



## Application of laser cutting machines in manufacturing robot frames and product casings

### Article info

#### Type of article:

Original research paper

#### DOI:

<https://doi.org/10.58845/jstt.utt.2025.vn.5.1.1-9>

#### \*Corresponding author:

Email address:

[phuonght@utt.edu.vn](mailto:phuonght@utt.edu.vn)

**Received:** 18/09/2024

**Received in Revised Form:**  
23/12/2024

**Accepted:** 03/12/2024

Hoang The Phuong<sup>1\*</sup>, Tran Duy Dung<sup>1</sup>, Vo Thanh Duoc<sup>1</sup>, Vuong Thi Huong<sup>1</sup>,  
Ngo Thi Lanh<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of Transport Technology, No 54 Trieu Khuc Street, Thanh Xuan District, Ha Noi City 100000, Viet Nam

<sup>2</sup>Thuyloi University, No 175 Tay Son Street, Dong Da District, Ha Noi City 100000, Viet Nam

**Abstract:** Nowadays, the field of science and technology is increasingly developing, and respond to that change, universities around the world often combine theoretical lectures with practical lessons. After learning the theory, students will have access to machines, applying their knowledge to create a complete product. In technical universities, students are trained in practical skills related to designing and manufacturing robots. One essential step in constructing a robot frame is cutting the components. Traditional cutting methods using mechanical cutting machines often fail to ensure the precision and complexity required for intricate cuts. In this study, the authors present research on the application of laser cutting machines for cutting robot frames made from acrylic and manufacturing product casings. The research results demonstrate that using a laser cutting machine for robot frame cutting achieves significantly higher precision and speed compared to manual cutting methods.

**Keywords:** laser cutting machines; cutting robot frames; cutting acrylic casings.

## Nghiên cứu ứng dụng máy cắt laser chế tạo khung robot và khung vỏ sản phẩm

**Thông tin bài viết**  
**Dạng bài viết:**  
Bài báo nghiên cứu

**DOI:**  
<https://doi.org/10.58845/jstt.utt.2025.vn.5.1.1-9>

**\*Tác giả liên hệ:**  
Địa chỉ Email:  
[phuonght@utt.edu.vn](mailto:phuonght@utt.edu.vn)

**Ngày nộp bài:** 18/09/2024  
**Ngày nộp bài sửa:** 23/12/2024  
**Ngày chấp nhận:** 30/12/2024

Hoàng Thế Phương<sup>1\*</sup>, Trần Duy Dũng<sup>1</sup>, Võ Thanh Được<sup>1</sup>, Vương Thị Hương<sup>1</sup>,  
Ngô Thị Lành<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải, Số 54 Triều Khúc, Thanh Xuân, Hà Nội 100000, Việt Nam

<sup>2</sup>Trường Đại học Thủy lợi, Số 175 Tây Sơn, Đống Đa, Hà Nội 100000, Việt Nam

**Tóm tắt:** Hiện nay, lĩnh vực khoa học công nghệ đang ngày càng phát triển, máy móc đang dần thay thế sức lao động của con người, và để đáp ứng với sự thay đổi đó thì các trường đại học trên thế giới thường kết hợp các bài giảng lý thuyết song song với thực hành. Sinh viên sau khi được học lý thuyết ở trên lớp, sẽ được tiếp cận với máy móc thực tế, vận dụng các kiến thức của mình để chế tạo ra một sản phẩm hoàn chỉnh. Trong các trường Đại học chuyên ngành kỹ thuật, sinh viên được học thực hành các kỹ năng thiết kế và chế tạo robot. Khi đó, một công đoạn không thể thiếu trong việc chế tạo khung robot đó là thao tác cắt các chi tiết. Đối với các phương pháp cắt truyền thống là sử dụng máy cắt cơ khí thì không đảm bảo được độ chính xác và độ phức tạp của các đường cắt nhỏ. Trong nội dung bài nghiên cứu này, nhóm tác giả trình bày nghiên cứu ứng dụng máy cắt laser trong công đoạn cắt khung robot bằng mica và chế tạo khung vỏ sản phẩm. Kết quả nghiên cứu cho thấy thao tác thực hiện cắt khung robot bằng máy cắt laser đạt được độ chính xác và nhanh hơn rất nhiều so với thao tác cắt thủ công.

**Từ khóa:** máy cắt laser; cắt khung robot; cắt mica.

### 1. Tổng quan

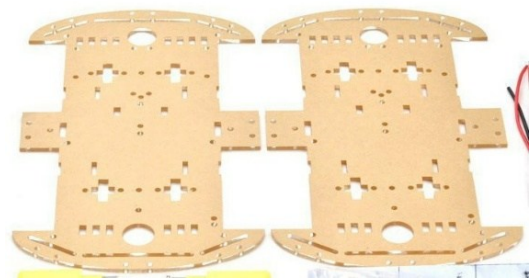
Trong quá trình chế tạo và lắp ráp robot, chúng ta phải thường xuyên thực hiện thao tác cắt các chi tiết cơ khí theo bản vẽ thiết kế, để sau đó lắp ráp lại với nhau thành robot hoàn chỉnh. Phương pháp cắt truyền thống trước đây là sử dụng máy cắt cơ khí (Hình 1).



