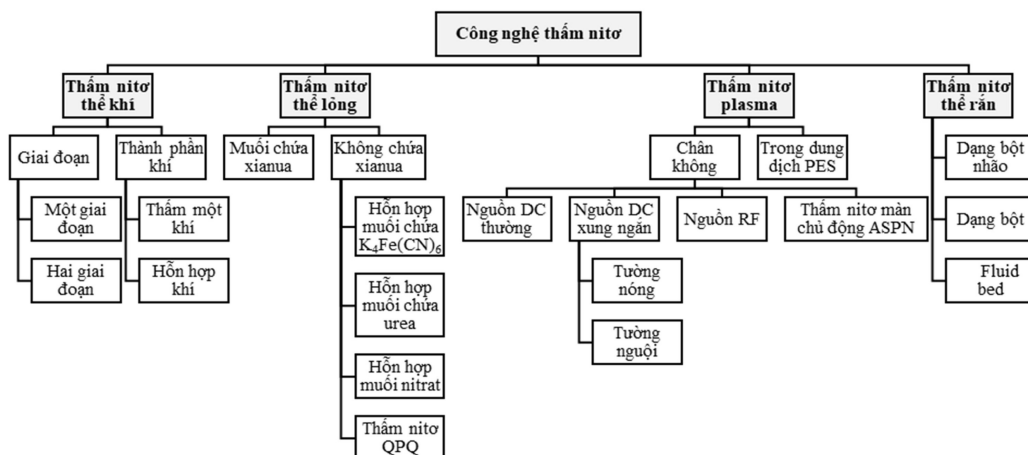


# NGHIÊN CỨU TỔ CHỨC, ĐỘ CỨNG VÀ ĐỘ BỀN ẪN MÒN CỦA THÉP 30XH3A SAU KHÍ THẨM NITƠ THỂ LỎNG QPQ

ĐOÀN THANH VÂN <sup>(1)</sup>, NGUYỄN VĂN ANH <sup>(2)</sup>, VŨ VĂN HUY <sup>(1)</sup>,  
NGUYỄN VĂN THÀNH <sup>(3)</sup>, HOÀNG THANH LONG <sup>(1)</sup>, NGUYỄN THỊ THU XUÂN <sup>(1)</sup>

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Thẩm nitơ nhiệt độ thấp là một trong những phương pháp hóa - nhiệt luyện được sử dụng rộng rãi nhất trong sản xuất nhằm nâng cao độ cứng bề mặt, khả năng chống mài mòn và ăn mòn cho chi tiết máy [1]. Thẩm nitơ dựa trên nguyên lý làm bão hòa bề mặt của thép bởi nguyên tố N, các nguyên tử sẽ khuếch tán sâu vào bề mặt tạo thành lớp thẩm. Theo môi trường cung cấp nguyên tử N, có thể chia thẩm nitơ thành thẩm thể rắn, thể khí, thể lỏng và thể plasma [2]. Với sự phát triển công nghệ thẩm nitơ như ngày nay, có thể chia cây phân loại nhỏ hơn như Hình 3.



Hình 3. Phân loại các phương pháp thẩm nitơ

Ở Việt Nam hiện nay, công nghệ thẩm nitơ thể khí vẫn chiếm ưu thế so với thẩm nitơ thể lỏng do đầu tư cho công nghệ thẩm nitơ thể khí thấp, mặt khác thẩm nitơ thể lỏng được cho là độc hại do sử dụng muối thẩm chứa xianua (CN<sup>-</sup>). Tuy nhiên, không thể phủ nhận những ưu điểm về kinh tế - kỹ thuật mà phương pháp thẩm nitơ thể lỏng mang lại, đó là: Chi phí đầu tư ban đầu thấp; các thông số quá trình đơn giản; có thể xử lý hàng loạt cho nhiều mác thép khác nhau; môi trường thẩm nitơ thể lỏng giàu nitơ hoạt động hơn các môi trường khác, do đó thời gian thẩm thể lỏng được rút ngắn từ 2 đến 4 lần so với thẩm nitơ thể khí và thẩm nitơ plasma [3]; độ đồng đều về nhiệt độ trong lò muối tốt hơn các môi trường khác [4].

Để khắc phục những bất lợi về môi trường, nhiều nghiên cứu đã nỗ lực loại bỏ xianua khỏi thành phần. Đầu tiên là công nghệ thẩm nitơ thể lỏng dùng hỗn hợp muối chứa xianat (OCN<sup>-</sup>) và cacbonat, được gọi là công thức muối của Degussa [5]. Các nhà máy của Nga đã sử dụng rộng rãi thành phần muối chứa canxi clorua (CaCl<sub>2</sub>), natri clorua (NaCl) và kali ferrocyanua K<sub>4</sub>Fe(CN)<sub>6</sub> (còn gọi là muối vàng) [4]. Một số nghiên cứu còn sử dụng hỗn hợp muối chứa urea, natri cacbonat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) và natri

clorua (NaCl) [6]. Ngoài ra, hỗn hợp muối nitrat ( $\text{KNO}_3$ ,  $\text{NaNO}_3$ ) cũng được dùng như nguồn cung cấp nitơ trong quá trình thấm [7, 8]. Trên thế giới, thấm nitơ thể lỏng sử dụng muối xianat được sử dụng nhiều nhất với nhiều biến thể muối thấm khác nhau cùng với các bí quyết về tái tạo xianat và kiểm soát nồng độ xianua trong bể muối thấm như công nghệ Tenifer®, Tufftride, Melonite, Arcor, Palsonite...

