

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ THẤM NITƠ PLASMA CHO MỘT SỐ CHI TIẾT MÁY CHẾ TẠO TỪ THÉP 40CrMo

LỤC VĂN THƯƠNG, ĐÀO DUY TRUNG, HOÀNG VĂN CHÂU

Viện Nghiên cứu Cơ khí

HOÀNG MINH THUẬN

Trường Cao đẳng Công nghiệp và Xây dựng

ĐÀO QUANG KẾ

Trường Đại học Nông nghiệp Hà Nội

Thấm nitơ plasma là một công nghệ hiện đại, cho phép tạo lớp thấm trên bề mặt có khả năng chống mài mòn, ăn mòn cao và tăng tính chống mỏi cho chi tiết máy. Bài báo trình bày những nghiên cứu về thấm nitơ plasma, cũng như ảnh hưởng của một số thông số công nghệ đến chất lượng lớp thấm. Kết quả nghiên cứu đã được ứng dụng để thấm trên một số chi tiết máy cụ thể từ thép 40CrMo như: bánh răng bơm thủy lực, bánh răng hộp số máy kéo GN91...

Từ khóa: *thấm nitơ plasma, chất lượng lớp thấm, thép 40CrMo.*

STUDY ON PLASMA NITRIDING TECHNOLOGY FOR SOME MACHINE COMPONENTS MADE OF 40CrMo STEEL

Summary

Plasma nitriding has been considered as a modern technology enabling to form a nitriding layer on the machine components' surface which has the properties of high wear resistance, corrosion protection and enhance fatigue resistance of the machine components.

This article presents researches on plasma nitriding and the effects of several technology parameters on the quality of nitriding layer.

This technology has been applied for such specific machine components made of 40CrMo steel as hydraulic pumping gears, GN91 tractor transmission gears...

Keywords: *plasma nitriding, quality of nitriding layer, 40CrMo steel.*

Đặt vấn đề

Công nghệ xử lý bề mặt là một lĩnh vực khoa học tổng hợp, bao gồm những nghiên cứu và hoạt động kỹ thuật nhằm thiết kế, chế tạo sản phẩm thỏa mãn các yêu cầu về độ cứng, chống ăn mòn, chống mỏi, chống mài mòn...

Chất lượng và tuổi thọ của máy móc, thiết bị phụ thuộc rất nhiều vào chất lượng chi tiết máy. Việc áp dụng công nghệ thấm nitơ plasma góp phần đáng kể vào mục tiêu nâng cao chất lượng sản phẩm của ngành cơ khí nói riêng và ngành công nghiệp nói chung.

Việc ứng dụng công nghệ thấm nitơ plasma thay cho phương pháp thấm nitơ thông thường sẽ góp phần làm tăng chất lượng và tuổi thọ chi tiết, giảm ô nhiễm môi trường và phục vụ hiệu quả cho sản xuất công nghiệp [2, 4, 5].

Nội dung nghiên cứu

Vật liệu và thiết bị nghiên cứu

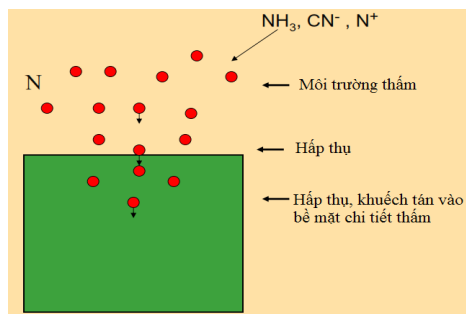
Thép 40CrMo là một loại thép được dùng phổ biến trong chế tạo các chi tiết máy chịu tải trọng tĩnh, va đập cao và chịu mài mòn. Thành phần chính của thép 40CrMo bao gồm: 0,4% C; 0,97% Cr; 0,25% Mo;

0,85% Mn; 0,25% Si; 0,02% V; 0,024% P; 0,017% S [3].

Thiết bị thấm nitơ plasma Eltropuls H045x080 của hãng ETROPUL GmbH (CHLB Đức) [6] được lắp đặt tại Phòng thí nghiệm trọng điểm công nghệ hàn và xử lý bề mặt (Viện Nghiên cứu Cơ khí). Thiết bị kiểm tra lớp thấm: thiết bị nghiên cứu tổ chức tế vi; thiết bị đo độ cứng tế vi; thiết bị phân tích thành phần lớp thấm...

