

Հ.Ա. ԻՍՈՒՆՑ, Ա.Հ. ԴԱՎԹՅԱՆ, Վ.Շ. ԱՎԱԳՅԱՆ

**ԲԱՐՁՐ ՀԱՃԱԽԱԿԱՆՈՒԹՅԱՄԲ, ՈՒՂԱՆԿՅՈՒՆ ՀԱՏՈՒՅԹՈՎ ԵՎ
ՓՈՔՐԱԳՈՒՅՆ ԱՆԴՐԱԴԱՐՁՄԱՄԲ ԱԼԻՔՍԱՐԻ ԵՎ ԿՑԱՇՈՒՐԹԻ
ՎԱԿՈՒՄԱՅԻՆ ԶՈՂՈՒՄԸ**

Ներկայացված է փոփոխական հատկություն և փոքրագույն անդրադարձմամբ, բարձր հաճախականությամբ, երկար ալիքատարի և պղնձի հիմքով կոմպոզիտային նյութից պատրաստված կցաշտրթի վակուումային զոդման տեխնոլոգիան: Վերջինս մշակելիս կատարվել են փորձեր տարբեր ջերմաստիճանային ռեժիմներում, ինչպես նաև կիրառվել են տարբեր հատկություններով նյութեր: Որպես նյութ ալիքատարների համար ընտրված է թթվածնազերծված պղինձը: Իր հատկությունների շնորհիվ թթվածնազերծված պղինձը ավելի հեշտ է մշակվում մետաղահատ հաստոցների վրա և մեծ կիրառություն ունի արագացուցչային տեխնիկայում: Որպես զոդանյութ ընտրված է BVAg-8 մակնիշի համաձուլվածքը, որն իր բաղադրությամբ բավարարում է վակուումային զոդման գործընթացին համապատասխանող պայմանները: Զոդանյութն արծաթի և պղինձի համաձուլվածք է: Ուղղանկյուն հատկությամբ ալիքատարի և կցաշտրթի զոդումն իրականացվել է բարձր վակուումի պայմաններում, վակուումային զոդման կայանքում, որը վերականգնվել և մոդիֆիկացվել է «ՔԵՆԴԼ» սինքրոտրոնային հետազոտությունների ինստիտուտում:

Առանցքային բառեր. վակուումային զոդանյութ, վակուումային զոդման կայանք, GlidCop-ից պատրաստված կցաշտրթ, բարձր հաճախականությամբ ալիքատար, նմուշի ջերմաստիճան, խցիկի ջերմաստիճան:

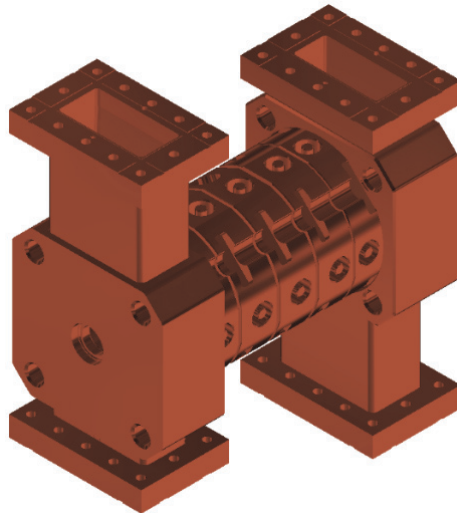
Ներածություն: Բարձր հաճախականությամբ, փոփոխական կամ հաստատուն լայնական հատկությամբ ալիքատարների և դիսպերս կարծր պղնձից պատրաստված կցաշտրթերի զոդումը նպատակահարմար է կատարել վակուումային պայմաններում, ռացիոնալ բնութագրիչ ռեժիմներում, հատուկ զոդանյութերի միջոցով: Զոդումը վակուումային պայմաններում ապահովում է նմուշի մակերևույթի մաքրությունը և զերծ է պահում պղինձը օքսիդացումից: Կարևոր է նշել, որ վերջինս հանդիսանում է խնդիր մի քանի առումներով՝

- վակուում. քանի որ հանգույցը պետք է կարողանա ապահովել գերբարձր վակուում, օքսիդացված մակերևույթը խոչընդոտում է գործընթացին,
- գազանջատում. այս գործոնը հանգեցնում է խցիկում առկա ճնշման տատանումներին,

- գոլորշու բարձր ճնշում:

[1]-ում ուսումնասիրվել է ալիքի արագացնող կառուցվածքի նախատիպը 11,994 *ՂՀ* հաճախականությամբ կոմպակտ գծային կոլայդերի համար: «ՔԵՆԴԼ» սինքրոտրոնային հետազոտությունների ինստիտուտում մշակվել է բարձր հաճախականությամբ ալիքների հանգույցի նոր մոդելը (նկ.1): Հանգույցի բարդ կազմության պատճառով այն բաղկացած է պարզ երկրաչափություն ունեցող մասերից, որոնք հնարավոր է ստանալ մետաղամշակման հաստոցի միջոցով: Վերջիններս մշակումից հետո միմյանց հետ միավորվում են (անշարժ ձևով) և դառնում մեկ միավոր: Թվածրագրային կառավարման հաստոցը HAAS TM-1P մակնիշի ուղղաձիգ ֆրեզման հաստոց է, որն ապահովում է դետալի պատրաստման ճշտությունը:

Նկ. 1-ում ներկայացված է բարձր հաճախականության ալիքների հանգույցը: Ինչպես երևում է, նման կոնստրուկցիայով և գաբարիտային չափերով հանգույցը անհնար է մշակել հաստոցների վրա: Նպատակահարմար է բարդ կոնստրուկցիան բաժանել ավելի պարզ մասերի, որոնք հետագայում կգոդվեն վակուումային պայմաններում: Զոդումը իր հերթին առաջացնում է հերմետիկության ապահովման խնդիր:



Նկ.1. Բարձր հաճախականությամբ ալիքների հանգույց

Բարձր հաճախականությամբ ալիքների հանգույցը կազմված է չորս կցաշուրթերից, որոնք գոդված են ուղղանկյուն հատույթով երկար և կարճ երկուական ալիքատարների հետ, որոնք իրենց հերթին ամրացվում են երկու միակցիչներին: Աջ և ձախ ենթահանգույցները իրար են ամրացված միակցիչների հինգ բաժականման դետալների միջոցով [2-4]: Յուրաքանչյուր բաժականման միակցիչն ունի սկավառակ:

[5]-ում ներկայացված է փոփոխական հատույթով և փոքրագույն անդրադարձամբ բարձր հաճախականությամբ ալիքատարի վակուումային զոդման տեխնոլոգիան: Վակուումային զոդումը կատարվել է BVAg-30 մակնիշի զոդանյութով, որը մշակված է հատուկ վակուումային աշխատանքների համար և նպատակահարմար է կիրառել այն աշխատանքներում, որտեղ անհրաժեշտ են մեծ մաքրություն և ճշտություն: Ստացված ալիքատարը անհրաժեշտ է զոդել կցաշուրթի հետ, բայց ոչ նույն զոդանյութով և նույն ռեժիմներում: Նույն զոդանյութի և ռեժիմների օգտագործումը կհանգեցնեք փոփոխական հատույթով և փոքրագույն անդրադարձամբ բարձր հաճախականությամբ ալիքատարի երկու մասերը միավորող զոդանյութի հալմանը, որը կհոսեր՝ առաջացնելով անցքեր և բացվածքներ զոդված կարում: Նման փորձանմուշը անուղղելի խոտան է և ենթակա չէ վերագոդման:

Ժամանակին համընթաց ստեղծվում են նոր բաղադրությամբ համաձուլվածքներ, որոնք որպես զոդանյութեր օգտագործվում են վակուումային տեխնիկայում: Նման զոդանյութերը արժանի են մանրակրկիտ ուսումնասիրության:

Առաջին հայացքից վակուումային զոդման գործընթացը բարդություն չի ներկայացնում, բայց գործնականում դժվար է հետևել ջերմաստիճանի ցուցմունքներին և կառավարել ռեժիմները [6]: Առավել ուշադրության է արժանի կայանքի անջատման գործընթացը, քանի որ նմուշի ոչ բավարար հովացումը ևս օքսիդացման պատճառ կարող է դառնալ:

Աշխատանքի նպատակը: Աշխատանքի նպատակն է մշակել փոփոխական հատույթով և փոքրագույն անդրադարձամբ, բարձր հաճախականությամբ, հատուկ զոդանյութի համար նախատեսված ակոսներով, երկար ալիքատարերի և GlidCop-ից պատրաստված ուղղանկյուն կցաշուրթերի զոդման տեխնոլոգիան, ինչպես նաև վերլուծել վակուումային զոդանյութերի վարքը տարբեր ջերմաստիճանային պայմաններում:

Խնդրի դրվածքը: Որպես ուղղանկյուն հատույթով ալիքատարի նյութ ընտրված է թթվածնազերծված պղինձը, որը ընտրվել է իր հատկությունների և մաքրության շնորհիվ: Կցաշուրթի նյութը դիսպերսիոն ամրացված պղինձ է՝ GlidCop AL-25 մակնիշի: Նյութի նման ընտրությունը կանխում է կցաշուրթերի՝ իրար միացման ժամանակ մնացորդային դեֆորմացիաների առաջացումը:

GlidCop AL-25-ը ըստ [7]-ի նախատեսված է բարձր էլեկտրական և ջերմային փոխանցման հատկություններ պահանջող աշխատանքների համար: Նման հատկությունների հետ մեկտեղ GlidCop-ը աչքի է ընկնում իր ամրությամբ, որը պահպանվում է նույնիսկ բարձր ջերմաստիճաններում: GlidCop-ը օժտված է բարձր ֆիզիկամեխանիկական հատկություններով, որը և անհրաժեշտ է կցաշուրթերի համար: Ինչպես գիտենք, կցաշուրթերը նախատեսված են երկու լիսեռանման դետալներն իրար միացնելու համար, իսկ վակուումային պայմաններում

