

Технологія матеріалів: Лекція 3

Основи теорії та технологія спрямованої зміни властивостей матеріалів. Поверхневе зміцнення

Мета: Формування у курсантів *компетентностей* з питань:

- суті, класифікації видів та призначення термічної обробки;
- основних операцій, режимів та технології їх виконання;
- поняття термомеханічної обробки;
- поняття хіміко-термічної обробки;
- поверхневого зміцнення металів та одержаних при цьому властивостей.

Література:

[1. с.245 - 290; 2. с. 157 – 197; 3. с. 18 – 23; 4. с. 55–67;
5. с. 223 – 340; 6. с. 89 – 107; 8. с. 58 – 67]

План лекції 3

- 3.1 Значення термічної обробки в суднобудуванні та машинобудуванні.
- 3.2 Основи теорії термічної обробки матеріалів.
- 3.3 Класифікація видів термічної обробки.
- 3.4 Явища, що супроводжують процес нагрівання металу.
- 3.5 Характеристика операцій термічної обробки: відпалювання, нормалізація, загартування, відпуск.
- 3.6 Поняття про термомеханічну обробку металів.
- 3.7 Поняття про хіміко-термічну обробку металів.
- 3.8 Поняття про поверхневе зміцнення металів.

3.1 Термічна обробка та її значення

Термічна обробка металів і сплавів полягає у зміні їх структури та властивостей при **нагріванні, витримці і охолодженні** з дотриманням встановлених режимів.

Термообробка застосовується як **проміжна** і як **заклучна** операції. **Проміжна** операція термообробки дозволяє **покращити технологічні властивості** металів і сплавів (оброблюваність різанням, тиском і ін.), а **заклучна** – призначена для **формування властивостей** готових виробів.

3.2 Основи теорії термічної обробки матеріалів

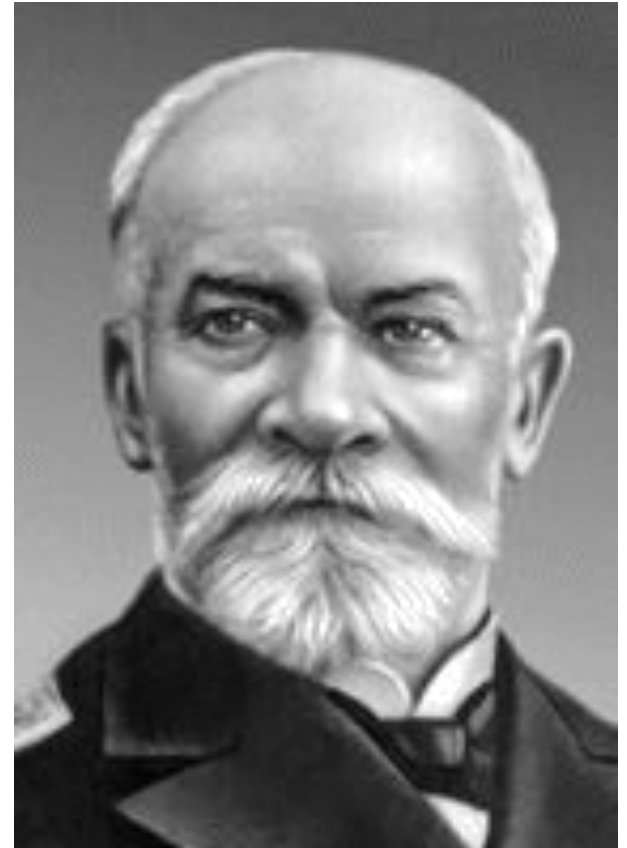
Теоретичними засадами термічної обробки металів являється **загальна теорія фазових перетворень**, що відбуваються в металах і сплавах при нагріванні і охолодженні.

Сутність термічної обробки полягає у **нагріванні** металу (виробу) до певної температури, **витримці** при цій температурі і наступному **охолодженні** з різною швидкістю.

Отже, **основними чинниками**, що визначають режими термічної обробки матеріалу, є **температура** нагрівання, **час** витримки і **швидкість** охолодження.

3.2 Основи теорії термічної обробки матеріалів

Особлива роль у розвитку теорії **термообробки** належить російському металургу і винахіднику **Д. К. Чернову**, який вперше встановив, що **властивості** сталей залежать від їх **структури**, яка визначається **температурою** нагрівання і **швидкістю** охолодження.



