

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних робіт з дисципліни

" Фізичні процеси при руйнуванні металів "

для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня
зі спеціальності 136 «Металургія»
за освітньо-науковою програмою «Обробка металів тиском»

затверджено редакційно-видавничою
секцією науково-методичної ради ДДТУ
« 16 » . 06 2016 р., протокол № 7

Кам'янське

2016

Розповсюдження і тиражування без офіційного дозволу Дніпровського державного технічного університету заборонено.

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни " Фізичні процеси при руйнуванні металів" для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня зі спеціальності 136 «Металургія» за освітньо-науковою програмою «Обробка металів тиском» / Укл. С.В. Єршов, С.Ю. Гаврилін. - Кам'янське, ДДТУ. - 2016. - 28 с.

Укладачі: докт. техн. наук, проф. Єршов С.В.

ст. викл. Гаврилін С.Ю.

Відповідний за випуск: докт. техн. наук, проф.,

зав. кафедрою ОМТ Єршов С.В.

Рецензент: канд. техн. наук, доцент Самохвал В.М.

Затверджено на засіданні кафедри ОМТ. Протокол №9 від 02.06.2016 р.

Вказівки містять матеріали, необхідні до виконання практичних робіт з дисципліни " Фізичні процеси при руйнуванні металів ".

Лабораторне заняття № 1

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗРАЗКІВ НА ГЛИБОКЕ ПОДОВЖЕННЯ

Мета роботи: Вивчення методики випробувань на глибоку витяжку по Еріксену.

Теоретичні відомості

Технологічні випробування відносяться до найстаріших видів випробувань матеріалів. Їх відмінною рисою є визначення можливості застосування матеріалу в даному способі виробництва або для спеціальних цілей використання. Більшість методів технологічних випробувань застосовують для визначення деформованого стану металів, оскільки схильність до пластичної деформації є одним з найважливіших властивостей металу з погляду його обробки.

Причиною цього є та обставина, що при будь-яких випробуваннях не можуть бути досить повно враховані умови змащення й процесу тертя, що виникають на практиці, а так само різноманіття форм деталей, що штампуються із глибокою витяжкою. Ці фактори можуть виявитися в більшій мірі вирішальними, ніж властивості матеріалу.

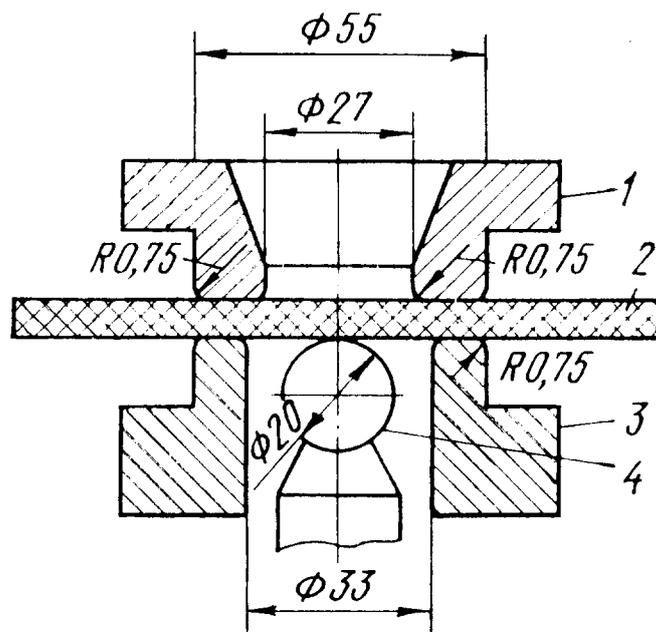


Рис. 1. Пристрій для випробування на глибоку витяжку по Еріксену: 1 - матриця; 2 - зразок; 3 - притискне кільце; 4 – пуансон

Штаби й смуги, що зазнають глибокої витяжки, повинні витримувати більшу пластичну деформацію без утворення тріщин. До сьогоднішнього дня жоден з методів випробувань не може повністю визначити здатність до глибокої витяжки, тому що це поняття складне, воно залежить від багатьох факторів, пов'язаних як із самим металом, так і з умовами проведення операції витяжки.

Випробування на глибоку витяжку по Еріксену має найбільше поширення серед методів технологічних випробувань листів насамперед через свою простоту. Воно проводиться за допомогою пристрою, представленому на рис. 1. Досліджуваний лист шириною не менше 70 мм і товщиною від 0,2 до 2 мм затискається між притискним кільцем і матрицею. Після цього пуансон з полірованою сталеву кулькою діаметром 20 мм вдавлюється за допомогою преса зі швидкістю 0,1 мм/с, у результаті чого відбувається вигинання ділянки листа (круглої заготовки) з утворенням півсфери. Характеристикою здатності до глибокої витяжки є шлях пуансона або глибина витяжки t до появи тріщин на листі. Зусилля, що приводить у дію пуансон, поступово зростає внаслідок зміцнення матеріалу при холодній пластичній деформації й різко падає при утворенні тріщини. При рівномірному розподілі деформації по листу в поздовжньому й поперечному напрямках тріщина має форму кола; у випадку різко вираженої анізотропії катаного сталевго листа тріщина прямолінійна. При випробуванні крупнозернистого листа на поверхні в зоні глибокої витяжки можна розрізнати пухирчасті утворення, так звана апельсинова кірка (рис. 2).

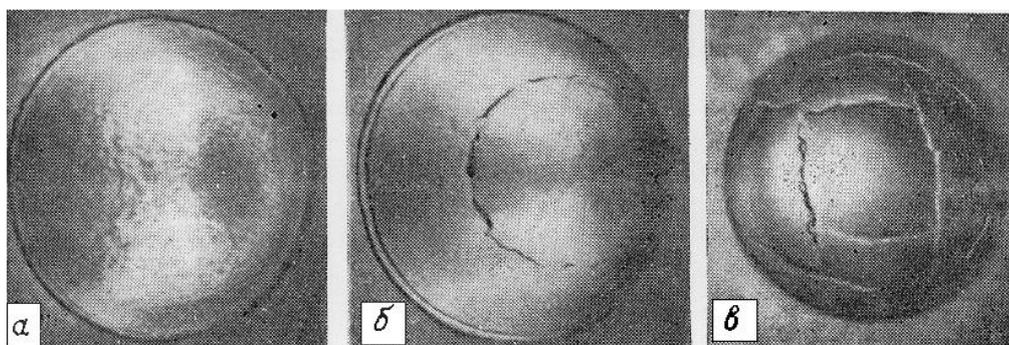


Рис.2. Вид зразків після випробування на глибоку витяжку: а – "апельсинова кірка" при випробуванні грубозернистого листа; б - руйнування ізотропного листа; в - руйнування анізотропного листа

Випробування по Еріксену характеризує насамперед здатність до витяжки. При чистій витяжці в умовах розтягування по двом осям відбувається деформація в напрямку товщини листа, а основною зоною деформації є центр листової заготовки. На відміну від цього, при чистій глибокій витяжці зміна форми відбувається завдяки тангенціальному обтисненню й пов'язаною із цим радіальною витяжкою фланця без помітної зміни товщини листа.

Випробування за допомогою плоского пуансона являє класичний приклад випробування на глибоку витяжку. При проведенні такого випробування листові круглі заготовки різного діаметру D піддають глибокій витяжці в матриці за допомогою циліндричного пуансона діаметром d_1 , так що утворюється стаканчик діаметром $d > d_1$ (рис. 3). Для проведення цих випробувань застосовують той же пристрій, що й для випробування на глибоку витяжку, але замінюють інструмент (пуансон). Заходом здатності до глибокої витяжки є діаметр D_{\max} круглої заготовки, яку можна витягнути з одержанням стаканчика без утворення тріщин. У більшості випадків відбувається розрив дна в напрямку по периметру. Характеристикою служить граничний коефіцієнт витяжки:

$$\beta_{\max} = D_{\max} / d, \quad (1)$$

де d – діаметр стаканчика, мм.

Найжорсткіші умови випробування одержують у тому випадку, коли стаканчик додатково деформується на менший діаметр.

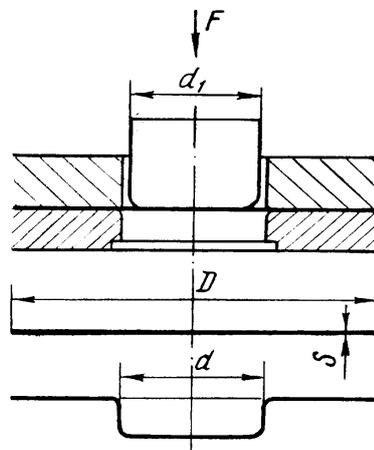


Рис. 3 Пристрій для випробування на витяжку з утворенням стаканчика

Методика виконання роботи

- 1) Провести випробування на глибоку витяжку за допомогою плоского пуансона з використанням листової круглої заготовки.
- 2) За формулою (1) обчислити граничний коефіцієнт витяжки.
- 3) Оформити звіт по роботі.

Контрольні питання

1. Що називається матрицею?
2. Що служить характеристикою здатності до глибокої витяжки?
3. Який класичний приклад випробування на глибоку витяжку ви знаєте?
4. Що називається витяжкою?
5. Що є результатом при випробування на глибоку витяжку?

Лабораторне заняття № 2

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗРАЗКІВ НА СПЛЮЩУВАННЯ

Мета роботи: Вивчення методики випробування металевих безшовних і зварних труб на сплющування.

Теоретичні відомості

Справжній стандарт поширюється на металеві безшовні й зварні труби із зовнішнім діаметром не більше 400 мм і з товщиною стінки не більше 15% від зовнішнього діаметра труби й встановлює метод випробування на сплющування при температурі 20 ± 10 °С.

При випробуванні на сплющування передбачаються наступні позначення:

1. початковий зовнішній діаметр зразка круглої труби, мм — D ;
2. товщина стінки зразка, мм — a ;
3. відстань між паралельними площинами наприкінці випробування, мм — H ;
4. внутрішній діаметр зразка, мм — $D_{\text{вн}}$.

Методика виконання роботи

Студентам пропонують провести випробування на сплющування підготовлених зразків. Після виконання роботи оформлюється звіт по роботі. Для випробування труб на сплющування застосовують зразки у вигляді відрізка труби довжиною 20 — 50 мм, а при розбіжностях в оцінці якості — довжиною $1,5 D_{\text{вн}}$, але не менше 10 мм і не більше 100 мм.

Випробування може проводитися безпосередньо на трубі з попереднім її надрізом перпендикулярно поздовжній вісі на глибину не менше $0,8D$ (рис. 1).

Площина різку повинна бути перпендикулярна вісі труби. Задирки на краях зразка повинні бути вилучені.

На зразку допускається знімати поверхневі шари (внутрішній і зовнішній), якщо це встановлено в стандартах на конкретну продукцію.

Для випробування зразок поміщають між двома гладкими твердими й паралельними площинами й плавно сплющують його, зближаючи стискаючі площини до заданої відстані H (рис. 2 і 3).

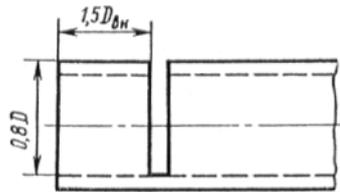


Рис. 1. Проведення випробувань

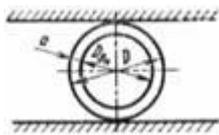


Рис. 2

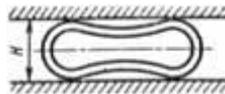


Рис. 3

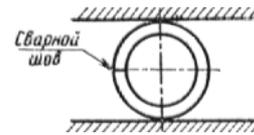


Рис. 4

Ширина стискаючих площин завжди повинна бути більше, ніж ширина зразка після сплющування.

Зварений шов при випробуваннях розташовується приблизно під кутом 90° до вісі навантаження (рис. 4).

Швидкість сплющування зразка при розбіжностях в оцінці якості випробування повинна бути не більше 25 мм/хв.

Ознакою того, що зразок витримав випробування, служить відсутність після зближення стискаючих поверхонь до величини H на зовнішній і внутрішній поверхнях тріщин або надривів з металевим блиском, помітних візуально.

Контрольні питання

1. Якого діаметру труби випробують на сплющення?
2. В чому полягає процес сплющення труб?
3. Яку швидкість використовують для проведення випробувань на сплющення?

Лабораторне заняття № 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗРАЗКІВ НА ВИГИН

Мета роботи: Вивчення методики випробувань на вигин і визначення характеристик надійності матеріалів.

Теоретичні відомості

ГОСТ 14019-80 – діючий стандарт, який встановлює методи випробувань металів на вигин при температурі (20^{+15}_{-10}) °С.

Випробування складається з вигину зразка навколо оправлення під дією статичного зусилля й служить для визначення здатності металу витримувати задану пластичну деформацію характерним кутом вигину або для оцінки граничної пластичності металу, яка характерна куту вигину до появи першої тріщини.

Стандарт не поширюється на випробування труб повного перетину, зварних з'єднань і дроту.

Місця вирізки заготовок для зразків, їхня кількість, напрямок поздовжньої вісі зразків відносно заготовки, величини припусків при вирізці й механічній обробці - за ДСТ 7564-73 і іншої нормативно-технічній документації на правила відбору проб, заготовок і зразків або на металопродукцію.

Випробування проводять на зразках круглого, квадратного, прямокутного або багатокутного перетину.

Вимоги до випробування зразків з іншою формою поперечного перерізу повинні вказуватися в нормативно-технічній документації на металопродукцію.

Випробування на вигин металопродукції номінальною товщиною до 25 мм проводять на плоских зразках з товщиною рівній товщині виробу.

При номінальній товщині металопродукції більше 25 мм плоскі зразки товщиною $(25 \pm 0,5)$ мм виготовляють механічною обробкою однієї із сторін заготовки.

При випробуванні неопрацьована поверхня зразка повинна лежати на

опорах.

Якщо немає вказівок у нормативно-технічній документації на металопродукцію, ширина зразка (b , мм) повинна дорівнювати: ширині виробу - для металопродукції з номінальною шириною <20 мм; (20 ± 5) мм - для металопродукції шириною більше 20 мм і номінальною товщиною менше 10 мм; двом товщинам зразка - для металопродукції номінальною шириною більше 20 мм і номінальною товщиною 10 мм і більше.

З металопродукції номінальною товщиною більше 25 мм допускається виготовляти зразки товщиною $(25\pm 0,5)$ мм при ширині зразків 30 мм.

Граничні відхилення по ширині зразків - відповідно до ДЕРЖСТАНДАРТ 25670-83 для класу точності грубий.

Примітка. При відповідності результатів випробувань вимогам нормативно-технічної документації на металопродукцію допускається проведення випробувань на зразках з більшою шириною.

Гострі краї зразків повинні бути закруглені. Радіус закруглення не повинен перевищувати 0,1 товщини зразка. Механічну обробку країв проводять уздовж зразка.

Допускається проводити випробування зразків з незакругленими краями за умови відповідності результатів випробувань вимогам нормативно-технічної документації на металопродукцію.

При контрольних випробуваннях зразків товщиною 10 мм і більше допускається встановлювати однакову ширину зразків, рівну подвоєній максимальній товщині зразка. Розбивку по товщинам рекомендується проводити з інтервалом 5 мм.

Металопродукція круглого або багатокутного перетину піддається випробуванню на вигин у стані поставки (у перетині рівному перетину металопродукції), якщо номінальний діаметр (при круглому перетині) або діаметр вписаного кола (при багатокутному перетині) не перевищує 50 мм.

Випробування металопродукції перетином більше 30 і до 50 мм допускається проводити на циліндричних зразках діаметром $(25\pm 0,5)$ мм.

Випробування металопродукції перетином більше 50 мм проводиться на циліндричних зразках діаметром $(25 \pm 0,5)$ мм.

Допускається проводити випробування на вигин плоских зразків товщиною більше 25 мм і шириною, рівній двом товщинам зразка, а також металопродукції діаметром (діаметром вписаного кола при багатокутному перетині) більше 50 мм у стані поставки.

При наявності вказівок у нормативно-технічній документації на металопродукцію проводять випробування на вигин на зразках інших розмірів.

Шорсткість поверхні зразків після механічної обробки R_z повинна бути не більше 40 мкм за ДСТ 2789-73.

Допускається застосовувати зразки з більш високим значенням параметра шорсткості R_z або без механічної обробки при відповідності результатів випробувань вимогам нормативно-технічної документації на металопродукцію.

При наявності вказівок у нормативно-технічній документації на металопродукцію зразки правлять перед випробуванням.

Розміри й форму заготовок і зразків для випробувань на вигин кованих заготовок, виливків і напівфабрикатів встановлюють у відповідній нормативно-технічній документації на металопродукцію.

Довжину зразка встановлюють залежно від товщини металу й товщини (діаметра закруглення) оправлення. Орієнтовну довжину зразка (L , мм) обчислюють по формулі:

$$L=2(a+D)+K, \quad (1)$$

де a – товщина або діаметр (діаметр вписаного кола для багатокутного перетину зразка, мм;

D – діаметр закруглення (товщина) оправлення, мм;

K – коефіцієнт, що дорівнює 100 ... 150 мм.

Кількість зразків для випробувань вказують у нормативно-технічній документації на металопродукцію.

Випробування на вигин проводять на універсальних випробувальних машинах або пресах. Для проведення випробування застосовують

пристосування:

- у вигляді двох опор з оправленням ([рис. 1](#));
- у вигляді матриці з V-подібним поглибленням і оправленням ([рис. 2](#)).

Зразки товщиною менше 4 мм випробовують на вигин у лещатах навколо жорстко закріпленого оправлення ([рис. 4](#)). Вигин зразка здійснюють за допомогою важеля.

Кут між похилими поверхнями матриці з V-подібним поглибленням повинен становити $180^\circ - \alpha^\circ$. Величину кута вигину (град) встановлюють у нормативно-технічній документації на металопродукцію.

Краї матриці повинні бути закруглені з радіусом закруглення, рівним від 1 до 2 товщин (діаметрів) зразка, і мати твердість не менше 50 HRC_Э.

При виготовленні плоского зразка на його гранях після механічної обробки не повинно бути поперечних рисок від різального інструменту. Шорсткість поверхні зразка після механічної обробки R_z за ДСТ 2789-73 повинна бути менше або дорівнювати 40 мкм.

Гострі краї зразка повинні бути притуплені. Радіус закруглення не повинен перевищувати 0,1 товщини зразка. Механічну обробку країв роблять уздовж зразка. Допускається проводити випробування на зразках з непритупленими краями, якщо при цьому виходять задовільні результати.

Ширина оправлення й опор повинна бути більше ширини зразка. Товщину оправлення d встановлюють відповідно до нормативно-технічної документації на металопродукцію. При відсутності таких вказівок товщину оправлення приймають рівною двом товщинам (діаметрам) випробуваного зразка. Радіус закругленої частини оправлення повинен дорівнювати половині її товщини. Радіус закруглення опор R повинен бути не менше товщини зразка.

Відстань між опорами, якщо вона не вказана в нормативно-технічній документації на металопродукцію, приймають рівною $d+2,5a$ з округленням до 1 мм у більшу сторону.

Перед випробуванням допускається виправлення зразків при температурі $(20^{+15}_{-10})^\circ\text{C}$.

На середній третині довжини зразка не допускаються дефекти металургійного виробництва й механічні ушкодження. Маркування повинно бути на кінцях зразка.

Методика виконання роботи

Для проведення випробування підбирають зразок, довжину якого обчислюють по формулі (1). Цей зразок з постійною площею поперечного перерізу піддають вигину зосередженим навантаженням у середині прольоту між опорами (рис. 1).

Відстань між опорами (l) визначається з округленням до 1,0 мм і обчислюється по формулі:

$$l = (D + 3a) \pm \frac{a}{2}, \quad (2)$$

де D - діаметр закруглення, мм;

a - товщина або діаметр (діаметр вписаного кола для багатокутного перетину зразка), мм.

Ширина оправлення й опор повинні бути більше ширини зразка.

Діаметр закруглення (товщина) оправлення й радіус закруглення опор (R , мм) встановлюють відповідно до вимог нормативно-технічної документації на металопродукцію. При відсутності таких вказівок діаметр закруглення (товщину) оправлення приймають рівним двом товщинам (діаметрам) зразка, а радіус закруглення опор - не менше товщини (діаметра) зразка.

При випробуванні не повинне спостерігатися змінання робочих поверхонь оправлення й опор.

Випробування на вигин проводять:

- до заданого кута вигину;
- до появи першої тріщини в розтягнутій зоні зразка з визначенням кута вигину;
- до паралельності сторін;
- до зіткнення сторін.

Вид вигину повинен бути зазначений у нормативно-технічній документації на металопродукцію.

Випробування на вигин проводять при плавному збільшенні навантаження на зразок. При випробуванні до появи першої тріщини з визначенням кута вигину швидкість випробування не повинна перевищувати 15 мм/хв.

При випробуванні на вигин на жорстко закріплених лещатах оправлення зразок одним кінцем затискають у лещатах і згинають на заданий кут (рис. 4). Радіус оправлення обумовлюється в нормативно-технічній документації на металопродукцію.

При випробуванні до заданого кута вигину зразок встановлюють на опори (рис. 1) або на матрицю (рис. 2) і згинають за допомогою оправлення до заданого кута.

Кут вигину вимірюють без зняття навантаження. Допускається вимірювати кут вигину після зняття зусилля (рис. 5).

Випробування на вигин до появи першої тріщини проводять по тій же методиці, що й вигин до заданого кута. Кут вигину вимірюють без зняття навантаження.

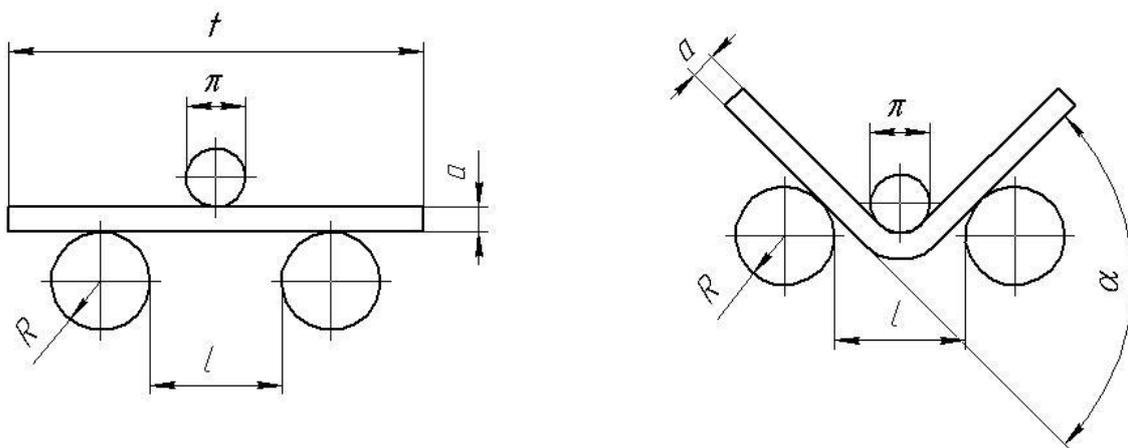


Рис. 1

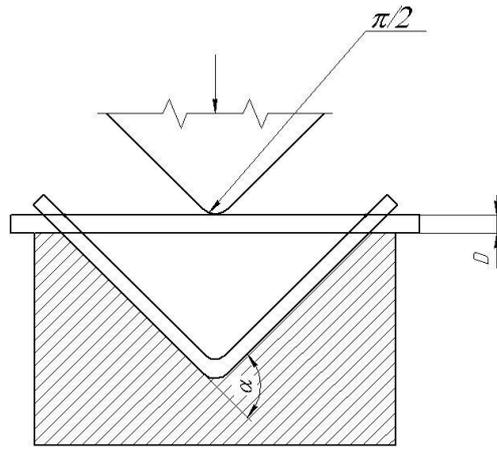


Рис. 2

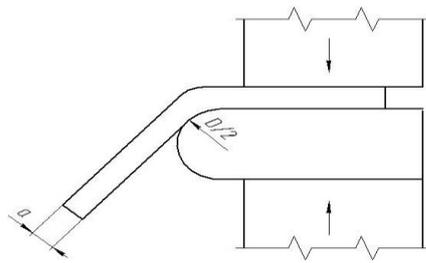


Рис. 4

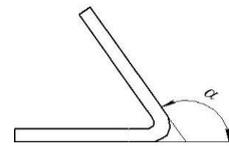


Рис. 5

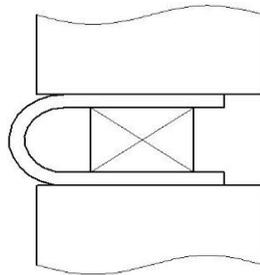


Рис. 6

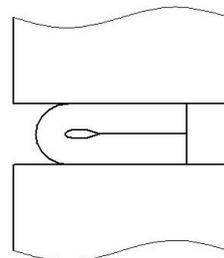


Рис. 7

Допускається вимірювати кут вигину після зняття навантаження.

Випробування на вигин до паралельності сторін проводять після попереднього вигину зразка на кут не менше 150° по схемах на [рис. 1](#), [2](#), [4](#). Вигин продовжують між паралельними площинами до зіткнення сторін зразка із прокладкою, товщиною рівній товщині (діаметру) оправлення ([рис. 6](#)).

Випробування на вигин до зіткнення сторін проводять після вигину зразка на кут не менше 150° по схемах на [рис. 1](#), [2](#), [4](#). Вигин продовжують між двома паралельними площинами плавно наростаючим зусиллям до зіткнення

сторін зразка з утворенням природної петлі. Опорні поверхні повинні бути більше половини довжини зразка (рис. 7).

Далі оформлюється звіт по роботі.

Контрольні питання

1. Які Ви знаєте види випробувань на вигин?
2. Що є оцінкою випробувань на вигин?
3. Які призначають вимоги до випробування зразків на вигин?
4. Що називається пластичною деформацією?
5. Які види деформацій Ви знаєте?

Лабораторне заняття № 4

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗРАЗКІВ НА ЗАГИН

Мета роботи: Вивчення методики випробування металевих труб на загин.

Теоретичні відомості

Справжній стандарт поширюється на металеві труби круглого перетину й встановлює метод випробування на загин по заданих розмірах і формі при температурі $(20 \pm 0)^\circ\text{C}$.

Для випробування на загин труб із зовнішнім діаметром D до 60 мм включно відбирають зразки у вигляді відрізка труби повного перетину (рис. 1), труб із зовнішнім діаметром понад 60 мм - зразки у вигляді поперечних або поздовжніх смуг.

Зразок у вигляді відрізка труби відрізають від кінця труби довжиною, достатньою для його загину на заданий кут і радіус.

При товщині стінки труби $a_0 < 5$ мм ширина поздовжніх смуг і поперечних зразків повинна бути 10 мм. При товщині стінки труби $a > 5$ мм ширина зразка повинна бути $2a$.

При масових контрольних випробуваннях труб з товщиною стінки понад 5 мм із метою спрощення виготовлення зразків для груп зразків різної товщини

допускається встановлювати однакову ширину, рівну подвоєній максимальній товщині зразка цієї групи. Розбивку по товщинам рекомендується робити з інтервалом 5 мм.

Зразки у вигляді поздовжніх смуг і поперечні зразки від зварних труб вирізують за межами зони термічного впливу зварного шва. Поздовжні смуги повинні вирізатися з ділянки основного металу на кут не менше 90° від положення зварного шва.

Методика виконання роботи

Випробування проводять шляхом плавного безперервного загину зразка навколо жолобчастого ролика або оправлення заданого радіуса r до певного кута. Профіль жолобка або оправлення повинен відповідати зовнішньому діаметру випробуваного зразка. При наявності в нормативно-технічній документації на труби вимог по обмеженню величини овальності поперечного перерізу труби в процесі випробування допускається проводити випробування із застосуванням внутрішнього оправлення або наповнювача.

Кут загину зразка приймають рівним 90° , якщо в нормативно-технічній документації на труби не встановлений інший кут.

Радіус загину зразка, у вигляді відрізка труби, вказують у нормативно-технічній документації на труби. При відсутності таких вказівок радіус загину труб зі сталей з відносним подовженням не менше 21% встановлюють відповідно до таблиці 8.1.

Таблиця 8.1

Співвідношення товщини стінки труби до зовнішнього діаметра труби a/B_0 , мм	Зовнішній діаметр труби, мм	Радіус загину R , мм
0,1 і більше	До 50	$2D_0$
	Св. 50	$3D_0$
Менше 0,1	До 60 вкл.	$3D_0$

При випробуванні зварних труб положення зварного шва повинно бути зазначене в нормативно-технічній документації на виріб. Якщо ця вказівка відповідає, зварний шов повинен перебувати в зоні стиску й розташовуватися під кутом 45° до площини вигину.

Випробування металу шва й металу зони термічного впливу на загин проводять за ДСТ 6996-66.

Випробування на загин поздовжніх зразків проводять за ДСТ 14019-80.

Випробування на загин поперечних зразків (рис. 2) (смуги у вигляді частини кільця) проводять за ДСТ 14019-80.

Радіуси оправлення для загину поздовжніх смуг і поперечних зразків залежно від товщини стінки труби повинні відповідати зазначеним у таблиці 2. При цьому розтягуючим зусиллям повинна піддаватися сторона зразка, що є зовнішньою поверхнею труби.

Таблиця 8.2

Товщина стінки труби, мм	Радіус оправлення, мм	Товщина стінки труби, мм	Радіус оправлення, мм
1, 0-1,2	2,5	3,5	7,0
1, 4-1,5	3,0	4,0	7,5
1,6	3,5	4,5	8,5
1, 8-2,0	4,0	5,0	9,0
2,2	4,5	5,5	9,5
2,5	5,0	6,0	10,5
2,8	5,5	6,5	11,0
3,0	6,0	7, 0-7,5	12,0
3,2	6,5	Понад 7,5	2a

Загин поперечних зразків роблять таким чином, щоб збільшилася початкова кривизна зразка.

Зразок вважається витримавшим випробування, якщо після загину на ньому не буде візуально виявлене порушення цілісності металу з металевим блиском.

Після виконання роботи оформлюється звіт.

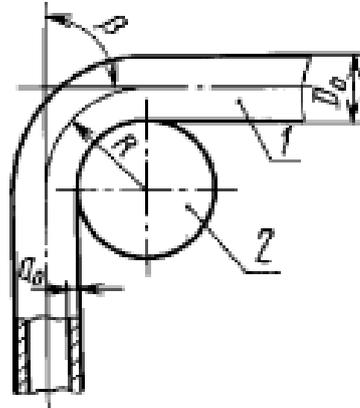


Рис. 1 – Загин відрізків труб:

1 – зразок патрубков; 2 – циліндрична оправка;

R – радіус загину труби на середній лінії

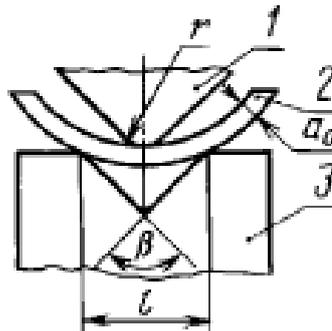


Рис. 2 – Загин повздовжніх зразків:

1 – оправка; 2 – повздовжній зразок; 3 – опора;

l – відстань між опорами

Контрольні питання

1. В чому полягає відмінність в випробуванні на загин від випробування на вигин?

ЛІТЕРАТУРА

1. ГОСТ 9454-78 Метали. Метод випробування на ударний вигин при знижених, кімнатної й підвищених температурах – М.: Изд-во стандартов, 1978. – 32 с.
2. ГОСТ 8695-75 Труби. Метод випробувань на сплющування – М.: Изд-во стандартов, 1975. – 22 с.
3. ГОСТ 14019-2003 Матеріали металеві. Метод випробування на вигин – К.: Изд-во стандартов, 2003. – 20 с..
4. ГОСТ 3728-78 Труби. Методи випробування на загин – М.: Изд-во стандартов, 1978. – 45 с.
5. ГОСТ 11706-78 Труби. Методи випробування на роздачу кільця конусом – М.: Изд-во стандартов, 1978. – 50 с.
6. ГОСТ 1050-88 Прокат сортовий, калібрований, зі спеціальною обробкою з вуглецевої якісної сталі – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 22 с.
7. Дзугутов М.Я. Напряжения и разрывы при обработке металлов давлением / М.Я. Дзугутов. – М.: Metallurgiya, 1974. – 280 с.

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни "Фізичні процеси при руйнуванні металів " для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня зі спеціальності 136 «Металургія» за освітньо-науковою програмою «Обробка металів тиском»

Укладачі: Єршов Сергій Володимирович
Гаврилін Сергій Юрійович

Підписано до друку 18. 06. 2016 р.

Формат A5 Об'єм 1,0 друк. арк.

Тираж 25 екз. Зам. № 724

51918, м. Кам'янське , вул. Дніпробудівська, 2.