

# NGHIÊN CỨU THẨM BO ĐIỆN PHÂN CHO THÉP VÀ GANG ĐỂ NÂNG CAO KHẢ NĂNG CHỊU MÀI MÒN VÀ ĂN MÒN CÁC CHI TIẾT MÁY.

## RESEARCHING ON THE TECHNOLOGY OF ELECTROLYTIC BORIDING OF STEELS AND CAST IRONS TO INCREASE THE WEAR AND CORROSION RESISTANCE OF MACHINE PARTS.

Nguyễn Ngọc Lâm và Đặng Vũ Ngạn\*

Trường Kỹ thuật Cơ Khí Luyện Kim Sài Gòn , Tp . Hồ Chí Minh

E mail : [ngoclam882003@yahoo.com](mailto:ngoclam882003@yahoo.com)

\* Khoa Công nghệ vật liệu, Đại học Bách khoa, Tp Hồ Chí Minh

---

### BẢN TÓM TẮT

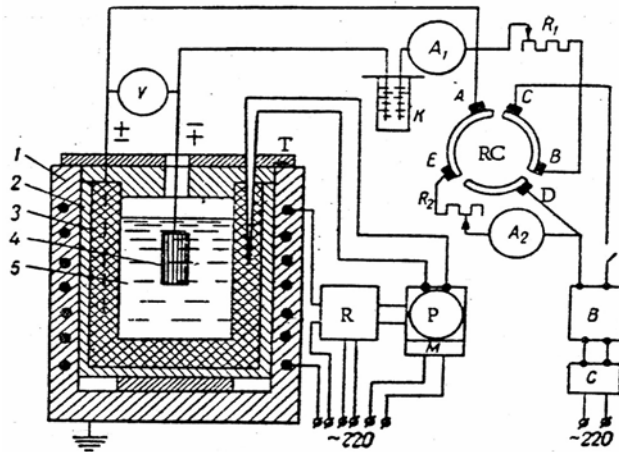
Thẩm bo điện phân trong môi trường borax và bo oxit nóng chảy là quá trình xử lý khuếch tán nguyên tố bo lên bề mặt vật liệu ở một nhiệt độ và thời gian nào đó. Trong thẩm bo điện phân, bo được khuếch tán vào trong bề mặt thép và gang ở nhiệt độ cao từ 900 đến 1050 °C và hình thành lớp thẩm borit gồm Fe<sub>2</sub>B và FeB có độ cứng rất cao từ 1800 đến 2100 HV 0,1 và chịu mài mòn, ăn mòn tuyệt hảo. Đã thực hiện được lớp thẩm borit trên các mẫu thép CT38, C45 và gang xám và các thí nghiệm về mài mòn cơ học (trong cát xây dựng) và ăn mòn (trong không khí nóng 600 đến 800 °C) so sánh tương đối giữa các mẫu thẩm bo và không thẩm bo. Thành phần và chiều dày lớp thẩm đã được xác định bằng phương pháp phân tích kim tương và tia X.

### ABSTRACT

Electrolytic boriding in fused borax and boric anhydride media is the boron diffusing treatment on the material surface under certain temperatures and periods. In electrolytic boriding boron is diffused into the steels and cast irons surface with high temperatures (900 – 1050 °C) and boride layers including Fe<sub>2</sub>B and/or FeB are obtained. Their microhardness are very high (1800 – 2100 HV 0,1) and resistance to abrasive, erosive, corrosive wear are excellent. In this study the boride layers on grey cast iron, carbon steels (CT38 and C45) were made under different impregnating conditions. The composition and thickness of boride layers were examined by metallographic and X-rays analyses. The resistances of electrolytic borided samples and non-borided same samples were determined relatively by tests of abrasive and corrosive wear.

### 1. PHÂN LÝ THUYẾT

Thẩm bo điện phân được thực hiện trong lò muối borax nóng chảy với sơ đồ thiết bị như sau:



Hình 1 : Thiết bị thấ m bo đ ien phân [107]

- 1) Lò đ ien trở TG – 1B .
- 2) Vỏ thép chịu nóng bảo vệ nồi lò .
- 3) Nồi lò Graphite .
- 4) Mẫ u thấ m hoặ c chi tiế t thấ m .
- 5) Hổ n hợ p borax + B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nóng chảy .

K. Đ ien lượ ng kế ( coulommeter ) .

RC : Bộ phận cố gó p làm cho dòng đ ien luân phiên đ ảo chiề u .

R : Rờ le .

P : Bộ phận đặ t nhiệ t độ và can nhiệ t đ o nhiệ t độ EPD – 12 .

B. : Bộ chĩnh lư u .

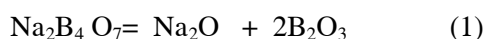
C. : Má y ổn áp .

T : Can nhiệ t ( cặ p nhiệ t đ ien ) .

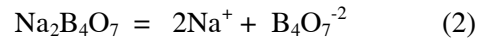
Nhờ vành đ ai cố gó p đ ien RC và các tiế p đ iểm cố đ ị nh C. , D. , E ; Các tiế p đ iểm A. và B. có thể trượ t tươ ng đ ố i với C. , D. , E nên khi roto quay dòng đ ien sẽ luân phiên đ ố i chiề u theo chu kỳ τ a. và τ c. , τ a. là thờ i gian ứ ng với mẫ u là anot , τ c. là thờ i gian ứ ng với mẫ u là catot . Để thay đ ố i tỉ số τ a. / τ c. chỉ cần thay đ ố i vị trí của các tiế p đ iểm A. và B. tươ ng đ ố i với các tiế p đ iểm cố đ ị nh . SỰ thay đ ố i chiề u dày lớ p thấ m theo tỉ số τ a. / τ c.. Giá trị τ a. / τ c. tối ứ u đ ã đượ c xác đ ị nh bằng thực nghiệ m từ 1/ 2 đ ến 1/ 3[1].

