

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ, CHẾ TẠO MÁY CNC LASER CO₂

Đinh Văn Hiến

Khoa Điện - Cơ, Trường Đại học Hải Phòng

Email: hiendv@dhhp.edu.vn

Ngày nhận bài: 25/6/2023

Ngày PB đánh giá: 28/8/2023

Ngày duyệt đăng: 15/12/2023

TÓM TẮT: Trong bài báo này, tác giả trình bày một số kết quả của nghiên cứu, chế tạo và tối ưu thiết kế Máy CNC laser CO₂ sử dụng trong gia công cắt, khắc các sản phẩm gỗ cỡ vừa và nhỏ. Tia laser được sử dụng là tia laser CO₂ có công suất cao. Phần mềm Grbl được lựa chọn để điều khiển máy cũng như hiệu chỉnh G-code để thực hiện quá trình gia công. Để điều khiển đầu laser trong nội dung nghiên cứu này tác giả sử dụng vi điều khiển Atmega 328 để làm bộ điều khiển máy. Kết quả kiểm nghiệm cho thấy kết cấu đủ bền, đáng tin cậy. Kết quả gia công một số sản phẩm cho thấy máy đảm bảo độ chính xác theo đúng yêu cầu.

Từ khóa: Laser CO₂, gia công, laser, thiết kế máy Laser CNC.

RESEARCH ON DESIGNING AND MANUFACTURING OF CO₂ CNC LASER MACHINE

ABSTRACT: In this paper, the author presents some results of researching, manufacturing and optimizing the design of CO₂ laser CNC machines used in cutting and engraving small and medium-sized wooden products. The laser beam used is a high-power CO₂ laser beam. The Grbl software is chosen to control the machine as well as calibrate the G-code to perform the machining process. To control the laser head in this research, the author uses an Atmega 328 microcontroller as the machine controller. The test

results show that the structure is durable and reliable. The processing results of some products reveal that the machine ensures accuracy according to the specified requirements.

Keywords: Laser CO₂, Processing, Laser, Designing CNC Laser Machine.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Máy CNC laser CO₂ được dùng nhiều để khoan, cưa cắt và bóc các lớp vật liệu. Đôi chỗ nó cũng được sử dụng để ram, tôi cục bộ bề mặt vật liệu kim loại [1]. Tuy nhiên dùng máy để cắt, phay bóc các lớp vật liệu phi kim loại như gỗ, da thì chưa được ứng dụng nhiều. Cũng có thể do giá thành máy laser cắt kim loại đó cao. Việc nghiên cứu thiết kế, chế tạo Máy CNC laser CO₂ hoạt động hiệu quả, để chuyên cắt hoa tiết trên những vật liệu gỗ, da phục vụ trong đời sống, sản xuất là cần thiết, giúp tối ưu chi phí trong việc chế tạo, sử dụng máy. Bài báo trình bày phương án thiết kế động học máy, kết cấu máy, điều khiển máy và chế tạo và thử nghiệm Máy CNC laser CO₂.

2. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

Laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation có nghĩa là "khuếch đại ánh sáng bằng phát xạ kích thích) là một trong những phát minh khoa học quan trọng nhất của thế kỷ XX. Tháng 2 năm 1960, Maiman đã chế tạo ra laser rubi, laser đầu tiên trên

thế giới. Đến tháng 6 năm 1960, Javan đã chế tạo ra Laser khí He – Ne. Từ đó đã đẩy lên một cao trào nghiên cứu chế tạo và ứng dụng laser [2]. Cho tới nay hầu hết các loại laser rắn, lỏng, khí...trải hầu hết các giải sóng đều đã được chế tạo mang tính công nghiệp và ngày một phổ biến và được ứng dụng rộng rãi trong mọi lĩnh vực của cuộc sống. Trên thế giới có nhiều nghiên cứu về cắt laser CO₂ như D. Sciti và cộng sự [3], đã nghiên cứu dùng laser khoan lỗ trên vật liệu SiC. Narendra B. Dahotre và cộng sự [4], đã nghiên cứu gia công laser kết cấu gốm sứ... Tại Việt Nam, TS. Đỗ Văn Vũ [5] đã nghiên cứu ứng dụng công nghệ tự động hoá vào gia công chính xác trên cơ sở các công nghệ tiên tiến như laser, plasma và tia lửa điện. Qua kết quả về nghiên cứu được công bố đã đạt được các giải pháp công nghệ như ứng dụng công nghệ laser rubi, laser CO₂ còn trên các vật liệu khác nhau kim loại, gốm còn trên các vật liệu phi kim thì ít, đặc biệt là những công bố về nghiên cứu thiết kế máy laser CO₂. Kế thừa

