

Ảnh hưởng tải trọng đến khả năng tự hồi phục mòn của phụ gia nano TiC trong dầu bôi trơn CF-4 15W/40

Loads effect on self-recovering abrasive capable of nano TiC additive in CF-4 15W/40 lubricant

Nguyễn Đình Cường

Email: nguyencuong1111980@gmail.com

Trường Đại học Sao Đỏ

Ngày nhận bài: 23/02/2021

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 16/5/2021

Ngày chấp nhận đăng: 30/6/2021

Tóm tắt

Ma sát và mòn dẫn đến giảm hiệu suất của máy móc. Chất phụ gia nano trong dầu bôi trơn có khả năng làm giảm ma sát và tự hồi phục bề mặt bị mòn. Bài báo sử dụng máy ma sát 4 bi MRS-10A thí nghiệm chất phụ gia nano TiC trong dầu bôi trơn về ma sát học. Thí nghiệm với hàm lượng 0,5% phụ gia nano TiC trong dầu bôi trơn với tải trọng khác nhau. Dùng máy đo đường kính mòn của bi, kính hiển vi đồng tiêu (LCSM) và máy phổ tán sắc năng lượng (EDX) phân tích thành phần hóa học bề mặt bị mòn của bi nhằm đánh giá khả năng tự hồi phục mòn của phụ gia nano TiC. Kết quả thí nghiệm thấy rằng, dầu bôi trơn khi bổ sung chất phụ gia nano TiC có khả năng chống mòn, giảm ma sát và tự hồi phục. Với điều kiện tải trọng càng cao, chất phụ gia nano TiC khuếch tán vào bề mặt mòn càng nhiều.

Từ khoá: Ma sát; mòn; tự hồi phục; chất phụ gia nano; nano titan.

Abstract

Friction and abrasion are the reasons leading to the efficiency reduction of machine. The nano additives in lubricant are capable of reducing friction and self-recovering abrasive surfaces. The tribological behavior of TiC nanoparticle as lubricating additives was studied in MRS-10A four-ball frictional apparatus. This experiment using 0.5% of TiC nano additive content in lubricity with various loading conditions. The frictional wear behavior and self-repair characteristic was analyzed by using Grinding Spot measurement system, Laser Confocal Scanning Microscopy (LCSM) and Energy-Dispersive X-ray spectroscopy (EDX) measurement instruments. Experimental results indicate that the amount of 0.5% TiC in lubricants that makes nanoparticles possess good friction reducing and anti-wear characteristics. Experimental results indicate that TiC nanoparticles possess good friction reducing and antiwear characteristics. The lubricating oil with TiC nanoparticles has better selfrepair and surface polishing effect at high loads.

Keywords: Friction abrasion; self-recovering; nano-meteradditives; nanometer titanium.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ma sát là hiện tượng dịch chuyển tương đối phát sinh giữa hai vật thể trong vùng các bề mặt tiếp xúc tiếp tuyến với nhau. Ma sát sẽ phát sinh mòn - quá trình thay đổi dần dần kích thước của vật thể khi ma sát, thể hiện bằng việc tách vật liệu ra khỏi bề mặt ma sát hoặc thể hiện bằng biến dạng dư. Mòn là một trong những nguyên nhân gây ra va đập, rung động tiếng ồn, giảm công suất và tuổi thọ [1-2]. Các nghiên cứu và ứng dụng về chất phụ gia nano trong dầu bôi trơn

đã khẳng định được rằng: Khi bổ sung phụ gia nano với hàm lượng tối ưu trong dầu bôi trơn không những có khả năng giảm mòn đồng thời hồi phục bề mặt ma sát khi bị mòn [3-5]. Diễn biến quá trình hồi phục mòn gồm các giai đoạn: Mòn cắt tế vi; năng lượng hoạt hóa; quá trình bám dính; hồi phục cục bộ bề mặt và tăng hồi phục được hoàn thành [6].