Ở Việt Nam, một số nghiên cứu đã trình bày thấm nitơ thể lỏng cho thép SKD11, SDK61 sử dụng hỗn hợp muối  $\text{Si}_3\text{N}_4$ , cacbonat và clorua [9], thấm nitơ thể lỏng cho thép 80W18Cr4V, 210Cr12, 12Cr18Ni10Ti, 40Cr và CT38, sử dụng hỗn hợp muối  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ ,  $\text{CaCl}_2$  và NaCl [4]. Nhóm tác giả bài báo cũng đã trình bày nghiên cứu thấm nitơ thể lỏng QPQ và thấm nitơ plasma cho 3 mác thép: C50, 30XH3A và 25X2H4BA [10]. Nhìn chung, số lượng công bố về thấm nitơ thể lỏng của Việt Nam còn khá khiêm tốn, việc ứng dụng vào thực tế sản xuất còn hạn chế.

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu đặc tính lớp thấm và khả năng chống ăn mòn của thép 30XH3A thấm nitơ thể lỏng QPQ. Đây là mác thép hợp kim thấp của Nga, có thành phần hoá học (% khối lượng) theo tiêu chuẩn GOST 4543-2016 như sau: C (0,27-0,34), Si (0,17-0,37), Mn (0,30-0,60), Cr (0,60-0,90), Ni (2,80-3,20), S ( $\leq 0,025$ ), P ( $\leq 0,025$ ), Cu ( $\leq 0,20$ ). Sau tôi-ram cao ( $530^\circ\text{C}$ ) thép có giới hạn bền khoảng 980 MPa, độ dai va đập khoảng 780 kJ/m<sup>2</sup> và được sử dụng nhiều trong chế tạo các chi tiết cần độ bền cũng như khả năng chịu va đập cao [11]. Mẫu thử nghiệm dạng mẫu phẳng và chi tiết khóa nòng súng tiểu liên AK.

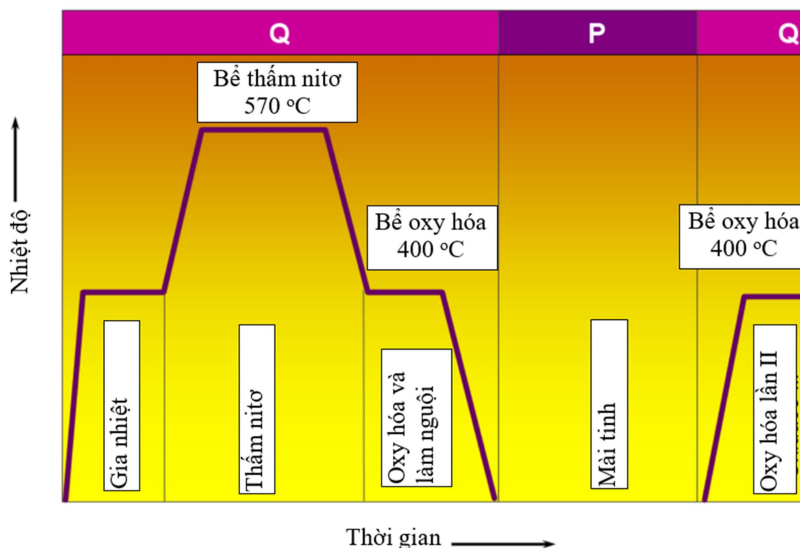
## 2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Chế tạo mẫu, nhiệt luyện và thấm nitơ

Đối tượng nghiên cứu là mác thép 30XH3A, chế tạo từ phôi rèn có đường kính 50 mm. Thành phần hóa học của thép được đo bằng kỹ thuật OES (Optical Emission Spectrum) trên thiết bị TASMÁN G4 tại Trung tâm Kỹ thuật Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng 3 theo tiêu chuẩn ASTM E415-17 [12]. Kết quả xác định thành phần hóa học của thép (% khối lượng) như sau: C: 0,236, Si: 0,289, Mn: 0,353, S: 0,012, P: 0,015, Cu: 0,011, Cr: 0,841, Ni: 3,08, W: 0,008. Kết quả cho thấy tỷ lệ của các nguyên tố hóa học trong thép đáp ứng theo tiêu chuẩn GOST 4543-2016.

