

Tiêu chuẩn kỹ thuật

Thí nghiệm mỗi không chế biến dạng¹**ASTM E 606-04**

Tiêu chuẩn này được ban hành theo chỉ định của E-606; chữ số đi theo sau chỉ năm mà phiên bản gốc được chấp thuận, trong trường hợp chỉnh sửa, chỉ năm của phiên bản mới nhất. Con số trong ngoặc chỉ năm được chấp thuận lại gần nhất. Ký hiệu epsilon (ϵ) chỉ ra một thay đổi trong biên tập từ khi phiên bản cuối cùng được chấp thuận lại.

^{ε1} Chú thích – Phần 10 được cập nhật tháng 7/2005

1 PHẠM VI ÁP DỤNG

- 1.1 Tiêu chuẩn này nhằm xác định đặc tính mỗi của những vật liệu đồng nhất trên danh nghĩa bằng các sử dụng mẫu thí nghiệm chịu lực một trục. Tiêu chuẩn này nhằm mục đích hướng dẫn thực hiện thí nghiệm mỗi để trợ giúp các hoạt động như là nghiên cứu và phát triển vật liệu, thiết kế máy móc, kiểm soát chất lượng và công nghệ, hiệu suất của sản phẩm, tính toán mỗi. Mặc dù Tiêu chuẩn này chỉ nhằm mục đích chính là dùng cho thí nghiệm mỗi không chế biến dạng, một vài mục có thể cung cấp các thông tin hữu ích cho thí nghiệm không chế lực hoặc không chế ứng suất.
- 1.2 Tiêu chuẩn này chỉ giới hạn sử dụng cho các mẫu và không bao hàm thí nghiệm toàn kích thước cấu kiện, kết cấu hoặc sản phẩm tiêu thụ.
- 1.3 Tiêu chuẩn này được áp dụng cho phạm vi nhiệt độ và biến dạng mà tại đó độ lớn của biến dạng không đàn hồi phụ thuộc thời gian cùng mức với hoặc nhỏ hơn độ lớn của biến dạng không đàn hồi không phụ thuộc thời gian. Không một giới hạn nào được đặt ra với các hệ số môi trường như là nhiệt độ, áp suất, độ ẩm, v.v.. với giả thiết là chúng được kiểm soát trong suốt quá trình thí nghiệm và không gây ra mất mát hoặc thay đổi kích thước theo thời gian và được trình bày chi tiết trong báo cáo dữ liệu.

Chú thích 1: Cụm từ *không đàn hồi* được sử dụng trong tài liệu này để chỉ tất cả các biến dạng không đàn hồi. Cụm từ *đàn hồi* được sử dụng trong tài liệu này chỉ được dùng để chỉ các thành phần không phụ thuộc vào thời gian (không dẻo) của các biến dạng không đàn hồi. Để xác định chính xác biến dạng không phụ thuộc vào thời gian thì lực phải được tác dụng tức thời, điều này là không thể. Một biện pháp hữu ích để xác định biến dạng không phụ thuộc vào thời gian có thể đạt được khi phạm vi biến dạng không vượt quá một số giá trị nào đó. Ví dụ như tốc độ biến dạng $1 \times 10^{-3} \text{ sec}^{-1}$ thường được sử dụng cho mục đích này. Các giá trị này nên tăng cùng với việc tăng nhiệt độ thí nghiệm.

- 1.4 Tiêu chuẩn này được hạn chế cho việc thí nghiệm với các mẫu thí nghiệm có tiết diện đồng đều chịu tác dụng của lực dọc trục như chỉ ra ở Hình 1(a). Việc thí nghiệm chỉ giới hạn cho chu trình không chế biến dạng. Tiêu chuẩn này có thể áp dụng cho mẫu đồng hồ cát, xem Hình 1(b) nhưng người dùng phải Chú thích về sự không chắc chắn

của việc phân tích số liệu và suy diễn kết luận. Thí nghiệm được thực hiện chủ yếu dưới chu trình có biên độ không đổi và có thể bao gồm rải rác một vài thời điểm ngưng tại các khoảng thời gian lặp lại. Tiêu chuẩn này có thể phù hợp với việc hướng dẫn thí nghiệm cho nhiều trường hợp chung khi mà biến dạng hoặc nhiệt có thể thay đổi theo từng thời điểm gia tải xác định. Việc phân tích dữ liệu có thể không tuân theo Tiêu chuẩn này trong các trường hợp cụ thể.

2 TÀI LIỆU VIỆN DẪN

2.1 Tiêu chuẩn ASTM: ²

- A370 Tiêu chuẩn thí nghiệm và các định nghĩa cho thí nghiệm cơ học các sản phẩm thép.
- E 3 Tiêu chuẩn kỹ thuật chuẩn bị mẫu hợp kim
- E 4 Tiêu chuẩn kỹ thuật kiểm tra lực cho máy thí nghiệm
- E 8 Tiêu chuẩn thí nghiệm kéo vật liệu kim loại
- E 9 Tiêu chuẩn thí nghiệm nén vật liệu kim loại ở nhiệt độ trong phòng
- E 83 Tiêu chuẩn kỹ thuật kiểm tra và phân loại hệ thống đo giãn dài
- E 111 Tiêu chuẩn thí nghiệm Modun đàn hồi, modun tiếp tuyến và modun dây cung
- E 112 Tiêu chuẩn thí nghiệm xác định kích thước hạt trung bình.
- E 132 Tiêu chuẩn thí nghiệm hệ số Poisson ở nhiệt độ phòng
- E 157 Tiêu chuẩn kỹ thuật định cấp bậc trong hệ thống kim loại ở từng giai đoạn tinh thể
- E 177 Tiêu chuẩn kỹ thuật sử dụng độ chính xác và sai số trong phương pháp thí nghiệm ASTM.
- E 209 Tiêu chuẩn thí nghiệm nén của vật liệu kim loại ở nhiệt độ cao với tốc độ làm nóng và tốc độ biến dạng thường hoặc nhanh.
- E 337 Tiêu chuẩn thí nghiệm đo độ ẩm với dụng cụ đo ẩm (sự đo nhiệt độ bầu ướt và bầu khô)
- E 384 Tiêu chuẩn thí nghiệm độ cứng của vật liệu
- E399 Tiêu chuẩn thí nghiệm độ bền hư hỏng biến dạng phẳng của vật liệu kim loại.
- E 466 Tiêu chuẩn kỹ thuật hướng dẫn thí nghiệm mỗi dọc trục biên độ không đổi có kiểm soát lực với vật liệu kim loại.
- E 467 Tiêu chuẩn kỹ thuật kiểm tra lực động biên độ không đổi trong hệ thống thí nghiệm mỗi dọc trục.
- E 468 Tiêu chuẩn kỹ thuật trình bày kết quả thí nghiệm mỗi biên độ không đổi cho vật liệu kim loại.
- E 691 Tiêu chuẩn kỹ thuật hướng dẫn nghiên cứu trong phòng để xác định độ chính xác của phương pháp thí nghiệm
- E 739 Tiêu chuẩn kỹ thuật phân tích thống kê tuyến tính hoặc được chuyển thành tuyến tính ứng suất- tuổi thọ (S-N) và biến dạng – tuổi thọ (ϵ -N) số liệu mỗi.
- E 1012 Tiêu chuẩn kỹ thuật kiểm tra việc cân chỉnh mẫu dưới điều kiện chịu kéo.

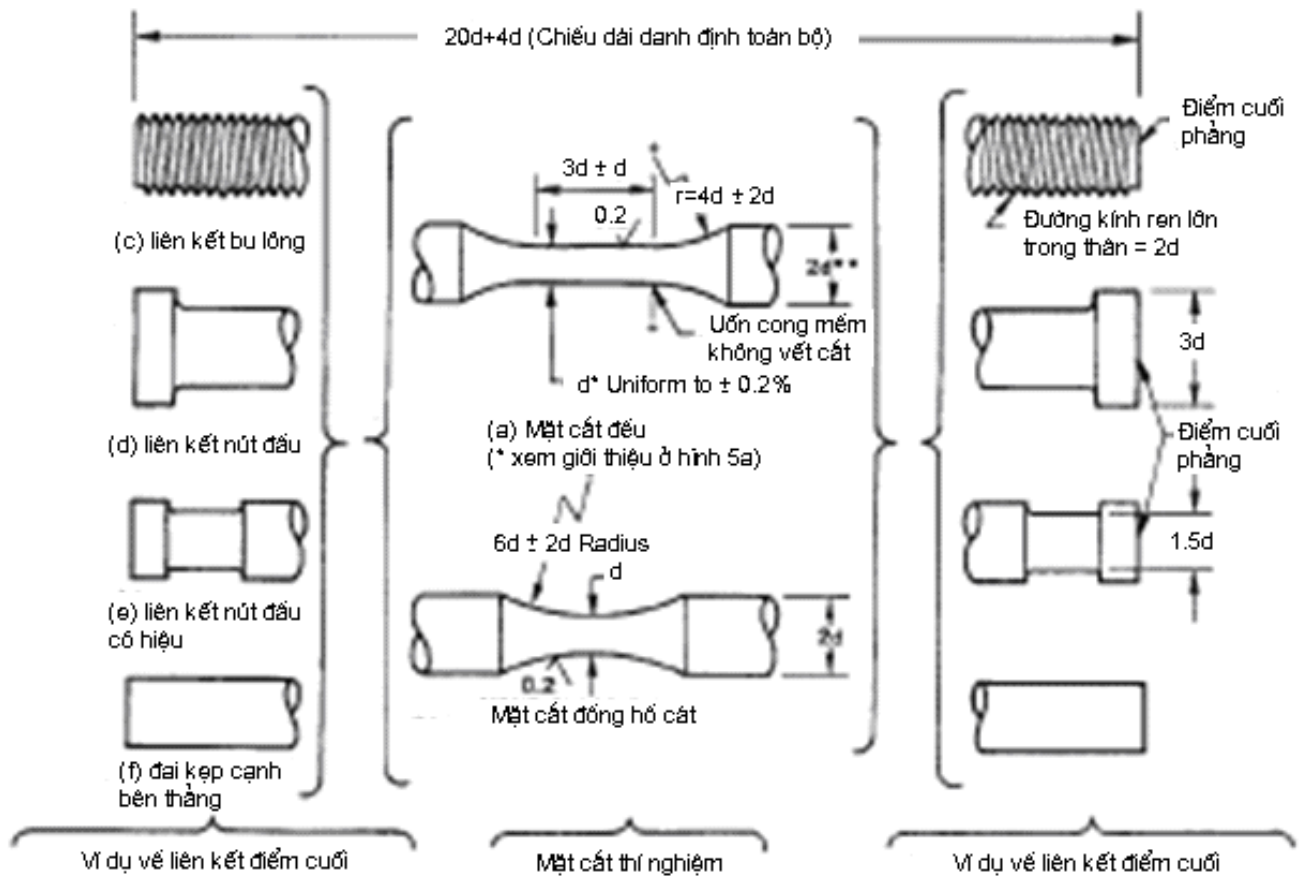
- E 1049 Tiêu chuẩn kỹ thuật đếm vòng lặp trong phân tích môi.
- E 1823 Thuật ngữ liên quan đến thí nghiệm mỏi và nứt.

3 THUẬT NGỮ

3.1 Các thuật ngữ trong Tiêu chuẩn này tuân theo các thuật ngữ trong E1823.

3.2 Các thuật ngữ bổ sung có liên quan đến trạng thái biến dạng phụ thuộc vào thời gian được quan sát trong thí nghiệm này ở nhiệt độ cao tương ứng như sau:

3.2.1 *Giai đoạn ngưng*, τ_n : là khoảng thời gian ở giữa một chu kì mà trong lúc này ứng suất hoặc biến dạng được giữ ở giá trị không đổi.



Chú thích 1- * Kích thước d được đề nghị là 6,35mm. Xem 7.1. **Đường kính này có thể lớn hơn hoặc nhỏ hơn 2d phụ thuộc vào độ cứng của vật liệu. Với vật liệu điển hình loại mềm để uốn đường kính nhỏ hơn 2d thường được sử dụng và với vật liệu giòn đường kính lớn hơn 2d có thể được sử dụng.

Hình 1: Khuyến nghị với mẫu thí nghiệm mỗi chu kỳ thấp

3.2.2 *Biến dạng không đàn hồi*, ϵ_{in} : là biến dạng mà không phải đàn hồi. Với điều kiện đẳng nhiệt, ϵ_{in} được tính bằng cách trừ biến dạng đàn hồi ra khỏi tổng biến dạng.

3.2.3 *Tổng chu kì*, τ_t : là thời gian hoàn thành một chu kì. Thông số τ_t có thể được chia thành hai thành phần ngưng và không ngưng.

$$\tau_t = \Sigma\tau_n + \Sigma\tau_{un} \tag{1}$$

trong đó:

$\Sigma_{\tau h}$ = Tổng tất cả phần ngưng của chu kì và

$\Sigma_{\tau_{uh}}$ = Tổng tất cả phần không ngưng của chu kì

τ_i đồng thời bằng nghịch đảo của tổng tần số khi tần số được giữ không đổi.

