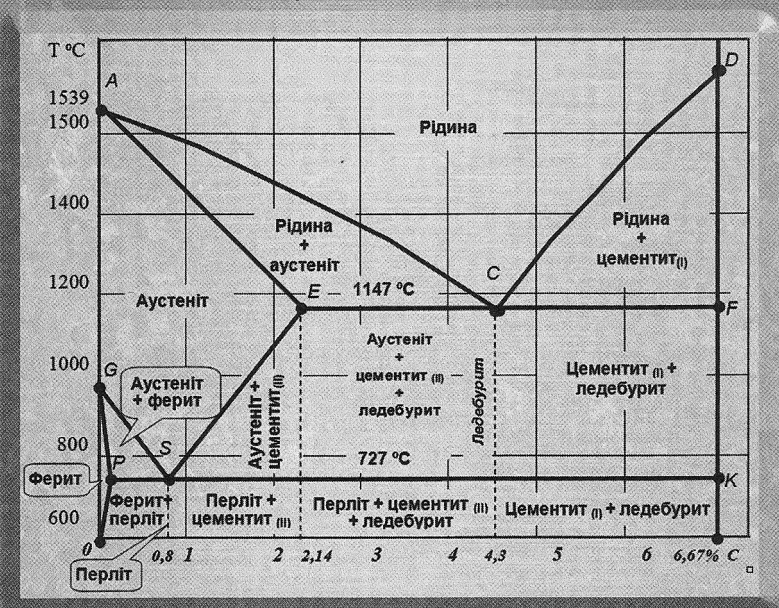


689
M 34

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО і слюсарна справа





П.П.Федірко, В.І.Дуганець, В.О.Кроль, А.М.Оленюк,
С.В.Кюрчев, А.І.Кучер, Ю.Б.Паладійчук

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО І СЛЮСАРНА СПРАВА

Навчальний посібник

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів*

2-ге видання,
виправлене і доповнене



Кам'янець-Подільський

2012

УДК 669+676.017+683.3+621.7(075.8)

ББК 30.3

М 34

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів.
(лист №1/II – 678 від 10.02.2010 р.)

Рецензенти:

Ковбаса В.П. - доктор технічних наук, професор, зав. каф. сільськогосподарського машинобудування та обладнання лісового комплексу Національного університету біоресурсів і природокористування.

Самокиш М.І. - канд. техн. наук, професор Подільського державного аграрно-технічного університету

Атаманчук П.С. - доктор педагогічних наук, професор Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка, зав. каф. методики викладання фізики та дисциплін технологічної освіти галузі

Федірко П.П., Дуганець В.І., Кроль В.О., Оленюк А.М., С.В.Кюрчев, А.І.Кучер, Ю.Б.Паладійчук

М 34 Матеріалознавство і слюсарна справа: Навч. посібник / За ред. П.П. Федірка. – 2-ге вид., виправл. і допов. – Кам'янець-Подільський, ПП Медобори-2006. – 2012. – С. 384.
ISBN 978-966-1638-85-2

У навчальному посібнику наведено основні відомості про будову, фізико-механічні і технологічні властивості матеріалів, викладені питання термічної обробки металів і сплавів, правила виконання основних видів слюсарної обробки металів, види інструменту для кожної слюсарної операції, прийоми їх виконання і методи організації робочого місця. Крім того, наведені основи стандартизації, взаємозамінності і технічних вимірювань. Міститься інформація про полімерні, композиційні і неметалеві матеріали.

Для підготовки бакалаврів в аграрних вищих навчальних закладах III – IV рівнів акредитації з напрямів «Професійне навчання. Механізація сільськогосподарського виробництва та гідромеліоративних робіт» і «Інженерна механіка» (спеціальність «Машини та обладнання сільського господарства»).

