

NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG BỘ TRUYỀN BÁNH RĂNG HÀNH TINH BẰNG CÔNG NGHỆ THẤM NITƠ PLASMA

A STUDY ON THE IMPROVEMENT OF THE PLANETARY GEAR QUALITY BY APPLYING THE NITROGEN PLASMA PERMEATION TECHNOLOGY

Phạm Văn Đông^{1,*}, Nguyễn Huy Kiên¹, Hoàng Xuân Thịnh¹, Nguyễn Hồng Sơn¹, Nguyễn Hữu Phần¹, Nguyễn Mai Anh¹, Đỗ Ngọc Tú¹, Nguyễn Văn Thành²

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu ứng dụng công nghệ thấm nitơ plasma, tôi thể tích để xử lý bề mặt bộ truyền bánh răng hành tinh. Bằng phương pháp thấm nitơ plasma tạo ra trên bề mặt răng một lớp bề mặt có cơ tính đặc biệt, độ cứng phù hợp, chịu mài mòn cao, kết hợp nghiên cứu sự thay đổi tổ chức tế vi cho thấy công nghệ thấm nitơ plasma có nhiều ưu điểm vượt trội để nâng cao chất lượng bộ truyền bánh răng. Từ những kết quả nghiên cứu cho phép lựa chọn giải pháp công nghệ xử lý hóa - lý - nhiệt để thiết kế quy trình công nghệ chế tạo bộ truyền bánh răng hành tinh.

Từ khóa: Bánh răng hành tinh, xử lý bề mặt, thấm nitơ plasma.

ABSTRACT

In this paper, the nitrogen plasma permeation technology and volumetric heat treatment method were applied for surface treatment of the planetary gear transmission. By applying these techniques, a surface layer that has special properties such as suitable hardness, high abrasion resistance was created on the part surface. The obtained results on the micro organization change also showed that nitrogen plasma permeation technology has many outstanding advantages to improve the quality of gear transmission. The research results can be applied to select chemical - physical - thermal processing technology solutions and to design technological processes for manufacturing the planetary gear transmissions.

Keywords: Planetary gear, surface treatment, plasma nitriding permeation technology.

¹Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

²Công ty Cổ phần Bơm châu Âu

*Email: phamvandong07@gmail.com

Ngày nhận bài: 10/8/2019

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 25/9/2019

Ngày chấp nhận đăng: 15/10/2019

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Những năm gần đây, các loại máy, thiết bị phục vụ công trình nhập vào Việt Nam ngày càng nhiều về số lượng và phong phú về chủng loại, từ các nước: Nhật Bản, Hàn Quốc, Mỹ, Đức, Nga, Trung Quốc... Rất nhiều máy, thiết bị sử dụng hộp giảm tốc bánh răng hành tinh vì chúng có nhiều ưu điểm, đặc biệt là nhỏ gọn, được lắp trên xe vận chuyển

bê tông tươi, dây chuyền tuyển quặng, máy tuyển từ, máy khoan cọc nhồi, máy khoan đá, tàu hút bùn, cầu thủy lực, tàu hỏa,... Tuy nhiên, bộ bánh răng hành tinh trong các hộp giảm tốc thường xảy ra hư hỏng [4, 5] như: Gãy mẻ răng, mòn răng, tróc răng,... do các máy, thiết bị làm việc với điều kiện tải trọng động và thay đổi trong phạm vi rộng, quá tải ngắn hạn.



Hình 1. Bộ bánh răng hành tinh hỏng do mòn, gãy mẻ răng

Hiện nay, trên thế giới và Việt Nam đã sử dụng nhiều phương pháp để nâng cao chất lượng bộ truyền bánh răng như: nghiên cứu các loại vật liệu mới chế tạo bánh răng, cải thiện môi trường làm việc, thông số hình học, phương pháp xử lý nhiệt,... Trong các phương pháp đó, phương pháp nâng cao chất lượng bề mặt răng bằng xử lý hóa - lý - nhiệt là phương pháp có nhiều ưu điểm [16], dễ thực hiện, chi phí thấp...

