

NGHIÊN CỨU TẠO LỚP PHỦ TiN TRÊN DỤNG CỤ CẮT GỌT BẰNG PHƯƠNG PHÁP HỒ QUANG CHÂN KHÔNG

A STUDY ON CREATION OF TiN COATING ON CUTTING TOOL BY VACUUM ARC DEPOSITION METHOD

Đặng Quốc Việt¹, Nguyễn Đức Luận^{1,*},
Đặng Thái Hòa¹, Phạm Đức Cường¹

TÓM TẮT

Trong bài báo này, lớp phủ TiN được tạo trên mũi khoan thép gió bằng phương pháp lắng đọng hồ quang chân không sử dụng thiết bị phủ HCM700. Trước tiên, TiN được phủ trên các mẫu thép gió P18 với bộ thông số công nghệ phủ được đề xuất nhằm đánh giá một số đặc tính của lớp phủ TiN trên mẫu thép như chiều dày, độ cứng và thành phần hóa học. Sau đó, áp dụng quy trình công nghệ đó để tạo lớp phủ TiN lên các mũi khoan thép gió. Kết quả đo cho thấy, lớp phủ TiN đồng đều trên bề mặt mẫu thép và đạt các chỉ tiêu kỹ thuật về độ cứng cũng như tỷ lệ hợp thức của các thành phần Ti và N. Kết quả thử nghiệm khoan thép C45 sử dụng mũi khoan phủ TiN đã cho thấy lớp phủ TiN bám tốt trên bề mặt làm việc của mũi khoan, không bị hư hỏng sau một thời gian gia công. Lớp phủ TiN tạo bằng phương pháp hồ quang chân không có tiềm năng ứng dụng cho dụng cụ cắt và chi tiết cơ khí nhằm nâng cao tuổi bền làm việc.

Từ khóa: Lớp phủ cứng; TiN; hồ quang chân không; dụng cụ cắt gọt.

ABSTRACT

In this paper, TiN coating was created on drills made of high-speed steel by vacuum arc method using on HCM700 coating machine. At first, the TiN coating is coated on P18 steel samples using proposed technological parameters to evaluate the TiN coating properties such as the thickness, hardness and chemical composition. Then, the coating technological process was applied to create the TiN coating on the high-speed steel drills. The measurement results showed that the TiN coating was uniform on the steel sample surface and met the specifications of hardness and the valid ratio of Ti and N components. Test results of drilling 45 steel with TiN - coated drills showed that the TiN coating adhere well to the working surface of the drill, is not damaged after a period of machining. TiN coating created by the vacuum arc method has the potential to be applied to cutting tools and mechanical parts to improve working durability.

Keywords: Hard coating; TiN; vacuum arc; cutting tools.

¹Viện Công nghệ HaUI, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

*Email: luan.nd.hut@gmail.com

Ngày nhận bài: 20/3/2021

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 25/4/2021

Ngày chấp nhận đăng: 25/10/2021

1. GIỚI THIỆU

Các nghiên cứu công bố trên thế giới cho thấy các đặc tính nổi trội của lớp phủ cứng gốc Ti, đặc biệt là TiN có độ cứng và độ dai cao, bôi trơn tốt, trơ với các hợp chất hóa

học, hệ số ma sát thấp, chịu mài mòn tốt trong các điều kiện làm việc khắc nghiệt [1,3]. Lớp phủ này rất thích hợp để phủ lên bề mặt của các chi tiết cơ khí và dụng cụ cắt nhằm nâng cao chất lượng gia công đồng thời tăng tuổi bền làm việc.

Các dụng cụ cắt gọt kim loại trong quá trình gia công có điều kiện làm việc rất khắc nghiệt, trực tiếp chịu ảnh hưởng của nhiệt cắt lớn, ma sát cao giữa phoi với bề mặt dụng cụ gây ra các hiện tượng mòn dao, nứt, vỡ, hư hỏng. Điều này ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng gia công. Việc nghiên cứu các lớp phủ cứng để ứng dụng phủ lên bề mặt các dụng cụ cắt gọt nhằm tăng tuổi bền và chất lượng là hết sức cần thiết.

