**Механічні властивості** характеризують поведінку матеріалу під дією навантажень. **Навантаження** бувають статичні (є незмінні або зростають повільніше, ніж процеси в металі), динамічні (зростають з великою швидкістю) і циклічні, або повторнозмінні (змінюються періодично, зазвичай за синусоїдним законом). До цих властивостей належать міцність, пластичність, твердість, ударна в'язкість, витривалість та інші.

**Міцність** - це здатність матеріалу чинити опір пластичній деформації і руйнуванню під дією навантажень.

Важливою характеристикою матеріалу є **границя міцності**, яку визначають за результатом руйнування зразків під час статичних випробовувань на спеціальних розривних машинах. Найчастіше випробовують на розтяг, рідше на стиск, згин або закрут.

За числовим значенням сили Fhttp://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image005.gif, що відповідає горизонтальній ділянці діаграми, розраховують ***фізичну границю текучості матеріалу*** σhttp://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image005.gif як відношення сили Fhttp://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image005.gif, при якій зразок деформується без помітного зростання сили, до початкової площі поперечного перерізу http://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image004.gifзразка:

* σhttp://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image005.gif = http://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image006.gif(3.1)

Більшість металів і сплавів не мають явно вираженої горизонтальної ділянки текучості. Для них визначають ***умовну границю*** ***текучості*** як відношення сили Fhttp://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image007.gif, що відповідає залишковому видовженню зразка ∆*l* = 0,002*lhttp://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image001.gif*до початкової його площі поперечного перерізу http://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image004.gif:

* σhttp://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image007.gif = http://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image008.gif(3.2)

Точка D діаграми відповідає руйнуванню зразка.

**Границя міцності матеріалу на розтяг** *σhttp://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image011.gif* це відношення найбільшої сили Fhttp://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image010.gif, яку витримує зразок перед руйнуванням, до початкової площі його поперечного перерізу http://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image004.gif:

* σhttp://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image011.gif = http://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image012.gif(3.3)

**Пластичність** це здатність металу пластично деформуватися. Пластичність характеризується величинами відносного видовження і відносного звуження.

***Відносне видовження після розриву*** *δ* - це відношення залишкового видовження зразка після руйнування ∆*l*http://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image013.gif до його початкової розрахункової довжини http://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image014.gif, виражене у відсотках:

* http://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image015.gif(3.4)

***Відносне звуженням зразка після розриву***ψ це відношення зменшення площі поперечного перерізу http://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image017.gifзразка після руйнування до початкової площі поперечного перерізу зразка http://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image004.gif, виражене у відсотках:

* http://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image018.gif(3.5)

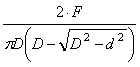
**Твердість** це здатність металу чинити опір проникненню в нього іншого твердішого тіла, яке пластично не деформується.

***Визначення твердості за Брінеллем***. Суть методу зводиться до втискання у випробовуваний матеріал сталевої загартованої кульки діаметром D (рис. 4.20), на яку діє сила F протягом певного часу, достатнього для закінчення в металі пластичних деформацій.

***Твердість за Брінеллем НВ*** - це відношення діючої на кульку сили F (Н) до площі поверхні S (ммhttp://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image021.gif) отриманого відбитка:

* http://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image022.gif(3.6)

Підставляючи у формулу (9) значення S, отримуємо:

* НВ = (3.7)

***Вимірювання твердості за Роквеллом*** є зручнішим, бо операції втискання й вимірювання виконуються з одного встановлення, тривалість їх не перевищує 1 хв. зникає необхідність замірювати діаметр відбитка, а число твердості показує стрілка приладу на шкалі індикатора. Відбитки, що залишаються, незначні і, як правило, не псують поверхні виробу.

***Твердість за Роквеллом*** визначають за величиною заглиблення http://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image027.gifіндентора у матеріал під дією загальної сили Fhttp://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image025.gif+ Fhttp://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image001.gif.

Оскільки твердість за Роквеллом НR прийнято виражати не в мм, а в поділках шкали індикатора, то величину http://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image030.gif- *h* ділять на ціну поділки шкали с (с = 0,002 мм):

* HR=http://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image031.gif (3.8)

***Визначення твердості за Віккерсом*** зводиться до втискання силою F правильної чотиригранної алмазної піраміди з кутом між протилежними гранями α = 136° у матеріал. Про значення твердості свідчить значення сили F і діагоналі відбитка *d,* розмір якої вимірюють під мікроскопом.

***Твердість за Віккерсом*** НV знаходиться як відношення сили F(H), що діє на правильну чотиригранну піраміду, до площі поверхні S (ммhttp://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image021.gif) отриманого відбитка:

* http://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image032.gif(3.9)
* d - середнє арифметичне довжин обох діагоналей, мм;

Щоб оцінити опір матеріалу динамічним силам, проводять випробовування на удар. Одним із видів таких випробувань є ***ударний згин***, за допомогою якого виявляють схильність матеріалів, зокрема конструкційних сталей, до крихкого руйнування внаслідок зниження температури, наявності надрізів, шкідливих домішок, зміни структурного стану, збільшення швидкості деформації та інших факторів.

**Ударна в'язкість** КС (МДж/м2) це відношення роботи *К*, яка витрачається на руйнування стандартного зразка, до початкової площі його поперечного перерізу http://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image004.gifв місці руйнування, яка залежить від виду концентратора напруги (KCU, KCV, KCT):

* КС = http://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image035.gif(3.10)

Для визначення ударної в'язкості застосовують призматичні зразки з надрізами різних типів. Найпоширенішими типами є зразки з U-подібним (рис. 4.23, а) і V-подібним (рис. 4.23, б) надрізами.

|  |  |
| --- | --- |
| http://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image036.jpg | Зразки для випробувань на ударну в'язкість:   * а - з U-подібним надрізом; * б - з V-подібним надрізом. |

Рисунок 2.2.1

Якщо зразок з U-подібним надрізом, то до символу додається буква U (KCU), а якщо з V-подібним надрізом, то додається буква V (KCV).

Для крихких матеріалів основна частина роботи йде на зародження тріщини, а робота розповсюдження тріщини незначна. Для пластичних матеріалів робота розповсюдження тріщини має переважаюче значення. Аналіз складових ударної в'язкості дозволяє раціональніше вибрати матеріал і визначити його призначення.

Здебільш деталі машин під час експлуатації навантажені *циклічними* (повторно змінними) силами. При цьому прикладене до деталі напруження змінюється протягом кожного циклу від заданих найменшого http://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image038.gif(рис. 4.25) до найбільшого http://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image039.gifзначення. Якщо значення http://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image038.gifі http://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image039.gifрівні за величиною і протилежні за знаком, то цикл напружень симетричний і ***коефіцієнт асиметрії цикл****у* http://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image040.gif= -1.

Нагромадження пошкоджень у металі під дією циклічних напружень є причиною ***втомного руйнування***. Процес втомного руйнування поділяють на дві стадії - стадію зародження і стадію росту тріщини.

**Витривалість** це здатність металу протистояти втомному руйнуванню. На втому випробовують серію гладких, переважно круглого перерізу, зразків або зразків круглого перерізу з надрізом.

За результатами випробувань будують графіки - криві втоми, або криві *Веллера* - в координатах http://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image043.gif- *lgN* (рис. 4.27).

***Границя витривалості* (*границя втоми*)** http://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image044.gifце таке максимальне за абсолютним значенням напруження циклу, за якого матеріал не руйнується після як завгодно великої або заданої кількості циклів навантаження.

|  |  |
| --- | --- |
| http://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image049.jpg | Крива втоми в координатах http://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image050.gif:   * σ - максимальне напруження циклу; N - кількість циклів напружень; * N - кількість циклів напружень; * http://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image051.gif- значення максимальних напружень і Nhttp://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image052.gif- відповідна їм кількість циклів, при яких були зруйновані зразки; * http://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image044.gif- границя витривалості; * http://ocw.sumdu.edu.ua/stream/c5/d7/12/bd/d9/7a/0a/a4/71/56/44/a8/fb/ca/6e/0d/r4t3.files/image053.gif- базова кількість циклів. |

Рисунок 2.2.2