

# CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐO ĐỘ CỨNG VẬT LIỆU KIM LOẠI

Page | 1

Độ cứng là một thuộc tính cơ bản của vật liệu, thuật ngữ độ cứng phản ánh tính chịu uốn, mài mòn, trầy xước của vật liệu. Độ cứng của vật liệu là khả năng chống lại sự lún của bề mặt tại chỗ ta ấn vào đó một vật cứng hơn. Vật liệu càng khó lún thì độ cứng càng cao. Như vậy, xác định được độ cứng giúp sơ bộ đánh giá được độ bền và độ dẻo của vật liệu.

Có nhiều phương pháp đo độ cứng bề mặt của vật liệu. Bài viết này **Công ty ATTi** giới thiệu một số phương pháp đo độ cứng dựa trên cơ sở: sử dụng một đầu thử (có hình dạng đặc biệt và cứng hơn mẫu đo) với một lực ấn tác động lên bề mặt mẫu thử. Sau đó, trị số độ cứng được tính toán trên cơ sở lực tác động và độ sâu hoặc kích cỡ của vết lõm. Có 3 phương pháp đo độ cứng được biết đến nhiều nhất theo phương pháp này là phương pháp Brinell, Vickers và Rockwell.

## 1. Phương pháp đo độ cứng Brinell

Đây là phương pháp kiểm tra độ cứng lâu đời, được phát minh bởi kỹ sư người Thụy Điển tên là Johan August Brinell vào tháng 8 năm 1900. Phương pháp này được sử dụng rộng rãi và đã được tiêu chuẩn hóa để kiểm tra độ cứng vật liệu trong các ngành kỹ thuật và luyện kim.

Độ cứng Brinell được xác định bằng cách nhấn một khối cầu bằng thép cứng hoặc cacbit có đường kính D xác định dưới một tải trọng P cho trước, trong khoảng thời gian nhất định, bi thép sẽ lún sâu vào mẫu thử (Mũi thử trong phương pháp đo này là bi thép có đường kính 10 mm với lực ấn 3000 kg ấn lõm vào bề mặt kim loại. Đối với các kim loại mềm, lực ấn sẽ được giảm xuống 500 kg, và đối với các kim loại cực cứng, sẽ sử dụng đến bi thử Carbide Tungsten để giảm thiểu biến dạng đầu thử).

Trong phương pháp này, trị số độ cứng gọi là HB được xác định bằng áp lực trung bình, biểu thị bằng Newton trên 1 mm<sup>2</sup> diện tích mặt cầu do vết lõm để lại, độ cứng Brinell được tính theo công thức:

$$HB = 2P / \pi.D.(D - \sqrt{D^2 - D_i^2})$$

Trong đó :

P – Áp lực ấn vuông góc với mặt mẫu thử và được qui định theo tiêu chuẩn. (Bảng 1).

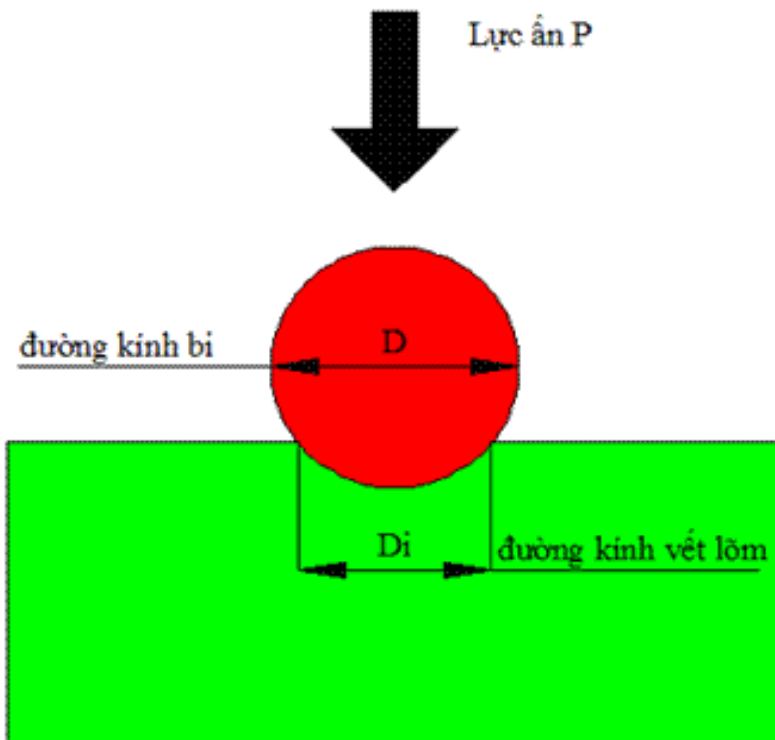
D – Đường kính bi đo (mm) được quy định theo TCVN. (Bảng 1).