Hình 1. Sử dụng máy cơ khí



Nhược điểm của các phương pháp sử dụng máy cắt này có thể kể đến như: mức độ nguy hiểm khi sử dụng cao, khó có thể thực hiện được thao tác cắt các vật thể có hình dáng phức tạp, độ chính xác khi cắt phụ thuộc vào người cầm máy.



Hình 2. Cắt các chi tiết có đường cắt phức tạp

Hiện nay, đã có nhiều phương pháp cắt tự động ứng dụng khoa học công nghệ ra đời, giúp

đảm bảo được độ chính xác của đường cắt, cũng như cắt được những đường cắt phức tạp (Hình 2).

TS. Đinh Văn Tân cùng cộng sự đã nghiên cứu và chế tạo thành công máy CNC cắt vật liệu bằng tia nước [1]. Máy có khả năng hoạt động tự động theo chương trình CNC, đầu cắt sử dụng tia nước áp suất cao 3654 bar có khả năng cắt các chi tiết một cách tự động, chính xác.

Trong nội dung nghiên cứu ảnh hưởng của lượng tiến dao đến lực cắt [2], nhóm tác giả đã tiến hành nghiên cứu trên máy tiện CNC. Máy này hoạt động dựa trên chuyển động quay của dao cắt để cắt mòn vật liệu cần gia công, như vậy việc lựa chọn các thông số của mũi dao cắt rất quan trọng. Căn cứ vào kết quả nghiên cứu, người vận hành máy cần lựa chọn dao cắt phù hợp và lập trình tốc độ tiến dao phù hợp với từng loại vật liệu cắt.

Tác giả Phạm Xuân Hùng đã tiến hành nghiên cứu công nghệ và ứng dụng máy cắt kim loại bằng phương pháp Plasma trên máy cắt CNC [3]. Công nghệ và phương pháp cắt được vận hành một cách tự động trên nền tảng hoạt động của máy CNC, đầu cắt vật liệu sử dụng Plasma cho phép cắt được các vật liệu bằng kim loại thép, nhôm.

Trong nội dung nghiên cứu [4] tác giả Nguyễn Như Lợi đã tiến hành nghiên cứu ứng dụng của máy cắt Laser trong công tác gia công chế tạo các chi tiết máy theo bản vẽ thiết kế, phục vụ sản xuất trong Doanh nghiệp điện cơ Thiên Thuận. Kết quả cho thấy việc ứng dụng máy cắt Laser vào sản xuất giúp nâng cao hiệu suất công việc, các chi tiết cắt đạt được độ chính xác cao.

Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải phát triển đào tạo theo định hướng ứng dụng, đào tạo nhiều chuyên ngành kỹ thuật, và đã trang bị nhiều thiết bị thí nghiệm, phòng thực hành cho sinh viên học tập. Chương trình đào tạo cho sinh viên bao gồm nhiều học phần về thiết kế bản vẽ trên phần mềm solidwork, thiết kế mạch, lập trình vi điều khiển. Từ bản vẽ thiết kế, sinh viên cần vận hành máy cắt để tạo ra các mô hình hoạt động theo đúng chức năng. Như vậy, việc nghiên cứu một công nghệ cắt tự động đảm bảo được độ chính xác

là rất cần thiết. Trong nội dung nghiên cứu này, nhóm tác giả tiến hành nghiên cứu về công nghệ, quy trình vận hành máy cắt Laser CNC trong việc cắt các chi tiết để chế tạo khung robot và khung vỏ sản phẩm bằng chất liệu mica. Kết quả của nghiên cứu có thể được vận dụng để thực hiện quy trình cắt các chi tiết khác theo bản vẽ thiết kế, ví dụ như các tấm gá động cơ trên robot; các tấm mica để lắp cảm biến, mạch, nút bấm, màn hình; cắt khắc logo lên sản phẩm...

## 2. Yêu cầu về sản phẩm đầu ra của máy

Hiện nay, trên thị trường đã có sẵn một số bộ khung robot để sinh viên có thể mua về học lập trình, trong đó phổ biến có khung xe 4 bánh và khung xe 3 bánh (Hình 3).



**Hình 3.** Khung xe 4 bánh và khung xe 3 bánh

Khung xe được làm bằng chất liệu mica, với kích thước sau khi lắp ráp của khung xe 4 bánh là 250x150(mm), và của khung xe 3 bánh là 215x150(mm) [5]. Khung xe được dùng chủ yếu để sinh viên học lập trình robot di chuyển theo các hướng: chạy tiến, chạy lùi, quay trái, quay phải.

