

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ  
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

**ОЛИЙ ТАЪЛИМ ТИЗИМИ ПЕДАГОГ ВА РАЎБАР КАДРЛАРИНИ  
ҚАЙТА ТАЙЁРЛАШ ВА УЛАРНИНГ МАЛАКАСИНИ ОШИРИШНИ  
ТАШКИЛ ЭТИШ БОШ ИЛМИЙ - МЕТОДИК МАРКАЗИ**

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ПЕДАГОГ КАДРЛАРНИ ҚАЙТА ТАЙЁРЛАШ ВА УЛАРНИНГ  
МАЛАКАСИНИ ОШИРИШ ТАРМОҚ МАРКАЗИ**

**МАТЕРИАЛШУНОСЛИК ВА ЯНГИ МАТЕРИАЛЛАР  
ТЕХНОЛОГИЯСИ**

**йўналиши**

**“ИЛҒОР ФУНКЦИОНАЛ МАТЕРИАЛЛАР”**

**модули бўйича**

**ЎҚУВ–УСЛУБИЙ МАЖМУА**

**Тошкент – 2019**

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ  
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

**ОЛИЙ ТАЪЛИМ ТИЗИМИ ПЕДАГОГ ВА РАҲБАР КАДРЛАРИНИ  
ҚАЙТА ТАЙЁРЛАШ ВА УЛАРНИНГ МАЛАКАСИНИ ОШИРИШНИ  
ТАШКИЛ ЭТИШ БОШ ИЛМИЙ - МЕТОДИК МАРКАЗИ**

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ПЕДАГОГ КАДРЛАРНИ ҚАЙТА ТАЙЁРЛАШ ВА УЛАРНИНГ  
МАЛАКАСИНИ ОШИРИШ ТАРМОҚ МАРКАЗИ**

**МАТЕРИАЛШУНОСЛИК ВА ЯНГИ МАТЕРИАЛЛАР  
ТЕХНОЛОГИЯСИ  
йўналиши**

**“ИЛҒОР ФУНКЦИОНАЛ МАТЕРИАЛЛАР”  
модули бўйича  
ЎҚУВ-УСЛУБИЙ МАЖМУА**

**ТОШКЕНТ – 2019**

Мазкур ўқув-услугий мажмуа Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигининг 2019 йил 2 ноябрдаги 1023-сонли буйруғи билан тасдиқланган ўқув дастур асосида тайёрланди.

**Тузувчи:** “Материалшунослик” кафедраси доценти,  
техника фанлари бўйича фалсафа доктори(PhD)  
А.Х. Расулов

**Такризчи:** Жанубий Корея, Kumoh National institute of  
Technology PhD инжиниринг А.И. Абидов

Ўқув -услугий мажмуа Тошкент давлат техника университети  
Кенгашининг 2019 йил 24 сентябрдаги 1-сонли йиғилишида кўриб чиқилиб,  
фойдаланишга тавсия этилди.

## МУНДАРИЖА

I.	Ишчи дастури.....	5
II.	Модулни ўқитишда фойдаланиладиган интерфаол таълим методлари.....	11
III.	Назарий материаллар.....	14
VI.	Амалий машғулотларнинг материаллари.....	94
V.	Кейс банки.....	116
VI.	Глоссарий.....	120
VII.	Адабиётлар рўйхати.....	126

# I. ИШЧИ ДАСТУРИ

## Кириш

Дастур Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2015 йил 12 июндаги “Олий таълим муассасаларининг раҳбар ва педагог кадрларини қайта тайёрлаш ва малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида” ги ПФ-4732-сонли, 2017 йил 7 февралдаги “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги ПФ-4947-сонли, 2019 йил 27 августдаги “Олий таълим муассасалари раҳбар ва педагог кадрларининг узлуксиз малакасини ошириш тизимини жорий этиш тўғрисида”ги ПФ-5789-сонли Фармонлари, шунингдек 2017 йил 20 апрелдаги “Олий таълим тизимини янада ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПҚ–2909-сонли Қарорида белгиланган устувор вазифалар мазмунидан келиб чиққан ҳолда тузилган бўлиб, у замонавий талаблар асосида қайта тайёрлаш ва малака ошириш жараёнларининг мазмунини такомиллаштириш ҳамда олий таълим муассасалари педагог кадрларининг касбий компетентлигини мунтазам ошириб боришни мақсад қилади. Дастур мазмуни олий таълимнинг норматив-ҳуқуқий асослари ва қонунчилик нормалари, илғор таълим технологиялари ва педагогик маҳорат, таълим жараёнларида ахборот-коммуникация технологияларини қўллаш, амалий хорижий тил, тизимли таҳлил ва қарор қабул қилиш асослари, махсус фанлар негизида илмий ва амалий тадқиқотлар, технологик тараққиёт ва ўқув жараёнини ташкил этишнинг замонавий услублари бўйича сўнгги ютуқлар, педагогнинг касбий компетентлиги ва креативлиги, глобал Интернет тармоғи, мультимедиа тизимлари ва масофадан ўқитиш усулларини ўзлаштириш бўйича янги билим, кўникма ва малакаларини шакллантиришни назарда тутди.

«Илғор функционал материаллар» модулидан ишчи ўқув дастури металл ва нометалл материалларнинг ички тузилиши, структураси, хоссаси, ишлатилиши, маркаланиши ва бу катталикларнинг ўзаро алоқасини ҳамда уларнинг турли таъсирлар натижасида ўзгариш қонуниятлари билан боғлиқ бўлган билимларни қамраб олган.

## Модулнинг мақсади ва вазифалари

**Модулнинг мақсади** – тингловчиларга турли соҳаларда қўлланиладиган ва қўлланилиши режалаштирилган металл ва нометалл материалларнинг турлари, тузилиши, структураси, хоссаси, маркаланиши ва уларга термик, кимёвий – термик ва бошқа ишлов бериш усуллари бўйича йўналиш профилига мос билим, кўникма ва малакани шакллантиришдир.

**Модулнинг вазифаси** - тингловчиларда металл ва нometалл материалларнинг ички тузилиши, структураси, хоссаси, ишлатилиши ва маркаланиши ҳамда бу катталикларнинг ўзаро алоқаси, уларни турли таъсирлар натижасида ўзгариш қонуниятлари билан боғлиқ бўлган билимларни ҳосил қилишдир.

**Модул бўйича тингловчиларнинг билими, кўникмаси, малакаси ва компетенцияларига қўйиладиган талаблари**

«Илғор функционал материаллар» модулини ўзлаштириш жараёнида амалга ошириладиган масалалар доирасида:

***Тингловчи:***

- фаннинг долзарб муаммолари;
- илғор материалшунослик ва инжиниринг фани ривожининг тенденцияси;
- материалларнинг назарий ва амалий мустаҳкамлиги;
- пластик деформацияланиши ва дарз кетиш механизми;
- материал ва буюмларни тадқиқот қилиш усуллари ва сифати;
- кристалл панжаралар ва уларнинг турлари;
- кристалл панжарадаги нуқсонлар;
- металл ва қотишмалар ҳақида **билимларга эга бўлиши лозим.**

***Тингловчи:***

- материалларнинг кристалланиш жараёнларинидан фойдалана олиш;
- материалларни физик, кимёвий, механик, технологик ва эксплуатацион хоссаларини таҳлил қилиш;
- материалларни тадқиқот қилиш усулларида фойдаланиш;
- икки компонентли қотишмаларни ҳолат диаграммаларини аниқлаш **кўникма ва малакаларига эга бўлиши зарур.**

***Тингловчи:***

- металл ва қотишмаларни олиш жараёни асосларини билиши ва улардан фойдалана олиши;
- машинасозлик соҳаларида ишлатиладиган детал, заготовка, узел ва бошқалар учун материаллар танлаб олиш **компетенцияларига эга бўлиши лозим.**

**Модулни ташкил этиш ва ўтказиш бўйича тавсиялар**

“Илғор функционал материаллар” модули маъруза ва амалий машғулотлар шаклида олиб борилади.

Модулни ўқитиш жараёнида таълимнинг замонавий методлари, педагогик технологиялар ва ахборот-коммуникация технологиялари қўлланилиши назарда тутилган:

- маъруза дарсларида замонавий компьютер технологиялари ёрдамида презентацион ва электрон-дидактик технологиялардан;

- ўтказиладиган амалий машғулотларда блиц-сўровлар, тест сўровлари, “Ақлий ҳужум”, “ФСМУ”, “Кичик гуруҳларда ишлаш”, “Кейс-стади” ва бошқа интерактив таълим усуллари қўллаш назарда тутилади.

### Модулнинг ўқув режадаги бошқа фанлар билан боғлиқлиги ва узвийлиги

«Илғор функционал материаллар» модули ўқув режадаги қуйидаги фанлар билан боғлиқ: “Материалларни илғор тадқиқот усуллари”, “Илғор материалшунослик ва инжинеринг”.

### Модулнинг олий таълимдаги ўрни

Модулни ўзлаштириш орқали тингловчилар материалшунослик соҳаларида қўлланиладиган ва қўлланилиши режалаштирилган металл ва нometалл материалларнинг турлари, тузилиши, структураси, хоссаси, маркаланиши ва уларга термик, кимёвий – термик ва бошқа ишлов бериш усуллари ўрганиш, амалда қўллаш ва баҳолашга доир касбий компетентликка эга бўладилар.

### “Илғор функционал материаллар” модули бўйича соатлар тақсимоти

№	Модул мавзулари	Тингловчининг ўқув юкламаси, соат					
		Ҳаммаси	Аудитория ўқув юкламаси				Мустақил таълим
			жами	жумладан			
				Назарий	Амалий машғулот	Кўчма машғулот	
1	Янги замонавий материаллар ва технологиялар	2	2	2			
2	Ўтказувчан полимерлар ва керамика. Термоэлектрик материаллар	6	6	2	4		
3	Кукун металлургияси усулида олинган материаллар. Металл кукунларни олиш усуллари, кукунларнинг хоссалари. Металл кукунларининг ўлчамлари, гранулометриқ таркиби.	2	2	2			
4	Кукун металлургияси усулида буюмлар олиш. Оғир (юқори харорат ва босим) шароитларда ишлатиладиган буюм ва деталлар учун материаллар танлаш.	2	2	2			
	Хотирага эга бўлган қотишмалар	2	2		2		
	Углерод асосли материаллар	8	8		2	6	

Фазаси ўзгарувчан материаллар. Термохромик материаллар	2	2		2		
<b>Жами:</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	

## **НАЗАРИЙ МАШҒУЛОТЛАР МАЗМУНИ**

### **1-мавзу: Янги замонавий материаллар ва технологиялар.**

Янги замонавий функционал материаллар ва технологиялар. Қаттиқ жисмлар металллар, керамика, полимерлар ва композитларга бўлинишнинг модданинг атомлар таркиби ва кимёвий тuzилишига асосланганлиги. Янги материаллар ва технологиялар.

### **2-мавзу: Ўтказувчан полимерлар ва керамика. Термоэлектрик материаллар.**

Электр ўтказувчи полимерлар ҳақида маълумотлар. Полимер хоссалари. Диэлектрик, ярим ўтказгичли, электр ўтказувчи полимерлар. Керамик материаллар. Керамик материалларнинг хоссалари. Кислородсиз ва кислородли керамик материаллар. Уларни таркиби, хоссалари, таркиби ва структураси. Керамик материаллар олиш технологияси. Термоэлектрик материаллар ҳақида маълумотлар. Термоэлектрик материалларнинг хоссалари ва структураси. Зеебек эффекти. Термоэлектрик материаллар табиати. Иссиқликни, электр токини, ҳароратни ўлчовчи термоэлектрик материаллар.

### **3-мавзу: Куқун металлургияси усулида олинган материаллар.**

#### **Металл куқунларни олиш усуллари, куқунларнинг хоссалари. Металл куқунларининг ўлчамлари, гранулометрик таркиби.**

Куқун металлургияси ҳақида умумий маълумотлар. Металл куқунларини олиш усуллари ва куқунларнинг хоссалари. Молибден куқунларини олиш технологияси. Нанотехнология асосида ишлаб чиқарладиган маҳсулотлар. Хотира, функционал, қотишма, полимер, хосса, шакл, эффект, мустаҳкамлик, никелид, титан, мартенсит, керамик, таркиб, панжара, термик, печ, деформация, биокерамика, ҳарорат, термоэлектрик.

#### **4-мавзу: Куқун металлургияси усулида буюмлар олиш. Оғир (юқори ҳарорат ва босим) шароитларда ишлатиладиган буюм ва деталлар учун материаллар танлаш.**

Куқун металлургияси усулида буюмлар яшаш. Оғир (юқори ҳарорат ва босим) шароитларда ишлатиладиган буюм ва деталлар. Легировчи



элементларнинг қотишма хоссаларига таъсири. металл кукуни, металлургия, температура, иссиқлик, пишириш, қотишма, легирловчи элементлар.

## **АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ МАЗМУНИ**

### **1-амалий машғулот: Хотирага эга бўлган қотишмалар**

Модда атомлари текисликлари бўйича материалларнинг тури, ҳисоб-китобларини мавжуд жадваллар билан солиштириш. Модда атом текисликлари оралиғи бўйича унинг турини аниқлаш.

### **2-амалий машғулот: Ўтказувчан полимерлар ва керамика.**

#### **Термоэлектрик материаллар**

Алюминий оксиди асосли керамик материалларнинг микроструктураларини таҳлил қилиш ҳамда у орқали керамик материалларни сифатига баҳо бериш.

### **3-амалий машғулот: Углерод асосли материаллар**

Углерод-графит материалларининг структура-фазавий таркиби. Структура-фазовий таркибнинг материал хоссаларига таъсири. Углерод-гафит материалларининг структура-фазовий таркибини ўрганиш усуллари.

### **4-амалий машғулот: Фазаси ўзгарувчан материаллар. Термохромик материаллар**

Фазаси ўзгарувчан материаллар. Қотишмани фазалар трансформацияси критик нукталарига легирловчи элементларнинг таъсири мавзусидаги амалий иш материаллардаги, жумладан пўлатлардаги фазалар ўзгариши трансформациясининг критик нуктасини аниқлаш усуллари билан танишиш ва унда критик нуктани жойлашишига қараб легирловчи элементларнинг таъсирини ўрганишга бағишланган.

#### **Кўчма машғулот мазмуни**

**Мавзу: Углерод асосли материаллар.** Модул бўйича кўчма машғулотлар ТДТУ ҳузуридаги “Тармоқ машинашунослиги муаммолари” илмий текшириш марказида олиб бориши кўзда тутилган.

#### **Таълимни ташкил этиш шакллари**

Таълимни ташкил этиш шакллари аниқ ўқув материали мазмуни устида ишлаётганда ўқитувчини тингловчилар билан ўзаро ҳаракатини тартиблаштиришни, йўлга қўйишни, тизимга келтиришни назарда тутати.

Модулни ўқитиш жараёнида қуйидаги таълимнинг ташкил этиш шаклларидан фойдаланилади:

- маъруза;
- амалий машғулот;
- мустақил таълим.

Ўқув ишини ташкил этиш усулига кўра:

- жамоавий;
- гуруҳли (кичик гуруҳларда, жуфтликда);
- якка тартибда.

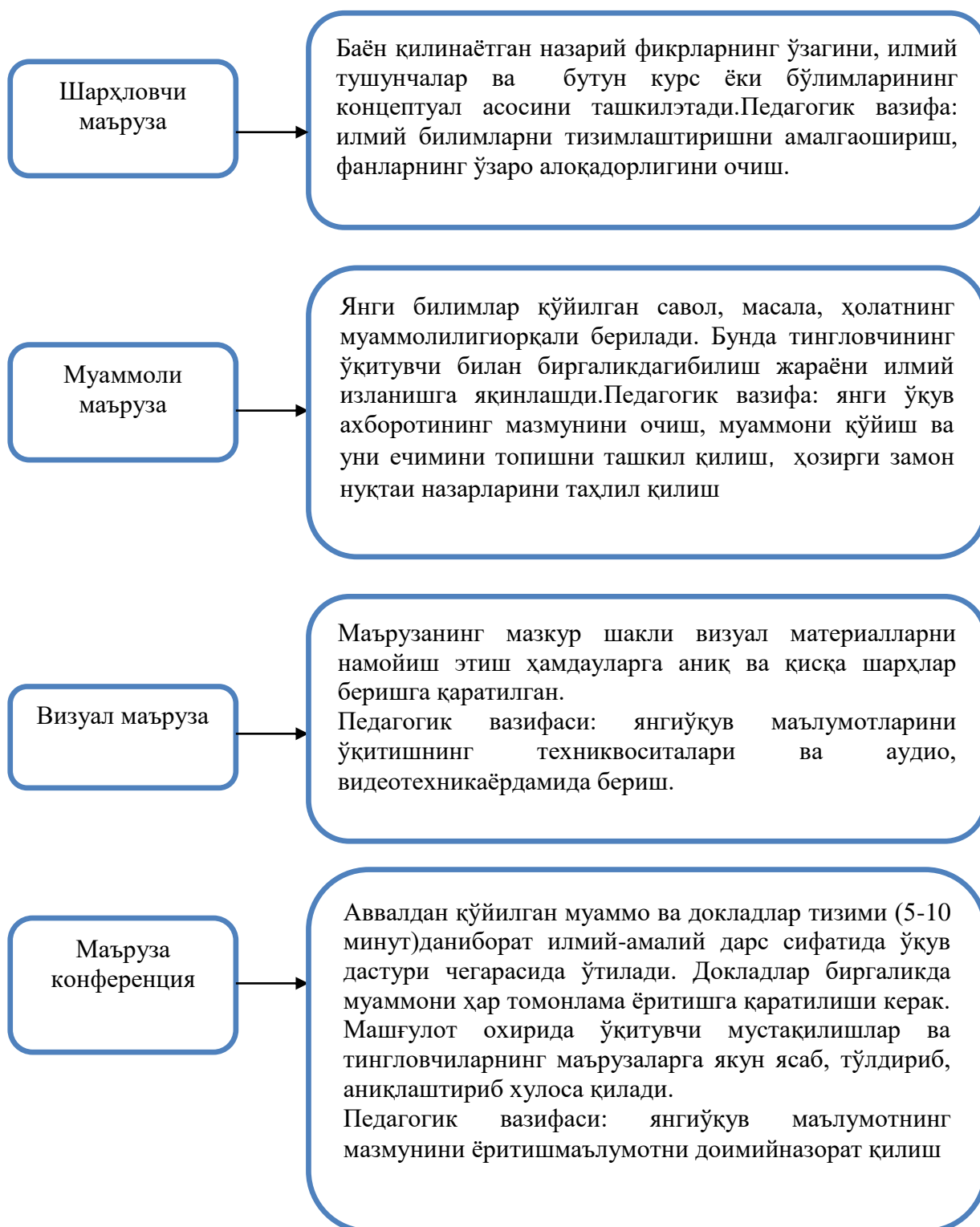
**Жамоавий ишлаш** – Бунда ўқитувчи гуруҳларнинг билиш фаолиятига раҳбарлик қилиб, ўқув мақсадига эришиш учун ўзи белгилайдиган дидактик ва тарбиявий вазифаларга эришиш учун хилма-хил методлардан фойдаланади.

**Гуруҳларда ишлаш** – бу ўқув топшириғини ҳамкорликда бажариш учун ташкил этилган, ўқув жараёнида кичик гуруҳларда ишлашда (2 тадан – 8 тагача иштирокчи) фаол роль ўйнайдиган иштирокчиларга қаратилган таълимни ташкил этиш шаклидир. Ўқитиш методига кўра гуруҳни кичик гуруҳларга, жуфтликларга ва гуруҳларора шаклга бўлиш мумкин. *Бир турдаги гуруҳли иш* ўқув гуруҳлари учун бир турдаги топшириқ бажаришни назарда тутаяди. *Табақалашган гуруҳли иш* гуруҳларда турли топшириқларни бажаришни назарда тутаяди.

**Якка тартибдаги шаклда** - ҳар бир таълим олувчига алоҳида- алоҳида мустақил вазифалар берилади, вазифанинг бажарилиши назорат қилинади.

## IV. МОДУЛНИ ЎҚИТИШДА ФОЙДАЛАНИЛАДИГАН ИНТЕРФАОЛ ТАЪЛИМ МЕТОДЛАРИ.

### Маъруза машғулоти ташкил этишнинг шакл ва хусусиятлари



## “АҚЛИЙ ҲУЖУМ” МЕТОДИ

**“АҚЛИЙ ҲУЖУМ” МЕТОДИ** - Ғояларни генерация қилиш усули. Қатнашчилар бирлашган ҳолда қийин муаммони ечишга шунингдек, ўқитувчи томонидан берилган муаммоли саволларга жавоб беришга ҳаракат қиладилар. Ўз шахсий ғоя ва фикрларини илгари сурадилар.

### Методининг ўқув жараёнига татбиқ этилиши “Ақлий ҳужум” методи учун саволлар

1. Пўлат листни коррозиядан сақлаш учун қандай технологияларни таклиф этасиз?
2. Металл сиртини металл бўлмаган қайси моддалар билан қоплашда қандай инновациялардан фойдаланиш мумкин?
3. Солиштирама ҳажм детанда нимани тушунасиз ва буни изоҳлаб беринг.
4. Конвертлаш нима?
5. Металлургик шлак таркибидаги асосий элементларни қайси йўл билан аниқлаш мумкин?

## ФСМУ технологияси

**Технологиянинг мақсади:** Мазкур технология иштирокчилардаги умумий фикрлардан хусусий хулосалар чиқариш, таққослаш, қиёслаш орқали ахборотни ўзлаштириш, хулосалаш, шунингдек, мустақил ижодий фикрлаш кўникмаларини шакллантиришга хизмат қилади. Мазкур технологиядан маъруза машғулотларида, мустаҳкамлашда, ўтилган мавзунини сўрашда, уйга вазифа беришда ҳамда амалий

### Методининг ўқув жараёнига татбиқ этилиши “ФСМУ” методи учун келтирилган фикр

**Фикр:** Мартесит ўзгаришлар содир бўлиш жараёни ҳароратини қайтиши қанчалик юқори бўлса, материалнинг шаклини сақлаш эффеќти даражаси шунчалик паст бўлади.

**Ф** – фикрингизни баён этинг.

**С** – фикрингиз баёнига бирор сабаб кўрсатинг.

**М** – Кўрсатилган сабабни исботловчи мисол келтиринг.

**У** – фикрингизни умумлаштиринг.

## “Кичик гуруҳларда ишлаш” методи

Ушбу метод таълим олувчиларни фаоллаштириш мақсадида уларни кичик гуруҳларга ажратган ҳолда ўқув материални ўрганиш ёки берилган топшириқни бошқаришга қаратилган. Метод қўлланилганда таълим олувчи кичик гуруҳларда ишлаб, ўз фикрларини ифода этиши, бир-биридан ўрганиши, турли нуқтаи-назарларни инобатга олиш имконига эга бўлади. Мураббий томонидан вақт белгиланади. Таълим берувчи томонидан бир вақтнинг ўзида барча таълим олувчиларни мавзуга жалб эта олади ва баҳолайди. Амалий машғулотларни ўзлаштириш даврида “Кичик гуруҳларда ишлаш” методидан фойдаланилади. Гуруҳни кичик гуруҳларга ажратиб, мавзу юзасидан топшириқлар берилади. Гуруҳлар белгиланган вақт оралиғида топшириқни бажарадилар ва қоғозга ёзадилар. Белгиланган вақт тугагандан сўнг, бажарилган вазифалар гуруҳ вакили томонидан тақдимот қилинади. Ҳар бир тақдимотчи таълим берувчи ва тингловчилар томонидан баҳолашиб борилади. Барча тақдимотдан сўнг муҳокама бўлиб ўтади.

Мезонлари	баллар			
	2	3	4	5
Мазмуни				
Гуруҳнинг фаол иштироки				
Белгиланган вақтга риюя этилганлиги				
Тақдимоти				

Баҳолаш меъёрлари: Юқори балл-20 балл

18-20 баллгача -“АЪЛО” ;

15-17 баллгача -“ЯХШИ” ;

12 - 14 баллгача -“ҚОНИҚАРЛИ”;

12 дан паст балл - “ҚОНИҚАРСИЗ”

### III. НАЗАРИЙ МАТЕРИАЛЛАР

#### 1-мавзу: Янги замонавий материаллар ва технологиялар

##### Режа:

1. Янги замонавий функционал материаллар ва технологиялар.
2. Қаттиқ жисмлар металллар, керамика, полимерлар ва композитларга бўлинишнинг модданинг атомлар таркиби ва кимёвий тузилишига асосланганлиги.
3. Янги материаллар ва технологиялар.

*Таянч сўзлар:* Янги замонавий функционал материаллар, қаттиқ жисмлар, металллар, керамика, полимерлар, композитлар, боғланишлар, кимёвий боғланишлар, қотишмалар.

#### 1.1. Янги замонавий функционал материаллар ва технологиялар.

Материаллар бизнинг ҳаётимизда кўпчилик ўйлагандан кўра чуқурроқ ўрин эгаллайди. Кундалик ҳаётимиздаги зарур элементлар транспорт, уй-жой, алоқа воситалари, озиқ овқат ишлаб чиқариш буларнинг барчаси у ёки бу даражада керакли материалларни танлашга боғлиқ. Тарихдан маълумки жамоатчиликнинг юксалиши ва ривожланиши инсонларнинг мавжуд талабларини қондириш учун материалларни ишлаб чиқариш ва қайта ишлаш билан боғлиқ. Аввалги даврлар хаттоки инсонлар ишлатишни ўрганган материаллар номлари билан номланган – тош даври, бронза даври, темир даври<sup>1</sup>.

Инсоният пайдо бўлишининг эрта даврларида инсонлар жуда кам сонли материаллардан фойдаланганлар. Булар табиатда мавжуд таъбый материаллар эди – тошлар, дарахт, лой, ҳайвон териси ва бошқалар. Вақт ўтиб одамлар таъбый маҳсулотларни ўрнини босувчи материалларни ишлаб чиқаришни ўргандилар. Булар керамика ва турли металллар яъни янги материаллар эди. Кейинчалик аниқланишича материалларнинг таркибида термик ишлаш натижасида ёки турли қўшимчалар қўшилиши натижасида ўзгариш юзага келар экан. У вақтларда матреиаллар жуда кам миқдорда ишлатилиш мақсади ва уларнинг сифатига кўра аниқланган. Олимларнинг таъкидлашича таркибий элементлар ва материал ташкил этувчилар орасида боғлиқлик мавжуд. Ушбу

қарашлар тахминан 100 йил аввал вужудга келган бўлиб, бунинг натижасида инсонлар материаллар тавсифини баҳолашни ўргандилар. Бунинг бари минглаб махсус таркибли материаллар вужудга келишига олиб келди ва энг мураккаб замон талабларининг қондирилишига сабаб бўлди. Бизнинг даврда ҳам фойдаланилаётган материаллар сирасига металллар, полимерлар, шиша ва тола киради.

Хаётимизни яхшилашга хизмат қилаётган замонавий технологияларнинг равнақи мавжуд материалларга боғлиқ. Материал турини аниқлаш янги технологияларнинг ривожланишига хизмат қилади. Масалан, автомобилсозлик саноати пўлатлар ва шу каби бошқа материалларнинг қайта ишланишисиз вужудга келмас эди. Бизнинг давримизда кўп сонли мураккаб электрон қурилмалар, ярим ўтказгич материалдан фойдаланилган компонентлар ишлатилиши ҳисобига ривожланмоқда.

“Структура” ушбу босқичда келтирилган атама бир мунча ноаниқ бўлиб, уни чуқурроқ чунтириб ўтиш талаб этилади. Қисқача айтганда материал структураси деб унинг ички элементлар жойлашиш характерига айтилади.

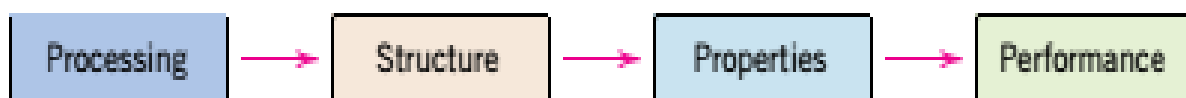
Субатом структураси – бу электронга эга ядро билан ўзаро алоқадор ягона атом. Структуранинг атомар даражаси атом ёки молекулаларнинг ўзаро таъсири орқали аниқланади. Кейинги бўлимларда атомларнинг катта гуруҳлари ҳақида сўз боради. Натижада агрегатлар юзага келади, бундай структура “микроскопик” деб аталади, яъни микроскоп орқали тўғридан тўғри кузатиш орқали ўрганилади. Кўз билан кўриш мумкин бўлган структуралар “макроскопик” деб аталади.

“Хосса” атамаси муфассал кўриб чиқилиши керак. Барча материаллар ишлатилиш жараёнида ташқи таъсирга учрайди, бунинг натижасида бир қатор реакциялар юзага келади. Агар наъмунага куч таъсир эттирилса бунинг натижасида деформация юзага келади. Агар силлиқланган металл юзага нур йўналтирилса у холда у қайтади. Материал таркиби – бу унинг ўзига хослиги ва ташқи таъсирга нисбатан бардошлилигидир. Умумий қилиб айтганда материал тузилиши, унинг ўлчами ва махсулот шаклига нисбатан мустақил бўлиши керак.

Назарий жихатдан қаттиқ материалларнинг барча асосий хоссаларини олтига гуруҳга бўлиш мумкин, булар – *механикавий, электрикавий, термик магнитли, оптик хоссалар ва материалнинг узоқ муддатли тургунлиги*.

Хар бир материал таркиби белгиланган кўрсаткичларга эга, бунда унинг ташқи таъсирга қаршилик кучи характерланади. *Механик хосса* деб куч таъсирида юзага келадиган деформациялар боғлиқлиги асосан таранглик ва мустахамлик чегараси тушунилади. *Электрик хосса* – бу электр ўтказувчанлик ва диэлектрик доимийликдир, материал қаршилигини чақирувчи фактор эса электр майдон ҳисобланади. Қаттиқ жисмларнинг *термик хоссаси* иссиқлик ўтказувчанлик ва иссиқлик сифими коэффициентлари орқали характерланади. *Магнит хоссаси* материалнинг магнит майдонида юзага келган реакцияларни аниқлайди. *Оптик хоссалар* электромагнит нурланиш ёки нур оқими таъсирида аниқланади, синиш кўрсаткичи эса ушбу хоссанинг характеристикаси ҳисобланади. *Материалнинг узоқ муддатли тургунлиги* – унинг устунлиги кимёвий реагентларга қаршилик кўрсаткичидир.

Юқорида келтирилган “структура” ва “хосса” атамаларига қўшимча равишда яна иккита материал тавсифи фан ва муҳандислик кўрсатмаларида муҳим ўрин эгаллайди. Булар “*Қайта ишлаш технологияси*” (*processing*) ва “*Фойдаланиш тавсифи*” (*performance*). Агар келтирилган барча тушунчалар бирлаштирилса унда материал хоссаси маҳсулот тайёрлаш (қайта ишлаш) технологиясига боғлиқ бўлади. Фойдаланиш характеристикаси материал таркибига боғлиқ. Шу ўринда *технологиклик, тузилиш, хоссавафойдаланиш* характеристикаси ўртасидаги ўзаро боғлиқликни 1.1 расмда келтирилган схемада кўриш мумкин.



**Расм 1.1. Материалшунослик ва материаллар қўллаш технологиясида мавжуд предметларнинг тўртта асосий ташкил этувчилари**



Материалшуносликда келтирилган тўртта хосса – *қайта ишлаш технологияси, таркиб, тузилиш* ва *фойдаланиш коэффиценти* орасидаги боғлиқликни акс эттириш учун 1.2 расмда учта ингичка дисклар сурати келтирилган.



**Расм. 1.2.** Алюмин оксиддан тайёрланган учта ингичка дисклар сурати

Дисклар ёзув бетига уларнинг оптик хоссаларини фарқлаш учун жойлаштирилган. Чапдаги диск – шаффоф (у ўзига тушаётган нурнинг хаммасини ўтказди). Марказдаги диск – ярим шаффоф. Бу шуни англатадики у тушаётган нурни қисман қайтаради. Ўнгдаги диск – бутунлай шаффоф эмас. Унга тушаётган нур оқими қайтарилади. Оптик характердаги кўрсатилган фарқлар диск тайёрлаш учун белгиланган технологияда ишлатилувчи материал таркибининг тадқиқ қилиш натижаси хисобланади. Наъмуналарни Р.А. Lessing тайёрлаган, суратлар S. Tanne га тегишли.

Кўриниб туриптики ушбу учта дискнинг оптик хоссаси (нур ўтказувчанлиги) турлича. Чап тарафда жойлаштирилган диск жуда хам шаффоф (унга йўналтирилган нур оқими тўлалигича дискдан ўтади). Шу вақтнинг ўзида марказдаги диск – ярим шаффоф, ўнг тарафдагиси – умуман шаффоф эмас. Учала дискнинг бари бир хил алюминий оксиди материалдан тайёрланган. Фақатгина чапдаги наъмуна биз монокристал деб атовчи материалдан тайёрланган шу сабабли ушбу хосса унинг шаффофлигини

таъминлайди. Марказдаги диск кўпгина майда монокристаллардан тайёрланган ва бир бутун қилиб йиғилган. Майда кристаллар орасидаги чегара ёзув бетидаги нур оқимининг бир қисмини ўтказди. Бундан кўриниб турибдики ушбу диск жилосиз ёки яримшаффоф бўлади. Ва ниҳоят ўнг тарафда кўрсатилган наъмуна ҳам катта бўлмаган кристаллардан тайёрланган аммо унда катта миқдорда бўшлиқ ва ғоваклар мавжуд. Ушбу ғоваклар жадал равишда нурни тарқатади айнан шу сабабли диск шаффофлигини йўқотади. Шу сабабли кристаллар ва тешиklar чегараси орқали аниқланувчи материал шаффофлиги келтирилган уч хил наъмунада турличадир. Бундан ташқари ушбу уч хил наъмуна турли технологияларда тайёрланган. Натижада дискларнинг фойдаланиш характеристикаси, материалнинг оптик хоссаларига кўра ишлаш шароитини аниқлаш бўйича улар турличадир.

## **1.2.Қаттиқ жисмлар металллар, керамика, полимерлар ва композитларга бўлинишнинг модданинг атомлар таркиби ва кимёвий тузилишига асосланганлиги.**

### **МАТЕРИАЛЛАР ТАСНИФИ**

Қаттиқ жисмлар одатда учта асосий гуруҳга бўлинади. Булар металллар, керамика ва полимерлар. Бундай бўлиниш модданинг атомлар таркиби ва кимёвий тузилишига асосланади. Кўпгина материалларни у ёки бу гуруҳга бирдай киритиш мумкин. Бундан ташқари келтирилган икки ёки учта гуруҳга таълуқли материаллар таркибида композитлар мавжудлигини ҳам айтиб ўтиш лозим. Қуйида турли хилдаги материаллар хақида қисқача маълумот ва уларнинг солиштирма таснифлари келтирилган.

Материалларнинг яна бир тури замонавий *махсус материаллар (advanced)* бўлиб, улар *юқори технологияли (high-tech)* соҳаларда қўллаш учун яратилади буларга яримўтказгичлар, биологик материаллар, нанотехнологияларда ишлатилувчи “*ақлли*” (*smart*) материал ва моддалар киради.

Материаллар ишлатилишида аниқланувчи олти хил турли синфлар мавжуд: *механик, электрик, иссиқлик, магнит, оптик* ва *ёмонлашиш*.

- Материалшуносликнинг яна бир жихати материал тузилиши ва хоссалари орасидаги муносабатларни ўрганиш хисобланади. Бу таркибга кўра материал

айрим ички моддалардан ташкил топган. Шу нуқтаи назардан элементлар **субатом, атом, микроскопик** ва **макроскопик ўлчамлар** (кенгайтириш билан) ни ўз ичига олади.

- Материаллардан фойдаланиш, қайта ишлаш ва уларнинг дизайнига кўра уларни ўрганишнинг тўртта элементи мавжуд булар – қайта ишлаш, таркиб, тузилиш ва материал характеристикаси. Материалнинг ишчи характеристикалари унинг хоссаларига ва ўз ўрнида унинг тузилишига ҳам боғлиқ; бундан ташқари таркиб материалнинг қандай қайта ишланиши орқали аниқланади.

- Хизмат қилиш шартларига кўра материал танлашда дуч келадиган учта асосий мезонлар мавжуд. Ишлатилиш жараёнида хар қандай материал хоссаларининг ёмонлашиши, иқтисод ёки қисм қиймати.

- Кимё ва атом тузилишига кўра материаллар учта асосий тоифага бўлинади: **металлар** (металл элементлар), **керамика** (металл ва нометалл элементлар орасидаги боғлиқлик) ва **полимерлар** (углерод, водород ва бошқа нометалл элементлар орасидаги боғлиқлик). Бундан ташқари композицион материаллар камида иккита тоифадан иборат материаллардан ташкил топган.

- Материалларнинг яна бир тоифаси юқори технологик дастурларда фойдаланилувчи **илгор материаллардир**, буларга **яримўтказгичлар** (ўтказгич ва изолятор орасидаги электр ўтказувчанликка эга), **биоматериаллар** (тана тўқималари билан мос бўлиши керак), **ақилли материаллар** (аввалдан белгиланган усуллар ёрдамида атроф мухит ўзгаришларини хис қилувчи ва муносабат билдирувчи) ва **наноматериаллар** (айримлари атом молекуляр даражада ишлаб чиқилган ва нанометр таркибий хусусиятларига эга бўлган) киради.

### ЯНГИ МАТЕРИАЛЛАР ЯРАТИШНИНГ ЗАРУРЛИГИ

Сўнгги йилларда материалшунослик ва материалларни қўллаш технологияси соҳаларидаги эришилган катта ютуқларга қарамасдан ҳали ҳам янада тугал ва ихтисослашган материалларни яратиш, бундан ташқари бундай материалларни ишлаб чиқариш ва уларнинг ташқи мухитга таъсири орасидаги

боғлиқликни баҳолаш зарурияти сақланиб қолмоқда. Шу сабабли ушбу савол юзасидан соҳадаги мавжуд янгиликларни таърифлаш учун бир қанча фикрларни келтириб ўтиш зарур.

Ядро энергетикаси келажак учун катта ваъдалар бермоқда аммо бу ерда барча босқичларда зарур янги материалларни ишлаб чиқариш билан боғлиқ кўп сонли камчиликлар мавжудлигича қолмоқда буларга мисол тариқасида радиоактив чиқиндиларни сақлаш, реактордаги ёнилғи жойлаш тизимларини келтириш мумкин. Энергия бўйича катта харажатлар уни ташиш билан боғлиқ. Ташувчи ускуналар (автомобиллар, самолётлар, поездлар ва бошқалар) вазнини камайтириш, двигатель ишлаганда ҳароратнинг ошиши энергия истеъмолининг ошишига хизмат қилади. Бунинг учун юқори ҳарорат муҳитида ишлай оладиган материалларга тенглашувчи юқори кучли енгил муҳандислик материалларини яратиш талаб этилади. Умуманга қарай янги иқтисодий асосларга эга энергия манбалари бундан ташқари фойдаланишда янада самарали манбалар мавжуд. Шубҳасиз керакли хусусиятларга эга материаллар ушбу йўналишни ривожлантиришда катта ўрин эгаллайди. Масалан, қуёш энергиясини электр токига тўғри ўзгартириш имконияти намоён этилган эди. Ҳозирги вақтда қуёш батареялари мураккаб ва қиммат ускуна ҳисобланади. Шубҳасиз қуёш энергиясидан фойдаланиш учун янада самаралироқ, нисбатан арзон янги технологик материаллар яратилиши зарур. Энергияни ўзгартириш технологиясидаги яна бир яхши намуна бўлиб водород ёнилғили элементлар хизмат қилади. Бундан ташқари уларнинг фойдали томони ташқи муҳитни ифлослантормайди. Ҳозирги вақтда ушбу технологиялар электрон қурилмаларда ишлатилиши аста секин бошланмоқда. Истиқболда бундай элементлар автомобилларнинг кучланиш ускуналарида қўлланилиши мумкин. Янада яхшироқ ёқилғи элементлари яратиш учун янги материаллар зарур, водород ишлаб чиқариш учун эса янги катализаторлар керак. Ташқи муҳит сифатининг талаб этилаётган даражада тутиб турилиши учун сув ва ҳавонинг таркиби доимо назорат қилиниши керак. Ифлосланиш даражасини назорат қилиш учун турли материаллардан фойдаланилади. Бундан ташқари ташқи муҳит ифлосланишини камайтириш мақсадида материалларни тозалаш ва қайта

ишлаш усулларини янада ривожлантириш зарур. Фойдали қазилмаларни қазиб олишда табиатга, инсониятга камроқ зарар етказиш ва чиқиндилар чиқаришни камайтириш масаласини олға суриш зарур. Айрим материалларни ишлаб чиқаришда захарли моддалар ажралиб чиқишини бунинг натижасида экологияга бундай чиқиндиларни чиқаришдан етадиган зарарни ҳам ҳисобга олишимиз керак. Биз томондан фойдаланилаётган кўпгина материаллар қайта тикланмас ресурслар, тўлдириб бўлмас манбаълардан олинади. Масалан полимерларга ва айрим металлларга бирламчи хомашё сифатида нефт ишлатилади. Ушбу захиралар аста секин тугамоқда. Бундан қуйидаги эҳтиёжлар юзага келади:

1. Ушбу манбаъларнинг янги захираларини топиш;
2. Атроф муҳитга камроқ зарар етказувчи мавжуд таркибли материалларни ўрнини босувчи янги материалларни яратиш;
3. Қайта ишлаш жараёни ролини кучайтириш ва алоҳида қайта ишлашнинг янги тизимларини яратиш.

