

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС  
ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ  
ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

“МАТЕРИАЛШУНОСЛИК ва МАТЕРИАЛЛАР ТЕХНОЛОГИЯСИ”  
кафедраси

«ЎзККЎЧМ ОАЖ шароитида кремний нитрид асбобсозлик материалларини  
олиш технологиясини ишлаб чиқиш»  
мавзусидаги

## **БИТИРУВ МАЛАКАВИЙ ИШИГА ТУШУНТИРИШ ХАТИ**

Малакавий иш рахбари:

ка.ўқт. Шакиров Ш.М.

Бажарувчи:

108-12 ММТ гуруҳ 4-босқич талабаси Бухарбаев Х.М.

**Тошкент 2014 г.**

**МУНДАРИЖА**

		бет
	<b>КИРИШ</b>	
<b>I</b>	<b>УМУМИЙ КИСМ</b>	
<b>1.1</b>	<b>Бевосита кремнийдан кремний нитрид (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>) олиш</b>	
	1.1.1 Кремний кукунини азотлаш.	
<b>1.2</b>	<b>Кремний икки оксиддан Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> олиш</b>	
	1.2.1. Кремний икки оксидини углерод ёрдамида кайта тиклаш усули.	
	1.2.2. Плазмохимик усул.	
<b>1.3</b>	<b>Турли технологик усулларда олинган Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> кукунинг хоссалари</b>	
	1.3.1. Кукун материалларнинг технологик хоссалари.	
	1.3.2. Кукун материалларнинг хажмий массаси ва оқувчанлиги.	
	1.3.3. Кукунинг шаклланиш даражаси.	
<b>II</b>	<b>II ТЕХНОЛОГИК КИСМ</b>	
<b>2.1</b>	<b>Хомашёни ишлаб чиқаришга тайёрлаш</b>	
	2.1.1. Кукунларни саралаш.	
	2.1.2. Нано кукунларни киздириш.	
<b>2.2</b>	<b>Юкори хароратли исиклайин пресслаб пластинкаларни олиш</b>	
	2.2.1. Пресс-колип материални танлаш.	
	2.2.2. Исиклайин бреслаш босимини, температураси ва ушлаб туриш вақтини аниклаш.	
	2.3. Пластинкалар геометрик бурчакларини бериш	
<b>III</b>	<b>КОНСТРУКЦИОН КИСМ</b>	
<b>3.1</b>	<b>Исиклайин преслаш курилмаси</b>	
<b>3.2</b>	<b>Исиклайин преслаш ускунасини ва уни хисоби</b>	
	3.2.1. Пресс-колип мустаҳкамлигини хисоблаш.	
	<b>ХУЛОСА</b>	
	<b>ХАЁТ ФАОЛИЯТ ХОВФСИЗЛИГИ</b>	
	<b>ЭКОЛОГИЯ ВА АТРОФ МУХИТ ХИМОЯСИ</b>	
	<b>ИҚДИСОДИЙ КИСМ</b>	
	<b>КУЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛА РҲЙХАТИ</b>	

## КИРИШ

Республикамизнинг барча ишлаб чиқариш соҳаларида техника ва технологик ускуналарда қўланиладиган асбоб материаллари юқори унимдорликга, арзон таннархга ва ишончли узок муддат хизмат килиш имкониятига эга бўлишлиги талаб этилади. Техника ва технологик ускуналарига қўйиладиган бундай талаблар бевосита уларни ясашга ишлатиладиган материал хоссаларига келиб такалади.

Материалшунослик фанидан малумки, битта материалда хама хоссаларни бир вақтда бўлишлигини тامينлаш мумкин эмас [1]. Асбобсозлик материалларини мустахкамлигини, ейилишга бардошлигини, каттиклигини, иссикга бардошлигини ошириш учун турли элементлар жумладан волфрам, тантал, молибден, ванадий ва шунга ухшаш металллар билан легирлашга тугри келади. Бу эса уз навбатида асбобсозлик материални таннархини кескин ошишига олиб келади. Бундан ташқари материалнинг таннархига материални ишлаб чиқаришдаги технологиясининг мураккаблик даражаси хам катта таъсир кўрсатади. Демак хар қандай материалларда камёб металлларни бўлишлиги, уни ишлаб чиқариш технологиясининг мураккаблиги ишлаб чиқарилаётган материалнинг асосий таннархини белгилаб беради десак хато бўлмас экан.

Шуни инобатга оладиган бўлсак замонавий материалларни ишлаб чиқаришда табиатда кенг тарқалган, хоссалари камёб материаллардан ката фарк килмайдиган, ишлаб чиқариш мураккаб технологияларни талаб килмайдиган хомашёлардан бўлишлиги келиб чиқади.

Бундай хоссаларга эга бўлган хомашёга энг авало алюминий оксиди, кремний оксиди ва шу каби материаллар мисол булла олади. Чунки юу материаллар ейилишга, иссик ва олов бардош, жуда каттик бўлиб улар бу хоссаларини хар-хил кислота ва агрессив газлар таъсирида узок муддат саклай олади.

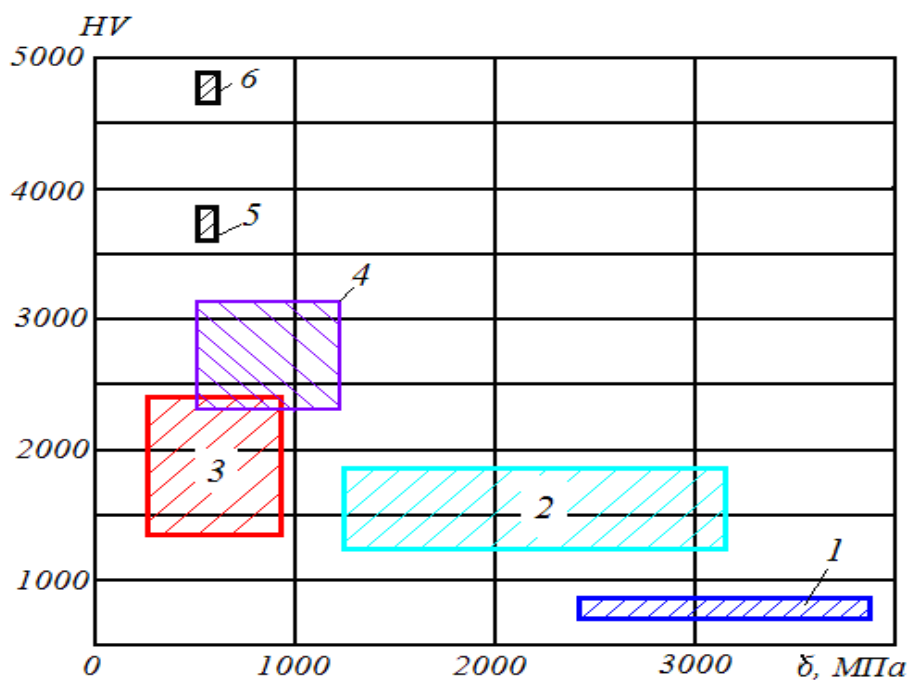
Маскур битрув малакавий ишда шундай материаллардан бири кремний нитрид асосли асбобсозлик котишмаларидан ейилишга чидамли копламаларни иссиклайн пресслаш усулида оддий пўлатдан ясалган асбоб ва деталларни ишчи юзасига 5-8 мм калинглигда коплаш технологияси устида гап боради.

## I УМУМИЙ КИСМ

Асбобсозлик керамик материаллар асосан кийин эридиган юкори ейилишга, иссикга бардош юкори кимявий турғунлик даражасига эга бўлган кимёвий бирикмалардан олинади. Бундай талабларга жавоб берувчи моддаларга энг авало алюминий оксиди ( $Al_2O_3$ ), кремний нитрид ( $Si_3N_4$ ), хамда Si-Me-O-N дан иборат бўлган оксинитридли фазалар кириб, кремний атомини ўрнини Al, Mg, Be, Ti, Zr табиатда кенг таркалган металл атомлари билан алмаштирилган бўлади [1]. Бундай кимёвий бирикмалардан ясалган керамик асбобсозлик материаллар оддий керамик материллардан тозалиги, зичлиги, структураси ва ишлаб чиқариш технологияси билан фарк килади. Хозирги пайтда асбобсозлик керамик материаллар асосан Япония, АКШ, Германия мамлакатларида кенг ишлаб чиқарилиб, улардан хар-хил материалларга механик ишлаб беришда, ейилишга чидамли, оловга, иссикга, хар-хил кимёвий агрессив мухитга бардош копламалар коплашда кенг кўланилмоқда.

Керамик асбобсозлик материаллари юкори каттикликга HRA 94-96 эга бўлиб тобланган пўлат материалларини катта тезликда ярим тоза, тоза ва нафис механик ишлаб беришда кўланилади. Материалларга механик ёкий бошка турдаги ишлаб бериш асбобсозлик материалларда юкори каттиклик, эгилиш ва сиқилишда юкори мустахкамликга, юкори температураларда ейилишга бардошли бўлишлигини талаб этади.

1.1-расмда барча турдаги асбобсозлик материалларининг каттиклиги ва эгилишдаги мустахкамлиги келтирилган диаграмма тасвирланган бўлиб материалнинг каттиклиги ортиши билан мустахкамлик пасайишини кўриш мумкин.



1. Расм. Каттиклик билан мустахкамликни курсатувчи диаграмма: 1-тезкесар пулатлар; 2-каттик котишмалар; 3-кеамик асбобсозлик материаллар; 4-легирилган керамика 5-нитрид бор; 6- олмос.

Бази керамик асбобсозлик кийин эридиган бирикмаларнинг хоссалари 1.1-жадвалда келтирилган[2].