Để có thể học lập trình robot với nhiều bài di chuyển hơn nữa thì sinh viên có thể sử dụng khung robot với bánh xe đa hướng mecanum (Hình 4).



**Hình 4.** Khung robot bánh mecanum

Khung robot với bánh xe đa hướng mecanum cũng là một dạng khung robot nhỏ gọn, thích hợp cho sinh viên học lập trình điều khiển

robot di chuyển đa hướng, với kích thước 255x230(mm) [6]. Ngoài các hướng chạy tiến, chạy lùi, quay trái, quay phải thì khung xe robot có thể chạy theo các hướng: sang ngang  $0^\circ$ ,  $180^\circ$ , hoặc chạy chéo một góc bất kỳ do người lập trình.

Để có thể học các bài lập trình robot gấp nhả sản phẩm, sinh viên có thể sử dụng cánh tay robot với bộ khung được cắt từ vật liệu mica (Hình 5).



**Hình 5.** Cánh tay robot

Cánh tay robot được cắt từ vật liệu mica, dùng cho sinh viên học lập trình điều khiển các khớp của cánh tay để tạo chuyển động tương ứng cho bàn tay [5], từ đó robot có thể gấp được sản phẩm tự vị trí này và di chuyển ra vị trí mong muốn.

Đặc điểm của các bộ khung robot phục vụ học tập này là có khối lượng và kích thước vừa phải, giúp sinh viên có thể dễ dàng mang đến trường học. Với những bộ khung robot có sẵn này, sinh viên có thể thiết kế mạch của riêng mình, và thực hiện các bài lập trình theo yêu cầu của môn học. Trước khi có thể lập trình trên những robot có kích thước lớn hơn thì sinh viên có thể học lập trình thành thạo trên những robot có kích thước nhỏ trước để nắm vững phương pháp thiết kế mạch và phương pháp lập trình. Tuy nhiên, nhược điểm của việc sử dụng bộ khung robot có sẵn là sinh viên không thể thay đổi cấu trúc và hình dáng của bộ khung robot này, khó khăn trong việc tự tạo ra được một robot theo ý tưởng riêng của bản thân. Do đó, sinh viên cần trang bị thêm kỹ năng thiết kế bản vẽ robot trên máy tính, và vận hành máy cắt để cắt được ra các chi tiết của robot. Khi thiết kế các bộ khung robot khác phục vụ học tập, sinh viên cũng có thể thiết kế robot sử dụng chất liệu là tấm

mica, với kích thước nhỏ gọn khoảng 300x300(mm) để phù hợp mang đi học tập. Vì khung robot được ghép từ nhiều tấm mica, nên tổng kích thước tất cả các tấm mica sẽ lớn hơn. Từ đó, yêu cầu cần sử dụng máy cắt có phạm vi làm việc lớn hơn kích thước robot để máy có thể cắt được hết các chi tiết của robot. Trong phạm vi nghiên cứu này, nhóm tác giả lựa chọn sử dụng máy cắt laser có thể cắt được chất liệu mica có độ dày 3mm và phạm vi làm việc là 600x400(mm) để có thể cắt được khung robot với kích thước tương đương các robot cơ bản ở trên.

### 3. Các thành phần chính của máy cắt laser

#### 3.1. Bộ điều khiển TL-3120



**Hình 6.** Bộ điều khiển TL-3120

Bộ điều khiển máy laser TL-3120 là một thiết bị quan trọng trong việc điều khiển máy laser (Hình 6). Nó được sử dụng để điều khiển các chức năng của máy laser như tần số và mật độ năng lượng của tia laser, độ phân giải và tốc độ cắt,... Bộ điều khiển này giúp cải thiện độ chính xác và hiệu suất của quá trình cắt, khắc, khoan và mài bằng laser trên nhiều loại vật liệu khác nhau như kim loại, gỗ, nhựa, thủy tinh, vật liệu composite,... [7]

Bộ điều khiển được trang bị một bảng điều khiển màn hình LCD và các nút điều khiển để người dùng có thể dễ dàng thiết lập các thông số cần thiết, bao gồm tốc độ, công suất, độ dày vật liệu và các thông số khác.

Bộ điều khiển máy laser TL-3120 cũng được

tích hợp nhiều tính năng bảo vệ, bao gồm cả tính năng bảo vệ chống quá áp, bảo vệ quá nhiệt và bảo vệ khởi động mềm, giúp bảo vệ máy và tăng độ bền của thiết bị.