Các phả n ứ ng hoá hợ c và đ ien hoá xảy ra khi thấ m bo đ ien phân như sau :

- Borax phân ly đ ướ i tác đ ứ ng của nhiệ t

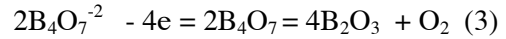


- Đ ồng thờ i có sự phân ly đ ien phân



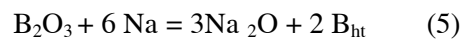
Các phả n ứ ng xảy ra :

Ở anot :



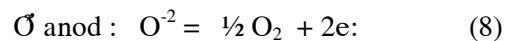
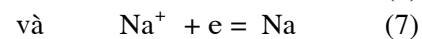
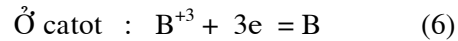
Ở catot:  $\text{Na}^{+2} + e = \text{Na} \quad (4)$

Quá trình tạo nguyên tử B hoặ t tính xảy ra như sau :

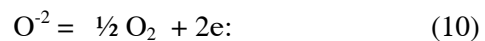
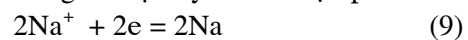


Cơ chế tạo thành nguyên tử bo như trên không giải thích đ ượ c ảnh hưở ng của dòng đ ien, thành phần bề thấ m đ ến quá trình thấ m. Ngoà i ra chũ a kể đ ến cấu tạo của ion muối và oxit nóng chảy.

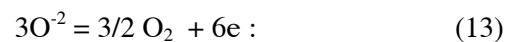
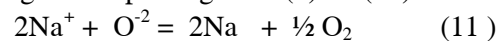
Theo quan đ iểm mới có thể coi borax nóng chảy gồm ion ( B<sup>+3</sup> ), ion natri (Na<sup>+</sup>), và ox i (O<sup>-2</sup>). Khi đặ t vào bể muối một đ ien áp đủ lớn thì các ion natri và ion B<sup>+3</sup> tích đ ien ở catot; ion oxy ( O<sup>-2</sup> ) ở anot



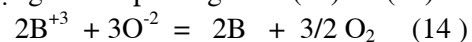
Phả n ứ ng thứ tự xảy ra khi đ ien phân:



Cộ ng hai vế phươ ng trình (9) và (10):



Cộ ng hai vế phươ ng trình (12) và (13) :



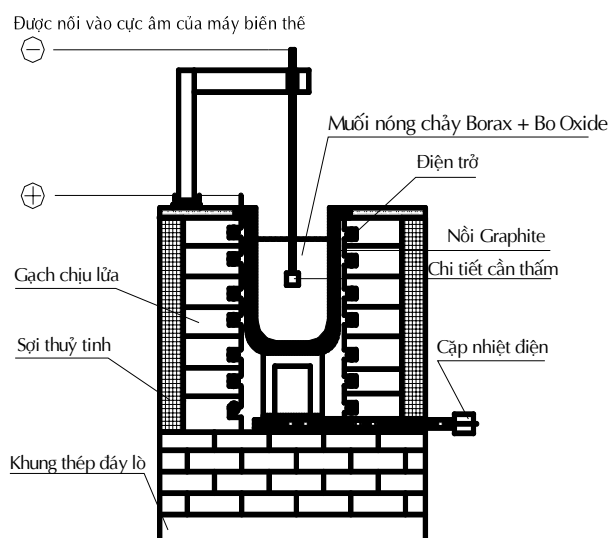
( phả n ứ ng phân huỷ bo ox iđ ).

Trong quá trình thối, một phần bo khuếch tán một phần bị cháy nên định kỳ phải bổ xung thêm borax, bo oxid. Để tăng tốc độ quá trình thối người ta thêm vào borax một số chất hoạt tính như :  $B_2CO_3$  ,  $Na_2CO_3$  ... Thời gian thối phụ thuộc vào chiều sâu lớp thối.

## 2. PHẦN THỰC NGHIỆM THỐI BO ĐIỆN PHÂN

### 2.1 Thiết bị và vật liệu sử dụng trong thối bo điện phân

#### 2.1.1 Lò muối borax nóng chảy và điện phân



Hình 1 : Sơ đồ thiết bị thối bo điện phân

##### 2.1.1.1 Nồi thối bằng graphit :

Kích thước đường kính trong ( 250 mm ) x đường kính ngoài ( 310 mm ) x chiều cao ( 410mm ) x chiều dày đáy 30 mm.

##### 2.1.1.2 Công suất thiết bị

a./ Điện trở : Công suất tổng cộng để nung nóng điện trở là 15 Kw. Công suất này được chọn dựa trên thực tế của các lò muối nóng chảy .

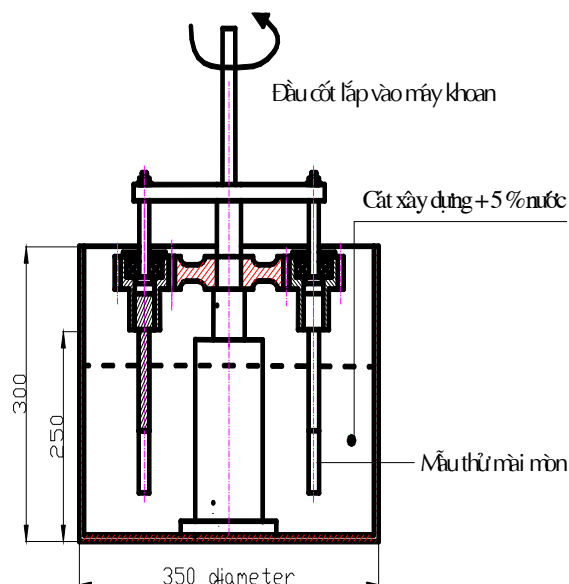
b / Máy biến thế từ 220V ra điện thế 1 chiều 0,5 V → 15V , dòng điện ra tối đa 60A , công suất  $15V \times 60A = 900V.A$

#### 2.1.1.3 Tường lò và đáy lò : bằng gạch chịu lửa ( 230 x 115 x 65 )

#### 2.1.1.4 Hệ thống điện :

Ngoài phần cung cấp điện xoay chiều cho điện trở lò còn có một hệ thống gồm 03 khởi động từ, 02 timer và các tiếp điểm dùng để đảo dòng điện một chiều của đầu ra máy biến thế theo một chế độ định trước .

