

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA VIỆC ĐIỀU CHỈNH KHOẢNG CÁCH TIÊU CỰ ĐẾN BỀ MẶT GIA CÔNG TỚI CHIỀU SÂU KHẮC SẢN PHẨM TRÊN MÁY KHẮC LASER CO₂

Chu Đức Hòa, Tạ Thị Thúy Hương, Lê Văn Khánh
Khoa Điện Cơ, Trường Đại học Hải Phòng
Email: huongltt@dhhp.edu.vn

Ngày nhận bài: 12/3/2024
Ngày PB đánh giá: 07/5/2024
Ngày duyệt đăng: 29/5/2024

TÓM TẮT: Laser ngày càng ứng dụng rộng rãi trong đời sống xã hội bởi những ưu điểm vượt trội công nghệ và hiệu quả kinh tế. Trên thế giới cũng như ở Việt Nam đã có nhiều công trình nghiên cứu về Laser, tuy nhiên các nghiên cứu sâu hơn về kỹ thuật tạo chùm tia và ảnh hưởng của các chi tiết quang tới nguồn phát laser còn nhiều hạn chế. Bài báo này đi sâu nghiên cứu ảnh hưởng của việc điều chỉnh khoảng cách tiêu cự đến bề mặt gia công tới độ sâu của vết khắc khi gia công khắc gỗ bằng máy khắc laser CO₂. Thông qua việc thực nghiệm đánh giá chất lượng sản phẩm gia công trên vật liệu gỗ bằng máy khắc laser CO₂, nghiên cứu chỉ ra mối quan hệ giữa thông số điều chỉnh khoảng cách tiêu cự tới chất lượng hoạt động của chùm tia laser cũng như một số lưu ý trong vận hành hệ thống quang trên máy khắc laser CO₂.

Từ khoá: Cắt khắc Laser; Gia công Laser; Laser CO₂.

THE STUDY OF THE INFLUENCE OF ADJUSTING THE FOCAL DISTANCE TO THE PROCESSED SURFACE ON PRODUCT ENGRAVING DEPTH ON A CO₂ LASER ENGRAVING MACHINE

ABSTRACT: Laser is increasingly widely applied in social life because of its outstanding technological advantages and economic efficiency. In the world in general and in Vietnam in particular, there have been many research projects on Lasers; however, further research on beamforming techniques and the effect of optical details on the laser source is still limited. This article delves into the impact of adjusting the focal distance to the machined surface on the depth of engraving when engraving wood with a CO₂ laser engraving machine. Through experimentally evaluating the quality of products processed on wood materials using a CO₂ laser engraving machine, the study shows the relationship between the focal distance adjustment parameter and the operational quality of the laser beam, as well as some notes in operating the optical system on the CO₂ laser engraving machine.

Key words: Laser cutting and engraving; Laser machining; CO₂ Laser.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Gia công bằng laser được nghiên cứu và ứng dụng từ những năm 1960 bởi nó có những tính năng nổi trội như: là ánh sáng đơn sắc, có độ kết hợp, định hướng cao, khả năng đạt mật độ công suất lớn. Bản chất của

phương pháp gia công là sử dụng nguồn nhiệt lớn từ chùm tia Laser để làm nóng chảy hoặc bốc hơi vật liệu, nó có khả năng gia công được các biên dạng phức tạp, quá trình cắt không tạo phoi, đường cắt mịn hầu như không để lại vết trên bề mặt gia công, độ chính xác kích thước cao.

Máy cắt, khắc laser CO₂ là một thiết bị cắt laser sử dụng tia laser carbon dioxide (CO₂) để cắt, khắc vật liệu một cách chính xác. Các chùm tia laser được tạo ra trong bộ cộng hưởng trong máy được hướng bởi một gương phản xạ đến đầu cắt, nơi nó được hội tụ thành một điểm sáng nhỏ nhưng cực mạnh. Máy cắt laser CO₂ được sử dụng rộng rãi trong các ngành công nghiệp khác nhau để cắt các vật liệu như acrylic, gỗ, giấy, vải, nhựa và một số kim loại. Tính linh hoạt và độ chính xác của cắt laser CO₂ làm cho nó trở thành lựa chọn phổ biến cho nhiều ứng dụng sản xuất và chế tạo

Có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm gia công trên máy cắt, khắc laser CO₂ như

- Ảnh hưởng của tốc độ cắt
- Ảnh hưởng của việc điều chỉnh vị trí tiêu cự
- Ảnh hưởng của áp suất khí phụ
- Ảnh hưởng của khả năng phản xạ trên bề mặt vật liệu
- Ảnh hưởng của mô cắt và vòi phun
- ...

