

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 10601:2014

ISO 9513:2012

Xuất bản lần 1

**VẬT LIỆU KIM LOẠI - HIỆU CHUẨN HỆ THỐNG MÁY ĐO
ĐỘ GIÃN SỬ DỤNG TRONG THỬ NGHIỆM MỘT TRỤC**

Metallic materials - Calibration of extensometer systems used in uniaxial testing

HÀ NỘI - 2014

Lời nói đầu

TCVN 10601:2014 hoàn toàn tương đương ISO 9513:2012 và đính chính 1:2013
TCVN 10601:2014 do Ban kỹ thuật tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC 164, *Thủ cơ lý kim loại* biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Lời giới thiệu

Tiêu chuẩn này đặt ra các chuẩn (các tiêu chí) cho hiệu chuẩn hệ thống máy đo độ giãn bao gồm các nguyên tắc chung, thiết bị hiệu chuẩn được sử dụng, kiểm tra sự hiệu chuẩn sơ bộ và đo chiều dài cứ cho các kiểu hệ thống máy đo độ giãn khác nhau. Các khía cạnh của quá trình hiệu chuẩn được đề cập như là sự đánh giá các kết quả, độ không đảm bảo đo, các chu kỳ hiệu chuẩn và báo cáo. Các chuẩn (tiêu chí) cho thiết bị hiệu chuẩn, sự hiệu chuẩn và tuyển chọn các thiết bị được đề cập, bổ sung bởi thu mục tài liệu tham khảo bao gồm một số luận văn quan trọng về các hệ thống máy đo độ giãn và ứng dụng của chúng ^{[1] đến [10]}. Công việc đang trong giai đoạn triển khai các quá trình cho hiệu chuẩn máy đo độ giãn động lực học, tuy nhiên, tại thời điểm soạn thảo tiêu chuẩn này, các quá trình cho hiệu chuẩn chưa đạt được mức triển khai thích hợp cho kết luận trong phạm vi tiêu chuẩn này. Để có thêm thông tin, tham khảo tài liệu [6].

Các phụ lục tham khảo đưa ra tính toán các độ không đảm bảo đo cho hiệu chuẩn một hệ thống máy đo độ giãn (Phụ lục A), hiệu chuẩn cơ cấu hiệu chuẩn (Phụ lục B) và một ví dụ về báo cáo hiệu chuẩn (Phụ lục C). Các phụ lục tiếp sau đề cập đến các ví dụ về các cấu hình của hệ thống máy đo độ giãn (Phụ lục D), đo độ giãn bằng laser (Phụ lục E), đo độ giãn bằng video (Phụ lục F), đo toàn bộ trường biến dạng (Phụ lục G) và hiệu chuẩn hệ thống đo con trượt (Phụ lục H).

Vật liệu kim loại - Hiệu chuẩn hệ thống máy đo độ giãn sử dụng trong thử nghiệm một trục

Metallic materials - Calibration of extensometer systems used in uniaxial testing

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định phương pháp hiệu chuẩn tĩnh hệ thống máy đo độ giãn sử dụng trong thử nghiệm một trục bao gồm cả hệ thống máy đo độ giãn chiều trục và hướng kính, cả tiếp xúc và không tiếp xúc.

2 Thuật ngữ và định nghĩa

Tiêu chuẩn này áp dụng các thuật ngữ, định nghĩa sau

2.1

Hệ thống máy đo độ giãn (extensometer system)

Thiết bị dùng để đo chuyển vị hoặc biến dạng trên bề mặt của một mẫu thử.

CHÚ THÍCH: Theo tiêu chuẩn này, thuật ngữ "hệ thống máy đo độ giãn" bao gồm cả dụng cụ chỉ thị. Một số máy đo độ giãn chỉ thị biến dạng một cách trực tiếp (ví dụ, các máy đo độ giãn laser hoặc các kỹ thuật tương quan ảnh số). Các máy đo độ giãn khác chỉ sự thay đổi chiều dài cũ của một mẫu thử; chiều dài này được chuyển đổi thành biến dạng bằng cách chia cho chiều dài cũ có liên quan.

2.2

Chiều dài cũ (gauge length)

Phần của mẫu thử tại đó đo độ giãn.

3 Ký hiệu và tên gọi

Các ký hiệu và tên gọi của chúng được sử dụng trong suốt tiêu chuẩn này được cho trong Bảng 1 .

Bảng 1 - Ký hiệu và tên gọi

Ký hiệu	Tên gọi	Đơn vị
L_e	Chiều dài cỡ danh nghĩa của máy đo độ giãn	mm
L'_e	Chiều dài cỡ đo được của máy đo độ giãn	mm
l_{max}	Giới hạn lớn nhất của phạm vi hiệu chuẩn	mm
l_{min}	Giới hạn nhỏ nhất của phạm vi hiệu chuẩn	mm
l_i	Chuyển vị do máy đo độ giãn chỉ thị	μm
l_t	Chuyển vị được cho bởi cơ cấu hiệu chuẩn	μm
q_{Le}	Sai số tương đối của chiều dài cỡ của hệ thống máy đo độ giãn	%
q_{rb}	Sai số tương đối của độ lệch của hệ thống máy đo độ giãn	%
q_b	Sai số tuyệt đối của độ lệch của hệ thống máy đo độ giãn	μm
r	Độ phân giải của hệ thống máy đo độ giãn	μm

4 Nguyên lý

Hiệu chuẩn hệ thống máy đo độ giãn đòi hỏi sự so sánh các số đọc được của máy đo độ giãn với các thay đổi đã biết về chiều dài do một thiết bị hiệu chuẩn cung cấp.

CHÚ THÍCH 1: Người sử dụng có thể xác định phạm vi chuyển vị (dịch chuyển) trên đó thực hiện sự hiệu chuẩn. Trong trường hợp này, đặc tính của hệ thống máy đo độ giãn có thể được tối ưu hóa. Ví dụ, đối với mỗi chu kỳ với biến dạng nhỏ được kiểm soát, chỉ có một phần nhỏ của phạm vi làm việc của máy đo độ giãn thường được sử dụng. Vì vậy, trong trường hợp này, sự hiệu chuẩn được tập trung vào phần giữa của phạm vi làm việc có thể là thích hợp.

Quá trình hiệu chuẩn so sánh với chuyển vị đã biết từ thiết bị hiệu chuẩn với tín hiệu ra của hệ thống máy đo độ giãn. Tín hiệu ra này có thể sắp xếp từ các số đọc được thực hiện bằng thủ công của các đồng hồ chính xác cao chỉ thị chuyển vị của bộ chuyển đổi/ hệ thống ghi dữ liệu/điện tử. Trong trường hợp hệ thống ghi dữ liệu/điện tử, tín hiệu ra của hệ thống máy đo độ giãn có thể bao gồm bất cứ sự điều chỉnh đường cong dữ liệu nào được áp dụng bởi hệ thống ghi dữ liệu/điện tử.

CHÚ THÍCH 2: Đối với một số kiểu hệ thống máy đo độ giãn, sự hiệu chuẩn và phân loại cũng sẽ phụ thuộc vào khả năng xác định chiều dài cỡ của hệ thống máy đo độ giãn.

5 Thiết bị hiệu chuẩn

5.1 Cơ cấu hiệu chuẩn

Hiệu chuẩn cho phép tạo ra một sự chuyển vị đã cho l_t của máy đo độ giãn có thể gồm một khung cứng với các trục chính đồng trục thích hợp hoặc các đồ gá khác có thể được gắn vào máy đo độ giãn. Cơ cấu hiệu chuẩn phải có bộ phận làm cho một trong các trục chính di chuyển cùng với một dụng cụ đo chính xác sự thay đổi chiều dài được tạo ra. Các thay đổi về chiều dài này có thể đo được bằng, ví dụ, một giao thoa kế, một bộ ghi độ tăng tuyến tính hoặc các căn mẫu đo và một bộ so sánh hoặc một vi kế.

CHÚ THÍCH: Các đồ gá chuyên dùng cho các trục chính của cơ cấu hiệu chuẩn, được sử dụng để hiệu chuẩn các máy đo độ giãn đo theo hướng kính.

Nên hiệu chuẩn cơ cấu hiệu chuẩn phù hợp với Phụ lục B và cơ cấu hiệu chuẩn nên đáp ứng các yêu cầu về đặc tính được cho trong Bảng B.1.

Phụ lục B đưa ra một quy trình hiệu chuẩn nên dùng cho cơ cấu hiệu chuẩn và chi tiết hóa các chuẩn đặc tính để chỉ ra rằng máy thích hợp cho hiệu chuẩn các hệ thống máy đo độ giãn phù hợp với tiêu chuẩn này.

5.2 Khả năng theo dõi thông số hiệu chuẩn

Cơ cấu hiệu chuẩn và thiết bị phụ trợ (như vi kế, compa đo, các kính hiển vi quang học chiếu hình) phải được hiệu chuẩn theo các tiêu chuẩn có thể tra cứu từ hệ thống đơn vị quốc tế (SI). Độ không đảm bảo đo gắn liền với bất cứ các phép đo nào trên thiết bị phụ trợ cũng không được vượt quá một phần ba sai số cho phép của hệ thống máy đo độ giãn được hiệu chuẩn (xem Bảng 2). Dụng cụ đo nhiệt độ phải có độ phân giải 0,1 °C.

6 Kiểm tra trước hiệu chuẩn

6.1 Mục tiêu

Trước khi hiệu chuẩn, hệ thống máy đo độ giãn phải được kiểm tra. Yêu cầu này bao gồm nhưng không hạn chế việc kiểm tra các chi tiết, bộ phận cơ khí, ví dụ như sự dịch chuyển tự do, các chi tiết bị hư hỏng, lưỡi dao bị mòn, các chốt/chi tiết cố định cho chỉnh đặt chiều dài cỡ bị mòn. Đối với các hệ thống máy đo độ giãn có lắp các bộ chuyển đổi điện tử, phải kiểm tra hư hỏng, mài mòn ... của các dây dẫn và đầu nối.

Hệ thống máy đo độ giãn phải được hiệu chuẩn theo điều kiện đã được quy định nếu có thể. Phải đánh giá các kết quả và nếu cần thiết, hệ thống phải được điều chỉnh và hiệu chuẩn lại. Trong trường hợp này, phải báo cáo cả hai bộ dữ liệu.

6.2 Hồ sơ kiểm tra

Hồ sơ kiểm tra trước hiệu chuẩn phải được lưu giữ, nhận dạng điều kiện "quy định" của hệ thống máy đo độ giãn khi đã thực hiện việc kiểm tra và người tiến hành kiểm tra. Các bản ghi chép việc kiểm tra trước hiệu chuẩn này có thể có dạng một báo cáo bằng văn bản hoặc phiếu kiểm tra toàn diện có "dạng phù hợp với quy định".

6.3 Nhận dạng các thành phần của hệ thống máy đo độ giãn

Máy đo độ giãn phải được nhận dạng một cách duy nhất. Các chi tiết do người sử dụng thay đổi trong quá trình sử dụng máy đo độ giãn một cách bình thường có thể ảnh hưởng đến hiệu chuẩn máy đo độ giãn cũng phải được nhận dạng một cách duy nhất, nếu có thể. Tuy nhiên, yêu cầu này không áp

TCVN 10601:2014

dụng cho các bộ phận kẹp chặt dùng để kẹp chặt máy đo độ giãn với mẫu thử. Các nội dung nhận dạng này là một phần của hồ sơ cho hệ thống máy đo độ giãn.

7 Đo chiều dài cũ của máy đo độ giãn

7.1 Đo độ giãn của chiều dài cũ cố định

7.1.1 Chiều dài cũ được đo, L'_e của một máy đo độ giãn có chiều dài cũ cố định phải được xác định bằng phương pháp trực tiếp hoặc gián tiếp. Trong cả hai trường hợp cần sử dụng chốt điều chỉnh hoặc đồ gá đo của máy đo độ giãn để chỉnh đặt các điểm tiếp xúc của máy đo độ giãn theo chuyển vị được đặt trước.

CHÚ THÍCH: Khả năng thay đổi chiều dài cũ được đo có thể là do khe hở/độ mòn quá mức trong cơ cấu điều chỉnh chiều dài cũ.

7.1.1.1 Phép đo trực tiếp chiều dài cũ, L'_e được thực hiện giữa các điểm tiếp xúc của máy đo độ giãn khi sử dụng một dụng cụ đo được hiệu chuẩn như một compa đo hoặc kính hiển vi chiếu hình/chiếu bằng tia X.

7.1.1.2 Phép đo gián tiếp chiều dài cũ, L'_e được thực hiện bằng cách đặt máy đo độ giãn trên một mẫu thử kim loại mềm sao cho các lưỡi dao hoặc các điểm của máy đo độ giãn rời khỏi các vạch dấu của chúng. Khi máy đo độ giãn đã được tháo ra, phải đo khoảng cách giữa các vạch dấu trên mẫu thử bằng thiết bị có độ chính xác phù hợp với cấp chính xác yêu cầu của máy đo độ giãn.

7.1.2 Sai số tương đối trên chiều dài cũ, q_{Le} , được tính toán từ công thức (1) phải đáp ứng các yêu cầu cho trong Bảng 2.

$$q_{Le} = \frac{L'_e - L_e}{L_e} \times 100 \quad (1)$$

7.2 Đo độ giãn của chiều dài cũ thay đổi

7.2.1 Chiều dài cũ của một máy đo độ giãn có chiều dài cũ thay đổi phải được đo bằng phương pháp trực tiếp hoặc gián tiếp.

7.2.1.1 Phép đo trực tiếp chiều dài cũ được thực hiện bằng cách chỉnh đặt máy đo độ giãn tới chiều dài cũ yêu cầu bằng các dưỡng đo, đồ gá hoặc các dụng cụ khác, sau đó là phép đo giữa các điểm tiếp xúc của máy đo độ giãn bằng dụng cụ đo đã được hiệu chuẩn như một compa hoặc kính hiển vi chiếu hình/chiếu bằng tia X.

7.2.1.2 Phép đo gián tiếp chiều dài cũ, L'_e được thực hiện bằng cách gắn máy đo độ giãn vào một mẫu thử kim loại mềm sao cho các lưỡi dao hoặc các điểm tiếp xúc của máy đo độ giãn rời khỏi các vạch dấu của chúng. Khi máy đo độ giãn đã được tháo ra, phải đo khoảng cách giữa các vạch dấu trên mẫu thử bằng thiết bị có độ chính xác phù hợp với cấp chính xác yêu cầu của máy đo độ giãn.

7.2.2 Các máy đo độ giãn thường được sử dụng trong thử nghiệm độ rã, kéo ở nhiệt độ cao hoặc thử nghiệm hồi phục ứng suất có chiều dài cũ được xác định bởi các gờ nhỏ được gia công cơ trên đoạn song song của mẫu thử, ở đó máy đo độ giãn được kẹp chặt. Phải xác định trực tiếp chiều dài cũ cho các máy đo độ giãn này từ mẫu thử với độ chính xác phù hợp với cấp chính xác yêu cầu của máy đo độ giãn.

7.2.3 Sai số tương đối của chiều dài cũ, q_{Le} , được tính toán từ công thức (1) phải đáp ứng các yêu cầu cho trong Bảng 2.

7.2.4 Khi một máy đo độ giãn được chỉnh đặt hoặc đo chiều dài cũ, phải xác định sai số tương đối trên chiều dài cũ. Nếu các đặc điểm trên mẫu thử xác định được chiều dài cũ thì không cần thiết phải xác định sai số tương đối trên chiều dài cũ..

7.2.5 Khi một máy đo độ giãn chỉnh đặt tự động chiều dài cũ, phải đo các chiều dài cũ lớn nhất và nhỏ nhất cộng với ba chiều dài cũ nữa giữa các chiều dài cũ lớn nhất và nhỏ nhất. Khi sử dụng ít hơn năm chiều dài cũ, phải đo tất cả các chiều dài cũ.

7.3 Đo độ giãn bằng phương pháp không tiếp xúc

Chiều dài cũ đối với phép đo độ giãn bằng phương pháp không tiếp xúc được xác lập phù hợp với hướng dẫn của nhà sản xuất.

7.4 Chiều dài cũ của máy đo độ giãn được xác lập bằng các dưỡng đo điều chỉnh

Khi chiều dài cũ của máy đo độ giãn được chỉnh đặt bằng dưỡng đo tháo được, sai số tương đối trên chiều dài cũ, q_{Le} , được tính toán từ công thức (1) không được vượt quá các giá trị được cho trong Bảng 2.

Độ không đảm bảo đo của phép đo chiều dài cũ không được vượt quá một phần ba sai số cho phép của chiều dài cũ.

8 Quá trình hiệu chuẩn

8.1 Xem xét về môi trường

8.1.1 Phải ghi lại nhiệt độ môi trường xung quanh trong quá trình hiệu chuẩn hệ thống máy đo độ giãn.

Thông thường, nên thực hiện sự hiệu chuẩn hệ thống máy đo độ giãn ở một nhiệt độ ổn định trong phạm vi $\pm 2^{\circ}\text{C}$, nhiệt độ chuẩn ở trong phạm vi từ 18°C đến 28°C . Các thay đổi nhiệt độ trong quá trình hiệu chuẩn có thể thêm vào độ không đảm bảo đo của hiệu chuẩn và trong một số trường hợp có thể ảnh hưởng đến khả năng hiệu chuẩn chính xác máy đo độ giãn.

8.1.2 Đối với các máy đo độ giãn được sử dụng cho thử nghiệm một trục ở các nhiệt độ nằm ngoài phạm vi 10°C đến 35°C nên thực hiện hiệu chuẩn ở nhiệt độ thử hoặc gần nhiệt độ thử, nếu có thiết bị.

TCVN 10601:2014

8.1.3 Máy đo độ giãn phải được đặt gần các cơ cấu hiệu chuẩn, hoặc được lắp trên đó trong thời gian đủ lâu trước khi hiệu chuẩn sao cho các chi tiết của hệ thống máy đo độ giãn và cơ cấu hiệu chuẩn được tiếp xúc ổn định ở nhiệt độ hiệu chuẩn.

8.2 Vị trí của máy đo độ giãn

Máy đo độ giãn phải được đặt, khi có thể thực hiện được, trong cơ cấu hiệu chuẩn theo hướng tương tự với hướng mà máy đo độ giãn sẽ được sử dụng trong quá trình thử nghiệm một trục để tránh các sai số do sự mất cân bằng hoặc biến dạng của bất cứ chi tiết nào của máy đo độ giãn.

Máy đo độ giãn phải được kẹp chặt theo cách tương tự như trong quá trình thử nghiệm một trục.

8.3 Độ tăng của hiệu chuẩn

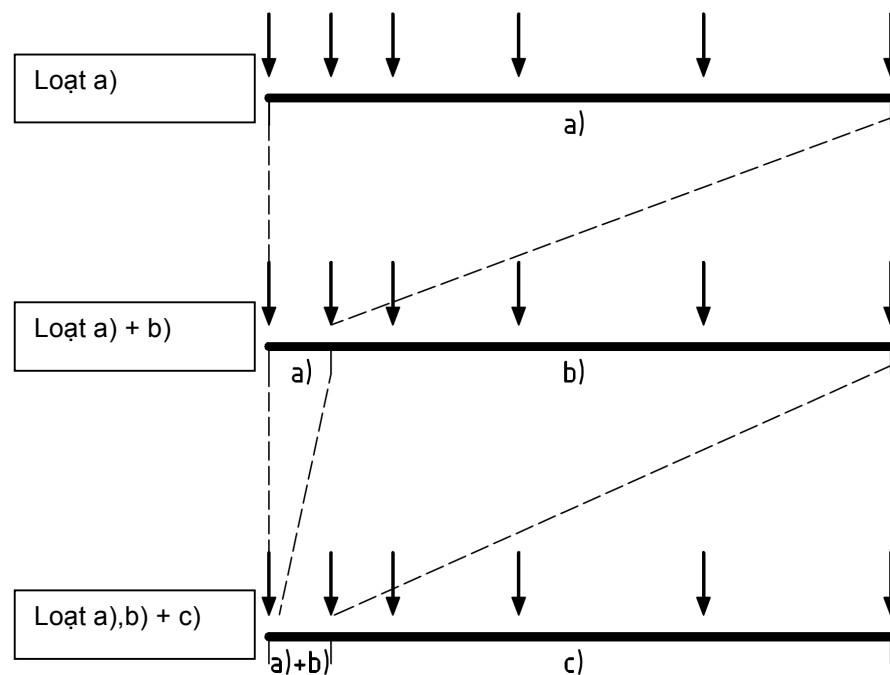
8.3.1 Người sử dụng phải xác lập phạm vi các chuyển vị trên đó hệ thống máy đo độ giãn được hiệu chuẩn.

8.3.2 Số lượng các điểm hiệu chuẩn và số lượng các phạm vi trên đó thực hiện hiệu chuẩn phải dựa trên mối quan hệ giữa chuyển vị nhỏ nhất tại đó xác định đặc tính I_{min} và chuyển vị lớn nhất tại đó xác định đặc tính I_{max} .

