

KHẢO SÁT SỰ ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỘ CỨNG BỀ MẶT TỚI MA SÁT VÀ MÒN CỦA THÉP S45C TRONG ĐIỀU KIỆN KHÔNG BÔI TRƠN

INVESTIGATED FOR THEIR EFFECT TO FRICTION AND WEAR PROPERTIES
OF THE S45C STEEL AT UN-LUBRICATED CONDITION

Phạm Đình Nhã¹, Phạm Đức Cường^{2,*}

TÓM TẮT

Tại vị trí tiếp xúc trên bề mặt làm việc của các cặp chi tiết có chuyển động tương đối với nhau đều phát sinh ma sát và mòn. Một trong các yếu tố quan trọng ảnh hưởng lớn đến đặc tính ma sát và mòn của vật liệu là độ cứng bề mặt. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đã chế tạo các cặp mẫu bằng thép S45C có độ cứng bề mặt khác nhau và nghiên cứu sự ảnh hưởng của độ cứng bề mặt đến ma sát và mòn của các cặp mẫu trong điều kiện không bôi trơn. Kết quả thực nghiệm cho thấy, độ cứng bề mặt ảnh hưởng lớn tới hệ số ma sát và mòn của thép S45C và có thể được sử dụng như tài liệu tham khảo cho các kỹ sư khi sử dụng thép S45C trong thiết kế các chi tiết máy.

Từ khóa: Thép S45C, độ cứng, ma sát, mòn.

ABSTRACT

At the contact areas on working surfaces of machine parts that have relative motions, friction and wear are generally generated. One of the most important factors affecting the friction and wear properties of the material is surface hardness. In this work, pairs of specimen made of S45C steel with different surface hardness were fabricated and investigated for their effect to friction and wear properties of the steel surfaces at un-lubricated condition. Experimental results indicated that the surface hardness strongly affected friction coefficient and wear of the S45C steel, and could be used as reference documents for engineers in designing machine parts made from S45C steel.

Keywords: S45C steel, hardness, friction, wear.

¹Trung tâm Kỹ thuật Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng 1 - Quatest1

²Viện Công nghệ HaUI, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

*Email: cuongphamduc@yahoo.com

Ngày nhận bài: 04/05/2017

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 06/06/2017

Ngày chấp nhận đăng: 26/02/2018

1. GIỚI THIỆU

Nâng cao tuổi thọ và độ tin cậy làm việc của chi tiết, thiết bị đặc biệt quan trọng và cần thiết, nhằm đảm bảo quá trình làm việc ổn định, giảm thời gian bảo dưỡng, sửa chữa và tăng hiệu quả kinh tế. Một trong các nguyên nhân

gây ra sự dơ dáo, hư hỏng của các chi tiết máy là mòn do ma sát giữa các bề mặt khi chuyển động tương đối với nhau. Quá trình ma sát dẫn đến mòn và hiện tượng này xảy ra khốc liệt hơn khi các chi tiết làm việc trong điều kiện không bôi trơn. Do đó, bề mặt làm việc của các chi tiết máy phải có khả năng chống mòn tốt. Nghiên cứu và đánh giá được ma sát, mòn của vật liệu sẽ giúp hiểu rõ đặc tính cũng như quá trình ma sát và mòn của chúng, từ đó có thể đưa ra các biện pháp nhằm cải thiện các đặc tính ma sát và mòn, giúp các chi tiết có khả năng đáp ứng các yêu cầu làm việc và tăng tuổi thọ chi tiết. Bên cạnh việc lựa chọn chế độ làm việc phù hợp thì việc nâng cao độ cứng bề mặt là một biện pháp kỹ thuật hiệu quả để tăng khả năng chống mòn cho các chi tiết máy.

