



**Difference
makes
Innovation**

www.jfe-advantech.co.jp/

Technical Report

TR-C01

Kiểm tra độ cứng vật liệu bằng máy đo siêu âm SONOHARD SH-21 SH-22

1. Giới thiệu

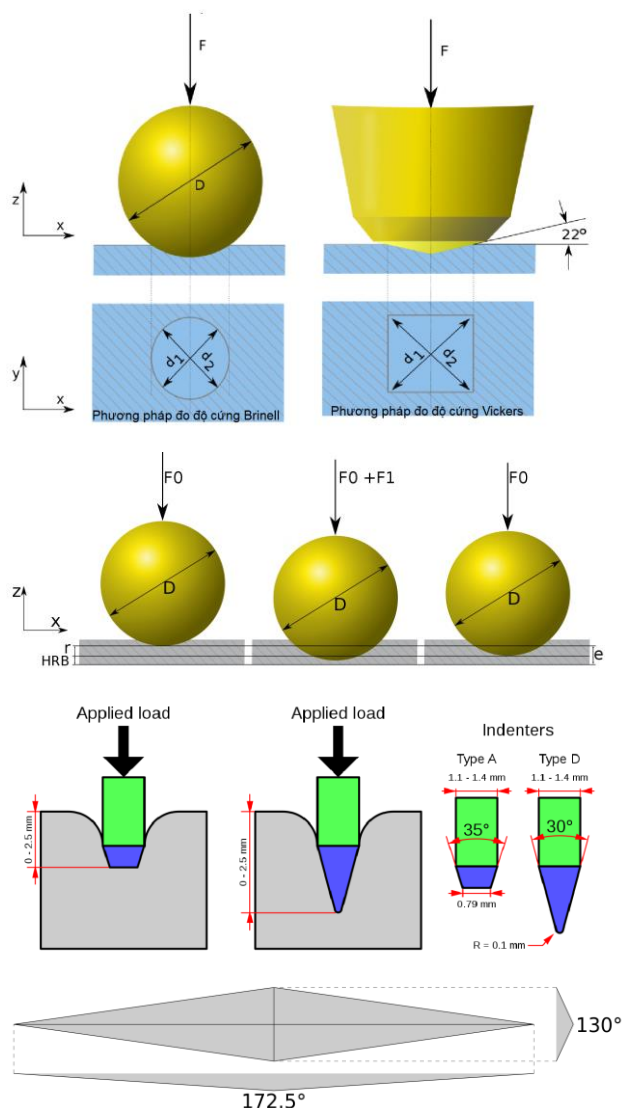
Vì độ cứng là một thông số có thể sử dụng để ước tính tính chịu uốn, mài mòn, trầy xước, độ bền kéo của vật liệu nên thường được dùng như một chỉ tiêu để quản lý chất lượng. Thông thường để đo độ cứng vật liệu hoặc mẫu thử được cắt từ vật liệu cần đo phải đo bằng máy đo độ cứng ngoại tuyến (off-line) vì vậy rất khó đo độ cứng các sản phẩm ngay tại dây chuyền sản xuất hàng loạt trong nhà máy bằng phương pháp kiểm tra không phá hủy. Thêm vào đó để đo độ cứng trong dây chuyền sản xuất, cần máy đo độ cứng online có đầu ra tín hiệu điện với đầu đo có độ bền tốt tuổi thọ cao. Bài viết này giới thiệu nguyên lý, tính năng của máy kiểm tra độ cứng cầm tay phương pháp siêu âm SONOHARD và một vài áp dụng kiểm tra bộ phận xe ô tô, điển hình cho các sản phẩm sản xuất hàng loạt.

2. Các phương pháp kiểm tra độ cứng

Độ cứng có thể được coi là một loại thang đo biểu thị khả năng chống biến dạng của vật liệu, nhưng nó không phải là đại lượng vật lý có thể được xác định rõ ràng như chiều dài, khối lượng và thời gian, vì vậy một số phương pháp kiểm tra độ cứng truyền thống được đề xuất tùy theo mục đích sử dụng của sản phẩm cần đo hay với mục đích

kiểm soát chất lượng. Phương pháp kiểm tra độ cứng truyền thống có thể được chia thành đo vết xước, chiều sâu vết lõm, chiều cao bật lại.

