NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO MÁY XÁC ĐỊNH ĐẶC TÍNH MA SÁT – MÒN CỦA VẬT LIỆU

Nguyễn Văn Giáp[1*], Nguyễn Hà Tuấn[2], Nguyễn Trung Thành[1], Vũ Lai Hoàng[1], Nguyễn Hồng Kông[1], Lâm Hoàng Linh[1]
[1]Trường ĐH Kỹ thuật Công nghiệp – ĐH Thái Nguyên
[2]Viện Công nghệ – Tổng cục Kỹ thuật Quốc phòng

TÓM TẮT

Bài báo giới thiệu quá trình thiết kế, chế tạo máy xác định đặc tính ma sát - mòn của vật liệu. Các phương pháp thiết kế, gia công tiên tiến; phương pháp tích hợp hệ thống cảm biến, điều khiển hiện đại đã được áp dụng trong quá trình chế tạo máy. Kết quả kiểm tra cho thấy hệ thống làm việc tốt và tin cậy tương đương với thiết bị nhập khẩu từ các nước phát triển.

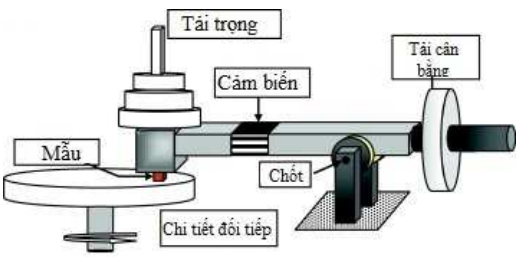
Từ khóa: *Đặc tính ma sát – mòn – bôi trơn, máy kiểm tra ma sát – mòn, hệ số ma sát, tốc độ mòn, mô hình Chốt trên Đĩa*

GIỚI THIỆU

Máy đánh giá đặc tính ma sát - mòn theo mô hình Pin - on - Disk là loại không thể thiếu trong các trung tâm nghiên cứu và đào tạo liên quan đến ngành Cơ khí và Công nghệ vật liệu. Mô hình này cũng đáp ứng tiêu chuẩn đánh giá và báo cáo hệ số ma sát ASTM G115-10 -2013 (Standard Guide for Measuring and Reporting Friction Coefficients) cũng như tiêu chuẩn đánh giá mòn theo sơ đồ chốt trên vật liệu hạt mài: ASTM G132 - 96-2013 (Standard Test Method for Pin Abrasion Testing) của tổ chức ASTM, Hoa Kỳ [2-4]. Đây là mô hình đánh giá hệ số ma sát và lượng mòn nhanh của vật liệu và các bề mặt được gia công theo các phương pháp khác nhau với mẫu ở dạng chốt. Căn cứ vào tiêu chuẩn này, nhiều công ty trên thế giới đã chế tạo và chào bán các thiết bị đánh giá ma sát - mòn với giá từ hàng chục ngàn tới hàng trăm ngàn USD.

MÔ HÌNH VÀ NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG

Máy đo ma sát - mòn có nguyên lý làm việc như hình 1. Đặc tính ma sát - mòn của bề mặt mẫu nghiên cứu được xác định thông qua chuyển động tương đối giữa mẫu ở dạng chốt (pin) và chi tiết đối tiếp (disk). Khi chốt có xu hướng chuyển động, lực ma sát hình thành để chống lại xu hướng chuyển động đó. Để đáp ứng được yêu cầu làm việc, thiết bị đo ma sát - mòn cần có hệ thống gá lắp chi tiết chính xác, cảm biến lực, động cơ có điều khiển tốc độ.Tại Việt nam, thiết bị đánh giá đặc tính ma sát - mòn mới chỉ được trường Đại học Bách khoa Hà Nội và Học viện Kỹ thuật Quân sự trang bị (Hình 2). Hầu hết các hoạt động nghiên cứu liên quan đến đánh giá đặc tính ma sát - mòn của vật liệu của nhà trường đều phải chuyển về một trong hai đơn vị nói trên để thực hiện.