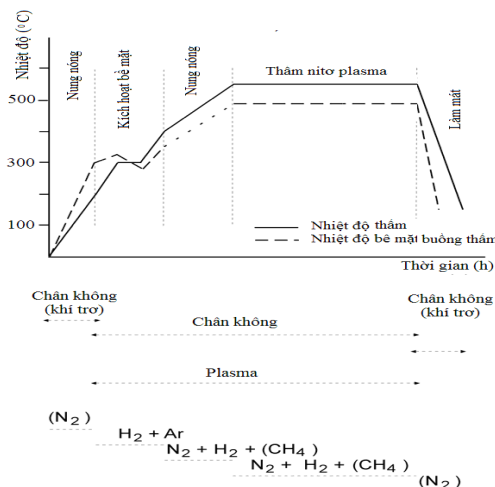
Nghiên cứu lý thuyết

Thấm nitơ là một phương pháp hóa nhiệt luyện. Trong quá trình thấm, nitơ nguyên tử được tạo thành trong môi trường thấm, được hấp phụ vào bề mặt thép và khuếch tán vào trong thép (hình 1) [2, 3, 4, 5].



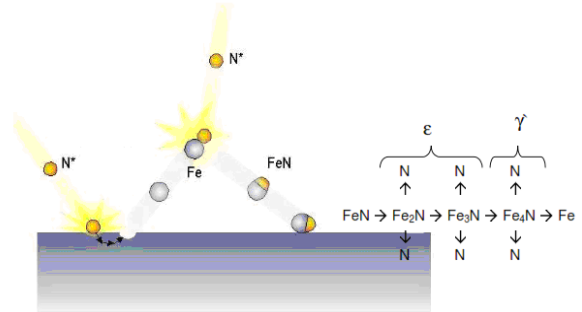
Hình 1: quá trình thấm nitơ

Thấm nitơ plasma là một công nghệ thấm nitơ tiên tiến, nó ra đời như một phương án thay thế của công nghệ thấm nitơ thể khí. Thấm nitơ plasma được tiến hành trong môi trường ion hóa ở nhiệt độ thấp (khoảng 450÷600°C). Phương pháp này giúp giải quyết được các nhược điểm mà phương pháp thấm nitơ thể khí và thể lỏng gặp phải. Các khí sử dụng trong quá trình thấm thường là các khí trơ, an toàn cho con người và thiết bị (hình 2) [1, 6].



Hình 2: quá trình thấm nitơ plasma

Cơ chế của sự hình thành lớp nitrit trong quá trình thấm nitơ plasma dựa trên đề xuất của Koelbel là coi bề mặt mẫu bị bắn phá bởi các nguyên tử của plasma, các nguyên tử sắt từ phún xạ kết hợp với các nguyên tử nitơ, phản ứng trong plasma ngay cả trong các khu vực lân cận với bề mặt cực âm, tạo thành nitrit sắt (FeN) ngưng tụ trên bề mặt mẫu (hình 3) [1, 2].



Hình 3: cơ chế của sự hình thành lớp nitrit trong quá trình thấm nitơ plasma

Các FeN được hình thành bằng cách kết hợp các nguyên tử sắt với plasma nitơ hoạt động, ngưng tụ trên bề mặt cực âm. Các FeN tạo thành ở nhiệt độ từ 350÷600°C và phân tách ra để hình thành các pha ổn định hơn (Fe₂N, Fe₃N, Fe₄N) và nitơ nguyên tử. Một phần của nitơ nguyên tử này trở lại vào dòng plasma và một phần khuếch tán vào trong cấu trúc tinh thể của chất nền tạo thành một vùng khuếch tán. Quá trình này về cơ bản là do gradient khuếch tán, va chạm không đàn hồi theo thời gian và dòng plasma [1, 2].

Nghiên cứu thực nghiệm

Thông qua thực nghiệm đã xác định được quan hệ đơn yếu tố giữa độ cứng bề mặt E (HV0.3), cường độ mài mòn m (10⁻¹²g/N.mm), chiều dày pha ε + γ, d₁ (μm) và chiều dày pha α, d₂ (μm) thông qua các thông số công nghệ là nhiệt độ thấm T (°C), thời gian thấm t (h) và tỷ lệ khí nitơ/hydro a (%); cho phép tìm được vùng tối ưu của các thông số công nghệ để cho chất lượng lớp thấm tốt nhất [3]:

Nhiệt độ thấm T = 510÷550 (°C);

Thời gian thấm t = 12÷18 (h);

Tỷ lệ khí nitơ/hydro a = 20÷40 (%).