TiC có màu xám, mạng tinh thể dạng khối lập phương, ổn định hóa học, không phản ứng với một số axit và kiềm. Có thể điều chế TiC từ TiO_2 trong điều kiện nhiệt độ cao. TiC nhẹ, độ nóng chảy cao, độ cứng cao, chống mòn tốt [7]. Từ những tính chất đặc biệt của TiC, nên bài báo này nghiên cứu, thí nghiệm khả năng giảm ma sát, mòn và phục hồi bề mặt ma sát bằng phụ

Người phản biện: 1. PGS. TS. Trần Văn Địch

2. PGS. TS. Hoàng Văn Gọt

gia nano TiC trong dầu bôi trơn ở điều kiện tải trọng từ 300 ÷ 700 N.

2. PHẠCHẾ PHỤ GIA NANO VÀ THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM

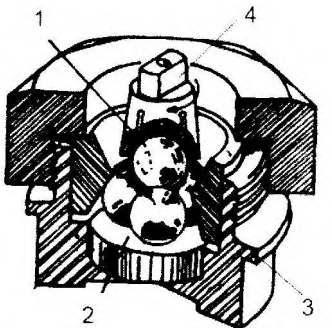
2.1. Pha chế phụ gia

Phụ gia bao gồm: Nano TiC có độ hạt là 20 nm và chất phân tán (Polyethylene glycol) trọng lượng phân tử PEG-200 với tỷ lệ khối lượng (1:2). Tỷ lệ hỗn hợp phụ gia này được hòa vào dầu bôi trơn (CF-4 15W/40). Khi pha phụ gia, trước tiên dùng đĩa thủy tinh khuấy, sau đó đặt cốc dầu bôi trơn đã pha chế phụ gia vào máy phát sóng siêu âm trong thời gian 30 phút, chất phụ gia sẽ phân tán đồng đều trong dầu bôi trơn [8].

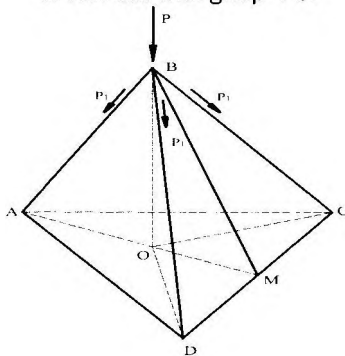
2.2. Thiết bị thí nghiệm

Dùng máy thí nghiệm ma sát 4 bi MRS-10A với viên bi đường kính là 12,7 mm và độ cứng HRC: 64-66. Nguyên lý làm việc của máy bốn bi theo Hình 1. Viên bi phía trên được kẹp chặt bởi kẹp bi (4), và có chuyển động quay. Ba viên bi ở dưới được cố định bởi mỗi ghép (3). Khi viên bi (1) quay sẽ tiếp xúc ma sát với ba viên bi cố định phía dưới. Khi có chuyển động ma sát, 3 viên bi phía dưới có vết mòn hình dạng là hình tròn. Về trị lực tác dụng và trị số như Hình 1b, dưới tác dụng ngoại lực P tác dụng lên viên bi đỉnh (1), mỗi viên bi phía dưới sẽ nhận lực tương hỗ P₁.

$AB = DB = BC = DC = AD = AC = P_1;$
 $BM = BC \sin 60^\circ = 0,866P_1;$



a. Kết cấu mỗi ghép 4 bi



b. Sơ đồ lực tác dụng 4 bi

Hình 1. Nguyên lý và cấu tạo của ma sát 4 viên bi

- 1, Viên bi đỉnh; 2, Ba viên bi phía dưới;
- 3, Mỗi ghép kẹp 3 viên bi; 4, Kẹp bi

2.3. Thông số thí nghiệm

Thí nghiệm với phụ gia nano trong dầu bôi trơn đã pha như mục 2.1. Thông số thí nghiệm theo Bảng 1.

