

**TCVN**

**TIÊU CHUẨN QUỐC GIA**

**TCVN 10592:2014**

**ISO 14125:1998**

WITH AMENDMENT 1:2011

Xuất bản lần 1

**COMPOSITE CHẤT DẼO GIA CƯỜNG SỢI –  
XÁC ĐỊNH CÁC TÍNH CHẤT UỐN**

*Fibre-reinforced plastic composites – Determination of flexural properties*

HÀ NỘI – 2014



## Lời nói đầu

TCVN 10592:2014 hoàn toàn tương đương với ISO 14125:1998, Đính chính kỹ thuật 1:2001 và Bản sửa đổi lần 1: 2011.

ISO 14125:1998 đã được rà soát và phê duyệt lại vào năm 2013 với bố cục và nội dung không thay đổi.

TCVN 10592:2014 do Tiểu ban kỹ thuật Tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC61/SC13 *Composite và sợi gia cường* biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.



## Composite chất dẻo gia cường sợi – Xác định các tính chất uốn

*Fibre-reinforced plastic composites – Determination of flexural properties*

### 1 Phạm vi áp dụng

**1.1** Tiêu chuẩn này quy định phương pháp xác định các tính chất uốn của composite chất dẻo gia cường sợi dưới tải trọng ba điểm (phương pháp A) và bốn điểm (phương pháp B). Mẫu thử chuẩn được xác định nhưng các thông số đối với các kích thước mẫu khác cũng được sử dụng khi cần. Tiêu chuẩn cũng quy định một khoảng các tốc độ thử.

**1.2** Phương pháp này không thích hợp để xác định các thông số thiết kế nhưng có thể được sử dụng để phân loại các vật liệu hoặc là phép thử kiểm soát chất lượng.

**CHÚ THÍCH** Ví dụ, modul uốn chỉ là một giá trị thích hợp của modul đàn hồi kéo Young vì phép thử này không áp dụng cho biến dạng bổ sung do ứng suất trượt mà có thể dẫn đến giá trị modul uốn thấp hơn, nhưng sử dụng các tỷ lệ khoảng thử/độ dày mẫu thử có thể giảm thiểu hiệu ứng này. Chênh lệch giữa tính chất kéo và uốn cũng do cách xếp lớp/kết cấu vật liệu.

**1.3** Phương pháp này phù hợp với composite nhựa nhiệt dẻo và nhựa nhiệt rắn gia cường sợi.

ISO 178 *Chất dẻo – Xác định các tính chất uốn*, áp dụng cho các hợp chất dạng khối có sợi ngắn hơn 7,5 mm. Thường là trường hợp với các vật liệu dùng để đúc phun.

**1.4** Phương pháp này sử dụng các mẫu thử có thể được đúc với kích thước đã chọn, được gia công từ phần chính giữa của mẫu thử đa năng chuẩn (xem ISO 3167) hoặc được gia công từ sản phẩm hoàn thiện hoặc bán hoàn thiện như hợp chất đúc hoặc tấm nhiều lớp (laminated).

**1.5** Phương pháp này quy định kích thước ưu tiên đối với mẫu thử. Các phép thử được tiến hành trên các mẫu thử có kích thước khác hoặc trên các mẫu thử được chuẩn bị dưới điều kiện khác có thể cho các kết quả không so sánh được. Các yếu tố như tốc độ thử và việc điều hòa mẫu thử có thể ảnh hưởng đến các kết quả. Đối với các vật liệu không đồng nhất trong toàn bộ mặt cắt hoặc nằm phía trên vùng đàn hồi tuyến tính, kết quả này chỉ áp dụng cho độ dày và kết cấu được thử. Vì vậy khi cần các dữ liệu so sánh được thì các yếu tố này phải được kiểm soát và ghi lại cẩn thận.

## **2 Tài liệu viện dẫn**

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

ISO 178, *Plastics – Determination of flexural properties* (Chất dẻo – Xác định các tính chất uốn).

ISO 291, *Plastics – Standard atmospheres for conditioning and testing* (Chất dẻo – Môi trường chuẩn để điều hòa và thử).

ISO 293, *Plastics – Compression moulding of test specimens of thermoplastic materials* (Chất dẻo – Đúc nén mẫu thử bằng vật liệu nhựa nhiệt dẻo).

ISO 294-1, *Plastics – Injection moulding of test specimens of thermoplastic materials – Part 1: General principles, and moulding of multipurpose and bar test specimens* (Chất dẻo – Đúc phun mẫu thử bằng vật liệu nhựa nhiệt dẻo – Phần 1: Nguyên tắc chung, đúc mẫu thử đa năng và mẫu thử dạng thanh).

ISO 295, *Plastics – Compression moulding of test specimens of thermosetting materials* (Chất dẻo – Đúc nén mẫu thử bằng vật liệu nhựa nhiệt rắn).

ISO 1268 (tất cả các phần), *Fibre-reinforced plastics – Methods of producing test plates* (Chất dẻo gia cường sợi – Các phương pháp chế tạo tấm thử).

ISO 2602, *Statistical interpretation of test results – Estimation of the mean – Confidence interval* (Giải thích các kết quả thử theo phương pháp thống kê – Ước lượng giá trị trung bình – Khoảng tin cậy).

ISO 2818, *Plastics – Preparation of test specimens by machining* (Chất dẻo – Chuẩn bị mẫu thử bằng phương pháp gia công trên máy).

ISO 3167, *Plastics – Multipurpose test specimens* (Chất dẻo – Mẫu thử đa năng).

ISO 5893, *Rubber and plastics test equipment – Tensile, flexural and compression types (constant rate of traverse) – Specification* [Thiết bị thử cao su và chất dẻo – Loại kéo, uốn và nén (tốc độ dịch chuyển ngang không đổi) – Mô tả].

## **3 Nguyên tắc**

Mẫu thử được đỡ như một dầm, bị làm cho chuyển vị ở tốc độ không đổi cho đến khi bị đứt hoặc đạt đến giá trị biến dạng cho trước. Trong quá trình này, lực tác dụng vào mẫu thử và sự biến dạng được xác định.