1.1-жадвал

Кийин эридиган кислородсиз бирикмаларнинг хоссалари

Биркма кимявий формуласи	Иссикликдан кенгайиш коэффициенти		Иссиклик ўтказиш коэффициенти		Бикирлик модули		Каттиклиги HV, ГПа
	ИҮК 10 <sup>6</sup> /°C	T, °C	λ, Вт/(м·К)	τ, К	E	G	
AlN	5,82	20	180-200	293	275-340	-	16,0
	4,8	20-500					
	6,5	500-1000					
	10,3	1100					
Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	2,96	200-900	53,0	293,	300-400	110-144	34,1-44,4
	3,2	20-1500	33,0	673			
	3,1	900	23,0	1-73			
	3,3	1000	19,0	1443			
	3,4	1100	-	-			
	3,6	1200	-	-			
α-сиалон	2,5	20	7,3=8,5	293	-	-	-
α-SiC	4,57	20	-	-	-	-	-
β-SiC	3,9	400	120-200	314-473	378-549	163-203	32,5-46,9
	5,6	1000					
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,8	20	25,0	300	380-425	161	21,0
	8,5	1000					
	10,6	20-1800					
ZrO <sub>2</sub>	7,6	300	1,95	370	-	-	11,4-11,6
	9,2	600	2,05	673			
	10,0	900	2,2	1073			
	10,8	1200	2,39	1473			

1.1-жадвалдан кўриндики кийин эридиган кимявий бирикмалар ичида энг кизикарли хоссага ва юкори каттикликга эга бўлган тури бу кремний нитрид бўлиб каттиклиги бўйича факат кремний карбидга юткузади. Аммо кимявий турғунлиги бўйича ундан устун. Чунки кремний карбид юкори хароратларда ўз карбидини атмосферадаги кислородга бериб қўяди ва хоссаларини кескин пасайтириб юборади. Шу сабабли битрув малакавий иш мавзуси айнан кремний нитридни устида гап боради

### 1.1. Бевосита кремнийдан кремний нитрид (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>) олиш

Табиятда кремний нитрид икки кристалл модификациясига эга (тузилиши): α ва β - Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>. асбобсозлик материалларини ишлаб чиқаришда асосан α-Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> кристал турига эга бўлганлари қўланилади. Чунки материални ишлаб чиқаришда кихдириш харорати таъсирида α дан β – га ўтиш материалнинг структуравий ўзгариши оркали амалга ошиб β - Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> игнасимон узун кристаллари хосил бўлишига олиб келади, бу эса материалнинг юкори механик-физик хоссаларга эга бўлиб олишини таъминлайди.

Кремний нитрид кукунларини ишлаб чиқариш мкёсида олиш учун куйда келтирилган технологик усуллардан файдоланилади: ан-анавий усулда кремний кукунини азотлаш оркали, кремнига эга бўлган моддаларни киздирилган азобъ гази мухитида карботермик парчалаш

оркали, кремний гологенли бирикмаларини газфазали синтезлаб хосил бўлган моддани чиш оркали ва  $\text{Si}(\text{NH})_2$  – диамид кремни моддасини термик парчалаш оркали ишлаб чиқарилади [2].

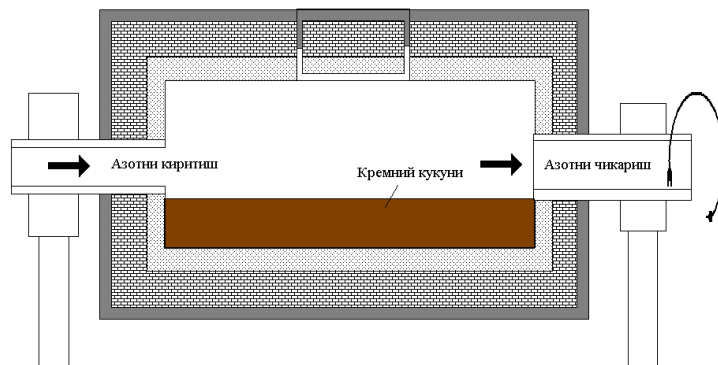
**1.1.1 Кремний кукунини азотлаш.** Кремний кукунини азотланиши даражаси бошланғич кукун хомашёнинг, тозалик даражасига, кукун заррача ўлчамига, жараён температурасига, шакиланган пресбрикетнинг ғоваклигига, азот газнинг узатилиш тезлигига боғлиқ. Одатда кремний нитрид кремний кукунларини азот газининг оқидамида икки босқичда: 1300-1350 °С - 20-50 соат давомида ва 1450-1650 °С - 10 соат давомида. Кўпчилик илмий адабиёт манмаларида биринчи босқич оптимал харорати 1100-1200 °С деб белгиланган бўлиб жараён давомидаги 10 соатдан ошмаслиги керак дейилган. Бундай бўлишликнинг сабаби кремнийнинг азотланиш жараёни хали кичик бўлиб хароратни юкориликдан азотланмаган кремний кукунларини бир бирига ёпишиб кетиш хафи бор. Бу эса азотлаш жараён тезлигини янада пасайиб кетишига олиб келади. Бундай ҳолатдан қочиш учун ахотлаш температураси секин кўтарилиб азот газининг тезлигини бошқариш оркали эришиш мумкин. Жараён технологик параметрларини бошқариш оркали зарур бўлган  $\alpha$  ёки  $\beta$  фазали махсулот олиш мумкин.

Кремнийнинг тўлиқ азотланиш даражаси кремний ва азотдаги кўшимчалар миқдорига боғлиқ. Одатда кремний ўзида кўшимча темир, алюминий, кальций, магний элементлари бўлиб улар ё эркин ёки кимёвий боғланган ҳолда бўлади. Кремний таркибидаги кислород кремний кукунларининг юзасида оксид плёнка тарзда ёки  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$  ва хатоки  $\text{H}_2\text{O}$  ҳолда бўлиши мумкин. Кремний кукунининг заррача ўлчами канча кичик бўлса махсулотдаги кислород миқдори шунча ортади, мисол: кремний солиштирма юза бирлиги 3 дан 29 м<sup>2</sup>/см гсча ошса махсулотдаги кислороднинг миқдори 0,6 дан 3,7% ортади. Бу қоида барча кукун материалларига тегишли [3].

Кремний таркибидаги металл ёки матолоид кўшимчалар аксарият ҳолларда кремний кристаллига синган бўлгани учун азотлаш жараёнини жадаллаштиради, кремний таркибидаги кислород кукун юзасида оксид парда хосил қилиб азотнинг кремний кристалл ичкарасига қиришга тўскилик қилиши натижасида азотланиш тезлигини кескин пасайтириб юборади. Бундай бўлишликни олдини олиш мақсадида турли моддалар ёрдамида кукун юзасидаги оксид пленкаларни олиб тошлаш амалга оширилади. Бунинг учун: кремний кукунлари 1200 °С температурагача вакуумда қиздириш, азот газининг тақибига гологен газларининг мълум фазини қиритиш ёки кремний кукунига оксид пардаларни емувчи қимёвий моддаларни қиритиш оркали оксид пардадан қутилиш мумкин.

Бундан ташқари азотлашчи газнинг таркибидаги кислород ҳам кремний кукунларини азотланиш жараёнига кескин таъсир кўрсатади. Азот таркибидаги кислороддан қутилиш мақсадида газ қиздирилган ҳолда кислородга актив металллар, титан, алюминий кукунларидан ўтказилади. Бунда азот шазидидаги кислород актив металллар тамонидан ушлаб қолинади.

Юкорида кўриб чиқилган кремний кукунларини азот окимида кремний нитрид кукунларини ишлаб чиқариш технологик схемаси 1.2-расмда келтирилган.



1.2-расм. Кремний кукунини ўз ўқи атрофида айланувчи печларда ишлаб чиқариш усули

Бу усул технологик жихатдан жуда оддий бўлиб сомародорлиги жада кичик бўлгани учун ишлаб чиқаришда кенг тарқалмаган. Бундан ташқари бу усул юкори тозадикган эга бўлган кремний кукунлари талаб килади. Кремний кукунларини ишлаб чиқариш эса яна кўшимча технологик бўлимлар талаб килади.

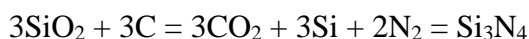
Юкорида кўриб чиқилган барча усуллар кремний кукунини хомашё сифатида қўллашга мўджаланган. Бундан ташқари кўриб чиқилган усулларнинг камчилигига: жуда паст унмдолик, кукун ўлчамларнинг йириклиги, ишлаб чиқарилган кукунинг бошка кўшимчалар билан ифлосланиши (оксид пардаларни ёмрувчи моддалар киритилиши натижасида) ва яна бир катор шунга ўхшаш камчиликлари бор. Бундан ташқари азотлаш жараёнида керакли иссиқликни хосил қилиш жуда мураккаб бўлиб ишлаб чиқариш таннархини кескин ошишига олиб келади.

## 1.2. Кремний икки оксиддан $\text{Si}_3\text{N}_4$ олиш

Ишлаб чиқаришда бевосита кремний икки ( $\text{SiO}_2$ ) оксиддан фойдаланиш ишлаб чиқариш таннархини деярли 2-3 баробар арзонлаштиришга олиб келади. Кремний икки оксиддан кремний нитридларини ишлаб чиқариш усуллари ҳам бир нечта турларга бўлинади. Шулардан ишлаб чиқаришда кенг тарқалган турига: кремний икки оксидини углерод ёрдамида қайтариш ва пловмакимоёвий усул.

### 1.2.1. Кремний икки оксидини углерод ёрдамида қайта тиклаш усули.

Кремний икки оксидларини углерод билан қайта тиклаш жараёнида азотлаш усулида кремний нитрид ишлаб чиқариш жуда мураккаб кимёвий жараён бўлиб унинг кимёвий жараён тенгламаси 1.1-тенгламада келтирилган.



Бошка технологик жараёнлардан фарқли ўларок иссиқлик углерод билан кремний икки оксиддаги кислородни алмашилиши натижасида катта иссиқлик ажралиб чиқиш хисобига амалга оширилади. Реаксиянинг бошланишига талаб этиладиган иссиқлик ташқи манбалар

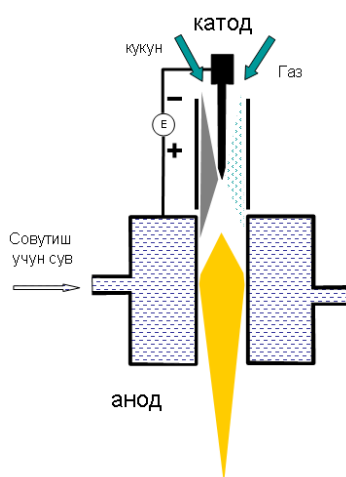
ёрдамида берилиб жараён бошлангач тўхтатилади. Кейинги кимявий жараён реакциядан ажралиб чикган иссиклик хисобига давом этирилади. Жараёни ўтказиш схемаси ва жихози 1.2-расмда келтирилган бўлиб фарқи хомашёда ва азот газининг ўрнига аммиак шази киритилган. Бошланғич хомашё сифатита майдаланган ва тозаланган кварц куми ҳамда пироуглерод кукунидан файдоланилади. Бунда 99-99,9% гача  $\alpha$  -  $\text{Si}_3\text{N}_4$  хосил бўлади.

Жараён аралашманинг харорати 1300 °C да бошланиб 3 – соат давомида хосил бўлган  $\alpha$  -  $\text{Si}_3\text{N}_4$  микдори 15% ни ташкил этади. Агар жараёнда киритилаётган азотни амиакга алмаштирилса  $\alpha$  -  $\text{Si}_3\text{N}_4$  тезлашиб унинг шу вақтдаги микдори 40% ташкил этади. Демак жараённи унимдорлигини ошириш учун азот эмас азотга бой газларни киритиш керак экан. Аммо бевосита кремнини ўзини аммиак билан азотлаш бундай самара бермайди.