Phương pháp xử lý bề mặt bằng tôi, thấm Carbon, Xyanua, Lưu huỳnh, Bo, Crom, Nhôm, Silic, Kẽm, Titan, Nitơ... đã được sử dụng trên thế giới và Việt Nam. Mỗi phương pháp đều có ưu nhược điểm riêng, nhưng yếu tố quyết định là chất lượng bề mặt chi tiết sau xử lý nhiệt và đảm bảo môi trường, không gây hại [1, 13, 15]. Tuy nhiên, chất lượng bề mặt chi tiết sau xử lý nhiệt của các phương pháp trên dừng ở mức độ nhất định, có phương pháp gây

ra môi trường độc hại không đảm bảo an toàn. Phương pháp thẩm nitơ plasma có nhiều ưu điểm, nâng cao được chất lượng bề mặt, đảm bảo an toàn cho môi trường [1, 12], chưa được sử dụng nhiều ở Việt Nam, là phương pháp có thể lựa chọn khi xây dựng quy trình công nghệ chế tạo bánh răng, đặc biệt là bánh răng hành tinh.

2. THỰC NGHIỆM

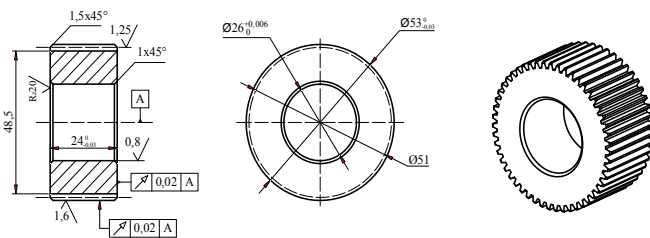
2.1. Vật liệu, thiết bị và thông số thí nghiệm

2.1.1. Vật liệu gia công và thông số mẫu

Vật liệu thường chọn làm bánh răng trong điều kiện làm việc chịu tải trọng tương đối ổn định là vật liệu thép hợp kim, có từ 2-3 thành phần kim loại, tỷ lệ phần trăm carbon trung bình [3, 9]. Để thí nghiệm nhóm tác giả nghiên cứu mẫu bánh răng hành tinh chế tạo bằng vật liệu thông dụng 40X (ГОСТ 14959-79); số lượng và thông số mẫu thí nghiệm thể hiện trong bảng 1, hình ảnh bánh răng thí nghiệm thể hiện ở hình 2 và 3.

Bảng 1. Vật liệu và thông số chế tạo bánh răng

Vật liệu	Số lượng mẫu	Thông số chế tạo bánh răng mẫu							
		m	Z	d	d _a	d _f	b	β	α
40X	18	1	51	51	53	48,5	24	0°	20°



Hình 2. Thông số bánh răng thí nghiệm

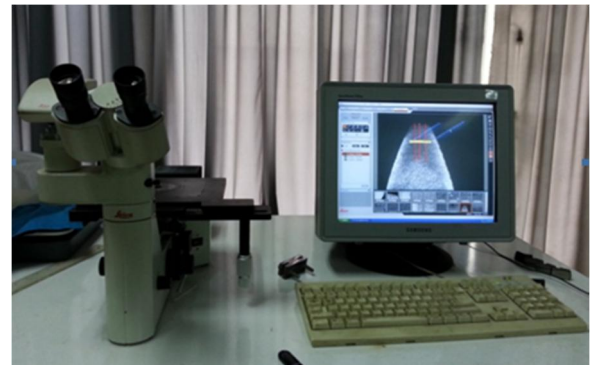


Hình 3. Hình ảnh bánh răng thí nghiệm

2.1.2. Trang thiết bị thí nghiệm

Quá trình nghiên cứu, nhóm tác giả đã sử dụng một số máy, thiết bị phục vụ quá trình thí nghiệm và đo kiểm. Các thiết bị chính bao gồm:

- Máy soi tổ chức tế vi kim loại LEICA DFC290 hình 4;
- Lò thẩm nitơ plasma H4580 Eltrolab hình 5;
- Máy đo độ cứng Indentec hình 6.



Hình 4. Máy soi tổ chức tế vi LEICA DFC290



Hình 5. Lò thẩm H4580 Eltrolab



Hình 6. Máy đo độ cứng Indentec

2.1.3. Thông số công nghệ xử lý hoá - lý - nhiệt

Sau khi phân tích thành phần hoá học các mẫu bánh răng được tiến hành tôi thể tích và thẩm nitơ plasma; thông số công nghệ xử lý nhiệt [2, 11, 14] thể hiện trong bảng 2 và 3.

