

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

**TCVN 10136:2013
ISO/TS 17996:2006**

Xuất bản lần 1

**PHOMAT – XÁC ĐỊNH TÍNH CHẤT LƯU BIẾN BẰNG
NÉN ĐƠN TRỤC Ở TỐC ĐỘ DỊCH CHUYỂN KHÔNG ĐỔI**

*Cheese – Determination of rheological properties by
uniaxial compression at constant displacement rate*

HÀ NỘI – 2013

Lời nói đầu

TCVN 10136:2013 hoàn toàn tương đương với ISO/TS 17996:2006;

TCVN 10136:2013 do Ban kỹ thuật tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC/F12 *Sữa và sản phẩm sữa* biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Phomat – Xác định tính chất lưu biến bằng phương pháp nén đơn trục ở tốc độ dịch chuyển không đổi

Cheese – Determination of rheological properties by uniaxial compression at constant displacement rate

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định phương pháp xác định các tính chất lưu biến của phomat cứng và phomat bán cứng bằng cách nén đơn trục ở tốc độ dịch chuyển không đổi.

Phương pháp này đưa ra các điều kiện chuẩn về lấy mẫu và thử nghiệm, về trình bày dữ liệu và các nguyên tắc chung để tính kết quả.

CHÚ THÍCH: Việc lấy mẫu có thể gặp khó khăn với một số loại phomat, ví dụ do độ giòn, độ dễ gãy, độ dính và độ dẻo. Trong các trường hợp này, không thể thu được kết quả tin cậy.

2 Thuật ngữ và định nghĩa

Trong tiêu chuẩn này áp dụng thuật ngữ và định nghĩa sau:

2.1

Tính chất lưu biến (rheological properties)

Sự biến dạng phần mẫu thử do nén theo quy trình quy định trong tiêu chuẩn này.

3 Nguyên tắc

Nén phần mẫu thử hình trụ có kích thước xác định bằng dụng cụ nén, ở tốc độ dịch chuyển con trượt không đổi đến mức làm biến dạng để xác định điểm đứt gãy biểu kiến. Đo lực nén mẫu trong quá trình nén bằng hợp đo lực. Khoảng dịch chuyển có thể đo được từ vị trí con trượt hoặc tính được từ thời gian dịch chuyển nhân với tốc độ dịch chuyển.

TCVN 10136:2013

Sơ đồ biểu thị nguyên tắc của phép thử được nêu trong Hình A.1.

4 Thiết bị, dụng cụ

Sử dụng các thiết bị, dụng cụ thông thường của phòng thử nghiệm và các thiết bị, dụng cụ sau:

4.1 Máy khoan xoay, ví dụ như trong Hình A.4.

Nên đặt máy khoan này trên giá khoan để thực hiện từ từ và ổn định giữa các mẫu thử.

4.2 Dụng cụ cắt bằng dây kim loại song song, với dây có đường kính nhỏ hơn hoặc bằng 0,4 mm và có hệ thống để giữ hai dây kim loại song song với nhau và vuông góc với lõi khoan. Dụng cụ này cũng bao gồm hệ thống cắt cơ học để cắt phần mẫu thử đến chiều cao cần thiết.

4.3 Bộ đo, có tấm hỗ trợ và tấm nén bằng vật liệu cứng, có bề mặt nhẵn và song song (ví dụ: bằng thép không gỉ, nhôm hoặc Teflon), có đường kính rộng hơn (khoảng 20 %) so với bề mặt mẫu thử biến dạng ở độ nén lớn nhất. Hộp đo lực phải thích hợp với lực tối đa dự kiến áp dụng.

5 Lấy mẫu

Mẫu gửi đến phòng thử nghiệm phải là mẫu đại diện. Mẫu không bị hư hỏng hoặc thay đổi trong suốt quá trình vận chuyển hoặc bảo quản.

Việc lấy mẫu không quy định trong tiêu chuẩn này. Nên lấy mẫu theo TCVN 6400 (ISO 707).

6 Cách tiến hành

6.1 Cân bằng nhiệt phần mẫu thử

Nếu nhiệt độ bảo quản khối phomat cao hơn nhiệt độ đo thì khối phomat phải được cân bằng đến nhiệt độ đo ít nhất 50 h trước khi chuẩn bị phần mẫu thử do sự kết tinh chậm chất béo sữa trong phomat.

Nếu nhiệt độ bảo quản của khối phomat thấp hơn nhiệt độ đo thì bảo quản khối phomat ở nhiệt độ đo ít nhất 12 h trước khi chuẩn bị phần mẫu thử. Nếu gặp khó khăn trong quá trình chuẩn bị mẫu ở nhiệt độ đo thì bảo quản mẫu ở nhiệt độ thấp hơn và cân bằng mẫu đến nhiệt độ đo. Trong trường hợp này, thời gian cân bằng nhiệt mẫu có thể ít hơn 12 h.

CHÚ THÍCH: Các ví dụ cụ thể về việc khó lấy mẫu là phomat cứng khó cắt hoặc khối phomat đã làm nóng thay đổi chế độ bảo quản và do đó ngừng sử dụng các phần chưa lấy mẫu cho các phép phân tích tiếp theo.

Phải tránh các vấn đề sau đây:

- a) làm mát nước của mẫu thử trong quá trình cân bằng nhiệt;
- b) biến dạng mẫu thử do chính khối lượng của mẫu thử.

6.2 Phần mẫu thử

6.2.1 Vị trí lấy mẫu

Lấy phần mẫu thử ra khỏi khối phomat bằng lõi khoan bắt đầu ở vị trí 1/2 bán kính, dọc theo vòng tròn của khối phomat hình trụ hoặc dọc theo một mặt của khối phomat hình chữ nhật (xem Hình A.2).

