

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA NHIỆT ĐỘ DUNG DỊCH KHI MẠ CROM ĐẾN ĐẶC TÍNH MA SÁT, MÀI MÒN CỦA DƯỠNG KIỂM TRA PHÁO CAO XẠ 23MM

THE EFFECTS OF THE TEMPERATURE IN THE CHROME PLATING PROCESS ON THE FRICTION AND ABRASION PROPERTIES FOR THE MEASURING GAUGE OF 23MM LIGHT ANTI-AIRCRAFT ARTILLERY

KS. Phạm Văn Nhất, PGS, TS. Nguyễn Trường Sinh

Học viện Kỹ thuật Quân sự

TÓM TẮT

Bài báo xem xét, đánh giá ảnh hưởng của nhiệt độ khi mạ crom đến chất lượng bề mặt chi tiết thông qua đặc tính ma sát, mài mòn. Từ các kết quả thử nghiệm trên các thiết bị hiện đại cho phép chúng ta tìm ra được chế độ công nghệ mạ crom tối ưu, nâng cao chất lượng bề mặt của dưỡng kiểm tra pháo cao xạ 23mm. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm là cơ sở khoa học bổ sung thêm cho nghiên cứu lý thuyết nhằm hoàn thiện về đánh giá chất lượng bề mặt chi tiết máy thông qua các yếu tố về ma sát, mài mòn.

Từ khóa: Pháo cao xạ 23mm; Quá trình mạ crom; Nhiệt độ; Đặc tính ma sát và mài mòn.

ABSTRACT

The paper presents the effect of temperature when chrome plating on the surface quality of parts through friction and abrasion. From the test results on modern equipment, we can find the optimal chromium plating technology process to improve the surface quality of the 23 mm Light Antiaircraft Artillery. The results of the experimental research are additional scientific basis for theoretical research to complete the evaluation of the surface quality of machine parts through the factors of friction and abrasion.

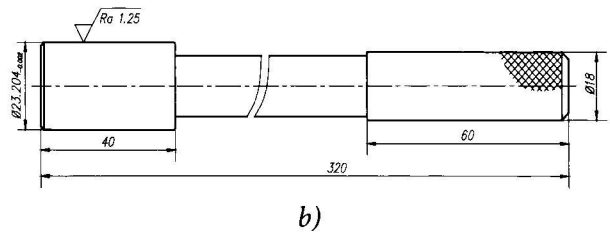
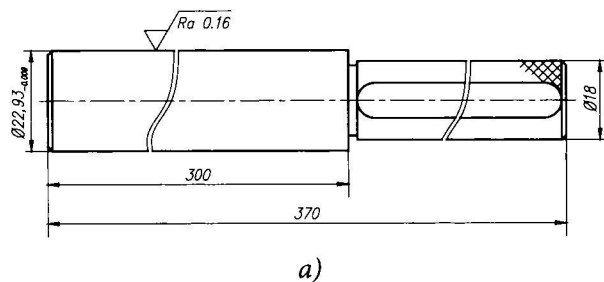
Keywords: 23mm Light Antiaircraft Artillery, the chrome plating process, the temperature, the friction and abrasion properties.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện tại, nhu cầu đối với dưỡng kiểm tra pháo cao xạ 23mm của các trạm đo lường - chất lượng, các xưởng sửa chữa vũ khí, các kho đến các bộ phận kỹ thuật trong quân đội là rất lớn và rất cấp thiết. Để chế tạo hoàn chỉnh một bộ dưỡng 23mm mất rất nhiều thời gian và tốn kém. Do đó, cần chú trọng vào việc nâng cao tuổi thọ làm việc của dưỡng. Mặt khác, việc nghiên cứu đánh giá về tuổi thọ của dưỡng thông qua các đặc tính ma sát, mài mòn nói chung còn rất hạn chế. Các nghiên cứu hầu hết mới chỉ dừng lại ở mức độ lý thuyết, đánh giá chủ yếu nhằm vào cơ tính vật liệu, tiếp cận với phương pháp chung nhất. Các vấn đề thực nghiệm chưa được quan tâm nhiều. Do đó, vấn đề nghiên cứu giữa lý thuyết kết hợp với thực nghiệm đối với dưỡng kiểm tra rất có ý nghĩa.