Bảng 2. Thông số công nghệ tôi thể tích

Vật liệu	Số mẫu	Nhiệt độ tôi (°C)	Thời gian ram (h)	Nhiệt độ ram (°C)
40X	18	920	10	210

Bảng 3. Thông số công nghệ thẩm nitơ plasma

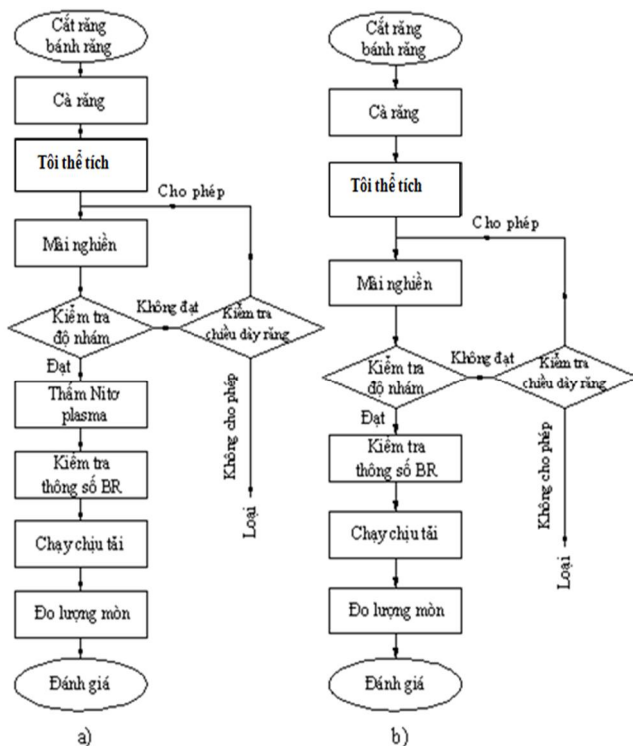
Vật liệu	Số mẫu	Điện áp (V)	Thời gian (h)	Nhiệt độ (°C)	Tỷ lệ H ₂ :N ₂	Áp suất (Pa)
40X	9	470	16	540	1:3	250

2.2. Phương pháp thực nghiệm

Nghiên cứu thực hiện trên hai nhóm mẫu, mỗi nhóm mẫu gồm 09 bánh răng hành tinh chưa qua sử dụng. Mẫu bánh răng được xác định mức thép bằng phương pháp quang phổ trên máy ARL 3460 OES. Nhóm mẫu thứ nhất, sau khi gia công cắt răng tiến hành tôi thể tích, mài nghiền, kiểm tra độ nhám sườn răng, thực hiện theo lưu đồ hình 7b [5]; nhóm mẫu thứ hai sau khi tôi thể tích, mài nghiền, kiểm tra độ nhám sườn răng, thẩm nitơ plasma, thực hiện theo lưu đồ hình 7a;

Sau khi xử lý nhiệt, tiến hành soi tổ chức tế vi, phân tích sự chuyển pha của vật liệu, xác định kích thước hạt, chiều sâu lớp thấm, kiểm tra sai số hình học của bánh răng; đánh giá độ biến dạng, độ cứng bề mặt của các mẫu bánh răng, chạy thực nghiệm. Đo, kiểm tra xác định độ mòn răng theo thời gian và tuổi thọ của bộ truyền bánh răng, đánh giá chất lượng của bộ truyền bánh răng.

Bài viết này trình bày kết quả phân tích tổ chức tế vi, xác định, so sánh và đánh giá kích thước hạt, độ cứng bề mặt bánh răng của hai nhóm mẫu thực nghiệm.



Hình 7. Lưu đồ thể hiện quy trình thực nghiệm

2.3. Kết quả thực nghiệm

2.3.1. Kết quả phân tích mức thép

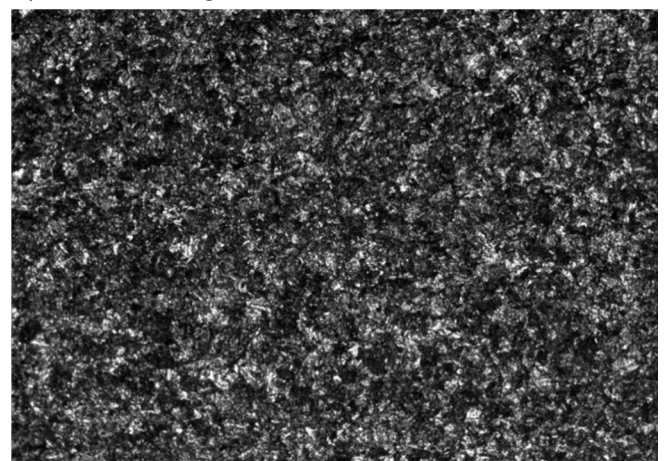
Kết quả phân tích thành phần vật liệu mẫu bánh răng thể hiện trong bảng 4.