Các mẫu thử nghiệm được cắt thành các lát mỏng cỡ 8 mm, đem mài bằng giấy nhám có độ nhám 120 grit, sau đó mẫu được rửa sạch dầu mỡ và được quét lớp sơn chống thoát cacbon (Tinderex, CH Séc). Đây là lớp sơn có tác dụng chống oxy hoá bề mặt và chống thoát cacbon, thời gian chờ khô khoảng 20 phút. Các thông số quá trình nhiệt luyện được lựa chọn dựa trên tiêu chuẩn GOST 4543-2016 [11]. Các mẫu thử nghiệm sau đó được austenit hoá ở nhiệt độ  $830^\circ\text{C}$ , thời gian giữ nhiệt 30 phút, sau đó mẫu thử nghiệm được tôi trong dầu (United Quench, USA). Trước khi ram, mẫu lại được quét sơn chống thoát cacbon. Nhiệt độ ram là  $530^\circ\text{C}$  và thời gian ram trong 60 phút. Thiết bị sử dụng là lò Nabertherm 401 L40/11 (Đức) và lò Selecta Horn TFT (Tây Ban Nha). Sau nhiệt luyện, mẫu được đem mài bằng giấy nhám có độ hạt lần lượt là 240, 320, 400, 600 và 800 grit. Đối với khoá nòng súng AK (chế tạo từ thép 30XH3A), phần nhiệt luyện đã được thực hiện tại Nhà máy Z111/ Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng với độ cứng sau nhiệt luyện khoảng 464,7 HV1.

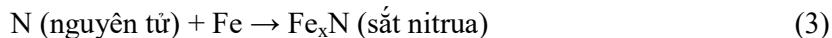
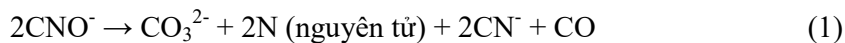
Mẫu thử nghiệm và chi tiết khoả nòng súng AK được đem thấm nitơ thể lỏng QPQ Tufftride tại Công ty TNHH Heat Metal Kawasaki. Sơ đồ quy trình công nghệ được thể hiện ở Hình 4. Q là ký tự viết tắt của *Quench*, chỉ quá trình chuyển mẻ thấm từ bể thấm nitơ sang bể oxi hóa lần 1; P là ký tự viết tắt của *Polish*, chỉ nguyên công mài tinh hoặc phun cát để cải thiện độ nhám bề mặt chi tiết thấm; Q là ký tự viết tắt của *Quench*, chỉ quá trình đưa mẻ thấm từ bể oxi hóa (nguyên công oxi hóa lần 2) sang bể rửa nước chảy tràn.



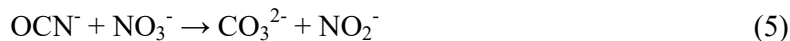
**Hình 4.** Sơ đồ quy trình thấm nitơ thể lỏng QPQ [5]

Thành phần chính của bể thấm nitơ gồm muối của natri và kali của xianat và cacbonat ( $\text{NaOCN}$ ,  $\text{KOCN}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  và  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ); thành phần chính của bể oxi hóa gồm  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{NaNO}_2$  và  $\text{NaOH}$ .

Phản ứng cơ bản của quá trình thấm nitơ thể lỏng QPQ như sau:



Bể oxi hoá dùng để loại bỏ xianat và xianua còn bám trên chi tiết theo các phản ứng (4) và (5) và tạo lớp oxit sắt theo phản ứng (6) [16]:



## 2.2. Thử nghiệm phân tích đặc tính lớp thấm

Các mẫu thử nghiệm sau xử lý bề mặt được phân tích bằng các kỹ thuật khác nhau: Phân tích tổ chức tế vi, đo độ cứng bề mặt, phân bố độ cứng tế vi, đo ăn mòn điện hoá và thử nghiệm mù muối.

Mẫu kim tương được chuẩn bị qua các bước: Cắt mẫu, đúc mẫu, mài thô, mài tinh, đánh bóng và tẩm thực. Việc cắt mẫu được thực hiện trên thiết bị LECO MSX205, đĩa cắt cho phép cắt được mẫu có độ cứng tới 62 HRC, tốc độ cắt 600 vòng/phút. Đúc mẫu thực hiện trên thiết bị XQ-3B sử dụng bột bakelit xanh, nhiệt độ 180°C, giữ nhiệt trong 10 phút sau đó làm nguội cùng máy. Mẫu kim tương sau đó được mài và đánh bóng sử dụng thiết bị LECO S1000. Dung dịch tẩm thực là Nital 3% (dung dịch axit nitric trong ethanol với tỷ lệ 3% axit nitric). Tổ chức tế vi mặt cắt ngang mẫu được chụp trên kính hiển vi kim tương LEICA DMi8M, chiều dày lớp trắng của lớp thấm nito được xác định trên ảnh chụp sử dụng phần mềm LAS V4.13 đi cùng kính hiển vi.

Độ cứng bề mặt Vickers (tải 1 kg.f) và phân bố độ cứng tế vi theo mặt cắt ngang (tải 50 g.f) được thực hiện trên thiết bị đo độ cứng HV-1000ZDT. Tổng chiều dày lớp thấm được xác định dựa trên đo phân bố độ cứng tế vi theo mặt cắt theo tiêu chuẩn DIN 50190-3 [17]. Theo tiêu chuẩn này, độ dày lớp thấm được xác định bằng giao điểm của đường phân bố độ cứng tế vi theo chiều sâu lớp thấm và đường nằm ngang:  $y = \text{giá trị độ cứng của lõi} + 50$  (đơn vị HV0,05).

Thử nghiệm đo điện hóa quét đường cong phân cực được tiến hành theo tiêu chuẩn ASTM G102-89 [14] sử dụng thiết bị đo điện hoá AUTOLAB PGSTAT302N. Dung dịch muối NaCl 3,5% được sục khí nito trong 60 phút để đuổi khí oxi. Khoảng áp điện thế từ -600 mV tới 1500 mV so với thế mạch hở  $V_{ocp}$ , tốc độ quét 1 mV/s.