#### 2.1.2 Thiết bị thử mài mòn.



Hình 2 : Sơ đồ thiết bị thử mài mòn

#### 2.1.3 Thiết bị thử ăn mòn

Thí nghiệm về ăn mòn được tiến hành trong lò buồng điện trở có công suất 03 kw , một pha 220 v, hàng second – hand do Nhật sản xuất . Nhiệt độ tối đa 1200 oC, thể tích lò 200 x 150 x 300 mm.

#### 2.1.4 Cân đo khối lượng mẫu :

Cân điện tử hiệu TANITA , model 1477 , thang cân từ 0 –50 g với sai số 0,05g.

### 2.1.5 Đồng hồ đo nhiệt độ

Digital Thermometer , loại K , phạm vi đo từ 50 đến 1300 oC , Taiwan

### 2.1.6 Kính hiển vi soi kim tương chụp hình và xác định chiều dày lớp thấm

Các mẫu sau khi thấm bo được chụp hình và xác định chiều dày lớp thấm bằng thiết bị tại Trung tâm Tiêu chuẩn và Đo lường III .

### 2.1.7 Thiết bị đo độ cứng Vicke

Độ cứng của lớp thấm borit được xác định bằng máy thử độ cứng tại Phòng thí nghiệm kim loại , trường ĐHBK Thành phần HCM.

### 2.1.8 Thiết bị phân tích tia X

Hai mẫu sau khi thấm bo được gửi đến Phân Viện Nghiên Cứu Mỏ và Luyện kim để xác định thành phần lớp thấm .

### 2.1.9 Vật liệu mẫu thử và chi tiết

Các mẫu thử làm bằng vật liệu gồm : thép CT38 , thép C45 , gang Xám . Chi tiết bánh răng “Hú” và ốc pit tông xe gắn máy

### 2.1.10 Hoá chất dùng trong bể muối nóng chảy và điện phân

Borax ( Sodium tetraborate pentahydrate ,  $Na_2B_4O_7 \cdot 5H_2O$  ) có hàm lượng B là 15 % , USA và acid boric do Nga sản xuất có bán sẵn trên thị trường Việt nam

## 2.2 Thí nghiệm thấm bo

### 2.2.1 Chuẩn bị mẫu thấm và chi tiết

Mẫu thấm và chi tiết làm bằng vật liệu gang xám , thép CT3 , thép C45 , 45Cr , gồm các quy cách được cho trong bảng 1 và 2.

### 2.2.2 Chế độ thấm bo

Chế độ thấm bo cho các mẫu thử được nêu trong bảng 3 .

Bảng 1: Các loại mẫu thấm bo

Mẫu thấm	Quy cách			Vật liệu	Số lượng g	Mục đích
	Kích thước ( mm )	Diện tích (cm <sup>2</sup> )	Khối lượng (g)			
1	Φn x Φt x dài 10 x 5 x 10	3,14	4,35	CT38	20	Phân tích kim tương, Phân tích tia X, đo chiều dày lớp thấm, đo độ cứng HV
2	10 x 5 x 10	3,14	4,30	G.xám	20	
3	10 x 5 x 40	12,56	17,4	CT38	04	Thử mài mòn trong môi trường cát xây dựng
4	10 x 5 x 40	12,56	17,4	C45	04	
5	10 x 5 x 40	12,56	17,2	G.xám	04	
6	30 x 8 x 18	16,9	99,8	CT38	06	Thử ăn mòn trong môi trường không khí nóng ở 600°C ,700°C ,800 °C
7	25,4 x 12,7x 13,34 ( D x R x C )	13,22	27,5	CT38	06	Thử mài mòn theo ASTM G65 hay G105

Bảng 2 : Các loại chi tiết thấm bo

Chi tiết	Quy cách		Vật liệu	Số lượng	Mục đích
	Thông số	Khối lượng (g)			
Bánh răng	Số răng : 17 Modun : 1,75 Bề dày : 20	85,4	40Cr	03	Phân tích kim tương , đo chiều dày lớp thấm , kiểm tra sự thay đổi về kích thước , thử mài mòn thực tế
Ắc pit tông	Đường kính ngoài : 13 mm Đường kính lỗ : 8,85 mm Chiều dài : 38 mm	20,8	40Cr	03	

Bảng 3 : Chế độ thấm Bo điện phân

TN số	Mẫu thấm	Chế độ thấm			Thành phần bề thấm	Kết quả phân tích kim tương và xác định chiều dày lớp thấm
		Nhiệt độ °C	Thời gian giờ	Mật độ dòng A/cm <sup>2</sup>		
1	1	950	02	03	100 % borax	Lớp thấm borit quá mỏng , không xác định được
	2	950	02	03		Không hình thành lớp thấm borit , chỉ có miền khuếch tán Bo trong ferrit.
2	1	950	02	04	70 % borax + 30 % acid boric	Chiều dày lớp thấm 0,16 mm (hình 2.1)
	2	950	02	04		Chiều dày lớp thấm 0,13 mm (hình 2.2)
3	1	950	02	04, (đảo chiều)		Chiều dày lớp thấm 0,26 mm (hình 2.3)
	2	950	02	04		Chiều dày lớp thấm 0,20 mm (hình 2.4)
4	1	1000	02	04 (đảo chiều)		Chiều dày lớp thấm 0,33 mm (hình 2.5)
	2	1000	02	04		Chiều dày lớp thấm 0,31mm (hình 2.6)
5	1	1000	02	04		Chiều dày lớp thấm 0,19 mm (hình 2.7)
	2	1000	02	04		Chiều dày lớp thấm 0,15 mm (hình 2.8)
6	1	1050	1,5	04 đảo chiều		Chiều dày lớp thấm 0,3 mm (hình 2.9)
	2	1000	1,5	04 đảo chiều		Chiều dày lớp thấm 0,23 mm (hình 2.10)
7	1	1050	2	Như TN 6	Chiều dày lớp thấm 0,38 mm (hình 2.11)	

