

**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 МАТЕРИАЛШУНОСЛИК ВА  
ИНЖИНИРИНГ»**

**модули бўйича**

**ЎҚУВ-УСЛУБИЙ МАЖМУА**

**ТОШКЕНТ – 2017**

Мазкур ўқув-услубий мажмуа Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигининг 2017 йил 29 августдаги 603-сонли буйруғи билан тасдиқланган ўқув режа ва дастур асосида тайёрланди.

**Тузувчилар:** ТДТУ, доцент О. Турсункулов

**Такризчи:** ТДТУ, т.ф.д., профессор Э.О. Умаров

Ўқув -услубий мажмуа Тошкент давлат техника университети Кенгашининг 2017 йил \_\_\_\_\_даги \_\_\_\_-сонли қарори билан нашрга тавсия қилинган.

## МУНДАРИЖА

I.	Ишчи дастури.....	5
II.	Модулни ўқитишда фойдаланиладиган интерфаол таълим методлари .....	12
III.	Назарий материаллари .....	14
IV.	Амалий машғулот материаллари.....	60
V.	Кейслар банки .....	87
VI.	Мустақил таълим мавзулари.....	89
VII.	Глоссарий .....	90
VIII.	Адабиётлар рўйхати .....	94

## **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-сон Фармонидаги устувор йўналишлар 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 жараёнида 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 тўтади.

“Илғор материалшунослик ва инжиниринг” модулининг ишчи ўқув дастури атом структураси ва қаттиқ жисмлардаги боғланишлар, металл материаллар ва уларнинг хоссалари, полимер материаллар ва композитлар, электр материаллар ва уларнинг магнетик, оптик ва термофизик хоссалари билан боғлиқ бўлган билимларни қамраб олган.

### **Ўқув модулининг мақсади ва вазифалари**

**Модулнинг мақсад ва вазифаси** – тингловчиларга атом структураси ва кимёвий элементларни электрон тузилиши, турли хилдаги металл материаллар уларнинг хоссалари, кристалл тузилиши, физик, кимёвий, механик ва технологик асослари, шунингдек, материални танлаш мезонлари, металлларга термик ишлов бериш жараёнлари ҳақида илғор тажрибалар асосида замонавий билимлар бериш ва олинган билимларни фаолиятга татбиқ этиш компетентлигини шакллантириш.

### **Модул бўйича тингловчиларнинг билими, кўникмаси, малакаси ва компетенцияларига қўйиладиган талаблар**

“Илғор материалшунослик ва инжиниринг” модулини ўзлаштириш жараёнида амалга ошириладиган масалалар доирасида:

#### ***Тингловчи:***

- металлларнинг хоссалари ва кристалл тузилиши;
- кристалланиш жараёнининг асосий қонуниятлари;
- қотишмалар назарияси;
- ноорганик материалларни тузилиши;
- полимерларни тузилиши ва хоссалари;

- электр материаллар ва уларнинг хусусиятлари ҳақида **билимларга эга бўлиши лозим.**

***Тингловчи:***

- пўлатлар ва чўянларнинг асосий эксплуатацион ва технологик хоссалари бўйича таснифлаш;
- микроструктурага қараб пўлат таркибидаги углерод миқдорини аниқлаш;
- материалларни танлаш мезонларидан фойдаланиш;
- материалларнинг техник, механик хоссаларини аниқлаш;
- металл ва қотишмаларнинг чўзилишдаги мустаҳкамлигини синаш;
- механик хоссаларни динамик юклама билан аниқлаш;
- пўлатни тоблаш усулларида фойдаланиш;
- пўлатларни тобланувчанлиги ва тоблаш чуқурлигини аниқлаш;
- пўлатни термо-механик ва механо-термик ишлаш **кўникма ва малакаларига эга бўлиши зарур.**

***Тингловчи:***

- материалларни қаттиқлигини синашда Бринел, Виккерс Роквелл усулларида фойдаланиш;
- машинасозлик соҳаларида ишлатиладиган ускуналар учун материаллар танлаб олиш **компетенцияларига эгаллаши зарур.**

**Модулни ташкил этиш ва ўтказиш бўйича тавсиялар**

“Илғор материалшунослик ва инжиниринг” 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 ҳамда маърузанинг интерфаол шаклларида;
- ўтказиладиган амалий машғулотларда техник воситалардан, экспресс-сўровлар, тест сўровлари, “Кичик гуруҳларда ишлаш”, “Инсерт”, “Кейс стади” ва бошқа интерактив таълим усуллари қўллаш назарда тутилади.

**Модулнинг ўқув режадаги бошқа модуллар билан боғлиқлиги ва узвийлиги**

“Илғор Материалшунослик ва инжиниринг” модули ўқув режадаги қуйидаги фанлар билан боғлиқ: “Илғор функционал материаллар”, “Материалларни илғор тадқиқот усуллари”.

**Модулнинг олий таълимдаги ўрни**

Модулни ўзлаштириш орқали тингловчилар материалшунослик соҳасидаги илғор хорижий тажрибалар, янги инновацион технологиялар ва уларни ўрганиш, амалда қўллаш ва баҳолашга доир касбий компетентликка эга

бўладилар.

### Модул бўйича соатлар тақсимоти

№	Модул мавзулари	Тингловчининг ўқув юкلامаси, соат					
		Ҳаммаси	Аудитория ўқув юкلامаси				Мустақил таълим
			жами	Назарий	Амалий машғуло	Кўчма машғуло	
1	Кириш. Атом структураси ва қаттиқ жисмлардаги боғланишлар	4	4	2	2		
2	Металл материаллар	8	8	2	4	2	
3	Керамик материаллар	8	6	2	4		2
4	Полимер материаллар ва композитлар	6	6	2	2	2	
5	Электр материаллар, магнетик, оптик ва термофизик хоссалар	4	4	2			2
6	Углеродли пўлатларнинг термик ишлашининг улар тузилишига ва механик хоссаларига таъсири	4			4		
	<b>Жами:</b>	<b>34</b>	<b>30</b>	<b>10</b>	<b>16</b>	<b>4</b>	<b>4</b>

### НАЗАРИЙ МАШҒУЛОТЛАР МАЗМУНИ

#### 1-мавзу: Кириш. Атом структураси ва қаттиқ жисмлардаги боғланишлар

Кимёвий элементларни электрон тузилиши ва Д.И. Менделеев жадвали. Атом орасида бўлган боғланишлар: ион, ковалент, молекуляр ва металл боғланишлар. Кўп атомли катакчалар. Қаттиқ жисмларнинг кристалл тузилиши. Симметрия элементлари, координацион сон. Элементар кристаллар. Ионли, молекуляр кристаллар. Полиморфизм. Атом текисликлари ва йўналишларини индекслари. Ҳақиқий кристалларнинг ички тузилиши.

Панжарадаги нуқсонларни синфланиши. Нуқтавий нуқсонлар. Нуқтавий нуқсонларнинг ҳаракати. Нуқтавий нуқсонларни комплекслари, ваканциялари ва диваканциялари. Нуқсонларни пайдо бўлиши ва ҳаракат қилиш энергияси.

## **2-мавзу: Металл материаллар**

Металларнинг хоссалари ва кристалл тузилиши. Металларнинг физик, кимёвий, механик ва технологик хоссалари ҳақида умумий маълумотлар. Металлар мустаҳкамлиги ва пластиклигининг физикавий асослари.

Кристалланиш ва металлларни аморф ҳолати. Кристалланиш жараёнини асосий қонуниятлари. Металларнинг кристалланиши. Кристалланиш жараёнининг механизми ва кинетикаси. Кристалл доналарининг ҳосил бўлиш ва ўсиш механизми. Тоза металлларнинг совишининг эгри чизиқлари. Кристалланиш жараёнига таъсир қилувчи омиллар. Кристалл доналарнинг ўлчами. Металл қуймаларнинг ички тузилиши. Металл ва қотишмаларни модификациялаш – уларнинг мустаҳкамлигининг ошириш усули сифатида. Металлардаги полиморф ўзгаришлар.

Қотишмалар назарияси. Қотишмалардаги диффузия. Диффузиянинг асосий тенгламалари. Металларда диффузияни механизми.

Металл қотишмаларда фазалар. Қаттиқ эритмалар. Кимёвий бирикмалар, ўрта ора-лиқ фазалар. Гетероген структуралар.

## **3-мавзу: Керамик материаллар**

Оловбардошлар. Оловбардошларни турлари. Графит ва олмос. Махсус вазифали оловбардош материаллар. Абразивлар. Цементлар. Оптик толалар.

## **4-мавзу: Полимер материаллар ва композитлар**

Полимерларни тузилиши ва хоссалари. Полимерларни молекуляр тузилиш хусусияти ва хоссалари. Полимерларни молекуляр массаси. Молекулярлар орасидаги ўзаро таъсир. Полимерларни шиша ҳолатига айланиши. Полимерларни қовушқоқ оқувчанлиги. Полимерларни кимёвий ўзгаришлари. Композицион материалларни тузилиши ва хоссалари.

## **5-мавзу: Электр материаллар, магнетик, оптик ва термофизик хоссалари**

Электр материаллар. Улар ҳақида умумий маълумотлар. Электро ва радиотехникани ривожланишида материалларнинг роли. Электро ва радиотехникада ишлатиладиган материаллар классификацияси. Электромеханик материаллар. Конструкцион материаллар. Ярим ўтказгич материаллар. Ўтказгич материаллар. Материалларнинг қурилиши. Мураккаб таркибли яримўтказгич материаллар. Магнитли материаллар. Диомагнетиклар. Паромагнетиклар. Ферромагнетиклар. Антиферромагнетиклар. Ферримагнетиклар. Магнитли материаллар. Магнито–юмшоқ материаллар.

## АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ МАЗМУНИ

### 1-амалий машғулот:

#### Атом структураси ва қаттиқ жисмлардаги боғланишлар

Темир – углеродли қотишмалар. Фаза ва структуралар ҳолат диаграммалари. Қотишмалар хоссаларининг уларнинг тузилишига ва кимёвий таркибига боғлиқлиги. Технологик хоссалар бўйича қотишмалар классификацияси. Турғун ва нотурғун ҳолатдаги қотишмаларни олиш усуллари.

Темир – углерод ҳолат диаграммаси. Темир – кремний, темир – марганец, темир – олтингургурт, темир – фосфор ҳолат диаграммалари. Легирловчи элементлар. Темир – хром, темир – никел ҳолат диаграммалари.

Темир ва унинг қотишмалари. Пўлатлар ва чўянлар ва уларнинг асосий эксплуатацион ва технологик хоссалари бўйича таснифи.

### 2-амалий машғулот:

#### Металл материаллар

Конструкция пўлатлар, асбобсозлик пўлатлари ва қотишмалари. Легирланган, зангламас, иссиққабардош ва иссиққа чидамли пўлатлар. Махсус физикавий хоссаларга эга бўлган пўлатлар ва қотишмалар.

Легирланган пўлатлардаги фазалар. Темир – углерод диаграммага легирловчи элементларнинг таъсири. Легирланган пўлатларни структура синфлари.

Микроструктурага қараб пўлат таркибидаги углерод миқдорини (%) аниқлаш.

### 3-амалий машғулот:

#### Керамик материаллар

Материални танлаш мезонлари. Материалларнинг физик хоссалари. Материалларнинг техник хоссалари. Материалларнинг механик хоссалари. Материалларни механик хосаларини статик юклама билан аниқлаш. Чўзилишга синаш. Металл ва қотишмаларнинг чўзилишдаги мустақкамлигини синаш. Материалларни қаттиқлигини синаш. Бринел усули. Қаттиқликни Виккерс усулида синаш. Қаттиқликни Роквелл усулида синаш. Механик хоссаларни динамик юклама билан аниқлаш.

### 4-амалий машғулот:

#### Полимер материаллар ва композитлар

Алюминий ва унинг қотишмалари. Деформацияланадиган алюминий қотишмалари. Қуйма қотишмалар. Алюминий кукун қотишмалари. Алюмин қотишмаларини классификацияси. Маркаланиши. Мис ва унинг қотишмалари. Латунлар. Бронзалар. Титан ва унинг қотишмалари.

Магний ва унинг қотишмалари. Магний қотишмалари. Қуйма магний қотишмалари. Деформацияланадиган магний қотишмалари. Ўта енгил қотишмалар. Қотишманинг технологияси.



## **5-амалий машғулот:**

### **Углеродли пўлатларнинг термик ишлашнинг улар тузилишига ва механик хоссаларига таъсири**

Пўлатларни термик ишлаш турлари. Термик ишлаш асослари. Пўлатни қиздиришдаги ўзгаришлар. Аустенитнинг ҳосил бўлиши. Пўлатни совутишда аустенитда бўладиган ўзгаришлар. Ўта совитилган аустенитнинг ўзгариши. Аустенитнинг перлитга айланиши. Ҳар-хил совутиш даражасида аустенитни мартенситга айланиши. Аустенитни перлитга айланиши. Аустенитни мартенситга айланиши. Мартенсит эгри чизиғи. Тобланган пўлатни бўшатишда бўладиган жараёнлар. Термик ишлаш хусусиятлари – технологияси. Пўлатни юмшатиш. Диффузион юмшатиш. (Гомогенлаш). Пўлатни нормаллаш. Қиздириш ва тутиб туриш вақти, қиздириш воситалари. Пўлатни тоблаш усуллари. Пўлатни нольдан паст температурада ишлаш. Юза тобланадиган детални юқори частотали ток билан қиздириш. Пўлатларни тобланувчанлиги ва тоблаш чуқурлиги. Пўлатни термо-механик ва механо-термик ишлаш.

### **Кўчма машғулот мазмуни**

“Металл материалларни таҳлил қилиш” ва “Полимер материаллар ва композитлар билан танишиш” мавзуларидаги кўчма машғулотларни ТДТУ “Материалшунослик ва янги материаллар технологияси” кафедрасининг замонавий технологиялар билан жиҳозланган лаборатория хоналарида ҳамда ТДТУ қошидаги “Тармоқ машинашунослиги муаммолари” илмий текшириш марказида ўтказилиши 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 тўтади.

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 тўтади. *Табақалашган гуруҳли иш* гуруҳларда турли топшириқларни бажаришни назарда тўтади.

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

### Баҳолаш мезонлари

№	Баҳолаш турлари	балл	Максимал балл
1	Кейс	1,5	2,5
2	Мустақил иш	1,0	

## II. МОДУЛНИ ЎҚИТИШДА ФОЙДАЛАНИЛАДИГАН ИНТЕРФАОЛ ТАЪЛИМ МЕТОДЛАРИ

### Маърузанинг интерфаол шакллари

**Муаммоли маъруза** - Янги билимлар қўйилган савол, масала, ҳолатнинг муаммолилиги орқали берилади. Бунда тингловчининг ўқитувчи билан биргаликдаги билиш жараёни илмий изланишга яқинлашди. Педагогик вазифа: янги ўқув ахборотининг мазмунини очиш, муаммони қўйиш ва уни ечимини топишни ташкил қилиш, ҳозирги замон нуқтаи назарларини таҳлил қилиш.

**Маъруза машғулотида муҳокама учун тавсия этиладиган муаммоли саволлар.**

1. Республикада материлшунослик соҳасида эришилган энг сўнгги ютуқлар ҳақида нималар дея оласиз?
2. Металл материалларни таҳлил қилишда қайси хориж тажрибалари ҳозирги кунда илғор ҳисобланмоқда? Нима учун?
3. Республикада соҳани янада ривожлантиришда қайси хорижий мамлакатлар тажрибасидан фойдаланиш кўпроқ самара беради?

**Маслаҳат маъруза** - Турли сценарийлар ёрдамида ўтиши мумкин. Масалан, 1) «Савол-жавоб» - маърузачи томонидан бутун кўрс бўйича ёки алоҳида бўлим бўйича саволларга жавоб берилади. 2) «Савол-жавоб-дискуссия» - изланишга имкон беради. Педагогик вазифаси: янги ўқув маълумотни ўзлаштиришга қаратилган.

**Маслаҳат маърузани ўқув жараёнига татбиқ этишда** “Полимер материаллар ва композитлар” мавзуси тингловчиларга олдиндан мустақил ўзлаштириш учун берилади ва мавзуга оид саволлар тузиб келиш вазифаси топширилади. Машғулотда маърузани мустақил ўзлаштирган тингловчилар ўзларини қизиқтирган саволлар билан муурожаат қиладилар, ўз фикр-мулоҳазаларини баён этадилар ва янги материални ўзлаштирадилар.

### Инсерт методи

Мазкур метод тингловчиларда янги ахборотлар тизимини қабўл қилиш ва билмларни ўзлаштирилишини енгиллаштириш мақсадида қўлланилади, шунингдек, бу метод тингловчилар учун хотира машқи вазифасини ҳам ўтайди

### Матрни белгилаш тизими

(v) - мен билган нарсани тасдиқлайди.

(+) – янги маълумот.

(-) – мен билган нарсага зид.

(?) – мени ўйлантирди. Бу борада менга қўшимча маълумот зарур.

**Методнинг ўқув жараёнига татбиқ этилиши**

### Инсерт жадвали

Тушунчалар	V	+	-	?
<i>Кристалланиш тушунчаси</i>				
<i>Металл объектлари</i>				
<i>Кристалланиш қонуниятлари</i>				
<i>Кристалланиш жараёнининг</i>				

<i>кинетиқаси</i>				
<i>Кристалланиш жараёнининг механиқаси</i>				
<i>Металл структураси</i>				

**“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. Тренер 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 баҳоланиб борилади. Тингловчилар баҳолаш мезонлари билан амалий машғулот бошлангунга қадар таништирилади ва баҳолаш варақалари тарқатилади. Барча тақдимотдан сўнг муҳокама бўлиб ўтади. Муҳокамада бажарилган вазифалар тўлдирилади ва хулоса қилинади.

**Методнинг ўқув жараёнига татбиқ этилиши:**

Гуруҳдан 3 та кичик гуруҳ шакллантирилади ва қуйидаги амалий топшириқларни бажариш топшириғи берилади:

**1-гуруҳ:** Бринел усулидан фойдаланиб материалларни қаттиқлигини синаб кўринг. Афзаллик ва камчиликларини қиёсий таҳлил қилинг.

**2-гуруҳ:** Виккерс усулидан фойдаланиб материалларни қаттиқлигини синаб кўринг. Афзаллик ва камчиликларини қиёсий таҳлил қилинг.

**3-гуруҳ:** Роквелл усулидан фойдаланиб материалларни қаттиқлигини синаб кўринг. Афзаллик ва камчиликларини қиёсий таҳлил қилинг.

**Гуруҳлар фаолиятини баҳолаш мезонлари.**

Мезонлари	баллар			
	2	3	4	5
Мазмуни				
Гуруҳнинг фаол иштироки				
Белгиланган вақтга рияз 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: Кириш. Атом структураси ва қаттиқ жисмлардаги боғланишлар.

##### Режа:

1. Атомларда электронлар
2. Квант сонлар
3. Электрон конфигурациялар
4. Металларнинг кристалл структураси

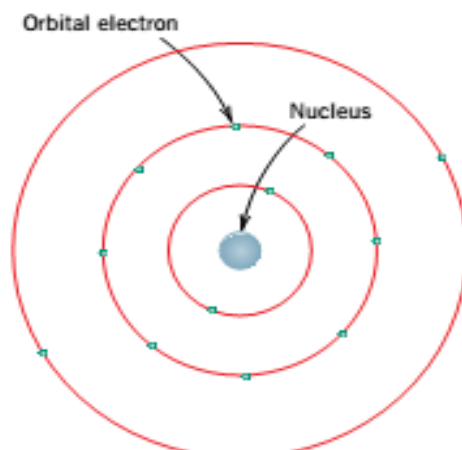
*Таянч сўз ва иборалар:* Кимиёвий турғунлик. Зичлик. Аллотропия. Полиформизм. Изотропия. Анизотропия. Панжара базаси. Ҳажми, ёқлари марказлашган куб, гексоганал. Дислокация. Бирламчи кристаллиниш.

#### 1. Атомларда электронлар

##### 1.1 Атом модели

XIX аснинг охири йилларида кўпгина ходисилар шу жумладан электронларнинг атомда ҳаракатланиши классик механика тушунчалари ва терминлари билан изоҳлаб бўлмаслиги тушуниб етилди. Натижада атом ва субатомларда электронларнинг ҳаракатини бошқарув қонун қоидаларини тушинтириб берувчи янги принциплар системасини ишлаб чиқиш зарурияти пайдо бўлди. Бу қонун қоидалар **квант механикаси номи** билан маълум. Атом ва кристалл жисимларда электронларни ҳаракатини тушиниш учун кванто-механик тушунчалардан фойдаланиш зарур эканлиги аниқланди. Аммо аниқланган принципларни бирма-бир кўриб чиқиш бу китобнинг вазифасидан ташқарига чиқиб кетади, шунинг учун принципларнинг юзаки соддалаштирилган ҳолатда ўрганиб чиқамиз.

Бироз олдинроқ шакиланган квант механикасининг хулосасига, соддалаштирилган Бор атом моделига кўра электронлар атом ядросининг атрофида ўзига тегишли бўлган орбиталарда айланма ҳаракат қилиши ва электронларнинг атом марказига нисбатан жойлашинини шу орбиталар терминлари орқали аниқлаш қабул қилинган. Атомнинг бу модели 1.1 – расмда келтирилган.



1.1 – расм. Атомнинг Бор модели

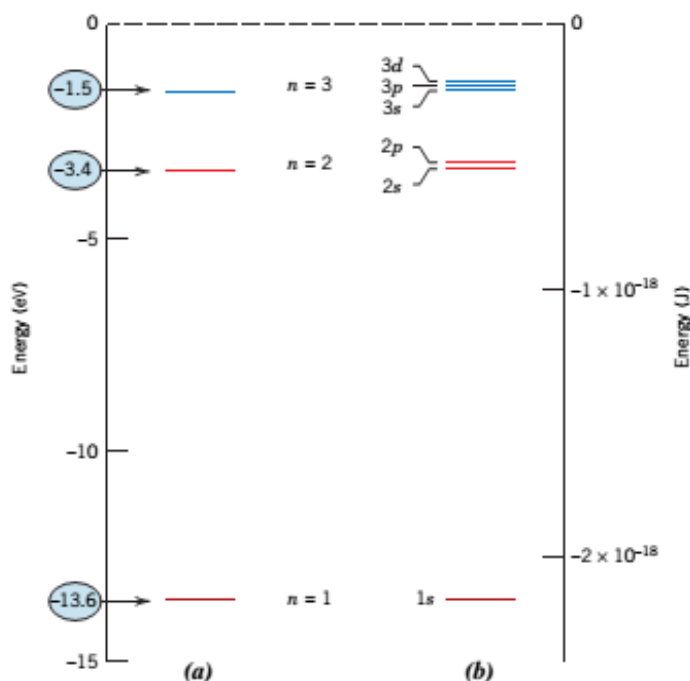
<sup>1</sup> Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons. UK 2014 (22-26 pages.)

Квант-механикасининг яна бир мухим приципларидан бири бу электрон энергиясининг квантланиши, яъний электрон энергиянинг фақат қандайдир аниқ қийматига эга бўлиши мумкин. Электронинг энергияси ўзгариши мумкин, аммо бу ўзгариш кескин ўзгариш ёки сакраш орқали амалга ошади, яъний унинг энергияси ёки ошади (энергия ютилиш) ёки камаяди (энергия чиқарилиши). Бу жараён аниқ тартиб асосида бўлиб ўтади.

Бу жараённи тасаввур қилиш учун электронда ҳисобланган энергия аниқ белгиланган поғоналарга ёки хоатларга сарфланади. Бу энергетик холат узликсиз равишда ўзгармайди, аммо аниқ поғоналарга тақсимланади. Мисол тариқасида 1.2 а – расмда Бор моделига тўғри келадиган водороднинг энергетик поғоналари келтирилган.

Электроннинг энергияси манфий қийматда қабул қилинган бўлиб, энергиянинг ноль қиймати, яъни боши эркин электронинг энергияси ҳисобланади. Албатда водороднинг атомидаги битта электрони ундаги фақат битта рухсат этилган холатни эгалайди.

Шундай қилиб, Бор модели бу водород атомидаги электронинг – холатини (электрон орбиталари) ва энергиясини (энергиянинг кватланиш тенгламаси) аниқлашнинг илк бор уриниши ҳисобланади.



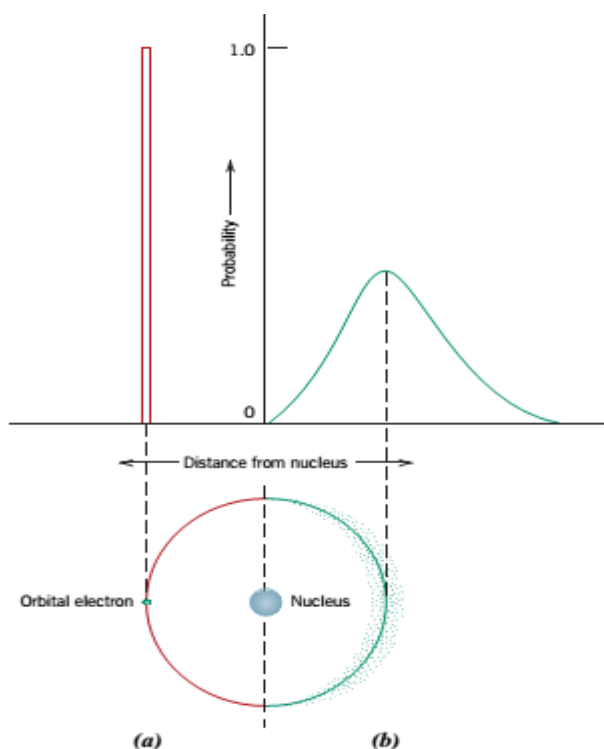
1.2- расм. а – Бор моделидаги учта биринчи поғонаси водород атомига тегишли; б – водород электронинг энергетик холатига мос келувчи учта поғонаси тўлқинли модели бўйича;

Бор модели бир қатор камчиликларга эга бўлиб, у электронинг атомдаги баъзи холат тамойилларини тушинтириб бера олмайди.

Бу мураккабликларни тушинтириш тўлқинли механик модели ёрдамида ўз ечимини топган бўлиб, унга кўра электрон бир вақтни ўзида ҳам заррача ҳам тўлқин хоссасига эга. Бу

моделга биноан электрон белгилаган орбитада ҳаракат қиладиган заррача сифатида эмас балки, унинг атом ядросига нисбатан жойлашиши эҳтимоллик нуқтаи назариясидан тушинтирилади. Бошқача қилиб айтганда, унинг тақсимланишини тушунтириш учун тақсимланиш эҳтимоллик функцияси ёки электрон булути тушинчалари киритилган.

1.3 – расмда водород атомидаги электрон учун Бор модели ва тўлқинли моделларни бир бирига тенглаштириш келтирилган. Ушбу китобда келусида иккита модел ҳам қўлланилади, бунда моделларнинг танланиши уларнинг берилган муоммони содда тушинтира олишига боғлиқ бўлади.



1.3. – расм. Электрон ҳолатининг тақсимланиш иборалари бўйича Бор модели (а) ва тўлқинли моделларнинг (б) бир бирига тенглаштириш.

## 1.2 Квант сонлар

Квант механикасининг принципларидан келиб чиққан ҳолда атомдаги ҳар бир электрон ўзининг тўртта параметри, **квант сонлари** деб номланадиган сонлар орқали характерланади. Биринчи учта квант сони зичланиш эҳтимоллик функциясининг ўлчами, шакли ва фазода жойлашишини аниқлайди. Борнинг электрон қобикларнинг тақсимланиш энергетик тенгламаси ва квант сонлар ҳар бир поғоначаларнинг эҳтимоллик ҳолат сонларини аниқлаб беради. *Бош квант сон* –  $n$  маълум тартибда жойлашган энергетик поғоналарнинг тартиб рақамини ифодалайди.

<sup>1</sup> Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons.UK 2014 (22-26 pages.)

У қабул қиладиган қийматлари бутун рацианал ракамлар кетма-кетлигидан иборат.

$$n = 1, 2, 3, 4, 5, \dots$$

Атомлар электронлар бош квант сони билан характерланади ва у энергетик поғона деб юритилади. Электронлар жойлашган орбиталарнинг бош квант сон қиймати ортиб борган сари орбитадаги электрон билан ядро орасидаги масофа ортиб боради ва шу билан бирга, кулон қондасига кўра ядро билан электронинг тортишиш энергияси камаяди. Бош квант сон қиймати қанча кичик бўлса, поғоначаларда электронларнинг ядро билан боғланиш энергияси шунча катта бўлади,  $n$  – қиймат ортган сари электронларнинг хусусий энергияси орта боради.

1.1-жадвал Баъзи поғона ва поғоначалардаги электронларнинг бўлиши мумкин бўлган ҳолатлар сони

Value of $n$	Value of $l$	Values of $m_l$	Subshell	Number of Orbitals	Number of Electrons
1	0	0	1s	1	2
2	0	0	2s	1	2
	1	-1, 0, +1	2p	3	6
3	0	0	3s	1	2
	1	-1, 0, +1	3p	3	6
	2	-2, -1, 0, +1, +2	3d	5	10
	0	0	4s	1	2
4	1	-1, 0, +1	4p	3	6
	2	-2, -1, 0, +1, +2	4d	5	10
	3	-3, -2, -1, 0, +1, +2, +3	4f	7	14

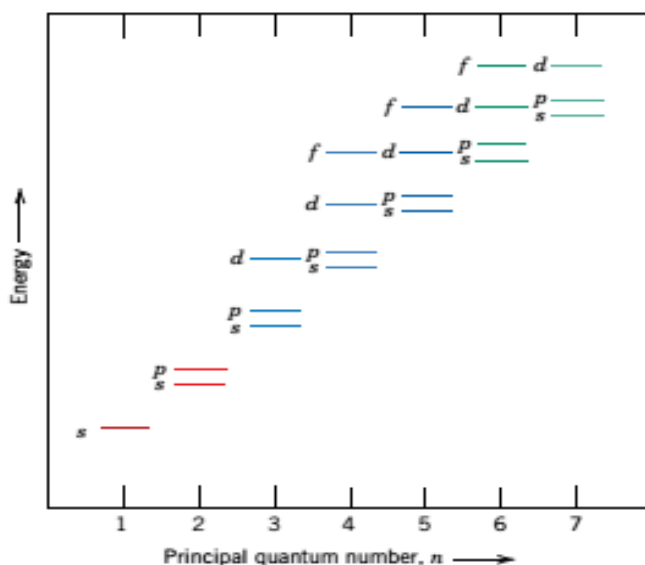
Source: From J. E. Brady and F. Senese, *Chemistry: Matter and Its Changes*, 4th edition. Reprinted with permission of John Wiley & Sons, Inc.

Ядрога яқин поғонада жойлашган электронни ташқаридан қўшимча энергия сарфлаб бош квант сони каттароқ бўлган поғоналарга ўтказиш мумкин. Электрон қўшимча энергия қабул қилиб  $n$  қиймати каттароқ бўлган поғонага кучади, бунда электронинг хусусий энергияси ортадим, лекин унинг ядро билан боғланиш энергияси камаяди. Энергия миқдори катта бўлса, электрон атомдан чиқиб кетади ва ионланган ҳолатга ўтиб олади. Юқори энергетик ҳолатга ўтган электрон бўш қолган кичик рақамли поғонага қайтиб ўтганда атом олдин ютилган энергияни ёруғлик нури кўринишда атрофга сочади ва шунда электрон асосий ҳолатга қайтиб келади. Ҳар бир бош квант сон учун унинг қийматига тенг бўлган миқдорда поғонача ва  $n^2$  қийматга тенг бўлган миқдорда орбиталар бўлади. Энергетик поғоналарни ташкил этувчи поғоначалар, орбиталар хиллари ва сонлари орбитал квант сони ёрдамида аниқланади. Бутун атом модели бўйича барча поғона ва поғоначалар энергетик ҳолатининг спектрларни ўз ичига олган диаграмма 1.4 – расмда келтирилган. Бу расмда шунга эътибор бериш керакки, биринчидан - бош квант сони қанча кичик бўлса, поғонанинг энергетик ҳолат шунча паст бўлади.

<sup>1</sup> Callister William D. Jr., *Materials Science and Engineering, an Introduction*. Wiley and Sons. UK 2014 (22-26 pages.)



Масалан, 1s ҳолат энергияси 2s ҳолат энергиясидан кичик, у эса ўз навбатида 3s ҳолат энергиясидан паст. Иккинчидан - ҳар бир қобик чегарасида энергетик даража бош квант сони ортиши билан поғоначада энергетик даражаси ортади.



1.4 – расм. Бутун атом модели бўйича барча поғона ва поғачалар энергетик ҳолатининг спектрларни ўз ичига олган диаграмма

### 1.3 Электрон конфигурациялар

Ҳар бир бош квант сон учун унинг қийматига тенг бўлган миқдорда поғонача ва  $n^2$  қийматга тенг бўлган миқдорда орбиталар бўлади. Энергетик поғоналарни ташкил этувчи поғоначалар, орбиталар хиллари ва сонлари орбитал квант сони ёрдамида аниқланади. *Орбитал квант сони* –  $l$  бош квант сон билан қуйдагича боғланган: а)  $l$  –нинг қабул қиладиган қийматлар сони ҳар бир поғона учун нолдан бошланади, айти поғонанинг раққми қийматида битта кичик бўлган рақамлар оролағидаги каттаклар сонига тенг бўлади. Поғонанинг рақамлар билан кўпинча эса лотин алифбосининг кичик ҳарифлари билан:

$l = 0$  бўлса, s – ҳарфи билан

$l = 1$  бўлса, p – ҳарфи билан,

$l = 2, 3, 4, \dots$  Бўлганда d, f, g – ҳарфлари билан ифодаланади.

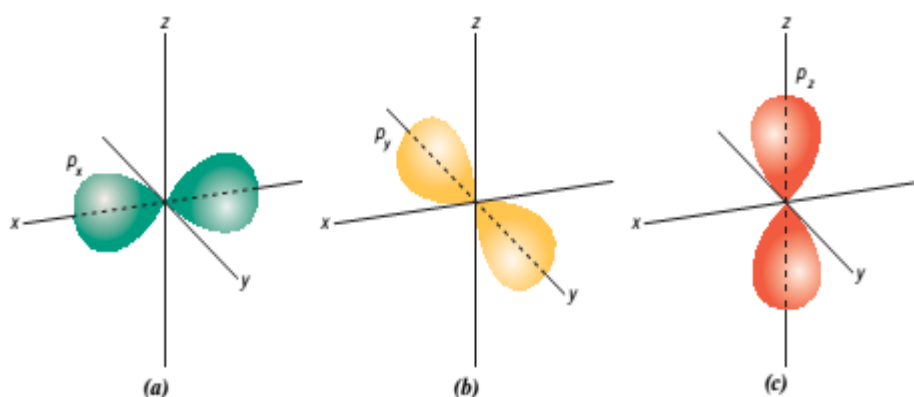
Орбитал квант сонинг бундай белгилари бир вақтининг ўзида поғонача таркибига кирувчи орбиталар шаклини ҳам ифодалайди.  $n$  – билан  $l$  орасидаги муносабат.

Бош квант сонлари турли бўлган s – поғоначага тегишли электрон орбиталарнинг кўриниш шакли, маркази ядрода жойлашган концентрик сфера шаклида бўлади. Бош квант сонинг қиймати ортиб борган сари унга таълуқли бўлган s- поғоначанинг кўлами ҳам ортиб боради, яъний электрон бўлути зичлиги максимал бўлган фазо чегараси ядродан узоқлашиб боради. Поғонани ташкил этувчи поғоначалар электрон орбиталлар деб аталади. 1.5 расмларда s, p, ва d орбиталарнинг фазода жойлашиши ва шакллари кўрсатилган.

Магнит квант сони –  $m$  электрон орбиталарининг фазовий ҳолатини ифодаловчи сон. Ҳар бир орбитал квант сон  $l$  га тегишли бўлган магнит квант сонининг қабул қиладиган қийматлари сони (бошқача айтганда ҳар бир поғоначаларнинг нечта хил фазовий ҳолатда бўлишини акс этирувчи рақам)  $m=2l+1$  га тенг бўлади, лекин ҳар бир энергетик поғоначалардаги орбиталларга тегишли магнит квант соннинг қиймати  $+l, +(l-1), \dots, 0, \dots, -(l-1), -l$  чегарасида бўлади; бошқача айтганда,  $m$  нинг максимал қиймати  $l$  нинг мусбат ва маънфий қийматларига тенг бўлади.

Магнит квант соннинг қабул қиладиган қийматлар сони айна поғоначадаги орбиталлар сонига тенг.  $ns$  – поғоначалар қайси поғонага таъллуқли бўлмасин, улардаги  $s$ - орбиталар фақат битта,  $np$  -поғоначада 3 тадан  $p$ - орбиталар,  $n, d$ -поғоначада 5 тадан  $d$ -орбиталар бўлади ва ҳақозо.  $p$ - орбитанинг уч хил бўлиши ўзаро  $90^\circ$  бурчак остида жойлашган фазовий координата ўқлари 2.5-расмда кўрсатилган. Худди шундай вазиятлар  $d$  – ва  $f$  – орбиталарга ҳам таъллуқли.