8.3.3 Đối với các thử nghiệm đơn, phải lấy một loạt các số đọc sau:

- Nếu (I_{max}/I_{min}) nhỏ hơn hoặc bằng 10, một phạm vi với ít nhất là năm độ tăng phải được ghi lại.
- Nếu (I_{max}/I_{min}) lớn hơn 10 nhưng nhỏ hơn hoặc bằng 100, hai phạm vi (I_{min} đến $10 I_{min}$ và $10 I_{min}$ đến I_{max}) hoặc (I_{min} đến $0,1 I_{max}$ và $0,1 I_{max}$ đến $10I_{max}$), mỗi phạm vi có ít nhất là năm độ tăng phải được ghi lại.
- Nếu (I_{max}/I_{min}) lớn hơn 100, ba phạm vi (I_{min} đến $10 I_{min}$, $10 I_{min}$ đến $100 I_{min}$ và $100 I_{min}$ đến I_{max}) hoặc (I_{min} đến $0,01 I_{max}$, $0,01 I_{max}$ đến $0,1 I_{max}$, $0,1 I_{max}$ đến I_{max}), mỗi phạm vi có ít nhất năm độ tăng phải được ghi lại.

Đối với mỗi loại trong ba loại [a), b), C) nêu trên], độ tăng giữa bất cứ hai điểm liền kề nào cũng không được vượt quá một phần ba của phạm vi. Hình 1 giới thiệu các ví dụ về các độ tăng này.



CHÚ DẪN:



1 Các điểm hiệu chuẩn

Hình 1 - Sơ đồ chỉ dẫn sự phân bố của điểm hiệu chuẩn

CHÚ THÍCH 1: Một phép thử kéo chỉ đo môđun và các ứng suất thử từ máy đo độ giãn có thể rơi vào loại a). Một phép thử kéo xác lập các giới hạn chảy thử và độ giãn dài lúc đứt từ máy đo độ giãn, hoặc một độ rã cho thử phá hủy có thể rơi vào loại b) hoặc loại c).

CHÚ THÍCH 2: Đối với thử mỏi, sử dụng một phạm vi có ít nhất là năm độ tăng (với độ tăng giữa hai điểm liên kế bất kỳ không vượt quá một phần ba phạm vi giữa l_{min} và l_{max}).

CHÚ THÍCH 3: Các giá trị thu được từ các tính toán nêu trên có thể được điều chỉnh tới các độ tăng thuận tiện gần nhất phù hợp với các độ tăng của máy hiệu chuẩn.

8.3.4 Khi xác lập l_{max} và l_{min} , phải tính đến các yếu tố vận hành như các độ giãn nở nhiệt của các thử nghiệm ở nhiệt độ cao và các biến cố bất ngờ ngẫu nhiên của chuyển vị phụ thêm do thay đổi trong khi lắp đặt cho thử nghiệm.

8.4 Quá trình hiệu chuẩn

8.4.1 Phải thực hiện hiệu chuẩn trong các điều kiện quy định mà không phải làm sạch đặc biệt.

8.4.2 Khi nhiệt độ đã ổn định, trước khi hiệu chuẩn bằng cơ cấu hiệu chuẩn, nên cho máy đo độ giãn vận hành hai lần trên phạm vi hiệu chuẩn của hệ thống hiệu chuẩn. Nếu có thể, chuyển vị được lấy một giá trị nhỏ âm và được đưa về không. Chỉnh đặt lại hệ thống máy đo độ giãn về không khí thích hợp.

8.4.3 Hiệu chuẩn bao gồm hai loạt phép đo với các độ tăng như đã quy định trong 8.3

TCVN 10601:2014

- Thực hiện và ghi lại loạt các giá trị đo đầu tiên; máy đo độ giãn được tháo ra và sau đó được đặt lại trên cơ cấu hiệu chuẩn.
- Thực hiện loạt các phép đo thứ hai sau đó theo cùng một cách như loạt các phép đo đầu tiên.

Tùy theo mong muốn khi sử dụng máy đo độ giãn, hai loạt phép đo được tiến hành với các độ tăng chiều dài hoặc các độ giảm chiều dài hoặc cả hai.

8.5 Xác định các đặc tính của hệ thống máy đo độ giãn

8.5.1 Độ phân giải

8.5.1.1 Độ phân giải, r , là đại lượng nhỏ nhất có thể đọc được trên dụng cụ.

8.5.1.2 Đối với các máy đo độ giãn có các thang đo analog, độ phân giải của dụng cụ chỉ thị phải là tỷ số giữa chiều rộng của kim chỉ và khoảng cách tâm đến tâm giữa hai vạch chia độ liền kề của thang đo (khoảng cách thang đo) nhân với kích thước biểu thị cho một độ tăng của thang đo. Độ phân giải không được nhỏ hơn một phần năm của kích thước biểu thị khoảng cách thang đo từ khoảng cách giữa hai vạch dấu liền kề lớn hơn hoặc bằng 2,5 mm, trong trường hợp này độ phân giải có thể nhỏ bằng một phần mười khoảng cách thang đo.

8.5.1.3 Đối với các hệ thống máy đo độ giãn có bộ phận hiển thị điện tử, tín hiệu ra phải được quan trắc trong thời gian 10s và ghi lại các giá trị lớn nhất và nhỏ nhất. Một nửa của độ chênh lệch giữa các giá trị lớn nhất và nhỏ nhất quan trắc được phải được xác lập và ghi lại như là độ phân giải r . Khi các giá trị nhỏ nhất và lớn nhất là như nhau, độ phân giải phải là một chữ số trên bộ phận hiển thị.

8.5.2 Sai số độ lệch

8.5.2.1 Sai số tương đối của độ lệch

Sai số tương đối của độ lệch, q_{rb} , đối với một chuyển vị đã cho, l_t được tính toán từ công thức (2):

$$q_{rb} = \frac{l_i - l_t}{l_t} \times 100 \quad (2)$$

8.5.2.2 Sai số tuyệt đối của độ lệch

Sai số tuyệt đối của độ lệch, q_b , đối với một chuyển vị đã cho, l_t được tính toán từ công thức (3):

$$q_b = (l_i - l_t) \quad (3)$$

9 Phân loại hệ thống máy đo độ giãn

9.1 Dữ liệu đầu vào

Các dữ liệu đầu vào yêu cầu cho phân loại hệ thống máy đo độ giãn là:

- a) Sai số tương đối của chiều dài cỡ (xem 7.2.5);

- b) Độ phân giải (tuyệt đối và/hoặc tương đối) của hệ thống máy đo độ giãn (xem 8.5.1);
- c) Đối với mỗi điểm dữ liệu hiệu chuẩn, sai số độ lệch (tuyệt đối và/hoặc tương đối) (xem 8.5.2);
- d) Xác nhận rằng cơ cấu hiệu chuẩn đã đáp ứng được các yêu cầu của tiêu chuẩn này đối với mỗi điểm dữ liệu hiệu chuẩn.

9.2 Phân tích dữ liệu

Đánh giá các dữ liệu thu thập được như sau:

- a) Sai số tương đối của chiều dài cữ được so sánh với các giới hạn trong Bảng 2 và sự phân loại đạt được;
- b) Độ phân giải của hệ thống máy đo độ giãn đối với mỗi điểm dữ liệu hiệu chuẩn được so sánh với các giới hạn trong Bảng 2 và sự phân loại đạt được;
- c) Đối với mỗi điểm dữ liệu hiệu chuẩn, sai số độ lệch được so sánh với các giới hạn trong Bảng 2 và sự phân loại đạt được.

9.3 Tiêu chí phân loại

Bảng 2 đưa ra các giá trị lớn nhất cho phép đối với sai số tương đối của chiều dài cữ, độ phân giải và sai số độ lệch.

Bảng 2 - Phân loại hệ thống máy đo độ giãn

Cấp của hệ thống máy đo độ giãn	Sai số tương đối của chiều dài cữ, q_{Le} %	Độ phân giải ^a		Sai số độ lệch ^a	
		Tỷ lệ phần trăm của số đọc $(r/l_i) \cdot 100$ %	Giá trị tuyệt đối, r μm	Giá trị tương đối, q_{rb} %	Giá trị tuyệt đối $l_i - l_t$ μm
0,2	$\pm 0,2$	0,1	0,2	$\pm 0,2$	$\pm 0,6$
0,5	$\pm 0,5$	0,25	0,5	$\pm 0,5$	$\pm 1,5$
1	$\pm 1,0$	0,5	1,0	$\pm 1,0$	$\pm 3,0$
2	$\pm 2,0$	1,0	2,0	$\pm 2,0$	$\pm 6,0$

^a Lấy giá trị lớn hơn

9.4 Đánh giá kết quả

9.4.1 Thu thập các dữ liệu quy định trong 9.2 và xác định giá trị lớn nhất cho phân loại đối với từng thông số sau:

- a) Sai số tương đối của chiều dài cữ;
- b) Đối với mỗi điểm dữ liệu hiệu chuẩn, độ phân giải của hệ thống máy đo độ giãn;
- c) Đối với mỗi điểm dữ liệu hiệu chuẩn, sai số độ lệch;

TCVN 10601:2014

d) Đối với mỗi điểm dữ liệu hiệu chuẩn, sự phân loại của cơ cấu hiệu chuẩn giá trị lớn nhất của các thông số này được dùng để phân loại theo tiêu chuẩn này đối với hệ thống máy đo độ giãn.

9.4.2 Mỗi khi cần thực hiện các điều chỉnh để máy đo độ giãn tuân theo các yêu cầu về cấp để sử dụng theo dự định, nhà cung cấp hiệu chuẩn, với phòng thử nghiệm đã được chứng nhận, cần tiến hành các điều chỉnh để nâng cao đặc tính của hệ thống máy đo độ giãn. Hồ sơ về hiệu chuẩn ban đầu phải được lưu giữ và cung cấp như một phần của tài liệu hiệu chuẩn. Phải báo cáo các kết quả sau điều chỉnh trên chứng chỉ hiệu chuẩn.

10 Xác định độ không đảm bảo đo

10.1 Độ không đảm bảo đo của hiệu chuẩn

Nhiều yếu tố đã đóng góp vào độ không đảm bảo đo của quá trình hiệu chuẩn. Phải đánh giá các yếu tố sau và đưa vào tính toán độ không đảm bảo đo:

- a) Độ không đảm bảo đo trong hiệu chuẩn của thiết bị hiệu chuẩn;
- b) Độ dao động của nhiệt độ môi trường xung quanh trong quá trình hiệu chuẩn;
- c) Sự thay đổi giữa các người vận hành khi có nhiều hơn một người thực hiện các hiệu chuẩn trong một phòng thử nghiệm.
- d) Chỉnh đặt chiều dài cỡ
- e) Thiết bị đo chiều dài cỡ

Để có thêm thông tin, tham khảo Phụ lục A.

10.2 Xác định độ không đảm bảo đo

Phải xác định độ không đảm bảo đo. Tính toán dùng làm ví dụ để chỉ ra cách đánh giá độ không đảm bảo đo đối với một hệ thống máy đo độ giãn được giới thiệu trong Phụ lục A.

CHÚ THÍCH: Các yêu cầu của tiêu chuẩn này giới hạn các thành phần chính của độ không đảm bảo đo khi hiệu chuẩn các máy đo độ giãn. Với việc tuân theo tiêu chuẩn đo này, cần tính đến một cách rõ ràng độ không đảm bảo đo theo yêu cầu của một số tiêu chuẩn chứng nhận. Khi giảm độ lệch cho phép đi một lượng bằng độ không đảm bảo đo có thể dẫn đến việc tính toán hai lần độ không đảm bảo đo. Việc phân loại một máy đo độ giãn được hiệu chuẩn và được chứng nhận đáp ứng một cấp riêng biệt không bảo đảm cho độ chính xác, bao gồm cả độ không đảm bảo đo, sẽ nhỏ hơn một giá trị riêng. Ví dụ, một máy đo độ giãn cấp 0,5 không nhất thiết phải có độ lệch, bao gồm cả độ không đảm bảo đo, nhỏ hơn 0,5%.

11 Chu kỳ hiệu chuẩn của hệ thống máy đo độ giãn

11.1 Thời gian giữa hai lần hiệu chuẩn phụ thuộc vào kiểu hệ thống máy đo độ giãn, tiêu chuẩn bảo dưỡng và số lần sử dụng hệ thống máy đo độ giãn. Trong các điều kiện bình thường, nên thực hiện hiệu chuẩn ở các chu kỳ xấp xỉ 12 tháng. Chu kỳ này không được vượt quá 18 tháng, trừ thử nghiệm được kéo dài quá 18 tháng; trong trường hợp này, hệ thống máy đo độ giãn phải được hiệu chuẩn

trước và sau khi thử nghiệm. Khi tiến hành các thử nghiệm độ rão trong thời gian dài theo ISO 204, chu kỳ hiệu chuẩn cho các hệ thống máy đo độ giãn dựa theo kinh nghiệm thực tế sâu rộng là ba năm, tình trạng tương tự xuất hiện trong thử nghiệm độ giãn do ứng suất trong thời gian dài. Trong các trường hợp này, yêu cầu của tiêu chuẩn thử nghiệm phải được đặt lên trước các chu kỳ hiệu chuẩn trong điều này.

11.2 Hệ thống máy đo độ giãn phải được hiệu chuẩn sau mỗi lần sửa chữa hoặc điều chỉnh để không làm ảnh hưởng đến độ chính xác của các phép đo

12 Chứng chỉ hiệu chuẩn

12.1 Thông tin bắt buộc

Chứng chỉ hiệu chuẩn phải có ít nhất là các thông tin sau:

- a) Viện dẫn tiêu chuẩn này, nghĩa là TCVN 10601 (ISO 9513);
- b) Tên và địa chỉ của chủ sở hữu hệ thống máy đo độ giãn;
- c) Nhận dạng máy đo độ giãn (kiểu, chiều dài cũ, nhãn hiệu, số seri và vị trí lắp ráp);
- d) Kiểu và số hiệu chuẩn của cơ cấu hiệu chuẩn;
- e) Nhiệt độ trong quá trình hiệu chuẩn;
- f) Tính chất của các thay đổi chiều dài dùng cho hiệu chuẩn, nghĩa là hiệu chuẩn với các độ tăng và/hoặc độ giảm chiều dài;
- g) Ngày hiệu chuẩn;
- h) Tên của người đã thực hiện hiệu chuẩn, cộng với tên hoặc dấu của tổ chức hiệu chuẩn;
- i) Tất cả kết quả hiệu chuẩn (điều kiện quy định, và nếu được điều chỉnh, các phép đo sau điều chỉnh);
- j) Công bố độ không đảm bảo đo;
- k) Phân loại cho mỗi phạm vi của máy đo độ giãn.

Các điều khoản nêu trong chứng chỉ được trình bày trong báo cáo viện dẫn.

12.2 Trình bày dữ liệu

Các kết quả hiệu chuẩn phải được lập thành bảng trong chứng chỉ và phải bao gồm các giá trị riêng của sai số độ lệch gắn liền với mỗi điểm hiệu chuẩn.

Biểu đồ các kết quả hiệu chuẩn có thể được trình bày như một phần của chứng chỉ.

Phụ lục A

(Tham khảo)

Độ không đảm bảo đo

A.1 Lời giới thiệu

Phép tính gần đúng để xác định độ không đảm bảo đo được trình bày trong phụ lục này chỉ xem xét các độ không đảm bảo đo gắn liền với toàn bộ đặc tính của phương pháp đo chiều dài. Các độ không đảm bảo đo đặc trưng này phản ánh ảnh hưởng kết hợp của tất cả các độ không đảm bảo đo riêng biệt.

Độ không đảm bảo đo của các dụng cụ đo chuẩn (thiết bị hiệu chuẩn) được chỉ dẫn trên chứng chỉ hiệu chuẩn tương ứng. Các yếu tố ảnh hưởng đến các đại lượng này bao gồm:

- a) Các ảnh hưởng của môi trường như các sai lệch về nhiệt độ;
- b) Sai lệch của chuẩn chuyển vị;
- c) Sai lệch nội suy của thiết bị chuẩn.

Các đại lượng này cần phải được xem xét. Tùy theo kết cấu của thiết bị hiệu chuẩn, cũng cần tính đến vị trí của máy đo độ giãn có liên quan đến đường trục chiều dài cỡ của máy thử.

Trong số các biến số được đo của máy đo độ giãn có liên quan đến đánh giá độ không đảm bảo đo nên quan tâm đến các thành phần sau:

- Sự hướng trục của máy đo độ giãn với thiết bị hiệu chuẩn;
- Dụng cụ chỉ thị thay đổi chiều dài;
- Độ không ổn định đo tương đối do độ phân giải của thiết bị hiệu chuẩn;
- Sai số chiều dài cỡ;
- Sai lệch tương đối của dụng cụ chỉ thị của máy đo độ giãn;
- Độ phân giải của máy đo độ giãn;
- Các ảnh hưởng của nhiệt độ.

Có thể tính toán độ không đảm bảo đo của các hệ thống máy đo độ giãn cho thử nghiệm một trục tại thời điểm hiệu chuẩn hoặc từ các giới hạn đặc tính hoặc từ các số đọc thu được; các tính toán này được chi tiết hóa trong các phần sau. Vì sai số của độ chính xác, như độ lệch đã cho, thường không được hiệu chỉnh trong quá trình hiệu chuẩn, nếu nó rơi vào các thông số của Bảng 2, phạm vi trong đó có thể chứa sai số tương đối đánh giá, E , với $E = q \pm U$, ở đây q là sai số tương đối của độ chính xác được quy định trong 8.5.2 và U là độ không đảm bảo đo mở rộng^{[11]. [12]}.

Điều kiện của hiệu chuẩn được đáp ứng nếu sai số tương đối của chiều dài cỡ q_{Le} (xem Bảng 2) nằm trong phạm vi dung sai đã cho.

A.2 Cơ cấu hiệu chuẩn

Độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn liên quan đến cơ cấu hiệu chuẩn, u_{std} được cho bởi:

$$u_{std} = \sqrt{u_{cal}^2 + u_A^2 + u_B^2 + u_D^2} \quad (A.1)$$

Trong đó:

u_{cal} là độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn bằng 0,5 lần độ lệch mở rộng của cơ cấu hiệu chuẩn, được xác định từ chứng chỉ hiệu chuẩn hoặc thông tin có liên quan khác;

u_A là độ không đảm bảo tương đối tiêu chuẩn do sai lệch nhiệt độ giữa nhiệt độ hiệu chuẩn của máy đo độ giãn và nhiệt độ hiệu chuẩn của cơ cấu hiệu chuẩn:

$$u_A = \frac{\alpha \cdot \alpha_{temp}}{\sqrt{3}} \quad (A.2)$$

α là hệ số nhiệt độ của cơ cấu hiệu chuẩn theo điều kiện kỹ thuật của nhà sản xuất;

α_{temp} là sai lệch nhiệt độ giữa nhiệt độ hiệu chuẩn của máy đo độ giãn và nhiệt độ hiệu chuẩn của cơ cấu hiệu chuẩn.

u_B là độ không đảm bảo đo tương đối tiêu chuẩn do độ không đảm bảo đo (độ trôi) trong thời gian dài của cơ cấu hiệu chuẩn:

$$u_B = \frac{\alpha_{sensitivity}}{\sqrt{3}} \quad (A.3)$$

$\alpha_{sensitivity}$ là độ không đảm bảo đo trong thời gian dài của cơ cấu hiệu chuẩn.

u_D là độ không đảm bảo đo tương đối tiêu chuẩn do phép tính gần đúng tuyến tính đối với đường cong đa thức (nếu có yêu cầu):

$$u_D = \frac{\alpha_{deviation}}{\sqrt{2}} \quad (A.4)$$

$\alpha_{deviation}$ là sai lệch tương đối do phép tính gần đúng tuyến tính của đường cong đa thức của cơ cấu hiệu chuẩn.

A.3 Độ phân giải

Độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn có liên quan đến độ phân giải tương đối, u_r thu được từ phân bố chữ nhật:

$$u_r = \frac{\alpha_{\text{resolution}}}{2\sqrt{3}} \quad (\text{A.5})$$

trong đó: $\alpha_{\text{resolution}}$ là độ phân giải tương đối của máy đo độ giãn.

A.4 Độ lặp lại

Độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn có liên quan đến độ lặp lại, u_b là sai lệch tương đối tiêu chuẩn của giá trị sai số trung bình được đánh giá:

$$u_b = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (q_i - \bar{q})^2} \quad (\text{A.6})$$

Trong đó:

- n là số lượng các số đọc;
- q_i là sai số của độ lệch đo được (%);
- \bar{q} là sai số trung bình của độ lệch đo được (%).