2. GIỚI THIỆU CHUNG VỀ BỘ DƯỠNG KIỂM TRA PHÁO CAO XẠ 23MM

Bộ dưỡng kiểm tra pháo cao xạ 23mm gồm 32 loại dưỡng, dùng để kiểm tra các chi tiết như: Nòng pháo, kim hỏa, buồng đạn, khóa nòng... Một trong những dưỡng được sử dụng thường xuyên nhất là dưỡng kiểm tra nòng pháo và dưỡng kiểm tra độ nhô kim hỏa. Trên hình 1, thể hiện kết cấu của dưỡng kiểm tra nòng pháo.



b)
 Hình 1. Kết cấu của dưỡng kiểm tra nòng pháo:
 a) Dưỡng kiểm tra độ thẳng của nòng. Bề mặt làm việc là mặt trụ có kích thước $\Phi 22,93 \times 300$;
 b) Dưỡng kiểm tra đường kính lòng nòng. Bề mặt làm việc là mặt trụ kích thước $\Phi 23,204 \times 40$.

Bộ dưỡng kiểm tra pháo cao xạ là bộ dưỡng có hình dáng phức tạp, yêu cầu độ chính xác cao. Do đó, bất kỳ sự ảnh hưởng nhỏ nào của hiện tượng ma sát, mài mòn cũng đều có thể ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng đo kiểm đối với pháo. Vì vậy, cần đặc biệt quan tâm tới khả năng chống mài mòn của dưỡng trong quá trình gia công chế tạo.

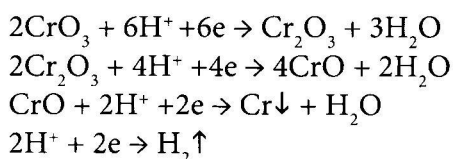
Tùy theo yêu cầu kỹ thuật, độ chính xác, điều kiện làm việc, tần suất đo kiểm của dưỡng mà dùng các vật liệu chế tạo khác nhau như: Thép dụng cụ Y8A, thép thấm cacbon C20, thép tôi bề mặt 40X, thép hợp kim 9XC, IIIX15, 65Γ, v.v. Bề mặt kiểm tra của các dưỡng yêu cầu độ cứng cao từ 56 HRC đến 64 HRC. Độ bóng bề mặt kiểm tra của các dưỡng phải đạt được từ Ra0,63 đến Ra0,16. Các dưỡng kiểm tra pháo 23mm thường được yêu cầu mạ crom để chống ăn mòn và mài mòn, với chiều dày lớp mạ từ 10 μm đến 50 μm.

3. CƠ SỞ LÝ THUYẾT CỦA QUÁ TRÌNH MẠ CROM

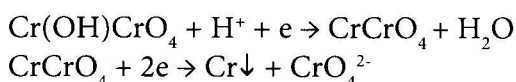
Mạ crom khác một cách căn bản so với các quá trình mạ khác là sự kết tủa crom kim loại từ dung dịch axit crôm H_2CrO_4 , chứ không phải dung dịch muối hoà tan của kim loại.

Sự kết tủa crom từ dung dịch axit cromic (crom chứa trong anion CrO_4^{2-}), thường diễn ra với sự có mặt của axit H_2SO_4 , axit floroboric HBF_4 , axit flosilicic H_2SiF_6 . Những axit thêm vào đó tác dụng như những chất xúc tác. Dung dịch mạ crom rất nhạy với các chất bẩn.

Lý thuyết quá trình mạ crom vẫn chưa được xác định hoàn toàn. Một trong các lý thuyết cho rằng, quá trình diễn ra trên catốt theo từng nấc, từ crom Cr^{6+} (CrO_3) chuyển thành Cr^{3+} (trong Cr_2O_3) rồi Cr^{2+} (CrO) và cuối cùng thành crom kim loại [2].