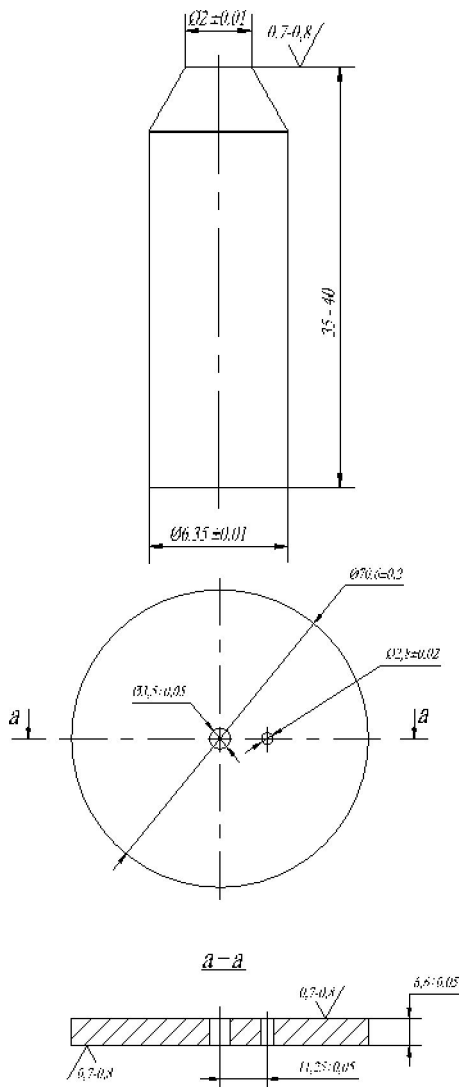
Trong thiết bị máy móc có rất nhiều cơ cấu/cặp chi tiết máy có bề mặt làm việc tiếp xúc và có chuyển động tương đối với nhau, được chế tạo cùng một vật liệu. Một trong các vật liệu thông dụng là thép S45C (tên gọi thông dụng là thép 45), do có giá thành không cao trong khi cơ lý tính đáp ứng yêu cầu làm việc của các kết cấu, chi tiết của máy. Thép S45C khi chế tạo các chi tiết máy thường được lựa chọn ở một số độ cứng bề mặt từ khoảng 35 đến 55 HRC. Tuy nhiên, chưa có công trình nghiên cứu công bố về đặc tính ma sát của thép S45C tại Việt Nam. Trong phạm vi bài báo này, các tác giả nghiên cứu, đánh giá đặc tính ma sát và mòn của cặp vật liệu bằng thép S45C có các độ cứng bề mặt khác nhau.

2. THIẾT BỊ VÀ THÍ NGHIỆM

2.1. Chuẩn bị mẫu

Mẫu bao gồm các mẫu phẳng và mẫu chốt trụ. Để thực hiện các thí nghiệm, các mẫu được chế tạo từ vật liệu thép S45C và gia công theo thiết kế (hình 1), đảm bảo các yêu cầu sau:

- Mẫu phẳng: $\phi 68-70,6^{\pm 0,2}$ mm, $t=6,6^{\pm 0,05}$ mm
- Mẫu chốt trụ: $\phi 6,35^{\pm 0,01}$ mm, $L=35-40$ mm
- Độ nhấp nhô bề mặt mẫu phẳng: $Ra = 0,7-0,8$ μm
- Sai số độ phẳng: 0,005



Hình 1. Bản vẽ thiết kế mẫu thử: chốt (trái) và đĩa (phải)

Sau khi chế tạo, các mẫu được nhiệt luyện bằng cách nung trong lò nung điện trở và làm nguội trong môi trường nước, sau đó ram cùng lò với các nhiệt độ khác nhau để bề mặt đạt độ cứng trung bình từ 35 đến 51 HRC. Để tiến hành thí nghiệm đo ma sát và mòn, các mẫu chốt và đĩa được lựa chọn thành các cặp có cùng độ cứng bề mặt với độ cứng lần lượt là 17 HRC (mẫu không nhiệt luyện), 35 HRC, 46 HRC và 51 HRC.

