

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ
ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ
ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

ԳԱԼՍՏՅԱՆ ԼԻԱՆՆԱՌԱՖԱԵԼԻ

**ՋԵՐՄԱՆՇԱԿՄԱՆ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ 585 ՀԱՐԳԻ
ՆԻԿԵԼ-ՑԻՆԿԱՅԻՆ ՍՊԻՏԱԿ ՈՍԿՈՒ ՀԱՄԱՁՈՒԼՎԱՃՔՆԵՐԻ
ԿԱՌՈՒՑՎԱՃՔԻ ՈՒ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՁԵՎԱՎՈՐՄԱՆ ՎՐԱ**

ԱՏԵՆԱԽՈՍՈՒԹՅՈՒՆ

Ե.16.01 «Նյութագիտություն» մասնագիտությամբ
տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի
գիտական աստիճանի հայցման համար

Գիտական ղեկավար՝
տ.գ.թ., դոց. ԱԼԱՅԱՆ Ա.Ա.

ԵՐԵՎԱՆ - 2016

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ	4
1. ՍՊԻՏԱԿ ՈՍԿՈՒ ՀԱՄԱՁՈՒԼ ՎԱԾՔՆԵՐԻ ՍՏԱՑՄԱՆ ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ	7
1.1. Սափտակ ոսկու համաձուլվածքների կոմպոնենտները և նրանց վիճակի դիագրամները	7
1.1.1. Ոսկին և նրահատկու թյուկները	7
1.1.2. Երկակի վիճակի դիագրամների ուսումնասիրությու ն ու վերլուծությու նը	11
1.1.3. Եռակի վիճակի դիագրամների ուսումնասիրությու ն ու վերլուծությու նը	26
1.1.4. Սափտակ ոսկու համաձուլվածքների կիրառման բնագավառները	28
1.1.5. Տարբեր տարրերի ազդեցությու նը սափտակ ոսկու համաձուլվածքների հատկությու նների վրա	29
1.2. Ոսկու համաձուլվածքների գունավորման սկզբունքները	33
ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ԵՎ ՀԵՏԱԶՈՏՄԱՆ ԽՆԴՐԻ ԴՐՎԱԾՔԸ	39
2. ԵԼԱՆՅՈՒԹԵՐԻ ԸՆՏՐՈՒՄԸ, ՉԱՓԻՉ-ՀԱԿԻՉ ՍԱՐՔԱՎՈՐՈՒՄՆԵՐԸ ԵՎ ՀԵՏԱԶՈՏՄԱՆ ՄԵԹՈԴԻԿԱՆ	41
2.1. Ելանյութերի ընտրումը և դրանց բնութագրերը	41
2.2. Չափիչ-հսկիչ սարքավորումները և հետազոտման մեթոդիկան	46
2.3. Նվազագույն քառակուսիների մեթոդով բյուրեղային ցանցի պարամետրերի	

որոշ ման մեթոդիկան

.....52

2.4. Սափտակ ոսկու համաձուլվածքներից թերածոների
ստացումը

հալվող մոդելներով ձուլման եղանակով

.....55

ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ61

3. ՁՈՒԼՄԱՄԲ ՍՏԱՑՎԱԾ 585 ՉԱՐԳԻ ՆԻԿԵԼ-ՑԻՆԿԱՅԻՆ ՍՊԻՏԱԿ ՈՍԿՈՒ
ՉԱՄԱՁՈՒԼ ՎԱԾՔՆԵՐԻ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԻ ԵՎ ՉԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ
ՉԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ ՏԱՐԲԵՐ ՁԵՐՄԱՄԾԱԿՄԱՆ ՌԵԺԻՄՆԵՐԻ ԴԵՊՔՈՒՄ
.....62

3.1. Ձուլված 585 հարգի նիկել-ցինկային սափտակ ոսկու
համաձուլվածքների

մետաղագրային և ռենտգենյան վերլուծություներն ու
հատկությունների

հետազոտումը62

3.2. Ձուլված 585 հարգի նիկել-ցինկային սափտակ ոսկու
համաձուլվածքի

ջերմադիֆերենցիալ ջերմային վերլուծությունը և
համադրումը

Au-Cu-Ni վիճակի դիագրամի հետ

.....68

3.3. Ձուլված 585 հարգի նիկել-ցինկային սափտակ ոսկու
համաձուլվածքների

ջերմամշակումը և ռեժիմների ընտրությունը

.....71

3.3.1. Համաձուլվածքների ջերմամշակումը և դրանցում տեղի
ունեցող

փոխակերպությունների հետազոտումը՝ մետաղագրային
ու

եղանակներով71

3.3.2. Ընտրված ռեժիմներով ջերմամշակված
համաձուլվածքներում

հատկություններին հետազոտումը	82
ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ	88
4. ՍՊԻՏԱԿ ՈՍԿՈՒ ՀԱՄԱՁՈՒԼՎԱԾՔՆԵՐԻ ՍՏԱՑՄԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՅԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ ԵՎ ՆԵՐԴՐՄԱՆ ԵՐԱԾԽԱՎՈՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ	91
4.1. Համաշխարհային շուկայում ոսկու պահանջարկը և արդյունահանումը	91
4.2. Բարձր տեխնոլոգիական հատկություններով օժտված սպիտակ ոսկու համաձուլվածքից շինածոյի ստացման տեխնոլոգիական սխեմայի մշակումը	95
4.3. Բարձր տեխնոլոգիական հատկություններով օժտված սպիտակ ոսկու համաձուլվածքից շինածոյի ստացման տեխնիկատնտեսական հիմնավորումը	96
ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ	105
ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ	106
ՕԳՏԱԳՈՐԾՎԱԾ ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ	109
ՀԱՎԵԼՎԱԾ	117

ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ

Ոսկու գնի անընդհատ աճն աշխարհում, այսինքն թղթադրամների արժեզրկումը պայմանավորված է առաջավոր երկրների կապիտալի ինֆլյացիոն խթանմամբ՝ նոր դրամի անընդհատ էմիսիայի իրականացումով: Այս հանգամանքը, բացի Եսթետիկից, լրացուցիչ խթան է հանդիսանում ոսկերչական իրերի արժեզրկման համար՝ որպես կապիտալի ներդրման հուսալի եղանակ: Չարդեղենի ստացման տեխնոլոգիայի զարգացումը և հատկապես արտաքին տեսքի ու կշռի պահպանումը ստանում է ավելի մեծ նշանակություն:

Քանի որ Հայաստանի Հանրապետությունում ոսկերչական իրերի արտադրությունն աճման միտում ունի, անհրաժեշտություն

Ե զգացվում ընդլայնել արտադրվող իրերի տեսականին և ստանալ բարձր որակ՝ շուկայում մրցակցությունն ապահովելու նպատակով:

Արդյունահանվող ոսկու մեծ մասն օգտագործվում է ոսկերչության մեջ: Այն մեծ կիրառություն ունի նաև ատամնատեխնիկայում: Այս երկու ուղղությունները զուտ արդյունաբերական չեն, ինչպես նաև դրամների և նշանների արտադրությունը: Չուտ արդյունաբերական կիրառությունը համեմատաբար ավելի փոքր է, որի մեծ մասն էլ օգտագործվում է էլեկտրոնիկայում և կապի տեխնիկայում: Ոսկերչական ատամնատեխնիկան դասվում է արդյունաբերական արտադրությանը:

Ոսկու օգտագործումը զարդեղենի պատրաստման գործում հայտնի է վաղ ժամանակներից: Ոսկերչական իրերի արտադրության մեջ հիմնականում օգտագործում են Au-Ag-Cu համաձուլվածքները, որոնք կարող են պարունակել նաև ոչ ազնիվ մետաղներ՝ Zn, Ni, Co կամ Pd: Ժամանակակից ոսկերչության մեջ մեծ կիրառություն են գտել 585 հարգի Au-Cu-Ni-Zn սպիտակ ոսկու համաձուլվածքները:

Քանի որ ոսկերչական արտադրության մեջ իրերի մեծ մասը՝ 50...60%-ից ոչ պակաս, ստացվում են ձուլման եղանակով, համապատասխան դենդրիտալ իկվացված կառուցվածքով, որը հետագայում չի հոմոգենացվում, և մշակումը կատարվում է այդ վիճակում՝ իրերը «Ժառանգում» են այդ կառուցվածքն ու համապատասխան հատկությունները, ինչը կտրուկ վատացնում է հետագա մշակելիությունը: Այդ իսկ պատճառով խնդիր է առաջանում փոփոխել հատկություններն անհրաժեշտ ուղղությամբ, ավելի կոնկրետ.

1. կարծրության և ամրության բարձրացումը՝ իրի շահագործման երկարակեցության մեծացման նպատակով, արտաքին գեղեցիկ, չվնասված տեսքի պահպանման միջոցով,
2. ձուլված վիճակում պլաստիկության բարձրացումը՝ դեֆորմացման հատկությունների բարելավման նպատակով (ձևավորման ժամանակ դեֆորմացման հատկությունները):

Աշխատանքի նպատակն	Ե	մշակել	585	հարգի
58,5%Au+26,8%Cu+8,6%Ni+6,1%Zn		բաղադրության		ձուլված

համաձուլվածքից պատրաստված թերածոներին և շինածոներին ջերմամշակման տեխնոլոգիա՝ մշակել իռոթյունը և շահագործման երկարակեցությունը բարձրացնելու նպատակով:

Պաշտպանության ներկայացվող հիմնական դրույթներն են.

1. Ոսկերչական իրերի պատրաստման եղանակների վերլուծությունը, կառուցվածքագոյացման սկզբունքները և խնդրի դրվածքը,
2. 585 հարգի $58,5\%Au+26,8\%Cu+8,6\%Ni+6,1\%Zn$ բաղադրության ձուլված, դենդրիտալ իկվացված վիճակում գտնվող սպիտակ ոսկու համաձուլվածքի կառուցվածքը և հատկությունները,
3. Ջերմամշակման տարբեր ջերմաստիճանա-ժամանակային ռեժիմների դեպքում կառուցվածքագոյացման կինետիկան ու մեխանիզմը,
4. 585 հարգի $58,5\%Au+26,8\%Cu+8,6\%Ni+6,1\%Zn$ բաղադրության սպիտակ ոսկու համաձուլվածքից ձուլված թերածոներին և շինածոներին նախնական ջերմամշակման տեխնոլոգիան և կառուցվածքագոյացման սկզբունքները,
5. 585 հարգի $58,5\%Au+26,8\%Cu+8,6\%Ni+6,1\%Zn$ բաղադրության սպիտակ ոսկու համաձուլվածքից ձուլված թերածոներին և շինածոներին վերջնական ջերմամշակման տեխնոլոգիան և կառուցվածքագոյացման սկզբունքները և տեխնիկատնտեսական հիմնավորումը արդի տնտեսական պայմաններում:

Աշխատանքի գիտական նորույթը: Փորձագիտական հետազոտությամբ հիմնավորվել և ցույց է տրվել, որ 585 հարգի $58,5\%Au+26,8\%Cu+8,6\%Ni+6,1\%Zn$ բաղադրության ձուլված սպիտակ ոսկու համաձուլվածքում ձուլումից հետո կառուցվածքի կարգավորում տեղի չի ունենում: Ջերմամշակումից հետո երեք կարգավորվող կառուցվածքներից՝ Au_3Cu , $AuCu$, $AuCu_3$, համաձուլվածքում առկա է միայն $AuCu$ էկվիատոմային բաղադրությամբ կարգավորումը: Ապացուցվել է, որ կարգավորումն առաջանում է միայն նեղ ջերմաստիճանային միջակայքում ($250\pm 10^\circ C$): Որոշվել է կարգավորման մեխանիզմն ու կինետիկան և պարզվել, որ

կարգավորվում է միայն համաձուլվածքի ~70%-ը, իսկ մնացած 30%-ը չի կարգավորվում՝ որևէ ջերմամշակման ռեժիմի դեպքում: Ցույց է տրվել, որ կարգավորումը պահպանվում է միայն արագ սառեցման դեպքում՝ օդում կամ ջրում: Վառարանում սառեցման արդյունքում տեղի է ունենում ապակարգավորում և պինդ լուծույթի տրոհում՝ կապված բինոդալ գմբեթի առկայության հետ: Ապացուցվել է, որ կարգավորված համաձուլվածքը պլաստիկ դեֆորմացիայի դեպքում օժտված է առավելագույն դեֆորմացման ամրացմամբ:

Աշխատանքի կիրառական նշանակությունը կայանում է նրանում, որ կատարված հետազոտությունների հիման վրա մշակվել է 585 հարգի $58,5\%Au+26,8\%Cu+8,6\%Ni+6,1\%Zn$ բաղադրության սպիտակ ոսկու համաձուլվածքներից ձուլված թերածոների և շինածոների համար համապատասխանաբար նախնական և վերջնական ջերմամշակման տեխնոլոգիաներ:

Ջերմամշակման տվյալ տեխնոլոգիայի կիրառման արդյունքում բարձրանում է թերածոների մշակվելիությունը, շինածոների առաձգական լարումների ներքո աշխատող տարրերի հոսքայիությունը՝ առաձգականության սահմանի և շահագործման երկարակեցության մեծացման շնորհիվ, որն արդյունք է կարծրության և ամրության նշանակալի բարձրացման, ինչպես նաև լավանում է իրի ապրանքային տեսքը՝ շնորհիվ ստացվող փայլի:

Մշակված տեխնոլոգիան կարող է օգտագործվել նաև մյուս նմանատիպ համաձուլվածքների համար:

1. ՄԴՏԱԿ ՈՍԿՈՒ ՀԱՄԱՁՈՒԼ ՎԱՃՔՆԵՐԻ ՍՏԱՅՄԱՆ ԱՌԱՋՆԱՅՍԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

1.1. Սպիտակ ոսկու համաձուլվածքների կոմպոնենտները և նրանց վիճակի դիագրամները

1.1.1. Ոսկին և նրա հաղկությունները

Ոսկին շատ հազվագյուտ մետաղ է: Երկրակեղևում ոսկու պարունակությունը գնահատվում է ~3,598 մգ/տ [1] և նրա պարունակությունը ~30 անգամ ավելի քիչ է քան, արծաթինը և ~200

անգամ քիչ, քան սնդիկինը: Բարեբախտաբար այն հավասարաչափ չէ բաշխված, այլ որոշակի կուտակումներով, ինչը հնարավորություն է տալիս նրակորզումը դարձնել շահավետ:

Բնության մեջ ոսկին կարող է լինել բնածին վիճակում և իրենից ներկայացնում է միներալ, որը հանդիսանում է ոսկում արծաթի պինդ լուծույթ, որը պարունակում է մինչև 43% արծաթ (Ag), ինչպես նաև պղնձի (Cu), երկաթի (Fe), կապարի (Pb), հազվադեպ՝ բիսմութի (Bi), սնդիկի (Hg) և մանգանի (Mn) խառնուկներ:

Ոսկին ունի հատկությունների յուրահատուկ համակարգ, որը չունի ոչ մի այլ մետաղ: Այն ագրեսիվ միջավայրերում ամենակայուն մետաղն է, էլեկտրահաղորդականությամբ և ջերմահաղորդականությամբ գիշում է միայն պղնձին և արծաթին, ինֆրակարմիր ճառագայթների անդրադարձման ունակությամբ ոսկու մոտ համարյա 100% է կազմում: Համաձուլվածքներում օժտված է կատալիտիկ հատկություներով: Այն շատ տեխնոլոգիական մետաղ է: Նրանից հեշտությամբ պատրաստվում է գերբարակ փայլաթիթեղ և միկրոնային հաստությամբ լարեր: Սակայն այն շատ փափուկ մետաղ է, ունի փոքր ամրություներ, ինչը թույլ չի տալիս ոսկին օգտագործել այն դեպքերի համար, երբ պահանջվում է որոշակի ամրություներ և մաշակայունություներ: Ոսկին որպես ծածկույթ հեշտությամբ պատում է մետաղը և կերամիկան, հեշտությամբ զոդվում և եռակցվում է ճնշման տակ: Այսպիսի օգտակար հատկություներին ամբողջություները պատճառ է հանդիսանում ժամանակակից տեխնիկայի կարևորագույն ճյուղերում ոսկու լայնածավալ օգտագործման համար՝ էլեկտրոնիկայում, կապի տեխնիկայում, տիեզերական և ավիացիոն տեխնիկայում, քիմիայում [2]:

Ոսկին քիմիապես ակտիվ է մի շարք տարրերի նկատմամբ, որոնցից 59-ը նրա հետ առաջացնում են մեկից մինչև ութ քիմիական միացություներ: Մետաղների հետ, որպես կանոն, ոսկին առաջացնում է միացություներ, որոնք առաջանում են կամ պերիտեկտիկական ռեակցիայով կամ կոնգրուենտ հալմամբ: 42 տարրեր ոսկու հետ առաջացնում են մեկից չորս էվտեկտիկական փոխակերպություներ: Անսահմանափակ պինդ լուծույթներ

առաջ անում են հինգ երկակի համակարգերում՝ Ni-ի, Cu-ի, Pd-ի, Ag-ի և Pt-ի հետ: Ամենաթույլ փոխազդեցությունը գոյություն ունի ոսկու և ածխածնի, վոլֆրամի, օսմիումի և չեզոք գազերի հետ: Այժմ հայտնի են մեծ քանակությամբ ոսկու համաձուլվածքներ այլ մետաղների հետ, որոնց թիվը հասնում է մոտ 500-ի: Կիրառելով տարբեր մետաղներ որպես համաձուլվածքների բաղադրամասեր՝ հնարավոր է փոփոխել գունային գամման՝ երբեմն հաղորդելով այս կամ այն հատկությունը: Առավել մեծ կիրառություն ունեն կարմիր, դեղին և կանաչ ոսկիները: Վերջին ժամանակաշրջանում էլ ավելի մեծ կիրառություն են գտել սպիտակ ոսկու համաձուլվածքները, որոնցում որպես գունազրկող տարրեր են հանդես գալիս նիկել և ու պալադիումը: Արդեն մի քանի տարի է, որ սպիտակ ոսկու համաձուլվածքները մեծ պահանջարկ ունեն և նրանցից պատրաստված իրերը ոչ միայն գեղեցիկ են, այլ ապահովում են բարձր որակ: Հիմնականում լայն կիրառություն ունեն 750 և 585 հարգի սպիտակ ոսկու համաձուլվածքները:

Ոսկերչական իրերում ազնիվ մետաղների պարունակությունը թույլ ատրելի շեղվածքով երաշխավորվում է դրոշմով: Դրոշմի վրա նշվում է հարգը կամ ազնիվ մետաղի քանակական պարունակությունը, ընդ որում հարգը ցույց է տալիս միայն հիմնական ազնիվ կոմպոնենտի պարունակությունը: 1927թ.-ից ԽՍՀՄ-ում մտցված էր հարգի նշանակման մետրային համակարգը, որն ընդունված է շատ երկրներում: Մի շարք երկրներում ընդունված է քարատային համակարգը: Ըստ այդ համակարգի մաքուր ոսկին (1000 հարգի) համապատասխանում է 24 պայմանական միավոր քարատի:

Ոսկին ունի նիստակենտրոն խորանարդային բյուրեղային ցանց (ՆԿԽՑ) և չունի ալոտրոպիկ փոխակերպություն: Ցանցի պարբերությունը՝ $a=4,07855 \text{ \AA}$ ՝ 25°C -ի դեպքում և $a=4,0724 \text{ \AA}$ ՝ 20°C -ի դեպքում: 0°C -ի դեպքում $a=4,07 \text{ \AA}$: Բյուրեղային ցանցի էներգիան հավասար է $345 \cdot 10^{-6} \text{ Ջ}$ [3]: Նվազագույն միջատոմար հեռավորությունը 20°C -ի դեպքում կազմում է $2,884 \text{ \AA}$: Խտության ռենտգենագրաֆիկ չափումների արդյունքների համաձայն՝ խտությունը սենյակային

ջերմաստիճանում՝ $\gamma=19,299$ գ/սմ³: Հաշվարկների համար օգտագործվում է $\gamma=19,3$ գ/սմ³:

Որպես կանոն ոսկու հալման ջերմաստիճանը համարում են 1063°C-ը: Ըստ Վ.Յոյզիսկվելդի, որն ուսումնասիրություն է կատարել օպտիկական եղանակով, այդ մեծությունը ճշտման կարիք ունի 0,7...1,5°C-ով և ըստ նրա՝ $Au_{hալ}=1064,1\pm0,4^{\circ}\text{C}$ [4]: Ջ.Յոլլը առաջարկել է. $Au_{hալ}=1064\pm0,4^{\circ}\text{C}$ [5]: Կապված ոսկու եռման ջերմաստիճանի հետևող նպես տարբեր տվյալներ են բերվում: Հալ տգրիսը գտնում է, որ այն կազմում է 2808°C [6]: Տեխնիկական գրականության մեջ էլ եկտրադիմադրության՝ ρ , տվյալները նշանակալիորեն տարբերվում են, ինչը կախված է մնացորդային խառնուկներից և նմուշի վիճակից: 0°C-ի դեպքում $\rho=2,0$ մկՕհմ·սմ, 20°C-ում $\rho=2,25$ մկՕհմ·սմ: Հալման կետում պինդ ոսկում տեսակարար էլեկտրադիմադրությունը $\rho=13,68$ մկՕհմ·սմ: Հալման դեպքում այն մեծանում է 2,28 անգամ [7]:

Ոսկու ֆիզիկա-քիմիական հատկությունները բերված են աղյուսակ 1.1-ում [8]:

Մաքուր ոսկուն բնորոշ են ցածր ամրության սահմանը $\sigma_{\theta}=130...133$ ՄՊա և հարաբերական երկարացման բարձր արժեքը՝ ~50% թրծված վիճակում: σ_h հոսունության սահմանը նույնպես շատ ցածր է և կազմում է 35 ՄՊա: Դեֆորմացիայի աստիճանի ազդեցությունը տարբեր մաքրության ոսկու մեխանիկական հատկությունների վրա ցույց է տրված նկ. 1.1-ում:

Ոսկու σ_{θ} ամրության վրա տարբեր տարրերի ազդեցությունը բերված է նկ. 1.2-ում [9]:

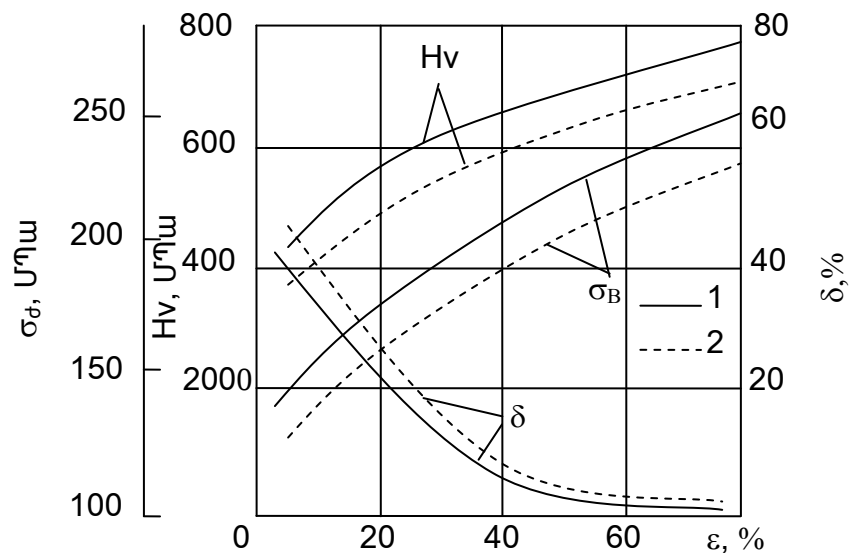
Մաքուր ոսկուն բնորոշ է վերաբյուրեղացման ցածր ջերմաստիճան: 99,999% մաքրության ոսկին ալ աստիկ դեֆորմացման 99,99% աստիճանով վերաբյուրեղանում է արդեն սենյակային ջերմաստիճանում:

Աղյուսակ 1.1

Ոսկու ֆիզիկա-քիմիական հատկությունները

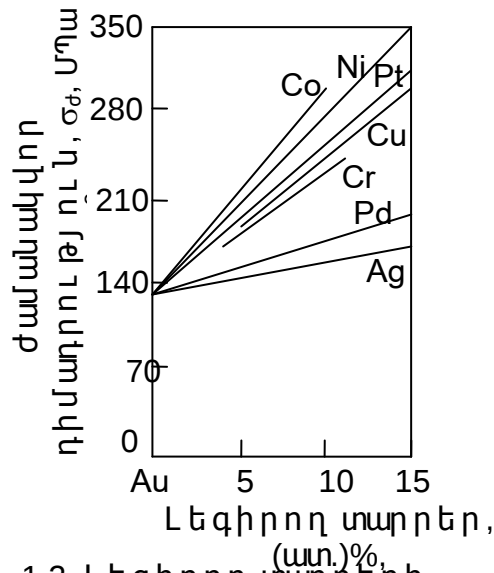
Ատոմական համարը	79
-----------------	----

Պարբերական համակարգի խումբը	IB
Ատոմական զանգվածը	196,97
Բյուրեղացանցի տեսակը	ՆԿԽՑ
Բջջի պարբերությունը, a , Å (20°C)	4,0786
Խտությունը, γ , գ/սմ ³	19,32
Հալման ջերմաստիճան, °C	1063
Եռման ջերմաստիճան, °C	2808
Տեսակարար էլեկտրադիմադրությունը, ρ , մկՕհմ·սմ (20°C)	2,25
Ամրություն սահմանը, σ_{σ} , ՄՊա	130
Կարծրությունը, HB, ՄՊա	200
Հարաբերական երկարացումը, %	50



Նկ. 1.1. Տարբեր մաքրություն ունեցող մեխանիկական

հատկությունների կախվածությունը դեֆորմացիայի աստիճանից
1-Au 99,9%, 2-Au 99,999%



Նկ. 1.2. Լեգիրող տարրերի ազդեցությունը

0,01% Cu-ի ավելացումը բարձրացնում է ոսկու վերաբյուրեղացման ջերմաստիճանը 140°C-ով:

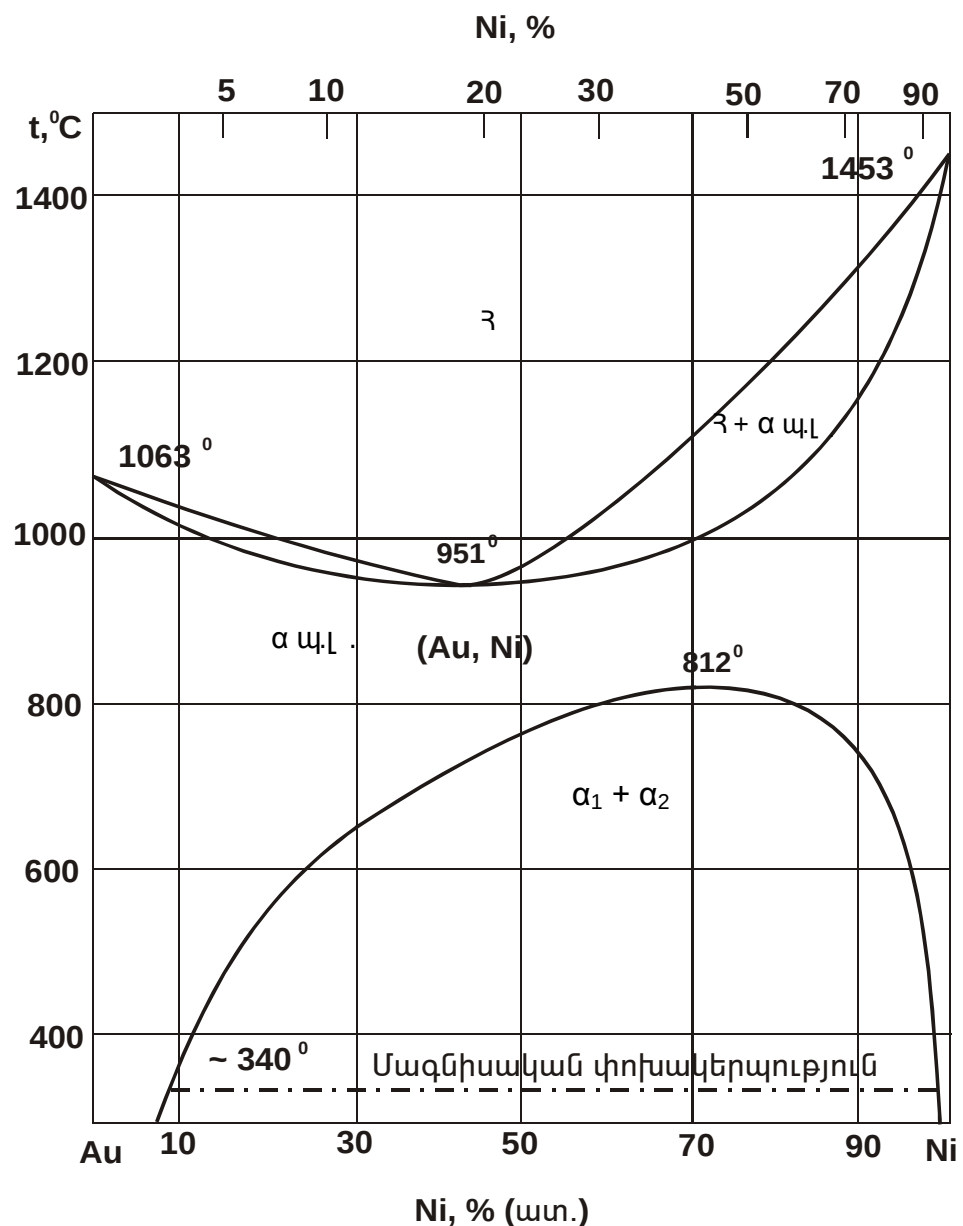
Au-Au(III) գույգի էլեկտրոդային պոտենցիալը հավասար է 1,5 Վ: Այդպիսի բարձր արժեքների հետևանքով ոսկու վրա չեն ազդում նոսր և խիտ HCl, HNO₃, H₂SO₄-ը: Ոսկին հեշտությամբ լուծվում է HCl և HNO₃-ի խառնուրդում (արքայաջուր):

Ոսկին լուծվում է թիոսուլֆատի և ցիանային լուծույթներում [10]: Ոսկին չի փոխազդում հետևյալ միջավայրերի հետ՝ ջուր, օդ, ազոտական թթու՝ HNO₃, սելենաթթու՝ H₂SeO₄, ծծմբական թթու՝ H₂SO₄, աղաթթու՝ HCl, քլորաթթու՝ HClO₄ (մինչև ~97°C), NaOH, KOH-ի հիմնային լուծույթ, ծծմբաջրածին՝ H₂S, քլոր՝ Cl (մինչև ~137...147°C), գինեթթու՝ CO₂H(CHOH)₂CO₂H, կիտրոնաթթու՝ C₃H₄(OH)(CO₂H)₃, քացախաթթու՝ CH₃COOH:

1.1.2. Երկակի վիճակի դիագրամների ուսումնասիրությունն ու վերլուծությունը

Au-Ni՝ ոսկի-նիկել վիճակի դիագրամ: Ոսկի-նիկել համակարգի առաջին հետազոտությունները [11], որոնք կատարվել էին միկրոկառուցվածքային և ջերմային անալիզի մեթոդներով, բերել են այն եզրահանգման, որ այս համակարգում կա էվտեկտիկա՝ կազմված ոսկուց և նիկելում ոսկու պինդ լուծույթից:

Էվտեկտիկական կետը այդ վիճակի դիագրամում ըստ այդ հետազոտությունների ստացվում է 25% Ni-ի պարունակության դեպքում և 951°C -ում: Սակայն, ինչպես ցույց տվեցին հետագա հետազոտությունները [12, 13], ոսկին և նիկելը չեն առաջացնում էվտեկտիկա և ունեն անսահման լուծվելիություն հեղուկ վիճակում, իսկ բարձր ջերմաստիճաններում նաև պինդ վիճակում, իսկ վիճակի դիագրամի վրայի մի նիմուսի կետը կապված է էվտեկտիկական փոխակերպության հետ և պայմանավորված է լիկվիդուսի և սոլիդուսի կորերի համընկմամբ 42% (ատ.) Ni-ի դեպքում (նկ.1.3):



Նկ. 1.3. Au-Ni համակարգի վիճակի դիագրամ

Նախորոք հոմոգենացված պինդ համաձուլվածքների տաքացման կորերի հիման վրա կատարված ուսումնասիրությունները տվեցին համաձուլվածքի բյուրեղացման ավելի լայն տիրույթ, քան հեղուկ համաձուլվածքների սառեցման կորերի հիման վրա կատարված ուսումնասիրությունները:

Որոշվեց, որ 820°C -ից ցածր ջերմաստիճաններից համաձուլվածքների սառեցման դեպքում տեղի է ունենում հոմոգեն պինդ լուծույթի տրոհում՝ ոսկու և նիկելի հիմքով պինդ լուծույթների խառնուրդի: Հետազոտությունները իրականացվել են միաված և թրծված համաձուլվածքների միկրոկառուցվածքային անալիզի մեթոդով Au-Ni համակարգում: Մեկ այլ հետազոտության տվյալներով տրոհման ամենաբարձր ջերմաստիճանը 812°C -ն է՝ 70% (ատ.) Ni-ի պարունակության դեպքում [9]:

Նիկելի ավելացումն իջեցնում է լիկվիդուսի ջերմաստիճանը մինչև 951°C 42% (ատ.) Ni-ի պարունակության դեպքում: Նիկելի պարունակության հետագա ավելացումը բերում է լիկվիդուսի գծի սահուն բարձրացման:

Այսպիսով Au-Ni համակարգի համաձուլվածքները բյուրեղանում են՝ առաջացնելով անսահմանափակ պինդ լուծույթներ: Դանդաղ սառեցված համաձուլվածքներին բնորոշ է երկֆազ կառուցվածքը:

Ինչպես պարզվել է, ածխածնի փոքր քանակությունը արգելակում է տրոհման գործընթացը: Մասնավորապես 48,5% (ատ.) Au պարունակող համաձուլվածքներում 3% (ատ.) C-ը 600°C -ում դանդաղեցնում է ոսկու հիմքով α_1 և նիկելի հիմքով α_2 ֆազերի աճի արագությունը 200...400 անգամ [9]: Լուծելիության խզման արդյունք է հանդիսանում էլեկտրական, մեխանիկական, մագնիսական և կոռոզիոն հատկությունների փոփոխության հնարավորությունը: Եզրակացությունները այն մասին, որ Au-Ni համակարգում գոյություն ունի պինդ վիճակում լուծելիության խզման լայն տիրույթ հաստատվեցին նաև հետագա հետազոտություններում, որոնք իրականացվել էին ֆիզիկա-քիմիական անալիզի տարբեր

մեթոդներով և թերմոդինամիկ հաշվարկներով [14-21]: Au-Ni համակարգում պինդ լուծույթի տրոհման գործընթացն ուսումնասիրվել է տարբեր եղանակներով [16, 17, 19, 22-29]: Ըստ [15, 16] աշխատանքների սենյակային ջերմաստիճանում նիկելում ոսկու լուծելիությունը կազմում է 2,3% Au (0,7% (ատ.) Au-ից քիչ): Ենթադրություն է արվել, որ պինդ լուծույթների տրոհման գործընթացի ընթացքում, նրա առանձին փուլերում, 500°C-ից բարձր ջերմաստիճաններում առաջանում են անկայուն և շատ նեղ ջերմաստիճանային միջակայքում գոյություն ունեցող կարգավորված կառուցվածքներ՝ Au_3Ni (9,03% Ni), $AuNi$ (22,95% Ni) և $AuNi_3$ (47,2% Ni):

Պինդ լուծույթների տրոհման ժամանակ առաջացող մետաստաբիլ կարգավորված կառուցվածքների բյուրեղագրային կառուցվածքը և ցանցի հաստատունները բերված են աղյուսակ 1.2-ում [15, 16]:

Աղյուսակ 1.2

Մետաստաբիլ կարգավորված կառուցվածքի բյուրեղագրային
կառուցվածքը
և ցանցի պարբերությունները

Կարգավորված ֆազի բանաձևը	Բյուրեղագրական կառուցվածքը խորանարդային և տետրոգոնալ խորանարդային և	Ցանցի հաստատունները		
		a, Å	c, Å	c/a
Au_3Ni	և	3,948	—	—
$AuNi$	տետրոգոնալ	3,822...3,83	3,712...3,725	0,97
$AuNi_3$	խորանարդային և	3,675	—	—

Համաձայն [30] աշխատանքի 15% (ատ.) Ni պարունակող համաձուլվածքի թրծումը 500°C-ում (որը ստացվել է համաձուլվածքի կաթոդային փոշեցրմամբ) բերում է պինդ լուծույթի կարգավորման սկզբում Au_3Ni գերկառուցվածքի առաջացմամբ, իսկ հետո, թրծման տևողության մեծացման և ջերմաստիճանի դանդաղ բարձրացման դեպքում, տեղի են ունենում

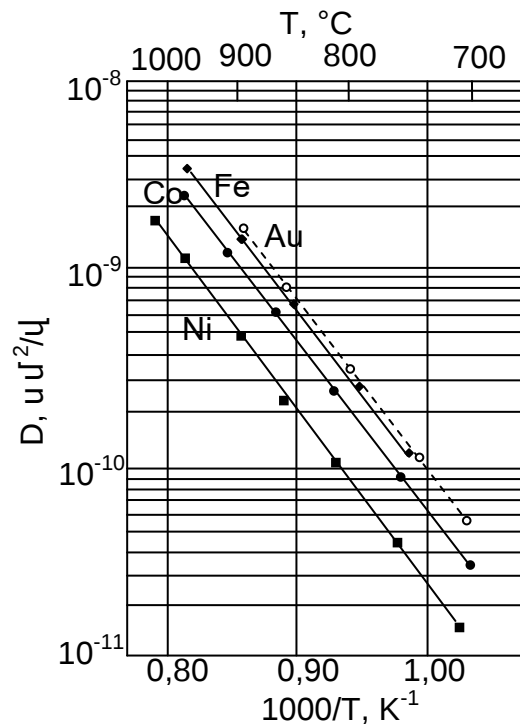
առավել բարդ ֆազային փոխակերպություններ: 600°C ջերմաստիճաններից թրծելիս առաջանում է նիկելով հարուստ ֆազ:

Տարբեր բաղադրության (20...60% (ատ.) Ni) միսլաձ համաձուլվածքների ծերացման գործընթացները էլեկտրոնային մանրադիտակային մեթոդներով հետազոտելիս 225°C -ից ցածր ջերմաստիճաններում ծերացման ժամանակ համաձուլվածքներում հայտնաբերվել էին մետաստաբիլ մոդուլային պարբերական կառուցվածքներ [31]: Ըստ [32] աշխատանքի պինդ վիճակում ոսկու և նիկելի փոխադարձ լուծվելիությունը տրոհման կրիտիկական ջերմաստիճանից ցածր ավելի փոքր է, քան ենթադրվում էր ավելի վաղ կատարված հետազոտություններում: Պինդ նիկելում ոսկու լուծելիության մասին նման եզրակացությունն արվել է նաև [15] աշխատանքում ռենտգենյան անալիզի արդյունքներով: Ըստ [31] տվյալների 300°C -ից ցածր ջերմաստիճաններում տեղի է ունենում պինդ վիճակում ոսկու և նիկելի փոխադարձ լուծվելիության հետագա նվազեցում: Կրուպկովսկու կողմից իրականացված թերմոդինամիկական հաշվարկները [20, 21] տվեցին արդյունքներ, որոնք լավ համաձայնեցված էին պինդ վիճակում լուծվելիության խզման կորի հետ, որը ստացվել էր [32] աշխատանքի ընթացքում: Վիճակի դիագրամի կառուցման ժամանակ ամբողջությամբ հերքվեցին [33] աշխատանքում նշված, համակարգում առկա է վտեկտոդային փոխակերպության մասին բոլոր սխալ տվյալները:

Ոսկու համաձուլվածքները նիկելի հետ սովորաբար պատրաստվում են ուղիղ հալման մեթոդով, բայց կարող են ստացվել նաև ոսկու և նիկելի աղերի ջրային լուծույթների էլեկտրոլիզի միջոցով [34, 35]: Վերջին դեպքում հաճախ տեղի է ունենում մետաստաբիլ ֆազերի առաջացում, այդ պատճառով էլեկտրոլիզի միջոցով ստացվող համաձուլվածքները ավելի հավասարակշիռ վիճակի բերելու համար անհրաժեշտ է ենթարկել թրծման: Էլեկտրոլիտիկ եղանակներով ստացված համաձուլվածքները, որոնք պարունակում են 26...100% (ատ.) Au, ինչպես ցույց է տվել ռենտգենյան վերլուծությունը, իրենցից ներկայացնում էին ոսկու ցանցով պինդ լուծույթ, իսկ 23...26% (ատ.) Au պարունակելու

դեպքում անկայուն Φ ազ, հավանաբար AuNi_3 [34]: Ըստ [35] աշխատանքի բաղադրության ողջ տիրույթում էլեկտրոլիզի եղանակով ստացվում են համաձուլվածքներ, որոնք իրենցից ներկայացնում են ոսկու և նիկելի պինդ լուծույթներ: Բարակ փայլաթիթեղի տեսքով համաձուլվածքի նմուշներ ստացվել էին նաև նիկելային փայլաթիթեղի վրա ոսկով փոշեպատման միջոցով [36]:

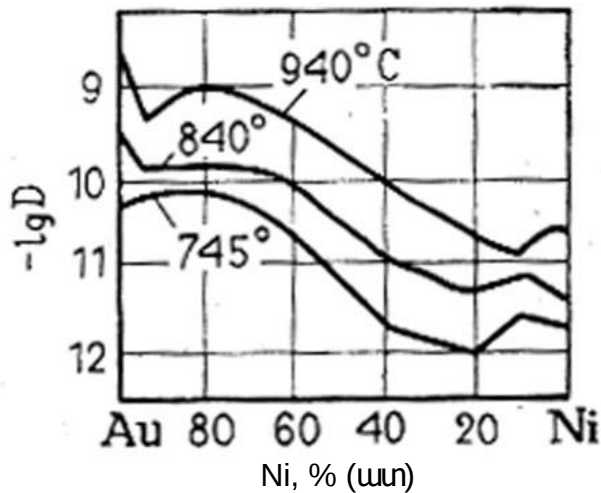
Նիկելում ոսկու դիֆուզիան 1000°C -ում և ավելի ցածր ջերմաստիճաններում տեղի է ունենում հատկի սահմաններով, ընդ որում դիֆուզիայի գործակիցը՝ $D_0=3,0\pm 0,8 \text{ սմ}^2/\text{վրկ}$, ոսկու դիֆուզիայի գործակիցը նիկելի հատկներում $700\ldots 1075^\circ\text{C}$, նույն հետազոտությունում որոշված է $D_0=0,02\pm 0,005 \text{ սմ}^2/\text{վրկ}$ [37]: Նիկելի դիֆուզիայի արագությունը ոսկու մեջ շատ ավելի ցածր է, քան երկաթի ենթախմբի մյուս անցումային մետաղներինը (նկ.1.4):



Նկ. 1.4. Նիկելի, կոբալտի և երկաթի դիֆուզիայի

գործակիցը ոսկու մեջ

Նկ.1.5-ում բերված է ոսկում նիկելի դիֆուզիայի գործակցի կախվածությունը բաղադրության ունից:



Նկ. 1.5. Ոսկու մ Նիկելի դիֆուզիայի
գործակցի
կախվածությունը

Ֆիզիկական և մեխանիկական հատկությունները: Ոսկու Նիկելի հետ պինդ լուծույթների առաջացումը տեղի է ունենում համաձուլվածքների ատոմային ծավալի մեծացմամբ [22]: Բաղադրության ողջ տիրույթում համակարգի համաձուլվածքների ռենտգենյան և փորձնական խտությունները որոշվել են [18, 38, 39] աշխատանքների հիման վրա, ընդ որում այդ աշխատանքներում ի հայտ են եկել նշանակալի տարբերություններ տեսական և փորձնական տվյալների միջև՝ պայմանավորված նմուշների միկրոծակոտկենությամբ:

Ոսկու լեգիրումը Նիկելով, ինպես նաև Նիկելի լեգիրումը ոսկով ուղեկցվում է լեգիրվող մետաղի կարծրության բարձրացմամբ [34]:

Առավելագույն կարծրությամբ օժտված է 30% Ni պարունակող համաձուլվածքը, ընդ որում միաված համաձուլվածքի կարծրությունը ավելի ցածր է, քան թրծված համաձուլվածքինը:

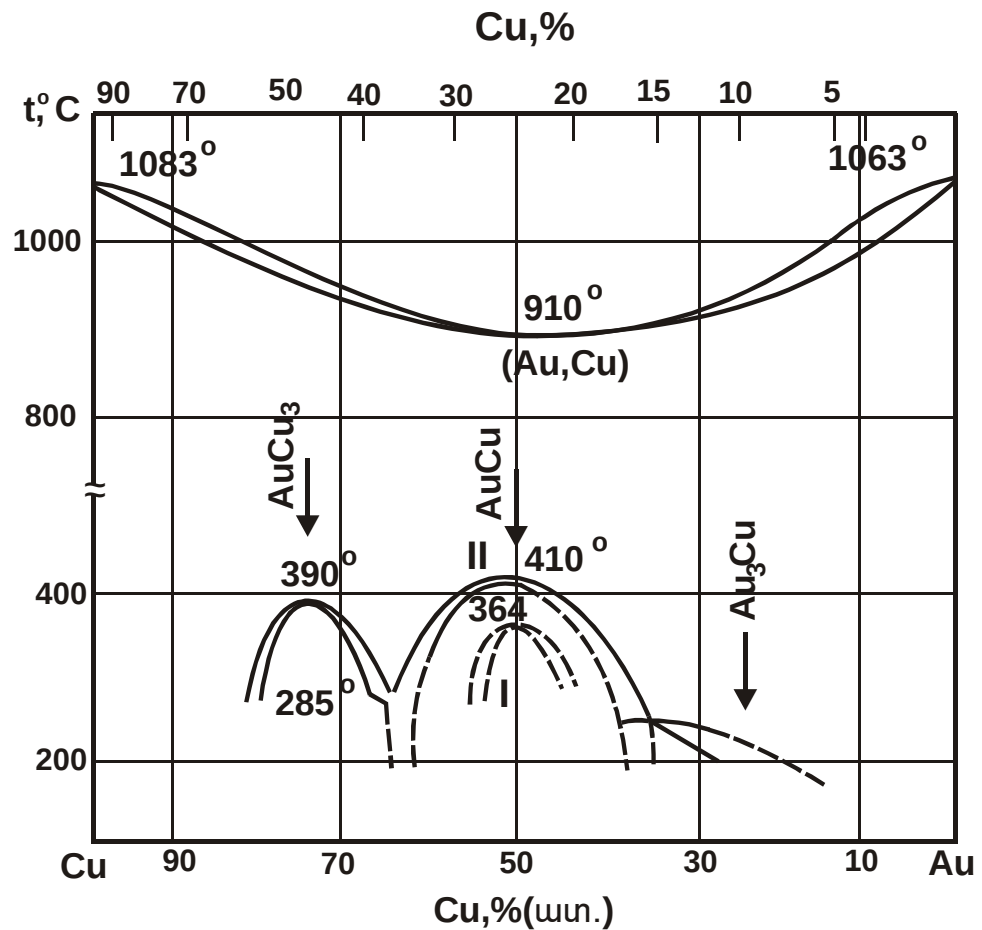
Էլեկտրոլիտիկ համաձուլվածքների միկրոկարծրությունը 0...60% (ատ.) Ni-ի պարունակության բարձրացման հետևանքում է 800...2700 ՄՊա, իսկ հետո կտրուկ մեծանում է մինչև 4400 ՄՊա՝ 75% (ատ.) Ni-ի պարունակության դեպքում և Նիկելի պարունակության հետագա աճի հետ իջնում է [34]: Au-Ni համակարգի համաձուլվածքների ժամանակավոր դիմադրությունը թրծված վիճակում անընդհատ աճում է Նիկելի պարունակության բարձրացման հետ [7]:

5% Ni պարունակող համաձուլվածքը միաված վիճակում ունի հետևյալ մեխանիկական հատկությունները. ժամանակավոր դիմադրություն՝ 300...350 ՄՊա, հոսունություն սահման՝ 180...200 ՄՊա, հարաբերական երկարացում՝ 29%, հարաբերական նեղացում՝ 90%:

Au-Ni համաձուլվածքները բաղադրության լայն տիրույթում հեշտությամբ ենթակա են ջերմային մշակման:

Au-Ni համակարգում 340°C-ում տեղի է ունենում մագնիսական փոխակերպություն [40]: Au-Ni համակարգի համաձուլվածքների մագնիսական հատկությունները հետազոտվել են [23, 24, 32, 41, 42] աշխատանքներում, համաձայն որոնց նիկելի Կյուրիի կետը ոսկու ներմուծման դեպքում իջնում է: Ֆերոմագնիսական համաձուլվածքները պարունակում են >55% (ատ.) Ni: Նիկելի 60% (ատ.)-ից բարձր պարունակությամբ համաձուլվածքները ցածր ջերմաստիճաններում դառնում են մագնիսակարգավորված [32]:

Au-Cu՝ ոսկի-աղինձ վիճակի դիագրամ: Au-Cu համակարգի մանրամասն հետազոտություններ կատարվել են [14, 43-47] աշխատանքներում: Այս համաձուլվածքներում սովորույթի ջերմաստիճանից ցածր առաջանում են անսահմանափակ պինդ լուծույթներ (նկ. 1.6):



Նկ. 1.6. Au-Cu վիճակի դիագրամ

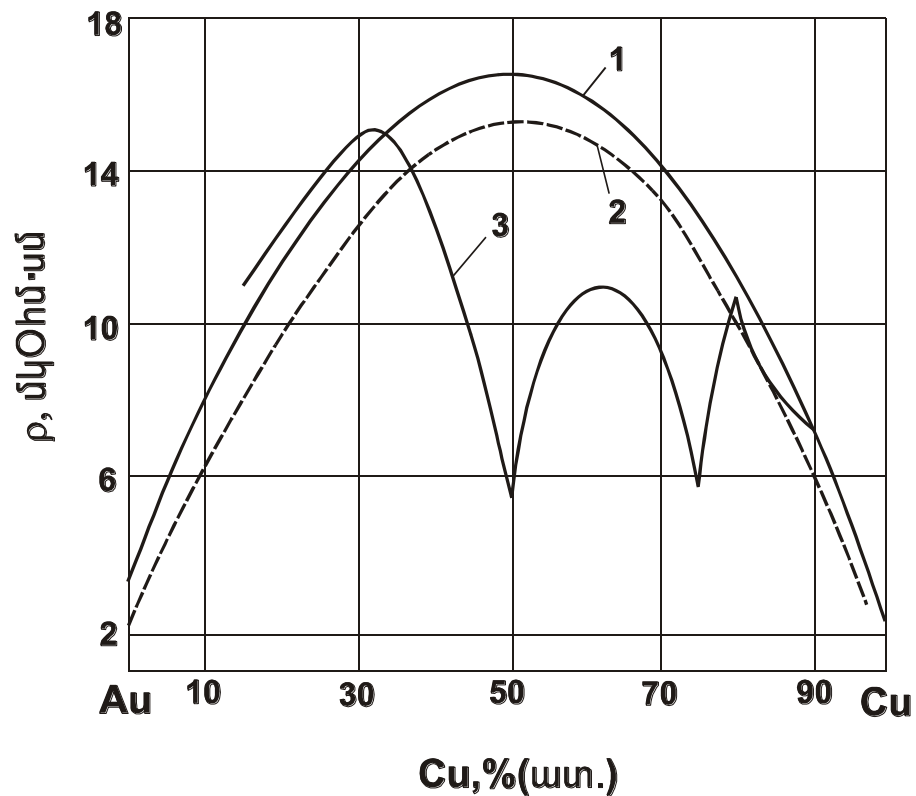
Հալման նվազագույն ջերմաստիճանը կազմում է 910°C ՝ 80% Au պարունակության դեպքում:

Au-Cu համակարգի բնորոշ առանձնահատկությունն է դանդաղ սառեցման ժամանակ կարգավորված ֆազի առաջացումն է, որն առաջին անգամ հայտնաբերել է Կուլրնակովը, որի էությունը կայանում է դիֆուզիոն տեղափոխությունների միջոցով բյուրեղում ատոմների փոխադարձ դասավորության փոփոխման մեջ [48]: Կարգավորման աստիճանը կախված է բաղադրություններից. ստեփոմետրիկ բաղադրություններից շեղվելու դեպքում այն նվազում է, քանի որ ավելի որդ ատոմները անկանոն են տեղակայվում:

Au_3Cu ֆազը գոյություն ունի 61,5...91% (ատ.) Au տիրույթում [49]: Ոսկու պարունակության մեծացման հետ Au_3Cu համաձուլվածքի փոխակերպության ջերմաստիճանը իջնում է.

Au (ատ.), %	68	70	72	75
T, $^\circ\text{C}$	231 ± 3	221 ± 2	209 ± 2	199 ± 3

Կարգավորման ժամանակ տեղի է ունենում ֆիզիկա-մեխանիկական հատկությունների նշանակալի փոփոխություն՝ էլեկտրահաղորդականության, կարծրության, ամրության սահմանի և ջերմահաղորդականության: Տեսակարար էլեկտրադիմադրության փոփոխությունը բերված է նկ. 1.7-ում:



Նկ. 1.7. Au-Cu համաձուլվածքների տեսակարար էլեկտրադիմադրությունը
1-միաված համաձուլվածքներ, 2-բարձր ամրություն
համաձուլվածքներ միտումից հետո, 3-դանդաղ սառեցված համաձուլվածքներ

Փոխվում են նաև շփման հատկությունները: Կարգավորված վիճակի համար շփման գործակիցն ավելի փոքր է, քան չկարգավորվածի համար [50]: 50% (ատ.) Au պարունակող համաձուլվածքը դանդաղ սառեցնելիս չկարգավորված պինդ լուծույթներից (ՆԿԽՑ) առաջանում է AuCuII ֆազ օրթոռոմբիկ ցանցով, որը գոյություն ունի $380...410^\circ\text{C}$ տիրույթում: 380°C -ից ցածր առաջանում է AuCuI ֆազը, որն ունի տետրագոնալ բյուրեղային ցանց՝ $c/a=0,92$: Ըստ էության սա նիստակենտրոն խորանարդային կառուցվածք է՝ մի քանի տոկոսով սեղմված a_3 առանցքի ուղղությամբ: Կարգավորման ժամանակ ոսկու և պղնձի ատոմներն

այնպես են խմբավորվում, որ (002) հարթության ներքև հանդիսանում են պղնձի և ոսկու իրար հաջորդող հարթությաններ [51, 52]:

Չկարգավորված AuCuII ֆազի ֆազային փոխակերպությանը տեղի է ունենում հետևյալ կերպ. սկզբում կրիտիկականից ցածր ջերմաստիճանի նվազման հետ չկարգավորված մայրակում առաջանում են կարգավորված սաղմեր, որոնք հետո աճում են չկարգավորված ֆազի հաշվին, և ընդհանուր կարգավորվածությունը կտրուկ մեծանում է [53]: AuCu չկարգավորված համաձուլվածքում Cu-ի դիֆուզիայի արագությունը մոտ 4 անգամ մեծ է, քան կարգավորված համաձուլվածքում [54]:

AuCu₃-ի կարգավորվածության ջերմաստիճանը 390°C է [14, 44, 45]:

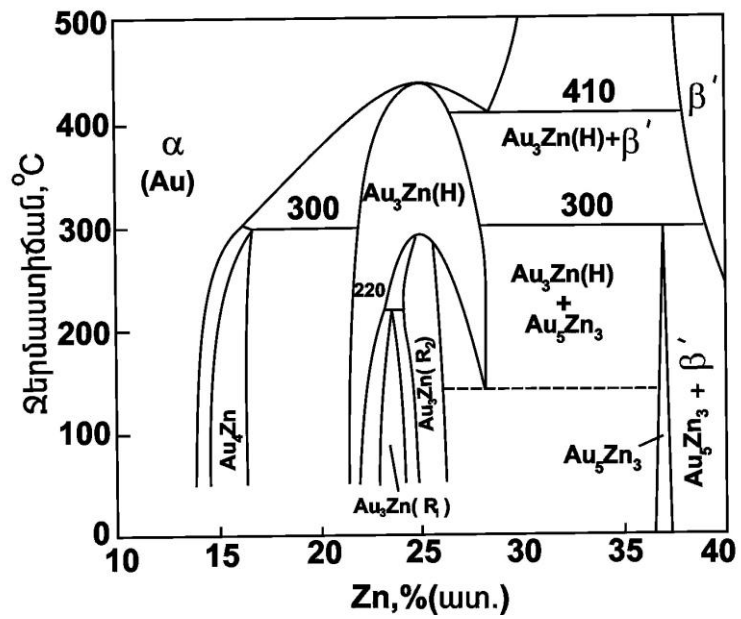
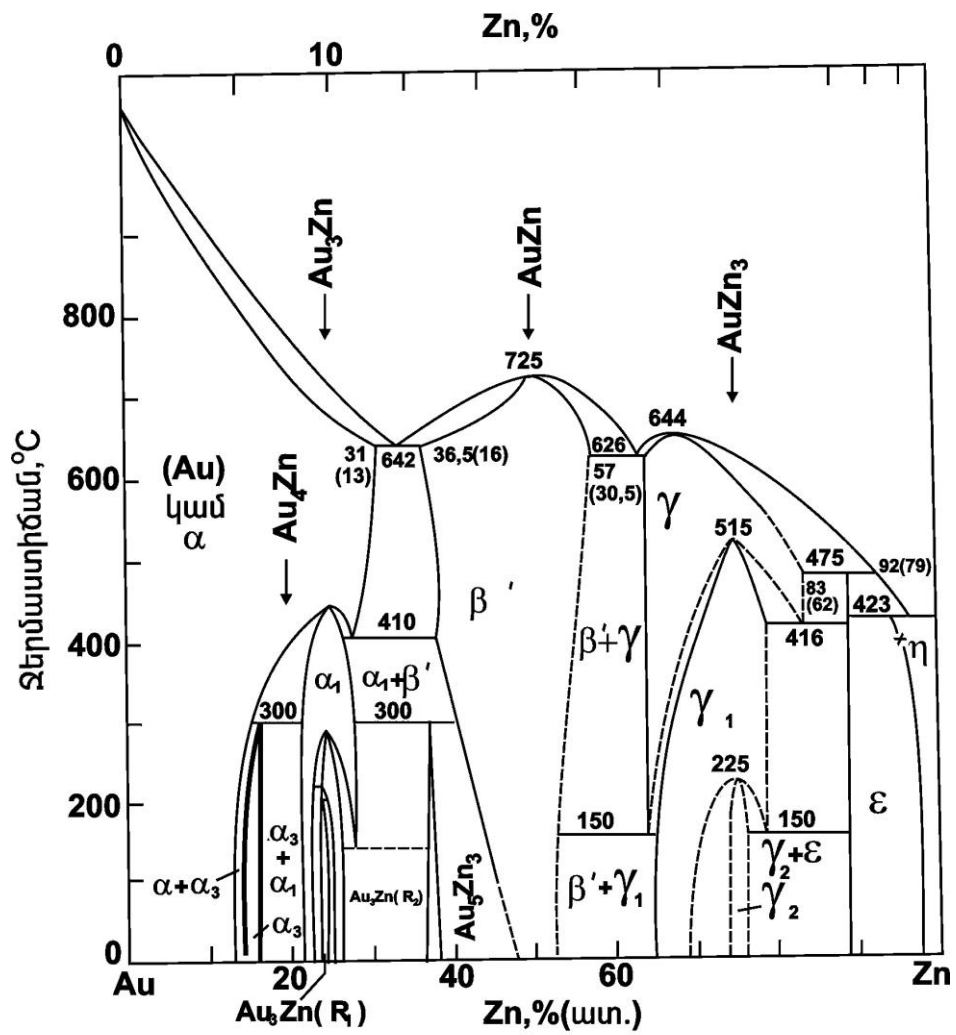
Au-Zn՝ ոսկի-ցինկ վիճակի դիագրամ: Ոսկի-ցինկ համակարգի առաջին մանրամասն հետազոտությունները իրականացվել են [55] ջերմային և միկրոկառուցվածքային անալիզների եղանակներով և տարբեր ջերմաստիճաններում տեսակարար էլեկտրադիմադրության չափումներով: Նկ. 1.8-ում բերված Au-Zn վիճակի դիագրամը կառուցվել է [55-59] հետազոտությունների արդյունքում:

Ըստ այս դիագրամի համակարգում գոյություն ունեն հետևյալ քիմիական միացությունները՝ Au₃Zn (9,95% Zn), AuZn (24,90% Zn) և AuZn₃ (49,6% Zn): Այս միացություններից միայն AuZn է, որ ունի բաց մաքսիմում լիկվիդուսի կորի վրա (725°C), այն դեպքում, երբ Au₃Zn և AuZn₃ միացությունները առաջանում են α-պինդ լուծույթի և γ-ֆազի կարգավորման արդյունքում՝ համապատասխանաբար 425°C և 515°C-ում: Այս համակարգում կա երկու էվտեկտիկական, երկու պերիտեկտիկական, հինգ էվտեկտոիդային և երեք պերիտեկտոիդային փոխակերպություն:

Էվտեկտիկական փոխակերպությունները տեղի են ունենում 642°C և 626°C-ում, որտեղ.

$$\beta \rightleftharpoons \alpha + \beta' \quad 642^{\circ}\text{C}$$

$$\beta \rightleftharpoons \beta' + \gamma \quad 626^{\circ}\text{C:}$$

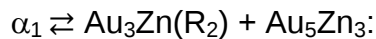


Նկ. 1.8. Au-Zn համակարգի վիճակի փոփոխությունները

Պերիտեկտիկական փոխակերպումը ունենում է տեղի են ունենում.



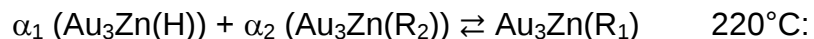
Էվտեկտիդային ռեակցիաները, պայմանավորված պինդ լուծույթների կարգավորմամբ (α և γ ֆազեր) և α_1 և γ_1 պոլիմորֆ փոխակերպումն առկայում է, տեղի են ունենում այսպես.



Պերիտեկտիդային ռեակցիայի արդյունքում 300°C -ում առաջանում է Au_4Zn ֆազան ($7,65\%$ Zn), որն ունի համեմատաբար ավելի լայն հոմոգենության տիրույթ՝ α_3 , $15\ldots 19\%$ Zn (ատ.) կամ $5,53\ldots 7,22\%$ Zn միջակայքում 200°C -ի դեպքում [56, 57]: Ըստ [57] այդ նույն 300°C -ում տեղի են ունենում նաև.



220°C -ում նույնպես տեղի են ունենում պերիտեկտիդային փոխակերպումներ, ըստորի.



Ըստ [60] տվյալների $\alpha \rightleftharpoons \alpha_1$ փոխակերպումը տեղի են ունենում $\sim 420^{\circ}\text{C}$, իսկ $\alpha_1 \rightleftharpoons \alpha_2$ ՝ $\sim 270^{\circ}\text{C}$ -ում: Բացի այդ ուսումնասիրվել է, որ բարձր ջերմաստիճանային α_1 ֆազը՝ $\text{Au}_3\text{Zn}(\text{H})$, 25% (ատ.) Zn-ին մոտ պարունակության դեպքում 220°C -ից ցածր ջերմաստիճաններում վերածվում է $\text{Au}_3\text{Zn}(\text{R}_2)$, իսկ $23,5\%$ (ատ.) Zn պարունակության դեպքում 220°C -ում՝ $\text{Au}_3\text{Zn}(\text{R}_1)$: Այդ երկու ֆազերն էլ հանդիսանում են $\text{Au}_3\text{Zn}(\text{H})$ ֆազի մոդիֆիկացիաներ, որոնք կայուն են սենյակային ջերմաստիճանում [57, 61]:

Պինդ ոսկում ցինկի լուծելիությունը կազմում է 13% ՝ 642°C -ում և $4\ldots 5\%$ 0°C -ում, իսկ ոսկու լուծելիությունը պինդ ցինկում սենյակային ջերմաստիճանում $8,52\%$ է: Եվ այսպես՝ 425°C -ից 270°C

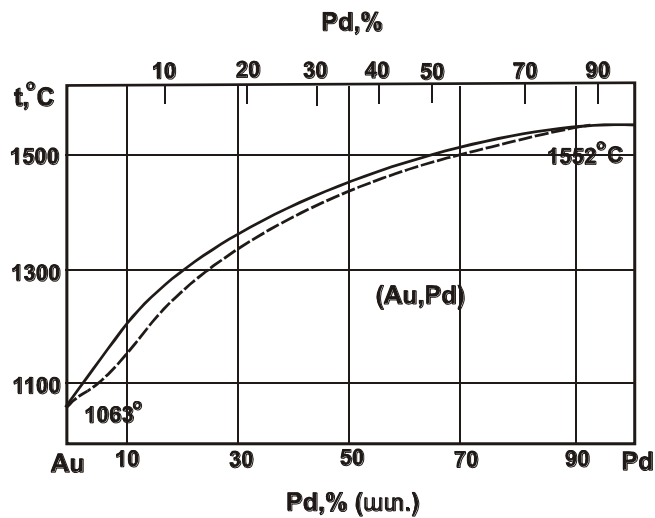
տեղի է ունենում α ֆազի կարգավորում (α_1), իսկ 270°C-ից ցածր կարգավորումը շարունակվում է և առաջանում է ավելի բարդ կառուցվածք՝ α_2 կամ $\text{Au}_3\text{Zn}(\text{R}_2)$:

Au-Zn համակարգի համաձուլվածքները արդյունաբերության մեջ չեն կիրառվում, սակայն Zn-ը առկա է մի շարք ոսկերչական համաձուլվածքներում և զոդանյութերում: Ատամնաբուժական համաձուլվածքներում Zn-ի ավելացումը արագացնում է դիսպերսիոն կարծրացման գործընթացները:

Au-Pd՝ ոսկի-պալ ադիում վիճակի դիագրամ: Սպիտակ ոսկու համաձուլվածքներում որպես գունազրկող տարր կարող է հանդիսանալ նաև պալ ադիումը: Ոսկին և պալ ադիումը առաջացնում են անսահմանափակ պինդ լուծույթներ ինչպես հեղուկ, այնպես էլ պինդ վիճակում: Առաջին անգամ այսպիսի բնորոշում տրվել է [62] աշխատանքում, որն իրականացվել է ջերմային և միկրոկառուցվածքային անալիզի մեթոդներով, որը հետագայում հաստատվել է աշխատանքներում, որոնք իրականացվել են ֆիզիկա-քիմիական անալիզի տարբեր մեթոդներով: Ենթադրություն է արվել նաև պինդ վիճակում լուծելիության խզման վերաբերյալ [63, 64]: Այսպես, ըստ [63] աշխատանքի Au_3Pd բաղադրության համաձուլվածքի մոտ 850°C-ում տեղի է ունենում կարգավորմամբ պայմանավորված փոխակերպություն:

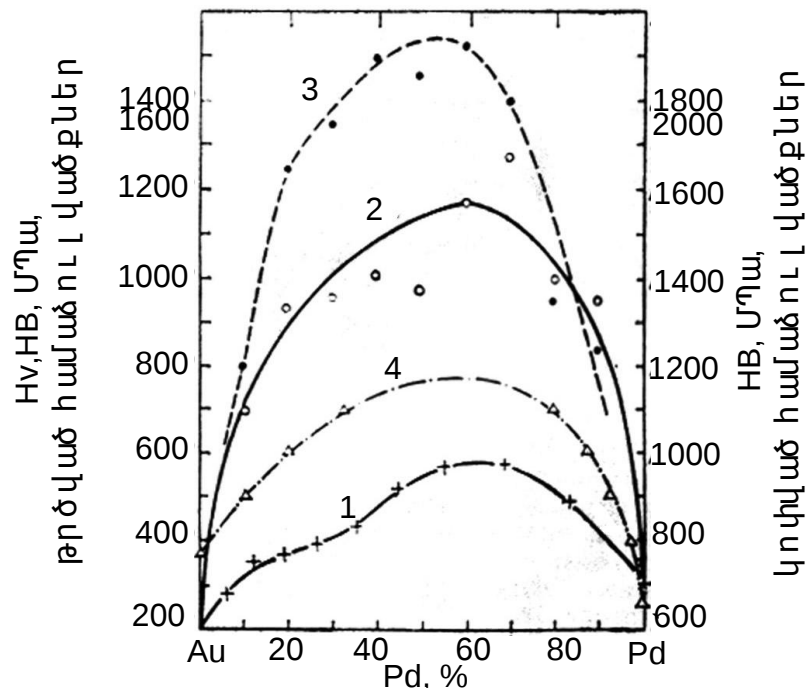
Դեֆորմացիայից և ջերմային մշակումից կախված [65, 66] էլեկտրադիմադրության և Յուլի հաստատունի փոփոխությունները հետազոտելով, ինչպես նաև ռենտգենյան վերլուծության մեթոդներով [67-69] հաստատվել է, որ Au-Pd համաձուլվածքներում կա կարգավորում՝ 15...80% (ատ.) Pd տիրույթում: Առավելագույն կարգավորվածությանը համապատասխանում է 40% (ատ.) Pd (Au_3Pd) [65]: Բերված Au-Pd վիճակի դիագրամը կառուցված է ջերմային անալիզի մեթոդով և էլեկտրադիմադրության վերլուծությամբ, նրա ջերմաստիճանային գործակցի, ջերմոէլեկտրաշարժ ուժի, կարծրության, ժամանակավոր դիմադրության և հարաբերական երկարացման չափումների միջոցով (նկ. 1.9): Այս համաձուլվածքները կարող են հեշտությամբ պատրաստվել ոչ միայն

ուղիղ հալման սովորական մեթոդներով, այլ նաև լուծույթներից էլեկտրոլիտիկ կամ քիմիական նստեցման ճանապարհով:



Նկ. 1.9. Au-Pd համակարգի վիճակի

Բաղադրություններից կախված կարծրության փոփոխությունը թրծված վիճակում ձուլման համաձուլվածքների համար, նաև կոփված և թրծված վիճակում դեֆորմացման համաձուլվածքների համար բերված է Նկ. 1.10-ում:



Նկ. 1.10. Au-Pd համակարգի համաձուլվածքների կարծրության

փոփոխությունը կախվածությունը

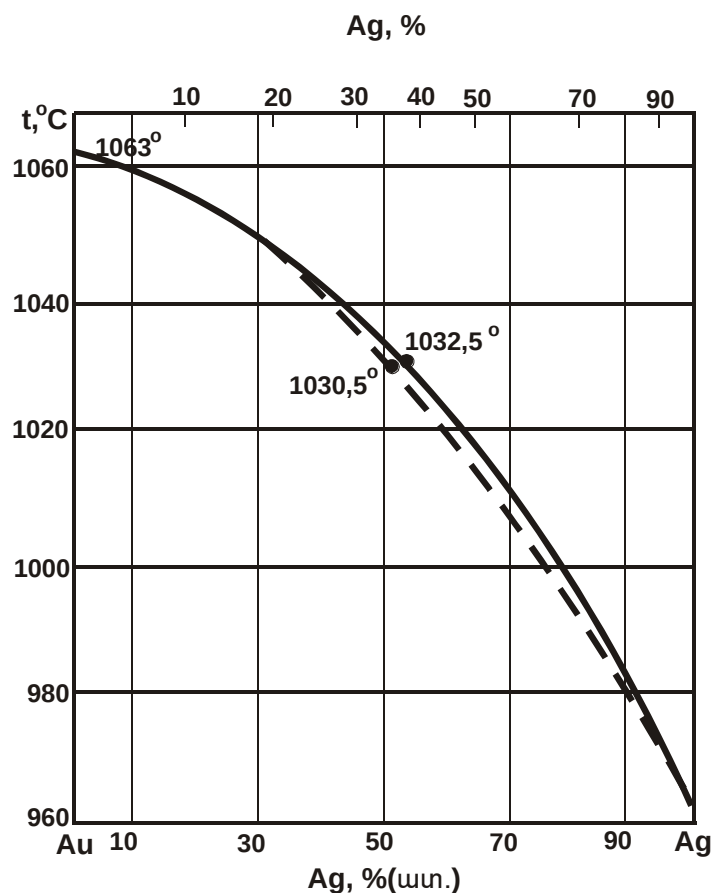
բաղադրություններից մշակումից

1 -HB ձուլված համաձուլվածքների համար,

2 -HB դեֆորմացված համաձուլվածքների համար,

3 -HB դեֆորմացված համաձուլվածքների համար
կոփված

Au-Ag՝ ոսկի-արծաթ վիճակի դիագրամ: Երբեմն սպիտակ ոսկու համաձուլվածքներում օգտագործվում է արծաթ, որը ոսկու հետ առաջացնում է անսահմանափակ պինդ լուծույթներ: Լիկվիդուսի ջերմաստիճանը սահուն իջնում է ոսկու հալման ջերմաստիճանից՝ 1063°C մինչև արծաթի հալման ջերմաստիճանը՝ $960,08^{\circ}\text{C}$: Ըստ ջերմային անալիզի տվյալների լիկվիդուսի և սուլիդուսի միջև ջերմաստիճանային տիրույթը կազմում է $10...12^{\circ}\text{C}$: Սակայն թերմոդինամիկական հաշվարկները ցույց են տալիս, որ լիկվիդուսի և սուլիդուսի ջերմաստիճանների միջև առավելագույն տարբերությունը կազմում է 2°C [70] (նկ. 1.11):



Նկ. 1.11. Au-Ag համակարգի վիճակի դիագրամ

Ըստ [71-73] աշխատանքների 15...25% (ատ.) Ag պարունակող համաձուլվածքներում դանդաղ սառեցման դեպքում առկա է մոտակա կարգավորվածություն: Au-Ag համաձուլվածքներում σ առավելագույն արժեքը դիտվում է 50...60% (ատ.) Ag պարունակության դեպքում, իսկ էլեկտրադիմադրության առավելագույն արժեքը՝ 50% (ատ.) Ag դեպքում: Au-Ag համաձուլվածքները օժտված են լավ ձուլման հատկություններով և օքսիդացման նկատմամբ կայունությամբ:

Նրանք փափուկ են և պլաստիկ: Առավելագույն ամրությունը 50...60% (ատ.) Ag պարունակության դեպքում կազմում է 2150 ՄՊա, հարաբերական երկարացումը բարձր է՝ 40...50% Այսպիսի հատկությունների համադրումը թույլ է տալիս տվյալ համաձուլվածքը հեշտությամբ ենթարկել ճնշմամբ մշակման:

Արծաթի ավելացումը բերում է գույնի փոփոխության: 38% (ատ.) Ag պարունակող համաձուլվածքը (75% Au) ունի հաճելի կանաչ գույն, սակայն արծաթի ավելի բարձր պարունակության դեպքում համաձուլվածքներն ունեն խամրած սպիտակ գույն, այսինքն 585 հարգի համաձուլվածքների գույնը խամրած սպիտակ է:

Au-Ag համաձուլվածքների տեխնիկական կիրառությունը շատ սահմանափակ է: Աղքատ գունային գամման և ոչ բարձր կայունությունը մաշման նկատմամբ թույլ չեն տալիս կիրառել այս համաձուլվածքները ոսկերչության և ատամնաբուժության մեջ և սահմանափակում են նրա կիրառությունը կոնտակտային տեխնիկայում:

1.1.3. Եռակի վիճակի դիագրամների ուսումնասիրությունն ու վերլուծությունը

Ոսկու հիմքով եռակոմպոնենտ և ավելի բարդ համաձուլվածքներն ավելի քիչ են ուսումնասիրված, քան երկակի համակարգերի համաձուլվածքները: Եռակի համակարգերի կառուցումը չափազանց կարևոր է, քանի որ դրանցից շատերը հիմք են հանդիսանում ոսկերչական, ատամնաբուժական համաձուլվածքների համար, տարբեր նշանակության զոդանյութերի, որպես էլեկտրական կոնտակտներ օգտագործվող համաձուլվածքների համար:

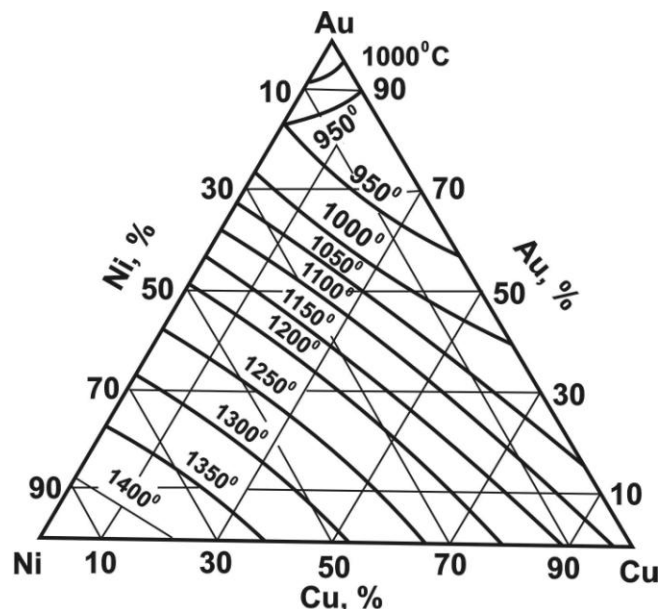
Սպիտակ ոսկու համաձուլվածքների համար հիմք են հանդիսանում Au-Ag-Pd, Au-Cu-Ni, Au-Ni-Pd համակարգի եռակոմպոնենտ վիճակի դիագրամները:

Ոսկի-արծաթ-պալադիում համակարգի բոլոր համաձուլվածքներն ունեն համասեռ պինդ լուծույթի կառուցվածք՝ չնայած մեխանիկական և ջերմային մշակումները բերում են Au-Pd

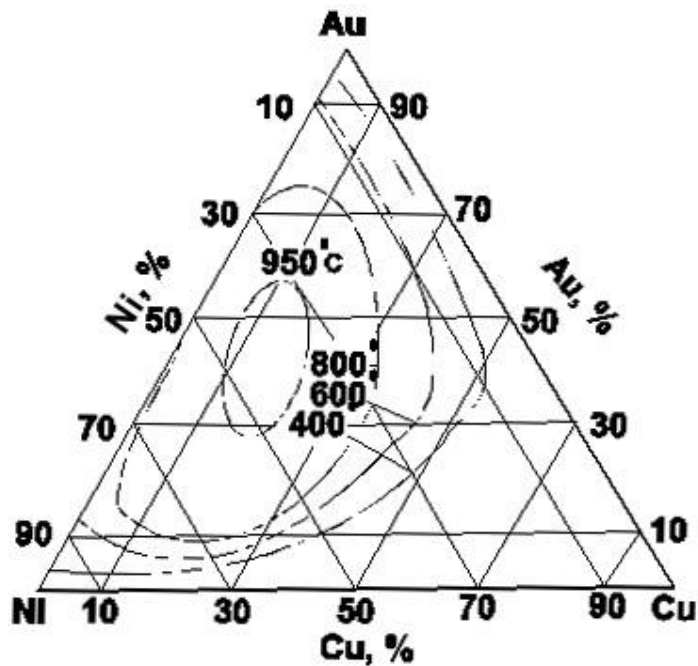
համակարգում էլ եկտրադիմադրության և Յոլլի հաստատունի փոփոխության 50% ամրացումը շատ մեծ է, և մի շարք համաձուլվածքների համար կարծրությունը կարող է մոտ երեք անգամ գերազանցել մաքուր մետաղներին համապատասխանող արժեքներին [9]: Au-Pd-Ni համակարգում նույնպես առկա է անսահմանափակ լուծելիություն [74]: Այս համակարգը հանդիսանում է Au-Cu-Ni համակարգի բարձր ջերմաստիճանային անալոգը:

Au-Cu-Ni՝ ոսկի-ադինձ-նիկել վիճակի դիագրամ:

Ուսումնասիրվող 585 հարգի սպիտակ ոսկու համաձուլվածքի համար հիմք է հանդիսանում Au-Cu-Ni համակարգի եռակի վիճակի դիագրամը, որի լիկվիդուսի ջերմաստիճանները և երկֆազ տիրույթները պատկերված են համապատասխանաբար նկ. 1.12-ում և նկ. 1.13-ում:



Նկ. 1.12. Au-Cu-Ni համաձուլվածքների լիկվիդուսի իզոթերմերը



Անմիջապես Աս 1.13. Au-Cu-Ni համաձուլվածքների ներքև բոլոր համաձուլվածքներն ունեն նիստակենտրոն խորանարդային ցանցով (Խ12) կառուցվածք:

Au-Ni համակարգում առկա համասեռ պինդ լուծույթի տրոհումը Cu-ի ավելացման հետ տեղի է ունենում ավելի բարձր ջերմաստիճաններում՝ հասնելով առավելագույնս 970°C ՝ $40\%\text{Au}+40\%\text{Ni}+20\%\text{Cu}$ պարունակության դեպքում, այսինքն տեղի է ունենում բինոդալ մակերևույթի ջերմաստիճանի բարձրացում՝ Cu-ի հավելման հետևանքով [75]:

Ցինկը օգտագործվում է այս համաձուլվածքներում որպես երկրորդական գունազրկող տարր՝ կոմպենսացնելով պղնձի գունային ազդեցությունը, նաև իջեցնելով Au-Cu-Ni համակարգի համաձուլվածքների հալման ջերմաստիճանը՝ բարձրացնելով հեղուկահոսունությունը [76]:

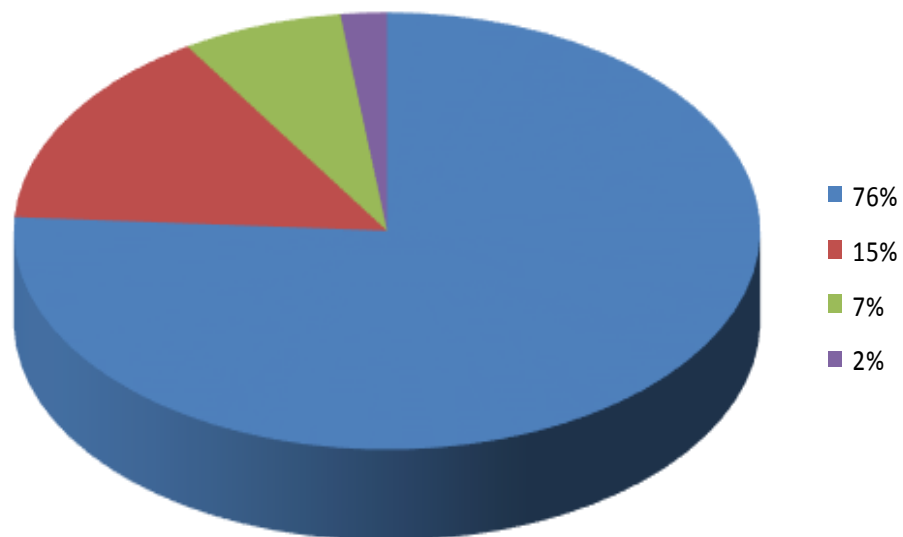
1.1.4. Սպիտակ ոսկու համաձուլվածքների կիրառման բնագավառները

Վերջին ժամանակներս լայն կիրառում են գտել սպիտակ ոսկու համաձուլվածքները: Դրանք դասակարգվում են 4 խմբի [76].