D<sub>i</sub> – Đường kính vết lõm (mm).

Vật liệu	Phạm vi độ cứng theo Brinell	Chiều dày bé nhất của mẫu thử (mm)	Quan hệ giữa tải trọng và đường kính bi	Đường kính bi (mm)	Tải trọng (kg)	Thời gian chịu tải (s)
Kim loại đen	140-150	Từ 6 đến 3 Từ 4 đến 2 Nhỏ hơn 2	$F = 30D^2$	10,0 5,0 2,5	3000 750 187,5	10
	< 140	Lớn hơn 6 Từ 6 đến 3 Nhỏ hơn 3	$F = 10D^2$	10,0 5,0 2,5	1000 250 62.5	10
Kim loại màu	> 130	Lớn hơn 6 Từ 4 đến 2 Nhỏ hơn 2	$F = 30D^2$	10,0 5,0 2,5	3000 750 187.6	30
	25 – 130	Lớn hơn 6 Từ 6 đến 3	$F = 10D^2$	10,0 5,0	1000 250	20

		Nhỏ hơn 3		2,5	62.5	
	8-35	Lớn hơn 6 Từ 6 đến 3 Nhỏ hơn 3	$F = 2.5D^2$	10,0 5,0 2,5	250 62.5 15.6	60

Bảng 1. Bảng tra để xác định đường kính bi và tải trọng đặt vào



Hình 1. Phương pháp đo Brinell.

Người ta đo đường kính vết lõm bằng những dụng cụ chuyên dùng, với đường kính viên bi và áp lực ấn xuống cho trước mà ta biết được độ cứng HB. Đường kính viên bi phụ thuộc vào chiều dày vật đo. Vật đo càng mỏng thì đường kính viên bi càng nhỏ. Đường kính bi đo được tiêu chuẩn hóa, theo tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN) là 10mm; 5mm; 2,5mm và 1mm. Tải trọng P cũng có một giá trị xác định.

Tải trọng đo phụ thuộc vào vật liệu đo, nó tỉ lệ thuận với tỷ số  $F/D^2$ . Thực tế được quy định như sau:

+ Thép và Gang: 30

+ Hợp kim đồng: 10

+ Hợp kim ổ trượt: 2

+ Thiếc, chì và hợp kim: 1

Tuy nhiên, muốn kết quả đo được chính xác hơn ta nên chọn tải trọng sao cho đường kính vết lõm  $D_i$  tạo nên nằm trong khoảng  $(0,2 - 0,6)D$ .

Thời gian tác dụng tải trọng cũng ảnh hưởng đến kết quả đo nên cũng chọn cho phù hợp. Thời gian này phụ thuộc vào độ cứng của vật liệu đo. Thời gian cài đặt tải càng tăng nếu nhiệt độ chảy của vật liệu càng thấp. Thông thường có thể chọn như sau:

+ Với kim loại đen và hợp kim đen

HB = 140 ÷ 450 chọn 10s

HB < 140 chọn 30s

+ Với kim loại màu và hợp kim màu

HB = 31,8 ÷ 130 chọn 30s

HB = 8 ÷ 35 chọn 60s

Phương pháp này chỉ dùng khi độ cứng vật liệu dưới 450HB, với vật liệu cứng hơn sai số sẽ lớn hơn. So với các phương pháp thử độ cứng khác, bi thử Brinell tạo ra vết lõm sâu và rộng nhất, do đó phép thử sẽ bình quân được độ cứng trên một phạm vi rộng hơn của vật đo. Đây là phương pháp tối

ưu để đo độ cứng khối hoặc độ cứng tổng thể của một loại vật liệu, đặc biệt là vật liệu có cấu trúc không đồng đều. Các vết xước và độ nhám bề mặt hầu như không ảnh hưởng tới phép thử Brinell. Tuy nhiên phương pháp thử này không phù hợp với đo các vật thể nhỏ.