УДК 669+676.017+683.3+621.7(075.8)
ББК 30.3

ISBN 978-966-1638-85-2

© П.П. Федірко, 2012
© ПП Медобори-2006., 2012

ЗМІСТ

Передмова 7

ЧАСТИНА I. МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО 9

**Розділ 1. БУДОВА, ВЛАСТИВОСТІ І СПОСОБИ
ВИПРОБУВАННЯ МЕТАЛІВ 11**

1.1. Поняття про метали і металеві сплави 11

1.2. Деформація та основні властивості
металів і сплавів 16

1.3. Механічні випробування 22

1.4. Фізико-хімічні методи аналізу металів 32

Запитання для самоконтролю 37

Розділ 2. ЗАЛІЗОВУГЛЕЦЕВІ СПЛАВИ 38

2.1 Основні відомості з теорії сплавів 38

2.2. Компоненти і фази в залізовуглецевих сплавах 41

2.3 Діаграма стану «залізо - вуглець» 43

2.4 Класифікація, маркування і застосування
вуглецевих сталей 46

2.5. Класифікація, маркування і застосування
легованих сталей 49

2.6 Класифікація, маркування і використання чавунів 53

2.7 Міжнародні системи позначення сталей
і сплавів, відповідність до вітчизняних марок 55

2.7.2 Європейська система позначення сталей
і сплавів 61

2.7.3 Відповідність марки сталей і сплавів за ГОСТ
зарубіжним аналогам 65

Запитання для самоконтролю 67

| | |
|---|-----|
| Розділ 3. КОЛЬОРОВІ МЕТАЛИ ТА ЇХ СПЛАВИ | 68 |
| 3.1 Мідь та основні сплави на її основі | 68 |
| 3.2. Алюміній та основні алюмінієві сплави | 69 |
| 3.3. Сплави на основі магнію | 70 |
| 3.4. Сплави на основі титану | 70 |
| 3.5. Антифрикційні сплави і матеріали | 71 |
| 3.6. Тугоплавкі метали і сплави | 72 |
| <i>Запитання для самоконтролю</i> | 74 |
| | |
| Розділ 4. СПЕЧЕНІ ПОРОШКОВІ МАТЕРІАЛИ | 75 |
| 4.1 Конструкційні порошкові матеріали | 75 |
| 4.2. Інструментальні порошкові матеріали | 76 |
| 4.3. Електротехнічні порошкові матеріали | 78 |
| <i>Запитання для самоконтролю</i> | 78 |
| | |
| Розділ 5. НЕМЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ | 79 |
| 5.1 Загальні відомості, класифікація і властивості полімерних матеріалів | 79 |
| 5.2. Пластичні маси. Пластмаси | 83 |
| 5.3. Композитні матеріали | 95 |
| 5.4. Гумові матеріали | 99 |
| 5.5. Клеї і герметики | 102 |
| <i>Запитання для самоконтролю</i> | 108 |
| | |
| Розділ 6. ТЕРМІЧНА ТА ХІМІКО-ТЕРМІЧНА ОБРОБКА СПЛАВІВ | 109 |
| 6.1. Основи теорії термічної обробки сталі | 109 |
| 6.2. Технологія термічної обробки сталі | 117 |
| 6. 3. Основи хіміко-термічної обробки сталі | 129 |
| <i>Запитання для самоконтролю</i> | 143 |

| | |
|--|-----|
| ЧАСТИНА II. СЛЮСАРНА СПРАВА | 144 |
| Розділ 7. ВСТУП ДО ПРОФЕСІЇ | 144 |
| 7. 1. Роль і місце слюсарних робіт в промисловому виробництві | 144 |
| 1. 2. Види слюсарних робіт. Робоче місце слюсаря | 145 |
| 7. 3. Техніка безпеки при виконанні слюсарних робіт | 151 |
| <i>Запитання для самоконтролю</i> | 162 |
| Розділ 8. СТАНДАРТИЗАЦІЯ, ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ І ТЕХНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ | 163 |
| 8.1. Стандартизація і основи взаємозамінності | 163 |
| 8.2. Єдина система допусків і посадок (<i>ЄСДП</i>) | 170 |
| 8.3. Шорсткість поверхні | 176 |
| 8.4. Допуски форми і розміщення | 178 |
| 8.4. Технічні вимірювання | 183 |
| <i>Запитання для самоконтролю</i> | 194 |
| Розділ 9. ПІДГОТОВЧІ ОПЕРАЦІЇ СЛЮСАРНОЇ ОБРОБКИ .. | 196 |
| 9. 1. Розмітка | 196 |
| 9. 2. Рубання металу | 200 |
| 9. 3. Вирівнювання, рихтування і гнуття металу | 204 |
| 9. 4. Різання металу | 209 |
| <i>Запитання для самоконтролю</i> | 214 |
| Розділ 10. РОЗМІРНА СЛЮСАРНА ОБРОБКА | 215 |
| 10. 1. Обпилювання металу | 215 |
| 10. 2. Обробка отворів | 219 |
| 10. 3. Обробка різьбових поверхонь | 230 |
| <i>Запитання для самоконтролю</i> | 237 |