Технологик жараён унимдорлигини ошириш учун хомашё сифатини ошириш талаб этилади. Ватанамиз сархатларидаги кумнинг кимявий таркиби ундан кремний нитрид ишлаб чиқаришга тўлик мос келиб махсус усулда тозаланади. Бу усуллар битрув малакавий ишнинг технологик бўлимда батафсил баён этилган.

**1.2.2. Плазмокимёвий усул.** Хозирги пайтда ривожланган (Япония, Германия ва Канада) давлатларда кенг тарқалаган усул бу водород мухитида плазмаёй -плазматронларида кремний оксидидан кремний нитридларини олиш усули бўлиб ишлаб чиқарилган кукун материалларининг заррача ўлчами бир хили ультра майдалиги, юкори тозалиги, жараёнинг юкори унимдорлиги билан ажралиб туради. Бу усулнинг асосий жараён схемаси 1.3-расмда келтирилган.

Бу технологик усулда плазма хосил қилувчи газ азот газидан. Хомашё сифатида юкори даражада майдаланиб тозаланган кварц куми водород газидан билан аралаштириб киритилади. Бир тамондан кремний оксидидан водород газидан билан реакцияга киришиб кислороддан қутилса иккинчи тамондан плазма да буғланиб нитрид реакциясига киришади. Нитрид реакциясига киришган моддалар плазма мухитида газ ҳолатда бўлиб кескин совитилиш натижасида ультра майда ва хаттоки нано кристаллар хосил қилади.



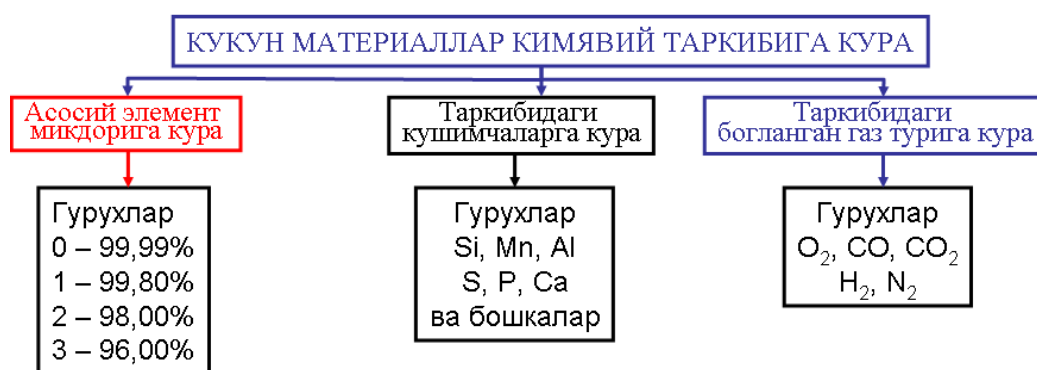
1.3-расм. Плазмокимявий усул



### 1.3. Турли технологик усулларда олинган Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> кукунинг хоссалари

Агар материал маълум улчамларгача майдалангандан кейин уз физика-кимявий хоссаларини ўзгартирса унга шу материалнинг кукун дейилади. Бутун майдаланмаган ёки йирик майдаланган материалдан фаркли ўларок кукун материалларда физика-кимявий жараёнлар тезроқ ва жадалроқ содир бўлади.

Хар қандай кукун материалларни ўзига яраша хоссалари бўлиб бу хоссалар кукун материални у ёки бу жойда ишлатилишини белгилаб беради. Кукун материаллар асосан бири бири билан қуйдаги асосий хоссалари буйича фаркланади. Кукун материалларнинг кимявий хоссасига кўра гурухларга булиниши 1.4-расмда келтирилган схемага муофик бўлиниди.



1.4-расм. Кукун материалларни кимявий таркибига кура гурухланиши.

Кукунлар кимявий хоссасига кура: уни ташкил этувчи асосий элемент миқдорига кура; жуда тоза, тоза, техник тоза ва тоза эмас турларга булинади; таркибидаги қўшимча турлари ва фоизига кўра: кремнийли, марганецли, алюминли ва шунга ухшаган элементлар буйича гурухланади. Бунда айнан бир элемент эмас балки бир вақтини ўзида бир неча элементлардан иборот қушимчаларга эга бўлган кукунлар ҳам бўлиши мумкин. Таркибидаги металл асос билан боғланган газларга кўра кукунлар: кислородли, азотли, карбанатли ва шунга ўхшаш боғланган газ буйича бўлинади. Бундан ташқари кукунлар активлиги ва таксик хоссаларга эга бўлиши буйича ҳам гурухланади.

Кукун материалларнинг физикавий хоссасига кўра гурухланиши 1.5-расмда келтирилган. Бундай гурухланишда кукунинг физикавий ҳолати асос қилиб олинган. Кукун материаллар физикавий хоссасига кўра қуйдаги асосий гурухларга бўлинади: кукун заррача шаклига кўра – сферасимон ёки шундай геометрик ўлчамга жуда яқин заррачалардан ташкил топган кукун материаллари, киррасимон, ясси пластинка симон ва ғоваксимон кукун материал турларига бўлинади.

Кукунларнинг бундай заррача бўйича бўлиниши бежиз эмас албатта, чунки кукунинг заррача шакли ундан у ёки бу материалларни ишлаб чиқаришда муҳим аҳамият касб этади.



1.5-расм. Куқун материалларнинг физикавий хоссаларига кўра гурухланиш схемаси.

Куқун материаллари заррача ўлчамига кўра куйдаги асосий турларга: нано заррачали, ультра майда, майда, ўрта ва йирик заррачали куқунларга бўлинади. Куқун заррачасининг ўлчами кичрайиши билан унинг барча хоссалари ўзгара боради. Аксарият материаллар уз физика-кимявий хоссаларини куқун заррача ўлчами 0,5 – 1 мм гача майдалангандан кейин ўзгартиради.

Куқун материалнинг физикавий хоссалари жуда муҳим бўлиб улар куқун материаллардан у ёки бу материалларни ишлаб чиқаришда технологик параметарларни белгилаб беради.

Физикавий хоссалари ичида муҳим аҳамиятга эга бўлган катталиқ бу куқун заррачасининг юза ҳолати. Купчилик куқунларнинг хажмига нисбатан юза бирлиги жуда катта бўлиб у жуда юкори активликга эга бўлади.

**1.3.1. Куқун материалларнинг технологик хоссалари.** Куқун материалларни ишлаб чиқаришга кенг тадбик этишда унинг кимявий ва физикавий хоссаларидан ташқари технологик хоссалари ҳам бўлиб у куқундан буюмлар ишлаб чиқаришда ката аҳамиятга эга.

Куқун материалларнинг технологик хоссаларига: берилган хажм микдори маълум массага эга бўлишлиги; маълум массага эга бўлган куқун белгиланган тешиқдан аниқ вақт давомида оқиб ўтиши; турли геометрик шакиллар ишлаб чиқарганда шу шакилларни пресс-колипдани чиқандан кейин ҳам узок муддат саклай олишлиги киради.

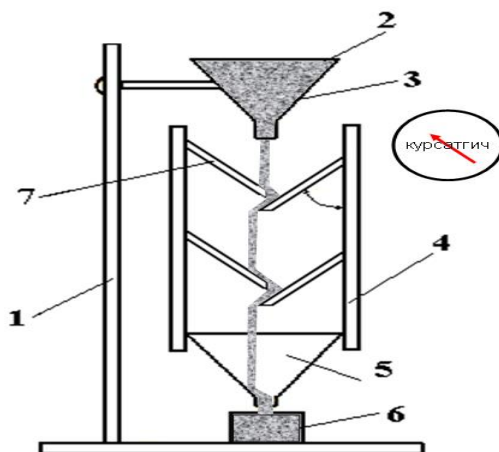
Куқун материалларнинг технологик хоссаларига кўра гурухланиши 1.6-расмда схематик тарзда келтирилган.



1.6-расм. Куқун материалларини технологик хоссаларга кўра гурухланиш схемаси.

**1.3.2. Кукун материалларнинг хажмий массаси ва окувчанлиги.** Кукун материалларнинг ўзига хос хоссалардан бири бу уларнинг хажмий массаси бўлиб аник хажмдаги кукун канча массага эга деган тушунчани беради. Бунда аник хажми  $100 \text{ см}^3$  бўлиб унга мажбурланмасдан тулгунча кукун куйилганда канча грамм кукун жойлашади.

**Кукун окувчанлиги** - кукунларини бу хоссаси асосан кукун материалларини ишлаб чиқариш жараёнини автоматлаштириш учун зарур кўрсаткич ҳисобланади. Ёмон окувчанликга эга бўлган кукунлар ишлаб чиқариш жараёнини унимдорлигига ва ишлаб чиқарилган детал сифатига катта салбий таъсир кўрсатади, чунки у пресс-қолипни бир текис тулдира олмайди. Кукун материалларини окувчанлиги стандарт талабларга мос келувчи махсус қурилма ёрдамида аникланади, бунда окувчанликни изохлавчи катталиқ г/с ҳисобланади яний малум массага эга бўлган кукун канча вақт давомида берилган тешиқдан оқиб ўтган деган тушунчани беради. Бунда асосан 100 г массага эга бўлган кукун текшириб кўрилади. Қурилмага куйиладиган воронка диаметри 100 мм, конус бурчаги  $60^\circ$ , конус тагидаги цилиндрик тешиқнинг диаметри 0,8 мм бўлади. Воронка тагига шиша пластинкалар  $30^\circ$  бурчак остида маълум ороликда жойлаштирилган бўлиб уларнинг юза қисми силикланган. 1.7-рамда кукуннинг окувчанлигини текширишга мўджалланган қурилма тасвирланган.



1.7-расм. Кукун материалларни окувчанлигини аниклавчи қурилма: 1 – ушлаб тургич; варонка; 3 – майда панжара тўри; 4 – шиша пластинка ушлагич; 5 – пастги варонка; 6 – хажм ўлчагич.

Кукун материалларнинг кўриб чиқилган турлари ва хоссалари улардан ишлаб чиқариладиган материал хоссаларига ва улардан турли деталлар ишлаб чиқариш унимдорлигига, мурақабалигига катта таъсир кўрсатади.

**1.3.3. Кукуннинг шакилланиш даражаси.** Кукун материалларнинг асосий хоссаларидан бири шакилланиш даражаси. Бунда пресс-қолипга куйилган кукунга босим берилиб унинг қай даражада мустакхам зичликга эга бўлишлиги ва пресс-қолипдан чиқазилгандан кейин шу шакилни саклаб қолганлиги билан изохланади. Айтиш кераки ҳамма кукун материаллари ҳам яхшигина шакилланиш хоссасига эга бўлмайди. Кукунларнинг ўзига хос хоссаларига кўра улар маълум шароитларда шакилланиши мумкин. Бу шароитлар асосан уларни шакилланишига кетган

босим билан изохланади. Кукун материали маълум даражада шакиланишга канча босим кам талаб этса у шунча даражада шакиланиши юкори булади.

