

## ปัจจัยที่ส่งผลต่อความลึกในการแกะสลักด้วยเลเซอร์ชนิดคาร์บอนไดออกไซด์ สำหรับวัสดุอะคริลิก (กรณีศึกษา)

### Factors Affecting the Depth in CO<sub>2</sub> Laser Engraving for Acrylic Material (Case Study)

เจษฎา แก้ววิชิต<sup>1</sup>, มลรัตน์ แซ่อ่อง<sup>2</sup> และ สัญญา คำจริง<sup>3\*</sup>

<sup>1,2</sup>สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ (ศูนย์สุพรรณบุรี)

450 ม. 6 ถนนสุพรรณบุรี-ชัยนาท ตำบลย่านยาว อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี 72130

<sup>3</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องมือและแม่พิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ (ศูนย์นนทบุรี)

217 ถนนนนทบุรี ตำบลสวนใหญ่ อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี 11000

Jesada Kaewwichit<sup>1</sup>, Malirat Saeong<sup>2</sup> and Sanya Kumjing<sup>3\*</sup>

<sup>1,2</sup>Department of Industrial Engineering, Faculty of Technical Education,

Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi (Suphanburi),

450 M.6, Suphanburi-Chainat Rd., Yanyao Sub-district, Samchuk District, Suphanburi Province, 72130

<sup>3</sup>Department of Tool and Die Engineering, Faculty of Engineering and Architecture,

Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi (Nonthaburi),

217, Nonthaburi Rd., Suanyai Sub-district, Nonthaburi District, Nonthaburi Province, 11000

\*Corresponding author Email: sanya.k@rmutsb.ac.th

(Received: December 03, 2024 / Revised: December 22, 2024 / Accepted: December 24, 2024)

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในกระบวนการแกะสลักผิววัสดุอะคริลิก พารามิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษากระบวนการแกะสลักด้วยเครื่องตัดแกะสลักเลเซอร์ชนิดคาร์บอนไดออกไซด์ ประกอบไปด้วย ความเร็วตัด (Cutting Speed) 3,600-6,000 มิลลิเมตร/นาที พลังงานเลเซอร์ (Power Laser) 60-120 วัตต์ ระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับผิวชิ้นงาน (Gap) 4.2-5.0 มิลลิเมตร ทำการวัดขนาดร่องการแกะสลัก ผลการทดลองประเมินจากค่าเฉลี่ยความลึกของร่องแกะสลักต่ำสุดและสูงสุดตลอดจนวิเคราะห์คุณภาพความหยาบผิวบริเวณร่องการแกะสลักกับส่วนของผิวชิ้นงาน ผลการทดลองพบว่าชิ้นงานทดสอบวัสดุอะคริลิกมีค่าเฉลี่ยค่าความหยาบผิวเฉลี่ย (Ra) บริเวณร่องการแกะสลักเท่ากับ 1.965 ไมโครเมตร และบริเวณผิวชิ้นงานทดสอบเท่ากับ 1.403 ไมโครเมตร จากการปรับค่าความเร็วตัด 6,000 มิลลิเมตร/นาที ค่าพลังงานเลเซอร์ 120 วัตต์ ระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับผิวชิ้นงาน 4.8 มิลลิเมตร

**คำสำคัญ :** อะคริลิก, กระบวนการแกะสลักด้วยเลเซอร์, ความหยาบผิว

#### Abstract

The aim of this study is to investigate the capability of surface engraving technology for acrylic materials. The study uses CO<sub>2</sub> laser engraving and cutting machine engraving technology. The study encompasses a cutting speed of 3,600- 6,000 mm/ min and a laser power of 60- 120 W. The distance (gap)

between the laser cutting head and the surface of the workpiece is 4.2-5.0 mm. We measure the size of the engraving groove. The results are based on the average of the minimum engraving groove depth. We also analyze the surface roughness quality of both the carving groove and the workpiece surface in detail. The results indicate that the acrylic material has an average surface roughness. By adjusting the cutting speed, the carving groove area is  $1.965 \mu\text{m}$ , and the surface area of the sample is  $1.403 \mu\text{m}$  using the cutting speed of 6,000 mm/min, laser power of 120 W, and distance between the laser cutting head and the workpiece surface of 4.8 mm.

**Keywords:** Acrylic, Laser Engraving Process, Surface Roughness

## 1. บทนำ

กระบวนการตัดแกะสลักด้วยเลเซอร์ คือ การใช้พลังงานเลเซอร์กำลังสูงเพื่อทำให้เนื้อวัสดุละลายออกซิไดซ์พื้นผิว หรือทำการเปลี่ยนสี ซึ่งรวดเร็ว และแม่นยำ ดังนั้นการเลเซอร์จะมีความประณีต และมีคุณภาพสูง สามารถทำเครื่องหมายตัวอักษร หรือกราฟิกที่มีขนาดเล็ก นำมาใช้ได้กับหลายอุตสาหกรรม เช่น อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ อุปกรณ์ทางการแพทย์ งานโฆษณา และงานศิลปะ ซึ่งชนิดของเลเซอร์เมื่อแบ่งตามประเภทของแหล่งกำเนิดแสงจะสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทคือ ชนิด CO<sub>2</sub> Laser ชนิด Diode Laser ชนิด Fiber Laser โดยแต่ละชนิดมีการใช้งานตามความเหมาะสมกับวัสดุที่นำมาตัด หรือแกะสลัก โดยในภาคอุตสาหกรรมจะนิยมใช้เลเซอร์ชนิด CO<sub>2</sub> โดยแหล่งกำเนิดแสงของ Laser ชนิดนี้มาจากหลอด CO<sub>2</sub> โดยทั่วไปจะมีกำลัง 30-180 วัตต์ (W) โดยมีความยาวคลื่น 10.6 ไมโครเมตร (10,600 นาโนเมตร) เป็นความยาวคลื่นที่ตาเรามองไม่เห็น ไม่จำเป็นต้องใส่แว่นป้องกัน ทำงานได้หลากหลาย แต่เน้นไปที่วัสดุโลหะ ดังนั้น จึงเหมาะกับวัสดุโลหะ เช่น อะคริลิก ไม้ หนัง ยาง ฯลฯ สามารถนำไปใช้กับบรรจุภัณฑ์ทางการแพทย์ ผ้า หัตถกรรม เฟอร์นิเจอร์ ฯลฯ เป็นต้น [1,2]

