

Технологія матеріалів для курсантів ХДМА з напрямів: 6.070 104 – Морський та річковий транспорт



Провідний викладач:
кандидат фізико-математичних наук, доцент,
відмінник освіти України

Моїсеєнко Леонтій Леонідович

Навчальний план ТМ

для спеціальності:

Судноводіння

Загальна кількість годин – 54

В тому числі:

Лекцій – 10 год.

Лабораторних робіт – 10 год.

Самостійна робота – 34 год.

Форма контролю – диференційований
залік

Технологія матеріалів: Лекція 1

Вступ. Наука про метали, їх кристалічна будова і особливості поведінки при різних умовах експлуатації. Агрегатний стан, плавлення і кристалізація металів. Механічні властивості матеріалів.

Мета: Ознайомити курсантів з основними поняттями про метали та їх будову:

- **матеріалознавство та технологія матеріалів, їх роль у суднобудуванні;**
- **роль вітчизняних та зарубіжних вчених у розвитку матеріалознавства;**
- **будова та загальні властивості металів;**
- **плавлення металів, механізм кристалізації металів**

Література:

[1. с. 66 – 94, 103 – 114; 2. с. 5 – 15, 66 – 80, 82 – 88; 3. с. 3 – 6; 4. с. 5 – 20; 5. с. 11 – 50; 6. с. 5 – 8, 53 – 55; 7. с. 4 – 6; 8. с. 6 – 9]

План лекції 1

- 1.1 Предмет і зміст курсу.**
- 1.2 Знайомство з рекомендованою літературою.**
- 1.3 Роль вітчизняних та зарубіжних вчених у розвитку цієї науки.**
- 1.4 Кристалічна будова металів, будова і властивості реальних кристалів.**
- 1.5 Поняття про агрегатні стани речовин, алотропія.**
- 1.6 Плавлення металів. Механізм кристалізації металів.**
- 1.7 Характеристика основних груп властивостей металів: фізичні, хімічні, механічні і технологічні.**
- 1.8 Поняття про напруги, що виникають у металах при дії на них навантаження і величин, що їх характеризують.**
- 1.9 Поняття про пружну і пластичну деформацію.**
- 1.10 Визначення межі міцності металів випробуванням на розтяг.**
- 1.11 Особливості різних методів визначення твердості металів.**
- 1.12 Визначення технологічних властивостей металів**

1.1 Предмет і зміст курсу

Технологія матеріалів – комплексна навчальна дисципліна, яку можна розглядати як органічно поєднані дві частини:

1 Основи матеріалознавства (будова та властивості металів і сплавів, їх виробництво та термічна обробка).

2 Технологія конструкційних матеріалів (обробка матеріалів тиском, технологія зварювання, обробка матеріалів різанням).

1.1 Предмет і зміст курсу

Технологія матеріалів –

це комплексна навчальна дисципліна про будову, властивості і способи виробництва та обробки конструкційних матеріалів для всіх галузей народного господарства, зокрема, суднобудування і включає в себе поняття металургії і механічної обробки матеріалів

1.1 Поняття про матеріалознавство

У **матеріалознавстві** прийнято поділяти всі метали і сплави умовно на дві групи:

Залізо і його сплави, а також **кобальт**, **нікель** і **марганець** (за А. П. Гуляєвим) відносять до **чорних** металів (іноді включають і **хром**). Чорні метали складають понад 90 % всього обсягу, що використовуються в народному господарстві; основна частина з них – різні види сталей.

Кольорові метали утворюють сплави на основі **алюмінію**, **магнію**, **міді**, **титану**, **цинку**, **олова**, **свинцю** та ін.

1.1 Поняття про матеріалознавство

Вміст металів у земній корі

Метали	% маси земної кори	Метали	% маси земної кори
Алюміній	8,8	Магній	2,1
Залізо	5,1	Титан	0,6
Кальцій	3,6	Марганець	0,09
Натрій	2,6	Мідь	0,01
Калій	2,6	Інші метали (разом)	менше 2,0

1.1 Міжпредметні зв'язки курсу

Для засвоєння програмного матеріалу досить суттєвим є навчальна підготовка з **фізики, хімії, математики** та **інженерної графіки**.

Основні положення та **закони** з розділів *теплоти* та *механіки* курсу **фізики** є вкрай необхідними знаннями в процесі вивчення *матеріалознавства та технології матеріалів*.

Вкрай необхідні знання і з хімії: **періодична таблиця елементів** Д.І. Менделєєва, **взаємодія металів з агресивним середовищем, корозія** тощо.

1.2 Рекомендована література

Основна література:

- 1 Атаманюк В.В. Технология конструкционных материалов. – К.: Кондор, 2006. – 528 с.
- 2 Попович В., Попович В. Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство. – Львів: Вид-во “ Світ ”, 2006. – 624 с.
- 3 Никифоров В.М. Технология металлов и конструкционные материалы. – Машиностроение, 1987. – 364 с.
- 4 Моїсеєнко Л.Л. Матеріалознавство та технологія матеріалів. – Херсон: ХДМА, 2015. – 352 с.

Додаткова література:

- 5 Гарнець В.М. Матеріалознавство: Підручник. – К.: Кондор, 2009. – 348 с.
- 6 Сологуб М.А. Технологія конструкційних матеріалів. – К.: Вища школа, 2002. – 374 с.
- 7 Технология конструкционных материалов: Учебник / Г.А. Прейс, Н. А. Сологуб, И.А. Рожнецкий и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Выща шк., 1991. – 391 с.: ил.

