

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛІВ

Мета роботи – вивчити стандартні механічні характеристики і основні експлуатаційні властивості металів.

Основні теоретичні відомості

Механічні властивості визначають поведінку металу під навантаженням. Характеристики механічних властивостей отримують при *механічних випробуваннях*. Для цього зразок із заданого матеріалу піддають зовнішнім навантаженням на спеціальному обладнанні і заміряють реакцію матеріалу.

Під дією різних зовнішніх сил метал деформується і руйнується. Але величиною прикладеного навантаження неможливо охарактеризувати умови навантаження. Важливо знати, на яку площу поперечного перерізу це навантаження діє.

За характеристику навантаження приймають **напруження** – відношення сили до площі перерізу, на яку вона діє:

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

Напруження, що діє на будь-яку довільно взяту площадку, можна розкласти на нормальну складову σ , перпендикулярну до площадки, і дотичну τ (рис. 1.1, *a*).

При однаковому навантаженні P деформація стержнів (рис. 1.1, *б*) буде різною: другий подовжиться більше, оскільки площа його поперечного перерізу є меншою.

$$\sigma_1 = \frac{P}{F_1}; \sigma_2 = \frac{P}{F_2}; \sigma_1 < \sigma_2, \text{ оскільки } F_1 > F_2.$$

Напруження в другому стержні буде більшим, а тому він отримає більшу деформацію.

Напруження, яке витримує метал, є його основною механічною характеристикою, яка не залежить від розмірів виробу.

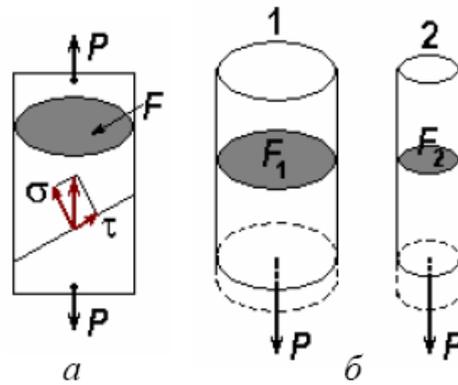


Рис. 1.1. Нормальне і дотичне напруження (а); деформація стержнів при однаковому навантаженні (б)

Міцність – це здібність металу чинити опір деформації і руйнуванню під дією зовнішніх сил і внутрішніх напружень.

Стандартами передбачено отримання характеристик міцності при випробуваннях на розтяг, стиск, згин, кручення. Все це – *статичні випробування*, з поступовим, плавним зростанням зовнішнього навантаження.

Найбільш інформативним є випробування на розтяг на розривній машині; його і проводять в більшості випадків для отримання стандартних характеристик міцності (рис. 1.2, а).

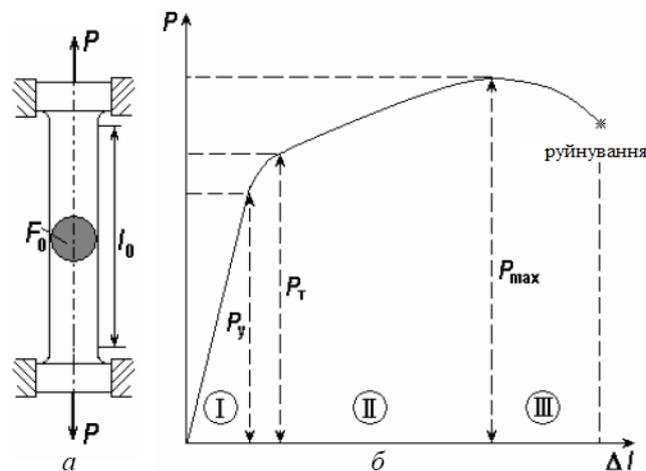


Рис. 1.2. Зразок для випробувань на розтяг і схема випробувань на розривній машині (а); діаграма розтягу пластичного металу (б)

Розривна машина обладнана пристроєм для запису так званої *діаграми розтягу* – графіка залежності між прикладеним навантаженням P і видовженням зразка Δl (рис. 1.2, б). Сучасні машини мають вихід на комп'ютер, який не тільки записує діаграму, але і розраховує характеристики міцності.

При зростанні навантаження P довжина зразка l змінюється нелінійно.

На кривій розтягу можна виділити три ділянки: I – область пружної деформації, II – область пластичної деформації, III – область розвитку тріщин.

Величина пружної деформації в металах невелика: менше 1 %. Пластична деформація у чистих металів може досягати десятків процентів. Саме в цій області відбувається активне ковзання дислокацій. При перевищенні навантаження P_{max} на зразку виникає місцеве звуження – *шийка*, і деформація стає зосередженою. Подальший розвиток деформації в шийці призводить до зародження тріщини і руйнуванню зразка.

З цього випробування отримують наступні характеристики міцності: **границя пружності** $\sigma_{Pr} = \frac{P_{Pr}}{F_0}$ [МПа] – це найбільше напруження, після якого зразок повертається до попередніх форми і розміру;

границя текучості $\sigma_T = \frac{P_T}{F_0}$ [МПа] – це напруження пластичної течії металу без збільшення навантаження;

границя міцності $\sigma_B = \frac{P_{max}}{F_0}$ [МПа] – це найбільше напруження, яке витримує метал не руйнуючись.