Ҳар бир қобикчада қанча орбиталар бўлмасин улар бир-биридан фақат фазовий ҳолати жиҳатидан фарқ қилади, уларнинг энергетик фарқлари йўқ. Атомдаги электронларнинг энергетик фарқлари фақат  $n$ - ва  $l$  қийматлар орқали юзага келиб чиқади.



1.5-расм.  $p_x$  -,  $p_y$  – ва  $p_z$  – орбиталарнинг фазода жойлашиши

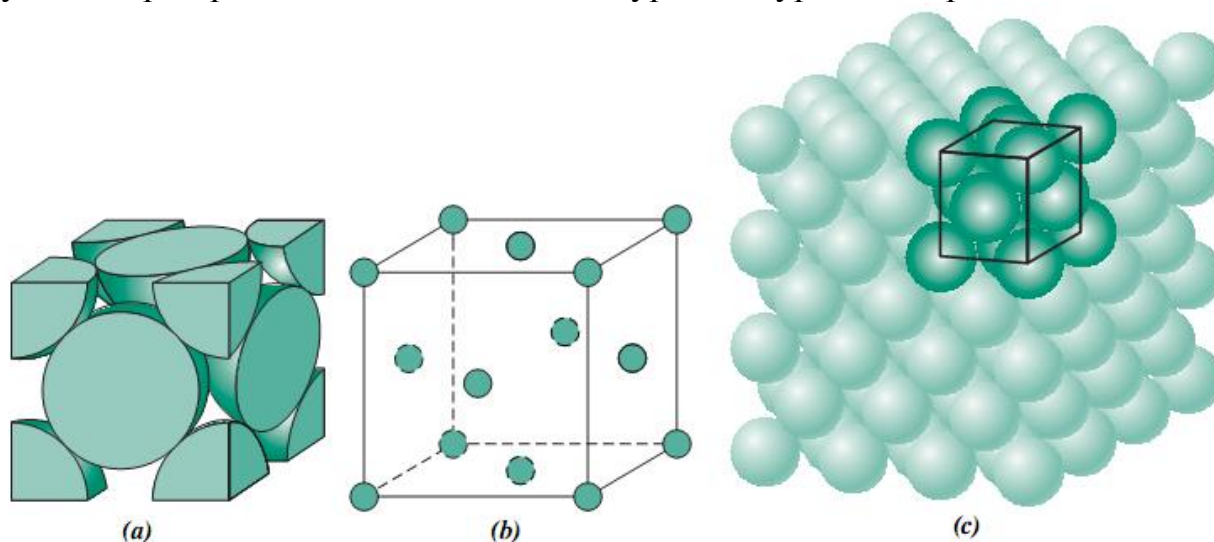
Юқорида 3 та квант сони билан танишдик, булар - бош квант сони « $n$ », орбитал квант сон « $l$ », ва магнит квант сон « $m$ ». Булар ёрдамида атомдаги электронларнинг ядродан қандай узоқликда ва қандай энергетик хусусиятга эга бўлишини (бош квант сони  $n$ ), электрон ҳаракат қиладиган орбиталарнинг хиллари ва сонлари (орбитал сон  $l$ ) ва шу орбиталарнинг фазовий ҳолатларини қандай эканлигин акс эттирувчи (магнит квант сон  $m$ ) квант сонларини кўриб чиқдик. Уларнинг ҳаммаси фақат электрон орбиталарни тавсифловчи катталиклар, улар электронларга хос хусусиятларни акс эттирмайди. Бу хусусиятлар тўртинчи квант сони билан ифодаланади.

<sup>1</sup> Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons.UK 2014 (22-26 pages.)

## 1.4. Металларнинг кристалл структураси

### Кристалл панжара

Кристаллик структураларни кўриб чиқишда улардаги атомлар (ионлар) каттик сикилмайдиган аниқ диаметрغا эга бўлган сфера шаклда тасавур қилинади. Айнан шу қаттик сфера атомнинг модели бўлиб моддадаги сфералар бир бирига, яъний қўшни сфераларга тегиб турган ҳолда турадилар. Мисол тариқасида 1.6–расмда оддий металлга тегишли бўлган шундай турда жойлашган модел келтирилган. Бундай аниқ ҳолатда барча атомлар бир хил деб қабул қилинган. Баъзи ҳолларда кристалл структураларни таърифлашда **панжара** деган ибора қўлланилади, бунда бу ибора атомларнинг учта ўлчам бўйича бир бирига нисбатан жойлашиш ўрнини кўрсатиб беради.



1.6 – расм. Ёқлари марказлашган куб элементар ячейканинг тасвири: а – қаттик сфералардан ташкил топган якка ячейка; б – якка ячейканинг кристалл панжарадаги модели; в – жуда кўп атомлардан ташкил топган кристалл хажми

### Элементар ячейка

Кристаллик қаттик жисмлардаги атомлар жойлашиш тартибини аниқлаш, структура тизимини ҳосил қилувчи унчалик катта бўлмаган атомлар сони орқали аниқланади. Шунинг учун кристаллик структурани ифодалаш бутун кристаллни эмас, балки унинг битта элементар (ёки яккаланган) ячейкас орқали аниқлаш қулай бўлади. Кўпгина ҳолларда бундай элементар ячейка параллелепипед ёки призма геометрик шаклида бўлиб, улар сфералар жойлашган учта параллел ёқларига эга. 1.6, в – расмда шундай куб шаклига эга бўлган ячейка келтирилган. Яккаланган ячейка кристаллик структурасининг симметриясини ифодалайди, яъний кристаллдаги барча атомларни жойлашишини шу якка ячейкани учта йўналиш бўйича параллел кўчириш (трансляция) орқали аниқлаш мумкин.

<sup>2</sup> Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons.UK 2014 (52-56 pages.)

Шунинг учун элементар ячейка шу кристаллни ҳосил қилувчи асосий структуравий бўлаги ҳисобланади. Айнан у кристаллик структурада атомларни жойлашаш геометриясини ва атомларни бир бирига нисбатан фазода жойлашув тартибини аниқлайди. Одатда параллелепипеднинг бурчак қирралари каттик сферанинг марказида ётади деб қабул қилинган.

Ҳақиқатда эса аниқ кристалл структураларни ифодалаш учун фақат ягона мумкин бўлган элементар шаклга эмас, балки юқори геометрик симметрия даражасига эга бўлган якка ячейкага таянишади.

Металлар гуруҳига кирадиган материаллардаги боғланишларнинг электрон структура йўналиши, жуда зарур йўналишларга кирмайди. Мос равишда кўшни атомларнинг сони ва бир бирига нисбатан жойлашиши минимал чегараланган. Бу эса шундай ҳолатга олиб келадики, бунда ҳар бир атом нисбатан жуда кўп кўшнилари эга бўлиб, кўп ҳолларда эса металлар структураси зич жойлашувга эга бўлиб қолади. Бундан ташқари ҳар бир катти сфералар модели ион ядросига айланади. 1.1 – жадвалда баъзи металларнинг атом радиуси келтирилган.

Аниқлаб ўтилган эдики, кўпгина ҳолларда оддий металлар учта кристалл структура – зич жойлашули ёқлари марказлашган куб (ЁМК), ҳажми марказлашган куб (ХМК) ва гексаганал (ГГ) структураларни ҳосил қиладилар.

### **Ёқлари марказлашган куб ячейка**

Одатда кўпгина металлар структураси куб геометрия шаклига эга бўлиб, бунда атомлар элементар ячейканинг бурчаклари ва ёқларининг марказида жойлашган бўлади. Бундай структура турига **ёқлари марказлашган** (ЁМ) дейилади. Барчамизга яхши маълум бўлган мис, алюминий, куму шва олтин металлари айнан шунлай структурага эга (1.1 – жадвалга қараймиз).

1.6, а – расмда каттик сфералар молекуладан ташкил топган ёқлари марказлашган якка куб ячейка тасвирланган, 1.6, б – расмда эса атомларни фазода жойлашишини яънада яхшироқ тасавур қилиш учун улар кичрайтирилган. Кўплаб атомлардан ташкил топган 1.6, в – расмда кристалнинг кесими кўрсатилган бўлиб, у жуда кўп ёқлари марказлашган элементар ячейкалардан ташкил топган.

Ион ядросини моделини билдирувчи сфералар кубнинг ёқлари диоганали бўйича бир бирига тегиб турадилар.

Элементар ячейка кубининг ёқ узунлиги (а) ва ундаги атомнинг радиуси бир бири билан кучдагича муносабатда бўладилар:

$$a = 2R\sqrt{2} \quad (1.1)$$

<sup>2</sup> Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons.UK 2014 (52-56 pages.)

### 1.1 – жадвал. 16 металнинг кристалл структураси ва атом радиуси

Металлар	Кристалл структураси <sup>1</sup>	Атом радиуси, нм <sup>2</sup>
Алюминий	ЁМ	0,1431
Кадмий	ГЗ	0,1490
Хром	ХМ	0,1249
Кобальт	ГЗ	0,1253
Мис	ЁМ	0,1278
Олтин	ЁМ	0,1442
Темир ( $\alpha$ - шакилдаги)	ХМ	0,1241
Кўрғошин	ЁМ	0,1750
Молибден	ХМ	0,1363
Никель	ЁМ	0,1246
Платина	ЁМ	0,1387
Кумуш	ЁМ	0,1445
Тантал	ХМ	0,1430
Титан ( $\alpha$ - шакилдаги)	ГЗ	0,1445
Вольфрам	ХМ	0,1371
Рух	ГЗ	0,1332

<sup>1</sup>ЁМ – ёқлари марказдашган, ЁМ – хажми марказлашга, ГЗ – гексаганал зич  
<sup>2</sup>нм – Нанометр бўлиб у  $10^{-9}$  м. агар нонометрдан ангстремга ўтиш зарур бўлса уни 10 га кўпайтириш харур.

Бу мунасобат 1.1 даги вазифани ечимидан келиб чиқади.

Ёқлари марказлашган куб ячейканинг бурчакларида жойлашган атомлар бир пайтнинг ўзида яна саккизта шундай ячейкага тегишли бўлади, унинг марказидаги атомлар эса бир пайтнинг ўзида фақат иккита ячейкага тегишли. Шунинг учун бурчакда жойлашган саккизта атомнинг саккиздан битта бўлаги, ёқларнинг марказида жойлашган олти атомларнинг иккидан битта бўлаги, ячейкага тегишли бўлиб умумий бита ячейкага тўртта атом тўғри келади. Бу 1.6, а – расмда ячейкага тўғри келадиган кисми кесилган сфералар орқали кўрсатилган. Шундай қилиб, атомларнинг кисмлари ячейканинг бутун, маркази жойлашган бурчаклардан бошлаб хажмини тўлдиради.

Ҳақиқатда ячейканинг бурчаги ва марказидаги атомларнинг холатлари эквивалент, чунки агар структурада марказий атомдан ёқларларга кўчириш амалга оширилса, бунинг натижасида худи шундай элементар ячейканинг нукталари ҳосил бўлади.

Кристалл структураларнинг яна иккита муҳим характеристикаларига унинг координацион сони ва тўлиқлик коэффициенти (КТК) киради. Металлардаги ҳар бир атом худди ўзидаёқ тенг сонли кўшниларига тегиб туради. Ячейкадаги битта томга тегиб турган кўшнилар сони шу ячейканинг координацион сони дейлади. Ёқлари марказлашган куб панжаранинг координацион сони 12 га тенг. Бу хуласага 1.6, в – расмдаги тасвирдан келтириш мумкин: олтиндаги ёқ бурчаклардаги атомлар тўртта кўшни атомлар

томонидан ўраб олинган, тўртта атом орқасида ва яна тассвирга тугмай қолган тўртта атом кейинги ячейкади.

КТК – бу элементар ячейка чегарасига кирган атомлар ҳажм йиғинди (каттик сфералар моделида кўрилатган) бўлиб, шу ячейка ҳажмининг қандай миқдорини эгаллаган деган тушунчага эга.

Ёқлари марказлашган куб ячейканинг тўлиқлик коэффициенти 0,74 га тенг, бу бир хил радиусга эга бўлган сфераларнинг максимал зич жойлашиш имконияти. Барча структуралар учун КТК ни солиштириш шу бобнинг 3.2 вазифаларида кўриб чиқилади.

Одатда металллар учун КТК қиймати нисбатан катта бўлиб, бу уларнинг электрон булутларидан максимал акслантириш хусусиятини беради.

### **Ҳажми марказлашган куб ячейка**

Металлларга хос бўлган яна бир турдаги структура бу бурчакларида жойлашган саккизта атом ва кубнинг марказида жойлашган битта атомлардан ташкил топган куб. Шундай кўп атомлардан ташкил топган структура каттик сфералар модели тарзда 1.7, в – расмда кўрсатилган, 1.7. а – расмда эса каттик сфералар моделидаги ҳажми марказлашган кристалл учун яқка ячайка ва уларга мос равишда уларнинг кичрайтириган модели келтирилган.

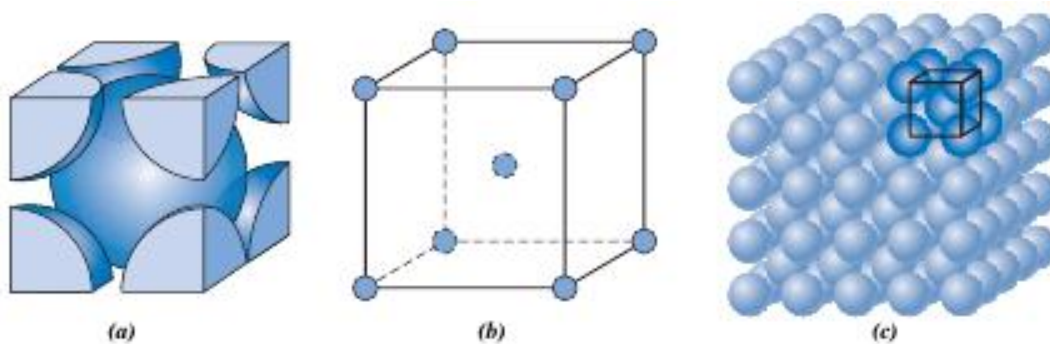
Марказидаги ва бурчаклардаги атомлар бир бирига кубнинг диаганали бўйлаб тегиб туради бунда куб ёкининг  $a$  ўлчами ва ундаги атомларнинг радиуси  $R$  бир бири билан қуйдаги муносабатларда бўладилар:

$$a = \frac{4R}{\sqrt{3}}, \quad (3.3)$$

Одатда бундай ҳажми марказлашган элементар ячайкани асосан хром, темир ва вольфрам металларида кузатилади (3.1 – жавдалга қаранг).

Ҳар бир ҳажми марказлашган ячейкага иккита атом тегишли (эквивалент) бўлиб улардан биттаси – саккизта бурчаклард жойлашган атомларнинг саккиздан бир қисми ва яна битта марказда жойлашган атом унга тўлиқ тегишлидир. Яна шуни айтиб ўтиш керакки бурчакдаги ва марказдаги атомлар бир бирига тўлиқ эквивалентдирлар.

Ҳажми марказлашган ячейканинг координат сони 8 га тенг, яъний ячейканинг ҳажм марказидаги атомни саккизта куб бурчакларидаги атом ўраб олган. Ҳажми марказлашган ячеканинг координат сони ёқлари марказлашган кристалнинг координат сонидан кичик бўлгани учун, унинг тўлиқлик коэффициенти ҳам кичик – 0,68 га 0,74.



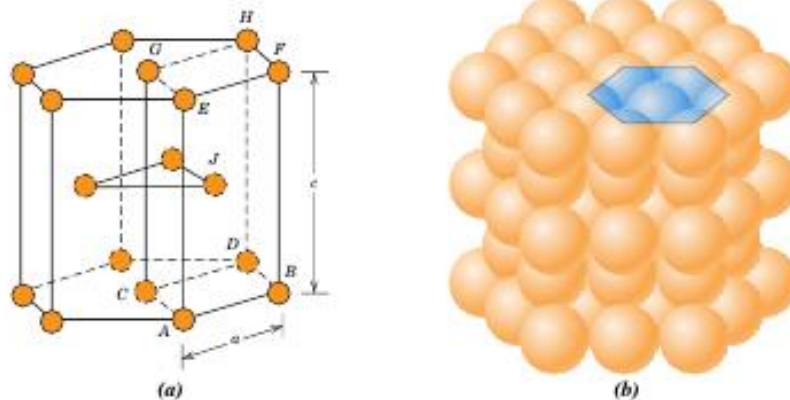
1.7 – расм. Ҳажми марказлашган куб элементар ячейканинг таъсири: а – қаттиқ сфералардан ташкил топган якка ячейка; б – якка ячейканинг кристалл панжарадаги модели; в – жуда кўп атомлардан ташкил топган кристалл ҳажми

### Гексагонал зич жойлашувга эга бўлган ячейка

Барча ҳолларда металлларнинг кристаллографик ячейкаси куб симметриясига эга. Бу бобда охириги умумий ҳолда муҳокама қилинадиган кристалл структура гексагонал ячейка. Шундай структура 1.8-расмда келтирилган, 1.8, а – расмда сфералар қириштирилган ҳолатда тасвирланган, 1.8, б – расмда эса кўп атомлардан ташкил топган ҳажм

Элементар ячейканинг пастги ва устги ёқлари тўғри олтибурчак ҳосил қилувчи олтига атомлардан ташкил топган, унинг марказида эса яна битта атом жойлашган. Устги ва пастги текисликлар орасида учта атомга эга бўлган ён тамон ёқлар жойлашган. Ўрта текисликдаги атомлар эса каларга уланган иккита текисликларда жойлашган яқин қўшнилари тамонида ўраб олинган. Ҳар бир элементар ячейка олтига эквивалент атомнинг олтидан бир қисми, 12 та устки ва пастги атомлар ва марказий текисликда ётган учта атомнинг иккидан бир қисми. Бунда  $a$  ва  $c$  қисқа ва узун ёқлар ўлчами бўлиб (1.8, а - расм)  $c/a$  муносабати 1,633 ни ташкил этиши керак, аммо бази металлларда бу муносабатдан чекланиш мавжуд.

Гексагонал ячейканинг координатцион соани ва тўлиқлик коэффициенти ёқлари марказлашган ячейканикидек мос равишда 12 ва 0,74 ни ташкил этади. Бундай гексагонал зич жойлашувли ячейкни асосан кадмий, магний, титан ва цинк металлари ҳосил қилади.



2 Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons.UK 2014 (52-56 pages.)

1.8 – расм. Гексаганал зич жойлашувли ячейканинг тасвири: а – қаттиқ сфералардан ташкил топган якка ячейка; в – жуда кўп атомлардан ташкил топган кристалл ҳажми

#### Назорат саволлари:

1. Кимёвий турғунлик нима.
2. Металлар учун энг кўп тарқалган кристалл панжара турлари.
3. Fe ва Al лар қандай панжарага эга?
4. Ион боғланиш қандай боғланиш?
5. Ковалент боғланиш нима?
6. Дислокация нима?
7. Эркин энергия нима?

#### Фойдаланилган адабиётлар:

1. **Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons. UK 2014**
2. T.Fischer., Materials Science for Engineering Students, 1st Edition Elsevier UK, 2008
3. Mikell P.Groover., Fundamentals of Modern Manufacturing Materials, Processes, and Equipment John Wiley and Sons inc USA 2010



## 2-мавзу: Металл материаллар

### Режа:

1. Темир асосли қотишмалар
2. Пўлатлар
3. Кам углеродли пўлатлар
4. Ўрта углеродли пўлатлар
5. Юқори углеродли пўлатлар

**Таянч иборалар:** *пўлат, чўян. юқори углеродли пўлат, ўрта углеродли, кам углеродли, юқори легирланган, ўрта легирланган, кам легирланган, оддий сифатли пўлат, сифатли пўлат, ўта юқори сифатли пўлат, оловбардош пўлат, иссиқ бардош пўлат.*

### 2.1 Металл қотишмалар турлари.

Металл қотишмалар, композицион таркибига нисбатан иккита асосий классга бўлинади – темир асосли қотишмалар ва рангли металллар.

Темир асосли қотишмалар асосий компонент сифатида иккита гуруҳга бўлинади – пўлатлар ва чўянлар. Бу материаллар ушбу бўлимнинг бошида кўриб чиқилади. Сўнгра рангли металллар ва уларнинг қотишмалари - таркибига темир кирмайдиган материаллар ҳақида суҳбатлашамиз.

#### Темир асосли қотишмалар.

Темир асосли қотишмалар – шундай материалларки, таркибида темир асосий компонент ҳисобланади – бошқа исталган металллар билан солиштирганда, ишлаб чиқарилиши кўлами бўйича энг кўп миқдорга эга, бундан ташқари қолган материал турларидан кўра муҳандислик конструкциясининг энг муҳим материали ҳисобланади.

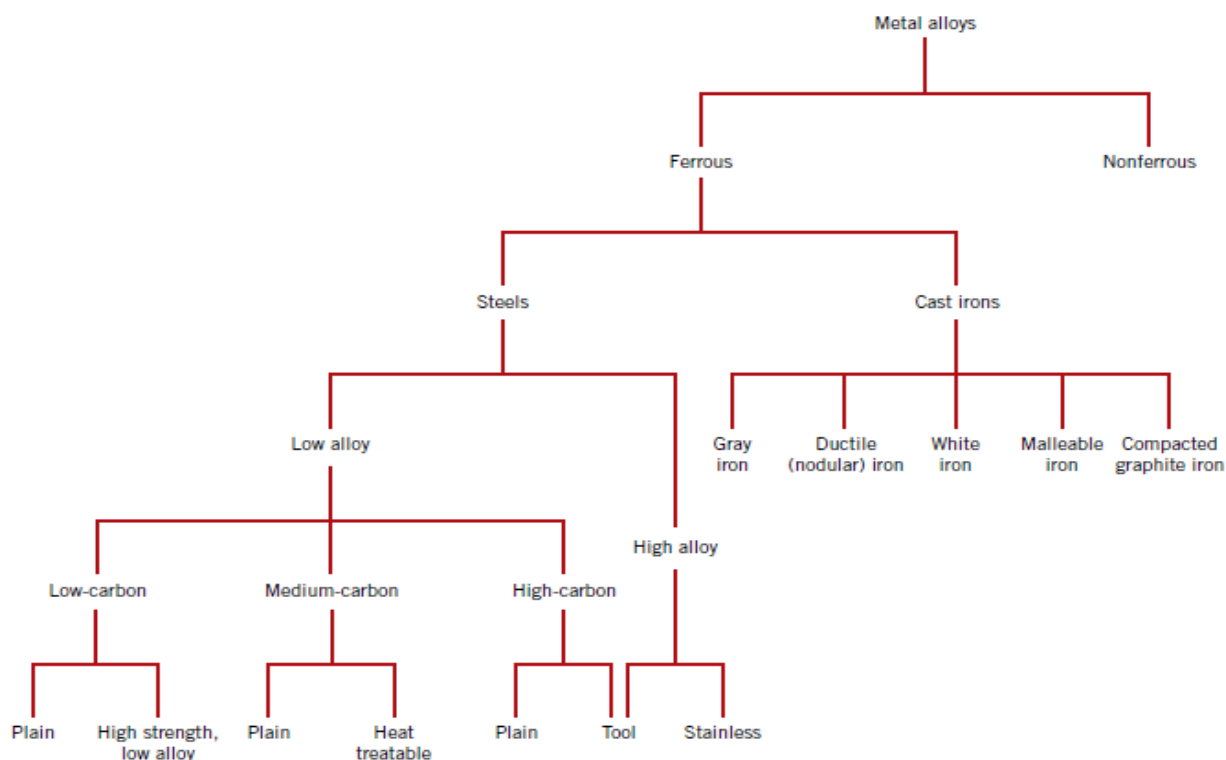
Бу материалнинг кенг тарқалганига асосий учта сабаб қуйидагилардир:

- 1) Темир бирикмаларининг ер пўстлоғида кўп миқдорда эканлиги;
- 2) Темир ва унинг қотишмаларини ишлаб чиқариш, тозалаш ва қайта ишлаш нисбатан арзонлиги;
- 3) Темир асосли қотишмаларни физик ва механик хоссаларини бошқариб кенг қўллаш мумкин.

Темир асосли қотишмаларнинг асосий камчилиги – бу уларнинг коррозияга мойиллигидир.

Қуйидаги бўлимда пўлат ва чўянларнинг турли классларини ва уларнинг таркиби, микроструктураси ва хоссалари кўриб чиқилади. Бу материалларнинг классификацияси иқтисодий жихатга асосланган схемаси 7.1 расмда келтирилган.

<sup>3</sup> Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons.UK 2014 (409-416 pages.)



2.1-расм. Темир асосли турли қотишмаларнинг классификацияси

## 2.2 Пўлатлар

Пўлат – бу темир асосли қотишма бўлиб, таркибида маълум миқдорда бошқа легирловчи элементлар ҳам бўлади. Пўлатларнинг мингдан ортиқ турлари мавжуд бўлиб, улар таркиби ва тайёрланиш жараёнидаги термик ишловлар билан фарқланади. Бу материалнинг механик хоссаларига углероднинг миқдори жуда сезиларли таъсир кўрсатади, одатда 1% дан кўп бўлмаган миқдорда қотишма таркибида бўлади.

Пўлатларнинг энг кўп тарқалган баъзи маркалари таркибидаги углерод миқдорига қараб бўлинади, булар кам, ўрта ва юқори углеродли пўлатлар. Пўлатларнинг асосий турлари ҳам худди шундай таркибидаги легирловчи элементларнинг миқдорига қараб бўлинади.

### 2.2.1 Кам углеродли пўлатлар

Материалнинг ушбу тури қолган барча пўлат турларидан кўра кўпроқ ишлаб чиқарилади. Кам углеродли пўлатлар одатда қотишманинг 0,25% оғирлигича углеродга эга ва термик ишловдан мартенсит структура хосил қила олмайди. Уларни фақат совуқлайин деформация йўли билан кучайтириш мумкин. Бу материалларнинг микроструктураси ферритли ва перлитли микроэлементлардан тузилган. Бу материални қайерда қўллаш мумкин, ахир кам углеродли пўлатлар нисбатан юмшоқ ва унчалик мустаҳкам эмас, лекин зарбий қовушоқлик ва пластиклик хоссалари юқори.

<sup>3</sup> Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons.UK 2014 (409-416 pages.)

Уларга станоклар ёрдамида онсон ишлов берса бўлади, бундан ташқари уларнинг пайвандланувчанлиги ҳам юқори. Шунинг учун ҳам улардан махсулот ишлаб чиқариш арзонроқ.

Ушбу материалларнинг асосий қўлланиладиган соҳаси – автомобилларнинг кузов деталлари, кўприклар, бинолар, қувур ўтказгичлар ва бошқа соҳаларда турли профиллар (чизиқли, айлана, бурчакли) ва листлар сифатида қўлланилади.

Қора металлларнинг таркиби ва механик хоссалари 13.1 а ва б жадвалида келтирилган.

Ушбу материалларнинг механик хоссалари асосан қуйидаги ораликларда бўлади: оқувчанлик чегараси 275 МПа (40000 фунт/дюйм<sup>2</sup>), мустаҳкамлик чегараси – 415 дан 550 Мпа гача (60000 – 80000 фунт/дюйм<sup>2</sup>), пластиклиги – 25%EL.

### 2.2.2 Ўтамустаҳкам кам углеродли пўлатлар

Кам углеродли пўлатларнинг асосий гуруҳларидан бўлиб ўтачидамли кам углеродли пўлатлар ҳисобланади (HSLA). Уларда углероддан ташқари бошқа элементлар ҳам мавжуд, булардан мис, ванадий, никел ва молибден умумий ҳисобда 10% масса улушини ташкил этади. Бу материаллар оддий қора металлларга нисбатан анча юқори мустаҳкамлик хоссаларига эга. Бу материалларнинг кўпчилиги термик ишлов ёрдамида мустаҳкамлик чегарасини 480 МПа (70000 фунт/дюйм<sup>2</sup>) гача кўтариш мумкин. Бундан ташқари улар пластиклигини сақлаган ҳолда онсон шаклга келтирилиши ва дастгоҳларда ишлов бериш имкониятига эга. Худди шундай қотишмаларнинг бир нечтаси ҳақида 2.1 жадвалда келтирилган.

Одатий шароитларда HSLA пўлатлари қора металлларга нисбатан коррозияга анча чидамли. Улар одатда қора металлларнинг мустаҳкамлиги етарли бўлмаган ҳолларда ишлатилади (масалан, кўприкларни конструкциялашда, башен, устунлар колонида, кўп қаватли биноларни қуришда ва босим остида ишловчи буюмларда).

2.1а.-жадвал. Қора ва камуглеродли ўтамустаҳкам қотишмаларнинг таркиби.

Номланиши <sup>а</sup>		Таркиби %, массада <sup>б</sup>		
AISI/SAE ёки ASTM рақами	UNS бўйича белгиланиши	Углерод	Марганец	Қолганлар
<b>Қора металллар (кам углеродли пўлатлар)</b>				
1010	G10100	0,10	0,45	
1020	G10200	0,20	0,45	
A36	K02600	0,29	1,00	0,20 Cu (min)
A516, тури 70	K02700	0,31	1,00	0,25 Si
<b>Юқори мустаҳкамли кам углеродли пўлатлар</b>				
A440	K12810	0,28	1,35	0,30 Si (max) 0,20 Cu (min)

A633, тури E	K12002	0,22	1,35	0,30 Si. 0,08V. 0,02 N. 0,03 Nb.
A656, тури I	K11804	0,18	1,60	0,60 Si. 0,1 V 0,20 Al. 0,015 N.

Изоҳ: а – (AISI) Америка темир ва пўлат институти, (SAE) Автомобил саноатининг инженерлар уюшмаси, (ASTM) Америка материалларни синаш уюшмаси, бундан ташқари (UNS) ягона белгилар системаси ҳам қўлланилади.

б – бундан ташқари материал таркибида P - 0,04%, S - 0,05%, Si 0,30% бўлади.

2.1б.-жадвал. Кўп қўлланиладиган қора ва ўтачидамли камуглеродли пўлатларнинг механик тавсифлари.

AISI/SAE ёки ASTM рақами	Мустаҳкамлик к чегараси, МПа (кфунт/дюйм <sup>2</sup> )	Оқувчанлик чегараси, МПа (кфунт/дюйм <sup>2</sup> )	Пластиклиги, %EL (50 мм асосга (дюйм) <sup>2</sup>	Асосий қўлланилади ган соҳалари
<b>Қора металллар (кам углеродли пўлатлар)</b>				
1010	325 (47)	180 (26)	28	Автомобил кузови деталлари, михлар, симлар
1020	380 (55)	210 (30)	25	Кувурлар, конструкциялар, пўлат листлар
A36	400 (58)	220 (32)	23	(кўприк ва бино) конструкциялари
A516, тури 70	485 (70)	260 (38)	21	Паст ҳароратда ва босим остида ишловчи идишлар
<b>Юқори мустаҳкамлик кам углеродли пўлатлар</b>				
A440	435 (63)	290 (42)	21	Болтлар ёки парчинлар билан бирлаштирилладиган конструкциялар
A633, тури E	520 (75)	380 (55)	23	Паст ҳароратда ишловчи конструкциялар
A656, тури I	655 (95)	552 (80)	15	Трактор корпуслари ва темирйўл вагонлари

### 2.2.3 Ўрта углеродли пўлатлар

Бу гуруҳдаги пўлатлар таркибида 0,25 дан 0,6 % гача углерод бўлади. Бу пўлатларнинг механик хоссаларини термик ишлаш йўли билан ошириш мумкин, тобланиш ва бўшатиш орқали структурасини аустенит шаклига келтириш мумкин. Улар доим бўшатиш амали бажарилгандан сўнг ишлатилади, бунда улурнинг структураси бўшатишган мартенситдан ташкил топади.

Қора ўрта углеродли пўлатлар термик ишлаш орқали мустахкамланиши мумкин ва жуда тез совутиш орқали тобланиб мустахкам қатлам ҳосил қила олади, бироқ қатлам қалинлиги унчалик юқори эмас.

Бу пўлатларга хром, никел ва молибден қўшилиши оқибатида улар, термик ишловга мойил бўла бошлайди, бунинг натижасида улардан турли мустахкамликка ва пластикликка эга материаллар тайёрлаш мумкин бўлади.

Бу гуруҳ материаллари темирйўл ғилдираклари, тракторлар, тишли ғилдираклар, тирсакли валлар ва юқори мустахкамликни, ейилишбардошликни, зарбий қовушокликни талаб қилувчи турли машина қурилмаларини ясада қўлланилади.

Бу гуруҳга тегишли бир нечта материалларнинг таркиби 13.2.а жадвалда келтирилган. Бу ерда қотишмаларнинг номланиш принципига бироз шарҳ бериш лозим. Пўлат ва бошқа қотишмаларнинг классификацияси ва спецификацияси учун жавобгарлиги (AISI) Америка темир ва пўлат институтига, (SAE) Автомобил саноатининг инженерлар уюшмасига, (ASTM) Америка материалларни синаш уюшмасига юклатилган<sup>1</sup>.

2.2.а-жадвал. AISI/SAE ва UNS системалари бўйича кам легирланган қотишмалар ва турли микдорда углеродга эга бўлган қора металлнинг белгиланиши келтирилган.

AISI/SAE <sup>a</sup> рақами	UNS бўйича белгиланиши	Концентрация қисми (углеродга % масса улушида легирловчи элементларнинг қўшилиши) <sup>b</sup>			
		Ni	Cr	Mo	Қолганлари
10xx, қора металл	G10xx0				
11xx, дасгоҳда ишлаш учун	G11xx0				0,08-0,33 S
12xx, дасгоҳда ишлаш учун	G12xx0				0,10-0,35 S
13xx	G13xx0				0,04-0,12 P 1,60-1,90 Mn
40xx	G40xx0			0,20-0,30	
41xx	G41xx0		0,80-1,10	0,15-0,25	
43xx	G43xx0	1,65-2,00	0,40-0,90	0,20-0,30	
46xx	G46xx0	0,70-2,00		0,15-0,30	
48xx	G48xx0	3,25-3,75		0,20-0,30	
51xx	G51xx0		0,70-1,10		
61xx	G61xx0		0,50-1,10		0,10-0,15 V
86xx	G86xx0	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	

Изоҳ: а – ҳар бир пўлат маркасидаги углероднинг концентрациясини ҳисоблаш учун маркадаги *xx* – ҳарfli индекси ўрнига /100% ни қўйилиши лозим. б – қўшимча сифатида шуни айтиш керакки 13xx қотишмасида мартенситнинг концентрацияси 1,00% дан ошмаслиги лозим. 12xx қотишмасида эса фосфорнинг концентрацияси 0,35% дан ошмаслиги лозим. 11xx ва 12xx қотишмаларида олтингугурт миқдори 0,04% дан ошмаслиги зарур. 92xx қотишмасида кремнийнинг миқдори 0,15-0,35% оралиғида бўлиши керак.

**AISI ва SAE қотишмаларни маркалашда тўрт белгили кодлардан фойдаланади. Бошидаги иккита белги қотишма таркибини билдиради, учинчи ва тўртинчи белгилар углерод таркибини билдиради. Қора металллар учун иккита белги қабул қилинган, булар 1 ва 0. Қолган рақамлар бошқа қотишма турларини билдиради. Масалан: 13,41,43. Углерод миқдори охириги иккита сонни 100 га бўлгандан ҳосил бўлган % га тенг бўлади. Мисол учун 1060 маркали пўлат таркибида 0,60% углерод бор.**

(UNS) ягона белгилар системаси қора ва рангли қотишмалар учун кетма-кетликдаги тартибни қўллаган. Бу тизимдага ҳар бир қотишма маркаси ҳарф билан бошланади. Бу ҳарф ушбу материал қайси қотишмалар оиласига мансублигини кўрсатади. Демак темир ва унинг қотишмалари G ҳарфи билан бошланар экан, қолган тўртта рақам AISI ва SAE тизимларидаги каби ўқилади. Бешинчи белги бу тизимда - нул.

2.2.б-жадвалда ушбу гуруҳга мансуб пўлатларнинг тоблаш ва бўшатишдан кейинги механик хоссалари келтирилган.

## 2.2.4 Юқори углеродли пўлатлар

Юқори углеродли пўлатлар таркибида 0,60 дан 1,4 % гача углерод бўлади. Бу материаллар анчагина қаттиқ, юқуримустаҳкам лекин ҳеч қандай пластикликка эга бўлмаган пўлатлардир. Улар деярли ҳар доим мустаҳкамланган ва бўшатишган ҳолатда ишлатилади. Шу билан бирга улар юқори ейилишбардошликка эга, улардан ўткир қиррали буюмлар тайёрлаш мумкин. Улар асбоблар тайёрлашда ва шакл берувчи головкалар ясашда қўлланилади, Легирловчи элементлар сифатида хром, ванадий, волфрам ва молибден қўшилади. Ушбу қўшимчалар углерод билан биргаликда жуда қаттиқ ва ейилишбардош карбидларни ҳосил қилади ( $Cr_{23}C_6$ ,  $V_4C_3$ , WC).