Bảng 1. Thông số thí nghiệm với điều kiện tải trọng thay đổi

TT	Tải trọng (N)	Hàm lượng nano TiC (%)	Tốc độ (v/ph)	Nhiệt độ (°C)	Thời gian (phút)
1	300	0,5	600	75	60
2	400	0,5	600	75	60
3	500	0,5	600	75	60
4	600	0,5	600	75	60
5	700	0,5	600	75	60

Dùng máy đo biên dạng mòn của 3 viên bi cố định phía dưới, sau đó tính trung bình đường kính vết mòn để đánh giá độ mòn trong quá trình ma sát. Đồng thời sử dụng kính hiển vi đồng tiêu (LCSM) và máy phổ tán sắc năng lượng (EDX) phân tích thành phần hóa học trên vết mòn của viên bi. Kết quả phân tích thành phần hóa học của bề mặt viên bi bị mòn sẽ đánh giá được khả năng tự hồi phục hao mòn của phụ gia nano TiC.

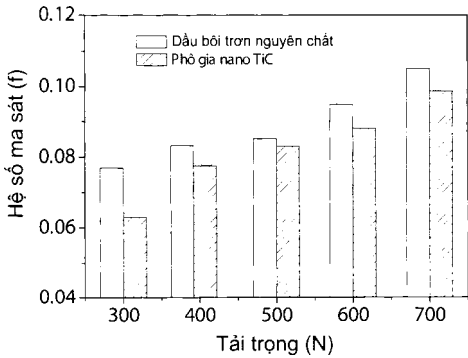
3. KẾT QUẢ

3.1. Ảnh hưởng của tải trọng đến ma sát và mòn

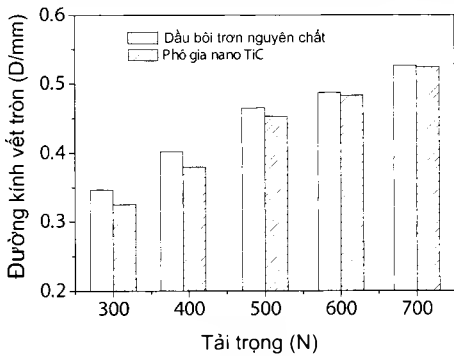
Thí nghiệm với dầu có chất phụ gia nano TiC và dầu bôi trơn nguyên chất (Hình 2; Hình 3). Kết quả thấy rằng: Dù tải trọng nhỏ hay lớn, chất phụ gia nano TiC trong dầu bôi trơn sẽ giảm ma sát và mòn so với dầu bôi trơn nguyên chất. Với điều kiện tải trọng thí nghiệm là 300 N; 400 N; 500 N; 600 N và 700 N, hệ số ma sát giảm lần lượt là 18,1%; 6,9%; 2,5%; 7,2% và 6,1% (Hình 2), đường kính vết mòn giảm lần lượt là 6,3%; 5,5%; 2,6%; 0,8% và 0,4% (Hình 3). Từ kết quả thí nghiệm ma sát và mòn nhận thấy, hệ số ma sát và vết mòn của viên bi có mối quan hệ với nhau, hệ số ma sát giảm thì đường kính vết mòn cũng giảm và ngược lại. Tuy nhiên, tại tải trọng 300 N hệ số ma sát giảm nhiều (18,1%) nhưng đường kính vết mòn giảm không đáng kể (6,3%). Nguyên nhân có thể do tác dụng của tải trọng nhỏ, môi trường chưa thuận lợi để chất phụ gia nano phản ứng phân giải dầu bôi trơn tạo ra chất dính, chính môi trường bôi trơn có chất dính này làm tăng tính năng dầu bôi trơn, là điều kiện thuận lợi cho nano TiC bám dính và khuếch tán dẫn đến bảo vệ bề mặt ma sát, nên đường kính vết mòn giảm không nhiều [9].