Бунинг натижасида нафақат ишлаб чиқаришни иқтисодий баҳолаш балки экологик омилларнинг энг асосийси материалнинг ҳаётий давомийлигини “бешиқдан то қабргача” ва бутун ишлаб чиқариш жараёнини аниқлаш лозим.

### **1.3. Янги материаллар ва технологиялар**

Материаллар бизнинг ҳаётимизда кўпчилик ўйлагандан кўра чуқурроқ ўрин эгаллайди. Кундалик ҳаётимиздаги зарур элементлар транспорт, уй-жой, алоқа воситалари, озиқ овқат ишлаб чиқариш буларнинг барчаси у ёки бу даражада керакли материалларни танлашга боғлиқ. Тарихдан маълумки жамоатчиликнинг юксалиши ва ривожланиши инсонларнинг мавжуд талабларини қондириш учун материалларни ишлаб чиқариш ва қайта ишлаш билан боғлиқ. Аввалги даврлар хаттоки инсонлар ишлатишни ўрганган материаллар номлари билан номланган – тош даври, бронза даври, темир даври<sup>1</sup>.

Инсоният пайдо бўлишининг эрта даврларида инсонлар жуда кам сонли материаллардан фойдаланганлар. Булар табиатда мавжуд таъбий материаллар эди – тошлар, дарахт, лой, ҳайвон териси ва бошқалар.

Қадим–қадим замонларда одамлар тош, суяк каби материалларни иш қуроли сифатида ишлатишган. Бу материалларни қайта ишлаб, ерга ишлов беришда ва ов қуроллари ясашда фойдаланганлар. Аста–секин ёғоч, тери ва лой каби материаллардан фойдаланиш ўзлаштирилган. Бронза даврида металлургия саноати пайдо бўлди. Металл қотишмаларининг таркибини ўзгартириб, уларнинг хоссаларини бошқариш мумкинлиги маълум бўлди ва бу амалиётда ишлатила бошланди. *Темир даврига* келиб Осиёда, Ўрта Ер денгизи атрофида ва Хитой худудларида илк бор металларни қайта ишлайдиган корхоналар вужудга кела бошлади.

Ўрта ер денгизи ҳавзасида бронза асридаёқ темир кенг қўлланилганлигини америкалик олим Жейн Уальдбаум ишончли далилар билан исботлаб берди. Аммо унинг таркибида углерод миқдори кам бўлганлигидан у сифат жиҳатидан бронзага тенглаша олмаган ва асосан ошхона анжомлари таёрлаш учун материал бўлиб хизмат қилган. Қадимги Таиланд аҳолиси темир билан эрамиздан тахминан 1600 йил аввал таниш бўлган эканлар. Қадимги Япон металлурглари бундан бир ярим минг йил илгари ҳам темир олиш усулини билишган, улар учун таркибида жуда кўп миқдорда темир бўлган оддий қум темир ишлаб чиқаришда дастлабки хом ашё бўлган (Окаяма префектураси). Қадимги греклар эса металларни иккиламчи хом ашё сифатида ишлатишга етарлича этибор беришган (3000 йил олдин). Африкадаги Виктория кўлининг ғарбий соҳилида бундан 2000 йил муқаддам металл суюқлантирилган 13 та металлургия печлари топилган бўлиб, уларда ҳаво пуфлаш йўли билан пўлат олишга имкон берган.

Сув ва ҳавонинг ишлатилиши металлшунослик саноатида янги босқичнинг ривожланишида асос бўлди. *Металлни эритиб, уни тозалаш, пуфлаш учун ҳаводан фойдаланиш, суюқлантирилган металлар ҳароратини оширишга имкон яратди.* Натижада металлар зарарли қўшимчалардан тозаланиб, уларнинг сифати яхшиланди.

1856–йилда Г. Бессемер, 1878–йилда С.Томас ва 1864–йилда П. Мартен пўлат олишнинг янги усулларини яратишди. 1856 йилнинг 12 феврилида инглиз ихтирочиси Генри Бессмер суюқлантирилган чўянни ҳаво билан дам бериб

тозалагани учун патент олди. “Мен шуни ихтиро қилдимки, деб ёзган эди Бессмер, агар металлга етарли миқдорда атмосфера ҳавоси ёки кислород киритилса, у суяқ металл заррачаларининг кучли ёнишига сабаб бўлади, температурани сақлаб турадики ёки уни шу даражагача оширадики, бунда металл чўян ҳолатидан пўлат ҳолатига ёки болғаланувчи темир ҳолатига ўтиш вақтида ёқилги ишлатилмасдан суяқ ҳолида қолади”. Жаҳон металлургияси ривожда жуда катта роль ўйнаган, истеъдодли инглиз ихтирочиси номини техника тарихига абадий ёзилишига сабаб бўлган қуйма пўлат олишнинг бу янги усули ҳаётда шу тариқа ўзига йўл очган эди.

Рус олими П.П. Аносов металлларнинг хоссалари уларнинг кристалл тузилишига боғлиқлигини аниқлади ва биринчи бўлиб металлларни ички тузилишини ўрганишда микроскопдан фойдаланди. Юқори сифатли пўлат олишда айниқса П.П. Аносовнинг хизматлари катта.

Металлшунослик фанининг ривожланишида рус олими Д.К. Черновнинг фазалар ўзгариши ҳақидаги назарияси жуда катта туртки бўлди. Темир углеродли қотишмаларни ва термик ишлов бериш процессларини ўрганиш 1868 йилда эълон қилинган Д.К. Черновнинг “Лавров ва Калакуцийнинг пўлат ва пўлатдан ишланган обзори ҳамда ушбу соҳа бўйича Д.К. Черновнинг ўз тадқиқотлари” мақоласи билан бошланади. Д.К.Чернов биринчи бўлиб пўлатда критик нуқталар борлигини кўрсатди ва темир-цементит диаграммаси ҳақида дастлабки тушунчани берди. Кейинчалик темир-углеродли қотишмаларни қуришга Ф. Осмонд, Ле-Шателье (Франция), Р. Аустен (Англия), А.А. Байков ва Н.Т. Гудцов (Россия), Розенбаум (Голландия), П. Геренс (Германия) ва бошқаларнинг ишлари бағишланди.

Немис олими Ледебурнинг металллар структураси тушунчаси, инглиз физиклари Ф.Лавес ҳамда В.Юм–Розернинг янги турдаги фазаларни кашф этишифан ривожда катта ҳисса бўлди.

Ички ёнув двигателлари кашф этилиши машинасозлик, автомобилсозлик, самолётсозлик ва ракетасозлик саноатлари ривожланишида муҳим асос бўлди. Табиийки, саноатнинг ривожланиши янги материаллар яратиш, уларнинг хоссаларини яхшилаш устида тинмай изланишлар олиб боришни талаб этди.

Натижада такомиллашган домна печлари, пўлат эритиладиган мартен печлари барпо этилди. Пўлатларни пайвандлаш мумкинлигини Н.Н. Бенардос ва Н.Г. Славяновлар илмий нуқтайи назардан исботлаб бердилар.

Рус олими А.М. Бутлеров томонидан 1881–йилда яратилган жисмларнинг кимёвий тузилиш назарияси асосида қуйи молекулали органик кимёвий моддалардан полимерлар олиш мумкинлиги исботланди.

С.В. Лебедев 1909–йилда хоссалари жихатидан табиий каучукка яқин материални сунъий равишда олди. Ҳозирги вақтда техника ривожини сунъий материалларсиз тасаввур қилиш қийин. Ўтказувчанлиги юқори материаллар, ярим ўтказгичлар, сунъий олмос ҳамда углерод асосидаги бошқа материаллар кашф этилди.

Домна печларида содир бўладиган оксидланиш–қайтарилиш жараёнлари натижаларини ҳисобга олиш мумкинлиги, материаллар тузилиши ва технологик жараён ҳақидаги билимлар янада бойиди. Турли ферроқотишмалар олиш, пўлат олишнинг электрометаллургия усулларида фойдаланиш пўлат сифатини оширди ва жуда кўп легирланган пўлатлар олиш имкониятини яратди.

Қотишмалар мустаҳкамлигини оширишнинг янги усуллари кашф этилди. Термик–механик, механик–термик ва икки марта қайта кристаллаш усулида термик ишлов бериш каби илғор технологик жараёнлар яратилди. Коррозиябардош, оловбардош, махсус магнит хоссаларга эга бўлган ва маълум геометрик шаклларни "эсида" сақлаб қолувчи қотишмалар кашф этилди.

Вақт ўтиб одамлар табиий маҳсулотларни ўрнини босувчи материалларни ишлаб чиқаришни ўргандилар. Булар керамика ва турли металллар яъни янги материаллар эди. Кейинчалик аниқланишича материалларнинг таркибида термик ишлаш натижасида ёки турли қўшимчалар қўшилиши натижасида ўзгариш юзага келар экан. У вақтларда материаллар жуда кам миқдорда ишлатилиш мақсади ва уларнинг сифатига кўра аниқланган. Олимларнинг таъкидлашича таркибий элементлар ва материал ташкил этувчилар орасида боғлиқлик мавжуд. Ушбу қарашлар тахминан 100 йил аввал вужудга келган бўлиб, бунинг натижасида инсонлар материаллар тавсифини баҳолашни



ўргандилар. Бунинг бари минглаб махсус таркибли материаллар вужудга келишига олиб келди ва энг мураккаб замон талабларининг қондирилишига сабаб бўлди. Бизнинг даврда хам фойдаланилаётган материаллар сирасига металллар, полимерлар, шиша ва тола киради.

Хаётимизни яхшилашга хизмат қилаётган замонавий технологияларнинг равнақи мавжуд материалларга боғлиқ. Материал турини аниқлаш янги технологияларнинг ривожланишига хизмат қилади. Масалан, автомобилсозлик саноати пўлатлар ва шу каби бошқа материалларнинг қайта ишланишисиз вужудга келмас эди. Бизнинг давримизда кўп сонли мураккаб электрон қурилмалар, ярим ўтказгич материалдан фойдаланилган компонентлар ишлатилиши хисобига ривожланмоқда.

Масалан, махсус технологик, кимёвий ва физикавий хоссаларга эга бўлган материаллар ва қийин эрийдиган металлларнинг юқоридисперс кукунлари асосида янги қотишмалар олишга йўналтирилган илмий тадқиқотлар йўналишда илмий изланишлар жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасалари, жумладан, А.А. Байков номидаги металлургия ва машинасозлик институтида (Россия), РФА кимё институтининг урал бўлимида (Россия), Япония металлургия институти (Япония), Америка фан ва технологиялар университети (АҚШ), Нагоя университети (Япония), Англия технологиялар университети (Англия), Белоруссия Миллий техника университети (Белоруссия), И.Н. Францевич номидаги материалшунослик муаммолари институти (Украина), Тошкент давлат техника университети (Ўзбекистон) томонидан олиб борилмоқда.

Қийин эрийдиган металлларнинг юқоридисперс кукунлари асосида янги қотишмалардан махсус технологик, кимёвий ва физикавий хоссаларга эга бўлган қаттиқ қотишмали асбобларни олиш ва уларни турли соҳаларда қўллашга оид жаҳонда олиб борилган тадқиқотлар натижасида қатор, жумладан, қуйидаги илмий натижалар олинган: турли қийин эрийдиган металл ҳамда бирикмалар нанокукунларини ва қаттиқ қотишмаларда наноструктураларни олиш технологияси ишлаб чиқилган (Металлургия ва материалшунослик институти, Фанлар академияси Иссиқлик физикаси

институти, Россия); Ni:Mo нинг турли нисбатларида қаттиқ қотишмаларнинг хоссаларини аниқлаш (РФА кимё институтининг Урал бўлимида, Россия); вольфрамсиз никель-молибден боғли ва кўп компонентли титан карбидли, ванадий, вольфрам, ниобий асосли карбидлар турли нисбатда таклиф қилинди (Грузия политехника институти, Грузия); паст индукционли трансформатор қурилмаларидан фойдаланиб наноструктурали қаттиқ қотишмалар олиш ва турли қийин эрийдиган металлларни олиш технологиялари ишлаб чиқилди (РФА иссиқлик физикаси институти, Россия); қаттиқ қотишмали конструкцион материаллар таркиби ишлаб чиқилган (Тошкент давлат техника университети, Ўзбекистон); кукун металлургияси усулида тайёрланган Mo-TiC-Ni-W-Fe системали янги пиширилган қотишмадан асбоблар ишлаб чиқариш технологияси ишлаб чиқилган (Тошкент давлат техника университети, Ўзбекистон).

Хорижлик олимлар X. Shreter, R. Kiffer, T. Shtraux, P. Rautal, Dj. Norton, P. Shvarskop, Dj. Gerlend, Suzuki, Kubota, S. Takeda, K. Gerber, H. Kroto, Dj. Gyorlend ва бошқалар қаттиқ қотишмалар яратиш бўйича илмий тадқиқот ишларини олиб боришган, лекин кўпчилик қийин эрийдиган металлларнинг юқоридисперс кукунлари асосида пишириш услуби билан ўзида оптимал мустахамлик ва пластикликни мужассамлаштирган қаттиқ қотишмали асбобни яратиш йўналишида тадқиқотлар етарли даражада олиб борилмаган. Германиялик олим X. Shreter пиширилган қаттиқ қотишмаларни ривожланишига муҳим кадам қўйди. Металлургия ва материалларга ишлов бериш соҳасида илмий мактабни ривожлантириш мустақил давлатлар ҳамдўстлиги мамлакатлари олимларига тегишли. Россия олимлари Г.А. Меерсон ва Л.П. Малков раҳбарлиги остида Электролампа заводида (Россия) қаттиқ қотишмаларнинг биринчи намуналари олинган. Материалларга ишлов бериш ва металлургия соҳасидаги плазма технологияси ривожланиши наноструктурали материалларни яратиш бўйича илмий тадқиқотларнинг ривожланишида иккита муҳим воқеа: сканерловчи туннель микроскопининг яратилиши ва углероднинг табиатда янги шаклда мавжудлигининг очилиши катта аҳамиятга эга бўлиб, бу материаллар тузилишини тадқиқ этишда янги

усул ҳамда қурилмалардан фойдаланиш, тунеллашнинг квант эффекти назариясининг қўлланилиши монокристаллар юзасидаги атом-молекуляр тузилишини нанометр ораликдаги ўлчамларда кўриш имконини берган.

Ўзбек олимларидан Тўрахонов, В.А. Мирбобоев, И. Носир, Э.О. Умаров, А.А. Мухамедов, Р.У. Каламазов, В.В. Чекуров, С.Д. Нурмуродов, Ф.Р. Норхўжаев, У.А. Зиямухамедова, А.Х. Расулов, Қ.Ғ. Баходиров ва уларнинг шогирдлари “Материалшунослик” фанини ривожланишига хисса қўшишган ва адабиётлар яратишган, конструкцион материаллар яратиш бўйича илмий изланишлар олиб боришган. Р.У. Каламазов металл, бирикма ва қотишмаларнинг нанокукунларини олиш, уларнинг морфологияси, структура ҳамда фаза таркибларини ўрганиш бўйича илмий тадқиқотлар олиб борган. В.В.Чекуров турли шароитларда ишлашга мўлжалланган қуйма биметалл композитларни яратишда таркиб, структура ва хоссаларининг шаклланишида иссиқлик физикаси ҳисобларини тадқиқ этган.

С.Д. Нурмуродов ва унинг шогирдлари вольфрамнинг ультрадисперс кукунларидан конструкцион материаллар олиш бўйича илмий-тадқиқот ишларини олиб борган.

### **Назорат саволлари:**

1. Янги замонавий функционал материаллар ва қотишмаларнинг тузилиши тўғрисида маълумот беринг.
2. Фанининг ривожланишига ҳисса қўшган дунёнинг етакчи олимлари ҳақида маълумот беринг.
3. Республикамизда олиб борилаётган илмий тадқиқот ишлари ҳақида маълумот беринг..
4. Тиббиётда қўлланилаётган янги композицион материаллар санаб ўтинг ?

### **АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ**

1. Inagaki & Kang, Materials Science and Engineering of Carbon: Fundamentals, 2nd Edition, Elsevier 2014
2. Callister William D. , Materials science and engineering, Wiley and Sons UK, 2015
3. T Fischer, Materials Science for Engineering Students, 1st Edition, Elsevier 2008

4. E Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007
  5. Fuel Economy in Road Vehicles Powered by Spark Ignition Engines. John C. Hillard, George S. Springer. New York and London, Plenum Press, 2001.
  6. Guzzella Lino | Onder Christopher. Introduction to Modeling and Control of Internal Combustion Engine Systems. Springer, 2013. ISBN: 978-3-642-10774-0
  7. Hua Zhao. Advanced direct injection combustion engine technologies and development. Volume 1: Gasoline and gas engines. USA. Woodhead Publishing Limited, 2010.
- Hua Zhao. Advanced direct injection combustion engine technologies and development. Volume 2: Diesel engines. USA. Woodhead Publishing Limited, 2010

## **2-мавзу: Ўтказувчан полимерлар ва керамика. Термоэлектрик материаллар**

### **Режа:**

1. Полимер материаллар. Уларнинг қўлланилиши, хоссалари ва структураси.
2. Керамик материаллар, ҳақида умумий маълумотлар.
3. Пластмассалар.
4. Кислородли ва кислородсиз керамика.
5. Замонавий материал ва буюмларни тадқиқ қилиш усуллари ва сифат назорати.

***Таянч сўзлар:** полимер, пластмасса, нометалл, материал, қотишма, хосса, шакл, мустаҳкамлик, никелид, титан, керамик, таркиб, шишириш, печ, биокерамика, ҳарорат.*

### **2.1. Полимерлар. Уларнинг қўлланилиши, хоссалари ва структураси**

Полимер материаллар. Пластмассалар ва резиналар полимерларга кириши.. Уларнинг кўпчилиги углерод, водород ва бошқа нометалл элементлар (O, N ва Si) асосидаги органик аралашмаларлиги. Уларнинг табиатан асосий занжири углерод атомидан ташкил топган занжирли макромолекуляр тузилишга эглиги. Энг кўп тарқалган ва машҳур полимерлар. Полиэтилен (ПЭ), полиамид (ПА) (найлон), поливинилхлорид (ПВХ), поликорбонат (ПК), полистирол (ПС) ва кремний органикли каучук.

Металларни полимерлардан фундаметал хусусияти – электр ўтказувчанлиги билан фарқланади. Ўз навбатида металлар юқори ўтказувчанлик, яъни  $10^4$  дан  $10^6 \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$  диапазонда, полимерлар эса, асосан изоляторлар, уларда ўтказувчанлик  $10^{-14} \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$  дан ортмайди. Металлардан электрон қурилмаларнинг асосий қисм деталлари тайёрланса, полимерлардан эса изоляторлар ёки диэлектриклар тайёрланади.<sup>1</sup>

Бундан 10 йил аввал Э.Дж. Хайгер, Э.Г. Мак-Диармид ва К Шарикова нинг Пенсильвания университетида полимерларда ўтказилган тадқиқотлар натижасида уларнинг ички ўтказувчанлигини аниқладилар. Бойитилган полимерлардан ўлароқ, ўтказувчи полимерлар уларга ўтказувчи элементларни физик йўл билан эмас, балки кимиёвий усул билан қўшиш ёки лигерлаш билан амалга оширилади. Бу қўшимчалар ўтказувчан эмас. Бу материалларни хоссаларини ўрганиш уларни қўллашни улкан потенциалларини кўрсатиб бермоқда. Кўпгина имкониятлар реал кўриниш тусини олмоқда. Масалан: Германиянинг «Варта» ва BASF ҳамда Япониянинг «Шова денко» фирмалари ўтказувчи полимерлардан батареялар ишлаб чиқармоқда. Охирги пайтда BASF фирмасида Х. Наарман бошчилигидаги группа тадқиқотчилари полиацетилен асосидаги полимерда темир ва платинадан юқори ўтказувчанликка эришдилар.

Бу материалларни кенг қўллашдан аввал бу ажойиб хусусият қаердан пайдо бўлди деган саволга жавоб излаш зарур бўлади. Аввал айтиб ўтганимиздек ташқи юқори ўтказувчанлик полимер таркибига ўтказувчи элементлар, яъни металл чанглари кўшиш билан эришилади. Бу қўшимчалар ўтказувчанлиги  $10^{-6} \text{ ом}^{-1}$  дан  $10 \text{ ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$  атрофида бўлади. Бу ташқи ўтказувчи полимерларни қўллашнинг электроника билан чамбарчас боғланган. Бойитилган полимерлар микротўлқинларни сингдиришда қўлланиши мумкин.

Одатдаги электрўтказувчи полимер материаллар (ЭОМ) оз таркибига ҳар хил полимерларни олади, (термо ва реакторлар, резиналар электр ўтказувчи тўлдирувчи элементлар (кўмир, графит, углеродли, металл, металлалашган толларлар, металл пудра) ва антистатик ишланмалар фойдаланилади.

Электромагнитли ҳимоя қобиғи, юқори омли регистрлар электрик нометалл қиздирувчилар ток ўтказувчи лак, гель.

Бирламчи электрик хоссаларига кўра электр ўтказувчи деб ҳисобланади. Электр ўтказувчи материаллар кичик материаллар ҳисобланади.  $10^6 \text{ ом} \cdot \text{см}$

<sup>1</sup>Е.Мachlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 ( 250 p.p.)

Ўтказувчанлик катта  $< 10^3$  ом·см ўтказувчанлиги  $ук10^3-10^{-10}$  ом<sup>-1</sup> см<sup>-1</sup> яримўтказгичлар  $у>10^{-10}$  ом<sup>-1</sup> х см<sup>-1</sup> диэлектриклар.ЭПМ ўз ўтказувчанлиги билан (полиацетелин, полиолимен, полипарафин) электроўтказувчан бўлиб охир оқибат кимёвий ўзаро таъсирланиш электрон доналар билан ёки электр акцептрларга пантефтамид , мышьяк, А<sub>5</sub>F<sub>5</sub> тетротианетилен ўтказувчанлиги ЭПМни ўтказувчанлиги етиб бориши мумкин.

Молекуляр электроника 2 турга бўлинади электроактив полимер материаллари ўтказувчанлиги билан  $10^9$  дан  $100$  ом<sup>-1</sup> х см<sup>-1</sup> га. Электроактив полимерларнинг ишлатилиши (пластик материаллар, синтетик материаллар материаллар) бирикмалар туташуви, ярим ўтказувчанлик хусусияти оқибатида орбитал ёпилиши стимуляция учун электр ўтказувчанлиги полимерлардан фойдаланиш Молекулаларнинг реакциясидан кейин юкни полиэтилен плёнка қобик шаклидан **шинага** айланади мисол учун NaBH+CO(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 80<sup>0</sup>C кейин 30<sup>0</sup> C атмосферага <sup>2</sup>

Плёнка ташқаридан алюминий фольгани эслатади эластиклиги полиэтилен. Металлик катодизаторлар қийин ўтказувчанлик Р-типидаги мусбат заряд трилион марта катталаштирилганда ток ўтказувчанлиги мышьяк, хлор, бромлар ўтказувчанлиги ортади.

Калий ва натрий ASFS (1% дан кўп тез ўтказувчанлиги полимер листлар полиэтилен билан тўйинтирилганлар қуёш энергиясини электр энергиясига айлантиради ва ФИК юқори ва кремний қуёш панелари билан тенглаша олади. Термоқотодизатордан кенг ўтказувчанлик  $10^5$  ом<sup>-1</sup> х см<sup>-1</sup>) га етади. Ацетилендан фарқли ўлароқ перрол тошқўмирлардан смола ТКИК 130<sup>0</sup>C полимерланувчи катодик системалари.

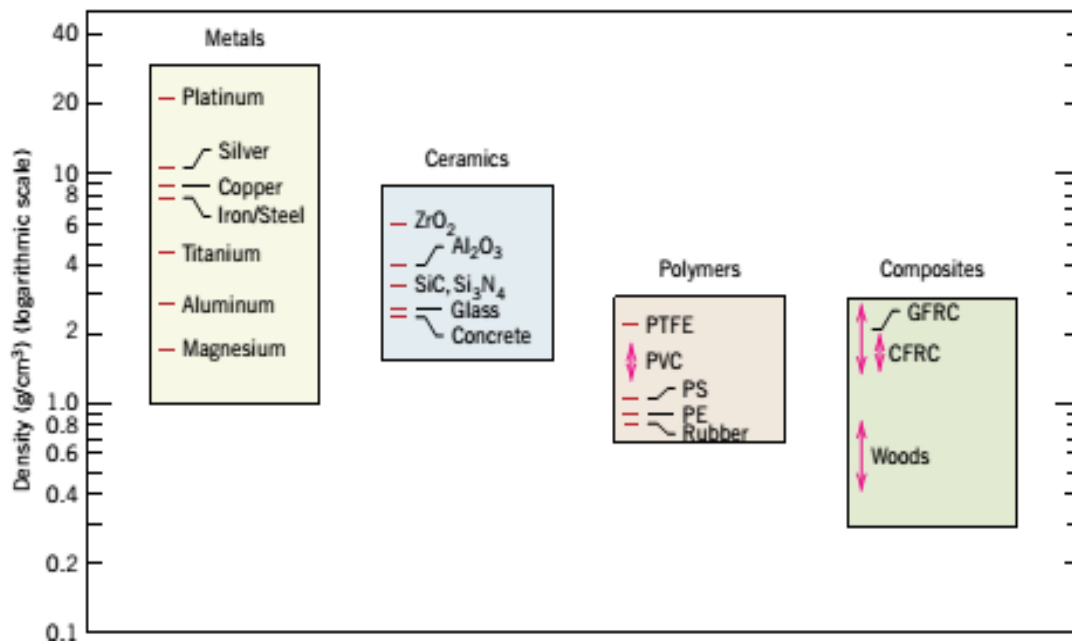
## **2.2.Керамика. Керамик материаллар, ҳақида умумий маълумотлар.**

Керамика – бу металл ва нометалл элементлар орасидаги оралиқни эгалловчи материаллар гуруҳи. Керамика синфига оксидлар, нитридлар ва карбидлар қиради. Масалан, бирмунча машхур керамика турларидан айримлари оксид алюминий (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), кремний диоксиди (SiO<sub>2</sub>), кремний нитриди (Si<sub>3</sub>N<sub>3</sub>)дан ташкил топган. Бундан ташқари кўпчилик анъанавий керамик маҳсулот деб атовчи моддалар сирасига турли хилдаги лойлар (хусусан чинни ишлаб чиқариш учун ишлатилинувчи) шунингдек бетон ва шиша қиради. Керамиканинг механик хоссалари – бу металл характеристикаси билан тенг

<sup>2</sup>E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 ( 260-265 p.p.)

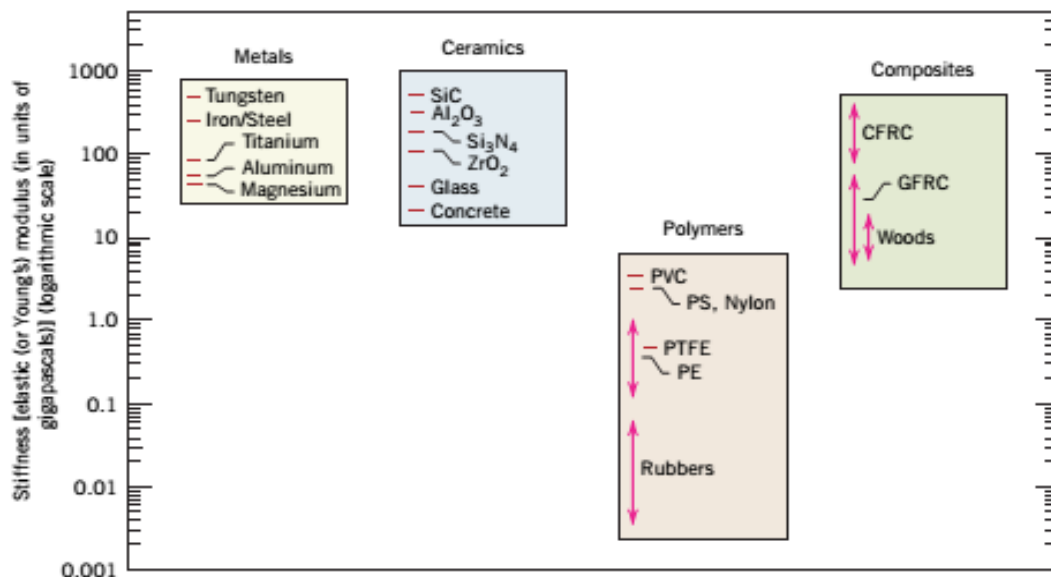
равишдаги қаттиқ ва мустаҳкам материаллардир. (2.1. ва 2.2. расмга қаралсин). Бундан ташқари керамиканинг жуда қаттиқ оддий тури. Аммо керамика жуда ҳам мўрт материал (пластикликининг мавжуд эмаслиги) ва парчаланишга қаршилиги ёмон (1.6. расм). Керамиканинг барча турлари иссиқлик ва электр токини ўтказмайди (электр ўтказувчанлиги жуда ҳам паст

Нометалл керамик материаллар деб юқори температураларгача қиздириш йўли билан олинган ноорганик минерал материалларга айтилади. Ноорганик материалларни 1200–2500°C ҳароратларгача қиздириш натижасида керамиканинг майда кукун заррачалари бир–бири билан ёпишиб материалнинг ички фазовий структурасини ҳосил қилади, бунинг натижасида эса кукунматериал бир бутун ўзига хос физик–механик хоссаларга эга бўлган керамик материалга айланади.



**Расм 2.1.** Турли металлларнинг зичлигини хона ҳароратида солиштириш.

Керамика, полимер ва композицион материаллар



**Расм 2.2** Турли металлларнинг эластиклик модулини хона ҳароратида солиштириш. Керамика, полимер ва композицион материаллар

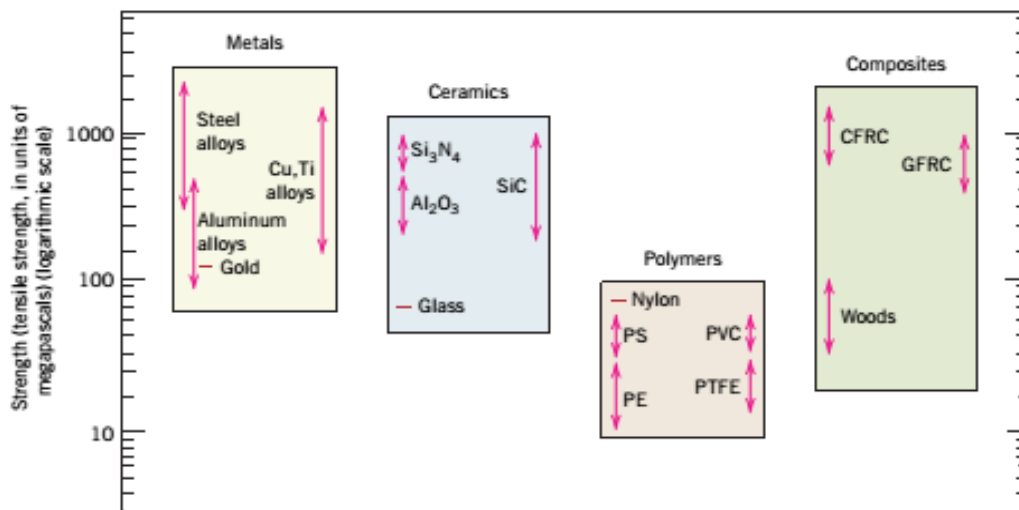
Техник керамика ўзида ҳар–хил кимёвий бирикма ва фазовий таркибга эга бўлган сунъий олинган керамик материаллардан ташкил топган, у ўзига хос комплекс хоссаларга эга. Бундай керамик материаллар ўз таркибида минимал миқдорда лой ёки умуман лойсиз бўлиши мумкин. Керамик материалларнинг асосий таркибини оксидлар ва металлларнинг кислородсиз бирикмалари ташкил этади. Ҳар қандай керамик материал кўп фазали таркибга эга бўлиб, унда кристаллик, шиша ва газ–ҳаво фазалари бўлиши мумкин.

Керамик материаллардаги кристаллик фазаларни, асосан химёвий бирикма ёки қаттиқ қотишмалар ҳосил қилади. Бу фазалар керамик материалнинг асосини ташкил этиб унинг физик–механик ва кимёвий ҳамда махсус хоссаларини белгилаб беради.<sup>3</sup>

<sup>3</sup>E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 ( 260-270 p.p.)

1. Materials science and engineering (An Introduction) William D, Callister, Jr David G, Rethwisch1 БОБ, 1.4 бўлим,9 бет





**Расм 2.3.** Турли металлнинг мустаҳкамлиги (парчаловчи кучланиш)ни хона ҳароратида солиштириш. Керамика, полимер ва композицион материаллар

Керамик материалнинг структурасидаги шиша фазалар, эса материални ташкил этувчи заррачалар оралиғида жойлашган бўлиб, уларни бир бирига қисман боғловчи вазифасини ўтайди. Ҳар қандай керамик материал таркибида 1–10% гача шиша фазаси бўлиши мумкин. Материалда шиша фазасининг кўпайиши бир томондан уни механик мустаҳкамлигини пасайтирса, иккинчи томондан унинг технологик хоссаларини оширади.

Керамик материалдаги газ – ҳаво фазаси материалнинг заррачалар оралиғидаги бўш коваклариди бўлади. Шунга кўра керамик материал ғоваксиз ёки ғовакли керамик материалларга бўлиниши мумкин. Ғоваксиз керамик материал таркибида газ – ҳаво фазаси ёпиқ ҳолда бўлади. Керамик материалдаги ҳаттоки ёпиқ газ – ҳаво фазасини бўлиши материалнинг механик хоссаларини кескин пасайтиради. Айрим ҳолларда керамик материалда махсус равишда ғоваклар қолдиришади, бу унинг товуш ва иссиқлик изоляциси хоссаларини оширади.

Аксарият техник керамик материаллар умуман ғовакликга эга бўлишмайди уларни махсус технология ёрдамида ишлаб чиқаришади.

Керамиканинг юқори ҳароратга ва ташқи муҳитнинг зарарли таъсирларига қаршилиги бир мунча юқори. Оптик хоссаларига кўра керамика шаффоф бўлмаслиги мумкин. Айрим оксидлар масалан темир оксиди ( $Fe_2O_3$ ) магнит хоссаларга эга. Керамикадан тайёрланган айрим маҳсулотлар 2.4. расмда

келтирилган. Керамиканинг таснифи, асосий турлари ва ишлатилиш келтирилади.



**Расм 2.4.** Керамик материаллардан тайёрланган оддий махсулотлар – қайчи ушлагичи, чой учун чашка, қурилиш ғишти, таглик ва шиша ваза.

**Соф оксидли керамик материаллар** Керамик материалларни ишлаб чиқариш жараёнида асосан қуйидаги соф металл оксидлари қўлланилади:  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{BeO}$ ,  $\text{TiO}_2$  бундай керамик материалларнинг асосий таркиби бир фазали бўлиб у полукристаллик структурага эга. Ундаги жуда кам миқдордаги қўшимчалар газ – ҳаво ва шиша фазаларда қисман намоён бўлади. Соф оксидларнинг эриш температураси  $2000^\circ\text{C}$  шунинг учун улар юқори иссиқбардош материаллар сафига киради. Албатта барча керамик материаллар сиқилишга юқори бардош бўлиб улар эгилиш ва чўзилишга суст қаршилиқ кўрсатишади. Майда донали кристалл керамик материаллар йирик кристалли керамик материалга нисбатан анча мустаҳкам бўлади. Чунки йирик кристалларнинг бир – бири билан бирикиш жойларида ички қолдик энергия ички зўриқиш кучланишларини ҳосил қилади.

Ҳарорат ўзгариши билан аксарият керамик материалларининг мустаҳкамлиги пасайиб боради.

### 2.3. Пластмассалар ва резиналар

Барчага маълум пластмассалар ва резиналар полимерларга киради. Уларнинг кўпчилиги углерод, водород ва бошқа нометалл элементлар (O, N ва Si) асосидаги органик аралашмадир. Бундан ташқари уларнинг табиатан асосий занжири углерод атомидан ташкил топган занжирли макромолекуляр

тузилишга эга. Энг кўп тарқалган ва машхур полимер бу полиэтилен (ПЭ), полиамид (ПА) (найлон), поливинилхлорид (ПВХ), поликорбонат (ПК), полистирол (ПС) ва кремнийорганикли каучук. Одатда бу материалларда зичлик паст механик хоссалар эса керамик ва металл материалларга қараганда бутунлай бошқача. Полимерлар икки турдаги материаллар каби қаттиқлик ва мустахамликка эга эмас. Шунга қарамасдан зичлик даражаси камлиги туфайли уларнинг мустахамлик ва қаттиқлик массаси кўпгина металллар ва керамика билан тенглаштирилади. Кўшимчасига айрим полимерлар жуда хам пластик ва эгилувчандир бу шуни англатадики уларни турли шаклларга келтириш осон. Улар кимёвий жихатдан инерт ва кўпгина мухитларда реактивликка эга эмас. Полимерларнинг камчилигига юмшаш хоссаси ёки нисбатан паст хароратда парчаланиши ва бунинг натижасида уларни қўллашнинг чегараланишини келтириш мумкин. Бундан ташқари полимерлар паст электр ўтказувчанликка эга. 2.5 расмда полимердан тайёрланган бир қанча таниш махсулотлар сурати кўрсатилган. Полимерлар тузилиши, хоссалари, ишлатилиши ва полимерларни қайта ишлаш каби саволлар кейинги мавзуларда ёритилган.



**Расм 2.5.** Полимер материаллардан тайёрланган оддий махсулотлар – пластик ошхона жихозлари (қошиқ, санчқи ва пичоқ), билирд шари, велосипед шлеми, иккита ўйин кубики, ўт ўриш ускунаси ғилдираги (пластмассали диск ва резинали шина) ва пластик идиш.

## 2.4 Кислородли ва кислородсиз керамика

### Кислородли керамиканинг эгилишдаги мустаҳкамлиги.

Керамик материалларининг афзаллик томонларига уларнинг оксидловчи ёки агрессив муҳитларда қиздирилганда хоссаларини йўқотмаслиги ва ҳаводаги кислород таъсирида оксидланмаслиги киради. Оксидли керамик материаллар одатда кислородга эга бўлганликлари учун улар очик ҳавода юқори температураларгача хоссаларини сақлаб қоладилар.

