CHƯƠNG 6: TÍNH CHẤT CƠ HỌC CỦA VẬT LIỆU

cuu duong than cong . com

I. ĐỘ CỨNG

Độ cứng là thước đo sức bền của vật liệu khi bị va chạm hay bị trầy xước và được đo bằng các kỹ thuật thực nghiệm khác nhau.

cuu duong than cong . com

Phương pháp đo độ cứng theo vết xước

Được xác định bằng cách so sánh độ cứng của khoáng vật cần biết với mẫu chuẩn, dựa trên tính chất khoáng vật có độ cứng lớn hơn sẽ làm trầy khoáng vật có độ cứng nhỏ hơn.

Thang đo độ cứng Mohs dựa trên mười loại khoáng vật đã có sẵn, ngoại trừ kim cương.

Thang đo độ cứng tương đối này mang nhiều tính hạn chế trong thực tiễn sử dụng, không cung cấp được kết quả chính xác và không phù hợp với các loại kim loại, vật liệu hiện đại.

Độ cứng thang Mohs	Khoáng vật
1	Tan ($Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$)
2	Thạch cao ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)
3	Đá canxit ($CaCO_3$)
4	Đá fluorit (CaF_2)
5	Âptit ($Ca_5(PO_4)_3(OH\text{-},Cl\text{-},F\text{-})$)
6	Ôctcla felspat ($KAlSi_3O_8$)
6	Thạch Anh (SiO_2)
8	Topaz ($Al_2SiO_4(OH\text{-},F\text{-})_2$)
9	Corundum (Al_2O_3)
10	Kim cương (C)

cuu duong than cong . com

Các phương pháp đo độ cứng thường sử dụng một đầu thử (có hình dạng đặc biệt và có độ cứng lớn hơn mẫu đo) ấn tác động lên bề mặt mẫu thử. Theo đó trị số độ cứng được tính toán trên cơ sở lực tác động và độ sâu hoặc kích cỡ của vết lõm.

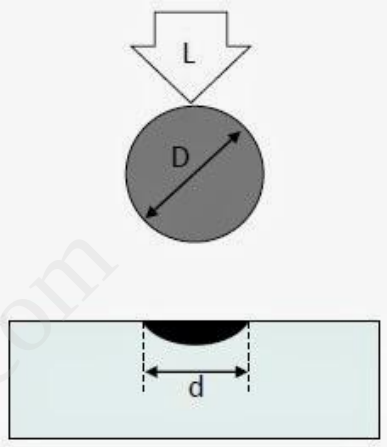
Có 4 phương pháp đo độ cứng được biết đến nhiều nhất là:

- Phương pháp Brinell
- Phương pháp Vicker
- Phương pháp Knoop
- Phương pháp Rockwell

cuu duong than cong . com

I.1. Phương Pháp Đo Độ Cứng Brinell

Được phát minh bởi kỹ sư Johan August Brinell người Thụy Điển vào tháng 8 năm 1900.



Nguyên lý đo độ cứng Brinell

-Vết đo được tạo ra từ phương pháp đo này là mũi đo hình viên bi (bi thép) có đường kính **D=10mm** với lực tác dụng (**L**) lên đến **3000kg**, ấn lõm vào bề mặt của vật liệu kim loại cần đo.

Đối với các vật liệu kim loại mềm như Nhôm, Đồng, Chì... lực tác dụng sẽ được giảm xuống 500kg. Và đối với các loại vật liệu kim loại cực cứng hoặc kim loại đã qua quá trình nhiệt luyện, sẽ sử dụng đến bi thử vật liệu **Cardbide Tungsten** (độ cứng cao) để giảm thiểu biến dạng đầu thử.

- Sau khi tác dụng lực lên bi thép vào bề mặt kim loại, trên bề mặt kim loại sẽ xuất hiện vết lõm, ta sử dụng hệ thống quang học (trong bộ phụ kiện máy đo độ cứng Brinell) để đo đường kính vết lõm (**d**)

- Lúc này ta có đường kính vết lõm là **d**, đường kính viên bi là **D** và lực tác dụng **L**, ta sử dụng công thức để xác định độ cứng Brinell cho vật liệu.

CuuDuongThanCong.com https://fb.com/tailieudientucntt

- **Đường kính mũi đo viên bi** (bi thép) phụ thuộc vào chiều dày mẫu đo. Mẫu đo càng mỏng thì đường kính viên bi càng nhỏ. Đường kính mũi đo viên bi được tiêu chuẩn hóa theo tiêu chuẩn quốc tế là 10mm, 5mm, 2.5mm và 1mm.

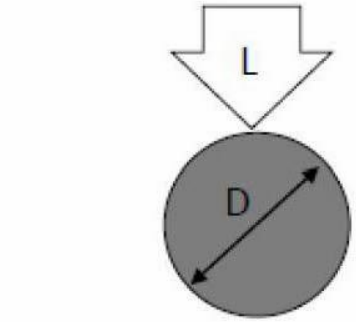
- **Tải trọng đo** Để kết quả đo được chính xác ta nên chọn tải trọng sao cho tỷ lệ giữa đường kính vết lõm d và đường kính viên bi D nằm trong khoảng (0.2 - 0.6).