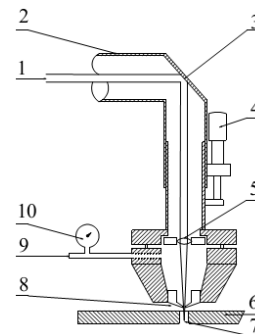
các kết quả nghiên cứu của các nhóm nghiên cứu được trình bày ở trên, tác giả đề xuất thiết kế và chế tạo Máy CNC laser CO₂ sử dụng trong gia công cắt, khắc các sản phẩm gỗ cỡ vừa và máy được điều khiển bởi vi điều khiển Atmega 328P.

3. THIẾT KẾ KẾT CẤU MÁY CNC LASER CO₂

3.1. Nguyên lý hoạt động của máy laser CO₂.

Nguyên lý chung gia công vật liệu bằng laser là sử dụng chùm laser có mật độ năng lượng cao dội lên bề mặt chi tiết gia công, do mật độ năng lượng lớn lại truyền tại phần tử hẹp trên bề mặt vật liệu, nên nhiệt độ tăng cao đột ngột làm nóng chảy rồi hoá hơi từng lớp vật liệu cùng với áp suất lớn đẩy chúng khỏi chi tiết gia công. Nhiều vật liệu (giấy, gỗ, da...), chùm laser làm bốc bay ngay lập tức các phần tử của chúng mà không chuyển sang thể lỏng [1]. Nguyên lý cắt, khắc sử dụng laser CO₂ (Hình 1): Chùm tia laser CO₂ (1) phóng ra nhờ cụm ống phóng qua đường ống bảo vệ (2) đến gương phản xạ 45° được làm mát bằng nước (3) khúc xạ một góc 90° xuống đầu cắt laser CO₂ điều chỉnh tự động chiều cao cắt (4) đến thấu kính hội tụ (5) tạo tia laser CO₂ kết

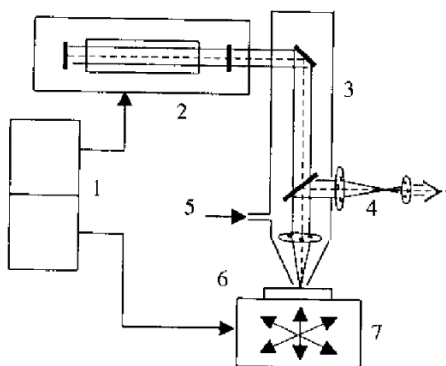
hợp đường ống cấp khí (9) để điều chỉnh áp suất cắt tia laser và chùm khí thổi khi cắt (8) tạo ra vết cắt (7) xuống chi tiết cắt (6) qua đó tạo ra sản phẩm.



- 10 Đồng hồ áp suất khí
- 9 Đường cấp khí cắt
- 8 Tia laser và chùm khí thổi khi cắt
- 7 Vết cắt
- 6 Chi tiết cắt
- 5 Thấu kính hội tụ
- 4 Điều chỉnh tự động chiều cao đầu cắt
- 3 Gương phản xạ 45 độ được làm mát bằng nước
- 2 Đường ống bảo vệ
- 1 Chùm tia laser

Hình 1. Sơ đồ nguyên lý máy CNC laser CO₂

Sơ đồ nguyên lí một thiết bị laser CO₂ gia công vật liệu (Hình 2), gồm có: khí gia công được cung cấp điện và điều khiển (1); nguồn chùm laser CO₂ (2); hệ quang (3); hệ quan sát (4) để quan sát vị trí bề mặt gia công; hệ tạo áp suất khí công tác thổi vào vị trí gia công 4; van nạp khí làm việc (5); chi tiết gia công (6) được bàn gá (7) dịch chuyển để gia công theo ba chiều.