Phương pháp này được sử dụng để đánh giá thuộc tính uốn của mẫu thử và để xác định độ bền uốn, modul uốn và các giá trị khác của mối quan hệ ứng suất uốn/biến dạng dưới các điều kiện xác định. Phương pháp này áp dụng cho dầm được đỡ tự do, được tác dụng tải trọng trong cơ cấu ba điểm hoặc bốn điểm. Kiểu thử này được chọn để giới hạn biến dạng trượt và để tránh phá hủy trượt giữa các lớp.

**CHÚ THÍCH** Kiểu tác dụng tải trọng bốn điểm có momen uốn không đổi giữa các bộ phận đặt tải ở giữa. Ứng suất tiếp xúc nén gây ra bởi hai bộ phận đặt tải trung tâm nhỏ hơn so với ứng suất gây ra bởi một bộ phận đặt tải trong phép thử ba điểm. Kiểu thử bốn điểm được chọn sao cho khoảng giữa bằng một phần ba của toàn bộ khoảng thử. Khoảng cách giữa các gối đỡ phía ngoài bằng với trường hợp tác dụng tải ba điểm do đó có thể sử dụng mẫu thử tương tự.

## **4 Thuật ngữ và định nghĩa**

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

### **4.1**

**Tốc độ thử** (speed of testing),  $v$

Tốc độ chuyển động tương đối giữa các gối đỡ và (các) bộ phận đặt tải, biểu thị bằng milimét trên phút (mm/min).

### **4.2**

**Ứng suất uốn** (flexural stress),  $\sigma_f$

Ứng suất danh nghĩa trên bề mặt phía ngoài của mẫu thử tại khoảng giữa. Giá trị này được tính toán dựa trên quan hệ nêu tại Điều 10, công thức (3) hoặc (8) và được biểu thị bằng megapascal (MPa).

### **4.3**

**Ứng suất uốn khi đứt (gãy)** [flexural stress at break (rupture)],  $\sigma_{fB}$

Ứng suất uốn khi đứt (hoặc gãy) mẫu thử (xem Hình 1, đường cong A và B). Giá trị này được biểu thị bằng megapascal (MPa).

### **4.4**

**Độ bền uốn** (flexural strength)  $\sigma_{fM}$

Ứng suất uốn mà mẫu thử chịu được tại tải trọng tối đa (xem Hình 1) đối với các kiểu phá hủy được chấp nhận (xem Điều 9.9 và Hình 6). Giá trị này được biểu thị bằng megapascal (MPa).

### **4.5**

**Chuyển vị** (deflection),  $s$

Khoảng cách mà qua đó bề mặt đỉnh hoặc đáy của mẫu thử tại khoảng giữa chuyển vị trong quá trình uốn, so với vị trí ban đầu của nó. Giá trị này được biểu thị bằng milimét (mm).

### **4.6**

**Chuyển vị khi đứt** (deflection at break),  $s_B$

Chuyển vị khi đứt của mẫu thử (xem Hình 1, đường cong A và B). Giá trị này được biểu thị bằng milimét (mm).

**4.7**

**Chuyển vị tại độ bền uốn** (deflection at flexural strength),  $s_M$

Chuyển vị tại tải trọng bằng với độ bền uốn (4.4) (xem Hình 1, đường cong A và B). Giá trị này được biểu thị bằng milimét (mm).

**4.8**

**Biến dạng uốn** (flexural strain),  $\varepsilon_f$

Sự thay đổi từng phần danh nghĩa chiều dài của một phần tử trong bề mặt ngoài của mẫu thử tại khoảng giữa. Giá trị này được sử dụng để tính toán modul uốn (4.9) và được biểu thị là tỷ số không thứ nguyên.

**4.9**

**Modul đàn hồi uốn; modul uốn; modul dây cung** (modulus of elasticity in flexure; flexural modulus; chord modulus),  $E_f$

Tỷ số giữa chênh lệch ứng suất ( $\sigma_f'' - \sigma_f'$ ) chia cho chênh lệch biến dạng tương ứng ( $\varepsilon_f'' = 0,0025 - \varepsilon_f' = 0,0005$ ) (xem 10.1.2 và 10.2.2). Giá trị này được biểu thị bằng megapascal (MPa).

Với các vật liệu có biến dạng phá hủy nhỏ hơn 0,0025 (ví dụ chất dẻo gia cường sợi cacbon modul cao), chênh lệch biến dạng được sử dụng để tính toán modul uốn giảm xuống bằng 0,0010 – 0,0005.

**CHÚ THÍCH** Với thiết bị có máy tính, việc xác định modul sử dụng hai điểm ứng suất/biến dạng riêng biệt có thể được thay thế bằng cách tính hồi quy tuyến tính áp dụng cho phần đường cong giữa hai điểm đó.

**4.10**

**Modul trượt giữa các lớp** (interlaminar shear modulus),  $G_{13}$

Modul trượt theo hướng qua độ dày đối với các vật liệu nhiều lớp. Giá trị này được biểu thị bằng megapascal (MPa).

**CHÚ THÍCH** Đối với các vật liệu gia cường chủ yếu trong mặt phẳng, modul trượt  $G_{13}$  nằm trong khoảng từ 3 000 MPa đến 6 000 MPa.

**4.11**

**Trục tọa độ của mẫu thử** (vật liệu thẳng hàng) [specimen coordinate axes (aligned materials)]

Trục tọa độ đối với vật liệu thẳng hàng được định nghĩa trong Hình 2. Hướng song song với các trục sợi được định nghĩa là hướng "1" và hướng vuông góc với trục sợi được định nghĩa là hướng "2".

Đối với các vật liệu khác, các hướng 1, 2 và 3 thường được mô tả bởi hệ tọa độ x, y, z.

**CHÚ THÍCH**

- 1 Hướng "1" cũng được coi là hướng 0° hoặc hướng dọc và hướng "2" là hướng 90° hoặc hướng ngang.



2 Định nghĩa tương tự có thể được sử dụng đối với vật liệu chủ yếu xếp lớp sợi hoặc trong các trường hợp hướng có liên hệ với quá trình sản xuất (ví dụ hướng theo chiều dọc).

Đối với các vật liệu không đẳng hướng như xác định ở trên, các ký hiệu có thêm chỉ số "1" hoặc "2" để chỉ ra hướng được thử.