Hình 1. *Nguyên lý làm việc của máy đo ma sát - mòn*

Tại trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp, Đại học Thái Nguyên, nhiều thiết bị thí nghiệm hiện đại từ các nước phát triển đã được đầu tư. Tuy nhiên do nguồn lực hạn chế, thiết bị đánh giá ma sát - mòn chưa được đầu tư thích đáng. Để nâng cao chất lượng đào tạo và nghiên cứu khoa học, việc trang bị thiết bị đánh giá ma sát và mòn là nhu cầu thiết yếu đối với nhà trường. Hiện nay có một giải pháp được nhiều trường đại học và trung tâm

* *Tel: 0982865698*

nghiên cứu trên thế giới sử dụng là tích hợp các kết cấu cơ khí tự chế tạo chính xác với các thiết bị hiện đại khác của cơ sở như biến tần, động cơ servo, cảm biến đo lực, hệ thống hiện số, chuyển đổi tín hiệu, các phần mềm xử lý số liệu thí nghiệm đa năng.

Hình 2. *Thiết bị đo ma sát-mòn-bôi trơn CERT-USA của Học viện Kỹ thuật quân sự*

Xuất phát từ nhu cầu thực tế của hoạt động nghiên cứu khoa học và đào tạo tại Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp, kết hợp với các tiêu chuẩn ASTM G115-10 -2013, G132 - 96-2013 [2-4], mô hình máy đo ma sát - mòn được đề xuất, hình 3. Máy thí nghiệm tribology Pin-on-disk được dùng để mô phỏng chế độ làm việc của 2 chi tiết trượt tương đối với nhau trong môi trường không khí hoặc chất lỏng. Tốc độ trượt tương đối giữa 2 chi tiết được xác định thông qua tốc độ quay của đĩa và vị trí của chốt trên đĩa. Tải trọng làm việc (tối đa 200N) được thiết lập bởi khối lượng của quả nặng. Để đảm bảo chốt thí nghiệm luôn vuông góc với đĩa, toàn bộ cụm chi tiết kẹp chốt chỉ có thể trượt lên xuống theo phương thẳng đứng theo chuyển động tương đối giữa bạc và trụ dẫn hướng.

Hệ số ma sát *f* được xác định theo công thức

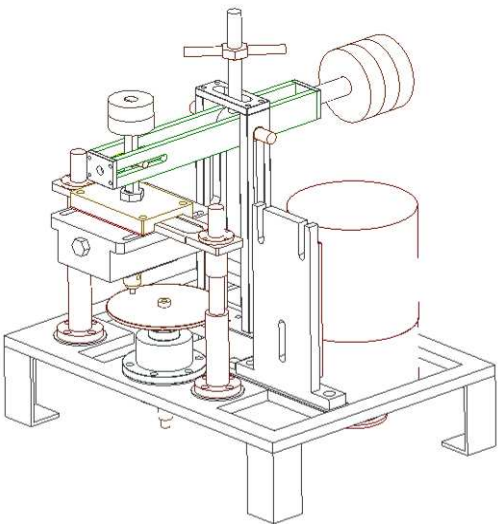
$$f = \frac{F_{ms}}{N}$$

Trong đó F_{ms} là lực ma sát, N là lực tác động giữa mẫu lên bề mặt chi tiết đối tiếp.

Lượng mòn được xác định bằng khối lượng hoặc chiều cao theo phương vuông góc với bề mặt đối tiếp của mẫu bị mài mòn khi hai chi tiết đối tiếp trượt tương đối với tốc độ, áp lực pháp tuyến, môi trường xung quanh và nhiệt độ nhất định.

THIẾT KẾ MÔ HÌNH

Các kết cấu cơ khí được thiết kế theo [1]. Mô hình máy tính được thiết kế và tính toán sử dụng các modun thiết kế 3D và tích phân bố ứng suất, biến dạng của phần mềm Inventor 2013 [5].