Дійсну або фізичну границю текучості σ_T визначити важко: не у всіх металів утворюється «площадка текучості». Тому, частіше за все визначають **умовну границю текучості** $\sigma_{0,2}$, яка викликає залишкову деформацію 0,2 %: $\sigma_T \approx \sigma_{0,2}$.

Розрахунки на міцність найчастіше ведуть за границею текучості, оскільки значна пластична деформація більшості деталей і конструкцій недопустима. Але і границю міцності знати необхідно, оскільки вона показує при якому напруженні почнеться руйнування.

Пластичність – це здатність металу деформуватись без руйнування.

Характеристики пластичності визначають із того ж випробування на розтяг. Це

$$\text{відносне видовження } \delta = \frac{l_K - l_0}{l_0} \cdot 100 [\%]$$
$$\text{відносне звуження } \psi = \frac{F_0 - F_K}{F_0} \cdot 100 [\%]$$

де l_0 і l_K , мм – довжина зразка до і після випробувань;

F_0 и F_K , мм² – початкова і кінцева площа поперечного перерізу зразка (рис. 1.2, а).

Відносне видовження і відносне звуження є одночасно і критеріями надійності : матеріал, що має більші значення δ і ψ , більш надійний.

Твердість – це здатність матеріалу чинити опір проникненню в нього іншого, більш твердого тіла.

Методи вимірювання, прилади, позначення, одиниці вимірювання твердості вивчити самостійно!

В'язкість – це здатність матеріалу чинити опір руйнуванню при ударних, динамічних навантаженнях.

Характеристика в'язкості визначається при випробуванні на ударний згин. Це, на відміну від віх попередніх, динамічне випробування, при якому навантаження прикладається до зразка з дуже великою швидкістю, за тисячні долі секунди.

Випробування проводять на маятниковому копрі (рис. 1.3).

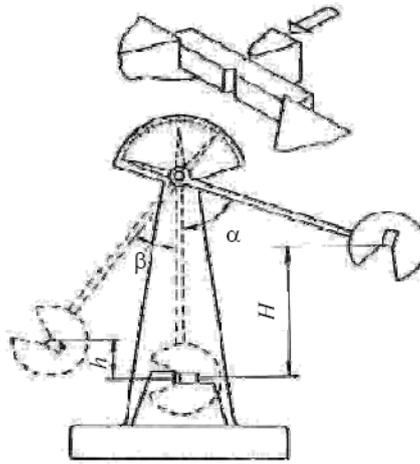


Рис. 1.3. Схема випробувань на ударний згин

Важкий маятник, піднятий на визначений кут α , відпускають. На шляху руху маятника знаходиться зразок. Удар ножа маятника руйнує його. Виконана при руйнуванні робота визначається як різниця між потенціальною енергією маятника до і після випробувань.

Ударна в'язкість – це робота руйнування зразка, віднесена до площі поперечного перерізу:

$$K_C = \frac{A_p}{F} \text{ [Дж/м}^2\text{]},$$

де A_p – робота руйнування, F – площа поперечного перерізу зразка.

Зразок повинен мати надріз – концентратор напруження. Позначення ударної в'язкості залежить від виду надрізу (рис. 1.4).

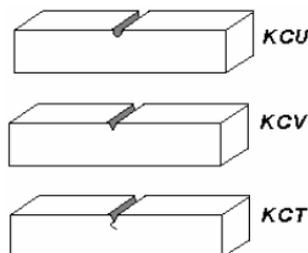


Рис. 1.4. Зразки для випробувань на ударну в'язкість

Для одного і того ж матеріалу $KCU > KCV > KCT$, тобто чим гостріший надріз, тим легше руйнується матеріал.

Ударна в'язкість також є критерієм надійності матеріалу, гарантією, що він не буде руйнуватись крихко, несподівано.

Ударна в'язкість є комплексною характеристикою, що включає питому роботу зародження тріщини a_z і питому роботу росту тріщини a_p . Для більш достовірної оцінки надійності матеріалу методом екстраполяції визначають ударну в'язкість при радіусі концентратора r , що прямує до нуля (рис. 1.5). Це і буде робота росту тріщини a_p , що дозволяє оцінити надійність (зародки тріщин в матеріалі є майже завжди, питання в тому, чи будуть вони рости).

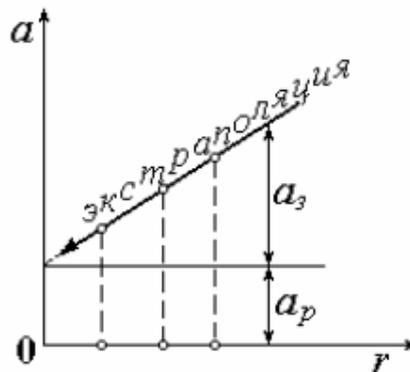


Рис. 1.5. Визначення роботи зародження тріщини

Деякі експлуатаційні властивості

В умовах експлуатації властивості матеріалів можуть не відповідати стандартним, що наводяться в довідниках, значенням. В різних агресивних середовищах, при дії високих або низьких температур матеріали проявляють значно меншу міцність і довговічність, ніж при нормальних умовах.