աշխատելու դեպքում անհրաժեշտ է նաև, որ երկու կցաշուրթերն իրար միացվեն առանց բացակների՝ օդի ներհոսքը կանխարգելելու համար: Այս դեպքում նպատակահարմար չէ կցաշուրթերի պատրաստման համար որպես նյութ ընտրել, օրինակ, թթվածնազերծված պղինձը, քանի որ մեծ ոլորող մոմենտների դեպքում հեղույս-մանեկների ձգման արդյունքում կցաշուրթերը պլաստիկ կդեֆորմացվեն, և մի քանի քանդում-հավաքումից հետո դրանք պիտանի չեն լինի օգտագործման համար:

GlidCop AL-25-ը դիսպերսիոն ամրացված պղինձ է՝ ալյումինի օքսիդի քիչ քանակությամբ: Այն բաղկացած է մաքուր պղնձի մատրիցից, որը պարունակում է Al_2O_3 -ի մանրադիսպերս ենթամիկրոսկոպիկ մասնիկներ, որոնք ծառայում են որպես արգելք դիսլոկացիաների տեղաշարժման համար: Al_2O_3 -ը թերմիկ անփոփոխ է, որի շնորհիվ դանդաղեցնում է պղնձի վերաբյուրեղացումը: Հետևաբար՝ բարձր ջերմաստիճանների ազդեցության դեպքում նշանակալի փափկացումներ տեղի չեն ունենում:

Այնպիսի գոդանյութերը, ինչպիսիք են BVAg-8-ը [8] և BVAg-30-ը [9], հիմնականում օգտագործվում են արծաթե, նիկելե և պղնձե դետալների միավորման համար: Նման գոդումն իրականացնում են վերականգնողական, իներտ կամ վակուումային միջավայրերում: Նման գոդանյութերը մեծ կիրառություն ունեն նաև կերամիկան մետաղների հետ միավորման համար, որն ավելի բարդ գործընթաց է: Այդ գոդանյութերն օգտագործում են չափավոր ջերմաստիճաններում, վակուումային գոդման պայմաններում: Վակուումային համակարգերում նման գոդանյութերով գոդումը մեծ կիրառություն ունի, որը բացառում է անցանկալի անցքերի և բացակների առկայությունը:

Ընդհանուր առմամբ վակուումային գոդման գործընթացում անհրաժեշտ է կիրառել այնպիսի գոդանյութ, որում կբացակայեն անցանկալի խառնուրդները (օրինակ՝ ցինկ, ֆոսֆոր, կադմիում, նատրիում, մագնեզիում և այլն), որոնք ոչ միայն բացասաբար են ազդում գոդման կարի վրա, այլ նաև բարձր ջերմաստիճաններում մակակլանվում են վակուումային կայանքի խցիկի պատերում և առաջացնում գազանջատում: Վերջինս բացասաբար է ազդում բարձր վակուումի ստացման գործնական վրա, և խցիկի հետագա տաքացման ընթացքում մակակլանված նյութերը կարող են գոլորշիանալ և անցանկալի նստվածքներ առաջացնել արդեն գոդման ենթակա հաջորդ դետալների վրա:

BVAg-8 և BVAg-30 մակնիշի գոդանյութերը հատուկ համաձուլվածքներ են՝ վնասակար խառնուրդների ցածր քանակությամբ, որոնք նախատեսված են վակուումային գոդման համար: Ինչպես պարզվում է [8]-ից և [9]-ից, գոդանյութերում գերակշռող մասը կազմում է արծաթը: Վերջինս անդրադարձնում է լույսը (հատկապես ինֆրակարմիր), լավ հաղորդում է ջերմությունը և էլեկտրականու-

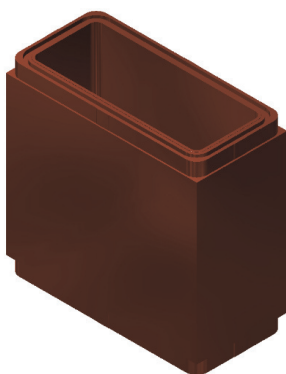
թյունը: Արծաթն ունի մեծ պլաստիկություն, քիմիապես քիչ ակտիվ է, միացություններում՝ միարժեք, երբեմն երկարժեք և եռարժեք է:

Համաձուլվածքում ըստ քանակության հաջորդը պղինձն է, որն ունի մեծ ջերմահաղորդականություն և էլեկտրահաղորդականություն: Այս հատկություններով պղինձը զիջում է միայն արծաթին: Պղինձի համաձուլվածքները մաքուր պղինձի համեմատ օժտված են ավելի ցածր հաղորդականությամբ, բայց ավելի բարձր կարծրությամբ, ինչի օրինակ է GlidCop AL-25-ը:

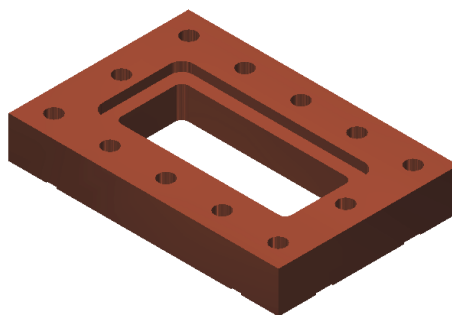
BVAg-30-ը BVAg-8-ի համեմատությամբ ունի պալադիումի 4,5...5,5% բաղադրություն, որի շնորհիվ մնացած ստանդարտ արծաթ-պղինձ համաձուլվածքների համեմատությամբ BVAg-30 մակնիշի զոդանյութը օժտված է ավելի բարձր կոռոզիակայունությամբ և օքսիդակայունությամբ: Մնացած նյութերը զոդանյութերի բաղադրության չնչին մասն են կազմում (0,001...0,002%) և գործնականում ազդեցություն չեն ունենում վակուումային զոդման գործընթացի վրա:

Նման զոդանյութերն արտադրվում են մետաղաթաղանթների, մետաղալարերի, փոշու, արտամղված մածուկների տեսքով: Առավել հաճախ վակուումային աշխատանքներում օգտագործվում են զոդանյութերի մետաղալարերի և փոշու տարբերակները: Վերջիններիս ընտրությունը կախված է կապակցվող մասերի կառուցվածքներից, ակոսների ձևից, չափերից կամ ընդհանրապես առկայությունից:

Երկար ալիքատարի երկարությունը կազմում է 81 մմ, ընդհանուր չափերը արտաքինից՝ 82x44 մմ: 44 մմ չափը ստացվում է ալիքատարի երկու մասերից, որոնցից մեկն ունի 21,75 մմ լայնություն, իսկ մյուսը՝ 22,25 մմ: Երկար ալիքատարի կցվանքների զոդումից հետո այն կրկին մշակվում է: Ալիքատարի երկու կողմերում մշակվում են ակոսներ զոդանյութի համար և կողպեքներ՝ զոդանյութի դեպի ներս հոսելը կանխարգելելու համար:



ա)

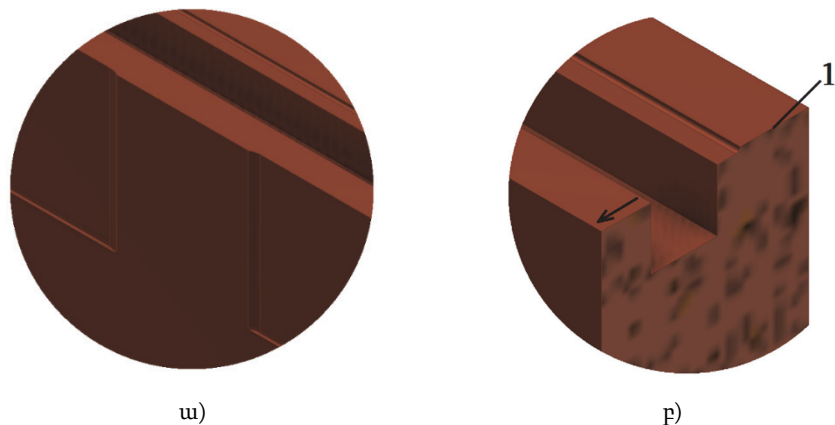


բ)

Նկ.2. Ուղղանկյուն հատույթով ալիքատարի (ա) և GlidCop-ից պատրաստված կցաշուրթի (բ) մոդելները

Ալիքատարի և կցաշուրթի շփման գոտին մշակված է այնպես, որ դրանք ավելի հերմետիկ միանան իրար, պահպանելով թույլատրելի բացակների միջակայքը: Նման ալիքատարի մոդելը ներկայացված է նկ. 2ա-ում, որը նախագծվել է Autodesk Inventor Professional ծրագրային միջավայրում: Զոդանյութի ակոսները արված են $1,6 \times 1,6$ մմ չափերով, որը մշակվել է 1 մմ տրամագծի ֆրեզով: Օգտագործվող զոդանյութը 1,57 մմ տրամագծով մետաղալար է:

Ինչպես երևում է նկ. 2բ-ից, կցաշուրթն ունի աստիճանական մաս, որտեղ ալիքատարը 4 մմ չափով մտնում է կցաշուրթի մեջ: Նկ. 3ա-ում պատկերված ուռուցիկ մասը նախատեսված է ալիքատարի և կցաշուրթի հերմետիկ և անշարժ ամրացման համար: Ուռուցիկ մասերն ունեն ընդամենը 0,1 մմ հաստություն, քանակով չորս են և տեղակայված են ալիքատարի չորս կողմերի՝ մեջտեղի մասերում: Նկ. 3բ-ում պատկերված է զոդանյութի առվակի հաստությոը: Զոդանյութը տեղակայվում է առվակում, և վակուումային զոդման ժամանակ, երբ զոդանյութը հալվում է և սկսում հոսել, կողպեքի (1) առկայությունը կանխարգելում է զոդանյութի դեպի ներս հոսքը: Զոդանյութը կարող է հոսել դեպի դուրս, սլաքով պատկերված ճանապարհով, ապահովելով թրջման երևույթը, որը առանցքային դեր է խաղում զոդման գործընթացում: Այս երկրաչափությունն ապահովում է նաև գազահեռացման ճանապարհը, քանի որ բարձր ջերմաստիճաններում զոդանյութից անջատվում են գազեր, որոնց առկայությունը զոդման գոտում բացասական ազդեցություն կարող է ունենալ:



Նկ.3. Ուղղանկյուն հաստությով ալիքատարի և կցաշուրթի ամրացման համար նախատեսված ուռուցիկ մասը (ա) և զոդման գոտում զոդանյութի առվակի հաստությոը (բ)

Հետազոտության արդյունքները: Ինչպես երևում է նկ. 1-ից, վակուումային զոդման նմուշները չորսն են, որոնցից երկուսի ալիքատարները երկար են, իսկ մյուս երկուսինը՝ կարճ: Երկար ալիքատարները փոփոխական ուղղանկյուն

հատույթով են, իսկ կարճերը՝ հաստատուն ուղղանկյուն հատույթով: Դրանց զոդման գործընթացն ուսումնասիրվել է [10]-ում:

Առաջինը երկար ալիքատարով նմուշն է: Այս փորձը կրկնվել է երեք անգամ, քանի որ զոդանյութը դուրս չէր հոսել, և կարի գիծը չէր երևում: Նմուշը ենթարկվել է վակուումային հերմետիկության արատորոշման, որի արդյունքը բացասական է եղել:

Փորձերի արդյունքները ներկայացված են աղ. 1-ում, որտեղ t_1 -ը նմուշի ջերմաստիճանն է, t_2 -ը՝ խցիկի:

Աղյուսակ 1

Երկար ալիքատարի և կցաշուրթի զոդման առաջին նմուշի արդյունքները

I փորձ		II փորձ		III փորձ	
t_1	t_2	t_1	t_2	t_1	t_2
790	790,7	790	789,1	790	775,7
791	786,9	792,8	789	796	778,7
792	781,2	797,5	781	800	780,5
793	775,5	797,1	769,8	806	784,6
794	769,3	798,1	769,7	810	788
794,1	767,6	805,6	776	814	790,2

Փորձերը կատարվել են BVAg-8 մակնիշի զոդանյութով: Հաշվի առնելով թերմոզույգերի չափման սխալանքները, զոդանյութի հալման ջերմաստիճանը վակուումում ընդունվել է 790°C -ը: Առաջին փորձի տևողությունը է 10 րոպե է, իրականացվել է $1,8...1,2 \cdot 10^{-5} \text{ մմ սնդ. սյան}$ վակուումի պայմաններում: Կարևորագույն բնութագրիչներից մեկը տիրիստորի բացման անկյունն է, որի արժեքը փորձի սկզբում՝ $\varphi_1=87^{\circ}$ է: Փորձի վերջում տիրիստորի բացման անկյունը աստիճանաբար նվազեցվել է մինչև $\varphi_2=82^{\circ}$: Նվազեցման պատճառը ջերմաստիճանային զոտու պահպանումն է:

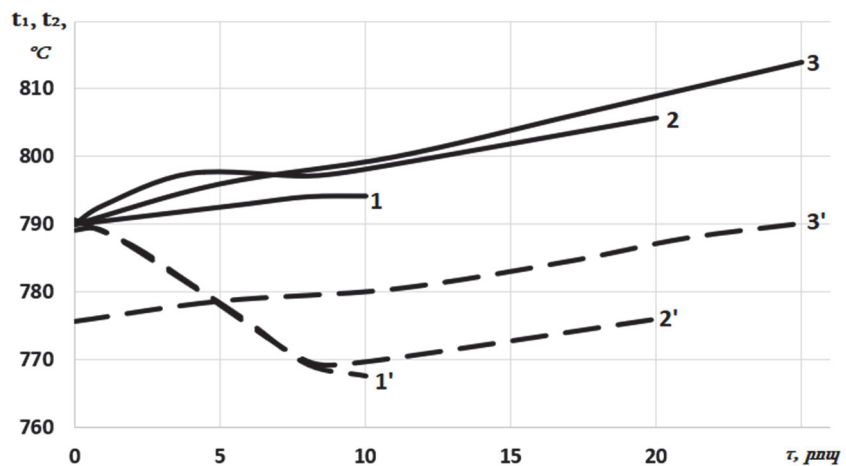
Տաքացուցչի հզորությունը փորձի սկզբում և վերջում ընդունել է համապատասխանաբար $P_1=9.3 \text{ կՎտ}$ և $P_2=9 \text{ կՎտ}$ արժեքներ: Փորձի արդյունքում զոդանյութը դուրս չէր հոսել, ինչից հասկանալի էր, որ նմուշը կունենար բացակներ:

Փորձը կրկնվել է երկրորդ անգամ, որը պահվել է 20 րոպե , նախորդի համեմատ կրկնակի անգամ ավել: Տիրիստորի բացման անկյունը փորձի սկզբում եղել է $\varphi_1=87^{\circ}$, իսկ վերջում՝ $\varphi_2=83^{\circ}$: Այս անգամ նմուշի ջերմաստիճանը բարձրացվել է մինչև $805,6^{\circ}\text{C}$ -ը, բայց խցիկի ջերմաստիճանը, այնուամենայնիվ, նվազել է: Տաքացուցչի հզորությունը փորձի սկզբում և վերջում ընդունել է համապատասխանաբար $P_1=9,5 \text{ կՎտ}$ և $P_2=8 \text{ կՎտ}$ արժեքներ: Նմուշը ենթարկվել է վակուում-