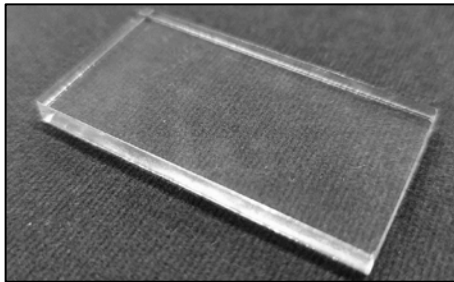
ในปัจจุบันได้มีการคิดค้น และพัฒนาขีดความสามารถของเครื่องจักร เพื่อตอบสนองความต้องการของตลาด ทำให้เกิดเทคโนโลยี และเครื่องจักรสมัยใหม่ขึ้นมากมาย ซึ่งหนึ่งในนั้น คือ CNC Laser Engraving Cutting CO<sub>2</sub> ซึ่งเป็นที่นิยมในอุตสาหกรรมเป็นอย่างมากจึงทำให้เลเซอร์มีบทบาทในการใช้ตัดชิ้นงานและผลิตชิ้นงานตามความต้องการได้อย่างมากมาย ปัจจุบันเลเซอร์กลายเป็นอุตสาหกรรมที่ทำรายได้มหาศาลหลาย ผลผลิตจากงานวิจัยเลเซอร์ และกลายเป็นอุปกรณ์ที่มีใช้กันอย่างแพร่หลายในหลายด้าน เช่น ด้านอุตสาหกรรมใช้ในการตัดโลหะ และอโลหะ ด้านทางการแพทย์ใช้ในการผ่าตัด และด้านสื่อสารโทรคมนาคม เป็นต้น [3,4,5] อีกทั้งเครื่องตัดเลเซอร์ดังกล่าวก็มี 2 แบบด้วยกัน คือ แบบตัดด้วยมือ และแบบติดตั้งกับระบบ CNC ที่ควบคุมการตัดด้วยคอมพิวเตอร์ ในการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการแกะสลักวัสดุโลหะเพื่อให้เกิดความสม่ำเสมอของรอยแกะสลัก และความชัดของรอยแกะสลักจำเป็นต้องเก็บข้อมูลในปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อค่าพารามิเตอร์ ได้แก่ พลังงานเลเซอร์ (Power Laser) ความเร็วตัด (Cutting Speed) ระยะห่างของหัวตัดกับผิวชิ้นงาน (Gap) โดยผ่านกระบวนการแกะสลักด้วยเครื่องตัดแกะสลักเลเซอร์ชนิด CO<sub>2</sub> และผ่านกระบวนการวัดขนาดเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ ซึ่งจะเก็บข้อมูลผ่านชิ้นงานแผ่นอะคริลิก [2,6]

ดังนั้น กระบวนการแกะสลักวัสดุโลหะด้วยเครื่องเลเซอร์ชนิด CO<sub>2</sub> Laser จำเป็นต้องศึกษา และวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับวัสดุ ซึ่งค่าพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการแกะสลักประกอบด้วย ความเร็วตัด (Cutting Speed) พลังงานเลเซอร์ (Power Laser) ระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับผิวชิ้นงาน (Gap) งานวิจัยนี้จะศึกษาเครื่องตัดเลเซอร์ (Laser Cutting) ทำการทดลองแกะสลักผิววัสดุ และวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการแกะสลักวัสดุโลหะ อะคริลิก ผ่านการวัดด้วยเวอร์เนียร์คาลิเปอร์

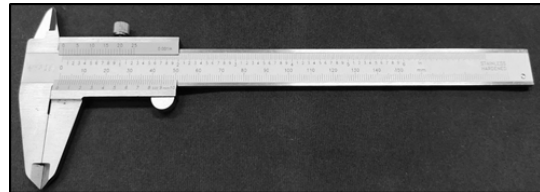
## 2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการดำเนินการวิจัย

### 2.1 วัสดุและอุปกรณ์

1) วัสดุที่ใช้สำหรับทดสอบ คือ อะคริลิก ขนาดความกว้าง 20 มิลลิเมตร (mm) ความยาว 20 มิลลิเมตร ความหนา 4 มิลลิเมตร และ 10 มิลลิเมตร แสดงดังภาพที่ 1 และถูกวัดขนาดด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์ดังภาพที่ 2 หลังทำการแกะสลักด้วยเครื่องตัดแกะสลักเลเซอร์



ภาพที่ 1 ชิ้นงานทดสอบวัสดุอะคริลิก  
ความหนา 4 และ 10 มิลลิเมตร



ภาพที่ 2 เครื่องมือวัดเนียร์คาลิเปอร์

2) เครื่องตัดแกะสลักเลเซอร์ เป็นเครื่องตัดแกะสลักเลเซอร์ CO<sub>2</sub> ดังภาพที่ 3 ทำการทดลองแกะสลักชิ้นงานทดสอบค่าความลึกให้ได้ขนาดที่กำหนด โดยออกแบบตัวอักษร และทิศทางการเดินของหัวตัดเลเซอร์ผ่านโปรแกรม Auto Laser Version 2.6.5 เป็นโปรแกรมมาตรฐานของเครื่อง



ภาพที่ 3 เครื่องตัดแกะสลักเลเซอร์ชนิด CO<sub>2</sub>

### 2.2 วิธีการดำเนินการวิจัย

กำหนดค่าความเร็วตัด พลังงานเลเซอร์ และระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับผิวชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบ จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และทำการทดลองเบื้องต้นแล้วพบว่า กระบวนการวัดค่าความลึกชิ้นงานด้วยเลเซอร์ชนิด CO<sub>2</sub> เป็นกระบวนการที่เกิดจากการควบคุมความให้เกิดปฏิกิริยาความร้อน ซึ่งมีค่าพารามิเตอร์จำนวนมาก แต่พารามิเตอร์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของค่าความลึกชิ้นงาน ได้แก่ ความเร็วตัด พลังงานเลเซอร์ และระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับผิวชิ้นงาน เนื่องจากพารามิเตอร์ดังกล่าวเป็นตัวแปรพื้นฐานที่ส่งผลกระทบต่อความลึกชิ้นงาน หากมีการเปลี่ยนแปลงค่าใดค่าหนึ่งจะส่งผลต่อลักษณะของความลึกชิ้นงาน โดยกำหนดเงื่อนไขการทดสอบ ดังนี้

- 1) เครื่องตัดเลเซอร์แกะสลักชนิดคาร์บอนไดออกไซด์ รุ่น B-1310-S
- 2) โปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบลายเส้นและทิศทางการเดินของเลเซอร์ คือ Auto Laser Version 2.6.5

- 3) พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองเพื่อศึกษาความสามารถในกระบวนการแกะสลักความลึกวัสดุอะคริลิกประกอบไปด้วย
  - ก. ความเร็วตัด (Cutting Speed) ทดสอบในช่วงระหว่าง 3,600 – 6,000 มิลลิเมตรต่อนาที
  - ข. พลังงานเลเซอร์ (Power Laser) ทดสอบในช่วงระหว่าง 60 - 120 วัตต์
  - ค. ระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับผิวชิ้นงาน (Gap) ทดสอบในช่วงระหว่าง 4.2 - 5.0 มิลลิเมตร
- 4) ทำการตรวจสอบคุณภาพร่องแกะสลักความลึกด้วยเครื่องมือวัดเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์
- 5) ทำการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการแกะสลักบนวัสดุอะคริลิก โดยใช้เงื่อนไขในการพิจารณา ได้แก่ ค่าเฉลี่ยความลึกของร่องแกะสลัก ต่ำสุด และสูงสุด

