

ЛЕКЦІЯ 1

КЛАСИФІКАЦІЯ МАТЕРІАЛІВ. ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛІВ

- 1 Поняття про метали та сплави. Їх класифікація.
- 2 Основні властивості металів.
- 3 Конструкційна міцність. Надійність. Довговічність.

1 Поняття про метали та сплави. Їх класифікація

Сучасна наука знає 105 хімічних елементів, з яких складаються різні матеріали. 83 хімічні елементи – метали, характерними ознаками яких є висока електропровідність, пластичність та особливий металевий блиск.



За рядом загальних ознак та властивостей чисті метали можна поділити на такі групи:

1 залізні (Fe, Ni, Co, Mn) – є основою при створенні сталей та спеціальних сплавів та мають властивість намагнічуватись у магнітних полях (ферромагнетики);

2 тугоплавкі (W, Ta, Mo, Nb, V, Zr, Cr) – мають температуру плавлення вищу, ніж у заліза (1539 °C), та часто застосовуються як домішки до залізних металів при отриманні спеціальних сталей та

сплавів;

3 легкоплавкі (Hg, Sn, Pb, Zn та ін.) - мають температуру плавлення нижче 500 °С;

4 легкі (Mg, Al, Ti та ін.) – мають щільність менше 5 г/см³;

5 лугоземельні (Li, K, Na, Rb та ін.);

6 благородні (Ru, Pd, Pt, Os, Au, Ag та ін.) – мають високу корозійну стійкість у атмосферних умовах;

7 рідкоземельні – лантан та лантаноїди;

8 уранові – уран та актиноїди.

Усі метали та сплави поділяють на дві основні групи:

чорні
залізо та сплави на його основі
(сталь та чавун)

кольорові
алюміній, хром, титан,
мідь та ін.

Кількість металів у земній корі не однакова. Перше місце посідає алюміній (8,8 % від маси земної кори), потім залізо (5,1 %), магній (2,1 %), титан (0,6 %). Усі інші метали містяться у сотих і тисячних частках відсотка і є рідкісними.

Найбільш широко у машинобудуванні застосовуються чорні метали. На основі заліза виготовляються не менше 90-95 % усіх конструкційних та інструментальних матеріалів.

Таке широке розповсюдження заліза та його сплавів пов'язане з великим вмістом його у земній корі, невеликою вартістю, високими технологічними та механічними властивостями. Вартість кольорових металів у декілька разів вище вартості заліза.

Для сучасного машинобудування й транспорту характерні постійно зростаючі навантаження та ускладнення умов експлуатації конструкцій. Це потребує створення нових сплавів, які б задовольняли такі умови. Кількість нових сплавів постійно зростає за рахунок застосування тугоплавких та рідких металів.

2 Основні властивості металів

Властивості металів та сплавів визначають галузь їх раціонального застосування для виготовлення деталей машин, механізмів, інструментів та ін.

Можливо виділити такі основні групи властивостей: фізичні, хімічні, механічні, технологічні, експлуатаційні.

До фізичних властивостей металів та сплавів відносять температуру плавлення, щільність, електричні, теплові та магнітні властивості.

Хімічні властивості визначаються здатністю металів хімічно взаємодіяти з іншими елементами та сполуками (наприклад корозійна стійкість).

Технологічними властивостями називаються властивості, які характеризують здатність матеріалу піддаватися різним засобам обробки (зварювання, лиття, різання). Тобто технологічні властивості необхідно знати при безпосередній переробці матеріалів у виріб.

Експлуатаційними називають властивості матеріалу, які впливають на поведінку виробу в процесі його експлуатації. З певною мірою умовності ці властивості можуть бути поділені на загальні, що враховуються для будь-яких виробів, незалежно від умов експлуатації, і спеціальні, які враховуються в спеціальних умовах експлуатації.

До загальних належать стандартні механічні властивості, що визначаються у відповідності до стандартів.