### 3.2. Ống phóng laser CO2 60W

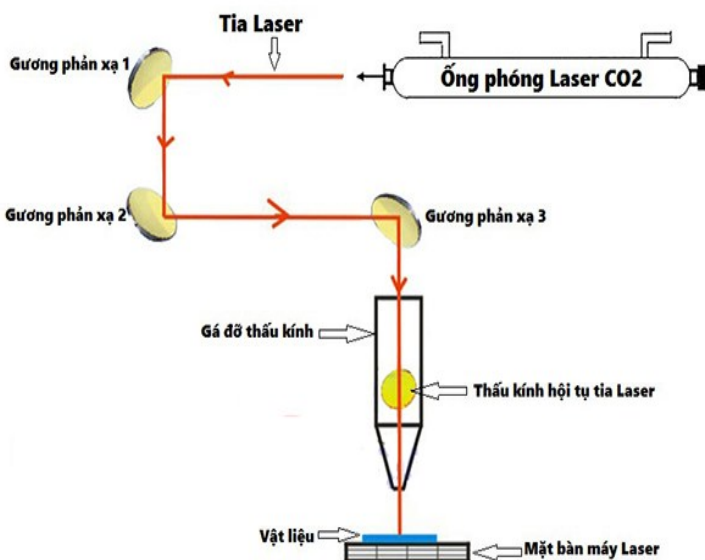
Máy cắt laser được trang bị ống phóng 60W C60 có nhiệm vụ để phóng ra tia laser cắt vật liệu, với các thông số như sau:

**Bảng 1.** Thông số ống phóng laser [8]

|                                |           |
|--------------------------------|-----------|
| Công suất                      | 60 (W)    |
| Chiều dài                      | 1200 (mm) |
| Đường kính                     | 50 (mm)   |
| Dòng điện khởi động            | 5 (mA)    |
| Điện áp khởi động              | 22 (kV)   |
| Dòng điện làm việc khuyến nghị | 18 (mA)   |
| Điện áp làm việc               | 16 (kV)   |
| Khối lượng ống                 | 1.44 (kg) |

### 3.3. Hệ thống gương và thấu kính

Hệ thống gương giúp phản xạ, thay đổi hướng phóng tia laser từ ống phóng laser đến vật cần cắt; thấu kính giúp hội tụ chùm tia laser thành một điểm, giúp tia laser có thể tập trung năng lượng để cắt vật thể. Máy laser cần 3 gương phản xạ và một thấu kính (Hình 7).



**Hình 7.** Sơ đồ bố trí hệ thống gương, thấu kính

Để gá được gương và thấu kính cố định chắc chắn, cần sử dụng bộ gá gương gắn cố định vào khung máy (Hình 8).



**Hình 8.** Bộ gá gương, thấu kính

### 3.4. Động cơ bước và driver

Máy cắt laser sử dụng động cơ bước nema 17 để có thể điều khiển chính xác vị trí di chuyển đến điểm cần cắt, từ đó có thể cắt được đường cắt chính xác theo bản thiết kế. Động cơ bước được điều khiển thông qua driver TB6600 (Hình 9).



**Hình 9.** Động cơ bước và driver

Với việc sử dụng driver TB6600, chỉ cần sử dụng 2 hoặc 3 chân tín hiệu điều khiển từ bộ điều khiển để có thể điều khiển được chiều quay, tốc độ, vị trí của động cơ bước [9].

**Bảng 2.** Thông số driver TB6600 [9]

|                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| Điện áp đầu vào   | 9 – 42 (V)        |
| Dòng điện đầu vào | 0 - 5.0 (A)       |
| Dòng điện đầu ra  | 0.5 - 4.0 (A)     |
| Công suất tối đa  | 160 (W)           |
| Khối lượng        | 0.2 (kg)          |
| Kích thước        | 96 x 56 x 33 (mm) |

### 3.5. Nguồn cao áp

Nguồn cao áp được sử dụng để chuyển đổi điện xoay chiều 220V sang điện một chiều điện áp cao, cấp cho ống phóng CO2 để thực hiện quá trình phóng điện trong môi trường khí CO2 với áp suất cao để tạo ra chùm tia laser có năng lượng

lớn. Máy cắt laser sử dụng bộ nguồn laser MYJG-80W.

**Bảng 3.** Thông số bộ nguồn laser MYJG-80W [10]

|                  |                     |
|------------------|---------------------|
| Công suất        | 80 (W)              |
| Điện áp đầu vào  | 220 V AC            |
| Điện áp đầu ra   | 26 kV DC            |
| Dòng điện đầu ra | 28 (mA)             |
| Tuổi thọ         | 10000 giờ           |
| ĐKích thước      | 197 x 161 x 91 (mm) |
| Khối lượng       | 2.3 (kg)            |