## 5 Thiết bị, dụng cụ

### 5.1 Máy thử

#### 5.1.1 Qui định chung

Máy thử phải tuân theo ISO 5893 để phù hợp với các yêu cầu được nêu trong 5.1.2 đến 5.1.4, như sau:

#### 5.1.2 Tốc độ thử

Máy thử phải có khả năng duy trì tốc độ thử (4.1) như quy định trong Bảng 1.

**Bảng 1 – Giá trị khuyến cáo đối với tốc độ thử**

Tốc độ (mm/min)	Dung sai (%)
0,5	± 20
1	± 20
2	± 20
5	± 20
10	± 20
20	± 10
50	± 10
100	± 10
200	± 10
500	± 10

Tốc độ 0,5 mm/min không được quy định trong ISO 5893. Dung sai của tốc độ 1 mm/min và 2 mm/min nhỏ hơn so với quy định trong ISO 5893.

#### 5.1.3 Các bộ phận đặt tải và gối đỡ

(Các) gối đỡ và bộ phận đặt tải trung tâm phải được bố trí như trong Hình 3 (ba điểm) hoặc Hình 4 (bốn điểm). Bán kính  $R_1$  và  $R_2$  phải theo quy định trong Bảng 2. Trục của các gối đỡ và bộ phận đặt tải phải song song với nhau.

Khoảng thử  $L$  (khoảng cách giữa các gối đỡ) phải điều chỉnh được.

**Bảng 2 – Kích thước bộ phận đặt tải và gối đỡ**

Kích thước	Giá trị (mm)
$R_1$	$5 \pm 0,2$
$R_2$ đối với $h \leq 3$ mm	$2 \pm 0,2$
$R_2$ đối với $h > 3$ mm	$5 \pm 0,2$

#### 5.1.4 Thiết bị ghi tải trọng và chuyển vị

Sai số của lực ghi được không được vượt quá  $\pm 1$  % và sai số của giá trị chuyển vị không được quá  $\pm 1$  % của toàn bộ thang (xem ISO 5893).

Chuyển vị đạt được bởi chuyển động của máy thử phải được hiệu chỉnh đối với chuyển vị biến dạng chịu tải và độ lõm tại các điểm chịu tải.

## 5.2 Micromet và dưỡng đo

**5.2.1 Micromet** hoặc thiết bị tương đương có khả năng đọc được giá trị nhỏ hơn hoặc bằng 0,01 mm dùng để đo độ dày  $h$  và chiều rộng  $b$  của mẫu thử.

Micromet phải có bề mặt tiếp xúc phù hợp với bề mặt được đo (nghĩa là bề mặt phẳng đối với bề mặt đo phẳng, bề mặt được mài nhẵn và bán cầu đối với các bề mặt đo không đều).

**5.2.2 Calip đo** hoặc dụng cụ tương đương có độ chính xác trong khoảng 0,1 % của khoảng thử  $L$ , để xác định khoảng thử này (xem 9.2).

## 6 Mẫu thử

### 6.1 Hình dạng và kích thước

#### 6.1.1 Qui định chung

Trừ khi có quy định khác, kích thước của mẫu thử phải tuân theo các kích thước nêu trong tiêu chuẩn của vật liệu được thử hoặc theo quy định trong 6.1.3.

#### 6.1.2 Hướng thử

Trục mẫu thử phải theo một trong các hướng chính (xem 4.11 và Hình 5).

**CHÚ THÍCH** Khi vật liệu được thử có sự sai khác đáng kể về các tính chất giữa hai hướng chính (nghĩa là hướng "1" và "2"), thì phép thử nên được tiến hành theo cả hai hướng.

Nếu khi ứng dụng, vật liệu chịu ứng suất theo các hướng riêng biệt so với các hướng chính thì vật liệu phải được thử theo hướng đó. Hướng của mẫu thử so với các hướng chính phải được ghi lại.

## 6.1.3 Kiểu mẫu thử ưu tiên

Bảng 3 – Mẫu thử ưu tiên cho phương pháp A (uốn ba điểm)

Kích thước tính bằng milimét

Vật liệu	Chiều dài mẫu thử (l)	Khoảng thử ngoài cùng (L)	Chiều rộng (b)	Độ dày (h)
Loại I Nhựa nhiệt dẻo gia cường sợi không liên tục	80	64	10	4
Loại II Nhựa gia cường mat, mat và vải liên tục, cũng như dạng hỗn hợp (ví dụ DMC, BMC, SMC và GMT)	80	64	15	4
Loại III Composite đồng hướng ngang (90°); đồng hướng (0°) và đa hướng với $5 < E_{T1}/G_{13} \leq 15$ (ví dụ hệ sợi thủy tinh)	60	40	15	2
Loại IV Composite đồng hướng 0° và đa hướng với $15 < E_{T1}/G_{13} \leq 50$ (ví dụ hệ sợi cacbon).	100	80	15	2
Dung sai	- 0 + 10	± 1	± 0,5	± 0,2
CHÚ THÍCH Để giảm sự biến thiên số liệu đối với các mẫu thử sử dụng vật liệu gia cường thô, có thể sử dụng mẫu thử rộng 25 mm.				

Trong một phép thử bất kỳ, độ dày mẫu thử của khoảng một phần ba chiều dài giữa mẫu phải không có điểm nào sai khác quá 2 % so với giá trị trung bình tại vùng giữa này. Độ lệch tối đa tương ứng đối với chiều rộng là 3 %. Mặt cắt ngang phải là hình chữ nhật và không được vẽ tròn các mép.

CHÚ THÍCH Mẫu thử Loại I có thể được gia công từ phần giữa của mẫu thử đa năng cho trong ISO 3167.

Bảng 4 – Mẫu thử ưu tiên cho phương pháp B (uốn bốn điểm)

Kích thước tính bằng milimét

Vật liệu	Chiều dài mẫu thử (l)	Khoảng thử ngoài cùng (L)	Khoảng thử phía trong (L')	Chiều rộng (b)	Độ dày (h)
Loại I Nhựa nhiệt dẻo gia cường sợi không liên tục	80	66	22	10	4
Loại II Nhựa gia cường mat, mat và vải liên tục, cũng như dạng hỗn hợp (ví dụ DMC, BMC, SMC và GMT)	80	66	22	15	4
Loại III Composite đồng hướng ngang (90°); đồng hướng (0°) và đa hướng với $5 < E_{T1}/G_{13} \leq 15$ (ví dụ hệ sợi thủy tinh)	60	45	15	15	2
Loại IV Composite đồng hướng 0° và đa hướng với $15 < E_{T1}/G_{13} \leq 50$ (ví dụ hệ sợi cacbon).	100	81	27	15	2
Dung sai	+ 10 - 0	± 1	± 1	± 0,5	± 0,2
CHÚ THÍCH Để giảm sự biến thiên số liệu đối với các mẫu thử sử dụng vật liệu gia cường thô, có thể sử dụng mẫu thử rộng 25 mm.					