Diễn biến hệ số ma sát thay đổi của dầu bôi trơn có phụ gia nano TiC theo thời gian tải trọng khác nhau (Hình 4). Từ hình vẽ ta thấy, dưới tác động của tải trọng, hệ số ma sát trong giai đoạn đầu tăng đến một giá trị giới hạn sau đó có xu hướng giảm dần và ổn định. Khoảng

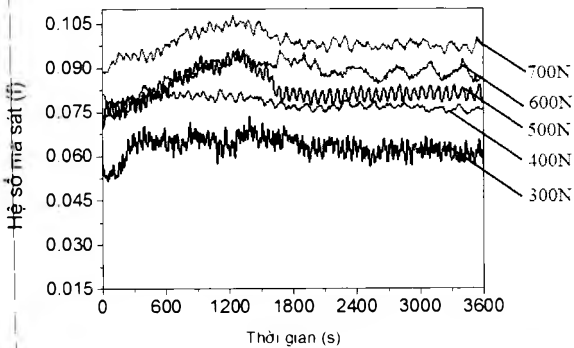
thời gian 1,200 s hệ số ma sát giảm rõ ràng nhất tại tải trọng 500 N và 700 N. Với tải trọng 300 N, hệ số ma sát biến đổi theo thời gian có dao động bước sóng lớn nhưng ổn định theo quy luật.



Hình 2. Ảnh hưởng của tải trọng đến hệ số ma sát



Hình 3. Ảnh hưởng của tải trọng đến đường kính vết tròn



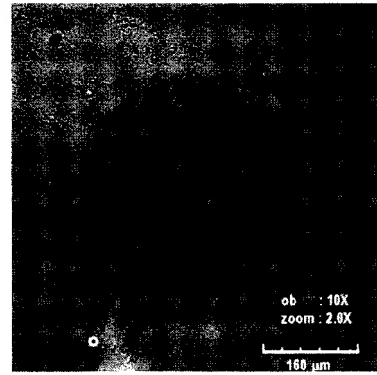
Hình 4. Ảnh hưởng của các tải trọng đến hệ số ma sát theo thời gian đối với phụ gia nano TiC

3.2. Tự phục hồi bề mặt bị mòn

Để đánh giá khả năng tự hồi phục mòn của hàm lượng 0,5% phụ gia nano TiC thông qua kính hiển vi đồng tiêu (LCSM) và máy phổ tán sắc năng lượng (EDX) phân tích thành phần hóa học trên bề mặt mòn của viên bi tiêu chuẩn. Với điều kiện tải trọng 300 N và 700 N khi dùng dầu bôi trơn có chất phụ gia nano và bôi trơn nguyên chất.

3.2.1. Vết mòn và tự hồi phục với tải 300 N

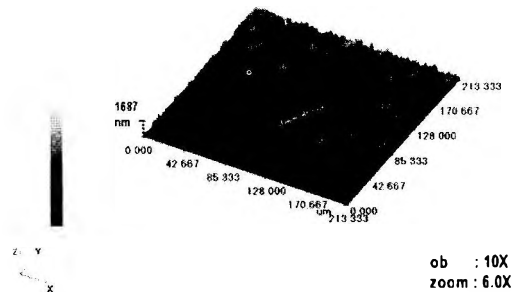
3.2.1.1. Dầu nguyên chất



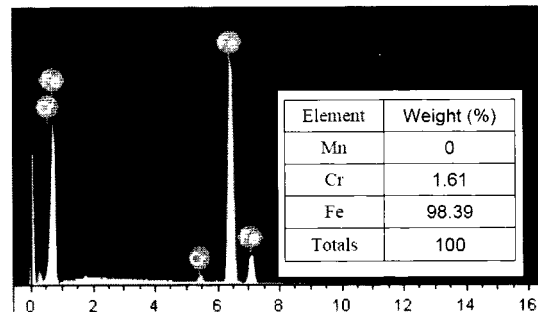
a. Tổng độ đường kính vết mòn



b. Vết mòn tại trung tâm



c. Trung tâm vết mòn (Hình 3D)