Thử nghiệm ăn mòn mù muối theo tiêu chuẩn ISO 9227:2017 [15] sử dụng thiết bị ATLAS CCX3000. Dung dịch phun sử dụng là NaCl 3,5%. Các thiết bị nêu trên được đặt tại Phòng Độ bền Nhiệt đới, Chi nhánh Phía Nam.

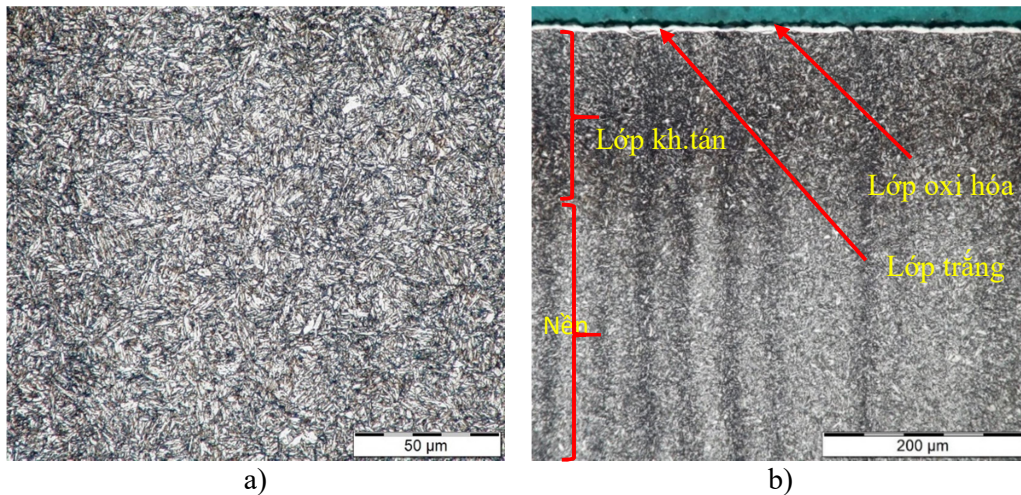
## 3. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

### 3.1. Tổ chức tế vi và chiều dày lớp thấm

Sau khi nhiệt luyện tôi - ram, tổ chức nhận được ở lõi mẫu thép 30XH3A (hình 3a) là mactenxit ram. Cấu trúc lớp thấm nito gồm 3 vùng: Lớp oxit ngoài cùng có chiều dày khoảng 1,5  $\mu\text{m}$ , tiếp theo lần lượt là lớp trắng và lớp khuếch tán (hình 3b). Lớp oxit và lớp trắng có thể xác định bằng cách đo kích thước trên ảnh chụp, tuy nhiên lớp khuếch tán không có đường biên rõ ràng với nền nên việc đo kích thước trên ảnh chụp mẫu kim tương sẽ không chính xác.

Ở lớp trắng ghi nhận sự có mặt của lỗ xốp. Ở trạng thái nóng chảy của bề mặt muối thấm, nito nguyên tử hoạt hóa có mật độ rất lớn, làm đẩy nhanh các quá trình trên bề mặt. Các nguyên tử nito hấp phụ và khuếch tán vào trong bề mặt với tốc độ lớn. Tuy nhiên, một phần nito hoạt hóa này sẽ kết hợp với nhau tạo thành phân tử khí nito,

quá trình tích tụ dưới bề mặt và giải phóng ra ngoài bề mặt sẽ tạo ra các vết lõm xốp [17]. Hiện tượng này thường gắn liền với nồng độ xianat trong bể: Hàm lượng xianat lớn thì tốc độ khuếch tán nitơ lớn, nhưng cũng tạo ra nhiều lỗ xốp hơn. Để cải thiện chất lượng lớp thấm và độ nhám bề mặt, trong các dây chuyền QPQ sẽ có nguyên công mài hoặc phun cát để loại bỏ một phần lớp thấm có nhiều lỗ xốp. Tùy vào kích thước của chi tiết và yêu cầu độ nhám bề mặt ghi trên bản vẽ chi tiết mà nhà sản xuất có thể lựa chọn kích thước hạt mài trong quá trình mài - đánh bóng. Trong thực nghiệm, hạt mài silic oxit 120  $\mu\text{m}$  đã được sử dụng.