մային հերմետիկության արատորոշման: Գործընթացի աշխատանքի սկզբունքը ներկայացված է [5]-ում: Նմուշի կարն ունեցել է օդի ներհոսքի տեղեր:

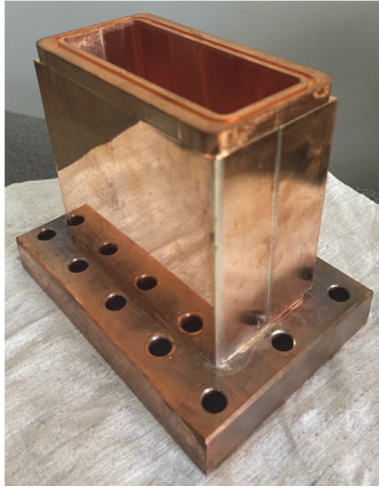
Փորձի երրորդ կրկնության ժամանակ նմուշը պահվել է 25 րոպե: Տիրիստորի բացման անկյունը փորձի սկզբում եղել է $\varphi_1=87^\circ$, իսկ վերջում՝ $\varphi_2=83,5^\circ$: Այս անգամ նմուշի ջերմաստիճանը բարձրացվել է մինչև 814°C -ը, բայց խցիկի ջերմաստիճանն աճել է: Տաքացուցչի հզորությունը փորձի սկզբում և վերջում ընդունել է համապատասխանաբար $P_1=9,5$ կՎտ և $P_2=9$ կՎտ արժեքներ: Վակուումային հերմետիկության փորձի արդյունքում նմուշը ենթարկվել է արատորոշման և ստուգվել՝ միայն բարձր վակուումի դեպքում: Նմուշը պահվել է 10^{-6} մմ սնդ. սյուն վակուումում: Կարելի է եզրակացնել, որ կարևոր է պահպանել ոչ միայն նմուշի ջերմաստիճանը, այլ նաև խցիկի, քանի որ ըստ արդյունքների՝ միայն 3-րդ անգամ զոդումից հետո վակուումային արատորոշումը դրական արդյունք տվեց: Նաև պետք է նշել, որ նպատակահարմար է փորձն իրականացնել ավելի երկար ժամանակահատվածով, որպեսզի զոդանյութը հասցնի հալվել, տարածվել և թրջել պղնձե մակերևույթները:

Նկ. 4-ում պատկերված են երկար ալիքատարի և կցաշուրթի զոդման առաջին նմուշի փորձերի գրաֆիկները, որտեղ հոծ գծերով պատկերված գրաֆիկները նմուշի ջերմաստիճաններն են՝ կախված ժամանակից, իսկ ընդհատ գծերով գրաֆիկները՝ խցիկի:



Նկ.4. Երկար ալիքատարի և կցաշուրթի զոդման առաջին նմուշի փորձերի գրաֆիկները

Առաջին նմուշը պատկերված է նկ.5-ում: Թեև զոդանյութը ակնառու դուրս չի հոսել, բայց վակուումային հերմետիկության արատորոշման փորձի արդյունքը դրական է: Համարելով դրական արդյունք՝ կարող ենք ասել, որ այն կարելի է զոդել հաջորդ մասին (միակցի):



Նկ. 5. Երկար ալիքատարի և կցաշուրթի զողման առաջին (ա) և երկրորդ (բ) նմուշները

Երկրորդը ևս երկար ալիքատարով նմուշն է: Այս փորձը նույնպես կրկնվել է երեք անգամ:

Փորձերը կատարվել են աղ. 2-ում ներկայացված ռեժիմներով, որտեղ P-ն ճնշումն է խցիկում, φ_1 -ը և φ_2 -ը՝ համապատասխանաբար փորձի սկզբում և վերջում տիրիստորի բացման անկյունները, P₁-ը և P₂-ը՝ համապատասխանաբար փորձի սկզբում և վերջում տաքացուցչի հզորությունը, τ -ն՝ փորձի կատարման ժամանակամիջոցը:

Աղյուսակ 2

Երկար ալիքատարի և կցաշուրթի զողման երկրորդ նմուշի ռեժիմները

Փորձ	P, մմ սնդ. սյուն	φ_1 , աստ	φ_2 , աստ	P ₁ , կՎտ	P ₂ , կՎտ	τ , րոպ
I	$2,7 \dots 1,7 \cdot 10^{-5}$	87,5	83	9,8	9,4	25
II	$1,9 \dots 1,6 \cdot 10^{-5}$	89	86	10,2	9,7	14
III	$1,5 \dots 1,4 \cdot 10^{-5}$	88	84,7	10	9,6	40

Ինչպես երևում է աղ. 2-ից, նմուշը պահվել է ժամանակային տարբեր տևողություններով: Երրորդ փորձը առաջին երկու փորձերի համեմատությամբ 15 րոպեից սկսած 30 րոպե պահվել է 815 °C-ում: Փորձերի ջերմաստիճանային արդյունքները ներկայացված են աղ. 3-ում, որտեղ t₁-ը նմուշի ջերմաստիճանն է, t₂-ը՝ խցիկի:

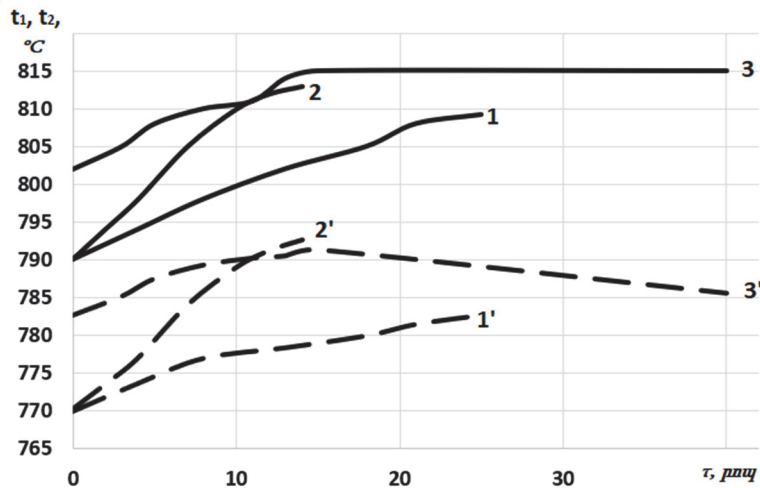
Երկար ալիքատարի և կցաշուրթի զոդման երկրորդ նմուշի արդյունքները

I փորձ		II փորձ		III փորձ	
t1	t2	t1	t2	t1	t2
790	770	790	770,2	802	782,7
794	773,7	794	773,5	805	785,2
798	777	798	777	808	787,5
802	778,4	805	784	810	789,3
805	780	810	789	811	790,2
808	781,5	812	791,2	814	790,5
809,2	782,7	813	792,6	815	791,3
-	-	-	-	815	785,6

Նմուշի առաջին երկու փորձերը չեն ապահովել վակուումային հերմետիկություն, որի պատճառ կարող է հանդիսանալ միայն փորձի տևողությունը, քանի որ, դիտարկելով նախորդ նմուշի փորձերի արդյունքները, պարզ է դառնում, որ խցիկի ջերմաստիճանն է պահպանել ջերմաստիճանի աճը: Երրորդ փորձի արդյունքում վակուումային արատորոշման փորձը տվել է դրական արդյունք, թեև խցիկի ջերմաստիճանը համեմատաբար նվազել է: Հաստատապես կարելի է ասել, որ՝

- առաջնահերթ պետք է պահպանել նմուշի ջերմաստիճանի աճը,
- պետք է պահպանել խցիկի ջերմաստիճանի աճը (ըստ պայմանի՝ $t_2 > t_2'$, որտեղ t_2 -ը խցիկի սկզբնական, t_2' -ը՝ վերջնական ջերմաստիճանն է),
- կախված նմուշի գաբարիտային չափերից՝ որքան մեծ է նմուշը, այնքան երկարատև պետք է լինի բուն փորձի գործընթացը,
- փորձի երկարատևությունը, հաստատուն կամ հաստատուն փոփոխվող ռեժիմների դեպքում, նպաստում է զոդանյութի համասեռ տարածմանը, որը և ապահովում է վակուումային հերմետիկությունը: Առաջնային է այս գործոնի պահպանումը անգամ այն դեպքում, երբ ունենք խցիկի ջերմաստիճանի անկում (փորձ 3):

Նկ. 6-ում պատկերված են երկար ալիքատարի և կցաշուրթի զոդման երկրորդ նմուշի փորձերի գրաֆիկները:



Նկ.6. Երկար ալիքատարի և կցաշուրթի զոդման երկրորդ նմուշի փորձերի գրաֆիկները

Դիագրամում հոծ գծերով պատկերված գրաֆիկները նմուշի ջերմաստիճաններն են՝ կախված ժամանակից, իսկ ընդհատ գծերով գրաֆիկները՝ խցիկի:

Եզրակացություն: Վերլուծելով արդյունքները՝ կարող ենք ասել.

- առանցքային պարամետրեր են ոչ միայն նմուշի ջերմաստիճանը և զոդանյութի հալման ջերմաստիճանը, այլ նաև ժամանակահատվածը և խցիկի ջերմաստիճանը,

- նմուշի ջերմաստիճանի բարձրացմանը զուգընթաց անհրաժեշտ է պահպանել նաև խցիկի ջերմաստիճանի աճը,

- պահպանելով ջերմաստիճանային արժեքները՝ փորձի երկարատևությունը նպաստում է կապակցվող նյութերի զոդվող մակերևույթների թրջման գործընթացին և զոդանյութի համասեռ տարածմանը:

Աշխատանքը իրականացվել է Հայաստանի Հանրապետության Գիտության կոմիտեի աջակցությամբ՝ «ՔԵՆԴԼ» ՍՀԻ-ի «Վակուումային տեխնոլոգիաներ» գիտահետազոտական, բազային լաբորատորիայի գիտական թեմայի շրջանակներում:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. Design, fabrication, and high-gradient testing of an X-band, traveling-wave accelerating structure milled from copper halves / **T. Argyropoulos, N. Catalan-Lasheras, A. Grudiev, G. Mcmonagle, et al** // Physical Review Accelerators and Beams.- 7 June 2018.- 21(6):061001.- P. 1-11. doi: 10.1103/PhysRevAccelBeams.21.061001.
2. Start of operation of a standing wave deflecting cavity with the minimized level of aberrations / **V. Paramonov, K. Floettmann, V. Danielyan, et al** // Proceedings of 26th Russian Particle Accelerator Conference (RUPAC).- Provino, Russia, December 2018.- P. 388-390. doi: 10.18429/JACoW-RUPAC2018-WEPSB53.

