

**ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP**

**NGUYỄN HỮU PHẤN**

**NGHIÊN CỨU NÂNG CAO HIỆU QUẢ GIA CÔNG  
CỦA PHƯƠNG PHÁP TIA LỬA ĐIỆN BẰNG BIỆN PHÁP  
TRỘN BỘT TITAN VÀO DUNG DỊCH ĐIỆN MÔI**

**LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT**

**THÁI NGUYÊN – 2016**

**ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN**  
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP**

**NGUYỄN HỮU PHẤN**

**NGHIÊN CỨU NÂNG CAO HIỆU QUẢ GIA CÔNG**  
**CỦA PHƯƠNG PHÁP TIA LỬA ĐIỆN BẰNG BIỆN PHÁP**  
**TRỘN BỘT TITAN VÀO DUNG DỊCH ĐIỆN MÔI**

**Chuyên ngành** : Kỹ thuật cơ khí

**Mã số** : 62.52.01.03

**LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT**

**Người hướng dẫn khoa học:**

**1. GS.TSKH. Bành Tiến Long**

**2. TS. Ngô Cường**

**THÁI NGUYÊN - 2016**

**LỜI CAM ĐOAN**

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi. Các số liệu, kết quả nghiên cứu của luận án là khách quan, trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất kỳ công trình khoa học nào khác.

*Người viết cam đoan*

**Nguyễn Hữu Phần**

## LỜI CẢM ƠN

Để có được những kết quả như ngày hôm nay, tôi xin trân trọng cảm ơn Đảng ủy, Ban Giám hiệu, Phòng Đào tạo, Khoa cơ khí và Trung tâm thực nghiệm Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp Thái Nguyên - Đại học Thái Nguyên đã tạo mọi điều kiện giúp đỡ tôi trong suốt quá trình học tập, nghiên cứu và hoàn thành Luận án.

Với lòng kính trọng và biết ơn sâu sắc, tôi xin được bày tỏ lòng biết ơn chân thành tới **GS.TSKH. Bành Tiến Long** – Nguyên Thứ trưởng Bộ giáo dục & Đào tạo; **TS. Ngô Cường** – Phó Hiệu trưởng trường Cao đẳng Kinh tế - Kỹ thuật, Đại học Thái Nguyên là những người thầy đã dành nhiều thời gian hướng dẫn, tận tình chỉ bảo tôi trong suốt quá trình nghiên cứu. Tôi xin trân trọng cảm ơn **PGS.TS. Nguyễn Đình Mẫn** – Hiệu trưởng Trường Cao đẳng Kinh tế - Kỹ thuật; Ban Giám hiệu; Khoa Kỹ thuật Công nghiệp; Trung tâm Tuyển sinh, Tư vấn & Hỗ trợ HSSV của Trường Cao đẳng Kinh tế - Kỹ thuật, Đại học Thái Nguyên nơi tôi đang công tác đã tạo mọi điều kiện tốt nhất để tôi được học tập và nghiên cứu. Tôi xin trân trọng cảm ơn Ban Giám đốc và các đơn vị thuộc Công ty TNHH Nhà nước một thành viên Diesel Sông Công – Thái Nguyên, Công ty Cổ phần Cơ khí Phổ Yên – Thái Nguyên, Công ty Cổ phần Phụ tùng máy số 1 – Thái Nguyên, Công ty Cổ phần Meifan – Thái Nguyên, Trung tâm đánh giá hư hỏng vật liệu thuộc Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, Viện cơ khí Việt Nam đã nhiệt tình hợp tác và giúp đỡ tôi trong hỗ trợ vật tư, thiết bị thực nghiệm và thu thập số liệu nghiên cứu.

Tôi xin được trân thành cảm ơn sự cộng tác hiệu quả của ThS. **Nguyễn Văn Phú** - Trường Cao đẳng nghề Bắc Giang, ThS. **Nguyễn Mạnh Linh** - Trường CĐ Cơ khí Luyện kim – Thái Nguyên, ThS. **Nguyễn Văn Minh** và Ths. **Trần Xuân Hoàng** - Trường CĐ Nghề Kỹ thuật Công nghệ Tuyên Quang, ThS. **Dương Minh Toán** và ThS. **Phạm Việt Hùng** - Trường CĐ Kinh tế - Kỹ thuật, Đại học Thái Nguyên, **Dr. Pichai Janmanee** - Đại học Công nghệ Rajamangala - Thái Lan và **Dr. Vijaykumar S. Jatti** - Đại học Quốc tế SIU - Ấn Độ.

Tôi xin được bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc tới gia đình, những người luôn bên cạnh tôi, đã động viên, chia sẻ, giúp đỡ tôi trong suốt quá trình học tập, nghiên cứu để hoàn thành Luận án.