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

3.3 Класифікація видів термічної обробки

Види термічної обробки

(запропоновано акад. А. А. Бочваром)

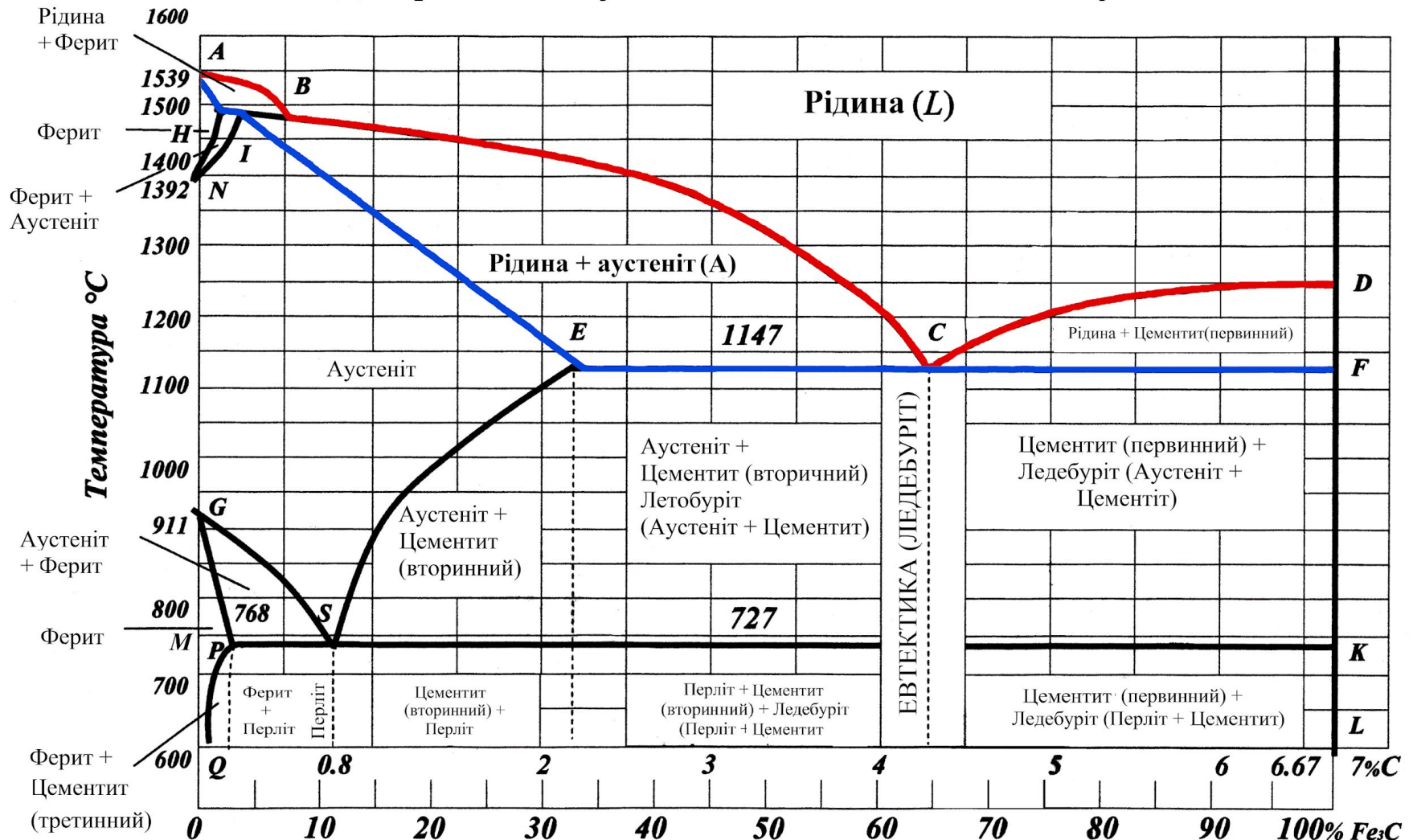
Власне термічна обробка
(чинники: температура та швидкість охолодження)

Термомеханічна обробка
(чинники: температура та механічні навантаження)

Хіміко-термічна обробка
(чинники: температура та зміна хімічного складу)

3.4 Діаграма стану залізо-цементит

Діаграма стану сплавів системи залізо-вуглець



3.4 Перетворення в евтектоїдній сталі в процесі її нагрівання

Нагрівання евтектоїдної сталі (0,8 % C) до температури, вище за точку **S**, приводить до утворення з **перліту** структури **аустеніту** (див. діаграму). При повільному охолодженні сталі, після її нагрівання вище критичної точки **A₁** (727 °C) відбувається розпад **аустеніту** на **ферито-цементитну суміш** (**перліт**).

