การออกแบบเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์

DESIGNING BRAILLE EMBOSSER

นายทักษ์	ภู่ร้อย	รหัสนักศึกษา 63010376
นายสรวิศ	วงศ์นุรักษ์	รหัสนักศึกษา 63010950
นายอนุชา	สงโสด	รหัสนักศึกษา 63011039

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปริญญา

วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESIGNING BRAILLE EMBOSSER

Tak	Pooroy	Studen ID	63010376
Sorawit	Wongnurak	Studen ID	63010950
Anucha	Songsod	Studen ID	63011039

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INTITUTE OF TECHNOLOGY LADKABANG

2023

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การออกแบบเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์
DESIGNING BRAILLE EMBOSSER

ผู้จัดทำ	1.นายทักษ์ ภู่ร้อย		รหัสนักศึกษา 63010376
	2.นายสรวิศ วงศ์นุรักษ์		รหัสนักศึกษา 63010950
	3.นายอนุชา สงโสด		รหัสนักศึกษา 63011039

________________________อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผศ.ดร.เอกพจน์ ตันตราภิวัฒน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์

นายทักษ์	**ภู่ร้อย**	**63010376**
นายสรวิศ	**วงศ์นุรักษ์**	**63010950**
นายอนุชา	**สงโสด**	**63011039**
ผศ.ดร.เอกพจน์	**ตันตราภิวัฒน**	**อาจารย์ที่ปรึกษา**

ปีการศึกษา 2566

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและสร้างชุดทดสอบการปั๊มลายนูนสำหรับศึกษาตัวอักษรเบรลล์ที่เกิดขึ้นจากเข็มกดและเป้ารับหลากหลายขนาดบนแผ่นอลูมิเนียม โดยโครงสร้างของชุดทดสอบสร้างจากอลูมิเนียมโปรไฟล์ขนาด 30 x 30 มิลลิเมตร มีตัวท็อกเกิ้ลแคลมป์ในการส่งแรงดันเข็มขึ้นไปชนกับที่อยู่ด้านบน ชุดทดสอบเลื่อนแผ่นอลูมิเนียมในแนวแกน x ได้ 15 มิลลิเมตร แนวแกน y ได้ 15 มิลลิเมตร พิมพ์อักษรเบรลล์ได้ 3 เซลล์ โดยทดสอบกับเข็มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5, 1.6, 1.7 มิลลิเมตร และเบ้ารับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.0, 2.7, 2.9 มิลลิเมตร มีความลึก 1.3 มิลลิเมตร ทดสอบพิมพ์สลับเบ้าและเข็มในแต่ละครั้ง เพื่อหาเบ้าและเข็มที่พิมพ์อักษรเบรลล์ที่ได้ขนาดจุดใกล้เคียงกับอักษรเบรลล์จากศูนย์เทคโนโลยีการศึกษาเพื่อคนตาบอด

จากการทดสอบพบว่า เข็มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 มิลลิเมตรกับเบ้ารับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.0 มิลลิเมตร, เข็มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.6 มิลลิเมตรกับเบ้ารับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.0 มิลลิเมตร และเข็มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.7 มิลลิเมตรกับเบ้ารับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.0 มิลลิเมตร ได้ขนาดตัวอักษรเบรลล์ที่ใกล้เคียงกับอักษรเบรลล์จากศูนย์เทคโนโลยีการศึกษาเพื่อคนตาบอดมากที่สุด และสามารถนำแนวคิดการพิมพ์อักษรเบรลล์ด้วยเข็มกดเพียงเข็มเดียวได้แทนการพิมพ์ด้วยเข็มกด 6 เข็มในครั้งเดียวได้

คำสำคัญ : อักษรเบรลล์ เครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ Punching and Die

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Designing Braille Embosser

Tak	**Pooroy**	**63010376**
Sorawit	**Wongnurak**	**63010950**
Anucha	**Songsod**	**63011039**

Asst. Prof. Dr. Akapot Tantrapiwat Advisor

Year 2023

Abstract

This research is the design and construction of an embossing test kit for studying Braille letters formed by push-pull and die of various sizes on aluminum sheets. The structure of the test set is made from aluminum profiles, size 30 x 30 millimeters, with a toggle clamp to send the Punch pressure up to collide with the top. The test set can move an aluminum plate 15 millimeters in the x-axis and 15 millimeters in the y-axis. Can print 3 braille cells by testing with diameters Punch of 1.5, 1.6, and 1.7 millimeters and die with diameters of 2.0, 2.7, and 2.9 millimeters, with a depth of 1.3 millimeters. Test by alternating the Die and Punch each time. To find Die and Punch that print Braille with a point size similar to Braille from the Center for Educational Technology for the Blind.