### 3. ผลการทดลอง

การทดลองปรับปรุงประสิทธิภาพจากค่าความเร็วตัด (Cutting Speed) เป็นการทดสอบความเร็วในการเดินของหัวตัดเลเซอร์ที่ทำการแกะสลักชิ้นงานทดสอบวัสดุอะคริลิก 3,600 – 6,000 มิลลิเมตร/นาที เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการแกะสลัก โดยควบคุมพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองแสดงผลการทดสอบตามตารางที่ 1-5 ตามลำดับ และนำชิ้นงานที่ทดสอบมาวัดขนาดความลึกแกะสลักด้วยเครื่องมือวัดเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ โดยวัดขนาดร่องการแกะสลักทุกๆ 1 มิลลิเมตร ตลอดแนวรอยแกะสลักบนชิ้นงานทดสอบ

ตารางที่ 1 ผลการทดลองปรับค่าความเร็วตัดในการแกะสลักชิ้นงานอะคริลิกขนาดความหนา 4 มิลลิเมตร ที่ระดับความลึก 1 มิลลิเมตร พบว่าค่าความเร็วตัดที่เหมาะสมเท่ากับ 5,400 มิลลิเมตรต่อนาที เนื่องจากมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.023874 และนำค่าความเร็วตัดที่ได้ไปทำการทดสอบหาค่าพลังงานเลเซอร์ และระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับชิ้นงานที่เหมาะสม

ตารางที่ 1 ค่าความลึกแกะสลักที่ปรับค่าความเร็วตัดชิ้นงานที่ระดับความลึก 1 มิลลิเมตร

| ความเร็วตัด<br>(มิลลิเมตร/นาที) | ค่าความลึกแกะสลักที่ระดับความลึก 1 มิลลิเมตร |                              |                                   |                             |
|---------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
|                                 | ความลึกต่ำสุด<br>(มิลลิเมตร)                 | ความลึกสูงสุด<br>(มิลลิเมตร) | ค่าความลึกเฉลี่ย<br>( $\bar{X}$ ) | ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน<br>(SD) |
| 3,600                           | 1.00                                         | 1.07                         | 1.04                              | 0.027018                    |
| 4,200                           | 0.98                                         | 1.04                         | 1.01                              | 0.027748                    |
| 4,800                           | 0.96                                         | 1.02                         | 0.99                              | 0.025495                    |
| 5,400                           | 0.94                                         | 1.00                         | 0.97                              | 0.023874                    |
| 6,000                           | 0.91                                         | 0.99                         | 0.95                              | 0.030495                    |

ตารางที่ 2 ค่าความลึกแกะสลักที่ปรับค่าความเร็วตัดชิ้นงานที่ระดับความลึก 2 มิลลิเมตร

| ความเร็วตัด<br>(มิลลิเมตร/นาที) | ค่าความลึกแกะสลักที่ระดับความลึก 2 มิลลิเมตร |                              |                                   |                             |
|---------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
|                                 | ความลึกต่ำสุด<br>(มิลลิเมตร)                 | ความลึกสูงสุด<br>(มิลลิเมตร) | ค่าความลึกเฉลี่ย<br>( $\bar{X}$ ) | ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน<br>(SD) |
| 3,600                           | 2.01                                         | 2.16                         | 2.07                              | 0.070569                    |
| 4,200                           | 1.92                                         | 2.08                         | 1.99                              | 0.069857                    |
| 4,800                           | 1.83                                         | 2.00                         | 1.91                              | 0.068044                    |
| 5,400                           | 1.62                                         | 1.81                         | 1.71                              | 0.077781                    |
| 6,000                           | 1.56                                         | 1.74                         | 1.64                              | 0.073006                    |

ตารางที่ 2 ผลการทดลองปรับค่าความเร็วตัดในการแกะสลักชิ้นงานอะคริลิก ขนาดความหนา 4 มิลลิเมตร ที่ระดับความลึก 2 มิลลิเมตร พบว่าค่าความเร็วตัดที่เหมาะสมเท่ากับ 4,800 มิลลิเมตรต่อนาที เนื่องจากมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.068044 และจะนำค่าความเร็วตัดที่ได้ไปทำการทดสอบหาค่าพลังงานเลเซอร์ และระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับชิ้นงานที่เหมาะสม

ตารางที่ 3 ผลการทดลองปรับค่าความเร็วตัดในการแกะสลักชิ้นงานอะคริลิก ขนาดความหนา 4 มิลลิเมตร ที่ระดับความลึก 3 มิลลิเมตร พบว่าค่าความเร็วตัดที่เหมาะสมเท่ากับ 4,200 มิลลิเมตรต่อนาที เนื่องจากมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.108074 และจะนำค่าความเร็วตัดที่ได้ไปทำการทดสอบหาค่าพลังงานเลเซอร์ และระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับชิ้นงานที่เหมาะสม

ตารางที่ 3 ค่าความลึกแกะสลักที่ปรับค่าความเร็วตัดชิ้นงานที่ระดับความลึก 3 มิลลิเมตร

| ความเร็วตัด<br>(มิลลิเมตร/นาที) | ค่าความลึกแกะสลักที่ระดับความลึก 3 มิลลิเมตร |                              |                                   |                             |
|---------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
|                                 | ความลึกต่ำสุด<br>(มิลลิเมตร)                 | ความลึกสูงสุด<br>(มิลลิเมตร) | ค่าความลึกเฉลี่ย<br>( $\bar{X}$ ) | ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน<br>(SD) |
| 3,600                           | 2.89                                         | 3.14                         | 3.04                              | 0.109453                    |
| 4,200                           | 2.87                                         | 3.11                         | 2.99                              | 0.108074                    |
| 4,800                           | 2.81                                         | 3.05                         | 2.93                              | 0.109772                    |
| 5,400                           | 2.72                                         | 3.00                         | 2.86                              | 0.107842                    |
| 6,000                           | 2.63                                         | 2.92                         | 2.76                              | 0.114367                    |

ตารางที่ 4 ผลการทดลองปรับค่าความเร็วตัดในการแกะสลักชิ้นงานอะคริลิก ขนาดความหนา 10 มิลลิเมตร ที่ระดับความลึก 4 มิลลิเมตร พบว่าค่าความเร็วตัดที่เหมาะสมเท่ากับ 4,200 มิลลิเมตรต่อนาที เนื่องจากมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.031622 และจะนำค่าความเร็วตัดที่ได้ไปทำการทดสอบหาค่าพลังงานเลเซอร์ และระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับชิ้นงานที่เหมาะสม