1) Холодноламкість

При низьких температурах (від 0 до -269 °С, температури рідкого гелію) збільшується схильність металу до крихкого руйнування. При цьому різко знижується ударна в'язкість (KCU , KCT) і змінюється будова зламу – від волокнистого, матового до кристалічного, блискучого.

Властивість металу крихко руйнуватись, втратити в'язкість при пониженні температури називається **холодноламкістю**.

За характеристику холодноламкості приймають **температурний поріг холодноламкості** t_{50} . Це температура, при якій величина ударної в'язкості зменшується вдвічі (рис. 1.6). При цьому злам має будову наполовину в'язку, наполовину крихку.

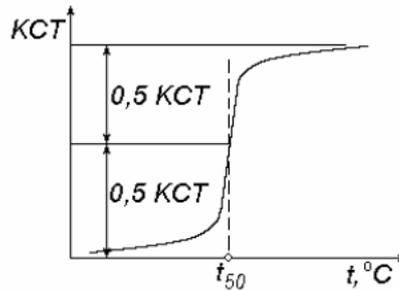


Рис. 1.6. Визначення порогу холодноламкості

2) Витривалість

Багато деталей – вали, вісі, шестерні по-різному чинять опір змінним за величиною і напрямком навантаженням. Під дією знакозмінних навантажень, що багатократно повторюються, в металі накопичуються пошкодження, дефекти. Це явище називають *втомою*.

В таких умовах роботи напруження, менші σ_B і навіть σ_T , можуть викликати зародження і ріст *тріщини втоми*. Зазвичай вона виникає на поверхні деталі в місцях концентраторів напружень і потім підростає з кожним циклом навантаження. Це поступово приводить до руйнування.

Витривалість – це здатність металу протистояти втомі, чинити опір руйнуванню при знакозмінних навантаженнях.

Характеристики витривалості визначають в результаті проведення випробувань на спеціальних машинах циклічної дії. Навантаження, що діють на кожну точку поперечного перерізу зразка, безперервно змінюються за величиною і напрямком (рис. 1.7).

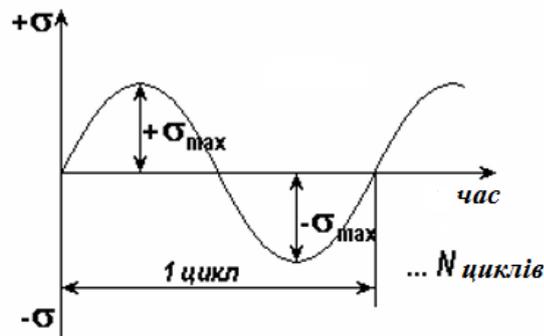


Рис. 1.7. Схема циклічного навантаження при випробуваннях на втоми

Границею витривалості, або *границею втоми* σ_{-1} називається найбільше напруження, яке не викликає руйнування зразка після заданого числа циклів навантаження.

При випробуванні сталей стандартне число циклів навантаження $N = 10^7$, при випробуванні кольорових металів і сплавів $N = 10^8$.

Контрольні питання:

1. При якому напруженні деформація металу протікає без збільшення навантаження?
2. Дайте визначення характеристиці пластичності ψ .
3. Якими характеристиками оцінюють міцність металу?
4. Що таке в'язкість?
5. Що називають границею витривалості матеріалу?

Література:

1. Бялік О.М. Металознавство: підручник / О.М. Бялік, В.С. Черненко, В.М. Писаренко, Ю.Н. Москаленко. – К: ІВЦ «Потітехніка», 2001. – с. 60-84.
2. Матеріалознавство: [підручник] / С.С. Дяченко, І.В. Дощечкіна, А.О. Мовлян, Е.І. Плешаков. – Харків: Видавництво ХНАДУ, 2007. – с. 67-68.
3. Геллер Ю.А., Рахштадт А.Г. Материаловедение: методы анализа, лабораторные работы и задачи / Ю. Геллер, А. Рахштадт. – М.: Металлургия, 1983. – с. 29-42.

Корисне відео:

<https://www.youtube.com/watch?v=oRexMCrLplE>

<https://www.youtube.com/watch?v=ALWGaJD8STQ>

<https://www.youtube.com/watch?v=hCkZ5AJauVE>

<https://www.youtube.com/watch?v=ebCesSHBDb0>

<https://www.youtube.com/watch?v=sQ5ZeuPwMQY>

Завдання:

Звіт з лабораторної роботи для перевірки та оцінювання до дати наступного заняття надіслати на електронну пошту викладача tmkts_nno@ztu.edu.ua

Лабораторна робота підлягає обов'язковому захисту!