Bảng 1. Độ cứng của các mẫu thí nghiệm

Tên mẫu	Độ cứng, HRC			
	Cặp mẫu 1	Cặp mẫu 2	Cặp mẫu 3	Cặp mẫu 4
Chốt, đĩa	17 (Không nhiệt luyện)	35	46	51

2.2. Thiết bị thí nghiệm

Đo độ cứng bề mặt sử dụng thiết bị INDENTECZHU 187.5 với đầu đo kim cương UERO 130395 C&N.

Đo ma sát và mòn sử dụng thiết bị UMT của hãng Brucker, Mỹ (hình 2) cho phép hệ thống có thể đo được mức độ mài mòn có độ chính xác tới $5 \cdot 10^{-5}$ mm.

Độ nhám bề mặt được đo sử dụng thiết bị đo độ nhám Mitutoyo S-3000 sử dụng đầu đo Stylus tip radiusDiamond, $90^\circ / 5\mu\text{mR}$.

2.3. Điều kiện thí nghiệm

Các thí nghiệm ma sát và mòn được thực hiện với các điều kiện sau: vận tốc quay của đĩa là 217 V/ph, tương đương: 0,5 m/s (tại vị trí chốt và đĩa tiếp xúc); Tải tác dụng là 20N; Thời gian đo là 1200 giây; Nhiệt độ phòng là $26^\circ\text{C} \pm 1$; Độ ẩm không khí là $70\% \pm 5$.

Trước khi thí nghiệm, các mẫu được làm sạch bằng dung dịch Acetone (CH_3COCH_3) nồng độ $\geq 99,5\%$; sau đó mẫu được làm khô và gá đặt vào máy.

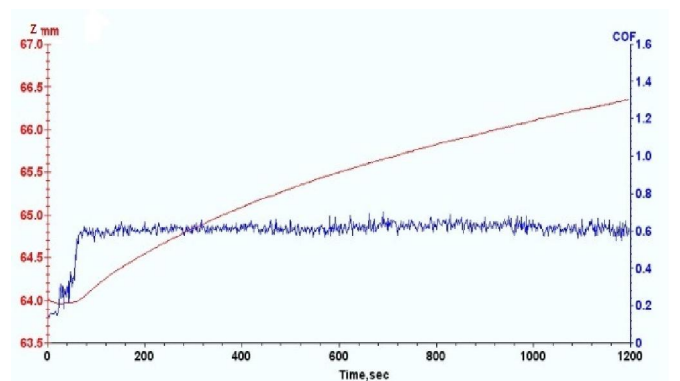
Mỗi thí nghiệm được lặp lại ít nhất ba lần để đảm bảo các số liệu phản ánh đúng tương tác giữa các mẫu.



Hình 2. Thiết bị đo ma sát vận năng UMT (Brucker, Mỹ)

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

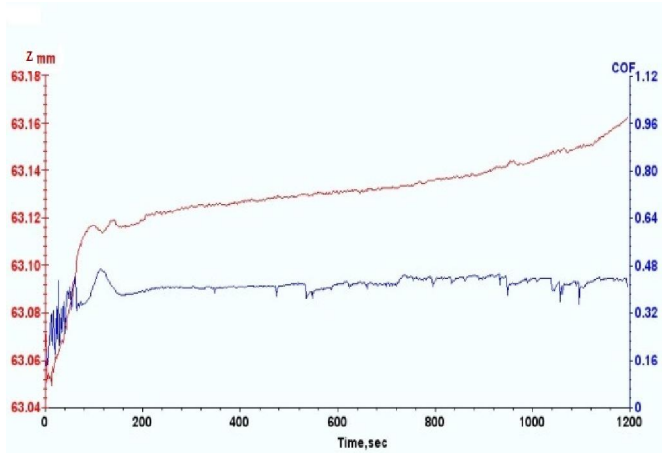
Hình 3 thể hiện sự biến thiên hệ số ma sát (COF) và chiều sâu mòn (Z) theo thời gian của các cặp mẫu thép S45C có độ cứng bề mặt 17 HRC (chưa nhiệt luyện). Theo đó, hệ số ma sát tại trạng thái làm việc ổn định là khoảng $f = 0,6$ và chiều sâu mòn là $t = 2,394$ mm.