1.3 Вчені - матеріалознавці



П. П. Аносов

**Аносов Павло Петрович
(1799-1851)**

Вперше застосував мікроскоп при дослідженні структури сталі; встановив закон матеріалознавства: залежність між властивостями і структурою, відкрив секрет виготовлення булатних клинків, відкрив газову цементацію сталі



Д. К. Чернов

**Чернов Дмитро Костянтинович
(1839-1921)**

Основоположник сучасного металознавства. В 1868 р. відкрив критичні точки сталі і встановив зв'язок між ними і змінами в її структурі і властивостях; в 1878 р. дав науковий опис кристалізації сталі, пороків злитків та явища ліквіації

1.3 Вчені - матеріалознавці



Н. Н. Бенардос

**Бенардос Микола Миколайович
(1842-1905)**

Видатний винахідник зварювання. В 1882 р. застосував електродуговий розряд для зварювання і різання металів з використанням вугільного електроду, запропонував зварювання під водою, розробив проект ГЕС змінного струму



Н. Г. Славянов

**Славянов Микола Гаврилович
(1854-1897)**

В 1888 р. розробив і застосував спосіб електродугового зварювання металевим електродом, що плавиться. Вперше використав для зварювання електричні генератори, автоматичний регулятор довжини дуги

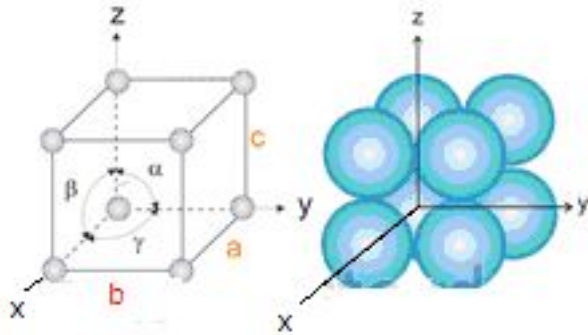
1.4 Кристалічна будова металів

Метали – кристалічні тіла. Їх атоми розташовані в геометрично правильному порядку і утворюють **кристали**. В просторі атоми металів утворюють кристалічну решітку.

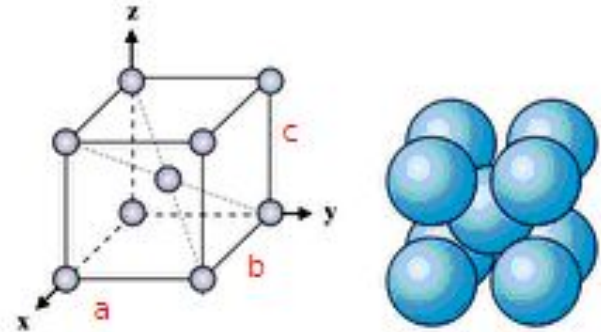
Кристалічні решітки металів. Більшість металів утворюють одну з найбільш розповсюджених наступних високосиметричних **кристалічних решіток** із щільною упаковкою атомів (іонів):

- **просту кубічну** (1),
- **ГЦК – гранецентровану кубічну** (2),
- **ОЦК – кубічну об'ємноцентровану** (3),
- **ГПУ – гексагональну щільно-упаковану** (4)

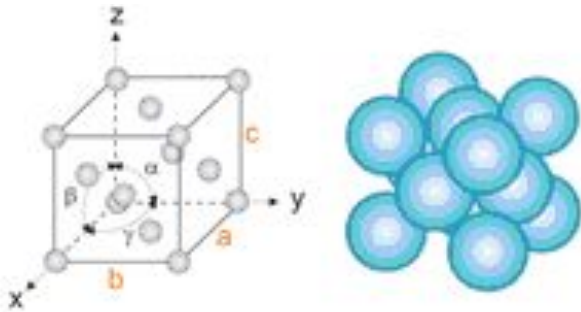
1.4 Кристалічна будова металів



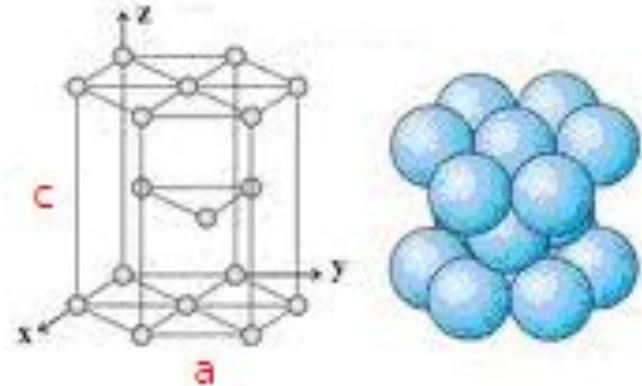
Проста кубічна кристалічна решітка



Об'ємноцентрована кубічна кристалічна решітка (ОЦК)