| | |
|--|-----|
| Розділ 11. ПРИПАСОВУВАЛЬНІ ОПЕРАЦІЇ СЛЮСАРНОЇ ОБРОБКИ | 238 |
| 11. 1. Розпилювання і припасовування деталей | 238 |
| 11. 2. Шабрування | 241 |
| 11. 3. Притирання і доведення | 247 |
| <i>Запитання для самоконтролю</i> | 256 |
| | |
| Розділ 12. ЗБИРАННЯ НЕРОЗ'ЄМНИХ З'ЄДНАНЬ | 257 |
| 12. 1. Паяння металів | 257 |
| 12. 2. Лудіння | 266 |
| 12. 3. Клепання | 268 |
| <i>Запитання для самоконтролю</i> | 277 |
| | |
| Список рекомендованої літератури | 278 |
| Предметно-тематичний покажчик | 280 |
| Тлумачний термінологічний словник | 284 |

ПЕРЕДМОВА

Особливість інженерних спеціальностей така, що без робочої професії випускникам вищих навчальних закладів важко стати повноцінними фахівцями. Звичайно, для будь-якого інженера дуже непогано володіти тією або іншою робочою професією. Але інженер-механік просто не стане хорошим фахівцем, якщо він сам ніколи не брав участі у проектуванні, виготовленні і ремонті машин, агрегатів, деталей. А керівник інженерної служби, обов'язково повинен знати особливості праці слюсаря, верстатника, газоелектрозварника.

Іншою важливою особливістю підготовки студентів за робочими професіями є можливість отримати міжнародні сертифікати робочих спеціальностей, які дозволять їм працювати в Україні і за рубежом. Починаючи з II - III курсу, студенти вже повинні мати можливість працювати за обраною робочою професією. До речі, це вирішує проблеми студентського підробітку.

Але і після закінчення вузу деякі випускники змушені часто розпочинати свою діяльність саме з робочої спеціальності. Це пов'язано не тільки з проблемою працевлаштування. Наприклад, у бізнесі сфери інженерно-технічного сервісу практично не можна зайняти якийсь серйозний пост, не попрацювавши на всіх рівнях служби. Цей етап в кар'єрі випускників і допомагають пройти отримані ними робочі спеціальності.

Іноді перевага робочої спеціальності пояснюється фінансовими міркуваннями. Вже багато прикладів, коли випускники, що виїхали на постійне проживання за кордон, працюють на складальному виробництві певної фірми просто тому, що так вони отримують більше, ніж заробляли би на перших етапах кар'єри інженера.

Враховуючи те, що студенти інженерних спеціальностей все частіше поєднують навчання з роботою на виробництві, зрозумілою стає зростаюча популярність набуття ними таких робочих спеціальностей як «Слюсарна справа», «Газоелектрозварювання», «Верстатна справа», «Слюсар з ремонту автомобілів» та ін.

Згідно з навчальним планом підготовки фахівців зі спеціальностей „Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва“ і „Інженерна механіка“ однією із дисциплін циклу за вільним вибором студента є „Слюсарна справа“.

Мета посібника – дати майбутнім фахівцям необхідні теоретичні і практичні знання. Навчити основних прийомів виконання слюсарних робіт, правильного використання інструменту і пристроїв.

Посібник також рекомендовано майстрам виробничого навчання при підготовці слюсарів різних спеціальностей і студентам при проведенні передбаченої навчальним планом за напрямками підготовки – 6.100202 „Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва“ і 6.050503 „Інженерна механіка“ навчальної практики в майстернях.

Основне завдання практики: одержання практичних навичок роботи, підготовка студентів до виробничої практики на підприємствах, ознайомлення з технологічним устаткуванням і підготовка до слухання курсів “Технологія металів” і “Металорізальні верстати й інструмент”, “Технологія сільськогосподарського машинобудування”.

Престиж робочої професії в нашому суспільстві однозначно зростатиме. І щоб це відбувалося швидше, мабуть, не варто називати професії, що не вимагають вищої освіти, робочими. Не треба підкреслювати грань між дипломованими фахівцями і робочими. Ця грань вже в значній мірі стерта.

