությունը և լուծման ցածր արագությունը
դժվարացնում է պողպատի մոլիբդենի բաղադրության շտկման
գործընթացը, որը թույլատրվում է կատարել ոչ շուտ քան 30...40 ր
մինչև պողպատի արտաթողումը:

Նշված գործոնները հնարավորություն չեն տալ իս ստանալ
մոլիբդեն պարունակող պողպատներ, ստանդարտին համապատասխան
մոլիբդենի պարունակության նեղացված սահմաններով, մոլիբդենի
տնտեսման նպատակով և տարբեր հալումների պողպատների
հատկությունների ստանդարտացման համար:

Էլեկտրահալման և մարտենյան վառարաններում հիմնականում
օգտագործում են մոլիբդեն պարունակող թափոններ (պողպատի
ջարդոն): Մոլիբդենի չբավարարող քանակը մտցնում են վառարան
խարամի հեռացումից հետո, \$երոմոլիբդենի տեսքով:

Աղ. 1.4 –ում ներկայացված են \$երոմոլիբդենի
բաղադրությունը:

Աղյուսակ 1.4

\$երոմոլիբդենի քիմիական բաղադրությունը (ԳՈՍՏ 4759-79)

Մակնիշը	Mo,% (ոչ պակ)	Բաղադրությունը, % (ոչ ավելի)								
		W	Si	C	P	S	Cu	As	Sb	Sn
\$Մ-1	58	0,6	0,8	0,05	0,05	0,10	0,5	0,03	0,02	0,015
\$Մ-2	55	1,0	1,5	0,10	0,10	0,15	1,5	0,05	0,05	0,05
\$Մ-3	55	1,0	2,0	0,20	0,20	0,2	2,5	0,10	0,10	0,10

Պողպատի մեջ մոլիբդենի պարունակության վերջնական ճշգրտումը թույլատրվում է կատարել եռման փուլում (ոչ ավելի 0,05%) վառարանում, ոչ ուշ քան 30ր մինչև նախնական թթվածնազտումը: Ֆերոմոլիբդենից մոլիբդենի լրիվ յուրացումը գտնան փուլում կազմում է 35...45 ր: Օգտագործում են նաև կալցիումի մոլիբդատ ($CaMoO_4$) և մոլիբդենի եռօքսիդ (MoO_3), որը բերում է մոլիբդենի կորստի, մոլիբդենի օքսիդների գոլորշիացման հետևանքով:

Պողպատների ստացումը տրված քիմիական բաղադրությամբ և անհրաժեշտ հատկություններով մեծ նշանակություն ունի մոլիբդենի յուրացման աստիճանը ֆերոհամաձուլվածքներից: Մոլիբդենի լրիվ յուրացումն առաջին հերթին ապահովում է արտադրանքի որակը և հաշվարկային տեխնիկատնտեսական ցուցանիշները, կապված մոլիբդեն պարունակող լիգատուրաների դեֆիցիտայնության և նրանց բարձր արժեքի հետ: Գործարանային տվյալների համաձայն կալցիումի մոլիբդատից և մոլիբդենի եռօքսիդից մոլիբդենի յուրացումը կազմում է 80...90 %:

Պողպատների հալման, հիմնային աղեղային էլեկտրավառարանում մոլիբդենի պարունակության ճշգրտումը թույլատրվում է կատարել վերականգնման փուլի առաջին կեսում, բայց ոչ ուշ քան 30...40 ր մինչև պողպատի արտաթողումը: Այդ պայմաններում ֆերոմոլիբդենից մոլիբդենի յուրացումը կազմում է 97% [186-190]:

1.5.2. Մոլիբդենի քիմիական միացությունները որպես լեգիրող նյութեր, դրանց առանձնահատկությունները

Պողպատների ստացման էլեկտրահալման և մարտենյան գործընթացներում որպես լեգիրող նյութեր օգտագործվում են նաև մոլիբդենի եռօքսիդ, թրծված մոլիբդենային խտանյութ և կալցիումի մոլիբդատ: Այս նյութերը մեծամասամբ օգտագործվում են բովախառնուրդի մեջ, երաշխավորվում է տալ կրի շերտի տակ:

Ինչպես ցույց է տալիս արտադրական պրակտիկան, մոլիբդեն պարունակող պողպատների հալման ժամանակ, օգտագործել այդ նյութերը նպատակահարմար չէ, որովհետև բերում է մոլիբդենի նշանակալի կորստի, որը կապված է մոլիբդենի եռօքսիդի ցնդման հետ, այն ինտենսիվ ցնդում է 1073°C –ից բարձր ջերմաստիճանում: Այդ իսկ պատճառով այդ նյութերը օգտագործում են մետաղական տարաների մեջ 10...30 կգ կշռաբաժիններով:

Մոլիբդենի եռօքսիդը, թրծված մոլիբդենային խտանյութը և կալցիումի մոլիբդատը բովախառնուրդ լցման ժամանակ դադարեցվում է վառելանյութի մատակարարումը վառարան, նույնիսկ այդ դեպքում մոլիբդենի յուրացումը կազմում է 80...90 %: Վառելանյութի դադարեցումը բերում է հալման ինտենսիվության փոքրացման, որը նպատակահարմար չէ:

Պողպատի գտման փուլում մոլիբդենի քանակի կարգավորման համար օգտագործել մոլիբդենի եռօքսիդ կամ թրծված մոլիբդենային խտանյութ, ավելի քան 0,20- 0,25 %, չի երաշխավորվում, քանի որ այն բարձրացնում է ածխածնի այրման արագությունը:

Պողպատի գտման փուլում չի երաշխավորվում օգտագործել նաև կալցիումի մոլիբդատ կամ մոլիբդենի եռօքսիդ մոլիբդենի յուրացման ցածր աստիճանի պատճառով, պողպատի թանկացումից խուսափելու համար: Մոլիբդենի յուրացումը մետաղի կողմից կազմում է 70-80%: Պողպատների մոլիբդենով լեգիրման գործընթացում կարևոր գործոնը հավված մետաղի կողմից, մոլիբդենի յուրացման բարձր աստիճանն է և նաև հալույթի համասեռությունը:

ԵՃՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ, ԵՎ ՀԵՏԱՉՈՏՄԱՆ ՆՊՍԱԿՆ ՈՒ ԻՆԴԻՐՆԵՐԸ

Կատարվել է հայրենական և արտասահմանյան գրականության վերլուծություն, ինչպես մոլիբդենի սուլֆիդային խտանյութերի վերամշակման մեթոդների, այնպես էլ մոլիբդենի եռօքսիդի, բարձր մաքրության մոլիբդենի երկսուլֆիդի, երկսիլիցիդի, կալցիումի մոլիբդատի, կապարի մոլիբդատի, և լեգիրող նյութերի ստացման

մեթոդների տեխնոլոգիական առանձնահատկությունների, առավելությունների ու թերությունների բացահայտման համար:

Տույց է տրված, որ արդյունաբերական գործընթացներում մոլիբդենի սուլֆիդային խտանյութերի վերամշակման ամենատարածված մեթոդն օքսիդացուցիչ թրծումն է, որի արդյունքում ստացվում է մոլիբդենի եռօքսիդ, կեղտոտված գունավոր մետաղների խառնուրդներով, և ծծմբային գազեր որոնք արտանետում են մթնոլորտ: Ստացված մոլիբդենի եռօքսիդը հանդիսանում է ֆերոմոլիբդենի ստացման ելանյութը, պղնձի և այլ գունավոր մետաղների բարձր պարունակությունը հնարավորություն է չի տալիս ստանալ բարձր որակի ֆերոմոլիբդեն: Ֆերոմոլիբդենը երկաթի և մոլիբդենի համաձուլվախք է, որը օգտագործվում է պողպատների լեգիրման համար: Մոլիբդենի թերայրուկը կիրառվում է նաև մետաղական մոլիբդենի և նրա քիմիական միացությունների, պողպատների լեգիրման ու կոռոզիակայուն համաձուլվածքների արտադրություններում:

Պարզվել է, որ մոլիբդենիտային խտանյութերի համալիր վերամշակման ամենահարմար մեթոդը, մետաղական մոլիբդեն ստանալու համար, հանդիսանում է ազոտական թթվով տարրալուծումը:

Ներկայումս լիգատուրաներին ներկայացվում են նոր պահանջներ գունավոր մետաղներից մաքրության, խտության, հալման ջերմաստիճանի, բաղադրության, ձուլազանգվածի համասեռության, երկաթի հալույթում լուծման արագության վերաբերյալ:

Հանրապետության գործարաններն արտադրում են ստանդարտի պահանջներին բավարարող ֆերոմոլիբդեն: Սակայն ֆերոմոլիբդենն ունի թերություններ, բաղադրության անհամասեռություն (մոլիբդենի բաղադրությունը ձուլազանգվածի մեջ տատանվում է 45...70%), մեծ խտություն և հեղուկ մետաղում լուծման փոքր արագություն: Նշված գործոնները դժվարացնում են որակյալ պողպատների ստացումը մոլիբդենի պարունակության ստանդարտների սահմանների ցածր արժեքներով, մոլիբդենի տնտեսման նպատակով և նաև տարբեր հալույթների պողպատների հատկությունների ստանդարտացման համար: Բացի դրանից

Ֆերոմոլիբդենը մոլիբդենիտային խտանյութերից ստացվող մոլիբդենային արտադրանքի ամենաէժան արտադրատեսակն է, որը և արտահանվում է եվրոպական երկրներ:

Արտադրական պրակտիկայում, պողպատների և եզրման համար, բացի ֆերոմոլիբդենից օգտագործվում է նաև մանրաբյուրեղային կալցիումի մոլիբդատի փոշի, որի ինքնարժեքն ավելի ցածր է, բայց որպես և իգատուրանի թերույնումներ:

Չնայած խոշոր ծավալ ներդրվելու պաշարների առկայությանը, հանքահարստացման արտադրությանը գոյությանը, ինչպես նաև բարձր գները և շուկայի հուսալիությունը, ներկայումս հանրապետությունում կազմակերպված չէ մոլիբդենի մաքուր միացությունների արտադրությունը: Այս պրոբլեմի հիմքում ընկած է նորագույն առաջնակարգ տեխնոլոգիաների բացակայությունը: Մշակվող տեխնոլոգիան պետք է լինի էկոլոգիապես պաշտպանված և մրցունակ:

Մաքուր մոլիբդենի երկսուլֆիդը ստանում են մոլիբդենիտային խտանյութերից՝ խառնուրդների բազմափուլ մաքրմամբ: Յայտնի է նաև սինթետիկ մոլիբդենի դիսուլֆիդի ստացման եղանակներ, մետաղական մոլիբդենի և ծծմբի, մոլիբդենի քիմիական միացությունների և ծծմբաջրածնի կամ ծծմբի փոխազդեցությամբ:

Բարձր մաքրության մոլիբդենի երկսուլֆիդը, որպես հակափական պինդ քսանյութ կիրառվում է կենցաղային սարքերում, էներգետիկայում, ռազմական, ավիացիոն և տիեզերական տեխնիկայում, որտեղ սովորական յուղերը և քսուքները կիրառելի չեն (բարձր ջերմաստիճան, ճնշում, վակուում, ագրեսիվ միջավայր, ճառագայթում և այլն), այն անփոխարինելի է: Յալի առնելով մաքուր և դիսպերս փոշիների մեծ պահանջարկը, բարձր շուկայական գինը և դրանցից նոր հակափական նյութերի ստացման հնարավորությունը, տեղական հումքի բազայի վրա գերմաքուր և դիսպերս $2H-MoS_2$ -ի ստացման տեխնոլոգիայի մշակումը ժամանակի հրամայականն է և ունի մեծ գիտագործնական նշանակություն:

Պարզվել է, որ բնական մոլիբդենի երկսուլֆիդն ունի շերտավոր կառուցվածք և էքստրեմալ պայմաններում աշխատող ամենալավ հակափական նյութն է: Այն կիրառում են կենցաղային սարքերում, շարժիչների յուղերի մեջ որպես շփումը փոքրացնող

հավելանյութ, էներգետիկայում, ավիացիոն և տիեզերական տեխնիկայում և այլուր:

Կապարի մոլիբդատի մոնոբյուրեղները, շնորհիվ բարձր ֆիզիկական և օպտիկական հատկությունների, մեծ կիրառություն ունեն ժամանակակից լազերային համակարգերում, ակուստոօպտիկական մոդուլյատորներում և դեֆլեկտորներում, միջուկային սարքերում, որպես ցածր ջերմաստիճանային սցինտիլյատորներ:

Մոլիբդենի երկսիլիցիդը շնորհիվ իր մի շարք հատկությունների էլեկտրահաղորդականության, ջերմահաղորդականության, կիզակայունության և կիրառում է գտել ժամանակակից տեխնիկայում, հատկապես բարձր ջերմաստիճանային էլեկտրական տաքացուցիչների արտադրությունում, որոնք ապահովում են օդի միջավայրում մինչև 1800 °C: Մոլիբդենի երկսիլիցիդը կիրառվում է նաև որպես ծածկութապատման նյութ մոլիբդենի հիմքով հրակայուն համաձուլվածքներն օքսիդացումից պաշտպանման համար: Յեռանկարային է նաև մոլիբդենի երկսիլիցիդի հիմքով կոմպոզիտային նյութերի կիրառությունը այսպես կոչված «կերամիկական» ներքին այրման շարժիչների արտադրությունում:

Վերջին ժամանակներս խտանյութերի վերամշակման ավանդական եղանակներին փոխարինելու են գալիս ավելի արդյունավետ արդիական մեթոդներ: Դրանց թվին է պատկանում բարձր ջերմաստիճանային ինքնատարածվող սինթեզի (ԲԻՍ) մեթոդը:

Յանրապետությունում բարձր մաքրության մոլիբդենի երկսուլֆիդի, երկսիլիցիդի, կալցիումի և կապարի մոլիբդատների, մաքուր ֆերոմոլիբդենի և ժամանակակից այլ նյութերի արտադրությունը բացակայում է, մինչդեռ մեծ շահույթաբերություն ակնկալելու համար հարկավոր է արտահանել ժամանակակից վերջնական արտադրանք:

Ատենախոսության հիմնական նպատակն է մշակել մոլիբդենի սուլֆիդային խտանյութերի համալիր վերամշակման շահույթաբեր, բնապահպանական նորմերին բավարարող արտադրական տեխնոլոգիաներ բարձր մաքրության մոլիբդենի երկսուլֆիդի, երկսիլիցիդի, կալցիումի մոլիբդատի, կապարի մոլիբդատի,

մուլիբդենի եռօքսիդի և լեգիրող նյութերի ստացման համար և բացահայտել գործընթացների տեսական և տեխնոլոգիական հիմունքները:

Նշված նպատակին հասնելու համար աշխատանքում առաջադրվել և լուծվել են հետևյալ հիմնարար խնդիրները.

1. Մշակել մուլիբդենային խտանյութերի վերամշակման գործընթացների տեսական և տեխնոլոգիական հիմունքները մուլիբդենի մաքուր միացությունների՝ մուլիբդենի երկսուլֆիդի, երկսիլիցիդի, եռօքսիդի, կալցիումի և կապարի մուլիբդատների և նոր լեգիրող նյութերի ստացման համար:

2. Իրականացնել մուլիբդենի սուլֆիդային խտանյութերը նոսր թթուներով գուևավոր մետաղներից մաքրման գործընթացի հետազոտում, տեխնոլոգիական

հիմունքների մշակման նպատակով:

3. Հետազոտել մուլիբդենիտային խտանյութերի տարրալվացման լուծույթների մաքրման և մայրակ լուծույթներից մետաղների համալիր կորզման օրինաչափությունները:

4. Բացահայտել մուլիբդենիտային խտանյութերից ստացված լուծույթներից հիդրոմետալուրգիական եղանակով կալցիումի մուլիբդատի և ստեխիոմետրական բաղադրությամբ գերմաքուր կապարի մուլիբդատի ստացման տեխնոլոգիան: Բացահայտել կալցիումի մուլիբդատի և կապարի մուլիբդատի ստացման գործընթացի մեխանիզմը, կինետիկան և ընտրել ու հիմնավորել լավարկված ռեժիմները:

5. Մշակել կալցիումի մուլիբդատի հիմքով նոր լեգիրող նյութերի ստացումը, մուլիբդենով պողպատների լեգիրման նպատակով:

6. Մշակել մուլիբդենի սուլֆիդային խտանյութերից և սիլիցիումից, վառարանային և բարձրջերմաստիճանային ինքնատարածվող սինթեզի մեթոդներով, մուլիբդենի երկսիլիցիդի ստացման տեսական ու տեխնոլոգիական հիմունքները, Mo-S-Si համակարգի թերմոդինամիկան, մեխանիզմը և ընտրել օպտիմալ ռեժիմները: Բացահայտել սուլֆիդային խտանյութերից ստացված մուլիբդենի երկսիլիցիդի \$ազային կազմը, կառուցվածքային առանձնահատկությունները և հատկությունները,

բարձր ջերմաստիճանային էլեկտրատաքացուցիչների պատրաստման և պողպատների և գիրման ու թթվածնազտման տեխնոլոգիաների համար:

7. Իրականացնել մոլիբդենի սուլֆիդային խտանյութերից սինթեզված սիլիցիումի սուլֆիդների կիրառման ոլորտները, պղնձի օքսիդացած հանքանյութերի մակերևութային սուլֆիդացման և պղնձի կորզման առավել նպատակահարմար տեխնոլոգիական ուղղությամբ մշակման նպատակով:

8. Կատարել մշակված տեխնոլոգիաների տեխնիկական տեսակետից հիմնավորում, շահութավետությամբ գնահատում:

2. ԵԼԱՆՅՈՒԹԵՐԸ, ՉԱՓԻՉ-ՀՍԿԻՉ ՍԱՐՔԱՎՈՐՈՒՄՆԵՐԸ ԵՎ ՅԵՏԱԶՈՏՄԱՆ ՄԵԹՈԴԻԿԱՆ

2.1. Ելանյութերը և դրանց բնութագրերը

Մոլիբդենային խտանյութերի վերամշակման համար որպես ելանյութ ընտրվել է ստանդարտ մոլիբդենային խտանյութերը: Խտանյութերի բնութագրերը (ԳՕՍՍ 212-76, վերահրատարակված 1-6 փոփոխություններով 1997թ.), բերված է աղ. 2.1-ում:

Աղյուսակ 2.1

Մոլիբդենային խտանյութերի տեխնիկական բնութագրերը (ԳՕՍՍ 212-76)

Տեսակ	Mo, % ոչ պակաս	Խառնուրդները ոչ ավելի, %							
		SiO ₂	As	P	Cu	Sn	Na ₂ O	Sb	WO ₃
KMΓ-B	58	0,3	0,03	0,01	0,01	0,01	0,80	0,01	2,00
KMΓ-1	56	0,4	0,04	0,01	0,01	0,01	0,80	0,01	4,50
KMΓ-2	54	0,7	0,07	0,02	0,02	0,01	1,00	0,01	5,00
KMՓ-B	52	4,0	0,03	0,02	0,40	0,02	0,40	չի նորմավ.	
KMՓ-1	52	5,0	0,04	0,02	0,40	0,02	0,40	չի նորմավ.	
KMՓ-2	48	7,0	0,05	0,03	0,70	0,04	0,50	չի	

								Նորմավ.
KMΦ-3	47	9,0	0,06	0,05	1,00	0,05	0,50	չի Նորմավ.
KMΦ-4	45	11,0	0,07	0,05	2,00	0,07	0,50	չի Նորմավ.

Աղ. 2.2 – ու մ տրված է աշխատանքում օգտագործված, Քաջարանի պղնձամոլիբդենային կոմբինատի կողմից թողարկված, խտանյուղի բաղադրությունը: Խտանյուղը պարունակում է նաև Au - 0,6 գ/տ, Ag – 30 գ/տ, Re – 240 գ/տ, Se -370 գ/տ, Te -31 գ/տ, Bi – 80 գ/տ և այլն [191]:

Աղյուսակ 2.2

Մոլիբդենիտային խտանյուղի քիմիական կազմը, %

Բաղ.	Mo	Cu	Fe	S	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Re	H ₂ O+Ֆլուոր յուղ
Պար. %	48,4	0,87	2,75	33,1	6,14	1,06	1,02	0,47	0,024	8,00

Խտանյուղում սելենը, տելուրը, բիսմուտը և ռենիումը իզոմորֆ խառնուրդներ են մոլիբդենիտի, պիրիտի և խալկոպիրիտի մեջ [192]:

Յիդրոմետալուրգիական խտանյուղում մոլիբդենը գտնվում է օքսիդացման երկու աստիճաններով՝ VI և IV (MoO₃, MoO₂, MoS₂): Յիդրոմետալուրգիական խտանյուղն ունի հետևյալ բաղադրությունը՝ Mo – 54...58%, WO₃ - 2...2,5%, SiO₂ – 0,1...0,4%, Na₂O - 0,5...0,8%, Cu- 0,005...0,01%, P- 0,005...0,01%, As - 0,03...0,05%, S -15...20%, Sn– հետքեր և Re չի պարունակում: Խտանյուղի հիմնական բաղադրիչներն են MoO₃ - 23...49 %, MoO₂SO₄ – 9...13 %, MoS₂ - 25...38 %, MoO₂ – 9...22 %:

Մոլիբդենիտային խտանյուղերի վերամշակման և դրանցից բարձր մաքրության նյութերի ստացման համար օգտագործված նյութերն են.

Նատրիումի մետաիլիկատ(SՈՒ 6-18-161-82): Իրենից ներկայացնում է մետաիլիցիումային թթվի նատրիումային աղ և հանդիսանում է նատրիումի հիդրատացված հիմնային սիլիկատ: Քիմիական ֆորմուլան՝ Na₂SiO₃·nH₂O: Մոլեկուլային կշիռը՝ 284,2գ/մոլ :

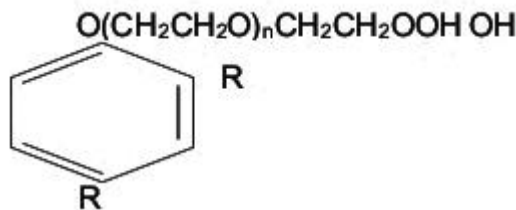
Այն հալվում է 40...80 °C-ում, հեշտությամբ լուծվում է ջրում: Թթուների ազդեցությունից նատրիումի մետասիլիկատը քայքայվում է՝ անջատելով դոնորոլ:

Ըստ ֆիզիկաքիմիական ցուցանիշների նատրիումի մետասիլիկատը պետք է համապատասխանի աղյ 2.3-ում բերված բնութագրերին:

Աղյուսակ 2.3
Նատրիումի մետասիլիկատի թույլատրելի բնութագրերը

№	Ցուցանիշի անվանումը	Չափաքանակը
1	Արտաքին տեսքը	Մանրահատիկ մոխրագույն փոշի
2	Ընդհանուր հիմնայնությունը %, ոչ պակաս	20,5
3	SiO ₂ , %, ոչ պակաս	19,0
4	Na ₂ CO ₃ %, ոչ ավել	1,2
5	Օքսիդներ, %, ոչ ավել	0,2
6	Ընդհանուր խոնավությունը %, ոչ ավել	59,0

Էմուլսարաք (ՕՊ-7 կամ ՕՊ-10) (ԳՕՍՏ 8433-81): Այն կիրառվում է որպես թրջող և էմուլսացնող մակերևութային ակտիվ նյութ: Կառուցվածքային բանաձևն ունի հետևյալ տեսքը.



որտեղ՝ R-ը ալկիլային մնացորդն է 8...12 ատոմ ածխածին պարունակող, n = 7...9 ՕՊ-7-ի և n = 10...12 ՕՊ-10-ի համար: ՕՊ-7 և ՕՊ-10 օժանդակ նյութերի ֆիզիկաքիմիական ցուցանիշները բերված է աղ. 2.4-ում:

Աղյուսակ 2.4
ՕՊ-7-ի և ՕՊ-10-ի էմուլսարաքների ֆիզիկաքիմիական հատկությունները

№	Ցուցանիշի անվանումը	Նյութերի չափաքանակը	
		ՕՊ-7	ՕՊ-10
1	Արտաքին տեսքը	Բաց դեղնավունից մինչև բաց դարչնագույն յուղանման հեղուկ	

2	10գ/լ խտությունը ջրային լուծույթի արտաքին տեսքը	Թափանցիկ կամ թեթևակի պղտոր հեղուկ	Թափանցիկ հեղուկ
3	Յիմնական նյութի զանգվածային բաժինը, %, ոչ պակաս	88	80
4	Ջրի զանգվածային բաժինը, %, ոչ ավելի	0,3	0,3
5	10գ/լ խտության ջրային լուծույթի ջրածնային ցուցանիշը pH	6...8	6...8
6	Ջրային լուծույթի պայծառանալու ջերմաստիճանային սահմանը, °C 20գ/լ խտությամբ ՕՊ-7-ի 10գ/լ խտությամբ ՕՊ-10-ի	55...65 --	-- 80...90
7	5գ/լ խտությամբ ջրային լուծույթի մակերևույթային լարվածությունը, Նմ, ոչ ավելի	$35 \cdot 10^{-3}$	$37 \cdot 10^{-3}$

ՕՊ-7 օժանդակ նյութի էմուլսարարի ինքնաբռնկման ջերմաստիճանն է 357 °C, ՕՊ-10 –ինը 400 °C. էմուլսարարները պատկանում են հրդեհավտանգ նյութերի շարքին:

Ազոտական թթու (ՉՕՍՏ 701-89): Խիտ ազոտական թթուն արտադրվում է երկու մակնիշի A և B: A մակնիշի ազոտական թթուն օգտագործվում է էլեկտրոնային և ռադիոէլեկտրոնային արդյունաբերությունում, պայթուցիկ նյութերի արտադրությունում, մետաղների քիմիական մշակման ժամանակ, բժշկական արդյունաբերության մեջ և այլն: B մակնիշի ազոտական թթուն օգտագործվում է գալվանական աշխատանքներում, քիմեականի վերի արտադրությունում և այլուր: Քիմիական ֆորմուլան՝ HNO_3 : Չարաբերական մոլեկուլային զանգվածը՝ 63,01 գ/մոլ:

Ըստ ֆիզիկա-քիմիական ցուցանիշների խիտ ազոտական թթուն պետք է համապատասխանի աղյ. 2.5-ում բերված նորմերին:

Աղյուսակ 2.5

Խիտ ազոտական թթվի թուլլատրելի նորմերը

№	Ցուցանիշի անվանումը	Չափաքանակը
---	---------------------	------------

		A	B
1	Ազո Ազոտական թթվի զանգվածային բաժինը, %, ոչ պակաս	98,6	97,5
2	Ծծմբական թթվի զանգվածային բաժինը, %, ոչ ավելի	0,05	0,06
3	Ազոտի օքսիդների զանգվածային բաժինը, %, ոչ ավելի	0,2	0,3
4	Մնացորդի զանգվածային բաժինը, %, ոչ ավելի	0,014	0,025

Տտորաջրածնային թթու (90US 10484-78): Տտորաջրածնային թթուն կիրառվում է ապակու արդյունաբերությանում՝ ապակե և հախճապակե իրերի փայլեցման և խածառման համար, մեքենաշինությանում՝ մետաղական ձուլվածքների կերամիկական և քվարցային խառնուկների հեռացման համար, քիմիական արդյունաբերությանում՝ ռեակտիվների ստացման համար և այլուր: Այն անգույն, թափանցիկ հեղուկ է, սուր հոտով: Ֆորմուլան՝ HF, մոլեկուլային զանգվածը՝ 20,01գ/մոլ: Տտորաջրածնային թթուն հրդեհա և պայթուցավտանգ է, ինչպես նաև թունավոր: Ըստ ֆիզիկաքիմիական ցուցանիշների մաքուր Տտորաջրածնային թթուն պետք է համապատասխանի աղ. 2.6-ում բերված բնութագրերին:

Աղյուսակ 2.6
Տտորաջրածնային թթվի թույլատրելի բնութագրերը

№	Ցուցանիշի անվանումը	Չափաքանակը
1	Տտորաջրածնային թթվի (HF) զանգվածային բաժինը, %, ոչ պակաս	40
2	Շիկացնելուց հետո սուլֆատների տեսքով նստվածքի զանգվածային բաժինը, %, ոչ ավելի	0,005
3	Սուլֆատների զանգվածային բաժինը (SO ₄), %, ոչ ավելի	0,01
4	Քլորիդների զանգվածային բաժինը (Cl), %, ոչ ավելի	0,002
5	Երկաթի զանգվածային բաժինը, %, ոչ ավելի	0,0005
6	Սիլիցիումի զանգվածային բաժինը (Si), %, ոչ ավելի	0,05
7	Ծանր մետաղների զանգվածային բաժինը (Pb), %, ոչ ավելի	0,0005

Ամոնիակ ջրային (90US 3760-79): Իրենից ներկայացնում է սուր հոտով, անգույն թափանցիկ հեղուկ, որի խտությունը կազմում է 0,907 գ/սմ³: Քիմիական ֆորմուլան՝ NH₄OH: Մոլեկուլային կշիռը՝ 17,03գ/մոլ: Ջրային ամոնիակի ֆիզիկաքիմիական ցուցանիշները բերված է աղյուսակ 2.7 -ում:

Աղյուսակ 2.7
Ջրային ամոնիակի թույլատրելի բնութագրերը

№	Ցուցանիշներ	Թույլատրելի սահմանը		
		Քիմիական մաքուր	Մաքուր՝ վերլուծության համար	Մաքուր
1	Ջրային ամոնիակի զանգվածային բաժինը, %, ոչ պակաս	25	25	25
2	Չթռչող մնացորդի զանգվածային բաժինը, %, ոչ ավել	0,002	0,002	0,005
3	Ածխաթթվային աղերի զանգվածային բաժինը, %, ոչ ավել	0,001	0,002	0,003
4	Ծծմբի զանգվածային բաժինը, %, ոչ ավել	0,0002	0,0003	0,001
5	Ֆոսֆատների զանգվածային բաժինը, %, ոչ ավել	0,00005	0,0001	0,0005
6	Քլորիդների զանգվածային բաժինը, %, ոչ ավել	0,00005	0,0001	0,0002
7	Երկաթի զանգվածային բաժինը, %, ոչ ավել	0,00001	0,00002	0,00005
8	Ճանրմետաղների զանգվածային բաժինը, %, ոչ ավել	0,00005	0,00005	0,0001
9	Կալցիումի և մագնեզիումի զանգվածային բաժինը, %, ոչ ավել	0,0001	0,0002	0,0004
10	KMnO4-ով վերականգնվող նյութերի զանգվածային բաժինը, %, ոչ ավել	0,0008	0,0008	0,0008

Հիդրոլիզային էթիլ սպիրտ (90US 11547-80): Տեխնիկական սինթետիկ էթիլ սպիրտը ստանում են էթիլենի ուղղակի ծծմբաթթվային հիդրատացմամբ: Այն նախատեսված է կաուչուկի արտադրության համար, ինչպես նաև կիրառվում է որպես լուծիչ: Քիմիական ֆորմուլան՝ C_2H_5OH : Մոլեկուլային կշիռը՝ 46,05:

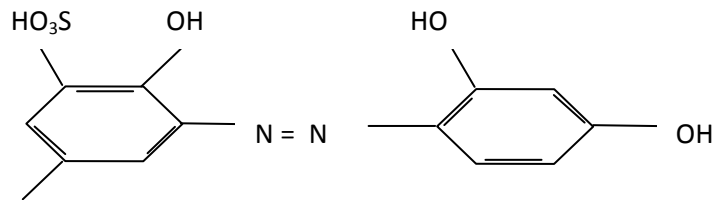
Կապրիկ սցետառ (90US 1027-67): Այն սպիտակ գույնի բյուրեղներ է, լավ լուծվում է ջրում: Քիմիական ֆորմուլան՝ $Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O$: Մոլեկուլային կշիռը՝ 379,35:

Կապրիկ սցետառում խառնուրդների թույլատրելի պարունակությունն է.

$Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O$ - 99,5%, Cl - 0,00025%, NO_3 - 0,002%, Cu - 0,00025%, Fe - 0,0005%, (K, Na, Ca, Sr) - 0,01%:

Լյուցինոլ (ՏՈԼ 6-09-05-880-78) $(HO)_2C_6H_3N=NC_6H_2(OH)(SO_3H)Cl$: Իրենից ներկայացնում է մուգ կարմիր բյուրեղներ, լուծվում է

ջրի, ացետոնի մեջ, չի լուծվում CCl_4 -ի, $CHCl_3$ -ի մեջ: Քիմիական կառուցվածքային Ֆորմուլան հետևյալն է [193].



Քանի որ Cl^- ապարի մոլիբդատն ունի ակուստոօպտիկական կիրառություն, ելանյութերում ներխառնուկների նույնիսկ քիչ քանակությունն անցանկալի է: Այդիսկ պատճառով կապարի ացետատը և մոլիբդենիտային խտանյութի վերամշակումից ստացված ամոնիումի մոլիբդատը լյումոգալիոնի լուծույթով և ԵԱՄ տիպի ակտիվացված ածուխով ենթարկվել են խառնուրդներից լրացուցիչ մաքրման:

Կալցիումի օքսիդ (90US 8677-76): Կալցիումի օքսիդն ունի սպիտակ գույն, այն կտորների կամ փոշու տեսքով է: Այն լուծելի է թթուներում, սակայն դժվարությամբ է լուծվում ջրում: Օդից կլանում է խնավություն և CO_2 գազ: Ֆորմուլան՝ CaO , հարաբերական մոլեկուլային զանգվածը՝ 56,08 գ/մոլ:

Կալցիումի օքսիդը քիմիական բաղադրությամբ պետք է համապատասխանի աղյուսակ 2.8 –ում նշված պահանջներին և նորմերին:

Աղյուսակ 2.8

Կալցիումի օքսիդին ներկայացվող պահանջները և նորմերը

№	Ցուցանիշների անվանումը	Մակնիշը
		Մաքուր (մ.)
1	Կալցիումի օքսիդի (CaO) զանգվածային բաժինը, %, ոչ պակաս	96,0
2	Կրաքարի ($CaCO_3$) զանգվածային բաժինը, %, ոչ ավել	2,5
3	Աղաթթվում չլուծված նյութերի զանգվածային բաժինը, %, ոչ ավել	0,02
4	Ազոտի ընդհանուր (N) զանգվածային բաժինը, %, ոչ ավել	0,06
5	Սուլֆատների (SO_4) զանգվածային բաժինը, %, ոչ ավել	0,05
6	Քլորիդների (Cl) զանգվածային բաժինը, %, ոչ ավել	0,010
7	Երկաթի (Fe) զանգվածային բաժինը, %, ոչ ավել	0,02
8	Ճանրմետաղների (Pb) զանգվածային բաժինը, %, ոչ ավել	0,010
9	Կալիումի և նատրիումի գումարային ($K+Na$) զանգվածային բաժինը, %, ոչ ավել	չի նորմավո.

Տեխնիկական կալցիումի քլորիդ, CaCl_2 , ԳՕՍՍ 450-77: Կալցիումի քլորիդը քիմիական բաղադրությամբ պետք է համապատասխանի աղյուսակ 2.9-ում նշված պահանջներին և նորմերին:

Աղյուսակ 2.9

Կալցիումի քլորիդին ներկայացվող պահանջները և նորմերը

Ցուցանիշների անվանումը	Կալցիումացված		Հիդրատացված	Հեղուկ
	Բարձր տեսակի ներկայացվող	Առաջին տեսակի		
Առաջին տեսակի	Փոշի սպիտակ գույնի		Սպիտակ գրանուլներ	Դեղին գորշ կանաչ
Չանգվածային CaCl_2 , % նչ պակաս	96,5	90	80	35
Չանգվածային MgCl_2 , % նչ ավելի	0,5	0,5	Չի նորմավորվում	Չի նորմավորվում

Կր00 մակնիշի տեխնիկական սիլիցիում (ԳՕՍՍ 2169-69): Տեխնիկական Տi-ը

Նախատեսված է սիլիցիում պարունակող համաձուլվածքների, կիսահաղորդչային սիլիցիումի, սիլիցիումաօրգանական նյութերի ստացման համար: Տեխնիկական սիլիցիումը մեծ քանակությամբ կիրառվում է մետալուրգիայում: Սիլիցիումի մակնիշները և քիմիական բաղադրությունը բերված են աղ. 2.10-ում:

Աղյուսակ 2.10

Սիլիցիումի մակնիշները և դրանց քիմիական բաղադրությունները

Մակնիշ	ՕԿՊ կոդը	Քիմիական բաղադրությունը, %					
		Si, նչ պակաս	խառնուրդները, նչ ավելի				
			Fe	Al	Ca	այլ խառնուրդներ	
Կր00	17 1131 0001	99,0	0,4	0,3	0,4	1,0	
Կր 0	171131 0002	98,8	0,5	0,4	0,4	1,2	

Kp 1	171131 0003	98,0	0,7	0,7	0,6	2,0
Kp 2	171131 0004	97,0	1,0	1,2	0,8	3,0
Kp 3	171131 0005	96,0	1,5	1,5	1,5	4,0

Տեխնիկական ջրածին (ՊՕՍ 3022-80): Տեխնիկական ջրածինն անգույն, առանց հոտի գազ է: Օդի և թթվածնի հետ այն առաջացնում է պայթուցիկ և ավտանգ խառնուրդ: Ինքնաբոցավառման ջերմաստիճանը կազմում է 510°C: Քիմիական ֆորմուլան՝ H₂: Մոլեկուլայար կշիռը՝ 2,016 գ/մոլ:

Նաբրինումի հիդրօքսիդ (ՊՕՍ 2263-79): Նախատեսված է քիմիական, նավթաքիմիական, գունավոր մետալուրգիայի և արդյունաբերության այլ ոլորտներում օգտագործման համար: Ֆորմուլան՝ NaOH, մոլեկուլային զանգվածը՝ 40,0գ/մոլ: Թունավոր նյութ է և պատկանում է վնասակար նյութերի վտանգավորության դասակարգման երկրորդ դասին (ՊՕՍ 12.1.007):

Աղաթթու (ՊՕՍ 3118-77): Աղաթթուն անգույն, սուր հոտով, օդում ձխացող, ջրում, եթերում և բենզոլում լուծվող հեղուկ է: Ֆորմուլան՝ HCl, մոլեկուլային զանգվածը՝ 36,46գ/մոլ: Աղաթթուն չայրվող և հրդեհասկստանգ, ինչպես նաև թունավոր հեղուկ է: Ըստ քիմիական ցուցանիշների մաքուր աղաթթուն պետք է համապատասխանի աղ. 2.11-ում բերված բնութագրերին:

Աղյուսակ 2.11

Աղաթթվի թույլատրելի բնութագրերը

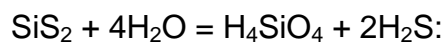
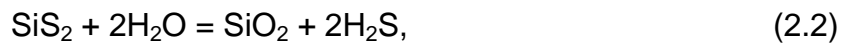
№	Ցուցանիշի անվանումը	Քանակը
1	Աղաթթվի (HCl) զանգվածային բաժինը, %	35...38
2	Շիկացնելուց հետո սուլֆատների տեսքով նստվածքի զանգվածային բաժինը, %, ոչ ավել	0,002
3	Սուլֆիտների զանգվածային բաժինը (SO ₃), %, ոչ ավել	0,001
4	Սուլֆատների զանգվածային բաժինը (SO ₄), %, ոչ ավել	0.0005
5	Ազատ քլորի զանգվածային բաժինը (Cl), %, ոչ ավել	0,0001
6	Ամոնիումային աղերի զանգվածային բաժինը (NH ₄), %, ոչ ավել	0,0003
7	Երկաթի զանգվածային բաժինը (Fe), %, ոչ ավել	0,0003
8	Արսենի զանգվածային բաժինը (As), %, ոչ ավել	0,00001
9	Ծանր մետաղների զանգվածային բաժինը (Pb), %, ոչ ավել	0,0002

Սիլիցիոլմի սուլիդիդ (CAS 13759-10-9 USA): Սպիտակ բյուրեղներ են, լուծվում են ջրում և թթուներում: Քիմիական ֆորմուլան՝ SiS_2 : Մոլեկուլյար կշիռը՝ 92,2գ/մոլ, հալման ջերմաստիճանը՝ 1090 °C, եռման ջերմաստիճանը 1150 °C, խտությունը՝ 2,02 գ/սմ³: Վաճառքում լինում է չորս մակնիշի (2N) 99% SiS_2 ; (3N)99,9% SiS_2 ; (4N)99,99% SiS_2 , (5N)99,999% SiS_2 :

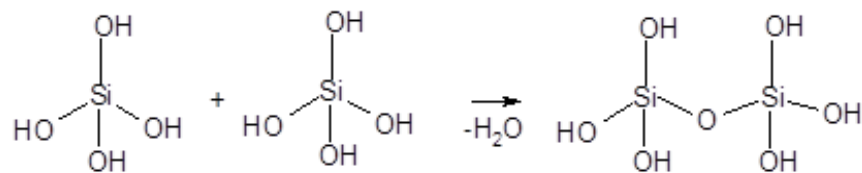
Բյուրեղային ցանցը շեղանկյունային է, ցանցի պարամետրերը՝ $a_0=0,56$, $b_0=0,955$, $c_0=0,553$ Å: Կառուցվածքը կազմված է միաչափ շղթայից ...Si(S₂) Si(S₂)Si... : Սիլիցիոլմի սուլիդիդը նատրիոլմի սուլիդի հետ առաջացնում է նատրիոլմի թիոկոմպլեքս:



Սիլիցիոլմի սուլիդիդը ջրով հեշտիդրոլիզվում է.



Առաջացած մետասիլիկաթթուն երկար պահելու ընթացքում անկայուն է և առաջացնում է արլիմեր:



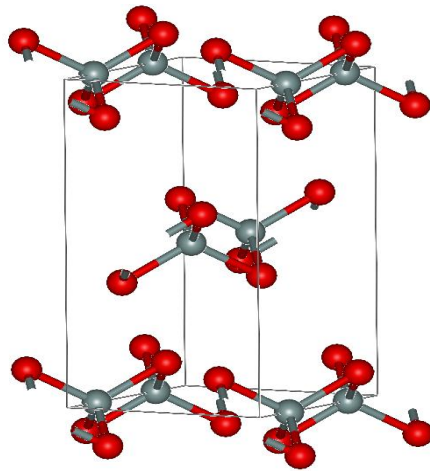
Նատրիոլմի թիոկոմպլեքսը նույնպես հիդրոլիզվում է՝



Սիլիցիոլմի սուլիդիդը առաջացնում է SiS և SiS_2 սուլիդները: SiS -ը կայուն է բարձր ջերմաստիճաններում, այն սառեցնելիս առաջացնում է SiS_2 և Si :

SiS_2 -ը հիդրոլիզվում է ջրով և առաջացնում է մետասիլիցոլմային թթու և ծծմբաջրածին, հիդրոլիզն արագանում է NaOH -ի ներկայությամբ:

Նկ. 2.1-ում ներկայացված է սիլիցիոլմի սուլիդի բյուրեղային կառուցվածքը:



Նկ. 2.1. Սիլիցիումի սուլֆիդի բյուրեղային կառուցվածքը

Նատրիումի սուլֆիդ (ԳՕՍՏ 2053-77): Նշված ստանդարտը վերաբերվում է 9-ջրային ծծմբային նատրիումին (նատրիումի սուլֆիդ), որն իրենից ներկայացնում է անգույն բյուրեղներ, որոնք օքսիդանում են օդում և լուսազգայուն են: «Մաքուր» մակնիշի դասակարգման բյուրեղներն ունեն թույլ դեղնավուն կամ մոխրագույն երանգ: Քիմիական ֆորմուլան $\text{Na}_2\text{S}\cdot 9\text{H}_2\text{O}$: Մոլեկուլյար կշիռը՝ 240,17գ/մոլ:

$\text{Na}_2\text{S}\cdot 9\text{H}_2\text{O}$ -ը թույլ նավոր, ջրում լուծվող, հրդեհավտանգ, օդի մեջ, ջրային միջավայրում, թթուների հետ առաջացնում է ծծմբաջրածին որը թուլ նավոր է և պայթուցիկ:

$\text{Na}_2\text{S}\cdot 9\text{H}_2\text{O}$ -ը քիմիական բաղադրությամբ պետք է համապատասխանի աղ. 2.12 -ում նշված պահանջներին:

Աղյուսակ 2.12

Նատրիումի սուլֆիդին ներկայացվող պահանջները և նորմերը

№	Ցուցանիշների անվանումը	Նորմ	
		Մաքուր անալիզի համար (մ.ա.հ)	Մաքուր (մ.)
1	$\text{Na}_2\text{S}\cdot 9\text{H}_2\text{O}$, %, ոչ պակաս	97	94
2	Ջրում չլուծվող նյութերի, %, ոչ ավել	0.002	0.005
3	(SiO_2), %, ոչ ավել	0.1	0.4
4	N), %, ոչ ավել	0.002	0.006

2.2. Չափիչ -հսկիչ սարքավորումները և հետազոտման մեթոդիկան

Մոլիբդենիտային խառնուրդի մաքրման գործընթացում տարրալուծումն ու խյուսի խառնումն իրականացվել է հատուկ պատրաստված սարքում, որին հարմարեցված է խառնիչ հարմարանք: Նկ. 2.2-ում բերված է խառնման հարմարանքի արտաքին տեսքը:

Խառնիչի պտտման արագությունը կարգավորվել է ավտոտրանսֆորմատորի օգնությամբ: Լուծույթների ջերմաստիճանը չափվել է սնդիկային ջերմաչափով (ՊՕՍՏ 2823-73), իսկ ջերմաստիճանը կարգավորվել է տաքացուցիչի ջերմակարգավորիչով: Լուծույթների թթվայնությունն ու հիմնայնությունը չափվել է pH-մետրով:



Նկ. 2.2. Տարրալուծման և խառնման հարմարանքի արտաքին տեսքը
Օգտագործվել է pH-673 և DPH-2 տիպի pH-մետրեր (նկ. 2.3): pH-ի չափման ժամանակ օգտագործվել է ապակյա գնդիկի տեսքով չափիչ և օժանդակ էլեկտրոդներ: 0...40°C ջերմաստիճանային միջակայքում pH-ի չափման համար կիրառվել է ՅՇՊ -43-07 էլեկտրոդը, իսկ 20...100°C ջերմաստիճանային միջակայքում՝ ՅՇՊ-63-07 էլեկտրոդը:

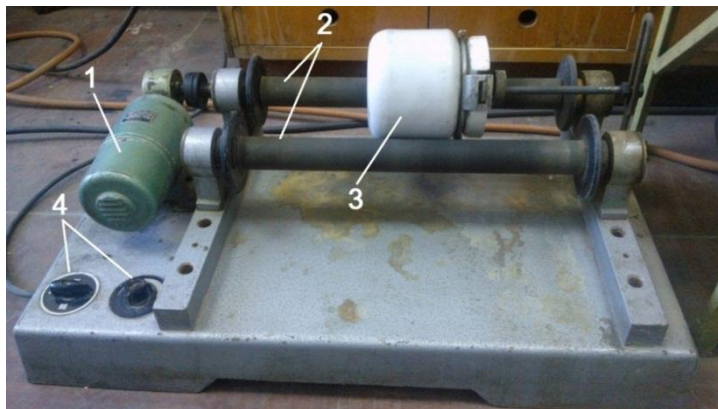


Նկ. 2.3. pH-մետրերի արտաքին տեսքը

Որպես օժանդակ էլեկտրոդ օտագործվել է քլոր-արծաթային էլեկտրոդը, որի մեջ պարբերաբար ավելացվում է կալիումի քլորիդի հազեցված լուծույթ:

Խտանյութի սկզբնական մանրացումը կատարվել է LE-101 տիպի լաբորատոր գնդաղացով: LE-101 տիպի լաբորատոր գնդաղացը նախատեսված է պինդ նյութերի մանրացման համար: Մանրացումը մեծացնում է նյութերի մակերևույթները և արագացնում է ընթացող քիմիական ռեակցիաները:

Գնդաղացում նյութի մանրացումը կատարվում է գնդիկների օգնությամբ, որոնց քաշը և տրամագիծը ընտրվում է՝ ելնելով մանրացվող նյութի տեսակից և մանրացման աստիճանից: Գնդաղացի արտաքին տեսքը և որոշ տեխնիկական տվյալներ բերված են համապատասխանաբար Նկ. 2.4-ում և աղ. 2.13-ում: Պտույտների քանակը կարգավորվում է կարգավորիչով: Թմբուկի պտտման շնորհիվ գնդիկները, բարձրանալով և հասնելով որոշակի բարձրության, ընկնում են՝ մանրացնելով մշակվող նյութը: Գնդիկները ճենապակուց են, 15 մմ և 25 մմ չափերով:



Նկ. 2.4. LE-101 տիպի լաբորատոր գնդաղացի արտաքին տեսքը

Աղյուսակ 2.13

LE-101 Լաբորատոր գնդադասի տեխնիկական տվյալները

Տեխնիկական բնութագիրը	Չափողականությունը	Արժեքը
Սնուցման և արումը	Վ	220
Ցանցի հաճախականությունը	Հց	50
Շարժիչի հզորությունը	Վտ	140/70
Շարժիչի պտուտաթվերը	պտ/րոպե	4000/333
Գլանիկի պտուտաթվերը	պտ/րոպե	150...300
Գլանիկի տրամագիծը երկարությունը	մմ	40 ...390
Գաբարիտային չափերը	մմ	730x400x310
Քաշը	կգ	35

Փորձերի անցկացման ժամանակ օգտագործվել է վերլուծական և տեխնիկական կշեռքներ: Լաբորատոր վերլուծական БЛА-200M մակնիշի կշեռքի տեխնիկական բնութագրերը բերված է աղ. 2.14-ում:

Աղյուսակ 2.14

БЛА-200M կշեռքի տեխնիկական բնութագրերը

Տեխնիկական բնութագիրը	Չափողականությունը	Արժեքը
Կշռման ամենամեծ քաշը	գ	200
Կշռման միջակայքը	գ	0,2...200
Քաշը	կգ	14
Գաբարիտային չափերը	մմ	420x420x470
Թույլատրելի սխալ անքն՝ յուրաքանչյուր օղակային կշռաքարերի մգ-ի համար	մգ	± 0,05

Փորձանմուշների հատիկաչափական կազմը որոշելու համար կիրառվել է մաղային վերլուծություն, ըստ ԳՕՍՏ 18318-73-ի, ինչպես նաև մանրադիտակային և սեղիմենտացիոն մեթոդները:

Մաղային վերլուծություն կատարելու համար ընտրվել է քառակուսի անցքերով, բարձր ճշտության մաղեր, ըստ ԳՕՍՏ 3584-73-ի: Մաղման գործընթացն իրականացվել է ավտոմատ մաղման АП 2Ա սարքով:

Ֆոտոէլեկտրակառուցվածքային ՓԷԿ-56M: Լուծույթում տարբեր նյութերի քանակությունը որոշելու համար օգտագործվել է ֆոտոէլեկտրոնային կալորիմետր – նեֆելոմետր ՓԷԿ-56M [194]:

Փորձանմուշների չորացման գործընթացը իրականացվել է BՄ -0,035A տեսակի վակուումային չորապահարանում, որը նախատեսված է վակուումում նյութերի չորացման և տաքացման համար, 80...200°C ջերմաստիճանի պայմաններում:

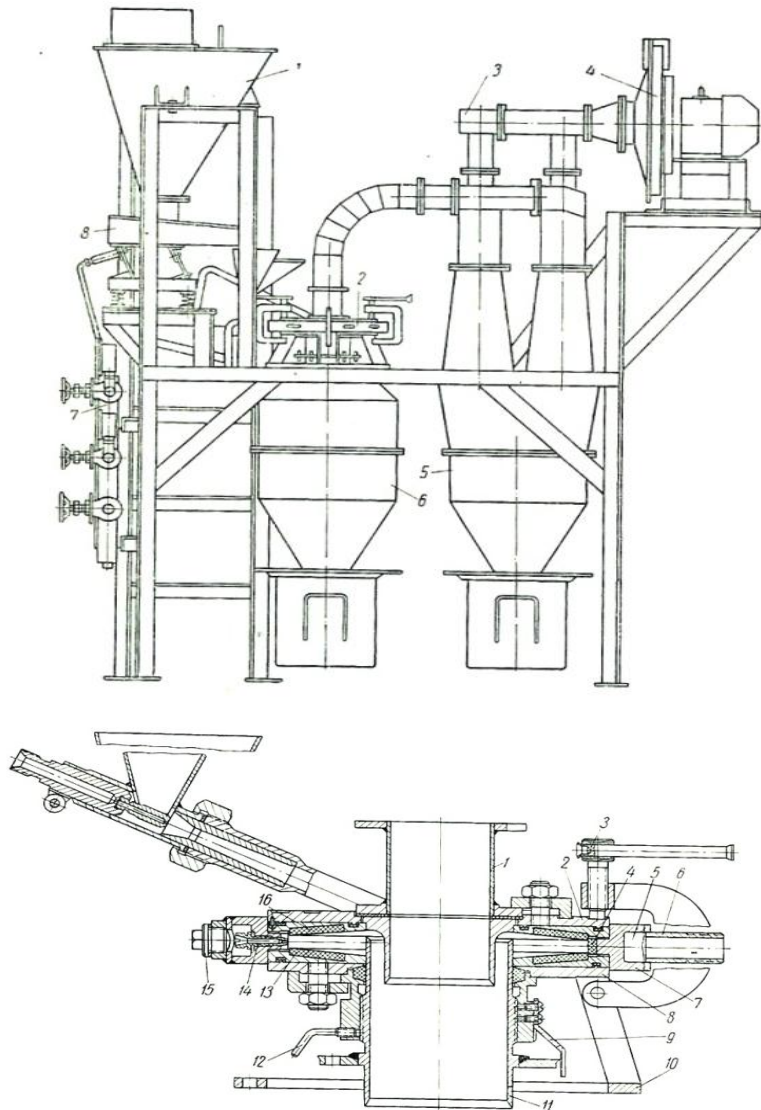
Գերնուրբ մանրացման համար օգտագործվել է արտադրական 2C տիպի կայանք, СПВ-240 տիպի հարթ աղացման խցով, շիթային աղաց: Աղացի ընդհանուր տեսքը բերված է նկ. 2.5-ի ա-ում: Աղացման խցի ընդհանուր տեսքը բերված է նկ. 2.5-ի բ-ում: Կայանքի որոշ տեխնիկական բնութագրեր բերված են աղ. 2.15-ում:

Մանրացվող նյութը 1 բունկերից 8 սնուցիչներով տրվում է սնող արտարկիչի բեռնման ձագարին, որն այն տեղափոխում է աղացման խուց: Մանրացված նյութը կուտակվում է 6 ընդունիչի մեջ:

Կայանքի ղեկավարումը կատարվում է 7 ղեկավարման վահանակից:

Աղյուսակ 2.15
2C տիպի կայանքի տեխնիկական բնութագրերը

Տեխնիկական տվյալը	Չափման միավորը	Արժեքը
Կիրառման բնագավառները՝ գերնուրբ մանրացված հղկամաշիչ և ոչ հղկամաշիչ նյութերը միս և հատիկի չափը	մկմ	3...5
Արտադրողականությանը	կգ/ժամ	մինչև 30
Սկզբնական նյութի հատիկի չափը	մկմ	200
Սեղմված օդի չափը 0,7 մՆ/մ ² ճնշմամբ	մ ³ /ժամ	300
Էլեկտրաշարժիչի սահմանված հզորությունը	կՎտ	1,7
Գաբարիտային չափերը	մմ	2000×1000×2350
Քաշը	կգ	470



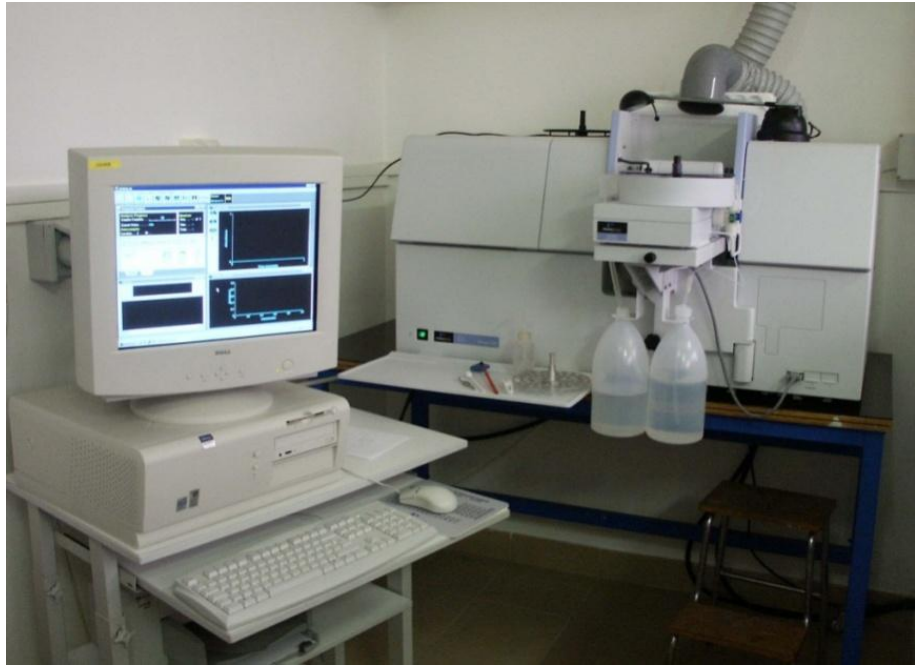
բ)

Նկ. 2.5. Շիթային աղաց. ա- աղացի ընդհանուր տեսքը,

բ - աղացման խցի ընդհանուր տեսքը

Ելանյութը, որը ներմուծվում է ֆուրնով, օգտագործվում է ըստ ՊՕՍՏ 2082-81-ի, ինչպես նաև սպեկտրիալ վերլուծության եղանակով: Խտանյութի ֆազային կազմի վերլուծությունը կատարվել է ДРОН-2.0 և URD-63 ռենտգեն դիֆրակտոմետրերի օգնությամբ՝ CuK ճառագայթմամբ: Միջհարթության հեռավորությունները որոշվել է ըստ [195]-ի: Ֆազերի համադրումը կատարվել է քարտարանի օգնությամբ [196]: Պատրաստի արտադրանքի մեջ խառնուրդների բաղադրությունը որոշելու համար օգտագործվել է ատոմնա-աբսորբման սպեկտրամետր (Perkin Elmer AAnalyst -600): Այն հազեցված է երկու, իրարից անկախ աշխատող ատոմիզատորներով, որոնք հնարավորություն են

ընձեռում խառնուրդի կոնցենտրացիայից կախված ընտրել համապատասխան մեթոդ և մեծ ճշտությամբ որոշել գրեթե բոլոր խառնուրդների քանակությունները: Կախված տարրի տեսակից գործում է զգայունության հետևյալ սահմանները՝ աղ. 2.16: Ատոմնա-աբսորբման սպեկտրամետրի (Perkin Elmer AAnalyst-600) ընդհանուր տեսքը բերված է նկ. 2.6-ում:



Նկ. 2.6. Ատոմնա-աբսորբման սպեկտրամետրի ընդհանուր տեսքը

Ելանյութը և պատրաստի արտադրանքը ենթարկվել են կառուցվածքային

հետազոտության: Դիսպերս հատիկների կառուցվածքը հետազոտվել է VEGA TS 5130MM, Tescan և MS-46 «Cameca» (Ֆրանսիա) էլեկտրոնային մանրադիտակով, որը

հնարավորություն է տալիս նաև բաղադրության վերլուծություններ կատարել:

- 50 մկմ-ից փոքր դիսպերսայնությամբ փոշիների հատիկաչափական կազմը որոշվել է սեդիմենտացիոն վերլուծությամբ: Վերլուծությունը կատարվել է [197] աշխատությունում մշակված մեթոդիկայով: Օգտագործվել է ВПА-200M մակնիշի վերլուծական կշեռք և վայրկյանաչափ (ГОУС 5072-79):

Աղյուսակ 2.16

Տարրերի զգայունության սահմանները

Տարրեր	Գծային կախված	GFAA Չգայ	Ալիքի երկար.,	Տարրեր	Գծային կախված.	GFAA Չգայն.	Ալիքի երկար.,
--------	---------------	-----------	---------------	--------	----------------	-------------	---------------

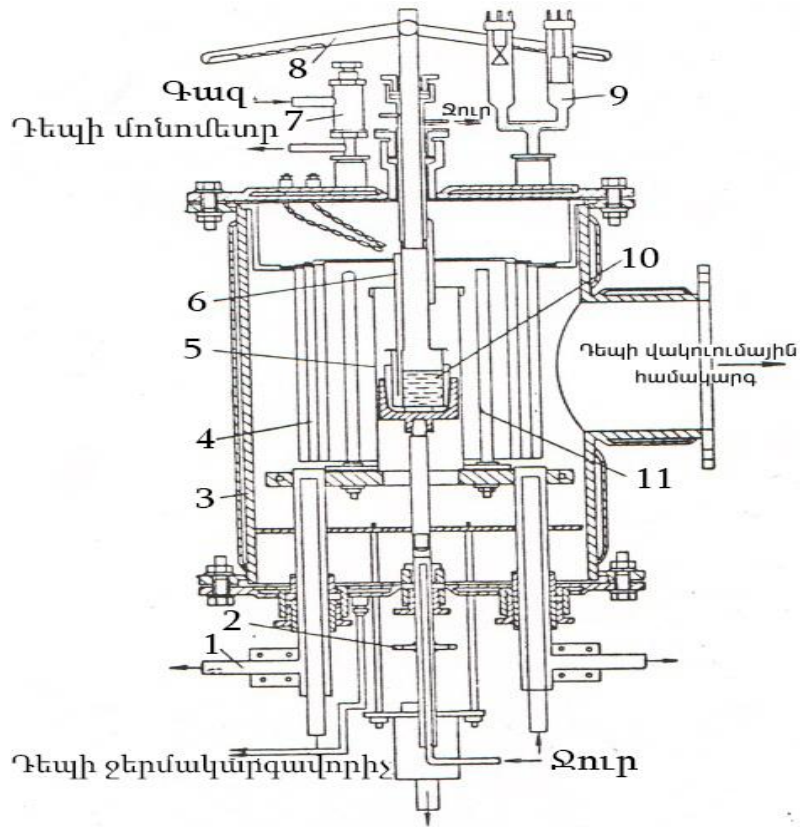
	մարզ, մգ/լ	ն. սահմ. մկգ/լ	նմ		մարզ, մգ/լ	սահմ. մկգ/լ	նմ
K	2,0	0.02	766,5	Ni	2,0	0.8	232,0
Na	1,0	0.05	589	As	100	0.5	193,7
Ca	5,0	0.03	422,7	Se	200	0.7	196,0
Mg	0,5	0.01	285,2	Hg	300	1.5	253,7
Mo	40	0.2	313,3	Te	20,0	1	214,3
Cu	5	0.25	324,8	Bi	20,0	0,6	223,1
Fe	6	0.3	248,3	Sb	30,0	0,4	217,6
Si	150	2.5	251,6	Pb	20,0	0,15	283,3
Al	100	0.3	309,3	Au	50,0	0,4	242,8
Mn	2,0	0.09	279,5	Ag	4,0	0,05	328,1
Zn	1,0	0.3	213,9	Re	500	-	346,5
Co	3,5	0.4	240,7	P	10000	320	213,6
				Sn	400	0,5	286,3