Cắt phần mẫu thử trong lõi khoan trong vùng xung quanh điểm 1/2 chiều dài (xem Hình A.3, lõi khoan A). Nếu chiều cao của phomat đủ thì lấy hai phần như trong Hình A.3, lõi khoan B và lõi khoan C.

6.2.2 Hướng lấy mẫu

Hướng chuẩn để lấy phần mẫu thử là song song với trục nén của phomat. Xem Phụ lục B về các điều kiện lấy mẫu không tiêu chuẩn.

6.2.3 Dạng hình học của phần mẫu thử

Phần mẫu thử phải có hình trụ với tỷ lệ của chiều cao ban đầu/đường kính (h_0/d_0) trong khoảng từ 1,1 đến 1,5. Chiều cao ban đầu của phần mẫu thử, h_0 , phải trong khoảng từ 12,5 mm đến 25 mm. Đường kính, d_0 , cần tuân thủ tỷ lệ nêu trên so với chiều cao đã định.

6.2.4 Cắt phần mẫu thử

Tháo bỏ lớp cùi hoặc lớp phủ bên ngoài. Lấy phần mẫu thử bằng máy khoan xoay (4.1) với hình dạng như trong Hình A.4. Đối với phomat dính, lấy mẫu bằng dụng cụ lấy lõi A dễ hơn bằng dụng cụ lấy lõi B. Đối với phomat giòn, dụng cụ lấy lõi A như trong Hình A.4 thích hợp hơn dụng cụ lấy lõi B. Nên sử dụng máy khoan có khung đặt trên giá khoan để lấy từ từ và ổn định qua mẫu thử.

Nếu khó để lấy được mẫu hình trụ thì nên sử dụng dầu khoáng có độ nhớt thấp (ví dụ: dầu vaseline) để bôi trơn máy khoan. Không thử nghiệm các mẫu bị nứt, có lỗ hổng hoặc các khuyết tật khác có thể nhìn thấy được.

Sử dụng dây cắt song song để cắt phần mẫu thử với chiều cao cần thiết. Đường kính của dây cắt phải nhỏ hơn hoặc bằng 0,4 mm. Điều cơ bản là hệ thống cắt phải giữ được hai dây kim loại song song với nhau và vuông góc với lõi khoan. Tốt nhất là sử dụng hệ thống cắt bằng cơ học. Cần chú ý để đảm bảo song song giữa bề mặt mẫu thử với tấm nén.

6.2.5 Thời gian nghỉ

TCVN 10136:2013

Thời gian nghỉ tính từ khi lấy phần mẫu thử đến khi thực hiện phép thử để phục hồi tác dụng ứng suất trên phần mẫu thử. Thời gian nghỉ này nên khoảng từ 10 min đến 15 min. Thời gian không nên vượt quá 2 h. Khuyến cáo này không thích hợp khi lấy mẫu ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ đo.

Bảo quản mẫu thử ở nhiệt độ đo (6.3.5) và xem Phụ lục B về các điều kiện không tiêu chuẩn. Bảo quản các mẫu trong hộp hoặc bọc mẫu trong màng chất dẻo để tránh làm mất nước trong khoảng thời gian từ khi lấy mẫu đến khi thử nghiệm.

6.3 Điều kiện thử nghiệm

6.3.1 Biến dạng tương đối

Tiến hành nén chỉ vừa quá điểm đứt gãy biểu kiến (Hình A.5, đường cong 1) hoặc đến biến dạng tối đa xác định trước (Hình A.5, đường cong 2).

6.3.2 Tốc độ con trượt

Giá trị chuẩn của tốc độ con trượt hoặc tốc độ dịch chuyển là 50 mm/min (hoặc 0,83 mm/s) đối với chiều cao ban đầu là $12,5 \text{ mm} \leq h_0 \leq 25 \text{ mm}$.

6.3.3 Số chu trình nén

Thực hiện một chu trình nén.

6.3.4 Số phần mẫu thử

Lấy ít nhất bốn phần mẫu thử, nhưng nên lấy số phần mẫu thử lớn hơn.

6.3.5 Nhiệt độ đo

Thực hiện phép thử ở nhiệt độ đo đã chuẩn hóa là $15 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$.

CHÚ THÍCH: Nhiệt độ thử nghiệm được chọn $15 \text{ }^\circ\text{C}$ là nhiệt độ thống nhất cho mỗi phép thử đơn lẻ, nhưng vẫn có nhiều nghiên cứu sử dụng các nhiệt độ khác vì những lý do nêu trong Phụ lục B.

Xem Phụ lục B về các điều kiện không tiêu chuẩn.

6.3.6 Đặc tính của giao diện giữa phần mẫu thử với tấm nén

Sử dụng dầu khoáng có độ nhớt thấp làm chất bôi trơn giữa phần mẫu thử với tấm nén. Sử dụng một lớp dầu rất mỏng trên tấm nén.

7 Phân tích đường cong nén

7.1 Thể hiện dữ liệu và cách tính

7.1.1 Thể hiện dữ liệu

Các tập dữ liệu thô có chứa các cặp dữ liệu (s_i, F_i) với các dữ liệu về khoảng dịch chuyển, s_i , của tấm nén và dữ liệu về lực nén, F_i , với đơn vị tính phụ thuộc vào hệ đo. Nếu khoảng dịch chuyển của tấm nén được ghi lại ngay từ lúc bắt đầu phép thử (nghĩa là trước khi tấm này tiếp xúc với mẫu) thì đưa vào máy tính dữ liệu biến dạng tuyệt đối $|\Delta h_i|$ của mẫu trước khi thực hiện phép tính. Giả sử $|s_0|$ là khoảng dịch chuyển tuyệt đối của tấm khi lực bắt đầu khác giá trị 0 ở mức có nghĩa (bắt đầu nén mẫu). Tính biến dạng mẫu tuyệt đối $|\Delta h_i|$ theo công thức sau:

$$|\Delta h_i| = |s_i| - |s_0| \quad (1)$$

Trong đó:

$|s_0|$ là khoảng dịch chuyển tuyệt đối của tấm khi lực bắt đầu khác giá trị 0;

$|s_i|$ là khoảng dịch chuyển tuyệt đối của tấm.

