

Харківський національний  
автомобільно-дорожній університет  
Кафедра  
Технології металів та матеріалознавства



# ФІЗИЧНА СУТЬ ЗВАРЮВАННЯ

Лекція з дисципліни «Теорія зварювальних процесів»

Автор: к.т.н, доцент  
Петренко Андрей  
Николаевич

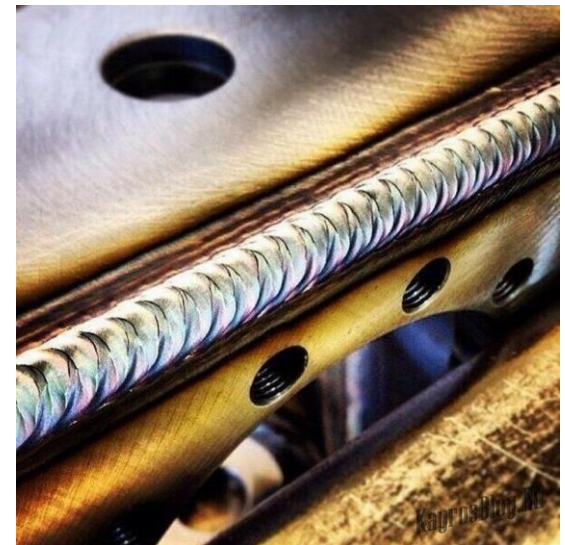
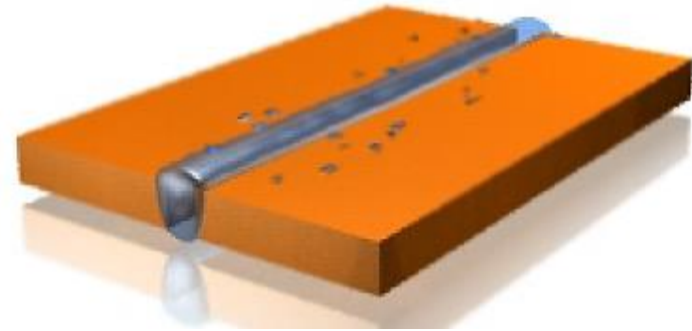
Lect\_1\_21MC\_TSP\_PAN\_06\_02\_2016

# План лекції

- Вступ
- Загальне визначення зварювального процесу
- Умови формування з'єднання
- Зварювання плавленням та зварювання тиском
- Термодинамічне визначення процесу зварювання
- Заключення

# Загальне визначення зварювального процесу

- Зварювання це такий спосіб нероз'ємного з'єднання деталей, при якому зчеплення виникає між частками з'єднаних поверхонь і в місці з'єднання відсутні поверхні розділу.
- Це означає, що між частками (атомами чи молекулами), які складають з'єднані тіла, повинні встановитись, відповідно, міжатомні або міжмолекулярні зв'язки, причому, таким чином, щоб поверхні розділу зникли (перестали бути об'єктивно спостережуваними).