3.2.4 Công thức dưới đây thường được sử dụng để định nghĩa mối quan hệ ứng suất tức thời và biến dạng với nhiều loại kim loại và hợp kim.

$$\varepsilon = \varepsilon_{in} + \varepsilon_e \quad (2)$$

$$\varepsilon_e = \frac{\sigma}{E^*} \quad (\text{xem Chú thích 2})$$

Và sự thay đổi biến dạng từ bất kì điểm nào (1) tới điểm khác (3) như là được trình bày ở Hình 2 có thể được tính như sau:

$$\varepsilon_3 - \varepsilon_1 = \left(\varepsilon_{3in} + \frac{\sigma_3}{E^*} \right) - \left(\varepsilon_{1in} + \frac{\sigma_1}{E^*} \right) \quad (3)$$

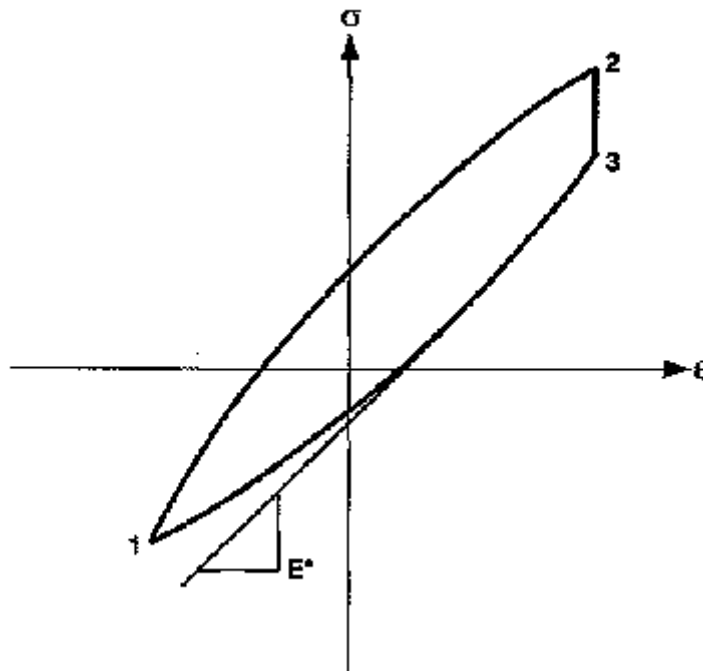
Tất cả các điểm biến dạng về bên phải của tất cả các điểm ứng suất bên trên góc tọa độ đều dương. Công thức sẽ chỉ ra sự tăng biến dạng không đàn hồi từ 1 tới 3 hoặc:

$$\varepsilon_{3in} - \varepsilon_{1in} = \varepsilon_3 - \varepsilon_1 + \frac{\sigma_1}{E^*} - \frac{\sigma_3}{E^*} \quad (4)$$

Tương tự, trong suốt giai đoạn ngưng biến dạng, sự thay đổi biến dạng không đàn hồi sẽ bằng với sự thay đổi ứng suất chia cho E^* hoặc là:

$$\varepsilon_{3in} - \varepsilon_{2in} = \frac{\sigma_2 - \sigma_3}{E^*} \quad (5)$$

Chú thích 2- E^* là thông số vật liệu, có thể là hàm của môi trường hoặc điều kiện thí nghiệm. Nó có thể biến đổi trong suốt quá trình thí nghiệm như là kết quả của sự thay đổi luyện kim hoặc thay đổi vật lý trong mẫu. Trong nhiều trường hợp, tuy vậy, E^* thực tế là một hằng số và được sử dụng nhiều trong điều kiện đẳng nhiệt, thí nghiệm tốc độ không đổi, trong phân tích đường cong từ trễ. Trong những trường hợp này, giá trị E^* có thể được xác định tốt nhất bằng cách tạo chu kỳ mẫu trước khi đem thí nghiệm ở mức ứng suất và biến dạng thấp hơn giới hạn đàn hồi. E^* không phải là modun đàn hồi.



Hình 2: Phân tích của tổng biến dạng đối với ứng suất lặp trễ có giai đoạn ngưng

4 Ý NGHĨA VÀ SỬ DỤNG

- 4.1 Mỗi không chế biến dạng là một hiện tượng chịu ảnh hưởng bởi các biến giống như các biến ảnh hưởng tới mỗi không chế lực. Bản chất của mỗi không chế biến dạng qui định các yêu cầu khác biệt trong phương pháp thí nghiệm mỗi. Trong các trường hợp riêng, nên đo tổng biến dạng tuần hoàn và xác định biến dạng dẻo tuần hoàn. Hơn nữa tất cả các đặc trưng biến dạng này được sử dụng để xác định giới hạn tuần hoàn, tổng biến dạng thường được kiểm soát trong cả chu kỳ. Đặc trưng của qui trình này và kết quả chảy là sự xác định ứng suất và biến dạng tuần hoàn tại bất kì thời điểm nào trong suốt thí nghiệm. Sự khác nhau trong lịch sử biến dạng (ngoại trừ phần biên độ không đổi làm thay đổi tuổi thọ tính mỗi) được so sánh với kết quả biên độ không đổi (ví dụ như, quá biến dạng tuần hoàn và khối hoặc lịch sử phổ). Tương tự như vậy, sự xuất hiện của điểm khác không có nghĩa là biến dạng và các điều kiện môi trường thay đổi có thể thay đổi tuổi thọ mỗi khi được so sánh với biên độ không đổi, thí nghiệm mỗi đảo ngược hoàn toàn. Phải cẩn thận trong việc phân tích và sử dụng số liệu trong các trường hợp này. Trong trường hợp biên độ thay đổi hoặc lịch sử phổ biến dạng, việc đếm các chu kỳ có thể thực hiện với qui trình E 1049.
- 4.2 Mỗi không chế biến dạng có thể là một yếu tố quan trọng cần tính đến trong thiết kế các sản phẩm công nghiệp. Nó quan trọng tại các vị trí mà các bộ phận hoặc các phần của bộ phận phải chịu biến dạng dẻo tuần hoàn bởi cả tác động cơ học và nhiệt, gây ra phá hoại giữa một số tương đối ít các chu kỳ (xấp xỉ $<10^5$). Thông tin có từ thí nghiệm mỗi không chế biến dạng có thể là một yếu tố quan trọng để thành lập tiêu chuẩn thiết kế bảo vệ chống lại phá hoại các bộ phận do mỏi.
- 4.3 Kết quả thí nghiệm mỗi không chế biến dạng rất hữu ích trong phần thiết kế cơ học cũng như là nhiên cứu vật liệu và phát triển, xử lý và kiểm soát chất lượng, đặc tính của sản phẩm và phân tích hư hỏng. Kết quả của chương trình thí nghiệm mỗi không

ché biến dạng có thể được sử dụng trong công thức kinh nghiệm thể hiện mối quan hệ biến đổi tuần hoàn giữa ứng suất, tổng biến dạng, biến dạng dẻo và tuổi thọ mỏi. Chúng thường được sử dụng trong sự tương quan số liệu như là đường cong ứng suất hoặc biến dạng tuần hoàn theo thời gian và ứng suất tuần hoàn theo biến dạng dẻo tuần hoàn thu được từ đường cong từ trễ tại phần nào đó (thường là một nửa) của tuổi thọ vật liệu. Kiểm tra đường cong ứng suất-biến dạng tuần hoàn và so sánh với đường cong ứng suất - biến dạng đơn sẽ đưa ra các thông tin quan trọng về sự ổn định tuần hoàn của vật liệu, ví dụ, lúc nào mà giá trị độ cứng, cường độ chảy, cường độ giới hạn, sự biến dạng hoá cứng, và hệ số cường độ sẽ tăng, giảm hoặc giữ nguyên không đổi (tức là loại vật liệu đó sẽ cứng lên, mềm đi hoặc không đổi) nguyên nhân do biến dạng dẻo tuần hoàn (1)⁴. Sự hiện diện của biến dạng không đàn hồi phụ thuộc thời gian trong quá trình tăng nhiệt độ thí nghiệm cung cấp cơ hội nghiên cứu ảnh hưởng của những biến dạng này trong tuổi thọ mỏi và trong ứng xử biến dạng-ứng suất tuần của vật liệu. Thông tin về ảnh hưởng của tốc độ biến dạng, trạng thái chùng, từ biến cũng có thể xuất hiện trong những thí nghiệm này. Kết quả từ các thí nghiệm một trục trên các mẫu có kích thước hình học đơn giản có thể được áp dụng để thiết kế các bộ phận có vết khía hình V hoặc các hình dạng phức tạp khác, miễn là phải xác định được các biến dạng và các trạng thái nhiều trục của ứng suất hoặc biến dạng và gradient của chúng phải có tương quan chính xác với số liệu biến dạng một trục.

⁴ Chỉ số trong ngoặc đưa ra danh sách tham khảo ở cuối tiêu chuẩn này

5 CÁC QUAN HỆ HÀM SỐ

- 5.1 Các quan hệ kinh nghiệm mà thường được sử dụng để mô tả số liệu mỏi không chế biến dạng được cho trong phụ lục X1. Những quan hệ này có thể không đúng khi biến dạng lớn không đàn hồi phụ thuộc vào thời gian xảy ra. Vì lý do này số liệu gốc cần phải được báo cáo tới phạm vi lớn nhất có thể. Phương pháp rút gọn số liệu cần được chi tiết cùng với các giả thiết. Phải phát triển và báo cáo các thông tin đầy đủ để cho phép phân tích, rút ra và so sánh với kết quả phân tích từ các loại vật liệu khác sử dụng các phương pháp thông dụng hiện nay.
- 5.2 Nếu vật được dùng làm từ hình đồng hồ cát, số liệu gốc cần phải được thông báo cùng với kết quả phân tích sử dụng quan hệ trong phụ lục X2.

6 PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM

- 6.1 Máy thí nghiệm: Cần phải kiểm soát thí nghiệm với máy thí nghiệm mỏi kéo-nén, máy này đã được xác nhận là phù hợp với qui trình E4 và E467, trừ khi có các yêu cầu nghiêm ngặt khác được áp dụng cho tiêu chuẩn này. Máy thí nghiệm cùng với bất kỳ dụng cụ cố định nào sử dụng trong chương trình thí nghiệm phải đạt tiêu chuẩn biến dạng uốn trong 6.3.1. Máy thí nghiệm phải là loại mà có các giá trị đo đặc trưng đã được lấy để giảm thiểu khoảng cách trong đoàn tải trọng.

Chú thích 3: Khả năng đo lực là 45kN hoặc lớn hơn sẽ đủ cho các mẫu được đề xuất (mục 7) và cho hầu hết các vật liệu thí nghiệm. Khả năng chịu lực của máy sử dụng cho những mẫu thí nghiệm này sẽ không bị yêu cầu vượt quá 110kN, tuy nhiên loại máy mỏi có khả năng lớn có thể hiệu quả hơn bởi vì sự tăng độ cứng dọc trục và sự

giảm độ võng ngang của hệ thống này. Sự thay đổi sự đồng tâm dọc trục nhỏ hơn hoặc bằng 0,05 mm TIR (tổng số đọc dụng cụ đo), khi đo giữa mặt trên và mặt dưới mẫu cố định dưới tác dụng lực tuần hoàn, là số đo thể hiện sự thành công đối với sự giảm thiểu độ võng ngang của đoàn tải trọng.

- 6.2 kiểm soát biến dạng. Máy thí nghiệm kiểm soát phải cho phép sự tuần hoàn giữa các giới hạn biến dạng không đổi. Nếu ứng xử của vật liệu cho phép (ví dụ như ảnh hưởng của tuổi thọ không gây cản trở), việc kiểm soát độ ổn định cần phải để giới hạn biến dạng lớn nhất và nhỏ nhất được lặp lại trong suốt khoảng thời gian thí nghiệm và nằm trong khoảng 1% phạm vi giữa giới hạn kiểm soát lớn nhất và nhỏ nhất.

Chú thích 4: Xem 6.4.1 và 6.5 về việc sử dụng máy đo lực và biến dạng trong mối quan hệ với các yêu cầu về khả năng lặp lại.

Chú thích 5. Với việc kiểm soát biến dạng trong điều kiện dài hạn thì thỉnh thoảng rất thuận tiện cho việc thực hiện thí nghiệm kiểm soát biến dạng ảo khi có kiểm soát lực. Có thể bắt đầu thí nghiệm bằng kiểm soát biến dạng và chuyển sang kiểm soát lực sau khi có sự ổn định tuần hoàn của ứng suất xảy ra. Trong những trường hợp này cần phải theo dõi ứng suất (trực tiếp hoặc gián tiếp) và điều chỉnh sự kiểm soát lực để duy trì giới hạn biến dạng trong khoảng 1% của phạm vi giữa giới hạn lớn nhất và nhỏ nhất. Tiêu chuẩn E466 cung cấp các thông tin chi tiết về thí nghiệm mỗi dọc trục kiểm soát lực.

6.3 Định vị

- 6.3.1 Để làm giảm biến dạng uốn, việc định vị mẫu phải được bố trí sao cho trục chính của mẫu gần như trùng khớp với trục của lực trong suốt mỗi chu kỳ. Vấn đề quan trọng là đảm bảo sự chính xác của việc định vị được giữ không đổi từ mẫu này đến mẫu khác. Cần phải kiểm tra việc định vị bằng mẫu thử với các khoảng đo biến dạng dọc trục được đặt ở bốn vị trí có khoảng cách bằng nhau xung quanh bán kính nhỏ nhất. Quay mẫu thử xung quanh trục của nó, lắp đặt và kiểm tra cho mỗi bốn hướng giữa các thiết bị giữ cố định. Giá trị biến dạng uốn lớn nhất được xác định không nên vượt quá 5% phạm vi biến dạng dọc trục nhỏ nhất áp đặt trong suốt một chương trình thí nghiệm bất kỳ. Đối với các mẫu có chiều dài đo đồng đều, kiến nghị nên bố trí một tập các khoảng đo giống nhau tại hai hoặc ba vị trí dọc trục giữa tiết diện đo. Một tập hợp các khoảng đo biến dạng nên bố trí ở giữa chiều dài đo để định vị các vị trí bố trí sai lệch gây nên sự xoay tương đối của các điểm biên của mẫu xung quanh trục vuông góc với trục mẫu. Thêm một tập hợp các thiết bị đo bố trí ở xa tâm của chiều dài đo để xác định chuyển vị ngang tương ứng của các điểm biên mẫu. Biến dạng uốn càng thấp thì càng có nhiều kết quả thí nghiệm có thể lặp lại từ mẫu này tới mẫu khác. Điều này đặc biệt quan trọng với vật liệu có độ dẻo thấp nơi mà yêu cầu sự thẳng hàng hơn (đó là, biến dạng uốn không nên vượt quá 5% biên độ biến dạng nhỏ nhất)

Chú thích 6: Phần này tham khảo Tiêu chuẩn E1012 thí nghiệm loại A.

Chú thích 7: Yêu cầu bốn giá trị đo biến dạng, đối diện nhau 90⁰ để đảm bảo biến dạng uốn không lớn. Sử dụng một dụng cụ đo độ giãn dài riêng lẻ với đầu ra 2 trục sẽ cho phép chỉ cần gia tải 2 mẫu là tập hợp đủ bốn số đọc biến dạng yêu cầu, không cần thiết phải có mẫu đo biến dạng.

- 6.3.2 Một vài cách sử dụng phương pháp định vị thường dùng được chỉ trong sơ đồ ở Hình 3. Việc lựa chọn bất kỳ một phương pháp định vị nào phụ thuộc đầu tiên vào hình dạng

mẫu thiết kế của người sử dụng. Dụng cụ định vị cần phải làm bằng thép được tôi có cường độ cao và sức kháng mài mòn. Loại đai hình rãnh, hoặc tất cả phương pháp định vị khác mà cung cấp độ cứng bên với độ chính xác cao để giữ mẫu cân bằng đều được chấp nhận. Dụng cụ định vị mà không có khả năng cân chỉnh cao có thể kết hợp với hộp kim loại Wood (2,3) của Hình.4 hoặc dụng cụ tương tự. Những dụng cụ này có thể giúp chỉnh lại những vị trí định vị sai trong dây tải trọng mà có thể gây ra biến dạng uốn trong mẫu trong quá trình định vị mẫu. Đặt dụng cụ định vị trong phạm vi các thanh thép cố định hoặc chỗ gập để giảm sự di động ngang của các điểm biên của mẫu và tăng độ cứng ngang – điều này rất quan trọng trong các máy thí nghiệm mà không có đủ sự bảo vệ chống lại sự mất ổn định do nén của mẫu thí nghiệm.