Dữ liệu về độ biến dạng của mẫu, Δh_i , tính được như sau:

$$\Delta h_i = -|\Delta h_i| \quad (2)$$

Để xử lý tiếp theo, có thể cần loại bỏ dữ liệu khoảng dịch chuyển không có sự tiếp xúc trước của tấm nén.

Nếu hệ thống đo tự động ghi lại biến dạng tuyệt đối $|\Delta h|$ của mẫu thử (bắt đầu từ điểm "0" ngay khi áp dụng lực) thì $|s_i|$ bằng $|\Delta h_i|$ và không cần phải hiệu chỉnh. Tuy nhiên, có thể vẫn cần nêu rõ $\Delta h_i = -|\Delta h_i|$.

Dữ liệu biến dạng/lực ($\Delta h, F$) phải được chuyển thành độ biến dạng tiêu chuẩn và ứng suất để so sánh. Việc thể hiện bằng đồ thị, giá trị bằng số và các thông số đường cong nén được tính bằng đơn vị biến dạng và ứng suất. Cả hai cách thể hiện sau đây để đánh giá đường cong là tùy chọn. Có thể sử dụng một trong hai cách sau:

- a) ứng suất kỹ thuật, σ_u so với biến dạng Cauchy, ϵ_c ;
- b) ứng suất hiệu chỉnh, σ_c so với biến dạng Henky, ϵ_H .

Độ biến dạng không có thứ nguyên, ứng suất tính bằng pascal (Pa) hoặc kilopascal (kPa).

Các ví dụ về đường cong nén của một số loại phomat khác nhau được nêu trong Phụ lục C.

TCVN 10136:2013

CHÚ THÍCH: σ_u cũng được coi là ứng suất không hiệu chỉnh; ε_C là độ biến dạng kỹ thuật hoặc là độ biến dạng tương đối. Không nên dùng các thuật ngữ "ứng suất đúng" và "biến dạng đúng" để đề cập tương ứng đến ε_C và ε_H .

Việc hiệu chỉnh ứng suất dựa trên dạng hình trụ và độ ổn định thể tích của mẫu trong quá trình thử nghiệm, cho phép tính tiết diện, A_t tại mỗi thời điểm.

Tiết diện A_t tính được theo Công thức (3):

$$A_t = A(\Delta h) = \frac{A_0 \times h_0}{h(t)} \quad (3)$$

Trong đó:

h_0 là chiều cao ban đầu của mẫu;

A_0 là tiết diện ban đầu của mẫu;

$h(t)$ là chiều cao tại mỗi thời điểm thu được từ h_0 và biến dạng Δh , $h(t) = h_0 + \Delta h$. Dưới lực nén, Δh là âm ($\Delta h \leq 0$) vì biến dạng làm giảm chiều cao của mẫu, do đó $h(t) = h_0 - |\Delta h|$ (xem Tài liệu tham khảo [4]).

7.1.2 Tính toán ứng suất và biến dạng

Các công thức sau được giả định là $\Delta h \leq 0$.

Sự biến đổi lực sang ứng suất và biến dạng sang độ biến dạng được áp dụng trong tất cả các điểm dữ liệu (Δh , F).

$$\sigma_u = \frac{F_t}{A_0} \quad (4)$$

$$\varepsilon_C = \frac{\Delta h}{h_0} \quad (5)$$

$$\sigma_c = \frac{F_t}{A_t} = \frac{F_t}{A_0} \times \frac{h_0}{h_t} = \frac{F_t}{A_0} \times (1 + \varepsilon_C) = \sigma_u \times (1 + \varepsilon_C) \quad (6)$$

$$\varepsilon_H = \ln\left(\frac{h_t}{h_0}\right) = \ln\left(\frac{h_0 + \Delta h}{h_0}\right) = \ln(1 + \varepsilon_C) \quad (7)$$

CHÚ THÍCH 1: Theo Công thức (5) và Công thức (6) thì biến dạng nén có giá trị âm (xem Tài liệu tham khảo [4]). Cho dù có hiệu chỉnh lưu biến thì thực tế thường cho thấy dấu âm trong đồ thị hoặc trong các thông số của đồ thị. Việc sử dụng dấu này có lợi cho việc phân biệt các kết quả từ quá trình nén ($\epsilon < 0$) và kéo ($\epsilon > 0$).

CHÚ THÍCH 2: Việc áp dụng hiệu chỉnh ứng suất theo Công thức 6 (xem Tài liệu tham khảo [5]) làm trôi điểm đứt gãy biểu kiến về phía giá trị độ biến dạng tuyệt đối thấp hơn (ngoài sự giảm các giá trị ứng suất). Độ trôi này là tính chất biến dạng của hệ số hiệu chỉnh ($1 + \epsilon_c$) được áp dụng cho các đường cong có điểm cực đại cục bộ (xem Tài liệu tham khảo [7]).

7.2 Các thông số đặc trưng cho đường cong nén

7.2.1 Yêu cầu chung

Các thông số cơ học của các đường cong nén được đánh giá từ các dữ liệu ứng suất/độ biến dạng tính được tương ứng theo Công thức (4) đến (7). Các thông số đặc trưng cho phần thứ nhất của đường cong và cho phần xuất hiện đứt gãy. Công làm đứt gãy biểu kiến đặc trưng cho đường cong đến điểm đứt gãy biểu kiến.

