

ẢNH HƯỞNG CỦA MỘT SỐ THÔNG SỐ CÔNG NGHỆ ĐẾN LỚP THẨM NITƠ TRÊN THÉP HỢP KIM 30XH2MΦA

HOÀNG ANH TUẤN

Viện Công nghệ, Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng

NGUYỄN NGỌC MINH

Viện Khoa học và Kỹ thuật Vật liệu, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

Bài báo giới thiệu những kết quả nghiên cứu về phương pháp thấm nitơ thể khí trong môi trường thông dụng là NH_3 , áp suất dương so với khí quyển, áp dụng cho thép hợp kim 30XH2MΦA được sử dụng nhiều trong công nghiệp nói chung, công nghiệp quốc phòng nói riêng. Các thông số quan trọng như nhiệt độ, hệ số truyền nitơ β_N đã được khảo sát để đánh giá ảnh hưởng của chúng đến chiều sâu và các tính chất của lớp thấm như độ cứng và độ chống mài mòn. Kết quả thử nghiệm cho thấy, lớp thấm nitơ có thể làm tăng khả năng chống mòn cho thép tới ba lần.

Từ khóa: phương pháp thấm nitơ, thép hợp kim 30XH2MΦA, thông số công nghệ.

THE EFFECTS OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS ON NITRIDING LAYER APPLIED TO ALLOY STEEL 30XH2MΦA

Summary

This paper presents the research results on Nitriding method applied to alloy steel 30XH2MΦA (a material which is widely used in industry in general and defense industry in particular) in the common environment - NH_3 , with positive pressure compared to the atmosphere. Major parameters such as temperature, coefficient of nitrogen β_N have been investigated to assess their effects on the depth of Nitriding layer as well as on its other properties: stiffness and abrasion resistance. The results of the experiments demonstrate that the abrasion resistance of the steel can be tripled thanks to Nitriding layer.

Keywords: Nitriding method, steel 30XH2MΦA, parameters.

Cơ sở khoa học

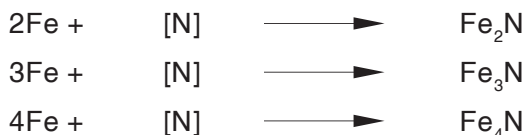
Thấm nitơ là phương pháp hoá nhiệt luyện được sử dụng để nâng cao tuổi thọ của nhiều loại dụng cụ và chi tiết trong các lĩnh vực công nghiệp dân sự cũng như trong quân sự. Tuy phương pháp này đã được sử dụng rộng rãi, song đối với một số ứng dụng cụ thể, nhiều thông số công nghệ còn chưa được ổn định. Do đó, nghiên cứu này đã tiến hành khảo sát ảnh hưởng của sự thay đổi nhiệt độ ở dải thấm ($500\div 550^\circ\text{C}$) đến hệ số truyền nitơ β_N và qua đó, đến chiều sâu cũng như tính chất của lớp thấm. Đối tượng nghiên cứu được chọn là thép mác 30XH2MΦA theo ГОСТ 4543-71. Đây là thép chứa nhiều nguyên tố hợp kim và được sử dụng nhiều trong công nghiệp.

Quá trình hình thành lớp thấm nitơ trên thép chỉ có thể xảy ra khi thỏa mãn ba điều kiện sau: trong môi trường thấm hình thành đủ lượng các nguyên tử nitơ hoạt tính; các nguyên tử hoạt tính có khả năng hấp thụ lên bề mặt thép; nitơ có khả năng khuếch tán vào sâu trong thép.

Khí nitơ ở dạng phân tử (N_2) rất ổn định trong khoảng $500\div 600^\circ\text{C}$, do đó không thể dùng để thấm nitơ, trong khi đó khí NH_3 sẽ dễ dàng phân hủy theo phản ứng sau trên bề mặt thép:



Nitơ ở dạng nguyên tử hoạt tính có khả năng chiếm các lỗ hổng bốn mặt trong mạng tinh thể của α -Fe, và sau đó khuếch tán sâu vào thép. Tùy theo hàm lượng N được tích tụ, có thể hình thành các hợp chất sau:



Khi trong thép có mặt các nguyên tố hợp kim như Mo, Cr, Al, V... do ái lực của chúng với nitơ lớn hơn sắt nên các nitrit hợp kim sẽ được ưu tiên hình thành (MoN , Cr_2N , AlN ...). Do các nitrit này có độ cứng rất lớn, lại phân bố ở dạng nhỏ mịn, phân tán trong lớp thấm nitơ nên chúng làm tăng mạnh tính chống mài mòn cho thép. Ngoài ra, trong lớp thấm nitơ luôn luôn tồn tại ứng suất nén dư nên làm tăng độ bền mỏi cho sản phẩm.