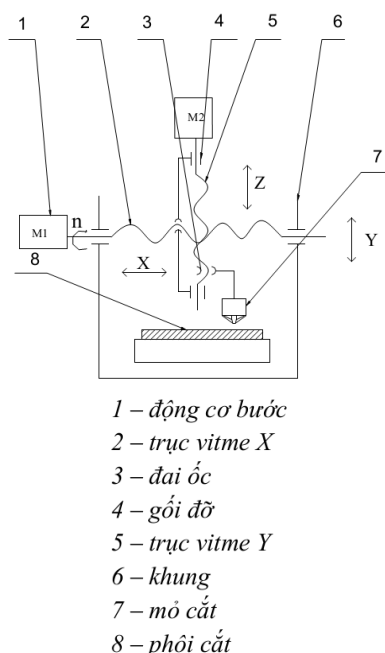


Hình 2. Thiết bị gia công vật liệu bằng chùm laser CO₂ [1]

3.2. Thiết kế kết cấu máy

Tác giả đã thiết kế các phương án thiết kế động học máy

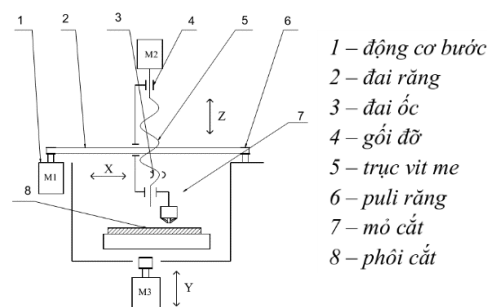
3.2.1. Phương án 1: Sử dụng trục vítme- đai ốc trong truyền động



Hình 3. Sử dụng trục vítme- đai ốc trong truyền động:

Hình 3 mô tả nguyên lý dẫn động bàn máy sử dụng bộ truyền vítme đai ốc. Chi tiết đứng yên, hệ chuyển động theo 2 phương X, Y trên bàn máy CNC. Động cơ theo phương X chuyển động mở cắt đồng thời động cơ M1 qua trục vítme - đai ốc dẫn hướng, dịch chuyển hệ thống đầu cắt theo phương quỹ đạo cắt của phôi. Động cơ theo phương Y kết hợp theo hướng X giúp di chuyển chùm tia laser hội tụ nhờ hệ thống gương CNC sinh ra vết cắt. Bàn máy có tác dụng giữ phôi. Từ đó chùm tia laser sẽ di chuyển theo một phương và chi tiết được gia công được định vị trên bàn máy để tạo ra hình dạng vết cắt. Phương án này, đảm bảo độ chính xác cao trong chuyển động của đầu cắt laser theo trục X, Y. Tuy nhiên giá thành máy tăng cao. Nên thường dùng trong máy CNC gia công chi tiết máy, khuôn mẫu.

3.2.2. Phương án 2: Sử dụng bộ truyền đai răng trong truyền động



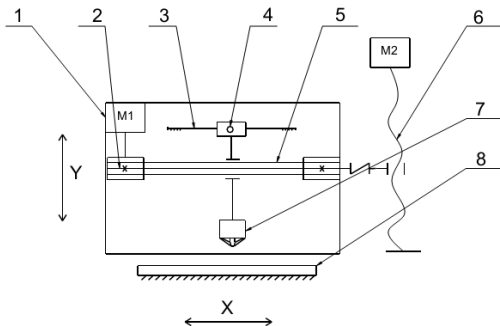
Hình 4. Sử dụng bộ truyền đai răng trong truyền động

1 – động cơ bước	5 – con trượt bi
2 – đai răng	6 – cụm đầu cắt
3 – puli răng	7 – khung
4 – thanh trượt X	8 – bàn máy đặt phôi

Hình 5 mô tả nguyên lý dẫn động bàn máy sử dụng bộ truyền đai răng kết hợp hệ con trượt bi. Cụm đầu cắt chuyển động theo trục X và Y. Hệ thống sử dụng 3 động cơ cho các chuyển động trục X, Y. Động cơ trên trục X truyền chuyển động qua hệ thống puli đai, sau đó truyền chuyển động tới cụm đầu cắt, đồng thời hệ thống thanh trượt con trượt hoạt động để dẫn hướng và tăng độ chính xác khi cụm đầu cắt hoạt động. Động cơ trên trục Y truyền chuyển động qua hệ thống puli đai truyền chuyển động cho cả hệ chuyển động trên trục X (động cơ và cả hệ dẫn động). Hệ truyền động trên trục X cũng được dẫn hướng bởi hệ thanh trượt con trượt nhằm tăng độ chính xác khi gia công chi tiết. Phương án này, độ chính xác trong chuyển động của đầu cắt laser theo trục X, Y cao hơn phương án 2. Lực căng dây đai và lực ma sát cản trở chuyển động của đầu cắt được giảm nhiều do nhờ việc bố trí thêm hệ con trượt thanh trượt bi. Giá thành máy cao hơn so với phương án 2 không nhiều.