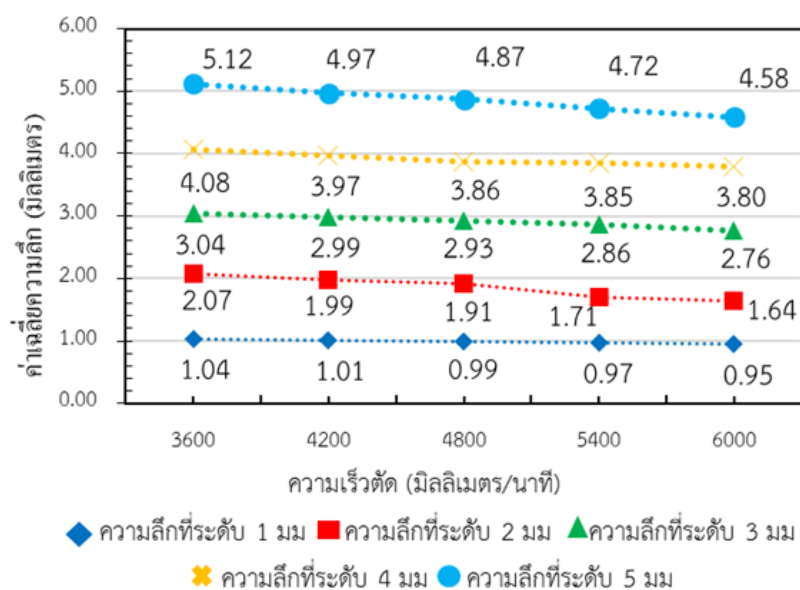
ตารางที่ 4 ค่าความลึกแกะสลักที่ปรับค่าความเร็วตัดชิ้นงานที่ระดับความลึก 4 มิลลิเมตร

| ความเร็วตัด<br>(มิลลิเมตร/นาที) | ค่าความลึกแกะสลักที่ระดับความลึก 4 มิลลิเมตร |                              |                                   |                              |
|---------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
|                                 | ความลึกต่ำสุด<br>(มิลลิเมตร)                 | ความลึกสูงสุด<br>(มิลลิเมตร) | ค่าความลึกเฉลี่ย<br>( $\bar{X}$ ) | ค่าเบี่ยงเบน<br>มาตรฐาน (SD) |
| 3,600                           | 4.02                                         | 4.13                         | 4.08                              | 0.044384                     |
| 4,200                           | 3.93                                         | 4.01                         | 3.97                              | 0.031622                     |
| 4,800                           | 3.82                                         | 3.91                         | 3.86                              | 0.034928                     |
| 5,400                           | 3.79                                         | 3.90                         | 3.85                              | 0.041472                     |
| 6,000                           | 3.74                                         | 3.85                         | 3.80                              | 0.043011                     |

ตารางที่ 5 ผลการทดลองปรับค่าความเร็วตัดในการแกะสลักชิ้นงานอะคริลิก ขนาดความหนา 10 มิลลิเมตร ที่ระดับความลึก 4 มิลลิเมตร พบว่าค่าความเร็วตัดที่เหมาะสมเท่ากับ 4,200 มิลลิเมตรต่อนาที เนื่องจากมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.036469 และจะนำค่าความเร็วตัดที่ได้ไปทำการทดสอบหาค่าพลังงานเลเซอร์ และระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับชิ้นงานที่เหมาะสม

ตารางที่ 5 ค่าความลึกแกะสลักที่ปรับค่าความเร็วตัดชิ้นงานที่ระดับความลึก 5 มิลลิเมตร

| ความเร็วตัด<br>(มิลลิเมตร/นาทีก) | ค่าความลึกแกะสลักที่ระดับความลึก 5 มิลลิเมตร |                              |                                   |                             |
|----------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
|                                  | ความลึกต่ำสุด<br>(มิลลิเมตร)                 | ความลึกสูงสุด<br>(มิลลิเมตร) | ค่าความลึกเฉลี่ย<br>( $\bar{X}$ ) | ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน<br>(SD) |
| 3,600                            | 5.05                                         | 5.16                         | 5.12                              | 0.043589                    |
| 4,200                            | 4.93                                         | 5.02                         | 4.97                              | 0.036469                    |
| 4,800                            | 4.82                                         | 4.91                         | 4.87                              | 0.038729                    |
| 5,400                            | 4.66                                         | 4.78                         | 4.72                              | 0.046151                    |
| 6,000                            | 4.52                                         | 4.64                         | 4.58                              | 0.049193                    |



ภาพที่ 4 เปรียบเทียบผลต่างความเร็วตัดค่าเฉลี่ยที่ระดับความลึก 1 ถึง 5 มิลลิเมตร

ภาพที่ 4 เปรียบเทียบผลต่างความเร็วตัดค่าเฉลี่ย ความลึกที่ระดับ 1 มิลลิเมตร จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยร่องแกะสลักอยู่ระหว่าง 4,200 - 4,800 มิลลิเมตร/นาทีก ความลึกที่ระดับ 2 มิลลิเมตร จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยร่องแกะสลักอยู่ระหว่าง 3,600-4,200 มิลลิเมตร/นาทีก ความลึกที่ระดับ 3 มิลลิเมตร จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยร่องแกะสลักอยู่ระหว่าง 3,600-4,200 มิลลิเมตร/นาทีก ความลึกที่ระดับ 4 มิลลิเมตร จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยร่องแกะสลักอยู่ระหว่าง 4,200 มิลลิเมตร/นาทีก 5 มิลลิเมตร จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยร่องแกะสลักอยู่ระหว่าง 4,200 มิลลิเมตร/นาทีก

ผลการทดลองปรับค่าพลังงานเลเซอร์ (Power Laser) เพื่อศึกษาปัจจัยประสิทธิภาพจากค่าพลังงานแสงเลเซอร์ชนิด CO<sub>2</sub> ที่ใช้ในการแกะสลักชิ้นงานทดสอบ โดยควบคุมพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ค่าความเร็วตัดที่เหมาะสมในการแกะสลักชิ้นงานทดสอบ คือ 6,000 มิลลิเมตร/นาที่, 5,400 มิลลิเมตร/นาที่, 4,800 มิลลิเมตร/นาที่, 4,200 มิลลิเมตร/นาที่ และ 3,600 มิลลิเมตร/นาที่ ตามลำดับ หลังจากทำวัดขนาดความลึกของส่วนที่หลอมละลายที่เกิดขึ้นในร่องการแกะสลักด้วยเครื่องวัดเครื่องวัดเวอร์เนียคาลิเปอร์ โดยวัดขนาดร่องการแกะสลักโดยวัดทุกๆ 1 มิลลิเมตร ตลอดแนวรอยแกะสลักแสดงผลดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการทดลองปรับค่าพลังงานเลเซอร์ในการแกะสลักชิ้นงานอะคริลิก ขนาดความหนา 4 มิลลิเมตร ที่ระดับความลึก 1 มิลลิเมตร พบว่าค่าพลังงานเลเซอร์ที่เหมาะสมเท่ากับ 60 วัตต์ เนื่องจากมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.054129 และจะนำค่าพลังงานเลเซอร์ที่ได้ไปทำการทดสอบหาระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับชิ้นงานที่เหมาะสม

ตารางที่ 6 ค่าความลึกแกะสลักที่ปรับค่าพลังงานเลเซอร์ชิ้นงานที่ระดับความลึก 1 มิลลิเมตร