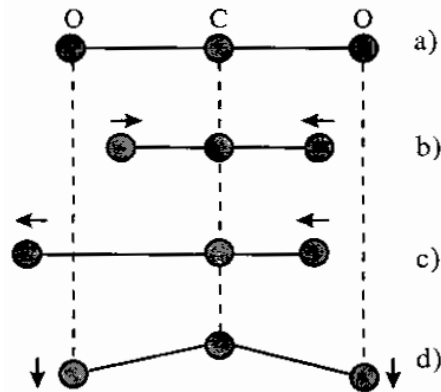
Trong bài báo này chúng tôi nghiên cứu ảnh hưởng của việc điều chỉnh khoảng cách tiêu cự đến bề mặt gia công tới độ sâu khắc sản phẩm khi gia công khắc Laser CO₂ trên vật liệu gỗ, lựa chọn Laser CO₂ có bước sóng $\lambda = 10,6\mu\text{m}$ để thực hiện nghiên cứu.

2. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

2.1. Laser CO₂

Laser phân tử CO₂ được nhà vật lý học người Mỹ Patel phát minh, là loại laser sử

dụng hoạt chất khí là CO₂. Phân tử CO₂ có cấu trúc đối xứng tuyến tính và được đặc trưng bằng 3 dao động tự do:



Hình 1. Cấu trúc phân tử CO₂ [1]

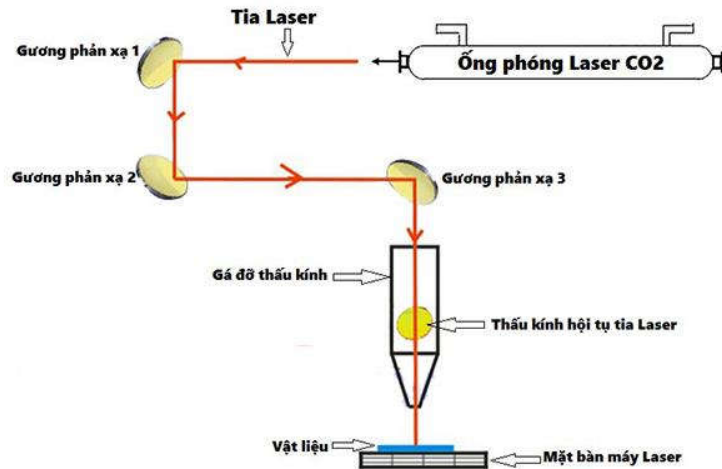
- Dao động đối xứng (Hình 1.b)
- Dao động biến dạng (Hình 1.c)
- Dao động phản xứng (Hình 1.c)

Những trạng thái kích thích của phân tử CO₂ là tổ hợp của 3 dao động này. Các dịch chuyển mức năng lượng khác nhau cho bức xạ ở bước sóng khác nhau.

Laser CO₂ làm việc theo 3 mức năng lượng. Môi trường laser là các phân tử CO₂ và N₂, trong đó tâm hoạt chất là CO₂. Bước sóng chính của laser CO₂: $\lambda = 10600\text{nm}$. Laser CO₂ chủ yếu làm việc với chế độ liên tục, công suất lớn tới 10kW và hiệu suất bức xạ cao tới 40%, nên rất thích hợp để gia công cắt gọt vật liệu, kể cả sắt thép và kim loại cứng [2].

2.2. Hệ thống quang trên máy cắt, khắc Laser CO₂

Hệ thống quang học đóng một vai trò quan trọng trong việc phân phối, kiểm soát và tập trung chùm tia, cuối cùng ảnh hưởng đến độ chính xác gia công, hiệu quả và hiệu suất tổng thể máy gia công laser CO₂.



Hình 2: Sơ đồ hệ quang trên máy cắt khắc laser CO₂

Tia laser sau khi được hình thành và chứa trong cụm ống phóng. Từ ống phóng các chùm tia được phát ra và đi tới các gương phản xạ lắp trên máy. Hệ thống gương này có chức năng lái, định hướng chùm tia tới bề mặt gia công và chúng được đặt nghiêng 45° nhằm mục đích tối ưu hoá đường đi của laser, mặt khác đặt gương phản xạ nghiêng góc 45° còn làm giảm tổn thất ánh sáng trong quá trình phản xạ, đảm bảo mức năng lượng, công suất khi thực hiện gia công. Thực tế tùy thuộc vào chức năng và không gian của máy thiết kế mà lựa chọn số gương phản xạ, loại gương có hệ số phản xạ cao để phù hợp với yêu cầu.