#### 4. Nghiên cứu các ứng dụng của máy cắt laser

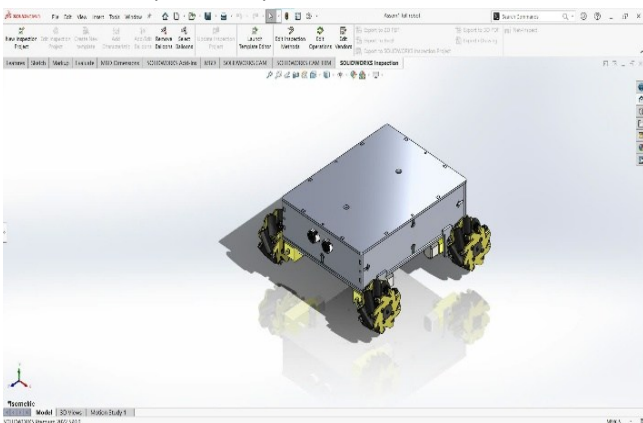
Máy cắt laser có thể được ứng dụng cụ thể trong các bài thực hành về thiết kế, chế tạo khung robot hoặc khung vỏ cho sản phẩm. Sinh viên được trải qua các bước học thực hành như sau để ra được sản phẩm cuối cùng:

- Thiết kế bản vẽ trên các phần mềm thiết kế cơ khí như Solidworks.
- Từ phần mềm thiết kế, xuất file cắt dxf để ra các đường cắt.
- Thiết lập thông số trên phần mềm Lasercad.
- Vận hành máy cắt laser.
- Lắp ráp hoàn thiện.

##### 4.1. Ứng dụng trong thiết kế chế tạo khung robot

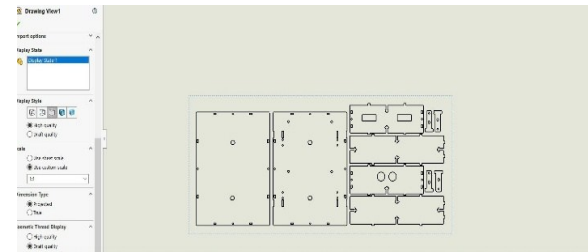
Ứng dụng máy cắt laser, sinh viên có thể thực hiện các bài thực hành về thiết kế, chế tạo khung robot với kích thước và chức năng linh hoạt theo yêu cầu đề bài, không bị giới hạn bởi các bộ khung có sẵn.

- **Bước 1:** Thiết kế bản vẽ trên phần mềm Solidworks (Hình 10).



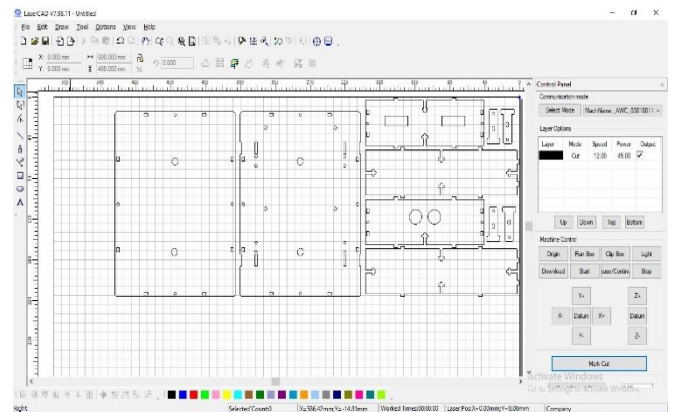
**Hình 10.** Thiết kế robot trên Solidworks

- **Bước 2:** Xuất file dxf để ra các đường cắt (Hình 11).

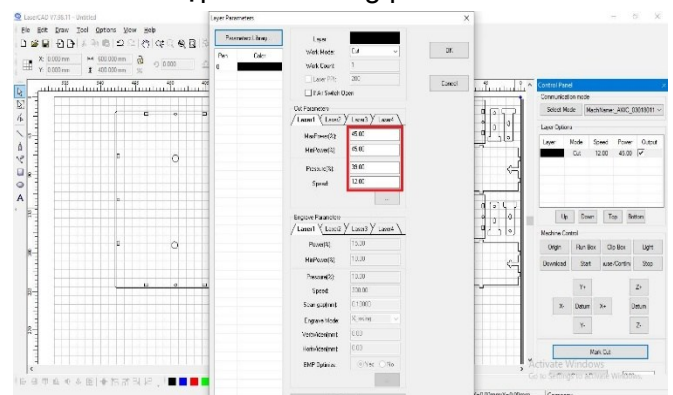


**Hình 11.** Xuất file dxf từ Solidworks

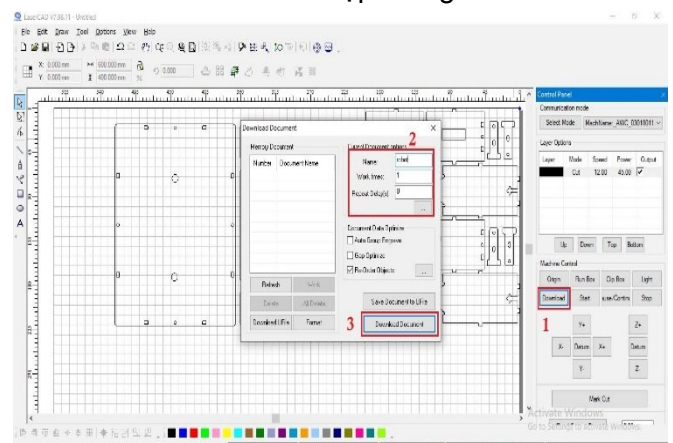
- **Bước 3:** Thiết lập thông số cắt trên phần mềm Lasercad (Hình 12, 13, 14).