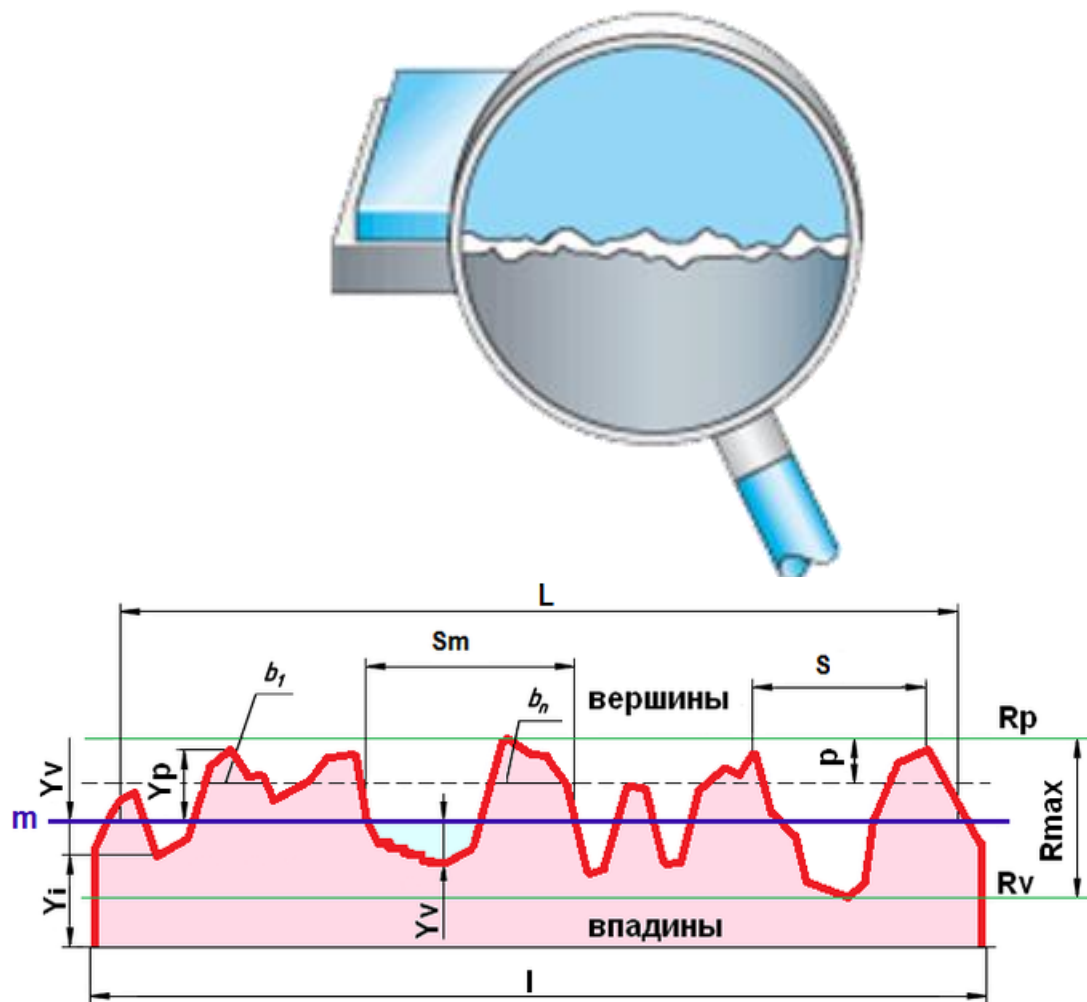
# Загальні умови формування з'єднання

Для виникнення сил міжатомного (міжмолекулярного) зчеплення необхідно виконати **певні умови**:

- а) поверхневі частки повинні бути **зближені** на відстань, порівняну з відстанями між частками з'єднуваних тіл {для металів це параметр кристалічної ґратки};
- б) поверхневі частки (атоми, молекули) повинні бути **активовані**: їм необхідно надати енергію, яка компенсує поверхневий натяг.