Алюминий оксиди  $Al_2O_3$  асосли керамик материаллар. Алюминий оксиди юқори мустаҳкамликга, кимиёвий турғунликга ва ажойиб электр изоляция материали ҳисобланади. Алюминий оксиди механик мустаҳкамлигини юқори температураларгача сақлаб қолади. Корунд материали температура ўзгаришларга бардоши сустроқ. Ҳозирги пайтда алюминий оксиди асосли конструкцион материаллар кўплаб соҳаларда ишлатилмоқда жумладан ундан: металлларга ишлов берувчи кескичлар, қолиплар, филерлар, юқори температураларда ишловчи печлар деталлари, печ конвейрларининг подшипниклари, насос деталлари ва автомобил свечалари ишлаб чиқарилмоқда. СМ – 332 Карунддан материали хоссалари бўйича бошқа асбобсозлик материалларидан устун туради, унинг зичлиги  $3960 \text{ кг/м}^3$ , сиқилишдаги мустаҳкамлиги 5000 МПа, қаттиқлиги 92–93 НРА, иссиқлик бардошлиги эса 12000 Сташкил этади.<sup>4</sup>

Цирконий оксиди ( $ZrO_2$ ) Корундга нисбатан инерт табиатга эга бўлган оксид бўлиб у асосан 2000–2200° С температураларгача ишлай олади. Цирконий оксидидан асосан металлларини эритиш учун тигеллар, кимёвий реакцияларни ўтказиш учун реакторлар, иссиққа бардош деталар ва қопламлар қоплашда қўлланилади.

Калций ва магний оксиди асосли керамик материаллар. Бу керамик материаллар ҳар–хил металлларнинг шлакларига кимёвий турғун материал бўлиб иссиқликга бардоши бошқа керамик материаллардан пастроқ. Юқори температураларда магний оксиди учинчи хоссаларин калций оксиди эса нам ва сувни ютиш хоссаларини намоён қилади. Бундай керамик материалрдан асосан тигиллар ва футировкалар тайёрланилади.

Бериллий оксиди асосли керамик материаллар. Нисбатан иссиқлик ўтказувчилиги яхши материал бўлгани учун унинг иссиққа бардошлиги юқори,

<sup>4</sup>Е.Мachlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (285 p.p.)

лекин механик мустаҳкамлиги пастроқ материал ҳисобланади. Бериллий оксиди асосли керамик материал юқори энергияли ионлашган нурларни ёйиб сўндириш, иссиқ нейтронларни сўндириш коэффиценти юқори хусусиятига эга. Ундан асосан соф металлларни эритиш тигиллари, вакуум ускуналарининг керамик деталлари ва термоядровий реакцияўтказувчи реакторлар ишлаб чиқаришда қўлланилади. Уран ва тори оксиди асосли керамик материаллар. Бу оксидлар жуда юқори эриш температурасига эга материаллар бўлиб улар жуда юқори зичликка ва радиактив нурларни чиқариш хусусиятига эга. Бундай керамик материаллар асосан радий, платина, иридий ва шунга ўхшаш металлларни эритиш учун тигиллар ишлаб чиқарилади.

Соф оксидли керамик материалларнинг асосий хоссалари жадвалда келтирилган.

**Кислородсиз керамик материаллар** бирикмаларга асосан қийин эрийдиган металлларнинг  $MeC_x$  ва нометалларнинг углерод билан бириккан  $HoC_x$  карбидлари, бор билан бириккан  $MeV_x$  баридлари, кремний билан бириккан  $MeSi_x$  силсидлари ҳамда олтингугурт билан бириккан  $MeC_x$  сульфидлари киради. Бундай бирикмалар жуда юқори иссиққа бардошлиги ( $2500 - 3500^\circ C$ ), қаттиқлиги ва ейилишга бардошлиги билан аҳамиятга сазовордирлар. Уларнинг асосий камчилиги уларнинг мўртлигида. Карбид ва боридларнинг оксидлашга бардошлиги  $900 - 1000^\circ C$  ташкил қилса нитридларники  $800^\circ C$  силсидлар эса  $1300 - 1700^\circ C$  гача қиздирилганда ҳам оксидланмайди.

**Карбидлар.** Карбидлар ишлаб чиқаришда кенг тарқалган материал бўлиб, улардан асбобсозлик материали, ейилишга бардош қопламалар олишда кенг қўлланилади. Ишлаб чиқаришнинг деярли барча соҳасида қўлланиладиган карбидларга  $Cu$  мисол бўла олади. Ундан қаттиқ образив материал сифатида жилвирлаш тоши ва қоғози ишлаб чиқаришади. У жуда қаттиқ ва кислоталарга бардош материал ҳисобланади ундан печларнинг қиздиргичлари стерженга ўхшатиб ишлаб чиқаришади.<sup>5</sup>

**Боридлар.** Бу бирикмалар қисман металл хоссаларни намоён қилишади. Улар яхши электр ўтказувчан, ейилишга бардош, қаттиқ ва оксидланишга бардош материал ҳисобланади. Техникада қийин эрийдиган металллар баридлари кенг қўлланилади (масалан  $ZrB_2$  ва бошқалар). Уларни

---

<sup>5</sup>E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 ( 290-295 p.p.)

кремний ёки силицид билан лигерлаш орқали агрессив муҳитларда иссиққа бардошлигини 2000°C етказиш мумкин Церкони бариди лигерлангандан кейин эриган алюминий, мис, пўлат ва чўянларга бардош материал бўлади. Ундан асосан 2000°C да ишлайдиган кимёвий саноат реакторлар қозонини, ҳарорат ўлчаш термопараларни титан эритиш қозонларини ишлаб чиқаришда ишлатишади.

**Нитридлар.** Нометалл нитридлар асосан юқори температурали материал ҳисобланади улар паст иссиқлик ва электр ўтказувчанликка эга, оддий ҳароратда унинг электр қаршилиги жуда юқори бўлса юқори ҳароратда ярим ўтказгич хоссаларини намоён қиладилар. Ҳарорат ортиши билан уларнинг кенгайиш коэффициентини ва иссиқлик сиғим коэффициентини ортиб боради. Нитридларнинг қаттиқлиги ва мустаҳкамлиги карбид ва боридларнинг қаттиқлигидан бироз пастроқ. Улар вакуум шароитида қиздирилганда секин асталик билан парчалана бошлайдилар. Нитридлар эриган металлларнинг таъсирига бардош ҳисобланади.

**Бор нитриди.** Оқ кукун материали бўлиб техникада «оқ графит» номи билан таниш. У ?– БН кристалл модификациясига эга бўлиб, гексоганал графит кристалл панжарасига ўхшаб қат–қат жойлашган бўлиб графит каби жуда юмшоқ материал. У барча оксидловчи, қайтарувчи ва нейтрал муҳитларга бардош кукун материал бўлиб иссиқбардош кукун сифатида қўлланилади. Унинг кукундан қиздириб пишириш орқали олинган материаллар диэлектрик бўлиб 1800°C ҳароратда кислородсиз жойда ишлайди. Юқори тозаликда олинган нитрид йердан космосга учирадиган. Нитрид борнинг бошқа кристалл модификацияси ? – БН бўлиб, у алмосифат куб нитрид бори деб аталади. Уни техникада «эльбор» номи билан танишади. Эльборни юқори босим ва 1360°C температурагача қиздириш ёғли билан каттализатор орқали олишади. Бу материалнинг зичлиги 3450 кг/м<sup>3</sup> га тенг эриш температураси эса 3000°C. У олмос материали билан рақобатлаша оладиган материал бўлиб ҳавода 2000°C оксидланмайди. Бу хоссаси билан олмосдан устун туради. (олмос 800°C температурада оксидлана бошлайди).

**Кремний нитриди.**  $\text{Si}_3\text{N}_4$  – кимёвий формулага эга бўлиб бошқа нитрид бирикмаларига қараганда 1600°C қиздирилганда ҳам ҳавода ва бошқа оксидловчи муҳитга анча турғун ҳисобланади. Иссиққа бардошлиги ва арзонлиги билан у иссиққабардош пўлатлардан устун туради. Кремний нитрид деярли 10 баробар иссиққабардош пўлатлардан арзон. У мустаҳкам, ейилишга

бардош иссиққа бардош материал бўлиб ундан асосан ички ёнув двигателларининг поршен қоплами, ковакларини ҳамда ейилишга, иссиқликга бардош қоплама сифатида қўлланилади.<sup>6</sup>

**Силитсидлар.** Силитсидлар карбидлардан ва боридлардан фарқли ўларок ярим ўтказгич хоссаларини намоён қилишади, улар кислота ва ишқорларга турғун. Уларни 1300 – 1700°C температураларда қўллаш мумкин бўлиб, улар 1000°C гача қиздирилганда эриган кўрғошин, қалай ва натрий билан киришишмайди. Улардан юқори 1700°C гача температураларда ишловчи электр қаршилик қиздиргичлар ишлаб чиқарилади. Масалан  $\text{MoCu}_2$  молибден силсид кукунидан ҳар–хил шароитларда ишловчи газ турбина парраклари, автомобил вкладышлари, сирпаниш подшипниклари ва қаттиқ мойлаш материаллари сифатида қўлланиши мумкин. Бундан ташқари унинг кукунидан иссиққа бардош, ейилишга бардош, ҳар–хил кислота ва ишқорларга бардош қопламалар қоплашда кенг фойдаланилади

**Сулфидлар.** Сулфидли бирикмалардан ишлаб чиқариш ва техникада фақат молибденнинг дисулфиди кенг қўлланилади. Унинг кукун асосан ишқаланишга қарши кўрсатувчи материал сифатида турли мақсадларда қўлланиладиган минерал ва синтетик мойларга солинади. Бундан ташқари у антифрикцион хоссаларини ҳавода – 150 дан 435°C ҳароратда ҳам сақлай олади. Ваккумда эса у 1540°C температурада ҳам антифрикцион хоссаларга эга бўлади. Молибденнинг дисулфиди электр токини ўтказувчи магнитлашмайдиган кукун материали бўлиб у ҳавода 450°C қиздирилганда ўзидан олтингугуртни чиқариб оксидлана бошлайди. Аксарият нормал шароитларда у сувга, барча минерал ва синтетик мойларга ҳамда кислота ва ишқорларга турғун.

### **Замонавий материал ва буюмларни тадқиқ қилиш усуллари ва сифатини назорат қилиш**

#### **Сифат анализининг усуллари**

Аналитик реакцияларни бажаришда ишлатиладиган модданинг миқдорига қараб, сифат анализининг усуллари 1955 йилдан бошлаб, қуйидагиларга бўлинади.

---

<sup>6</sup>E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 ( 265 p.p.)

Олдинги номланиш	Янги номланиш	Олинган модда миқдори	
		г	Мл
Макроанализ	Грамм – усул	1 – 10	10 – 100
Яриммикроанализ	Санти.грамм-усул	0,05 – 0,5	1 – 10 <sup>-2</sup>
Микроанализ	Миллиграмм-усул	10 <sup>-3</sup> – 10 <sup>-6</sup>	0,1 – 10 <sup>-4</sup>
Ультромикроанализ	Микрограмм-усул	10 <sup>-6</sup> – 10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-4</sup> – 10 <sup>-6</sup>
Субмикроанализ	Нонограмм-усул	10 <sup>-9</sup> – 10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-7</sup> – 10 <sup>-10</sup>
Субультромикроанализ	Пикограмм-усул	10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-10</sup>

Кимёвий анализ кўпинча ярим микро усулида бажарилади, бунда реактивлар кам сарфланади, кичик ҳажмли идишлардан фойдаланиш ҳам мумкин. Агар анализ тўғри бажарилган бўлса, ярим микро усул жуда аниқ натижалар беради. Шунинг учун моддаларни сифат жиҳатдан кимёвий анализ қилишга асосан ярим микроанализ (сантиграмм)усулдан фойдаланилади.

#### **Аналитик реакцияларнинг бажарилиш усуллари**

Аналитик реакция "қуруқ" ва "ҳўл" усуллар билан ўтказилиши мумкин. Қуруқ усулда текшириладиган модда ва реактивлар қаттиқ ҳолатда олинади ва реакция қиздириш йўли билан амалга оширилади:

Масалан: Металл тузларининг алангани бўяши, натрий тетраборат (бура)  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  ёки натрий аммоний гидрофосфат  $\text{NaNH}_4\text{HPO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  лар баъзи металлларнинг тузлари билан қориштирганда рангли марварид (шиша) ҳосил бўладиган реакциялар қуруқ усул билан ўтказиладиган реакциялар қаторига киради.

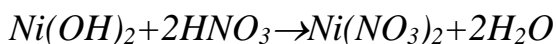
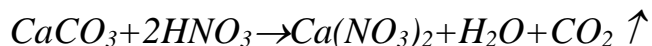
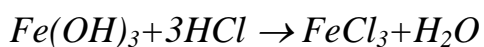
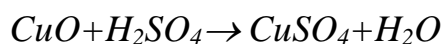
Рангли шиша ҳосил қилиш ва алангани бўяш усуллари пирокимёвий усуллар деб аталади.

Эритмаларда ўтказиладиган модданинг анализи ҳўл усул билан анализ дейилади. Бунда текшириладиган модда олдиндан эритилган бўлиши керак. Одатда эритувчи сифатида сув ишлатилади. Агарда модда сувда эримаса,



кислоталарда эритилади. Кислотада эритилган модда кимёвий ўзгаришга учраб сувда осон эрийдиган бирорта тузга айланади. <sup>7</sup>

Масалан:



Сифат анализда фақат бирор ташқи эффект, яъни реакциянинг ҳақиқатда бораётганлигини кўрсатувчи ҳар ҳил ўзгаришлар билан борадиган реакциялардангина фойдаланилади.

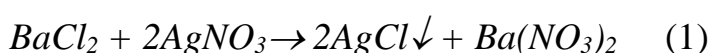
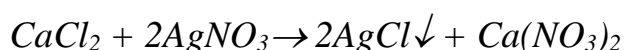
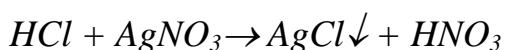
Бундай кимёвий реакцияларга аналитик реакциялар дейилади:

“Одатда бундай ташқи эффектлар :

- 1) Газ ажралиб чиқиши
- 2) эритма рангининг ўзгариши
- 3) Чўкма тушиши (ёки эриб кетиши) дан иборат бўлади»

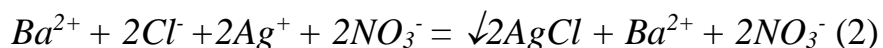
Анорганик моддаларни анализ қилишда кўпинча тузлар, кислоталар, асосларнинг сувдаги эритмалари билан иш кўрилади. Маълумки, бу моддалар электролитлардир, яъни улар сувдаги эритмаларида ионларга диссоциланган бўлади. Шу сабабли "хўл" усул билан ўтказиладиган реакциялар одатда, оддий ёки мураккаб ионлар ўртасида боради, бинобарин бу реакциядан фойдаланиб, тўғридан-тўғри элементларни эмас, балки улар ҳосил қилган ионлари топилади, топилган ионларга қараб текшириладиган моддада тегишли элементлар борлиги ҳақида хулоса чиқарилади.

Масалан: HCl ёки ҳлоридларнинг эритмасидан ҳлорни топиш учун AgNO<sub>3</sub> таъсир эттирилади. Бунда сузмасимон оқ чўкма AgCl ҳосил бўлади. Чўкмага қараб ҳлор борлиги аниқланади.

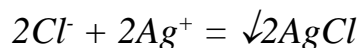


ваҳоказо.

Чўкмадан ташқари тузларнинг ҳаммаси эритмаларда тегишли ионларга ажралган ҳолда бўлади, яъни:



Бир ҳил ионларни реакция тенгламасидан тушириб қолдирилса, унда реакция тенгламаси қуйидаги кўринишда ёзилади:



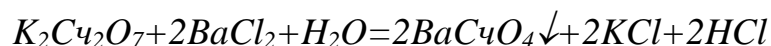
Тенгламанинг икала томонини бир ҳил сонга қисқартириш мумкин бўлган ҳолларда қисқартирилади, масалан, юқоридаги реакция тенгламасини иккига қисқартириб ёзилади:



(1)-реакциянинг молекуляр тенгламаси, (2)-реакциянинг молекуляр ионли тенгламаси, (3)-реакциянинг молекуляр-ионли қисқартирилган тенгламаси.

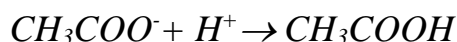
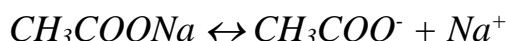
### **Аналитик реакцияларни амалга оширишнинг шарт-шароитлари, реакцияларнинг сезгирлиги, ўзига хослиги**

Аналитик реакцияларни ўтказиш учун маълум бир шарт-шароит бўлиши керак. Масалан, кислоталарда эрийдиган чўкмалар, эритмада эркин ҳолатдаги кислота ортиқча бўлганда ажралиб чиқмайди, худди шунингдек, ишқорда эрийдиган чўкмалар ишқорий муҳитда чўкмайди. Агар чўкма кислотада ҳам, ишқорда ҳам эриса, уни фақат нейтрал муҳитда ҳосил қилиш мумкин ва ҳоказо. Бу мисоллардан кўриниб турибдики реакцияларни амалга оширишнинг энг муҳим шарт - шароитларидан бири, шу реакция учун зарур муҳит бўлиб, уни керак бўлган тақдирда, эритмага кислота, ишқор ёки бошқа бирор реактивлардан қўшиб вужудга келтириш мумкин. Масалан:



Ҳосил бўлган  $BaCrO_4$  кучли кислоталарда эрийди, сирка кислотада эса эримайди. Бу ерда реакциянинг ўзида кучли кислота ҳосил бўлиши сабабли реакция охиригача бормайди. Аммо эритмага  $K_2Cr_2O_7$ дан ташқари  $CH_3COONa$

ҳам қўшилса,  $\text{Ba}^{2+}$ ни тўла чўктириш мумкин, шунда кучли кислота ўрнига кучсиз кислота  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ҳосил бўлади

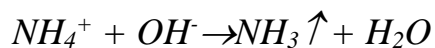


Иккинчи бир муҳим шароит эритманинг ҳароратидир. Ҳароратнинг кўтарилиши билан эрувчанлиги ортиб кетадиган чўкмани иссиқ ҳолатдаги эритмалардан ҳосил қилиш ярамайди, бундай реакцияларни "уй ҳароратида» баъзан эса совитиб ўтказиш керак бўлади. Баъзи реакциялар фақат, қиздирилганда боради. Реакция боришининг муҳим шарт-шароитларидан яна бири, эритмада топиладиган ионнинг концентрацияси етарли даражада катта бўлишидир; унинг концентрацияси жуда оз бўлса, реакция чикмай қолади. Бунинг сабаби шундаки, ҳар қандай модданинг эритмадаги концентрацияси унинг айни шароитдаги эрувчанлигидан ортиқ бўлгандагина, шу модда чўкмага тушади. Агар модда қийин эрийдиган бўлса, топиладиган ионнинг концентрацияси ниҳоятда оз бўлганда ҳам чўкма тушса, бундай реакциялар *сезилувчан реакциялар* дейилади.<sup>8</sup>

Реакциянинг сезилувчанлиги миқдорий жиҳатдан бир-бирига боғланган иккита кўрсаткич – топилиш минимуми ва суюлтириш чегараси билан ҳарактерланади. Топилиш минимуми модда ёки ионнинг реакцияга муайян шарт-шароитларда ўтказилганида топилиши мумкин бўлган энг кам миқдоридир. Модда (ион) нинг шу реакция ёрдамида топилиши мумкин бўлган энг кам концентрацияси суюлтириш чегараси дейилади.

Реакцияларнинг сезилувчанлиги билан бир қаторда уларнинг ўзига ҳослиги ҳам жуда катта аҳамиятга эга. Бир ион бошқа ионлар билан аралашган ҳолатда бўлганда ҳам уни тажриба шароитида ажратмасдан туриб тўғридан-тўғри аниқлашга имкон берадиган реакция, ўша ион учун хос (спесифик) реакция дейилади. Бунга ишқор таъсирида қиздирилганда, ҳиди ва бошқа хоссаларидан аммиак ажралиб чиқаётганлиги осонгина билинадиган  $\text{NH}_4^+$  ни аниқлаш реакциясини мисол келтириш мумкин.

<sup>8</sup>Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons. UK 2014 810-pp

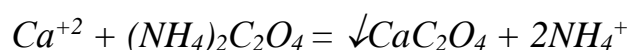


Аммоний тузларигина бундай шароитда аммиак ҳосил қилади. Шунинг учун ишқор билан олиб борилган реакция  $NH_4^+$  ионини топиш учун ҳос реакциядир. Аналитик кимёда текширилаётган ион бир неча ионлар билан ўхшаш натижа берадиган реакциялар ҳам учрайди. Бундай реакцияларга танлаб таъсир этувчи ёки селектив реакциялар дейилади. Реакция ижобий натижа берадиган ионлар сони қанча кам бўлса, реакциянинг селективлик даражаси шунча юқори бўлади

### **Эритмани бўлиб-бўлиб ва систематик анализ қилиш**

Аниқланиши керак бўлган ионларни спесифик реакциялардан фойдаланиб текширилаётган эритманинг алоҳида улушларидан бевосита аниқлаш, бўлиб-бўлибанаализ қилиш дейилади. Лекин ҳамма ионлар учун спесифик реакциялар йўқ. Айрим ионлар иккинчисини топишга ҳалақит беради. Масалан,  $Ba^{2+}$  иони  $Ca^{2+}$  ни топишга ҳалал беради. Бундай ҳолларда ҳар

бир алоҳида ионни маълум кетма кетликда аниқлаш реакцияларини ишлаб чиқишга тўғри келадиган усулидан фойдаланилади. Бунда ҳар бир ионни топишдан олдин унинг топилишига ҳалақит берадиган бошқа ҳамма ионлар олдиндан топилади ва эритмадан ажратилади. Юқоридаги мисолни олсак, агар эритмада  $Ba^{2+}$  ва  $Ca^{2+}$  ионлари бўлса,  $Ba^{2+}$  ионини тўлиқ чўктириб, чўкмани центрифугалаб ажратиб ташланади. Бунинг учун  $Ba^{2+}$  ионига ҳос реакция,  $K_2Cr_2O_7$  билан сариқ чўкмани ҳосил бўлишидан фойдаланилади. Чўкмадан ажратиб олинган эритмага яна озгина реагент кўшилади. Агар чўкма қайтадан ҳосил бўлмаса, эритмада  $Ba^{2+}$  иони қолмаган бўлади ва ундан  $Ca^{2+}$  ионини  $(NH_4)_2C_2O_4$  таъсирида топиш мумкин. Оқ  $Ca_2CO_4$  чўкманинг ҳосил бўлиши, энди эритмада  $Ca^{2+}$  иони борлигини билдиради.



Демак, систематик анализ қилишда айрим ионларни топиш реакциялари билан бир қаторда, уларни бир-биридан ажратиш реакцияларини ўтказишга тўғри келади. Ажратиш реакцияларида, кўпинча ажратилаётган ионлар ҳосил қиладиган, ўхшаш бирикмаларнинг эрувчанлиги бир-биридан фарқ қилишидан фойдаланилади. Масалан,  $Ba^{2+}$  ионини  $Ca^{2+}$  ионидан ажратиш.  $BaCr_2O_7$  ва

$\text{CaCr}_2\text{O}_7$  эрувчанлик (  $= 2,3 \cdot 10^{-10}$  ,  $= 2,3 \cdot 10^{-2}$  ) ларининг ҳар ҳиллигига асосланган ва ҳоказо. <sup>9</sup>

### **Гуруҳ реагенти. Катионларнинг аналитик гуруҳларга бўлиниши.**

Системали анализ қилишда ионлар мураккаб аралашмадан айрим-айрим ҳолда эмас, гуруҳ-гуруҳ қилиб ажратилади. Бунда уларни гуруҳ реагенти деб, аталувчи баъзи реактивлар таъсирига бир хил муносабатда бўлишидан фойдаланилади. Гуруҳ реагентига қуйидаги талаблар қўйилади: 1) у катионларни амалда тўлиқ чўктириши; 2) кейинги анализларни ўтказиш учун ҳосил бўлган чўкма кислоталарда осон эрийдиган бўлиши; 3) ортиқча қўшилган реагент эритмада қолган ионларни топишга ҳалал бермаслиги керак.

Катионларнинг аналитик гуруҳларга бўлинишининг бир неча усуллари бор. Улардан энг қулайи ва кўпроқ тарқалгани водород сульфидли ва кислота асосли усуллар билан танишамиз.

#### **Водород сульфидли усул;**

Бу усулни 1871 йилда Н.А.Меншуткин таклиф қилган.

I гуруҳ:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  катионлари, гуруҳ реагентига эга эмас.

II гуруҳ:  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  катионлари, гуруҳ реагенти аммоний карбонат  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ , аммиакли буфер эритма  $(\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl})$  иштирокида, ҳарорат 70-80°C.

III гуруҳ:  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  катионлари, гуруҳ реагенти аммоний сульфид  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ , аммиакли буфер эритма  $(\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl})$  иштирокида, ҳарорат 70-80°C.

IV гуруҳ:  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Sn}^{4+}$ ,  $\text{Sb}^{3+}$ ,  $\text{Sb}^{5+}$  катионлари, гуруҳ реагенти кислотали муҳитда водород сульфид  $\text{H}_2\text{S}$ .

V гуруҳ:  $\text{Ag}$ ,  $[\text{Hg}_2]^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  катионлари, гуруҳ реагенти ҳлорид кислота.

2. Водород сульфидсиз гуруҳларга классификациялашнинг бир неча усуллари, жумладан (кислота-ишқорли, асетатли-амидли, аммиакли- фосфатли) усуллар мавжуд бўлиб, шулардан кислота-ишқорли классификациялаш усулини кўриб чиқайлик.

<sup>9</sup>Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons. UK 2014 820-pp

Кислота - асосли усул – катионларни кислота асос таъсирида ҳосил қиладиган қийин эрувчан хлоридлар, сульфатлар, гидроксидлар ва эрувчан аммиакли комплекс бирикмаларига асосланган бўлиб, олти аналитик гуруҳга бўлинади:

I гуруҳ: Ag,  $[\text{Hg}_2]^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  катионлари, гуруҳ реагенти  $2\text{nHCl}$ .

II гуруҳ:  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  катионлари, гуруҳ реагенти  $2\text{nH}_2\text{SO}_4$

III гуруҳ:  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Sn}^{4+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{As}^{3+}$ ,  $\text{As}^{5+}$  катионлари, гуруҳ реагенти  $2\text{nNaOH}$  эритмаси.

IV гуруҳ:  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Sb}^{3+}$ ,  $\text{Sb}^{5+}$  катионлари, гуруҳ реагенти 25%  $\text{NH}_4\text{OH}$ .

V гуруҳ:  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$  катионлари, гуруҳ реагенти 2 nNaOH бўлиб, ҳосил бўлган чўкма ортиқча 25%  $\text{NH}_4\text{OH}$  да эрийди (аммиакли комплекс бирикмалар ҳосил қилади).<sup>10</sup>

VI гуруҳ:  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$  катионлари, гуруҳ реагентига эга эмас.

Демак, аналитик кимёда катионларни классификациялаш, улар ҳосил қиладиган бирикмаларининг эрувчанлиги турлича бўлишига асосланган. Бу эса бир гуруҳ ионларни бошқасидан ажратишга ёрдам беради.

Гуруҳ реагентларидан фойдаланиш анализни анча энгиллаштиради, чунки улардан фойдаланилганда анализда қилиниши керак бўлган мураккаб ишлар бир неча соддароқ ишларга бўлиниб кетади.

### **Катионлар аналитик классификациясининг Д.И.Менделеевнинг даврий системасига боғлиқлиги**

Катионларнинг аналитик гуруҳларининг тартиб рақами Д.И.Менделеевнинг элементлар даврий системасида гуруҳлар тартибига анча яқин. Ҳақиқатан ҳам катионлар ҳосил қилган тузлари ва гидроксидларнинг эрувчанлиги уларнинг бошқа ҳамма хусусиятлари каби Д.И.Менделеевнинг даврий системасида жойлашган ўрни билан узвий боғлиқ.

Катионларни водород сульфидли классификацияси билан элементлар даврий системаси орасидаги боғлиқликни кўриб ўтайлик. Анализ давомида карбонатлар гидрооксидлар ва сульфидлар ҳолида чўкадиган катионлар,

<sup>10</sup>Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons. UK 2014 830-pp

уларнинг баъзиларини ҳисобга олмаганда даврий системада қонуний равишда жойлашган. I ва II аналитик гуруҳ катионлари  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  даврий системадаги ўша гуруҳнинг асосий гуруҳчасида жойлашган. Аммоний сульфид таъсирида гидроксидлар ҳолида чўкадиган учинчи аналитик гуруҳ катионлари  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$  даврий системасининг III ва VI гуруҳларида жадвалнинг чап томонида жойлашган. Аммоний сульфид таъсирида сульфидлар ҳолида чўкадиган III аналитик гуруҳ катионлари  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  эса, асосан, тўртинчи катта даврнинг ўртасида жойлашган. Қийин эрийдиган сульфидлар ҳосил қилувчи IV аналитик гуруҳ катионлари  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Sn}^{2+}$ , даврий системанинг ўнг томонида, катта даврларнинг биринчи ярмида VI гуруҳдан бошлаб жойлашади ва шу гуруҳнинг иккинчи ярмида тугайди. Ҳлоридлар ҳосил қилувчи V аналитик гуруҳ катионлари  $\text{Ag}^+$ ,  $[\text{Hg}_2]^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  даврий системанинг чап томонида жойлашган. Агар тегишли катионлар электрон қаватининг тузилишига эътибор берсак, биринчи ва иккинчи аналитик гуруҳнинг натижалари, шунингдек, учинчи гуруҳнинг  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  таъсирида гидроксид ҳолида чўкадиган катионлар, инерт газлар каби, 2 ёки 8 электрон ли тугалланган ташқи электрон қаватга эга эканлигини кўриш мумкин. Қийин эрийдиган сульфидлар ҳосил қилувчи учинчи ва бешинчи аналитик гуруҳ катионлари эса тугалланган ташқи қаватга, ёки 8 электрондан 18 электронга ўтувчи тугалланмаган электрон қаватга, ёки ташқи иккита қаватида 18+2 электронга эга бўлади.

Ташқи тугалланмаган электрон қаватидан олдинги қаватида 8 электрони бор катионлар одатда, кислоталарда (масалан,  $\text{HCl}$ ) эрийдиган сульфидлар ҳосил қилади, яъни учинчи аналитик гуруҳга киради. Ташқи тугалланмаган электрон қаватидан олдинги қаватда 18 электрони бор катионлар эса кислоталарда қийин эрийдиган сульфидлар ҳосил қилади, яъни тўртинчи ва бешинчи аналитик гуруҳларга киради. Баъзан бу қонуниятлардан четга чиқиш ҳоллари ҳам учрайди. Масалан,  $\text{Mg}^{2+}$  катионини элементлар даврий системада тутган ўрнига қараб иккинчи гуруҳ катионлари қаторига киритиш керак эди. Ҳақиқатдан ҳам  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{SrCO}_3$ ,  $\text{BaCO}_3$  лар каби магний карбонат ҳам сувда қийин эрийди. Лекин у аммоний тузларида эрийди ва шунинг учун ҳам уни

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$  таъсирида тўлиқ чўктириб бўлмайди. Шунга кўра  $\text{Mg}^{2+}$  ионини I гуруҳ билан бирга эритмада қолдириш мақсадида, I-II гуруҳни аммиакли буфер эритма ( $\text{NH}_4\text{OH}$  ва  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) иштирокида чўктириш керак  $\text{Mg}^{2+}$  ионини I гуруҳга киритилишига сабаб ҳам, ана шу.<sup>11</sup>

$\text{Zn}^{2+}$  катиони даврий системада жойлашган ўрнига қараб III аналитик гуруҳга эмас, балки IV аналитик гуруҳга киритилиши керак эди.  $\text{Zn}^{2+}$  катиони III аналитик гуруҳ катионларидан фарқ қилиб, ўртача кислотали муҳитда,  $\text{H}_2\text{S}$  таъсирида IV гуруҳ катионлари билан чўктирилади. Лекин IV гуруҳ катионлари кучли кислотали муҳитда ( $[\text{H}^+] = 0,3\text{g-ion/l}$ ) чўктирилади. Шунинг учун ҳам  $\text{Zn}^{2+}$  иони III гуруҳ катионлари билан эритмада қолади ва ҳоказо, шунга ўхшаш мисоллар келтириш мумкин.

### Назорат саволлари:

1. Ўтказувчи полимерлар, уларнинг қўлланилиши, хоссалари ва структураси ҳақида тушунча беринг.
2. Керамик материалларга таъриф беринг.
3. Кислородли ва кислородсиз керамикани қиёсланг.
4. Сифат анализининг усуллари қандай?
5. Аналитик реакцияларнинг бажарилиш усулларини изоҳланг?
6. Аналитик реакцияларни амалга оширишнинг шарт-шароитлари, реакцияларнинг сезгирлиги, ўзига ҳослиги қандай амалга оширилади?
7. Эритмани бўлиб-бўлиб ва систематик анализ қилиш қандай амалга оширилади?
8. Гуруҳ реагенти. Катионларнинг аналитик гуруҳларга бўлиниши қандай?
9. Катионлар аналитик классификациясининг Д.И.Менделеевнинг даврий системасига боғлиқлигини изоҳланг?

### АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

1. Inagaki & Kang, Materials Science and Engineering of Carbon: Fundamentals, 2nd Edition, Elsevier 2014
2. Callister William D. , Materials science and engineering, Wiley and Sons UK, 2015
3. T Fischer, Materials Science for Engineering Students, 1st Edition, Elsevier 2008
4. E Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007

<sup>11</sup>Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons. UK 2014 840-pp



**3-мавзу: Кукун металлургияси усулида олинган материаллар. Металл кукунларни олиш усуллари, кукунларнинг хоссалари. Металл кукунларининг ўлчамлари, гранулометриқ таркиби.**

**Режа:**

1. Кукун металлургияси ҳақида умумий маълумотлар.
2. Металл кукунларини олиш усуллари ва кукунларнинг хоссалари.
3. Молибден кукунларини олиш технологияси.
4. Нанотехнология асосида ишлаб чиқарладиган маҳсулотлар.

*Таянч сўзлар: хотира, функционал, қотишма, полимер, хосса, шакл, эффект, мустаҳкамлик, никелид, титан, мартенсит, керамик, таркиб, панжара, термик, печ, деформация, биокерамика, ҳарорат, термоэлектрик.*

**3.1. Кукун металлургияси ҳақида умумий маълумотлар**

Кукун металлургиясини пайдо бўлиши ва ривожланиши 1800 йилларга тўғри келади. Кукун металлургиясининг муваффақияти (сифати) дастлабки кукунларнинг характеристикаларига боғлиқ. Мисрда кукун металлургияси эрамиздан олдинги 3000 йилда асбоблар ясада қўлланилган. 1870 йилда С.Гвинн ўз-ўзини мойлайдиган подшипник ясаган: 99% кукун ҳолдаги кўрғошин, 1% нефт, қолипга солиб пресслаб, термик ишланган (АҚШ).

Лампочкаларнинг волфрамли толалари ҳам кукун металлургияси асосида олинган. Қаттиқ қотишмали кескичлар (We-Lo)1920 йилларда олинган. 1970 йилларда автомобилсозлик деталлари, 1980 йилларда авиатсия газотурбин деталлари кукун металлургияси асосида ясалган.

“Нанотехнология” термини биринчи марта япон олими Н. Танитучи томонидан 1974 йилда ишлатилган.

“Нано” сўзи миллиарддан бир қисм, миллиардни бир қисми дегани ва (НМ)= $10^{-9}$ м. дегани. Эслатамиз, ангстрем= $10^{-8}$ см (1миллиметр= $10^{-3}$ м, 1микромметр= $10^{-6}$ м). Демак, нано бу узунлик бирлиги. Буни “сезиб” таққослаш учун, шуни айтиш керакки инсон сочининг қалинлиги-диаметри тахминан 50000 нанометрга тенг.

Бугунги кунда Жаҳонда саноат соҳаларида қийин эрийдиган металлларнинг кукунларини олишга бўлган талаб ортиб бормоқда. Нанокукунлар асосида нуқсонсиз материаллар олиш борасида жаҳонда нанотехнология учун йилига 9–10 миллиард АҚШ доллари сарф қилинмоқда, жумладан АҚШ да 4–5

миллиард АҚШ доллари, Японияда 2–3 миллиард АҚШ доллари, қолган давлатларда 2 миллиардга яқин АҚШ долларини ташкил этади. Буюмларни сифатини яхшилаш, уларнинг умрбоқийлигини ва ишончилигини оширишнинг комплекс муаммоларини ечишда кукун металлургияси асосида янги материалларни яратиш ва улардан деталлар тайёрлаш муҳим вазифалардан бири бўлиб қолмоқда[9,10].

Нанотехнология саноатда 1994 йилдан бошлаб қўлланила бошлаган.

Наноматериаллар – булар моддалар ва моддалар композитцияси ёки суний ёки табиий тартибга солинган ёки солинмаган нанометрик характеристикали ўлчамли базовий элементлар тизими – системасидир. Буларда нанометрик ўлчамли элементларни кооператция қилганда (бирлаштирганда-йиққанда) уларни ўзаро физикавий ва химиявий таъсири алоҳида (махсус) намоён бўлади. Буларнинг ҳаммаси материаллар ва системаларда илгари маълум бўлмаган хоссаларни пайдо бўлишини таъминлайди: механик, химик, электрофизик, оптик, теплофизик ва х.к.

Хозирги пайтда наноматериалларни (молекуляр ўлчамли ёки унга яқин даражада структуралаштирилган) хар-хил перспектив-истикболли усулларидан фойдаланилади. Усулларни нанообъект юзага келиш принципига қараб асосан икки гуруҳга бўлинади.

1) Материаллар юзаларида наноструктура хосил қилиш: нейтрон атомлар, ионлар электронлар тутамлари билан ишлаш плазма билан хурушлаш (“травление”) ва бошқа усуллар билан ишлаш.

2) Нанообъектни-наноматериални атомма-атом ёки молекулама-молекула йиғиш.

Нанообъектларни икки усулда олинади.

1) Суний усуллар: олинаётган нанообъект характерига қараб хар хил усуллар қўлланилади; физикавий, кимёвий, биологик ва бошқалар. Баъзи ҳолларда бир нечтаси биргаликда. Нанообъектларни ўта ваакум шароитида, суюқ мухитда ёки газ атмосферасида ҳам олиш мумкин.

2) Ўз – ўзидан йиғилиш: Бунга нанотехнологияда катта эътибор берилади. Ўз-ўзидан йиғилиш молекулаларни ҳамма вақт энергияси кам сатҳга ўтишга интилиш принципига асосланган.

Ўз – ўзидан йиғилишда наноконструктор юзага ёки олдиндан йиғилган наноконструкцияга маълум атомлар ёки молекулалар киритилади. Сўнгра

молекуларлар ўзларини маълум ҳолатда, баъзан кучсиз боғланиш ҳосил қилиб, баъзан кучли ковалент боғланиш қилиб текислайдилар-тўғрилайдилар.

Ўз – ўздан йиғишнинг яна бир тури – бу кристалларни ўстиришдир. Кристалларни эритмадан ўстириш мумкин, дастлабки (мўрттак, хомила) кристаллдан фойдаланиб. Бунда катта эмас кристалл таркибида ўзи материали кўп бўлган мухитга (кўпроқ эритмага) жойлаштирилади. Сўнгра бу компонентларга кичкина кристалл ёки мўрттакка-хомилага тақлид (“имитация”-ўхшаш) қилишга рухсат қилинади. Микрочипларни яратишда ишлатиладиган кремнийли блоклар шу тарзда ўстирилади.

Наноструктураларни табиий ҳосил бўлиши. Бу ходиса кўпроқ рудаларни ҳосил бўлишига тегишли. Анъанавий ёндошиш бўйича кристалланиш қуйидаги йўллар билан амалга ошади.

-моддоларни конденцатсиясидаги (энергия йиғишдаги) ҳосил бўлган парлардан.

-эритмалардан, уларни совиб-қотишидан.

-эритмалардан, эриган моддани чўкиши натижасида.

-каттиқ ҳолатдаги диффузион ўзгаришларидан.

Булар тоғ жинсларини барчасига, шу билан бирга олтинга ҳам тегишли.

Ҳозирда наноматериаллар жуда кўп соҳаларда қўлланилади:

саноатда, наноэлектроникада, нанооптикада, нанобиологияда, наноспектроскопияда, наномедицинада, наноэлементларда ва х.к.

Наноматериалларни саноатда қўлланилиши алоҳида аҳамиятга эга. Бу материалларнинг хоссалари принципиал фарқ қилгани учун саноатни кўп соҳаларида ишлатилади.