Chùm tia laser qua các gương điều chỉnh hướng được đi tới thấu kính hội tụ, tại đây các chùm tia được tập trung hội tụ sao cho đạt kích thước nhỏ nhất tại một điểm trên bề mặt gia công. Trên một tiết diện rất nhỏ, tại tiêu cự hệ quang sẽ nhận được mật độ năng lượng rất lớn của chùm tia để thực hiện quá trình gia công [1]. Để tia laser xác định chính xác bề mặt gia công, thông thường trên cơ cấu có lắp cơ cấu điều tiêu, giúp điều chỉnh tiêu cự của thấu kính so với chi tiết gia công. Đối với máy cắt có công suất lớn, phải lựa chọn thấu kính có độ bền cao, làm mát hợp lý, thường xuyên bảo dưỡng lau chùi, tránh để

mặt thấu kính bị mờ làm sai lệch tiêu cự, ảnh hưởng đến độ chính xác gia công.

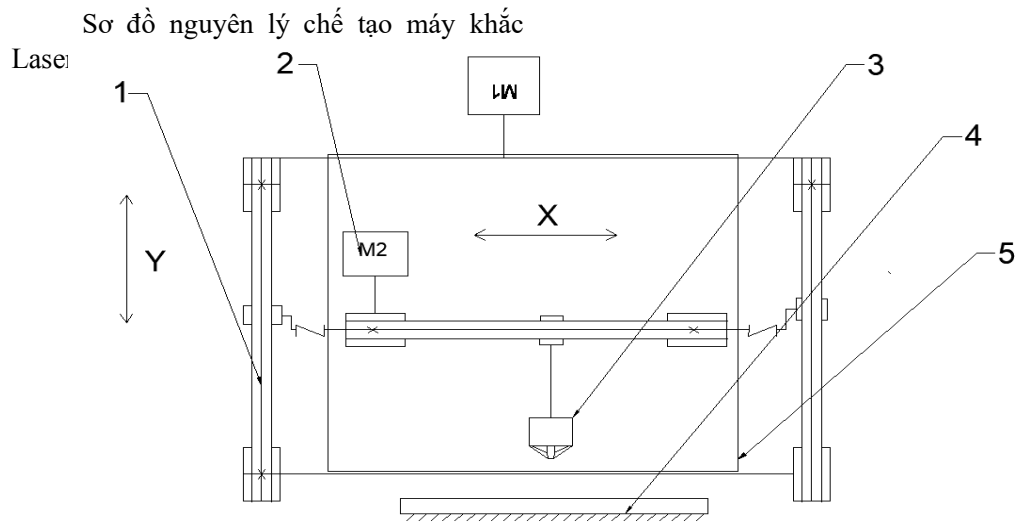
Thấu kính laser được sử dụng để định hình và hội tụ chùm tia laser. Chúng thường được làm bằng vật liệu ZnSe và có thể lõm hoặc lồi, trong đó tiêu cự của chúng xác định điểm hội tụ của chùm tia. Thấu kính phẳng-lồi có tiêu cự dương và được sử dụng để hội tụ chùm tia chuẩn trực tới một kích thước điểm nhỏ. Thấu kính phẳng-lõm có tiêu cự âm và được dùng để làm phân kỳ các chùm tia chuẩn trực. Bề mặt cong của các thấu kính này phải đối diện với nguồn để giảm thiểu quang sai hình cầu [3].

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

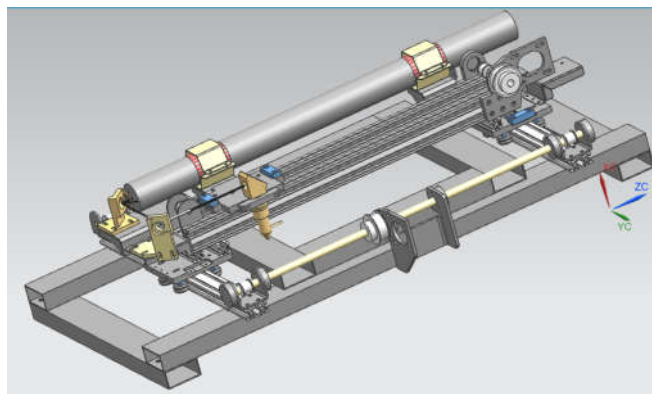
3.1. Thiết kế và chế tạo máy khắc gỗ Laser CO₂

Trên các cơ sở nghiên cứu trên chúng tôi tiến hành thiết kế và chế tạo máy khắc laser để tiến hành thực nghiệm với các thông số cụ thể như sau:

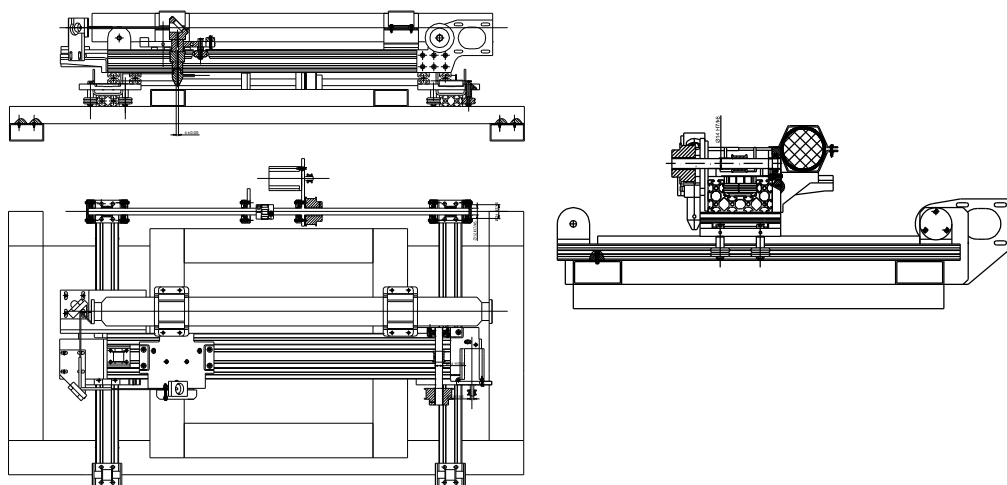
- Thiết kế máy khắc vật liệu gỗ
- Sử dụng nguồn laser CO₂ có bước sóng $\lambda = 10,6\mu\text{m}$
- Ống phóng có kích thước chiều dài 50cm, công suất 40W
- 03 gương phản xạ đặt nghiêng 45° để điều chỉnh chùm tia ra đầu khắc.
- Thấu kính hội tụ có tiêu cự: 38,1 mm; độ dày: 2mm; đường kính: 20 mm.



Hình 3. Sơ đồ nguyên lý máy khắc Laser CO₂
 Trong đó: 1. Bộ truyền trục Y; 2. Bộ truyền trục X; 3. Mô cắt; 4. Phôi gia công; 5. Khung máy



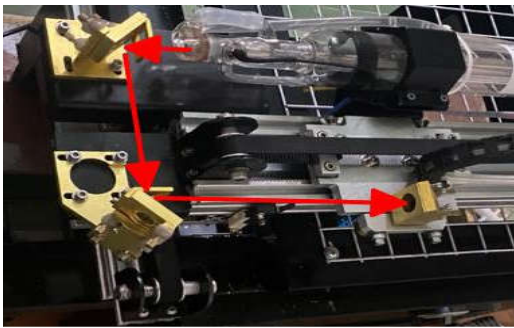
Hình 4. Thiết kế mô hình 3D máy khắc laser CO₂



114 | TRƯỜNG ĐẠI H *Hình 5. Bản vẽ lắp máy khắc laser CO₂*



Hình 6. Máy khắc laser CO₂ hoàn thiện

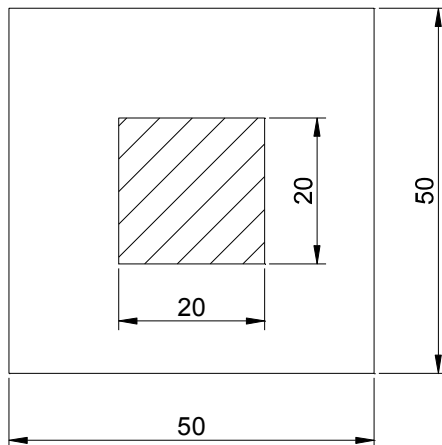


Hình 7. Vị trí lắp đặt gương phản xạ trên máy khắc gỗ Laser CO₂

3.2. Thực nghiệm đánh giá ảnh hưởng của việc điều chỉnh khoảng cách tiêu cự đến độ sâu khắc sản phẩm khi gia công trên máy khắc Laser CO₂

a, Điều kiện thực nghiệm:

- Vật liệu khắc: gỗ ván ép dày 10mm
- Kích thước phôi: 50x50x10; kích thước vùng khắc 20x20



Hình 8. Kích thước phôi và vùng khắc thực nghiệm

Phương pháp điều chỉnh khoảng cách tiêu cự đến bề mặt gia công: điều chỉnh khoảng cách bàn gá phôi và đầu mỏ cắt