[illegible]

3.2.4. Phương án 4: Sử dụng đai thang, vitme trong truyền động.



- 1 – động cơ bước 5 – đai răng
2 – đai răng 6 – trục vitme Y
3 – puli răng 7 – khung
4 – thanh trượt X 8 – bàn máy đặt phôi

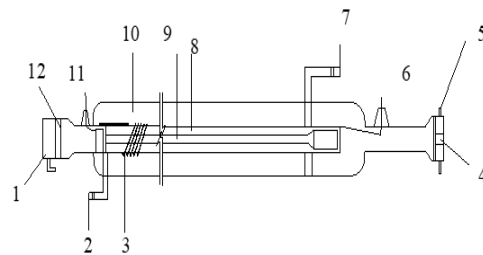
Hình 6. Sử dụng đai thang, vitme trong truyền động.

Hình 6 mô tả nguyên lý dẫn động sử dụng đai thang, vitme. Bàn máy đứng yên và được xác định vị trí từ đầu quá trình cắt, cụm đầu cắt di chuyển theo hướng X, Y là chuyển động cắt của máy. Phương án này, độ chính xác trong chuyển động của đầu cắt laser theo trục X,Y không đồng đều do lựa chọn 2 phương án dẫn động khác nhau nhiều. Khó khăn hơn trong quá trình thiết kế, chế tạo máy. Giá thành máy cao hơn các phương án 2,3.

Từ bốn phương án động học máy đã thiết kế. Tác giả đã lựa chọn phương án động học tối ưu cho máy là phương án 3. Tác giả đã tính toán thiết kế động lực học, lựa chọn

được động cơ, các bộ truyền cơ khí và các chi tiết máy.

Cấu tạo của ống phóng CO₂ như hình 7. Các phân tử CO₂ phát ra ánh sáng laser. Nó gồm 1 nguyên tử cacbon và 2 nguyên tử Oxi, tạo thành một chuỗi liên kết với Cacbon ở giữa hai nguyên tử oxi. Nếu phân tử bị kích thích chúng sẽ dao động. Các cấp độ dao động khác nhau tùy vào mức năng lượng được cung cấp gồm nhiều mức tốc độ.



Hình 7. Cấu tạo cụm ống phóng laser CO₂

1- Vòng làm mát; 2- Đầu vào nước; 3- Ống khí trực tràng; 4- Gương đầu ra laser; 5-Vòng làm mát nước; 6- Điện cực âm(-); 7- Cửa xả nước. 8- Ống nước làm mát; 9- Ống xả, 10- Khí; 11- Điện cực dương(+); 12 Gương phản chiếu toàn phần.

Lựa chọn cụm ống phóng CO₂ để tạo nguồn cắt cho máy có thông số kỹ thuật được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Bảng thông số kỹ thuật ống phóng Laser CO₂

Thông số	Giá trị
Chiều dài	700mm
Đường kính	50mm
Công suất	40W
Chiều sâu cắt	< 5mm
Bước sóng	10,6μm

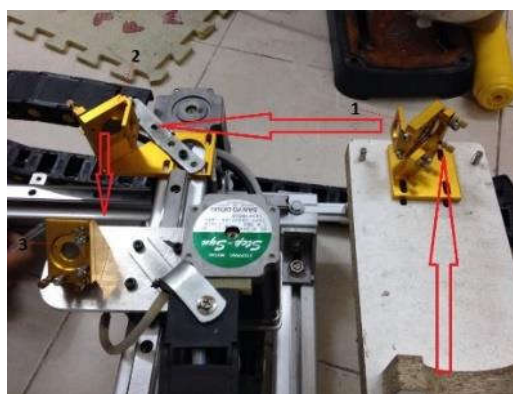
Thấu kính hội tụ (hình 8) có nhiệm vụ hội tụ chùm tia laser được phát ra từ ống phóng laser thành một điểm có đường kính nhỏ nhất và cường độ mạnh nhất nhằm xuyên thủng vật liệu cần cắt. Thấu kính hội tụ có thông số kỹ thuật : Tiêu cự: 38,1 mm hoặc 50.8 mm; độ dày: 2mm; đường kính: 18mm, 20mm, 25mm.