Trên thế giới, lớp phủ TiN đã được nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi, thương mại hóa trên thị trường nhưng không chuyển giao, đào tạo [1,2]. Mỗi hãng sản xuất đều tự nghiên cứu và xây dựng quy trình riêng phù hợp với năng lực sản xuất, chế tạo của hãng. Ở Việt Nam đã có một số cơ sở nghiên cứu về lớp phủ TiN và công nghệ phủ PVD như Đại học Bách khoa Hà Nội, Đại học Công nghệ - Đại học Quốc gia Hà Nội, hay Trung tâm Quang Điện tử có thiết bị phục vụ cho các nghiên cứu về vật liệu màng mỏng nhưng hướng nghiên cứu ứng dụng chủ yếu trong vật liệu vi điện tử, vật liệu từ tính [5]. Bên cạnh đó, các kết quả nghiên cứu do nhiều nguyên nhân khác nhau, còn nhiều hạn chế, chủ yếu mới chỉ dừng lại ở các nghiên cứu trong phòng thí nghiệm. Về mặt công nghệ, mặc dù đi sâu nghiên cứu rất nhiều năm nhưng các nghiên cứu chỉ thực hiện tạo một số màng cơ bản (Ti, Cr, Al) và cũng chưa thực sự làm chủ được công nghệ, thể hiện qua việc tuổi thọ của màng cứng áp dụng cho sản phẩm thực tế chưa đáp ứng được yêu cầu. Đặc biệt, chưa có các nghiên cứu ứng dụng cho các sản phẩm thuộc lĩnh vực cơ khí như dụng cụ cắt, khuôn mẫu hoặc các chi tiết làm việc trong điều kiện khắc nghiệt mặc dù thị trường rất rộng lớn.

Trong bài báo này, lớp phủ TiN được nghiên cứu tạo trên bề mặt mẫu thép P18 và áp dụng để phủ lên mũi khoan làm từ thép P18 bằng phương pháp hồ quang chân không. Lớp phủ này mang các đặc tính nổi trội, giúp cho dụng cụ cắt nâng cao chất lượng gia công đồng thời tăng tuổi bền làm việc trong điều kiện gia công khắc nghiệt.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Chuẩn bị mẫu thí nghiệm

Các thí nghiệm tạo lớp phủ được tiến hành trên các mẫu thép gió P18 tương tự với các mũi khoan được sử dụng với kính thước $\Phi 60 \times 5\text{mm}$. Các mẫu thép này được gia công, chế tạo qua các bước cắt phôi, mài, nhiệt luyện, đánh bóng để đạt được chất lượng bề mặt đạt yêu cầu trước khi phủ. Độ nhám bề mặt sau đánh bóng đạt $R_a = 0,04$.

2.2. Tạo lớp phủ TiN trên các mẫu thép và dụng cụ

Lớp phủ TiN được chế tạo bằng phương pháp hồ quang chân không, được thực hiện trên thiết bị phủ PVD HCM700 tại trường Đại học Công nghiệp Hà Nội (hình 1). Bia Ti dạng trụ (99,99%) với kích thước $\Phi 100 \times 20\text{mm}$ được sử dụng.



Hình 1. Hệ thống phủ PVD HCM700 tại trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

Trước khi phủ, mẫu và dụng cụ được làm sạch và xử lý bề mặt. Trước hết, mẫu được làm sạch và tẩy dầu mỡ bằng xăng, xà phòng, sau đó sử dụng các hóa chất như methanol và ethanol 99,99%, acid HCl 3%, axeton khoảng 10 phút mỗi dung dịch trong bể rửa siêu âm để đạt hiệu quả cao. Quá trình làm sạch bằng hóa chất được xen kẽ bởi rửa nước nóng (70°C) và nước khử ion (DI water) nhiều lần.

Sau khi được làm sạch, mẫu và dụng cụ được sấy khô và đưa vào trong buồng chân không của thiết bị phủ HCM-700. Hình 2 thể hiện các mũi khoan và dao phay được gá trên bộ gá quay đặt trong buồng chân không theo các vị trí thiết kế. Trong buồng chân không, dụng cụ tiếp tục được làm sạch một lần nữa bằng quá trình plasma với độ chân không $10^{-1} - 10^{-2}\text{Torr}$. Trước khi bắt đầu phủ, chi tiết được gia nhiệt và nung nóng tới nhiệt độ $\sim 400^\circ\text{C}$.