1. Նիկել այ ին սպիտակ ոսկու համաձուլվածքներ, որոնք կազմում են համաշխարհային շուկայի 76%-ը, բարձր տեխնոլոգիական հատկությունների և ջերմամշակման հնարավորության հետևանքով,
 2. պալադիումային սպիտակ ոսկու համաձուլվածքներ, որոնք կազմում են համաշխարհային շուկայի 15%-ը,
 3. առանց նիկելի և պալադիումի սպիտակ ոսկու համաձուլվածքներ՝ 7%,
 4. Նիկել-պալադիումային սպիտակ ոսկու համաձուլվածքներ՝ 2%:
- Այսպիսով նիկելային սպիտակ ոսկու համաձուլվածքները կազմում են սպիտակ ոսկու արտադրության մեծ մասը (նկ. 1.14):

Այս համաձուլվածքների օգտագործման հիմնական պատճառներն են.

1. էլեգիրոդ տարրերի համեմատաբար ցածր արժեքը,
2. էլիկվիդոսի ջերմաստիճանի 960°C -ից ցածր է լինելը,
3. էլավմեխանիկական և ձուլման հատկությունները,
4. ջերմամշակման հնարավորությունը,
5. էլավ գունազրկման էֆֆեկտը, բավարար գույնի ստացումը:



Նկ. 1.14. Համաշխարհային շուկայում սպիտակ ոսկու համաձուլվածքների արտադրության տոկոսային

Այս համաձուլվածքները օգտագործվում են հիմնականում ոսկերչական իրերի արտադրության մեջ: Դրանցից պատրաստված ոսկերչական իրերի տեսականին բավականին լայն է՝ մատանիներ,

ականջօղեր, հմայիլներ, մարջաններ, ապարանջաններ, ճարմանդներ և այլն: Նաև պատրաստվում են հուշամեդալներ, նշաններ և այլն: Սպիտակ ոսկու համաձուլվածքներն օգտագործվում են նաև այլ գույնի համաձուլվածքների հետգուգակցելով՝ օգտագործելով նաև թանկարժեք քարեր: Ցածր հարգի սպիտակ ոսկու համաձուլվածքները կիրառություն են գտել նաև ատամնաբուժության մեջ: 585 հարգի սպիտակ ոսկու համաձուլվածքները ենթարկվում են ձուլման և սառը մշակման:

1.1.5. Տարբեր տարրերի ազդեցությունը սպիտակ ոսկու համաձուլվածքների հատկությունների վրա

Որպեսզի ճիշտ կողմնորոշվենք ստացվող համաձուլվածքների հատկությունների մեջ, շատ կարևոր է իմանալ ոսկու և նրա հիմնական լեգիրող տարրերի փոխազդեցությունը այլ տարրերի հետ:

Ցինկի լուծվելիությունը եռակի վիճակի դիագրամներում տարբեր է: Ոսկու մեջ ցինկի լուծվելիությունը կշռային տոկոսներով կազմում է 4%, արծաթի մեջ՝ 20%, պղնձում՝ 40%: Մաքուր ոսկին արդեն 5% ցինկի հետ առաջացնում է Au_3Zn փխրուն միացություն, որը, օրինակ, $Au-Ag-Cu$ համակարգում չի առաջանում՝ արծաթում և պղնձում ցինկի ավելի մեծ լուծվելիության հետևանքով: Հետազոտությունները ցույց են տվել, որ մինչև 2% Zn -ի պարունակությունը ձուլման համաձուլվածքներում ունի ցանկալի ազդեցություն որոշակի հատկությունների վրա [77-79]: Ցինկի ավելացումը բարձրացնում է համաձուլվածքի հեղուկահոսունությունը: Ոսկու կարմրավուն համաձուլվածքին ավելացնելիս հաղորդում է դրանց դեղնավուն գույն:

Կադմիումը հանդիսանում է կարևոր տարր այն համաձուլվածքներում, որոնք օգտագործվում են որպես զոդանյութ [80]: Սակայն նրամիացությունները թունավոր են, և այժմ փորձեր են արվում փոխարինել կադմիումը ցինկի միացություններով և այլ տարրերի հավելումներով [81-83]: Այդ հավելումները առաջացնում

են ցածր հալման ջերմաստիճան ունեցող միացություններ: Դրանցից են, օրինակ, անագը, գալիումը, ինդիումը [78]:

Կապրի նույնիսկ 0,05%-ը դարձնում է ոսկե համաձուլվածքները փխրուն և անպիտան մշակման համար: Եթե նույնիսկ համաձուլվածքը որոշ դեպքերում ենթարկվում է մշակման, ապա արատները նրանում ի հայտ են գալիս հետագա փուլերում թրծման կամ զոդման ժամանակ: Դա բացատրվում է նրանով, որ կապարը լրիվ չի լուծվում ոսկում, այլ առաջացնում է միջմետաղական ֆազ Au_2Pb , որը հալվում է $418^{\circ}C$ -ում [9, 84]: Երբ համաձուլվածքը տաքանում է, ցածր հալման ջերմաստիճան ունեցող ֆազը ձգտում է հավաքվել հատիկների բյուրեղացանցի շուրջը: Համաձուլվածքը դառնում է ոչ պիտանի գլոցման և կռման համար:

Ալյումինիումի նույնիսկ չնչին քանակության դեպքում մեծանում է ոսկու ցածր պարունակությամբ համաձուլվածքների պլաստիկությունը և խամրելու նկատմամբ հակումը: Իսկ երբ Al -ի քանակությունը գերազանցում է արծաթում և պղնձում նրա լուծվելիությունը, առաջանում է մանուշակագույն փխրուն միացություն Au_4Al «ամեթիստային ոսկի» [85, 86]: Վերահալման ժամանակ կարող է առաջանալ Al_2O_3 , որը նույնպես դարձնում է համաձուլվածքը մշակման համար ոչ պիտանի: Պալադիումի հետ Al -ը առաջացնում է փխրուն միացություններ հատիկների սահմանագծով:

Երկաթ և արդաթե մասնիկները, որոնք ընկնում են համաձուլվածքի մեջ, բարձր հալման ջերմաստիճանի և հեշտությամբ օքսիդացման հետևանքով չեն լուծվում նրանում և հանդիսանում են վնասակար խառնուկներ:

Նիկելը լավ է լուծվում պղնձում՝ առաջացնելով անսահմանափակ պինդ լուծույթներ, սակայն արծաթում այն համարյա չի լուծվում: Բյուրեղացման ժամանակ $Au-Ni$ համակարգում սկզբում առաջանում է համասեռ պինդ լուծույթ, որը $\sim 820^{\circ}C$ -ում տրոհվում է: 13,5% Ni -ն արդեն բավական է, որ համաձուլվածքը ստանա սպիտակ գույն, այդ պատճառով այն ավելացվում է 585 հարգի ոսկուն՝ ավելի էժան, ոչ ազնիվ սպիտակ ոսկի ստանալու համար [85]: Մյուս կողմից համաձուլվածքների հավելյալ սպիտակեցման համար

կիրառվում է ռոդիումապատումը [87]: Ընդհանուր առմամբ կարելի է ասել, որ ոչ ազնիվ սպիտակ ոսկին ունի հետևյալ հիմնական թերությունները.

- Համաձուլվածքի կարծրությունն ու ամրությունը այնքան մեծ են, որ նրանք շատ դժվար են ենթարկվում մշակման,
- Թրծման դեպքում համաձուլվածքը հեշտությամբ օքսիդանում է և այդ պատճառով պետք է ծածկվի, օրինակ, բորաթթվով:

Այս համաձուլվածքներն ունեն համեմատաբար ցածր կոռոզիակայունություն [88]:

Պալ ադիումի 16%-ը բավական է, որ ոսկու համաձուլվածքը ձեռք բերի հաճելի սպիտակ գույն: Սպիտակ ոսկին, որտեղ նիկելի փոխարեն օգտագործվել է պալ ադիում, ըստ իր հատկությունների հանդիսանում է ազնիվ համաձուլվածք և գերազանցում է նիկելի հետ համաձուլվածքների որոշ հատկություններին: Սպիտակ գույնի ոսկու համաձուլվածքների արտադրության մեջ Pd-ը լիովին փոխարինում է պլատինին: Պալ ադիումի հիմքով սպիտակ ոսկու համաձուլվածքները ավելի թանկարժեք են, քան նիկելի հիմքով համաձուլվածքները: Համեմատած նիկելի հիմքով համաձուլվածքների հետ՝ դրանք օժտված են ավելի բարձր պլաստիկությամբ և կռելիությամբ, ունեն համեմատաբար լավ մշակելիություն՝ համակցված ցածր կարծրությամբ, որը նրանց դարձնում է քիչ մաշակայուն: Համաձուլվածքների սպիտակ գույնը կայուն է տաքացման դեպքում, սակայն ցածր կարծրությունն ու մաշակայունությունը իջեցնում են դրանցից պատրաստված իրերի երկարակեցությունը:

Պղնձի և ցինկի հավելումները բարձրացնում են պալ ադիումային ոսկու կարծրությունը [89]:

Սիլիցիումը կարող է հայտնվել համաձուլվածքում հալոցի նյութից, որը քվարց է պարունակում: Ոսկու հետ այն առաջացնում է էվտեկտիկա, որը հալվում է 370°C-ում, ռեակցիայի մեջ է մտնում պալ ադիումի հետ՝ առաջացնելով փխրուն միացություններ: Վերջին հետազոտությունները պարզել են, որ սիլիցիումը կարող է ունենանալ նաև դրական ազդեցություն՝ բարձրացնելով

հեղուկահոսունությունը և ձևում լցվելությունը: Սիլիցիումի դրական հատկությունները կարող են ի հայտ գալ միայն այն ժամանակ, երբ նրա պարունակությունը համաձայնացվում է համաձուլվածքի բաղադրության հետ: Երբ այս պայմանը խախտվում է գործնականում ի հայտ են գալիս վերը նշված խնդիրները [78]:

Ծծումբը ոսկու հետ չի փոխազդում, սակայն այն ակտիվորեն փոխազդում է լեգիրող մետաղների հետ՝ արծաթի, պղնձի, նիկելի և պլատինային խմբի մետաղների հետ: Ni_3S_2 փխրուն միացությունները նիկելի հետ առաջացնում են էվտեկտիկա, որը հալվում է 645°C -ում և որը առաջանում է նույնիսկ 0,05% S-ի առկայությամբ: Ծծումբը պլատինի և պալադիումի հետ նույնպես առաջացնում է փխրուն միացություններ: Բացի այդ Pd-ը առաջացնում է Pd-Pd₄S էվտեկտիկա հատիկների սահմանագծով, որը հալվում է 600°C -ում: Եվ նույնիսկ S-ի աննշան քանակությունը (հազարերորդական տոկոսներով) կարող է համաձուլվածքը դարձնել լրիվ անպիտան մշակման համար:

Եթե մթնոլորտը աղտոտված է **ֆոսֆորի** միացություններով կամ եթե հալույթը թթվածնազրկվում է P պարունակող թթվեցուցիչներով, ապա այն կարող է ընկնել համաձուլվածք: Ոսկու հետ այն չի փոխազդում, բայց համաձուլվածքի մյուս մետաղների հետ՝ Ag, Cu և Ni, առաջացնում է փխրուն միացություններ՝ ցածր ջերմաստիճանային էվտեկտիկայով:

Գազային նյութերից թթվածնի հետ ոսկին չի փոխազդում, սակայն այն փոխազդեցության մեջ է մտնում համաձուլվածքի մյուս մետաղների հետ: Եթե ջրածինը ընկնում է թթվածին պարունակող հալույթ, առաջացնում է ջրային գոլորշի, որն էլ բերում է ձուլվածքում ծակոտիների և «փոսիկների» առաջացման:

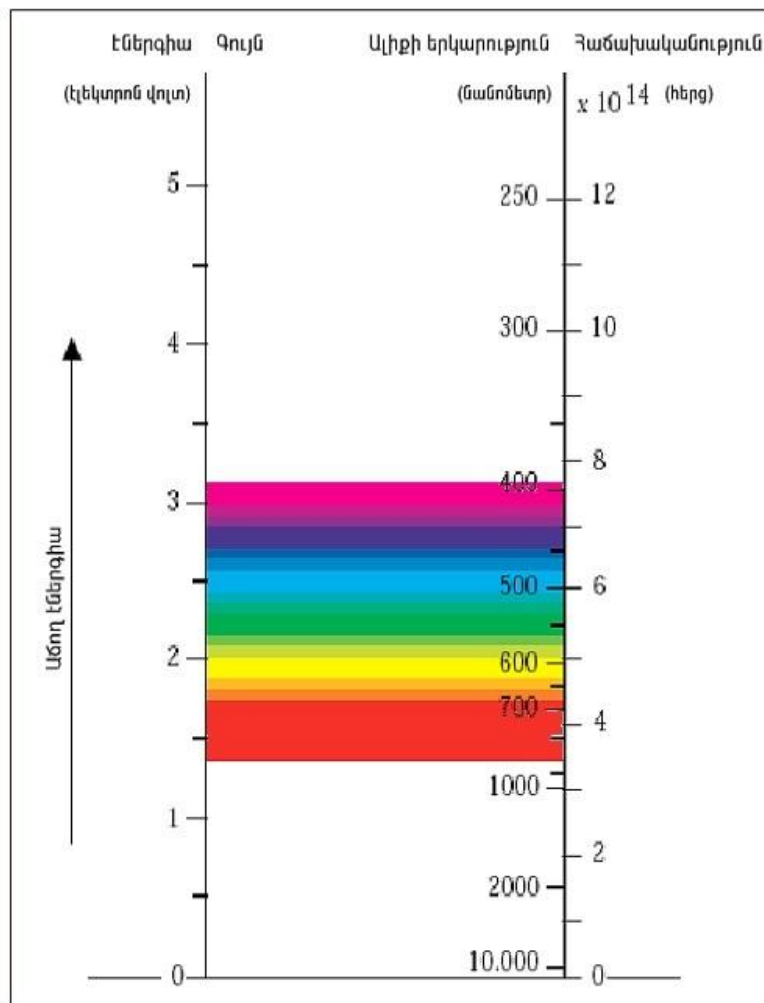
Այնպիսի գազեր, ինչպիսին են ածխաջրածինը, ածխածնի օքսիդը, ածխաթթուն գազը և այլն, ընկնելով հալույթ մտնում են նրանում՝ առաջացնելով համաձուլվածքի պնդացման ժամանակ «փոսիկներ» [90]:

1.2. Ոսկու համաձուլվածքների գույնավորման սկզբունքները

Դեռևս վաղուց ոսկին գրավել է մարդկանց ուշադրությունը ոչ միայն հեշտությամբ մշակման ենթարկվելու պատճառով, նաև

գույնով և կախված հանույթի տեղից՝ գույնի երանգով: Անկասկած, դեռևս շատ վաղուց՝ ոսկերչական արվեստի զարգացման սկզբում, հարցեր էին դրվում ոսկու և նրա համաձուլվածքների գույնի փոփոխման եղանակների վերաբերյալ: Այդ եղանակները հայ տնի էին հին եգիպտացիներին, որոնք մասամբ կիրառում էին պղնձի ավելացում: Ոսկու տարբեր համաձուլվածքների երանգավորումը այժմ էլ կարևոր նշանակություն ունի զարդերի պատրաստման գործում: Եվ հարցը ոչ միայն ոսկու բարձր գինն է: Չարդեղենի պատրաստման գործում կարևոր նշանակություն ունի նաև մեկ այլ մեթոդ՝ ոսկու գունազրկումը՝ նիկելով և պալադիումով և եգիպտական արդյունքում: Նույնիսկ այս մետաղների հարաբերական քիչ քանակությամբ ավելացումը համարյա ամբողջությամբ փոխում է ոսկու գույնը: Սա թույլ տվեց ոսկերչության մեջ սպիտակ ոսկու բարձր հարգի համաձուլվածքների մշակման ժամանակ առավել թանկ պլատինի փոխարեն կիրառել Ni կամ Pd:

Տեսանելի լույսի ալիքի երկարությունը ընկած է 380...870 Նմ սահմաններում: Նկ. 1.15-ում բերված է տեսանելի սպեկտրի էներգիան և ալիքի երկարությունները [91]: Ազնիվ մետաղների երանգավորումը բավակինին ուսումնասիրված է և անմիջականորեն կապված է նրանց էլեկտրոնային կառուցվածքի առանձնահատկությունների հետ: Առավել քիչ է ուսումնասիրված համաձուլվածքների գունավորման բնույթը: Մետաղների և համաձուլվածքների գունավորումը որոշվում է անդրադարձման ունակության կախվածությամբ ընկնող լույսի հաճախականությունից:



Նկ. 1.15. Ալիքի երկարությունը տեսանելի

Այսպես, մետաղները և համաձուլվածքները, որոնց անդրադարձման ունակությունը ավելի բարձր է տեսանելի սպեկտրի երկարալիքային մասում, քան կարճալիքային մասում, ունեն կարմրավունից մինչև դեղնավուն գունավորում: Եվ ընդհակառակը, եթե անդրադարձման ունակությունը ավելի է բարձր է տեսանելի սպեկտրի կապույտ կամ մանուշակագույն մասերում, մետաղները կամ համաձուլվածքները կունենան երանգներ կապույտից մինչև երկնագույն:

Մետաղների անդրադարձման ունակության՝ $R(\lambda)$ սպեկտրյալ կախվածությունը պայմանավորված է նյութի օպտիկական հաստատուններով՝ բեկման ցուցանիշով՝ $n(\lambda)$ և կլանման ցուցանիշով՝ $k(\lambda)$ [92]:

Լույսի նորմալ ընկնելու դեպքում անդրարդարձման ունակությամբ արտահայտվում է հետևյալ հավասարումով.

$$R = \frac{(n-1)^2 + k^2}{(n+1)^2 + k^2} :$$

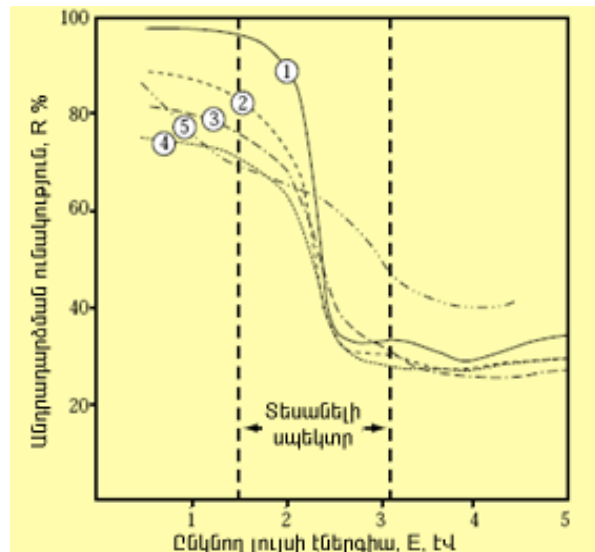
Լույսի կլանումը մետաղի էլեկտրոնների կողմից բնութագրվում է լուսային հաղորդականությամբ՝ $\sigma = nk\nu$, որտեղ ν -ն լույսի հաճախականությունն է: Մետաղում լույսի կլանման գործընթացներն առաջանում են, երբ էլեկտրոնները հաղորդականության գոտուց անցնում են դեպի ավելի բարձր գտնվող էներգետիկորեն չլրացված գոտիներ կամ ցածր գոտիներից դեպի հաղորդականության գոտի, որը գտնվում է Ֆերմիի սահմանից բարձր [93]: Անցումների ինտենսիվության վրա որոշիչ ազդեցություն է թողնում էլեկտրոնների շերտի խտությունը և, դրանից կախված, անցումների հավանականությունը:

Էլեկտրոնային կառուցվածքից գույնի կախվածության վառ օրինակ է հանդիսանում պղինձը: Այս մետաղին բնորոշ կարմիր գույնը կապված է անդրարդարձման ունակության կորի վրա միևնույնի հետ, երբ ընկնող լույսի էներգիան մոտ 2,1 էՎ է: Պարզվել է [93], որ այս միևնույնը կապված է d-գոտուց էլեկտրոնի անցմամբ դեպի հաղորդականության չլրացված գոտիներ: Քանի որ ոսկու և պղնձի էլեկտրոնային կառուցվածքները շատ մասն են իրար և անդրարդարձման ունակության կախվածությունը լույսի էներգիայից ունեն միանման բնույթ, կարելի է ենթադրել, որ մաքուր ոսկու վառ դեղին գույնը կարող է պայմանավորված լինել համապատասխան շերտային անցումով:

Արծաթի էլեկտրոնային կառուցվածքը նույնպես շատ մոտ է պղնձի և ոսկու էլեկտրոնային կառուցվածքներին, բայց արծաթի d-գոտին Ֆերմիի սահմանից բավականին ցածր է գտնվում: Այս դեպքում էլեկտրոնների դեպի հաղորդականության գոտի անցնելու համար պահանջվում է ավելի մեծ էներգիա: Այդ պատճառով արծաթի մոտ անհնար է սպեկտրի տեսանելի տիրույթում էլեկտրոնների շերտային անցումներ: Դրա հետևանքով այս մետաղի բարձր անդրարդարձման ունակությամբ պահպանվում է սպեկտրի

ուլ տրամանուշակագույն մասում, որն էլ արծաթին հաղորդում է վառ սպիտակ գույն:

Ոսկու գույնը նշանակալիորեն փոխվում է լեգիրման դեպքում: Մեծամասամբ դեռևս հնարավոր չէ բացատրել ոսկու համաձուլվածքների գույնը՝ ելնելով էլեկտրոնների շերտային անցումներից: Նկ.1.16-ում բերված են Au-Ni համաձուլվածքների անդրադարձման ունակության կախվածությունը ճառագայթման էներգիայից, որով պայմանավորված է ոսկու վառ դեղին գույնը:

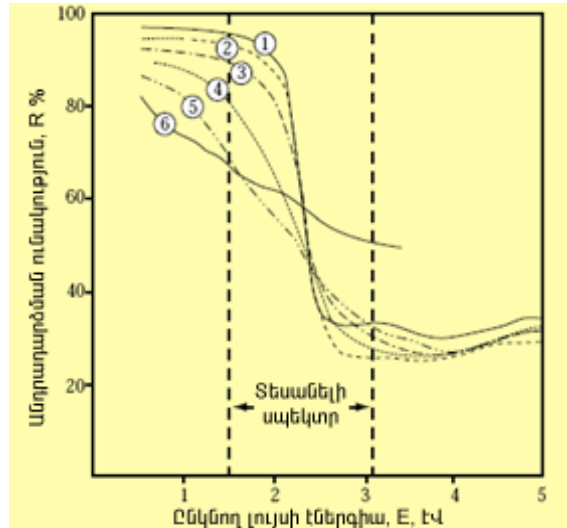


Նկ. 1.16. Անդրադարձման ունակության (R) կախվածությունն ընկնող լույսի էներգիայից (E) Ni-ի տարբեր պարունակությամբ համաձուլվածքների համար

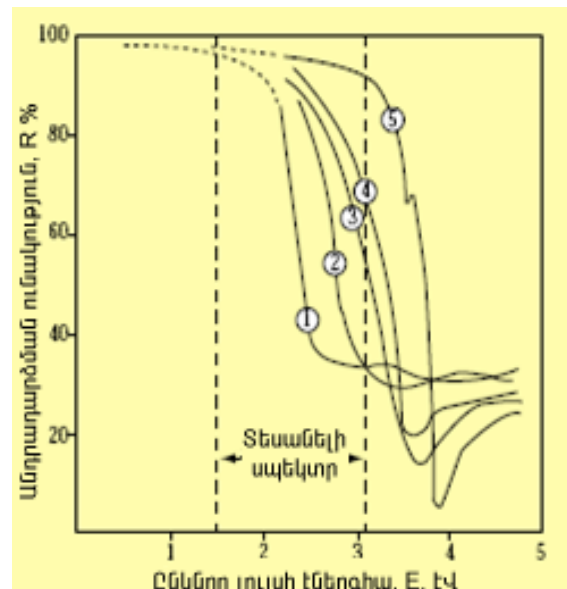
Ինչպես հետևում է մասնավորապես Au, 2% Ni-ի և Au, 4% Ni-ի ավելացումը նվազեցնում է անդրադարձման ունակությունը և կորերի ուղղաձիգությունը: Կորերի էներգետիկ բնութագրերը հիմնականում պահպանվում են: Նիկելի ավելացման արդյունքում արագ տեղի է ունենում ոսկու գունազրկում: Նման հետևությունն կարելի է անել նաև պալադիումի պարունակության ավելացման հետ՝ կապված ոսկու անդրադարձման ունակության փոփոխությունը բնութագրող կորերի հիման վրա (նկ. 1.17):

Եակնորեն այլ կերպ է տեղի է ունենում ոսկու գույնի փոփոխությունը արծաթի ավելացման դեպքում [93]: Անդրադարձման ունակության նվազեցման կետերը, կախված արծաթի

պարունակության մեծացման հետ, տեղաշարժվում են մաքուր ոսկուն բնորոշ մեծություններից դեպի մաքուր արծաթին բնորոշ մեծության, այսինքն դեպի ավելի բարձր էներգիաների կողմը (սկ. 1.18):



Նկ. 1.17. Անդրադարձման ունակության (R) կախվածությունն ընկնող լույսի էներգիայից (E) Pd-ի տարբեր պարունակությամբ համաձուլվածքների համար
 1- մաքուր Au, 2- Au+5% (ատ.) Pd, 3- Au+10% (ատ.) Pd, 4- Au+20% (ատ.) Pd,



Նկ. 1.18. Անդրադարձման ունակության (R) կախվածությունն ընկնող լույսի էներգիայից (E) Ag-ի տարբեր պարունակությամբ համաձուլվածքների համար
 1-մաքուր Au, 2-40% (ատ.) Ag, 3- Ag+10% (ատ.) Au, 4- Ag+5% (ատ.) Au,

Ոսկու և արծաթի էլեկտրոնային կառուցվածքների նմանությունը թույլ է տալիս ենթադրել, որ արծաթով էլեգիրելիս ոսկու էլեկտրոնային կառուցվածքը կտրուկ չի փոփոխվում: Փոփոխվում է միայն էներգետիկ մակարդակների միջև եղած հեռավորությունը՝ համապատասխան էլեգիրող տարրի պարունակությանը: Դանշանակում է, որ d-գոտու և f-երմիի սահմանի միջև եղած հեռավորությունը մեծանում է արծաթի պարունակության ավելացման հետևանքով: Ե ունենում մաքսիմալ անդրադարձման ունակության մեծության տեղափոխում դեպի ավելի բարձր էներգիայի կողմը: Անդրադարձման սահմանի այդ տեղափոխությունը բերում է այն բանին, որ արծաթի նշանակալի պարունակության դեպքում անդրադառնում են տեսանելի սպեկտրի ոչ միայն կարմիր և դեղին տիրույթները, այլ նաև կանաչը: Դրանով է պայմանավորված Au-Ag համակարգի որոշ համաձուլվածքների կանաչավուն գունավորումը: Վերջապես 64% (ատ.) Ag-ի պարունակության դեպքում ուժեղ անդրադառնում է գործնականորեն ամբողջ տեսանելի սպեկտրը և համաձուլվածքի գույնը դառնում է սպիտակ:

Այլ մեխանիզմով են ազդում ոսկու գույնի վրա Ni-ն ու Pd-ը, որոնց էլեկտրոնային կառուցվածքը տարբերվում է ոսկու էլեկտրոնային կառուցվածքից:

Նիկելով և պալադիումով էլեգիրված ոսկու համաձուլվածքներում կլանման գործընթացները տեղի են ունենում ավելի ցածր էներգիաների դեպքում, քան մաքուր ոսկում: Կլանման գագաթնակետը Au-Ni համակարգում համապատասխանում է 0,8 էՎ, իսկ Au-Pd համակարգում՝ 1,7 էՎ [94, 95]: Այս մետաղներով էլեգիրման պրոցեսի ընթացքում փոփոխվում է միայն կլանման պրոցեսի ինտենսիվությունը, այդ պատճառով անդրադարձման ունակության կորի անկման մասն այդ համաձուլվածքների մոտ գործնականում ունի նույն տեսքն, ինչ որ մաքուր ոսկին:

Բացի այս էլեմենտներից, որոնք առավել էֆեկտիվորեն գունազրկում են ոսկին, սպիտակ ոսկու համաձուլվածքները պարունակում են նաև պղինձ և ցինկ, իսկ երբեմն նաև արծաթ, մանգան և ինդիում: Բոլոր այս էլեգիրոդ էլեմենտները, բացառությամբ պղինձի, մինչև որոշակի աստիճանի հալելու մը նպաստում են ոսկու գունազրկմանը: Այս հալելու մների ազդեցությունը գույնի վրա նշանակալիորեն ավելի փոքր է, քան նիկելի և պալադիումի ազդեցությունը:

Սպիտակ ոսկու համաձուլվածքների անդրադարձման ունակությունը, և հետևաբար նաև գույնը, շատ մասն են պլատինին: Առանձնապես դավերաբերում է 750 հարգի համաձուլվածքին, որը 14% Ni է պարունակում:

ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ԵՎ ՀԵՏԱԶՈՏՄԱՆ ԽՆԴԻ ԴՐՎԱԾԸ

1. Կատարվել է սպիտակ ոսկու համաձուլվածքներին նվիրված հայրենական և արտասահմանյան գրականության վերլուծություն, ինչպես նաև վերլուծվել են սպիտակ ոսկու համաձուլվածքները կազմող կոմպոնենտների երկակի և եռակի վիճակի դիագրամները:
2. Ուսումնասիրվել են սպիտակ ոսկու համաձուլվածքի կիրառման բնագավառները, ինչպես նաև տարբեր տարրերի ազդեցությունը ոսկու համաձուլվածքների կառուցվածքների և հատկությունների վրա:
3. Կատարվել է ոսկու համաձուլվածքների գունավորման վերլուծություն:

Քանի որ Հայաստանի Հանրապետությունում ոսկերչական իրերի արտադրությունն անընդհատ աճում է, անհրաժեշտություն է զգացվում ընդլայնել արտադրվող իրերի տեսականին և ստանալ բարձր որակ՝ շուկայում մրցակցությունն ապահովելու նպատակով: Ընդ որում արդյունահանվող ոսկու մեծ մասը կիրառվում է ոսկերչության մեջ:

Քանի որ ոսկերչական արտադրության մեջ իրերի մեծ մասը՝ 50...60%-ից ոչ պակաս, ստացվում են ձուլման եղանակով՝ համապատասխան դենդրիտալ իկվացված կառուցվածքով, որը հետագայում չի հոմոգենացվում և հետագա մշակումը կատարվում է այդ վիճակում, արդյունքում իրերը «ժառանգում» են այդ կառուցվածքն ու համապատասխան հատկությունները, ինդիր է առաջանում փոփոխել հատկություններն անհրաժեշտ ուղղությամբ, ավելի կոնկրետ.

1. կարծրության և ամրության բարձրացումը՝ իրի շահագործման երկարակեցության մեծացման նպատակով,
2. ձուլված վիճակում պլաստիկության բարձրացումը՝ դեֆորմացման հատկությունների բարելավման նպատակով (ձևավորման ժամանակ դեֆորմացման հատկությունները):

Աշխատանքի նպատակն է մշակել 585 հարգի 58,5%Au+26,8%Cu+8,6%Ni+6,1%Zn բաղադրության ձուլված համաձուլվածքից պատրաստված թերածոներին և շինածոների ջերմային մշակման տեխնոլոգիա՝ մշակել իրությունը և շահագործման երկարակեցությունը բարձրացնել ու նպատակով:

Այս համալիր նպատակների իրականացման համար առաջադրվել են հետևյալ խնդիրները.