## **TCVN 10592:2014**

Trong một phép thử bất kỳ, độ dày mẫu thử trên toàn bộ chiều dài phải không có điểm nào sai khác quá 2 % so với giá trị trung bình. Độ lệch tối đa tương ứng đối với chiều rộng là 3 %. Mặt cắt ngang phải là hình chữ nhật và không được vẽ tròn các mép.

### **6.1.4 Các mẫu thử khác**

Khi không thể hoặc không muốn sử dụng mẫu thử thông dụng, có thể sử dụng các kích thước  $L$ ,  $l$ ,  $h$  và  $b$  cho trong Bảng A.1 và A.2 của Phụ lục A.

## **6.2 Chuẩn bị mẫu thử**

### **6.2.1 Hộp chất đúc và đùn**

Mẫu thử phải được chuẩn bị theo các yêu cầu vật liệu tương ứng. Khi không có các yêu cầu như vậy hoặc khi có yêu cầu khác, mẫu thử có thể được đúc nén trực tiếp hoặc đúc phun trực tiếp từ vật liệu này theo ISO 293, ISO 294-1 hoặc ISO 295 tương ứng.

### **6.2.2 Tấm**

Mẫu thử phải được gia công bằng máy từ các tấm tuân theo ISO 2818.

### **6.2.3 Vật liệu chất dẻo gia cường sợi dài**

Mẫu thử phải được gia công bằng máy từ các tấm được chuẩn bị theo ISO 1268 hoặc theo quy trình khác được yêu cầu hoặc thỏa thuận. Hướng dẫn gia công chất dẻo bằng máy được nêu trong ISO 2818.

## **6.3 Kiểm tra mẫu thử**

Mẫu thử không được bị xoắn và các cặp bề mặt phải song song và vuông góc với nhau. Các bề mặt và cạnh không được có vết xước, rỗ, vết bẩn và sần sùi. Mẫu thử phải được kiểm tra sự phù hợp với các yêu cầu này bằng mắt thường so với các cạnh phẳng, tấm phẳng vuông và đo bằng calip micromet. Các mẫu thử có sai khác so với một hoặc nhiều các yêu cầu này tới mức đo được hoặc quan sát được sẽ bị loại bỏ hoặc được gia công bằng máy đến kích thước và hình dáng yêu cầu trước khi thử.

## **7 Số lượng mẫu thử**

**7.1** Thử ít nhất năm mẫu thử cho các phá hủy hợp lệ. Số lượng các phép đo có thể nhiều hơn năm nếu yêu cầu độ chụm của giá trị trung bình tốt hơn.

Có thể đánh giá điều này bằng phương thức khoảng tin cậy (xác suất 95 %, xem ISO 2602).

**7.2** Các kết quả thu được từ các mẫu thử bị đứt phía ngoài khoảng một phần ba ở giữa đối với phép thử ba điểm và ngoài phần giữa của phép thử bốn điểm phải bị loại bỏ và thay bằng mẫu thử mới.

## 8 Điều hòa

Khi có thể, điều hòa mẫu thử theo quy định trong tiêu chuẩn của vật liệu được thử. Khi không có thông tin về điều này, chọn điều kiện thích hợp nhất trong ISO 291, trừ khi có quy định của các bên liên quan (ví dụ thử ở nhiệt độ cao hoặc thấp).

## 9 Cách tiến hành

**9.1** Khi có thể, tiến hành phép thử trong môi trường được quy định trong tiêu chuẩn của vật liệu được thử. Khi không có thông tin về điều này, chọn điều kiện thích hợp nhất trong ISO 291, trừ khi có quy định của các bên liên quan (ví dụ thử ở nhiệt độ cao hoặc thấp).

**9.2** Đo chiều rộng  $b$  và độ dày  $h$  chính xác đến 1 % tại tâm của từng mẫu thử. Loại bỏ mẫu thử bất kỳ có một độ dày vượt quá dung sai  $\pm 2$  % của giá trị trung bình và thay bằng mẫu thử khác, được chọn ngẫu nhiên. Tính độ dày trung bình  $h$  của bộ các mẫu thử này.

Báo cáo nếu các mẫu thử được sử dụng không đáp ứng yêu cầu về dung sai độ dày.

Điều chỉnh khoảng thử  $L$  trong khoảng 1 % của giá trị tính toán, để phù hợp với tỷ số khoảng thử/độ dày mẫu thử trung bình,  $L/h$  được cho trong Bảng 3 và 4 đối với kích thước mẫu thử ưu tiên và đo khoảng thử thu được chính xác hơn 0,2 % giá trị tính toán.

Bảng 3 và 4 phải được sử dụng trừ khi đạt được kiểu phá hủy không chấp nhận được (ví dụ trượt giữa các lớp, xem Hình 6). Trong trường hợp này, phải sử dụng giá trị  $L/h$  cao hơn. Các tỷ số chấp nhận được theo thứ tự là 16/1, 20/1, 40/1 và 60/1.

**9.3** Khi có thể, đặt tốc độ thử như được cho trong tiêu chuẩn của vật liệu được thử. Khi không có thông tin này thì chọn giá trị trong Bảng 1 để có tốc độ biến dạng càng gần 0,01 càng tốt. Tốc độ này có thể được tính toán theo các công thức sau:

$$v = \frac{\varepsilon' L^2}{6h} \quad (3 \text{ điểm}) \quad (1)$$

$$v = \frac{\varepsilon' L^2}{4,7h} \quad (4 \text{ điểm}) \quad (2)$$

trong đó

$\varepsilon'$  là tốc độ biến dạng bằng 0,01 (nghĩa là 1 % trên phút).