Таке перетворення складається з двох процесів, що відбуваються одночасно: 1) **переходу Fe_γ в Fe_α** – **алотропічне перетворення заліза** – бездифузійний процес і тому протікає **миттєво**, 2) **утворення карбіду заліза Fe_3C (цементиту)** – дифузійний, пов'язаний з виходом атомів вуглецю з твердого розчину, і для його завершення потрібний **певний час**.

Ферито-цементитні суміші, утворені при **різних швидкостях охолодження**, відрізняються **величиною зерен**, тобто ступенем дисперсності і, отже, своїми **механічними властивостями**.

3.4 Перетворення в евтектоїдній сталі в процесі її нагрівання

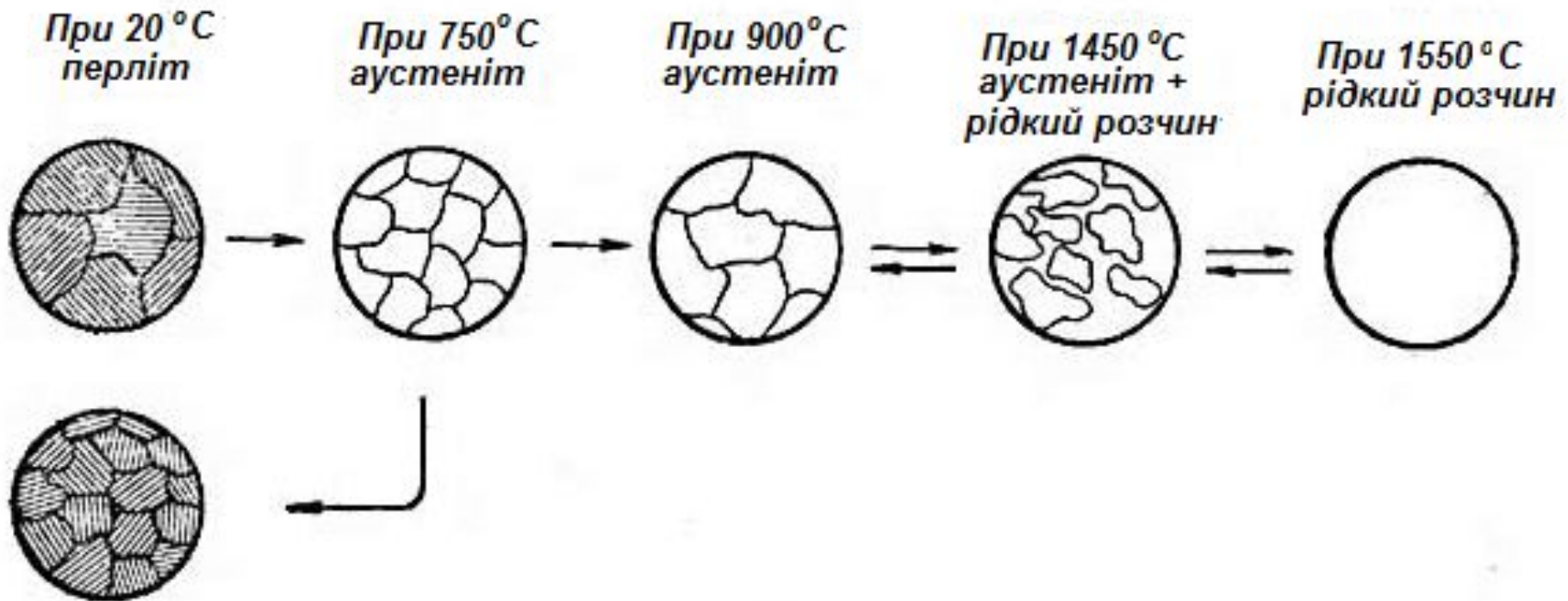


Схема структурних перетворень в сталі У8 при нагріванні та повільному охолодженні

3.5 Характеристика операцій термічної обробки

Види операцій термічної обробки

Відпал (зниження **твердості**, збільшення **пластичності** і **в'язкості** та поліпшення **оброблюваності** сталі): **нагрівання** сталі до певної температури, **витримка** при цій температурі і повільне **охолодження** разом **з піччю**.