Thuyết Muller cho rằng, trong khoảng không gian sát catốt hình thành hợp chất $\text{Cr}(\text{OH})\text{CrO}_4$ và bị khử theo quá trình:



Mặc dù có rất nhiều công trình nghiên cứu về cơ chế khử của axit cromic thành kim loại crom trên catốt, nhưng vẫn chưa có thuyết nào được chấp nhận hoàn toàn.

Các loại lớp mạ crom:

Tùy theo chế độ điện phân mà lớp mạ crom sẽ có những tính chất rất khác nhau. Dựa theo các tính chất này chia thành 3 nhóm lớp mạ crom:

- Lớp mạ crom xám, có cơ lý tính kém nên ít dùng;
- Lớp mạ crom bóng, có độ cứng cao,

chịu va đập tốt;

- Lớp mạ crom sữa, có độ xốp bé nhất và đàn hồi tốt nhất.

Nếu phân chia theo chức năng thì các lớp mạ crom có 3 loại: Crom chống ăn mòn, crom bảo vệ - trang sức và crom chống mài mòn, va đập.

Cấu tạo và tính chất lớp mạ crom:

Lớp mạ crom có cấu tạo tinh thể rất nhỏ mịn. Lớp crom bóng có tinh thể nhỏ nhất từ 0,001 μm đến 0,01 μm ; lớp crom xám mờ và sữa có tinh thể to hơn từ 0,1 μm đến 10 μm . Lớp mạ crom có chứa 0,2 ÷ 0,5% oxy; 0,03 ÷ 0,07% hydro và một ít nito. Nhiệt độ dung dịch càng cao, mật độ dòng điện càng thấp thì thể tích khí lẫn vào crom càng bé. Sau khi mạ đem xử lý nhiệt ở 300°C có thể loại được 80% hydro khỏi kim loại mạ.

Lớp mạ crom có 2 dạng cấu tạo: αCr và βCr .

- αCr có tỷ trọng 7,1 g/cm^3 và được sắp xếp chặt chẽ;
- βCr có tỷ trọng 6,08 g/cm^3 được sắp xếp kém chặt chẽ hơn.

Mạ ở nhiệt độ cao, mật độ dòng điện lớn sẽ sinh ra αCr , cho lớp mạ crom bóng, cứng. Mạ ở nhiệt độ thấp, mật độ dòng điện nhỏ chủ yếu sinh ra βCr cho lớp mạ xám xốp, bám kém. Dạng βCr chỉ bền ở nhiệt độ dưới 25°C, khi nhiệt độ cao hơn nó sẽ tự chuyển sang dạng αCr ổn định hơn, đồng thời giải phóng hydro hấp thụ và co rút thể tích, tạo thành mạng vết nứt chằng chịt trên bề mặt lớp mạ.

Vết nứt của lớp mạ crom chỉ xuất hiện khi chiều dày đã đạt đến một giá trị nhất định. Vì vậy, có thể điều khiển độ xốp lớp mạ bằng chế độ điện phân và bằng tỷ số nồng độ $\text{CrO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$ của dung dịch.

Mạ crom từ dung dịch có chứa anion SO_4^{2-} được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp cũng như trong quân đội. Tính ưu việt của công nghệ này là trang thiết bị đơn giản, số lượng dung dịch ít, dễ pha chế nhưng vẫn đảm bảo yêu cầu kỹ thuật của chi tiết, đem lại hiệu quả kinh tế lớn. Do vậy, sử dụng công nghệ mạ crom này để mạ các bề mặt của dưỡng kiểm tra pháo cao xạ 23mm.

Ngoài vật liệu kim loại, lớp mạ hình thành có chất lượng hay không phụ thuộc vào những yếu tố quan trọng sau: Mật độ dòng điện, các thành phần chủ yếu của dung dịch mạ, nhiệt độ,... Ảnh hưởng rất lớn đến khả

năng phân bố, hiệu suất dòng điện, tính năng dung dịch và tính năng lớp mạ (như độ bóng, độ cứng, vết nứt ...). Vì vậy, phải khống chế nghiêm túc các yếu tố ảnh hưởng trên trong phạm vi công nghệ.