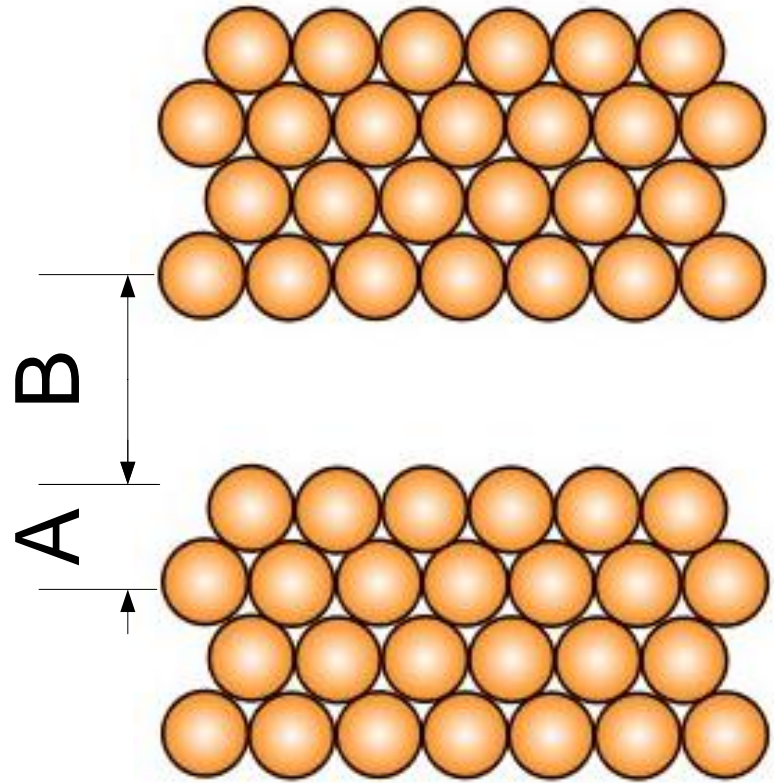
# Загальні умови формування з'єднання

- **Поверхні з'єднуваних деталей ніколи не бувають ідеально гладенькими і чистими. Насправді, вони завжди мають деякі нерівності (макронерівності, шорсткість, мікронерівності)**



# Загальні умови формування з'єднання

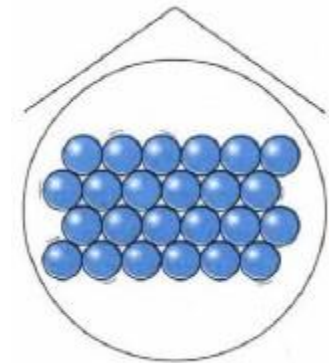
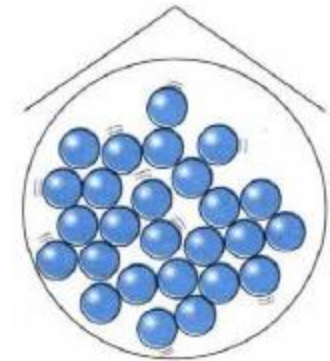
- Для встановлення сил міжатомних (міжмолекулярних) взаємодій ці нерівності необхідно подолати, сторонні домішки видалити і зблизити поверхневі частки з'єднуваних тіл на відстань ( $b$ ), сумірну з параметром кристалічної ґратки ( $a$ ):  $a \gg b$ . Все це потребує виконання певної роботи – енергетичних витрат.



# Загальні умови формування з'єднання

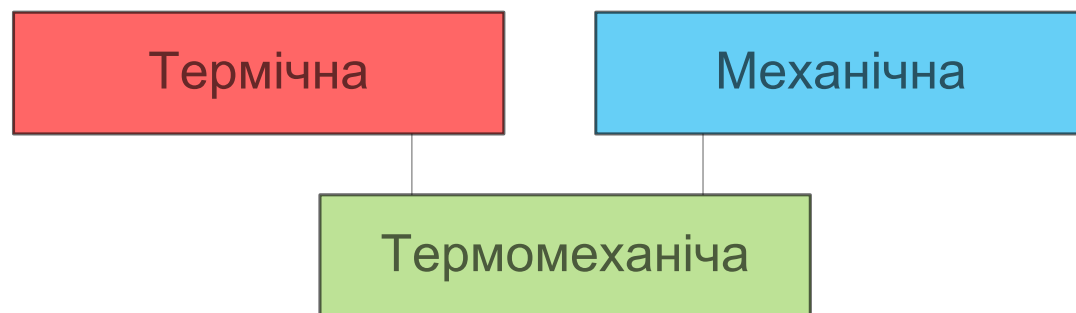
Таким чином, для виникнення взаємодії між частками з'єднаних поверхонь потрібно подолати значний енергетичний бар'єр.

- **У рідин з'єднання поверхневих атомів** або молекул легко досягається за рахунок рухомості часток і змочування (окремі краплини рідини легко об'єднуються в одну).
- **У твердих тіл з'єднання поверхневих атомів** чи молекул потребує значних енергетичних витрат, а також часто-густо застосування додаткових речовин.