Нормалізація (підвищення **міцності** і **твердості** порівняно з відпалом; допоміжна операція перед загартуванням): як і відпал, але **охолодження** проводиться **на повітрі**.

Загартування (суттєве підвищення **міцності** та **твердості**, але зменшення **ударної в'язкості**): **нагрівання** сталі до певної температури, **витримка** при цій температурі і швидке **охолодження у воду** або **масло**.

Відпускання (пом'якшує дію загартування, знімає або зменшує **внутрішні залишкові напруження**, підвищує **в'язкість**, зменшує **твердість** та **крихкість**): **нагрівання** до температури **нижче критичної**

3.5 Обладнання для термічної обробки

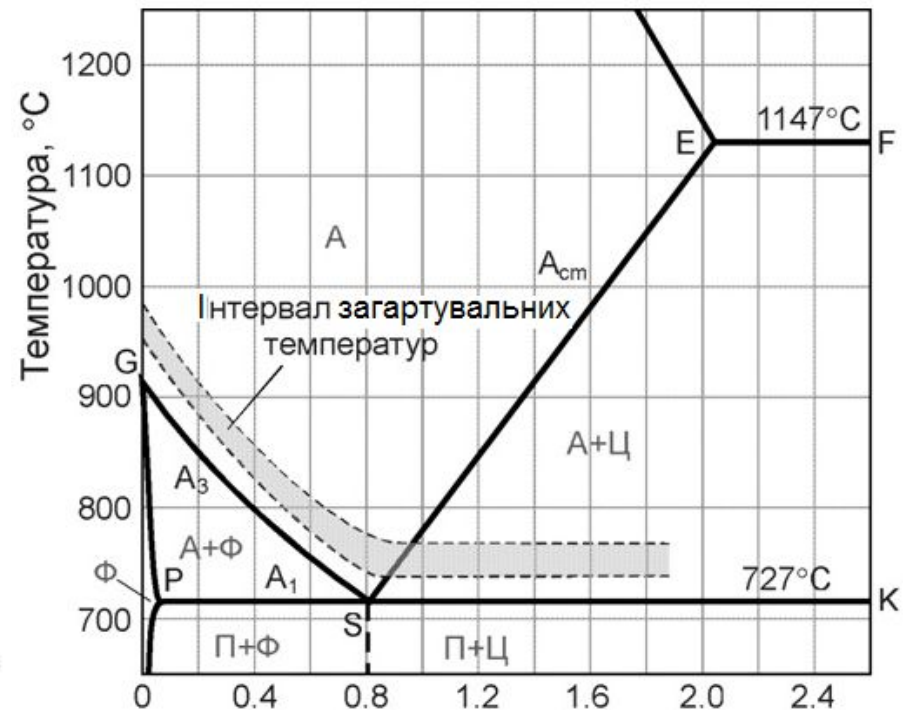


Термічна обробка (в **муфельних печах**, **індукційним нагріванням**)
заготовок деталей, ланцюгів, зубчастих коліс, кнехтів, тросів і ін.



3.6 Поняття про термомеханічну обробку сталі

Термомеханічна обробка (ТМО) полягає в поєднанні **пластичної деформації** сталі в аустенітному стані із її **загартуванням**. Розрізняють **високотемпературну (ВТМО)** і **низькотемпературну (НТМО)** термомеханічну обробку.



3.7 Поняття про хіміко-термічну обробку металів

Метою **хіміко-термічної обробки** є одержання **поверхневого шару** сталей, що володіє підвищеними **твердістю**, **зносоустійкістю**, **жаростійкістю** та **корозійною стійкістю**.

При **хіміко-термічній** обробці **змінюється хімічний склад** поверхневого шару деталей.

Механізм насичення металу полягає в:

- **адсорбції** атомів, що підводяться до виробу;
- **розчиненні** адсорбованих атомів в металі;
- **дифузії** розчиненої речовини в глибину оброблюваного виробу.

3.7 Поняття про хіміко-термічну обробку металів

Хіміко-термічна обробка – процес **хімічного** і **термічного** впливу на поверхневий шар сталі з метою зміни складу, структури і властивостей.