Nên dùng bốn thông số dưới đây để đặc trưng cho đường cong nén (xem Phụ lục C):

- M_D là mô đun biến dạng;
- ϵ_f là độ biến dạng đứt gãy (biến dạng tại điểm đứt gãy biểu kiến);
- σ_f là ứng suất đứt gãy (ứng suất tại điểm đứt gãy biểu kiến);
- W_f là công làm đứt gãy (công làm biến dạng tổng thể đến điểm đứt gãy biểu kiến, chia cho thể tích mẫu ban đầu V , giá trị này bằng diện tích phần dưới đường cong ứng suất/độ biến dạng từ điểm biến dạng bằng 0 đến độ biến dạng tại điểm đứt gãy biểu kiến).

7.2.2 Mô đun biến dạng

Đường cong của phần gần tuyến tính tại các giá trị độ biến dạng tuyệt đối nhỏ là ước tính của mô đun đàn hồi biểu kiến, còn được gọi là mô đun biến dạng, M_D .

Ước tính M_D gần bằng giá trị tối đa của đạo hàm cấp một của đường cong nén tại $|\epsilon| < 0,1$ theo Công thức (8):

$$M_D = \max \left(\frac{\partial \sigma}{\partial \epsilon} \right)_{|\epsilon| < 0,1} \quad (8)$$

TCVN 10136:2013

Phép tính này được áp dụng cho các dữ liệu $(\varepsilon_c, \sigma_u)$ và $(\varepsilon_H, \sigma_c)$.

Mô đun biến dạng, M_D được tính bằng pascal (Pa) hoặc kilopascal (kPa).

CHÚ THÍCH 1: Việc ước tính mô đun biến dạng M_D theo Công thức (8) được điều chỉnh bằng thực nghiệm rằng luôn tồn tại giá trị cực đại của đạo hàm cấp một ở độ biến dạng tuyệt đối rất thấp. Dù Công thức (8) được khuyến cáo sử dụng, nhưng cũng có thể sử dụng các thuật toán khác để xác định mô đun biến dạng. Có thể chọn một dải cụ thể $\Delta\varepsilon$ (với $|\varepsilon| < 0,1$) và dải $\Delta\sigma$ tương ứng để tính $M_D = |\Delta\sigma / \Delta\varepsilon|$, hoặc áp dụng hồi quy tuyến tính trên một số cặp (ε, σ) cụ thể để ước tính M_D .

CHÚ THÍCH 2: Các đường cong nén không có các điểm đặc trưng (nghĩa là ứng suất tăng đơn điệu, không có điểm đứt gãy, không có điểm uốn) có thể xuất hiện ở phomat bán cứng và phomat cứng mới. Dù điều này nằm ngoài phạm vi của tiêu chuẩn và phép thử nén không phù hợp với nghiên cứu này, nhưng các đường cong nén có thể được đánh giá bằng cách xác định một vài điểm dữ liệu (ε, σ) ở các giá trị biến dạng được chọn một cách hợp lý. Mô đun biến dạng M_D vẫn có thể ước tính theo Công thức (8). Thực tế, các giá trị cực đại của đạo hàm cấp một ở độ biến dạng thấp chỉ đặc trưng cho các đường cong đó.

7.2.3 Điểm đứt gãy biểu kiến

7.2.3.1 Yêu cầu chung

Giá trị cực đại cục bộ của đường cong nén được xác định là điểm đứt gãy biểu kiến. Do đó, độ biến dạng đứt gãy ε_I và ứng suất đứt gãy σ_I cũng là các đại lượng 'biểu kiến'. Cả hai thông số xác định được từ dữ liệu $(\varepsilon_c, \sigma_u)$ và $(\varepsilon_H, \sigma_c)$.

7.2.3.2 Xác định điểm cực đại của đường cong

Việc xác định giá trị cực đại của đường cong là đơn giản nếu đường cong có một điểm cực đại cục bộ có thể dễ dàng nhận biết được như điểm đứt gãy biểu kiến. Trong trường hợp này, tính giá trị ứng suất cực đại σ_I theo Công thức (9) :

$$\sigma_I = \max(\sigma_i)_{1 \leq i \leq n} \quad (9)$$

Trong đó n là số lượng điểm dữ liệu mô tả đường cong nén chỉ vừa đến điểm đứt gãy biểu kiến (xem 7.2.3).

Tính giá trị độ biến dạng ε_I tương ứng với ứng suất cực đại của đường cong theo Công thức (10) :

$$\varepsilon_I = \varepsilon(\sigma_I) \quad (10)$$

7.2.3.3 Xác định từ điểm uốn của đường cong nén

Nếu không có điểm cực đại để có thể xác định điểm đứt gãy biểu kiến mà chỉ có điểm uốn cho thấy sự đứt gãy thì các tọa độ của điểm này được lấy theo giá trị gần đúng của ứng suất đứt gãy σ_I và độ

biến dạng đứt gãy ε_f . Việc xác định điểm uốn này đạt được tốt nhất bằng đạo hàm cấp hai của đường cong nén (đạo hàm cấp một của đường cong nén cho thấy giá trị cực đại cục bộ và đạo hàm cấp hai bằng 0 tại điểm uốn). Nếu chỉ có một điểm uốn trên đường cong thì độ biến dạng đứt gãy ε_f có thể tính được bằng Công thức (11), có giá trị độ biến dạng ε_i khi đạo hàm cấp hai bằng 0:

$$\varepsilon_f = \varepsilon_i \text{ với } \frac{\partial^2 \sigma(\varepsilon_i)}{\partial \varepsilon_i^2} = 0 \quad (11)$$

Tương ứng, Công thức (12) có thể áp dụng cho ứng suất đứt gãy:

$$\sigma_f = \sigma(\varepsilon_f) \quad (12)$$

Độ biến dạng đứt gãy không có thứ nguyên, ứng suất đứt gãy được tính bằng pascal (Pa) hoặc kilopascal (kPa).