2.2.б-жадвал. Қора металллар ва қотишмаларнинг мойда тоблангандан ва бўшатишгандан кейинги механик хоссалари ва уларни қўлланилиш соҳалари.

AISI рақами	UNS бўйича белгиланиши	Мустаҳкамлик чегараси, МПа ( <i>ksi</i> )	Оқувчанлик чегараси, МПа ( <i>ksi</i> )	Пластиклиги, %EL (50 мм асосга 2 дюйм)	Асосий қўлланиладиган соҳалари
-------------	------------------------	---	---	--	--------------------------------

<b>Қора металлар</b>					
1040	G10400	605-780 (88-113)	430-585 (62-85)	33-19	Тирсакли валлар, болтлар
1080 <sup>a</sup>	G10800	800-1310 (116-190)	480-980 (70-142)	24-13	Зубила, болғалар
1095 <sup>a</sup>	G10950	760-1280 (110-186)	510-830 (74-120)	26-10	Пичоқлар, лезвия, арралар
<b>Қотишмалар</b>					
4063	G40630	786-2380 (114-345)	710-1770 (103-257)	24-4	Пружиналар, уй асбоблари
4340	G43400	980-1960 (142-284)	895-1570 (130-228)	21-11	Втулкалар, самалётлар учун қувурлар
6150	G61500	815-2170 (118-315)	745-1860 (108-270)	22-7	Валлар, поршенлар, тишли ғилдирақлар

Изоҳ: а – юқури углеродли пўлатлар гуруҳига мансуб.

Қурилишда ишлатиладиган пўлатлар маркаси С харфи билан бошланади. Харфдан кейинги рақамлар эса оқувчанлик чегарасини билдиради.

Мухим маркалардан яна бири электротехник пўлатлар, релс пўлатлари, тезкесар пўлатлар гуруҳлари мавжуд.

Баъзи асбобсозлик пўлатларининг таркиби ва қўлланилиш соҳаси 13.3 жадвалда келтирилган. Бу пўлатлар кесувчи асбоблар ва берилган шаклдаги буюмларни босим остида шакловчи головкаларни тайёрлашда, бундан ташқари пичоқ, лезвия, пружина ҳамда ўтамустаҳкам симларни ишлаб чиқаришда қўлланилади.

2.3-жадвал. Олтига асбобсозлик пўлатининг номланиши, таркиби ва асосий қўлланиладиган жойлари.

AISI рақами	UNS бўйича белгиланиши	Таркиби, % масса улушида <sup>a</sup>						Қўлланилиш соҳалари
		C	Cr	Ni	Mo	W	V	
M1	T11301	0,85	3,75	0,30 max	8,70	1,75	1,20	Сверло, арралар, кесгичлар
A2	T30102	1,00	5,15	0,30 max	1,15	-	0,35	Ударник, чеканлар
D2	T30402	1,50	12	0,30 max	0,95	-	1,10 max	Қайчилар, чўзиш учун головкалар
O1	T31501	0,95	0,50	0,30 max	-	0,50 max	0,30 max	Арралар, кесувчи асбоблар
S1	T41901	0,50	1,40	0,30 max	0,50 max	2,25	0,25	Қувурлар учун арралар, бетонлар учун сверлолар
W1	T72301	1,10	0,15 max	0,20 max	0,10 max	0,15 max	0,10 max	Темирчи асбоблари, ёғоч билан ишловчи асбоблар

Изоҳ: а – қотишманинг қолган қисми темирдан ташкил топган. Марганецнинг миқдори қотишманинг туридан келиб чиқган ҳолда 0,10 дан 1,4% гача бўлади.

Кремнийнинг миқдори қотишманинг туридан келиб чиққан ҳолда 0,20 дан 1,2% гача бўлади.

## 2.2.6 Зангламас пўлатлар

AISI рақами	UNS бўйича белги-ланиши	Таркиби, % масса уллушида <sup>а</sup>	Олиниш шартлари <sup>б</sup>	Механик хоссалари			Асосий қўлланиладиган соҳалари
				Мустаҳкамлик чегараси, МПа ( <i>ksi</i> )	Оқувчанлик чегараси, МПа ( <i>ksi</i> )	Пластиклиги, %EL (50 мм асосга)	
<b>Ферритли</b>							
409	S40900	0,08 C, 11,0 Cr, 1,0 Mn, 0,50 Ni, 0,75 Ti	O	380 (55)	205 (30)	20	Автомобилларнинг чиқиш трубаси, қишлоқ хўжалигида пуркаш учун идишлар
446	S44600	0,20 C, 25 Cr, 1,5 Mn	O	515 (75)	275 (40)	20	Юқори ҳароратли клапанлар, формалар, сиқиш камералари
<b>Аустенитли</b>							
304	S30400	0,08 C, 19 Cr, 9 Ni, 2,0 Mn	O	515 (75)	205 (30)	40	Кимё ва озиқ-овқат саноати учун қурилмалар, криоген идишлар
316L	S31603	0,03 C, 17 Cr, 12 Ni, 2,5 Mo, 2,0 Mn	O	485 (70)	175 (25)	40	Пайванд конструкциялар

<sup>3</sup> Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons.UK 2014 (409-416 pages.)



### **Назорат саволлари:**

1. Углеродли пўлатларнинг хоссаларига углерод қандай таъсир қилади?
2. Маркировка қатори охиридаги “А” ҳарфи нимани кўрсатади?
3. Маркировка бошидаги “А” ҳарфи нимани билдиради?
4. P18 пўлатдаги 18 нимани кўрсатади?
5. 30XНМА, У10А бўлардаги ҳарф ва рақамлар нималарни ифодалайди?
6. Чўянлар классификацияси нимага асосланган?
7. Қуйма ва қайта ишланувчи чўянлар орасидаги фарқ нимада?

### **Фойдаланилган адабиётлар:**

1. Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons. UK 2014
2. T.Fischer., Materials Science for Engineering Students, 1st Edition Elsevier UK, 2008
3. Mikell P.Groover., Fundamentals of Modern Manufacturing Materials, Processes, and Equipment John Wiley and Sons inc USA 2010

### 3-мавзу: Керамик материаллар

#### Режа:

1. Оловбардошлар
2. Абразивлар, цементлар
3. Ўзгача хоссали керамика
4. Олмос, графит

*Таянч сўзлар ва иборалар:* шиша, зичлик, керамик композицион материал, катализатор, матрица, герметик, клей, кальцийли-натрийли, кварцли шиша, оптик шиша.

#### 3.1 Оловбардошлар

Катта миқдорди ишлатиладиган керамик маҳсулотлар гуруҳи бу оловбардош керамикадир. Бу материалларнинг ўта муҳим хусусияти бу юқори ҳароратларга чидаб, уларда ёриб ёки парчаланиб кетмаслиги ва атроф муҳит турли шатларида кимёвий инертликни сақлаб қолиши. Бундан ташқари бу материаллар яхшигина термоизоляция хусусиятларга эгаллиги муҳимдир. Оловбардошлар маҳсулотлар формасига қараб сараланади, булардан асосий қисм бу ғиштлар (ёки брикетлар). Оловбардошлар қўлланишининг одатий соҳалари бу – метал тозалаш дастгоҳлари ва метал печлар сирти қопламаси, ойна ишлаб чиқиш дастгоҳлари ҳамда кучланиш қурилмалари.

3.1-жадвал. Бешта кенг учрайдиган оловбардошлар сифатида қўлланиладиган керамик материаллар таркиби.

Оловбардош тури	Таркиби, % оғирлиги							Туюлма ғоваклиги%
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	MgO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	TiO <sub>2</sub>	
Оловбардош лой	25-45	70-50	0-1		0-1	0-1	1-2	10-25
Таркибида алюминий оксиди юқори бўлган лой			0-1		0-1	0-1	1-4	18-25
Кремний оксиди	0,2	96,3	0,6			2,2		25
Периклаз	1,0	3,0	90,0	0,3	3,0	2,5		22
Периклаз-хромли лой	9,0	5,0	73,0	8,2	2,0	2,2		21

Албатта, оловбардош керамик материаллар хоссалари асосан уларнинг таркиби билан аниқланади. Бу кўрсаткич бўйича оловбардошлар: оловбардош

<sup>3</sup> Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons.UK 2014 (514-522 pages.)

лой, кремний оксиди, асосий оловбардошлар ва алохида типли оловбардошга ажратилади. 3.1-жадвалда баъзи одатий оловбардошлар таркиби келтирилган.

Саноатга оид кўпгина керамик материалларнинг асосий ингредиентлари, турли таркибга эга йирик (кўпол) ва майда қисмлардан иборат. Пишириш жараёнида майда қисмлар одатда ғиштнинг пишиқлигини таъминлайдиган боғловичи фаза ташкил қиладилар. Бу фаза ойнасимон ёки кристаллик бўлиши мумкин. Оловбардошларни қўллаш харорати одатда пишириш хароратидан пастроқ бўлади. Оловбардош ғиштлар тайёрлашда назорат қилинадиган асосий микроструктур хусусиятларидан бири бу уларнинг ғоваклигидир. Материалнинг ғоваклилиги пасайиши натижасида, унинг пишиқлиги, чидамлилиги, коррозиян-актив мухитлар таъсирига бардошлиги каби хоссалари ортади. Бироқ бунда, термоизоляция хоссалар ва харорат ўзгишларига бардошлилик хусусияти пасайди. Албатта ғоваклиликни оптимал улуши материалнинг конкрет қўлланишига боғлиқ.

### **3.1.1 Оловбардош лойлар**

Оловбардош лойлар тайёрлаш учун асосий ингредиентлар бу оғирлиги 25 дан 45%гача алюминий оксидлари бўлган, алюминий оксидлари ва юқори даражада тозаланган кремний аралашмаларидир.

$\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$  системаси фазали диаграммагасига асосан, кўрсатилган таркиблар чегарасидаги хали суюқ фаза яралмайдиган максимал харорат  $1587^\circ\text{C}$  ( $2890^\circ\text{F}$ )га тенг. Бундан пастроқ хароратларда тенг оғир фазалик таркиб муллит ва кремний оксиди (крстобалит формасида)дан ташкил топган. Оловбардошни қўллаш жараёнида композициянинг механик бутунлигини бузмайдиган, суюқ фазанинг кичик миқдорлари ажралиши мумкин.  $1587^\circ\text{C}$ дан баланд хароратлардасуюқ фазанинг таркиби композиция таркибига боғлиқ бўлади. Алюминий оксиди қийматини кўпайтириш максимал хароратларда оловбардошни эксплуатация қилишга ёрдам беради, бироқ бунда суюқ фазанинг кичик миқдорлари яралиши мумкин.

Оловбардош лойли ғиштлар асосан печлар сиртини қоплашга, ичкарида баланд хароратни ушлаб туриш ва конструкция элементларини қизиб кетишдан сақлаш учун ишлатилади. Бундай ғиштларнинг пишиқлиги хал қилуви фактор бўлмай, конструкцияни кучайтириш талаб этилмайди. Оловбардош лойли ғиштларни ишлатишда уларни тартиб билан териш ва қурилма мувозанатли чиқишини назорат қилиш зарур.

### **3.1.2 Кремнезем (кремний оксиди) асосидаги оловбардошлар**

Кремнезем асосидаги, баъзида “нордон” дейиладиган оловбардошлар учун асосий ингредиент бу кремний оксидидир. Бу турга ансуб материаллар сиқишга қарши етарли мустаҳкам бўлиб, жуда юқори хароратларда ишлатишга яроқлилар. Уларни асосан пўлат ва ойна ишлаб чиқариш печлари гумбазлари учун ишлатишади. Бунда рухсат этилган харорат 1650°C (3000°F)га етиши мумкин. Бундай хароратда материалнинг бир қисми суюқ фазага ўтади. Кичик концентрацияларда алюмин оксиди мавжудлиги материал хоссаларига салбий таъсир кўрсатади, фазали диаграммада кўрсатилгандек. Эвтектиканинг (7,7%  $Al_2O_3$ ) таркиби кремний оксиди кескин миқдорида жуда яқин бўлгани учун,  $Al_2O_3$ нинг кичик миқдорларда ҳам қўшилиши ликвидус хароратини сезиларли пасайтиради, бу эса 1600°C (2910°F)дан баланд хароратларда материалда анча миқдорда суюқ фазалар бўлиши мумкин. Шунинг учун кремнезем асосидаги оловбардошларда  $Al_2O_3$  миқдори минимум бўлиши керак бўлиб, одатда бу қиймат 0,2 дан 1,0% оғирликни ташкил этади. Қўрилаётган оловбардош материаллар кремний оксидида мавжуд “нордон шлак” деб аталувчи шлак мавжудлигидан хам кўркмайди. Бундай шлакларни сақлаш учун хам кремнезем асосидаги оловбардошлардан фодаланилади. Бироқ бу материаллар, таркибида  $CaO$  ва  $MgO$ (асосий шлаклар) юқори бўлган шлаклар олдида чидамсизлар, шунинг учун қўрилаётган оловбардошларнинг бу мухитлари билан контактига йўл қўймаслик мақсадга мувофиқ.

<sup>3</sup> Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons.UK 2014 (514-522 pages.)

### **3.1.3 Асосий оловбардошлар**

Асосан периклаз ёки магний оксиддан ( $MgO$ ) ташкил топган оловбардошлар, асосий оловбардош материаллар синфига киради. Уларда калций, хром ва темир бирикмалари мавжуд бўлади. Кремний оксиди мавжудлиги бу материалларнинг юқори харорат хоссаларига салбий таъсир кўрсатади. Асосий оловбардошлар таркибида  $CaO$  ва  $MgO$  юқори бўлган шлаклар таъсирига яхши чидамлидир. Бу материаллар баъзи типдаги очик ўчоғлик пўлат эритиш печлари кўришда кенг ишлатилади.

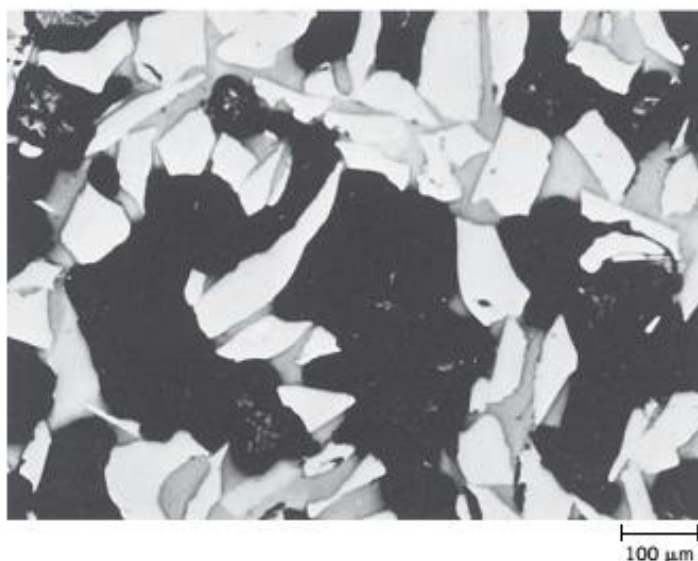
### **3.1.4 Махсус вазифали оловбардош материаллар**

Баъзи махсус холатларда қўлланиладиган оловбардош материалларнинг бошқа турлар ҳам мавжуд. Улардан баъзилари айтарли юқори даражада тозаланган металллар оксидлари ишлатилишига асосланган бўлиб, улардан кўпгинаси жуда паст ғоваклик бўлиб яратилиши мумкин. Бу материаллар гурухига алюминий, кремний, бериллий ( $BeO$ ), цирконий ( $ZrO_2$ ), муллит ( $3Al_2O_3-2SiO_2$ ) оксидлари киради. Яна махсус оловбардош материалларни карбидлар, углерод ва графит асосида олиш мумкин. Юқори электрик қаршиликли материаллардан тайёрланган иситиш элементлари учун кремний карбиди ишлатилади. Ундан иситиш печлари тигельлари ва ички деталлари ясалади. Углерод ва графит юқори оловбардошлик хусусиятларига эга бўлишига қарамасдан, айтарли кичик хажмларда ишлатилади, чунки улар  $800^{\circ}C$  ( $1470^{\circ}F$ )дан баланд хароратларда интенсив оксидланишга мойилдирлар. Бундан келиб чиқадики махсус вазифали оловбардошлар-бу қимматбаҳо материаллардир.

### **3.2 Абразивлар**

Керамик материаллардан тайёрланган абразивлар, ўзидан юмшоқроқ бўлган материалларни янчиш, майдалаш ва кесиш учун ишланган ускуналар деталлари учун ишлатилади. Шунинг учун бу гурух материаллари учун қўйилган талаб бу мустахкамлик ва ейилмаслик. Бундан ташқари абразив қисмларини енгил емирилишини олдини олиш учун бу материалнинг маълум

даражада эгилувчан бўлиши мақсадга мувофиқ. Емирилишга олиб келувчи кучлар таъсирида юқори хароратлар юзага келади, шунинг учун абразив материаллардан ҳам маълум иссиқа чидамлик талаб этилади. Абразив сифатида табиий ва сунъий олмослар ишлатилади. Бироқ бу материаллар анча қиммат. Кенгроқ ишлатиладиган абразив материаллар бу кремний карбиди, вольфрам карбиди, алюминий оксиди (корунд) ва қум шаклидаги кремнезем.



3.1-расм Алюминий оксиди қисмчалари асосидаги адгезив керамика микрофотографияси. Оч рангда  $Al_2O_3$  абразив доналари, кулранг ва қора жойлар бу бириктирувчи ва ғоваклар.

Абразивлар турли шаклда ишлатилади – абразив доираларига суртилган ҳолатда, қоплам шаклда ва эркин гранулалар шаклида. Биринчи ҳолатда абразив қисмчалари доирага шишасимон керамика ёки органик елим ёрдамида қотирилади. Сирт структураси бирмунча ғоваклиликга эга бўлади. Хаво оқимлари ёки суюқ хладагент билан сиртнинг термо чидам қисмчаларини шу ғоваклар орқали пуркаб турилиши, ўта қизиқ кетишни олдини олади. Бундай абразивнинг микроструктураси 3.1-расмда кўрсатилган, бу ерда модда ва ғовакларни боғлаб турувчи гранулалар кўриниб турибди.

**Абразив қопламлар қоғоз ёки махсус матога қотирилган абразив кукунидир. Хаммага таниш бўлган мисол бу қумқоғоздир (шкурка). Бу турдаги**

адгезивлар ёрдамида ёғоч, керамика ва пластмассадан ясалган махсулотлар силлиқланади ва сайқалланади.

### 3.2.1 Цементлар

Баъзи яхши маълум бўлган керамик материаллар неорганик цементлар синфига мансубдир, бу синфга цементнинг ўзи, гипс ва охак киради. Бу гуруҳдаги материаллар фақатгина катта хажмларда ишлаб чиқарилади. Материаллар бу гуруҳига тегишли моддаларнинг бошқалардан фарқловчи жихати шундаки, сув билан қоришганда улар пастасимон ҳолатга келиб, кейин ўтаётган реакциялар натижасида қатади. Уларнинг бу хусусияти улардан хоҳланган шаклда қаттиқ ва дағал конструкциялар яшаш имкониятини беради. Бу материаллардан баъзиларини алоҳида элементларни бир структурага кимёвий бирлаштирувчи боғловчи сифатида қўллаш мумкин. Бу жихатдан цементлар роли, лой ва оловбардош ғиштлардан қилинган махсулотларни пиширишда шаклландирган шишасимон боғловчи фаза роли билан бир хил. Бироқ муҳим фарқлайдиган хислатлари шундан иборатки, цемент шакллантирадиган боғланишлар ҳора ҳароратини шаклланади.

Қўрилаётган материаллар ичидан энг катта хажмларда портландцемент ишлаб чиқарилади, уни белгиланган пропорцияда олинган, лой ва калций оксиди (сўндирилмаган охак)ли минералларни майдалаш ва ундан кейин синчиклаб аралаштириш натижасида оладилар. Кейин бу аралашма айланадиган печда  $1400^{\circ}\text{C}$  ( $2550^{\circ}\text{F}$ )га яқин ҳароратда қиздирилади. Бу жараёни баъзида кальцинация (қиздириш) дейдилар. Натижада дастлабки материалда маълум физик ва кимёвий ўзгаришлар рўй беради. Кейин ҳосил бўлган махсулот (клинкер) майда кукун ҳолатигача туйилиб, кам миқдорда гипс ( $\text{CaSO}_4\text{--}2\text{H}_2\text{O}$ ) қўшилади. Бунинг натижасида маълум кимёвий ушлаш жараёнлари рўй бериб, портландцемент ҳосил бўлади. Якуний махсулот хоссалари, ушлаш вақти ва материал пишиқлиги бунга киради, композиция таркибига боғлиқ.

<sup>4</sup> Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons.UK 2014 (514-522 pages.)

Портланцемент таркибига бир нечта ингредиент киради. Асосийларидан бири бу уч карра кальций силикати ( $3\text{CaO-SiO}_2$ ) ёки икки карра кальций силикати( $2\text{CaO-SiO}_2$ ). Бу материалнинг ушлаш ва қотиши, материалга қўшилаган цемент ва сув компонентлари ўртасидаги анча мураккаб бўлган гидратация реакциялари натижасида содир бўлади. Мисол учун икки карра кальций силикати иштирок этган гидратация реакцияларини келтирса бўлади:



(3.1)

Бу ерда  $x$  - қўшилаётган сув миқдorigа боғлиқ, ўзгарувчан бирлик.

Бу гидратация махсулотлари гель ёки кристаллик субстанциялар кўринишида бўлиб, цементдаги боғланишларни айнан улар шакллантиради. Цементга сув қўшилганда гидратация реакцияси шу захоти бошланади. Аввалига ушлаш рўй беради, бу чўзилувчанга айланган пастанинг қотиши билан аксланади, бу жараён бир неча соат давом этади. Массанинг якуний қотиши анча секин бўлган гидратация реакцияси натижасида содир бўлади, бу жараён бир неча йилга чўзилиши мумкин. Таъкидламоқ керакки, цементни қотиши унинг қуришига эмас, сув кимёвий боғланишлар яратувчи гидратация реакцияси натижасида содир бўлади.

Портландцементни-сув цементи дейишади, чунки у сув билан бўлган кимёвий реакция натижасида қотади. Бу материални кўпинча қурилиш қоришмалари ва цементлар тайёрлашда, боғловчи ва аралашмадаги когезион массалар (қум ёки шағал) компоненти сифатида ишлатишади. Бу қоришма композицион материаллар қаторига киради.

Сувга алоқаси йўқ, бошқа цементлар ҳам маълум, масалан охак, уни қотириш учун сувдан бошқа реагентлар ишлатилади, масалан  $\text{CO}_2$ .

### 3.3 Ўзгача хоссали керамика

Юқорида мухокама қилинган керамика бу турдаги ишлаб чиқариладиган материалларнинг катта қисмини ташкил этса ҳам, охириги вақтларда ўзгача



хоссали керамика деб номланган янги керамик материаллар яратилмоқда. Хозирги вақтда бу материаллар замонавий саноатда ўз ўрнини топмоқда. Жумладан керамик материалларнинг электрик, магнит ва оптик хоссалари уникал комбинацияси янги махсулотлар ишлаб чиқишда қўлланилмоқда. Улардан баъзилари 12,18 ва 19 бобларда муҳокама қилинган. Ўзгача хоссали керамика, оптик толалар асосидаги коммуникацион системаларда, микроэлектромеханик системаларда, подшипниклар зўлдири учун материал сифатида ва бир қатор пьезоэлектрик хоссали керамик материаллар ишлатилишига асосланган ускуналарда ишлатилади.

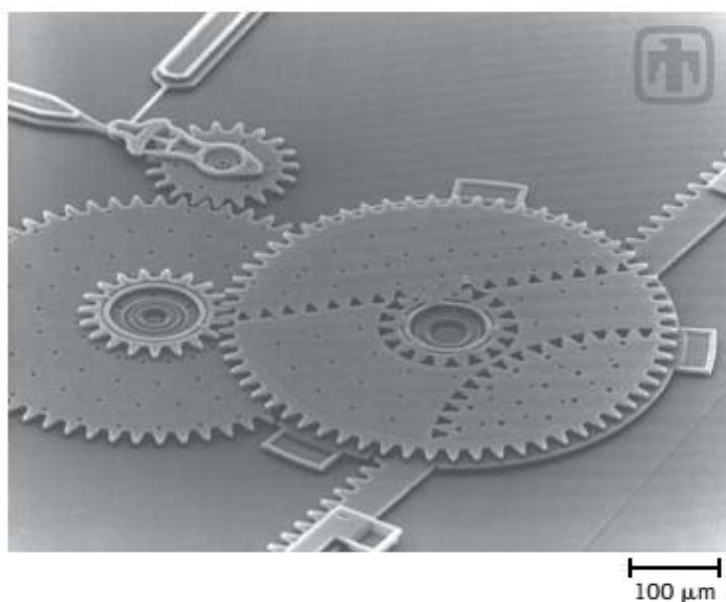
### **3.3.1 Микроэлектромеханик системалар**

Микроэлектромеханик системалар (МЭМС) кремний субстритига қотирилган, жуда кўп электр элементлар билан интеграция қилинган, кўпгина миниатюр механик мосламалардан иборат “ақлли” мосламалардир (1.5 бўлим). Механик компонентлари – бу микросенсорлар (датчиклар) ва микропроцессорлар (кучланиш узатмалари). Микросенсорлар механик. Харорат, кимёвий, оптик ва магнит кўрсаткичларни ўлчаб, оғдаги муҳит ҳолати ҳақида ахборот йиғади. Кейин системанинг микроэлектрон компонентлари тўпланган ахборотни узатади ва керакли қарорлар қабул қилади, сўнг бу қарорлар ижрочи органларга етказилади, улар эса позициялаш ва ҳаракатланиш, насос ёқиш, кўрсаткичларни тартибга солади ва филтрация каби амалларни бажаради. Микропроцессорлар таркибига чироқ манбаалари, тишлик передачалар, двигатель ва мембраналар киради; бу барча элементлар бир неча микрон атрофида микроскопик ҳажмда бўлади. 13.10. расмда МЭМС чизиқли узаткичининг тишлик передача электрон микрофотографияси кўрсатилган.

МЭМС яратиш методикаси кремний асосидаги интеграл микросхемалар яратишдан деярли фарқ қилмайди. Жараён яхши таниш бўлган фотолитография, ионлар инплантацияси, ишлов бериш, пуркаш технологияларидан иборат. Бундан ташқари, баъзи механик мосламалар

микроскопик станок ишлови технологиялари ишлатиш орқали тайёрланади. МЭСМ компонентлари – бу пухта ишланган, мустахкам миниатюр маҳсулотлардир. Бундан ташқари, улар партиялаб тайёрлангани учун, МЭСМ яратиш технологияси камхарж ва бу мосламалар нархи баланд эмас.

Бироқ МЭСМ яратишда кремний ишлатишнинг маълум чекловлари мавжуд. Гап шундаки кремнийнинг парчаланиш қовушқоқлиги қиймати ( $\sim 0.90 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ ) айтарли паст бўлиб, унинг юмшаш харорати ( $600^\circ\text{C}$ ) унча баланд эмас, ва у намлик ва кислород таъсирига жуда таъсирчандир. Шунинг учун замонавий тадқиқотлар янада зарбабардош, иссиққа чидамли, янада инертроқ бўлган керамик материаллар яратишга қаратилган. Бу баъзи МЭСМ компонентлари учун жуда муҳим, айниқса катта тезликда ишлатиладиганлар ва нанотурбиналар учун. Бу мақсадлар учун тавсия этилган керамик материал – бу кремний аморф карбонитрили (кремний карбиди ва кремний нитриди қотишмаси), металоорганик прекурсорлар орқали олинади. Бундай керамик МЭСМлар яратишда шубҳасиз<sup>14</sup> бўлимда кўрсатилган анъанавий технологиялар қўлланади.



**3.2-расм.** МЭСМ чизикли узаткичининг тишлик передача электрон сканерловчи микрофотографияси кўрсатилган. Бу мослама юқори чапдаги шестернянинг айланма харакатини рейканинг чизикли харакатига айлантиради. Катталаштириш тахминан  $\times 100$ .

МЭСМ лар ишлатишнинг бир мисоли – бу улар асосида акселерометрлар (тезланиш/секинланишни ўлчаш датчиклари) ясаш бўлиб, улар автомобил аврияларда шишириладиган хавсизлик ёстиқчалари сенсорлари сифатида ишлатилади. Бундай қўлланишда микроэлектрон схемаларнинг муҳим компоненти бўлиб эркин жойлашган микроўзак хизмат қилади. Стандарт қурилмаларга қараганда хавсизлик ёстиқчалари шишириш системасини ёқишда, МЭСМлар хажми кичикроқ, вазни енгилроқ, ишончлироқ ва нархи пастроқдир. МЭСМ потенциал қўллаш соҳалари: электрон дисплейлар, ахборот сақлаш блоклари, энергияни ўзгартириб берадиган қурилмалар, кимёвий детекторлар (доривор препаратларнинг кимёвий ва биологик хавфли субстанциялари ва скрининги учун), ва ДНК моллекуларини кўпайтириш ва идентификациялаш учун микросистемалар учун. Шубҳасиз келажакда МЭСМ билан боғлиқ, кўплаб ҳозир маълум бўлмаган технология вариантлари, жамиятимизга кучли таъсир ўтказади. Улар охириги ўттиз йилдаги микроэлектрон интеграл системалар эришган ютуқлардан ҳам ўтиб кетиши мумкин.

### **3.3.2 Оптик толалар**

Замонавий коммуникация системаларнинг тенгсиз элементи бўлган, махсус хоссаларга эга, янги керамик материаллардан бири бу оптик толалардир. Оптик толалар нурни ютиш, камайтириш ва парчалашдан йироқ, минимал даражада ҳам ёт қўшимчалар ва дефектлардан холи бўлган тоза кремний оксидидан тайёрланади. Оптик толалар тайёрлаш учун, ишлаб чиқаришнинг замонавий, юқоритехнологик схемаси яратилган, бу қўлланиш билан боғлиқ аниқ талабларга жавоб берадиган толалар олиш имконини берди. Оптик толалар ва уларнинг замонавий коммуникация системалардаги ролига бағишланган.

<sup>3</sup> Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons.UK 2014 (514-522 pages.)

### 3.3.3 Шарикоподшипникларда керамик шариклар.

Керамик материаллар қўлланишининг яна бир соҳаси бу шарикоподшипниклар учун керамик шарлар тайёрлаш билан боғлиқ. Бу махсулотлар орасида халқа бўйлаб шарлар жойлашган икки обоймадан (ташқи ва ички) иборат. Илгари шарикоподшипникларнинг барча элементлари, анъанавий тарзда юқори қаттиқликга эга, жуда коррозияга чидамли, сиртлари юқори силлиқликга етиши учун полировкаланадиган махсус пўлатлардан ишланар эди. Охирги ўн йилликда шарлар баъзи ҳолларда пўлатни ўрнини босган ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) кремний нитридидан тайёрланмоқда, чунки кремний нитридининг баъзи хоссалари пўлатникидан афзалроқ. Кўпинча халиям халқачаларни пўлатдан ясайдилар, чунки пўлат мустаҳкамлиги кремний нитридиникидан баландроқ. Пўлат халқа ва керамик шарлар комбинациясини гибрид подшипник дейдилар. Кремний нитридининг солиштирма вазни пўлатникидан кам бўлгани учун ( $7,8\text{г/см}^3$  нисбатан  $3,2$ ), гибрид подшипниклар вазни анъанавийларникидан камроқ. Шунга гибрид подшипникларда марказга интилувчи кучлар камроқ бўлиб, натижада улар баландроқ айланиш тезликларида (20дан 40%гача тезроқ) қўлланиши мумкин. Кремний нитридининг таранглик момули пўлатникидан юқори (200ГПа га нисбатан 320). Шунинг учун, бор нитридли шарлар қаттиқроқ бўлиб, ишлаганда камроқ деформация бўлади, натижада шовқин ва вибрация камаяди.

### 3.4 Олмос

Олмоснинг физик хусусиятларни уни жуда жозибадор материал сифатида акслантиради. Бу жуда қаттиқ модда (энг қаттиқ) бўлиб, жуда паст электрўтказувчанликка эга. Бу кўрсаткичлар унинг кристаллик қурилиши хусусияти ва жуда мустаҳкам атомлараро ковалент боғланишлари билан шартланган. Олмос нометал материалларга хос бўлмаган, керамиклар учун ғайриоддий иссиқлик ўтказувчанликка эга. У кўриниш ва инфрақизил диапазонларда шаффоф бўлиб, жуда баланд нур синиши кўрсаткичига эга.

Айтарли катта донали олмос кристаллари заргарлик тошлари сифатида қўлланилади. Саноатда олмослар бошқа материалларни кесиш ва силлиқлаш учун ишлатилади. XX асрнинг 50 йилларидан сунъий олмослар олиш технологиялари ишланган, хозирги даврда улар шу даражага етдики, саноатда ишлатиладиган олмосларнинг катта қисмини сунъий олмослар ташкил этади. Бундай олмосларнинг бир қисми заргарлик иши талабларига ҳам жавоб беради.

Охирги йилларда юпқа пленка кўринишидаги олмослар яратиш технологияси яратилди. Мазкур технология реакцияни газли мухитда ўтказиб, сўнгра тагликга ўтказиш га асосланган. Бундай йўл билан олинган плёнка қалинлиги бир миллиметрга етади. Бироқ хозирги кунга қадар, олмос структурасига қиёсан айтарли узунликда кристалл структураси тартибланган пленка олиш имкони йўқ. Бундай сунъий олмослар – кўплаб майда ёки айтарли йирик доналардан иборат бўлиши мумкин бўлган поликристалик яратмалардир; бундан ташқари уларда аморф углерод ва графит бўлиши мумкин. Олмос пленкаси сиртининг сканер қилувчи электрон микрофотографияси 13.11 расмда кўрсатилган.

Олмос плёнкаларнинг механик, электрик ва оптик хусусиятлари учўлчамли олмосларникига яқин. Материалнинг бундай мувофиқ хоссалари хозирда ва келажакда қўлланилиб, янги ва ундан ҳам яхши материаллар яратилишига туртки бўлади.



**3.3-расм** Олмос пленкаси сиртининг сканер қилувчи электрон микрофотографияси

Мисол сифатида олмос плёнкалари билан қопланган пармалар, шакл берувчи головкалар, пичоқлар ва бошқа асбобларни келтириш мумкин, бу сиртнинг бақуватлигини оширишга имкон беради. Олмос плёнка билан линзалар ва радиолокацион станциялар обтекательлари сиртини қоплайдилар, бу уларнинг шафоқлигини йўқотмаган ҳолда мустаҳкамлиги ортиради. Олмос қопламалар овозкучайтиргичлар, репродукторлар ва юқори аниқ микрометрларда ҳам қўлланади.

Олмос плёнкалар қўлашнинг потенциал имкониятларига, уларни шестерня ва подшипник каби машина деталларида, оптик ўқувчи головкалар ва дисклар ва яримўтказувчи мосламалар қаватларида қўллаш имконияти киради.

### **3.4.1 Графит**

Графитнинг кристаллик структураси қаватлари орасидаги боғланиш Ван-Дер-Ваальс кучлари томонидан таъминланади. Қаватлар аро куч камлигидан, материалнинг қаватлар орасидан ажралишига эришиш осон, бу графитнинг зўр антифрикцион хусусиятларидан далолат беради. Графит структурасида гексагонал қаватларга параллел бўлган кристаллографик яссиликлар томонга йўналтирилган электрўтказувчанлик айтарли юқоридир. графитнинг бошқа муҳим хоссалари: юқори мустаҳкамлиги, нордон бўлмаган атмосферадаги баланд ҳароратларда яхши кимёвий стабиллиги, юқори иссиқлик ўтказувчанлиги, термик кенгайишнинг паст коэффициентлари, ҳарорат ўзгаришига таъсирчан эмаслиги, турли газларга нисбатан адсорбцион хусусияти, станокларда ишланиши енгиллиги.

Графит асосан, электрик печлар иситиш элементлари тайёрлашда, электродлар ва электёйли пайвандлашда, металлургия тигеллар учун материал сифатида, керамик ва метал қотишмалар учун қолиплар сифатида, юқори ҳароратлардан химоячи ва иссиқлик изоляторлари сифатида, ракета двигателлари соплоларида, кимёвий реакторларда, электр контактларда, токечиш шитлари ва қаршилиқларда, аккумулятор электродларида ва ҳаво тозалаш ускуналарида қўлланилади.

Бизга яхши таниш бўлган, турли сохаларда қўлланиладиган жуда кўп полимер материаллар мавжуд. Полимер материалларни ишлатилиш сохаларига қараб синфлаш мумкин. Бундай қарашда полимер материаллар пластмассалар, эластомерлар (резиналар), толалар, қопламалар, адгезинлар, кўпик ва плёнкаларга бўлинади. Хоссаларига қараб баъзи полимерлар бир неча категорияга тўғри келади. Масалан пластмассада кўндаланг алоқалар тўри мавжуд бўлса, шишалашинг хароратидан баланд бўлган хароратларда эластомер бўлиб қўлланиши мумкин. Тола учун материал, агар ундан тола қилинмаса, пластмасса сифати ишлатилиши мумкин. Қуйидаги бобда полимер материалларни ишлатиш сохалари қисқа кўриб чиқилган.