Спеціальні властивості – це властивості, головним чином обумовлені фізичними і хімічними властивостями.

- *Зносостійкість* – здатність матеріалу опиратися поверхневому руйнуванню під дією зовнішнього тертя.
- *Корозійна стійкість* – здатність матеріалу опиратися дії агресивних кислотних, лужних середовищ.
- *Жаростійкість* – це здатність матеріалу опиратися окислюванню в газовому середовищі при високій температурі.

- *Жароміцність* – це здатність матеріалу зберігати свої властивості при високих температурах.
- *Холодостійкість* – здатність матеріалу зберігати пластичні властивості при мінусових температурах.
- *Антифрикційність* – здатність матеріалу не втрачати свої лінійні та вагові розміри при низькому значенні коефіцієнта тертя та добре припрацьовуватися до іншого матеріалу.
- *Фрикційність* – здатність матеріалу не втрачати свої лінійні та вагові розміри при високому значенні коефіцієнта тертя.

Ці властивості визначаються спеціальними випробуваннями залежно від умов роботи виробів.

Механічні властивості характеризують здатність матеріалів чинити опір впливу різного роду навантажень.

Основними механічними властивостями є міцність, пластичність, в'язкість, твердість. Знаючи механічні властивості, конструктор обґрунтовано вибирає відповідний матеріал, що забезпечує надійність і довговічність конструкцій.

Залежно від умов навантаження механічні властивості можуть визначатися:

1 при статичному навантаженні - навантаження на зразок зростають повільно й плавно;

2 динамічному навантаженні - навантаження зростає з великою швидкістю, має ударний характер;

3 повторно - змінному або циклічному навантаженні - навантаження в процесі випробування багаторазово змінюються за величиною або за величиною та напрямком.

Для одержання результатів, які можна порівняти, зразки й методика проведення механічних випробувань регламентовані ГОСТами.

При статичному випробуванні на розтягання: одержують характеристики міцності й пластичності.

Ударна в'язкість визначається при динамічних випробуваннях зразків з концентратом напружень.

Міцність характеризує опір матеріалу деформації і руйнуванню.

До показників міцності належать:

1) σ_B – тимчасовий опір – для пластичних матеріалів або межа міцності – для крихких матеріалів.

Це максимальне напруження, яке витримує матеріал без руйнування.

σ_B - характеризує опір матеріалу руйнуванню, МПа, Н/м²,

$$\sigma_B = \frac{P_{max}}{F_0} \quad (1)$$

σ_B – чавуну 180 МПа;

σ_B – сталі 700 МПа;

2) $\sigma_{0,2}$ – умовна межа текучості.

Це напруження, МПа, яке викликає залишкову деформацію, що дорівнює 0,2 %.

$$\sigma_{0,2} = \frac{P_{0,2}}{F_0}, \quad (2)$$

Цей показник визначає опір матеріалу деформації.

σ_T – фізична межа текучості. Це напруження, яке викликає пластичну деформацію без підвищення сили.

$\sigma_{0,05}$ – умовна межа пружності. Це напруження, яке викликає залишкову деформацію 0,05 %.

Ці характеристики визначають при статичних випробуваннях на розтяг, тобто навантаження змінюється рівномірно та повільно.

З певним ступенем умовності до характеристик міцності можна віднести твердість.

Твердість - це здатність матеріалу чинити опір проникненню в нього більш твердого тіла (індентор).

Є формули, які зв'язують σ_B і НВ (твердість за Бринелем) тільки для пластичних матеріалів:

- для пластичних сталей $\sigma_B = 0,34\text{НВ}$;
- для алюмінієвих сплавів $\sigma_B = 0,35\text{НВ}$;
- для мідних сплавів $\sigma_B = 0,45\text{НВ}$.

Підвищення міцності завжди супроводжується зниженням пластичності.

Пластичність характеризує властивість матеріалу пластично деформуватися без руйнування. Вона визначається при розтягуванні.