Турли технологик усулларда ишлаб чикарилган  $Si_3N_4$  кукунларнинг асосий хоссалари 1.2-жадвалда келтирилган.

1.2-жадвал

Турли технологик усулларда ишлаб чикарилган  $Si_3N_4$  асосий хоссалари

Кукун хоссалари	Кремний нитрид ишлаб чикариш технологик турлари						
	Кремний азотлаш			Газ фазасидан чўктириш	Карботермик парчалаш	Диамидни термик парчалаш	
	Тўппа тўгри азотлаш	Юкори хароратли азотлаш	Плазмакимявий азотлаш				
Сориштира юза бирлиги, м <sup>2</sup>	8-25	1-2	25-30	4-10	4,8-10	9-13	
Тозалиги, %	O <sub>2</sub>	1,0-2,0	0,5-1,0	2,5-3,0	1-3	1,6-2,0	1,4-1,5
	C	0,1-0,5	0,2	-	-	0,9-1,05	0,1
	Fe	0,07-0,16	0,7	0,5	0,03	0,06-0,3	0,006-0,15
Кристаллиги, %	100	100	70	60	100	98-100	
$\alpha/(\beta+\alpha)$ , %	90-95	80-90	90	95	95-98	86-95	
Кукун шакли	Киррали			Игнасимон		ясси	
Заррача тури	Йирик ва майда		Ультра майда ва нано	Йирик		Ўрта	
Шакилланиш даражаси	Ўрта		Жуда яхши	Ўрта ва ёмон		Ёмон	
Оқувчанлиги 100 см <sup>3</sup> /с	35		12	45		56	
Масса бирлиги 100 см <sup>3</sup> /г	125		76	136		235	

Жадвалдан кўринадикки хар бир технологик усулда ишлаб чикарилган бир-хил махсулот турли кўрсаткичларга эга. Бундан ташкари факат битта хоссага карб у ёки бу технологик усулга баҳолаб бўлмаслиги кўриниб турибди, мисол: кукун майдалиги жихатдан энг яхши усул бу плазмакимявий азотлаш бўлиб унда ультрамайда ва нано кукунлар олиш имкони бор. Шунга карамасдан унинг кислород билан ифлосланиши барча усуллардан анча юкори. Бу бир тамондан кукун ўлчамининг жуда кичиклигидан далолат беради. Пресланиш даражаси эса барча усуллардан юкори натижа берган. Шунга карамай у металл кукунлардан бир нечта маратаба ёмон хисобланади.

Асбобсозлик сифатида кремний нитридан материаллар ишлаб чикаришда айнан плазмакимявий усулларда ишлаб чикарилган кукунлар танлаш максадга муофик, чунки канча даражада шаклланиш даражаси юкори бўлса у шунча даражада ғоваксиз материал хосил килади, чунки ғоваклик материалнинг механик-физик хоссаларига жуда ёмон таъсир кўрсатади.

Битрув малакавий ишимизда айнан плазмакимявий усулда ишлаб чикарилган кремний нитрид кукунларидан асбобсозлик материалларини ишлаб чикариш учун хомашё сифатида кўлаймиз

## II ТЕХНОЛОГИК КИСМ

Технологик кисим асосан кремний нитрид нано куқунлари асосида турли метал ва метал асосли котишмаларга механик ишлаб бериш учун мўджаланган кескич пластинкаларини ишлаб чиқаришга боғишланган бўлиб унда кўриладиган асосий вазифаларга: кремний карбидини софлигини ва нано куқун заррачаларини жараён давомида саклаб қолиш; мутлоқо ғоваксиз пластинкаларни олиш, технологик жараёни тан нархини камайтурвчи чора тадбирларни кўллаш каби муоммалар ёчилади.

Кремний карбид асосли асбобсозлик материалларини ишлаб чиқариш технологик жараён тартиби 2.1-расмда келтирилган.



2.1-расм. Кремний нитриддан пластинкалар ишлаб чиқариш технологик жараён боскичлар схемаси

Технологик жараёнда кўланиладиган асосий хомашё материали бу плазмокимявий усулда ишлаб чиқарилагн ПК30/90 маркали куқун. Унинг асосий хоссалари 1.2-жадвалда келтирилга.

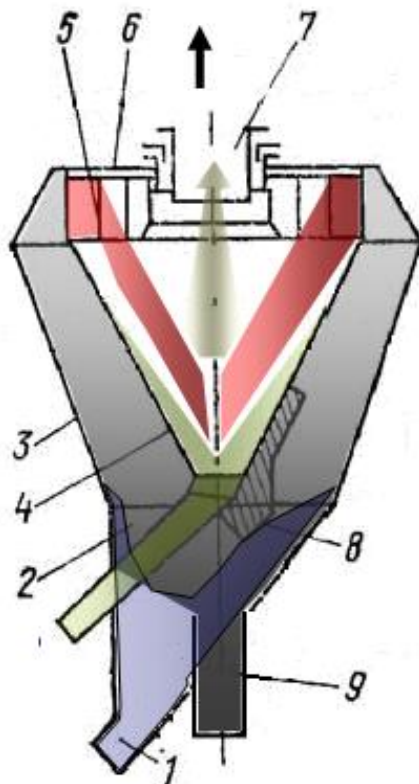
### 2.1. Хомашёни ишлаб чиқаришга тайёрлаш

Умумий қисмда кўриб чиканмздек плазмокимявий усулда ишлаб чиқарилган кремний нитрид куқунлари ультра майда ва нано куқунлардан ташкил топган бўлиб улар давомида ўзига атмосферадан кислородни ютиб олиш хоссасига эга. Шунинг учун улар ишлаб чиқаришга тайёрлаб жараёнидан ўтказилади. Ишлаб чиқариш жараёни икки боскичда олиб борилади: биринчи боскичда пластинкаларни ишлаб чиқаришга зарур бўлган нано куқунлар ультра майда куқунлардан саралаб линади; саралаб олинган куқунлар вакуум шаритида 1200 °С температурагача киздирилиб кислород ва оксид пленкаларидан тозаланади.

**2.1.1. Куқунларни саралаш.** Ультра майда ва ноно куқунларни бир биридан саралаб олиш жуда муррақаб жараён бўлти у юқори аниқлаидаги технологик курилмаларни талаб этади. Чунки ультра майда куқунлардан нано куқунлар оддий элаклар ёрдамида саралаб олиб бўлмайди. Элакларда саралаб олинадиган куқунларнинг чегаравий киймати тахминан 40-34

мкм ўлчамга эга бўлиб ундан майдасини ажратиб олишга элакнинг йўқ. Бундай ҳолларда кукунлар махсус курилмалар ёрдамида сараланади.

Кукун заррача ўлчами 35 мкм дан кичик бўлган кукунлар аосан сепараторларда сараланиб олинади. Бу ускунанинг умумий кесмадаги кўриниши 2.2-расмда келтирилган. Кукунларни саралаш сепараторнинг консуссимон камерасида амалга оширилади. Ўлчамлари ажартиб олиниши керак бўлган кукунлар азот гази оқимда сепараторнинг камерасига жўнатилади.



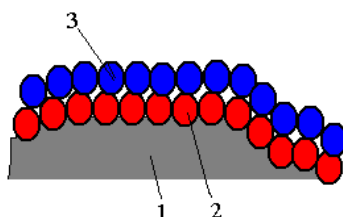
2.2-расм. Кукун саралавчи сепаратор: 3- сепаратор камераси; 4-ички камера; 5 – йуналтиргичлар; 6 – йуналтиргичларни харакатлантйрувчи механизм; 8 – ажратувчи; 9, 1, 7 – кувирлар; 2 – кукун ййггич.

Сепаратор (2.2-расм) 3 - камерасига катта тезликда 9 – кувирдан кириб келатган газ-кукун оқими кенгайиб ўз тезлигини кескин пасайтиради, буни натижасида йирик кукунлар (35-10 мкм) 2 – ййггичга келиб тушади. Майда (10 мкм ва ундан да кичик) кукун заррачалари газ-кукун оқими билан 5 – йуналтиргичлар оркали, 4 – сепараторнинг ичги каммерасига кириб келади. Ички камерада газ-кукун оқими айланма харакатга келади, бунда шу газ-кукун оқимидаги ўрта майдаликга (10-1 мкм) эга бўлган кукунлар конус бошида ушланиб 8 – ажратувчи тамондан чикиб кетадилар. Жуда майда кукунлар газ-кукун оқими билан 7 – кувир оркали чикиб яна шундай сепараторга ўтказиб юборилади. Иккинчи сепараторнинг охириги камерасини чикиш жойила махсус магнит ассарбентлашгич бўлиб у газ=кукун оқимидаги охириги нано заррачаларни ушлаб колади. Асарбетлавчи тўлганидан кейин жараён тўхтатилиб ушлаб колган нано кукунлар чикарилиб юборилади.

Кукун ўлчамларнинг фарк чегараси 9 – кувирдан окиб келаётган газ-кукун окимининг тезлигини тўғирлаш ва 5 – йуналтиргич бурилиш бурчагини танлаш оркали бошқарилиб турилади. Магнит асарбетлаб ушлаб колуувчи курилма тезлиги ката бўлмагани учун нано кукунга эга бўлган газ-кукун ркими бир нечта маратаба ундан ўтказилади. Бунда асосий кўрсаткич  $1 \text{ м}^3$  газ-кукун окимидан нано кукунлар канча кукун ушлаб колмаганлиги билан аникланади. У  $1 \text{ м}^3$  да 0,01 г дан ката бўлмаслиги талаб этилади. Бу талаб кондирилмагунча газ-кукун окими магнитли сарьентлаш камерасидан ўтказиш давом этади.

Бундай усулда нано кукунларни плазмакимвий усулда ишлаб чиқарилган кукунлардан саралаб олиш унимдорлиги соатига 20-30 кг ни ташкил этади.

**2.1.2. Нано кукунларни киздириш.** Интинсив саралаш жараёнидан ўткан кремний нитрид нанокукунлари заррачалари юзасига кислород икки хилда бўлиши мумкин. 2.3-расмда нано кукун юзасига кислородни жойлашиш схематик турлари келтирилган.



2.3-расм. Нано кукун юзасига жойлашган кислородлар: 1 – кремний нитрид кукунлари; 2 – кремний кукун билан кимёвий боғланган кислород; 3 – кимёвий боғланмай адсорбцияланган кислород

Кукун юзасига адсорбцияланган кислород хавосиз жойда киздириш харорати  $100 - 250^\circ\text{C}$  га етганда у юзани тарк этади. Аммо қисман кимёвий боғланган кислородга кўпроқ харорат ва вакуум зараур. Хароратдан у кремний нитрид кристалл панжарасидан узилади. Аммо кўйиб юборилмайди. У юзадан киши учун вакуум керак бунда вакуумнинг даражаси  $10^{-5}$  Па атрофида бўлиши керак. Нано кукунларни кислородлардан холос этиш учун махсус юкори хароратли вакуум печлар кўланилади. Бу печларга кукунлар иссиқбардош пўлат листларга калинлиги 20 мм ёйилиб киритлади.