### **3.5 Пластмассалар**

Пластмасса полимер материалларнинг асосий қисмини ташкил қилса ажабмас. Пластмассалар- бу ташқи куч таъсир этганда маълум пишиқликка эга материал бўлиб, турли мақсадларда ишлатилади. Пластмассаларга: полиэтилен, полипропилен. Поливинилхлорид, полистирол, фторопластлар, эпоксид қатронлари, фенол қатронлари, полиэфирлар киради. Пластмассалар учун турли хусусиятлар бириктириш оддий хол. Уларнинг баъзилари нозик ва мустаҳкам материаллардир. Бошқалари юмшоқ ва эгилювчан бўлиб, куч ишлатилганда эластик ва пластик деформациялар ҳосил бўлади, вайрон бўлишгача деформациялар анча катта бўлиши мумкин.

Бу гуруҳдаги полимерлар кристалликнинг турли даражасига, турли молекуляр структурага ва занжир конфигурациясига (чизиқли, шохланган, изотактик ва х.к.з) эга бўлиши мумкин. Пластмассалар термопласт ҳам, реактопласт ҳам бўлиши мумкин. Охириги фарқлаш полимерларни синфлашда кўп қўлланилади. Бироқ уларни айнан пластмасса сифатида қўллаш учун, чизиқли ва шохланган полимерлар ўзининг шишаланиш хароратидан пастда (аморф полимерлар ҳақида айтилганда) ёки эриш хароратидан пастда (агар полимер қисман кристалли бўлса) бўлиши керак.

<sup>4</sup> Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons. UK 2014 (514-522 pages.)

Ёки полимерда кўндаланг алоқалар тўри етарлича зич бўлиши керак, шунда махсулот шакли куч қўлланганда сақланиб қолади.

**Назорат саволлари:**

1. Оловбардошлар қандай материал?
2. Оловбардошлар структурасига қараб неча хил бўлади?
3. Олмос қандай материал?
4. Графит нима?

**Фойдаланилган адабиётлар:**

1. Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons. UK 2014
2. T.Fischer., Materials Science for Engineering Students, 1st Edition Elsevier UK, 2008
3. Mikell P.Groover., Fundamentals of Modern Manufacturing Materials, Processes, and Equipment John Wiley and Sons inc USA 2010



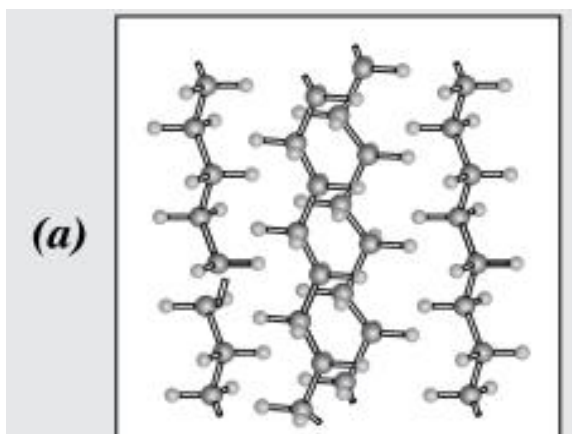
## 4-мавзу: Полимер материаллар ва композитлар

### Режа:

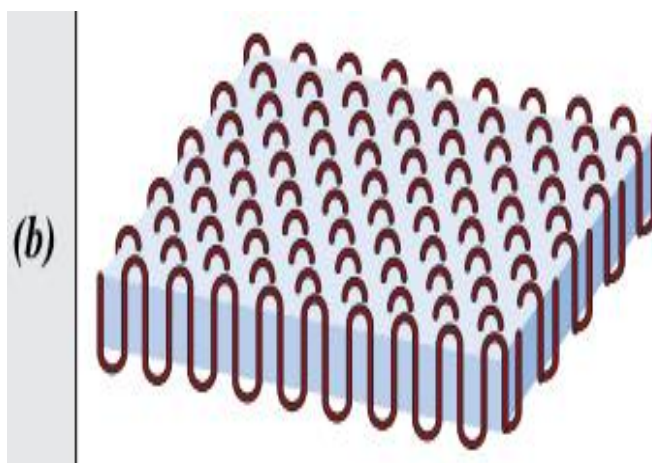
1. Полимерлар ва уларнинг структураси
2. Углеродли молекулалар
3. Полимер молекулалари
4. Полимер материалларни молекуляр оғирлиги

*Таянч сўзлар ва иборалар:* Полимер материаллар. Гомозанжирли полимер. Карбозанжирли полимер. Чизигий ва шахобчали термопластлар. Релаксация. Физикавий ва кимёвий модифицировка. Пластификатор. Стабилизаторлар. Краскалар.

### Полимерлар ва уларнинг структураси

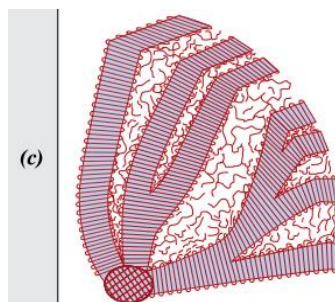


4.1-расм.а. Полиэтилен молекуласининг тузилиши



4.1.б.-расм. Полимер макромолекулаларининг кристалл панжара хосил қилиши

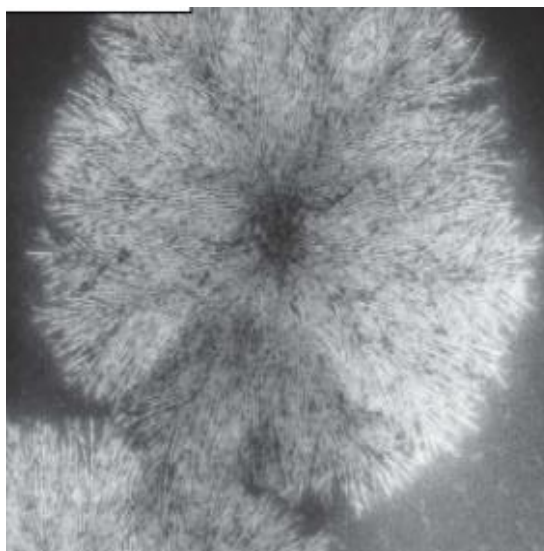
<sup>4</sup> Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons.UK 2014 (545-554 pages.)



4.1.в-расм.Полимерларнинг яримкристаллик структура кўриниши



4.1.г-расм. Полимерларнинг махсулотларни ўрашда целлофанида сифатида қўлланиши



4.1.д-расм. Трансмиссион электрон микроскопия усулида олинган каучукдаги сферолитнинг кўриниши. Кристалланган ламелялар ўлчами 10нм бўлган, радиал йўналишда марказдан тарқалган мураккаб занжирлардан ҳосил бўлган. (30000 марта катталаштирилган). Фотосурат Р. J. Phillips томонидан тақдим этилган ( Р. J. Phillips First published in R. Bartnikas and R. M. Eichhorn, Engineering Dielectrics, Vol. IIA, Electrical Properties of Solid Insulating Materials:

Molecular Structure and Electrical Behavior, 1983. Copyright ASTM, 1916 Race Street, Philadelphia, PA 19103. Reprinted with permission)

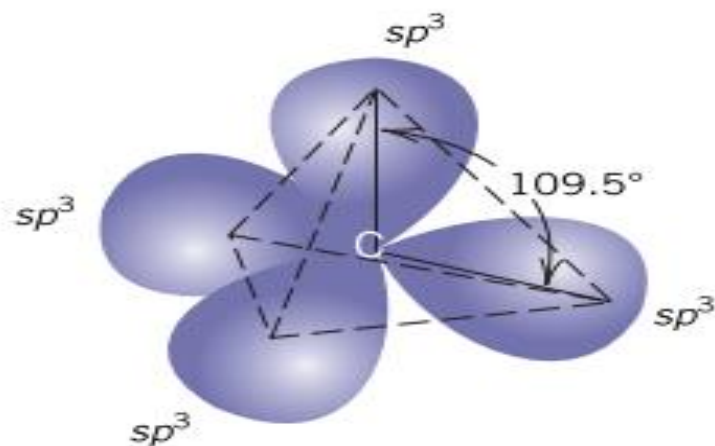
Табиий полимерлар қадимги замондан бизга маълум, булар ёғоч, резина, пахта, жун, чарм, шои. Уларнинг бошқа турлари (оқсиллар, энзимлар, протеинлар ва х.к.) усимликлар ва тирик жонзодларнинг биологик ва физиологик жараёнларида котта роль ўйнайди.

Тадқиқотларнинг замонавий усуллари полимерларнинг тузилишини ўрганишни имконини берди ва турли янги полимерлар кашф этишга шароит яратди. Турмушда ишлатиладиган резиналар, пластмассалар, толалар синтетик полимерлар туркумига киради. Ва буни ривожланиши иккинчи жахон урушидан кейин кескин ривожланган. Синтетик полимерларни олиниши табиий полимерлардан кўра арзонроқ аммо лекин хоссалари табиий полимерларникидан бир қанча юқори бўлиши мумкин. Куп сохаларда полимерлар ёғоч ва металлларни қониқарли даражада ўрни боскан. Металл ва керамик материаллар каби полиерлар хоссалари уларнинг структурасига боғлиқ. Мазкур бобда полимерларнинг молекуляр таркиби ва кристаллик структураси тузилишига бағишланган.

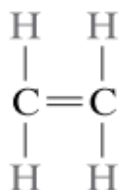
## **4.2 Углеродли молекулалар**

Кўпчилик полимерлар органик бирикмалар асосида бўлганлигини ҳисобга олган ҳолда биз уларнинг структурасини белгиловчи омилларни билиб олишимиз керак. Яъний, кўпгина органик бирикмалар асосан углерод ва водород атомлари бирикмасидан ташкил топади. Бу атомлар ўзаро ковалент боғлар билан боғланган, ундан ташқари водород атоми битта электрон билан боғланади. Бирламчи ковалент боғ, иккита бирлашувчи атомлар биттадан электрон берганида ҳосил бўлади. Масалан метан молекуласи мисолида кўришимиз мумкин.

<sup>3</sup> Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons.UK 2014 (545-554 pages.)

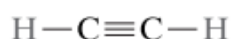


Иккиламчи ва учламчи боғлар ҳосил бўлишда ўз навбатида иккита ёки учта электрон жуфтликлар иштирок этади. Масалан, этилен молекуласини тузилишини кўриб чиқсак, бу ерда иккита углерод атоми иккиламчи боғ билан ва иккита водород атоми билан боғланган.



Бу ерда битта чизик бирламчи боғ, иккита чизик эса иккиламчи боғги билдиради.

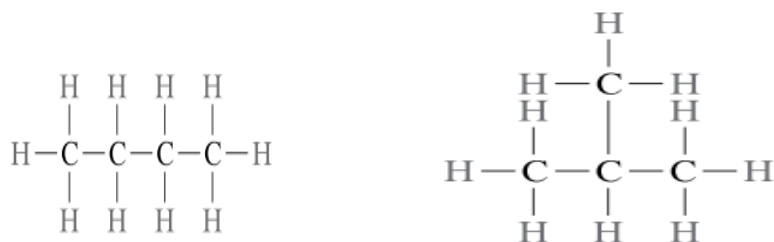
Учламчи боғга мисол қилиб этиленни келтиришимиз мумкин  $\text{C}_2\text{H}_2$ .



Иккиламчи ёки учламчи боғ бор бирикмалар **тўйинмаган** бирикмалар дейилади. Бу дегани атомлар максимал бирикишга эга эмас ва яна узига каби атомлар билан бирикиши мумкин бўлади. **Тўйинган** боғлар ҳақида гапирадиган бўлсак бу боғларга атомларнинг бирикиши фақатгина ўрин алмашининиш ҳисобига бориши мумкин.

Баъзи бир углеводородларнинг вакиллари оддий парафинларни ҳосил қилади, буларга қуйидаги углеводород қатори киради: метан  $\text{CH}_4$ , этан  $\text{C}_2\text{H}_6$ , пропан  $\text{C}_3\text{H}_8$ , бутан  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ . Молекулаларнинг таркиби ва тузилиши 8.1-жадвалда

келтирилган. Таркиб жихаттан бир хил бўлган углеводородларнинг тузилиши турлига бўлиши мумкин, буни **изомерия** дейилади. Масалан бутаннинг иккита изомери мавжуд: нормал бутан ва изобутан.

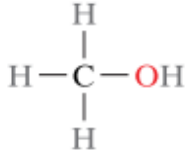
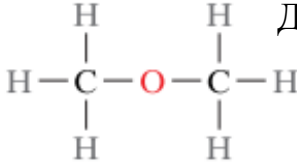
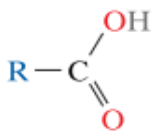
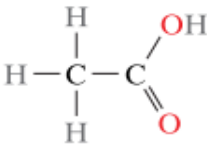
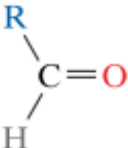
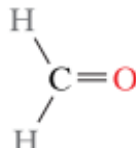
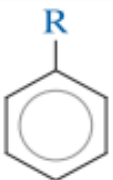
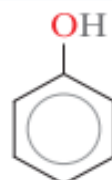


Углеводородларнинг физик хоссалари уларнинг тузилишига боғлиқ бўлади, шу каби бутаннинг қайнаш температураси  $-0,5$  бўлсада изобутанники  $-12,3$   $^{\circ}\text{C}$ ни ташкил этади.

4.1-жадвал Полимерлар молекуласи таркибига кириши мумкин бўлган углеводородлар тури жуда кўп, буларнинг баъзи бир вакиллари келтирилган, бу ерда R ва R'  $\text{CH}_3$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5$ ,  $\text{C}_6\text{H}_5$  (метил, этил, фенил группалар)

Номланиши	Таркиби	Тузилиши	Қайнаш харорати $^{\circ}\text{C}$
Метан	$\text{CH}_4$	$  \begin{array}{c}  \text{H} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{H}  \end{array}  $	-164
Этан	$\text{C}_2\text{H}_6$	$  \begin{array}{c}  \text{H} \quad \text{H} \\    \quad   \\  \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\    \quad   \\  \text{H} \quad \text{H}  \end{array}  $	-88,6
Пропан	$\text{C}_3\text{H}_8$	$  \begin{array}{c}  \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\    \quad   \quad   \\  \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\    \quad   \quad   \\  \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H}  \end{array}  $	-42,1
Бутан	$\text{C}_4\text{H}_{10}$		-0,5
Пентан	$\text{C}_5\text{H}_{12}$		36,1
Гексан	$\text{C}_6\text{H}_{14}$		69,0

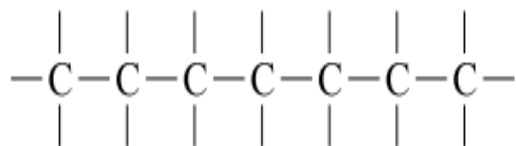
#### 4.2-жадвал Умумий углеводород гурухлари

Тури	Молекула тузилиши	Номланиши
Спиртлар	$R-OH$ 	Метил спирти
Эфирлар	$R-O-R'$ 	Диметил эфир
Кислоталар	 	Сирка кислотаси
Альдегидлар	 	Формальдегид
Ароматик углеводородлар	 	Фенол

**Назорат савол: полиморфизм ва изомерияни фарқларини келтиринг**

#### 4.3 Полимер молекулалари

**Макромолекула.** Юқорида келтирилган молекулалардан фарқли ўлароқ полимер макромолекулалари жуда катта ўлчамга эга (узун). Шунинг учун булар **макромолекула** деб номланади. Макромолекуланинг ичидаги атомлар атомлараро ковалент боғ билан боғланган. Марказий углеводород занжири полимерни асосини ташкил этади. Углерод атомлари бир бирлари билан бир неча бора схемада кўрсатилганидек қайта боғланади.

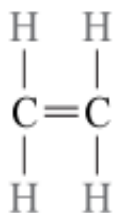


Хар бир углероднинг қолган иккита валент электронлари ўз навбатида атомлар ёки органик радикаллар билан бирикиши мумкин. Макромолекулаларнинг қайтариладиган қисми **элементар звено** деб аталади.

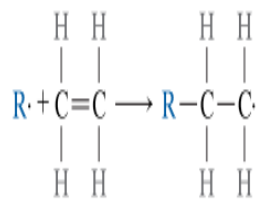
Полимер макромолекуласини олинишида иштирок этган мономернинг структураси элементар звенонинг тузилишига яқин бўлади. Шунинг учун мономер ва элементар қайтарилувчи звено терминлари алоҳида ишлатилади.

#### 4.3.1 Полимер молекулалар кимёси

Юқорида курилган этилен структурасига қайтсак, оддий шароитда (хона температурасида ва атмосфера босимида) бу газ. Структура кўриниши:

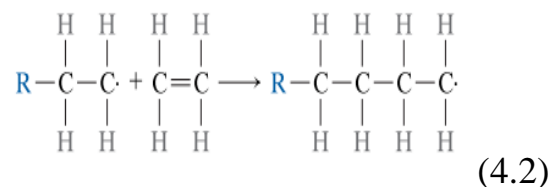


Маълум бир шароитда этилен молекулалари ўзаро бирикиб полиэтилен макромолекуласини ҳосил қилади (ПЭ). Жараён актив марказ катализатори  $R\cdot$  иштирокида кетади.



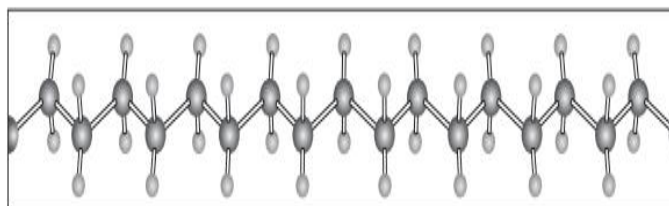
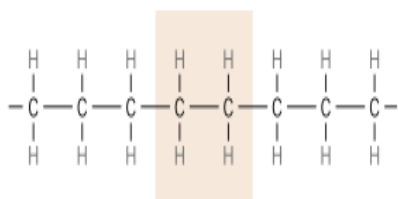
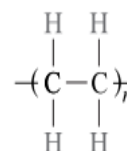
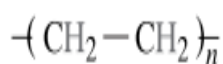
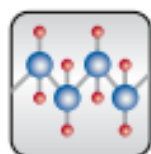
(4.1)

Актив марказга мономерларнинг кетма кет бирикиши натижасида макромолекула ҳосил бўлади. Актив марказ, ёки жуфтлашмаган электрон билан белгиланади.



<sup>5</sup> Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons.UK 2014 (545-554 pages.)

Натижада полиэтилен молекуласи ҳосил бўлади. 8.2- расмда полиэтиленни элементар звеноси келтирилган. Полиэтилен молекуласини қуйидагича келтиришимиз мумкин.

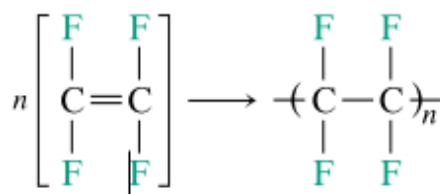


а)

б)

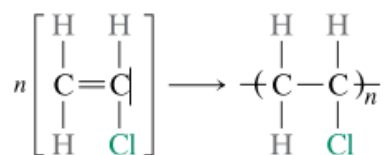
4.2-расм. Полиэтилен молекуласи а) молекула ва элементар звено структураси; б) макромолекуланинг зигзаг кўриниши фазовий структураси

Полимер макромолекуласи бошқа элемент иштирокида ҳам ҳосил бўлиши мумкин, масалан тетрафтор этилен (тефлон)  $\text{CF}_2=\text{CF}_2$

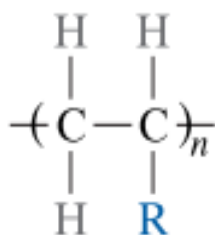




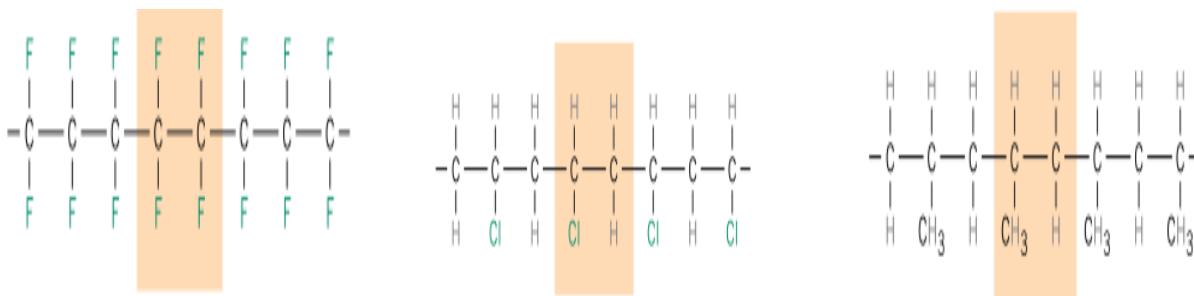
Хлорвинилни полимерланиш реакцияси натижасида поливинилхлорид хосил бўлади:



Полимерлар структураси куйидаги умумий формула билан келтирилиши мумкин:




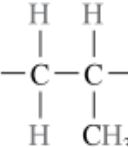
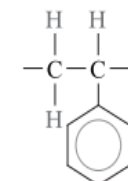
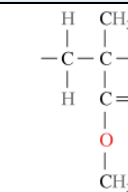
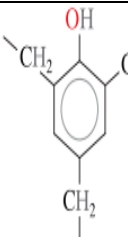
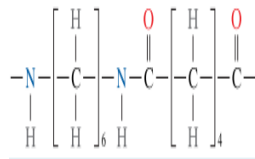
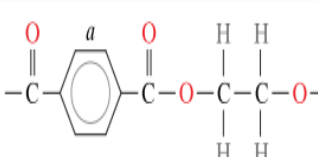
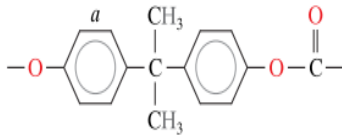
Бу ерда R-радикал (R=H, Cl, CH<sub>3</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>, C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>). R= CH<sub>3</sub> бўлса полипропилен полимери бўлади.



4.3-расм. Полимерлар структураси: а) Политетрафтор этилен; б) поливинилхлорид; в) Полипропилен.

4.3-жадвал энг кўп учрайдиган полимерларнинг элементар звеноси тузилиши келтирилган.

Полимер номи	Элементар звено тузилиши
Полиэтилен	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\   &   \\ -\text{C} - & \text{C}- \\   &   \\ \text{H} & \text{H} \end{array}$
Поливинилхлорид	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\   &   \\ -\text{C} - & \text{C}- \\   &   \\ \text{H} & \text{Cl} \end{array}$

<b>Политетрафторэтилен</b>	
<b>Полипропилен</b>	
<b>Полистирол</b>	
<b>Полиметилметакрилата ПММА</b>	
<b>Фенол формальдегидная смола (бакелит)</b>	
<b>Полигексаметилендипамид (найлон)</b>	
<b>Полиэтилентерефталат (ПЭТ) полиэфир</b>	
<b>Поликарбонат (ПК)</b>	

Такорланувчи звенолар таркиб ва тузилиши бир хил бўлса бу полимерлар гомополимер дейилади, хар хил бўлса сополимер деб аталади.

Юқорида келтирилган мономерлар бирикишга моил боғларга эга бу боғлар ён кушнилари билан ковалент боғ хосил қилиши мумкин. Бу полимерлар иккиўлчамли занжир структура хосил қилади (полиэтилен структураси), бу турдаги мономерларни бифункционал дейилади. Умуман

олганда функционалик деб мономерларнинг боғларини сонига айтилади. Масалан фонолформальдегид мономерини уч функционал хисобланади.

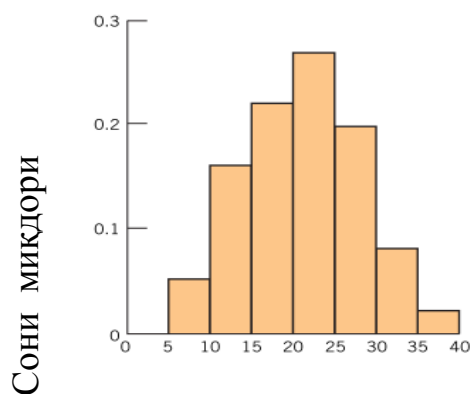
<sup>5</sup> Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons.UK 2014 (545-554 pages.)

#### 4.5 Полимер материалларни молекуляр оғирлиги

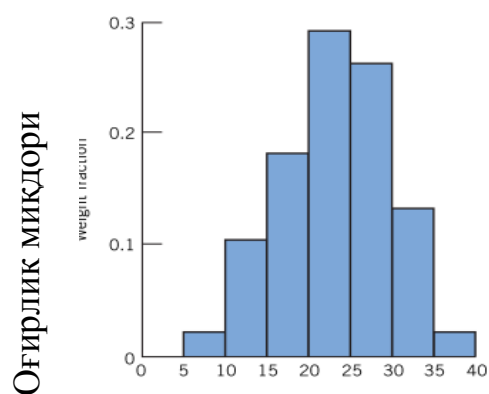
Молекулаларнинг жуда узун тузилиши уларнинг молекулаларининг оғирлигини юқори бўлишини тақозо этади. Бир жараёнда содир бўлган реакция муҳитда реакция бир текис кетмаганлиги сабабли ҳар хил молекула оғирлигига эга макромолекулалар ҳосил бўлади. Бу эса уларнинг материал ичида ҳар хил тақсимланиши мумкинлигини билдиради. Одатда молекула оғирлигини ўртача қиймати олинади. Ўртача молекуляр оғирлик физик усуллар ёрдамида аниқланиши мумкин (қовушқоқлик ёки осматик босим).

Ўртача молекуляр оғирликни ўлчашни бир неча усуллари мавжуд. Наъмунани маълум қисмларидаги молекуляр оғирлигини аниқлаш йўли билан аниқланади.

14.3 расм.



Молекуляр оғирлиги,  
10<sup>3</sup>г/моль



Молекуляр оғирлиги, 10<sup>3</sup>г/моль

4.4 – расм. Полимерларни молекуляр оғирлик бўйича тақсимоти: а) сони миқдори; б) оғирлик миқдори бўйича.

Ўртача молекуляр оғирлик

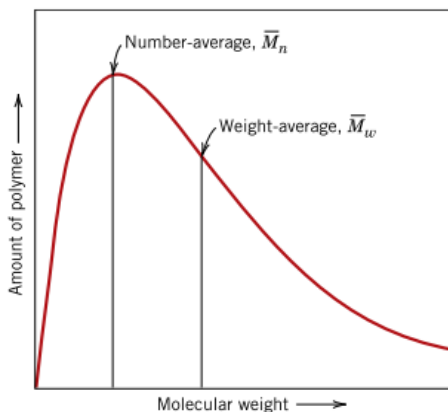
$$M_n = \sum x_i M_i$$

Бу ерда  $M_n$ -ўртача молекуляр оғирлик;

$X_i$ -элементар звено сони;

$M_i$ -элементар звено молекуляр оғирлиги.

Полимерларнинг молекуляр оғирлиги бўйича полимер массасида тақсимланишини қуйидагича тасвирлаш мумкин 4.5 расм



4.5-расм. Полимерларнинг молекуляр массавий тақсимоти

Молекуляр массавий тақсимотнинг ўзига хослигини **полимерланиш даражаси** билан изохлаш мумкин. Полимерланиш даражаси (ПД)-полимердаги қайтариладиган элементар звенонинг сонини ифодалайди.

$$\text{ПД} = \frac{M_n}{m}$$

Полимер молекуласининг оғирлигига унинг кўп хоссалари боғлиқ. Масалан полимерларнинг юмшаш температураси молекуляр оғирлик ортиши билан кўтарилади. Жуда кичик молекуляр оғирликга эга полимерлар (100г/моль) хона хароратида суюқлик холида бўлади. 1000г\моль молекуляр оғирлигига эга полимерлар юмшоқ бўлади (парафин ва юмшоқ резиналар). Қаттиқ полимерлар (одатда юқори полимерлар дейилади) молекуляр оғирлиги 10 000 ва ундан ортиқ бўлади. Шундай қилиб, бир хил полимерларнинг молекуляр оғирлиги ўзгариши билан хоссалари ҳам ўзгаради. Макромолекула узунлиги полимерларнинг бошқа хоссаларига ҳам таъсир кўрсатади масалан мустаҳкамлиги ва бикирлик модули.

### **Назорат саволлари:**

- 1.Металл эмас материалларнинг металларга нисбатан афзаллик ва камчиликларини қиёсланг.
- 2.Композицион материал қандай материал ҳисобланади?.
- 3.Полимер деб қандай материалга айтилади?
- 4.Полимер молекулаларининг қурилишининг хусусиятларини таҳлил қилинг.

### **Фойдаланилган адабиётлар:**

1. Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons. UK 2014
2. T.Fischer., Materials Science for Engineering Students, 1st Edition Elsevier UK, 2008
3. Mikell P.Groover., Fundamentals of Modern Manufacturing Materials, Processes, and Equipment John Wiley and Sons inc USA 2010

## 5-мавзу: Электр материаллар, магнетик, оптик ва термофизик хоссалар

### Режа:

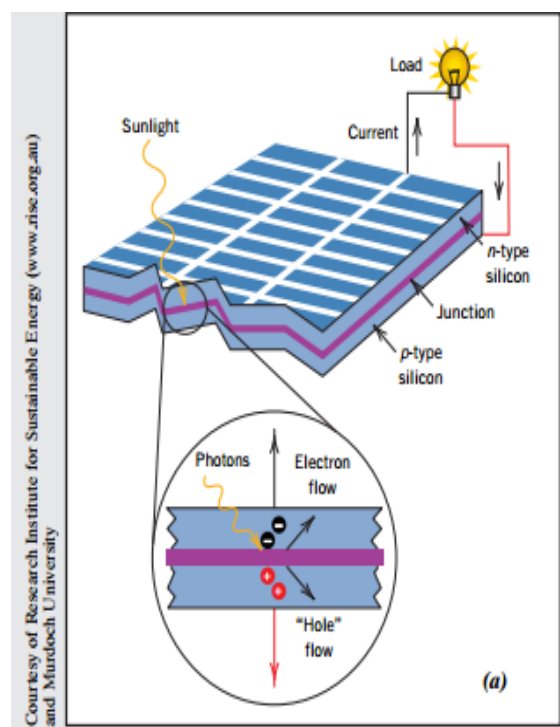
1. Оптик хоссалар
2. Металларнинг оптик хоссалари
3. Электромеханик материаллар
4. Ярим ўтказгич материаллар
5. Ўтказгич материаллар

*Таянч сўзлар ва иборалар:* Радиотехника. Электромеханика. Ўтказгич материаллар. Электромеханик материаллар. Диэлектриклар. Реостат қотишмалар. Контакт материаллар.

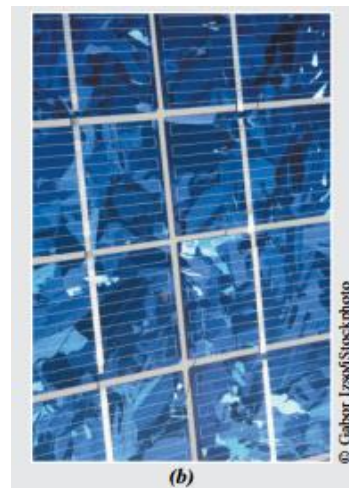
### Оптик хоссалар

а) Қуёш батареяси ишлаш принципи схемаси. Элемент поликристалл кремнийдан р-п бирикмани яратиш учун ишланган

Қуёшдан келаётган фотонлар электронларни п тарафдаги ўтказиш зонасига кўзғатиб р тарафда эса тешиқлар хосил қилади. Ушбу электронлар ва тешиқлар бириктириш жойидан қарама қарши йўналишда чиқиб кетадилар ва ташқи электрик занжир қисмига айланади



(с) куёш панеллари ўрнатилган уй



(b) поликристалл кремний массиви

Оптик хосса бу материалнинг электромагнит радиация таъсирига жавобидир, айниқса кўринарли нур учун. Ушбу бобда биринчи бўлиб электромагнит радиация келиб чиўиши ва манбаалари, ва унинг каттик жисмларга таъсири кўриб чиқилган. Кейин эса металл ва нометалларнинг оптик хоссаларини яъни нур ютиш, қайтариш ва ўтказиш кўриб чиқилган. Охириги бобда эса люминисценция, фото ўтказиш, стимуляция остида радиация эмиссияси орқали нурни кучайтириш (лазер), амалиётда қўлланилиши, коммуникация соҳасида оптик толалардан фойдаланиш.

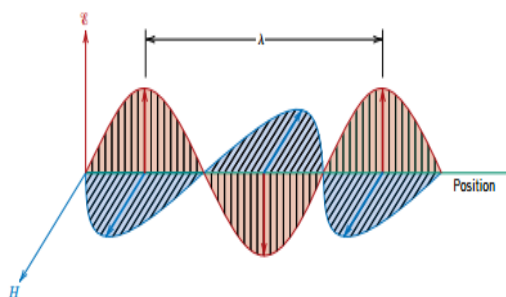
### 5.1.1 Электромагнит радиация

Классик мазмунда электромагнит радиация тўлқинсимон бўлиб, бир бирига ва тарқалиш йўналишига перпендикуляр электрик ва магнит майдон компонентларидан иборат (5.1-расм). Нур, иссиқлик (ёки нур тарқатувчи энергия), радар, радио тўлқин, ва рентген нурлари электромагнит радиацияга киради. Булардан хар бири тўлқин узунлиги ва келиб чиқиш усули билан таърифланади.

<sup>3</sup> Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons.UK 2014 (838-843 pages.)

Электромагнит радиация кенг доирадир  $\gamma$  - гамма нурлардан бошлаб (радиоактив моддалардан келиб чиқади)  $10^{-12}$  м ( $10^{-3}$  нм) нур узунлигига эга бўлиб, рентген нурлар орқали, ултрабинафша, кўринарли, инфрақизил, ва нихоят радио тўлқинлар  $10^5$  м гача бўлади.

Ушбу спектр логарифм миқёсида 5.1-расмда кўрсатилган.



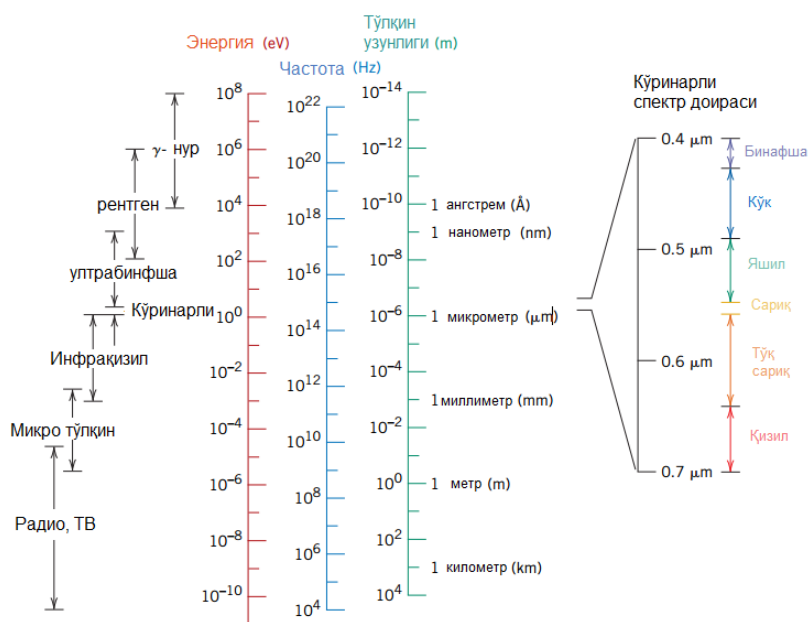
5.1-расм. Электромагнит тўлқинда электрик  $E$  ва магнит  $H$  майдонлар компонентлари ва тўлқин узунлиги кўрсатилган

Кўринарли нур жуда қисқа спектрда жойлашган, тўлқин узунлиги  $0.4 \mu\text{м}$  дан ( $4 \times 10^{-7}$  м)  $0.7 \mu\text{м}$  гача бўлади. Нур ранги тўлқин узунлиги билан белгиланади. Масалан,  $0.4 \mu\text{м}$  тўлқин узунлиги бинафша нур, яшил билан қизил эса  $0.5$  ва  $0.65 \mu\text{м}$ . Турли ранглар учун спектр доираси 21.2 расмда кўрсатилган. Оқ нур барча ранглар аралашмасидир. Қуйидаги муҳокама кўринарли нур хақида олиб борилади, ушбу нурланишнигина кўз сеза олади. Барча электромагнит нурланишлар вакуумда нур тезлиги билан яъни  $3 \times 10^8$  м/с ( $299\,792\,458$  км/с ) ҳаракатланади. Тезлик  $c$  вакуумнинг электрик ўтказиш қобиляти билан  $\epsilon_0$  ва вакуумнинг магнит ўтказувчанлигига  $\mu_0$  боғлиқ.

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \quad (5.1)$$



Вакуум учун нур тезлигининг электрик ўтказиш ва магнит ўтказувчанлик қобилияти билан боғлиқлиги.