Hình 8. Thấu kính hội tụ của Máy CNC Laser CO₂

Với máy gia công laser CO₂ gương phản xạ toàn phần (hình 9) có ý nghĩa rất quan trọng. Bức xạ laser được hội tụ bằng các thấu kính hội tụ được chế tạo từ Ge hoặc ZnSe và

có tiêu cự: 65, 100, 127, 150, 200 và 250 mm. Với dải tiêu cự này ta có thể thay đổi đường kính vết hội tụ và độ sâu hội tụ của bức xạ thực nghiệm, đầu gia công được thiết kế lắp ghép cơ quang thông thường, có thể kéo dài hoặc thu ngắn kích thước đầu gia công lại.

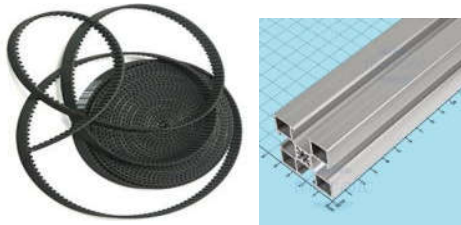


Hình 9. Vị trí gương phản xạ trên Máy CNC Laser CO₂

Thông số kỹ thuật: chất liệu Molybden; loại mặt: $N \leq 2$; khẩu độ: > 95% Kích thước; góc tới: 0°, 15°, 30°, 45°; dung sai chiều dày: ± 0.2 mm; phản xạ: > 98%.

Lựa chọn bộ truyền đai, với dây đai răng để truyền chuyển động từ động cơ đến cơ cấu mang theo đầu cắt laser dịch chuyển theo các chiều X, Y (Hình 10). Thông số đai: Môđun $m = 1,5$ và bước răng $p = 4,71$; Chiều rộng đai răng $b = 10$ mm; Số răng của đai răng là 302 răng. Bánh đai chủ động và bị động: $z_1 = z_2 = 20$ răng. Lựa chọn vật

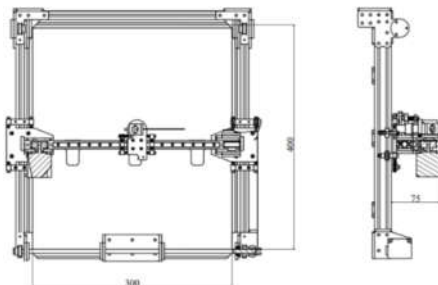
liệu là nhôm định hình kích thước 40x40 để làm khung máy (Hình 11).



Hình 10. Dây đai răng và nhôm định hình 40x40 [6]

Trên cơ sở tính toán công suất hoạt động của máy, việc di chuyển đầu cắt theo các trục X, Y sẽ được cung cấp chuyển động bởi động cơ bước. Chọn động cơ DC12-24V 23KM-K351-G2V với các thông số: vòng quay $n = 12$ vg/ph sẽ ứng với mô men tối đa của động cơ để tải được $\sim 0,6$ Nm. Tác giả chọn con trượt và thanh trượt vuông cho máy và các chi tiết lắp ghép, giá đỡ ống phóng...

Máy được thiết kế có đầu cắt chuyển động tịnh tiến theo các trục X, Y (Hình 11). Bàn máy đỡ chi tiết gia công cố định.



Hình 11. Hệ dẫn động của máy theo trục X, Y

4. HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN MÁY CNC LASER CO₂

4.1. Sơ đồ thống điều khiển máy

Để kết nối điều khiển Máy CNC tác giả lựa chọn board Arduino Uno R3 sử dụng một vi điều khiển Atmega328 làm bộ xử lý trung tâm, phần mềm lập trình IDE 1.6.8 (Hình 12).