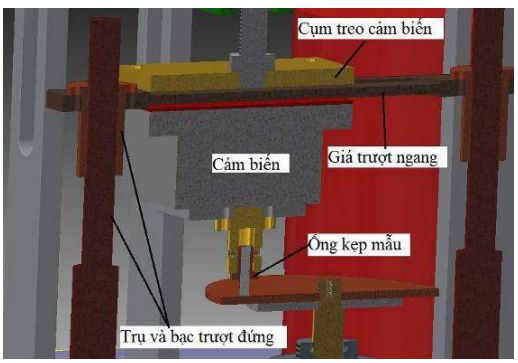
Hình 3. *Mô hình máy đo ma sát mòn*

Đĩa (disk) được dẫn động bằng động cơ servo Panaservo 3 pha điều khiển bằng biến tần, tốc độ quay từ 0 – 3000 vg/p, công suất 0,75 KW. Biến tần được sử dụng là loại Omron 3G3JV, 3 pha, 200V, công suất max 0,75 KW, tần số điều khiển 1-400 Hz, độ phân giải tần số: 0,1Hz.

Cảm biến lực 9257 BA của hãng Kistler được lựa chọn để tích hợp cho hệ thống đo hai thành phần lực F_{ms} và N. Đây là loại cảm biến có độ chính xác tới 0,01 N, tần số đo tới 20 kHz. Hình 5 là mô hình 3D hệ thống gá lắp cảm biến Kistler và kẹp mẫu sử dụng ống kẹp đàn hồi.

Toàn bộ cụm mẫu - cảm biến đo lực có thể trượt lên xuống nhẹ nhàng nhờ hệ thống ở bi tuyến tính (Linear Ball Bearing). Các chi tiết lỗ, rãnh trượt, lỗ gá trên máy đều được gia công bằng máy điều khiển số CNC (Computer Numerical Control) đảm bảo các chi tiết được lắp ghép chính xác và chuyển động với độ nhạy cao.

Hình 4. *Máy xác định đặc tính ma sát - mòn được chế tạo bởi nhóm nghiên cứu*



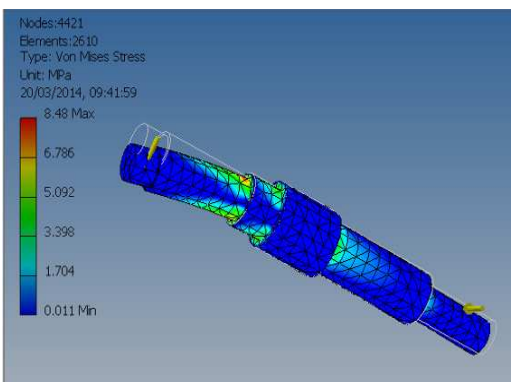
Hình 5. *Mô hình hệ thống gá cảm biến và kẹp mẫu*

Hình 6. *Ổ bi tuyến tính trong cơ cấu trượt đứng*

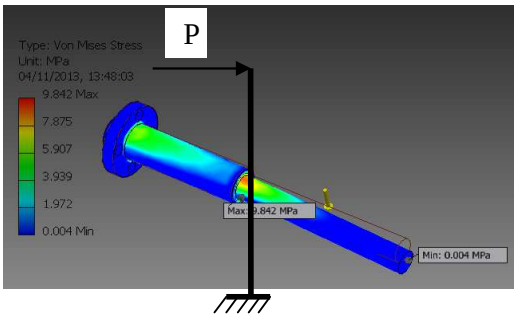
Hình 7. *Cảm biến đo lực được lắp trên máy TN*

TÍNH TOÁN VÀ KIỂM NGHIỆM MỘT SỐ CỤM CHI TIẾT CHÍNH SỬ DỤNG PHƯƠNG PHÁP PHẦN TỬ HỮU HẠN

Vật liệu được sử dụng cho các chi tiết dạng trụ là thép 40X. Căn cứ vào các lực cơ bản tác dụng lên trục lắp đĩa thí nghiệm và trụ dẫn hướng thẳng đứng, kết quả tính toán sử dụng phần tử hữu hạn FEM được biểu diễn trong hình 8 và 9. Trục lắp đĩa thí nghiệm cũng được tính toán, kiểm tra theo phương pháp truyền thống bao gồm các bước tính sơ bộ, kiểm nghiệm trục về độ bền mỏi, kiểm tra độ cứng của trục theo tài liệu [1].