Kết quả tốc độ thử này sẽ có độ chuyển vị gần đến 0,4 lần độ dày mẫu thử trong 1 phút, ví dụ 2 mm/min đối với vật liệu ưu tiên Loại I được cho trong 6.1.3.

**9.4** Đặt mẫu thử đối xứng trên hai gối đỡ và xác định bề mặt kéo (nghĩa là bề mặt bên dưới trong Hình 3 và 4).

## TCVN 10592:2014

**9.5** (Tùy chọn). Có thể đặt một miếng chèn hoặc miếng đệm mỏng ở giữa bộ phận đặt tải và mẫu thử để ngăn cản sự phá hủy bề mặt nén của mẫu thử, đặc biệt đối với các vật liệu Loại III và IV.

**CHÚ THÍCH** Một miếng chèn bằng polypropylen dày 0,2 mm là phù hợp để giảm thiểu các phá hủy bề mặt nén liên quan đến bộ phận đặt tải.

**9.6** Tác dụng lực vào khoảng giữa đối với phép thử ba điểm và đều lên cả hai bộ phận đặt tải đối với phép thử bốn điểm (xem Hình 3 và 4).

**9.7** Ghi lại lực và chuyển vị tương ứng của mẫu thử trong quá trình thử, sử dụng hệ thống ghi tự động nếu có thể, để đưa ra đường cong tải trọng uốn hoàn toàn/dịch chuyển hoặc đường cong ứng suất uốn/biến dạng uốn (xem Hình 1).

**9.8** Xác định tất cả các ứng suất, chuyển vị và biến dạng tương ứng theo Điều 4 từ đường cong lực/chuyển vị hoặc ứng suất/biến dạng hoặc các dữ liệu tương đương.

**9.9** Ghi lại kiểu phá hủy theo cơ sở trong Hình 6 (chỉ rõ bề mặt kéo hoặc nén).

## 10 Tính toán và biểu thị kết quả

**CHÚ THÍCH** Các công thức thay thế được nêu trong Phụ lục B để hiệu chỉnh đối với các ảnh hưởng của chuyển vị lớn (nghĩa tại các chuyển vị lớn hơn  $0,1 \times L$  mm).

### 10.1 Phương pháp A (uốn ba điểm)

**10.1.1** Ứng suất uốn,  $\sigma_f$  được xác định theo công thức sau:

$$\sigma_f = \frac{3FL}{2bh^2} \quad (3)$$

trong đó

$\sigma_f$  là ứng suất uốn, tính bằng megapascal (MPa);

$F$  là tải trọng, tính bằng niutơn (N);

$L$  là khoảng thử, tính bằng milimét (mm);

$h$  là độ dày của mẫu thử, tính bằng milimét (mm);

$b$  là chiều rộng của mẫu thử, tính bằng milimét (mm).

**10.1.2** Đối với phép đo modul uốn, tính chuyển vị  $s'$  và  $s''$ , tương ứng với các giá trị đã cho của biến dạng uốn  $\varepsilon_f' = 0,0005$  và  $\varepsilon_f'' = 0,0025$  trong trường hợp composite có biến dạng phá hủy lớn hơn 0,0025 hoặc tính chuyển vị  $s'$  và  $s''$ , tương ứng với các giá trị đã cho của biến dạng uốn  $\varepsilon_f' = 0,0005$  và  $\varepsilon_f'' = 0,0010$  trong trường hợp các vật liệu như là chất dẻo gia cường sợi cacbon modul cao, có biến dạng phá hủy nhỏ hơn 0,0025, theo công thức sau:

$$s' = \frac{\varepsilon'_f L^2}{6h} \text{ và } s'' = \frac{\varepsilon''_f L^2}{6h} \quad (4)$$

trong đó

$s''$  và  $s'$  là các chuyển vị điểm giữa dầm, tính bằng milimét (mm);

$\varepsilon'_f$  và  $\varepsilon''_f$  là các biến dạng uốn, có giá trị được cho ở trên.

Modul uốn được tính từ công thức 5 hoặc 6:

(i) Sử dụng công thức 5

$$E_f = \frac{L^3}{4bh^3} \left( \frac{\Delta F}{\Delta s} \right) \quad (5)$$

trong đó

$E_f$  là modul uốn đàn hồi, tính bằng megapascal (MPa)

$\Delta s$  là chênh lệch chuyển vị giữa  $s''$  và  $s'$ ;

$\Delta F$  là chênh lệch tải trọng  $F''$  và  $F'$  tại  $s''$  và  $s'$  tương ứng.

(ii) Sử dụng công thức 6

$$E_f = 500(\sigma''_f - \sigma'_f) \quad (6)$$

trong đó

$\sigma'_f$  là ứng suất đo được tại chuyển vị  $s'$ , biểu thị bằng megapascal (MPa);

$\sigma''_f$  là ứng suất đo được tại chuyển vị  $s''$ , biểu thị bằng megapascal (MPa);

Đối với thiết bị có máy tính, xem chú thích 4.9.

**10.1.3** Tính biến dạng ở mặt ngoài của mẫu thử như sau:

$$\varepsilon = \frac{6sh}{L^2} \quad (7)$$

## 10.2 Phương pháp B (uốn bốn điểm)

**10.2.1** Ứng suất uốn  $\sigma_f$  được xác định theo công thức sau:

$$\sigma_f = \frac{FL}{bh^2} \quad (8)$$

trong đó

$\sigma_f$  là ứng suất uốn, tính bằng megapascal (MPa);

$F$  là tải trọng, tính bằng niutơn (N);

$L$  là khoảng thử, tính bằng milimét (mm);

$h$  là độ dày của mẫu thử, tính bằng milimét (mm);

$b$  là chiều rộng của mẫu thử, tính bằng milimét (mm).

