

Випробування на одноосьовий статичний розтяг є найбільш поширеним способом механічних випробувань матеріалу, що пояснюється наступними його перевагами:

➤ при одноосьовому розтягу в зразку виникає однорідний напружений стан. Це означає, що у всіх точках поперечного перерізу робочої частини зразка напруження однакові і, незалежно від того, деформується зразок пружно або пластично, вони визначаються за однією і тією ж формулою:

$$\sigma = \frac{F}{A_0}, \quad (2.1)$$

де F - навантаження, що розтягує, Н;

A_0 - початкова площа поперечного перерізу зразка, мм².

➤ **$l_0 = 10d_0$** , методика проведення випробувань на розтяг не складна і добре відпрацьована;

➤ конструкції зразків і захватів випробувальних машин прості і технологічні.

Спостереження за поведінкою матеріалу і визначення його характеристик міцності і пластичності при розтягу – один із основних і найбільш розповсюджених видів випробувань. Отримані в результаті експерименту характеристики дозволяють зробити висновки про міцність матеріалу при статичних навантаженнях, обирати матеріал для конструкції, що проектується і вважаються основними під час розрахунків деталей машин, елементів конструкцій і споруд на міцність.

Випробування на статичний розтяг проводяться шляхом плавного безперервно зростаючого навантаження зразка круглого або прямокутного перерізу на випробувальній машині УВМ-50. При цьому процес деформування розвивається в такій послідовності: пружна деформація, пружно-пластична деформація і руйнування.

При звичайній кімнатній температурі матеріали можна умовно поділити на пластичні і крихкі. Пластичні матеріали руйнуються тільки після значних залишкових деформацій, крихкі – при досить малих залишкових деформаціях. Такий поділ, можна сказати, умовний, тому що, по-перше, не існує чіткої межі між пластичними і крихкими матеріалами, і, по-друге, пластичні властивості матеріалу змінюються залежно від певних умов. До пластичних матеріалів відносяться: маловуглецева сталь, мідь, бронза та ін.; до крихких: чавун, бетон, цегла та ін.

Для випробувань на розтяг, відповідно до ГОСТ 1497-84 (ІСО 6892-84) застосовують пропорційні циліндричні зразки діаметром d від 5 мм і більше (рис. 2.1, а,б,в) або плоскі (з листового матеріалу) товщиною a від 0,5 мм і більше (рис. 2.1, г).

Нормальна початкова розрахункова довжина зразка повинна становити:

$$l_0 = 10d_0,$$

де d_0 - початковий діаметр поперечного перерізу зразка, $d_0 = 10\text{мм}$.

На рисунку 2.1 представлено 4 види стандартизованих зразків:

- круглі з довжиною $l_0 = 15d_0$ - для зразків п'ятнадцятиразової довжини (рис. 2.1, а);
- круглі з довжиною $l_0 = 10d_0$ - для зразків десятиразової довжини (рис. 2.1, б);
- круглі з довжиною $l_0 = 5d_0$ - для коротких зразків (рис. 2.1, в);
- для прямокутних зразків з розмірами ($a \times b$) (рис. 2.1, г,):

$$l_0 = 11,3\sqrt{A} = 11,3\sqrt{a \cdot b},$$

$$l_0 = 5,65\sqrt{A} = 5,65\sqrt{a \cdot b}.$$

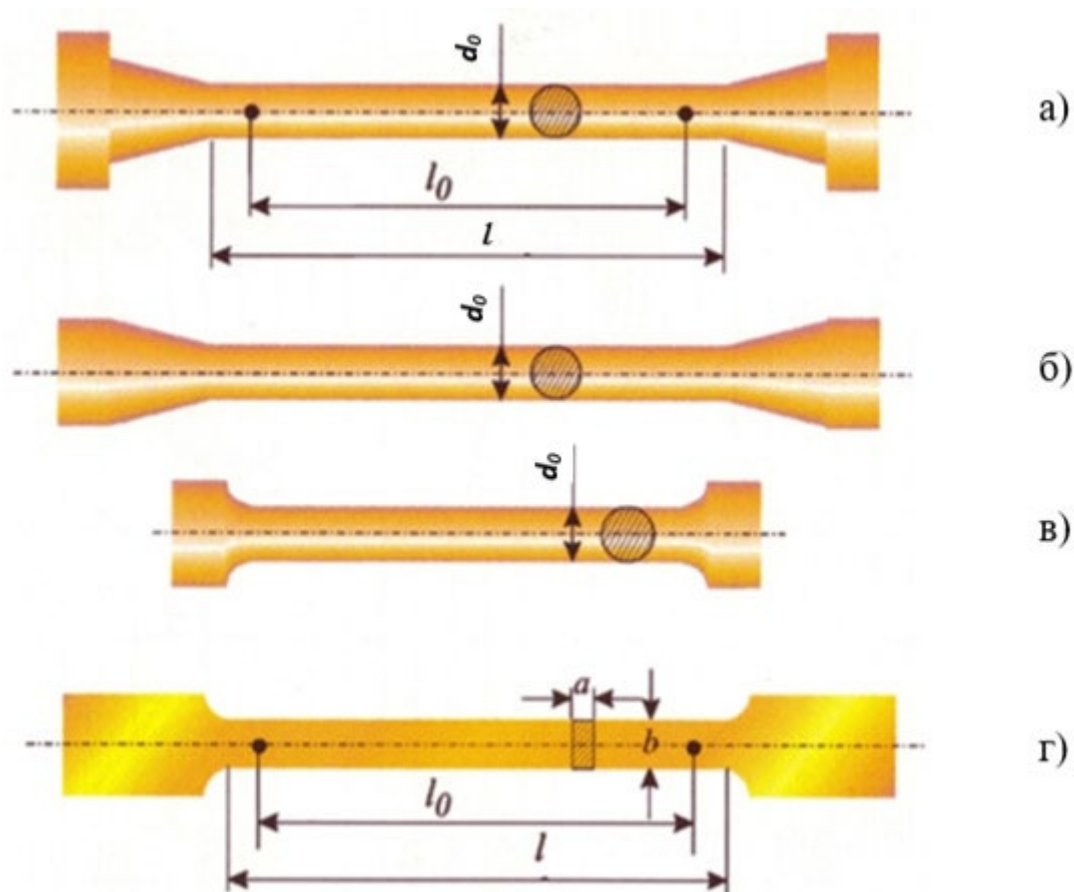


Рисунок 2.1 – Види зразків, що використовують для випробувань на розтяг (величина l на рисунках - це довжина робочої частини зразка).

Найбільш розповсюджені випробування на циліндричних зразках (рис. 2.2, а). Після випробувань зразок видовжується на довжину l_1 і ми отримуємо зруйнований зразок, на якому є в наявності звужене місце (рис. 2.2,б), яке має назву «шийка». Воно може з'явитися у будь якій послабленій точці розрахункової довжині l_0 зразка, це залежить від кількох факторів, які обумовлюють умови виробництва зразка та ін. Зразок має на кінцях потовщення, так звані голівки для захоплень випробувальною машиною.

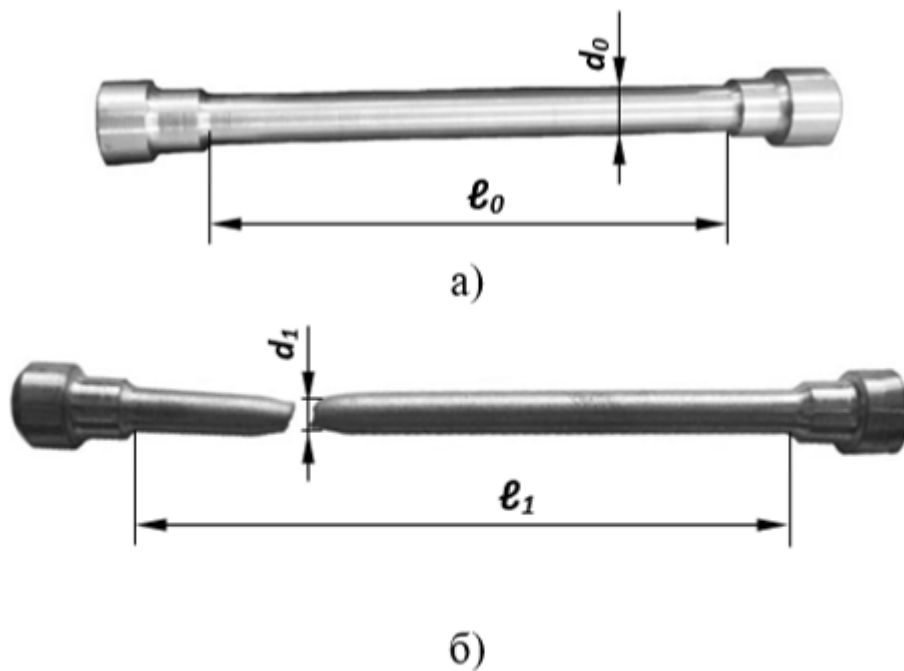


Рисунок 2.2 – Загальний вигляд зразка:
а) до випробування, б) після випробування.

Вибір форми та розмірів зразка обумовлюється можливостями виготовлення, а також потужністю і конструкцією випробувальної машини, що використовується. З метою економії матеріалу при масових випробуваннях доцільніше застосування коротких зразків п'ятикратної довжини, для випробувань яких застосовують машину УММ-5 (максимальне навантаження 5 тон). Але для того, щоб більш наочно спостерігати за зміною властивостей матеріалу рекомендують використовувати 10-ти кратний зразок. Для його випробувань використовують універсальну випробувальну машину УВМ-50 (максимальне навантаження 50 тон). На рисунку 2.3 представлений циліндричний зразок, який виконано з м'якої сталі.

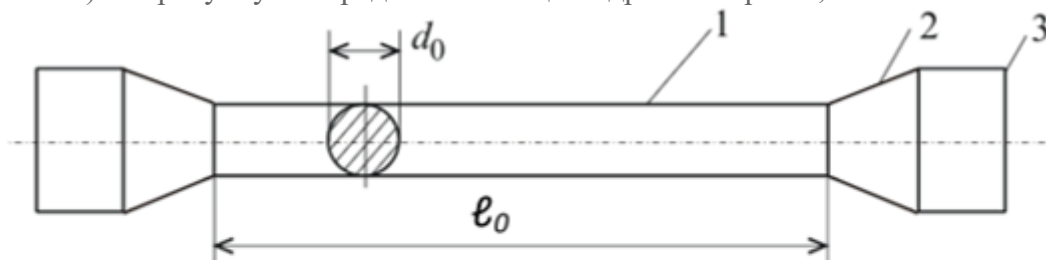


Рисунок 2.3 Циліндричний зразок для випробувань:
1 – робоча частина; 2 – перехідна частина; 3 – виступи
для затискачів.

Під час проведення випробувань за допомогою діаграмного апарату випробувальної машини можна записати діаграму розтягу зразка, тобто залежність подовження зразка Δl від навантаження F . Розрізняють три типи діаграм розтягу (рис. 2.4):

- а) діаграма розтягу зразка з пластичного матеріалу, що має виражений перехід з пружної області деформування в пружно-пластичну (рис. 2.4, а). На діаграмі цей перехід відображається появою «площини текучості», впродовж якої деформація в зразку зростає практично без збільшення навантаження. Такий тип діаграми характерний лише для деяких металевих сплавів (маловуглецеві сталі, деякі латуні, відпалені марганцевисті і алюмінієві бронзи). Іноді на початку «площини текучості» можна спостерігати «зуб» плинності (показаний тонкою перервною лінією). Для цих сплавів існує фізична границя текучості.
- б) діаграма розтягу зразка з пластичного матеріалу, що має плавний перехід з пружної області деформування у пружно-пластичну (рис. 2.4, б), яка властива більшості чистих металів і металевих сплавів. Для них можна визначити лише умовну границю текучості.
- в) діаграма розтягу зразка з крихкого матеріалу (рис. 2.4, в), є характерною для сірих і білих чавунів, загартованих і не відпущених сталей, литих алюмінієвих і цинкових сплавів, а також багатьох неметалів: каменю, цегли, бетону, деяких пластмас та ін. Діаграма розтягу таких матеріалів коротка в напрямку подовжень, що ілюструє їх крихкість (невелику пластичність).

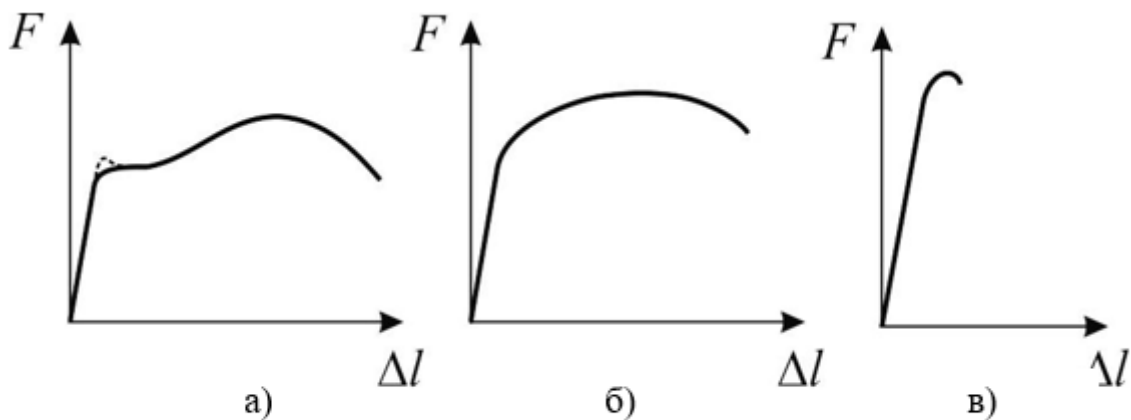


Рисунок. 2.4 – Типи діаграм розтягу.

Основні властивості матеріалу визначають з діаграми розтягу, яка будується в координатах $F - \Delta l$ за допомогою пристрою, що записує на випробувальній машині.

Діаграма є наочним представленням того, що відбувається з матеріалом усередині.

Для маловуглецевої сталі Ст. 3 приблизний обрис цієї діаграми наведено на рисунку 2.5.

Випробування проводять на універсальній випробувальній машині УВМ-50. На ній можливо випробувати зразки на розтяг, стиск, згин.

Масштаб запису навантаження залежить від шкали, встановленої для проведення випробування. Машину можна налаштувати на

максимальне навантаження 5, 10, 25 і 50 тон. Під час

проведення випробувань на розтяг встановлюється максимальне навантаження на машині – 25 тон.

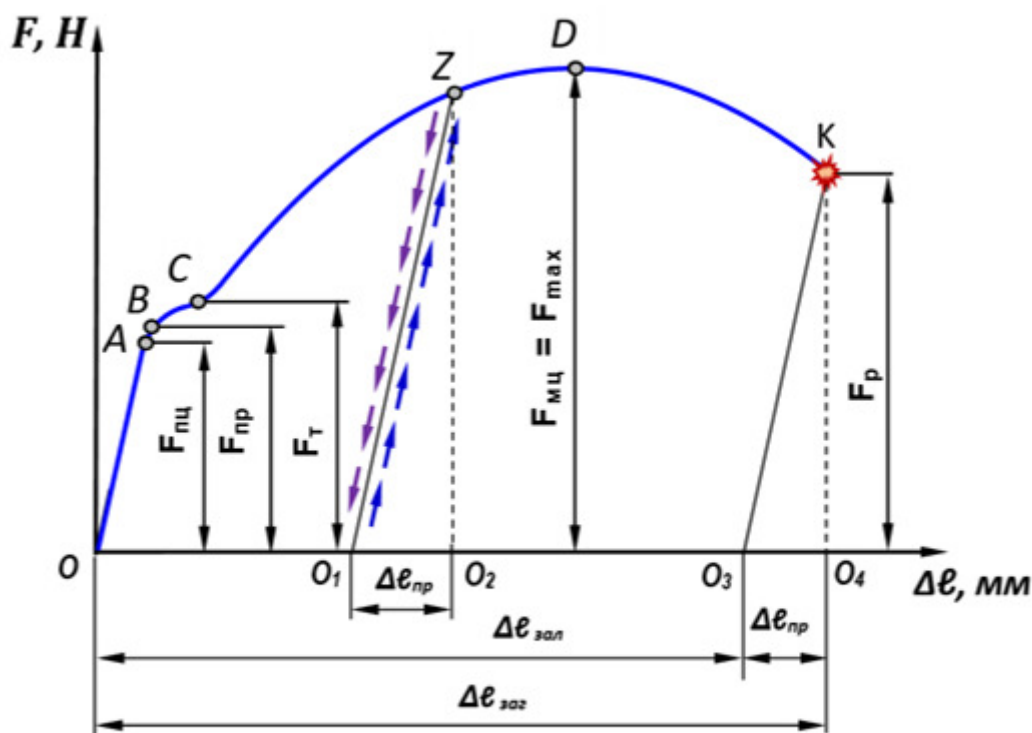


Рисунок 2.5 – Діаграма розтягу м'якої сталі.

У такому випадку масштаб навантаження (в напрямку вертикальної

осі F) становить $\mu_F = 1500 \frac{\text{Н}}{\text{мм}}$. Масштаб запису деформації (в напрямку горизонтальної осі $\Delta \ell$) перед випробуванням приймається рівним $\mu_{\Delta \ell} = 1:2 = 0,5 \frac{\text{мм}}{\text{мм}}$.

Аналіз діаграми розтягу.

На етапі навантаження до деякої сили $F_{\text{пц}}$ (точка А) спостерігається пряма пропорційна залежність між видовженням зразка і силою F , що його викликала і зворотна пропорційна залежність до площі поперечного перерізу A . Позначаючи через $\Delta \ell$ приріст довжини від сили F , можемо записати формулу, що зв'язує ці дані, яка носить назву **закону Гука**:

$$\Delta l = \frac{F \cdot l}{E \cdot A}, \quad (2.2)$$

де: E – коефіцієнт пропорційності, який характеризує жорсткість матеріалу і має

назву **модуль пружності І-го роду або модуль Юнга**, МПа;

A – площа поперечного перерізу зразка, мм^2 ;

$\Delta \ell$ – величина абсолютного видовження зразка:

$$\Delta \ell = \ell_1 - \ell_0,$$

де: ℓ_1 – довжина зразка після руйнування, мм;

ℓ_0 – початкова довжина зразка до руйнування, мм.

$E \cdot A$ – добуток, що характеризує жорсткість стержня при розтягу (стиску).

Після розвантаження у точці А початкова довжина зразка відновлюється, тобто деформація зникає. Ця властивість називається **пружністю**, а навантаження на ділянці **OA** є навантаженням $F_{\text{пн}}$, що відповідає границі пропорційності $\sigma_{\text{пн}}$.

При подальшому навантаженні починається незначне відхилення від прямої лінії. Якщо в точці В зупинити дослід, то після розвантаження деформація практично зникає, тобто з'являється залишкова деформація, що складає 0,001-0,005%. Тому вважаємо, що взагалі ділянка **OB** є ділянкою пружності, а сила (точка В) називається навантаженням $F_{\text{пр}}$, що відповідає границі пружності $\sigma_{\text{пр}}$.

При досягненні навантаженням деякого значення F_T (точка С) зразок видовжується («тече») без збільшення, а інколи і при зменшенні навантаження. На діаграмі з'являється так звана «площина текучості». На цій ділянці з'являється залишкова (пластична) деформація $\Delta \ell_{\text{зал}}$, а матеріал на ділянці ВС проявляє властивість текучості.

Щоб зразок деформувався дедалі більше, потрібно збільшувати навантаження, матеріал знову здатний чинити опір розтягу. Пояснюється це явище зміцненням матеріалу. Якщо зразок повністю розвантажити, то пружна деформація $\Delta \ell_{\text{пр}}$ зникне, а залишкова $\Delta \ell_{\text{зал}}$ залишиться, перо самописа прокреслить пряму лінію ZO_1 (рис. 2.5), яка буде паралельна пропорційній ділянці ОА. При повторному навантаженні, яке буде відразу після розвантаження, перо спочатку накреслить лінію O_1Z , а зі збільшенням навантаження переміститься далі уздовж ділянки ZD. Властивості матеріалу змінюються: пластичні властивості погіршуються, а твердість підвищується. Відбуваються зміни в кристалічній решітці матеріалу, він зміцнює сам себе. Це призводить до появи явища об'ємного зміцнення. В одних випадках ці зміни корисні, в інших шкідливі і їх усувають. В результаті попередньої пластичної деформації метал стає більш міцним (явище наклепу), збільшується діапазон пружного розтягування. Пластичні властивості металу при цьому знижуються, зменшується також і його статична в'язкість. Остання обставина має велике значення для матеріалу, який піддається дії змінних напружень. Подальше збільшення навантаження призводить до появи «шийки» на зразку (точка D) – звуження в деякому одному місці зразка, і руйнуванню. До моменту появи шийки навантаження на зразок досягає свого максимального значення $F_{\text{мц}}$ або $F_{\text{тм}}$ і є навантаженням, що відповідає границі міцності $\sigma_{\text{мц}}$ (рис. 2.6, а,б) або тимчасовому опору $\sigma_{\text{тм}}$. Як тільки на зразку утворилася «шийка» (точка D), навантаження знижується і подальше деформування зразка відбувається за рахунок видовження в зоні «шийки» (ділянка ДК) до точки К, в якій відбувається руйнування. Навантаження F_p в момент розриву називається навантаженням, що відповідає істинному опору розриву σ_p .

До моменту розриву робоча частина зразка ℓ_0 видовжилась на величину загальної деформації $\Delta\ell_{\text{заг}}$. Після розриву пружна частина загальної деформації зникає, залишається тільки залишкова деформація $\Delta\ell_{\text{зал}}$. На місці утворення «шийки» переріз зразка зменшився.



а)



б)

Рисунок 2.6 – Зразок в затискачах випробувальної машини: а) на початку випробувань, б) перед руйнуванням.

Руйнування крихких матеріалів відрізняється тим, що воно відбувається вже при невеликих деформаціях (рис. 2.4, в). При розтягу чавунного зразка, до моменту розриву виникають невеликі деформації, руйнування відбувається раптово, величини відносного звуження і відносного подовження є дуже малими. Як правило, крихкі матеріали погано опираються розтягу, їх границя міцності має невелике значення в порівнянні з границею міцності пластичних матеріалів. Якщо розглядати діаграму розтягу крихких матеріалів, то можна зазначити, що вона не має чітко вираженої прямої лінії, яка є на ділянці пропорційності для пластичних матеріалів (рис 2.5). Тому умовно прийнято говорити, що крихкі матеріали не мають пружних властивостей, а тому і не підкоряються закону Гука.