

ỨNG DỤNG LASER QUANG SỢI TRÊN MÁY BRIMO MF50 LÀM SẠCH BỀ MẶT CƠ KHÍ

APPLICATION OF FIBER LASER ON BIRMO MF50 MACHINE TO CLEANING SURFACE OF MECHANICAL PARTS

Trương Minh Đức, Đặng Văn Hòa

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp

Đến Tòa soạn ngày 04/05/2020, chấp nhận đăng ngày 21/05/2020

Tóm tắt: Hiện nay các phương pháp làm sạch chi tiết cơ khí chủ yếu vẫn là các phương pháp truyền thống như phun bi, phun cát, làm sạch thủ công, hay làm sạch bằng hợp chất hóa học. Phương pháp phun bi, phun cát cho năng suất thấp, có thể gây hư hại, biến dạng bề mặt và không hiệu quả với chi tiết nhỏ, lớp oxit có độ bền cơ học cao. Làm sạch thủ công bằng tay cho năng suất thấp, chất lượng làm sạch không đồng đều. Phương pháp hóa học sinh ra nhiều chất thải độc hại, ảnh hưởng môi trường. Công nghệ làm sạch bằng laser có thể khắc phục được các nhược điểm này và hoàn toàn phù hợp với điều kiện Việt Nam. Mục tiêu bài báo là nghiên cứu tương tác của vật liệu với laser ứng dụng trong thiết kế hệ thống làm sạch oxit kim loại của chi tiết cơ khí. Kết quả cho thấy, khả năng làm sạch oxit sắt với độ dày lớp bóc tách tới 68 μm và mối liên hệ giữa độ dày lớp gỉ bị bóc tách theo công suất trên nền thép, 8 μm trên nhôm.

Từ khóa: làm sạch oxit kim loại, laser sợi quang.

Abstract: Currently, mechanical cleaning methods are mainly traditional methods such as shot blasting, sand blasting, manual cleaning, or chemical compound cleaning. Shot blasting method, minute sand for low productivity, can cause damage, surface deformation and ineffective with small details, oxide layer with high mechanical strength. Manual cleaning by hand for low productivity, uneven cleaning quality. Chemical methods generate many toxic waste, affecting the environment. Laser cleaning technology can overcome these disadvantages and perfectly match Vietnamese conditions. The objective of the paper is to study the interaction of materials with lasers applied in the design of metal oxide cleaning systems of mechanical parts. The results showed that the ability to clean iron oxide with a peel thickness of up to 68 μm and the relationship between the thickness of the stripped layer of rust on power on steel substrates, 8 μm on aluminum.

Keywords: metal oxides cleaning, optical fiber laser.

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Công nghệ làm sạch bằng laser được giới thiệu lần đầu tiên vào năm 1970 cho mục đích bảo tồn các di sản văn hóa vật thể [1]. Kể từ đó tới nay công nghệ này liên tục được nghiên cứu, phát triển và ứng dụng rộng rãi. Công nghệ này không chỉ làm sạch các oxit kim loại, oxit phi kim, bề mặt đá, bề mặt

kính, mà còn làm sạch cả sơn bề mặt. Do những ứng dụng ưu điểm vượt trội của công nghệ làm sạch bề mặt sử dụng laser, công nghệ này ngày càng được ứng dụng phổ biến trong nhiều lĩnh vực bao gồm công nghiệp khuôn mẫu, chế tạo vỏ ô tô, tàu thủy, xe máy, chi tiết quang, vi cơ và cả trong lĩnh vực phục hồi các bức tượng hay công trình điêu

khắc bị oxi hóa do tuổi đời cao.

Các nguồn laser công suất cao hiện nay có khả năng làm việc ở chế độ phát xung linh hoạt, từ 50 đến 1 triệu xung trong 1 giây, độ rộng xung 10-300 nm cho phép tạo ra năng lượng tức thời lớn trong thời gian siêu ngắn. Đặc trưng này cho phép loại bỏ một lớp bề mặt rất mỏng ở cấp độ micromet đến nanomet, ít biến dạng nhiệt lớp vật liệu nền và có thể tùy chỉnh độ sâu bề mặt bị loại bỏ bằng cách thay đổi tần số, độ rộng xung và công suất nguồn phát. Trong khi các phương pháp làm sạch truyền thống như phun cát, phun bi, tia nước áp suất cao, phương pháp hóa học,... thường gây hư hại, biến dạng bề mặt [2], [4].