Хомашёни ишлаб чиқаришга тайёрлаш жараенинг асоси танланилган технологик кўрсаткичлари 2.1-жадвалда келтирилган.

2.1-жадвал

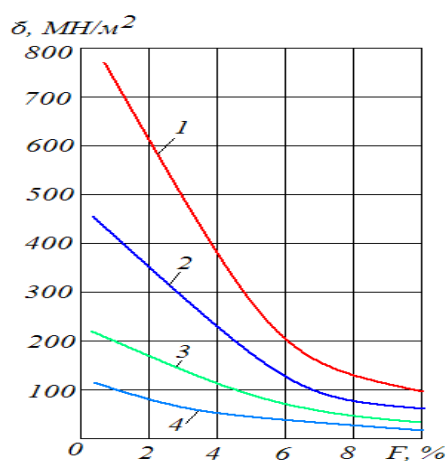
Кремний нитрид хомашё кукун материаллини ишлаб чиқаришга тайёрлаш технологик кўрсаткичлари

Жараен босқичлари	Курилма ноит ва молели	Жараен мухити, °C	Кукун заррача ўлчами, нм	Жврвён давомилиги, соат	Мухти босими, Па	Унимдорлиги, кг/соат
Кукунларни саралаш	Сиклон ЦН-15МС	25-30	180-10	-	$2,3 \cdot 10^6$	25-30
Киздириш	Вакуум печь MOV010B	1200	180-10	2	$1 \cdot 10^{-7}$	125

## 2.2. Юқори хароратли иссиқлайин пресслаб пластинкаларни олиш

Кукун материалларини преслаб шакилланиш, киздириб пишириш жараёнида уларнинг структурасида преслаш босимида, киздириш пишириш температурасига, материалнинг кимявий таркибига боғлиқ равишда қолдиқ ғовақлик ҳосил бўлади. Кукунларни бир ёки икки тамонлама преслаб кейин алоҳида киздириб пишири технологиясида энг минималқолдиқ ғовақликнинг микдори 5-7% ташкил этади. Аммо кукун материаллар асосида оғир юқламали шароитда ишлавчи конструкцион ва асбобсозлик материалларини ишлаб чиқаришда материал структурасида ғовақлик мутлоқо бўлмаслиги талаб этилади. Чунки ғовақлик материалнинг физии-механик хоссаларга салбий таъсир кўрсатади.

Кремний нитрид структурасидаги қолдиқ ғовақликнинг материалнинг эгилишдаги мустаҳкамлигига таъсир 2.4-расмда диаграмма шаклида кўрсатилган.



2.4-расм. Материал структурасидаги қолдиқ ғовақлигининг эгилишдаги мустаҳкамлигига таъсири; 1-хомашё кукун ўлчами -2,2 мкм; 2-3 мкм; 3-20 мкм; 4-30 мкм.

Диаграммдан кўришиб турибдики ғовақлик миктори ва хомашё кукун заррача ўлчами материалнинг мустаҳкамлигига ката таъсир кўрсатяди. Мутлоқо ғовақсиз кукун асосли материалларни ишлаб чиқаришнинг самарали усулларида бири бу юқори хароратли иссиқлайин преслаш. Бунда асосий муоммалардан: юқори хароратларда ката босимларга бардош берувчи персколип материалларини аниқлаш ва уни атмосфера ксилородидан химоя этиш; кукун материаллини юқори хароратларгача самарали киздириш усуллари аниқлаш ва энг мухими нано кукун заррачаларини юқори хароратдан катталашиб ўсиб кетишини олдини олиш. Шу муоммалар ечимини топса нано кукунлар асосида ғовақсиз материаллар ишлаб чиқариш технологиясини яратиш мумкин.

**2.2.1. Пресс-қолип материаллини танлаш.** Кукунларни иссиқ ҳолда преслаш жараёнида пресс-қолип материалли юқори температура, катта кучланиш ва юқланишлар таъсирида бўлади. Бундай шароитда оддий конструкцион ва баъзи-бир легирланган пўлатлар ўз физик-механик хоссаларини тезда йўқотиб қўяди [1].



Бундай шароитларда ишловчи пресс-қолип материали иссиқликни яхши ўтказувчи, иссиққа бардошли, иссиққа чидамли, эгилишдаги, сиқилишдаги мустаҳкамлиги юқори, кам оқувчан, иссиқликда чизикли кенгайиши кичик, ва юқори технологик хоссаларга, жумладан механик ишлов бериладиган ҳамда нисбатан арзон бўлиши керак.

Юқорида келтирилган талаблардан келиб чиққан ҳолда иссиқ ҳолда пресслаш учун пресс-қолип материали асосан пресслаш жараёнида талаб этиладиган максимал босим ва температура қийматларидан келиб чиққан ҳолда танланади.

Пресслаш босимининг максимал қиймати деб, қопланувчи кукун материалининг қопланиш жараёнида зичлиги 100% га эга бўлгунча бериладиган босим қиймати тушунилади.

Пресслаш температурасининг максимал қиймати деб, кукун материалининг киздириб пишиши жараёнида тўла физик-механик хоссаларга эга бўлмагунча бериладиган температураси тушунилади.

Кремний нитрид кукун метериалларининг шакилланиш даражаси жуда паст бўлгани учун ГОСТ 3882-84 даги талабларга жавоб берувчи асбобсозлик материаллари камида 7-8 т/см<sup>2</sup> босим остида пресслаш талаб этилади.[2].

Илмий изланишлар натижаси шуни кўрсатадики, кремний нитрид асбобсозлик материалларни иссиқ ҳолда пресслашдаги киздириш харорати материалнинг эриш температурасининг 70-80% га тенг, яний агар кремний нитридининг эриш температураси 1780 °С ни ташкил этса унинг 70-80% -1350 °С ни ташкил этади. Демак пресс-қолип материалининг иссиқбардошлиги камида 1500 – 1700 °С ташкил этиши керак.

Юқорида келтирилган талаб ва хоссалардан келиб чиққан ҳолда пресс-қолип материални иссиққа чидамли ва иссиққа бардошли пўлатлар ва қотишмалардан тайёрлашни умуман иложи йўқ чунки уларнинг максимал иссиқга бардошлиги 1000 – 1200 °С ташкил этади. Шу сабабли иссиқлайин преслашга пресқолип материали сифатда графит материални танлаймиз. Графит материалларининг асосий физик-механик хоссалари 2.2-жадвалда келтирилган.

2.2-жадвал

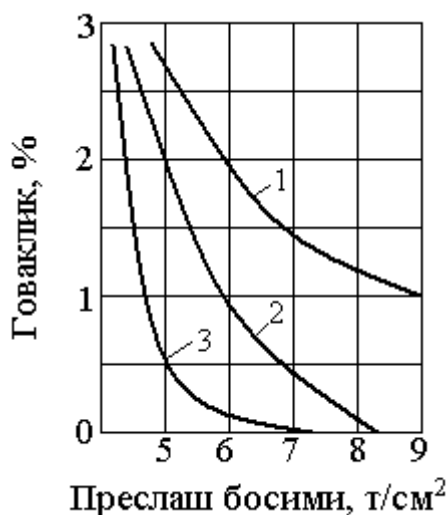
Углерод-графит материалларнинг асосий физик-механик хоссалари

Кўрсаткичлари	Материал маркалари				
	АО-1500-С05	АО-1500-Б83	АГ-150-С05	АГ-150-Б83	АГ-1500 БрС-80
Зичлиги, г/см <sup>3</sup>	2,5	2,2	2,3	2,0	2,3
Сиқилишдаги мустаҳкамлиги, т/см <sup>2</sup>	10	11	8	8	11
Иссиқбардошлиги, °С (хавода)	450	450	500	500	550
Иссиқбардошлиги, °С (водородда)	2500	2500	2700	2700	2800
Иссиқбардошлиги, °С (вакуумда)	2300	2350	2500	2700	2800
Электр солиштира каршилиги 10 <sup>-3</sup> Ом·м	6,13	5,7	2,4	1,5	0,5

**2.2.2. Иссиклайн бреслаш босимини, температураси ва ушлаб туриш вақтини аниқлаш.** Иссиклайн пресслаш жараёнида алохида майда кукун заррачаларидан ташкил топган материал структурасида кучли структуравий ўзгаришлар содир бўлади. Бунда кукунларни бирлашиши, уларнинг оролиғидаги бўшлиқларни тўлиши, оксид пардаларни газга айланиши ва шунга ўхшаш бир катор физик-кимёвий ходисалар рўй бериб яхлид бир бутун материал шакилланади.

Бундай мураккаб жараёнда бўлиб ўтадиган ўзгаришлар технологик параметрларга боғлиқ холда содир бўлади. Кукунларнинг бир-бирига бирлашишини таъминлаш -киздириш харорати, материал ғоваклигини камайишига – преслаш босими оркали амалга оширилса материалда содир бўладиган хадмий ва структуравий ўзгаришларни тўлиу тугалланиши жараён вақтига боғлиқ бўлади. Шунинг учун иссиклайн преслаш жараёнида хосил бўлаётган материалнинг физик-механик ва эксплуатацион хоссалари жараёнинг киздириш температураси, преслаш босим ва ушлаб туриш функцияси сифатда караш талаб этилади.

Кремний нитрид кукунларни хар-хил температурада иссиклайн преслашда босимнинг материал структурасидаги ғоваклик микдорига таъсири 2.5-расмда диаграмма шаклида келтирилган бўлиб хомашё кукун заррачасининг ўртача ўлчами 180 нм.



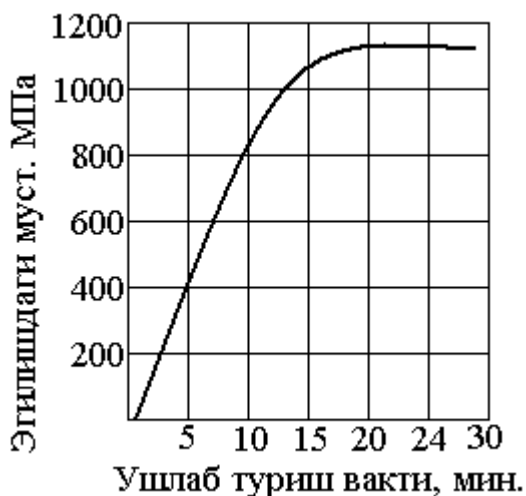
2.5-расм. Кремний нитрид киздириш температураси ва преслаш босимининг материал ғоваклигига таъсири: 1 – 1250 °С; – 1300 °С; – 1350 °С

Олинга экспериментал (2.5-расм) натижасида кўринадики киздириш температураси ортиши билан ғовакликни камайитиришга талаб этиладиган босим киймати пасайган. Бунда оптимал киздириш харорати 1350 °С преслаш босими эса 7,2 т/см² ташкил этган.