Phương pháp đo độ cứng **Brinell** ¹⁾ (đề xuất năm 1900, đơn vị độ cứng là HB), sử dụng mũi đo hình viên bi thép ấn vào vật liệu hoặc mẫu thử được cắt từ vật liệu, tạo ra một vết lõm và độ cứng được xác định bởi mức độ lõm. Phương pháp **Rockwell** ²⁾ (năm 1914, HR), tác dụng lên mũi đo kim cương hoặc bi thép hai lực ấn nối tiếp vào mẫu thử, độ cứng được xác định bằng mức độ chênh lệch độ sâu giữa 2 lần. Phương pháp **Vickers** ³⁾ (năm 1924, HV), tác dụng lên mũi đo kim cương hình chóp đáy vuông, độ cứng được xác định bằng chiều dài đường chéo vết lõm. Phương pháp **Shore** ⁴⁾ (năm 1920, HS), đo bằng máy đo Durometer, dùng tải trọng áp vào vật liệu, độ cứng được xác định bằng độ sâu xuyên qua vật liệu. Phương pháp **Knoop** ⁵⁾ (năm 1939, HK), tác dụng lên mũi đo hình kim tự tháp bằng kim cương ấn vào vật liệu, tạo ra một vết có đường chéo dài. Độ cứng được xác định bằng độ sâu mà mũi đo xuyên qua và chiều dài đường chéo dài nhất (Hình 1).



Hình 1 Phương pháp đo độ cứng Brinell, Vickers, Rockwell, Shore, và Knoop

3. Nguyên lý và tính năng máy đo độ cứng siêu âm SONOHARD

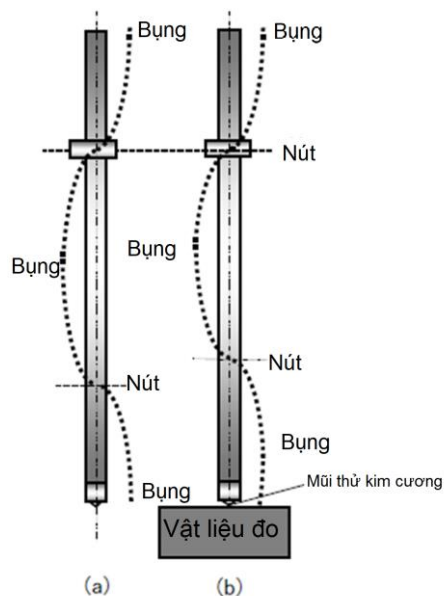
Mặc dù có thể lấy được giá trị độ cứng bằng các phương pháp này, nhưng việc đo độ cứng của các sản phẩm ngay tại dây chuyền sản xuất hàng loạt trong nhà máy vẫn còn bất tiện. Nói cách khác, đối với độ cứng Brinell, độ cứng Vickers và độ cứng Knoop, kích thước của vết lõm phải được đo bằng kính hiển vi. Độ cứng Rockwell từ 490 N trở lên gây ra vết lõm tương đối lớn. Độ cứng Shore là một phương pháp kiểm tra

có khả năng dùng máy cầm tay nhưng tuổi thọ của búa kim cương ngắn.

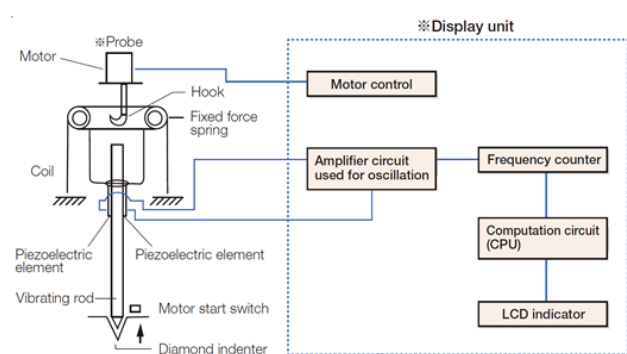
3.1 Nguyên lý SONOHARD

Máy đo độ cứng siêu âm SONOHARD phát hiện tần số rung, tần số này thay đổi tùy theo kích thước vết lõm trên vật liệu được tạo ra dưới tải trọng nhất định, và độ cứng được tính toán từ lượng thay đổi tần số này. Như trong Hình 2(a), khi tác dụng dao động theo chiều dọc (tần số dao động bằng tần của sóng siêu âm) vào một thanh cả hai đầu đều tự do, sẽ có chấn động cộng hưởng để hai đầu của thanh sẽ trở thành “bụng” của dao động (điểm có biên độ cực đại).