Các giá trị trên dùng để tìm vùng tối ưu xét trong điều kiện đa yếu tố.

Từ kết quả thực nghiệm đơn yếu tố, sử dụng vùng tối ưu để xét ảnh hưởng của đa yếu tố đến chất lượng lớp thấm nitơ bằng phương pháp quy hoạch thực nghiệm

bậc 2 Box-Willson. Trên cơ sở biến thiên của các thông số công nghệ, lập bảng ma trận thực nghiệm và kết quả thực nghiệm, tính các hệ số hồi quy, kiểm tra tính thích ứng, đã xây dựng được hàm hồi quy [3]:

$$E = -2329,572 + 10,493 T + 13,835 t + 16,818 a - 0,0234 T.t - 0,0163 T.a + 0,09 t.a - 0,0092 T^2 - 0,1252 t^2 - 0,1453 a^2 \quad (1)$$

$$m = 345,463 - 1,122 T + 0,523 t - 1,497 a - 0,001 T^2 + 0,017 t^2 + 0,026 a^2 \quad (2)$$

$$d_1 = -543,047 + 2,625 T + 3,229 t + 1,295 a - 0,004 T.t + 0,009 t.a - 0,002 T^2 - 0,044 t^2 - 0,022 a^2 \quad (3)$$

$$d_2 = -2958,426 + 11,707 T + 38,755 t - 12,786 a - 0,06 T.t + 0,074 T.a - 0,012 T^2 - 0,164 t^2 - 0,425 a^2 \quad (4)$$

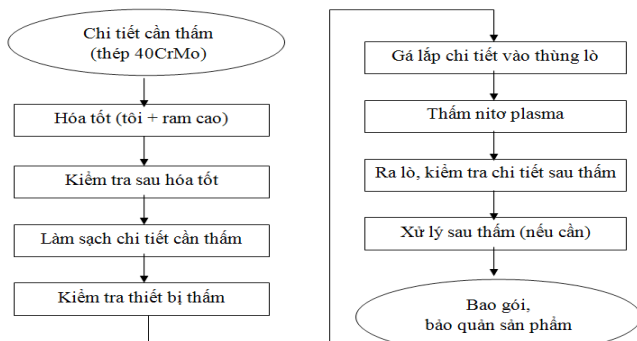
Như vậy thay các cặp thống số công nghệ khác nhau vào công thức (1), (2), (3) và (4) ta có thể thu được các kết quả và chất lượng lớp thấm tương ứng [3]. Để thực nghiệm kiểm chứng, đã chọn một bộ thông số công nghệ chuẩn có giá trị như một “trung tâm” tham số tối ưu, sử dụng phương pháp tính giá trị hàm tối ưu tổng quát, xác định được hàm tối ưu $D = f(T, t, a)$.

$$D = -25,552 + 0,088 T + 0,230 t + 0,058 a - 0,0004 T.t - 0,0001 T^2 - 0,0013 t^2 - 0,0008 a^2 \quad (5)$$

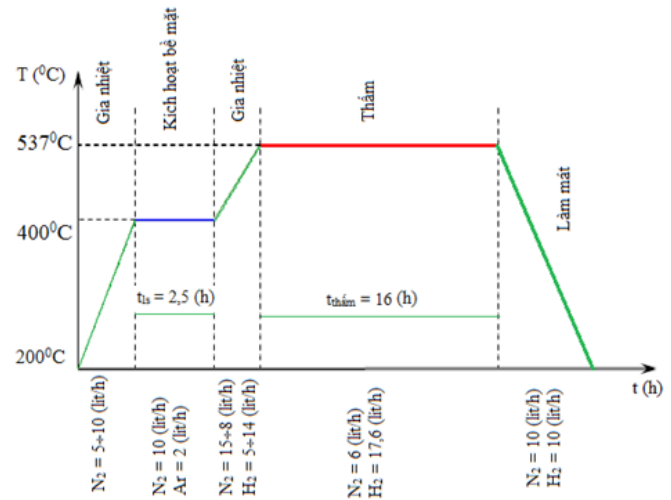
Giá trị tối ưu $D = 0,955$ có độ tin cậy cao, có thể sử dụng được. Tại đó tìm được giá trị thông số $E = 791,950$ (HV0.3); $m = 29,653$ ($10^{-12}g/N.mm$); $d_1 = 16,992$ (μm); $d_2 = 370,227$ (μm) tương ứng với các thông số công nghệ $T = 537,4$ ($^{\circ}C$); $t = 16,03$ (h) và $a = 34,62$ (%) [3].