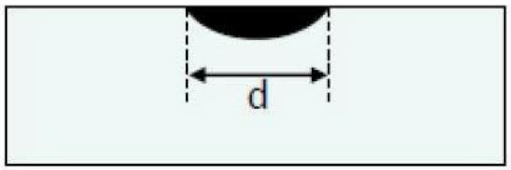
- **Thời gian đặt tải** Thời gian đặt tải phụ thuộc vào độ cứng của vật liệu đo và tuân thủ theo 2 nguyên tắc sau:

+ Tải phải được đặt chậm và có kiểm soát
+ Thời gian đặt tải thông thường khoảng 10-30 giây cho phép biến dạng đàn hồi

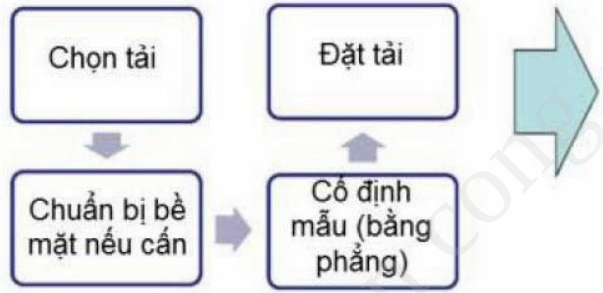
cuu duong than cong . com

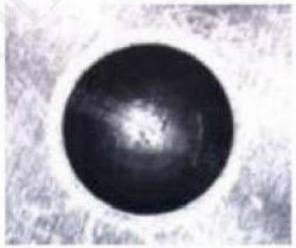
Các bước tiến hành đo





$$HB = \frac{2L}{\frac{\pi D}{2}\left(D - \sqrt{D^2 - d^2}\right)}$$





Hệ kiểm tra quang học

cuu duong than cong . com

Ứng dụng phương pháp đo độ cứng Brinell

- Dùng đo độ cứng các chi tiết lớn, độ chính xác không quá cao như vật đúc, rèn
- Không dùng cho các vật liệu quá cứng, các tấm vật liệu mỏng, các bề mặt cong

Ưu điểm	Nhược điểm
- Phạm vi đo tương đối rộng - Có thể so sánh với các tải trọng khác nhau (với cùng một hệ số L/D^2 xác định) - Ít nhạy cảm với bề mặt kiểm tra - Có mối liên hệ tương đối với độ bền kéo	- Vết đo làm biến cứng vật liệu - Không thích hợp cho vật liệu mỏng, mạ phủ, vật liệu quá cứng, các bề mặt cong - Chịu ảnh hưởng bởi người vận hành

cuu duong than cong . com

I.2 Phương Pháp Đo Độ Cứng Vickers

Được phát minh vào năm 1922 bởi kỹ sư Smith và Sandland, tại Anh.

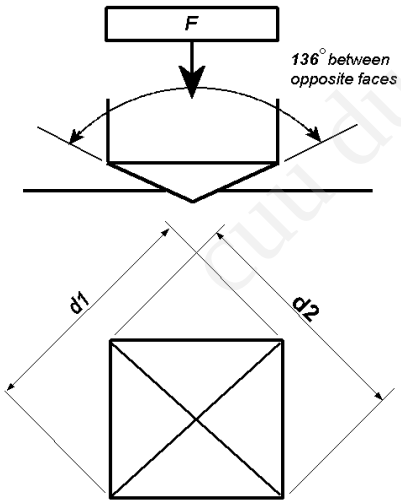
cuu duong than cong . com

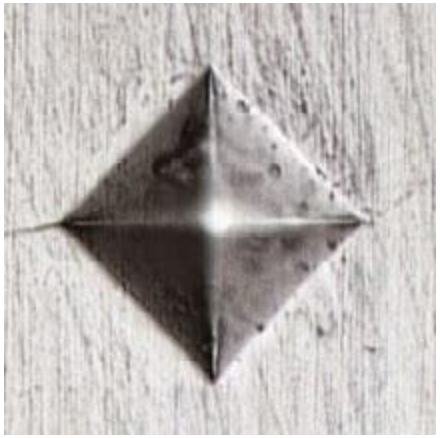
Nguyên lý đo độ cứng Vickers

-Các tính toán của phương pháp đo độ cứng Vickers không phụ thuộc kích cỡ của đầu thử. Đầu thử có thể sử dụng cho mọi loại vật liệu. Phép thử sử dụng một mũi thử kim cương hình chóp 4 cạnh có kích thước tiêu chuẩn, góc giữa các mặt phẳng đối diện là $136^o(\pm 3^o)$.

- Mũi thử được ấn vào vật liệu dưới tác dụng của các tải trọng khác nhau

- Sau khi cắt tải trọng, tiến hành đo đường chéo d của vết lõm và áp dụng công thức tính hoặc đọc giá trị hiển thị trên màn hình thiết bị.