5.2-расм. Электромагнит радиация спектри. Кўринарли нурлар спектр доираси ҳам кўрсатилган.

Шунинг учун электромагнит константа  $c$  билан ва ушбу электрик ва магнит константалар орасида боғлиқлик бор. Ундан кейн, частота  $\nu$  ва тўлқин узунлиги  $\lambda$  тезлик функцияси эканлиги аниқланади.

$$c = \lambda \nu \quad (5.2)$$

Частота Герц (Гц) да ўлчанади.  $1 \text{ Гц} = 1$  бир дақиқа ичида бир цикл. Частоталар дираси турли электромагнит радиация учун спектрга киритилган (5.2-расм).

Бир хил пайтларда электромагнит радиацияни квант механика нуқтаи назардан кўриб чиқиш мақсадга мувофиқ. Бунда радиция, тўлқинлар эмас балки пакетлар гурухи, яъни фотонладан иборатдир. Фотон энергияси  $E$  квантлаштирилган, ёки қуйидаги формулада белгиланган махсус қийматга эга деб ҳисобланади.

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \quad (5.3)$$

<sup>6</sup> Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons.UK 2014 (838-843 pages.)

Бу ерда  $h$  – Планк константаси ( $6.62 \times 10^{-34}$  Ж \*дақ) дейилади. Бундан келиб чиқадики фотон энергияси радиация частотасига тўғри пропорционал ва тўлқин узунлигига эса тескари пропорционал. Фотон энергиялари электромагнит спектрга ҳам киритилган (5.2-расм). Модда билан радиация таъсирлашгандаги оптик ходиса рўй берганда кўпинча нур фотон шаклида хисобга олинади. Бошқа пайтларда эса тўлқин шаклида ишлатилади. Иккала тушунча ҳам тўғри хисобланади.

### 5.1.2 Ёруғликнинг қаттиқ жисмлар билан таъсирлашиши

Ёруғлик бир мухитдан бошқа мухитга ўтганда (масалан хаводан қаттиқ жисмга), бир неча ходиса рўй бериши мумкин. Ёруғликнинг маълум бир қисми мухитдан ўтиб кетади, бир қисми ютилади ва бошқа қисми эса икки мухит орасидан қайтариллади. Қаттиқ мухитга келувчи нур интенсивлиги  $I_0$  ўтган, ютилган, қайтарилган нурлар йиғиндисига ( $I_T$ ,  $I_A$ , ва  $I_R$ ) тенг бўлиши керак, яъни:

$$I_0 = I_T + I_A + I_R \quad (5.4)$$

Радиация интенсивлиги квадрат метрга ваттда ўлчанади ва вақт бирлигида тарқилиш йўналишига перпендикуляр бўлган холда юза бирликдан ўтаётган энергия қийматига тенгдир.

9.4 тенгламанинг альтернатив шакли қуйидагича:

$$T + A + R = 1 \quad (5.5)$$

Бу ерда  $T$  ўтказувчанлик ( $I_T/I_0$ ),  $A$  ютувчанлик ( $I_A/I_0$ ) ва  $R$  қайтарувчанлик ( $I_R/I_0$ ). Уларнинг йиғиндиси бирликка тенг бўлиши лозим. Чунки келаётган ёруғлик ўтган, ютилган ёки қайтарилган.

Материаллар ёруғликни деярли ютиш ва қайтаришсиз ўзидан ўтказиш қобилитига эга бўлса, у холда улар шаффоф деилади. Яъни улар ичидан кўриш мумкин. Ярим тиниқ материалларда ёруғлик диффузион шаклида ўтади. Унинг ичида ёруғлик тўкнашиб утиши учун ичига қараганда бошқа тарафдаги объектлар хира кўринади. Кўринарли нурни ўтказмайдиган материаллар ҳам мавжуд.

Хажмли металллар кўринарли спектр ёруғ ўтмайдиган бўлади, чунки ёруғлик радиацияси ютилади ёки қайтарилади. Лекин, электр изоляторлар тиниқ бўлиши мумкин. Ярим ўтказгичлар эса тиниқ ёки ёруғ ўтказмайдиган бўлиши мумкин.

### **5.1.3 Атом ва электрон ўзаро таъсирлари**

Қаттиқ жисмларда оптик ходисалар атомлар, ионалар ва/ёки электронлар билан электромагнит радиацияни ўзаро таъсири тушунилади. Ушбу таъсирларнинг энг мухим турлари бу электрон поляризация ва энергия ўтишлари.

### **5.1.4 Электрон поляризация**

Электромагнит тўлқиннинг бир қисми бу тезкор ўзгарувчан электрик майдон (5.1-расм). Кўринарли частоталар дораси учун электрик майдон атомни ўраб олган электрон булут билан шундай таъсирлашадики электрон поляризацияни ўз йўлида кучайтиради ёки электрон булутни атомнинг ядросига нисбатан электрик қисм хар бир ўзгариши йўналишида силжитади. Ушбу поляризациянинг натижасида куйидагилар вужудга келади: 1) Радиациянинг маълум қисми ютилади, ва 2) Нур тўлқинлар мухитдан ўтганда уларнинг тезлиги пасаяди. Иккинчи натижа қайтариш дейилади.

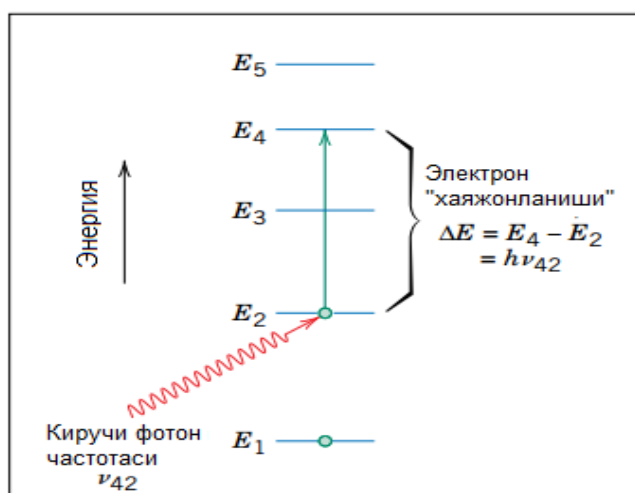
### **5.1.5 Электрон ўтишлар**

Электромагнит радиация ютилиши ёки эмиссия жараёни электроннинг бир холатдан бошқа холатга ўтишини жалб қилиши мумкин. Мухокама учун алоҳида атом ни фарз қилайлик. Унинг электрон энергия диаграммаси 21.3 расмда келтирилган. Электрон фотонни ютганда  $E_2$  банд поғонадан вакант ва

тепароқ жойлашган  $E_4$  поғонага ўтиши мумкин. Электрон  $E$  нинг энергия ўзгариши радиация частотасига қуйидагича боғлиқ.

$$\Delta E = h\nu \quad (5.6)$$

Бу ерда, яна  $h$  - Планк константаси. Бу нуқтада бир нечта колнцепцияни тушуниш муҳимдир. Биринчидан, ҳар бир атом учун энергия поғоналари дискрет бўлиб, фақат махсус  $E_s$  энергия поғоналари орасида мавжуд. Шунинг учун фақат эҳтимол  $E_s$  га мос фотон частоталари атом учун электрон ўтишлари орқали ютилиши мумкин. Кейин эса, ҳар бир “ҳаяжонланиш” ходисасида фотоннинг бутун энергияси ютилади.



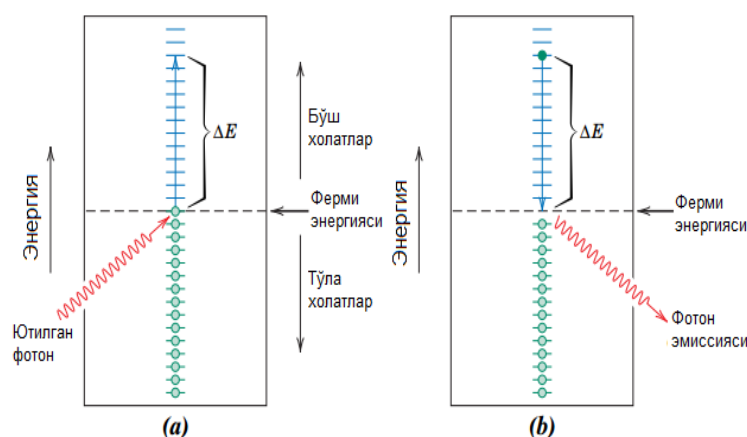
5.3-расм. Изоляцияланган атом учун фотон ютилиши ва электроннинг бир поғонадан иккинчи поғонага “ҳаяжонланиши” яъни ўтиши схемаси кўрсатилган. Фотон энергияси ( $h\nu_{42}$ ) ( $E_4 - E_2$ ) энергиялар фарқига тенг бўлиши шарт.

Иккинчи муҳим тушунча бу стимуляцияланган электрон “ҳаяжонланган” ҳолатда доимо қола олмайди. Қисқа вақт ўтгандан кейин у ўзидан электромагнит радиацияни чиқариб пастга тушиб асосий ёки тинч поғонага қайтади. Турли қайтиш йўллари мавжуд бўлиши мумкин. Барча ҳолатларда, электрон поғонадан поғонага ўтишлардаги эмиссия ва ютилишида энергия сақланади. Қаттиқ материалларнинг оптик хоссалари электромагнит радиацияни ютиш ва эмиссия ва материалнинг электрон поғоналар тузилиши ва

электрон ўтиш принципларига боғлиқдир (эхтимол поғона тузилишлари ёритилган)

<sup>3</sup> Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons.UK 2014 (838-843 pages.)

## 5.2 Металларнинг оптик хоссалари



5.4 –расм. а) материаллар томонидан фотонларни ютиш механизмини кўрсатувчи схема: электрон уйғонади ва бўш каттароқ юқори энергетик ҳолатга ўтади. Электрон энергиясини ўзгариши  $\Delta E$  фотон энергиясига тенг. б-ёруғлик фотонини тескари эмиссияси: электронларни юқорироқ энергетик ҳолатга ўтиши билан шартланади.

Электромагнит нурланиш кўринадиган ёруғликни барча частоталарида металллар томонидан ютилади: материалда электрон ҳолатнинг вакант жойларнинг борлиги туфайли (9.4.а) Металлар электромагнит нурланишнинг барча доирасида диапазонида тиниқ эмас.

Ютилган нурланишнинг талайгина қисми юзадан қайта нурланади ўша тўлқин узунлигида кўринадиган ёруғлик ёруғлик формасида; акс ёруғлик сифатида кўрилади.

Бу формасидаги нурланишда электронлар ўнши расм 12.3. б да кўрсатилган. Металларнинг қайтариш қобилияти 0,9-0,95 оралиғида. Ютилган энергия иссиқликка айланади.

Металлар тиниқ бўлмаганидан тушаётган ёруғликнинг катта қисмини қайтаради. Инсон томонидан қабул қилинаётган ранг қайтарилаётган электромагнит нурларнинг тўлқин узунликларининг тарқалишига боғлиқ. Ёруғ кўмиш симон кроскани оқ ранг билан ёритилганда шуни кўрсатади-ки, металл ёруғликни барча кўриш доирасида-диапазонида яхши қайтарар экан.

Бу турдаги қайтариш кўмиш ва алюминийда мавжуд. мис қизғиш-оч жигарранг, олтин сарик ранг бўлиб кўринади, чунки фатонлар томонидан оборилаётган энергиянинг бир қисми калта узунликдаги тўлқинлари кўринаётган ёруғлик формасида қайтмаяпти.

### 5.3 Иссиқлик сиғими

Қиздирилганда қаттиқ жисмнинг харорати ошади. Бу эса энергияни маълум бир қисми ютилганлигидан дарак беради. Иссиқлик сиғими материалнинг ташқаридан иссиқликни ютиш қобилиятига айтилади. У харорат бирлигига ошириш учун энергия миқдорини тақдим этади. Математик нуқтаи назардан иссиқлик сиғими  $C$  қуйидагича таърифланади:

$$C = \frac{dQ}{dT} \quad (5.7)$$

Бу ерда,  $dQ$ ,  $dT$  хароратни ўзгариши учун энергия. Одатда, иссиқлик сиғими материалнинг бир моль учун кўрсатилади (масалан, Ж/моль·К ёки кал/моль·К)

Солиштирма иссиқлик сиғими (одатда кичик  $c$  харфи билан белгиланилади) масса бирлиги учун иссиқлик сиғимини англатади ва турли birlikларга эга (Ж/кг·К, кал/г·К). Иссиқликни ўтказишга боғлиқ бўлган ташқи мухит шароитига қараб, шу хоссани ўлчаш учун иккита усул мавжуд. Биринчиси, бу хажм ўзгармас холдаги иссиқлик сиғими  $C_v$ . Иккинчиси эса

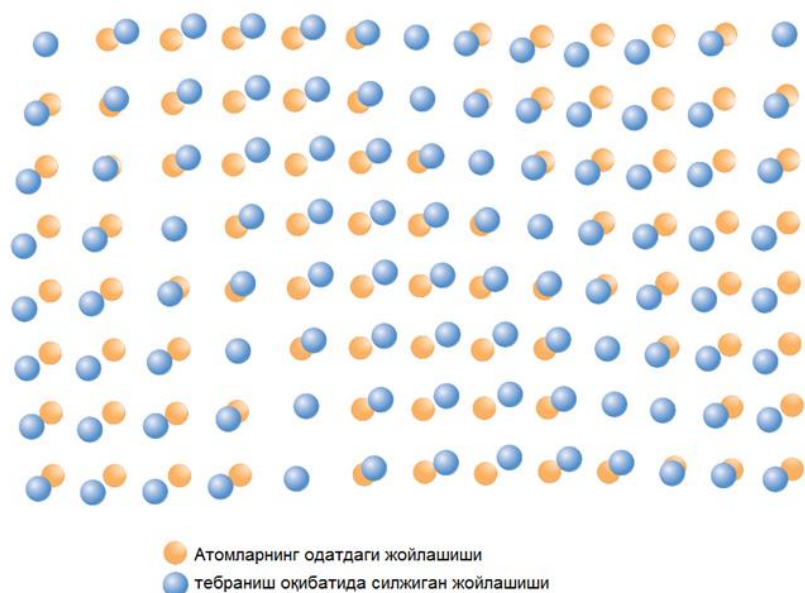
Ўзгармас ташқи босим учун,  $C_p$  белгиси билан белгиланади.  $C_p$  магнитудаси хар доим  $C_y$  га тенг ёки ундан катта бўлади, лекин кўп қаттиқ материаллар учун хона харорати ва ундан пасд холда фарқи жуда кам.

### 5.3.1 Тебранувчи иссиқлик сиғими

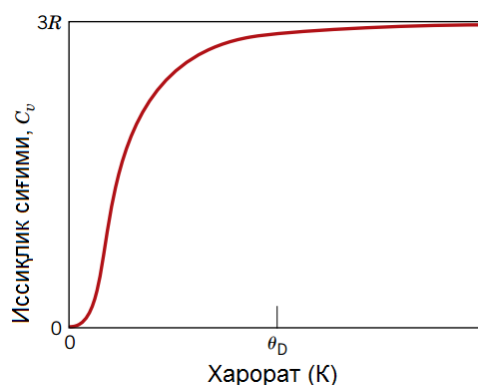
Кўп қаттиқ жисмларда иссиқлик энергия ютиш принципи атомларнинг тебраниш энергияси кўпайиши орқали амалга оширилади.

<sup>6</sup> Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons.UK 2014 (786-791 pages.)

Қаттиқ жисмлардаги атомлар катта частота ва нсибатан кичик амплитудаларда узлуксиз тебранади. Атомлар бир биридан мустақил тебранмасдан, қўшни атомлар тебраниши атом боғланиши билан боғланган. Ушбу тебранишлар шундай бир-бирига мувофиқлаштирилганки, саёхат қилувчи панжара тўлқинлари вужудга келади. Ушбу ходиса 5.5-расмда кўрсатилган. Буларни эластик тўлқинлар ёки содда қилиб айтганда калта тўлқин узунлигага ва жуда юқори частотага эга бўлган товуш тўлқинлари дуб айтса бўлади. Улар кристалл ичида товуш тезлигида тарқалади. Материалнинг тебраниш иссиқлик энергияси кенг доира ва частотага эга бўлган кетма-кет эластик тўлқинларлардан иборат. Фақат маълум энергия қийматлари рухсат этилган (энергия квантлаштирилган). Битта тебраниш квант энергияси фонон деилади. (Фонон квант электромагнит радиациясидаги фотонга ўхшаш тушунча). Шундан келиб чиққан холда, тебраниш тўлқинлари фононлар деилади



5.5-расм Кристаллдаги атом тебранишлари орқали панжара тўлқинлари вужудга келиши схемаси. Манбаа: (“The Thermal Properties of Materials” J.Ziman. 1967 й. Scientific America Inc.) нашриёти



5.6-расм Ўзгармас хажда хароратнинг иссиқлик сиғимига боғлиқлиги. Дебай харорати

### 5.3.2 Хароратнинг иссиқлик сиғимига таъсири

Кўп содда кристалл қаттиқ жисмлар учун ўзгарувчан харорат ва ўзгармас хажма шароитида иссиқлик сиғимига тебранишнинг улуши 10.2-расмда кўрсатилган. 0 К да  $C_v$  нолга тенг, лекин харорат ошиши билан кескин ошади. Бу панжаранинг харорат ошиши билан ўртача энергияни ошириш қобилиятига тўғри келади. Паст хароратларда,  $C_v$  билан абсолют харорат билан ўзаро боғлиқлик қуйидагича:



$$C_v = AT^3 \quad (5.8)$$

Бу ерда,  $A$  хароратдан мустақил ўзгармас.  $\theta_D$  Дебай харорати деилади,  $3R$  қийматига етганда  $C_v$  текисланиб хароратдан мустақил бўлади.  $R$  – газ доимийси. Шундай бўлса ҳам, материалнинг умумий энергияси харорат ошиши билан ошиб боради. хароратни 1 даражага ўзгартириш учун энергия қиймати ўзгармас бўлади. Кўп қаттиқ жисмлар учун  $\theta_D$  нинг қиймати хона хароратидан кичик ва  $25 \text{ Ж/мол}\cdot\text{К}$   $C_v$  учун оқилона хона харорати ёндашувидир. 10.1 расмда бир нечта материал учун тажрибадан асосидан олинган солиштирма иссиқлик сифими қийматлари берилган. Бошқа материаллар учун  $C_p$  қийматлари илова В даги жадвал 5.1 да берилган.

<sup>6</sup>Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons.UK 2014 (786-791 pages.)

### 5.3.3 Иссиқлик сифимига бошқа хоссалар

Қаттиқ жисмнинг иссиқлик сифимига хисса қўшувчи бошқа энергия ютувчи механизмлар ҳам мавжуд. Барча холларда, тебраниш магнитудасига қараганда уларнинг хисса анча камдир. Электронларнинг хиссахи ҳам мавжуд. Унда электронлар энергияни ютиб уларнинг кинетик энергияси ошиб боради. Лекин бу хол фақат эркин электронлар учун мувофиқ. У электронлар тўлган поғоналардан Ферми энергиясидан баландроқ турган бўш поғоналарга чиққан бўлиши керак. Металларда фақатгина Ферми зонасига яқин электронлар шундай ўтишларга қодир, улар тўлиқ сонидан жуда кичик улушни ташкил этади. Изолятор ва ярим ўтказгич материалларда ундан ҳам кичик сон электронлар уйғонишларни бошдан кечиради. Шунинг учун  $0 \text{ К}$  га яқин хароратлардан ташқари холатларда электронларнинг улуши деярли кам.

#### 5.1-жадвал Турли материалларнинг термик хоссалари

Материал	$C_p$ Ж/кг·К	$\alpha_1$ (°C) <sup>-1</sup> x 10 <sup>-6</sup>	$k$ Вт/м·К	$L$ $\Omega \cdot \text{Вт}/(\text{К})^2 \times 10^{-8}$
<b>Металлар</b>				
Алюминий	900	23.6	247	2.20
Мис	386	17.0	398	2.25
Олтин	128	14.2	315	2.50
Темир	448	11.8	80	2.71
Никель	443	13.3	90	2.08
Кумуш	235	19.7	428	2.13
Вольфрам	138	4.5	178	3.20
Пўлат 1025	486	12.0	51.9	-
Зангламас пўлат 316	502	16.0	15.9	-
Латун (70Cu - 30Zn)	375	20.0	120	-
Ковар (54Fe–29Ni– 17Co)	460	5.1	17	2.80
Инвар (64Fe–36Ni)	500	1.6	10	2.75
Супер Инвар (63Fe– 32Ni–5Co)	500	0.72	10	2.68
<b>Керамикалар</b>				
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	775	7.6	39	-
MgO	940	13.5 <sup>d</sup>	37.7	-
MgAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	790	7.6 <sup>d</sup>	15.0 <sup>e</sup>	-
SiO <sub>2</sub>	740	0.4	1.4	-
Сода охак шиша	840	9.0	1.7	-
Боросиликат шиша (Pyrex)	850	3.3	1.4	-
<b>Полимерлар</b>				
Полиэтилен (ю. босим)	1850	106-198	0.46-0.50	-
Полипропилен	1925	145-180	0.12	-
Полистирол	1170	90-150	0.13	-
Политетрафторэтилен (Тефлон)	1050	126-216	0.25	-
Фенол формальдегид	1590- 1760	122	0.15	-
Нейлон 6,6	1670	144	0.24	-
Поли изопрен	-	220	0.14	-

Бундан ташқари, баъзи материалларда бошқа энергия ютувчи жараёнлар махсус хароратларда содир бўлади. Масалан, ферромагнит материалларни Кюри хароратигача исситганда электрон спинларнинг тартибсизланиши. Ушбу ўзгариш хароратида иссиқлик сиғими - харорат графигида катта бошоқ вужудга келади.

#### 5.4 Термик кенгайиш

Кўп каттик материаллар исситганда кенгайди ва совутганда тораяди. Харорат натижасида каттик материалнинг узунлиги ўзгариши куйидагича таърифланади:

$$\frac{l_f - l_0}{l_0} = \alpha_l (T_f - T_0)$$

$$\frac{\Delta l}{l_0} = \alpha_l \Delta T$$

(5.9.a,б)

<sup>3</sup> Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons.UK 2014 (786-791 pages.)

Бу ерда  $T_0$  ва  $T_f$  харорат ўзгаришдаги тегишли  $l_0$  ва  $l_f$  бошланғич ва сўнгги узунликлар.  $\alpha_l$  параметри чизиқли иссиқлик кенгайиш коэффициентидеилади. Бу материални қиздирганда уни кенгайиши хоссаси ва хароратга (C) тескари ўлчамда ўлчанади. Қиздириш ёки совутиш жисмнинг барча ўлчамларига таъсири бўлади ва натижада хажм ўзгаришига олиб келади. Харорат таъсирида хажм ўзгариши куйидагича хисобланади.

$$\frac{\Delta V}{V_0} = \alpha_v \Delta T$$

(5.10)

Бу ерда  $V$  ва  $V_0$  ўзгарган ва бошланғич хажм.  $\alpha_v$  иссиқлик кенгайишнинг хажм коэффициенти. Кўп материалларда,  $\alpha_v$  қиймати анизотроп бўлиб. Демак, ўлчаганда кристаллографик йўналишига қараб ўзгариб туради.

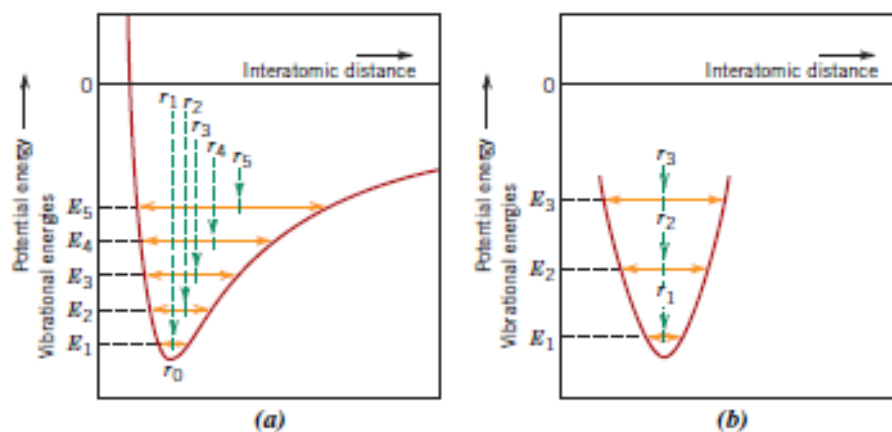
Бу ерда  $\Delta V$  ва  $V_0$ – хажм ўзгариши ва хажмни дастлабки катталиги.  $\alpha_1$ – кенгайишни иссиқлик (термик) кенгайиш хажмий коэффициент. Кўпчилик материаллар учун  $\alpha_1$ анизотропли.

Агар материал изотропли бўлса, тахминан қуйидаги нисбат бажарилади:

$$\alpha_1 = 3\alpha_2 \quad (5.11)$$

Атом – структураси нуқтаи назаридан модданинг иссиқликдан кенгайиши хароратга қараб атомлар орасидаги ўртача ўлчам масофани ўзгаришини акс эттиради. Бу боғлиқлик 5.7-расм а. да кўрсатилган.

<sup>6</sup>Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons.UK 2014 (803-809 pages.)



5.7-расм а–потенциал энергияни атомлар орасидаги масофага боғлиқлиги; хароратни  $j$  ни  $j_0$  дан  $j_1$ ;  $j_2$ ;  $j_3$  ва х.к кўтарилиши билан атомлар орасидаги масофани катталашини. б – агар потенциал энергияни масофага боғлиқлиги симметрик формада бўлса, харорат кўтарилиши билан масофани катталашини хосил бўлмайди: яъни  $j_0 = j_1 = j_2 = j_3$

Чизилган эгрилик потенциал чуқурлик формасида бўлади. Хароратни қиздириш  $T_1$ ;  $T_2$ ;  $T_3$  ва х.к. вибрацияли энергияни ўсишига  $E_1 \rightarrow E_2$ ;  $E_3$ ,  $E_4$  ва х.к. кўтарилишига олиб келади. Атомларни тебраниш амплитудаси кенгайди. Хароратни кўтарилиши билан атомлар орасидаги масофа ҳам катталашади.

Хароратли кенгайиш кўпроқ симметрик эмас потенциал чуқурлик билан боғлиқ, вибрацияни энергияси кўтарилишига нисбанат. Агар чуқурлик симметрик бўлса, атомлар орасидаги масофа ўзгармас ва иссиқлик кенгайиш бўлмайди.

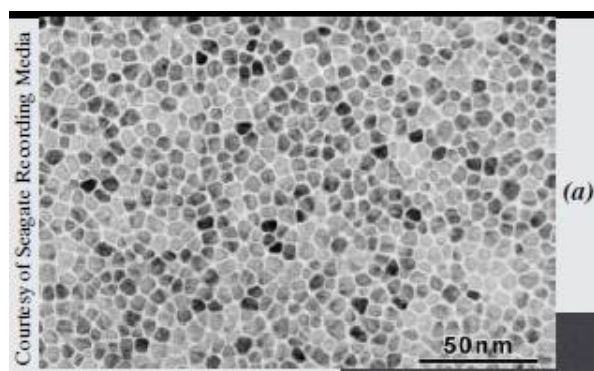
Хар – бир класс материалларда (металлар, керамика, полимерлар) атомлар орасидаги боғланиш қанча катта бўлса, потенциал чуқурлик шунча чуқур ва тор бўлади. Бунинг натижасида харорат ўсиши билан хароратли кенгайиш кичиклашади.

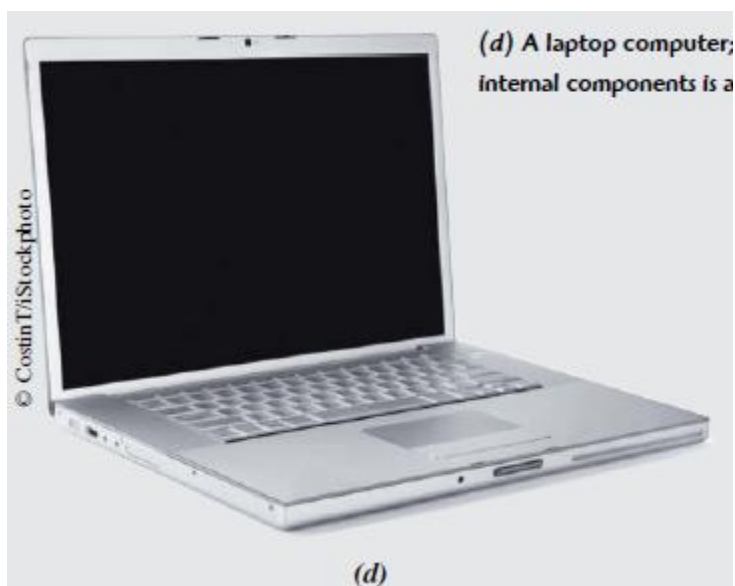
5.1-жадвалда бир қатор материалларнинг термик чизиғи кенгайиш коэффиценти  $\alpha_j$  қийматлари берилган.

Хароратли кенгайиш коэффиценти қиймати ортиши билан катталашади. Коэффиценти  $\alpha_j$  қийматлари жадвалда уй хароратида берилган.

<sup>7</sup> Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons.UK 2014 (786-791 pages.)

## 5.5 Магнит хоссалар





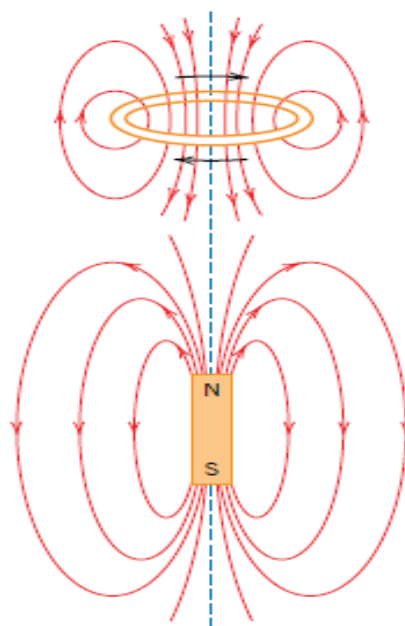
## Асосий кўринишлар

### Магнит диполь

Магнит кучлари электр қувватланган заррачалар ҳаракати натижасида пайдо бўлади. Бу кучлар бирламчи бўлмиш электрростатик кучларга нисбатан иккиламчидир.

<sup>8</sup> Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons.UK 2014 (803-812 pages.)

Магнит кучларни майдонлар нуқтаи назари томонидан изоҳлаш қулай. Бунда бу кучларни омил олдидаги ҳаракат йўналишлари курсатувчи кучланиш чизиқлари ҳаёлан назарда тутилади. Магнит майдон структураси кучланиш чизиқлари билан акс эттирилади. 5.9-расмда электр токи айланаси ва магнитланган найча атрофидаги кучланиш чизиқлари кўрсатилган.



5.8-расм Электр токи айланаси ва магнитланган найча атропоидаги кучланиш чизиқлари структураси

Аниқланишича, худди электрик дипольлар мавжуд бўлгани каби, магнитли моддаларда магнит дипольлар мавжуд. Магнит дипольларга шимолий ва жанубий полюсларга эга, худди электрик дипольларда манфий ва ижобий зарядлар ролига ўхшаш вазифани бажарадиган кичик доимий магнитлар сифатида қаралиши мумкин. Кузатилганда магнит дипольлар моментлари стрелкалар билан кўрсатилади, 5.8 расмдагидек.

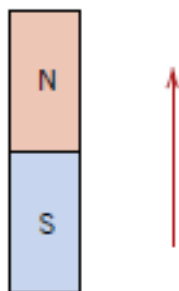
Магнит майдони магнит дипольларга худди электрик майдон электрик диполларга таъсир ўтказгани каби таъсир этади. Магнит майдон мавжудлигида, бу майдон дипольни маълум жихатдан йўналтиришга ҳаракат қилувчи моментни вужудга келтиради. Мазкур эффектга ёрқин мисол – ер қуррасининг магнит кучланиш чизиқларига мос ҳолатда компаснинг магнит стрелкалари ҳаракатидир.

### 5.5.1 Магнит майдон векторлари.

Қаттиқ материалларда магнит моментларни яралишини муҳокама қилишдан аввал, майдон векторлари тушунчасига асосланган магнит майдони таснифини кўриб чиқамиз. келтирилган ташқи магнит майдони магнит майдон кучланиши кучи билан ифодаланади ва  $H$  симболи билан белгиланади.

Агар магнит майдон, жипслаб ўралган халқалардан  $N$  ташкил топган цилиндрик ғалтак (соленоид) ёрдамида яратилса, ғалтак халқалари узунлиги  $L$  га тенг, ва ундан  $I$  миқдорида ток ўтказилса, унда магнит майдон кучланиши қуйидагича ифодаланади:

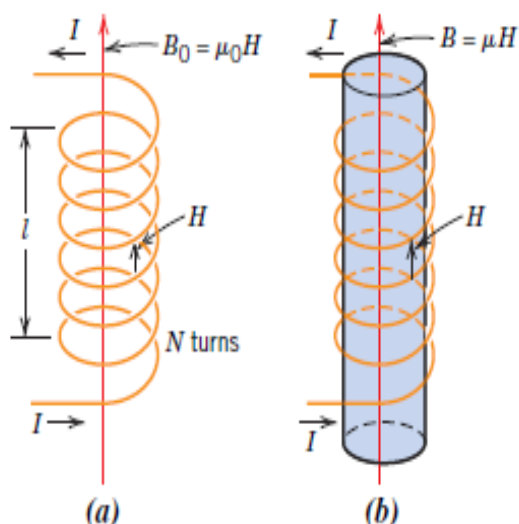
$$H = \frac{NI}{L} \quad (5.7)$$



5.9-расм. Стрелка магнит моментини ифодалайди

<sup>7</sup> Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons.UK 2014 (803-812 pages.)





5.10 расм. а- цилиндрик ғалтак ёрдамида

яратилган магнит майдони кучланиши  $H$ , ундан ўтказилаётган ток  $I$ , халқалар сони  $N$  ва ғалтак узунлигига боғлиқ. Бу ҳолат (5.8) тенгламасида кўрсатилган.

Вакуумдаги магнит оқимнинг зичлиги  $B_0 = \mu_0 H$ , га тенг,  $\mu_0$  - вакуумнинг магнит ўтказувчанлиги, у эса  $4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м; б-қаттиқ жисмдаги магнит оқимнинг зичлиги  $B$  ёки  $\mu H$  га тенг, бу ерда  $\mu$  - мазкур қаттиқ жисмнинг магнит ўтказувчанлиги. (A.G. Guy, *Essentials of Materials Science*, Mc Graw-Hill Book Company, New York, 1976.)

Магнит хоссаларидан яна бири- бу магнитланганлик  $M$ . Қуйидаги насбат билан аниқланади:

$$B = \mu H \quad (5.8)$$

$\mu$  параметри магнит ўтказувчанлик дейилади: бу  $H$  кучланишли магнит майдон ичидаги модданинг индивидуал хоссаси бўлиб, унда  $B$  миқдори ўлчанади.

Магнит ўтказувчанлик Вебер/А-м (Вб/А-м) ёки Генри/м (Гн/м) да ифодаланади.

Вакуумда (11.2) муносабати бу кўринишда бўлади:

$$B_0 = \mu_0 H \quad (5.9)$$

Бу ерда  $\mu_0$  - вакуум ўтказувчанлиги, универсал константа бўлиб  $4\pi \cdot 10^{-7}$  ( $1,257 \cdot 10^{-6}$ ) Гн/м. тенг бўлади.

$B_0$  -нисбати бу вакуумдаги магнит индукциядир 5.10 а-расм қаранг

Материалнинг магнит хоссаларини шархлашда турли хил параметрлар ишлатилиши мумким, улардан бири – мухитнинг магнит ўтказувчанлиги вакуумнинг ўтказувчанлиги орасидаги муносабат, ёки

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0} \quad (5.10)$$

Бу ерда  $\mu_r$  белгиси нисбий ўтказувчанликни билдириб, чексиз катталиқдир.

Материалнинг магнит ўтказувчанлик ёки нисбий магнит ўтказувчанлик, материални қайси даражагача магнитлаш мумкинлигининг меёридир, билакс моддада  $H$  ташқи магнит майдони таъсирида  $B$  майдонининг ҳолатини белгилайди.

Магнит хоссаларидан яна бири- бу магнитланганлик  $M$ . Қуйидаги насбат билан аниқланади:

$$B = \mu_0 H + \mu_0 M \quad (5.11)$$

Ташқи майдонни  $H$  қўллаганда моддадаги магнит моментлар мазкур майдонга қараб ориентация қилади ва ўзларининг магнит майдонлари билан уни кучайтиради.