Танланган киздириш температураси ва преслаш босим кийматларнинг оптималлиги ишлаб чиқарилаётган материалнинг физик-механик хоссаларидан келтиб чиқган холда таланилган бўлиши керак. Материалнинг тўлиқ физие-механик ва эксплуатацион хоссалари берилган преслаш босими ва киздириш харорати остида канча вақт дамомида бўлганлиги билан аниқланади.

Агар материал алохида пресланиб алохида киздириб пишириш жараёнидан ўтказилса шу босим ва шу киздириш температурасида 1,5-2 соат давомида тўла шакилланади. Агар жараёнлар бирлаштирилса унда ушлаб туриш вақти кескин камайиб мумкин.

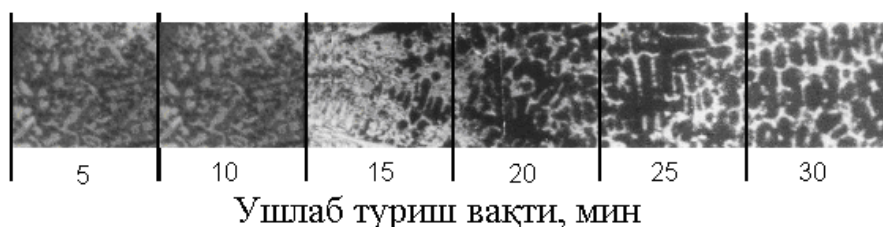
Кремний нитрид кукунларини иссиқлайин преслаш жараёнида ушлаб туриш вақтининг материал механик хоссаларига таъсири 2.6-рамда диаграмма шаклида келтирилган.



2.7-расм. Иссиқлайин преслашда ушлаб туриш вақтининг материал эгилишдаги мустаҳкамлигига таъсири

Олинган натижалардан (2.7-раси) кўринадикки ушлаб туриш вақти 20 минутдан кам бўлмаслиги керак. Ушлаб туриш вақти 20 минутдан ошиши билан материалдаги барча физик-кимявий ва хадмий ўзгаришлар тўла тугаланган бўлиб материал максимал физик механик хоссаларга эришиб олади.

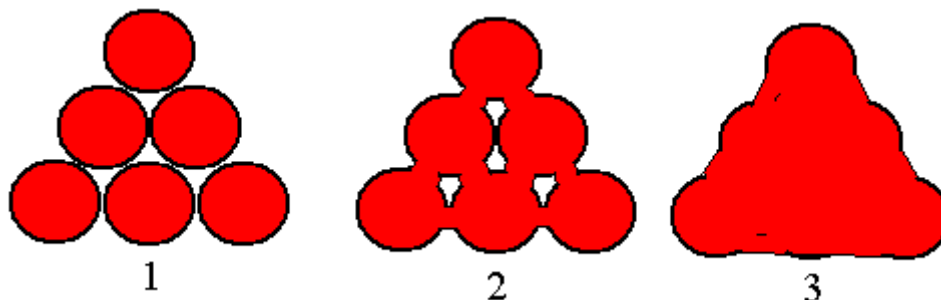
Ушлаб туриш вақтининг 20 минут давомида материалнинг структурасида содир бўладиган физик-кимявий ва хажмий ўзгаришларни тугалланишини 2.8-расмда келтирилган 10% цирконий оксиди билан легирланган кремний нитрид микроструктурасидан кўриш мумкин.



2.8-расм. Иссиқлайин преслаш усулида ишалб чиқарилган 10% Zr билан легирланган кремний карбид микроструктураси x650

Микроструктурадан (2.8-расм) кўринадикки ушлаб туриш вақти ортиши билан материал структурасидаги ғоваклик кескин камайиб ва 15-20 минут давомида мутлоқо йўқолиб кетган. Бундан ташқари материал таркибидаги легерлавчи элемент суюқ фаза хосил қилиб кукун чегаралари орасига чиқа бошлаган.

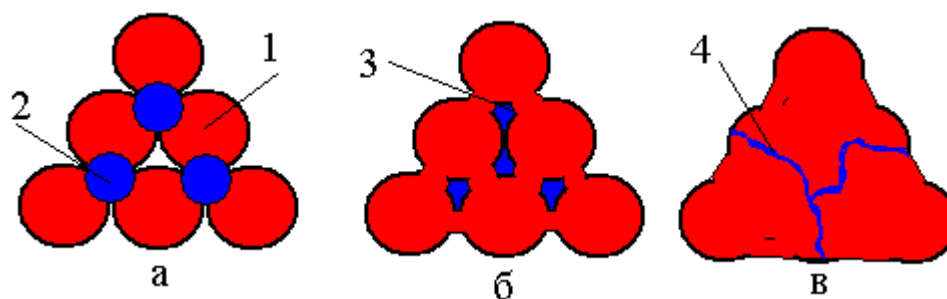
Нано кукун заррачаларидан ташкил топган хомашё материалларини бир-бири билан бирикиб бутун материал хосил бўлиш жараёни ўзига хос тамоиллардан иборат бўлиб бунда мухими нано заррача ўлчамини саклаб қолишдан иборати. Нано заррачалардан иборат хомашё кукунинг йириклашиб оддий йирик монокристаллардан ташкил топган иматериаларга айланиб кетиши 2.9-расмда схематик равишда келтирилган.



2.9-расм. Кукунларни бириклашиб йирик монокристалга айланиши: 1 – нано кукунлар; 2 – бирикиши; 3 – йирик монокристалл заррача

Нано кукунларнинг бирикиб йирик монокристаллардан ташкил топиши материалнинг механик хоссаларига катта салбий таъсир кўрсатиб уни кескин ёмонлаштиради. Кукунларни бирикиб йирик моно кристалли материалга айланиб кетишаг асосий сабаб бу киздириш температураси ва ушлаб туриш вақтининг миёридан ортиғида. Аммо иссиқлайин преслаш жараёнида бу кўрсаткичларни хоаттоки кам микдорда ўзгартириш материалнинг физик-механик хоссаларига салбий таъсир кўрсатади.

Шунинг учун нано заррачалардан зосил бўлган майда кристалларни ўсишидан саклаш мақсадида. Кремний нитрид таркибига иккинчи легерлавчи элемент киритилади. Унинг асосий вазифаси нано кукунларнинг бирлашишидан хосил бўлган кристалларни йириклашиб кетишини олдини олиш. 2.10-расмда легерлавчи элементнинг майда кристалларни йириклашиб кетишини олдини олиш жараёни схематик равишда келтирилган.

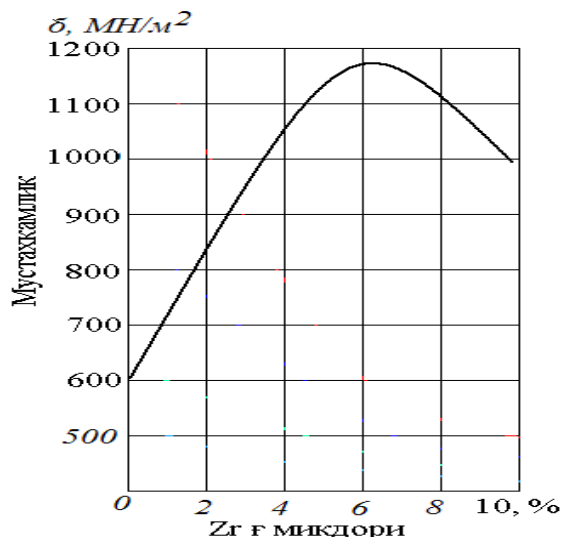


2.10-расм. Легерлавчи элементнинг кристалл йириклашиб кетишини аодини олиши: 1 – асосий кукун; 2 – легерлавчи кукун; 3 – йириклашишдан саклавчи девор

Деворнинг асосий вазифаси нано кукунларни бирлашишидан хосил бўлган майда кристалларни ўсишига тўскинлик қилишдан иборат.

Девор сифатида киритиладиган легерлавчи элемент микдорининг оптимал қиймати материалнинг механик хоссасига таъсири орқали аниқлаш мумкин. Иссиқлайин преслаш

усулида ишлаб чиқарилган Кремний нитрид материалнинг легерлавчи элемент микдорининг мустахкамликга таъсири диаграмма шаклида 2.11-расмда келтирилган.



2.11-расм. Легерлавчи элемент микдорининг кремний нитрид эгилишдаги мустахкамлигига таъсири

Материалдаги легерлавчи элементнинг фоизи ортиши билан материалнинг механик хоссалари орта боради. Легерлавчи элементнинг микдори 6% га етганда материалнинг мустахкамлиги камай бошлаган. Бунга сабаб легерлавчи элементнинг микдори ошиши билан у асосий материал билан химиявий бирикма ҳосил қилиб мустақил кристалл ҳосил қила бошлаган. Шунинг учун легерлавчи элементнинг микдори 5,6-6% дан ошмаслиги керак.

Юқори ҳароратли иссиқлайин пресслаб кремний нитрид пластинкаларини ишлаб чиқаришдаги аниқланган ва қабул қилинган технологик параметрала 2.3-жадвалда келтирилган

2.3-жадвал

Иссиқлайин преслаш технологик параметрлари

Пресшакил материали	Преслаш босими, т/см <sup>2</sup>	Жараён температураси, °С	Жараён муҳити	Ушлаб туриш вақти, дақиқа
Графит, АГ-1500 БрС-80	7,5	1350	вакуум	20

### 2.3. Пластинкалар геометрик бурчакларини бериш

Иссиқлайин преслаш жараёнидан ўтган пластинканинг барча бурчаклари ўтмас бурчак бўлиб у металлларга механик ишлаб беришга ярамайди. Шунинг учун пластинкаларга махсус олмос ёки куб кристалли вор нитриди асосли тошлар ёрдамида жирвирлаш дастгоҳларида ишлаб берилади. Ишлаб беришда пластинкалар махсус кискичлар ёрдамида маҳкам ўрнатилиб тошлар ёрдамида ишлаб берилади.

Бурчак бериш технологик жараёни бу механик ишлаб бериш жараёни бўлиб кремний нитридни олмос поликристалларига эга асбоб билан катта тезликларда ишлаб бери шоркали амалга оширилади. Олмоснинг иссиқбардошлиги кичик бўлгани учун у доимо суюқлик ёрдамида совитилиб туриши керак.