ความเร็วตัด 5,400 มิลลิเมตร/นาที่

| พลังงานเลเซอร์<br>(วัตต์) | ค่าความลึกแกะสลักที่ระดับความลึก 1 มิลลิเมตร |                              |                                   |                             |
|---------------------------|----------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
|                           | ความลึกต่ำสุด<br>(มิลลิเมตร)                 | ความลึกสูงสุด<br>(มิลลิเมตร) | ค่าความลึกเฉลี่ย<br>( $\bar{X}$ ) | ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน<br>(SD) |
| 60                        | 0.91                                         | 1.05                         | 0.97                              | 0.054129                    |
| 75                        | 0.94                                         | 1.07                         | 1.00                              | 0.050695                    |
| 90                        | 0.96                                         | 1.09                         | 1.03                              | 0.052249                    |
| 105                       | 0.99                                         | 1.14                         | 1.06                              | 0.060663                    |
| 120                       | 1.02                                         | 1.15                         | 1.08                              | 0.047434                    |

ตารางที่ 7 ผลการทดลองปรับค่าพลังงานเลเซอร์ในการแกะสลักชิ้นงานอะคริลิก ขนาดความหนา 4 มิลลิเมตร ที่ระดับความลึก 2 มิลลิเมตร พบว่าค่าพลังงานเลเซอร์ที่เหมาะสมเท่ากับ 90 วัตต์ เนื่องจากมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.050695 และจะนำค่าพลังงานเลเซอร์ที่ได้ไปทำการทดสอบหาระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับชิ้นงานที่เหมาะสม

ตารางที่ 7 ค่าความลึกแกะสลักที่ปรับค่าพลังงานเลเซอร์ชิ้นงานที่ระดับความลึก 2 มิลลิเมตร

ความเร็วตัด 4,800 มิลลิเมตร/นาที่

| พลังงานเลเซอร์<br>(วัตต์) | ค่าความลึกแกะสลักที่ระดับความลึก 2 มิลลิเมตร |                              |                                   |                              |
|---------------------------|----------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
|                           | ความลึกต่ำสุด<br>(มิลลิเมตร)                 | ความลึกสูงสุด<br>(มิลลิเมตร) | ค่าความลึกเฉลี่ย<br>( $\bar{X}$ ) | ค่าเบี่ยงเบน<br>มาตรฐาน (SD) |
| 60                        | 1.58                                         | 1.72                         | 1.65                              | 0.055498                     |
| 75                        | 1.62                                         | 1.80                         | 1.69                              | 0.069065                     |
| 90                        | 1.87                                         | 2.00                         | 1.93                              | 0.050695                     |
| 105                       | 1.92                                         | 2.04                         | 1.98                              | 0.049193                     |
| 120                       | 2.01                                         | 2.12                         | 2.07                              | 0.044385                     |

ตารางที่ 8 ผลการทดลองปรับค่าพลังงานเลเซอร์ในการแกะสลักชิ้นงานอะคริลิก ขนาดความหนา 4 มิลลิเมตร ที่ระดับความลึก 3 มิลลิเมตร พบว่าค่าพลังงานเลเซอร์ที่เหมาะสมเท่ากับ 75 วัตต์ เนื่องจากมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.102811 และจะนำค่าพลังงานเลเซอร์ที่ได้ไปทำการทดสอบหาระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับชิ้นงานที่เหมาะสม

ตารางที่ 8 ค่าความลึกแกะสลักที่ปรับค่าพลังงานเลเซอร์ชิ้นงานที่ระดับความลึก 3 มิลลิเมตร ความเร็วตัด 5,400 มิลลิเมตร/นาที

| พลังงานเลเซอร์<br>(วัตต์) | ค่าความลึกแกะสลักที่ระดับความลึก 3 มิลลิเมตร |                              |                                   |                             |
|---------------------------|----------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
|                           | ความลึกต่ำสุด<br>(มิลลิเมตร)                 | ความลึกสูงสุด<br>(มิลลิเมตร) | ค่าความลึกเฉลี่ย<br>( $\bar{X}$ ) | ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน<br>(SD) |
| 60                        | 2.66                                         | 2.80                         | 2.73                              | 0.055498                    |
| 75                        | 2.75                                         | 3.00                         | 2.82                              | 0.102811                    |
| 90                        | 2.80                                         | 3.01                         | 2.88                              | 0.079561                    |
| 105                       | 2.85                                         | 3.00                         | 2.92                              | 0.058907                    |
| 120                       | 2.87                                         | 3.12                         | 2.95                              | 0.096592                    |

ตารางที่ 9 ผลการทดลองปรับค่าพลังงานเลเซอร์ในการแกะสลักชิ้นงานอะคริลิก ขนาดความหนา 10 มิลลิเมตร ที่ระดับความลึก 4 มิลลิเมตร พบว่าค่าพลังงานเลเซอร์ที่เหมาะสมเท่ากับ 105 วัตต์ เนื่องจากมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.056303 และจะนำค่าพลังงานเลเซอร์ที่ได้ไปทำการทดสอบหาระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับชิ้นงานที่เหมาะสม

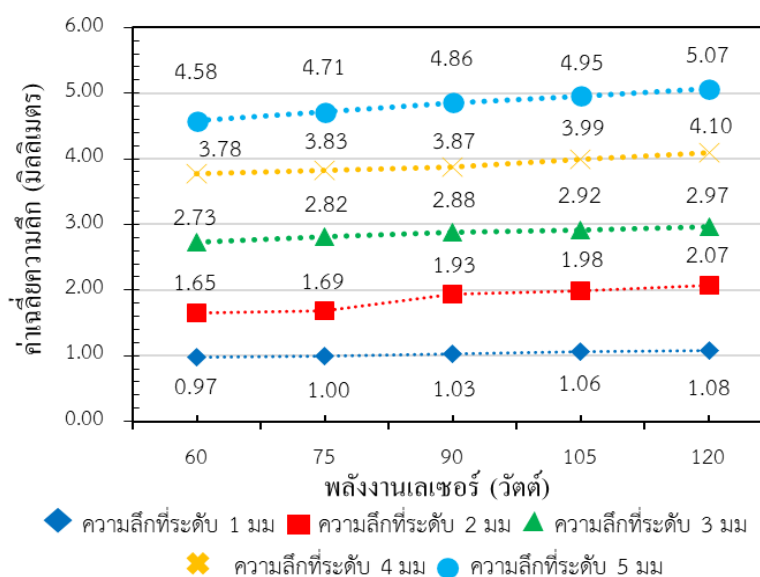
ตารางที่ 9 ค่าความลึกแกะสลักที่ปรับค่าพลังงานเลเซอร์ชิ้นงานที่ระดับความลึก 4 มิลลิเมตร ความเร็วตัด 5,400 มิลลิเมตร/นาที

| พลังงานเลเซอร์<br>(วัตต์) | ค่าความลึกแกะสลักที่ระดับความลึก 4 มิลลิเมตร |                              |                                   |                             |
|---------------------------|----------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
|                           | ความลึกต่ำสุด<br>(มิลลิเมตร)                 | ความลึกสูงสุด<br>(มิลลิเมตร) | ค่าความลึกเฉลี่ย<br>( $\bar{X}$ ) | ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน<br>(SD) |
| 60                        | 3.72                                         | 3.85                         | 3.78                              | 0.050695                    |
| 75                        | 3.77                                         | 3.89                         | 3.83                              | 0.047434                    |
| 90                        | 3.80                                         | 3.94                         | 3.87                              | 0.055408                    |
| 105                       | 3.92                                         | 4.05                         | 3.99                              | 0.056303                    |
| 120                       | 4.04                                         | 4.15                         | 4.10                              | 0.044385                    |