(11.5) тенгламадаги  $\mu_0 M$  қўшилувчи ушбу улушни акс эттиради.  $M$  ўлчами ташқи майдон кучланишига мутаносибдир.

$$M = \chi_m H \quad (5.12)$$

Юқоридаги нисбатда келтирилган  $\chi_m$  ўлчами, магнит таъсирчанлиги деб аталади, бу ўлчам чегарасиз. Магнит таъсирчанлик ва нисбий магнит ўтказувчанлик оддий нисбат билан бир бирига боғлиқ:

<sup>7</sup> Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons. UK 2014 (803-809 pages.)

$$\chi_m = \mu_r - 1$$

(5.13)

Материалларнинг диэлектрик характеристикалари билан юқори кўриб чиқилган магнит хоссалари параметрлари ўртасида ўхшашлик мавжуд.  $B$  ва  $H$  ўлчамлари ўхшаш бўлгани учун, шунга мос равишда диэлектрик силжиш  $D$  ва электр майдони кучланиши  $E$  каби,  $\mu$  ўтказувчанлиги эса  $\epsilon$  диэлектрик ўтказувчанлигига мазмунан ўхшайди. (11.2 тенгламага қаранг). Худди шундай  $M$  магнитланганлик ва  $P$  поляризация ўртасида ҳам ўхшашлик мавжуд (5.12 тенгламага қаранг).

Модданинг магнит хоссаларини тарифловчи бирликлардан фойдаланиш тушунмовчиликларга олиб келиши мумкин, чунки параллел равишда иккита бирликлар системасидан фойдаланилади.

Булардан бири бу - СИ халқаро системаси (рационалаштирилган система метркилограмм-секунд). Бошқа система эса СГС бирликларига асосланган (сантиметр-грамм-секунд).

Иккала системадаги бирликлар ўлчовини айта ҳисоблаш қоидалари 5.2 жадвалида келтирилган.

## 5.2 жадвал СИ ва СГС системалардагии бирликларни ўлчовини қайта ҳисоблаш қоидалари

Катталиқ	Белги	СИ системаси бирликлари		СГС системаси бирликлари	қайта ҳисоблаш қоидалари
		хосилалар	дастлабкилар		
Магнит индукция	$B$	Тесла ( $\text{Вб}/\text{м}^2$ )	$\text{кг}/(\text{с}\cdot\text{К})$	Гаусс	$1 \text{ Вб}/\text{м}^2 = 10^4 \text{ Гаусс}$
Магнит майдон кучланиши	$H$	А-доира/м	$\text{К}/(\text{м}\cdot\text{с})$	Эрстед	$1 \text{ А}\cdot\text{виток}/\text{м} = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Эрстед}$
Магнитланганлик	$M$ (СИ) $I$ (СГС)	А-доира/м	$\text{К}/(\text{м}\cdot\text{с})$	Максвелл/см <sup>2</sup>	$1 \text{ А}\cdot\text{виток}\cdot\text{м} = 10^{-8} \text{ Максвелл}\cdot\text{см}^2$
Вакуум ўтказувчанлиги	$\mu_0$	$\text{Гн}/\text{м}$	$(\text{кг}\cdot\text{м})/\text{К}^2$	ўлчамсиз	$4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн}\cdot\text{м} = 1 \text{ ед. СГС}$
Нисбий ўтказувчанлик	$\mu$ , (СИ), $\mu'$ (СГС)	ўлчамсиз	ўлчамсиз	ўлчамсиз	$\mu = \mu'$

Таъсирчанлик  $\chi_m$  (СИ), ўлчамсиз ўлчамсиз ўлчамсиз  $\chi_m = 4\pi\chi'$   
 $\chi'$  (СТС)  
 $a - 1$  Вебер = 1 В·с;  $b - 1$  Генри = 1 Вб/А.

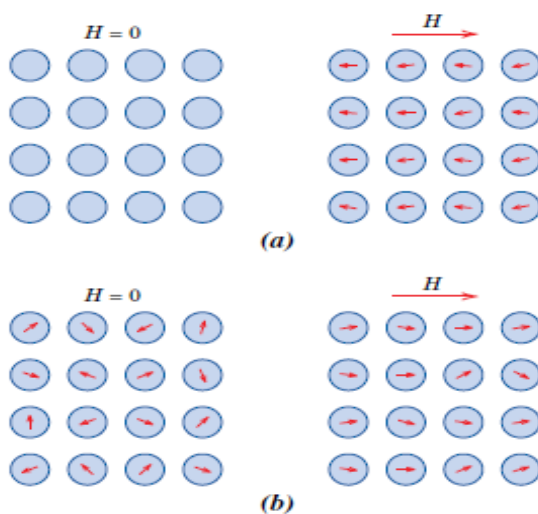
### 5.5.6 Диамагнетизм ва парамагнетизм

Диамагнетизм магнетизмнинг ўта кучсиз кўриниши бўлиб, бунда магнитланганлик фақатгина ташқи магнит майдони таъсир этиб тургандагина сақланиб қолади. Бундай турдаги магнетизм, ташқи магнит майдони таъсир ўтказганда электронларнинг орбитал харакати ўзгариши натижасида вужудга келади. Индукцияланган магнит момент катталиги жуда оз бўлиб, момент эса ташқи майдон йўналишига қарама-қарши томонга йўналтирилади. Шунинг учун нисбий ўтказувчанлик  $\mu$ , бирдан кам бўлади (озгина бўлса ҳам), магнит таъсирчанлик белгиси эса-салбий. Бу эса, диамагнит қаттиқ жисмда магнит майдон индукцияси  $B$  ўлчови, вакуумдагидан кўра камроқ бўлишини билдиради. Диамагнит қаттиқ жисмлар хажм таъсирчанлиги  $\chi_m'$ ,  $10^{-5}$  ўлчамига тенг. Агар диамагнит материаллардан тайёрланган жисмни кучли электромагнит полюслари орасига жойлаштирилса, у магнит майдон кучсиз бўлган жойга қалқиб чиқади.

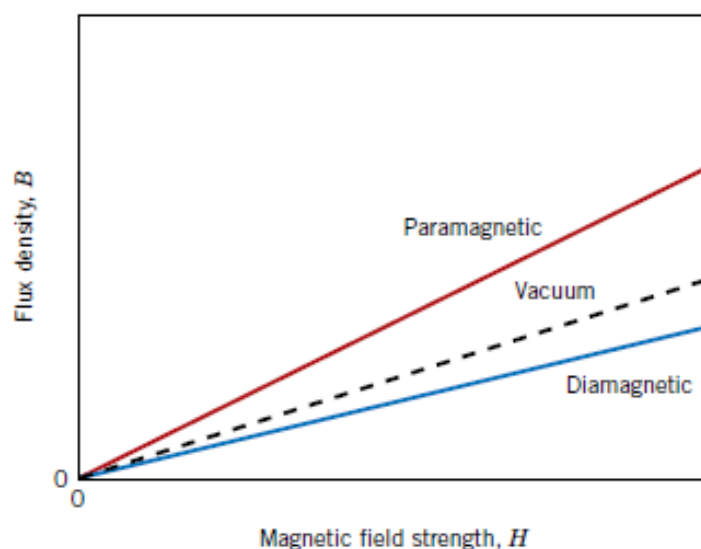
5.11 а-расмида ташқи майдон яқинлаштирилганда ва узоқлаштирилганда диамагнит материалда атом магнит моментларининг кўриниши акс эттирилган. Расмда стрелкалар билан, атомнинг барча электронлари моментлари томонидан яралган атомлар магнит моментлари кўрсатилган (юқоридаги мухокамаларга қаранг).

5.12-расмда диамагнит хоссалари бор моддада  $B$  нинг  $H$  ташқи майдонга тоъбелиги кўрсатилган. 5.2-жадвалда баъзи диамагнит моддаларнинг таъсирчанлик қиймати кўрсатилган. Диамагнетизм барча моддаларда мавжуд. Бироқ бу шунчалик кучсиз эффектки, уни аниқлаш учун магнетизмнинг барча бошқа турлари тўлиқ йўқ бўлиши шарт. Бу магнит ходисалар турининг деярли амалий аҳамияти йўқ. Баъзи моддаларда хар бир атом электрон спинлар ёки орбитал магнит моментларнинг тўлиқсиз ўзаро қопланиши натижасида доимий

магнит моментига эга бўлади. Ташқи магнит майдони йўқлигида мазкур атом магнит моментлар ориентацияси тасодифий бўлиб, шундан жисм магнит хусусиятларга эга бўлмайди. 5.11. б-расмида кўрсатилганидек магнит моментлар эркин харкат қилиши мумкин, улар ташқи майдон таъсирида асосий йўналишларини майдон томонга ўзгартирганда парамагнетизм ходисаси вужудга келади. Хар хил атомларнинг магнит моментлари бир биридан мустаққил равишда харакатланиб, қўши диполлар ўртасидаги хеч қандай боғлиқлик бўлмайди. Диполлар ташқи майдонга харакатланишини инобатга олиб, улар уни кучайтиради ва нисбий ўтказувчанлик қийматига, катта бирликларга, нисбатан кичик бўлган, бироқ ижобий қийматдаги магнит таъсирчанликга хам мос келади. парамагнит моддаларда таъсирчанлик қийматлари  $10^{-5}$  дан  $10^{-2}$  диапазонида бўлади (5.3-жадвал). парамагнит моддаларда  $B$  нинг  $H$  га тоъбелиги 5.12 расмда схема тарзида кўрсатилган.



5.11-расм. а-расм - ташқи майдон яқинлаштирилганда ва узоқлаштирилганда диамагнит материалда атом магнит моментларининг кўриниши. Ташқи майдон йўқлигида магнит моментлар нольга тенг. Майдон яқинлаштирилганда, майдон йўналишига қарама-қарши йўналтирилган магнит моментлар вужудга келади. б- парамагнит моддада ташқи магнит майдони яқинлаштирилганда ва узоқлаштирилганда атом магнит моментлари конфигурацияси.



5.12 расм – диамагнетик ва парамагнетик каттиқ жисмларда  $B$  магнит индукциясининг  $H$  магнит майдон кучланишига боғлиқлиги.

5.3-жадвал Хона хароратидаги диамагнетик ва парамагнетик моддаларнинг магнит таъсирчанлиги қийматлари

Диамагнетиклар		Парамагнетиклар	
Материал	Хажм таъсирчанлиги $\chi_m$ ,	Материал	Хажм таъсирчанлиги $\chi_m$ ,
Алминий оксиди	$-1.81 \cdot 10^{-5}$	Алюминий	$2.07 \cdot 10^{-5}$
Мис	$-0.96 \cdot 10^{-5}$	Хром	$3.13 \cdot 10^{-4}$
Тилла	$-3.44 \cdot 10^{-5}$	Хром хлориди	$1.51 \cdot 10^{-3}$
Симоб	$-2.85 \cdot 10^{-5}$	Магний сульфати	$3.70 \cdot 10^{-3}$
Кремний	$-0.41 \cdot 10^{-5}$	Молибден	$1.19 \cdot 10^{-4}$
Кумуш	$-2.38 \cdot 10^{-5}$	Натрий	$8.48 \cdot 10^{-6}$
Натрий хлориди	$-1.41 \cdot 10^{-5}$	Титан	$1.81 \cdot 10^{-4}$
Цинк	$-1.56 \cdot 10^{-5}$	Цирконий	$1.09 \cdot 10^{-4}$

<sup>7</sup> Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons.UK 2014 (810-812 pages.)

### 5.5.7 Ферромагнетизм

Бир қатор моддалар ташқи майдон йўқлигида доимий магнит хусусиятга эга, бунда улар вақт давомида сақланиб қоладиган катта магнитлаш кучини кўрсатадилар. Бундай моддалар - ферромагнитлар дейилади. Бундай хосса ўтишга оид металлларда кузатилади- темир, кобальт, никель ва баъзи кам учрайдиган металлларда, масалан гадолия (Gd).

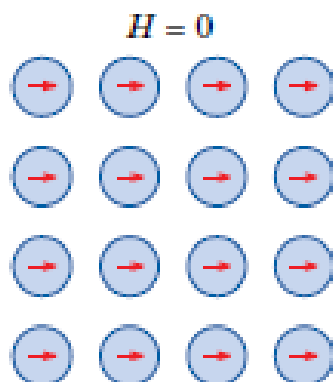
Бундай ферромагнит моддаларда магнит таъсирчанлик қийматлари  $10^6$  гача етиши мумкин. Шунинг учун  $H \ll M$ , (5.14) тенгламадан келиб чиқишича

$$B \cong \mu_0 M \quad (5.14)$$

Ферромагнит моддалардаги доимий магнит моментлар асосан атомнинг маълум электрон структураси натижасида бир бирини қопламайдиган, электронлар спинлари томонидан яратилган атом магнит моментлари билан шартланган бўлади. Бундай моддаларнинг магнетизмида орбитал магнит моментнинг улуши спинли магнит моментниқига қараганда анча оздир. Ферромагнит моддаларда қўшма таъсирлар, қўшни атомларни ноль бўлмаган спинли магнит моментлари йиғиндиси пайдо бўлишига олиб келиб, улар эса хаттоки ташқи майдон йўқлигида ҳам бир бирига параллел равишда ҳаракатланади. Бу ҳолат схема тарзида 5.13-расмда кўрсатилган.

Мазкур қўшма кучларнинг келиб чиқиши яққол тушунарли эмас, тахмин қилинишича бунга омил бўлиб металлнинг электрон структураси сабабчи. Бундай спинларнинг ўзаро параллел тизилиши, жудда катта ҳажмларда доменлар деб аталмиш кристалларда учрайди.

<sup>8</sup> Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons.UK 2014 (810-812 pages.)



5.13-расм Ташқи магнит майдон йўқлигида ҳам мавжуд бўлган ферромагнит моддалардаги атом магнит моментларининг ўзаро ориентацияси

#### **Назорат саволлари:**

1. Қийин эрийдиган металл деб қандай металлга айтилади? Мисол келтиринг.
2. Совуққа чидамли материал деб қандай материалга айтилади? Мисол келтиринг.
3. Қандай материаллар радиацияга чидамли дейилади?
4. Қандай қотишмага электротехник пўлат дейилади?
5. Э13-харф ва рақамлар нимани белгилайди?
6. Қандай металлга диэлектрик дейилади?
7. Қаттиқ ва юмшоқ магнитли металлларни бир-биридан фарқи нимада?
8. EX5K5 Қандай материал ва ҳарф ва рақамлар нимани белгилайди?

#### **Фойдаланилган адабиётлар:**

1. Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons. UK 2014
2. T.Fischer., Materials Science for Engineering Students, 1st Edition Elsevier UK, 2008
3. Mikell P.Groover., Fundamentals of Modern Manufacturing Materials, Processes, and Equipment John Wiley and Sons inc USA 2010



## IV. АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ МАТЕРИАЛЛАРИ

### 1- амалий машғулот:

**Атом структураси ва қаттиқ жисмлардаги боғланишлар.**

***Ишдан мақсад:** Fe-С ҳолат диаграммасини ўрганиш, икки қотишма учун совиш эгри чизигини чизиб, уларда содир бўладиган структурали ўзгаришларни ва берилган ҳароратда фазаларнинг миқдорий нисбатини аниқлиш.*

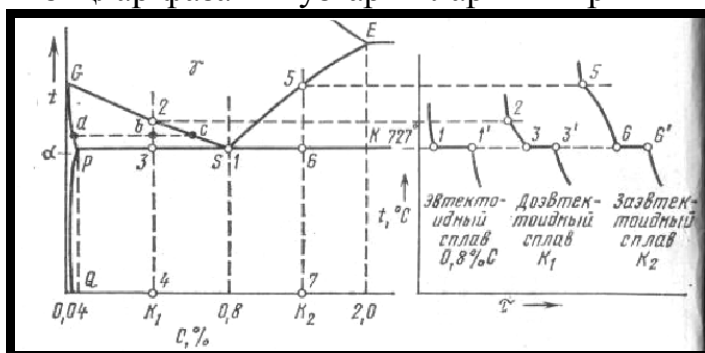
***Масалани қўйилиши:** Fe-С ҳолати диаграммаси асосида фазалар миқдорини аниқлаш.*

***Керакли жиҳозлар:** Лаборатория иши бажаришда асбоб-ускуна ва намуналарга ҳожат йўқ. Бу лаборатория иши иши ақлий машғулотдир.*

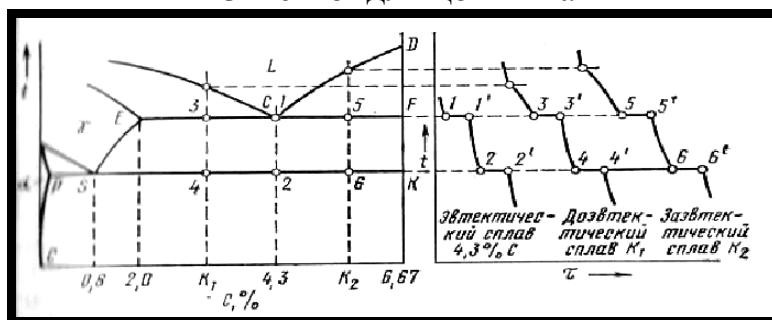
***Ишни бажариш учун намуна:***

Маълумки Fe-C ҳолат диаграммаси-ҳарорат ва углерод миқдорига қараб қотишмаларнинг ҳолатини кўрсатувчи графикдир. Графикдаги чизиклар қотишмадаги фазаларни доирасини областини чегаралайди.

Фаза-бу қотишманинг бир жисми бўлиб қолган қисмдан чегара сиртлари билан чегараланади ва ундан ўтганда модданинг кимёвий таркиби тузилиши ва хоссаси кескин ўзгаради. Масалан, қаттиқ ва суюқ фаза. Демак, ҳолат диаграммасидаги чизиклар фазавий ўзгаришларнинг критик нуқтасидир.<sup>1</sup>



Эвтектоидли қотишма



Эвтектик қотишма

Темир углероди қотишмаларда пўлат, чўян фазавий ўзгаришлар фақат эриш-қотиш (бирламчи кристалланиш) даврида эмас, бошқа ҳолларда ҳам содир бўлади. Масалан, темир (демак пўлат ҳам) қиздирилганда ёки совутилганда бир ҳолатдан-фазадан иккинчи фазага ўтади (иккиламчи кристалланиш)

<sup>1</sup> Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons. UK 2014 (230-235 p.)

полиморфик (аллотропик) ўзгаради. Темир  $911^{\circ}\text{C}$  гача  $\text{Fe}_{\alpha}$  (кристаллик панжараси ҳажми марказлашган) ҳолатда ундан юқори ҳароратда  $\text{Fe}_{\gamma}$  (ёқлари марказлашган кристаллик панжара) ҳолатда бўлади.  $1392^{\circ}\text{C}$  дан бошлаб яна ҳажми марказлаш кристаллик панжарага ўтади.

Темир-углерод қотишмалари суяқ ҳолатдан аста-секин уй ҳароратигача совитилганда уларда феррит, цементит, аустенит, фазаларини ҳосил қилишини кўриш мумкин.

1. Феррит ( $\Phi$ )-бу углеродни альфа темирдаги қаттиқ эритмаси. Бунда углерод миқдори жуда кам:  $727^{\circ}\text{C}$  да  $0,02\%$ , Уй ҳароратида:  $20^{\circ}\text{C}$  да  $0,006\%$

2. Аустенит (А)-углероднинг гамма темирдаги қаттиқ эритмаси. Ундаги углерод миқдори:  $1147^{\circ}\text{C}$  да  $2,14\%$  гача. Лекин, ҳарорат пасайиши билан углероднинг гамма темирда эриши пасаяди.  $727^{\circ}\text{C}$  да  $0,83\%$  га тенг.

3. Цементит ( $\text{Ц}$ )-темирни углерод билан ҳосил қилган кимёвий бирикмаси- $\text{Fe}_3\text{C}$ . Унда углерод миқдори  $6,67\%$ .

Кесмалар усулидаги ёки ричаглар қоидасидан фойдаланиб суяқ ва қаттиқ фазаларни процент ва оғирлик таркибини аниқлаш мумкин. Шу тариқа икки ҳар-хил фазалар структура таркибини ташкил этувчиларини миқдорини ва уларни концентрациясини аниқлаш мумкин. Бунинг учун танланган нуқтадан, масалан, расмдаги “В” нуқтадан GP ва GS чизикларигача горизонтал чизик ўтказилади. “а” нуқтанинг концентрация ўқидаги проекцияси (изи) шу ҳароратда ферритдаги углерод миқдорини кўрсатади. “С” нуқтанинг проекцияси эса аустенитдаги углерод миқдорини кўрсатади. Аустенит ва ферритларни миқдорини аниқлаш учун кесмаларни тескари пропорционаллик нисбатини олиш керак:  $Q_{\Phi}/Q_{\text{аус}}=bc/ab$ ;

Бу ерда,

$Q_{\Phi}$ -феррит миқдори; “в” нуқтадаги ҳароратда

$Q_{\text{аус}}$ -аустенит миқдори; “в” нуқтадаги ҳароратда.

Мисол:

Агар “в” нуқтада қотишма оғирлиги 100 г бўлса,

$Q_{\Phi}/Q_{\text{аус}}=Q_{\Phi}/100-Q_{\text{а}}=bc/ab$ ;

Расм бўйича:

$b_c=5,6\text{ мм}$ ,  $a_b=10,5\text{ мм}$ .

У ҳолда:

$Q_{\Phi}/100-Q_{\Phi}=5,6/10,5$ :

$5,6(100-Q_{\Phi})=10,5 Q_{\Phi}$

$560=10,5 Q_{\Phi}+5,6 Q_{\Phi}=16,1 Q_{\Phi}$

560

$Q_{\Phi}=\frac{560}{16,1}=34,8\text{ гр}$ .

$Q_{\text{аус}}100-34,8=65,2\text{ гр}$ .

Аустенит ва феррит миқдорларини процент ҳисобида ҳам аниқласа бўлади: кесмалар қоидаси бўйича:

Агар ас чизикни 100 % деб олсак,

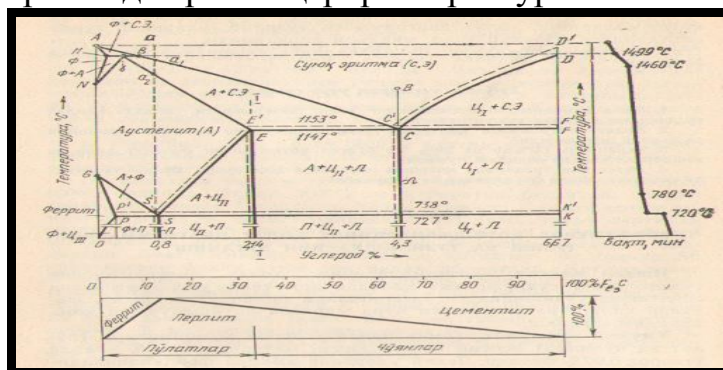
$b_c(Q_{\Phi})$  чизиғи X %

$X \cdot a_b=100 \cdot b_c$ ;  $x=$

Демак,  $Q_{\phi}=34,8 \%$

$Q=65,2 \%$

Fe-Fe<sub>3</sub>C диаграммасида фазаларнинг ҳолати кўрсатилган, концентрация ва ҳароратга қараб. Диаграммада критик ҳароратларни ўрганиш ва билиш керак.



Қабўл қилинган қоида бўйича критик ҳароратларни “А” ҳарфи билан белгиланади. Бўлар қуйидагилар.

1. A<sub>0</sub>-210°C га тўғри келади: цементитнинг (FeC) магнит хоссасини ўзгариш ҳарорати.

2. A<sub>1</sub>-727°C-эвтектоидли (перлитли) ўзгариш ҳарорати.

3. A<sub>2</sub>-768°C-ферритни магний хоссалари ўзгариш ҳарорати.

4. A<sub>3</sub>-GS чизиғи-феррит фазасини қиздирганда уни йўқолишини, совутганда пайдо бўлиши ҳароратини кўрсатади.

5. A<sub>M</sub>-SE чизиғи-цементит фазасини совутганда пайдо бўлиши, қиздирганда йўқолишини кўрсатадиган ҳарорат.

6. 1147°C-эвтектикали-ледебуритли ўзгариш ҳарорати.

7. ACD чизиғи-ликвидус чизиғи. Бу чизикдан юқорида қотишма суюқ ҳолатда бўлади.

8. AECF чизиғи-солидус чизиғи. Бу чизиклардан пастда қотишма қаттиқ ҳолатда бўлади.<sup>2</sup>

Амалиётни бажариш қуйидаги кетма-кетликда олиб борилади.

1. Fe-C-ҳолат диаграммасини масштабда чизиш.
2. Топширилган вариант бўйича топшириқ нуқталарини белгилаш.
3. Нуқталардан вертикал чизик чизиб, қотишма совутилганда (қиздирилганда) ўтадиган фазалар ўзгаришларни ёзиб изох бериш.

4. Берилган қотишма фазаларининг микдорини процентда ва оғирликда ҳисоблаш.

Амалиёт вариантлари ва шартлари

Ишнинг варианты	Қотишма таркиби, %		Қотишма ҳарорати, %		Оғирлиги-массаси, кг	
	I-қотишма, C <sub>1</sub>	II-қотишма, C <sub>2</sub>	I-қотишма, t <sub>1</sub>	II-қотишма, t <sub>2</sub>	I-қотишма, Q <sub>1</sub>	III-қотишма, Q <sub>2</sub>

<sup>2</sup> Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons.UK 2014 (265 p.)

1	0,3	4,5	800	1000	0,5	0,3
2	0,9	3,5	900	1200	0,1	0,4
3	0,5	5,0	1450	700	0,2	0,3
4	0,4	3,0	1000	950	0,1	0,2
5	1,8	6,0	1300	850	0,2	0,2
6	0,7	4,0	900	600	0,3	0,4
7	1,4	3,0	800	1050	0,5	0,6
8	0,6	4,8	1450	1200	0,4	0,2
9	1,2	5,5	750	900	0,5	0,6
10	0,45	2,8	1000	500	0,2	0,3
11	0,2	2,2	1200	600	0,2	0,3
12	0,5	2,7	750	800	0,2	0,3
13	1,1	3,2	1000	1200	0,3	0,5

### Назорат саволлари:

1. Қийин эрийдиган металл деб қандай металлга айтилади? Мисол келтиринг.
2. Совуққа чидамли материал деб қандай материалга айтилади? Мисол келтиринг.
3. Қандай материаллар радиацияга чидамли дейилади?
4. Қандай қотишмага электротехник пўлат дейилади?
5. Э13-харф ва рақамлар нимани белгилайди?

### Фойдаланилган адабиётлар:

1. Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons. UK 2014
2. T.Fischer., Materials Science for Engineering Students, 1st Edition Elsevier UK, 2008
3. Mikell P.Groover., Fundamentals of Modern Manufacturing Materials, Processes, and Equipment John Wiley and Sons inc USA 2010

## 2- амалий машғулот: Металл материаллар

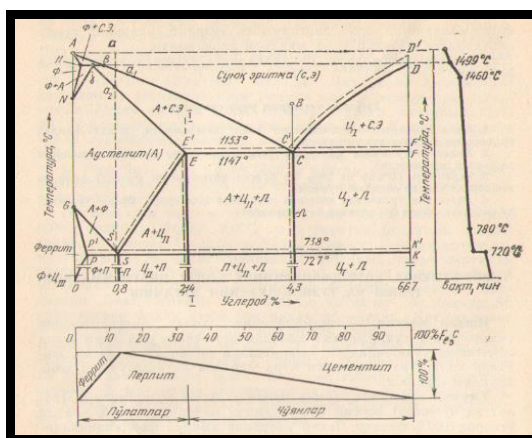
**Ишдан мақсад:** Турли мувозанат ҳолатдаги ҳар хил углеродли пўлатларнинг ва техника темирининг структураси билан танишиши. Микроскоп остида кўзатилаётган структурада пўлатдаги углерод миқдори (%) ва перлитнинг эгаллаган юзаси ўртасидаги боғлиқликни аниқлаш.

**Масаланинг қўйилиши:** Микроструктурага қараб пўлат таркибидаги углерод миқдорини (%) аниқлаш.

**Керакли жиҳозлар:** Турли маркали пўлатлардан намуналар. МИМ-7 металлографик микраскоп, пўлатларни механик хоссалари келтирилган махсус жадваллар.

**Ишни бажариш учун намуна:**

Темир билан углерод қотишмалари (пўлат ва чўянлар) асосий конструкцион материал бўлиб, уларда углерод 6,67%гача бўлади. Амалда ишлатиладиган қотишмаларда углерод миқдори 3,5-5 % дан ошмайди. Темир-углерод қотишмасининг кимёвий таркибига, унинг қолипда совиш тезлигига кўра углерод графит ёки  $Fe_3C$  кимёвий бирикма тарзида бўлади. Шунинг темир-углерод ҳолат диаграммаси Fe-C (графит) ёки Fe- $Fe_3C$  тарзида бўлади. Термик таҳлил маълумотлари асосида координаталар системасининг ордината ўқи бўйлаб темирнинг ва унинг турли миқдордаги углеродли қотишмаларининг критик ҳароратлари, абсисса ўқи бўйлаб қотишмалардаги углерод миқдори белгиланади. Кейин уларнинг характерли концентрацияларидан вертикал чизиклар чиқазиб, бу чизикларга уларнинг кристалланишининг бошланиш ва тугаш критик ҳароратлари нуқталарини белгилаб, бу нуқталарни ўзаро тўташтирсак, мувозанат ҳолатли Fe- $Fe_3C$  қотишмасининг ҳолат диаграммаси тузилади.<sup>3</sup>



Fe- $Fe_3C$  ҳолатдаги қотишмаларнинг тузилмалари ва уларнинг хоссаларини кўриб чиқамиз.

**Феррит** (шартли белгиси-Ф)-бу углероднинг альфа темирдаги каттик эритмаси.  $Fe_2$  (С) унда углероднинг миқдори уй ҳароратида 0,006 % га, 727° С да 0,025% га тенг. Буни номи техник темир.

**Аустенит** (шартли белгиси-А). Бу углероднинг гамма темирдаги каттик эритмаси ( $Fe_2(C)$ )<sub>1</sub> углероднинг миқдори 2,14 % гача. Ҳарорат пасайиши билан углеродни аустенитда эришиши пасаяди: 1147°С да 2,14 %; 727°С да 0,8 % эрийди.

**Цементит**-(шартли белгиси-Ц). Темирнинг углерод билан кимёвий бирикмаси ( $Fe_3C$ ). Углерод миқдори 6.67 % га тенг. Жуда қаттик, мўрт.  $HV=8000$  Мпа.

**Перлит** (шартли белгиси-П)-бу феррит ва цементит фазаларининг механик аралашмаси, таркибда углерод миқдори 0.8% га тенг. (эвтектоид)

**Ледебурит**-(шартли белгиси-Л)-бу аустенит ва цементит фазаларининг механик аралашмаси. Углерод миқдори 4,3 % га тенг. (эвтектика)

**Графит** (шартли белгиси-Г) метал массасида турли шаклда бўлади.

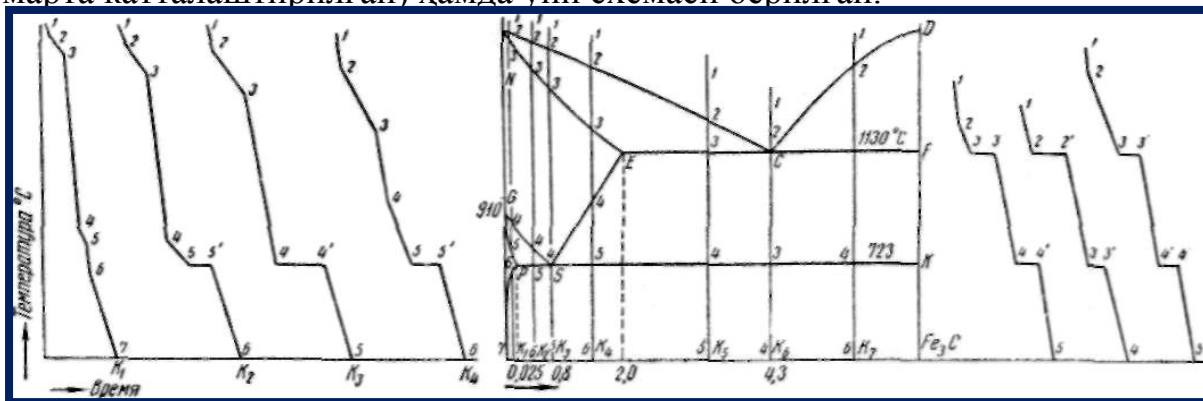
<sup>3</sup> Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons.UK 2014 (485 p.)

Бу Fe-C диаграмма ҳолатини билган ҳолда, пўлатларни микрострукурасини ўрганиб, у орқали пўлат таркибидаги углерод миқдорини аниқласа бўлади.

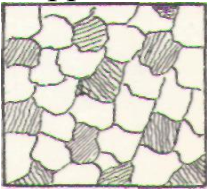
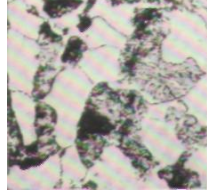
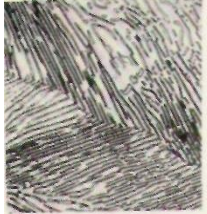
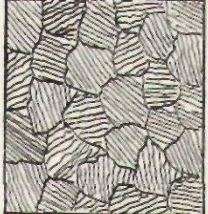
Эвтектоидгача бўлган пўлатларни микрострукурасига қараб улар таркибидаги углерод миқдорини анча аниқ топса бўлади.

Масалан, микроскопда кўрдик, ёки микроструктура фотосига қараб (расм 1, K<sub>2</sub> нукта учун) кўрдик. Бунда эвтектоидгача бўлган пўлатда 20% перлит ва 80 % феррит бор.

Расм 1 да “темир-углерод” тизимидаги қотишмани совутишдаги графиги ва қотишмани белгиланган нукталари бўйича микроструктура фотоси (500 марта катталаштирилган) ҳамда уни схемаси берилган.

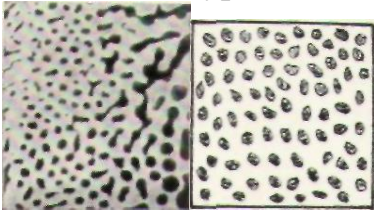


Қот-ишма	Совутишда бир фазадан иккинчи фазага ўтиш ҳарорати. График бўйича.	Қотишмани совутишда ўтаётган жараёнлар.	Натижавий микроструктура	Схема расми.
K <sub>1</sub>	1 дан 2 гача	Суюқ қотишмани совутиш	Феррит ва ўлчамли цементит.	
	2 дан 3 гача	Суюқ қотишмадан аустенит кристалларини ажратилиши с.ф.		
	3 дан 4 гача	Аустенитни совутиш		
	4 дан 5 гача	Аустенитдан феррит кристалларини ажралиши: A → Ф		
	5 дан 6 гача	Ферритни совутиш		

	6 дан 7 гача	Ферритдан ўлчамли цементитни ажралиши $\Phi \longrightarrow \text{Ц}_{\text{III}}$	
K <sub>2</sub>	1 дан 2 гача	Суюқ қотишмани совутиш	<p>Феррит ва перлит</p>  
	2 дан 3 гача	Суюқ қотишмадан аустенит кристалларини ажралиши:	
	3 дан 4 гача	$\Phi \longrightarrow \text{А}$ Аустенитни совутиш	
	4 дан 5 гача	Аустенитдан феррит кристалларини ажралиши $\text{А} \longrightarrow \Phi$	
	5-5 <sup>1</sup>	Эвтектоидни алмашиш	
5 <sup>1</sup> дан 6 гача	$\text{А}_{0.8} \longrightarrow \text{П}_{0.8}$ ( $\Phi_{0.025} + \text{Ц}_{6.67}$ ) Ферритдан учламчи цементитни ажралиши: $\Phi \longrightarrow \text{Ц}_{\text{III}}$		
K <sub>3</sub> C=0,8	1 дан 2 гача	Суюқ қотишмани совутиш	 
	2 дан 3 гача	Суюқ қотишмадан аустенит кристалларини ажралиши: $\text{С.}\Phi. \longrightarrow \text{А}$	
	3 дан 4 гача	Аустенитни совутиш	
	4-4 <sup>1</sup>	Эвтектоидли алмашиш	
	4 <sup>1</sup> дан 5 гача	$\text{А}_{0.8} \longrightarrow \text{П}_{0.8}$ ( $\Phi_{0.025} + \text{Ц}_{6.67}$ ) Ферритдан учламчи цементитни ажралиши: $\Phi \longrightarrow \text{Ц}_{\text{III}}$	

К <sub>4</sub>	1 дан 2 гача	Суюқ қотишмани совутиш	<p>Перлит ва иккиламчи цементит</p> 
	2 дан 3 гача	Суюқ қотишмадан аустенит кристалларини ажралиши: С.Ф. → А	
	3 дан 4 гача	Аустенитни совутиш	
	4 дан 5 гача	Аустенитдан иккиламчи цементит кристалларини ажралиши: А → Ц <sub>III</sub>	
	5-5 <sup>1</sup>	Эвтектоидли айланиш	
		А <sub>0.8</sub> → П <sub>0.025</sub> + Ц <sub>6.67</sub>	
	5 <sup>1</sup> дан 6 гача	Ферритдан учламчи цементит ажралиши: Ф → Ц <sub>III</sub>	
К <sub>5</sub>	1 дан 2 гача	Суюқ қотишма совутиш	<p>Перлит, иккиламчи цементит ва ледебурит. К<sub>5</sub></p> 
	2 дан 3 гача	Аустенитни кристалланиш	
	3-3 <sup>1</sup>	(Бирламчи цементитни) Эвтектикали айланиш С.Ф. <sub>4.3</sub> → Ледебурит <sub>4.3</sub> . (А <sub>2.0</sub> + Ц <sub>6.67</sub> )	
	3 <sup>1</sup> -4	Аустенитдан иккиламчи цементит кристалларини ажралиши. А → Ц <sub>III</sub>	
К <sub>7</sub>	4-4 <sup>1</sup>	Эвтектоидли айланиш А <sub>0.8</sub> → П <sub>0.8</sub> (Ф <sub>0.025</sub> + Ц <sub>6.67</sub> )	<p>Бирламчи цементит ва Ледебурит</p> 
	4 <sup>1</sup> -5	Ферритдан учламчи цементитни ажралиши Ф → Ц <sub>III</sub>	
	1 дан 2 гача 2 дан 2 <sup>1</sup> гача	Суюқ қотишмани совутиш	



		Эвтектикали айланиш	
К <sub>6</sub>	2-3	С.ф. <sub>4.3</sub> → А <sub>ε.д.4.3</sub> (А <sub>0.8</sub> +Ц <sub>6.67</sub> ) Аустенитдан иккиламчи цементит кристалларини ажралиши	<p style="text-align: center;">Ледебурит</p> 
С=4,3 %	3-3 <sup>1</sup>	А → Ц <sub>II</sub> Эвтектоидли айланиш А <sub>0.8</sub> → П 0.8(Ф <sub>0.025</sub> +Ц <sub>6.67</sub> )	
	3 <sup>1</sup> -4	Ферритдан учламчи цементит ажралиши: Ф → Ц <sub>III</sub>	

Феррит таркибидаги углеродни ҳисобга олмаса (жуда кам), унда барча углерод фақат перлит таркибида бўлади. Бу ҳолда пўлат таркибидаги углерод кўйидаги ҳисоб бўйича аниқланади.