### 2.2.3 Kết quả thí nghiệm

### 2.2.3.1 Phân tích nhiễu xạ tia X .

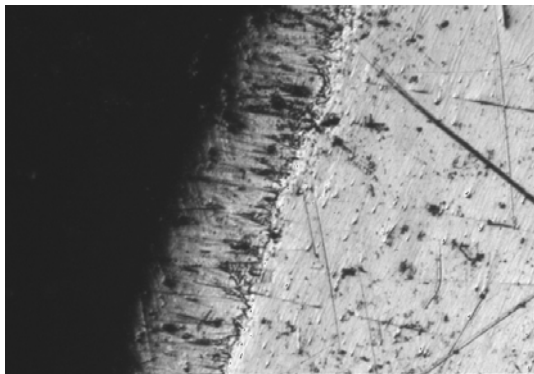
Được thực hiện tại Phân viện nghiên cứu mỏ và luyện kim. Kết quả như sau:

- Mẫu số 1 [ mẫu lớn , (  $\Phi$  10 x  $\Phi$  5 x 40 ) mm , gang xám ] : thành phần chủ yếu là pha FeB và pha phụ là Fe<sub>2</sub>B .

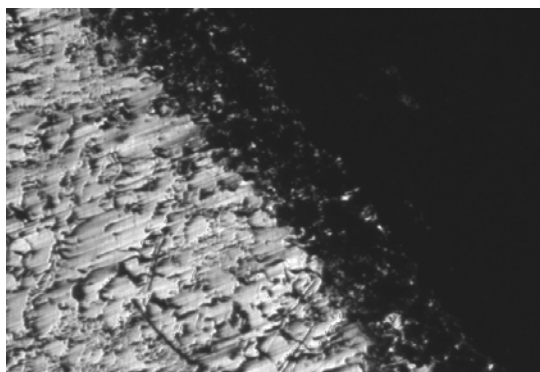
- Mẫu số 2 [ mẫu nhỏ , (  $\Phi$  10 x  $\Phi$  5 x 10 ) mm , gang xám ]: thành phần chủ yếu là pha FeB và Fe<sub>2</sub>B .

### 2.2.3.2 Phân tích kim tương .

Các mẫu thử sau khi thấm bo được phân tích kim tương tại Trung Tâm thí nghiệm khu vực 3, kết quả như sau:



Hình 3 : Mẫu thép CT38 ( C<sub>T</sub>3 ) được thấm bo điện phân trong 70 % borax + 30 % acid boric . Nhiệt độ thấm 950 °C ; thời gian 2 giờ ; mật độ dòng 0,4 A/ cm<sup>2</sup> .  
Độ phóng đại 50 x.  
Chiều dày lớp thấm : 0,16 mm

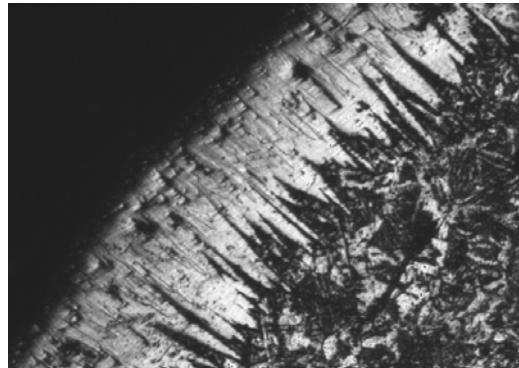


Hình 4 : Mẫu gang xám được thấm bo điện phân trong 70 % borax + 30 % acid boric .  
Nhiệt độ thấm 950 °C ; thời gian 2 giờ ;

mật độ dòng 0,4 A/ cm<sup>2</sup> .

Độ phóng đại 50x .

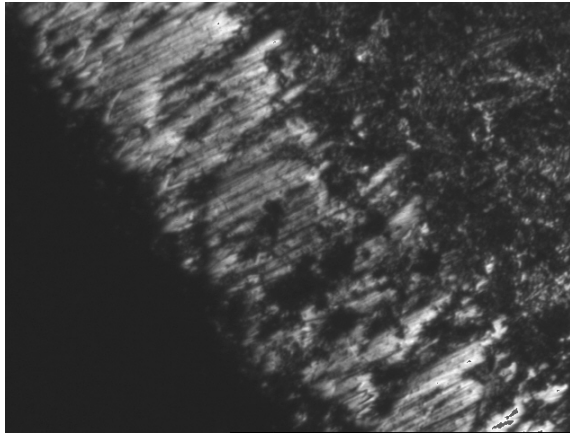
Chiều dày lớp thấm : 0,13 mm



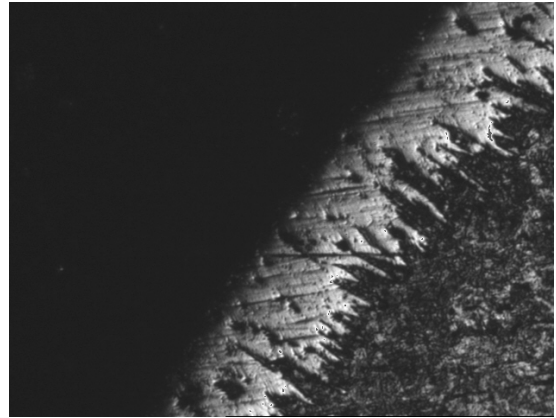
Hình 5 : Mẫu thép CT38 ( C<sub>T</sub>3 ) được thấm bo điện phân trong 70 % borax + 30 % acid boric . Nhiệt độ thấm 950 °C ; thời gian 2 giờ ; mật độ dòng 0,4 A/ cm<sup>2</sup> và đảo chiều.  
Độ phóng đại 50x . Chiều dày lớp thấm :  
0,26 mm