Автори висловлюють глибоку подяку рецензентам доктору технічних наук, професору В.П. Ковбасі і кандидату технічних наук, професору М.І. Самокишу за цінні зауваження, врахування яких значно поліпшило якість навчального посібника.

ЧАСТИНА I

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

Матеріалознавство – галузь науки і техніки, яка вивчає склад, будову, фізичні, хімічні, споживчі й технологічні властивості матеріалів, методи їх оцінювання, розроблення нових і вдосконалення наявних матеріалів високої якості, технологічності, довговічності, безпеки та надійності в процесі експлуатації.

Матеріалознавство об'єднує методи фізики й хімії для розробки й впровадження новітніх матеріалів у промислове виробництво.

Матеріалознавство зародилося з металургії, але в сучасну еру область дослідження розширилася, включаючи сплави й композитні матеріали, кераміку, полімери, біоматеріали тощо.

Як самостійна наука металознавство виникло у Росії в XIX столітті під назвою «металографія».

Кристаллами різних речовин вчені цікавилися ще в XVII і XVIII ст. М.В.Ломоносов у 1763 р. у своєму «Трактаті о слоях земных» встановлює закон постійності кутів для кристалів алмазу. У цьому питанні Ломоносов далеко випередив своїх сучасників, він висунув положення, які поділяються наукою і в наш час.

Розвиток металознавства нерозривно пов'язаний з іменами П.П.Аносова (*вперше використав мікроскоп для дослідження структури металів*), Д.К.Чернова (*дослідив критичні точки сталі та кристалічну будову литої сталі*).

Подальший розвиток металознавства пов'язаний з іменами М.С.Курнакова (*розробив методи фізико-хімічного аналізу сплавів*), О.О.Байкова (*висвітлив фізико-хімічну суть ряду металургійних процесів*), С.С.Штейнберга (*узагальнив явище перетворень аустеніту*), М.П.Чижевського (*вивчив вплив азоту на властивості сталей*).

У даний час наука «металознавство» пішла далеко вперед. Українськими вченими розроблено більше двох тисяч різних сплавів.

У НАН України працює декілька десятків науково-дослідних

інститутів, які займаються металознавством (*інститути: проблем матеріалознавства; надтвердих матеріалів; проблем міцності; проблем лиття; зварювання ім. Е.О.Патона; фізико-технічний тощо*).

Крім цього, є багато науково-дослідних галузевих інститутів, які займаються проблемами матеріалознавства.

Слід відмітити, що великий внесок у розвиток металознавства дають вчені з вищих технічних навчальних закладів.

У даний час технічну науку творять не одинокі вчені, а цілі колективи.

Серед сучасних вітчизняних вчених-металознавців можна назвати: Б.Е.Патона, Д.А.Дутка, Б.І.Медовара, Б.А.Мовчана, А.К.Лебедева, Н.Т.Францевича, Г.К.Писаренка та ін.

Розділ 1. БУДОВА, ВЛАСТИВОСТІ І СПОСОБИ ВИПРОБУВАННЯ МЕТАЛІВ

1.1. Поняття про метали і металеві сплави

У сучасному машинобудуванні застосовуються конструкційні матеріали, чільне місце серед яких займають метали та їх сплави. Головними перевагами цих матеріалів є висока міцність, твердість, жорсткість, пластичність; їх можна зміцнювати пластичною деформацією, термообробкою і надавати їм різних властивостей.

Металеві сплави за сучасними технологіями отримують сплавленням, спіканням, електролізом, конденсацією з пароподібного стану двох чи більше металів та неметалів.

Майже 80 елементів періодичної системи належать до групи металів. Це кристалічні тіла з упорядкованим просторовим розташуванням атомів, яке періодично повторюється, утворюючи правильні геометричні фігури просторові кристалічні решітки.

Кристалічна будова металів. Речовини у твердому стані мають кристалічну або аморфну будову. У кристалічній речовині атоми розташовані за геометрично правильною схемою і на певній відстані один від одного, а в аморфній - атоми розташовані хаотично.

