

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 6896:2015

ISO 12192:2011

Xuất bản lần 2

**GIẤY VÀ CÁC TÔNG -
XÁC ĐỊNH ĐỘ BỀN NÉN - PHƯƠNG PHÁP NÉN VÒNG**

Paper and board - Determination of compressive strength - Ring crush method

HÀ NỘI - 2015

Lời nói đầu

TCVN 6896:2015 thay thế TCVN 6896:2001.

TCVN 6896:2015 hoàn toàn tương đương với ISO 12192:2011.

TCVN 6896:2015 do Ban kỹ thuật Tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC6 Giấy và sản phẩm giấy biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Giấy và các tông - Xác định độ bền nén - Phương pháp nén vòng

Paper and board - Determination of compressive strength - Ring crush method

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định phương pháp xác định độ bền nén cạnh (độ bền nén vòng) của giấy và các tông, đặc biệt đối với các tông dùng trong sản xuất các loại bao bì vận chuyển.

Tiêu chuẩn này áp dụng cho tất cả các loại giấy và các tông có độ dày nằm trong khoảng từ 100 μm đến 580 μm . Đối với các mẫu có độ dày nhỏ hơn 280 μm giá trị thử có thể là kết quả kết hợp của cả biến dạng oằn và nén đơn thuần.

CHÚ THÍCH Với các mẫu thử có độ dày lớn hơn 580 μm , biến dạng bên trong mẫu sinh ra do việc uốn cong mẫu thử thành ống hình trụ có thể ảnh hưởng đến kết quả thử (xem tài liệu tham khảo [6] và [7] trong Thư mục tài liệu tham khảo).

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.

TCVN 3649 (ISO 186), *Giấy và các tông – Lấy mẫu để xác định chất lượng trung bình.*

TCVN 6725 (ISO 187), *Giấy các tông và bột giấy – Môi trường chuẩn để điều hoà và thử nghiệm, quy trình kiểm tra môi trường và điều hoà mẫu.*

TCVN 3652 (ISO 534), *Giấy và các tông – Xác định độ dày, khối lượng riêng và thể tích riêng.*

ISO 13820, *Paper, board and corrugated fibreboard – Description and calibration of compression-testing equipment* (Giấy, các tông và các tông sóng – Mô tả và hiệu chuẩn thiết bị thử độ bền nén).

3 Thuật ngữ và định nghĩa

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

3.1

Độ bền nén (compressive strength)

Lực nén lớn nhất trên một đơn vị chiều dài mà mẫu thử giấy hoặc các tông có thể chịu được cho đến khi bắt đầu bị nén xuống.

CHÚ THÍCH Độ bền nén được biểu thị bằng kilôniutơn trên mét.

3.2

Độ bền nén vòng (ring crush resistance)

Lực nén lớn nhất trên một đơn vị chiều dài mà một mẫu thử hẹp khi bị uốn cong thành hình trụ (vòng tròn) có thể chịu được trên cạnh của mẫu mà không bị nén xuống dưới các điều kiện xác định của tiêu chuẩn này.

CHÚ THÍCH Độ bền nén vòng được biểu thị bằng kilôniutơn trên mét.

3.3

Chỉ số độ bền nén vòng (ring-crush-resistance index)

Độ bền nén vòng chia cho định lượng

CHÚ THÍCH Chỉ số độ bền nén vòng được biểu thị bằng kilôniutơn mét trên gam.

4 Nguyên tắc

Một dải hẹp mẫu thử giấy hoặc các tông được uốn cong thành vòng tròn và chịu tác dụng của lực nén cạnh tăng dần cho đến khi mẫu thử bắt đầu bị xẹp xuống.

Độ bền nén vòng được tính từ lực nén lớn nhất và chiều dài của mẫu thử.

5 Thiết bị, dụng cụ

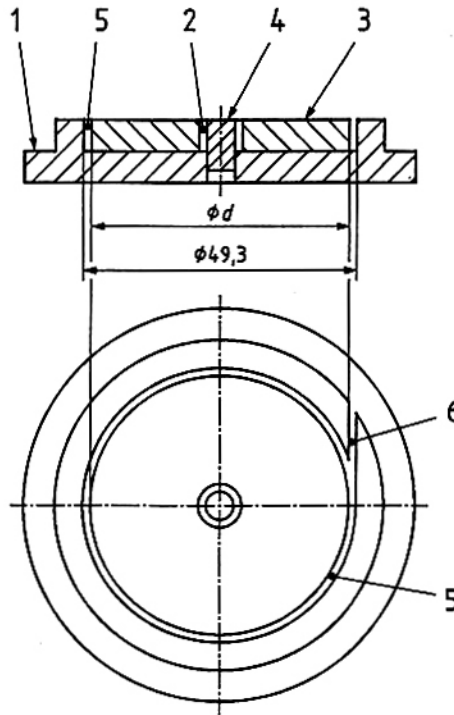
5.1 Dụng cụ cắt mẫu, gồm một khuôn cắt, có khả năng cắt chính xác mẫu thử theo các kích thước quy định với các mép cắt thẳng, song song, sắc và sạch. Các dụng cụ cắt mẫu khác như dao lưỡi kép cũng có thể được sử dụng nếu có khả năng cắt tương tự như vậy.

5.2 Dụng cụ đặt mẫu thử (xem Hình 1), gồm một khối đế (chi tiết 1 trong Hình 1), thường là hình trụ có hốc hình trụ, kết hợp với một đĩa ở chính giữa có thể tháo ra được (chi tiết 3 trong Hình 1), tạo thành một đường rãnh hình khuyên (chi tiết 5 trong Hình 1).

Hốc hình trụ này có đường kính trong bằng $49,30 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$ và chiều sâu $6,35 \text{ mm} \pm 0,25 \text{ mm}$, có đáy song song với đế của khối hình trụ trong khoảng $0,01 \text{ mm}$. Đĩa (chi tiết 3 trong Hình 1) có độ dày là $6,35 \text{ mm} \pm 0,25 \text{ mm}$. Để thích hợp với các mẫu thử có độ dày khác nhau, phải có các đĩa đường kính khác nhau sao cho chiều rộng của đường rãnh hình khuyên (chi tiết 5 trong Hình 1) tạo thành bởi cạnh

của đĩa và vách của hốc hình trụ có thể điều chỉnh được ít nhất là 150 % nhưng không được lớn hơn 175 % độ dày của mẫu thử sẽ được thử nghiệm. Đường kính thích hợp của các đĩa được cho trong Bảng 1.

Chốt giữa (chi tiết 4 trong Hình 1) được cố định ở chính giữa của hốc hình trụ. Chốt này có thể được gắn lõm vào đế của khuôn nhưng không được nhô ra khỏi đáy. Mỗi đĩa có một lỗ ở chính giữa với đường kính lớn hơn một chút để đặt khớp được vào chốt và phải tạo được đường rãnh hình khuyên đồng nhất.



Kích thước tính bằng milimét

CHÚ DẪN

- 1 Khối đế
- 2 Khe hở cho phép các đĩa xoay tròn được dễ dàng
- 3 Đĩa
- 4 Chốt giữa
- 5 Rãnh hình khuyên để lồng mẫu thử vào
- 6 Rãnh tiếp tuyến

Hình 1 – Dụng cụ đặt mẫu thử

Quan trọng là tiết diện tiếp xúc giữa đáy của hốc hình trụ và cạnh của nó phải vuông góc. Bất cứ một bán kính nào tại điểm làm cho dải mẫu thử không được đặt vuông góc với đáy sẽ dẫn đến làm sai lệch kết quả.

TCVN 6896:2015

Đường rãnh tiếp tuyến (chi tiết 6 trong Hình 1) có chiều rộng không lớn hơn 1,27 mm được cắt từ cạnh của khối hình trụ tiếp tuyến với hốc hình trụ dùng để lồng mẫu thử. Đường rãnh này có thể được cắt để lồng mẫu thử theo chiều kim đồng hồ hoặc theo chiều ngược lại.

5.3 Động cơ truyền động, thiết bị thử độ bền nén dạng tấm phẳng, theo quy định trong ISO 13820 trừ giá trị song song của hai tấm phẳng phải nằm trong khoảng 0,025 mm trên 100 mm bề mặt (1: 4000). Thiết bị thử phải được hiệu chuẩn theo ISO 13820.

5.4 Găng tay vải hoặc cao su, được sử dụng khi lồng mẫu thử vào khuôn giữ mẫu bằng tay.

6 Lấy mẫu

Nếu phép thử dùng để đánh giá một lô hàng, mẫu được lấy theo TCVN 3649 (ISO 186). Nếu phép thử được thực hiện đối với mẫu dạng khác thì phải bảo đảm mẫu thử được lấy đại diện cho mẫu thử nghiệm.

7 Điều hòa mẫu thử

Điều hòa mẫu theo TCVN 6725 (ISO 187) và giữ mẫu trong môi trường điều hòa trong suốt quá trình chuẩn bị mẫu thử và tiến hành thử nghiệm.

8 Chuẩn bị mẫu thử

Nếu có yêu cầu phải tính chỉ số độ bền nén vòng thì xác định định lượng của mẫu thử theo TCVN 1270 (ISO 536) ^[1].

Xác định độ dày của mẫu thử theo TCVN 3652 (ISO 534).

Chuẩn bị mẫu thử trong điều kiện môi trường tương tự môi trường điều hòa mẫu. Sử dụng găng tay (5.4) trong suốt thời gian chuẩn bị mẫu và tiến hành thử nghiệm, vì các chất nhiễm bẩn từ tay, đặc biệt là độ ẩm, có thể ảnh hưởng đến kết quả thử nghiệm.

Sử dụng dụng cụ cắt mẫu (5.1) để cắt cùng một thời điểm từ mẫu các mẫu thử có chiều rộng bằng $12,7 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ và chiều dài $152,4_{-2,5}^0 \text{ mm}$. Mẫu thử không được nhăn, gấp nếp hoặc không được có các khuyết tật nhìn thấy mà có thể ảnh hưởng đến kết quả thử. Bảo đảm các cạnh của mẫu thử thẳng và vết cắt sạch, không bị sần xước và các cạnh phải song song nhau trong khoảng 0,015 mm trên suốt chiều dài của mẫu thử.

Nếu không có các quy định khác, cắt ít nhất là mười mẫu thử theo mỗi chiều. Các mẫu thử có chiều dài vuông góc với chiều dọc giấy sẽ được sử dụng cho phép thử độ bền nén theo chiều dọc. Các mẫu có chiều dài song song với chiều dọc giấy sẽ được sử dụng cho phép thử độ bền nén theo chiều ngang.

Đối với mẫu thử có hai mặt với thành phần xơ sợi ở hai mặt khác nhau và có thể xác định được mặt sẽ là mặt ngoài của hòm hộp thì cắt số mẫu thử theo quy định với mặt này hướng vào phần sống của khuôn cắt hoặc nếu sử dụng dao lưỡi kép thì mặt này không tiếp xúc với lưỡi dao. Các dụng cụ cắt này

có xu hướng tạo nên các vết lồi nhỏ hoặc hơi quăn ở cạnh cắt, và nếu các vết này hướng theo tâm của vòng khuyên thì sẽ bị kênh lên ở tâm đĩa và là nguyên nhân gây ra sai số của kết quả đo.

Nếu hai mặt không phân biệt được hoặc không thể xác định được mặt ngoài thì cắt cùng một số lượng mẫu thử, ít nhất là mười mẫu thử với cùng một mặt hướng vào phần sống của khuôn cắt hoặc không tiếp xúc với lưỡi của dao lưỡi kép.

9 Cách tiến hành

Đặt đĩa có đường kính phù hợp với độ dày của mẫu thử vào dụng cụ đặt mẫu (5.2). Đĩa phải được lựa chọn sao cho chiều rộng của đường rãnh giữa đĩa và dụng cụ đặt mẫu đủ rộng để có thể lồng được mẫu thử nhưng không được vượt quá 175 % độ dày của mẫu thử. Bảng 1 đưa ra các đường kính đĩa thích hợp với các mẫu thử có độ dày khác nhau.

Cẩn thận đưa mẫu thử vào đường rãnh tiếp tuyến và nhẹ nhàng lồng vào dụng cụ đặt mẫu cho đến khi hai đầu của mẫu thử chạm nhau. Đặt mẫu thử vào dụng cụ đặt mẫu sao cho thử nghiệm được một nửa số mẫu thử có mặt hướng vào trong và một nửa số mẫu thử có mặt hướng ra ngoài. Cẩn thận để đảm bảo rằng đĩa không bị đẩy lên và cạnh dưới của mẫu thử phải nằm ở bên dưới đĩa.

Bảng 1 – Các đường kính đĩa phù hợp

Độ dày của mẫu thử ^a µm	Đường kính đĩa gợi ý ^a ($d \pm 0,05$) mm
100 đến 140	48,90
141 đến 170	48,80
171 đến 200	48,70
201 đến 230	48,60
231 đến 280	48,50
281 đến 320	48,40
321 đến 370	48,20
371 đến 420	48,00
421 đến 500	47,80
501 đến 580	47,60

^a Các số liệu trên chỉ là các khoảng được gợi ý. Giá trị 175 % đề cập ở trên là hệ số kiểm soát. Trong một số trường hợp nếu đĩa có dung sai thấp hơn, giá trị 175 % có thể bị quá, thì khi đó có thể sử dụng chiều rộng đường rãnh nhỏ hơn tiếp theo.

Đưa dụng cụ đặt mẫu vào chính giữa tấm phẳng dưới của thiết bị thử nén (5.3), nếu cần thiết sử dụng các dụng cụ đánh dấu để đảm bảo dụng cụ đặt mẫu luôn để cùng một vị trí.

Để dụng cụ đặt mẫu sao cho hai đầu tiếp xúc của mẫu thử luôn luôn quay về phía bên trái hoặc bên phải trước khi thử nghiệm. Vận hành thiết bị thử nén cho đến khi mẫu thử bị xẹp xuống và ghi lại lực nén lớn nhất trước khi mẫu thử bị hỏng, chính xác đến niuton.

TCVN 6896:2015

Lặp lại cách tiến hành với các mẫu thử còn lại.

CHÚ THÍCH Phép thử độ bền nén vòng rất nhạy với độ ẩm của giấy và các tông. Biết được độ ẩm của mẫu sẽ giúp giải thích được sự khác nhau đối với kết quả thử nghiệm giữa các phòng thí nghiệm.

Nguồn sai số chủ yếu là do làm hỏng mẫu thử khi lồng vào dụng cụ đặt mẫu. Khi có yêu cầu về độ chính xác tối đa của kết quả thì sử dụng dụng cụ lồng mẫu thử. Chi tiết về dụng cụ lồng mẫu thích hợp có thể tìm đọc trong tài liệu tham khảo [12] của thư mục tài liệu tham khảo.

10 Tính toán kết quả

10.1 Độ bền nén vòng

Đối với mỗi chiều yêu cầu (chiều dọc, chiều ngang), tính độ bền nén vòng trung bình σ , tính bằng kilôniuton trên mét (kN/m) theo công thức (1):

$$\sigma = \frac{\bar{F}}{l} \quad (1)$$

Trong đó

\bar{F} là lực nén trung bình lớn nhất, tính bằng niuton;

l là chiều dài của mẫu thử, tính bằng milimét;

Đối với mỗi chiều quy định, ghi lại độ bền nén vòng theo kilôniuton trên mét, chính xác đến ba chữ số có nghĩa. Đồng thời tính toán và ghi lại độ lệch chuẩn.

10.2 Chỉ số độ bền nén vòng

Nếu có yêu cầu, tính chỉ số độ bền nén vòng, X bằng kilôniuton mét trên gam, theo công thức (2):

$$X = \frac{\sigma}{g} \quad (2)$$

Trong đó

σ là độ bền nén vòng trung bình, tính bằng kilôniuton trên mét;

g là định lượng của mẫu thử đã điều hòa, tính bằng gam trên mét vuông.

Ghi lại chỉ số độ bền nén vòng chính xác đến ba chữ số có nghĩa.

9 Báo cáo thử nghiệm

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

- Viện dẫn tiêu chuẩn này;
- Thời gian và địa điểm thử nghiệm;
- Mô tả và nhận biết về vật liệu thử nghiệm;
- Môi trường điều hòa sử dụng;
- Kiểu dụng cụ cắt và thiết bị thử độ bền nén sử dụng;

- f) Độ dày của mẫu thử và đường kính đĩa sử dụng trong dụng cụ đặt mẫu;
- g) Số lượng và hướng của các lần thử lặp lại theo mỗi chiều quy định;
- h) Có sử dụng dụng cụ lồng mẫu thử hay không;
- i) Độ bền nén vòng trung bình đối với mỗi chiều quy định, tính bằng kilôniutơn trên mét (kN/m);
- j) Độ lệch chuẩn đối với mỗi chiều quy định, tính bằng kilôniutơn trên mét (kN/m);
- k) Nếu có yêu cầu, chỉ số độ bền nén vòng đối với mỗi chiều quy định, tính bằng kilôniutơn mét trên gam;
- l) Bất kỳ sai khác nào so với quy trình quy định trong tiêu chuẩn này hoặc các yếu tố có thể ảnh hưởng đến kết quả thử.

Phụ lục A

(tham khảo)

Độ chụm**A.1 Quy định chung**

Dữ liệu về độ chụm có thể lấy được từ các nguồn quốc tế khác nhau đối với phép thử được tiến hành có sử dụng thiết bị thử nén vòng dạng tám phẳng, truyền động bằng mô tơ như mô tả trong 5.3.

Giới hạn độ lặp lại và giới hạn độ tái lập được báo cáo là các đánh giá về chênh lệch lớn nhất được mong muốn trong số 19 trường hợp của 20 trường hợp khi so sánh hai kết quả thử nghiệm của vật liệu tương tự trong điều kiện thử nghiệm tương tự. Các đánh giá này có thể không đúng đối với các vật liệu khác nhau hoặc điều kiện thử nghiệm khác nhau. Các tính toán này được tiến hành theo ISO/TR 24498^[3] và phương pháp thử TAPPI T 1200 sp-07^[4].

Độ lệch chuẩn của độ lặp lại được nêu trong Bảng A.1 và A.3 là độ lệch chuẩn của độ lặp lại "vùng dữ liệu"; nghĩa là độ lệch chuẩn này được tính bằng căn bậc hai độ lệch chuẩn của các phòng thí nghiệm tham gia. Định nghĩa này khác với định nghĩa thông thường về độ lặp lại trong TCVN 6910-1 (ISO 5725-1)^[2].

Giới hạn độ lặp lại và giới hạn độ tái lập được tính bằng cách nhân độ lệch chuẩn của độ lặp lại và độ tái lập với 2,77.

CHÚ THÍCH 2,77 = $1,96\sqrt{2}$, với điều kiện là các kết quả thử nghiệm được phân bố đều và độ lệch chuẩn s dựa trên số lượng lớn các phép thử.

A.2 Dữ liệu độ chụm từ TAPPI-CTS

Giá trị độ lặp lại và độ tái lập cho trong Bảng A.1 và A.2 dựa trên các dữ liệu từ chương trình thử nghiệm liên phòng bao bì chứa bằng cáctông của CTS, thực hiện năm 2006. Các dữ liệu thu được từ thử nghiệm liên phòng trong 12 tuần đối với các tông lớp mặt định lượng 36 lb (xấp xỉ 175 g/m²) và các tông lớp mặt định lượng 69 lb (xấp xỉ 335 g/m²), hoặc thử nghiệm liên phòng trong 24 tuần đối với giấy làm lớp sóng định lượng 26 lb (xấp xỉ 126 g/m²) và các tông lớp mặt định lượng 42 lb (xấp xỉ 205 g/m²).

Độ chụm được đánh giá dựa trên mười lần xác định đối với mỗi kết quả thử nghiệm của một phòng thí nghiệm đối với từng đợt thử nghiệm. Đối với mỗi thử nghiệm tuần, từ 57 đến 68 phòng thí nghiệm (xấp xỉ 60) tiến hành thử nghiệm, đánh giá, tính toán độ chụm đối với các tông lớp mặt và từ 20 đến 25 phòng thí nghiệm (xấp xỉ 20) tiến hành thử nghiệm, đánh giá, tính toán độ chụm đối với giấy làm lớp sóng. Chỉ được sử dụng dữ liệu của các phòng thí nghiệm có sử dụng thiết bị thử dạng tám phẳng cứng và môi trường điều hòa theo tiêu chuẩn TAPPI để tính toán.

Bảng A.1 - Ước lượng độ lặp lại của phương pháp thử theo TAPPI-CTS

Vật liệu	Số phòng thí nghiệm	Giá trị trung bình kN/m	Độ lệch chuẩn s_r kN/m	Hệ số sai khác $C_{V,r}$ %	Giới hạn độ lặp lại r kN/m
Giấy làm lớp sóng định lượng 26 lb	~ 20	1,18	0,06	5,30	0,17
Các tông lớp mặt định lượng 36 lb	~ 60	2,20	0,10	4,64	0,28
Các tông lớp mặt định lượng 42 lb	~ 60	3,12	0,10	3,19	0,28
Các tông lớp mặt định lượng 69 lb	~ 60	4,71	0,14	2,95	0,39

Bảng A.2 - Ước lượng độ tái lập của phương pháp thử theo TAPPI-CTS

Vật liệu	Số phòng thí nghiệm	Giá trị trung bình, kN/m	Độ lệch chuẩn s_R kN/m	Hệ số sai khác $C_{V,R}$ %	Giới hạn độ tái lập R kN/m
Giấy làm lớp sóng định lượng 26 lb	~ 20	1,18	0,27	22,5	0,74
Các tông lớp mặt định lượng 36 lb	~ 60	2,20	0,37	16,7	1,02
Các tông lớp mặt định lượng 42 lb	~ 60	3,12	0,47	15,1	1,31
Các tông lớp mặt định lượng 69 lb	~ 60	4,71	0,64	13,6	1,77

A.3 Dữ liệu độ chụm từ CEPI-CTS

Ước lượng độ lặp lại và độ tái lập từ chương trình CEPI-CTS dựa trên thử nghiệm liên phòng thực hiện năm 2008. Mười lăm phòng thí nghiệm đã tham gia, thử nghiệm ba mẫu vật liệu khác nhau. Đối với mỗi vật liệu, 13 hoặc 14 phòng thí nghiệm sẽ tính toán độ chụm. Cũng giống như dữ liệu của TAPPI-CTS, giới hạn độ lặp lại và độ tái lập xuất hiện phụ thuộc vào giá trị tuyệt đối của các phép đo, với các giấy có độ bền cao hơn (giá trị đo cao hơn) thì thể hiện sự sai khác ít hơn.

Khi sử dụng các dữ liệu từ CEPI-CTS, cần phải tính lại các dữ liệu này để đưa ra các giới hạn độ lặp lại và giới hạn độ tái lập:

Giới hạn độ lặp lại r có thể được tính toán theo công thức: $r = 1,96 \times \sqrt{2} \times s$ trong một phòng thí nghiệm

Giới hạn độ tái lập R có thể được tính toán theo công thức: $R = 1,96 \times \sqrt{2} \times \sqrt{s^2_{\text{trong PTN}} + s^2_{\text{các PTN}}}$

Bảng A.3 - Ước lượng độ lặp lại của phương pháp thử theo CEPI-CTS

Vật liệu	Số phòng thí nghiệm	Giá trị trung bình kN/m	Độ lệch chuẩn s_r kN/m	Hệ số sai khác $C_{V,r}$ %	Giới hạn độ lặp lại r kN/m
Mức 1	14	0,81	0,05	5,61	0,13
Mức 2	13	2,01	0,09	4,51	0,25
Mức 3	13	3,34	0,15	4,37	0,41

Bảng A.4 - Ước lượng độ tái lập của phương pháp thử theo CEPI-CTS

Vật liệu	Số phòng thí nghiệm	Giá trị trung bình kN/m	Độ lệch chuẩn s_R kN/m	Hệ số sai khác $C_{V,R}$ %	Giới hạn độ lặp lại R kN/m
Mức 1	14	0,81	0,12	14,7	0,33
Mức 2	13	2,01	0,25	12,7	0,70
Mức 3	13	3,34	0,41	12,4	1,15

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] TCVN 1270 (ISO 536), Giấy và các tông – Xác định định lượng.
 - [2] TCVN 6910-1:2001 (ISO 5725-1:1994), 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] ISO/TR 24498, Paper, board and pulps - Estimation of uncertainty for test methods
 - [4] TAPPI Test method T 1200 sp-07, Interlaboratory evaluation of test methods to determine TAPPI repeatability and reproducibility.
 - [5] DAHL, C.B. JR., Limited range of ring crush test, TAPPI J., Vol. 68, No. 10, 1985, pp. 108-109.
 - [6] Effect of specimen dimensions on edgewise compression tests of linerboard and corrugating medium, Parts 1 and 2, Testing compression reports 82 and 83, Institute of paper chemistry, Project 1108-4, March 23rd, 1966.
 - [7] FELLERS, C. and DONNER, B.C., Edgewise compression strength of paper, in Handbook of physical testing of paper, Vol.1, Chapter 9, Marcel Dekker Inc., 2nd edition.
 - [8] FRANK, B., Ring Crush and Short span compression for predicting edgewise compressive strength, TAPPI J, Vol. 2, No. 11, 2003, p.12.
 - [9] KONING, J.W., A short column crush test of corrugated paperboard, TAPPI J., Vol. 47, No. 3, 1964, p.134.
 - [10] SMITH, J.H., A discussion of the ring crush test, Southern Pulp and Paper Manufacturer, August 11, 1958.
 - [11] STORA TEKNIK, SE-661 00 SÄFFLE, Sweden - PM 223/189 TKS 1989-02-06, Study - A comparison between different compression testers and cutting devices used in BILLERUD comparative testing.
 - [12] TRAVERS, R., Improving the reliability of the ring crust test, Appita, Vol.30, No.3, 1976, pp.235-240.
-