Албатта биринчи навбатда наноматериалларни қўллаш юқори механик хоссали янги конструкцион материалларни яратишга имкон беради. Наноструктурали моддадан ясалган резбали маҳсулот (детал) юқори мустаҳкам бўлади. Масалан авиа ва автомобилсозликда ишлатиладиган титандан ясалган маҳсулот наноструктурали қилиб олинса, унинг чидамлилиги узок умр кўриши (долговечност) 1,5 марта ошади, резбани яшаш меҳнат сиғими камаяди.

Наноструктурали алюминий қотишмаларидан мураккаб формадаги енгил маҳсулотларни юқори тезликда ўта пластик деформациялаб (босим билан ишлаб) деталлар яшаш мумкин. Бу шароитда штампли барча тешик, бурчак ва х.к. лари тўлиқ тўлади, деформация кучи пасаяди, форма ҳосил қилиш

харорати пасаяди (450°C дан 350°C гача). Бу пулку! Хозирда бу усул билан мураккаб формадаги ички ёнар двигатели поршенлари ясалади.

Нитридли легирланган керамик наноструктурали моддалардан тузилган материал оловбардош бўлади ва улардан ички ёнар двигателлар, газ турбиналари, кескич пластинкалари ясалади.

Металлургияда эса наноматериалдан ясалган ўтга бардош материал-керамика қўлланилади.

Хозирда машинасозликда нанокукунлар кўп функцияли кўшича сифатида жуда кенг қўлланилади: мотор, трансмиссия ва индустриал ёғларга, пластик мойларга, босим остида ишлайдиган жараёнларда ишлатиладиган технологик мойларга, металлларни қирқишдаги мойловчи-совитувчи суюқликларга, сайқаллашдаги (доводогно-притиричние) паста ва суспензияларга қўшилади.

Таркибида пластмасса ва полимерлар бўлган композицион материалларга металлларнинг нанокукунларини кўшиш анча истикболли йўналишдир. Бу йўл билан пластик магнит, электр ўтказадиган резина, ток ўтказадиган краска ва клей ва х.к. хоссали композитцион материаллар олиш мумкин. Металлларни нанокукунлари кўшиб ёнмайдиган полимерлар олинади.

Қийин эрийдиган металлларнинг кукунларидан қопламалар олишда ҳам кенг қўлланилади. Умуман, наноматериалли қопламалар бир текисда, бир хил қалинликда, бир хил зичликда этади, оловбардош бўлади.

Мисол тариқасида Мерседес – Бенз контсерни 2004 йилдан автомобиллар корпуси учун махсус лак ишлата бошлади. Махсус лакга керамик нанокукун қўшилган. Бу билан автомобил корпусини тирналишга-қирилишга(“тсаропание”) қаршилиги 3марта ошган.

### **3.2. Металл кукунларини олиш усуллари ва кукунларнинг хоссалари**

Металл кукунларини олишда саноатда қуйидаги усуллардан фойдаланилади.

- ✚ 1. Механикавий.
- ✚ 2. Кимёвий.
- ✚ 3. Физика-кимёвий.

*Механикавий усулда* шаровий тегирмонлардан фойдаланилади. Тегирмон барабани пухта пўлатдан ясашиб, ичига чўян, пўлат ёки қаттиқ қотишмалардан тайёрланган шарчалар киритилади. Қиринди ва майда материал бўлаклари барабанга солиниб, уни маълум тезликда айлантирилади. Барабан айланганда,

шарчалар юқорига кўтарилиб, тушида материалга урилади ва уни майдалайди. Тебрангич тегирмонлар ҳам шу мақсадда ишлатилади. Тегирмоннинг пўлат билан футировка қилинган цилиндрик корпуси эксцентрик валда айланиб, тебранма ҳаракатланади. Бу шароитда корпусга йўқланган материал булаклари ундан тобланган шарчаларнинг зарб таъсирига учраб майдаланади. Бунда мўрт материаллар: кремний, хром, марганец ва ҳ.к. майдаланилади. Баъзи ҳолларда суюқ металлни газ ёки ҳаво билан пуркаб майдаланилади. Айниқса, суюқланиш температураси паст бўлган металллар: қалай, қўрғошин, алюминий, мис, уларнинг қотишмалари, темир, пўлат, чўян ва ҳ.к.

Механик усулларда кукунлар қаттиқ металлларни майдалаб, суюқ металлларни эса кимёвий таркибини ўзгартирмасдан тўзителиб ҳосил қилинади. Мўрт қаттиқ материалларни майдалаш учун *шарли*, *уюрма* ва *вибрацион* тегирмонлардан фойдаланилади. Ишлов бериладиган материал пўлат ёки чўян шарларнинг зарбий ёки ишқалозчи таъсири билан майдаланади. Металл кукунларни механик усуллар билан олишда уларнинг ифлосланишини ҳисобга олиш зарур.

Шарли тегирмон пўлат барабандан иборат бўлиб, унга майдаловчи шарлар ва майдаланадиган материал солинади. *Шарли тегирмонда олинган кукун зарралари 100–1000 мкм ўлчамли нотўғри кўпёқлик кўринишида бўлади.*

Уюрма тегирмонларда майдалаш шарли тегирмонларга нисбатан тезроқ кечади. Уюрма тегирмонининг камерасида иккита паррак бўлиб, қарама–қарши томонларга айланиб, ўзаро кесишувчи ҳаво оқимлари ҳосил қилади. Камерага солинган материал (сим бўлаги, қиринди, қийқимлар ва бошқа майда бўлакчалар) ни ҳаво оқими илаштириб олиб кетади, улар ўзаро бир–бирига урилиб 50 дан 200 мкм гача ўлчамли зарраларга майдаланади. *Уюрма тегирмонларда ҳосил бўлган заррачалар 50 дан 200 мкм гача ўлчамли тарелка кўринишида, четлари аррасимон бўлади.*

Мўрт металл карбидлари ва оксидларидан майин кукунлар олиш учун вибрацион тегирмонлардан фойдаланилади. Вибротегирмонлар энг унумли бўлиб, уларнинг иши пўлат шар ва цилиндрларнинг тегирмон барабанининг катта частотали айланма тебранма ҳаракати туфайли майдаланадиган материалга говори частота билан таъсир қилишига асосланган.

Қалай, қўрғошин, алюминий, мис, шунингдек темир ва пўлат кукунларини олиш учун ҳаво, сув, буғ ёки инерт газлар кинетик энергияси билан суюқ

металлни тўзитиш усулидан ҳам фойдаланилади. *Вибрацион тегирмонларда олинган кукун зарралари 50–350 мкм ўлчамли бўлиб, сферик кўринишга яқин.*

Кимёвий ва физика-кимёвий йўл билан металл кукун ҳосил қилишнинг асосий усуллари:

☀ 1). Металл оксидларга водород, углерод оксиди, генератор ва конвертор газларини, углеродни ва баъзи металлларни таъсир эттириб олиш.

Бу усулда темир, мис, никел, кобалт, волфрам, молибден кукунлари олинади.

☀ 2). Сувдаги газ эритмаларини электролиз этиш; бунда металлларнинг майин ва майда кукунлари олинади.

☀ 3). Карбонил усули. Бу усул айрим металлларнинг маълум шароитда углерод оксиди билан кимёвий бирикма ҳосил қилишига асосланган. Олинган бирикма қиздирилиб, парчаланиб, ундан металллар кукуни јолинади.

Металл кукинларининг хоссалари ўлчамларга қараб металл кукунлари:

- жуда ҳам майда - 0,5 мкм гача;
- жуда майда - 0,5-10 мкм;
- майда - 10-40 мкм;
- ўрта - 40-150 мкм; ва
- йирик - 150-500 мкм бўлади.

Заррачаларининг шаклига қараб:

- толали;
- ясси;
- тенг ўқли бўлади.

Кукуннинг асосий технологию хоссалари:

- оқувчанлик;
- прессланувчанлик;
- қизиганда бирикишлик.

*Оқувчанлик* - кукуннинг формани тўлғазиш қобилияти. Заррача ўлчамларининг кичиклашиши ва намлигини ортиши оқувчанликни ёмонлаштиради. Оқувчанлик диаметри 1,5-4 мм бўлган тешикдан бир секундда оқиб тушган кукун миқдори билан ўлчанади.

*Прессланувчанлик* - кукуннинг ташқи куч таъсирида зичланиш ва пресслангандан кейин заррачаларнинг бир-бирига боғлиқлик пухталиги билан таърифланади.

*Қизиганда бирикишлик* прессланган заготовка заррачаларининг термик ишлаш натижасида бир-бирига ёпишиш пухталиги билан ифодаланади.

Тўкилиш массаси, оқувчанлик, прессланувчанлик ва пишувчанлик кукунларнинг асосий технологияи характеристикалари ҳисобланади.

*Тўкилиш массаси* эркин тўкилган 1 см<sup>3</sup> кукуннинг граммларда ўлчанган массасидир. Агар кукун ўзгармас тўкилиш массасига эга бўлса, пиширилганда унинг ўзгармас киришувчанлиги таъминланади. Олиниш усулига қараб, битта кукуннинг тўкилиш массаси турлича бўлиши мумкин. Говаклиги юқори бўлган буюм тайёрлаш учун тўкилиш массаси кичик бўлган кукундан, асбоб ва машиналарнинг турли деталларини тайёрлашда эса тўкилиш массаси катта кукунлардан фойдаланиш лозим.

Оқувчанлик–кукуннинг қолипни тўлдирга олиш қобилиятидир. У маълум диаметрли тешик орқали кукуннинг ўтиш тезлиги билан характерланади. Кукун зарраларининг ўлчами камайиши билан унинг оқувчанлиш ёмонлашади. Кукуннинг қолипни бир текис тўлдириши ва пресслашда зичланиш тезлиги кўп жиҳатдан оқувчанликка боғлиқ.

Прессланувчанлик–ташқи нагрузка таъсиридан кукуннинг зичланиш хоссасидир, у прессланган кукун зарралари ўзаро қанчалик мустаҳкамлашганлигини характерлайди. Прессланувчанлик материалнинг пластиклиги, кукун заррасининг ўлчами ва шаклига боғлиқ бўлади. Кукун таркибига сиртки актив моддалар кўшилиши билан уларнинг прессланувчанлиги ортади.

*Пишувчанлик* дейилганда прессланган хомакини термик ишлаш натижасида заррачаларнинг илашиш мустаҳкамлигини тушунилади.

Кукун металлургияси усуллари билан суюлтирилганда бир–бирида эримайдиган металллардан, шунингдек қийин эрийдиган ва ўта тоза металллардан қотишмалар олиш мумкин. Кукунли металлургияда хомакилар, шунингдек, аниқ ўлчамли турли деталлар тайёрланади. Кукунли металлургия ғовак материаллар ва улардан деталлар, шунингдек, иккита (биметаллар) ёки турли металллар ва қотишмаларнинг бир неча қатлами кўринишидаги деталлар тайёрлаш имконини беради. Кукунли металлургия усуллари оташга чидамлилиги, ейилишга чидамлилиги юқори, каттиқлиги катта, белгиланган барқарор (магнит хоссали, шунингдек алоҳида физик–кимёвий, механик ва технологик хоссали – деталлар олиш имконини беради. Бундай деталларни қуйиш ва босим остида ишлаш йули билан олиш мумкин эмас.

Куқун материаллардан деталь ва буюмлар олиш процесси металл куқунини тайёрлаш, улардан шихта тузиш, пресслаш, заготовкани пиширишдан иборат.

### 3.3. Молибден куқунларини олиш технологияси

Тадқиқот объектлари сифатида - “ОТМК” АЖ нинг таркибида молибден бўлган саноат маҳсулотлари, тиклаш усули билан олинган молибден куқунлари ва «Нодир металллар ва қаттиқ қотишмалар ишлаб чиқариш» Илмий-ишлаб чиқариш бирлашмаси ишлаб чиқариш жараёнида Олмалиқ тоғ-металлургия комбинати («ОТМК» АЖ) га қарашли СТН-1,6 тиклаш печи ва водород-плазмали қайта тиклаш қурилмаси (ПУВ-300) ҳисобланади. Жадвалда “ОТМК” АЖ нинг саноат маҳсулотларининг кимёвий таркиби келтирилган.

Жадвал

“ОТМК” АЖ нинг саноат маҳсулотларининг кимёвий таркиби

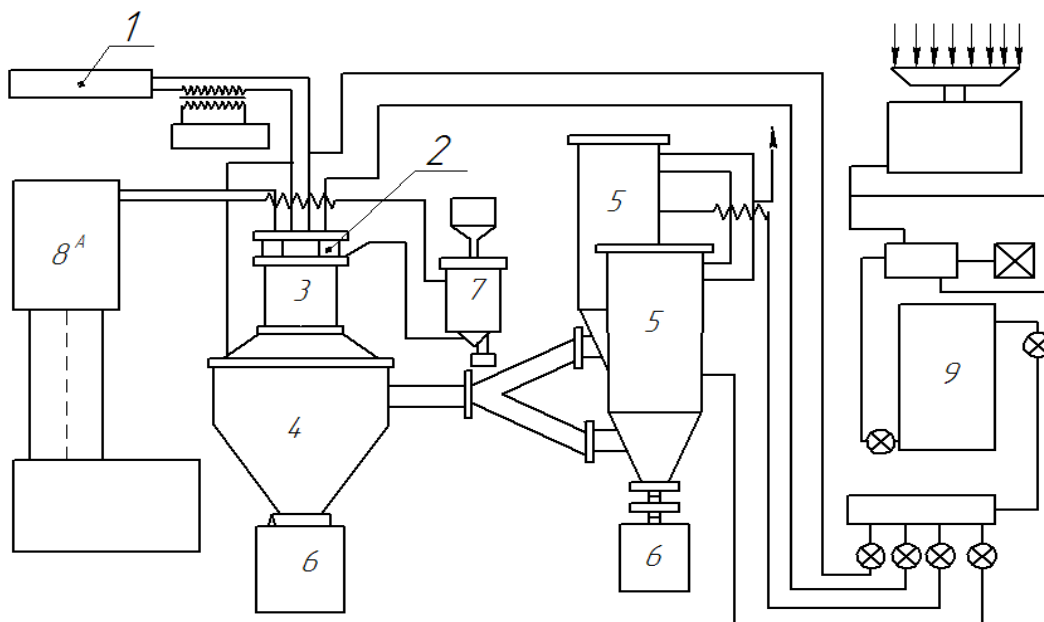
Саноат маҳсулотининг белгиси	Элементлар миқдори, % масс,										
	Mo	As	Si	P	WO <sub>3</sub>	Al	Ag	Re		SiO <sub>2</sub>	намлик
ПП М-1	> 40,0	0,07	3,0	< 0,05	< 0,8	0,025	0,076	-		-	6,0
ПП М-2	< 25,0	0,07	5,0	< 0,05	< 1,2	0,025	0,076	-		-	6,0
ОП М	> 32,0	0,07	2,0 -3,0	< 0,05	< 0,8	0,025	0,076	< 0,17		1,5	0,5

Молибден куқунларининг грануламетриқ таркибини аниқлаш учун нейтрон-активланиш, масс-спектрометрия ва спектрал таҳлил усуллари қўлланилди. Куқунларни ва ярим маҳсулотларни (штабикларни) технологик ва ишлатилиш характеристикаларини ўлчаш мавжуд бўлган стандарт усуллардан ва ўлчов усқуналар фойдаланган холда амалга оширилди.

Олмалиқ тоғ-металлургия комбинати («ОТМК» АЖ) га қарашли «Нодир металллар ва қаттиқ қотишмалар ишлаб чиқариш» Илмий-ишлаб чиқариш бирлашмасида мавжуд бўлган ПУВ-300 қурилмасининг технологик кўриниши расмда намоиш килинган.

Реактор чўктирув камерасида молибден куқунини олиш жараёнида реактор остида куқун деярли топилмади, бу келиб тушган молибден оксиди бутунлай тикланганлиги ва молибденни тикланган куқуни филътрага тушгани ҳақида далолат беради.





**Расм 3.1. “ПУВ-300” қурилмасининг технологик кўриниши: 1 – озикланиш манбаи, 2 - плазмогенератор, 3 - реактор, 4 - босувчи камера, 5 -фильтрлар, 6 – кабул қилиш бункери, 7 – хом-ашёни дозалагич, 8 – газ билан таъминлаш тизими, 8 – хом ашёни киритиш узели, 9 - сув билан таъминлаш тизими.**

Олинган кукунларнинг майдалигини (дисперслилигини) ўрганиш шуни кўрсатдики кислород ва намлик буғлари 0,5 % ни ташкил қилганда донанинг ўртача ўлчами Фишер буйича 70-90 нм га тенг.

Мукаммаллаштирилган плазмохимёвий реакторнитехнологик тадқиқотлар натижаларини таҳлил қилиб шуни тақидлаш мумкин:

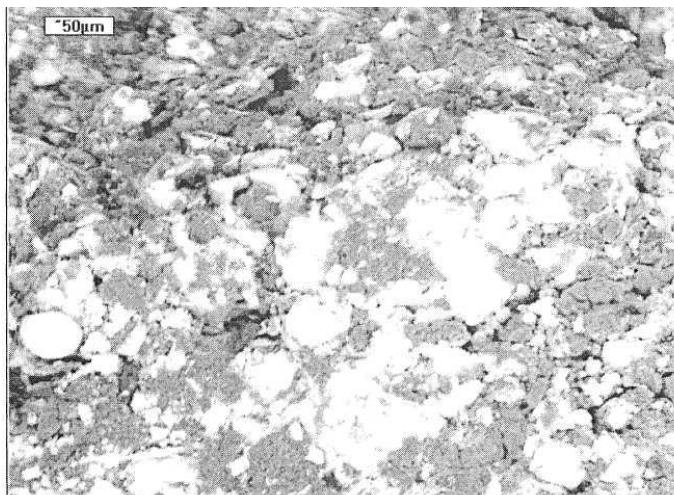
Хом-ашёни ишлаб чиқиш ва жараёни бошқариш даражаси ўсмоқда, шу билан бирга кукуннинг майдалиги ҳам; гранулометриқ таркибни бир жинслилиги ортмоқда; тикланиш жараёни ишидан олинган коэффициент ошмоқда.

Молибден оксидларининг асосий тикланиш принциплари кўриб чиқилди. Шу мақсадда биринчи босқичда молибденли “ОТМК” АЖ саноат маҳсулотларини морфологияси, тузилиши, химик ва фазали таркиби таҳлил қилинди.

Концентратларни қайта ишлагандан кейин кўп миқдорда темири булган (15-20% масс) катта миқдорда чиқиндилар (кеклар) ҳосил бўлади. Темир кукунини олиш технологияси ишлаб чиқилган ва патентланган. Кукунлардан бир қатор конструкцион материаллар тажриба партиялари тайёрланди, антифракцион материаллар тайёрлаш технологияси эса патентланди.

Кукунларни донадорлаш (грануллаш) ўз ўқи атрофида горизонтал ва вертикал текисликларда айланувчи аралаштиргичда олиб борилди. Куйдириш

(отжиг) режимларини ўрганиб олиш 2-НПЦ ускуналарида (ПУВ–300, ЦЕП–214, СТН–1,6) ўтказилди.

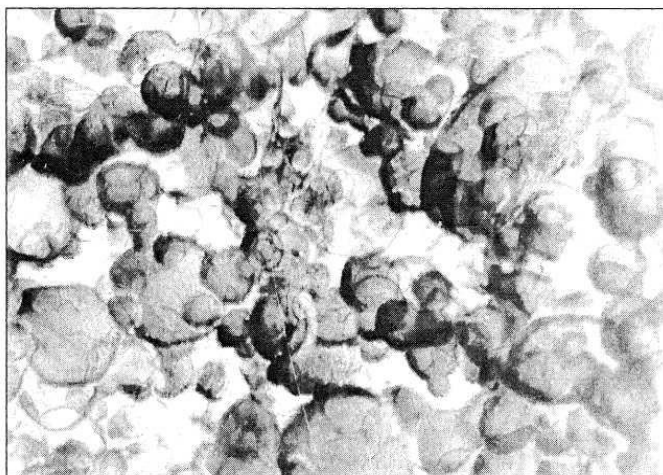


**Расм 3.2. Саноат маҳсулоти ППМ-1 микротузилиши, х300**

Молибден кукунларининг технологик кўрсаткичларни хом-ашё табиатига (Бишкек, Скопино, Степногорск, «ОТМК» АЖ) боғлиқлиги ва тикловчи ўчоқлар (ОКБ-111А; СТН-1,6; СКБ-5062) турлари кўриб чиқилди. ОКБ-111А ўчогида катта миқдорда конгломератлар ҳосил бўлишлиги кўрсатилди, бу ҳолат сарф қилинаётган водороднинг нисбий оғирлигини кичиклиги билан тушунтирилиши мумкин.

Молибден триоксидини тиклаш мобайнида реакцияга киришидиган қаттиқ компонентларнинг майдалиги (дисперслиги) ва тузилиши ўзгаради, бу оксидлар ва газсимон реагентларнинг ажратиб турувчи қисмда янги фазаларни пайдо бўлиши ва ўсиши билан юз беради. Ҳарорат, газли фазани таркиби, қаттиқ фаза компонентлари концентрацияси ва термик ишлаш кўрсаткичлари каби жараёни ўтказиш шартларини ўзгартириш билан оксидларнинг белгиланган майдаланиш (диспергирование) даражасига эришилди ва талаб қилинган ўлчамлардаги зарраларга эга бўлган молибден кукунларини олиш таъминланди. Энг кўп тарқалган пурковчи-плазмали аппаратли безатиш вариантлари асосида генераторнинг чиқиш сопласига уқдош туташтирилган туғри оқимли реактор схемаси ётади. Оксидларнинг сарфланишига қараб ўртача 20-30 нм ўлчамдаги молибден кукунини олиш мумкинлиги кўрсатилди. Лекин шунини айтиш жоизки агар махсус эҳтиёт чоралари кўрилмаса нанокукунлар турли кучлар таъсири остида (электр, дисперсли, магнит ва бошқалар) конгломератларни ҳосил қилиши мумкин ва айрим ҳолларда уларнинг мустаҳкамлиги шу даражада ортиб кетадики ҳатто замонавий

диспергаторлардан фойдаланиб ҳам уларни бошланғич зарраларга ажратишни деярли иложи бўлмай қолади. Кукунлар таркибида конгломератларни бўлиши пресланган ва пиширилган материалларда турли ҳил тузилишни ҳосил бўлишига олиб келади.



**Расм 3.3. Мо нанокукунларининг электрон-микроскопик суратлари, x100000**

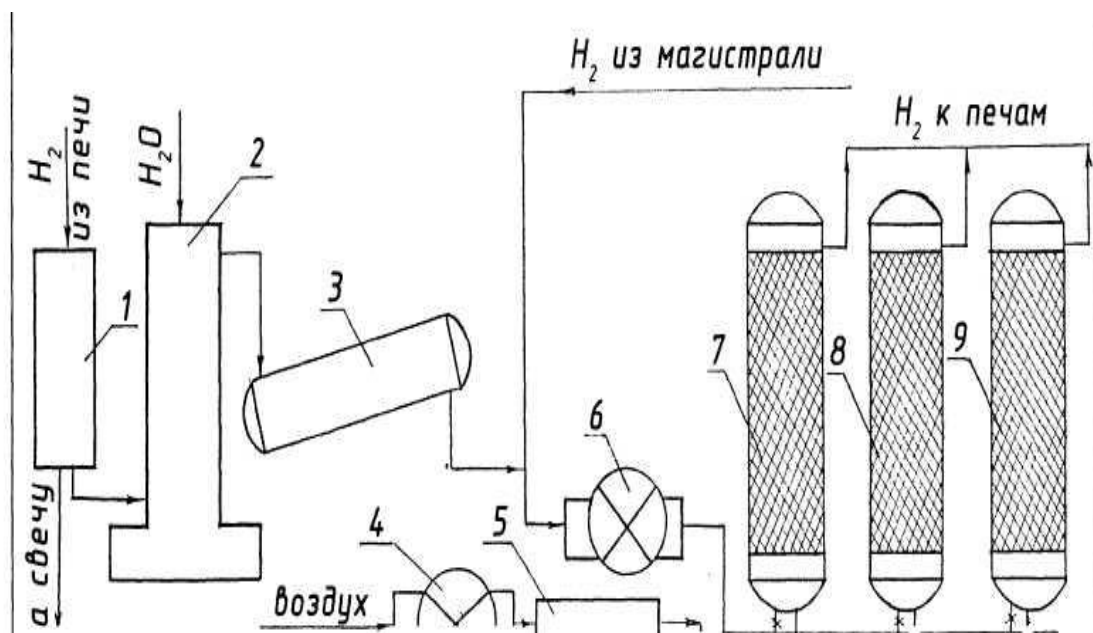
3.3 расмда молибден нанокукунларни электрон микроскопда олинган суратлари кўрсатилди, уларнинг шарсимон шаклга эгаллиги шаклланиш механизмига коалесценцияни ҳиссаси кўплиги ҳақида гувоҳлик беради. Мо кукунларидан саноатда фойдаланиш учун уларнинг таркибида кислород миқдори 0,2% дан ошмаслиги керак. Шунинг учун кукунларни водородда куйдириш (охиргача тиклаш) жараёнини ўрганиш амалий қизиқишга эга.

Олинган натижалар қиймати шуни кўрсатадики, юқори ҳароратда кукунни нисбий юзаси бир қанча камайиши кузатилади, унинг охириги қиймати стандарт кукунлардан ўн баробарга кўпроқ бўлса ҳам. Белгиланган ишлатилиниш хоссаларга эга бўлган молибден кукунларини ишлаб чиқишнинг техник ва технологик қарорлари кўриб чиқилди.

Молибден оксиди водород регенерацияси қурилмаси билан жихозланган ўчоқларда тикланади, ўчоқлар сув буғларини фреон билан “музлатиш” принципи бўйича ишлайди. Аммо қурилма зўр ҳолларда водородни қуритишни шудринг нуқтасигача  $-30^{\circ}\text{C}$  ишлаб чиқаради. Бу эса тикланиш реакциясини боришини оптимал шароитларини яратиш учун камлик қилади. Шунинг учун водородни музлатишдан ва шудринг нуқтасига етказишдан сўнг камида  $-40^{\circ}\text{C}$  гача қуритиш зарурияти туғилади. Шу мақсадда юқори самарали адсорбентлар бўлган сунъий ва табиий цеолит ва алюминий оксиди тажриба қилиб қурилди.

Лаборатория тадқиқотлари асосини водород регенерациясини технологик режимларини оптималлаштириш ташкил қилди. (расм 3.4).

Тадқиқот натижалари таҳлили шуни кўрсатадики, вольфрами бўлмаган қаттиқ қотишмаларнинг молибден нанокукунларидан тайёрланиши қаттиқликка катта таъсир кўрсатмайди (бошланғич пишириш ҳароратидан ташқари), лекин эгишдаги мустаҳкамликни бир қанча ошишини таъминлайди. Бундан ташқари нанокукунлар сифатга зиён етказмасдан туриб майдаловчи жисملарни юкланишини яъни майдалаш вақти ва пишиш ҳароратини камайтириш имконини беради.



**Расм 3.4. Регенерация қурилмасининг принципиал схемаси :**  
**1-рампа, 2-скруббер, 3-иссиқлик алмашувчи, 4-ҳаво пуфлагич,**  
**5-электр ўчоқ, 6-тазпуфлагич, 7-адсорбер цеолитом билан, 8-адсорбер**  
**алюминий оксиди билан, 9-адсорбер табиий цеолитом билан.**

Молибден кукунларидан юқори майда донадорли ва юқори механик хоссаларга эга бўлган молибден-мис сохта қотишмаларини олишда бошланғич материал сифатида фойдаланиш амалий қизиққишга эгадир. Таркибида 30% мис булган асоси молибден нанокукунлари дан ташкил топган пиширилган сохта қотишма қаттиқлиги (220-240 НВ) стандарт кукунлардан тайёрланган сохта қотишманикидан (180-200 НВ) каттароқ экан. Микротузилиш тадқиқотлари шуни кўрсатадики пиширилган сохта қотишмалардаги молибден доналари қиймати 0,7-1 мкм ни ташкил қилиб, тузилиши эса бир жинслилиги ажралиб туради. Молибденли кукунларида кислород миқдорини камайтириш

мақсадида маҳсулотни реакторни ўзида ўрнатилган графитли ёки металл тўқимали фильтрларда ушлаб қолишни таклиф қилинди. Бу сустлаштириш (пассивация) усули кукунни, непирофорлигини таъминлайди, аммо юқори ҳароратларда (800-1600 °С) сув буғлари билан ивиши мумкин. Аввал вақти вақти билан хом-ашёни бериб турилишини 5-10 дақиқага тўхтатиб кўриш жараёни тажриба қилиб кўрилди, бу вақтда маҳсулот филтёрда водород оқимида термосустлашади. Кукун бўшатиладан кейин 10-20 суткада ксилород миқдори 2-2,65 % даражагача етиши ва шундан кейин ўзгармаслиги аниқланди. Сусайтиришни иккинчи усули хом-ашёни углеводородлар билан биргаликда киргизиш яъни кучаётган газни бензин орқали барботаж (аралаштириш) қилиш йули билан амалга оширилди. Бу усул жуда яхши натижалар берди. Жадвалда «ПУВ-300» плазмокимёвий курилмасида молибден ангидридни кайта тиклаш йўли билан молибден кукунини олиш режими келтирилган.

Жадвал

«ПУВ-300» плазмокимёвий курилмасида молибден ангидридни кайта тиклаш режими

№пп	Параметрларни номланиши	Норма
1	Ёйлар токи, кА	0,45 дан 0,55гача
2	Ёйлар кучланиши, В	380 дан 410 гача
3	Плазматрон орқали водород сарфи, м <sup>3</sup>	60 дан 70 гача
4	Волфрам ангидрид учун ишлатилган водород сарфи, м <sup>3</sup> /ч	2 дан 4 гача
5	Плазматрондаги сув сарфи, м <sup>3</sup> /ч	2,15 дан 3,6 гача
6	Юқори босимли коллектордаги сув босими, Па, кгс/см <sup>2</sup>	8,73x10 <sup>5</sup> 11,77x10 <sup>5</sup> 912
7	Плазматрондан кириш ва чиқишда бушатиладан сув хароратидаги фарк, °С, юқори булмаган	20
8	Курилмадаги газ босими, Па, юқори булмаган кгс/см <sup>2</sup>	0,98x10 <sup>4</sup> 0,1
9	Сув таксимловчи гребенкага кириши бушатиладан сув босими, Па кгс/см <sup>2</sup>	78,48x10 <sup>4</sup> 8
10	Паст босимли сув утказгичда ишлаб чиқилган сув босими, Па кгс/см <sup>2</sup>	16,62x10 <sup>4</sup> 39,24x10 <sup>4</sup> 2-4
11	Газ таксимловчи гребенкага кирувчи газутказгичдаги водород босими, Па, кам булмаган кгс/см <sup>2</sup>	3,9x10 <sup>4</sup> 0,4
12	Плазматрондан чиқишда бушатиладан сув босими, Па, кам булмаган кгс/см <sup>2</sup>	(-1,76)x10 <sup>4</sup> (-1,18)

Молибден уч оксиди юқори буғланишга эга бўлади (хаттоки 600°С ва 1,01x10<sup>5</sup> Пада учишни бошлайди), МоО<sub>2</sub>доналари улчами катта булиши керак,

кейин волфрамга караганда молибден кукуни йирик булиши керак, лекин амалиётда волфрамга караганда молибден майдарок олинади.

Бу шундай тушунтирилади, ( $\text{MoO}_3 = \text{MoO}_2$ ) кайта тиклаш харорати биринчи боскичда  $\text{WO}_3$  га караганда паст булади ва  $\text{MoO}_3$  бугланиши амалий содир булмайди, шунинг учун  $600^\circ\text{C}$  харорат зонасида  $\text{MoO}_2$  тушиб кетади.

Бошка томондан,  $\text{MoO}_3 = \text{MoO}_2$ ни кайта тиклаш биринчи боскичидаги юкори хароратли зонада  $\text{MoO}_2$ ни кисман оксидланиши хисобига газли фаза оркали оксидланиш-кайтарилишли кучиш сезиларли даражада намоён булиши мумкин эмас, шундай килиб  $\text{MoO}_3$ да  $\text{MoO}_2$ ни оксидлаш учун юкори  $\text{H}_2\text{O}$  буг концентрациялари талаб килинади.

### 3.4. Нанотехнология асосида ишлаб чиқариладиган махсулотлар



© RapidEye/Stockphoto

(b)



© William D. Callister, Jr.

(a)

### 3.4.1. Наноматериаллар хақида умумий тушунча

“Нанотехнология” термини биринчи марта япон олими Н. Танитучи томонидан 1974 йилда ишлатилган.

“Нано” сўзи миллиардан бир қисм, миллиардни бир қисми дегани ва  $(\text{НМ})=10^{-9}$  м. дегани. Эслатамиз, ангстрем= $10^{-8}$  см (1 миллиметр= $10^{-3}$  м, 1 микрометр= $10^{-6}$  м). Демак, нано бу узунлик бирлиги. Буни “сезиб” таққослаш учун, шуни айтиш керакки инсон сочининг қалинлиги-диаметри тахминан 50000 нанометрга тенг.

Нанотехнология конструкцион материалларга мияга (хаёлга) келган хоссаларни бериш мумкин. Хозирда нанотехнологияга йилига 9-10 миллиард доллар сарфқилиняпти: АҚШ да 4-5 миллиард, Японияда 2-3 миллиард. Лекин нанотехнологиядан келадиган фойдани 2015-2020 йиллар давомида бир неча триллион долларга етиши кутиляпти.

Нанотехнология саноатда 1994 йилдан бошлаб қўлланила бошлаган.

Наноматериаллар – булар моддалар ва моддалар композитцияси ёки суний ёки табиий тартибга солинган ёки солинмаган нанометрик характеристикали ўлчамли базовий элементлар тизими – системасидир. Буларда нанометрик ўлчамли элементларни кооператция қилганда (бирлаштирганда-йиққанда) уларни ўзаро физикавий ва химиявий таъсири алоҳида (махсус) намоён бўлади. Буларнинг хаммаси материаллар ва системаларда илгари маълум бўлмаган хоссаларни пайдо бўлишини таъминлайди: механик, химик, электрофизик, оптик, теплофизик ва х.к.

Хозирги пайтда наноматериалларни (молекуляр ўлчамли ёки унга яқин даражада структуралаштирилган) хар-хил перспектив-истикболли усулларидан фойдаланилади. Усулларни нанообъект юзага келиш принципига қараб асосан икки гуруҳга бўлинади.

1) Материаллар юзаларида наноструктура хосил қилиш: нейтрон атомлар, ионлар электронлар тутамлари билан ишлаш плазма билан хурушлаш (“травление”) ва бошқа усуллар билан ишлаш.

2) Нанообъектни-наноматериални атомма-атом ёки молекулама-молекула йиғиш.



Нанообъектларни икки усулда олинади.

1) Сунъий усуллар: олинаётган нанообъект характериға қараб хар хил усуллар қўлланилади; физикавий, кимёвий, биологик ва бошқалар. Баъзи холларда бир нечтаси биргалиқда. Нанообъектларни ўта ваакум шароитида, суюқ мухитда ёки газ атмосферасида ҳам олиш мумкин.

2) Ўз – ўзидан йиғилиш: Бунга нанотехнологияда катта эътибор берилади. Ўз-ўзидан йиғилиш молекулаларни ҳамма вақт энергияси кам сатҳга ўтишга интилиш принципиға асосланган.

Ўз – ўзидан йиғилишда наноконструктор юзаға ёки олдиндан йиғилган наноконструкцияға маълум атомлар ёки молекулалар киритилади. Сўнгра молекулалар ўзларини маълум холатда, баъзан кучсиз боғланиш хосил қилиб, баъзан кучли ковалент боғланиш қилиб текислайдилар-тўғрилайдилар.

Ўз – ўзидан йиғилишнинг яна бир тури – бу кристалларни ўстиришдир. Кристалларни эритмадан ўстириш мумкин, дастлабки (мўртак, хомила) кристалдан фойдаланиб. Бунда катта эмас кристалл таркибида ўзи материали кўп бўлган мухитға (кўпроқ эритмага) жойлаштирилади. Сўнгра бу компонентларға кичкина кристалл ёки мўртакка-хомилага тақлид (“имитация”-ўхшаш) қилишға рухсат қилинади. Микрочипларни яратишда ишлатиладиган кремнийли блоклар шу тарзда ўстирилади.

Наноструктураларни табиий хосил бўлиши. Бу ходиса кўпроқ рудаларни хосил бўлишиға тегишли. Анъанавий ёндошиш бўйича кристалланиш қуйидаги йўллар билан амалға ошади.

-моддоларни конденцатсиясидаги (энергия йиғишдаги) хосил бўлган парлардан.

-эритмалардан, уларни совиб-қотишидан.

-эритмалардан, эриган моддани чўкиши натижасида.

-қаттиқ холатдаги диффузион ўзгаришларидан.

Булар тоғ жинсларини барчасиға, шу билан бирга олтинға ҳам тегишли.

Хозирда наноматериаллар жуда кўп сохаларда қўлланилади:

саноатда, наноэлектроникада, нанооптикада, нанобиологияда, наноспектроскопияда, наномедицинада, наноэлементларда ва х.к.

Наноматериалларни саноатда қўлланилиши алоҳида ахамиятга эга. Бу материалларнинг хоссалари принципиал фарқ қилгани учун саноатни кўп сохаларида ишлатилади.

Албатта биринчи навбатда наноматериалларни қўллаш юқори механик хоссали янги конструкцион материалларни яратишга имкон беради. Наноструктурали моддадан ясалган резбали махсулот (детал) юқори мустахкам бўлади. Масалан авиа ва автомобилсозликда ишлатиладиган титандан ясалган махсулот наноструктурали қилиб олинса, унинг чидамлилиги узок умр кўриши (долговечност) 1,5 марта ошади, резбани яшаш меҳнат сиғими камаяди.

Наноструктурали алюминий қотишмаларидан мураккаб формадаги енгил махсулотларни юқори тезликда ўта пластик деформациялаб (босим билан ишлаб) деталлар яшаш мумкин. Бу шароитда штампли барча тешик, бурчак ва х.к. лари тўлиқ тўлади, деформация кучи пасаяди, форма хосил қилиш харорати пасаяди (450°C дан 350°C гача). Бу пулқу! Хозирда бу усул билан мураккаб формадаги ички ёнар двигатели поршенлари ясалади.

Нитридли легирланган керамик наноструктурали моддалардан тузилган материал оловбардош бўлади ва улардан ички ёнар двигателлар, газ турбиналари, кескич пластинкалари ясалади.

Металлургияда эса наноматериалдан ясалган ўтга бардош материал-керамика қўлланилади.

Хозирда машинасозликда нанокукунлар кўп функцияли қўшича сифатида жуда кенг қўлланилади: мотор, трансмиссия ва индустриал ёғларга, пластик мойларга, босим остида ишлайдиган жараёнларда ишлатиладиган технологик мойларга, металлларни қирқишдаги мойловчи-совитувчи суюқликларга, сайқаллашдаги (доводогно-притиричне) паста ва суспензияларга қўшилади.

Таркибида пластмасса ва полимерлар бўлган композицион материалларга металлларнинг нанокукунларини қўшиш анча истиқболли йўналишдир. Бу йўл билан пластик магнит, электр ўтказадиган резина, ток ўтказадиган краска ва клей ва х.к. хоссали композитцион материаллар олиш мумкин. Металлларни нанокукунлари қўшиб ёнмайдиган полимерлар олинади.

Қийин эрийдиган металлларнинг кукунларидан қопламалар олишда ҳам кенг қўлланилади. Умуман, наноматериалли қопламалар бир текисда, бир хил қалинликда, бир хил зичликда этади, оловбардош бўлади.

Мисол тариқасида Мерседес – Бенз контсерни 2004 йилдан автомобиллар корпуси учун махсус лак ишлата бошлади. Махсус лакга керамик нанокукун қўшилган. Бу билан автомобил корпусини тирналишга-қирилишга(“тсаропание”) қаршилиги 3 марта ошган.