**Hình 12.** Nhập file cắt sang phần mềm Lasercad

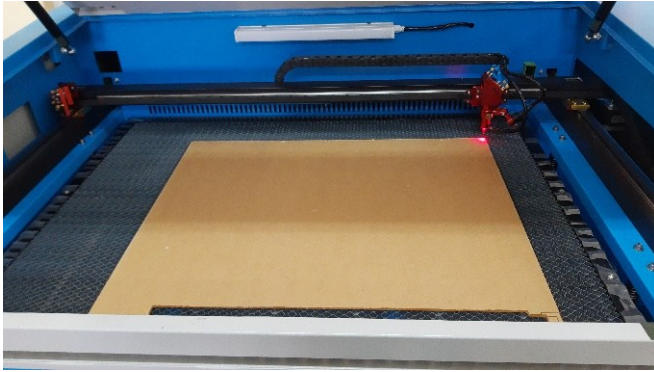


**Hình 13.** Thiết lập thông số cắt

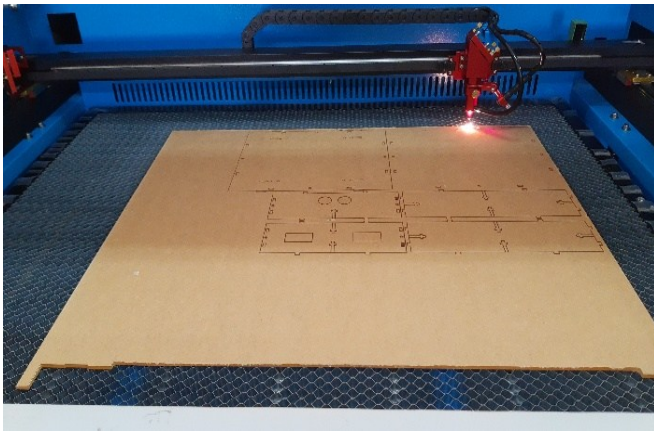


**Hình 14.** Tải file thiết lập xuống mạch điều khiển

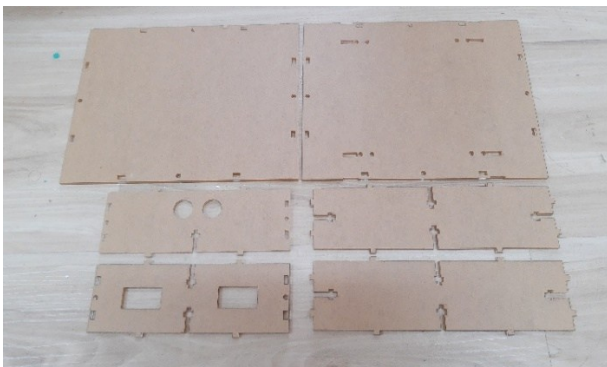
- **Bước 4:** Vận hành máy cắt laser (Hình 15, 16, 17)