A.5 Sai số trung bình tương đối của hệ thống máy đo độ giãn

Độ không đảm bảo đo của sai số trung bình tương đối của hệ thống máy đo độ giãn, u_q được đo bởi:

$$u_q = \sqrt{u_r^2 + u_b^2 + u_{\text{std}}^2} \\ = \sqrt{u_r^2 + u_b^2 + u_{\text{cal}}^2 + u_A^2 + u_B^2 + u_D^2} \quad (\text{A.7})$$

A.6 Độ không đảm bảo đo mở rộng

Một khi tất cả các độ không đảm bảo đo mở rộng tiêu chuẩn có liên quan đã được cho phép (bao gồm cả các đóng góp khác đã nêu trên), độ không đảm bảo đo liên hợp, u_q được nhân với hệ số quét k để đo độ không đảm bảo đo mở rộng, u . Nên sử dụng giá trị $k=2$, mặc dù cũng có thể tính toán k từ số bậc tự do hiệu dụng dựa trên các nguyên tắc được đặt ra trong ISO/IEC Guide 98-3^[11] (xem E.4.2, E.4.3 và G.4.2). Vì thế, U được cho bởi:

$$U = k \cdot u_q \quad (\text{A.8})$$

Trong đó:

- k là hệ số quét;
- u_q là độ không đảm bảo đo liên hợp.

Sai số trung bình tương đối được đánh giá, E có thể nằm trong phạm vi

$$E = q \pm U$$

A.7 Các giá trị đặc trưng của độ không đảm bảo đo

Trước đây, độ không đảm bảo đo được tính đến cho mục đích phân loại. Tuy nhiên, nên tính toán và tính đến độ không đảm bảo đo. Yêu cầu này có thể ảnh hưởng đến sự phân loại của hệ thống máy đo độ giãn hiện có bởi vì các giá trị lớn nhất cho phép vẫn chưa được sửa đổi.

Để tính đến độ không đảm bảo đo, phải sử dụng trong thực tế các chuẩn (tiêu chí) quy định mới với các giá trị cho phép của độ không đảm bảo đo đã chỉ ra trong Bảng A.1. Như vậy, vẫn có thể áp dụng toàn bộ phạm vi sai số lớn nhất cho phép của độ lệch.

Bảng A.1 - Các giá trị đặc trưng lớn nhất của độ không đảm bảo đo dùng cho hệ thống máy đo độ giãn

Cấp của hệ thống máy đo độ giãn	Độ không đảm bảo đo đặc trưng lớn nhất ^a	
	Giá trị tương đối, U %	Giá trị tuyệt đối, U µm
0,2	0,12	0,3
0,5	0,3	0,8
1	0,6	1,7
2	1,2	3,3

^a Lấy giá trị lớn hơn

A.8 Ví dụ về độ không đảm bảo đo dùng cho hệ thống máy đo độ giãn

Hiệu chuẩn một hệ thống máy đo độ giãn trong phạm vi 0,1 mm đến 10 mm (các Bảng A.2, A.3 và A.4):

Độ lệch (dịch chuyển) mở rộng của thiết bị hiệu chuẩn: 0,2µm cho ≤ 2 mm và 1,0µm cho > 2 mm.

Hệ số nhiệt độ của cơ cấu hiệu chuẩn: $\alpha = 1 \times 10^{-6}$ 1/K

Nhiệt độ hiệu chuẩn: 25 °C

Nhiệt độ hiệu chuẩn từ cơ cấu hiệu chuẩn: 20 °C

Độ ổn định trong thời gian dài của cơ cấu hiệu chuẩn: $\alpha_{\text{sensitivity}} = 4 \times 10^{-4}$

Độ phân giải của hệ thống máy đo độ giãn: $\alpha_{\text{resolution}} = 0,0001$ mm

Giá trị danh nghĩa của chiều dài cỡ của máy đo độ giãn: $L_e = 20$ mm

Giá trị đo được của chiều dài cỡ của máy đo độ giãn: $L_e' = 20,06$ mm

Số lượng các hành trình hiệu chuẩn = 2

Như vậy có thể tính toán giá trị như sau:

$$\alpha_{\text{temp}} = 5K$$

TCVN 10601:2014

$\alpha. \alpha_{temp} = 5 \times 10^{-6}$

Sai số tương đối của chiều dài cỡ $q_{Le} = 0,3 \%$.

Bảng A.2 - Các kết quả hiệu chuẩn của hệ thống máy đo độ giãn trên phạm vi 0,1 mm đến 10 mm

Giá trị viện dẫn	Giá trị đo được hành trình thứ 1	Sai số tương đối của độ lệch của hành trình thứ 2	Giá trị đo được của hành trình thứ 2	Sai số tương đối của độ lệch của hành trình thứ 2	Giá trị trung bình của các giá trị đo được	Giá trị trung bình của độ lệch tương đối	Giá trị trung bình của độ lệch tuyệt đối	Độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn của độ phân giải u_r acc (A5)	Độ không đảm bảo đo tương đối tiêu chuẩn của độ lặp lại u_b acc (A6)
mm	mm	%	mm	%	mm	%	μm	%	%
0,1	0,0996	-0,40	0,1002	0,20	0,0999	-0,10	-0,10	0,03	0,300
0,2	0,1994	-0,30	0,2004	0,20	0,1999	-0,05	-0,10	0,01	0,250
0,4	0,3996	-0,10	0,4014	0,35	0,4005	0,12	0,50	0,01	0,255
0,7	0,6988	-0,17	0,7013	0,19	0,7001	0,01	0,05	0,00	0,179
1	0,9979	-0,21	1,0017	0,17	0,9998	-0,02	-0,20	0,00	0,190
2	2,0011	0,06	2,0080	0,40	2,0046	0,23	4,55	0,00	0,172
4	4,0087	0,22	4,0219	0,55	4,0153	0,38	15,30	0,00	0,165
7	7,0420	0,60	7,0638	0,91	7,0529	0,76	52,90	0,00	0,156
10	10,0646	0,65	10,0958	0,96	10,0802	0,80	80,20	0,00	0,156

Bảng A.3 - Tính toán độ không đảm bảo đo cho chuyển vị 0,1 mm của hệ thống máy đo độ giãn

Đại lượng	Các nguồn không đảm bảo đo	Giá trị đóng góp của độ không đảm bảo đo	Phân bố theo xác suất	Số chia	Độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn u	Hệ số độ nhạy [11]	Đóng góp của độ không đảm bảo đo tương đối
u_{cal}	Đo	0,1 μm	Chuẩn	1	0,1 μm	0,01/ μm	1,00E-03
u_A	Nhiệt độ	5,00E-06	Chữ nhật	$\sqrt{3}$	2,89E-06	1	2,89E-06
u_B	Dịch chuyển của độ nhạy	4,00E-04	Chữ nhật	$\sqrt{3}$	2,31E-04	1	2,31E-04
u_D	Điều chỉnh đường cong	0	Một điểm	1	0	1	0,00E+00
u_r	Độ phân giải	0,1 μm	Chữ nhật	$\sqrt{12}$	0,029 μm	0,01/ μm	2,89E-04
u_b	Độ lặp lại	3E-03	Chuẩn	1	3,00E-03	1	3,00E-03
Độ không đảm bảo đo tương đối liên hợp					3,18E-03		
Độ không đảm bảo đo tương đối mở rộng					6,36E-03		

Bảng A.4 - Kết quả của độ không đảm bảo đo mở rộng dùng cho hệ thống máy đo độ giãn

Giá trị danh nghĩa mm	Độ lệch (dịch chuyên) tương đối %	Độ không đảm bảo đo tương đối %	Độ lệch (dịch chuyên) tuyệt đối μm	Độ không đảm bảo đo tuyệt đối μm
0,1	-0,10	0,64	-0,1	0,6
0,2	-0,05	0,51	-0,1	1,0
0,4	0,12	0,46	0,5	1,8
0,7	0,01	0,36	0,1	2,5
1	-0,02	0,38	-0,2	3,8
2	0,23	0,35	4,6	7,0
4	0,38	0,33	15	13
7	0,76	0,32	53	22
10	0,80	0,32	80	32

Phụ lục B

(Tham khảo)

Hiệu chuẩn cơ cấu hiệu chuẩn

B.1 Quy trình

Trước khi hiệu chuẩn, nên cho cơ cấu hiệu chuẩn vận hành ít nhất là hai lần trên toàn bộ phạm vi hiệu chuẩn. Sau đó, cơ cấu hiệu chuẩn nên được vận hành để tạo ra một loạt các độ giãn danh nghĩa trên phạm vi hiệu chuẩn yêu cầu, với một độ giãn danh nghĩa gần với giá trị 0,33 mm (sự chuyển tiếp từ các chuẩn đặc tính tuyệt đối sang các chuẩn đặc tính tương đối). Nếu giá trị này nằm trong phạm vi. Nên thực hiện phép đo mỗi độ giãn được tạo ra bởi phòng thử nghiệm hiệu chuẩn khi sử dụng thiết bị theo hệ SI với độ không đảm bảo đo đã biết. Nếu có thể, không nên điều chỉnh cơ cấu hiệu chuẩn trước khi thực hiện loạt các phép đo này và nếu tiến hành bất cứ sự điều chỉnh nào sau đó thì nên bắt đầu lại quy trình hiệu chuẩn. Nên lặp lại quá trình đo ít nhất là hai lần để đưa ra ít nhất là ba loạt kết quả.

B.2 Kết quả và tính toán độ không đảm bảo đo

Trong mỗi loạt và tại mỗi độ giãn danh nghĩa, nên tính toán độ chênh lệch giữa giá trị do cơ cấu hiệu chuẩn chỉ thị và độ giãn đo được bởi phòng thử nghiệm hiệu chuẩn. Sau đó nên xác định độ chênh lệch trung bình tại mỗi độ giãn danh nghĩa.

Nên tính toán một giá trị độ không đảm bảo đo mở rộng tại mỗi độ giãn danh nghĩa. Các bước tính toán giá trị này như sau:

- 1) Xác định sai lệch chuẩn của các độ chênh lệch thu được trong toàn bộ loạt các phép đo ở độ giãn danh nghĩa. Giá trị này là giá trị đánh giá độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn gắn liền với độ lặp lại của cơ cấu hiệu chuẩn.
- 2) Xác định độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn kết hợp với đo độ giãn của phòng thử nghiệm hiệu chuẩn ở độ giãn danh nghĩa.
- 3) Nếu kết cấu của cơ cấu hiệu chuẩn không cho phép chỉnh đặt được độ giãn danh nghĩa nhưng thay vào đó có thể hiển thị độ giãn tác dụng vào máy (ví dụ, sử dụng một bộ căn mẫu), cần xác định thành phần độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn có liên quan đến độ phân giải được dùng để đọc độ giãn này. Thành phần độ không đảm bảo đo này bằng $r/\sqrt{6}$ (trong đó r bằng độ phân giải của giá trị được hiển thị).
- 4) Tổ hợp các thành phần độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn được xác định trong các bước 1,2 và 3 (nếu thích hợp) trong phép cầu phương (nghĩa là lấy căn bậc hai của tổng các bình phương của chúng) và nhân kết quả với hệ số quét $k = 2$.

5) Thực hiện phương pháp điều chỉnh theo bình phương tối thiểu (có thứ tự thích hợp) của độ lệch trung bình đối với độ giãn.

6) Bổ sung kết quả từ bước 4 vào độ lớn tuyệt đối của sai lệch giữa độ chênh lệch trung bình và giá trị được xác định từ phương pháp điều chỉnh. Đây là đóng góp bổ sung của độ không đảm bảo đo gắn liền với chất lượng điều chỉnh, do tính hệ thống của nó, không được tính tổng số trong phép cầu phương với các thành phần khác.

Như vậy, giá trị thu được là độ không đảm bảo đo mở rộng gắn liền với sử dụng giá trị điều chỉnh để đánh giá độ chênh lệch kỳ vọng tại độ giãn danh nghĩa này. 95% các độ chênh lệch đo được nên nằm trong phạm vi của giá trị điều chỉnh \pm độ không đảm bảo đo mở rộng này.

Phương pháp tiếp cận này chỉ có hiệu lực khi thực hiện các phép đo với đủ số lượng độ giãn để tránh các dữ liệu được điều chỉnh quá mức và có thể sử dụng $k = 2$ như đã quy định. Khi chỉ có thể đo được một số lượng nhỏ các độ giãn hoặc khi chỉ có sự tương quan hạn chế giữa độ giãn danh nghĩa và các độ chênh lệch đo được thì nên sử dụng phương pháp khác để xác định độ không đảm bảo với các bước từ 1 đến 4 nêu trên, bỏ qua các bước 5 và 6, nhưng tính toán hệ số quét k được yêu cầu trong bước 4 dựa trên các bậc tự do hiệu dụng (ví dụ như, nếu chỉ thực hiện ba loạt phép đo và độ lặp lại chỉ là thành phần độ không đảm bảo đo có giá trị thì cần có giá trị $k = 4,53$).

B.3 Phân loại

Tại mỗi độ giãn danh nghĩa, độ lớn tuyệt đối của độ chênh lệch được đánh giá thu được từ phương pháp điều chỉnh theo bình phương tối thiểu (hoặc đối với phương pháp khác xác định độ không ổn định, độ lớn tuyệt đối của độ chênh lệch trung bình giữa các độ giãn đo được bằng cơ cấu hiệu chuẩn và thiết bị của phòng thử nghiệm) được bổ sung thêm vào giá trị độ không đảm bảo đo mở rộng được xác định trong Điều B.2; tổng của hai giá trị này, được gọi là "độ lệch mở rộng" không nên vượt quá giá trị được cho trong Bảng B.2 để cơ cấu hiệu chuẩn dùng để hiệu chuẩn các hệ thống máy đo độ giãn được phân loại theo cấp quy định.

Bảng B.1 - Chuẩn (tiêu chí) của độ lệch mở rộng của cơ cấu hiệu chuẩn

Cấp của hệ thống máy đo độ giãn	Độ lệch mở rộng của cơ cấu hiệu chuẩn ^a	
	Giá trị tương đối, %	Giá trị tuyệt đối, μm
0,2	$\pm 0,08$	$\pm 0,27$
0,5	$\pm 0,20$	$\pm 0,67$
1	$\pm 0,40$	$\pm 1,3$
2	$\pm 0,80$	$\pm 2,7$

^a Lấy giá trị lớn hơn. Các giá trị của độ lệch mở rộng bao gồm cả một thành phần của độ không đảm bảo đo không được đưa vào trong ấn phẩm trước đây của tiêu chuẩn này.

B.4 Chu kỳ hiệu chuẩn

Chu kỳ hiệu chuẩn đối với cơ cấu hiệu chuẩn không nên vượt quá 26 tháng.

Phụ lục C

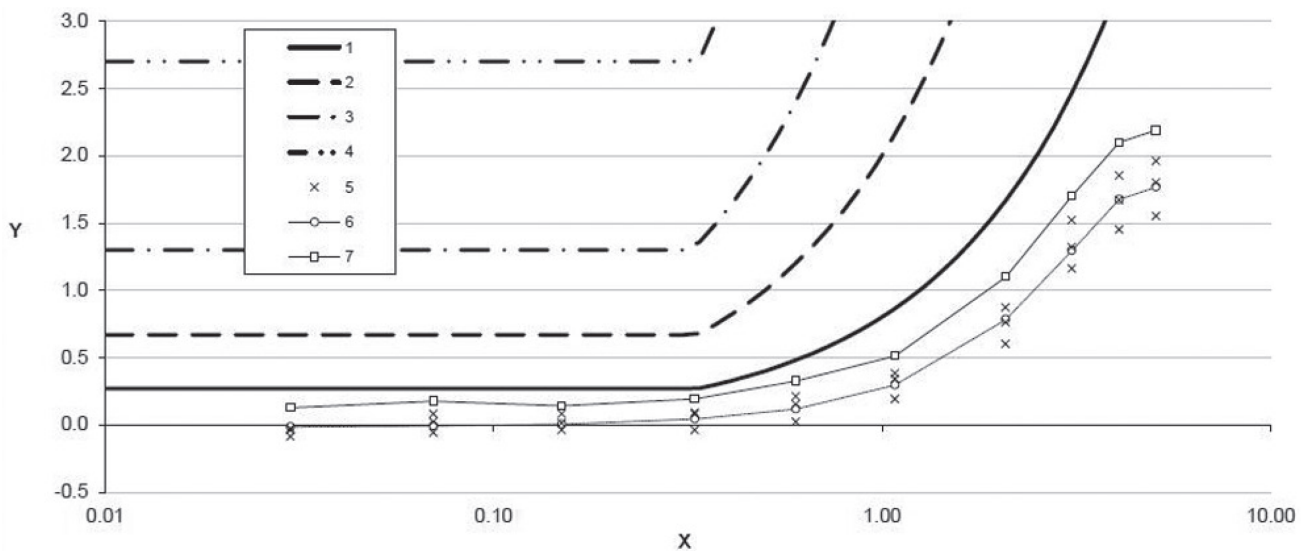
(Tham khảo)

Ví dụ về báo cáo hiệu chuẩn của cơ cấu hiệu chuẩn

C.1 Quy định chung

Phụ lục này bao gồm hai ví dụ về cách trình bày các kết quả hiệu chuẩn của cơ cấu hiệu chuẩn. Hình C.1 đưa ra các dữ liệu dùng làm ví dụ và một đồ thị có liên quan về hiệu chuẩn trong đó đã sử dụng phương pháp độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn. Hình C.2 đưa ra các dữ liệu dùng làm ví dụ và một đồ thị có liên quan về hiệu chuẩn trong đó đã sử dụng phương pháp khác để xác định độ không đảm bảo đo đã được chấp nhận.

Độ giãn đanh nghĩa	Độ lệch mờ rộng giới hạn phân loại μm				Độ chênh lệch của các số đọc μm				Sai lệch chuẩn	Tiêu chuẩn độ không đảm bảo của độ giãn	Độ không đảm bảo đo liên hợp của độ giãn chuẩn	Lượng điều chỉnh μm	Sai số điều chỉnh μm	Độ không đảm bảo đo mờ rộng μm	Độ lệch mờ rộng μm	Phân loại
	cấp 0,2	cấp 0,5	cấp 1	cấp 2	Hành trình 1	Hành trình 2	Hành trình 3	Trung bình								
0,03	0,27	0,67	1,30	2,70	-0,04	-0,09	-0,03	-0,05	32	16	36	-0,01	0,04	0,11	0,13	cấp 0,2
0,07	0,27	0,67	1,30	2,70	-0,06	0,02	0,08	0,01	70	16	72	-0,01	-0,02	0,17	0,18	cấp 0,2
0,15	0,27	0,67	1,30	2,70	-0,04	0,08	0,01	0,02	60	16	62	0,00	-0,01	0,14	0,14	cấp 0,2
0,33	0,27	0,67	1,32	2,70	-0,04	0,08	0,09	0,04	72	17	74	0,04	0,00	0,15	0,19	cấp 0,2
0,60	0,48	1,20	2,40	4,80	0,02	0,21	0,15	0,13	97	17	99	0,12	-0,01	0,21	0,32	cấp 0,2
1,08	0,86	2,16	4,32	8,64	0,19	0,38	0,34	0,30	100	28	104	0,30	-0,01	0,22	0,51	cấp 0,2
2,08	1,66	4,16	8,32	16,64	0,60	0,87	0,76	0,74	136	30	139	0,78	0,04	0,32	1,10	cấp 0,2
3,08	2,46	6,16	12,32	24,64	1,16	1,52	1,32	1,33	180	31	183	1,29	-0,04	0,41	1,70	cấp 0,2
4,08	3,26	8,16	16,32	32,64	1,45	1,85	1,67	1,66	200	33	203	1,67	0,02	0,42	2,10	cấp 0,2
5,08	4,06	10,16	20,32	40,64	1,55	1,96	1,80	1,77	207	35	210	1,77	0,00	0,42	2,19	cấp 0,2



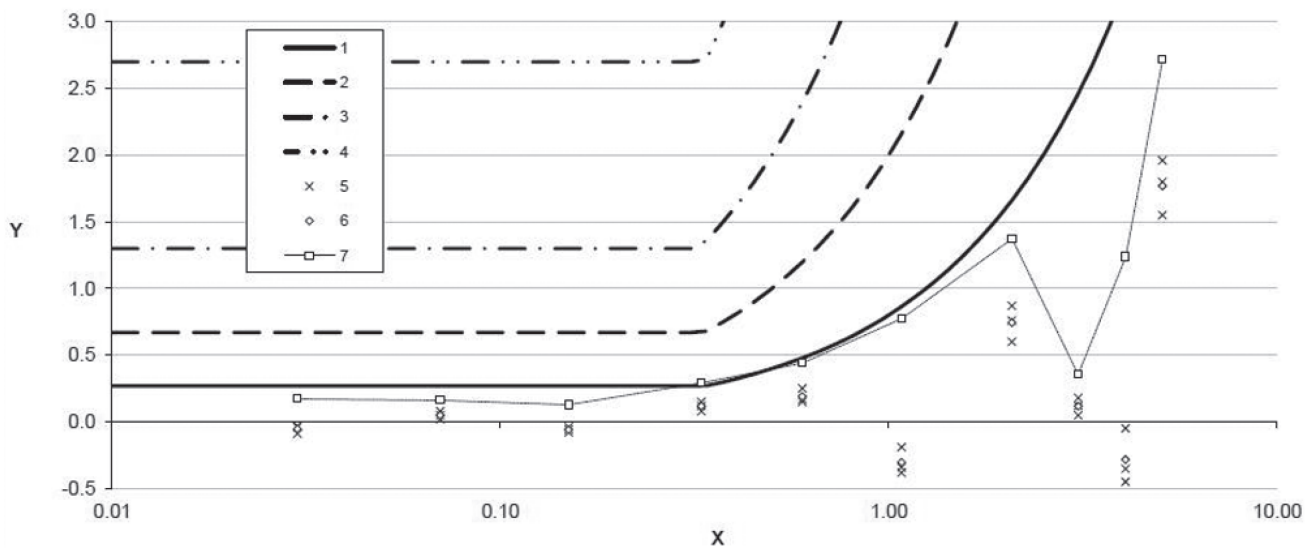
CHÚ DẪN:

- | | | | |
|---|--------------------|---|------------------|
| X | độ giãn (mm) | 4 | cấp 2 |
| Y | độ chênh lệch (μm) | 5 | các số đọc |
| 1 | cấp 0,2 | 6 | đường điều chỉnh |
| 2 | cấp 0,5 | 7 | độ lệch mờ rộng |
| 3 | cấp 1 | | |

Hình C.1 - Ví dụ về các kết quả phân tích khi sử dụng phương pháp độ không đảm bảo đo tiêu chuẩn

TCVN 10601:2014

Độ giãn danh nghĩa	Độ lệch mờ rộng giới hạn phân loại μm				Độ chênh lệch của các số đọc μm				Sai lệch chuẩn	Tiêu chuẩn độ không đảm bảo của độ giãn	Độ không đảm bảo đo liên hợp tiêu chuẩn	v (eff)	k	Độ không đảm bảo đo mờ rộng	Độ lệch mờ rộng	Phân loại
	cấp 0,2	cấp 0,5	cấp 1	cấp 2	Hành trình 1	Hành trình 2	Hành trình 3	Trung bình								
0,03	0,27	0,67	1,30	2,70	-0,04	-0,09	-0,03	-0,05	32	16	36	3,1	3,31	0,12	0,17	cấp 0,2
0,07	0,27	0,67	1,30	2,70	0,05	0,02	0,08	0,05	30	16	34	3,3	3,31	0,11	0,16	cấp 0,2
0,15	0,27	0,67	1,30	2,70	-0,04	-0,08	-0,06	-0,06	20	16	26	5,5	2,65	0,07	0,13	cấp 0,2
0,33	0,27	0,67	1,32	2,70	0,12	0,08	0,15	0,12	35	17	39	3,0	4,53	0,18	0,29	cấp 0,5
0,60	0,48	1,20	2,40	4,80	0,17	0,25	0,15	0,19	53	17	56	2,4	4,53	0,25	0,44	cấp 0,2
1,08	0,86	2,16	4,32	8,64	-0,19	-0,38	-0,34	-0,30	100	28	104	2,3	4,53	0,47	0,77	cấp 0,2
2,08	1,66	4,16	8,32	16,64	0,60	0,87	0,76	0,74	136	30	139	2,2	4,53	0,63	1,37	cấp 0,2
3,08	2,46	6,16	12,32	24,64	0,05	0,12	0,18	0,12	65	31	72	3,0	3,31	0,24	0,36	cấp 0,2
4,08	3,26	8,16	16,32	32,64	-0,45	-0,35	-0,05	-0,28	208	33	211	2,1	4,53	0,95	1,24	cấp 0,2
5,08	4,06	10,16	20,32	40,64	1,55	1,96	1,80	1,77	207	35	210	2,1	4,53	0,95	2,72	cấp 0,2



CHÚ DẪN:

- | | | | |
|---|--------------------|---|------------------|
| X | độ giãn (mm) | 4 | cấp 2 |
| Y | độ chênh lệch (μm) | 5 | các số đọc |
| 1 | cấp 0,2 | 6 | đường điều chỉnh |
| 2 | cấp 0,5 | 7 | độ lệch mờ rộng |
| 3 | cấp 1 | | |

Hình C.2 - Ví dụ về các kết quả phân tích khi sử dụng phương pháp độ không đảm bảo đo khác

Phụ lục D

(Tham khảo)

Ví dụ về kết cấu của hệ thống máy đo độ giãn

D.1 Quy định chung

Các hệ thống máy đo độ giãn có thể được phân loại như sau:

- Kiểu A Máy đo độ giãn được đặt trên mẫu thử không có điểm tham chiếu (chuẩn) trên cơ cấu hiệu chuẩn.
- Kiểu B Máy đo độ giãn được đặt trên mẫu thử có một điểm tham chiếu (chuẩn) cố định trên cơ cấu hiệu chuẩn.
- Kiểu C Máy đo độ giãn được đặt trên mẫu thử có một điểm tham chiếu (chuẩn) di động trên cơ cấu hiệu chuẩn.
- Kiểu D Tổ hợp của các hệ thống máy đo độ giãn.
- Kiểu E Máy đo độ giãn dùng để đo hành trình của con trượt của pittong - khoảng cháy. Cơ cấu hiệu chuẩn của máy được đánh giá.
- Kiểu F Máy đo độ giãn trên các tấm ép (nén) để đo chuyển động tương đối giữa tấm trên và tấm dưới. Biến dạng của máy được đánh giá.

D.2 Máy đo độ giãn kiểu A

D.2.1 Mô tả

Các máy đo độ giãn kiểu A được kẹp chặt trên mẫu thử và được đỡ bởi mẫu thử. Không có điểm tham chiếu (chuẩn) trên khung chất tải của cơ cấu hiệu chuẩn. Các Hình D.1 đến D.3 giới thiệu các kết cấu khác nhau của kiểu này.

Máy đo độ giãn có thể được định vị trên hệ thống đo ở một bên hoặc hai bên. Chuyển vị có thể đọc được như các giá trị riêng biệt hoặc như một giá trị trung bình. Các Hình D.1 đến D.3 chỉ giới thiệu các hệ thống có máy đo độ giãn được định vị ở một bên.

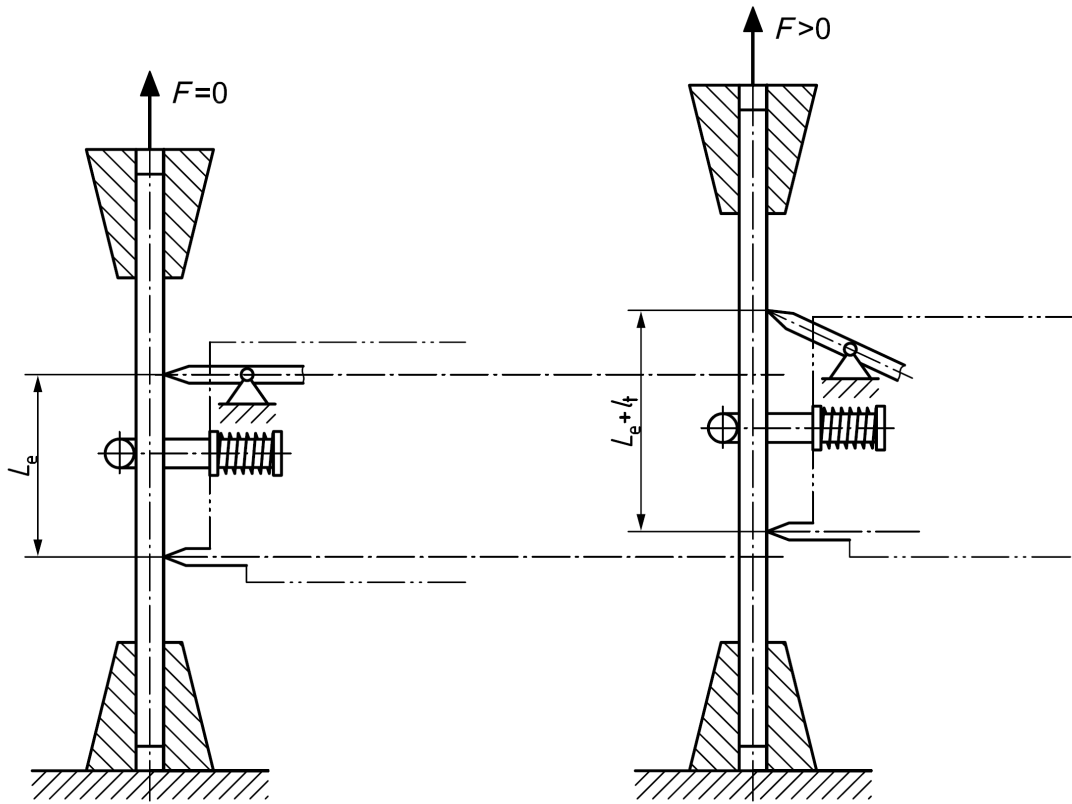
D.2.2 Quy trình hiệu chuẩn

Các điểm tiếp xúc (tiếp điểm) di động và cố định của máy đo độ giãn được đặt trên các phần tử di động và cố định của thiết bị hiệu chuẩn (theo nguyên tắc "mẫu chia"). Nếu máy đo độ giãn có hai điểm tiếp xúc di động thì điểm tiếp xúc thứ hai được đặt trên bộ phận cố định của thiết bị hiệu chuẩn.

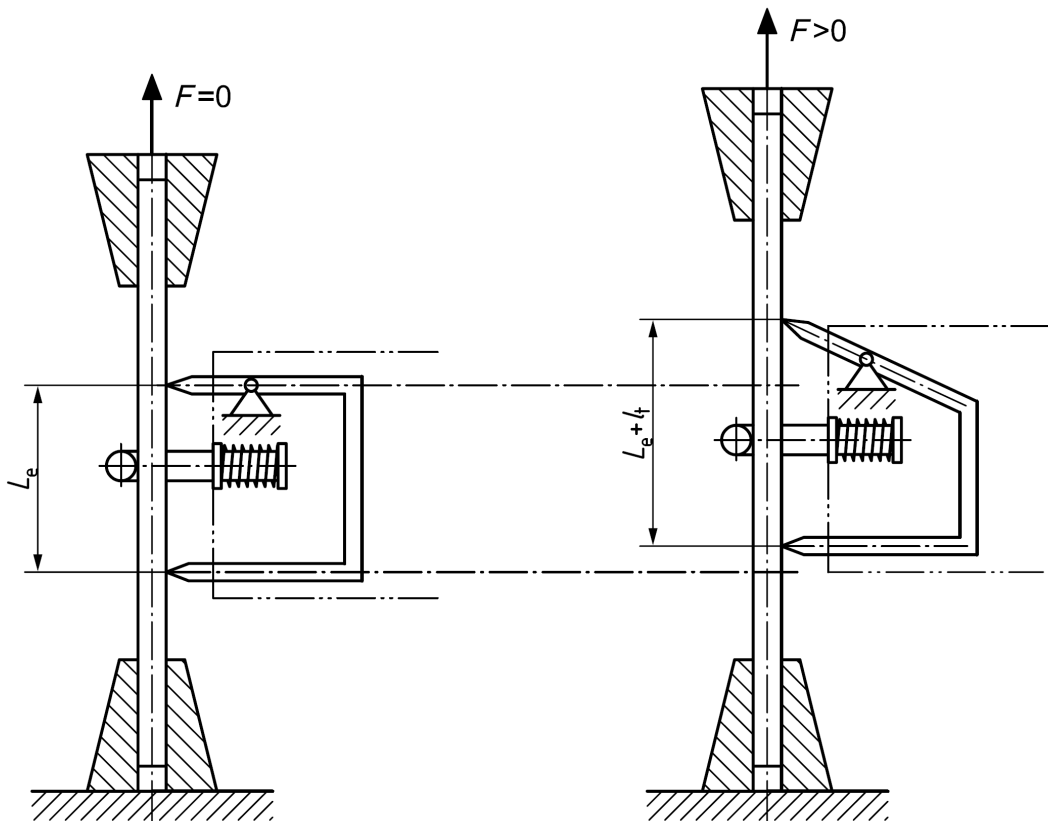
Phạm vi hiệu chuẩn do thiết bị hiệu chuẩn chỉnh đặt theo một loạt có 10 mức, các chuyển vị được đặt và được đo cần được ghi lại từ thiết bị hiệu chuẩn và tín hiệu ra của hệ thống máy đo độ giãn.

D.2.3 Xác định chiều dài cỡ danh nghĩa của máy đo độ giãn, L_0

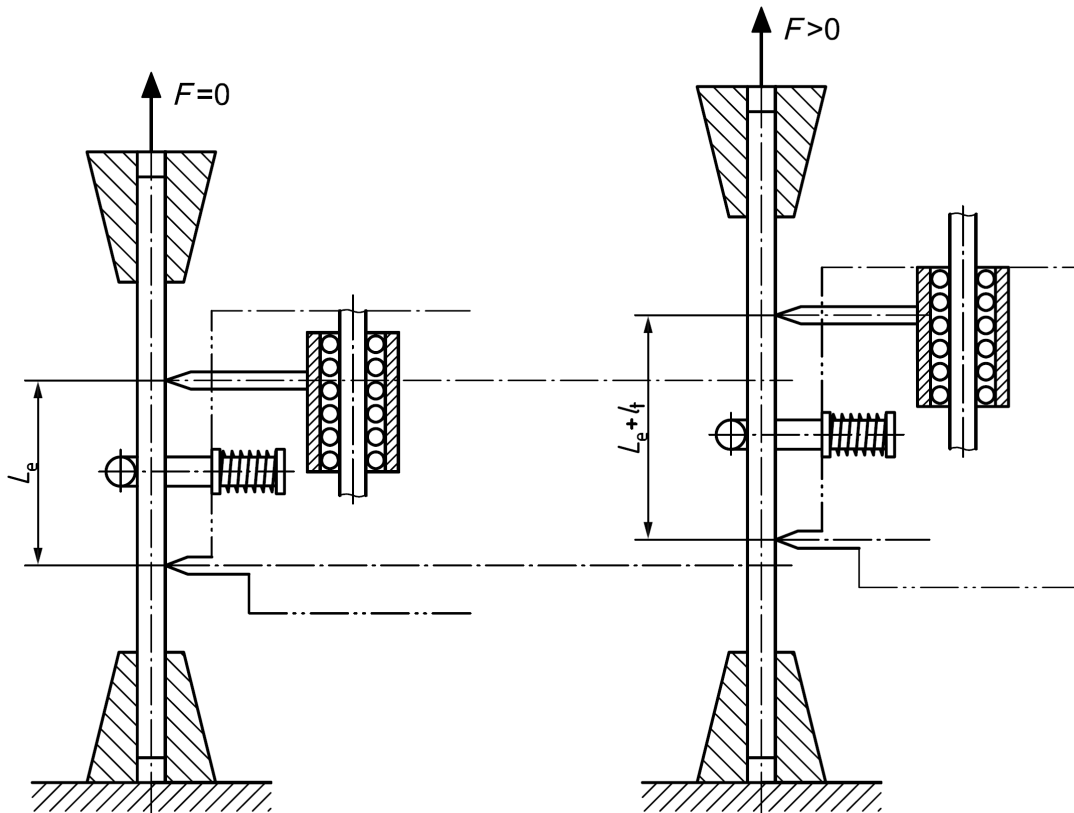
Chiều dài cỡ danh nghĩa của máy đo độ giãn, L_e được kiểm tra bằng calip đo trong được hiệu chuẩn.



Hình D.1 - Máy đo độ giãn có một điểm tiếp xúc dạng chót



Hình D.2 - Máy đo độ giãn có một điểm tiếp xúc uốn được



Hình D.3 - Máy đo độ giãn có một điểm tiếp xúc được dẫn hướng trong các ổ lăn

D.3 Máy đo độ giãn kiểu B

D.3.1 Mô tả

Các máy đo độ giãn kiểu B có hai điểm tiếp xúc di động hoặc các cảm biến quang học được lắp trên mẫu thử trong khi điểm tham chiếu (chuẩn) ở trên khung. Các cảm biến được điều chỉnh thẳng hàng với các vạch dấu để đo của mẫu thử và được dịch chuyển khi xảy ra độ giãn.

Các Hình D.4 và D.5 minh họa các kết cấu khác nhau của các máy đo độ giãn kiểu B.

Độ giãn dài là hiệu số các khoảng cách giữa các điểm tiếp xúc G và H gây ra bởi mẫu thử được chất tải. Vì mẫu thử được giữ tại một đầu bởi dụng cụ kẹp cố định và tại đầu kia bởi dụng cụ kẹp di động cho nên các độ giãn dài l_1 và l_2 bằng nhau. Thực hiện hai phép đo tuyệt đối hoặc một phép đo độ chênh lệch và l_1 được tính toán bằng hiệu số $l_2 - l_1$.

D.3.2 Quy trình hiệu chuẩn

D.3.2.1 Các giả thiết

Đối với một khoảng cách đã cho giữa các dụng cụ kẹp, S và một chiều dài cỡ danh nghĩa của máy đo độ giãn, L_e giả thiết rằng máy đo độ giãn được lắp ở khoảng cách như nhau giữa các dụng cụ kẹp của

TCVN 10601:2014

thiết bị hiệu chuẩn và biến dạng của mẫu thử là đồng đều thì tỷ số giữa các chuyển vị của các lưỡi dao trên và dưới của máy đo độ giãn nên được tính toán như sau:

$$\frac{l_2}{l_1} = \frac{S+l_e}{S-l_e} \quad (D.1)$$

D.3.2.2 Quy trình

Để kiểm tra riêng đặc tính của các lưỡi dao, đặt lưỡi dao được kiểm tra trên bộ phận di động của thiết bị hiệu chuẩn và lưỡi dao kia trên bộ phận cố định hoặc nếu kiểm tra một máy đo độ giãn quang học, trên các vạch dấu đó. Đối với một phạm vi kiểm tra đã cho, thực hiện loạt 10 phép đo riêng cho mỗi lưỡi dao. Sau đó, tính toán sai số tương đối độ lệch của máy đo độ giãn cho mỗi điểm đo bằng cách trừ đi chuyển vị của lưỡi dao dưới khỏi chuyển vị của lưỡi dao trên.

VÍ DỤ:

Phạm vi kiểm tra = 2 mm

Khoảng cách giữa các dụng cụ kẹp, $S = 150$ mm

Chiều dài cỡ danh nghĩa của máy đo độ giãn, $L_e = 80$ mm

$$\frac{l_2}{l_1} = \frac{150+80}{150-80} = \frac{3,29}{1} \approx \frac{3}{1}$$

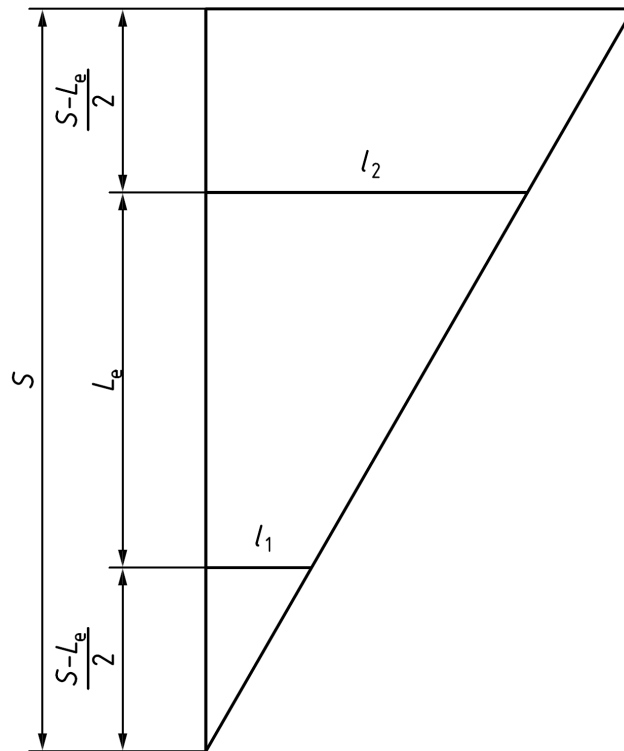
Nếu kiểm tra một máy đo độ giãn có hai bộ chuyển đổi đo (xem Hình D.5) nên thực hiện thêm một quy trình kiểm tra để kiểm xem cả hai bộ chuyển đổi có cùng một cấp chính xác hay không. Nên đặt cả hai lưỡi dao trên bộ phận di động của thiết bị hiệu chuẩn và thiết bị được sử dụng để thực hiện các chuyển vị riêng biệt. Nếu cả hai bộ chuyển đổi vận hành tốt như nhau thì khí cụ nên có số đọc không.

Có thể đơn giản hóa quy trình hiệu chuẩn bằng cách sử dụng thiết bị hiệu chuẩn có hai bộ phận di động trên đó có thể chỉnh đặt trước các tỷ số của các chuyển vị l_2/l_1 .