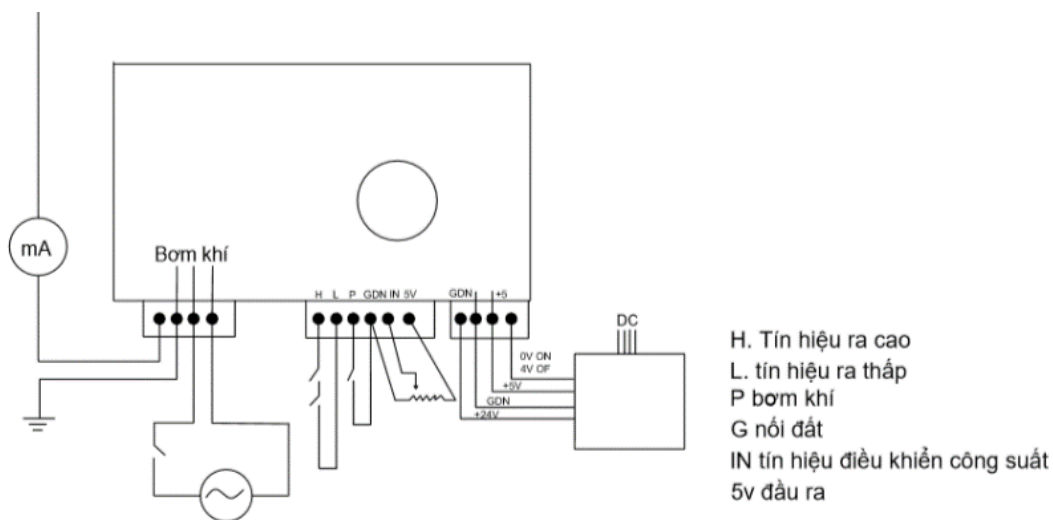


Hình 12. Board mạch Arduino Uno R3 sử dụng chip Atmega328 [7]

Arduino UNO có 14 ngõ I/O digital và 6 ngõ I/O Analog dùng để đọc hoặc xuất tín hiệu. Các ngõ D 0, 1, 2, 4, 7, 8, 13 có 2 mức điện áp là 0V và 5V với dòng vào/ra tối đa trên mỗi chân là 40mA, ngoài ra các ngõ D 3, 5, 6, 9, 10, 11 là các cổng bấm xung. Ở mỗi ngõ I/O đều có các điện trở pull-up từ được cài đặt ngay trong vi điều khiển Atmega328P.

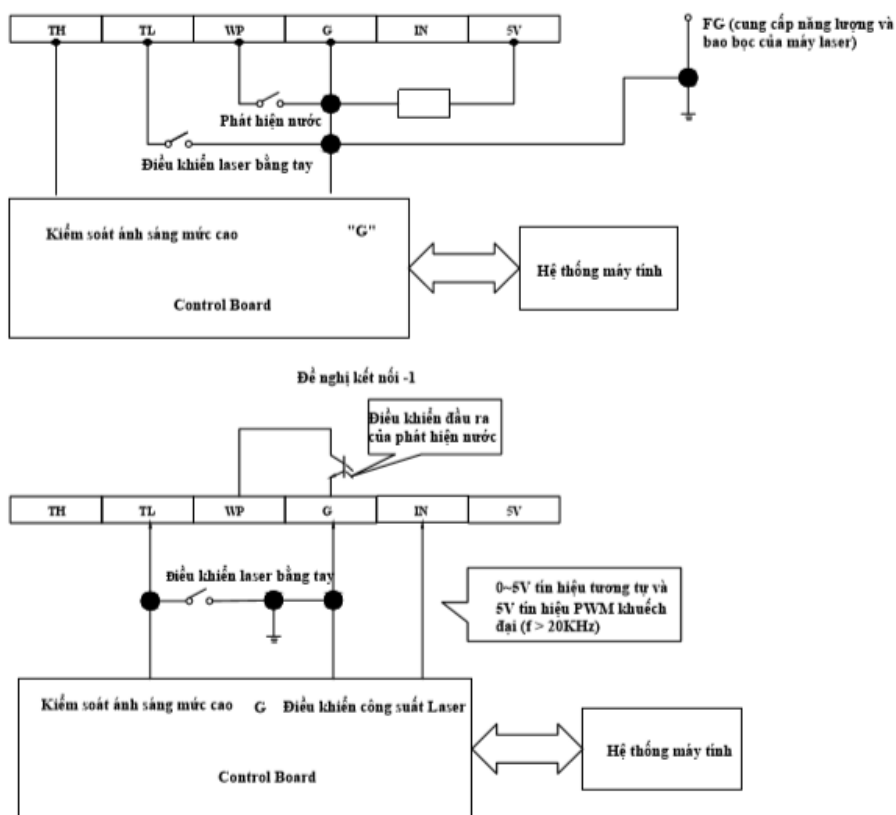
4.2. Điều khiển máy

Driver điều khiển bóng laser CO₂ (Hình 13)