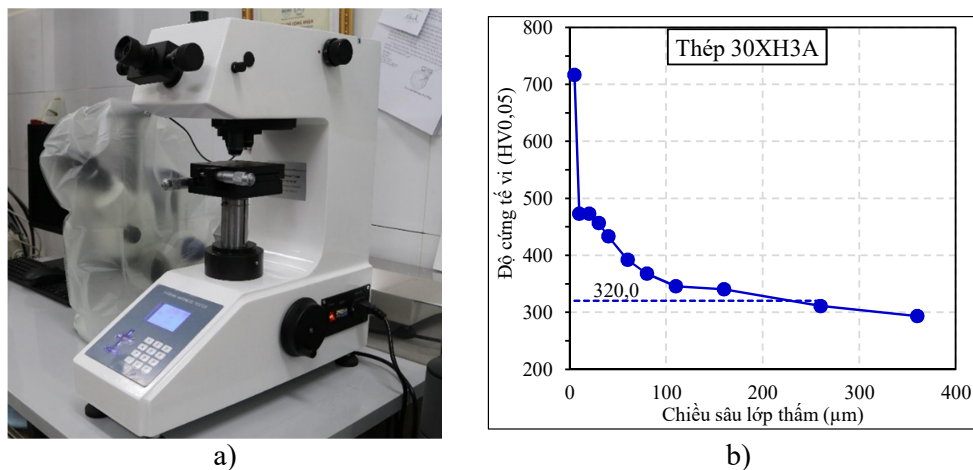
**Hình 5.** Tổ chức tế vi mẫu nhiệt luyện (a) và mẫu sau thấm nitơ thể lỏng QPQ (b)

Theo các nghiên cứu [17, 19], thành phần chính của lớp oxit là oxit sắt  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  với đặc tính chống ăn mòn tốt. Lớp trắng được tạo thành bởi các pha  $\epsilon\text{-Fe}_{2-3}(\text{N},\text{C})$  và  $\gamma'\text{-Fe}_4(\text{N},\text{C})$ , lớp khuếch tán được tạo bởi pha  $\alpha_{\text{N,C}}$  [1]. Cơ tính và khả năng chống ăn mòn của bề mặt thép thấm nitơ được quyết định bởi thành phần và phân bố pha trong lớp thấm. Khả năng chống ăn mòn của pha giàu nitơ  $\epsilon\text{-Fe}_{2-3}(\text{N},\text{C})$  được chứng minh là tốt hơn  $\gamma'\text{-Fe}_4(\text{N},\text{C})$  và  $\alpha\text{-Fe}_{\text{N,C}}$  [2, 18].

**Chiều dày lớp thấm:** Bằng việc phân tích ảnh chụp mẫu kim tương, chiều dày lớp thấm đo được khoảng 250  $\mu\text{m}$  trong đó chiều dày lớp trắng là 14,9  $\mu\text{m}$ . Kết quả đo chiều dày lớp thấm bằng phương pháp đo phân bố độ cứng tế vi theo tiêu chuẩn DIN 50190-3 cho thấy chiều dày lớp thấm là 225  $\mu\text{m}$  (hình 4b).

### 3.2. Độ cứng bề mặt và phân bố độ cứng theo chiều sâu lớp thấm

Độ cứng của mẫu sau thấm nitơ QPQ là 717 HV1, tăng lên hơn 2 lần so với mẫu chỉ qua nhiệt luyện tôi - ram (317 HV1). Kết quả đo phân bố độ cứng theo chiều sâu lớp thấm của từng mẫu thép được thể hiện trong Hình 6. Đường nằm ngang thể hiện giá trị trung bình độ cứng của lõi mẫu thử cộng thêm 50 đơn vị HV0,05 (đường NHT theo DIN 50190-3). Đối với thời gian thấm nitơ 2 giờ, đường phân bố độ cứng đạt được khá dốc, hình dạng đường phân bố độ cứng có thể được cải thiện (sự giảm độ cứng chậm hơn) nếu tăng thời gian quá trình thấm.

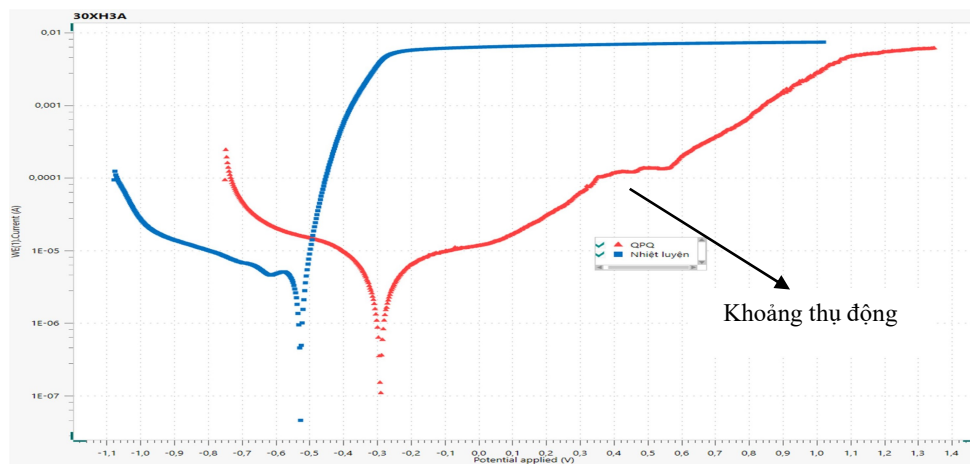


Hình 6. Thiết bị đo độ cứng (a) và phân bố độ cứng theo chiều sâu lớp thấm (b)

### 3.3. Kết quả thử nghiệm ăn mòn

#### 3.3.1. Kết quả đo điện hóa quét đường cong phân cực

Hình 7 cho thấy ở nhánh dương của đường phân cực Tafel, mẫu thấm nito QPQ có khoảng thụ động, quá trình tăng điện áp, dòng ăn mòn tăng chậm. Ngược lại đối với mẫu thép chỉ nhiệt luyện, ở nhánh dương, dòng ăn mòn tăng rất nhanh và không có khoảng thụ động hoá bề mặt.