# Зварювання плавленням та зварювання тиском

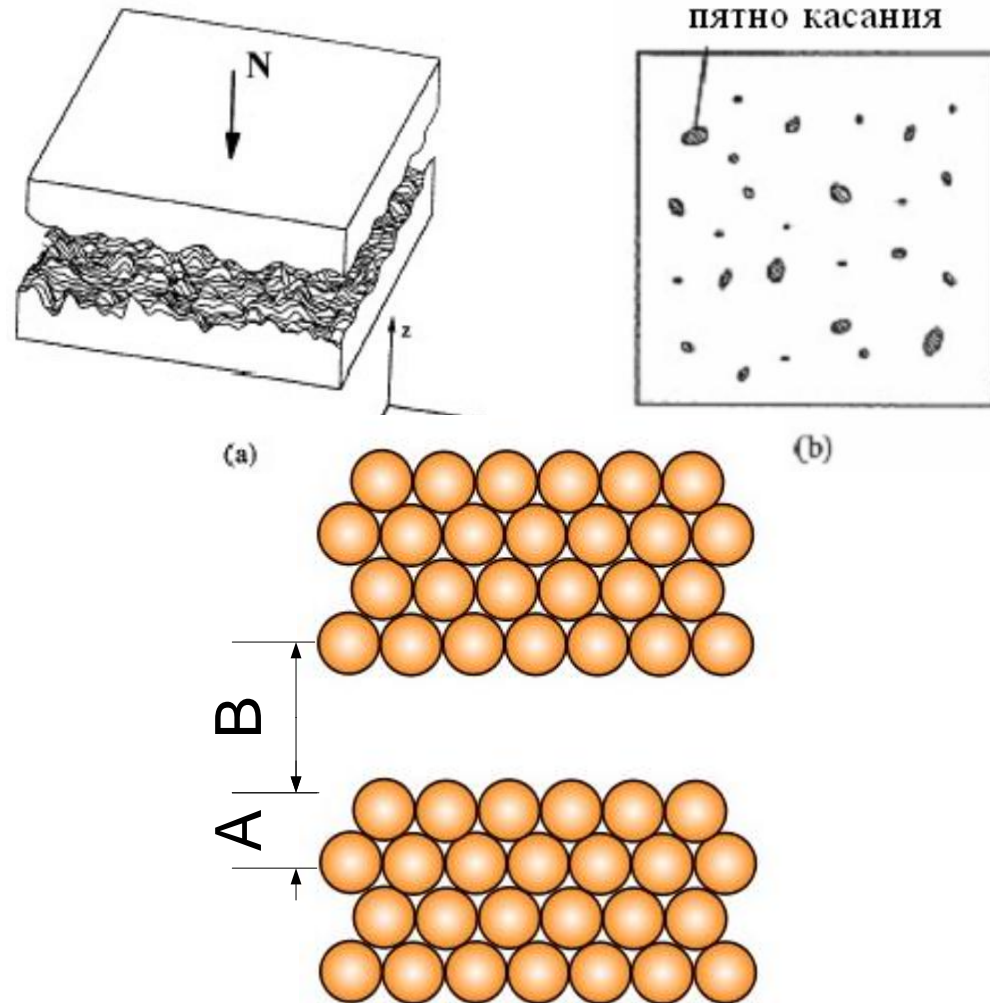
- Ознака класифікації по наявності стискання **притаманна тільки зварюванню**.
- По виду енергії, яка вводиться у виріб, всі зварювальні (і споріднені, включаючи паяння, різання, ін.) процеси можуть бути поділені на термічні, термомеханічні і пресово-механічні способи. Термічні процеси відбуваються без стискання (зварювання плавленням), інші – зазвичай зі стисканням (зварювання тисненням).
- Енергетичний аналіз показує, що практично **всі відомі** у наш час процеси зварювання металів здійснюються введенням тільки двох видів енергії – **термічної чи механічної, або їх поєднаннями**.