Các thông số công nghệ của quá trình tạo lớp phủ trên các mẫu thép được thử nghiệm và lựa chọn như trong bảng 1.

Bảng 1. Thông số công nghệ tạo lớp phủ TiN

Gia nhiệt cho buồng chân không	400°C
Số vòng quay bộ gá	10Hz
Áp suất chân không trước khi xả khí	6e-3Pa
Áp suất chân không khi phủ	1.2e0Pa

Độ mở van V4	90°
Điện áp để	900V, 80%
Lưu lượng khí N_2	1000sccm
Điện áp nguồn hồ quang	75V
Thời gian phủ lớp đệm	5 phút
Thời gian phủ	90 phút



Hình 2. Các mũi dụng cụ được gá đặt trên bộ gá quay trong buồng chân không (trái) và hình ảnh chụp hồ quang trong buồng khi thực hiện phủ (phải)

Sau khi làm nguội tự nhiên, lấy các mẫu khỏi buồng chân không, tiến hành đo kiểm các đặc tính của lớp phủ về chiều dày, độ cứng và thành phần hóa học của lớp phủ để hiệu chỉnh lại bộ thông số công nghệ phủ cho phù hợp hơn với yêu cầu đặt ra.

2.3. Đánh giá đặc tính của lớp phủ TiN

Chiều dày và độ cứng lớp phủ

Chiều dày lớp phủ TiN trên mẫu thép P18 được chụp bằng kính hiển vi quang học LEICA DM750M tại Phòng thí nghiệm Vật liệu học, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội.

Độ cứng lớp phủ TiN được đo bằng phương pháp Vickers trên thiết bị kính hiển vi quang học LEICA DM750M có tích hợp các mũi thử kim cương hình chóp 4 cạnh với tải trọng từ 50N ÷ 1000N tại Phòng thí nghiệm Vật liệu học, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội.

Thành phần hóa học của lớp phủ

Thành phần hóa học của lớp phủ được xác định bằng phương pháp XRD (X-ray Diffraction) tại Trường Đại học Khoa học tự nhiên - Đại học Quốc gia Hà Nội. Trước khi đo, mẫu vật liệu được được cắt nhỏ (khoảng $< 15\text{mm}^2$) để gá đặt trên máy quét. Phần mềm PCPDFWIN được sử dụng để xác định cấu trúc và thành phần hóa học của lớp phủ.

2.4. Thử nghiệm mũi khoan sau khi phủ TiN

Các mũi khoan sau khi phủ TiN được thử nghiệm để gia công các lỗ tròn trên mẫu thép C45, thực hiện bằng máy phay CNC 3 trục Mori Seiki MV-40M. Chế độ cắt được chọn: tốc độ quay trục chính 3000vòng/phút, bước tiến dao 5mm/phút, chiều sâu cắt 15mm, số lỗ khoan 210.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Các mẫu thép sau khi phủ TiN (hình 3) có màu vàng đặc trưng và được đo kiểm một số đặc tính của lớp phủ về chiều dày, độ cứng và thành phần hóa học.