ตารางที่ 10 ค่าความลึกแกะสลักที่ปรับค่าพลังงานเลเซอร์ชิ้นงานที่ระดับความลึก 5 มิลลิเมตร ความเร็วตัด 4,200 มิลลิเมตร/นาที

| พลังงานเลเซอร์<br>(วัตต์) | ค่าความลึกแกะสลักที่ระดับความลึก 5 มิลลิเมตร |                              |                                   |                             |
|---------------------------|----------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
|                           | ความลึกต่ำสุด<br>(มิลลิเมตร)                 | ความลึกสูงสุด<br>(มิลลิเมตร) | ค่าความลึกเฉลี่ย<br>( $\bar{X}$ ) | ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน<br>(SD) |
| 60                        | 4.51                                         | 4.65                         | 4.58                              | 0.057271                    |
| 75                        | 4.65                                         | 4.77                         | 4.71                              | 0.047434                    |
| 90                        | 4.80                                         | 4.91                         | 4.86                              | 0.044385                    |
| 105                       | 4.91                                         | 5.00                         | 4.95                              | 0.036469                    |
| 120                       | 5.03                                         | 5.11                         | 5.07                              | 0.031623                    |

ตารางที่ 10 ผลการทดลองปรับค่าพลังงานเลเซอร์ในการแกะสลักชิ้นงานอะคริลิก ขนาดความหนา 10 มิลลิเมตร ที่ระดับความลึก 4 มิลลิเมตร พบว่าค่าพลังงานเลเซอร์ที่เหมาะสมเท่ากับ 105 วัตต์ เนื่องจากมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.036469 และจะนำค่าพลังงานเลเซอร์ที่ได้ไปทำการทดสอบหาระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับชิ้นงานที่เหมาะสม



ภาพที่ 5 เปรียบเทียบผลต่างพลังงานเลเซอร์ค่าเฉลี่ยที่ระดับความลึก 1 ถึง 5 มิลลิเมตร

ภาพที่ 5 เปรียบเทียบผลต่างพลังงานเลเซอร์ค่าเฉลี่ยความลึกที่ระดับ 1 มิลลิเมตร พบว่ามีค่าเฉลี่ยร่องแกะสลักอยู่ระหว่าง 75 - 90 วัตต์, ที่ความลึกระดับ 2 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยร่องแกะสลักอยู่ระหว่าง 105 - 120 วัตต์, ความลึกระดับ 3 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยร่องแกะสลักอยู่ระหว่าง 120 วัตต์, ความลึกระดับ 4 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยร่องแกะสลักอยู่ระหว่าง 105 วัตต์ และที่ความลึกระดับ 5 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยร่องแกะสลักอยู่ระหว่าง 120 วัตต์

ตารางที่ 11 ค่าความลึกแกะสลักที่ปรับระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับผิวชิ้นงานที่ระดับความลึก 1 มิลลิเมตร

ความเร็วตัด 5,400 มิลลิเมตร/นาที พลังงานเลเซอร์ 60 วัตต์

| ระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับผิวชิ้นงาน (มิลลิเมตร) | ค่าความลึกแกะสลักที่ระดับความลึก 1 มิลลิเมตร |                           |                                |                          |
|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------|--------------------------|
|                                                       | ความลึกต่ำสุด (มิลลิเมตร)                    | ความลึกสูงสุด (มิลลิเมตร) | ค่าความลึกเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) | ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) |
| 4.2                                                   | 0.91                                         | 1.12                      | 0.97                           | 0.083487                 |
| 4.4                                                   | 0.96                                         | 1.00                      | 0.98                           | 0.015811                 |
| 4.6                                                   | 1.03                                         | 1.11                      | 1.07                           | 0.031623                 |
| 4.8                                                   | 1.07                                         | 1.14                      | 1.10                           | 0.028636                 |
| 5.0                                                   | 1.09                                         | 1.18                      | 1.13                           | 0.034928                 |

ตารางที่ 11 ผลการทดลองปรับค่าระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับผิวชิ้นงานในการแกะสลักชิ้นงานอะคริลิก ขนาดความหนา 4 มิลลิเมตร ที่ระดับความลึก 1 มิลลิเมตร พบว่าค่าระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับผิวชิ้นงานที่เหมาะสมเท่ากับ 4.8 วัตต์ เนื่องจากมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.015811 และจะนำค่าพลังงานเลเซอร์ที่ได้ไปทำการทดสอบหาระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับชิ้นงานที่เหมาะสม

**ตารางที่ 12** ค่าความลึกแกะสลักที่ปรับระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับผิวชิ้นงานที่ระดับความลึก 2 มิลลิเมตร  
ความเร็วตัด 4,800 มิลลิเมตร/นาที พลังงานเลเซอร์ 90 วัตต์

| ระยะห่างระหว่างหัว<br>ตัดเลเซอร์กับ<br>ผิวชิ้นงาน<br>(มิลลิเมตร) | ค่าความลึกแกะสลักที่ระดับความลึก 2 มิลลิเมตร |                              |                                   |                             |
|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
|                                                                  | ความลึกต่ำสุด<br>(มิลลิเมตร)                 | ความลึกสูงสุด<br>(มิลลิเมตร) | ค่าความลึกเฉลี่ย<br>( $\bar{X}$ ) | ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน<br>(SD) |
| 4.2                                                              | 1.84                                         | 1.93                         | 1.88                              | 0.034928                    |
| 4.4                                                              | 1.91                                         | 2.00                         | 1.94                              | 0.035355                    |
| 4.6                                                              | 1.99                                         | 2.11                         | 2.04                              | 0.045056                    |
| 4.8                                                              | 2.03                                         | 2.18                         | 2.08                              | 0.058138                    |
| 5.0                                                              | 2.06                                         | 2.15                         | 2.09                              | 0.036469                    |

ตารางที่ 12 ผลการทดลองปรับค่าระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับผิวชิ้นงานในการแกะสลักชิ้นงานอะคริลิก ขนาดความหนา 4 มิลลิเมตร ที่ระดับความลึก 2 มิลลิเมตร พบว่าค่าระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับผิวชิ้นงานที่เหมาะสมเท่ากับ 4.8 วัตต์ เนื่องจากมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.035355 และจะนำค่าพลังงานเลเซอร์ที่ได้ไปทำการทดสอบหาระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับชิ้นงานที่เหมาะสม