Page | 5

*\* Ưu, nhược điểm và phạm vi ứng dụng :*

- Ưu 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 chất lượng bề mặt kiểm tra.

+ Có mối liên hệ tương đối với độ bền kéo.

- Nhược điểm:

+ Do mũi thử bằng bi có độ cứng tương đối cao, nên chỉ dùng khi độ cứng vật liệu dưới 450HB, vật liệu cứng hơn thì sai số đo sẽ lớn.

+ Vết đo làm biến cứng vật liệu.

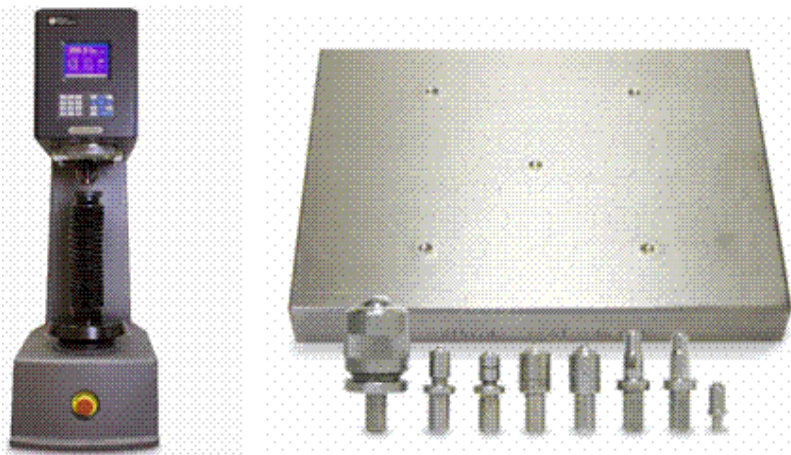
+ Không thích hợp cho vật liệu mỏng, mạ phủ, vật liệu quá cứng, các bề mặt cong.

+ Độ chính xác của kết quả đo chịu ảnh hưởng bởi kỹ thuật của người đo.

- Phạm vi ứng dụng:

+ Dùng cho các thiết bị 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.



Hình 2. Máy đo độ cứng Brinell BH3000 và mũi đo khối chuẩn Brinell.

## 2. Phương pháp đo độ cứng Rockwell.

Page | 6

Vào những năm 1908 giáo sư người Áo (tên là Ludwig) đã đưa ra khái niệm cơ bản về phép đo độ cứng thông qua chiều sâu vi phân trong cuốn sách có tên là *Die Keglprole*. Dựa vào những khái niệm cơ bản trên 2 ông Hugh M.Rockwell (1890-1957) và Stanley P.Rockwell (1886-1940) tìm ra phương pháp thử độ cứng Rockwell, hai ông này nhận được bằng sáng chế vào 15/7/1914. Phương pháp này giúp xác định nhanh hiệu ứng của nhiệt luyện trong kỹ thuật.

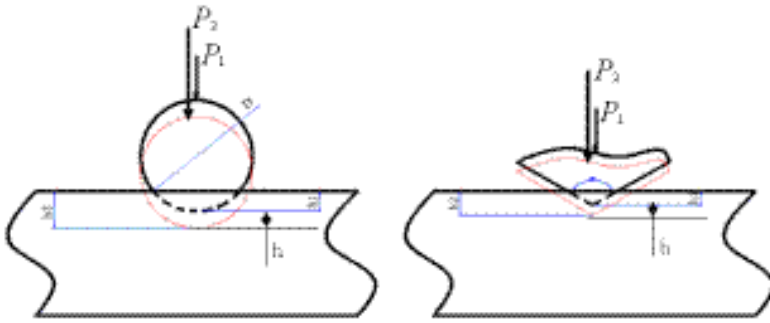
Theo phương pháp này, một mũi nhọn kim cương có góc ở đỉnh là  $120^0$  và bán kính cong  $R = 0,2\text{mm}$  hay viên bi thép tôi cứng có đường kính  $1/16, 1/8, 1/4, 1/2$  inches được ấn lên bề mặt thử.

Độ cứng được xác định bằng cách ta lần lượt tác dụng lên viên bi hoặc mũi kim cương với hai lực ấn nối tiếp, VD: lực ban đầu là 100N, tiếp theo là 600N hoặc 1000N, tiếp theo là 1500N - tùy theo thang chia.