Ўзбекистон Республикасида мавжуд бўлган минерал-хом ашё ресурсларини қайта ишлаш орқали экспортга мўлжалланган янги турдаги конструкцион материаллар яратиш ва кўп турдаги тайёр маҳсулот ишлаб чиқаришни йўлга қўйиш. Юқори технологиялар ёрдамида қийин эрийдиган металлларнинг кукунларини олиш ва уларнинг грануламетриқ таркибини ўрганиш натижалари асосида янги материалларни ишлаб чиқаришга жорий этиш бу мавзунинг долзарблигини билдиради.

Ўзбекистон Республикаси Биринчи Президентининг 2006 йил 14 декабрдаги ПҚ- 530-сон «Республика вольфрам конларининг минерал хом ашё базасини янада ривожлантириш тўғрисида»ги Қарори, 2011 йил 29 июлдаги ПФ-1590-сон «Тайёр маҳсулотларни, ташкил қилувчи буюмларни ва материалларни ишлаб чиқаришнинг локаллаштирилишини 2011-2013 йилларда sanoat кооперацияси асосида чуқурлаштириш чора-тадбирлари» Фармони ва Ўзбекистон Республикаси Биринчи Президентининг 2016 йил 10 августдаги ПҚ- 2573-сон «Нодир металллар ва қаттиқ қотишмалар ишлаб чиқариш бўйича» Илмий-ишлаб чиқариш бирлашмасини ташкил этиш тўғрисидаги Қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу мавзу муайян даражада хизмат қилади.

Ҳозирги замон илмий-техник ривожланишнинг ўзига хос бўлган энг муҳим хусусиятини кукун материаллардан кенг фойдаланиш ташкил этади. Уларнинг ичида етакчи ўрин вольфрамнинг ультрадисперс кукунларига тегишли. Конструкцион, асбобсозлик ва бошқа материаллар яратишда бош элементлардан бири ҳисобланган вольфрамнинг ультрадисперс кукунларини плазмокимёвий усулда олиш борасида Тошкент давлат техникаси университети

Механика факультети “Материалшунослик” кафедрасида ҳам маълум ютуқларга эришилган. Технологик жараёнларда йирик донали куқунларни ультрадисперс куқунларга алмаштириш хомакиларни пишириш ҳароратини пасайтиради ва бир хил майда донали структурага эга бўлган буюмларни олиш имконияти яратилади. Аммо вольфрам ультрадисперс куқунларининг қўлланиш соҳаларини кенгайтириш ишлаб чиқаришда пайдо бўладиган қуйидаги қийинчиликлар билан боғлиқ:

маҳсулотни тўкиш ва қурилманинг узлуксиз ишлашининг таъминланмаганлиги;

ультрадисперс куқунлар юқори кимёвий фаоллиги, уларни қайта ишлаш ва сақлашнинг махсус усулларини ишлаб чиқишни талаб қилиши;

ультрадисперс куқунлар тўкма зичлигининг кичиклиги сабабли, уларни қайта ишлашда анъанавий равишда қўлланиладиган куқун металлургияси усулларида фойдаланиш мумкин эмаслиги;

ультрадисперс куқунлар таснифларининг муқим эмаслиги, жумладан уларнинг кимёвий ва гранулометриқ таркибининг ўзгарувчанлигидир.

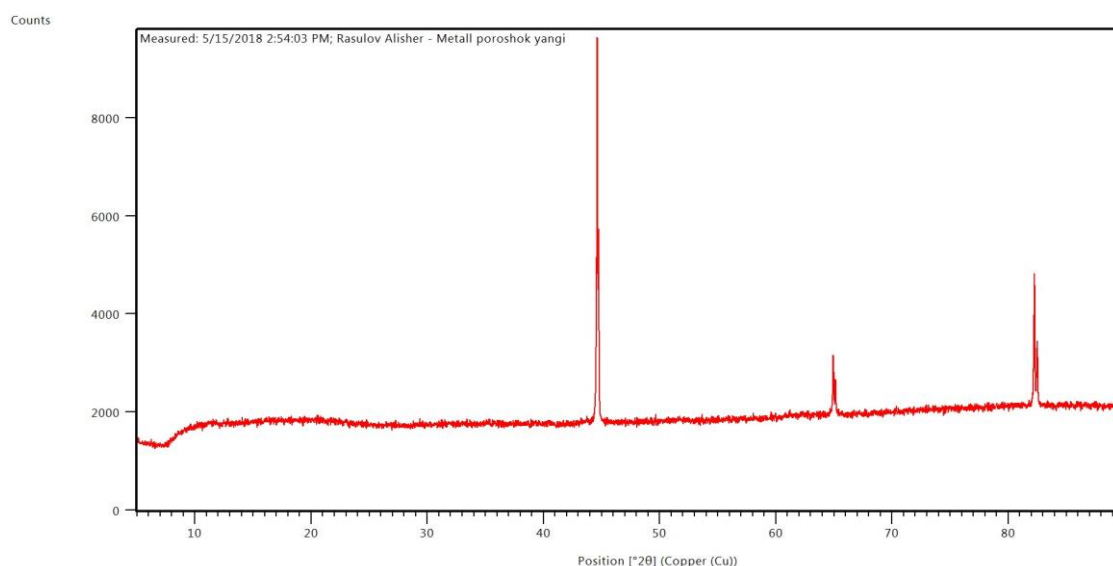
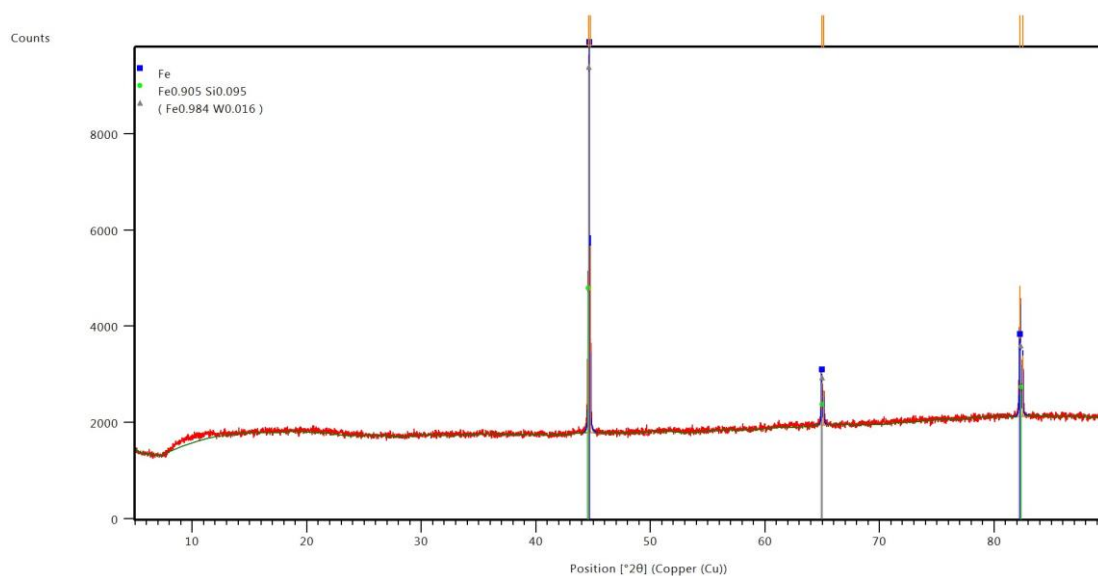
Бундан ташқари ультрадисперс куқунларнинг физик, кимёвий ва технологик хоссалари тўлиқ ўрганилмаган. Булар жумласига зичланишнинг таъсири оқибатида содир бўладиган жараёнлар, физик, кимёвий ва юза фазовий таркиби ҳамда зарра ҳажми бир текис бўлмаслиги киради.

Истиқболли плазма технологиясининг саноатда татбиқини жадаллаштиришда юқорида кўрсатилган муаммолар билан биргаликда, жараённи интенсив ривожлантириш учун хизмат қиладиган бу катталикларни аниқ ўлчашда тўсиқ бўлаётган метрологик қийинчиликлар ҳам янги технологияларнинг ривожланишига тўсқинлик қилмоқда.

Куқунларини гранулометриқ таркибини ўрганиш Тошкент давлат техникаси университети Механика факультети “Материалшунослик” кафедрасида, Илмий-ишлаб чиқариш бирлашмаси ишлаб чиқариш шароитида ва илғор технологиялар марказида мавжуд бўлган замонавий асбоб ва жиҳозлардан фойдаланилган ҳолда амалга оширишга ҳаракат қилинди.

Металл кукулларини рентген тадқиқотлари Ўзбекистон Республикаси инновацион ривожланиш Вазирлиги қошидаги илғор технологиялар Марказида мавжуд бўлган Cu трубкаси билан жиҳозланган ( $K\alpha_1=1.5406\text{\AA}$ ) “PanalyticalEmpyrean» дифрактометрида бажарилди. Ўлчашлар хона хароратида  $0,01$  градус қадамда қадама қадам сканирлаш режимида  $5^\circ$  дан  $90^\circ$  гача диапазонда, айланувчи тагликда  $2\theta$  бурчак интервалида бажарилди.

Ўзбекистон Республикаси инновацион ривожланиш Вазирлиги қошидаги илғор технологиялар Марказида бажарилган тадқиқот натижалари



“PanalyticalEmpyrean» дирактометрда олинган рентгенграммалар. Намуналар хона хароратида  $0,01$  градус қадамда қадама-қадам сканирлаш режимида  $5^\circ$  дан  $90^\circ$  гача диапазонда, айланувчи тагликда  $2\theta$  бурчак интервалда ўлчанган

Олинган куқунларнинг ташқи морфологияси ва ўлчамлари Ўзбекистон Республикаси инновацион ривожланиш Вазирлиги қошидаги илғор технологиялар Марказида мавжуд жиҳозларда ўлчанган бўлиб, куқунларнинг юза морфологияси ва микроструктураси тадқиқотлари Германиянинг Карл Зейс шахрида ишлаб чиқарилган SEM-EVO MA 10 сканирловчи электрон микраскоп ёрдамида амалга оширилди. Мазкур жиҳоз неорганик материаллар куқунлар, заррачалар, толалар, металлар юзасидаги микроструктуралар, яримўтказгичлар ва юпқа плёнкалар, юзасидаги нуқсонлар тузилишини микроскопик таҳлил қилишга мўлжалланган. Сканирловчи электрон микраскопда тадқиқотлар қуйидагича олиб борилди:

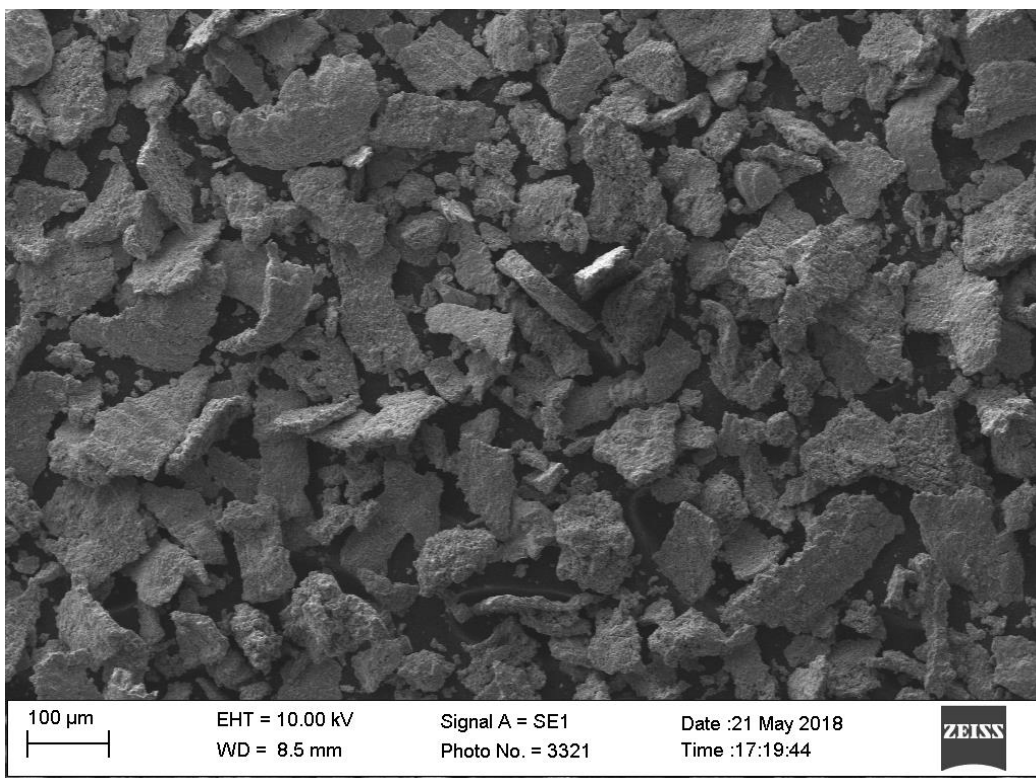
Намунани тайёрлаш жараёнида микроскопнинг предмет столига юзасига юзалари икки томонлама ёпиштириладиган алюминийли фольга ёпиштирилган металл қотишмали тутгич ўрнатилди. Бу фольгага куқун тўкиди кейин ҳаво билан пуфланди. Кейин предмет столи вакуум ҳосил қилиш учун ҳаво тўхтатилган микроскопнинг ишчи камерасига ўрнатилди. Ўлчашни амалга ошириш учун филаментга SE детектирлаш режимида 10 кВ кучланиш берилади. Бунда ишчи масофа (working distance) 8,5 мм ни ташкил қилди. SmartSEM программалаш дастури ёрдамида 20-100 мкм масштаблардаги кўринишлар олинди.

Хулоса қилиб айтганда юқори сифатли расм олиш учун:

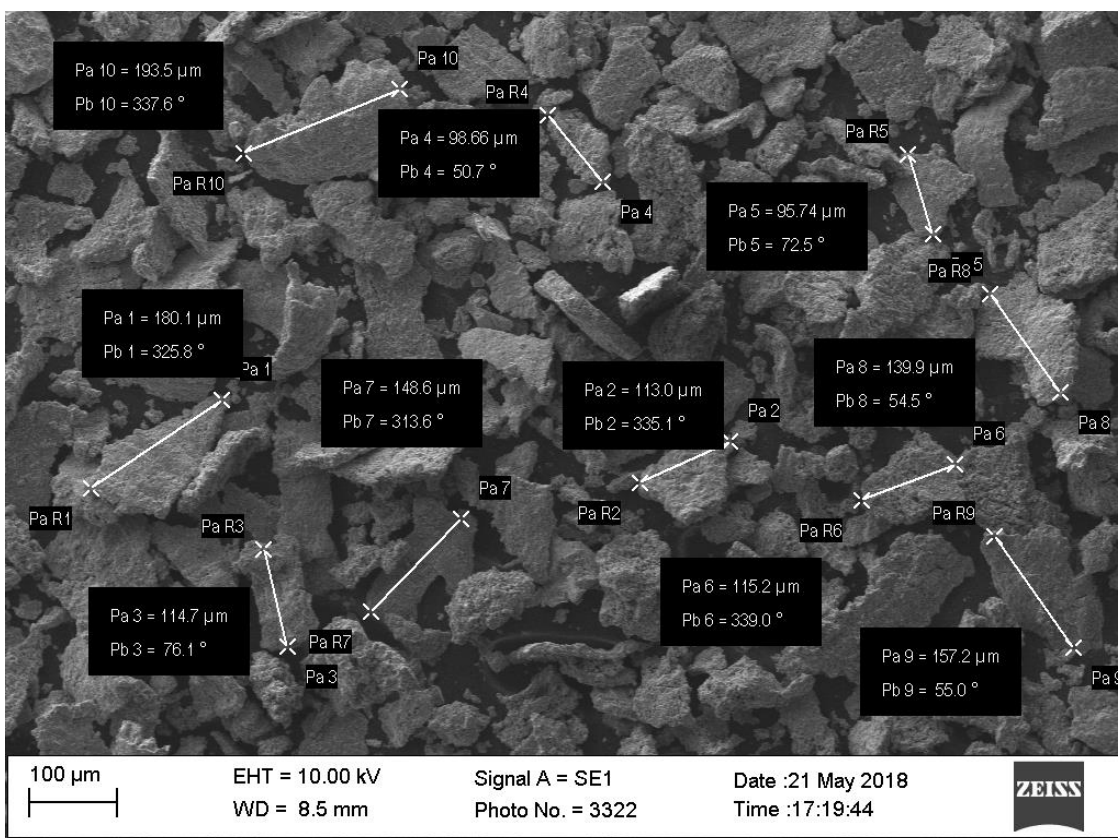
микроскопнинг филаментига электрон ҳосил бўлиш қурилмаси филаментига 10 кВ кучланиш берилади;

намуна билан фокусланган электрон даста орасидаги ишчи масофа 8,5 ммга тенг бўлиши керак.

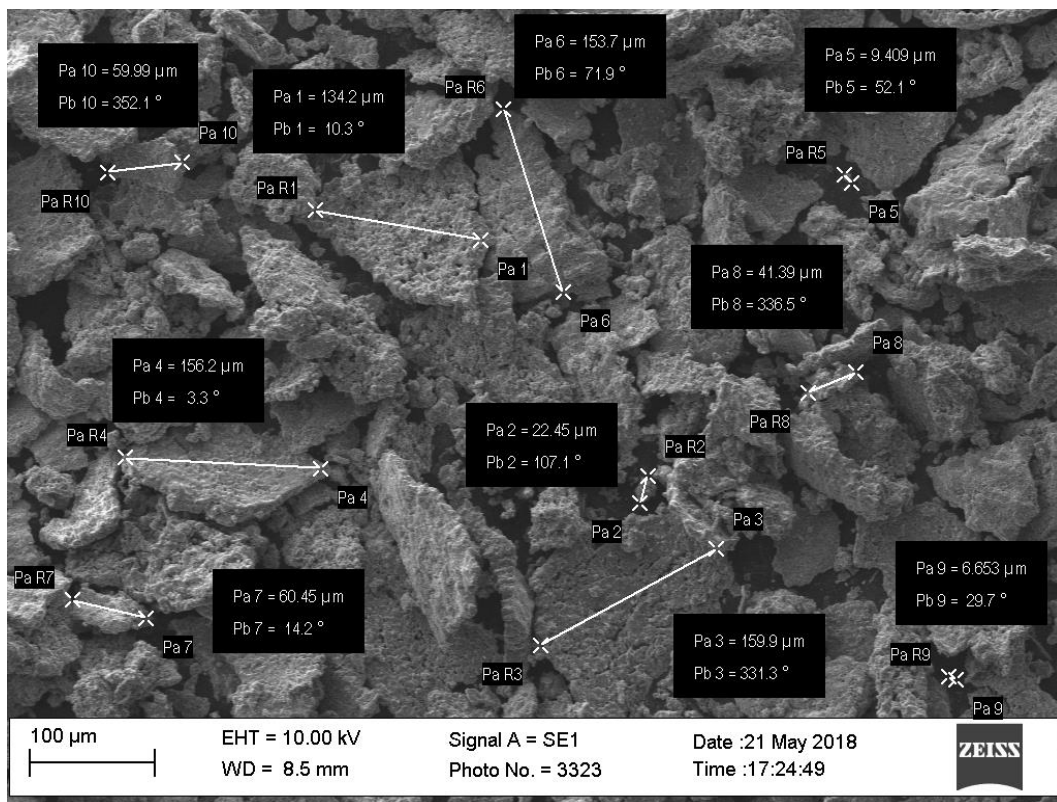
Электронлар дастасини SE1 орқали қайд этилган. Хар бир расмга махсус идентификацион рақам берилгиланади. Берилган расм олинган маштаби 100 микронга тенг.



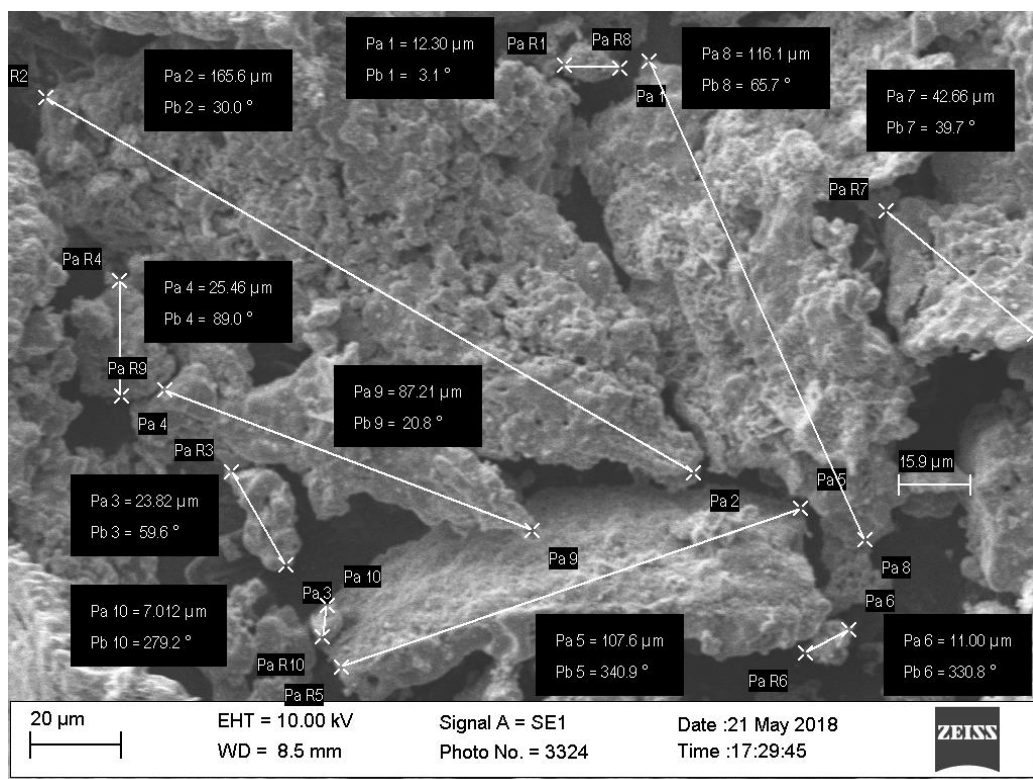
**Механикавий усулда олинган қийин эрийдиган металл  
кукунларининг ташқи шакли**



**Қийин эрийдиган металл кукунларининг гранулометрик таркиби.  
Кукунлар 95 мкм дан 193 мкм гача оралиғида тақсимланган**



**Механикавий усулда олинган қийин эрийдиган металл кукунларининг 100 мкм масштабда олинган фотосуратлари. Гранулометрик таркиби 6 мкм дан 153 мкм гача оралиғида тақсимланган**



**Қийин эрийдиган металл кукунларининг 20 мкм масштабда олинган гранулометрик таркиби. Кукунлар 7 мкм дан 165 мкм гача оралиғида тақсимланган**



## ХУЛОСАЛАР

1. Қаттиқ қотишмаларнинг таркиби, тузилиши ва хоссаларини ўрганишнинг усуллари келтирилди бу намуналарда фазалар миқдорини ҳажмларда аниқлашнинг янги усули орқали амалга оширилди;
2. Қотишмалар таркибини оптималлаштириш тик кўтарилиш усули билан аниқланди;
3. Микротузилиш металлографик микроскоп МИМ–8 ва растровли электрон микроскоп РЭМ–200 да ўрганилди;
4. Куқунлар ва ярим маҳсулот нинг технологик ва ишлатилиниш кўрсаткичларини ўлчаш мавжуд бўлган стандарт усқуналар паркида амалга оширилди;

### Назорат саволлари :

1. Нано ўлчаминимага тенг?
2. Нано ўлчамли материаллар қандай олинади?
3. Дисперсли тизим нима?
4. Гел қандай тизим?
5. Заррачаларни квалификация қилиш турлари?

### АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

1. Inagaki & Kang, Materials Science and Engineering of Carbon: Fundamentals, 2nd Edition, Elsevier 2014
2. Callister William D. , Materials science and engineering, Wiley and Sons UK, 2015
3. T Fischer, Materials Science for Engineering Students, 1st Edition, Elsevier 2008

**4-мавзу: Куқун металлургияси усулида буюмлар олиш. Оғир (юқори харорат ва босим) шароитларда ишлатиладиган буюм ва деталлар учун материаллар танлаш.**

#### Режа:

1. Куқун металлургияси усулида буюмлар ясаш.
2. Оғир (юқори харорат ва босим) шароитларда ишлатиладиган буюм ва деталлар.
3. Легирловчи элементларнинг қотишма хоссаларига таъсири.

*Таянч сўз ва иборалар: металл куқуни, металлургия, температура, иссиқлик, пишириш, қотишма, легирловчи элементлар*

#### 4.1. Куқун металлургияси усулида буюмлар олиш

Куқун металлургияси усулида хомакилар, шунингдек, аниқ ўлчамли турли деталлар тайёрланади. Куқунли металлургия ғовак материаллар ва улардан деталлар, шунингдек, иккита (биметаллар) ёки турли металллар ва қотишмаларнинг бир неча қатлами кўринишидаги деталлар тайёрлаш имконини беради. Куқунли металлургия усуллари оташга чидамлилиги, ейилишга чидамлилиги юқори, каттиқлиги катта, белгиланган барқарор (магнит хоссали, шунингдек алохида физик–кимёвий, механик ва технологик хоссали – деталлар олиш имконини беради. Бундай деталларни қуйиш ва босим остида ишлаш йули билан олиш мумкин эмас.

Шихтани тайёрлаш. Маълум кимёвий ва гранулометриқ таркибдаги ҳамда технологик хоссаларга эга бўлган куқунларнинг дозаланган порциялари барабанларда, тегирмонларда ва бошқа қурилмаларда аралаштирилади. Шихтани бир текис аралаштириш зарурати туғилса спирт, бензин, глицерин ва дистилланган сув қўшилади. Баъзан аралаштириш процессида турли вазифани ўтовчи технологик қўшилмалар қўшилади: прессланишни енгиллаштириш мақсадида пластификаторлар (парафин, стеарин, глицерин ва бошқалар), керакли ғовакликка эга бўлган буюмлар олиш учун осон суюқланадиган қўшилмалар, учувчи моддалар қўшилади.

Хомаки ва буюмларни шакллантириш. Куқунлар совуқлайин ёки иссиқлайин прокатлаш ҳамда бошқа усуллар билан прессланади.

Совуқлайин пресшлашда пресс форма матрицасига шихта солинади ва иш пуансони билан прессланади. Босим олингач, буюм суриб чиқарувчи пуансон билан матрицадан чиқарилади. Пресшлаш жараёнида куқун заррачалари эластик ва пластик деформацияланади. Бунда куқун заррачалари орасидаги жипслашиш ортади, ғоваклик камаяди. Бу эса керакли шакл ва мустахкамликдаги хомаки олиш имконини беради. Хомаки гидравлик ёки механик (эксцентрикли, кривошипли) прессларда прессланади. Пресшлаш босими куқун таркиби ва буюм вазифасига кўра 200-1000 МПа бўлади.

Автоматик ҳаракатланадиган пресслар кенг тарқалган. Қабул қилувчи бункер 1га солинадиган шихта ўз оғирлиги билан тўлдирувчи шлангга ўтади. Шланг пресс-қолип 3 устида тугайди, у пресс столи 4 буйлаб сурилиши мумкин. Пастки суриб чиқарувчи пуансон 5 вазияти тўкиладиган кукун миқдорини белгилайди, яъни ушбу ҳолда пресс-қолипни дозалаш ва уни тўлдириш бир вақтда бажарилади. Пресс-қолип тўлгач, шланг четга сурилади ва юқори иш пуансони билан кукунни қисиш имконияти туғилади. Хомаки пастки пуансон билан суриб чиқарилади, қолипни яна тўлдириш учун шланг сурилади, хомаки бир йула столдан махсус новга суриб туширади. Бундай пресслар баъзан бир неча пресс-қолип ўрнатилган айланувчи столлар билан жихозланади. Автоматик прессларнинг иш унуми бир соатда бир неча минг хомаки чиқарадиган даражада бўлиши мумкин.

Иссиқлайин пресслашда пресс-қолипда буюм шакллантирилибгина қолмай, пиширилади ҳам, бу эса физик-кимёвий хоссалари юқори бўлган ғоваксиз материал олиш имконини беради. Иссиқлайин пересслашни вакуумда, ҳимоя қилиш ёки қайтариш атмосферасида, кенг температура оралиғида (1200–1800°С), совуқлайин пресслашга нисбатан анча паст босимда бажариш мумкин. Одатда, кукунлар керакли температурагача қиздирилгач босим остида сиқилади. Бу усуллардан кийин деформацияланадиган металллар (боридлар, карбидлар ва бошқалар) дан буюмлар тайёрлашда фойдаланилади.

Металл кукунларини прокатлаш совуқлайин ёки иссиқлайин деформациялаш усули билан тасма, сим, полоса кўринишидаги буюмлар олишнинг узлуксиз процессидир. Прокатлаш вертикал, қия ва горизонтал йуналишларда бажарилади. Вертикал ҳолатда прокатлаш буюмни шакллантириш учун энг яхши шароит хисобланади. Аввалига кукун бункердан айланма сиқувчи валиклар орасидаги зазорга тушади, хомаки холига келтириш учун қисилади, сўнгра пишириш учун печга йуналтирилади, кейинчалик тоза валикларда прокатланади. Прокатлашда кукун ҳажми бир неча марта кичраяди. Тасмани прокатлашда валик диаметрининг тасма қалинлигига нисбати 100:1 дан 300:1 гача бўлиши керак. Кукунларни прокатлаш тезлиги қуйма металлларни прокатлаш тезлигига нисбатан анча кичик бўлиб, кукуннинг оқувчанлиги билан

чекланади. Шунинг учун айланувчи валиклар сиртининг чизиқли тезлиги металл кукуннинг бункердан чиқиб, валиклар орасидаги зазорга сурилиш тезлигидан кичик бўлиши керак. Прокатлаш усули билан бир ва кўп қатламли буюмлар, қалинлиги 0,025–3 мм, эни 300 мм гача бўлган тасмалар, диаметри 0,25 мм ва ундан катта бўлган симлар ва хаказолар олиш мумкин. Процесснинг узлуксизлиги уни автоматлаштиришни ҳамда юқори унумдорлигини таъминлайди.

Деталь ва буюмларга керакли мустаҳкамлик ва қаттиқлик бериш учун улар пиширилади. Пишириш операцияси буюмни асосий компонент суюқланадиган температуранинг 0,6–0,8 қисмига қадар қиздириш ва шу температурада маълум вақт ушлаб туришдан иборат. Пишириш қаршиликли электр печларда индукцион қиздириш ёки бевосита пишириладиган буюм орқали ток ўтказиш йули билан амалга оширилади. Металл кукунлар оксидланмаслиги учун пишириш аргонли, гелийли муҳитларда, вакуумда ёки водород муҳитида бажарилади. Тоб ташламаслиги учун юпқа ва ясси деталлар босим остида пиширилади. Буюмларга узил–кесил шакл ва аниқ ўлчамлар бериш учун улар пардозлаш операцияларидан ўтказилади; калибрланади, кесиб ишлов берилади, кимёвий термик ишланади, электрофизик усуллар билан керакли ўлчамига етказилади, қайта прессланади.

Калибрлаш прессланган буюмни пресс–қолипдаги мос қирқимли тешиқдан сиқиб ўтказишдан иборат. Калибрлаш натижасида буюмнинг ўлчамлари аниқлашади, сирти силлиқланади, ғоваклиги камаяди.

Прессланган заготовкалардан мураккаб шаклли деталлар (чўзиш учун волокалар, қаттиқ қотишмали қистирмалар, штампларнинг матрицалари ва хоказолар) олиш; ички ва ташқи резъбалар қирқиш; диаметри кичик, лекин чуқур тешиқлар олиш учун уларга кесиб ишланади.

Кимёвий–термик ишлаш (азотлаш, хромлаш, цианлаш ва хоказо) металллардаги каби бажарилади. Ғовакликнинг мавжудлиги, демак, ёйилган сиртнинг мавжудлиги кимёвий термик ишлаш процессини актив амалга ошириш имконини беради.

Электр учқунли ва электр импульсли электрофизик усуллар мураккаб шаклли деталлар олиш учун қўлланилади. Электр учқунли усулда ишлаш моҳияти иккита электрод орасида электр импульсли учқунли разряддан фойдаланишдан иборат. Бунда ишлов бериладиган хомаки анод, асбоб, катод вазифасини ўтайди. Электр импульсли усулда ишлашда электродларни улашда тескари кутблиликдан фойдаланилади. Бу усуллар ток ўтказувчи электродлар орқали импульсли электр токи ўтказилганда уларнинг эрозияланишига (емирилишига) боғлиқ. Ҳосил бўлган разряд туфайли ишлов бериладиган хомаки-электрод сиртида жуда қисқа вақт оралиғида температура 10000–12000°С гача кўтарилади, шу онда металл суюқланади ва буғланади. Заготовкадан ажралиб чиққан металл диэлектрик суюқлик муҳитида зарралар кўринишида қотади.

Қайта пресслаш усулидан мураккаб шаклли деталлар олишда фойдаланилади. Қайта пресслаш натижасида хомакининг керакли ўлчамлари ва шакли таъминланади. Биринчи марта прессланганда хомакининг шакли оддий, ўлчамлари тахминий бўлади.

#### **4.2. Оғир (юқори харорат ва босим) шароитларда ишлатиладиган буюм ва деталлар**

Юқори харорат ва босим шароитларида ишлайдиган қаттиқ қотишма асосида олинган №25 кириш кутиси ролигини ишлаб чиқариш технологиясини такомиллаштириш ва сифатини яхшилаш учун пресслашдаги микроёриқларни олдини олиш, заррачалар орасидаги сирпаниш кучини камайтириш, мустаҳкамликни ошириш мақсадида, аралашма қайта аралаштирилади.

*Аралашмани қайта аралаштириш технологик жараёни қуйидагидан иборат:*

Шнекли аралаштиргичга 15 кг куритилиб, сараланган аралашма ва 25 кг нам аралашма, ҳамда ворёнка орқали 4,5-5 литр синтетик каучукни бензиндаги эритмаси қуйилади. Аралаштириш 20-30 дақиқа давом этади.

Аралаштиришдан кейин аралашма бугли шкафта куритилади. Периодик кориштириш вақти 20-45 дақиқа.

Утган бирламчи тайёргарликдаги аралашма учун куритиш ва саралаш жараёни бир хил. Сараланган аралашма копкоги зич ёпиладиган тележка-контейнерга солинади. Хар бир контейнерга партия номери, аралашма маркаси, ишчининг фамилияси ва санаси курсатилган этикетга ёпиштирилади.

Шундай куринишда аралашма гидравлик прессда прессланади. Аралашган аралашма ранги бир турда булиши керак ва кесаклари булмаслиги керак. Аралашма чангиши ва нержавейкали пулатдан юзаси силликланганда ёпишкок булиши керак эмас.

*Нуксон турлари ва уларни бартараф этиш усуллари.*

Куритилгунча аралашма чангланади: шнекли аралаштиргичда аралаштирилгунча бензин билан намланаётганда. Аралаштириш олди режими цех технологи томонидан аникланади.

Нам аралашма: астойдил қориштиришда аралашма кўшимча равишда буғли шкафда куритилади.

*«№25 кириш кутиси ролиги» буюмини пресслаш жараёни.*

Ташки куч таъсирида пресс-формада буюмнинг аник шакли тайёрланади.

Пресслаш 3200 МПа кучланишда гидравлик прессда амалга оширилади. Пресслаш юкори пуансон пресс-формалар вертикал йуналишда 110-115атм босим остида амалга оширилади. Прессланган буюм 2 дона карама-карши томондаги графитга эхтиёткорлик билан ёткизилади.

*Техник талаблар.*

Прессланган буюм мустахамликка эга булиши, кейинги технологик операцияларни амалга ошириш имкониятларини таъминлаши керак. Прессланган буюмлар шакл ва улчамга, чизмадаги талабларга мувофик булиши керак. Буюм катламга, ифлосланишга, ёрикларга, ёпишкоколикка, нотутри улчамга эга булмаслиги керак.

*Нуксон турлари ва уларни бартараф этиш усуллари.*

1. Аралашмани пресс-формага нотекис жойлашиши, хатоликлар, буюмнинг бази кисми бир хил зичликда прессланмаганлиги ва юкори босим натижасида ёриклар пайдо булади:

-пресслаш босимини камайтириш оркали аралашмани пресс-формага текис жойлашишига мувокат булади.

2. Зичлик жуда юкори булган жойларда, сунгра катта тезликда босим ошганда, пресс-формада кукун нотекис жойлашганда, шунингдек нам ёки куритилган кукун-аралашманинг окувчанлиги ёмон булганда катлам хосил булади;

-пресс-формага кукунни текис жойланишига эришилади, аралашманинг окувчанлиги яхшиланади, юкори пуансон ходлари сони дакикасига камайтиради.

### 3. Ифлосланиш:

Технологик жараён талабларига амал килинади ва курилма ва тараларда кирлар, ёглар булишига рухсат берилмайди.

Буюрилмаган тарадан фойдаланиш такикланади.

Нотугри улчамдаги буюмлар- диккат билан назорат килинади.

«№25 кириш кутиси ролиги» буюминини қуритиш жараёни.

Бу жараённинг ахамияти–буюмни мустахкамлаш ва харорат таъсирида пластификацияловчи моддани қисман йукотиш.

Прессланган «№25 кириш кутиси ролиги» буюминини қуритиш 48 соат мобайнида 3-3,5 кгс/см<sup>2</sup> буг босимида буғли шкафда амалга оширилади.

Қуритилган буюм биринчи киздиришга юборилади. Қуритилган буюм мустахкамликка эга бўлиши ва кейинги бўладиган технологик операцияларни таъминлаши керак.

*Нуқсон турлари ва уларни бартараф этиш усуллари.*

Қуримай қолган буюмлар: қуритиш жараёнига қайтарилади.

*Бошлангич киздириш.*

Киздириш ёрдамчи жараёнлар билан содир бўлади: каучукнинг ёниши, кислороднинг йукотилиши ва бошқалар.

Махсус идишга корракс 3-5 мм қалинликда юза бўйлаб текисланади. Махсус идишга ёткизилган буюм графит пластинкаси билан қопланади.

«№25 кириш қутиси ролиги» буюми махсус идиш деворига тегиб турмаслиги керак. Киздириш бир боскичда электр печларда олиб борилади. Махсус идиш механик харакатланади.

Киздириш режими: I зона 290-300<sup>0</sup>С; II зона 690-700<sup>0</sup>С; III зона 1080-1100<sup>0</sup>С.

Силжиш харакати 1 махсус идиш/соат; водород сарфи 3-3,5 м<sup>3</sup>/соат.

Қиздирилган буюм техник назорат ва токарлик ишлов беришга юборилади. Хар бир буюмли махсус идишга партия номери, буюм номери, киздириш санаси, киздирувчининг фамилияси кўрсатилган сертификат берилади. Қиздирилган буюм мустахкамликка эга бўлиши ва кейинги технологик операцияларни таъминлаши керак.

*Жараён назорати ва махсулот сифати.*

1. Киздирилган буюм сифат назоратини ОТК олиб боради. № 045 сетка ва 3 мм диаметрли тешикли сетка орқали саралаш йўли билан сепилишлар сифати текширилади. 8-10 суткада бир марта уста томонидан текширилади.

2. Буюмни махсус идишга тўғри жойлаштириш сифати уста томонидан сменасига 1-2 маротаба амалга оширилади.

3. I ва II зоналарда киздириш харорати КСП-3 электрон автоматик потенциометр ва термоэлектр ўзгартирувчи (термопара) ёрдамида сменасига 1-2 маротаба ишчи уста томонидан доимий назорат қилиб турилади. III зонада «Проминь» оптик пирометр ёрдамида харорат ўлчови қиздирувчи томонидан ва суткасига 1 марта ОТК томонидан олиб борилади. Харорат максимал киздириш зонасида жойлашган ёрқинрок участка бўйича кўриш ойнаси орқали ўлчанади.

4. Махсус идишнинг силжиш харакати тезлиги юклаш вақтида ва печдан махсус идишни бўшатиш назорат қилинади. Уста сменасига 1 маротаба, ОКТ назоратчи танлов асосида.

5. РС-5 ротаметр бўйича водород сарфи сменасига 1-2 маротаба уста ва танлов асосида ОТК назоратчиси томонидан назорат қилинади.

Нуқсон турлари ва уларни бартараф этиш усуллари.



Пишмай қолишлик – Харорат буйича киздириш режими ва махсус идиш харакат тезлиги кучли талабга риоя килиниши.

Ўта куйиш– якуний нуксон хисобланади.