Kết quả và thảo luận

Trên cơ sở nghiên cứu công nghệ thấm nitơ plasma và kết quả nghiên cứu thực nghiệm, đã xác định được các thông số công nghệ tối ưu trên thiết bị, xây dựng sơ đồ công nghệ (hình 4) và quy trình công nghệ thấm nitơ plasma thép 40CrMo nhằm nâng cao chất lượng sản phẩm sau khi thấm (hình 5).



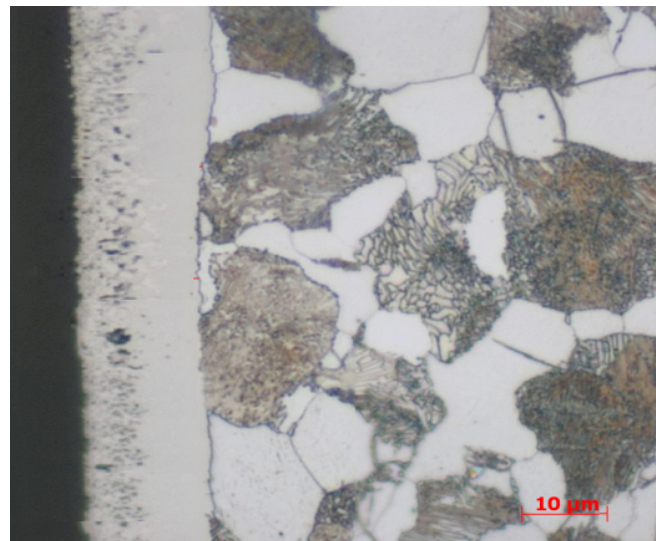
Hình 4: sơ đồ công nghệ



Hình 5: quy trình công nghệ

Tổ chức tế vi

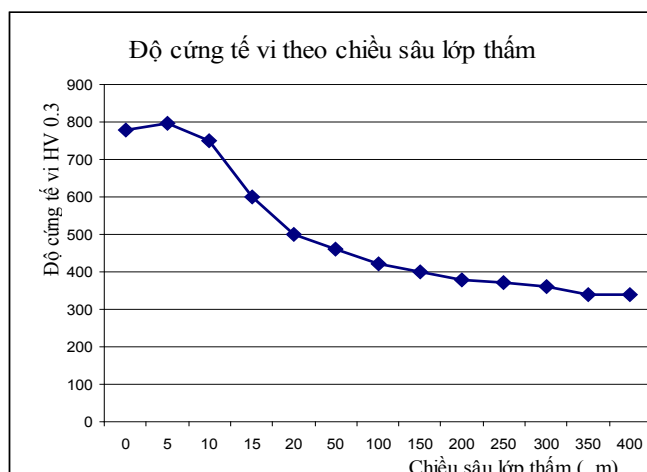
Qua ảnh tổ chức kim tương (hình 6) có thể thấy, bề mặt mẫu kiểm tra tương ứng với các vật liệu của chi tiết có lớp thấm rõ nét. Các pha ϵ và pha γ là lớp trắng nhận thấy được khi tẩm thực và chụp qua kính hiển vi. Tổ chức tế vi gồm cacbit, nitrit phân bố trong ferit.



Hình 6: tổ chức tế vi lớp thấm nitơ plasma trên thép 40CrMo (500x)

Độ cứng tế vi

Độ cứng tế vi theo chiều sâu lớp thấm được tiến hành đo trên mặt cắt ngang qua lớp thấm và được đo theo các khoảng cách. Độ cứng bề mặt cao (795 HV0.3), càng vào sâu thì độ cứng giảm dần, đến chiều sâu 350 μm thì không đổi, tương ứng với độ cứng của kim loại nền (340 HV) (hình 7).