Bảng 4. Tỷ lệ thành phần hoá học các nguyên tố (%) vật liệu 40X

Fe	C	Mn	P	S	Si	Zn
97,54237	0,43825	0,63178	0,01162	0,00414	0,24074	0,10453
Cr	Ni	Mo	Cu	V	Ti	
0,88011	0,00616	0,00631	0,02158	0,00926	0,00349	
Al	Nb	W	Sn	Co	Pb	
0,00927	0,00896	0,00292	0,00256	0,00458	0,10289	

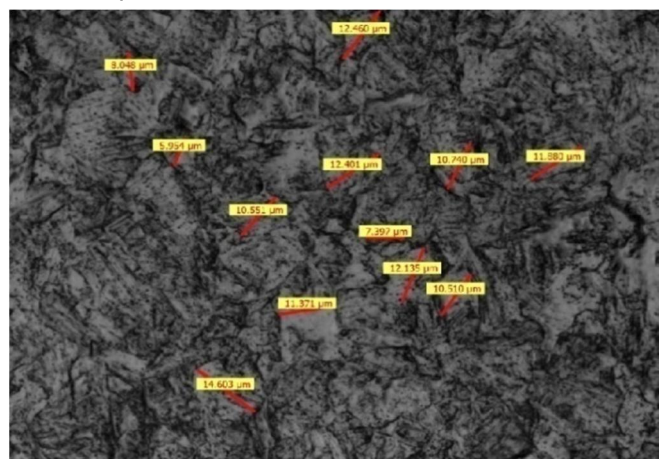
2.3.2. Kết quả phân tích tổ chức tế vi

Mẫu bánh răng sau khi xử lý nhiệt: tiến hành cắt mẫu, đánh bóng, làm sạch và đưa lên máy LEICA DFC290 để soi tổ chức tế vi, kết quả hình ảnh nhận được mẫu thẩm nitơ plasma thể hiện trong hình 8. Qua hình ảnh tổ chức tế vi của mẫu được chụp trong lõi bánh răng cho thấy thành phần austenite đã chuyển biến phần lớn thành martensite kim (pha sẫm) và một phần austenite dư (pha trắng), như vậy mẫu bánh răng đã được tôi thấu.



Hình 8. Tổ chức tế vi mẫu thẩm nitơ plasma

Sau khi soi tổ chức tế vi, tiến hành xác định kích thước hạt hai nhóm mẫu trên diện tích 0,0432mm², với độ phóng đại 500 lần, hình ảnh xác định kích thước hạt trên mẫu thẩm nitơ plasma thể hiện ở hình 9.



Hình 9. Kích thước hạt mẫu thẩm nitơ plasma

Kích thước hạt trên mẫu tôi thể tích và mẫu thẩm nitơ plasma thể hiện trong bảng 5.

Bảng 5. Kết quả đo kích thước hạt hai nhóm mẫu (μm)

STT	Mẫu thấm nitơ plasma	Mẫu tôi thể tích
1	12,460	10,227
2	8,048	8,376
3	5,954	8,571
4	12,401	12,760
5	10,740	10,920
6	11,880	11,251
7	10,551	11,937
8	7,397	10,377
9	12,135	7,404
10	10,510	8,185
11	11,371	8,226
12	14,603	-
TB	10,67083	9,83945

Kết quả đo cho thấy: kích thước hạt trung bình trên mẫu tôi thể tích là $9,83945\mu\text{m}$ và trên mẫu thấm nitơ plasma là $10,67083\mu\text{m}$; kích thước hạt trung bình sau khi thấm nitơ plasma lớn hơn kích thước hạt trung bình sau khi tôi thể tích là $0,83138\mu\text{m}$.

2.3.3. Kết quả đo độ cứng tế vi

Nhóm mẫu tôi thể tích đo độ cứng theo thang đo HRC (Rockwell), nhóm mẫu thấm nitơ plasma đo theo độ cứng Vickers (HV). Mỗi mẫu đo ở 3 vị trí bất kỳ trên bề mặt bánh răng rồi lấy giá trị trung bình.

Kết quả đo độ cứng bề mặt bánh răng nhóm mẫu tôi thể tích thể hiện trong bảng 6.