3. Design, construction, and tuning of an RF deflecting cavity for the REGAE facility / **V. Paramonov, V. Danielyan, K. Floettmann, et al** // Journal of Physics: Conference Series.- June 2019.- Vol. 1238, no. 1.- P. 1-5. doi: 10.1088/1742-6596/1238/1/012069.
4. Some technological features for fabrication of accelerating structures / **V.Sh. Avagyan, V.A. Danielyan, V.S. Dekhtiarov, T.H. Mkrtchyan, et al** // Journal of Instrumentation.- July 2017.- P. 1-12. doi: 10.1088/1748-0221/12/07/P07025.
5. **Давтян А.А., Исунц Г.А.** Вакуумная пайка высокочастотного волновода с переменным сечением и минимальным отражением // Вестник НПУА: Механика, Машиноведение, Машиностроение.- Ереван, 2021.- №1.- С. 31-42.
6. Vacuum brazing of accelerator components / **R. Singh, K.K. Pant, Sh. Lal, D.P. Yadav, et al** // Journal of Physics: Conference Series.- 5 November 2012.- Vol. 390, no. 1.- P. 012025. doi: 10.1088/1742-6596/390/1/012025.
7. https://www.hoganas.com/globalassets/download-media/sharepoint/brochures-and-datasheets---all-documents/glidcop_glidcop-al-25-applications_0668hog.pdf
8. <https://www.brazing.com/Pdf/Silver%20Data%20Sheets/SA-BV-72.pdf>
9. <https://www.brazing.com/Pdf/Silver%20Data%20Sheets/SA-BV-68.pdf>
10. **Исунц Г.А.** Пайка короткого волновода и фланца узла высокочастотных волн в условиях высокого вакуума // Вестник НПУА: Механика, Машиноведение, Машиностроение.- Ереван, 2021.- №2.- С. 63-73.

«Քենդլ» սինքրոտրոնային հետազոտությունների ինստիտուտ, Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 29.09.2022:

Г.А. ИСУНЦ, А.А. ДАВТЯН, В.Ш. АВАГЯН

ВАКУУМНАЯ ПАЙКА ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ВОЛНОВОДА ПРЯМОУГОЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ И МИНИМАЛЬНОГО ОТРАЖЕНИЯ С ФЛАНЦЕМ

Представлена технология вакуумной пайки длинного высокочастотного волновода с переменным сечением и минимальным отражением с фланцем из композитного материала на основе меди. При разработке технологии выполнены эксперименты в разных температурных режимах, а также использованы материалы с разными свойствами. В качестве материала для волноводов выбрана бескислородная медь. Благодаря своим свойствам бескислородная медь легко обрабатывается на металлорежущих станках и имеет широкое применение в ускорительной технике. В качестве припоя выбран сплав марки BVAg-8, который по своему составу удовлетворяет условиям, соответствующим процессу вакуумной пайки. Припой является сплавом серебра и меди. Пайка волновода прямоугольного сечения и фланца выполнена в условиях высокого вакуума в установке вакуумной пайки, которая восстановлена и модернизирована в Институте синхротронных исследований “КЕНДЛ”.

Ключевые слова: вакуумный припой, установка вакуумной пайки, фланец, изготовленный из GlidCor -а, высокочастотный волновод, температура образца, температура камеры.

H.A. ISUNTS, A.H. DAVTYAN, V.Sh. AVAGYAN

**VACUUM BRAZING OF A HIGH-FREQUENCY WAVEGUIDE OF A
RECTANGULAR SECTION AND MINIMAL REFLECTION WITH A
FLANGE**

The technology of vacuum brazing of a long high-frequency waveguide with variable cross-section and minimal reflection with a flange made of a composite material based on copper is presented. When developing the technology, experiments were carried out under different temperature conditions, and materials with different properties were also used. Oxygen-free copper was chosen as the material for the waveguides. Due to its properties, oxygen-free copper is easily processed on metal-cutting machines and is widely used in accelerator technology. The BVAg-8 alloy was selected as the filler, which satisfies the conditions corresponding to the vacuum brazing process with its composition. Filler is an alloy of silver and copper. Brazing of a rectangular waveguide and a flange was performed under high vacuum conditions, in a vacuum brazing unit, which was restored and modernized at the CANDLE Synchrotron Research Institute.

Keywords: vacuum filler, vacuum brazing unit, flange made of GlidCop, high-frequency waveguide, sample temperature, chamber temperature.