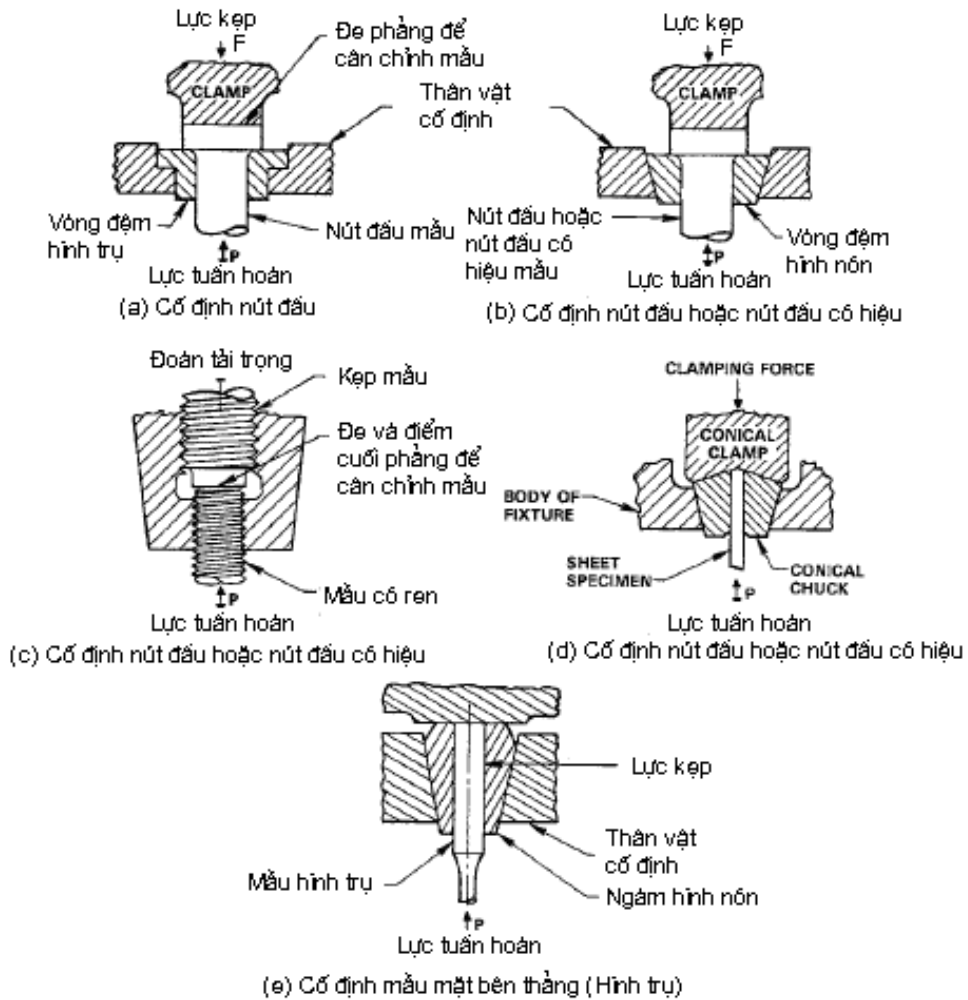
6.3.3 Đối với thí nghiệm ở nhiệt độ cao thường cần phải cung cấp phương tiện để làm mát dụng cụ định vị nhằm bảo vệ để không bị hỏng hóc các bộ phận đo dây tải trọng khác như là dụng cụ chuyển đổi lực. Một phương pháp thường sử dụng là tận dụng cuộn nước làm mát tiếp xúc với thiết bị định vị hoặc với các vị trí thích hợp trong dây tải trọng. Cần phải cẩn thận để tránh ảnh hưởng tới thang đo lực của máy đo hoặc bố trí dây tải trọng khi thêm cuộn làm mát vào.

6.4 Dụng cụ đo độ giãn dài: Dụng cụ đo độ giãn dài được sử dụng nhằm mục đích đo biến dạng tại đoạn đo. Chúng nên phù hợp với phép đo động trong khoảng thời gian dài.

6.4.1 Loại dụng cụ đo độ giãn dài không tự hành gồm 2 loại chính: loại tiếp xúc (ví dụ, thường xuyên sử dụng đầu đo biến dạng hoặc loại LVDT như ở Hình 5) hoặc không tiếp xúc (ví dụ, loại quang học). Số liệu đầu ra của dụng cụ đo độ giãn dài hoặc thiết bị phụ trợ của hệ thống đầu đo độ giãn dài cần phải phù hợp với mục đích kiểm soát, đọc kết quả và ghi. Dụng cụ đo độ giãn dài cần có chất lượng như loại B-2 hoặc tốt hơn theo qui trình E83.

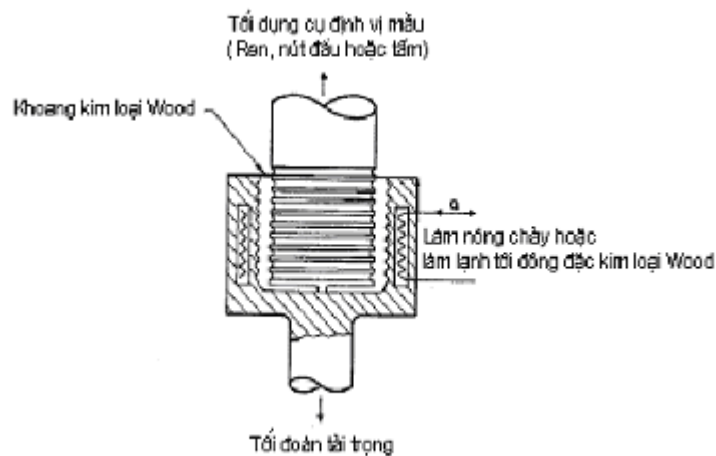
Chú thích 8. Để có kết quả tốt nhất, hệ thống đo độ giãn dài (cơ học và điện tử) cần có một giá trị phi tuyến lớn nhất bằng 0,3% của phạm vi mẫu toàn tỉ lệ. Vì thế, dụng cụ đo độ giãn dài được thiết kế cần làm giảm thiểu hiện tượng trễ cơ học. Một thiết kế hiệu quả sẽ có lực kích hoạt nhỏ loại bỏ được sự trượt của các điểm tiếp xúc và khối lượng nhỏ để cung cấp tần số dao động riêng cao để cải thiện đặc tính chịu tải trọng động.

6.4.2 Dụng cụ đo độ giãn nên đo biến dạng dọc trục nếu thí nghiệm mẫu đo đều, như chỉ trong Hình.1. Thông thường những dụng cụ đo giãn này được gắn như chỉ ra ở Hình 5(a).



Chú thích 1: Lực kẹp phải lớn hơn lực tuần hoàn để chống khe hở giữa vật cố định mẫu

Hình 3. Sơ đồ ví dụ cách cố định mẫu cho nhiều hình dạng mẫu



Chú thích 1: Hộp kim loại của Wood được sử dụng để cung cấp ứng suất bên trong mẫu bằng không trong suốt quá trình cân chỉnh. Hộp này có thể được cố định để kết hợp ứng suất cố định bằng không với sự cân chỉnh cứng.

Hình 4. Sơ đồ nguyên tắc hoạt động hộp kim loại của Wood

Chú thích 9. Cần kiểm tra cẩn thận khi lắp đặt dụng cụ đo độ giãn dài dọc trục để bảo vệ không phá hỏng bề mặt mẫu và hậu quả là hỏng do mỗi xảy ra sớm tại các điểm tiếp xúc. Việc gắn dụng cụ đo biến dạng chắc chắn vào mẫu thí nghiệm rất quan trọng. Sự hỏng hóc hoặc tiếp xúc mòn hoặc oằn tại dụng cụ gắn có thể gây ra các lỗi trễ quan trọng trong quá trình đo. Thông thường, các dải băng nhỏ trong, bọc đầu đọc lại hoặc các loại “tai” bảo vệ khác được dính vào tiết diện đều của mẫu tại vị trí mà đầu đọc của dụng cụ đo gia tốc sẽ tiếp xúc với vật liệu. Sử dụng băng hoặc “tai” với mục đích làm lớp đệm chỗ gắn. Một cách thay thế khác là sử dụng epoxy khô nhanh. Một lò xo lực nhẹ hoặc một miếng cao su nhỏ thường được sử dụng để giữ dụng cụ đo giãn dài vào mẫu. Làm bằng phẳng đỉnh với vật liệu mềm hơn cũng thường được dùng. Sự sai lệch của dụng cụ đo giãn có thể quan sát được sau một vài chu kỳ đầu tiên từ tọa độ X-Y hoặc từ biểu đồ ghi lại bằng cách quan sát đường cong ứng suất-biến dạng. Sự thay đổi không bình thường của giá trị ứng suất trung bình tương ứng với dải các giá trị biến dạng cũng là một biểu hiện của việc sai lệch.

6.4.3 Dụng cụ đo biến dạng nên đo biến dạng xuyên tâm khi mẫu có dạng đồng hồ cát được thí nghiệm. Một phương pháp thông thường của việc đo chuyển vị xuyên tâm được chỉ ra dưới dạng biểu đồ ở Hình 5(b). Đầu của dụng cụ đo biến dạng cong, lồi trong mặt phẳng dọc trục, có thể cung cấp điểm tiếp xúc trong suốt quá trình thí nghiệm. Cần kiểm tra cẩn thận trong suốt quá trình lắp đặt dụng cụ đo biến dạng xuyên tâm để bảo vệ bề mặt mẫu thí nghiệm không bị hư hỏng. Đầu của dụng cụ đo biến dạng cần phải được hiệu chỉnh một cách thích hợp để giảm thiểu lực mà chúng tác động vào mẫu. Khi lắp đặt dụng cụ đo biến dạng, di chuyển một cách nhẹ nhàng đầu của nó dọc theo mẫu trong lúc vẫn quan sát số liệu ra của dụng cụ đo để tìm được bán kính nhỏ nhất. Việc hiệu chuẩn thang đo của dụng cụ đo biến dạng cần phải được kiểm soát trước và sau mỗi chương trình thí nghiệm.

Chú thích 10. Cần phải cẩn thận trong việc đo biến dạng xuyên tâm cho các loại vật liệu như là vật liệu đúc, loại mà có hạt lớn hoặc góc định hướng lớn. Những loại này cũng như là loại vật liệu khối kín sáu cạnh, có xu thế dị hướng và do đó có thể yêu cầu một phương pháp đo biến dạng và một cách diễn giải đặc biệt bởi vì hệ số poisson thực chất là thay đổi theo hướng của dụng cụ đo độ giãn tương ứng với hướng tinh thể của mẫu. Sự hóa rắn và hóa mềm một cách tuần hoàn cũng làm thay đổi giá trị của hệ số poisson một cách rõ ràng, do đó làm phức tạp cách phân tích và diễn giải số liệu.

6.5 Dụng cụ đo lực: Dụng cụ đo lực nên được đặt cùng với loạt mẫu thí nghiệm với mục đích đo độ lớn của lực dọc trục truyền qua mẫu. Năng lực của dụng cụ đo lực nên chọn một cách thích hợp để có thể bao phủ được phạm vi lực sẽ được đo trong thí nghiệm, không quá lớn vì gây ra sai số lớn hơn (giá trị này, lớn hơn 1% độ chênh lệch giữa giá trị giới hạn điều khiển lớn nhất và nhỏ nhất). Thang đo của dụng cụ đo lực phải được kiểm tra theo Tiêu chuẩn E4 và E467.

Chú thích 11- Dụng cụ đo lực phải được thiết kế đặc biệt cho thí nghiệm mỏi và phải có các đặc tính sau: sức kháng uốn cao, độ cứng dọc trục cao, tính chất tuyến tính cao, chính xác và nhạy, hiện tượng trễ thấp, độ cứng chống lật cao và độ cứng bên cao. Để có kết quả tốt nhất, người ta khuyên tính chất phi tuyến và hiện tượng trễ lớn nhất của dụng cụ đo lực không nên vượt quá tương ứng là 0,5% và 0,3% khi thí nghiệm mẫu toàn tiết diện.

6.6 Hệ thống ghi số liệu. Đầu ghi biểu đồ dạng dải và đầu ghi X-Y hoặc các thiết bị kỹ thuật số tương đương như phải xem là các yêu cầu tối thiểu cho việc thu thập số liệu.

Chú thích 12- Sự chính xác của hệ thống ghi số liệu cần phải giữ ở trong khoảng 1% toàn kích thước. Thiết bị tương tự hoặc kỹ thuật số mà có thể dùng được sẽ phải định dạng được các giới hạn lớn nhất và nhỏ nhất, bộ nhớ lớn nhất nhỏ nhất và điểm dưới đỉnh.

Chú thích 13- Đặc tính của hệ thống thu thập số liệu như là tần số mẫu và dữ liệu trong đoạn xiên trên biểu đồ lực-biến dạng (ứng suất và biến dạng) có thể ảnh hưởng đến sự xuất hiện đường cong trễ trong máy ghi X-Y sử dụng hệ thống ghi thông tin bằng số hoá. Kiến nghị là những đặc tính này nên được xem xét cùng với tốc độ biến dạng hoặc tần số tuần hoàn để xác định rằng đồ thị trễ nằm trong giới hạn sai số cho phép.

6.6.1 *Đầu ghi X-Y-* Một số đầu ghi X-Y nên được sử dụng với mục đích ghi lại đường cong trễ của lực trên biến dạng hoặc của ứng suất trên biến dạng. Một đầu ghi X-Y điện kế hoặc thiết bị đo dao động cùng với camera cũng được chấp nhận. Đầu ghi X-Y điện kế chỉ nên được sử dụng khi tốc độ tuần hoàn thể hiện ở vận tốc bút nhỏ hơn một nửa tốc độ quay đầu ghi. Ở tần số cao hơn, thiết bị đo dao động có thể được sử dụng. Các thiết bị thay thế bao gồm: đầu vẽ công nghệ số X-Y ghi lại thời gian thực hoặc để ghi lưu trữ số liệu, và thiết bị xử lý và lưu số liệu trong hệ thống máy tính chủ hoặc truyền số liệu tới máy in.

6.6.2 Nếu loại thiết bị ghi kiểu số được sử dụng, nên lấy đồng thời một số lượng đủ các cặp số liệu tương ứng (như là biến dạng và ứng suất) cho cả phần đi lên và phần đi xuống của đường cong trễ để xác định được hình dạng đường cong.