Є два показники пластичності:

δ - відносне подовження;

ψ - відносне поперечне звуження.

$$\psi = \frac{F_0 - F}{F_0} \cdot 100\%, \quad (3)$$

$$\delta = \frac{l - l_0}{l_0} \cdot 100\% \quad (4)$$

де l_0 і F_0 – довжина і площа перерізу відповідно у вихідному стані;
 l і F – довжина і площа перерізу після руйнування.

Спочатку деформація розвивається рівномірно, а потім зосереджується в одному місці, що називається “шийкою”. І тому F – площа перерізу в “шийці”.

З двох характеристик пластичності найбільш важливим показником є відносне звуження, так як характеризує здатність матеріалу до локальної пластичної деформації. Чим вище ψ , тим більш імовірна релаксація високих локальних напружень, які можуть виникнути біля якого-небудь дефекту шляхом пластичної деформації без виникнення тріщини.

Втомна міцність

У процесі експлуатації деякі деталі підлягають циклічному навантаженню.

Процес поступового накопичення пошкоджень під дією циклічного навантаження, який призводить до появи тріщин, називається **втомністю**.

Циклічне напруження змінюється за синусоїдальним законом.

Здатність матеріалу чинити опір втомності називається *витривалістю*.

Ударна в'язкість

Ударна в'язкість - це питома робота руйнування при динамічному навантаженні, тобто робота, яку треба виконати для руйнування зразка з площею перерізу 1 см².

Ця характеристика визначається K_C і має розмірність джоуль на квадратний сантиметр [Дж/см²].

$$K_C = A/S, \quad (5)$$

де A – робота руйнування;

S – площа перерізу.

Для більшості матеріалів ударна в'язкість визначається на зразках з надрізом. У залежності від форми надрізу ударна в'язкість визначається відповідно K_{CU} , K_{CV} і K_{CT} (з тріщиною, рисунок 1).

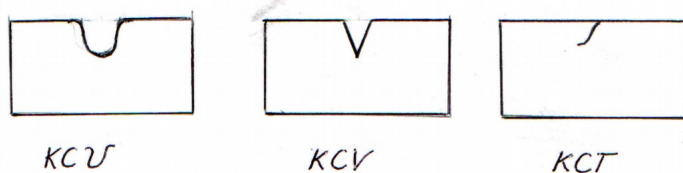


Рисунок 1 - Зразки з надрізом для визначення ударної в'язкості

Ударна в'язкість залежить значною мірою від температури і при певній температурі суттєво знижується. Ця температура одержала назву поріг холодноламкості $T_{кр}$.

Вона визначає перехід від в'язкого руйнування до крихкого.

У зв'язку з цим при виборі матеріалу необхідно враховувати температуру експлуатації T_e . Вона завжди повинна бути вище $T_{кр}$, щоб забезпечити в'язке руйнування.

В'язкість руйнування K_{1c} – здатність металу чинити опір розвитку тріщини. (**Тріщиностійкість**). Чим вище значення K_{1c} , тим менша небезпека крихкого руйнування і вища надійність деталей, виготовлених з цього матеріалу.

3 Конструкційна міцність. Надійність. Довговічність

Для забезпечення працездатності матеріалу необхідне поєднання достатньо – високих показників міцності, пластичності, ударної в'язкості руйнування та низького значення порога холодноламкості.

Ці властивості пов'язані неоднозначно: з підвищенням тимчасового опору σ_b показники пластичності (δ і ψ) та ударна в'язкість знижуються, а поріг холодноламкості зростає (рисунок 2).