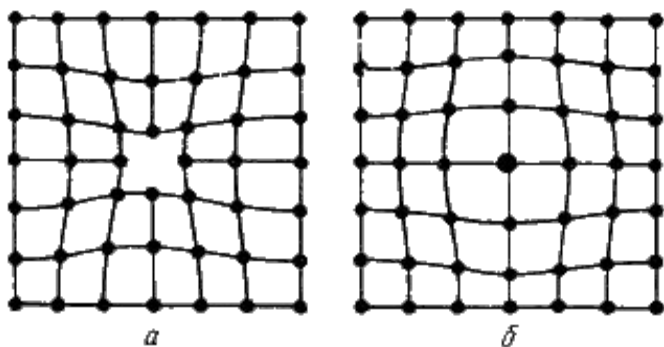
Гранецентрована кубічна кристалічна решітка (ГЦК)



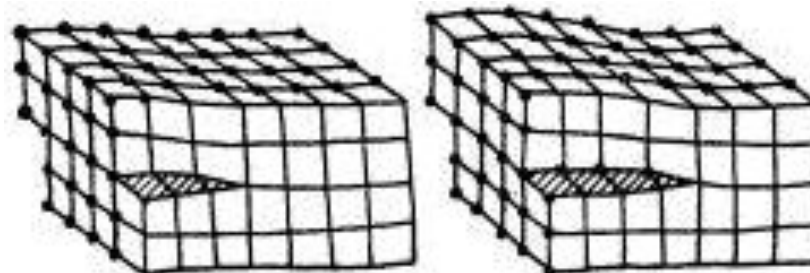
Гексагональна щільноупакована кристалічна решітка (ГПУ)

1.4 Реальна будова кристалів

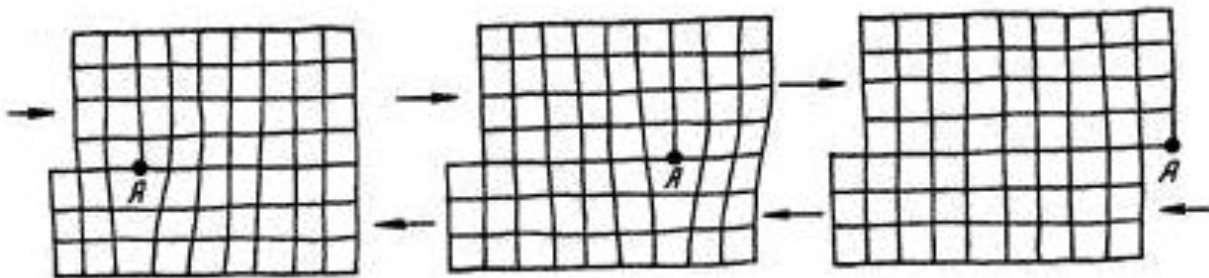
Реальна структура кристалів відрізняється від ідеальних наявністю в них дефектів: точкових, лінійних та поверхневих



Точкові дефекти:
вакансії, між вузлові атоми



Лінійні дефекти:
гвинтова дислокація



Лінійні дефекти: крайова дислокація



Границі зерен

1.5 Поняття про агрегатні стани речовин, алотропія

В різних площинах кристалічної решітки атоми розташовані з **різною щільністю** і отже, певні **властивості** кристалів в різних напрямках **різні**, що і обумовлює **анізотропію** властивостей кристалів.

Речовина в залежності від зовнішніх умов – **температури, тиску** – може знаходитися в різних **агрегатних** станах (твердий, рідкий, газоподібний).

Здатність металів у твердому стані мати **різну кристалічну будову** при різних температурах, а отже і різні властивості при цих температурах, називається **алотропією** або **поліморфізмом**