**ตารางที่ 13** ค่าความลึกแกะสลักที่ปรับระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับผิวชิ้นงานที่ระดับความลึก 3 มิลลิเมตร  
ความเร็วตัด 5,400 มิลลิเมตร/นาที พลังงานเลเซอร์ 75 วัตต์

| ระยะห่างระหว่างหัวตัด<br>เลเซอร์กับผิวชิ้นงาน<br>(มิลลิเมตร) | ค่าความลึกแกะสลักที่ระดับความลึก 3 มิลลิเมตร |                              |                                   |                              |
|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
|                                                              | ความลึกต่ำสุด<br>(มิลลิเมตร)                 | ความลึกสูงสุด<br>(มิลลิเมตร) | ค่าความลึกเฉลี่ย<br>( $\bar{X}$ ) | ค่าเบี่ยงเบน<br>มาตรฐาน (SD) |
| 4.2                                                          | 2.82                                         | 2.93                         | 2.88                              | 0.042778                     |
| 4.4                                                          | 2.90                                         | 3.00                         | 2.95                              | 0.039623                     |
| 4.6                                                          | 2.98                                         | 3.08                         | 3.03                              | 0.039749                     |
| 4.8                                                          | 3.03                                         | 3.12                         | 3.07                              | 0.034928                     |
| 5.0                                                          | 3.07                                         | 3.17                         | 3.11                              | 0.038471                     |

ตารางที่ 13 ผลการทดลองปรับค่าระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับผิวชิ้นงานในการแกะสลักชิ้นงานอะคริลิก ขนาดความหนา 4 มิลลิเมตร ที่ระดับความลึก 3 มิลลิเมตร พบว่าค่าระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับผิวชิ้นงานที่เหมาะสมเท่ากับ 4.8 วัตต์ เนื่องจากมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.039623 และจะนำค่าพลังงานเลเซอร์ที่ได้ไปทำการทดสอบหาระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับชิ้นงานที่เหมาะสม

**ตารางที่ 14** ค่าความลึกแกะสลักที่ปรับระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับผิวชิ้นงานที่ระดับความลึก 4 มิลลิเมตร  
ความเร็วตัด 4,200 มิลลิเมตร/นาที พลังงานเลเซอร์ 105 วัตต์

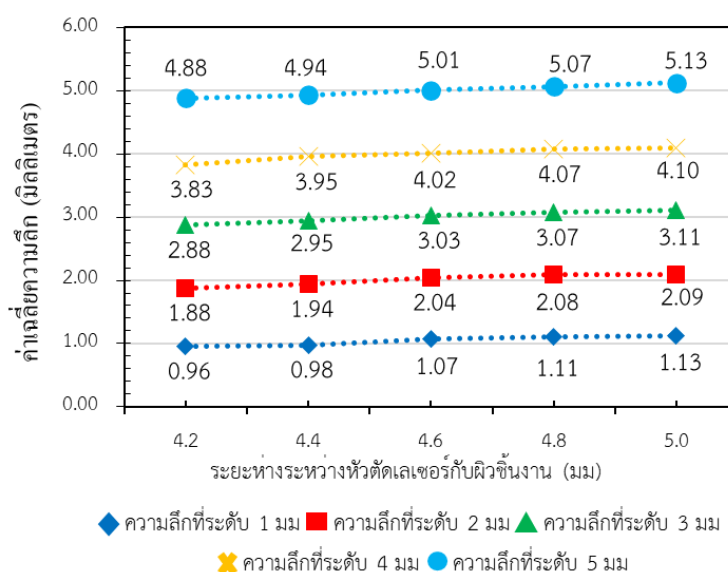
| ระยะห่างระหว่างหัวตัด<br>เลเซอร์กับผิวชิ้นงาน<br>(มิลลิเมตร) | ค่าความลึกแกะสลักที่ระดับความลึก 4 มิลลิเมตร |                              |                                   |                              |
|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
|                                                              | ความลึกต่ำสุด<br>(มิลลิเมตร)                 | ความลึกสูงสุด<br>(มิลลิเมตร) | ค่าความลึกเฉลี่ย<br>( $\bar{X}$ ) | ค่าเบี่ยงเบน<br>มาตรฐาน (SD) |
| 4.2                                                          | 3.79                                         | 3.89                         | 3.83                              | 0.038471                     |
| 4.4                                                          | 3.91                                         | 4.00                         | 3.95                              | 0.036469                     |
| 4.6                                                          | 3.98                                         | 4.07                         | 4.02                              | 0.035637                     |
| 4.8                                                          | 4.02                                         | 4.13                         | 4.07                              | 0.042778                     |
| 5.0                                                          | 4.07                                         | 4.15                         | 4.10                              | 0.022361                     |

ตารางที่ 14 ผลการทดลองปรับค่าระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับผิวชิ้นงานในการแกะสลักชิ้นงานอะคริลิก ขนาดความหนา 10 มิลลิเมตร ที่ระดับความลึก 4 มิลลิเมตร พบว่าค่าระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับผิวชิ้นงานที่เหมาะสมเท่ากับ 4.8 วัตต์ เนื่องจากมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.036469 และจะนำค่าพลังงานเลเซอร์ที่ได้ไปทำการทดสอบหาระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับชิ้นงานที่เหมาะสม

**ตารางที่ 15** ค่าความลึกแกะสลักที่ปรับระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับผิวชิ้นงานที่ระดับความลึก 5 มิลลิเมตร  
ความเร็วตัด 4,200 มิลลิเมตร/นาที พลังงานเลเซอร์ 105 วัตต์

| ระยะห่างระหว่างหัวตัด<br>เลเซอร์กับผิวชิ้นงาน<br>(มิลลิเมตร) | ค่าความลึกแกะสลักที่ระดับความลึก 5 มิลลิเมตร |                              |                                   |                              |
|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
|                                                              | ความลึกต่ำสุด<br>(มิลลิเมตร)                 | ความลึกสูงสุด<br>(มิลลิเมตร) | ค่าความลึกเฉลี่ย<br>( $\bar{X}$ ) | ค่าเบี่ยงเบน<br>มาตรฐาน (SD) |
| 4.2                                                          | 4.84                                         | 4.93                         | 4.88                              | 0.034928                     |
| 4.4                                                          | 4.89                                         | 5.00                         | 4.94                              | 0.043243                     |
| 4.6                                                          | 4.97                                         | 5.06                         | 5.01                              | 0.034928                     |
| 4.8                                                          | 5.03                                         | 5.10                         | 5.07                              | 0.028636                     |
| 5.0                                                          | 5.08                                         | 5.17                         | 5.13                              | 0.036469                     |

ตารางที่ 15 ผลการทดลองปรับค่าระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับผิวชิ้นงานในการแกะสลักชิ้นงานอะคริลิก ขนาดความหนา 10 มิลลิเมตร ที่ระดับความลึก 5 มิลลิเมตร พบว่าค่าระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับผิวชิ้นงานที่เหมาะสมเท่ากับ 4.8 วัตต์ เนื่องจากมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.043243 และจะนำค่าพลังงานเลเซอร์ที่ได้ไปทำการทดสอบหาระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับชิ้นงานที่เหมาะสม