1. մետաղագրական և ռենտգենական կառուցվածքային եղանակներով համաձուլվածքի կառուցվածքն ու հատկություններին հետազոտումը՝ ձուլված՝ դենդրիտալ իկվացված վիճակում,
2. ձուլված համաձուլվածքի տարբեր ջերմաստիճանա-ժամանակային ռեժիմներում ջերմամշակման մեխանիզմի և կինետիկայի բացահայտումը,
3. կառուցվածքային քանակական փոփոխություններին բացահայտումն ու հիմնավորումը ջերմամշակման տվյալ ռեժիմների դեպքում՝ այդ փոփոխությունների ջերմաստիճանա-ժամանակային գրաֆիկների կառուցմամբ,
4. համաձուլվածքի հատկություններին կախվածության բացահայտումը ջերմամշակման ռեժիմներից,

5. Նախնական և վերջնական ջերմամշակման տեխնոլոգիաների մշակումը 585 հարգի $58,5\% \text{Au} + 26,8\% \text{Cu} + 8,6\% \text{Ni} + 6,1\% \text{Zn}$ բաղադրություն համաձուլվածքի համար և տեխնիկատնտեսական հիմնավորումը:

2. ԵԼ ԱՆՅՈՒԹԵՐԻ ԸՆՏՐՈՒՄԸ, ՉԱՓԻՉ-ՀՍԿԻՉ ՍԱՐՔԱՎՈՐՈՒՄՆԵՐԸ ԵՎ ՀԵՏԱԶՈՏՄԱՆ ՄԵԹՈԴԻԿԱՆ

2.1. ԵԼ ԱՆՅ ՈՒԹԵՐԻ ԸՆՏՐՈՒՄԸ և դրանց բնութագրերը

Սպիտակ ոսկու համաձուլվածքները կարող են ստացվել կոմպոնենտների ուղակի հալման ճանապարհով, սակայն ավելի նպատակահարմար է լիգատուրայի օգտագործումը համաձուլվածքների ստացման գործընթացում: Ներկայումս գոյություն ունեն տարբեր մակնիշի լիգատուրաներ, որոնք նախատեսված են տարբեր հարգի և գույնի ոսկու համաձուլվածքների ստացման համար, որոնք հետագայում ենթարկվում են տարբեր տեխնոլոգիական գործընթացների (գլոցում, դրոշմում, ձգում և այլն):

Սպիտակ ոսկու համաձուլվածքների ստացման համար կարևոր է ճիշտ ընտրել ստացվող համաձուլվածքի համար օգտագործվող լիգատուրան:

Ոսկերչական իրերի արտադրության մեջ հիմնականում օգտագործում են Au-Ag-Cu համաձուլվածքները, որոնք կարող են պարունակել նաև ոչ ազնիվ մետաղներ՝ Zn, Ni, Co կամ Cd: Ժամանակակից ոսկերչության մեջ մեծ կիրառություն են գտել 585 հարգի Au-Cu-Ni-Zn սպիտակ ոսկու համաձուլվածքները:

Սպիտակ ոսկու համաձուլվածքները բաժանվում են ազնիվ և ոչ ազնիվ համաձուլվածքների: Ազնիվ սպիտակ ոսկու համաձուլվածքներում որպես կոմպոնենտներ կարող են հանդիսանալ պալադիումն ու արծաթը, իսկ ոչ ազնիվ սպիտակ ոսկու համաձուլվածքներում, որպես գունազրկող տարր է հանդիսանում նիկելը [96]: Այս համաձուլվածքները պարունակում են նաև ցինկ, որը լավացնում է ձուլման հատկությունները՝ մեծացնելով համաձուլվածքի հեղուկահոսունությունը և իջեցնելով հալման ջերմաստիճանը: Ոչ ազնիվ սպիտակ ոսկին ավելի կարծրում ամուր է, թրծման ժամանակ նրա վրա առաջանում է նիկելի օքսիդ, այդ պատճառով թերածոն պատում են բորաթթվով, հակառակ դեպքում մակերևույթը դառնում է դեղին, իսկ նիկելի օքսիդը կարելի է հեռացնել միայն հղկման ճանապարհով: Սպիտակ ոսկու հալման

Ժամանակ պետք է խուսափել համաձուլվածքի փոխազդեցությունից գրաֆիտի հետ, քանի որ դրա օքսիդը՝ լուծվելով հեղուկ համաձուլվածքում, սառեցման ժամանակ անջատվում է՝ առաջացնելով ծակոտիներ: Այդ պատճառով օգտագործում են պաշտպանիչ ծածկույթով՝ թրծված CaO -ով հալոցներ: Կավային, քվարցային, ալունդային հալոցների օգտագործումը անցանկալի է, քանի որ դրանց մեջ մտնող կոմպոնենտները կարող են վերականգնվել մինչև Al , Si և ուրիշ տարրերի, որոնք կեղտոտում են համաձուլվածքը [85]: Որպես $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ըստ ԳՈՍՏ 8429-77: Յուրաքանչյուր համաձուլվածքի համար օգտագործվում է իր հալոցը, քանի որ համաձուլվածքը հեշտությամբ կաղտոտվի ուրիշ համաձուլվածքի համար օգտագործված հալոց օգտագործելիս:

Au -ը օժտված է բարձր էլեկտրա- և ջերմահաղորդականությամբ: Այն կայուն է կոռոզիայի նկատմամբ: Ոսկին ոչ պինդ և ոչ էլ հեղուկ վիճակում թթվածնի հետ չի փոխազդում, ունի ցածր և կայուն անցումային դիմադրություն՝ տարբեր մթնոլորտային պայմաններում՝ նորմալ և բարձր ջերմաստիճաններում:

Cu -ի կարևորագույն հատկությունը դրա բարձր էլեկտրա- և ջերմահաղորդականությունն է, որոնցով այն զիջում է միայն արծաթին [97]: Այն աչքի է ընկնում ցածր ամրությամբ և կարծրությամբ, բայց բարձր պլաստիկությամբ: Կտրմամբ վատ է մշակվում, ունի ձուլման ցածր հատկություններ: Սառը պլաստիկ դեֆորմացիան զգալիորեն բարձրացնում է Cu -ի ամրությունը՝ միաժամանակ նվազեցնելով պլաստիկությունն ու էլեկտրահաղորդականությունը [98]:

Սպիտակ ոսկու տարբեր համաձուլվածքների բաղադրության մեջ մտնող մետաղների ֆիզիկամեխանիկական հատկությունները ներկայացված են աղյուսակ 2.1-ում [99]:

Հետազոտությունները իրականացվել են՝ օգտագործելով իտալական PROGOLD ֆիրմայի ձուլման համար նախատեսված LUX-105 սպիտակ ոսկու լիգատուրա:

Լիգատուրան ենթարկվել է սպեկտրյալ վերլուծության և պարզվել է, որ այն ունի հետևյալ բաղադրությունը՝

Ni -20,762% Cu -64,460% Zn -14,778%:

Աղյուսակ 2.2-ում բերված է LUX-105 Լիգատուրայի ստացված 585 հարգի նիկել-ցինկային սպիտակ ոսկու համաձուլվածքի բաղադրությունը:

Աղյուսակ 2.1

Սպիտակ ոսկու համաձուլվածքների բաղադրության մեջ մտնող մետաղների ֆիզիկամեխանիկական հատկությունները

Մետաղներ	Au	Pd	Ag	Ni	Cu	Zn
Ատոմական համարը	79	46	47	28	29	30
Պարբերական համակարգի խումբը	IB	VIII	IB	VIII	IB	IIB
Հարաբերական ատոմային զանգված	197,2	106,7	107,88	58,69	63,54	65,38
γ , (20°C), գ/սմ ³	19,32	12	10,49	8,9	8,96	7,13
ρ , (20°C), մկՕհմ·սմ	2,21	10,8	1,59	6,84	1,673	5,91
$T_{\text{հալ}}$, °C	1063	1554	960,5	1455	1083	419
$T_{\text{են}}$, °C	2808	4000	2210	2730	2600	906
$\sigma_{\text{ժ}}$, ՄՊա	140	200	180	450	220	130
HB, ՄՊա	200	320	250	700	360	330
δ , %	40	30	50	40	60	20

Աղյուսակ 2.2

Սպիտակ ոսկու համաձուլվածքի բաղադրությունը

Տարր	Au	Cu	Ni	Zn
Պարունակությունը, կշռ. %	58,5	26,8	8,6	6,1
Պարունակությունը, ատ. %	32	42	16	10

Այս համաձուլվածքներից զարդեր պատրաստելիս, շատ կարևոր է, որ այն օժտված լինի որոշակի պլաստիկությամբ (օրինակ քարերի ամրացման դեպքում): Բայց մյուս կողմից զարդերի վերջնական մշակման ժամանակ այն պետք է օժտված լինի բավականին բարձր

ամրություն և կարծրություն, ինչը կնվազեցնի նաև կորուստները թմբկահղկման կամ փայլեցման ժամանակ:

Փորձարկումների համար նմուշ են հանդիսացել ձուլման կանգնակից կտրտված փորձանմուշները (նկ. 2.1), ինչպես նաև սնուցիչները: Փորձանմուշներից պատրաստվել են հղկուկներ, որոնք կառուցվածքային հետազոտությունների համար ենթարկվել են խաճատման տաք արքայ աջրով՝ 20% HNO_3 +80% HCl ($\sim 80^\circ\text{C}$) [98]:



Նկ. 2.1. 585 հարգի սպիտակ ոսկու համաձուլվածքից պատրաստված ձուլված աճողից կտրված փորձանմուշները

Ամրու թյ ան փորձարկու մների համար որպես նմուշ են ծառայել 585 հարգի $58,5\%Au+26,8\%Cu+8,6\%Ni+6,1\%Zn$ բաղադրու թյ ան համաձուլվածքից պատրաստված ձուլման սնուցիչները (նկ. 2.2):



Նկ. 2.2. 585 հարգի սպիտակ ոսկու համաձուլվածքի սնուցիչներ հատված

Ջերմամշակման և միկրոկարծրության հետազոտությունները իրականացվել են նշված փորձանմուշների վրա: Որպեսզի խուսափենք սպիտակ ոսկու համաձուլվածքի օքսիդացումից, նմուշները ջերմամշակումից առաջ պատվել են բորաթթվով:

Քանի որ սնուցիչների կտրվածքը շրջանագծային ինք տարբերվում է, պատրաստվել են ԳՈՍՏ 1497-61, նույնը ԳՈՍՏ 1497-84, համապատասխան հնգակի երկարության «կարճ» ձգման նմուշներ, պահպանելով պայմանը [100]: Ամրու թյ ան փորձարկու մներ կատարելու համար պատրաստվել է հատուկ պողպատյա հարմարանք՝ նմուշները ձգման մեքենայով ամուր բռնելու համար (նկ. 2.3)



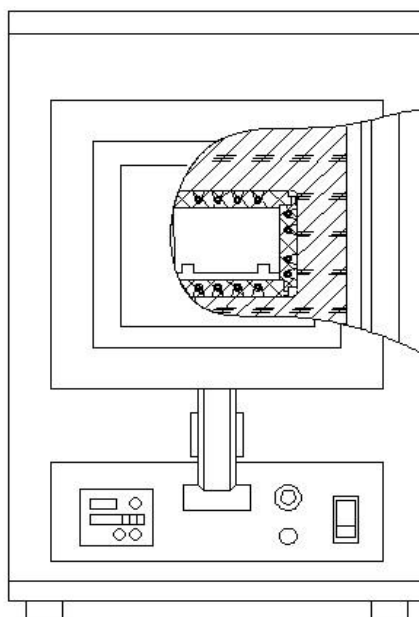
Նկ. 2.3. Նմուշները ձգման մեքենայով ամուր

2.2. Չափիչ-հալիչ սարքավորումները և հետազոտման մեթոդիկան

585 հարգի $58,5\%Au+26,8\%Cu+8,6\%Ni+6,1\%Zn$ բաղադրությամբ սպիտակ ոսկու համաձուլվածքի կառուցվածքի և հատկությունների փոփոխությունը հետազոտելու համար փորձարկումները կատարվել են տարբեր ջերմաստիճանա-ժամանակային պայմաններում:

585 հարգի համաձուլվածքի ուսումնասիրությունների համար կատարվել է ջերմամանրաչափական և դիֆերենցիալ ջերմային վերլուծություն՝ Q-1500 դերիվատորով՝ $20...950^{\circ}C$ ջերմաստիճանային տիրույթում՝ $10^{\circ}C/րոպե$ տաքացման արագությամբ, իսկ սառեցման արագությունը $5^{\circ}C/րոպե$:

Ջերմամշակումը իրականացվել է $CHOJI-1,6.2,5.1/9-ИЗУХИ4.2$ մակնիշի լաբորատոր խցային, դիմադրությամբ էլեկտրավառարանում (նկ. 2.4):



Նկ. 2.4. CHOJI-1,6.2,5.1/9-ИЗУХЛ4.2 մակնիշի էլեկտրատոթի խցային

նիստառնուցիչի էլեկտրականության ղեկավարումը

Այն նախատեսված է նյութերի ջերմամշակման, ինչպես նաև 400...900°C ջերմաստիճաններում վերլուծական աշխատանքների համար՝ օդի միջավայրում ստացիոնար պայմաններում: Էլեկտրավառարանը բաղկացած է մետաղական իրանից, որի վերևի մասում տեղակայված է տաքացման խուցը, իսկ ներքևի մասում՝ միացման և հսկիչ-կարգավորիչ սարքավորումները: Վառարանի աշխատանքային տիրույթը բաղկացած է բաժանման հարթություն ունեցող կերամիկական մասերից: Վառարանի որոշ տեխնիկական տվյալներ բերված են աղյուսակ 2.3-ում:

Աղյուսակ 2.3

CHOJI-1,6.2,5.1/9-ИЗУХЛ4.2 էլեկտրավառարանի տեխնիկական բնութագրերը

Բնութագիրը	Չափողականությունը	Արժեքը
Առավելագույն հզորությունը	կՎտ	3±0,3
Առավելագույն ջերմաստիճանը	°C	900
Ջերմաստիճանի անհավասարակշռությունը	°C	±15
Աշխատանքային միջավայրը	-	օդ

Աշխատանքային տիրույթի լայնությունը	մմ	160
Աշխատանքային տիրույթի երկարությունը	մմ	250
Աշխատանքային տիրույթի բարձրությունը	մմ	100
Կշիռը, ոչ ավել	կգ	80

Ջերմամշակման փորձարկումների ընթացքում ջերմաստիճանի չափումը իրականացվել է TXA(0-800) քրոմել-ալյումելային ջերմազույգի և KСП-3 պոտենցաչափի օգնությամբ:

Ձուլված և ջերմամշակված նմուշները ենթարկվել են ռենտգենա-կառուցվածքային հետազոտությունների ДРОН-2,0 դիֆրակտոմետրով՝ Cu-K α ճառագայթներով «ПИ1» ռեժիմով:

Միկրոկարծրության փորձարկում: Միկրոկարծրության փորձարկումը իրականացնում են այնպիսի դետալների փորձարկման ժամանակ, որոնց համար անկիրառելի է սովորական կարծրության չափումները (Բրինել, Ռոկվել, Վիկերս), այսինքն մանր դետալների, բարակ թերաճոների, ինչպես նաև ջերմաքիմիական ճանապարհով ստացված բարակ շերտերի կարծրության որոշման համար: Առանձին կառուցվածքային բաղադրիչների կարծրության որոշման համար նմուշի մակերևույթը պետք է նախապատրաստվի ինչպես մետաղագրային հետազոտության համար, այսինքն՝ պետք է պատրաստվի միկրոհղկուկ:

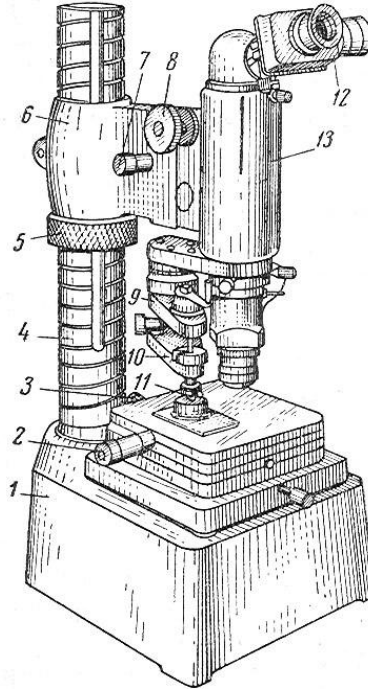
Միկրոկարծրության չափման համար հիմնականում օգտագործվում է ПМТ-3 չափիչ սարքը [101]: Սարքի բեռնվածությունը կարող է լինել 2...200 գ կամ 5...500 գ: Որպես ինդենտոր նրանցում ծառայում է քառակուսի հիմքով ալմաստե բուրգը [102]: Փորձարկման ժամանակ չափվում է հետքի անկյունագծի երկարությունը և հաշվարկվում է միկրոկարծրությունը հետևյալ բանաձևով.

$$H = 18,544 \frac{P}{d^2} \text{ ՄՊա,}$$

որտեղ P-ն բուրգի վրա բեռնվածությունն է, d-ն՝ հետքի, բեռնվածությունը հանելուց հետո, երկու անկյունագծերի երկարության միջին թվաբանականը:

Ըստ ԳՈՍՏ 9450-76 միկրոկարծրությանը նշվում է առանց չափման միավորի՝ նշելով բեռնվածությանը [103]:

Նկ. 2.5-ում պատկերված է ПМТ-3 միկրոկարծրաչափի արտաքին տեսքը և նրա հիմնական հանգույցները:



Նկ. 2.5. ПМТ-3 միկրոկարծրաչափի հանգույցները.

1 - պատվանդան; 2-3 - սեղանիկի պտուտակներ; 4 - կանգնակ;

5 - օղակային մանեկ; 6 - բարձակ;

7 - միկրոփոխանցման մեխանիզմ; 8 - մակրոփոխանցման մեխանիզմ;

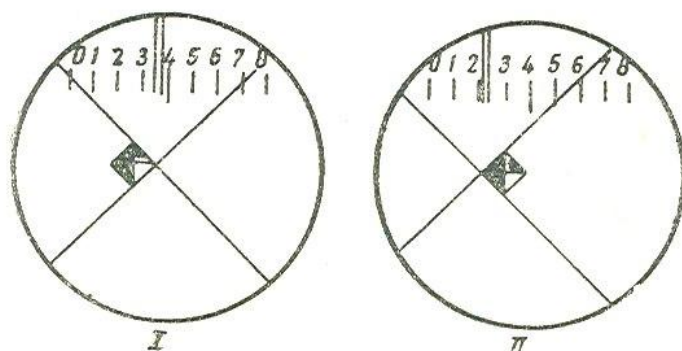
9-10 - մեխանիզմի բեռնավորման բարձակներ; 11 - ալմաստե բուրգ;

Հետաքննվող մանրամասնությունը տեղադրվում է սեղանիկի վրա և մանրադիտակով ընտրվում է հետքի տեղը, ապա ֆոկուսավորում միկրո- և մակրոփոխանցման պտուտակների օգնությամբ: Պտտելով թմբուկը՝ օկուլյար միկրոմետրի երկակի գիծը տեղակայվում է տեսադաշտի կենտրոն՝ 4-րդ բաժանման վրա: Թմբուկի լրիվ պտույտը համապատասխանում է երկակի գծի տեղափոխմանը սանդղակի մեկ բաժանմունքով: Չափվող օբյեկտը տեղափոխվում է՝ ընտրված հետքի տեղը տանելով ալմաստե բուրգի տակ: Դա կատարվում է բռնակի միջոցով՝ շրջելով սեղանիկը 180°-ով: Սեղանիկի վրա կան դիմադիրներ, որի շնորհիվ սեղանիկի պտույտից հետո ընտրված հետքի տեղը հայտնվում է ալմաստե բուրգի տակ: Այն բանից հետո, երբ փորձարկվող նմուշը հայտնվում է ինդենտորի տակ, կատարվում

Ե սեղմումը: Դանդաղ և հավասարաչափ կոթը պտտվում է և բեռնազդեցության տակ ինդենտորի գլխիկը սեղմվում է չափվող օբյեկտի մեջ և պահվում է 4...7 վայրկյան: Բեռնվածությունը հանելու համար կոթը պտտում են հակառակ ուղղությամբ՝ բերելով նախկին դիրքին: Ապա սեղանիկը նմուշի հետ միասին բռնակի օգնությամբ պտտվում է մինչև դիմադիրը, այսինքն նախկին դիրքը և չափվում է ստացված հետքի անկյունագծի երկարությունը: Սարքի խաչահատված գծերը տեղակայվում է հետքից դեպի աջ: Պտտելով թմբուկը հատվող գծերի ձախ անկյունը տարվում է դեպի հետքի աջ անկյունը: Գրանցվում է սանդղակի և թմբուկի տվյալը: Նշվում է, թե որ թվերի միջև է տեղակայված սանդղակի երկակի գիծը: Երկակի գծից ձախ գտնվող թիվը ցույց է տալիս հարյուրերորդականները, դրան գումարվում է նաև թմբուկի վրայի տվյալը: Ապա պտտելով օկուլյար միկրոմետրի թմբուկը հատվող գծերի աջ անկյունը տեղակայվում է հետքի ձախ անկյուննի վրա և կրկին գրանցվում է սանդղակի և թմբուկի տվյալները (նկ. 2.6): Ապա գտնվում է այդ երկու ցուցանիշների տարբերությունը (N), իսկ ստացված արդյունքը բազմապատկվում է սանդղակի բաժանման միկրոնային արժեքով (C), արդյունքում ստացվում է անկյունագծի երկարությունը միկրոմետրով:

$$d = CN$$

Սանդղակի բաժանման արժեքը A-0,65 է փոքր եկտիվի կիրառման դեպքում C=0,3 մկմ:



Նկ. 2.6. Հետքի անկյունագծի չափման իրակ անցման

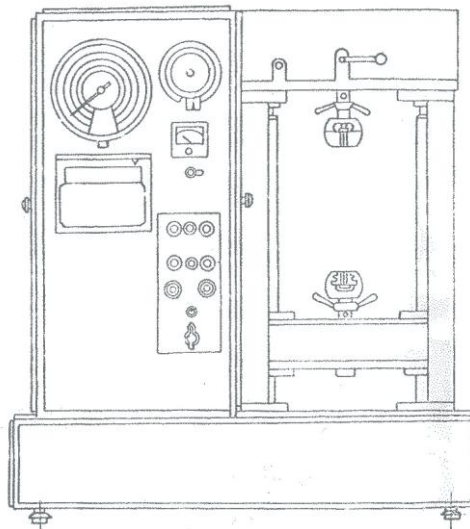
ԳՈՍՏ 9450-60-ով նախատեսված են հատուկ աղյուսակներ՝ հաշվարկված 5, 10, 20, 50, 100, 200 և 500 գ բեռնվածությունների

համար, որի օգնությամբ էլ գտնվում է միկրոկարծրության համապատասխան ցուցանիշը:

Ձգման փորձարկում: Սա մեխանիկական փորձարկման ամենատարածված եղանակներից է, որն աչքի է ընկնում իր պարզությամբ: Վերջինս համարվում է փորձարկման համեմատաբար կոշտ մեթոդ և օգտագործվում է փափուկ, ոչ փխրուն նյութերի փորձակման համար:

Ձգման փորձարկումներն իրականացվել են 2161P-5 ձգման մեքենայի վրա ըստ ԳՈՍՏ 7855-84: Որպես նմուշների փորձարկումների համար օգտագործվել են սպիտակ ոսկու համաձուլվածքից պատրաստված սնուցիչները:

Ձգման մեքենայի արտաքին տեսքը բերված է նկ. 2.7-ում:



ա)



բ)

Նկ. 2.7. 2161P-5 ձգման մեքենայի ընդհանուր տեսքը (ա) և

նմուշի ուղակումը (բ)

Մեքենայի որոշակի տեխնիկական տվյալներ բերված են աղյուսակ 2.4-ում:

Աղյուսակ 2.4

2161P-5 ձգման մեքենայի տեխնիկական տվյալները

Տեխնիկական տվյալը	Չափողականությունը	Մեծությունը
Առավելագույն բեռնվածքը	կՆ	5
Չափման տիրույթը	կՆ	0...5
Չափման սխալը	-	< ±0,2%

Գաբարիտային չափերը	մմ	500×1260×1725
Չանգվածը	մմ	400
Հզորությունը	կՎտ	0,4
Արագության կարգավորման սահմանը	մմ/ր	0,5...250

Մետաղի ներքին կառուցվածքն ուսումնասիրող սարքեր:

Պատրաստի արտադրանքի կառուցվածքը ձևավորվում է մի շարք գործոնների ազդեցությամբ, որոնցից են համաձուլվածքի բաղադրությունը, դեֆորմացման, մեխանիկական և ջերմային մշակման գործընթացները: Կառուցվածքի ուսումնասիրման համեմատաբար դյուրին և լայնորեն կիրառվող մեթոդներից է մետաղագրական անալիզի մեթոդը:

Կառուցվածքային առանձնահատկություններն ուսումնասիրելու և դրանց նկարահանման համար օգտագործվել է МИМ-8М մակնիշի օպտիկական մանրադիտակ (նկ. 2.8):



Նկ. 2.8. МИМ-8М մակնիշի օպտիկական մանրադիտակի ընդհանուր տեսքը

Նկարահանման համար սարքն ունի ֆոտոխցիկ՝ իր անհրաժեշտ հարմարանքներով:

Աղյուսակ 2.5-ում բերված են МИМ-8М մակնիշի օպտիկական մանրադիտակի տեխնիկական տվյալները:

Աղյուսակ 2.5

МИМ-8М մակնիշի օպտիկական մանրադիտակի տեխնիկական տվյալները

Տեխնիկական տվյալը	Մեծությունը
Միկրոսկոպի խոշորացումը տեսողական դիտարկման ժամանակ լուսանկարման ժամանակ	100...1350 45...2000
Սանդղակի բաժանման արժեքը	0,002 մմ
Լուսայի խոշորացումը	8
Լույսի աղբյուրը	Կինոպրոեկցիոն և ամպ K70
Գաբարիտային չափերը	200 x 1000 x 650 մմ
Չանգվածը	155 կգ

Մանրադիտակով աշխատելու ժամանակ պատրաստվել են հատուկ հղկուկներ: Հղկման գործընթացում հղկանմուշին անընդհատ կամ պարբերաբար քսվել է նախապես չրի մեջ թրջած մածուկ՝ Al_2O_3 , և այլն, իսկ հղկումը կատարվել է միայն խոնավ շրջանակի վրա: Փայլեցումը համարվել է ավարտված, եթե հղկուկից հեռացված են բոլոր քերծվածքները և այն ունի հայելային մակերևույթ: Այնուհետև հղկուկը լվացվել է և հարթ մակերևույթը մաքրվել ացետոնով՝ ճարպային գոյացումները վերացնելու համար և այնուհետև չորացվել ֆիլտրի վրա: Դրանից հետո նմուշը ենթարկվել է խաժատման տաք արքայաջրով:

2.3. Նվազագույն քառակուսիների մեթոդով բյուրեղային ցանցի պարամետրերի որոշման մեթոդիկան

Բյուրեղային ցանցի պարամետրերի ճշգրիտ որոշման համար անհրաժեշտ է, որպեսզի միևնույնի հասցվի ինչպես համակարգված, այնպես էլ պատահական սխալների ազդեցությունը: Դրա պատճառով բյուրեղային ցանցի պարբերության որոշման համար օգտագործում են նվազագույն քառակուսիների մեթոդը [104]: Բոլոր դուրսբերումները և նշանակումները արված են ըստ [104] և [105]-ի:

Հայտնի է, որ մի շարք փորձնական տվյալների առկայության դեպքում՝ x_i , որոնք պարունակում են պատահական սխալներ, լավագույն x_0 արդյունքը ստացվում է այն դեպքում, երբ շեղման քառակուսիների գումարը՝ $\varepsilon_i = x_i - x_0$ միևնույն է: Այսինքն քառակուսիների գումարի առաջին ածանցյալը հավասար է 0-ի՝

$$\frac{d \sum \varepsilon_i^2}{dx} = 0:$$

Խորանարդային համակարգի բյուրեղային ցանցի պարամետրը որոշելիս պատահական և համակարգված սխալները միաժամանակ հաշվի առնելու համար ընդունվում է, որ տվյալ ֆունկցիայում՝ $\xi = ((\cos^2\theta/\sin\theta) + (\cos^2\theta/\theta))/2$, (չափվող պարամետրերի արտարկման համար ճիշտ է գծային օրենքը, որտեղ θ -ն ռեֆլեքսների անդրադարձման անկյունն է): Ունենալով a պարամետրի փորձնական տվյալները, անհրաժեշտ է այդ կետերով կառուցել ամենալավ արտարկման ուղիղը: Այս ուղղի կառուցման ժամանակ սուբյեկտիվ սխալներից խուսափելու համար կարելի է օգտվել նվազագույն քառակուսիների մեթոդից: Արտարկման ուղղի հավասարումը սովորաբար գրվում է հետևյալ ձևով՝

$$a = a_0 + k\xi,$$

որտեղ a -ն տվյալ բջջի պարբերության չափն է, նմ:

Նվազագույն քառակուսիների մեթոդով ամենալավ արտարկման ուղղի կառուցման խնդիրը բերում է փորձնական (a, ξ_i) տվյալներից a_0 և k գործակիցների ստացմանը:

$$\frac{\partial \sum \varepsilon^2}{\partial a_0} = 0 \quad ; \quad \frac{\partial \sum \varepsilon^2}{\partial k} = 0:$$

Վերը նշված պայմաններից կստացվի, այսպես կոչված, 2 նորմալ հավասարումների համակարգ՝

$$\begin{cases} \sum a_0 + k \sum \xi_i - \sum a_i = 0 \\ a_0 \sum \xi_i + k \sum \xi_i^2 - \sum a_i \xi_i = 0: \end{cases}$$

Այս համակարգի մեջ տեղադրելով a_i , ξ_i ստացված բոլոր փորձնական տվյալները, կգտնվի a_0 -ի արժեքը, որը հենց կլինի որոնվող a պարամետրի էքստրապոլյարված արդյունքը:

Նվազագույն քառակուսիների մեթոդով բյուրեղային ցանցի պարամետրերի որոշման դեպքում պարտադիր չէ ելնել a և ξ -ի որևէ փոփոխականի գծային կապից: Կարելի է նաև ենթադրել, որ այդ կապը արտահայտվում է ուստիճանի բազմանդամներով: Պարաբոլիկ կախվածությամբ դեպքում կստացվի՝

$$a = a_0 + k\xi + p\xi^2,$$

ապա անհրաժեշտ է դառնում 3 նորմալ հավասարումներից բաղկացած հետևյալ համակարգի լուծումը՝

$$\begin{cases} \sum a_0 + k \sum \xi_i + p \sum \xi_i^2 - \sum a_i = 0 \\ a_0 \sum \xi_i + k \sum \xi_i^2 + p \sum \xi_i^3 - \sum a \xi_i = 0 \\ a_0 \sum \xi_i^2 + k \sum \xi_i^3 + p \sum \xi_i^4 - \sum a \xi_i^2 = 0: \end{cases}$$

Կոհենը օգտագործել է նվազագույն քառակուսիների մեթոդը՝ ենթադրելով, որ հետևյալ հարաբերությունները ճիշտ են [104, 106]՝

$$\frac{\Delta d}{d} = \frac{\Delta a}{a} \approx \cos^2 \theta \approx 2D \cos^2 \theta:$$

$\lambda = 2d \sin \theta$ հավասարումը, որտեղ λ -ն ռենտգենյան ճառագայթների ալիքի երկարությունն է, իսկ d -ն միջհարթությունային տարածությունը, Նմ, բարձրացնելով քառակուսի և դիֆերենցելով այն՝ համարելով, որ $\lambda = \text{const}$, կստացվի՝

$$2 \frac{\Delta d}{d} = - \frac{\Delta \sin^2 \theta}{\sin^2 \theta}:$$

Չե տևաբար նախորդ երկու հավասարումներից կստացվի՝

$$-\Delta \sin^2 \theta = D \sin^2 2\theta:$$

Ենթադրելով, որ բյուրեղային ցանցի a պարամետրի իրական արժեքը հավասար է a_0 -ի և օգտվելով բյուրեղային ցանցի քառակուսային ձևից և $\sin 2\theta_i$ -ի փորձնական մեծություններից, կստանանք՝

$$\Delta \sin^2 \theta = \frac{\lambda^2}{4a_0^2} (h^2 + k^2 + l^2) - \sin^2 \theta_i,$$

իսկ հաշվի առնելով $-\Delta \sin^2 \theta = D \sin^2 2\theta$ կստացվի՝

$$A_0 a_i + D \delta_i = \sin^2 \theta_i,$$

որտեղ, $A_0 = \frac{\lambda^2}{4a_0^2}$; $a_i = h^2 + k^2 + l^2$; $\delta_i = \sin^2 2\theta_i$:

Նվազագույն քառակուսիների մեթոդով A_0 և հետևաբար a_0 -ի մեծության որոշման համար, պետք է լուծել նորմալ հավասարումներից կազմված հետևյալ համակարգը՝

$$\begin{cases} A_0 \sum a_i^2 + D \sum a_i \delta_i - \sum a_i \sin^2 \theta_i = 0, \\ A_0 \sum a_i \delta_i + D \sum \delta_i^2 - \sum \delta_i \sin^2 \theta_i = 0: \end{cases}$$

2 նորմալ հավասարումների համակարգից a_0 -ի որոշման ընթացքում a_i պարամետրի բոլոր արժեքները, որոնք ստացվել են տարբեր անկյուններով ռեֆլեքսներից, համարվում են իրավահավասար: Ինդրի լուծումը բերում է ստացված իրավահավասար փորձնական արժեքներով լավագույն արտարկման ուղղի ստացմանը: Որպեսզի ստացվի a պարամետրի ավելի հավաստի արդյունքներ մեծ θ անկյունների դեպքում, ամեն մի կետին պետք է տալ համապատասխան կշիռ: Համապատասխան կշռային ֆունկցիա կարող է լինել $\text{tg}\theta$ մեծությամբ, որտեղ I -ն ռեֆլեքսի հարաբերական ինտենսիվությունն է [105]: Համարենք, որ $\xi = ((\cos^2\theta/\sin\theta) + (\cos^2\theta/\theta))/2$ արտահայտության $\text{tg}\theta$ պարամետրի արտարկման ֆունկցիան գծային է: Այս դեպքում հաշվի առնելով փորձնական կետերի կշիռները, կստացվի հետևյալ համակարգը [105]`

$$\begin{cases} a \sum I_i \text{tg} \theta_i + k \sum \xi_i I_i \text{tg} \theta_i - \sum a_i I_i \text{tg} \theta_i = 0, \\ a \sum \xi_i I_i \text{tg} \theta_i + k \sum \xi_i^2 I_i \text{tg} \theta_i - \sum \xi_i a_i I_i \text{tg} \theta_i = 0: \end{cases}$$

Վերը նշված նորմալ հավասարումների համակարգը լուծելուց

հետո ստացվում է`
$$a_0 = \frac{CD - EB}{AD - B^2},$$

որտեղ` $A = \sum I_i \text{tg} \theta_i; \quad B = \sum \xi_i I_i \text{tg} \theta_i; \quad C = \sum a_i I_i \text{tg} \theta_i; \quad D = \sum \xi_i^2 I_i \text{tg} \theta_i; \quad E = \sum a_i \xi_i I_i \text{tg} \theta_i:$

2.4. Սափտակ ոսկու համաձուլ վածքներից թերածոների ստացումը հալ վող մոդել ներով ձուլման եղանակով

Ձուլ աճևի մեջ մետաղի լցվելու ունակությունը կախված է մի շարք ֆիզիկական հատկություններից: Մակերևույթային լարվածությունն ազդում է լցման ժամանակ մետաղի առաջացման, ձուլ աճում մետաղի տարածման և ձուլ աճը լցնելու նրա ունակության վրա: Ջերմաստիճանի բարձրացման հետ մակերևույթային լարվածության ուժը համարյա բոլոր մետաղների մոտ ընկնում է: Բացառություն է կազմում Cu-ը, որի մեծ մակերևույթային լարվածությունը էլ ավելի է բարձրանում ջերմաստիճանի աճի հետ:

Մածուցիկությունը բնութագրում է խտությունը և հալույթի ներքին շփումը: Այն հատկապես կարևոր է մետաղով ձուլ աճևի լցման դեպքում: Այդ հատկությունից է կախված մետաղի

ապագազացումը և խարամի անջատումը: Ջերմաստիճանի բարձրացման հետևերքին շփումը նվազում է:

Եթե մետաղի գոլորշու ճնշումը եռման ջերմաստիճանում հասնում է մթնոլորտայինի, ապա մետաղն անցնում է գազային վիճակի: Նման երևույթ դիտվում է նաև ցինկի մոտ, որը, հասնելով հալման ջերմաստիճանին, ցնդում է:

Ջերմաստիճանը, որում կատարվում է հալված մետաղի լցումը ձուլաձևի մեջ, կոչվում է լցման ջերմաստիճան: Լցման ջերմաստիճանի և լիկվիդուսի ջերմաստիճանի տարբերությունը կոչվում է մետաղի գերտաքացում: Ազնիվ մետաղի համար այն պետք է կազմի $\sim 100^{\circ}\text{C}$: Մետաղի գերտաքացման աստիճանը կախված է նաև հալոցից մինչև ձուլաձև ճանապարհի երկարությունից և ձևավորված մոդելի բարդությունից:

Ձուլման մեթոդներից են կոկիլային ձուլումը, վակուումային ներծծմամբ ձուլումը, անընդհատ (կիսաանընդհատ) ձուլումը, Ազարկոյի, Ժանեսի տարբերակներով ձուլումը, ավազային կաղապարներում ձուլումը, կենտրոնախույս ձուլումը, վերջինս կարող է լինել թերածոյի ուղղահայաց կամ հորիզոնական տեղակայումով:

Հալվող մոդելներով ձուլումը պատկանում է ճշգրիտ ձուլման եղանակների թվին: Այն բազմաստիճան գործընթաց է և բաղկացած է հետևյալ գործողություններից [107].