Метали та їх сплави – це кристалічні тіла, атоми яких розміщені у певному геометричному порядку, що періодично повторюється у просторі, утворюючи кристалічні решітки. У вузлах цих решіток розміщуються позитивно заряджені іони, а між ними переміщуються вільні електрони. При затвердінні атоми металів утворюють кристали, які можна розглядати як геометрично правильні системи, побудовані у вигляді кристалічних решіток. Порядок розташування атомів у решітці може бути різним. Багато найважливіших металів утворюють решітки, розташування атомів в елементарних комірках яких має форму центрованого куба (α - і β -залізо, α -титан, хром, молибден, вольфрам, ванадій), куба з центрованими гранями (γ -залізо, алюміній, мідь, нікель, свинець, β -кобальт) або гексагональну, як у шестигранної призми, комірку (*магній, цинк, α -кобальт*).

Більшість технічних металів мають кристалічні решітки: об'ємноцентровану кубічну (ОЦК), гранецентровану кубічну (ГЦК) або гексагональну щільноупаковану (ГЦУ).

Щоб мати уявлення про кристалічну решітку, досить знати розташування атомів в її елементарній комірці. На рис. 1.1,а зображено елементарну комірку кубічної об'ємноцентрованої решітки; вона обмежується дев'ятьма атомами, вісім з яких розташовані по вершинах куба, а дев'ятий – у його центрі. Повторенням цієї комірки шляхом переносів утворюється вся структура кристала.

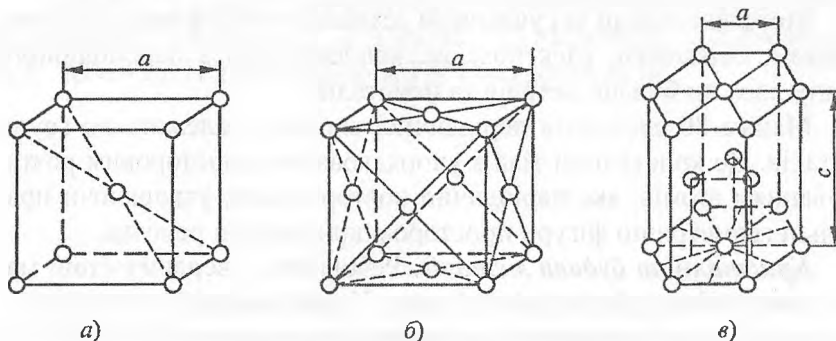


Рис. 1.1. Схема розміщення атомів у кристалічній решітці:
а) об'ємноцентрована кубічна; б) гранецентрована кубічна;
в) гексагональна

Елементарна комірка кубічної *гранецентрованої* решітки (рис. 1.1,б) обмежується 14 атомами: 8 з них розташовані по вершинах куба і 6 – по гранях.

Елементарна комірка гексагональної решітки (рис. 1.1,в) обмежена 17 атомами, з них 12 атомів розташовані по вершинах шестигранної призми, 2 атоми – у центрі основи і 3 – усередині призми.

Параметр решіток (*сторона куба або шестигранника*) у міді 0,36 нм, в алюмінію 0,405 нм, у цинку 0,267 нм і т. д.

Кожний атом складається з позитивно зарядженого ядра і кількох шарів (*оболонки*) негативно заряджених електронів, які

рухаються навколо ядра. Електрони зовнішніх оболонок атомів металів називають *валентними*. Вони легко відщеплюються, швидко рухаються між ядрами і називаються вільними. Внаслідок наявності вільних електронів атоми металів є позитивно зарядженими іонами.

Отже, у вузлах *решіток*, позначених кружечками, (див. рис. 1.1а, б, в) містяться *позитивно заряджені іони*. Іони, проте, не перебувають у спокої, а безперервно коливаються біля положення рівноваги. З підвищенням температури амплітуда коливань збільшується, що веде до розширення кристалів, а при температурі плавлення коливання частинок збільшується настільки, що кристалічна решітка руйнується.

Всі метали в твердому стані складаються з окремих кристалів неправильної геометричної форми, які ще називають зернами. Ці зерна можна побачити під мікроскопом, виготовивши мікро- або макрошліфи. На мікрошліфі спостерігають мікроструктуру, на макрошліфі – макроструктуру металу.

Поліморфізм металів. Деякі метали (*залізо, кобальт, титан, олово та ін.*) при зміні температури змінюють тип кристалічних решіток. Ця властивість металів називається *алотропією*, або *поліморфізмом*. Одночасно зі зміною кристалічних ґрат змінюються також властивості металів. Температури, при яких відбуваються такі зміни, називаються *критичними точками*. Окремі модифікації металу позначаються грецькими літерами α , β , γ , δ відповідно до зростання температури.