Ở bài báo này, các tác giả chủ yếu quan tâm đến vấn đề ảnh hưởng của nhiệt độ dung dịch khi mạ và tìm ra vùng nhiệt độ tối ưu, nhằm nâng cao khả năng chống ma sát, mài mòn cho bề mặt dưỡng kiểm tra.

4. VẬT LIỆU CHẾ TẠO MẪU THỬ NGHIỆM VÀ QUY TRÌNH THỬ NGHIỆM

4.1. Thành phần vật liệu mẫu thử nghiệm

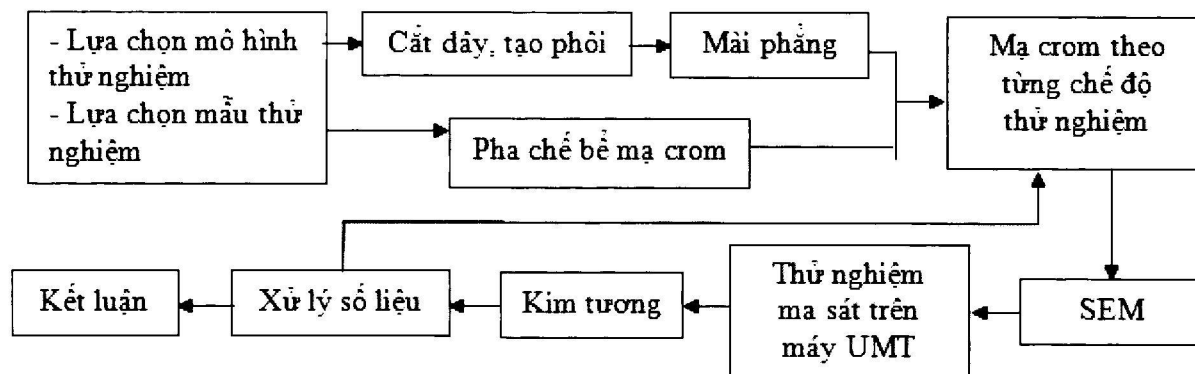
Vật liệu dùng để chế tạo mẫu thử nghiệm là thép 65Γ. Thành phần hóa học của mẫu thử nghiệm thể hiện trong bảng 1 [1].

Bảng 1. Thành phần hóa học của mẫu thử nghiệm (%)

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0,62 - 0,7	0,17 - 0,37	0,9 - 1,2	tối đa 0,25	tối đa 0,035	tối đa 0,035	tối đa 0,25	tối đa 0,2

4.2. Quy trình thử nghiệm

Quy trình thử nghiệm được thể hiện trên sơ đồ hình 2.



Hình 2. Quy trình thử nghiệm.

Thiết bị mạ crom là thiết bị đang được sử dụng tại Trung tâm Công nghệ Cơ khí chính xác, Viện Khoa học và Công nghệ Quân sự. Thành phần dung dịch mạ crom được pha theo đúng tỷ lệ như bảng 2 và tham số điện phân được thể hiện trong bảng 3.

Bảng 2. Thành phần dung dịch mạ crom:

Thành phần có trong dung dịch	Nồng độ, g/l
CrO_3	250
H_2SO_4	2,5
$\text{CrO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$	100/1
Khối lượng riêng	1,18

Bảng 3. Giá trị các tham số điện phân:

Tham số điện phân	Giá trị
Nhiệt độ T ($^{\circ}\text{C}$)	20 - 70
Mật độ dòng điện catot D_c (A/dm^2)	30
Thời gian mạ (s)	3600

Tiến trình công nghệ chế tạo mẫu thử nghiệm được xây dựng dựa trên các công nghệ chế tạo dưỡng kiểm tra súng bộ binh thông dụng cũng như khả năng công nghệ và trang thiết bị hiện có trong nước. Đặc biệt là tại Trung tâm Công nghệ Cơ khí chính xác, Viện Khoa học Công nghệ Quân sự, Bộ Quốc phòng là đơn vị có năng lực chế tạo các chi tiết cơ khí

chính xác hàng đầu quân đội, có kinh nghiệm lâu năm trong lĩnh vực nghiên cứu, thiết kế, chế tạo các loại dưỡng kiểm tra súng pháo đảm bảo kỹ thuật cho ngành Quân khí [3].