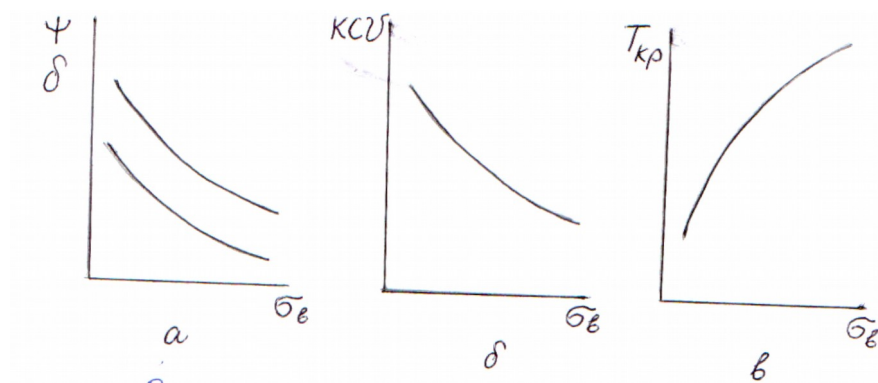


Рисунок 2 - Залежність пластичності (а), ударної в'язкості (б) і порогу холодноламкості (в) від тимчасового опору

У зв'язку з цим у сучасній техніці використовується таке поняття, як конструкційна міцність.

Конструкційна міцність – це комплекс показників, що визначають працездатність матеріалу в конкретній конструкції при певних умовах експлуатації. На конструкційну міцність впливають наступні фактори:

- конструкційні особливості деталі (форма й розміри);
- механізми різних видів руйнування деталі;
- стан матеріалу в поверхневому шарі деталі;
- процеси, що відбуваються в поверхневому шарі деталі, які призводять до відмов при роботі.

Необхідною умовою створення якісних конструкцій при економічному використанні матеріалу є урахування додаткових критеріїв, що впливають на конструкційну міцність. Цими критеріями є *надійність* і *довговічність*.

Критерії оцінки конструкційної міцності

Надійність – це здатність матеріалу працювати короткочасно поза розрахованою ситуацією без руйнування, тобто надійність характеризує здатність чинити опір крихкому руйнуванню.

До критеріїв надійності можна віднести в'язкість руйнування G_{1c} , роботу розвитку тріщини K_{Ic} та поріг холодноламкості.

Довговічність – це здатність виробу працювати протягом довгого часу без суттєвої зміни розмірів і властивостей.

Довговічність матеріалу визначається такими параметрами, як втомна міцність, корозійна стійкість і ін.

При циклічному навантаженні, крім умовної межі витривалості σ_{-1} , слід ураховувати ще один параметр – так звану “живучість”.

Руйнування від утомності, як і інші види руйнування, відбувається шляхом зародження і зростання втомної тріщини.

Живучість – це здатність матеріалу працювати після виникнення втомної тріщини.

Живучість характеризується числом циклів, яке витримує метал

до руйнування після виникнення тріщини N_r . Часто цю величину позначають N_j .

Вимоги до матеріалу

$$\sigma_{0,2} \uparrow, \sigma_B \uparrow, \psi \uparrow, K_{SC} \uparrow, K_{Ic} \uparrow, T_{кр} \downarrow$$

Фактори, що впливають на властивості металів і сплавів

На властивості матеріалу впливають 4 фактори:

- хімічний склад;
- макроструктура;
- мікроструктура;
- атомно-кристалічна будова.

Вплив хімічного складу можна продемонструвати на прикладах заліза і алюмінію.

Матеріал	σ_B , МПа	Матеріал	σ_B , МПа
Fe (дуже чисте)	25,4	Al технічний	30,0
Fe + 0,005 %C	147,0	Дюралюмін (Al+Cu)	380,0
Fe + 0,01 %C	245		

Таким чином, можна зробити висновок, що чисті метали як конструкційний матеріал використовується рідко, тому що мають недостатню міцність. Як конструкційні матеріали використовують сплави, так як домішки підвищують міцність.

Чим більше вуглецю, тим гірше метал кується, зварюється, обробляється різанням.

При виборі матеріалу для створення конструкції необхідно повністю врахувати механічні, технологічні й експлуатаційні властивості.