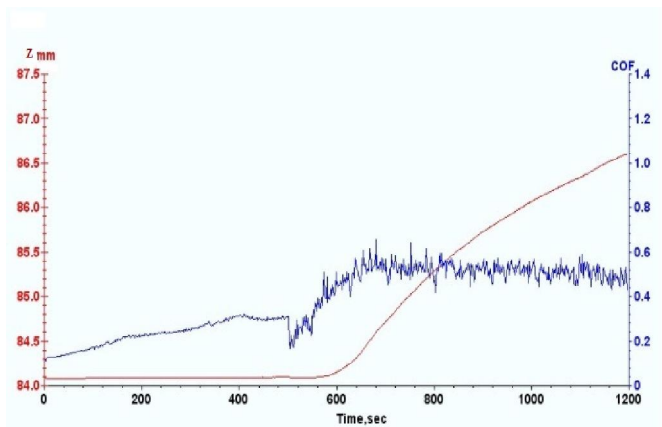
Hình 3. Biến thiên hệ số ma sát (COF) và chiều sâu mòn (Z) theo thời gian của mẫu chưa nhiệt luyện (17 HRC)

Hình 4 thể hiện sự biến thiên hệ số ma sát (COF) và chiều sâu mòn (Z) theo thời gian của các cặp mẫu thép S45C có độ cứng bề mặt 35 HRC. Theo đó, hệ số ma sát của

mẫu tại trạng thái làm việc ổn định là khoảng $f = 0,41$, chiều sâu mòn là $t = 0,116$ mm.

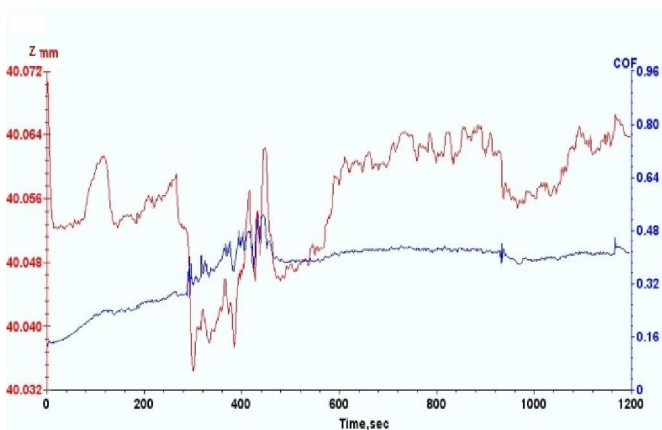


Hình 4. Biến thiên hệ số ma sát (COF) và chiều sâu mòn (Z) theo thời gian của mẫu 35 HRC



Hình 5: Biến thiên hệ số ma sát (COF) và chiều sâu mòn (Z) theo thời gian của mẫu 46 HRC

Hình 5 thể hiện sự biến thiên hệ số ma sát (COF) và chiều sâu mòn (Z) theo thời gian của các cặp mẫu thép S45C có độ cứng bề mặt 46 HRC. Theo đó, hệ số ma sát của mẫu tại trạng thái làm việc ổn định là khoảng $f = 0,38$, chiều sâu mòn là $t = 0,063$ mm.

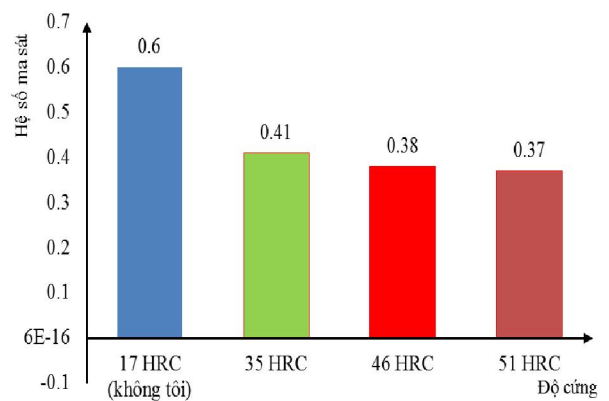


Hình 6. Biến thiên hệ số ma sát (COF) và chiều sâu mòn (Z) theo thời gian của mẫu 51 HRC