ภาพที่ 6 เปรียบเทียบผลต่างระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับผิวชิ้นงานค่าเฉลี่ยที่ระดับความลึก 1 ถึง 5 มิลลิเมตร

ภาพที่ 6 เปรียบเทียบผลต่างระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับผิวชิ้นงานค่าเฉลี่ยความลึกที่ระดับ 1 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยร่องแกะสลักอยู่ระหว่าง 4.6 - 4.8 มิลลิเมตร, ความลึกระดับ 2 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยร่องแกะสลักอยู่ระหว่าง 4.6 มิลลิเมตร, ความลึกระดับ 3 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยร่องแกะสลักอยู่ระหว่าง 4.6 มิลลิเมตร, ความลึกระดับ 4 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยร่องแกะสลักอยู่ระหว่าง 4.6 มิลลิเมตร และความลึกระดับ 5 มิลลิเมตร จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยร่องแกะสลักอยู่ระหว่าง 4.6 มิลลิเมตร

#### 4. อภิปรายผล

ผลการทดลองหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการแกะสลักชิ้นงานทดสอบอคริลิก ซึ่งประสิทธิภาพของร่องแกะสลักโดยประเมินจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยร่องแกะสลัก ต่ำสุด สูงสุด ดังตารางที่ 1-15 โดยในการปรับค่าพารามิเตอร์ประกอบไปด้วย ค่าความเร็วตัด (มิลลิเมตร/นาท) ค่าพลังงานเลเซอร์ (วัตต์) และระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับผิวชิ้นงาน (มิลลิเมตร) ซึ่งค่าแต่ละค่านี้มีผลต่อพลังงานความร้อนที่เกิดบนผิวชิ้นงานทำให้ร่องแกะสลักมีลักษณะที่ต่างกัน จึงได้ทำการแบ่งช่วงการทดลองออกเป็น 3 ช่วง โดยแต่ละช่วงจะทำการปรับค่าพารามิเตอร์เพียงค่าเดียว และทำการวิเคราะห์ผลการทดลองดังแสดงในกราฟเพื่อให้ได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวกับชิ้นงานอะคริลิก

#### 5. สรุป

- 1) ความลึกขนาด 1 มิลลิเมตร ความหนา 4 มิลลิเมตร ใช้พารามิเตอร์ 70/70 มิลลิเมตร/วินาที ค่าความเร็วตัดที่เหมาะสมเท่ากับ 4,200 มิลลิเมตร/นาท ค่าพลังงานเลเซอร์เหมาะสมเท่ากับ 60 วัตต์ ระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับผิวชิ้นงานที่เหมาะสมเท่ากับ 4.8 มิลลิเมตร
- 2) ความลึกขนาด 2 มิลลิเมตร ความหนา 4 มิลลิเมตร ใช้พารามิเตอร์ 50-60 มิลลิเมตร/วินาที ค่าความเร็วตัดที่เหมาะสมเท่ากับ 4,800 มิลลิเมตร/นาท ค่าพลังงานเลเซอร์เหมาะสมเท่ากับ 90 วัตต์ ระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับผิวชิ้นงานที่เหมาะสมเท่ากับ 4.8 มิลลิเมตร
- 3) ความลึกขนาด 3 มิลลิเมตร ความหนา 4 มิลลิเมตร ใช้พารามิเตอร์ 85/85 มิลลิเมตร/วินาที ค่าความเร็วตัดที่เหมาะสมเท่ากับ 4,200 มิลลิเมตร/นาท ค่าพลังงานเลเซอร์เหมาะสมเท่ากับ 75 วัตต์ ระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับผิวชิ้นงานที่เหมาะสมเท่ากับ 4.8 มิลลิเมตร

- 4) ความลึกขนาด 4 มิลลิเมตร ความหนา 10 มิลลิเมตร ใช้พารามิเตอร์ 75/75 มิลลิเมตร/วินาที ค่าความเร็วตัดที่เหมาะสมเท่ากับ 5,400 มิลลิเมตร/นาที กำลังงานเลเซอร์เหมาะสมเท่ากับ 105 วัตต์ ระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับผิวชิ้นงานที่เหมาะสมเท่ากับ 4.8 มิลลิเมตร
- 5) ความลึกขนาด 5 มิลลิเมตร ความหนา 10 มิลลิเมตร ใช้พารามิเตอร์ 54/54 มิลลิเมตร/วินาที ค่าความเร็วตัดที่เหมาะสมเท่ากับ 5,400 มิลลิเมตร/นาที ค่ากำลังงานเลเซอร์เหมาะสมเท่ากับ 105 วัตต์ ระยะห่างระหว่างหัวตัดเลเซอร์กับผิวชิ้นงานที่เหมาะสมเท่ากับ 4.8 มิลลิเมตร

## 6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นายกิตติโชติ ชูกร และ นางสาวปริญญ์ สัจจรอด ผู้ช่วยวิจัย สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่ให้ความอนุเคราะห์และให้การสนับสนุนเครื่องเครื่องตัดแกะสลักเลเซอร์ชนิดคาร์บอนไดออกไซด์ เครื่องมีวัด และวัสดุ อุปกรณ์สำหรับทำงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด

## 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] ชนิดของเลเซอร์. [ออนไลน์]  
เข้าถึงได้จาก [https://mintrabpp.blogspot.com/p/blog-page\\_10.html](https://mintrabpp.blogspot.com/p/blog-page_10.html) (9 พฤศจิกายน 2566).
- [2] เครื่องตัดแกะสลักเลเซอร์ชนิดคาร์บอนไดออกไซด์. [ออนไลน์]  
เข้าถึงได้จาก <https://www.print3dd.com/laser-CO2-fiber-diode/> (12 พฤศจิกายน 2566).
- [3] ฤทธิชัย สังฆทิพย์, เฉลิมศักดิ์ ถาวรวัตร และประยูร สุรินทร์ 2555. “การหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการตัดสแตนเลสเกรด 304 ด้วยเครื่องเลเซอร์ CO<sub>2</sub>”. สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน.
- [4] นรา บุรีพันธ์ 2554. “อิทธิพลของสภาวะการตัดเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด SU304 ด้วยเลเซอร์ที่มีผลต่อความหยาบผิว” สาขาวิศวกรรมการผลิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- [5] จริญญา บัวชุม, กรรณชัย กลัยาศิริ 2562. “การหาค่าที่เหมาะสมของตัวแปรในการตัดแผ่นอะลูมิเนียมเกรด EN AW-6061 T6 ด้วย Nd-YAG เลเซอร์”. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [6] กระบวนการของการแกะสลักเลเซอร์. [ออนไลน์]  
เข้าถึงได้จาก [https://www.trumpf.com/en\\_IN/solutions/applications/laser-cutting/](https://www.trumpf.com/en_IN/solutions/applications/laser-cutting/) (16 พ.ย. 2566).