100 % перлитда углероднинг миқдори=0.8 % С га

20 % перлитда углерод миқдори-х<sub>1</sub> % С

У ҳолда,

$$= \frac{20 \times 0.8}{100}$$

$$X_1 = 0,16 \% \text{ С.}$$

Пўлат таркибидаги углерод миқдорини аниқроқ топиш керак бўлса, (айниқса кам углеродли пўлатларда), у ҳолда феррит ва учламчи цементит ичидаги углеродни ҳам ҳисобга олиш керак. Буни кўйидаги ҳисоблар бўйича олиб борилади.

100 % ферритда углерод миқдори-0,25 % С (723<sup>0</sup> С ҳароратда)

80 % ферритда углерод миқдори-Х<sub>2</sub> % С

$$= \frac{80 \times 0,025}{100}$$

$$X_2 = 0,02 \% \text{ С.}$$

Демак, пўлат таркибида углерод:

$$С = X_1 + X_2 = 0,16 + 0,02 = 0,18 \% \text{ экан.}$$

Агар пўлат эвтектоиддан кейинги бўлса, ва уни структураси 95 % перлит ва 5 % иккиламчи цементит бўлса, (расмда К<sub>4</sub>), унинг таркибидаги углерод кўйидагича аниқланади:

А) 100% перлитда углерод миқдори-0,8% С

95%-----Х<sub>1</sub>%С

$$= \frac{95 \times 0,8}{100}$$

$$\begin{array}{r} X_1 \qquad \qquad \qquad = 0,76 \% C. \\ \text{Б) } 100 \% \text{ цементитда углерод миқдори} - 6,67 \% C \\ 5\% \text{-----} X_2 \% C \end{array}$$

$$X_2 \qquad \qquad \qquad = 0,33 \% C.$$

Демак, пўлат таркибида углерод миқдори:

$$C = x_1 + x_2 = 0,76 + 0,33 = 1,09 \text{ \%}$$

Амалиётни бажаришда ҳар-бир талабага пўлат ёки чўяннинг микроструктураси берилади. Талаба бу бўйича ва берилган график ва расмлар асосида пўлат ёки чўянга тўла таҳлил бериши лозим. Структураси аниқланади, ёзилади. График бўйича барча термик ўзгаришлари таҳлил қилинади. Якунида ундаги углерод миқдори топилади ва уни маркаси аниқланади.<sup>4</sup>

#### Назорат саволлари:

1. Пўлатлар қандай кўрсаткичларга қараб классификация қилинади?
2. Углеродли пўлатларнинг хоссаларига углерод қандай таъсир қилади?
3. Оддий сифатли пўлатлар маркировкасидаги рақамлар нимани билдиради? Ст5.
4. Сифатли конструкцион пўлат маркировкасидаги рақам нимани англатади? Стал30.
5. Маркировка катори охиридаги “А” ҳарфи нимани кўрсатади?

#### Фойдаланилган адабиётлар:

1. Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons. UK 2014
2. T.Fischer., Materials Science for Engineering Students, 1st Edition Elsevier UK, 2008
3. Mikell P.Groover., Fundamentals of Modern Manufacturing Materials, Processes, and Equipment John Wiley and Sons inc USA 2010

#### 3-амалий машғулот:

##### Керамик материаллар

*Ишдан мақсад:* Масалада берилган деталнинг ишлаш шароитига қараб, материалнинг маркасини танлаш, агар лозим бўлса материал ёки деталнинг

<sup>4</sup> Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons. UK 2014 (350 p.)

*пухталигини ошириш усулини танлаш ва масаланинг ечимини асослашни ўрганиш.*

**Масаланинг қўйилиши:** Материалларни танлаш

**Керакли жиҳозлар:** Амалий машғулотни бажаришда турли хилдаги услубий қўлланмалар, сўровномалар ва плакатлардан фойдаланилади.

**Ишни бажариш учун намуна:**

Машинасозликнинг умумий қонуни бу энг кам сарф билан (ақлий ва жисмоний) машинани ясаш; олдига қўйилган функционал вазифаларини бажарган ҳолда. Машина деталлари материалларини танлаш ҳам шу қонунга бўйсунди. Материал танлаб олингандан сўнг, детални ишлаш технологияси-усули танланади. Бу эса биринчи навбатда ишлаб чиқариш “программасига”, яъни ишлаб чиқариш ҳажмига (доналаб, сериялаб, кўплаб ишлаб чиқариш) боғлиқ. Қолган шароитлар ҳисобга олинади: асбоб-ускуналарнинг борлиги; кескич ва бошқа асбобларнинг бор-йўқлиги, ҳолати, бошқа корхоналар билан боғлиқлиги ва ҳ.к.

Детал материални танлаш юқоридагиларни ҳисобга олган ҳолда, уни механик хоссаларини танлашдан бошланади. Ҳамма талабларга жавоб берган ҳолда, бу ерда, унинг таннархи биринчи ўринда туради. Бу масаланинг мураккаблиги (қолаверса қизиқлиги) арзон материални танлаб, уни термик ишлаб механик хоссаларини қиммат материаллар механик хоссаларига тенглаштириш мумкин. Бу ҳолда термик ишлаш тўри ва технологиясини тўғри танлаб олиш етарли аҳамиятга эга.

**МАСАЛА 1.** Токар винткесар станогиди болт ясаляпти. Агар болтга қўйилган кучланиш-мустаҳкамлик  $b_T \geq 480$  Мпа бўлса, болт қайси материалдан ясалиши мақсадга мувофиқ?

**МАСАЛА 2.** Пайвандланган конструкцияга қўйилган куч  $b_T \geq 210$  Мпа. Бу конструкцияни қандай пўлатдан ясаш мақсадга мувофиқ?

**МАСАЛА 3.** Ёғда тоблашни сувда тоблашга нисбатан қандай афзалликлари бор?

**МАСАЛА 4.** Қўйидаги пўлатлардан қайси бирини кўприк фермаларини ясашда ишлатиш керак? Материал  $b_T \geq 250$  Мпа,  $\delta \geq 15\%$  Ст.5; 14хГС; 10хСНД

**МАСАЛА 5.** Кўндаланг кесими катта бўлган маъсул деталлар ясаш учун қўйидаги пўлатлар ишлатилади: 40х; 40хГН, 34хНМ. Қайси бири кўпроқ маъқулроқ?

**МАСАЛА 6.** Ўзатиш қутиси тишли ғилдирагини қалинлиги 6 мм. Тишни эгувчи куч 60 Мпа га етади. Юза қатламини қаттиқлиги 1,5 мм қалинликкача 600 HRC дан кам бўлиши керак эмас. Бу тишли ғилдиракни қайси пўлатдан ясаш керак? Детални термик ишлаш режимини танланг.

**МАСАЛА 7.** Двигател валининг диаметри 35 мм, вал материални мустаҳкамлиги  $\delta_1 \geq 600$  Мпа,  $\varphi \geq 40$  %, КСИ  $\geq 100$  Дк/см<sup>2</sup>, вал бўйни қаттиқлиги  $\geq 600$  HRC. Бу вални қайси пўлатдан ясаш яхши?

**МАСАЛА 8.** Двўтавр-иккитавр кўндаланг кесимли қалинлиги 10 мм бўлган шатунни қайси материалдан ясаш маъқул?

Унинг  $\delta_T \geq 700$  Мпа;  $KSI \geq 50$  Дж/см<sup>2</sup>, термик ишлашни қайси усули қўлланилади.

МАСАЛА 9. Юқори босимда ишлайдиган трубаларни бирлаштирувчи фланецларни маҳкамловчи болтни қайси материалдан ясалади. Труба кўндаланг кесими 20 мм<sup>2</sup>;  $\delta_T \geq 600$  Мпа;  $\phi \geq 40$  %. Термик ишлаш технологияси?

МАСАЛА 10. Диаметри 50 мм. бўлган валларни кўплаб ишлаб чиқариш керак. Вал материали  $\delta_T \geq 1500$ .  $\phi \geq 15$  %. Қайси материалдан яшаш мақсадга мувофиқ? Бу шароитда ишлаш учун қандай термик ишлаш керак?

МАСАЛА 11. Пружина материалларини пружиналигини нима ҳисобига таъминланади

МАСАЛА 12. Ишқаланиб ейилишига чидамли деталлар қандай пўлатлардан ясалади ва қайси ҳолатда?

МАСАЛА 13. Қайси пўлатлар (Г13 дан ташқари) пластик деформация натижасида юқори пухталаниш хусусиятига эга?

МАСАЛА 14. Суюқ ёкилғи форсуноклари ниналари жуда юқори аниқ ўлчамли ва юқори ишқаланиб ейилишга чидамли бўлиши керак. Қандай материал ва термик ишлашни тавсия қиласиз?

МАСАЛА 15. Бошқариш рули червяги юзаси юқори тозалikka (ғадир-будирлиги жуда кам) эга бўлиши лозим.  $\delta_T \geq 700$  МПа. Қандай пўлатдан яшашни таклиф қиласиз? кўплаб ишлаб чиқариш шароитида?

МАСАЛА 16. Пўлат 1000<sup>0</sup> С да ишлаши лозим. Аустенитли пўлатни оловбардошлигини таъминлаш учун қанча хром (С<sub>2</sub>) қўшиш керак.

МАСАЛА 17. Me; Ne; Te; W ларни юқори иссиқбардошлигини қандай тушунтурса бўлади?

МАСАЛА 18. Ўзгарувчан ток электродвигатели ротори қандай материалдан ясалади?

МАСАЛА 19. Магнитли пўлатлар нима учун совуқ билан ишланади?

МАСАЛА 20. Қўйидаги пўлатлардан қайси биридан озик-овқат саноатида идишлар яшаш мақсадга мувофиқ?

Ст.3; 0x13; 12x18H10T.

МАСАЛА 21. Эговлар қайси пўлатдан ясалади?

P18; X12Ф1; У12.

МАСАЛА 22. Пўлатни иссиқ ҳолда деформациялаш учун “молотовой штамп” қайси пўлатдан ясалади? 7xФ; 4x58B2ФС.

МАСАЛА 23. “Зубила” қайси пўлатдан ясалади?

7XФ; 9X5Ф; ХВГ.

МАСАЛА 24. Кескич-асбоб тез кесар пўлати P18 дан ясалган: бир бўлак қуймадан. Бир бўлагини кўндаланг кесими 30 мм<sup>2</sup> гача прокатлангандан ясалган; иккинчи бўлаги 100 мм<sup>2</sup> гача прокатланган. Қайси бирида мустаҳкамлик кўпроқ бўлади?

МАСАЛА 25. Диаметри 100 мм бўлган “торцовой” фрезани қайси материалдан яшаш лозим: P18, P6M5. Қирқиш режими: “прерывистый” (бир текис эмас).

МАСАЛА 26. Углеродли пўлатларни зарбий қовушқоқлиги юқорилигини нима билан тушунтурса бўлади?

МАСАЛА 27. Пўлат қуймани қора-дағал йўнишда кескични қайси материалдан яшаш мақсадга мувофиқ ?  
У12А, ВК3, ВК8.

### ЖАВОБЛАР

1-СТ.5.

2.-СТ-2, чунки  $\delta_1$  етарли, арзон, яхши пайвандланади.

3-агар совутиш тезлиги критик совиш тезлигига тенг ёки юқори бўлса, қаттиқлашиш совутиш тезлигига боғлиқ эмас.

4-энг яхшиси-10ХСНД. Бу юқори механик ва технологик хусусиятга эга. Ni билан Cu уни каррозия бардошлигини оширади.

5-34 ХНМ. Бу пўлатда углерод камроқ; никел ва молибден бор. Бўлар ҳаммаси совуқдан дарз кетиш чегарасини яхшилади. Бўшатиш даврида муртлашишга бефарқ.

6-пўлат 15ХРа; Майда заррали. Бу пўлат ёгда тобланганда тишни тобланиши бутун (цементитлаш, тоблаш, бўшатиш).

Кўндаланг кесими бўйича бўлади, етарли даражада майда заррачали бўлади. Бу мўртлашишга олиб келмайди. Мустаҳкамлик ва қаттиқлик етарли. Пўлат қиммат эмас.

7-Бу пўлат 20хГНР, термик ишлаш: цементация, сувда тоблаш, бўшатиш ( $200^{\circ}\text{C}$ ). Бу ҳолда пўлат қўйилган талабларга жавоб беради. Сувда тоблаш хавфли эмас, чунки детал содда.

8-Пўлат 30ХМ. Бу конструкция мустаҳкамлигини таъминлайди. (ўзининг механик хоссалари комплекси билан). Сувда тоблаш, бўшатиш ( $560^{\circ}\text{C}$ ) бунда пўлат мўртлашмайди.

9-Пўлат 30ХМ, Ёгда тоблаш, бўшатиш  $540^{\circ}\text{C}$  да. Масала шароитида бу пўлат ишончли: углероди кам, молибденнинг бирлиги болтни ишлаш ишончилигини оширади.  $540^{\circ}\text{C}$  да бўшатиш муртлашишни келиб чиқармайди.

10-Пўлат 40 ХН. Ю.Т.М.-юқори ҳароратда термо-механик ишланади, юқори ҳароратда бўшатилади. Механик ишлов бериб бўлгач якуний тоблаш,  $580^{\circ}$ -бўшатиш.

11-пўлатдаги углерод миқдорини кўпайтириш ва кирялаш (“волочение”) даврида пухталаниш (“наклёп”) ҳисобига.

12-кўп углеродли, тобланган, паст ҳароратда бўшатишган. Яхши тобланади-қаттиқлашади. Ёки устки қатлами пухтлаштирилган (ХТИ : цементитлаш, азотлаш) ва термик ишланган.

13. Fe-Ni тизимидаги пўлатлар, агар Ni миқдори 30% дан кўп бўлса, Ni>30%. Бу пўлат аустенитли пўлат, пухталаниш даврида юқори мустаҳкамланиш қобилятига эга.

14. Пўлат 38хМЮА, азотлаш  $500^{\circ}\text{C}$  да. Бу материал паст ҳароратда азотлангач энг юқори қаттиқликка ва ишқаланиб ейилишга чидамли бўлади.

15-Механик хоссаларини таъминлаш бўйича сифати яхшиланадиган бир қанча пўлатларни танлаш мумкин. Лекин, ишланган юза сифатига жуда юқори

талаб қўйилган. Шу нуқтаи назардан автомат пўлатини таклиф қилиш мақсадга мувофиқ: АС38хГМ. Бунда молибденнинг борлиги бўшатиш даврида мўртлашишни олдини олади. Бу дегани бўшатишдан сўнг детални ҳавода совутиш мумкин дегани.

16-Пўлатни оловбардошлигини (зангламаслигини) таъминлаш учун энг камида 12,5 % хром қўйиш лозим.

17-атомларнинг ўзаро боғланиш характери билан.

18-Динамли пўлатдан.

19-Қолдиқ аустенитни йўқотиш учун. Чунки, аустенит-бу парамагнит фаза.

20-озик-овқат идишлари занга бардоши лозим. Ст3 ва 0х13 лардаги яшаш тавсия қилинмайди. Ст3 занглайди; 0х13 ёмон пайвандланади. Шунинг учун қиммат бўлса ҳам 12х18 Н10 Т дан ясалади.

21-Р18-қиммат, Х12Ф1 дан яшаш мураккаб, У12-нисбатан арзон, углероди кўп бўлганидан тобланишлик қобиляти катта. Қаттиқ ва ишқаланишга яхши ишлайди. Шунинг учун эгов У12 пўлатидан ясалади.

22-7хФ-оловбардош эмас; ишлаш даврида (қиздириб ишланяпти-ку) металл устида куюнди (“оқолина”) ҳосил бўлади. Штомп деформацияланади. Шунинг учун штамп бу шароитда 4Х58В2ФЕ пўлатидан ясалади: оловбардош, мустаҳкам юқори ҳароратда ҳам.

23-9х5Ф-углероди кўп: мўрт; зубила синади. ХВГ-да ҳам углерод кўп. Мўрт, натижада зубила синади. 7ХФ-нисбатан уюшқоқ (“вязкий”), мустаҳкам, етарли каттиқ ва ишқаланишга чидамли. Шунинг учун 7хФ дан ясалади.

24-албатта, кесим 30 мм<sup>2</sup> да мустаҳкамлик юқори бўлади, чунки, юпқада деформация кўпроқ, демак. пухталаниш кўп. Бундан ташқари карбиди бир хил эмаслиги камроқ, яхшироқ жирвиланади.

25-Кўпинча Р6М5 дан ясалади. Чунки, у арзон (Р18 га нисбатан). қовушқоқлиги юқори, карбиди бир хил эмаслиги камроқ. Яхшироқ жилвирланади.

26-Бу пўлатлар тобланганда, ўзагигача тобланмайди: устки қавоти мартенсит (қаттиқ) структурага эга бўлади, ўзаги тростит (қовушқоқлиги кўпроқ) Шунинг учун, бу пўлатларнинг зарбий қовушқоқлиги юқорироқ.

27-У12Ани мустаҳкамлиги ва бу шароитда ишқаланиб ейилишга чидамлилиги паст. ВК3, ВК8 лар мустаҳкамлиги ва ишқаланиб ейилишга қаршилиги етарли. Лекин, ВК 3 мўртроқ. (WC=97 %); ВК8 эса нисбатан пластиклиги юқори (wc=92 %). Масала шароитида ВК3 уқаланиб ейилиши мумкин. ВК8 пластиклиги юқори. Шунинг учун масала шароитида, кескич ВК8 дан ясалади.<sup>5</sup>

### **Назорат саволлари:**

1. Юқори босимда ишлайдиган трубаларни бирлаштирувчи фланецларни маҳкамловчи болтни қайси материалдан ясалади?

<sup>5</sup> Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons.UK 2014 (485 p.)

2. Термик ишлаш технологияси нима?
3. Пружина материалларини пружиналигини нима ҳисобига таъминланади?
4. Ишқаланиб ейилишига чидамли деталлар қандай пўлатлардан ясалади ва қайси ҳолатда ?
5. Қайси пўлатлар (Г13 дан ташқари) пластик деформация натижасида юқори пухталаниш хусусиятига эга?

#### **Фойдаланилган адабиётлар:**

1. Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons. UK 2014
2. T.Fischer., Materials Science for Engineering Students, 1st Edition Elsevier UK, 2008
3. Mikell P.Groover., Fundamentals of Modern Manufacturing Materials, Processes, and Equipment John Wiley and Sons inc USA 2010

#### **4-амалий машғулот:**

#### **Полимер материаллар ва композитлар**

***Ишдан мақсад:** Масалада берилган деталнинг ишлаш шароитига қараб, материалнинг маркасини танлаш, агар лозим бўлса материал ёки деталнинг пухталигини ошириш усулини танлаш ва масаланинг ечимини асослашни ўрганиш.*

***Масаланинг қўйилиши:** материалнинг маркасини танлаш ва материал ёки деталнинг пухталигини ошириш усулини танлаш.*

***Керакли жиҳозлар:** Амалий машғулотни бажаришда турли хилдаги услубий қўлланмалар, сўровномалар ва плакатлардан фойдаланилади.*

#### **Ишни бажариш учун намуна:**

Машинасозликнинг умумий қонуни бу энг кам сарф билан (ақлий ва жисмоний) машинани ясаш; олдига қўйилган функционал вазифаларини бажарган ҳолда машина деталлари материалларини танлаш ҳам шу қонунга бўйсунди. Материал танлаб олингандан сўнг, детални ишлаш технологияси-усули танланади. Бу эса биринчи навбатда ишлаб чиқариш “программасига”, яъни ишлаб чиқариш ҳажмига (доналаб, сериялаб, кўплаб ишлаб чиқариш) боғлиқ. Қолган шароитлар ҳисобга олинади: асбоб-ускуналарнинг борлиги; кескич ва бошқа асбобларнинг бор-йўқлиги, ҳолати, бошқа корхоналар билан боғлиқлиги ва ҳ.к.

Детал материални танлаш юқоридагиларни ҳисобга олган ҳолда, уни механик хоссаларини танлашдан бошланади. Ҳамма талабларга жавоб берган ҳолда, бу ерда, унинг таннарихи биринчи ўринда туради. Бу масаланинг мураккаблиги (қолаверса қизиқлиги) арзон материални танлаб, уни термик ишлаб механик хоссаларини қиммат материаллар механик хоссаларига

тенглаштириш мумкин. Бу ҳолда термик ишлаш тўрини ва технологиясини тўғри танлаб олиш етарли аҳамиятга эга.<sup>6</sup>

МАСАЛА 1. –Саноатни қайси соҳаларда титанни қўллаш “перспектив”-башоратли ?

МАСАЛА 2.-Al-Cu (3%-Cu+97% Al) тизимидаги алюмин қотишмасини қандай термик ишлашга дучор қилиш мумкин?

МАСАЛА 3. Алюминий қотишмасини сунъий эскиртирганда вақт ўтиши билан унинг мустаҳкамлиги пасаядими?

МАСАЛА 4. Дюралминий конструкциялари кўпинча дюралюминдан ясалган “заклётка” лар билан бирлаштирилади. Шу заклёткаларни пачаклаб-деформациялаб бирикма олиш учун улар қайси ҳолатда бўлишлари керак ? 1) тобланган 2) тобланган ва табиийэскиртирилган; 3) тоблангандан сўнг 2-3 соат ўтгач

МАСАЛА 5. Нега магний қотишмалари ёмон деформацияланади ?

МАСАЛА 6. Рух билан темирни зангламасликдан рух қандай сақлайди.

МАСАЛА 7. Катта қувватли трансформаторларнинг контактлари ёй эрозиясига чидамли бўлиши учун қайси материалдан ясалади: 1-мисдан; 2-алюминийдан, 3-вольфрамдан, 4-мис билан тўйинтирилган ғовакли вольфрамдан.

МАСАЛА 8-Полимер материалларда заррачалар орасидаги боғланиш тўрини топинг?

1-ковалент; 2-кутбли (“полярный”), 3-макромолекула ичида-ковалентли; макромолекулалар орасида-кутбли.

МАСАЛА 9-Металл ва полимерларнинг кристалланиш жараёнини “принципиал” фарқи нимада ?

МАСАЛА 10. –Металл ва полимерларнинг кристалланиш ҳароратини “принципиал” фарқи нимада?

МАСАЛА 11.-Совуққа чидамли (-20<sup>0</sup>C) резинадан қайиш (“ремен”) ясаиб, тезлиги катта қайишли ўзатишда ишлатилди. Ҳарорати 0<sup>0</sup>C да. маълум вақтдан сўнг, у мўртлиги учун ишдан чиқди. Сабаби нимада ?

МАСАЛА 12. Агар полимер материални кирядан (“фильера”дан) чўзиб ўтказилаётганда унинг уюшқоқлиги ўзгармаса нима бўлади ?

МАСАЛА 13-Бақувват конструкцион материал сифатида қандай полимер материалларини ишлатса бўлади ?

МАСАЛА 14.Оддий пластмассалар нимадан таркиб топган ?

МАСАЛА 15. Подшипниклар учун қандай пластмассалар ишлатилади?

1-капрон, 2-фторопласт; 3-фторопласт-4.

МАСАЛА 16. –капрон. Орторопласт яхши антифрикцион хоссага эга, лекин мустаҳкамлиги паст. Бўларни қайси усул билан ишлаб подшипник ясаш мумкин. 1-втулка деворини қалинлаштириб; 2-втулкани металлдан ясаб, устига пластмасса қоплаш.

---

<sup>6</sup> Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons.UK 2014 (500 p.)



МАСАЛА 17-Каучукни эластик “упругий” материал сифатида ишлатса бўладими ?

МАСАЛА 18-Прибор корпусларини қайси материалдан яшаш мумкин?

1-стеклопластикдан; 2-фенопластиклардан

3-волокнитлардан.

МАСАЛА 19-пўлат билан шишани тоблашда мустаҳкамланишини нима фарқи бор ?

МАСАЛА 20-Металл қирқувчи станогини қириндисини ишчига тегишини сақловчи ёруғ ўтказувчи экран, қайси материалдан ясаллади?

### ЖАВОБЛАР

1- титанни хоссалари бир-бирига монан: механик хоссалари юқори,технологикхоссалярияхши(нисбатан), зичлигианчакам ( $\alpha=4,5$  г/см<sup>3</sup>) бошқа металларга нисбатдан, зангга қаршилиги занг бардошлиги пўлатникидан қолишмайди, оловбардош,иссиқбардош. Мана шуларни ҳисобга олиб, титан ва унинг қотишмалари самолетсозликда (самолетни бурун клисми ,элэронлари); кемасозликда,айниқса сув ости кемаларида, қирувчи самолет қорин қисмида;ракетасозликда; кимё саноатида кўпрок ишлатилади.

2- барча термик ишлов турларини қўллаш мумкин,чунки 430° С да фазали ўзгаришга эга.

3- сунъий эскиртиришдаги юқори ҳарорат ва ўзоқ вақт натижасида  $\theta$ -фаза заррачаларини “коагуляция” га олиб келади. Бу дислокацияларнинг ҳаракатига уларни қаршилигини камайтиради.

4- биринчи ҳолатда 10...20 соат ўтгач заклепкани ишлатиб бўлмайди,чунки у ёмон деформацияланади. Иккинчи ҳолатда заклепкалар пластиклигини ёқотади натижада пачаклаш даврида заклепка дарз кетади.Учинчи ҳолат тўғри:заклепкалар юқори пластикликка эга бўлади.

5- магний кристаллик панжалари гексоганал тизимда (Г.П.У.) Бунда сирпаниш тизимлари кам. Шунинг учун магний ва унинг қотишмалари ёмон деформацияланади.

6- рух темирга нисбатдан анча электроманфий. Коррозияли муҳитда рух тезроқ ва кўпроқ реакцияга киришиб (коррозияланиб-занглаб)темирни занглашдан сақлайди:қалқон бўлиб сақлаб туради.

7- “Cu” дан яасалса, ёй иссиқлигида 6000 ° С тез ериб кетади; “Al” ясалмаганда ҳам шу воқеа бўлади; “W” яхшику эриш ҳарорати  $W=3400^{\circ}\text{C}$  лекин, токни яхши ўткзади, вариант – “Li” –ғовак ичидаги мис ток ўткзади, волфрам сим бўлиб мустаҳкам ушлаб туради (ўзини иссиқбардошлиги билан): контакт ёй тасирида пайвандланиб ёпишиб қолмайди.<sup>7</sup>

<sup>7</sup> Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons.UK 2014 (345 p.)

8- биринчи жавоб тўғри, лекин тола эмас. Нисбатан 2-хам тўғри. Лекин, энг тоғри жовоб 3-си.

9- ҳамма гап кристаларни узиш тезлигида; металларда кристаларни узиш тезлиги анча юқори. Металл атомларини диффузион ҳаракатланганлиги, макромолекуллар ҳаракатланганлигидан юқори. Бу энг ката фарк эмас. Асосий фарк бу кристалларнинг ўзиш характерида. Металларда бу атомларни суяқ металлдан зародишга қўшилиши билан характерли. Полимер материалларда макромолекуллар тўдасини (пачкасини) ўсаётган кристаллга қўшилишидир.

10- полимернинг структурали ҳар-хил ҳароратда кристалланади.

11- сабаби куч қўйиш частотасини юқорилигида. Бунда резинанинг мўртлашиш ҳарорати иш шароити ҳароратига кўтарилган. Натижа: айтилган шароитда ишлатиш керак.

12- агар уюшқоқлиги ўзгармаса, фильерадан ўтгач, полимер ингичкаланаверади тўхтамасдан, натижада узилади.

13- чизиқли ва шахобчали структурали синчланган ва кристаллик ҳолда; сеткасимон полимерлар ҳам ишлатилади

14- полимерлардан ташкил топган.

15- фторопласт-4.

16- втулка қалинлигини ортириш билан мустаҳкамлигли ортса ҳам уни окувчанлиги эскича қолаверади. Шунинг учун 2-вариант тўғри: деформация камаяди.

17- мумкин эмас, чунки, куч ушлаш қобилияти жуда кам. Деформация, “релаксация” вақти катта

18- стеклопластик катта кучлар учун ишлатилади. Волокнитлар ҳам катта куч қўйилган деталар учун қўлланилади. Бизнинг шароит учун яхши материал бу фенопласт.

19- сабабида: пўлат тобланганда фазалари ўзгаради. Шиша тобланганда бу нарса йуқ.

20- “Безосколочное” шишадан. Буни қиринди тирнай олмайди, синмайди, синса ҳам осколка чиқмайди.

### **Назорат саволлари:**

1. Рангли металл қандай кўрсаткичларга қараб классификация қилинади?
2. Рангли металларнинг хоссаларига мис қандай таъсир қилади?
3. Агар полимер материални қирядан (“фильера”дан) чўзиб ўтказилаётганда унинг уюшқоқлиги ўзгармаса нима бўлади?
4. Алюминий қотишмасини сунъий эскиртирганда вақт ўтиши билан унинг мустаҳкамлиги пасаядими?

### **Фойдаланилган адабиётлар:**

1. Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons. UK 2014
2. T.Fischer., Materials Science for Engineering Students, 1st Edition Elsevier UK, 2008

3. Mikell P.Groover., Fundamentals of Modern Manufacturing Materials, Processes, and Equipment John Wiley and Sons inc USA 2010

### **5-амалий машғулот:**

#### **Углеродли пўлатларнинг термик ишлашнинг улар тузилишига ва механик хоссаларига таъсири**

**Ишдан мақсад:** Бир неча хил маркали пўлатларга термик ишлов бери кўникмаларига эга бўлиш.

**Масаланинг қўйилиши:** Термик ишлашда совиш тезлигининг пўлатнинг қаттиқлигига таъсирини аниқлаш.

**Керакли жиҳозлар:** Бир неча хил маркали пўлатлар, қиздириш печлари, дагал қумқоғозлар, қаттиқликни ўлчовчи Бринелл ва Роквелл ускуналари.

#### **Ишни бажариш учун намуна:**

Маълумки, пўлат заготовкларни термик ишлашда уларни зарур ҳароратгача қиздириб, шу ҳароратда маълум вақт сақлангач, турли тезликда совитилади. Бунда уларнинг кимёвий таркиби ўзгармаса ҳам тузилиши ўзгариши ҳисобига механик ва технологик хоссалари ўзгаради. А. А. Бочвар таснифига кўра термик ишлаш 1-хил юмшатиш, 2-хил юмшатиш, тобланиш ва бўшатишларга ажратилади. 1-хил юмшатишда фазада ўзгаришлар бормайди. Бу хил юмшатишларга диффузион, қайта кристалланиш ва ички зўриқиш кучланишларини камайтириш учун олиб бориладиган юмшатишлар киради. 2- хил юмшатиш фаза ўзгаришлар билан боради. Бу хил юмшатишларга тўла ва чала юмшатишлар, нормаллашлар киради. Тубанда углеродли пўлатларни термик ишлашда тузилиш ўзгаришларини Fe—Fe<sub>3</sub>C ҳолат диаграммасининг тегишли соҳаларини кузатайлик. Маълумки, перлит тузилишли эвтектоид пўлат заготовкани уй ҳароратида аста-секин қиздириб борсак, у Ас<sub>1</sub> критик ҳарорат (727°C) да аустенитга ўтади. Феррит билан перлит тузилишли эвтектоидгача бўлган пўлатларни аста-секин қиздириб борсак, перлит фаза Ас<sub>1</sub> критик ҳароратда аустенитга ўтади, ҳароратнинг янада кўтарилишида феррит фаза аустенитда эрий бошлаб, Ас<sub>3</sub> критик ҳароратда эса батамом эрийди.

Агар перлит билан иккиламчи цементит тузилишли эвтектоиддан кейинги пўлатларни аста-секин қиздириб борсак, перлит фаза Ас<sub>x</sub> критик ҳароратда аустенитга ўтади. Ҳароратнинг янада кўтарилишида иккиламчи цементит аустенитда эрий бошлаб, у Ас<sub>T</sub> критик ҳароратда батамом эрийди.<sup>8</sup>

Юқоридаги маълумотлардан маълумки, Fe—Fe<sub>3</sub>C ҳолат диаграммасидаги GSE чизиғи критик ҳароратдан юқорироқ ҳароратда пўлатлар аустенит тузилишли бўлади. Савол туғиладики, нима учун пўлатларни тўла юмшатишда, тобланишда, нормаллашда уларни Ас<sub>3</sub> критик ҳароратдан 30-50°C градус юқорироқ қиздириш зарур? Кўзатишлар

<sup>8</sup> Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons.UK 2014 (365-370 p.)

кўрсатадики, пўлатларни қиздиришда уларнинг доналар ўлчами қайтарилганлик даражасига кўра турли тезликда йириклашади. Масалан, яхши қайтарилмаган эвтектоид пўлатларнинг доналар ўлчами  $As_1+30/50^{\circ}C$  ҳароратгача ўзгармаса-да бу ҳароратдан юқорироқ ҳароратда кескин йириклашади. Яхши қайтарилган пўлатларда эса донлар ўлчамининг кескин ўзгариши  $900-950^{\circ}C$  ҳароратга тўғри келади. Бунинг боиси шундаки, доналар аро жойлашган оксидлар, нитридлар, сульфидлар ва бошқа бирикмалар шу ҳароратга қадар донлар ўсишига қаршилиқ кўрсатади, лекин ҳарорат  $900-950^{\circ}C$  га етганда уларнинг аустенитда эриши юз беради. Бинобарин, улар донлар ўсишига қаршилиқ кўрсата олмайдилар. Пўлатларнинг бу хусусиятини қиздириш ҳароратларини белгилашда эътиборга олиш керак. Агар пўлатларни бу критик ҳароратдан ўта қиздирилса масалан,  $1000-1100^{\circ}C$  гача аустенит донлар йириклашиб кетади. Маълумки, донлар қанча йирик бўлса, улар шунча мўрт бўлади. Агар пўлатларни АЕ чизиғида ( $Fe-Fe_3C$  диаграммасига қаранг) яқин ҳароратга қиздирилса, йирик донли пўлат ҳаво кислороди ҳисобига куйиб, заготовка ишга яроқсиз ҳолга келади. Демак, пўлатларни термик ишлашда қиздириш ҳароратини пўлат маркасига кўра тўғри белгилашнинг ишлаш сифатига ва иш унумдорлигига аҳамияти ғоят катта. Термик ишлашда печлар термोजуфтли потенциометр билан жиҳозланган бўлиб, печни зарур ҳароратда саўлайди. (Шу билан бирга баъзан амалда металлларни қиздиришда уларнинг чўғланиш рангларида ҳам фойдаланиш мумкин (36-расм).<sup>9</sup>

Иккинчи томондан, масалан, эвтектоид пўлатни аустенит ҳолатидан, секин совутишда аустенитда углероднинг эриш қобилияти камайиши сабабли ундан углерод ажралиб, цементит ҳосил бўладиган марказларни юзага келтиради. Аустенитларнинг совиш тезлигини ростлаш ила перлит доналари ўлчамини ўзгартириш мумкин. Қуйида пўлатларни термик ишлаш усуллар ва уларни қандай бажариш ҳақида маълумотлар келтирилади.