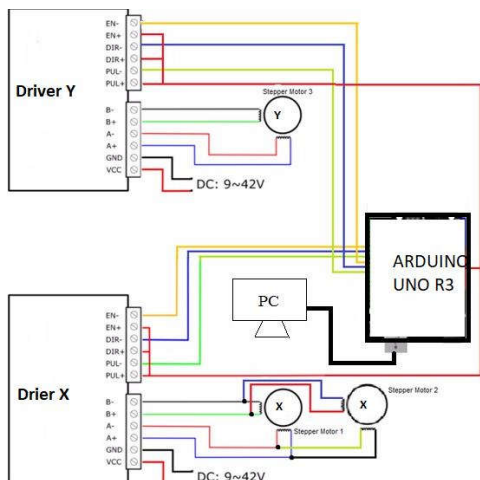
Hình 13. Drive điều khiển bóng Laser CO₂

Hệ thống điều khiển nguồn Máy CNC (Hình 14).

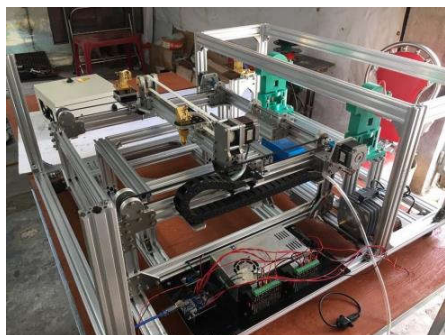


Hình 14. Sơ đồ hệ thống điều khiển nguồn

Driver TB6600 sẽ nhận tín hiệu từ Arduino để điều khiển động cơ dẫn động các trục X,Y (Hình 15).



Hình 15. Sơ đồ kết nối Driver TB6600 sẽ nhận tín hiệu từ Arduino



Hình 17. Lắp ráp ống phóng laser CO₂ và các phần tử của hệ thống điều khiển

Thiết lập trong phần mềm LightBurn và kết nối phần mềm GRBL được lựa chọn để điều khiển máy cũng như hiệu chỉnh G-code và các chế độ cắt để thực hiện quá trình gia công. Thử nghiệm dùng máy để cắt vật liệu gỗ 2 mẫu: mẫu 1 là hình vuông có thước thiết kế 101x78x2mm, mẫu 2 là một đường

5. CHẾ TẠO VÀ THỬ NGHIỆM MÁY

Máy CNC laser CO₂ được tiến hành chế tạo các chi tiết, lắp ráp tại xưởng thực hành Trường Đại học Hải Phòng. Các bước chế tạo như các hình 16, hình 17.



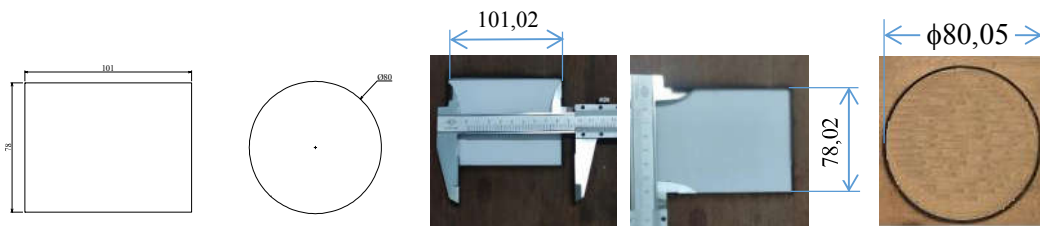
Hình 16. Lắp ráp hệ thống dẫn động trục X, Y, gương phản xạ và cụm đầu cắt Laser

Máy CNC laser CO₂ được hoàn thành (Hình 18).



Hình 18. Tổng quan Máy CNC Laser CO₂ sau chế tạo

tròn có đường kính $\phi 100$. Số lần thực nghiệm tương ứng với mỗi mẫu là 10 lần. Sản phẩm sau khi gia công xong 10 mẫu hình chữ nhật có kích thước trung bình là 101,02x78,02x2mm, 10 mẫu hình tròn có đường kính trung bình là $\phi 80,05$ mm. Kết quả được mô tả trên Hình 19.