Hình 8. *Kết quả tính toán phân bố ứng suất trên trục lắp đĩa thí nghiệm sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn*



Hình 9. *Sơ đồ và kết quả tính toán phân bố ứng suất trên trụ dẫn hướng đứng sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn*

ỨNG DỤNG ĐÁNH GIÁ ĐỘ MÒN CỦA MỘT SỐ MẪU VẬT LIỆU

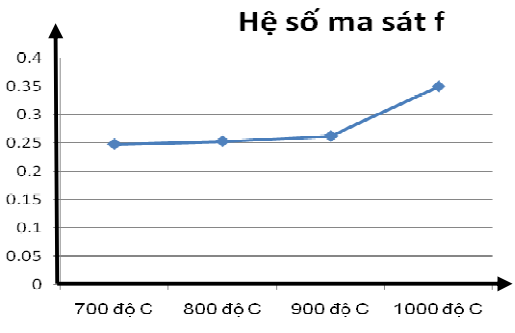
Thiết bị thí nghiệm ma sát – mòn được sử dụng để đánh giá vật liệu ma sát nền đồng được chế tạo bằng phương pháp ép nóng. Cường độ mòn và hệ số ma sát của các mẫu có tỉ lệ sắt và nhiệt độ ép khác nhau được đánh giá và so sánh với một số công bố khoa học trên thế giới.

Các mẫu trong hình 10 có thành phần thống nhất theo khối lượng: 6% Zn, 6%Sn, 3 Pb, 3%, 3 Fe, 10% C và phần còn lại là đồng. Các mẫu được ép nóng trong khuôn graphit mật độ cao bằng phương pháp nung cảm ứng. Thời gian giữ nhiệt 2 phút. Các mẫu được kiểm tra tốc độ mòn theo tiêu chuẩn ASTM G132 - 96 (2013) và ASTM G115-10(2013) của tổ chức ASTM, Hoa Kỳ, [2-4]. Diện tích tiếp xúc 200 mm^2, điều kiện tiếp xúc: không bôi trơn, tốc độ trượt 0,785 m/s, thời gian trượt: 2 phút, áp lực tiếp xúc pháp tuyến: 0,07 N/mm^2, giấy ráp: P1000. Sau mỗi một mẫu, giấy ráp được thay mới.

Hình 10. *Mẫu vật liệu ma sát chế tạo bằng phương pháp ép nóng với nhiệt độ khác nhau*

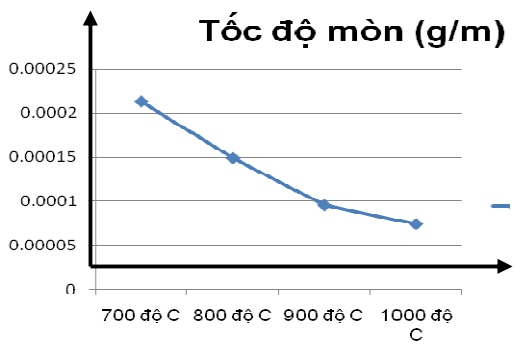
KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Kết quả đo hệ số ma sát được thể hiện trong hình 11. Theo kết quả đo, hệ số mẫu ép nóng ở nhiệt độ 700 độ C có hệ số ma sát thấp nhất, tốc độ mòn tính cho một mét trượt trên giấy ráp cao nhất. Trong khi đó, mẫu ép nóng ở nhiệt độ 1000 độ C có hệ số ma sát cao nhất đồng thời có tốc độ mòn thấp nhất.



Hình 11. *Quan hệ giữa hệ số ma sát và nhiệt độ ép nóng vật liệu ma sát nền đồng. (Cặp ma sát làm việc trong chế độ có bôi trơn, tốc độ trượt 2,355 m/s, áp lực 0,4N/mm^2, vật liệu đối tiếp: thép 30XГC)*

Kết quả đo hệ số ma sát và tốc độ mòn phù hợp với các nghiên cứu trong nước và trên thế giới về vật liệu luyện kim bột nền đồng có hạt cứng phân tán [7, 8].