Quy trình đo cơ bản như sau :

Tác động đầu thử vào vật mẫu với một lực tối thiểu, thường là 10kG hoặc 30kG nếu đo mềm. Khi đạt độ cân bằng, thiết bị đo (theo dõi dịch chuyển đầu đo và các phản hồi về thay đổi chiều sâu tác động của đầu đo) ghi lại giá trị xác định. Tiếp đến, trong khi vẫn duy trì lực tác động tối thiểu, người ta tác động thêm một lực tối đa. Khi đạt được độ cân bằng, thôi tác động lực tối đa nhưng vẫn duy trì lực tác động 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 lực và thu lực tối đa) được sử dụng để tính toán độ cứng Rockwell.

Độ cứng Rockell được xác định theo một đại lượng quy ước, không có thứ nguyên, phụ thuộc vào chiều sâu vết lõm. Chiều sâu càng lớn thì độ cứng càng nhỏ và ngược lại.



Hình 3. Nguyên lý đo.

Lực tác dụng ban đầu  $P_1$ , mũi thử lún sâu vào vật liệu đoạn  $h_1$ . Tiếp ta tác dụng lực tăng lên  $P_2$ , mũi thử lún sâu vào vật liệu đoạn  $h_2$ . Chênh lệch hai lần thử là  $h$  - đặc trưng cho độ cứng vật liệu thử.

Đơn vị đo độ cứng Rockwell có kí hiệu: HR; một đơn vị HR tương ứng với độ lún bằng 0,002mm

Độ cứng Rockwell được biểu diễn bởi một đại lượng qui 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 đo cứng  $e=0,002\text{mm}$ . Đối với đo mềm hay còn gọi là đo cứng bề mặt  $e=0,001\text{mm}$ .

0,002 hay 0,001 là giá trị của vạch chia đồng hồ hay khi mũi thử ấn sâu thêm 0,002mm hay 0.001mm thì kim dịch đi một vạch.

$h$ : là hiệu độ sâu hai lần ấn (mm).

$$h = h_2 - h_1$$

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, ký hiệu là RA, RB, RC, ... tùy thuộc vào loại và kích thước đầu đo cũng như giá trị lực tác dụng được sử dụng.

Page | 8

Trên máy thử độ cứng Rockwell có hai thang chia. Thang chia C (chữ đen) khi thử bằng mũi nhọn kim cương với lực ấn 150 kg và thang chia B (chữ đỏ) khi dùng viên bi với lực ấn 100KG. Viên bi (ứng với thang chia B) được dùng để thử độ cứng của thép chưa tôi, đồng, đồng thau,... còn các vật liệu thật cứng thì phải thử bằng mũi kim kim cương như ở thang chia C nhưng với lực ấn bằng 60KG, đọc trên thang chia ký hiệu bằng chữ A. Do đó, khi ghi độ cứng Rockwell ta phải rõ đơn vị của độ cứng: HRC, HRB, HRA.

Khi đo theo thang B (HRB) dùng mũi đo bằng viên bi thép tôi cứng và tải trọng tác dụng tổng cộng là 100 kg. Do dùng viên bi nên thang B sử dụng để đo các vật liệu mềm, độ cứng trung bình trong khoảng HV=60÷240 hay HRB=25÷100 (thép, gang sau khi ủ và thường hóa, hợp kim nhôm, đồng, ..).

Khi đo theo thang A và C (HRA, HRC) dùng mũi đo kim cương hình nón. Tải trọng tác dụng tổng cộng là 60 kg với thang A, 150 kg với thang C. Thang A dùng để đo các vật liệu rất cứng như hợp kim cứng, lớp thấm Cacbon-nitơ có độ cứng cao hơn HV=700. Thang A có phạm vi đo từ HV=360÷900 hay từ HRA=70÷85. Thang C dùng để đo các vật liệu có độ cứng trung bình và cao (thép, gang sau khi tôi và ram) với độ cứng trong khoảng HV=240÷700 hay HRC=20÷670. Khi đo các lớp có chiều dày nhỏ hơn 0,3mm, ta phải dùng các thang đo mềm. Để thuận lợi cho việc lựa chọn phương pháp xác định độ cứng ta sơ bộ phân loại như sau:

- + Loại có độ cứng thấp : gồm các loại vật liệu có độ cứng nhỏ hơn HB220, HRC20, HRB100.
- + Loại có độ cứng trung bình : có giá trị độ cứng trong khoảng HB250÷450 và HRC25÷45.
- + Loại có độ cứng cao : Có giá trị độ cứng từ HRC52 đến cao hơn HRC60 một chút.
- + Loại có độ cứng rất cao : giá trị độ cứng lớn hơn HRC62 hay HRA80.