Dễ dàng lập chương trình để xác định các thông số đứt gãy σ_f và ε_f từ giá trị cực đại cục bộ của đường cong theo Công thức (9) và Công thức (10). Trong trường hợp ước tính xấp xỉ điểm đứt gãy biểu kiến từ các tọa độ của điểm uốn theo Công thức (11) và Công thức (12), thuật toán được dùng để tính ε_f phải sao cho tìm được giá trị đúng (các đường cong nén có thể có vài điểm uốn). Trong thực tế, có thể cần phải xác định hướng của quy trình nghiên cứu các giá trị độ biến dạng tuyệt đối từ cao đến thấp. Nên kiểm tra giá trị tìm được từ phương pháp này bằng cách kiểm tra các đồ thị.

CHÚ THÍCH: Không thể tính được ε_f (Hencky) và σ_f (đã hiệu chỉnh) từ ε_f (Cauchy) và σ_f (chưa hiệu chỉnh) bằng cách áp dụng các Công thức (7) và Công thức (6) tương ứng¹⁷. Tất cả bốn kết quả chỉ đúng nếu các thuật toán độc lập áp dụng cho cả hai dữ liệu. Lý do độ trôi cực đại được đề cập trong 7.1.2.

7.2.4 Công làm đứt gãy biểu kiến

Công làm đứt gãy biểu kiến, W_f được xác định là tổng công làm biến dạng mẫu thử trong quá trình thử nghiệm trong khoảng độ biến dạng $\{0, \varepsilon_f\}$, chia cho tổng thể tích mẫu ban đầu V_0 . Giá trị này bằng diện tích dưới đường cong ứng suất-độ biến dạng, kéo từ độ biến dạng bằng 0 đến biến dạng ở điểm đứt gãy biểu kiến.

Tính công làm đứt gãy biểu kiến, W_f , theo Công thức (13) áp dụng được cho cả hai cách biểu thị riêng nhưng không áp dụng cho trường hợp kết hợp như $(\varepsilon_C, \sigma_C)$ hoặc $(\varepsilon_H, \sigma_U)$. W_f được biểu thị bằng J/m^3 hoặc kJ/m^3 , tùy thuộc vào đơn vị của $\sigma(\varepsilon)$ được sử dụng trong Công thức (13) (tương ứng Pa hoặc kPa):

$$W_f = \left| \int_0^{\varepsilon_f} \sigma(\varepsilon) d\varepsilon \right| \quad (13)$$

TCVN 10136:2013

CHÚ THÍCH: Có thể tính tích phân từ các điểm dữ liệu riêng rẽ, thay dấu tích phân bằng tổng thích hợp của công trên các số gia thể tích $|\Delta \varepsilon \sigma(\varepsilon)|$. Phép tính xấp xỉ này đã được chứng minh cho các kết quả chính xác.

$$W_i = \sum_{j=1}^{i(i_i)-1} |\varepsilon_{j+1} - \varepsilon_j| \cdot \frac{\sigma_{j+1} - \sigma_j}{2} \quad (14)$$

7.3 Biểu thị kết quả

Biểu thị kết quả đối với mô đun biến dạng (đơn vị là kPa) đến một chữ số thập phân.

8 Độ chụm

8.1 Phép thử liên phòng thử nghiệm

Các chi tiết của phép thử liên phòng thử nghiệm về độ chụm của phương pháp được nêu trong Phụ lục D. Tuy nhiên, phép thử này chưa đáp ứng được đầy đủ các yêu cầu của phép thử liên phòng thử nghiệm theo TCVN 6910-1 (ISO 5725-1) và TCVN 6910-2 (ISO 5725-2).

Các giá trị thu được từ phép thử liên phòng này có thể không áp dụng được cho các dải nồng độ và các nền mẫu khác với các dải nồng độ và các nền mẫu đã nêu.

8.2 Độ lặp lại

Chênh lệch tuyệt đối giữa hai kết quả thử nghiệm độc lập, đơn lẻ, thu được khi sử dụng cùng một phương pháp, trên cùng một loại vật liệu thử, trong cùng phòng thử nghiệm, do cùng một người phân tích và sử dụng cùng một thiết bị trong một khoảng thời gian ngắn, không được quá 5 % các trường hợp lớn hơn các giá trị sau:

	a)	b)
Mô đun biến dạng (kPa)	324,7	278,7
Độ biến dạng đứt gãy	0,04	0,065
Ứng suất đứt gãy (kPa)	50,76	30,85
Công làm đứt gãy (kJ/m ³)	13,60	9,52
a) Ứng suất kỹ thuật chịu biến dạng Cauchy. b) Ứng suất hiệu chỉnh chịu biến dạng Hencky.		

8.3 Độ tái lập

Chênh lệch tuyệt đối giữa hai kết quả thử nghiệm đơn lẻ, thu được khi tiến hành trên cùng một loại vật liệu thử, do những người khác nhau thực hiện, sử dụng các thiết bị khác nhau trong các phòng thử nghiệm khác nhau, không được quá 5 % các trường hợp lớn hơn các giá trị sau:

	a)	b)
Mô đun biến dạng (kPa)	343,6	457,9
Độ biến dạng đứt gãy	0,36	0,460
Ứng suất đứt gãy (kPa)	135,62	78,88
Công làm đứt gãy (kJ/m^3)	32,03	25,27
a) Ứng suất kỹ thuật chịu biến dạng Cauchy.		
b) Ứng suất hiệu chỉnh chịu biến dạng Hencky.		