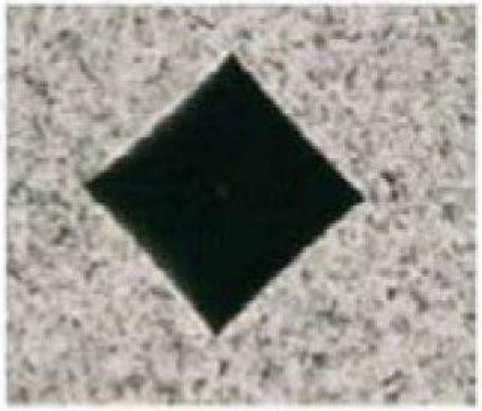




Vết đo độ cứng Vickers

cuu duong than cong . com

Các bước tiến hành đo



Hệ thống kiểm tra quang học

Giá trị trung bình 2 đường chéo

$$HV = 1.8544\frac{L}{D^2}$$

L = tải, kgf

D = giá trị trung bình 2 đường chéo, mm

cuu duong than cong . com

Ứng dụng đo độ cứng bằng phương pháp Vickers

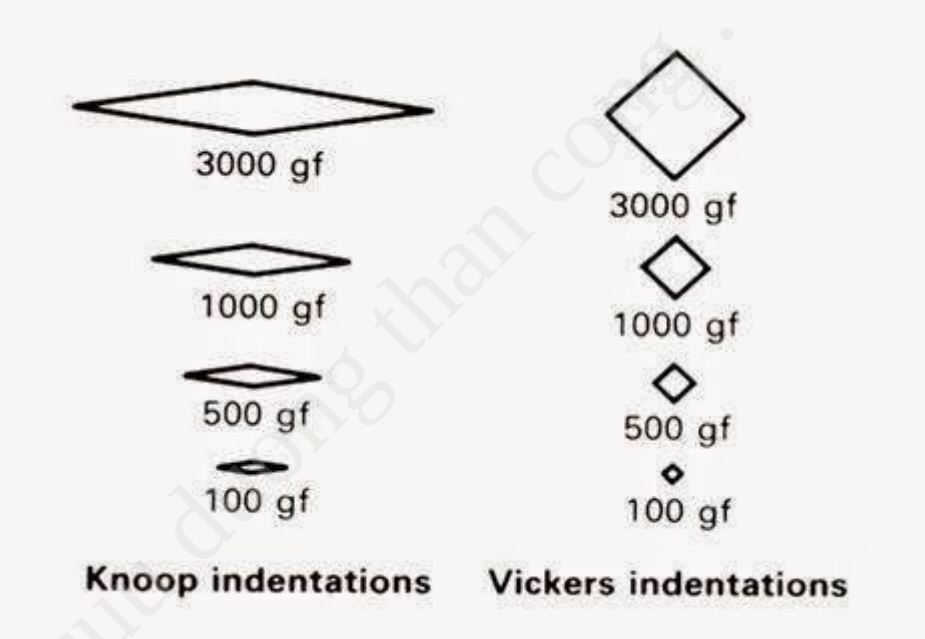
- Đo độ cứng các chi tiết nhỏ, chính xác
- Đo vật liệu tấm mỏng
- Đo bề mặt vật liệu mạ phủ

Ưu điểm	Nhược điểm
- Có thể so sánh với nhiều tải trọng - Một phương pháp cho tất cả vật liệu - Có thể kiểm tra diện tích nhỏ và pha riêng lẻ Olympic Weight Bench Reviewa.	Yêu cầu phải chuẩn bị mẫu kỹ

cuu duong than cong . com

I.3. Phương Pháp Đo Độ Cứng Knoop

Ra đời vào năm 1939, bởi nhà khoa học Frederick Knoop và đồng nghiệp, tại cục tiêu chuẩn quốc gia (NIST) Mỹ



Vết đo Knoop và Vết đo Vickers

cuu duong than cong . com

Nguyên lý phương pháp đo độ cứng Knoop

- Được xác định bằng phương pháp kiểm tra vết lõm theo Knoop (giống với phương pháp Vickers). Trong phương pháp này, một mũi đo hình kim tự tháp bằng kim cương có góc ở đỉnh là 130 độ và 172 độ 30’ được ấn vào bề mặt vật liệu tạo ra một vết có đường chéo dài. Độ cứng được xác định bằng độ sâu mà mũi đo xuyên qua và độ dài đường chéo dài nhất.

- Lực được giữ trong khoảng 10-15 giây. Sau khoảng thời gian đó vết lõm được tạo ra trên mẫu thử. Cạnh dài gấp gần 7 lần cạnh ngắn và chiều sâu là 1/30 chiều dài. Diện tích vết lõm được xác định theo phương pháp quang học bằng cách đo đường chéo dài nhất.