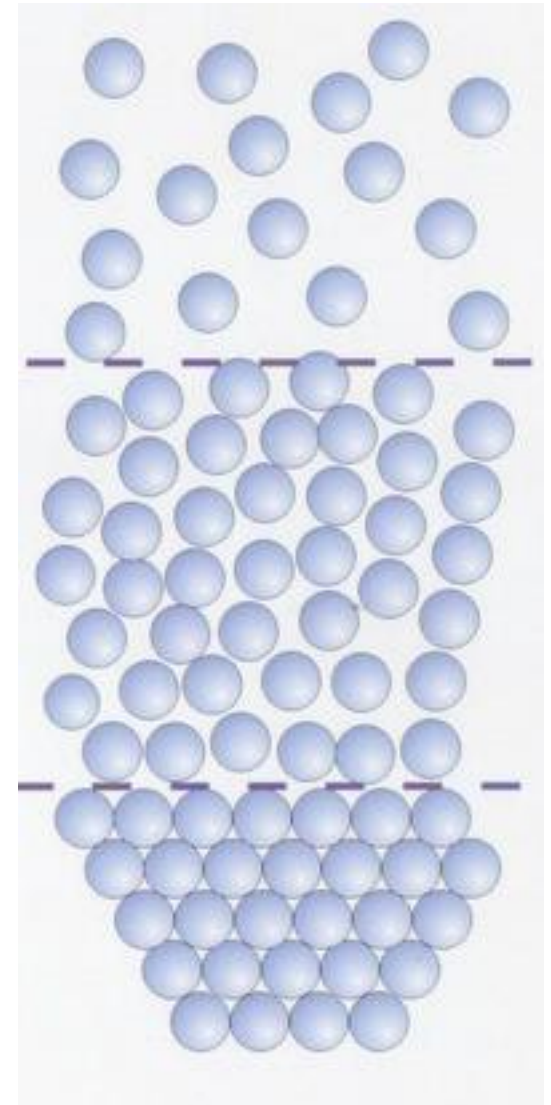
# Зварювання плавленням та зварювання тиском

- Термін «**зварювання тисненням**», який склався історично, не зовсім точний, тому що стискання - не єдина зовнішня дія в цьому випадку. У переважній більшості випадків зварювання тисненням необхідне й нагрівання також. З іншого боку, стискання необхідно завжди, коли при зварюванні відсутня ванна рідкого (розплавленого) металу, і зближення атомів (та їх активація) досягається внаслідок пружно-пластичної деформації матеріалу



# Зварювання плавленням та зварювання тиском

- У **рідин** з'єднання поверхневих атомів або молекул легко досягається за рахунок рухомості часток і змочування (окремі краплини рідини легко об'єднуються в одну).
- Це може бути:
  - а) **додаткова рідина** (використовується при паянні, склеюванні) – поверхня розділу при цьому зберігається, тому з'єднання не є зварним у повному розумінні цього терміну.
  - б) **розплавлення поверхонь** і взаємодія двох рідин з наступним затвердінням зони взаємодії – поверхня розділу при цьому зникає (зварювання плавленням)



# Зварювання плавленням та зварювання тиском

- ***Отже, дві речі необхідні для подолання енергетичного бар'єру при утворенні нероз'ємного зварного з'єднання:***

**Перше: *Нагрівання*** поверхонь з'єднуваних деталей.

**Друге: *Дотикання***, здавлювання або стискання з'єднуваних поверхонь (називається спеціальним терміном – ***осадка***).

*Нагрівання – компенсує енергію поверхневого натягу (визволяє частки з потенціальної ями), ослаблює зв'язки між частками, робить їх більш рухливими, надає матеріалу пластичності.*

*Осадка – створює пластичні деформації, викликає течію матеріалу вздовж з'єднуваних поверхонь, руйнує і видавлює назовні поверхневі оксиди та інші забруднення. Нагрівання і осадка доповнюють одне одного*

# Зварювання плавленням та зварювання тиском

Існують такі матеріали, які **неможливо** з'єднати зварюванням навіть теоретично.

Наприклад: **дерево, графіт** – ці матеріали не мають стадії плавлення - вони газифікуються раніше, ніж розплавляться. Таким чином, їхні поверхневі частки не можуть бути активовані до рівня, необхідного для виникнення сил міжатомного (міжмолекулярного) зчеплення.