Ջերմածանրաչ ափական և դիֆերենցիալ -ջերմային վերլուծությունները կատարվել են հունգարական Q-1500 մակնիշի դերիվատորաֆով:

Նյութի շփական հատկություններն ուսումնասիրվել են MAST տիպի չորսգնդային շփման մեքենայի օգնությամբ, որն ապահովում է փորձարկումներ 0,23...0,92 մ/վրկ (600...2400 ռոպե⁻¹) սահքի արագության և 50...3000Ն բեռնվածքի պայմաններում:

Հաված երկաթում մոլիբդենի երկսիլիցիդի և ուծման էնտալպիան որոշվել է բարձրջերմաստիճանային կալորիաչափի միջոցով (ИХХ СО АН России):

Բարձրջերմաստիճանային կալորիաչափի կառուցվածքը ներկայացված է նկ.2.7-ում:



Նկ. 2.7. Բարձր ջերմաստիճանային կալորիչ ափ (1 - հոսանքալարեր, 2 - հաղորդակ, 3 - վառարանի իրան, 4 - էկրան, 5 - տաքացուցիչ, 6 - չափիչ համակարգի թերմոզույգ, 7 - վակուումային հոսակախույր, 8 - բաժնավորիչ, 9 - վակուումային տվիչներ, 10 - հալքանոթ, 11 - հավասարակշռման համակարգի թերմոտվիչ):

Նկ. 2.8 - ում պատկերված է հաստատուն ճնշման լաբորատոր ԲԻՍ ռեակտորի սխեման:



Նկ. 2.8. Հաստատուն ճնշման լաբորատոր ԲԻՍ ռեակտորի սխեման. 1- ԲԻՍ ռեակտոր, 2 - BH – 2ՄԴ տիպի վակուումային պոմպ, 3 – BNT-2 տիպի վակուումմետր, 4 - լաբորատոր ավտոտրանսֆորմատոր

Տեխնոլոգիական փորձա-արդյունաբերական աշխատանքները կատարվել են Ընդհանուր և անօրգանական քիմիայի ինստիտուտի փորձնական գործարանում:

Մոլիբդեն պարունակող պողպատների փորձա-արդյունաբերական հալումները կատարվել են Վոլգոգրադի մետալուրգիական «Կրասնի Օկտյաբր» գործարանում, 200տէլեկտրաաղեղային և 150տմարտենյան վառարաններում:

Որոշ չափիչ-հսկիչ սարքավորումներ, որոնք օգտագործվել են հետազոտությունների ընթացքում, ինչպես նաև որոշ փորձարկումների մեթոդիկան տրված են աշխատանքի առանձին բաժիններում:

ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

1. Մոլիբդենի մաքուր քիմիական միացությունների՝ եռօքսիդ, երկսուլֆիդ, կապարի մոլիբդատ, երկսիլիցիդ, լեգիրող և նոր նյութերի ստացման համար որպես էլանյութ ընտրվել ու հիմնավորվել է մոլիբդենի սուլֆիդային խտանյութերը (ԳՕՍՍ-212-76): Որպես լեգիրող քիմիական միացություններ ընտրվել է մոլիբդենի երկսիլիցիդը և կալցիումի մոլիբդատը: Խտանյութերի մաքրման համար ընտրվել են նոսր միներալային թթուները (HCl, HF, HNO₃) և մակերևութաակտիվ նյութեր (ՕՊ-7 և ՕՊ-10 և նատրիումի մետասիլիկատ):

2. Հետազոտվել է էլանյութերի բնութագրերը և կատարվել չափիչ-հսկիչ սարքավորումների ընտրում ու հիմնավորում, մշակվել է հետազոտման ուղղությունները և մեթոդիկան՝ հիմնված քիմիական, ռենտգենաֆազային, սպեկտրիալ, ատոմնա-աբսորբման, ջերմածանրաչափական և այլ վերլուծական մեթոդների վրա:

3. Մշակվել և գիտականորեն հիմնավորվել է մոլիբդենիտային խտանյութերի համալիր վերամշակման նոր ուղղություն:

**3. ՄՈԼԻԲԴԵՆԱՅԻՆ ԽՏԱՆՅՈՒԹԵՐԻ ՄԱՔՐՈՒՄԸ ԽԱՌՆՈՒՐԴՆԵՐԻՑ,
ԳՈՐԾՆԹԱՑԻ ՏԵՍԱԿԱՆ ԵՎ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱԿԱՆ
ԱՌԱՋՆԱՅԱՏՎՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ**

**3.1. ՄՈԼԻԲԴԵՆԱՅԻՆ ԽՏԱՆՅ ՈԼԹԵՐԻ ՄԱՔՐՈԼՄՆ ԾԱՆՐ ԳՈԼՆԱՎՈՐ
ՄԵՏԱՊՆԵՐԻԿ**

Մոլիբդենիտային խտանյ ոլթերի մաքրման գործընթացների հետազոտման համար որպես էլանյ ոլթ է ընտրվել մոլիբդենիտային ստանդարտ խտանյ ոլթը (ГОУС 212-76): Յետազոտությ ոլնների համար վերցվել է պղնձի բարձր պարոլնակոլթամբ (1,2% Cu) Ագարակի հարստացոլցիչ ֆաբրիկայի մոլիբդենիտային խտանյ ոլթը:

Մոլիբդենիտային խտանյ ոլթերը պարոլնակոլմ են (Cu, Zn, Pb, Sb, Sn, As, Fe) մետաղների սոլլ ֆիդներ, օքսիդներ (Na, K, Ca, Mg, Al և այլն), որոնց ամբողջական մաքրոլմը ֆլոտացման մեթոդներով հնարավոր չէ: Այդ խառնոլրդների մի մասը, օքսիդացնող թրծման ժամանակ առաջացնելով սոլլ ֆատներ, խանգարոլմ է ծծմբի լրիվ հեռացմանը և միևնոլյն ժամանակ վատացնոլմ ֆերոմոլիբդենի և պողպատների որակը:

Պողպատներոլմ վնասակար խառնոլրդներ են համարվոլմ S, P, Cu, Zn, Pb, Sn, Sb և այլն: Առավել վնասակար է Cu –ը: Այն անցնելով պողպատի մեջ, վերջինիս տալիս սառնաբեկոլնոլթյ ոլն և նպաստոլմ է խոշորահատիկ կառոլցվածքի ստացմանը: Ca և Mg-ը խանգարոլմ են ծծմբի հեռացմանը, ինչպես նաև մետաղական մոլիբդենի արտադրոլթյ ոլնոլմ կիսայրոլկից մոլիբդենի ամիակաջրոլվ տարրակ ոլծման գործընթացին:

Խտանյ ոլթերը ծանր գոլնավոր մետաղներից մաքրման նպատակով ենթարկվոլմ է նախնական ցածրջերմաստիճանային (673...773Կ) թրծման, օդի և ջրային գոլորշոլ միջավայրոլմ, 2...3 ժամ տևողոլթամբ: Ջրային գոլորշին լավ է փոխադրոլմ թթվածնը, նպաստոլմ է սոլլ ֆիդների օքսիդացմանը հատիկների ներսոլմ և միևնոլյն ժամանակ նվազեցնոլմ է թթվածնի ակտիվոլթյ ոլնը, որի հետևանքով առաջանոլմ է մեծամասամբ մոլիբդենի ցածր օքսիդներ:

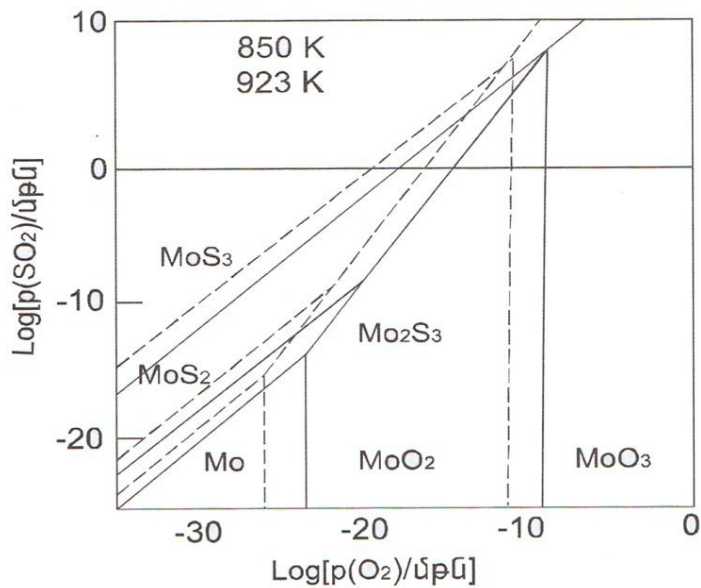
Յայտնի են թրծված խտանյ ոլթի մաքրման մի քանի եղանակներ, ինչպիսին է, օրինակ, հիդրոմետալոլրգիականը, որի դեպքոլմ ամբողջ խտանյ ոլթը լոլծվոլմ է NaOH, Na₂CO₃, NH₄OH և այլ լոլծիչների մեջ ոլ անջատոլմ են մոլիբդատների ձևով: Այնոլ հետև պիրոմետալոլրգիական եղանակով ստացվոլմ է MoO₃: Նշված

տեխնոլոգիայի դեպքում 12...15 % Mo մնում է խոսի՝ թափոնակույտերի մեջ [1, 2]:

Մոլիբդենիտի օքսիդացման ռեակցիաները էկզոթերմիկ ռեակցիաներ են (1 կգ MoS₂-ից անջատվում է 951 կկալ) [190, 198]: Ջերմաստիճանի կարգավորումը ցածր ջերմաստիճաններում շատ դժվար է, այդ իսկ պատճառով ավելորդ ջերմության հեռացման համար օգտագործվում է ջուր: Ջուրն այդ ջերմաստիճաններում նպաստում է ջրում լուծելի գոլանավոր մետաղների սուլֆատների առաջացմանը:

Mo-S-O համակարգում կայուն կոնդենսացված ֆազեր են՝ Mo, Mo₂S₃, MoS₂, MoS₃, MoO₂ և MoO₃: Նկ. 3.1-ում բերված է այդ համակարգի բաժնեճշտումների դիագրամը [198]: Ինչպես երևում է նկարից ջերմաստիճանի և թթվածնի բաժնեճշտման լայն տիրույթում կայուն ֆազ է MoO₃-ը:

MoS₂-ի օքսիդացումը բազմաստիճանային բնույթ է կրում. MoS₂ → MoS₂O → MoSO₂ → MoO₂ → Mo_nO_{3n-1} → MoO₃ [1,198]:

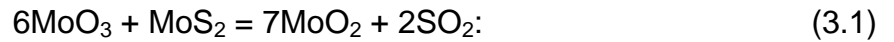


Նկ. 3.1. Mo-S-O համակարգի բաժնեճշտումների դիագրամը 850 Կ և 923 Կ ջերմաստիճաններում

Մոլիբդենիտային խտանյութերի ցածր ջերմաստիճանային թրծման գործընթացում տեղի են ունենում ռեակցիաներ, որոնք կարելի է բաժանել երկու խմբի՝

1. մոլիբդենիտի օքսիդացումը, որի հետևանքով կազմավորվում է մոլիբդենի եռօքսիդը,
2. մոլիբդենի եռօքսիդի և մոլիբդենիտի միջև փոխազդու թյուն:

Մոլիբդենիտը 450 °C-ից ցածր ջերմաստիճանում սկսում է օքսիդանալ օդի թթվածնով՝ կազմավորելով մոլիբդենի եռօքսիդ, որը միանում է մոլիբդենիտի հետ՝ առաջացնելով MoO₂, համաձայն հետևյալ ռեակցիայի [1, 190].



Օքսիդացման գործընթացում մոլիբդենիտի մասնիկները ծածկվում են կազմավորվող մոլիբդենի եռօքսիդի թաղանթով: Այդ պատճառով ռեակցիայի արագությանը որոշվում է օքսիդացած թաղանթի կառուցվածքով, որի միջով թթվածինը և ծծմբային գազը դիֆուզվում են հակառակ ուղղություներով:

Մոլիբդենիտի սկզբնական բոցավառման ջերմաստիճանը կախված է մասնիկների չափերից, ինչքան փոքր են մասնիկները, այնքան ցածր է օքսիդացման ջերմաստիճանը: Ջրի ներկայությունը նույնպես ցածրացնում է բոցավառման ջերմաստիճանը:

Խտանյութում առկա երկաթի, պղնձի, ցինկի սուլֆիդները փոխազդեցության մեջ են մտնում թթվածնի հետ՝ կազմավորելով սուլֆատներ և օքսիդներ [2].



Երկաթի սուլֆատը 450...500°C-ից և պղնձի սուլֆատը 500...650°C-ից բարձր ջերմաստիճաններում ենթարկվում են զգալի աստիճանով դիսոցման:

Չեզոք և վերականգնող միջավայրում պիրիտը քայքայվում է պիրոտիևի և ծծմբի, 500...700° C ջերմաստիճանային տիրույթում հետևյալ ռեակցիայով.



Չետազոտությունների արդյունքում պարզվել է, որ Cu₂S-ի օքսիդացումը 430°C ջերմաստիճանից ցածր ջերմաստիճանում ուղեկցվում է CuO·3CuSO₄-ի առաջացմամբ, ավելի բարձր ջերմաստիճանում պղնձի սուլֆատը փոխազդում է Cu₂S-ի հետ՝ առաջացնելով ծծմբի անհիդրիդ և Cu₂O:

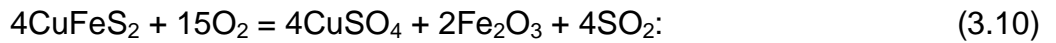
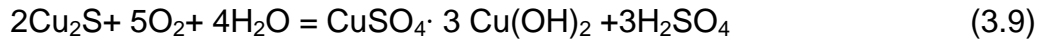
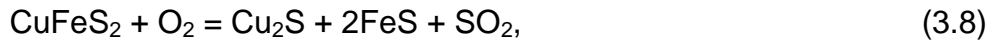
Կովելինը օքսիդանում է հետևյալ ռեակցիայով [199].



Խալ կոպիրիտը 400°C ջերմաստիճանից ցածր ջերմաստիճանում օքսիդանում է հետևյալ ռեակցիայով.



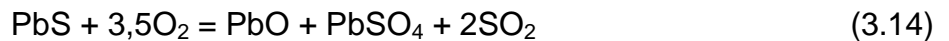
400...600°C ջերմաստիճանում Խալ կոպիրիտը փոխակերպվում է հետևյալ ռեակցիաներով [199].



Ցինկի սուլֆիդի ցածր ջերմաստիճանային թրծման դեպքում առաջնային արգասիքը համարվում է ցինկի սուլֆատը, որը 350,,400 °C-ում փոխազդում է ZnS-ի հետ առաջացնելով ցինկի օքսիդ:



Կապարի սուլֆիդը, գալենիտը, ցածր ջերմաստիճանային թրծման դեպքում առաջացնում է կապարի սուլֆատ և մասնակի կապարի օքսիդ:



Փորձերի արդյունքները բերված են աղ. 3.1-ում: Տվյալներից երևում է, որ ջերմաստիճանի և ժամանակի բարձրացման հետ ծծմբի քանակը նվազում է մինչև 20%, մոլիբդենի պարունակությունը կազմում է 55,4%, իսկ խտանյութի ելքը՝ 90%: Խտանյութում եղած ֆլոտացիայի յուղերը հեռանում են, ծծումբը հեռանում է մասնակիորեն: Աղ. 3.2-ում բերված է ծծմբի պարունակության փոփոխությունը՝ կախված տևողությունից և ջերմաստիճանից:

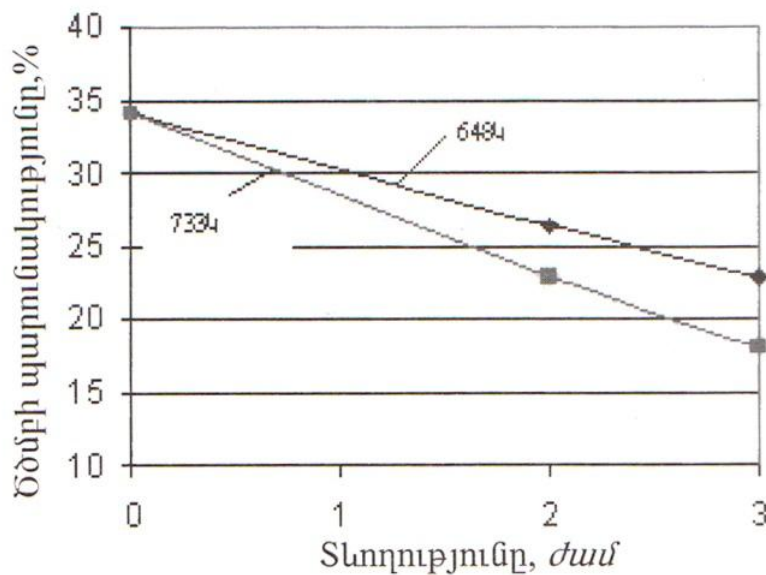
Աղյուսակ 3.1
Խտանյութի ցածր ջերմաստիճանային թրծման փորձերի արդյունքները

№	Խտանյութի կշիռը, գ	Թրծման տևողությունը, Ժամ	Ջերմաստիճանը, Կ	Ելքը	
				գ	%
1	250	2	648	242	96,8
2	250	3	648	240	96
2	250	2	733	240	96
4	250	3	733	225	90

Կիսաթրծված մոլիբդենիտային խտանյուղը գունավոր մետաղներից մաքրման համար տարրալվացվում է 4...7% - անոց աղաթթվի լուծույթով, պ:հ = 1:3

հարաբերությամբ, 2...3 ժամ տևողությամբ: Ցածրջերմաստիճանային թրծման ժամանակ օդի և ջրային գոլորշու միջավայրում մետաղների սուլֆիդները (FeS_2 , $CuFeS_2$, ZnS , PbS) առաջացնում են սուլֆատներ և օքսիդներ, որոնք լավ լուծվում են 4...7% աղաթթվի լուծույթում: Կալցիումի մոլիբդատը լավ լուծվում է նոսր աղաթթվի լուծույթում: Երկաթի մոլիբդատը նույնպես լուծվում է նոսր աղաթթվի լուծույթում:

Մոլիբդենիտը մեծամասամբ օքսիդանում է մասնակիորեն՝ առաջացնելով MoO_2 -ը, որը, ինչպես նաև MoS_2 -ը չեն լուծվում աղաթթվի նոսր լուծույթում:



Նկ. 3.2. Ծծմբի պարունակության փոփոխությունը կախված ջերմաստիճանից և տևողությունից

Աղ. 3.2-ում բերված է աղաթթվով տարրալվացումից ստացված խտանյուղի բաղադրությունը, որից երևում է, որ պղնձի պարունակությունը նվազում է մինչև 0,02%, երկաթինը՝ 1,1%:

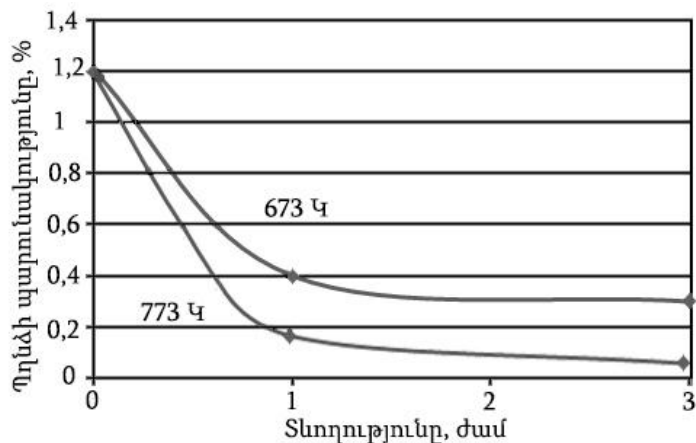
Աղյուսակ 3.2

Աղաթթվով խտանյուղի տարրալվացման գործընթացի բնութագիրը

№	Թրծման ջերմաստիճան, Կ	Թրծման տևողությունը, ժամ	Ստացված խտանյուղի կշիռը, գ	Ելքը %	Mo-ի քանակը	Բաղադրությունը (քիմիական վերլուծույթ)

								թյ ու ն) %	
					q/l	q	%	Fe	Cu
1	648	1	190	95	2.2	1.8	1.6	1.9	0,33
2	648	3	185	92	2.5	2.0	1.8	1.5	0,30
3	733	1	185	92	2.6	2.1	1.9	1.5	0,12
4	733	3	180	90	3.2	2.6	2.4	1.1	0,02

Նկ. 3.3 – ու մ բերված է կիսաթործված մոլիբդենիտային խտանյուղի պղնձի պարունակության փոփոխությունը 6%-անոց աղաթթվի լուծույթով, պ:հ=1:3 հարաբերությամբ, 1... 3 ժամ տարրալվացման դեպքում:



Նկ. 3.3. 6 %-անոց աղաթթվով տարրալվացման ժամանակ պղնձի պարունակության կախումը գործընթացի տևողության հից

Չետազոտվել է նաև մոլիբդենիտային խտանյուղերը անմիջական նոսր թթուներով մաքրման գործընթացները:

3.2. Մոլիբդենիտային խտանյուղերի մաքրումը ֆլոտատիանյութերից

Քաջարանի մոլիբդենիտային խտանյուղերը պարունակում են 2...5% ֆլոտատիանյութեր որոնք արդյունաբերական նավթայուղեր են՝ կերոսին, բուտիլային քսանտագենատնայլն, որոնք խանգարում են խտանյուղի խառնուրդների նոսր թթուներով հետագա մաքրման գործընթացներին:

Խառնուրդների մասնիկները պատված են յուղերի թաղանթով, և եթե այն չհեռացվի, մասնիկի մակերևույթից, ապա ընտրողական տարրալուծման գործընթացում մասնիկները կմնան լուծիչի կողմից մեկուսացված, բացի դրանից

կոճվարանա նաև մայրակ լուծույթներից մոլիբդենի կորզումը: Այդ իսկ պատճառով առաջնային խնդիր է խտանյութի մաքրումն այդ յուղերից:

Ֆլոտագոլանյութերից խտանյութի մաքրումը կատարվել է մակերևութաակտիվ նյութերի, նատրիումի մետասիլիկատի ($\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) և ՕՊ-7 կամ ՕՊ-10 մակնիշի էմուլսարարի խառնուրդի ջրային լուծույթներով, որոնք օժտված են վացոլ հատկություններով: Դրանք չեզոքացնում են ճարպաթթուները՝ առաջացնելով համապատասխան թթուների լուծվող աղեր, որոնք չեն անցնում խտանյութի մեջ, այլ մնում են կախված վիճակում: Ռեակցիաների տարբերակներից մեկը հետևյալն է.



Na_2SiO_3 -ի ավելցուկի դեպքում առաջանում են բազմասիլիկատներ՝ $n\text{Na}_2\text{O} \cdot m\text{SiO}_2$, որոնք նույնպես մնում են լուծույթում:

Մակերևութաակտիվ նյութերի, նատրիումի մետասիլիկատի և ՕՊ-7 կամ ՕՊ-10 մակնիշի էմուլսարարի խառնուրդի օգտագործումն զգալի կրճատում է մոլիբդենի կորուստներն, ինչպես նաև յուղազրկման գործընթացի տևողությունը: ՕՊ-7 կամ ՕՊ-10 մակնիշի էմուլսարարի օգտագործումը հնարավորություն է տալիս գործընթացն իրականացնել կոշտ ջրով, այն միանում է յուղերի հետ՝ առաջացնելով կախույթներ, ինչպես նաև նպաստում է մեխանիկական կեղտերի մանրացմանն ու անջատմանը: ՕՊ-7 կամ ՕՊ-10 մակնիշի էմուլսարարները մոլիբդենիտի հետ ռեակցիայի մեջ չեն մտնում և հետևաբար մոլիբդենի կորուստ չկա: Դրանք ջրային լուծույթներում չեն դիսոցվում իոնների և փոքրացնում են ջրի մակերևութային լարվածությունը:

Փորձարկվել են մոլիբդենիտային խտանյութը Na_2SiO_3 -ի և ՕՊ-7-ի խառնուրդով մաքրման մի քանի տարբերակներ.

1) խտանյութի նախնական մաքրումը կատարվել է նատրիումի մետասիլիկատի և ՕՊ-7-ի ջրային լուծույթով՝ սենյակային ջերմաստիճանում և 80°C -ում,

2) Խտանյուղը մանրացվել է աղացում՝ նատրիումի մետասիլիկատի և ՕՊ-7-ի ջրային լուծույթի առկայությամբ՝ սենյակային ջերմաստիճանում,

3) Խտանյուղի, նատրիումի մետասիլիկատի, ՕՊ-7-ի և ջրի խառնուրդի խմորանման զանգվածը մանրացվել է աղացում:

Փորձերի առաջին խումբը կատարվել է հետևյալ ռեժիմում՝ մոլիբդենիտային խտանյուղին ավելացվել է ջուր, պինդ-հեղուկ հարաբերակցությունը 1:1, նատրիումի մետասիլիկատ 56 կգ/տ, 84 կգ/տ և 112 կգ/տ հաշվարկով և 2...7 գ/լ ՕՊ-7: Ստացված խառնուրդը խառնվել է 30րոպե տևողությամբ և ֆիլտրվել է: Խտանյուղը լվացվել է մինչև ֆիլտրատի լրիվ պարզվելը (рН=7...8): Որոշվել է խտանյուղում յուղերի պարունակությունը: Այնուհետև նույն փորձերը կատարվել է 80...85°C ջերմաստիճանում և որոշվել է յուղերի պարունակությունը:

Փորձերի երկրորդ խումբն անցկացվել է առանց տաքացման՝ գնդաղացում 15 րոպե տևողությամբ, խտանյուղի և ջրի, պ:հ=1:1 հարաբերակցությամբ, նատրիումի մետասիլիկատի տարբեր քանակների (56 կգ/տ, 84 կգ/տ, 112 կգ/տ) և 2...7 գ/լ ՕՊ-7-ի խառնուրդի մանրացմամբ: Լվացված խտանյուղում որոշվել է յուղերի պարունակությունը:

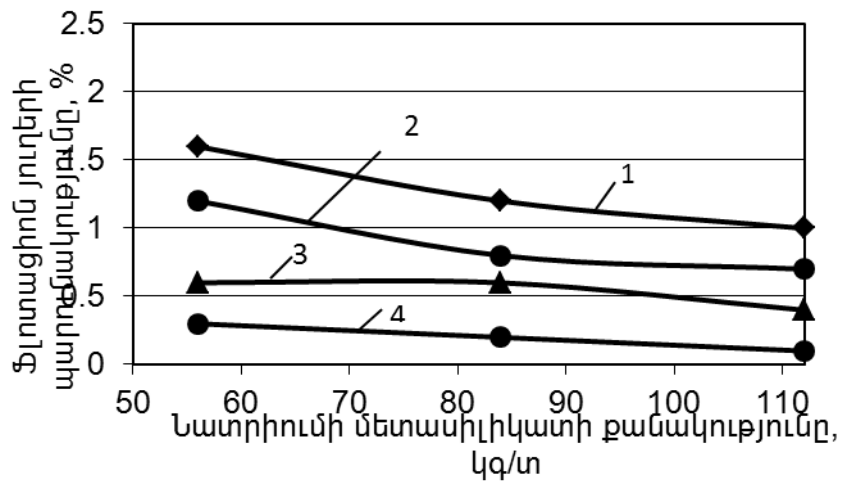
Փորձերի երրորդ խումբը կատարվել է գնդաղացում 75 րոպե տևողությամբ մանրացման ռեժիմում: Խտանյուղի, նատրիումի մետասիլիկատի 56 կգ/տ, 84 կգ/տ և 112 կգ/տ քանակների, 2...7 գ/լ ՕՊ-7-ի և ջրի խմորանման զանգվածն սկզբում տեղադրվել է մինչև 150°C տաքացված չորանոցում և պահվել այնքան ժամանակ, որ խոնավությունը նվազի մինչև 10...15%: Այնուհետև խառնուրդը տեղափոխվել է գնդաղաց և մանրացվել է ֆիլտրվել և ջրով լվացվել: Խտանյուղում որոշվել է յուղերի պարունակությունը:

Արդյունքների գրաֆիկական պատկերը բերված է նկ. 3.4-ում: Փորձերի արդյունքները ցույց են տալիս, որ ֆլոտացման յուղերից մաքրման լավ արդյունքներ ստացվել են երկրորդ և երրորդ տարբերակների դեպքում: Յետևաբար հետագա փորձերում օգտագործվում են այս տարբերակներով լվացված խտանյուղերը: Պարզվել է նաև, որ նատրիումի մետասիլիկատի ծախսի ավելացումը նպաստում է յուղազերծմանը:

խտանյուղի մանրացումը մակերևութաակտիվ նյութերի ջրային լուծույթում յուղազերծումից բացի նպաստում է մոլիբդենիտի միակցված սին ապարների անջատմանը: Մոլիբդենիտի մանրացմանը նպաստում է նաև ջրային միջավայրը, քանի որ ջուրը ներթափանցելով միկրոճաբերի մեջ ստեղծում է մեծ մագնսոթային բարձր ճնշումներ:

Այսպիսի մշակումը նպաստում է նոսր թթուներով ընտրողական տարրալուծման գործընթացին:

- նախապես մոլիբդենիտային խտանյուղի մաքրումը Φ լոտացման յուղերից $60...65^{\circ}\text{C}$ ջերմաստիճանում նատրիումի մետասիլիկատի և O^{η} -7 կամ O^{η} -10, մակնիշի էմուլսարարի խառնուրդով 1 ժամ տևողությամբ և 30 րոպե մանրացումով,
- խտանյուղ-ջուր 1:1 հարաբերակցությամբ,
- խտանյուղ-նատրիումի մետասիլիկատ-էմուլսարար հարաբերությունը վերցվել է $1:(0,05...0,09):(0,003...0,01)$ զանգվածային բաժիններով:



Նկ. 3.4. Φ լոտացման յուղերից խտանյուղի մաքրման գործընթացի արդյունքները՝ կախված նատրիումի մետասիլիկատի պարունակությունից (1-սենյակային ջերմաստիճանում առանց մանրացման, 2- $80...85^{\circ}\text{C}$ -ում առանց մանրացման, 3- սենյակային ջերմաստիճանում 15 րոպե մանրացմամբ, 4- 75 րոպե մանրացմամբ)

Φ լոտոռեագենտների մաքրումից հետո հնարավորություն է ստեղծվում մանրացված խտանյուղը մաքրել նաև շլամից և մասնակի SiO_2 -ից, ինչպես նաև Φ լոտացիայի ժամանակ Na_2S -ից եկած ածխային մասնիկներից, մաքրումը կատարվել է պարզված քաղաղման

եղանակով, օգտագործելով տեսակակարար կշիռների տարբերությունը (MoS_2 4,7...4,8գ/սմ³, շլամը 1...2,6 գ/սմ³), մոլիբդենի երկսուլֆիդն արագ նստում է, իսկ շլամն այդ ընթացքում չի հասցնում նստի, մնում է կախված վիճակում, որը հեռացվում է պարզված քաղատման եղանակով: Արդյունքները ներկայացված են աղյուսակ 3.3-ում, որից երևում է, որ մակերևութաակտիվ նյութերի հետ մոլիբդենիտային խտանյութի մանրացումն ու հաջորդող պարզված քաղատումը, բարձրացրել են մոլիբդենիտային խտանյութի որակը: Նրանում միջինը 3%-ով բարձրացել է մոլիբդենի պարունակությունը, իսկ չլուծվող նստվածքի պարունակությունը 7,6%-ից նվազել է մինչև 4...4,86%: Մնացած խառնուրդներից (CuFeS_2 , FeS_2 , SiO_2 , Al_2O_3 , CaCO_3 , MgCO_3 և այլն) հետագամաքրումը կատարվել է նոսր

թթուներով ընտրողական տարրալուծման միջոցով:

3.3. Մոլիբդենիտային խտանյութերի մաքրումը կալցիումի և մագնեզիումի միացություններից

Տարրալուծումը բարդ հետերոգեն գործընթաց է կախված մի շարք տեխնոլոգիական գործոններից (ջերմաստիճան, ճնշում, ժամանակ, ազդանյութերի

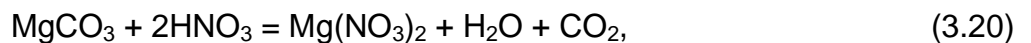
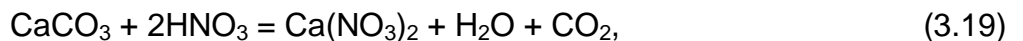
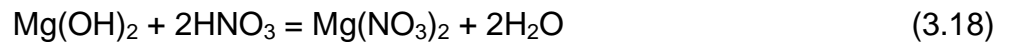
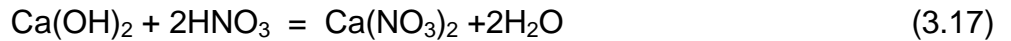
Աղյուսակ 3.3

Խտանյութում մոլիբդենի և շլամի բաշխման հաշվեկշիռը

Վերցված է					Ստացված է									
№	Խտանյութի բաշխում			Նատրիում մետասիլիկատի ծախսը	Մանրացման ժամանակը, րոպե	արտադրանքի անվանումը	Ելքը,		Մո-ի պարունակությունը			Ճեղքվող նստվածքի պարունակությունը		
	խոնավքաշը, գ	խոնավությունը, %	չորքաշը				գ	%	%	գ	% ըստ սկզբնական	%	գ	% ըստ սկզբնական
Սկզբնական								50,54			6,6			
1	500	11	445	25	10	Խտանյութ ծլամ Ընդամենը	400 23 423	94,56 5,44 100	54,23 17,29 -	216,92 3,98 220,9	98,2 1,8 100	4,8 31,0 -	19,2 7,13 26,33	72,52 28,08 100
2	500	11	445	25	15	Խտանյութ ծլամ Ընդամենը	395 28 423	93,38 6,62 100	54,49 14,14 -	215,24 3,56 215,20	98,19 1,81 100	4,28 33,3 -	16,91 9,32 26,23	64,47 35,53 100
3	500	11	445	25	20	Խտանյութ ծլամ Ընդամենը	400 24 424	94,34 5,66 100	55,12 6,67 -	220,48 1,6 222,08	99,28 0,72 100	4,86 44,4 -	19,44 10,66 30,1	64,58 35,42 100
4	500	11	445	37,5	10	Խտանյութ ծլամ Ընդամենը	410 25 435	94,25 5,75 100	53,97 11,25 -	221,28 2,8 224,08	98,75 1,25 100	5,0 38,9 -	20,5 9,73 30,23	67,8 32,2 100
5	500	11	445	37,5	15	Խտանյութ ծլամ Ընդամենը	398 27 425	93,65 6,35 100	52,72 14,46 -	209,83 3,9 213,73	98,18 1,82 100	4,3 38,5 -	17,67 9,87 27,54	64,16 35,84 100
6	500	11	445	37,5	20	Խտանյութ ծլամ Ընդամենը	400 30 430	93,03 6,97 100	53,5 15,0 -	214,0 4,5 218,5	97,94 2,06 100	4,44 36,56 -	17,02 10,08 27,28	63,05 36,95 100
7	500	11	445	50	10	Խտանյութ ծլամ Ընդամենը	401 21 422	95 5,0 100	55,3 14,4 -	221,75 3,02 224,77	98,66 1,34 100	4,3 33,6 -	20,05 6,62 26,67	75,18 24,82 100
8	500	11	445	50	15	Խտանյութ ծլամ Ընդամենը	398 21 419	94,8 5,2 100	53,74 12,3 -	213,89 2,58 216,47	98,81 1,19 100	5,0 31,54 -	18,71 7,77 26,48	70,66 29,34 100
9	500	11	445	50	20	Խտանյութ ծլամ Ընդամենը	398 24 422	94,3 5,7 100	55,43 11,9 -	220,61 2,86 223,47	98,72 1,28 100	4,0 40,08 -	15,92 9,75 25,71	61,92 38,08 100

կոնցենտրացիա, խառնման արագություն, խտանյութի հատիկաչափական կազմ, պի հարաբերություն) և այլն: Հետազոտությունները կատարվել են խառնուրդների ընտրողական տարրալուծումով: Նոսր ազոտական թթու MoS_2 -ի լուծման վրանի պասիվացնող ազդեցություն:

3%-անոց ազոտական թթվով տարրալուծման դեպքում լուծույթ են անցնում Ca(OH)_2 , Mg(OH)_2 , CaCO_3 , MgCO_3 , CaMoO_4 միներալները: Ընթանում են հետևյալ ռեակցիաները.



Փորձերը կատարվել են 20, 40, 60 °C ջերմաստիճաններում, 1, 3, 5ժ տևողությամբ, պ : հ = 1:2: Բաժակի մեջ լցվել է 1000 մլ 3% -անոց ազոտական թթու և անընդատ խառնումով լցվել է 500 գ ֆլոտացիայի լուծույթից մաքրված խտանյութ: Սահմանված ժամանակից հետո խոսքի ֆիլտրվել է և վացվել ջրով մինչև pH = 6,5: Ստացված լուծույթները միացվել են, չափվել է ծավալը և կատարվել վերլուծություն: Լվացված խտանյութը չորացվել է, որոշվել է ելքը և կատարվել վերլուծություն:

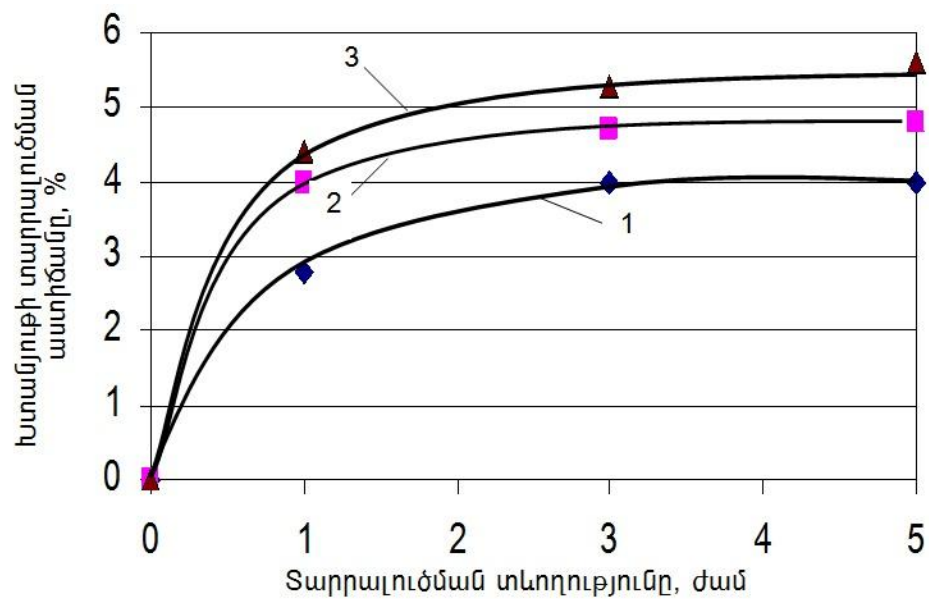
Սկզբնական խտանյութի բաղադրությունը եղել է Mo -54,7%, Fe-3,49%:

Սկզբում կատարվել են մի շարք փորձեր ազոտական թթվի այն նվազագույն կոնցենտրացիայի որոշման համար, որն ապահովում է Ca-ի, Mg-ի, Bi-ի և մասնակի Fe-ի, Al-ի անցումը լուծույթ: Հաշվի է առնվել նաև նոսր ազոտական թթվի պասիվացնող ազդեցությունը MoS_2 -ի լուծման վրա:

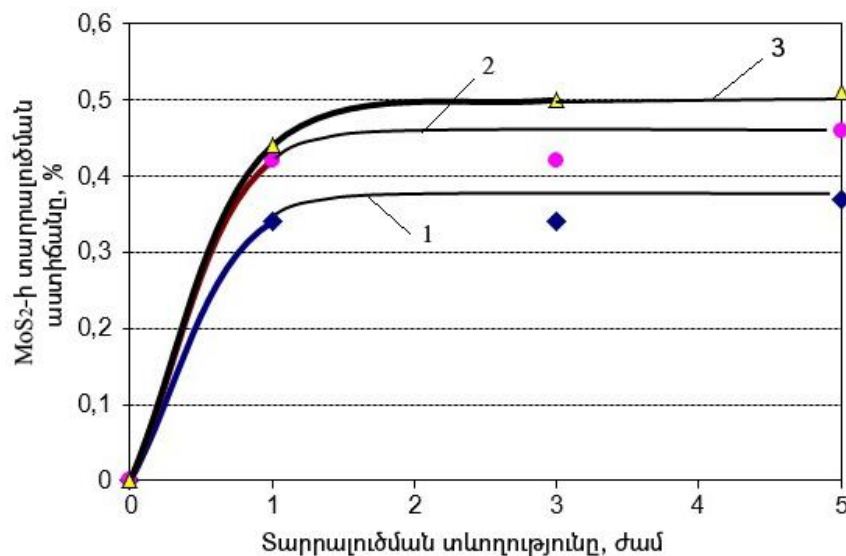
Ուսումնասիրվել է մոլիբդենիտային խտանյութերի մաքրումը խառնուրդներից 3%-անոց ազոտական թթվով՝ կախված ջերմաստիճանից, ժամանակից: 3%-անոց ազոտական թթվի ջրային լուծույթով խտանյութի տարրալուծման հիմնական նպատակը Ca, Mg, Bi խառնուրդներից խտանյութի մաքրումն է, քանի որ հետագա

Ֆտորաջրածնային թթվով տարրալուծման ժամանակ դրանք կարող են դժվար լուծվող ֆտորիդներ առաջացնել:

Տարրալուծման գործընթացում խառնուրդների հետ միասին լուծույթ է անցնում նաև մոլիբդենի որոշակի քանակություներ: Այդ նպատակով հետազոտվել է մոլիբդենի և երկաթի տարրալուծման աստիճանի վրա լուծույթի ջերմաստիճանի և տևողության ազդեցությունը: Հետազոտության արդյունքները ներկայացված են գրաֆիկորեն (նկ. 3,5 և նկ. 3,6): Ինչպես երևում է նկարից ջերմաստիճանի բարձրացումից և տևողության մեծացումից մեծանում է մոլիբդենի տարրալուծման աստիճանը (նկ. 3.6.):



Նկ. 3.5. 3%-անոց ազոտական թթվով մոլիբդենի տային խտանյութերի տարրալուծման կինետիկան տարբեր ջերմաստիճաններում, °C. 1-20; 2-40; 3-60



Նկ. 3.6. Մոլ իբդենիտի տարրալ ու ծման աստիճանի կախվածությունը տարրալ ու ծման տևողությունից և ջերմաստիճանից (1-20°C-ում, 2-40°C-ում, 3-60°C-ում)

Աղ. 3.4 –ում ներկայացված են տարրալ վացման արդյունքները: Պարզվել է, որ ջերմաստիճանի և տարրալ ու ծման ժամանակի բարձրացման դեպքում մոլ իբդենիտի անցումը լուծույթ աննշան է (0,33...0,52 %) միևնույն ժամանակ երկաթի լուծելիությունը ավելանում է 13,78 –ից մինչև 22,47%:

Աղյուսակ 3.4.

Մոլ իբդենիտային խտանյութերի 3% -անոց ազոտական թթվով տարրալ վացման հաշվեկշիռը

Տարժամ	t °C	Նյութի անվան.	Կշիռ, ծավ. մլ	Mo-ի պարունակությունը			Fe-ի պարունակությունը		
				%, գ/լ	գ	% սգբ.	գ/լ	Գ,%	%, սկբնականի նկատմամբ
1	20	Մոխտ.	486	56,0	272,6	99,67	3,13	15,0	86,20
		Լուծույ.	2000	0,46	0,92	0,33	1,2	2,4	13,80
		Ընդամ	-	-	273,52	100	-	17,4	100
3	20	Մոխտ.	480	56,78	272,58	99,6	3,11	14,9	85,67
		Լուծույ.	2000	0,46	0,92	0,34	1,25	2,5	14,33
		Ընդամ	-	-	273,5	100	-	17,4	100
5	20	Մոխտ.	480	56,7	272,16	99,64	3,0	14,4	85,21
		Լուծույ.	2000	0,5	1,0	0,36	1,25	2,5	14,79
		Ընդամ	-	-	273,16	100	-	16,9	100
1	60	Մոխտ.	478	56,7	270,9	99,56	2,99	14,3	81,89
		Լուծույ.	2000	0,6	1,2	0,44	1,58	3,16	18,11
		Ընդամ	-	-	272,13	100	-	17,4	100
3	60	Մոխտ.	476	56,7	269,9	99,48	2,91	13,8	79,48
		Լուծույ.	2000	0,68	1,36	0,52	1,79	3,58	20,52
		Ընդամ	-	-	271,25	100	-	17,4	100
5	60	Մոխտ.	472	56,82	268,19	99,48	2,86	13,5	77,53
		Լուծույ.	2000	0,7	1,4	0,52	1,94	3,92	22,47
		Ընդամ	-	-	269,6	100	-	17,4	100

3.4. Մոլ իբդենիտային խտանյութերի մաքրումը քվարցիտներից

Քանի որ SiO_2 –ը (քվարց) կցակապված է Fe-ի ու Cu-ի սուլիդների (FeS_2 , $CuFeS_2$) հետ, նախապես ազատվում ենք SiO_2 -ից: Խտանյութի մաքրումը կատարվում է ֆտորաջրածնային թթվով տարրալ վացմամբ:

Ընթանում են հետևյալ ռեակցիաները.



Սկզբնական խտանյուծում չլուծվող նստվածքը կազմել է 3,4%: Վերցվել է 200գ խտանյուծ: Տարրալվացումը կատարվել է հետևյալ կերպ, մեկ կշռային մաս խտանյուծի համար վերցվել է 0,7 մաս ջուր և խառնելով ավեացվել է 0,3 մաս 40%-անոց ֆտորաջրածնական թթու: Փորձերը կատարվել են 40 և 60 °C ջերմաստիճաններում, 2, 4, 6, 8 ժ տևողությամբ, անընդատ խառնումով: Տարրալվացումից հետո ֆիլտրվել է և լվացվել ջրով մինչև pH = 6,2...6,4, լվացված խտանյուծը չորացվել է 120...130 °C ջերմաստիճանում և ենթարկվել է վերլուծության: Տարրալվացման արդյունքները ներկայացված է աղ. 3.5-ում և նկ. 3.7-ում: Աղյուսակի տվյալներից երևում է, որ ֆտորաջրածնական թթվի միևնույն ծախսի դեպքում, արդյունքներն լավանում են տարրալուծման ժամանակի և ջերմաստիճանի բարձրացման ժամանակ:

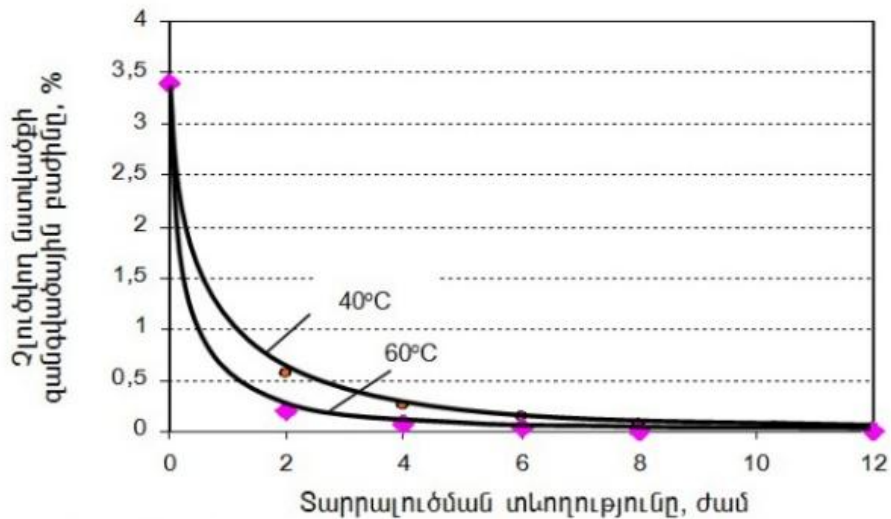
Լավագույն արդյունքները ստացվել են տարրալվացման ջերմաստիճանը 60 °C և ժամանակը 6...8 ժ, անլուծելի նստվածքը կազմել է 0,04...0,006%:

Աղյուսակ 3.5

Մոլիբդենիտային խտանյուծերի, 20...22%-անոց ֆտորաջրածնական թթվով, մաքրման հաշվեկշիռը

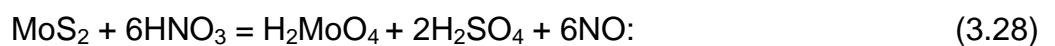
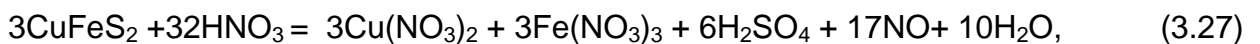
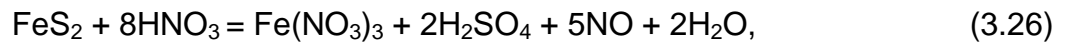
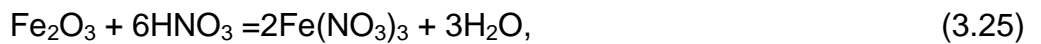
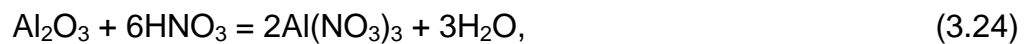
№	Վերցվել է			Ժաման, ժ	Ստացվել է		
	նյութի անվանումը	40% HF ծախսը, մլ	t °C		կշիռը, գ	%, ըստ էլանյութի	չլուծվող նստվածք, %
1	Mo-ի խտան.	60	40	2	195,5	97,75	0,57
2	Mo-ի խտան.	60	40	4	194,0	97,0	0,25
3	Mo-ի խտան.	60	40	6	193,6	96,8	0,14
4	Mo-ի խտան	60	60	2	194,1	97,05	0,21
5	Mo-ի խտան.	60	60	4	192,0	96,0	0,08
6	Mo-ի խտան.	60	60	6	191,8	95,9	0,04
7	Mo-ի խտան.	60	60	8	191,2	95,6	0,006

Նկ. 3.7-ում ներկայացված է խտանյուծում SiO₂-ի զանգվածային բաժնի կախումը տարրալվացման ժամանակամիջոցից և ջերմաստիճանից



Նկ. 3.7. Խտանյ ու թու մ SiO₂-ի զանգվածային բաժնի կախումը տարրալվացման ժամանակամիջոցից և ջերմաստիճանից
3.5. Մոլիբդենիտային խտանյ ու թի տարրալուծումը 5-8%-անոց ազոտական թթվով

Մոլիբդենիտային խտանյ ու թը ֆտորաջրածնական թթվով մշակելուց հետո ենթարկվել է երրորդ տարրալուծման, ազոտական թթվի ջրային լուծույթով, որի նպատակն է մնացած Al₂O₃, Fe-ի և Cu-ի սուլֆիդների (FeS₂, CuFeS₂) հեռացումը: Հավանական ընթացող ռեակցիաներն են



Տարրալուծումը կատարվել է հետևյալ ռեժիմներով: Բաժակի մեջ լցվել է խտանյ ու թը և ջուրը պի = 1:1 հարաբերությամբ և ավելացվել է հաշվարկային քանակի ազոտական թթու: Փորձերը կատարվել են 40 և 60°C ջերմաստիճաններում 6, 8, 12, ժ տևողությամբ: Տվյալ ժամանակի լրանալուց հետո խյուսը ֆիլտրվել է, իսկ նստվածքը լվացվել թորած ջրով մինչև pH = 6...7: Ֆիլտրատը և լվացման լուծույթները միացվել են: Լվացված խտանյ ու թը և լուծույթները ենթարկվել են վերլուծության: Տարրալուծման արդյունքների հաշվեկշիռը ներկայացված է աղ. 3.6-ում:

Աղյուսակ 3.6.

Ազոտական թթվով մոլիբդենիտային խտանյ ու թերի տարրալուծման հաշվեկշիռը

HNO ₃ մլ	T °C	Ժ	Նյութ. անվ.	Ելք		Mo			Fe		
				Քաշ	%	գ/լ	գ	Սկզբ.%	%,գ/լ	գ	Սկզբ.%
50	40	6	Խտ.	477,7	95,5				0,79	3,8	32,34
			Լուծ	2500		2,58	6,45	2,26	3,18	7,95	67,65
100	40	6	Խտ.	474	94,8				0,5	2,37	20,17
			Լուծ	2500		3,51	8,8	3,06	3,75	9,38	79,83
150	40	6	Խտ.	471	94,2				0,25	1,18	10,04
			Լուծ	2500		5,09	12,7	4,43	4,23	10,6	89,96
150	40	8	Խտ.	469					0,25	1,17	10,0
			Լուծ	2500		5,12	12,8	4,46	4,23	10,6	90,0
150	40	12	Խտ.	468	93,6				0,23	1,07	9,10
			Լուծ	2500		6,41	16,0	5,58	4,27	10,7	90,90
50	60	6	Խտ.	471					0,21	0,98	8,43
			Լուծ	2500		3,5	8,7	3,13	4,3	10,8	91,57
100	60	8	Խտ.	464					0,15	0,69	5,92
			Լուծ	2500		6,4	16	5,57	4,42	11,1	94,13
150	60	12	Խտ.	460					0,08	0,37	3,13
			Լուծ	2500		7,3	18,3	6,35	4,55	11,4	96,85

Լվացված խտանյուղը չորացվել է 120 °C ջերմաստիճանում և ենթարկվել մաղային ու սպեկտրյալ վերլուծության:

Երկաթի լուծելիությունը կախված է թթվի ծախսից, ջերմաստիճանից և տևողությունից:

Մաղային վերլուծությունից պարզվել է, որ ստացված մաքուր մոլիբդենիտն ունի հետևյալ հատկաչափական կազմը +125 մկ -2,5 %; +100մկ -10%; +80մկ -4%; +60 մկ -11,5%; +50մկ -20,5%, -50մկ -51,5%:

Օպտիմալ պայմաններն են ազոտական թթվի ծախսը մեկ տխտանյուղի համար 300 լ, տարրալուծման ժամանակը 12 ժ, ջերմաստիճանը 60 °C: Այդ դեպքում երկաթի պարունակությունը նվազում է մինչև 0,08%: Մոլիբդենի անցումը լուծույթ կազմում է ելանյուղի 6,35%-ը:

ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

1. Կատարված համալիր հետազոտությունների հիման վրա բացահայտվել է մոլիբդենիտային խտանյուղերը ծանր գունավոր մետաղներից մաքրման գործընթացների տեխնոլոգիական առանձնահատկությունները: Հաստատված է, որ ցածր ջերմաստիճանային թրծման ժամանակ օդի և ջրային գոլորշու միջավայրում մոլիբդենիտը մեծամասամբ օքսիդանում է մինչև մոլիբդենի ցածր օքսիդներ, մետաղների սուլֆիդներն (CuFeS₂, FeS₂,

CuS, ZnS, PbS) առաջացնում են սուլիդներ և օքսիդներ որոնք լավ լուծվում են նոսր աղաթթվի լուծույթում, որը և նպաստում է խտանյութի մաքրմանը և լրաթրծման միջոցով որակյալ մոլիբդենի եռօքսիդի ստացմանը:

2. Բացահայտվել է, որ խտանյութերի մաքրման գործընթացում ֆլոտաագդանյութերը խանգարում են նոսր թթուներով, ընտրողական տարրալուծման միջոցով, խտանյութերի մաքրմանը, այդ իսկ պատճառով խտանյութերը նախորոք մաքրվել են մետասիլիկատի և ՕՊ-7 կամ ՕՊ-10 մակերևութակալիչ նյութերի խառնուրդով: Պարզվել է, որ կալցիումի և մագնեզիումի միացություններից խտանյութերի մաքրումը նպատակահարմար է կատարել 3%-անոց ազոտական թթվով, քվարցիտներից մաքրումը 40%-անոց ֆտորաջրածնային թթվով, իսկ Al_2O_3 , Fe-ի և Cu-ի սուլիդներից 7%-անոց ազոտական թթվով:

**4. ՄՈԼԻԲԴԵՆԻ ՍՈՒԼՖԻԴՅՈՒՆ ԻՏԱՆՅՈՒԹԵՐԻՑ ՄՈԼԻԲԴԵՆԻ
ԵՆՕՔՍԻԴԻ, ԿԱԼՑԻՈՒՄԻ ՄՈԼԻԲԴՍԻ, ՄԱՔՈՒՐ
ՄԻԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ՝ ԵՐԿՍՈՒԼՖԻԴԻ ԵՎ ԿԱՊԱՐԻ ՄՈԼԻԲԴՍԻ,
ԵՐԿՍԻԼԻՑԻԴԻ ՈՒ ՍԻԼԻՑԻՈՒՄԻ ՍՈՒԼՖԻԴԻ ՍՏԱՑՄԱՆ ՏԵՍԱԿԱՆ ԵՎ
ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ՀԻՄՈՒՆՔՆԵՐԸ**

4.1. Մաքուր մոլիբդենի եռօքսիդի և կալցիումի մոլիբդատի ստացումն, ու հարկությունները հետազոտումը

«Ագարակի ՊՄԿ» ՓԲԸ –ի կողմից թողարկվող մոլիբդենիտային խտանյուն թի բաղադրության ուսումնասիրման արդյունքում պարզվել է, որ պղինձը գտնվում է խալկոպիրիտի և երկրորդային սուլֆիդների ձևով, երկաթը – խալկոպիրիտի և պիրիտի, ցինկը- սֆալերիտի, կապարը- գալենիտի, սելենը, տելուրը, բիսմութը, ռենիումը իզոմորֆ խառնուրդներ են մոլիբդենիտի, պիրիտի և խալկոպիրիտի մեջ: Խտանյունում կան նաև քվացիտ, կաոլինիտ, դաշտային շպատ և այլ միներալներ: Այս բոլոր միներալները մոլիբդենիտի հետկցակապված են:

Հետազոտությունների համար օգտագործվել է պղնձի բարձր պարունակությամբ ԳՈՍՏ 212-90 –ին համապատասխանող մոլիբդենիտային խտանյուն, որի միջինացված բաղադրությունը բերված է աղ. 4.1 –ում:

Աղյուսակ 4.1

Mo	Cu	S	Sn	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	WO ₃	P	Sb	As
50,1	1,2	35,0	0,03	5,0	0,5	0,7	0,9	-	-	0,03	-	0,03

Մոլիբդենիտային խտանյուն իաշվարկային ռացիոնալ կազմը, ջրազրկումից հետո, ներկայացված է աղ. 4.2 -ում:

Հաշվարկը կատարվել է 100կգ խտանյունի համար:

Մոլիբդենիտային խտանյուն խոնավությունը կազմել է 10...12 %: Խտանյունների բաղադրությունն ունի որոշակի անխուսափելի տատանումներ կապված հանքի երկրաբանական և արդյունահանման

տեխնոլոգիական ծրագրերի հետ, սակայն վերը նշված բաղադրությունն ընդունելի է որպես բնորոշ, տեսանելի ապագայ ու մարտադրվելիք խտանյուն թերի համար:

Աղյուսակ 4.2

Մոլիբդենիտային խտանյուն թիռացիոնալ կազմը

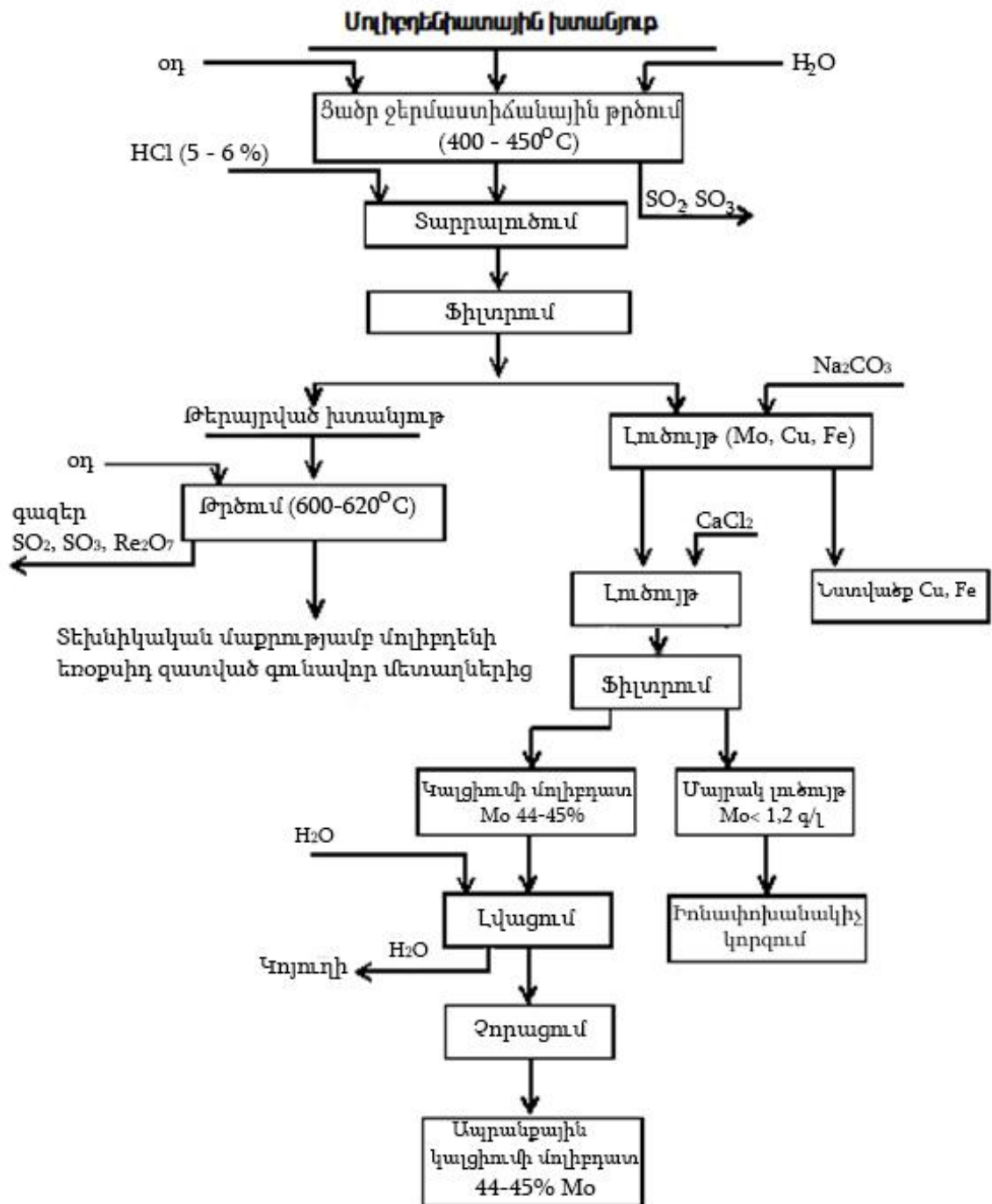
Բաղադր	Էլեմենտներ											Ընդ.
	Mo	Cu	Fe	S	O ₂	CO ₂	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Այլ	
MoS ₂	50,1	-	-	33,35	-	-	-	-	-	-	-	83,4 5
CuFeS ₂	-	1,2	1,75	0,9	-	-	-	-	-	-	-	3,85
FeS ₂	-	-	0,64	0,75	-	-	-	-	-	-	-	1,39
Fe ₂ O ₃	-	-	0,36	-	0,67	-	-	-	-	-	-	1,03
SiO ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	5,0	-	-	5,00
Al ₂ O ₃	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5	-	0,5
CaCO ₃	-	-	-	-	-	0,39	0,70	-	-	-	-	1,09
MgCO ₃	-	-	-	-	-	0,76	-	0,9	-	-	-	1,66
Այլ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,03	2,03
Ընդ.	50,1	1, 2	2,75	35,0	0,67	1,15	0,70	0,9	5,00	0,5	2,03	100