9 Báo cáo thử nghiệm

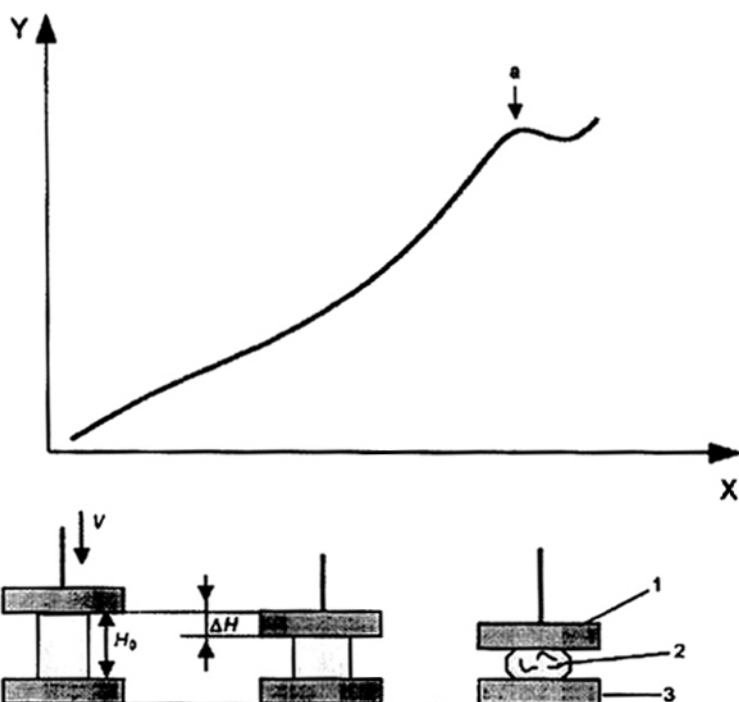
Báo cáo thử nghiệm phải ghi rõ:

- mọi thông tin cần thiết về nhận biết đầy đủ về mẫu thử;
- phương pháp lấy mẫu đã sử dụng, nếu biết;
- phương pháp thử đã sử dụng, viện dẫn tiêu chuẩn này;
- tất cả các thao tác chi tiết không quy định trong tiêu chuẩn này hoặc được xem là tùy chọn, cùng với mọi tình huống bất thường có thể ảnh hưởng đến kết quả;
- kết quả thử nghiệm thu được hoặc kết quả cuối cùng nếu đáp ứng yêu cầu về độ lặp lại.

Phụ lục A

(Quy định)

Các hình vẽ



CHÚ DẪN:

X chuyển dịch

Y lực

1 dụng cụ nén

2 mẫu thử

3 đế cố định

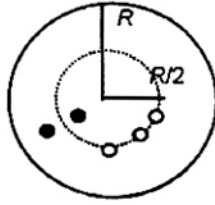
V tốc độ dịch chuyển không đổi của dụng cụ nén

H_0 chiều cao mẫu thử ban đầu

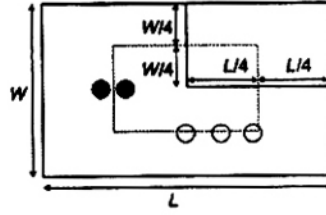
ΔH sự thay đổi chiều cao mẫu thử

^a điểm đứt gãy biểu kiến

Hình A.1 – Biểu đồ về nén đơn trục ở tốc độ dịch chuyển không đổi



a) Phomat dạng hình trụ



b) Phomat dạng hình hộp

CHÚ DẪN:

R là bán kính

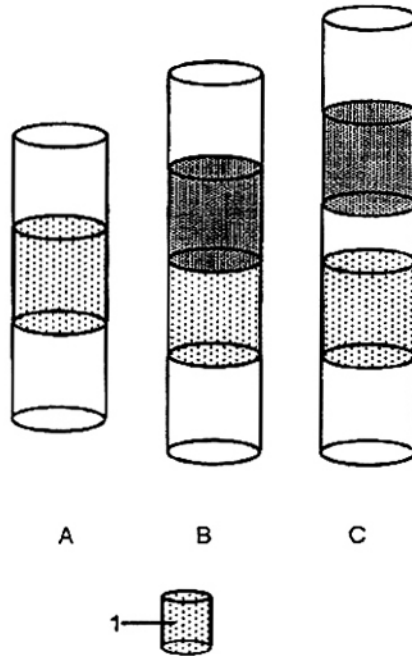
W là chiều rộng

L là chiều dài

● mũi khoan trong trường hợp 1

○ mũi khoan trong trường hợp 2

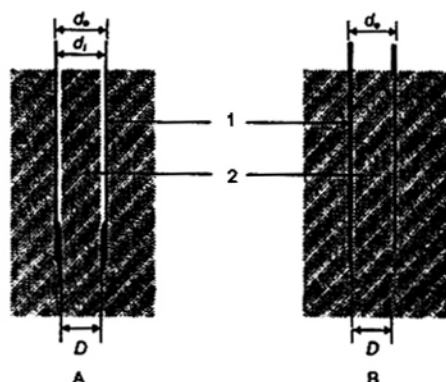
Hình A.2 – Vị trí khoan để lấy mẫu phomat



CHÚ DẪN:

1 Mẫu

Hình A.3 – Ba kiểu lấy mẫu bằng khoan



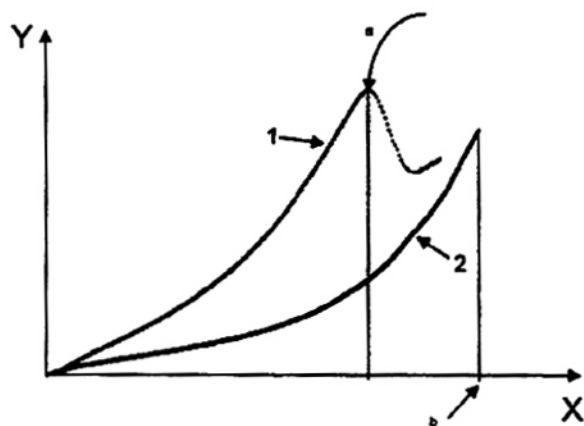
CHÚ DẪN:

- 1 máy khoan xoay
- 2 lõi khoan phomat

Ví dụ A: d_e là đường kính ngoài ($d_e = 25$ mm);
 d_i là đường kính trong ($d_i = 23$ mm);
 D là đường kính đầu cắt ($D = 20$ mm).