From the test, it was found that A 1.5 mm diameter Punch with a 2.0 mm diameter Die, a 1.6 mm diameter Punch with a 2.0 mm and a 1.7 mm diameter Punch with a 2.0 mm diameter die received the Braille font size that was closest to the Braille font from the Center for Educational Technology for the Blind. Finally, we can use the concept of embossing with a single punch instead of six Punches at once to print braille characters.

Keywords: Braille, Braille embosser, Punching and die

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกพจน์ ตันตราภิวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ช่วยกรุณาให้ความรู้ คำแนะนำชี้แนะในการออกแบบ ทั้งยังช่วยตรวจดูติดตามการทำงานเพื่อให้คำแนะนำแก่ผู้ทำทำวิจัยได้กลับมาปรับปรุงแก้ไขจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ไปได้ด้วยดีผู้ทำวิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ ที่นี้ ขอขอบคุณ นางชนิดาภา เพ็ชรรักษ์ ผู้อำนวยการศูนย์เทคโนโลยีการศึกษาเพื่อคนตาบอด ที่ได้กรุณาให้ผู้ทำวิจัยมาทัศนศึกษาดูงานเกี่ยวกับการทำงานของเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ของจริงเพื่อเป็นประโยชน์การวิจัยเละอาจารย์ เจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกภาคส่วนที่ได้ช่วยอำนวยความสะดวกในการทำวิจัย ท้ายที่สุดนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และเพื่อนๆที่ได้คอยให้กำลังใจตลอดมาจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นายทักษ์ ภู่ร้อย
นายสรวิศ วงศ์นุรักษ์
นายอนุชา สงโสด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้าที่