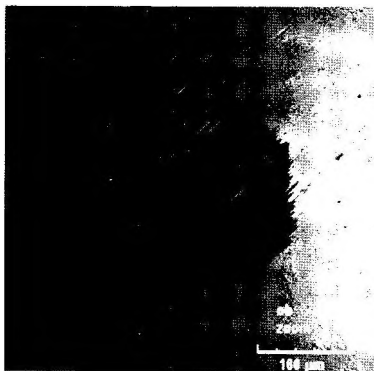
d. EDX phân tích thành phần hóa học

Hình 5. Phân tích vết mòn thí nghiệm dầu bôi trơn nguyên chất (300 N)

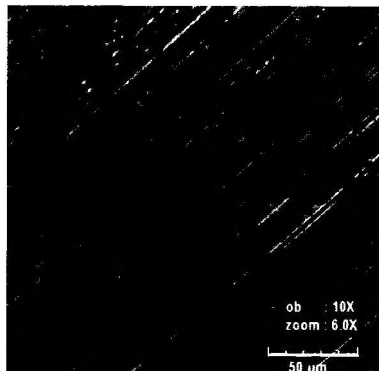
Từ Hình 5 thấy rằng, khi sử dụng dầu bôi trơn nguyên chất, vết mòn có nhiều nhấp nhô cao, độ sâu vết cày xước rất rõ nét trên bề mặt ma sát, toàn bề mặt tương đối xù xì. Vết cào xước rõ nét và hầu hết trên toàn bộ bề mặt vết mòn (Hình 5a, 5b). Độ lệch trung bình của profin hình học bề mặt $Ra = 1.687$ nm (Hình 5c). Dùng máy phổ tán sắc năng lượng (EDX) phân tích thành phần hóa học trên bề mặt ma sát (Hình 5d), thấy tồn tại thành phần các nguyên tố hóa học của viên bi là Fe, Cr.

3.2.1.2. Chất phụ gia nano TiC

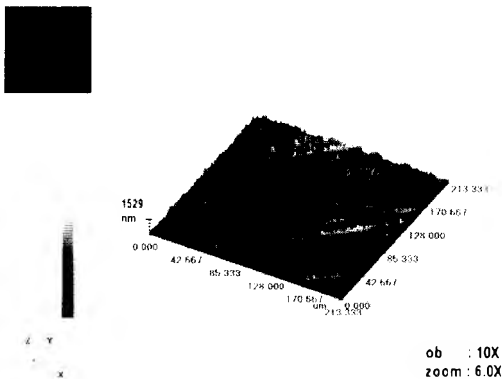
Thí nghiệm hàm lượng 0,5% của chất phụ gia nano TiC trong dầu bôi trơn, với điều kiện tải trọng 300 N, Dùng LCSM quan sát bề mặt vết mòn và phân tích thành phần hóa học (EDX) trên vết mòn được thể hiện trên Hình 6.



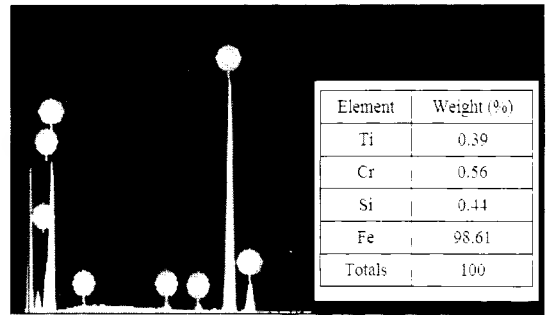
a. Toàn bộ đường kính vết mòn



b. Vết mòn tại trung tâm



c. Trung tâm vết mòn (Hình 3D)



d. EDX phân tích thành phần hóa học

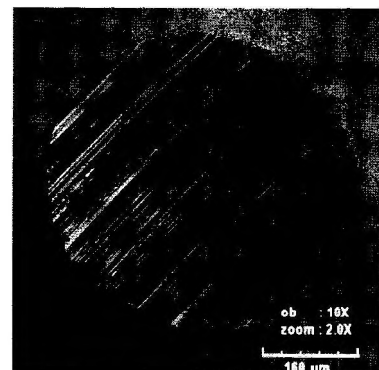
Hình 6. Phân tích vết mòn thí nghiệm chất phụ gia nano TiC (300 N)