5. Phân tích, đánh giá kết quả thử nghiệm ma sát, mài mòn

Quá trình thử nghiệm ma sát, mài mòn được tiến hành trên hệ thống đa năng UMT (Universal Micro Materials Tester) của Mỹ. Thiết bị dùng để thử nghiệm ma sát cho kim loại đen, kim loại màu, nhựa, gốm, giấy, vật liệu tổng hợp, lớp phủ mỏng, cũng như các chất bôi trơn ở thể rắn, dầu và mỡ bôi trơn. Lực có thể đo chính xác từ mg tới kg với độ phân giải 0.00003% của thang đo. Hệ thống thử nghiệm hoàn toàn tự động điều khiển và thu thập dữ liệu bằng máy tính với phần mềm độc quyền [4].

Thử nghiệm được tiến hành với mô hình bi trên tấm phẳng. Mẫu trên là bi được làm bằng thép không gỉ 1X18H9T (0.1%C, 18%Cr, 9%Ni, khoảng gần 1%Ti). Mẫu dưới dạng tấm phẳng được thể hiện trong bảng 4.

- Tần số chuyển động tịnh tiến 3Hz;
- Tải tác dụng (Fz): 10N;
- Thời gian thử: 5 phút.

5.1. Các mẫu thử nghiệm

Đối với những nghiên cứu trước đây cho thấy, khi mạ crom ở vùng mật độ dòng tối ưu là $D_c = 20 \div 30$ (A/dm^2). Để tiến hành làm mẫu thí nghiệm ta lựa chọn giá trị mật độ dòng là $30 \text{ A}/\text{dm}^2$ và thay đổi nhiệt độ trong khoảng 20°C đến 70°C , nhằm tiếp tục tìm ra vùng nhiệt độ tối ưu cho quá trình mạ crom. Các mẫu thử nghiệm khi thay nhiệt độ mạ được thể hiện trong bảng 4.


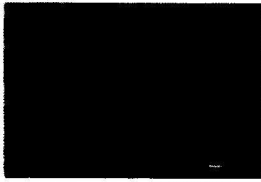




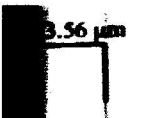

Bảng 4. Tạo mẫu thử nghiệm khi thay đổi nhiệt độ và giữ nguyên mật độ dòng:

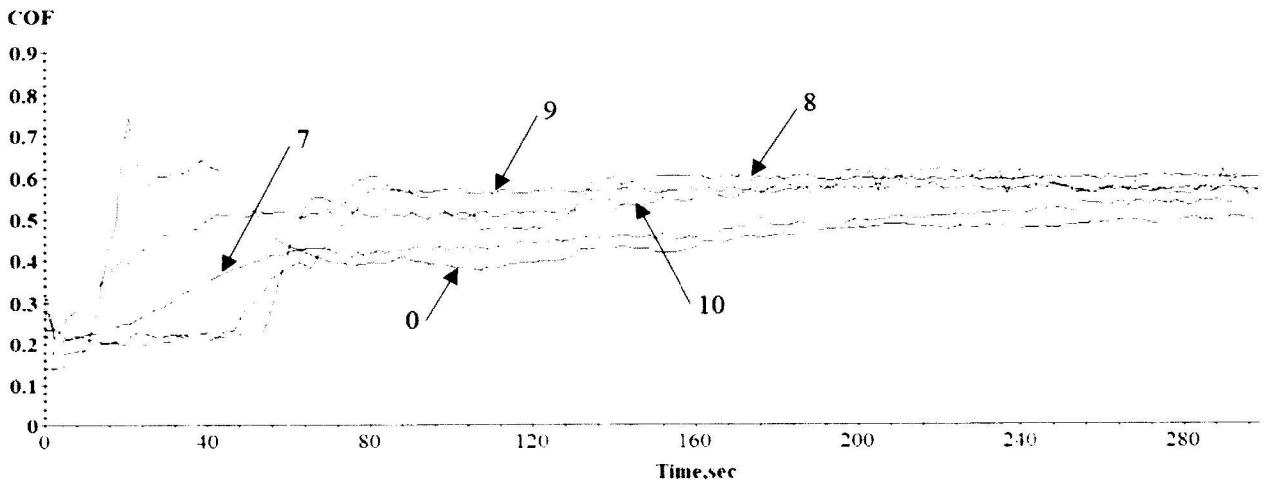
TT	Tên mẫu	Chế độ thử nghiệm		
		Nhiệt độ T và Mật độ dòng D_c	Thời gian t(s)	
1	06	$T = (20 \div 30)^\circ\text{C}$	$D_c = 30 \text{ (A/dm}^2\text{)}$	3600
2	07	$T = (30 \div 40)^\circ\text{C}$		
3	08	$T = (40 \div 50)^\circ\text{C}$		
4	09	$T = (50 \div 60)^\circ\text{C}$		
5	10	$T = (60 \div 70)^\circ\text{C}$		

5.2. Kết quả thử nghiệm mẫu và đánh giá

Các kết quả thử nghiệm mẫu được thể hiện trong bảng 5.

Bảng 5. Kết quả thử nghiệm các mẫu khi nhiệt độ thay đổi:

Mẫu	Độ cứng tế vi (HRC)	Chiều dày lớp mạ	Phương trình mòn	Hệ số ma sát	Hình ảnh SEM (Scanning Electron Microscope)
00	25		$3.21e-5 \cdot t$	0.4043	
06	-	Lớp mạ tối, không bám nền	-	-	-
07	55,6		$1.86e-5 \cdot t$	0.3765	
08	57,8		$1.64e-5 \cdot t$	0.4604	
09	63,1		$1.16e-5 \cdot t$	0.4517	
10	65,9		$9.34e-6 \cdot t$	0.4201	



Hình 3. Đồ thị hệ số ma sát của các mẫu thử nghiệm:
0 – Mẫu 00; 7 – Mẫu 07; 8 – Mẫu 08; 9 – Mẫu 09; 10 – Mẫu 10.

Từ các kết quả thí nghiệm và phân tích mẫu thử nghiệm cho thấy:

- Khi mạ ở nhiệt độ $T = 20 \div 30^{\circ}\text{C}$ (mẫu số 06), bề mặt chỉ tạo thành một lớp mạ tối, không bám nền. Ở vùng nhiệt độ này không nên sử dụng để mạ các bề mặt chi tiết nói chung và dưỡng nói riêng. Mẫu 06 không được đo SEM và thử nghiệm về ma sát, mài mòn.

- Ngoại trừ trường hợp mẫu 06, các mẫu còn lại sau khi mạ crom đều cho khả năng chống mài mòn tốt hơn so với mẫu số 0 (mẫu không qua xử lý bề mặt). Cụ thể, tỷ lệ khả năng chống mài mòn của các mẫu 07; 08; 09; 10 so với mẫu 0 lần lượt là 1,73; 1,96; 2,77; 3,44. Như vậy, mẫu số 10 cho khả năng chống mài mòn tốt nhất.

- Khi mạ ở vùng nhiệt độ thể hiện trong bảng 4 (các mẫu 07, 08, 09), cho thấy:

+ Khi nhiệt độ tăng dần, độ cứng và chiều dày lớp mạ tăng dần và khả năng chống mài mòn tăng dần, độ sáng bóng của lớp mạ cũng được cải thiện.