З іншого боку, і руйнуються вони раніше, ніж сила осадки досягне величини, необхідної для міжатомної (міжмолекулярної) взаємодії.

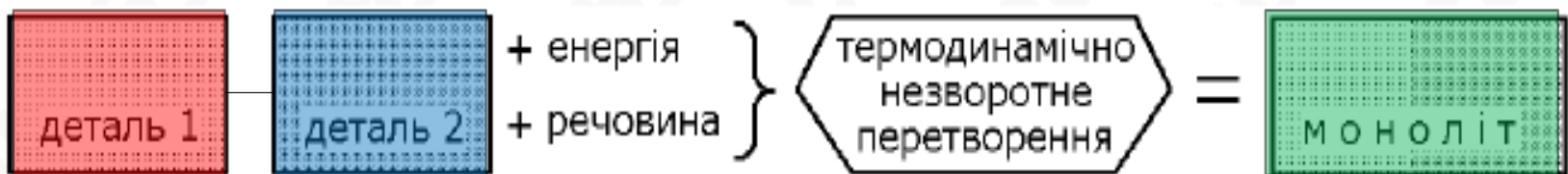
Деталі з таких матеріалів з'єднують у нероз'ємні з'єднання іншими способами – паянням, склеюванням, ін.



# Термодинамічне визначення процесу зварювання

Грунтуючись на наведених судженнях, можна дати таке визначення зварюванню, як термодинамічному процесу:

**Зварювання – це процес одержання нероз’ємного з’єднання шляхом введення і термодинамічно незворотного перетворення енергії і речовини в місці з’єднання таким чином, що між з’єднуваними деталями зникають поверхні розділу – утворюється моноліт.**



# Заклучення

- Можливість з'єднання твердих тіл досягаються **спеціальними прийомами**, якими активують поверхневі атоми.

## 1. Активація поверхневих атомів шляхом створення прошарку рідини між з'єднуваними поверхнями.

Це може бути:

- а) **додаткова рідина** (використовується при паянні, склеюванні) – поверхня розділу при цьому зберігається, тому з'єднання не є зварним у повному розумінні цього терміну.
- б) **розплавлення поверхонь** і взаємодія двох рідин з наступним затвердінням зони взаємодії – поверхня розділу при цьому зникає (зварювання плавленням).

## 2. Активація поверхневих атомів без розплавлення – нагріванням і стисненням – поверхня розділу при цьому зникає (зварювання тисненням, зварювання тертям).

# Питання для самоперевірки

1. Що називається зварюванням?
2. Що є головною характеристикою зварного з'єднання?
3. Чи можлива присутність в зварному з'єднанні поверхонь розділу?
4. Що потрібно для виникнення сил міжмолекулярного зв'язку?
5. Чому поверхневі частки не вступають у взаємодію при зближенні поверхонь?
6. Які причини зумовлюють виникнення енергетичного бар'єру при спробі з'єднанні двох поверхонь?
7. Як відбувається активація поверхневих атомів?
8. Чи потрібне обов'язкове розплавлення з'єднуваних поверхонь при зварюванні?
9. Що означає термін «осадка»?
10. Який зв'язок між нагріванням і осадкою при зварюванні?
11. Чому не можна зварювати деревину?
12. Чому не можна зварювати графіт?

# Рекомендована література

- **В.М. Коперсак Теорія процесів зварювання-1. Джерела зварювального нагрівання та теплові процеси при зварюванні. К., 2011. – 384 с.**
- Теория сварочных процессов. Под. ред. В.В.Фролова.- М.: Высш. шк., 1988.- 560 с.
- Багрянский К.В., Добротина З.А., Хренов К.К. Теория сварочных процессов.- 2-е изд. переработ.- Киев: Вища. шк., 1976.- 424 с.





# Кафедра технології металлов и матеріалознавства

**Петренко Андрей Николаевич**

**E-mail: [petrenkoandrew@mail.ru](mailto:petrenkoandrew@mail.ru)**

**г. Харьков, ул. Петровского, 25, ХНАДУ, КАФЕДРА ТМ и М  
Тел. 097-174-19-15**