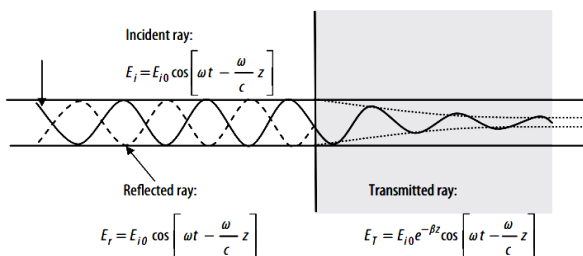
Một ưu điểm lớn của laser là khả năng kiểm soát chính xác ở từng vị trí trong vật liệu và ở từng mức năng lượng được tích tụ, từ đó có thể thực hiện gia công trên các bề mặt đa lớp, đa thành phần, gia công chính xác tại các khu vực mong muốn. Làm sạch bằng tia laser sử dụng bức xạ laser cường độ cao để loại bỏ các chất bẩn khỏi bề mặt rắn một cách có chọn lọc trong khi đó chất nền cơ bản không bị ảnh hưởng. Làm sạch bằng tia laser đã trở thành một giải pháp thay thế hiệu quả về chi phí để phun nước, phun mài mòn, hoặc các phương pháp làm sạch dựa trên hóa học. Nguyên lý làm việc khá đơn giản, không cần không gian lớn để làm việc, thời gian làm sạch khá nhanh nên rất tiện lợi. Quá trình xử lý không bụi bẩn, không gây ồn tới môi trường xung quanh. Tuy nhiên, phương pháp này là cần có nguồn laser công suất lớn, cần phải tuân thủ các quy tắc an toàn khi làm việc với laser [6], [7].

Bài báo này sẽ trình bày kết quả thực nghiệm nhằm nghiên cứu tương tác của vật liệu với laser ứng dụng trong thiết kế hệ thống làm sạch bề mặt chi tiết cơ khí sử dụng laser quang sợi.

2. PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM

2.1. Cơ chế hấp thụ năng lượng

Khi bức xạ điện từ chiếu vào một bề mặt, sóng truyền đi như trong hình 1. Một số bức xạ được phản xạ, một số hấp thụ và một số truyền qua. Khi nó đi qua bề mặt mới, nó sẽ được hấp thụ theo định luật Beer Lambert, $I = I_0 e^{-\beta z}$. Hệ số hấp thụ β , phụ thuộc vào môi trường, bước sóng và cường độ của bức xạ.



Hình 1. Pha và biên độ E của một tia điện từ có tần số truyền theo hướng z, đập vào một bề mặt chung không khí - chất rắn bị phản xạ và truyền đi [3]

Các plasma có thể hấp thụ mạnh nếu mật độ electron tự do của chúng đủ cao. Mật độ electron trong plasma được đưa ra bởi các phương trình Saha.

$$\ln\left(\frac{N_1}{N_0}\right)^2 = -5040\left(\frac{V_1}{T}\right) + 1.5\ln(T + 15.1385) \quad (1)$$

Trong đó N_1 là mật độ ion hóa, N_0 là mật độ của các nguyên tử, V_1 là thế năng ion hóa (eV) và T là nhiệt độ tuyệt đối (K). Điều này chỉ ra rằng nhiệt độ từ 10.000-30.000°C là cần thiết để hấp thụ đáng kể năng lượng.

Hệ số phản xạ cho các góc tới bình thường từ bề mặt điện môi hoặc kim loại trong không khí ($n = 1$) có thể được tính từ chỉ số khúc xạ n và hệ số k (hoặc hệ số suy giảm như mô tả ở trên) đối với vật liệu đó:

$$R = [(1 - n)^2 + k^2] / [(1 + n)^2 + k^2] \quad (2)$$

Đối với vật liệu mờ như kim loại, độ hấp thụ A là:

$$A = 1 - R \quad (3)$$

$$A = 4n / [(n + 1)^2 + k^2] \quad (4)$$

Trong đó k là hệ số suy giảm, được dựa trên định luật Beer Lambert. Một số giá trị của các hằng số này cho các vật liệu khác nhau được thể hiện trong bảng 1 [5].