Ví dụ B: d_e là đường kính ngoài ($d_e = 16,5$ mm);
 D là đường kính đầu cắt ($D = d_i$ là đường kính trong 15,3 mm).

Hình A.4 – Khoan xoay để lấy mẫu phomat hình trụ



CHÚ DẪN:

- X biến dạng
- Y lực
- 1 đường cong 1
- 2 đường cong 2
- ^a điểm đứt gãy biểu kiến
- ^b biến dạng tối đa

Hình A.5 – Các ví dụ về đường cong nén

Phụ lục B

(Quy định)

Các điều kiện mẫu không tiêu chuẩn

B.1 Hướng lấy mẫu

Nên lấy phần mẫu thử song song với trục nén, nhưng đối với một số mục đích đặc biệt có thể lấy phần mẫu thử theo góc vuông.

B.2 Dạng hình học của phần mẫu thử

Phần mẫu thử có dạng hình trụ được ưa chuộng hơn vì những lý do sau:

- hình dạng cân đối là đơn giản nhất;
- ứng suất được phân bố đều;
- sự cân đối cho phép thực hiện các phép tính dễ hơn.

Nếu h_0 nằm trong khoảng từ 12,5 mm đến 25 mm thì tốc độ dịch chuyển ổn định ở 50 mm/min nghĩa là tốc độ biến dạng ban đầu trong khoảng từ $0,067 \text{ s}^{-1}$ đến $0,033 \text{ s}^{-1}$ (xem Bảng B.1). Nếu h_0 nằm ngoài dải từ 12,5 mm đến 25 mm thì điều chỉnh tốc độ dịch chuyển, v , sao cho đạt được tốc độ biến dạng ban đầu tương đương với giá trị đối chứng thu được với $h_0 = 15 \text{ mm}$ và $v = 50 \text{ mm/min}$, sử dụng mối tương quan sau: $v = 0,56 h_0$.

Bảng B.1 – Các giá trị tốc độ biến dạng ban đầu tương ứng với các chiều cao khác nhau của phần mẫu thử

h_0 (mm)	Tốc độ biến dạng ban đầu (s^{-1})
12,5	0,067
15	0,056
20	0,042
25	0,033

^a Tốc độ biến dạng Cauchy ban đầu ($\epsilon_C = v/h_0$) bằng tốc độ biến dạng Hencky [$\epsilon_H = v/(h_0 - vt)$] ở $t = 0$.

TCVN 10136:2013

B.3 Nhiệt độ thử nghiệm

Nhiệt độ đo khó cố định vì một số lý do. Thông thường, việc thiếu kiểm soát nhiệt độ phòng hoặc hệ thống làm hạn chế lựa chọn trong thực tế. Khi thực hiện các phép đo lưu biến để nghiên cứu những thay đổi trong quá trình ủ chín phomat thì nhiệt độ của phòng ủ phụ thuộc vào các loại phomat khác nhau và có thể thay đổi trong quá trình chín. Trong trường hợp này, nhiệt độ ủ chín được dùng để xác định nhiệt độ đo. Trong các trường hợp khác, các phép đo lưu biến được thực hiện để nghiên cứu các mối quan hệ với phân tích cảm quan và nhiệt độ đo được chọn gần với nhiệt độ của sản phẩm trong quá trình phân tích cảm quan. Kinh nghiệm trong quá trình phân tích cảm quan cho thấy rằng nhiệt độ từ 15 °C đến 16 °C là thích hợp^[6]. Ngoài ra, nhiệt độ đo tối ưu phụ thuộc nhiều vào mục đích của nghiên cứu.

B.4 Hộp đo lực

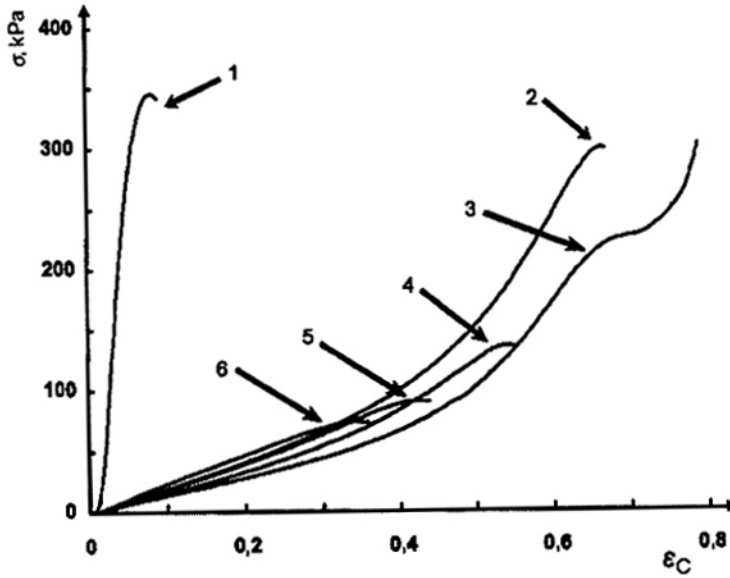
Khi báo cáo kết quả (xem Điều 9), nên bổ sung rõ các thông tin sau:

- a) lực thấp nhất có thể đo được;
- b) độ phân giải của hộp đo lực, nghĩa là chênh lệch nhỏ nhất của lực mà có thể đo được.