Các nitrit kim loại tuy có độ cứng cao nhưng rất giòn, do đó nếu chúng tạo thành lớp dày liên tục hoặc ở dạng thô sẽ làm xấu cơ tính và làm giảm khả năng làm việc của chi tiết. Tổ chức của lớp thấm nói chung được quyết định bởi hệ số truyền nitơ β_N . Hệ số β_N là thông số đặc trưng cho khả năng tiếp nhận nitơ của thép từ môi trường, được thể hiện theo công thức:

$$\beta_N = \frac{\langle a_N \rangle}{(a_N)}$$

Trong đó: $\langle a_N \rangle$ và (a_N) lần lượt là hoạt độ của nitơ trong dung dịch rắn của thép và của môi trường thấm. Hệ số β_N lại phụ thuộc vào độ phân hủy, thời gian lưu, nhiệt độ thấm... Độ phân hủy amoniac xác định như sau:

$$\alpha = \frac{NH_3 \text{ phân hủy}}{NH_3 \text{ đưa vào}} (\%)$$

Độ phân hủy α phụ thuộc vào nhiệt độ, lưu lượng khí thấm. Ở nhiệt độ xác định thì độ phân hủy chỉ phụ thuộc vào lưu lượng khí, nghĩa là phụ thuộc vào thời gian lưu τ của NH_3 trong lò:

$$\tau = \frac{V_r}{Q} \text{ (phút)}$$

Trong đó: Q là lưu lượng khí NH_3 vào lò (m^3/ph); V_r là thể tích rỗng của lò (m^3).

Phương pháp nghiên cứu

Mẫu thấm chế tạo từ thép 30XH2MΦA có kích thước 0,1 x 10 x 20 mm để tính hệ số truyền nitơ và mẫu có kích thước 10 x 10 x 20 mm để khảo sát tổ chức kim tương (tổ chức tế vi của kim loại và hợp kim), xác định độ cứng tế vi và chiều sâu lớp thấm nitơ.

Bảng 1: thành phần hóa học của mẫu

Mẫu thấm	Hàm lượng, %								
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V
ГОСТ 4543-71	0,311	0,272	0,456	0,006	0,009	0,678	2,067	0,228	0,122
	0,27-0,34	0,17-0,37	0,3-0,6	≤0,025	≤0,025	0,6-0,9	2,0-2,4	0,2-0,3	0,1-0,18

Mẫu được nhiệt luyện theo chế độ: tôi 860°C/nguội trong dầu và ram ở 650°C thời gian 1 giờ (độ cứng của mẫu sau nhiệt luyện đo được 340 Hv), sau đó được thấm nitơ ở các nhiệt độ: 500°C, 520°C, 550°C, thời gian thấm: 8 giờ, áp suất thấm: 1,2 bar.

- Hệ số truyền nitơ được tính theo công thức:

$$\beta_N = \frac{\langle a_N \rangle}{(a_N)}$$

+ Tính hoạt độ nitơ trong dung dịch rắn của thép $\langle a_N \rangle$:

Mẫu có kích thước: 0,1 x 10 x 20 mm được cân trước và sau khi thấm để tính hàm lượng nitơ trong

$$\text{thép: } \% N = \frac{m_1 - m_0}{m_1}$$

Trong đó: m_0 và m_1 lần lượt là khối lượng của mẫu trước và sau khi thấm (g).

Dùng phần mềm thermo - calc tính được hoạt độ nitơ $\langle a_N \rangle$ trong dung dịch rắn của thép.

+ Tính hoạt độ nitơ trong môi trường thấm (a_N) :

$$(a_N) = K.K_N = K \cdot \frac{P_{NH_3}}{P_{H_2}^{3/2}} \quad \text{và} \quad \ln K = 14,050 - \frac{6594}{T}$$

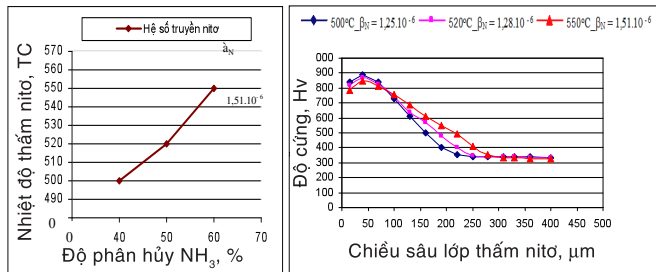
Trong đó K_N là thế nitơ của môi trường thấm, K là hệ số cân bằng.

- Đo độ cứng tế vi với mẫu có kích thước 10 x 10 x 20 mm để xác định độ cứng và chiều sâu của lớp thấm nitơ trên máy đo độ cứng FM - 100 của Nhật Bản. Chụp ảnh tổ chức kim tương trên kính hiển vi kim tương Axio Observer D1m. Thử mài mòn bằng

máy thử mài mòn APGi của Đức tại Trung tâm Đo lường - Viện Công nghệ - Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng - Bộ Quốc phòng.