Hình 3. Các mẫu thép sau khi phủ TiN

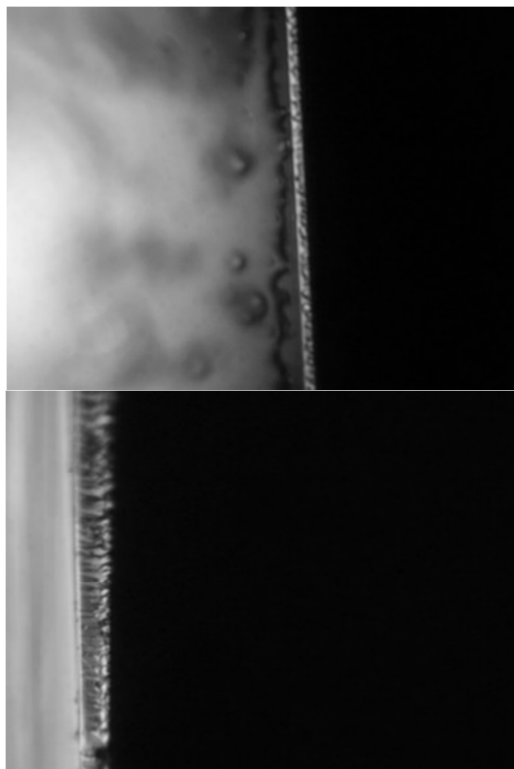
Độ cứng của lớp phủ

Độ cứng được đo trên 4 mẫu khác nhau, mỗi mẫu đo ít nhất 3 lần tại các vị trí khác nhau trên bề mặt. Kết quả đo độ cứng trên các mẫu thử nghiệm được thể hiện trong bảng 2. Có thể thấy rằng lớp phủ có độ cứng trong khoảng 2110 - 2240HV, đã đạt yêu cầu kỹ thuật về độ cứng của lớp phủ tương đương với các tài liệu khoa học được công bố trước đó (2000 - 2200HV) [4].

Bảng 2. Kết quả đo độ cứng trên các mẫu thép

Lần đo	1	2	3	4
Kết quả (HV)	2110	2032	2074	2240

Chiều dày lớp phủ



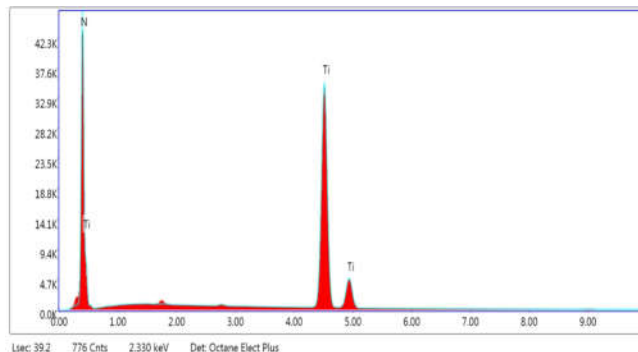
Hình 4. Chiều dày lớp phủ được chụp dưới kính hiển vi quang học

Kết quả đo chiều dày lớp phủ trên các mẫu thép thử nghiệm được thể hiện như trong hình 4. Chiều dày lớp phủ nằm trong khoảng $2,8 \div 3,2\mu\text{m}$, phù hợp với các ứng dụng phủ lên dụng cụ gia công cắt gọt [6]. Cấu trúc lớp phủ sắp

xếp theo kiểu xếp chồng, liên kết thành các sợi với độ bám dính chặt trên bề mặt vật liệu nền.

Thành phần hóa học của lớp phủ

Biểu đồ đo EDS thành phần hóa học của lớp phủ được thực hiện trên máy quét X-quang (X-ray Diffraction-XRD) được thể hiện như trong hình 5.



Hình 5. Biểu đồ phân tích EDS thành phần hóa học của lớp phủ TiN

Căn cứ vào kết quả phân tích EDS thành phần hóa học của mẫu thép và phân tích phần trăm nguyên tố của từng nguyên tố có thể thấy rằng, không có các nguyên tố khác ngoài hai nguyên tố chính là N và Ti. Từ đó khẳng định lớp phủ TiN không lẫn các tạp chất khác làm ảnh hưởng tới tính chất của lớp phủ. Hơn nữa, căn cứ vào bảng số liệu ta nhận thấy tỉ lệ thành phần phần trăm nguyên tố của hai nguyên tố $N:Ti = 52,82:47,18$ xấp xỉ tỉ lệ 1:1.

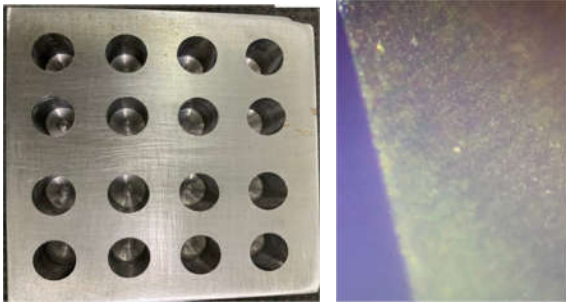
Hình 6 thể hiện mũi khoan trước và sau khi phủ TiN. Có thể thấy lớp phủ TiN bám đồng đều trên toàn bộ mũi khoan với màu vàng đặc trưng. Các đặc tính kỹ thuật lớp phủ đã được đánh giá và xác định trên mẫu phẳng, đạt các chỉ tiêu kỹ thuật đã công bố.