## TCVN 10592:2014

**10.2.2** Đối với phép đo modul uốn, tính chuyển vị  $s'$  và  $s''$ , tương ứng với các giá trị đã cho của biến dạng uốn  $\varepsilon_f' = 0,0005$  và  $\varepsilon_f'' = 0,0025$  trong trường hợp composite có biến dạng phá hủy lớn hơn 0,0025 hoặc tính chuyển vị  $s'$  và  $s''$ , tương ứng với các giá trị đã cho của biến dạng uốn  $\varepsilon_f' = 0,0005$  và  $\varepsilon_f'' = 0,0010$  trong trường hợp các vật liệu như là chất dẻo gia cường sợi cacbon modul cao, có biến dạng phá hủy nhỏ hơn 0,0025, theo công thức sau:

$$s' = \frac{\varepsilon_f' L^2}{4,7h} \text{ và } s'' = \frac{\varepsilon_f'' L^2}{4,7h} \quad (9)$$

trong đó

$s''$  và  $s'$  là các chuyển vị điểm giữa dầm, tính bằng milimét (mm);

$\varepsilon_f'$  và  $\varepsilon_f''$  là các biến dạng uốn, có giá trị được cho ở trên.

Modul uốn được tính từ công thức 10 hoặc 11:

(i) Sử dụng công thức 10

$$E_f = \frac{0,21L^3}{bh^3} \left( \frac{\Delta F}{\Delta s} \right) \quad (10)$$

trong đó

$E_f$  là modul uốn đàn hồi, tính bằng megapascal (MPa)

$\Delta s$  là chênh lệch chuyển vị giữa  $s''$  và  $s'$ ;

$\Delta F$  là chênh lệch tải trọng  $F''$  và  $F'$  tại  $s''$  và  $s'$  tương ứng.

(ii) Sử dụng công thức 11

$$E_f = 500(\sigma_f'' - \sigma_f') \quad (11)$$

trong đó

$E_f$  là modul uốn đàn hồi, tính bằng megapascal (MPa);

$\sigma_f'$  là ứng suất đo được tại chuyển vị  $s'$ , biểu thị bằng megapascal (MPa);

$\sigma_f''$  là ứng suất đo được tại chuyển vị  $s''$ , biểu thị bằng megapascal (MPa).

**10.2.3** Tính biến dạng ở mặt ngoài của mẫu thử như sau:

$$\varepsilon = \frac{4,7sh}{L^2} \quad (12)$$

Đối với thiết bị có hỗ trợ máy tính, xem chú thích 4.9.

**10.3** Tính giá trị trung bình cộng của từng phép đo riêng lẻ và nếu có yêu cầu độ lệch chuẩn và khoảng tin cậy 95 % của giá trị trung bình, sử dụng quy trình cho trong ISO 2602.

**10.4** Tính ứng suất và modul đến ba chữ số có nghĩa. Tính giá trị chuyển vị đến hai chữ số có nghĩa.



## 11 Độ chụm

Độ chụm của phương pháp này chưa có vì không có dữ liệu liên phòng thử nghiệm.

## 12 Báo cáo thử nghiệm

Báo cáo thử nghiệm phải bao gồm các thông tin sau:

- a) Viện dẫn tiêu chuẩn này, chỉ ra phương pháp thử, loại vật liệu và tốc độ thử;
- b) Mô tả đầy đủ vật liệu được thử, bao gồm: kiểu, nguồn gốc, số mã hiệu của nhà sản xuất và lịch sử trước đó nếu biết;
- c) Đối với tấm, độ dày của tấm và nếu được, hướng của các trục chính của mẫu thử liên quan đến một vài đặc tính của tấm;
- d) Ngày xác định;
- e) Hình dạng và kích thước của mẫu thử (chú ý nếu mẫu thử không đáp ứng yêu cầu dung sai độ dày trong 9.2);
- f) Phương pháp chuẩn bị mẫu thử;
- g) Điều kiện thử và quy trình điều hòa, nếu có;
- h) Số lượng mẫu được thử;
- i) Chiều dài danh nghĩa của khoảng thử sử dụng;
- j) Tốc độ thử;
- k) Cấp chính xác của máy thử (xem ISO 5893);
- l) Bề mặt của mẫu thử tiếp xúc với (các) bộ phận đặt tải;
- m) Kiểu loại, vật liệu và độ dày của vật liệu đệm, nếu sử dụng;
- n) Công thức và khoảng biến dạng (nghĩa là chênh lệch biến dạng) được sử dụng;
- o) Kết quả thử;
- p) Phép đo riêng lẻ, gồm biểu đồ ứng suất (lực) - biến dạng (dịch chuyển), nếu yêu cầu;
- q) Kiểu phá hủy nhận được;
- r) Độ lệch chuẩn và khoảng tin cậy 95 % của giá trị trung bình, nếu yêu cầu.

**Phụ lục A**

(quy định)

**Mẫu thử khác**

**A.1** Chiều dài và độ dày của mẫu thử này phải có tỷ số tương tự với mẫu thử ưu tiên, như cho trong Bảng A.1, trừ khi bị ảnh hưởng giống như nêu tại đoạn cuối Điều 9.2.

**Bảng A.1 – Giá trị của khoảng thử  $L$  và chiều dài mẫu thử  $l$  là hàm số của độ dày  $h$** 

Loại vật liệu	Ba điểm		Bốn điểm	
	$L/h$	$l/h$	$L/h$	$l/h$
I	16	20	16,5	20
II	16	20	16,5	20
III	20	30	22,5	30
IV	40	50	40,5	50

**CHÚ THÍCH** Một số yêu cầu kỹ thuật quy định mẫu thử lấy từ các tấm có độ dày lớn hơn giới hạn trên được quy định phải được giảm đến một độ dày chuẩn bằng cách gia công chỉ trên một mặt. Trong trường hợp đó, tốt nhất nên đặt mẫu thử sao cho bề mặt chưa gia công của mẫu tiếp xúc với hai gối đỡ và lực được tác dụng qua các bộ phận đặt tải vào bề mặt đã gia công của mẫu thử.

**A.2** Giá trị chiều rộng áp dụng được cho trong Bảng A.2 phải được sử dụng.

**Bảng A.2 – Giá trị chiều rộng  $b$  là hàm số của độ dày  $h$** 

Kích thước tính bằng milimét

Độ dày danh nghĩa $h$	Chiều rộng ( $b$ )	
	Loại I	Loại II đến IV
$1 < h \leq 3$	25	15
$3 < h \leq 5$	10	15
$5 < h \leq 10$	15	15
$10 < h \leq 20$	20	30
$20 < h \leq 35$	35	50
$35 < h \leq 50$	50	80

Đối với các vật liệu được gia cường bằng vật liệu thô, chiều rộng mẫu thử phải đảm bảo lấy được từ một mẫu đại diện. Áp dụng dung sai cho trong Bảng 3 và 4.