Հիմնվելով քիմիական, ռենտգենաֆազային, սպեկտրային, ատոմա-աբսորբման, և դիֆերենցիալ-թերմիկական և այլ վերլուծական մեթոդների ու մոլիբդենի սուլֆիդային խտանյուն թերի ուղեկցող միներալներից մաքրման հետազոտությունների վրա, մշակել է, գունավոր մետաղներից մաքրված, մոլիբդենի եռօքսիդի ստացման տեխնոլոգիա:

Բարձր որակի ֆերոմոլիբդեն ստանալու նպատակով հետազոտվել է մոլիբդենիտային խտանյուն թերի մաքրումը գունավոր մետաղներից:

Մշակվել է մոլիբդենիտային խտանյուն թերի համալիր վերամշակման տեխնոլոգիական սխեմա (սկ. 4.1), համաձայն որի մոլիբդենիտային խտանյուն թերը ենթարկվում են նախնական 673...723 Կ ցածրջերմաստիճանային թրծման օդի և ջրային գոլորշու միջավայրում: Ջրային գոլորշու և սուլֆիդների ռեակցիաները այդ ջերմաստիճաններում աննշան են, այն օգտագործվում է որպես

ջերմաստիճանի կարգավորիչ: Յիմնական տեխնոլոգիական գործընթացների բնութագրերն են՝ խտանյուն թիցածր ջերմաստիճանային թրծում, կիսաթրծված խտանյուն տարրավացում, ֆիլտրում, լուծույթի չեզոքացում և Cu, Fe նստեցում, ֆիլտրում և լուծույթից CaMoO_4 -ի նստեցում, CaCl_2 -ի միջոցով, թերայրված խտանյուն լրաթրծում, մոլիբդենի եռօքսիդի ստացում:



Այ.4.1. Մոլիբդենի տային խտանյուղերից տեխնիկական մաքրության մոլիբդենի եռօքսիդի և կալցիումի մոլիբդատի ստացման սխեմա

խտանյուղի ցածրջերմաստիճանային թրծում: Գունավոր մետաղները (պղինձ, ցինկ, կապար և այլն) ջրում և նոսր թթուներում լուծելի դարձնելու համար, մոլիբդենի

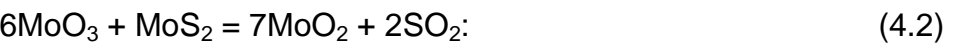
խտանյուղը ենթարկվում է օքսիդացուցիչ թրծման 673...773 Կ ջերմաստիճաններում,

օդի և ջրային գոլորշու միջավայրում, 2...3 ժ տևողությամբ:

Թրծումը կարելի է կատարել արտադրությունում կիրառվող բազմահատակային և պտտվող թմբուկային վառարաններում [1]: Ջուրը թթվածնի և ավփոխադրող է, նպաստում է սուլֆիդների օքսիդացմանը հատիկների ներսում և միևնույն ժամանակ նվազեցնում է թթվածնի ակտիվությունը, որի հետևանքով առաջանում է մոլիբդենի ցածր արժեքի օքսիդներ:

Ռենիումի և մոլիբդենի առավելագույն կորզման համար, վառարաններում փոշեորսման համակարգ:

Ցածրջերմաստիճանային թրծման ժամանակ ծանր գունավոր մետաղների սուլֆիդներն առաջացնում են սուլֆատներ և օքսիդներ որոնք և ավլուծելի են նոսր աղաթթվի լուծույթում, մոլիբդենի տրօքսիդանում է միևնույն ցածր օքսիդներ, որոնք անլուծելի են աղաթթվում: Տեղի են ունենում միջարք ռեակցիաներ որոնցից հիմնականներն են՝



Կիսաթրծված մոլիբդենային խտանյուղի մեջ մոլիբդենը մեծամասամբ գտնվում է MoS₂-ի և MoO₂-ի ձևով, իսկ պղինձը սուլֆատների և օքսիդների ձևով:

Կիսաթրծված մոլիբդենի տային խտանյուղի բաղադրությունը %- ներով Mo -55,4; Cu-1,4; S -20,0; SiO₂ -6,0; Al₂O₃ - 0,6; CaSO₄-0,84; MgSO₄ -1,1 և այլն:

Կիսաթրծված մոլիբդենային խտանյուղի տարրալ վացում:

Հաշվի առնելով, որ գուհավոր մետաղների և կալցիումի, մագնեզիումի օքսիդներն ու սուլֆատները լավ լուծելի են նոսր աղաթթվի լուծույթում, բայց մոլիբդենի սուլֆիդը և ցածր օքսիդները գործնականում անլուծելի են նոսր աղաթթվի լուծույթում, կիսաթրծված մոլիբդենային խտանյութը ենթարկվել է տարալվացման նոսր աղաթթվի լուծույթով:

Տարալվացումը կատարվել է սենյակային ջերմաստիճանում 1...3 ժ տևողությամբ:

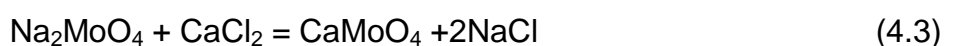
Բաժակի մեջ լցվել է 5% -անոց աղաթթվի լուծույթ և անընդհատ խառնման պայմաններում լցվել է 200 գրամ կիսաթրծված խտանյութ:

Պահման տևողության ավարտից հետո խյուսը ֆիլտրվել է և նատվածքը լվացվել է ջրով, մինչև լվացման ջրերի պարզվելը: Ստացված լուծույթը և լվացման ջրերը միացվել է և չափվել է ծավալն ու որոշվել է մոլիբդենի քանակությունը լուծույթում: Նստվածքի չորացումից հետո որոշվել է նրա ելքը և երկաթի ու պղնձի քանակը:

Ֆիլտրում, լուծույթի չեզոքացում և Cu, Fe նստեցում:
Լուծույթը պղնձից և երկաթից մաքրման համար չեզոքացվում է սոդայով մինչև $\text{pH} \approx 7...8$ և լուծույթը եռացնում են: Այդ դեպքում սոդայի ավելցուկը քայքայվում է (հեռանում է CO_2 -ը), քայքայվում է նաև պղնձի կարբոնատային կոմպլեքսը, կոագուլացվում է երկաթը: Արդյունքում նստում են երկաթը, պղնձը և այլ գուհավոր մետաղները:

Ֆիլտրում և լուծույթից CaMoO_4 -ի նստեցում CaCl_2 -ի միջոցով:

Լուծույթը, չեզոքացումից և ֆիլտրումից հետո, մոլիբդենի 25...50 գ/լ պարունակությամբ, ուղարկվում է կալցիումի մոլիբդատի նստեցման, կալցիումի քլորիդի միջոցով: Օպտիմալ pH -ը կազմում է 7,5...8,5, որը համապատասխանում է ազատ սոդայի 0,6...1,2գ/լ քանակությանը: Նատրիումի մոլիբդատի և կալցիումի քլորիդի միջև փոխազդեցության հետևանքով մոլիբդենը նստում է, կալցիումի մոլիբդատի ձևով:



Կալցիումի մոլիբդատի նստեցումը կատարվում է 85...95 °C ջերմաստիճանում, ինտենսիվ խառնման պայմաններում և 3...4 ժ տևողությամբ:

Կալցիումի քլորիդի մատուցումը կատարվում է բարակ շիթով, 10...20 րոպեում: Կալցիումի քլորիդի այսպիսի մատուցումը ապահովում է մոլիբդենի նստեցման բարձր աստիճան:

Կալցիումի քլորիդի մատուցման գործողությունը կրկնվում է մի քանի անգամ և միևնույն ժամանակ լուծույթից վերցվում է նմուշ մոլիբդենի որոշման համար: Նստեցումը համարվում է ավարտված մայրակ լուծույթում մոլիբդենի քանակի 1,2...1,3 գ/լ կոնցենտրացիայի դեպքում: Նստեցումը վերջացնելուց հետո, մայրակ լուծույթը 0,5...1,5 ժ խառնելուց և եռացնելուց հետո այնուհետև պահվում է 3...4 ժամ:

Նստեցված կալցիումի մոլիբդատը 3...4 անգամ լվացվում է սառը ջրով որպեսզի լուծվի կալցիումի սուլֆատը: Լվացման լուծույթները մոլիբդենի վերջնական լրիվ կորզման համար, ենթարկվում է իոնային ֆլոտացիայի AN-1 անիոնիտի միջոցով: Մոլիբդենը կորզելուց հետո լուծույթը ուղարկվում է ռենիումի կորզման:

Ստացված կալցիումի մոլիբդատը բավարարում է ստանդարտի պահանջներին:

Թերայրված խտանյ ութի լրաթրծում, մոլիբդենի եռօքսիդի ստացում:

Կիսաթրծված մոլիբդենային խտանյ ութը ենթարկվում է լրաթրծման 600...620 °C ջերմաստիճանում: Ստացված մոլիբդենի եռօքսիդը բավարարում է որակյալ ֆերոմոլիբդենի արտադրության պահանջներին, բացի դրանից մետաղական մոլիբդենի արտադրության ժամանակ, ամոնյակի ջրային լուծույթով տարալուծման գործընթացում գրեթե թափոնակույտ չի առաջանում, լավ լուծվում է 12%-անոց NH₄OH-ում:

4.2. Մոլիբդենի երկսուլֆիդի և կապարի մոլիբդատի ստացումն ու հառկությունների հետազոտումը

Մոլիբդենի երկսուլֆիդի ստացումը և հառկությունների հետազոտումը:

Առաջին անգամ մշակվել է մոլիբդենիտային խտանյուղերի համալիր վերամշակումով մաքուր և դիսպերս մոլիբդենի երկսուլֆիդի և կապարի մոլիբդատի ստացման տեխնոլոգիա (նկ. 4.1., 4.2., 4.3):

Յետազոտվել են ֆլոտացիանյութերից մաքրման և պարզվածքագտման եղանակով շլամագերծման գործընթացները:

Մոլիբդենիտային խտանյուղը մաքրվել է ֆլոտացիանյութերից նատրիումի մետասիլիկատի և ՕՊ-7-ի ջրային լուծույթի միջոցով: Մաքրման գործընթացը կատարվել է 60...65°C ջերմաստիճանում, մեկ ժամ տևողությամբ, ելանյութերի 1:(0,05...0,09):(0,003...0,01) հարաբերակցությամբ: Այնուհետև խոսքումանրացվել է գնդադաշտում 30 րոպե տևողությամբ, ֆիլտրվել է և ջրով լվացվել մինչև pH=7...7,5: Լուծույթն ուղարկվել է վերամշակման, իսկ խտանյուղը (նստվածքը) ենթարկվել է շլամագերծման՝ պարզվածքագտման եղանակով: Պարզվածքը և խտանյուղը ֆիլտրվել են: Ծլամը ուղարկվել է վերամշակման, իսկ լուծույթները՝ ջրային ավազան:

Յետազոտվել է, խառնուրդների ընտրողական տարրալուծման եղանակով, ազոտական ու ֆտորաջրածնական թթուների նոսր լուծույթներով, մոլիբդենիտային խտանյուղերի մաքրման գործընթացները:

Խտանյուղը ենթարկվել է 3%-անոց ազոտական թթվով տարրալուծման, 40°C ջերմաստիճանում, պ:h=1:2 հարաբերակցությամբ, 5 ժամ տևողությամբ: Խոսքում ֆիլտրվել է և լվացվել ջրով, մինչև pH=6...6,5 արժեքը: SiO₂-ից մաքրման համար խտանյուղը տարրալուծվել է 20...22%-անոց ֆտորաջրածնային թթվով, պ:h=1:1 հարաբերակցությամբ, 60 °C-ում, 12 ժամ տևողությամբ: Խոսքում ֆիլտրվել է և լվացվել ջրով մինչև pH-ի 6...6,5 արժեքը, այնուհետև տարրալուծվել է 7...8%-անոց ազոտական թթվով, պ:h հարաբերակցություները 1:3, 55...60°C ջերմաստիճանում, 15...16 ժամ տևողությամբ: Խոսքում ֆիլտրվել է և լվացվել ջրով մինչև թթվի չեզոքանալը: Լուծույթն և լվացման ջրերը ուղարկվել է վերամշակման ամոնիումի մոլիբդատի ստացման համար: Այնուհետև, մոլիբդենի երկսուլֆիդի մասնիկների մակերևույթին առաջացած

H₂O· MoO₃-ը տարրալուծվել է ամոնիակի 12%-անոց ջրային լուծույթով, ֆիլտրվել է և վացվել տաք թորած ջրով, մինչև pH=6...6,5: Լուծույթն օգտագործվում է ամոնիումի մոլիբդատի ստացման համար:

Ստացված մոլիբդենի երկսուլֆիդի բաղադրությունն է, 2H-MoS₂ 99,8% և խառնուրդներ SiO₂ - 0,02...0,03%, Fe - 0,01...0,06%, Al₂O₃ - 0,02...0,024%, CaO - 0,01...0,015%, MgO- 0,03%:

Մաքուր մոլիբդենի երկսուլֆիդը վացվել է էթիլ սպիրտով պ:h=10:1 հարաբերակցությամբ, չորացվել 120...150°C ջերմաստիճանում:

Ստացված MoS₂-ը իր որակով գերազանցում է բոլոր հայտնի պինդ քսանյութերին: Կարևոր պայմանը համարվում է դիսպերսությունը, այսինքն՝ դիսպերսության աստիճանը պետք է համաչափելի լինի մակերևույթի խորդուբորդությունների աստիճանի հետ:

Խտանյութի հետագա մանրացումը կատարվել է շիթային 2C տիպի ուղղահայաց խողովակային խցիկով արացում: Խտանյութի այսպիսի մշակումն ապահովում է բարձր մաքրության և դիսպերսության մոլիբդենի երկսուլֆիդի ստացումը, որը գերազանցում է TY-48-19-133-90-ի պահանջները:

Մաքուր մոլիբդենի երկսուլֆիդի ստացման գործընթացում օգտագործվող նատրիումի մետասիլիկատի, ազոտական թթվի, ֆտորաջրածնային թթվի, ամոնիումի հիդրօքսիդի վերաօգտագործման նպատակով, թթվային և հիմնային լուծույթները չեզոքացվել են:

Ֆլոտագոսանյութերի վացման և յուղազրկման լուծույթները, յուղազրկելուց հետո, վերաօգտագործվում են: Ֆտորաջրածնային մայրակ լուծույթները վնասազերծելու համար, լուծույթները չեզոքացվել են մաքուր կալցիումի օքսիդով (97,5%) մինչև pH=7,5...8: Նստվածքում առաջանում են CaF₂ և CaSiO₃, որոնք էլ ֆիլտրվում են: Ֆիլտրատը լցվել է ջրային ավազան: CaF₂-ից հնարավոր է ստանալ ֆտորաջրածնային թթու և վերաօգտագործել տարրալուծման գործընթացում:

Ազոտական թթվով տարրալուծման գործընթացում առաջացած գազերը (NO, NO₂) խառնվում են օդի հետ և վերադարձվում գործընթաց՝

փոքրացնելով թթվի ծախսը: Ազոտի ենթօքսիդը փոխազդում է թթվածնի հետ՝ գոյացնելով ազոտի երկօքսիդ՝



Ազոտի երկօքսիդն օժտված է ջրի մեջ բարձր լուծելիությամբ՝ առաջացնելով ազոտային և ազոտական թթուների խառնուրդ.

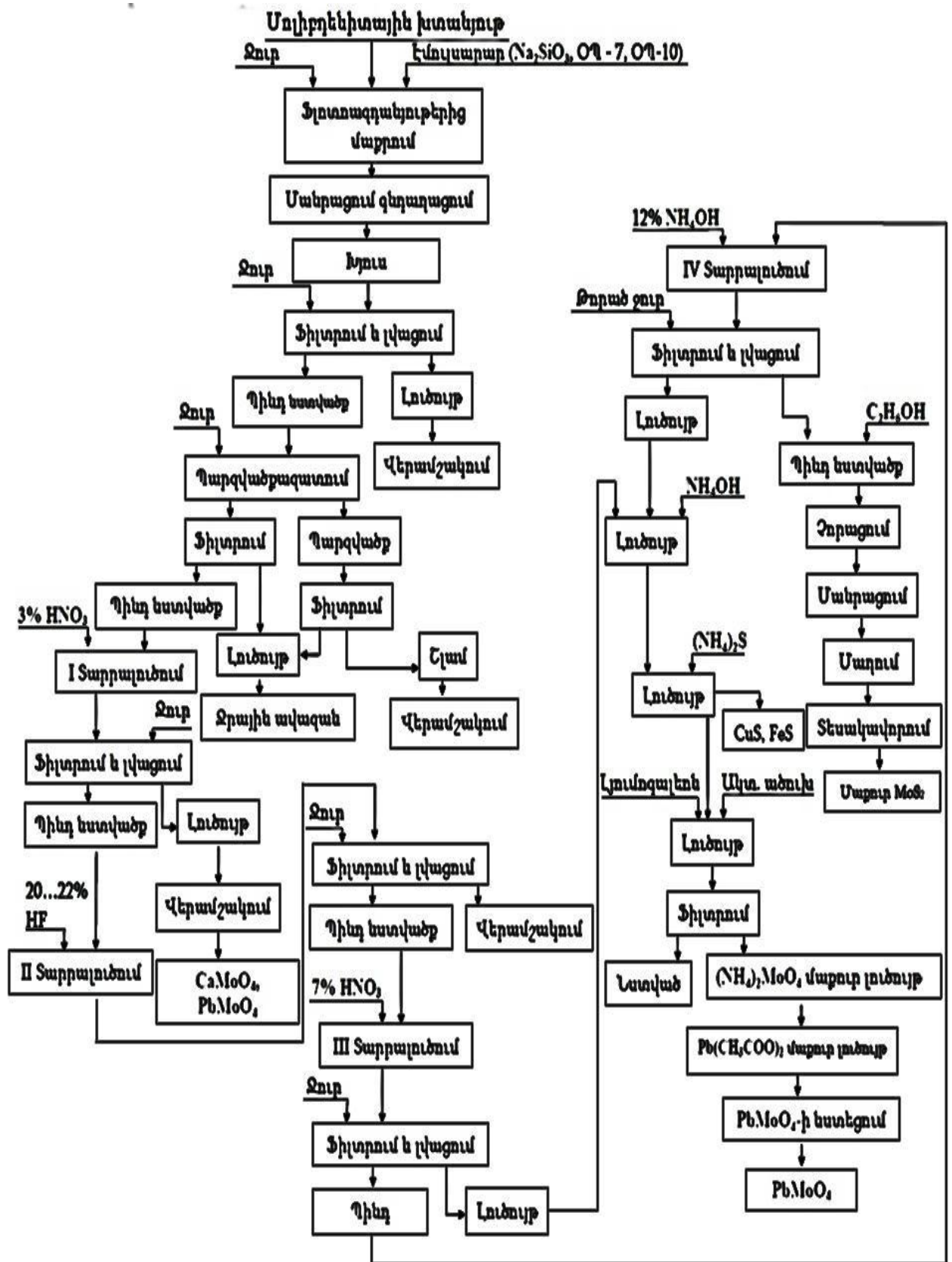


Այսպիսով, մաքուր և դիսպերս մոլիբդենի երկսուլֆիդի ստացման մշակված տեխնոլոգիան գրեթե անթափոն է: Մթնոլորտ արտանետվող և ջրային ավազան լցվող վնասակար տարրերի կոնցենտրացիաները գտնվում են միջազգային բնապահպանական ընդունված նորմերի սահմաններում:

Մոլիբդենիտային խտանյուղերից բարձր մաքրության և դիսպերսայնության մոլիբդենի երկսուլֆիդի ստացման տեխնոլոգիան (նկ. 4.2) իրականացվում է անընդհատ և պարբերաբար գործողությամբ սարքավորումների շղթայով:

Չորրորդ տարալուծման ամոնիակային լուծույթներն օգտագործվել են թթվային լուծույթների չեզոքացման համար:

Մոլիբդենի երկսուլֆիդի հատկությունների վրա մեծ ազդեցություն ունի դիսպերսությունը, որն ապահովում է MoS₂-ի ադիեզիան մետաղների մակերևույթի վրա:



Նկ. 4.2. Գերմաքուր մոլիբդենի երկսուլֆիդի և կապարի մոլիբդատի ստացման տեխնոլոգիական սխեման

Հատիկաչ ափական կազմը պետք է լինի այնպիսին, որպեսզի մասնիկները մտնեն նույնիսկ ամենափոքր մակերևութային անհարթությունների մեջ, այսինքն՝ դիսպերսության աստիճանը պետք է համաչափելի լինի մակերևութի խորդուբորդությունների աստիճանի հետ: Ըստ դիսպերսության աստիճանի այն դասակարգվում է ԺՄԻ-7 և ԺՄԸ-140 մակնիշների (ըստ ՏՈԼ 48-19-133-90-ի): ԺՄԻ-7 մակնիշում մինչև 7մկմ չափի հատիկների պարունակությունը պետք է լինի ոչ պակաս 96%-ից, իսկ ԺՄԸ-140 մակնիշում 140 մկմ-ից մեծ հատիկների պարունակությունը՝ ոչ ավելի 0,01%-ից:

Ստացված մաքուր մոլիբդենի երկսուլֆիդն ենթարկվել է մաղային վերլուծության: Մաղային վերլուծության արդյունքները բերված է աղ. 4.3-ում: -50մկմ դիսպերսության մոլիբդենի երկսուլֆիդի հատիկաչ ափական կազմը որոշվել է սեդիմենտացիոն վերլուծության եղանակով: Սեդիմենտացիոն վերլուծության ելությունը կայանում է նրանում, որ փոշու հատիկներն իրենց չափերից կախված՝ մածուցիկ միջավայրում, տարբեր արագությամբ են նստում:

Աղյուսակ 4.3

Մաքուր մոլիբդենի երկսուլֆիդի հատիկաչ ափական կազմը

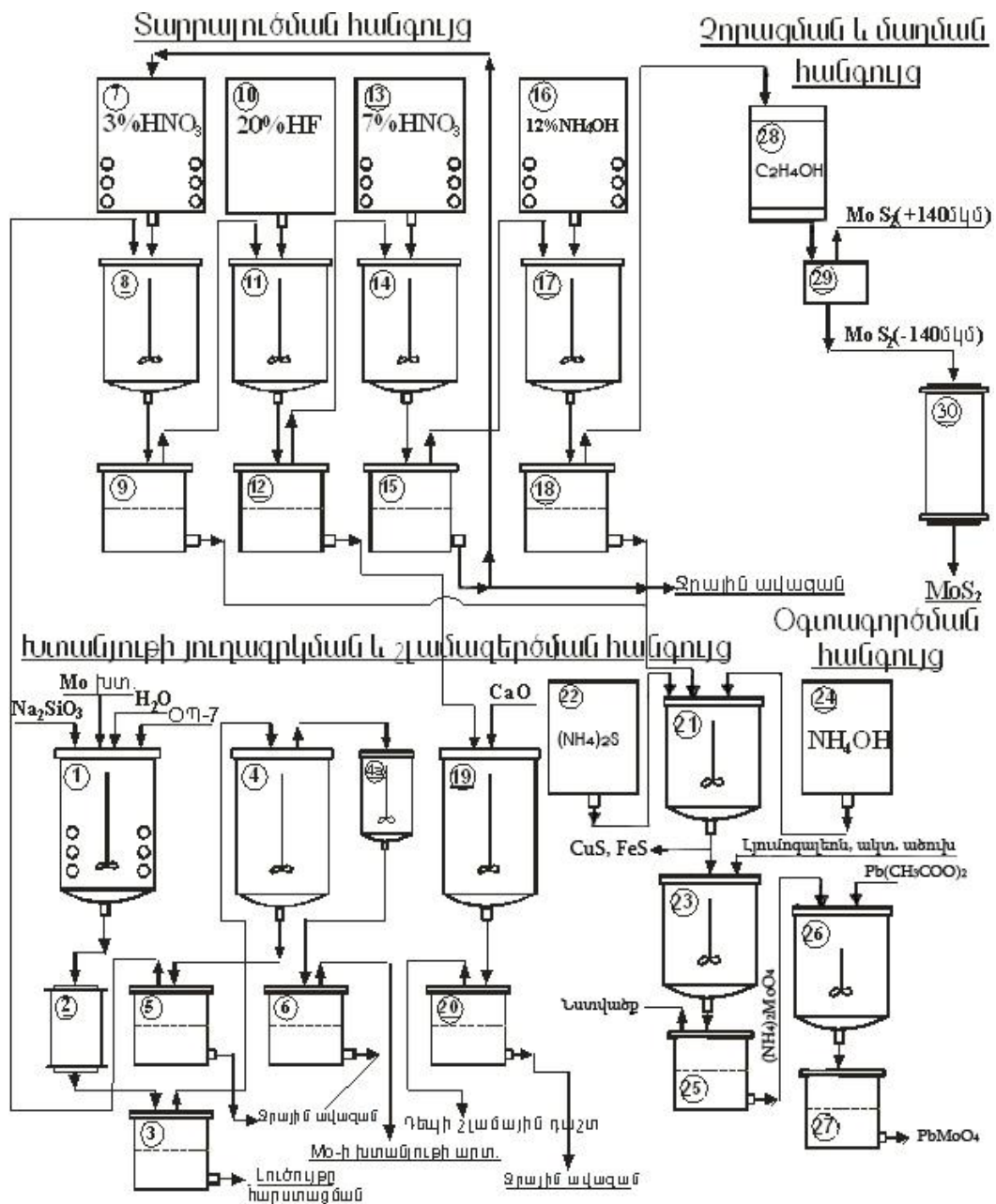
Ֆրակցիան, մկմ	Պարունակությունը, %
+315	0
-315...+250	0,11
-250...+200	0,5
-200...+160	1,27
-160...+100	7,6
-100...+50	13,75
-50	76,74

Նկ.4.3 - ում ներկայացված է բարձր մաքրության մոլիբդենի երկսուլֆիդի ստացման սարքավորումների շղթայի սխեման:

Մաքուր մոլիբդենի երկսուլֆիդի մանրացման գործընթացի հետազոտումը

Տարբեր կիրառության հակաչափական նյութերի ստացման համար անհրաժեշտ է ստանալ բարձր դիսպերսայնության մոլիբդենի երկսուլֆիդ:

Մաքուր մոլիբդենի երկսուլֆիդի մանրացման գործընթացում շատ կարևոր է աղացի ճիշտ ընտրությունը: Այդ նպատակով օգտագործվում են տարբեր տեսակի աղացներ:

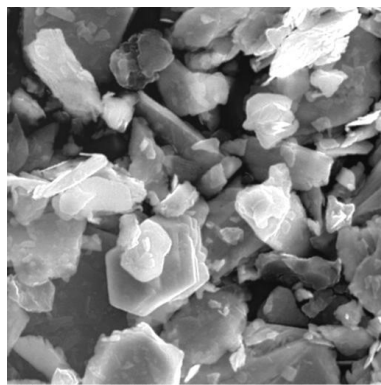


Նկ. 4.3. Բարձր մաքրության և դիսպերսայնության մոլիբդենի դիսուլֆիդի ստացման սարքավորումների շղթայի սխեման, 1- ռեակտոր, 2- գնդաղաց, 3- ֆիլտր, 4- ռեակտոր, 4a- ռեակտոր, 5- ֆիլտր, 6- ֆիլտր, 7- բաք, 8- ռեակտոր, 9- ֆիլտր, 10-բաք, 11- ռեակտոր, 12- ֆիլտր, 13- բաք, 14- ռեակտոր, 15- ֆիլտր, 16- չորացման պահարան, 17- մաղ, 18- շիթային աղաց, 19- ռեակտոր, 20- ֆիլտր, 21- ռեակտոր, 22- ֆիլտր, 23- վառարան, 24- բաք:

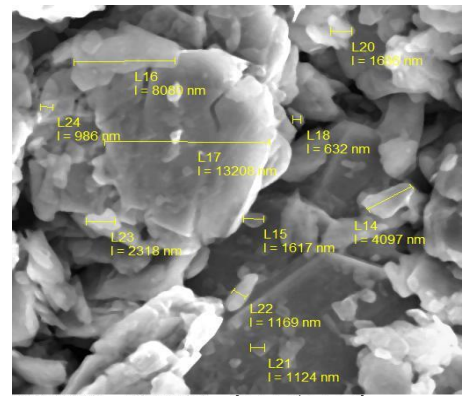
Նուրբ մանրացման համար կիրառվող աղացներից են գնդաղացները, թրթռաղացները, մոլորակային և շիթային աղացները և այլն: 1 մկմ-ից ցածր մանրացման համար օգտագործվել են ուլտրաձայնային մանրացման մեթոդները [200, 201]:

Մաքուր մոլիբդենի երկսուլֆիդի մանրացման համար ընտրվել է շիթային աղացը, քանի որ այս աղացում մանրացման ժամանակ մաքուր նյութը չի շփվում մանրացնող գնդերի հետև չի կեղտոտվում նրանց մաշվածքով: Պտտվող դետալների բացակայությունը հնարավորություն է տալիս հեշտ իրազործել աղացի մաշվող մակերևույթների երեսապատումը, որը թույլ է տալիս ստանալ բարձր աստիճանի մաքրության նյութեր:

Գերնուրբ մանրացման հետազոտությունների համար օգտագործվել է 2C տիպի կայանք՝ СПВ-240 հարթ աղացման խցով [202]: Սեղմված օդի ճնշումը 8 մթն է: Այն հնարավորություն է տալիս մոլիբդենի երկսուլֆիդը մանրացնել մինչև 95% - 7 մկմ: Սկզբնական աղացվող նյութի հատիկների չափը չի գերազանցել 200 մկմ: Նկ. 4.3-ում ներկայացված է մոլիբդենի երկսուլֆիդի միկրոկառուցվածքը:



ա)



բ

Նկ. 4.4. Մաքուր մոլիբդենի երկսուլֆիդի միկրոկառուցվածքը (ա, բ, - ×5000)

Նկ. 4.5-ում ներկայացված է СПВ-240 հարթ աղացման խցով շիթային աղացի ընդհանուր տեսքը:



Նկ 4.5. Շիթային աղացի ընդհանուր տեսքը

Ուսումնասիրության նկատմամբ ընտրվել է շիթային աղացի օպտիմալ ռեժիմները. կենտրոնական ներմուծման օդի ճնշումը՝ 4,5...5 մթն, թրթռասնուցիչին տրվող օդի ճնշումը՝ 0,5...1 մթն, արտարկիչին մատուցվող օդի ճնշումը՝ 2...2,5 մթն և աղացման խցին մատուցվող օդի ճնշումը՝ 3,2...3,5 մթն:

Որոշվել է մանրացված մոլիբդենի երկսուլֆիդի հատիկաչափական կազմը: Այն ամբողջությամբ փոքր է 50 մկմ-ից և ենթարկվել է սեդիմենտացիոն վերլուծության: Վերլուծության արդյունքները բերված են նկ. 4.6-ում:

Նկ. 4.6-ում բացի սեդիմենտացիոն կորից (ա), գումարային և մասնավոր բաշխվածության կորերից (բ), բերված է նաև դիֆերենցիալ բաշխման կորը (գ), որն արտահայտում է առանձին ֆրակցիաների հարաբերական պարունակությունը: Յուրաքանչյուր ֆրակցիան պատկերված է ուղղանկյան տեսքով: Ինչպես երևում է վերլուծության արդյունքներից նմուշում գերակշռում են 2 մկմ չափի հատիկները: Որպես մածուցիկ միջավայր ընտրվել է էթիլ սափրտը: Սկզբում որոշվել է Ստոքսի հաստատունը.

$$K = \sqrt{\frac{9\eta}{2(\rho_{\text{MoS}_2} - \rho_{\text{սափ.}})g}}, \quad (4.6)$$

այնուհետև հաշվվել է առաջարկված չափի տրամագծով հատիկների նստելու ժամանակը, հետևյալ բանաձևով [113].

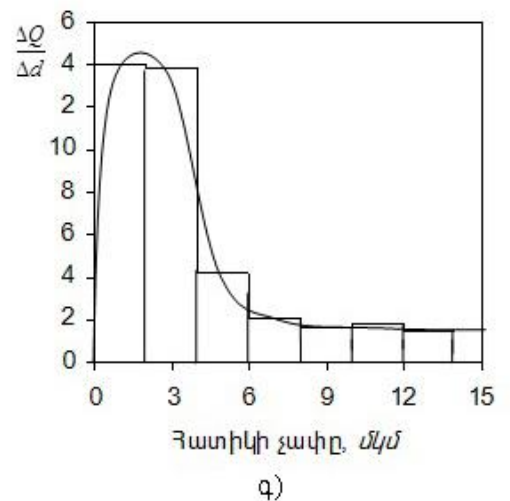
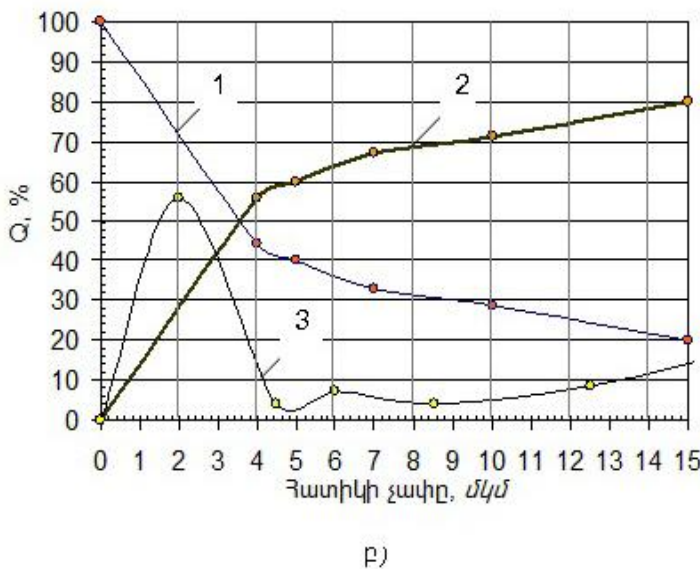
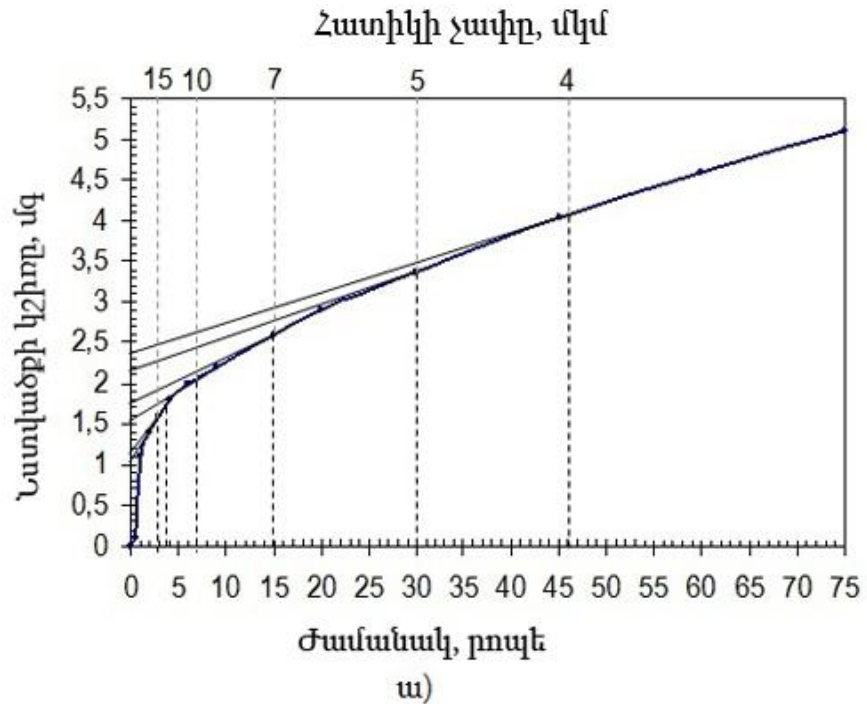
$$t = \frac{K \cdot H \cdot 4}{d^2 \cdot 60}, \text{րոպե}, \quad (4.7)$$

որտեղ՝ η -ն՝ էթիլ սափրտի մածուցիկությունն է, 1,2 ՄՊա·վրկ, -ն ρ_{MoS_2} մոլիբդենի դիսուլֆիդի խտությունը, 4,9 գ/սմ³, $\rho_{\text{սափ.}}$ -ն՝ սափրտի խտությունը, 0,79 գ/սմ³, g -ն՝ երկրի ձգողության ուժը, 981 սմ/վրկ², H -ը՝ հատիկների նստելու բարձրությունը, սմ, d -ն՝ հատիկի տրամագիծը, սմ: Ջերմաստիճանը պահվել է 20°C:

Վերլուծության արդյունքները ներկայացվել է գրաֆիկական տեսքով (նկ. 4.6 -(ա)):

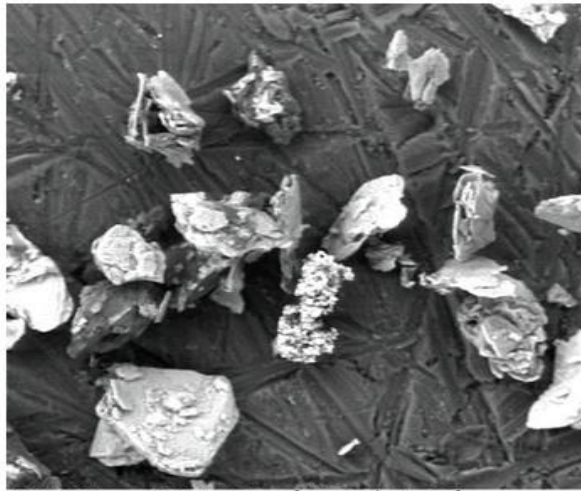
Նկ. 4.6-ի բ-ում ներկայացվել է գումարային և մասնավոր բաշխվածության կորերը, որոնք բնութագրում են առանձին

Ֆրակցիաների պարունակությունը: 1-ին կորի յուրաքանչյուր կետը ներկայացնում է մոլիբդենի երկսուլֆիդի տվյալ չափից մեծ հատիկների գումարային պարունակությունը: 2 կորը՝ գումարային ելքը մինուսով, ցույց է տալիս, թե ամբողջ նմուշի որքան մասն է մանր տվյալ չափից: 3 կորը մասնավոր բաշխվածության կորն է, որը բնութագրում է առանձին ֆրակցիաների ելքը:

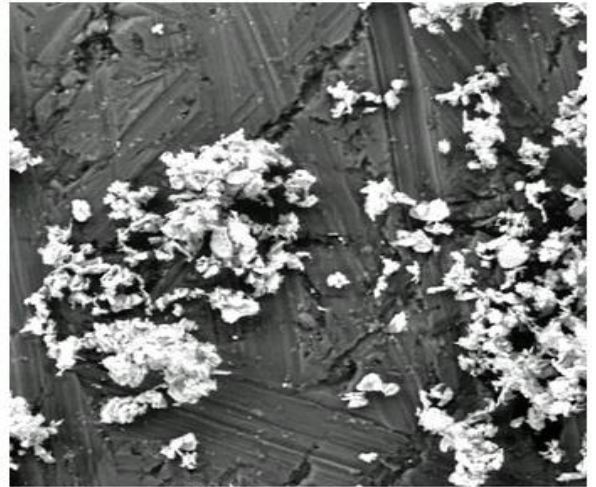


Նկ. 4.6. Մոլիբդենի երկսուլֆիդի սեդիմենտացիոն վերլուծության գրաֆիկական պատկերը՝ ա- սեդիմենտացիոն կոր, բ- գումարային և մասնավոր բաշխվածության կոր՝ 1-գումարային կոր և յուսով, 2-գումարային կոր մինուսով, 3- մասնավոր բաշխվածության կոր, գ- դիֆերենցիալ բաշխման կոր

Նկ.4.7.–ուժմ բերված է ա) ստացված մաքուր մոլիբդենի երկսուլֆիդի տեսքը և բ) շիթային աղացում մանրացումից հետո:



ա)



բ)

Նկ. 4.7. ա) ստացված մաքուր մոլիբդենի երկսուլֆիդի տեսքը բ) շիթային աղացում մանրացումից հետո ($\times 1000$)

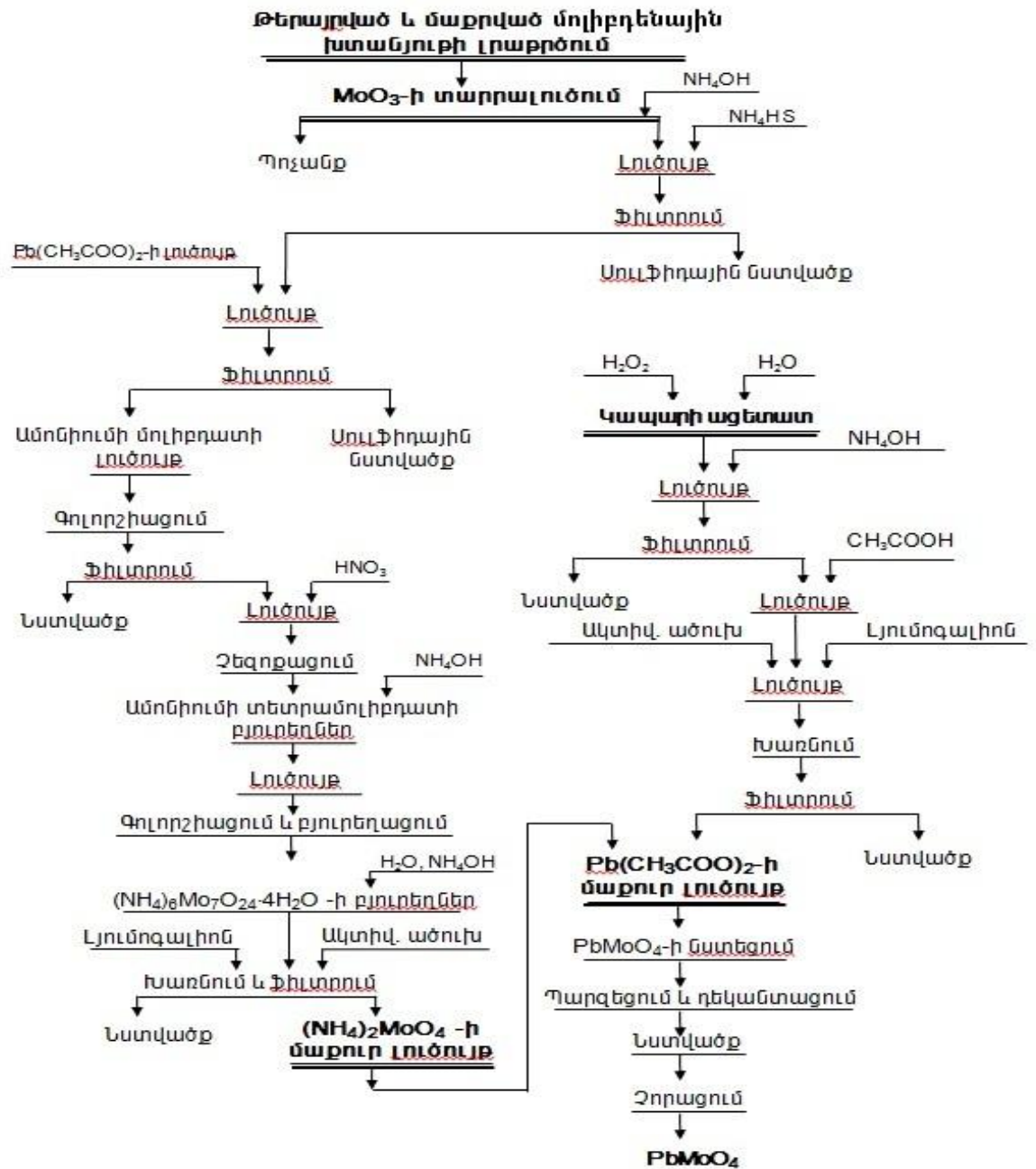
Կապարի մոլիբդատի ստացումը և հարկու թյուղների հետազոտումը

Չամալիը վերամշակումն ապահովելու համար մշակվել է լվացման ազոտաթթվական և ուժոյթներից, հիդրոմետալուրգիական եղանակով, ստեխիոմետրական բաղադրությամբ գերմաքուր կապարի մոլիբդատի ստացման տեխնոլոգիան: Գերմաքուր կապարի մոլիբդատի ստացման տեխնոլոգիական սխեմաները ներկայացված է Նկ. 4.2. և 4.8 – ուժմ:

Կապարի մոլիբդատն նպատակահարմար է ստանալ տաք և ուժոյթներից՝ նստեցմամբ: Նստեցման լավարկված ռեժիմի ընտրության համար փոխազդեցությունն իրականացվել է տարբեր ջերմաստիճանային պայմաններում և $pH = 5$ արժեքի դեպքում: pH -ի արժեքի ընտրությունը կատարվել է՝ ելնելով այն հանգամանքից, որ pH -ի ավելի ցածր արժեքների դեպքում ամոնիումի մոլիբդատն ունակ է առաջացնելու պոլիմիացություններ, իսկ քաղաքացիական կապարի pH -ի արժեքը չի կարելի բարձրացնել, քանի որ նստում է կապարի հիդրօքսիդը:

Տաքացված քացախաթթվական կապարի լուծույթին դանդաղ ավելացվել է նույն ջերմաստիճանի ամոնիումի մոլիբդատի լուծույթը:

Ամոնիումի մոլիբդատը և քացախաթթվական կապարը, ջրում լուծելի մյուս աղերի համեմատ, ավելի հեշտ են մաքրվում խառնուրդներից, այդ իսկ պատճառով

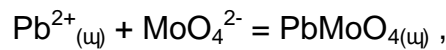


Նկ. 4.8. Կիսաթրծված և մաքրված մոլիբդենային խտանյութերից գերմաքուր և ստեխիոմետրական բաղադրության կապարի մոլիբդատի ստացման տեխնոլոգիական սխեման

գերմաքուր կապարի մոլիբդատի ստացման համար ընտրվել է ամոնիումի մոլիբդատի և քացախաթթվական կապարի բարձր մաքրության լուծույթները և քիմիական նստեցման մեթոդը: Այս եղանակով կապարի մոլիբդատի ստացումն իրականացվում է հետևյալ ռեակցիայով.



իոնային տեսքով



Կատարվել է կապարի մոլիբդատի ստացման թերմոդինամիկական հաշվարկ:

Հաշվարկի մեթոդիկական և էնթալպիայի (ΔH_{298}), էնտրոպիայի (S_{298}) արժեքները վերցվել են [203] գրականությունից, որը բերված է աղյուսակ 4.4-ում:

Աղյուսակ 4.4

Նյութը	ΔH_{298} , կՋ/մոլ	S_{298} , Ջ/մոլ	$T_{հալ}$, K
PbMoO ₄	1112,4	166,2	1213
Pb ²⁺	0	64,9	600,6
MoO ₄ ²⁻	997	38	-

$$\Delta H = -\Delta H_{298}^{\circ}(\text{Pb}^{2+}) - \Delta H_{298}^{\circ}(\text{MoO}_4^{2-}) + \Delta H_{298}^{\circ}(\text{PbMoO}_4),$$

$$\Delta H = 997 - 1112,4 = -115,4 \text{ կՋ/մոլ},$$

$$\Delta S^{\circ} = -S_{298}^{\circ}(\text{Pb}^{2+}) - S_{298}^{\circ}(\text{MoO}_4^{2-}) + S_{298}^{\circ}(\text{PbMoO}_4),$$

$$\Delta S^{\circ} = -64,9 - 38 + 166,2 = 63,3 \text{ Ջ/մոլ},$$

$$\Delta G = \Delta H_{298}^{\circ} - T\Delta S_{298}^{\circ},$$

$$\Delta G_T = -115,4 - 0,0633T \text{ կՋ/մոլ}:$$

Այսպիսով, թերմոդինամիկական հաշվարկները ցույց են տալիս, որ կապարի մոլիբդատի ստացման փոխազդեցությունն ընթանում է ΔG -ի բավականին մեծ բացասական արժեքով, որը և հաստատում է կապարի մոլիբդատի ստացման հնարավորությունը: Ձերմաստիճանի բարձրացման հետ մոլիբդատի առաջացման հավանականությունը մեծանում է:

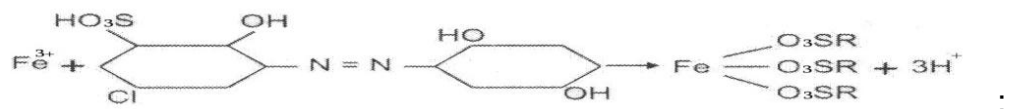
Ամոնիումի մոլիբդատի լուծույթները ստացվել են մոլիբդենի երկսուլֆիդի ստացման գործընթացում, ազոտական թթվով

տարալուծման ժամանակ առաջացած լուծույթների մաքրման եղանակով (նկ. 4.2): Ինչպես նաև մաքրված մոլիբդենի եռօքսիդից ամոնիումի ջրային լուծույթով տարալուծման միջոցով (նկ. 4.8):

Բարձր մաքրության ամոնիումի մոլիբդատի լուծույթ ստանալու նպատակով լուծույթը չեզոքացվել է ամոնյակի ջրային լուծույթով և մաքրվել է $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ -ի լուծույթով:

Ամոնիումի մոլիբդատի լուծույթները ենթարկվել են ավելի խորը մաքրման, քանի որ չեն բավարարում կապարի մոլիբդատի մոնոբյուեղների սինթեզման պահանջներին: Լուծույթը հիդրօքսիդների խառնուրդներից ավելի խորը մաքրման համար, որպես կոմպլեքս առաջացնող նյութ, օգտագործվել է լյումոգալիոնի սպիրտային լուծույթ: Լուծույթին ավելացվել է 0,1%-անոց լյումոգալիոնի սպիրտային լուծույթ: Co-ի, Ni-ի, Fe-ի, Cu-ի, Cr-ի, Al-ի հիդրօքսիդների խառնուրդները լյումոգալիոնի հետ առաջացնում են ամուր կոմպլեքսներ, որոնց ադսորբցիայի նպատակով ավելացվել է ԵԱՄ (ՉՕՍՏ -6217-74) տեսակի ակտիվացված ածուխ: Մաքրումը կատարվել է $\text{pH} \approx 7$ արժեքի պայմաններում, pH – ի ավելի ցածր արժեքների դեպքում լյումոգալիոնն առաջացնում է կոմպլեքսներ մոլիբդենի հետ: Քացախաթթվական կապարը նույնպես մաքրվել է լյումոգալիոնի միջոցով: Քացախաթթվական կապարի սկզբնական մաքրումը խառնուրդ տարրերից իրականացվել է 30%-անոց ջրածնի գերօքսիդով, ինչին հաջորդել են լյումոգալիոնի ազդեցությամբ ակտիվացված ածուխի վրա անցանկալի խառնուրդների կոմպլեքսների սորբցիան:

Խառնուրդները լյումոգալիոնի հետ առաջացնում են ամուր կոմպլեքսներ հետևյալ ռեակցիայով`



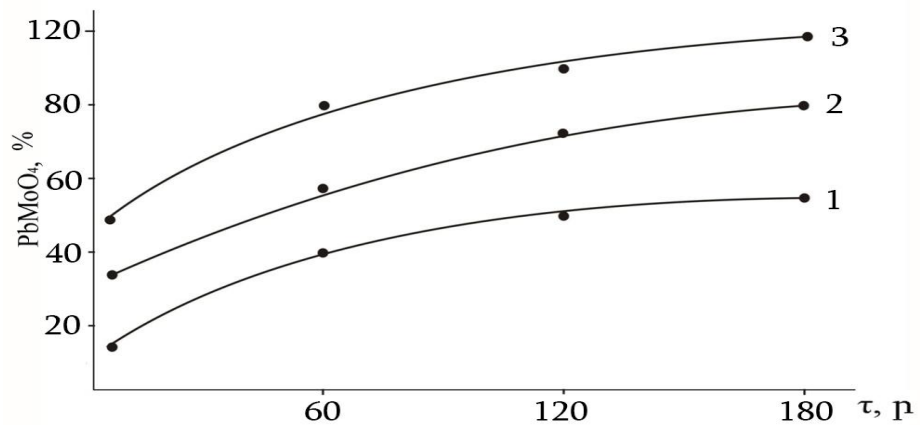
Մաքրումից հետո ամոնիումի մոլիբդատում և քացախաթթվական կապարում անցանկալի խառնուրդների` Co-ի, Ni-ի, Fe-ի, Cr-ի, Mn-ի պարունակությունը, համաձայն ատոմաաբսորբման սպեկտրաչափի (PE Aanalyst 600) վերլուծության արդյունքների, չի գերազանցել 0,0001%-ը:

Սակայն թերմոդինամիկ հաշվարկները թույլ չեն տալիս սահմանել այն ջերմաստիճանը, որի դեպքում փոխազդեցությունն ընթանում է նկատելի արագությամբ և ոչինչ չի ասվում փոխազդեցության մեխանիզմի վերաբերյալ, այդ իսկ պատճառով անհրաժեշտ է կատարել կինետիկ հետազոտություններ:

Նկ. 4.9-ում բերված են ամոնիումի մոլիբդատի և քացախաթթվական կապարի լուծույթներից տարբեր ջերմաստիճաններում կապարի մոլիբդատի ստացման կինետիկական կորերը: Փորձնական արդյունքներից հետևում է, որ ամոնիումի մոլիբդատի և քացախաթթվական կապարի լուծույթներից կապարի մոլիբդատի ստացման լավարկված ջերմաստիճանը կարելի է համարել 85 ± 5 °C: Պահման

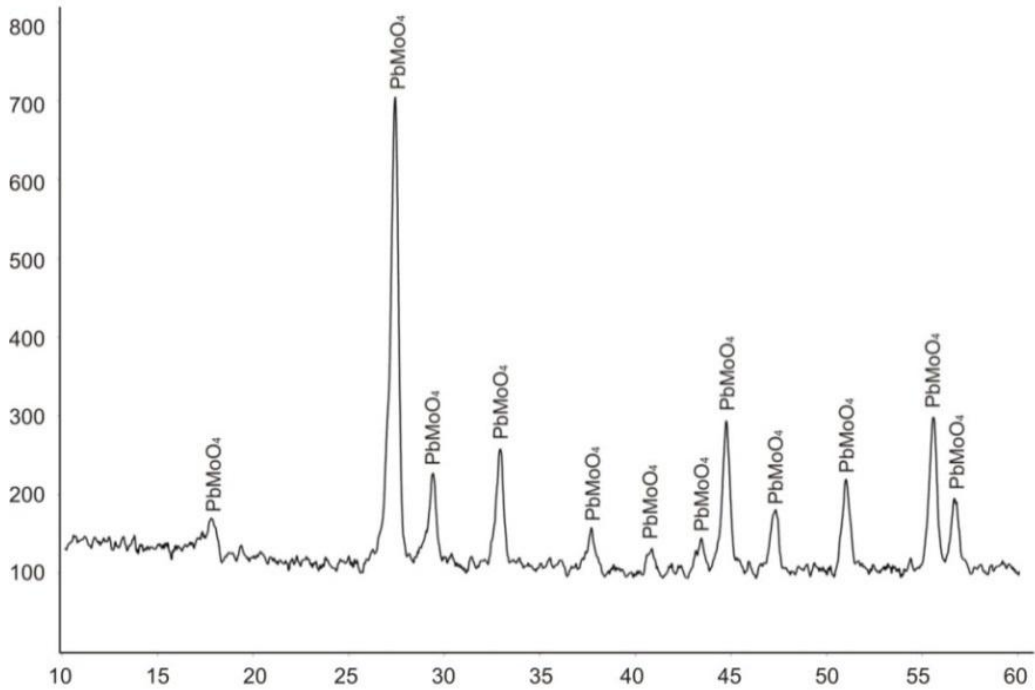
տևողությունը 180 ր:

Լուծույթներից քիմիական նստեցման մեթոդներով ստացված բարձր մաքրությամբ կապարի մոլիբդատի միկրոկառուցվածքն ուսումնասիրվել է (SEM) VEGA TS 5130MM էլեկտրոնային մանրադիտակով: Խոշորացումը՝ 500x-3000x:



Նկ. 4.9. Կապարի մոլիբդատի ստացման կինետիկական կորերը՝ տարբեր ջերմաստիճաններում և ժամանակամիջոցում՝ 1- 40 °C, 2- 60 °C, 3- 85 °C

Նկ. 4.10 - ում բերված է ամոնիումի մոլիբդատից և քացախաթթվական կապարից քիմիական նստեցման ճանապարհով ստացված ստեխիոմետրական բաղադրությամբ կապարի մոլիբդատի ռենտգենազիրը:

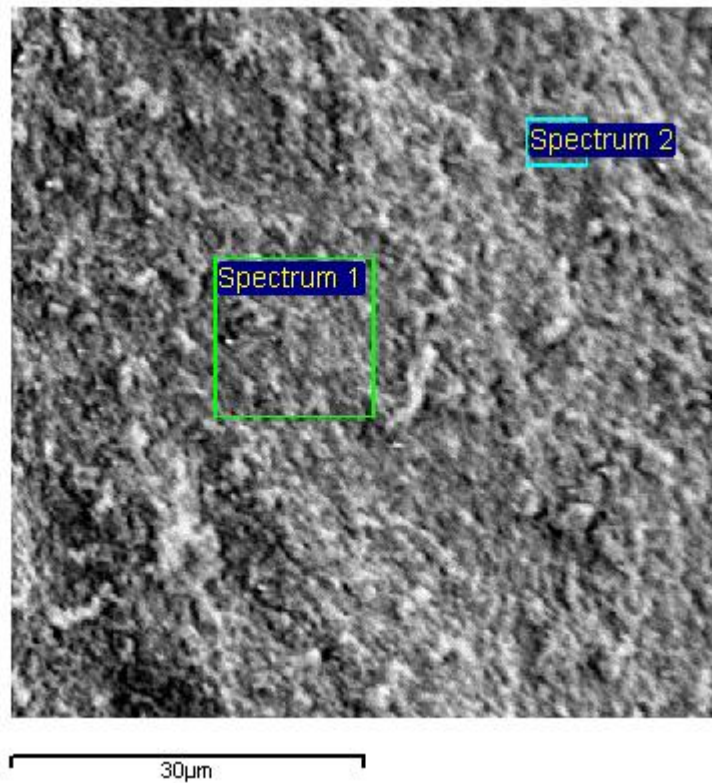


Նկ. 4.10. Ստեխիոմետրական բաղադրու թյամբ կապարի մոլիբդատի ռենտգենագիրը

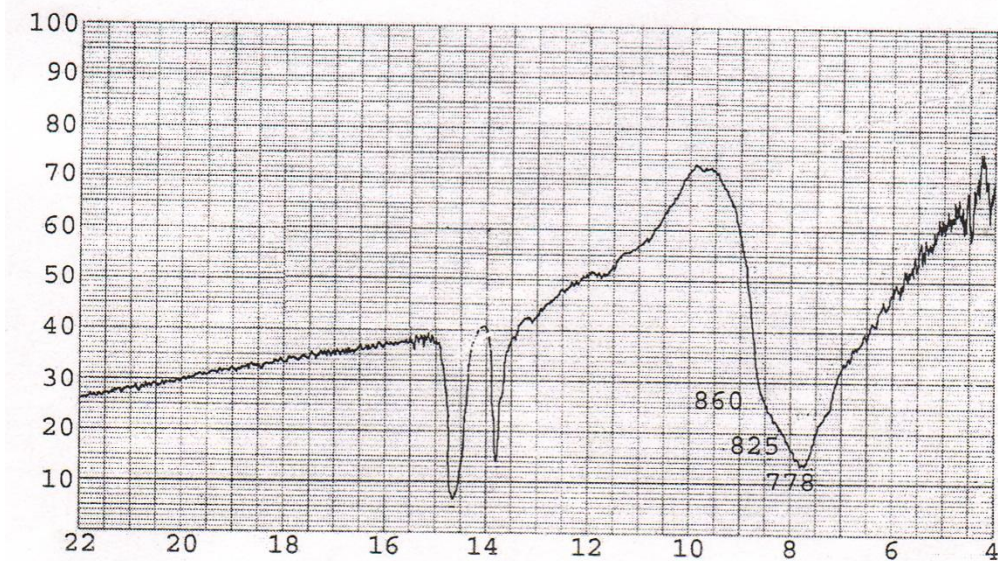
Նկ. 4.11-ում և նկ. 4.12-ում բերված են ստացված արգասիքի միկրոկառուցվածքը և IK սպեկտրը:

Ստացված կապարի մոլիբդատի քիմիական կազմը հետևյալն է հիմնական նյութը

$PbMoO_4$ - 99,99%; խառնուրդների պարունակությունը % - ներով՝ $Cu - 2 \cdot 10^{-5}$; $Co - 6 \cdot 10^{-4}$; $Ni - 2 \cdot 10^{-5}$; $Cr - 3 \cdot 10^{-5}$; $Fe - 5 \cdot 10^{-4}$:



Նկ. 4.11. Ստացված կապարի մոլիբդատի միկրոկառուցվածքը



Նկ. 4.12. Ստացված կապարի մոլիբդատի IR սպեկտրը, $\times 100 \text{ սմ}^{-1}$

4.3.Սուլիբդենի երկսիլիցիդի և սիլիցիոլմի սուլֆիդի ստացումն ու հարկությունների հետազոտումը

Մետաղների սուլֆիդների վերականգնումը սիլիցիոլմով գրեթե ուսումնասիրված չէ, այդ իսկ պատճառով առաջին անգամ ուսումնասիրվել է սիլիցիոլմով մոլիբդենի երկսուլֆիդի վերականգնման ռեակցիաները:

Յետազոտվել են մոլիբդենի երկսիլիցիդի ստացումն ինչպես վառարանային այնպես էլ բարձրջերմաստիճանային ինքնատարածվող սինթեզի (ԲԻՍ) մեթոդներով: Յետազոտությանն են կատարվել են չեզոք (ազոտ, հելիում) և վերականգնող (ջրածին) միջավայրերում:

Կատարվել է թերմոդինամիկական վերլուծության մոլիբդենի երկսիլիցիդի անմիջական երկսիլիցիդի ստացման ռեակցիաների հավասարակշռության, ջերմային էֆեկտների և ընթանալու հավանականությունը պարզելու համար: Յամեմատության համար հաշվարկները կատարվել են մեկ մոլ-ատոմ սիլիցիումի համար: Ընթացող հավանական ռեակցիաները հետևյալներն են:

1. $1/4\text{MoS}_2 + \text{Si} = 1/4\text{MoSi}_2 + 1/2\text{SiS}$
2. $1/3\text{MoS}_2 + \text{Si} = 1/3\text{MoSi}_2 + 1/3\text{SiS}_2$
3. $1/2\text{MoS}_2 + \text{Si} = 1/2\text{MoSi}_2 + 1/2\text{S}_2$
4. $1/2\text{MoS}_2 + \text{Si} + \text{H}_2 = 1/2\text{MoSi}_2 + \text{H}_2\text{S}$
5. $1/3\text{MoS}_2 + \text{Si} + 1/3\text{H}_2 = 1/3\text{MoSi}_2 + 1/3\text{H}_2\text{S} + 1/3\text{SiS}$
6. $3/7\text{MoS}_2 + \text{Si} + 4/7\text{H}_2 = 3/7\text{MoSi}_2 + 4/7\text{H}_2\text{S} + 1/7\text{SiS}_2$
7. $2/7\text{MoO}_3 + \text{Si} = 2/7\text{MoSi}_2 + 3/7\text{SiO}_2$
8. $1/3\text{MoO}_2 + \text{Si} = 1/3\text{MoSi}_2 + 1/3\text{SiO}_2$

Այս ռեակցիաների ընթանալու համար չափանիշ է հանդիսանում հաստատուն ճնշման և ջերմաստիճանի պայմաններում, Գիբսի էներգիայի արժեքների փոփոխության (ΔG°_T) նվազումը: Որոշվել է Գիբսի էներգիայի (ΔG°_T) փոփոխության արժեքները 298...1500Կ ջերմաստիճանային տիրույթում: Հաշվարկները կատարվել են Տեմկին – Շվարցմանի մեթոդով, հաշվի առնելով \$ազային փոփոխությունները, ըստ աղ. 4.5-ում բերված տվյալների [204-209]: Յամեմատության համար հաշվարկները կատարվել են մեկ մոլ-ատոմ սիլիցիումի համար:

$$\Delta H^{\circ}_T = \left(\sum m \cdot \Delta H^{\circ}_T \right)_{\text{արգ.}} - \left(\sum m \cdot \Delta H^{\circ}_T \right)_{\text{էլ.}} \quad (4.9)$$

որտեղ T-ն ջերմաստիճանն է, Կ, ΔS°_T –ը՝ արգասիքների և էլանյութերի էնտրոպիաների գումարների տարբերությունը,

$$\Delta S^{\circ}_T = \left(\sum m \cdot \Delta S^{\circ}_T \right)_{\text{արգ.}} - \left(\sum m \cdot \Delta S^{\circ}_T \right)_{\text{էլ.}} : \quad (4.10)$$

ճշգրիտ հաշվարկը կատարվել է հետևյալ բանաձևով:

$$\Delta G_{\times\beta} = \Delta G_{\dot{U}} - T \left(\sum_{i=1}^{-2} \Delta \alpha_i M_i + \sum_{i=1}^{-2} \sum_{j=1}^n \Delta b_{ij} \Delta M_{ij} \right), \quad (4.11)$$

որտեղ $\Delta G_{\dot{U}}$ – Գիբբսի էներգիայի փոփոխության մոտավոր հաշվարկով ստացված արժեքն է, $\Delta \alpha_i$, Δb_{ij} – գործակիցներ են, որոնք վերցվում են ջերմունակության բանաձևից.