Phụ lục C

(Tham khảo)

Các ví dụ về đường cong nén

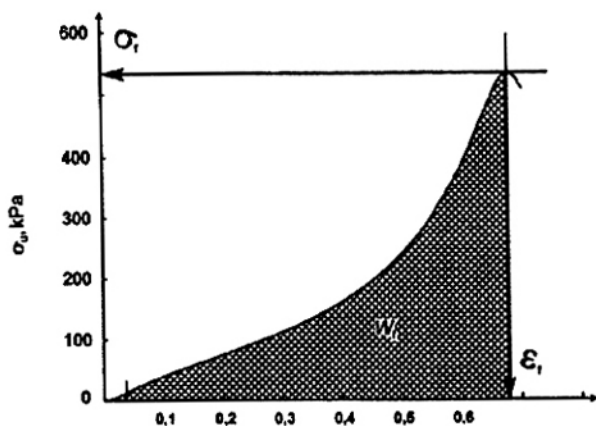


CHÚ DẪN:

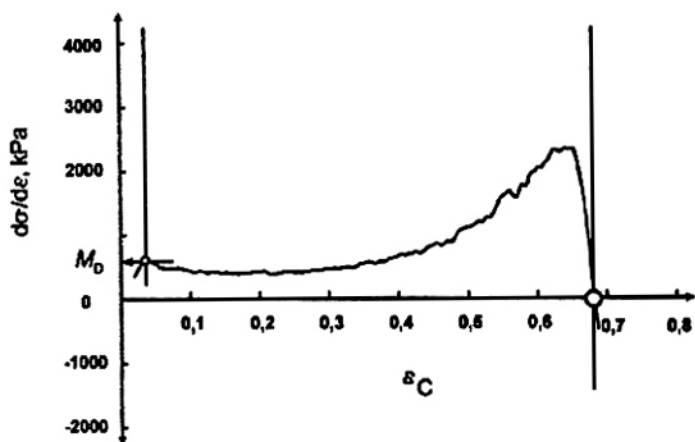
- 1 Parmigiano
- 2 Comte'
- 3 Fontina

- 4 Apenzell
- 5 Beaufort
- 6 Mahon

Hình C.1 – Đường cong nén của các loại phomat khác nhau



a) Đường cong nén



b) Đạo hàm cấp một

CHÚ THÍCH: Phần biên phải (gần như thẳng đứng) của đường cong ứng suất/độ biến dạng là giá trị cực đại cục bộ và là giá trị gần đúng của điểm đứt gãy (xem 7.2.3).

Hình C.2 – Vị trí của các thông số cơ học

Phụ lục D

(Tham khảo)

Các kết quả của phép thử liên phòng thử nghiệm với một mẫu thử

Các kết quả thu được đã được phân tích thống kê phù hợp với TCVN 6910-1 (ISO 5725-1) và TCVN 6910-2 (ISO 5725-2). Phép thử liên phòng thử nghiệm đã được thực hiện năm 2001, có mười phòng thử nghiệm tham gia, tuy nhiên chỉ phân tích trên một mẫu thử.

Các giá trị nêu trong Bảng D.1 cho độ biến thiên về kết quả dự kiến theo phương pháp quy định trong tiêu chuẩn này.

Các giá trị nêu trong Bảng D.1 đối với một thông số lưu biến (A) tính được từ biến dạng Cauchy và ứng suất kỹ thuật và (B) tính được từ biến dạng Hencky và ứng suất hiệu chỉnh. Cả độ lệch chuẩn lẫn hệ số biến thiên được nêu với lí do sau đây. Sự phù hợp của độ lệch chuẩn (s_r và s_R) hoặc hệ số biến thiên (CV_r và CV_R) phụ thuộc vào sự thay đổi độ chụm của phương pháp so với mức độ đáp ứng. Vì chỉ có một mẫu được thử nghiệm nên không thể đánh giá được độ chụm của phương pháp thay đổi thế nào so với mức độ đáp ứng. Do đó, việc nêu ra cả hai số liệu thống kê là phù hợp hơn so với việc chỉ nêu một số liệu.

Bảng D.1 – Kết quả của phép thử liên phòng thử nghiệm

	A				B			
	s_r	CV_r , %	s_R	CV_R , %	s_r	CV_r , %	s_R	CV_R , %
Mô đun của độ biến dạng, M_0 (kPa)	116,0	18	122,7	19	99,5	15	163,5	25
Độ biến dạng đứt gãy (Cauchy), ϵ_r	0,015	3,7	0,13	32	0,023	5	0,16	35
Ứng suất đứt gãy, σ_r (kPa)	18,1	8,2	48,43	22	11,02	8	28,17	21
Công làm đứt gãy, W_f (kJ/m ³)	4,9	10,3	11,44	24	3,40	8	9,03	22

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] TCVN 6400 (ISO 707), *Sữa và sản phẩm sữa – Hướng dẫn lấy mẫu*
 - [2] TCVN 6910-1 (ISO 5725-1), *Độ chính xác (độ đúng và độ chụm) của phương pháp đo và kết quả đo – Phần 1: Nguyên tắc và định nghĩa chung*
 - [3] TCVN 6910-2 (ISO 5725-2), *Độ chính xác (độ đúng và độ chụm) của phương pháp đo và kết quả đo – Phần 2: Phương pháp cơ bản xác định độ lặp lại và độ tái lập của phương pháp đo tiêu chuẩn*
 - [4] PELEG, M.A note on the various strain measures at large compressive deformations. *J. Texture Stud.*, 15,317-326(1984)
 - [5] CASIRAGHI, E.M., BAGLEY, E.B. and CHRISTIANSON, D.D. Behavior of Mozzarella, Cheddar and processed cheese spread in lubricated and bonded uniaxial compression. *J. Texture Stud.*, 16, 281-301 (1985)
 - [6] LAVANCHY, P., BERODIER, F., ZANNONI, M., NOËL, Y., ADAMO, C, SQUELLA, J. and HERRERO, L L'évaluation sensorielle de la texture des fromages à pâte dure ou semi-dure: Etude inter-laboratoires. *Lebens. Wiss. u Technol.*, 26, 59-68 (1993)
 - [7] LUGINBOHL, W. The effect of stress correction on fracture point coordinates in uniaxial compression tests of cheese. *Lebensm.-Wiss. u. Technol.*, 29, 433-437 (1996)
 - [8] Rheological and fracture properties of cheeses. *Bulletin of the IDF*, 268 (1991)
-