Hình 19a) Mô hình kiểm tra

Hình 19b) Sản phẩm gia công

Hình 19. Mô hình thiết kế và sản phẩm gia công thử nghiệm trên máy

Kết quả cho thấy rằng đối với nội suy theo đường thẳng cũng như đường tròn (2 loại đường phổ biến trong gia công) đều đạt độ chính xác sau dấu phẩy 2 con số (khá chính xác). Đối với đường tròn do việc nội suy khó khăn hơn nên sai số xuất

hiện nhiều hơn. Tuy nhiên kể cả đối với sai số này, thì cũng đã đảm bảo độ chính xác yêu cầu của máy khi gia công những chi tiết nhỏ, trung bình, không yêu cầu độ chính xác cao. Một số sản phẩm khác được cắt, khắc trên máy (Hình 20).



Hình 20. Sản phẩm gia công trên máy đã thiết kế

Các thông số kỹ thuật chính của máy in đã chế tạo như Bảng 2:

Bảng 2. Thông số kỹ thuật của máy

Đặc tính kỹ thuật	Thông số
Kích thước bao của máy	980x920x400mm.
Kích thước bàn gá phôi	340x340 mmm
Vật liệu máy có thể cắt, khắc	Gỗ, da
Chiều dày vật liệu cắt	1÷2,5 mm
Sai lệch kích thước khi cắt	0,2 mm
Nguồn điện sử dụng	220 (V)

6. KẾT LUẬN

Tác giả đã trình bày một số kết quả nghiên cứu thiết kế và chế tạo máy CNC laser CO₂ sử dụng trong gia công cắt, khắc các sản phẩm gỗ, da cỡ vừa và nhỏ. Phần mềm GRBL được lựa chọn để điều khiển máy cũng như hiệu chỉnh G-code để thực hiện quá trình gia công và vi điều khiển Atmega 328P để làm bộ điều khiển máy. Do phần mềm điều khiển khá thông dụng nên với nội dung hạn hẹp của bài báo này tác giả đã không trình bày vì không làm thay đổi hàm lượng khoa học của bài báo.

Kết quả thử nghiệm gia công một số sản phẩm cho thấy máy đảm bảo độ chính xác theo đúng yêu cầu. Máy dễ vận hành, thuận lợi trong di chuyển, dễ bảo trì và bảo dưỡng. Kết quả kiểm nghiệm cho thấy kết cấu đủ bền, đáng tin cậy. Cắt, khắc được các vật phẩm trưng bày, đồ lưu niệm theo hình thiết kế ban đầu. Sản phẩm khắc rõ nét, biên dạng sản phẩm cắt mịn. Kích thước tối đa máy có thể gia công 340x340x2 mm.

Việc tối ưu chế độ cắt, công suất cắt để đảm bảo chất lượng cao hơn của sản phẩm tác giả sẽ trình bày trong các nghiên cứu tiếp theo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trần Đình Tường, Hoàng Hồng Hải (2006), Quang kỹ thuật, Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật, Hà Nội.
2. Trần Đức Hân, Nguyễn Minh Hiền (2005), Cơ sở kỹ thuật Laser, Nhà xuất bản giáo dục, Hà Nội.
3. D. Sciti, A. Bellosi (2001), '*Laser-induced surface drilling of silicon carbide*', Applied Surface Science 180, 92-101.
4. Narendra B. Dahotre, Anoop N. Samant (2009), '*Laser machining of structural ceramics-A review*', Journal of the European Ceramic Society 29, 969-993.
5. Đỗ Văn Vũ (2004), '*Nghiên cứu ứng dụng công nghệ tự động hoá vào gia công chính xác trên cơ sở các công nghệ tiên tiến như laser, plasma và tia lửa điện*', Báo cáo tổng kết khoa học và kỹ thuật, Viện máy và dụng cụ công nghiệp, Bộ công nghiệp, Hà Nội.
6. Thế giới IC (2023), '*Nhóm Định Hình 40x40 Dài 1m*', truy cập ngày 20/6/2023, từ, <https://www.thegioiic.com/nhom-dinh-hinh-40x40-dai-1m>,
7. Arduino Việt Nam (2016), '*Bootloader là gì, cách nạp bootloader cho ATmega8 và ATmega328*', truy cập ngày 20/5/2023, từ <http://arduino.vn/bai-viet/831-bootloader-la-gi-va-cach-nap-bootloader-cho-atmega8-va-atmega328-de-chung-co-dung-duoc>.