1. որակյալ, գեղեցիկ դիզայնի պատրաստում,
2. նախամոդելի պատրաստում,
3. ռետինե ձևի պատրաստում,
4. մոմերի արտադրություն,
5. ծառի հավաքում,
6. ձուլակաղապարի ձևավորում,
7. մոմի հալեցում,
8. ձուլակաղապարի թրծում,
9. մետաղի հալում,
10. ձուլում,
11. սառեցում,

12. ծառից ձուլվածոների կտրատում և ձուլածևի նյութի հեռացում,

13. ոսկերչական իրերի հավաքում և վերջնական մշակում:

Գործընթացում սխալներն անթույլատրելի են՝ արատներից խուսափելու համար:

Դիզայնը դաևոր ոսկերչական իրի ստեղծումն է: Դիզայները պետք է լավ պատկերացում ունենա ձուլման վերաբերյալ և մշտական շփման հետլիսի ձուլողի հետ:

Որակյալ արտադրանքի ստացման համար շատ կարևոր է նախամոդելի (մաստեր-մոդելի) որակը: Նրավրաչպետք է լիսի ոչ մի չնչին արատ, քանի որ այն կարտատպլի ռետինե ձևում, և հետևաբար նաև մոմում, ապա ձուլվածքում:

Նախամոդելի ստացման համար խորհուրդ է տրվում կիրառել բարձր կարծրություև ունեցող համաձուլվածքներ, որոնք պետք է լիսեն նաև կոռոզիակայուև: Խորհուրդ է տրվում օգտագործել նեյգիլբեր, այսինքն «նոր արծաթ» ($50\%Ni+30\%Cu+20\%Zn$) կամ արծաթի համաձուլվածք ($92,5\% Ag$): Վեջինիս թերություևը նրա ցածր կարծրություևն է և վուլկանիզացման գործընթացում ռետինի հետ փոխազդումը: Երկու դեպքում էլ մոդելները պետք է ենթարկել ռոդիումապատման:

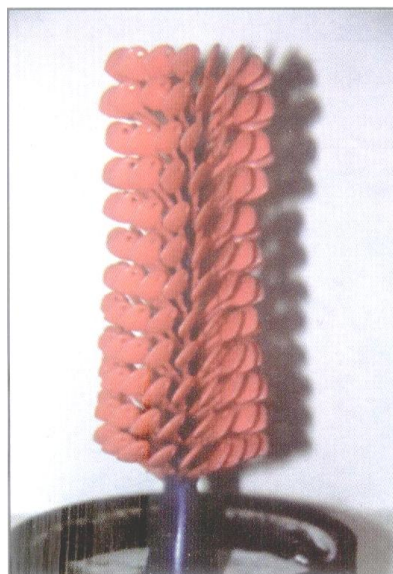
Ձևերի ստացման համար օգտագործում են ռետիններ ինչպես բնական, այնպես էլ սինթետիկ, ներառյալ սիլիկոնե ռետիններ: Բնական ռետինն ալելի ամուր և մաշակայուև է: Սիլիկոնե ռետինը քիչ ամուր է, բայց ալելի լավ է արտապատկերում մանրանկարը: Օգտագործվում են նաև երկկոմպոնենտ ռետիններ:

Ձևի պատրաստման համար նախամոդելը պետք է վանալ գերձայնային վաննայում յուղազրկող լուծույթում: Վուլկանացվող ռետինի դեպքում ձևը պատրաստվում է համապատասխան մետաղական շրջանակի մեջ՝ ռետինե շերտերը դասավորելով: Մոդելը տեղադրվում է ռետինե շերտերի մեջ տեղում և ծածկվում է նույնքան ռետինե շերտերով: Ձևի ստացման համար շատ կարևոր է վուլկանացման ջերմաստիճանը: Բնական ռետինների համար այն $152...154^{\circ}C$, սիլիկոնե ռետինների համար $165...177^{\circ}C$:

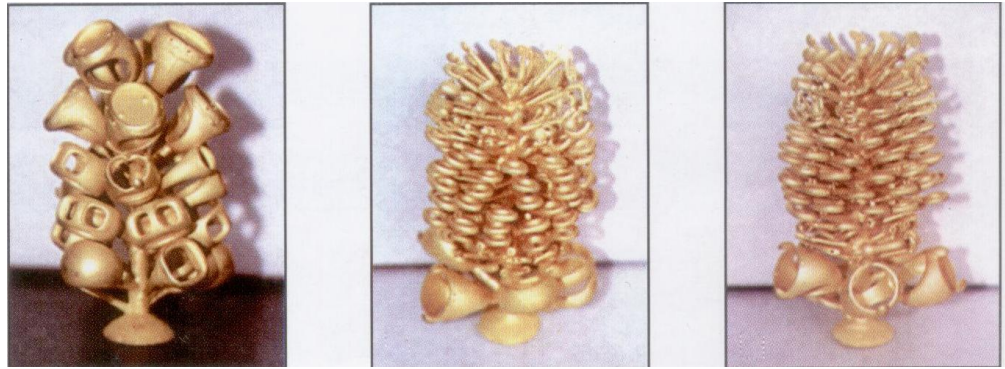
Վուլ կանացման ժամանակը կախված է ձևի հաստությունից՝ 7,5 րոպե ռետինե մեկ շերտի համար (1 շերտի հաստությունը ~3,2 մմ): Վուլ կանացումից հետո ձևը կտրելու համար օգտագործում են սուր կտրիչներ:

Մոմի պատրաստման համար խորհուրդ է տրվում օգտագործել ցածր հալման ջերմաստիճան ունեցող մոմեր: Մոմի տեսակը պետք է ընտրել՝ կախված արտադրվող իրի տեսակից: Մոմի ընտրության ժամանակ պետք է հաշվի առնել նրա ֆիզիկա-մեխանիկական հատկությունները: Ջերմային ընդարձակումը կարևոր է մոմի սառեցման ժամանակ՝ կծկվածքի գնահատման և ձուլվածքի իրական չափերի հաշվարկման համար: Մածուցիկությունը բնութագրում է ձևը լցնելու մոմի ունակությունը, իսկ խտությունը անհրաժեշտ է ձուլման համար համաձուլվածքի քանակության ճշգրիտ հաշվարկման համար:

Մոմե նախապատրաստվածքները պետք է լինեն մաքուր, տալ կից զերծ, չպետք է պարունակեն ծակոտիներ: Իրի մոմե նախապատրաստվածքները հավաքվում են կանգնակի վրա: Կանգնակի մոմի նյութը պետք է ունենա ավելի ցածր հալման ջերմաստիճան, քան մոմե մոդելները: Այդ դեպքում հալեցման ժամանակ կանգնակը սկզբում կհալվի՝ այդպիսով խուսափելով մոմե մոդելների հալման ժամանակ ձևավորված ձուլակաղապարում լարումների առաջացումից: Նկ. 2.9-ում պատկերված է նուրբ մոմերով ծառի արտաքին տեսքը, իսկ նկ. 2.10-ում արդեն ձուլված ծառերը [107]:



Նկ. 2.9. Մոմե ծառի արտաքին տեսքը



Նկ. 2.10. Ձուլված ծառի օրինակներ

Միևնույն ծառի վրա պետք է հավաքվեն նմանատիպ ձևով, չափով և կշռով մոմե մոդելներ: Հաստ և բարակ մոմերը չեն զոդվում մեկ ծառի վրա: Ընդհանուր առմամբ ավելի բարակ և թեթև մոմերը պետք է զոդվեն ծառի վերի մասում, քանի որ այն տեղ ճնշումը ավելի բարձր է, քան կծկման խոռոչի մոտ: Սնուցիչի և հիմնական ձուլածոյի միջև անկյունը պետք է լինի $45...60^\circ$: Լավ արդյունքներ են ստացվում նաև երբ սնուցիչը զոդվում է ուղղահայաց հիմնական կանգնակին:

Ձուլակաղապարների համար նախընտրելի է չժանգոտվող պողպատը: Օգտագործումից առաջ ձուլակաղապարը պետք է մաքրվի մետաղական խոզանակով, որպեսզի հեռացվեն նախորդ օգտագործումից մնացած ձևազանգվածի մնացորդները:

Մինչև ձուլազանգվածի լցնելը ձուլակաղապարը փաթաթում են ռետինե ժապավենով կամ հատուկ թղթով, որպեսզի փակվեն ձուլակաղապարի անցքերը:

Ոսկերչական իրերի արտադրության համար հիմնականում կիրառում են երկու տիպի ձևազանգված: Նրանք տարբերվում են կապակցող նյութի տեսակով, այն դեպքում, երբ հրակայուն նյութը մնում է նույնը՝ քվարցի և α -կրիստոբալիտի խառնուրդ: Որպես կապակցող նյութ կարող է հանդես գալ կալցիումի սուլֆատը (գիպս) կամ մեկ կամ մի քանի ֆոսֆատ պարունակող նյութերի խառնուրդը: Կալցիումի սուլֆատով ձևազանգվածը օգտագործվում է ոսկե և արծաթե համաձուլվածքների համար, այն դեպքում, երբ ֆոսֆատային ձևազանգվածը օգտագործվում է ավելի բարձր հալման ջերմաստիճան

ունեցող համաձուլվածքների համար, ինչպիսիք են սպիտակ պալադիումային և հատկապես պալադիումային համաձուլվածքները:

Ձևագանգվածը պարունակում է նաև քիչ քանակությամբ հալելու մեթոդներ: Կան հատուկ հալելու մեթոդներ ձևագանգվածներ, որոնք նախատեսված են քարերով ձուլման համար: Ոսկերչության մեջ ավելի հաճախ օգտագործվում է գիպսային ձևագանգվածները երկու պատճառով.

1. դրանք ավելի մատչելի են,
2. դրանք ավելի հեշտ է հեռացնել ձուլակաղապարից և ձուլվածքից, բավական է միայն այն ընկղմել ջրի մեջ:

Ձուլակաղապարի ձևավորման հերթականությունը հետևյալն է.

1. Ձևախառնուրդի և ջրի կշռում,
2. Ջրում ձևագանգվածի խառնում,
3. Խառնուրդի վակուումացում,
4. Ձուլակաղապարի լցում,
5. Վակուումի տակ վիբրացիա,
6. Ձուլակաղապարի թողնելը մինչև ձուլագանգվածի կապակցումը:

Վակուումացումից հետո ձուլակաղապարը չպետք է անհանգստացնել 1...2 ժամ մոմը հալելուց առաջ: Մոմի հալեցումը կարելի է կատարել 2 եղանակով՝ չոր և գոլորշու միջոցով: Չոր հալեցումը կատարում են թրծման վառարանում՝ որպես թրծման օպերացիայի մի մաս, բայց այն կարող է կատարվել նաև առանձին վառարանում՝ նախորդելով թրծմանը: Թրծումը կատարվում է մոմի մնացորդները այրելու համար, նաև ձուլաձևին հրակայուն հատկություններ տալու համար: Մոմի հալեցումից հետո 1 ժամվա ընթացքում դանդաղորեն բարձրացվում է ջերմաստիճանը մինչև 250°C և պահվում 2 ժամ, ապա 1 ժամվա ընթացքում բարձրացվում է ջերմաստիճանը մինչև 450°C, ևս պահվում 2 ժամ, որից հետո 1,5 ժամվա ընթացքում բարձրացվում է ջերմաստիճանը մինչև 730°C, պահվում 3 ժամ, ապա դանդաղ սառեցվում մինչև ձուլման համար անհրաժեշտ ջերմաստիճանը և պահվում 1,5 ժամ:

Քարերով ձուլման ժամանակ քարերի վնասվածքներից խուսափելու համար թրծման ցիկլը հարկ է փոխել: Այս դեպքում առավելագույն ջերմաստիճանը կազմում է 630°C, բայց ժամանակահատվածը կարող է լինել ավելի մեծ, որպեսզի ապահովվի մոմի այրումը:

Համաձուլվածքի ստացման համար նպատակահարմար է օգտագործել գրանուլներ, որոնք ունեն մոտավոր նույն չափը: Երբ համաձուլվածքը բաղկացած է մանր կտորներից, այն ավելի արագ և հեշտ է հալվում ու կարելի է խուսափել գերտաքացումից: Ժամանակակից ձուլման մեքենաներում հալված մետաղի լցումը կատարվում է ավտոմատ կերպով: Ապա ձուլակաղապարները սառեցվում են մինչև որոշակի ջերմաստիճան (կախված համաձուլվածքի բաղադրությունից) և լվացվում ջրի մեջ: Օրինակ, նիկելային սպիտակ ոսկու համաձուլվածքը հարկ է սառեցնել 5...6 րոպե մինչև ջրի մեջ ընկղմելը: Այն շատ արագ սառեցման ժամանակ կարող է ճաքել՝ մեծ ներքին լարումների հետևանքով:

Եթե ծառը օքսիդացել է, այն հարկ է սպիտակեցնել թթվային վաննայում: Հաճախ օգտագործվում է սպիտակեցնող լուծույթ՝ ծծմբական թթվի 20%-անոց լուծույթը 50°C-ում: Ձուլված ծառը ընկղմում են այդ լուծույթի մեջ 2 րոպեով: Դրանից հետո ծառը լվացվում է ջրով և ընկղմում կերակրի սոդայի լուծույթի մեջ, որպեսզի չեզոքացվեն թթվի մնացորդները: Ապա այն լվանում են, չորացնում ճնշմամբ գոլորշու տակ: Ապա ձուլվածքները կտրում են ձուլաձողից, ընտրվում և ուղարկվում հետագա մոնտաժման և վերջնական մշակման:

ԵԶՐԱԿԱՑՈՒ ԹՅՈՒՆՆԵՐ

1. Կատարվել է ելանյութերի ընտրում: Որպես սպիտակ ոսկու համաձուլվածքի լիգատուրա ընտրվել է LUX-105 մակնիշի իտալական PROGOLD ֆիրմայի լիգատուրան, որպես մաքուր ոսկի օգտագործվել է 99,99% մաքրության ոսկի: Ուսումնասիրվել են ելանյութերի բնութագրերը:

2. Կատարվել է չափիչ-հսկիչ սարքավորումների ընտրում և հիմնավորում:
3. Հետազոտվել է նվազագույն քառակուսիների մեթոդով բյուրեղային ցանցի պարամետրերի որոշման մեթոդիկա:
4. Մշակվել է տեխնոլոգիական գործընթացների, կառուցվածքի և հատկությունների հետազոտման մեթոդիկա: Որպես ձուլման տեխնոլոգիա ընտրվել է հալվող մոդելներով ձուլումը:

3. ՁՈՒԼՄԱՐԲ ՍՏԱՑՎԱՃ 585 ՀԱՐԳԻ ՆԻԿԵԼ-ՑԻՆԿՍԻՆ ՍՊԻՏԱԿ ՈՍԿՈՒ ՀԱՄԱՁՈՒԼ ՎԱՃՔՆԵՐԻ ԿԱՌՈՒՑՎԱՃՔԻ ԵՎ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ ՏԱՐԲԵՐ ՋԵՐՄԱՆՇԱԿՄԱՆ ՌԵԺԻՄՆԵՐԻ ԴԵՊՔՈՒՄ

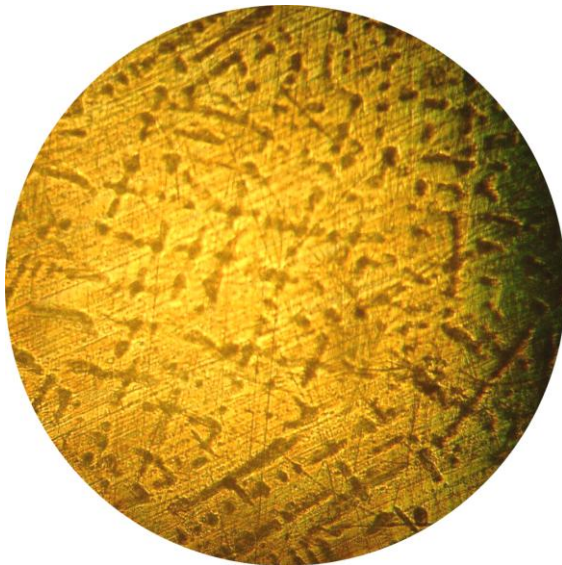
3.1. Ձուլված 585 հարգի նիկել-ցինկային սպիտակ ոսկու համաձուլվածքների մետաղագրային և ռենտգենյան վերլուծություներն ու հատկությունների հետազոտումը

Ինչպես արդեն նշվեց, ոսկերչական արտադրության մեջ իրերի զգալի մասը ստացվում է ձուլման եղանակով՝ համապատասխան դենդրիտալ իկվացված կառուցվածքով, որը հետագայում չի հոմոգենացվում և հետագա մշակումը կատարվում է այդ վիճակում, որի պատճառով իրերը «Ժառանգում» են այդ կառուցվածքը և համապատասխան հատկությունները, ինչը կտրուկ վատացնում է իրի հետագա մշակելիությունը: Այդ իսկ պատճառով խնդիր է առաջանում փոփոխել համաձուլվածքի հատկություններն անհրաժեշտ ուղղությամբ, ավելի կոնկրետ.

- բարձրացնել կարծրությունը և ամրությունը՝ իրի շահագործման երկարակեցության մեծացման, ինչպես նաև վերջնական մշակման կորուստները և Ժամանակը նվազեցնելու նպատակով,
- բարձրացնել ձուլված վիճակում պլաստիկությունը՝ դեֆորմացման հատկությունների բարելավման նպատակով (ձևավորման Ժամանակ դեֆորմացման հատկությունները):

Ռենտգենական առումով ցվածքային վերլուծության միջոցով կատարվել են $58,5\%Au+26,8\%Cu+8,6\%Ni+6,1\%Zn$ բաղադրության սպիտակ ոսկու համաձուլվածքի հետազոտություններ:

Մետաղագրական վերլուծության միջոցով կատարվել է համաձուլվածքի կառուցվածքային հետազոտություններ օպտիկական մանրադիտակի օգնությամբ: Կառուցվածքի հետազոտության համար համաձուլվածքը խածառվել է համապատասխան խածառիչ ուժ՝ արքայաջրով (HNO_3+3HCl): Ստորև բերված են ձուլված համաձուլվածքի միկրոկառուցվածքի և սանկարները տարբեր խոշորացումների դեպքում (նկ. 3.1):



ա)

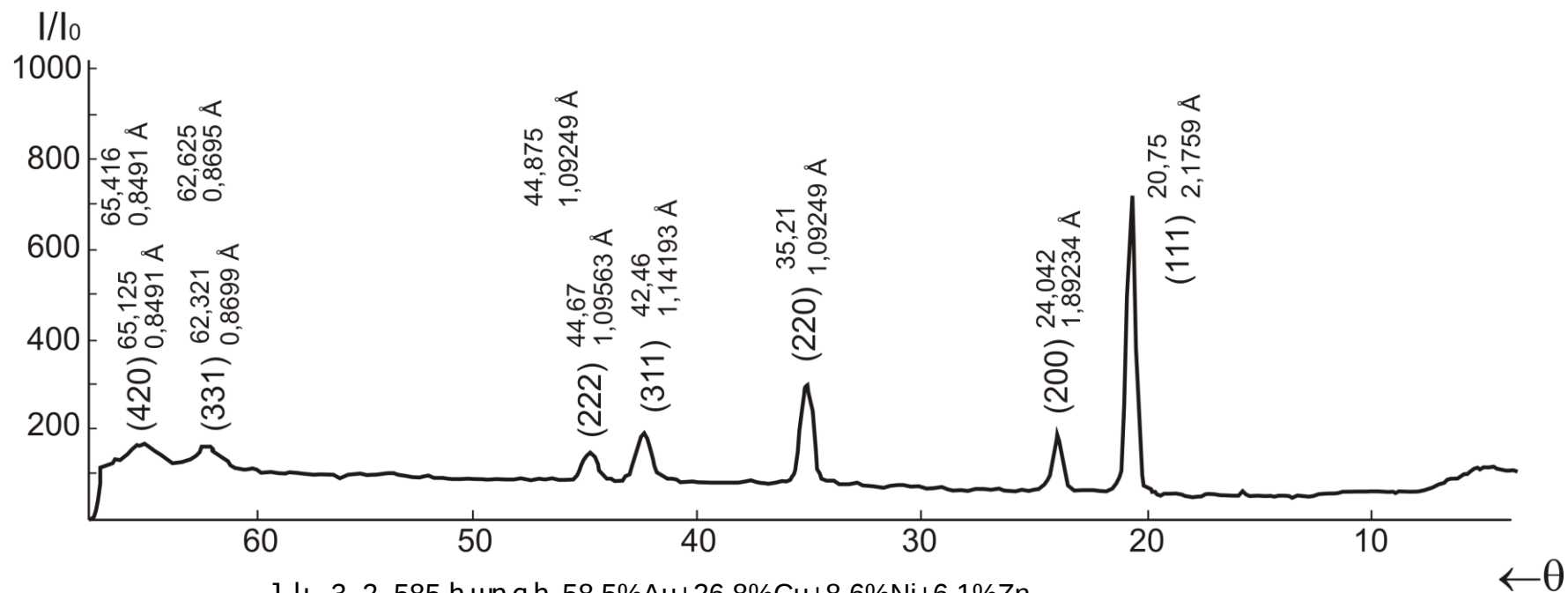


բ)

q)

Նկ. 3.1. Ձուկ և վաճ համաձուկ և վաճ քի
միկրոկառուցվածքը.

Համաձուլվածքի կառուցվածքի ուսումնասիրությունների համար պատրաստված նմուշները ենթարկվել են ռենտգենակառուցվածքային հետազոտության, որի արդյունքում պարզվել է, որ ձուլվումից հետո համաձուլվածքի կառուցվածքում չկա կարգավորում, որն էլ ապացուցվում է բերված ռենտգենագրի միջոցով, քանի որ բացակայում են գերկառուցվածքային ռեֆլեքսները (նկ. 3.2):



Նկ. 3. 2. 585 հարգի 58,5%Au+26,8%Cu+8,6%Ni+6,1%Zn
բաղադրով ան համաձուլվածքի ռենտգենադիֆրակցիոն
նոստրիցիոն

Ռենտգենաֆազային վերլուծությունը դա բազմաբյուրեղային ֆազային բաղադրության որակական և քանակական վերլուծության մեթոդ է՝ հիմնված ռենտգենյան ճառագայթների դիֆրակցիայի ուսումնասիրության վրա:

Որակական ռենտգենաֆազային վերլուծություն: Քանի որ բազմաբյուրեղային նմուշի յուրաքանչյուր ֆազ ունի իր հեռավորությամբ գոգահեռ բյուրեղային հարթություններից բաղկացած բյուրեղային ցանց, ռենտգենյան ճառագայթները արտացոլվում են բյուրեղագրական հարթություններից՝ միայն տվյալ ֆազին բնորոշ Բրեգովյան θ անկյուններով (ընկնող ճառագայթի և արտացոլող հարթության միջև անկյունը) և դիֆրակցիոն արտացոլումների հարաբերական ինտենսիվություններով: Ըստ դիֆրակցիոն մաքսիմումների դիրքի որոշվում է θ անկյունը, ապա d միջհարթությունային տարածությունը հաշվարկվում է ըստ Վուլֆ-Բրեգի պայմանի հետևյալ հավասարմամբ՝

$$2d\sin\theta=n\lambda,$$

(որտեղ λ -ն ռենտգենյան ճառագայթման ալիքի երկարությունն է) կամ աղյուսակներից, որոնցում բերված են $d(\theta)$ արժեքները տարբեր λ -ների դեպքում [108]: Եթե ըստ քիմիական բաղադրության և նյութի ստացման մեթոդի կարելի է ենթադրել նրա ֆազային բաղադրությունը, ապա ռենտգենաֆազային վերլուծություն անցկացնելով համեմատում են d -ի և դիֆրակցիոն մաքսիմումների հարաբերական ինտենսիվությունների փորձնական արժեքները յուրաքանչյուր ենթադրվող ֆազի համար համապատասխան աղյուսակային արժեքների հետ:

Շատ օրգանական և անօրգանական միացությունների, հանքանյութերի և սինթետիկ նյութերի d -ի և դիֆրակցիոն մաքսիմումների հարաբերական ինտենսիվությունների արժեքները հրատարակված են:

Առավել լայն և անընդհատ լրացվող ֆազ-քարտան է ASTM (Նյութերի փորձարկման ամերիկյան միությունը), որը պարունակում է բյուրեղագրային տվյալներ, ինչպես նաև

տվյալներ Φ ազի Φ իզիկական և այլ հատկությունների մասին [109]: Φ ազի գոյությունը հաստատվում է ռենտգենագրի վրանրաերեք ամենաինտենսիվ պիկերի առկայության դեպքում և ինտենսիվությունների հարաբերության մոտավոր համապատասխանության դեպքում աղյուսակային տվյալների հետ:

Մետաղագրական խնդիրների լուծման համար անհրաժեշտ է լինում ճշգրիտ որոշել բյուրեղացանցերի բջիջների պարբերությունների չափերը, հատկապես այն դեպքում, երբ որևէ համակարգերի համաձուլվածքներում առաջանում են պինդ լուծույթներ: Անկախ պինդ լուծույթների առաջացման մեխանիզմներից (ներդրման և տեղակալման), տեղի է ունենում պարամետրերի չափերի փոփոխություն՝ կախված նյութի բաղադրությունից: Սահմանափակ պինդ լուծույթներում առավելագույն լուծելիության սահմանները տվյալ համակարգի համար տվյալ ջերմաստիճանում հավասարակշռված վիճակում հաստատուն են և այդ Φ ազի համար մնում են նույնը: Եթե մայրակի հետ տեղի է ունենում որևէ փոփոխություն, օրինակ, ժամանակի ընթացքում ավելցուկային Φ ազի անջատում, ապա անջատվող Φ ազի առկայության որոշումը հնարավոր է ռենտգենյան եղանակով, եթե սրա քանակությունը առնվազն 2%-ից ավելի է: Մինչդեռ պարբերության չափի փոփոխությունն ավելի զգայուն է և տեղի է ունենում ավելի քիչ քանակով անջատման դեպքում: Բյուրեղային ցանցի պարամետրերի ճշգրիտ որոշման համար օգտվել ենք նվազագույն քառակուսիների եղանակից:

Աղյուսակ 3.1-ում տրված են ոսկու α պարամետրի հաշվարկման տվյալները ձուլված համաձուլվածքի համար, ինչպես նաև հաշվարկով ստացված α պարամետրի չափը՝ $a_0 = 3,797 \text{ \AA}$ (0,3797 նմ):

Կատարվել են նաև $58,5\% \text{ Au} + 26,8\% \text{ Cu} + 8,6\% \text{ Ni} + 6,1\% \text{ Zn}$ բաղադրության սպիտակ ոսկու համաձուլվածքի հատկությունների հետազոտում: Չափվել է համաձուլվածքի միկրոկարծրությունը, որը ստացվել է 195HV_{0,1}, այսինքն 100գ բեռնվածության դեպքում ձուլված համաձուլվածքի միկրոկարծրությունը կազմում է 1950 ՄՊա:

Ձուլված վիճակում համաձուլվածքները ենթարկվել են նաև ձգման փորձարկման 2161P-5 ձգման մեքենայի օգնությամբ՝ հատուկ պատրաստված սարքի օգտագործումով: Ձգման փորձարկումների արդյունքում ձուլված վիճակի նմուշների համար ստացվել է ամրության հետևյալ ցուցանիշը՝ $\sigma_{\sigma} = 536$ ՄՊա:

Աղյուսակ 3.1

Ոսկու α պարամետրի հաշվարկով մոնոկրիստալի ված համաձուլվածքի համար

HKL	$\sqrt{H^2 + K^2 + L^2}$	d=	λ	θ	ռադ. θ	a	l	ξ	tg θ	ltg θ	ξ ltg θ	ξ^2 ltg θ	altg θ	ξ altg θ
111	1,732	2,17590	α	20,750	0,362	3,769	100,00	2,441	0,379	37,887	92,498	225,829	142,786	348,604
200	2,000	1,89234	α	24,042	0,420	3,785	17,164	2,017	0,446	7,657	15,447	31,162	28,979	58,462
220	2,828	1,33702	α	35,210	0,615	3,782	29,85	1,122	0,706	21,065	23,636	26,520	79,659	89,382
311	3,317	1,14193	α	42,460	0,741	3,787	14,925	0,770	0,915	13,657	10,521	8,105	51,724	39,845
222	3,464	1,09563	α_1	44,670	0,780	3,795	8,208	0,684	0,989	8,114	5,550	3,797	30,796	21,066
222	3,464	1,09249	α_2	44,875	0,783	3,784	8,955	0,676	0,996	8,916	6,031	4,080	33,743	22,826
331	4,359	0,86990	α_1	62,321	1,088	3,792	8,507	0,221	1,906	16,218	3,584	0,792	61,495	13,592
331	4,359	0,86950	α_2	62,625	1,093	3,7901	8,208	0,216	1,931	15,852	3,420	0,738	60,079	12,963
420	4,472	0,84910	α_1	65,125	1,137	3,797	7,582	0,175	2,157	16,353	2,867	0,503	62,096	10,888
420	4,472	0,84910	α_2	65,416	1,142	3,797	8,955	0,171	2,186	19,574	3,346	0,572	74,328	12,707
										A	B	D	C	E
										119,748	58,957	45,107	453,920	223,269
										$a_0=$	3,797	Å		
										$a_0=$	0,3797	նմ		

**3.2. Ձուլ ված 585 հարգի նիկել -ցինկայ ին սպիտակ ոսկու
համաձուլ վածքի
ջերմադիֆերենցիալ ջերմայ ին վերլ ու ծոլ թյ ու նը և համադրումը
Au-Cu-Ni վիճակի դիագրամի հետ**

Համաձուլ վածքների ուսումնասիրության համար հիմք են հանդիսանում նրանց կոմպոնենտների երկակի և եռակի վիճակի դիագրամները:

Au և Ni-ը միմյանց մեջ լուծվում են անսահմանափակ ձևով հեղուկ վիճակում, բարձր ջերմաստիճաններում՝ նաև պինդ վիճակում: Դիագրամի վրա 951°C -ին համապատասխանող միջնամուկ կետը պայմանավորված է լիկվիդուսի և սոլիդուսի համընկնմամբ [13] (նկ. 1.4): Հետազոտության ունենեքը ցույց են տվել, որ 70% (ատ.) Ni-ի պարունակության դեպքում 812°C -ից սկսած տեղի է ունենում հոմոգեն պինդ լուծույթի տրոհում ոսկու և նիկելի հիմքով պինդ լուծույթների խառնուրդի [9]: Այս տրոհումը բարձրացնում է համաձուլ վածքի կարծրությանը՝ դարձնելով այն դժվար մշակելի: Այսպիսով, դանդաղ սառեցված համաձուլ վածքներն ունեն երկֆազ կառուցվածք:

Շատ դժվար է համատեղել լավ գույնն ու մշակելիությունը: Պղնձի ավելացումը նիկելային սպիտակ ոսկու համաձուլ վածքներին մեծացնում է համաձուլ վածքի մշակելիությունը: Au-Cu համակարգի համաձուլ վածքներում սոլիդուսի ջերմաստիճանից ցածր առաջանում են անսահմանափակ պինդ լուծույթներ: Հալման նվազագույն ջերմաստիճանը կազմում է 910°C ՝ 80% Au պարունակության դեպքում:

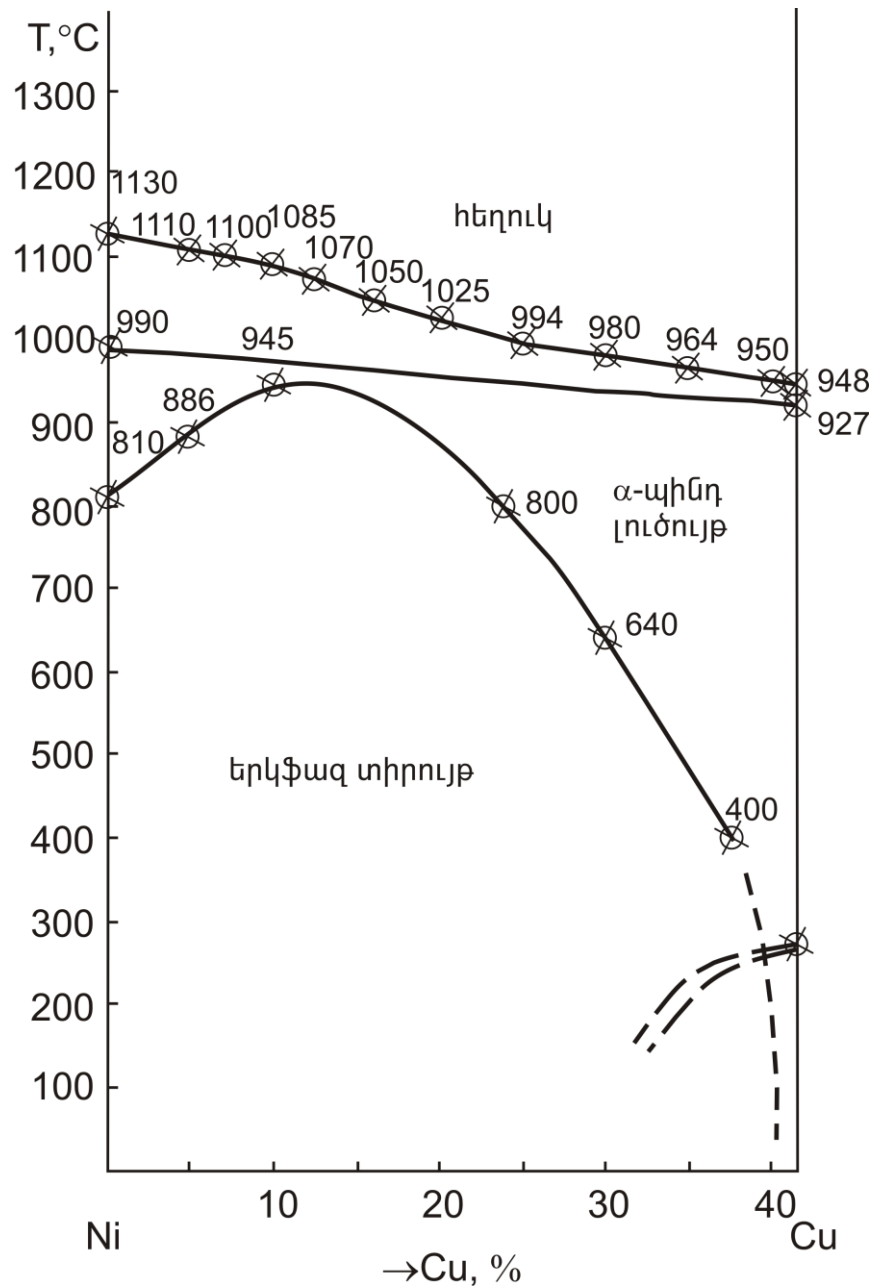
Au-Cu համակարգի բնորոշ առանձնահատկությունը դանդաղ սառեցման ժամանակ կարգավորված ֆազի առաջացումն է, որն առաջին անգամ հայտնաբերել է Կուրնակովը, որի էությունը դիֆուզիոն տեղափոխությունների միջոցով բյուրեղում ատոմների փոխադարձ դասավորության փոփոխումն է: Կարգավորման աստիճանը կախված է բաղադրությունից. ստեխիոմետրիկ բաղադրությունից շեղվելու դեպքում այն նվազում է, քանի որ ավել որդ ատոմներն անկանոն են տեղակայվում: Կարգավորման ժամանակ տեղի է ունենում ֆիզիկա-մեխանիկական հատկությունների՝ էլեկտրահաղորդականության,

կարծրությամբ, ամրությամբ սահմանի, ջերմահաղորդականությամբ նշանակալից փոփոխություններ: Բարձր ջերմաստիճաններում AuCu ֆազին համապատասխանող բաղադրությամբ համաձուլվածքը գտնվում է չկարգավորված վիճակում, 410°C-ից ցածր ջերմաստիճաններում AuCu-ի կարգավորումը տեղի է ունենում հետևյալ կերպ. 50% (ատ.) Au պարունակող համաձուլվածքի դանդաղ սառեցման դեպքում չկարգավորված պինդ լուծույթներից (h12) առաջանում է AuCuII ֆազ՝ օրթոռոմբիկ ցանցով, որը գոյություն ունի 410...380°C տիրույթում: 380°C ցածր առաջանում է AuCuI ֆազը, որն ունի տետրագոնալ բյուրեղային ցանց՝ $c/a=0,92$: Կարգավորման ժամանակ ոսկու և պղնձի ատոմներն այնպես են խմբավորվում, որ (002) հարթությունները հանդիսանում են պղնձի և ոսկու իրար հաջորդող հարթություններ: Չկարգավորված AuCu բաղադրության համաձուլվածքի ֆազային փոխակերպությունը տեղի է ունենում հետևյալ կերպ. սկզբում կրիտիկականից ցածր ջերմաստիճանի նվազման հետ չկարգավորված մայրակում առաջանում են կարգավորված սաղմեր, որոնք հետո աճում են չկարգավորված ֆազի հաշվին, և ընդհանուր կարգավորվածությունը կտրուկ մեծանում է: Ուսումնասիրվող 585 հարգի սպիտակ ոսկու համաձուլվածքի համար հիմք է հանդիսանում Au-Cu-Ni համակարգի եռակի վիճակի դիագրամը:

Անմիջապես սուլիդուսի գծից ներքև բոլոր համաձուլվածքներն ունեն նիստակենտրոն խորանարդային ցանցով (h12) կառուցվածք: Au-Ni համակարգում առկա համասեռ պինդ լուծույթի տրոհումը Cu-ի ավելացման հետ տեղի է ունենում ավելի բարձր ջերմաստիճաններում՝ հասնելով առավելագույնս 970°C՝ 40%Au+40%Ni+20%Cu պարունակության դեպքում: Cu-ի բարձր պարունակության դեպքում լավանում է համաձուլվածքի մշակելիությունը, սակայն դա վատ է անդրադառնում համաձուլվածքի սպիտակ գույնի վրա, այդ պատճառով համաձուլվածքին հավելվում է ցինկ: Ցինկի ավելացումը համաձուլվածքին կոմպենսացնում է պղնձի գուևային ազդեցությունը, լավացնում է նաև հեղուկահոսունությունը: Հալման ժամանակ տեղի է ունենում համաձուլվածքից ցինկի

մասնակի գոլորշիացում, որը կարող է հետագայում խնդիրներ ստեղծել թափոնների վերամշակման ժամանակ, ինչպես նաև բացասական ազդել մածուցիկության վրա:

Ելնելով Au-Cu-Ni համակարգի լիկվիդուսի ջերմաստիճանների և երկֆազ տիրույթների ուսումնասիրություններից՝ մեր կողմից կառուցվել է 58,5% Au-ի հաստատուն պարունակության համար Au-Cu-Ni համակարգի համաձուլվածքների պոլիթերմ կտրվածքը (նկ. 3.3):



Նկ. 3.3. Au-Cu-Ni համակարգի պոլիթերմ կտրվածքը
58.5% Au-ի առտուն առնու թուան ուեաթու մ

Ինչպես երևում է կտրվածքից, լիկվիդուսի և սուլիդուսի ջերմաստիճանների տարբերությունը նվազում է նիկելի կողմից դեպի պոնձի կողմը: Պինդ լուծույթի տրոհման ջերմաստիճանները նույն ուղղությամբ նախ աճում են մինչև 945°C և ապա՝ նվազում դեպի Cu-ը: Ընդ որում, այդ տրոհումը Au-Cu կողմի վրա բացակայում է: Բայց քանի որ Au-Cu համակարգում գոյություն ունի կարգավորում, սպասելի է, որ այդ կարգավորումը կարող է ի հայտ գալ նաև Au-Cu-Ni եռակի համաձուլվածքներում:

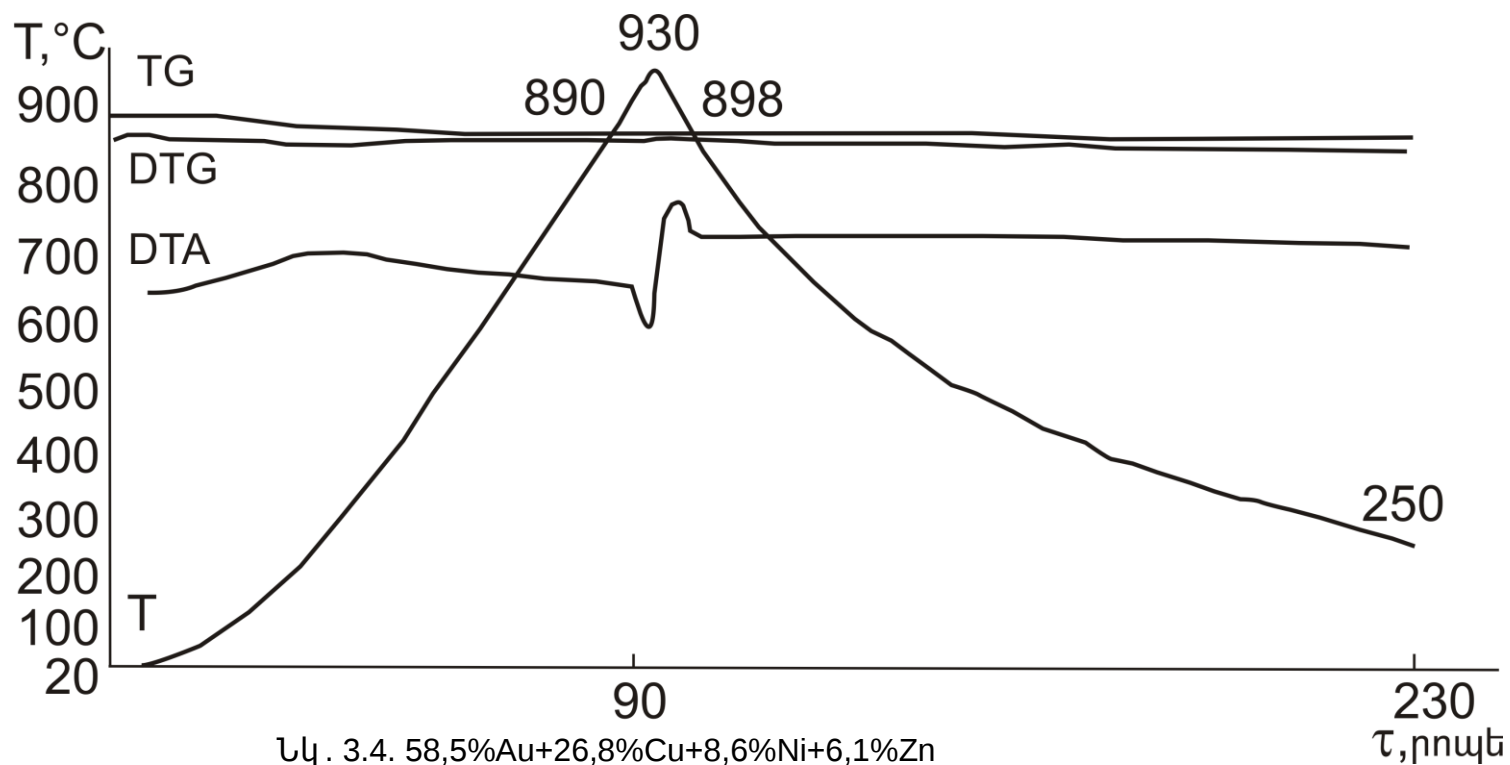
585 հարգի համաձուլվածքի ուսումնասիրությունների համար կատարվել է ջերմածանրաչափական և դիֆերենցիալ ջերմային վերլուծություն՝ Q-1500 դերիվատորաֆով՝ $20\ldots 950^{\circ}\text{C}$ ջերմաստիճանային տիրույթում՝ 10°C/րոպե տաքացման արագությամբ, իսկ սառեցման արագությունը 5°C/րոպե : Ջերմագրերի վրա պարզ երևում են 585 հարգի նշված բաղադրության նիկել-ցինկային համաձուլվածքի լիկվիդուսի և սուլիդուսի ջերմաստիճանները (նկ. 3.4): Լիկվիդուսի ջերմաստիճանը 930°C է, իսկ սուլիդուսինը 890°C : Ըստ Au-Cu-Ni համակարգի պլիթերմ կտրվածքի՝ լիկվիդուսի և սուլիդուսի կետերին համապատասխանում են 972°C և 935°C : Այսինքն՝ 585 հարգի սպիտակ ոսկու համաձուլվածքում Zn-ի առկայությունը նվազեցնում է լիկվիդուսի և սուլիդուսի ջերմաստիճանները $40\ldots 45^{\circ}\text{C}$ -ով: Կարգավորման և տրոհման ջերմային էֆեկտները, ըստ երևույթին, չափազանց փոքր են, ուստի ջերմագրերի վրա դժվար է որոշել ճշգրիտ ջերմաստիճանները: Աննշան փոփոխությունների հիման վրա կարելի է միայն պայմանականորեն որոշել Ni-ի և Zn-ի ազդեցության հետևանքով տրոհման ջերմաստիճանը՝ 570°C , իսկ կարգավորման ջերմաստիճանը՝ 275°C :

3.3. Ձուլված 585 հարգի նիկել-ցինկային սպիտակ ոսկու համաձուլվածքների ջերմամշակումը և ռեժիմների ընտրությունը

3.3.1. Համաձուլվածքների ջերմամշակումը և դրանցում տեղի ունեցող փոխակերպությունների հետազոտումը՝ մետաղագրային ու ռենտգենյան եղանակներով

Ջերմամշակման փորձարկումներն իրականացվել են CHOL-1,6.2,5.1/9-ИЗУХЛ4.2 մակնիշի լաբորատոր խցային դիմադրության էլեկտրավառարանում՝ տարբեր ջերմաստիճանաժամանակային ռեժիմներով: Որպես նմուշ օգտագործվել են ձուլման կանգնակից կտրտված փորձանմուշները:

Ելնելով ջերմաճանրաչափական վերլուծության տվյալներից և հաշվի առնելով, որ ջերմամշակումն անհրաժեշտ է կատարել ոչ բարձր ջերմաստիճանում՝ գարդերի վրա տեղադրված քարերին չվնասելու համար, ինչպես նաև էներգետիկ կորուստները



Նկ. 3.4. 58,5%Au+26,8%Cu+8,6%Ni+6,1%Zn

բաղադրության համաձուլվածքի ջերմագիրը.