Киришганлик – Прессланган буюм зичлигини нотекис боғланганлиги ва натижада турли хил чўкишлар, яъни усадкалар, баъзида буюм ўзининг оғирлиги таъсирида бўлиши хисобланади.

«№25 кириш кутиси ролиги» га токарлик ишлов бериш.

«№25 кириш кутиси ролиги» га токарлик ишлов бериш №10 цехда ишлаб чиқарилади.

*«№25 кириш кутиси ролиги» хомашёсини якуний киздириши.*

Якуний киздириш натижасида, котишма структурасининг шаклланиши ва суюқ фаза орқали кайта кристалланиш хисобига «№25 кириш кутиси ролиги» хомашёсида тўлик зичланиш содир бўлади.

Токарлик ишлов беришдан ўтган заготовклар, графитли махсус идишга горизонтал ёткизилади, тўлдирилган бошланғич корракс баландлиги тахминан 1/3. Буюм орасидаги масофа 10 мм дан кам бўлмаслиги керак.

*«№25 кириш кутиси ролиги» хомашёсини киздириш режими буйича амалга оширилади:* I зона 290-300<sup>0</sup>С; II зона 690-700<sup>0</sup>С; III зона 1530<sup>0</sup>С; Силжиш харакат тезлиги 1 махсус идиш/соат; водород сарфи 2,8-3,0 м<sup>3</sup>/ч.

Печнинг III зонасидаги киздириш харорати олинган буюм техник характеристикаларига караб цех технологи томонидан аникланади Киздирилган буюм корраксдан ажратилади ва шлифлаш операциясига юборилади.

Эслатма: Якуний киздирилган буюм икки қаватли қоғозга ёткизилади ва буюм икки қават вароқ билан ёпилади.

*Техник талаблар.*

1. Кимёвий таркиб ва физик-механик хоссалар ГОСТ 3882 талабларига жавоб бериши керак.

2. Киздирилган буюм формаси ва ўлчами чизма талабларига жавоб бериши керак.

*Жараён назорати ва махсулот сифати.*

1. Киздирилган №25 кириш қутиси ролиги сифатини ОТК назорат қилади.

2. №045 сеткаси ва диаметри 3 мм тешикли сетка орқали саралаш йули билан корракс сифати текширилади. 8-10 суткасига 1 маротаба уста томонидан;

3. Визуал кўриш йули билан махсус идишга №25 кириш қутиси ролигини тўғри ёткизилгани сменасида 1-2 маротаба уста томонидан ва танлов асосида ОТК назоратчи томонидан назорат қилинади;

4. I ва II зоналарда киздириш харорати КСП-3 электрон автоматик потенциометр ва термоэлектр ўзгартирувчи (термопара) ёрдамида сменасига 1-2 маротаба ишчи уста ва суткасига 1 маротаба ОТК назоратчиси томонидан доимий назорат қилиб турилади.

Максимал киздириш зонасида жойлашган энг ёрқин участка бўйича уриш ойнаси орқали харорат ўлчанади. Пирометрнинг ўзгарувчан равшанлиги йўқолиши, максимал киздириш зоналардаги ёрқинлик билан қўшилиб кетиши керак. Бунинг учун кўриш ойнаси ва пирометрдаги хатоликлар ҳисобга олинади;

5. Махсус идишнинг силжиш харакати тезлиги юклаш вақтида ва печдан махсус идишни бўшатиш назорат қилинади. Уста сменасига 1 маротаба, ОКТ назоратчи танлов асосида назорат қилади.

*Нуксон турлари ва уларни бартараф этиш усуллари.*

Пишмай қолишлик – Печкада махсус идиш харакат тезлиги ва харорати бўйича киздириш режимига риоя қилмаслик натижасида намоён булади.

Пишмай қолишлик натижасида – физик-механик хоссалар ва эгилишдаги зичлик пасаяди. №25 кириш қутиси ролигини цех технологи кўрсатмасига кўра режим бўйича босиб чиқариш керак;

- Ўта куйиш – ўрнатилган режимга қарши хароратнинг кучли ошиши натижаси ҳисобланади, Сабаблари – пуфакчалар, бўртиқлик, юқори говаклик. Якуний нуксон ҳисобланади.

- №25 кириш қутиси ролигини шлифлаш.

*Тайёр махсулот сифати*

№25 кириш кутиси ролиги - тайёр махсулот характеристикаси жадвалда келтирилган.

Жадвал

№25 кириш кутиси ролиги - тайёр махсулот характеристикаси

Котишма маркаси ва аралашма таркиби, %	Физик-механик хоссаси		
	Эгилишдаги муштаккамлик чегараси, кГ/мм <sup>2</sup>	Зичлик, г/см <sup>3</sup>	Каттиклик, HRC
Котишма тизими: Mo-TiC-Ni-W-Fe	115	7,5-8,0	84

Тайёр махсулот каттиклиги ГОСТУ 20017 бўйича аниқланади.

Тайёр махсулот ўлчами ГОСТ 166 бўйича аниқланади.

Тайёр махсулот юзасини визуал кўриш.

Mo-TiC-Ni-W-Fe тизимли киздирилган молибден котишмасини олиш учун янги технология ишлаб чиқилди. Юкори даражадаги хоссага эришиш учун композитларни тайёрлаш технологияси ва уларни киздириш режимлари ахамиятли рол уйнайди. Куқунли аралашма лаборатория ва кичик габаритли шарли майдалагичда аралаштирилади. Композит таркибига кирувчи компонентлар икки гуруҳга бўлинади: биринчисига Ni, W ва Mo, иккинчиси TiC. Иккала гуруҳ компонентлари турли хил майдалагичларга юкланади ва 10-12 соат вақт давомида этил спирти мухитида аралаштирилади. Кейин таркиблар кушилади ва яна 6-8 соат якуний аралаштириш давом этади. Ундан сўнг аралашма 8-12 соат вақт давомида 100–120 °С хароратдаги дистилляторда қуритилади. Қуритилган аралашма 8% каучукни бензиндаги эритмасида аралаштирилади, ундан сўнг 20-30 дақиқа мобайнида 100–120°С хароратдаги қуритгичда қуритилади. Тайёр аралашма П4626 пресс-агрегатда 100 кгс/мм<sup>2</sup> босим остида прессланади. Пресслашдан кейин буюм 18-24 соат мобайнида 100–120°С хароратдаги буғли шкафта қуритилади, кейин 1000–1100°С

хароратдаги водород атмосферасида бошлангич киздирилади 1 соат мобайнида. Якуний киздириш режими тайинланган буюмга боглик холда танланади. Юкори харорат ва босимда ишлайдиган, шакл бериладиган асбоблар учун киздириш режим буйича олиб борилади: вакуум-мухити  $10^{-3}$  мм. рт. Ст дан кам булмаслиги; 1450–1500<sup>0</sup>С хароратдаги киздириш харорати; ушлаб туриш 1-0,5 соат; киздириш вакти 2–3соатлар. Тадкикотни 1-боскичи якунлангандан кейин биринчи навбатдани топширик таркиб кимматини, олинган котишмани физик-механик даражаси ва технологик характеристикасини амалга ошириш бўлди.

Қаттиқ қотишма асосида олинган роликларни ишлаб чиқариш технологиясини такомиллаштириш натижасида молибден кукунларидан тайёрланган намуна ва унинг тадқиқ қилинган механик характеристикаларини таққослаш натижалари:

1) металлокерамик материал буйича:

- қаттиқлик – 90 HRC;
- эгилишдаги мустахкамлик – 800 МПа;
- зарбий қовушқоқлик – 0,58 кГм/см<sup>2</sup>;

2) ВК6 қаттиқ қотишма буйича:

- қаттиқлик – 89 HRC;
- эгилишдаги мустахкамлик – 1200 МПа;
- зарбий қовушқоқлик – 0,57 кГм/см<sup>2</sup>.

3) қиздирилган молибден котишмаси тизими Мо-TiC-Ni-W-Fe буйича:

Чизикли кенгайиш коэффициентини, град<sup>-1</sup> –  $6,0 \times 10^{-6}$ ;

зичлик, г/см<sup>3</sup> – 7,5 – 8,0;

қаттиқлик, HRC – 83 – 84;

эгилишдаги мустахкамлик, МПа – 1150.

№25 кириш кутиси ролиги деталини олиш учун пресс-формадаги ишчи чизмаси ишлаб чиқилди.

Қаттиқ қотишма асосида олинган роликларни ишлаб чиқариш технологиясини такомиллаштириш мавзуси буйича бажарилган битирув малакавий иши натижасида АО «Узметкомбинат» га эксплуатация қилинадиган «№23 кириш кутиси ролиги», шунингдек, «№25 кириш кутиси ролиги»

деталини ишлаб чиқариш, прокат валлари каттик қотишма комплектини ишлаб чиқариш ва технологиясини ишлаб чиқиш қабул қилинди.

### **4.3. Легирловчи элементларнинг қотишма хоссаларига таъсири**

Кукур материалларидан тайёрланган қаттик қотишмаларнинг хоссаларига уларга қўшилган легирловчи элементларнинг таъсирини ўрганиш мақсадида қаттик қотишманинг асосий компонентлар бўлган Мо и ТiС дан ташқари композиция таркибига технологик ва ишлатилиш характеристикаларини яхшилаш мақсадида Ni, Fe, и W лар ҳам киритилди:

Ni – қовушқоқликни, юқори ҳароратда механик мустаҳкамликни, емирилишга қарши чидамликни (юқори ҳароратда ишлатиладиган деталларни) таъминлайди;

Ti - иссиққа чидамликни, юқори ҳароратда механик мустаҳкамликни, емирилишга қарши чидамликни таъминлайди ва мустаҳкамлик ҳамда эгилувчанлик характеристикаларини оптимал нисбатларини таъминлаш имконини беради;

W –қаттикликни, иссиққа чидамликни ваеирилишга чидамликни таъминлайди

Mo - эгилувчанликни, иссиққа чидамликни ваемирилишга чидамликни таъминлайди.

ҳақиқатда, тажриба ўтказилаётган вақтда:

никель (Ni) – кукунли аралашмани зарур бўлган технологик ишловга мойиллиги ва эгилувчанлигига эришиш учун киритилди. Никелнинг қотишмага киритилиши яхши прессланишни таъминлайди,пиширилганда эса чала маҳсулотнинг зарур бўлган зичлигини таъминлайди, бу ишлатилиниш хоссаларини яхшиланишига олиб келади;

темир (Fe) - титан карбиди заррачалари юзаларида оксидларни тиклаш ҳисобига технологик ишловга мойилликни оширишучун ҳамда титан-молибденни узлаштириш ҳисобига асбобни қаттик қоришмали мустаҳкамлаш мақсадида композицияга киритилади;

вольфрам (W)– молибденли асосни қаттик қоришмали мустаҳкамлаш ва қотишмани қаттикчилигини ошириш учун композицияга қўшилади.

Олдиндан ўтказилган тажрибалар шуни кўрсатдики худди шундай таркибли кукунли композицияни пишириш йўли билан эвтектик қотишмани яратиб бўлмайди, чунки пиширилган қотишма бирорта кўрсаткич билан ҳам талабларга жавоб бермади. Шу туфайли бир томондан ТiС миқдорини ошириш

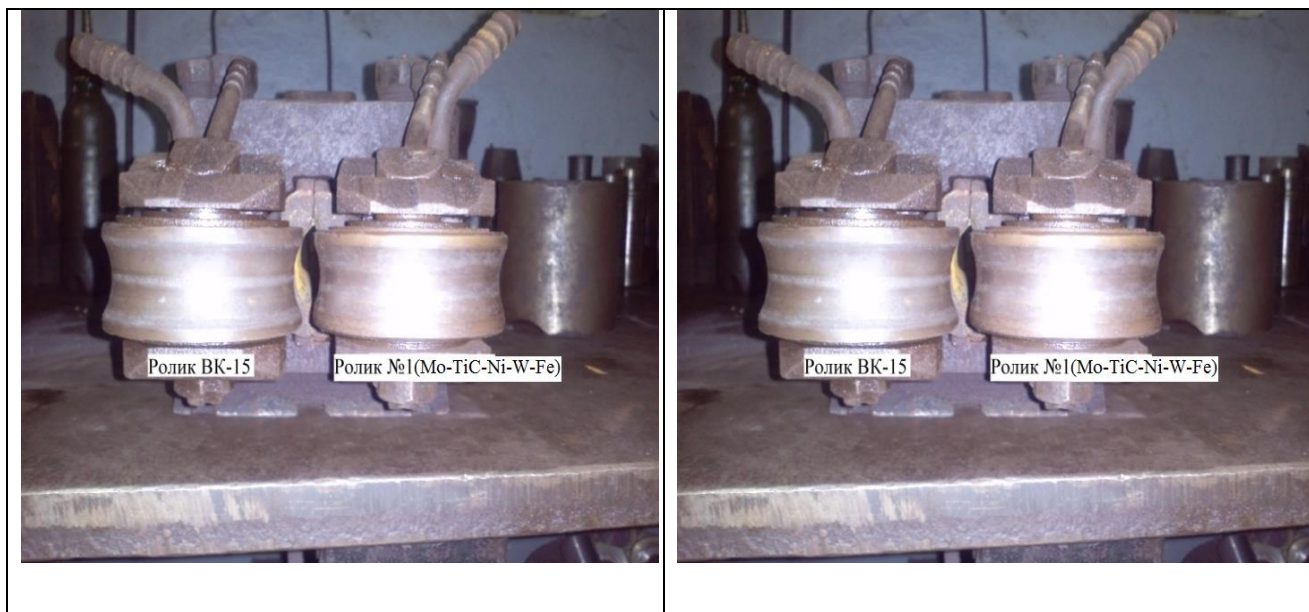
йуналиши бўйича, бошқа томондан эса технологик ва эгиловчанликни яхшиловчи қўшимча қўшилмалар киритиш йуналиши бўйича қотишма ўрнини босувчини ишлаб чиқилиши бўйича ишлар олиб борилди.

Қотишмаларни қиёсий баҳолаш икки курсаткич бўйича: эгилишга мустахамлик ( $\sigma_{\text{эГ}}$ ), ва қаттиқлик (HRC) бўйича ўтказилди. Маълумки, бу кўрсаткичлар иссиқ қаттиқлик ва иссиқликка чидамлик каби асбобга иссиқ ҳолатида босим билан ишлов беришда ишга яроқлилиқни ва кўпга (узоққа) чидамликни аниқлаб берувчи кўрсаткичлар билан узвий боғлиқдир. Шунинг учун қотишмани ишлаб чиқиш вақтида баҳолаш мезони қилиб  $\sigma_{\text{эГ}}$  ва HRC олинди. Таркибни оптималлаштириш тажрибани математик режалаштириш усулини қўллаш билан олиб борилди. Ишлаб чиқишдаги бошланғич таянч нуқта қилиб 62 % TiC, 4 % Fe, 22% Ni, 4 % W ва қолгани Mo бўлган таркибга эга қотишма олинди, бу қотишма назорат қилинадиган кўрсаткичларнинг етарлича мақбул даражаси қийматларини ўзида жамлаган эди ( $\sigma_{\text{эГ}}=900$  МПа, HRC=80).

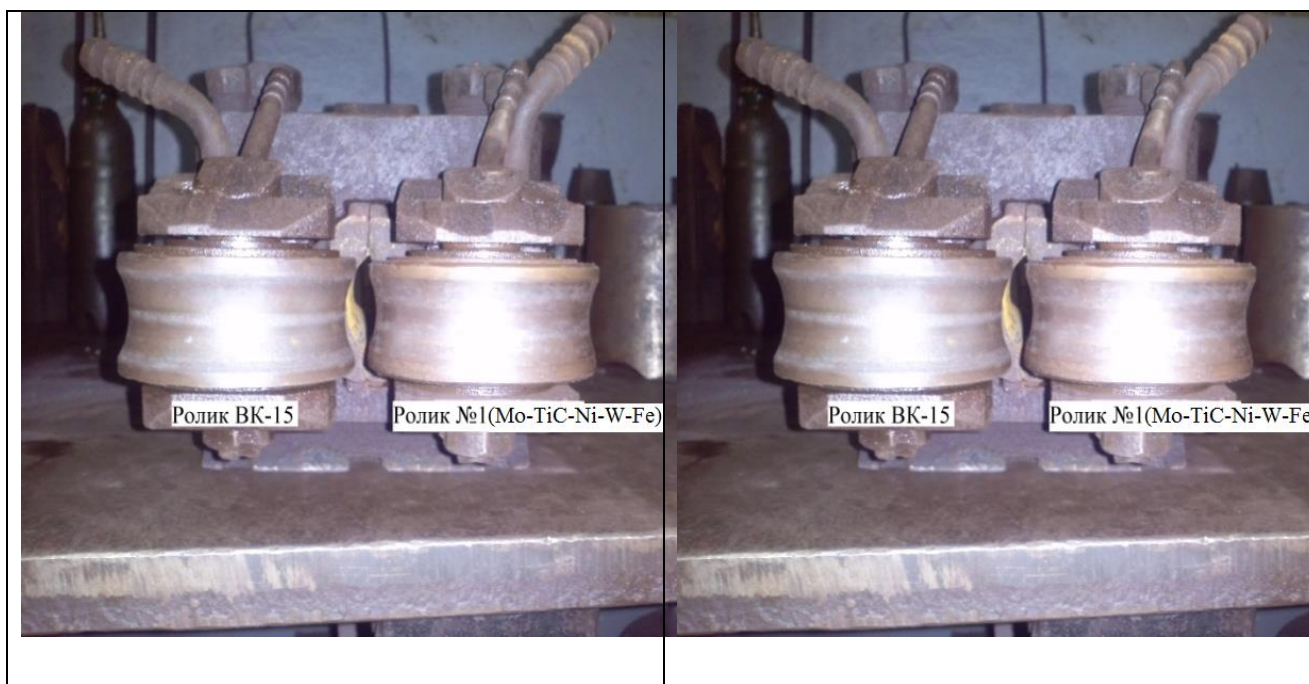
Охириги 10 йил давомида хар хил материаллар ва қотишмалардан тайёрланган роликларни чидамлилигини солишириш таҳлиллари

№ т/р	Маҳсулотнинг номи	Диаметр,мм	Ролик шакли	Материал	Ишлаш ресурси/ прокат миқдори, (т)	Синов ўтказилган вақт, йили
1	23-рақамли клет ролиги	80	ромб	Сталь 65Г	320	2008 й.
2	- // -	80	овал	Сталь 20ХН	230	2010 й.
3	- // -	80	овал	Қат.қотиш. (2-НПЦ)	3250	2009 й.
4	- // -	80	ромб	Қат.қотиш. (2-НПЦ)	3790	2009 й.
5	- // -	80	овал	Чўян	500	2010 й.
6	- // -	80	овал	ВК 6	24000	2011 й.
7	- // -	80	ромб	Сталь 65Г	200	2008 й.
8	- // -	80	ромб	Қат.қотиш. (2-НПЦ)	3950	2009 й.
9	- // -	80	овал	Қат.қотиш. (2-НПЦ)	4800	2009 й.
10	- // -	80	овал	Қат.қотиш. (2-НПЦ)	6270	2014 й.
11	- // -	80	ромб	Сталь 65Г	150	2008 й.
12	- // -	80	ромб	Қат.қотиш. (2-НПЦ)	1030	2009 й.
13	- // -	80	овал	Қат.қотиш. (2-НПЦ)	1300	2009 й.
14	- // -	65	овал	ВК15 сборный	20000	2012 й.
15	25-рақамли клет ролиги	65	овал	Сталь ШХ15	180	2016 й.

16	- // -	65	овал	Mo-TiC-Ni-W-Fe системали қотишма	8277 синов давом эттирилмоқда	2016 й.
----	--------	----	------	----------------------------------	-------------------------------	---------



**Расм Қаттиқ қотишмали роликларнинг 5547 т. прокат қилингандан кейинги суратлари**



**Расм Роликларнинг 8277 т. прокат қилингандан кейинги суратлари**

Тажриба бошлангандан буён 1-рақам остидаги Mo-TiC-Ni-W-Fe системали янги қотишмадан тайёрланган роликнинг умумий чидамлилиги – 8277 т. ни ташкил

қилди синов давом эттирилмоқда. Роликларнинг 8277 т. прокат қилингандан кейинги суратлари расмда келтирилган.

**Кўп компонентли Мо-TiC-Ni-W-Fe тизимидаги қотишма  
экспериментларни ўтказиш шартлари**

Омиллари	TiC,%	Mo, %	Ni, %	W, %	Fe, %
Асосий миқдор	65	10	22	1,5	1,5
Варияциалаш оралиғи	5	2	2	0,5	0,5
Юқори миқд.	70	12	24	2	2
Пастки миқд..	60	8	20	1	1

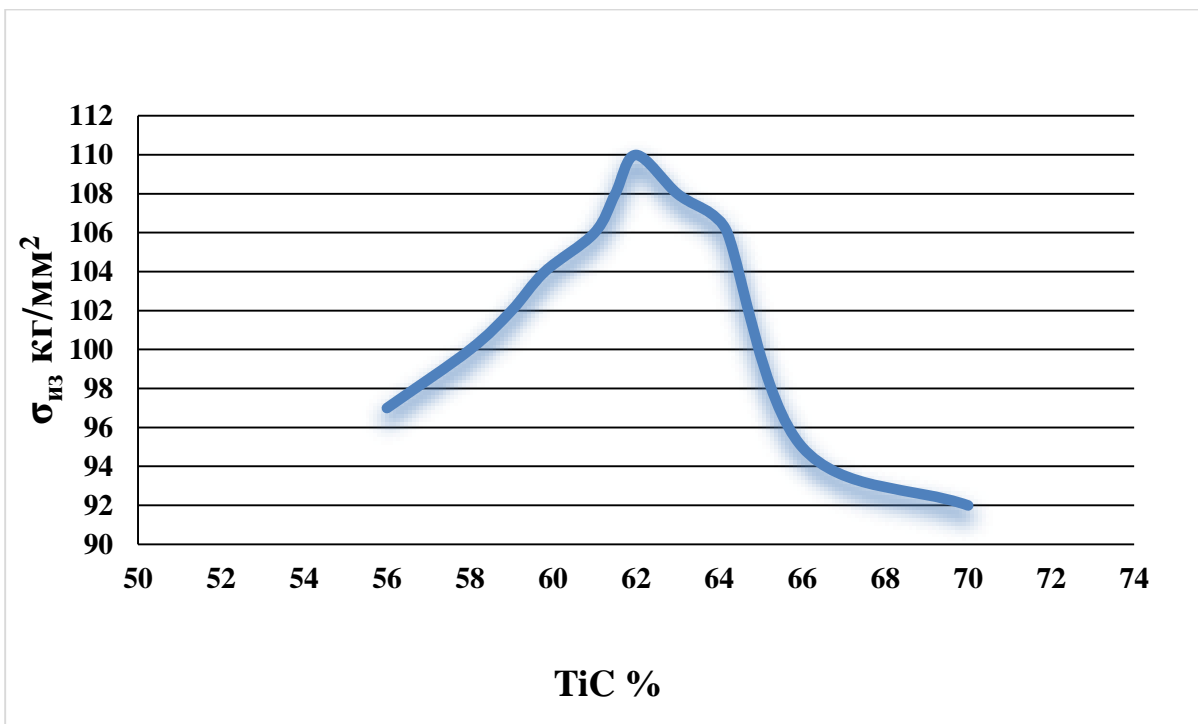
**Кўп компонентли Мо-TiC-Ni-W-Fe тизимидаги қотишма  
экспериментни ўтказиш режаси**

		TiC, %	Mo, %	Ni, %	W %	Fe, %	$G_{из}$
опыта	X	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	кгс/мм <sup>2</sup>
1.	+	70	12	24	2	2	96
2.	+	70	8	24	2	1	95
3.	+	60	12	24	1	1	105
4.	+	60	8	24	1	2	103
5.	+	70	12	20	1	2	96
6.	+	70	8	20	1	1	95
7.	+	60	12	20	2	1	104
8.	+	60	8	20	2	2	102

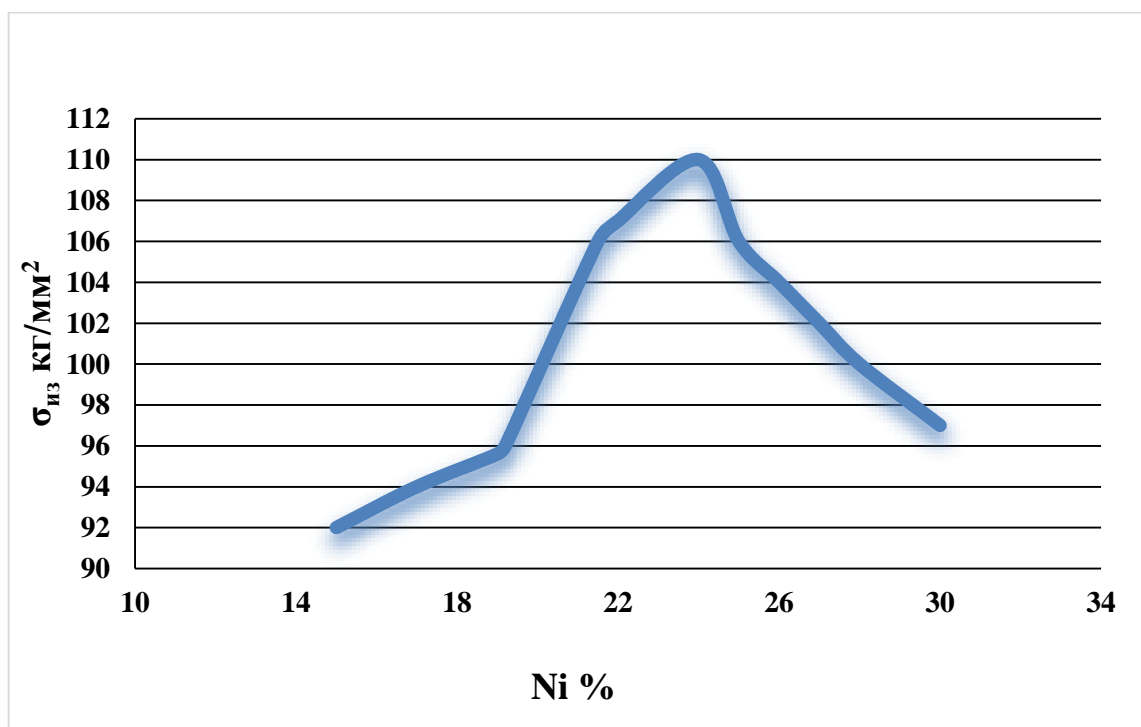
Экспериментларни режалашда қўлланиладиган «Тик кўтарилиш» усулини қўллаб композит таркиби оптималланди. Композит хоссалари  $G_{ст}=900\text{МПа}$  ва  $\text{HRC}=82$  миқдорга тенг бўлди.

Композиция қуйидаги таркибга эга бўлди: 60–70 % TiC, 20–24%Ni, 1–2 % W, 1–2 % Fe ва қолгани Мо.

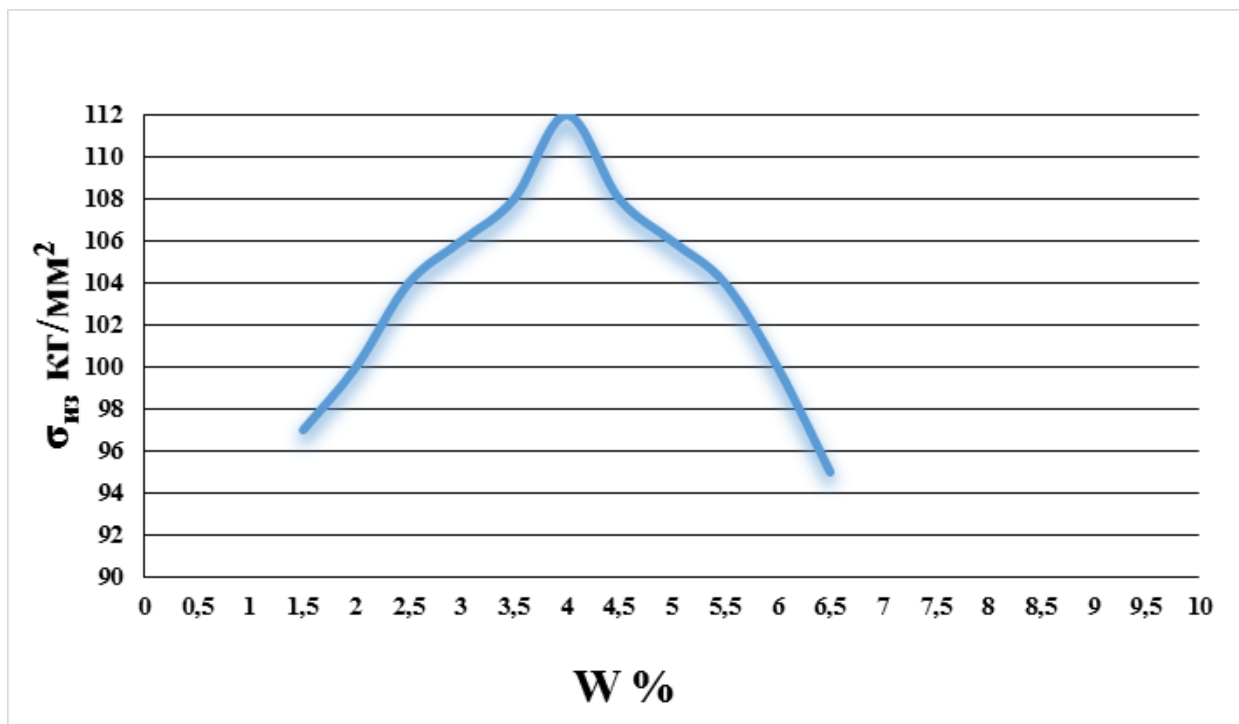




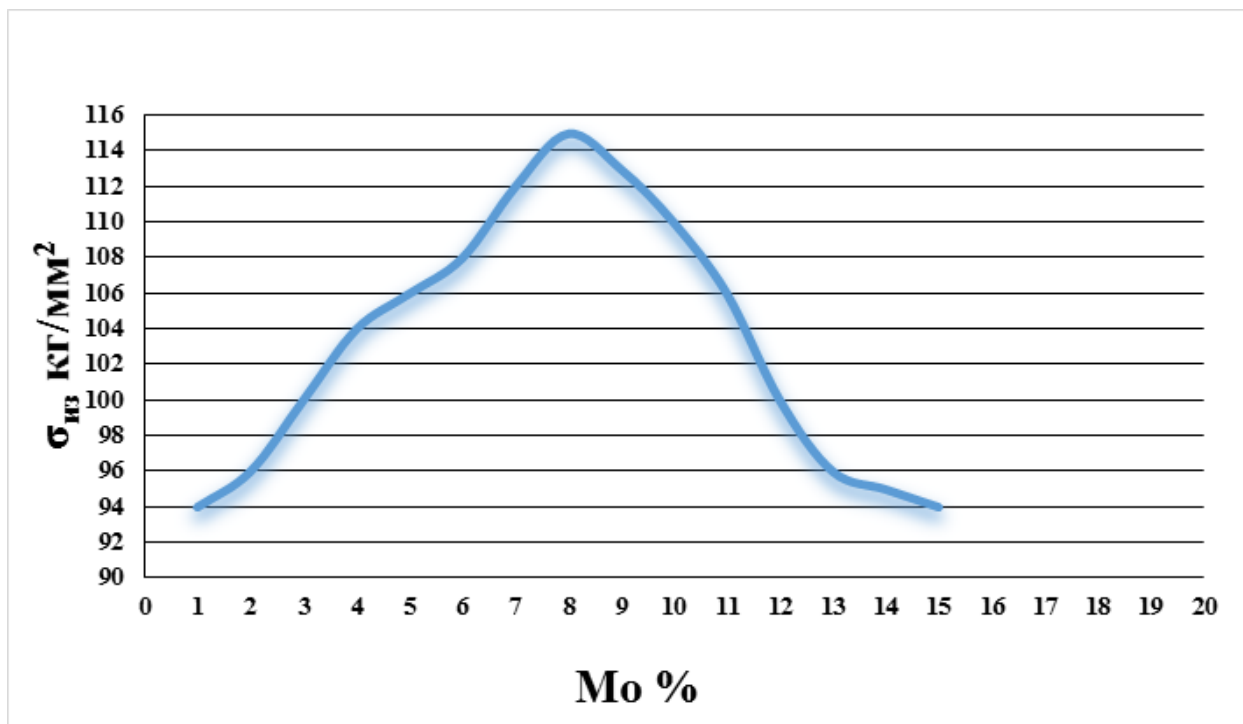
Эгилишдаги мустахамлик қиймати ҳисобининг ( $\sigma_{из}$ )  
TiC таркиби ўзгаришига боғлиқлик графиги



Эгилишдаги мустахкамлик қиймати ҳисобининг ( $\sigma_{из}$ )  
Ni таркиби ўзгаришига боғлиқлик графиги



Эгилишдаги мустахкамлик қиймати ҳисобининг ( $\sigma_{из}$ )  
W таркиби ўзгаришига боғлиқлик графиги



Эгилишдаги мустахкамлик қиймати ҳисобининг ( $\sigma_{из}$ )  
Mo таркиби ўзгаришига боғлиқлик графиги

Mo-TiC-Ni-W-Fe тизимли янги пиширилган котишмаси, металлокерамик материалдан тайёрланган намунанинг физик-механик хоссаларини унинг таркиби ва 1400<sup>0</sup>С қиздириш хароратига боғлиқлиги жадвали

№ шп	Қотишма компонентлари, оғирлиги, %						хоссаси		
	TiC	Mo	Ni	W	Fe	LaB <sub>6</sub>	зичлик, г/см <sup>3</sup>	қаттиқлик, HRC	мустаҳкамлик, $\sigma_{изг}$ , МПа
Аналог									
	46	47,0	1,5	1,0	4,5	0,2	6,5	80	800
Таклиф этилган металлокерамик материал									
1	39	44	11	3	3	-	5,6	82,0	970
2	41	41	10	4	4	-	5,5	82,5	980
3	40	42	11	3	4	-	5,5	83,5	1000
4	40	41	11	4	4	-	5,5	83,8	1030
5	42	41	11	3	3	-	5,5	84,0	1045
6	42	39	12	4	3	-	5,5	84,0	1050
7	45	38	11	3	3	-	5,6	82,0	980
8	45	35	12	4	4	-	5,6	82,0	970

Жадвалдан куришиб турибдики, эгилишга мустаҳкамлик, зичлик, каттиқлик даражаси буйича энг яхши курсаткичлар Mo-TiC-Ni-W-Fe тизимли янги киздирилган кукун котишмаси, металлокерамик материаллари компонентларидан фойдаланиб, олинган детал намуналарида.

Тадқиқот натижаси кўрсатдики, тажрибали намунанинг қаттиқлик чегараси 82-84, HRC; зичлик (нисбий оғирлик) - 5,5-6,5 г/см<sup>3</sup> ва эгилишдаги мустаҳкамлик  $\sigma_{изг}$ =1000-1050 МПа.

Mo-TiC-Ni-W-Fe системали кўп компонентли қаттиқ қотишмадан олинган деталл ва намуналарда ўтказилган тадқиқотлар натижалари

№ п/п	Mo-TiC-Ni-W-Fe системали молибденли пиширилган янги қотишма: 60–65 % TiC, 20-22% Ni, 3,5 % W, 3,5 % Fe, ва қолгани молибден Мо.					
	<i>Қаттиқлиги</i> <i>ЗИП модель ТК – 2М ГОСТ 13407 – 67 № 1793</i>					
	Ролик, HRC	Оғир юкланган асбоб, HRC		Янги намуна, HRC	Штабик, HRC	
1	83,9	83,9		83,8	83,8	
2	84,1	84,0		83,9	83,9	
3	83,9	83,8		84,1	84,0	
<i>Намуналар оғирликлари, г</i>						
Ролик		Оғир юкланган асбоб, HRC		Фильер		
хавода		сувда	хавода	сувда	хавода	сувда
4	203,000	199,320	180,150	177,190	16,235	15,965
<i>Хавода ва сувда ўлчанган оғирликларнинг фарқлари, г</i>						
5	3,680		2,960		0,27	
<i>Нисбий оғирлик – зичлик <math>\rho</math>, г/см<sup>3</sup></i> <i>ТУРВА – 33 Nr 67761</i>						
Ролик		Матрица		Фильер		
6	5,5 г/см <sup>3</sup>		6,1 г/см <sup>3</sup>		6,0 г/см <sup>3</sup>	
7	<i>Намуналарнинг ўртача зичлиги <math>\rho</math>, 5,86 г/см<sup>3</sup></i>					
<i>Эгишга мустаҳкамлик <math>\sigma_{\text{э}}</math>, кгс/мм<sup>2</sup></i>						
Штабик, Mo-TiC-Ni-W-Fe системали молибденли янги қотишма			Штабик, стандарт ВК6, ВК8			
8	1050 МПа			1550 МПа		
9	1150 МПа			1600 МПа		
10	1100 МПа			1550 МПа		
11	1150 МПа			1650 МПа		

ВК6, Mo-TiC қотишмалари ва Mo-TiC-Ni-W-Fe тизимли қотишмасидан тайёрланган штабик таркиби ва хоссасини таккослаш жадвали

№ п/п	Қотишма	Чизикли кенгайиш коэффициент и, град <sup>-1</sup>	зичлик, г/см <sup>3</sup>	қаттиқлик, HRC	мустаҳкамлик, МПа
1	ВК 6	5,5x10 <sup>-6</sup>	14,8 – 15,0	88 – 89;	1550.
2	Mo-TiC	6,61x10 <sup>-6</sup>	6,4 – 6,6	85 – 86;	800.
3	Таклиф қилинган янги қотишма тизими: Mo-TiC-Ni-W-Fe	6,0x10 <sup>-6</sup>	7,5 – 8,0	83 – 84;	1150.

Тадқиқот натижаларига кўра Мо-TiC-Ni-W-Fe системали пиширилган молибденли қотишма қуйидаги физик-механик ҳоссаларга эга эканлиги аниқланди:

чизикли кенгайиш коэффициенти, град<sup>-1</sup> –  $6,0 \times 10^{-6}$ ;

зичлик, г/см<sup>3</sup> – 5,5 – 6,0;

қаттиқлик, HRC – 83 – 84;

эгилишга мустаҳкамлик, МПа – 1150.

Пиширилган молибденли қотишманинг ҳоссаларини баҳолашнинг яна бир муҳим жиҳати уни буюмларни якуний ўлчамларини олиш учун ишланувчанлигидир.

Ўтказилган тадқиқотлар асосида пиширилган янги молибденли қотишма учун подшипникларга ишлов бериш, жилвирлаш ва йиғиш билан шуғулланадиган «SPZ-BEARINGS» қўшма корхонаси шароитида, тозалаб жилвирлашнинг қуйидаги параметрлари таклиф қилинди:

1 - босқич. а) 63С16ПСМ16К маркали жилвирлаш тошининг характеристикалари;

б) жилвирлаш тартиби:  $v=25$ м/мин;  $t=0,03$ мм/дв.ход.

2 – босқич. а) АСР 125/100 Б2 100% маркали олмос тошнинг характеристикаси;

б) сайқаллаш тартиби:  $v=20$ м/мин;  $t=0,0015$ мм/дв.ход.

«SPZ-BEARINGS» қўшма корхонаси подшипниклар ишлаб чиқаришга ихтисослаштирилган бўлиб мавжуд стандарт ўлчаш асбоблари ва жиҳозлари билан тaminланган. Корхонада ишлаб чиқарилган маҳсулотни синаш учун техник назорат бўлими (ТНБ), ихтисослаштирилиб сертификатлаштирилган лаборатория мавжуд.

## IV. АМАЛИЙ МАШҒУЛОТЛАР МАТЕРИАЛЛАРИ

### 1- амалий машғулот:

#### Хотирага эга бўлган қотишмалар

*Ишдан мақсад:* Модда атом текисликлари оралиғи бўйича унинг турини аниқлаш

*Масалаинг қўйилиши:* Фаза атом текисликлари оралиғи бўйича, модда турини топиш.