Khi gắn một mũi thử kim cương (hình chóp đáy vuông, góc giữa các mặt phẳng đối diện là 136 độ, thường được sử dụng cho phép đo độ cứng Vickers) vào một đầu của thanh, và ấn nó với một lực không đổi lên vật liệu cần đo, trong khi thanh đang cộng hưởng, mũi đo đi sâu vào vật liệu và vết lõm sẽ xảy ra tùy theo độ cứng của vật liệu cần đo. Tại thời điểm này, đầu tự do của thanh bị câu thúc và “bụng” của dao động di chuyển lên phía trên so với đầu thanh như miêu tả trong Hình 2(b). Kết quả là tần số rung tăng lên. Nói cách khác, có thể đo được độ cứng căn cứ vào tần số cộng hưởng của thanh, vì tần số cộng hưởng tùy thuộc vào độ sâu vết lõm, trong khi độ sâu vết lõm có mối tương quan nhất định với độ cứng của vật liệu cần đo. Hình 3 cho thấy cấu hình và nguyên lý của máy đo độ cứng siêu âm SONOHARD. Thanh được rung bởi mạch cộng hưởng, tần số cộng hưởng được đếm bởi bộ đếm, CPU chuyển thành độ cứng và hiển thị trên màn hình LCD.



Hình 2 Sơ đồ nguyên lý cộng hưởng máy đo độ cứng siêu âm SONOHARD



Hình 3 Sơ đồ cấu hình và nguyên lý của máy đo độ cứng siêu âm SONOHARD

3.2 Đặc trưng máy SONOHARD

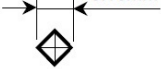
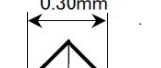
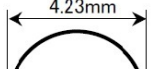
Máy đo độ cứng siêu âm SONOHARD (Hình 4) có các điểm mạnh dưới đây so với các máy truyền thống

(1) Tải trọng để ấn thanh rung ở mức thấp (10N, 20N, 40N) nên chỉ để lại những vết lõm rất nhỏ trên vật liệu được đo. Bảng 1 cho thấy kích thước vết lõm gây ra bởi máy SONOHARD so sánh với vết lõm gây ra bởi

các máy đo truyền thống. Và như vậy có thể sử dụng để kiểm tra trực tiếp trên sản phẩm vì hầu như không thể nhận ra các vết lõm để lại sau khi đo.



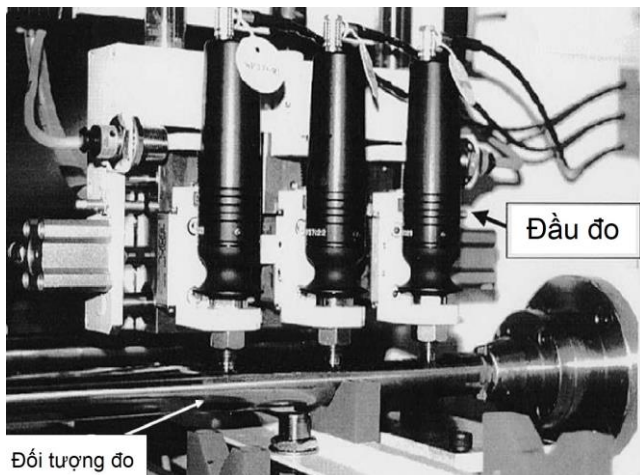
Hình 4 Ngoại hình máy đo độ cứng siêu âm cầm tay SH-21 (bên trái) và SH-22 (bên phải)

Phương pháp đo	Hình dạng vết lõm	Độ sâu vết lõm
Siêu âm SONOHARD Tải trọng 19.6 N (Mũi đo kim cương hình nón đáy vuông)		
Vickers Tải trọng 98.1 N (Mũi đo kim cương hình nón đáy vuông)		
Brinell Tải trọng 29.4 kN (Mũi đo viên bi thép hình cầu đường kính 10 mm)		

Bảng 1 So sánh hình dạng và độ sâu vết lõm các phương pháp siêu âm Sonohard, Vickers, Brinell (Trong trường hợp độ cứng HV = 213)

(2) Không cần phải cắt mẫu thử ra khỏi vật liệu cần đo và có thể thực hiện phép đo không phá hủy ngay tại dây chuyền sản xuất hàng loạt trong nhà máy. Giá trị đo độ cứng có thể được hiển thị nhanh trong vài giây (khoảng 2 đến 4 giây).