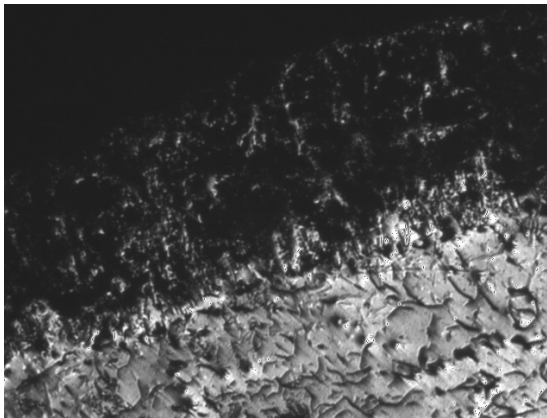
Hình 6 : Mẫu Gang xám được thấm bo điện phân trong 70 % borax + 30 % acid boric .  
Nhiệt độ thấm 950 °C ; thời gian 2 giờ ; mật độ dòng 0,4 A/ cm<sup>2</sup> và đảo chiều.  
Độ phóng đại 50x .  
Chiều dày lớp thấm : 0,20 mm



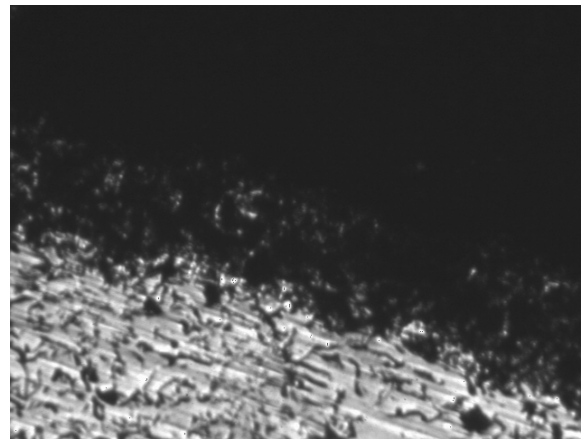
Hình 7 : Mẫu thép CT38 ( C<sub>T</sub>3 ) được thấm bo điện phân trong 70 % borax + 30 % acid boric . Nhiệt độ thấm 1000 °C ; thời gian 2 giờ ; mật độ dòng 0,4 A/ cm<sup>2</sup> đảo chiều .  
Độ phóng đại 50x .  
Chiều dày lớp thấm : 0,33 mm



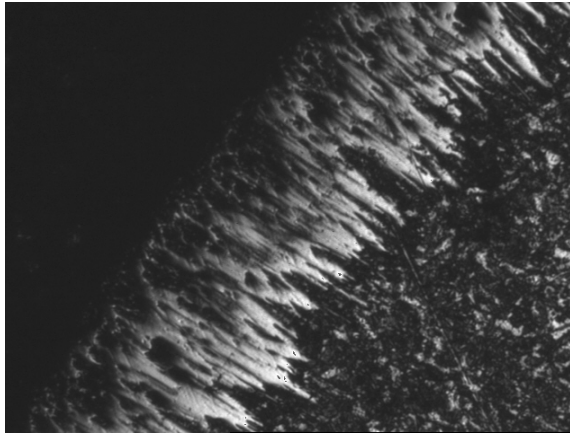
Hình 9 : Mẫu thép CT38 ( C<sub>T</sub>3 ) được thấm bo điện phân trong 70 % borax + 30 % acid boric . Nhiệt độ thấm 1000 °C ; thời gian 2 giờ ; mật độ dòng 0,4 A/ cm<sup>2</sup> .  
Độ phóng đại 50x .  
Chiều dày lớp thấm : 0,19 mm



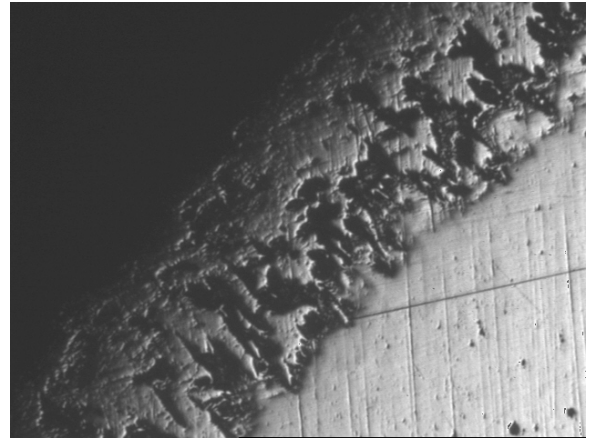
Hình 8 : Mẫu gang xám được thấm bo điện phân trong 70 % borax + 30 % acid boric . Nhiệt độ thấm 1000 °C ; thời gian 2 giờ ; mật độ dòng 0,4 A/ cm<sup>2</sup> đảo chiều .  
Độ phóng đại 50x .  
Chiều dày lớp thấm : 0,31 mm



Hình 10: Mẫu gang xám được thấm bo điện phân trong 70 % borax + 30 % acid boric . Nhiệt độ thấm 1000 °C ; thời gian 2 giờ ; mật độ dòng 0,4 A/ cm<sup>2</sup> .  
Độ phóng đại x 50.  
Chiều dày lớp thấm : 0,15 mm



Hình 11 : Mẫu thép CT38 (  $C_{T3}$  ) được thấm bo điện phân trong 70 % borax + 30 % acid boric . Nhiệt độ thấm 1050 °C ; thời gian 1 giờ 30 phút ; mật độ dòng 0,4 A/ cm<sup>2</sup> và đảo chiều . Độ phóng đại 50x .  
Chiều dày lớp thấm : 0,30 mm