-Sử dụng mũi đo cạn hơn phương pháp Vickers

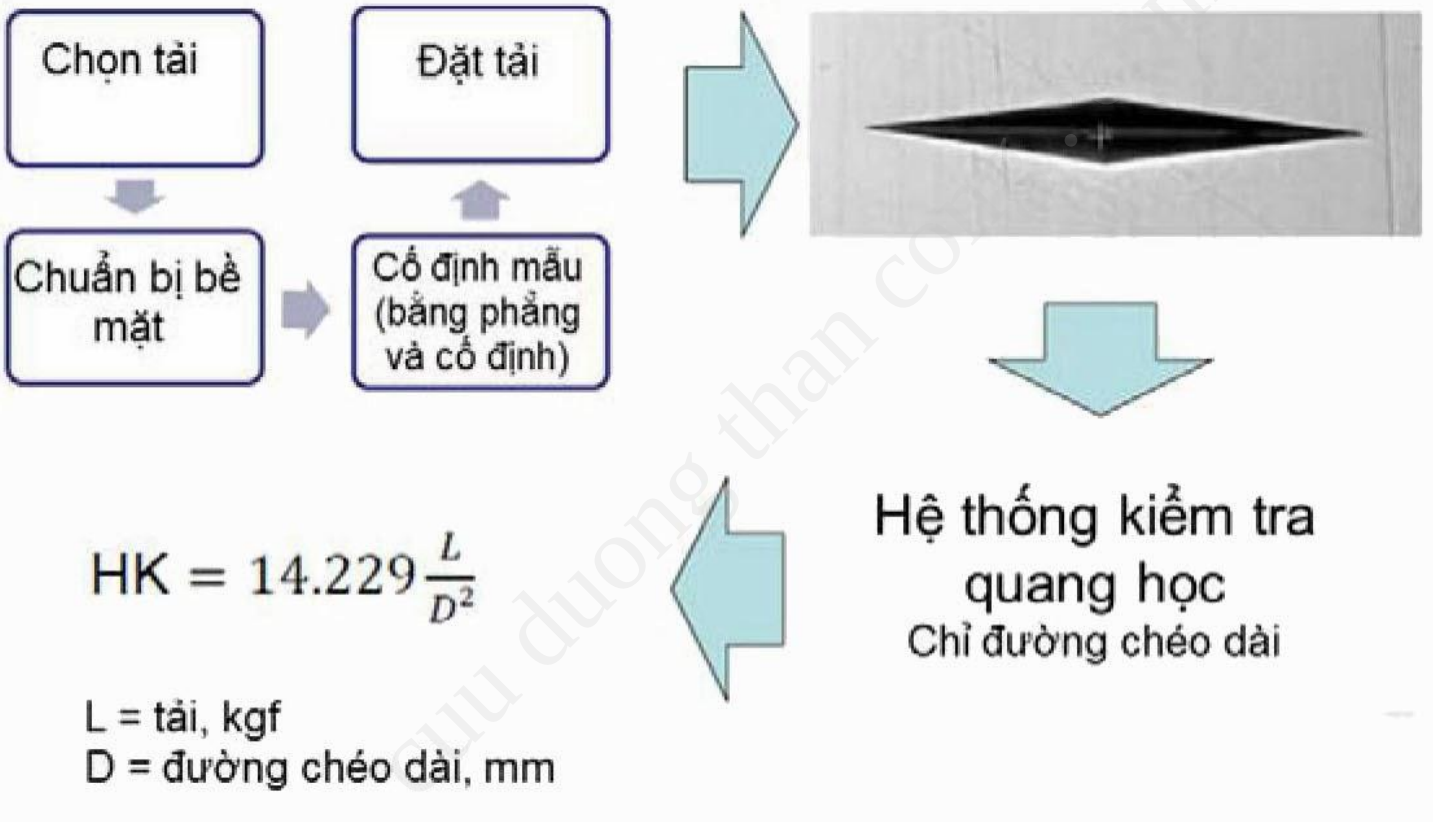
- Tải trọng đo thấp, vết đo cạn và dài

-Tải trọng đo: < 1 kg

cuu duong than cong . com

CuuDuongThanCong.com https://fb.com/tailieudientucntt

Các bước tiến hành



CuuDuongThanCong.com https://fb.com/tailieudientucntt

Ứng dụng phương pháp đo độ cứng Knoop

- Đo độ cứng các chi tiết nhỏ, chính xác
- Vật liệu tấm mỏng
- Độ cứng bề mặt vật liệu mạ phủ

Ưu điểm	Nhược điểm
- 1 phương pháp đo cho tất cả vật liệu - Có thể kiểm tra diện tích nhỏ và pha riêng lẻ - Vật liệu mạ phủ và đo gần cạnh của mẫu - Đặc tính có hướng của vật liệu	- Không thể so sánh giữa các tải trọng - Phải chuẩn bị mẫu kỹ

cuu duong than cong . com

I.4. Phương Pháp Đo Độ Cứng Rockwell

Hugh M Rockwell (1890-1957) và **Stanley P Rockwell** (1886-1940) đã tìm ra phương pháp thử độ cứng Rockwell và nhận được bằng sáng chế vào ngày 15/07/1914

Nguyên lý đo độ cứng Rockwell

- Dùng **mũi đo kim cương** có góc ở đỉnh là 120 độ và bán kính cong R = 0,2 mm hay mũi đo viên bi thép được tôi cứng có đương kính 1/16, 1/8,1/4, ½ Inch để ấn lên bề mặt mẫu thử.