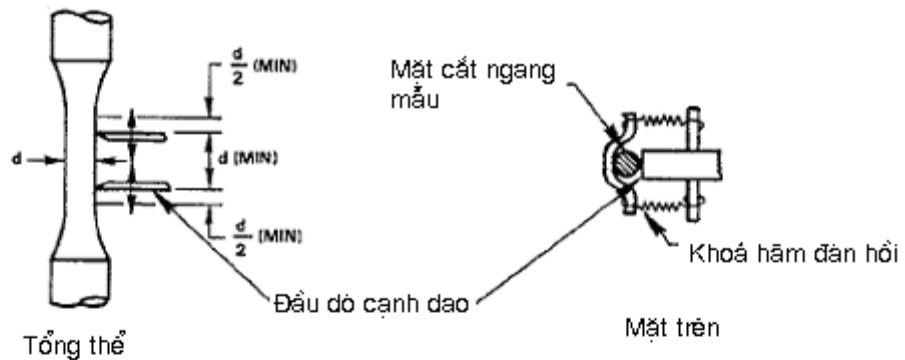
6.6.3 Đầu ghi dạng biểu đồ- Đầu ghi dạng biểu đồ có thể sử dụng để ghi lực (hoặc biến dạng). Nếu nó được sử dụng, tần số của thí nghiệm như là tốc độ của bút ghi không bao giờ vượt quá một nửa tốc độ quay của máy ghi. Kiến nghị rằng nên kiểm tra thang đo của những đầu ghi này ở tần số thí nghiệm được sử dụng. Máy lưu trữ dao động có thể được sử dụng để ghi lại vòng lặp lực ứng với biến dạng. Đỉnh của lực hoặc biến dạng cũng có thể được kiểm soát bởi thiết bị có thể dò tìm, hiển thị và nhớ được giá trị lớn nhất và nhỏ nhất trong bộ nhớ hoặc nó cung cấp lại những số liệu này ở khoảng thời gian định trước.

6.7 Máy đếm tuần hoàn – Cần sử dụng một máy đếm tuần hoàn để chỉ ra tổng số vòng lặp lực hoặc biến dạng tích lũy. Cần dùng thêm một đồng hồ đo thời gian thực hiện cho máy đếm vòng lặp để cung cấp sự kiểm tra chính xác cho cả tần số và đếm vòng lặp hiện tại. Hai loại máy đếm được sử dụng thông thường là máy cơ học và máy điện. Yêu cầu tối thiểu là máy đếm phải có 5 hoặc 6 con số và phạm vi đo có thể nhân lên 10, 100, 1000. Có thể sử dụng các máy đếm công nghệ số với 1 độ phân giải số đếm (không có hệ số nhân). Máy đếm thường được trang bị với đặc tính "số đếm định trước" mà đặc trưng này có thể sử dụng để dừng thí nghiệm khi kiểm tra mẫu, để ra lệnh cho máy ghi lấy số liệu hoặc để dừng thí nghiệm sau khi đã đạt được số vòng lặp định trước.

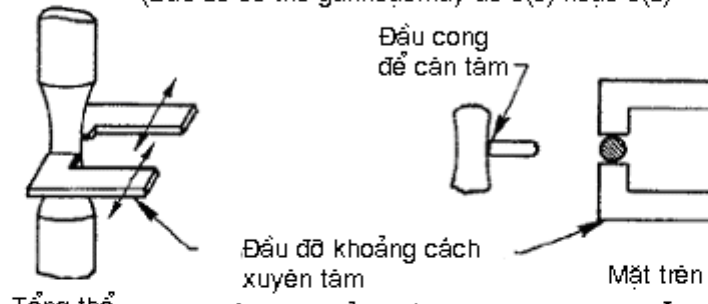
6.8 Hiệu chuẩn - Khoảng thời gian hiệu chuẩn với cả dụng cụ ghi điện tử và hệ thống bộ chuyển đổi phải được thực hiện phù hợp với kiến nghị của nhà máy sản xuất, nếu

không có kiến nghị nào, khoảng thời gian này không được lớn hơn 6 tháng và thậm chí là thường xuyên hơn nếu yêu cầu duy trì tính chính xác là cần thiết. Việc hiệu chuẩn cần được thực hiện khi nào thấy nghi ngờ tính chính xác. Tất cả việc hiệu chuẩn cần được theo dõi qua Viện quốc gia về tiêu chuẩn và công nghệ. Khi hiệu chuẩn với bộ chuyển đổi, việc sử dụng cùng một cài đặt, một cách sắp xếp các cấu kiện được sử dụng trong thí nghiệm là rất quan trọng. Ví dụ như, khi hiệu chuẩn bộ chuyển đổi lực sử dụng trong hệ thống tự động, cần phải hiệu chuẩn số liệu đầu ra từ máy tính, không phải từ bất kỳ một hệ thống điện tử trung gian nào.

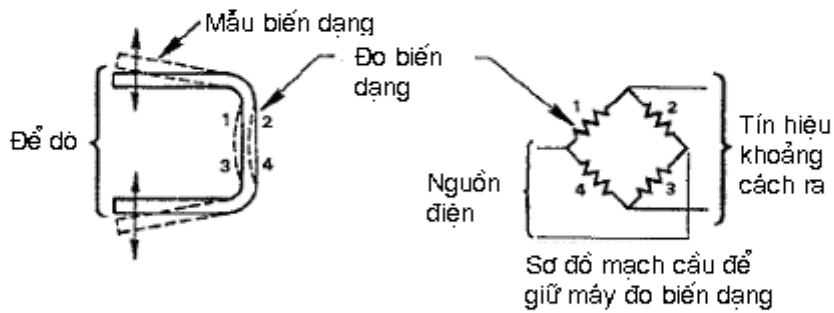
- 6.9 Máy biến dạng – Nên sử dụng một máy tính dạng analog hoặc máy tính số cho thí nghiệm mỗi chu kỳ nhỏ hoặc mẫu hình đồng hồ cát khi nào sự hóa cứng lại hoặc hóa mềm tuần hoàn rõ ràng xảy ra trong suốt thí nghiệm. Một máy tính là hữu dụng khi được sử dụng ở chế độ thời gian thực cùng với các máy thí nghiệm có cơ cấu điều khiển phụ và có thể sử dụng để kiểm soát giới hạn của máy đóng xoắn ốc. Máy tính cần phải được thiết kế để chuyển tín hiệu biến dạng xuyên tâm và lực dọc trực thành tín hiệu biến dạng dọc trục. Xem Phụ lục X2 cho các quan hệ chuyển đổi. Trong trường hợp với máy khiển ngược (servo), tín hiệu biến dạng dọc trục này có thể được sử dụng như là tín hiệu phản hồi cho mục đích kiểm soát, bởi vì nó thể hiện sự kiểm soát biến dạng dọc trục. Một sơ đồ khối của chương trình cho máy analog (hoặc số) thể hiện ở Hình 6.



(a) Phép đo khoảng cách dọc cho mẫu gate đều của hình 1(a) (Đầu dò có thể gắn hoặc máy đo 5(c) hoặc 5(d))

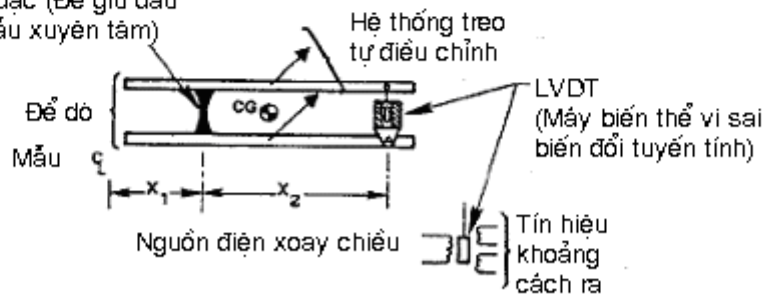


(b) Phép đo khoảng cách xuyên tâm cho mẫu đồng hồ cát hình 1(b) (Đầu dò có thể gắn vào hoặc máy đo 5(c) hoặc 5(d))



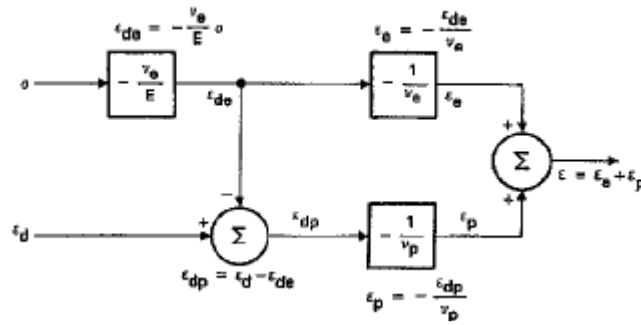
(c) Máy đo biến dạng ứng suất

Khớp nối đàn hồi đặc (Để giữ đầu dò tiếp xúc với mẫu xuyên tâm)



(d) Máy đo khoảng cách LVDT

Hình 5. Sơ đồ dụng cụ máy đo độ giãn



Hình 6. Sơ đồ khối của máy tính đo biến dạng (xem Phụ lục 2 về thảo luận quan hệ toán học)

7 MẪU THÍ NGHIỆM

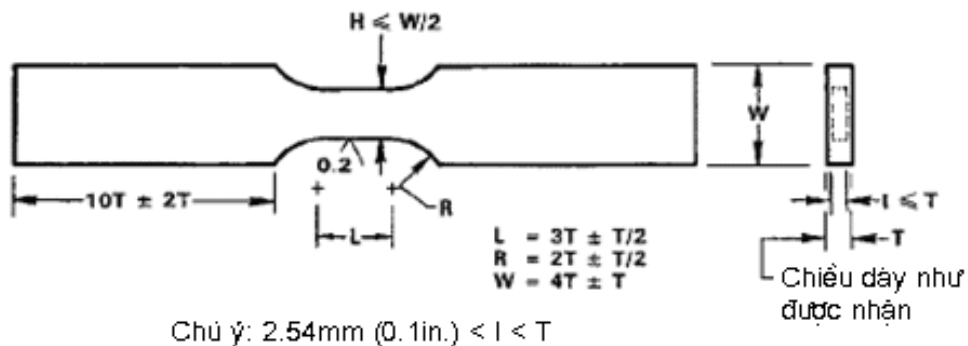
7.1 Thiết kế mẫu- Hình 1 chỉ ra hai hình dạng mẫu cơ bản. Hình 1 chỉ ra mẫu tiết diện đều. Khi việc chọn mẫu có hình dạng đồng hồ cát là cần thiết, hình dạng của nó được giới thiệu ở hình 1(b). Khi sử dụng hình 1(b) cần suy xét cẩn thận về các vấn đề liên quan tới diễn giải số liệu, và dị hướng và mất ổn định (xem Chú thích 10 và Chú thích 14). Cả hai mẫu được giới thiệu đều có tiết diện ngang tròn đặc và đường kính nhỏ nhất là 6,35mm (0,25in). Kích thước tiết diện ngang xác định được liệt kê ở đây chỉ bởi vì chúng có ảnh hưởng lớn tới sự sinh ra số liệu mỗi chu kỳ nhỏ mà tồn tại trong tài liệu mở. Các mẫu có bán kính khác hoặc tiết diện ngang hình ống có thể được thí nghiệm thành công trong phạm vi qui trình này, tuy nhiên, tốc độ hình thành vết nứt, kích thước hạt mẫu và các vấn đề xem xét khác có thể ngăn cản sự so sánh trực tiếp với kết quả thí nghiệm từ các mẫu kiến nghị. Trong khi thiết kế điểm kết nối cuối mẫu phụ thuộc chủ yếu vào người sử dụng, một số các hình dạng được chỉ ở hình 1(c),1(d),1(e) và 1(f) vẫn thường được sử dụng. Cần phải kiểm tra cẩn thận khi gia công mẫu tiết diện đều để vát đều bán kính vai ở cuối mẫu với đường kính nhỏ nhất tránh có vết cắt. Để ứng suất tập trung là nhỏ nhất, đường kính vai cần càng lớn càng tốt, phù hợp với giới hạn về chiều dài mẫu.

Chú thích 14- Tuổi thọ xác định được khi sử dụng mẫu hình ống nhỏ hơn là khi sử dụng mẫu đặc, sự kéo dài tuổi thọ của chúng phụ thuộc vào tiêu chuẩn phá hoại và hình dáng mẫu. Sự khác biệt vượt quá hệ số của hai loại đó là khác thường vì chỉ tiêu phá hoại dựa vào sự tách ra, trong khi với sự phá hoại được định nghĩa bằng các chiều dài vết nứt trong phạm vi thành ống sẽ có sự khác biệt nhỏ hơn nhiều.

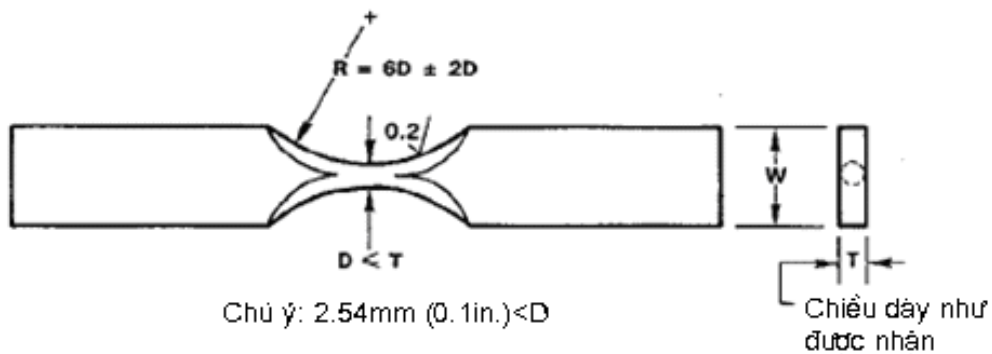
Chú thích 15- Việc lựa chọn mẫu tiết diện đều hay mẫu hình đồng hồ cát thường dựa vào độ lớn của phạm vi biến dạng phải chịu. Mẫu tiết diện đều được giới thiệu thường phù hợp với phạm vi biến dạng khoảng 2%. Lớn hơn 2% cần dùng mẫu đồng hồ cát. Vật liệu mềm hoặc nhiệt độ cao có thể làm giảm phạm vi biến dạng. Phạm vi biến dạng lớn nhất có thể tăng bởi sự cản trở bên tương ứng và thông qua việc sử dụng dây tải trọng ngắn. Sự lựa chọn tăng độ cứng để tránh sử dụng mẫu hình đồng hồ cát cần phải được sử dụng hoàn toàn trước khi chấp nhận hình dáng chỉ trong hình 1(b). Nếu những sự lựa chọn này là không được, mẫu đồng hồ cát được giới thiệu có tỷ lệ 12:10 là tỷ lệ bán kính đoạn uốn cong trên bán kính nhỏ nhất của mẫu. Nếu muốn thì có thể dùng các hệ số khác giữa khoảng giới hạn 8:1 và 16:1. Các giới hạn thấp hơn sẽ tăng ứng suất tập trung và có thể ảnh hưởng tới tuổi thọ mỗi, tỷ lệ cao hơn sẽ hạn chế sức kháng oằn của mẫu. Với một số vật liệu thí nghiệm ở phạm vi tuổi thọ thấp, mẫu đồng hồ cát có thể cho kết quả khác nhau so với mẫu tiết diện đều có ứng suất

tương đương. Việc xác định biến dạng dọc trục từ số liệu đo đặc biến dạng xuyên tâm trong mẫu đồng hồ cát cho vật liệu dị hướng cũng như vật liệu đúc là rất khó.