Hình 12. *Quan hệ giữa tốc độ mòn và nhiệt độ ép nóng vật liệu ma sát nền đồng. (trượt khô, tốc độ trượt 0,785 m/s; áp lực tiếp xúc pháp tuyến 0,07 N/mm^2, giấy ráp P1000)*

KẾT LUẬN

Máy đánh giá đặc tính ma sát - mòn do nhóm nghiên cứu thiết kế chế tạo có hình thức đẹp, làm việc tin cậy, ổn định. Nhóm nghiên cứu đã nâng cao hiệu quả khai thác thiết bị chất lượng cao sẵn có của nhà trường. Thiết bị có thể ứng dụng trong hoạt động nghiên cứu khoa học và đào tạo của các ngành cơ khí, kỹ thuật vật liệu, vật liệu điện, v.v. Để nâng cao hiệu quả của thiết bị, có thể nâng cao cấp chính xác của ổ bi trục lắp đĩa thí nghiệm, nâng cao độ cứng vững của cụm lắp cảm biến; giảm rung động do động cơ và bộ truyền đai gây ra. Thiết bị có thể mở rộng khả năng đo bằng cách lắp thêm cụm đo ma sát mòn theo cơ chế chốt trên mặt trụ (pin - on - drum).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Trịnh chất, Lê Văn Uyển, Tính toán thiết kế hệ dẫn động cơ khí, Nxb Giáo dục, 2007.

[2]. ASTM G115-10(2013) , Standard Guide for Measuring and Reporting Friction Coefficients, http://www.astm.org/ Standards/G115.htm

[3]. ASTM G132 - 96(2013), Standard Test Method for Pin Abrasion Testing, http:// www.astm.org/Standards/G132.htm,

[4]. ASTM G99 - 05(2010), Standard Test Method for Wear Testing with a Pin-on-Disk Apparatus, http://www.astm.org/ Standards/ G99.htm

[5]. CSM Instruments SA, Rue de la Gare 4, Galileo Center, CH-2034, eseux, SWITZERLAND, http://www.csm-instruments. com/ en/Pin-on-Disk-Tribometer

[6]. Inventor Professional for Education, Free software download for students & educators, http://www.autodesk.com/ education/free-software /inventor-professional

[7]. Vũ Lai Hoàng, Hoàng Ánh Quang, Ảnh hưởng của hàm lượng TiC tới cơ tính của vật liệu compozit Cu – TiC, Hội KHKT Đúc-Luyện Kim Việt Nam, www.ducluyenkim.com

[8]. Glenn Kwabena Gyimah□, Dong Chen, and Ping Huang, Dry Sliding Studies of Porosity on Sintered Cu-based Brake Materials, Transaction on control and mechanical systems, vol. 2, no. 5, pp. 219-224, may, 2013.

SUMMARY

AN STUDY ON FABRICATING TRIBOLOGY TESTING MACHINE

Nguyen Van Giap[1,*], Nguyen Ha Tuan[2], Nguyen Trung Thanh[1], Vu Lai Hoang[1], Nguyen Hong Kong[1], Lam Hoang Linh[1]

[1]College of Technology – TNU; [2]Institute of Technology – General Department of Defence Engineering

The paper presents process on designing and manufacturing Tribology Testing Machine. Advanced methods on designing, manufacturing, integrating sensor, control system were implemented. The wear loss and friction coefficient testing result shows that the machine runs as well and reliably as one imported from developing countries.

Key words: *Tribological characteristics, Tribology Testing Machine, Friction Coefficicent, Wear loss, Pin - on - disk.*

Ngày nhận bài: 13/3/2014; Ngày phản biện: 15/3/2014; Ngày duyệt đăng: 25/3/2014

Phản biện khoa học: *PGS.TS. Nguyễn Đình Mãn – Trường CĐ Kinh tế Kỹ thuật – ĐH Thái Nguyên*

[*] *Tel: 0982865698*