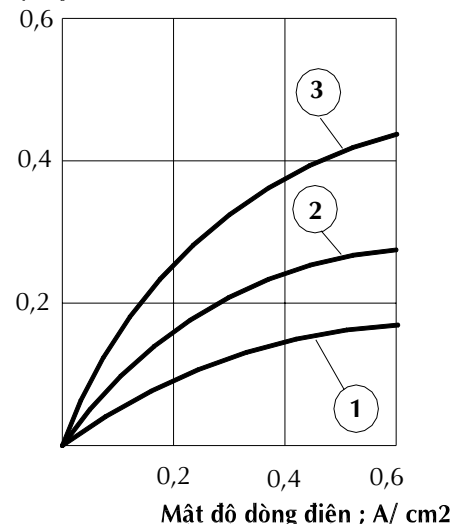
Hình 13: Mẫu thép CT38 (  $C_{T3}$  ) được thấm bo điện phân trong 70 % borax + 30 % acid boric . Nhiệt độ thấm 1050 °C ; thời gian 2 giờ ; mật độ dòng 0,4 A/ cm<sup>2</sup> và đảo chiều . Độ phóng đại 50x .  
Chiều dày lớp thấm : 0,38 mm



Hình 12 : Mẫu gang xám được thấm bo điện phân trong 70 % borax + 30 % acid boric . Nhiệt độ thấm 1050 °C ; thời gian 1 giờ 30 phút ; mật độ dòng 0,4 A/ cm<sup>2</sup> và đảo chiều . Độ phóng đại 50x .  
Chiều dày lớp thấm : 0,23 mm

Từ các thí nghiệm 2 , 3 , 4 với mẫu thấm 1 (CT38) theo bảng 3 ta vẽ được đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc chiều dày lớp thấm vào mật độ dòng theo hình 14

Chiều dày lớp thấm ; mm



Hình 14 : Sự phụ thuộc chiều sâu lớp thấm vào mật độ dòng .

1: nhiệt độ thấm bo 950 °C , thời gian thấm 2 giờ .

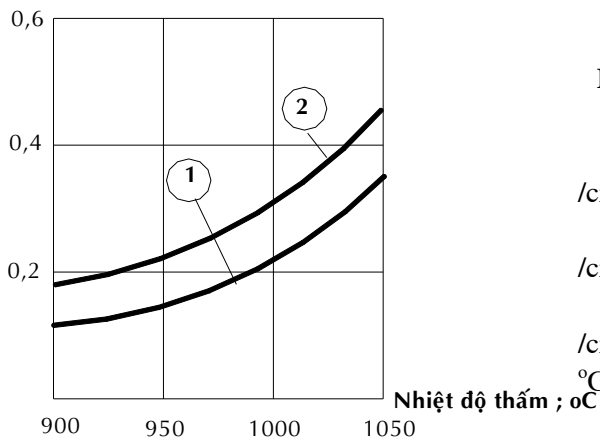


2 : nhiệt độ thấm bo 950 °C , thời gian thấm 2 giờ, dòng điện đảo chiều .

3: nhiệt độ thấm bo 1000 °C , thời gian thấm 2 giờ, dòng điện đảo chiều.

Từ các thí nghiệm 2 , 3 , 4 , 5 , với mẫu thấm 1 (CT38) theo bảng 3 ta vẽ được đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc chiều dày lớp thấm vào nhiệt độ thấm bo (hình 15)

Chiều dày lớp thấm ; mm



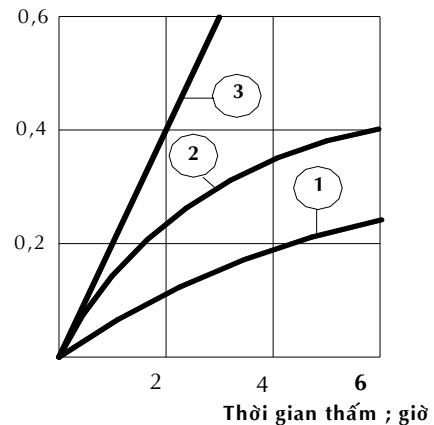
Hình 15: Sự phụ thuộc chiều sâu lớp thấm vào nhiệt độ thấm bo .

1 : mật độ dòng không đổi ( 0,4 A / cm<sup>2</sup> ), thời gian thấm bo 2 giờ

2 : mật độ dòng không đổi ( 0,4 A / cm<sup>2</sup> ), dòng đảo chiều , thời gian thấm bo 2 giờ

Từ các thí nghiệm 2 , 3 , 6 , 7 với mẫu thấm 1 (CT38) theo bảng 2.3 ta vẽ được đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc chiều dày lớp thấm vào thời gian theo hình 16

Chiều dày lớp thấm ; mm



Hình 16: Sự phụ thuộc chiều dày lớp thấm theo thời gian thấm.

1 : Mật độ dòng không đổi ( 0,4 A / cm<sup>2</sup> ), nhiệt độ thấm bo 950 °C

2 : Mật độ dòng không đổi ( 0,4 A / cm<sup>2</sup> ) và đảo chiều , nhiệt độ thấm bo 950 °C

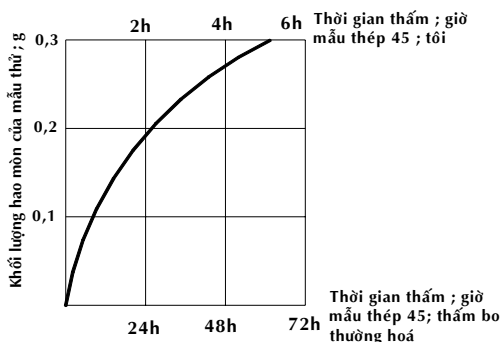
3 : Mật độ dòng không đổi ( 0,4 A / cm<sup>2</sup> ) và đảo chiều , nhiệt độ thấm bo 1050 °C

### 2.2.3.3 Đo độ cứng tế vi Vicker

Mẫu sau khi thấm bo được đo độ cứng tế vi Vicker tại phòng thí nghiệm vật liệu kim loại trường ĐHBK Thành phố HCM . Kết quả nhận được khoảng 1150 – 1200 HV 0,3 đối với mẫu thép và khoảng 1100 – 1150 HV 0,3 đối với mẫu gang Xám.