Từ hình ảnh có thể quan sát thấy, bề mặt vết mòn khi dùng chất phụ gia nano TiC trong dầu bôi trơn so với dùng dầu bôi trơn nguyên chất có rất ít nhấp nhô, bề mặt tương đối bằng phẳng, vết cày xước không sâu, không rõ nét. Vết xước chỉ tập trung chủ yếu ở phần trung tâm vết mòn (Hình 6a; 6b). Độ lệch trung bình của profin hình học bề mặt $Ra = 1.529$ nm (Hình 6c). Dùng EDX phân tích thành phần hóa học trên bề mặt vết mòn có tồn tại các nguyên tố hóa học Fe, Ti, Cr và Si. Trong đó, nguyên tố Fe, Cr và Si là thành phần hóa học của chi tiết ma sát (viên bi), nguyên tố Ti và O là từ chất phụ gia nano TiC trong dầu bôi trơn. Nguyên tố Ti tồn tại trên bề mặt vết mòn có trị số là 0,39%. Do vậy có thể kết luận rằng, chất phụ gia nano TiC trong dầu bôi trơn đã bổ sung, khuếch tán vào vết mòn nên bề mặt ma sát giảm độ nhấp nhô bề mặt chi tiết.

3.2.2. Vết mòn và tự hồi phục với tải 700 N

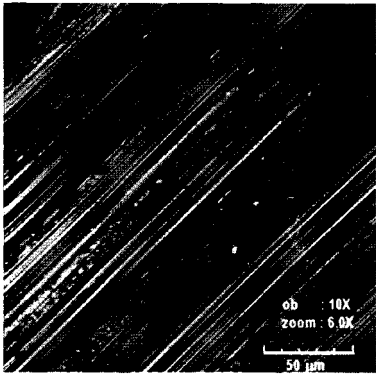
3.2.2.1. Dầu nguyên chất

Với điều kiện tải trọng 700 N, quan sát thấy quá trình mòn rất khốc liệt. Các vết cày xước rất rõ nét trên toàn bộ vết mòn (Hình 7a). Các vết mòn rất nghiêm trọng khi phóng to ở trung tâm vết mòn (Hình 7b). Độ lệch trung bình của profin hình học bề mặt $Ra = 4.168$ nm (Hình 7c). Phân tích thành phần hóa học trên bề mặt vết mòn (EDX) có tồn tại các nguyên tố hóa học Fe, O và P (Hình 7d).

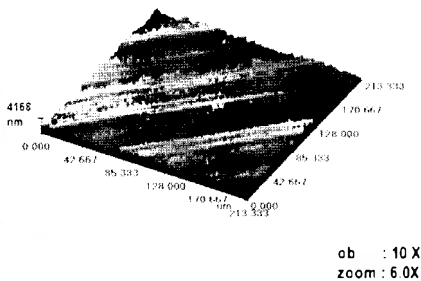


a. Toàn bộ đường kính vết mòn

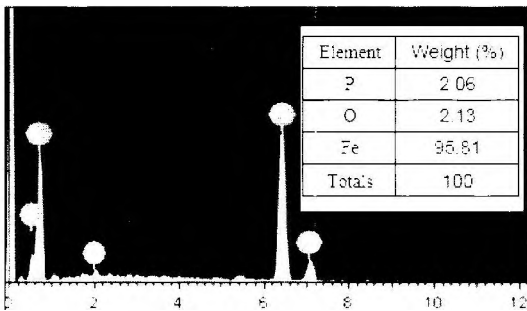
bôi trơn. Nguyên tố Ti tồn tại trên bề mặt vết mòn có trị số là 1,15%. Chứng tỏ chất phụ gia nano TiC trong dầu bôi trơn đã bổ sung, khuếch tán vào bề mặt chi tiết mặt ma sát giảm độ nhấp nhô.