**Hình 15.** Đặt gốc tọa độ

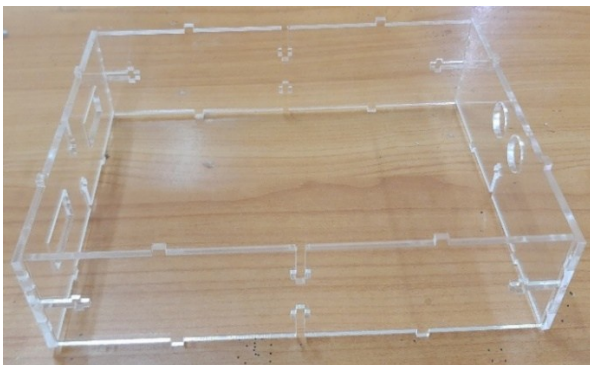


**Hình 16.** Máy chạy cắt theo thiết kế

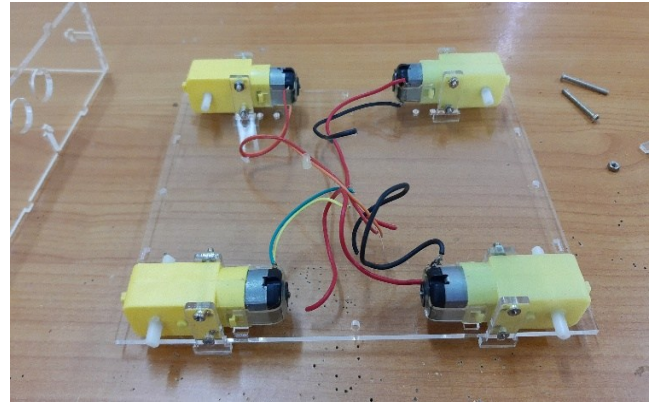


**Hình 17.** Kết quả các tấm mica sau khi cắt

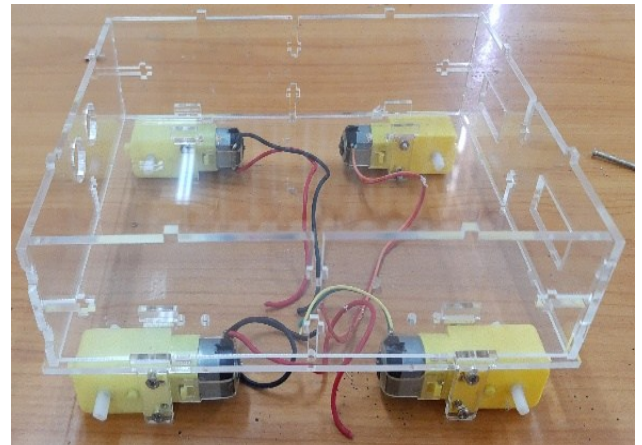
- **Bước 5:** Lắp ráp hoàn thiện (Hình 18-21)



**Hình 18.** Lắp ráp bộ khung xung quanh



**Hình 19.** Lắp ráp động cơ



**Hình 20.** Lắp ráp động cơ với bộ khung



**Hình 21.** Lắp ráp hoàn thiện bánh xe và mạch

Như vậy, sau khi thiết kế và vận hành máy cắt laser, sinh viên đã chế tạo được một mô hình robot theo ý tưởng của bản thân. Đây là một ví dụ về chế tạo khung robot di chuyển đa hướng bằng bánh xe mecanum, tích hợp cảm biến siêu âm đo quãng đường, sinh viên có thể sử dụng robot này để thực hành tiếp các bài học của môn học Kỹ thuật vi điều khiển về lập trình robot di chuyển. Trên cơ sở đã chế tạo thành công một robot theo ý

tưởng bản thân, sinh viên có thể vận dụng máy cắt laser để chế tạo thêm nhiều robot với các chức năng khác nữa.

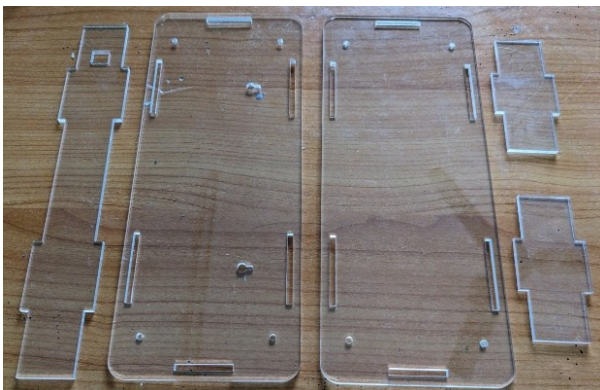
#### 4.2. Ứng dụng trong thiết kế, chế tạo khung vỏ sản phẩm

Qua môn học Kỹ thuật vi điều khiển và Đồ án Kỹ thuật vi điều khiển, sinh viên được thực hành thiết kế chế tạo các mạch điện tử hoạt động theo chức năng yêu cầu, tuy nhiên sản phẩm còn đơn sơ và chưa có khung vỏ bảo vệ (Hình 22).



**Hình 22.** Mạch đồng hồ thời gian thực

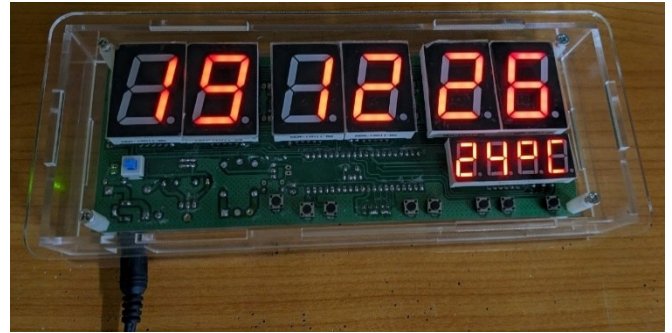
Sinh viên có thể tiếp tục các bài thực hành ứng dụng máy cắt laser để thiết kế, chế tạo khung vỏ bằng mica cho các sản phẩm này, giúp sản phẩm được đẹp và chắc chắn hơn (Hình 23, 24, 25). Các bước thực hiện cũng tương tự như mục 4.1 nên phần này tác giả không trình bày chi tiết các bước thực hiện nữa mà chỉ đưa ra kết quả chế tạo cuối cùng.