*Xin trân trọng cảm ơn!*

*Thái Nguyên, tháng 12 năm 2016*

**Nguyễn Hữu Phấn**

## MỤC LỤC

	Trang
<b>Trang phụ bìa</b>	i
<b>Lời cam đoan</b>	ii
<b>Lời cảm ơn</b>	iii
<b>Mục lục</b>	iv
<b>Danh mục các cụm từ viết tắt</b>	vii
<b>Danh mục các kí hiệu</b>	viii
<b>Danh mục các bảng, biểu</b>	xi
<b>Danh mục các hình vẽ</b>	xiii
<b>PHẦN MỞ ĐẦU</b>	1
<b>Chương 1. TỔNG QUAN VỀ PHƯƠNG PHÁP GIA CÔNG BẰNG TIA LỬA ĐIỆN</b> .....	5
1.1. Phương pháp gia công bằng tia lửa điện (EDM).....	5
1.1.1. Lịch sử phát triển.....	5
1.1.2. Nguyên lý gia công.....	5
1.1.3. Các ứng dụng EDM trong gia công cơ khí.....	7
1.1.4. Các thông số công nghệ .....	9
1.1.5. Năng suất, chất lượng bề mặt và độ chính xác gia công .....	11
1.1.6. Các hướng nghiên cứu trong EDM.....	14
1.2. Biện pháp trộn bột vào dung dịch điện môi trong EDM .....	22
1.2.1. Sơ đồ gia công.....	22
1.2.2. Bột trộn trong dung dịch điện môi.....	23
1.2.3. Những thay đổi của quá trình EDM khi bột trộn vào dung dịch điện môi	26
1.2.4. Tổng quan các hướng nghiên cứu về PMEDM.....	29
1.3. EDM và công nghệ chế tạo khuôn.....	36

1.4. Nhận xét.....	37
1.5. Xác định hướng nghiên cứu.....	37
1.6. Một số giả thiết khoa học.....	37
<b>Chương 2. THỰC NGHIỆM KHẢO SÁT GIA CÔNG BẰNG EDM.....</b>	<b>39</b>
2.1. Khảo sát chất lượng lớp bề mặt khuôn dập nóng sau EDM.....	39
2.1.1. Mục đích.....	39
2.1.2. Đối tượng khảo sát.....	39
2.1.3. Điều kiện khảo sát.....	40
2.1.3.1. Thiết bị, thông số công nghệ và điều kiện gia công.....	40
2.1.3.2. Thiết bị đo, kiểm tra.....	40
2.1.4. Kết quả và thảo luận.....	41
2.1.4.1. Cấu trúc của lớp bề mặt gia công.....	41
2.1.4.2. Thành phần hóa học và tổ chức tế vi của lớp bề mặt gia công.....	44
2.1.4.3. Topography của bề mặt gia công.....	46
2.2. Khảo sát ảnh hưởng nồng độ bột đến quá trình gia công bằng EDM.....	47
2.2.1. Mục đích.....	47
2.2.2. Hệ thống thí nghiệm.....	48
2.2.3. Thiết bị đo, kiểm tra.....	49
2.2.4. Kết quả và thảo luận.....	52
2.2.4.1. Kết quả.....	52
2.2.4.2. Ảnh hưởng của nồng độ bột Ti đến năng suất và chất lượng bề mặt gia công bằng PMEDM.....	54
2.2.4.3. Phương trình hồi quy thực nghiệm.....	64
Kết luận chương 2	73
<b>Chương 3. THỰC NGHIỆM XÁC ĐỊNH ẢNH HƯỞNG CỦA MỘT SỐ YẾU TỐ ĐẾN NĂNG SUẤT VÀ CHẤT LƯỢNG BỀ MẶT GIA CÔNG BẰNG TIA LỬA ĐIỆN CÓ TRỘN BỘT TITAN VÀO DUNG DỊCH ĐIỆN MÔI.....</b>	<b>75</b>
3.1. Thiết kế thí nghiệm.....	75
3.1.1. Lựa chọn phương pháp thiết kế thí nghiệm.....	75

3.1.2. Lựa chọn các thông số đầu vào.....	76
3.1.3. Xây dựng quy hoạch thực nghiệm.....	78
3.2. Điều kiện thí nghiệm.....	85
3.3. Kết quả và thảo luận.....	85
3.3.1. Kết quả thí nghiệm.....	85
3.3.2. Kiểm tra độ tin cậy của dữ liệu.....	87
3.3.3. Phân tích kết quả.....	87
3.3.3.1. Năng suất bóc tách vật liệu (MRR).....	87
3.3.3.2. Lượng mòn điện cực (TWR).....	95
3.3.3.3. Độ nhám bề mặt gia công ( $R_a$ ).....	103
3.3.3.4. Độ cứng tế vi lớp bề mặt (HV).....	110
3.3.3.5. Chất lượng lớp bề mặt gia công.....	119
3.4. Tối ưu hóa đa mục tiêu.....	124
3.4.1. Các bước tiến hành.....	124
3.4.2. Kết quả và thảo luận.....	126
3.4.2.1. Kết hợp Taguchi và GRA.....	126
3.4.2.2. Kết quả tối ưu.....	132
3.4.2.3. Thực nghiệm kiểm chứng.....	133
Kết luận chương 3	135
<b>Chương 4. ỨNG DỤNG KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀO THỰC TIỄN SẢN XUẤT CHẾ TẠO KHUÔN DẬP NÓNG PHÔI BÁT PHỐT XE MÁY.....</b>	<b>137</b>
4.1. Mục đích .....	137
4.2. Sản phẩm ứng dụng .....	137
4.3. Các chỉ tiêu đánh giá.....	137
4.4. Một số thông tin về khuôn 53211.....	137
4.4.1. Điều kiện làm việc.....	137
4.4.2. Vật liệu chế tạo khuôn.....	138
4.4.3. Dạng hõng của khuôn.....	138
4.5. Chế tạo bề mặt khuôn dập 53211 .....	139
4.5.1. Chế tạo đối chứng bằng phương pháp EDM ở Công ty.....	139