b. Vết mòn tại trung tâm



c. Trung tâm vết mòn (Hình 3D)

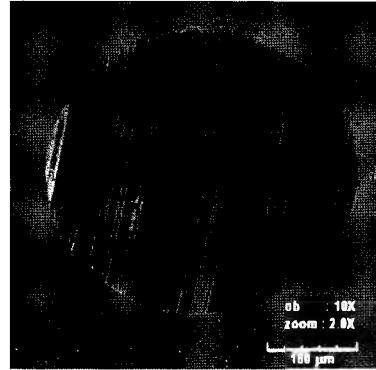


d. EDX phân tích thành phần hóa học

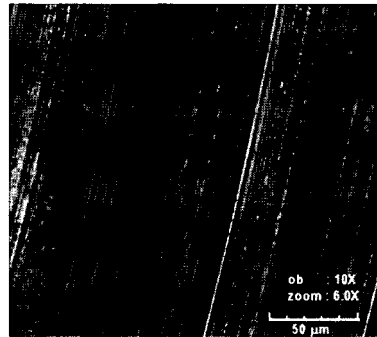
Hình 7. Phân tích vết mòn thí nghiệm dầu bôi trơn nguyên chất (700 N)

3.2.2.2. Chất phụ gia nano TiC

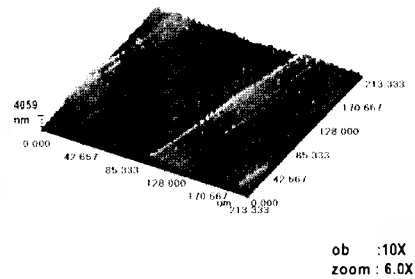
Trên Hình 8, điều kiện tải trọng 700 N, có thể quan sát thấy toàn bộ vết mòn (Hình 8a), trung tâm vết mòn được phóng to ta thấy rằng, mật độ vết cây xước tương đối nhiều, phân bố đều trên toàn bề mặt (Hình 8b). So sánh với vết mòn trên viên bi khi sử dụng chất phụ gia nano TiC, các vết cây xước có phần giảm so với dùng dầu bôi trơn nguyên chất. Độ lệch trung bình của profin hình học bề mặt $R_a = 4.059$ nm (Hình 8c). Phân tích thành phần hóa học trên bề mặt vết mòn (EDX), có tồn tại các nguyên tố Fe, Ti, Cr, S và C. Trong đó, nguyên tố Fe, Cr và S là thành phần hóa học của chi tiết, nguyên tố C từ không khí hoặc từ chất phụ gia nano TiC, nguyên tố Ti là từ chất phụ gia nano TiC trong dầu



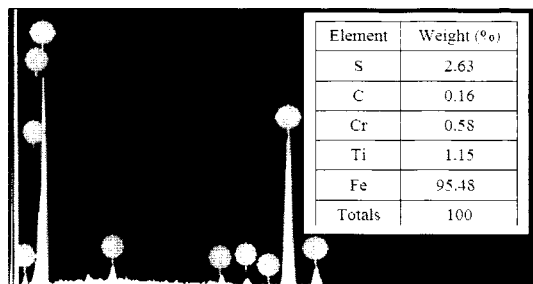
a. Toàn bộ đường kính vết mòn



b. Vết mòn tại trung tâm



c. Trung tâm vết mòn (Hình 3D)



d. EDX phân tích thành phần hóa học

Hình 8. Phân tích vết mòn thí nghiệm chất phụ gia nano TiC (700 N)

4. KẾT LUẬN

- Kết quả thực nghiệm với hàm lượng từ 0,5% phụ gia nano TiC trong điều kiện tải trọng từ 300 N đến 700 N cho thấy: Phụ gia nano TiC với hàm lượng 0,5% trong dầu bôi trơn sẽ làm giảm ma sát và mòn.