*Ưu, nhược điểm và ứng dụng.*

- Ưu 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.

- Nhược điểm:

Nhiều thang đo khác nhau với mũi đo và tải trọng khác nhau.


- Phạm vi ứng dụng:


- + Các chi tiết nhỏ, chính xác
- + Vật liệu tấm mỏng
- + Vật liệu mạ phủ



Hình 4. Máy đo độ cứng ROCKWELL-ATK-600.

**Nguyễn Minh Tuấn** | Phòng Kinh Doanh Thiết bị QC | e-mail: [tuan@atti.vn](mailto:tuan@atti.vn) | Phone: **0988 736 838**

 Văn phòng: Số 23 lô 13B khu đô thị mới Trung Yên, phố Trung Hoà, Quận Cầu Giấy, Hà Nội

 Phòng thí nghiệm cơ tính ( ISO/IEC-17025:2005 ) : Số 166, Tựu Liệt, Tam Hiệp, Thanh Trì, Hà Nội

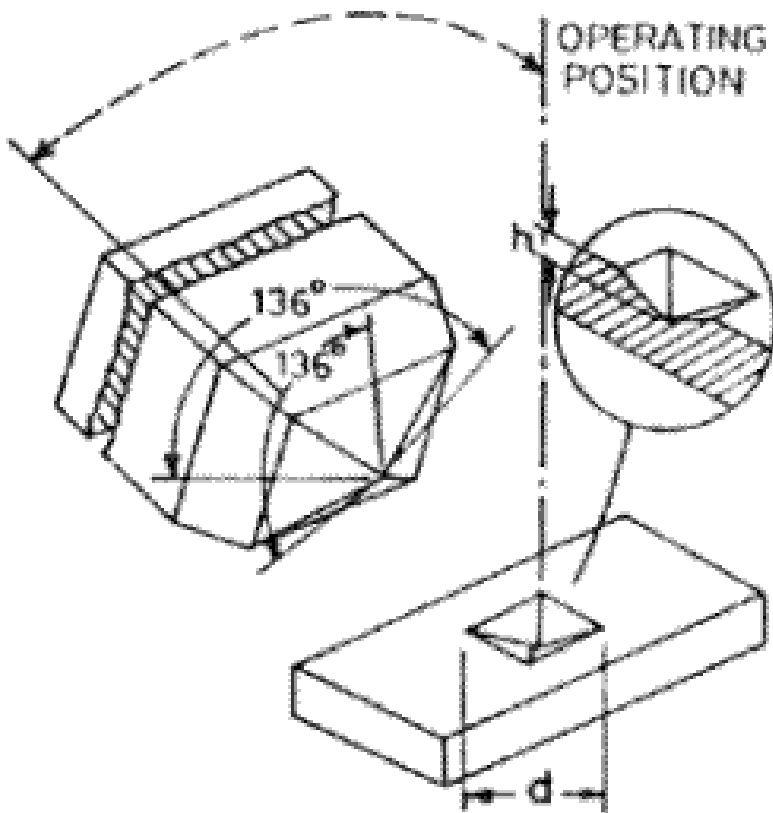
### 3. Phương pháp đo độ cứng Vickers

Page |

Được phát minh vào những năm 1924 bởi những kỹ sư ở công ty Vicker là Smith và Sandland, trong vương quốc Anh. Phương pháp này như là một thay thế cho phương pháp đo Brinell. Sử dụng 10 dễ dàng hơn và là một tiêu chuẩn để đo độ cứng kim loại, đặc biệt những bề mặt vật liệu vô cùng cứng.

Phương pháp này được coi là độ cứng chuẩn trong nghiên cứu khoa học. Chủ yếu sử dụng tại các phòng thí nghiệm và nghiên cứu.