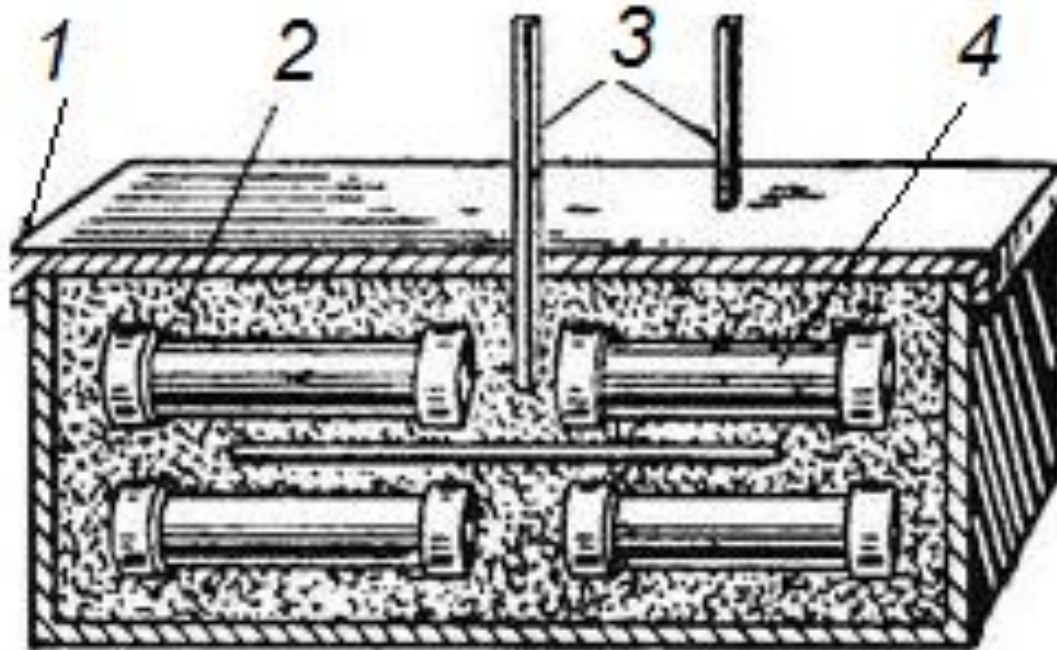
Насичення поверхневого шару **вуглецем** (**цементация** – 900-950 °C), **азотом** (**азотування** – 500-560 °C) або одночасно **вуглецем** і **азотом** (**ціанування** – 540-600 °C) підвищує твердість поверхні, її зносостійкість, корозійну стійкість, кислотостійкість тощо.



1 – устаткування для хіміко-термічної обробки, 2 – азотування в шахтній печі

3.7 Хіміко-термічна обробка металів

Існує два види цементації: **газова цементація** і **цементація твердим карбюризатором**. При цементації твердим карбюризатором застосовують **деревне вугілля** в суміші з **вуглекислими солями** — карбонатами (BaCO_3 , Na_2CO_3 , K_2CO_3 , CaCO_3 і ін.).



Упаковка деталей в цементацийний ящик:

1 – ящик, 2 – карбюризатор, 3 – «свідки», 4 – деталі
 $\text{BaCO}_3 + \text{C}$; $\text{BaO} + 2\text{CO}$; $3\text{Fe} + \text{C}$; Fe_3C .

3.7 Хіміко-термічна обробка сталі

Азотуванням називається процес насичення поверхневого шару сталі азотом. Метою азотування є створення **поверхневого шару** з особливо високою **твердістю**, **зносостійкістю**, підвищеною **втомною міцністю** і **опором корозії** у **водному середовищі**, пароповітряній і вологій атмосфері.

Процес азотування полягає у витримці протягом достатньо довгого часу (до 60 год.) деталей в атмосфері аміаку NH_3 при 500-600 °C.

Азотування проводять у камерних, шахтних, контейнерних або ковпакових печах, в які подають сухий аміак. В печі аміак розпадається на **водень** і **азот**. **Азот** і утворює нітриди легуючих елементів.

Активні **атоми азоту** проникають в решітку **α -заліза** і дифундують в ній. Нітрид заліза, що утворюється при цьому, ще не забезпечує досить високої твердості. Високу твердість азотованого шару додають нітриди легуючих елементів, перш за все хрому, молібдену, алюмінію. При спільному легуванні сталі хромом, молібденом, алюмінієм твердість азотованого шару зростає значніше, ніж при цементації.