บทคัดย่อ I

Abstract II

กิติกรรมประกาศ III

สารบัญรูปภาพ VII

สารบัญกราฟ X

บทที่ 1 บทนำ 2

1.1 ที่มาและความสำคัญ 2

1.2 วัตถุประสงค์ 3

1.3 ขอบเขตการศึกษา 3

1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ 3

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 อักษรเบรลล์ 4

2.1.1 ประวัติอักษรเบรลล์ 4

2.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเขียนอักษรเบรลล์ 5

2.1.3 รูปแบบอักษรเบรลล์ภาษาอังกฤษและภาษาไทย 6

2.2 การเจียระไน 8

2.2.1 การเจียระไนราบ (Surface Grinding) 8

2.2.2 การเจียระไนกลม (Cylindrical Grinding) 8

2.2.3 การเจียระไนไร้ศูนย์ (Centerless Grinding) 8

2.3 PUNCH AND DIE 8

2.3.1 ประเภทของ Punch and Die 9

2.3.2 วัสดุที่นำมาใช้ทำ Punch and Die 10

2.3.3 การคำนวณ Punching force 11

2.4 MECHANICAL PROPERTIES OF MATERIAL 12

2.4.1 ความเค้น (stress) 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 ความเครียด (Strain) 14
2.4.3 Hardness testing 15
2.5 PROCESSING 16
2.5.1 การกัด (Milling) 16
2.5.2 การกลึง (Turning) 16
2.5.3 การตัด (Cutting) 17
2.5.4 การเจาะ (Drilling) 17
2.5.5 การต๊าปมือ (Hand Tap) 17
2.5.6 การตัดเลเซอร์ 18
2.6 EMBOSSING 19
2.7 กระบวนการทาง FINITE ELEMENT METHOD (FEM) 19
2.7.1 Total Deformation 19
2.7.2 Von Mises Stress 20
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 21
3.1 แผนการดำเนินงาน 22
3.2 เครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ต้นแบบ 23
3.3 แรงที่ใช้ในการกด 25
3.4 การเลือกวัสดุเพื่อเลือกนำมาทำเข็มกดและเบ้ารับ 27
3.5 การออกแบบชุดทดสอบเข็มเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ 28
3.5.1 ออกแบบระบบกลไกการทดสอบการทำงานของชุดทดสอบ 28
3.5.2 ออกแบบระบบกลไกการทดสอบการทำงานของชุดทดสอบ 30
3.5.3 ออกแบบเบ้ารับ 32
3.5.4 ออกแบบชิ้นส่วนรองรับ Die 34
3.5.5 ออกแบบการคลื่อนที่ในการพิมพ์ในแนวแกน XY 35
3.5.6 หลักการทำงานของชุดทดสอบ 36
3.6 กรรมวิธีการผลิต 37
3.6.1 การกลึง 37
3.6.2 การเจียระไน 38
3.6.3 การกัด 38
3.6.4 การตัด 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.5 การเจาะ 39
3.7 การออกแบบการทดลอง 39
บทที่ 4 ผลการทดลอง 40
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 46
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 46
5.2 ปัญหาและการแก้ไขปัญหา 47
5.3 แนวทางการพัฒนา 48
เอกสารอ้างอิง 49
ภาคผนวก 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ **หน้าที่**

รูปที่ 1.1 เครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์แบบ 6 เข็มของศูนย์เทคโนโลยีการศึกษาเพื่อคนตาบอด................1
รูปที่ 1.2 เป้ารับและเข็มของเครื่องพิมพ์จากศูนย์เทคโนโลยีการศึกษาเพื่อคนตาบอด......................2
รูปที่ 2.1 หลุย เบรลล์...4
รูปที่ 2.2 สไตลัส (Stylus) และสเลท (Slate)..5
รูปที่ 2.3 Braillewriter...6
รูปที่ 2.4 Braille Embossers...6
รูปที่ 2.5 ขนาดตัวอักษรเบรลล์และรูปแบบการพิมพ์...7
รูปที่ 2.6 อักษรเบรลล์พยัญชนะไทยและภาษาอังกฤษ..7
รูปที่ 2.7 อักษรเบรลล์ในภาษาไทยและภาษาอังกฤษ..7
รูปที่ 2.8 Punch and Die...9
รูปที่ 2.9 Forming Die / Spline Forming Die...9
รูปที่ 2.10 Pin / Core Pin...9
รูปที่ 2.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความแข็งSKD61..11
รูปที่ 2.12 แสดง Tensile stress..12
รูปที่ 2.13 แสดง Compressive stress..13
รูปที่ 2.14 แสดง Shear stress..13
รูปที่ 2.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเค้นและค่าความเครียด...14
รูปที่ 2.16 แสดงความเครียดเฉือนและความเค้นเฉือน..14
รูปที่ 2.17 การตัดเซอร์..18
รูปที่ 2.18 หลักการ Embossing...18
รูปที่ 2.19 ความเค้นและความเค้นเฉือนในทิศทาง 3 มิติ...20
รูปที่ 3.1 แผนการดำเนินงาน..22
รูปที่ 3.2 เครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ที่ศูนย์เทคโนโลยีการศึกษาเพื่อคนตาบอด...............................23
รูปที่ 3.3 เข็มพิมพ์และเบ้ารับ..24
รูปที่ 3.4 หัวกดพิมพ์อักษรเบรลล์...24
รูปที่ 3.5 แผ่นอลูมิเนียมที่พิมพ์อักษรเบรลล์แล้ว...25
รูปที่ 3.6 กลไกของ Toggle...26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่ **หน้าที่**