### III КОНСТРУКЦИОН КИСИМ

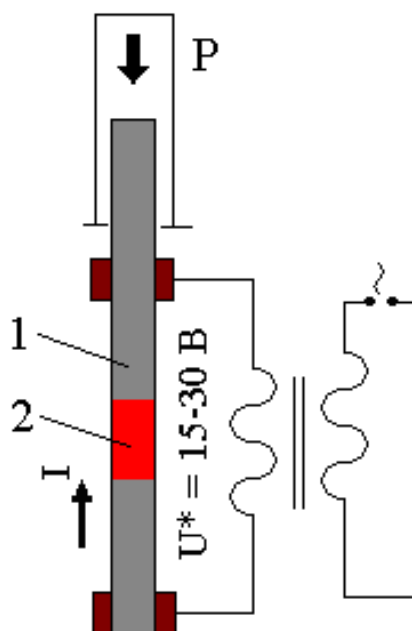
Конструкцион кисмда кремний нитрид асосли асбобсозлик пластинкаларини ишлаб чикариш технологиясида кўланиладиган ускуна, жихоз ва курилмаларини лоихалаш ёки модернизациялашга боғишланади. Технологик жихозлар асосий ва ёрдамчи турларга бўлиниб битрув малакавий ишда асосий жихозлар ва мосламалар хакида гап боради.

Кремний нитрид пластинкаларини ишлаб чикаришдаги асосий жихозлардан бири бу иссиқлайин преслаш курилмаси ва шунга ўхшаш бошка жихос ва ускуналар киради. Бу ускуналар назарий ва амалий хисоблашлар натижаси стандарт жихозлар танлаб олинади ёки махсус равишда корхонанинг шароитидан келиб чикган холда ишлаб чикарилади. Икала холатда хам жихоз ва мосламалар лоихаланади.

#### 3.1. Иссиқлайин преслаш курилмаси

Кремний нитрид материалларини ишлаб чикаришдаги асосий муоммолардан бири бу уларни юкори температураларгача киздириш бўлиб харорати 1300-1400 °C ни ташкил этади. Бундай юкори температурани хосил килувчи киздириш элементлари деярли санокли бўлиб уларни технологик жараёнда кўллаш материалнинг таннархини кескин ошишига олиб келади. кремний нитрид материалларини юкори температураларгача киздиришнинг самарали усули уларни ўзидан файдоланиш бўлиб, бунда пресланаётган материалнинг электр ўтказувчанлигидан файдоланилади.

Иссиқлайин преслаб электр токини ўтишидан материални киздиришдаги электр схемаси 3.1-расмда келтирилган. Бунда киздириш бевосита хомашёни электр каршилиги хисобига кизиб уни киздириш элементи сифатида кўллашга асосланган.



3.1-расм. Иссиқлайин преслаш курилмасининг электр схемаси: 1 – пресеолип материали; 2 – иссиқлайин пресланаётган хомашё

Электр ўтказувчи материалдан электр токи ўтиши натижасида хосил бўладиган иссиқлик микдори Джову-Ленц конунига асосан 3.1-формуладан ҳисоблаб топилади.

$$Q = 0,86I^2 R \tau, (\text{ккал}), \quad (3.1)$$

бунда:  $I$  - ток кучи, А;  $R$  - ток ўтказаяётган материал электр қаршилиғи, Ом;  $\tau$  – токнинг материалдан ўтиш вақти, саот.

Хар бир ўтказувчининг истемол қуввати 3.2-формуладан топилади:

$$P = I^2 R \cdot 10^{-3}, (\text{кВт}), \quad (3.2)$$

Кремний нитрид қукун заррачалардан ташкил топган материалнинг электр қаршилиғини ҳисоблаб топиш жуда мураккаб бўлиб у анча хатоликлар беради. Шунинг учун у асосан экспериментал йўл билан аниқланади. Бунда материалнинг хар-бир 100 мм дан ажралиб чиқадиган иссиқлик микдоридан келиб чиқган ҳолда олиб борилади. Қўндаланг кесми 50x50 мм бўлган пресбрикетнинг хар бир 100 мм ишлаб чиқарадиган иссиқлик (1300-1400 °С ) микдори дақиқасиган 8-11 ккал. Бу эса 6,7-7,5 кВт ни ташкил этади. Бунда қизиш вақти 3.3-формуладан ҳисоблаб топилади.

$$\tau = \frac{G_{100} c (t'' - t'_{np.бр})}{a}, (\text{дақиқа}), \quad (3.3)$$

бунда: -  $G_{100}$  – 100 мм бўлган пресбрикет массаси, кг;  $c$  – материалнинг ўртача иссиқлик сифими;  $t$  – блкнинг олдинги ва кейинги хароратлари, °С;  $a$  – пресбрикетнинг 100 мм дағи ўртача иссиқлик ажралиш тезлиғи, ккал/дақ. Шунда маълум узунлиқга эга бўлган пресбрикетнинг истемол қуввати 3.4-формуладан топиш мумкин:

$$P = 4,18 \frac{l \cdot a}{100}, (\text{кВт}), \quad (3.4)$$

Агар бир варақайида бир нечта пластинкалар олинаётган бўлса хар бир пластинка истемол қиладиган қувватдан келиб чиқган ҳолда трансформаторнинг қувватини аниқлаш 3.5-формуласи ёрдамида топилади:

$$P = \frac{P_{прбл} N}{\eta}, (\text{кВт}), \quad (3.5)$$

бунда:  $N$  – пластинкалар сони;  $\eta$  – пресколиннинг фойдоли иш коэффициентини, одатда у 75-85 оролиғида олинади. Бунга сабаб қўп микдорда иссиқлик атрофга тарқалишида.

Хисоблашда аниқланган иссиқлайин преслаш тронсформатор қувватини ва кўрсаткичлари 3.1-жадвалда келтирилган.

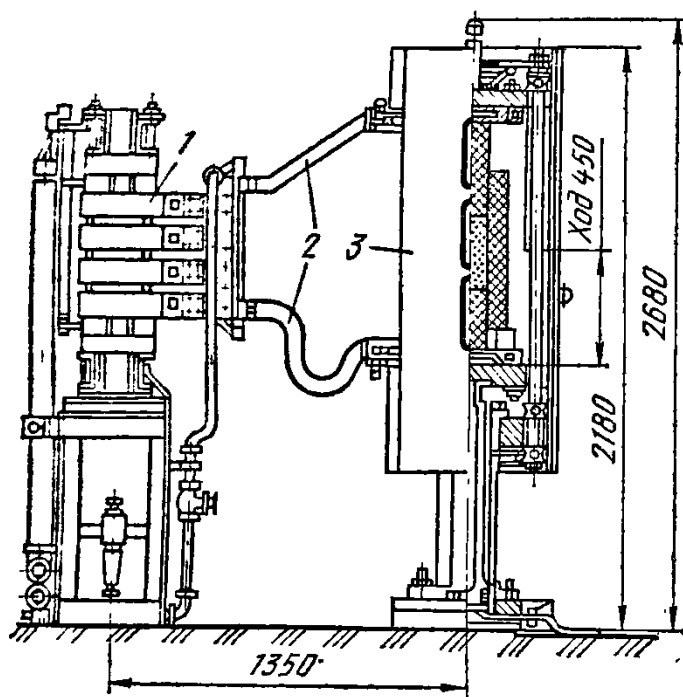
3.1-жадвал

Печь ва трансформатри хисоблаб аниқланган кўрсаткичлари

Киздирилетган материал	Пластина хажми, см <sup>3</sup>	Электр каршилиги, 10 <sup>-6</sup> Ом см <sup>3</sup>	Кизиш °С	Юзага бериладиган ток кучи, А/см <sup>2</sup>	Зарурий қувват, кВт	Трансформатир қуввати, кВт
1 та пластина	3,5х3	6,12	1350	1,7	2	2,7
10 та пластини	105	642		178	20	27

### 3.2. Иссиқлайин преслаш усқунасини ва уни хисоби

Кукун материалларни иссиқлайин преслашда хомашёни киздириш ундан электр токани ўтказиш оркали амалга оширилади. Бунда кўпчилик кукунлар химояланган атмосферада ёки вакуумларда киздирилиши керак. Кремний нитрид кукунларини П-830 модели иссиқлайин преслаш қурилмаси 3.2-расмда келтирилган.



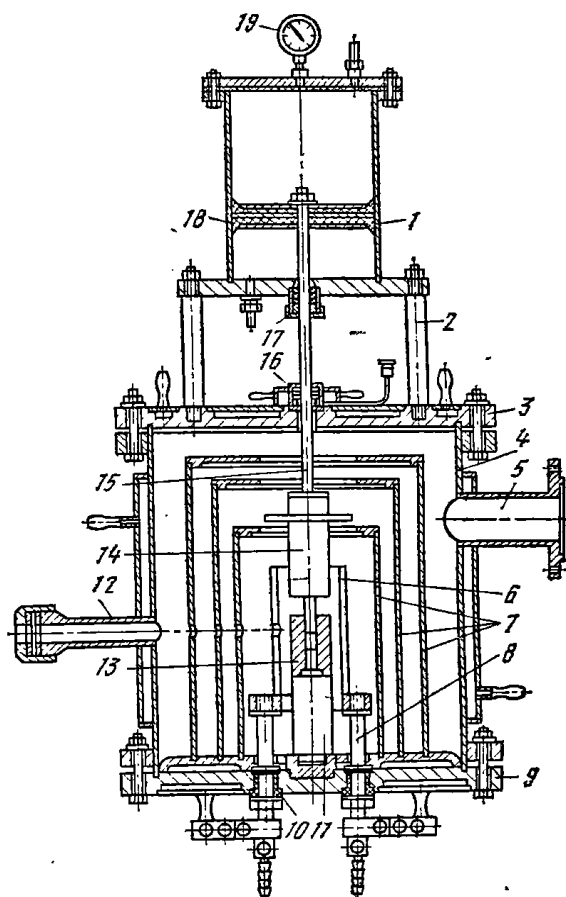
3.2-расм. П-830 Иссиқлайин преслаш қурилмаси: 1 – трансфарматор; 2 = сув бмлан човитилиб турадиган шиналар; 2 – киздириш зонасининг химоя кобики

Иссиқлайин преслаш қурилмасида хомашё материалдан электр тўки ўтиши натижасида у юкори хароратларгача кизади. Бундай қурилманинг пресс-қолип материали АГ-1500 БрС-80 маркали графитдан ясалган бўлиб унинг иссиқга бардошлиги ўртача 2500 °С ни ташкил этади. Қурилма махсус трансформаторга эга бўлиб у юкори ток кучи ва жуда паст кучланишга эга бўлиб унда ишлашни мутлоқо ховфсиз бўлишни таъминлайди. Трансформаторнинг бир нечта поғоналари бўлиб у оркали жараён температураси назорат қилиниди. Чунки хомашёнинг электр каршилиги оркали у кизади. Шунинг учун хар-бир хомашёнинг электр каршилигидан келиб чикган холда унга ток кучи ва кучланишлар белгиланади.



Курилманинг асосий камчилиги у химояланган атмосферада ёки вакуумда ишлаши керак. Акс холда юкори харолратгача кизган графит прес-колипи хаводаги кислороддан куйиши мумкин бу эса 500-550 °С ни ташкил этади.