\* Phương pháp đo:



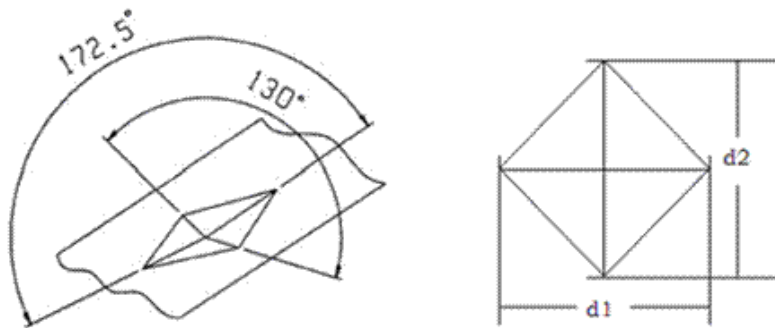
Hình 5. Sơ đồ phương pháp đo Vickers.

Các tính toán của phương pháp thử Vicker 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  $136^{\circ}(\pm 3^{\circ})$ . Mũi thử được ấn vào vật liệu dưới tác dụng của các tải trọng 50N, 100N, 200N, 300N, 500N, 1000N.

Page |  
11

Sau khi cắt tải trọng, tiến hành đo đường chéo  $d$  của vết lõm, và tra theo bảng sẽ có trị số độ cứng Vickers (hoặc giá trị cho trên màn hình nếu dùng máy hiển thị số).

Độ cứng vickers tính bằng  $F/S$ . Lấy lực thử  $F$  chia cho diện tích bề mặt lõm  $S$ . Bề mặt lõm  $S$  được tính theo độ dài trung bình hai đường chéo  $d$ . Bề mặt lõm được tạo thành khi tác dụng một lực vào mẫu thử với mũi đột kim cương, hình chóp.



Hình 6. Hình dạng vết lõm trên mẫu thử.

Độ cứng Vickers được tính theo công thức:

$$HV = k.F/S = 0,102.F/S = \{0,102. 2. F.\sin(\theta/2)\}/d^2$$

Trong đó:

HV: Độ cứng Vickers.

k: Là một hằng số ( $k = 0,102$ );

F: Lực F;

S: Diện tích bề mặt lõm;

$d$ : Độ dài đường kính trung bình :  $d = (d_1 + d_2)/2$

$\theta$ : Góc hợp với hai mặt đối diện =  $136^{\circ}$ .

\* Ưu, nhược điểm và ứng dụng:

- Ưu điểm:

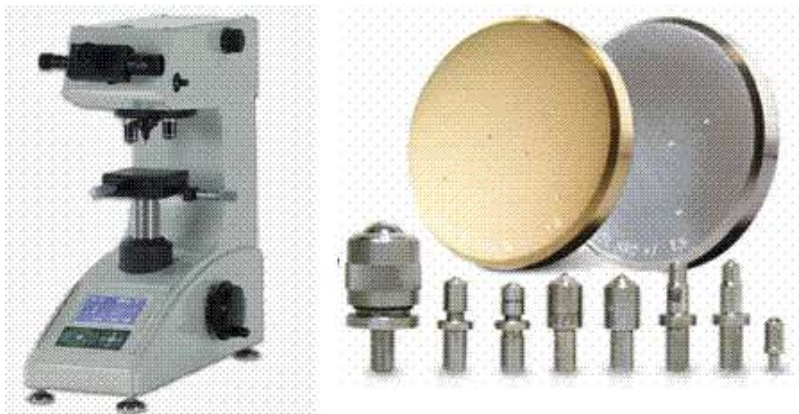
- + Có thể so sánh với nhiều tải trọng.
- + Một phương pháp cho tất cả vật liệu.
- + Có thể kiểm tra diện tích nhỏ và pha riêng lẻ.

-Nhược điểm:

- + Yêu cầu phải chuẩn bị mẫu kỹ.

- Phạm vi ứng dụng:

- + Các chi tiết nhỏ, chính xác.
- + Vật liệu tấm mỏng.
- + Vật liệu mạ phủ.



*Hình 7. Máy đo độ cứng Vickers và hình dạng mũi đo Vickers.*

Trên đây, chúng tôi đã giới thiệu một số phương pháp thường dùng để xác định độ cứng bề mặt của vật liệu. Hiện nay, sinh viên ngành công nghệ cơ khí và cơ điện tử của Khoa CNCK đã nắm bắt được nguyên lý và thiết kế, chế tạo thành công mô hình máy đo độ cứng theo phương pháp đo Brinell.