### 2.3. Thí nghiệm mài mòn

Cặp mẫu với cùng loại vật liệu được tiến hành thử mài mòn ( trong cát xây dựng ) trên thiết bị thử mài mòn , một mẫu được thấm bo và mẫu còn lại không thấm bo, tôi . Đánh giá khả năng chịu mài mòn tương đối giữa 2 mẫu theo thời gian thử mài mòn làm cho mẫu bị mài mòn 0,3g

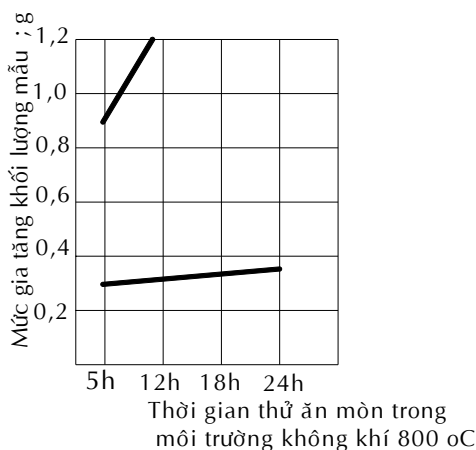


Hình 17 : Đồ thị so sánh mài mòn giữa các mẫu thép 45 thấm bo và tôi

**Kết quả:** mẫu thép 45 thấm bo chịu mài mòn gấp 12 lần so với mẫu thép 45 ở sau khi tôi.

### 2.4. Thí nghiệm ăn mòn

Các mẫu được thấm bo và không thấm bo được đưa vào lò buồng ở nhiệt độ 800°C. Thời gian tiến hành trong 24 giờ, cân mẫu sau 5 giờ và sau 24 giờ. Kết quả được trình bày trong đồ thị sau:



Hình 18 : Đồ thị biểu diễn mức gia tăng khối lượng mẫu thử theo thời gian thử ăn mòn trong không khí nóng ở 800 °C

Bảng 4 : Số liệu đo được theo đồ thị hình 18

Mẫu	Mức gia tăng khối lượng sau thời gian 5h ;	Mức gia tăng khối lượng sau thời gian 24h ;
Thấm bo	0,90 g	1,20 g
Không thấm bo	0,30 g	0,35 g

	nhiệt độ 800°C	nhiệt độ 800°C
Thấm bo	0,30 g	0,35 g
Không thấm bo	0,90 g	2,50 g

### 3. PHẦN KẾT LUẬN.

Qua các phần nghiên cứu lý thuyết và công nghệ thấm bo điện phân, có thể rút ra một số nhận xét và đánh giá như sau :

- o Không có sự khác biệt về tổ chức lớp thấm cho các loại thép và gang ... giữa các phương pháp thấm bo

- o Đối với quá trình thấm bo thể lỏng điện phân, quá trình kiểm soát được nồng độ Bo nguyên tử ở bề mặt chi tiết cần thấm bo tương đối khó khăn vì trong quá trình thấm hàm lượng bo trong bể muối nóng chảy sẽ giảm dần, do vậy cần phải xác định lượng muối bổ xung thêm sau mỗi lần thấm hoặc phải thay đổi nhiệt độ và thời gian thấm để tổ chức lớp thấm không thay đổi.

- o Lớp thấm borit có độ cứng rất cao từ 1800 đến 2100 HV, hệ số ma sát nhỏ, bám rất chắc vào nền kim loại, chịu được nhiệt độ 500 – 700 °C thường xuyên trong quá trình làm việc, chịu được ăn mòn rất tốt trong các môi trường acid HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> .. Ngoài ra, thấm bo còn cho phép các quá trình nhiệt luyện tiếp theo mà không làm giảm tính chất của lớp thấm borit. Do vậy thấm bo rất thích hợp để chế tạo các chi tiết chịu mài mòn và ăn mòn rất cao như trục vít và xy lanh của máy ép xuất nhựa, bánh răng trong máy mài tay, ống con lăn dẫn chỉ trong ngành dệt, dao cắt vật liệu gốm... với hiệu quả làm tăng tuổi thọ nhiều lần so với trường hợp không thấm và trong nhiều trường hợp chỉ cần sử dụng vật liệu rẻ tiền hơn ( ví dụ như thép cacbon thông thường ) rồi thấm bo, kết quả vẫn tốt như dùng các loại hợp kim đắt tiền.

- o Công nghệ thấm bo thể lỏng điện phân tương đối đơn giản, thiết bị đầu tư nhỏ,

các chất thấm được xử dụng borax , bo oxid có sẵn trên thị trường Việt Nam và rẻ tiền , thấm bo điện phân chỉ thích hợp cho những chi tiết có hình dạng đơn giản và nhỏ ( khoảng vài kg / chi tiết ) . Môi trường tương đối ít độc hại . Các thí nghiệm thấm bo điện phân cho thấy kết quả về cơ bản hoàn toàn phù hợp với lý thuyết

o Bể muối gồm 60 – 70 % borax và 30 – 40 % acid boric , nhiệt độ thấm từ 950 °C đến 1050 °C và với mật độ dòng từ 0,5 – 0,7 A/ cm<sup>2</sup> . Kết quả cho thấy tốc độ thấm khá nhanh (0,05 đến 0,1 mm / giờ) và chất lượng lớp thấm khá đồng đều.

o Thí nghiệm về mài mòn cơ đã chứng tỏ lớp thấm borit có khả năng chịu mài mòn cơ học và chịu ăn mòn rất cao .

o Chiều dày lớp thấm borit thích hợp thường trong khoảng vài chục µm đến tối đa là 300 µm . Các lớp thấm dày hơn dễ bị nứt vỡ trong quá trình thấm cũng như trong quá trình làm việc . Đối với các chi tiết làm việc trong điều kiện tốc độ mài mòn và va đập cao thì chiều dày lớp thấm nên vào khoảng 50 µm . Còn trong trường hợp tốc độ mài mòn nhỏ , không va đập , chiều dày lớp thấm có thể cao đến 200 – 300 µm.

o Tùy theo yêu cầu về tải làm việc thấp hay cao của chi tiết , có thể chọn vật liệu nền và nhiệt luyện thích hợp sau khi thấm bo để bảo vệ lớp thấm bề mặt của chi tiết không bị phá hỏng trong quá trình làm việc.