Chú thích 16- Việc thiết kế điểm liên kết cuối phụ thuộc vào yêu cầu của người sử dụng, cách thức cố định, các loại vật liệu đang có hoặc sự tổ hợp của cả 3 điều kiện trên; nó được liên kết chủ yếu bằng cách xem xét thích hợp sự sắp xếp và khe hở dọc trục. Nút đầu liên kết như trong hình 1(d) và 1(c) cho phép sự sắp xếp chính xác với điểm cuối mẫu bị kẹp gia tải trước (để tránh khe hở trong rãnh). Liên kết xoắn ốc như trong hình 1(c) chỉ hiệu quả tại vị trí có vật liệu không đủ dày để sử dụng điểm cuối có nút đầu bán kính lớn hơn. Khả năng của liên kết nút đầu, trong hình 1(e) là cung cấp nút đầu gia tải trước mà không cần yêu cầu điểm cuối có bán kính lớn hơn. Việc thiết kế nút đầu hiệu quả ở nhiệt độ cao, vì nó không bị ảnh hưởng bởi oxy hoá như là điểm xoắn ốc, nhưng nó có thể làm cho một số mẫu bị phá hoại tại vị trí cố định khi sử dụng ở nhiệt độ phòng. Thiết kế trong hình 1(f) thuận lợi khi sử dụng rãnh nước dạng đai. Hình dạng này sẽ hạn chế phá hoại xoắn ốc dài hạn như là thường xảy ra với mẫu loại 1(c).



(a) Mẫu mỗi tám phẳng với tiết diện hình chữ nhật



(b) Mẫu mỗi tám phẳng với tiết diện hình tròn

Hình 7. Mẫu mỗi tám-thay thế cho các mẫu Hình 1

7.1.1 *Mẫu thay thế thiết kế cho các mẫu dạng tám-* Thông thường, người ta mong muốn lấy được các mẫu thí nghiệm từ tám vật liệu có chiều dày nhỏ hơn 6,0mm (90,24 in). Nhìn chung, các xem xét được đề cập cho các tiết diện khác đều được áp dụng trong thí nghiệm tám. Tuy nhiên, kích thước hình học đặc biệt của mẫu và cách sắp xếp, cũng như độ nhạy của bộ chuyển đổi ứng suất và lực là cần thiết. Kiến nghị rằng phải loại bỏ mô men xoắn sinh ra do quay của thanh bằng các liên kết chống quay hoặc các thiết bị tương tự. Mẫu thiết kế điển hình mà đã được sử dụng thành công được chỉ trong hình 7. Mẫu ở hình 7(a) có tiết diện ngang hình chữ nhật và phù hợp với biến

dạng có biên độ nhỏ nhất 1% áp dụng cho tấm có chiều dày 2,54mm (0,10 in). Với biên độ biến dạng cao hơn, liên kết chống oằn cần được lắp vào một vị trí xác định và sử dụng máy đi biến dạng. Khi sử dụng những liên kết này, cần phải cẩn thận để tránh làm tăng sức kháng lực dọc trục chịu ảnh hưởng bởi liên kết. Khi không thể sử dụng các liên kết thì có thể phải sử dụng mẫu đồng hồ cát có tiết diện ngang hình trụ hình 7(b), xem tài liệu tham khảo (4) cho các thiết kế khác. Kích thước hình học đủ để kháng lại sự oằn và/hoặc gia tăng sự hỏng do uốn ngắn hạn thường dẫn tới sự hỏng khe dài hạn. Người giám sát có thể thấy thuận lợi khi sử dụng hai mẫu thiết kế có kích thước hình học tương tự nhau để phát triển được đường cong vòng đời biến dạng.

7.2 Chuẩn bị mẫu - Mẫu cần được chuẩn bị bằng một tập hợp các trình tự quy định để cung cấp được kết quả thí nghiệm phù hợp. Phải có sự thống nhất về quy trình chuẩn bị thí nghiệm giữa tổ chức thí nghiệm và người sử dụng kết quả thí nghiệm. Những hướng dẫn sẽ được cung cấp sau đây.

7.2.1 *Mẫu và vật liệu* - Các mẫu được gia công cần đồng nhất hoặc là được lấy từ vật liệu gốc, hoặc thoả mãn cả hai, để có thể đại diện cho tính chất tìm thấy trong việc áp dụng vật liệu cho tới khi ngừng sử dụng. Vì thế, khi các điều kiện vật liệu cho phép, các mẫu cần được lấy từ cùng một loại vật liệu và cùng hình thức sản phẩm để sẽ được sử dụng trong các cấu kiện lắp ghép. Bất kì hướng vật liệu nào, như là hướng cuộn, hướng đúc, phải được xác định đối với hướng của trục của mẫu. Các kí hiệu về hướng được sử dụng phù hợp với Tiêu chuẩn thí nghiệm E399 được chấp nhận như là L,T,S,LT,TL,ST và tương tự thế.

7.2.2 Chuẩn bị bề mặt mẫu- Mẫu sẽ có một "lịch sử hình thành bề mặt" hậu quả của các hoạt động gia công máy, xử lý nhiệt và ảnh hưởng của môi trường trong thời gian lưu kho trước khi thí nghiệm. Trừ khi mục đích thí nghiệm là xác định ảnh hưởng của một điều kiện bề mặt xác định tới tuổi thọ mỏi, kiến nghị nên chuẩn bị bề mặt mẫu theo cách mà sẽ có sự ảnh hưởng tối thiểu theo tính biến thiên của tuổi thọ mỏi được biểu lộ qua thí nghiệm nhóm mẫu. Nói chung, điều này sẽ đạt bởi:

7.2.2.1 các mẫu gia công đồng bộ bằng máy thường có bề mặt hoàn thiện nhẵn và đều (trong phạm vi đo) đối với vật liệu thí nghiệm và các công nghệ gia công hiện có, và bằng cách áp dụng công đoạn hoàn thiện cuối cùng sẽ hạn chế được các méo mó bề mặt (xem Chú thích 17), và bởi

7.2.2.2 sự đảm bảo rằng, thông qua việc sử dụng khí bảo vệ, những hiện tượng tấn công bề mặt như là sự oxy hoá và ăn mòn sẽ không xảy ra kể cả trong quá trình xử lý nhiệt hay trong quá trình lưu kho mẫu, đối với tất cả các mẫu trong một chương trình.

Chú thích 17- Phụ lục X3 cung cấp một ví dụ về phương pháp gia công máy đã tận dụng một số vật liệu để làm giảm đến mức tối thiểu sự biến đổi của quá trình gia công máy và xử lý nhiệt ảnh hưởng tới tuổi thọ mỏi.

Trình tự chính xác chuẩn bị mẫu và sử dụng mẫu cần được ghi chép một cách rõ ràng và cẩn thận. Cần thận trọng khi xác định và ghi lại ứng suất dư bề mặt và mô tả sơ lược ứng suất dư của ít nhất là một mẫu ví dụ.

7.3 Lưu mẫu – Các mẫu thí nghiệm mà có thể dễ bị ăn mòn trong không khí ẩm ở nhiệt độ phòng cần được bảo vệ ngay lập tức sau khi được chuẩn bị và lưu kho cho đến khi thí

nghiệm. Các mẫu có thể được lưu trong khí bảo vệ phù hợp như là khí trơ khô (cũng như là có thể tận dụng một cách tiện lợi trong tủ sấy trong phòng thí nghiệm) hoặc chân không. Phương pháp lưu kho phải được ghi chép một cách rõ ràng và cẩn thận.

- 7.4 Mô tả vật liệu - Một mô tả vật liệu đầy đủ là cần thiết. Cần đạt được các cấu trúc vi mô và tính chất cơ học sau:
- 7.4.1 *Các đặc điểm vi mô*- Thành phần cấu tạo, kích thước hạt (xem Tiêu chuẩn thí nghiệm E112), cấu trúc tinh thể, hướng ưu tiên nếu có, hình dạng chung của hạt (đẳng trục hay thon dài), phần tử ở giai đoạn hai (xem Tiêu chuẩn E 157), xử lý nhiệt (khi trong máy cán, trong quá trình lắp ghép, trong phòng thí nghiệm hoặc tổ hợp cả ba), vị trí trong thỏi hoặc tấm cuộn và tiêu chuẩn thiết kế (ASTM, ASME, AISI, Military, SAE,...).
- 7.4.2 Tính chất cơ học- Với mục đích thực hiện thí nghiệm và tính toán kết quả, cần có các tính chất cơ học điển hình sau, thu được ở nhiệt độ thích hợp và được đo đặc phù hợp với các tiêu chuẩn thích hợp như E8, E9, E111, E 132 và E 209, đó là cường độ chảy kéo hoặc nén hoặc điểm chảy hoặc cả hai, cường độ tới hạn, phần trăm độ giãn dài, phần trăm giảm diện tích, hệ số Poisson và Modun đàn hồi. Các tính chất chính xác về ứng suất-biến dạng sau cũng có thể được mong muốn: cường độ nứt chính xác, độ nứt dẻo chính xác, độ cứng biến dạng tiêu biểu và hệ số cường độ. Độ cứng cũng có thể được xác định phù hợp với Tiêu chuẩn A 370 hoặc E 384 hoặc cả hai.

8 TRÌNH TỰ

8.1 Môi trường thí nghiệm

8.1.1 Nhiệt độ:

- 8.1.1.1 Với vật liệu mà thí nghiệm mỗi ở nhiệt độ khác nhiệt độ xung quanh, tất cả nhiệt độ suốt vùng đo (với mẫu có vùng đo đồng đều là vùng có tiết diện ngang đều) phải là:

$$T_n \pm \Delta T \quad (6)$$

trong đó:

T_n = Nhiệt độ danh định ở °C và

ΔT = 2°C hoặc 1%, lấy giá trị lớn hơn.

Chú thích 18. Sự biến thiên nhiệt độ trong tiết diện đo có thể trở thành một vấn đề then chốt, đặc biệt nếu các tính chất của vật liệu (ví dụ sự thay đổi lớn về cường độ, modun đàn hồi, dẻo,...) hoặc tính bền luyện kim (như cấu trúc vi mô, cấu trúc tinh thể ...) chịu ảnh hưởng một cách đáng kể. Vì những nguyên nhân này cũng như các nguyên nhân khác, sự biến thiên nhiệt độ trong phạm vi tiết diện đo cần được giữ nhỏ nhất có thể. Bởi vì sự ảnh hưởng của nhiệt độ có thể rất lớn, sự biến thiên nhiệt độ thực tế cần được báo cáo cùng với kết quả thí nghiệm, cũng như phương pháp nhiệt (cảm ứng nhiệt, sức kháng nhiệt, nguồn sáng hồng ngoại...)

- 8.1.1.2 Trong thời gian thí nghiệm, nhiệt độ kiểm soát của mẫu cần đạt $T_n \pm 2^\circ\text{C}$.

Chú thích 19- Nếu không thể duy trì nhiệt độ trong phạm vi các giới hạn đã chỉ ra ở trên, độ lệch nhiệt độ cần được báo cáo. Nếu có thể, sự ảnh hưởng của nhiệt độ cần được biểu thị trong suốt phạm vi nhiệt độ thí nghiệm.

8.1.2 Nhiệt độ cao có thể đạt được bằng bất kỳ phương pháp nào trong các phương pháp sau: (1) cảm ứng tần số cao (Chú thích 20), (2) lò nung bức xạ hoặc điện trở, hoặc ngâm trong khí trơ nóng hoặc là chất lỏng. Trong (1) và (2) ở trên, một hàng rào bao quanh được đề nghị để bảo vệ không khí xuất hiện trong vùng lân cận mẫu không gây ra gradient nhiệt không mong muốn. Mẫu thí nghiệm ở nhiệt độ trong phòng cũng cần đặt ở trong vùng sạch sẽ. Nhiệt độ dưới nhiệt độ trong phòng có thể đạt được bằng cách để mẫu và các thiết bị cần thiết trong buồng được làm lạnh có thể là chất lỏng hoặc loại thuộc thể khí, phụ thuộc vào nhiệt độ yêu cầu và các xem xét môi trường khác. Khí hoá lỏng như là Nitơ lỏng hoặc khí đông đặc như là đá khô đặt ở dung môi lỏng sẽ cung cấp các phương pháp dùng cho thí nghiệm nhiệt độ thấp.

Chú thích 20. Khi làm nóng cảm ứng loại vật liệu từ tính (những loại vật liệu này có độ thẩm thấu lớn hơn nhiều so với chuẩn), cần phải ý thức rằng một ứng suất thay đổi trong mẫu có thể ảnh hưởng tới sự phân bố của dòng xoáy trong mẫu và có thể thay đổi nhiệt độ. Ảnh hưởng này lại chịu ảnh hưởng của vật liệu thí nghiệm, đặc điểm thiết kế và truyền nhiệt, cường độ nhiệt, cường độ và sự phân bố ứng suất, hình dạng sóng tuần hoàn, tần số thí nghiệm (tốc độ biến dạng). Ảnh hưởng rõ ràng nhất thường xuất hiện khi kiểm soát thí nghiệm ở tần số thấp hoặc với các thí nghiệm có giai đoạn ngưng. Trong mọi trường hợp nhiệt độ của mẫu từ tính cần được đánh giá trong suốt chu kỳ biến dạng. Khi ảnh hưởng này là nghiêm trọng, cần phải sử dụng một máy điện nạp với cuộn dây cảm ứng hoặc sử dụng phương pháp nhiệt thay thế.

Chú thích 21-Việc sử dụng sự cách ly kính có thể tránh được sự khó khăn với các dây chìm trong dung môi làm lạnh.

8.1.3 Nếu thí nghiệm diễn ra ở trong không khí, độ ẩm liên quan có thể đo được phù hợp với Tiêu chuẩn thí nghiệm E 337, trừ khi nó đã được xác định rằng độ ẩm có ít hoặc không có ảnh hưởng nào tới tuổi thọ mỗi đối với vật liệu làm thí nghiệm. Nếu sự ảnh hưởng là có, độ ẩm liên quan cần phải được kiểm soát, khi không kiểm soát được thì cần phải theo dõi và báo cáo cẩn thận.

8.2 Đo kích thước mẫu thí nghiệm - Với mục đích xác định chính xác diện tích tiết diện ngang của mẫu, đo các tiết diện giảm yếu như sau:

8.2.1 Đo đường kính tại tâm của tiết diện đo bằng dụng cụ so sánh độ dài quang học hoặc các dụng cụ quang học khác với độ chính xác 0,00125mm (0,0005 in) hoặc tốt hơn. Một dụng cụ đo vi lượng chính xác có thể sử dụng để thay thế máy so sánh độ dài quang học nếu việc sử dụng nó không làm hỏng bề mặt tiết diện đo trong giai đoạn mà nó ảnh hưởng tới sự thực hiện mẫu. Đối với mẫu tiết diện đo đều, kiểm tra đường kính ít nhất tại hai vị trí khác nhau trong phạm vi chiều dài đo. Diện tích tiết diện ngang nhỏ nhất nên được sử dụng để tính ứng suất của mẫu trong quá trình thí nghiệm. Diện tích tại nhiệt độ đó cần được sử dụng để tính ứng suất. Diện tích này có được bằng cách lấy kết quả nhiệt độ phòng có sử dụng hệ số giãn nở nhiệt.