#### Ишни бажариш учун намуна:

Ҳар бир фаза ўзининг кристаллик панжарасига эга. Кристалл панжара ўзига таълуқли атом текисликлари оралиғига эга бўлади. Атом текисликлар оралиғи аниқ бўлса, модданинг кристаллик тузилиши турини топиш мумкин. Бу ҳақда адабиётларда керакли малумот берилган. Адабиётларда атом текисликлари оралиғи ҳақидаги малумот  $\frac{d_{hke}}{2}$  кўрсаткичнинг камайиб бориши бўйича жадвалларда берилган. Бу ерда "n" бутун сон (1,2,3...) лар бўлиб қайтиш тартиби дейилади. НКЛ индекси сохта атом текислиги сифатида қараса бўлади. У қайтган рентген нурлари интерферентсия чизиқлари индексларини ифодалайди. Бу индекслар атом текислиги индекси (НКЛ) ни қайтиш тартиби "n" га кўпайтирилиб топилади (  $hkn$ ;  $kkn$ ;  $lkn$  ).

Поликристалл моддаларда фазалар таркибини билиш учун атомлар текислиги оралиғини билиш етарли. Бу усул содда бўлиб, кенг ишлатилади. Вулф-Брегг формуласига асосан:

$$n\lambda \approx 2d \sin\theta$$

Бундан  $\frac{d}{n} = d_{(HKL)} = \frac{\lambda}{2\sin\theta}$  (1).

$\lambda$  - характерли нурнинг тўлқин узунлиги, маълум қиймат.

тўлқин узунлиги бир қийматли эмаслигини ҳисобга олиш керак. Рентген трубкадан чиққан характерли нурлар, икки хил тўлқин узунлигига эга. Улар  $K_\alpha$ ,  $K_\beta$  деб белгиланади.

Масалан, темир анодидан чиққан рентген нурлари тўлқин узунлиги:

$$\lambda_{K_\alpha} = 1.9312 * 10^{-1}$$

$$\lambda_{K_\beta} = 1.75653 * 10^{-1} \text{га тенг.}$$

$K_\beta$  нурнинг тўлқин узунлиги кичик, аммо интенсивлиги га нисбатан 4-5 марта кам. Шу сабабли фаза таҳлили чизиқлар ёрдамида олиб борилади. Бунда

чизиклар тахлил қилувчини чалкаштиради. Шу сабабли ва чизикларни бир - биридан ажратиб олиш зарур.

Агарда кристалл қаттиқ жисмда (НКЛ) текислик, бирламчи рентген нурга қараганда қулай, қайтиш бурчакда жойлашган бўлса:<sup>12</sup>

$$\sin\theta_{\alpha} = \frac{n\lambda_{\alpha}}{2d_{(hkl)}}; \quad \sin\theta_{\beta} = \frac{n\lambda_{\beta}}{2d_{(hkl)}}; (2).$$

Демак  $\frac{\sin Q_{\beta}}{\sin Q_{\alpha}} = \frac{\lambda_{\beta}}{\lambda_{\alpha}} = 0,9009$  *yoki*  $\sin Q_{\beta} = 0,9009 \sin Q_{\alpha}$

Амалда рентгенограммада кучли чизиклар танлаб олинади ( О.с., 0., Ср. ). Булар  $\alpha$  чизиклари деб тахмин қилинади шу чизиклар жойлашган бурчак бўйича (2) формуладан  $\sin Q$  ҳисобланади. Агарда шу  $\sin Q$  га тўғри келган + бурчакда, чизик топилса ва унинг интенсивлиги 4-5 бароварга нисбатан кичик бўлса. Демак бу икки чизик битта НКЛ текисликда пайдо бўлган. Агарда шундай  $Q$  чизик топилмаса, демак у шунчалик кучсизки-рентгенограммага чиқмай қолган.<sup>13</sup>

$Q$ -чизиклар мавжудлигини топиш учун кўпинча интенсивлиги кучсиз бўлганларининг бир қисми текширилиб олинади.

Рентгенограммада энг биринчи чизик кўпинча  $Q$  чизик бўлади.

### **Ишни бажариш тартиби.**

3.1. ДРОН-2,0 ёки ДРОН-3 рентген дифрактометри гониометрига текис наъмуна ўрнатилади.

3.2. Дифрактометрда керакли ишлаш режимлари ўрнатилади: "предел измерений"-2, "постоянная времени"-10, тирқишлар (шели)-2-2-1. Ҳисоблагич тезлиги – 8мм/мин, диаграмма қоғози тезлиги - 360 мм/соат.

3.3. Рентгенограмма диаграмма қоғозига олинади.

3.4. Рентгенограмма потенциометрдан керакли узунликда кесиб олинади. Ҳисоблашда ДРОН-2,0 да аноди темирдан ( Щм Щм), ДРОН -3.0 да эса кобалтдан ( Щм Щм), ясалган трубка борлигини эътиборга олиш зарур. Ҳисоблаш (1) ва (2) формулалар ёрдамида бажарилади. Чизик жойлашган бурчак диаграмма қоғозидан топилади (одатда ёзиш қайси бурчакдан бошланганлиги ва диаграмма билан ҳисоблагич юриш тезлиги маълум).

3.5. Ҳисоблаш натижалари қуйидаги 1.1.-жадвалга ёзилади.

Фазалар атом текислари оралиғини ҳисоблаш натижалари.

<sup>12</sup>E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 ( 265-270 p.p.)

<sup>13</sup>E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 ( 270-285 p.p.)

Дастлабки малумот. Текширилган намуна ..... темир қотишмаси.

Нур чиқиши .....темир (ёки кобальт) анодидан.

1-жадвал

Чизилга н чизикла р тартид рақами	Интенсивли ги J	Қайти ш бурчаг и $\theta$			Чизи қ лар	Ҳисоблаган да	Жадвалдаг и	Модд а тури
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Илова: Ҳисобланган ва жадваллардан олинган қийматлар фарқ қилиши мумкин.

Чунки жадвалларда жуда тоза фазалар учун маълумот берилган. Фаза таркибида бошқа қўшимча пайдо бўлиши билан бир оз ўзгаради (0,01-10 мм гача).

4. Ҳисоботни ёзиш тартиби.

4.1. Ишни бажаришдан мақсад.

4.2. Рентгенограмма олиш режимлари.

4.3. 1-жадвални тўлдириш.

5. Мустақил тайёрланиш учун саволлар.

5.1. Вулф-Брегг формуласига қандай параметрлар киради?

5.2. Кристаллография текслиги ва рентген чизикини индекси деганда нима тушунилади?

5.3. Атом текислиги оралиғига асосида, қандай қ илиб модда турини топиш мумкин?<sup>14</sup>

### Назорат саволлари:

1. Қаттиқ ҳолатда фаза ўзгаришларининг умумий қонуниятлар Фаза ўзгаришлар термодинамикасини изохлаб беринг .
2. Фаза ўзгаришларда фазалараро чегараларни тузилишининг роли .
3. Гомоген ва гетероген фазаларнинг ҳосил бўлиши қандай амалга оширилади?
4. Фаза ўзгаришларининг кинетикаси тушунтириб беринг .

### 2-амалий машғулот:

<sup>14</sup>E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (250-270 p.p.)



## Полимер материаллар. Керамик материаллар (4 соат)

**Ишдан мақсад:**Алюминий оксиди асосли керамик асбобсозлик материаллар микроструктурасининг таҳлили.

**Масаланинг қўйилиши:** *Алюминий оксиди асосли керамик материалларнинг микроструктураларини тахлил қилиш қоидалари ва усулларини ўргатиш ҳамда у орқали керамик материалларни сифатига баҳо бериш илмларини эгаллаш.*

**Керакли жихозлар:***Металлогрофик микроскоп МИМ-7, шлиф тайёрлаш ускунаси, намуналар, реактивлар.*

### **Ишни бажариш учун намуна:**

Асбобсозлик керамик материаллар асосан кийин эридиган юқори ейилишга, иссиққа бардош юқорикимёвий турғунлик даражасига эга бўлган кимёвий бирикмалардан олинади. Бундай талабларга жавоб берувчи моддаларга энг аввало алюминий оксиди ( $Al_2O_3$ ), кремний нитрид ( $Si_3N_4$ ), ҳамда Si-Me-O-N дан иборат бўлган оксинитридли фазалар кириб, кремний атомини ўрнини Al, Mg, Be, Ti, Zn табиатда кенг тарқалган металл атомлари билан алмаштирилган бўлади.

Бундай кимёвий бирикмалардан ясалган керамик асбобсозлик материаллар оддий керамик материаллардан тозалиги ва ишлаб чиқариш технологияси билан фарқилади. Ҳозирги пайтда асбобсозлик керамик материаллар асосан Япония, АКШ, Германия мамлакатларида кенг ишлаб чиқарилиб, улардан ҳар хил материалларга механик ишлов беришда, ейилишга чидамли, оловга, иссиққа, ҳар хил кимёвий агрессив муҳитга бардош қопламалар қоплашда кенг қўланилмоқда.

**Алюминий оксиди** – Алюминий оксиди асосан табиатда кенг тарқалган, таркибида алюминий бўлган минераллардан (боксит) олинади. Табиатда алюминий оксидининг турли кристалл модификация турлари мавжуд бўлиб улар: гексаганала, куб  $\beta$ , ва нотурғунд гексагонал, моноклик  $\theta$  кристалл панжараларга эга. Гидратланган алюминий бирикмаларига гидрагалит ( $Al_2(OH)_2$ ), байерит, кириб улар қуритилганда ҳар хил модификацияга эга бўлган алюминий оксидларини ҳосил қилади .

$\beta-Al_2O_3$  соф модификацияси бўлмасдан таркибида  $Al_2O_3$ кўп фоизга эга бўлган мураккаб кимёвий тузилишга эга бўлган бирикма. Унинг тахминий кимёвий таркиби  $MeO \cdot 8 Al_2O_3$  ва  $Me_2O \cdot 11 Al_2O_3$ . бу ерда Me-ўрнида CaO, BaO, ZrO ва бошқа элементлар бўлиши мумкин.

Алюминий оксиди боксид таркибида турли модификациялардаги бимит, гдрагалит ва бейерит турдаги майда дисперсли гидрооксид шаклида бўлиб у унда бошқа металллар атоми билан кимёвий боғланган ҳолда бўлади. Боксиддаги алюминий оксид миқдори 50 дан 100% гача бўлиши мумкин. Хомашёнинг сифатига қараб уни тозалаш технологияси нам ишқорий ёки қурук ишқорий усулларда олиб борилиши мумкин. Нам ишқорий технология буйичабоксид автоуловларда 200-250<sup>0</sup> Стемперат, 2,0-2,5 МПа босимостида натрий гидрооксидида ишлов берилиб сувда эрийдиган натрий алюминат олинади.

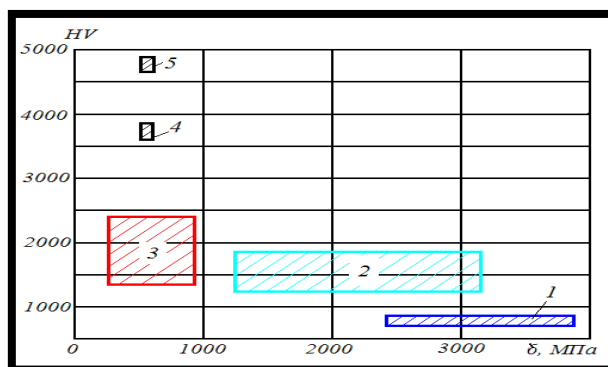
Натрий алюминатнинг сувдаги эритмаси филтрдан ўтказилиб барча қаттиқ ва натрий гидрооксидида эримайдиган элементлардан тозаланади. Тозаланган натрий алюминат парчалаб алюминий гидрооксиди чўкмаси ҳосил қилинади. Чўкма оқ рангда бўлиб у яхшилаб ювилади ва 1200<sup>0</sup> С температурада қуригилади[3]. Қурутиш натижасида бир хил таркиб ва кристалл модификациясига эга бўлган алюминий оксиди ҳосил бўлади.

Бундай усулда олинган хомашё таркибида асосан Na<sub>2</sub>O бўлиб у материалнинг механик ва бошқа хоссаларига ёмон таъсир кўрсатади шунинг учун Na<sub>2</sub>O миқдори 0,1% ортмаслиги талаб этилди[4]. Боксиддан олинган алюминий оксид кукун заррачаларинингўлчамлари 0,01 мкм ташкил этади.

### **Алюминий оксидли асбобсозлик материалларининг асосий механик хоссалари.**

Материалларга механик ёки бошқа турдаги ишлов бериш асбобсозлик материалларда юқори қаттиқлик, эгилиш ва сиқилишда юқори мустаҳкамликка, юқори температураларда ейилишга бардошли бўлишлигини талаб этади.

2.1 – расмда барча турдаги асбобсозлик материалларининг қаттиқлиги ва эгилишдаги мустаҳкамлиги келтирилган диаграмма тасвирланган бўлиб материалнинг қаттиқлиги ортиши билан мустаҳкамлик пасайишини кўриш мумкин.

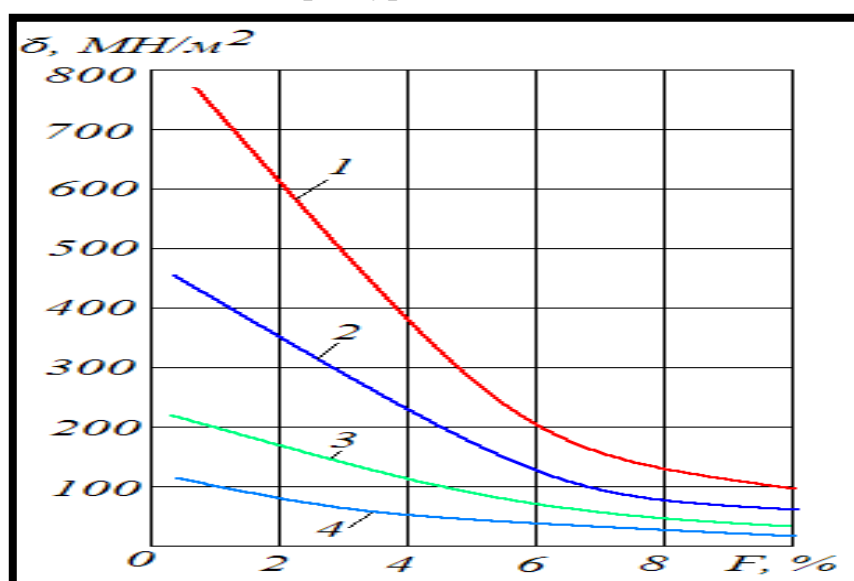


2.1-расм. Қаттиқлик билан мустаҳкамликни кўрсатувчи диаграмма:

1-тезкесар пўлатлар; 2-қаттиқ қотишмалар; 3-керамик асбобсозлик материаллар; 4-нитрид бор; 5- олмос.

Асбобсозлик материалларда қаттиқлик ҳам мустаҳкамлик ҳам ката аҳамиятга эга бўлиб у материалнинг эксплуатацияга лаёқатлилигини белгилаб беради. Алюминий оксидини табиий қаттиқлигини сақлаб қолган ҳолда уни мустаҳкамлигини ошириш ҳозирги кунда асосий мақсадлардан бири бўлиб уни амалга оширишнинг турли усуллари мавжуд.

Алюминий оксиди кукун металлургияси усулларида ишлаб чиқарилгани учун унинг структурасидаги ғовакликлар механик хоссаларга кескин таъсир қилади. 2.2-расмда алюминий оксиди асосли керамик материал ғовакликнинг эгилишдаги мустаҳкамликга таъсири кўрсатилган.<sup>15</sup>



2.2-расм. Материал ғоваклигининг мустаҳкамликка таъсири;  
1-кукун ўлчами 2,2 мкм; 2-3 мкм; 3-20 мкм; 4-30 мкм.

Диаграммадан кўришиб турибдики ғоваклик микдори ва кукун заррача ўлчами материалнинг мустаҳкамлигига ката таъсир кўрсатяпти. Материал ғоваклигини камайтиришнинг энг самарали усулларида бири бу иссиқлайин пресслаш, бўлиб у материалдаги ғоваклик миқдорини 1% кичик бўлган қийматларгача камайтиради. Кукун заррачасининг ўлчами хомашёнинг ишлаб чиқариш турига қараб ўзгариши мумкин.

Алюминий оксид кукунлари қиздириб пишириш жараёнида бир бирга бирикиб донани катталашишига олиб келадиган жараёнга жуда мойил бўлади.

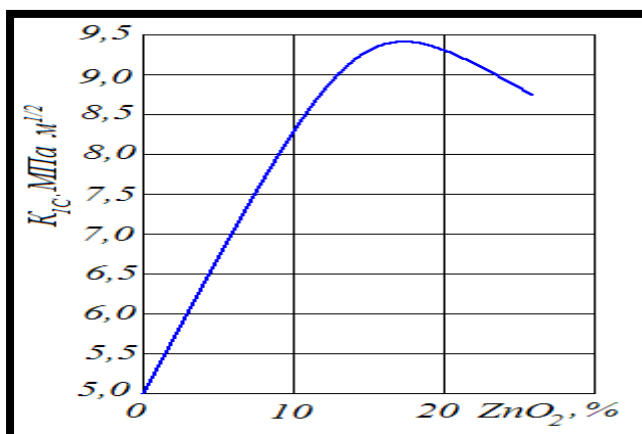
<sup>15</sup>E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (310-315 p.p.)

Бу эса қандай кукунни бўлишлигидан қатъий назар қиздириб пиширилган материал заррачалари яна бир хил катталиққа олиб келади.

Кукунларни йириклашиб кетишни олдини олиш мақсадида Япон мутахассислари томонидан цирконий оксиди билан легирлаш технологияси ишлаб чиқилган [4]. Цирконий оксиди қиздириб пишириш давомида ҳар бир алюминий оксидини қамраб олиб уни кескин йириклашиб кетишига тўсқинлик қилади ва майда донали материал олишга имкон беради.

Алюминий оксид асосли материалларнинг асосий камчилиги бу уларнинг юқори мўртлиги бўлиб, улар мўрт синишга жуда мойил бўладилар[5]. Материал мўрт синишига асосий сабаб улардаги ички микродарзлар бўлиб улар кичик кучланишлар натижасида транс кристалл дарзларга бирлашади ва материал эксплуатация жараёнида ёки оддий кичик кучлар таъсирида синади.

2.3-расмда цирконий оксидининг миқдори алюминий оксиди асосли материалнинг дарзга бардошлигини ўзгаришини кўрсатувчи диаграмма келтирилган бўлиб унда цирконий оксид миқдори ортиши материалнинг дарзбардошлигини ошириши кўрсатилган.



2.3-расм Цирконий оксид миқдорининг алюминий оксиди асосли материал дарзбардошлиқига таъсири

Алюминий оксиди асосли материалларнинг асосий механик хоссаларидан ейилишга бардошлиги бўлиб у ундан ясалган асбоб ва деталларнинг ишлаш муддатини белгилаб беради.

Материалларнинг ейилишгабардошлиги деганда жуфт бўлиб бир бирида ишқаланиб ишлаётган материалнинг маълум тезлик, босим ва белгиланган вақт ичида қанча ҳажмда ёки масса бирлигида материал камайганлик миқдори билан

белгиланади. 2.1-жадвалда баъзи керамик материалларнинг ейилишга бардошлиги келтирилган [2].<sup>16</sup>

Жадвал 2.1

Керамик материалларнинг ейилишга бардошлиги

Материаллар	Қаттиқлик HV, ГПА	Ейилиш тезлиги $10^{-15}$ см <sup>3</sup> /Г·см
Олмосли	80	5,55
композит	31	3,74
Si <sub>2</sub> N <sub>4</sub>	26,7	152,0
SiC	20,0	42,2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,1	2,04
WC-Co		

Олинган натижаларга кўра материалнинг қаттиқлиги унинг ейилишга бардошлигини белгилаб бермаслигини кўрсатади.

Материалларга механик ёки бошқа турдаги ишлов беришда асбобсозлик материаллари қаттиқликдан ташқари ейилишбардошлиги катта аҳамиятга эга чунки, механик ишлов беришда ишқаланиш содир бўлади у эса ишлаётган ва ишлов бераётган материалнинг тезда ейилишига олиб келади.

Ейилишнинг бир нечта тури бўлиб, улардан асосийси абразив ейилиш ва ишқаланиб сидириш киради. Бу турдаги ейилишлардан кесиш жараёнида сидириш ейилиши кузатилади.

Алюминий оксид асосли материалларнинг ейилишга бардошлигини унинг механик хоссаларига боғлаш аниқ натижаларни бермади [5]. Шунигучунбарчаматериалшуносолимларбумуоммаларни устидаилмийишларолиббормоқдалар.

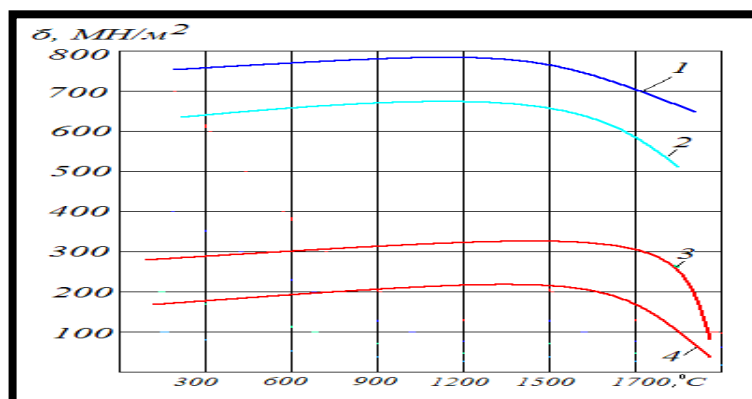
Алюминий оксид асосли асбобсозлик материалларни яратишда асосан амалиёт қонунига риоя этган ҳолда ишлаб чиқарган маъқул.

Алюминий оксид асосли материалларнинг кимёвий хоссаларига асосан материалнинг бошқа элементлар билан реакцияга киришувчалиги киради. Аксарият материалларнинг кимёвий хоссалари ҳарорат кўтарилиши билан сусаяди.

Алюминий оксид асосли материаллар жуда юқори кимёвий хоссаларга эга бўлиб, улар хона, юқори ва жуда юқори температураларгача шу хоссаларини сақлаб қолишади.

<sup>16</sup>E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (320-325p.p.)

Асбобсозлик материалнинг ишчи юзаларига турли эксплуатацион шароитларда катта босим таъсирида бўлади. Ишчи юзаларда ишқаланиш содир бўлиши натижасида жуда катта температура ажралиб чиқади. Буни натижасида асбобсозлик материаллари ишлов берилаётган материал, атроф муҳитдаги ҳаво ёки бошқа газлар билан бевосита кимёвий реакцияга киришиши мумкин. Бунинг оқибатида асбобсозлик материалларининг хоссалари ўзгариши мумкин. 2.4-расмда алюминий оксиди асосли материалнинг қиздириш температураси материал мустаҳкамликга таъсир диаграммаси келтирилган.<sup>17</sup>



2.4-расм. Температуранинг алюминий оксид материалнинг мустаҳкамликка таъсири: 1-кукун ўлчами 2,2 мкм; 2-3 мкм; 3-20 мкм; 4-30 мкм.

### Ишни бажариш тартиби:

1. Керамик материалдан юзаси 2 см<sup>2</sup> дан ката бўлмаган намуна кесиб ёки синдириб олинади
2. Намунани кейинги дастгоҳларда ишлов бериш қулайлигини ошириш учун улар дасталанади. Намунани ушлаш учун дасталаш 2.4-расмда кўрсатилгандек амалга оширилади. Намунани дастага маҳкамлаш учун 2.2-жадвалда кўрсатилган материаллардан бирини эритиб даста ва намуна тиркишига қуйилади. Бунда керамик материал намуна юзаси дастадан 1,5 – 2 мм чикиб туришини таъминлаш керак.
3. Керамик материал намуна юзаси 33803 модели вертикал (доводочной) дастгоҳда текисланиб 3E881 жирвирлаш-полировкалаш дастгоҳида янада силлиқланади
4. Силлиқлаш жараёнида намуна юзасида синишлар ёки майдаланишлар бўлмаслиги учун уларни устидан босиб турган босим 0,6 – 0,8 кгс/см<sup>2</sup> дан ошмаслигини таъминлаш керак.

<sup>17</sup>E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 ( 275 p.p.)

5. Намуналарни силлиқлашдан олдин 3803 модели жилвирлаш дастгоҳида чўян диск устига олдин АМ14/28 маркали кейин АМ/10 маркали олмос кукуни этил спирти билан ҳосил қилинган супсензияси шиша таёқча ёрдамида бир теккис суркалиб силлиқлаш амалга оширилади.

6. Намуна биринчи ва иккинчи силлиқлашдан ўтгандан кейин диск устига фотобумага ёпиштирилиб уни устига олдин АМ7/5 кейин АМ/2 олмос кукуни сепилиб ўтказилади

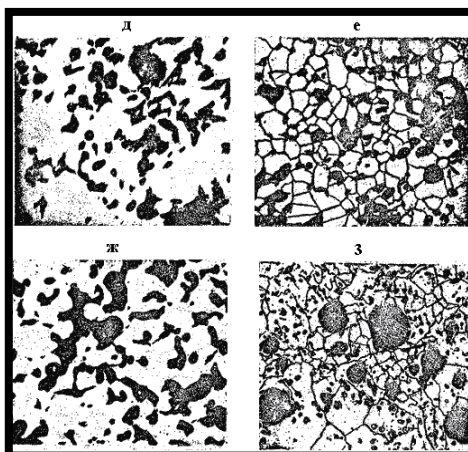
7. Қўшимча силлиқлаш яна шу дискда аммо АМ1/0 маркали олмос кукунини трансформатор мойи билан аралаштириб диск устига суркалиб амалга оширилади.

8. Силлиқлашдан ўтган намуналарнинг юзалари кўзгу каби ялтроқ бўлиши керак, унда чизиклар бўлмаслиги талаб этилади. У МИМ-7 микроскопида  $\times 100$  катталаштириб текширилади.

9. Керамик намунани юзаси силлиқлангандан кейин унинг юзаси махсус кислотада ишлов берилади, яъни йортофосфор кислотанинг буғида 40- 60 сек давомида ушлаб турилади. Бунда керамик материалнинг доналар чегараси ва материалдаги ғовакликлар аниқ кўрина бошлайди.

Травит қилишдан олдин микроструктура МИМ-7 микроскопи ёрдамда 200 – 1500 мартаба катталаштириб расмга олинади, кейин уларни кислотада травит қилингандан кейин яна микроскоп ёрдамда катталаштирилиб расмга олинади.

2.5-расмда магний оксиди асосида ишлаб чиқарилган керамик материалнинг микроструктураси келтирилган. а, в, д – расмлардаги структура травит қилинмаган ва 10 сек давомида - б, 20 сек давомида – г ва 60 сек давомида травит қилинган – е, ҳамда  $MgO \cdot Al_2O_3$  асосли керамиканинг микроструктураси травит қилинмаган – ж ва травит қилинган - з. микроструктура тасвирланган.



2.5-расм. Оксид магний асосли керамик материалнинг микроструктураси<sup>18</sup>

### **Назорат саволлари:**

1. Алюминий оксидли асбобсозлик материалларининг кимёвий хоссалари қандай?
2. Асбобсозлик материалларининг ишчи юзаларига турли эксплуатацион шароитларда ката босим таъсир этса қандай ўзгариш содир бўлади?
3. Алюминий оксиди асосли материалларни санаб ўтинг.

### **3-амалий машғулот**

#### **Углерод асосли материаллар ишлаб чиқариш**

***Ишдан мақсад:** Антифрикцион углерод-графитли материалларни ишлаб чиқариш технологияси билан таништириш ҳамда уларни микроструктураларини таҳлил қилиш қоидалари ва усулларини ўргатиш.*

***Масаланинг қўйилиши:** Углерод графитли материалларнинг микроструктураси таҳлили*

***Керакли жиҳозлар:** Антифрикцион углерод-графитли материал, намуна кесиш учун кичик тишли арра, катта ва майда тишли эгов, катта донадан кичрайиб борадиган комплект жилвир қозғалари, 200 г керамик стаканда конифол, конифолни эритиш учун электр қиздиргич, намунани ушлаш учун пинцет ва металлографик микроскоп.*

#### **Ишни бажариш учун намуна:**

Антифрикцион углерод-графитли материалларни асосан кукун металлургияси усуллари билан ишлаб чиқарилади. Кукун металлургиясининг умумий технологик усулларига қуйидагилар киради: кукун материалларининг кимёвий таркибини танлаш ва уларни ишлаб чиқаришга тайёрлаш, уларни аралаштириш, пресслаш ҳамда қиздириб пишириш жараёнларидан ташкил топган.<sup>19</sup>

Бунда ҳар бир босқичда амалга ошириладиган жараён шу ишлаб чиқарилиши керак бўлган материалларнинг физик-механик хоссаларига катта таъсир кўрсатади. Шу сабабли ҳар бир босқичнинг таъсири, берилган кукун материалларининг хоссасидан келиб чиққан ҳолда белгиланади. Масалан: кукун материалларини тайёрлашда, кукун материаллини керакли

---

<sup>18</sup>E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (278 p.p.)

<sup>19</sup>E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (302-305 p.p.)



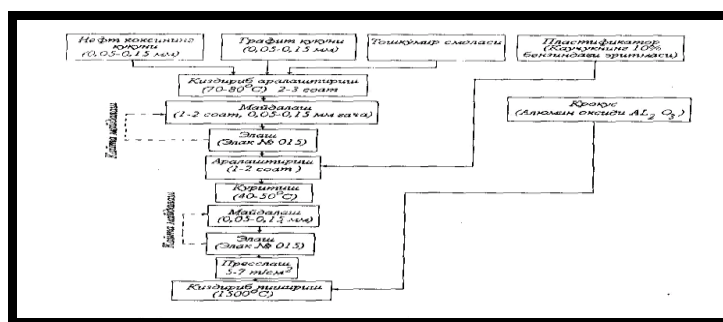
температураларда қуритиш керак бўлади. Бу температура кукуннинг физик-кимёвий хоссаларидан келиб чиққан ҳолда белгиланади. Агарда температура юқори чегараларда белгиланса, унда кукунлар бир-бирига ёпишиб қолиши кузатилади, аксинча паст чегараларда белгиланса, унда кукундаги намлик қолиб кетади ва натижада қиздириб пишириш давомида мақсулотда дарз кетишлар кузатилади.

Углерод-графит материалларини ишлаб чиқариш учун хомашё сифатида асосан нефт, кокс кукун, графит кукун, тошқўмир смоласи қўлланилади. Бундан ташқари углерод-графит материалларига у ёки бу хоссасини ошириш учун турли металл ва нометалл кукунлар киритилиши мумкин.

Антифрикцион углерод-графитли материалларини ишлаб чиқаришда хомашё сифатида қўшиладиган нефт коксининг асосий хоссаларидан бири у материалда мустақкам каркасҳосил қилиб материалнинг скелетини ҳосил қилади. Бунда унинг доначалар ўлчами ишлаб чиқарилаётган материалнинг механик хоссаларига катта таъсир кўрсатади, кокс кукунинг заррача доначалар қанча кичик бўлса, углерод-графит материалнинг механик хоссалари шунча юқори бўлади.

Углерод-графит материалга киритиладиган тошқўмир смоласи эса материалнинг боғловчи компоненти ҳисобланади. Боғловчи компонент асосий хомашё сифатида киритиладиган материалнинг эгилишдаги мустақкамлигини таъминлайди.

3.1-расмда антифрикцион углерод-графитли материални кукун металлургия усулларида ишлаб чиқаришнинг технологик схемаси келтирилган:



3.1-расм. Углерод-графитли антифрикцион материалларни ишлаб чиқариш технологик схемаси.

**Нефт коксини тайёрлаш.** Кукун металлургияси корхоналарида углерод-графитли материалларни ишлаб чиқариш учун стандартга жавоб берувчи нефт

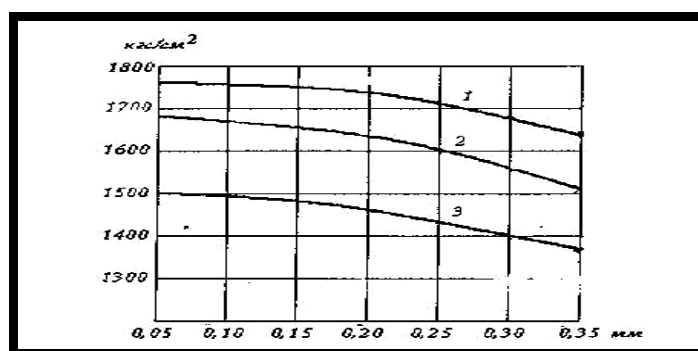
кокси ишлатилади. 3.1- жадвалда ГОСТ 3278-48 бўйича коксга техник талаблар кўрсатилган.<sup>20</sup>

3.1-жадвал

ГОСТ 3278-48 бўйича нефт коксини қабул қилишдаги техник талаблар			
Курсаткичлар	Электрод учун	Электр шетка учун	Антифрикцион материаллар учун
Намлиги, %	3,0	3,0	3,0
Куллилиги, %	0,3	0,8	0,5
Олтингурут миқдори, %	1,0	1,0	1,5
Учиб чикувчи модаллар, %	7,0	7,0	6,0
Темир оксиди, %	0,08	-	-
Кремний оксиди, %	0,07	-	-
1300° С куйдирилгандан кейинги солиштирма оғирлиги, г/см <sup>2</sup>	2,08	2,14	2,14

Юқоридаги талабларга жавоб берувчи нефт кокси 1300° С да 5 соат давомида қиздириб қуритилади. Қуритилган нефт коксини кукун заррача ўлчамлари керакли ўлчамга келтириш учун махсус тегирмонларда майдаланади ва майдаланган кокс кукунлари элакдан ўтказиб, фракцияларга ажратиб қуйилади.

3.2-расмда нефт кокс кукун заррача ўлчамининг углерод-графит материалнинг сиқилишдаги мустаҳкамлигига таъсир қилишдиagramмаси келтирилган, бунда пресслаш босим миқдори ошиши ва кукун ўлчамининг ўзгариши билан мустаҳкамлик ўзгариб бориши кузатилган.



3.2-расм. Нефт кокс кукун заррача ўлчами ва пресслаш босим қийматини углерод-графит материалнинг сиқилишдаги мустаҳкамлигига таъсири: пресслаш босими 1 - 7 т/см<sup>2</sup>; 2 - 6 т/см<sup>2</sup>, 3 - 5 т/см<sup>2</sup>.

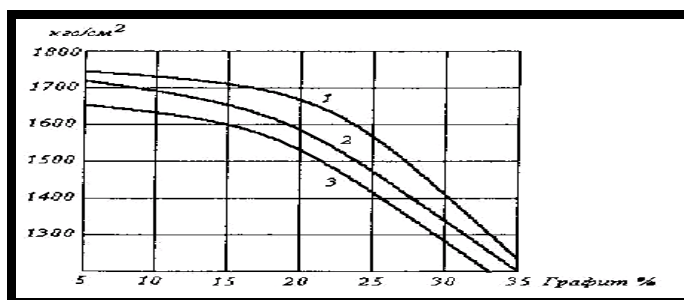
Нефт коксини корхона шароитида кукун заррачасини 0,05 мм ўлчамгача майдалаш мумкин, бундан ташқари унда оз бўлсада 0,05 мм дан катта ўлчамга эга бўлган кукунлар бўлади.

**2. Графит кукунини тайёрлаш.** Графит кукунини антифрикцион материалларга асосан ишқаланиш коэффициентини кичрайтириш ёки уни

<sup>20</sup>E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 ( 345-346 p.p.)

электр ўтказиш хоссаларини ошириш мақсадида қўшилади. Графитнинг миқдори материалнинг углерод-графит мустаҳкамлигига катта таъсир қилади. 3.3 - расмда графит кукун миқдорининг углерод-графит материалнинг сиқилишдаги мустаҳкамлигига таъсир қилиш диаграммаси келтирилган.

Графит антифрикцион материалнинг пластиклигини оширади, у кокс каркас қатламларида жойлашиб, углерод-графит антифрикцион материали ишқаланиб ишлаш жараёнида у билан бирга ишқаланиб ишлаётган валнинг юзасига ёпишиб ишқаланиш коэффициентини пасайтиради.



3.3-расм. Графит кукун миқдори ва пресслаш босимининг углерод-графит материалнинг сиқилишдаги мустаҳкамлигига таъсири: пресслаш босими 1 - 7 т/см<sup>2</sup>., 2 - 6 т/см<sup>2</sup>, 3 - 5 т/см<sup>2</sup>.

3.2-жадванда антифрикцион углерод-графитли материалларни ишлаб чиқаришда қўлланиладиган графит кукунининг кимёвий таркиби берилган.

3.2-жадвал

Кукун металлургиясида ишлатиладиган графитнинг кимёвий таркиби						
Графит	маркаси	Кимявий таркиби, % гача				
		кул	олтингургурт	Учувчи моддалар	темир	ямлиги
Тайгинский	ЭУГ-1	2	0,20	0,8	0,8	0,8
«	ЭУГ-11	5	0,20	1,0	1,0	0,8
«	ЭУГ-111	7	0,20	1,0	1,0	0,8
Ногинский	СКЛН	13	1,0	2,0	1,9	2,0
Ботоголский	ТУ38-54	7	0,30	1,4	1,0	1,0

Графит 1300-1500° С температурда куйдириб қуритилади ва элакдан ўтказилиб, фракцияларга ажратилади.

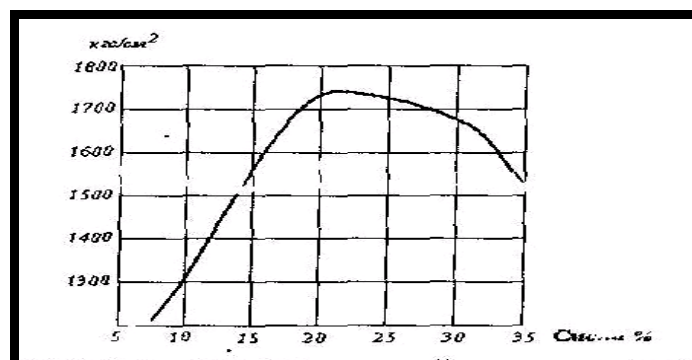
**3. Тошқўмир смоласини тайёрлаш.** Тошқўмир смоласи, тошқўмирни ҳавосиз муҳитда қиздириб ҳайдаш натижасида олинган хомашё бўлиб, унинг суюқланиш температураси смоланинг келиб чиқишига қараб ҳар-хил бўлиши мумкин. Кукун металлургиясида асосан паст ва ўрта ҳароратларда суюқланадиган тошқўмир смолалари ишлатилади. 6.3-жадвалда ГОСТ 4492-55

стандарт талаблар билан углерод-графит материалларини ишлаб чиқаришда қабул қилинадиган тошқўмир смоласига техник талаблар келтирилган.<sup>21</sup>

3.3.-жадвал

ГОСТ 4492-56 стандарт буйича тошқўмир смоласига қўйилган талаблар

Кўрсаткичлар	Миқдори, % гача
Солиштирма вазни	1,15-1,20
Намлиги	4,0
Қуллилиги	0,2
Эрмайдиган қолдиқлар	7,0
Олтингугурт	0,8
Нафталин	8,0
Қокс чиқими	16-23



3.4-расм. Тошқўмир смоласининг углерод-графит материалнинг чўзилишдаги мустаҳкамлигига таъсири.

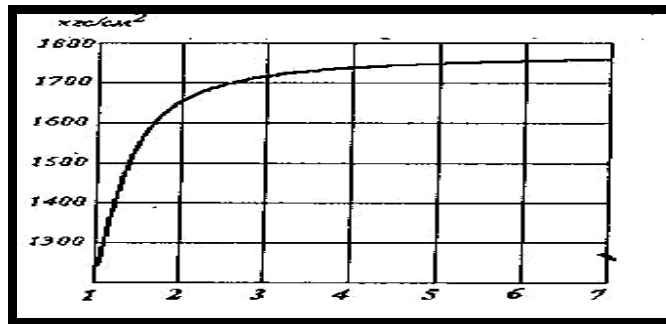
Бундан кўриниб турибдики, максимал мустаҳкамлик углерод-графит антифрикцион материаллар учун тошқўмир миқдори 22-23% бўлганда эриши мумкин, бунинг сабаби, унинг миқдори ошган сари кокс ва графит кукунларининг бир-бирига боғлаш даражаси ҳам ортиб боради ва ниҳоят 22-23% га етгач, мустаҳкамликнинг кескин тушиб кетиши кузатилади.