- Độ cứng được xác định bằng cách ta tác dụng lên viên bi hoặc mũi kim cương hai lực ấn nối tiếp, lực ban đầu là 100N (gọi là **lực sơ cấp**), lực tiếp theo là 600N hoặc 1000N hoặc 1500N (gọi là **lực thứ cấp**) tùy theo thang chia.

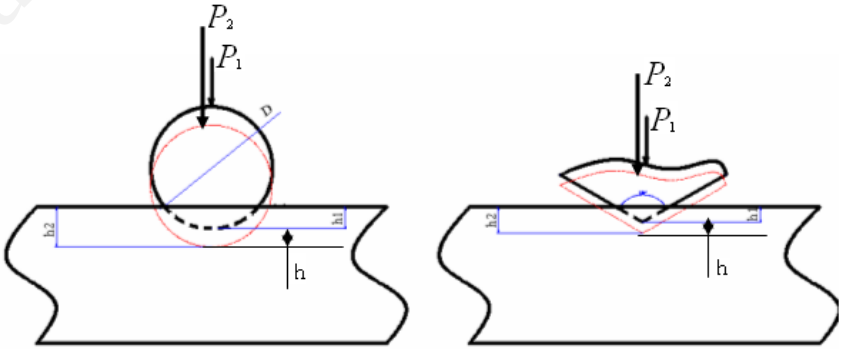
Các loại mũi đo Rockwell

cuu duong than cong . com

Quy trình đo độ cứng bằng phương pháp Rockwell

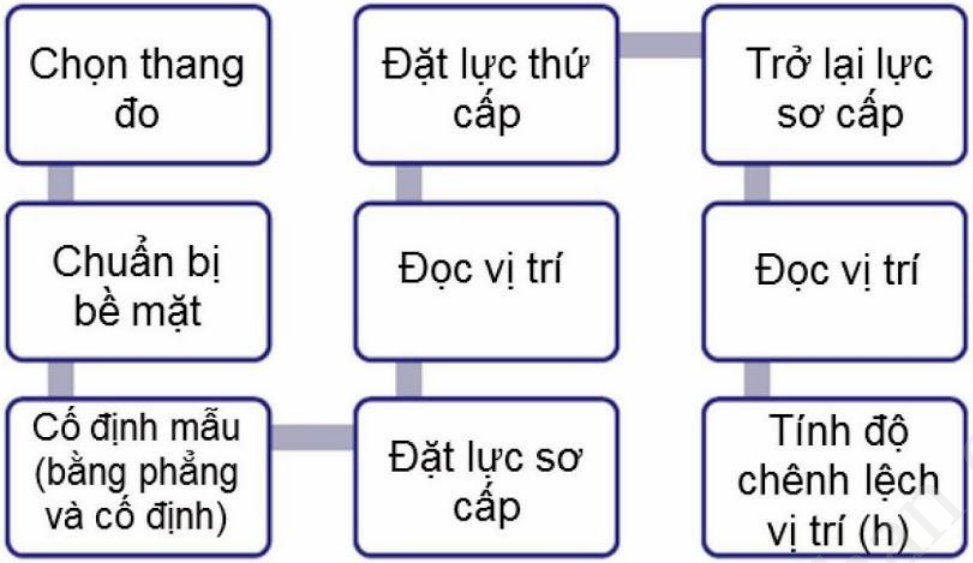
Tác động đầu thử vào vật mẫu với một lực tối thiểu, thường là 10kgf hoặc 30kgf nếu vật liệu mềm. Khi đạt độ cân bằng, thiết bị đo sẽ ghi lại giá trị xác định (theo dõi dịch chuyển đầu đo và các phản hồi về thay đổi chiều sâu tác động của đầu đo. Tiếp đến, trong khi vẫn duy trì lực tác động tối thiểu, ta tác động thêm một lực tối đa. Các quá trình đo này được thực hiện trên máy đo độ cứng hoàn toàn tự động.

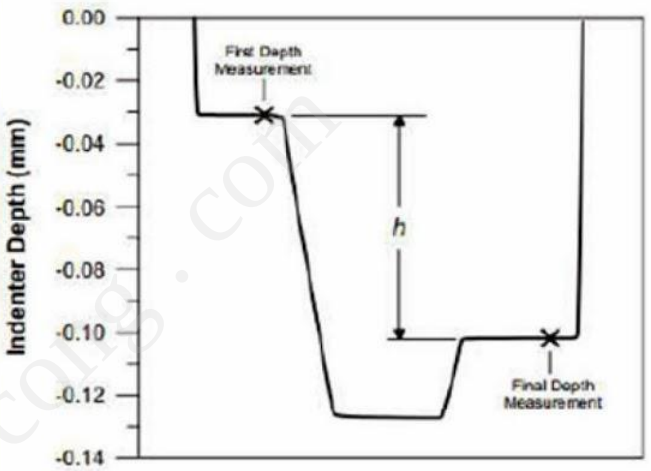
- Khi đạt được độ cân bằng, thôi tác dụng lực tối đa nhưng vẫn duy trì lực tối thiểu ban đầu. Khi lực tối đa được thu về, độ sâu vết lõm trên bề mặt vật thử sẽ được phục hồi một phần. Độ Sâu vết lõm còn lại (kết quả của phát và thu lực tối đa) được sử dụng để tính toán **độ cứng Rockwell**.