3.8 Поняття про поверхневе

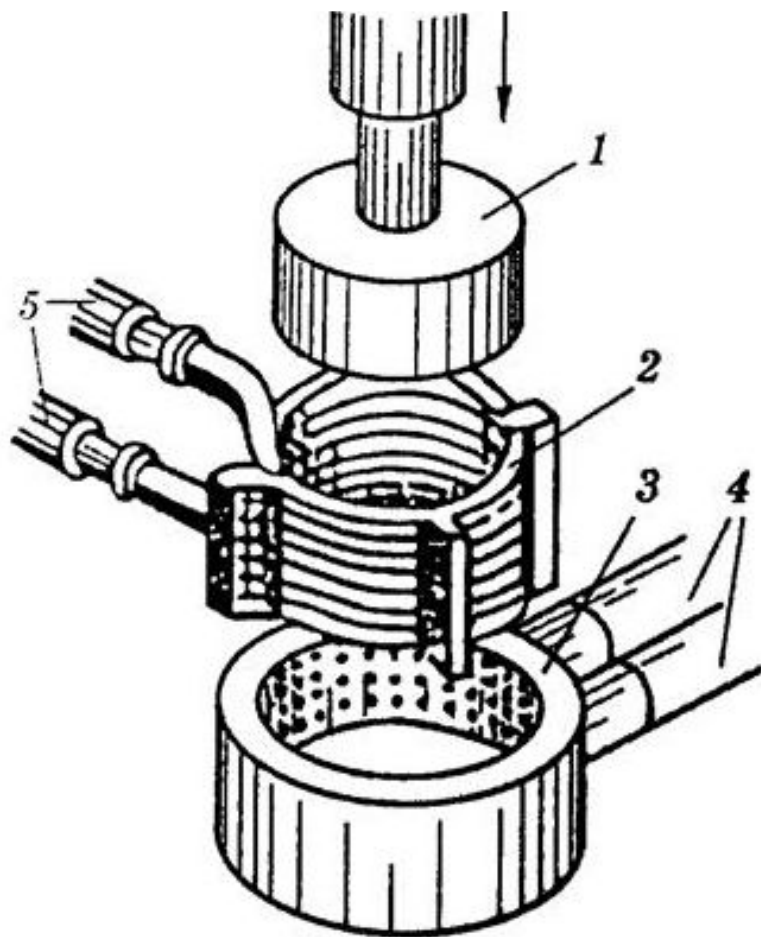
Багато деталей машин, що працюють на **тертя**, одночасно піддаються і дії **ударних навантажень**.

Такі деталі повинні мати **твердий зносостійкий поверхневий шар** і **в'язку серцевину**, щоб не руйнуватися під дією ударів.

Ця вимога може бути виконана застосуванням м'якої і в'язкої сталі поверхня якої, що піддається тертю, **зміцнюється** певним чином. Основними методами **поверхневого зміцнення** металів є:

- **поверхневе гартування** (ПГ)
- **хіміко-термічна обробка** (ХТО)
- **пластичне деформування** (ПД)

3.8 Поверхнєве зміцнення металів



**Схема індукційного нагріву
струмами СВЧ**

Оброблювальну деталь **1** для **поверхневого гартування** з **нагріванням струмом високої частоти (СВЧ)** встановлюють у середину котушки **індуктора 2**, який складається з одного або кількох витків мідної трубки **5**.

Через **індуктор 2** пропускають струм високої частоти і значної сили. При цьому в **поверхневому шарі** виробу виникають **вихрові струми**, які нагрівають лише поверхню виробу. Через трубки **4** вода підводиться до пустотілого кільця **3** (охолоджувача).

Для **поверхневого гартування** застосовують **вуглецеві сталі**, які містять майже 0,4...0,5 % С, рідше леговані (хромисті, хромонікепеві)

3.8 Дифузійна металізація

Дифузійна металізація – це поверхневе насичення металевих заготовок шляхом **дифузії** алюмінієм (**алітування**), **хромом** (**хромування**) та **кремнієм** (**силіціювання**).

Металеве покриття наносять **розпиленням порошковими сумішами** і витримують деякий час при **певних температурах**.

Дифузійна металізація підвищує **корозійну стійкість, жаростійкість**.

3.8 Дифузійна металізація

Поверхнєве насичення сталі і чавуну такими елементами як **Al, Cr, Zn, Si** і іншими елементами називають **дифузійним насиченням** металу.

Виріб, **поверхня** якого **збагачена** цими елементами, здобуває цінні властивості — **високу жаростійкість, підвищену зносостійкість, корозійну стійкість і твердість.**

Метали утворюють із **залізом** **тверді розчини заміщення**, тому дифузія їх значно менше ніж вуглецю чи азоту. Тому процеси дифузійної металізації ведуть більш **тривалий час** і при **високим температурах** (1000 – 1200 °C)