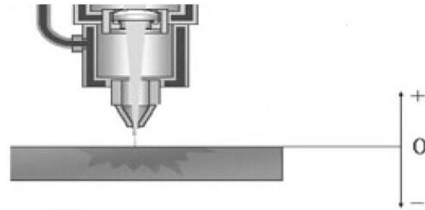
Thông số điều chỉnh máy:

Công suất phóng Laser 75% (30W)

Tốc độ khắc: 30mm/s

Độ rộng đường khắc: 0,1mm

b, Mô hình thực nghiệm:



Hình 9. Mô hình thực nghiệm

Xác định vị trí tiêu cự là “0” trên bề mặt phôi gia công bằng cắt thử. Khoảng cách tiêu cự đến bề mặt gia công là âm theo chiều điều chỉnh xuống dưới, và dương theo chiều điều chỉnh lên trên. Điều chỉnh khoảng cách giữa mỏ cắt và phôi bằng điều chỉnh nâng hạ bàn máy.

c, Phương pháp đo kiểm

Sử dụng Panme đo độ sâu để đánh giá chất lượng khắc khi điều chỉnh vị trí tiêu cự



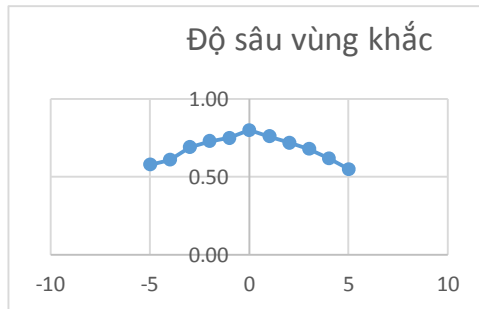
Hình 10: Panme đo độ sâu

Thương hiệu:	Mitutoyo
Xuất xứ:	Nhật Bản
Dài đo :	0-25mm
Độ phân giải :	0.01mm
Cấp chính xác :	± 3μm
Đường kính trục đo :	ø4mm
Kích thước đế :	101.6 x 16mm
Hệ đơn vị :	mét

d. Kết quả thực nghiệm

Bảng 1: Kết quả thực nghiệm

TT	Vị trí tiêu cự (mm)	Độ sâu vùng khắc trung bình (mm)
1	5	0,55
2	4	0,62
3	3	0,68
4	2	0,72
5	1	0,76
6	0	0,80
7	-1	0,75
8	-2	0,73
9	-3	0,69
0	-4	0,61
11	-5	0,58



Hình 10: Biểu đồ ảnh hưởng vị trí tiêu cự đến chất lượng sản phẩm khi gia công trên máy khắc Laser CO₂

Kết quả cho thấy rằng việc điều chỉnh khoảng cách tiêu cự của chùm tia laser tới bề mặt khắc ảnh hưởng đáng kể đến chiều sâu khắc khi gia công bằng Laser CO₂ trên vật liệu gỗ. Độ sâu đạt được lớn nhất với cùng tham số điều khiển máy khi gia công với vị trí tiêu cự bằng “0”, và giảm dần khi tăng hoặc giảm khoảng cách tiêu cự đến bề mặt gia công trên cả hai chiều điều chỉnh.

Một số hình ảnh sản phẩm khi thực nghiệm điều chỉnh vị trí tiêu cự trên máy:



Hình 11: Một số sản phẩm gia công trên máy khắc Laser CO₂

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày một số nghiên cứu về ảnh hưởng của việc điều chỉnh khoảng cách tiêu cự đến bề mặt gia công tới độ sâu khắc của sản phẩm khi gia công khắc Laser CO₂. Tác giả đã lựa chọn Laser CO₂ có bước sóng $\lambda = 10,6\mu\text{m}$ để chế tạo máy khắc Laser CO₂ cho sản phẩm gỗ làm thiết bị thực nghiệm nghiên cứu.

Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra mối quan hệ giữa các thông số điều chỉnh vị trí tiêu cự đến chất lượng hoạt động của chùm tia laser nhằm cung cấp cho người dùng những thông tin hữu ích để phục vụ việc vận hành, điều chỉnh máy khắc, cắt Laser CO₂.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trần Đức Hân, Nguyễn Minh Hiền (2010), *Cơ Sở kỹ thuật laser*, Nhà xuất bản Giáo dục.
2. Trần Đình Tường, Hoàng Hồng Thái (2008), *Quang kỹ thuật*, NXB Khoa học và kỹ thuật.
3. CO₂ Laser Optics at the Forefront: Pushing Boundaries with CO₂ Laser Lenses and CO₂ Laser Mirrors, truy cập ngày 20/3/2024, từ <https://wavelength-oe.com/articles/co2-laser-optics/>