1.5 Алотропні перетворення в металах

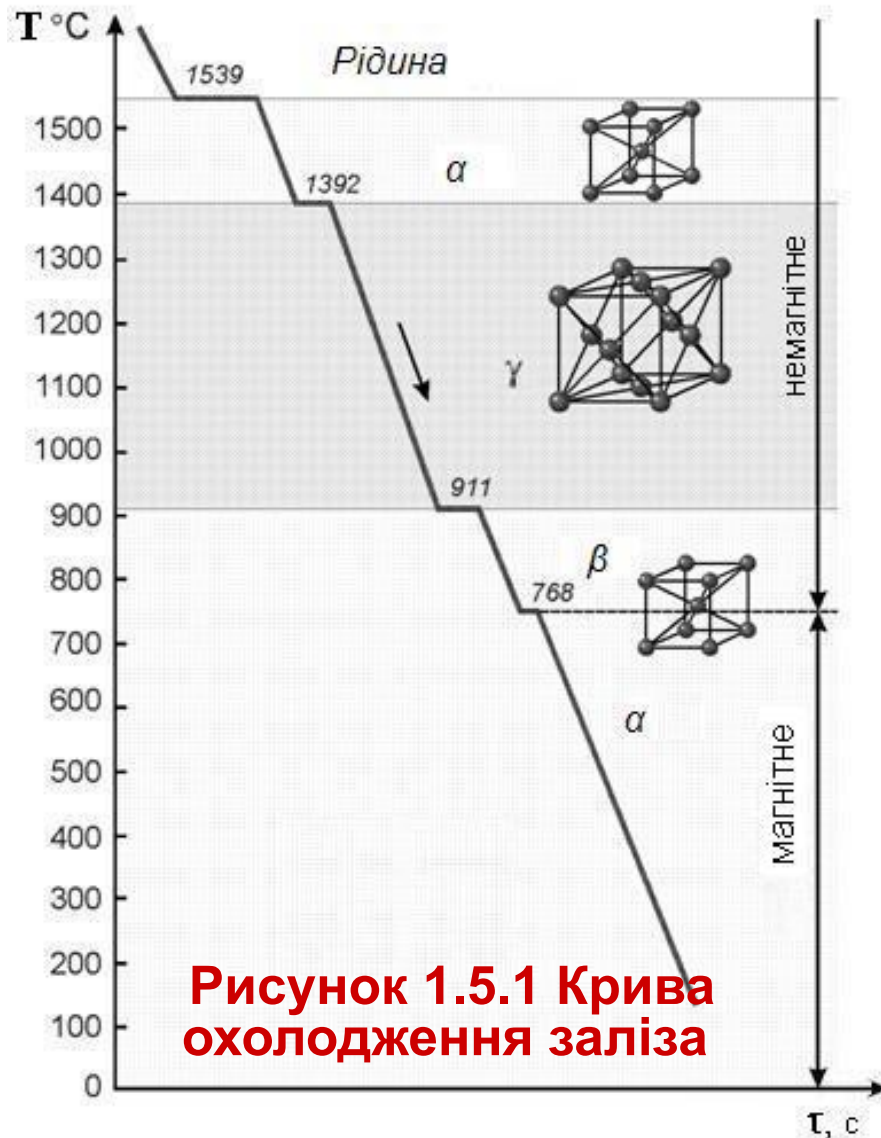


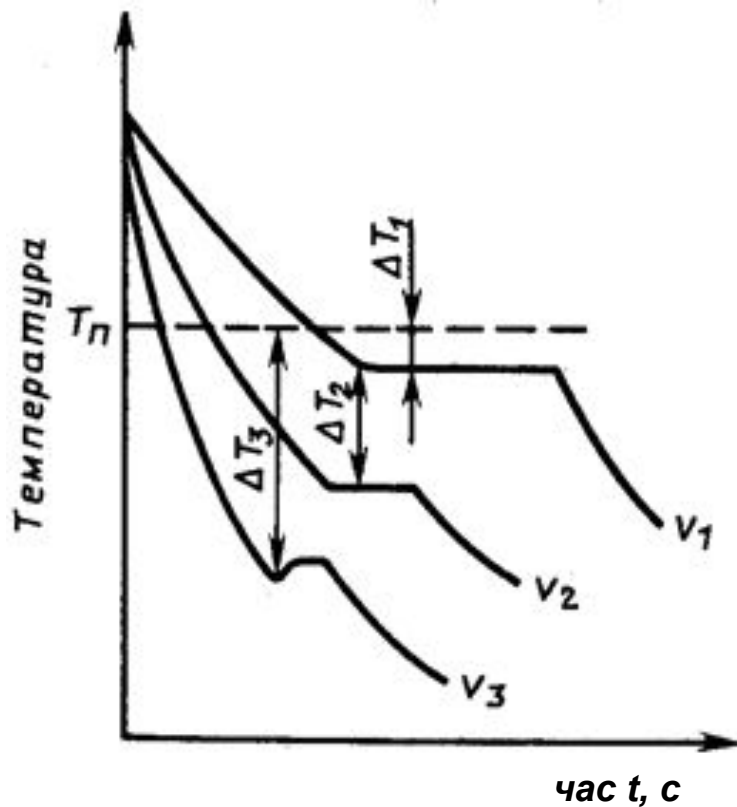
Рисунок 1.5.1 Крива охолодження заліза

На **кривій охолодження** заліза (рисунок 1.5.1), **горизонтальні ділянки** саме і характеризують **незмінність температури протягом часу фазових перетворень** при охолодженні.

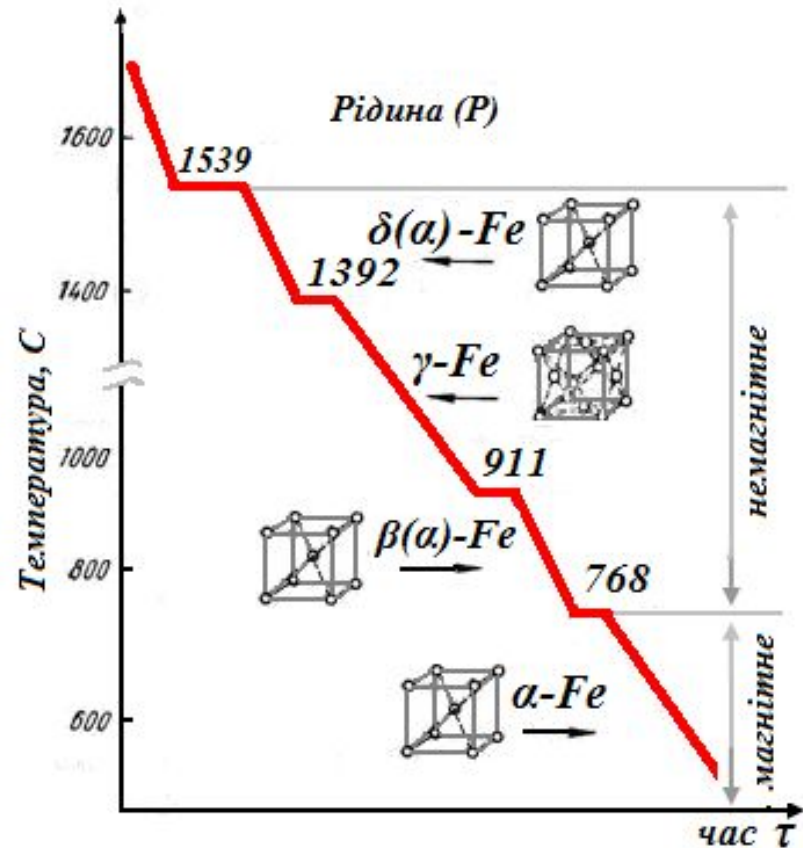
Це свідчить про те, скажімо, що **при кристалізації** металів виділяється **прихована тепла енергія**