Hình 7. Kết quả quét đường cong phân cực

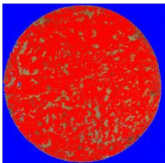
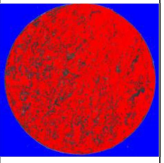
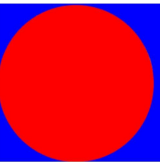
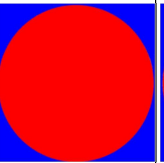
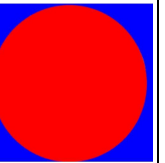
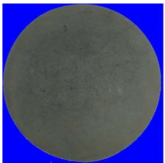
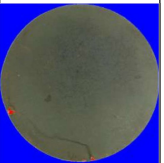
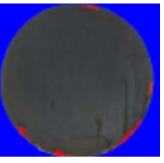
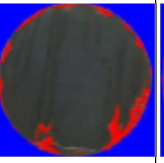
Kết quả nội suy đường Tafel được thể hiện ở Bảng 3. Mật độ dòng ăn mòn  $j_{corr}$  của mẫu thấm nito QPQ nhỏ gấp 3,75 lần so với mẫu chỉ nhiệt luyện. Giá trị thế mạch hở  $V_{ocp}$  và điện thế ăn mòn  $E_{corr}$  của mẫu thấm nito QPQ đều dương hơn mẫu thép nhiệt luyện. Khả năng chống ăn mòn của thép thấm nito QPQ tăng lên rõ rệt do độ bền ăn mòn của lớp trắng đã khá tốt, cộng thêm nguyên công đánh bóng làm giảm bớt lỗ xốp, sau đó lớp oxit  $Fe_3O_4$  bên ngoài đã điền đầy các lỗ xốp và bản thân lớp oxit giúp tăng cường thêm khả năng chống ăn mòn.

**Bảng 3.** Kết quả nội suy đường Tafel

| STT | Tên mẫu       | $j_{\text{corr}}$ (A/cm <sup>2</sup> ) | $E_{\text{corr}}$ (mV) | $V_{\text{OCP}}$ (mV) |
|-----|---------------|----------------------------------------|------------------------|-----------------------|
| 1   | Nhiệt luyện   | $8,37 \times 10^{-7}$                  | -526                   | -480                  |
| 2   | Thấm nitơ QPQ | $2,23 \times 10^{-7}$                  | -289                   | -152                  |

### 3.3.2. Kết quả thử nghiệm mù muối

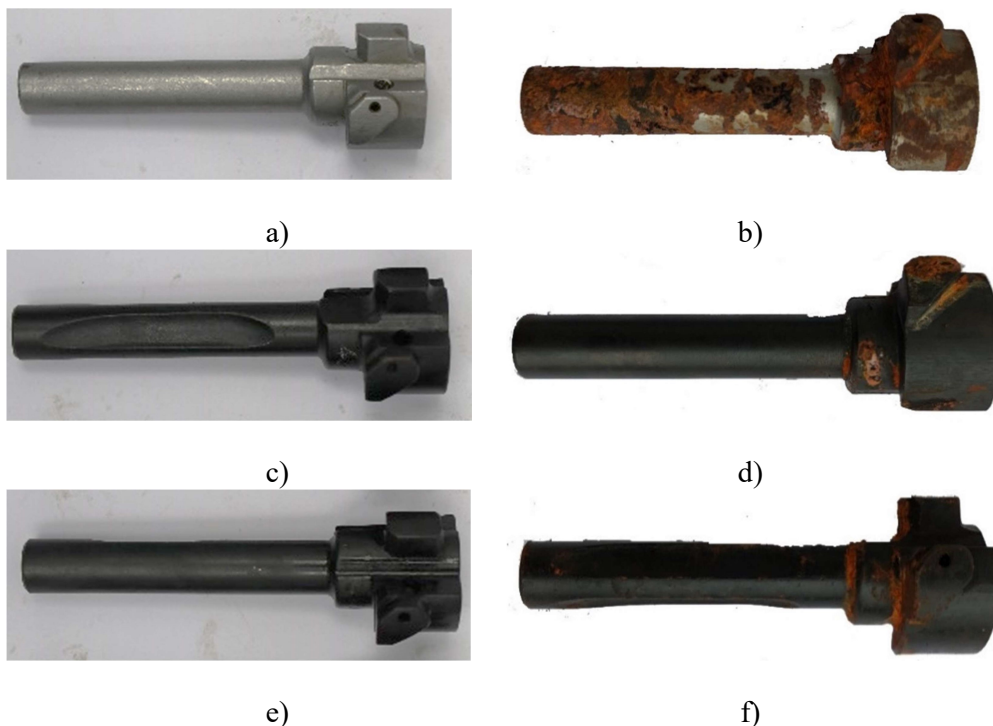
Hình ảnh bề mặt mẫu thử nghiệm theo thời gian thử nghiệm mù muối (theo ISO 9227:2017) và kết quả đánh giá diện tích bề mặt ăn mòn trên phần mềm phân tích LAS V4.13 của kính hiển vi được thể hiện trong Hình 8.