**Hình 23.** Các tấm mica sau khi cắt



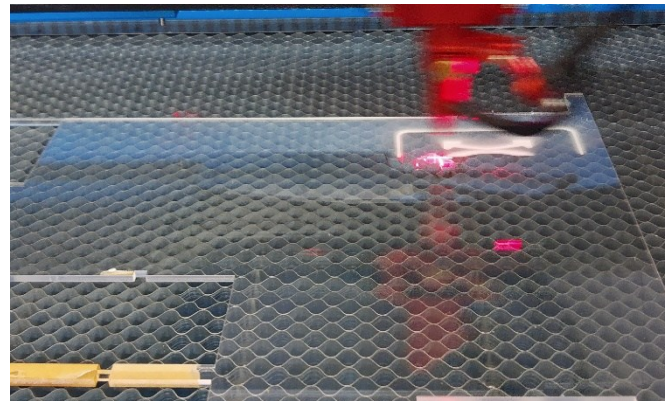
**Hình 24.** Lắp ráp mạch đồng hồ với tấm mica



**Hình 25.** Sản phẩm hoàn thiện

#### 4.3. Ứng dụng trong công đoạn cắt khắc logo

Sau khi chế tạo khung vỏ cho sản phẩm, sinh viên có thể ứng dụng máy cắt laser trong các bài thực hành về cắt khắc logo lên khung vỏ sản phẩm (Hình 26, 27).



**Hình 26.** Vận hành máy để cắt khắc logo



**Hình 27.** Kết quả hoàn thiện

### 5. Kết luận

Trong nội dung nghiên cứu này, nhóm tác giả đã trình bày một số kết quả nghiên cứu về quy trình ứng dụng máy cắt laser trong việc:

- Chế tạo bộ khung robot bằng mica linh hoạt theo chức năng và ý tưởng của bản thân.
- Chế tạo khung vỏ sản phẩm nhằm tăng độ thẩm mỹ và độ an toàn cho sản phẩm.

- Cắt khắc logo lên khung vỏ sản phẩm.

Ngoài ra, máy còn có thể ứng dụng vào một số công đoạn nhỏ trong việc chế tạo robot như: chế tạo ra tấm giá động cơ; các tấm ghép nối cho các chi tiết của robot; các tấm mica để lắp cảm biến, mạch, màn hình, nút bấm. Kết quả hoạt động của máy cho thấy công đoạn cắt bằng máy cắt laser đạt được độ chính xác và nhanh hơn rất nhiều so với thao tác cắt thủ công, ngoài ra còn có thể cắt được các khe nhỏ mà không thể dùng máy cắt tay thủ công để cắt được.

#### Lời cảm ơn

Nghiên cứu được tài trợ bởi Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải dưới dạng đề tài nghiên cứu khoa học cấp trường, mã số ĐTTĐ2022-01.

#### Tài liệu tham khảo

- [1]. Đ.V. Tân. (2010). Nghiên cứu thiết kế chế tạo máy cắt vật liệu cứng bằng tia nước điều khiển CNC. *Đề tài KHCN cấp Nhà nước, mã số KC.05.11./06-10*.
- [2]. P.N.Q. Huy, L.M. Sơn, T.X. Tùy. (2017). Nghiên cứu ảnh hưởng lượng tiến dao đến lực cắt khi tiện thép C45 dùng mảnh dao hợp kim cacbit vonfram trên máy CNC EMCO Concept Turn 250. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Đà Nẵng*, 7(116), 43-47.
- [3]. P.X. Hùng. (2006). Nghiên cứu công nghệ và ứng dụng cắt kim loại bằng phương pháp plasma trên máy cắt CNC. *Luận văn Thạc sĩ khoa học, Đại học Bách Khoa Hà Nội*.
- [4]. N.N. Lợi. (2022). Ứng dụng công nghệ số vào máy cắt sử dụng công nghệ Laser trong chế tạo các loại chi tiết máy phục vụ sản xuất nông nghiệp tại Doanh nghiệp tư nhân điện cơ Thiên Thuận. *Đề tài NCKH Sở Khoa học và Công nghệ tỉnh Thái Bình, mã số TB-CT/CN03/22*.
- [5]. Tertiary Robotics. [Available] Website: <https://www.tertiaryrobotics.com/> (truy cập ngày 27/08/2024)
- [6]. Think Robotics. [Available] Website: <https://thinkrobotics.com/> (truy cập ngày 27/08/2024)
- [7]. Trocen Automation Tech. Co. Ltd. (2018). TL-3120 Motion Control User Manual: <https://engrav.fr/wp-content/uploads/2020/02/TL-3120-PLUS-Motion-Control-User-Manual.pdf>
- [8]. SPT Laser Technology CO., LTD. (2023). CO<sub>2</sub> Laser tube user manual: <https://www.sptlaser.net/uploads/listinfo/20230324/4dd44c5fc6717d9e724527d4c9c6ae12.pdf>
- [9]. DFRobot. (2023). TB6600 Stepper Motor Driver User Guide: <https://www.makerguides.com/wp-content/uploads/2019/10/TB6600-Manual.pdf>
- [10]. Engrav. Alimentation laser MYJG-80W. [Available] Website: <https://engrav-laser.com/produit/alimentation-laser-80w/> (truy cập ngày 30/08/2024)