1.6 Кристалізація металів

Процес переходу із рідкого стану в твердий зветься **первинною кристалізацією**



Криві кристалізації металу



Крива охолодження заліза

1.6 Кристалізація металів

Механізм кристалізації складається з двох елементарних процесів: утворення зародків (центрів) кристалізації та ріст цих центрів

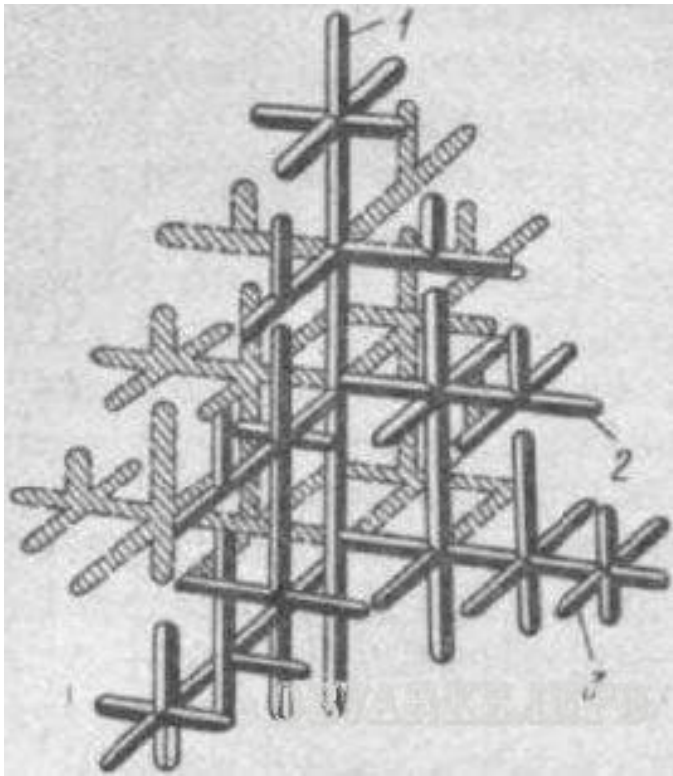
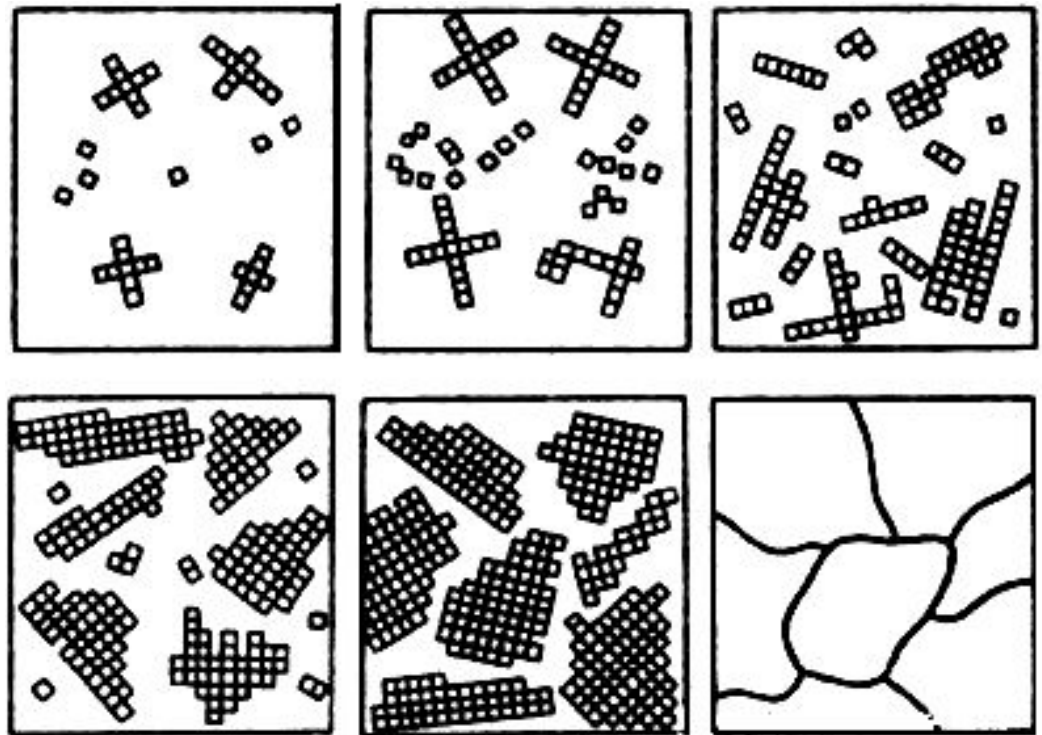


Схема дендритного росту кристалів



Послідовні етапи кристалізації металу

1.6 Регулювання процесу кристалізації

- **Величина зерен** і **їх кількість** в кінці кристалізації залежать від **швидкості** зародження (кількості центрів) і росту кристалів, які в свою чергу, визначають **швидкість охолодження** металу, що затвердів.
- З підвищенням **швидкості охолодження** число зародків зростає у більшій степені, ніж швидкість їх росту, тому **розмір зерен** в металі **зменшується**, чим і пояснюється зміна механічних властивостей.
- Отже, **створення необхідних властивостей** металу можна здійснювати шляхом **регулювання процесу кристалізації**, тобто за рахунок **зміни швидкості** його **охолодження**.