T-ն՝ ջերմաստիճանի փոփոխությունն է,

TG-ն՝ զանգվածի փոփոխությունը,

DTG-ն՝ զանգվածի փոփոխության դիֆերենցիալը,

DTA-ն՝ դիֆերենցիալ-ջերմային

վերլուծության կորը

նվազեցնել ու նպատակով, փորձարկումները կատարվել են հետևյալ ջերմաստիճաններում՝ 330°C, 270°C, 250°C տարբեր պահման տևողությունների և սառեցման արագությունների կիրառմամբ՝ կարգավորման ճշգրիտ ջերմաստիճանի կամ ջերմաստիճանային տիրույթի որոշման նպատակով: Յուրաքանչյուր ռեժիմի դեպքում կատարվել են մետաղագրային և ռենտգենագրային հետազոտություններ, ինչպես նաև միկրոկարծրության որոշում:

Նկ. 3.5-ում բերված է 330°C-ում և 270°C-ում տարբեր ռեժիմերով ջերմամշակված համաձուլվածքի ռենտգենագրերը: Ձուլված համաձուլվածքի ջերմամշակումը 330°C-ից ցույց է տալիս, որ այդ ջերմաստիճանում համաձուլվածքը չի կարգավորվում, և հետագայում 270°C-ից օդում սառեցումից հետո կարգավորումը նույնպես բացակայում է: Կարգավորում չկա նաև ձուլված համաձուլվածքի 270°C ջերմամշակումից հետո: 330°C-ում 1 ժամ պահումից հետո (սառեցումը օդում) α պարամետրի հաշվարկումը բերված է աղյուսակ 3.2-ում: Հաշվարկները ցույց են տվել, որ α պարամետրը 330°C-ում ջերմամշակումից հետո չի փոխվել, այսինքն, այդ ջերմաստիճանում ջերմամշակումից հետո կարգավորումը բացակայում է:

Նկ. 3.6-ում բերված են 250°C տաքացված և տարբեր տևողություններով պահված (մինչև 6 ժամ) և օդում սառեցմամբ ջերմամշակված նմուշների ռենտգենագրերը: Ինչպես երևում է ռենտգենագրերից արդեն 2 ժամ 30 րոպե 250°C-ում ջերմամշակումից հետո ռենտգենագրի վրա պարզ երևում են AuCu կարգավորված ֆազի գերկառուցվածքային ռեֆլեքսները:

Ռենտգենաֆազային քանակական վերլուծության մեթոդով [110], ոսկու հիմքով պինդ լուծույթի (111) ռեֆլեքսի ինտենսիվության փոփոխության և առաջացող AuCu կարգավորված ֆազի գերկառուցվածքների (111) ռեֆլեքսի ինտենսիվությունների տարբերության հիման վրա, որոշվել է, որ տվյալ համաձուլվածքը կարգավորվում է, բայց ոչ ամբողջությամբ: Ոսկու հիմքով պինդ լուծույթի (111) ռեֆլեքսի և կարգավորված AuCu ֆազի (111) ռեֆլեքսի ինտենսիվությունների փոփոխության կորերը բերված են նկ. 3.7-

ու մ: 250°C-ում 2 ժամ 30 րոպե պահումից հետո (սառեցումը օդում) α
 պարամետրի հաշվարկումը բերված է աղյուսակ 3.3-ում, ըստ որի այն
 կազմում է 0,3801 նմ, այսինքն առկա է կարգավորվածություն:

ա)

բ)

գ)

Նկ. 3.5. 585 հարգի 58,5%Au+26,8%Cu+8,6%Ni+6,1%Zn

բաղադրությամբ համաձուլվածքի

նենտգենագրերը.

ա) ձուլումից հետո,

բ) 330°C-ում 1 ժամ պահումից հետո՝ սառեցումը
 օդում, 82

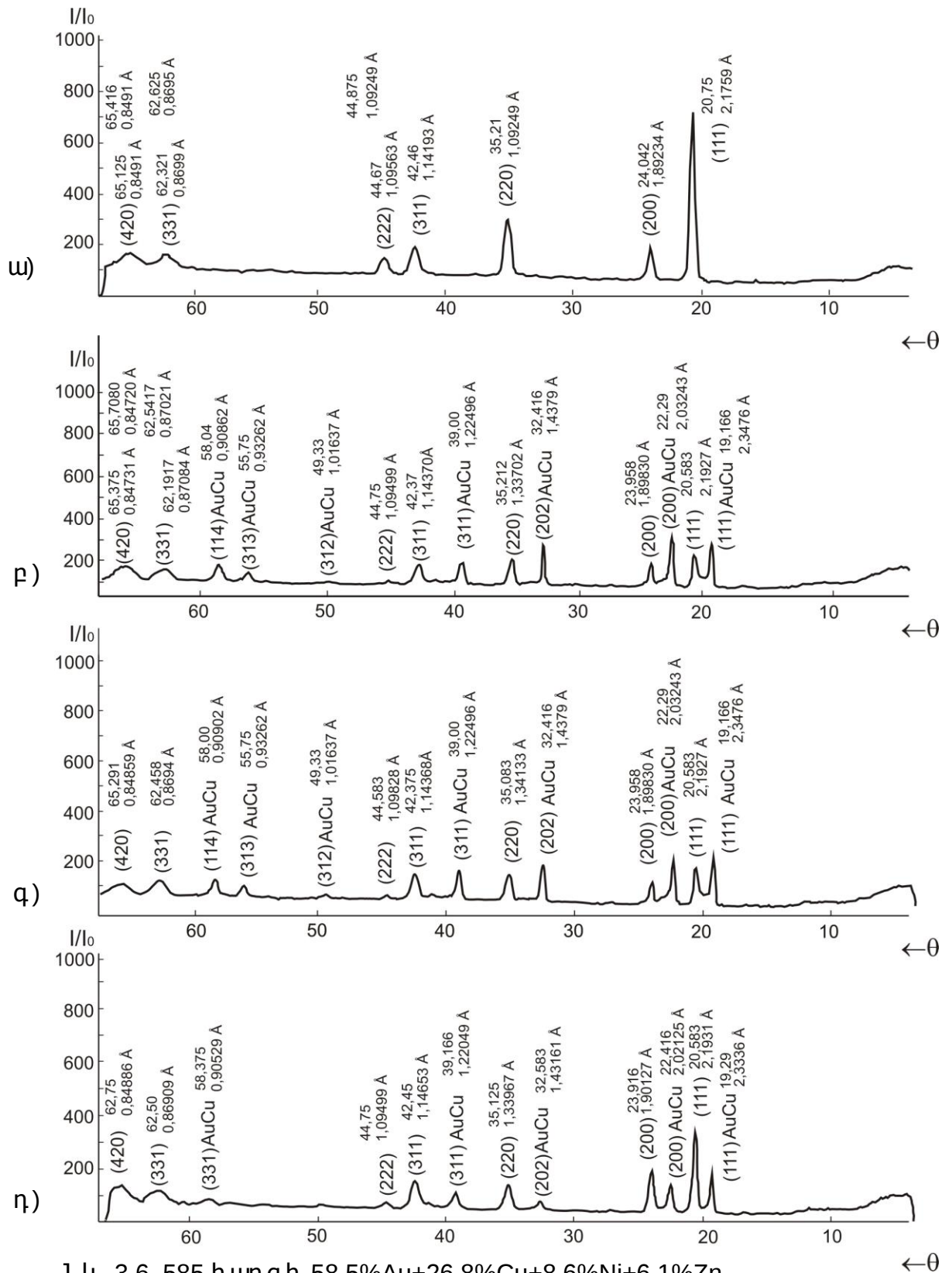
գ) 330°C-ում 1 ժամ և 270°C-ում 3 ժամ 15 րոպե

Աղյ ու սակ 3.2

330°C-ում 1 ժամ պահում՝ սառեցումը օդում ջերմամշակման ռեժիմից հետո ատոմական

պարբերության հաշվարկը

HKL	$\sqrt{H^2 + K^2 + L^2}$	d=	λ	θ	ռադ.θ	a	l	ξ	tgθ	ltgθ	ξltgθ	ξ ² ltgθ	altgθ	ξaltgθ
111	1,732	2,18390	α	20,670	0,361	3,783	100,00	2,453	0,377	37,727	92,555	227,062	142,707	350,100
200	2,000	1,89531	α	24,000	0,419	3,791	17,2650	2,022	0,445	7,687	15,544	31,431	29,138	58,920
220	2,828	1,33570	α	35,250	0,615	3,778	15,8120	1,120	0,707	11,175	12,513	14,012	42,218	47,274
311	3,317	1,14106	α	42,500	0,742	3,784	11,0250	0,769	0,916	10,103	7,766	5,970	38,233	29,390
222	3,464	1,09173	α	44,916	0,784	3,782	11,1110	0,675	0,997	11,078	7,477	5,047	41,897	28,279
331	4,359	0,87044	α	62,333	1,088	3,794	5,4700	0,221	1,907	10,433	2,304	0,509	39,586	8,741
420	4,472	0,84771	α	65,416	1,142	3,791	4,4440	0,171	2,186	9,714	1,661	0,284	36,825	6,296
										A	B	D	C	E
										42,789	30,060	25,537	161,934	113,683
										a ₀ =	3,797	Å		
										a ₀ =	0,3797	նմ		



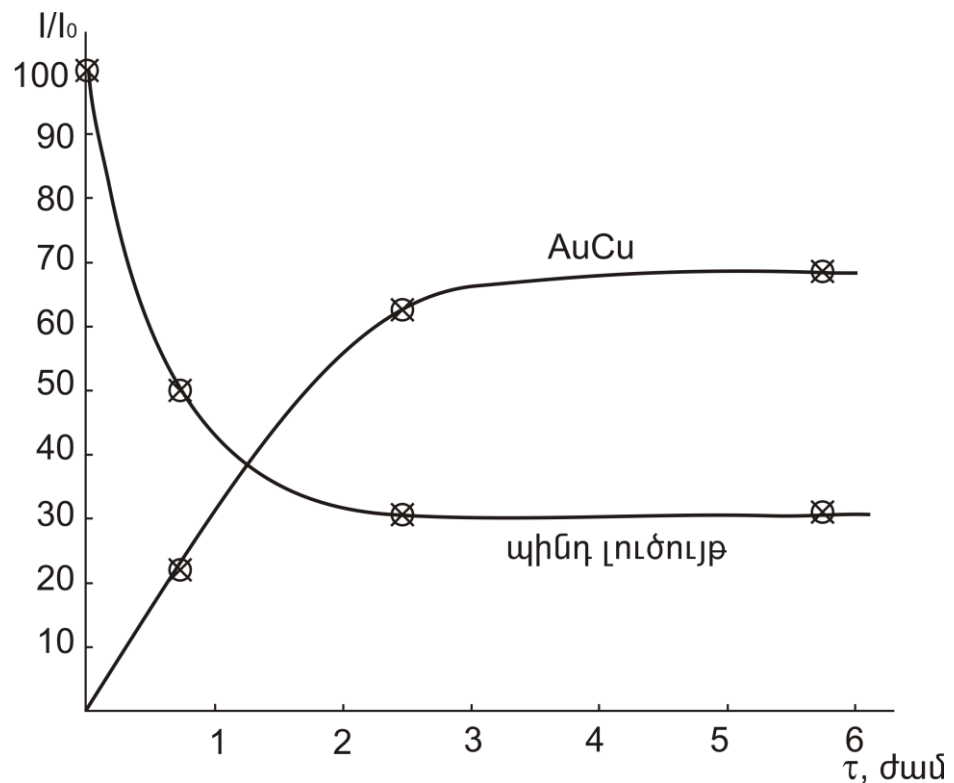
Նկ. 3.6. 585 հարգի 58,5%Au+26,8%Cu+8,6%Ni+6,1%Zn

բաղադրություն ան համաձուլվածքի ռենտգենագրերը
 ա) ձուլվումից հետո,

բ) 250°C-ում 2 ժամ 30 րոպե պահումից հետո՝ սառեցումը
 օդում,

գ) 250°C-ում 5 ժամ 30 րոպե պահումից հետո՝ սառեցումը
 օդում,

դ) 250°C-ում 5 ժամ 30 րոպե պահումից հետո՝ սառեցումը



Նկ. 3.7. Ոսկու հիմքով պինդ լուծույթի (111) ռեֆլեքսի

և կարգավորված ֆազի (111) ռեֆլեքսի
հնտենսիվության ունենելու

58,5%Au+26,8%Cu+8,6%Ni+6,1%Zn բաղադրության համաձուլվածքի միկրոկառուցվածքը 250°C-ում 2 ժամ 30 րոպե պահումից և օդում սառեցումից հետո բերված է նկ. 3.8-ում:

Քանակական ռենտգենաֆազային վերլուծության հիման վրա կատարած հաշվարկները ցույց են տվել, որ կարգավորված է տվյալ ձուլված համաձուլվածքի 69±2,5%-ը, իսկ մնացած մասը մնացել է չկարգավորված: Հետագայում կարգավորվածության աստիճանը չի փոխվում: Հետագա ջերմամշակումը 330°C-ում, բերում է կարգավորվածության նվազման, որը ցույց է տալիս պինդ լուծույթի ռեֆլեքսների ինտենսիվության փոփոխությունները (նկ. 3.6 դ):

Նկ. 3.9-ում պատկերված է 250°C-ում 2 ժամ 30 րոպե պահումից և վառարանում սառեցումից հետո համաձուլվածքի միկրոկառուցվածքը՝ $\times 270$ խոշորացման դեպքում: Նշված ռեժիմով ջերմամշակված համաձուլվածքի ռենտգենագիրը բերված է նկ. 3.10-ում, իսկ α պարամետրի հաշվարկումը բերված է աղյուսակ 3.4-ում:

Աղյուսակ 3.3

250°C-ում 2 ժամ 30 րոպե պահում՝ սառեցումը օդում ջերմամշակման ռեժիմից հետո ատոմական պարբերության հաշվարկը

HKL	$\sqrt{H^2 + K^2 + L^2}$	d=	λ	θ	ռադ. θ	a	l	ξ	tg θ	ltg θ	ξ ltg θ	ξ^2 ltg θ	altg θ	ξ altg θ
111	1,732	2,19270	α	20,5830	0,359	3,798	100,00	2,466	0,376	37,554	92,616	228,413	142,624	351,744
200	2,000	1,89830	α	23,9580	0,418	3,797	72,00	2,027	0,444	31,993	64,846	131,436	121,466	246,196
220	2,828	1,33702	α	35,2120	0,615	3,782	82,40	1,122	0,706	58,153	65,244	73,199	219,914	246,729
311	3,317	1,14370	α	42,3790	0,740	3,793	62,40	0,774	0,912	56,937	44,050	34,080	215,975	167,093
222	3,464	1,09499	α	44,7500	0,781	3,793	12,00	0,681	0,991	11,896	8,102	5,518	45,122	30,732
331	4,359	0,87084	α_1	62,1917	1,085	3,796	38,40	0,223	1,896	72,807	16,256	3,630	276,367	61,706
331	4,359	0,87021	α_2	62,5417	1,092	3,793	35,20	0,217	1,924	67,739	14,713	3,196	256,944	55,807
420	4,472	0,84731	α_1	65,3750	1,141	3,789	48,00	0,172	2,182	104,720	17,968	3,083	396,815	68,084
420	4,472	0,84720	α_2	65,7080	1,147	3,789	44,00	0,167	2,216	97,485	16,244	2,707	369,352	61,544
										A	B	D	C	E
										199,792	133,652	116,427	757,378	506,260
										a ₀ =	3,801	Å		
										a ₀ =	0,3801	նմ		

Այս ջերմամշակման արդյունքում պարզ է դարձել, որ համաձուլվածքում բացակայում է կարգավորումը, իսկ միկրոկարծրության աճը պայմանավորված է պինդ լուծույթի տրոհմամբ:



ա)



բ)

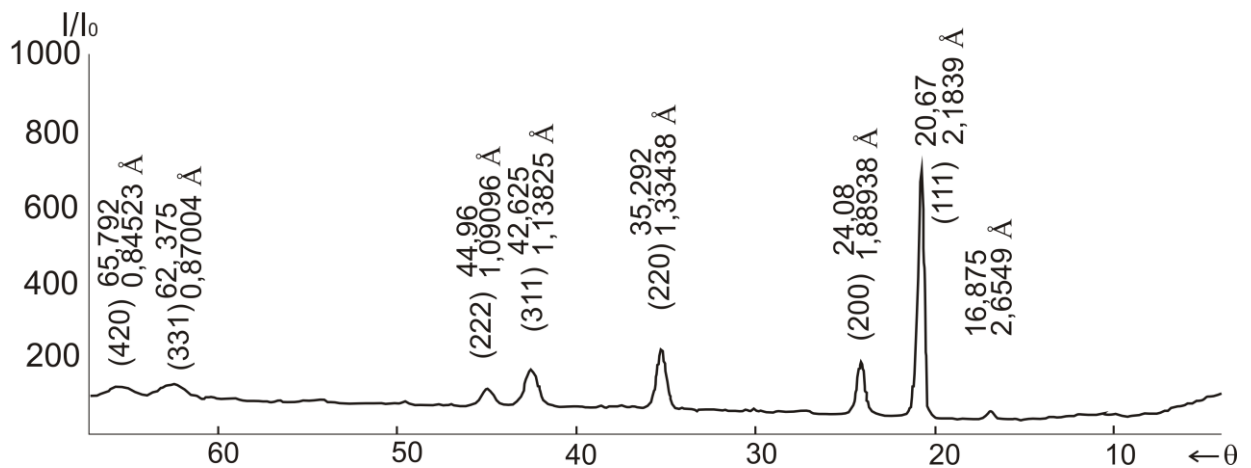


գ)

Նկ. 3.8. 585 հարգի $58,5\%Au+26,8\%Cu+8,6\%Ni+6,1\%Zn$
բաղադրության համաձուլվածքի
միկրոկառուցվածքը՝
 $250^{\circ}C$ -ում 2 ժամ 30 րոպե պահումից և
օդում սառեցումից հետո,
III ու $\times 270$ և $\times 450$



Նկ . 3.9. 585 հարգի 58,5%Au+26,8%Cu+8,6%Ni+6,1%Zn
բաղադրությամբ համաձուլվածքի
միկրոկառուցվածքը՝
250°C-ում 2 ժամ 30 րոպե պահումից և
վառարանում սառեցումից հետո, $\times 270$



Նկ . 3.10. 585 հարգի 58,5%Au+26,8%Cu+8,6%Ni+6,1%Zn
բաղադրությամբ համաձուլվածքի ռենտգենազիրը
250°C-ում 2 ժամ 30 րոպե պահումից և
վառարանում սառեցումից հետո

Աղյուսակ 3.4

250°C-ում 2 ժամ 30 րոպե պահում՝ սառեցումը վառարանում ջերմամշակման ռեժիմից հետո ատոմական պարբերության

հաշվարկը

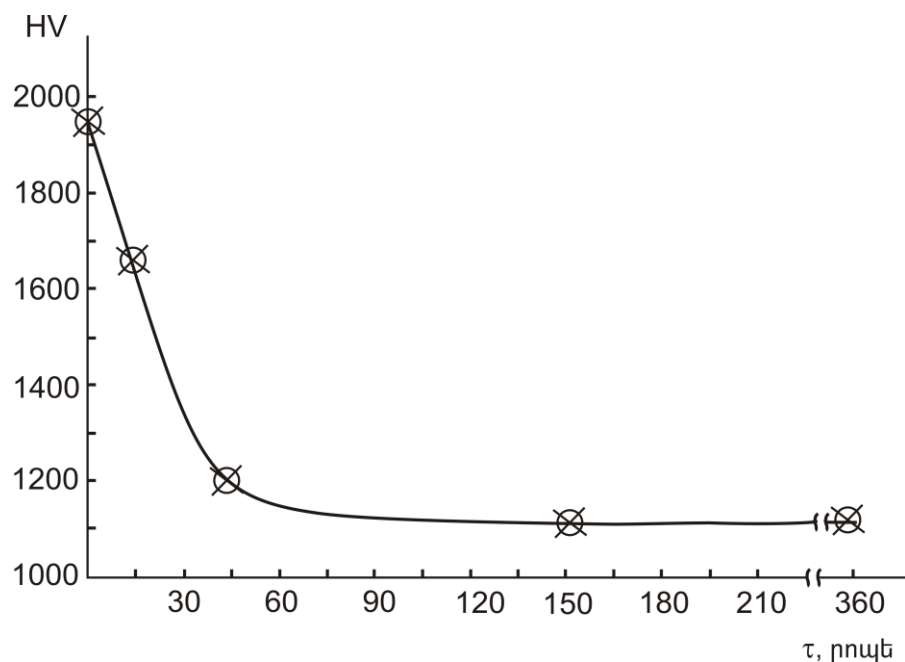
HKL	$\sqrt{H^2 + K^2 + L^2}$	d=	λ	θ	նալ. θ	a	l	ξ	tg θ	ltg θ	ξ ltg θ	ξ^2 ltg θ	altg θ	ξ altg θ
111	1,732	2,18390	α	20,670	0,361	3,783	100,00	2,453	0,377	37,727	92,555	227,062	142,707	350,100
200	2,000	1,88938	α	24,080	0,420	3,779	22,4880	2,013	0,447	10,050	20,231	40,728	37,976	76,450
220	2,828	1,33438	α	35,292	0,616	3,774	25,7870	1,117	0,708	18,253	20,395	22,788	68,890	76,974
311	3,317	1,13285	α	42,625	0,744	3,757	15,2920	0,764	0,920	14,074	10,747	8,207	52,880	40,379
222	3,464	1,09096	α	44,960	0,785	3,779	7,6460	0,673	0,999	7,635	5,141	3,462	28,855	19,429
331	4,359	0,87004	α	62,375	1,089	3,792	7,7960	0,220	1,911	14,897	3,278	0,722	56,494	12,433
420	4,472	0,84523	α	65,792	1,148	3,780	6,7460	0,165	2,224	15,005	2,482	0,410	56,718	9,381
										A	B	D	C	E
										54,859	39,561	35,178	207,118	149,216
										a ₀ =	3,792	Å		
										a ₀ =	0,3792	նմ		

3.3.2. Ընտրված ռեժիմներով ջերմամշակված համաձուլվածքներում հատկությունների հետազոտումը

585 հարգի $58,5\%Au+26,8\%Cu+8,6\%Ni+6,1\%Zn$ բաղադրությամբ համաձուլվածքի կարգավորման կինետիկայի որոշմանը զուգահեռ կատարվել է նաև միկրոկարծրության որոշում:

Նշված ռեժիմներով ջերմամշակումներից հետո որոշվել են նմուշների միկրոկարծրությունները $\Pi MT-3$ միկրոկարծրաչափի վրա՝ $100g$ բեռնվածության դեպքում: Չափումների արդյունքում ստացվել են հետևյալ տվյալները. ձուլված համաձուլվածքի համար 1950 ՄՊա, կարգավորված համաձուլվածքի համար ստացվել է նվազագույն միկրոկարծրությունը՝ 1150 ՄՊա, ձուլված համաձուլվածքի $330^{\circ}C$ -ում 1 ժամ պահումից և օդում սառեցումից հետո 2040 ՄՊա, նախապես կարգավորված համաձուլվածքը $330^{\circ}C$ -ում 1 ժամ պահումից և օդում սառեցումից հետո 2140 ՄՊա: Ըստերևույթին միկրոկարծրության աճը պայմանավորված է ցինկիդների առաջացմամբ (նկ. 3.5 գ): Առավելագույն միկրոկարծրությունը ստացվել է $250^{\circ}C$ -ում 2 ժամ 30 րոպե պահումից և վառարանի հետ սառեցումից հետո՝ 2580 ՄՊա:

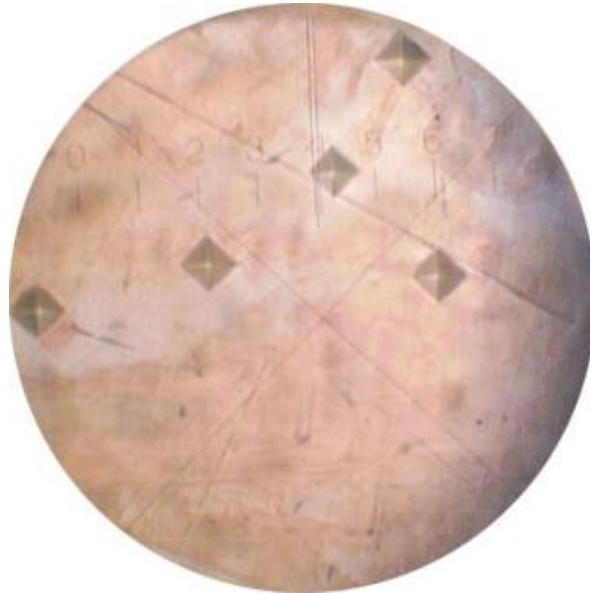
Նկ. 3.11-ում բերված է միկրոկարծրության կախվածությունը $250^{\circ}C$ -ում պահման տևողությունից:



Նկ. 3.11. Միկրոկարծրության կախվածությունը

պահման տևողությունից $250^{\circ}C$ -ում

Կարծրության ցուցանիշները միջինացված են, որովհետև դենդրիտային լիկվացիայի հետևանքով հատիկն անհամասեռ է: Այդ տարբերությունը երևում է միկրոկարծրության չափման հետևանքով առաջացած հետքերից (նկ. 3.12):



Նկ. 3.12. Միկրոկարծրության չափման հետքերը
դենդրիտային լիկվացված կառուցվածքի վրա,

Ստացված համաձուլվածքի մնացորդային դեֆորմացման ունակությունը բնութագրելու համար պատրաստվել են ձգման նմուշներ և կատարվել է ձգում:

Ձգման փորձարկման ընթացքում նմուշի մնացորդային դեֆորմացումը տեղի է ունենում կայուն և անկայուն փուլերով: Առաջին փուլում նմուշը պահպանում է իր երկրաչափական ձևը, այսինքն՝ մնում է գլանաձև, բայց երկարում է և բարակում: Երկրորդ փուլը՝ անկայուն ալաստիկ դեֆորմացման փուլը, կապված է տեղական դեֆորմացման, այսինքն՝ վզիկի առաջացման հետ: Ընդ որում, որպես ալաստիկություն և պինդ վիճակում մետաղական նյութի մնացորդային դեֆորմացումը բնութագրող ցուցանիշ առաջին մոտավորությամբ կարելի է համարել հարաբերական երկարացումը՝ δ և հարաբերական նեղացումը՝ ψ : Սակայն մետաղի ճնշմամբ մշակվելու ունակությունը բնութագրելու համար շատ դեպքերում անհրաժեշտություն է առաջանում որոշել դրա ընդունակությունը անդարձելիորեն փոխել իր ձևը կայուն փուլում՝ ողջ ծավալում

հավասարաչափ, առանց տեղական դեֆորմացման: Այդ ունակությունը կարելի է չափել ε_y մեծությամբ.

$$\varepsilon_y = \ln \frac{F_o}{F_y},$$

որտեղ F_o -ն ձգման նմուշի բանվորական մասի ընդլայնական կտրվածքի մեծությունն է (մմ^2), իսկ F_y -ն կայուն դեֆորմացման սահմանային (մինչև վզիկի առաջացումը), նմուշի ընդլայնական կտրվածքի չափն է (մմ^2), որը նշանակել ենք F_{yq} , ε_y -ն մետաղի առավելագույն կայուն ալաստիկությունն է ըստ Գ.Ա. Սմիրնով-Ալյանովի [111]: Որքան մեծ է մետաղի կայուն ալաստիկությունը, այնքան բարձր կլինի նաև ալաստիկությունը բարդ լարման վիճակների դեպքում, երբ կարող են առաջանալ կենտրոնացված դեֆորմացումներ:

Հետազոտության ընթացքում կատարվել են ձուլված և ընտրված ռեժիմներով ջերմամշակված նմուշների ձգման փորձարկումներ 2161P-5 ձգման մեքենայի վրա՝ 2 մմ/ր արագությամբ: Որպես նմուշ օգտագործվել են ձուլման սնուցիչները: Քանի որ սնուցիչների կտրվածքը շրջանաձայինից տարբերվում է, պատրաստվել են ըստ ԳՈՍՏ 1497-61, նույնը ըստ ԳՈՍՏ 1497-84, համապատասխան հնգակի երկարության «կարճ» ձգման նմուշներ՝ պահպանելով $l_0 = 5,65\sqrt{F_0}$ պայմանը [100]:

Ձգման ընթացքում, պարբերաբար, մինչև վզիկի առաջացումը, այսինքն մինչև առավելագույն ուժի ցուցանիշը, չափվել է կտրվածքի տրամագիծը և դրանով իսկ որոշվել է մակերեսը՝ F_{yq} -ն, որի միջոցով որոշվել է հարաբերական նեղացումը մինչև վզիկի առաջացումը՝ ψ_{yq} [112]:

$$\psi_{y/2} = \frac{F_0 - F_{y/2}}{F_0}:$$

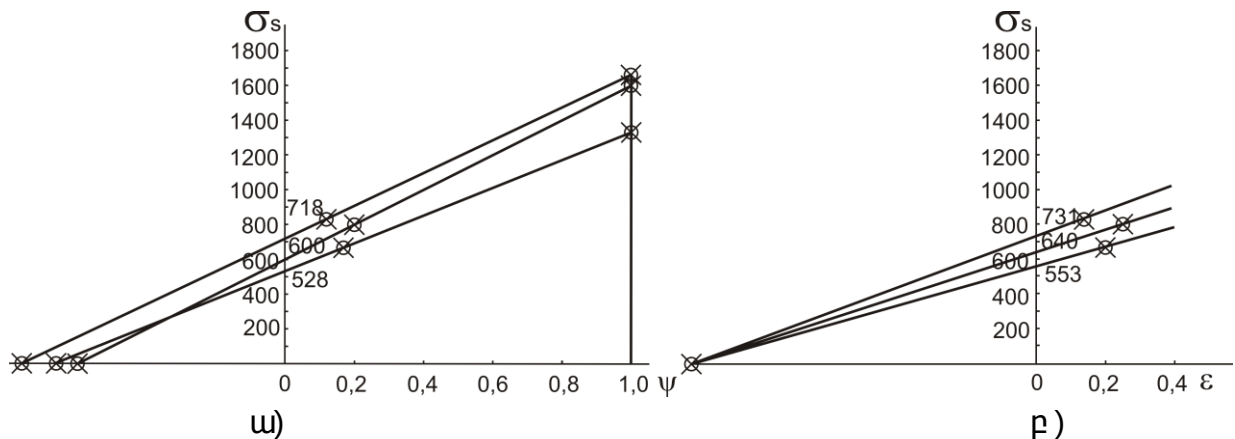
Չուգահեռաբար չափվել է երկարացումն ու անալիտիկ եղանակով որոշվել կտրվածքների մակերեսը՝ ծավալի հաստատունության օրենքի համաձայն՝

$$F_0 \cdot l_0 = F_1 \cdot l_1 = F_{yq} (l_0 + \Delta l_{yq}),$$

$$F_{\text{վգ}} = \frac{F_0 \cdot l_0}{l_0 + \Delta l_{\text{վգ}}},$$

որտեղ F_0 -ն նմուշի նախնական կտրվածքի մակերեսն է, մմ², $F_{\text{վգ}}$ -ն՝ նմուշի կտրվածքի մակերեսը, որը համապատասխանում է առավելագույն ուժին, մմ²: Երկու եղանակների արդյունքները համեմատվել են և ցույց են տվել իդենտիկություն:

Կառուցվել են լարման և հարաբերական նեղացման՝ σ - ψ , ինչպես նաև լարման և հարաբերական երկարացման՝ σ - ε գրաֆիկները, որոնք բերված են նկ. 3.13-ում:



Նկ. 3.13. Հոսունության լարման և հարաբերական նեղացման (ա),

հոսունության լարման և հարաբերական երկարացման (բ)

Լարման և դեֆորմացիայի կախվածության կառուցման (նկ. 3.13 բ) եղանակը Վ.Ա. Բեկոֆենը վերագրում է Կոնստիդերին [113], ըստ որի պայմանական դեֆորմացումը՝

$$\varepsilon_E = \frac{l_0 - l}{l_0} = 1 - \left(\frac{l}{l_0} \right),$$

որը կապված է իրական ε -ի հետ հետևյալ ձևով.

$$\varepsilon = \ln \left(\frac{l}{l_0} \right) = \ln(1 + \varepsilon_E),$$

$$\varepsilon = \ln(1 + \varepsilon_E),$$

այնպես, որ

$$d\varepsilon = d\varepsilon_E (1 + \varepsilon_E),$$

$$\frac{d\sigma}{d\varepsilon} = (1 + \varepsilon_E) \frac{d\sigma}{d\varepsilon_E} :$$

Տեղադրելով այս արտահայտությունը այն պահի համար, երբ կորում է կայունությունը՝

$$\frac{d\sigma}{d\varepsilon} = \sigma, \text{ կստացվի՝}$$

$$\sigma = (1 + \varepsilon_E) \frac{d\sigma}{d\varepsilon_E},$$

$$\frac{d\sigma}{d\varepsilon_E} = \frac{\sigma}{1 + \varepsilon_E};$$

Եթե ապոքսիմացվի $\sigma = \sigma(\varepsilon)$ ֆունկցիան՝ որպես $\sigma = K\varepsilon^n$, ապա կունենանք՝

$$K\varepsilon^n = \frac{d\sigma}{d\varepsilon},$$

$$K\varepsilon^n d\varepsilon = d\sigma, \text{ և } \varepsilon^* = n_i,$$

որտեղ ε^* -ի րական դեֆորմացումն է վզիկի առաջացման պահին:

Սակայն ըստ Ստորոժեվի [112] դեֆորմացման ամրացման ավելի լավ ցուցանիշ է՝

$$n = \frac{\Psi_{i/2}}{1 - \Psi_{i/2}},$$

այսինքն՝ ձգման փորձարկման դեպքում գերադասելի է օգտագործել հարաբերական նեղացման ֆունկցիոնալ կապը ամրացման հետ.

$$\sigma = C\Psi^n:$$

Նշված գրաֆիկները ցույց են տալիս, որ փորձարկումների տվյալներին ավելի լավ են համապատասխանում σ - Ψ գրաֆիկի ցուցանիշները, որոնք համարյա համընկնում են փորձնական տվյալների հետ ձուլված և կարգավորված վիճակների դեպքում: Փորձնական և գրաֆիկական ցուցանիշների համադրումը բերված է աղյուսակ 3.5-ում:

Միաժամանակ որոշվել է ձուլված և տարբեր ռեժիմներով ջերմամշակված համաձուլվածքների ամրացման ցուցանիշները՝ որ:

Այն բնութագրում է մետաղի ամրացման ունակությունը ալաստիկ դեֆորմացման ընթացքում: Այդ մեծությունը ձգման փորձարկման դեպքում ֆունկցիոնալ կապված է հարաբերական նեղացման հետ [112, 114]:

Փորձնական և գրաֆիկական ցուցանիշների համադրումը

Համաձուլվածք	Փորձնական σ_d , ՄՊա	σ_d , ըստ σ_s - ψ գրաֆիկի, ՄՊա	σ_d , ըստ σ_s - ε գրաֆիկի, ՄՊա
Ձուլումից հետո	536	528	553
250°C, պահում 2 ժամ 30 րոպե, սառեցում օդում (կարգավ.)	607	600	640
250°C, պահում 2 ժամ 30 րոպե, սառեցում վառարանում	731	718	731

Դեֆորմացիան ամրացման ցուցանիշը առավելագույն է
կարգավորված նմուշների համար.

$n_d=0,20$ ձուլված համաձուլվածքների համար,

$n_{o\eta}=0,25$ 250°C, 2 ժամ 30 րոպե պահում, օդում սառեցումից հետո,

$n_{վառ}=0,136$ 250°C, 2 ժամ 30 րոպե պահում, վառարանում սառեցումից
հետո:

Առավելագույն կայուն պլաստիկությանը՝ ε_y , ստացվել է
ձուլված համաձուլվածքների համար՝

$$\varepsilon_y = \ln\left(\frac{F_0}{F_y}\right) = \ln 1,20 = 0,182 \quad \psi_y = 0,17,$$

250°C, 2 ժամ 30 րոպե պահում, օդում սառեցումից հետո՝

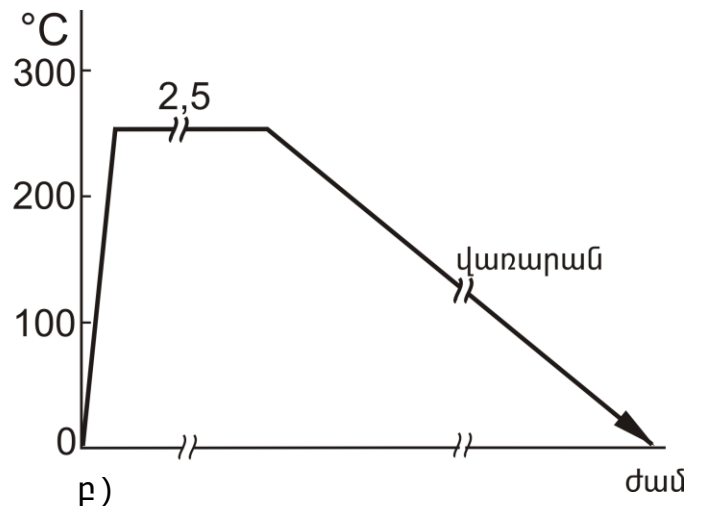
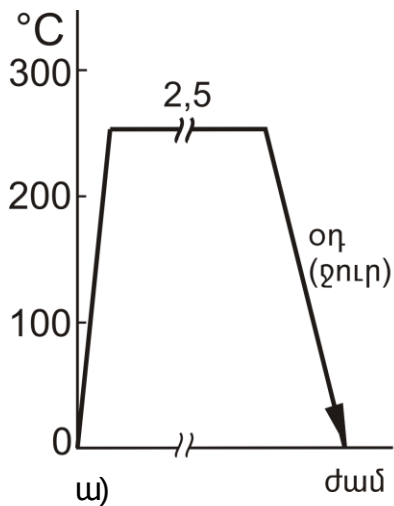
$$\varepsilon_y = \ln\left(\frac{F_0}{F_y}\right) = \ln 1,256 = 0,228 \quad \psi_y = 0,2,$$

250°C, 2 ժամ 30 րոպե պահում, վառարանում սառեցումից հետո՝

$$\varepsilon_y = \ln\left(\frac{F_0}{F_y}\right) = \ln 1,16 = 0,148 \quad \psi_y = 0,12:$$

Այս տվյալները ցույց են տալիս, որ առավելագույն կայուն
պլաստիկությանը կարգավորված վիճակի դեպքում ավել է
ձուլվածի համեմատ 1,25 անգամ, իսկ տրոհվածի նկատմամբ՝ 1,5 անգամ:

Կատարված հետազոտության հիման վրա մշակվել են
նախնական և վերջնական ջերմամշակման տեխնոլոգիաներ (նկ. 3.14):



Նկ. 3.14. Նախնական (ա) և վերջնական (բ)

չերմամշակման

Որպես նախնական չերմամշակման տեխնոլոգիա ընտրված է 250°C տաքացում, պահում 2 ժամ 30 րոպե և սառեցում օդում կամ ջրում՝ կախված նմուշի հաստությունից: Այս ռեժիմը ապահովում է նվազագույն կարծրություն և առավելագույն պլաստիկություն, այսինքն՝ մշակելիության բարձրացում: Որպես վերջնական չերմամշակման տեխնոլոգիա ընտրվել է 250°C տաքացում, պահում 2 ժամ 30 րոպե և սառեցում վառարանի հետ միասին՝ ~7 °C/ժ արագությամբ, որն ապահովում է առավելագույն կարծրություն և ամրություն, այսինքն բարելավվում են շահագործման հատկություններն ու ապրանքային տեսքը:

ԵԶՐԱԿԱՑՈՒ ԹՅՈՒՆՆԵՐ

1. 58,5%Au+26,8%Cu+8,6%Ni+6,1%Zn բաղադրության ձուլված սպիտակ ոսկու համաձուլվածքի ռենտգենակառուցվածքային հետազոտության արդյունքում բացահայտվել է, որ ձուլումից հետո համաձուլվածքի ռենտգենագրում բացակայում են գերկառուցվածքային ռեֆլեքսները, այսինքն կառուցվածքում կարգավորում տեղի չի ունենում:
2. 58,5%Au+26,8%Cu+8,6%Ni+6,1%Zn բաղադրության ձուլված սպիտակ ոսկու համաձուլվածքի հատկությունների հետազոտության արդյունքում միկրոկարծրությունը ստացվել է 1950 ՄՊա, ամրության սահմանը՝ $\sigma_{\sigma}=536$ ՄՊա:

3. Առաջին անգամ կառուցվել է 58,5% Au-ի հաստատուն պարունակության համար Au-Cu-Ni համակարգի համաձուլվածքների պոլիթերմ կտրվածքը: Ցույց է տրվել, որ լիկվիդուսի և սուլիդուսի ջերմաստիճանների տարբերությունը նվազում է նիկելից դեպի պղինձ ուղղությամբ: Բացահայտվել է, որ պինդ լուծույթի տրոհման ջերմաստիճանները նույն ուղղությամբ նախաձում են մինչև 945°C և ապա՝ նվազում դեպի Cu-ը: Ընդ որում, այդ տրոհումը Au-Cu կողմի վրա բացակայում է: Բայց քանի որ Au-Cu համակարգում գոյություն ունի կարգավորում, սպասելի է, որ այդ կարգավորումը կարող է ի հայտ գալ նաև Au-Cu-Ni եռակի համաձուլվածքներում:
4. Ջերմածանրաչափական և դիֆերենցիալ ջերմային վերլուծության արդյունքում պարզվել է, որ լիկվիդուսի ջերմաստիճանը 930°C է, իսկ սուլիդուսինը՝ 890°C: Ըստ Au-Cu-Ni համակարգի պոլիթերմ կտրվածքի՝ լիկվիդուսի և սուլիդուսի կետերին համապատասխանում են 972°C և 935°C: Այսինքն՝ 585 հարգի սպիտակ ոսկու համաձուլվածքում Zn-ի առկայությունը նվազեցնում է լիկվիդուսի և սուլիդուսի ջերմաստիճանները 40...45°C-ով:
5. Փորձագիտական հետազոտությամբ բացահայտվել է, որ ձուլված համաձուլվածքի 330°C-ից ջերմամշակման ժամանակ կառուցվածքը չի կարգավորվում, ինչպես նաև չի կարգավորվում հետագա 270°C-ից օդում սառեցումից հետո: Կարգավորումը բացակայում է նաև 270°C ջերմամշակումից հետո: Ցույց է տրված, որ 250°C տաքացված և տարբեր տևողություններով պահված (մինչև 6 ժամ) և օդում սառեցմամբ ջերմամշակված նմուշների մոտ 2 ժամ 30 րոպե անց առաջանում է կարգավորվածություն: Նշվածն ապացուցվել է նաև ատոմական պարբերության հաշվարկով: Այս ջերմամշակումից հետո համաձուլվածքում առկա է միայն AuCu էկվիատոմային բաղադրությամբ կարգավորումը: Ապացուցվել է, որ կարգավորումն առաջանում է միայն նեղ ջերմաստիճանային

միջակայ քու մ ($250 \pm 10^\circ\text{C}$) և պարզվել, որ կարգավորվում է միայն համաձուլվածքի $\sim 70\%$ -ը, իսկ մնացած 30% -ը չի կարգավորվում՝ որևէ ջերմամշակման ռեժիմի դեպքում: Վառարանում նույն տևողությամբ սառեցնելիս կարգավորվածությունը բացակայում է, իսկ միկրոկարծրության անը պայմանավորված է պինդ լուծույթի տրոհմամբ:

6. Հատկությունների ուսումնասիրման արդյունքում պարզվել է, որ կարգավորված համաձուլվածքի համար ստացվել է նվազագույն միկրոկարծրությունը՝ 1150 ՄՊա, 330°C -ում ձուլված համաձուլվածքի 1 ժամ պահումից և օդում սառեցումից հետո 2040 ՄՊա, նախապես կարգավորված համաձուլվածքը 330°C -ում 1 ժամ պահումից և օդում սառեցումից հետո 2140 ՄՊա: Ըստ երևույթին միկրոկարծրության անը պայմանավորված է ցինկիդների առաջացմամբ: Առավելագույն միկրոկարծրությունը ստացվել է 250°C -ում 2 ժամ 30 րոպե պահումից և վառարանի հետ սառեցումից հետո՝ 2580 ՄՊա:
7. Ամրության փորձարկումների արդյունքում ստացվել են հետևյալ տվյալները. ձուլված համաձուլվածքի համար 536 ՄՊա, 250°C -ում 2 ժամ 30 րոպե պահումից և օդում սառեցումից հետո 607 ՄՊա, իսկ 250°C -ում 2 ժամ 30 րոպե պահումից և վառարանում սառեցումից հետո 731 ՄՊա: Որոշվել են նաև դեֆորմացման ամրացման ցուցանիշները: Ցույց է տրված, որ այն ունի առավելագույն արժեք կարգավորված նմուշների համար՝ $n_{0.2}=0,25$:
8. Կատարված փորձագիտական հետազոտությունների հիման վրա մշակվել են նախնական և վերջնական ջերմամշակման տեխնոլոգիաներ: Որպես նախնական ջերմամշակման տեխնոլոգիական ռեժիմ ընտրված է 250°C տաքացում, պահում 2 ժամ 30 րոպե և սառեցում օդում կամ ջրում, որն ապահովում է նվազագույն միկրոկարծրություն և առավելագույն պլաստիկություն, այսինքն՝ մշակելիության բարձրացում: Որպես վերջնական ջերմամշակման տեխնոլոգիա ընտրվել է

250°C տաքացում, պահում 2 ժամ 30 րոպե և սառեցում վառարանի հետ միասին՝ ~7 °C/ժ արագությամբ, որն ապահովում է առավելագույն միկրոկարծրություն և ամրություն, այսինքն բարելավվում են շահագործման հատկություններն ու ապրանքային տեսքը:

4. ՍՊԻՏԱԿ ՈՍԿՈՒ ԶԱՄԱՁՈՒԼ ՎԱճՔՆԵՐԻ ՍՏԱՑՄԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՅԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ ԵՎ ՆԵՐԴՐՄԱՆ ԵՐԱՇԽԱՎՈՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

4.1. Զամաշխարհային շուկայում ոսկու պահանջարկը և արդյունահանումը

Դարեր շարունակ ոսկին շարունակում է մնալ ազնիվ մետաղներից ամենապահանջվածներից մեկը: Մարդկության պատմության ընթացքում արդյունահանվել է 182,8 հազ. տոննա ոսկի (2015թ.-ի դրությամբ) [115], որից 50%-ը օգտագործվել է ոսկերչական արտադրության մեջ: Դրանք բաշխված են հետևյալ կերպ.

- պետական պահուստներ (Կենտրոնական բանկեր, Միջազգային ֆինանսական կազմակերպություններ) – 32,6 հազ. տոննա (17,8%),
- ոսկերչական զարդեր – 91,4 հազ. տոննա (50%),
- արդյունաբերություն – 16,4 հազ. տոննա (9%),
- Էլեկտրոնիկայի արտադրություն – 10,9 հազ. տոննա (6%),
- ստամառվոգիա – 1,8 հազ. տոննա (1%),
- այլ բնագավառներ – 29,6 հազ. տոննա (16,2%):

Վերջին ժամանակների հետազոտությունները բացահայտել են ոսկու կիրառման նոր հորիզոններ, օրինակ՝ ավտոմեքենաների վառելիքային համակարգում որպես կատալիզատոր, քիմիական բնագավառում և շրջակա միջավայրի կեղտոտվածության վերահսկողության բնագավառում: Ավելի մեծ քանակության ոսկի է կիրառվում բժշկության մեջ ինչպես բուժիչ, այնպես էլ կոսմետիկ նպատակներով:

Վերջին տասնամյակներում ոսկու կիրառման ծավալները աստիճանաբար տեղափոխվում են դեպի ասիական երկրներ: Այդ երկրներում բարեկեցության աճի հետ կապված ոսկու պահանջարկը կմնա բավական բարձր: Առանձնացվում է ոսկու կիրառման 3 ոլորտ՝ ոսկերչական արտադրություն, ներդրումային պահանջարկ և արդյունաբերական կիրառում: Զառվի առնելով ոսկու գինը և սպառողական տրամադրվածությունը՝ այդ 3 ոլորտների հարաբերակցությունը զգալի կերպով փոխվում է:

Ոսկու վաճառքի տարեկան ցուցանիշն ըստ ճյուղերի 2011-2015 թթ.-ին բերված են աղյուսակում 4.1-ում [116]:

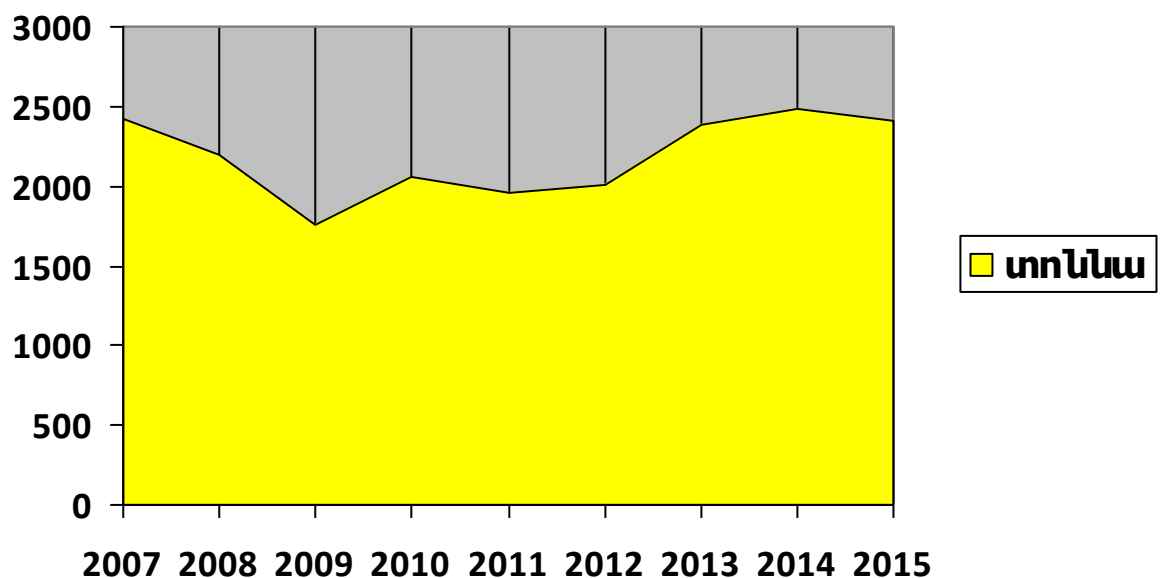
Աղյուսակ 4.1

Ոսկու համաշխարհային պահանջարկը 2011-2015թթ.-ին, տոննա

Տարի	2011	2012	2013	2014	2015
Ներդրումներ	1569	1343	1765	1001	1012
Ոսկերչություն	2033	2007	2385	2481	2415
Արդյունաբերություն	458	415	408	346	331
Կենտրոնական բանկեր	457	544	409	584	588

Ոսկերչությունը հանդիսանում է ոսկու կիրառության պատմականորեն առաջին և ամենախոշոր ոլորտը: Այն զբաղեցնում է ոսկու պահանջարկի 2/3-ը:

Նկ. 4.1-ում ներկայացված է ոսկերչությունում ոսկու համաշխարհային պահանջարկը 2007-2015թթ.-ին [117]:

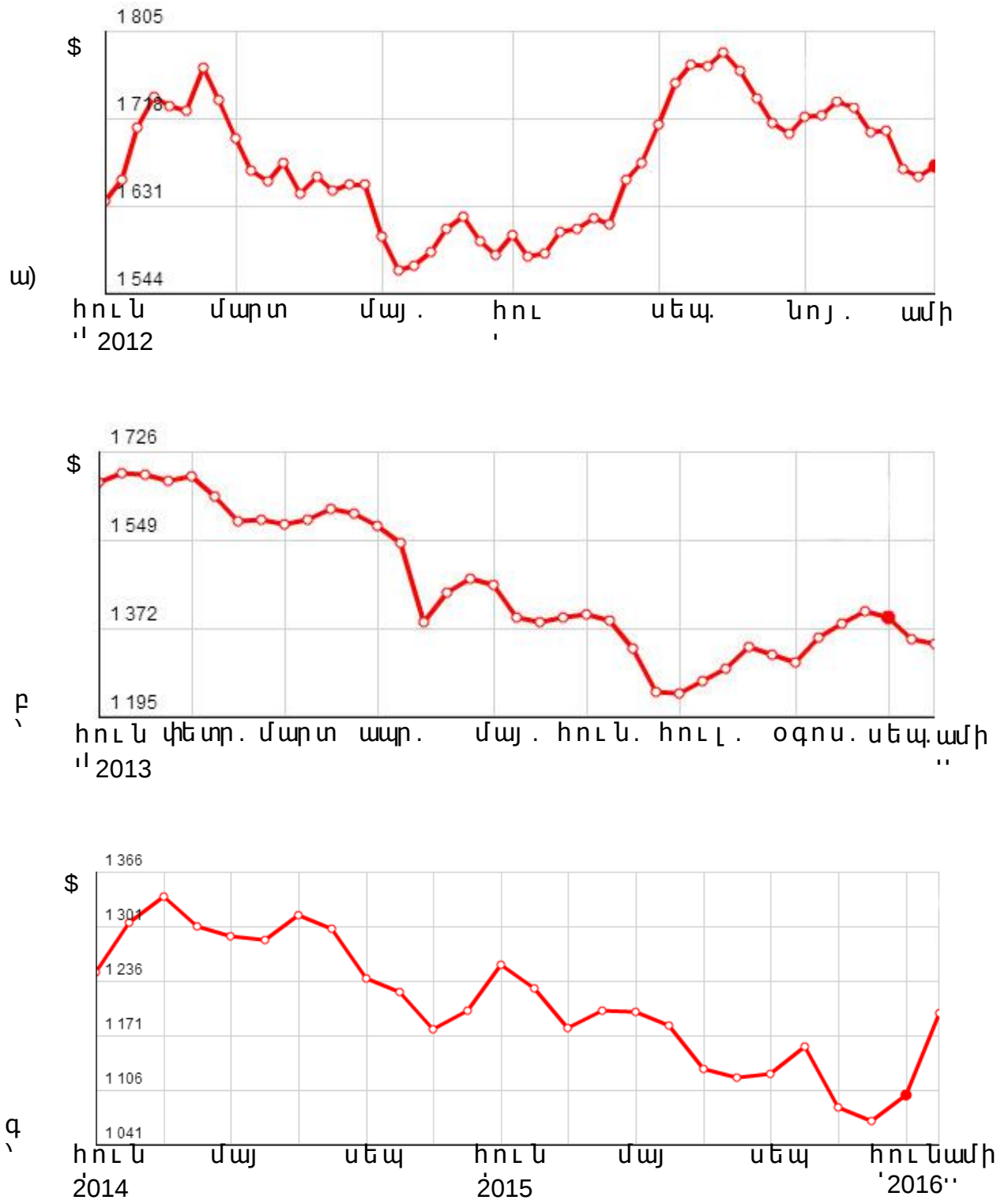


Նկ. 4.1. Ոսկերչությունում ոսկու համաշխարհային պահանջարկը 2007-2015թթ.-ին

Դիտարկված ժամանակաշրջանում ոսկու միջին տարեկան պահանջարկը կազմել է 2186,5 տոննա: Ոսկու պահանջարկն ըստ երկրների խիստ անհամաչափ է: 2015թ.-ին Հնդկաստանի, Չինաստանի և Մերաձավոր Արևելքին բաժին է ընկել սպառողական պահանջարկի 71%-ը: Ոսկերչության ամենամեծ պահանջարկը Հնդկաստանում է: Այն կազմում է ամբողջ աշխարհի ոսկերչության ավելի քան 1/3-ը: 2011թ.-

ին միայն ԱՄՆ-ում ոսկերչական զարդերի պահանջարկը կազմել է 99,2 մլրդ. դոլար:

Ոսկու գնային փոփոխման դինամիկան ցույց է տրված նկ. 4.2 և նկ. 4.3-ում [118]:



Նկ. 4.2. Ոսկու գնի դինամիկան 2012 (ա), 2013 (բ) և 2014-2016 (գ) թթ. կտրվածքով



Նկ. 4.3. Ոսկու գնի դինամիկան 1996-2016 թթ.-ի

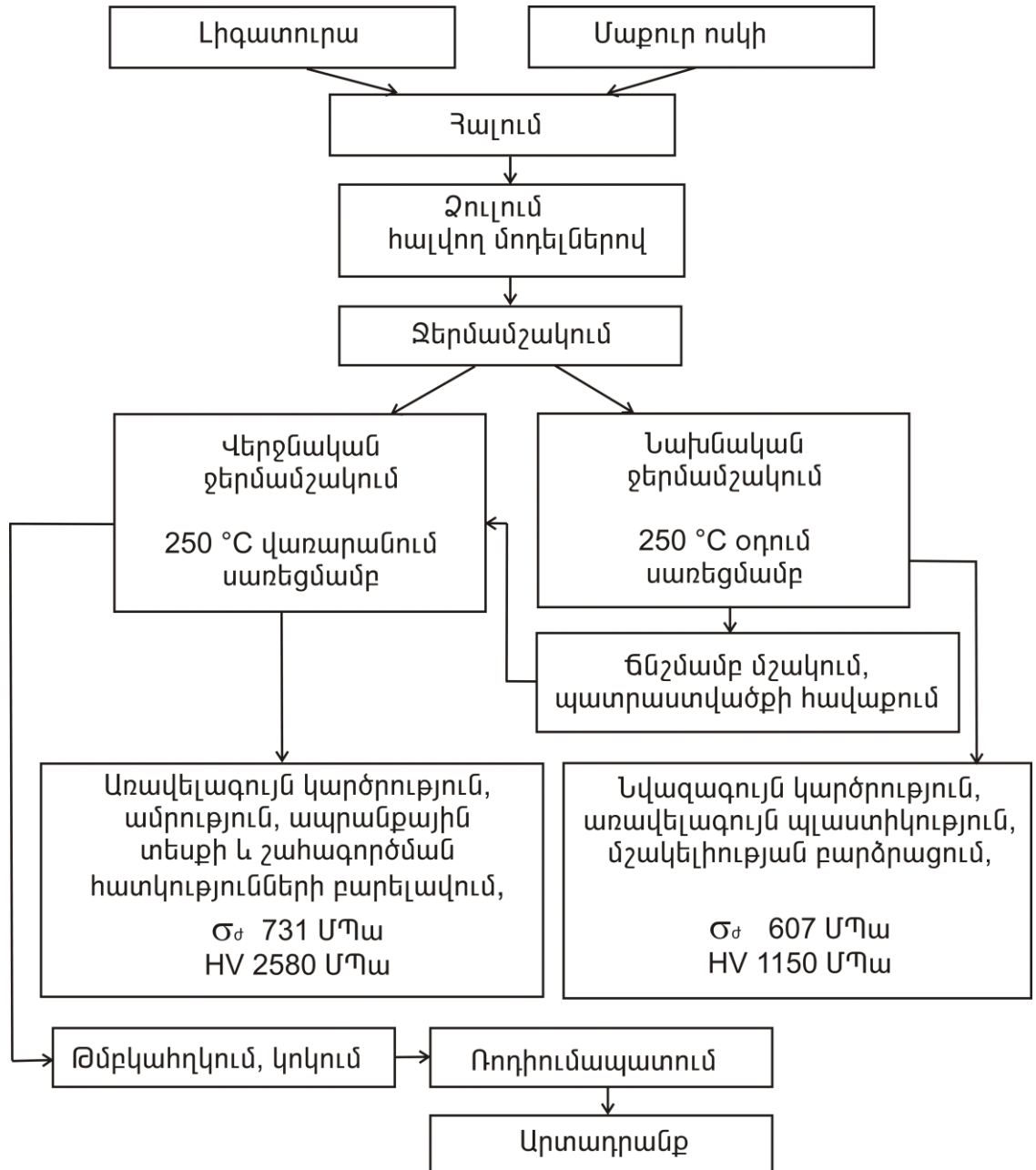
Ներկայումս ԱՄՆ-ում վաճառվող ոսկյա մատանիների և օղերի ավելի քան 73%-ը պատրաստվում են սպիտակ ոսկուց: Սպիտակ ոսկուց զարդերի օգտագործումը մեծ տարածում է ստացել, ոչ միայն դրա գեղեցկության այլև պատիհի հետ համեմատ մառչելի գնի, ամրության և կարծրության պատճառով, ինչը չափազանց կարևոր է ոսկերչական գործի պարագայում: Ոչ պակաս կարևոր հանգամանք է նաև այն, որ սպիտակ ոսկյա զարդերը բավականին մառչելի են:

Սպիտակ ոսկու համաձուլվածքները բաժանվում են երկու խմբի՝ ազնիվ (արծաթով և պալադիումով) և գունավոր մետաղներով կամ ոչ ազնիվ (արծաթի, նիկելի, պղնձի, ցինկի հիման վրա): Ընդ որում ոչ ազնիվ մետաղներով ոսկու համաձուլվածքները երկու անգամ ավելի կարծր և ամուր են, քան ազնիվ մետաղներով համաձուլվածքները [119]:

Սպիտակ ոսկին նորաձև է: Ոսկերիչ վարպետները գերադասում են սպիտակ ոսկու օգտագործումը թանկարժեք քարերի հետ աշխատելիս: Սպիտակ ոսկու գունատությունը ադամանդի որակն առավել տեսանելի է դարձնում՝ առանձնացնելով վերջինիս մաքրությունը: Կարելի է ասել, որ սպիտակ ոսկին շահավետորեն ընդգծում է թանկարժեք քարի գեղեցկությունը՝ տալով դրան իր սպիտակ փայլը: Միևնույն ժամանակ սպիտակ ոսկին լավ համակցվում է այլ թանկարժեք մետաղների հետ՝ հնարավորություն տալով ոսկերիչներին ստեղծել ոսկերչական արվեստի նորանոր գլուխգործոցներ: Սպիտակ ոսկին նաև ունի վերսալ է: Դրանից զարդերը համապատասխանում են ցանկացած հագուստին և անձին:

4.2. Բարձր տեխնոլոգիական հատկություններով օժտված սպիտակ ոսկու համաձուլվածքից շինածոյի ստացման տեխնոլոգիական սխեմայի մշակումը

Կատարված համալիր հետազոտությունների հիման վրա մշակվել է սպիտակ ոսկու համաձուլվածքից շինածոյի ստացման տեխնոլոգիական սխեման (նկ. 4.4):



Նկ. 4.4. Սպիտակ ոսկու համաձուլվածքից շինածոյի ստացման տեխնոլոգիական սխեմա

Ըստ անհրաժեշտության՝ տեխնոլոգիական սխեմայում կարող է բացակայել նախնական ջերմամշակման փուլը:

4.3. Բարձր տեխնոլոգիական հարկույթ ու ներդրված օժտված սպիտակ ոսկու համաձուլվածքից շինածոյի ստացման տեխնիկան տեսական հիմնավորումը

Արտադրամասի տեխնիկան տեսական հաշվարկներ

Նախագծվող ոսկերչական արտադրամասի տեխնիկան տեսական հաշվարկներն իրականացվել են՝ հիմք ընդունելով հետևյալ ելակետային դրույթները:

1. Արտադրամասի տարեկան արտադրողականությունն ըստ վերջնարտադրանքի (սպիտակ ոսկու ցմատանիներ և օղեր) 146400 գրամ:

- Տարեկան աշխատանքային օրերի թիվը՝ 305,
- Հերթափոխերի թիվը մեկ օրում՝ 1,
- Հերթափոխի տևողությունը՝ 8 ժամ,
- Արտադրողականությունը մեկ ժամում ըստ վերջնարտադրանքի՝ 60 գրամ,
- Վերջնարտադրանքի ելքը 60%, մնացած 40%-ը կրկին ձուլվում է,
- Ոսկյա արտադրանքների հարգը՝ 585:

2. Կապիտալ և շահագործական ծախսերի հաշվարկման համար օգտագործվում են համապատասխան հրահանգչական փաստաթղթեր, նորմատիվ-տեղեկատու նյութեր, ինչպես նաև գործող նմանակ արտադրությունների փաստացի տվյալները, նմանատիպ արտադրությունների նախագծերը և տեխնիկան տեսական հիմնավորումները:

3. Վերջնարտադրանքների իրացումը նախատեսված է արտադրամասից:

Կապիտալ ներդրումների հաշվարկ

Ընդհանուր առմամբ կապիտալ ներդրումների հաշվարկն իրականացվում է ըստ հետևյալ կապիտալ ծախսերի հաշվառման.

- մեքենա-սարքավորումների, գործիքների և հարմարանքների ձեռքբերման և տեղադրման գծով կապիտալ ներդրումների հաշվարկ,
- շենքերի և շինությունների գծով կապիտալ ներդրումների գումարի հաշվարկ,

- մեկնարկային շրջանառու միջոցների գծով կապիտալ ներդրումների գումարի հաշվարկ:

Հաշվարկներում շենքերի և շինությունների գծով կապիտալ ներդրումների գումարի հաշվարկ չի իրականացվել, քանի որ շուկայի ուսումնասիրությունը ցույց է տվել, որ նմանատիպ արտադրամասերը տեղակայվում են հիմնականում ոսկյա զարդերի շուկաներում՝ իրացման, զարդերի վերանորոգման աշխատանքների կատարման և այլ գործունեներից ելնելով: Հետևաբար աշխատանքում շենքերի և շինությունների կառուցման կամ ձեռքբերման փոխարեն ընտրվել է առկա տարածքների վարձակալության տարբերակը, որոնց հաշվարկները բերվում են ստորև:

Մեքենա-սարքավորումների տեսակը և անհրաժեշտ քանակը որոշվել է արտադրական համալիր տեխնոլոգիական սխեմաներից ելնելով:

Նախատեսվող հզորությունների արտադրամասի շահագործման համար անհրաժեշտ մեքենա-սարքավորումների տեխնիկատնտեսական ցուցանիշները բերված են աղյուսակ 4.2-ում:

Աղյուսակ 4.2

Կապիտալ ներդրումների գումարը մեքենա-սարքավորումների գծով

Հ/հ	Մեքենա-սարքավորումների անվանումը	Ցուցանիշի թիվ	Հզորություն, ԿՎտ/ժամ	Արտադրողականության կոդ/ցիկլ	Միավորի ձեռքբերման տեղափոխման տեղակայման արժեքը, հազ. ՀՀ դրամ	Ընդամենը ձեռքբերման տեղափոխման տեղակայման արժեքը, հազ. ՀՀ դրամ
1	Ձուլման վակուումային մեքենա-INDUTHERM VC 450	1	4,8	2,8	16875,0	16875,0
2	Դետալների ջրային մշակման տարա-NGL-EASY CLEAN	1	0,5	0,2	1712,5	1712,5
3	Թաց հղկման ռոտորային մեքենա-OTEC ECO-MINI wet	1	0,08	0,2	600,0	600,0
4	Բոռ մեքենա-FREEDOM IX	8	0,15	-	50,0	400,0
5	Չոր հղկման ռոտորային	1	0,9	2,0-3,0	4625,0	4625,0

	մեքենա-OTEC CV 1x18 dry					
6	ՄուՔել այ ին վառարան USA V- 25L-0913	1	3,0	-	1134,6	1134,6
7	Հղկման սեղան DRAGON, գործիքներով	8	-	-	240,0	1920,0

Աղյուսակ 4.2-ի շարունակություն

8	Թրծման վառարան V-30	1	1,25	-	875	875
9	Վակուումային ինժեկտոր	1	0,2	0,2	125,0	125,0
10	Հալման վառարան	1	0,7	-	356,2	356,2
11	Գլոց	1	3,0	-	2000,0	2000,0
Ընդամենը						11718,3
Այլ հիմնական միջոցների 10% ընդամենի նկատմամբ						1171,8
Ընդամենը						12890,1

Տեսակարար կապիտալ ներդրումները մեկ գրամ ոսկու վերջնարտադրանքի վրա մեքենա-սարքավորումների գծով որոշվում է մեքենա-սարքավորումների ընդհանուր գումարը բաժանելով տարեկան արտադրողականության վրա:

$$(12890100/146400)=88,0 \text{ դր/գ:}$$

Մեկնարկային շրջանառու միջոցների գծով կապիտալ ներդրումների գումարի հաշվարկի հիմքում դրված է արտադրության օրեկան արտադրողականությանը՝ 10% պահուստային պաշարների հաշվարկով:

Մասնավորապես 60 գ/ժ վերջնարտադրանքի արտադրման համար պահանջվում 100 գ/ժ ոսկի և լիգատուրա: Այսինքն օրեկան 800 գրամ ձուլվածք, որը պաշարների պահուստի և այլ նյութերի հաշվարկով կկազմի 880 գ/օր: Հաշվարկներում շրջանառու կապիտալի շրջապտույտների տևողությունն ընդունված է 1 օր, ինչը նշանակում է, որ արտադրամասը ամբողջությամբ իրացնում է օրական արտադրված ամբողջ վերջնարտադրանքը: 585 հարգի ոսկու ստացման համար պահանջվող ոսկու քանակը կլինի 514,8 գ և 365,2 գ լիգատուրա, որը դրամական արտահայտությամբ համապատասխանաբար կկազմի 9166,8 հազ.դրամ և 16,4 հազ. դրամ: Այսպիսով մեկնարկային շրջանառու կապիտալի գումարը կկազմի 9183,2 հազ. դրամ:

Տեսակարար կապիտալ ներդրումները մեկ գրամ ոսկու վերջնարտադրանքի վրա մեկնարկային շրջանառու կապիտալի գծով որոշվում է շրջանառու կապիտալի ընդհանուր գումարը բաժանելով տարեկան արտադրողականության վրա:

$$(9183200/146400)=62,7 \text{ դր/գ:}$$

Այս ափսոսվոսկոն արտադրամասի գործունեության կազմակերպման և շահագործման համար պահանջվող կապիտալ ներդրումների գումարը կազմում է. 22073,3 հազ. դրամ (12890100+9183200), իսկ տեսակարար կապիտալ ներդրումները՝ 150,7 դր/գ (88,0+62,7):

Արտադրանքի ինքնարժեքի հաշվարկներ

Աղյուսակ 4.3-ում բերված է նախագծային արտադրողականության համապատասխան հոլմքի, նյութերի կալկուլյացիան:

Աղյուսակ 4.3

Արտադրողականության օգտագործվող հոլմքի և հիմնական նյութերի կալկուլյացիա

Նյութերի անվանումը	Չափման միավորը	Տեսակարար ծախսը 1գ ապրանքային ոսկոն կտրվածքով	Միավորի գինը, դրամ	Տարեկան ծախսը, բնեղեն	Գումարը (հազ. դրամ)
Ոսկի	գ	0,585	17806,6	85644,0	1525028,5
Ընդամենը հոլմք					1525028,5
Լիգատուրա	գ	0,415	45	60756,0	2734,0
Գիպս	կգ	0,005	1000	1220,0	1220,0
Մոմ	գ	0,071	6,0	17324,0	103,9
Իներտ գազ	գ	0,88	0,3	214720,0	64,4
Պրոպան գազ*	գ	0,92	0,4	134688,0	53,9
Թթվածին*	գ	0,84	0,35	134688,0	47,1
Հղկաթուղթ*	սմ ²	20,8	0,5	3045120,0	1522,6
Փարիզյան կանաչ*	կգ	0,003	8000	439,2	3513,6
Խոզանակ փոքր*	հատ	0,01	1000	1464,0	1464,0
Խոզանակ մեծ*	հատ	0,001	3000	146,4	439,2
Բոռա*	գ	0,37	2	54168,0	108,3
Ընդամենը նյութեր					11271,0
Այլ նյութեր (10% նյութերի նկատմամբ)					1127,1
Ընդամենը Հոլմք և նյութեր					1537426,6
Մեկ գրամ ոսկոն վերջնարտադրանքի հաշվով (դրամ)					10501,5

*-ը ստվեր չնարտադրանքի

Աշխատավորների և վարչական անձնակազմի աշխատավարձերի կալկուլյացիան բերված է աղյուսակ 4.4-ում և աղյուսակ 4.5-ում:

Աղյուսակ 4.4

Արտադրող ան աշխատավորների աշխատավարձի կալկուլյացիա

Հ/հ	Աշխատանքային փուլի անվանում	Աշխատողների թվաքանակը	Մեկ աշխատողի օրավարձ, դրամ	Ընդամենը օրավարձ, դրամ $5=սյ 4 \cdot սյ 3$	Ընդամենը մաքուր ամսական աշխատավարձ, դրամ $6=26 \cdot սյ 5$	Եկամտային հարկ և սոց. վճար, $7=սյ 6 \cdot 15\%$	Ընդամենը աշխատանքի վարձատրման տարեկան ծախս, հազ. դրամ $8=սյ (6+7) \cdot 12$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Հալում և ձուլում	2	5000,0	10000,0	260000	111246*	4455,0
2	Շինածոյի պատրաստում	8	23000,0	184000,0	4784000,0	2354496	85661,9
3	Թմբկահղկում և կոկոլում	1	5000,0	5000,0	130000,0	55623	2227,5
4	Վերջնարտադրանքի փայլեցում	2	6000,0	12000,0	312000,0	134608	5359,3
	Ընդամենը	13	46000,0	267000,0	6942000,0	1041300,0	97703,7
Մեկ գրամ ոսկու վերջնարտադրանքի հաշվով (դրամ)							667,4

*հաշվարկներում ընդունվել է, որ աշխատողները գտնվում են պարտադիր կուտակային կենսաթոշակի համակարգին վճարումներ կատարելու տարիքում

Աղյուսակ 4.5

Վարչական անձնակազմի աշխատավարձի կալկուլյացիա

Պաշտոնի անվանումը	Ցուցակային թիվը	Անվանական աշխատավարձի դրույքը, դրամ/ամիս	Աշխատավարձի ֆոնդը
Արտադրամասի տնօրեն	1	800000,0	9600000,0
Գլխավոր հաշվապահ	1	350000,0	4200000,0
Ընդամենը	2	1150000,0	13800000,0
Մեկ գրամ ոսկու վերջնարտադրանքի հաշվով (դրամ)			94,3

Աղյուսակ 4.6-ում բերված է հիմնական միջոցների ամորտիզացիոն հատկացումների կալկուլյացիան:

Հիմնական միջոցների ամորտիզացիոն հատկացումների

կալկուլյացիա

Հ/հ	Մեքենա- սարքավորումների անվանումը	Ցուց ակայ ին թիվը	Միավորի արժեքը, հազ. ՀՀ դրամ	Գումարը , հազ. ՀՀ դրամ	Ամորտիզացի ոն հատկացումն երի նորմը, %	Ամորտիզացի ոն հատկացումն երի նորմը, %
1	Ձուլման վակուումային մեքենա-INDUTHERM VC 450	1	16875,0	16875,0	20	3375,0
2	Դետալների ջրային մշակման տարա-NGL- EASY CLEAN	1	1712,5	1712,5	20	342,5
3	Թաց հղկման ռոտորային մեքենա- OTEC ECO-MINI wet	1	600,0	600,0	20	120,0
4	Բոռ մեքենա FREEDOM IX	8	50,0	400,0	20	80,0
5	Չոր հղկման ռոտորային մեքենա- OTEC CV 1x18 dry	1	4625,0	4625,0	20	925,0
6	Մուֆելային վառարան USA V-25L-0913	1	1134,6	1134,6	20	226,9
7	Հղկման սեղան DRAGON, գործիքներով	8	240,0	1920,0	20	384,0
8	Թրծման վառարան V-30	1	875	875	20	175,0
9	Վակուումային ինժեկտոր	1	125,0	125,0	20	25,0
10	Հալման վառարան	1	356,2	356,2	20	71,2
11	Գլոց	1	2000,0	2000,0	20	400,0
Ընդամենը				11718,3		2749,6
12	Այլ հիմնական միջոցներ 10% ընդամենի նկատմամբ			1171,8	30	351,5
Ընդամենը				12890,1		3101,1
Մեկ գրամ ոսկու վերջնարտադրանքի հաշվով (դրամ)						21,2

Օգտագործվող էլեկտրաէներգիայի կալկուլյացիան բերված է
աղյուսակ 4.7-ում:

Օգտագործվող էլեկտրաէներգիայի կալկուլյացիա*

Հ/հ	Էլեկտրաէներգիայի սալառիչի անվանում	Հզորությո ուն, ԿՎտ/ժամ	Աշխատածա- մանակ, ժամ/օր	Օրական էներգի այի ծախս, ԿՎտ/օր	Օրական էներգիայի ծախս, դրամ/օր	Էներգիայի տարեկան ծախս, դրամ
1	Ձուլման վակուումային մեքենա-	4,8	0,3	1,44	70,56	21520,8

	INDUTHERM VC 450					
2	Դետալ ների ջրային մշակման տարած- NGL-EASY CLEAN	0,5	0,67	0,33	16,4	5002,0

Աղյուսակ 4.7-ի շարունակություն

3	Թաց հղկման ռոտորային մեքենա-OTEC ECO-MINI wet	0,08	8	0,64	31,36	9564,8
4	Բոռ մեքենա FREEDOM IX	0,15	24	3,6	176,4	53802,0
5	Չոր հղկման ռոտորային մեքենա-OTEC CV 1x18 dry	0,9	3	2,7	132,3	40351,5
6	Մուլ ֆելային վառարան USA V-25L-0913	3,0	2,5	7,5	367,5	112087,5
7	Թրծման վառարան V-30	1,25	8	10,0	490	149450
8	Վակուումային ինժեկտոր	0,2	0,8	0,16	7,84	2391,2
9	Հալման վառարան	0,7	0,3	0,21	10,3	3141,5
10	Գլոց	3,0	3,0	9,0	441	134505
11	Էլ. էներգիայի այլ սպառիչներ	-	-	3,0	147	44835
Ընդամենը				38,58	1890,66	576651,3
Մեկ գրամ ոսկու վերջնարտադրանքի հաշվով (դրամ)						3,94

* հաշվարկներում 1կՎտ Էլեկտրաէներգիայի արժեքն ընդունված է 49 ՀՀ դրամ

Տարեկան 146400 գրամ 585 հարգի ոսկու զարդերի արտադրության համար անհրաժեշտ արտադրական մակերեսը կամզում է 45 մ²: Տարածքի վարձակալության ամսական գումարի սահմանման համար հիմք է ընդունվել Երևանի նմանատիպ արտադրական տարածքների համար սահմանվող միջին ցուցանիշը: 3000,0 դրամ 1 մ² տարածքի համար: Հետևաբար տարածքի ամսական վարձավճարը կկազմի 45·3000=135000,0 դրամ, տարեկան կտրվածքով՝ 135000·12=1620000,0 դրամ և համապատասխանաբար 11,1 դրամ մեկ գրամ ոսկու վերջնարտադրանքի հաշվով:

Արտադրության կազմակերպման անուղղակի ծախսերն են այլ կազմակերպությունների կամ անձանց կողմից մատուցվող ծառայությունների կամ կատարված աշխատանքների՝ մասնավորապես զարդերի մոդելավորման և կադապրների (\$որմա) պատրաստման ծախսերը: Տարեկան 146400 գրամ 585 հարգի սպիտակ ոսկու զարդերի (մատանիների, օղերի) արտադրության համար նախատեսվում է պատվիրել 10 տեսակի մատանու և օղերի մոդելներ և կադապրներ, որոնց գումարային ծախսերը կկազմեն 300000 դրամ:

Այս ափսոսվ անուղղակի ծախսերը մեկ գրամ ոսկու վերջնարտադրանքի հաշվով կկազմեն 2,0 դրամ:

Մեկ գրամ 585 հարգի սպիտակ ոսկու 9 վերջնարտադրանքի լրիվ ինքնարժեքի կալկուլյացիան բերված է աղյուսակ 4.8-ում:

Աղյուսակ 4.8

Մեկ գրամ 585 հարգի ոսկու վերջնարտադրանքի լրիվ ինքնարժեքի
կալկուլյացիա

Հոդվածի անվանումը	Փաստացի ծախսը, դրամ
1. Հումք, հիմնական նյութեր, կիսաֆաբրիկատներ	10501,5
2. Էներգիա	3,94
3. Արտադրության աշխատավորների աշխատավարձի	667,4
4. Վարչական անձնակազմի աշխատավարձ	94,3
5. Ամորտիզացիոն հատկացումներ	21,2
6. Տարածքի վարձավճար	11,1
7. Անուղղակի ծախսեր	2,0
Մեկ գրամ ոսկու վերջնարտադրանքի լրիվ ինքնարժեք	11301,4

Ներկայացված տեխնոլոգիայի տարբերությունը ներկայումս կիրառվողից ծախսային տեսանկյունից չնչին է, մասնավորապես առաջարկվող տեխնոլոգիայով նախատեսվում է USA V-25L-0913 մոնիթինգի վառարանի կիրառում, որի գծով տարեկան շահագործական ծախսերը (ամորտիզացիոն հատկացումներ և Էլեկտրաէներգիայի ծախս) կազմում են 338987,5 դրամ, որը տարեկան վերջնարտադրանքի մեջ կազմում է 2,31 դրամ:

Ըստ մեկ գրամ 585 հարգի սպիտակ ոսկու վերջնարտադրանքի լրիվ ինքնարժեքի կալկուլյացիայի տվյալների, մեր տեխնոլոգիայի կիրառումից հետո լրիվ ինքնարժեքն աճում է մոտ 800 դրամով կամ՝ 7%-ով: Ներկայացված տեխնոլոգիայի տարբերությունը ներկայումս կիրառվողից ծախսային տեսանկյունից չնչին է: Միևնույն ժամանակ առաջարկվող տեխնոլոգիան զգալի բարելավում է ձուլվածքի տեխնիկական, հետևաբար նաև տնտեսական պարամետրերը: Մասնավորապես ոսկու վերամշակման առաջարկվող տեխնոլոգիայի արդյունքում ձուլվածքի միկրոկարծրությունը 1950 ՄՊա հասցվել է 2580 ՄՊա, մոտ

Նախագծվող արտադրության պայմաններում (146,4 կգ/տարի) ոսկու տնտեսումը կկազմի $146,4 \cdot 0,8 = 117,12$ գ/տարի, որը 10427 դրամ/գ գնի (585 հարգի ոսկի) դեպքում կկազմի 1221210,2 դրամ/տարի:

Ոսկյա զարդերի միջին տարեկան վաճառքի համաշխարհային ծավալները 2007-2015 թթ.-ին կազմել է 2186,5 տոննամաքուր կամ 3733,97 տոննա 585 հարգի ոսկի: Եթե ընդունենք, որ դրանց 50%-ը սպիտակ ոսկուց զարդերն են, տնտեսումը կկազմի 1493,6 կգ ($(3733,97/1000) \cdot 0,5 \cdot 0,8$), որը 10427 դր/գ գնի պայմաններում կկազմի 15573,8 մլն. դրամ/տարի կամ 32,44 մլն. ԱՄՆ դոլար/տարի (հաշվարկներում 1 ԱՄՆ դոլարն ընդունվել է 480 ՀՀ դրամ):

ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

1. Կատարված գիտափորձնական համալիր հետազոտությունների հիման վրա մշակվել են նախնական և վերջնական ջերմամշակման տեխնոլոգիաներ: Հետազոտությունների արդյունքների հիման վրա տրվել է ջերմամշակման տեխնոլոգիական ռեժիմների հիմնավորումը: Ընտրվել են համապատասխան տեխնոլոգիական սարքավորումներ:
2. Կատարվել է արտադրատեսակների անվանացանկի ընտրում և մշակված տեխնոլոգիայի տեխնիկատնտեսական հիմնավորում: Ըստ մեկ գրամ 585 հարգի սպիտակ ոսկու վերջնարտադրանքի լրիվ ինքնարժեքի կալկուլյացիայի տվյալների, մշակված տեխնոլոգիայի կիրառումից հետո լրիվ ինքնարժեքն աճում է 800 դրամով (7%) և կազմում է 11301,4 դրամ, իսկ ոսկու անդառնալի կորուստները կկազմեն 1,7 գ/կգ՝ 2,5 գ/կգ-ի փոխարեն: Հետևաբար տնտեսումը կկազմի 0,8 գ/կգ: Նախագծվող արտադրության պայմաններում (146,4 կգ/տարի) ոսկու տնտեսումը կկազմի $146,4 \cdot 0,8 = 117,12$ գ/տարի, որը 10427 դրամ/գ գնի դեպքում կկազմի 1221210,2 դրամ/տարի:

ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

1. Կատարվել է սպիտակ ոսկու համաձուլվածքներին նվիրված հայրենական և արտասահմանյան գրականության վերլուծություն, ինչպես նաև վերլուծվել են սպիտակ ոսկու համաձուլվածքները կազմող կոմպոնենտների երկակի և եռակի վիճակի դիագրամները: Ուսումնասիրվել են սպիտակ ոսկու համաձուլվածքի կիրառման բնագավառները, ինչպես նաև տարբեր տարրերի ազդեցությունը ոսկու համաձուլվածքների կառուցվածքների և հատկությունների վրա:
2. Մշակվել են նվազագույն քառակուսիների մեթոդով բյուրեղային ցանցի պարամետրերի որոշման և տեխնոլոգիական գործընթացների, կառուցվածքի ու հատկությունների հետազոտման մեթոդիկաներ:
3. $58,5\%Au+26,8\%Cu+8,6\%Ni+6,1\%Zn$ բաղադրության ձուլված սպիտակ ոսկու համաձուլվածքի ռենտգենակառուցվածքային հետազոտության արդյունքում բացահայտվել է, որ ձուլվումից հետո համաձուլվածքի ռենտգենագրում բացակայում են գերկառուցվածքային ռեֆլեքսները, այսինքն կառուցվածքում կարգավորում տեղի չի ունենում:
4. $58,5\%Au+26,8\%Cu+8,6\%Ni+6,1\%Zn$ բաղադրության ձուլված սպիտակ ոսկու համաձուլվածքի հատկությունների հետազոտության արդյունքում միկրոկարծրությունը ստացվել է 1950 ՄՊա, ամրության սահմանը՝ $\sigma_{\sigma}=536$ ՄՊա:
5. Առաջին անգամ կառուցվել է $58,5\% Au$ հաստատուն պարունակության համար $Au-Cu-Ni$ համակարգի համաձուլվածքների պլիթերմ կտրվածքը: Ցույց է տրվել, որ լիկվիդուսի և սուլիդուսի ջերմաստիճանների տարբերությունը նվազում է նիկելից դեպի պղինձ ուղղությամբ: Բացահայտվել է, որ պինդ լուծույթի տրոհման ջերմաստիճանները նույն ուղղությամբ նախաճում են մինչև $945^{\circ}C$ և ապա՝ նվազում դեպի Cu -ը: Ընդ որում, այդ տրոհումը $Au-Cu$ կողմի վրա բացակայում է: Բայց քանի որ $Au-Cu$ համակարգում գոյություն ունի կարգավորում, սպասելի է, որ այդ

կարգավորումը կարող է ի հայտ գալ նաև Au-Cu-Ni եռակի համաձուլվածքներում:

6. Ջերմածանրաչափական և դիֆերենցիալ ջերմային վերլուծության արդյունքում պարզվել է, որ լիկվիդուսի ջերմաստիճանը 930°C է, իսկ սուլիդուսինը՝ 890°C : Ըստ Au-Cu-Ni համակարգի պրիթերմ կտրվածքի՝ լիկվիդուսի և սուլիդուսի կետերին համապատասխանում են 972°C և 935°C : Այսինքն՝ 585 հարգի սպիտակ ոսկու համաձուլվածքում Zn-ի առկայությունը նվազեցնում է լիկվիդուսի և սուլիդուսի ջերմաստիճանները $40\ldots 45^{\circ}\text{C}$ -ով:
7. Փորձագիտական հետազոտությունը բացահայտվել է, որ ձուլված համաձուլվածքի 330°C -ից ջերմամշակման ժամանակ կառուցվածքը չի կարգավորվում, ինչպես նաև չի կարգավորվում հետագա 270°C -ից օդում սառեցումից հետո: Կարգավորումը բացակայում է նաև 270°C ջերմամշակումից հետո: Ցույց է տրված, որ 250°C տաքացված և տարբեր տևողություններով պահված (մինչև 6 ժամ) և օդում սառեցմամբ ջերմամշակված նմուշների մոտ 2 ժամ 30 րոպե անց առաջանում է կարգավորվածություն: Նշվածն ապացուցվել է նաև ատոմական պարբերության հաշվարկով: Այս ջերմամշակումից հետո համաձուլվածքում առկա է միայն AuCu էկվիատոմային բաղադրությամբ կարգավորումը: Ապացուցվել է, որ կարգավորումն առաջանում է միայն նեղ ջերմաստիճանային միջակայքում ($250 \pm 10^{\circ}\text{C}$) և պարզվել, որ կարգավորվում է միայն համաձուլվածքի $\sim 70\%$ -ը, իսկ մնացած 30% -ը չի կարգավորվում՝ որևէ ջերմամշակման ռեժիմի դեպքում: Վառարանում նույն տևողությամբ սառեցնելիս կարգավորվածությունը բացակայում է, իսկ միկրոկարծրության աճը պայմանավորված է պինդ լուծույթի տրոհմամբ:
8. Հատկությունների ուսումնասիրման արդյունքում պարզվել է, որ կարգավորված համաձուլվածքի համար ստացվել է նվազագույն միկրոկարծրությունը՝ 1150 ՄՊա, 330°C -ում ձուլված համաձուլվածքի 1 ժամ պահումից և օդում

սառեցումից հետո 2040 ՄՊա, նախապես կարգավորված համաձուլվածքը 330°C-ում 1 ժամ պահումից և օդում սառեցումից հետո 2140 ՄՊա: Ըստ երևույթին միկրոկարծրության աճը պայմանավորված է ցինկիդների առաջացմամբ: Առավելագույն միկրոկարծրությունը ստացվել է 250°C-ում 2 ժամ 30 րոպե պահումից և վառարանի հետ սառեցումից հետո՝ 2580 ՄՊա: Ամրության փորձարկումների արդյունքում ստացվել են հետևյալ տվյալները. ձուլված համաձուլվածքի համար 536 ՄՊա, 250°C-ում 2 ժամ 30 րոպե պահումից և օդում սառեցումից հետո 607 ՄՊա, իսկ 250°C-ում 2 ժամ 30 րոպե պահումից և վառարանում սառեցումից հետո 731 ՄՊա: Որոշվել են նաև դեֆորմացման ամրացման ցուցանիշները: Ցույց է տրված, որ այն ունի առավելագույն արժեք կարգավորված նմուշների համար՝ $n_{0\eta}=0,25$:

9. Կատարված փորձագիտական հետազոտությունների հիման վրա մշակվել են նախնական և վերջնական ջերմամշակման տեխնոլոգիաներ: Որպես նախնական ջերմամշակման տեխնոլոգիական ռեժիմ ընտրված է 250°C տաքացում, պահում 2 ժամ 30 րոպե և սառեցում օդում կամ ջրում, որն ապահովում է նվազագույն միկրոկարծրություն և առավելագույն պլաստիկություն, այսինքն՝ մշակելիության բարձրացում: Որպես վերջնական ջերմամշակման տեխնոլոգիական ռեժիմ ընտրվել է 250°C տաքացում, պահում 2 ժամ 30 րոպե և սառեցում վառարանի հետ միասին՝ $\sim 7^\circ\text{C}/\text{ժ}$ արագությամբ, որն ապահովում է առավելագույն միկրոկարծրություն և ամրություն, այսինքն բարելավվում են շահագործման հատկություններն ու ապրանքային տեսքը:

10. Կատարվել է արտադրատեսակների անվանացանկի ընտրում և մշակված տեխնոլոգիայի տեխնիկատնտեսական հիմնավորում: Ըստ մեկ գրամ 585 հարգի սպիտակ ոսկու վերջնարտադրանքի լրիվ ինքնարժեքի կալկուլյացիայի տվյալների, մշակված տեխնոլոգիայի կիրառումից հետո լրիվ ինքնարժեքն աճում է 800 դրամով (7%) և կազմում է 11301,4 դրամ, իսկ ոսկու

անդառնալի կորուստները կկազմեն 1,7 գ/կգ` 2,5 գ/կգ-ի փոխարեն:
 Հետևաբար տնտեսումը կկազմի 0,8 գ/կգ: Նախագծվող
 արտադրության պայմաններում (146,4 կգ/տարի) ոսկու
 տնտեսումը կկազմի $146,4 \cdot 0,8 = 117,12$ գ/տարի, որը 10427 դրամ/գ գնի
 դեպքում կկազմի 1221210,2 դրամ/տարի:

ՕԳՏԱԳՈՐԾՎԱԾ ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. Սարգսյան Լ.Ե. Ազնիվ մետաղների մետալուրգիա. - Երևան: ՀԴՃՀ, 2004. - 195 էջ:
2. Goodman P. Current and Future Uses of Gold in Electronics // Gold Bull. - 2002. - V. 35, №1. - P. 21-26.
3. Физико-химические свойства элементов. Ч.I: Справочник / Под ред. Г.В. Самсонова. Киев: Наукова думка, 1976. - 600 с.
4. Heusinkveld W.A. Optical determination of the freezing temperatures of gold and silver. - Brouder offset, Rotterdam, 1964. - 96 p.
5. Лапина Э.А. Измерение точки плавления золота по изучению реферат-статьи Дж. Холла, опубликованной в международном журнале «Метрология» (№ 4, 1966) // Измерительная техника. - 1967. - №5. - С. 84.
6. Hultgren R., Anderson P.O., Orr R.L. Selected Values of Thermodynamic Function. - New York: John Wiley and Sons Inc., 1963. - 963 p.
7. Wise E.M. Gold Recovery, Properties and Applications. - New York: D. Van Nostrand Co Inc., 1964. - 367 p.
8. Благородные металлы. Справочник / Под ред. Е.М. Савицкого – М.: Металлургия, 1984. – 592 с.
9. Малышев В.М., Румянцев Д.В. Золото. - М.: Металлургия, 1979. - 288 с.
10. Ривлин Ю.И., Коротков М.А., Чернобыльский В.Н. Металлы и их заменители: Справочник. - М.: Металлургия, 1973. - 440 с.
11. Levin M. Über Gold-Nickellegierungen // Z. Anorg. Allg. Chemie. - 1905. - V 45, issue 1. - P. 238-242.
12. Fraenkel W., Stern A. Über Gold-Nickellegierungen // Z. Anorg. Allg. Chemie. - 1926. - V.151, issue 1. - P. 105-108.
13. Fraenkel W., Stern A., Über Gold-Palladium-Nickellegierungen // Z. Anorg. Allg. Chemie. - 1927. - V. 166, issue 1. - P. 161-169.
14. Вол А.Б., Каган К.К. Строение и свойства двойных металлических систем. Т.3. – М.: Наука, 1976. - 814 с.
15. Санадзе В.В., Гуляев Г.В. Распад твердых растворов в системе никель-золото. Часть I // Кристаллография. - 1959. - Т. 4, № 4. - С. 526-533.

16. Санадзе В.В., Гуляев Г.В. Распад твердых растворов в системе никель-золото. Часть II // Кристаллография. - 1959. - Т. 4, № 5. - С. 687-694.
17. Wise E.M. High strength Gold Alloys for Jewellery, and Age-hardening Phenomena in Gold Alloys // Trans. AIME. - 1929. - V. 83. - P. 384-408.
18. Elwood E.C., Bagley K.Q. The lattice spacings and densities of gold-nickel alloys at 25 degree // J. Inst. Metals. - 1952. - 80. - P. 617-619.
19. Averbach B.L., Flinn A., Cohen M. Solid solution formation in the gold-nickel system // Acta Metallurgica. - 1954. - V. 2. - P. 92-100.
20. Krupkowsky A. Thermodynamic Interpretation of Metal Solutions. Part I // Bull. Acad. Polonaise Sci. Serie sci. techn. - 1969. - V. 17, № 11-12. - P. 973-980.
21. Krupkowsky A. Thermodynamic Interpretation of Metal Solutions. Part II // Bull. Acad. Polonaise Sci. Serie sci. techn. - 1970. - V.18, № 1. - P. 65-70.
22. Sivertsen J., Wert C. Aging in Au-Ni alloys // Acta Metallurgica. - 1959. - V. 7, issue 4. - P. 275-282.
23. Gerlach W. Die heterogene Ausscheidung im System Gold-Nickel // Z. Metallkunde. - 1949. - Bd. 40. - P. 281-289.
24. Koch F.B., Sivertsen J.M., Sundahl R.C. Superparamagnetism in Au-Ni alloys // Acta Metallurgica. - 1961. - V. 9, issue 11. - P. 1023-1032.
25. Sivertsen J., Sundal R.C. X-ray study of aged Au-Ni alloys // Acta Metallurgica. -1961. - V. 9, issue 2. - P. 162-163.
26. Ang Choh-Yi, Sivertsen J., Wert C. Some anelastic phenomena in alloys of gold and nickel // Acta Metallurgica. - 1955. - V. 3, issue 6. - P. 558-565.
27. Johnson A.A., Hughes E.J., Barton P.W. Age-hardening in a Gold–Nickel Alloy // Nature. - 1964. - V. 201, № 4923. - P. 1020-1021.
28. Fukano V. Study on Precipitation Phenomena in Thin Films of Supersaturated Gold- Nickel Alloy // J. Phys. Soc. Japan. - 1961. - V. 16, №6. - P. 1195-1204.
29. Cohen J.B., Kimball O.F., Meshii M., Rundman K. Evidence for vacancies associated with pre-precipitates // Acta Metallurgica. - 1966. - V. 14, issue 4. - P. 545-550.
30. Khan I.H., Francombe M.H. Structure and Oxidation of Thin Gold-Nickel Alloy Films // J. Appl. Phys. - 1965. - V. 36, № 5. - P. 1699-1707.
31. Woodilla J.E., Averbach B.L. Modulated structures in Au-Ni alloys // Acta Metallurgica. - 1968. - V. 16, issue 2. - P. 255-263.

32. Howard E.M., Violet C.E., Borg R.J. Miscibility Gap in Au-Ni by Mossbauer Effect // Trans. Metallurg. Soc. AIME. - 1968. - V. 242. - P. 1503.
33. Heike W., Kessner H. Über Das Gefüge von Gold-Nickellegierungen // Z. Anorg. Allg. Chemie. - 1929. - V.182, issue 1. - P. 272-280.
34. Федотьев Н.П., Вячеславов П.М., Локштанова О.Г., Круглова Е.Г. Переходное электрическое сопротивление на “структурочувствительное” свойство при изучении электролитических сплавов // Журн. прикл. химии. - 1971. - Вып. 2, № 44. - С. 454-456.
35. Липец Т.В., Верт Ж.Л., Твердовский И.П. Растворимость водорода в сплавах никеля с медью, золотом и цинком // Журн. физ. химии. - 1969. - Вып. 43, №7. - С. 1841-1844.
36. Nagorsen G., Averbach B.L. Small-Angle Scattering in Gold-Nickel Alloys // J. Appl. Phys. - 1961. - V. 32, № 4. - P. 688-690.
37. Chatterjee A., Fabian D.J. Lattice and Grain-Boundary. Diffusion of Gold in Nickel // J. Inst. Met. - 1968. - V. 96, № 6. - P. 186-189.
38. Day F.C. Lattice Spacing and Densities of Gold-Nickel Alloys // J. Inst. Metals. - 1961. - V. 89, № 8. - P. 296.
39. Crawley A.F., Fabian D.J. A redetermination of the lattice spacings and densities of gold-nickel solutions // J. Inst. Met. - 1966. - V. 94. - P. 39-40.
40. Clinton J.R., Tyller E.H., Luo H. L. Electrical and magnetic properties of Au-Ni alloys // J. Phys. F. Metall. Phys. - 1974. - V. 4, № 8. - P. 1162-1170.
41. Gaunt P.J. A magnetic study of precipitation in a gold-cobalt alloy // Phil. Mag. - 1960. - Vol. 5, № 59. - P. 1127-1145.
42. Howard D.G., Dunlap B.D., Dash J.G. Internal Field of Fe^{57} in Ni in the Region of the Curie Point // Phys. Rev. Lett. - 1965. - V. 15. - P. 628-632.
43. Хансен М., Андерко К. Структуры двойных сплавов. Т. 1. - М.: Металлургия. - 1962. - 608 с.
44. Airoidi G., Asdente M., Rimini E. The Thermoelectric Power of the Alloy Cu_3Au as a Function of Order // Philos. Mag. - 1964. - V. 10. - P. 43-48.
45. Rhines F.N., Bond W.E., Rummel R.A. Constitution of Ordering Alloys of the System Copper-Gold // Trans. ASM. - 1955. - Vol. 47. - P. 578-597.
46. Scott R.E. New Complex Phase in the Copper-Gold System // J. Appl. Phys. - 1960. V. 31. - P. 2112-2117.

47. Marcinkowski M.J., Zwell L. Transmission electron microscopy study of the off stoichiometric Cu₃Au superlattices // *Acta Metallurgica*. - 1963. - V.11, issue 5. - P. 373-390.
48. Физическое металловедение. Вып. 1: Атомное строение металлов и сплавов / Под ред. Р. Кана. - М.: Мир, 1967. - 333 с.
49. Toth R.S., Sato H. Antiphase Domains in Ordered Au₃Cu Alloys // *J. Appl. Phys.* - V. 35, № 3. - P. 698-703.
50. Bailey J.A., Sikorski M.E. The effect of composition and ordering on adhesion in some binary solid solution alloy systems // *Wear*. - 1969. - V. 14, issue 3. - P. 181-192.
51. Хант А., Пэшли Д. Строение металлических твердых растворов / Пер. с англ. И франц.; Под ред. Л.Н. Ларикова. - М.: Металлургиздат, 1966. - 491 с.
52. Volkov A.Yu. Structure and Mechanical Properties of CuAu and CuAuPd Ordered Alloys // *Gold Bull.* - 2004. - V. 37, № 3-4. - P. 208-215.
53. Пэшли Д.В., Пресланд А.Е. Механические свойства металлических соединений / Пер. с англ.; Под ред. И.И. Корнилова. - М.: Металлургиздат, 1962. - 300 с.
54. Khobaid M., Gupta K.P. Diffusion of Cu in AuCu alloy // *Scripta Met.* - 1970. - V. 4, № 8. - P. 605-609.
55. Saldau P. Gleichgewicht im System Gold-Zink. (Auf Grund der Untersuchungen der elektrischen Leitfähigkeit bei hohen Temperaturen) // *Z. Anorg. Allg. Chemie*. - 1924. - V. 141, issue 1. - P. 325-362.
56. Wilkens M., Schubert K. On Some Ordered Metallic Phases with Great Period. Variants of Tetragonal Al Superstructures // *Z. Metallkunde*. - 1957. - V. 48, № 10. - P. 550-557.
57. Study on the Ordered Phases with Long Period in the Gold-Zinc Alloy System I. Survey of Crystal Structures and Calorimetric Measurement / H. Iwasaki, M. Hirabayashi, K. Fujiwara, et al // *J. Phys. Soc. Japan*. - 1960. - V. 15. - P. 1771-1783.
58. Massalski T.B., King H.W. The lattice spacing relationships in H.C.P. ϵ and η phases in the systems Cu-Zn, Ag-Zn; Au-Zn and Ag-Cd // *Acta Metallurgica*. - 1962. - V. 10, issue 12. - P. 1171-1181.
59. Davies. D.A., Owen E.A. An X-ray investigation on the solid solutions of certain elements in zinc // *Br. J. Appl. Phys.* - 1964. - V. 15. - P. 1309.
60. Эллиот Р.П. Структуры двойных сплавов. Первое дополнение. Т.1. - М.: Металлургия, 1970. - 456 с.

61. Iwasaki H. Study on the Ordered Phases with Long Period in the Gold-Zinc Alloy System II. Structure Analysis of $\text{Au}_3\text{Zn}[\text{R}_1]$, $\text{Au}_3\text{Zn}[\text{R}_2]$ and Au_{3+}Zn // J. Phys. Soc. Jpn. - 1962. - V. 17, № 10. - P. 1620-1633.
62. Ruer R. Über die Legierungen des Palladiums mit Gold // Z. Anorg. Allg. Chemie. - 1906. - V. 51, № 1. - P. 391-396.
63. Nagesawa A., Matsuo Y., Kokinoki J. Ordered Alloys of Gold-Palladium System. I. Electron Diffraction Study of Evaporated Au_3Pd Films // - J. Phys. Soc. Japan. - 1965. - V. 20, № 10. - P. 1881-1885.
64. Borelius G. Über die thermoelektrischen Erscheinungen als Mittel zur Analyse der metallischen Mischkristalle und über den Ursprung der thermoelektrizität // Ann. Phys. - 1917. - V. 53. - P. 615-628.
65. Köster W., Halpern T. Leitfähigkeit und Hallkonstante Gold-Palladium Legierungen // Z. Metallkunde. - 1961. - V. 52, № 12. - P. 821-825.
66. Канцельсон А.А. Влияние ближнего порядка на электрическое сопротивление твердых растворов Au-Pd // Физика металлов и металловедение. - 1969. - 28. - С. 1090-1091.
67. Devi U., Rao C.N., Rao K.K. Effect temperature on the lattice parameter of a 58.98 at.% gold-41.02 at.% palladium alloy // Acta Metallurgica. -1965. - V. 13, issue 1. - P. 44-45.
68. Copeland W.D., Nicholson M.E. X-ray evidence of short range order in Au-Pd system // Acta Metallurgica. - 1964. - V. 12, issue 3. - P. 321-322.
69. Иверонова В.И., Кацельсон А.А. Кристаллография. - 1964. - Т. 9, № 4. - P. 557; 1966. - Т. 11, № 4. - P. 576.
70. Wagner C. Thermodynamics of the liquidus and the solidus of binary alloys // Acta Metallurgica. - 1954. - V. 2, issue 2. - P. 242-249.
71. Shulke A., Lücke K. The influence of vacancies on short-range order formation in Au-Ag-alloys // Acta Metallurgica. - 1972. - V. 20, issue 4. - P. 529-541.
72. Lücke K., Haas H. The resistivity change during short-range order formation in a Au-15AT% Ag-Alloy // Scr. Met. - 1973. - V. 7, № 7. - P. 781-786.
73. Van der Sijde B. The resistivity changes caused by ordering in some quenched AuAg alloys // Rad. Effects, Physica. - 1963. - Bd. 29, № 5. - S. 559-561.
74. Григорьева А.Т., Пантелеймонов Л.А., Куприна В.В. Исследование сплавов системы палладий-золото-никель // ЖНХ. - 1962. - Т. 7, вып. 5. - С. 1110-1116.

75. Raub E., Engel A. The ternary system gold-nickel-copper // Metallforschung. - 1947. - V. 2. - P. 11-16.
76. Poliero M. White gold alloys for investment casting // Gold Technology. - 2001. - V. 31, № 1. - P. 10-20.
77. Raub Ch.J., Ott D. Gold Casting alloys-The effect of zinc additions on their behavior // Gold Bull. - 1983. - V. 16, № 2. - P. 46-51.
78. Ott D. Effect of small additions and impurities on properties of Carat golds // Gold technology. - 1997. - V. 22. - P. 31-38.
79. Normandeau G., Roeterink R. White golds: A question of compromises // Gold Bull. - 1994. - V. 27, issue 3. - P. 70-86
80. Зубрилина С.Н. Справочник по ювелирному делу. 3-е изд. - Ростов н/Д: Феникс, 2006. - 347 с.
81. Normandeau G. The effect of various additives on the performance on the 18ct karat yellow Gold casting alloy // The Santa Fe Symposium on Jewellery Manufacturing Technology. - 1996. - P. 83-107.
82. Normandeau G. Cadmium free Gold Solder alloys // Gold technology. - 1996. - V. 18. - P. 20-24.
83. Ott D. Development of 21 Carat Cadmium-Free Gold Solders // Gold technology. - 1996. - V. 19. - P. 7-10.
84. Головин В.А., Ульянова Э.Х. Свойства благородных металлов и сплавов: Справочник. - М.: Металлургия, 1964. - 188 с.
85. Бреполь Э. Теория и практика ювелирного дела. - Санкт-Петербург: Соло, 2000. - 528 с.
86. Мутылина И.Н. Художественное материаловедение. Ювелирные сплавы. - Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2005. - 132 с.
87. Bagnoud P., Nicound S., Ramoni P. Nickel allergy: The European Directive and its Consequences on Gold Coatings and White Gold alloys // Gold Technology. - 1996. - V. 18. - P. 11-19.
88. Rotheram P. White Gold. Meeting the Demands of international legislation // Gold Technology. - 1999. - V. 27. - P. 34-40.
89. Susz C. Ors Blancs a 18 carats // Aurum. English Edition The International Technical Review for Jewellery Manufacturers and Goldsmiths. - 1980. - 4. - P. 11-18.
90. Халилов И.Х., Халилов М.И. Ювелирное литье. - Махачкала, 2000. - 103 с.

91. Cretu C., van Der Lingen E. Coloured Gold Alloys // Gold Bull. - 1999. - V. 32, № 4. - P. 115-126.
92. Nassau K. The fifteen causes of color: The physics and chemistry of color // Colour Res. and Appl. - 1987. - V. 12, № 1. - P. 4-26.
93. Saeger K.E., Rodies J. Uber die Farbe einiger Goldlegierungen // Metall. - 1976. № 7. - S. 641-645.
94. Abelès F. Optical properties of Au-Ni alloys // J. Phys. Radium. - 1962. - V. 23, № 10. - P. 677-685.
95. Abelès F. Optical Properties and Electronic Structure of Metals and Alloys / Ed. F. Abelès // North-Holland Publ. Comp. - Amsterdam, 1966. - P. 553-556.
96. Лившиц В.Б., Куманин В.И. Материалы для ювелирных изделий. - М.: Астрель, 2012. - 240 с.
97. Тойбл К. Ювелирное дело / Пер. с чешского. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. - 200 с.
98. Смитлз К.Дж. Металлы: Справочник. - М.: Металлургия, 1980. - 446 с.
99. Материалы в приборостроении и автоматике: Справочник. 2-е изд. / Под ред. Ю.М. Пятина. - М.: Машиностроение, 1982. - 528 с.
100. Металлы. Методы механических и технологических испытаний / Государственные стандарты СССР. - М.: Изд. стандартов, 1965. - 236 с.
101. Глазов В.М., Вигдорович В.Н. Микротвердость металлов и полупроводников. 2-е изд. - М.: Металлургия, 1969. - 248 с.
102. Колмаков А.Г., Терентьев В.Ф., Бакиров М.Б. Методы измерения твердости. 2-е изд. - М.: Интермет Инжиниринг, 2005. - 150 с.
103. Золоторевский В.С. Механические свойства металлов. 3-е изд. – М.: МИСИС, 1998. - 400 с.
104. Китайгородский А.И. Рентгеноструктурный анализ. - М.: Гостехиздат, 1950. - 650 с.
105. Уманский М.М. Аппаратура рентгеноструктурных исследований. - М.: Гос. изд-во физ-мат. лит-ры, 1960. - 346 с.
106. Cohen M.V. Precision Lattice Constants from X-Ray Powder Photographs // Rev. Sci. Instrum. - 1935. - V. 6. - P. 68-74.
107. Фачченда В. Литье по выплавляемым моделям: Справочник / Пер. с англ. Омск: Изд. дом. «Дедал-Пресс», 2005. - 104 с.
108. Гиллер Я.Л. Таблицы межплоскостных расстояний. Том 2. - М.: Недра, 1966. - 360 с.

109. ASTM-American Society for Testing Materials.
110. Миркин Л.И. Справочник по рентгеноструктурному анализу поликристаллов. - М.: Гос. изд. физ-мат. лит., 1961. - 414 с.
111. Смирнов-Аляев Г.А. Сопротивление материалов пластическому деформированию - Л.: Машиностроение, 1978. - 368 с.
112. Сторожев М.В., Попов Е.А. Теории обработки металлов давлением. - М.: Высшая школа, 1963. - 389 с.
113. Бэкофен В.А. Процессы деформации. - М.: Metallurgia, 1977. - 288 с.
114. Кроха В.А. Упрочнение металлов при холодной пластической деформации: Справочник. - М.: Машиностроение, 1980. - 157 с.
115. Все золото планеты Земля. Интернет-документ.
http://www.goldomania.ru/articles/all_gold_planet_earth.html
116. Золото – применение. Интернет-документ. http://www.goldomania.ru/menu_028.html
117. Золото в ювелирной промышленности. Интернет-документ.
http://www.goldomania.ru/menu_031.html
118. Динамика цен на золото. Интернет-документ. <https://news.yandex.ru/quotes/10.html>
119. Бредихин В.Н., Кожанов В.А., Маняк Н.А., Кушнерова Е.Ю. Благородные Металлы. – Донецк: ДонНТУ, 2009. – 525с.
120. Колокольцев В.М., Мулявко Н.М., Вдовин К.Н., Сеницкий Е.В. Абразивная износостойкость литых металлов и сплавов; Под ред. В.М. Колокольцева. - Магнитогорск, 2004. - 228 с.