รูปที่ 3.7 การใช้เครื่องมือ Matlab คำนวณหามุมที่ต้องการ....27
รูปที่ 3.8 แนวคิดการทำงานของชุดทดสอบเข็มพิมพ์อักษรเบรลล์....28
รูปที่ 3.9 FlowChart การทำงานของชุดทดสอบเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์....29
รูปที่ 3.10 Total Deformation ของ Punch 30
รูปที่ 3.11 Equivalent (von-Mises) Stress ของ Punch 31
รูปที่ 3.12 Fatigue Life ของ Punch....31
รูปที่ 3.13 การออกแบบขนาดเบ้ารับ ด้วย Solidworks 32
รูปที่ 3.14 Ejector ขึ้นรูปเป็นหัว punch....32
รูปที่ 3.15 Total Deformation Stress ของ Die 33
รูปที่ 3.16 การออกแบบส่วนรองรับ Die ใน solidworks 34
รูปที่ 3.17 Equivalent (von-Mises) Stress ของชิ้นส่วนรองรับ Die 34
รูปที่ 3.18 Total Deformation ชิ้นส่วนรองรับ Die....35
รูปที่ 3.19 XY Slide Table....35
รูปที่ 3.20 ตัวอย่างชุดทดสอบเข็มพิมพ์อักษรเบรลล์....36
รูปที่ 3.21 กรรมวิธีการเจาะด้วยเครื่องกลึงและการกลึง....37
รูปที่ 3.22 กรรมวิธีการกัด....38
รูปที่ 3.23 กรรมวิธีการตัด....38
รูปที่ 3.24 กรรมวิธีการเจาะ....39
รูปที่ 4.1 แผ่นอลูมิเนียมใช้หัวกดขนาด 1.5 มม. กับเบ้ารับขนาดต่างๆ....40
รูปที่ 4.2 แผ่นอลูมิเนียมที่ใช้หัวกดขนาด 1.6 มม. กับเบ้ารับขนาดต่างๆ....40
รูปที่ 4.3 แผ่นอลูมิเนียมที่ใช้หัวกดขนาด 1.7 มม. กับเบ้ารับขนาดต่างๆ....42
รูปที่ 5.1 เปรียบเทียบแผ่นอักษรเบรลล์ต้นแบบกับชุดทดลองขนาดเข็มกด 1.5 มม.
และเบ้ารับขนาด 2 มม. (Ball nose))....45
รูปที่ 5.2 เกลียวที่เกิดการคลอน....46
รูปที่ 5.3 แผ่นอะคริลิคสำหรับยึดแผ่นอลูมิเนียม....47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้าที่**

ตารางที่ 3.1 ขนาดของเข็มและเบ้าที่ทดสอบ........27
ตารางที่ 3.2 ขนาดของเข็มและเบ้าที่ทดสอบ........39
ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบ........41
ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบโดยนักพิสูจน์อักษร........44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญกราฟ

กราฟที่ **หน้าที่**

กราฟที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของคำจาก Punch และ Die ขนาดต่างๆ

กับคะแนนผลการทดสอบจากนักพิสูจน์อักษร..45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

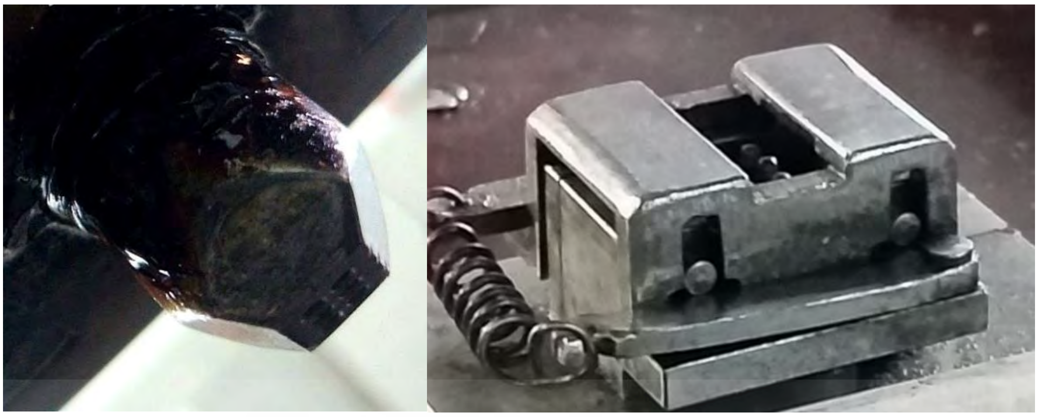
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันผู้ที่ตาบอดสามารถเรียนรู้และอ่านได้ผ่านหนังสือที่ใช้ตัวอักษรเบรลล์ ตัวอักษรเบรลล์นั้น เป็นอักษรที่ใช้การสื่อสารผ่านการสัมผัสปุ่มนูนของกระดาษแล้วแปลงเป็นตัวอักษร ในการจะทำหนังสือที่เป็นอักษรเบรลล์จำนวนมากนั้น จำเป็นจะต้องใช้แม่พิมพ์สำหรับปั๊มกับกระดาษซึ่งมักจะเป็นวัสดุ อย่างอลูมิเนียม โดยเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ที่ได้ไปดูที่ศูนย์เทคโนโลยีการศึกษาเพื่อคนตาบอดเป็นเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์แบบ 6 เข็ม เนื่องจากเครื่องพิมพ์ชนิดนี้มีเข็มถึง 6 ชิ้น ซึ่งทำให้มีกลไกการทำงานที่ซับซ้อนและการบำรุงรักษาที่ยุ่งยาก การลดเข็มจาก 6 เข็มให้เหลือเพียง 1 เข็มจะช่วยลดกลไกของตัวเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์และความยากในการบำรุงรักษาลงได้