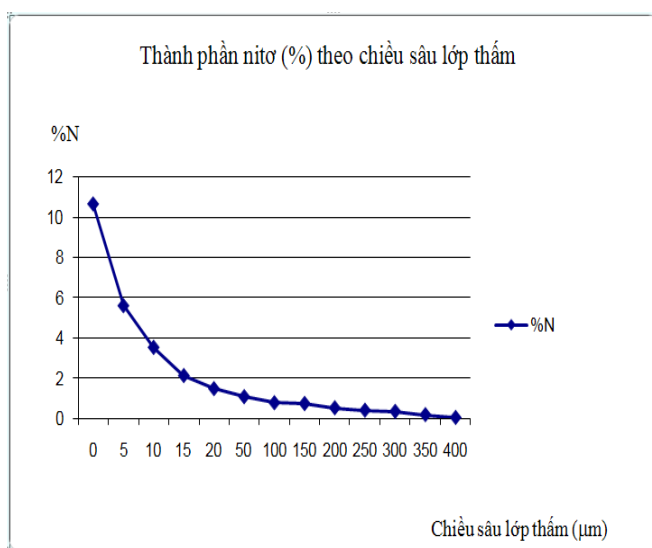


Hình 7: phân bố độ cứng theo chiều sâu lớp thấm

Sự phân bố nitơ trong lớp thấm

Qua hàm lượng %N theo chiều sâu lớp thấm, ta có thể xác định được chiều dày các pha ϵ +, pha λ và pha α .

Kết quả phân tích EDX cho thấy, hàm lượng %N trên bề mặt cao (10,68%N), tuy nhiên càng vào sâu bên trong thì hàm lượng %N càng giảm (hình 8).



Hình 8: phân bố thành phần nitơ (%N) theo chiều sâu lớp thấm

Trong hệ mài chốt - đĩa (chốt là thép 40CrMo được thấm nitơ plasma và không thấm, đĩa là thép C45 được nhiệt luyện độ cứng 45HRC), hệ số ma sát giữa mẫu thấm nitơ và không thấm nitơ tương ứng là 0,51 và 0,64. Như vậy, hệ số ma sát của mẫu thấm thấp hơn mẫu không thấm khoảng 20%. Cường độ mài mòn

của mẫu được thấm nitơ giảm 25% so với mẫu không thấm.

Kết luận

Việc nghiên cứu ứng dụng công nghệ thấm nitơ plasma trên thép 40CrMo đã mở ra hướng công nghệ mới, có tính ứng dụng cao. Quy trình công nghệ đã được áp dụng để thấm cho một số chi tiết máy cụ thể được làm từ thép 40CrMo cho thấy ưu điểm vượt trội của phương pháp thấm nitơ plasma so với phương pháp thấm nitơ thông thường. Với kết quả đã đạt được, có thể áp dụng để tìm ra quy trình công nghệ cho nhiều mức thép khác nhau khi thấm nitơ plasma để cho hiệu quả tốt nhất ■

Tài liệu tham khảo

1. Balles A.C. (2004), Nitretação a plasma como meio alternativo ou complementar à oxidação negra na proteção à corrosão do aço de baixo teor de carbono, Pipe - programa interdisciplinar de pos graduação em engenharia.
2. Greßmann T. (2007), Fe-C and Fe-N compound layers: Growth kinetics and microstructure, Max-Planck-Institut für Metallforschung.
3. Hoàng Minh Thuận, Đào Quang Kế, Hoàng Văn Châu (2012), "Tối ưu hóa chế độ thấm nitơ plasma thép 40CrMo trên thiết bị Eltropuls H045x080", Tạp chí Cơ khí Việt Nam, số 06 (tháng 6.2012) trang 62-69.
4. Hoàng Minh Thuận, Đào Quang Kế, Hoàng Văn Châu, Trần Vệ Quốc, Phạm Văn Đông (2009), "Ứng dụng công nghệ thấm nitơ plasma làm bền bánh răng hành tinh xe trộn - vận chuyển bê tông tươi", Kỷ yếu Hội nghị KH&CN Cơ khí chế tạo toàn quốc lần thứ 2, trang 388-391.
5. Hoàng Vĩnh Giang, Lục Văn Thương, Hoàng Minh Thuận (2010), "Ứng dụng công nghệ thấm nitơ plasma cho một số chi tiết máy chế tạo từ hợp kim crôm", Tạp chí Cơ khí Việt Nam, số 05 (tháng 5 .2010), trang 15-17.
6. Huchel U. et al (2005), Pulsed Plasma Nitriding of Tools, ELTRO GmbH, Baesweiler, Germany.