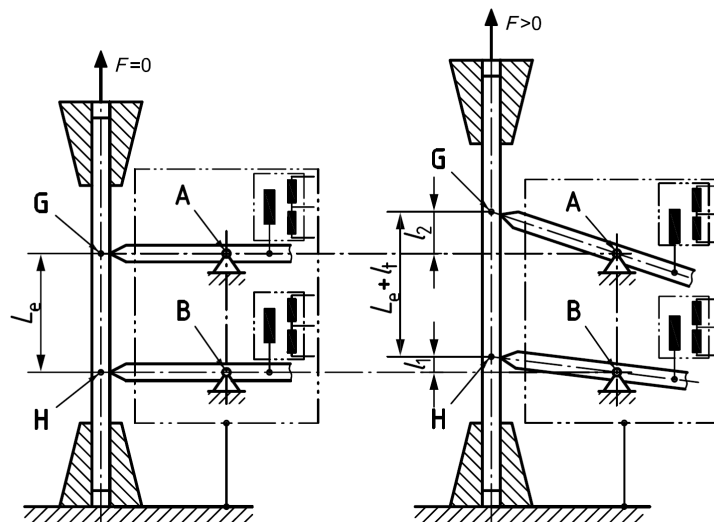
D.3.2.3 Xác định chiều dài cỡ danh nghĩa L_e

Có thể đo chiều dài cỡ danh nghĩa, L_e bằng cách đặt máy đo độ giãn trên một mẫu thử mềm (ví dụ, đồng hoặc bìa các tông) sao cho các lưỡi dao của máy đo độ giãn rời khỏi các vạch dấu của chúng. Khi máy đo độ giãn được tháo ra, nên đo khoảng cách giữa các vạch dấu.

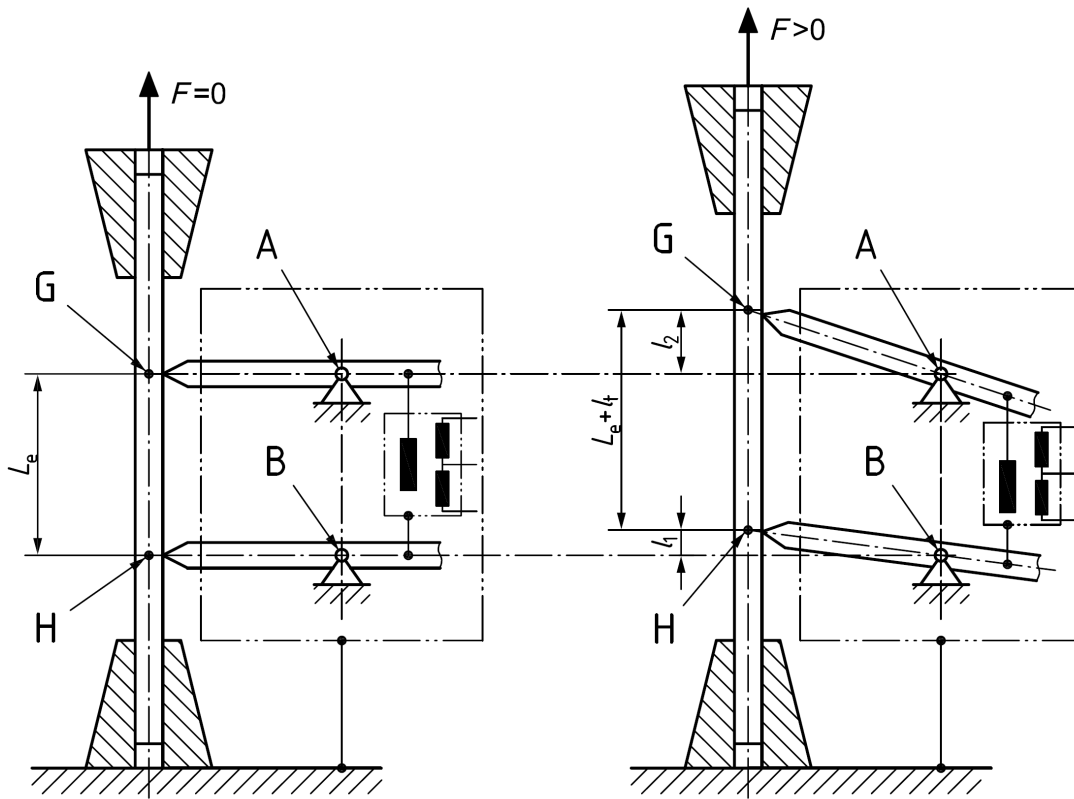
Nếu đo chiều dài cỡ trên một máy đo độ giãn quang học, nên dùng một bộ phận tạo ra các vạch dấu ở các khoảng cách mong muốn trên mẫu thử. Để kiểm tra L_e , có thể đo khoảng cách giữa các vạch dấu trên bản thân bộ phận này (ví dụ, bằng một panme).



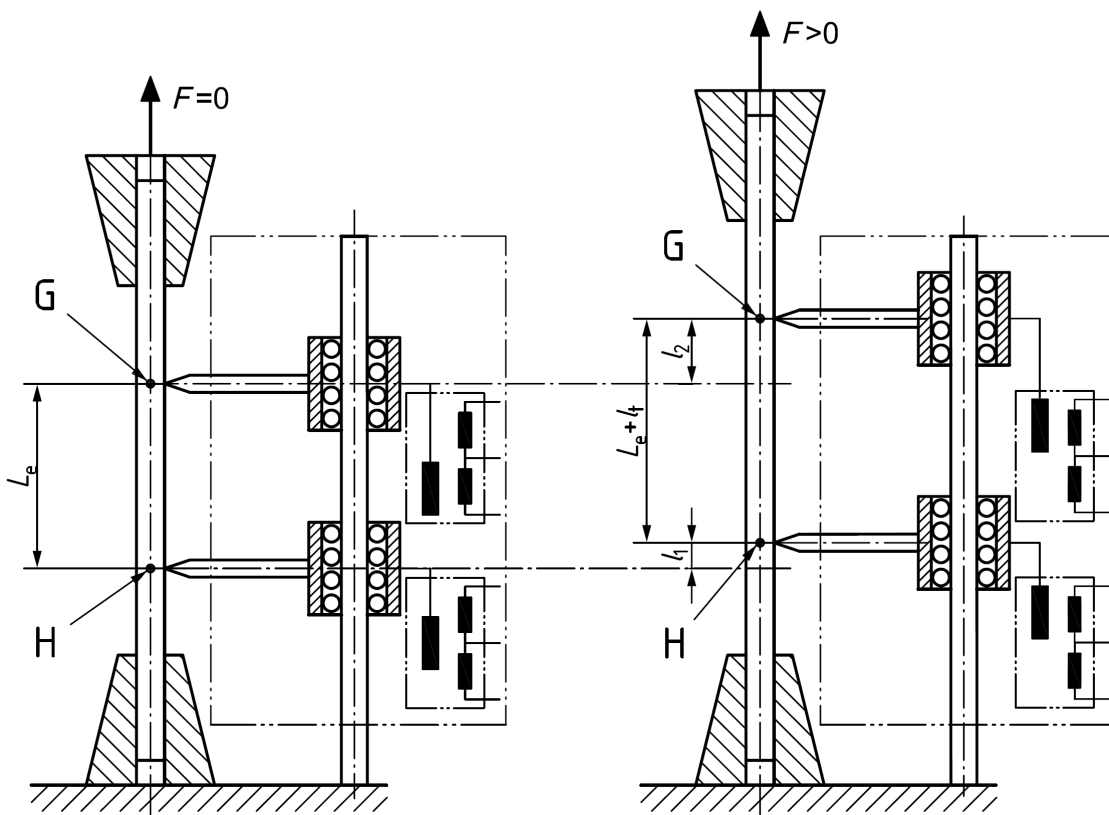
Hình D.4 - l_2 và l_1 , tỷ số, khoảng cách giữa các dụng cụ kẹp, S , và chiều dài cỡ danh nghĩa, L_e



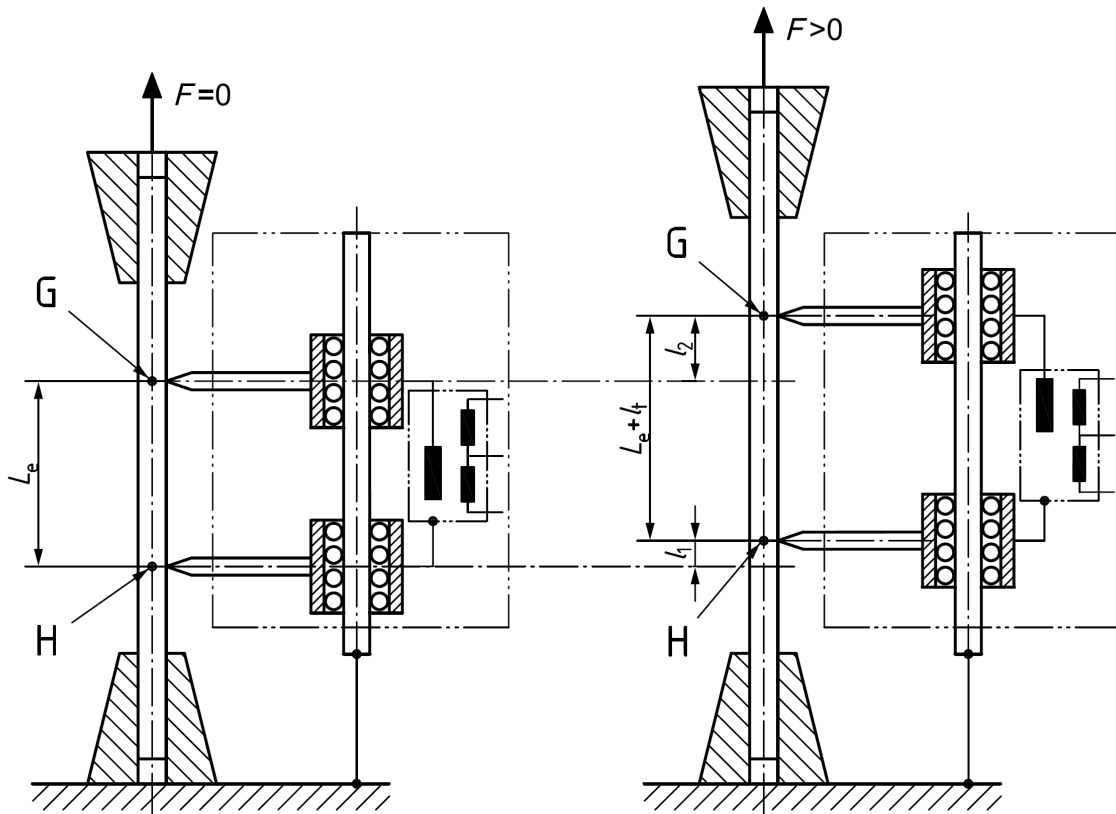
Hình D.5 - Máy đo độ giãn có hai lưỡi dao và hai bộ chuyển đổi lực không tính trung bình



Hình D.6 - Máy đo độ giãn có hai lưỡi dao và một bộ chuyển đổi lực vi sai



Hình D.7 - Máy đo độ giãn có hai lưỡi dao được dẫn hướng
và hai bộ chuyển đổi lực không tính trung bình



Hình D.8 - Máy đo độ giãn có hai lưỡi dao di động được dẫn hướng
và một bộ chuyển đổi lực vi sai

D.4 Máy đo độ giãn kiểu C

D.4.1 Mô tả

Các máy đo độ giãn kiểu C được trang bị hai lưỡi dao di động được dịch chuyển do độ giãn dài của mẫu thử. Khi ứng suất kéo tăng lên, các lưỡi dao di chuyển ra xa khỏi tâm của mẫu thử.

Di chuyển của các lưỡi dao có thể được dẫn hướng bởi một trục lăn hoặc một động cơ secvo được điều khiển bởi biến dạng hoặc hành trình của con trượt.

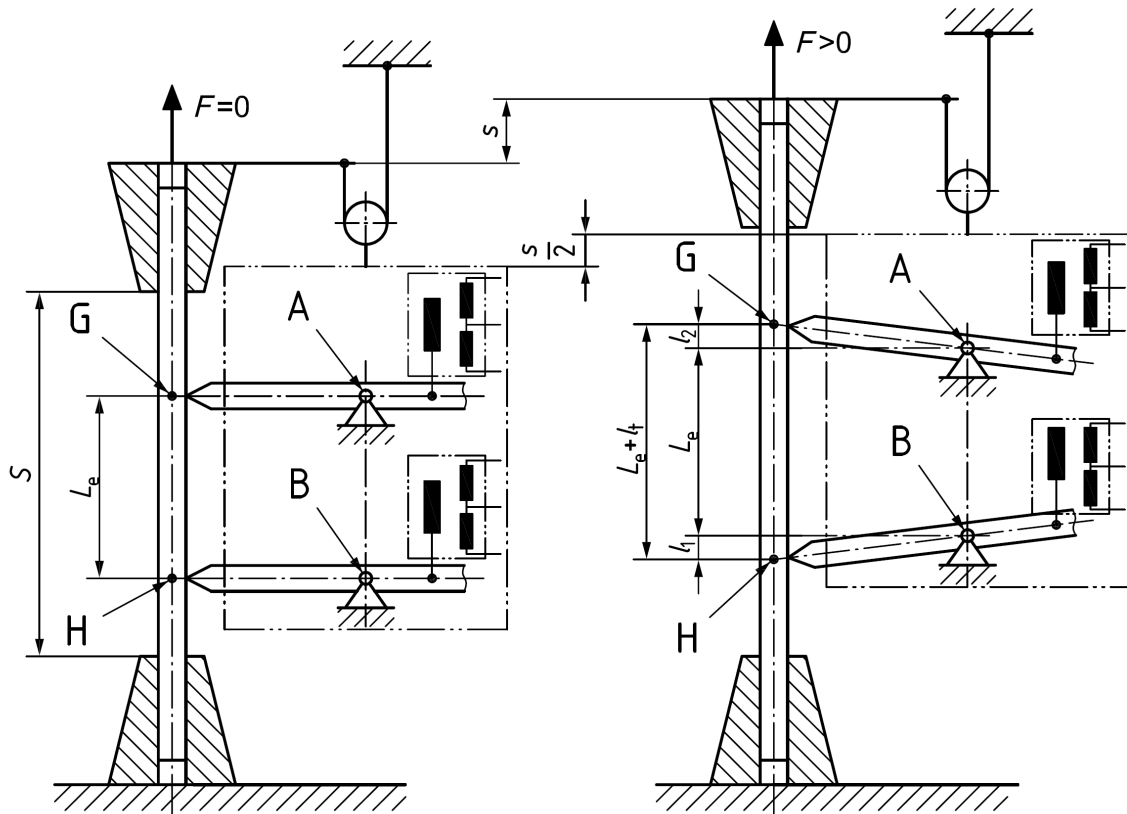
D.4.2 Quy trình hiệu chuẩn

Áp dụng nguyên lý cho máy đo độ giãn kiểu B. Nếu, chẳng hạn như chuyển động của các lưỡi dao được liên kết với một trục (con) lăn (xem Hình D.9) và chuyển vị (hành trình) của con trượt bằng s thì chuyển vị của lưỡi dao bằng $s/2$.

Nếu máy đo độ giãn đã được kẹp chặt ở một khoảng cách bằng nhau giữa các dụng cụ kẹp của thiết bị hiệu chuẩn thì l_1 bằng l_2 .

D.4.2.1 Xác định chiều dài cũ danh nghĩa của máy đo độ giãn

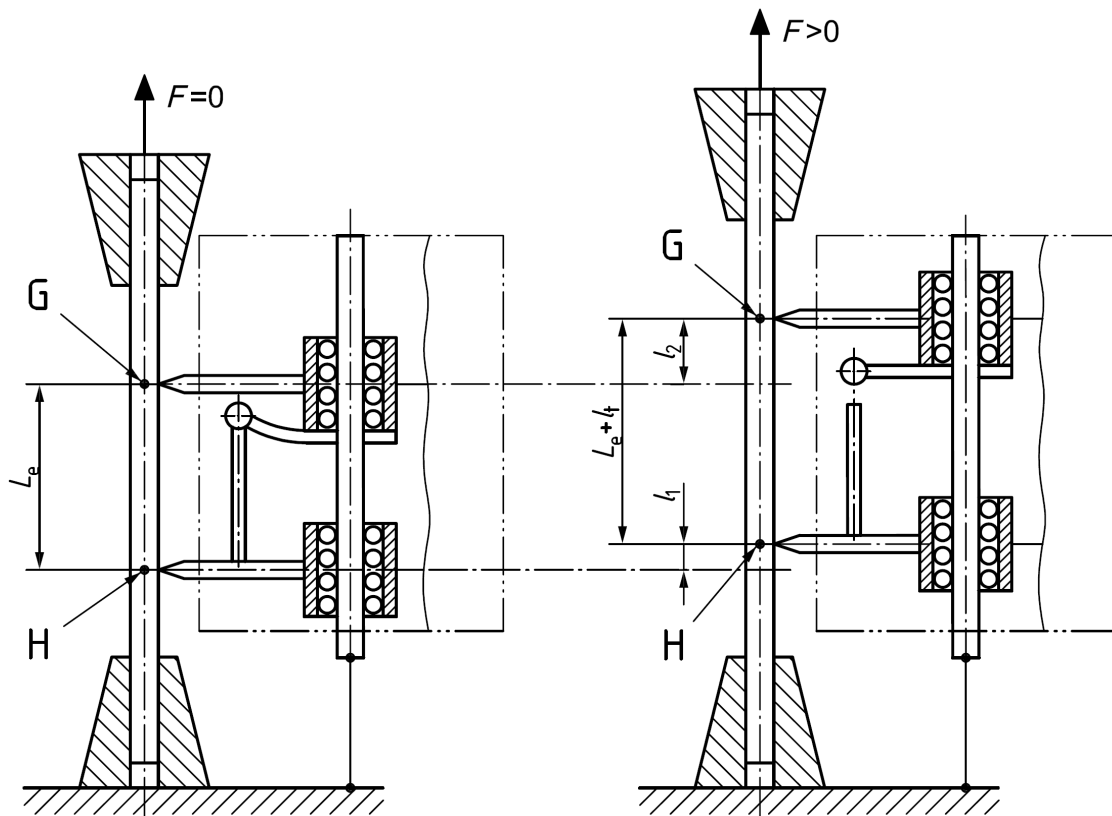
Xem D.3.2.3



Hình D.9 - Máy đo độ giãn có hai lưỡi dao
và một điểm tham chiếu (chuẩn) di động

D.5 Máy đo độ giãn kiểu D

Kiểu máy đo độ giãn này kết hợp một loạt các đặc tính do các hệ thống khác nhau cung cấp. Máy đo độ giãn được minh họa trên Hình D.10 được trang bị một lò xo lá để đo biến dạng cực nhỏ (ví biến dạng). Ngoài phép đo một mức biến dạng nhất định, bộ chuyển đổi đo chuyển vị được sử dụng cho các phép đo tính toán giá trị trung bình.



**Hình D.10 - Tổ hợp của các máy đo độ giãn kiểu A
(xem Hình D.2) và kiểu B (xem các Hình D.7 và D.8)**

Về các đặc tính liên quan đến nguyên lý thử và độ chính xác của chiều dài cỡ danh nghĩa của máy đo độ giãn, xem D.2.2 và D.2.3.

D.6 Máy đo độ giãn kiểu E

D.6.1 Mô tả

Các máy đo độ giãn kiểu E được sử dụng để đo hành trình pittong của các máy thử thủy lực hoặc hành trình của con trượt trong các máy thử cơ khí. Do vị trí của các bộ chuyển đổi, các phép đo biến dạng có thể bị sai lệch bởi biến dạng xuất hiện trong khung chất tải, bởi tác dụng của tải trọng hoặc bởi hệ thống đo lực.

D.6.2 Quy trình hiệu chuẩn

Thực hiện việc kiểm tra khi sử dụng một bộ chuyển đổi và các giá trị đo được lấy liên tục (ví dụ, bằng dụng cụ đo có mặt số) hoặc có cấp (ví dụ, bằng các căn mẫu).

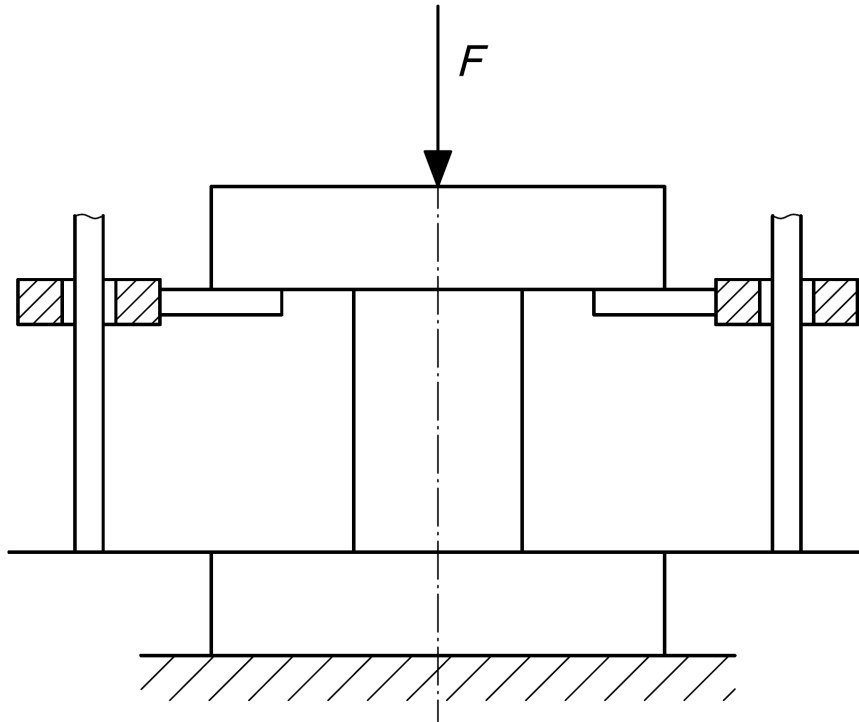
D.7 Máy đo độ giãn kiểu E

D.7.1 Mô tả

Các bộ chuyển đổi được kẹp chặt trên các tấm ép (nén) của bộ phận chất tải và được sử dụng để đo thay đổi xảy ra trong khoảng cách giữa các tấm ép. Mặc dù biến dạng của khung chất tải là không chắc chắn, các giá trị đo có thể được sửa đổi nếu các tấm ép bị uốn cong.