Зміна *алотропної модифікації металу*, як і зміна його агрегатного стану, супроводжується тепловим ефектом: при нагріванні металу теплота поглинається, а при охолодженні – виділяється. Тому на графіку залежності температури від часу (*температурній кривій*), записаному в процесі нагрівання (*охолодження*) металу, в момент зміни його будови помітними стають відповідні площадки (*критичні точки*).

Температурна крива охолодження чистого заліза зображена на рис. 1.2. З нього випливає, що кожна модифікація заліза має певну температуру переходу – *точку алотропного перетворення*.

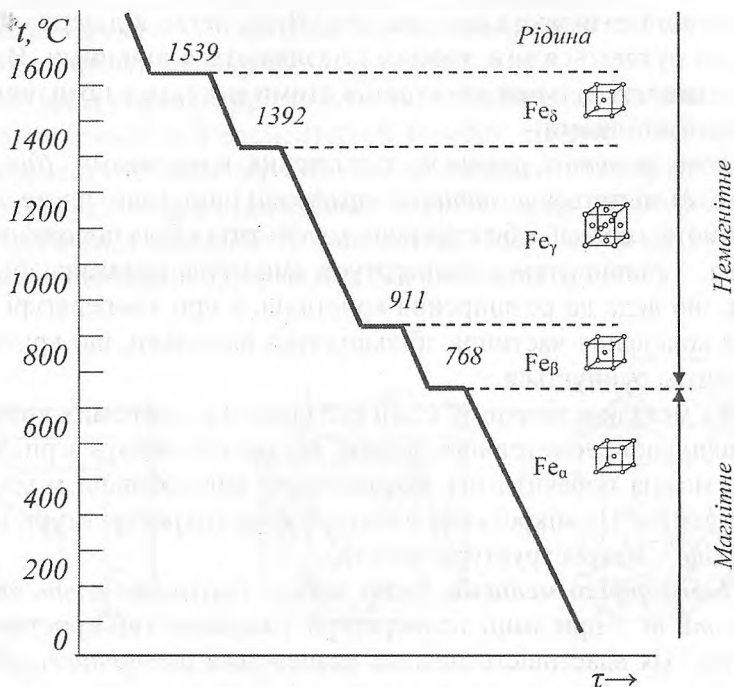


Рис. 1.2. Температурна крива охолодження чистого заліза

До 911 °С залізо має об'ємноцентровану кубічну (ОЦК) решітку і позначається Fe_α . В інтервалі температур 911... 1392 °С існує його модифікація Fe_γ з гранецентрованою кубічною (ГЦК) коміркою. При 1392 °С ця комірка заліза знову стає об'ємноцентрованою кубічною (ОЦК), зберігаючись до температури плавлення заліза. Цю його модифікацію позначають Fe_δ .

Найбільше значення в практиці термообробки сталі має перетворення $\text{Fe}_\alpha \rightarrow \text{Fe}_\gamma$ і навпаки.

Анізотропія властивостей кристалів. Окремі кристали проявляють свої властивості у різних напрямках – неоднаково. *Монокристал* - окремий однорідний кристал, що має єдину кристалічну решітку у всьому об'ємі. Тоді це тіло має неоднакові властивості в

різних напрямках. Цю властивість кристалів називають *анізотропією*. У природних умовах кристалічні тіла складаються з множини дрібних по-різному орієнтованих кристалів і називаються *полікристалами*. В цьому випадку анізотропія відсутня, тому що середньостатистична відстань між атомами в усіх напрямках виявляється однаковою. У зв'язку з цим полікристалічні тіла вважаються уявно ізотропними.

Будова реальних металів, дефекти кристалічних решіток.

Кристалізація реального металу супроводжується утворенням багатьох невеликих кристалів. Наприклад, в 1 см^3 сталевого виробу налічуються десятки тисяч кристалів. Вони не мають правильної геометричної форми і довільно орієнтовані в просторі. Такі кристали називаються кристалітами, або зернами. У свою чергу, кожне зерно складається із довільно орієнтованих у просторі менших об'ємів, які називаються блоками.

Блокова структура і неправильна форма поверхні кристаліта зумовлюють невпорядкованість (або *дефекти*) розташування атомів в окремих місцях кристалічних ґрат.

Дефекти (недосконалості) внутрішньої кристалічної будови металів поділяють на *точкові, лінійні та поверхневі*.