**Диффузион юмшатишдан** қуйма пўлат заготовклар кимёвий таркибининг нотекислигини текислаш мақсадида фойдаланилади. Бунинг учун эвтектоидгача бўлган пўлат заготовкларни  $As_3$  критик ҳароратдан  $200-300^{\circ}C$  юқорироқ ҳароратгача қиздириб, шу ҳароратда 10-15 соат сақланади, кейин  $600^{\circ}C$  ҳароратгача печь билан бирга, сўнгра ҳавода совитилади. Заготовкларни юқори ҳароратда қиздиришда аустенит доналаридаги углерод ва бошқа элементлар диффузияланиб, таркиби деярли текисланади ва бунда аустенит доналари йириклашади. Шу боисдан диффузион юмшатишдан кейин доналарни майдалаш мақсадида заготовклар тўла юмшатишмоғи керак.

---

<sup>9</sup> Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons.UK 2014 (265 p.)

**Қайта кристалланувчи юмшатиш.** Совуқлайин босим билан ишланган пўлат заготовкаларнинг физик пухталигини пасайтириб, пластиклигини кўтариш йўли билан ички зўриқиш кучланишлардан ҳоли этиш мақсадида бу ишловдан фойдаланилади. Бунинг учун пўлат заготовкаларни 680-700°C ҳароратгача қиздириб, шу ҳароратда маълум вақт сақлаб, кейин печь билан бирга секин совитилади.

**Ички зўриқиш кучланишларни камайтириш учун юмшатиш.** Штамплаш, пайвандлаш каби технологик усулларда олинган буюмлардаги ички зўриқиш кучларни камайтириш учун уларни 350-600°C ҳароратгача қиздириб, шу ҳароратда маълум вақт сақлаб, кейин печь билан бирга секин совитилади.

**Тула юмшатиш.** Юмшатишнинг бу усулидан йирик донали пўлат заготовкалар доналарини майдалаш йўли билан текислаб, ички зўриқиш кучланишларидан ҳоли этиш мақсадида фойдаланилади. Бунинг учун эвтектоидгача бўлган пўлат заготовкаларни  $A_{c3}$  критик ҳароратдан, эвтектоид ва эвтектоиддан кейинги пўлатларни  $A_{c1}$  критик ҳароратдан 30-50°C юқориқ ҳароратгача қиздириб, шу ҳароратда маълум вақт сақлаб, кейин печь билан бирга совитилади. Шунини қайд этиш ҳам лозимки, агар эвтектоиддан кейинги пўлат заготовкалар  $A_{ct}$  критик ҳароратли чизикдан юқориқ ҳароратгача қиздирилиб, шу ҳароратда маълум вақт сақлаб, кейин печь билан бирга совитилганда ажратилаётган иккиламчи цементит перлит доналарини ўраб мўртлаштириб боради, шу сабабли бу пўлатлар аустенит тузилишли ҳолгача қиздирилмайди.

**Чала юмшатиш.** Юмшатишнинг бу усулида пўлат заготовкаларни ички зўриқиш кучланишларидан ҳоли этиб, механик ишловларга мойил этиш мақсадида ўтказилади. Бунинг учун пўлатларни 750-780°C ҳароратгача қиздириб, шу ҳароратда маълумвақт сақлаб, кейин печь билан бирга секин совитилади.<sup>10</sup>

**Изотермик юмшатиш.** Бу усулдан тўла юмшатиш мақсадларида фойдаланилади. Бунда эвтектоидгача бўлган пўлат заготовкаларни  $A_{c3}$  критик ҳароратгача, эвтектоид ва эвтектоиддан кейинги пўлатларни эса  $A_{c1}$  критик ҳароратдан 30-50°C дан юқориқ ҳароратгача қиздириб, шу ҳароратда маълум вақт сақлаб турилади, кейин кутилган мақсадга кўра, масалан, 600-700°C ли муҳитга ўтказиб, унда аустенит феррит билан цементит фазаларга тўла парчалангунча сақланади, сўнгра ҳавода совитилади.

**Донадор перлит олиш мақсадида юмшатиш.** Бу усулдан эвтектоиддан кейинги пўлат заготовкалардаги пластинка тарзидаги цементит доналарини майда донли тузилишга ўтказиш учун фойдаланилади. Бунинг учун пўлат заготовкани  $A_{c1}$  критик ҳароратдан

---

<sup>10</sup> Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons.UK 2014 (280 p.)

бир оз юқорироқ ҳароратгача (750-760°C) қиздирилиб, шу ҳароратда маълум вақт сақланади, кейин печь билан бирга секин совитилади.

Маълумки, пўлат заготовкаларни  $A_{c1}$  критик ҳароратдан бир оз юқорироқ ҳароратда қиздирилганда перлит доналари аустенитга айланиб, цементит доналари сақланиб қолади. Бу пўлатларни шу ҳароратдаги ҳолатидан совутишда эса цементит ва бегона бирикмаларнинг доналари қўшимча кристалланиш марказлари ҳосил қилиб, майда донадор перлит тузилма олинади.

**Нормаллаш.** Пўлат заготовкаларнинг доналари майдаланиб бир текис тузилмали бўлиб қолади ва ички кучланишлардан холи этилади. Бунинг учун пўлат заготовкаларни маркасига кўра  $A_{c3}$  ёки  $A_{ct}$  критик ҳароратдан 30-50°C юқорироқ ҳароратгача қиздириб, шу ҳароратда маълум вақт сақлаб, кейин ҳавода совитилади. Пўлатларнинг маркаларига кўра бу ишловдан юмшатиш ёки тоблаш ўрнида фойдаланса ҳам бўлади.

**Тоблаш.** Бу усулдан конструкцион пўлатлардан тайёрланадиган тишли ғилдираклар, валлар, кулачоклар ва бошқаларнинг пухталигини, асбобсозлик пўлатлардан тайёрланаётган кескичларнинг кескирлигини кўтариб кам ейиладиган этиш мақсадида фойдаланилади. Бунинг учун эвтектоидгача бўлган пўлат заготовкалар  $A_{c3}$  критик ҳароратдан эвтектоид ва эвтектоиддан кейинги пўлатлар  $A_{c1}$  критик ҳароратдан 30 - 50° С юқорироқ температурда қиздирилиб, шу температурада маълум вақт сақланади, кейин критик тезлик ( $V_{кр}$  дан юқори тезликда) совитилади. Бунда аустенит феррит билан цементитга парчаланишга улгурмайди ва мартенсит деб аталувчи углеродни  $Fe_a$ даги ўта тўйинган қаттиқ эритмага  $[Fe_a(C)]$  ўтади ҳамда унинг қаттиқлиги HRC ~ 62 га кўтарилади.

Агар аустенит ҳолатидаги пўлат заготовкани, масалан, мойда (секундига 80-100°C тезликда) совитилса, аустенит феррит билан цементитнинг жуда майда бўлган механик аралашмаларига парчаланиб, троостит деб аталувчи тузилишга ўтади ва унинг қаттиқлиги HRC 40-45 га кўтарилади. Агар аустенит ҳолатидаги пўлат заготовкаларни, масалан, қиздирилган мойда (секундига 50-70°C тезликда) совитсак, у троостит тузилишли доналарига нисбатан йирикроқ бўлган феррит билан цементитнинг механик аралашмасига парчаланиб, сорбит деб аталувчи тузилишга ўтади ва унинг қаттиқлиги HRC 30-35 кўтарилади.

Шуни қайд этиш зарурки, амалда кам углеродли ( $C < 0,3\%$ ) пўлат заготовкалар тобланмайди, чунки, бу пўлатлар тоблаганда унинг мартенситга ўтиш температураси ўртача ва кўп углеродли пўлатларга қараганда анча юқорироқлиги сабабли совутишда аустенит феррит билан цементит фазаларга парчаланиб, қутилган мартенсит тузилмага айланмайди. Маълумки, пўлат заготовкаларни тоблашда сирт қатлами ўзак қисмига Қараганда тезроқ совиши натижасида фазалар ўзгариши оқибатида унда зўриқиш кучлари ҳосил бўлади. Агар бу кучланишлар

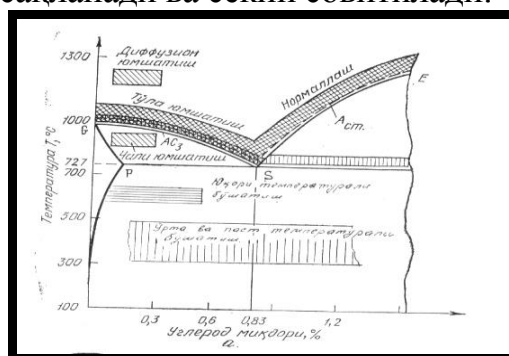
катта бўлса, заготовка тоб ташлаши ва ёрилиши мумкин. Шунинг учун тобланадиган заготовкани маркасига, шаклига ва ўлчамларига кўра тоблаш муҳитга ва унга кам тарзда тушунтиришга аҳамият бериш ҳам керак.

Бўшатиш, Бу усулдан тобланган пўлат заготовкани ички зўриқиш кучланишларидан ҳоли этиш билан қаттиқлиги сақланган ҳолда, қовушқоқлигини кўтариш мақсадида фойдаланилади. Тобланган пўлат заготовкани бўшатишдан кутилган мақсадларга кўра бўшатишни тубандаги тартибларда олиб борилади.

Паст температурали бўшатиш. Бу бўшатишдан мафад тобланган, масалан, кескичлар ёки ўлчов асбобларини ички зўриқиш кучланишларидан ҳоли этиб, қаттиқлиги сақланган ҳолда, қовушқоқлигини кўтаришдир. Бунинг учун тобланган пўлат заготовкалар  $150\text{—}250^\circ\text{C}$  ҳароратгача қиздирилиб, шу ҳароратда маълум вақт сақланади, кейин секин совитилади. Бунда бўшатиш мартенсит тузилма олинади.

Ўртача температурали бўшатиш. Бу бўшатишдан мақсад тобланган, масалан, пружина, штампларни ички зўриқиш кучланишларидан ҳоли этиб, қовушқоқлигини кўтариш ва троостит тузилма олишдир. Бунинг учун тобланган пўлат заготовкалар  $350\text{—}500^\circ\text{C}$  ҳароратгача қиздирилиб, шу ҳароратда маълум вақт сақланади, кейин секин совитилади.

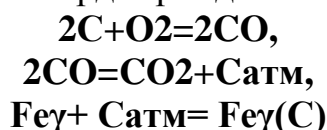
Юқори температурали бўшатиш. Бундай бўшатиш тобланган конструкцион пўлатлардан тайёрлаётган деталлар қовушқоқлигини ва пластиклигини кўтариб, сорбит тузилма олиш мақсадида ўтказилади. Бунинг учун тобланган пўлат заготовка  $500\text{—}650^\circ\text{C}$  ҳароратгача қиздирилиб, шу ҳароратда маълум вақт сақланади ва секин совитилади:



Расм-1

Маълумки, кўпгина машина деталлари ва асбоблар (тишли ғилдираклар, поршень бармоқлари, подшипник, роликлар, штамплар, калибрлар) кам углеродли ва кам легирланган пўлатлардан тайёрланиб, уларнинг иш муддатини узайтириш мақсадида кимёвий термик ишловларга берилади. Бунда заготовканинг сирт юза қатлами углеродга тўйинтирилса цементитлаш, азотга тўйинтирилса — азотлаш, азот ва углеродга тўйинтирилса — нитроцементитлаш дейилади. Бу ишловларнинг ичида цементлаш кўпроқ тарқалган бўлиб, уни углеродга бой бўлган қаттиқ, суяқ. ва газ муҳитларда олиб борилади. Айни лаборатория ишида заготовкани

Қаттиқ муҳитда цементитлаб, тоблаб бўшатилиб, натижалар кузатилади. Бунинг учун заготовкаларни намуна билан 38- расмда кўрсатилгандек пўлат яшикка аввалига маълум қатлам карбюратор деб аталувчи 75—80% и писта кўмир ва қолгани барий ёки натрий карбонатлар аралашмаси киритилиб, унинг устига заготовкалар маълум тартибда жойланади ва бу кетма-кетлик яшик тўлгунча такрорланади, кейин эса яшик қопқоқланиб, тирқишлари ўтга чидамли гил билан сувалади. Сўнгра яшик печга киритилиб, цементитлаш қалинлигига кўра 900—950°C ҳароратда бир неча соат сақланади. Бу шароитда яшикдаги писта кўмир ҳаво кислороди билан реакцияга кириб, углерод (II) оксид гази (CO) ҳосил қилади ва унинг парчаланишида ажралаётган атомлар углерод заготовка сиртига утиб, темирда эрийди:



Шу билан бирга карбонат тузлари ( $\text{BaCO}_3$  ёки  $\text{NaCO}_3$ ) ҳам парчаланаяди. Бунда ажралаётган карбонатангидрид гази пистакўмир (C) билан реакцияга кириб, яшикда углерод (II) оксид газини кўпайтиради. Юқорида кайдэтилгандек, бу газ парчланиб, яшикдаги атомлар углерод микдори ортади. Бу эса навбатида цементитлаш жараёнининг тезлашишига кўмаклашади.

Масала 1. Эвтектоид пўлатни қандай термик ишлаш усулларига дуч келиш мумкин ва уларнинг ҳарорати нимага тенг.

Масала 2. Пўлат тобланган сўнгра бўшатиш. Бу технологик жараён қайси асосий ўзгаришлардан ташкил топган?

Масала 3. Пўлатни қиздиришда аустенитни майда заррачаларини олиш учун қандай чораларни кўриш керак?

Масала 4. Тобланган ҳолдаги пўлат қандай хоссаларда эга?

Масала 5. Завод цехи кичкина партиядо майда асбобларини-кескичларни ишлаб чиқаряпти; бўлар учун углеродни куйишига (камайиши) йўл кўйилмайди. Бу ҳолда тоблаш учун қиздиришни қайси усули оптимал (яхши) ҳисобланади: 1-назоратли атмосферада; 2-вакти-вакти билан қайтарувчи туз ваннасида.

Масала 6. Пўлат лист совуқ чўзилган ва юмшатиш (қайта кристалланган). Натижада йирик заррачали-донали структура олинган. Бу нуқсонни қандай туғрилаш мумкин: 1-тўла юмшатиб; 2-чала юмшатиб; 3-нормаллаштириб.

Масала 7. Эвтектоиддан кейинги пўлатларни тўла тобланганда пўлат таркибидаги углерод кўпайиши билан унинг қаттиқлиги нисбатан пасаяди. Сабаби нимада?

Масала 8. Эвтектоиддан кейинги пўлатларни тўла эмас тоблаш мақсадга мувофиқлигини нима билан тушунтирса бўлади?

Масала 9. Тоблаш жараёнида совутиш муҳити сифатида ёғ ишлатилганда тоблашда дарз кетиш эҳтимоли кам бўлади. Нега?

Масала 10. Пўлатнинг тобланишлиги нимага боғлиқ?



Масала 11.Тобданишлик чуқурлитини ошириш ва бутун кўндаланг кесим буйича юқори хоссаларни олиш учун нима қилиш керак? 1-Тоблаш учун қиздиришни юқори ҳароратда олиб бориш керак: аустенитни бир хиллиги кўтарилади; 2-углеродли пўлатни легирланган пўлатга алмаштириш лозим.

Масала 12. Пўлат 40 оптимал конструктив мустаҳкамликка эришиш учун қандай термик ишлаш керак? 1-тоблаш ва юқори бўшатиш; 2-тоблаш ( $840^{\circ}\text{C}$  да) ва ўрта бўшатиш ( $650^{\circ}\text{C}$ )

Масала 13. Детал пўлат 15Х дан ясалган. Юқори конструктив мустаҳкам қилиш учун қандай термик ишлов бериши режими лозим? 1-тоблаш ва юқори бўшатиш; 2-тоблаш ва паст бўшатиш.

Масала 14. Пўлат деталларни юқори частотали ток (Т.В.Ч.) билн қиздиришда қиздирилган катлам чуқурлигини қандай ўзгартириш мумкин?

Масола 15. Цементитлаш билан детални ишқаланиб ейилишга қаршилигини ошириб бўладими? Цементация нима учун қўлланилади?

Масола 16. Маҳсулотдан-деталдан юзасини жуда юқори қаттиқлиги  $\geq 1000$  HV талаб қилинмоқда. Бунга қандай эришиш мумкин?

Масала 17. Жуда мураккаб формали детал юзасига қаттиқлик  $\geq 67$  HRC бериш керак. Қайси усулни қўлламаслик мақсадга мувофиқ? 1-юзани тоблаш; 2-азотлаш.

Масала 18. Кам углеродли ва ўрта углеродли пўлатдан ясалган деталларни энг оптимал хоссалар берувчи термик ишлаш усулини аниқланг. Бунда қандай структура ҳосил бўлади?<sup>11</sup>

Масала 19. Углеродли 0,9 %C бўлган пўлатдан кескич ясалган. Мойда тоблангандан сўнг ( $770^{\circ}\text{C}$ ) қаттиқлиги паст. Сабаби?

Масала 20. Дискли фреза сувда тоблангач, тоблаш бошлагандан кейин қийшайган. Сабаб?

## ЖАВОБЛАР

1- эвтектоид пўлатни юмшатиш, тоблаш ва бўшатиш мумкин. Юмшатиш ва тоблаш ҳарорати  $727^{\circ}\text{C}$  дан юқори. Бўшатиш ҳарорати  $727^{\circ}\text{C}$  дан пастда.

2- пўлатни тоблаш учун уни аустенит ҳолатига айлантириш керак. Демак, П→А га (перлит аустенитга айланади). Тоблаш даврида аустенит совутиш тезлигига қараб мартенсит, тростит, сорбит ҳолатига ўтади: А→М (Т.С.). Бўшатиш даврида мартенсит парчаланади: М→парчаланиш маҳсулотлари.

3- буни биринчи шарти пўлат Ti, Zr, V, W лар билан легирланган олдиндан меросли майда заррачали бўлиши керак. Бундан сўнг юқори тезликда қиздириш; ўта қизишни олдини олиш; қиздиришни оптимал вақтда олиб бориш.

4- бу пўлатда ортиқча углерод бор. Бу мартенсит қаттиқ эритмасини турғун эмас (“неравновесное”) ҳолатга олиб келади. Бу пўлатларда мартенсит

<sup>11</sup> Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons. UK 2014 (480 p.)

кристаллари майда блокли ҳолатда бўлади; ҳатто ички кучланишли; дислокацияларнинг зичлиги катта.

5- биринчи вариант тўғри бўлсада, кичкина партия деталлар учун қимматга тушади: шундай махсус мосламани сотиб олиш учун. Агар мослама ўзи бўлса бошқа гап. Шунинг учун масала шартига асосан иккинчи вариант тўғри.

6- умуман биринчи вариант тўғри билиши мумкин, лекин яхшиси эмас ва жараён узоқ вақт ўтади. Иккинчи вариант тўғри эмас: бунда структурасининг фақат перлит қисмигина тўғриланади. Учинчи тўғри, иқтисодий яхши.

7- юқори углеродли тобланган пўлат структурасида мартенсит билан бир қаторда қолдик аустенит ҳам бор. Буни миқдори пўлат таркибидаги углерод ортиши ориши билан у ҳам ортади. Бу HRC ни пасайшига олиб келади.<sup>12</sup>

8- бундай пўлатларни тўла эмас тоблашда ( $A\uparrow$ ) максимал қаттиқлик ва ишқаланиб ейилишга қаршилик таъминланади. Аустенитни мартенситга айланиши даврида мой пўлатни секинроқ совитади (сувга нисбатан). Бу даврда катта чўзилувчи қолдик кучланиш пайдо бўлади. Секин совитилганда бу кучланиш камроқ бўлади.

9- пўлатнинг тобланишлиги унинг таркибидаги углерод ва легирловчи элементлар миқдorigа боғлиқ.

10- биринчи вариант тўғри келмайди: аустенит доналари катталашиб кетади. Бу пўлатни мўртлашишига олиб келади. Иккинчи вариант тўғри: легирланган пўлат тобланишлиги талаб қилинганга тўғри келиш керак. Ортиқча тобланишлар зарар: юқори тобланувчи легирланган бўлади. Уларнинг пластиклиги ва қовушқоқлиги паст.

11- биринчи вариант тўғри, лекин аниқ эмас. Иккинчи вариант тўғри: бу ўрта углеродли пўлатлар учун энг оптимал режим.

12- биринчи вариант тўғри эмас, чунки юқори бўшатишдан сўнг, пўлатнинг мустаҳкамлиги пастроқ бўлади. Иккинчиси тўғри, чунки паст бўшатишда бўшатиш мартенсити структураси бўлади. Бу кам углеродли легирланган пўлатлар учун юқори мустаҳкамлик таъминлайди; юқори пластик ва уюшқоқлик сақланган ҳолда.

13- ток частотасини билан.

14- цементитлаш даврда юза қатламида углерод миқдори ошади, натижада, юза қаттиқлиги қисман ортади. Лекин, лозим ишқаланиб ейилишга қаршилигига эришилмайди. Шунинг учун цементитланган сўнг тоблаш талаб қилинади.

15- бунга паст ҳароратли азотлаш билан эришиш мумкин. Масалан, пўлат 38MЮА ни юза қатламини  $600^{\circ}\text{C}$  да азот билан тўйинтириб.

16- биринчи вариант қўлланганда, мураккаб форма тобланганда, сиртлар ўтиш жойларида дарз кетиши мумкин; талаб қилинган қаттиқликка эришиши кейин, қиммат. Тўғри жавоб: паст ҳароратли азотлаш.

17- кам углеродли пўлатлар учун энг оптимал структура бу бўшатиш мартенсити; тоблаш ва паст бўшатиш ( $160\text{-}200^{\circ}\text{C}$ ) билан олинади. Урта

<sup>12</sup> Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons. UK 2014 (481 p.)

углеродни пўлатлар учун энг оптимал структура бу бўшатиш сорбити: тоблаш ва юқори бўшатиш билан олинади.

18- совутиш тезлиги кам. Қайтадан тоблаш керак. Ёки зинапояли (“ступенчатый”) тоблаш зарур. 20. Балки, тоблашда-сுவга туширилда ён бошлаб туширилган. Зинапояли тоблаш лозим. Жуда бўлмаса, ХВТ пўлатидан ясаш керак.<sup>13</sup>

### **Назорат саволлари:**

1. Тобланган ҳолдаги пўлат қандай хоссаларда эга?
2. Майда асбобларини-кескичларни ишлаб чиқариш уларни тоблашда қиздиришнинг қайси усули оптимал (яхши) ҳисобланади?
3. Пўлат лист совуқ чўзилган ва юмшатирилган (қайта кристалланган). Натижада йирик заррачали-донали структура олинган. Бу нуқсонни қандай тўғирлаш мумкин?

### **Фойдаланилган адабиётлар:**

1. Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons. UK 2014
2. T.Fischer., Materials Science for Engineering Students, 1st Edition Elsevier UK, 2008
3. Mikell P.Groover., Fundamentals of Modern Manufacturing Materials, Processes, and Equipment John Wiley and Sons inc USA 2010

---

<sup>13</sup> Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons. UK 2014 (378-380 p)

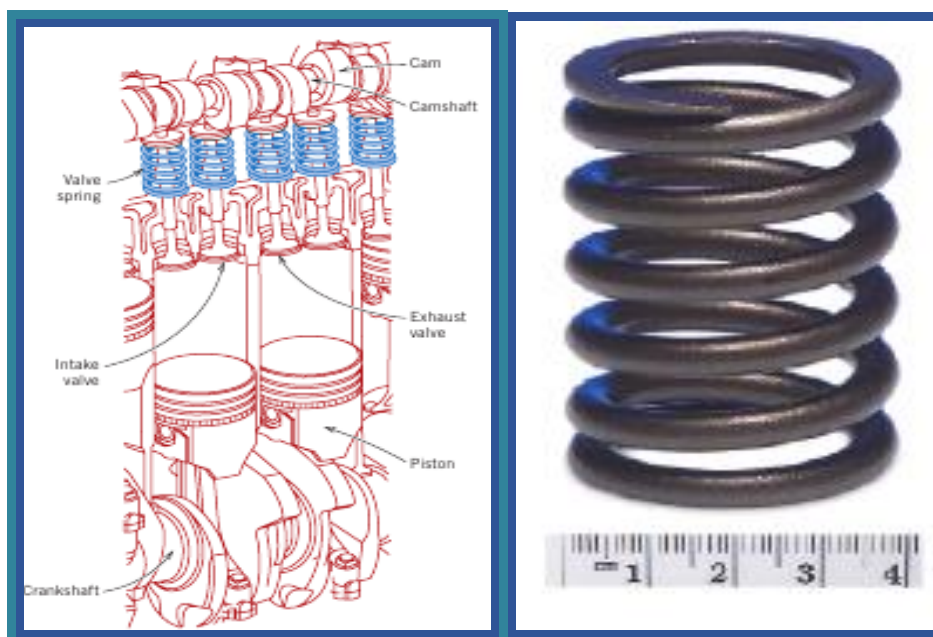
## V. КЕЙСЛАР БАНКИ

**1-Кейс:** Пўлатдан тайёрланадиган спирал пружина материалларига совуқ ҳолатда ва друпнинг зарбий оқимида ишлов бериш, пружинанинг чидамлилигига ва ташқи кўринишига салбий таъсир кўрсатди ва маҳсулот ярқсиз холга келиб қолди. Ҳолатга ойдинлик киритинг. Нима учун спирал пружина ишлов бериш жараёнига дош бера олмади?

### Топшириқлар.

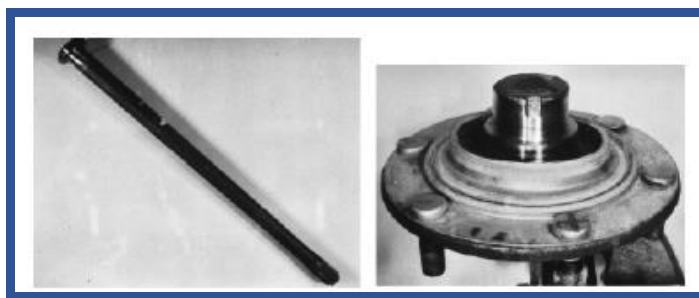
1. Автомобилнинг клапан пружинасига учун тўғри келадиган аниқ металл қотишмасининг қўлланилишини аниқланг.
2. Автомобиль клапан пружинасини ясаш учун материал танлаш жараёнида аниқ материал учун толиқиш мустаҳкамлиги ва чўзилишга мустаҳкамлик қандай таъсир кўрсатишини тушунтиринг.
3. Хулосаларни жамлаб юқоридаги муаммо ечимини топинг.

## ПРУЖИНАЛАР ДЕФОРМАЦИЯСИНИНГ МЕХАНИКАСИ

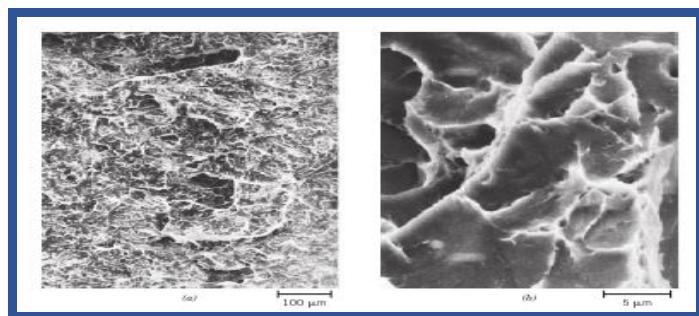


- 1.1-расм Автомобиль двигателидаги вал ва клапан пружинасини кесилган кўриниши
- 1.2-расм Оддий автомобиль клапан пружинасининг расми

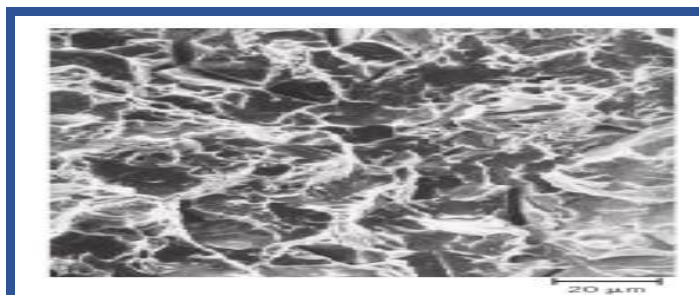
**2-Кейс:** Юк автомобилнинг орқа ўқида синиш кузатилди. Техник карта ўрганилганда автомобиль ўқи ясалган пўлат 0.3%С микдорига эга ва унинг қаттиқлиги 56 HRC га тенглиги, лекин унинг марказга (синган зонага) яқин жойидаги қаттиқлиги 20HRC ни ташкил этиши аниқланди. Сизнингча, орқа ўқнинг бундай мўртлашувига нима сабаб бўлган. Тасвирларга қараб ҳолатни аниқланг ва аниқликлар киритинг.



а) синган ўқнинг бир қисмини кўриниши. б) айланада қотирилган фланецни ўқдаги синган ҳолати.



Сканерловчи электрон микроскоп ёрдамида олинган автомобиль ўқининг юза қисмини марказга яқин жойда синган фрактографияси. 120X(катталаштирилган).



Сканерловчи электрон микроскоп ёрдамида олинган автомобиль ўқининг юза қисмини марказга яқин жойда синган фрактографияси. (570X катталаштирилган)

Топширик:

1. Пўлат қотишмасини сканерловчи растрли микроскопда олинган расмларни юза таснифларини ажратиб беринг. а) қовушқоқ синган б) мўрт синган.
2. Пўлат қотишмаси намунасини чўзилишга синалгандаги мустаҳкамлиги қовушқоқ ва мўрт синганда қандай таъсир қилишини тушунтириб беринг.
3. Хулосаларни жамлаб юқоридаги ҳолатга аниқлик киритинг.

## VI. МУСТАҚИЛ ИШ МАВЗУЛАРИ

### Мустақил ишни ташкил этишнинг шакли ва мазмуни

Мустақил таълим “Илғор функционал материаллар” модули бўйича ишлаб чиқилган топшириқлар асосида ташкил этилади ва унинг натижасида тингловчилар битирув иши (лойиха иши) ни тайёрлайди.

Битирув иши (лойиха иши) талаблари доирасида ҳар бир тингловчи ўзи дарс бераётган фани бўйича электрон ўқув модулларининг тақдимотини тайёрлайди.

Электрон ўқув модулларининг тақдимоти қуйидаги таркибий қисмлардан иборат бўлади:

Кейслар банки;

Мавзулар бўйича тақдимотлар;

Бошқа материаллар (фанни ўзлаштиришга ёрдам берувчи қўшимча материаллар: электрон таълим ресурслари, маъруза матни, глоссарий, тест, кроссворд ва бошқ.)

Электрон ўқув модулларини тайёрлашда қуйидагиларга алоҳида эътибор берилади:

- тавсия қилинган адабиётларни ўрганиш ва таҳлил этиш;
- соҳа тараққиётининг устивор йўналишлари ва вазифаларини ёритиш;
- мўтахассислик фанларидаги инновациялардан ҳамда илғор хорижий тажрибалардан фойдаланиш.

### Мустақил таълим мавзулари:

1. Пўлатларнинг кўрсаткичлари бўйича классификацияси.
2. Металл эмас материаллар ва металлларнинг қиёсий таҳлили.
3. Металл эмас материалларнинг машинасозликда тутган ўрни.
4. Композицион материаллар.
5. Полимер материаллар.
6. Полимер молекулаларининг қурилишининг хусусиятлари.
7. Полимер макромолекула формасининг полимер хоссаларига таъсири.
8. Полимерларни классификация қилиш белгилари.
9. Полимерларнинг хусусиятлари.
10. Полимерларнинг термомеханик хоссалари.
11. Термопластик ва терморреактив полимерлар.
12. Қийин эрийдиган металллар ва уларнинг хусусиятлари.
13. Совуққа чидамли материаллар.
14. Радиацияга чидамли материаллар.
15. Электротехник пўлатлар ва уларга ишлов беришнинг ўзига хос хусусиятлари.

## VII. Глоссарий

Термин	Ўзбек тилидаги шархи	Ингилиз тилидаги шархи
Абразивли	ейилишга чидамли юза қатламини олиш, янчиш ёки турли материалларни кесиш учун қўлланиладиган бикр материални тавсифи (одатда керамика).	A hard and wear-resistant material (commonly a ceramic) that is used to wear, grind, or cut away other material.
Адгезив	иккита материални ўзаро боғловчи модда.	A substance that bonds together the surfaces of two other materials (termed <i>adherends</i> ).
Абсорбция	электронларни қўзғатиш ёки поляризация йўли билан фотонлар энергиясини материал ютиш оптик ходисаси.	The optical phenomenon by which the energy of a photon of light is assimilated within a substance, normally by electronic polarization or by an electron excitation event.
Аллотропия	модданинг иккита ёки ундан кўп кристаллографик структурасини мавжудлиги (одатда қаттиқ кимёвий элементлар учун).	The possibility of the existence of two or more different crystal structures for a substance (generally an elemental solid)
Аморф	кристалл структура ҳосил қилмайдиган моддани тавсифи.	Having a noncrystalline structure.
Анизотропик	турли йўналишларда бир ҳил хоссага эга бўлмаслик.	Exhibiting different values of a property in different crystallographic directions.
Анион	манфий зарядланган нометалл заррача.	A negatively charged ion.
Анод	электрокимёвий ячейка ёки гальваник жуфтликда оксидланиш ҳосил бўлиши ёки электронларни	The electrode in an electrochemical cell or galvanic couple that experiences oxidation, or

	тарқалиши.	gives up electrons.
Толалар билан синчлаш	муштаҳкамлиги паст бўлган материалларни юқори муштаҳкамликга эга толалар билан синчлаб муштаҳкамлигини ошириш.	For precipitation hardening, aging above room temperature.
Атактик	ён гуруҳларни статик равишда полимер занжирининг турли томонларида жойлашадиган турдаги полимерлар тузилиши.	type of polymer chain configuration (stereoisomer) in which side groups are randomly positioned on one side of the chain or the other.
Атом тебранишлар	модданинг ўртача ҳолатига нисбатан атомларни тебраниши.	A measure of atomic mass; 1/12 of the mass of an atom of C12.
Атом рақами (Z)	кимёвий элементнинг атом ядросидаги протонлар сони.	For a chemical element, the number of protons within the atomic nucleus
Биполяр транзистор	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.
Бронза	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.
Вакансия	одатда кристалл панжарадан атом ёки ион чиқиб кетган жой.	A normally occupied lattice site from which an atom or ion is missing.
Валентли электронлар	атомлар аро боғланишларни ҳосил қилишда иштирок этадиган юқори энергияли	The electrons in the outermost occupied electron shell, which participate in interatomic



	электронлар	bonding
Вандерваальс боғланишлар	қўшни диполлар орасида молекулалар аро доимий ёки ҳосил қилинадиган иккиламчи боғланишлар.	A secondary interatomic bond between adjacent molecular dipoles that may be permanent or induced.
Винтсимон дислокация	параллель текисликлар бир бирига нисбатан спираль ҳосил қилиб силжиши натижасидаги кристалларнинг чизиқли нуқсони.	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.
Витрификация	ўзликсиз матрицани ҳосил қилиб керамик маҳсулотни юмшатиш жараёнида совутилишда суюқ фазанинг ҳосил бўлиши.	During firing of a ceramic body, the formation of a liquid phase that, upon cooling, becomes a glass-bonding matrix.
Водородли мўртланиш	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.
Деградация (деструкция)	полимер материалларни емирилиш жараёнини ифодалайдиган термин.	Used to denote the deteriorative processes that occur with polymeric materials, including swelling, dissolution, and chain scission.
Деформацион пухталаниш	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.
Диполь (электрик)	бир биридан катта бўлмаган оралиқда жойлашган, қарама	A pair of equal and opposite electrical

	қарши знакли тенг электр зарядлар жуфтлиги.	charges separated by a small distance.
Дислокация	атомларни тартибли жойлашиши бўлмаган кристаллдаги чизиқли 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.
Дифракция (рентген нурлари)	кристалл атомларини рентген нурлари оқимини интерференцияси	Constructive interference of x-ray beams scattered by atoms of a crystal.
Диэлектрик	электризацияловчи материаллар гуруҳига тегишли ҳар қандай модда.	Any material that is electrically insulating.
Допишлаш	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.
Кинетика	реакция тезлиги ва уларга таъсир этувчи факторларни тадқиқоти	The study of reaction rates and the factors that affect them.

## **VIII. ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ**

### **Махсус адабиётлар:**

1. Callister William D. Jr., Materials Science and Engineering, an Introduction. Wiley and Sons. UK 2014
2. T.Fischer., Materials Science for Engineering Students, 1st Edition Elsevier UK,
3. 2008Mikell P.Groover., Fundamentals of Modern Manufacturing Materials, Processes, and Equipment John Wiley and Sons inc USA 2010
4. Базаров Б.И. Экологическая безопасность автотранспортных средств. – Ташкент: Chinor ENK, 2012. – 216 с.
5. Базаров Б.И., Калауов С.А., Васидов А.Х. Альтернативные моторные топлива. – Ташкент: SHAMS ASA, 2014. – 189 с.

### **Электрон ресурслари:**

1. <http://www.ziyonet.uz>
2. <http://www.edu.uz>
3. <http://www.infocom.uz>
4. <http://www.press-uz.info>
5. <http://www.fueleconomy.gov>