- Với hàm lượng 0,5% nano TiC trong dầu bôi trơn đã tự phục hồi mòn.

- Thông qua (EDX) để phân tích thành phần hóa học trên bề mặt ma sát và cho kết quả là: Có sự tồn tại của nguyên tố Ti khuếch tán vào vết mòn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Zeng Hui, Li Shaofei, Liu Tao et al (2015), *Functional lubricating materials-engineering research and development progress of lubricating grease*, CIESC Journal, 2015, 66(8), 2879-2886.

[2]. MoYunhui, TaoDehua, WeiXicheng, et al (2007), *Basic research on wear-self repairing nanometer Tin lubricating coating*, Lubrication Engineering, 32 (10): 69-71.

[3]. Tarasov S, Kolubaev A, Belyaev S, et al (2002), *Study of friction reduction by nanocopper additives to motor oil*, Wear, 252:63-69.

[4]. Garbar I I, Sher E, Shneck R (2000), *Structural mechanism of action of some additives to lubricant*, Industrial Lubrication and Tribology, 52(4): 186-192.

[5]. Hisakado T, Ikuta K, Suda H, et al (1996), *The effects of copper particles and oleic acid on the friction and wear characteristics of ceramics in ethanol*, Wear, 197: 280-285.

[6]. Gu Yanhong (2005), *Research on Application and Mechanism of New-type Cermet Additive in Lubricating oil*, Doctor Degree Dissertation, China University of Geosciences. 91-95.

[7]. Weijie Lu Di Zhang, Xiaonong Zhang (2011), *Microstructural characterization of TiB in situ synthesized titanium matrix composites prepared by common cast technique*, Journal of Alloys and Compounds Vols. 327: 240-247.

[8]. Nguyễn Đình Cường, Nguyễn Tiến Dũng, Vũ Văn Tân (2016), *Nghiên cứu tối ưu hóa chất phụ gia nano TiO₂ trong dầu bôi trơn tự phục hồi mài mòn*, Tạp chí KHCN hàng hải, số 46, 2016: trang 69-74.

[9]. Zhao Yanbao, Zhang Zhijun, Dang Hongxin (2004), *Fabrication and tribological properties of Pb nanoparticles*, Journal of Nanoparticle Research, 2004, 6: 47-51.

THÔNG TIN TÁC GIẢ



Nguyễn Đình Cường

- Tóm tắt quá trình đào tạo, nghiên cứu (thời điểm tốt nghiệp và chương trình đào tạo, nghiên cứu);
- + Năm 2004: Tốt nghiệp đại học, chuyên ngành Ô tô - máy kéo, Trường Đại học Nông nghiệp I, Hà Nội (nay là Học viện Nông nghiệp Việt Nam).
- + Năm 2009: Tốt nghiệp Thạc sĩ, chuyên ngành Cơ khí chế tạo, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.
- + Năm 2015: Tốt nghiệp Tiến sĩ, chuyên ngành Kỹ thuật xe, Đại học Giao thông Tây Nam, Tứ Xuyên, Trung Quốc.
- Tóm tắt công việc hiện tại: Phó Trưởng khoa, Giảng viên, khoa Ô tô, Trường Đại học Sao Đỏ.
- Lĩnh vực quan tâm: Kết cấu ô tô, nhiên liệu, chẩn đoán ô tô, ma sát học, cơ khí ô tô.
- Email: nguyencuong1111980@gmail.com.
- Điện thoại: 0968 900 158.