(3) Giá trị đo độ cứng có thể được *xuất ra dưới dạng tín hiệu điện*. Do đó, độ cứng của tất cả các sản phẩm có thể được đưa vào hệ thống quản lý sản xuất làm dữ liệu chất lượng và được sử dụng như một máy đo độ cứng trong dây chuyền sản xuất (Hình 5).



Hình 5 Đầu đo SONOHARD in process trong dây chuyền sản xuất

(4) Nếu vật liệu cần đo là thép thì có thể *đo độ cứng của vật liệu nhỏ* có kích thước: 15 mm (L) x 15 mm (D) x 7 mm (T) và khối lượng 12.4 g.

(5) *Có thể thu nhỏ kích thước đầu đo*. Vì thanh rung được ép vào vật liệu cần đo để đo độ cứng nên đầu đo quyết định bởi kích thước của thanh rung. Với máy đo độ cứng cầm tay siêu âm SH-22, đầu đo được làm nhỏ hơn với đường kính 8 mm và chiều dài 80 mm, để có thể đo được những chỗ nhỏ hẹp của đối tượng.

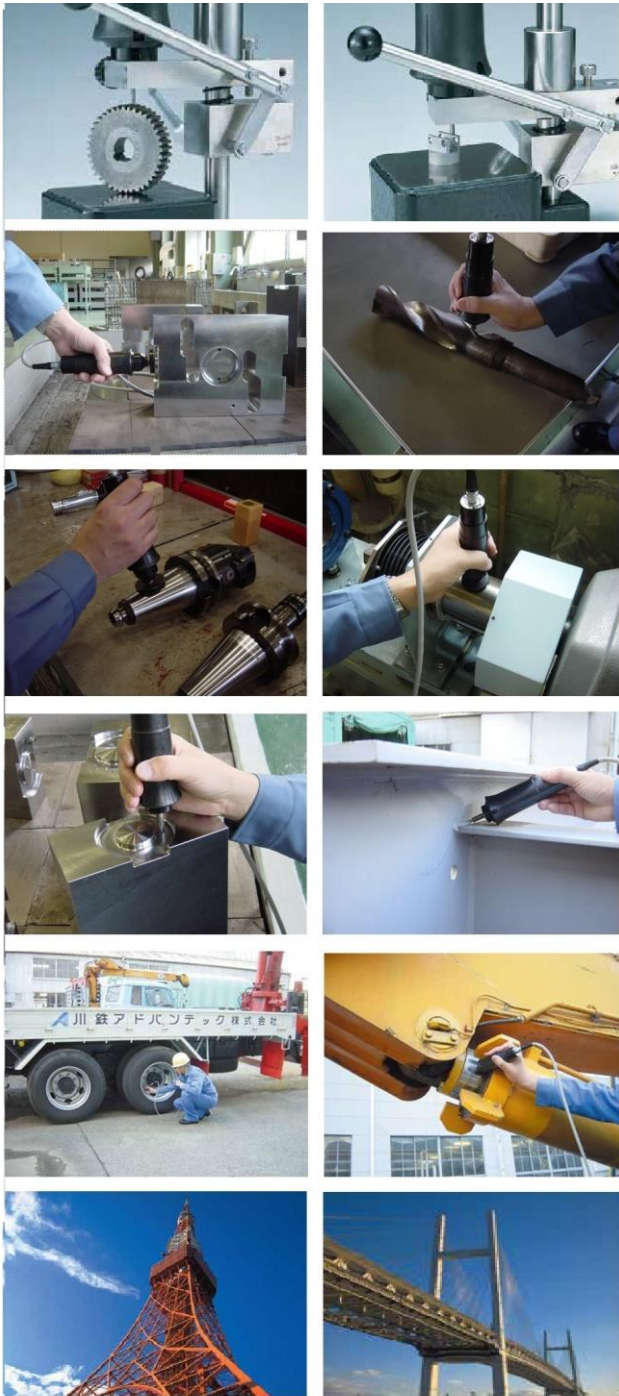
(6) *Có thể chuyển đổi đơn vị độ cứng*, nghĩa là có thể hiển thị và xuất ra độ cứng Vickers (HV), độ cứng Rockwell (HR), độ cứng Brinell (HB) và độ cứng Shore (HS). Bảng 2 cho thấy dải đo và các thông số của máy.

