**Лекція №2**

**«КЛАСИФІКАЦІЯ МАТЕРІАЛІВ. ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛІВ.»**

**ПЛАН**

1. Загальні положення.
2. Поняття про метали та сплави. Їх класифікація.
3. Основні властивості металів.
4. Конструкційна міцність. Надійність. Довговічність.Властивості металів.

**1.**

***Матеріалознавство*** - це прикладна наука, що вивчає будову (структуру) та властивості матеріалів, встановлює зв'язок між їхнім складом, будовою і властивостями, вивчає залежність будови і властивостей від методів виробництва та обробки матеріалів, а також зміну їх під впливом зовнішніх чинників: силових, теплових (термічних), радіаційних та інших.

Технологія - (від грецького techne - мистецтво, майстерність, уміння та logos - наука, вчення) - це сукупність методів обробки, виготовлення, зміну стану, властивостей, форми сировини, матеріалу або напівфабрикату, що здійснюються в процесі виробництва продукції (виробів). Завдання технології як науки - з'ясування фізичних, хімічних, механічних та інших закономірностей з метою визначення та практичного використання найефективніших і економічних виробничих процесів. Технологія пов'язана з відповідними галузями виробництва: технологія загального машинобудування, літакобудування, виготовлення будь- яких виробів, матеріалів тощо.

Ми ж будемо вивчати матеріалознавство (М) та технологію конструкційних матеріалів (ТКМ).

Конструкційними називають матеріали, з яких виготовляють деталі машин, приладів, елементи різних конструкцій, інструменти, тобто матеріали, здатні витримувати значні механічні навантаження. Отже ТКМ - наука про сучасні методи одержання та обробки конструкційних матеріалів з метою виготовлення конструкцій і деталей необхідних розмірів, конфігурації, стану (чистоти) поверхні та властивостей.

Рівень технічного розвитку суспільства залежить від того, якими матеріалами воно володіє. Навіть основні етапи розвитку людства визначаються матеріалами (кам'яний вік, бронзовий, вік заліза), що підкреслює важливе місце курсу матеріалознавства серед інших технічних наук.

Курси матеріалознавства і технології взаємопов'язані, оскільки технологія обробки залежить від властивостей оброблюва­них матеріалів, а властивості - значною мірою - від методів виробництва матеріалів та їх обробки. В прискоренні науково- технічного поступу важлива роль відводиться машинобудуванню. Сучасне машинобудування характеризується безперервним зростанням енергонапруженості, екстремальними параметрами (граничні механічні навантаження, високі та низькі температури, аг­ресивні середовища, високий рівень радіації тощо), тому в бага­тьох випадках тільки надання специфічних властивостей матері­алам, що застосовуються, можна забезпечити надійність та дов­говічність машин. Нові технології, що пов'язані з використанням надвисоких температур і тиску, лазера, плазми, електропорошкової металургії, енергії вибуху, електро- і магнітоімгтульсної обробки тощо, дають змогу одержувати та синтезувати такі матеріали, яких раніше людство не лише не мало, але й не знало, або які взагалі в природному стані не зустрічаються (надтверді, надміцні, жаростійкі тощо).

Отже, завдання матеріалознавства взагалі - це *розробка нових і вдосконалення існуючих матеріалів.*

**2.**

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 (феромагнетики);
2. тугоплавкі (W, Ta, Mo, Nb, V, Zr, Cr) – мають температуру плавлення вищу, ніж у заліза (1539 0С), 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 0С;
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.



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 земний 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.

**3.**

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 i руйнуванню.

До показників міцності належать:

1. **σв** – тимчасовий опір – для пластичних матеріалів або межа міцності – для крихких матеріалів.

Це максимальне напруження, яке витримує матеріал без руйнування.

$σ\_{В}$ - *характеризує опір матеріалу руйнуванню, МПа, Н/м2* ,

$σ\_{в}=\frac{P\_{max}}{F\_{0}}$, (1)

σв – чавуну 180 МПа;

σв – сталі 700 МПа;

1. $σ\_{0,2}$ - умовна межа текучості.

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

$σ\_{в}=\frac{P\_{0,2}}{F\_{0}}$, (2)

Цей показник визначає опір матеріалу деформації.

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

***σ0,05 – 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 ***σв і НВ*** (твердість за Бринелем) тільки для пластичних матеріалів:

* для пластичних сталей σв =0,34НВ;
* для алюмінієвих сплавів σв =0,35НВ;
* для мідних сплавів σв =0,45НВ.

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.

$Ψ=\frac{F\_{0}-F}{F\_{0}}∙100\%,$ (3)

$δ=\frac{l-l\_{0}}{l\_{0}}∙100\%$ , (4)

де *l0* і *F0* – 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 КС i має розмірність джоуль на квадратний сантиметр [Дж/см2 ].

$KC={A}/{S}$ , (5)

де А – 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 КСU, КСV і КСТ (з тріщиною, рисунок 1).



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

Ударна в’язкість залежить значною мірою від температури і при певний температурі суттєво знижується. Ця температура одержала назву поріг холодноламкості Ткр.

Вона визначає перехід від в’язкого руйнування до крихкого.

У зв'язку з цим при виборі матеріалу необхідно враховувати температуру експлуатації Те. Вона завжди повинна бути вище Ткр, щоб забезпечити в’язке руйнування.

*В’язкість руйнування К1с* – здатність металу чинити опір розвитку тріщини. (Тріщиностійкість). Чим вище значення К1с , тим менша небезпека крихкого руйнування і вища надійність деталей, виготовлених з цього матеріалу.

**4.**

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 σв 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 опора

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 економному 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 ситуацієюбез руйнування, тобто надійність характеризує здатність чинити опір крихкому руйнуванню.

До критеріїв надійності можна віднести в’язкість руйнування GIc, роботу розвитку тріщини КСр 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 Nр. Часто цю величину позначають Nж.

**Вимоги до матеріалу**

**σ0,2↑, σв↑, ψ↑, КС↑, KIc↑, Tкр↓**

*Фактори, що впливають на властивості металів і сплавів*

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

Вплив хімічного складу можна продемонструвати на прикладах заліза і алюмінію.



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 враховувати механічні, технологічні й експлуатаційні властивості.

**Контрольні запитання**

1. Що вивчають у курсі матеріалознавства?
2. Що таке технологія?
3. Які матеріали називають конструкційними?
4. На які види поділяються метали? Які метали називаються чорними?
5. Що таке метали, як їх класифікують?
6. Які основні властивості матеріалів вам відомі?
7. Які основні фактори впливають на властивості металів?
8. Що відносять до механічних властивостей металів? Дайте їм визначення.
9. Які з механічних властивостей найбільш важливі?
10. Назвіть критерії оцінки конструкційної міцності металів та дайте коротке пояснення їм.
11. Які властивості відносять до спеціальних? Дайте їм визначення.
12. Які основні теплові властивості мають метали?

**Список літератури**

1. Атаманюк В.В. Технологія конструкційних матеріалів. – Київ: Кондор, 2006. – 528 с.
2. Хільчевський В.В., Кондратюк С.Є., Степаненко В.О., Лопатько К.Г. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів. – Київ: «Либідь», 2002. – 326 с.