8.3 Kiểm soát máy thí nghiệm - Cần thiết phải kiểm soát một (hoặc nhiều hơn) các đại lượng biến thiên (ví dụ ứng suất, biến dạng, lực, chuyển vị hoặc các thông số thích hợp khác) nhằm mục đích giữ chúng cùng với mục đích thí nghiệm.

- 8.3.1 *Phương thức kiểm soát* - Tổng biên độ biến dạng dọc trục thường được sử dụng để kiểm soát biến số trong thí nghiệm mỗi chu kỳ thấp. Tổng biến dạng dọc trục thường được kiểm soát liên tục qua mỗi chu kỳ mỗi theo cách quy định ở mục 8.4. Nó cũng được chấp nhận để chỉ kiểm soát giới hạn của hoặc tổng biến dạng dọc trục hoặc biến dạng dẻo dọc trục. Trong những trường hợp này, thay đổi các đại lượng biến thiên khác, như biến dạng xuyên tâm, chuyển vị hoặc lực trong phạm vi những giới hạn này trong một cách đều đặn hoặc là dưới đường cong từ đóng hoặc là dưới các biện pháp kiểm soát khác. Đối với thí nghiệm mỗi dài hạn mà có mức biến dạng dẻo thấp, chấp nhận việc kiểm soát lực trong khi kiểm tra biến dạng và thực hiện các điều chỉnh tuần hoàn về lực trung bình và phạm vi lực nhằm mục đích duy trì các giới hạn biến dạng mong muốn. Tương tự, thí nghiệm có thể bắt đầu bằng kiểm soát biến dạng và chuyển sang kiểm soát lực sử dụng các đỉnh lực ổn định như là giới hạn. Sự kiểm soát liên tục các thông số mong muốn có thể là cần thiết để đạt được các đáp ứng mong muốn trong chu kỳ. Để ví dụ, nếu lực được kiểm soát giữ tổng giới hạn biến dạng dọc trục trong chế độ này, một ứng xử khác biệt của vật liệu sẽ xảy ra nếu tổng biến dạng dọc trục được kiểm soát liên tục.
- 8.3.2 *Phương pháp vòng đóng* – Các máy thí nghiệm mỗi loại có cơ cấu điều khiển phụ vòng đóng thường có khả năng kiểm soát liên tục các biến số thí nghiệm xác định như là lực hoặc chuyển vị tại các tín hiệu phản hồi được chọn thích hợp. Việc áp dụng các hệ số tỷ lệ cho các tín hiệu này do đó sẽ cho phép kiểm soát liên tục ứng suất và biến dạng. Ứng suất dọc trục có thể được lấy tỷ lệ trực tiếp từ tín hiệu máy biến đổi lực. Biến dạng dọc trục có thể được lấy tỷ lệ trực tiếp từ tín hiệu đo độ giãn dài dọc trục khi mẫu tiết diện đo đều được thí nghiệm. Khi mẫu dạng đồng hồ cát được thí nghiệm, tín hiệu biến dạng dọc trục phải được xác định từ tín hiệu đo độ giãn dài xuyên tâm và tín hiệu lực bằng máy tính (xem 6.9) nếu như vòng đóng kiểm soát sự thay đổi biến dạng xuyên tâm trong suốt quá trình hóa cứng và hóa mềm tuần hoàn. Phải Chú thích thêm nếu như thời gian ngưng được sử dụng và biến dạng phi đàn hồi phụ thuộc thời gian xuất hiện. Ví dụ, giữ một biến dạng xuyên tâm sẽ cho phép tổng biến dạng dọc trục thay đổi trong suốt mỗi cho kỳ và sẽ không cho thông tin chùng chính xác.
- 8.3.3 *Các phương pháp kiểm soát khác* – Máy thí nghiệm mỗi mà không cung cấp vòng đóng liên tục kiểm soát hoặc lực hoặc chuyển vị mẫu thường có khả năng áp đặt các giới hạn vào biến số thí nghiệm được chọn. Tuy nhiên, chúng không kiểm soát các biến số trong suốt chu kỳ mỗi. Giới hạn kiểm soát là một trường hợp đặc biệt của kiểm soát vòng đóng. Vì thế, tín hiệu lực và chuyển vị có thể được sử dụng với mục đích tương tự như các tín hiệu trong 8.3.2 để xác định giới hạn chuyển vị. Không cần thiết phải sử dụng một máy tính để giới hạn kiểm soát mẫu đồng hồ cát nếu sự điều chỉnh tuần hoàn được thực hiện đối với biên độ biến dạng xuyên tâm với mục đích để duy trì giới hạn biến dạng dọc trục không đổi. Những sự điều chỉnh này là cần thiết với vật liệu mà trải qua quá trình hóa cứng và hóa mềm một cách rõ rệt bởi vì sự có mặt của những thay đổi trong mối quan hệ giữa biến dạng dọc trục và biến dạng xuyên tâm cảm ứng. Các rắc rối thêm vào của các dạng sóng phức tạp và biến dạng phi tuyến phụ thuộc thời gian hạn chế rất nhiều khả năng chấp nhận các công nghệ kiểm soát giới hạn. Nếu kỹ thuật kiểm soát giới hạn được sử dụng, các sự thay đổi các thông trong và giữa các chu kỳ cần được kiểm soát, và nếu cần thiết, các sự điều chỉnh tuần hoàn cần được thực hiện cho các máy thí nghiệm để có thể có các ứng xử mong muốn. Những sự thay đổi này cần được báo cáo.

- 8.4 Các dạng sóng – Các dạng sóng biến dạng (hoặc ứng suất) theo thời gian cần được đồng nhất trong suốt chương trình thí nghiệm trừ khi mục đích của thí nghiệm là để xác định ảnh hưởng của dạng sóng. Nếu không có yêu cầu dạng sóng xác định hoặc các giới hạn về thiết bị, sóng dạng tam giác cho thí nghiệm tuần hoàn liên tục và sóng dạng hình thang cho thí nghiệm có chu kỳ ngưng được ưu tiên.
- 8.5 Tốc độ biến dạng và chu kỳ tần số - Hoặc chu kỳ tốc độ biến dạng hoặc chu kỳ tần số cần được giữ không đổi trong khoảng thời gian mỗi thí nghiệm cũng như trong khoảng thời gian của một chương trình thí nghiệm, trừ khi mục đích thí nghiệm là đặc biệt chỉ để xác định hoặc tốc độ biến dạng hoặc ảnh hưởng của tần số, theo thứ tự.

Chú thích 22- Trong khi thí nghiệm tốc độ biến dạng không đổi thường được ưu tiên, thí nghiệm tần số không đổi có thể áp dụng nhiều hơn khi phân tích mỗi cho các bộ phận của máy móc. Mặt khác, thí nghiệm tốc độ biến dạng không đổi có thể thực hiện hơn thí nghiệm tần số không đổi bởi các thí nghiệm tuổi thọ và thí nghiệm biến dạng nhỏ trong dạng thứ nhất có thể được hoàn thành trong khoảng thời gian ngắn hơn thí nghiệm được kiểm soát trong dạng thứ hai.

- 8.5.1 Nếu dạng sóng không tam giác làm cho thí nghiệm tốc độ biến dạng không đổi không xảy ra bởi vì những hạn chế của thiết bị và hạn chế thời gian ngăn cản thí nghiệm tần số thay đổi, thì những thiết bị kiểm soát tốc độ khác được sử dụng. Một trình tự được chấp thuận để duy trì tốc độ biến dạng trung bình không đổi (hai lần tích số của phạm vi biến dạng và tần số) trong suốt mỗi thí nghiệm và trong khoảng thời gian chương trình thí nghiệm. Một trình tự khác được chấp nhận, một qui trình mà thuận lợi nhất khi thí nghiệm dưới điều kiện kiểm soát giới hạn biến dạng dẻo, đó là duy trì tốc độ biến dạng dẻo trung bình không đổi.
- 8.5.2 Phạm vi tốc độ biến dạng hoặc tần số được chọn cần đủ thấp để ngăn mẫu bị nóng lên ở nhiệt độ vượt quá 20C (3,60F). Trong việc sử dụng máy thí nghiệm có thiết bị điều khiển phụ, làm một phép so sánh giữa chương trình và tín hiệu phản hồi để đảm bảo tốc độ hoặc tần số được chọn được giữ trong phạm vi khả năng của hệ thống và các yêu cầu về độ chính xác. Sự đáp ứng tần số của máy đo độ giãn dài (phụ thuộc vào thiết kế của nó) thường là một hệ số giới hạn trong hệ thống.

Chú thích 23- Mặc dù cần phải giữ tốc độ không đổi, tốc độ thí nghiệm có thể bị giảm trong một thời gian ngắn để cho phép hoạt động ghi lại một cách tuần hoàn, nếu như làm như vậy không thay đổi trạng thái mẫu. Một ứng xử ứng suất-biến dạng biến đổi có thể xảy ra nếu tốc độ thí nghiệm bị giảm khi có biến dạng phụ thuộc vào thời gian. Thêm vào đó một ảnh hưởng của sự giảm tốc độ của tuổi thọ mẫu một cách tuần hoàn có thể xảy ra cần được xem xét.

8.6 Bắt đầu thí nghiệm:

- 8.6.1 Bắt đầu các thí nghiệm trong cùng một hướng với biến dạng kéo hoặc nén ban đầu, trừ khi mục đích của thí nghiệm là để nghiên cứu ảnh hưởng ban đầu của lực. Đối với vài vật liệu, chấp nhận sự tăng biên độ biến dạng một cách từ từ và liên tục qua một khoảng thời gian không lớn hơn xấp xỉ 20 chu kỳ hoặc 2% của tuổi thọ đoán trước (lấy giá trị bé hơn). Cần cẩn thận khi chọn mục tiêu biến dạng cho chu kỳ ban đầu để tránh sự quá mức trong lúc giảm số vòng của chu kỳ để đạt giới hạn biến dạng mong muốn. Phụ thuộc vào vật liệu, nhiệt độ, phạm vi biến dạng, phạm vi lực và đáp ứng

động của hệ thống thí nghiệm, đỉnh biến dạng của chu kỳ ban đầu có thể thay đổi. Nếu sự quá mức không xảy ra, các giới hạn kiểm soát không cần phải điều chỉnh đi xuống.

- 8.6.2 Trong thí nghiệm tuần hoàn ngược của mẫu tấm mỏng, nên luôn luôn bắt đầu bằng nén, đặc biệt với các sản phẩm cuộn của vật liệu tại vị trí xảy ra sự không bằng phẳng tự nhiên. Trong các loại vật liệu khác như là sản phẩm tấm phẳng, hoặc chịu nén hoặc chịu kéo trước đều phù hợp.
- 8.7 Số lượng mẫu - Nên sử dụng ít nhất 10 mẫu để có đường cong biến dạng-thời gian mỗi. Nên tuân theo bản hướng dẫn cho trong STP 588(3), đặc biệt nếu thực hiện phân tích thống kê hệ thống. Cũng tham khảo của E739.
- 8.8 Ghi số liệu - Trừ khi hệ thống phục hồi số liệu lưu trữ trong máy tính được sử dụng liên tục và việc ghi lại sự tăng tuổi thọ mỗi bằng logarit là thuận lợi (đó là 1,2,5,10,20,50...), ghi lại dãy đường cong từ trễ của biến dạng (lực) dọc trục trên tổng biến dạng dẻo dọc trục ban đầu (trên tổng biến dạng dẻo xuyên tâm nếu tín hiệu biến dạng dọc trục không có). Ghi lại đường cong từ trễ về sau tại điểm gia tăng lớn hơn liên tiếp của tổng số chu kỳ đếm được. Với thí nghiệm 100 chu kỳ hoặc nhiều hơn, cần tìm giá trị nhỏ nhất trong 10 một đường cong từ trễ. Trong thực tế, các giá trị biến số phụ thuộc liên tục (ví dụ, ứng suất dọc trục và biến dạng dẻo dọc trục trong thí nghiệm kiểm soát tổng biến dạng dọc trục) là một hàm của thời gian.

Chú thích 24- Khi một bản ghi liên tục không thiết thực bởi vì khoảng thời gian thí nghiệm dài hoặc các khả năng của thiết bị ghi có giới hạn, các bản ghi không liên tục hoặc sự lấy mẫu của các biến số ghi được thay thế được chấp nhận.

- 8.9 Xác định hư hỏng - Định nghĩa về sự hư hỏng có thể biến đổi cùng với việc sử dụng cuối cùng các thông tin về tuổi thọ mỗi (xem Chú thích 25). Các khả năng có thể chấp nhận được như sau:
- 8.9.1 *Sự tách ra* - Tổng sự tách ra hoặc nứt của mẫu thành 2 phần tại (1) các vị trí trong phạm vi tiết diện đều hoặc mẫu đo đều, hoặc (2) các vùng lân cận của bán kính nhỏ nhất của mẫu hình đồng hồ cát. Tất cả các vị trí bị hư hỏng cần được ghi lại.

Chú thích 25- Một phân tích sau hư hỏng cần được thực hiện để phát hiện ra tất cả các nguyên nhân gây hư hỏng không bình thường. Ghi chép các vị trí hư hỏng trên thực tế là rất quan trọng. Sự thêm vào, lỗ rỗng, sự sai sót .. là những thứ không điển hình cho loại vật liệu chính hoặc sự sử dụng nó có thể làm cho việc xác định tuổi thọ mỗi bị sai (xem 8.11.3). Hơn nữa, sự hỏng hóc vừa đủ tại một vị trí nào đó có thể là dấu hiệu của vấn đề liên kết hoặc sự hỏng hóc "cạnh dao" gây ra bởi việc gắn dụng cụ đo độ giãn dài.