D.7.2 Quy trình hiệu chuẩn

Xem D.6.2



Hình D.11 - Bộ chuyển đổi được sử dụng cho các phép đo biến dạng giữa các tấm ép (nén)

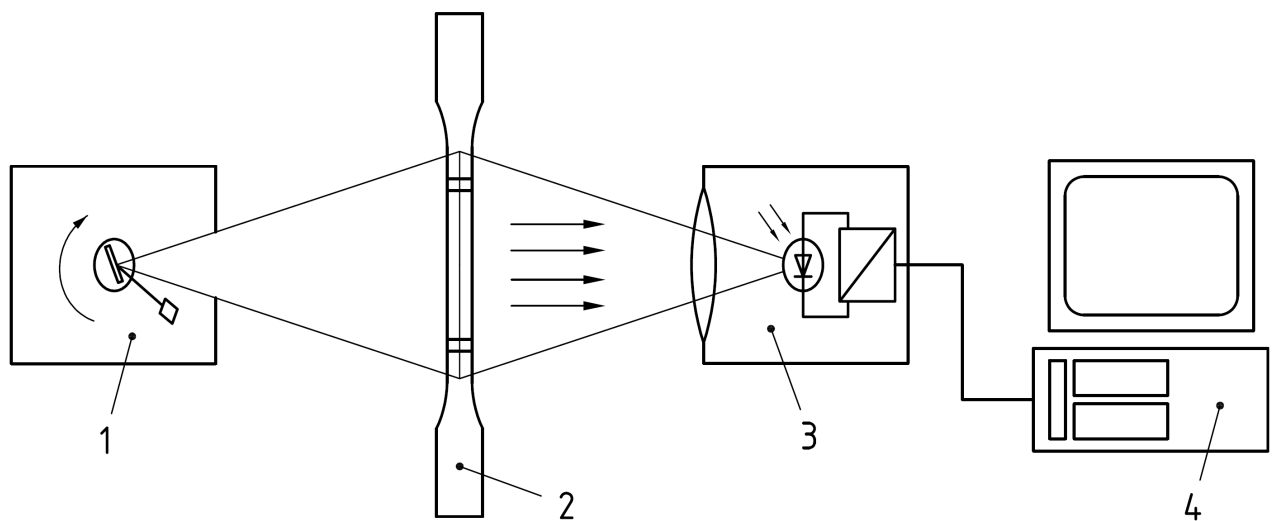
Phụ lục E

(Tham khảo)

Đo độ giãn bằng laser

E.1 Nguyên lý làm việc của máy đo độ giãn laser

Một bộ gồm ít nhất là hai dải (thép) mã hóa được in trên mẫu thử. Một chùm tia laser được dẫn động bởi một bộ lái tia quay quét liên tục dọc theo đường trục chính của mẫu thử. Sự tán xạ khuếch tán hoặc sự phản xạ của ánh sáng laser diễn ra trên các dải (thép) và được phát hiện bởi một máy thu hình ảnh (xem Hình E.1).



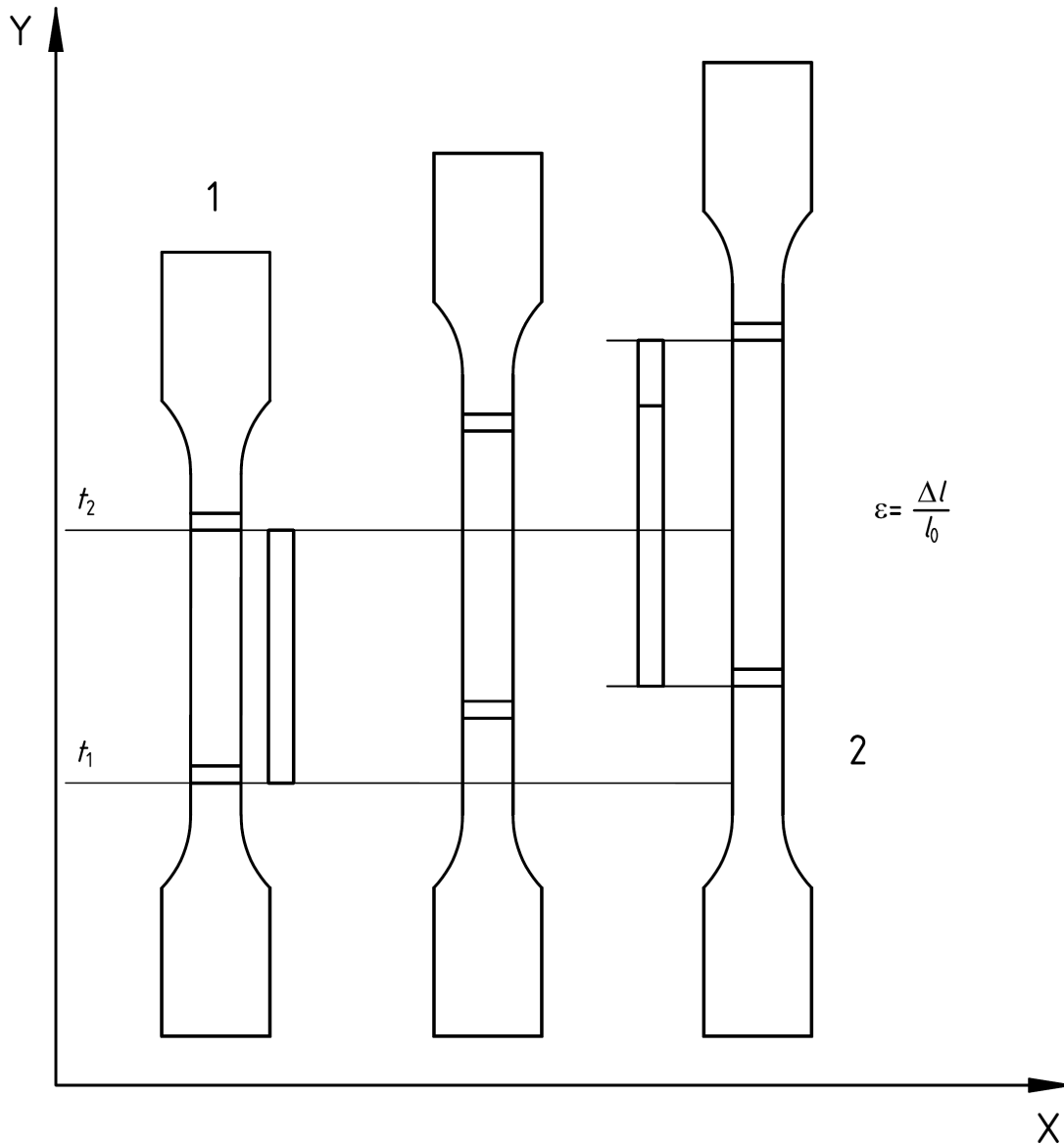
CHÚ DẪN:

- 1 Máy quét
- 2 Mẫu thử có các dải (thép) tương phản
- 3 Máy thu
- 4 Máy tính cá nhân có nhiều điểm dừng

Hình E.1 - Nguyên lý làm việc

Ngoài ra, tốc độ của bộ lái tia quay được đo. Từ chế độ thời gian của ánh sáng được phát hiện khi đi qua hai dải (thép) và với tốc độ đã biết của bộ lái tia có thể tính toán được khoảng cách giữa hai vạch dấu.

Các đoạn tham chiếu giữa các dải (thép) riêng (xem Hình 2) được đo tại lúc bắt đầu của thử nghiệm cho mẫu thử chưa bị kéo dài. Trên cơ sở các thay đổi về biến dạng, độ giãn hoặc độ nén giữa các dải (thép) mã hóa được đo là các tỷ lệ phần trăm hoặc các giá trị tuyệt đối. Các kết quả đo này có thể được sử dụng như các giá trị analog hoặc các giá trị số.



CHÚ DẪN:

- 1 chuẩn
- 2 biến dạng
- X kích thước
- Y thời gian quét

Hình E.2 - Nguyên lý đo

Thông qua sử dụng các máy quét laser trong phạm vi nhìn thấy được, có thể điều chỉnh được diện tích được quét bằng mắt thường. Để mã hóa, các dải (thép) tương phản với nền được đặt ở các khoảng cách cố định, được phun sơn hoặc phun lớp bột trên các mẫu/dưỡng sử dụng.

E.2 Khả năng hiệu chuẩn và các ảnh hưởng đối với máy quét laser

Về cơ bản, sự quét của máy đo độ giãn laser có thể được hiệu chuẩn bằng các phương pháp hiệu chuẩn thông thường (các căn mẫu, các cảm biến đo cơ học và quang học, các phương pháp đo giao thoa) cùng với các dụng cụ đo chuyển vị cơ khí. Yêu cầu này được thực hiện cùng với hiệu chuẩn các bộ cảm biến (đầu đọc) cơ khí giữa một phần tử cố định và một phần tử di động hoặc hai đầu di động của một thiết bị hiệu chuẩn được định vị ở các độ tăng riêng biệt. Ít nhất là một dải (thép mã hóa được đặt trên các phần tử cố định hoặc di động này). Như vậy, các sai lệch của phép đo được xác định là các sai lệch tuyệt đối hoặc tương đối so với vị trí trong vùng quét.

Ngoài các sai số tĩnh này, còn có thêm một loạt các ảnh hưởng được tạo ra bởi chế độ vận hành của máy quét, máy thu và môi trường. Các ảnh hưởng này bao gồm cả trạng thái trigơ của các linh kiện điện tử, sự tương phản của các vạch dấu mã hóa, ảnh hưởng của ánh sáng không đổi hoặc thay đổi, sự chảy rối của không khí và cảm ứng điện từ.

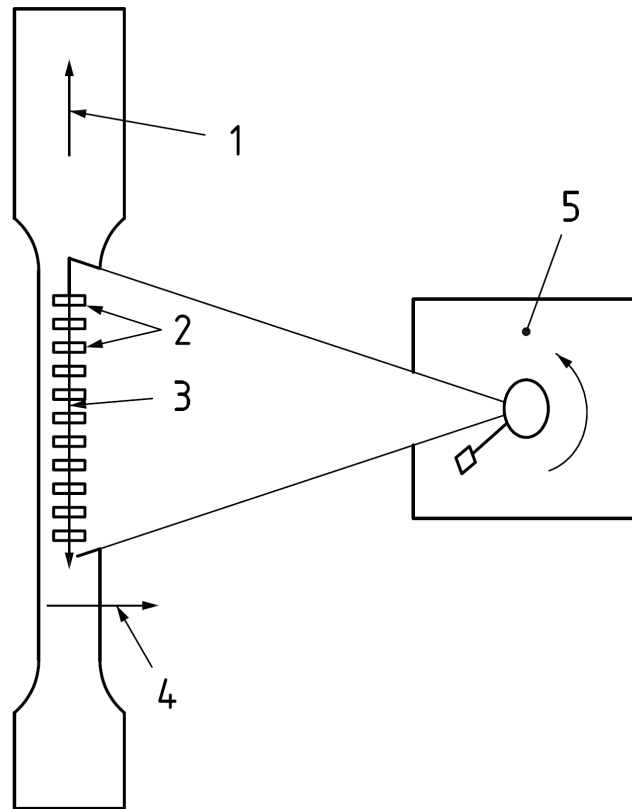
Phép đo các ảnh hưởng này chủ yếu là đo chế độ làm việc của máy quét khi mẫu thử ở trạng thái nghỉ. Trong trường hợp này, cần phân tích tính chất thống kê của phép đo các vị trí của dải (thép). Trong các điều kiện tối ưu, sự phân bố đối với toàn bộ hệ thống đo này không nên lớn hơn một giá trị tương ứng với sai lệch ± 1 đơn vị cơ bản của cơ cấu định giờ của máy quét.

Thông số quan trọng đối với máy quét là tốc độ quét và tốc độ tại đó chùm tia laser di chuyển trên mẫu thử. Cùng với tần số của cơ cấu định giờ và di chuyển cục bộ của các dải (thép) mã hóa theo chiều biến dạng, chúng tạo ra sai số động lực học trong phép đo. Có thể xác định các tốc độ này thông qua tính toán và cực tiểu hóa bằng các hàm điều chỉnh.

Các ảnh hưởng thêm nữa được tạo ra bởi nguyên lý quét được sử dụng và được mô tả trong các Điều E.3 và E.4.

E.3 Máy đo độ giãn laser kiểu quét góc

E.3.1 Nguyên lý làm việc của máy quét góc



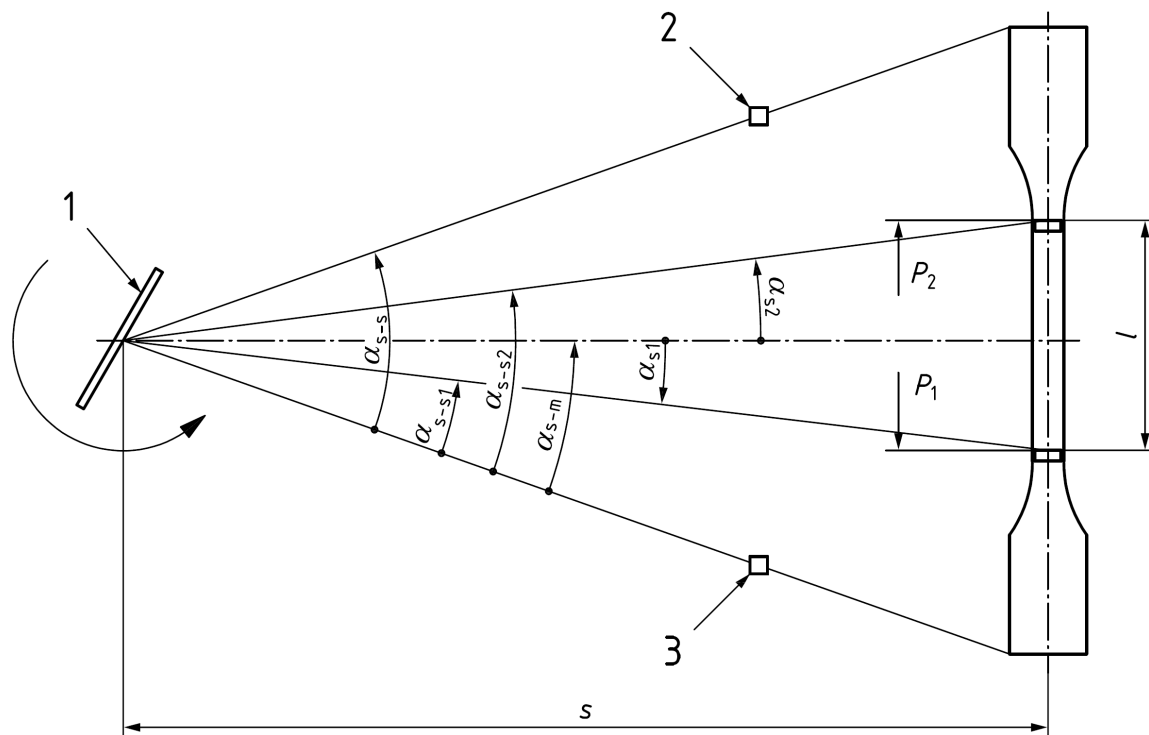
CHÚ DẪN:

- 1 Biến dạng
- 2 Các dải thép tương phản
- 3 Biến dạng dọc
- 4 Biến dạng ngang
- 5 Máy quét

Hình E.3 - Nguyên lý làm việc của máy quét góc

Máy đo độ giãn kiểu quét góc vận hành như sau: ít nhất là hai hoặc một bộ các vạch dấu đo được bố trí trên mẫu thử chưa bị kéo giãn. Chùm tia laser được chiếu trên điểm tâm quay của một gương quay hoặc đa giác và bị lệch khỏi điểm này theo chiều hướng tâm trên mẫu thử. Tại các vạch dấu được bố trí trên mẫu thử, ánh sáng laser bị tán xạ bằng cách khuếch tán hoặc phản xạ bằng cách hội tụ. Máy thu phân tích ánh sáng này, xác định chiều dài tham chiếu (chuẩn) tắt dần trên mẫu thử chưa bị kéo giãn và sau đó là các thay đổi chiều dài trong trường hợp có nhiều vạch dấu, sự phân bố của chúng trong trường hợp có va đập của các lực thử nghiệm. Một tâm quét ngang bổ sung xác định đồng thời độ giãn ngang nếu có yêu cầu. Trong trường hợp quét góc, mẫu thử phải được điều chỉnh thẳng bằng và khoảng cách làm việc tới mẫu thử phải giữ không đổi trong quá trình thử nghiệm.

E.3.2 Máy quét góc, các giá trị đo và các ảnh hưởng tới độ chính xác



CHÚ DẪN:

- 1 bộ lái tia
- 2 điốt dừng
- 3 điốt bắt đầu

Hình E.4 - Các giá trị đo đối với máy quét góc

Hình E.4 giới thiệu các giá trị đo chính và các thông số được tạo ra trong phép đo giữa hai dải (thép). Nên xem xét đến các giá trị sau:

- α_{s-s} Góc bắt đầu - dừng - góc giữa điốt bắt đầu và điốt dừng.
- α_{s-s1} Góc bắt đầu - dải (thép) 1 - góc giữa điốt bắt đầu và điốt dừng và dải thép thứ nhất.
- α_{s-s2} Góc bắt đầu - dải (thép) 2 - góc giữa điốt bắt đầu và dải (thép) thứ hai.
- α_{s-m} Góc bắt đầu - đường trục giữa - góc giữa điốt bắt đầu và đường trục giữa của hệ thống.
- α_{s1} Góc của dải (thép) 1 - góc giữa đường trục giữa và dải (thép) thứ nhất.
- α_{s2} Góc của dải (thép) 2 - góc giữa đường trục giữa và dải (thép) thứ hai.
- P_1 Vị trí của dải (thép) 1 - vị trí so với đường trục giữa (được vạch dấu)
- P_2 Vị trí của dải (thép) 2 - vị trí so với đường trục giữa (được vạch dấu)
- s Khoảng cách giữa tâm bộ lái tia và bề mặt mẫu thử.
- l Chiều dài cỡ - khoảng cách giữa các vạch dấu trên mẫu thử.

TCVN 10601:2014

Vị trí P_1 và P_2 của cả hai dải (thép) được xác định bởi góc và bởi khoảng cách s . Góc được đo với sự trợ giúp của cơ cấu định giờ. Đối với vị trí của bất cứ dải (thép) nào có thể áp dụng công thức sau:

$$P_{sk} = s \cdot \text{tg} \left(\alpha_{s-s} \cdot \frac{t_{sk}}{t_{ss}} - \alpha_{s-m} \right) \quad (\text{E.1})$$

Theo phương trình này, các giá trị sau là cần thiết để tính toán vị trí của một dải (thép):

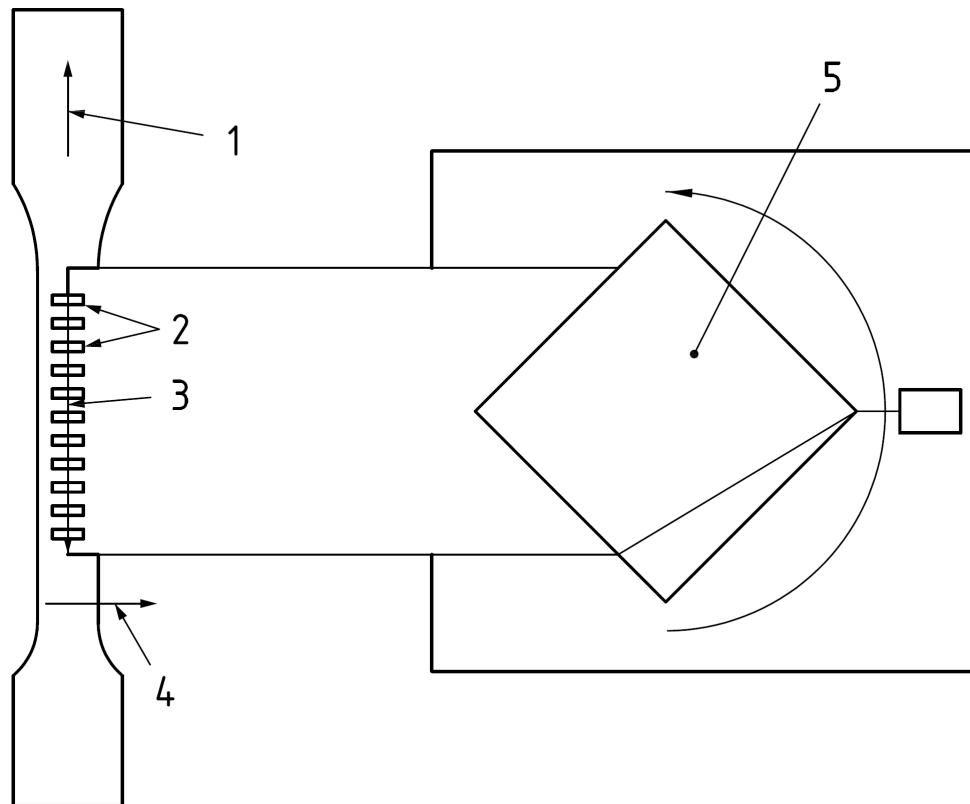
- t_{s-s} thời gian bắt đầu - dừng
- t_{s-s1} thời gian bắt đầu - dải (thép)
- α_{s-s} góc bắt đầu - dừng
- α_{s-m} góc bắt đầu - đường trục giữa
- s khoảng cách làm việc

Có thể xác định độ giãn tuyệt đối và tương đối từ vị trí của cả hai dải (thép). Thử nghiệm và hiệu chuẩn một máy đo độ giãn laser của kiểu máy quét góc là một quy trình để xác định các thông số riêng biệt cho thiết bị và mối nối của máy đo độ giãn với thiết bị thử. Các thông số được quan trắc trong trường hợp này thường do nhà sản xuất cung cấp

- α_{s-s} góc bắt đầu - dừng
- α_{s-m} góc bắt đầu - đường trục giữa
- s khoảng cách làm việc từ cạnh trước của mẫu thử tới tâm quét.