Bảng 6. Kết quả đo độ cứng bề mặt bánh răng nhóm mẫu tôi thể tích

Mẫu số	Độ cứng theo vị trí (HRC)			Độ cứng trung bình (HRC _{tb})
	1	2	3	
01	60,5	60,2	60,4	60,367
02	59,4	59,7	59,8	59,633
03	61,0	59,8	61,2	60,667
04	58,9	58,8	60,0	59,233
05	59,8	60,1	60,3	60,067
06	61,3	61,0	61,5	61,267
07	60,4	60,3	60,3	60,333
08	59,8	60,1	59,9	59,933
09	60,0	59,8	60,1	59,967
Độ cứng trung bình nhóm mẫu tôi thể tích (HRC)				60,163

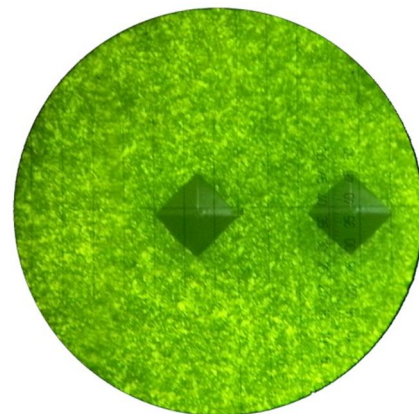
Kết quả đo độ cứng bề mặt bánh răng nhóm mẫu thấm nitơ plasma thể hiện trong bảng 7.

Bảng 7. Kết quả đo độ cứng bề mặt bánh răng nhóm mẫu thấm nitơ plasma

Mẫu số	Độ cứng theo vị trí (HRC)			Độ cứng trung bình (HV _{tb})	Độ cứng tương đương (HRC _{tb})
	1	2	3		
01	711	712	712	711,667	60,8

02	707	704	705	705,333	60,5
03	720	722	720	720,667	61,2
04	702	703	699	701,333	60,3
05	709	710	710	709,667	60,7
06	735	732	736	734,333	61,8
07	716	713	712	713,667	60,9
08	705	708	710	707,667	60,6
09	712	708	709	709,667	60,7
Độ cứng trung bình nhóm mẫu thấm nitơ plasma				712,667	60,833

Hình ảnh đo độ cứng bề mặt bánh răng thể hiện trên hình 10.



Hình 10. Hình ảnh đo độ cứng bề mặt bánh răng

Kết quả đo độ cứng cho thấy: Độ cứng trung bình bề mặt bánh răng sau khi thấm nitơ plasma tăng lên so với độ cứng trung bình bề mặt bánh răng sau khi tôi thể tích là 0,67 HRC.

3. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu xác định được thành phần austenite đã chuyển biến phần lớn thành martensite và một phần austenite dư sau khi tôi thể tích và thấm nitơ plasma mẫu bánh răng. Kích thước hạt trung bình trên diện tích $0,0432\text{mm}^2$ mẫu thấm nitơ plasma lớn hơn kích thước hạt trung bình trên mẫu tôi thể tích là $0,83138\mu\text{m}$.

Bánh răng chế tạo bởi vật liệu thép 40X, với chế độ thấm tôi như đã chọn, nhóm mẫu sau khi tôi thể tích, tiến hành thấm nitơ plasma độ cứng trung bình bề mặt bánh răng tăng lên 0,67 HRC so với sau khi tôi thể tích.

Như vậy, mẫu bánh răng chế tạo bằng vật liệu 40X, sử dụng phương pháp thấm nitơ plasma với thông số công nghệ đã chọn, kích thước hạt trung bình lớn hơn, độ cứng trung bình bề mặt tăng lên, đây là ưu điểm vượt trội so với phương pháp tôi thể tích, góp phần nâng cao chất lượng bộ truyền bánh răng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nguyễn Phú Ấp, 1994. Công nghệ hoá nhiệt luyện trong chế tạo máy. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.