Hình 6 biểu diễn sự biến thiên hệ số ma sát (COF) và chiều sâu mòn (Z) theo thời gian của các cặp mẫu thép S45C có độ cứng bề mặt 51 HRC. Theo đó, mẫu có hệ số ma sát tại trạng thái ổn định là khoảng $f = 0,366$, chiều sâu mòn là $t = 0,038$ mm. Hệ số ma sát, chiều sâu mòn của các cặp mẫu được tập hợp trong bảng 2.

Bảng 2. Hệ số ma sát và chiều sâu mòn của các cặp mẫu thép S45C

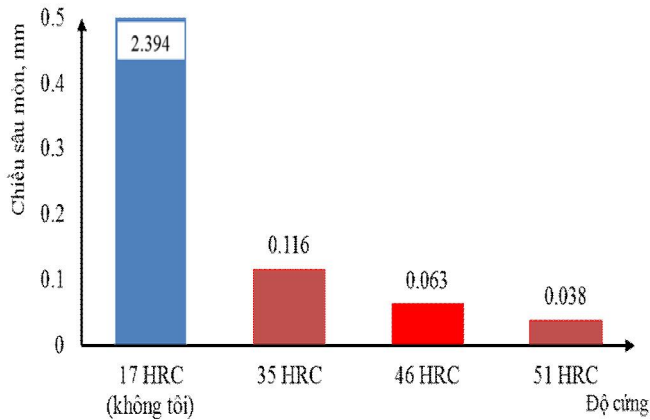
Tên chỉ tiêu	Kết quả tính			
	Mẫu 17 HRC (Chưa nhiệt luyện)	Mẫu 35 HRC	Mẫu 46 HRC	Mẫu 51 HRC
Hệ số ma sát	0,6	0,41	0,38	0,37
Chiều sâu mòn, mm	2,394	0,116	0,063	0,038



Hình 7. So sánh hệ số ma sát của các cặp mẫu trước và sau nhiệt luyện

Hình 7 so sánh giá trị trung bình hệ số ma sát của các cặp mẫu trước và sau nhiệt luyện. Từ hình 7 thấy rằng, hệ số ma sát của cặp thép S45C chưa nhiệt luyện (độ cứng 17 HRC) là cao nhất với giá trị khoảng 0,6 trong khi đó các mẫu được tôi bề mặt nhằm tăng độ cứng có hệ số ma sát nhỏ hơn. Giữa các mẫu tôi, hệ số ma sát giảm dần, từ 0,41 xuống 0,38 và tới 0,37, khi độ cứng bề mặt được tăng lên tương ứng với các giá trị lần lượt là 35 HRC, 46 HRC và 51 HRC. Từ kết quả thực nghiệm, có thể thấy rằng độ cứng của bề mặt mẫu càng cao thì hệ số ma sát càng nhỏ.

Hình 8 biểu diễn so sánh giá trị trung bình chiều sâu mòn trên bề mặt mẫu phẳng của các cặp mẫu trước và sau nhiệt luyện với các độ cứng khác nhau. Tương tự như hệ số ma sát, từ hình 8 thấy rằng, chiều sâu rãnh mòn trên bề mặt của cặp thép S45C chưa tôi là lớn nhất với giá trị lên tới 2,394 mm trong khi đó với các mẫu được xử lý tăng độ cứng bề mặt thì chiều sâu rãnh mòn nhỏ hơn nhiều lần. Giữa các mẫu tôi, chiều sâu rãnh mòn giảm dần, từ 0,116 xuống 0,063 và tới 0,038, với độ cứng bề mặt tương ứng lần lượt là 35 HRC, 46 HRC và 51 HRC. Kết quả thực nghiệm cho thấy rằng, độ cứng của bề mặt mẫu càng cao thì chiều sâu rãnh mòn càng nhỏ. Kết quả này hoàn toàn phù hợp với lý thuyết chung về mòn. Quá trình mòn chủ yếu ở đây là sự mài mòn vật liệu dưới tác động của tải trọng.