Thử nghiệm, và nếu cần thiết, việc điều chỉnh lại góc bắt đầu - dừng có thể được thực hiện tại hiện trường. Việc xác định góc bắt đầu - đường trục giữa và khoảng cách làm việc s từ tâm quét được thực hiện theo nguyên lý, trong đó một phép thử chuẩn với hai dải (thép) tương phản được xác định một cách chính xác có khoảng cách đã biết được thực hiện song song với các dải này và vuông góc với trục quang, và được đo bằng máy quét góc. Trên cơ sở này các góc bắt đầu - đường trục giữa được xác định và tối ưu hóa cho tất cả các phép đo bằng phương pháp thống kê.

E.4 Máy đo độ giãn laser kiểu quét song song

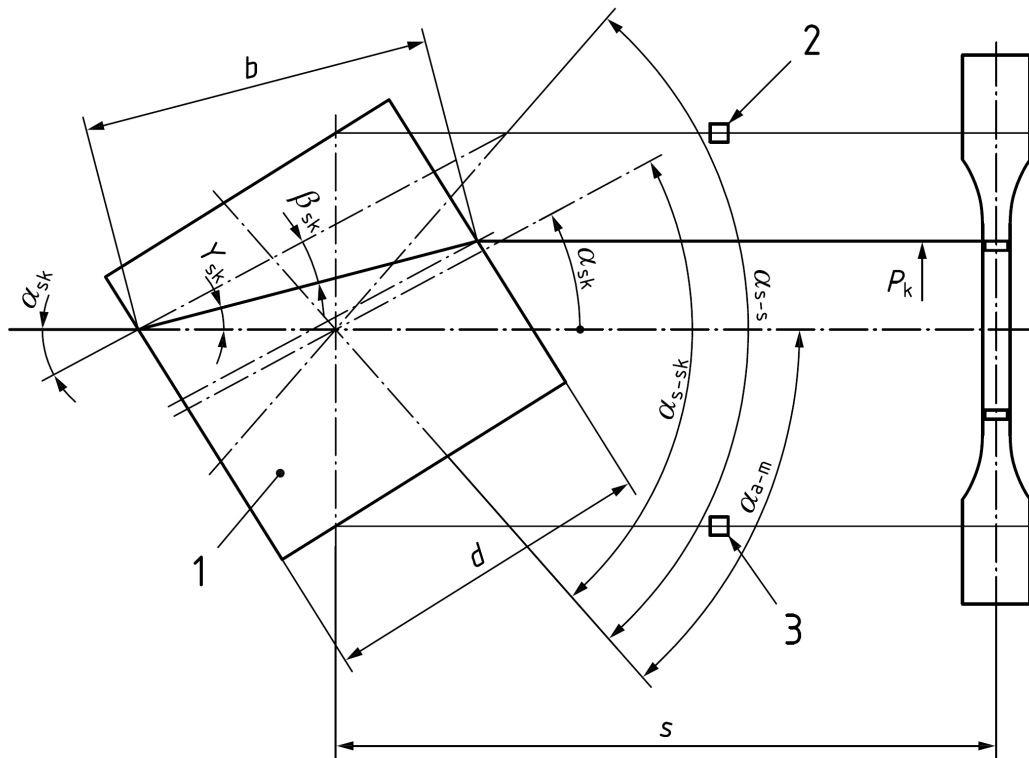


CHÚ DẪN:

- 1 biến dạng
- 2 các dải (thép) tương phản
- 3 biến dạng dọc
- 4 biến dạng ngang
- 5 máy quét

Hình E.5 - Máy quét song song với nhiều dải (thép)

Máy đo độ giãn laser kiểu máy quét song song làm việc như sau: ít nhất là hai hoặc một bộ các vạch dấu đo được bố trí trên mẫu thử chưa bị kéo giãn. Chùm tia laser được chiếu trên điểm tâm quay của một tấm kính phẳng nằm ngang, quay. Trong quá trình đi vào đi ra, chùm tia laser bị khúc xạ ở hai mặt phẳng đối diện của mặt phẳng quang, tạo ra các góc khúc xạ giống nhau. Bằng cách quay mặt phẳng quang, chùm tia laser bị khúc xạ song song với bản thân nó và di chuyển trên mẫu thử. Ở các dải (thép) được định vị trên mẫu thử, ánh sáng laser được tán xạ bằng cách khuếch tán hoặc được phản xạ một cách chính xác. Máy thu phân tích ánh sáng này, xác định chiều dài chuẩn tất dần trên mẫu thử chưa bị kéo giãn và sau đó xác định các thay đổi chiều dài và trong trường hợp có nhiều vạch dấu, xác định sự phân bố của chúng trong điều kiện có va đập của các lực được thử. Một tâm quét ngang bổ sung xác định đồng thời độ giãn ngang của chiều dày nếu có yêu cầu.



CHÚ DẪN:

- 1 bộ lái tia
- 2 điốt dừng
- 3 điốt bắt đầu

Hình E.6 - Các giá trị đo của máy quét song song

Hình E.6 giới thiệu các giá trị đo chính và các thông số được tạo ra trong quá trình đo giữa hai dải (thép). Các tính toán cho một máy quét song song phức tạp hơn so với các tính toán cho một máy quét góc. Hơn nữa, không dễ dàng xác định được giá trị của góc "bắt đầu - dừng" và "bắt đầu - các dải".

Đối với một máy quét góc, bộ lái tia được kẹp chặt với một "phần tử quay". Phần tử quay này nên có một "vị trí trung gian". Đây là vị trí mà chùm tia không bị khúc xạ khi đi qua mặt phẳng quang. Thực ra đây là trường hợp nếu các cạnh của mặt phẳng quang được bố trí song song hoặc vuông góc với trục quang. Trong hình minh họa ở trên, một tình huống được vẽ từ chuyển động quay dương về toán học theo góc α_{sk} so với vị trí trung gian. Thông qua chuyển động quay "thích hợp" của bộ lái tia, chùm tia laser có thể chiếu trên điốt bắt đầu hoặc điốt dừng. Như vậy góc mà bộ lái tia tạo thành tương đương với "góc bắt đầu-dừng" của các thông số hiệu chuẩn.

Cũng như đối với máy quét góc, phép đo thời gian bắt đầu khi chùm tia laser đi tới điốt bắt đầu. Khi đó \bar{w}_a mô tả tốc độ góc của bộ lái tia. Mặt khác, tốc độ này giữ không đổi.

Các thông số sau cần cho tính toán:

α_{s-s}	góc bắt đầu - dừng
α_{s-s1}	góc bắt đầu - dải (thép) 1
α_{s-s2}	Góc bắt đầu - dải (thép) 2.
α_{s-m}	Góc bắt đầu - đường trục giữa.
α_{s1}	Góc của dải (thép) 1.
α_{s2}	Góc của dải (thép) 2.
P_1	Vị trí của dải (thép) 1.
P_2	Vị trí của dải (thép) 2.
s	Khoảng cách giữa tâm bộ lái tia và bề mặt mẫu thử.
l	Chiều dài cỡ - khoảng cách giữa các vạch dấu trên mẫu thử.
\bar{w}_a	tốc độ góc của bộ lái tia.
d	chiều dài cạnh của mặt phẳng quang.
η	chỉ số khúc xạ của mặt phẳng quang.

Để tính toán vị trí của bất cứ dải (thép) nào cần áp dụng công thức sau:

$$\alpha_{sk} = \alpha_{s-s} \cdot \frac{t_{sk}}{t_{ss}} - \alpha_{s-m} \quad (E.2)$$

$$p_{sk} = d \cdot \sin(\alpha_{sk}) \cdot \left(1 - \frac{\cos(\alpha_{sk})}{\sqrt{\eta^2 - \sin^2(\alpha_{sk})}} \right) \quad (E.3)$$

Để tính toán vị trí của bất cứ dải (thép) nào cần có các thông số sau:

t_{s-s}	thời gian bắt đầu - dừng.
t_{s-sk}	thời gian bắt đầu - dải (thép).
α_{s-s}	góc bắt đầu - dừng của các thông số thiết bị.
α_{s-m}	góc bắt đầu - đường trục giữa của các thông số thiết bị.
d	chiều dài cạnh của mặt phẳng quang của các thông số thiết bị.
η	chỉ số khúc xạ của mặt phẳng quang của các thông số thiết bị

Thử nghiệm và hiệu chuẩn một máy đo độ giãn laser của kiểu máy quét song song là một quy trình để xác định các thông số riêng cho thiết bị và mối nối máy đo độ giãn với thiết bị thử. Trong trường hợp này các thông số được quan trắc thường do nhà sản xuất cung cấp.

α_{s-s}	góc bắt đầu - dừng.
----------------	---------------------

TCVN 10601:2014

α_{s-m} góc bắt đầu - đường trục giữa.

d chiều dài cạnh của mặt phẳng quang.

η chỉ số khúc xạ của mặt phẳng quang.

Chiều dài cạnh d và chỉ số khúc xạ, η dựa trên thông tin do nhà sản xuất cung cấp. Ở đây, phải nhớ rằng chỉ số khúc xạ phụ thuộc vào bước sóng của tia laser được sử dụng.

Các vị trí góc được cho đối với máy quét song song không có liên quan với vị trí của chùm tia laser, nhưng thích hợp hơn với vị trí của phần tử bộ lái tia trong đó chùm tia laser bị khúc xạ thực hiện các chuyển động tương ứng. Có thể thực hiện thử nghiệm và, nếu cần thiết, điều chỉnh lại và đo góc bắt đầu - dừng ở hiện trường tương đối dễ dàng.

Thực hiện việc xác định góc bắt đầu - đường trục giữa, thử nghiệm và, nếu cần thiết, điều chỉnh khoảng cách làm việc từ điểm tâm quét bằng nguyên lý trong đó một đối tượng thử có hai dải phản quang được xác định chính xác có khoảng cách đã cho được thực hiện song song với các dải này và vuông góc với đường trục quang, và được đo bằng máy quét song song. Mỗi phép đo tạo ra hai vị trí của dải và một khoảng cách giữa các dải. Trên cơ sở này, các góc bắt đầu - đường trục giữa được xác định và được tối ưu hóa cho tất cả các phép đo bằng phương pháp thống kê.

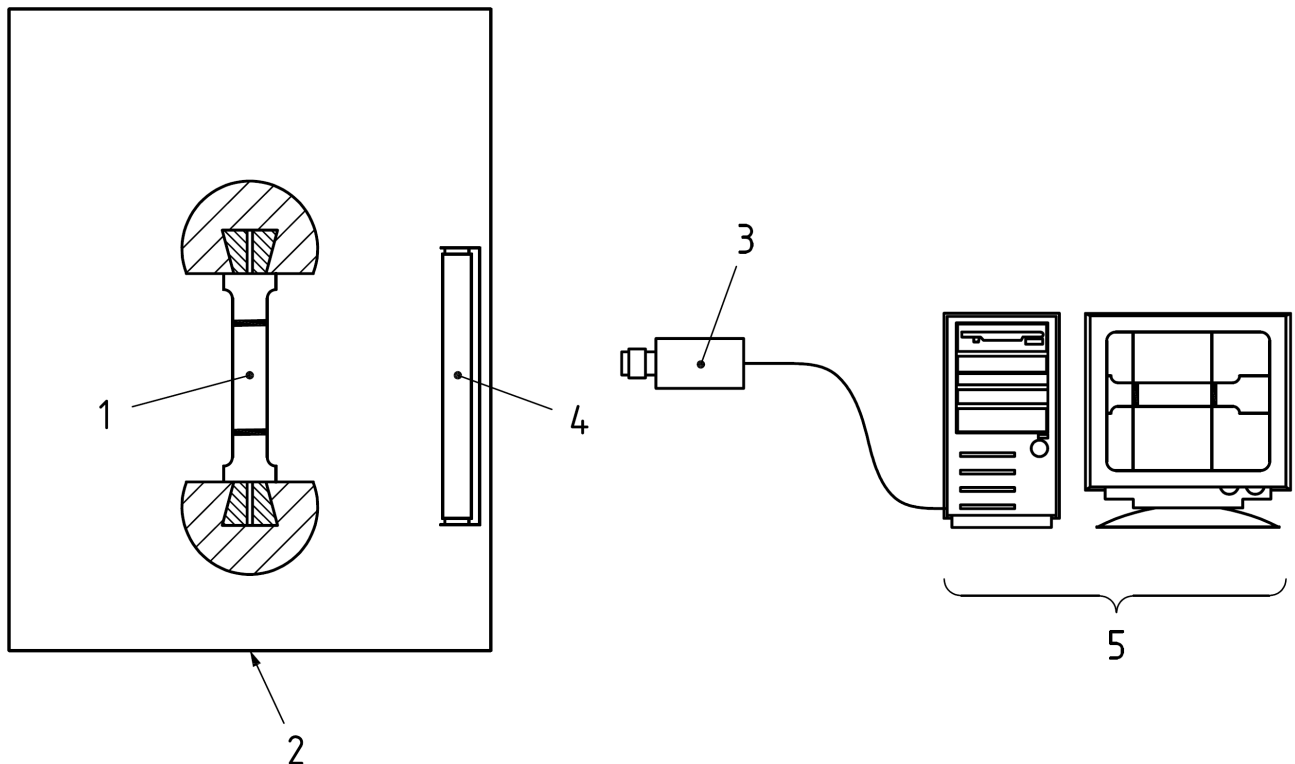
Phụ lục F

(Tham khảo)

Đo độ giãn bằng video

F.1 Nguyên lý làm việc của máy đo độ giãn video

Một hệ thống máy đo độ giãn video gồm có ít nhất là một camera, một hệ thống quang học và một hệ thống xử lý hình ảnh tương ứng (xem Hình F.1).



CHÚ DẪN:

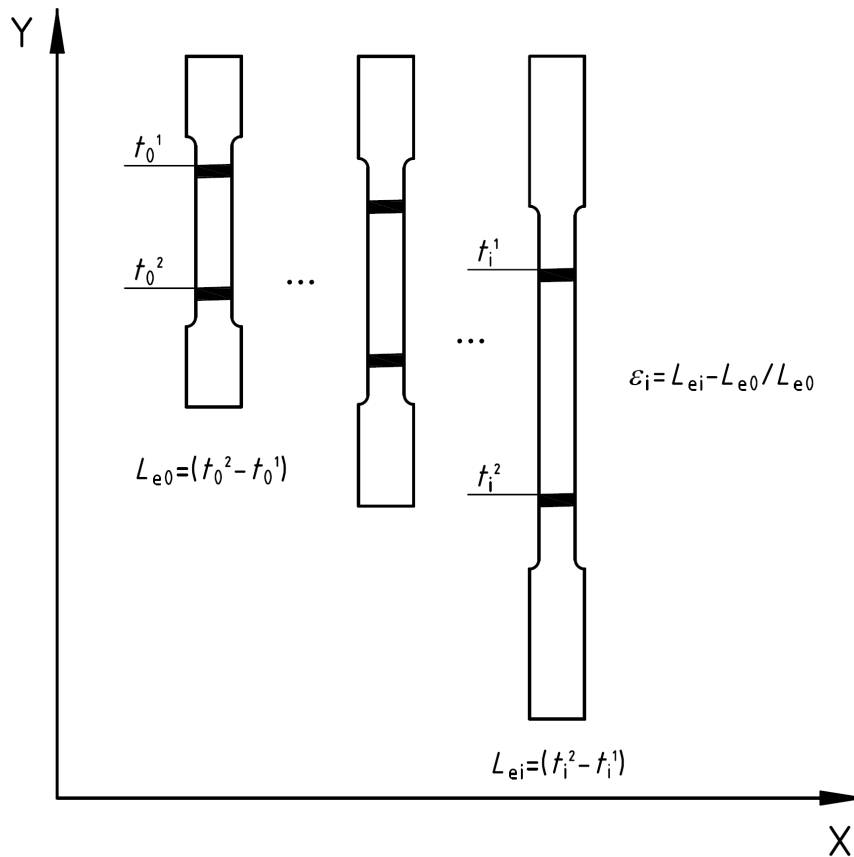
- 1 mẫu thử có các vạch dấu tham chiếu (chuẩn)
- 2 máy thử
- 3 camera video
- 4 nguồn sáng
- 5 bộ xử lý video

Hình F.1 - Nguyên lý làm việc

Bề mặt của mẫu thử được vạch ít nhất là hai vạch dấu chuẩn dọc theo đường trục tác dụng của tải trọng và đôi khi cũng vuông góc với đường trục này (xem Hình F.2). Để tương phản tốt với nền, các vạch dấu này có thể có dạng các vạch dấu được tô màu hoặc các nhãn dán tự bám dính. Khoảng cách giữa các cạnh chuẩn tương phản của các vạch dấu này biểu thị chiều dài cũ ban đầu sẽ thay đổi

TCVN 10601:2014

do biến dạng hoặc sự nén ép được tạo ra. Trong máy đo độ giãn video sự thay đổi này được giám sát bởi một hoặc nhiều camera và bởi sự xử lý nhanh tín hiệu video để chuyển đổi thành kích thước độ giãn hoặc độ nén cho sử dụng sau này và khi thích hợp, được sử dụng như số liệu đã cho với thiết bị thử.



CHÚ DẪN:

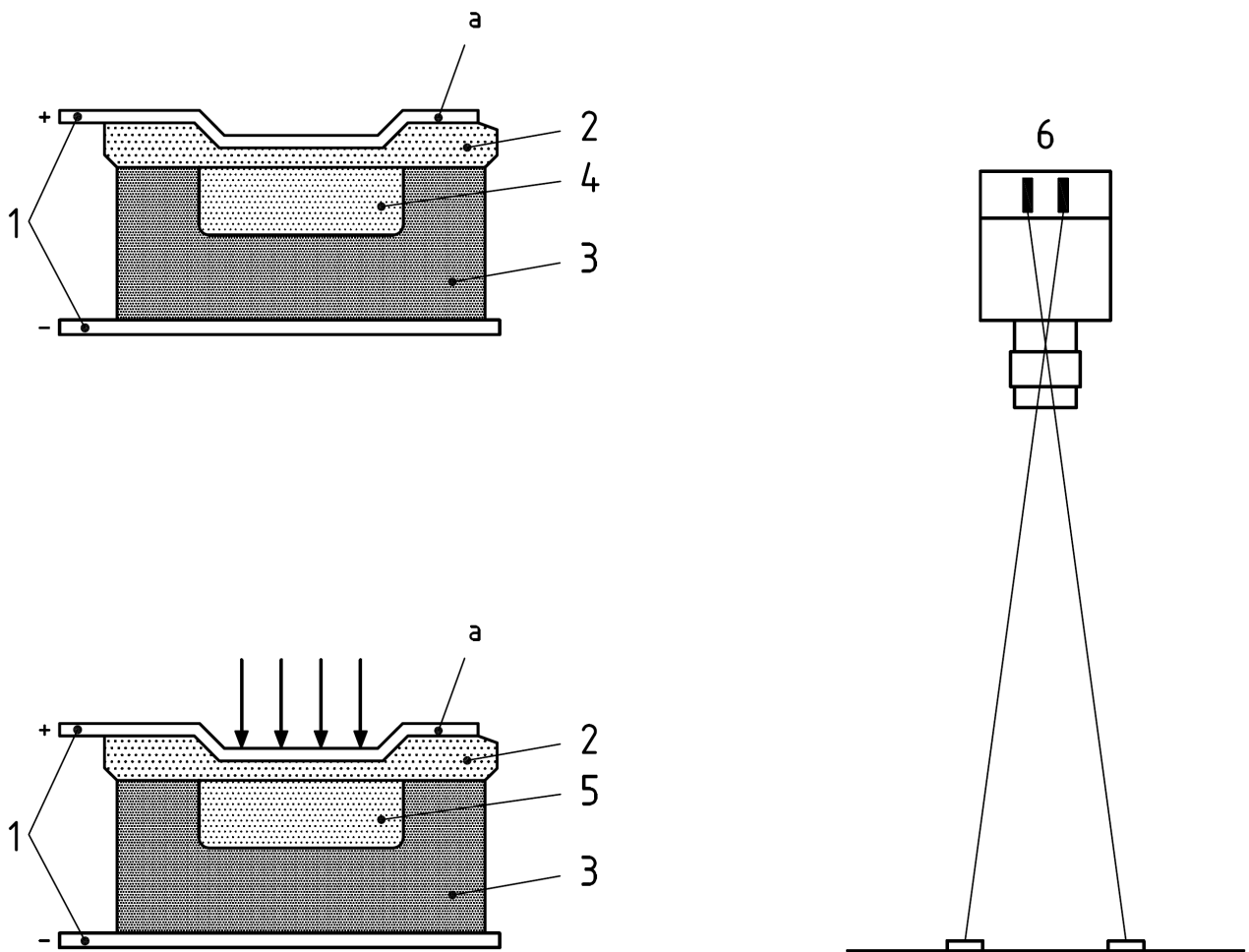
- X thời gian thử
- Y thay đổi vị trí của các vạch dấu tương phản

Hình F.2 - Nguyên lý đo

Cách thay đổi vị trí của các vạch dấu tương phản được phát hiện và được mô tả dưới đây; cũng xem Hình F.3.