Bảng 1. Chỉ số khúc xạ và góc Brewster cho các vật liệu khác nhau [5]

Vật liệu	λ (μm)	Chỉ số khúc xạ		Góc Brewster
		k	n	
Al	1,06	8,5	1,75	60,2
	10,6	34,2	0,108	88,3
Fe	1,06	4,49	3,81	75,2
	10,6	32,2	5,97	88,2

Bảng 2: Chỉ số khúc xạ và góc Brewster cho các vật liệu khác nhau [8]

Laser	λ (μm)	Loại I	Loại II	Loại III	Loại IV
HeNe cw	0,9328	6,8 μW	1 mW	0,5 W	>0,5 W
Ar cw	0,5145	0,4 μW	1 mW	0,5 W	>0,5 W
CO ₂ cw	10,6	0,8 mW	-	0,5 W	>0,5 W
Co ₂ xung 100 ns	10,6	80 μj	-	10 j/cm ²	>10 j/cm ²
Nd cw	1,064	0,2 mW	-	0,5 W	>0,5 W
Nd xung 20 ns	1,064	2 μj	-	0,6 j/cm ²	>0,6 j/cm ²

2.3. Xây dựng quy trình làm sạch trên thiết bị Brimo MF50

- Kiểm tra thiết bị, nguồn điện: Nguồn cung cấp chính (24V DC) phải đảm bảo cung cấp dòng điện hoạt động liên tục.
- Tính toán lựa chọn các thông số: Dựa vào mẫu vật liệu cần làm sạch để xác định bước sóng, độ rộng xung, tần số phát xung...
- Gá đặt chi tiết;
- Khởi động máy;
- Thiết lập các thông số đã lựa chọn;
- Tiến hành làm sạch;
- Kết thúc quá trình: Ghi chép các thông số và diễn biến kỹ thuật.

Vật liệu	λ (μm)	Chỉ số khúc xạ		Góc Brewster
		k	n	
Ti		3,48	2,88	70,8
Glass		-	1,5	56,3

2.2. Tiêu chuẩn an toàn Laser ANSI Z136

Chuẩn an toàn laser ANSI Z136 của Viện Tiêu chuẩn quốc gia Hoa Kỳ là cơ sở cho các dự luật công nghệ an toàn nghề nghiệp và bảo vệ sức khỏe (OSHA) dùng để đánh giá việc laser gây hại cho mô, và cũng là cơ sở tham chiếu cho các dự luật an toàn nghề nghiệp của nhiều nước gắn liền với việc sử dụng laser. Việc phân loại laser dựa trên công suất nguồn được thể hiện tại bảng 2 [8].

2.4. Thực nghiệm quá trình làm sạch trên vật liệu nhôm

2.4.1. Chuẩn bị

- Chi tiết làm sạch: Chia bề mặt thành các khoảng đều nhau, mỗi khoảng 1 cm.
- Kính hiển vi: Độ phóng đại X4, X10, X40, X80. Nút vi chỉnh 200 vạch có độ chia mỗi vạch 1 μm .
- Thiết bị làm sạch Brimo MF50: $f=254$ mm, $\lambda=1064$ mm, công suất tối đa 50 W.

2.4.2. Phương pháp thực hiện

- Sau khi chi tiết đã được chia thành các khoảng bằng nhau ta thực hiện việc gá đặt chi tiết lên kính hiển vi.

▪ Hiệu chỉnh kính hiển vi để thu được hình ảnh rõ nét nhất của vị trí $A_1(x_1, y_1)$, sau đó ghi lại giá trị vạch chia của giá vi chỉnh là a_1 . Lấy chi tiết ra khỏi kính hiển vi và thực hiện làm sạch.

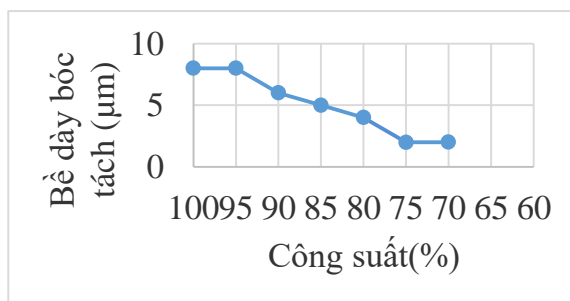
▪ Sau khi làm sạch tiếp tục gá chi tiết lên vị trí đã xác định trước và hiệu chỉnh kính hiển vi để có được hình ảnh rõ nét nhất. Ta thu được giá trị vạch chia a_2 . Giá trị $|a_1 - a_2|$ chính là bề dày lớp gỉ được làm sạch.

5. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Kết quả làm sạch trên vật liệu nền vật liệu Nhôm được thể hiện tại bảng 2.