- 8.9.2 *Phương pháp Modun* - Đối với số vòng lặp xác định, N, trong quá trình thí nghiệm, modun cho việc dỡ tải sau một đỉnh ứng suất kéo được định nghĩa như E_{NT} và modun cho việc dỡ tải tuần sau một đỉnh ứng suất nén là E_{NC} (xem Hình 8). Sự hỏng hóc được định nghĩa khi tỷ số:

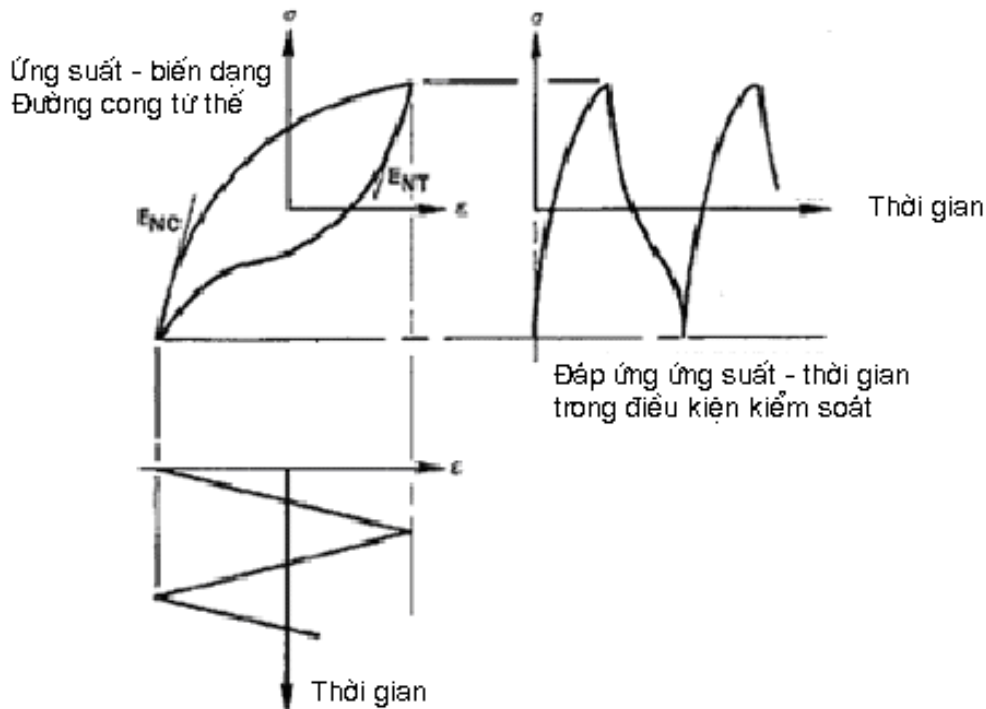
$$Q_N = E_{NT}/E_{NC} \quad (7)$$

đạt một nửa giá trị Q trong chu kỳ đầu tiên (xem Hình 8).

$$Q_{Nf} = 0,5 Q_1 \quad (8)$$

Số vòng chu kỳ tại vị trí mà sự xuất hiện này được định rõ như là số chu kỳ dẫn đến sự hư hỏng, N_f . Tuy nhiên, nếu tổng các sự tách ra đạt trước giống như trong 8.9.1, tuổi thọ là N_f .

8.9.3 *Vết nứt nhỏ* - sự tồn tại của vết nứt nhỏ trên bề mặt (ví dụ được quan sát bằng dụng cụ quang học hoặc bằng bản sao) mà lớn hơn một vài kích thước định trước phải phù hợp với mục đích thí nghiệm.



Hình 8. Định nghĩa mô đun nén và kéo để xác định hư hỏng

- 8.9.4 *Sự giảm lực (ứng suất)* - Chấp nhận việc định nghĩa sự hư hỏng theo kiểu liên quan đến khả năng duy trì lực (ứng suất) kéo. Sự hư hỏng thường được định nghĩa như là điểm mà tại đó lực (ứng suất) lớn nhất hoặc modun dẻo (được đo khi dỡ tải từ đỉnh của ứng suất kéo) giảm xấp xỉ 50% bởi vì sự xuất hiện của một hay vài vết nứt. Phương pháp chính xác và phần trăm giảm cần được ghi chép lại.
- 8.10 Thời gian thí nghiệm - Kiểm soát thí nghiệm ít nhất là tới khi hư hỏng và tốt nhất là tới khi nứt vỡ trong điều kiện và kinh tế cho phép. Ghi lại tổng vòng lặp tích lũy cho tới hư hỏng (và nứt) bằng dụng cụ máy đếm chu kỳ và kiểm tra lại dụng cụ đo thời gian.
- 8.11 Phân tích số liệu – Trong khi mục đích của thí nghiệm này không phải là quy định rõ kỹ thuật phân tích số liệu, ví dụ dưới đây thể hiện một qui trình thông thường khi biến dạng phụ thuộc vào thời gian là không quan trọng.

8.11.1 *Xác định đường cong ứng suất - biến dạng tuần hoàn* – Vạch ra đường cong ứng suất - biến dạng từ cặp giá trị biên độ ứng suất và biên độ biến dạng tiêu biểu tại một nửa tuổi thọ của vật liệu. Khi thực hành, giả thiết một sự đơn giản hoá biểu thức số học cho mối quan hệ ứng suất - biến dạng tuần hoàn (6).

Chú thích 26 – Xem biểu thức ở phụ lục X1.

8.11.2 *Xác định mối quan hệ biến dạng - tuổi thọ* - Vạch ra đường cong biến dạng-tuổi thọ từ cặp giá trị tổng biến dạng ứng với tuổi thọ hoặc biến dạng dẻo ứng với tuổi thọ và biến dạng đàn hồi ứng với tuổi thọ. Khi thực hành, chấp nhận việc đơn giản hoá các mối quan hệ toán học. Trong chương trình thí nghiệm có tuổi thọ mỗi dài, nếu như toàn bộ thí nghiệm mỗi đều bắt đầu ở kiểm soát biến dạng và chuyển sang kiểm soát lực sau sự ổn định tuần hoàn của ứng suất phát sinh (Chú thích 5), thì Tiêu chuẩn E 468 có thể được sử dụng để tìm ra mối quan hệ tuổi thọ mỗi.

8.11.3 *Sự kiểm tra sau thí nghiệm* – Cần kiểm tra kết cấu của kim loại và hợp kim của các mẫu bị hỏng với nhiều các mục đích khác nhau phụ thuộc vào phần nào quan trọng với người dùng. Điều quan trọng trước nhất là kiểm tra biểu đồ nứt vỡ của hai bề mặt để xác định bất cứ một nguyên nhân phá hoại không bình thường nào có thể làm sai kết quả thí nghiệm. Sự không ổn định về kích thước của mẫu (sự thay đổi không định trước các yếu tố hình học mẫu) có thể xảy ra trong suốt thí nghiệm như là kết quả của biến dạng không đàn hồi phụ thuộc vào thời gian. Sự kiểm tra sau thí nghiệm cần phải bao gồm sự đánh giá hiện tượng này.

8.11.3.1 Hai phương pháp thường được sử dụng trong nghiên cứu về vết nứt là quét bằng kính hiển vi điện tử và các bản sao hồng học. Phụ lục (7) cung cấp các thông số cơ bản cho phân tích biểu đồ nứt vỡ. Công nghệ ánh sáng kim loại và kính hiển vi điện tử thường được sử dụng khi nghiên cứu sự thay đổi cấu trúc điển tra trong suốt quá trình mỗi hoặc ảnh hưởng của kết cấu luyện kim tới trạng thái mỗi.

9 BÁO CÁO

9.1 Danh sách các hạng mục thông tin sau đây là cần có trong bất kì báo cáo nào. Khi công bố kết quả trong tài liệu mở, bao gồm nhiều thông tin nhất có thể, thì phụ thuộc vào mục đích của tác giả. Các báo cáo hàng ngày trong phòng thí nghiệm chỉ cần bao gồm mỗi thông tin liên quan đến việc sử dụng cuối cùng của số liệu thí nghiệm. Các yêu cầu tối thiểu được chỉ ra bởi một dấu hoa thị (*).

9.1.1 Mục đích cụ thể của thí nghiệm

9.1.2 Miêu tả vật liệu mẫu (bao gồm cả sự gia công) *

9.1.2.1 Tất cả các tính chất cơ học có thể dùng được bao gồm: cường độ chảy hoặc điểm chảy, hoặc cả hai, cường độ tới hạn, phần trăm độ giãn dài và chiều dài đo, phần trăm giảm thể tích, hệ số Poisson, modun đàn hồi, cường độ giòn thực tế, tính dẻo giòn thực tế, số mũ độ cứng biến dạng đơn điệu, hệ số cường độ đơn điệu, tổng số độ cứng và nhiệt độ của nơi làm lạnh.

- 9.1.2.2 Tất cả các đặc trưng luyện kim có thể dùng: thành phần cấu tạo được chứng nhận, kích thước hạt, cấu trúc tinh thể, hướng ưu tiên đối với trục mẫu, hình dạng thông dụng của hạt (đó là đều các trục hoặc giãn dài), phần tử ở giai đoạn thứ hai, và xử lý nhiệt. Bao gồm ảnh chụp hiển vi nếu có thể để lưu lại các tính chất trên.
- 9.1.3 Miêu tả mẫu
- 9.1.3.1 Vẽ hình dạng mẫu, hoặc tham khảo kích thước hình học được cung cấp trong qui trình này. *
- 9.1.3.2 Cách chế tạo mẫu và quá trình chuẩn bị bề mặt. Nếu mẫu bị xử lý nhiệt sau khi chế tạo, các chi tiết cần phải được cung cấp.*
- 9.1.3.3 Độ lệch từ hình dạng mẫu đề nghị hoặc quá trình chuẩn bị mẫu nếu có.
- 9.1.4 Miêu tả thiết bị
- 9.1.4.1 Dụng cụ cố định mẫu và phương pháp sử dụng để giữ lại độ cứng của cột trong quá trình gia tải nén.
- 9.1.4.2 Máy thí nghiệm
- 9.1.4.3 Hệ thống máy đo (đó là máy đo lực, máy đo biến dạng)
- 9.1.4.4 Đầu ghi và thiết bị ghi.
- 9.1.5 Miêu tả môi trường thí nghiệm
- 9.1.5.1 Khí, chất lỏng hoặc chân không, hợp chất hoá học của dung môi. *
- 9.1.5.2 Độ ẩm của môi trường khí nén *
- 9.1.5.3 Nhiệt độ thí nghiệm và phương pháp kiểm soát nhiệt độ *
- 9.1.5.4 Thiết bị cảm ứng nhiệt độ, vị trí của số đo nhiệt độ, nhiệt độ biến thiên trong tiết diện đo, bất kỳ sự biến thiên nhiệt độ nào trong chu kỳ do sự làm nóng đoạn nhiệt hoặc ảnh hưởng cơ từ gây ra.
- 9.1.6 Điều kiện thí nghiệm và qui trình:
- 9.1.6.1 Độ lệch từ qui trình đề nghị, nếu có
- 9.1.6.2 Tần số của chu kỳ (hoặc tốc độ biến dạng tuần hoàn) và miêu tả dạng sóng*
- 9.1.6.3 Phương thức điều khiển, đó là lực hoặc ứng suất, kiểm soát biến dạng liên tục, kiểm soát giới hạn biến dạng, thông tin phản hồi biến dạng dọc trục, thông tin phản hồi hồi biến dạng xuyên tâm, v.v...*
- 9.1.6.4 Hệ số của giới hạn biến dạng dọc trục (nhỏ nhất và lớn nhất) và tổng phạm vi biến dạng dọc trục *.
- 9.1.6.5 Trình tự để duy trì giới hạn biến dạng dọc trục không đổi.

- 9.1.6.6 Tín hiệu của biến dạng tại một phần tư chu kỳ đầu tiên, kéo hoặc nén.
- 9.1.7 *Kết quả thí nghiệm* - Lập bảng kết quả cho tất cả các mẫu thí nghiệm. Khi sử dụng cho mục đích phân tích kết cấu, 3 phần dưới đây là quan trọng nhất:
- 9.1.7.1 Giá trị ban đầu, giá trị ổn định hoặc giá trị ở một nửa tuổi thọ hoặc tổng hợp của cả ba, của các biến số phụ thuộc từ danh sách của phạm vi ứng suất, phạm vi biến dạng, và phạm vi biến dạng không đàn hồi. Hoàn thiện đường cong của những số liệu này trong suốt tuổi thọ mẫu. Khi đường cong hoàn thiện là không thực tế, đường cong xuyên qua các giá trị không liên tục được chấp nhận.
- 9.1.7.2 Thông tin về chùng dãn hoặc từ biến cũng cần được bao gồm vào thí nghiệm thời gian ngưng. Nên bao gồm giá trị của ứng suất chùng dãn hoặc biến dạng từ biến, tổng lượng chùng hoặc từ biến, và sự thay đổi trong tổng biến dạng phi đàn hồi trong giai đoạn ngưng. Các ghi chép ứng suất- thời gian định kỳ với tỷ lệ thời gian mở rộng có thể là cần thiết để đạt được sự phân tích mong muốn và để miêu tả một cách đầy đủ sự chùng dãn và trạng thái từ biến *.
- 9.1.7.3 Tổng số chu kỳ cho đến khi bị phá hoại, N_f , và một số tuổi thọ bổ sung đo sự hình thành vết nứt, ba gồm định nghĩa đã sử dụng.
- 9.1.8 *Kết quả của việc phân tích các đặc tính ứng suất - biến dạng tuần hoàn* - Nếu số liệu phân tích được biểu thị bằng mối quan hệ trong phụ lục X1, một kết quả được trình bày thành bảng cần bao gồm số mũ biến dạng hóa cứng, hệ số cường độ tuần hoàn.
- 9.1.9 Kết quả phân tích đặc tính biến dạng – tuổi thọ - Nếu số liệu phân tích được biểu thị bằng mối quan hệ trong phụ lục X1, một kết quả được trình bày thành bảng cần bao gồm số mũ cường độ mỏi, số mũ mỏi dẻo, hệ số cường độ mỏi, và hệ số dẻo mỏi.
- 9.1.10 Miêu tả ngắn gọn các tính chất nứt vỡ - Kết quả của nghiên cứu kết cấu kim loại sau thí nghiệm và quét bản sao điện tử, xác định cơ cấu nứt vỡ, và mức độ liên quan của sự nứt vỡ bên ngoài và bên trong hạt. Xác định cơ cấu hoặc dạng nứt vỡ tại vùng bắt đầu vỡ, cũng như tại vùng có vết nứt phát triển và ghi lại tất cả các sự khác biệt.

10 ĐỘ CHÍNH SẮC VÀ SAI SỐ

- 10.1 Chương trình thí nghiệm trong phòng - Nghiên cứu trong phòng của các biến số trong chu kỳ mỗi kiểm soát biến dạng cho đến khi phá hoại được thực hiện trong suốt những năm 1988 và 1989. Chương trình thí nghiệm đã sử dụng mẫu chiều dài đo đều được gia công từ 304 thanh cốt thép không gỉ. Có 8 phòng thí nghiệm thực hiện ở nhiệt độ trong phòng và 5 phòng ở nhiệt độ cao (5380C). Mỗi phòng thí nghiệm hoàn thành hai hoặc bốn thí nghiệm cho mỗi mẫu ở mỗi điều kiện, cùng với ba bản sao được phát ra trong đa số các trường hợp. Đề cương thí nghiệm và các phân tích của các biến số của số liệu tuổi thọ mỗi bên trong và giữa các phòng thí nghiệm được kiểm soát phù hợp với qui trình E 691.
- 10.2 Kết quả chương trình thí nghiệm – Thông tin về độ chính xác được cho bên dưới, đối với chu kỳ mỗi kiểm soát biến dạng cho đến khi phá hoại, được cung cấp dưới dạng phần trăm của log (cơ số 10) của chu kỳ cho tới khi phá hoại. Hai phạm vi biến dạng,

0,70% và 1,50% được thí nghiệm ở cả nhiệt độ phòng và nhiệt độ cao trong suốt chương trình thí nghiệm trong phòng. Sự đảo ngược hoàn toàn điều kiện biến dạng tuần hoàn ($R = -1,0$) được sử dụng cho tất cả các thí nghiệm. Khả năng lặp lại và khả năng sao chép của phương pháp này là tương tự nhau ở hai thí nghiệm nhiệt độ, vì thế kết quả cung cấp dưới đây được tính toán dựa vào trung bình có trọng số của những kết quả này.