Kết quả và bàn luận

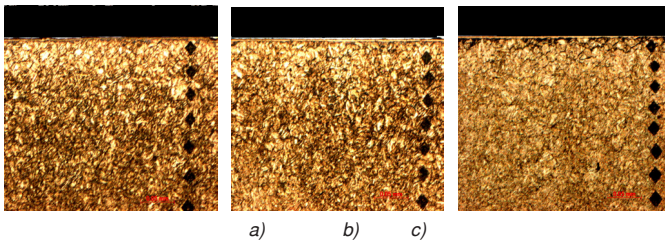
Kết quả thực nghiệm cho thấy, nhiệt độ càng tăng, độ phân hủy NH_3 càng lớn thì hệ số truyền nitơ càng lớn (hình 1). Như vậy, lượng nitơ được truyền vào mẫu thép nhiều hơn khi nhiệt độ thấm tăng, và điều này rõ ràng không những liên quan đến cường độ quá trình khuếch tán (hệ số D) mà còn do quá trình phân hủy NH_3 xảy ra trên bề mặt thép mạnh hơn khi nhiệt độ tăng. Hệ số truyền nitơ β_N tăng đã dẫn đến làm tăng chiều sâu lớp thấm.



Hình 1: ảnh hưởng của nhiệt độ, độ phân hủy tới hệ số truyền nitơ β_N

Hình 2: ảnh hưởng của nhiệt độ đến độ cứng và chiều sâu lớp thấm nitơ

Từ kết quả độ cứng đo được (hình 2), ta nhận thấy nhiệt độ thấm càng cao thì độ cứng bề mặt càng thấp, lượng nitơ khuếch tán mạnh hơn vào sâu trong lõi và chiều sâu lớp thấm. Độ cứng của lõi giảm đi chút ít do hiện tượng dãn, vì thời gian thấm dài.



Hình 3: tổ chức kim tương của thép 30XH2MΦA sau khi thấm nitơ
a) Thấm nitơ ở 500°C, $\beta_N = 1,25$; b) Thấm nitơ ở 520°C, $\beta_N = 1,28$;
c) Thấm nitơ ở 550°C, $\beta_N = 1,51$

Quan sát ảnh tổ chức kim tương ở các chế độ nhiệt độ thấm khác nhau (hình 3) cho thấy, tồn tại các pha ϵ - γ - α phân bố từ ngoài vào trong của lớp thấm, ngoài ra trong thép còn có các pha cacbit nitrit hợp kim, nhờ có các pha này nên độ cứng của thép sau khi thấm nitơ tăng mạnh.

Bảng 2: kết quả thử mài mòn

TT	Mẫu thử ở các chế độ	Lượng mòn khi thử trên máy APGi, g		
		Thời gian 10 phút	Thời gian 20 phút	Thời gian 30 phút
1	Mẫu sau nhiệt luyện, không thấm nitơ	0,0141	0,0283	0,0425
2	Mẫu sau nhiệt luyện, thấm N 500°C $\beta_N = 1,25$	0,0024	0,0112	0,0210
3	Mẫu sau nhiệt luyện, thấm N 520°C $\beta_N = 1,28$	0,0034	0,0096	0,0186
4	Mẫu sau nhiệt luyện, thấm N 550°C $\beta_N = 1,51$	0,0038	0,0085	0,0142

Bảng 2 cho thấy, lượng mài mòn xảy ra chậm ở mẫu thép thấm ở 500°C trong giai đoạn đầu, khi thời gian thử đủ lâu thì lớp thấm sẽ nhanh chóng mất đi, còn mẫu thép thấm ở 550°C sẽ duy trì độ mòn chậm lâu hơn.

Kết luận

Đối với thép 30XH2MΦA, khi thấm nitơ thể khí ở 500-550°C trong môi trường áp suất dương, với cùng chế độ cấp khí thích hợp (độ phân hủy NH_3 , thời gian lưu) thì hệ số truyền nitơ β_N tăng khi nhiệt độ tăng, qua đó chiều sâu lớp thấm cũng tăng.

Thấm nitơ cho thép hợp kim 30XH2MΦA tạo được lớp thấm có độ cứng cao, chứa nhiều pha nitrit nhỏ, mịn, phân bố đều, làm tăng tuổi thọ cho các loại dụng cụ, chi tiết cơ khí hoặc vũ khí làm việc trong điều kiện chịu va đập, mài mòn mạnh ■

Tài liệu tham khảo

- Hoàng Văn Lân: Luận án Tiến sĩ khoa học "Nghiên cứu ảnh hưởng của một số nguyên tố hợp kim đến quá trình khuếch tán đồng thời C-N-S vào hợp kim Fe-C", Hà Nội - 1996.
- Hoàng Văn Lân: Các báo cáo chuyển giao công nghệ thấm C-N cho các nhà máy Z179; Z117; Z115; Z159; Z111 - các năm 1999, 2000, 2001.
- Nguyễn Văn Tư: Xử lý bề mặt, Nhà xuất bản Đại học Bách khoa Hà Nội - 1999.
- ГОСТ 4543-71.
- Mei Yang: Nitriding - fundamentals, modeling and process optimization - 2012.
- Linde Gas Division, Furnace Atmospheres No.3 Gas Nitriding and Nitrocarburising.