CuuDuongThanCong.com https://fb.com/tailieudientucntt

Trình tự đo độ cứng bằng phương pháp Rockwell





Mũi đo kim cương hình côn, Rockwell thường

$$HR = 100 - \frac{h}{0.002mm}$$

Mũi đo viên bi, Rockwell thường

$$HR = 130 - \frac{h}{0.002mm}$$

Rockwell bề mặt

$$HR = 100 - \frac{h}{0.001mm}$$

cuu duong than cong . com

Độ cứng Rockwell được biểu diễn bởi một đại lượng quy ước phụ thuộc vào chiều sâu h của vết lõm và xác định theo công thức:

$$HR = k - h/e$$

Trong đó:

+ k: là hằng số (dùng bi k = 130, dùng mũi kim cương thì k = 100)

+ e: là giá trị một độ chia của e. Đối với độ cứng e = 0.002mm. Đối với đo mềm hay còn gọi là độ cứng bề mặt e = 0.001mm

+ 0.002 hay 0.001 là giá trị của vạch chia đồng hồ hay khi ấn mũi đo sâu thêm 0.002mm hay 0.001mm thì kim đồng hồ dịch chuyển một vạch.

+ h: là hiệu độ sâu hai lần ấn (mm)

h = h2 - h1

- Tùy theo lực tác dụng mà người ta phân **độ cứng Rockwell** ra 3 thang A, B, C tương ứng

- Có nhiều thang đo độ cứng Rockwell, kí hiệu là RA, RB, RC,... tùy thuộc vào loại và kích thước đầu đo cũng như giá trị lực tác dụng được sử dụng

cuu duong than cong . com

	Scale Symbol	Indenter Type (Ball dimensions indicate diameter.)	Preliminary Force N (kgf)	Total Force N (kgf)	Typical Applications
Regular Rockwell Scales	A	Spheroconical Diamond	98.07 (10)	588.4 (60)	Cemented carbides, thin steel, and shallow case hardened steel.
	B	Ball - 1.588 mm (1/16 in.)	98.07 (10)	980.7 (100)	Copper alloys, soft steels, aluminum alloys, malleable iron, etc.
	C	Spheroconical Diamond	98.07 (10)	1471 (150)	Steel, hard cast irons, pearlitic malleable iron, titanium, deep case hardened steel, and other materials harder than HRB 100.
	D	Spheroconical Diamond	98.07 (10)	980.7 (100)	Thin steel and medium case hardened steel, and pearlitic malleable iron
	E	Ball - 3.175 mm (1/8 in.)	98.07 (10)	980.7 (100)	Cast iron, aluminum and magnesium alloys, and bearing metals
	F	Ball - 1.588 mm (1/16 in.)	98.07 (10)	588.4 (60)	Annealed copper alloys, and thin soft sheet metals.
	G	Ball - 1.588 mm (1/16 in.)	98.07 (10)	1471 (150)	Malleable irons, copper-nickel-zinc and cupro-nickel alloys.
	H	Ball - 3.175 mm (1/8 in.)	98.07 (10)	588.4 (60)	Aluminum, zinc, and lead.
	K	Ball - 3.175 mm (1/8 in.)	98.07 (10)	1471 (150)	Bearing metals and other very soft or thin materials. Use smallest ball and heaviest load that does not give anvil effect.
	L	Ball - 6.350 mm (1/4 in.)	98.07 (10)	588.4 (60)	
	M	Ball - 6.350 mm (1/4 in.)	98.07 (10)	980.7 (100)	
	P	Ball - 6.350 mm (1/4 in.)	98.07 (10)	1471 (150)	
	R	Ball - 12.70 mm (1/2 in.)	98.07 (10)	588.4 (60)	
	S	Ball - 12.70 mm (1/2 in.)	98.07 (10)	980.7 (100)	
	V	Ball - 12.70 mm (1/2 in.)	98.07 (10)	1471 (150)	

CuuDuongThanCong.com https://fb.com/tailieudientucntt

Ứng dụng đo độ cứng Rockwell

-Phương pháp đo độ cứng Rockwell được ứng dụng rộng rãi cho nhiều chi tiết với vật liệu, kích thước và hình dạng khác nhau.

- Trên các dòng máy đo độ cứng hiện nay đều có hệ thống chuyển đổi sang các thang đo khác nhau.