Bảng 2. Kết quả làm sạch trên vật liệu Nhôm

Công suất (%)	Bề dày bóc tách (μm)
100	8
95	8
90	6
85	5
80	4
75	2
70	2

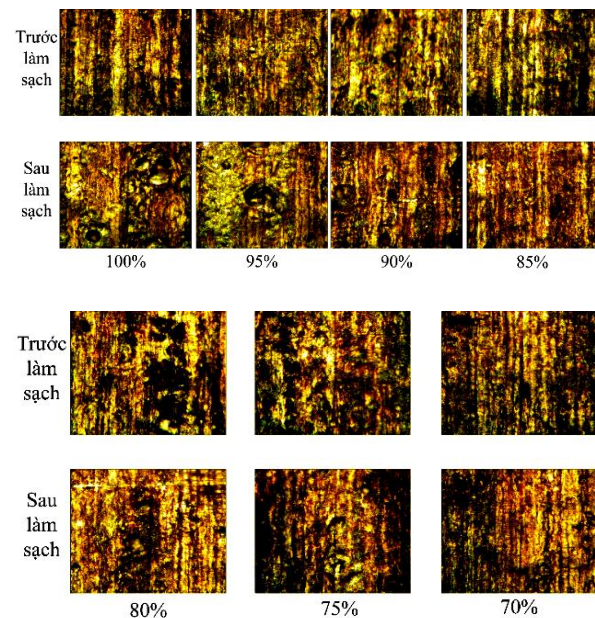


Hình 2. Đồ thị thể hiện độ dày lớp gỉ bị bóc tách theo công suất trên nền nhôm

Qua đồ thị có thể thấy bề dày bị làm sạch giảm dần khi ta giảm công suất laser (giữ nguyên các thông số còn lại) và tới mức công suất dưới 70% thì gần như không còn khả năng làm sạch.

Oxit nhôm là lớp bảo vệ cho nhôm kim loại chống lại tác động ăn mòn của không khí. Nhôm kim loại là một chất hoạt động hóa học mạnh với oxy trong không khí và nó

nhạy chóng tạo ra một lớp mỏng oxit nhôm trên bề mặt. Lớp oxit nhôm này rất vững chắc, không cho không khí thấm thấu qua và nhôm không bị oxy hóa tiếp.



Hình 3. Hình ảnh chụp bề mặt nhôm từ kính hiển vi

6. KẾT LUẬN

Thông qua việc nghiên cứu và xây dựng qui trình làm sạch sử dụng laser quang sợi và kết quả nghiên cứu tương tác của vật liệu với laser ứng dụng trong thiết kế hệ thống làm sạch oxit kim loại của chi tiết cơ khí trên vật liệu nhôm đã cho thấy, khả năng làm sạch oxit sắt với độ dày lớp bóc tách là 8 μm , đồng thời đã xây dựng được mối liên hệ giữa độ dày lớp gỉ bị bóc tách theo công suất trên nền vật liệu nhôm. Điều này cũng phù hợp với định luật Beer Lambert và phù hợp với mật độ electron trong plasma được đưa ra bởi các phương trình Saha (1)-(4).

Hướng phát triển nghiên cứu

Việc nghiên cứu được nguyên lý tương tác của vật liệu với laser cũng như nguyên lý hoạt động của hệ thống làm sạch chúng ta có thể tiếp tục nghiên cứu, hoàn thiện hệ thống đầu quang điều khiển vết quét laser, hệ thống bàn đá. Từ đó tích hợp và xây dựng hệ thống hoàn chỉnh cho việc làm

sạch.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Wikipedia: <https://vi.wikipedia.org/wiki/Laser>
- [2] Giáo trình Kỹ thuật laser - PGS.TS. Nguyễn Văn Vinh.
- [3] William M. Steen • Jyotirmoy Mazumder, "Laser Material Processing". Springer Science & Business Media (2010).
- [4] http://www.reading.ac.uk/ir-substrateopticaltheory-absorptionandextinctioncoefficienttheory.aspx?fbclid=IwAR2C2fsaa7kj4Gplhx6TphBkZNCwR17hoFJ4xjL3eB_x9lXn17qcNy-AFoU
- [5] Valerii (Vartan) Ter-Mikirtychev, "Fundamentals of Fiber Lasers and Fiber Amplifiers". Springer Science & Business Media (2014) 133-159.
- [6] Thorlab:https://www.thorlabs.com/newgrouppage9.cfm?objectgroup_id=6430&fbclid=IwAR3Vkv8xcwFbgYD4GFbZMKAB72Vg01OPoqQwxHxtNqAGNzcjgZ_BtyG5_g.
- [7] Thorlab:https://www.thorlabs.com/newgrouppage9.cfm?objectgroup_id=6057&fbclid=IwAR3y_Y0er8CZCL2CKmnyLgAiRoIQgnTRt2Yqjmv-LRmTXJ24yKFvgsIPyl4.
- [8] American National Standard for Safe Use of Lasers - 2014.

Thông tin liên hệ: **Trương Minh Đức**

Điện thoại: 0912.370.199 - Email: tmduc@uneti.edu.vn

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp.