1.7 Характеристика основних груп властивостей металів

Всі метали можна характеризувати фізичними, хімічними, технологічними та механічними властивостями.

- До **фізичних** властивостей відносять *колір, густину, температуру плавлення, електро- та теплопровідність, теплоємність, магнітні властивості, розширення та стиснення* при нагріванні, охолодженні та фазових перетвореннях.
- До **хімічних** – *окислюваність, розчинність, корозійну стійкість, жаротривкість.*
- До **технологічних** – *прожарюваність (прогартуваність), рідкотекучість, зварюваність, оброблюваність* тиском і різанням.

1.7 Характеристика основних груп властивостей металів

Механічні властивості характеризують реакцію металів при зовнішньому впливі на них навантаження, тобто як реагують метали на різні за величиною і характером навантаження, що діють на них.

До **механічних** відносять низку властивостей металів та відповідних їм характеристик, зокрема, наступних.

1.7 Характеристика основних груп властивостей металів

До **механічних** відносять низку властивостей, зокрема:

- **міцність** – здатність матеріалу *опиратися руйнуванню* та появі *залишкової деформації* під впливом зовнішніх сил;
- **твердість** – здатність матеріалу *опиратися впровадженню* в нього іншого, більш твердого тіла;
- **пружність** – властивість матеріалу *відновлювати* свою форму після припинення дії зовнішніх сил, що викликали деформацію;
- **пластичність** – властивість металів *деформуватися* під дією зовнішньої сил *не руйнуючись* та *зберігати залишкову деформацію*; це дає можливість обробляти їх тиском (кувати, прокатувати, волочити).

1.7 Характеристика основних груп властивостей металів

- **в'язкість** – здатність матеріалу *поглинати механічну енергію* і при цьому проявляти значну пластичну деформацію аж до руйнування. В'язкість є властивістю, зворотною *крихкості*.
- **зносостійкість** називається здатність металу *не зношуватись* у процесі переміщення поверхонь деталей, що притискаються одне до одного.
- **витривалість** називається здатність металу *не руйнуватись* під впливом *знакозмінних* навантажень.

1.7 Характеристика основних груп властивостей металів

Для різних металів існують відповідні *характеристики* механічних властивостей. Так, *міцність* характеризується *межею міцності*, *пластичність* – *відносним видовженням* та *відносним звуженням*, *витривалість* – *кількістю* прикладених знакозмінних навантажень, *зносостійкість* – *зміню маси* або *товщини* зразка тощо.

За цими характеристиками можна судити про рівень опору матеріалу до різних за величиною і характером навантажень, порівнювати матеріали за їх властивостями.

1.8 Напруги, що виникають в металах при дії на них навантажень

Деталі машин працюють під навантаженнями різного виду: постійно діючими в одному напрямку, ударними та змінними за величиною і напрямком.

Зовнішнє навантаження, що діє на метал, створює в ньому **напругу**, яка залежить від величини прикладеної сили P та площі поперечного перерізу F тіла і визначається наступним співвідношенням:

$$\sigma = \frac{P}{F}$$

1.9 Поняття про пружну і пластичну деформацію

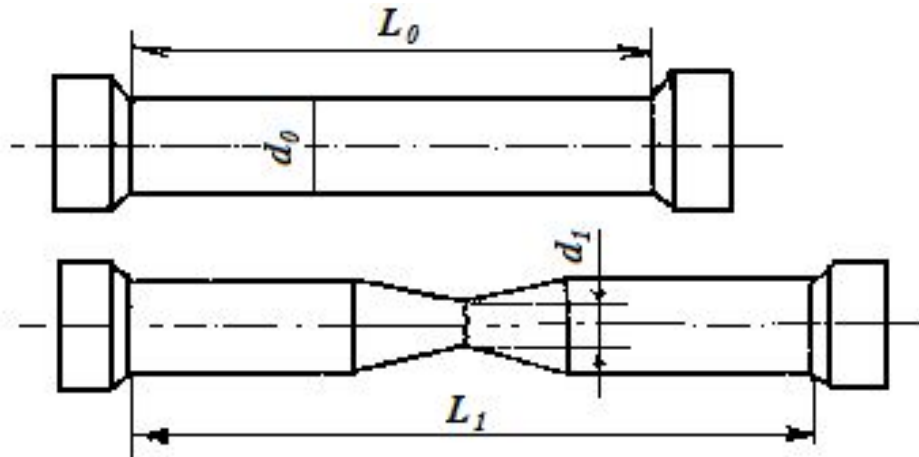
Зміна розмірів і форми тіла внаслідок дії прикладених сил зветься **деформацією**.

Пружною деформацією вважається така, вплив якої на форму, структуру і властивості тіла **повністю зникають** після припинення дії зовнішніх сил.