Ưu điểm:	Nhược điểm:
- Không cần hệ thống quang học - Nhanh chóng và dễ dàng - Không phụ thuộc vào người vận hành - Ít bị ảnh hưởng bởi độ nhám bề mặt	- Nhiều thang đo khác nhau với mũi đo và tải trong khác nhau

cuu duong than cong . com

II. ĐỘ BỀN UỐN

Trạng thái giới hạn bị cong vênh khi vật liệu đó chịu ứng suất uốn. Trước khi đến giới hạn uốn, vật liệu sẽ bị biến dạng đàn hồi và trạng thái đó trở lại trạng thái ban đầu khi tải trọng bị loại bỏ. Khi vượt qua điểm cong vênh, một vài tổ chức nhỏ xuất hiện biến dạng vĩnh viễn, không thể phục hồi trạng thái ban đầu khi tải trọng bị loại bỏ.

cuu duong than cong . com

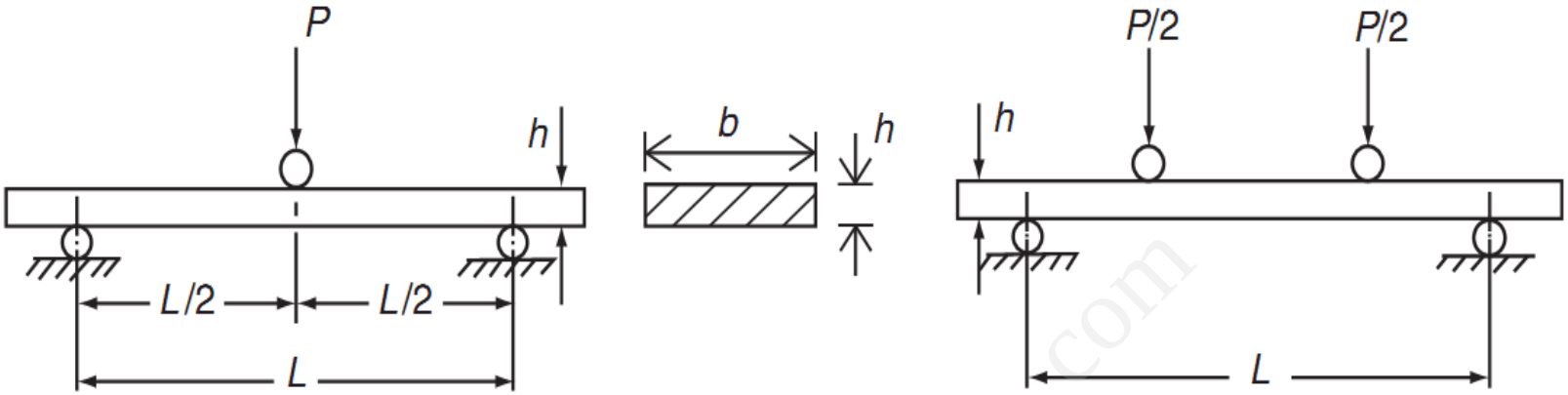
- Mẫu đo là vật liệu được gia công thành tiết diện hình chữ nhật với kích thước phụ thuộc vào loại vật liệu và tiêu chuẩn ASTM được đặt tải theo chế độ uốn 3 điểm hoặc uốn 4 điểm.
- Các modul uốn được tính toán từ hệ số góc của đường cong tải trọng – độ võng.

Tiêu chuẩn đo độ bền uốn ASTM C1161 của sứ

Configuration	Support Span (L), mm	Loading Span, mm
A	20	10
B	40	20
C	80	40

Configuration	Width (b), mm	Depth (d), mm	Length (L_T), min, mm
A	2.0	1.5	25
B	4.0	3.0	45
C	8.0	6.0	90

cuu duong than cong . com



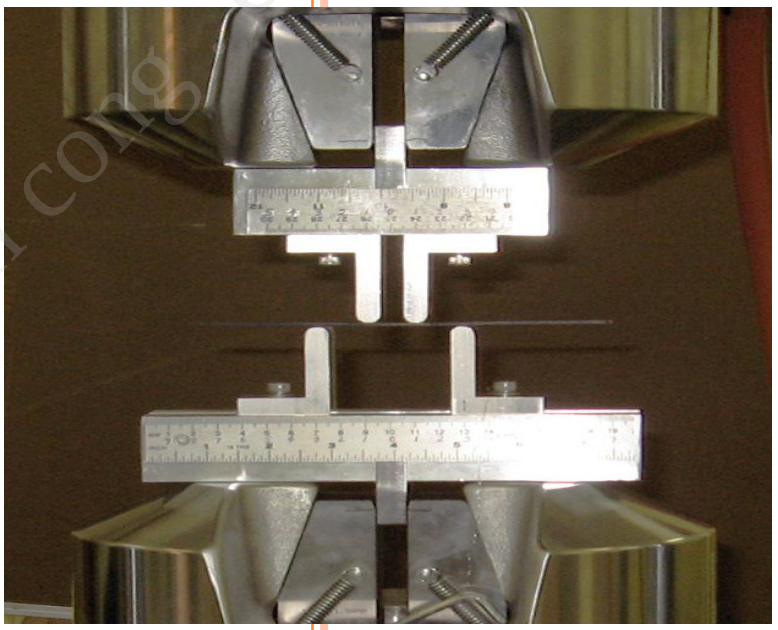
Ứng suất uốn $\sigma_{UF} = \dfrac{3P_{max}L}{2bh^2}$

