



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

МАТЕРІАЛИ МЕТАЛЕВІ
Випробування на розтяг
Частина 1. Метод випробування
за кімнатної температури
(EN 10002-1:2001, IDT)

ДСТУ EN 10002-1:2006

БЗ № 2-2006/116

Київ
ДЕРЖСПОЖИВСТАНДАРТ УКРАЇНИ
2008

ПЕРЕДМОВА

1 ВНЕСЕНО: Технічний комітет зі стандартизації «Стандартизація методів контролю механічних, металографічних та корозійних властивостей металопродукції» (ТК 81)

ПЕРЕКЛАД І НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ РЕДАГУВАННЯ: **В. Вахрушева**, д-р техн. наук; **О. Малиш**; **Л. Левченко**

2 НАДАНО ЧИННОСТІ: наказ Держспоживстандарту України від 6 квітня 2006 р. № 107 з 2007–07–01

3 Національний стандарт ДСТУ EN 10002-1:2006 ідентичний EN 10002-1:2001 Metallic materials — Tensile testing — Part 1: Method of test at ambient temperature (Матеріали металеві. Випробування на розтяг. Частина 1. Метод випробування за кімнатної температури) і внесений з дозволу CEN, rue de Stassart 36, B-1050 Brussels. Усі права щодо використання Європейських стандартів у будь-якій формі і будь-яким способом залишаються за CEN та її Національними членами, і будь-яке використання без письмового дозволу Державного комітету України з питань технічного регулювання та споживчої політики (ДССУ) заборонено

Ступінь відповідності — ідентичний (IDT)

Переклад з англійської (en)

4 НА ЗАМІНУ ДСТУ 4131–2002

Право власності на цей документ належить державі.
Відтворювати, тиражувати і розповсюджувати його повністю чи частково
на будь-яких носіях інформації без офіційного дозволу заборонено.
Стосовно врегулювання прав власності треба звертатися до Держспоживстандарту України

Держспоживстандарт України, 2008

ЗМІСТ

Національний вступ	С.
Вступ	V
1 Сфера застосування	1
2 Нормативні посилання	1
3 Суть методу	2
4 Терміни та визначення понять	2
5 Літерні позначки та назви	4
6 Зразки	5
6.1 Форма та розміри	5
6.2 Види зразків	6
6.3 Виготовлення зразків	6
7 Визначання початкової площі поперечного перерізу (S_0)	6
8 Маркування початкової розрахункової довжини (L_0)	6
9 Точність випробовувального устаткування	7
10 Умови випробовування	7
11 Визначання відносного видовження внаслідок розривання (A)	8
12 Визначання відносного загального видовження під час максимального зусилля (A_{gt})	9
13 Визначання умовної границі плинності під час непропорційного видовження (R_p)	9
14 Визначання умовної границі плинності під час повного видовження (R_t)	9
15 Метод визначання граничного значення напруження під час заданого залишкового видовження (R_r)	9
16 Визначання відносного зменшення площі поперечного перерізу (Z)	10
17 Протокол випробовування	10
Додаток А Настанови з використання випробовувальних машин з комп'ютерним керуванням	16
Додаток В Види зразків для плоских виробів товщиною від 0,1 мм до 3 мм	19
Додаток С Види зразків для дроту, прутків та профілю діаметром або товщиною, меншою ніж 4 мм	20
Додаток D Види зразків для плоских виробів товщиною 3 мм і більше та для дроту, прутків і профілів діаметром 4 мм і більше	21
Додаток Е Види зразків для труб	23
Додаток F Визначання відносного видовження під час розривання, коли встановлене значення менше ніж 5 %	24

Додаток G Визначання відносного видовження під час розривання зразка методом розділення початкової розрахункової довжини	25
Додаток H Ручний метод визначання відносного загального видовження під час максимального зусилля для довгомірних виробів, таких як прутки, дріт, штанги	26
Додаток J Точність випробовування на розтяг і оцінювання вимірювання	26
Бібліографія	33

НАЦІОНАЛЬНИЙ ВСТУП

Цей стандарт є тотожний переклад EN 10002-1:2001 *Metallic materials — Tensile testing — Part 1: Method of test at ambient temperature* (Матеріали металеві. Випробування на розтяг. Частина 1. Метод випробування за кімнатної температури).

Технічний комітет, відповідальний за цей стандарт, — ТК 81 «Стандартизація методів контролю механічних, металографічних та корозійних властивостей металопродукції».

Стандарт містить вимоги, які відповідають чинному законодавству України.

Цей стандарт відповідає ГОСТ 1497–84 *Металлы. Метод испытания на растяжение*, ГОСТ 10006–80 *Трубы металлические. Метод испытания на растяжение* в частині основних технічних вимог.

До стандарту внесено такі редакційні зміни:

- слова «цей європейський стандарт» замінено на «цей стандарт»;
- вилучено частково вступ до Європейського стандарту: текст, який не містить технічних пояснень до тексту стандарту;
- стандарт доповнений «Національними примітками», які виділені у тексті стандарту рамкою;
- до розділу 2 «Нормативні посилання» долучено «Національне пояснення», виділене рамкою;
- структурні елементи цього стандарту: «Титульний аркуш», «Передмову», «Зміст», «Національний вступ», «Бібліографічні дані» — оформлено згідно з вимогами національної стандартизації України.

Копії європейських стандартів, на які є посилання у цьому стандарті, можна отримати у Головному фонді нормативних документів.

ВСТУП

EN 10002 складається з п'яти частин:

Частина 1. Метод випробування за кімнатної температури.

Частина 2. Перевіряння системи вимірювання зусилля машин для випробування на розтяг.

Частина 3. Калібрування приладів для вимірювання зусилля, які використовують для перевіряння випробувальних машин.

Частина 4. Перевіряння екстензометрів, використовуваних у одновісних випробуваннях.

Частина 5. Метод випробування за підвищеної температури.

Примітка. Частина 2 замінено EN ISO 7500-1. Частина 3 та 4 будуть замінені відповідними стандартами ISO.

Додатки В, С, D і E — обов'язкові. Додатки А, F, G, H і J — довідкові.

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

МАТЕРІАЛИ МЕТАЛЕВІ

Випробування на розтяг

Частина 1. Метод випробування за кімнатної температури

МАТЕРИАЛЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ

Испытание на растяжение

Часть 1. Метод испытания при комнатной температуре

METALLIC MATERIALS

Tensile testing

Part 1. Method of test at ambient temperature

Чинний від 2007-07-01

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

Цей стандарт установлює метод випробування на розтяг металевих матеріалів та характеристики механічних властивостей, які можна визначати за кімнатної температури.

Примітка. У довідковому додатку А наведено додаткові настанови щодо автоматизованих випробувальних машин. Передбачено, що під час подальшого розвитку виробництва додаток А в наступній редакції цього стандарту стане нормативним.

2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

Цей стандарт містить положення з інших публікацій через датовані й недатовані посилання. Ці нормативні посилання наведено у відповідних місцях тексту, а перелік публікацій наведено нижче. Для датованих посилань пізніші зміни чи перегляд будь-якої з цих публікацій стосуються цього стандарту тільки в тому випадку, якщо їх введено разом зі змінами чи переглядом. Для недатованих посилань треба користуватись останнім виданням відповідної публікації.

EN 10002-4 Metallic materials — Tensile testing — Part 4: Verification of extensometers used in uniaxial testing

EN 20286-2 ISO system of limits and fits — Part 2: Tables of standart tolerances grades and limits deviations for holes and shafts (ISO 286-2:1988)

EN ISO 377 Steel and steel products — Location of samples and test pieces for mechanical testing (ISO 377:1997)

EN ISO 2566-1 Steel conversion of elongation values — Part 1: Carbon and alloy steels (ISO 2566-1:1984)

EN ISO 2566-2 Steel conversion of elongation values — Part 2: Austenitic steels (ISO 2566-1:1984)

EN ISO 7500-1 Metallic materials — Verification of static uniaxial testing machines — Part 1: Tension/compression testing machines — Verification and calibration of force measuring (ISO 7500-1:1999).

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

EN 10002-4 Матеріали металеві. Випробування на розтяг. Частина 4. Перевіряння екстензометрів, використовуваних під час одноосьових випробувань

EN 20286-2 ISO система границь і відповідностей. Частина 2. Таблиці стандартних допусків. Види допусків і граничні відхилення для отворів та осей (ISO 286-2:1988)

EN ISO 377 Сталь та сталеві вироби. Місце взяття проб та зразків для механічних випробувань (ISO 377:1997)

EN ISO 2566-1 Сталь. Перераховування значень видовження. Частина 1. Вуглецеві та легovanі сталі (ISO 2566-1:1984)

EN ISO 2566-2 Сталь. Перераховування значень видовження. Частина 2. Аустенітні сталі (ISO 2566-2:1984)

EN ISO 7500-1 Матеріали металеві. Перевіряння статичних одноосьових випробовувальних машин. Частина 1. Випробовувальні машини для випробовування на розтяг та тиск. Перевіряння та калібрування (ISO 7500-1:1999).

3 СУТЬ МЕТОДУ

Суть цього випробовування полягає в тому, що зразок розтягують завдяки прикладанню розтягувального зусилля, в основному до розірвання, щоб установити одну або декілька характеристик механічних властивостей, визначення яких наведено у розділі 4.

Якщо інакше не встановлено, випробовування проводять за кімнатної температури в межах від 10 °C до 35 °C. Випробовування за контрольованих умов потрібно проводити за температури (23 ± 5) °C.

4 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

Для цього стандарту дійсні такі визначення:

4.1 розрахункова довжина L_0 (*gauge length* L_0)

Довжина циліндричної або призматичної частини зразка, на якій вимірюють видовження. Зокрема відрізняють:

4.1.1 початкова розрахункова довжина L_0 (*original gauge length* L_0)

Розрахункова довжина до прикладання зусилля

4.1.2 кінцева розрахункова довжина L_u (*final gauge length* L_u)

Розрахункова довжина після розірвання зразка (див. 11.1)

4.2 робоча довжина L_c (*parallel length* L_c)

Паралельна ділянка зразка зі зменшенням перерізом.

Примітка. Поняття робоча довжина для необроблених зразків замінюють поняттям відстань між захватами

4.3 видовження (*elongation*)

Збільшення початкової розрахункової довжини (L_0) в будь-який момент випробовування

4.4 відносне видовження (*percentage elongation*)

Видовження, виражене у відсотках від початкової розрахункової довжини (L_0)

4.4.1 залишкове відносне видовження (*percentage permanent elongation*)

Збільшення початкової розрахункової довжини зразка після зняття встановленого напруження (див. 4.9) виражене у відсотках від початкової розрахункової довжини (L_0)

4.4.2 відносне видовження внаслідок розірвання A (*percentage elongation after fracture* A)

Залишкове видовження розрахункової довжини внаслідок розірвання ($L_u - L_0$), виражене у відсотках від початкової розрахункової довжини (L_0).

Примітка. Якщо для пропорційного зразка початкова розрахункова довжина не дорівнює $5,65 \sqrt{S_0}$ ¹⁾ — а початковий поперечний переріз S_0 перебуває у межах робочої довжини, то літерну позначку A доповнюють індексом, який вказує взятий за основу коефіцієнт пропорційності, наприклад:

$A_{11,3}$ — відносне видовження внаслідок розірвання на початковій розрахунковій довжині (L_0) $11,3 \sqrt{S_0}$.

Для непропорційних зразків літерну позначку A доповнюють індексом, який вказує взятую за основу початкову розрахункову довжину в міліметрах, наприклад:

A_{80} мм — відносне видовження внаслідок розірвання на початковій розрахунковій довжині (L_0) 80 мм.

¹⁾ $5,65 \sqrt{S_0} = 5 \cdot \sqrt{\frac{4S_0}{\pi}}$

4.4.3 загальне видовження внаслідок розірвання A_t (percentage total elongation at fracture A_t)

Загальне видовження (пружне та пластичне видовження) початкової розрахункової довжини в момент розірвання, у відношенні до початкової розрахункової довжини (L_0) і виражене у відсотках

4.4.4 відносне видовження під час максимального зусилля (percentage elongation at maximum force)

Збільшення початкової розрахункової довжини зразка під час максимального зусилля у відношенні до початкової розрахункової довжини (L_0) і виражене у відсотках.

Примітка. У цьому разі відрізняють загальне видовження під час максимального зусилля (A_{gt}) та непропорційне видовження під час максимального зусилля (A_g) (див. рисунок 1)

4.5 вимірювана екстензометром довжина L_e (extensometer gauge length L_e)

Довжина паралельної ділянки зразка, яку використовують для вимірювання видовження за допомогою екстензометра.

Примітка. Рекомендовано під час вимірювання параметрів границі плинності, зокрема умовної границі плинності $L_e \geq \frac{L_0}{2}$.

Крім того, рекомендовано, щоб для вимірювання параметрів під час або після прикладання максимального зусилля, L_e приблизно дорівнювало L_0 .

4.6 видовження (extension)

Збільшення вимірюваної екстензометром довжини (L_e) під час випробовування

4.6.1 залишкове відносне видовження (percentage permanent extension)

Збільшення вимірюваної екстензометром довжини після зняття із зразка встановленого напруження, виражене у відсотках від вимірюваної екстензометром довжини (L_e).

4.6.2 відносне видовження в момент досягнення границі плинності A_e (percentage yield point extension A_e)

У матеріалах з переривистою плинністю видовження між початком плинності та початком деформування зі зміцненням.

Примітка. Виражене у відсотках від вимірюваної екстензометром довжини (L_e)

4.7 відносне звуження Z (percentage reduction of area Z)

Найбільше змінення площі поперечного перерізу під час випробовування ($S_0 - S_u$), виражене у відсотках від початкової площі поперечного перерізу (S_0)

4.8 максимальне зусилля F_m (maximum force F_m)

Найбільше зусилля, яке витримав зразок під час випробовування після перевищування границі плинності. Для матеріалів без границі плинності це максимальне значення під час випробовування

4.9 напруження (stress)

Зусилля у будь-який момент випробовування, поділене на початкову площу поперечного перерізу (S_0) зразка

4.9.1 границя міцності під час розтягування R_m (tensile strength R_m)

Напруження, яке відповідає максимальному зусиллю (F_m).

4.9.2 границя плинності (yield strength)

Коли металевий матеріал досягає границі плинності — це напруження відповідає точці випробовування. Відрізняють:

4.9.2.1 верхня границя плинності R_{eH} (upper yield strength R_{eH})

Значення напруження, за якого настає перше зниження зусилля (див. рисунок 2).

4.9.2.2 нижня границя плинності R_{eL} (lower yield strength R_{eL})

Найменше напруження в області плинності, без врахування будь-яких перехідних явищ (див. рисунок 2)

4.9.3 умовна границя плинності під час непропорційного видовження R_p (proof strength, non-proportional extension R_p)

Напруження, за якого непропорційне видовження дорівнює встановленому відсотку довжини, вимірюваної екстензометром (L_e) (див. рисунок 3).

Примітка. Літерну позначку доповнюють індексом, який вказує заданий відсоток довжини, наприклад: $R_{p0,2}$

4.9.4 умовна границя плинності під час загального видовження R_t (proof strength, total extension R_t)

Напруження, за якого загальне видовження (пружне та залишкове видовження) дорівнює встановленому відсотку вимірюваної екстензометром довжини (L_e) (див. рисунок 4).

Примітка. Літерну позначку доповнюють індексом, який вказує числове значення загального видовження вимірюваної приладом довжини у відсотках, наприклад: $R_{t0,5}$.

4.9.5 установлена міцність R_r (permanent set strength R_r)

Напруження, за якого після зняття зусилля не перевищено установлене залишкове видовження або видовження відповідно задане у відсотках від початкової вимірюваної довжини (L_e) або вимірюваної екстензометром довжини (див. рисунок 5).

Примітка. Літерну позначку доповнюють індексом, який вказує встановлений відсоток початкової розрахункової довжини (L_0) або вимірюваної екстензометром довжини, наприклад: $R_{r0,2}$.

4.10 зруйнування (fracture)

Явище, яке має місце у разі повного розірвання зразка чи коли зусилля зменшується до нуля.

5 ЛІТЕРНІ ПОЗНАКИ ТА НАЗВИ

Літерні позначки та відповідні назви наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 — Літерні позначки і назви

Номери	Літерні позначки	Одиниця вимірювання	Назва
			Зразок
1	a^b	мм	Товщина плоского зразка або товщина стінки труби
2	b	мм	Ширина паралельної ділянки зразка або середня ширина поздовжньої стрічки, вирізаної з труби або ширина плоского дроту
3	d	мм	Діаметр паралельної ділянки круглого зразка або діаметр круглого дроту, або внутрішній діаметр труби
4	D	мм	Зовнішній діаметр труби
5	L_0	мм	Початкова розрахункова довжина
—	L'_0	мм	Початкова розрахункова довжина для деформування A_0 (див. додаток Н)
6	L_c	мм	Робоча довжина
—	L_e	мм	Вимірювана екстензометром довжина
7	L_t	мм	Загальна довжина зразка
8	L_u	мм	Кінцева розрахункова довжина внаслідок розірвання
—	L'_u	мм	Кінцева розрахункова довжина для деформування A_g (див. додаток Н)
9	S_0	мм ²	Початкова площа поперечного перерізу паралельної довжини
10	S_u	мм ²	Найменша площа поперечного перерізу зразка внаслідок розірвання
—	k	—	Коефіцієнт пропорційності
11	Z	%	Відносне звуження внаслідок розірвання: $((S_0 - S_u)/S_0) \cdot 100$
12	—	—	Головки зразка
			Видовження
13	—	мм	Видовження внаслідок розірвання $L_u - L_0$
14	A^c	%	Відносне видовження внаслідок розірвання: $((L_u - L_0)/L_0) \cdot 100$
15	A_e	%	Відносне видовження в момент досягнення границі плинності
—	ΔL_m	мм	Видовження під час максимального зусилля
16	A_g	%	Непропорційне відносне видовження під час максимального зусилля (F_m)

Кінець таблиці 1

Номери	Літерні позначки	Одиниця вимірювання	Назва
			Зразок
17	A_{gt}	%	Загальне відносне видовження під час максимального зусилля (F_m)
18	A_t	%	Загальне відносне видовження внаслідок розірвання
19	—	%	Задане непропорційне відносне видовження
20	—	%	Загальне відносне видовження (див. R_t)
21	—	%	Задане залишкове відносне видовження вимірюваної екстензометром довжини або початкової розрахункової довжини
22	F_m	Н	Максимальне зусилля
			Границя плинності. Умовна границя плинності. Границя плинності під час розтягування
23	R_{eH}	МПа ^d	Верхня границя плинності
24	R_{eL}	МПа	Нижня границя плинності
25	R_m	МПа	Границя міцності під час розтягування
26	R_p	МПа	Границя плинності під час непропорційного видовження
27	R_r	МПа	Постійна задана міцність
28	R_t	МПа	Умовна границя плинності під час загального видовження
—	E	МПа	Модуль пружності
^a — див. рисунки 1—13. ^b — позначку T також використовують в стандартах на сталеві труби. ^c — див. 4.4.2. ^d — 1 МПа = 1 Н/мм ² .			

6 ЗРАЗКИ

6.1 Форма та розміри

6.1.1 Загальні положення

Форма та розміри зразків залежать від форми та розмірів виробів з металевих матеріалів, від яких беруть зразки. Зазвичай зразок вирізають із виробу або із спресованої, або із відлитої заготовки. Вироби з постійним поперечним перерізом (профілі, прутки, дріт, тощо), а також відлиті зразки (наприклад, чавун, сплави кольорових металів) можна випробовувати без механічного оброблення.

Поперечний переріз зразків може бути круглий, квадратний, прямокутний та у формі кільця, а в особливих випадках він може бути іншої форми.

Зразки, у яких відношення початкової розрахункової довжини до початкової площі поперечного перерізу виражається рівнянням $L_0 = k \sqrt{S_0}$, називаються пропорційними зразками. Встановленим в світовій практиці значенням для k являється 5,65. Початкова розрахункова довжина повинна бути не менша ніж 20 мм. Якщо поперечний переріз зразка є занадто малий для того, щоб у разі $k = 5,65$ виконати цю умову, то може бути передбачений більший коефіцієнт (переважно 11,3) або можна застосовувати непропорційний зразок.

У разі застосування непропорційних зразків початкову розрахункову довжину (L_0) вибирають незалежно від початкової площі поперечного перерізу (S_0).

Розміри та допуски зразків повинні відповідати даним, які вказані у відповідних додатках (див. 6.2).

6.1.2 Оброблені зразки

Оброблені зразки повинні мати поступовий перехід між робочою довжиною та головками зразка, якщо їх поперечні перерізи є різні. Величина відповідного радіуса переходу дуже важлива. Рекомендовано встановлювати радіус під час постачання металу, якщо він не наведений у відповідному додатку (див. 6.2).

Форма головок зразка може бути будь-якою і відповідати типу захватів випробувальної машини. Робоча довжина (L_c) або вільна довжина між захватами призначених для розтягування зразків без головок, повинні завжди бути більші ніж початкова розрахункова довжина (L_0).

6.1.3 Необроблені зразки





Якщо зразок складається з необробленого відрізка виробу або є необроблений, то вільна довжина між захватами повинна бути досить велика, щоб усі вимірювальні мітки можна було нанести на великій відстані від цих захватів (див. додатки В—Е).

Відлиті зразки повинні мати поступовий перехід між головками зразка та робочою довжиною. Розміри цього переходу є дуже важливі. Рекомендовано встановлювати ці розміри в стандартах на металопродукцію. Форма головок зразка може бути будь-яка і відповідати типу захватів випробувальної машини. Робоча довжина (L_c) завжди повинна бути більша ніж початкова розрахункова довжина (L_0).

6.2 Види зразків

Основні види зразків описані в додатках В—Е для різних форм та видів виробів, як показано у таблиці 2. Інші види зразків можна встановити у стандартах на продукцію.

Таблиця 2 — Основні види зразків відповідно до форми виробу

Плоскі вироби з товщиною в мм	Форма виробу			Додаток
	дріт	прутки	профілі	
				
товщиною в мм	Діаметр або товщина сторони в мм			
0,1 < товщина < 3		—		В
—		< 4		С
≥ 3		≥ 4		Д
	труби			Е

6.3 Виготовлення зразків

Зразки відбирають та виготовляють згідно з вимогами відповідних Європейських стандартів до різних матеріалів (наприклад EN ISO 377 тощо).

7 ВИЗНАЧАННЯ ПОЧАТКОВОЇ ПЛОЩІ ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕРІЗУ (S_0)

Початкову площу поперечного перерізу розраховують із розмірів зразка. Похибка такого визначення залежить від якості і виду зразка. У додатках В—Е наведено це визначення для різних видів зразків.

8 МАРКУВАННЯ ПОЧАТКОВОЇ РОЗРАХУНКОВОЇ ДОВЖИНИ (L_0)

Кожен кінець початкової розрахункової довжини маркують тонкими рисками або мітками фарбою. Риски не можна наносити надрізами, оскільки це може призвести до передчасного розривання.

У разі пропорційних зразків розраховане значення можна округляти до найближчого числа кратного 5 мм, якщо різниця між розрахованою та помаркованою початковою розрахунковою довжиною є менша, ніж 10 % від L_0 . Початкову розрахункову довжину потрібно маркувати з похибкою максимум ± 1 %.

Якщо робоча довжина (L_c) значно перевищує початкову розрахункову довжину, наприклад, у разі необроблених зразків, то маркують декілька початкових розрахункових довжин, які перекривають одна одну.

У деяких випадках корисно провести на поверхні зразка лінію, яка паралельна поздовжній осі, вздовж якої треба нанести вимірювальні мітки.

9 ТОЧНІСТЬ ВИПРОБОВУВАЛЬНОГО УСТАТКОВАННЯ

Машина для випробовування на розтяг повинна бути відкалібрована згідно з EN ISO 7500-1 і виконувати умови щонайменше класу 1.

Якщо використовувати екстензометр, він повинен бути щонайменше класу 1 (згідно з EN 10002-4) для визначання умовної границі плинності (непропорційне видовження). Для визначання інших параметрів (з більшими видовженнями) можна використовувати екстензометр класу 2 (згідно з EN 10002-4).

Примітка. Для визначання верхньої та нижньої границі плинності використовувати екстензометр необов'язково.

10 УМОВИ ВИПРОБОВУВАННЯ

10.1 Спосіб закріплення зразків

Зразки потрібно закріплювати відповідними пристроями, наприклад, клиновими чи нарізевими захватами, паралельними губками, захватами з запличиками тощо.

У цьому разі все потрібно зробити для того, щоб закріпити зразок так, щоб зусилля діяло в осьовому напрямку. Це особливо важливо під час випробовування на розтяг крихких матеріалів або під час визначання границі плинності під час непропорційного видовження вимірюваної приладом довжини, або під час визначання границі плинності у разі переривистого переходу в пластичну область.

Примітка. Щоб запобігти викривленню зразка та забезпечити співосність зразка та захватів можна застосовувати пробну навантагу, яка не повинна перевищувати 5 % від вказаної або очікуваної границі плинності. У видовження треба вносити поправку, яка враховує дію попередньої навантаги.

10.2 Швидкість випробовування

10.2.1 Загальні положення

Якщо в стандарті на продукцію нічого іншого не встановлено, то, залежно від матеріалу, швидкість випробовування повинна відповідати вимогам, викладеним нижче.

Примітка. Швидкості випробовування наведені у таблиці 3. Швидкості розтягування, на які є посилання у 10.2 не передбачають спеціальних режимів керування випробовувальною машиною.

10.2.2 Границя плинності та умовна границя плинності

10.2.2.1 Верхня границя плинності (R_{eH})

У межах пружної області і до верхньої границі плинності швидкість траверси машини потрібно підтримувати якомога більш постійною і вона повинна перебувати в межах границь, які відповідають швидкостям підвищення напруження, наведеним у таблиці 3.

Таблиця 3 — Швидкість підвищення напруження

Коефіцієнт пружності матеріалу (E), МПа	Швидкість підвищення напруження, МПа·с ⁻¹	
	мін.	макс.
< 150 000	2	20
≥ 150 000	6	60

10.2.2.2 Нижня границя плинності (R_{eL})

Якщо потрібно визначити тільки нижню границю плинності, то швидкість розтягування на робочій довжині під час плинності повинна перебувати в межах від 0,00025 с⁻¹ до 0,0025 с⁻¹. Швидкість розтягування на робочій довжині потрібно підтримувати якомога більш постійною. Якщо цю швидкість розтягування не можна налагодити безпосередньо, то незадовго до початку плинності повинна бути налагоджена відповідна швидкість зростання напруження. Ця швидкість може не змінюватись до закінчення плинності.

Ні у якому разі швидкість зростання напруження в пружній області не повинна перевищувати максимальні значення, вказані в таблиці 3.

10.2.2.3 Верхня та нижня границя плинності (R_{eH} і R_{eL}).

Якщо верхню та нижню границі плинності визначають під час одного й того самого випробування, то чинними є умови для визначання нижньої границі (див. 10.2.2.2).

10.2.2.4 Границя плинності під час непропорційного відносного видовження (вимірюваної приладом довжини) і границя плинності під час загального відносного видовження (вимірюваної приладом довжини) (R_p і R_t).

Швидкість зростання напруження повинна бути в межах, наведених у таблиці 3.

В пружній області і до границі плинності (непропорційне або загальне видовження вимірюваної приладом довжини) швидкість розтягування не повинна бути більша ніж $0,0025 \cdot \text{с}^{-1}$.

10.2.2.5 Якщо випробовувальна машина не може вимірювати або керувати швидкістю розтягування, то до завершення плинності потрібно використовувати швидкість траверси, еквівалентної швидкості підвищування напруження, наведеного у таблиці 3.

10.2.3 Границя міцності під час розтягування

Після визначення границі плинності (умовної границі плинності). Швидкість деформації (або еквіваленту їй швидкість траверси) можна збільшити, але не більше ніж $0,008 \cdot \text{с}^{-1}$. Якщо потрібно визначити тільки границю міцності матеріалу під час розтягування, то швидкість машини не повинна перевищувати протягом всього випробування $0,008 \cdot \text{с}^{-1}$.

11 ВИЗНАЧАННЯ ВІДНОСНОГО ВИДОВЖЕННЯ ВНАСЛІДОК РОЗРИВАННЯ (A)

11.1 Відносне видовження під час розірвання розраховують відповідно до визначання, наведеного у 4.4.2.

Для цього обидві частини розірваного зразка ретельно з'єднують таким чином, щоб їх осі були розташовані на одній лінії.

Потрібно звертати увагу на те, щоб поверхні розірвання обох частин розірваного зразка під час вимірювання розрахункової довжини після розірвання якомога точніше були підігнані одна до одної. Особливо це важливо для зразків з малим поперечним перерізом та для зразків з незначним відносним видовженням внаслідок розірвання.

Видовження після розірвання ($L_u - L_0$) потрібно вимірювати з похибкою до 0,25 мм вимірювальним приладом з достатньою роздільною можливістю; а відносне видовження під час розірвання потрібно округляти до 0,5 %. Якщо потрібно мінімальне значення відносного видовження нижче ніж 5 %, то під час визначання видовження рекомендовано прийняти особливі заходи (див. додаток F).

Цей вид вимірювання, в принципі, є дійсним тільки тоді, коли відстань між місцем розірвання та найближчою вимірювальною міткою становить не менше однієї третини початкової розрахункової довжини (L_0). Проте це є дійсне незалежно від місця розірвання, якщо відносне видовження під час розірвання дорівнює або більше потрібного значення.

11.2 Під час застосування випробовувальних машин, які вимірюють видовження під час розривання за допомогою екстензометра, маркувати вимірювальні довжини непотрібно. Видовження вимірюють як загальне видовження під час розривання, у цьому разі, щоб отримати відносне видовження під час розривання, необхідно відняти пружне видовження.

Це вимірювання дійсне тільки тоді, коли розірвання відбувається в межах вимірюваної екстензометром довжини. Це вимірювання дійсне незалежно від місця розірвання, якщо відносне видовження під час розривання дорівнює або більше потрібного значення.

Примітка. Якщо в стандарті на металопродукцію встановлено визначення відносного видовження внаслідок розірвання для заданої початкової розрахункової довжини, то вимірювана екстензометром довжина повинна дорівнювати цій початковій розрахунковій довжині.

11.3 Якщо видовження вимірюють на заданій фіксованій довжині, його можна перевести в пропорційну розрахункову довжину у разі застосування формул або таблиць перерахування за умови узгодження до початку випробування (наприклад, згідно з EN ISO 2566-1 та EN ISO 2566-2).

Примітка. Порівнювати відносне видовження можна тільки тоді, коли початкова розрахункова довжина або вимірювана екстензометром довжина, а також форма і площа поперечного перерізу однакові або коефіцієнт пропорційності (k) є таким самим.

11.4 Щоб не проводити перевипробування зразків, на яких розірвання настає за межами вказаних у 11.1 значень, можна використовувати викладений в додатку G спосіб, який заснований на діленні розрахункової довжини L_0 на n однакових інтервалів.

12 ВИЗНАЧАННЯ ВІДНОСНОГО ЗАГАЛЬНОГО ВИДОВЖЕННЯ ПІД ЧАС МАКСИМАЛЬНОГО ЗУСИЛЛЯ (A_{gt})

Цей метод полягає у визначанні видовження під час максимального зусилля (ΔL_m) на діаграмі **зусилля—видовження**, отриманої за допомогою екстензометра.

Відносне загальне видовження під час максимального зусилля обчислюють за таким рівнянням:

$$A_{gt} = \frac{\Delta L_m}{L_e} \cdot 100 \quad (1)$$

Примітка 1. Для деяких матеріалів, які показують площу максимального зусилля, відносне загальне видовження під час максимального зусилля беруть у середині цієї площі.

Примітка 2. Ручний метод викладено у додатку Н.

13 ВИЗНАЧАННЯ УМОВНОЇ ГРАНИЦІ ПЛИННОСТІ ПІД ЧАС НЕПРОПОРЦІЙНОГО ВИДОВЖЕННЯ (R_p)

13.1 Умовну границю плинності (під час непропорційного видовження) визначають по діаграмі **зусилля—видовження**, на котрій на заданій відстані проводять лінію, паралельну прямій частині діаграми. Ця частина діаграми відповідає непропорційному відносному видовженню, наприклад, 0,2 %. Ордината точки перетину цієї паралельної прямої з діаграмою дає зусилля, що відповідає границі плинності, яку визначають під час непропорційного відносного видовження. Границю плинності обчислюють діленням цього зусилля на початкову площу поперечного перерізу зразка, який піддають розтягуванню (S_0) (див. рисунок 3).

Примітка 1. Велике значення має похибка, з якою записують діаграму **зусилля—видовження**. Якщо прямий відрізок цієї діаграми проявляється недостатньо і внаслідок цього неможна провести паралельні прямі з достатньою точністю, то рекомендовано користуватись наведеним нижче методом (див. рисунок 6).

Потрібно очікувану границю плинності перевищити, потім зусилля зменшити приблизно на 10 % попереднього значення. Після того зусилля знову збільшують доти, поки не буде перевищено його першопочаткове значення. Для визначання фактичної границі плинності проводять середню лінію через криву гістерезису. Після того проводять паралель до цієї прямої на відстані від початку діаграми (виміряної на абсцисі), яка відповідає заздалегідь заданому значенню непропорційного відносного видовження.

Ордината точки перетину цієї паралельної прямої з діаграмою **зусилля—видовження** дає зусилля, яке відповідає границі плинності. Границю плинності визначають діленням цього зусилля на початкову площу поперечного перерізу (S_0) зразка (див. рисунок 6).

Примітка 2. Щоб визначити скоригований початок координат діаграми **зусилля—видовження** можна застосовувати декілька методів. Один з методів складається з проведення лінії, паралельної до лінії, яку визначають петлею гістерезису.

13.2 Цю характеристику можна також визначити без запису діаграми **зусилля—видовження**, якщо використовувати автоматичні пристрої (мікропроцесори тощо), див. додаток А.

14 ВИЗНАЧАННЯ УМОВНОЇ ГРАНИЦІ ПЛИННОСТІ ПІД ЧАС ПОВНОГО ВИДОВЖЕННЯ (R_t)

14.1 Границю плинності під час повного видовження визначають на діаграмі **зусилля—видовження** проведенням прямої, паралельної до осі ординат (вісь зусилля) на відстані, еквівалентній заданому загальному відносному видовженню. Ордината точки перетину цих прямих з діаграмою дає зусилля, яке відповідає границі плинності, яку треба визначити. Границю плинності обчислюють діленням цього зусилля на початкову площу поперечного перерізу (S_0) зразка (див. рисунок 4).

14.2 Цю характеристику можна також визначити без записування діаграми **зусилля—видовження**, якщо використовувати автоматичні пристрої (мікропроцесор тощо), див. додаток А.

15 МЕТОД ВИЗНАЧАННЯ ГРАНИЧНОГО ЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕННЯ ПІД ЧАС ЗАДАНОГО ЗАЛИШКОВОГО ВИДОВЖЕННЯ (R_r)

Зразок протягом 10 — 12 с піддають навантажуванню, яке відповідає заданому напруженню. Після зняття навантаги надають підтвердження того, що залишкове видовження є не більшим за задане значення.

16 ВИЗНАЧАННЯ ВІДНОСНОГО ЗМЕНШЕННЯ ПЛОЩІ ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕРІЗУ (Z)

Відносне зменшення площі поперечного перерізу (звуження) визначають відповідно до визначення, наведеного у 4.7.

Обидві частини зруйнованого зразка ретельно прикладають один до одного так, щоб їх осі лежали на одній лінії. Мінімальний поперечний переріз під час розірвання (S_u) вимірюють з похибкою $\pm 2\%$ (див. додатки В—Е). Різниця між площею (S_u) та початковою площею поперечного перерізу (S_0), надана у відсотках від початкової площі, є відносним зменшенням площі поперечного перерізу (відносним звуженням).

17 ПРОТОКОЛ ВИПРОБОВУВАННЯ

У протоколі випробовування треба зазначити:

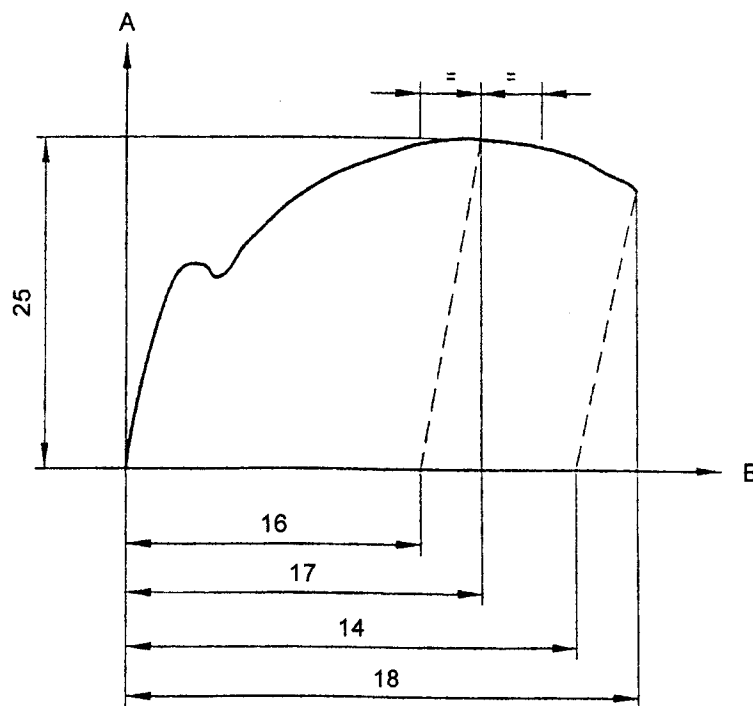
- посилання на цей стандарт;
- маркування зразка;
- матеріал, якщо він відомий;
- вид зразка;
- положення та направлення осі зразка, якщо відомі;
- результати випробовування.

За відсутності достатніх даних про всі металеві матеріали в теперішній час неможливо встановлювати значення похибки для різних характеристик, які визначають випробовуванням на розтяг.

Примітка 1. З питань похибок див. додаток J, в якому наведено способи для визначення похибки для метрологічних параметрів та значень, отриманих у міжлабораторних випробовуваннях групи сталей та алюмінієвих сплавів.

Примітка 2. Необхідно надати результати щонайменше за такими параметрами:

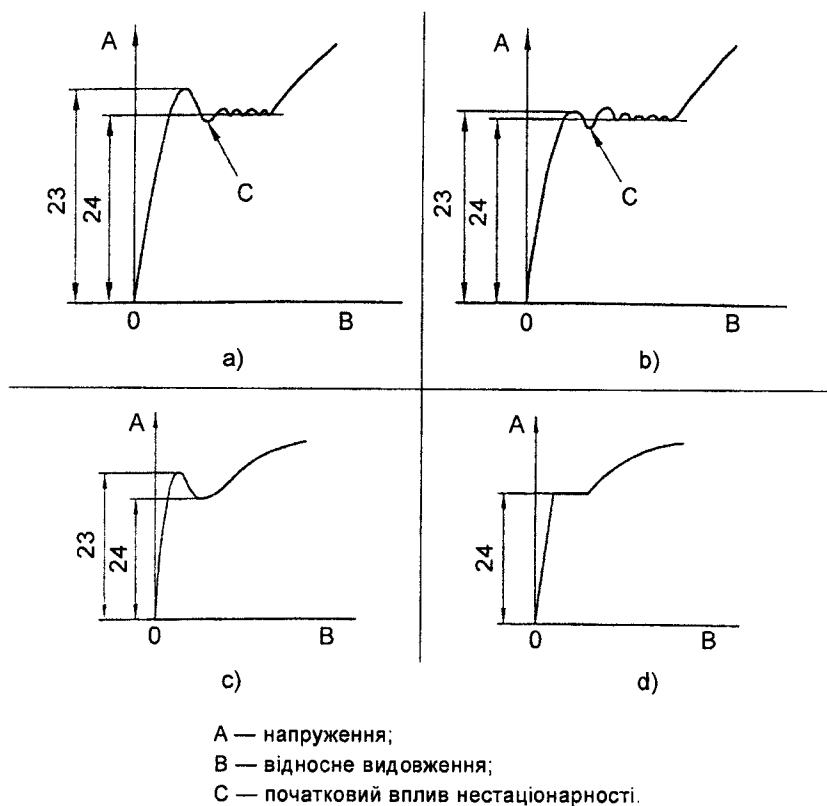
- значення міцності, округлені до найближчого цілого числа в МПа;
- значення відносного видовження до 0,5 %;
- відносне зменшення площі поперечного перерізу (відносне звуження) до 1 %.



A — напруження;
B — відносне видовження.

Примітка. Пояснення номерів позицій подано у таблиці 1

Рисунок 1 — Визначання видовження



Примітка. Пояснення номерів позицій подано у таблиці 1.

Рисунок 2 — Визначання верхньої та нижньої границі плинності для різних типів кривих

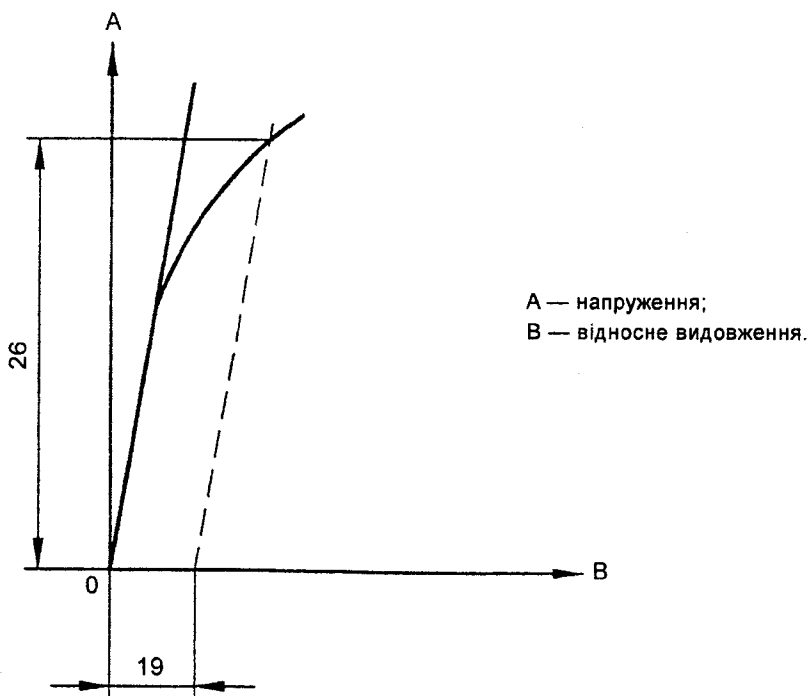
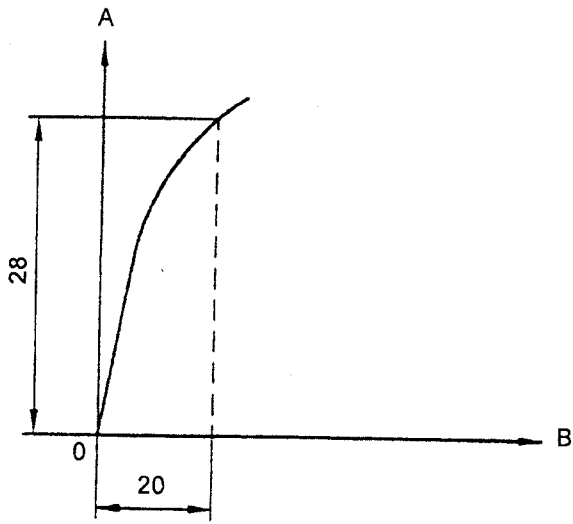


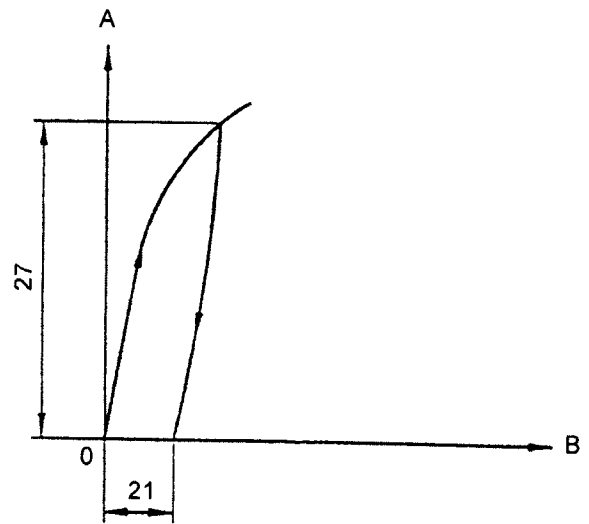
Рисунок 3 — Умовна границя плинності під час непропорційного видовження (R_p)



A — напруження;
B — відносне видовження.

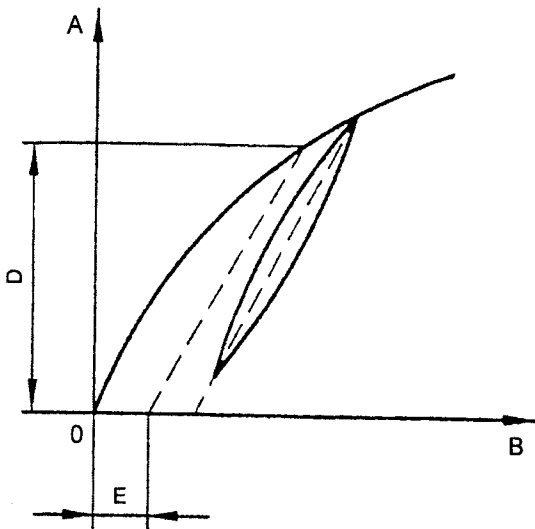
Примітка. Пояснення номерів позицій подано у таблиці 1

Рисунок 4 — Границя плинності під час загального видовження (R_t)



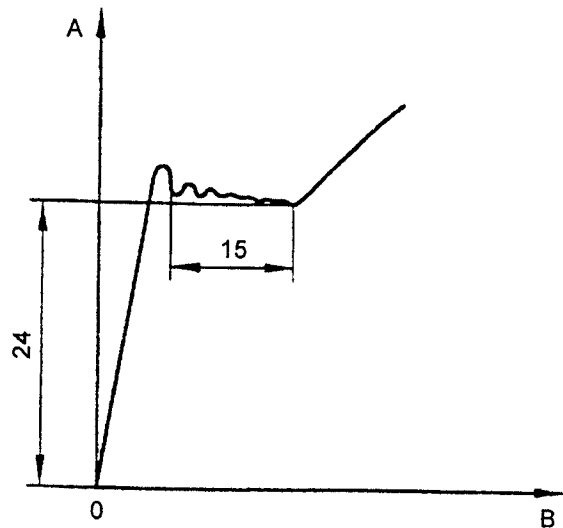
A — напруження;
B — відносне видовження.

Рисунок 5 — Граничне значення напруження для заданого відносного видовження (R_f)



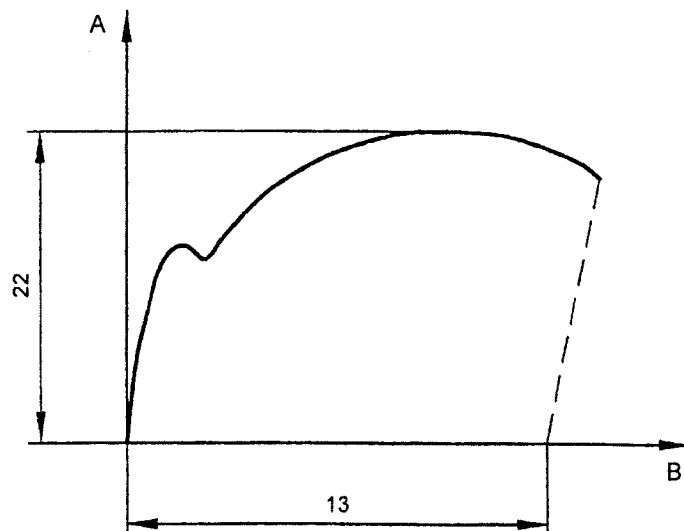
A — зусилля;
B — відносне видовження;
D — зусилля, відповідне R_p ;
E — задане непропорційне видовження.

Рисунок 6 — Границя плинності під час непропорційного видовження (R_p)



A — напруження;
B — відносне видовження.

Рисунок 7 — Відносне видовження під час границі плинності (див. 13.1) (A_e)



A — зусилля;
B — видовження.

Примітка. Пояснення номерів позицій див. у таблиці 1.

Рисунок 8 — Максимальне зусилля (F_m)

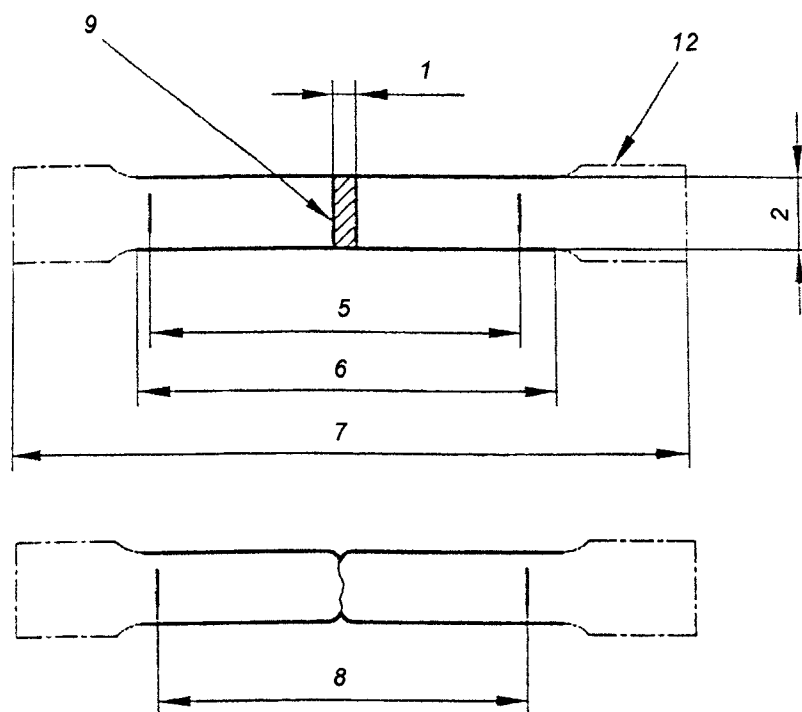
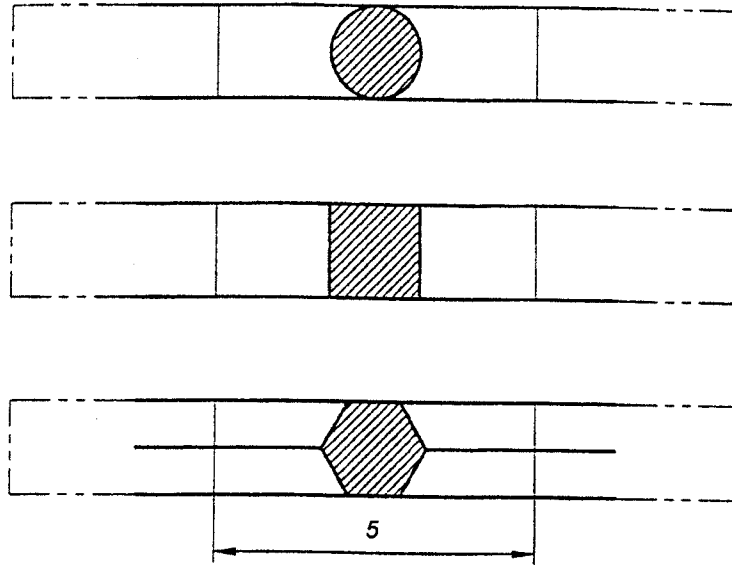


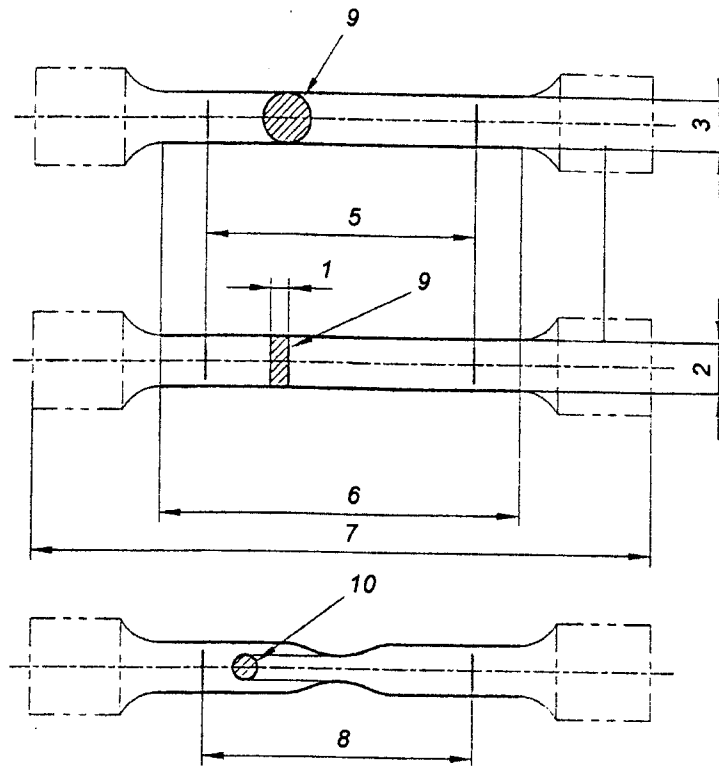
Рисунок 9 — Оброблені зразки прямокутного поперечного перерізу (див. додаток В)



Примітка 1. Форму головок зразка наведено тільки для довідки.

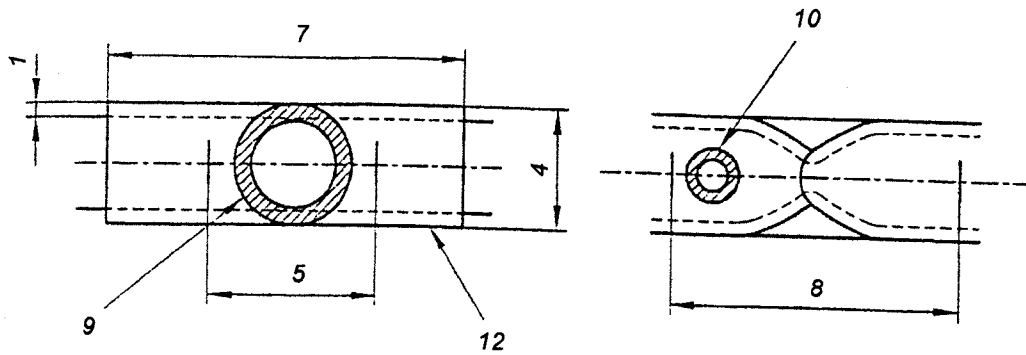
Примітка 2. Пояснення номерів позицій подано у таблиці 1.

Рисунок 10 — Зразки, які містять необроблену частину виробу (див. додаток С)



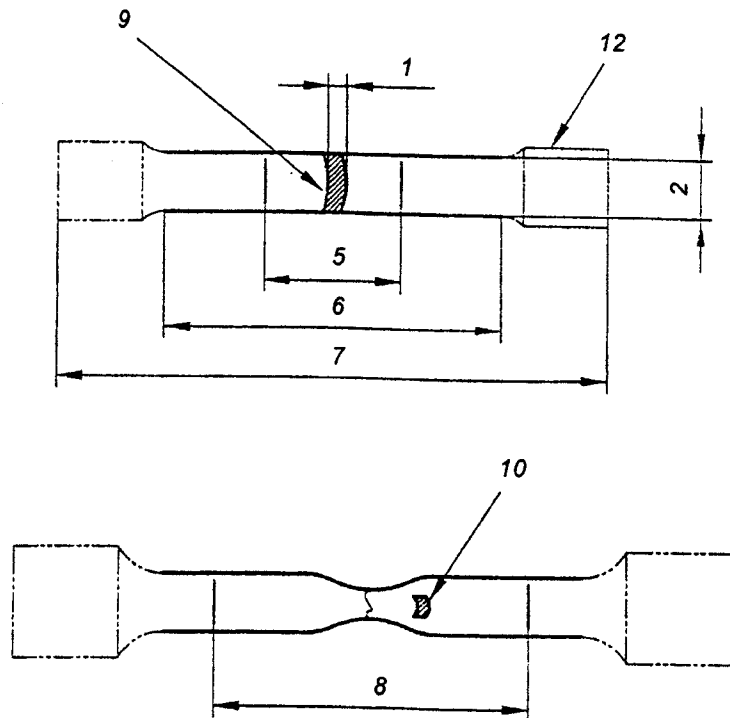
Примітка. Форму головок зразка наведено тільки для довідки.

Рисунок 11 — Пропорційні зразки (див. додаток D)



Примітка. Пояснення номерів позицій подано у таблиці 1.

Рисунок 12 — Зразки у вигляді відрізка труби (див. додаток Е)



Примітка 1. Форму головок зразка наведено тільки для довідки.

Примітка 2. Пояснення номерів позицій подано у таблиці 1.

Рисунок 13 — Зразок, вирізаний з труби (див. додаток Е)

ДОДАТОК А
(довідковий)**НАСТАНОВИ З ВИКОРИСТОВУВАННЯ ВИПРОБОВУВАЛЬНИХ МАШИН
З КОМП'ЮТЕРНИМ КЕРУВАННЯМ****А.1 Загальні положення**

Цей додаток вміщує настанови з визначання механічних властивостей з використанням машин для випробовування на розтяг з комп'ютерним керуванням. Зокрема дано настанови, які потрібно враховувати у програмному забезпеченні (ПЗ) та умовах випробовування.

Ці настанови стосуються конструкції та ПЗ машини і її перевіряння, а також робочих умов випробовування на розтяг.

А.2 Терміни та визначення понять

Для цього додатка чинний такий термін та його визначення:

А.2.1 машини для випробовування на розтяг з комп'ютерним керуванням (*computer controlled tensile testing machine*)

Машина, у якій випробовування, керування, вимірювання та оброблення даних випробовування контролює комп'ютер.

А.3 Машина для випробовування на розтяг**А.3.1 Конструкція**

Конструкція машини повинна мати вихідні пристрої, які забезпечують видавання аналогових сигналів для оброблення за допомогою ПЗ. Якщо такі вихідні пристрої відсутні, виготовлювач машини повинен надати вихідні дані з інформацією, як ПЗ отримує і обробляє ці вихідні цифрові дані. Їх потрібно подавати у основних одиницях SI щодо зусилля, видовження, часу і розмірів зразків. Ці дані при модифікації машини необхідно переглядати.

А.3.2 Частота вибирання даних

Ширина смуги частот механічних та електронних складників кожного вимірювального каналу і частота вибирання даних повинні бути достатньо високі для можливості реєстрування вимірюваних характеристик матеріалів.

Наприклад, для збирання даних про R_{eH} для визначання мінімальної частоти вибирання можна застосовувати таку формулу.

$$f_{\min} = \frac{\sigma}{R_{eH} \cdot q} \cdot 100 \quad (\text{A.1})$$

де f_{\min} — мінімальна частота вибирання, с^{-1} ;

σ — швидкість зростання напруження, $\text{МПа} \cdot \text{с}^{-1}$;

R_{eH} — верхня границя плинності, МПа;

q — відносна частотна похибка машини (згідно з EN ISO 7500-1)

Примітка 1. Вибирання R_{eH} у формулі (А.1) пояснюється тим, що вона відповідає характеристиці перехідного процесу під час випробовування. Якщо у випробовуваного матеріалу немає площі плинності, потрібно визначити умовну границю плинності $R_{p0,2}$.

Примітка 2. У випадку, коли машина працює у режимі контролювання зростання швидкості деформування, швидкість зростання деформування потрібно обчислювати з урахуванням модуля пружності матеріалу.

А.4 Визначання механічних властивостей**А.4.1 Загальні положення**

У ПЗ машини потрібно враховувати такі вимоги:

А.4.2 Верхня границя плинності (R_{eH})

R_{eH} , визначене у 4.9.2.1, потрібно розглядати як напруження, яке відповідає найбільшому значенню зусилля перед зменшенням зусилля щонайменше на 0,5 %, а за ним повинна бути зона, в котрій зусилля не повинно перевищувати попереднього максимуму у діапазоні деформування не менше ніж 0,05 %.

А.4.3 Нижня границя плинності (R_{eL})

Визначання R_{eL} наведено у 4.9.2.2. Проте для прискорення випробовування номінальне значення R_{eL} можна вказувати у звіті як найменше напруження в границях перших 0,25 % деформування після R_{eH} без урахування якого-небудь впливу нестационарності. У випадку використання

цієї методики це потрібно вказати у звіті про випробовування. Після визначення R_{eL} за допомогою цієї методики швидкість машини можна збільшити як описано у 10.1.3.

Примітка. Цей пункт стосується тільки матеріалів, які мають площу плинності і коли не потрібне визначення A_e .

А.4.4 Границя плинності під час непропорційного видовження (R_p) і границя плинності під час загального видовження (R_t)

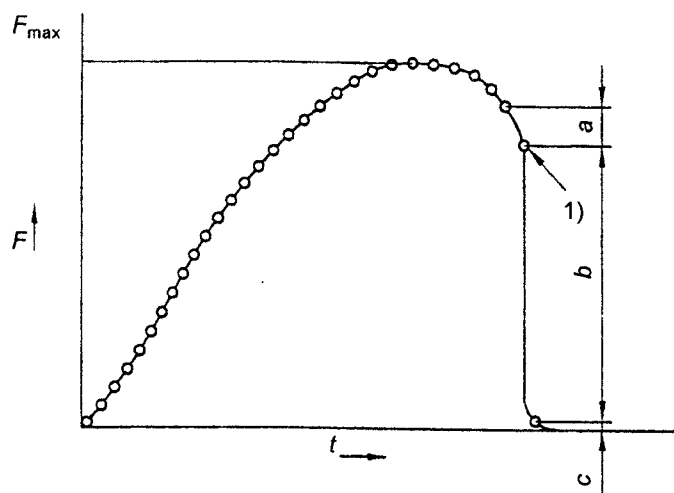
Ці значення (див. 4.9.3 і 4.9.4) можна визначити інтерполюванням між двома точками згладженої кривої.

А.4.5 Границя міцності під час розтягування (R_m)

Це напруження, яке відповідає максимальному зусиллю (F_m) див. 4.9.1.

А.4.6 Відносне видовження під час розривання (A_t)

А.4.6.1 A_t потрібно визначити відповідно до визначень, наведених на рисунку А.1. Розрив вважають здійсненим, якщо зусилля між двома точками вимірювання зменшується більше ніж у 5 разів порівняно зі значенням попередніх двох точок, після того йде зниження до менш ніж 3 % максимального розтягувального зусилля.



О—О — послідовні точки вимірювання ($r = \text{const}$);

$b > 5a$;

$c < 0,03 F_{\text{max}}$;

1) Розрив (який визначають згідно з 4.10).

Рисунок А.1 — Схематичне зображення діаграми розтягу зразка

А.4.6.2 Якщо екстензометр залишається ввімкненим до розриву (див. 11.2), необхідно зареєструвати значення у точці 1, рисунок А.1.

А.4.6.3 Якщо екстензометр перед розривом вимикають, то для визначення додаткового видовження між вимкненням екстензометра і розірванням можна використовувати переміщення траверси. Використовуваний метод потрібно піддавати перевірці.

А.4.7 Відносне видовження при плинності (A_e)

Метод для визначення A_e полягає в оцінюванні двох конкретних точок на діаграмі зусилля—видовження, які вказують початок і кінець видовження під час плинності (див. позицію номер 15 на рисунку 7). Початок перебуває у тій точці, де нахил стає нульовим і перетворюється у горизонтальну лінію. Кінцеву точку можна визначити проведенням двох ліній, перша з яких — горизонтальна лінія з осанньої точки нульового нахилу, а друга — дотична до зони деформувального зміцнення на кривій, проведена якнайближче до точки перетину. Перетин цих двох ліній видає кінець видовження під час плинності.

А.4.8 Відносне загальне видовження під час максимального зусилля (A_{gt})

Значення A_{gt} , як визначено у 4.2 (див. позицію 17 на рисунку 1) потрібно розглядати як видовження, відповідне максимуму кривої напруження—деформація, згладженої після плинності.

Примітка 1. Рекомендовано поліноміальну регресію третього ступеня.

Примітка 2. Для деяких металевих матеріалів (сильно здеформований у холодному стані матеріал, подібний тонкому листу подвійного редукування або опромінювання конструкційної сталі) максимальне зусилля не завжди має місце на початку утворення шийки. У цьому випадку для обчислення A_{gt} можна використовувати деформування до утворення шийки.

A.4.9 Вимірювання нахилу кривої в пружній області

Для того, щоб використовуваний метод був дійсний для зразків з невідомими характеристиками, його не потрібно застосовувати у разі якої-небудь наперед визначеної границі напруження, якщо це не визначено у стандарті на виріб або в договорі сторін відносно випробовувань. Найбільш зручними є методи, засновані на розраховуванні характеристик ділянки плинності. Параметрами являються:

- довжина ділянки (кількість використовуваних точок);
- рівняння, вибране для визначання нахилу кривої.

Примітка. Якщо пряма ділянка діаграми зусилля—видовження не виражена (див. 13), нахил кривої в пружній області відповідає середньому нахилу в області, в котрій виконуються такі умови:

- постійність нахилу ділянки плинності;
- ця область є показна.

Рекомендовано вибирати належні границі області для того, щоб вилучати нахил кривої в пружній області, який не має ніякого значення.

Література щодо цих та інших використовуваних методів наведена у розділі «Бібліографія» [1]—[4].

A.5 Оцінювання ПЗ машини

Ефективність методів, використовуваних системою контролювання для визначання характеристик різних матеріалів, можна перевірити порівнянням з результатами, отриманими традиційним способом, за допомогою вивчення і розраховування графіків аналогових або цифрових даних. Дані, отримані безпосередньо з перетворювачів або підсилювачів машини, потрібно збирати і обробляти з використанням устаткування з шириною частотної полоси, частотою вибирання і похибкою, щонайменше, рівними тим, які використовували для отримання результатів обчислювання комп'ютером машини.

Впевненість у ефективності оброблення даних комп'ютером може бути досягнута тоді, коли розбіжність між значеннями, отриманими комп'ютером, та значеннями, визначеними аналоговими засобами на одному й тому самому зразку, незначні. Для оцінювання допустимості такого розбігу потрібно випробувати однакові зразки, при цьому середня розбіжність для кожної відповідної властивості повинна лежати у межах, вказаних у таблиці А.1.

Примітка 1. Ця процедура лише підтверджує, що машина визначає характеристики матеріалу для конкретного зразка, конкретного випробовуваного матеріалу і конкретних умов. Вона не дає гарантії того, що властивості випробовуваного матеріалу правильні чи відповідають конкретній цілі.

Примітка 2. Якщо використовувати інші методи, наприклад, з внесенням заздалегідь визначеного набору даних з відомим матеріалом з визнаним рівнем гарантії якості, вони повинні відповідати вищевказаним вимогам та вимогам, наведеним у таблиці А.1.

Таблиця А.1 — Умови для перевіряння ступеня достовірності

Параметр	D^a		S^a	
	відносне ^b	абсолютне ^b	відносне ^b	абсолютне ^b
$R_{p0.2}$	≤ 0,5 %	2 МПа	≤ 0,35 %	2 МПа
R_{p1}	≤ 0,5 %	2 МПа	≤ 0,35 %	2 МПа
R_{eH}	≤ 1 %	4 МПа	≤ 0,35 %	2 МПа
R_{eL}	≤ 0,5 %	2 МПа	≤ 0,35 %	2 МПа
R_m	≤ 0,5 %	2 МПа	≤ 0,35 %	2 МПа
A		≤ 2 %		≤ 2 %

$$^a D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (D_i - D)^2}$$

Кінець таблиці А.1

де D_i — Різниця між результатом ручного оцінювання (H_i) та результатом комп'ютерного оцінювання (R_i) для зразка ($D_i = H_i - R_i$);
 n — Кількість ідентичних зразків з одного матеріалу;
 H — Результат ручного оцінювання;
 R — Результат комп'ютерного оцінювання;
 $^b n$ — Необхідно враховувати найбільше з відносних і абсолютних значень.

ДОДАТОК В
(обов'язковий)

**ВИДИ ЗРАЗКІВ ДЛЯ ПЛОСКИХ ВИРОБІВ
ТОВЩИНОЮ від 0,1 мм до 3 мм**

Примітка. Для виробів товщиною меншою ніж 0,5 мм може виникнути потреба у проведенні особливих заходів.

В.1 Форма зразка

В основному головки зразків ширші ніж ділянка робочої довжини. Перехід від робочої довжини (L_c) до головок зразків повинен мати радіус щонайменше 20 мм. Ширина головок повинна бути в межах від 20 мм до 40 мм.

У разі домовленості зразок також може бути у вигляді стрічки з паралельними сторонами. У виробів шириною 20 мм і менше ширина зразка може дорівнювати ширині виробу.

В.2 Розміри зразка

Робоча довжина повинна становити щонайменше $L_0 + b/2$. У випадку розбіжностей вона завжди повинна бути $L_0 + 2 \cdot b$, якщо є достатньо матеріалу.

У зразків-стрічок шириною меншою ніж 20 мм початкова розрахункова довжина (L_0) повинна бути 50 мм, якщо нічого іншого не встановлено у стандарті на продукцію. У цього виду зразків вільна довжина між захватами повинна дорівнювати $L_0 + 3 \cdot b$.

Є дві форми непропорційних зразків, розміри яких вказано у таблиці В.1.

Таблиця В.1 — Розміри зразків

Розміри у міліметрах				
Форма зразка	Ширина b	Початкова розрахункова довжина L_0	Робоча довжина L_c	Вільна довжина між захватами у зразків-стрічок
1	$12,5 \pm 1$	50	75	87,5
2	20 ± 1	80	120	140

Національна примітка
 Треба доповнити таблицю зразками з розмірами $b = 10 \pm 0,2$ (для труб з зовнішнім діаметром 20 мм та більше), та $b = 8 \pm 0,2$ (для труб з зовнішнім діаметром від 16 мм до 20 мм) з початковою розрахунковою довжиною $L_0 = 5,65 \sqrt{S_0}$.

У випадку, коли розміри кожного зразка вимірюють окремо, дійсними є допуски на похибку геометричної форми, наведені у таблиці В.2.

У випадку, коли ширина зразка дорівнює ширині виробу, початкову площу поперечного перерізу (S_0) потрібно обчислювати за виміряними розмірами зразка.

Можна використовувати номінальну ширину зразка за умови, що витримано допуски на оброблення і допуски на форму, наведену у таблиці В.2. У цьому разі вимірювати ширину зразка перед випробуванням необов'язково.

Таблиця В.2 — Допуски на ширину зразків

Розміри і допуски в міліметрах

Номінальна ширина зразка	Допуск на оброблення ^а	Допуск на форму ^б
12,5	± 0,09	0,043
20	± 0,105	0,052

^а Допуски JS 12 — згідно з EN 20286-2. Ці допуски дійсні, якщо номінальне значення початкової площі поперечного перерізу (S_0) повинно входити в розрахунок без необхідності його вимірювання.

^б Допуски IT 9 — згідно з EN 20286-2. Максимальна розбіжність між вимірами ширини по всій робочій довжині (L_c) зразка.

В.3 Виготовлення зразків

Зразки виготовляють таким чином, щоб це не впливало на властивості матеріалу. Всі ділянки зразків, які піддавали зміцнюванню різанням або пресуванням потрібно видалити механічним обробленням.

Національна примітка

Зразки рекомендовано виготовляти на металообробчих верстатах.

У разі дуже тонких матеріалів рекомендовано відрізати стрічки однакової ширини та з'єднати їх в пакети з проміжним шаром з паперу, тривкого до емульсії для змащування і охолодження різального інструмента. Рекомендовано оснащувати обидві сторони окремих пакетів більш товстими верхніми стрічками перед тим, як зразки будуть оброблені до остаточних розмірів.

Значення, наведене у таблиці В.2, наприклад ± 0,09 мм для номінальної ширини 12,5 мм, означає, що зразок не повинен бути більший від наведених нижче значень, якщо до розрахунків потрібно долучити номінальне значення початкової площі поперечного перерізу (S_0) без його вимірювання.

$$12,5 \text{ мм} + 0,09 \text{ мм} = 12,59 \text{ мм}$$

$$12,5 \text{ мм} - 0,09 \text{ мм} = 12,41 \text{ мм}$$

В.4 Визначання початкової площі поперечного перерізу (S_0)

Початкову площу поперечного перерізу потрібно обчислювати за виміряними розмірами зразка.

Похибка під час визначання початкової площі поперечного перерізу не повинна перевищувати ± 2 %. Оскільки найбільша частина цієї похибки припадає в основному на вимірювання товщини зразка, то похибка під час вимірювання ширини зразка не повинна перевищувати ± 0,2 %.

ДОДАТОК С
(обов'язковий)

ВИДИ ЗРАЗКІВ ДЛЯ ДРОТУ, ПРУТКІВ ТА ПРОФІЛЮ ДІАМЕТРОМ АБО ТОВЩИНОЮ, МЕНШОЮ НІЖ 4 мм

С.1 Форма зразка

Зразок в основному складається з необробленого відрізка виробу (див. рисунок 10).

С.2 Розміри зразка

Початкова розрахункова довжина (L_0) повинна дорівнювати (200 ± 2) мм, або (100 ± 1) мм. Відстань між захватами випробувальної машини повинна бути щонайменше $L_0 + 50$ мм, тобто 250 мм і 150 мм відповідно, крім випадків, коли дріт має маленький діаметр, у цьому разі цю відстань можна вважати рівною L_0 .

Примітка. Якщо відносно видовження визначати не потрібно, то відстань між захватами може бути щонайменше 50 мм.

С.3 Виготовлення зразків

Якщо металопродукцію постачають в мотках, необхідно обережно зразок виправити.

С.4 Визначання початкової площі поперечного перерізу (S_0)

Початкову площу поперечного перерізу (S_0) потрібно визначати з похибкою $\pm 1\%$.

Для виробу з круглим поперечним перерізом початкову площу поперечного перерізу необхідно обчислювати із середнього арифметичного двох вимірів діаметра, перпендикулярних один одному.

Початкову площу поперечного перерізу можна обчислювати з маси матеріалу відомої довжини та густини.

ДОДАТОК D
(обов'язковий)

**ВИДИ ЗРАЗКІВ ДЛЯ ПЛОСКИХ ВИРОБІВ ТОВЩИНОЮ 3 мм
І БІЛЬШЕ ТА ДЛЯ ДРОТУ, ПРУТКІВ І ПРОФІЛІВ
ДІАМЕТРОМ АБО ТОВЩИНОЮ 4 мм І БІЛЬШЕ**

D.1 Форма зразка

Зразки в основному оброблюють. Між робочою довжиною і головками зразка повинні бути перехідні ділянки. Головки зразків повинні відповідати конструкції захватів випробовувальної машини (див. рисунок 11). Перехідні ділянки повинні мати радіуси принаймні:

— $0,75 d$ (d — діаметр на робочій довжині) для циліндричних зразків;

— 12 мм для зразків з прямокутним поперечним перерізом.

Якщо необхідно, профілі, прутки, тощо можна випробувати в необробленому стані. Поперечний переріз зразка може бути круглий, квадратний або прямокутний, а в особливих випадках може також мати якусь іншу форму.

Для зразків з прямокутним поперечним перерізом відношення між шириною і товщиною не повинно бути більше ніж 8:1.

В основному діаметр на ділянці робочої довжини обробленого циліндричного зразка не повинен бути менший ніж 4 мм.

D.2 Розміри зразків**D.2.1 Робоча довжина оброблених зразків**

Робоча довжина (L_c) повинна бути щонайменше:

а) $L_0 + d/2$ для зразків з круглим перерізом;

в) $L_0 + 1,5\sqrt{S_0}$ для зразків з призматичним поперечним перерізом.

Залежно від форми зразків у випадках суперечок застосовують робочу довжину $L_0 + 2 \cdot d$ або $L_0 + 2\sqrt{S_0}$, якщо є достатньо матеріалу.

D.2.2 Довжина необроблених зразків

Вільна довжина між захватами випробовувальної машини повинна бути така, щоб від вимірювальних міток до цих захватів була достатня відстань.

D.2.3 Початкова розрахункова довжина L_0 **D.2.3.1 Пропорційні зразки**

В основному використовують пропорційні зразки, у яких між початковою розрахунковою довжиною (L_0) і початковою площею поперечного перерізу (S_0) існує співвідношення: $L_0 = k\sqrt{S_0}$, де k дорівнює 11,3 або 5,65.

Для зразків з круглим поперечним перерізом рекомендовано розміри, наведені у таблиці D.1.

Таблиця D.1 — Зразки з круглим поперечним перерізом

k	Діаметр d , мм	Початковий поперечний переріз S_0 , мм ²	Початкова розрахункова довжина $L_0 = k\sqrt{S_0}$, мм	Робоча довжина L_c , мм	Загальна довжина L_t
5,65	20 ± 0,150	314	100 ± 1,0	110	Залежно від виду закріплення зразка в машині: $L_t > L_c + 2d$ або $4d$
	10 ± 0,075	78,5	50 ± 0,5	55	
	5 ± 0,040	19,6	25 ± 0,25	28	

Національна примітка
Також використовують зразки діаметром 3 мм, 8 мм і 15 мм з початковою розрахунковою довжиною 15 мм, 40 мм та 75 мм відповідно.

D.2.3.2 Непропорційні зразки

Можна застосовувати непропорційні зразки, коли це встановлено у стандарті на продукцію. Робоча довжина (L_c) повинна бути не менш $L_0 + b/2$. У випадку суперечок треба використовувати зразки з робочою довжиною $L_c = L_0 + b/2$, якщо є достатньо матеріалу.

Національна примітка
У спірних випадках в Україні користуються формулою $L_0 + 2b$.

Таблиця D.2 — Розміри типових зразків

Номинальна ширина b , мм	Початкова розрахункова довжина L_0 , мм	Робоча довжина L_{cmin} , мм	Приблизна загальна довжина L , мм
40	200	225	450
25	200	225	450
20	80	90	300

D.3 Виготовлення зразків

Допуски поперечних розмірів оброблених зразків наведено у таблиці D.3. Приклад застосування цих допусків наведено нижче:

а) допуски на розміри

Подане у таблиці D.3 значення, наприклад, ± 0,075 мм за номінального діаметра 10 мм, означає, що діаметр ні у якого зразка не повинен перевищувати нижченаведеного граничного значення, якщо початкову площу поперечного перерізу (S_0) використовують під час розрахунку як номінальне значення, а не визначають з вимірянних розмірів:

$$10 + 0,075 = 10,075 \text{ мм}$$

$$10 - 0,075 = 9,925 \text{ мм}$$

б) допуски на форму.

Наведене у таблиці D.3 значення означає, що зразок з номінальним діаметром 10 мм, який відповідає вищевказаним умовам оброблення, не повинен перевищувати відхил 0,04 мм між найменшим та найбільшим діаметром.

Тому найбільший діаметр за найменшого діаметру зразка, який дорівнює 9,99 мм, не повинен перевищувати значення $9,99 + 0,04 = 10,03$ мм.

Таблиця D.3 — Допуски розмірів поперечного перерізу зразків.

Розміри і допуски у міліметрах

Назва	Номинальний поперечний переріз	Допуск на розмір ^a	Допуск на форму
Діаметр обробленого зразка з круглим поперечним перерізом	3	± 0,05	0,025 ^b
	≥ 3 ≤ 6	± 0,06	0,03 ^b
	> 6 ≤ 10	± 0,075	0,04 ^b

Кінець таблиці D.3

Назва	Номинальний поперечний переріз	Допуск на розмір ^a	Допуск на форму
	> 10 ≤ 18	± 0,09	0,04 ^b
	> 18 ≤ 30	± 0,105	0,05 ^b
Розміри поперечного перерізу зразка з прямокутним поперечним перерізом; оброблений з чотирьох сторін		Ті самі допуски, що й для діаметрів зразка з круглим поперечним перерізом	
Розміри поперечного перерізу зразків з прямокутним поперечним перерізом; оброблені тільки з двох протилежних сторін	3		0,14 ^c
	≥ 3 ≤ 6		0,18 ^c
	> 6 ≤ 10		0,22 ^c
	> 10 ≤ 18		0,27 ^c
	> 18 ≤ 30		0,33 ^c
	> 30 ≤ 50		0,39 ^c
^a Допуски JS 12 згідно з EN 20286-2. Ці допуски дійсні, коли початкову площу поперечного перерізу (S_0) долучають до розрахунку в якості номінального значення, а не в якості обчисленого з вимірних розмірів значень. ^b Допуски IT 9. Максимальна різниця між вимірами визначеного розміру поперечного перерізу по всій робочій довжині (L_c) зразка. ^c Допуски IT 13. Максимальна різниця між вимірами визначеного розміру поперечного перерізу по всій робочій довжині (L_c) зразка.			

D.4 Визначання початкової площі поперечного перерізу (S_0)

Для розрахунку початкової площі поперечного перерізу зразка з круглим поперечним перерізом, які відповідають допускам, наведеним у таблиці D.3 можна використовувати номінальний діаметр. Для всіх інших форм зразків початковий поперечний переріз обчислюють з вимірів відповідних розмірів з похибкою вимірювання, що не перевищує $\pm 0,5\%$ для кожного розміру.

ДОДАТОК E (обов'язковий)

ВИДИ ЗРАЗКІВ ДЛЯ ТРУБ

E.1 Форма зразка

Зразком являється відрізок труби або поздовжня чи поперечна стрічки, вирізані з труби з повною товщиною стінки (див. рисунки 12 і 13), або зразок з круглим поперечним перерізом, вирізаний зі стінки труби.

Оброблені поперечні зразки, поздовжні зразки та зразки з круглим поперечним перерізом описані у додатку B для труб з товщиною стінки меншою ніж 3 мм і в додатку D для товщини стінки 3 мм і більше. Зразок у вигляді поздовжньої стрічки використовують в основному тільки для труб з товщиною стінки більшою ніж 0,5 мм.

E.2 Розміри зразка

E.2.1 Довжина відрізка труби

Відрізок труби може бути з вставленими з двох кінців пробками. Вільна довжина між пробкою і найближчою вимірною міткою повинна бути більша ніж $D/4$. У випадках суперечок ця довжина повинна дорівнювати D , якщо є достатньо матеріалу.

E.2.2 Зразки у вигляді поздовжньої або поперечної стрічки

Робочу довжину (L_c) зразків у вигляді поздовжньої стрічки не потрібно піддавати плоскому стисканню, але це можна робити з головками зразка для захоплювання їх у випробовувальній машині.

Розміри зразків у вигляді поздовжньої та поперечної стрічок, які відрізняються від вказаних у додатках В та D, можна встановлювати у стандарті на продукцію.

Випрямляти поперечні стрічкові зразки необхідно з особливою ретельністю.

E.2.3 Зразки з круглим поперечним перерізом, які вирізані зі стінки труби

Відбирання цих зразків можна визначати у стандарті на продукцію.

E.3 Визначання початкової площі поперечного перерізу (S_0)

Початкову площу поперечного перерізу зразка потрібно визначати з похибкою $\pm 1\%$.

Початкову площу поперечного перерізу відрізка труби або зразків у вигляді поздовжніх та поперечних стрічок можна визначити з маси зразка, вимірної довжини та його густини.

Початкову площу поперечного перерізу (S_0) зразка у вигляді поздовжньої або поперечної стрічок визначають за таким рівнянням:

$$S_0 = \frac{b}{4}(D^2 - b^2)^{1/2} + \frac{D^2}{4} \arcsin \frac{b}{D} - \frac{b}{4} [(D - 2a)^2 - b^2]^{1/2} - \left(\frac{D - 2a}{2}\right)^2 \arcsin \frac{b}{D - 2a}, \quad (E.1)$$

де a — товщина стінки труби;

b — середня ширина стрічки;

D — зовнішній діаметр труби.

Для зразків у вигляді поздовжньої стрічки можна застосовувати такі спрощені рівняння:

$$\text{коли } b/D < 0,25 \quad S_0 = a \cdot b \left[1 + \frac{b^2}{6 D(D - 2a)} \right] \quad (E.2)$$

$$\text{коли } b/D < 0,17 \quad S_0 = a \cdot b \quad (E.3)$$

Для відрізка труби площу початкового поперечного перерізу (S_0) розраховують за формулою:

$$S_0 = \pi a (D - a) \quad (E.4)$$

ДОДАТОК F
(довідковий)

**ВИЗНАЧАННЯ ВІДНОСНОГО ВИДОВЖЕННЯ ПІД ЧАС РОЗРИВАННЯ,
КОЛИ ВСТАНОВЛЕНЕ ЗНАЧЕННЯ МЕНШЕ НІЖ 5 %**

Коли встановлене значення відносного видовження менше 5 %, необхідно уважно підходити до вимірювання видовження після розірвання.

Один з рекомендованих методів полягає в наступному:

До випробовування на одному з кінців робочої довжини наносять мітку дуже малого розміру. За допомогою ділильного циркуля з гострими голками, встановленого на робочій довжині, накреслюють дугу, центром якої є мітка. Після розірвання зразка необхідно помістити його в спеціальний пристрій і за допомогою гвинта щільно стиснути його частини одну до одної для вимірювання. Потім накреслити другу дугу того самого радіуса з першопочаткового центра і виміряти відстань між обома дугами з використанням вимірювального мікроскопа або іншого придатного засобу. Для кращої видимості мітки та дуги перед випробовуванням на зразок можна нанести шар придатної для цього фарби.

ДОДАТОК G
(довідковий)

**ВИЗНАЧАННЯ ВІДНОСНОГО ВИДОВЖЕННЯ
ПІД ЧАС РОЗРИВАННЯ ЗРАЗКА
МЕТОДОМ РОЗДІЛЯННЯ ПОЧАТКОВОЇ
РОЗРАХУНКОВОЇ ДОВЖИНИ**

Щоб уникнути випадків перевипробування зразків, у яких розривання відбулося за межами вказаних у 11.1 граничних значень, за домовленням можна застосовувати такий метод:

- а) до випробування початкову розрахункову довжину L_0 ділять на N однакових інтервалів;
- б) після випробування вимірювальну мітку короткої відірваної частини позначають знаком X, на довгій частині — знаком Y, відстань від якого до місця розривання є такою самою, як і відстань від вимірювальної мітки X.

Якщо n є кількістю інтервалів між X і Y, то відносне видовження визначають таким чином:

- 1) Якщо $N - n$ дає парне число (див. рисунок G.1a), то вимірюють відстань між X і Y та відстань від Y до мітки Z, яка лежить за межами Y у разі відстані:

$$(N - n)/2.$$

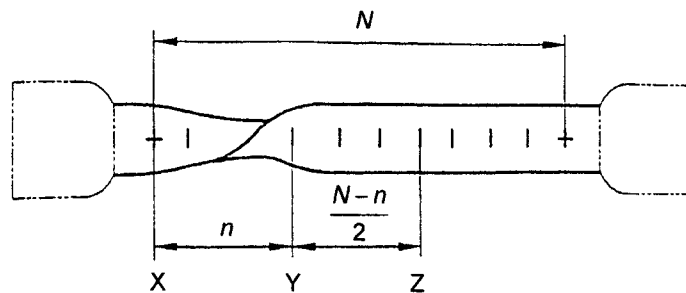
Потім розраховують відносне видовження за рівнянням:

$$A = \frac{XY + 2YZ - L_0}{L_0} \cdot 100 \tag{G.1}$$

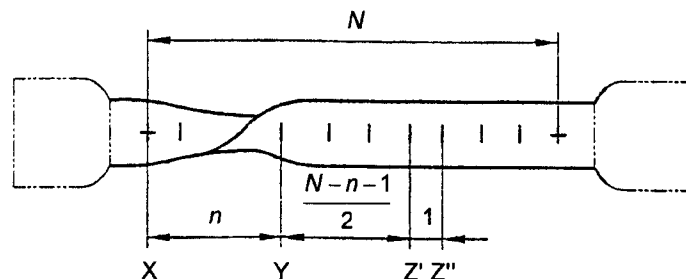
- 2) Якщо $N - n$ дає непарне число (див. рисунок G.1b), то вимірюють відстань між X і Y та відстань від Y до міток Z' і Z'', які лежать за межами Y у разі відстані $(N - n - 1)/2$ та $(N - n + 1)/2$.

Потім розраховують відносне видовження під час розривання за рівнянням:

$$A = \frac{XY + YZ' + YZ'' - L_0}{L_0} \cdot 100 \tag{G.2}$$



а) $N - n$ — парне число



б) $N - n$ — непарне число

Примітка. Наведену формулу головок зразка треба розуміти як приклад.

Рисунок G.1 — Приклади визначання відносного видовження під час розривання

ДОДАТОК Н
(довідковий)**РУЧНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧАННЯ ВІДНОСНОГО
ЗАГАЛЬНОГО ВИДОВЖЕННЯ
ПІД ЧАС МАКСИМАЛЬНОГО ЗУСИЛЛЯ
ДЛЯ ДОВГОМІРНИХ ВИРОБІВ,
ТАКИХ ЯК ПРУТКИ, ДРІТ, ШТАНГИ**

Замість екстензометричного методу, описаного у розділі 12, можна користуватись таким ручним методом. У випадках суперечок потрібно використовувати екстензометричний метод.

Цей метод базується на визначанні на довшій частині зруйнованого зразка, підданому випробуванню на розтяг, відносного непропорційного видовження під час максимального зусилля, з якого обчислюють відносне загальне видовження під час максимального зусилля.

До випробування на початкову розрахункову довжину зразка наносять на однаковій відстані одна від одної мітки. Відстань між двома сусідніми мітками повинна дорівнювати дільовим одиницям початкової розрахункової довжини (L_0). Маркують початкову розрахункову довжину (L_0) з похибкою $\pm 0,5$ мм. Цю довжину, яка є функцією значення відносного загального видовження, визначають у стандарті на виріб.

Визначають кінцеву розрахункову довжину під час розривання (L_u) на довшій частині зруйнованого зразка з похибкою у межах 0,5 мм.

Для того, щоб це визначання було дійсне, потрібно дотримуватись таких двох умов:

— границі вимірюваної зони повинні перебувати у межах щонайменше у $5d$ від перерізу розриву і щонайменше $2,5d$ від захватів;

— розрахункова довжина повинна бути не менша від значення, встановленого в стандарті на виріб.

Відносне непропорційне видовження під час максимального зусилля розраховують за наступною формулою:

$$A_g = \frac{L_u - L_0}{L_0} \cdot 100 \quad (\text{H.1})$$

Відносне загальне видовження під час максимального зусилля розраховують за наступною формулою:

$$A_{gt} = A_g + \frac{R_m}{E} \cdot 100 \quad (\text{H.2})$$

ДОДАТОК J
(довідковий)**ТОЧНІСТЬ ВИПРОБОВУВАННЯ НА РОЗТЯГ
І ОЦІНЮВАННЯ ВИМІРЮВАННЯ****J.1 Уведення**

Цей додаток визначає порядок оцінювання похибки вимірювань, проведених згідно з цим стандартом, із застосуванням матеріалу з відомими міцнісними характеристиками. Треба зазначити, що для цього методу випробування не можна з абсолютною впевненістю дати висновок про похибки, оскільки цей висновок про похибки вміщує як залежні, так і незалежні від матеріалу складники. Тому, щоб розрахувати похибку вимірювання, треба знати, як матеріал реагує на зміну швидкості деформування або напруження.

У Бібліографії [5] підхід до оцінювання похибки вимірювання із застосуванням концепції «балансу похибок», заснований на допущеннях, встановлених у стандартах на випробування і каліб-

рування. Розширена редакція цієї концепції стала основою для додатка J до ISO 6892 (1998) [6]. Цей додаток був перероблений для більшої відповідності підходу до оцінювання вимірювань, викладеного в посібнику, випущеному ISO TAG 4 [7].

Точність результатів випробовування на розтяг залежить від чинників, пов'язаних з випробовуваним матеріалом, формою зразка та його обробленням, випробовувальною машиною, методикою випробовування і методами, які застосовують для розраховування заданих властивостей матеріалу. У ідеальному випадку потрібно враховувати такі чинники:

- розміри зразка, величину розрахункової довжини, вимірювану екстензометром довжини;
- вимірювання зусилля та видовження;
- температуру випробовування та швидкість на послідовних етапах випробовування;
- спосіб закріплення зразка і співосність прикладання зусилля;
- характеристики випробовувальної машини (жорсткість, система навантажування, метод навантажування, спосіб керування роботою машини);
- залежні від людини і програми помилки під час визначання властивостей міцності;
- неоднорідність матеріалу, хоча б в окремій партії, виготовленій з матеріалу однієї плавки.

На практиці вимоги та допуски цього стандарту не дають змоги дати кількісну оцінку всіх чинників впливу. Для визначання загальної похибки результатів за умов, близьких до тих, які використовують у заводських лабораторіях, можна застосовувати міжлабораторні випробовування, але за таких випробувань неможливо відокремити вплив неоднорідності матеріалу від впливу методу випробовування.

Треба зазначити, що для визначання похибки вимірювань неможливо розрахувати одне значення для всіх матеріалів, тобто різні матеріали по різному реагують на деякі задані параметри контролю, наприклад, на змінювання швидкості деформування або напруження [5]. Наданий тут баланс похибки можна розглядати як верхню оцінку похибки вимірювання для лабораторії, яка проводить випробовування згідно з EN 10002-1, оскільки існує вірогідність того, що ця лабораторія дійсно може контролювати деякі параметри випробовування з більшою точністю ніж це вимагає стандарт, наприклад, зусилля можна вимірювати з похибкою $\pm 0,5\%$ (тобто машина класу 0,5) в той час як стандарт на випробовування EN 10002-1 вимагає вимірювання зусилля з похибкою в межах $\pm 1\%$. Необхідно відмітити, що під час оцінювання загального розкиду експериментальних результатів похибку вимірювань потрібно враховувати додатково до розкиду через неоднорідність матеріалу. Статистичний підхід до аналізування експериментів по взаємному порівнюванню (міжлабораторні експерименти) не відокремлює обидві причини розкиду, але тим самим він дає корисну вказівку на імовірний діапазон результатів вимірювання міцнісних властивостей, отриманих різними лабораторіями для схожих матеріалів. Типові результати різних порівнювальних експериментів наведено у J.5.

J.2 Огляд оцінювання похибки на підставі посібника GUM

GUM (посібник по визначанню похибки вимірювань) був випущений спільно декількома авторитетними організаціями зі стандартизації, а саме BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP і OIML. Його названо GUM. Це об'ємний документ (більше 90 стор.), розроблений на основі скрупульозних статистичних методів складання похибок, які спричинені різними джерелами. Його складність призвела до того, що деякі організації почали розробляти спрощену редакцію GUM [8], [9], [10]. Усі ці документи визначають порядок оцінювання похибки на основі концепції «балансу похибок». Більш докладний опис подано у [11] і [12].

J.3 Випробовування на розтяг. Оцінювання похибки

J.3.1 Параметри, незалежні від матеріалу

Допуски для різних параметрів випробовування на розтяг наведено у таблиці J.1. По формі діаграми напруження—деформація, деякі міцнісні властивості, в принципі, можна визначити з більшою точністю, ніж інші. Наприклад, верхня границя плинності R_{eH} залежить тільки від допусків на вимірювання зусилля і площі поперечного перерізу зразка, в той час як умовна границя плинності R_p залежить від зусилля, деформування (зміщення), розрахункової довжини і площі поперечного перерізу зразка. У випадку визначання звуження Z необхідно враховувати допуск на вимірювання площі поперечного перерізу як до, так і після розірвання.

Таблиця J.1 — Визначання похибки під час випробовування на розтяг на основі параметрів, незалежних від матеріалу, з використанням допусків, вказаних у EN 10002-1

Параметр	Міцнісні властивості, % похибки					
	R_{eH}	R_{eL}	R_m	R_p	A	Z
Зусилля	1	1	1	1		
Деформація ^a (зміщення)	—	—	—	1 ^b	1	
Розрахункова довжина L_0 ^a	—	—	—	1 ^b	1	
S_0	1	1	1	1	—	1
S_u	—	—	—	—	—	2

^a За умови, що екстензометр класу 1 відкалібрований згідно з EN 10002-4.

^b У разі визначання умовної границі плинності R_p похибка в 1 % є занадто високою оцінкою. Похибка залежить від нахилу діаграми зусилля—видовження і явно менше значень, які визначені нижче. Визначання числового значення можливо тільки у разі існування діаграми зусилля—видовження, що припускає залежність числового значення від матеріалу.

У документі GUM дано визначення двох типів похибки: тип A і тип B. Оцінка похибки типу A може базуватись на будь-якому чинному статистичному методі оброблення даних. Оцінка типу B базується на інших засобах. Так, застосування допусків, вказаних у стандарті, відноситься до типу B. Допуски, наведені вище для випробовування на розтяг, представляють максимальні граничні значення, тобто всі значення повинні лежати в границях заданого допуску, а саме, $a = \pm 1\%$, і по цьому модель розподілу відповідає прямокутному розподілу імовірностей, як вказано в GUM. Стандартні значення похибки визначають як $a/\sqrt{3}$. Для повної відповідності оцінки похибки треба було б зарахувати усі можливі джерела похибки вимірювання, зокрема ті, що пояснюються похибками в пристроях, які використовують під час калібрування, тобто пристрої для перевіряння зусилля і калібрування екстензометра. На практиці такі джерела похибок відносяться до впливів другого порядку, а для цілей цього документа прийнятий спрощений підхід з використанням концепцій, описаних в GUM. З використанням підходу складання середньоквадратичних значень сумарна похибка незалежних від матеріалу параметрів для R_{eH} , R_{eL} , R_m і A дорівнює $\sqrt{0,33+0,33} = \pm 0,81\%$, а для R_p дорівнює $\sqrt{0,33+0,33+0,33+0,33} = \pm 1,15\%$ (див. виноску «b» до таблиці J.1).

J.3.2 Параметри, залежні від матеріалу

Для випробовування за кімнатної температури єдиними міцнісними властивостями, в значній мірі залежними від реакції матеріалу на такі параметри контролювання як швидкість деформування (або напруження) є R_{eH} , R_{eL} і R_p . Міцність на розтяг R_m , також може залежати від швидкості деформування, проте на практиці її зазвичай визначають за значно більшої швидкості деформування, ніж R_p і, як правило, є відносно нечутливою до змінень швидкостей деформування.

В принципі, перш ніж обчислювати загальний баланс похибки, необхідно визначити реакції матеріалу на швидкість деформування. Для оцінювання похибки для деяких видів матеріалів можна використовувати деяку обмежену інформацію та такі приклади.

Типовий приклад даних, які використовують для визначання реакції матеріалів в діапазоні швидкостей деформування, встановленому в EN 10002-1, наведений на рисунку J.1 і рисунку J.2, а огляд реакції матеріалів для умовної границі плинності, виміряній за контрольованою швидкості деформування, наведено у таблиці J.2. Отримані раніше дані для ряду сталей під час вимірювання з контролюванням швидкості деформування, наведено у статті, яка представлена на семінарі [13].

Оскільки еквівалентні допуски a , засновані на вимірних даних з використанням простих середньоквадратичних значень, підібраних до них, необхідно вирішити, яка модель розподілу похибок є більш відповідною згідно з GUM.

Допустимо, що модель представляє собою такий нормальний розподіл з верхньою та нижньою границею a_+ і a_- , що найкращою оцінкою кількості є $(a_+ + a_-)/2$, і що існує імовірність 2 з 3 (тобто імовірність 67 %) того, що значення кількості лежить в границях від a_- до a_+ . Тоді похибка $U = a$.

Примітка. Якщо припустити, що імовірність дорівнює 50 %, то $U = 1,48 a$ (див. [10]).

Таблиця J.2 — Змінення умовної границі плинності за кімнатної температури в діапазоні швидкостей деформації, встановленому в EN 10002-1

Матеріал	Номинальний склад	$R_{p0,2}$ Середнє значення, МПа	Реакція умовної границі плинності на швидкість деформування, %	Еквівалентний допуск, %
Феритна сталь Трубна сталь Листова сталь (S 275)	Cr-Mo-V-Fe (бал) C-Mn-Fe (бал)	680 315	0,1 1,8	0,05 0,9
Аустенітна сталь Неіржавка сталь	17Cr, 11Ni-Fe (бал)	235	6,8	3,4
Сплави на основі нікелю NiCr20Ti NiCrCoTi Al 25—20	18Cr, 5Fe, 2Co-Ni (бал) 24Cr, 20Co, 3Ti, 1,5Mo, 1,5Al-Ni (бал)	325 790	2,8 1,9	1,4 0,95

J.3.3 Сумарна стандартна похибка вимірювання

Залежний від матеріалу вплив на умовну границю плинності в дозволеному діапазоні швидкості деформування, вказаному у стандарті, наведений у таблиці J.2 може бути з'єднаний зі стандартними похибками, які отримані з незалежних від матеріалу параметрів, наведених у таблиці J.1. Це дасть сумарну стандартну похибку U_C для різних матеріалів, як це вказано у таблиці J.3.

Таблиця J.3 — Сумарна стандартна похибка вимірювання умовної границі плинності за кімнатної температури згідно з EN 10002-1

Матеріал	Стандартна похибка по параметрах, незалежних від матеріалу \pm %	Стандартна похибка, залежна від матеріалу \pm %	Сумарна стандартна похибка $U_C \pm$ %	Розширена похибка у разі довірчої імовірності 95 % \pm %
Феритна сталь Трубна сталь Листова сталь (S 275)	1,15 1,15	0,03 0,52	$\sqrt{1,33} = 1,15$ [7] $\sqrt{1,59} = 1,26$ [8]	2,3 2,5
Аустенітна сталь Неіржавка сталь	1,15	1,96	$\sqrt{5,17} = 2,3$ [9]	4,6
Сплави на основі нікелю NiCr20Ti (Nimonic 75) NiCrCoTiAl 25-20 (Nimonic 101)	1,15 1,15	0,81 0,55	$\sqrt{1,98} = 1,41$ [10] $\sqrt{1,63} = 1,28$ [11]	2,8 2,7

Для цілей цього аналізування сумарне значення умовної границі плинності в діапазоні швидкостей деформування, дозволеному у стандарті, було зменшено наполовину та виражено як еквівалентний допуск, тобто для неіржавкої сталі умовна границя плинності може змінюватись на 6,8 % в дозволеному діапазоні швидкостей деформування, у цьому разі він еквівалентний допуску $\pm 3,4$ %, який необхідно поділити на $\sqrt{3}$, тобто 1,963, а потім скласти з сумарною стандартною похибкою незалежних від матеріалу параметрів з використанням методу середньоквадратичних значень. Отже, для неіржавкої сталі сумарну стандартну похибку для $R_{p0,2}$ розраховують таким чином:

$$U_C = \pm\sqrt{1,15^2 + 1,96^2} = \pm\sqrt{5,17} = \pm 2,3 \%$$

J.3.4 Розширена похибка

Згідно з посібником TAG 4 ISO [7] загальну розширену похибку отримують множенням сумарної стандартної похибки на функцію обхвату k . Для довірчої імовірності 95 % $k = 2$, а відповідні розширені похибки наведено у таблиці J.3.

Ж.4 Висновки

Описано метод визначання похибки під час випробовування на розтяг за кімнатної температури з використанням концепції «балансу похибок» і наведені приклади для деяких матеріалів, для яких відома реакція матеріалу на параметри випробовування. Треба відмітити, що розширені похибки розраховували з використанням спрощеного підходу, який базується на GUM. Крім того, існують інші чинники, які можуть впливати на визначання міцнісних властивостей, таких як вигин зразка, метод затискання зразка чи режим контролювання випробовувальної машини: екстензометричне контролювання чи контролювання швидкості траверс та навантаження, які можуть впливати на виміряні міцнісні властивості [14]. Проте через нестачу наявних кількісних даних в теперішній час ще немає можливості зробити висновки про їх вплив у балансах похибок. Слід також визнати, що цей підхід балансу похибок дає оцінку похибки, яка опричинена тільки методикою вимірювання, і не враховує розкид експериментальних результатів через неоднорідність матеріалу.

І, нарешті, необхідно відмітити, що під час отримання придатних еталонних матеріалів²⁾ вони забезпечать можливість визначання загальної похибки вимірювання на будь-якій випробовувальній машині, зокрема вплив захватів, вигин тощо, що на даний час ще не визначено у кількісному відношенні.

В якості альтернативи для перевіряння похибки рекомендовано випробовувати «свої контрольні» зразки (див. [15]).

Ж.5 Міжлабораторний розкид

Інформація про типовий розкид результатів випробовувань на розтяг різних матеріалів, який спостерігався під час дослідження міжлабораторного взаємного звіряння результатів випробовування охоплює як розкид по матеріалу, так і похибки вимірювання (див. таблиці Ж.4—Ж.7). Результати по відтворюванню виражені у відсотках, розрахованих множенням стандартного відхилення на 2 і поділяння результату на середнє значення, що дає значення, котрі представляють довірчу вірогідність 95 % відповідно до рекомендацій в GUM і які можливо безпосередньо порівнювати з наведеними вище значеннями розширеної похибки.

Таблиця Ж.4 — Значення границі плинності (0,2 % умовна границя плинності або верхня границя плинності). Відтворення міжлабораторних порівнювальних випробовувань

Матеріал	Позначки	Границя плинності, МПа	Відтворення +/- U _E , %	Посилання
Алюміній	EC-H 19 2024-T 351	158,4 362,93,0	8,1 (16)	[16]
Сталь				
Низьковуглецева листовая сталь	HR3	228,6	8,2	[17]
Аустенітна неіржавка сталь	X2CrNiMo 18-10	303,8	6,5	[17]
AISI 105	P245GH	402,4	8,9	[16]
Штанга	S355	367,4	5,0	[17]
Феритна неіржавка сталь	X2Cr13	967,5	3,2	[16]
Високоміцна сталь	30NiCrMo16	1039,9	2,0	[17]
Аустенітна неіржавка сталь	X2CrNi 18-10	353,3	7,8	[17]
AISI 316	X5CrNiMo 17-12-2	480,1	8,1	[16]
Нікелеві сплави				
INCONEL 600	NiCr15Fe8	268,3	4,4	[16]
Nimonic 75 (CRM661)	NiCr20Ti	298,1	4,0	[18]

²⁾ Наприклад, Nimonic 75, сертифікований еталонний матеріал для випробовування на розтяг за кімнатної температури CRM 661, який можна отримувати з Інституту еталонних матеріалів і вимірювань (Institute for Reference Materials and Measurements). e.g Nimonic 75, a certified reference material for room temperature tensile testing, CRM661 which is available from the institute for Reference Materials and Measurements, (IRMM), Joint Research Centre, Retieseweg, B-2440, Geel, Belgium. See.

Таблиця J.5 — Значення границі міцності R_m . Відтворення міжлабораторних порівнювальних випробовувань

Матеріал	Позначки	Границя міцності, МПа	Відтворення +/- U_E , %	Посилання
Алюміній	EC-H 19	176,9	Нема даних	[16]
	2024-T 351	491,3	2,6	[16]
Сталь				
Низьковуглецева листовая сталь	HR3	335,2	5,0	[17]
Аустенітна неіржавка сталь	X2CrNi 18-10	594,0	3,0	[17]
AISI 105	P245GH	596,9	2,8	[16]
Штанга	S355	552,4	2,0	[17]
Феритна неіржавка сталь	X2Cr13	1253	1,2	[16]
Високоміцна сталь	30NiCrMo16	1167,8	1,5	[17]
Аустенітна неіржавка сталь	X2CrNiMo 18-10	622,5	3,0	[17]
AISI 316	X5CrNiMo 17-12-2	694,6	2,4	[16]
Нікелеві сплави				
INCONEL 600	NiCr15Fe8	695,9	1,4	[16]
Nimonic 75 (CRM661)	NiCr20Ti	749,6	1,9	[18]

Таблиця J.6 — Зменшення площі перерізу. Відтворення міжлабораторних порівнювальних випробовувань

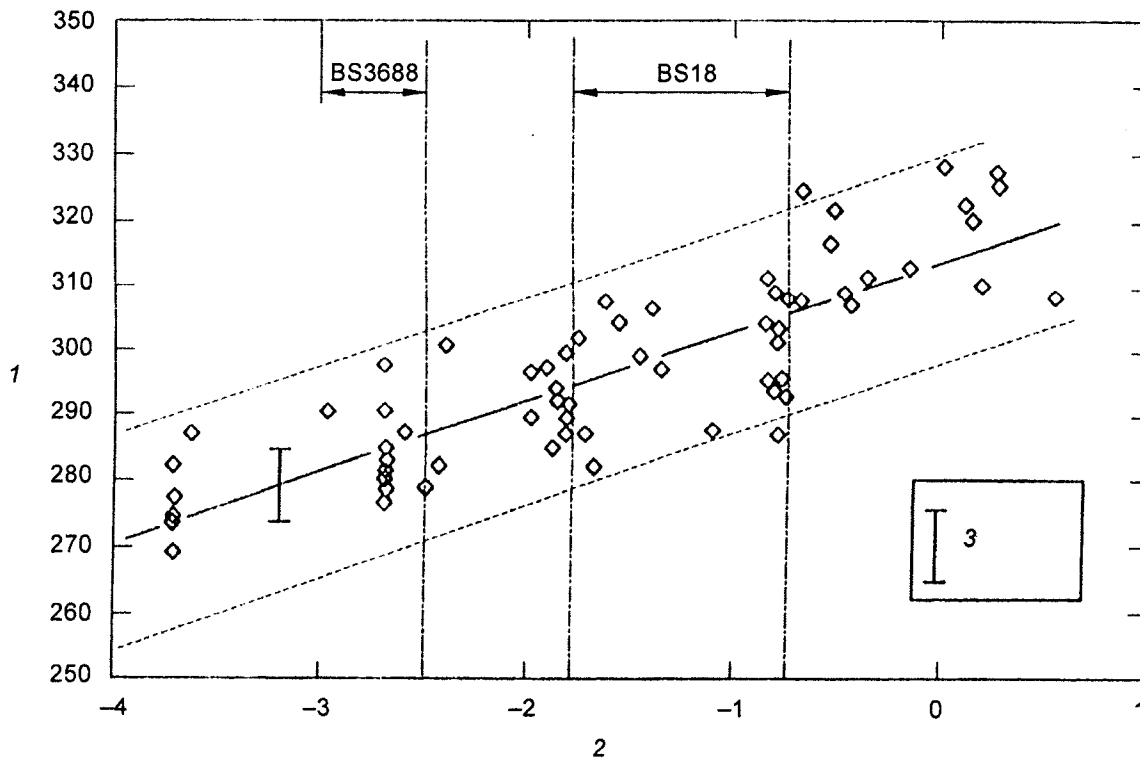
Матеріал	Позначки	Відносне звуження, Z %	Відтворення +/- U_E , %	Посилання
Алюміній	EC-H 19	79,1	5,1	[16]
	2024-T 351	30,3	23,7	[16]
Сталь				
AISI 105	P245GH	65,6	3,6	[16]
Штанга	S355	71,4	2,7	[17]
Феритна неіржавка сталь	X2Cr13	50,5	15,6	[16]
Високоміцна сталь	30NiCrMo16	65,6	3,2	[17]
Аустенітна неіржавка сталь	X2CrNiMo 18-10	77,9	5,6	[17]
AISI 316	X5CrNiMo 17-12-2	71,5	4,5	[16]
Нікелеві сплави				
INCONEL 600	NiCr15Fe8	59,3	2,4	[16]
Nimonic 75 (CRM661)	NiCr20Ti	59,0	8,8	[18]

Таблиця J.7 — Видовження після розриву. Відтворення міжлабораторних порівнювальних випробовувань

Матеріал	Позначки	Видовження, A %	Відтворення +/- U_E , %	Посилання
Алюміній	EC-H 19	14,6	9,1	[16]
	2024-T 351	18,0	18,9	[16]
Сталь				
AISI 105	P245GH	25,6	10,1	[16]

Кінець таблиці J.7

Матеріал	Позначки	Видовження, A %	Відтворення +/- U _E , %	Посилання
Штанга	S355	31,4	14	[17]
Феритна неіржавка сталь	X2Cr13	12,4	15,5	[16]
Високоміцна сталь	30NiCrMo16	16,7	13,2	[17]
Аустенітна неіржавка сталь	X2CrNiMo 18-10	51,9	13,6	[17]
AISI 316	X5CrNiMo 17-12-2	35,9	14,9	[16]
Нікелеві сплави				
INCONEL 600	NiCr15Fe8	41,6	7,7	[16]
Nimonic 75 (CRM661)	NiCr20Ti	41,0	3,3	[18]



- 1 — нижня границя плинності, (МПа);
- 2 — $\lg 10$ пластична деформація, хв;
- 3 — максимальна очікувана похибка щодо напруження.

Рисунок J.1 — Змінення нижньої границі плинності (R_{eL}) за кімнатної температури як функція швидкості деформування для листової сталі

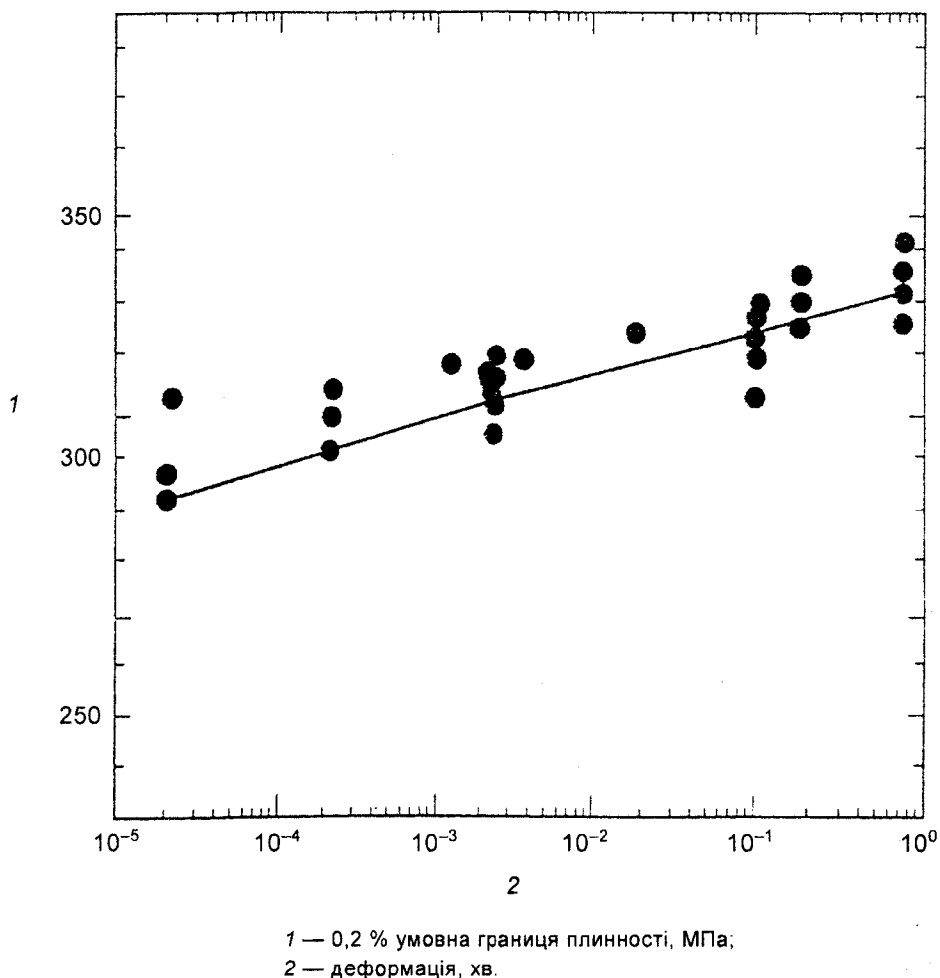


Рисунок J.2 — Дані щодо міцності під час розтягування за температури 22 °C для NiCr20Ti.

БІБЛІОГРАФІЯ

1 H. M. Sonne, B. Hesse «Determination of Young's Modulus on steel sheet by computerised tensile test — Comparison of different evaluation concepts» «Tagung «Werkstoffprüfung 1993» DVM-Tagungsband

2 G. D. Dean, M. S. Loveday, P. M. Cooper, B. E. Read, B. Roebuck and R. Morrel «Aspects of modulus measurement» Cart 8, pp 150—209 in «Materials Metrology and Standards for standard Performance» Ed: B. G. Dyson, M. S. Loveday and M. G. Gee, Pub Chapman and Hall. 1995

3 B. Roebuck, J. D. Lord, P. M. Copper and L. N. Mc Cartney «Data Acquisition and Analysis of Tensile Properties for MMC» ASTM journal of testing and Evaluation (JTEVA) 22(1) 63—69

4 ISO/TTA 2(1996) Tensile tests for Discontinuously Reinforced Metal Matrix composites at Ambient Temperatures

5 M. S. Loveday (1992) «Towards a tensile reference material», Chapter 7, pp 111—153 in Harmonisation of Testing Practice for High Temperature Materials. Ed M. S. Loveday and T. B Gibbons. Pub Chapman and Hall (formerly published by Elsevier Applied Science)

6 ISO 6892:1998 Metallic materials — Tensile testing at ambient temperature

7 ISO (TAG4)(1993) «Guide to the expression of uncertainty in measurement» BIMP/EC/IFCC/ICO/IIUPAC/IUPAP/OIML.

- 8 NIS 80. «Guide to the expression of uncertainty in testing.» Pub. NAMAS. 1994.
9 NIS 3003. The Expression of Uncertainty and Confidence in Measurement. Pub. NAMAS. 1995.
10 B. N. Taylor and C. E. Kuyatt (1993). Guidelines for Evaluating and Expressing the Uncertainty of NIST Measurement Results. NIST Technical Note 1297.
11 M.S. Loveday «Room temperature tensile testing: a method for estimating uncertainty of measurement.» NPL Measurement note CMMT (MN) 048, ISSN 1366-4506.
12 EN 10291 «Metallic materials — Uniaxial creep testing in tension — Method of test»
13 R. F. Johnson and J. D. Murray (1996) «The effect of rate of straining on the 0,2 % proof stress and lower yield stress of steel», Symposium on High Temperature Performance of Steels», Eastbourne 1966, Pub iron & Steel Institute, 1967
14 T. G. F Gray and J. Sharp (1988) «Influence of machine type and strain-rate interaction in tensile testing» ASTM Symposium on Precision of Mechanical Tests, STP 1025
15 H. M. Sonne, G. Knauf, J. Schmidt-Zinges, Überlegungen zur Überprüfung von Zugprüfmaschinen mittels Referenzmaterial Deutscher Verband für Materialforschung und Prüfung (DVM) ISSN 0941-5300, Tagungsband Bad Nauheim 1996
16 ASTM Research Report RR E – 28 1004 (March 1994) — Round Robin Results of Interlaboratory Tensile Tests
17 L. Roesch, N. Coue, J. Vitali, M. Di Fant — Results of an Interlaboratory Test Programme on Room Temperature Tensile Properties — Standard Deviation of the Measured Values — IRSID Report N. DT. 93310 (July 1993)
18 M. S. Loveday. (1999) «Certification of a Room Temperature Tensile Reference Material» EU Report (to be published).

Код УКНД 77.040.10

Ключові слова: матеріали металеві, випробовування механічні, випробовування на розтяг, випробовування за кімнатної температури, випробовувальне устаткування.

Редактор С. Ковалець
Технічний редактор О. Марченко
Коректор Т. Нагорна
Верстальник І. Барков

Підписано до друку 12.09.2008. Формат 60 × 84 1/8.
Ум. друк. арк. 4,65. Зам. **2616** Ціна договірна.

Виконавець
Державне підприємство «Український науково-дослідний і навчальний центр
проблем стандартизації, сертифікації та якості» (ДП «УкрНДНЦ»)
вул. Святошинська, 2, м. Київ, 03115
Свідоцтво про внесення видавця видавничої продукції до Державного реєстру видавців,
виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції від 14.01.2006 р., серія ДК, № 1647