Hình 8. So sánh chiều sâu mòn của các cặp mẫu trước và sau nhiệt luyện

Với kết quả trên, ta có thể lý giải như sau: Khi độ cứng bề mặt càng nhỏ, bề mặt mềm dẻo hơn (đặc biệt là khi mẫu chưa nhiệt luyện), kích thước hạt thô đại, ứng suất cắt của các đỉnh nhấp nhô tế vi và giới hạn bền của vật liệu thấp nên khi hai bề mặt tiếp xúc với nhau, dưới tải trọng tác động sẽ gây lên hiện tượng ép dính do biến dạng dẻo ở các đỉnh nhấp nhô tế vi, từ đó làm tăng diện tích tiếp xúc thực cũng như dễ dàng tạo ra sự cấy xói trên bề mặt, từ đó làm tăng hệ số ma sát. Trong quá trình tiếp xúc, sự cấy xói, tróc dính liên tục phá hủy và tạo ra các đỉnh tiếp xúc mới, quá trình này tạo các hạt mòn. Các hạt mòn này, khi chúng lọt vào vùng tiếp xúc, chúng có tác nhân như những hạt mài làm tăng quá trình mòn của cặp bề mặt tiếp xúc. Khi độ cứng bề mặt tăng, giới hạn bền của vật liệu tăng, kích thước hạt nhỏ mịn, các đỉnh tiếp xúc dễ dàng trượt trên nhau, giảm các hiện tượng ép dính, cấy xói, tróc dính, từ đó làm giảm ma sát và mòn.

4. KẾT LUẬN

Từ các kết quả thực nghiệm trên cho thấy hệ số ma sát của các cặp mẫu bằng thép S45C sau khi nhiệt luyện giảm từ 0,6 xuống 0,37 khi độ cứng bề mặt tăng tương ứng từ 17 HRC đến 51 HRC.

Cùng với việc giảm hệ số ma sát, thì khả năng chịu mòn của các cặp mẫu sau nhiệt luyện cũng cao hơn nhiều so với cặp mẫu trước nhiệt luyện. Chiều sâu mòn của các cặp mẫu giảm từ 2,394 mm xuống 0,038 mm tương ứng với độ cứng bề mặt tăng từ 17 HRC đến 51 HRC.

Các kết quả trên đã khẳng định bằng thực nghiệm sự ảnh hưởng lớn của độ cứng bề mặt đến hệ số ma sát và mòn. Độ cứng bề mặt càng cao thì hệ số ma sát và chiều sâu mòn càng giảm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. ASTM G 99-95a (Reapproved 2000), *Standard Test Method for wear testing with Pin on Disk apparatus*.
 [2]. Nguyễn Đăng Bình, Phan Quang Thế, 2006. *Ma sát, mòn và Bôi trơn trong kỹ thuật*. NXB Khoa học và kỹ thuật.

[3]. Trần Văn Đua, Phạm Đức Cường, Nguyễn Văn Thành, 2015. *Nghiên cứu đặc tính ma sát và mài mòn của thép SKD11*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ - Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội số 28.

[4]. Niklas Axen, Sture Hogmark, Staffan Jacobson, 2001. *Friction and Wear Measurement Techniques*. Uppsala University.

[5]. Nguyễn Trường Sinh, Nguyễn Thị Thu Hà, 2016. *Khảo sát sự ảnh hưởng của nhiệt độ tới đặc tính ma sát, mài mòn đối với một số cặp vật liệu*, Hội nghị KH&CN toàn quốc về Cơ khí-Động lực, ĐHBK Hà Nội.