Тошқўмир смоласи миқдорининг бундай таъсир қилишини қуйидагича тушунтириш мумкин: тошқўмир смоласи материални қиздириб пишириш давомида 1400-1500° С температурада коксга айланади ва кукунларни бир-бирига боғлайди, лекин унинг миқдори ошгач материалнинг ғоваклиги ошиб кетади, натижада мустаҳкамлиги кескин пасаяди.

**4. Кукун ва боғловчи моддаларни бир-бирига аралаштириш.** Кукун металлургия йўли билан олинадиган материалларнинг аксариятида физик-механик хоссалари айнан аралаштириш сифатига қараб белгиланади. Боғловчи модданинг аралашishi ва кукунларни қоплаб олиши, аралаштириш даражасига боғлиқ. Боғловчи модданинг қўлланиш хусусияти смолани қиздиришдаги

<sup>21</sup>E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 ( 315-3180 p.p.)

ҳарорати ошиши билан ортади, шунинг учун тошқўмир смоласи кукунлар билан бирга 70-80° С температурада қиздириб аралаштирилади. Бундан ташқари аралаштириш вақти ҳам катта аҳамиятга эга. 2-24 соат давомида аралаштирилган материалларнинг хоссалари бир-бири билан катта фарқ қилиши мумкин, қанча кўп аралаштирилса материалнинг физик-механик хоссалари шунча кўтарилиб боради. 3.5-расмда кукун материалнинг боғловчи мода-тошқўмир смоласи билан аралаштириш вақтини материалнинг сиқилишдаги мустаҳкамлигига таъсири кўрсатилган.



3.5-расм. Кукун материалларни боғловчи моддалар билан аралаштириш вақтини материалнинг сиқилишдаги механик мустаҳкамлигига таъсир диаграммаси

**5. Аралашмаларни майдалаб элакдан ўтказиш.** Маълумки боғловчи мода, яъни тошқўмир смоласи кукун материаллари билан аралаштирилгандан кейин совиш натижасида, қотиб қолади. Уни яна кукун ҳолига келтириш учун майдалаш керак. Бунинг учун аралашма махсус қирғич, майдалаш ва элаш жараёнларидан ўтказилади, бунда у яна кукун ҳолига қайтади. Элаш жараёнида ажралиб чиққан катта кукун заррачалари яна майдалашга қайтарилади.

**6. Пластификатор қўшиш.** Маълумки прессланган кукун материали мустаҳкамлиги жуда кичик бўлади. Прессланган материални қиздириб пишириш учун, у печларга, яъни пишириш цехларига жўнатилади, шу технологик жараёнларда прессланган материал ўз шаклини сақлаб туриши учун, уни мустаҳкамлигини ошириш керак бўлади. Шу мақсадларда прессланиши керак бўлган ярим маҳсулотга пластификатор қўшилади.

Пластификатор сифатида: парафин, глицерин, техник крахмал ва каучук эритмалари солинади. Пластификаторларга қуйиладиган асосий талаб: қиздириб пишириш давомида материал билан кимёвий реакцияга киришмаслиги ва 300-500° С температураларда парчаланиб, материални тарк этиши киради. Пластификатор миқдори материалларда яна қўшимча ғоваклик бўлишига олиб келади, шу сабабли унинг миқдори иложи борича, камрок,

бўлишлиги талаб этилади, одатда, масалан 10% каучукнинг бензиндаги эритмаси 5-8% фоиздан ошмайди.

**7. Кукун ярим маҳсулотларни қуритиш.** Тайёрланаётган кукун ярим маҳсулотларга учувчи моддаларни, жумладан бензини чиқдириб юбориш мақсадида, кукун ярим маҳсулотлар қуритиш жараёнидан ўтиши керак, бунда температура ва вақт ярим маҳсулотлар таркибидаги аралашган моддаларнинг суюқланиш ва парчаланиш температурасидан келиб чиққан ҳолда белгиланади.

Антифрикцион углерод-графитли материалларда ярим кукун маҳсулот таркибида тошкўмир смоласи бор, у 60-70° С температурада суюқланади, шуни инобатга олган ҳолда қуритиш температураси 45—50° С деб белгиланади, температура унчалик катта бўлмаганлиги боис қуритиш вақти 10-15 соат деб белгиланади. Агар қуритиш сифатсиз амалга оширилса, унда прессланган углерод-графит материалларини қиздириб пишириш жараёнида паст 60-150° С температураларда ажралиб чиқаётган буғлар материалда дарз келтириб чиқаради.<sup>22</sup>

**8. Пресслаш.** Кукун металлургиясида ишлаб чиқариладиган материалларга пресслаш йўли билан шакл берилади, бунда пресслаш бир нечта усулларда амалга оширилиши мумкин, улардан энг оддийси ва арзони бу махсус пресс-қолипларда 1 ёки 2 томонлама пресслашдир.

Пресслашда материалнинг ўлчамлари катта аҳамиятга эга, маҳсулот ўлчами қанча кичик бўлса, уни пресслаш шунча осон бўлади, негаки пресслашда маҳсулотнинг ўлчами катта бўлса, пресслаш босими унинг барча ҳажмий нуқталарига бир хил етиб бормайди, натижада битта деталда ҳар хил зичлик ва механик хоссалар мавжуд бўлиб қолади. Пресслаш босими қанча катта бўлса, механик хоссалар шунча катта бўлади, буни сабаби шундан иборатки, пресслаш босими материалдаги ғовакликка катта таъсир кўрсатади ва у қанча катта қийматда бўлса, ғоваклик шунча кам бўлади. Лекин босим миқдори пресс-қолип, пресслаш ускунаси ва кукун прессланиш кўрсаткичларига қарабмаксимал қиймати белгиланади.

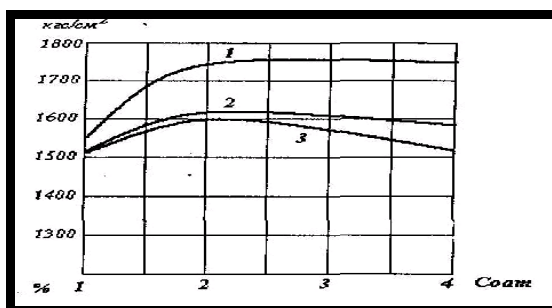
Антифрикцион материалларни ишлаб чиқаришда оддий пресслаш амалга оширилади, бунда унинг босими 5-7 т/см<sup>2</sup> қилиб белгиланади ва пресс-қолиплар шу босимга узок, муддат бардош берувчи қилиб ясалади.

---

<sup>22</sup>E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (350-365 p.p.)

**9. Қиздириб пишириш.** Қиздириб пишириш куқун металлургия усулларининг энг муҳим босқичларидан бири бўлиб, бунда прессланган ярим маҳсулотга физик- механик хоссалар берилади.

Углерод-графитли антифрикцион материаллар 3 зонали печларда пиширилади, бундай печлар асосан графит материалдан ясалган қиздириш қурилмасига эга бўлади. 3 та зонадан иборат бўлган печ 1-зонасида  $400^{\circ}\text{C}$ , 2-зонасида  $700^{\circ}\text{C}$ , 3-зонасида  $1500^{\circ}\text{C}$  температураларда қизиб туради, натижада печга жойлаштирилган ярим маҳсулот аста-секин қизий бошлайди. Бундан мақсад маҳсулотларни ички ва ташқи дарз кетишини олдини олишдан. иборат. 4.6-расмда углерод-графитли антифрикцион материалларни пишириш температура ва пишириш вақтининг давомининг углерод-графит материалининг сиқилишдаги мустаҳкамдигига таъсири кўрсатилган.



3.6-расм. Қиздириб пишириш температура ва вақтининг материалнинг механик хоссасига таъсири: 1- $1500^{\circ}\text{C}$ , 2- $1800^{\circ}\text{C}$ , 3- $2000^{\circ}\text{C}$ .

Қиздириб пиширишда ҳарорат кўтарилгани билан углерод-графитли материалларнинг мустаҳкамлиги пасаяди, бунинг сабаби у  $1500-2000^{\circ}\text{C}$  температураларда материал таркибидаги кокс куқунлари графитлаша бошлайди ва вақт ўтиши билан бу жараён янада тезлашади.

Коксинг графитлашиши материалнинг антифрикцион хусусиятини яхшилади ва пластиклигини оширади, пластиклиги ошгач, унинг мустаҳкамлиги тушади.  $1500^{\circ}\text{C}$  эса тошқўмир смоласи кокслана бошлайди ва вақт ўтгач кокс миқдори ортиб боради ва мустаҳкамлик ошади 2,5 - 3 соат вақт ўтгач мустаҳкамликка таъсир этмай кўяди, чунки тошқўмир смоласи батамом коксга ўтиб бўлади.

**Антифрикцион углерод-графитли материалларни микроструктура таҳлили.** Антифрикцион углерод-графитли материалларни микроструктураларини текширишдан мақсад ундаги камчиликларни аниқлашдан иборат. Углерод-графитли материалларни микроструктурасини тадқиқот қилиш учун намуна шлифлари тайёрланади ва металлографик микроскоплар ёрдамида 50 - 2000 мартагача катталаштириб, уни ички

тузилиши тахлил қилинади. Тадқиқот қилиш учун намуналар қуйидаги тартибда тайёрланади:

1. Антифрикцион материалдан керакли (қўлда ушлаб ишлов бериш имконини берувчи) ўлчамларда намуна қирқиб ёки синдириб олинади;

2. Намуна қиздириб эритилган конифолга солиб, ғовак тешиклари тўлгунча (12-24 соат) шимдиришга қўйилади;

3. Конифол шимдириб намуна совитилгандан кейин, намунанинг танланган текис юзаси жилвир қоғозларда олдин катта, кейин кетма-кет кичрайиб борувчи жилвир қоғозларда силлиқланади;

4. Намунанинг жилвир қоғозларда силлиқланган юзаси бахмал мато ўралган дискда хром уч оксидидан сепилиб ялтирагунча силлиқланади;

5. Намунанинг ялтиратилган юзаси металлографик МИМ-7 ёки ММУ-3 микроскопида 200-1500 марта катталаштирилиб структураси текширилади.

Структурани текшириш натижасида қуйидагиларни аниқлаш мумкин:

1 - намунадаги ғовакликлар ва микро дарзликлар (сарик, конифол рангида бўлади) борлигини;

2 - кокс ва графитнинг аралашганлик даражаси;

3 - графит ва кокс доначалари ўлчамлари;

4 - бегона қўшимча оксидлар ва бошқа камчиликлар борлиги аниқланади.

### **Ишни бажариш тартиби<sup>23</sup>**

Тингловчи амалий ишини бажариш учун антифрикцион углерод-графитли материалдан 5x20x30 мм ўлчамда майда тишли арра ёрдамида шлиф учун намуна кесиб олади. Кейин олдиндан электрқиздиргичда қиздириб эритилган конифолга намунани пинцет ёрдамида 12 соатга шимдиришга ташлайди. Шимдирилган намунани назарий қисмда айтилганидек шлиф тайёрлайди ва микроскоп ёрдамида структурасини текширади.

Кузатилган структурани фотокамера ёрдамида расмини ёки фотосурати микроскоп окуляридан тушириб олинади ҳамда ҳисобот дафтарига чизиб олгандан сўнг материални ишлаб чиқаришдаги технология босқичда йўл қўйилган камчиликларни топиб, уларни ҳисобот дафтарига ёзади.<sup>24</sup>

### **Назорат саволлари:**

1. Пластик деформатсия; ланишга қайси тушунчаларни киритиш мумкин

<sup>23</sup>E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (370 p.p.)

<sup>24</sup>E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (345-365 p.p.)



2. Қандай юкланиш натижасида толиқиш оқибатидаги синиш пайдо болади?
3. Фазаларни қайта кристалланиши қонуниятларини таҳлил қилишда қандай параметрдан фойдаланилади ?
4. Гомогенловчи (диффузияли) юмшатиш асосан қандай ҳолатдаги қотишмалар учун қўлланилади?
5. Совутишдаги температура-тура ўзгариши қиздиришдаги тескари фаза ўзгаришлари температурасидан пастроқда жойлашишда рўй берадиган ҳодисага нима дейилади?

#### **4- амалий машғулот:**

#### **Фазаси ўзгарувчан материаллар.**

#### **Термохромик материаллар**

**Ишдан мақсад:** *пўлатлардаги фазалар ўзгариши трансформациясининг критик нуқтасини аниқлаш усуллари билан танишиш ва унда критик нуқтани жойлашишига қараб легировчи элементларнинг таъсирини ўрганиш.*

**Масаланинг қўйилиши:** *Фазаси ўзгарувчан материаллар. Қотишмани фазалар трансформацияси критик нуқталарига легировчи элементларнинг таъсири ўрганиш*

**Керакли жиҳозлар:** *Қиздириш печи, қотишма намуналари, реактивлар, металлографик микроскоп МИМ-7, шлиф тайёрлаш учун ускуна.*

#### **Ишни бажариш учун намуна:**

Фазаси ўзгарувчан материалларга машинасозлик ва бошқа соҳаларда қўлланиладиган жуда кўп қотишмалар мисол бўла олади. Фазаси ўзгарувчан материалларга энг яхши мисол бўладиган материалларга – пўлатлар киради.

Пўлатларни қиздириш ва совутишда фазалар ўзгаришлари трансформацияси рўй берадиган критик нуқталар температурасини билиш пўлатларга термик ишлов беришда режимларни тўғри аниқлаш учун жуда муҳимдир.

Пўлатлардаги фазалар ўзгаришининг критик нуқтасининг ҳолати асосан, пўлатнинг кимёвий таркиби билан аниқланади. 1-расмда легировчи элементларни пўлатнинг фазалар трансформациясининг критик нуқтасига А1 га таъсири тасвирланган.

Пўлатлардаги фазалар ўзгаришининг критик нуқтасини аниқлаш учун кўпинча қуйидаги усуллардан фойдаланилади: 1) пробали тоблаш; 2) термик таҳлил; 3) дилатометрик таҳлил.

*Ҳар бир усулни атрофлича изоҳлаб ва асослаб беринг.*

## 2. Қотишмани фазалар трансформацияси критик нуқталарига легирловчи элементлар – никель, марганец ва хромнинг таъсирини аниқлаш усули.

Ушбу амалий ишнинг асосий вазифаси - пўлатлардаги фазалар ўзгариши трансформациясининг критик нуқтасини аниқлаш усуллари билан танишиш ва уни критик нуқтани жойлашишига легирловчи элементларни таъсирини ўрганишдир.

Легирловчи элементларни фазалар трансформациясидаги критик нуқталарга таъсири 25Н3А, 21Н5А, 35Г, 40Г2, 20Х3 ва бошқа маркали пўлатларда ўрганилади. Амалий иш диаметри 15 – 25 мм бўлган ва баландлиги 10 – 15 мм бўлган цилиндр кўринишдаги намуналарда пробали тоблашдан кейин ўтказилади.<sup>25</sup>

Ҳар бир пўлат маркасидан намуналар 675 дан то 950<sup>0</sup>С гача 25<sup>0</sup>С интервалда сувда тобланади. Ҳамма ҳолларда ҳар бир намунанинг қиздириш вақти намунани ўлчамига қараб 20-30 минутни ташкил этади. А<sub>с1</sub> ва А<sub>с3</sub> критик нуқталарга мос равишдаги температуралар соҳасида кўрсатилган нуқталарни жойлашиш ҳолатини аниқлаштириш учун намуналарни тоблаш ҳар 10<sup>0</sup> С да амалга ошириш мақсадга мувофиқ бўлар эди.

Ҳаммаси бўлиб, 6-8 та термик ишлов берилган намуналар керак бўлади. Ҳар бир намунанинг микроструктураси ўрганилади ва қаттиқлиги топилади. Ҳар бир пўлатнинг қаттиқлигини тоблаш учун мўлжалланган қиздириш температурасини ўзгаришига боғлиқ равишда график қурилади. Қаттиқлик эгри чизиғи ва микроструктура орқали пўлатлардаги фазалар трансформацияси критик нуқтаси аниқланади. Натижалар 4.1-жадвалга киритилади.

4.1 – жадвал

Пробали тоблашдан сўнг турли маркали пўлатлардан тайёрланган намуналарни қаттиқлиги (HRC)

Тоблаш температураси, <sup>0</sup> С	25Н3А	21Н5А	40Г2	20Х3	20ХН3А

<sup>25</sup>E.Machlin, An Introduction to Aspects of Thermodynamics and Kinetics Relevant to Materials Science, 3rd Edition, Elsevier Science 2007 (350 p.p.)

**Топширик:** Ҳар бир пўлатдан тайёрланган намуналарни тоблаш температурасига қараб, қаттиқлиги ўзгаришини асослаб беринг.

**Назорат саволлари:**

1. Икки фазанинг мувозанат турғунлиги температураси ( $T_0$ ) билан совишдаги ҳақиқий ўзгариш температураси орасидаги фарққа нима деб айтилади?
2. Изотермик ушлаб туриш вақтининг энг бошланғич даврида ўзгаришлар кузатилмайдиган даврга нима деб айтилади?
3. Ҳамма ҳодисалар ичида энг кичик температурада пухталанган металлни нисбатан мувозанат ҳолатига ўз-ўзидан ўтиш билан боғлиқ бўлган жараён нима?
4. Пўлатни фаза ўзгаришлардан юқорироқ температурагача қиздириш, бу температурада ушлаб туриш, сўнгра тез совитишдан иборат бўлган жараён нима?

## V. КЕЙСЛАР БАНКИ

### “Кейс-стади” методи

«Кейс-стади» - инглизча сўз бўлиб, («case» – аниқ вазият, ҳодиса, «stadi» – ўрганмоқ, таҳлил қилмоқ) аниқ вазиятларни ўрганиш, таҳлил қилиш асосида ўқитишни амалга оширишга қаратилган метод ҳисобланади. Мазкур метод дастлаб 1921 йил Гарвард университетида амалий вазиятлардан иқтисодий бошқарув фанларини ўрганишда фойдаланиш тартибида қўлланилган. Кейсда очик ахборотлардан ёки аниқ воқеа-ҳодисадан вазият сифатида таҳлил учун фойдаланиш мумкин. Кейс ҳаракатлари ўз ичига қуйидагиларни қамраб олади: Ким (Who), Қачон (When), Қаерда (Where), Нима учун (Why), Қандай/ Қанақа (How), Нима-натижа (What).

**1-КЕЙС:** Тоз суягининг сунъий эндопротези инсон танасига жойлаштирилди. Лекин, эндопротез жойлаштирилгандан кейин тоз суяги атрофида кучли оғриқ кузатилди, беморнинг аҳволи оғирлаша бошлади. Қайта операция қилиш орқали тоз суягининг снъий эндопротези олиб ташланди ва уни ишлаб чиқишда сунъий тоз суяги компонентлари учун қўлланиладиган учта асосий металл қотишмаларининг механик хоссалари ва коррозияланиш даражаси тўғри аниқланмаганлиги маълум бўлди.

Савол: Нима учун юқорида келтирилган хатоликка йўл қўйилди? Тоз суягининг сунъий эндопротезини ишлаб чиқишда қандай муҳим хусусиятлар инобатга олинмаган.

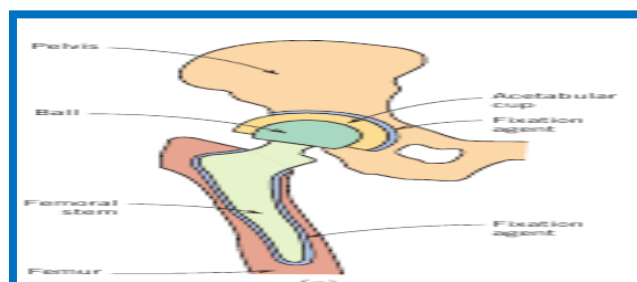
! Топшириқларни кетма-кетликда бажаринг ва кейс ечимини топинг

#### Кейсни бажариш босқичлари ва топшириқлар

Босқичлар	Бажарилиши кўзда тутилган топшириқлар
1-босқич	Кейс билан танишинг муаммони келтириб чиқарган сабабларни аниқланг.
2-босқич	Тоздаги болдр суяги ўрнига қўйиладиган сунъий мослама учун нисбий материалларнинг биологик жихатдан тўғри келадиغان олтига боғлиқлик комионентларини аниқланг.
3-босқич	Тоздаги болдр суяги учун ихтиро қилинган сунъий эндопротезлашнинг тўртта компоненти учун муҳим талабларга жавоб берадиган махсус материалларни келтиринг ва таҳлил қилинг
4-босқич	Сунъий тоз суягининг компонентларини йиғилишининг

	кетма-кетлигини белгилаш ва улар учун қўлланиладиган учта асосий металл қотишмаларининг механик хоссалари ва коррозияланиш даражасини таснифлаш.
5-босқич	Содир этилган хатоликка нима сабаб бўлганлигини аниқлаш ва муаммо ечимини топиш.
6-босқич	Кейс ечимига оид фикр-мулоҳазаларни билириш.

Қуйидаги расмда сунъий тоз суягининг компонентларини йиғилишининг кетма-кетлиги кўрсатилган (қисмларга бўлинган ҳолда). Бу компонентлар (чапдан ўнга қараб) қуйидаги тартибда йиғилади: болдр қисми, копток қисми, айланиш учун қўйиладиган чашка қисми ва охирида айланувчи чашка қисми.



3-РАСМ. Тоз суягининг сунъий эндопротези

**Жадвал-1** Инсонларнинг узун суяklarининг параллел ҳамда перпендикуляр ўқ

Хоссаси	Параллел суяк учун	Перпендикуляр суяк учун
Таранглик модули, ГПа	17.4	11.7
Чўзилишга мустаҳкамлик чегараси, МПа	135	61.8
Сиқилишга мустаҳкамлик чегараси, МПа	196	135
Синишда нисбий узайиши, %	3-4%	-

бўйича механик хоссаларининг таснифи



РАСМ. Тоз суягининг схематик кўриниши

Сунъий тоз суяги компонентлари учун қўлланиладиган учта асосий металл қотишмаларининг механик хоссалари ва коррозияланиш даражаси таснифи					
Қотишма	Таранглик модули, ГПа	Чўзилишга мустаҳкамлик чегараси, МПа	Синишда нисбий узайиши, %	Толиқишга кўрсатадиган мустаҳкамлик чегараси, МПа	Коррозияланиш даражаси, 1мкм/йилига
316L зангламайдиган пўлат	200	862	12	383	0.001-0.002
Со-28Сг-Мо	210	772	8	300	0.003-0.009
Ti-6Al-4V	120	896	10	580	0.007-0.04

**2-КЕЙС:** Метилен хлорид кимёвий моддаси билан олиб борилаётган лаборатория жарёнида кимёвий муҳофаза учун ишлаб чиқилган қўлқоп эриб кетиши оқибатида лаборантнинг қўллари куйиш жароҳатини олди. Лаборатория ходимларининг ҳолат юзасидан ўтказган текширувлари қўлқопни ишлаб чиқишда кимёвий муҳофаза қилиш кийими материални таъсир этиш вақти, диффузия коэффициенти ва материал қалинлигини ҳисобга олинмаган деган хулоса берилди.

Савол: Хулоса тўғри берилдими, бу ҳолат яна қандай факторлар сабаб бўлиши мумкин?

### Кейсни бажариш босқичлари ва топшириқлар

Босқичлар	Бажарилиши кўзда тутилган топшириқлар
1-босқич	Кейс билан танишинг муаммони келтириб чиқарган сабабларни аниқланг.
2-босқич	Кимёвий муҳофаза қилиш кийими учун нисбатан тўғри келадиган ва 2та муҳим факторларга жавоб берувчи қандай материаллар танланишини аниқланг. Метилен хлорид кимёвий моддасига бардошли материалларни аниқланг.
3-босқич	Метилен хлорид кимёвий моддасидан сақланадиган махсус қўлқопларга материални таъсир этиш вақти, диффузия коэффициенти ва материал қалинлиги қай даражада бўлиши

	кераклигини илова жадвалида келтирилган 7 та махсус қўлқопларнинг таснифлари билан қиёслаган ҳолда аниқланг ҳамда метилен хлорид кимёвий моддасига бардошли қўлпоқ ишлаб чиқинг
4-босқич	Муаммо келтириб чиқарган сабабларни аниқланг ва кейс ечимини топинг.
5-босқич	Кейс ечими юзасидан тақдимотни амалга оширинг.

Материал	Диффузия коэффициент и, $D(10^{-8}\text{см}^2/\text{с})$	Қўлқоп қалинлиги, $L(\text{см})$	Таъсир этиш вақти, $t(\text{соат})$	Юза концентацияси $S_A(\text{г}/\text{см}^3)$	Таъсир этиш даражаси $(\text{г}/\text{соат})$	Нархи (USD \$)
Кўпқатламли	0.0095	0.007	24	11.1	0.43	4.19
Поли(винил алкоголь)	4.46	0.075	5.8	0.68	1.15	24
Витон резина	3.0	0.025	0.97	0.10	0.35	72
Бутил резина	110	0.090	0.34	0.44	15.5	58
Неопрен резина	92	0.075	0.28	3.53	125	3.35
Поли (винил хлорид)	176	0.070	0.13	1.59	115	3.21
Нитрил резина	157	0.040	0.05	2.68	303	1.56

## VI. ГЛОССАРИЙ

Термин	Ўзбек тилидаги шарҳи	Инглиз тилидаги шарҳи
<b>Ликвидус</b>	Ликвидус чизигидан юқорида қотишма буткул суюқ ҳолатда бўлади.	On a binary phase diagram, the line or boundary separating liquid- and liquid solid-phase regions. For an alloy, the liquidus temperature is the temperature at which a solid phase first forms under conditions of equilibrium cooling.
<b>Феррит</b>	Углероднинг $\alpha$ - темирга сингдирилган қаттиқ эритмаси	Ceramic oxide materials composed of both divalent and trivalent cations (e.g., $\text{Fe}_2$ and $\text{Fe}_3$ ), some of which are ferrimagnetic.
<b>Аустенит</b>	Углероднинг $\gamma$ – темирга сингдирилган қаттиқ эритмаси	Face-centered cubic iron; also iron and steel alloys that have the FCC crystal structure.
<b>Перлит</b>	Таркибида 0,8 % углерод мавжуд бўлган феррит ва цементитнинг механик аралашмаси	A two-phase microstructure found in some steels and cast irons; it results from the transformation of austenite of eutectoid composition and consists of alternating layers (or lamellae) of $\alpha$ -ferrite and cementite.
<b>Мартенсит</b>	Углероднинг $\alpha$ - темирдаги ўта тўйинган сингдирилган қаттиқ эритмаси	A metastable iron phase supersaturated in carbon that is the product of a diffusionless (athermal) transformation from austenite.
<b>Амморф структура</b>	Аниқ элементга тўғри келадиган атомларнинг фазода нотўғри	Having a noncrystalline structure.



	тартибсиз жойлашуви	
<b>Антифрикцион графит</b>	Жуда кичикишқаланиш коэффициентига эга бўлган графит	A phenomenon observed in some materials(e.g., MnO): complete magnetic moment cancellation occurs as a result of antiparallel coupling of adjacent atoms or ions. The macroscopic solid possesses no net magnetic moment.
<b>Аллотропия, полиформизм</b>	Металларда температура таъсирида кристалл панжарасининг ўзгариши	Exhibiting different values of a property in different crystallographic directions.
<b>Изотропия</b>	Хоссаларнинг ҳар хил юналишда бир хиллиги	Having identical values of a property in all crystallographic directions.
<b>Анизотропия</b>	Хоссаларнинг турли йўналишларда бир хил эмаслиги	Exhibiting different values of a property in different crystallographic directions.
<b>Адгезия</b>	Юзалари тегиб турган турли жисмларнинг ўзаро бирикиб қолиши	substance that bonds together the surfaces of two other materials (termed adherends).
<b>Дислокация</b>	Металлнинг атомлар силжиган (сирпанган) соҳаси билан силжимаган соҳаси орасидаги чегара	A linear crystalline defect around which there is atomic misalignment. Plastic deformation corresponds to the motion of dislocations in response to an applied shear stress. Edge, screw, and mixed dislocations are possible.
<b>Диффузия</b>	Тўйинтирувчи элементларни детал сиртидан ичкарига кириши	Mass transport by atomic motion.
<b>“Наноматериал”</b>	Элементларни шу ўлчамли заррачалари асосида олинган	A composite composed of nanosize particles (i.e., nanoparticles) embedded in

	материал	matrix material. Nanoparticle types include nanocarbons, nanoclays, and nanocrystals. The most common matrix materials are polymers.
<b>Энергетиксигим ENERGY CONTENT</b>	Маълум миқдордаги ёнилғининг энергияси миқдори.	Amount of energy for a given <i>weight</i> of fuel.
<b>Энергия зичлиги ENERGY DENSITY</b>	Ёнилғининг маълум ҳажми учун энергия миқдори.	Amount of energy for a given <i>volume</i> of fuel.
<b>Эффективлик EFFICIENCY</b>	Ҳақиқий натижа билан назарий кутилаётган натижалар нисбати.	The ratio between an actual result and the theoretically possible result.
<b>Атом рақами (Z)</b>	Кимёвий элементнинг атом ядросидаги протонлар сони.	For a chemical element, the number of protons within the atomic nucleus
<b>Биполяр транзистор</b>	Электр сигналларни кучайтирадиган п-р-п ёки	For semiconductors and insulators, the energies that lie between the valence and conduction bands; for intrinsic materials, electrons are forbidden to have energies within this range.
<b>Бронза</b>	Таркибини асосан мис ва қалай ташкил этган қотишма; бронзалар таркибида алюминий кремний, никель ва ҳ.к. бўлиши мумкин.	A copper-rich copper–tin alloy; aluminum, silicon, and nickel bronzes are also possible.
<b>Вакансия</b>	Одатда кристалл панжарадан атом ёки ион чиқиб кетган жой.	A normally occupied lattice site from which an atom or ion is missing.
<b>Валентли электронлар</b>	Атомлар аро боғланишларни ҳосил қилишда иштирок этадиган юқори	The electrons in the outermost occupied electron shell, which participate in interatomic bonding

	энергияли электронлар	
<b>Вандерваальс боғланишлар</b>	Қўшни диполлар орасида молекулалар аро доимий ёки хосил қилинадиган иккиламчи боғланишлар.	A secondary interatomic bond between adjacent molecular dipoles that may be permanent or induced.
<b>Винтсимон дислокация</b>	Параллель текисликлар бир бирига нисбатан спираль хосил қилиб силжиши натижасидаги кристалларнинг чизиқли нуқсон.	The ratio of the magnitude of an applied shear stress to the velocity gradient that it produces—that is, a measure of a noncrystalline material’s resistance to permanent deformation.
<b>Витрификация</b>	Узликсиз матрицани хосил қилиб керамик махсулотни юмшатиш жараёнида совутилишда суюқ фазанинг хосил бўлиши.	During firing of a ceramic body, the formation of a liquid phase that, upon cooling, becomes a glass-bonding matrix.
<b>Водородли мўртланиш</b>	Водород атомларини материалга диффузия қилиши натижасида металл қотишмаларни тўлиқ пластиклигини йўқотиши ёки уни пасайиши.	The ratio of the magnitude of an applied shear stress to the velocity gradient that it produces—that is, a measure of a noncrystalline material’s resistance to permanent deformation.
<b>Деградация (деструкция)</b>	Полимер материалларни емирилиш жараёнини ифодалайдиган термин.	Used to denote the deteriorative processes that occur with polymeric materials, including swelling, dissolution, and chain scission.
<b>Деформацион пухталаниш</b>	Рекристалланиш ҳароратидан паст ҳароратда пластик деформациялаш натижасида юмшоқ материалларни мустаҳкамлиги ва бикрлигини ошириш	The quantity of mass diffusing through and perpendicular to a unit cross-sectional area of material per unit time.
<b>Диполь</b>	Бир биридан катта бўлмаган ораликда	A pair of equal and opposite electrical charges separated by a

<b>(электрик)</b>	жойлашган, қарама қарши знакли тенг электр зарядлар жуфтлиги.	small distance.
<b>Дислокация</b>	Атомларни тартибли жойлашиши бўлмаган кристаллдаги чизикли нуқсон. Пластик деформация бу дислокацияларни таъсир этувчи кучланишлар натижасида силжиши. Дислокациялар чеккали, винтсимон ва аралашма бўлиши мумкин.	A linear crystalline defect around which there is atomic misalignment. Plastic deformation corresponds to the motion of dislocations in response to an applied shear stress. Edge, screw, and mixed dislocations are possible.
<b>Дифракция (рентген нурлари)</b>	Кристалл атомларини рентген нурлари оқимини интерференцияси	Constructive interference of x-ray beams scattered by atoms of a crystal.
<b>Диэлектрик</b>	Электризацияловчи материаллар гуруҳига тегишли ҳар қандай модда.	Any material that is electrically insulating.
<b>Допишлаш</b>	Бу ярим ўтказгичларга чегараланган миқдорда мақсадли равишда донор ва акцепторли легирловчи қўшимчаларни киритиш.	The quantity of mass diffusing through and perpendicular to a unit cross-sectional area of material per unit time.
<b>Атом рақами (Z)</b>	Кимёвий элементнинг атом ядросидаги протонлар сони.	For a chemical element, the number of protons within the atomic nucleus
<b>Биполяр транзистор</b>	Электр сигналларни кучайтирадиган п-р-п ёки	For semiconductors and insulators, the energies that lie between the valence and conduction bands; for intrinsic materials, electrons are forbidden to have energies within this range.
<b>Бронза</b>	Таркибини асосан мис ва қалай ташкил этган	A copper-rich copper–tin alloy; aluminum, silicon, and nickel

	қотишма; бронзалар таркибида алюминий кремний, никель ва ҳ.к. бўлиши мумкин.	bronzes are also possible.
<b>Вакансия</b>	Одатда кристалл панжарадан атом ёки ион чиқиб кетган жой.	A normally occupied lattice site from which an atom or ion is missing.
<b>Валентли электронлар</b>	Атомлар аро боғланишларни хосил қилишда иштирок этадиган юқори энергияли электронлар	The electrons in the outermost occupied electron shell, which participate in interatomic bonding
<b>Вандерваальс боғланишлар</b>	Қўшни диполлар орасида молекулалар аро доимий ёки хосил қилинадиган иккиламчи боғланишлар.	A secondary interatomic bond between adjacent molecular dipoles that may be permanent or induced.

## VII. АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

### I. Ўзбекистон Республикаси Президентининг асарлари

1. Каримов И.А. Ўзбекистон мустақилликка эришиш оstonасида. - Т.:“Ўзбекистон”, 2011.
2. Мирзиёев Ш.М. Буюк келажакимизни мард ва олижаноб халқимиз билан бирга қураимиз. – Т.: “Ўзбекистон”. 2017. – 488 б.
3. Мирзиёев Ш.М. Миллий тараққиёт йўлимизни қатъият билан давом эттириб, янги босқичга кўтарамиз – Т.: “Ўзбекистон”. 2017. – 592 б.

### II. Норматив-ҳуқуқий ҳужжатлар

4. Ўзбекистон Республикасининг Конституцияси. – Т.: Ўзбекистон, 2019.
5. Ўзбекистон Республикасининг “Таълим тўғрисида”ги Қонуни.
6. Ўзбекистон Республикасининг “Коррупцияга қарши курашиш тўғрисида”ги Қонуни.
7. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2015 йил 12 июндаги “Олий таълим муассасаларининг раҳбар ва педагог кадрларини қайта тайёрлаш ва малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида” ги ПФ-4732-сонли Фармони.
8. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги 4947-сонли Фармони.
9. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2018 йил 3 февралдаги “Хотин-қизларни қўллаб-қувватлаш ва оила институтини мустаҳкамлаш соҳасидаги фаолиятни тубдан такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПФ-5325-сонли Фармони.
10. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 17 июндаги “2019-2023 йилларда Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университетида талаб юқори бўлган малакали кадрлар тайёрлаш тизимини тубдан такомиллаштириш ва илмий салоҳиятини ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПҚ-4358-сонли Қарори.
11. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 11 июлдаги «Олий ва ўрта махсус таълим тизимида бошқарувнинг янги тамойилларини жорий этиш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ПҚ-4391- сонли Қарори.
12. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 11 июлдаги «Олий ва ўрта махсус таълим соҳасида бошқарувни ислоҳ қилиш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ПФ-5763-сон фармони.
13. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 27 августдаги “Олий таълим муассасалари раҳбар ва педагог кадрларининг узлуксиз малакасини ошириш тизимини жорий этиш тўғрисида”ги ПФ-5789-сонли [фармони](#).
14. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “2019-2021 йилларда

Ўзбекистон Республикасини инновацион ривожлантириш стратегиясини тасдиқлаш тўғрисида”ги 2018 йил 21 сентябрдаги ПФ-5544-сонли Фармони.

15. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 27 майдаги “Ўзбекистон Республикасида коррупцияга қарши курашиш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПФ-5729-сон Фармони.

16. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 2 февралдаги “Коррупцияга қарши курашиш тўғрисида”ги Ўзбекистон Республикаси Қонунининг қоидаларини амалга ошириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПҚ-2752-сонли қарори.

17. Ўзбекистон Республикаси Президентининг "Олий таълим тизимини янада ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги 2017 йил 20 апрелдаги ПҚ-2909-сонли қарори.

18. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “Олий маълумотли мутахассислар тайёрлаш сифатини оширишда иқтисодиёт соҳалари ва тармоқларининг иштирокини янада кенгайтириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги 2017 йил 27 июлдаги ПҚ-3151-сонли қарори.

19. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “Нодавлат таълим хизматлари кўрсатиш фаолиятини янада ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги 2017 йил 15 сентябрдаги ПҚ-3276-сонли қарори.

20. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “Олий таълим муассасаларида таълим сифатини ошириш ва уларнинг мамлакатда амалга оширилаётган кенг қамровли ислохотларда фаол иштирокини таъминлаш бўйича қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида”ги 2018 йил 5 июндаги ПҚ-3775-сонли қарори.

21. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2012 йил 26 сентябрдаги “Олий таълим муассасалари педагог кадрларини қайта тайёрлаш ва уларнинг малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги 278-сонли Қарори.

#### **Махсус адабиётлар:**

1. Callister William D., Materials science and engineering, Wiley and Sons UK, 2014.
2. T.Fischer., Materials Science for Engineering Students, 1st Edition ElsevierUK, 2008.
3. Mikell P.Groover., Fundamentals of Modern Manufacturing Materials, Processes, and Equipment John Wiley and Sons inc USA 2010.
4. Нурмуродов С.Д., Расулов А.Х., Баходиров Қ.Ф. Материалшунослик ва конструкцион материаллар технологияси. Дарслик. – Тошкент, «Fan va texnologiya» nashriyoti, 2015. 243 бет.

5. Нурмуродов С.Д., Расулов А.Х., Баходиров Қ.Ф. Конструкция материаллар технологияси. Дарслик. – Тошкент, «Fan va texnologiya» nashriyoti, 2015. 270 бет.
6. Нурмуродов С.Д., Расулов А.Х. Создание конструкционных материалов с использованием ультрадисперсных порошков вольфрама: Монография - Ташкент, ТашГТУ, 2015. 168 с.
7. Nurmurodov S.D., Rasulov A.X., Ruziev U.N. Ekstremal sharoitlarda ishlatiladigan qattiq qotishmali metall kompozitlar va ularni termik ishlash: Monografiya - Toshkent, ToshDTU, - 170 b.
8. Умаров Э.О. Материалшунослик. Дарслик. -Т.: “Чўлпон”. 2014.
9. Норхуджаев Ф.Р. Материалшунослик. Дарслик. - Т.: Fan va texnologiyalar. 2014.
10. Носир И. Материалшунослик. Дарслик. - Т.: “Ўзбекистон”, 2002.
11. Зиямухамедова У.А., Нурмуродов С.Д., Расулов А.Х. Металлшунослик. Дарслик. – Тошкент, «Fan va texnologiya» nashriyoti, 2018. 250 бет.

### **Электрон ресурслар**

1. [www.gov.uz](http://www.gov.uz) – Ўзбекистон Республикаси ҳукумат портали.
2. [www.lex.uz](http://www.lex.uz) – Ўзбекистон Республикаси Қонун ҳужжатлари маълумотлари миллий базаси.
3. [www.catback.ru](http://www.catback.ru) - научные статьи и учебные материалы
4. [www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz);