

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 197-1:2014

ISO 6892-1:2009

Xuất bản lần 2

**VẬT LIỆU KIM LOẠI - THỬ KÉO -
PHẦN 1: PHƯƠNG PHÁP THỬ Ở NHIỆT ĐỘ PHÒNG**

*Metallic materials - Tensile testing -
Part 1: Method of test at room temperature*

HÀ NỘI - 2014

Lời nói đầu

TCVN 197-1:2014 hoàn toàn tương đương ISO 6892-1:2009.

TCVN 197-1:2014 thay thế TCVN 197:2002 (ISO 6892:1998).

TCVN 197-1:2014 do Ban kỹ thuật tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC 164, *Thử cơ lý kim loại* biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Bộ tiêu chuẩn TCVN 197 (ISO 6892), *Vật liệu kim loại - Thử kéo* gồm các phần sau:

- Phần 1: Phương pháp thử ở nhiệt độ phòng;
- Phần 2: Phương pháp thử ở nhiệt độ cao.

Lời giới thiệu

Trong quá trình thỏa thuận về tốc độ thử khi soạn thảo TCVN 197:2002 (ISO 6892:1998) đã đi đến quyết định khuyến nghị sử dụng việc điều chỉnh tốc độ kéo căng cho các lần soát xét trong tương lai.

Trong tiêu chuẩn này có hai phương pháp thử các tốc độ sẵn có. Phương pháp thứ nhất, phương pháp A dựa trên các tốc độ kéo (bao gồm cả tốc độ riêng của con trượt đầu kéo) và phương pháp thứ hai, phương pháp B dựa trên các tốc độ ứng suất. Phương pháp A được dùng để giảm tới mức tối thiểu sự thay đổi của các tốc độ thử trong quá trình theo thời gian khi xác định các thông số nhạy cảm với tốc độ biến dạng và để giảm tới mức tối thiểu độ không đảm bảo đo của các kết quả thử.

Vật liệu kim loại - Thử kéo - Phần 1: Phương pháp thử ở nhiệt độ phòng

Metallic materials - Tensile testing -

Part 1: Method of test at room temperature

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định phương pháp thử kéo vật liệu kim loại và cơ tính được xác định ở nhiệt độ phòng.

CHÚ THÍCH: Phụ lục A đưa ra các khuyến nghị bổ sung về các máy thử được điều khiển bằng máy tính (computer).

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau rất cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản được nêu. Đối với tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các sửa đổi, bổ sung (nếu có)..

TCVN 4398 (ISO 377), *Thép và sản phẩm thép - Vị trí lấy mẫu, chuẩn bị phôi mẫu và mẫu thử cơ tính.*

TCVN 10600-1 (ISO 7500-1), *Vật liệu kim loại - Kiểm tra các máy thử tĩnh một trục - Phần 1: Các máy thử kéo/nén - Kiểm tra và hiệu chuẩn hệ thống đo lực.*

TCVN 10601 (ISO 9513), *Vật liệu kim loại - Hiệu chuẩn các hệ thống giãn kế sử dụng trong thử nghiệm một trục.*

ISO 2566-1, *Steel - conversion of elongation values - Part 1: Carbon and low alloy steels (Thép - chuyển đổi các giá trị độ giãn dài - Phần 1: Thép cacbon và thép hợp kim thấp).*

ISO 2566-2, *Steel - conversion of elongation values - Part 2: Austenitic steels (Thép - chuyển đổi các giá trị độ giãn dài - Phần 2: Thép austenit)*

3 Thuật ngữ và định nghĩa

Tiêu chuẩn này áp dụng các thuật ngữ và định nghĩa sau:

3.1

Chiều dài cũ (gauge length), L

Chiều dài của phần song song của mẫu thử trên đó đo độ giãn dài tại bất cứ thời điểm nào trong quá trình thử.

[ISO/TR 25679:2005^[3]]

3.1.1

Chiều dài cũ ban đầu (Original gauge length), L_0

Chiều dài giữa các vạch dấu của chiều dài cũ (3.1) trên mẫu thử được đo trước khi thử ở nhiệt độ phòng.

CHÚ THÍCH: Được sửa lại cho phù hợp từ ISO/TR 25679:2005^[3]

3.1.2

Chiều dài cũ cuối cùng sau khi đứt (final gauge length after rupture), L_u

Chiều dài giữa các vạch dấu của chiều dài cũ (3.1) trên mẫu thử được đo sau khi đứt ở nhiệt độ phòng, hai mảnh của mẫu thử đã được chấp lại với nhau một cách cẩn thận sao cho các đường trục của chúng nằm trên một đường thẳng

CHÚ THÍCH: Được sửa lại cho phù hợp từ ISO/TR 25679:2005^[3]

3.2

Chiều dài phần song song (parallel length), L_c

Chiều dài của phần song song có tiết diện giảm đi của mẫu thử

[ISO/TR 25679:2005^[3]]

CHÚ THÍCH: Khái niệm chiều dài phần song song được thay thế bằng khái niệm khoảng cách giữa các chấu kẹp đối với các mẫu thử không được gia công cơ.

3.3

Độ giãn dài (elongation)

Độ tăng của chiều dài cũ ban đầu (3.1.1) ở bất cứ thời điểm nào trong quá trình thử.

CHÚ THÍCH: Được sửa lại cho phù hợp từ ISO/TR 25679:2005^[3]

3.4

Độ giãn dài tương đối (percentage elongation)

Độ giãn dài được biểu thị bằng tỷ lệ phần trăm của chiều dài cũ ban đầu, L_0 (3.1.1)

[ISO/TR 25679:2005^[3]]**3.4.1****Độ giãn dài dư tương đối (percentage permanent elongation)**

Độ tăng của chiều dài cỡ ban đầu (3.1.1) của một mẫu thử sau khi dỡ bỏ ứng suất quy định, được biểu thị bằng tỷ lệ phần trăm của chiều dài cỡ ban đầu, L_0

[ISO/TR 25679:2005^[3]]**3.4.2****Độ giãn dài tương đối sau khi đứt (percentage elongation after fracture), A**

Độ giãn dài dư của chiều dài cỡ sau đứt ($L_u - L_0$), được biểu thị bằng tỷ lệ phần trăm của chiều dài cỡ ban đầu, L_0

CHÚ THÍCH: Đối với các mẫu thử tỷ lệ, nếu chiều dài đo không bằng $5,65 \sqrt{S_0}$ ¹⁾, trong đó S_0 là diện tích mặt cắt ngang ban đầu của đoạn song song thì nên bổ sung cho ký hiệu A một chỉ số dưới dòng để chỉ hệ số tỷ lệ được sử dụng, ví dụ, $A_{11,3}$ chỉ độ giãn dài theo tỷ lệ phần trăm của chiều dài đo L_0

$$A_{11,3} = 11,3 \sqrt{S_0}$$

Đối với các mẫu thử không tỷ lệ (xem Phụ lục B) nên bổ sung cho ký hiệu A một chỉ số dưới dòng để chỉ chiều dài cỡ ban đầu được sử dụng, tính bằng milimet, ví dụ, $A_{80\text{mm}}$ chỉ độ giãn dài tương đối của chiều dài cỡ L_0 bằng 80mm.

3.5**Chiều dài cỡ của máy đo độ giãn (extensometer gauge length), L_e**

Chiều dài cỡ ban đầu của máy đo độ giãn dùng để đo độ giãn bằng một máy đo độ giãn

CHÚ THÍCH 1: Được sửa lại cho phù hợp từ ISO/TR 25679:2005^[3]

CHÚ THÍCH 2: Để đo các thông số giới hạn chảy và giới hạn dẻo, L_e nên vượt qua chiều dài phần song song càng nhiều càng tốt trong mức có thể. Một cách lý tưởng, giá trị nhỏ nhất của L_e nên lớn hơn $0,50L_0$ nhưng nhỏ hơn $0,9L_0$. Yêu cầu này đảm bảo cho máy đo độ giãn phát hiện được tất cả các sự cố về chảy xuất hiện trong mẫu thử. Hơn nữa, để đo các thông số "tại" hoặc "sau khi đạt được" lực lớn nhất, L_e nên xấp xỉ bằng L_0

3.6**Độ giãn (extension)**

Độ tăng của chiều dài cỡ của máy đo độ giãn, L_e (3.5) tại bất cứ thời điểm nào trong quá trình thử

[ISO/TR 25679:2005^[3]]**3.6.1****Độ giãn tương đối (percentage extension, "strain")**

Độ giãn được biểu thị bằng tỷ lệ phần trăm của chiều dài cỡ của máy đo độ giãn, L_e (3.5).

¹⁾ $5,65 \sqrt{S_0} = 5 \cdot 11,3 \sqrt{4S_0 / \pi}$

TCVN 197-1:2014

3.6.2

Độ giãn dư tương đối (percentage permanent extension)

Độ tăng của chiều dài cỡ của máy đo độ giãn sau khi dỡ bỏ ứng suất quy định khỏi mẫu thử, được biểu thị bằng tỷ lệ phần trăm của chiều dài cỡ của máy đo độ giãn, L_e (3.5)

[ISO/TR 25679:2005^[3]]

3.6.3

Độ giãn tương đối tại điểm chảy (percentage field point extension), A_e

Ở các vật liệu chảy không liên tục, độ giãn giữa lúc bắt đầu chảy và bắt đầu có sự tăng bền cơ học đồng đều, được biểu thị bằng tỷ lệ phần trăm của chiều dài cỡ của máy đo độ giãn, L_e (3.5)

CHÚ THÍCH: Được sửa lại cho phù hợp từ ISO/TR25679:2005^[3]

Xem Hình 7.

3.6.4

Độ giãn tương đối tổng tại lực lớn nhất (percentage total extension at maximum force), A_{gt}

Độ giãn dài tổng (độ giãn đàn hồi cộng với độ giãn dẻo) ở lực lớn nhất được biểu thị bằng tỷ lệ phần trăm của chiều dài cỡ của máy đo độ giãn, L_e (3.5)

Xem Hình 1.

3.6.5

Độ giãn dẻo tương đối tại lực lớn nhất (percentage plastic extension at maximum force), A_g

Độ giãn dẻo ở lực lớn nhất, được biểu thị bằng tỷ lệ phần trăm của chiều dài cỡ của máy đo độ giãn, L_e (3.5)

Xem Hình 1.

3.6.6

Độ giãn tương đối tổng khi đứt (percentage total extension at fracture), A_t

Độ giãn dài tổng (độ giãn đàn hồi cộng với độ giãn dẻo) tại thời điểm đứt, được biểu thị bằng tỷ lệ phần trăm của chiều dài cỡ của máy đo độ giãn, L_e (3.5).

Xem Hình 1.

3.7

Tốc độ thử (Testing rate)

3.7.1**Tốc độ biến dạng** (strain rate), $\dot{\epsilon}_{L_c}$

Độ tăng của biến dạng được đo bằng máy đo độ giãn, trong chiều dài cỡ của máy đo độ giãn, L_e (3.5) trong một đơn vị thời gian.

CHÚ THÍCH: Xem 3.5.

3.7.2**Tốc độ biến dạng được đánh giá trên chiều dài đoạn song song**(estimated strain rate over the parasel length), $\dot{\epsilon}_{L_c}$

Giá trị độ tăng của biến dạng trên chiều dài phần song song, L_c (3.2) của mẫu thử trên thời gian dựa trên tốc độ con trượt đầu kéo (xem 3.7.3) và chiều dài phần song song của mẫu thử.

3.7.3**Tốc độ con trượt đầu kéo** (crosshead separation rate), v_c

Khoảng dịch chuyển của con trượt đầu kéo trên (đơn vị) thời gian.

3.7.4**Tốc độ ứng suất** (stress rate), R

Độ tăng của ứng suất trên (đơn vị) thời gian

CHÚ THÍCH: Chỉ nên sử dụng tốc độ ứng suất trong phần đàn hồi của thử nghiệm (phương pháp B).

3.8**Độ thất tương đối** (percentage reduction area), Z

Độ thay đổi lớn nhất của diện tích mặt cắt ngang xảy ra trong quá trình thử ($S_o - S_u$) được biểu thị bằng tỷ lệ phần trăm của diện tích mặt cắt ngang ban đầu, S_o

$$Z = \frac{S_o - S_u}{S_o} \times 100$$

3.9**Lực lớn nhất** (maximum force)

CHÚ THÍCH: Đối với các vật liệu có biểu hiện chảy không liên tục nhưng khi không có sự tăng bền cơ học thì F_m không được quy định trong tiêu chuẩn này [xem ghi chú cuối trang cho Hình 8c)]

3.9.1**Lực lớn nhất** (maximum force), F_m

TCVN 197-1:2014

(Đối với các vật liệu không có biểu hiện chảy không liên tục) lực lớn nhất mà mẫu thử phải chịu trong quá trình thử.

3.9.2

Lực lớn nhất (maximum force), F_m

(Đối với các vật liệu có biểu hiện chảy không liên tục) lực lớn nhất mà mẫu thử phải chịu trong quá trình thử sau khi bắt đầu có tăng bền cơ học.

CHÚ THÍCH: Xem Hình 8a) và b)

3.10

Ứng suất (stress)

Tỷ số của lực và diện tích mặt cắt ngang ban đầu, S_0 của mẫu thử tại bất cứ thời điểm nào trong quá trình thử.

CHÚ THÍCH 1: Được sửa lại cho phù hợp từ ISO/TR 25679:2005^[3]

CHÚ THÍCH 2: Tất cả các viện dẫn về ứng suất trong tiêu chuẩn này là các ứng suất kỹ thuật

CHÚ THÍCH 3: Tùy theo yêu cầu, các tên gọi "lực", "ứng suất" hoặc "độ giãn", "độ giãn dài tương đối" và "biến dạng" được sử dụng cho các trường hợp khác nhau (như các ký hiệu đường trục của hình vẽ hoặc trong các giải thích về xác định các tính chất khác nhau). Tuy nhiên đối với mô tả chung hoặc định nghĩa một điểm đã được xác định trên một đường cong, các tên gọi "lực" và "ứng suất" hoặc "độ giãn", "độ giãn dài tương đối" và "biến dạng" có thể thay thế cho nhau.

3.10.1

Giới hạn bền kéo (tensile strength), R_m

Ứng suất tương ứng với lực lớn nhất, F_m (3.9)

[ISO/TR 25679:2005^[3]]

3.10.2

Giới hạn chảy (yield strength)

Khi vật liệu kim loại biểu lộ hiện tượng chảy, ứng suất tương ứng với điểm đạt được trong quá trình thử tại đó xảy ra biến dạng dẻo mà không có bất cứ sự tăng lên nào của lực.

CHÚ THÍCH: Được sửa lại cho phù hợp từ ISO/TR 25679:2005^[3]

3.10.2.1

Giới hạn chảy trên (upper yield strength), R_{eH}

Giá trị lớn nhất của ứng suất (3.10) trước khi có sự giảm lần đầu tiên của lực

CHÚ THÍCH: Được sửa lại cho phù hợp từ ISO/TR 25679:2005^[3]

Xem Hình 2.

3.10.2.2**Giới hạn chảy dưới** (lower field strength), R_{eL}

Giá trị thấp nhất của ứng suất (3.10) trong quá trình chảy dẻo khi bỏ qua bất cứ các ảnh hưởng chuyển tiếp ban đầu nào.

[ISO/TR 25679:2005^[3]]

Xem Hình 2.

3.10.3**Giới hạn dẻo, độ giãn dẻo** (proof strength, plastic extension), R_p

Ứng suất tại đó độ giãn dẻo bằng một tỷ lệ phần trăm quy định của chiều dài cũ của máy đo độ giãn, L_e (3.5)

CHÚ THÍCH 1: Được sửa lại cho phù hợp từ ISO/TR 25679:2005 "giới hạn dẻo, độ giãn không tỷ lệ".

CHÚ THÍCH 2: Bổ sung thêm một tiếp vị ngữ vào chỉ số dưới dòng để chỉ tỷ lệ theo phần trăm đã mô tả, ví dụ $R_{p0,2}$

Xem Hình 3.

3.10.4**Giới hạn dẻo, độ giãn dài tổng** (proof strength, total extension), R_t

Ứng suất tại đó độ giãn dài tổng (độ giãn đàn hồi cộng với độ giãn dẻo) bằng một tỷ lệ phần trăm quy định của chiều dài cũ của máy đo độ giãn, L_e (3.5).

CHÚ THÍCH 1: Được sửa lại cho phù hợp từ ISO/TR 25679:2005^[3]

CHÚ THÍCH 2: Bổ sung thêm một tiếp vị ngữ vào chỉ số dưới dòng để chỉ tỷ lệ phần trăm đã mô tả, ví dụ $R_{t0,5}$

Xem Hình 4.

3.10.5**Giới hạn bền quy ước** (permanent set strength), R_r

Ứng suất tại đó sau khi dỡ bỏ lực, độ giãn dài dư hoặc độ giãn dư quy định được biểu thị bằng một tỷ lệ phần trăm của chiều dài cũ ban đầu, L_0 (3.1.1) hoặc chiều dài cũ của máy đo độ giãn, L_e (3.5) không bị vượt quá

[ISO/TR 25679:2005^[3]]

Xem Hình 5

CHÚ THÍCH: Bổ sung thêm một tiếp vị ngữ vào chỉ số dưới dòng để chỉ tỷ lệ phần trăm của chiều dài cũ ban đầu L_0 hoặc chiều dài cũ của máy đo độ giãn, L_e , ví dụ $R_{r0,2}$.

3.11**Phá hủy** (fracture)

Hiện tượng xảy ra khi xuất hiện sự tách rời hoàn toàn của mẫu thử.

TCVN 197-1:2014

CHÚ THÍCH: Chuẩn (tiêu chí) về phá hủy có thể được sử dụng cho các thử nghiệm được điều khiển bằng máy vi tính được cho trên Hình A.2

4 Thuật ngữ và ký hiệu

Các ký hiệu được sử dụng trong tiêu chuẩn này và các tên gọi tương ứng được cho trong Bảng 1

Bảng 1 - Ký hiệu và tên gọi

Ký hiệu	Đơn vị	Tên gọi
Mẫu thử		
a_o, T^a	mm	Chiều dày ban đầu của mẫu thử phẳng hoặc chiều dày thành ống
b_o	mm	Chiều rộng ban đầu của phần song song của mẫu thử phẳng hoặc chiều rộng trung bình của dải dọc được lấy từ ống hoặc chiều rộng của dây phẳng
d_o	mm	Đường kính ban đầu của phần song song của mẫu thử tròn, hoặc đường kính của dây tròn hoặc đường kính trong của ống
D_o	mm	Đường kính ngoài ban đầu của ống
L_o	mm	Chiều dài cỡ ban đầu
L'_o	mm	Chiều dài cỡ ban đầu để xác định A_{wn} (xem Phụ lục 1)
L_c	mm	Chiều dài phần song song
L_e	mm	Chiều dài cỡ của máy đo độ giãn
L_t	mm	Tổng chiều dài của mẫu thử
L_u	mm	Chiều dài cuối cùng sau khi đứt
L'_u	mm	Chiều dài cuối cùng sau khi đứt để xác định A_{wn} (xem phụ lục 1)
S_o	mm ²	Diện tích mặt cắt ngang ban đầu của phần song song
S_u	mm ²	Diện tích mặt cắt ngang nhỏ nhất sau khi đứt
k	-	Hệ số tỷ lệ (xem 6.11)
Z	%	Độ thất tương đối
Độ giãn dài		
A	%	Độ giãn dài tương đối sau đứt (xem 3.4.2)
A_{wn}	%	Độ giãn dài dẻo tương đối không có thất (xem phụ lục 1)

Bảng 1 - Ký hiệu và tên gọi (tiếp theo)

Độ giãn		
A_e	%	Độ giãn dài tương đối tại điểm chảy
A_g	%	Độ giãn dẻo tương đối ở lực lớn nhất, F_m
A_{gt}	%	Độ giãn dài tương đối tổng ở lực lớn nhất, F_m
A_t	%	Độ giãn dài tương đối tổng khi đứt
ΔL_m	mm	Độ giãn ở lực lớn nhất
ΔL_t	mm	Độ giãn lúc đứt
Tốc độ		
$\dot{\epsilon}_{L_e}$	s^{-1}	Tốc độ biến dạng
$\dot{\epsilon}_{L_c}$	s^{-1}	Tốc độ biến dạng được đánh giá trên phần song song
\dot{R}	$MPa s^{-1}$	Tốc độ ứng suất
v_c	mms^{-1}	Tốc độ con trượt đầu kéo
Lực		
F_m	N	Lực lớn nhất
Giới hạn chảy - Giới hạn dẻo - Giới hạn bền kéo		
E	MPa^b	Modun đàn hồi
m	MP_r	Độ dốc đường cong ứng suất - độ giãn dài tương đối tại thời điểm thử đã cho
m_E	MP_a	Độ dốc của phần đàn hồi của đường cong ứng suất - độ giãn dài tương đối
R_{eH}	MP_a	Giới hạn chảy trên
R_{eL}	MP_a	Giới hạn chảy dưới
R_m	MP_a	Giới hạn bền kéo
R_p	MP_a	Giới hạn dẻo, độ giãn dẻo
R_r	MP_a	Giới hạn bền quy ước quy định
R_t	MP_a	Giới hạn dẻo, độ giãn dài tổng
^a ký hiệu được sử dụng trong các tiêu chuẩn sản phẩm ống thép		
^b $1MP_a = 1Nmm^{-2}$		

Bảng 1 - Các ký hiệu và tên gọi (Kết thúc)

^c Trong phần đàn hồi của đường cong ứng suất - độ giãn dài tương đối, giá trị của độ dốc có thể không cần thiết phải biểu thị mô đun đàn hồi. Giá trị này có thể gần phù hợp với giá trị mô đun đàn hồi nếu sử dụng các điều kiện tối ưu (độ phân giải cao, có hai phía, tính toán trung bình cho các máy đo độ giãn, độ thẳng của mẫu hoàn hảo v.v...)

CHÚ Ý: Nếu sử dụng giá trị tương đối thì phải dùng hệ số 100

5 Nguyên tắc

Thử nghiệm đòi hỏi mẫu thử phải biến dạng dưới tác dụng của lực kéo, thường là dẫn tới đứt gãy, để xác định một hoặc nhiều cơ tính được quy định trong Điều 3.

Thử nghiệm được thực hiện ở nhiệt độ phòng từ 10°C đến 35°C, trừ khi có quy định khác. Các thử nghiệm được thực hiện trong các điều kiện có kiểm soát phải được tiến hành ở nhiệt độ 23°C ± 5°C.

6 Mẫu thử

6.1 Hình dạng và kích thước

6.1.1 Quy định chung

Hình dạng và kích thước của mẫu thử có thể bị ràng buộc bởi hình dạng và các kích thước của sản phẩm kim loại được dùng để lấy mẫu thử.

Mẫu thử thường được gia công cơ một vật mẫu từ sản phẩm hoặc phôi dập hoặc đúc. Tuy nhiên, các sản phẩm có mặt cắt ngang đồng đều (các sản phẩm hình, thanh, dây v.v...) và cũng như các mẫu thử đúc (nghĩa là đối với gang và hợp kim kim loại màu) có thể được thử mà không phải qua gia công.

Mặt cắt ngang của các mẫu thử có thể là tròn, vuông, chữ nhật, hình khuyên hoặc trong các trường hợp đặc biệt, có thể là một số mặt cắt ngang đồng nhất khác.

Các mẫu thử được ưu tiên có quan hệ trực tiếp giữa chiều dài cỡ ban đầu L_0 , và diện tích mặt cắt ngang ban đầu, S_0 được biểu thị bằng phương trình $L_0 = k\sqrt{S_0}$, trong đó k là hệ số tỷ lệ, và được gọi là các mẫu thử tỷ lệ. Giá trị được chấp nhận trên toàn thế giới đối với k là 5,65. Chiều dài cỡ ban đầu không được nhỏ hơn 15mm. Khi diện tích mặt cắt ngang của mẫu thử quá nhỏ so với yêu cầu này để đáp ứng $k = 5,65$ thì có thể sử dụng một giá trị cao hơn (ưu tiên là 11,3) hoặc một mẫu thử không tỷ lệ.

CHÚ THÍCH: Với việc sử dụng một chiều dài cỡ ban đầu nhỏ hơn 20mm, độ không đảm bảo đo sẽ tăng lên.

Đối với các mẫu thử không tỷ lệ, chiều dài cỡ ban đầu L_0 không phụ thuộc vào diện tích mặt cắt ngang ban đầu S_0 .

Dung sai kích thước của mẫu thử phải phù hợp với các Phụ lục từ B đến E (xem 6.2).

Có thể sử dụng các mẫu thử khác như các mẫu thử được quy định trong các tiêu chuẩn sản phẩm có liên quan hoặc các tiêu chuẩn quốc gia theo thỏa thuận với khách hàng, ví dụ, ISO 3183^[1] (API 5L), ISO 11960^[2] (API50T), ASTM A370^[6], ASTM E8M^[7], DIN50125^[10], IACSW2^[13] và JIS Z2201^[14].

6.1.2 Mẫu thử qua gia công

Các mẫu thử qua gia công cơ phải có bán kính chuyển tiếp giữa các đầu kẹp và phần song song nếu chúng có các kích thước khác nhau. Các kích thước của các bán kính chuyển tiếp rất quan trọng và nên được quy định trong đặc tính vật liệu nếu chúng không được cho trong phụ lục thích hợp (xem 6.2).

Các đầu để kẹp có thể có hình dạng bất kỳ để thích hợp với các ngàm kẹp của máy thử. Đường trục của mẫu thử phải trùng với đường trục đặt lực.

Chiều dài của phần song song L_c , hoặc trong trường hợp mẫu thử không có bán kính chuyển tiếp, chiều dài tự do giữa các chấu kẹp phải luôn luôn lớn hơn chiều dài cỡ ban đầu, L_o .

6.1.3 Mẫu thử không gia công

Nếu mẫu thử gồm có một chiều dài không được gia công cơ của sản phẩm hoặc một thanh thử nghiệm không qua gia công cơ, chiều dài tự do giữa các chấu kẹp phải thích hợp để vạch dấu đo ở một khoảng cách thích hợp từ các chấu kẹp (xem các Phụ lục B đến E).


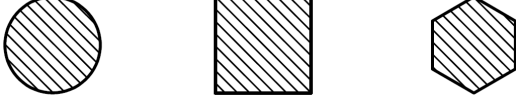
Các mẫu thử đúc phải có bán kính chuyển tiếp giữa các đầu kẹp và phần song song. Các kích thước của bán kính chuyển tiếp này rất quan trọng và nên được quy định trong tiêu chuẩn sản phẩm. Các đầu kẹp có thể có hình dạng bất kỳ để thích hợp với các chấu kẹp của máy thử, chiều dài của phần song song, L_c , phải luôn luôn lớn hơn chiều dài cỡ ban đầu, L_o .

6.2 Loại mẫu thử

Các loại mẫu thử chính được quy định trong các phụ lục B đến E theo hình dáng và loại sản phẩm như đã chỉ ra trong Bảng 2. Các loại mẫu thử khác có thể được quy định trong các tiêu chuẩn sản phẩm.

Bảng 2 - Các loại mẫu thử chính theo loại sản phẩm

Kích thước tính bằng milimet

Loại sản phẩm		Phụ lục tương ứng
Lá - Tấm - Tấm phẳng  Chiều dày a	Dây - Thanh - Hình  Đường kính hoặc cạnh	
0,1 ≤ a < 3	-	B
-	< 4	C
a ≥ 3	≥ 4	D
Ống		E

6.3 Chuẩn bị mẫu thử

Các mẫu thử phải được lấy và chuẩn bị phù hợp với các yêu cầu của các tiêu chuẩn có liên quan cho các vật liệu khác nhau (ví dụ, TCVN 4398 (ISO 377)).

7 Xác định diện tích mặt cắt ngang ban đầu

Các kích thước có liên quan của mẫu thử nên được đo ở các mặt cắt ngang vuông góc với đường trục dọc trong vùng giữa của phần song song của mẫu thử. Nên sử dụng ít nhất là ba mặt cắt ngang.

Diện tích mặt cắt ngang ban đầu, S_0 là diện tích trung bình của mặt cắt ngang và phải được tính toán từ các giá trị đo của các kích thước thích hợp.

Độ chính xác của tính toán này phụ thuộc vào tính chất và loại mẫu thử. Các phụ lục B đến E mô tả các phương pháp để đánh giá S_0 cho các loại mẫu thử khác nhau và bao gồm các điều kiện kỹ thuật về độ chính xác của phép đo.

8 Đánh dấu chiều dài cỡ ban đầu

Mỗi đầu của chiều dài cỡ ban đầu, L_0 phải được đánh dấu bằng các vạch dấu có nét mảnh hoặc các đường vạch nhưng không tạo ra các rãnh có thể dẫn đến sự phá hủy sớm.

Đối với các mẫu thử tỷ lệ, giá trị tính toán của chiều dài cỡ ban đầu có thể được làm tròn tới bội số gần nhất của 5mm, với điều kiện là độ chênh lệch giữa chiều dài cỡ tính toán và chiều dài cỡ được đánh dấu nhỏ hơn 10% của L_0 . Chiều dài cỡ ban đầu phải được đánh dấu đến độ chính xác $\pm 1\%$. Nếu chiều dài phần song song, L_c lớn hơn nhiều so với chiều dài cỡ ban đầu chẳng hạn như đối với mẫu thử không qua gia công cơ, có thể đánh dấu một loạt các chiều dài cỡ phủ chòm lên nhau.

Trong một số trường hợp, có thể vẽ trên bề mặt của mẫu thử một đường song song với đường trục dọc và các chiều dài đo được đánh dấu dọc theo đường này.

9 Độ chính xác của thiết bị thử

Hệ thống đo lực của máy thử phải được kiểm định theo TCVN 10600-1 (ISO 7500-1) và phải đạt cấp 1 hoặc chính xác hơn.

Để xác định giới hạn dẻo (độ giãn dẻo hoặc độ giãn dài tổng), máy đo độ giãn được sử dụng phải phù hợp với TCVN 10601 (ISO 9513), cấp 1 hoặc chính xác hơn, trong phạm vi có liên quan. Đối với các tính chất khác (có độ giãn cao hơn) có thể sử dụng máy đo độ giãn cấp 2 theo TCVN 10601 (ISO 9513) trong phạm vi có liên quan.

10 Điều kiện thử

10.1 Chỉnh đặt điểm không (zero) của lực

Hệ thống đo lực phải được điều chỉnh đặt về không (zero) sau khi đã lắp bộ truyền động chất tải thử, nhưng phải thực hiện trước khi mẫu thử được kẹp chặt thực sự ở cả hai đầu. Một khi điểm không của lực đã được chỉnh đặt, hệ thống đo lực không thể thay đổi được bằng bất cứ cách nào trong quá trình thử.

CHÚ THÍCH: Việc sử dụng phương pháp này bảo đảm rằng một mặt khối lượng của hệ thống kẹp được bù đắp trong đo lực và mặt khác bất cứ lực nào do thao tác kẹp chặt gây ra cũng không ảnh hưởng tới phép đo này.

10.2 Phương pháp kẹp (chặt)

Mẫu thử phải được kẹp chặt bằng các phương pháp thích hợp như các chân chấu kẹp có ren vít, các mặt chấu kẹp song song hoặc các cơ cấu kẹp có gờ (vai).

Nên cố gắng để đảm bảo cho các mẫu thử được kẹp giữ sao cho lực tác dụng theo chiều trục để giảm sự uốn cong tới mức tối thiểu (thông tin chi tiết hơn được cho trong ASTM E 1012^[8]). Yêu cầu này đặc biệt quan trọng khi thử vật liệu giòn hoặc khi xác định giới hạn dẻo (độ giãn dẻo), giới hạn dẻo (độ giãn dài tổng) hoặc giới hạn chảy.

Để có được mẫu thử thẳng và bảo đảm độ thẳng hàng của mẫu thử và đồ gá kẹp, có thể tác dụng một lực sơ bộ với điều kiện là lực này không vượt quá một giá trị tương đương với 5% giới hạn chảy quy định hoặc yêu cầu. Nên thực hiện việc hiệu chỉnh độ giãn có tính đến ảnh hưởng của lực tác dụng sơ bộ.

10.3 Tốc độ thử dựa trên điều khiển tốc độ biến dạng (phương pháp A)

10.3.1 Quy định chung

Phương pháp A được sử dụng để giảm tới mức tối thiểu sự thay đổi của các tốc độ thử trong khi xác định các thông số nhạy cảm với tốc độ biến dạng và giảm tới mức tối thiểu độ không đảm bảo đo của các kết quả thử.

Trong điều này mô tả hai loại điều khiển tốc độ biến dạng khác nhau. Thứ nhất là điều khiển bản thân tốc độ biến dạng, $\dot{\epsilon}_{Lc}$ dựa trên liên hệ ngược thu được từ một máy đo độ giãn. Thứ hai là điều khiển tốc độ biến dạng được đánh giá trên phần song song, $\dot{\epsilon}_{Lc}$, đạt được bằng điều khiển tốc độ con trượt đầu kéo ở tốc độ bằng tốc độ biến dạng yêu cầu nhân với chiều dài phần song song.

Nếu vật liệu có trạng thái biến dạng đồng nhất và lực thường duy trì không đổi, tốc độ biến dạng, $\dot{\epsilon}_{Lc}$ và tốc độ biến dạng được đánh giá trên phần song song, $\dot{\epsilon}_{Lc}$ xấp xỉ bằng nhau. Sự khác biệt xuất hiện nếu vật liệu xảy ra chảy dẻo không liên tục hoặc có răng cưa (ví dụ, một số loại thép và các hợp kim AlMg trong phạm vi giãn dài tại điểm chảy hoặc các vật liệu xảy ra chảy dẻo có răng cưa giống như hiệu ứng Portevin - Le chatelier) hoặc nếu xảy ra sự thất. Nếu lực tăng lên, tốc độ biến dạng được đánh giá có thể thấp hơn một cách đáng kể so với tốc độ biến dạng cần có do biến dạng đàn hồi của máy thử.

Tốc độ thử phải tuân theo các yêu cầu sau:

a) Trong phạm vi đến và bao gồm việc xác định R_{eH} , R_p hoặc R_t , phải áp dụng tốc độ biến dạng quy định, $\dot{\epsilon}_{Lc}$ (xem 3.7.1). Trong phạm vi này, để loại bỏ ảnh hưởng của biến dạng đàn hồi của máy thử kéo, việc sử dụng một máy đo độ giãn được kẹp trên mẫu thử là cần thiết để có sự điều khiển chính xác cho tốc độ biến dạng (đối với các máy thử không thể điều khiển được bằng tốc độ biến dạng, có thể dùng phương pháp đánh giá tốc độ biến dạng trên chiều dài phần song song, $\dot{\epsilon}_{Lc}$)

b) Trong quá trình chảy dẻo không liên tục, nên áp dụng tốc độ biến dạng được đánh giá trên chiều dài phần song song, $\dot{\epsilon}_{Lc}$ (xem 3.7.2). Trong phạm vi này, không thể điều khiển tốc độ biến dạng khi sử dụng máy đo độ giãn được kẹp chặt trên mẫu thử bởi vì sự chảy cục bộ có thể xảy ra ở ngoài chiều dài cỡ của máy đo độ giãn. Tốc độ biến dạng được đánh giá trên chiều dài phần song song có thể được duy trì trong phạm vi này một cách chính xác khi sử dụng một tốc độ con trượt đầu kéo không đổi, v_c (xem 3.7.3)

$$v_c = L_c \cdot \dot{\epsilon}_{Lc} \tag{1}$$

Trong đó:

$\dot{\epsilon}_{Lc}$ là tốc độ biến dạng được đánh giá trên chiều dài phần song song;

L_c là chiều dài phần song song;

c) Trong phạm vi theo sau R_p hoặc R_t hoặc kết thúc sự chảy dẻo (xem 3.7.2) có thể sử dụng $\dot{\epsilon}_{Lc}$ hoặc $\dot{\epsilon}_{Lc}$. Việc sử dụng $\dot{\epsilon}_{Lc}$ được khuyến nghị để tránh bất cứ vấn đề nào của điều khiển có thể xuất hiện nếu sự thất xảy ra bên ngoài chiều dài cỡ của máy đo độ giãn.

Các tốc độ biến dạng quy định trong 10.3.2 đến 10.3.4 phải được duy trì trong quá trình xác định tính chất của vật liệu có liên quan (xem Hình 9).

Trong quá trình chuyển mạch sang tốc độ biến dạng khác hoặc chế độ điều khiển khác, không nên đưa vào đường cong ứng suất - biến dạng các điểm không liên tục có thể làm biến dạng các giá trị R_m , A_g hoặc A_{gt} (xem Hình 10). Ảnh hưởng này có thể được giảm đi bằng cách chuyển mạch dần, thích hợp giữa các tốc độ.

Hình dạng của đường cong ứng suất - biến dạng trong phạm vi tăng bền cơ học cũng có thể chịu ảnh hưởng của tốc độ biến dạng. Tốc độ thử được sử dụng nên được lập thành tài liệu (xem 10.6).

10.3.2. Tốc độ biến dạng để xác định giới hạn chảy trên, R_{eH} hoặc các tính chất của giới hạn dẻo, R_p và R_t

Tốc độ biến dạng, $\dot{\epsilon}_{Lc}$ phải được giữ không đổi tới mức có thể thực hiện được và bao gồm việc xây dựng R_{eH} hoặc R_p hoặc R_t . Trong quá trình xác định các tính chất này của vật liệu, tốc độ biến dạng, $\dot{\epsilon}_{Lc}$ phải ở một trong hai phạm vi quy định sau (cũng xem Hình 9)

Phạm vi 1: $\dot{\epsilon}_{Lc} = 0,00007s^{-1}$ với dung sai tương đối $\pm 20\%$

Phạm vi 2: $\dot{\epsilon}_{Lc} = 0,00025s^{-1}$ với dung sai tương đối $\pm 20\%$ (được khuyến nghị trừ khi có quy định khác)

Nếu máy thử không thể điều khiển được tốc độ biến dạng một cách trực tiếp, phải sử dụng tốc độ biến dạng được đánh giá trên chiều dài phần song song, $\dot{\epsilon}_{Lc}$, nghĩa là tốc độ không đổi của con trượt đầu kéo. Tốc độ này phải được tính toán theo phương trình (1).

Tốc độ biến dạng hợp thành trên mẫu thử sẽ thấp hơn tốc độ biến dạng quy định bởi vì không xem xét đến biến dạng đàn hồi của máy thử. Giải thích được cho trong Phụ lục F.

10.3.3. Tốc độ biến dạng để xác định giới hạn chảy dưới, R_{eL} và độ giãn tương đối tại điểm chảy A_e

Tiếp sau sự phát triển giới hạn chảy trên (xem A.4.2), tốc độ biến dạng được đánh giá trên chiều dài phần song song, $\dot{\epsilon}_{Lc}$ phải được duy trì ở một trong hai phạm vi quy định (xem Hình 9) tới khi sự chảy dẻo không liên tục đã kết thúc.

Phạm vi 1: $\dot{\epsilon}_{Lc} = 0,00025s^{-1}$ với dung sai tương đối $\pm 20\%$ (được khuyến nghị khi xác định R_{eL})

Phạm vi 2: $\dot{\epsilon}_{Lc} = 0,002s^{-1}$ với dung sai tương đối $\pm 20\%$

TCVN 197-1:2014

10.3.4. Tốc độ biến dạng để xác định giới hạn bền kéo, R_m , độ giãn dài tương đối sau khi đứt, A , độ giãn dài tương đối tổng ở lực lớn nhất, A_{gt} độ giãn dèo tương đối ở lực lớn nhất, A_g và độ thắt tương đối, Z

Sau khi xác định các tính chất giới hạn chảy/giới hạn dèo yêu cầu, tốc độ biến dạng được đánh giá trên chiều dài phần song song, $\dot{\epsilon}_{Lc}$ phải được thay đổi tới một trong các phạm vi quy định sau (xem Hình 9).

Phạm vi 2: $\dot{\epsilon}_{Lc} = 0,00025s^{-1}$ với dung sai tương đối $\pm 20\%$

Phạm vi 3: $\dot{\epsilon}_{Lc} = 0,002s^{-1}$ với dung sai tương đối $\pm 20\%$

Phạm vi 4: $\dot{\epsilon}_{Lc} = 0,006s^{-1}$ với dung sai tương đối $\pm 20\%$ ($0,4min^{-1}$ với dung sai tương đối $\pm 20\%$) (được khuyến nghị trừ khi có quy định khác)

Nếu mục đích của thử kéo chỉ là xác định giới hạn bền kéo thì tốc độ biến dạng được đánh giá trên chiều dài phần song song của mẫu thử theo phạm vi 3 hoặc 4 có thể được áp dụng trong suốt toàn bộ thử nghiệm.

10.4 Tốc độ thử dựa trên tốc độ ứng suất (phương pháp B)

10.4.1 Quy định chung

Các tốc độ thử nghiệm phải tuân theo các yêu cầu sau tùy thuộc vào tính chất của vật liệu. Trừ khi có quy định khác, có thể sử dụng bất cứ tốc độ thuận tiện nào của thử nghiệm tới một ứng suất tương đương với một nửa giới hạn chảy quy định. Các tốc độ thử ở phía trên điểm này được quy định dưới đây.

10.4.2 Giới hạn chảy và giới hạn dèo

10.4.2.1 Giới hạn chảy trên, R_{eH}

Tốc độ của con trượt đầu kéo của máy phải được giữ không đổi tới mức có thể thực hiện được và trong phạm vi các giới hạn tương đương với các tốc độ ứng suất trong Bảng 3.

CHÚ THÍCH: Để có thông tin, các vật liệu điển hình có môđun đàn hồi nhỏ hơn 150.000 MPa bao gồm các hợp kim magne, nhôm, đồng thau và titan. Các vật liệu điển hình có môđun đàn hồi lớn hơn 150000 MPa bao gồm gang rèn, thép, vonfram và các hợp kim có gốc niken.

Bảng 3 - Tốc độ ứng suất

Modun đàn hồi của vật liệu E MPa	Tốc độ ứng suất Ḙ MPas ⁻¹	
	nhỏ nhất	lớn nhất
< 150000	2	20
≥ 150000	6	60

10.4.2.2 Giới hạn chảy dưới, R_{eL}

Nếu chỉ xác định giới hạn chảy dưới, tốc độ biến dạng trong quá trình chảy của phần song song của mẫu thử phải ở giữa 0,00025s⁻¹ và 0,0025s⁻¹. Tốc độ biến dạng trong phần song song phải được giữ không đổi tới mức có thể thực hiện được. Nếu tốc độ này không thể trực tiếp điều chỉnh được thì phải được cố định bằng cách điều chỉnh ứng suất ngay trước khi bắt đầu chảy, các bộ điều khiển của máy không được điều chỉnh thêm tới khi hoàn thành quá trình chảy.

Trong bất cứ trường hợp nào tốc độ ứng suất trong phạm vi đàn hồi cũng không được vượt quá các tốc độ lớn nhất cho trong Bảng 3.

10.4.2.3 Các giới hạn chảy trên và dưới, R_{eH} và R_{eL}

Nếu cả hai giới hạn chảy trên và dưới được xác định trong cùng một thử nghiệm, các điều kiện để xác định giới hạn chảy dưới phải được tuân thủ (xem 10.4.2.2).

10.4.2.4 Giới hạn dẻo (độ giãn dẻo) và giới hạn dẻo (độ giãn dài tổng), R_p và R_t

Tốc độ của con trượt đầu kéo của máy phải được giữ không đổi tới mức có thể thực hiện được và trong các giới hạn tương đương với các tốc độ ứng suất trong Bảng 3 trong phạm vi đàn hồi.

Trong phạm vi dẻo và đến giới hạn dẻo (độ giãn dẻo hoặc độ giãn dài tổng), tốc độ biến dạng không được vượt quá 0,0025s⁻¹.

10.4.2.5 Tốc độ con trượt đầu kéo

Nếu máy thử không có khả năng đo hoặc điều chỉnh tốc độ biến dạng thì phải sử dụng một tốc độ con trượt đầu kéo tương đương với tốc độ ứng suất cho trong Bảng 3 tới khi hoàn thành quá trình chảy.

10.4.2.6 Giới hạn bền kéo, R_m, độ giãn dài tương đối sau khi đứt, A, độ giãn dài tương đối tổng ở lực lớn nhất A_{gt}, độ giãn dẻo tương đối ở lực lớn nhất, A_g và độ thắt tương đối, Z.

Sau khi xác định các tính chất của giới hạn chảy/giới hạn dẻo yêu cầu, tốc độ thử có thể được tăng lên tới một tốc độ biến dạng (hoặc tốc độ tương đương của con trượt đầu kéo) không lớn hơn 0,006s⁻¹

TCVN 197-1:2014

Nếu chỉ đo giới hạn bền kéo của vật liệu thì có thể sử dụng tốc độ biến dạng trong suốt quá trình thử và tốc độ này không được vượt quá $0,008s^{-1}$

10.5. Lựa chọn phương pháp và tốc độ

Trừ khi có sự thỏa thuận khác, việc lựa chọn phương pháp (A hoặc B) và các tốc độ thử do nhà sản xuất hoặc phòng thử nghiệm được nhà sản xuất lựa chọn quyết định, với điều kiện là phải đáp ứng các yêu cầu của tiêu chuẩn này.

10.6. Tài liệu và các điều kiện thử được lựa chọn

Để báo cáo chế độ điều khiển thử nghiệm và các tốc độ thử dưới dạng rút gọn, có thể sử dụng các chữ viết tắt sau:

TCVN 197 (ISO 6892) A_{nnn} hoặc TCVN 917 (ISO 6892)B_n

Trong đó "A" xác định việc sử dụng phương pháp A (điều khiển tốc độ biến dạng) và "B" xác định việc sử dụng phương pháp B (dựa trên tốc độ ứng suất) các ký hiệu "nnn" là một loạt tới ba ký tự để chỉ các tốc độ được sử dụng trong mỗi pha thử nghiệm như đã quy định trên Hình 9 và "n" có thể được thêm vào để chỉ tốc độ ứng suất (tính bằng MPas⁻¹) được lựa chọn trong tải trọng đàn hồi.

VÍ DỤ 1: TCVN 197-1:2014 (ISO 6892-1:2009) A224 xác định thử nghiệm dựa trên điều khiển tốc độ biến dạng khi sử dụng các phạm vi 2, 2 và 4

VÍ DỤ 2: TCVN 197-1:2014 (ISO 6892-1:2009) B30 xác định thử nghiệm dựa trên tốc độ ứng suất được thực hiện ở tốc độ ứng suất danh nghĩa 30MPas⁻¹

VÍ DỤ 3: TCVN 197-1:2014 (ISO 6892-1:2009) B xác định thử nghiệm dựa trên tốc độ ứng suất, được thực hiện ở tốc độ ứng suất danh nghĩa theo Bảng 3.

11 Xác định giới hạn chảy trên

Có thể xác định giới hạn chảy trên từ đường cong lực - độ giãn hoặc dụng cụ chỉ thị tải trọng đỉnh và được xác định là giá trị lớn nhất của ứng suất trước khi giảm lực lần đầu tiên. Cách sau cùng này thu được giới hạn chảy dưới bằng cách chia lực này cho diện tích mặt cắt ngang ban đầu của mẫu thử, S_o, (xem Hình 2).

12 Xác định giới hạn chảy dưới

R_{eL} được xác định từ đường cong lực - độ giãn và được quy định là giá trị thấp nhất của ứng suất trong quá trình chảy dẻo, khi bỏ qua mọi ảnh hưởng chuyển tiếp ban đầu. Giá trị thấp nhất của ứng suất này thu được bằng cách chia lực này cho diện tích mặt cắt ngang ban đầu của mẫu thử, S_o (xem Hình 2).

Đối với thử nghiệm, R_{eL} có thể được báo cáo là ứng suất thấp nhất trong phạm vi biến dạng 0,25% đầu tiên sau R_{eH} khi không tính đến mọi ảnh hưởng chuyển tiếp ban đầu. Sau khi xác định R_{eL} bằng phương pháp này, tốc độ thử có thể được tăng lên như trong 10.3.4. Việc sử dụng phương pháp ngắn hơn này nên được ghi lại trong báo cáo thử.

CHÚ THÍCH: Điều này chỉ áp dụng cho các vật liệu có hiện tượng chảy và khi không xác định A_e

13 Xác định giới hạn dẻo, độ giãn dẻo

13.1. R_p được xác định từ đường cong lực - độ giãn bằng cách vẽ một đường song song với phần tuyến tính của đường cong và cách phần tuyến tính này một khoảng tương đương với độ giãn dẻo tương đối đã quy định, ví dụ 0,2%. Điểm tại đó đường này cắt đường cong sẽ cho lực tương đương với độ giãn dẻo ở ứng suất thử mong muốn. Giới hạn dẻo này thu được bằng cách chia lực cho diện tích mặt cắt ngang ban đầu của mẫu thử, S_0 (xem Hình 3)

Nếu phần đường thẳng của đường cong lực - độ giãn không được xác định rõ ràng do không vẽ được đường song song có đủ độ chính xác, nên sử dụng phương pháp sau (xem Hình 6).

Khi giới hạn dẻo được thừa nhận là đã bị vượt quá, lực được giảm đi tới một giá trị bằng khoảng 10% lực thu được. Sau đó lực lại được tăng lên tới khi vượt quá giá trị thu được lúc ban đầu. Để xác định giới hạn dẻo mong muốn, vẽ một đường qua vòng từ trễ. Sau đó vẽ một đường song song với đường này cách gốc được hiệu chỉnh của đường cong một khoảng được đo theo trục hoành bằng độ giãn dẻo tương đối đã quy định. Giao điểm của đường song song này và đường cong lực - độ giãn sẽ cho lực tương đương với giới hạn dẻo. Độ bền này thu được bằng cách chia lực này cho diện tích mặt cắt ngang ban đầu của mẫu thử, S_0 (xem Hình 6)

CHÚ THÍCH 1: Có thể sử dụng nhiều phương pháp để xác định gốc được hiệu chỉnh của đường cong lực - độ giãn. Một trong các phương pháp này là vẽ một đường tiếp tuyến đường cong lực - độ giãn bất kỳ song song với đường dây cùng vòng trễ (xem Hình 6).

CHÚ THÍCH 2: Biến dạng dẻo tại điểm bắt đầu giảm lực chỉ hơi cao hơn độ giãn dẻo quy định R_p . Các điểm bắt đầu ở các giá trị cao hơn nhiều sẽ làm giảm độ dốc của đường qua vòng biến dạng trễ.

CHÚ THÍCH 3: Nếu không được quy định trong tiêu chuẩn sản phẩm hoặc được thỏa thuận của khách hàng, có thể xác định một cách gần đúng giới hạn dẻo trong và sau quá trình chảy dẻo không liên tục.

13.2 Có thể thu được đặc tính vật liệu (giới hạn dẻo, độ giãn dẻo) mà không vẽ đồ thị đường cong lực - độ giãn bằng cách sử dụng các dụng cụ tự động (bộ vi xử lý, v.v...), xem Phụ lục A

CHÚ THÍCH: Phương pháp thích hợp khác được đề cập trong GB/T 228^[12].

14 Xác định giới hạn dẻo, độ giãn dài tổng

14.1 R_t được xác định trên đường cong lực - độ giãn, có tính đến yêu cầu của 10.2, bằng cách vẽ một đường song song với trục tung (trục biểu thị lực) và cách trục này một khoảng tương đương với độ giãn dài tổng tương đối đã quy định. Điểm tại đó đường song song này cắt đường cong sẽ cho lực tương ứng với giới hạn dẻo mong muốn. Giới hạn dẻo này thu được bằng cách chia lực này cho diện tích mặt cắt ngang ban đầu của mẫu thử, S_0 (xem Hình 4)

TCVN 197-1:2014

14.2 Có thể thu được đặc tính vật liệu (giới hạn dẻo, độ giãn dài tổng) mà không vẽ đồ thị đường cong lực - độ giãn bằng cách sử dụng các dụng cụ tự động (xem Phụ lục A).

15 Phương pháp kiểm định giới hạn bền quy ước

Cho mẫu thử chịu tác dụng của một lực tương đương với ứng suất quy định trong thời gian 10 s đến 12 s. Lực này thu được bằng cách nhân ứng suất quy định với diện tích mặt cắt ngang ban đầu của mẫu thử, S_0 . Sau khi dỡ bỏ lực cần xác nhận rằng độ giãn hoặc độ giãn dài do biến dạng dư không lớn hơn tỷ lệ phần trăm được quy định cho chiều dài cỡ ban đầu, xem Hình 5.

CHÚ THÍCH: Đây là một phép thử đạt/không đạt thường không được thực hiện như một phần của thử kéo tiêu chuẩn. Ứng suất được áp dụng cho mẫu thử và độ giãn hoặc độ giãn dài quy định do biến dạng dẻo được quy định bởi đặc tính kỹ thuật của sản phẩm hoặc theo yêu cầu của thử nghiệm. Ví dụ: Báo cáo " $R_{r0,5} = 750\text{MPa}$, đạt" chỉ ra rằng ứng suất 750MPa đã được áp dụng cho mẫu thử và độ biến dạng dư hợp thành nhỏ hơn hoặc bằng 0,5%.

16 Xác định độ giãn tương đối tại điểm chảy

Đối với các vật liệu có sự chảy dẻo không liên tục, A_e được xác định từ đường cong lực - độ giãn bằng cách trừ đi độ giãn ở R_{eH} khỏi độ giãn tại lúc bắt đầu tăng bền cơ học một cách đồng đều. Độ giãn tại lúc bắt đầu tăng bền cơ học một cách đồng đều được xác định bằng sự giao nhau của một đường nằm ngang đi qua điểm cực tiểu cục bộ cuối cùng hoặc một đường hồi quy đi qua phạm vi chảy, trước khi tăng bền cơ học một cách đồng đều và một đường tương đương với độ dốc lớn nhất xuất hiện tại lúc bắt đầu tăng bền cơ học một cách đồng đều (xem Hình 7). Độ giãn này được biểu thị bằng một tỷ lệ phần trăm của chiều dài cỡ của máy đo độ giãn, L_e .

Phương pháp được sử dụng [xem Hình 7a) hoặc b)] nên được đưa vào tài liệu trong báo cáo thử.

17 Xác định độ giãn dẻo tương đối ở lực lớn nhất

Phương pháp bao gồm xác định độ giãn ở lực lớn nhất trên đường cong lực - độ giãn thu được với một máy đo độ giãn và trừ đi biến dạng đàn hồi.

Tính toán độ giãn dẻo tương đối ở lực lớn nhất, A_g theo phương trình (2):

$$A_g = \left(\frac{\Delta L_m}{L_e} - \frac{R_m}{m_E} \right) \times 100 \quad (2)$$

Trong đó:

L_e là chiều dài cỡ của máy đo độ giãn

m_E là độ dốc của phần đàn hồi của đường cong ứng suất - độ giãn dài tương đối;

R_m là giới hạn bền kéo;

ΔL_m là độ giãn ở lực lớn nhất.

CHÚ THÍCH: Đối với các vật liệu có đoạn bằng (trên đường cong ứng suất - độ giãn) ở lực lớn nhất, độ giãn dẻo tương đối ở lực lớn nhất là độ giãn tại điểm giữa của đoạn bằng này, xem Hình 1.

18 Xác định độ giãn dài tương đối tổng ở lực lớn nhất

Phương pháp bao gồm xác định độ giãn ở lực lớn nhất trên đường cong lực - độ giãn thu được với một máy đo độ giãn.

Tính toán độ giãn dài tương đối tổng ở lực lớn nhất, A_{gt} theo phương trình (3):

$$A_{gt} = \frac{\Delta L_m}{L_e} \times 100 \quad (3)$$

Trong đó:

L_e là chiều dài cỡ của máy đo độ giãn;

ΔL_m là độ giãn ở lực lớn nhất.

CHÚ THÍCH: Đối với các vật liệu có đoạn nằm ngang (trên ường cong ứng suất - độ giãn) ở lực lớn nhất, độ giãn dài tương đối tổng ở lực lớn nhất là độ giãn ở điểm giữa của đoạn bằng này, xem Hình 1.

19 Xác định độ giãn dài tương đối tổng khi đứt

Phương pháp bao gồm xác định độ giãn lúc đứt trên đường cong lực - độ giãn thu được với một máy đo độ giãn.

Tính toán độ giãn dài tương đối tổng khi đứt, A_t theo phương trình (4):

$$A_t = \frac{\Delta L_f}{L_e} \times 100 \quad (4)$$

Trong đó:

L_e là chiều dài cỡ của máy đo độ giãn;

ΔL_f là độ giãn lúc đứt

20 Xác định độ giãn dài tương đối sau đứt

20.1 Độ giãn dài tương đối sau đứt phải được xác định phù hợp với định nghĩa được cho trong 3.4.2

Để xác định độ giãn dài này hai mảnh bị gãy của mẫu thử phải được chấp lại một cách cẩn thận với nhau sao cho đường trục của chúng nằm trên một đường thẳng

TCVN 197-1:2014

Khi được quy định phải đảm bảo sự tiếp xúc chính xác giữa các phần bị gãy của mẫu thử khi đo chiều dài cũ lần cuối. Yêu cầu này đặc biệt quan trọng đối với các mẫu thử có mặt cắt ngang nhỏ và các mẫu thử có các giá trị độ giãn dài thấp.

Tính toán độ giãn dài tương đối sau đứt, A, theo phương trình (5):

$$A = \frac{L_u - L_o}{L_o} \times 100 \quad (5)$$

Trong đó:

L_o là chiều dài cũ ban đầu;

L_u là chiều dài cũ lần cuối sau đứt

Độ giãn dài sau đứt $L_u - L_o$ phải được xác định tới giá trị gần nhất 0,25mm hoặc chính xác hơn khi sử dụng dụng cụ đo có độ phân giải đủ mức yêu cầu.

Nếu độ giãn dài tương đối nhỏ nhất được quy định nhỏ hơn 5% nên có sự đề phòng đặc biệt (xem Phụ lục G). Kết quả của việc xác định này chỉ có hiệu lực nếu khoảng cách giữa vết đứt và vạch dấu đo gần nhất nhỏ hơn $L_o/3$. Tuy nhiên, phép đo có hiệu lực bất kể vị trí của vết đứt nếu độ giãn dài tương đối sau đứt bằng hoặc lớn hơn giá trị quy định.

20.2 Khi đo độ giãn tại vết đứt bằng máy đo độ giãn thì không cần thiết phải vạch dấu các chiều dài cũ. Độ giãn dài được đo là độ giãn dài tổng lúc đứt, và vì vậy cần phải trừ đi độ giãn đàn hồi để thu được độ giãn dài tương đối sau đứt. Để thu được các giá trị có thể so sánh được với phương pháp bằng tay có thể phải áp dụng các điều chỉnh bổ sung (ví dụ tính động lực học và dải thông tần số khá cao của máy đo độ giãn, xem A.3.2).

Kết quả của việc xác định này chỉ có hiệu lực nếu vết đứt và độ giãn cục bộ (chỗ thắt) xảy ra trong chiều dài cũ của máy đo độ giãn, L_e . Phép đo có hiệu lực bất kể vị trí của mặt cắt ngang vết đứt nếu độ giãn dài tương đối sau đứt bằng hoặc lớn hơn giá trị quy định.

Nếu tiêu chuẩn sản phẩm quy định việc xác định độ giãn dài tương đối sau đứt đối với một chiều dài cũ đã cho thì chiều dài cũ của máy đo độ giãn nên bằng chiều dài cũ này.

20.3 Nếu độ giãn dài được đo trên một chiều dài cố định đã cho thì độ giãn dài này có thể được chuyển đổi theo chiều dài cũ tỷ lệ khi sử dụng công thức chuyển đổi hoặc các bảng đã được thỏa thuận trước khi bắt đầu thử (ví dụ, như trong ISO 2566-1 và ISO 2566-2).

CHÚ THÍCH: Chỉ có thể so sánh độ giãn dài tương đối khi chiều dài cũ hoặc chiều dài cũ của máy đo độ giãn, hình dạng và diện tích của mặt cắt ngang là như nhau hoặc khi hệ số tỷ lệ k là như nhau.

21 Xác định độ thắt tương đối

Độ thắt tương đối phải được xác định phù hợp với định nghĩa đã cho trong 3.8.

Nếu cần thiết, phần bị phá hủy của mẫu thử phải được chấp lại với nhau sao cho đường trục của chúng nằm trên một đường thẳng.

Tính toán độ thất tương đối, Z từ phương trình (6):

$$Z = \frac{S_o - S_u}{S_o} \times 100 \quad (6)$$

Trong đó:

S_o là diện tích mặt cắt ngang ban đầu của phần song song;

S_u là diện tích mặt cắt ngang nhỏ nhất sau đứt

Đo S_u tới độ chính xác $\pm 2\%$ (xem Hình 13)

CHÚ THÍCH: Có thể không thực hiện được phép đo S_u với độ chính xác $\pm 2\%$ trên các mẫu thử có các kích thước hình học của mặt cắt ngang khác.

22 Báo cáo thử

Báo cáo thử tối thiểu phải có các thông tin sau trừ khi đã có thỏa thuận khác của các bên có liên quan:

- a) Viện dẫn tiêu chuẩn này, được mở rộng với thông tin và điều kiện thử được quy định trong 10.6, ví dụ TCVN 197-1 (ISO 6892-1) A224;
- b) Nhận dạng mẫu thử;
- c) Vật liệu được quy định, nếu đã biết;
- d) Loại mẫu thử;
- e) Vị trí và chiều lấy mẫu các mẫu thử, nếu đã biết;
- f) Chế độ điều khiển thử nghiệm và tốc độ thử hoặc phạm vi của tốc độ thử (xem 10.6) nếu khác với các phương pháp được khuyến nghị và các giá trị được cho trong 10.3 và 10.4;
- g) Các kết quả thử

Các kết quả nên được làm tròn đến các độ chính xác sau hoặc chính xác cao hơn nếu không có quy định khác trong các tiêu chuẩn sản phẩm.

- Các giá trị độ bền tính bằng megapascal, tới số nguyên gần nhất;
- Các giá trị độ giãn tương đối tại điểm chảy, A_2 tới giá trị 0,1% gần nhất;
- Tất cả các giá trị độ giãn và độ giãn dài tương đối khác tới giá trị 0,5% gần nhất;
- Độ thất tương đối, Z tới giá trị 1% gần nhất.

23 Độ không đảm bảo đo

23.1 Quy định chung

Phân tích độ không đảm bảo đo có khả năng nhận dạng các nguồn chính gây ra không đảm bảo đo của các kết quả đo.

Các tiêu chuẩn sản phẩm và các dữ liệu về tính chất của vật liệu dựa trên tiêu chuẩn này có sự đóng góp vốn có của độ không đảm bảo đo. Do đó việc áp dụng các điều chỉnh thêm nữa cho độ không đảm bảo đo sẽ là không thích hợp và có nguy cơ loại bỏ sản phẩm đạt yêu cầu. Vì lẽ đó việc đánh giá độ không đảm bảo đo thu được theo phương pháp này chỉ có tính chất cung cấp thông tin trừ khi có hướng dẫn đặc biệt khác của khách hàng.

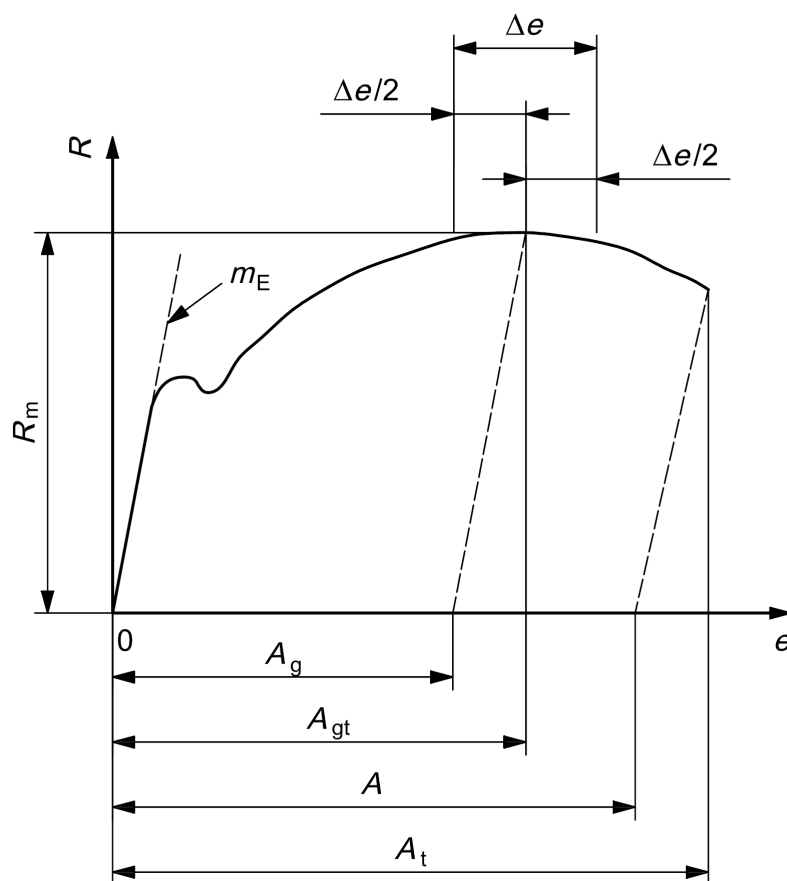
23.2 Điều kiện thử

Các điều kiện thử và các giới hạn được quy định trong tiêu chuẩn này không được điều chỉnh để tính đến các độ không đảm bảo đo, trừ khi có hướng dẫn đặc biệt khác của khách hàng.

23.3 Kết quả thử

Độ không đảm bảo đo được đánh giá không được kết hợp với các kết quả đo để đánh giá sự tuân thủ các điều kiện kỹ thuật của sản phẩm, trừ khi có hướng dẫn đặc biệt khác của khách hàng.

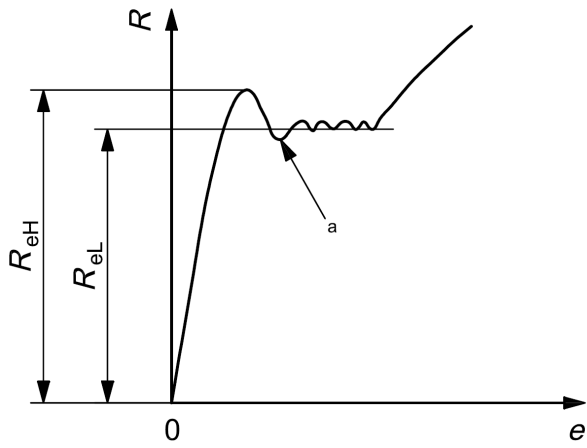
Để xem xét độ không đảm bảo đo cần xem các Phụ lục J và K, trong đó đã đưa ra hướng dẫn về xác định độ không đảm bảo đo có liên quan đến các thông số và giá trị do thu được từ các thử nghiệm trong phòng thí nghiệm trên một nhóm các loại thép và hợp kim nhôm.



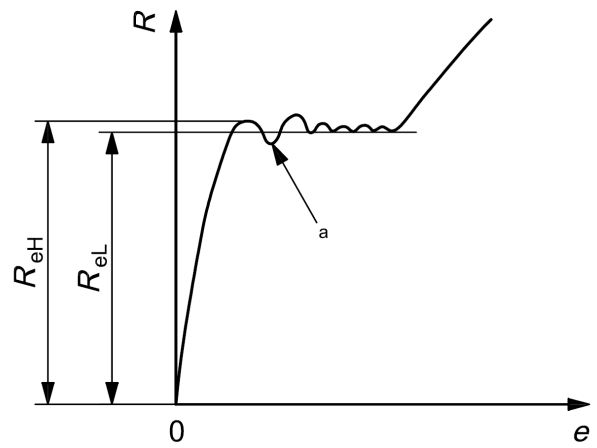
CHÚ DẪN:

- A độ giãn dài tương đối sau đứt [được xác định từ tín hiệu của máy đo độ giãn hoặc trực tiếp từ mẫu thử (xem 20.1)]
- A_g độ giãn dẻo tương đối ở lực lớn nhất
- A_{gt} độ giãn dài tương đối tổng ở lực lớn nhất
- A_t độ giãn dài tương đối tổng ở vết phá hủy lớn nhất
- e độ giãn dài tương đối
- m_E độ dốc của phần đàn hồi của đường cung ứng suất – độ giãn dài tương đối
- R ứng suất
- R_m giới hạn bền kéo
- Δe kích thước phần nằm ngang trên đồ thị (để xác định A_g , xem Điều 17, để xác định A_{gt} xem Điều 18)

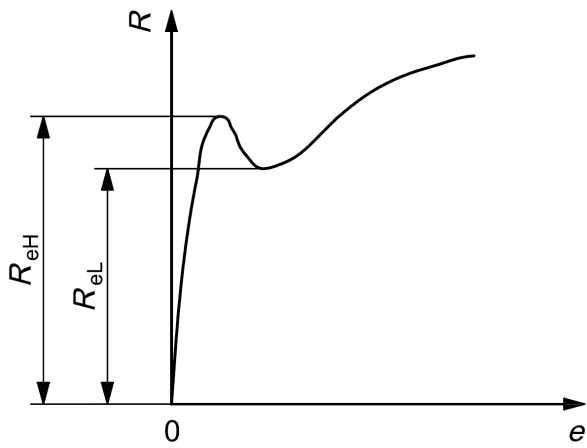
Hình 1 - Các định nghĩa độ giãn



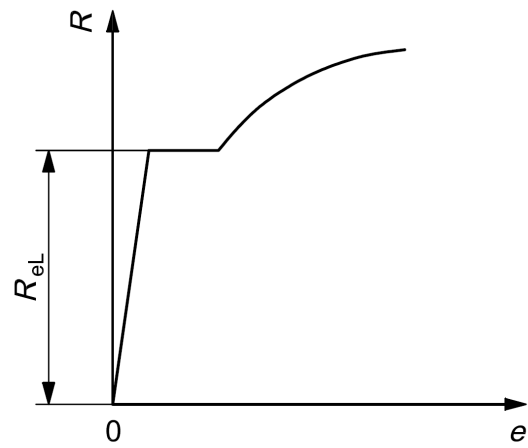
a)



b)



c)



d)

CHÚ DẪN:

e độ giãn dài tương đối

R ứng suất

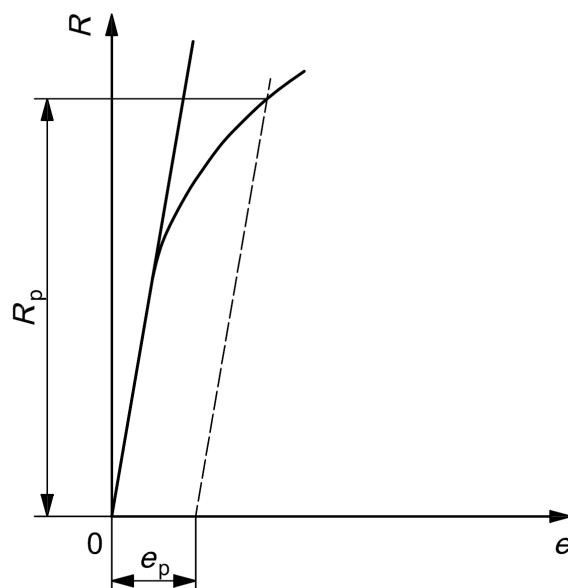
R_{eH} giới hạn chảy trên

R_{eL} giới hạn chảy dưới

a hiệu ứng chuyển tiếp ban đầu

Hình 2 - Ví dụ về các giới hạn chảy trên và dưới

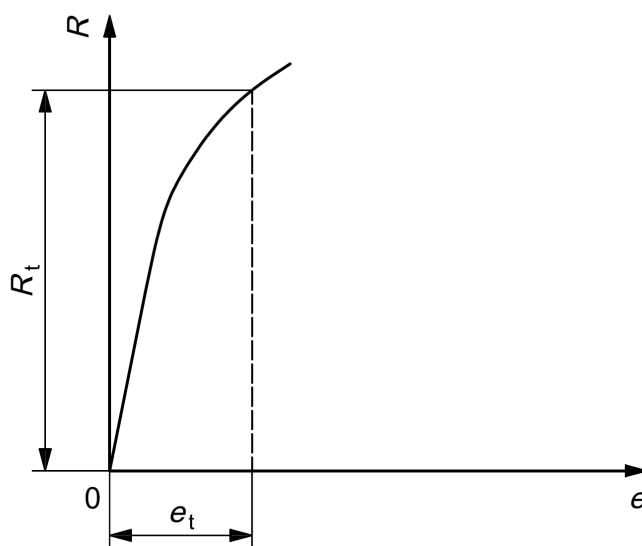
cho các kiểu đường cong khác nhau



CHÚ DẪN:

- e độ giãn dài tương đối
- e_p độ giãn dẻo tương đối quy định
- R ứng suất
- R_p giới hạn dẻo, độ giãn dẻo

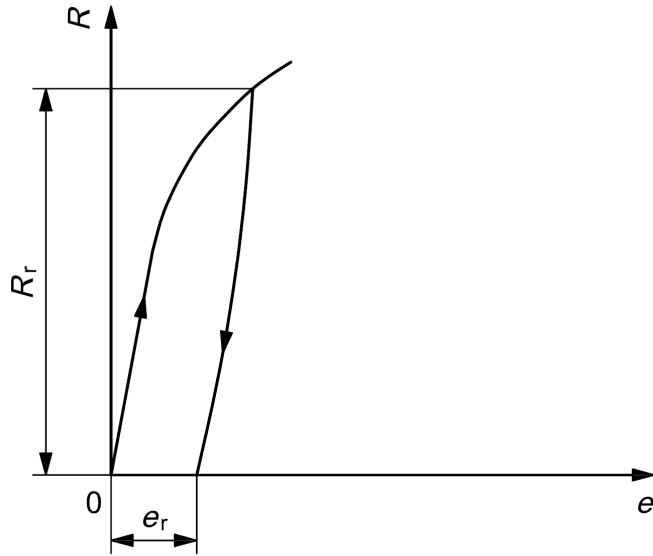
Hình 3 - Giới hạn dẻo, độ giãn dẻo, R_p (Xem 13.1)



CHÚ DẪN:

- e độ giãn dài tương đối
- e_t độ giãn dài tổng tương đối
- R ứng suất
- R_t giới hạn dẻo, độ giãn dài tổng

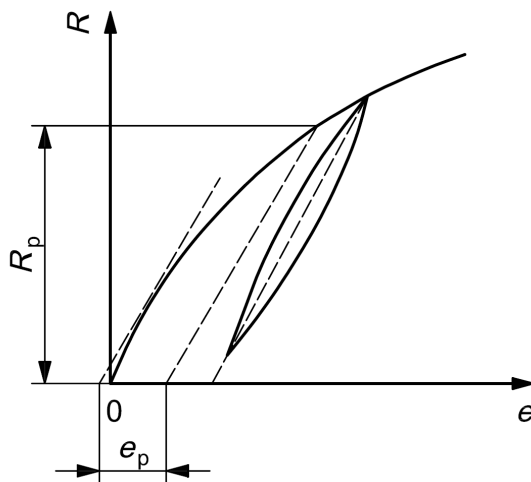
Hình 4 - Giới hạn dẻo, độ giãn dài tổng, R_t



CHÚ DẪN:

- e độ giãn dài tương đối
- e_r độ giãn do biến dạng dư hoặc độ giãn dài tương đối
- R ứng suất
- R_r giới hạn bền quy ước

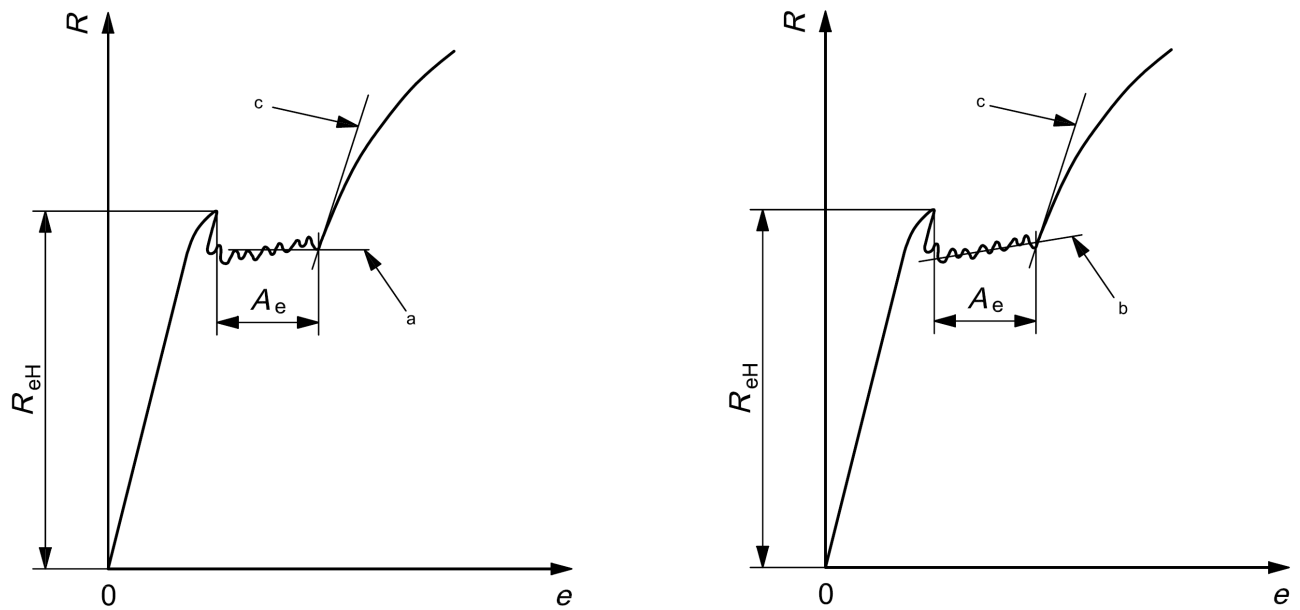
Hình 5 - Giới hạn bền quy ước, R_r



CHÚ DẪN:

- e độ giãn dài tương đối
- e_p độ giãn dẻo tương đối quy ước
- R ứng suất
- R_p giới hạn dẻo, độ giãn dẻo

Hình 6 - Giới hạn dẻo, độ giãn dẻo, R_p phương pháp lựa chọn (xem 13.1)



a) Phương pháp đường nằm ngang

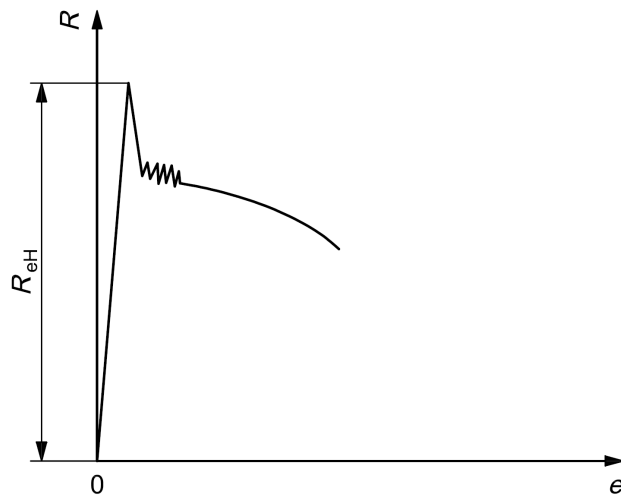
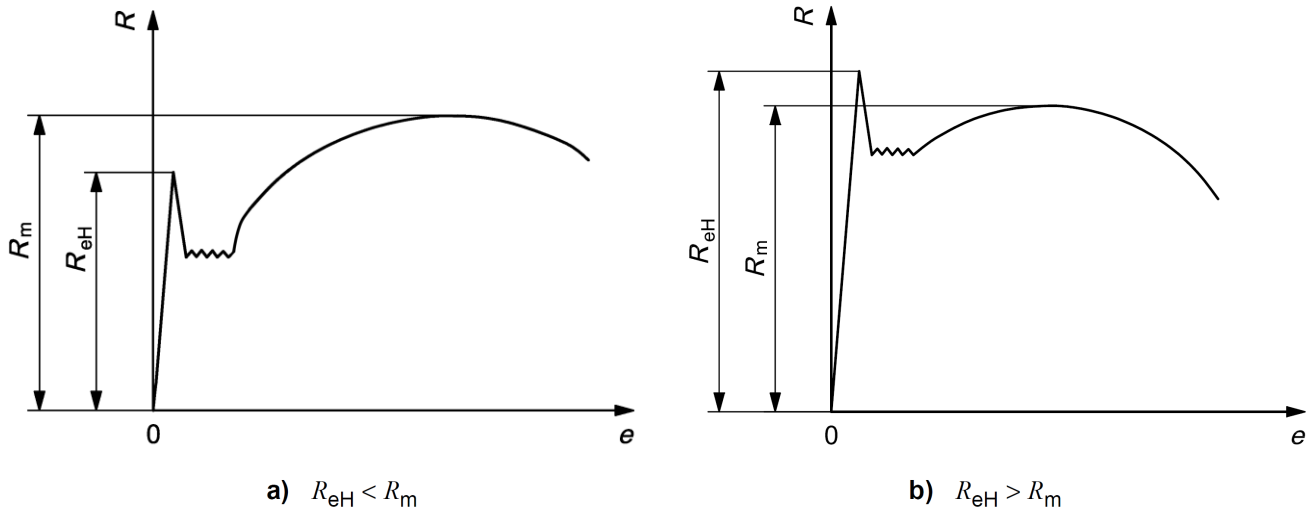
b) Phương pháp hồi quy

CHÚ DẪN:

- A_e độ giãn tương đối tại điểm chảy
- e độ giãn dài tương đối
- R ứng suất
- R_{eH} giới hạn chảy trên
- a đường nằm ngang qua điểm cực tiểu cục bộ cuối cùng trước khi tăng bền cơ học đồng đều
- b đường hồi quy qua phạm vi chảy dẻo trước khi tăng bền cơ học đồng đều
- c đường tương đương với độ dốc lớn nhất của đường cong xảy ra tại lúc bắt đầu tăng bền cơ học đồng đều

Hình 7 - Các phương pháp đánh giá khác nhau

về độ giãn của điểm chảy tương đối, A_e



CHÚ DẪN:

e độ giãn dài tương đối

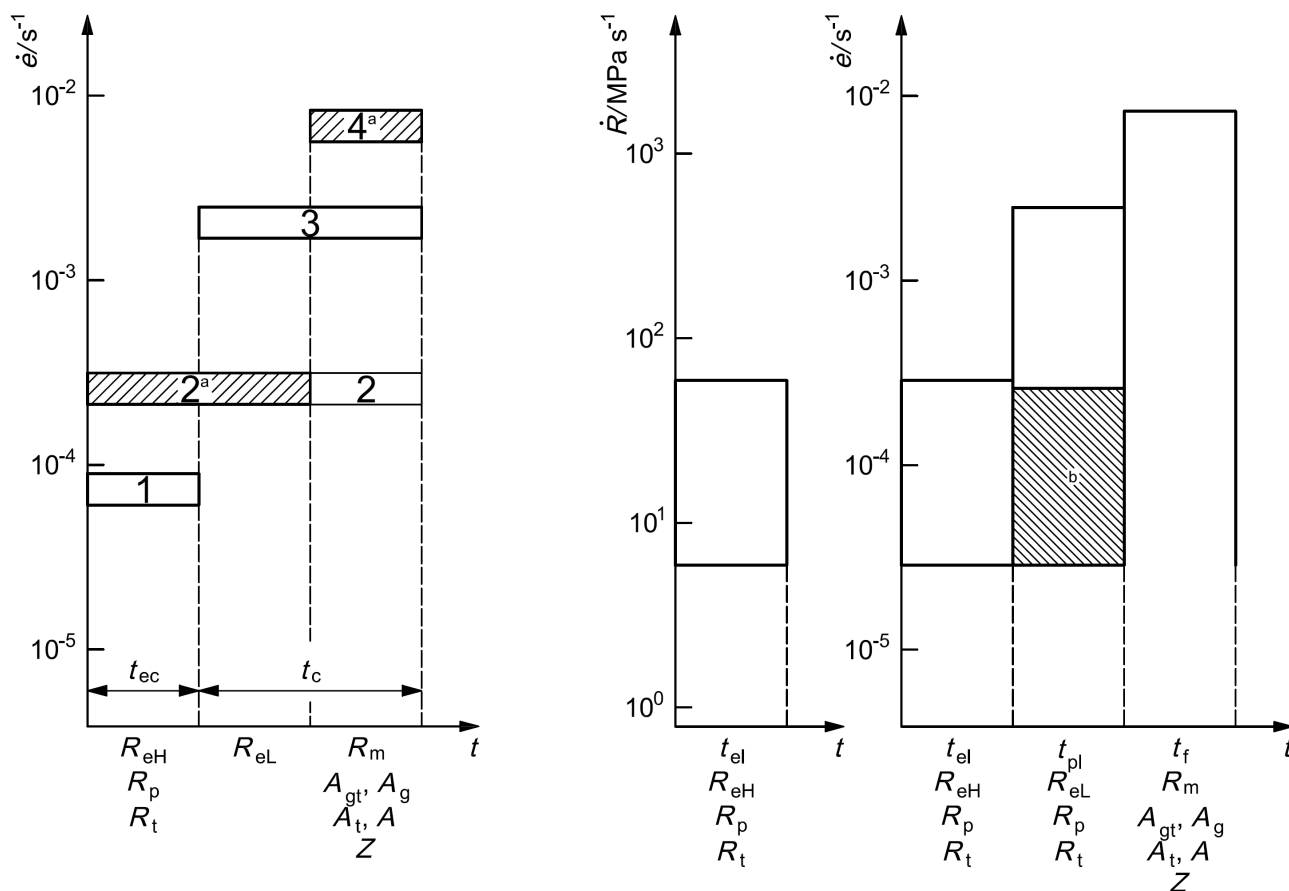
R ứng suất

R_{eH} giới hạn chảy trên

R_m giới hạn bền kéo

a đối với các vật liệu có trạng thái này, không quy định giới hạn bền kéo theo tiêu chuẩn này. Nếu cần thiết, có thể có thỏa thuận riêng giữa các bên có liên quan

Hình 8 - Các kiểu đường cong ứng suất - biến dạng khác nhau để xác định giới hạn bền kéo, R_m



a) Phương pháp A

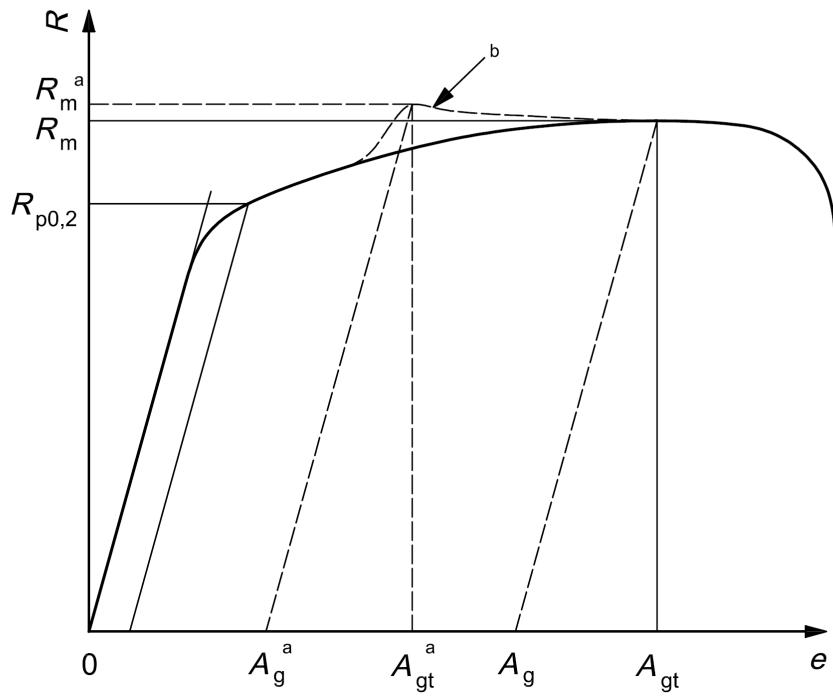
b) Phương pháp B

CHÚ DẪN

- $\dot{\epsilon}$ tốc độ biến dạng
- \dot{R} tốc độ ứng suất
- t tiến độ thời gian của thử kéo
- t_c thời gian điều khiển con trượt
- t_{ec} thời gian điều khiển máy đo độ giãn hoặc thời gian điều khiển con trượt
- t_{el} phạm vi thời gian (trạng thái đàn hồi) để xác định các thông số được liệt kê (xem Bảng 1 về tên gọi)
- t_f phạm vi thời gian (thường là tới khi đứt) để xác định các thông số được liệt kê (xem Bảng 1 về tên gọi)
- t_{pl} phạm vi thời gian (trạng thái dẻo) để xác định các thông số được liệt kê (xem Bảng 1 về tên gọi)
- 1 Phạm vi 1: $\dot{\epsilon} = 0,00007s^{-1}$, với dung sai tương đối $\pm 20\%$
- 2 Phạm vi 2: $\dot{\epsilon} = 0,00025s^{-1}$, với dung sai tương đối $\pm 20\%$
- 3 Phạm vi 3: $\dot{\epsilon} = 0,002s^{-1}$, với dung sai tương đối $\pm 20\%$
- 4 Phạm vi 4: $\dot{\epsilon} = 0,0067s^{-1}$, với dung sai tương đối $\pm 20\%$ ($0,4min^{-1}$, với dung sai tương đối $\pm 20\%$)
- a được khuyến nghị
- b phạm vi được mở rộng tới các tốc độ thấp hơn, nếu máy thử không có khả năng đo hoặc điều khiển tốc độ biến dạng (xem 10.4.2.5)

CHÚ THÍCH: Tốc độ biến dạng trong phạm vi đàn hồi đối với phương pháp B được tính toán từ tốc độ ứng suất khi sử dụng mô đun Young bằng 210.000 MPa (thép)

Hình 9 - Hình minh họa các tốc độ biến dạng được sử dụng trong thử kéo, nếu R_{eH} , R_{eL} , R_p , R_t , R_m , A_g , A_{gt} , A , A_t và Z được xác định



CHÚ DẪN:

e độ giãn dài tương đối

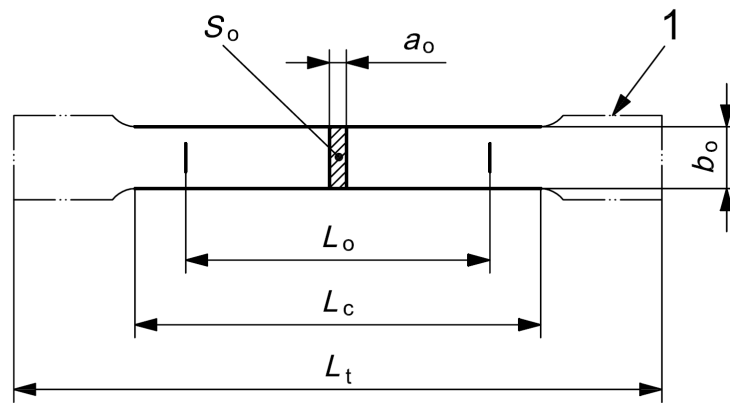
R ứng suất

a các giá trị giả do sự tăng đột ngột của tốc độ biến dạng

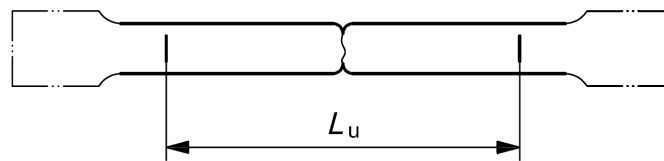
b trạng thái ứng suất - biến dạng nếu tốc độ biến dạng tăng lên đột ngột

CHÚ THÍCH: Về các định nghĩa cho các thông số, xem Bảng 1.

**Hình 10 - Hình minh họa về sự không liên tục
không cho phép ở đường cong ứng suất - biến dạng**



a) Trước khi thử



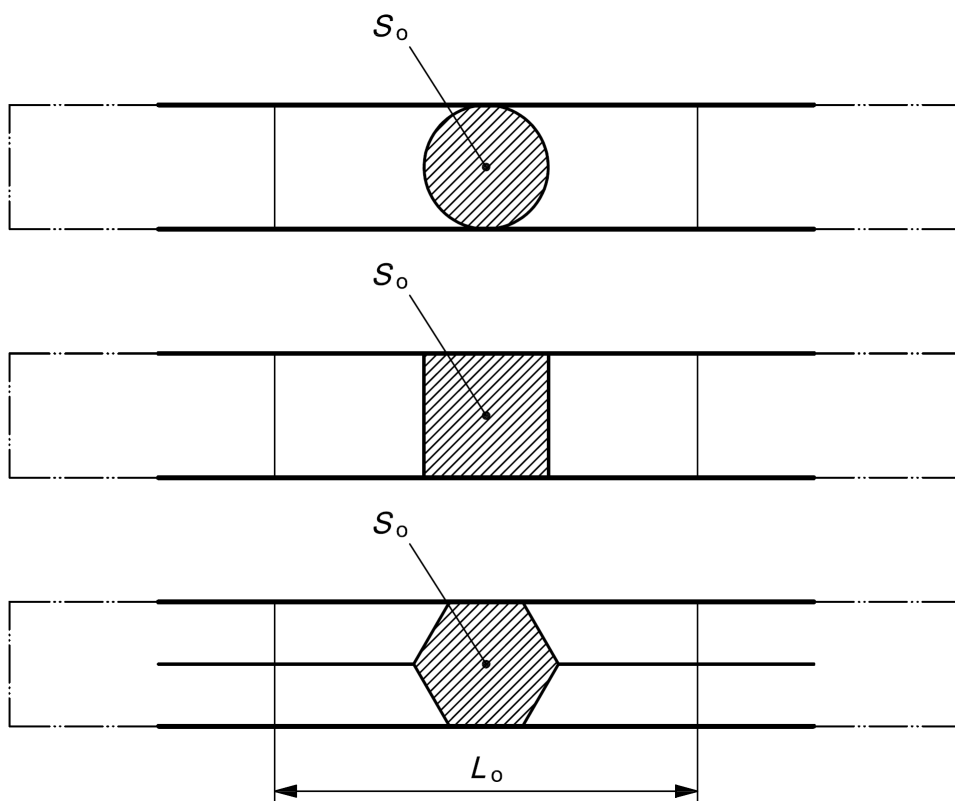
b) Sau khi thử

CHÚ DẪN:

- a_o chiều dày ban đầu của mẫu thử phẳng hoặc chiều dày thành ống
- b_o chiều rộng ban đầu của phần song song của mẫu thử phẳng
- L_c chiều dài của phần song song
- L_o chiều dài cỡ ban đầu
- L_t tổng chiều dài của mẫu thử
- L_u chiều dài cỡ lần cuối sau đứt
- S_o diện tích mặt cắt ngang ban đầu của phần song song
- 1 các đầu kẹp

CHÚ THÍCH: Hình dạng của các đầu mẫu thử đã cho chỉ có tính chất hướng dẫn

**Hình 11 - Các mẫu thử được gia công cơ có
mặt cắt ngang hình chữ nhật (Xem các Phụ lục B và D)**

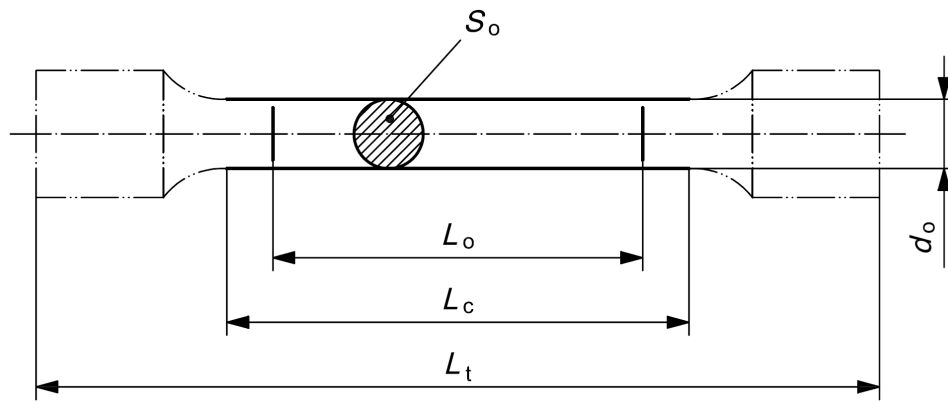


CHÚ DẪN:

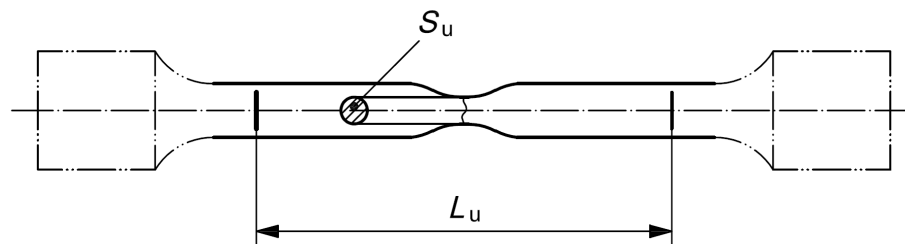
L_0 chiều dài cỡ ban đầu

S_0 diện tích mặt cắt ngang ban đầu

**Hình 12 - Mẫu thử có một phần
không được gia công cơ của sản phẩm (xem Phụ lục C)**



a) Trước khi thử



b) Sau khi thử

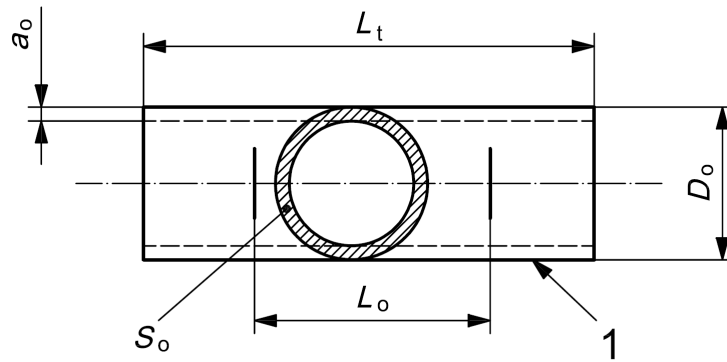
CHÚ DẪN:

- d_o đường kính ban đầu của phần song song của mẫu thử tròn
- L_c chiều dài phần song song
- L_o chiều dài cỡ ban đầu
- L_t tổng chiều dài của mẫu thử
- L_u chiều dài cỡ lần cuối sau đứt
- S_o diện tích mặt cắt ngang đầu của phần song song
- S_u diện tích mặt cắt ngang nhỏ nhất sau đứt

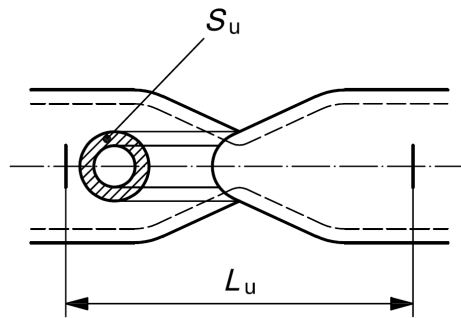
CHÚ THÍCH: Hình dạng của các đầu mẫu thử đã cho chỉ có tính chất hướng dẫn

Hình 13 - Mẫu thử được gia công cơ có mặt cắt ngang tròn

(xem Phụ lục D)



a) Trước khi thử

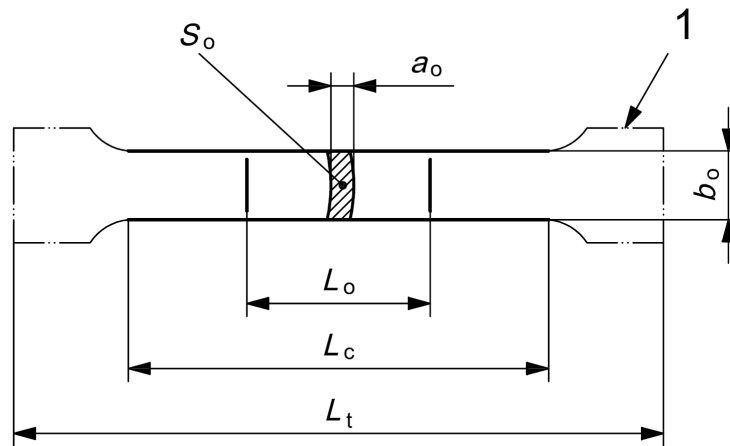


b) Sau khi thử

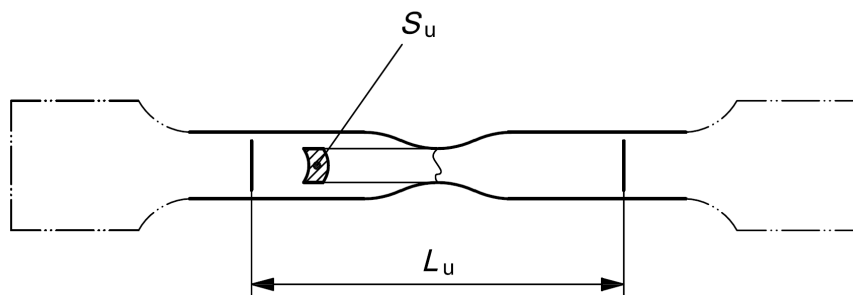
CHÚ DẪN:

- a_o chiều dày thành ban đầu của ống
- D_o đường kính ngoài ban đầu của ống
- L_o chiều dài cỡ ban đầu
- L_t tổng chiều dài của mẫu thử
- L_u chiều dài cỡ lần cuối sau đứt
- S_o diện tích mặt cắt ngang ban đầu của phần song song
- S_u diện tích mặt cắt ngang nhỏ nhất sau đứt
- 1 các đầu kẹp

Hình 14 - Mẫu thử có một đoạn ống (xem Phụ lục E)



a) Trước khi thử



b) Sau khi thử

CHÚ DẪN:

- a_o chiều dày thành ban đầu của ống
- b_o chiều rộng trung bình ban đầu của dải dọc được lấy từ một ống
- L_c chiều dài của phần song song
- L_o chiều dài cỡ ban đầu
- L_t tổng chiều dài của mẫu thử
- L_u chiều dài cỡ lần cuối sau đứt
- S_o diện tích mặt cắt ngang ban đầu của phần song song
- S_u diện tích mặt cắt ngang nhỏ nhất sau đứt
- 1 các đầu kẹp

CHÚ THÍCH: Hình dạng của các đầu mẫu thử đã cho chỉ có tính chất hướng dẫn

Hình 15 - Mẫu thử được cắt từ một ống (xem Phụ lục E)

Phụ lục A

(Tham khảo)

Khuyến nghị về sử dụng các máy thử kéo điều khiển bằng máy tính

A.1 Quy định chung

Phụ lục này đưa ra các khuyến nghị bổ sung về xác định cơ tính bằng sử dụng máy thử kéo điều khiển bằng máy tính, đặc biệt là đưa ra các khuyến nghị cần được tính đến trong phần mềm và các điều kiện thử.

Các khuyến nghị này có liên quan đến thiết kế, phần mềm của máy và hiệu lực của nó cũng như các điều kiện điều khiển thử kéo.

A.2 Thuật ngữ và định nghĩa

Phụ lục này áp dụng thuật ngữ và định nghĩa sau

A.2.1

Máy thử kéo điều khiển bằng máy tính (computer - controlled tensile testing machine)

Máy trong đó việc điều khiển và giám sát thử nghiệm, các phép đo và xử lý dữ liệu được thực hiện bằng máy tính.

A.3 Máy thử kéo

A.3.1. Thiết kế

Máy nên được thiết kế để cung cấp các tín hiệu ra là các tín hiệu analog chưa được xử lý bởi phần mềm. Nếu các tín hiệu ra này chưa được cung cấp, nhà sản xuất máy nên đưa ra các dữ liệu số thô với thông tin về cách thu được và xử lý các dữ liệu số thô này bằng phần mềm. Nên cho các dữ liệu số theo các ơn vị S1 đối với lực, độ giãn, tốc độ con trượt đầu kéo, thời gian và các kích thước của mẫu thử. Một ví dụ về định dạng của tệp tin (file) dữ liệu thích hợp được cho trên Hình A.1.

```

A {
  "Reference";"ISO 6892"
  "Identification";"TENSTAND"
  "Material";"DC 04 Steel"
  "Extensometer to crosshead transition";0.00;"%"
  "Specimen geometry";"flat"
  "Specimen thickness = ao"
  "Specimen width = bo"
  "Cross-sectional area = So"
  "Extensometer gauge length = Le"
  "Extensometer output in mm"
  "Parallel length = Lc"
  "Data acquisition rate 50Hz"
  "Data row for start force reduction (Hysteresis) = Hs"
  "Data row for end force reduction (Hysteresis) = He"
  "Data row for switch to crosshead = Cs"
  "File length N data rows"
  "File width M data columns"
  .
  .
B {
  "ao";0.711;"mm"
  "bo";19.93;"mm"
  "So";14.17;"mm2"
  "Le";80.00;"mm"
  "Lc";120.00;"mm"
  "N";2912
  "M";4
  "Hs";0
  "He";0
  "Cs";0
  .
  .
C {
  "time";"crosshead";"extensometer";"force"
  "s";"mm";"mm";"kN"
  .
  .
  0.40;0.0012;0.0000;0.12694
  0.42;0.0016;0.0000;0.12992
  0.44;0.0020;0.0001;0.13334
  0.46;0.0024;0.0002;0.13699
  0.48;0.0029;0.0003;0.14114
  0.50;0.0035;0.0004;0.14620
  0.52;0.0041;0.0006;0.15124
  0.54;0.0047;0.0007;0.15669
  0.56;0.0054;0.0008;0.16247
  0.58;0.0060;0.0009;0.16794
  0.60;0.0067;0.0012;0.17370
  0.62;0.0074;0.0013;0.17980
  0.64;0.0082;0.0014;0.18628
  .
  .

```

CHÚ DẪN:

- A tiêu đề
- B các thông số thử và kích thước mẫu thử
- C các dữ liệu

Hình A.1 - Ví dụ về định dạng tệp tin (file) các dữ liệu thích hợp

A.3.2 Tần số lấy mẫu dữ liệu

Dải tần của mỗi một trong các kênh đo và tần số (suất) lấy mẫu dữ liệu nên đủ cao để ghi lại các đặc tính của vật liệu được đo. Ví dụ để thu được R_{eH} . Có thể sử dụng phương trình (A.1) để xác định tần số lấy mẫu nhỏ nhất, f_{min} tính bằng s^{-1}

$$f_{\min} = \frac{\dot{\epsilon}E}{R_{eHq}} \times 100 \quad (\text{A.1})$$

Trong đó:

$\dot{\epsilon}$ là tốc độ biến dạng, tính bằng số nghịch đảo của giây (s^{-1});

E là môđun đàn hồi, tính bằng megapascal;

R_{eH} là giới hạn chảy trên, tính bằng megapascal;

q là sai số độ chính xác đo của lực tương đối, được biểu thị bằng tỷ lệ phần trăm, của máy thử [theo TCVN 10600-1 (ISO 7500-1)]

Việc lựa chọn R_{eH} trong phương trình (A.1) dựa vào thực tế là nó tương đương với một đặc tính chuyển tiếp trong quá trình thử. Nếu vật liệu được thử không có hiện tượng chảy thì nên sử dụng giới hạn dẻo $R_{p0,2}$ và tần số lấy mẫu nhỏ nhất yêu cầu có thể giảm đi một nửa.

Nếu sử dụng phương pháp B (dựa trên tốc độ ứng suất), nên tính toán tần số lấy mẫu nhỏ nhất theo phương trình (A.2):

$$f_{\min} = \frac{\dot{R}}{R_{eHq}} \times 100 \quad (\text{A.2})$$

Trong đó:

\dot{R} là tốc độ ứng suất tính bằng megapascal trên giây

A.4 Xác định cơ tính

A.4.1 Quy định chung

Nên tính đến các yêu cầu sau bằng phần mềm của máy

A.4.2 Giới hạn chảy trên

R_{eH} (3.10.2.1) nên được xem là ứng suất tương đương với giá trị lớn nhất của lực trước khi giảm ít nhất là 0,5% lực và theo sau là một miền trong đó không nên vượt quá giá trị lớn nhất trước đây trên phạm vi biến dạng không nhỏ hơn 0,05%.

A.4.3 Giới hạn dẻo ở độ giãn dẻo và giới hạn dẻo ở độ giãn dài tổng

Có thể xác định R_p (3.10.3) và R_t (3.10.4) bằng nội suy giữa các điểm lân cận trên đường cong.

A.4.4 Độ giãn dài tương đối tổng ở lực lớn nhất

A_{gt} (xem 3.6.4 và Hình 1) nên được xem như độ giãn dài tổng tương đương với điểm cực tại của đường cong ứng suất - biến dạng sau hiện tượng điểm chảy. Đối với một số vật liệu cần làm trơn nhẵn đường cong ứng suất - biến dạng trong trường sử dụng, phép hồi quy đa thức. Phạm vi làm trơn

nhấn có thể có ảnh hưởng đến kết quả. Đường cong được làm trơn nhấn nên biểu thị một cách hợp lý cho phần có liên quan của đường cong ứng suất - biến dạng ban đầu.

A.4.5 Độ giãn dèo tương đối ở lực lớn nhất

A_g (xem 3.6.5 và Hình 1) nên được xem là độ giãn dèo tương đương với điểm cực đại của đường cong ứng suất - biến dạng sau hiện tượng điểm chảy. Đối với một số vật liệu cần làm trơn nhấn đường cong ứng suất - biến dạng trong trường hợp sử dụng phép hồi quy đa thức. Phạm vi làm trơn nhấn có thể có ảnh hưởng đến kết quả. Đường cong được làm trơn nhấn nên biểu thị một cách hợp lý cho phần có liên quan của đường cong ứng suất - biến dạng ban đầu.

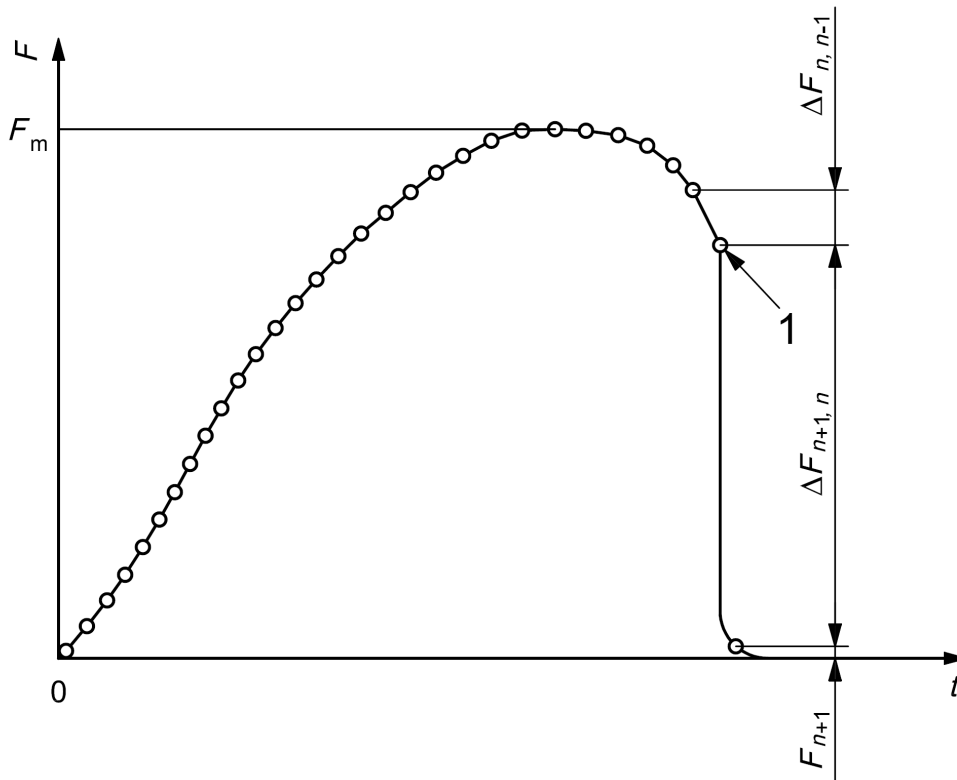
A.4.6 Độ giãn dài tương đối lúc đứt

A.4.6.1 Xác định A_t có viện dẫn định nghĩa về vết phá hủy trên Hình A.2.

Vết phá hủy được xem là có hiệu quả khi lực giữa hai điểm liên tiếp giảm đi:

- a) Lớn hơn năm lần độ chênh lệch giữa các giá trị của hai điểm trước đây, theo sau là giảm đi thấp hơn 2% lực kéo lớn nhất;
- b) Thấp hơn 2% lực kéo lớn nhất (các vật liệu mềm)

Phương pháp hữu ích khác để phát hiện phá hủy của mẫu thử là giám sát điện áp hoặc dòng điện qua mẫu thử, khi các giá trị đo được ngay trước khi dòng điện bị cắt được lấy là các giá trị lúc đứt.



CHÚ DẪN:

F lực

F_m lực lớn nhất

F_{n+1} lực tại điểm đo $n + 1$

$\Delta F_{n,n-1}$ độ chênh lệch giữa điểm đo n và $n - 1$

$\Delta F_{n+1,n}$ độ chênh lệch giữa điểm đo $n + 1$ và n

t thời gian

1 điểm đứt

o điểm dữ liệu

Các tiêu chí về đứt

$$|\Delta F_{n+1,n}| > 5|\Delta F_{n,n-1}|$$

và/hoặc

$$F_{n+1} < 0,02F_m$$

Hình A.2 - Sơ đồ để xác định điểm đứt của mẫu thử

A.4.6.2 Nếu máy đo độ giãn được vận hành và độ giãn được đo tới khi đứt, đánh giá giá trị tại điểm 1 trên Hình A.2.

A.4.6.3 Nếu máy đo độ giãn được tháo ra hoặc phép đo độ giãn bị dừng lại trước khi đứt nhưng sau lực lớn nhất, F_m thì cho phép sử dụng độ dịch chuyển của con trượt để xác định độ giãn dài bổ sung trong thời gian giữa tháo máy đo độ giãn và đứt. Nên kiểm tra phương pháp được sử dụng.

A.4.7. Đo độ dốc của đường cong trong phạm vi đàn hồi

Để bảo đảm tính hợp lệ của mẫu thử có các đặc tính chưa biết, phương pháp được sử dụng nên dựa vào mọi giới hạn ứng suất đã được xác định trước, trừ khi giới hạn ứng suất này được quy định trong tiêu chuẩn sản phẩm hoặc theo thỏa thuận giữa các bên tham gia thử nghiệm.

Phương pháp thuận tiện nhất dựa trên tính toán các đặc tính của một đoạn trượt là tiện lợi nhất. Các thông số bao gồm:

- a) Chiều dài của đoạn trượt (số lượng điểm được sử dụng);
- b) Phương trình được chọn làm chuẩn để xác định độ dốc của đường cong;

CHÚ THÍCH: Nếu đoạn thẳng của đường cong lực - độ giãn không được xác định rõ, tham khảo 13.1.

Độ dốc của đường cong trong phạm vi đàn hồi tương đương với độ dốc trung bình trong một phạm vi ở đó các điều kiện sau được đáp ứng:

- e) Độ dốc của đoạn trượt là không đổi;
- b) Phạm vi được lựa chọn là tiêu biểu

Trong mọi trường hợp nên lưu ý rằng các giới hạn thích hợp cũng có thể được người sử dụng lựa chọn để loại bỏ các giá trị không tiêu biểu của độ dốc đường cong trong phạm vi đàn hồi.

Các tài liệu tham khảo cho các phương pháp này và các phương pháp được chấp nhận khác được cho trong các tài liệu tham khảo [5], [17], [18], [19]. Phương pháp nên dùng để xác định độ dốc của đường đàn hồi cho đánh giá $R_{p0,2}$ [Tài liệu tham khảo [20]]:

- Hồi quy tuyến tính của phạm vi tuyến tính
- Giới hạn dưới: -10% của $R_{p0,2}$;
- Giới hạn trên: -50% của $R_{p0,2}$;
- Để có các dữ liệu chính xác hơn đối với $R_{p0,2}$ phải kiểm tra đường đàn hồi và nếu cần thiết phải tính toán lại với các giới hạn khác

A.5 Hiệu lực của phần mềm để xác định các đặc tính kéo

Hiệu quả của các phương pháp được sử dụng cho hệ thống thử nghiệm để xác định các đặc tính của vật liệu khác nhau có thể được kiểm bằng cách so sánh với các kết quả được xác định theo cách truyền thống bằng kiểm tra/tính toán từ các đồ thị của các dữ liệu số hoặc analog. Nên thu thập và xử lý các dữ liệu thu được trực tiếp từ các bộ chuyển đổi hoặc khuếch đại của máy khi sử dụng thiết bị có dải tần, tần số lấy mẫu và độ không đảm bảo đo ít nhất là bằng dải tần, tần số lấy mẫu và độ không

TCVN 197-1:2014

đảm bảo đo được sử dụng để cung cấp các kết quả được tính toán bằng máy tính. Độ tin cậy chủ yếu dựa vào độ chính xác của quá trình xử lý bằng máy tính nếu độ chênh lệch của các giá trị được tính toán bằng tay trên cùng một mẫu thử là khá nhỏ. Để đánh giá khả năng chấp nhận được của các độ chênh lệch này nên tiến hành thử nghiệm cho năm mẫu thử tương tự nhau và độ chênh lệch trung bình cho mỗi tính chất có liên quan nên ở trong các giới hạn sử dụng trong Bảng A.1.

CHÚ THÍCH 1: Phương pháp này chỉ xác nhận rằng máy xác định được các đặc tính của vật liệu cho dạng mẫu thử cụ thể, vật liệu được thử và các điều kiện được sử dụng. Nó không khẳng định rằng các tính chất của vật liệu được thử là đúng hoặc đáp ứng yêu cầu.

Nếu sử dụng các phương pháp khác, ví dụ, đưa vào một bộ các dữ liệu được xác định trước từ một vật liệu đã biết có mức bảo đảm chất lượng được thừa nhận thì các phương pháp này nên đáp ứng các yêu cầu được nêu trên và các yêu cầu trong Bảng A.1.

CHÚ THÍCH 2: Như một phần của đề án do EU tài trợ TENSTAND (GBRD-CT-2000-00412), các tập dữ liệu ASCII đã được tạo ra với các giá trị đã được thỏa thuận về các đặc tính kéo có thể được sử dụng để hợp thức hóa phần mềm [sẵn có cho sử dụng từ (23-07-2009) ở <http://www.npl.co.uk/tenstand>]. Các chi tiết bổ sung thêm được cho trong các tài liệu tham khảo [21] và [22].

Bảng A.1 - Độ chênh lệch lớn nhất cho phép giữa các kết quả thu được bằng máy tính và thu được bằng tính toán thủ công

Thông số	D ^a		s ^b	
	Tương đối ^c	Tuyệt đối ^c	Tương đối ^c	Tuyệt đối ^c
R _{p0,2}	≤ 0,5%	2MPa	≤ 0,35%	2MPa
R _{p1}	≤ 0,5%	2MPa	≤ 0,35%	2MPa
R _{eH}	≤ 1%	4MPa	≤ 0,35%	2MPa
R _{eL}	≤ 0,5%	2MPa	≤ 0,35%	2MPa
R _m	≤ 0,5%	2MPa	≤ 0,35%	2MPa
A	-	≤ 2%	-	≤ 2%

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

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

Trong đó

D_i là độ chênh lệch giữa kết quả tính toán thủ công và kết quả tính toán bằng máy tính, R_i cho một mẫu thử (D_i = H_i - R_i);

n là số lượng các mẫu thử giống nhau từ một vật mẫu (≥ 5);

c các giá trị tương đối và tuyệt đối lớn nhất cần được tính đến

Phụ lục B

(Quy định)

Các loại mẫu thử được sử dụng cho các sản phẩm mỏng:

lá, băng và dải có chiều dày giữa 0,1 mm và 3 mm

CHÚ THÍCH: Đối với các sản phẩm có chiều dày nhỏ hơn 0,5mm có thể cần phải có các biện pháp phòng ngừa đặc biệt.

B.1 Hình dạng mẫu thử

Thông thường, mẫu thử có các đầu kẹp rộng hơn chiều rộng của phần song song, chiều dài phần song song, L_c phải được nối với các đầu bằng các đường cong chuyển tiếp có bán kính tối thiểu là 20mm. Chiều rộng của các đầu kẹp nên $\geq 1,2b_0$, trong đó b_0 là chiều rộng ban đầu

Theo thỏa thuận, mẫu thử cũng có thể gồm có một dải có các cạnh bên song song (mẫu thử có cạnh bên song song). Đối với các sản phẩm có chiều rộng bằng hoặc nhỏ hơn 20mm, chiều rộng của mẫu thử có thể tương tự như chiều rộng của sản phẩm.

B.2 Kích thước mẫu thử

Có ba loại kích thước hình học khác nhau các mẫu thử không tỷ lệ được sử dụng rộng rãi (xem Bảng B.1).

Chiều dài phần song song không được nhỏ hơn $L_0 + b_0/2$

Trong trường hợp có sự tranh chấp, nên sử dụng chiều dài $L_0 + 2b_0$, trừ khi không có đủ vật liệu.

Đối với các mẫu thử có cạnh bên song song với chiều rộng nhỏ hơn 20mm, và trừ khi có quy định khác trong tiêu chuẩn sản phẩm, chiều dài cũ ban đầu, L_0 , phải bằng 50mm. Đối với loại mẫu thử này, chiều dài tự do giữa các đầu kẹp phải bằng $L_0 + 3b_0$.

Khi đo kích thước của mỗi mẫu thử phải áp dụng các dung sai hình dạng được cho trong Bảng B.2.

Đối với các mẫu thử có chiều rộng tương tự như chiều rộng của sản phẩm, phải tính toán diện tích mặt cắt ngang ban đầu, S_0 trên cơ sở các kích thước đo được của mẫu thử.

Phải sử dụng chiều rộng danh nghĩa của mẫu thử với điều kiện là các dung sai chế tạo và dung sai hình dạng được cho trong Bảng B.2 đã được tuân thủ để tránh phải đo chiều rộng của mẫu thử tại thời điểm thử nghiệm.

Bảng B.1 - Kích thước mẫu thử

Kích thước tính bằng milimet

Loại mẫu thử	Chiều rộng b_0	Chiều dài cũ ban đầu L_0	Chiều dài phần song song L_c		Chiều dài tự do giữa các chấu kẹp mẫu thử có cạnh song song
			Nhỏ nhất	Nên dùng	
1	$12,5 \pm 1$	50	57	75	87,5
2	20 ± 1	80	90	120	140
3	25 ± 1	50^a	60^a	-	Không quy định

^a Tỷ số L_c/b_0 và L_0/b_0 của một mẫu thử loại 3 so với một trong các loại 1 và 2 là rất thấp. Kết quả là các tính chất, đặc biệt là độ giãn dài sau đứt (giá trị tuyệt đối và dải phân tán) được đo với mẫu thử này sẽ khác so với các loại mẫu thử khác.

Bảng B.2 - Dung sai chiều rộng mẫu thử

Kích thước và dung sai tính bằng milimet

Chiều rộng danh nghĩa của mẫu thử	Dung sai gia công ^a	Dung sai hình dạng ^b
12,5	$\pm 0,05$	0,06
20	$\pm 0,10$	0,12
25	$\pm 0,10$	0,12

^a Các dung sai này áp dụng được nếu giá trị danh nghĩa của diện tích mặt cắt ngang ban đầu, S_0 được đưa vào trong tính toán mà không cần phải đo

^b Sai lệch lớn nhất giữa các giá trị đo chiều rộng dọc theo toàn bộ chiều dài phần song song L_0 của mẫu thử

B.3 Chuẩn bị mẫu thử

Các mẫu thử phải được chuẩn bị để không ảnh hưởng đến các tính chất của phôi mẫu. Bất cứ vùng nào đã bị biến cứng do cắt hoặc ép phải được loại bỏ bằng gia công cơ.

Các mẫu thử này được chuẩn bị chủ yếu từ các lá hoặc băng kim loại. Nếu có thể thực hiện được, không nên loại bỏ các bề mặt ở trạng thái cán.

CHÚ THÍCH: Việc chuẩn bị các mẫu thử này bằng đột dập có thể dẫn đến sự thay đổi đáng kể các tính chất của vật liệu, đặc biệt là giới hạn chảy, giới hạn dẻo (do sự tăng bền cơ học). Các vật liệu biểu lộ sự tăng bền cơ học cao thường nên được chuẩn bị bằng phay, mài, v.v...

Đối với các vật liệu rất mỏng, các băng có các chiều rộng giống nhau nên được cắt và xếp thành một nhóm có các lớp trung gian bằng giấy chịu được dầu cắt gọt. Mỗi nhóm nhỏ các băng nên được lắp với một băng dày hơn ở mỗi mặt bên trước khi gia công các kích thước cuối cùng của mẫu thử. Dung sai được cho trong Bảng B.2, ví dụ $\pm 0,05\text{mm}$ cho chiều rộng danh nghĩa 12,5mm nghĩa là không có mẫu thử nào được có chiều rộng nằm ngoài các giá trị được cho dưới đây, nếu giá trị danh nghĩa của diện tích mặt cắt ngang ban đầu, S_0 được đưa vào tính toán mà không cần phải đo.

$$12,5\text{mm} + 0,05\text{mm} = 12,55\text{mm}$$

$$12,5\text{mm} - 0,05\text{mm} = 12,45\text{mm}$$

B.4 Xác định diện tích mặt cắt ngang ban đầu

S_0 phải được tính toán từ các giá trị đo các kích thước của mẫu thử.

Sai số trong xác định diện tích mặt cắt ngang ban đầu không được vượt quá $\pm 2\%$. Phần lớn nhất của sai số này thường do phép đo chiều dày của mẫu thử, sai số đo chiều rộng không được vượt quá $\pm 0,2\%$.

Để đạt được các kết quả thử với độ không đảm bảo đo giảm, nên xác định diện tích mặt cắt ngang ban đầu với độ chính xác $\pm 1\%$ hoặc chính xác hơn. Đối với các vật liệu mỏng có thể cần đến các kỹ thuật đo chuyên dùng.

Phụ lục C

(Quy định)

Các loại mẫu thử được sử dụng cho sản phẩm dây, thanh, định hình có đường kính hoặc chiều dày nhỏ hơn 4mm

C.1 Hình dạng mẫu thử

Mẫu thử thường là một đoạn không qua gia công cơ của sản phẩm (xem Hình 12)

C.2 Kích thước mẫu thử

Chiều dài cỡ ban đầu, L_0 phải được lấy bằng $200\text{mm} \pm 2\text{mm}$ hoặc $100\text{mm} \pm 1\text{mm}$. Khoảng cách giữa các đầu kẹp của máy ít nhất phải bằng $L_0 + 3b_0$ nhưng tối thiểu phải là $L_0 + 20\text{mm}$

Nếu không xác định độ giãn dài tương đối sau đứt, có thể sử dụng khoảng cách giữa các đầu kẹp ít nhất là bằng 50mm.

C.3 Chuẩn bị mẫu thử

Nếu sản phẩm được cung cấp dưới dạng cuộn, phải chú ý nắn thẳng mẫu thử

C.4 Xác định diện tích mặt cắt ngang ban đầu

Xác định S_0 tới độ chính xác $\pm 1\%$ hoặc chính xác hơn.

Đối với các sản phẩm có mặt cắt ngang tròn, có thể tính toán diện tích mặt cắt ngang ban đầu từ giá trị trung bình cộng của hai giá trị đo được theo hai chiều vuông góc với nhau.

Diện tích mặt cắt ngang ban đầu, S_0 , tính bằng milimet vuông có thể được xác định từ khối lượng của một đoạn chiều dài đã biết và khối lượng riêng của nó theo phương trình (C1)

$$S_0 = \frac{1000 m}{\rho \cdot L_t} \quad (\text{C.1})$$

Trong đó:

- m là khối lượng mẫu thử, tính bằng gam;
- L_t là tổng chiều dài mẫu thử, tính bằng milimet;
- ρ là khối lượng riêng của vật liệu mẫu thử, tính bằng gam trên centimet khối.

Phụ lục D

(Quy định)

Các loại mẫu thử được sử dụng cho các sản phẩm lá và dải có chiều dày bằng hoặc lớn hơn 3mm và dây, thanh, định hình có đường kính hoặc chiều dày bằng hoặc lớn hơn 4 mm

D.1 Hình dạng mẫu thử

Thông thường, mẫu thử được gia công cơ và phần song song phải được nối bằng các bán kính chuyển tiếp với các điều kiện có hình dạng thích hợp bất kỳ với các chấu kẹp của máy thử (xem Hình 13). Bán kính chuyển tiếp nhỏ nhất giữa các đầu kẹp và phần song song phải là

- a) $0,75d_0$, trong đó d_0 là đường kính của phần song song đối với các mẫu thử hình trụ;
- b) 12mm đối với các mẫu thử khác.

Các vật liệu định hình, thanh v.v... có thể được thử không qua gia công cơ, nếu có yêu cầu.

Mặt cắt ngang của mẫu thử có thể là tròn, vuông, chữ nhật hoặc trong các trường hợp đặc biệt, có hình dạng khác.

Đối với các mẫu thử có mặt cắt ngang hình chữ nhật, tỷ số giữa chiều rộng và chiều dày không nên vượt quá 8:1.

Thông thường, đường kính của phần song song của các mẫu thử hình trụ được gia công cơ không được nhỏ hơn 3 mm.

D.2 Kích thước mẫu thử

D.2.1 Chiều dài phần song song của mẫu thử được gia công cơ

Chiều dài phần song song L_c ít nhất phải bằng:

- a) $L_0 + (d_0/2)$ đối với các mẫu thử hình trụ;
- b) $L_0 + 1,5\sqrt{S_0}$ đối với các mẫu thử khác.

Trong trường hợp có sự tranh cãi, phải sử dụng chiều dài $L_0 + 2d_0$ hoặc $L_0 + 2\sqrt{S_0}$ tùy thuộc loại mẫu thử, trừ khi không có đủ vật liệu.

TCVN 197-1:2014

D.2.2 Chiều dài mẫu thử không được gia công cơ

Chiều dài tự do giữa các chấu kẹp của máy phải đủ cho khoảng cách từ các vạch dấu tới các đầu kẹp ít nhất là bằng $\sqrt{S_0}$

D.2.3 Chiều dài đoạn ban đầu

D.2.3.1 Mẫu thử tỷ lệ

Thông thường, các mẫu thử tỷ lệ được sử dụng khi L_0 có liên quan đến diện tích mặt cắt ngang ban đầu, S_0 theo phương trình (D.1):

$$L_0 = k\sqrt{S_0}$$

Trong đó: k bằng 5,65

Theo cách khác, có thể sử dụng giá trị của k bằng 11,3

Các mẫu thử có mặt cắt ngang tròn nên có một bộ các kích thước ưu tiên được cho trong Bảng D1.

Bảng D.1 - Các mẫu thử mặt cắt ngang tròn

Hệ số tỷ lệ k	Đường kính d mm	Chiều dài cỡ ban đầu $L_0 = k\sqrt{S_0}$ mm	Chiều dài nhỏ nhất của phần song song, L_c mm
5,65	20	100	110
	14	70	77
	10	50	55
	5	25	28

D.2.3.2 Mẫu thử không tỷ lệ

Có thể sử dụng các mẫu thử không tỷ lệ nếu được quy định trong tiêu chuẩn sản phẩm

Chiều dài của phần song song, L_c không nên nhỏ hơn $L_0 + b_0/2$. Trong trường hợp có sự tranh cãi phải sử dụng chiều dài phần song song $L_c = L_0 + 2b_0$, trừ khi không có đủ vật liệu.

Bảng D.2 cho các chi tiết của một số kích thước mẫu thử điển hình.

Bảng D.2 - Kích thước mẫu thử loại dài

Kích thước tính bằng milimet

Chiều rộng b_0	Chiều dài cỡ ban đầu L_0	Chiều dài nhỏ nhất của phần song song, L_e	Tổng chiều dài gần đúng, L_t
40	200	220	450
25	200	215	450
20	80	90	300

D.3 Chuẩn bị mẫu thử

D.3.1 Quy định chung

Dung sai kích thước ngang của mẫu thử có gia công cơ được cho trong Bảng D.3

Một ví dụ về áp dụng các dung sai này được cho trong D.3.2 và D.3.3

D.3.2 Dung sai gia công cơ

Giá trị được cho trong Bảng D.3, ví dụ $\pm 0,03\text{mm}$ đối với đường kính danh nghĩa 10mm, nghĩa là không có mẫu thử nào được có đường kính nằm ngoài các giá trị được cho dưới đây, nếu giá trị danh nghĩa của diện tích mặt cắt ngang ban đầu, S_0 được đưa vào trong tính toán mà không cần phải đo.

$$10 \text{ mm} + 0,03 \text{ mm} = 10,03 \text{ mm}$$

$$10 \text{ mm} - 0,03 \text{ mm} = 9,97 \text{ mm}$$

D.3.3 Dung sai hình dạng

Giá trị được cho trong Bảng D.3 có nghĩa là đối với một mẫu thử có đường kính danh nghĩa 10 mm, thỏa mãn các điều kiện gia công có được nêu trên thì sai lệch giữa các đường kính lớn nhất và nhỏ nhất đo được không được vượt quá 0,04 mm.

Kết quả là nếu đường kính nhỏ nhất của mẫu thử này là 9,99 mm thì đường kính lớn nhất của nó không được vượt quá $9,99 \text{ mm} + 0,04 \text{ mm} = 10,03 \text{ mm}$.

Bảng D.3 - Dung sai liên quan đến kích thước ngang của mẫu thử

Kích thước và dung sai tính bằng milimet

Tên gọi	Kích thước ngang danh nghĩa	Dung sai gia công của kích thước danh nghĩa ^a	Dung sai hình dạng ^b
Đường kính mẫu thử được gia công cơ có mặt cắt ngang tròn và các kích thước ngang của các mẫu thử có mặt cắt ngang chữ nhật được gia công tất cả bốn mặt bên	$\geq 0,3$ ≤ 6	$\pm 0,02$	0,03
	> 6 ≤ 10	$\pm 0,03$	0,04
	> 10 ≤ 18	$\pm 0,05$	0,04
	> 18 ≤ 30	$\pm 0,10$	0,05
Kích thước ngang của mẫu thử có mặt cắt ngang chữ nhật được gia công tất cả bốn mặt bên	$\geq 0,3$ ≤ 6	$\pm 0,02$	0,03
	> 6 ≤ 10	$\pm 0,03$	0,04
	> 10 ≤ 18	$\pm 0,05$	0,06
	> 18 ≤ 30	$\pm 0,10$	0,12
	> 30 ≤ 50	$\pm 0,15$	0,15

^a Các dung sai này có thể áp dụng được nếu giá trị danh nghĩa của diện tích mặt cắt ngang S_0 được đưa vào trong tính toán mà không cần phải đo. Nếu các dung sai gia công cơ này không được tuân thủ thì nhất thiết phải đo mỗi mẫu thử riêng.

^b Sai lệch lớn nhất giữa các giá trị đo của một kích thước ngang quy định dọc theo toàn bộ chiều dài phần song song, L_c của mẫu thử

D.4 Xác định diện tích mặt cắt ngang

Có thể sử dụng các kích thước danh nghĩa để tính toán S_0 cho các mẫu thử có mặt cắt ngang tròn và mặt cắt ngang chữ nhật được gia công cơ trên tất cả bốn mặt bên thỏa mãn các yêu cầu được cho trong D.3. Đối với tất cả các hình dạng khác của mẫu thử, diện tích mặt cắt ngang ban đầu phải được tính toán từ các giá trị đo được của các kích thước thích hợp với sai số không vượt quá $\pm 0,5\%$ cho mỗi kích thước.

Phụ lục E

(Quy định)

Các loại mẫu thử được sử dụng cho vật liệu dạng ống

E.1 Hình dạng mẫu thử

Mẫu thử là một đoạn ống hoặc một dải dọc hoặc ngang được cắt từ ống và có toàn bộ chiều dày của thành ống (xem các Hình 14 và 15) hoặc một mẫu thử có mặt cắt ngang tròn được gia công cơ từ thành ống.

Các mẫu thử được cắt ngang, dọc và các mẫu thử có mặt cắt ngang tròn được gia công từ thành ống được mô tả trong Phụ lục B đối với chiều dày thành ống nhỏ hơn 3 mm, và trong Phụ lục D đối với chiều dày bằng hoặc lớn hơn 3 mm. Dải được cắt dọc thường được sử dụng cho các ống có chiều dày thành lớn hơn 0,5 mm.

E.2 Kích thước mẫu thử

E.2.1 Đoạn ống

Đoạn ống có thể được nút kín ở cả hai đầu. Chiều dài tự do giữa mỗi nút và các vạch dấu đo gần nhất không được lớn hơn $D_0/4$. Trong trường hợp có tranh cãi phải sử dụng giá trị D_0 nếu có đủ vật liệu.

Chiều dài của nút nhô ra ngoài các chấu kẹp của máy theo chiều các vạch dấu đo không được vượt quá D_0 và hình dạng của nút phải sao cho không cản trở sự biến dạng của chiều dài cũ.

E.2.2 Dải được cắt dọc hoặc ngang

Chiều dài phần song song, L_c của các dải được cắt dọc không được cán phẳng ra nhưng các đầu của nó có thể được cán phẳng để kẹp trong máy thử.

Các kích thước của mẫu thử ngang hoặc dọc khác với các kích thước được cho trong các Phụ lục B và D có thể được quy định trong tiêu chuẩn sản phẩm.

Phải có sự phòng ngừa đặc biệt khi nắn thẳng các mẫu thử ngang.

E.2.3 Mẫu thử có mặt cắt ngang tròn được gia công từ thành ống

Việc lấy mẫu các mẫu thử được quy định trong tiêu chuẩn sản phẩm

E.3 Xác định diện tích mặt cắt ngang ban đầu

Diện tích mặt cắt ngang ban đầu, S_0 đối với mẫu thử phải được xác định tới giá trị gần nhất $\pm 1\%$ hoặc chính xác hơn.

TCVN 197-1:2014

Diện tích mặt cắt ngang ban đầu, S_0 , tính bằng milimet vuông của đoạn ống hoặc dải được cắt dọc hoặc ngang có thể được xác định từ khối lượng của mẫu thử, chiều dài cỡ được của mẫu thử và khối lượng riêng của nó theo phương trình (E.1)

$$S_0 = \frac{1000 m}{\rho L_t} \quad (E.1)$$

Trong đó:

- m là khối lượng mẫu thử, tính bằng gam;
- L_t là tổng chiều dài mẫu thử, tính bằng milimet;
- ρ là khối lượng riêng của vật liệu mẫu thử, tính bằng gam trên centimet khối.

Diện tích mặt cắt ngang ban đầu S_0 của mẫu thử là một vật mẫu dọc phải được tính toán theo phương trình (E.2)

$$S_0 = \frac{b_0}{4} (D_0^2 - b_0^2)^{1/2} + \frac{D_0^2}{4} \arcsin\left(\frac{b_0}{D_0}\right) - \frac{b_0}{4} [(D_0 - 2a_0)^2 - b_0^2] - \left(\frac{D_0 - 2a_0}{2}\right) \arcsin\left(\frac{b_0}{D_0 - 2a_0}\right) \quad (E.2)$$

Trong đó:

- a_0 là chiều dày thành ống;
- b_0 là chiều rộng trung bình của dải;
- D_0 là đường kính ngoài của ống.

Có thể sử dụng phương trình đơn giản (E.3) cho các mẫu thử dọc:

$$\left. \begin{aligned} S_0 &= a_0 b_0 \left[1 + \frac{b_0^2}{6D_0(D_0 - 2a_0)} \right] && \text{nếu } \frac{b_0}{D_0} < 0,25 \\ S_0 &= a_0 b_0 && \text{nếu } \frac{b_0}{D_0} < 0,10 \end{aligned} \right\} \quad (E.3)$$

Đối với đoạn ống, diện tích mặt cắt ngang ban đầu, S_0 phải được tính toán theo phương trình (E.4)

$$S_0 = \pi a_0 (D_0 - a_0) \quad (E.4)$$

Phụ lục F

(Tham khảo)

Đánh giá tốc độ con trượt đầu kéo có tính đến độ cứng vững (hoặc biến dạng đàn hồi) của máy

Phương trình (1) không quan tâm đến bất cứ biến dạng đàn hồi nào của thiết bị thử (khung, cảm biến tải trọng, các chất đầu kẹp v.v...). Điều này có nghĩa là biến dạng có thể được phân thành biến dạng đàn hồi của thiết bị thử và biến dạng của mẫu thử; chỉ có một phần của tốc độ con trượt đầu kéo được truyền cho mẫu thử. Tốc độ biến dạng hợp thành ở mẫu thử, $\dot{\epsilon}_m$, tính bằng số nghịch đảo của giây (s^{-1}) được cho bởi phương trình (F.1) (xem tài liệu tham khảo [39])

$$\dot{\epsilon}_m = \frac{v_c}{\left(\frac{mS_0}{C_M} + L_c\right)} \quad (F.1)$$

Trong đó

- C_M là độ cứng vững, tính bằng newton trên milimet, của thiết bị thử (xung quanh điểm xem xét như $R_{p0,2}$, nếu độ cứng vững không tuyến tính ví dụ, khi sử dụng các chấu kẹp dạng nêm);
- L_c chiều dài phần song song của mẫu thử, tính bằng milimet;
- m là độ dốc, tính bằng megapascal của đường cong ứng suất - độ giãn theo tỷ lệ phần trăm tại một thời điểm thử nghiệm đã cho (ví dụ, xung quanh điểm được xem xét như $R_{p0,2}$);
- S_0 là diện tích của mặt cắt ngang ban đầu, tính bằng milimet vuông;
- v_c là tốc độ con trượt đầu kéo, tính bằng milimet trên giây.

CHÚ THÍCH: Các giá trị của m và C_M thu được từ phần tuyến tính của đường cong ứng suất/biến dạng không thể sử dụng được.

Phương trình (1) không bù cho các ảnh hưởng của biến dạng đàn hồi (xem 10.3.1). Phép tính gần đúng tốt hơn của tốc độ con trượt đầu kéo, v_c , tính bằng milimet trên giây, cần thiết để tạo ra tốc độ biến dạng hợp thành ở mẫu thử, $\dot{\epsilon}_m$, xung quanh điểm được xem xét có thể được thực hiện từ phương trình (F.2) (Xem tài liệu tham khảo [40]):

$$v_c = \dot{\epsilon}_m \left(\frac{mS_0}{C_M} + L_c \right) \quad (F.2)$$

Phụ lục G

(Tham khảo)

Đo độ giãn dài tương đối sau đứt nếu giá trị quy định nhỏ hơn 5%

Nên có sự phòng ngừa khi đo độ giãn dài tương đối sau đứt nếu giá trị quy định nhỏ hơn 5%.

Một trong các phương pháp được khuyến nghị như sau.

Trước khi thử, nên tạo ra một vạch dấu rất nhỏ gần mỗi đầu mút của phần song song. Sử dụng một cặp compa đo có kim chỉ được chỉnh đặt ở chiều dài cỡ vẽ một cung tròn với vạch dấu làm tâm. Sau khi đứt nên đặt mẫu thử bị phá hủy trong một đồ gá và tác dụng một lực ép dọc trục bởi một cơ cấu vít đủ để giữ chắc chắn các phần của mẫu thử với nhau trong quá trình đo. Sau đó nên vẽ một cung thứ hai có cùng một bán kính với chung thứ nhất từ tâm ban đầu gần với vết phá hủy và khoảng cách giữa hai vạch dấu được đo bằng kính hiển vi đo hoặc dụng cụ đo thích hợp khác. Để nhìn các vạch dấu có nét rất mảnh rõ hơn, có thể bôi một lớp thuốc nhuộm thích hợp lên mẫu thử trước khi thử.

CHÚ THÍCH: phương pháp khác được mô tả trong 20.2 (đo độ giãn lúc đứt bằng một máy đo độ giãn)

Phụ lục H

(Tham khảo)

**Đo độ giãn dài tương đối sau đứt
dựa trên sự chia nhỏ chiều dài cỡ ban đầu**

Để tránh phải loại bỏ các mẫu thử có vị trí của vết đứt không tuân theo các điều kiện của 20.1, theo thỏa thuận có thể sử dụng phương pháp sau:

- a) Trước khi thử, chia nhỏ chiều dài cỡ ban đầu L_0 thành N đoạn bằng nhau có chiều dài 5mm (được khuyến nghị) đến 10mm;
- b) Sau khi thử, sử dụng ký hiệu X để biểu thị vạch dấu đo trên phần ngắn hơn của mẫu thử và ký hiệu Y cho vạch dấu đo trên phần dài hơn của mẫu thử ở cùng một khoảng cách đến vết đứt như vạch dấu X .

Nếu n là số lượng của khoảng cách giữa X và Y , độ giãn dài sau đứt được xác định như sau:

- 1) Nếu $N-n$ là một số chẵn [Xem Hình H.1a)], đo khoảng cách giữa X và Y , l_{XY} và khoảng cách từ Y đến vạch dấu phân độ Z , l_{YZ} được định vị ở các khoảng cách $(N-n)/2$ bên ngoài Y .

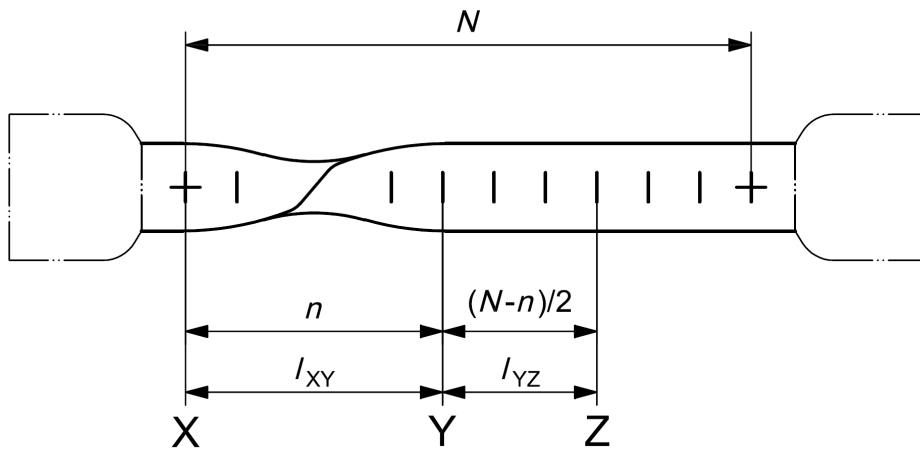
Tính toán độ giãn dài tương đối sau đứt, A , theo phương trình (H.1):

$$A = \frac{l_{XY} + 2l_{YZ} - L_0}{L_0} \times 100 \quad (\text{H.1})$$

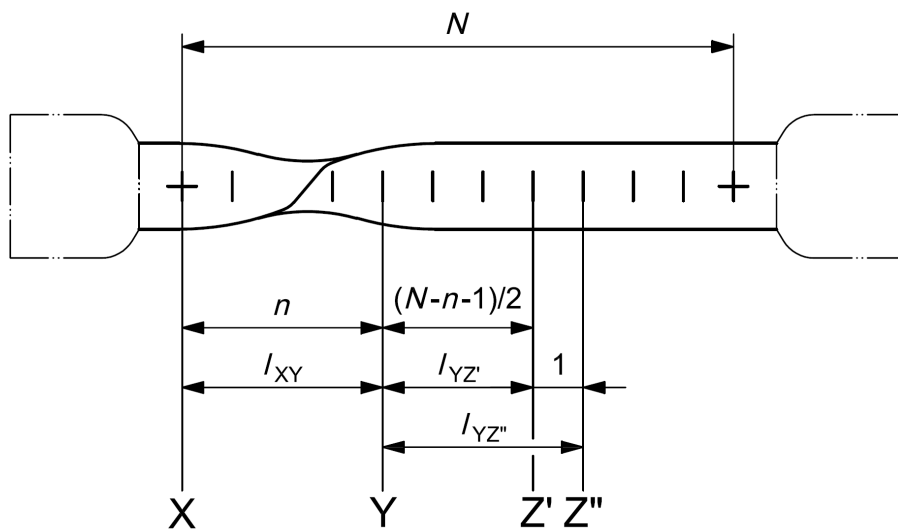
- 2) Nếu $N-n$ là một số lẻ [xem Hình H.1b)], đo khoảng cách giữa X và Y và khoảng cách từ Y tới các vạch dấu phân độ Z' và Z'' , $l_{YZ'}$ và $l_{YZ''}$, được định vị ở các khoảng cách tương ứng $(N-n-1)/2$ và $(N-n+1)/2$ bên ngoài Y .

Tính toán độ giãn dài tương đối sau đứt theo phương trình:

$$A = \frac{l_{XY} + l_{YZ'} + l_{YZ''} - L_0}{L_0} \times 100 \quad (\text{4.2})$$



a) $N-n$ là một số chẵn



b) $N-n$ là một số lẻ

CHÚ DẪN:

- n số lượng các khoảng giữa X và Y
- N số lượng các đoạn bằng nhau
- X vạch dấu đo trên phần ngắn hơn của mẫu thử
- Z, Z', Z'' các vạch dấu đo

CHÚ THÍCH: Hình dạng các đầu mẫu thử được cho chỉ có tính chất hướng dẫn

Hình H.1 - Ví dụ về đo độ giãn dài tương đối sau đứt

Phụ lục I

(Tham khảo)

Xác định độ giãn dài dẻo tương đối không co thắt, **A_{wn} cho các sản phẩm dài như thanh, dây và đũa**

Phương pháp này được thực hiện trên phần dài hơn của mẫu thử kéo bị đứt.

Trước khi thử, tạo ra các vạch dấu cách đều nhau trên chiều dài cỡ, khoảng cách giữa hai vạch dấu liên tiếp bằng một phần nhỏ của chiều dài cỡ ban đầu, L'_o . Việc vạch dấu trên chiều dài cỡ ban đầu, L'_o nên có độ chính xác trong phạm vi $\pm 0,5\text{mm}$. Phép đo chiều dài cỡ cuối cùng sau đứt L'_u nên được thực hiện trên phần bị đứt dài nhất của mẫu thử và có độ chính xác trong phạm vi $\pm 0,5\text{mm}$

Để phép đo có hiệu lực nên đáp ứng hai điều kiện sau:

- a) Các giới hạn của vùng đo nên được định vị cách vết đứt ít nhất là $5 d_o$ và cách chấu kẹp ít nhất là $2,5d_o$;
- b) Chiều dài cỡ của thước đo ít nhất phải bằng giá trị được quy định trong tiêu chuẩn sản phẩm.

Độ giãn dài dẻo tương đối không có thắt được tính toán theo phương trình (I.1)

$$A_{wn} = \frac{L'_u - L'_o}{L'_o} \times 100 \quad (\text{I.1})$$

CHÚ THÍCH: Đối với nhiều vật liệu kim loại, lực lớn nhất xuất hiện trong phạm vi ở đó bắt đầu có sự thắt. Điều này có nghĩa là các giá trị của A_g và A_{wn} đối với các vật liệu này sẽ gần bằng nhau. Các độ chênh lệch lớn sẽ xuất hiện ở các vật liệu có biến dạng nguội lớn như thiếc tấm hoặc thép kết cấu chịu bức xạ giảm đi hai lần hoặc các thử nghiệm được tiến hành ở các nhiệt độ nâng cao.

Phụ lục J

(Tham khảo)

Đánh giá độ không đảm bảo đo**J.1 Lời giới thiệu**

Phụ lục này đưa ra hướng dẫn về đánh giá độ không đảm bảo đo của các giá trị được xác định phù hợp với tiêu chuẩn này. Nên lưu ý rằng, không thể đưa ra công bố chắc chắn về độ không đảm bảo đo của phương pháp thử này vì có cả hai sự đóng góp độc lập và phụ thuộc của vật liệu vào sự diễn đạt bằng công thức của độ không đảm bảo đo. ISO/IEC Guide 98 - 3^[4] là một tài liệu bao quát với trên 90 trang dựa trên các phương pháp thống kê chặt chẽ về phép tính tổng số các độ không đảm bảo đo từ các nguồn khác nhau. Tính phức tạp của phép tính này đã thúc đẩy một số tổ chức tạo ra các phiên bản đơn giản hóa (xem NIS80^[15], NIS 3003^[16], tài liệu tham khảo [23]). Các tài liệu này đều đưa ra hướng dẫn về cách đánh giá độ không đảm bảo đo dựa trên khái niệm "nguồn độ không đảm bảo đo". Về các mô tả chi tiết hóa, xem EN10291^[11] và tài liệu tham khảo [24]. Thông tin thêm về đánh giá độ không đảm bảo đo sẵn có trong các tài liệu tham khảo [25] và [26]. Độ không đảm bảo đo được trình bày ở đây không mô tả sự phân tán do tính không đồng nhất của vật liệu, ví dụ, từ một lô, từ lúc bắt đầu và tại lúc kết thúc của một profin được ép đùn ra hoặc một cuộn cán hoặc của các vị trí khác nhau trong một vật đúc. Độ không đảm bảo đo do sự phân tán của các dữ liệu thu được từ các thử nghiệm khác nhau, các máy khác nhau hoặc các phòng thí nghiệm khác nhau từ một vật liệu đồng nhất lý tưởng. Sau đây mô tả các ảnh hưởng khác nhau và đưa ra hướng dẫn để xác định các độ không đảm bảo đo.

CHÚ THÍCH: Các giá trị tái tạo lại được sử dụng trong các Bảng J.2 đến J.4 là các khoảng một nửa chiều rộng, phù hợp với ISO/IEC Guide 98-3^[4] và nên được giải thích là giá trị của các dung sai độ phân tán cộng và trừ (\pm).

J.2 Đánh giá độ không đảm bảo đo**J.2.1 Quy định chung**

Độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn, u của giá trị của một thông số có thể được đánh giá theo hai cách.

J.2.2 Kiểu A - Bằng phép đo lặp lại

$$u = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (\text{J.1})$$

Trong đó:

s là sai lệch chuẩn của các giá trị đo;

n là số lượng các quan trắc được tính toán trung bình để báo cáo kết quả của phép đo trong các tình huống bình thường.

J.2.3 Kiểu B - Từ một số nguồn khác, ví dụ, các chứng chỉ hiệu chuẩn hoặc các dung sai

Ở đây giá trị thực có thể xuất hiện như nhau ở bất cứ đâu trong khoảng được xác định sao cho hàm phân bố được mô tả là hình chữ nhật hoặc đồng đều. Ở đây độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn được cho bởi phương trình (J.2).

$$u = \frac{a}{\sqrt{3}} \quad (\text{J.2})$$

Trong đó u là một nửa chiều rộng của khoảng trong đó chứa đại lượng được xem xét.

Thông thường, sự đánh giá một đại lượng, y , đòi hỏi phải đo các đại lượng khác. Việc đánh giá độ không đảm bảo đo của y phải tính đến các đóng góp của các độ không đảm bảo đo trong tất cả các phép đo này. Đây là độ không đảm bảo đo liên hợp. Nếu việc đánh giá đòi hỏi một cách đơn giản phép tính cộng hoặc trừ một loạt các giá trị đo x_1, x_2, \dots, x_n thì độ không đảm bảo đo liên hợp của y , $u(y)$ được cho bởi phương trình (J.3):

$$u(y) = \sqrt{u(x_1)^2 + u(x_2)^2 + \dots + u(x_n)^2} \quad (\text{J.3})$$

Trong đó $u(x_1)$ là độ không đảm bảo đo của thông số x_1 , v.v...

Nếu việc đánh giá $u(y)$ đòi hỏi nhiều đại lượng khác thì thường có thể làm việc dễ dàng hơn với các giá trị tương đối được tính toán và các tỷ lệ phần trăm cho các giá trị thành phần và độ không đảm bảo đo.

J.3 Các thông số của thiết bị ảnh hưởng đến độ không đảm bảo đo của các kết quả thử

Độ không đảm bảo đo của các kết quả được xác định từ phép thử kéo bao gồm các thành phần phụ thuộc vào thiết bị được sử dụng. Các kết quả thử khác nhau có các đóng góp khác nhau vào độ không đảm bảo đo tùy thuộc vào cách xác định các kết quả này. Bảng J.1 chỉ ra các đóng góp của thiết bị vào độ không đảm bảo đo nên được xem xét đối với một số tính chất phổ biến hơn của vật liệu được xác định trong thử kéo. Một số kết quả thử có thể được xác định với độ không đảm bảo đo thấp hơn các kết quả thử khác, ví dụ, giới hạn chảy trên R_{eH} chỉ phụ thuộc vào độ không đảm bảo đo của lực và diện tích mặt cắt ngang trong khi giới hạn dẻo R_p phụ thuộc vào lực, độ giãn, chiều dài cỡ và diện tích mặt cắt ngang. Đối với độ thắt, Z , cần xem xét các độ không đảm bảo đo của diện tích mặt cắt ngang cả trước và sau khi đứt.

**Bảng J.1 - Các thành phần đóng góp độ không đảm bảo đo
vào các kết quả thử**

Thông số	Kết quả thử					
	R _{eH}	R _{eL}	R _m	R _p	A	Z
Lực	x	x	x	x	-	-
Độ giãn	-	-	-	x	x	-
Chiều dài cũ	-	-	-	x	x	-
S _o	x	x	x	x	-	x
S _u	-	-	-	-	-	x
x	có liên quan					
-	không liên quan					

Độ không đảm bảo đo của các kết quả thử được liệt kê trong Bảng J1 có thể thu được từ các chứng chỉ hiệu chuẩn của các thiết bị được sử dụng để xác định các kết quả thử. Ví dụ, giá trị của độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn đối với một thông số lực khi sử dụng máy có độ không đảm bảo đo được cấp chứng chỉ là 1,4% sẽ là 1,4/2 hoặc 0,70%. Nên lưu ý rằng, sự phân loại cấp 1, 0 (đối với máy thử kéo hoặc máy đo độ giãn) không cần thiết phải bảo đảm độ không đảm bảo đo 1%. Độ không đảm bảo đo có thể cao hơn hoặc thấp hơn một cách đáng kể (đối với ví dụ về lực, xem TCVN 10600-1 (ISO 7500-1)) và nên tra cứu chứng chỉ của thiết bị, cũng nên tính đến các đóng góp của độ không đảm bảo đo do các yếu tố như độ dịch chuyển của thiết bị khi được hiệu chuẩn và sử dụng trong các điều kiện môi trường khác nhau.

Tiếp tục ví dụ theo phương trình (J.3), khi tính đến các độ không đảm bảo đo của lực hoặc các giá trị đo của máy đo độ giãn, độ không ỏ định liên hợp của các kết quả thử cho R_{eH}, R_{eL}, R_m và A là $\sqrt{(1,4/2)^2 + (1/\sqrt{3})^2} = \sqrt{0,70^2 + 0,58^2} = 0,91\%$, khi sử dụng phương pháp căn bậc hai của tổng các bình phương.

Khi đánh giá độ không đảm bảo đo của R_p, việc áp dụng một cách đơn giản phép tính cộng các thành phần của độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn từ phân loại các thiết bị đo là không thích hợp. Phải kiểm tra đường cong lực - độ giãn. Ví dụ, nếu xác định R_p xảy ra trên đường cong lực - độ giãn tại một điểm trên đường cong tại đó chỉ thị của lực không thay đổi trên phạm vi độ không đảm bảo đo độ giãn thì độ không đảm bảo đo của chỉ thị lực do thiết bị đo độ giãn là không đáng kể. Mặt khác, nếu việc xác định R_p xảy ra trên ường cong lực - độ giãn tại một điểm ở đó lực đang thay đổi lớn hơn nhiều so với thành phần của độ không đảm bảo đo do sự phân loại thiết bị. Ngoài ra, việc xác định độ dốc của phần đàn hồi của đường cong ứng suất - độ giãn dài tương đối, m_E, có thể ảnh hưởng đến kết quả của R_p nếu đường cong trong phạm vi này không phải là một đường thẳng lý tưởng.

**Bảng J.2 - Ví dụ về các đóng góp của độ không đảm bảo đo
đối với các kết quả thử khác nhau do thiết bị đo**

Thông số	Đóng góp của độ không đảm bảo đo ^a , %				
	R _{eH}	R _{eL}	R _m	A	Z
Lực	1,4	1,4	1,4	-	-
Độ giãn	-	-	-	1,4	-
Chiều dài cỡ L _e , L _o	-	-	-	1	-
S _o	1	1	1	-	1
S _u	-	-	-	-	2

^a Các giá trị được cho chỉ có tính chất tham khảo

Độ không đảm bảo đo liên hợp đối với Z, u_Z được biểu thị bằng tỷ lệ phần trăm được cho bởi phương trình (J.4):

$$u_Z = \sqrt{\left(\frac{a_{S_o}}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{a_{S_u}}{\sqrt{3}}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{2}{\sqrt{3}}\right)^2} = \sqrt{0,577^2 + 1,155^2} = \sqrt{0,33 + 1,33} = 1,29 \text{ (J.4)}$$

Khi sử dụng phương pháp tương tự, các ví dụ về các độ không đảm bảo đo liên hợp tiêu chuẩn cho một phạm vi các kết quả thử được chỉ ra trong Bảng J.3.

Bảng J.3 - Ví dụ về độ không đảm bảo đo liên hợp

Độ không đảm bảo đo liên hợp cho các thông số khác nhau, %				
R _{eH}	R _{eL}	R _m	A	Z
0,91	0,91	0,91	0,91	1,29

Theo ISO/IEC Guide 98-3^[4], tổng độ không đảm bảo đo phát triển thu được bằng cách nhân các độ không đảm bảo đo liên hợp tiêu chuẩn với một hàm quát, k. Đối với mức độ tin cậy 95%, k = 2

Bảng J.4 - Ví dụ về mức độ tin cậy 95%, k = 2

(dựa trên Bảng J.3)

Độ không tin cậy 95%, k = 2 cho các thông số khác nhau				
R _{eH}	R _{eL}	R _m	A	Z
1,82	1,82	1,82	1,82	2,58

Chỉ có thể đưa vào tính toán đã chỉ dẫn các đóng góp của độ tin cậy có cùng một đơn vị. Để có thêm thông tin và thông tin chi tiết hơn về độ không đảm bảo đo trong thử nghiệm kéo, xem CWA 15261-2^[9] và tài liệu tham khảo [27].

TCVN 197-1:2014

Nên cố gắng thử theo mẫu định kỳ và lập biểu đồ sai lệch chuẩn của các kết quả có liên quan đến thử nghiệm vật liệu cụ thể được thực hiện. Các sai lệch tiêu chuẩn hợp thành (tổng hợp) của các dữ liệu từ các thử nghiệm theo mẫu theo thời gian có thể đưa ra chỉ báo tốt về độ không đảm bảo đo của dữ liệu thử có ở trong phạm vi mong muốn hay không.

J.4 Các thông số phụ thuộc vào vật liệu và/hoặc quy trình thử

Độ chính xác của các kết quả thử từ một thử nghiệm kéo phụ thuộc vào các yếu tố có liên quan đến vật liệu được thử, máy thử, quy trình thử và các phương pháp dùng để tính toán các tính chất của vật liệu quy định. Một cách lý tưởng, nên xem xét các yếu tố sau:

- a) Nhiệt độ thử;
- b) Các tốc độ thử;
- c) Các thông số hình học của mẫu thử và gia công cơ;
- d) Phương pháp kẹp chặt mẫu thử và tính đồng trục của đường tác dụng lực;
- e) Đặc tính của máy thử (độ cứng vững, truyền động và chế độ điều khiển);
- f) Con người và phần mềm liên quan đến xác định các đặc tính kéo;
- g) Hình học của lắp đặt máy đo độ giãn

Ảnh hưởng của các yếu tố này phụ thuộc vào trạng thái riêng của vật liệu và không thể được cho như một giá trị xác định. Nếu biết được ảnh hưởng thì phải tính đến ảnh hưởng này trong tính toán độ không đảm bảo đo như đã chỉ dẫn trong Điều J.3. Có thể tính đến các nguồn không đảm bảo đo thêm nữa trong đánh giá độ không đảm bảo đo mở rộng. Có thể thực hiện được yêu cầu này bằng sử dụng cách tiếp cận sau:

- 1) Người sử dụng phải nhận dạng tất cả các nguồn bổ sung có thể có ảnh hưởng trực tiếp hoặc gián tiếp đến thông số thử nghiệm được xác định.
- 2) Các đóng góp có liên quan có thể thay đổi theo vật liệu được thử, và các điều kiện thử riêng. Các phòng thí nghiệm cá nhân được khuyến khích chuẩn bị một danh mục các nguồn không đảm bảo đo có thể có và đánh giá ảnh hưởng của chúng đến kết quả. Nếu xác định được ảnh hưởng quan trọng thì độ không đảm bảo đo, u_i , phải được tính đến trong tính toán. Độ không đảm bảo đo u_i là độ không ổn định của một nguồn i đối với giá trị được xác định như một tỷ lệ phần trăm được chỉ ra trong phương trình (J.3). Đối với u_i , hàm phân bố của thông số riêng (chuẩn, chữ nhật v.v...) phải được xác định. Sau đó phải xác định ảnh hưởng đến kết quả ở một mức sigma. Đây là độ không định chuẩn.

Có thể sử dụng các thử nghiệm giữa các phòng thử nghiệm để xác định toàn bộ độ không đảm bảo đo của các kết quả trong các điều kiện gần với các điều kiện sử dụng ở các phòng thí nghiệm công nghiệp, nhưng các thử nghiệm này không tách rời các ảnh hưởng liên quan đến tính không đồng nhất của vật liệu do sự phụ thuộc của chúng vào phương pháp thử, xem Phụ lục K.

Nên thấy rằng, vì các vật liệu chuẩn thích hợp đã được chứng nhận ngày càng sẵn có cho sử dụng cho nên chúng sẽ góp phần có ích cho đánh giá độ không đảm bảo đo trên bất cứ máy thử nào bao gồm cả ảnh hưởng của kẹp chặt, độ uốn cong v.v..., những yếu tố rất khó định lượng hiện nay. Một ví dụ về vật liệu chuẩn đã được chứng nhận là BCR-661 (Nimonic 75), sẵn có theo IRMM (xem CWA 15261-2^[9]).

Mặt khác, nên thực hiện các thử nghiệm thường xuyên "trong phòng" để kiểm tra chất lượng vật liệu có mức phân tán thấp của các tính chất (các vật liệu chuẩn không được chứng nhận), xem các tài liệu tham khảo [21] và [30].

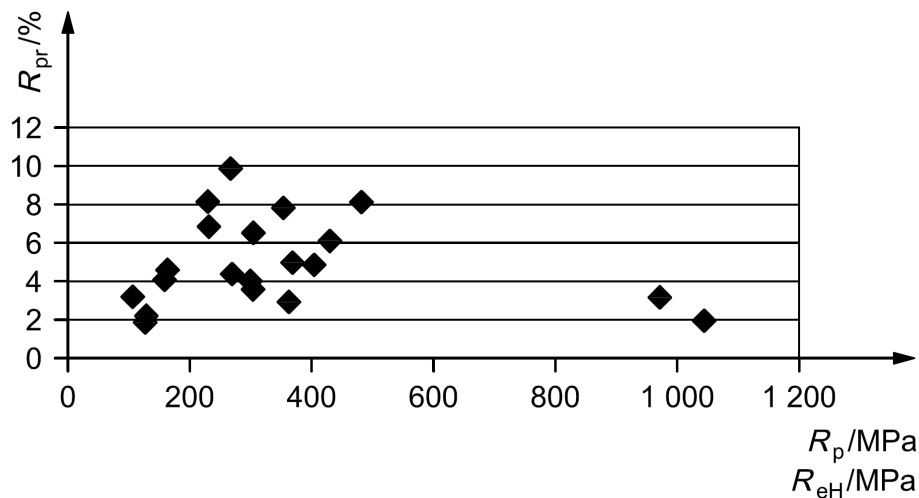
Phụ lục K

(Tham khảo)

**Độ chính xác của thử kéo - kết quả từ các chương trình
giữa các phòng thí nghiệm**

K.1 Sự phân tán giữa các phòng thí nghiệm

Sự biểu thị độ phân tán điển hình trong các kết quả thử kéo cho một phạm vi rộng các vật liệu khác nhau đã được báo cáo trong quá trình thực hiện các so sánh lẫn nhau của các phòng thí nghiệm, các kết quả thử này bao gồm cả độ phân tán và độ không đảm bảo đo được chỉ dẫn trong các Bảng K1 đến K4. Các kết quả về tính tái hiện lại được biểu thị tương đối được tính toán bằng cách nhân sai lệch chuẩn của thông số tương ứng với 2, ví dụ, R_p , R_m , Z và A , và chia kết quả cho giá trị trung bình của thông số, bằng cách này có được các giá trị tính tái hiện lại biểu thị mức độ tin cậy 95% phù hợp với các khuyến nghị được cho trong ISO/IEC Guide 98-3^[4] và có thể được so sánh trực tiếp với các giá trị độ không đảm bảo đo mở rộng được tính toán bằng các phương pháp khác.



CHÚ DẪN:

 R_{eH} giới hạn chảy trên R_p giới hạn dèo R_{pr} độ tái hiện lại

Hình K.1 - Sơ đồ biểu thị các giá trị được cho trong Bảng K.1

Bảng K.1 - Các giới hạn chảy (giới hạn dẻo 0,2% hoặc giới hạn chảy trên) -**Tính tái hiện lại từ các so sánh giữa các phòng thử nghiệm****(sơ đồ biểu thị các giá trị được cho trên Hình K.1)**

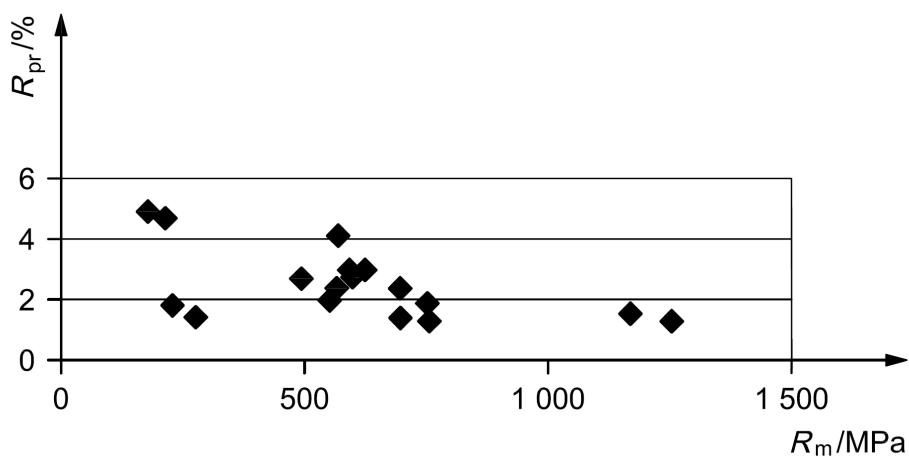
Vật liệu	Mã	Giới hạn chảy MPa	Độ tái hiện lại ±%	Tài liệu tham khảo
Nhôm				
Lá	AA5754	105,7	3,2	[31]
Lá	AA5182-0	126,4	1,9	[20]
Lá	AA6016-T4	127,2	2,2	[20]
	EC-H19	158,4	4,1	[33]
	2024-T351	362,9	3,0	[33]
Thép				
Lá	DX56	162,0	4,6	[31]
Tấm, cacbon thấp	HR3	228,6	8,2	[34]
Lá	ZS _T E180	267,1	9,9	[31]
A/SI105	P245GH	367,4	5,0	[34]
	C22	402,4	4,9	[33]
Tấm	S355	427,6	6,1	[31]
Austenit SS	SS316L	230,7	6,9	[31]
Austenit SS	X2CrNi18-10	303,8	6,5	[34]
Austenit SS	X2CrNiMO18-10	353,3	7,8	[34]
A/SI 316	X5CrNiMO17-12-2	480,1	8,1	[33]
Matenxit SS	X12Cr13	967,5	3,2	[33]
Độ bền cao	30NiCrMO16	1039,9	2,0	[34]
Hợp kim Nickel				
INCONEN600	NiCr15Fe8	268,3	4,4	[33]
Nimonic 75	(BCR-661)	298,1	4,0	[29]
Nimonic 75	(BCR-661)	302,1	3,6	[31]

Bảng K.2 - Giới hạn bền kéo, R_m -

Độ tái hiện lại từ các so sánh giữa các phòng thử nghiệm

(Số đồ biểu thị các giá trị được cho trên Hình K.2)

Vật liệu	Mã	Giới hạn chảy MPa	Độ tái hiện lại $\pm\%$	Tài liệu tham khảo
Nhôm				
Lá	AA5754	212,3	4,7	[31]
Lá	AA5182-0	275,2	1,4	[20]
Lá	AA6016-T4	228,3	1,8	[20]
	EC-H19	176,9	4,9	[33]
	2024-T351	491,3	2,7	[33]
Thép				
Lá	DX56	301,1	5,0	[31]
Tấm, cacbon thấp	HR3	335,2	5,0	[34]
Lá	ZS ₅ E180	315,3	4,2	[31]
A/SI105	P245GH	552,4	2,0	[34]
	C22	596,9	2,8	[33]
Tấm	S355	564,9	2,4	[31]
Austenit SS	SS316L	568,7	4,1	[31]
Austenit SS	X2CrNi18-10	594,0	3,0	[34]
Austenit SS	X2CrNiMO18-10	622,5	3,0	[34]
A/SI 316	X5CrNiMO17-12-2	694,6	2,4	[33]
Matenxit SS	X12Cr13	12534,0	1,3	[33]
Độ bền cao	30NiCrMO16	1167,8	1,5	[34]
Hợp kim Nickel				
INCONEN600	NiCr15Fe8	695,9	1,4	[33]
Nimonic 75	(BCR-661)	749,6	1,9	[29]
Nimonic 75	(BCR-661)	754,2	1,3	[31]

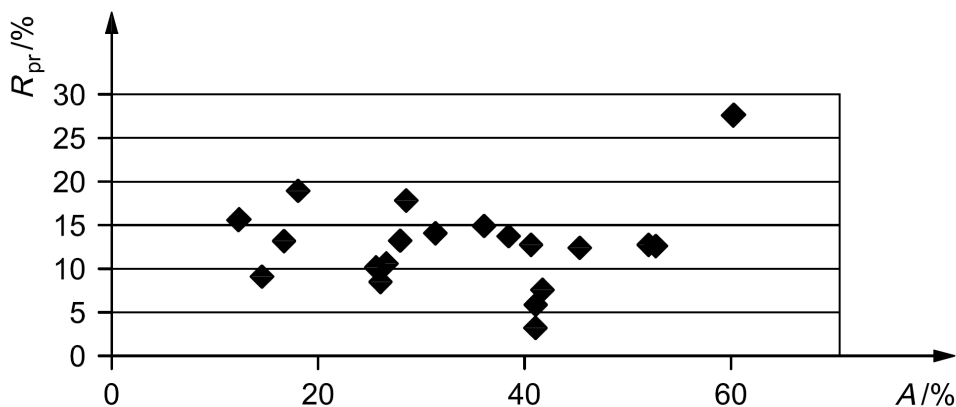


CHÚ DẪN:

R_m giới hạn bền kéo

R_{pr} độ tái hiện lại

Hình K.2 - Sơ đồ biểu thị các giá trị được cho trong Bảng K.2



CHÚ DẪN:

A độ giãn dài sau đứt

R_{pr} độ tái hiện lại

Hình K.3 - Sơ đồ biểu thị các giá trị được cho trong Bảng K.3

Bảng K.3 - Độ giãn dài sau đứt -

Độ tái hiện lại từ các so sánh giữa các phòng thử nghiệm

(Số đồ biểu thị các giá trị được cho trong Bảng K.3)

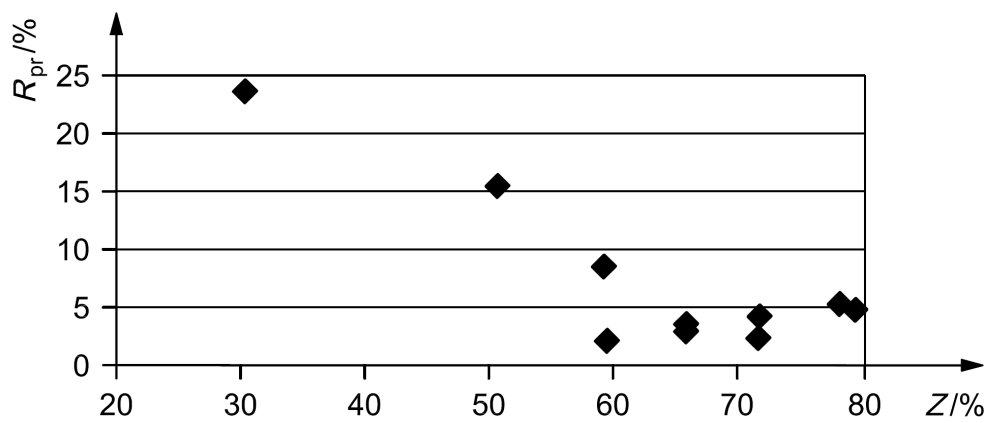
Vật liệu	Mã	Độ giãn dài sau đứt, A %	Độ tái hiện lại $\pm\%$	Tài liệu tham khảo
Nhôm				
Lá	AA5754	27,9	13,3	[31]
Lá	AA5182-0	26,6 (A80mm)	10,6	[20]
Lá	AA6016-T4	25,9 (A80mm)	8,4	[20]
	EC-H19	14,6	9,1	[33]
	2024-T351	18,0	18,9 ^a	[33]
Thép				
Lá	DX56	45,2	12,4	[31]
Tấm, cacbon thấp	HR3	38,4	13,8	[34]
Lá	ZS _E 180	40,5	12,7	[31]
A/SI105	P245GH	31,4	14,0	[34]
	C22	25,6	10,1	[33]
Tấm	S355	28,5	17,7	[31]
Austenit SS	SS316L	60,1	27,6	[31]
Austenit SS	X2CrNi18-10	52,5	12,6	[34]
Austenit SS	X2CrNiMO18-10	51,9	12,7	[34]
A/SI 316	X5CrNiMO17-12-2	35,9	14,9	[33]
Matenxit SS	X12Cr13	12,4	15,5	[33]
Độ bền cao	30NiCrMO16	16,7	13,3	[34]
Hợp kim Nickel				
INCONEN600	NiCr15Fe8	41,6	7,7	[33]
Nimonic 75	(BCR-661)	41,0	3,3	[29]
Nimonic 75	(BCR-661)	41,0	5,9	[31]

Bảng K.4 - Độ thất, Z -

Độ tái hiện lại từ các so sánh giữa các phòng thử nghiệm

(Số đồ biểu thị các giá trị được cho trên Hình K.3)

Vật liệu	Mã	Độ thất Z %	Độ tái hiện lại ±%	Tài liệu tham khảo
Nhôm				
	EC-H19	79,1	5,1	[33]
	2024-T351	30,3	27,3 ^b	[33]
Thép				
Tấm, cacbon thấp	HR3			
A/SI 105	Fe510C	71,4	2,7	[34]
	C22	65,6	3,8	[33]
Austenit SS	X2CrNi18-10			
Austenit SS	X2CrNiMO18-10	77,9	5,6	[34]
A/SI 316	X5CrNiMO17-12-2	71,5	4,5	[33]
Matenxit SS	X12Cr13	50,5	15,6 ^b	[33]
Độ bền cao	30NiCrMO16	65,6	3,2	[34]
Hợp kim Nickel				
INCONEN600	NiCr15Fe8	59,3	2,4	[33]
Nimonic 75	(BCR-661)	59,0	8,8	[29]
<p>^a Độ tái hiện lại được biểu thị bằng tỷ lệ phần trăm của giá trị trung bình tương ứng Z đối với vật liệu đã cho; như vậy đối với nhôm 2024-T 351 giá trị tuyệt đối của Z là (30,3 ±7,2)%.</p> <p>^b Một số giá trị của độ tái hiện lại có thể xuất hiện tương đối cao; các giá trị này có thể chỉ báo khó khăn của phép đo tin cậy các kích thước của mẫu thử trong vùng thất của vết đứt. Đối với các mẫu thử dạng lá mỏng, độ không đảm bảo đo của chiều dày mẫu thử có thể lớn. Cũng như vậy, phép đo đường kính hoặc chiều dày của mẫu thử trong vùng thất phụ thuộc rất nhiều vào tay nghề và kinh nghiệm của người thao tác</p>				



CHÚ DẪN:

R_{pr} độ tái hiện lại

Z độ thất

Hình K.4 - Sơ đồ biểu thị các giá trị được cho trong Bảng K.4

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] ISO 3183, *Petroleum and natural gas industries — Steel pipe for pipeline transportation systems*
- [2] ISO 11960, *Petroleum and natural gas industries — Steel pipes for use as casing or tubing for wells*
- [3] ISO/TR 25679, *Mechanical testing of metals — Symbols and definitions in published standards*
- [4] ISO/IEC Guide 98-3, *Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*
- [5] ISO/TTA 2, *Tensile tests for discontinuously reinforced metal matrix composites at ambient temperatures*
- [6] ASTM A370, *Standard test methods and definitions for mechanical testing of steel products*
- [7] ASTM E8M, *Standard test methods for tension testing of metallic materials*
- [8] ASTM E1012, *Standard practice for verification of test frame and specimen alignment under tensile and compressive axial force application*
- [9] CWA 15261-2:2005, *Measurement uncertainties in mechanical tests on metallic materials — The evaluation of uncertainties in tensile testing*
- [10] DIN 50125, *Testing of metallic materials — Tensile test pieces*
- [11] EN 10291, *Metallic materials — Uniaxial creep testing in tension — Methods of test*
- [12] GB/T 228, *Metallic materials — Tensile testing at ambient temperature*
- [13] IACS W2, Test specimens and mechanical testing procedures for materials. In: *Requirements concerning materials and welding*, pp. W2-1 to W2-10. International Association of Classification Societies, London, 2003. Available (2008-06-26) at:
http://www.iacs.org.uk/document/public/publications/unified_requirements/pdf/ur_w_pdf159.pdf
- [14] JIS Z2201, *Test pieces for tensile test for metallic materials*
- [15] NIS 80:1994, *Guide to the expression of uncertainty in testing*
- [16] NIS 3003:1995. *The expression of uncertainty and confidence in measurement*
- [17] DEAN, G.D., LOVEDAY, M.S., COOPER, P.M. Aspects of modulus measurement. In: DYSON, B.G., LOVEDAY, M.S., GEE, M.G., editors. *Materials metrology and standards for structural performance*, pp. 150-209. Chapman & Hall, London, 1995
- [18] ROEBUCK, B., LORD, J.D., COOPER, P.M., MCCARTNEY, L.N. Data acquisition and analysis of tensile properties for metal matrix composites. *J. Test. Eval.* 1994, **22**(1), pp. 63-69
- [19] SONNE, H.M., B. HESSE, B. Determination of Young's modulus on steel sheet by computerised tensile test — Comparison of different evaluation concepts. In: Proceedings of *Werkstoffprüfung [Materials testing] 1993*. DVM, Berlin
- [20] AEGERTER, J., KELLER, S., WIESER, D. Prüfvorschrift zur Durchführung und Auswertung des Zugversuches für Al-Werkstoffe [Test procedure for the accomplishment and evaluation of the tensile test for aluminium and aluminium alloys], In: Proceedings of *Werkstoffprüfung [Materials testing] 2003*, pp. 139-150. Stahleisen, Düsseldorf

- [21] RIDES, M., LORD, J. *TENSTAND final report: Computer-controlled tensile testing according to EN 10002-1: Results of a comparison test programme to validate a proposal for an amendment of the standard*. National Physical Laboratory, Teddington, 2005
- [22] LORD, J. LOVEDAY, M.S., RIDES, M., MCENTAGGART, I. *TENSTAND WP2 final report: Digital tensile software evaluation: Computer-controlled tensile testing machines validation of European Standard EN 10002-1*. National Physical Laboratory, Teddington, 2005. 68 p.
- [23] TAYLOR, B.N., KUYATT, C.E. *Guidelines for evaluating and expressing the uncertainty of NIST measurement results*. NIST, Gaithersburg, MD, 1994. 25 p. (NIST Technical Note 1297.) Available (2009-07-23) at: <http://physics.nist.gov/Pubs/guidelines/TN1297/tn1297s.pdf>
- [24] LOVEDAY, M.S. *Room temperature tensile testing: A method for estimating uncertainty of measurement*. National Physical Laboratory, Teddington, 1999. [Measurement note CMMT (MN) 048.] Available (2009-07-23) at: http://publications.npl.co.uk/npl_web/pdf/cmmt_mn48.pdf
- [25] BELL, S.A. (1999) *A beginner's guide to uncertainty of measurement*, 2nd edition. National Physical Laboratory, Teddington, 2001. 41 p. (Measurement Good Practice Guide, No. 11.) Available (2009-07-31) at: http://publications.npl.co.uk/npl_web/pdf/mgpg11.pdf
- [26] BIRCH, K. *Estimating uncertainties in testing*. National Physical Laboratory, Teddington, 2001. (Measurement Good Practice Guide, No. 36.) Available (2009-07-23) at: http://publications.npl.co.uk/npl_web/pdf/mgpg36.pdf
- [27] KANDIL, F.A., LORD, J.D., BULLOUGH, C.K., GEORGSSON, P., LEGENDRE, L., MONEY, G., MULLIGAN, E., FRY, A.T., GORLEY, T.A.E., LAWRENCE, K.M. *The UNCERT manual of codes of practice for the determination of uncertainties in mechanical tests on metallic materials* [CD-ROM]. EC, Brussels
- [28] SONNE, H.M., KNAUF, G., SCHMIDT-ZINGES, J. Überlegungen zur Überprüfung von Zugprüfmaschinen mittels Referenzmaterial [Considerations on the examination of course test equipment by means of reference material]. In: Proceedings of *Werkstoffprüfung* [Materials testing] 1996. Bad Nauheim. DVM, Berlin
- [29] INGELBRECHT, C.D., LOVEDAY, M.S. The certification of ambient temperature tensile properties of a reference material for tensile testing according to EN 10002-1: CRM 661. EC, Brussels, 2000. (BCR Report EUR 19589 EN.)
- [30] LI, H.-P., ZHOU, X. New Consideration on the uncertainty evaluation with measured values of steel sheet in tensile testing. In: *Metallurgical analysis*, 12th Annual Conference of Analysis Test of Chinese Society for Metals, 2004
- [31] KLINGELHÖFFER, H., LEDWORUSKI, S., BROOKES, S., MAY, T. *Computer controlled tensile testing according to EN 10002-1 — Results of a comparison test programme to validate a proposal for an amendment of the standard — Final report of the European project TENSTAND — Work Package 4*. Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin, 2005. 44 p. (Forschungsbericht [Technical report] 268.) Available (2008-07-01) at: http://www.bam.de/de/service/publikationen/publikationen_medien/fb268_vt.pdf
- [32] LOVEDAY, M.S., GRAY, T., AEGERTER, J. *Tensile testing of metallic materials — A review — Final report of the TENSTAND project of work package 1*. Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin, 2004
- [33] ASTM Research Report E 28 1004:1994, *Round robin results of interlaboratory tensile tests*
- [34] ROESCH, L., COUE, N., VITALI, J., DI FANT, M. *Results of an interlaboratory test programme on room temperature tensile properties — Standard deviation of the measured values*. (IRSID Report, NDT 93310.)

- [35] LOVEDAY, M.S. Towards a tensile reference material. In: LOVEDAY, M.S., GIBBONS, T.B. *Harmonisation of testing practice for high temperature materials*, pp. 111-153. Elsevier, London
- [36] JOHNSON, R.F., MURRAY, J.D. The effect of rate of straining on the 0.2 % proof stress and lower yield stress of steel. In: Proceedings of Symposium on High Temperature Performance of Steels, Eastbourne, 1966. Iron and Steel Institute, 1967
- [37] GRAY, T.G.F., SHARP, J. Influence of machine type and strain rate interaction in tension testing. In: PAPIRNO, R., WEISS, H.C. *Factors that affect the precision of mechanical tests*. ASTM, Philadelphia, PA. (Special Technical Publication 1025.)
- [38] AEGERTER, J., BLOCHING, H., SONNE, H.-M. Influence of the testing speed on the yield/proof strength — Tensile testing in compliance with EN 10002-1. *Materialprüfung* 2001, **10**, pp. 393-403
- [39] AEGERTER, J. Strain rate at a given point of a stress/strain curve in the tensile test [Internal memorandum], VAW Aluminium, Bonn, 2000
- [40] BLOCHING, H. *Calculation of the necessary crosshead velocity in mm/min for achieving a specified stress rate in MPa/s* [Report]. Zwick, Ulm, 2000. 8 p.
- [41] MCENTEGGART, I., LOHR, R.D. Mechanical testing machine criteria. In: DYSON, B.G., LOVEDAY, M.S., GEE, M.G., editors. *Materials metrology and standards for structural performance*, pp. 19-33. Chapman & Hall, London, 1995
-