10.3 Độ chính xác

Điều kiện phạm vi biến dạng lớn ($\log N_f \approx 3,0$ đến $3,5$)

95% giới hạn có khả năng lặp lại (trong một phòng thí nghiệm) 3,83%

95% giới hạn có khả năng sao chép (giữa các phòng thí nghiệm) 12,05%

Điều kiện phạm vi biến dạng trung bình ($\log N_f \approx 4,0$ đến $4,5$)

95% giới hạn có khả năng lặp lại (trong một phòng thí nghiệm) 2,41%

95% giới hạn có khả năng sao chép (giữa các phòng thí nghiệm) 6,32%

Ví dụ 1: Cho điều kiện phạm vi biến dạng lớn trong đó log trung bình $N_f \approx 3,00$

95% giới hạn có khả năng lặp lại trong $\log N_f \approx 3,00 * (1 \pm 0,0383)$

Trong một phòng thí nghiệm biến thiên $N_f \approx 770$ tới 1300 chu kỳ

95% giới hạn có khả năng sao chép trong $\log N_f \approx 3,00 * (1 \pm 0,1203)$

Giữa các phòng thí nghiệm biến thiên $N_f \approx 435$ tới 2300 chu kỳ

Ví dụ 2: Cho điều kiện phạm vi biến dạng trung bình trong đó log trung bình $N_f \approx 4,50$

95% giới hạn có khả năng lặp lại trong $\log N_f \approx 4,50 * (1 \pm 0,0241)$

Trong một phòng thí nghiệm biến thiên $N_f \approx 24600$ tới 40600 chu kỳ

95% giới hạn có khả năng sao chép trong $\log N_f \approx 4,50 * (1 \pm 0,0632)$

Giữa các phòng thí nghiệm biến thiên $N_f \approx 16400$ tới 60900 chu kỳ

Những giới hạn ở trên (giới hạn khả năng lặp lại và khả năng sao chép) được sử dụng như đã chỉ ra trong tiêu chuẩn E 177. Khi xem xét cần chú thích rằng các kết quả ở trên chỉ đạt được khi sử dụng chỉ một kích thước hình học mẫu và một nhiệt độ vật liệu. Thực chất kết quả khả năng lặp lại và khả năng sao chép khác nhau có thể tìm thấy với các loại vật khác và trong điều kiện thí nghiệm được cho phép bởi tiêu chuẩn E 606.

10.4 Sai số - Phương pháp này không có sai số bởi vì các thuộc tính mỗi kiểm soát biến dạng của vật liệu được định nghĩa phù hợp với phương pháp này.

PHỤ LỤC

(Thông tin không bắt buộc)

X1. QUAN HỆ HÀM SỐ

X1.1 Với nhiều kim loại, quan hệ theo kinh nghiệm dưới đây được sử dụng để miêu tả một cách thuận tiện số liệu mỗi chu kỳ thấp. Cần Chú thích rằng các kí hiệu được sử dụng cho “biến dạng dẻo” nhiều hơn là “biến dạng không đàn hồi”. Chúng được sử dụng thay thế nhau trong các công thức tính mỗi này.

X1.1.1 *Trạng thái ứng suất - biến dạng tuần hoàn*: Tổng biên độ biến dạng đối với một thí nghiệm hoàn toàn nghịch đảo, kiểm soát biến dạng có thể được biểu diễn như sau:

$$\frac{\Delta\varepsilon}{2} = \frac{\Delta\sigma}{2E} + \frac{\Delta\varepsilon_p}{2} \quad (\text{X1.1})$$

ghi nhận rằng:

$$\Delta\sigma/2 = K'(\Delta\varepsilon_p/2)^{n'} \quad (\text{X1.2})$$

Chúng ta có thể biểu diễn đường cong ứng suất-biến dạng tuần hoàn bằng phương trình cơ bản sau:

$$\frac{\Delta\varepsilon}{2} = \frac{\Delta\sigma}{2E} + \left(\frac{\Delta\sigma}{2K'} \right)^{1/n'} \quad (\text{X1.3})$$

X1.1.2 *Mối quan hệ mỗi-thời gian*

$$\Delta\sigma/2 = \sigma'_f (2N_f)^b \quad (\text{X1.4})$$

$$\Delta\varepsilon_p/2 = \varepsilon'_f (2N_f)^c \quad (\text{X1.5})$$

$$\Delta\varepsilon/2 = [\sigma'_f/E] (2N_f)^b + \varepsilon'_f (2N_f)^c \quad (\text{X1.6})$$

trong đó các biến số là:

$\Delta\sigma$ = phạm vi ứng suất thực

$\Delta\varepsilon$ = phạm vi biến dạng thực

$\Delta\varepsilon_p$ = phạm vi biến dạng dẻo thực

N_f = số chu kỳ cho tới khi phá hoại và

$2N_f$ = hoán vị cho tới khi phá hoại

và các hằng số là:

n' = số mũ biến dạng hóa cứng tuần hoàn

b = số mũ cường độ mỗi

c = số mũ mỗi dẻo

K' = Hệ số cường độ tuần hoàn

σ'_f = hệ số cường độ mỗi

ε'_f = hệ số mỗi dẻo và

E' = Modun Young (modun đàn hồi).

Chú thích X1.1 - Người dùng cần thận trọng vì những công thức được cung cấp ở phụ lục này chưa sẵn sàng để sử dụng trực tiếp tại qui trình phân tích thông kê thông thường. Cần cẩn thận khi chuyển đổi các biến số ở hệ logarit và trong việc xác định các biến số phụ thuộc và không phụ thuộc.

X2. CHUYỂN ĐỔI BIẾN DẠNG XUYÊN TÂM SANG BIẾN DẠNG VỚI VẬT LIỆU DẪNG HƯỚNG BIẾN DẠNG ĐỒNG ĐỀU

X2.1 Sự chuyển từ biến dạng xuyên tâm sang biến dạng dọc trục yêu cầu đầu tiên là tách các thành phần đàn hồi và dẻo từ tổng biến dạng bằng cách:

$$\varepsilon = \varepsilon_e + \varepsilon_p \quad (X2.1)$$

$$\varepsilon_d = \varepsilon_{de} + \varepsilon_{dp} \quad (X2.2)$$

Trong đó:

e = thành phần đàn hồi

p = thành phần dẻo

d = thành phần xuyên tâm và

ε = tổng biến dạng

Thành phần dọc trục và xuyên tâm của biến dạng liên quan với nhau qua hệ số Poisson, ν , đó là:

$$\varepsilon_e = \varepsilon_{de} / \nu_e \text{ và } \varepsilon_p = \varepsilon_{dp} / \nu_p \quad (X2.3)$$

Biểu thức trên có thể được sắp xếp lại:

$$\varepsilon_{dp} = (\varepsilon_d - \varepsilon_{de}) \quad (X2.4)$$

$$\varepsilon = -\varepsilon_{de} / \nu_e - (\varepsilon_d - \varepsilon_{de}) / \nu_p \quad (X2.5)$$

Biến dạng đàn hồi xuyên tâm ε_{de} liên quan tới ứng suất dọc trục bằng hệ số Poisson và modun đàn hồi:

$$\varepsilon_{dp} = -(\nu_e \sigma) / E \quad (X2.6)$$

Do đó,

$$\varepsilon = -\sigma/E - \varepsilon_d / \nu_p - (\nu_e \sigma) / (\nu_p) / E \quad (X2.7)$$

Chấp nhận rằng biến sự biến dạng dẻo xảy ra dưới điều kiện thể tích không đổi:

$$\nu_p = 1/2 \quad (X2.8)$$

Do đó:

$$\varepsilon = (\sigma/E) (1 - 2\nu_e) - 2\varepsilon_d \quad (X2.9)$$

Trong kinh nghiệm sử dụng máy đo biến dạng xuyên tâm và xáy đo lực dọc trục, sự tương tự giữa σ và ε_d thường xuất hiện. Modun Young (đàn hồi), E có thể được xác định theo tiêu chuẩn thí nghiệm E 111. Phần đàn hồi của ứng suất, σ , trên biến dạng xuyên tâm, ε_d , cung cấp σ/ε_{de} , hệ số mà cho phép tính toán ra ν_e .

X3. VÍ DỤ VỀ QUY TRÌNH GIA CÔNG CƠ KHÍ

X3.1 Qui trình dưới đây được phát triển cho việc gia công cơ khí vật liệu cường độ cao và có kết quả có sự thay đổi và hư hỏng bề mặt là tối thiểu. Nó có thể được áp dụng cho vật liệu cường độ thấp. Giống như các tiêu chuẩn đánh giá thông thường, qui trình này được kiến nghị sử dụng trừ khi: (a) mục đích sử dụng để đánh giá điều kiện bề mặt khác bề mặt được cho, hoặc (b) biết trước rằng loại vật liệu được đánh giá tương đối không nhạy cảm với điều kiện bề mặt.

X3.2 Qui trình:

X3.2.1 Bước cuối cùng của việc gia công bán kính cuối cùng có độ chính xác 0,025 mm (0,001 in), lấy một lượng nhỏ vật liệu và giảm đường kính đo 0,125mm(0,005in) bằng cách mài hình trụ ở tốc độ không lớn hơn 0,005mm (0,0002in)/pass.

Chú thích X3.1. Một số loại vật liệu ở chỗ sẽ không hiệu quả nếu lấy đi liên tục một lượng nhỏ vật liệu, mặc dù qui trình này hầu như không gây tổn hại.

X3.2.2 Gia công 0,025mm (0,001 in) cuối cùng bằng cách đánh bóng (xem ghi chú X3.2) theo chiều dọc để có bề mặt xù xì lớn nhất phổ biến là 0,2 μm (8- μin).

Chú thích X3.2. Cần thận trọng hết sức khi đánh bóng để đảm bảo rằng vật liệu bị loại bỏ một cách thích hợp hơn là bị làm mờ đơn thuần để có thể tạo ra một bề mặt mịn màng. Việc này đặc biệt nguy hiểm đối với vật liệu mềm khi mà vật liệu có thể bị mờ bởi các dấu vết dụng cụ, bởi vậy có thể tạo ra ảnh hưởng không mong muốn đến sự hình thành vết nứt trong quá trình thí nghiệm.

X3.2.3 Sau khi đánh bóng (xem ghi chú X3.2), tất cả điểm mài và đánh bóng còn lại phải theo chiều dọc. Không được có dấu vết gia công rõ ràng nào khi nhìn ở độ phóng đại xấp xỉ 20X dưới kính hiển vi quang học.

X3.2.4 Nếu vật liệu mẫu mềm (ví dụ đồng, nhôm, chì ...) ở nhiệt độ trong phòng, có thể loại bỏ lượng vật liệu cuối cùng bằng dụng cụ tiện (hơn là mài) và sau đó đánh bóng.

- X3.2.5 Tẩy nhòn mẫu đã hoàn thành. Cần kiểm tra cẩn thận để đảm bảo rằng các chất tẩy nhòn không thay đổi đặc tính của vật liệu (ví dụ Metanola trong hợp kim Titan).
- X3.2.6 Nếu việc xử lý nhiệt là cần thiết, kiểm tra trước lần gia công bằng máy cuối cùng với mục đích là tránh bất kỳ hư hỏng bề mặt nào, sử dụng khí trơ bảo vệ để loại trừ sự oxy hoá bề mặt.
- X3.2.7 Nếu sự quan sát bề mặt được thực hiện, mẫu thí nghiệm có thể được đánh bóng điện theo phương pháp E3.
- X3.2.8 Khắc số hiệu mẫu vào cuối cả hai mặt thí nghiệm ở vùng ứng suất thấp, xa kẹp giữ tiếp xúc các bề mặt.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- (1) Mitchell, M. R., "Fundamentals of Modern Fatigue Analysis for Design," Fatigue and Microstructures, ASM Symp., St. Louis, MO, October 14–15, 1978, pp. 385–437.
- (2) Raske, D. T. and Morrow, JoDean, "Mechanics of Materials in Low Cycle Fatigue Testing," Manual on Low Cycle Fatigue Testing, ASTM STP 465, ASTM, 1969, pp. 1–25.
- (3) Feltner, C. E. and Mitchell, M. R., "Basic Research on the Cyclic Deformation and Fracture Behavior of Materials," idem, pp. 27–66.
- (4) Marsh, G. M., Robb, A. D., and Topper, T. H., "Techniques and Equipment for Axial Fatigue Testing of Sheet Steel," SAE Paper No.730578, May 1973.
- (5) Little, R. E. and Jebe, E. H., Manual on Statistical Planning and Analysis for Fatigue Experiments, ASTM STP 588, ASTM, 1975. See also Little, R. E. and Jebe, E. H., Statistical Design of Fatigue Experiments, Applied Science Publishers, Ltd., London, 1975.
- (6) Landgraf, R.W., Morrow, JoDean, and Endo, T., "Determination of the Cyclic Stress-Strain Curve," Journal of Materials (JMLSA), Vol 4, No. 1, March 1969, pp. 176–188.
- (7) "Fractography and Atlas of Fractographs," Metals Handbook, Am. Soc. Metals, Vol 9, Eighth Edition, 1974.
- (8) Ellis, J. R., "Results of an Interlaboratory Fatigue Testing Program Conducted on Alloy 800 at Room and Elevated Temperatures," Journal of Testing and Evaluation (JTEVA), Vol 15, No. 5, September 1987, pp. 249–250.

ASTM International không có trách nhiệm xem xét tính pháp lý của bất kỳ quyền sáng chế nào được xác nhận trong mối liên hệ với bất kỳ một phần nào được chỉ ra trong tiêu chuẩn này. Người sử dụng tiêu chuẩn này được khuyên rõ ràng, chính xác rằng việc xác định tính chất pháp lý của bất kỳ một quyền sáng chế nào và sự rủi ro của việc xâm phạm những quyền này, hoàn toàn là trách nhiệm của riêng họ.

Tiêu chuẩn được đánh giá lại vào bất kỳ thời điểm nào bởi hội đồng kỹ thuật và phải được xem xét lại năm năm một lần, và nếu nó không được xem xét lại, hoặc là được chấp thuận lại hoặc là bị rút bỏ. Ý kiến của người sử dụng được khuyến khích cho việc xem lại tiêu chuẩn này hoặc thêm các tiêu chuẩn mới và nên được gửi tới trụ sở chính ASTM International. Nếu

bạn cảm thấy rằng ý kiến của bạn không nhận được sự công bằng bạn cần thể hiện hiểu biết quan điểm của bạn tới Hội đồng tiêu chuẩn ASTM, ở địa chỉ bên dưới.

Tiêu chuẩn này thuộc bản quyền của ASTM International. 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken PA 19428-2959, United States. Các bản tái bản riêng lẻ (một hoặc nhiều bản copy) của tiêu chuẩn này có thể lấy bằng cách liên hệ với ASTM ở địa chỉ trên hoặc tại 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (Fax) hoặc service@astm.org(email) hoặc qua website ASTM (www.astm.org).