Деформація, що забезпечує **залишкову зміну форми, розмірів і властивостей** тіла, зветься **пластичною**.

1.10 Визначення міцності металів

Міцність характеризується найбільшим навантаженням, що передуює руйнуванню зразка, зветься **часовим опором розриву** (межею міцності) σ_v :



$$\sigma_v = \frac{P_{\max}}{F_0}$$

де P - максимальне навантаження на розрив, кГ

1.10 Визначення пластичності металів

Пластичність металів, характеризується **відносним видовженням δ** :

$$\delta = \frac{l_k - l_0}{l_0} \cdot 100\%,$$

де l_k – довжина зразка після розриву, м;
 l_0 – початкова довжина зразка, м.

Оцінити пластичність металу можна і за **відносним звуженням ψ** площі поперечного перерізу циліндричного зразка в місці розриву:

$$\psi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} \cdot 100\%$$

де F_0 – початкова площа поперечного перерізу зразка, m^2 ;
 F_1 – площа поперечного перерізу зразка в місці розриву, m^2 .

1.11 Визначення твердості металів

Твердість є однією з важливих механічних характеристик металів

Твердість визначають різними статичними методами, зокрема, *методом Бринелля*, *методом Роквелла*, *методом Віккерса*, а також шляхом визначення *мікротвердості*, та *динамічними методами* за допомогою вимірювальних приладів – **твердомірів**.

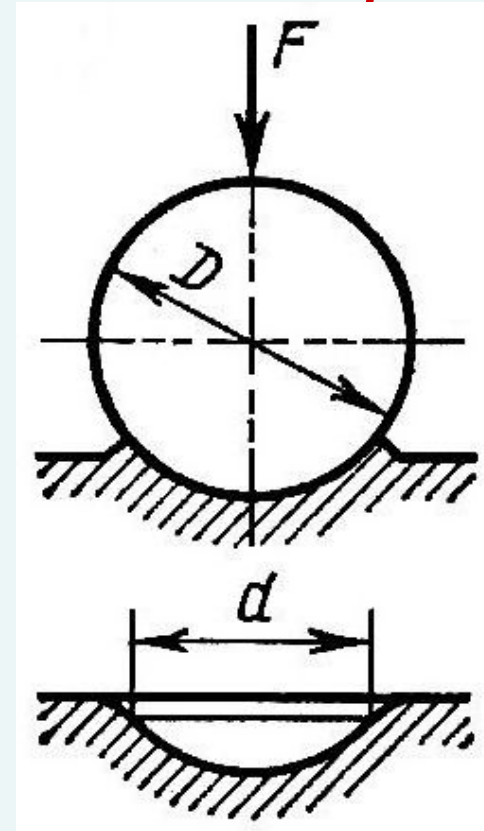
1.11 Визначення твердості металів

За методом Бринелля у плоску поверхню металу під постійним навантаженням P вдавлюється *стальна загартована кулька* діаметром D (10; 5; 2,5 мм).

В результаті на поверхні зразка залишається *відбиток* у формі кульового сегмента діаметром d , мм.

Твердість за Бринеллем визначають за *діаметром*

Схема визначення твердості методом Бринелля



$$HB = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

1.11 Визначення твердості металів

За метод Роквелла

твердість визначається за переміщенням **наконечника індентора**.

Наконечником індентора служить **алмазний конус** з кутом при вершині 120° або кулька з карбіду вольфраму (або загартованої сталі) діаметром $D = 1,588 \text{ мм}$ (1/16 дюйма).