Modul uốn $E_F = \dfrac{mL^3}{4bh^3}$

- P_{max} - tải trọng lớn nhất khi mẫu bị phá hỏng
- b - chiều rộng; h = chiều cao và L – chiều dài mẫu
- m là độ dốc (hệ số góc) của đường cong tải trọng – độ võng

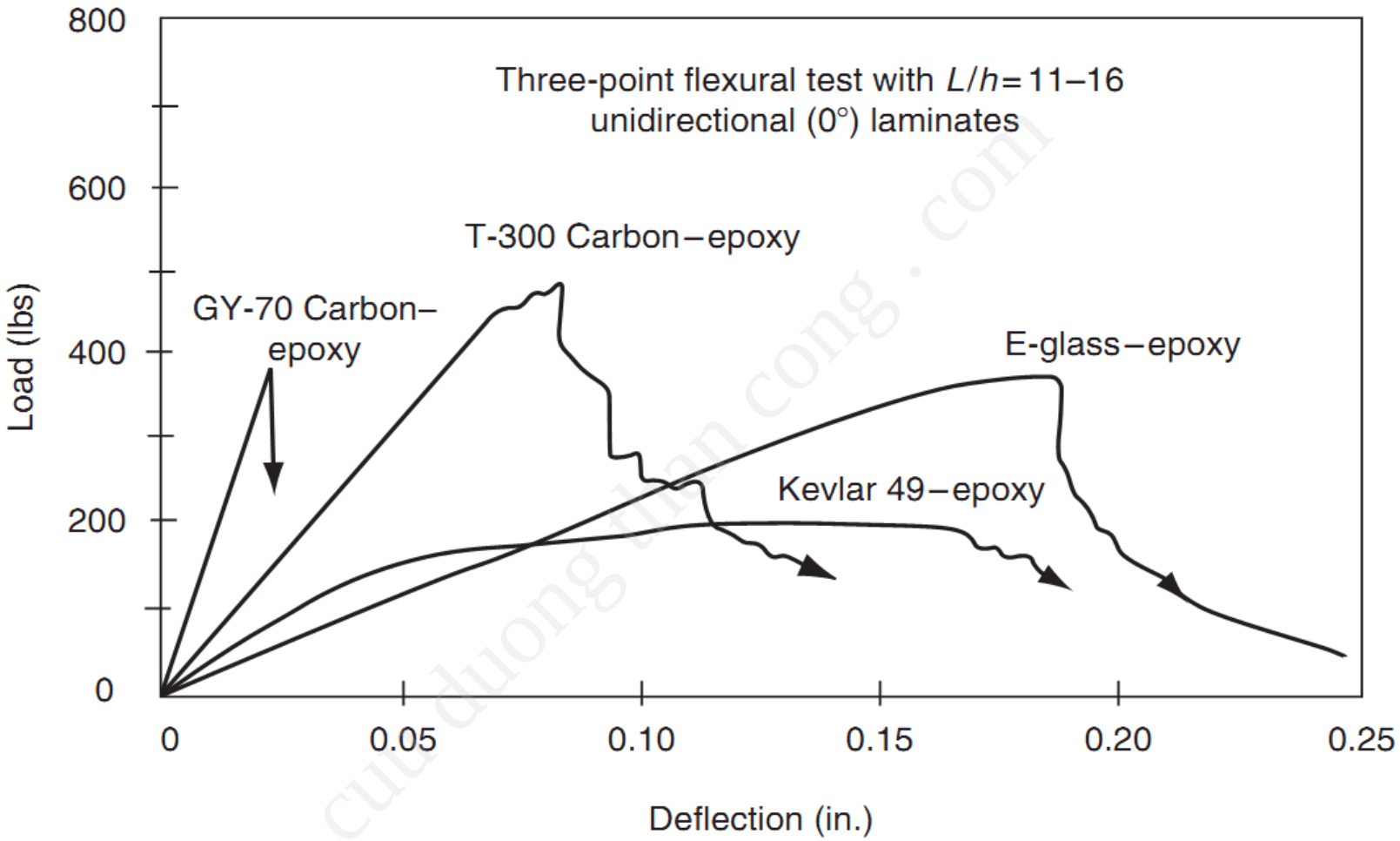
cuu duong than cong . com

Thiết bị 3 điểm uốn



Thiết bị 4 điểm uốn

CuuDuongThanCong.com https://fb.com/tailieudientucntt



cuu duong than cong . com

CuuDuongThanCong.com https://fb.com/tailieudientucntt