| Thời gian thử nghiệm       | 8 giờ                                                                               | 24 giờ                                                                              | 72 giờ                                                                              | 144 giờ                                                                              | 196 giờ                                                                               |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Mẫu nhiệt luyện            |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |
|                            |    |    |    |    |    |
| % diện tích ăn mòn         | 71,59 %                                                                             | 83,18 %                                                                             | 100,00 %                                                                            | 100,00 %                                                                             | 100,00 %                                                                              |
| Mẫu thấm nitơ thể lỏng QPQ |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |
|                            |  |  |  |  |  |
| % diện tích ăn mòn         | 0,00 %                                                                              | 0,13 %                                                                              | 4,77 %                                                                              | 7,96 %                                                                               | 8,06 %                                                                                |

**Hình 8.** Hình ảnh bề mặt và đánh giá diện tích bề mặt bị ăn mòn của mẫu sau thử nghiệm mù muối

Kết quả cho thấy khả năng chống ăn mòn của bề mặt thép sau thấm nitơ QPQ đã tăng lên nhiều lần, cụ thể, sau 196 giờ thử nghiệm mù muối liên tục, diện tích bề mặt bị ăn mòn chỉ khoảng 8,06%, trong khi đối với mẫu nhiệt luyện (tôi-ram) chỉ sau 72 giờ, 100% diện tích bề mặt đã bị ăn mòn. Ngoài ra vị trí bị ăn mòn của mẫu thấm nitơ chủ yếu từ ngoài cạnh mẫu mở rộng vào trong. Việc cải thiện độ bền ăn mòn có thể giải thích do lớp trắng sau thấm nitơ và oxi hóa lần 1 (Quench) đã được mài bót lỗ xốp (Polish), sau đó oxi hoá lần 2 (Quench), kết quả là trên bề mặt tạo thành lớp oxit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> có độ đồng nhất cao và kết hợp với lớp trắng để cải thiện khả năng chống ăn mòn rất tốt cho vật liệu. Hình ảnh khoá nòng AK trước và sau 196 giờ thử nghiệm mù muối được thể hiện ở Hình 9. Khả năng chống ăn mòn của khoá nòng sau thấm nitơ QPQ trong sương muối cũng được cải thiện rõ rệt so với khoá nòng chỉ qua nhiệt luyện. Tuy nhiên, kết quả thử nghiệm ăn mòn trên khoá nòng cho

thấy diện tích bị ăn mòn nhiều hơn đáng kể so với mẫu phẳng (Xem mục 3.3.1). Vị trí ăn mòn tập trung chủ yếu ở các góc cạnh và lỗ sâu đường kính nhỏ. Đây là những vị trí tập trung ứng suất sau gia công cắt gọt và nhiệt luyện.



**Hình 9.** Khóa nòng AK trước và sau 196 giờ thử nghiệm mù muối

Mẫu nhiệt luyện: a) trước thử nghiệm mù muối, b) sau thử nghiệm mù muối

Mẫu thấm nito QPQ: c) e) trước thử nghiệm mù muối, d) f) sau thử nghiệm mù muối

#### 4. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu đặc tính lớp thấm tạo bởi công nghệ thấm nito thể lỏng QPQ cho mác thép 30XH3A và chi tiết khóa nòng súng AK. Kết quả thực nghiệm cho thấy:

- Sau khi thấm nito QPQ, tổng chiều dày lớp thấm đạt 255  $\mu\text{m}$ , trong đó chiều dày lớp trắng khoảng 15  $\mu\text{m}$  và lớp oxit sắt khoảng 1,5  $\mu\text{m}$ .

- Độ cứng bề mặt của thép sau thấm nito QPQ tăng lên đáng kể so với mẫu thép chỉ qua nhiệt luyện: 717 HV1 so với 317 HV1. Phân bố độ cứng tế vi theo chiều sâu của lớp thấm nito có độ dốc lớn.

- Kết quả đo đường cong phân cực cho quá trình thấm nito làm tăng khả năng bảo vệ chống ăn mòn cho thép 30XH3A: Mật độ dòng ăn mòn của mẫu thấm nito QPQ nhỏ gấp 3,75 lần so với mẫu thép chỉ nhiệt luyện; Thế ăn mòn của mẫu thấm nito QPQ dương hơn so với mẫu thép chỉ qua nhiệt luyện.