Точкові дефекти малі в усіх напрямках. Вони бувають кількох типів. Окремі атоми внаслідок теплового коливального руху можуть відхилитися настільки, що не повертаються назад. Порожній, не зайнятий атомом вузол кристалічних ґрат металу, називається *вакансією*. Зміщений з вузла атом деякий час не знаходить вільного вузла в кристалічних ґратах й опиняється між іншими атомами. Такий дефект будови металу називається *зміщенням*. При підвищенні температури кількість вакансій і зміщень збільшується. Вони відіграють важливу роль у руйнуванні металів при високих температурах.

У металі, навіть хімічно чистому, завжди є домішки сторонніх атомів. Внаслідок різниці в розмірах і властивостях атомів основного металу та стороннього в кристалічних ґратах утворюються *искривлення*.

Лінійні дефекти охоплюють по довжині багато рядів атомів, але їх протяжність поперек лінії поширення дефектів дуже мала.

Вони називаються *дислокаціями* і бувають кількох типів: крайові, гвинтові, мішаного типу та ін. Дислокації утворюються в металі під час його кристалізації, при гартуванні, легуванні, пластичній деформації, термообробці та ін.

Суттєво впливають на механічні властивості металу недосконалості будови меж зерен – *поверхневі дефекти*. В перехідному шарі між сусідніми зернами, грати яких мають різну орієнтацію, порушується правильність розташування атомів, накопичуються дислокації, підвищується концентрація домішок. Уздовж меж зерен найшвидше відбувається дифузія, особливо при нагріванні металу.

Дефекти кристалічної будови металів можуть взаємодіяти між собою, тому їх концентрація (*щільність*) може змінюватися.

Щільність дислокацій впливає на механічні й інші фізичні та хімічні властивості металів.

Максимальну міцність (*теоретичну*) має метал з ідеальною (*бездефектною*) будовою. Трохи меншу міцність мають майже досконалі кристали – «вуса», які кристалізуються з газової фази. Для реальних металів характерною є найменша міцність. Наприклад, теоретична (*розрахункова*) міцність чистого заліза становить приблизно 14 000 МПа, а міцність реального заліза досягає лише 200... 220 МПа, тобто в 70 разів менша. Ця розбіжність, обґрунтована з позицій теорії дислокацій, свідчить про недосконалість технологічних способів отримання та переробки металів, оскільки на практиці використовується лише 1...2 % їхньої можливої міцності. При подальшому нарощуванні щільності дислокацій (*легуванням, термообробкою та ін.*) міцність металу можна збільшити.

1.2. Деформація та основні властивості металів і сплавів

Під час експлуатації виробу, елементи споруд зазнають різноманітних силових навантажень. Дія навантаження викликає деформацію матеріалу, тобто зміну його розмірів і форми. Розрізняють два види деформації – пружну й пластичну:

Пружна деформація зумовлена дією нормальних (*перпендикулярних до площини, на яку вони діють*) зусиль, внаслідок чого відбувається зміщення атомів із положень рівноваги (*ці положення визначаються зрівноважуванням сил притягування електронів атома з ядрами сусідніх атомів та сил відштовхування ядер сусідніх атомів*). Атоми зміщуються без зміни сусідів на відстані, що не перевищують міжатомних відстаней. Тому пружна деформація має зворотний характер, тобто при усуненні навантаження атоми повертаються до початкових місць рівноваги, внаслідок чого пружна деформація зникає і виріб набуває попередньої форми й розмірів.

Пластична деформація зумовлена незворотним переміщенням атомів у певних площинах під впливом діючих у них дотичних сил. Вона не зникає після розвантаження матеріалу й тому її ще називають *незворотною* або *залишковою*. Зі зростанням навантаження деформування закінчується руйнуванням, тобто порушенням суцільності матеріалу.

Залежно від внеску пластичної деформації в загальний процес деформування аж до руйнування матеріалу розрізняють пластичні й крихкі матеріали. Разом з тим, залежно від умов навантаження (*температура, швидкість деформування*) один і той самий матеріал може перебувати в пластичному або крихкому стані. *Пластичному стану* матеріалу властива істотна пластична деформація перед руйнуванням. У *крихкому стані* матеріал руйнується без помітної пластичної деформації катастрофічно швидко, у зв'язку з чим матеріали в такому стані не застосовують для виготовлення навантажених деталей машин чи елементів конструкцій.