**Phụ lục B**

(qui định)

**Hiệu chỉnh chuyển vị lớn – Tính toán và biểu thị kết quả****B.1 Phương pháp A – Uốn ba điểm**

Trong trường hợp chuyển vị lớn, lớn hơn  $0,1L$ , có thể sử dụng công thức sau để xác định ứng suất uốn,  $\sigma_f$ :

$$\sigma_f = \frac{3FL}{2bh^2} \left\{ 1 + 6 \left( \frac{s}{L} \right)^2 - 3 \left( \frac{sh}{L^2} \right) \right\} \quad (3a)$$

trong đó

- $s$  là chuyển vị điểm giữa dầm, tính bằng milimét (mm);
- $\sigma_f$  là ứng suất uốn, tính bằng megapascal (MPa);
- $F$  là tải trọng, tính bằng niutơn (N);
- $L$  là khoảng thử, tính bằng milimét (mm);
- $h$  là độ dày của mẫu thử, tính bằng milimét (mm);
- $b$  là chiều rộng của mẫu thử, tính bằng milimét (mm).

Đối với biến dạng, có thể sử dụng công thức sau:

$$\varepsilon = \frac{h}{L} \left\{ 6,00 \frac{s}{L} - 24,37 \left( \frac{s}{L} \right)^3 + 62,17 \left( \frac{s}{L} \right)^5 \right\} \quad (7a)$$

Ứng suất này bị ảnh hưởng đáng kể bởi ma sát tại gối đỡ và bộ phận đặt tải. Điều này có thể giải quyết bằng cách đặt các bộ phận này trên các đệm, bằng cách giới hạn phương pháp thử này với các chuyển vị nhỏ (không ưu tiên) hoặc bằng cách thêm hệ số hiệu chỉnh cho công thức 3a:

$$\sigma_f = \frac{3FL}{2bh^2} \left\{ 1 + 6 \left( \frac{s}{L} \right)^2 - 3 \left( \frac{sh}{L^2} \right) - \mu \left( 2 \frac{s}{L} - \frac{h}{L} \right) \right\} \quad (3b)$$

trong đó  $\mu$  là hệ số hiệu chỉnh ma sát tương đối dễ dàng để xác định.

**B.2 Phương pháp B – Uốn bốn điểm**

Trong trường hợp chuyển vị lớn, lớn hơn  $0,1L$ , có thể sử dụng công thức sau để xác định ứng suất uốn,  $\sigma_f$ :

$$\sigma_f = \frac{FL}{bh^2} \left\{ 1 + 8,78 \left( \frac{s}{L} \right)^2 - 7,04 \left( \frac{sh}{L^2} \right) \right\} \quad (8a)$$

**TCVN 10592:2014**

trong đó

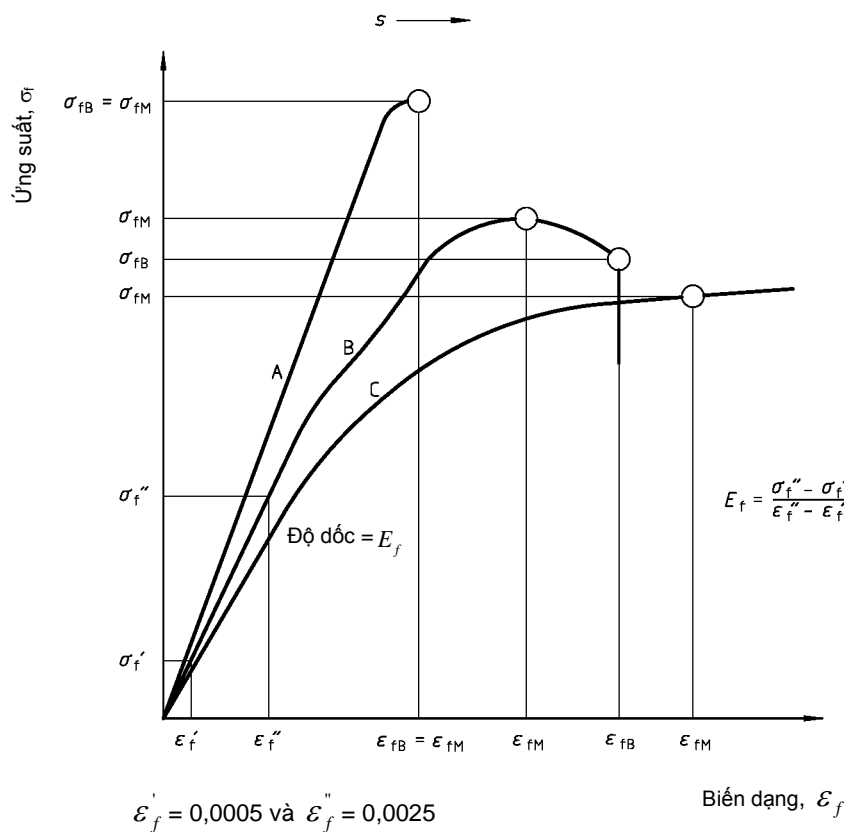
- $\sigma_f$  là ứng suất uốn, tính bằng megapascal (MPa);
- $F$  là tải trọng, tính bằng niuton (N);
- $L$  là khoảng thử, tính bằng milimét (mm);
- $h$  là độ dày của mẫu thử, tính bằng milimét (mm);
- $b$  là chiều rộng của mẫu thử, tính bằng milimét (mm).

Đối với biến dạng, có thể sử dụng công thức sau:

$$\varepsilon = \frac{h}{L} \left\{ 4,70 \frac{s}{L} - 14,39 \left( \frac{s}{L} \right)^3 + 27,70 \left( \frac{s}{L} \right)^5 \right\} \quad (11a)$$

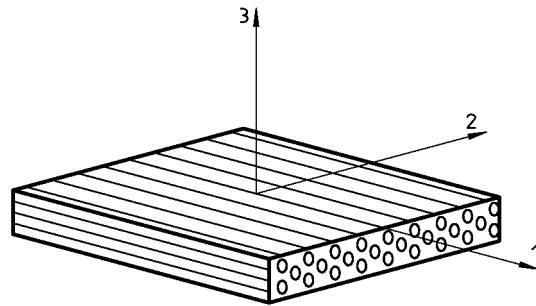
Hiệu chỉnh ảnh hưởng của ma sát như trên sẽ có

$$\sigma_f = \frac{FL}{bh^2} \left\{ 1 + 8,78 \left( \frac{s}{L} \right)^2 - 7,04 \left( \frac{sh}{L^2} \right) - 3,39 \mu \left( \frac{s}{L} \right) \right\} \quad (11b)$$

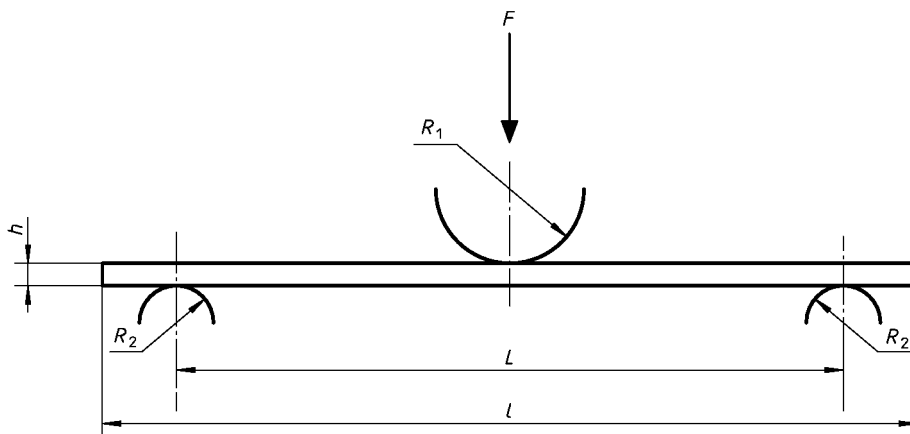


**Hình 1 – Đường cong ứng suất-biến dạng điển hình**

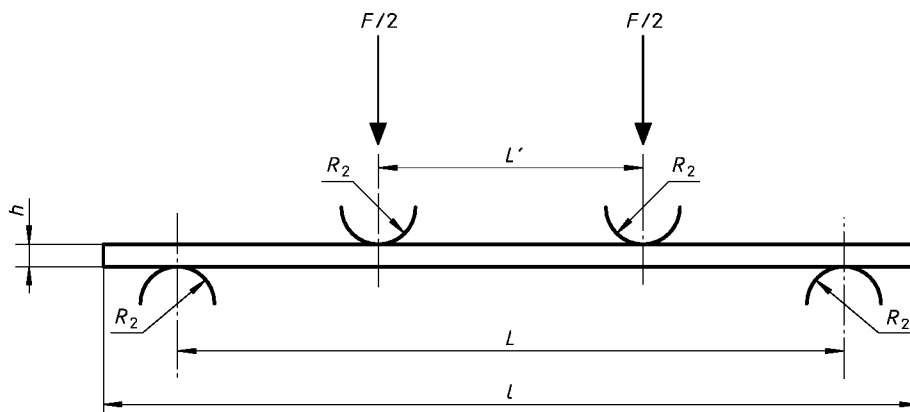
(Biến dạng  $\varepsilon'$  và  $\varepsilon''$  tương đương với chuyển vị  $s'$  và  $s''$ )



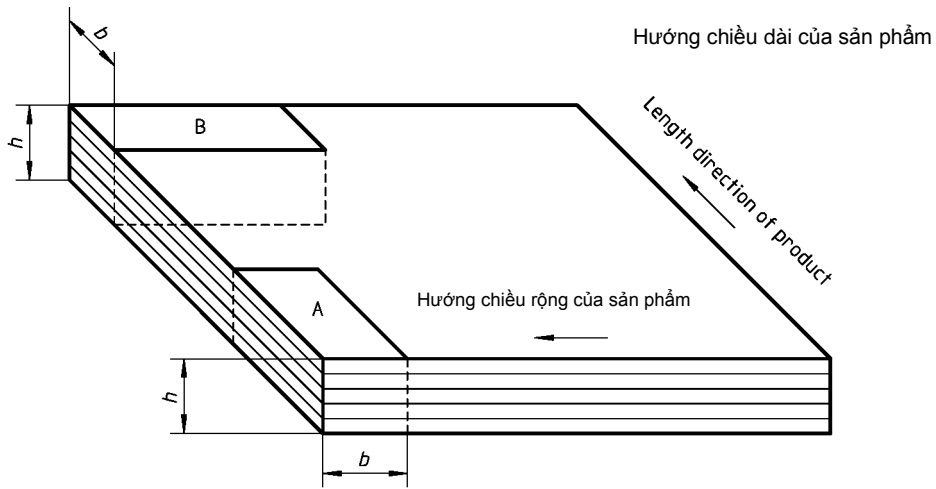
Hình 2 – Tấm composite gia cường đồng hướng chỉ ra các trục đối xứng



Hình 3 – Bố trí tải trọng ba điểm



Hình 4 – Bố trí tải trọng bốn điểm ( $L = 3L'$ )



Hình 5 – Vị trí của các mẫu thử

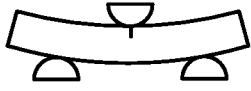
Tải trọng ba điểm



Phá hủy đứt sợi



Phá hủy kéo đứt tại lớp ngoài cùng



Phá hủy nén



Phá hủy kéo đứt (kèm theo trượt giữa các lớp)

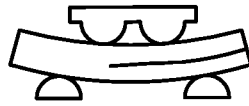
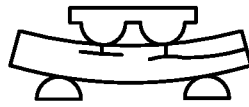
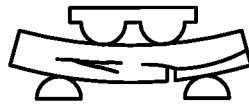
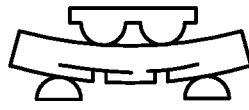
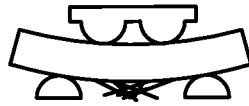


Phá hủy nén (kèm theo trượt giữa các lớp)



Phá hủy trượt giữa các lớp

Tải trọng bốn điểm



Hình 6 – Ví dụ về các kiểu phá hủy

(Kéo đứt ban đầu và nén ban đầu, tách biệt khỏi các bộ phận đặt tải là kiểu phá hủy chấp nhận được. Các phá hủy ban đầu gây ra do sự trượt giữa các lớp không được chấp nhận).