Загальне навантаження

становить: $P = P_0 + P_1$,
де **попереднє**

навантаження становить:
 $P_0 = 10 \text{ кг}$

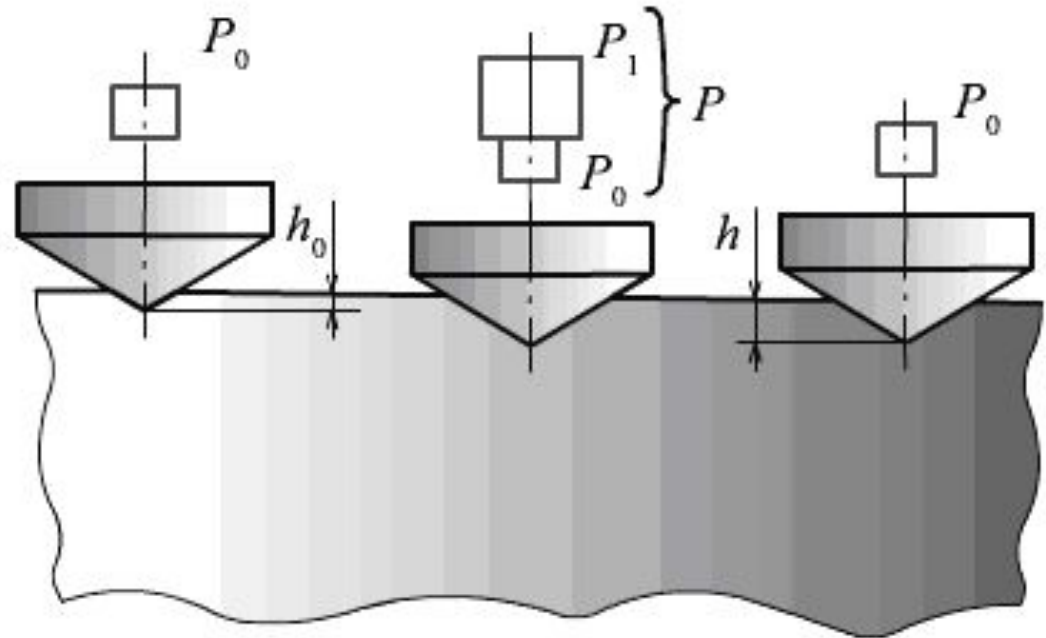


Схема визначення твердості методом Роквелла

1.11 Визначення твердості металів

За методом Віккерса, де в якості *індентора* використовують **алмазну чотиригранну піраміду** з кутом при вершині 136° , з навантаженням на неї від 1 до 100 кГ, можна визначати твердість як *м'яких*, так і *дуже твердих* металів і сплавів та, зокрема, *мікротвердість*, тобто твердість в межах *одного зерна*.

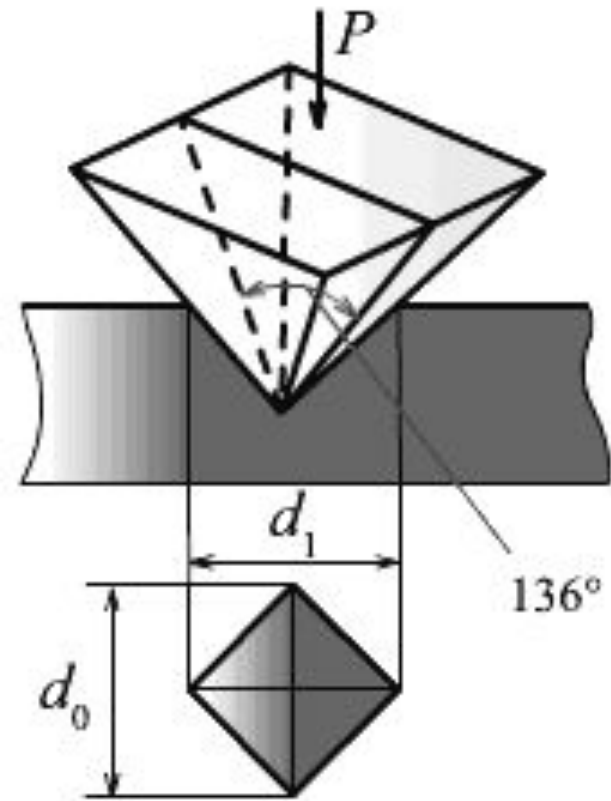


Схема визначення твердості методом Віккерса

1.11 Визначення твердості металів

Твердомір NOVOTEST Т-Д2 з динамічним датчиком.

Зазначений універсальний твердомір дає змогу вимірювати *твердість* металів і сплавів за шкалами твердості **Роквелла** (HRC), **Бринелля** (HB) і **Віккерса** (HV), а також *поверхневого шару* металу, підданого наплавленню, напиленню, механічній, термічній і іншим видам обробки. Такий контроль твердості недоступний для стаціонарних твердомірів, які під дією навантажень наче «продавлюють» поверхневий шар.

Твердомір NOVOTEST Т-Д2 з динамічним датчиком дозволяє проводити *експрес-аналіз твердості* виробів безпосередньо на місці експлуатації або виробництва виробів в цехових, лабораторних і польових умовах, наприклад, в машинобудуванні, енергетиці, суднобудуванні, на різних видах транспорту, при виконанні та оцінці якості ремонтних робіт тощо.

1.11 Визначення твердості металів

Твердомір NOVOTEST Т-Д2 з

динамічним датчиком включає у свій склад електронний блок і приєднаний перетворювач. Кнопки управління знаходяться на передній панелі приладу, де розташований графічний **індикатор**.



Перетворювач динамічного принципу дії реалізує метод відскоку, заснований на визначенні твердості за **відношенням швидкостей удару і відскоку бойка**, що знаходиться всередині перетворювача. На **кінці бойка** розташована твердо-сплавна **кулька**, що безпосередньо контактує з контрольованою поверхнею в момент удару.

1.11 Визначення твердості металів

Принцип роботи **твердоміра з динамічним датчиком** (NOVOTEST T-D2): **бойок**, при натискуванні спускової кнопки за допомогою попередньо **зведеної пружини**, викидається на поверхню, що вимірюється. При цьому бойок переміщується всередині котушки індуктивності і своїм **магнітним полем індукує** в ній **електрорушійну силу** (ЕРС). Сигнал з виходу котушки подається на вхід електронного блока, де перетворюється в значення твердості вибраної шкали і виводиться на дисплей.

1.12 Визначення технологічних властивостей металів

Технологічні властивості металів і сплавів характеризують їхню здатність піддаватися різним способам **гарячої і холодної обробки**: **ковкості, литтю, зварюванню, різанню та ін.**

Ковкість - здатність металів без руйнування піддаватись обробці **тиском** (кування, штампування, прокатування та ін.).

Ливарність - здатність металів забезпечувати **рідкотекучість** при заповненні форми для виготовлення виробу ливарним способом.

Зварюваність - здатність металу давати міцні **з'єднання** місцевим нагріванням їх до розплавленого стану з наступним охолодженням.

Оброблюваність різанням - здатність металів піддаватись обробці **різальними інструментами** (точіння, фрезерування, свердління та ін.).