Từ các phân tích và đánh giá trên , chúng tôi nhận thấy khả năng thấm bo cho các chi tiết bằng cho các hợp kim trên cơ sở sắt để nâng cao khả năng chịu mài mòn và ăn mòn hoàn toàn hiện thực và không còn gì phải bàn cãi nữa . Nếu so sánh với các phương pháp tạo lớp bề mặt kỹ thuật cao hiện nay như CVD hay PVD thì lớp thấm khuếch tán borit không thua kém về chất lượng nhưng lại yêu cầu về đầu tư thiết bị nhỏ , nguyên liệu ( chất thấm ) dễ kiếm và rẻ tiền nhất là xử dụng phương pháp thấm bo thể lỏng điện phân . Đầu tư và mở rộng các nghiên cứu thực nghiệm thấm bo

điện phân ở Việt nam hiện nay cho các chi tiết máy làm việc trong các điều kiện về ăn mòn và mài mòn khắc nghiệt , theo chúng tôi , là một việc làm hết sức thiết thực và chắc chắn đem lại hiệu quả kinh tế – kỹ thuật cao trong hoàn cảnh đất nước đang phát triển hiện nay của chúng ta .

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Pts Nguyễn Phú Ấp – Công nghệ Hoá nhiệt luyện trong chế tạo máy (1994) , pp 66 -71
2. Phạm thị Minh Phương & Tạ văn Thất – Công nghệ Nhiệt luyện , Nhà xuất bản Giáo Dục (2000) , pp 241 - 248
3. B.N Arzamaxov (1986)– Vật liệu học - Nhà xuất bản Giáo Dục (2001) – Người dịch : Nguyễn Khắc Cường – Đỗ Minh Nghiệp – Chu Thiên Trường – Nguyễn Khắc Xương , pp 111-119
4. N.L.Glinka – Hoá Học Đại Cương Tập 2 - Nhà Xuất Bản Đại học và Trung học chuyên nghiệp Hà Nội (1985) - Người dịch : Lê Mậu Quyền , pp 319 -320
5. Alfred Graf von Matuschka – Boronizing –Heyden &Son .Inc.Philadelphia ( 1980 ) ,pp 01 -97
6. Protective coatings on metals - G.V.Samsonov ( 1970 ) ,Vol 1 pp 25 – 34 , Vol 2 pp 123 - 134
7. Trang WEB www. Google.com\ Borax
8. Trang WEB www. Google.com\ Boriding - Boronizing .
9. Trang WEB www. Google.com\ Boron .

### KIẾN NGHỊ NHỮNG NGHIÊN CỨU TIẾP THEO

1. Thấm bo điện phân và nhiệt luyện tiếp theo cho các chi tiết máy và tiến hành thử mài mòn và ăn mòn trong điều kiện thực tế để xác định khả năng làm việc của chi tiết , cụ thể như sau :

• Dùng thép CT38 ( C<sub>T3</sub> ) thấm bo điện phân với chiều dày lớp thấm khoảng 50

– 100  $\mu\text{m}$  , tổ chức lớp thấm gồm FeB và Fe<sub>2</sub>B để sản xuất các chi tiết chịu tải trọng nhỏ trong điều kiện mài mòn và ăn mòn khắc nghiệt ( hiện nay đang làm từ những thép hợp kim cao và đắt tiền ) như ống dẫn chỉ trong ngành dệt , đường khuôn dùng để cắt trong ngành gốm , cánh và vỏ hộp của các bơm ly tâm dùng để bơm acid HCl ( 20 % ) , H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ( 10 % ) , NaOH , NaCl ...hoặc các chất gây mài mòn như bùn , hạt mài ..

- Dùng thép C 45 thấm bo điện phân với chiều dày lớp thấm khoảng 100 - 200  $\mu\text{m}$  , tổ chức lớp thấm hoàn toàn là Fe<sub>2</sub>B để sản xuất các chi tiết chịu tải trọng trung bình trong điều kiện mài mòn và ăn mòn khắc nghiệt ( hiện nay đang làm từ những thép hợp kim cao và đắt tiền ) như : bánh răng trong hộp số , khuôn kéo sợi ( kim loại màu ) , khuôn đúc

kim loại màu , khuôn chày đột lỗ trên các tấm mỏng ( nhỏ hơn 5 mm ) .

2. Thấm bo cho các dụng cụ cắt gọt làm từ thép cacbon dụng cụ hay thép hợp kim dụng cụ như kìm , kéo , lưỡi cưa , dao tiện , mũi khoan để nâng cao tuổi thọ .

3. Nghiên cứu ảnh hưởng của cacbon đến thành phần pha , cấu trúc và các tính chất của lớp thấm borit trên các hợp kim trên cơ sở sắt .

4. Nghiên cứu ảnh hưởng của thành phần bẽ muối borax đến tốc độ thấm bo điện phân

5. Nghiên cứu ảnh hưởng của thành phần SiC, Al trong bẽ muối borax nóng chảy đến cấu trúc và tính chất của lớp borit trong việc nâng cao khả năng chịu mài mòn và ăn mòn của các chi tiết máy.