- [2]. Nguyễn Chung Càng, 2002. *Sổ tay nhiệt luyện*. Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.
- [3]. Trần Văn Địch, 2006. *Công nghệ chế tạo bánh răng*. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [4]. Phạm Văn Đông, 2015. *Ứng dụng công nghệ thấm Carbon để nâng cao độ bền mòn của bộ truyền bánh răng hành tinh chế tạo bằng thép 18XIT*. Kỷ yếu Hội nghị khoa học và công nghệ toàn quốc về cơ khí, lần thứ IV, trang 428-434.
- [5]. Phạm Văn Đông, 2012. *Nghiên cứu công nghệ để nâng cao chất lượng bộ bánh răng hành tinh trong các máy công trình*. Viện Nghiên cứu Cơ khí, Bộ Công Thương.
- [6]. Phạm Văn Đông, Hoàng Xuân Thịnh, Trần Văn Quốc, Nguyễn Hữu Phan, 2019. *Effect of Cutting Parameters on Surface Roughness of Tooth Side in Gleason Spiral Bevel Gear Processing by Kyocera Solid Alloy End Mills*. International Journal of Engineering Research and Technology, Vol.12, No.4, pp 475-481.
- [7]. Phạm Văn Đông, 2015. *Ảnh hưởng của vận tốc tiếp tuyến và ứng suất tiếp xúc đến độ mòn của bộ truyền bánh răng hành tinh thấm Carbon*. Kỷ yếu Hội nghị khoa học và công nghệ toàn quốc về cơ khí, lần thứ IV, trang 435-441.
- [8]. Phạm Văn Đông, 2016. *Nghiên cứu đánh giá độ mòn răng, độ tin cậy và thời gian hỏng do mòn của bộ truyền bánh răng thép 20XFM thấm nitơ plasma*. Tạp chí Cơ khí Việt Nam, Số 4/2016, trang 92-99.
- [9]. Nghiêm Hùng, 2010. *Vật liệu học cơ sở*. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [10]. Nguyễn Huy Kiên, Phạm Văn Đông, Trần Văn Quốc, Nguyễn Hồng Sơn, Nguyễn Hữu Phan, 2019. *Effect of process parameters (V, S, t) on surface roughness (Ra) in archimedes surface machining by ball nose end mill on Super MC CNC machine*. International Journal of Current Engineering and Technology, Vol.9, No.2, pp 218-225.
- [11]. Nguyễn Thị Minh Phương, Tạ Văn Thắt, 2000. *Công nghệ nhiệt luyện*. NXB Giáo dục, Hà Nội.
- [12]. Nguyễn Văn Thành, Phạm Văn Đông, 2014. *Nghiên cứu ứng dụng công nghệ thấm nitơ plasma để nâng cao chất lượng bộ truyền bánh răng*. Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội.
- [13]. Nguyễn Văn Tư, 1999. *Xử lý bề mặt*. Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.
- [14]. Lục Văn Thương, 2007. *Nghiên cứu ứng dụng công nghệ thấm Nitơ xung plasma ở nhiệt độ thấp trong chế tạo dụng cụ cắt gọt và chi tiết máy*. Viện Nghiên cứu Cơ khí, Bộ Công Thương.
- [15]. V.M. Zinchenko, 2001. *Surface engineering gears methods of chemical-thermal treatment*. Moscow: Publishing House of the MSTU N.E. Bauman, Russian Federation. [in Russian].
- [16]. A. Buchwalder et al, 2011. *Plasma nitriding of sprayformed al alloys*. Iffhtse 19th Congress, Glasgow Scotland.
- [17]. M. J. Carbonari et al, 2001. *Effects of Hot Isostatic Pressuse on Titanium nitride films Deposited by Physical Vapor Deposition*. Materials Research, Vol.4, No.3.
- [18]. D. Y. Chung et al, 2001. *A study on the erosion characteris of the micropulsed plasma nitriding barrel of a rifle*. 19th International Symposium of Ballistics, Interlaken, Switzerland.
- [19]. J. Darbellay, 2006. *Gas nitriding An Industrial Perspective*. MSE 701, Seminar Department of Materials Science and Engineering, McMaster University.
- [20]. Faydor L. Litvin and Alfonso Fuentes, 2004. *Gear Geometry and Applied Theory*. Cambridge University Press.

[21]. T. Fitz, 2002. *Ion nitriding of aluminium*. Forschungszentrum rossendorf, Wissenschaftlich - Technische Berichte FZR - 354.

[22]. A. Gicouel et al, 1990. *Plasma and nitrides application to the nitriding of titanium*. Pure & Appl. Chem V1.62, No.9, Printed in Great Britain.

AUTHORS INFORMATION

**Pham Van Dong¹, Nguyen Huy Kien¹, Hoang Xuan Thinh¹,
Nguyen Hong Son¹, Nguyen Huu Phan¹, Nguyen Mai Anh¹,
Do Ngoc Tu¹, Nguyen Van Thanh²**

¹Hanoi University of Industry

²Pumps Corporation Europe (FECOM)