Measuring Indenter	Diamond indenter for Micro-Vickers (facing-to-surface angle of 136 deg)
Measuring load	Approx 1kgf (roughly 10N) (SH-21A-E1) Approx 2kgf (roughly 20N) (SH-21A-E2) (These loads indicate those in typical applications. As the specification varies according to the object to be measured, please contact us for details.)
Measuring range	Rockwell hardness: 10.0 to 70.0 HRC Vickers hardness: 100 to 999 HV Shore hardness: 20.0 to 99.9 HS Brinell hardness: 85 to 550 HBW
Reproducibility	HRC: ± 1.0 HRC , HV : $\pm (3\%rdg)$ HV , HS: ± 1.0 HS , HBW : $\pm (3\%rdg)$ HBW
Power source	AC adapter (100 to 240V) or lithium ion rechargeable battery
Minimum target size	15 mm (width) x 15 mm (length) x 7 mm (thickness)

Bảng 2 Thông số máy siêu âm Sonohard

(7) Mũi đo kim cương hình chóp đáy vuông, ở đầu thanh rung được ép vào vật liệu với tải trọng tĩnh giúp nâng cao tuổi thọ, có *độ bền lên tới 1 triệu lần*.

(8) *Không hạn chế hướng đo*. Có thể đo từ hướng bên hông và hướng ngược từ dưới lên, tất cả các hướng đều có thể đo được. Để đảm bảo phục vụ bảo dưỡng các công trình quy mô lớn, tàu thủy, tháp thép, cầu, máy bay hàng không, xe cộ, các bộ phận có kết cấu phức tạp, trong nhà và ngoài trời ở trạng thái tự nhiên. Nói cách khác đo ở vị trí khó đo được bằng các phương pháp khác, rãnh và mặt cắt R bên trong của các bộ phận nhỏ, bánh răng, trục quay, lưỡi khoan, vết hàn và các bộ phận kim loại khác (Hình 6).



Hình 6 Đo độ cứng không hạn chế hướng đo

4. Ứng dụng kiểm tra linh kiện xe ô tô

① Kiểm tra trục quay đã qua xử lý nhiệt

Khuỷu (crank journal) và chốt (crank pin) của trục quay (crank shaft) trong ổ xi lanh (cylinder block) và thanh truyền (connecting rod) có mối quan hệ trục quay (rotary shaft) và ổ trượt (slide bearing). Bề

mặt của khuỷu và bề mặt của chốt phải được làm cho cứng rắn để đảm bảo khả năng chống mài mòn bằng cách xử lý nhiệt. Độ cứng được đo để xác định chất lượng kết quả xử lý nhiệt.

Có hai cách để sử dụng máy đo độ cứng siêu âm SONOHARD, đo thủ công (off line) (Hình 7), và tự động đo “in process” trong dây chuyền sản xuất. Nếu đo thủ công, trong nhiều trường hợp độ cứng của 1 trục quay cần phải đo 120 điểm, và nếu kiểm tra 100% hơn 4.000 lần đo sẽ phải lặp lại mỗi ngày. Máy đo độ cứng cầm tay siêu âm SH-21 hoặc SH-22 có thể đáp ứng yêu cầu này vì độ cứng có thể được hiển thị trong vài giây bằng cách ấn đầu dò vào trục quay. Đầu dò của máy đo độ cứng SH-22 có đường kính 8 mm cũng có thể được sử dụng để đo độ cứng của các khe hẹp ở cả hai đầu của khuỷu và cả hai đầu của chốt. Trong trường hợp “in process” một cơ cấu tự động ấn đầu dò siêu âm lên trục quay với một lực đẩy được định trước được lắp ráp vào trong dây chuyền sản xuất và như vậy việc kiểm tra độ cứng hoàn toàn tự động. Các giá trị đo độ cứng được xuất ra dưới dạng tín hiệu RS-232C và được lưu giữ lại trong hệ thống máy chủ dưới dạng dữ liệu chất lượng của dây chuyền sản xuất. Thêm vào đó vì liên tục mỗi ngày phải đo từ 4.000 đến 7.000 lần, việc chọn lựa máy đo độ cứng có độ bền tốt hơn, tuổi thọ cao hơn đưa đến hiệu quả giảm chi phí vận hành.