Chíp (vi mạch) của camera gồm có một ma trận các phần tử nhạy cảm ánh sáng riêng biệt được bố trí rất gần nhau trong một mô hình tuyến tính đều. Trong một thời gian tổ hợp có thể được chỉnh đặt ở bên ngoài, các phần tử này, cũng được gọi là điểm ảnh (pixel), chuyển đổi ánh sáng tới thành các phụ tải điện có tỷ lệ. Bằng một xung điều khiển, các phụ tải này được nạp lại một cách đồng bộ vào một ma trận các tụ điện và từ đây, thông qua các thanh ghi dịch chuyển, chúng được đọc ra ở dạng các cột hoặc các hàng là các điện áp nạp có tỷ lệ. Các điện áp này có biên độ tương đương với giá trị của ánh sáng thang xám, được số hóa và chuyển đổi thành các hàm giá trị thang xám và do đó được gán

cho các vị trí điểm ảnh riêng biệt. Từ mô hình của các hàm giá trị thang xám này trên các địa chỉ điểm ảnh (pixel), cần có một công suất tương đối nhỏ của máy tính để tính toán vị trí và chuyển vị của các cạnh đo ánh xạ trên chip CCD và sự thay đổi khoảng cách của chúng với độ phân giải rất cao.



CHÚ DẪN:

- 1 các đầu nối
- 2 SiO₂
- 3 Silic có định lượng P
- 4 lớp P được xả hết (ổ chứa dữ liệu CCD không bị phơi sáng)
- 5 các điện tử tự do ánh sáng (ổ chứa dữ liệu CCD được phơi sáng)
- 6 camera
- 7 ánh sáng thấm qua được

Hình F.3 - Nguyên lý làm việc

Vì chỉ có một số ít các hàng hoặc các cột của chip có chứa thông tin về mô hình vị trí của các cạnh một khi đã đưa vào vị trí bắt đầu cho nên việc đọc ra có thể bị hạn chế cho các vùng của chip ở đó có sự di chuyển của cạnh. Ngoài việc đo chuyển vị của các cạnh dọc theo đường trục dọc, cũng có thể

TCVN 10601:2014

đo độ co lại của đường cắt ngang đối với cùng một khung thời gian. Bằng việc sử dụng các bộ xử lý nhanh tín hiệu, có thể đo độ biến dạng trên đường trục chính không chỉ giữa hai cạnh mà trên cả toàn bộ lưới quan sát.

F.2 Lựa chọn sự hiệu chuẩn và các ảnh hưởng bên ngoài đến các máy đo độ giãn video

Để phục vụ cho mục đích hiệu chuẩn có thể sử dụng các phương pháp hiệu chuẩn cơ khí thông thường (các căn mẫu, các cảm biến đo cơ khí và quang học, các kỹ thuật đo giao thoa) với các dải (thép) đo được chính đặt và được đo ở các vị trí riêng biệt. Ngoài ra, cũng có thể sử dụng "các phần tử mạng lưới" bằng cơ khí được đặt ở các điểm trên mẫu thử khi đã biết khoảng cách (bước) của mạng lưới.

Độ chính xác của các phép đo có thể chịu ảnh hưởng của toàn bộ phạm vi các ảnh hưởng mà người sử dụng phải nhận biết và kiểm soát.

Một trong các ảnh hưởng là trường nhìn của camera được xác định bởi tiêu cự của thấu kính và khoảng cách của thấu kính tính từ chip CCD và từ mẫu thử. Nếu camera có thể phân tích vị trí trong mặt phẳng thì áp dụng camera này cho phạm vi đo nếu trường nhìn và mặt phẳng chip thẳng đứng với trục quang. Khi trường nhìn nhỏ, điều quan trọng là phải tính đến giới hạn khúc xạ của hình ảnh và phải duy trì giới hạn này.

Các ảnh hưởng khác có liên quan đến nguyên lý ánh xạ khó phát hiện bằng thực nghiệm là do các chuyển động của mẫu thử theo trục quang và do độ nghiêng có thể có của mặt phẳng hình ảnh - vật thể. Độ nghiêng này có thể dẫn đến sai số đo chiều dài tuyệt đối hoặc sự thay đổi chiều dài - khiến cho chúng mâu thuẫn với yêu cầu theo tiêu chuẩn mà về mặt nguyên tắc cho phép thực hiện phép đo tương đối chính xác.

Ảnh hưởng khác có thể là do rung của camera hoặc thấu kính vì các hệ số ánh xạ có thể có ảnh hưởng rất lớn đến mặt phẳng tiêu trong khi các chuyển động của mẫu thử thường có ảnh hưởng nhỏ.

Trong khi đo cường độ của biên độ chiếu sáng của điểm ảnh, quá trình đo sử dụng phép nội suy được gọi là nội suy giữa các điểm ảnh, dựa trên việc xác định cường độ ánh sáng của các cạnh tham chiếu (chuẩn) truyền giữa các điểm ảnh riêng biệt. Vì lý do này, mẫu thử phải được chiếu sáng bằng ánh sáng nhân tạo không thay đổi về nguồn hoặc theo thời gian. Ánh sáng tự nhiên bổ sung luôn bị thay đổi theo thời gian phải được loại trừ khỏi mẫu thử và camera. Mẫu thử phải được chiếu sáng bằng các nguồn sáng được bổ sung năng lượng bằng dòng điện một chiều hoặc dòng điện xoay chiều có tần số cao sao cho ánh sáng chỉ khúc tán theo chiều của camera và không có sự phản xạ trực tiếp về phía thấu kính của camera.

Người vận hành nên mặc quần áo màu sáng và nên di chuyển ít nhất tới mức có thể được trong quá trình thực nghiệm để tránh sự nhiễu quang trong hệ thống camera. Cũng cần phải bảo đảm cho nhiệt độ của các chi tiết của camera không thay đổi trong khoảng thời gian thử, vì nếu không, đường cong đặc tính của chip CCD sẽ dịch chuyển do có thay đổi của hiệu suất lượng tử của chip CCD.

Một số ảnh hưởng trong các ảnh hưởng bên ngoài này có thể được phát hiện dưới dạng định lượng bằng cách bật tắt cả các phần tử vận hành với mẫu thử chỉ được cố định ở một bên và quan trắc sự dịch chuyển (trôi) của tín hiệu đo.

Ngoài việc xem xét các ảnh hưởng của môi trường đã mô tả ở trên, điều cũng quan trọng là phải ghi lại trạng thái động lực học của hệ thống ghi và biến dạng của mẫu thử. Phải bảo đảm rằng tốc độ biến dạng và thời gian tổ hợp của ánh sáng trên chip có tỷ lệ với nhau và di chuyển của biến dạng trên mẫu thử phải rõ ràng theo thời gian trong mặt phẳng tiêu.

Sẽ đặc biệt có hiệu quả nếu vùng đo được đi qua bởi một thấu kính ghép đôi của hai dải (thép) có khoảng cách đã cho và cố định đi qua trường nhìn.

Phụ lục G

(Tham khảo)

Đo độ giãn bằng video thông qua đo toàn bộ trường biến dạng

G.1 Lời giới thiệu

Phép đo toàn bộ trường biến dạng là phép đo các trường biến dạng "trong mặt phẳng" trên bề mặt của mẫu thử chịu tác dụng của ứng suất.

G.2 Quy định chung

Một máy đo độ giãn thông thường đo tổng chuyển vị trên một chiều dài được kéo dài (chiều dài cũ), các phương pháp đo toàn bộ trường biến dạng đo nhiều giá trị của các thành phần biến dạng cắt và trục giao ở nhiều điểm ngang qua một bề mặt.

Các kỹ thuật thông dụng là kỹ thuật quang học không tiếp xúc; một số kỹ thuật có khả năng được mở rộng để đo cả biến dạng "trong mặt phẳng" và chuyển vị và hình dạng "ngoài mặt phẳng".

Lượng xử lý yêu cầu cho tính toán một trường biến dạng và lượng dữ liệu được tạo ra có nghĩa là các hệ thống này không tạo ra các kết quả của chúng trong "thời gian thực"; thông thường, nhiều hình ảnh thu được trong quá trình thử và các hình ảnh này là các hình ảnh "được xử lý sau" để tạo ra các dữ liệu của trường biến dạng.

Khi đo toàn bộ trường biến dạng, có sự thỏa hiệp không thay đổi giữa "độ phân giải không gian", nghĩa là mật độ của các điểm tại đó xác định các giá trị của biến dạng và độ phân giải của các giá trị biến dạng. Khi giảm độ phân giải không gian bằng cách tính trung bình các giá trị biến dạng qua một số điểm liền kề sẽ làm tăng độ phân giải của các giá trị biến dạng.

G.3 Các kỹ thuật

G.3.1 Sự tương quan hình ảnh số (DIC)

DIC là một kỹ thuật phân tích hình ảnh dựa vào sự hiện diện của một mô hình ngẫu nhiên, tương phản trên bề mặt mẫu thử. Các hình ảnh thường thu được khi sử dụng một camera CCD, mặc dù cũng có thể sử dụng các bộ phận thu hình khác như AFMs và SEMs.

Kỹ thuật so sánh hai hình ảnh của mẫu thử thu được ở các thời gian khác nhau, ví dụ, một trước và một sau biến dạng. Các hình ảnh nền được lựa chọn từ các hình ảnh và sau đó được so sánh khi sử dụng thuật toán tương quan chéo để tạo ra bản đồ chuyển vị của bề mặt. Sự xử lý thêm sau đó có thể tạo ra các dữ liệu của trường biến dạng 2D.

Sự tương quan hình ảnh số sử dụng sự chiếu sáng không cố kết (ánh sáng trắng). Mô hình ngẫu nhiên trên bề mặt có thể được tạo ra theo một số cách. Một số vật liệu sẽ có cấu trúc tự nhiên để có thể được sử dụng trực tiếp hoặc mô hình ngẫu nhiên có thể được áp dụng khi sử dụng một môi trường tương phản.

Nếu sử dụng nhiều camera thì có thể tạo ra cả hình dạng 3D và các phép đo biến dạng.

G.3.2 Phép đo giao thoa mô hình vết nhỏ điện tử (ESPI)

ESPI sử dụng sự chiếu xạ laser cố kết của mẫu thử từ hai chiều để tạo thành các mô hình vết nhỏ có chứa các vân giao thoa trên bề mặt của mẫu thử, mô hình này được ghi lại sau đó bằng một camera CCD. Sự phân tích các hình ảnh sẽ cung cấp thông tin của toàn bộ trường về các vecto chuyển vị. Tùy theo hệ thống quang học cụ thể được sử dụng, các hệ thống ESPI có thể nhận biết được một cách độc lập cả chuyển vị trong mặt phẳng và chuyển vị ngoài mặt phẳng. Sau đó có thể xử lý trường chuyển vị để thu được các bản đồ của toàn bộ trường biến dạng.

G.3.3 Quang đàn hồi

Sự phân tích ứng suất quang đàn hồi dựa trên sự khúc xạ kép tức thời được thể hiện bởi các vật liệu trong suốt chịu biến dạng. Khi quan sát các vật liệu này dưới ánh sáng phân cực, các vân quan sát được có liên quan đến chiều và độ lớn của các biến dạng hiện có. Có thể sử dụng kỹ thuật truyền trực tiếp trên các vật liệu trong suốt. Thường có thể sử dụng kỹ thuật quang đàn hồi phản xạ; kỹ thuật này sử dụng một lớp phủ polime trong suốt được liên kết với một vật thể không trong suốt và đóng vai trò như một lớp chứng kiến sự biến dạng.

Các vân quang đàn hồi có thể được quan sát bằng kính hiển vi phân cực và được ghi lại bằng một camera số cho phân tích khi sử dụng các phương pháp xử lý số.

G.3.4 Nhiễu hình học

Nhiễu hình học là một kỹ thuật ánh sáng trắng (nghĩa là không yêu cầu phải có sự chiếu xạ cố kết) dựa trên sự so sánh giữa một lưới được gắn vào mẫu thử chịu tải và một lưới chuẩn không bị biến dạng để xác định toàn bộ trường biến dạng. Các vân nhiễu được tạo ra bởi các mạng lưới thường được ghi lại bằng một camera CCD. Chuyển động của các vân sẽ cung cấp thông tin về chuyển vị trong mặt phẳng trên bề mặt của mẫu thử vuông góc với các vân. Sau đó các trường chuyển vị được lấy vi phân bằng số để thu được các bản đồ biến dạng 2D.

G.3.5 Phép đo giao thoa trên mạng lưới (nhiễu)

Về mặt nguyên lý, phép đo giao thoa trên mạng lưới tương tự như nhiễu hình học, tuy nhiên vì các mạng lưới có tỷ lệ rất nhỏ cho nên đây là kỹ thuật có độ nhạy lớn hơn nhiều. Phép đo giao thoa trên mạng lưới sử dụng sự chiếu xạ laser cố kết của mẫu thử cùng với một mô hình mạng lưới có tần số cao trên bề mặt của mẫu thử. Các vân nhiễu được tạo thành và được ghi lại bằng một camera CCD. Chuyển động của các vân cung cấp thông tin về chuyển vị trong mặt phẳng trên bề mặt của mẫu thử vuông góc với các vân. Chuyển động này cung cấp thông tin của toàn bộ trường về các vecto chuyển

TCVN 10601:2014

vị trong mặt phẳng khi mẫu thử được chiếu xạ từ các hướng khác nhau. Lấy vi phân bằng số các trường chuyển vị để thu được biến dạng.

G.4 Hiệu chuẩn các hệ thống đo toàn bộ trường biến dạng

Độ phức tạp của các hệ thống đo toàn bộ trường biến dạng và số lượng lớn các số liệu do chúng tạo ra là không thể kiểm tra được tất cả các khía cạnh của các hệ thống này khi sử dụng các phương pháp được thực hiện với các máy đo độ giãn thông thường. Tuy nhiên, có thể xử lý các số liệu của toàn bộ trường biến dạng để tạo ra một giá trị cho tổng biến dạng chiều trục giữa hai điểm trên mẫu thử. Giá trị này có thể so sánh được với giá trị do một máy đo độ giãn thông thường tạo ra và có thể áp dụng các phương pháp dùng để hiệu chuẩn một máy đo độ giãn thông thường.

Các phương pháp hiệu chuẩn cho các hệ thống đo toàn bộ trường biến dạng được giới thiệu trong các tài liệu tham khảo [13] đến [20].

Phụ lục H

(Tham khảo)

Hiệu chuẩn hệ thống đo con trượt

Hiệu chuẩn hệ thống đo con trượt có thể được thực hiện chủ yếu bằng cùng một quy trình như đã mô tả trong tiêu chuẩn này.

Có thể bỏ qua phép đo chiều dài cũ.

Điểm bắt đầu phải được lập thành tài liệu trong chứng chỉ hiệu chuẩn.

Độ cứng vững của máy là tỷ số giữa lực và độ võng (biến dạng) của hệ thống thử nghiệm. Hệ thống này bao gồm khung máy, cơ cấu tác dụng gây biến dạng, thiết bị đo lực và các bộ phận kẹp và đồ gá để giữ mẫu thử. Đối với một máy "mềm" di chuyển ngang của phần tử được dẫn động không cần thiết phải giống như tốc độ tách xa nhau của các dụng cụ kẹp. Do đó không nên sử dụng di chuyển không được hiệu chỉnh của con trượt như một giá trị đo độ lệch của mẫu thử. Vì vậy nên ưu tiên sử dụng máy có độ cứng riêng lớn hơn so với mẫu thử sao cho các tốc độ tách xa nhau của các dụng cụ kẹp và, nếu có yêu cầu, độ chính xác đo của chúng phù hợp với các yêu cầu của ISO 5893^[21] và ASTM E 2309^[7].

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] ASTM E83-06, Standard Practice for Verification and Classification of Extensometer Systems
- [2] LOVEDAY, Malcolm S. and GIBBONS, Thomas B. Measurement of Creep Strain: a) The influence of Order-Disorder Transformations in Ni-Cr-base alloys and b) A Code of Practice for the Use of Ni-base alloy Extensometers. *Materials at High Temperature*, 24(2), 2007, pp. 113-118.
- [3] LOVEDAY, Malcolm s. and RODGER, Gordon. Calibration and Strain Traceability of Notch Creep Measurements. *Materials at High Temperatures*, 21(3), 2004. pp. 161-167.
- [4] LOVEDAY, Malcolm s. Considerations on the Measurement of Notches Creep strain in Bridgman Materials at High Temperatures, 21(3). 2004. pp. 169-174
- [5] WALTERS, D.J. and LOVEDAY M.s. Strain Measurements by contact methods and Chapter extensometry, 5. In: *Materials Metrology and Standards for Structural Performance* (Eds. Dyson, B.F., M.S. Loveday and M.G. Gee), Pub. Chapman& Hall, London, 1995, ISBN 0 412 58270 8, pp 81-113
- [6] ALBRIGHT, J. Dynamic Strain Measurements, Chapter 6. In: *Materials Metrology and Standards for Structural Performance* (Eds. Dyson, B M.S. Loveday and M.G. Gee), Pub. Chapman& Hall, London, 1995, ISBN 0 412 58270 8, pp. 114-133.
- [7] ASTM E2309-05. Standard Practices for Verification of Displacement Measuring Systems and Devices used in Material Testing Machines.
- [8] NPL report CMAM 45, The performance of portable extensometer calibration rigs. October 1999 ISSN 1369-6785.
- [9] LOVEDAY, Malcolm S. and RoDGER, Gordon. Calibration and Traceability of Notch Creep Strain Measurements. *Materials at High Temperatures*, 21(3), 2004, pp. 169-174.
- [10] LOVEDAY, Malcolm S. High temperature axial extensometers: standards, calibration and usage. In: *High Temperature strain Measurement*, (HURST R.c. et a eds). Elsevier Applied Science, 1986, pp. 31-47.
- [11] ISO/IEC Guide 98-3, Uncertainty of measurement Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement(GUM:1995)
- [12] ISO 7500-1, Metallic materials Verification of static uniaxial testing machines - Part 1 Tension compression testing machines - Verification and calibration of the force-measuring system.
- [13] VAMAS TWA 26, Draft Proposed Pre - Standard Part 1 Reference Material for Optical Methods of Strain Marasurement (January 2007).

- [14] VAMAS TWA 26, Draft Proposed Pre - Standard Part 2 Standardised Test Materials for Optical Methods of Strain Measurement (January 2007).
 - [15] Standardised Project for Optical Techniques of Strain measurement (SPOTS), EU contract no. GORD- CT-2002-00856, see www.opticastrain.org
 - [16] SHARPE, William N., Jr. (ed.) Springer Handbook of Experimental Solid Mechanics. Springer ISBN: 978- 0-387-26883-5(2000).
 - [17] ASTM E2208-02, Standard Guide for evaluating non-contacting optical strain measurement systems
 - [18] DIN 54180-1 (Jan. 1997), Zerstörungsfreie Prüfung -Shearografie - Teil 1: Allgemeine Grundlagen (Document "DIN 54180-Teil 1.pdf")
 - [19] DIN 54180-2 (Jan. 1997), Zerstörungsfreie Prüfung - Shearografie - Teil 2: Geräte (Document "DIN 54180-Teil 2.pdf").
 - [20] DIN 54180-3 (März 1997), Zerstörungsfreie Prüfung - Shearografie - Teil 3: Prüfungen von Rohrleitungen (Document "DIN 54180-Teil 3.pdf").
 - [21] ISO 5893:2002, Rubber and plastics test equipment - Tensile, flexural and compression types (constant rate of traverse) - Specification
 - [22] ISO 204, Metallic materials - Uniaxial creep testing in tension - Method of test
-