Властивості металів і сплавів. Метали характеризуються механічними, фізичними, хімічними і технологічними властивостями.

До основних **механічних властивостей** матеріалів, які характеризують поведінку матеріалів у навантаженому стані відносять:

- **пружність** – здатність матеріалу відновлювати свою форму та розміри після припинення дії сил, що викликали його деформацію;
- **міцність** – здатність матеріалу чинити опір деформуванню й руйнуванню.



- *пластичність* – здатність матеріалу під дією навантаження пластично деформуватися без руйнування, зберігаючи змінену форму й розміри (*залишкову деформацію*) після припинення дії навантаження;
- *твердість* – здатність матеріалу опиратися місцевому пластичному деформуванню;
- *ударну в'язкість* – здатність матеріалу чинити опір руйнуванню під дією динамічних навантажень;
- *утомну міцність* – здатність матеріалу опиратися втомному руйнуванню, яке викликає дія тривалого повторно-змінного навантаження.

Усі механічні властивості залежать від хімічного складу, структури (за винятком пружності, що є структурно малочутливою), стану поверхні виробів, масштабного чинника (*розмірів та форми*), умов зовнішньої дії, а саме: температури, характеру та величини прикладеного навантаження, швидкості деформування, агресивності середовища. Так, зокрема, підвищення температури сприяє пластичній деформації, а дія корозійного середовища зменшує не тільки міцність, а й пластичність металів.

Переважає більшість матеріалів застосовується завдяки певному рівню їх механічних властивостей. Так, матеріали з високою міцністю застосовують для виготовлення сильно статично навантажених відповідальних конструкцій, деталей машин. Матеріали ресор, пружин, мембран повинні мати високу пружність й утомну міцність. Металообробні різальні інструменти виготовляють з твердих матеріалів, а деталі, що працюють в умовах динамічних змінних навантажень, – з в'язких та достатньо втомноміцних матеріалів.

Значення механічних властивостей подаються у довідниках, стандартах як основні характеристики конструкційних та інструментальних матеріалів. Для визначення цих характеристик використовують різноманітні методи механічних випробувань.

До фізичних властивостей належать: колір, густина, температура плавлення, електропровідність, магнітні властивості, теплопровідність, теплоємність, відносне видовження і зменшення по довжині при дії різних факторів.

До хімічних властивостей – окислюваність, розчинність, корозійна стійкість на повітрі та в інших агресивних середовищах, кислотостійкість, жаростійкість.

Найперша вимога до будь-якого металевого виробу – це його достатня міцність, тобто – здатність чинити опір деформаціям і руйнуванню під дією зовнішніх навантажень. Однак, багато які вироби мають забезпечувати ще й особливі властивості відповідно до умов роботи їх. Наприклад, різальні інструменти повинні мати високу твердість та зносостійкість, а пружини і ресори – високу пружність. Пластичність металів та їх сплавів можна віднести також до їхніх технологічних властивостей, оскільки вона характеризує можливості зміни форми металів і сплавів тиском (*куванням, вальцюванням тощо*). Тому для виготовлення деталей машин так важливо знати технологічні властивості металів.

Технологічні властивості характеризують можливість проводити ті чи інші технологічні операції з певним металом або застосовувати метал в тих чи інших умовах. До технологічних властивостей належать: *рідкоплинність, а також придатність до обробки куванням, зварюванням, різанням.*

Рідкоплинність – здатність металів у розплавленому стані утворювати рідкий струмінь і добре заповнювати форму. Вона залежить від хімічного складу, наявності домішок і температури нагрівання.

Усадка – зменшення об'єму і лінійних розмірів металів і сплавів при твердненні, охолодженні і кристалізації, а також внаслідок інших фізико-хімічних процесів.

Ковкість – властивість металів змінювати свою форму під дією удару або тиску. Їх можна кувати як в холодному, так і в гарячому стані. З підвищенням температури ковкість, як правило, збільшується.

Зварюваність – здатність металів утворювати міцне з'єднання за допомогою місцевого нагрівання до розплавленого стану без застосування або при застосуванні механічної дії за рахунок створення сил міжатомного зв'язку.

Оброблюваність різанням – властивість металів піддаватись механічній обробці різальними інструментами. Вона залежить від твердості, в'язкості та інших властивостей матеріалу.