② Kiểm tra van động cơ đã xử lý nhiệt

Bề mặt van động cơ ô tô tiếp xúc với cánh tay đòn và chịu ứng suất lặp đi lặp lại liên tục, nếu bị hư hỏng do mòn hoặc mối của kim loại, độ mở van thay đổi, ảnh hưởng



Hình 7 Đo độ cứng bộ phận xe ô tô

đến hiệu quả đốt cháy nhiên liệu của động cơ. Do đó, bề mặt phải được tăng độ cứng bằng xử lý nhiệt và các sản phẩm không đạt yêu cầu phải bị loại ra. Máy đo độ cứng siêu âm SONOHARD có thể đo độ cứng ngay cả đối với các bộ phận nhỏ vì vậy được sử dụng như một công cụ đo chất lượng cho các bề

mặt van. Thêm vào đó SONOHARD có chức năng cảnh báo với đầu ra tiếp điểm rơ-le phục vụ hệ thống kiểm tra tự động khi độ cứng đo được vượt ra ngoài phạm vi cho phép.

③ Kiểm tra bánh răng đã xử lý nhiệt

Với mục đích là một cơ cấu truyền lực, các đầu răng của bánh răng hộp số yêu cầu phải có sức mạnh và độ bền cao, do đó các đầu răng được xử lý nhiệt để đạt được độ cứng định trước. Máy đo độ cứng siêu âm SONOHARD ấn một mũi đo kim cương hình chóp đáy vuông vào đối tượng đo, với tải trọng thấp, vì vậy có thể đo độ cứng của các không gian hẹp như đầu răng và bề mặt cong. Hơn nữa, như trong Bảng 1, vết lõm khi đo bằng siêu âm SONOHARD rất nhỏ, do đó hiệu suất truyền lực và độ bền của chóp răng không bị giảm. Nhờ vào lợi điểm này, máy đo độ cứng siêu âm cầm tay SONOHARD được sử dụng để phát hiện các thiếu sót độ cứng ở đầu răng.

5. Kết luận

Bài viết đã mô tả phương pháp kiểm tra độ cứng truyền thống, nguyên lý và tính năng máy đo độ cứng siêu âm SONOHARD có độ bền tốt, có thể đo nhanh độ cứng các bộ phận ô tô ngay tại dây chuyền sản xuất. Khi ngành sản xuất ô tô và phụ tùng cũng như ngành sản xuất linh kiện phụ trợ đang trở nên toàn cầu hóa, cần phải có một công cụ mà bất kỳ ai cũng có thể dễ dàng đo được độ cứng. Là nhà sản xuất máy đo độ cứng siêu âm, JAC tiếp tục làm việc chặt chẽ với các nhà sản xuất xe ô tô, linh kiện phụ trợ để nghiên cứu và phát triển máy đo độ cứng tiên tiến triển khai trên toàn thế giới./.

References

- 1) https://en.m.wikipedia.org/wiki/Brinell_scale
- 2) https://en.m.wikipedia.org/wiki/Rockwell_scale
- 3) https://en.m.wikipedia.org/wiki/Vickers_hardness_test
- 4) https://en.m.wikipedia.org/wiki/Shore_durometer
- 5) https://en.m.wikipedia.org/wiki/Knoop_hardness_test
- 6) 石橋 久左衛門, 安藤 昌司, 橋本 徹雄 (1971), 「超音波硬さ計
ソノハード SH-1 型について」, 川崎製鉄技報, Vol.3 No.3.
- 7) 川村 紘一, 多上 尚子 (1989), 「超音波硬さ計 SONOHARD」,
配管技術, 31(11)(407).
- 8) 内田洋之 (2009), 「超音波式ハンディ硬さ計による自動車部品の
検査」, 検査技術, 10 月号.