Иссиклайн преслаш курилмасининг асосий преслаш камерасининг умумий тузилиши 3.3-расмда келтирилган.



3.3-расм. Иссиклайн преслаш прес-колип вакуум камераси.

Иссиклайн преслаш камераси (3.3-расм) куйдаги асосий кисимлардан ташкил топган: 1 – преслаш босимини хосил килувчи прес-цилиндр; 2 – прес-цилиндрни ушлаб турувчи устунлар; 3 – иссиклайн преслаш камерасининг устги копкоғи; 4 – иссиклайн преслаш камерасининг химоя кобикки у яна корпуси хам дейилади; 5 – вакуум насосга уланувчи кувир, у камеранинг ичида вакуум хосил килиш учун ишлатилади; 6 – агар электр токини ўтказмайдиган кукунлар пресланиш кўзда тутилса у киздиргич хисобида ишлайди (кўшимча киздириш элементи графитдан ясалган); 7 – иссикликни камера ичида саклавчи иссиклик изалаясалавчи кобиклар (графитдан ясалган); 8 – ток ўтказувчи контактлар; 9 – Иссиклайн преслаш камерасининг остги копкоғи; 10 – камерани герметик бўлишини таъминлавчи вакуумга турғун резиналар; 11 – графитдан ясалган прес-колип матрицаси; 12 – жараённи кузатиш тешиги (у яна камера ичида хароратни ўлчаш учун хам зарур); 13 – пресланаётга кукун; 14 – графитдан ясалган прес-колип пуансони; 15 – прес-цилиндр штоки; 16 – шток тиркичини герметик ушлавчи зичлагич; 17 – салник; 18 – поршень; 19 – босимни ўлчавчи монометр.

**3.2.1. Пресс-колип мустахкамлигини хисоблаш.** Иссиклайин преслаш усулида курилмада бир варакай 10 та пластинка ишлаб чикарилади. Пластинкаларнинг электр каршилиги ва уларни 1350 °С киздириш учун зарур бўлган трансформатор куввати 3.1-жадвалда хисобланган бўлиб у 20 кВт ташкил этади. ишлаб чикаришга танланган курилмасининг трансформатор куввати 75 кВт ташкил этиб бу ишлаб чикаришни тўлик таъминлайди. Эндиги масала курилманинг пресс-цилиндири тамонида хосил килинадиган босиб бериш кучи техник кўрсаткичлар бўйича 1000 т ташкил этади. шунинг учун 10 пластинани преслашга зарур бўлган кучни аниқлаб уни пресс-цилиндр кўрсаткичи билан такослаб кўрилади. Бунинг учун хисоблаш куйдаги тартибда олиб борилади.

Кремний нитрид кукунини керакли даражага зичлаш учун пресс-цилиндр (3.3-расм, 1) тамондан бериладиган куч 3.6 – формуладан хисоблаб топилади.

$$P = qFn, \quad (3.6)$$

бунда:  $q$  – шихта кукн материални керакли даражада зичланиши учун зарур бўлган босим у 2.3-жадвалда топилган бўлиб,  $7,5 \text{ т/см}^2$ ,  $F$  – пресланаётган пластинани юзаси 2.3-жадвалда топилган  $10,5 \text{ см}^2$ ;  $n$  – бир варакай пресланаётган пластиналар сони у 10 дона. Шунда преслашга зарур бўлган куч:

$$P = 7,5 \cdot 10,5 \cdot 10 = 787,5 \text{ т}$$

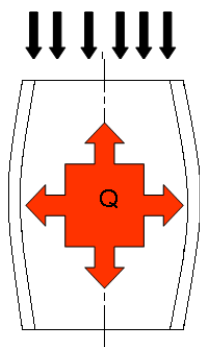
Демпк кремний нитрид кукунларидан 10 та пластинани иссиклайин преслаш учун зарур бўладиган куч 788 т ташкил этиб курилманинг пресс-цилиндири тамондан бериладиган кучдан анча кичик. Курилма тамонидан хосил килинадиган куч 10 пластинани преслашга ётарли

Зарурий босим ва унинг матрица деворига таъсир этувчи кучи аниқлангач матрицани девор мустахкамликга хисобланади. Матрицанинг девор калинлиги преслашдаги унга таъсир килаётган куч 3.4–расмда кўрсатилган.

Кукун материалларни преслаш жараёнида пресс-шакил ичида жуда катта босим пайдо бўлади, бу босим  $Q$  – харфи билан белгиланиб унга пресс-колипнинг ички босими дейилади. У пресс-колипни ёришга ишлайди.

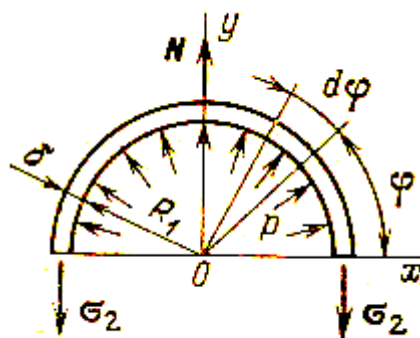
$$Q = P/F, \text{ т/см}^2$$

бунда  $P$  – преслаш учун зарур бўлган куч,  $t$ ;  $F$  – преслаш юзаси,  $\text{см}^2$



3.4-расм. Матрица пресс – шакилга тушаётган кучлар.

Матрицанинг девор калинглиги материалнинг мустахкамлик шартидан аникланади. Мустахкамлик шarti 3.5-расимда кўрсатилган кучлар ва босим таъсир вектр йуналишига кўра куйда келтирилган формула ёрдамида аникланади.



3.5-расм. Матрица пресс-шакил девор калинглигини ҳисоблаш шarti.

$$\sigma_v = Q \frac{R_1}{\delta}$$

бунда:  $R_1$  – матрицанинг ички радиуси,  $30/2 = 15$  мм ;  $Q$  – матрицадаги ички босим киймати, унинг киймати  $7,5$  т/см ёки  $750$  МПа;  $\delta$  – матрица пресс-колип деворининг калинлиги мм. Агар юқоридаги формуладан девор калинглигини топсак у куйдагича ёзилади:

$$\delta = Q \frac{R_1}{[\sigma_d]}$$

Бунда  $[\sigma_v]$  – матрица учун танланилган материалнинг рухсат этилган мустахкамлик чегараси. Дастгоҳ матрица пресс-колип материалли Графит, АГ-1500 БрС-80 унинг мустахкамлик чегараси  $1100$  МПа.

Шунда матрица пресс-шакилининг девор мустахкамлигини текшириб кўрамиз:

$$\delta = Q \frac{R}{[\sigma]} = 750 \frac{15}{1100} = 10 \text{ мм}$$

Демак кремний нитрид кукунини иссиқлайин преслаш учун хар бир пресс-колип матрицасининг девор калинглиги  $10$  мм да кам бўлмаслиги керак. П-803 Иссиқлайин преслаш курилмасининг прес-колип матрицасининг девор калинлиги  $15$  мм бўлиб у пластиналарни ишлаб чикариш учун етарли.

## ХУЛОСА

Кремний нитрид нано куқунларидан асбобсозлик пластиналарини ишлаб чиқаришда бир қатор муоммалар бўлиб уларга: 1 - куқунларнинг ёмон преслиниши (змаксимал зичланиши 89-90% ташкил этади); 2 - киздириб пишириш жараёнида нано заррачаларнинг (кагулясаси) бирикиб йирик монокристалл заррачаларни ҳосил қилиши (нано куқун йўқолиши); 3 – киздириб пишириш хароратини юқорилиги (1300-1350 °С); 4 – иссикбардош пресс-қолип материалларини танлаш (қўпчилик метал ва метал асосли материалларнинг иссикбардошлиги 1100-1200 °С бўлиб қийин эридиган материаллар эса қимматбаҳо); 5 – куқунларни асмосфера қислородидан оксидланиши қабий муоммалари бўлиб уларни Битрув малакавий ишни бажариш давомида ўз ечими қуйдагича топилди:

1. Кремний нитрид куқунларини преслиаш учун иссиклайин преслиаш усули танланиб бу кремний нитрид куқунларидан мутлоқо ғовақсиз зич матеал ишлаб чиқариш имқонини беради.
2. Нано куқунларни бирлашиб кетиш муоммоси кремний нитридни церқоний оксидини қиритиш орқали ўз ёчимини топди, бунда легирлавчи элементнинг оптимал миқдори 6% лиги аниқланди.
3. Иссиклайин преслиашда куқун хомашёларни киздиришга зарур бўлган хароратни ҳосил қилиш муоммоси хомашёнинг электр қаршилиги ҳисобига ўз ечимини топди.
4. Иссиклайин преслиашда пресс-қолип материалларининг иссикгабардош турларини танлаш муоммоси, бу муоммо пресс-қолип материалларини графининг конструкторон маркаларидан фойдоланиш орқали ўз ечимини топди бунда танланган графит материал маркаси АГ-1500 БрС-80 бўлиб унинг иссикга бардошлиги 2500 °С да 1100 МПа ташкил этади.
5. Иссиклайин преслиаш жараёни вакуум камерасида амалга оширилиб жараён герметиклаш муоммоси уланувчи деталларни совуқ сув ёрдамида совитиб тури шорқали ўз ечимини топди.

## АДАБИЁТЛАР

1. Борок Б.А., Тепленко В.Г. Получение порошков сплавов и сталей совместным восстановлением смесей окислов гидридом кальция. – Порошковая металлургия. Труды ЦНИИЧМ. – М.: Металлургия, 1985. В 43, С. 69-80.
2. Гнесин Г.Г., Осипова И.И. Керамические инструментальные материалы. – К.: Техника, 1991. -388 с.
3. Хайт Г.Л., Гах В.М. Твердосплавные инструментальные материалы. –М.: Машиностроение, 1989. -256 с.
4. Щеголева Р.П., Реутова Н.П. и др. Металлокерамические хромистые и хромоникелевые нержавеющие стали. –Порошковая металлургия. Труды ЦНИИЧМ. – М.: Металлургия, 1985. В 43, С. 81-98.
5. Радомысельский И.Д., Напара-Валгина С.Г. и др. Свойства порошков железохромистых сталей, получаемых методом диффузионного насыщения // Порошковая металлургия, 1971. №11. С. 1-6.
6. Радомысельский И.Д. и др. Процесс получения и некоторые свойства порошков железохромоникелевых сплавов // Порошковая металлургия, 1972. №11. С. 7-12.
7. Гойдученко А. К., Грисюк В.Н. и др. Освоение промышленного выпуска порошка Х30 на Броварском заводе порошковой металлургии // Порошковая металлургия, 1975. № 8. С. 99-101.
8. Кипарисов С. С., Либенсон Г.А. Порошковая металлургия. – М.: Металлургия, 1991. -430 с.