- Đặc tính ăn mòn của mẫu phẳng và chi tiết khóa nòng AK từ thép 30XH3A thể hiện qua thử nghiệm mù muối đều được cải thiện rất tốt sau thấm nitơ QPQ: Sau 196 giờ thử nghiệm mù muối theo tiêu chuẩn ISO 9227:2017, diện tích ăn mòn mẫu phẳng chỉ khoảng 8,06%; đối với chi tiết khóa nòng AK, kết quả thử nghiệm ăn mòn kém hơn mẫu phẳng nhưng chi tiết sau thấm nitơ thể lỏng QPQ vẫn thể hiện khả năng chống ăn mòn tốt hơn hẳn so với chi tiết chỉ nhiệt luyện.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Pye D., *Practical nitriding and ferritic nitrocarburizing*, ASM International Materials Park, Ohio, USA, 2003, p. 13-22.
2. Holemar A., Hruby V., *Iontová nitridace v praxi*, SNTL Praha, 1989, p. 168.
3. Funatani K., *SDK61 low-temperature salt bath nitriding of steels*, Metal Science and Heat Treatment, 2004, **46**:7-8.
4. Nguyễn Khắc Cường, Lê Trọng Hậu, Lý Quốc Cường, *Một số kết quả nghiên cứu ban đầu về thấm nitơ thể lỏng nhiệt độ thấp*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Kim loại, 2005, **3**:21-24.
5. Boßlet J., Kreutz M., *TUFFTRIDE®/QPQ®-process. Technical information*, Dufferrit GmbH, Mannheim, 2000.
6. Росляков И. Н., Колмыков В. И., *Низкотемпературное цианирование конструкционных сталей с использованием бесцианистых соляных ванн*, Упрочняющие технологии и покрытия, 2009, **6**:39-41.
7. Shen Y.Z., Oh K.H., Lee D.N., *Nitriding of interstitial free steel in potassium-nitrate salt bath*, ISIJ international, 2006, **46**(1):111-120.
8. Schurdjanov J.D., Kim I., *Mechanical property changes of KNO<sub>3</sub> salt bath nitrided duplex stainless steel*, Applied Engineering, Materials and Mechanics: Proceedings of the 2016 International Conference on Applied Engineering, Materials and Mechanics (ICAEMM 2016), 2016, p. 314-321.
9. Nguyễn Văn Hiền, Lê Thị Chiêu, *Tạo lớp thấm cacbon-nitơ với pha thép hóa bền phân tán cho thép dụng cụ SKD61 và SKD11 trong môi trường lỏng ở nhiệt độ thấp*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Kim loại, 2007, **10**:25-29.
10. Đoàn Thanh Vân, Nguyễn Văn Thành, Vũ Văn Huy, Ngô Thanh Bình, Hoàng Thanh Long, *Nghiên cứu công nghệ thấm nitơ nhiệt độ thấp cho một số mác thép kết cấu*, Tạp chí Khoa học và Công nghệ Nhiệt đới, 2021, **24**:192-201.
11. ГОСТ 4543-2016, *Металлопродукция из конструкционной легированной стали. Технические условия*.
12. ASTM E415-17, *Standard test method for analysis of carbon and low-alloy steel by spark atomic emission spectrometry*, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2017.
13. DIN 50190-3, *Härtetiefe wärmebehandelter Teile; Ermittlung der Nitrierhärtetiefe*.
14. ASTM G102-89, *Calculation of corrosion rates and related information from electrochemical measurements*, ASTM International, West Conshohocken, PA: ASTM, 2004.

15. ISO 9227:2017, *Corrosion tests in artificial atmospheres - Salt spray tests*
16. Tsikh S., Grishin V., Supov A., Lisitskii V., Glebova Y., *Advancement of the process of carbonitriding*, Metal Science & Heat Treatment, 2011, **52**(9-10):408-412.
17. Li Y. H., Luo D. F., Wu S. X., *QPQ salt bath nitriding and corrosion resistance*, Solid State Phenomena, 2006, **118**:131-136.
18. Kusmic D., Doan T. V., Hruby V., *Corrosion and wear resistance of plasma nitrided and duplex treated 42CrMo4 steel*, Manufacturing Technology, 2018, **18**(2):259-265.
19. Li H. Y., Luo D. F., Yeung C. F., and Lau K. H., *Microstructural studies of QPQ complex salt bath heat-treated steels*, Journal of Materials Processing Technology, 1997, **69**(1-3):45-49.

### SUMMARY

#### RESEARCH ON THE MICROSTRUCTURE, HARDNESS, AND CORROSION RESISTANCE OF THE 30XH3A STEEL TREATED BY SALT BATH NITRIDING QPQ

This article presents the results of research on the microstructure, surface hardness, and anti-corrosion properties of 30XH3A steel treated by salt bath nitriding QPQ. Microstructure analysis and microhardness profile of case depth showed that the nitrided layer formed quite quickly, the thickness reached 250  $\mu\text{m}$  after 2 nitriding hours, and the surface hardness was 774 HV1. Experimental results of the salt spray test during 196 hours and the electrochemical corrosion test showed that the salt bath nitriding QPQ significantly improved the corrosion resistance of the 30XH3A steel.

**Keywords:** 30XH3A steel, salt bath nitriding, QPQ, corrosion resistance; thép 30XH3A, thấm nitơ thể lỏng, chống ăn mòn.

Nhận bài ngày 03 tháng 7 năm 2022

Phản biện xong ngày 10 tháng 8 năm 2022

Hoàn thiện ngày 18 tháng 10 năm 2022

<sup>(1)</sup> Chi nhánh Phía Nam, Trung Tâm Nhiệt đới Việt - Nga

<sup>(2)</sup> Khoa Công nghệ Vật liệu, ĐHBKTPHCM

<sup>(3)</sup> Trung tâm Quang điện tử, Viện Ứng dụng công nghệ, Bộ KH-CN

Liên hệ: **Đoàn Thanh Vân**

Chi nhánh Phía Nam, Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga

Số 3, đường 3 tháng 2, Phường 11, Quận 10, TP.HCM

Điện thoại: 0961.674.489; Email: doanvan.ttnvdn@gmail.com