Hình 6. Mũi khoan trước (trái) và sau khi phủ TiN (phải)

Thử nghiệm đánh giá chất lượng dụng cụ được phủ TiN

Các mũi khoan sau khi phủ TiN, được tiến hành khoan thử nghiệm trên vật liệu thép C45. Sau khoan 200 lỗ, kết quả cho thấy mũi khoan vẫn trong tình trạng tốt, lớp phủ không bị bong tróc. Bằng mắt quan sát, các lỗ khoan cắt gọn, giảm tình trạng ba via trên cạnh và bề mặt lỗ so với mũi khoan không phủ TiN (hình 7). Soi dưới kính hiển vi điện tử thì thấy được lớp phủ vẫn bám dính tốt trên vùng lưỡi cắt, chưa có hiện tượng bong tróc lớp phủ (hình 7).



Hình 7. Các lỗ trên được gia công bởi mũi khoan phủ TiN (trái) và ảnh chụp lưới cắt mũi khoan (phải)

4. KẾT LUẬN

Bài báo nghiên cứu thực nghiệm tạo lớp phủ TiN trên các mẫu thép và mũi khoan làm từ thép gió P18 bằng phương pháp lắng đọng hồ quang chân không trên thiết bị phủ HCM-700. Kết quả đánh giá thử nghiệm trên mẫu cho thấy lớp phủ TiN bám đồng đều trên toàn bộ mẫu với màu vàng đặc trưng và đạt các đặc tính kỹ thuật về độ cứng, chiều dày, thành phần hợp thức 2 nguyên tố chính Ti:N đạt xấp xỉ 1:1. Áp dụng bộ thông số công nghệ phủ để phủ lên mũi khoan thép gió P18. Kết quả thử nghiệm mũi khoan được phủ TiN trong gia công thực tế thép C45 cho thấy lớp phủ TiN không bị hỏng sau một thời gian gia công, bước đầu đạt được các yêu cầu đặt ra. Quy trình công nghệ tạo lớp phủ TiN trên có thể tiếp tục nghiên cứu hoàn thiện và ứng dụng cho các dụng cụ cắt và chi tiết cơ khí nhằm nâng cao chất lượng đồng thời tăng tuổi bền làm việc.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được hỗ trợ tài chính từ đề án "Nghiên cứu, thiết kế và chế tạo thiết bị phủ màng sử dụng kỹ thuật PVD, ứng dụng cho các sản phẩm trong ngành công nghiệp hỗ trợ nhằm nâng cao chất lượng và tuổi thọ" mã số B02-CNHT thuộc Chương trình Công nghiệp Hỗ trợ 2019-2020, do Cục Công nghiệp - Bộ Công Thương quản lý.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. D. Dowson, 1994. *Coatings tribology – properties, techniques and applications in surface engineering*. Edited by Kenneth Holmberg, Allan Matthews, Volume 28.
- [2]. Jacek Jagielski, A. S Khannan, Jacek Kucinski, D. S. Mishra, P. Racolta, Piran Sioshansi, Eric Tobin, J. Thereska, Vladimir Uglov, T. Vilaihtong, J. Viviente, Si-Ze Yang, Anton Zalar, 2000. *Effect of chromium nitride coating on the corrosion and wear resistance of stainless steel*. Applied Surface Science, Volume 156, Issues 1 - 4, 47 - 64.
- [3]. Shanyong Zhang, 2013. *TiN coating of tool steels*. Undergraduate Research Experience on Campus, School of Mechanical and Production Engineering, Nanyang Technological University.
- [4]. Luis Carlos Hernander, Luis Ponce, Abel Fundora, Enrique Lopez, Eduardo Perez, 2011. *Nanohardness and residual stress in TiN Coatings*. Hard Materials: Advances in Synthesis and Understanding, 929 – 940.

[5]. Vo Thi Kim Chung, 1999. *Synthesis of TiO₂ thin films by Magnetron sputtering - ion plating*. Master thesis, University of Natural Sciences - Vietnam National University-Ho Chi Minh City.

[6]. Jerzy Smolik, 2018. *The influence of thickness of CrN coating on the durability of hot forging die*. Key Engineering Materials, Volume 767, 85-92.

AUTHORS INFORMATION

Dang Quoc Viet, Nguyen Duc Luan, Dang Thai Hoa, Pham Duc Cuong
HaUI Institute of Technology, Hanoi University of Industry