$\Delta C = \Delta \alpha_0 + \Delta \alpha_1 \cdot 10^{-3}T + \Delta \alpha_2 \cdot 10^5 T^{-2}$, M_i և ΔM_{ij} գործակիցները վերցված են գրականությանից:

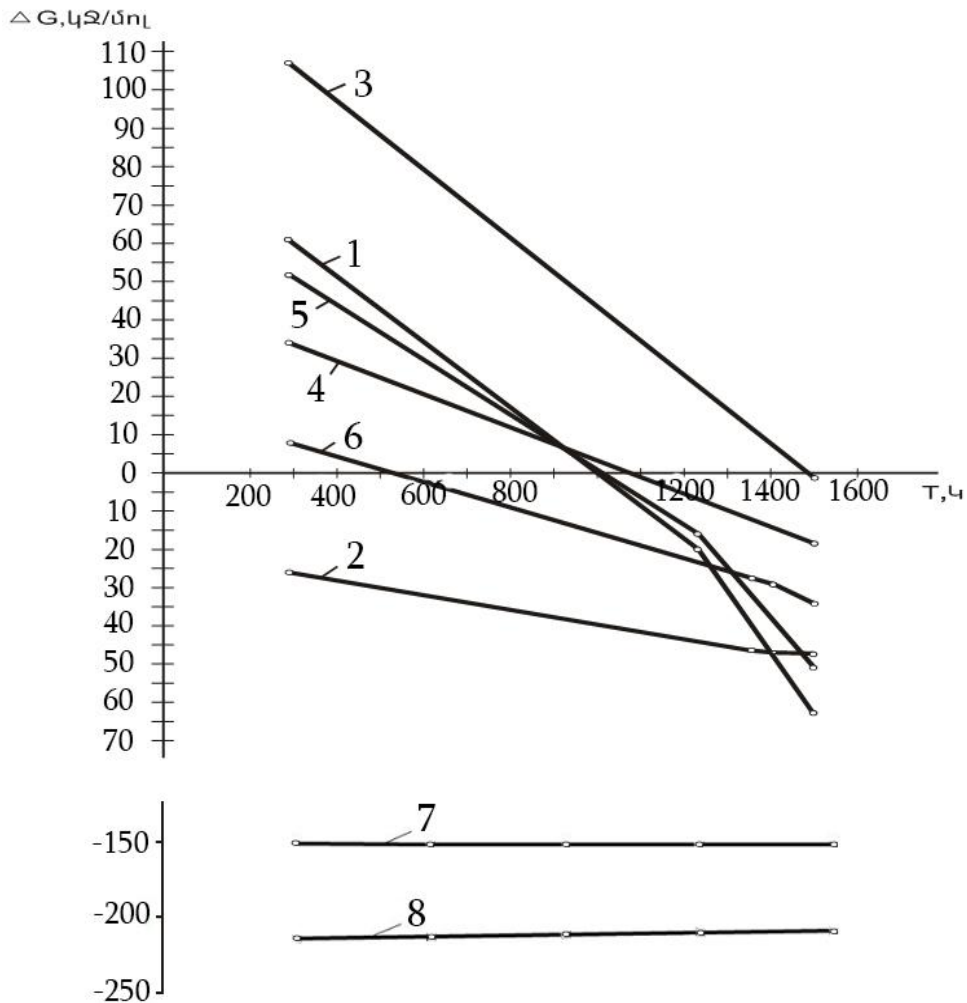
Աղյուսակ 4.5
Գրականության տվյալները [204, 205]

	$-\Delta H_{298}^0$ կՋ/մոլ	S_{298}^0 Ջ/մոլ	$T_{հալ}$ Կ	$T_{տաք.$ Կ	Ջերմունակություն $C_p = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot 10^{-3}T + \alpha_2 \cdot 10^5 T^{-2}$ Ջ/մոլ
MoS ₂	234,89	70,71	1948	-	$71,71 + 7,44 \cdot 10^{-3}T - 9,2 \cdot 10^5 T^{-2}$
Si	-	18,8	1688	3522	$23,94 + 2,47 \cdot 10^{-3}T - 4,14 \cdot 10^5 T^{-2}$
MoSi ₂	131,46	65,1	2303	-	$65,94 + 13,56 \cdot 10^{-3}T - 4,52 \cdot 10^5 T^{-2}$
MoO ₃	746,08	77,87	1068	1373	$84,02 + 24,7 \cdot 10^{-3}T - 15,4 \cdot 10^5 T^{-2}$
MoO ₂	589,11	49,99	2200	-	$59,03 + 24,35 \cdot 10^{-3}T - 9,12 \cdot 10^5 T^{-2}$
SiS ₂	205,15	80,3	1363	1403	102,99 (1363-2000)
SiS	-103,4	223,7	1213	-	$35,92 + 0,92 \cdot 10^{-3}T - 3,51 \cdot 10^5 T^{-2}$
SiO ₂	911,5	41,8	-	-	$46,97 + 34,33 \cdot 10^{-3}T - 11,3 \cdot 10^5 T^{-2}$

Ի
նչ
պ
ես
եր
և
մ
է
ն
կ
4.
13-
ի
ց
և
աղ

4.6 -ից բերված բոլոր ռեակցիաները բարձր ջերմաստիճաններում թերմոդինամիկորեն ընթացող են: 1403 Կ-ից բարձր

ջերմաստիճաններում առավել հավանական են 1, 2, 5, 6, 7, 8 ռեակցիաները:



Նկ. 4.13. Գիբսի էներգիայի փոփոխության արժեքների կախվածությունը ջերմաստիճանից

Աղյուսակ 4.6

Մոլիբդենի երկսիլիդիցի ստացման ռեակցիաների հավասարակշռության հաստատունների արժեքների կախվածությունը ջերմաստիճանից

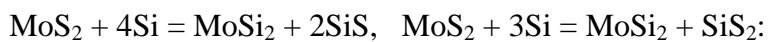
	Ռեակցիաները	Ջերմաստիճանը, Կ				
		298	1213	1363	1403	1500
1	$1/4\text{MoS}_2 + \text{Si} = 1/4\text{MoSi}_2 + 1/2\text{SiS}$	$2 \cdot 10^{-1}$	7,28	-	-	$1,6 \cdot 10^2$
2	$1/3\text{MoS}_2 + \text{Si} = 1/3\text{MoSi}_2 + 1/3\text{SiS}_2$	$3,7 \cdot 10^4$	-	60,8	57,3	44,7
3	$1/2\text{MoS}_2 + \text{Si} = 1/2\text{MoSi}_2 + 1/2\text{S}_2$	$13,1 \cdot 10^{-3}$	-	-	-	1,1
4	$1/2\text{MoS}_2 + \text{Si} + \text{H}_2 = 1/2\text{MoSi}_2 + \text{H}_2\text{S}$	$1,1 \cdot 10^{-6}$	-	-	-	2,25
5	$1/3\text{MoS}_2 + \text{Si} + 1/3\text{H}_2 = 1/3\text{MoSi}_2 + 1/3\text{H}_2\text{S} + 1/3\text{SiS}$	$7,6 \cdot 10^{-10}$	4,9	-	-	61,7
6	$3/7\text{MoS}_2 + \text{Si} + 4/7\text{H}_2 = 3/7\text{MoSi}_2 + 4/7\text{H}_2\text{S} + 1/7\text{SiS}_2$	$3,5 \cdot 10^{-2}$	-	11,4	12,3	15,14
7	$2/7\text{MoO}_3 + \text{Si} = 2/7\text{MoSi}_2 + 3/7\text{SiO}_2$	10^{37}	10^9	-	-	10^7

8	$1/3\text{MoO}_2 + \text{Si} = 1/3\text{MoSi}_2 + 1/3\text{SiO}_2$	10^{29}	10^6	-	-	10^5
---	--	-----------	--------	---	---	--------

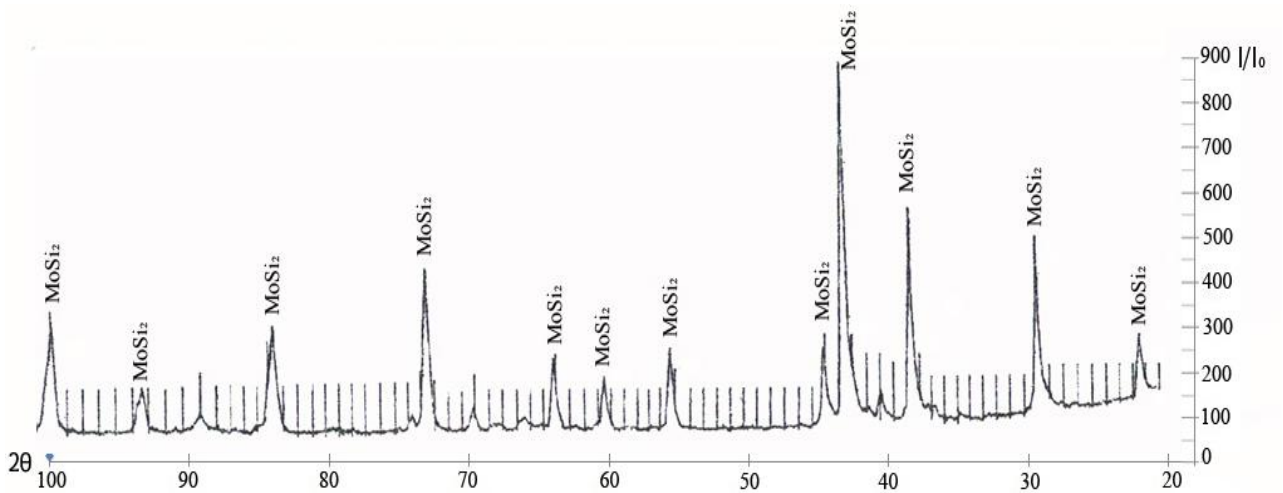
Մոլիբդենի երկսիլիցիդի վառարանային սիլիկաջերմային սինթեզը

Կատարվել է Si ոտացման եղանակով ստացված և հիդրոմետալուրգիական մեթոդներով մաքրված մոլիբդենային խտանյուղերից, սիլիկաջերմային մեթոդով, մոլիբդենի երկսիլիցիդի ստացման տեխնոլոգիայի մշակում: Ռեակցիաների արդյունքում մոլիբդենիտը միանում է սիլիցիումի հետ և առաջացնում մոլիբդենի երկսիլիցիդ, իսկ ծծումբը սիլիցիումի սուլֆիդների տեսքով (SiS_2 , SiS) ամբողջությամբ հեռանում է ռեակցիայի տարածքից և կոնդենսանում է վառարանի սառնարանում: Սիլիցիումի սուլֆիդները գազային վիճակի են անցնում 1403 Կ –ից բարձր ջերմաստիճանում: Այդ իսկ պատճառով փորձերը կատարվել են $873\dots 1473\text{ Կ}$ միջակայքում և տարբեր տևողությամբ (30, 60, 90, 120 ր): Ելանյութերը լավ խառնելուց հետո ստացված խառնուրդը հիդրավլիկ մամլիչով մամլվել է տարբեր ճնշումների տակ:

Ջերմաստիճանի բարձրացման հետ սիլիցիումի ատոմների ակտիվության հետևանքով մոլիբդենիտի մակերևույթին տեղի են ունենում սիլիցիումի հետ ռեակցիա, որի արդյունքում այդ մասերում առաջանում են հետևյալ սիլիցիդային ֆազերը՝ Mo_3Si , Mo_5Si_3 , MoSi_2 և SiS_2 , SiS : Վերջնական արդյունքում որպես թերմոդինամիկորեն ավելի կայուն միացությունն առաջանում է MoSi_2 : Ընթանում են հետևյալ ռեակցիաները՝



Նկ.4.14 -ում բերված է օպտիմալ պայմաններում (1423 Կ և մեկ ժամ տևողություն) մոլիբդենիտային խտանյուղից սիլիկաջերմային մեթոդով ստացված փորձանմուշի ռենտգենագիրը:



Նկ. 4.14. Մոլիբդենիտային խտանյուղից սիլիկաջերմային մեթոդով ստացված մոլիբդենի երկսիլիցիդի ռենտգենագիրը (CuK α) Ռենտգենագրի վերլուծության և դիֆրակցիոն

մաքսիմումների համադրությունից պարզվել է, որ ստացվել է բարձր մաքրության մոլիբդենի երկսիլիցիդ: Նմուշները ենթարկվել է նաև քիմիական վերլուծության, որը նայնպես ապացուցել է բարձր մաքրության մոլիբդենի երկսիլիցիդի ստացումը: Ուսումնասիրությունները ցույց են տվել, որ հայտնի մեթոդների հետ համեմատած մոլիբդենիտային խտանյուղերից ջրածնի միջավայրում սիլիկաջերմային մեթոդով մոլիբդենի երկսիլիցիդի ստացումն ունի նաև բնապահպանական առավելություններ:

Մաքուր մոլիբդենիտի և մոլիբդենի հիդրոմետալուրգիական խտանյուղի ու սիլիցիոնմի բովախառնուրդի այրման գործընթացի հետազոտումը

Բարձր ջերմաստիճանային ինքնատարածվող սինթեզի (ԲԻՍ) մեթոդը համարվում է նյութերի ստացման ժամանակակից նորագույն մեթոդներից մեկը [210]:

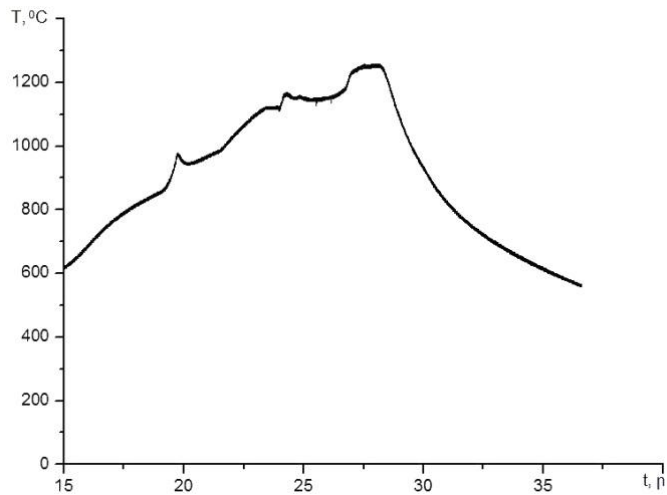
Հետազոտվել է մոլիբդենի սուլֆիդային հիդրոմետալուրգիական խտանյուղի և Kp00 մակնիշի սիլիցիոնմի խառնուրդից սիլիցիդների սինթեզը: Հիդրոմետալուրգիական խտանյուղը պարունակում է Mo - 54...58%, WO₃ - 2...2,5%, SiO₂ - 0,1...0,4%, Na₂O - 0,5...0,8%, Cu - 0,005...0,01%, P - 0,0005...0,01%, As - 0,03...0,05%, S - 15...20%, Re չի պարունակում (KMГ, ГОСТ -212-76, վերահրատարակված 1997թ): Խտանյուղում մոլիբդենը հանդես է գալիս օքսիդացման երկու աստիճանով՝ IV և VI (MoS₂, MoO₃, MoO₂) խտանյուղի հիմնական

բաղադրիչներն են MoO_3 - 23...49 %, MoO_2SO_4 – 9...13 %, MoS_2 - 25...38 %, MoO_2 – 9...22 %: Յետագոտվել է նաև ֆլոտացիոն եղանակով ստացված մաքուր մոլիբդենի երկսուլֆիդի և սիլիցիումի խառնուրդը, 10...60ր մեխանիկական ակտիվացումից հետո փոշեխառնուրդը ենթարկվել է մամլման՝ մինչև 110 ՄՊա ճնշմամբ և այնուհետև սինթեզվել է մոլիբդենի երկսիլիցիդ:

Յետագոտություները ցույց են տվել, որ ԲԻՍ եղանակով մոլիբդենի երկսիլիցիդի ստացման մեխանիզմը բազմափուլ է: Այդ համակարգերում այրումը տեղի ունի երկու քիմիական փուլերով՝ մոլիբդենիտի վերականգնում մինչև մետաղ և մոլիբդենի ու սիլիցիումի փոխազդեցություն: Վերականգնումը տեղի է ունենում սիլիցիումի սուլֆիդների առաջացմամբ: Որպեսզի ստացված սիլիցիդները չօքսիդանան ռեակցիաները տարվում են ջրածնի միջավայրում: Որպես հարուցիչ օգտագործելով մետաղական տիտանի և ածխածնի (մուր) խառնուրդ TiC –ի ստացման ստեխիոմետրիայով:

Ընթանում են հետևյալ ռեակցիաները՝ $\text{MoS}_2 + 4\text{Si} = \text{MoSi}_2 + 2\text{SiS}$; $\text{MoS}_2 + 3\text{Si} = \text{MoSi}_2 + \text{SiS}_2$; $2\text{MoO}_3 + 7\text{Si} = 2\text{MoSi}_2 + 3\text{SiO}_2$; $\text{MoO}_2 + 3\text{Si} = \text{MoSi}_2 + \text{SiO}_2$:

Ջերմաստիճանի բարձրացման հետ սիլիցիումի ատոմների ակտիվության հետևանքով մոլիբդենիտի մակերևույթին տեղի է ունենում սիլիցիումի հետ կոնտակտ, որի արդյունքում այդ մասերում առաջանում են հետևյալ սիլիցիդային ֆազերը՝ Mo_3Si , Mo_5Si_3 և MoSi_2 : Վերջնական արդյունքում որպես թերմոդինամիկորեն ավելի կայուն միացությունն առաջանում է MoSi_2 : Նկ. 4.15 –ում պատկերված է մաքուր մոլիբդենիտի և սիլիցիումի ($\text{MoS}_2 + 4\text{Si}$ ստեխիոմետրական բաղադրությամբ) բովախառնուրդի ջերմագիրն արգոնի միջավայրում:



Նկ. 4.15. $\text{MoS}_2 + 4\text{Si}$ համակարգի ջերմագիրն արգոնի միջավայրում Յեռագոտվել է հիդրոմետալուրգիական խտանյուն թի և սիլիցիումի փոխադրեցության F_2U գործընթացը, բացահայտվել է այդ համակարգերի այրման օրինաչափությունները:

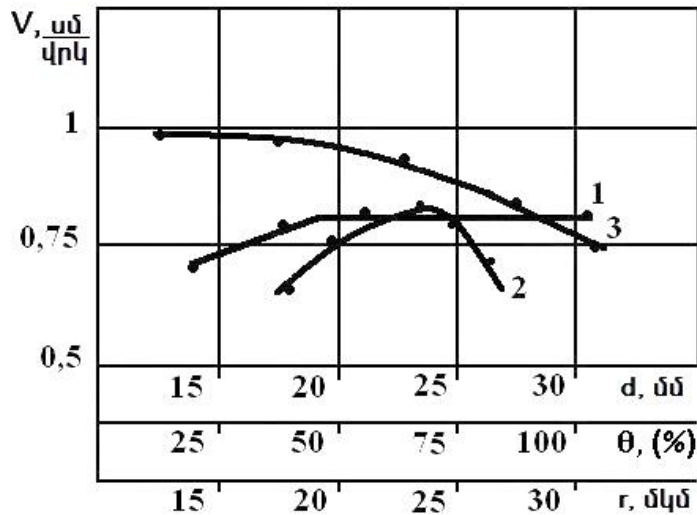
Բովախառնուրդը պատրաստվել է հիդրոմետալուրգիական խտանյուն թի և սիլիցիումի ստեխիոմետրական բաղադրությամբ, որից հետո ենթարկվել են մամլման: Մամլվածքի խտությունը կազմում է 60% տեսական խտության նկատմամբ:

Նկ. 4.16 -ում պատկերված է հիդրոմետալուրգիական խտանյուն թի և սիլիցիումի խառնուրդի ($\text{MoS}_2 + 3\text{Si}$ հարաբերության) մամլվածքի այրման արագության կախվածությունը նմուշի տրամագծից, մամլվածքի ծակոտկենությունից, սիլիցիումի և մոլիբդենի խտանյուն թի հատկաչափական կազմից:

Ինչպես երևում է նկ. 4.16-ից այրման արագության մամլվածքի ծակոտկենությունից կախվածության կորից (2), այրման արագությունն իր առավելագույն արժեքն ընդունում է 65%-ին մոտ խտության դեպքում: Խտության մեծացմանը զուգընթաց մեծանում է այրման արագությունը, որը բացատրվում է մոլիբդենիտի և սիլիցիումի կոնտակտների ավելացմամբ և տաք արդյունքի ջերմահաղորդականության մեծացմամբ: Այրման արագության անկումը բացատրվում է ռեակցիոն տիրույթից ջերմահեռացման կտրուկ մեծացմամբ, ինչպես նաև բարձր ջերմաստիճաններում առաջացած SiS , SiS_2 հեռացող գազերով, որոնք ազդում են ռեակտանտների փոխադրեցության գործընթացի վրա: $\text{MoS}_2 + 3\text{Si}$

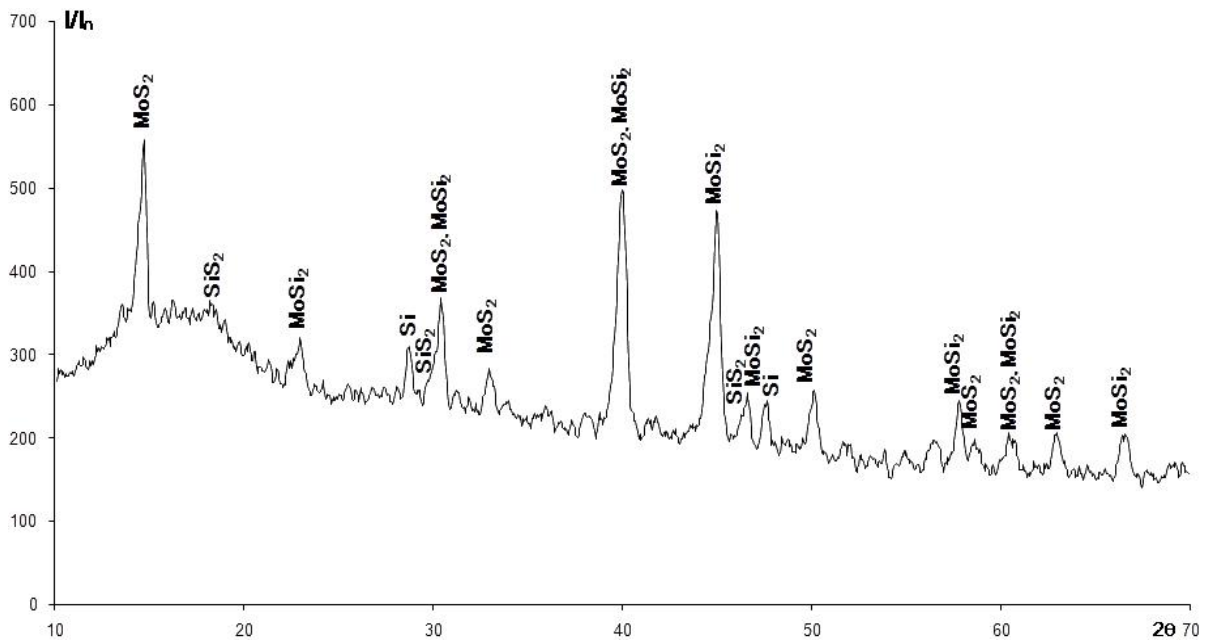
համակարգի այրման արագությունը 2սմ-ից մեծ չափերի մամլվածքի դեպքում էականորեն կախված չէ նմուշի տրամագծից (1):

Ելանյութերի մասնիկների չափերի (3) մեծացման հետ այրման արագությունը նվազում է: Մինչև 20 մկմ մասնիկների չափերի դեպքում այրման արագությունը գործնականում գրեթե հաստատուն է:



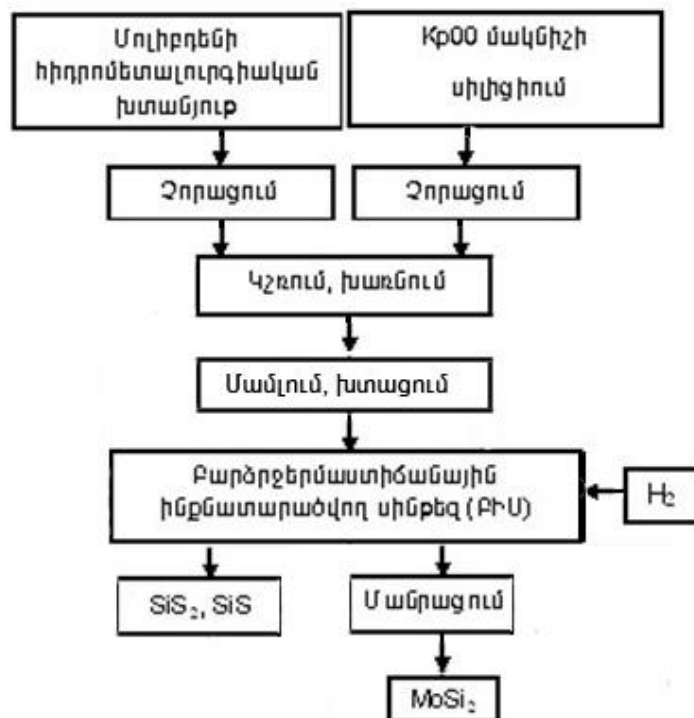
Նկ. 4.16. Հիդրոմետալուրգիական խոանյութի և սիլիցիումի ստեխիոմետրական խառնուրդի մամլվածքի այրման արագության կախվածությունը նմուշի տրամագծից (1), մամլվածքի խոանյութից (2), բովախառնուրդի հատիկների չափերից (3)

Նկ. 4.17-ում ցույց է տրված նախնական մեխանիկական ակտիվացված, սիլիցիումի և մաքուր մոլիբդենի երկսուլֆիդի փոշեխառնուրդի 85% խոանյութ մամլվածքի ռենտգենագիրը սինթեզից հետո: Ինչպես երևում է ռենտգենագրից նմուշում մնացել են ռեակցիայի մեջ չմտած MoS_2 , ինչպես նաև որոշակի քանակությամբ



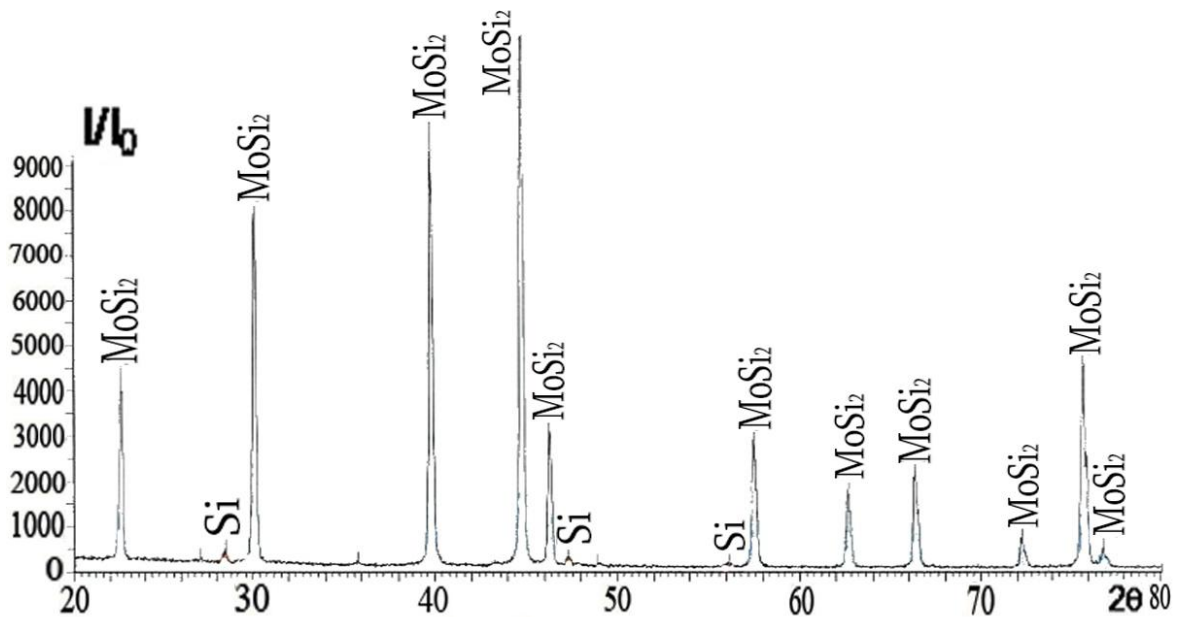
Նկ. 4.17. Մեխանական սինթեզված փոշեխառնուրդի ռենտգենագիրը սիլիցիումի սուլֆիդ SiS_2 , որը բացատրվում է մամլվածքի մեծ խտությամբ, այդ իսկ պատճառով նմուշն ամբողջությամբ չայրվեց:

Նկ. 4.18-ում ներկայացված է մոլիբդենի հիդրոմետալուրգիական խտանյութից ԲԻՍ մեթոդով մոլիբդենի երկսիլիցիդի ստացման տեխնոլոգիական սխեման:



Նկ. 4.18. Մոլիբդենի հիդրոմետալ ու ռգիական խտանյ ու թից ԲԻՍ մեթոդով մոլիբդենի երկսիլիցիդի ստացման տեխնոլոգիական սխեման

ԲԻՍ մեթոդով ստացված նմուշի ռենտգենագիրը բերված է նկ. 4.19 – ում:



Նկ. 4.19. Հիդրոմետալ ու ռգիական խտանյ ու թից ԲԻՍ մեթոդով ստացված նմուշի ռենտգենագիրը (CuKα)

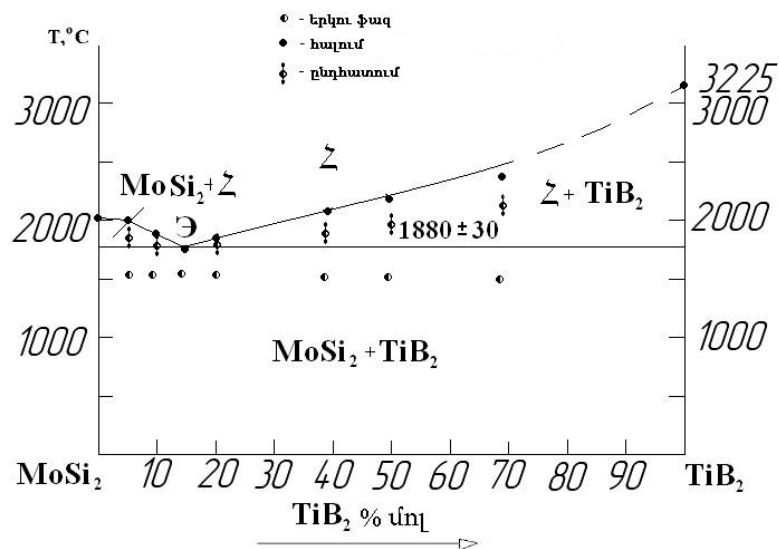
Մոլիբդենի սուլֆիդային խտանյ ու թերից ստացված մոլիբդենի երկսիլիցիդից պատրաստվել են բարձրջերմաստիճանային տաքացուցիչներ, որոնք փորձարկվել են արտադրական պայմաններով՝ ցուցաբերելով բարձր որակ:

Հեռանկարային է նաև մոլիբդենի երկսիլիցիդի հիմքով կոմպոզիտային նյութերի կիրառությունն այսպես կոչված «կերամիկական» ներքին այրման շարժիչների արտադրությունում:

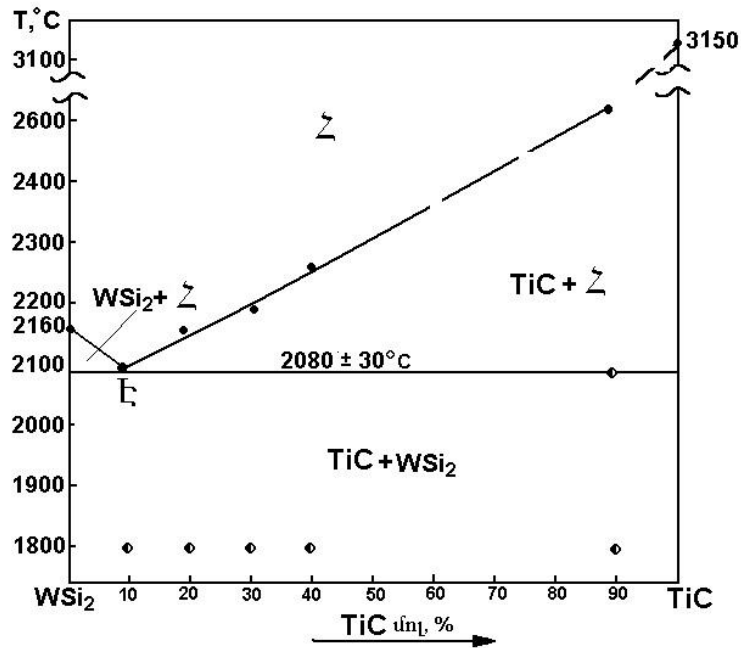
Հայտնի է, որ տաքացուցիչների պաշտպանիչ հրակայուն շերտերն առաջանում են սիլիցիդների օքսիդացման ժամանակ, առաջացնելով SiO_2 -ի ապակեման ծածկույթներ: Այդպիսի ծածկույթների հատկությունները լավացնելու համար կարելի է ավելացնել փոփոխությունների օքսիդներ և B_2O_3 : Այդիսկ պատճառով կոմպոզիտային նյութի մեջ ավելացնելով բարձր էլեկտրահաղորդամբերկրորդային բաղադրիչներ, կարելի է կարգավորել նրանց հրակայունությունը և էլեկտրահաղորդականությունը: Տաքացուցիչների հատկությունները լավացնելու նպատակով ուսումնասիրվել է $\text{MoSi}_2 - \text{Me}^{\text{IV}}\text{B}_2$, $\text{WSi}_2 - \text{Me}^{\text{IV}}\text{C}$ համակարգերը:

Յետագոտվել է $\text{MoSi}_2 - \text{Me}^{\text{IV}}\text{B}_2$, և $\text{WSi}_2 - \text{Me}^{\text{IV}}\text{C}$ կտրվածքների կառուցվածքները, որոնք ընթանում են $\text{Mo-Si-B}_2\text{-Me}^{\text{IV}}$ և $\text{W-Si-C-Me}^{\text{IV}}$ համակարգերում: Յաստատվել է, որ MoSi_2 և WSi_2 -ի հետ համատեղելի են չորորդ խմբի d մետաղների երկբորիդները և կարբիդները: Պարզվել է, որ $\text{MoSi}_2 - \text{Me}^{\text{IV}}\text{B}_2$, և $\text{WSi}_2 - \text{Me}^{\text{IV}}\text{C}$, SiC-YB_6 կտրվածքները նկարագրվում են էվտեկտիկ ձևի վիճակի դիագրամներով և էվտեկտիկայի ջերմաստիճանի ու բաղադրության բնութագրային փոփոխություններով: Ապացուցվել է, որ այս համակարգերի հիման վրա կարելի է մշակել բարձր էլեկտրահաղորդիչ և հրակայուն կերամիկաներ:

Նկ. 4.20 և նկ. 4.21- ում ներկայացված են $\text{MoSi}_2\text{-TiB}_2$ և $\text{WSi}_2\text{-TiC}$ համակարգերի պրլիջերմային կտրվածքները:



Նկ. 4.20. $\text{MoSi}_2\text{-TiB}_2$ համակարգի պրլիջերմային կտրվածքը



Նկ. 4.21. WSi₂-TiC համակարգի պոլիքրմային կտրվածքը

4.4. Սիլիցիումի երկսուլֆիդ, պղնձի օքսիդացած հանքանյութերից պղնձի սուլֆիդների ստացման առանձնահատկությունները

Պղնձի օքսիդացած և խառը հանքանյութերի փրփրաֆլոտացումով վերամշակման եղանակը հիմնված է պղնձի օքսիդացած միներալների նախնական մակերևույթային սուլֆիդացման գործընթացի վրա:

Ներկայումս արտադրության մեջ օգտագործվող սուլֆիդարարների ջրային լուծույթներն ունեն հիմնային ռեակցիա: Ապացուցված է, որ պղնձի կայուն սուլֆիդներ առաջանում են թթվայինից մինչև չեզոք միջավայրում: Սիլիցիումի սուլֆիդի կիրառման դեպքում առաջանում է թույլ թթվային միջավայր, որը նպաստում է պղնձի օքսիդացած միներալների մակերևույթին կայուն սուլֆիդային թաղանթների առաջացմանը: Սիլիցիումի սուլֆիդը նատրիումի սուլֆիդի հետ առաջացնում է նատրիումի թիոկոմպլիքս Na₂[SiS₃]:

Չեռագոտվել է սիլիցիումի սուլֆիդի և նատրիումի թիոկոմպլեքսի ու պղնձի օքսիդացած միներալների (ազուրիտ, մալախիտ, կուպրիտ, տենորիտ) փոխազդեցության ռեակցիաները: Ապացուցվել է ցածր ջերմաստիճաններում սիլիցիումի սուլֆիդի և նատրիումի թիոկոմպլեքսի բարձր ռեակցիոն ունակությունը, որը թույլ է տալիս աղացման գործընթացում իրականացնել պղնձի օքսիդացած միներալների մակերևույթների խորը սուլֆիդացում:

Պղնձի օքսիդացած միներալների սուլիդացման գործընթացի վրա ազդում են ջերմաստիճանը, տևողությունը, սուլիդարարի ծախսը, ինչպես նաև հանքանյութերի մանրացման աստիճանը: Գործընթացի տևողության և սուլիդարարի ծախսի ավելացումը բարձրացնում է օքսիդացած միներալների ազոլրիտի, կոլպրիտի, տենորիտի և մալախիտի սուլիդացման աստիճանը:

Պղնձի օքսիդացած միներալների սուլիդացման գործընթացի թերմոդինամիկական հիմնավորումը

Պղնձի օքսիդացած միներալների սուլիդացման գործընթացները կապված են բազմաթիվ օքսիդա-վերականգնման ռեակցիաների հետ: Այդ գործընթացները բավականին բարդ են: Հիմնական ռեակցիաների ընթանալու հավանականությունը պարզելու համար կատարվել է նախնական թերմոդինամիկական հաշվարկ: Այդ ռեակցիաների ընթանալու չափանիշը՝ հաստատուն ճնշման և ջերմաստիճանի պայմաններում, Գիբսի էներգիայի (ΔG) նվազումն է:

ΔG -ի հաշվարկները կատարվել է Տեմկին-Շվարցմանի մեթոդով [205-209], որի համար անհրաժեշտովյալները բերված են աղ. 4.7-ում:

Համեմատելի տվյալներ ստանալու համար հաշվարկները կատարվել են 1 մոլ սուլիդարարի համար: Ուսումնասիրվող ռեակցիաների ΔG° -ի համեմատությունը հնարավորություն կտա որոշելու մի ռեակցիայի առավելությունը մյուսի նկատմամբ:

Եթե դարձելի քիմիական ռեակցիաներն ընթանում են մինչև հավասարակշռություն, ապա մոլեկուլյար-ստատիկորեն դանշանակում է, որ ուղիղ և հետադարձ ռեակցիաների արագությունները հավասարվում են [205], իսկ թերմոդինամիկայի տեսանկյունից հավասարվում են բաղադրամասերի քիմիական պոտենցիալները.

Աղյուսակ 4.7

Ելանյութերի էնթալպիաների և էնտրոպիաների արժեքները

Տարրեր, միացություն	ΔH_{298}^0 կՋ/մոլ	ΔS_{298}^0 կՋ/մոլ·աստ	$T_{հալ},$ Կ	$T_{հոլ},$ Կ
CuO	155,64	42,68	1515	-

Cu ₂ O	170,53	93,09	-	-
Cu ₂ S	82,0	119,24	1403	-
CuS	50,62	66,52	-	-
Cu ₃ (OH) ₂ [CO ₃] ₂	1632,17	402,5	-	-
Cu ₂ (OH) ₂ [CO ₃]	1051,43	186,18	-	-
Na ₂ S	386,60	98,32	1223	-
SiS ₂	205,01	80,32	1363	1403
SiO ₂	905,41	43,51	1696	-
Na ₂ CO ₃	1130,76	138,78	1131	-
NaOH	426,35	64,43	593	1663
H ₂ O	285,82	69,95	-	373
CO ₂	393,50	213,67	-	-
SO ₂	296,89	248,06	-	-
Na ₂ SO ₃	1089,51	146,02	-	-

Ընթանում են հետևյալ ռեակցիաները .

- $2\text{CuO} + \text{SiS}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{CuS} + \text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O}$,
- $\text{CuO} + \text{Na}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} = \text{CuS} + 2\text{NaOH}$,
- $2\text{Cu}_2\text{O} + \text{SiS}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{Cu}_2\text{S} + \text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O}$,
- $\text{Cu}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} = \text{Cu}_2\text{S} + 2\text{NaOH}$,
- $3\text{CuO} + \text{SiS}_2 + \text{H}_2\text{O} = 3/2 \text{Cu}_2\text{S} + \text{SiO}_2 + 1/2 \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$,
- $3/2 \text{CuO} + \text{Na}_2\text{S} + 3/2\text{H}_2\text{O} = 3/4\text{Cu}_2\text{S} + 2\text{NaOH} + 1/4 \text{SO}_2 + 1/2 \text{H}_2\text{O}$,
- $2/3 \text{Cu}_3\text{OH}_2[\text{CO}_3]_2 + \text{SiS}_2 + 2/3\text{H}_2\text{O} = 2\text{CuS} + \text{SiO}_2 + 4/3\text{CO}_2 + 4/3 \text{H}_2\text{O}$,
- $1/3\text{Cu}_3\text{OH}_2[\text{CO}_3]_2 + \text{Na}_2\text{S} + 1/3\text{H}_2\text{O} = \text{CuS} + 2/3\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2/3 \text{NaOH} + 1/3 \text{H}_2\text{O}$,
- $1/2\text{Cu}_2\text{OH}_2[\text{CO}_3] + \text{Na}_2\text{S} + 1/2 \text{H}_2\text{O} = \text{CuS} + 1/2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{NaOH} + 1/2 \text{H}_2\text{O}$,
- $\text{Cu}_2\text{OH}_2[\text{CO}_3] + \text{SiS}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{CuS} + \text{SiO}_2 + \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$,
- $\text{Cu}_3\text{OH}_2[\text{CO}_3]_2 + \text{SiS}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2/3 \text{Cu}_2\text{S} + \text{SiO}_2 + 1/2 \text{SO}_2 + 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$,
- $1/2\text{Cu}_3\text{OH}_2[\text{CO}_3]_2 + \text{Na}_2\text{S} + 1/2\text{H}_2\text{O} = 3/4\text{Cu}_2\text{S} + 3/4\text{Na}_2\text{CO}_3 + 1/4\text{Na}_2\text{SO}_3 + 1/4\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$,
- $3/2\text{Cu}_2\text{OH}_2[\text{CO}_3] + \text{SiS}_2 + 1/2\text{H}_2\text{O} = 3/4\text{Cu}_2\text{S} + \text{SiO}_2 + 1/2 \text{SO}_2 + 3/2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$,
- $3/4 \text{Cu}_2\text{OH}_2[\text{CO}_3] + \text{Na}_2\text{S} + 1/4\text{H}_2\text{O} = 3/4\text{Cu}_2\text{S} + 2\text{NaOH} + 1/4 \text{SO}_2 + 3/4\text{CO}_2$

Ստորև բերված են հիմնական ռեակցիաները և թերմոդինամիկական հաշվարկների արդյունքները նկ. 4.22:

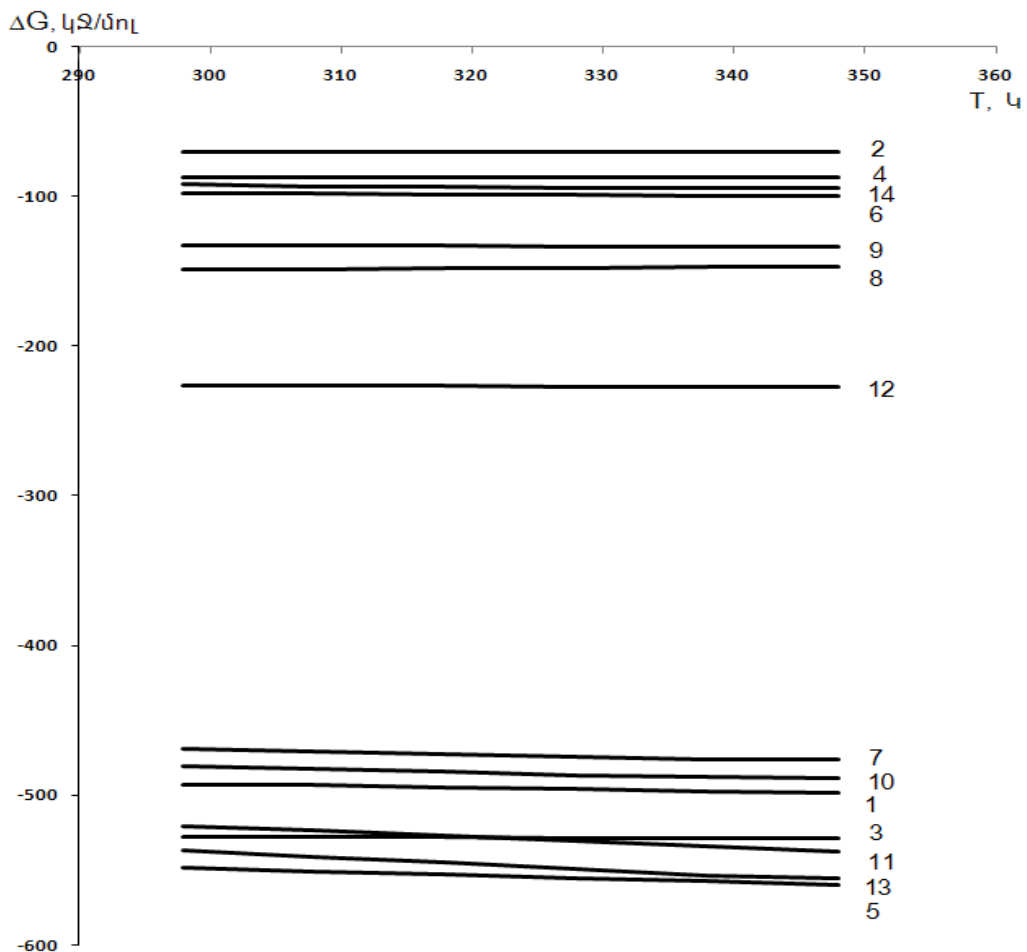
Այսպիսով, թերմոդինամիկական հաշվարկները ցույց են տալիս, որ թեղուտի հանքավայրի օքսիդացման գոտու պլանի միներալների սուլֆիդացման ռեակցիաները սիլիցիումի սուլֆիդով ունեն ընթանալու մեծ հավանականություն և նատրիումի սուլֆիդի

համեմատ: Փոխազդեցությունն ընթանում է ΔG –ի մեծ բացասական արժեքով, որը և հաստատում է սիլիցիումի սուլֆիդով պղնձի սուլֆիդների ստացման մեծ հնարավորությունը (նկ.4.22):

Պղնձի օքսիդացած հանքանյութերից պղնձի սուլֆիդի ստացումը մանրացման գործընթացում

Օքսիդացած պղնձային հանքանյութերի ΔG ստացման նախապատրաստման ամենաարդյունավետ մեթոդը սուլֆիդացումն է [211]: Մանրացման փուլում հեռանկարային տարբերակներից է սիլիցիումի սուլֆիդով կամ նատրիումի թիոկոմպլեքսով սուլֆիդացումը:

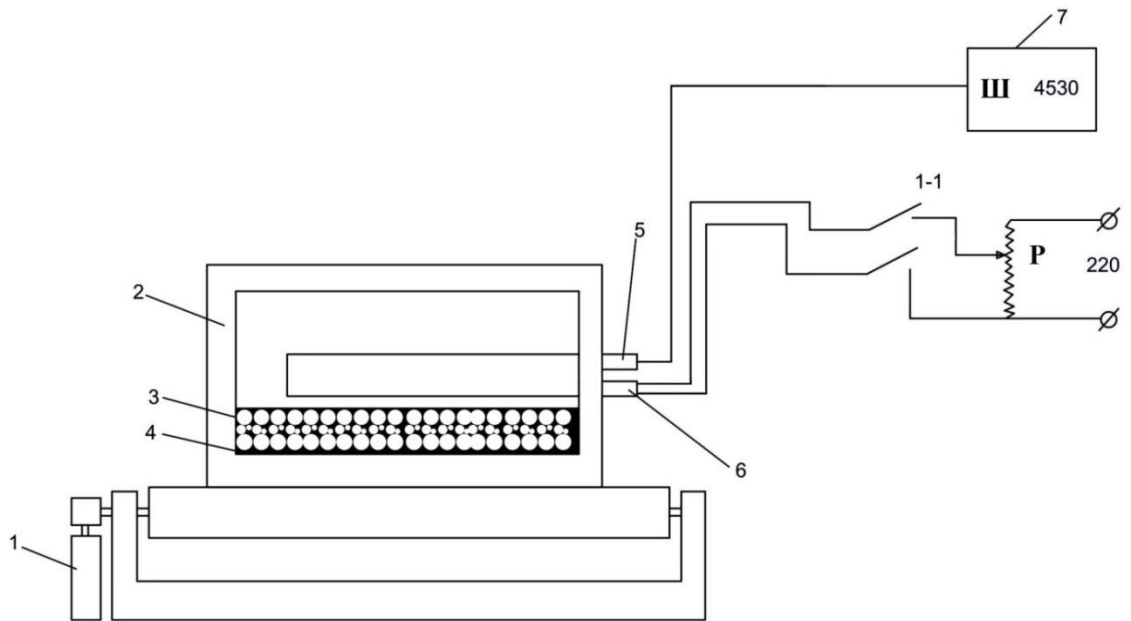
Նատրիումի թիոկոմպլեքսը պատրաստվել է հետևյալ կերպ. նատրիումի սուլֆիդի վրա ավելացվել է ստեխիոմետրիկ քանակի սիլիցիումի սուլֆիդ, այնուհետև այն տաքացվել է, ստացվել է համասեռ զանգված:



Նկ. 4.22. Գիբսի էներգիայի արժեքների կախվածությունը ջերմաստիճանից

Յետազոտվել են աղացում սուլֆիդացման գործընթացները: Կատարվել են հետազոտող ըթյուններ սուլֆիդացման գործընթացի ինտենսիվացման համար՝ մեխանիկական ակտիվացման միջոցով: Մեխանիկական ակտիվացման օգտագործումը հնարավորություն է տալիս բարձրացնել պինդ մարմինների ռեակցիոն ունակության բարձրացումն ի հաշիվ բյուրեղային կառուցվածքում արատների առաջացման և դիֆուզիայի գործընթացի արագացման: Պղնձի օքսիդացած միներալների սուլֆիդացումը սիլիցիումի սուլֆիդ կամ նատրիումի թիոկոմպլեքսով դանդաղում է միներալների մակերևույթին սուլֆիդային թաղանթների առաջացման հետևանքով: Այդ գործընթացում նկատվում է ներքին դիֆուզիայի դիմադրության աճ, քանի որ գործընթացը լիմիտավորվում է ռեազենտի (սիլիցիումի սուլֆիդ կամ նատրիումի թիոկոմպլեքսի) դիֆուզիայով առաջացած սուլֆիդի (Cu_2S) թաղանթի միջով: Մեխանիկական ակտիվացման կիրառումը (մանրացման գործընթաց), որի ընթացքում գոյանում են օքսիդացած միներալների թարմ մակերևույթներ սուլֆիդի շերտի հեռացման հետևանքով, հնարավորություն է տալիս ներքին դիֆուզիայի ռեժիմից անցնել կինետիկական ռեժիմի: Դրա հետևանքով գործընթացի արագությունը մեծանում է, և ավելանում է սուլֆիդացված պղնձի մասնաբաժինը: Այսպիսով, սուլֆիդացման ռեակցիայի արագությունը որոշվում է մակերևույթների առաջացման արագությամբ: Սուլֆիդացման գործընթացը տիպիկ պինդ ֆազային ռեակցիա է, որը սկսվում է միներալների հատիկների մանրացումով:

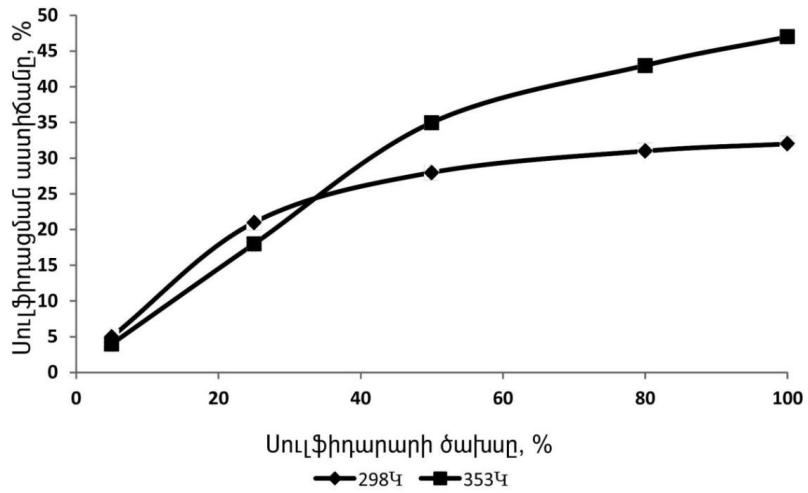
Պղնձի օքսիդացած միներալների սուլֆիդացման գործընթացի հետազոտությունները մանրացման ընթացքում, տաքացման պայմաններում, կատարվել է LE-101 տիպի լաբորատոր գնդաղացի բազայի վրա հատուկ մշակված սարքավորման միջոցով, որի սխեմատիկ պատկերը ներկայացված է նկ. 4.23-ում:



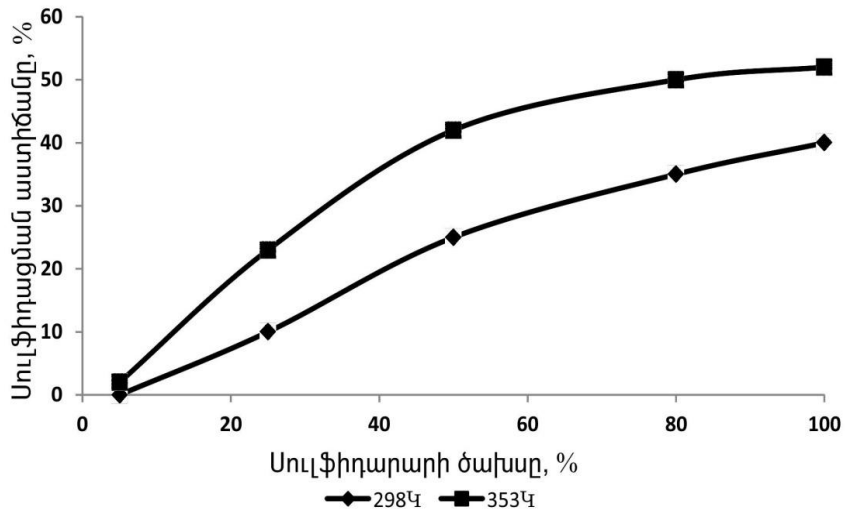
Նկ. 4.23. 1-էլեկտրոն շարժիչ, 2-պողպատյա թմբուկ, 3-պողպատյա գնդեր, 4-խոնս, 5-ջերմազույգ, 6-ջերմատաքացուցիչ, 7-ջերմաստիճանի կարգավորիչ

Սարքավորումը կազմված է հետևյալ հիմնական հանգույցներից. պողպատյա գնդիկավոր աղացման թմբուկից և ջերմաստիճանի կարգավորման ավտոմատ համակարգից: Աղացի թմբուկը պատրաստված է պողպատ 45-ից, իսկ գնդիկները՝ առանցքակալ ային պողպատից: Գնդիկավոր աղացի թմբուկը ներկայացնում է սնամեջ գլան՝ 130 մմ տրամագծով և 250 մմ բարձրությամբ: Գլանի կախարիչի կենտրոնում ամրացված է սնամեջ խողովակ տաքացուցիչի և ջերմազույգի տեղադրման համար: Գնդաղացի թմբուկի վերևի մասում տեղադրվում է կախարիչը, որն ապահովում է հերմետիկությունը: Գնդաղացի ջերմաստիճանը չափվում է ջերմազույգով և կարգավորվում է ավտոմատ կարգավորիչով (U4530), 298...353 Կ միջակայքում:

Մանրացման ժամանակ սուլֆիդացման գործընթացի ու սուլմնասիրությունները ցույց են տալիս, որ սիլիցիումի սուլֆիդի դեպքում, սուլֆիդարարի ծախսի և ջերմաստիճանի բարձրացման հետ՝ 298 և 353 Կ, ազուրիտի սուլֆիդացման աստիճանը բարձրանում է 32,0-ից մինչև 47,0% (Նկ.4.24): Նկ.4.25-ում ցույց է տրված, որ նատրիումի թիոկոմպլեքսի դեպքում սուլֆիդացման աստիճանը բարձրանում է 40,0-ից մինչև 52,0%, սուլֆիդարարների առավելագույն ծախսի դեպքում:



Նկ. 4.24. Ազոլ րիտի սուլֆիդացման աստիճանի կախվածությունը SiS_2 սուլֆիդարարի ծախսից

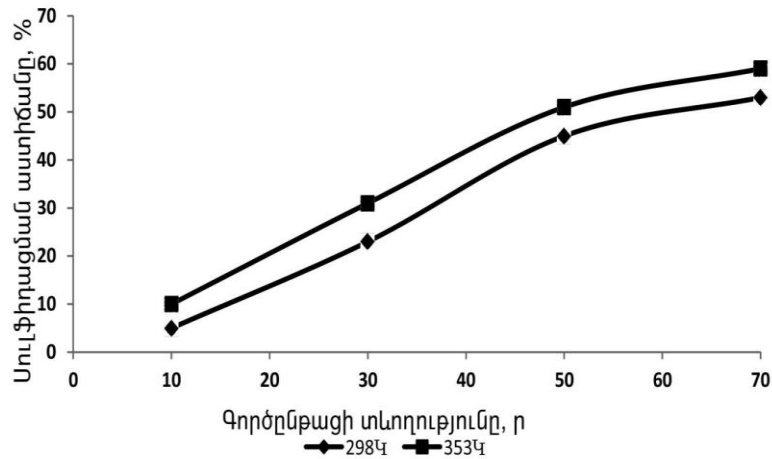


Նկ. 4.25. Ազոլ րիտի սուլֆիդացման աստիճանի կախվածությունը $\text{Na}_2[\text{SiS}_3]$ սուլֆիդարարի ծախսից

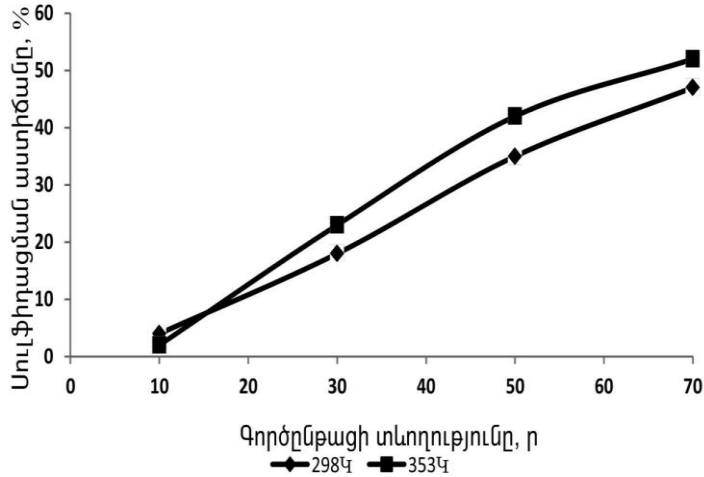
Ազոլ րիտի սուլֆիդացման աստիճանի կախվածությունը գործընթացի տևողությունից բերված է նկ. 4.26-ում և նկ. 4.27-ում: Սուլֆիդացման տևողության բարձրացման հետ, սուլֆիդարարի 100% ծախսի դեպքում, սուլֆիդացման գործընթացն ընթանում է հաստատուն, և սուլֆիդացման աստիճանն աճում է: Սա բացատրվում է պինդ մարմնի վրա ռեագենտների ընդհանուր ադսորբցիայի օրինաչափությամբ:

Գործընթացի տևողության և ջերմաստիճանի բարձրացման հետ՝ 298 և 353 Կ, նատրիումի թիոկոմպլեքսի դեպքում (նկ. 4.26) սուլֆիդացման աստիճանը բարձրանում է 53,0-ից մինչև 59,0%: Սիլիցիումի սուլֆիդի դեպքում (նկ. 4.27) սուլֆիդացման աստիճանը

բարձրանում է 47,0-ից մինչև 52,0%, սուլֆիդարարների առավելագույն ծախսի դեպքում:

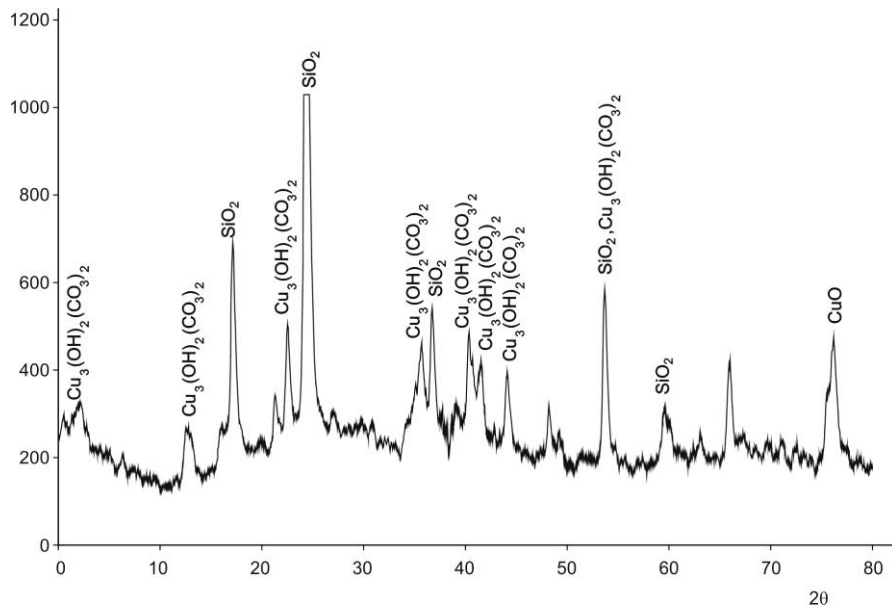


Նկ. 4.26. Ազոլրիտի սուլֆիդացման աստիճանի կախվածությունը գործընթացի տևողությունից՝ $\text{Na}_2[\text{SiS}_3]$ սուլֆիդարարի դեպքում

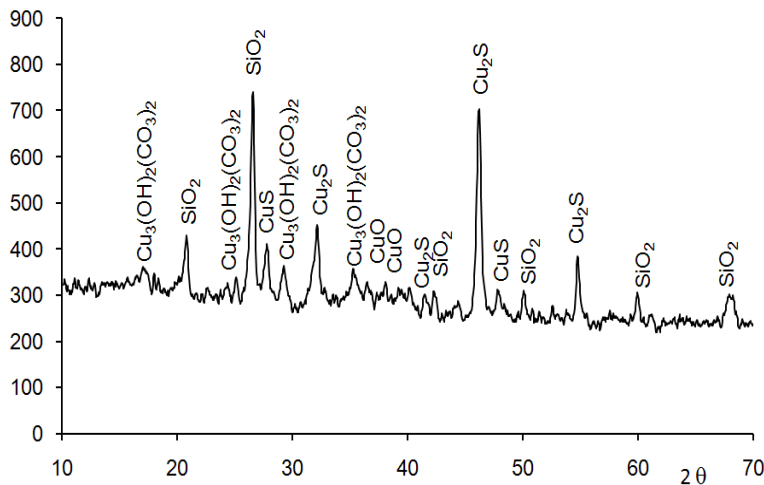


Նկ. 4.27. Ազոլրիտի սուլֆիդացման աստիճանի կախվածությունը գործընթացի տևողությունից՝ SiS_2 սուլֆիդարարի դեպքում

Նկ.4.28-ում ներկայացված է թեղուտի հանքավայրի ազոլրիտի ռենտգենագիրը՝ նախքան սուլֆիդացումը, երևում է, որ միևերալի գերակշռող մասն ազոլրիտ է, իսկ սուլֆիդացումից հետո, (Նկ. 4.29) երևում է, որ առաջանում է պղնձի սուլֆիդ (Cu₂S), որը հաստատվում է սուլֆիդացումից հետո ազոլրիտի պիկերի ինտենսիվության նվազմամբ, և հայտնվում են պղնձի սուլֆիդի պիկերը (Cu₂S): Նմուշները պատրաստվել են 343 Կ ջերմասիճանում և 70ր տևողությամբ պայմաններում:

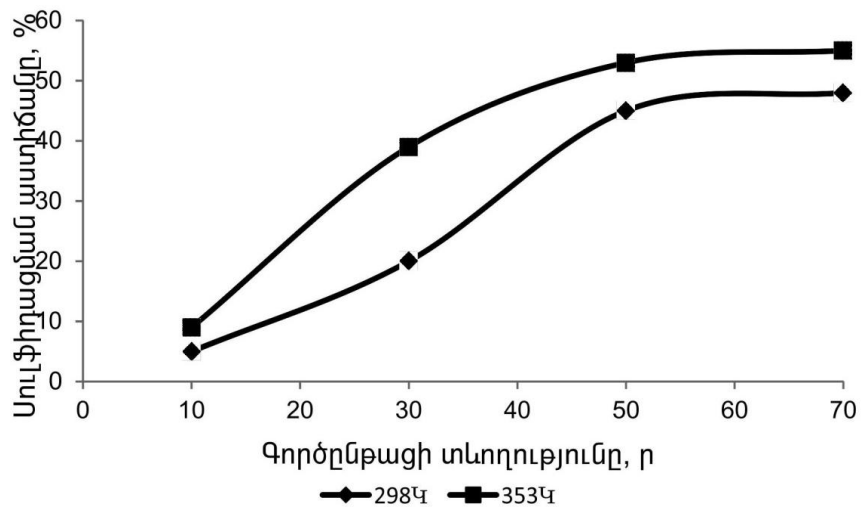


Նկ. 4.28. Ազոլ րիտի ռենտգենազիրը՝ նախքան սուլֆիդացումը

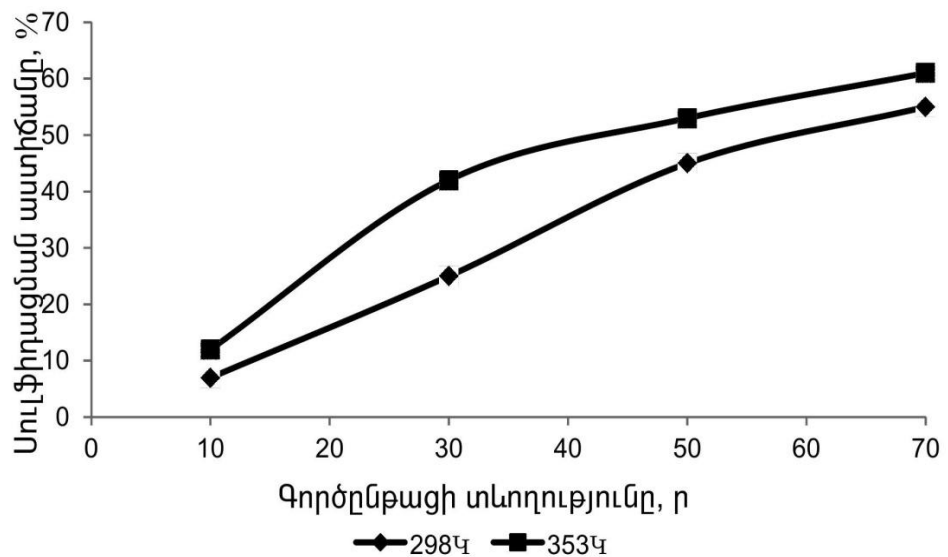


Նկ. 4.29. Ազոլ րիտի ռենտգենազիրը՝ սուլֆիդացումից հետո

Նկ. 4.30 -ում տրված է աղացում մանրացման ժամանակ կոլարիտի սուլֆիդացման աստիճանի կախվածությունը գործընթացի տևողությունից, սիլիցիումի սուլֆիդի դեպքում, ջերմաստիճանի բարձրացման հետ 298 և 353 Կ, կոլարիտի սուլֆիդացման աստիճանը բարձրանում է 48,0-ից մինչև 55,0%: Նկ. 4.31-ում տրված է, որ նատրիումի թիոկոմպլեքսի դեպքում սուլֆիդացման աստիճանը բարձրանում է 55,0-ից մինչև 61,0%, սուլֆիդարարների առավելագույն ծախսի դեպքում:



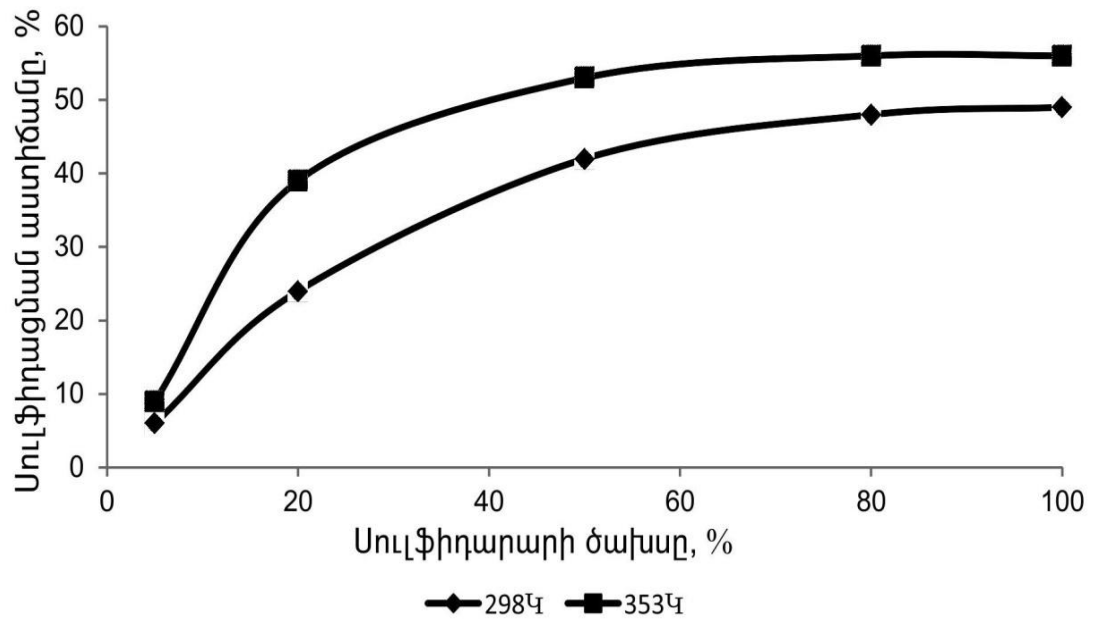
Նկ. 4.30. Կոլարիտի սուլֆիդացման աստիճանի կախվածությունը գործընթացի տևողությունից՝ SiS₂ սուլֆիդարարի դեպքում



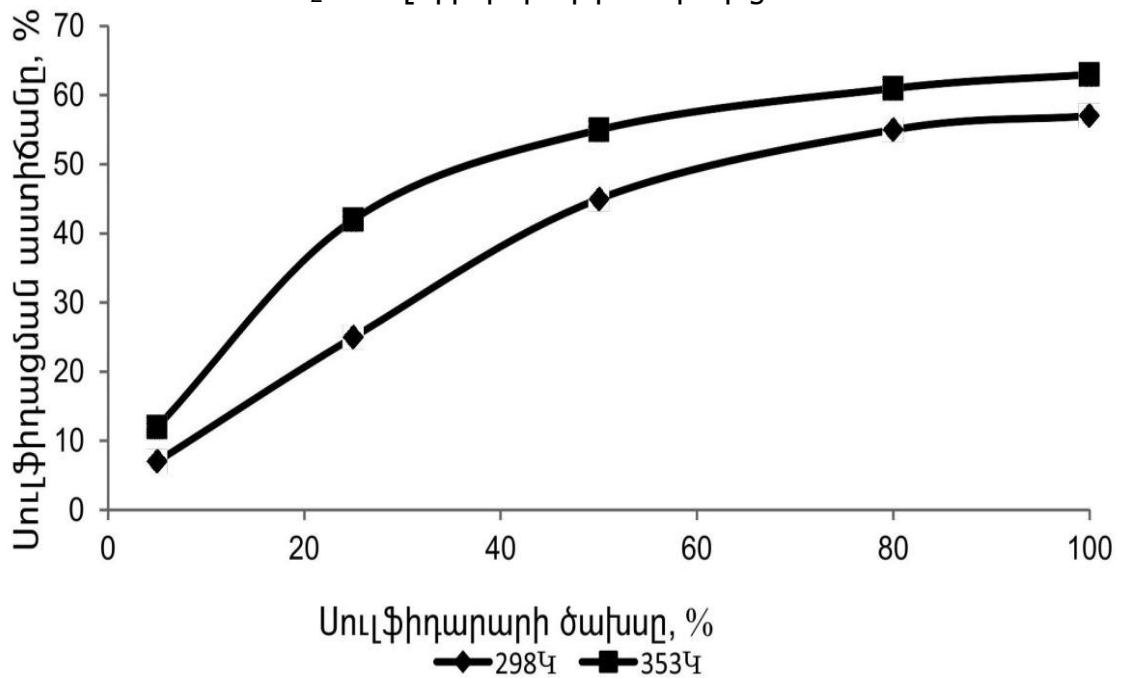
Նկ. 4.31. Կոլարիտի սուլֆիդացման աստիճանի կախվածությունը գործընթացի տևողությունից՝ Na₂[SiS₃] սուլֆիդարարի դեպքում

Նկ. 4.32-ում և նկ. 4.33-ում ներկայացված են թեղուտի հանքավայրի կոլարիտի սուլֆիդացման աստիճանի կախվածությունը սուլֆիդարարների SiS₂ և Na₂[SiS₃] ծախսից և ջերմաստիճանից:

Նկ. 4.32 –ից պարզվում է, որ սիլիցիումի սուլֆիդի դեպքում ջերմաստիճանի բարձրացման հետ՝ 298 և 353 Կ, կոլարիտի սուլֆիդացման աստիճանը բարձրանում է 49,0-ից մինչև 56,0%: Նատրիումի թիոկոմպլեքսի դեպքում (նկ. 4.33) սուլֆիդացման աստիճանը բարձրանում է 57,0-ից մինչև 63,0%, սուլֆիդարների առավելագույն ծախսի դեպքում:

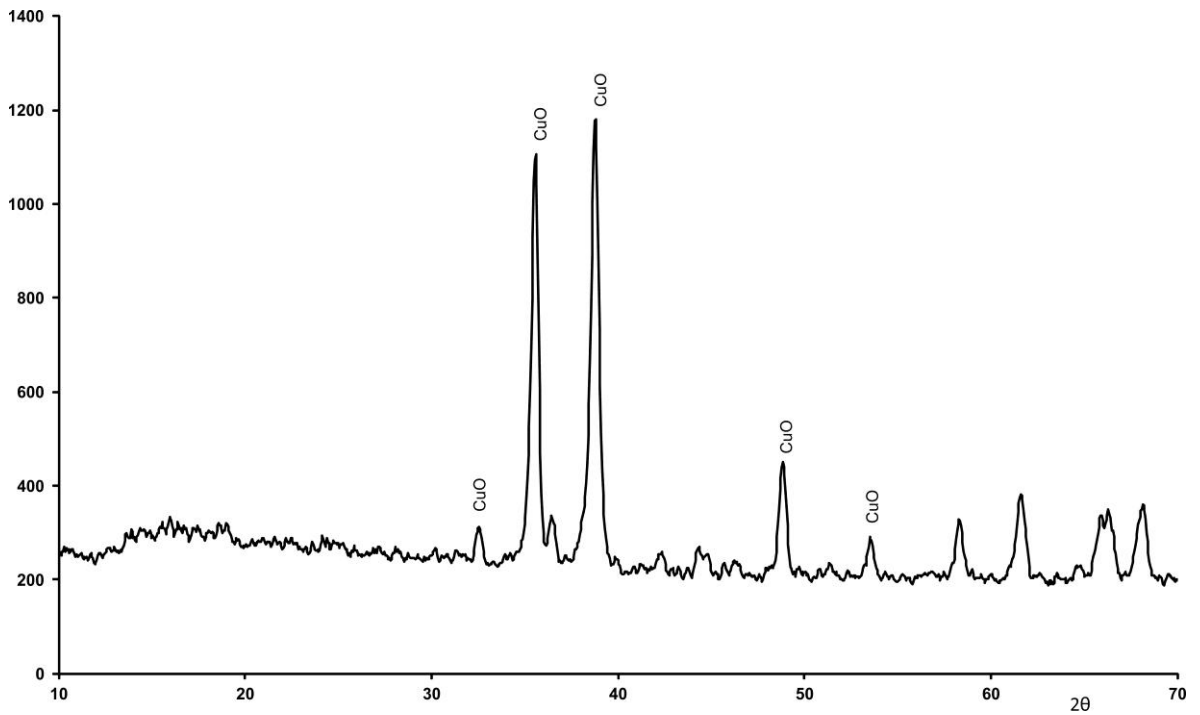


Նկ.4.32. Կոլ պրիտի սուլիդացման աստիճանի կախվածությունը SiS_2 սուլիդարարի ծախսից

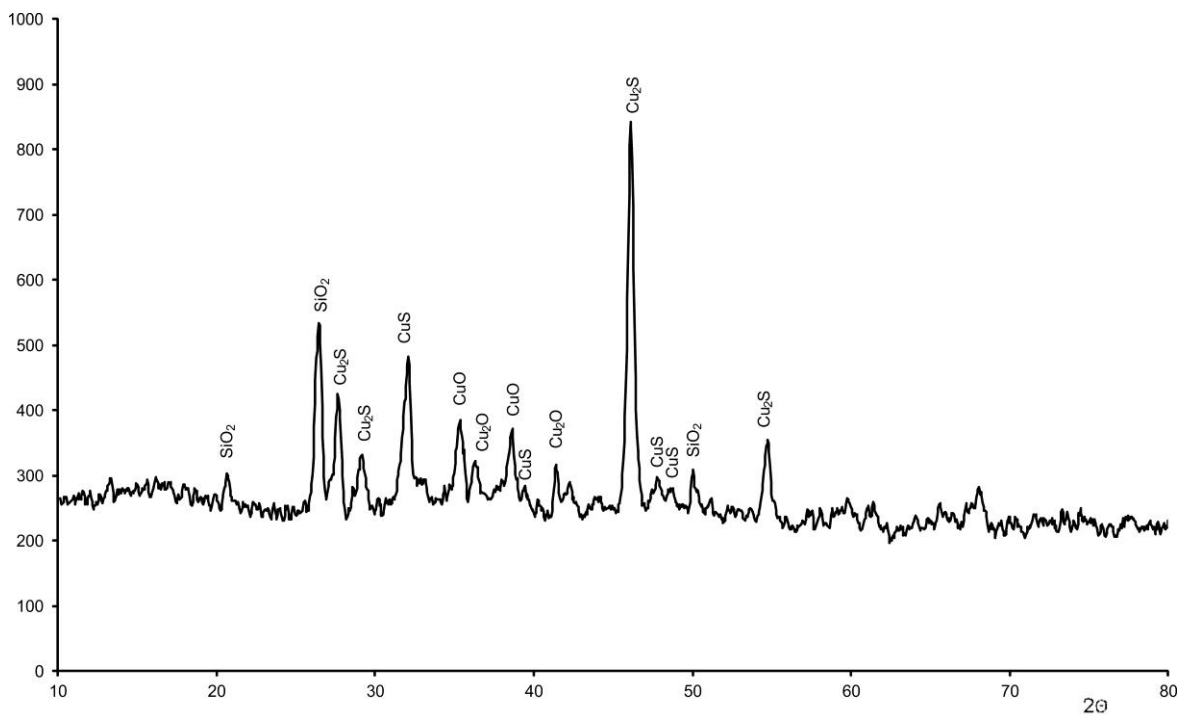


Նկ.4.33. Կոլ պրիտի սուլիդացման աստիճանի կախվածությունը $\text{Na}_2[\text{SiS}_3]$ սուլիդարարի ծախսից

Նկ. 4.34-ում ներկայացված է թեղուտի հանքավայրի տենորիտի ռենտգենագիրը՝ նախքան սուլիդացումը, որից երևում է, որ գերակշիռ մասը տենորիտ է, իսկ սուլիդացումից հետո (նկ.4.35) երևում է, որ առաջանում են պղնձի սուլիդներ՝ Cu_2S և CuS , որը հաստատվում է տենորիտի պիկերի ինտենսիվության նվազմամբ և հայտնվում են պղնձի սուլիդների պիկերը՝ Cu_2S և CuS :



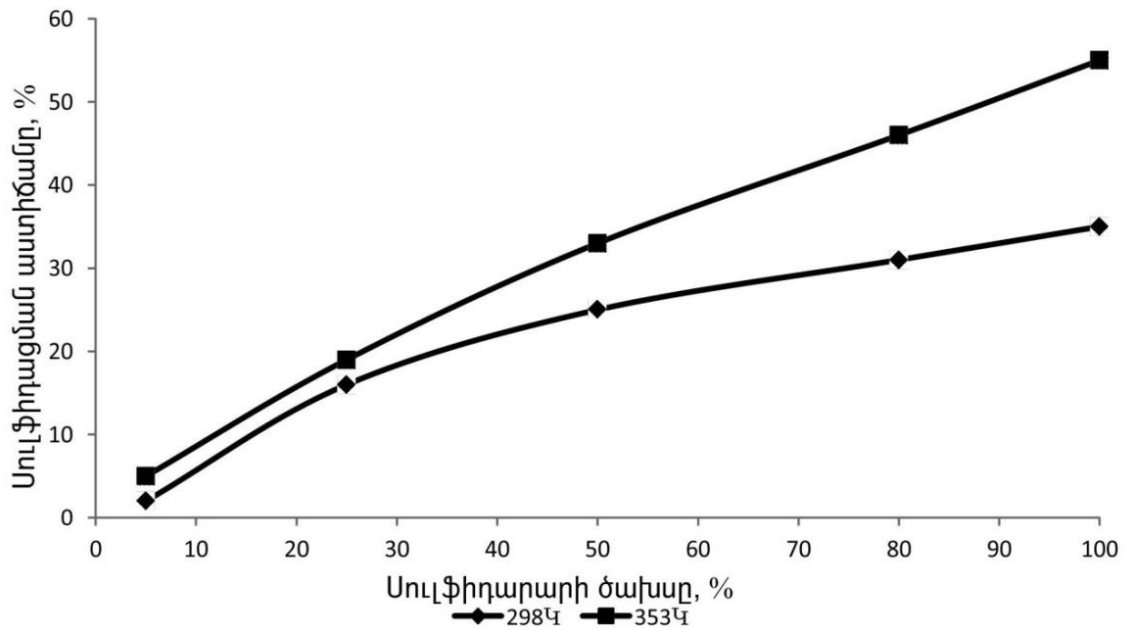
Նկ. 4.34. Տենորիտի ռենտգենագիրը՝ նախքան սուլֆիդացումը



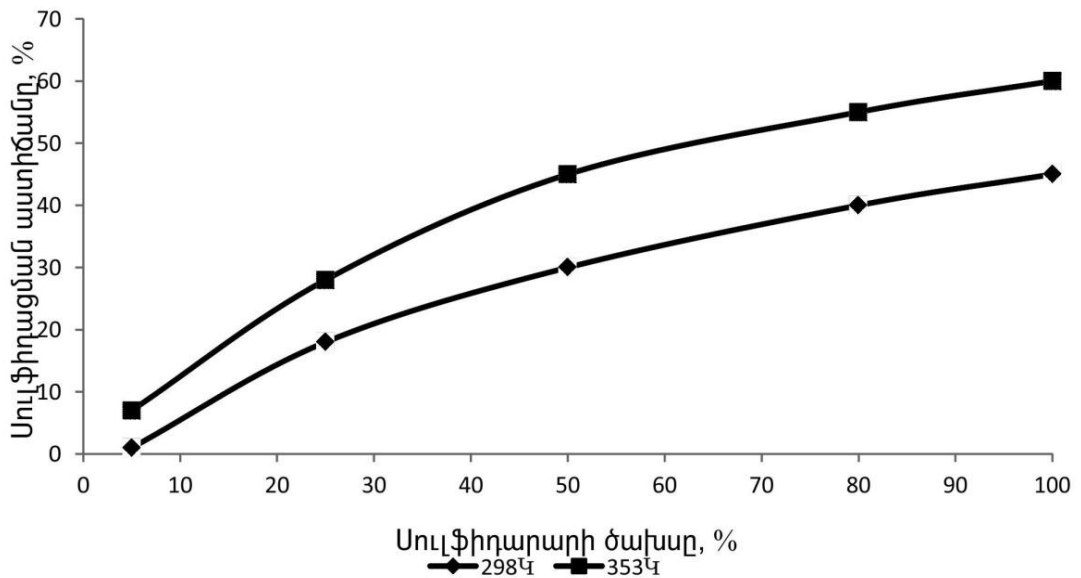
Նկ. 4.35. Տենորիտի ռենտգենագիրը սուլֆիդացումից հետո

Նկ.4.36-ում ներկայացված է, որ մալախիտի սուլֆիդացման աստիճանը բարձրանում է, սիլիցիումի սուլֆիդի դեպքում ջերմաստիճանի բարձրացման հետ՝ 298 և 353 Կ և կազմում է համապատասխանաբար 35,0 և 55,0%: Նատրիումի թիոկոմպլեքսի դեպքում (նկ. 4.37) սուլֆիդացման աստիճանը բարձրանում է 38,0-ից

մինչև 60,0%, սուլֆիդարարների առավելագույն ծախսի դեպքում:



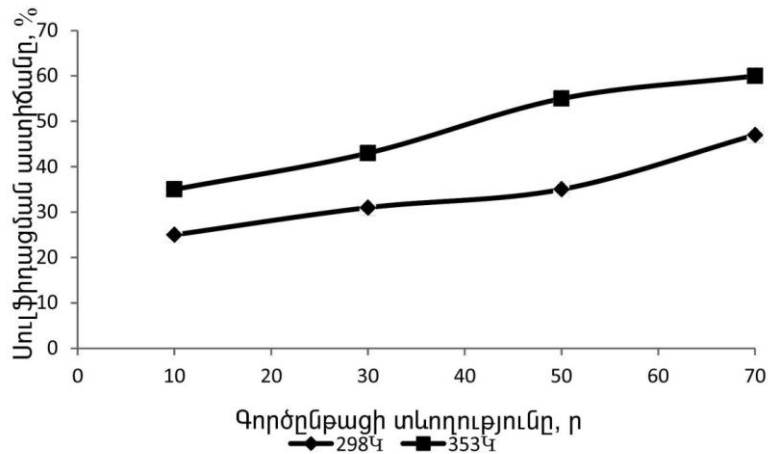
Նկ. 4.36. Մալ ախտի սուլֆիդացման աստիճանի կախվածությունը SiS₂ սուլֆիդարարի ծախսից



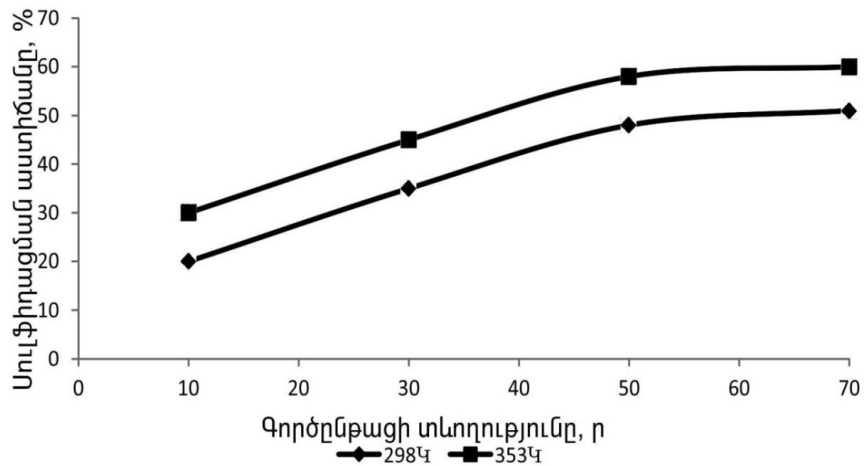
Նկ. 4.37. Մալ ախտի սուլֆիդացման աստիճանի կախվածությունը Na₂[SiS₃] սուլֆիդարարի ծախսից

Նկ. 4.38-ից երևում է, որ մալ ախտի սուլֆիդացման տևողության բարձրացման հետ, նատրիումի թիոկոմալ եկսի 100% ծախսի դեպքում, ջերմաստիճանի բարձրացման հետ 298-ից 353Կ, սուլֆիդացման գործընթացն ընթանում է հաստատուն և սուլֆիդացման աստիճանն աճում է 47,0%-ից մինչև 61,0%: Նկ. 4.39-ից երևում է. որ սիլիցիումի

սուլֆիդի դեպքում՝ սուլֆիդացման աստիճանը աճում է 51,0-ից մինչև 60,0%:



Նկ. 4.38. Մալ ախտի սուլֆիդացման աստիճանի կախվածությունը գործընթացի տևողությունից՝ $\text{Na}_2[\text{SiS}_3]$ սուլֆիդարարի դեպքում



Նկ. 4.39. Մալ ախտի սուլֆիդացման աստիճանի կախվածությունը գործընթացի տևողությունից՝ SiS_2 սուլֆիդարարի դեպքում

Վերլուծելով օքսիդացած միներալների սուլֆիդացման աստիճանի կախվածության գրաֆիկական պատկերները, կարելի է եզրակացնել, որ օքսիդացած միներալների սուլֆիդացման գործընթացի վրա ազդում են սուլֆիդացման տևողությունը, ջերմաստիճանը, սուլֆիդարարի ծախսը, ինչպես նաև հանքանյութերի մանրույթան աստիճանը: Գործընթացի տևողության և սուլֆիդարարի ծախսի ավելացումը բարձրացնում է օքսիդացած միներալների՝ ազոլիտի, կոլարիտի, տենորիտի և մալ ախտի սուլֆիդացման աստիճանը: Սուլֆիդացման աստիճանը ուղիղ համեմատական է սուլֆիդարարի ծախսին: Սիլիցիումի սուլֆիդ և

Նատրիումի թիոկոմպլեքսի բարձր ռեակցիոն ընդունակություները հնարավորություն է տալիս աղացում իրականացնել պլանձի օքսիդացած միներալների սուլֆիդացումը ցածր ջերմաստիճանում՝ 300...353Կ:

Մոնոմիներալների սուլֆիդացման հետազոտությունները հնարավորություն տվեցին պարզելու սուլֆիդացման միևնույն պայմաններում մոնոմիներալների վարքը: Ապացուցվել է, որ սուլֆիդացման նույն պայմաններում սուլֆիդանում են բոլոր վերոհիշյալ միներալները:

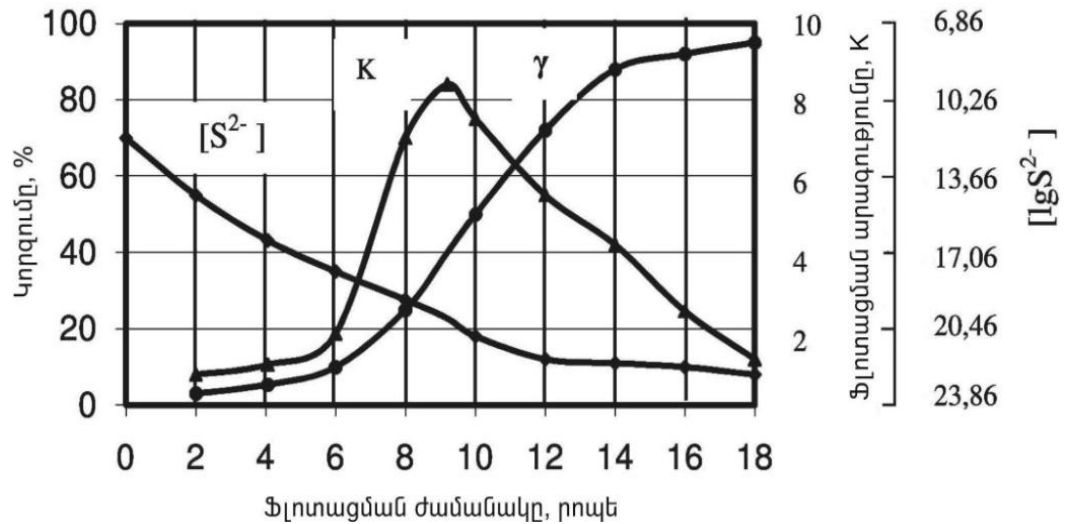
Հետազոտվել է նաև սուլֆիդացված մալախիտի Cu_2S -ի ֆլուտացիան: Նկ. 4.40-ում ներկայացված է սուլֆիդացված մալախիտի Cu_2S -ի ֆլուտացման դեպքում կորզման աստիճանի կախվածությունը սուլֆիդային իոնների կոնցենտրացիայից $[\text{S}^{2-}]$, Cu_2S -ի ֆլուտացման արագությունից K և տևողությունից:

Ուսումնասիրություններից պարզվել է, որ օպտիմալ պայմանների դեպքում տարբեր միներալների համար պահանջվող սուլֆիդային իոնների կոնցենտրացիան տարբեր է, և միներալներն ունեն տարբեր սուլֆիդացման արագություն:

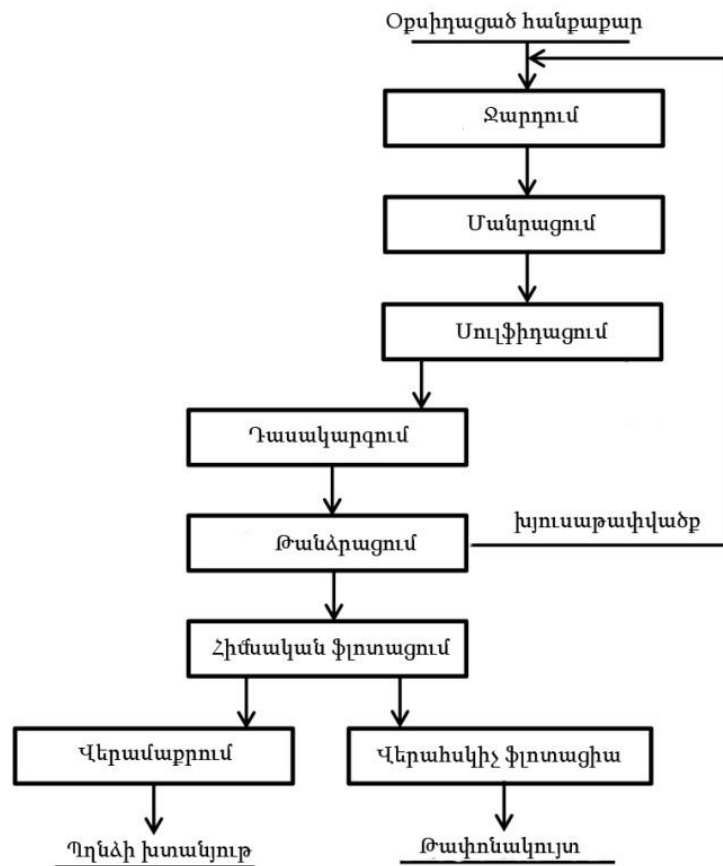
Սիլիցիումի սուլֆիդի SiS_2 -ի առավելությունը, գոյություն ունեցող տարածված սուլֆիդների համեմատ, այն է, որ ջրային միջավայրում չի առաջացնում հիմնային միջավայր, իսկ մնացած բոլորն առաջացնում են հիմնային ռեակցիա (Na_2S , Na_2S_n , BaS , CaS , $(\text{NH}_4)_2\text{S}$, $(\text{NH}_4)_2\text{S}_n$ և այլն), և սուլֆիդային թաղանթներն առաջանում են հիմնային միջավայրում, որտեղ սուլֆիդներն անկայուն են և հեշտ քայքայվում են Cu_2S -ի ֆլուտացման գործընթացում: Հիդրոջերմային սուլֆիդացման գործընթացը, նոր պինդ ֆազի առաջացմամբ, սովորաբար դժվարանում է նրանով, որ պինդ նորագոյացությունները դժվարացնում են ռեակտանտի մուտքը դեպի միջուկի ներսը: Ռեակցիայի արագությունը սահմանափակվում է դիֆուզիոն գործընթացներով: Նմանատիպ փոխազդեցությունների անցկացման ժամանակ մանրացումը հնարավորություն է տալիս մշտապես թարմացնել հանքանյութի մակերևույթը, որը թույլ է տալիս ռեակցիայի արգասիքների առանձնացումը նոր պինդ ֆազի առաջացումով:

Նկ.4.41. –ում ներկայացված է օքսիդացած և խառը պղնձային հանքաքարերի վերամշակման սխեման, որը պարզեցված է, քանի որ բոլոր մնացած գործողությունները մնում են բազային, այսինքն չեն փոխվում: Տեխնոլոգիական սխեման առավելագույնս հարմարեցված է գործող հանքահարստացման ձեռնարկությունների տեխնոլոգիաներին, ավելացվել է միայն աղացում սուլֆիդացման գործընթացը:

Սարքավորումները նույնպես չեն փոխվում մնում են նույնը:

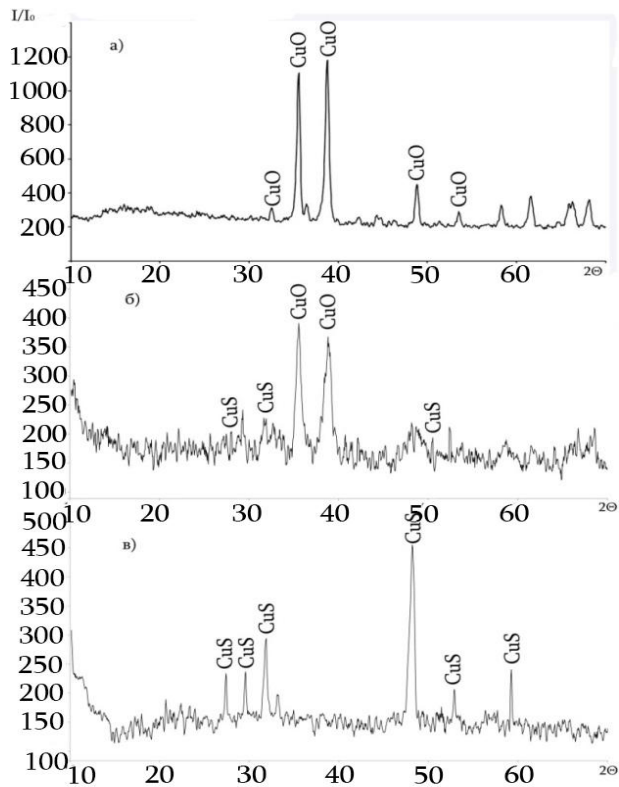


Նկ. 4.40. Սուլֆիդացված մալ ախտի ֆլոտացիայի կխվածությունը սուլֆիդային իոնների կոնցենտրացիայից [S²⁻], ֆլոտացման արագությունը և ից K, կորզման ահճանից γ:



Նկ . 4.41. Բազմամետաղային օքսիդացած հանքաքարերի վերամշակման սխեման

Նկ . 4.42-ում պատկերված են ա) տենորիտի, բ) տենորիտ-նատրիումի սուլֆիդ, խառնուրդից 60ր մեխանաբիմիական մշակումով սինթեզված, գ)տենորիտ-նատրիումի սուլֆիդ խառնուրդից 60ր մեխանաբիմիական մշակումով և pH-ը 5-6-ի դեպքում սինթեզված նմուշների ռենտգենագրերը:



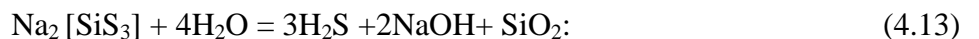
Նկ . 4.42. ա) տենորիտ, բ) տենորիտ- նատրիումի սուլֆիդի խառնուրդից սինթեզված 60ր մեխանաքիմիական մշակու մից հետո , գ) տենորիտ- նատրիումի սուլֆիդի խառնուրդից 60ր մեխանաքիմիական մշակումով, pH-ը 5-6-ի դեպքում սինթեզված նմուշների ռենտգենագրերը

Պղնձի միներալների սուլֆիդացումը կապված է սուլֆիդարարների հիդրոլիզից: Սիլիցիումի սուլֆիդը SiS_2 -ը հիդրոլիզվում է առաջացնելով մետասիլիցիումային թթու .



որը հիմնային ռեակցիա չունի:

Նատրիումի թիոկոմալեքսի դեպքում հիդրոլիզն ընթանում է հետևյալ հավասարումով.



Առաջացած նատրիումի հիդրօքսիդը միանալով մետասիլիցիումային թթվի հետ,

առաջացնում է մետասիլիկատնատրիում:

Ջերմաստիճանի բարձրացումը նպաստում է հիդրոլիզի ինտենսիվացմանը:

Առաջացած S^{2-} -ի իոնները, $\text{pH} \leq 7$ դեպքում փոխազդելով պղնձի օքսիդների հետ, առաջացնում են պղնձի սուլֆիդներ:

Ի տարբերություն SiS_2 -ի և $\text{Na}_2[\text{SiS}_3]$ -ի՝ մնացած օգտագործվող սուլֆիդարարների ջրային լուծույթներն ունեն ուժեղ հիմնային ռեակցիա՝ հիդրոլիզի հետևանքով: Օրինակ, Na_2S -ի դեպքում առաջին փուլը և ընթանում է հետևյալ ռեակցիայով.



Հիդրոլիզի հաջորդ փուլը սովորական պայմաններում շատ դանդաղ է ընթանում: 0,1 նորմալ անոց NaHS -ի լուծույթը 25°C ջերմաստիճանում հիդրոլիզվում է միայն 0,12% -ով [213]:

Ամոնիումի սուլֆիդը կայուն է 15°C -ից ցածր ջերմաստիճաններում, իսկ այդ ջերմաստիճաններից բարձրի դեպքում քայքայվում է.



$(\text{NH}_4)_2\text{S}$ -ը ջրում հիդրոլիզվում է և ունի հիմնային ռեակցիա, մեկ մոլ լուծույթի pH-ը հավասար է 9,3



CaS -ը և BaS -ը նույնպես ջրում հիդրոլիզվում են և ունեն հիմնային ռեակցիա.



Ուսումնասիրությունների արդյունքներով պարզվել է, որ նատրիումի թիոկոմալեքսով պղնձի օքսիդացած միներալների սուլֆիդացումն ընթանում է ավելի ակտիվ, քան սիլիցիումի սուլֆիդով:

Հետազոտման արդյունքներից և տեխնոլոգիական նկատառումներից ելնելով՝ որոշվել են պղնձի օքսիդացած միներալների սուլֆիդացման օպտիմալ պայմանները, որոնք ապահովում է 63% սուլֆիդացման աստիճան, գործընթացի տևողությունը՝ 70ր, ջերմաստիճանը՝ 343°C , սուլֆիդարարի ծախսը՝ 100%, ելնելով օքսիդացած պղնձի զանգվածից:

ԵՃՐԱԿԱՏՈՒ ԹՅՈՒՆՆԵՐ

1. Առաջին անգամ մոլիբդենիտային խտանյուն թերի համալիր վերամշակմամբ

մշակվել և առաջարկվել է բարձր մաքրության և դիսպերսության մոլիբդենի երկսուլֆիդի և միաժամանակ ազոտաթթվային լուծույթներից բարձր մաքրության ամոնիումի մոլիբդատի և քացախաթթվական կապարի լուծույթներից, հատուկ մաքրության և ստեխիոմետրական բաղադրության կապարի մոլիբդատի ստացման տեխնոլոգիան: Կապարի մոլիբդատի մոնոբյուրեղներ ստանալու նպատակով լուծույթների մաքրումը կատարվել է լյուսոգալիոնի և ակտիվացված ածխի կիրառմամբ: Ցույց է տրվել, որ մոլիբդենիտային խտանյութերի մեջ գտնվող խառնուրդների մաքրման համար անհրաժեշտ պայման է միներալների մակերևույթների մաքրումը ֆլոտագոդանյութերից:

2. Համալիր հետազոտությունների հիման վրա մշակվել է մոլիբդենի սուլֆիդային խտանյութերից վառարանային և ԲԻՍ մեթոդներով մոլիբդենի երկսիլիցիդի ստացման տեխնոլոգիան, բարձր ջերմաստիճանային տաքացուցիչների արտադրության և լեգիրող նյութերի ստացման նպատակով: Բացահայտվել է MoS_2 – Si համակարգերում ընթացող ռեակցիաների մեխանիզմը, կինետիկան, ստացված արգասիքների ֆազային բաղադրությունը: Կատարված ուսումնասիրությունների արդյունքում բացահայտվել է MoS_2 -ից մոլիբդենի և ծծմբի սիլիցիդների (MoSi_2 , SiS_2) առաջացման գործընթացի մեխանիզմը: Ցույց է տրվել, որ մոլիբդենի երկսիլիցիդի ստացման մեխանիզմը բազմափուլ է, մոլիբդենի երկսուլֆիդը վերականգնվում է մինչև մետաղ և այնուհետև կատարվում է մոլիբդենի ու սիլիցիումի փոխազդեցությունը:

3. Առաջին անգամ մշակվել է պղնձի օքսիդացած միներալների մակերևութային խորը սուլֆիդացման և ֆլոտացման տեսական և տեխնոլոգիական հիմունքները, որը պարունակում է ազուրիտի, մալախիտի, կուպրիտի և տենորիտի սիլիցիումի սուլֆիդ (SiS_2) և նատրիումի թիոկոմպլեքսով (SiS_2 -ի և Na_2S -ի միացություն) մշակումը աղացման գործընթացում: Բացահայտվել է պղնձի օքսիդացած միներալների նատրիումի թիոկոմպլեքսով սուլֆիդացման ռեակցիաների կինետիկան և մեխանիզմը: Որոշվել է աղացման գործընթացում պղնձի օքսիդացած միներալների

սուղ ֆիդացման և ֆլոտացման օպտիմալ պայմանները, որը ապահովում է ~ 63% սուղ ֆիդացման աստիճան:

5. ՄՈԼԻԲԴԵՆԻ ՍՈՒԼՖԻԴՅԻՆ ԽՏԱՆՅՈՒԹԵՐԻՑ ՍՏՍՑԿԱԾ ՔԻՄԻԱԿԱՆ ՄԻԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ՝ ԿԱԼՏԻՈՒՄԻ ՄՈԼԻԲԴԱՏԻ ԵՎ ՄՈԼԻԲԴԵՆԻ ԵՐԿՍԻԼԻՑԻԴԻ, ՈՐՊԵՍ ԼԵԳԻՐՈՂ ՆՅՈՒԹԵՐԻ ՍՏՍՑՄԱՆ ՏԵՍԱԿԱՆ ԵՎ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ՀԻՄՈՒՆՔՆԵՐԸ

5.1. Կալցիումի մոլիբդատի հատկավորման տեխնոլոգիայի մշակումը և հատկավորված կալցիումի մոլիբդատի հատկությունների հետազոտումը

Մոլիբդեն պարունակող պողպատների արտադրությունում որպես լիգատուրա, ֆերոմոլիբդենից բացի, օգտագործվում է նաև կալցիումի մոլիբդատը որի ստացման հիդրոմետալուրգիական գործընթացը, սկսած հանքանյութերից, ավելի հեշտ է և էժան քան ֆերոմոլիբդենինը: Կալցիումի մոլիբդատի արտադրության համար կարելի է օգտագործել նույնիսկ բոլոր տեսակի սուղ ֆիդային կիսաարտադրանքներ: Չնայած այդ առավելություններին կալցիումի մոլիբդատի փոշին համարվում է ոչ տեխնոլոգիական նյութ և ունի սահմանափակ կիրառություն ու մոլիբդենի յուրացման ցածր աստիճան (մոտավոր 80%): Մոլիբդենի յուրացման աստիճանը բարձրացնելու նպատակով ուսումնասիրվել է կալցիումի մոլիբդատից նոր լիգատուրայի ստացման գործընթացը: Նոր լիգատուրան ստացվում է 10% բենտոնիտային կավի խառնուրդով, հատկավորման միջոցով: Հատկավորված կալցիումի մոլիբդատի առավելությունը կայանում է նրանում, որ մետաղի լեգիրման ժամանակ բացառվում է փոշեգոյացումը, ավելանում է խտությունը և ջերմհաղորդականությունը, բարելավվում է հալման ու լեգիրման պայմանները, դրանց հետ կապված մեծանում է մոլիբդենի յուրացման աստիճանը:

Հատկավորված նյութը պետք է ունենա կալցիումի մոլիբդատի բավարար հարուստ պարունակություն և չպետք է պարունակի ավելորդ խառնուրդներ (ծծումբ, ֆոսֆոր, արսեն, պղինձ, կապար և այլն): Սա ունի հատուկ նշանակություն մոլիբդեն պարունակող լեգերացված պողպատների արտադրությունում:

Կապակցող նյութը պետք է ունենա հետևյալ հատկությունները՝

1. չ ու ն ե ն ա հ ալ մ ան բ ար ձ ր ջ եր մ աս տի ճ ան ,
2. կ ալ ց ի ու մ ի մ ու լ ի բ դ ատի հ ատի կ ն եր ի լ ալ թ ր ջ ե լ ի ու թ յ ու ն ,
3. մ ան ր ա գ մ ան բ ար ձ ր ա ս տի ճ ան և կ ու լ ո ի դ այ ի ն բ ն ու յ թ ,
4. ա մ ր ու թ յ ան ա վ ե լ ա գ ու մ և հ ատի կ ա վ ո Ր վ ա ծ կ ալ ց ի ու մ ի մ ու լ ի բ դ ատի

հ ամ ե մ ատ ա կ ան բ ար ձ ր խ տ ու թ յ ու ն ,

5. չ ք այ ք այ ե լ կ ալ ց ի ու մ ի մ ու լ ի բ դ ատը մ ի ն չ և պ ող պ ատ ա հ ալ մ ան ջ եր մ աս տի ճ ան ը ,

6. տ ա ք ա գ մ ան ժ ամ ան ա կ ջ Ր ի ան ջ ա տ մ ան հ ատ կ ու թ յ ու ն ,

7. ս պ աս ար կ ող ան ձ ն ա կ ա գ մ ի վ ր ա թ ու ն ա վ ո Ր ա գ դ ե ց ու թ յ ու ն և չ ու ն ե ն ալ ը :

Կ ալ ց ի ու մ ի մ ու լ ի բ դ ատի հ ատի կ ա վ ո Ր մ ան հ ամ ար փ ո Ր ձ ար կ վ ե լ Է տ ար բ եր կ ա պ ա կ ց ող ն յ ու թ եր՝ հ ե ու կ ա պ ա կ ի , բ ե ն տ ո ն ի տ , պ ո Ր տ լ ան դ ց ե մ ե ն տ , կ ի Ր , դ ու լ ո մ ի տ , կ Ր ա ք ար այ ի ն լ ու ծ ու յ թ , ս ո դ ա , տ ար բ եր կ ա ու չ ու կ ն եր , տ ար բ եր օ Ր գ ան ա կ ան կ ա պ ա կ ց ող ն յ ու թ եր :

Չ ե տ ա գ ո տ ու թ յ ու ն ն եր ը ց ու յ ց ե ն տ վ ե լ , ո Ր կ ա պ ա կ ց ող ն յ ու թ եր ի բ ն ու թ ա գ Ր այ ի ն հ ատ կ ու թ յ ու ն ն եր ի ց ե լ ն ե լ ո վ , օ Ր ի ն ա կ , դ ի ս պ եր ս այ ն ու թ յ ու ն , խ ո ն ա վ ա ց ն ե լ ու ժ ամ ան ա կ փ ք վ ե լ ու հ ատ կ ու թ յ ու ն , ի ո ն ա փ ո խ ան ա կ ու թ յ ան ու ն ա կ ու թ յ ու ն , տ ա ք ա գ մ ան ժ ամ ան ա կ խ ո ն ա վ ու թ յ ան ան ջ ա տ մ ան հ ատ կ ու թ յ ու ն , ո Ր ը կ ան խ ու մ Է բ Ր ի կ ե տ ն եր ի կ ամ հ ատի կ ն եր ի ճ ա ք ա գ ո յ ա ց ու մ ը , ի ն չ ա ք ս ն ա ն տ ն տ ե ս ա կ ան ն կ ա տ ա ռ ու մ ն եր ո վ և բ ու Ր ո Ր պ ա հ ան ջ վ ող պ ա հ ան ջ ն եր ո վ ը ն տ Ր վ ե լ Է կ ալ ց ի ու մ ի մ ու լ ի բ դ ատի փ ո շ ու ն ո Ր ա ք ս կ ա պ ա կ ց ող ն յ ու թ բ ե ն տ ո ն ի տ այ ի ն կ ա վ եր ը :

Կ ալ ց ի ու մ ի մ ու լ ի բ դ ատի բ ն ու թ ա գ Ր եր ը : Բ ան ա ձ և ը $CaMoO_4 \cdot (0,5...1)H_2O$, մ ու լ յ ար գ ան գ վ ա ծ ը 200,018 գ /մ ու լ : Կ ալ ց ի ու մ ի մ ու լ ի բ դ ատի \$ Ֆ ի գ ի կ ա – ք ի մ ի ա կ ան ց ու ց ան ի շ ն եր ը տ Ր վ ա ծ ե ն ա ղ յ ու ն ս ա կ 5. 1- ու մ ը ս տ OCT 48-16-80:

Ա ղ յ ու ն ս ա կ 5.1

Կ ալ ց ի ու մ ի մ ու լ ի բ դ ատի \$ Ֆ ի գ ի կ ա-ք ի մ ի ա կ ան ց ու ց ան ի շ ն եր ը

Ց ու ց ան ի շ ի ան վ ան ու մ ը	Մ ա կ ն ի շ	
	Մ Ժ Կ-1	Մ Ժ Կ-2
Ա Ր տ ա ք ի ն տ ե ս ք	Մ ան ր ա ք յ ու Ր ե ող փ ո շ ի , պ ի տ ա կ ի ց մ ի ն չ և բ ա ց մ ո խ Ր ա գ ու լ ն	
Մ ու լ ի բ դ ե ն ի գ ան գ վ ա ծ այ ի ն բ ա ժ ի ն ը , %	45	43

ոչ պակաս		
Կալ ցիոլմ	21	23
\$ոս\$որ	0,1	0,2
Ծծոլմբ	0,2	0,3
Կապար	0,05	0,1
Խոնավոլթյան վանգվածային բաժինը, % ոչ ավել	4,5	4,5

Աղ. 5.2 – ում տրված է կալ ցիոլմի մոլ իբդատի հատիկաչ ափական կազմը:

Աղյ ու սակ 5.2

Կալ ցիոլմի մոլ իբդատի օրինակելի հատիկաչ ափական կազմը

Կալ ցիոլմի մոլ իբդատ	Պարոլ նակոլթյ ու ն, %				
	>0,1	>0,08	>0,063	>0,040	<0,040
\$րակցիա, մմ					
A	-	3,1	8,2	6,5	82,2
Ե	0,6	4,2	9,2	8,5	77,5

Կալ ցիոլմի մոլ իբդատը՝ ԲՕՇՏ 12.1.007-76 դասվոլմ է չ ափավոր վտանգավոր նյ ու թերի դասին: Աշխատանքային գոտոլմ փոշ ու սահմանային թոլյլատրելի կոնցենտրացիան 6 մգ/մ³ է ըստ ԲՕՇՏ 12.1.005-76-ի:

Այն արտադրական և պահեստային տարածքներոլմ որտեղ կատարվոլմ են աշխատանքներ կալ ցիոլմի մոլ իբդատի հետպետք է սարքավորված լինեն օդափոխիչ համակարգերոլմ ըստ ԲՕՇՏ 12.4.021-75-ի պահաջների: Օդափոխիչ համակարգերի աշխատանքները պետք է կատարել մշտական աշխատանքային տեղերոլմ:

Կալ ցիոլմի մոլ իբդատի հալման ջերմաստիճանը 1440 °C է, ռենտգենագրաֆիկ խոլթյ ու նը՝ 4,21 գ/սմ³, պիկնոմետրիկ խոլթյ ու նը՝ 4,35 գ/սմ³, վանդակի էներգիան՝ 7233 կալ/մոլ ըստ Կապոլ ստի նսկոլ, առաջացման ջերմոլթյ ու նը (էնթալպիա) H^o₂₉₈=367 կկալ/մոլ, Գիբսի էներգիան ΔG = 345,8 կկալ/մոլ, ջերմոլ նակոլթյ ու նը՝ c_p=27,33 կկալ/մոլ ·աստ., էնտրոպիան S₂₉₈ = 28,6 կկալ/մոլ ·աստ.:

Կալ ցիոլմի մոլ իբդատը բյ ու ռեղանոլմ է շեելիտ ձևի բյ ու ռեղավանդակոլմ: Շեելիտանման տիպի կառոլցվածքները բնոլթագրվոլմ են վեցանկյ ու ն բյ ու ռեղահամակարգոլմ:

Յոլրաքանչյ ու ռ Ca²⁺ բազմանկյ ու ն ներկա է միաժամանակ երկոլ պարոլյրների քառապոլտակային առանցքների շոլրջ, հատելոլմ բազմանկյան կողերը: Երկոլ բազմանկյ ու նների միջնամասոլմ

տեղակայված են միմյանց հետ կապված օրտոտե տրապեդրները՝ $[MoO_4]^{2-}$, որոնք նույնպես ներկա են երկու պարույրներում նույն առանցքների շուրջը: Այսպիսով $[MoO_4]^{2-}$ կոմպլեքսների տեղակայումն այնպիսին է, որ Mo-ի ատոմը համապատասխան իր հարաբերական մեծ չափսերի ու նի ուղղորդված թիվ՝ 8: Շեղիտային կառուցվածքով մոլիբդատ կալցիումի տարրական վանդակի պարամետրերը՝ $a = 5,226 \text{ \AA}$, $c = 11,43 \text{ \AA}$:

Ջեղուկ ապակու բնութագիրը: Նատրիումային, կալիումային լուծելի ապակի է: Այն ապակեման սիլիկատ է փոփոխական բաղադրությամբ $[(Na_2O + K_2O) \cdot M \cdot SiO_2]$ և որոշակի քանակի խառնուրդներով: M-ը թիվ է, որը տատանվում է 1...4, հաճախ ինքն է մոտ 3 [6]: Նատրիումային ապակին պատրաստվում է կամ թափանցիկ կտորների տեսքով GOCT 13079-81 կամ ջրային լուծույթի տեսքով GOCT 13078-81 (հեղուկ ապակի): Նատրիումային հեղուկ ապակին պատրաստվում է 2 ձևի՝ սոդային և սոդա-սուլֆատային:

Աղ. 5.3-ում ներկայացված է հեղուկ ապակու ֆիզիկա-քիմիական ցուցանիշները GOCT 13078-81

Աղյուսակ 5.3

Ջեղուկ ապակու ֆիզիկա-քիմիական ցուցանիշները GOCT 13078-81

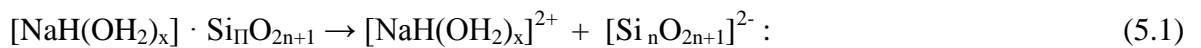
Ցուցանիշի անվանումը	Սոդային			Սոդա-սուլֆատային	
	Ա	Բ	Գ	Ա	Բ
SiO ₂ -ի զանգվածային մաս, %	29,7-30,7	30,8-31,9	32,0-33,1	27,0-27,9	28,0-29,1
Երկաթի օքսիդի և ալյումինի օքսիդի զանգվածային մաս, ոչ ավել %	0,25	0,25	0,25	0,40	0,40
CaO-ի զանգվածային մաս, %	0,2	0,2	0,2	0,25	0,25
Ծծմբային անհիդրիդի զանգվածային մաս, %	0,15	0,15	0,15	1,0	1,0
Նատրիումի օքսիդի զանգվածային մաս, %	12,3-13,2	11,0-12,1	9,8-11,0	11,0-12,0	10,0-11,0
Սիլիկատային մոդուլ	2,31-2,6	2,61-3,0	3,01-3,5	2,31-2,60	2,61-3,0
Խտություն, գ/սմ ³	1,36-1,45	1,36-1,45	1,36-1,45	1,43-1,50	1,43-1,50

Ջեղուկ ապակու կիրառումը որպես կապակցող նյութ կախված է պրիսիլիկատ իոնների առկայությունից և այս նպատակի համար

սփտանի սիլիկատներից, որոնց մոտ հարաբերակցությունը փոփոխվում է 2,31-3,8 միջակայքում:

Մաքսիմալ ադգեզիոն ամրությունն ստանալու համար կիրառվում է ցածր փոխադեցություն ամբ սիլիկատներ: Քանի որ այսպիսի սիլիկատներ կարելի է ստանալ ավելի բարձր պինտ նյութերի պարունակությամբ: 2 և ցածր ադգեզիոն սիլիկատային հարաբերության դեպքում կապը թուլանում է և դառնում են ջրի նկատմամբ զգայուն:

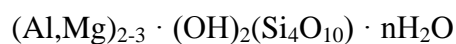
Ավելի բարձր հարաբերակցությունների դեպքում սիլիկատի մասնաբաժինը իոնային վիճակում փոքրանում է: Նատրիումի սիլիկատային լուծույթները, որոնք ունեն պոլիսիլիկատների 4-ից բարձր հարաբերակցություն, ի տարբերություն ավելի ցածր հարաբերակցությամբ $SiO_2 : Na_2O$ հնարավոր է չորանալ մինչև հոծ թաղանթի ստացումը, որովհետև տեղի է ունենում միկրոճաբերի առաջացում: Հայտնաբերվել է, որ սովորաբար սոսինձներում օգտագործվող բաղադրությունը համապատասխանում է $SiO_2 : Na_2O = 3,5$ հարաբերակցությանը, որն առաջացնում է ավելի փխրուն թաղանթ: Լուծման ժամանակ հիդրոսիլիկատը քայքայվում է հիդրատացված կոմպլեքս Na^+ իոնի և սիլիցիումաթթվածնային անիոնի:



Հիմնային մետաղների խիտ սիլիկատային լուծույթների ուժեղ նոսրացման դեպքում իջնում է ինչպես հիդրօքսիլ իոնների կոնցենտրացիան, ինչպես նաև pH-ի արժեքը, ուրեմն տեղի է ունենում սիլիկատային իոնների հիդրոլիզ և սիլիկատի մեծ մասը փոխկերպվում է բարձր պոլիմերային տարատեսակների և կոլոիդային մասնիկների:

Բենտոնիտային կավերի բնութագիրը:

Բենտոնիտային կավերը կազմված են մոնոմորիլ իոնիտից և նրանման միներալներից, նրանց բաղադրությունը որոշվում է հետևյալ բանաձևով`



Հայաստանյան բենտոնիտի մոտավոր քիմիական կազմը, %

SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O + K ₂ O	այլ
58,7	12,35	1,75	5,4	3,1	3,1	15,6

Բենտոնիտի բյուրեղաքիմիական կառուցվածքի համար որպես բնութագրող համարվում է սիլիկատների տեսրաբեդների սիմետրիկ բաշխվածությունը, որոնց արանքում տեղակայվում է ցեոլիտային շերտը: Բյուրեղավանդակի իոնների մի մասը ունի կատիոններով՝ Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} փոխանակման հատկություն:

Մոնոմորիլի իոնիտային խմբի միներալների բյուրեղավանդակն ունի բացասական լիցքերի մեծ ավելցուկ: Ավելցուկային բացասական լիցքի գոյությունը հիմնավորվում է իզոմորֆային փոխարինման հնարավորությամբ, գլխավորապես սիլիցիումն ալյումինով տեսրաբեդրի շերտում, ինչպես նաև Mg, Fe, Al-ի հնարավոր փոխարինումը օկտաեդրիկ շերտում:

Այլ հետազոտողների կողմից ենթադրվում է հիդրոօքսիլ խմբերի գոյությունը, մակերևույթային կառուցվածքային շերտերում սիլիցիումի հետկապված [214]:

Կալցիումի մոլիբդատի հատկավորման գործընթացի յուրահատկությունն առաջացնում է բենտոնիտային կավերի որակի որոշակի պայմանների անհարժեշտություն, որոնցում հիմնական տեխնոլոգիական ցուցանիշներից մեկը դառնում է փքվելիությունը: Բենտոնիտային կավերի կառուցվածքային վանդակի հետ է կապված որոշակի յուրահատուկ հատկություն, որոնք առաջանում են ջրի հետ նրա ռեակցիայի հետևանքով: Բենտոնիտները ինտենսիվ կլանում են ջուր և 15...20 և ավելի անգամ մեծանում են իրենց ծավալով:

Բենտոնիտային կավերը համարվում են նուրբ դիսպերսային համակարգեր: Առանձին բյուրեղային մասնիկները փոքր են 0,1մկմ-ից: Սոդային բենտոնիտների ծավալի մեծացումը փքման ժամանակ կազմում է մինչև 40% (pH=9...10), իսկ կալցիումայինը մինչև 10% (pH=8):

Յետազոտվել է կալցիումի մոլիբդատի և 10% բենտոնիտային կավի խառնուրդի հատկությունները դիֆերենցիալ-թերմիկական, ՌԿ-սպեկտրադիտական, քիմիական, ռենտգենաֆազային և այլ մեթոդներով:

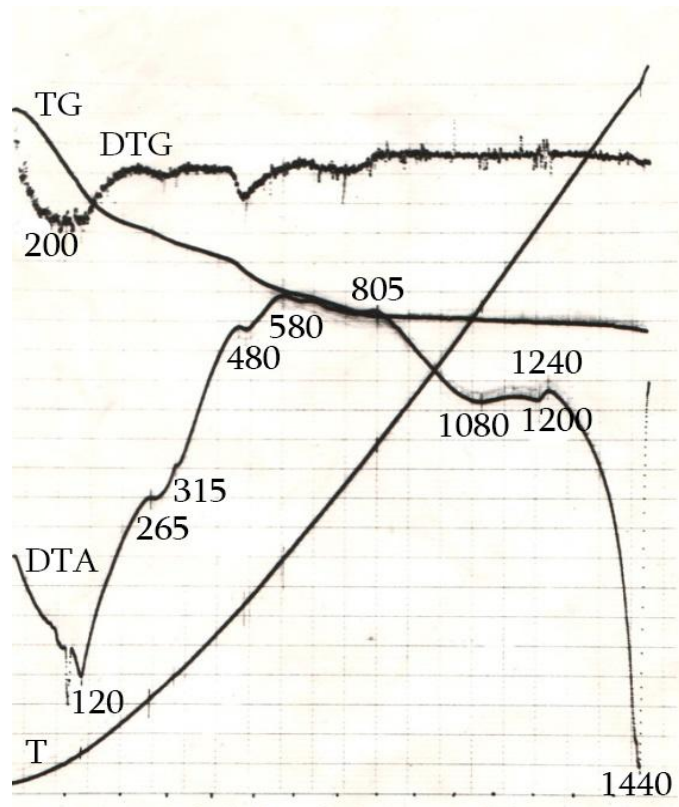
Յետագոսովել է հատիկավորման գործընթացն արտադրական անընդհատ գործող ԴՓՄ-150-02 մամլիչ -հատիկավորիչի վրա: Որոշվել են օպտիմալ տեխնոլոգիական ռեժիմները բովախառնուրդի խոնավությունը 20%, պտուտակակրիչի պտտման արագությունը 30 պտ/ր, ֆիլլերի անցքի տրամագիծը 10 մմ, անցքի կոնի անկյունը 6°, ֆիլլերի կտրվածքը 25%: Մոլիբդենի վերականգնման գործընթացը հատիկավորված կալցիումի մոլիբդատից, կալցիումի մոլիբդատի փոշու համեմատ, բավականին արագ է կատարվում: Որպես վերականգնիչ հանդես է գալիս երկաթը: Ընդհանուր էն հետևյալ ռեակցիաները:



Կալցիումի մոլիբդատի և կապակցող նյութի խառնուրդի ջերմային վերլուծությունը

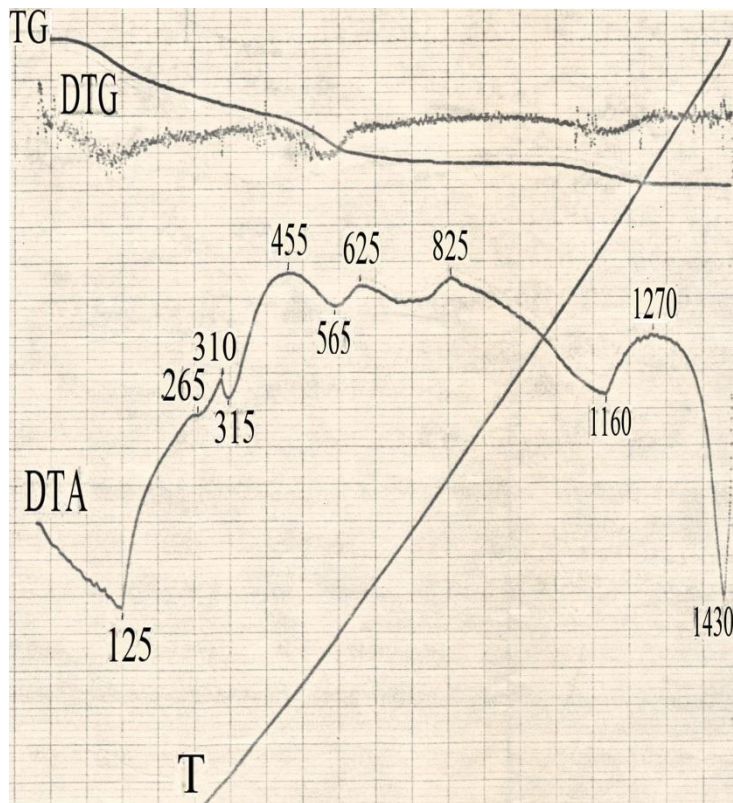
Խառնուրդների հատկությունները, կալցիումի մոլիբդատի և հեղուկ ապակու, նատրիումի մետասիլիկատի, բենտոնիտային կավերի, կրաքարի ու ամորֆ սիլիկատի հետ, ուսումնասիրվել է դիֆերենցիալ-թերմիկական, քիմիական, ռենտգենաֆազային, մանրադիտակային և այլ մեթոդներով:

Ջերմային վերլուծությունը կատարվել է Ֆ. Պատլիկ, Ի. Պատլիկ և Լ. Երդեյ դերիվատագրաֆի վրա, որի միջոցով միաժամանակ չափվում է ջերմաստիճանը, զանգվածի փոփոխությունը, զանգվածի փոփոխության արագությունը և փորձարկվող նմուշի էնթալպիայի փոփոխությունը: Կալցիումի մոլիբդատի թերմիկ մշակման ժամանակ զանգվածի կորուստը ընթանում է չորս փուլով (նկ. 5.1), առաջինն էնդոթերմիկ՝ կապված է խոնավության կորստի հետ, ընթանում է շատ ինտենսիվ և ունի մինիմում 120 °C-ում (մինիմում DTG կորերի վրա): Երկրորդը, երրորդը և չորրորդն էնդոթերմիկ ռեակցիաներ են 265, 480 և 720 °C ջերմաստիճաններում կապված մոլեկուլյար ջրի կորստի հետ:



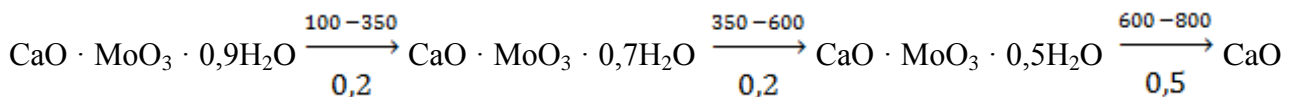
Նկ. 5.1. Կալ ցիոլմի մոլիբդատի դերիվատագիրը

Նկ. 5.2-ում ներկայացված են կալ ցիոլմի մոլիբդատի և նրա 10% բենտոնիտի խառնուրդի դերիվատագրերը: Նկ. 5.2-ում DTA-դիֆերենցիալ կորի վրա երևում է 125 °C, 265 °C, 320 °C, 565°C ջերմաստիճաններում էնդոէֆֆեկտներ, որոնք պայմանավորված են հիդրատային ջրի հեռացման հետ, իսկ 1160°C- ում՝ MoO₃ առաջացման հետ:



Նկ. 5.2. CaMoO₄ և 10% բենտոնիտի խառնուրդի դերիվատագիրը

Ջերմածանրաչափական տվյալների վերլուծության հիման վրա կալցիումի մոլիբդատի դեհիդրատացումը կարելի է ներկայացնել հետևյալ ձևով՝

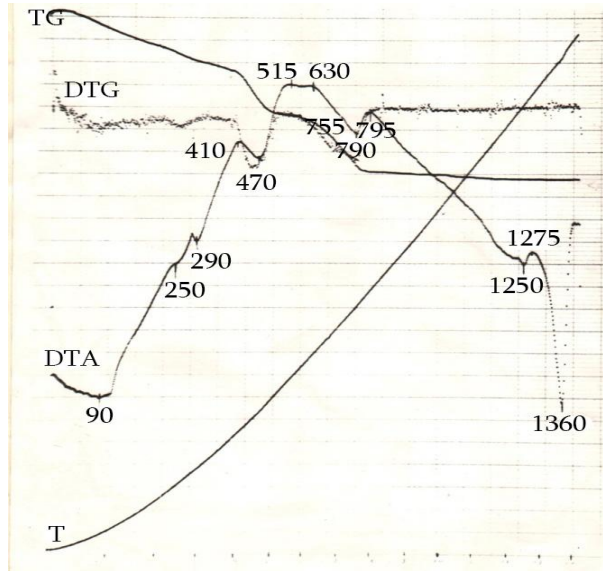


· MoO₃:

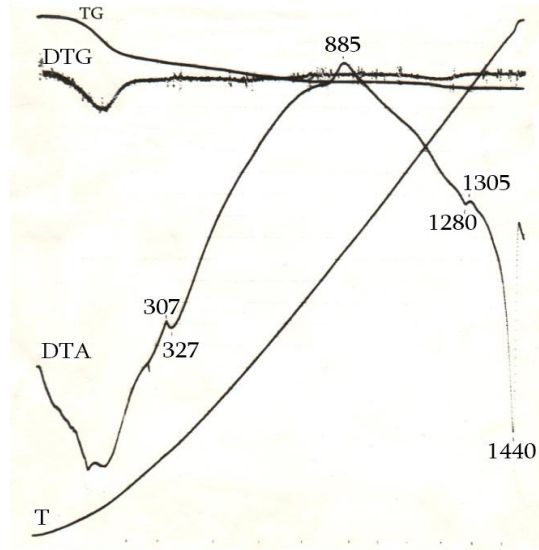
Նկ. 5.5-ում կալցիումի մոլիբդատի և կրի խառնուրդի դերիվատագրի DTA կորի վրա դիտվում են էնդոէֆեկտներ 90, 250, 470, 750 °C ջերմաստիճաններում: Էնդոէֆեկտները ուղեկցվում են նյութի զանգվածի կորստով և պայմանավորված են խառնուրդի ջրազրկման գործընթացով: Նկ. 5.3; 5.4; և 5.5 -ում ցույց են տրված կալցիումի մոլիբդատի և կրի, ամորֆ սիլիկատի և հեղուկ ապակու խառնուրդների դերիվատագրերը:

Հալման ջերմաստիճանի նվազումը պայմանավորված է բարդ կալցիումի մոլիբդատի Ca₃MoO₆ առաջացմամբ, որը հալվում է 1360...1370 °C-ում:

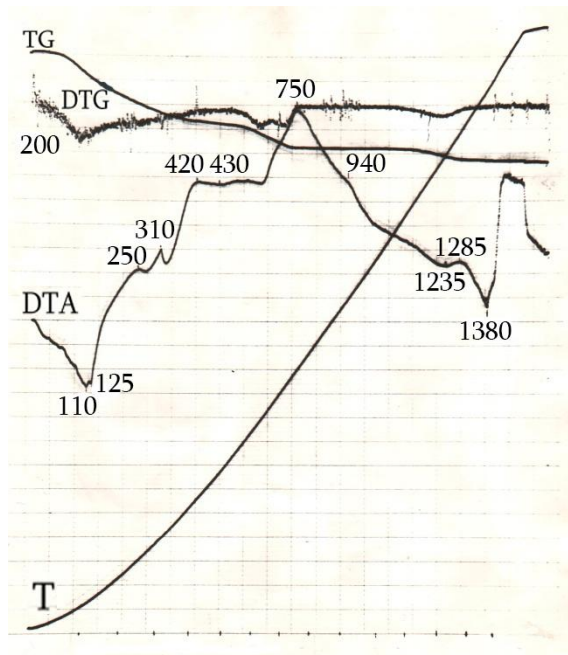
DTA և DTG –ի համեմատման ճանապարհով կարելի է գնահատել նմուշում տեղի ունեցող ջերմային ռեակցիաները, միաժամանակ երկու կողմից՝ ենթապիայի և զանգվածի փոփոխության տեսանկյունից: 1150...1250 °C ջերմաստիճանի դեպքում էնդոէֆեկտների առկայությունը DTA-ի կորերի վրանկ. 5.3; 5.4; և 5.5 կարելի է բացատրել MoO₃-ի առաջացմամբ և վերջինիս ցնդմամբ:



Նկ. 5.3. Կալցիում միմուլիբդատի և կրի խառնուրդի դերիվատագիրը



Նկ. 5.4. Կալցիում միմուլիբդատի և ամորֆ սիլիկատի խառնուրդի դերիվատագիրը



Նկ. 5.5. Կալցիումի մոլիբդատի և հեղուկ ապակու դերիվատոգիրը

Մամլ մամբ կալցիումի մոլիբդատի հատիկավորման գործընթացի հետազոտումը

Կալցիումի մոլիբդատի հատիկների ֆիզիկա-մեխանիկական և ֆիզիկա-քիմիական հատկությունների վրա ազդող հիմնական գործոններից մեկն է հանդիսանում կապակցող նյութերի կամ պլաստիֆիկացնող հավելումների ընտրությունը:

Լաբորատոր հետազոտությունները ցույց են տվել, որ 2...8% հեղուկ ապակու կամ բենտոնիտային կավերի օգտագործումը որպես կապակցող նյութ նպաստում է հարթ մակերեսով, ավելի ամուր հատիկների առաջացմանը:

Բովախառնուրդի հատիկների որակը բարձրացնելու համար հատիկավորումը կարելի է կատարել բարձր ճնշումների դեպքում: Այս պայմաններում ստացվում են բրիկետներ, որոնք ունեն 15%-ով ավելի խտություն և 30...35% ավելի սեղման ամրություն, քան սովորական տեխնոլոգիայով ստացված բրիկետները:

Կապակցող նյութի հետ մամլված կալցիումի մոլիբդատն ավելացնում է հարումը բովախառնուրդի մասնիկների միջև, նպաստում է նրա բարձր ռեակցիոն կարողությանը և ավելի արագ հալմանը:

Որպեսզի վերացնենք փոշեգոյացումը կարելի է օգտագործել բրիկետավորումը

կամ հատիկավորումը: Բրիկետները կարելի է ստանալ ժապավենային, հիդրավլիկ մամլիչներով և իրար հանդիպակաց պտովող լիսեռային գրտնակներով: Կալցիումի մոլիբդատի հատիկավորման մեթոդի ընտրությունը որոշվում է մի կողմից թողարկվող արտադրանքի պահանջներից, մյուս կողմից հատիկավորման կամ բրիկետավորման տեխնոլոգիական գծի միատար հզորությունից:

Հիդրավլիկ մամլիչներով մամլման թերությունը կայանում է նրանում, որ հիդրավլիկ մամլիչը չի ապահովում բրիկետացման գործընթացի անընդհատությունը, իսկ բրիկետացման անընդհատ գործընթացի դեպքում պտովող լիսեռով մամլիչներում ստացվում են թեփուկավոր մակերևույթով բրիկետներ, որի արդյունքում տեղափոխման ժամանակ հեշտքերամաշվում են:

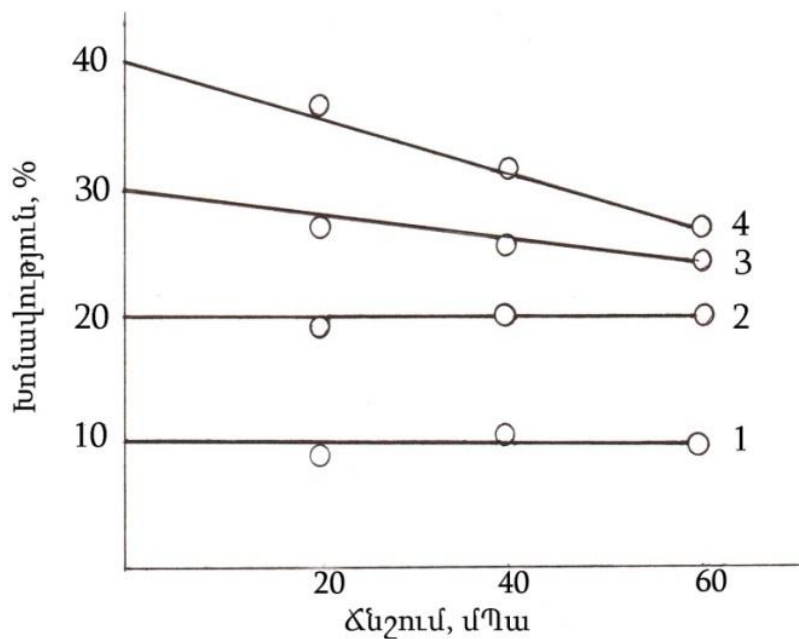
Հեռանկարային համարվում է անընդհատ արտադրման գործընթացը, այսինքն ճնշման տակ բովախառնուրդի պլաստիկ զանգվածի սեղմումը տրված ձևի անցքի միջով:

Նախնական լաբորատոր հետազոտությունները կատարվել են լաբորատոր սկավառակաձև հատիկավորման սարքով: Փորձերը ցույց են տվել, որ այսպիսի հատիկավորումը չի ապահովում բարձր ամրություն և հատիկների խտություն, ինչպես նաև մշտական հատիկաչափական կազմ: Այդ իսկ պատճառով այս արդյունքների հիման վրա արվել են հետևություններ, որ ամուր և խիտ հատիկների ստացման համար անհրաժեշտ է կալցիումի մոլիբդատը երթարկել մամլման կամ սեղման արտադրման միջոցով: Հատիկավորման գործընթացի կարևոր ցուցանիշ են հանդիսանում բովախառնուրդի նախնական խոնավությունը, մամլման ճնշումը և միջավայրի ջերմաստիճանը: Հետազոտման համար օգտագործվել է ժապավենային արտադրիչ: Բրիկետացման օպտիմալ խոնավության և ճնշման որոշման համար, որոնց դեպքում բրիկետների \$իզիկա-քիմիական և մեխանիկական հատկությունները ստացվում են լավագույնը, պատրաստվել են խառնուրդներ տարբեր նախնական խոնավությամբ:

Հարկ է նշել, որ նախնական բարձր խոնավության բովախառնուրդի մամլման ժամանակ խոնավության ավելցուկը նրանից հեռացվում է, որը թույլատրելի է, քանի որ նրա հետ միասին խառնուրդից հեռանում են նաև ջրում լուծելի կապակցող նյութի

բաղադրիչները; Վերոհիշյալ երևույթները նկատվում են նաև ժապավենային մամլիչի դեպքում: Այդ իսկ պատճառով այս հետազոտությունների ընթացքում նպատակ է դրվել ընտրել այնպիսի խոնավություն, որի դեպքում խոնավության հեռացում տեղի չունենա: Այս դեպքում սկզբնական և վերջնական խոնավության մեծությունները համարյա համընկնում են, իսկ ստացված բրիկետների սեղմման ամրությունը և մաշակայունությունը ստացվում են ամենամեծը:

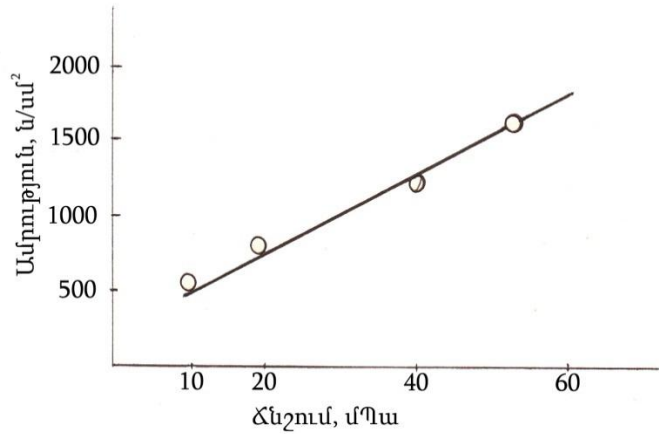
Այդ նպատակով ուսումնասիրվել է բրիկետների խոնավության կախվածությունը մամլման ճնշումից: Դրա համար տարբեր սկզբնական խոնավություններով կալցիումի մոլիբդատը և կապակցող նյութի խառնուրդը ենթարկվել են տարբեր ճնշումներով մամլման (նկ. 5.6):



Նկ. 5.6. Բրիկետների խոնավության կախվածությունը մամլման ճնշումից՝ 1-10%, 2-20%, 3-30%, 4-40%

Չորացումից հետո ստուգվել են բրիկետների ամրությունը: Սկզբնական օպտիմալ խոնավության (20%) դեպքում բրիկետների ամրության կախվածությունը մամլման ճնշումից բերված են նկ. 5.7-ում: Բովախառնուրդի օպտիմալ խոնավության (20%) և 25 մՊա ճնշման դեպքում ստացվել են ձողեր 3,5 գ/սմ³ ծավալային զանգվածով: Նակարագրված հետազոտություններից հետո բովախառնուրդը

հատիկավորվել է ժապավենային մամլիչում (արտամղիչ): Այս փորձերից հետո խնդիր էր դրվել հաստատել վերը նշված օրինաչափությունները և ցույց տալ անընդհատ գործընթացի անցկացման հնարավորությունը՝ ամուր հատիկների ստացումով:



Նկ. 5.7. Բրիկետի ամրության կախվածությունը մամլման ճնշումից

Լաբորատոր հետազոտություններով պարզվել է, որ եթե հեշտ քայքայվող հատիկերը ենթարկվում են ջերմամշակման, այսինքն չորացման 200...250°C ջերմաստիճանում, անմիջապես ժապավենային մամլիչի կորզանից դուրս գալուց հետո, ապա նրանք ստացվում են կայուն քայքայման նկատմամբ: 200...250 °C-ում չորացված բրիկետները պահպանում են մակերևույթի հարթ ձևը: Մամլման և հատիկավորման մեթոդով, կալցիումի մոլիբդատի ձևավորումը կապակցող նյութի հետմիասին, բերում են բրիկետների ծավալային խտության մեծացման, փոշեծևերի հետհամեմատած:

Այս հետազոտությունները հնարավորություն տվեցին մշակել բրիկետների կամ հատիկների ստացման փորձնական տեխնոլոգիական սխեմա, չորացումից հետո 4,5% մնացորդային խոնավությամբ:

Բովախառնուրդի հատիկավորման գործընթացի հետազոտումը ԴՓՄ-150 հատիկավորիչի վրա և փորձատեխնոլոգիական սխեման

Կալցիումի մոլիբդատը ենթարկվել է հատիկավորման փորձարդյունաբերական պայմաններում: Հատիկավորման գործընթացի օպտիմալ պարամետրերի որոշման համար հետազոտվել է մամլման գործընթացն անընդհատ գործողության ԴՓՄ-150-02 մակնիշի ժապավենային մամլիչի հատիկավորիչի վրա: Նկ. 5.8-ում բերված է միաշնեկային մամլիչի ընդհանուր տեսքը:

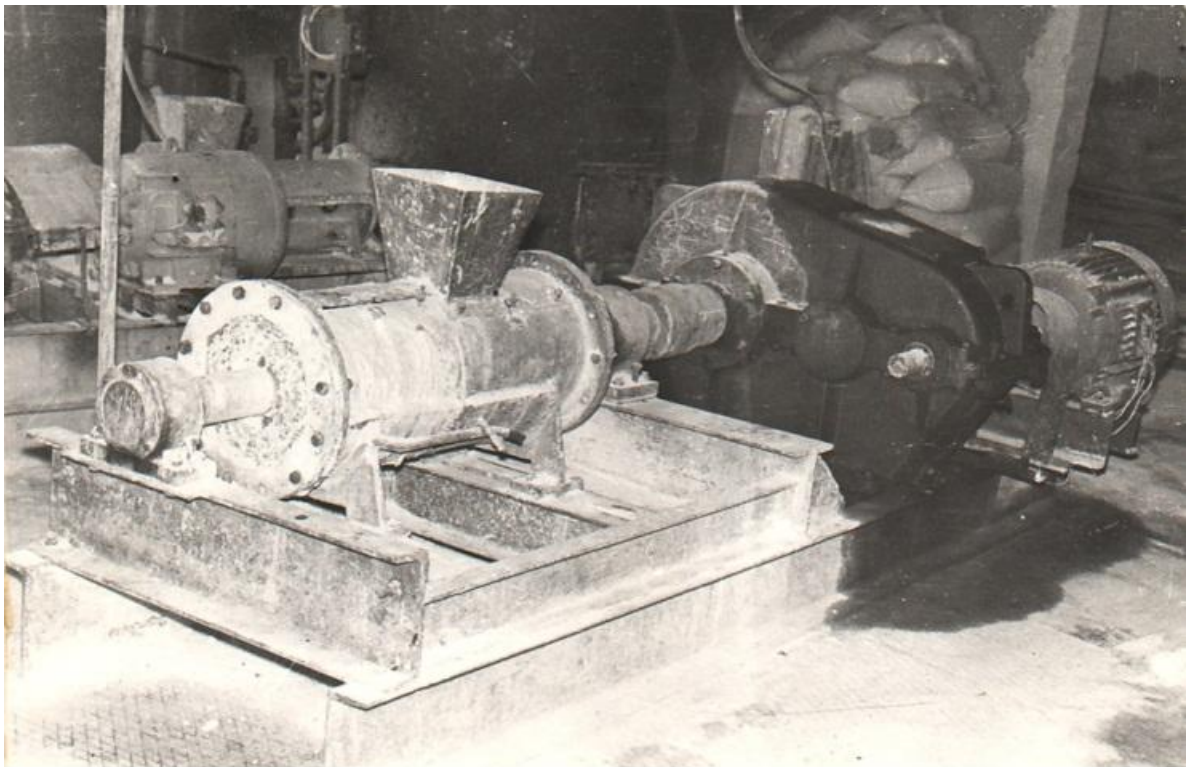
Ժապավենային հատիկավորիչի տեխնիկական բնութագիրը՝

1. արտադրողականություն - 500 ± 20 կգ/ժամ,
2. ձևավորող հատիկավորիչի ձևը – միաշենեկային,
3. շենեկի տրամագիծը – 149մմ,
4. ֆիլերի աշխատող կտրվածքը – 25...30 %,
5. ֆիլերի անցքերի տրամագիծը – 10 մմ,
6. շենեկի անկյունային արագությունը – 2,0 – 3,0 աստ/վ, 20 – 30

պտ./ր,

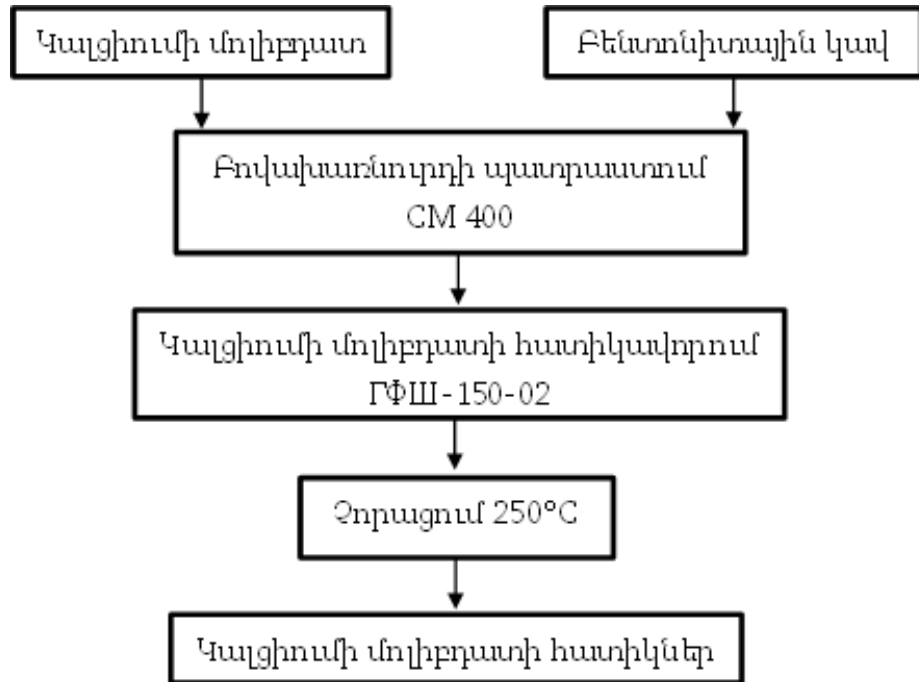
7. ձևավորող հատիկավորիչի շարժաբերը՝ էլ. շարժիչ 4A132C4Y3, N – 7,5, կՎտ II = 1455 պտ/ր, ռեդ. IՂԿ-200-40-12KY2, փոխանցում՝ $i_1 = 1,2$, $i_2 = 1,8$
8. անցքի թեքությունը – 6° ,
9. փոխադրիչի և հատիկադասավորչի չափսերը 3810x887x1700 մմ:

Օպտիմալ պարամետրերը. նախկինում ընտրված էլային բովախառնուրդի խոնավությունը, հատիկների ֆիզիկա-քիմիական հատկությունները թույլ են տալիս օգտագործել ձևավորման լաբորատոր մեթոդը և երաշխավորել օպտիմալ պարամետրերը: Փորձերը կատարվել են համաձայն տեխնոլոգիական սխեմայի (նկ. 5. 9):



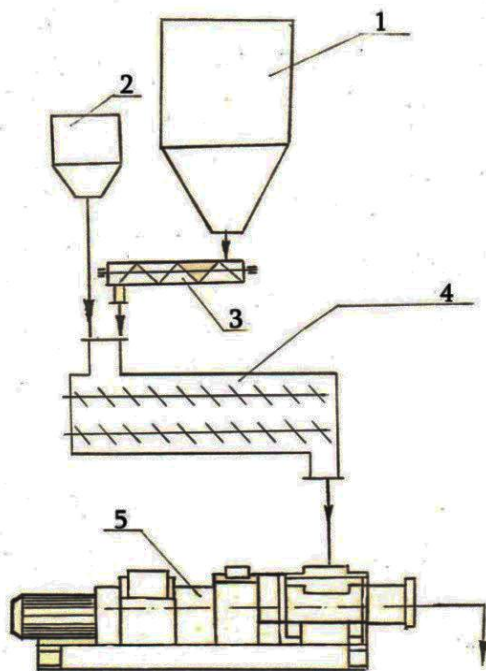
Նկ.5.8. Միապտուկ տակակրիչ այրի մամլիչ-ձևավորող սարքի ընդհանուր տեսքը

Նկ. 5.9-ում ներկայացված է կալցիումի մոլիբդատի հատիկավորման տեխնոլոգիական սխեման:



Նկ. 5.9. Կալցիումի մոլիբդատի հատիկավորման տեխնոլոգիական սխեման

Նկ.5.10-ում ներկայացված է Կալցիումի մոլիբդատի հատիկավորման սարքավորում մենրի շղթան:



Նկ. 5.10. Կալ ցիոլ մի մոլ իբդատի հատիկավորման սարքավորումների
շղթան

1- կալ ցիոլ մի մոլ իբդատի բուկեր, 2- կապակցող նյութի բուկեր,
3- պտուտակակրիչ ային սնուցիչ, 4- երկլիսեռային խառնիչ, 5-
ձևավորող մամլիչ

Չատիկավորված կալ ցիոլ մի մոլ իբդատի չորացումը

Թաց բրիկետները ունեն ցածր ամրություն, բացի այդ չի
թույլատրվում թաց և եզիրող նյութերի մուտքը մետաղ: Այդ իսկ
պատճառով բրիկետացված կամ հատիկավորված կալ ցիոլ մի
մոլ իբդատը ենթարկվում է չորացման: Ծակոտկեն նյութերի
մակերեսից ջուրը կարող է հեռացվել գոլորշիների դիֆուզիայի
միջոցով, որը կախված է դիֆուզիայի դիմադրությունից: Չորացման
գործընթացի սկզբում ջրի հեռացումը կատարվում է հատիկների
միջև ճեղքերից, հեռացվում է նյութի մակերեսին աբսորբված ջրի
այն մասը, որի կապերը պինդ մասնիկների հետ թույլ են:

Չորացման առաջին փուլում փոփոխվում է միայն ջրի բաշխումը
ծակոտկեն նյութում: Ջրի շարժումը ճեղքերով դեպի ծակոտկեն
նյութի մակերես պայմանավորված է խոնավության գրադիենտով:
Չորացման առաջին փուլն ավարտվում է, երբ ջրի մատակարարումը
մակերևույթը նդհանվում է և մակերեսին ջրի պարունակությունը
դառնում է զրո:

Երկրորդ փուլում սկսում է հեռանալ մոլեկուլային ջուրը, որի
կապը պինդ նյութի հետ մեծ է քան ճեղքային ջրինը և ջրի հեռացման
արագությունը փոքրանում է:

Չորացման ժամանակ ջրի հեռացման արագությունը կախված է
նյութի հետ ջրի կապի ուժերից (ադսորբման և մազանոթային ուժեր),
պինդ մասնիկների մակերևույթների վիճակից (հիդրոֆիլ,
հիդրոֆոբ) և ծակոտիներում ջրի վիճակից:

Ձևավորված թաց կալ ցիոլ մի մոլ իբդատը չի համարվում
մազանոթային ծակոտկեն նյութերի տիպիկ ներկայացուցիչ, այլ
համարվում է բազաֆազային համակարգ, որը բաղկացած է պինդ,
հեղուկ և գազային բաղադրիչներից: Բենտոնիտի կամ հեղուկ
ապակու ավելացումով ստացված և չորացված հատիկների
ամրությունը մեծանում է: Նկ. 5.11-ում ներկայացված է
հատիկավորված կալ ցիոլ մի մոլ իբդատը չորացումից հետո



Նկ. 5.11. Կալցիումի մոլիբդատի հատիկները չորացումից հետո մամլումից կամ արտամղումից հետո կալցիումի մոլիբդատը բենտոնիտի հետ ենթարկվել են չորացման սկզբում օդում, այնուհետև 250 °C-ում չորացում մինչև պատրաստի արտադրանքում մնացորդային խոնավության ոչ ավել 4%:

5.2. Մոլիբդենի երկսիլիցիդի կիրառումը որպես պողպատի և եգիրման համալիր և իգառուրա

Պողպատում ֆերոհամածուլվածքների հալման գործընթացների հետազոտությունները ներկայացված են [215-219] աշխատանքներում, որոնց նպատակն է բացահայտել կոմպոնենտների և ուծման կինետիկան և մեխանիզմը:

Մոլիբդենի երկսիլիցիդի և ուծման գործընթացը կարելի է բաժանել 2 փուլի՝ պողպատի սառեցում մասնիկների մակերևույթների վրա և դրանց հետագահալում:

Յեղուկ պողպատի և մոլիբդենի երկսիլիցիդի միջև առաջանում է զանգվածի

փոխանակում և ջերմափոխանակություն, որն իրականանում է և ամինար սահմանային շերտի միջոցով:

Նկ. 5.12-ում ներկայացված են մոլիբդենի երկսիլիցիդի նմուշների նկարներ հեղուկ պողպատում դրանց պահումից հետո, 1873 Կ-ում:



Նկ. 5.12. Մուլիբդենի երկսիլիցիդի նմուշները հեղուկ երկաթում պահելուց հետո (ա-10վ, բ-50վ)
 Պողպատում մուլիբդենի երկսիլիցիդի լուծման արագության վրա ազդում են հետևյալ գործոնները. ա) մասնիկների չափերը, բ) հալման ջերմաստիճանը, գ) խառնման ինտենսիվությունը, դ) գործընթացի հիդրոդինամիկան, ե) խառնուրդների կոնցենտրացիաները (թթվածին և այլն):

Չետագոտությունները կատարվել են 12 կգ տարողությամբ ինդուկցիոն վառարանում: Ինդուկցիոն վառարանի ընտրությունը կապված է հեշտ կառավարման հնարավորության և անհրաժեշտ ջերմաստիճանային ռեժիմին հասնելու հետ: Ինդուկցիոն վառարանի հալանոթում էլեկտրամագնիսական խառնման էֆեկտը և մետաղի ձուլաչեփի շիթերի ազդեցությունը, լուծման արագության վրա ունեննուն կարգը, այսինքն՝ համադրելի են: Այս հանգամանքը թույլ է տալիս կիրառել հեղուկ պողպատում մուլիբդենի երկսիլիցիդի լուծման արագության տվյալները, որոնք ստացվել են ինդուկցիոն վառարանի պայմաններում, գնահատելու ձուլաչեփում մուլիբդենի երկսիլիցիդի լուծումը: Չեղուկ պողպատում մուլիբդենի երկսիլիցիդի լուծման արագությունը որոշվել է ցածրածխածնային պողպատի հալման պայմանների դեպքում:

Լուծման կինետիկան ուսումնասիրվել է ֆիքսված ժամանակում հեղուկ պողպատում մոլիբդենի երկսիլիցիդի նմուշների (8 և 12մմ տրամագծով, 100մմ երկարությամբ) ընկղմամբ: Յեղուկ պողպատի ջերմաստիճանը 1873 Կ: նմուշների ընկղման բարձրությունը ~40 մմ է: Փորձից առաջ և հետո նմուշները կշռվել են: Այնուհետ դրանք կտրվել են, չափվել է մետաղի սառած կեղևի հաստությունը, ուսումնասիրվել է միկրոկառուցվածքը:

Նկ. 5.13- ում ցույց է տրված մոլիբդենի երկսիլիցիդի \varnothing 8 և 12 մմ նմուշների զանգվածների փոփոխությունը՝ կախված հալույթում դրանց ընկղման ժամանակից: Ինչպես երևում է փորձերի արդյունքներից, հալման առաջին շրջանը (նմուշի մակերևույթին պողպատի սառեցում) ավարտվում է 8 և 12մմ տրամագծով նմուշների համար 10 և 18 վայրկյան հետո, երկրորդ շրջանը (դիֆուզիոն)՝ 35 և 42 վրկ.:

Մոլիբդենի երկսիլիցիդի նմուշների համեմատաբար արագ լուծումը պայմանավորված է նրանով, որ նրանք կառուցվածքով ծակոտկեն են, ունեն փոքր ամրություն և համապատասխանաբար քայքայման մեծ հակվածություն: Բացի դրանից,



Նկ 5.13. մոլիբդենի երկսիլիցիդի նմուշների զանգվածների փոփոխությունը՝ հալույթում դրանց ընկղման ժամանակից

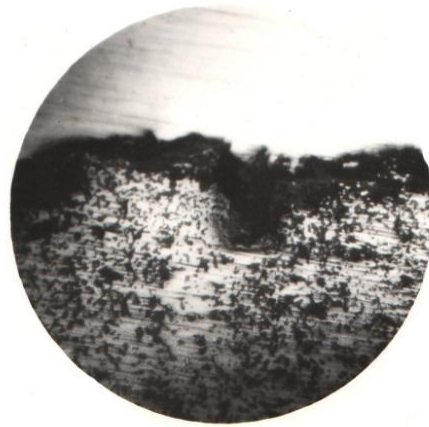
կապված է կոռոզիայի ռեակցիաների ընթացման հետ, մոլիբդենի երկսիլիցիդի լուծման գործընթացը, համեմատած սովորական ֆերոմոլիբդենի հետ, արագանում են:

Նկ. 5.14-ում ներկայացված է մոլիբդենի երկսիլիցիդի նմուշի կտրվածքի նկարը հեղուկ երկաթում 5 վրկ պահելուց հետո, (մեծացում 1.6 անգամ): Նմուշի հղկվածքի մակերևույթին պարզ երևում են 3 գոտիներ՝ առաջինը՝ սառեցված մետաղի, երկրորդը՝ անցման գոտին, երրորդը՝ մոլիբդենի երկսիլիցիդի գոտի:



Նկ 5.14. մոլիբդենի երկսիլիցիդի նմուշի կտրվածքի նկարը հեղուկ երկաթում
5 վրկ պահել ու ց հետո

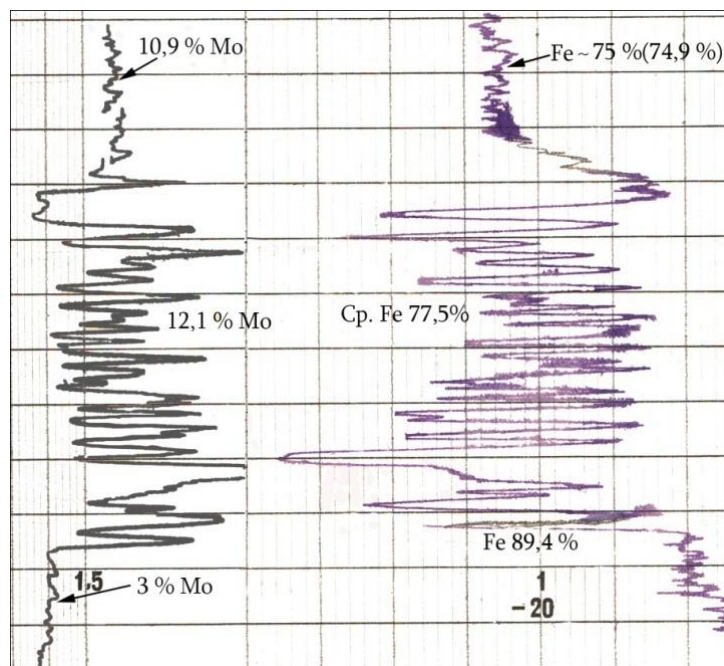
Նկ. 5.15-ում ներկայացված է «երկսիլիցիդ- պողպատ» սահմանի միկրոկառուցվածքը



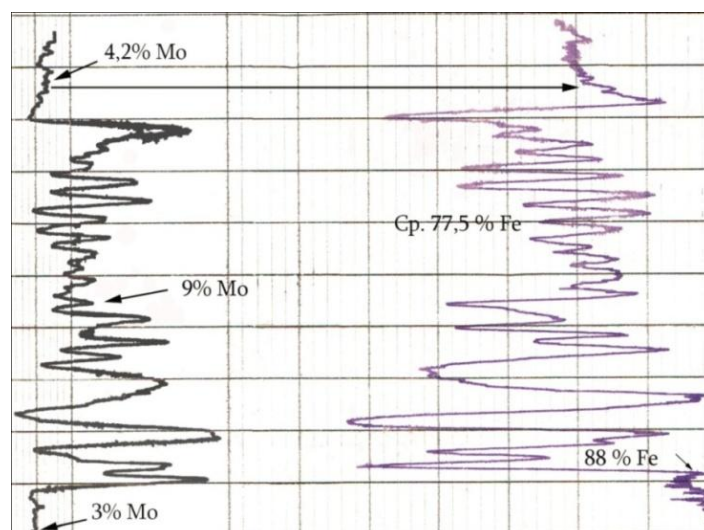
Նկ 5.15. «երկսիլիցիդ- պողպատ» սահմանի միկրոկառուցվածքը Fe, Mo, Si, Al տարրերի տեղաբաշխումը դիֆուզիոն շերտում որոշվել է MS-46 “Cameca”(Ֆրանսիա) միկրոանալիզատորի օգնությամբ երեք գոտիներում՝ տրված ուղղությամբ: Նմուշը տեղադրվել է էլեկտրոնային զոնդի տակ այնպես, որ դրա շարժման դեպքում էլեկտրոնային զոնդը հատի Fe- MoSi₂ սահմանը: Չոնդով անցման հատվածը կազմել է 300 մկմ, 150 Fe-ով և 150 MoSi₂-ով (առաջին և երկրորդ գոտիներ): Երրորդ գոտում զոնդով անցման հատվածը կազմել է 100 մկմ (50 Fe և 50 MoSi₂): Նկ. 5.16-ում ներկայացված է առաջին գոտու սկանագիրը: Առաջին գոտում 45...50 մկմ մինչև սահման, Fe-ի բաղադրության կորուստը կազմել է 100→89.5%; Mo-ը ավելացել է 0→3%, սահմանից հետո Mo-ը 3 - 12% է, Fe-ն 89,5 - 77,5%: Երկրորդ գոտում նկ. 5.16 30-35 մկմ մինչև սահման Fe-ի բաղադրության կորուստը կազմել է 100→88%; Mo-ը ավելացել է 0→3%, սահմանից հետո Mo-ը 3 - 9% է, Fe-ը 88 - 77,5%: Նկ. 5.17- ում ներկայացված է երկրորդ գոտու սկանագիրը:

Ոչ մետաղական ներխառնուրդների վերլուծությունը կատարվել է «կետում» և «ուղղորդված» ընթացքով, ներխառնուրդների եզրից նրա կենտրոնի միջով: Նկ. 5.18-ում ցույց է տրված ռենտգենյան բնութագրական ճառագայթումով Si-ի, Fe-ի, սկանագրերը և ոչ մետաղական ներխառնուրդները: Բացված էլեկտրոնային զոնդի

չափերն են $\times 400$ և $\times 1500$ (վերածված e^- ճառագայթի չափսի օսցիլոգրաֆի խողովակի վրա), $U = 20$ կՎ, $I = 150$ մԱ, զոնդի տրամագիծը 1-մկմ, տեղայնությունը $-3/4$ մկմ, տեսածրման մակերեսը - 50×50 մկմ: Սահմանային շերտի վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ մոլիբդենի պարունակությունը կազմում է 36,2...37,5 %, սիլիցիումը - 6,7...7,9%, մնացածը երկաթ: Բացահայտվել է ոչ մետաղական ներխառնուկներ, մասնավորապես SiO_2 և բարդ սիլիկատային միացություններ $SiO_2 \rightarrow 26,9...39,3\%$, $Al \rightarrow 3,9...4,8\%$, Fe և այլն, ինչպես նաև մոլիբդենի և երկաթի սիլիցիդ $MoFe_2Si_2$: Յայտնաբերվել է նաև - $FeSi$:

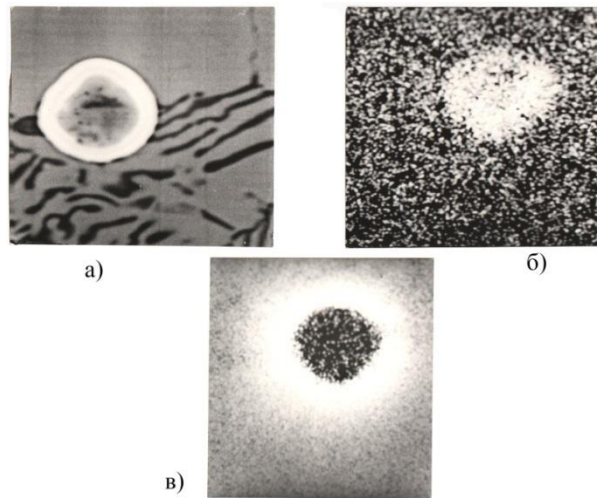


Նկ. 5.16. Mo-ի և Fe-ի կոնցենտրացիաների բախշ ման կորերը անցումային գոտում (առաջին գոտի)



Նկ. 5.17. Mo-ի և Fe-ի կոնցենտրացիաների բախշ ման կորերը անցումային գոտում (երկրորդ գոտի)

Նկ. 5.18-ում ներկայացված է ոչ մետաղական ներխառնուկի սկանագիրը մոլիբդենի երկսիլիցիդ – պողպատսահմանում:



Նկ. 5.18. Ոչ մետաղական ներխառնուկի սկանագիրը մոլիբդենի երկսիլիցիդ – պողպատսահմանում. (a) ներխառնուկի ընդհանուր տեսքը, (b) – Si, (B) – Fe, $\times 400$

Այսպիսով մոլիբդենի երկսիլիցիդի լուծումը հավանաբար երկաթում կատարվում է երկու փուլերով, առաջին բյուրեղական դակի քայքայում և մոլիբդենի երկսիլիցիդի անցումը հավանաբար (կինետիկական փուլ): Երկաթի հանդիպակաց դիֆուզիա մոլիբդենի երկսիլիցիդի մեջ, ինչպես նաև մոլիբդենի և սիլիցիումի անցումը հավանաբար երկրորդ՝ լուծված ատոմների զանգվածափոխանակում անցումային շերտից դեպի հալույթի ծավալ (դիֆուզայի փուլ): Բացի դրանից տեղի ունի նաև սիլիցիումի կողմից թթվածնագտում՝ հետևապես, էկզոթերմիկ ռեակցիա:

5.3. Պողպատների թթվածնագտման և լեգիրման ժամանակ ընթացող ջերմային էֆեկտները

Ֆերոհամածուլվածքի ձուլաշերտի ներմուծման դեպքում տեղի է ունենում ջերմային էֆեկտների տրանսֆորմացիա, որը բերում է հեղուկ պողպատի տաքացման կամ սառեցման [181]: Այդ իսկ պատճառով պետք է հաշվի առնել ջերմաստիճանի փոփոխությունը ձուլաշերտում պողպատների լեգիրման և թթվածնագտման ժամանակ: Այս հանգամանքը կարևոր նշանակություն ունի, քանի որ կարող է բարդացնել պողպատի ձուլաշերտի լցման պայմանները: Պողպատի և

մոլ իբրենի երկսիլիցիդի փոխազդեցությունը տեղի է ունենում ըստ հետևյալ ռեակցիայի



Յեղուկ պողպատի ջերմաստիճանի գումարային փոփոխությունը որոշվում է հետևյալ արտահայտությամբ [218].

$$\Sigma \Delta T = X(\Delta H^H + \Delta H^M + \Delta H^P + \Delta H^B) / (100 \cdot C), \quad (5.4)$$

$$\Delta T = \Delta T_1 + \Delta T_2 + \Delta T_3 + \Delta T_4,$$

որտեղ C պողպատի տեսակարար ջերմունակությունն է, X-ը մոլ իբրենի երկսիլիցիդի պարունակությունն է, % զանգ., ΔT_1 , ΔT_2 , ΔT_3 , ΔT_4 - հեղուկ պողպատի ջերմաստիճանի փոփոխություններն են, (ΔH^H)- տաքացման ընթացքում ջերմության կորստի, (ΔH^P) - մոլ իբրենի երկսիլիցիդի քայքայման, (ΔH^M)- պողպատում դրալուծման, ինչպես նաև պողպատում լուծված թթվածնի և սիլիցիումի փոխազդեցության հետևանքով ջերմության անջատման արդյունքում ստացված (ΔH^B):

Ջերմային էֆեկտների ճշգրիտ հաշվարկի նպատակով պողպատի լեգիրման և թթվածնազտման դեպքում կատարվել է երկարամյա մոլ իբրենի երկսիլիցիդի լուծման ջերմության չափում: Լուծման ջերմությունը որոշվել է բարձր ջերմաստիճանային կալորիմետրի օգնությամբ [219-222]: Փորձերի համար օգտագործվել է տեխնիկական մաքրության երկաթ: Նմուշները պատրաստվել են փոշեմետալուրգիայի մեթոդներով՝ 92% մոլ իբրենի երկսիլիցիդի և 8% բետոնիտի պարունակությամբ (բնական, մաքուր մոնոմորֆիլոնիտային կալ) բովախառնուրդից: Եռակալումը կատարվել է հետևյալ ռեժիմով. 1-ին գոնա՝ ջերմաստիճանը 1273...1323 Կ, տևողությունը 4 ժամ, 2-րդ գոնա՝ 1573...1623 Կ, 1 ժամ: Նմուշների ծակոտկենությունը եռակալումից հետո կազմել է 10%: Նմուշների մի մասը ենթարկվել է օքսիդացնող տաքացման օդում, հոսանքի ուղիղ բացթողմամբ մինչև 1773...1823 Կ, 30վրկ. տևողությամբ: Նմուշների ծակոտկենությունը չի անցնում 4...5%: Խտությունը տատանվում է 5,5...5,6գ/սմ³: Մոլ իբրենի երկսիլիցիդի մակերևույթը օքսիդացնող եռակալումից հետո պատվում է ապակեման սիլիկատի շերտով, 0,03...0,1 մմ հաստությամբ:

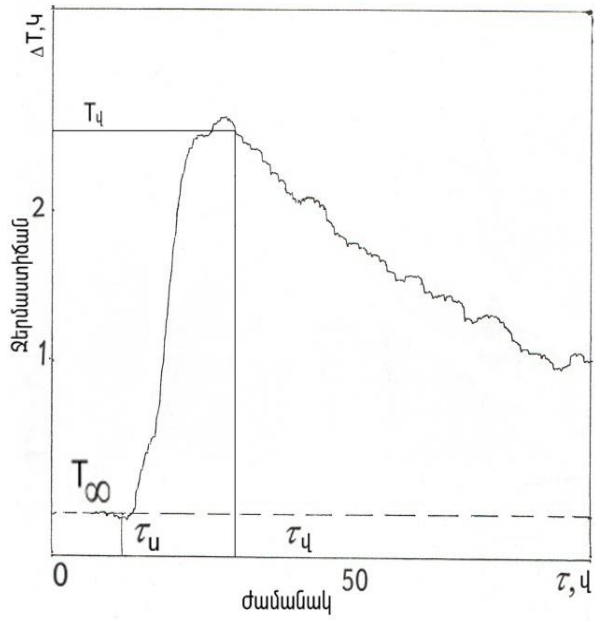
Գիտափորձերը կատարվել են կալորիաչափի (նկ. 2.7) միջոցով 397գ զանգվածով մետաղի լուծիչը (երկաթ) տեղադրվել է հալքանոթում,

որը տեղադրվում է գրաֆիտե տաքացուցչի ներսում: Փորձանմուշները՝ մոլիբդենի երկսիլիցիդը և երկաթը տեղադրվել են դոզատորի մեջ 10:8 հարաբերակցությամբ: Վառարանում ստեղծվել է $1,10^{-3}$ մմ ս. ս. վակուում, այնուհետև լցվել է արգոնով մինչև մթնոլորտային ճնշում: Դրանից հետո միացվել է տաքացուցիչը: Ջերմաստիճանը ~ 1883 Կ հասնելուց հետո միացվել է ջերմակարգավորիչը, հալույթում տեղադրվել է ջերմազույգ և պտտեցվել է հալքանոթը: Կայունացման պահումից հետո ($\sim 0,5$ ժ), որն անհրաժեշտ է կալորիմետրի ջերմային դաշտի համար, կատարվել է աստիճանավորման փորձեր: Հալման գործընթացն ընթանում է ըստ հետևյալ ռեակցիայի

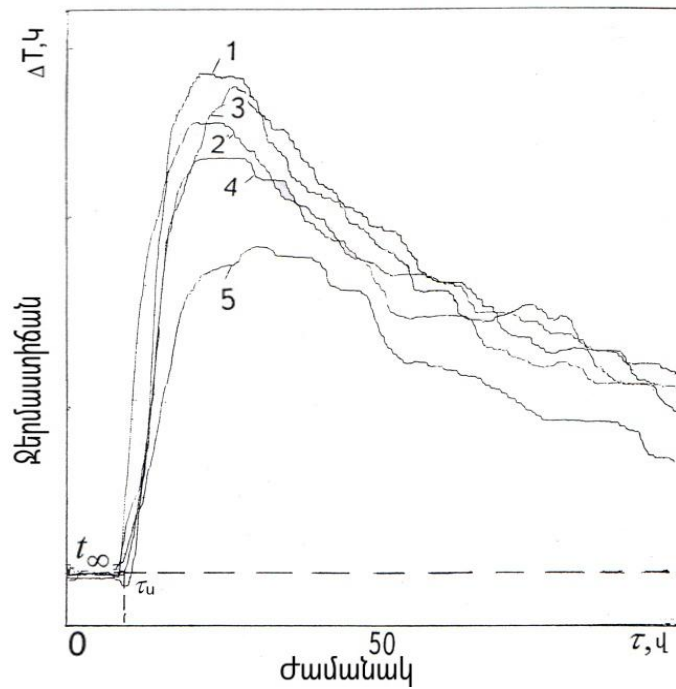


Կալորիմետրի աշխատանքն իրագործվում է տաքացուցչի հաստատուն ջերմաստիճանի ժամանակ: Գիտափորձի մեթոդիկան կայանում է հետևյալում: Սկզբում տրվել է հայտնի ջերմունքանքանակություն (երկաթի նմուշ հավելանյութի ավելացումով) և որոշվել են «կալորիմետրի ջերմունքանքանակը» – նրա պայմանական ջերմունակությունը, մետաղի ջերմաստիճանի փոփոխությունով: Այնուհետ, դոզատորից լցվել է մոլիբդենի երկսիլիցիդի նմուշները, մետաղի ջերմաստիճանի փոփոխությամբ որոշվել են լուծման ջերմային էֆեկտը: Նմուշների կշռումը կատարվել է անալիտիկ կշեռքով $\pm 10^{-3}$ գրամի ճշտությամբ: 6 ժամ տևողությամբ փորձի ընթացքում գոլորշացման կորուստները կազմել են միջինը 10...15%: Հալույթի կազմի փոփոխությունը լուծվող էլեմենտի մեկ նմուշի ներմուծմամբ չի գերազանցել 0,5%: Դա թույլ է տվել փորձերի ընթացքում որոշել մոլիբդենի երկսիլիցիդի լուծման էնթալպիան:

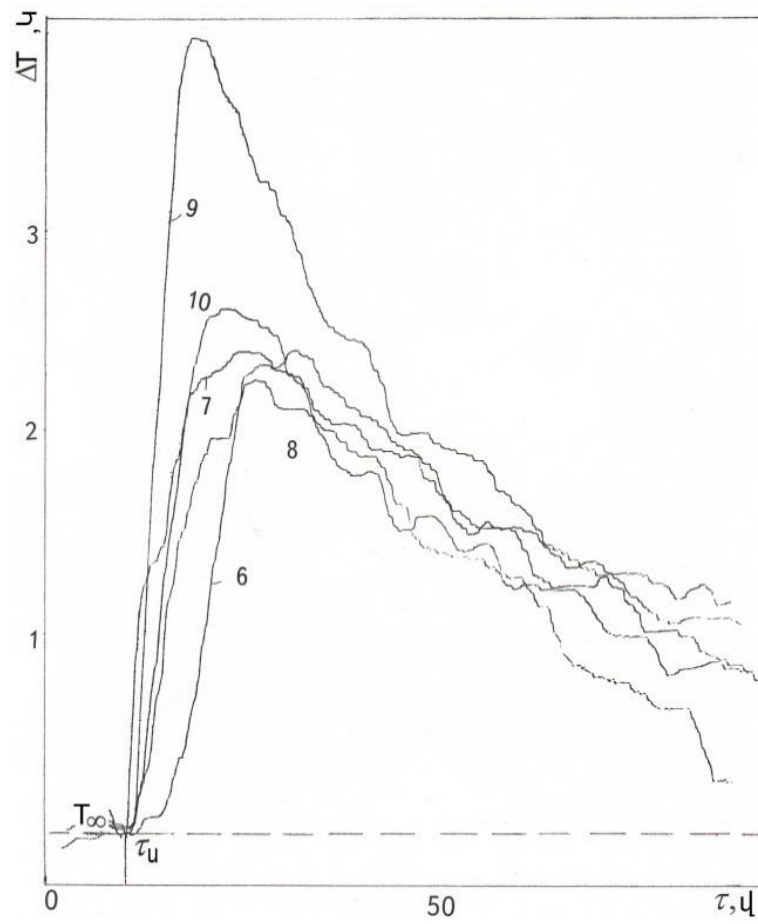
Կալորիմետրական կորերը ներկայացված են նկ. 5.19, 5.20, 5.21, 5.22 և 5.23-ում:



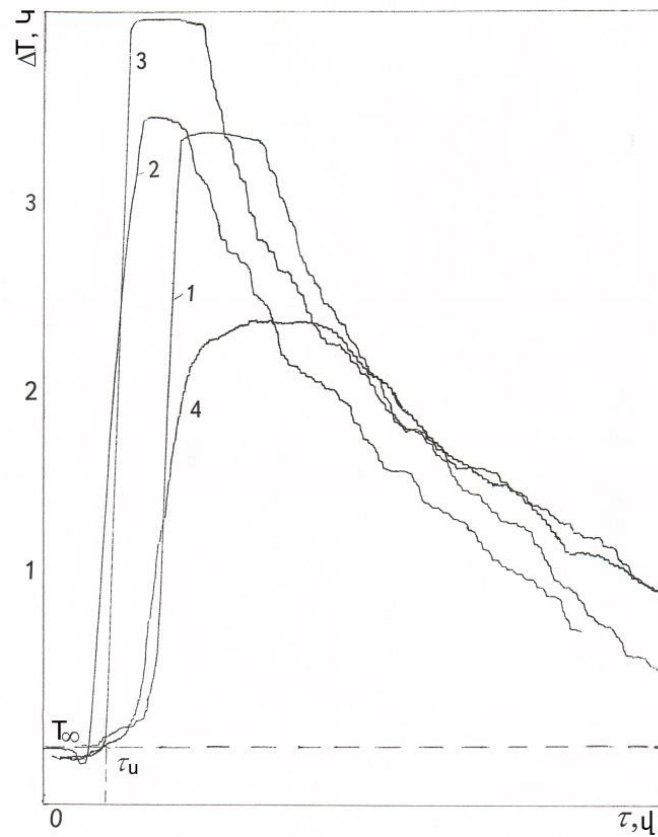
Նկ. 5.19. Կալ ուրիմետրական գիտափորձի կոր



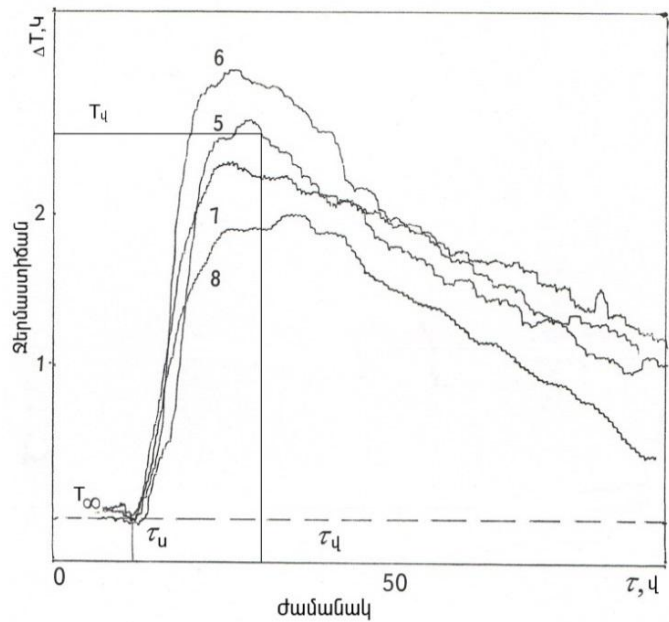
Նկ. 5.20. Կալ ուրիմետրական կորեր ժամանակից կախված ջերմաստիճանի փոփոխությանը, երկաթ, (թիվ 1-5)



Նկ. 5.21. Կալ ուրիմ ետրական կորեթր ժամանակից կախված ջերմաստիճանի փոփոխությունը, երկաթ, (թիվ 6-10)



Նկ. 5.22. Կալ որիմետրական կորեր ժամանակից կախված ջերմաստիճանի փոփոխությունը, Օքսիդացված մոլիբդենի երկսիլիցիդ, (թիվ 1-4)



Նկ. 5.23. Կալ որիմետրական կորեր ժամանակից կախված ջերմաստիճանի փոփոխությունը, մոլիբդենի երկսիլիցիդ, (թիվ 5-8)

Ինչպես տեսնում ենք, դրանք կազմված են 3 փուլերից. սկզբնական, երբ համակարգը գտնվում է կայուն վիճակում, այսինքն՝ $0 \rightarrow \tau_H$ վրկ., հիմնական, երբ տեղի է ունենում հավելանյութ նմուշի տաքացում մինչև հալման ջերմաստիճան և լուծում $\tau_H \rightarrow \tau_K$ վրկ., վերջնական, երբ հալույթի ջերմաստիճանը մոտենում է հաստատուն ջերմաստիճանի t_∞ Նյութի օրենքի համապատասխան:

Կալ որիմետրական համակարգի ջերմային հաշվեկշիռը հիմնական փուլի համար արտահայտվում է հետևյալ հավասարմամբ.

$$W(t_K - t_\infty) = -(H_d^t K - H_d^t 0) - \Delta H_d - K^t \int_{\tau_H}^K (t_K - t_\infty) dt, \quad (5.6)$$

որտեղ՝ W -ն կալ որիմետրի ջերմային արժեքն է, ջերմությունը բնութագրող քանակությունը, որն առաջացնում է կալ որիմետրական համակարգի ջերմաստիճանի փոփոխությունը 1°C , ΔH_d ; $(H_d^t K - H_d^t 0)$ -ն նմուշի ենթալպիալի մեծացումն է տաքացման ժամանակ սկզբնական t_0 ջերմաստիճանից մինչև հալման $t_K = t_0 + 1600^\circ\text{C}$, Δ ; ΔH_d -ն նմուշի լուծման ջերմությունն է, Δ ; $(t_K - t_\infty)$ -ն նմուշի ներմուծման ժամանակ հալույթի ջերմաստիճանի փոփոխությունն է, $^\circ\text{C}$; K -ն “իզոթերմիկ

թաղանթով” կալորիմետրական համակարգի ջերմափոխանակության հաստատունն է $14, 9/(4.4)$ ջերմաստիճանի շեղմամբ; t_H, t_K -ն հիմնական փուլի ժամանակի սկիզբն ու ավարտն են վ.:

Չավասարման ձախ մասն (5.6) իրենից ներկայացնում է կալորիմետրական համակարգի ջերմապարունակության նկատմող փոփոխությունը, փորձի հիմնական փուլում, իսկ աջ մասը՝ կալորիմետրում նրա ջերմապարունակության փոփոխությանը բերող և միաժամանակ ընթացող ջերմային էֆեկտների գումարն է: Չիմնական փուլի համար այդպիսի գործընթացներ են համարվում նմուշի տաքացումը, դրա լուծումը և կոնվերգենցիայից ջերմաստիճանի շեղման արդյունքում “իզոթերմիկ թաղանթով” կալորիմետրական համակարգի լրացուցիչ ջերմափոխանակությունը: Փորձի ժամանակ նմուշ հավելանյութերն ունեն սենյակային ջերմաստիճան, նրանց ջերմապարունակության փոփոխությունը տաքացման ժամանակ որոշվել է ըստ [223, 224]-ի տվյալների: Մոլիբդենի երկսիլիցիդի համար, Q/mol .

$$H_T - H_{273} = 67.52T + 7.79 \cdot 10^{-3}T^2 + 7.41 \cdot 10^5T^{-1} - 21725.34 \quad (5.7)$$

Ջերմափոխանակման ճշգրտումը որոշվել է ցածր ջերմաստիճանային կալորիմետրի կիրառման մեթոդիկայով [225, 226]: $\int_{t_H}^{t_K} (t_K - t_\infty)$

ինտեգրալի որոշումը կատարվել է գրաֆիկական մեթոդով: K մեծությունը (ավելի կոնկրետ K/W հարաբերությունը) որոշվել է կալորիմետրական փորձի կորի վերջնական հատվածի վերլուծության տվյալներով: Նյութոսի օրենքին համապատասխան.

$$\frac{K}{W} = \frac{[\ln(t_1 - t_\infty) - \ln(t_2 - t_\infty)]}{\tau_2 - \tau_1}, \quad (5.8)$$

որտեղ t_1, t_2 -ը հալույթի ջերմաստիճաններն են վերջնական փուլում τ_1, τ_2 ժամանակի պահերին համապատասխան:

τ_1, τ_2 ժամանակի պահերը ընտրվել են կամայականորեն: W մեծության որոշման համար սկզբնական հալույթ հաջորդաբար ներմուծվել է երկաթի նմուշներ (որի ժամանակ $\Delta H_d=0$): W -ի հաշվարկը կատարվել է (5.4) հավասարումով: W -ի արժեքների վերարտադրելությունը, որը ստացվել է հալույթ երկաթի 10 նմուշ հաջորդաբար ներմուծմամբ, բավարար է: Չիմնական փուլի ժամանակի ավարտի որոշումը

բավականին բարդ խնդիր է: τ_K ժամանակի պահը գործնականում կապվում է փորձարարության օրենքի իրականացման սկզբի հետ:

$$\Delta t = (t_K - t_\infty) = \Delta D_0 e^{-\frac{K}{W} t} : \quad (5.9)$$

Իրականում հիմնական շրջանի ավարտին ջերմաստիճանը կարող է փոխվել փորձարարական օրենքին համապատասխան [226]: Այդ իսկ պատճառով τ_K -ի արժեքներն ընդունվում են մի քիչ բարձրացված: (5.4) հավասարման մեջ t_K մեծության փոքրացումը կոմպենսացվում է ինտեգրալի արժեքի մեծացմամբ, որի հետևանքով հաշվարկի տվյալները չեն փոխվում: Չափման արդյունքների վիճակագրական մշակումը կատարվել է Պիտերսի բանաձևով [227].

$$\sigma_m \approx \frac{5}{4} \cdot \frac{r}{(n-1)^{1/2}} , \quad (5.10),$$

որտեղ σ_m -ը միջին քառակուսային սխալն է; r -ը՝ միջին շեղումը; n -ը չափումների քանակն է: Փորձերի արդյունքները ներկայացված են 5.4. և 5.5. աղյուսակներում: Ինչպես երևում է աղյուսակների տվյալներից, դիտվում է մոլիբդենի երկսիլիցիդի օքսիդացված և ոչ օքսիդացված նմուշների լուծման ջերմության՝ էնթալպիայի արժեքների մեծ փոփոխություն: Դա կապված է մոլիբդենի երկսիլիցիդի օքսիդացված նմուշների բարդ կառուցվածքի քայքայման հետ:

Չեղուկ պողպատը մոլիբդենի երկսիլիցիդով լեգիրման և թթվածնազտման ժամանակ ջերմաստիճանի փոփոխությունների հաշվարկը կատարվել է ըստ (5.4) հավասարման: Սովորաբար հեղուկ ցածրածխածնային պողպատները մինչև թթվածնազտումը պարունակում են ~0,06...0,08% լուծված թթվածին [218]:

Աղյուսակ 5.4

Լուծիչ մետաղի (երկաթ) գիտափորձերի արդյունքները

№	K/W	S	Δt_K	Δt_0	W	Չանգվածը
1	0,0117	94,2	1,70	2,80	375,44	0,7542
2	0,0077	95,3	1,49	2,23	516,90	0,8268
3	0,0133	79,3	1,72	2,77	400,97	0,7979
4	0,0126	87,3	1,41	2,51	415,62	0,7474
5	0,0138	70,5	1,22	2,19	455,80	0,7160
6	0,0151	80,3	1,36	2,58	429,85	0,7950
7	0,0150	84,4	1,45	2,72	411,01	0,7602

8	0,0127	46,3	1,78	2,37	461,24	0,7841
9	0,0218	130,8	1,58	4,43	319,35	0,8939
10	-	-	-	2,84	472,54	0,9554
Միջինը $W = 425,87 \pm 17,24$ Ջ/սստիճան						

Աղյուսակ 5.5

Սուլիդների երկսիլիցիդի նմուշների գիտափորձերի
արդյունքները

№	Չանգվածը	K/W	S	Δt_K	Δt_0	ΔH_d
1	0,9779	0,01840	103,5	1,93	3,84	128934
2	1,5070	0,01663	97,1	1,93	3,55	103047
3	1,0414	0,01837	132,2	1,68	4,11	130319
4	1,1522	0,01568	87,1	1,79	3,15	52139
Միջինը (օքսիդացված $MoSi_2$) $\Delta H=103610 \pm 18776$ Ջ/մոլ						
5	1,0752	0,01503	73,4	1,51	2,62	32638
6	1,0764	0,01392	82,1	1,58	2,72	38590
7	1,0441	0,01929	54,6	1,47	2,55	31617
8	1,1635	0,01421	53,9	1,74	2,51	14825
Միջինը (չօքսիդացված $MoSi_2$) $\Delta H=29418 \pm 5265$ Ջ/մոլ						

Ցածրածխածնային պողպատների լեգիրման դեպքում, երբ լուծված թթվածնի քանակը գերազանցում է 0,01%-ը, տեղի է ունենում սիլիցիումով թթվածնագտում, որն էլ բարձրացնում է հեղուկ պողպատի ջերմաստիճանը: Լուծված թթվածնի և սիլիցիումի փոխազդեցության ջերմային էֆեկտը հաշվարկվել են ըստ հավասարման.

$$\lg([\%Si] \cdot [\%O]^2) = -31040/T + 12,0,$$

$$2,3RT \lg([\%Si] \cdot [\%O]^2) = -142000 + 54,94T:$$

Այստեղից՝ $\Delta H^B = -594526$ Ջ/մոլ SiO_2 կամ

$$\Delta H^B = -594526/32 = -18579 \text{ Ջ/գ } O_2:$$

Պողպատում 0,1...1,0% սիլիցիումի պարունակության դեպքում՝ ելնելով հավասարակշռության հաստատունից 1873 Կ ջերմաստիճանի դեպքում.

$K_{Si} = [\%Si] \cdot [\%O]^2 = 3 \cdot 10^{-5}$, լուծվում է $\sqrt{3 \cdot 10^{-5}} \approx 0,0055\%$ թթվածին, այսինքն՝ թթվածնազտման ժամանակ հեռացվում է $0,05 - 0,0055 = 0,0445\%$ թթվածին: 1873 Կ

դեպքում պողպատի տեսակարար ջերմունակությունը $C = 43,1$ Ջ/(մոլ . Կ) է կամ $43,1/55,85 = 0,772$ Ջ/(գ . Կ): Մոլիբդենի դիսիլիցիդի լուծման ջերմությունը (մեր փորձի միջին արժեքը) օքսիդացված նմուշների համար 103610 Ջ/մոլ $MoSi_2$ կամ 682 Ջ/գ է: Այդ դեպքում,

$$\Delta T = \frac{0,0445 \times (-18579 + 2046)}{100 \times 0,772} = -10,$$

այսինքն՝ հեղուկ պողպատի ջերմաստիճանի բարձրանում է $10^\circ C$ -ով: 1% \$երոմոլիբդենով լեգիրման դեպքում հեղուկ պողպատի ջերմաստիճանը նվազում է, այսինքն նկատվում է ջերմաստիճանի անկում [218]:

Լաբորատոր հետազոտությունները ցույց են տվել, որ չնայած դժվարահալությանը մոլիբդենի երկսիլիցիդը լավ լուծվում է երկաթի, պողպատի, նիկելի և կոբալտի հալույթներում:

Հետազոտությունները ցույց են տվել, որ մոլիբդենի երկսիլիցիդը համալիր լիգատուրա է, այն կարելի է օգտագործել մոլիբդեն պարունակող պողպատների լեգիրման և թթվածնազտման գործընթացներում:

ԵՃՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

1. Առաջին անգամ մշակվել է կալցիումի մոլիբդատի հատիկավորման տեխնոլոգիան, հետազոտվել է հատիկավորված կալցիումի մոլիբդատի հատկությունները: Ընտրվել է կապակցող նյութը: Կատարվել է կալցիումի մոլիբդատի և կապակցող նյութի խառնուրդի ջերմային վերլուծությունը: Ցույց է տրվել անընդհատ արտադրման գործընթացի առավելությունները: Բովախառնուրդի հատիկավորման գործընթացի հետազոտությունները կատարվել է ГФМ-150 արտադրական հատիկավորիչի վրա: Մշակվել է հատիկավորման փորձատեխնոլոգիական սխեման:

2. Հետազոտվել է մոլիբդենի երկսիլիցիդի կիրառումը որպես պողպատի լեգիրման համալիր լեգատորա: Ապացուցվել է, որ չնայած մոլիբդենի երկսիլիցիդը ունի հալման բարձր ջերմաստիճան, այն լավ լուծվում է հալված երկաթում և պողպատում: Հիմնվելով կալորիամետրական, քիմիական, մետաղագիտական միկրովերլուծական ուսումնասիրությունների վրա պարզվել է մոլիբդենի երկսիլիցիդի լուծման տեխնոլոգիական և ֆիզիկաքիմիական օրինաչափությունները:

3. Մշակվել է մոլիբդենի սուլֆիդային խտանյութերից ստացված քիմիական միացությունների, կալցիումի մոլիբդատի և մոլիբդենի երկսիլիցիդի, որպես լեգիրող նյութերի ստացման տեսական և տեխնոլոգիական հիմունքները:

6. ՀԱՏԻԿԱՎՈՐՎԱԾ ԿԱԼ ԳԻՈԼՄԻ ՄՈԼԻԲԴԱՏՈՎ ԵՎ ՄՈԼԻԲԴԵՆԻ ԵՐԿՍԻԼԻՑԻԴՈՎ ՑԱՃՐ ԼԵԳԻՐՎԱԾ ՊՈԼՊԱՏՆԵՐԻ ԼԵԳԻՐՄԱՆ ԵՎ ԹՔՎԱՃՆԱՉՄԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ՀԻՄՈՒՆՔՆԵՐԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ: ՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ԷՏԵԿՏԻՎՈՒԹՅԱՆ ՀԻՄՆԱՎՈՐՈՒՄԸ

6.1. Հատիկավորված կալցիումի մոլիբդատով ցածր լեգիրված պողպատների լեգիրման տեխնոլոգիայի մշակումը

Տեխնոլոգիական հետազոտությունները և արտադրական փորձարկումները կատարվել են Վոլգոգրադի «Կրասնի Օկտյաբր» մետալուրգիական գործարանի էլեկտրահալման (ՅՇՈԼ №2) և մարտենյան արտադրամասերում:

Չատիկավորված կալցիումի մոլիբդատը (CaMoO_4), քիմիական միացությունների խառնուրդ է, 92...95% CaMoO_4 , 5...8% բենտոնիտային կալ ($\text{Al,Mg})_{2-3}(\text{OH})_2(\text{Si}_2\text{O}_{10}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$: Mo-ի պարունակությունը հատիկավորված կալցիումի մոլիբդատի մեջ 40,5% է, հալման ջերմաստիճանը 1718 Կ:

Չատիկավորված կալցիումի մոլիբդատի առավելությունները, մանրահատիկ փոշու համեմատկայանում է նրանում, որ բացառում է փոշեգոյացումը: Մետաղի լեգիրման գործընթացում մեծ նշանակություն ունի խողթնությունը ($\sim 3,5\text{գ/սմ}^3$), որն անհամեմատավելի մեծ է քան լիցքային փոշուները: Չատիկավորված կալցիումի մոլիբդատի խողթնությունը փոքր է հավված մետաղի խողթնության, բայց մեծ է հեղուկ խարամից, այդ իսկ պատճառով փոխազդում է անմիջական մետաղի հետ: Մանրահատիկ կալցիումի մոլիբդատի փոշու հեղուկ խարամի հետ խառման հավանականությունը մեծ է, որը խիստ անթույլատրելի է: Չատիկավորված կալցիումի մոլիբդատը ունի ցածր ջերմհաղորդականություն և հալման ցածր ջերմաստիճան, որը նպաստում է մետաղի հետ փոխազդման մեծ արագություն ասպահովմանը:

Գործարանում ընդունված տեխնոլոգիայի համաձայն, կալցիումի մոլիբդատի փոշին հիմնականում կիրառվում է բովախառնուրդի լցման փուլում, մետաղական տարաների մեջ, մեկ տարայի մեջ կշռաբաշխված 10կգ մոլիբդենի հաշվարկով: Կալցիումի մոլիբդատի լցման ժամանակ վառարան մտցվող վառելանյութը և օդը դադարեցվում են: Այն օգտագործել պողպատների հալման մյուս փուլերում չի երաշխավորվում, պողպատի արժեքի թանկացման և մոլիբդենի յուրացման ցածր աստիճանի պատճառով, ինչպես նաև մոլիբդենի յուրացման երկար ժամանակահատվածի համար: Այսպիսով կարևոր խնդիր է մոլիբդենի բարձր աստիճանով յուրացումը և նրա կիրառումը պողպատի հալման բոլոր փուլերում:

Մոլիբդենի երկսիլիցիդը $-\text{MoSi}_2$ քիմիական միացություն է, մոլիբդենի պարունակությունը 63,07%, սիլիցիումը 36,93%, հալման ջերմաստիճանը՝ 2293 Կ: Ունի քառանկյուն կառուցվածք մինչև 1850 Կ ջերմաստիճանը ($a=0,3203$, $c=0,7850$, $c/a = 2,452$), խողթնությունը $-6,267\text{գ/սմ}^3$ [1]: Մոլիբդենի երկսիլիցիդի քիմիական կազմը %-ներով Mo- 57...60, Si - 30...32, Fe- 0,5...1,2, SiO_2 - 5,5...10, Al_2O_3 - 1,6...2,0, և այլ 01...0,5:

Կալցիումի մոլիբդատի և մոլիբդենի երկսիլիցիդի որպես լիգատուրա, հիմնական ցուցանիշը, համարվում է քիմիական բաղադրությունը: Պողպատի արտադրության պահանջներին համապատասխան, այսինքն լեգերող հավելանյութի փոքր զանգվածի մեջ լինի առաջնային տարրի՝ մոլիբդենի բարձր կոնցենտրացիա և, որ կարևոր է, նրա բաղադրության մեջ Mo-ը լինի անփոփոխ, որը կապահովի պողպատի ստացումը նրա պարունակության տրված նեղ սահմաններով: Որակի կարևոր բնութագիր է նաև CaMoO_4 և MoSi_2 -ի չափերը, որի ճիշտ ընտրումն արագացնում է հալույթում նրա լուծումը և ապահովում է բարձր տոկոսով յուրացումը: Էական բնութագիր է համարվում նաև նրանց խտությունը, որը մեծ է հեղուկ մետաղի խտությունից: Կարելի է նշել նաև մեխանիկական հատկությունները, որի միջոցով կարելի է ապահովել կալցիումի մոլիբդատի և մոլիբդենի երկսիլիցիդի ստացումը տրված հատկաչափական կազմով: Կարևոր է նաև նրանցից մոլիբդենի յուրացման բարձր աստիճանը հալույթի կողմից:

Փորձարկումները կատարվել են 200տ տարողության էլեկտրաաղեղային և 150տ մարտենյան վառարաններում, մոլիբդենի տարբեր պարունակությամբ պողպատների արտադրությունում, 12X1MΦ (Mo 0,25 - 0,35%), 15XM (Mo 0,4 - 0,55%), 40XH2MA (Mo 0,15 - 0,25%), 15X1M1Φ (Mo 0,9 - 1,1%), շՅ08XM (Mo 0,5 - 0,7%) և այլն:

Մոլիբդեն պարունակող լեգիրող նյութերի դեֆիցիտայնությունը և բարձր արժեքը պահանջում է ապահովել այդ նյութերից մոլիբդենի բարձր տոկոսով յուրացումը: Բացի դրանից տնտեսական առումով պետք է ապահովել պողպատի բաղադրության ստանդարտի պահանջներին բավարարող մոլիբդենի նվազագույն ցածր պարունակություն: Այդ պահանջները բավարարելու համար պետք է ունենալ Չատիկավորված կալցիումի մոլիբդատից, և մոլիբդենի երկսիլիցիդից հալված մետաղի կողմից, երաշխավորված բարձր աստիճանի մոլիբդենի յուրացում:

Ներկայումս մոլիբդեն պարունակող պողպատների լեգիրումը կատարում են ֆերոմոլիբդենով միայն վառարանում, մոլիբդենի

յուրացման աստիճանը կազմում է 97%: Հիմնական թերությունը, որպես լիգատորա, կայանում է նրա բարձր խտությունը 8,9...9,5գ/սմ³ և լուծման ցածր արագությունը, որը խանգարում է ստանալ մոլիբդենի համասեռ բաշխվածությունն պողպատում:

Գործարանային պայմաններում, հատիկավորված կալցիումի մոլիբդատից և MoSi₂-ից մոլիբդենի յուրացման աստիճանը որոշելու համար հետազոտությունները կատարվել են համաձայն գործող տեխնոլոգիական հրահանգների: Վառարանի նախապատրաստումը, բովախառնուրդը և հալումը իրականացվել է համաձայն ТИ-132-М-1-86 և ТИ-132-ЭС2-25-84, տեխնոլոգիական կանոնակարգերի և հաշվի առնելով հետևյալ առանձնահատկությունները. 1)

Էլեկտրաաղեղային վառարաններում հատիկավորված կալցիումի մոլիբդատը և MoSi₂-ը կիրառվել է պողպատի հալման բոլոր փուլերում՝ բովախառնուրդի լցման, պողպատի բաղադրության շտկման և վերջնական թթվածնագտման փուլերում: Կատարվել է նաև պողպատի հալումը վառարանում առանց մոլիբդենի բաղադրած շտկման, մետաղի լեգիրումը MoSi₂-ով և հատիկավորված կալցիումի մոլիբդատով կատարվել է ձուլաչեղանակով: Հատուկ ուշադրություն է դարձվել մետաղի ջերմաստիճանի վրա, այն կազմել է 1873...1893 Կ: Արտադրական փորձերում ջերմաստիճանի չափումը իրականացվել է БС-7148 բլոկների օգնությամբ (աստիճանավորմամբ BP 5/20-1 ВНИИАЧЕРМЕТ): Շերեփի մեջ պողպատի ջերմաստիճանը չափվել է պաշտպանիչ կվարցային ծայրոցով ջերմազույգի օգնությամբ (BP 5/20):

Աղ. 6.1-ում ներկայացված է մոլիբդենի յուրացման աստիճանը հատիկավորված կալցիումի մոլիբդատից, մոլիբդեն պարունակող պողպատների հալման ժամանակ: Աղյուսակ 6.2-ում ներկայացված են համեմատական սովորական գործարանային հալումների տվյալները:

Կատարված փորձերի արդյունքները ցույց են տալիս որ, բենտոնիտային կավով կալցիումի մոլիբդատի հատիկավորումը նպաստում է մոլիբդենի յուրացման աստիճանի բարձրացմանը, հալված մետաղի կողմից, պողպատների լեգիրման

Աղյուսակ 6.1

Մոլիբդենի յուրացման աստիճանը հատիկավորված կալցիումի մոլիբդատից, մոլիբդեն պարունակող պողպատների հալման ժամանակ

Հալում №	Պողպատ մակնիշը	Չալ ու յ թ կշիռը տ	Mo-ի հաշվարկը				
			CaMoO ₄ , կգ / %	հաշվար Mo-ի %	հալույթ Mo-ի %	Mo-ի հալապակաս. %	Mo-ի յուրացում, %
8-167	12X1MΦ	154,23	900 / 0,245	0,29	0,28	3	~97
8-179	12X1MΦ	155,23	1000 / 0,27	0,27	0,27	0	~100
8-182	12X1MΦ	149,62	920 / 0,26	0,29	0,29	0	~100
10-530	15X1M1Φ	152,00	950 / 0,27	0,96	0,96	0	~100

Աղյուսակ 6.2

Սովորական գործարանային հալ ու մները

№	Պողպատ մակնիշը	Չալ ու յ թ կշիռը տ	Mo-ի հաշվարկը				
			CaMoO ₄ փոշի կգ / %	հաշվար Mo-ի %	հալույթ Mo-ի %	Mo-ի հալապակաս. %	Mo-ի յուրացում %
8421	12X1MΦ	160,0	150 / 0,04	0,30	0,26	13	~87
8504	12X1MΦ	164,0	150 / 0,06 + +50կգ FeMo	0,29	0,26	10	~90
8485	12X1MΦ	163,0	200 / 0,06	0,29	0,26	10	~90

գործընթացում: Բացի դրանից կալցիումի մոլիբդատի CaO-ն նպաստում է հիմնային խարամների գոյացմանը, հետևաբար և ծծմբազտմանը և ֆոսֆորազտմանը:

Չափակավորված կալցիումի մոլիբդատը տեխնոլոգիական լիգատուրա է, հարկավոր է ներդնել արտադրությանը, այն կարելի է օգտագործել մոլիբդեն պարունակող բոլոր մակնիշների պողպատների արտադրությանը, հալման բոլոր փուլերում:

6.2. Մոլիբդենի երկսիլիցիդով ցածրլեգիրված պողպատների և եգիրման և թթվածնազտման տեխնոլոգիայի մշակումը

Չիմնվելով լաբորատոր հետազոտությունների արդյունքների վրա, էլեկտրահալման և մարտենյան վառարաններում, կատարվել է մոլիբդենի երկսիլիցիդով պողպատի հալույթի թթվածնազտման և լեգիրման տեխնոլոգիայի արտադրական փորձարկումներ:

Էլեկտրահալման վառարաններում մոլիբդենի երկսիլիցիդով ցածրլեգիրված պողպատների մոլիբդենով լեգիրումը կատարվել է ՇՅՕՑՄ, ՇՅՕՑԽՄ և 40XԻ2ՄԱ պողպատների արտադրության ժամանակ, փորձարկումները իրականացվել են 200 տոննա տարողությամբ

Էլեկտրահալման վառարաններում, համաձայն ТИ-132-ЭС2-25-84 տեխնոլոգիական հրահանգների հետևյալ առանձնահատկությամբ՝

1. մոլիբդենի երկսիլիցիդով լեգիրումը կատարվել է հալման ընթացքում խարամի հեռացումից հետո, նպատակ ունենալով միաժամանակ իրականացնել մետաղի լեգիրում մոլիբդենով և մետաղի թթվածնազտում սիլիցիումով (45% ֆեռոսիլիցիումի փոխարեն):

2. մետաղի քիմիական բաղադրության ճշգրտումը իրականացվել է ձուլաչեղանի մեջ, պողպատի լցման ժամանակ, նրա 1/3-ից մինչև 1/2 բարձրության վրա: Վերջնական թթվածնազտման համար օգտագործվել է ալյումին:

MoSi₂-ով լեգիրումը կատարվել է նախնական թթվածնազտման փուլում: Հանգիստ պողպատները նախնական թթվածնազտում են վառարանում և վերջնական ձուլաչեղանում:

Մոլիբդեն պարունակող ցածր լեգիրված պողպատների լեգիրման և թթվածնազտման տեխնոլոգիայի բարելավման ուղղությամբ ունենալով մեկը կարելի է համարել այդ գործողությունների տեղափոխումը ձուլաչեղանի: Այդ մեթոդն նպատակ ունի ստանալ պողպատ մոլիբդենի պարունակության նեղացված սահմաններով, տարբեր հալույթների պողպատների հատկությունների ստանդարտացման համար: Արտավառարանային լեգիրման և թթվածնազտման դեպքում կրճատվում է հալման ժամանակը, մեծանում է պողպատաձուլման վառարանների արտադրողականությունը, ինչպես նաև տնտեսվում է լեգիրող նյութերը:

Միաժամանակ վերցվել են և խարամից և հալված մետաղից փորձանմուշներ, որոնք ենթարկվել են քիմիական մեթոդներով ուսումնասիրման:

Աղյուսակ 6.3-ում ներկայացված է էլեկտրաաղեղային վառարաններում մոլիբդենի երկսիլիցիդից մոլիբդենի յուրացման աստիճանը, մոլիբդեն պարունակող պողպատների հալման ժամանակ: Մոլիբդենի յուրացման աստիճանը բոլոր դեպքերում կազմել է ~100%:

Աղյուսակ 6.3

Մոլիբդենի երկսիլիցիդից մոլիբդենի յուրացման աստիճանը 200 տոննատարող ության էլեկտրատեղային վառարանում

Մակնիշ	Կիրառման ժամանակը	Մետաղի ելքը, տ	MoSi ₂ -ի քանակը կգ	Փաստացի Mo, %	Յուրացումը %
св08ХМ	Թթվածնազտում	207,7	1870	0,58	~ 100
св08ХМ	Թթվածնազտում	214,4	1300	0,56	~ 100
40ХН2МА	Ձուլ աշերեփ	221,1	500,0	0,16	~ 100

Մարտենյան վառարանում, մոլիբդենի երկսիլիցիդի կիրառմամբ, փորձնական հալումները կատարվել է հետևյալ փուլերով՝ 1) մոլիբդենի երկսիլիցիդը տրվել է թուջի տակ բովախառնուրդի լցման փուլում, 2) թթվածնազտման փուլում և 3) ձուլ աշերեփի մեջ հալույթի լցման ժամանակ: Վառարանի նախապատրաստումը, բովախառնուրդը և հալումը իրականացվել է համաձայն ТИ-132-М-1-86 տեխնոլոգիական կանոնակարգի:

Աղ. 6.4-ում բերված է մոլիբդենի երկսիլիցիդից մոլիբդենի յուրացման արդյունքները հալման առաջին փուլում 12X1MΦ մակնիշի պողպատների հալման դեպքում:

Մոլիբդենի երկսիլիցիդը բովախառնուրդի մեջ օգտագործման ժամանակ համեմատած սովորական հալման հետ, նկատվում է խարամի հիմնային ության նվազում և \$ոս\$որի պարունակության աճ: Այն կապված է մոլիբդենի երկսիլիցիդի բաղադրության մեջ առկա սիլիցիումի օքսիդացման հետ և սիլիկահողի խարամանցման հետ: Այդ պատճառով մեծ քանակությամբ մոլիբդենի երկսիլիցիդի ներմուծման դեպքում կրի ծախսը, համեմատած սովորական հալման հետ, մեծացվում է 1000 կգ-ով, որը բերում է խարամի ավելացման: Երկրորդ փուլում հետազոտությունները, մոլիբդենի երկսիլիցիդի կիրառմամբ, իրականացվել են թթվածնազտման փուլում: Փորձերի համար մոլիբդենի երկսիլիցիդի քանակությունը ընտրվել է 200...300 կգ և հալման արդյունքները բերված է աղ.6.5-ում:

Մոլիբդենի յոլրացման աստիճանը մոլիբդենի երկսիլիցիդից բովախառնուրդի լցման փուլում 12X1MՓ մակնիշի պողպատների դեպքում

Հալում №	Հեղուկ մետաղի ելքը, տ	Տրված MoSi ₂ -ի քանակը			Mo-ի %-ը հալվածքում	Mo-ի, յոլրաց. %	Խարամի հիմնային-նւթյունը
		տ	Հաշվարկ %	Mo-ի, % բովախառն.			
09138	148,82	0,782	0,30	0,03	0,33	100	2,10
09145	153,29	0,68	0,25	0,03	0,28	100	1,99
09147	154,39	0,600	0,22	0,05	0,27	100	1,91
09150	160,88	0,580	0,21	0,05	0,25	98	1,90
09151	160,92	0,670	0,25	0,05	0,29	98	1,9

Աղյուսակ 6.5

Մոլիբդենի յոլրացման աստիճանը մոլիբդենի երկսիլիցիդից թթվածնազտման փուլում 12X1MՓ մակնիշի պողպատների դեպքում

Հալում №	Տրված MoSi ₂ -ի քանակը		Mo-ի, % բովախառնուրդից	Mo-ի %-ը MoSi ₂ -ի լցումից հետո	Mo-ի, յոլրաց., %	Mo-ի յոլրաց. MoSi ₂ -ից, %
	կգ	Հաշվարկ %				
09221	200	0,07	0,20	0,27	0,07	100
08257	260	0,08	0,19	0,27	0,08	100
08258	300	0,10	0,19	0,30	0,11	>100
08264	250	0,08	0,20	0,29	0,09	>100
08239	300	0,10	0,18	0,27	0,09	<100
08361	250	0,08	0,18	0,26	0,08	100

Աղյուսակից երևում է, որ գործնականորեն մոլիբդենի երկսիլիցիդից մոլիբդենի յոլրացումը թթվածնազտման ընթացքում կազմում է 100 %: Որոշակի շեղումները կապված են ГОСТ 12354-66 քիմիական վերլուծության թույլատրելի սխալի հետ:

Աշխատանքի առաջին և երկրորդ փուլերի դրական արդյունքները և լաբորատոր հետազոտությունները և գործարանային վառարաններում ստացված արդյունքները թույլ տվեցին, որ պողպատի բաղադրության շտկումը կարելի է կատարել առանց հալման ընթացքում մոլիբդենի պարունակության շտկման և ձուլաչեղերեփ մտցնել մոլիբդենի երկսիլիցիդի ամբողջ պահանջվող

քանակը: Այն հնարավորությունն է տալիս նաև էֆեկտիվ օգտագործել մոլիբդենի երկսիլիցիդի մեջ պարունակող սիլիցիումը:

Աղ. 6.6-ում բերված է ձուլաչափի մեջ տրված մոլիբդենի քանակությունը տոկոսային հարաբերությամբ և նրա յուրացման աստիճանը: Փորձարկումը

կատարվել է տարբեր մակնիշի պողպատների համար, մոլիբդենի 0,09%-ից մինչև 0,24% պարունակությամբ: Բոլոր դեպքերում մոլիբդենի յուրացումը կազմել է 100% և կապված է մոլիբդենի երկսիլիցիդի քանակի հետ: Մոլիբդենի երկսիլիցիդից մետաղի մեջ անցած սիլիցիումը յուրացվում է սովորական կարգով (աղ. 6.7) և համապատասխանաբար փոքրացվում է մետաղ տրվող սիլիցիումի քանակությունը այլ ֆերոհամաձուլվածքներից:

Աղյուսակ 6.6

Մոլիբդենի յուրացման աստիճանը MoSi₂-ից ձուլաչափում

Հալ- ում №	Պողպատ մակնիշ ը	Հեղու կ մետա- ղի ելքը, տ	Mo հալու յթ-ում %	Mo ձուլաչ ափ-ի լցման %	Տրվել է MoSi ₂ ձուլաչափ ի		Mo պողպ ատ, %	MoSi ₂ - ից Mo- ի յուր աց. %
					կգ	Mo, %		
08181	12X1MΦ	161,76	0,13	0,12	450	0,16	0,28	100
09325	12X1MΦ	155,76	0,07	0,06	650	0,24	0,30	100
08164	12X1MΦ	155,39	0,18	0,19	350	0,12	0,31	100
08927	25XГM	155,39	-	-	580	0,22	0,22	100
08165	25XГM	160,92	0,07	0,07	480	0,17	0,24	100
11528	40XH2MA	156,39	0,08	0,08	250	0,09	0,17	100
11730	40XH2MA	162,92	0,04	0,05	500	0,17	0,22	100
11746	40XH2MA	163,76	0,06	0,06	400	0,14	0,20	100
11743	40XH2MA	160,92	0,05	0,05	400	0,14	0,19	100
11757	20XH2M	160,92	0,08	0,08	400	0,14	0,22	100
08162	15X1M1Φ	161,42	0,85	0,85	400	0,14	0,99	100

Աղյուսակ 6.7

MoSi₂-ից սիլիցիումի յուրացումը ձուլաչափում

Հալ ու մ №	Պողպատի մակնիշ ը	Հեղուկ մետաղի ելքը, տ	Si հալ ու յ- թում %	Տրվել է ձուլաշերտի		Si պարա- ստի պողպատ · %	Թթվածնա- զտման ժամանակ ը, վրկ.	ճոռի ց թափ- ման ժամա- նակը , վրկ
				Ֆերոհամ- ա- ձուլված ք %	MoSi ₂ -ից %			
08181	12X1MΦ	161,76	0,21	0,14	0,10	0,23	15	10
09325	12X1MΦ	155,76	0,23	0,10	0,14	0,28	12	10
08164	12X1MΦ	155,39	0,23	0,20	0,08	0,24	18	5
08927	25XГМ	155,39	0,32	0,12	0,12	0,27	20	10
08165	25XГМ	160,92	0,26	0,13	0,10	0,27	20	15
11528	40XH2M	156,39	0,29	0,11	0,05	0,28	25	5
11730	40XH2M	162,92	0,28	0,10	0,11	0,26	20	15
11746	40XH2M	163,76	0,25	0,11	0,09	0,09	15	10
11743	40XH2M	160,92	0,31	0,10	0,09	0,33	20	5
11757	20XH2M	160,92	0,30	0,08	0,09	0,23	12	20
08162	15X1MΦ	161,42	0,20	0,16	0,09	0,24	16	4

Մոլիբդենի քիմիական բաղադրության անհամատեղության ուսումնասիրության համար վերցվել է մի քանի սիֆոններից լրացուցիչ նմուշներ նրանց մեջ մոլիբդենի որոշման համար:

Նկ. 6.1-ում ներկայացված է 12X1MΦ և 40XH2MA մակնիշի պողպատների թիվ 09051 ու 11528 հալ ու մների փաստացի մոլիբդենի պարանակությունը, վերցված 2-րդ, և 7-րդ սիֆոններից, բոլոր նմուշներում համապատասխանաբար կազմել են 0,28 և 0,17 %:



Նկ. 6.1. Նմուշների նկարները վերլուծությունից հետո Այսպիսով արտադրական փորձարկումները ցույց են տալիս, որ նպատակահարմար է պողպատների լեգիրումը մոլիբդենի

երկսիլիցիդով կատարել ձուլաշերտերում, վառարանում մոլիբդենի քանակության ճշգրտման փոխարեն:

6.3. Փորձնական հալու մների որակական բնութագրերը և առանձնահատկությունները:

Կատարվել է փորձամուշների որակական բնութագրերի հետազոտություն: 12X1MΦ, 40XH2MA, 15X1M1Φ և 25XГM պողպատների մեխանիկական հատկությունները, որոնք ստացվել են, մոլիբդենի երկսիլիցիդով, ձուլաշերտում և եզիրման միջոցով ներկայացված են աղ. 6.8, 6.9, 6.10 և 6.11-ում:

Աղ. 6.8-ում, (12X1MΦ, 950°C-ում մխում և 720-750 արձակում, պահամիջոցը 1ժ, օդ), 6.9-ում, (40XH2MA, 850°C-ում մխում յուղում և 620°C-ում արձակում ջրում), 6.10-ում, (15X1M1Φ, տաքացում 970...1000°C-ում և 730-760 արձակում, պահամիջոցը ոչ պակաս 10ժ), 6.11-ում, (25XГM, 860°C-ում մխում յուղում և 200°C-ում արձակում, օդում) բերված են պողպատների մեխանիկական հատկությունները: Տարբերակիչ առանձնահատկությունը կայանում է նրանում, որ ստացված պողպատները ոչ միայն ձգման ամրության (σ_B) այլ նաև պլաստիկության (σ_T, δ, Ψ) տվյալներով գերազանցում են բազային պողպատներին:

Աղյուսակ 6.8

MoSi₂-ով և եզիրված 12X1MΦ մակնիշի պողպատների մեխանիկական հատկությունները

Հալում №	Պահանջները ТУ 14 - 1 - 1529 - 84					
	σ_B ՄՊա	σ_T ՄՊա	$\Psi, \%$	$\delta, \%$	KCU ՄՁ/մ ²	Գլոցվածքի պրոֆիլը Φ
	470-637	275	55	21	0,6	
08162	507	360	56	22	0,8	260
08164	490	343	56	28	0,9	240
08181	558	353	69	26	0,7	110
09138	558	421	75	26	-	240
09145	598	431	74	25	-	110
09147	529	431	73	26	-	110
09150	500	343	56	22	-	260
09325	510	382	62	24	0,7	170
09351	539	343	58	22	-	260

Աղյուսակ 6.9

MoSi₂-ով լեգիրված 40XH2MA մակնիշի արդպատի մեխանիկական հատկությունները, հալում № 11730

Պահանջները ԳՕՍՏ 4543-71					
σ_T , Ն/մմ ²	σ_B , Ն/մմ ²	δ , %	ψ , %	KCU, Ջ/սմ ²	Գլոցվածքի արոֆիլը Փ
Ոչ պակաս					
930	1080	12	50	78	
960	1127	16	60	118	75
980	1176	15	59	117	230

Աղյուսակ 6.10

15X1M1Փ մակնիշի արդպատի մեխանիկական հատկությունները, հալում № 08162

Պահանջներ TY 14 - 1 -1529 - 84					
σ_B , Ն/մմ ²	σ_T , Ն/մմ ²	ψ , %	δ , %	KCU, Ջ/սմ ²	Գլոցվածքի արոֆիլը Փ
Ոչ պակաս					
490 ... 686	343	50	16	0,5	
617	460	56	20	0,6	260

Աղյուսակ 6.11

25XГМ, մակնիշի արդպատի մեխանիկական հատկությունները, հալում № 08927

Պահանջներ ԴՕՏՏ 4543 - 71					
σ_T , Ն/մմ ²	σ_B , Ն/մմ ²	δ , %	ψ , %	KCU, Ջ/սմ ²	Գլոցվածքի արոֆիլը Փ
Ոչ պակաս					
1080	1180	10	45	78	
1519	1636	12	51	104	38
1499	1685	12	51	117	80
1421	1636	11	46	86	150

Ինչպես երևում է 6.8, 6.9, 6.10 և 6.11 աղյուսակներից մոլիբդենի երկսիլիցիդով լեգիրված պողպատների հալման տեխնոլոգիան թույլ է տալիս ստանալ բարձր մեխանիկական հատկություններով պողպատներ, որոնք համապատասխանում են ՏՈՒ-14-1-1529-84 և ԳՕՍՍ- 4543-71 պահանջներին:

Պողպատների հատկությունների վրա մեծ ազդեցություն ունի ոչ մետաղական ներխառնուկները: Այդ ներխառնուկների բաղադրությունը, կառուցվածքը, և չափերը մեծ ազդեցություն ունի պողպատի որակի վրա:

Պողպատների ոչ մետաղական միացություններով կեխտոտվածությունը գնահատվել է տիպերով, գլոցվածքի 6 նմուշների վրա, վերցված գլխամասային (լիտեր A) և վերջնամասային (լիտեր H), երկրորդ սիֆոնի ձուլազանգվածից: Ոչ մետաղական միացություններով կեխտոտվածության գնահատումը կատարվել է մանրադիտակի տակ, նայելով ոչ խածատված հղկուկի մակերեսին և համեմատելով էտալոնային սանդղակի հետ: Յինգբալային սանդղակը դասակարգում է հետևյալ ոչ մետաղական ներխառնուկներ՝ միաշար օքսիդներ (OC), կետային օքսիդներ (OT), փխրուն սիլիկատներ (CX), ալաստիկ սիլիկատներ (CΠ), չձևափոխվող սիլիկատներ (CH), սուլֆիդներ (C), միաշար նիտրիդներ և կարբոնիտրիդներ (HC), կետային նիտրիդներ և կարբոնիտրիդներ (HT), ալյումինի նիտրիդներ (HA): Բոլոր նմուշներում որոշվել է ներխառնուկների մաքսիմալ բալերը (առանձին օքսիդները և սուլֆիդները) համապատասխան ՏՈՒ 14-1-1529-84 և ԳՕՍՍ 1778-70 ստանդարտների: Տվյալ հալումի մետաղի կեխտոտվածության մեծությունը ընդունվել է 6 որոշման միջին բալը:

Աղ. 6.12 -ում ներկայացված է 12X1MΦ պողպատի կեխտոտվածության գնահատման արդյունքները, հալում № 08164 գլոցվածք Φ 105 և 240 մմ:

Աղ. 6.13 -ում ներկայացված է 25XГM պողպատի կեխտոտվածության գնահատման արդյունքները, հալում 08927, գլոցվածք Φ 80 մմ:

Աղ. 6.14 -ում տրված է 15X1M1Φ պողպատի կեխտոտվածության գնահատման արդյունքները հալում № 08162, գլոցվածք Ø260 մմ:

Աղ. 6.15-նում ներկայացված է 12X1M1Φ պողպատի կեխտոտված ության գնահատման արդյունքները հալում № 09325 ,գլոցվածք $\hat{O}125$ մմ:

Աղյուսակ 6.12

12X1M1Φ պողպատի կեխտոտված ության գնահատման արդյունքները, հալում № 08164 գլոցվածք $\Phi 105$ և 240 մմ

Նմուշի №	Գնահատու ը բալերով									
	OC	OT	CX	CP	CH	Առավել ա. բալ, միաշար OC, CX, CP	C	HC	HT	HA
$\Phi 105$ մմ										
1A	1,0	2,5	-	-	-	-	2,5	-	-	-
1A	1,5	2,5	-	-	-	-	3,0	-	-	-
1A	1,0	3,0	-	-	-	-	2,5	-	-	-
1H	1,0	2,5	-	-	-	-	2,5	-	-	-
1H	1,0	2,5	-	-	-	-	3,0	-	-	-
1H	1,5	3,0	-	-	-	-	3,0	-	-	-
Միջին բալ	1,16	2,66	-	-	-	-	2,75	-	-	-
$\hat{O} 240$ մմ										
5A	1,5	3,0	-	-	-	-	2,5	-	-	-
5A	1,5	2,0	-	-	-	-	2,5	-	-	-
5A	1,5	2,5	-	-	-	-	2,5	-	-	-
5H	1,5	2,0	-	-	-	-	3,0	-	-	-
5H	1,5	2,0	-	-	-	-	2,5	-	-	-
5H	1,0	2,0	-	-	-	-	2,5	-	-	-
Միջին բալ	1,41	2,25	-	-	-	-	2,58	-	-	-

Աղյուսակ 6.13

25X1M պողպատի կեխտոտված ության գնահատման արդյունքները հալում № 08927, գլոցվածք $\Phi 80$ մմ

Նմուշի №	Գնահատու ը բալերով									
	OC	OT	CX	CP	CH	Առավել ա. բալ, միաշար OC, CX, CP	C	HC	HT	HA
1A	1,5	2,5	-	-	-	-	2,0	-	-	-
1A	1,0	2,5	-	-	-	-	2,0	-	-	-
1A	1,5	2,0	-	-	-	-	2,0	-	-	-
3H	1,0	2,0	-	-	-	-	3,0	-	-	-
3H	1,0	2,0	-	-	-	-	3,0	-	-	-
3H	1,0	2,0	-	-	-	-	3,0	-	-	-

Միջին բալ	1,17	2,17	-	-	-	-	2,5	-	-	-
-----------	------	------	---	---	---	---	-----	---	---	---

Աղյուսակ 6.14

15X1M1Φ պողպատի կեխտոտված ության գնահատման արդյունքները հալու մ № 08162 ,գլոցվածք $\hat{O}260$ մմ

Նմուշի №	Գնահատումը բալերով									
	OC	OT	CX	CP	CH	առավելագույն, միաշար OC, CX, CP	C	HC	HT	HA
1A	1,0	2,5	-	-	-	-	3,0	-	-	-
1A	1,0	2,5	-	-	-	-	2,5	-	-	-
1A	1,5	2,0	-	-	-	-	2,5	-	-	-
1H	1,0	2,0	-	-	-	-	2,5	-	-	-
1H	1,5	2,5	-	-	-	-	3,0	-	-	-
1H	1,5	2,5	-	-	-	-	3,0	-	-	-
Միջին բալ	1,25	2,33	-	-	-	-	2,75	-	-	-

Աղյուսակ 6.15

12X1M1Φ պողպատի կեխտոտված ության գնահատման արդյունքները հալու մ № 09325 ,գլոցվածք $\hat{O}125$ մմ

Նմուշի №	Գնահատումը բալերով									
	OC	OT	CX	CP	CH	առավելագույն, միաշար OC, CX, CP	C	HC	HT	HA
1A	1,0	3,0	-	-	-	-	2,5	-	-	-
1A	1,0	2,5	-	-	-	-	2,5	-	-	-
1A	1,0	2,5	-	-	-	-	2,5	-	-	-
1H	1,0	3,0	-	-	-	-	3,0	-	-	-
1H	1,0	3,0	-	-	-	-	2,5	-	-	-
1H	1,0	2,5	-	-	-	-	3,0	-	-	-
Միջին բալ	1,0	2,75	-	-	-	-	2,66	-	-	-

Համապատասխան ՏՈՒ 14-1-1529-84 և ԳՕՍՏ 1778-70 ստանդարտների խողովակային 12X1MΦ, 15X1M1Φ և 25XM պողպատների պատրաստության կեխտոտված ությունը ոչ մետաղական ներխառնուկներով չպետք է գերազանցի սուլֆիդների, օքսիդների և սիլիկատների համար 3,5 բալը, իսկ առավելագույնը՝ 4 բալ: Աղյուսակներից երևում է, որ արդյունքները լիովին բավարարում են ստանդարտի պահանջներին:

Այսպիսով, հատիկավորված կալցիումի մոլիբդատը և մոլիբդենի երկսիլիցիդը կարելի է օգտագործել մոլիբդեն պարունակող բոլոր պողպատների հալման դեպքում: $MoSi_2$ -ը կարող է տրվել հալումի

ցանկացած փուլում չընդհատելով հալման գործընթացը (Էլեկտրականության կամ վառելանյութի մատակարարումը վառարան և այլն): Մոլիբդենի երկսիլիցիդի կիրառումը առավել նպատակահարմար է իրականացնել ձուլաշերտի մեջ պողպատի և ցման ժամանակ:

6.4. Տնտեսական Էֆեկտիվության հիմնավորումը

Տնտեսական հաշվարկների հիմքում դրված են տարեկան 2000 տ մոլիբդենային խտանյութի վերամշակման արտադրողականության ամբարտադրամասի կառուցման և շահագործման ցուցանիշները:

Մոլիբդենային խտանյութի վերոնշյալ քանակի վերամշակման արդյունքում արտադրամասը կստանա 4 հիմնական և երկու միջանկյալ արտադրատեսակ՝ մոլիբդենի երկսիլիցիդ, կալցիումի մոլիբդատ, մոլիբդենի եռօքսիդ, սիլիցիումի երկսուլֆիդ, մոլիբդենի երկսուլֆիդ և կապարի մոլիբդատ: Հիմնական արտադրատեսակների միջին շուկայական գները և թողարկման ծավալները բերված է աղ. 6.16-ում:

Աղյուսակ 6.16

N	Ցուցանիշի անվանում	Թողարկման ծավալ, տ	Իրացման միջին գինը, դրամ/տ	Հասույթ իրացումից, մլն. դրամ
1	Մոլիբդենի երկսիլիցիդ	900	20000000	18000
2	Կալցիումի մոլիբդատ	25	15000000	375
3	Մոլիբդենի եռօքսիդ	642	7000000	4494
4	Սիլիցիումի երկսուլֆիդ	290	1500000	435
	Ընդամենը	1857	-	23304

Այսպիսով մետալուրգիական արտադրամասի արտադրանքների թողարկումից տարեկան հասույթը կկազմի՝ 23304 մլն. դրամ:

Աշխատանքի սույն բաժնում ներկայացված են մետալուրգիական արտադրամասի շահագործման ծախսերը, մասնավորապես հաշվարկվել են տարեկան 2000 տոննա մոլիբդենային խտանյութի վերամշակման հնարավորությամբ արտադրամասի ինքնարժեքը կազմող ծախսերն

ըստ տնտեսական տարրերի: ՀՀ հարկային օրենսդրությամբ սահմանված են ամորտիզացիոն նվազագույն հետևյալ ժամկետները.

Աղյուսակ 6.17

Հիմնական միջոցների ամորտիզացիոն նվազագույն ժամկետներ

N	Հիմնական միջոցների տեսակ	Տարի
1	Շենքերի, շինությունների և փոխանցող հարմարանքներ	20
2	Հոսքային գծերի, ռոբոտոտեխնիկա	3
3	Հաշվողական և համակարգչային տեխնիկա	1
4	Այլ հիմնական միջոցներ	5
5	Մինչև 50 հազար դրամ արժողությամբ հիմնական միջոցներ	1

Հաշվարկներում հիմք են ընդունվել ՀՀ հարկերի մասին օրենքով սահմանված ժամկետները և նորմերը (Շահութահարկի մասին ՀՀ օրենք, հոդված 12): Նախագծի բոլոր հիմնական միջոցների ամորտիզացիոն նորմն ընդունվել է օրենքով սահմանված նվազագույն նորմերը: Սարքավորումների համար՝ 5 տարի, իսկ շենքերի և շինությունների, ենթակառուցվածքների համար՝ 20, ինչն արվել է նախագծին՝ ֆինանսական կայունության առավել մեծ պաշար ապահովելու նպատակով:

Աղյուսակ 6.18

Մետալուրգիական արտադրամասի տարեկան ամորտիզացիոն հատկացումները

N	Հիմնական միջոցների անվանումը	Ընդամենը հազ. դրամ	Ամորտիզացիոն հատկացումների նորմը, %	Ամորտիզացիոն հատկացումների տարեկան գումարը, հազ. դրամ
1.	Շենքեր և շինություններ	453800	0.05	22690
2.	Սարքավորումներ	825500	0.2	165100
3.	Ենթակառուցվածքներ	174300	0.05	8715
4.	Այլ հիմնական միջոցներ	73000	0.2	14600
	Ընդամենը, հազ. դրամ	1526600	-	211105

Այս պիսով մետալուրգիական արտադրամասի գծով ամորտիզացիոն հատկացումների տարեկան գումարը կկազմի՝ 211105 հազ. դրամ:

Հիմնական միջոցների ընթացիկ վերանորոգման տարեկան նորմն արդյունաբերության տվյալ ճյուղում ընդունվում է տարեկան ամորտիզացիոն հատկացումների 50% չափով, հետևաբար այն կկազմի՝ 105552.5 հազ. դրամ:

Էլեկտրաէներգիայի և բնական գազի տարեկան ծախսը կազմում է 2574.2 մլն. դրամ:

Արտադրամասի գործունեության և արտադրանքի թողարկման համար անհրաժեշտ հունձքի և նյութերի ծախսերը բերված են ստորև.

Աղյուսակ 6.19

Հիմնական նյութերի ծախսերի կալկուլյացիա

N	Հիմնական նյութերի անվանումը	Չափման միավորը	Տարեկան ծախսը	Միավորի գինը, հազ. դրամ	Ընդամենը, հազ. դրամ
1.	Մուլիբդենային սուլֆիդային խտանյութ	տ	2000	4320	8640000
2.	Սիլիցիում	տ	350	1154	403900
3.	Աղաթթու	տ	248	50	12400
4.	Ազոտական թթու	տ	65	30	1950
5.	Ֆտորաջրային թթու	տ	10	950	9500
6.	Քացախաթթու	տ	4.6	250	1150
7.	Սոդա	տ	1.0	215	215
8.	Ջուր	մ ³	3000	0.18	540
9.	Կալցիումի քլորիդ	տ	20	265	5300
10.	Ամոնիումի սուլֆիդ	կգ	110	1.1	121
11.	Կապարի ացետատ	տ	104	1900	197600
12.	Լյումինոգալիոն	կգ	21	155	3255
13.	Ամոնիակ	տ	10	350	3500
14.	Ակտիվացված ածուխ	տ	1.5	800	1200
15.	Նատրիումի մետախլիկատ	կգ	100	329	32900
16.	ՕՊ-7, ՕՊ-10	կգ	150	0.9	135

17.	Էթիլ սափրտ	Լ	1000	0.7	700
18.	Բենտոնիտայ ինկալ	տ	2.5	80	200
	Ընդամենը				9314566
	Այլ նյութական ծախսեր (5%)	-	-	-	465728.3
	Ընդամենը հոլմքև նյութական ծախսեր, հազ. դրամ	-	-	-	9780294.3

Աղյուսակ

6.20

Մետալուրգիական արտադրամասի աշխատողների աշխատավարձի կալկուլյացիա*

Մասնագիտության անվանումը	Աշխատողների թվաքանակը	Անվանական աշխատավարձի դրույքը (դր/ամիս)	Ընդամենը աշխատավարձ (դր/ամիս)	Աշխատավարձի տարեկան \$ոնդը (հազ. դր/տարի)
Բովախառնուրդ պատրաստողներ	4	220000	880000	10560
Չափավորող բանվորներ	2	235000	470000	5640
Վառարանների մոտ աշխատող բանվորներ	4	250000	1000000	12000
Կոնվերտորների մոտ աշխատող բանվորներ	3	250000	750000	9000
Էլեկտրոլիզի արտադրամասի բանվորներ	4	235000	940000	11280
Խարամ դատարկող բանվորներ	3	200000	600000	7200
Չալված մետաղը դատարկող բանվորներ	3	220000	660000	7920
Տարալվացման ջանքերի մոտ աշխատող բանվորներ	3	180000	540000	6480
Բովախառնուրդային նյութերի պահեստում աշխատող բանվորներ	2	180000	360000	4320
Ոչ ստանդարտ սարքավորումների մոտ աշխատող բանվորներ	2	200000	400000	4800
Ամբարձիչավար	1	250000	250000	3000

Վերանորոգող բանվորներ	2	185000	370000	4440
Էլեկտրիկ	1	200000	200000	2400
Գազերի և փոշիների մաքրման սարքավորումների մոտաշխատող բանվոր	1	220000	220000	2640
Դիսպետչերական ծառայություն աշխատող	1	200000	200000	2400
Մակնիշավորող	1	180000	180000	2160
Ընդամենը	37		6670000	80040

*Մետալ ուրգիական արտադրամասի անվանական աշխատավարձի հաշվարկների հիմքում դրված են տնտեսության տվյալ ոլորտում սահմանված աշխատավարձի միջին ցուցանիշները:

Այսպիսով մետալ ուրգիական արտադրամասի հիմնական բանվորների անվանական աշխատավարձի տարեկան \$ոնդը կկազմի՝ 80040 հազ. դրամ:

Այլ ուսակ 6.21

Վարչական և ինժեներանտեխնիկական անձնակազմի աշխատավարձի կալկուլյացիա

Պաշտոնի անվանումը	Ցուցակայի նախվը	Աշխատավարձի դրոյքը, դրամ/ամիս	Ընդամենը անվանական աշխատավարձ, դրամ/ամիս	Աշխատավարձի տարեկան \$ոնդը, հազ. դրամ
Արտադրամասի տնօրեն	1	600000	600000	7200
Արտադրամասի պետ	1	480000	480000	5760
Յերթափոխի պետ	2	300000	600000	7200
Ավագ հերթափոխայի նվարպետներ	2	270000	540000	6480
Տեխնոլոգ	1	250000	250000	3000
Էներգետիկ	1	250000	250000	3000
Ճառայողներ				
Հաշվապահ	2	250000	500000	6000
Պահեստապետ	1	220000	220000	2640
Հաշվառող	1	180000	180000	2160
Կրտսեր սպասարկող անձնակազմ				
Հավաքարար	2	120000	240000	2880
Պահակներ	2	120000	240000	2880
Պարգևատրում,	-	-	410000	4920

10%				
Ընդամենը	16		4510000	54120

Վարչական և ինժեներատեխնիկական անձնակազմի անվանական աշխատավարձի տարեկան ֆոնդը կկազմի 54120 հազ. դրամ:

Այսպիսով մետալուրգիական արտադրամասի ընդհանուր աշխատավարձի տարեկան ֆոնդը կկազմի 134160 հազ. դրամ:

Ստորև բերվող աղյուսակում ներկայացված են արտադրամասի տարեկան շահագործական ծախսերը:

Աղյուսակ 6.22

Մետալուրգիական արտադրամասի տարեկան շահագործական ծախսեր

N	Ծախային հոդվածների անվանում	Տարեկան ծախս, մլն. դրամ
1	Ամրոտիզացիոն հատկացումներ	211.1
2	Էներգետիկ ծախսեր	2574.2
3	Նյութական ծախս	9780.3
4	Աշխատավարձի ծախս	134.2
5	Ընթացիկ վերանորոգման ծախս	105.6
6	Այլ ծախսեր (1-5 հոդվածների 5%-ը)	640.3
	Ընդամենը	13445.6

Կապիտալ ներդրումների և շահույթի հաշվարկ

Ստորև բերվող հաշվարկներն իրականացված են տարեկան 2000 տոննա, ըստ մոլիբդենային խտանյութի, արտադրողականության պայմանների համար:

Աշխատանքներն արտադրամասում նախատեսվում է կատարել օրեկան երկու հերթափոխով՝ յուրաքանչյուր հերթափոխի տևողությունը 8 ժամ: Աշխատանքային օրերի քանակը տարում ընդունվել է 253 օր:

Մետալուրգիական արտադրամասի կառուցման, սարքավորումներով հագեցման և շահագործման նախապատրաստման համար անհրաժեշտ կապիտալ ներդրումները կազմում են 2700 մլն. դրամ, այդ թվում՝

- սարքավորումների ձեռք բերում, տեղափոխում և տեղադրում - 1225 մլն. դրամ,

- շենքերի և շինությունների կառուցում, կահավորում- 950 մլն. դրամ,
- ենթակառուցվածքներ անցկացում, պատրաստում- 350 մլն. դրամ,
- այլ կապիտալ բնույթի ծախսեր-175.0 մլն. դրամ:

Կապիտալ շինարարության, ինչպես նաև սարքավորումների և այլ կապիտալ բնույթի ծախսերի հիմքում դրված են դրանց շուկայական և գործարանային գները:

Մեկնարկային շրջանառու կապիտալն ընդունվել է տարեկան շահագործական ծախսերի 50%-ի չափով և կազմում են 6722.8 մլն. դրամ (13445.6/2): Այսպիսով մետալուրգիական արտադրամասի կառուցման և շահագործման գծով ընդհանուր կապիտալ ներդրումները կկազմեն 9422.8 մլն. դրամ:

Այսպիսով մետալուրգիական արտադրամասի գործունեությունից տարեկան շահույթը (\bar{C}_m) կկազմի՝ 9858.4 մլն. դրամ (23304-13445.6):

Կապիտալ ներդրումների ետզնման ժամկետի որոշման բանաձևը հետևյալն է.

$$T=K/ \bar{C}_m, \text{ որտեղ՝}$$

T-ն կապտալ ներդրումների ետզնման ժամկետն է,

K-ն գումարային կապիտալ ներդրումները, հավասար են 9422.8 մլն. դրամ,

\bar{C}_m -ն տարեկան միջին շահույթը, հավասար է 9858.4 մլն. դրամ:

Այսպիսով՝ $T \approx 1$ տարի (9422.8/9858.4):

Նախագծի հիմնական տեխնիկատնտեսական ցուցանիշները բերված են աղյուսակ 8-ում:

Աղյուսակ 6.23

Մետալուրգիական արտադրամասի հիմնական տեխնիկատնտեսական ցուցանիշները

N	Ցուցանիշի անվանումը	Չափման միավոր	Ցուցանիշի արժեքը
1	Արտադրամասի արտադրողականությունը ստ՝		
	մոլիբդենային խտանյութի	տ/տարի	2000
	մոլիբդենի եռօքսիդ	տ/տարի	642

	կալ ցիոլ մի մոլ իբդատի	տ/տարի	25
	սիլ իցիոլ մի երկսուլլ Ֆիդի	տ/տարի	290
	մոլ իբդենի երկսիլ իցիդի	տ/տարի	900
2	Արտադրամասի աշխատանքային ռեժիմը - աշխատանքային օրերի թիվը - հերթափոխերի թիվը օրում - հերթափոխի տևողությունը	օր հերթ. ժամ	253 2 8
3	Վարչական և ինժեներատեխնիկական անձնակազմ	մարդ	16
4	Բանվորական անձնակազմ	մարդ	37
5	Արտադրամասի տարեկան շահագործական ծախսերը	մլն. դրամ	13445.6
6	Արտադրամասի ապրանքային արտադրանքի իրացումից տարեկան հասույթ	մլն. դրամ	23304
7	Արտադրամասի ապրանքային արտադրանքի իրացումից տարեկան շահույթ	մլն. դրամ	9858.4
8	Նախագծի իրացման կապիտալ ներդրումներ	մլն. դրամ	9422.8
9	Կապիտալ ներդրումների ետզնման ժամկետ	տարի	1

ԵՃՐԱԿԱՑՈՒ ԹՅՈՒՆՆԵՐ

3. Կատարվել է համալիր հետազոտություններ արտադրական փորձարկումով, ցույց է տրվել, որ հատիկավորված կալցիոլ մի մոլ իբդատը տեխնոլոգիական և խնայողական նյութ է պողպատները մոլ իբդենով և գիրման համար, այն նպատակահարմար է օգտագործել պողպատի բաղադրության շտկման փուլում, ստացված պողպատների մեխանիկական հատկությունները, համապատասխանում են ստանդարտների պահանջներին:

4. Գործարանային էլեկտրահալման վառարաններում կատարվել է համալիր տեխնոլոգիական հետազոտություններ, մոլ իբդենի երկսիլ իցիդից հալված մետաղի կողմից մոլ իբդենի յուրացման վերաբերյալ: Տեխնոլոգիական պարամետրերի օպտիմալացումը իրականացվել է 12X1MՓ, 12X1M1Փ և այլ մակնիշի պողպատների ստացման ժամանակ: Գործարանային փորձարկումների արդյունքները ցույց են տալիս, որ մոլ իբդենի յուրացման աստիճանը կազմում է 100%, պողպատում մոլ իբդենի անհամասեռությունը բացակայում է: Յետազոտվել է ստացված պողպատների մեխանիկական հատկությունները, որոնք համապատասխանում են ստանդարտների պահանջներին:

5. Առաջին անգամ մշակել է ցածր լեգիրացված պողպատները մոլիբդենի քիմիական միացություններով (CaMoO_4 , MoSi_2) լեգիրման և թթվածնազտման տեխնոլոգիաները: Կազմվել է տեխնոլոգիական ռեգլամենտ տեխնիկատնտեսական հիմնավորումով, որը երաշխավորվել է ներդրման:

ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

1. Մշակվել և գիտականորեն հիմնավորվել է մոլիբդենի սուլֆիդային խտանյութերի համալիր վերամշակման նոր ուղղության, մոլիբդենի մաքուր միացությունների՝ եռօքսիդ, երկսուլֆիդ, կապարի մոլիբդատ, երկսիլիցիդ և նոր լեգիրող նյութերի ստացման տեսական և տեխնոլոգիական հիմունքները: Հետազոտման արդյունքում պարզվել է, որ վերամշակումը նպատակահարմար է սկսել նոսր թթուներով խտանյութերի խառնուրդների նախնական մաքրումով, և այնուհետև մաքրված խտանյութերից կատարել անմիջական այդ նյութերի սինթեզը:

2. Կատարված համալիր հետազոտությունների հիման վրա մշակվել է մոլիբդենիտային խտանյութերը գուևավոր մետաղներից մաքրման և դրանցից մոլիբդենի եռօքսիդի ստացման տեխնոլոգիան, բարձր որակի ֆերոմոլիբդենի արտադրության համար և միաժամանակ համալիր կորզելով մոլիբդենային հումքի օգտակար բաղադրիչները: Հաստատված է, որ ցածր ջերմաստիճանային թրծման ժամանակ օդի և ջրային գոլորշու միջավայրում մոլիբդենիտը մեծամասամբ օքսիդանում է միևնույն ցածր օքսիդներ, մետաղների սուլֆիդները (CuFeS_2 , FeS_2 , CuS , ZnS , PbS) առաջացնում են սուլֆատներ և օքսիդներ որոնք լավ լուծվում են նոսր աղաթթվի լուծույթում,

որը և նպաստում է խտանյութի մաքրմանը և լրաթրծման միջոցով որակյալ մոլիբդենի եռօքսիդի ստացմանը:

3. Մոլիբդեն պարունակող լվացման լուծույթներից, մոլիբդենիտային խտանյութերի համալիր վերամշակման նպատակով, մշակվել է արժեքավոր կալցիումի մոլիբդատի ստացման տեխնոլոգիա: Դեկանտառը ուղարկվում է Mo-ի և Re-ի կորզման: Կալցիումի մոլիբդատը լվացվում է ջրով CaSO_4 -ի փոքր քանակի անջատման համար: Ստացված կալցիումի մոլիբդատը բավարարում է ստանդարտի պահանջներին:

4. Առաջին անգամ մոլիբդենիտային խտանյութերի համալիր վերամշակմամբ մշակվել և առաջարկվել է բարձր մաքրության և դիսպերսության մոլիբդենի երկսուլֆիդի և միաժամանակ ազոտաթթվային լուծույթներից բարձր մաքրության ամոնիումի մոլիբդատի և քացախաթթվական կապարի լուծույթներից, հատուկ մաքրության և ստեխիոմետրական բաղադրության կապարի մոլիբդատի ստացման տեխնոլոգիա: Կապարի մոլիբդատի մոնոբյուրեղներ ստանալու նպատակով լուծույթների մաքրումը կատարվել է լյուումոգալիոնի և ակտիվացված ածխի կիրառմամբ: Ցույց է տրվել, որ մոլիբդենիտային խտանյութերի մեջ գտնվող խառնուրդների մաքրման համար անհրաժեշտ պայման է միներալների մակերևույթների մաքրումը Fl ոտոագդանյութերից:

5. Համալիր հետազոտությունների հիման վրա մշակվել է մոլիբդենի սուլֆիդային խտանյութերից վառարանային և ԲԻՍ մեթոդներով մոլիբդենի երկսիլիցիդի ստացման տեխնոլոգիա, բարձր ջերմաստիճանային տաքացուցիչների արտադրության և լեգիրող նյութերի ստացման նպատակով: Բացահայտվել է MoS_2 -Si համակարգերում ընթացող ռեակցիաների մեխանիզմը, կինետիկան, ստացված արգասիքների Si ազային բաղադրությունը: Կատարված հետազոտությունների արդյունքում բացահայտվել է MoS_2 -ից մոլիբդենի և ծծմբի սիլիցիդների (MoSi_2 , SiS_2) առաջացման գործընթացի մեխանիզմը: Ցույց է տրվել, որ մոլիբդենի երկսիլիցիդի ստացման մեխանիզմը բազմափուլ է, մոլիբդենի երկսուլֆիդը վերականգնվում է միևնույն մետաղ և այնուհետև կատարվում է մոլիբդենի ու սիլիցիումի փոխազդեցություն:

6. Առաջին անգամ մշակվել է պղնձի օքսիդացած միներալների մակերևութային խորը սուլֆիդացման և ֆլուտացման տեսական և տեխնոլոգիական հիմունքները, որը պարունակում է ազոտիտի, մալախիտի, կոպրիտի և տենորիտի սիլիցիումի սուլֆիդ (SiS₂) և նատրիումի թիոկոմալեքսոլ (SiS₂-ի և Na₂S-ի միացություն) մշակումը աղացման գործընթացում: Բացահայտվել է պղնձի օքսիդացած միներալների նատրիումի թիոկոմալեքսոլ սուլֆիդացման ռեակցիաների կինետիկան և մեխանիզմը: Որոշվել է աղացման գործընթացում պղնձի օքսիդացած միներալների սուլֆիդացման և ֆլուտացման օպտիմալ պայմանները, որը ապահովում է ~ 63% սուլֆիդացման աստիճան:

7. Առաջին անգամ հաստատվել է մոլիբդեն պարունակող պողպատների արտադրությունում կալցիումի մոլիբդատից մոլիբդենի յուրացման տոկոսի բարձրացման հնարավորությունը, այն կազմում է 97...100%, շնորհիվ արտամղման մեթոդով կալցիումի մոլիբդատի հատիկավորման, առաջարկվել է նոր կապակցանյութ (բենտոնիտային կավ):

8. Յետազոտությունների արդյունքում բացահայտվել է հատիկավորված կալցիումի մոլիբդատից մետաղի կողմից մոլիբդենի յուրացման մեխանիզմը:

9. Կատարված է համալիր հետազոտություններ արտադրական փորձարկումով ցույց է տրվել, որ հատիկավորված կալցիումի մոլիբդատը տեխնոլոգիական և խնայողական նյութ է պողպատները մոլիբդենով լեգիրման համար, այն նպատակահարմար է օգտագործել պողպատի բաղադրության շտկման փուլում: Ստացված պողպատների մեխանիկական հատկությունները համապատասխանում են ստանդարտների պահանջներին:

10. Գործարանային էլեկտրահալման վառարաններում կատարվել է համալիր տեխնոլոգիական հետազոտություններ, մոլիբդենի երկսիլիցիդից հալված մետաղի կողմից մոլիբդենի յուրացման վերաբերյալ: Տեխնոլոգիական պարամետրերի օպտիմալացումը իրականացվել է 12X1MՓ, 12X1M1Փ և այլ մակնիշի պողպատների ստացման ժամանակ: Գործարանային փորձարկումների արդյունքները ցույց են տալիս, որ մոլիբդենի յուրացման

աստիճանը կազմում է 100%, պողպատում մոլիբդենի անհամասեռությունը բացակայում է, իսկ մեխանիկական հատկությունները համապատասխանում են ստանդարտների պահանջներին:

11. Մշակել է ցածր լեգիրացված պողպատները մոլիբդենի քիմիական միացություններով (CaMoO_4 , MoSi_2) լեգիրման և թթվածնազտման տեխնոլոգիաներ: Կազմվել է տեխնոլոգիական ռեգլամենտ տեխնիկատնտեսական հիմնավորումով, որը երաշխավորվել է ներդրման:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. Зеликман А.Н. Молибден.- М.: Metallurgy, 1970. - 440 с.
2. Зеликман А.Н., Коршунов Б.Г. Metallurgy редких металлов. -М.: Metallurgy, 1991. -432 с.
3. Редкие и рассеянные элементы. /С.С. Коровин, В.И. Букин, П.И. Федоров и др. М.: МИСиС, 2003. -Т. 3. - 404с.
4. Применение кипящего слоя в народном хозяйстве СССР / А.Н. Зеликман и др. -ЦИИН ЦМ, 1965. -122с.
5. Зеликман А.Н., Крейн О.Е., Самсонов Г.В. Metallurgy редких металлов.- 3-е изд.- М.: Metallurgy, 1978.- 560 с.
6. Уткин Н.И. Metallurgy цветных металлов. -М.: Metallurgy, 1985.- 440 с.
7. Александров П.В. Разработка гидрометаллургического способа извлечения молибдена из полупродуктов обогащения руд Бугдаинского месторождения: Автореферат дис... к.т.н./ МИСиС - М., 2011. -23 с.
8. Зеликман А.Н., Беляевская Л.В., Просенкова Т.Е. Исследование процесса разложения молибденита азотной кислотой //Изв. вузов. Цветная металлургия.- 1969.- 6.- С. 43-48.

9. Медведев А.С., Александров П.В. Азотнокислотное выщелачивание молибденитовых концентратов // Технология металлов. -2010. -№ 9. -С. 14-18.
10. Смирнов И.П., Зюркалов В.И., Чуйкина Н.И. Некоторые вопросы окисления молибденита азотной кислотой // Цветные металлы. -1975.- 11.- С. 44-45.
11. Поташников Ю.М., Луцик В.И., Чурсанов Ю.В. Исследование взаимодействия молибденита с азотной кислотой // Изв. ВУЗ-ов. Цветная металлургия. -1984. - № 1. - С. 57-61.
12. Чурсанов Ю.В., Поташников Ю.М., Румянцев В.К. Особенности взаимодействия дисульфида молибдена с азотной кислотой // Цветные металлы.-1987. № 9. - С. 56-57.
13. Карпов И.К., Черняк А.С., Подшивалова А.К. Использование величин химических потенциалов при изучении механизма кислотного разложения молибденита методом физико-химического моделирования на ЭВМ // Доклады АН СССР.- 1988.- Т. 303, №4.- С. 955-958.
14. Шапиро К.Я., Волк-Карачевская И.В. Растворимость молибденовой кислоты в соляной, серной и азотной кислотах // Журнал неорганической химии. -1969.- Т. 14, вып. 4.- С. 1091-1095.
15. Меерсон Г.А., Михайлова В.Г. Растворимость вольфрамовой и молибденовой кислот в азотной кислоте // Журнал неорганической химии.- 1967.- Т. 12, вып. 6.- С. 1615-1618.
16. Желудкова Л.В., Петренко Л.С., Федулов О.В., Кальков А.А. Исследование взаимодействия H_2MoO_4 с серной и азотной кислотами в водных растворах // В сб.: Металлургия и металловедение.- Алма-Ата, 1975.- Вып. 2.- С. 53-58.
17. Поляков Б.И., Цветков Ю.В., Румянцев В.К. Растворение молибденовой и вольфрамовой кислот в неорганических кислотах // Журнал прикладной химии.- 1974.- Т. 47, вып. 5.- С. 1185-1187.
18. Нугманова Г.М. Поведение молибдена в растворах азотной и серной кислот // Комплексное использование минерального сырья.- 2004.- Т. 235, № 4.- С. 54-57.
19. Зеликман А.Н., Одаренко Е.К. Окисление молибденита кислородом в азотно-сернокислых растворах // Цветные металлы.- 1985.- № 10.- С. 72-75.
20. Аманжолова Л.У., Алмабекова Г.К., Шоинбаев А.Т. Искусственная коагуляция и стабилизация коллоидных частиц из растворов азотнокислотного выщелачивания // Комплексное использование минерального сырья.- 2004.- Т. 233, № 2.- С. 12-16.
21. Каковский И.А., Поташников Ю.М. Кинетика процессов растворения.- М.: Металлургия, 1975.- 224 с.

22. Гукасян Ж.Г., Кисляков И.П., Меликсетян А.П., Арустамян Р.К. Изучение кинетики окисления дисульфида молибдена водными растворами азотной кислоты // Научные труды НИГМИ.- Ереван, 1971.- Вып. 9.- С. 275-283.
23. Lutsik V., Sobolev A. The investigation of the kinetics of hydrochemical oxidation of metal sulphides with the aim of determination of the optimal conditions for the selective extraction of molybdenum from ores // Journal of Mining and Metallurgy.-2005.- 41В, 1.- P. 33-45.
24. Нерезов В.М., Закарчевная О.Г., Дадабаев А.Ю., Кальков А.А. Изучение кинетики разложения молибденита азотной кислотой // Тугоплавкие металлы: Сб. науч. тр. ВНИИТС.- М.: Metallurgia, 1985.- С. 16-19.
25. Молчанов В.И., Селезнева О.Г., Жирнов Е.Н. Активация минералов при измельчении.- М.: Недра, 1988.- 207 с.
26. Кулебакин В.Г. Превращения сульфидов при активировании. -Новосибирск: Наука,1983. -208 с.
27. Зеликман А.Н., Медведев А.С. Применение механического активирования для интенсификации разложения концентратов тугоплавких редких металлов // Metallurgia редких металлов: Порошковая металлургия: Сб.науч.тр. МИСиС.- М.: Metallurgia, 1987.- С. 6-20.
28. Никитина Л.С. Разложение молибденитовых продуктов азотной кислотой // Цветные металлы.- 1983.- № 4.- С. 63-67.
29. Юркевич Ю.Н., Шапиро К.Я. Разложение молибденита азотной кислотой // В сб.: Metallurgia вольфрама, молибдена и ниобия.- М.: Наука, 1967.- С. 53-56.
30. Patent US 3739057. Process for the recovery of rhenium and molybdenum values from molybdenite concentrate / E.W. Daugherty, A.E. Erhard, J.L. Drobnik.- 12.06.1973.
31. Patent US 3988418. Hydrometallurgical production of technical grade molybdic oxide from molybdenite concentrates / G.E. Kerfoot, R.W. Stanley.- 26.10.1976.
32. Александров П.В., Медведев А.С., Камкин Р.И. Абсорбция нитрозных газов, выделяющихся при азотнокислотном разложении сульфидных минералов // Известия ВУЗов. Цветная металлургия. -2011. -№2. -С.12-17.
33. Medvedev A.S., Aleksandrov P.V. Investigations on Processing Low-Grade Molybdenum Concentrate by the Nitric-Acid Method // Russian Journal Of Non-Ferrous Metals. -2009. Vol. 50, No. 4. -P. 353-356.
34. Сб. «Молибден» (перевод с англ.). -М.: ИЛ, 1962. 292с.
35. Агте К., Вацек И. Вольфрам и молибден. Пер. с чешск., -М.: Энергия, 1964. -455с.

36. Холикулов Д.Б. Очистка молибденового концентрата от меди: Автореферат дис... к.т.н. /Навоийский государственный горный институт. –Навоии, – 2006. -22с.
37. С.А. Абдурахмонов, Д.Б. Холикулов и др. Механизм окисления сульфидов, входящих в медно-молибденный продукт при термopарообработке. // Цветная металлургия. - 2003. -№2. - С. 22-26.
38. Механизм термopарообработки молибденового концентрата / С.А. Абдурахмонов, Д.Б. Холикулов и др. // Ресурсовоспроизводящие малоотходные и природоохpанные технологии освоения недр: Материалы IV Международной конф., Москва- Навоий, 18-25 сентября 2005. -М.: Изд. РУДН, 2005. -С. 219-221.
39. Переработка бедного молибденного сырья. /С.А. Абдурахмонов, С.А. Юсупходжаев и др. //Весник ТашГТУ. -Ташкент, 2001. -№ 1. -С.129-134.
40. Лебедев К.Б. Производство молибдата кальция. - Алма-Ата: Изд. АН Каз.ССР, 1962. -120 с.
41. Лебедев К.Б., Пономарев В.Д. Исследование процесса осаждения молибдата кальция из растворов молибдата натрия // Изв. АН Каз.ССР. Серия металлургическая. -1957.- № 1.- С. 12-22.
42. Старков В.В., Дробат Д.В., Писарев Е.А., Зеликман А.Н. Система молибден-сера // Изв. ВУЗов. Цветная металлургия.- 1987.- № 6.- С. 51-57.
43. Самсонов Г.В., Дроздова С.В. Сульфиды.- М.: Металлургия, 1972. - 303 с.
44. Gmelin Handbook of Inorganic and Organometallic Chemistry / H. Bergmann, B. Creska, I. Haas, et al.- Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong, Barcelona, Budapest: Springer-Verlag, 1992.- Suppl. Vol. B7.- 352 p.
45. Еременко В.Н., Листовничий В.Е., Опаловский А.А., Федоров В.Е. Физико-химическое исследование системы молибден - сера // В сб.: Халькогениды.-Киев: Наукова думка, 1970.- Вып. 2.- С. 92-97.
46. Зеликман А.Н., Беляевская Л.В. О температуре плавления молибденита // Журнал неорганической химии.- 1956.- Т. 1, вып. 10.- С. 2239-2244.
47. Patent US 3991156. Process for treating molybdenite concentrates to produce a lubricant grade product / R.A. Ronzio, J.G. Brown, R.C. Ziegler.- 11.09.1976.
48. Скоров В.А., Кулешов В.А. Практика получения молибденита высокой чистоты // Цветные металлы.- 1960.- 3.- С. 1-4.
49. Патент РФ 2030468. Способ получения дисульфида молибдена / В.Г. Литвиненко, Е.М. Беломоин, Л.В. Гавликова.- 10.03.1995.

50. Крейн О.Е., Кобахидзе Л.П. Сравнительная экономическая оценка методов получения дисульфида молибдена // Изв. вузов. Цветная металлургия.- 1959.- 3.- С. 130-134.
51. Патент РФ 2200203. Способ получения дисульфида молибдена для приготовления антифрикционных масляных суспензий / К.Э. Спирин, Э.К. Спирин, А.А. Морозов, Н.В. Бобровников.- 10.03.2003.
52. А. с. СССР № 1001630. Способ получения дисульфида молибдена / Г.М. Айрапетян, С.С. Караханян, А.Е. Агаджанян и др.- 02.11.1982.
53. Технологическая инструкция по производству дисульфида молибдена / Скопинский ГМЗ.- 1984.- 30 с.
54. Patent US 3661508. Process for producing molybdenum disulfide / J.E. Ritsko.- 09.05.1972.
55. Bell R.E., Herfert R.E. Preparation and Characterization of a New Crystalline Form of Molybdenum Disulfide // J. of the American Chemical Society.-1957.- Vol.79, № 13.-P.3351-3354.
56. Звягин Б.Б., Соболева С.В. К полиморфизму молибденита // Кристаллография.-1967.- Т. 12, вып. 1. - С. 57-64.
57. Ковальченко М.С., Сычев В.В., Юрченко Д.З., Ткаченко Ю.Г. Исследование кинетики синтеза и структуры сульфидных покрытий на ниобии, тантале, молибдене и вольфраме // Изв. АН СССР. Металлы.- 1974.- № 5.- С. 221-225.
58. Голубничая А.А., Дуксина А.Г., Калихман В.Л. Исследование зависимости антифрикционных и электрических свойств ряда твердых смазок от температуры окисления // Изв. АН СССР. Неорганические материалы.- 1979.- Т. 15, № 8.- С. 1467-1470.
59. Wildervanck J.C., Jellinek F. Preparation and Crystallinity of Molybdenum and Tungsten Sulfides // Zeitschrift für anorganische and allgemeine Chemie.- 1964.- Bd. 328, heft 5-6.- P. 309-318.
60. Somoano R.B., Hadek V., Rembaum A. Alkali metal intercalates of molybdenum disulfide // Journal of Chemical Physics.- 1973.- V. 58, № 2.- P. 697-701.
61. Айвазов М.М., Данильченко В.А., Евсеев Б.А., Царев О.М. Влияние условий синтеза на кристаллическую структуру MoS₂ // Изв. АН СССР. Неорганические материалы.- 1979.- Т. 15, № 9.- С. 1532-1534.
62. Синтетические дисульфиды молибдена и вольфрама / В.К. Прокудина, В.Л. Калихман, А.А. Голубничая и др. // Порошковая металлургия.- 1978.- № 6.- С. 48-52.
63. Самсонов Г.В., Веницкий И.М. Тугоплавкие соединения: Справочник.- 2-е изд.- М.: Металлургия, 1976.- 560 с.

64. Сентюрихина Е.М., Опарина Л.Н. Твердые дисульфидмолибденовые смазки.-М.: Химия, 1966.- 152 с.
65. Семилетов С.А. О кристаллической структуре ромбоэдрического MoS_2 // Кристаллография.- 1961.- Т. 6, вып. 4.- С. 536-540.
66. Фармазян А.С., Хуршудян Э.Х. К вопросу об изоморфизме между молибденом и рением в молибденитах // Доклады АН Арм.ССР.- 1963.- Т. 37, № 4.- С. 211-216.
67. Зеликман А.Н., Чистяков Ю.Д., Инденбаум Г.В., Крейн О.Е. Исследование кристаллической структуры дисульфида молибдена, полученного различными методами // Кристаллография.- 1961.- Т. 6, вып. 3.- С. 389-394.
68. Зеликман А.Н., Инденбаум Г.В., Теслицкая М.В., Шаланкова В.П. О структурных превращениях синтетического MoS_2 // Кристаллография. -1969. - Т. 14, вып. 5. -С. 795-799.
69. Исследование электронного строения интеркалатов дисульфида молибдена MoS_2 ($\text{M}=\text{Cu}, \text{Ag}$) методами рентгеновской эмиссионной и фотоэлектронной спектроскопии /Л.Н. Мазалов, Г.К. Парыгина, С.В. Трубина и др. // Изв. АН. Серия химическая. - 2008. -№ 12. -С. 2455-2461.
70. Брейтуэйт Е.Р. Твердые смазочные материалы и антифрикционные покрытия / Пер. с англ. С.Д. Ключенева; Под ред. В.В. Сеницына.- М.: Химия, 1967. - 320 с.
71. Самсонов Г.В., Оганесян В.Х. Физични властивости деяких сульфидив перехидних металив // ДАН УРСР.- 1965.- № 10.- С. 1317-1321.
72. Дудник Е.М., Оганесян В.Х. Тепловое расширение некоторых сульфидов переходных металлов // Порошковая металлургия. -1966. -№ 2. -С. 60-62.
73. Пугина Л.И., Синявская М.Д., Максимчук И.М. Дисульфид молибдена, его свойства и применение. - Киев: Наукова думка, 1968. -50 с.
74. Сычев В.В., Ткаченко Ю.Г., Буханевич В.Ф., Оболончик В.А. Исследование антифрикционных свойств халькогенидных покрытий некоторых тугоплавких металлов // В сб.: Халькогениды.- Киев: Наукова думка, 1974.-Вып. 3.- С. 211-217.
75. Кинетика роста халькогенидных покрытий на Мо и влияние условий получения покрытий на их трение /М.С. Ковальченко, В.В. Сычев, Ю.Г. Ткаченко и др. // Изв. АН СССР. Неорганические материалы.- 1975.- Т. 11, № 11.- С. 1918-1922.
76. Смазочное действие MoS_2 при трении спеченных материалов / Ю.Г. Ткаченко, М.С. Ковальченко, В.К. Юлюгин и др. // Порошковая металлургия.-1978.- № 7.- С. 78-81.

77. Карапетян С.С., Силин А.А. Температурная зависимость коэффициента трения дисульфида молибдена в вакууме в интервале от 300 до 80 К // Доклады АН СССР.- 1976.- Т. 229, № 1.- С. 73-75.
78. Духовский Е.А., Пономарев А.Н., Силин А.А., Тальрозе В.Л. О влиянии следов воды на сверхнизкое трение скольжения дисульфида молибдена в вакууме // Доклады АН СССР.- 1974.- Т. 219, № 2.- С. 379-381.
79. Ballou E.V., Ross S. The Adsorption of Benzene and Water Vapor by Molybdenum Disulfide // The Journal of Physical Chemistry. - 1953.- V. 57, № 7.- P. 653-657.
80. Ross S., Sussman A. Surface Oxidation of Molybdenum Disulfide // The Journal of Physical Chemistry.- 1955.- V. 59, № 9.- P. 889-892.
81. Зеликман А.Н., Крейн О.Е. Получение дисульфида молибдена, применяемого в качестве смазочного материала // Журнал прикладной химии.- 1960.- Т. 33, вып. 1. - С. 49-55.
82. Пономарев А.Ф., Гедык П.К. Смазка оборудования.- 2-е изд.- М.- Свердловск: Машгиз, 1962.- 316 с.
83. Рубцова З.С., Сентюрихина Л.Н. Твердые смазочные материалы на основе дисульфида молибдена // Химия и технология топлив и масел.- 1965.- № 11.-С. 41-45.
84. Манукян Н.В., Хачатрян Е.Г., Андреасян А.А. Исследование прессуемости порошковых материалов с применением дисульфида молибдена // Порошковая металлургия и металлообработка: Материалы 4 - го Республ. научн. -техн. семинара. - Ереван, 1967. - С. 92 -101.
85. Жилкин В.З., Жуков А.В. О смазочных композициях при волочении молибденовой проволоки в различных средах // Цветные металлы.- 1974.- № 7.- С. 78-81.
86. Особенности трения и износа горячепрессованного самосмазывающегося материала Мо-МоS₂ / Ю.Г. Ткаченко, Л.Ф. Колесниченко, В.В. Ковбасенко и др. // Порошковая металлургия.- 1982.- № 6.- С. 82-85.
87. Ամալյան Է.Ս. Հակաշփական նշանակության պղնձյա ամրանավորված փոշեհամաձուլվածքների կառուցվածքի և հատկությունների ձևավորումը: Տ.գ.թ. ատենախոսության սեղմագիր / ՀՊՃՀ.- Երևան, 2001.- 20 էջ:
88. Бабаян Г.Р. Формирование структуры и свойств порошковых алюминиевых сплавов: Автореферат дис. ... к.т.н. / ГИУА.- Ереван, 2000.- 20 с.

89. Մարտիրոսյան Տ.Ռ. Հայաստանի բնական բենտոնիտների հիմքով պլաստիկ յուղման նյութերի ստեղծումն ու սահմանային յուղման շփահանգույցներում դրանց հետազոտումը: Տ.գ.թ. ատենախոսության սեղմագիր / ՀՊՃՀ.- Երևան, 2004. -20 էջ:
90. Nakamura T., Sugiyama K., Moriguchi E., Shoji T. Synthesis of scheelite group minerals in the $\text{CaWO}_4 - \text{CaMoO}_4 - \text{PbMoO}_4 - \text{PbWO}_4$ system from aqueous solutions at 100 deg C // Journal of the mining and materials processing institute of Japan.- 2002.- Vol.118, № 3/4.- P. 217-221.
91. Кочкаров Ж.А., Сокурова З.А. Синтез молибдата свинца в расплавах многокомпонентных систем. // Известия Дагестанского ГПУ. Естественные и точные науки. -2016, -Т.10, № 2. -С.5-9.
92. Демьянец Л.Н., Гарашина Л.С., Литвин Б.Н. Кристаллизация вольфенита (PbMoO_4) в гидротермальных условиях // Кристаллография.- 1963.- Т. 8, № 5.-С. 800-803.
93. Реми Г. Курс неорганической химии. Т.1.- М.: Мир, 1963.- 589 с.
94. Зобнина А.Н., Кисляков И.П. Исследование условий образования молибдатов свинца и кадмия //Изв. ВУЗ-ов. Химия и химическая технология. -1970. -Т. 13, вып. 2. -С. 143-147.
95. Фомин В.В., Заборенко К.Б., Колесников М.Г. Радиохимия: Сборник работ МГУ.- М., 1952. -99с.
96. Бусев А.И. Аналитическая химия молибдена. - М.: Изд. АН СССР, 1962. - 302 с.
97. Самсонов Г.В. Анализ тугоплавких соединений. - М.: Металлургиздат, 1962.- 256 с.
98. Патент RU 567672 С01G39/00. Способ получения молибдатов щелочноземельных и нетугоплавких переходных элементов / Н.П. Новиков, В.В. Болдырев, В.В. Александров, В.В. Марусин.- Опубл. 1977.
99. Патент RU 927753 С 01 G 39/00, С 01 G 23/00. Способ получения молибдатов или титанатов стронция или свинца / Н.В. Косова, В.В. Александров, Е.Г. Аввакумов.- Опубл. 1982.
100. Кононюк И.Ф., Шнып В.А., Борисюк М.И. Кинетика и механизм образования молибдата свинца // Неорганические материалы.- 1969.- Т. 5, № 8.- С. 1422-1425.
101. Мамыкин П.С., Батраков Н.А. Изучение условий образования вольфраматов и молибдатов // Технология силикатов: Сб. трудов Уральского политех. института им. С.М. Кирова.- Свердловск, 1966.- № 150.- С. 101-111.
102. Акимкина И.А., Лобачевская Н.И., Жуковский В.М. Термодинамический анализ реакций образования молибдатов тяжелых цветных металлов при обжиге медных руд и кинетические исследования синтеза молибдатов свинца и кадмия // Труды Уральского

научно-исследовательского и проектного института медной промышленности.- Свердловск, 1969.- С. 197-203.

103. Казенас Е.К., Чижиков Д.М. Давление и состав пара над окислами химических элементов.- М.: Наука, 1976.- 108 с.
104. Properties of lead molybdate in the homogeneity region / V.T. Gabrielyan, L.M. Feodorova, Ye.V Tkachenko, et al // J. Crystal research and technology.- 1986.- V. 21, №4.- P. 439-448.
105. Печковский В.В. О взаимодействии трехокси молибдена с некоторыми окислами металлов //Научные труды / Министерство высшего образования СССР, Новочеркасский политехнический институт.- 1956.- Т. 27, вып 41.- С. 167-171.
106. Условия и механизм твердофазного синтеза молибдатов свинца / Е.В. Ткаченко, Л.М. Федорова, В.Т. Габриелян и др. // Журнал неорган. химии.- 1980.- Т. 25, вып. 6.- С. 1443-1448.
107. Зобнина А.Н., Кисляков И.П. Получение молибдатов цинка, свинца и кадмия // Неорганические материалы.- 1966.- Т. 2, №12.- С. 2199-2203.
108. Morphology and blue photoluminescence emission of $PbMoO_4$ processed in conventional hydrothermal / J.C. Sczancoski, M.D.R. Bomio, L.S. Cavalcante, et al // Journal of physical chemistry C.- 2009.- Vol. 113, № 14.- P. 5812-5822.
109. Gordon E.I. A review of acoustooptical deflection and modulation devices // Proceedings of the IEEE, Applied Optics.- 1966.- Vol. 54, issue 10.- P. 1391-1401.
110. Maydan D. Fast modulator for extraction of intemal laser power // Journal of Applied Physics.-1970.- Vol. 41, issue 4.- P. 1552-1560.
111. Pinnow D.A., Van Uitert L.G., Wamer A.W., Bonner W.A. Lead molybdate: A melt - grown crystal with a high figure of merit for acousto-optic device applications // Applied physics letters.- 1969.- Vol. 15, issue 3.- P. 83-86.
112. Minowa M., Itakura K., Moriyama S., Otani W. Measurement of the property of cooled lead molybdate as a scintillator // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A.- 1992.- Vol. 320, issue 3.- P. 500-503.
113. Бельский Е.Ф., Рискин И.В. Химия и технология пигментов.- Л.: Химия, 1960.-755 с.
114. Ермилов П.И., Индейкин Е.А., Толмачев И.А. Пигменты и пигментированные лакокрасочные материалы.- Л.: Химия, 1987.- 200 с.
115. Pradyot Patnaik. Molybdenum orange // Handbook of Inorganic Chemicals.- Printed in the United States of America, McGraw-Hill Companies. -ISBN 0-07-049439-8. - 2002.- P. 1086.

116. Bernhardt H.J., Dimmig Th., Dimmig A. The investigation of point defects in lead molybdate crystals which lead to the change of absorption and fluorescence properties // *Physica Status Solidi (a)*.- 1987.- Vol. 99, issue 2.- P. 399-404.
117. Vesselinov L. On the yellow colour of wulfenite (PbMoO₄) crystals // *Kristall und Technik*.- 1977.- Vol. 12, issue 5.- P. K36-K38.
118. Zeng H.C. Correlation of PbMoO₄ crystal imperfections to Czochralski growth process // *Journal of Crystal Growth*.- 1997.- Vol. 171, issue 1-2.- P.136-145.
119. Jianyu Chen, Qiren Zhang, Tingyu Liu, Zexu Shao. First-principles study of color centers in PbMoO₄ crystals // *Physica B: Physics of Condensed Matter*. -2008. -Vol. 403, issue 4. - P. 555-558.
120. Tyagi M., Singh S.G., Singh A.K., Gadkari S.C. Understanding colorations in PbMoO₄ crystals through stoichiometric variations and annealing studies // *Physica Status Solidi (a)*.- 2010.- Vol. 207, issue 8.- P.1802-1806.
121. Абрамов А.А. Флотационные методы обогащения. -3-е изд. – М.: МГГУ, 2008. -710с.
122. Абрамов А.А. Технология переработки и обогащения руд цветных металлов. Кн.1. -М.: Горная книга, 2005.-575с.
123. Абрамов А.А., Леонов С.Б., Сорокин М.М. Химия флотационных систем. –М.: Недра, 1982. -311 с.
124. Загайнов В.Г. Объективная необходимость конверсий технологии первичного обогащения минерального сырья // *Горный журнал Казахстана*. -2012. -№4. -С. 48-52.
125. Митрофанов С.И. Селективная флотация.- М.: Недра, 1967. – 584 с.
126. Комбинированная технология переработки сульфидно-окисленных комплексных медьсодержащих руд / Г.С. Агафонова, И.И. Херсонская, М.Я. Рыскин и др. // Комбинированные малоотходные процессы комплексной переработки труднообогатимых руд и продуктов тяжелых цветных металлов // *Сб. научн. трудов Гинцветмета*.- М., 1990. – С. 171-181.
127. А.с. СССР № 624654. Реагент-собиратель окисленных минералов цветных металлов / Ю.А. Мартьянов, Н.Я. Любман, И.И. Мартьянова, Л.Н. Попов и др. – Оpubл. в Б.И. – 1978. –С. 35.
128. Чижиков Д.М., Запрудский Н.И., Шурыгин С.М. Обогащение окисленных руд цветных металлов // *Цвет. мет.* - 1941. – С. 8-11.
129. Клушин Д.Н. Сульфидирование цветных металлов. - М.: Metallurgy, 1968. - 212 с.
130. Литвин Б.Н., Поколитов В.И. Гидротермальный синтез неорганических соединений. - М.: Наука, 1984. - 185 с.

131. А.с. СССР № 408905. Способ получения сульфидов металлов / О.И. Цыбин, Л.Н. Шехтер, В.Е. Кувинов и др. - Оpubл. в Б.И. - 1984. - С 12.
132. Fletcher A.B. Modified ehcique for dry sulfide sunthesis // Res. Rev. - 1983. - P. 255.
133. Чижигов Д.М., Серебрянская Р.М. Сульфидирование окислов металлов парами серы // Изв. АН СССР. - 1949. -№ 11. – С. 1660-1665.
134. Садыгина А.Л., Кукоев В.А., Горячкин В.И., Гавриленко А.Ф. Особенности осаждения меди и никеля в гидратной пульпе // Цветные металлы. –1979. -№3. - С. 11-14.
135. В.М. Угорец, Э.Б. Сагиндыкова, М.З. Угорец и др. К вопросу о сульфидизации и флотации хризоколлы // Цветные металлы. – 1988. -№ 12. - С. 83-86.
136. Применение модифицированных полисульфидных растворов в процессе обогащения окисленных медных руд / М.З. Угорец, З.Б. Сагиндыкова, В.М.Угорец и др. //Тез. докл. Всесоюз. совещ. - В кн.: Применение химико-металлургических методов в схемах обогащения полезных ископаемых. -Караганда, 1987. - С. 33-34.
137. Митрофанов С.И., Мещанникова В.И., Курочкина А.В. Комбинированные процессы переработки руд цветных металлов. - М.: Недра, 1984. - 218 с.
138. Полькин С.И., Адамов Э.В. Обогащение руд цветных металлов. -М.:Недра,1983.- 400 с.
139. Клец В.Э., Михев А.Д., Борбат В.Ф. Выделение цветных металлов из растворов в виде сульфидов. // Цветные металлы. - 1985. - Вып.4. – С.15-18.
140. Соболев С.И. Об осаждении сульфидов никеля и кобальта сероводородом в серноокислой среде // Научн. тр. Финцветмета. - М., 1981. - С. 60-65.
141. Санакулов К.С. Перспективы переработки окисленных медных руд месторождения Кальмакыр // Обогащение руд. – 2003. - №3. – С. 18.-21.
142. Гидрометаллургия меди на зарубежных предприятиях (обзор). -М.: БТИ Гипроцветмет, 1964. -78 с.
143. Новое в технике обогащения руд цветных металлов в капиталистических странах. -М.: Цветметинформация, 1966. -101 с.
144. Щавелева Л.Д., Пирмагоматов Д.А. Уроки испытаний кучного выщелачивания меди // Горный журнал РФ. -1999, -№4. -С. 12.
145. Соложенкин П.М. Стабильные неорганические радикалы в минералах и их роль в процессе флотации // –В кн.: Материалы коллоквиума по теории флотации. -Алма-Ата, 1970. –С.12-19.
146. Молчанов В.И., Селезнева О.Г., Жернов Е.Н. Активация минералов при измельчении. М.: Недра, 1986, -207с.

147. Юсупов Т.С. Теория и практика направленного изменения структуры и свойств минералов в процессах тонкого измельчения с целью интенсификации химической переработки и флотационного обогащения руд: Автореф. дис... д.т.н. – Новосибирск, 1988. - 32 с.
148. Гвоздик В.С. Исследование влияния способа измельчения на технологию обогащения бедных железных руд: Автореф. дис... к.т.н. – Кривой Рог, 1978. – 21 с.
149. Остапенко П.Е. Обогащение железных руд. – М.: Недра, 1977. - 272 с.
150. Тациенко П.А. Подготовка труднообогатимых железных руд. –М.: Недра, 1979. – 208 с.
151. Изменение технологических свойств минералов как фактор эффективного обогащения руд / Б.И. Пирогов, В.В. Пирогова и др. // В кн.: Проблемы направленных изменений технологических и технических свойств минералов. – Л., 1985. – С. 34-43.
152. Влияние рудоподготовки на окислительно-восстановительные свойства жидкой фазы сульфидных минеральных суспензий / О.Н. Белькова, И.К. Скобаев и др. // В кн.: Обогащение руд. - Иркутск, 1979. – С. 79-92.
153. Антонов В.А. Взаимодействие оксидов меди, свинца и цинка с элементарной серой в гидротермальных условиях: Автореф. дис... канд. хим. наук. - Алма-Ата, 1989. - 23 с.
154. Гусев Г.М. О реакциях элементарной серы с металлами в процессе тонкого диспергирования их в водной среде // В сб.: Механохимические явления при сверхтонком измельчении. – Новосибирск: СО АН СССР, 1971. - С. 110.
155. Кулибакин В.Г. Применение механохимии в гидрометаллургических процессах. - Новосибирск: Наука, 1988. – 272 с.
156. Болдырев В.В., Аввакумов Е.Г. Механохимия неорганических веществ // Успехи химии. – 1971. - Т. 40, № 10. – С. 835.
157. Таваров В.В., Косенко А.В. Зависимость измельчаемости материалов от их температуры, фазового состава и тепловой предыстории // Развитие теории техники и технологии подготовки руд к обогащению: Сб. - Л.: Механобр, 1982. - С.8-14.
158. Болдырев В.В. О кинетических факторах, определяющих специфику механохимических процессов в неорганических системах // Кинетика и катализ. - 1971. - Т. 13, вып. 6. - С. 1411-1421.
159. Бигеев А.М. Metallургия стали. - М.: Metallургия, 1977. - 439 с.
160. Кудрин В.А. Metallургия стали. - М.: Metallургия, 1981. - 488 с.
161. Metallургия стали. В.И. Явойский, Ю.В. Кряковский, В.П. Григорьев и др. -М.,1983. - 584с.

162. Levin E.M. Phase Diagrams for Ceramists. -Columbia, 1964. 365p.
163. Поволоцкий Д.Я. Раскисление стали. - М.: Metallurgy, 1972. -207с.
164. Трансформаторная сталь. /И.М. Чуйко, Е.И. Мошкевич, А.Т. Перевязко и др. -М.: Metallurgy, 1970. - 264 с.
165. Куликов И.С. Раскисление металлов. -М.: Metallurgy, 1975. – 504 с.
166. Линчевский Б.В. Теория металлургических процессов. -М.: Metallurgy, - 1995. - 346 с.
167. Борнацкий И. И. Физико-химические основы сталеплавильных процессов. -М.: Metallurgy, 1974. - 319 с.
168. Мерший И.П., Прилепский В.И. Легирование стали 30ХГ2С феррохромом в ковшах. //Сталь. -1963. - № 9. - С. 861-863.
169. Анализ технологии раскисления и легирования мартеновской стали на металлургических заводах УССР. / Б.Г. Петухов, А.А. Курдюков, Д.М Максименко и др. //Металлургическая и горнорудная промышленность. -1968. - № 2. - С.19-22 .
170. Применение силикохрома при выплавке стали в мартеновских печах. /М.И. Колосов, А.И. Строганов, Н.В Крейс и др. // Сталь , - 1960. -№7. - С. 607-609.
171. Морозов А.Н. Водород и азот в стали. - М.: Metallurgy, 1968, -283с.
172. Vacher H.C. and Hamilton E.H. Trans. Amer.Inst. min. metallurg. // Eng., Iron steel Div.- 1931.V. 95. - P. 124- 140.
173. Процессы раскисления и образования неметаллических включений в стали: (сборник) / (отв. ред. Н.В. Агеев) - М.: Наука, -1977. - 248с.
174. Доброхотов Н.Н., Поволоцкий Д.Я., Хан Б.Х. Влияние технологии выплавки мартеновской стали на содержание в ней водорода // Сталь. - 1953. -№ 9. - С. 796 - 800.
175. Дюдкин Д.А., Кисиленко В.В. Современная технология производства стали. М.: Теплотехника, 2007. - 528 с.
176. Кудрин В.А. Теория и технология производства стали. -М.: Мир, 2003. -528 с.
177. Хан Б.Х., Ищук Н.Я. Раскисление, дегазация, легирование стали. -М.: Metallurgy, 1965. -254с.
178. Поволоцкий Д.Я. Основы технологии производства стали. Челябинск: ЮУрГУ, 2004. – 202 с.
179. Курдюков А.А., Офенгенден А.М. Раскисление и легирование стали в ковше. - Донецк: Домбас, 1969. - 67 с.
180. Курдюков А.А. Взаимодействие твердых ферросплавов с жидкой сталью в ковше: Автореферат дис... к.т.н. /Институт стали и сплавов. -М., 1971. -26 с.

181. Казачков И.П. Исследование физико-химических процессов взаимодействия ферросплавов со сталью в ковше и разработка новых марок комплексных сплавов. Автореферат дис... д.т.н. /Днепропетровский металлур. институт. - Днепропетровск, 1972. - 43с.
182. Раскисление и легирование стали экзотермическими ферросплавами //В.И. Баптизманский и др. - Киев: Техника, 1970. -180 с.
183. Кудрин В.А. Внепечная обработка чугуна и стали. -М.: Металлургия, 1992. -336с.
184. Новолодский В.П. Физико-химические и технологические особенности поведения кремния при раскислении и внепечной обработке стали: Автореферат дис... к.т.н. /Уральский политех. ин-т. - Свердловск, 1980. - 24 с.
185. Шведов Л.В., Венецкий С.И., Розенцвейг Я.Д. Плавильщик ферросплавов. -М.: Металлургия, 1973. -319 с.
186. Физико-химические основы производства стали: Сб. / В.И. Лапицкий и др. - М.: Наука, 1968. - 365 с.
187. Смоляренко Д.А. Качество углеродистой стали. - М.: Металлургиздат, 1961. - 234 с.
188. Строганов А.И., Рысс М.А. Производство стали и ферросплавов. - М.: Металлургия, 1979. - 504 с.
189. Сборник технологических инструкций по производству стали. – Волгоград: ЗКО, 1981. - 376 с.
190. Емлин Б.И., Гасик М.И. Справочник по электротермическим процессам.-М.: Металлургия, 1978. -287 с.
191. Арзуманян С.С. Технологическая-экологическая оценка горно-металлургического комплекса Армении.- Ер.: Лусакн, 2001.- 404 с.
192. Саградян А.Л. Обогащение руд Армении - Ер.: Айастан, 1973. – 326 с.
193. Бусев А.И. Аналитическая химия молибдена.- М.: Изд. АН СССР, 1962.- 302 с
194. Файенберг С.Ю., Филиппова Н.А. Анализ руд цветных металлов.- 3-е изд.- М.: Металлургиздат, 1963.- 871 с.
195. Геллер Я.Л. Таблицы межплоскостных расстояний. –Том 2. – М.: Недра, 1966. –360 с.
196. ASTM Card File. – ASTM, Philadelphia, 1969.
197. Фигуровский Н.А. Седиментометрический анализ.-М.-Л.: Изд. АН СССР, 1948.-332 с.
198. Пашинкин А.С., Спивак М.М., Малкова А.С. Применение диаграмм парциальных давлений в металлургии.- М.: Металлургия, 1984. - 160 с.
199. Смирнов В.И., Тихонов А.И. Обжиг медных руд и концентратов. -М.: Металлургия, 1966. – 255 с.

200. Опытная установка для получения тонкодисперсного дисульфида молибдена / В.П. Калашников, А.С. Ермилов, Ю.Н. Шехтер и др. // Химия и технология топлив и масел.- 1965.- № 5.- С. 38-40.
201. Влияние ультразвуковой обработки и дисперсионных сред на фракционные характеристики дисульфида молибдена / Б.А. Агранат, В.М. Валакина, М.А. Владимирская и др. // Научные труды Московского института стали и сплавов.- 1974.- № 77.- С. 145-149.
202. Акунов В.И. Струйные мельницы.- 2-е изд.- М.: Машиностроение, 1967.- 264 с.
203. Рузинов П.П., Гуляницкий Б.С. Равновесные превращения металлургических реакций. –М.: Металлургия, 1975. – 416 с.
204. Kubashewski O., Alcock S.B. Metallurgical Thermochemistry. -5-th ed.- Oxford, New York, 1979. - 390 p.
205. Дорогокунец П.И., Карпов И.К. Термодинамика минералов и минеральных равновесий. - Новосибирск: Наука, 1984. – 184 с.
206. Термодинамические свойства индивидуальных веществ / В.П. Глушко, Л.В. Гурвич и др. - М., 1978. - Т. 1-4.
207. Карпов. И.К., Конник С.А., Лашкевич Т.М. Константы веществ для термодинамических расчетов в геохимии и петрологии. - М.: Наука, 1986. - 143 с.
208. Наумов Т.Б., Рыженко Б.Н., Ходаковский И.Л. Справочник термодинамических величин. - М.: Атомиздат, 1971. - 239 с.
209. Лидин Р.А., Андреева Л.Л., Молочко В.А. Справочник неорганических веществ. -М.: Химия, 1987.- 230 с.
210. Мержанов А.Г. Процессы горения и синтез материалов. –Черноголовка: Изд-во ИСМАН, 1998. -512 с.
211. Бектурганов Н.С.Физико-химические основы и технология подготовки окисленных и смешанных руд тяжелых цветных металлов к флотационному обогащению методом гидротермальной сульфидизации: Автореф. дис...докт. техн. наук.- М.,1990.-39 с.
212. Позин М.Е. Технология минеральных солей. Ч.1. –Л. :Химия, 1970. -92с.
213. Авакян Г.С. Bentonиты в верхнемеловых отложениях северной Армении. -Ереван, 1977, 375 с.
214. Шуригин П.М., Шантарин В.Д. Растворение металлов в железо-углеродистых расплавах // Изв. ВУЗ-ов. Черная металлургия. -1963. -№ 10. С. 5-7.

215. Кравченко В.М. Исследование некоторых процессов тепло- и массообмена при раскислении и легировании стали в ковше: Автореф. Дис... к.т.н. /Москов. институт стали и сплавов.- М., 1974. -19 с.
216. Казачков И.П., Паримончик И.Б. Кинетика плавления ферросплавов // Изв. ВУЗ-ов. Черная металлургия.- 1973. -№ 2. -С. 55-59.
217. Крупман Л.И., Явойский В.И. О кинетике растворения ферросплавов в сталеразливочном ковше // Изв. ВУЗ-ов. Черная металлургия.-1964, -№ 9. -С.35.
218. Кньюппель Г. Раскисление и вакуумная обработка стали: ч.1. /Пер. с нем. –М.: Металлургия, 1973. – 312 с.
219. Голубцов В.А. Теория и практика введения добавок в сталь вне печи. –Челябинск, 2006. -422с.
220. Триполитов А.И., Логинов В.Т., Стомахин А.Я., Филиппов А.Ф. Исследование железокремниевых расплавов с помощью высокотемпературного калориметра // Изв. ВУЗ-ов. Черная металлургия. -1968.- №11. - С.53 - 59.
221. Линчевский Б.В. Техника металлургического эксперимента. - М.: Металлургия.-1979. - 256 с.
222. Олейник Б.Н. Точная калориметрия. М.: Изд. стандартов, 1973. – 78 с.
223. Эллиот Д.Ф., Глейзер М.И., Рамакришна В.А. Термохимия сталеплавильных процессов. /Пер. с англ. - М.: Металлургия, 1969. -252с.
224. Самсонов Г.В., Дворина Л.А., Рудь Б.А. Силициды. – М.: Металлургия, 1979.-272 с.
225. Попов М.М. Термохимия и калориметрия. М.: Изд. МГУ, 1954. -323 с.
226. Скуратов С.М., Колесов В.А., Воробьев А.Ф. Термохимия. Ч.1. Изд. МГУ, 1964.-231с.
227. Сквайрс Д. Ж. Практическая физика / Пер. с англ. -М.: Мир, 1971. -246 с.

ԱԿՏ - ԵՐԱՇԽԱՎՈՐԱԳԻՐ

ՀՀ ԳԱԱ Ընդհանուր և անօրգանական քիմիայի ինստիտուտի «Հազվագյուտ և ցրված մետաղների քիմիայի և տեխնոլոգիայի» լաբորատորիայում կատարված «Մոլիբդենային խտանյութերի վերամշակման և ստացված միացությունների հիման վրա լեգիրող և նոր նյութերի ստացման տեսական և տեխնոլոգիական հիմունքների մշակումը» թեմայով գիտական աշխատանքը, որի գիտական ղեկավարն ու պատասխանատու կատարողն է Արմեն Հովհաննեսի Հովսեփյանը:

Աշխատանքի տեխնոլոգիական փորձարկումները իրականացվել են «Արմենիան Մոլիբդեն Փրոդաքշն» ՍՊԸ- ում, Զանգեզուրի պղնձամոլիբդենային կոմբինատ ՓԲԸ-ի կողմից արտադրված մոլիբդենային խտանյութերի վերամշակումով:

Փորձարկումները կատարվել են գունավոր մետաղներից մաքրման արտադրամասում, արտադրական պայմաններում, 2017 թվականին: Կատարվել է մոլիբդենային խտանյութերի մասնակի թրծում և լվացում աղաթթվի նստր լուծույթներով: Խտանյութը մաքրվում է գունավոր մետաղներից և պղնձից, քանի որ պղինձը պողպատին տալիս է սառնաբեկունություն: Տեխնոլոգիան թույլ է տալիս, ֆերոմոլիբդենի ստացման համար, որակյալ մոլիբդենի եռօքսիդի ստացումը: Ստացված ֆերոմոլիբդենը բավարարում է միջազգային ստանդարտներին: Լվացման լուծույթներից կորզվում է նաև լուծույթ անցած մոլիբդենը, կալցիումի մոլիբդատի ձևով բարձր աստիճանով:

Գունավոր մետաղներից մաքրման տեխնոլոգիան ներդրված է արտադրությունում:

Կիսաարտադրական ու լաբորատոր փորձարկում է անցել նաև մոլիբդենիտային խտանյութերից, բարձր մաքրությամբ և դիսպերսայնությամբ մոլիբդենի երկսուլֆիդի ($2H-MoS_2$) ստացման տեխնոլոգիան:

Մոլիբդենի երկսուլֆիդի բյուրեղը ունի շերտավոր կառուցվածք, շերտերի միջև գործում է թույլ մոլեկուլային կապ, այդ իսկ պատճառով միջշերտային տեղաշարժի դիմադրությունը փոքր է: Այդ հատկությունների շնորհիվ $2H-MoS_2$ -ը որպես հակաշփական նյութ կիրառվում է էներգետիկայում, ռազմական, ավիացիոն և տիեզերական տեխնիկայում, ավտոմոբիլային շարժիչների յուղերի մեջ, պողպատների

գլանման գործընթացում, հակաշփական կոմպոզիցիոն նյութերում, պոլիմերներում և այլուր, որպես պինդ յուղման նյութ, որտեղ սովորական յուղերը և քսուքները չեն աշխատում (բարձր ճնշում, ջերմաստիճան, վակուում, ագրեսիվ միջավայր, ճառագայթում և այլն): Բնական մոլիբդենի երկսուլֆիդը 2H- MoS₂-ը ամենալավ պինդ հակաշփական նյութն է:

Ստացված մոլիբդենի երկսուլֆիդը իր բաղադրությամբ և հատկություններով համապատասխանում է գոյություն ունեցող ստանդարտներին:

Տեխնոլոգիան, գիտական և գիտատեխնիկական գործունեության հիմնարար և կարևորագույն կիրառական նշանակություն ունեցող հետազոտությունների ծրագրի շրջանակներում, մրցույթային կարգով, Հանրապետության գիտության պետական կոմիտեի կողմից արժանացել է դրամաշնորհի (№ 1-19/ՀԿ): Այս աշխատանքի դրամաշնորհի շրջանակներում մեր ընկերությունը հանդիսացել է համաֆինանսավորող կազմակերպություն, բացի այդ մեր ընկերությունը մասնագիտացված է նաև մոլիբդենային խտանյութերի վերամշակման բնագավառում, այդ իսկ պատճառով այն մեծ հետաքրքրություն է ներկայացնում մեր ձեռնարկության համար:

Հաշվի առնելով Հանրապետությունում մեծ ծավալներով մոլիբդենային խտանյութերի արտադրությունը, հարկաոր է կազմակերպել բարձր մաքրության մոլիբդենի երկսուլֆիդի, երկսիլիցիդի, կալցիումի և կապարի մոլիբդատների, և ժամանակակից այլ նյութերի արտադրությունը, մեծ շահութաբերություն ակնկալելու համար հարկավոր է արտահանել ժամանակակից վերջնական արտադրանք:

Հաշվի առնելով վերոհիշյալը և մշակված տեխնոլոգիաների առավելությունները, երաշխավորվում են այն ներդնել մեր ձեռնարկությունում 2018 թվականին, որը Ընկերությանը կբերի տնտեսական շահույթ:

Ակտ- երաշխավորագիրը տրվել է ներկայացնելու ՀԱՊՀ -ին կից 031 «Մետալուրգիա և նյութագիտություն» մասնագիտական խորհուրդ:

«Արմենիան Մոլիբդեն Փրոդաքշն» ՍՊԸ-ի տնօրեն
տեխն. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր

Կ.Գ.Կարապետյան



ԱԿՏ - ԵՐԱՇԽԱՎՈՐԱԳԻՐ

ՀՀ ԳԱԱ Ընդհանուր և անօրգանական քիմիայի ինստիտուտի «Հազվագյուտ և ցրված մետաղների քիմիայի և տեխնոլոգիայի» լաբորատորիայի վարիչ տ.գ.թ.դոցենտ, Արմեն Հովհաննեսի Հովսեփյանի կողմից կատարված «Մոլիբդենային խտանյութերի վերամշակման և ստացված միացությունների հիման վրա լեգիրող և նոր նյութերի ստացման տեսական և տեխնոլոգիական հիմունքների մշակումը» թեմայով գիտական աշխատանքը արտադրությունում ներդրման վերաբերյալ:

Չարենցավանի «ԱԼԱՓՄԵՏ» ՓԲԸ մետալուրգիական գործարանը զբաղվում է մոլիբդենի սուլֆիդային խտանյութերի վերամշակմամբ, մասնավորապես ֆերոհամաձուլվածքների արտադրությամբ:

Այդ խտանյութերի համալիր վերամշակումը և դրա հիման վրա ժամանակակից նյութերի ստացումը հանդիսանում է Հանրապետության արդյունաբերության զարգացման կարևոր ուղղություններից մեկը: Ներկայումս այդ խտանյութերի վերամշակմամբ ստանում են ֆերոմոլիբդեն և փոքր քանակի կալցիումի մոլիբդատ:

Հանրապետության գործարանները արտադրում են ստանդարտի պահանջներին բավարարող ֆերոմոլիբդեն: Սակայն ֆերոմոլիբդենը մոլիբդենային խտանյութերից ստացվող մոլիբդենային արտադրանքի ամենաէժան արտադրատեսակն է, որը և արտահանվում է եվրոպական երկրներ:

Ա.Հ. Հովսեփյանը մշակել է մոլիբդենի սուլֆիդային խտանյութերի համալիր վերամշակման նոր տեխնոլոգիա, որի արդյունքում ստացվում են մոլիբդենի քիմիական մաքուր միացություններ՝ մոլիբդենի երկսուլֆիդ, երկսիլիցիդ, կապարի մոլիբդատ, կալցիումի մոլիբդատ և այլ արժեքավոր նյութեր: Ներկայումս հանրապետությունում կազմակերպված չէ մոլիբդենի մաքուր միացությունների արտադրությունը:

Մինչդեռ մեծ շահութաբերություն ակնկալելու համար հարկավոր է արտահանել ժամանակակից վերջնական արտադրանք:

Բարձր մաքրության մոլիբդենի դիսուլֆիդը, որպես հակաշփական պինդ քսանյութ կիրառվում է էներգետիկայում, ռազմական, ավիացիոն և տիեզերական տեխնիկայում,

որտեղ սովորական յուղերը և քսուքները կիրառելի չեն այն անփոխարինելի է: Հաշվի առնելով շուկայական բարձր գինը տեղական հումքի բազայի վրա գերմաքուր և դիսպերս 2H-MoS₂-ի արտադրությունը ժամանակի հրամայականն է և ունի մեծ գիտագործնական նշանակություն:

Կալցիումի մոլիբդատը օգտագործվում է որպես լիգատուրա մոլիբդեն պարունակող պողպատների արտադրությունում:

Կապարի մոլիբդատի մոնոբյուրեղները մեծ կիրառություն ունեն ժամանակակից լազերային համակարգերում, ակուստոօպտիկական մոդուլատորներում, միջուկային սարքերում, որպես ցածր ջերմաստիճանային սցինտիլյատորներ:

Մոլիբդենի երկսիլիցիդը շնորհիվ իր մի շարք հատկությունների էլեկտրահաղորդականության, ջերմահաղորդականություն, կիզակայունություն լայն կիրառում է գտել ժամանակակից տեխնիկայում, հատկապես բարձրջերմաստիճանային էլեկտրական տաքացուցիչների արտադրությունում:

Հաշվի առնելով Հանրապետությունում մեծ ծավալներով մոլիբդենի սուլֆիդային խտանյութերի արտադրությունը, և ներկայացված տեխնոլոգիաների առավելությունները, մեր ընկերությունը երաշխավորվում է այն ներդնել մեր ձեռնարկությունում 2019 թվականին, որը Ընկերությանը կբերի տնտեսական շահույթ:

Ակտ- երաշխավորագիրը տրվել է ներկայացնելու Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանին կից 031 «Մետալուրգիա և նյութագիտություն» մասնագիտական խորհուրդ:

«ԱԼԱՓՄԵՏ» ՓԲԸ փոխտնօրեն



Մ. ԶԱՔԱՐՅԱՆ