4.5.2. Chế tạo khuôn thử nghiệm bằng PMEDM theo các thông số lấy từ kết quả nghiên cứu.....	140
4.6. Kết quả thử nghiệm và thảo luận.....	141
4.6.1. Tuổi bền của khuôn.....	141
4.6.2. Một số chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật.....	143
Kết luận chương 4	143
<b>KẾT LUẬN CHUNG VÀ HƯỚNG NGHIÊN CỨU TIẾP THEO.....</b>	144
<b>DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ LIÊN QUAN ĐẾN ĐỀ TÀI .....</b>	147
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO.....</b>	150
<b>PHỤ LỤC.....</b>	161



### DANH MỤC CÁC CỤM TỪ VIẾT TẮT

EDM – Electrical discharge machining	Gia công bằng tia lửa điện
PMEDM – Powder mixed electrical discharge machining	Gia công bằng tia lửa điện có trộn bột vào dung dịch điện môi
MRR – Material removal rate	Năng suất bóc tách vật liệu
TWR – Tool wear rate	Lượng mòn điện cực
RSM - Response Surface Methodology	Phương pháp mặt đáp ứng
ANN - Artificial Neural Network	Mạng nhân tạo
GA- Genetic Algorithm	Giải thuật di truyền
GRA - Grey relational analysis	Phân tích quan hệ xám
PSO - Particle swarm optimization	Tối ưu hóa bầy đàn
SA - Simulated annealing	Mô phỏng ủ
PCA - Principal component analysis	Phân tích thành phần chính
dof - degree of freedom	Bậc tự do
S/N - Signal to Noise ratio	Tỷ số tín hiệu/nhiều
XRD – (X-Ray diffraction)	Nhiều xạ nhiễu X - Ray
EDX – (Energy-dispersive X-ray)	Phổ tán xạ năng lượng tia X
SEM - Scanning electron microscopy	Kính hiển vi điện tử
ANOVA - Analysis of variance	Phân tích phương sai
PVD - Physical Vapor Deposition	Phủ bay hơi vật lý
CVD - Chemical Vapor Deposition	Phủ bay hơi hóa học
CNC - Computer Numerical Control	Điều khiển bằng máy tính

## DANH MỤC CÁC KÍ HIỆU

$t_{on}$	Thời gian phát xung	$\mu s$
$t_{of}$	Thời gian ngừng phát xung	$\mu s$
$W_i$	Khối lượng phôi ban đầu	g
$W_f$	Khối lượng phôi sau gia công	g
$R_a$	Nhám bề mặt gia công	$\mu m$
$t$	Thời gian thực hiện 1 thí nghiệm	phút
$\rho$	Khối lượng riêng của phôi	$g/cm^3$
$T_i$	Khối lượng điện cực ban đầu	g
$T_f$	Khối lượng điện cực sau gia công	g
$D$	Đường kính lỗ	mm
$d$	Đường kính điện cực	mm
$\Delta d$	Lượng quá cắt	mm
$i_p$	Mật độ dòng điện	$\%/cm^2$
$N_p$	Nồng độ bột	g/l
$e_p$	Điện tích của hạt bột	Coulomb
$d_p$	Đường kính hạt bột	$\mu m$
$E_{br}$	Điện trường đánh thủng sự cách điện của dung dịch điện môi khi có bột	V
$E_i$	Điện trường đánh thủng sự cách điện của dung dịch điện môi khi không có bột	V/m
$r$	Bán kính hạt bột	$\mu m$
$\eta$	Độ nhớt của dung dịch điện môi	$kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$
$\epsilon_p$	Hằng số điện môi của bột	-
$\epsilon_i$	Hằng số điện môi của dung dịch điện môi	-
$\epsilon_0$	Hằng số điện môi chân không	-
$d_p$	Đường kính hạt bột	$\mu m$
$N_f$	Nồng độ bột sau gia công	g/l
$N_i$	Nồng độ bột ban đầu	g/l
$\delta$	Kích thước khe hở phóng điện	$\mu m$