+ Khi mạ ở vùng nhiệt độ $30 \div 40^{\circ}\text{C}$ (mẫu 07), kết quả cho mẫu thử nghiệm có lớp mạ xám mờ, độ cứng thấp, độ hạt lớn, khả năng chống mài mòn trong điều kiện ma sát khô kém nhất so với các mẫu còn lại. Vùng nhiệt độ này tạo ra lớp mạ crom mờ. Ngoài ra, mạ ở nhiệt độ thấp sẽ sinh ra βCr cho lớp mạ xám xốp, độ cứng thấp hơn dạng αCr và bám dính kém.

+ Khi mạ crom tại vùng nhiệt độ $40 \div 60^{\circ}\text{C}$ (các mẫu 08, 09) cho độ hạt nhỏ đồng đều, lớp mạ sáng bóng, khả năng chống mài mòn tốt nhất, chiều dày lớp mạ tốt nhất và đạt cực đại tại vùng nhiệt độ $50 \div 60^{\circ}\text{C}$. Nguyên nhân là do khi mạ ở nhiệt độ cao sẽ sinh ra αCr cho lớp mạ sáng bóng, cứng và hiệu suất dòng điện tăng.

- Khi mạ ở vùng nhiệt độ $60 \div 70^{\circ}\text{C}$ (mẫu 10), bề mặt mẫu có độ cứng cao nhất, khả năng chống mài mòn tốt nhất, tuy nhiên xuất hiện nhiều vết nứt trên bề mặt lớp mạ. Vết nứt này làm thủng lớp mạ, tạo thành mạng xốp rãnh. Nguyên nhân là do khi mạ ở nhiệt độ vượt quá giới hạn cho phép sẽ làm giảm hiệu suất dòng điện, chiều dày lớp mạ đã đạt đến một giới hạn nhất định tạo thành vết nứt.

6. KẾT LUẬN

- Vùng nhiệt độ khuyến cáo để mạ crom đối với mẫu thử nghiệm là vùng nhiệt độ 50 ÷ 60°C. Đây là vùng cho lớp mạ sáng bóng, khả năng chống mài mòn tốt nhất mà vẫn đảm bảo chiều dày lớp mạ.

Đối với dưỡng kiểm tra pháo cao xạ 23mm, sau khi chế tạo cần được tiến hành mạ crom nhằm nâng cao cơ tính bề mặt và nâng cao đáng kể về khả năng chống ma sát, mài mòn.

Vùng nhiệt độ tối ưu sử dụng để mạ crom là 50 ÷ 60°C. Đây là vùng cho lớp mạ sáng bóng, khả năng chống mài mòn tốt nhất và đảm bảo chiều dày lớp mạ. Các giá trị này là cơ sở để tiếp tục nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố khác trong quá trình mạ.

Kết quả nghiên cứu thực nghiệm là cơ sở khoa học bổ sung thêm cho nghiên cứu lý thuyết, nhằm hoàn thiện về đánh giá chất lượng bề mặt chi tiết máy thông qua các yếu tố về ma sát, mài mòn. ❖

Ngày nhận bài: 12/01/2021

Ngày phản biện: 25/01/2021

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Giáo trình Vật liệu học, Mai Đình Thắng, Học viện Kỹ thuật Quân sự, Hà Nội, 2007.
- [2]. Trần Minh Hoàng; *Giáo trình công nghệ mạ điện*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 1998.
- [3]. *Tập Quy trình công nghệ chế tạo dưỡng kiểm tra pháo cao xạ 23mm*, Trung tâm Công nghệ Cơ khí chính xác, Viện Khoa học và Công nghệ Quân sự, Hà Nội, 2018.
- [4]. Nguyễn Trường Sinh; Tài liệu hướng dẫn thí nghiệm ma sát, mài mòn, bôi trơn, Học viện Kỹ thuật Quân Sự, Hà Nội, 2013.
- [5]. *Giáo trình ma sát, mài mòn và kỹ thuật bôi trơn*, Nguyễn Trường Sinh, NXB Quân đội nhân dân, Hà Nội, 2019.