รูปที่ 1.1 เครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์แบบ 6 เข็ม ของ
ศูนย์เทคโนโลยีการศึกษาเพื่อคนตาบอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.2 เป้ารับและเข็มของเครื่องพิมพ์จากศูนย์เทคโนโลยีการศึกษาเพื่อคนตาบอด

โครงงานนี้จึงได้เล็งเห็นว่า เราจะสามารถใช้การพิมพ์อักษรเบรลล์แบบเข็มเดียวได้หรือไม่ รวมทั้งหาขนาดของอักษรเบรลล์ที่ผู้พิการทางสายตาสามารถอ่านได้ง่ายจะช่วยฝึกสอนการอ่านอักษรเบรลล์ของผู้พิการทางสายตาได้ดียิ่งขึ้น ดังนั้นจึงได้มีออกแบบและสร้างการชุดทดสอบเข็มกดและเบ้ารับเพื่อหาขนาดของอักษรเบรลล์ที่เหมาะสม

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบแนวคิดการพิมพ์อักษรเบรลล์แบบใช้เข็มเดียวเละหาขนาด Punch และDie ที่เหมาะในการพิมพ์อักษรเบรลล์

1.3 ขอบเขตการศึกษา

- แผ่นอลูมิเนียมที่ใช้พิมพ์จะมีขนาด 0.4 มิลลิเมตร จำนวน 2 แผ่น ซ้อนกัน

- ขนาดเบ้ารับที่ใช้ทดสอบ เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5, 1.6 และ1.7 มิลลิเมตร ลึก 1.3 มิลลิเมตร

1.4 **นิยามศัพท์เฉพาะ**

- ผู้พิการทางสายตา หมายถึง บุคคลหรือที่มีลักษณะที่บกพร่องทางการ มองเห็น หรือผู้ที่สูญเสียการมองเห็นไปจากเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อักษรเบรลล์ อักษรซึ่งใช้วิธีการเขียนที่สัมผัสได้ สำหรับผู้ที่มีความบกพร่องทางการมองเห็นหรือตาบอด ประดิษฐ์โดยหลุยส์ เบรลล์ (Louis Braille) ชาวฝรั่งเศส เป็นรหัสพิเศษที่สร้างจากจุด 6 จุดในช่อง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถสร้างชุดทดสอบเข็มกดและเป้ารับเพื่อศึกษาการพิมพ์อักษรเบรลล์บนแผ่นอลูมิเนียมได้จากนั้นนำข้อมูลเหล่านี้เพื่อไปอ้างอิงในการสร้างเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ด้วยเข็มเดียวได้และพิสูจน์แนวคิดการพิมพ์เข็มเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการจัดทำโครงงาน เรื่อง Designing Braille Embosser กลุ่มโครงงานของเราได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งเป็นหัวข้อดังนี้

2.1 อักษรเบรลล์

2.2 การเจียระไน

2.3 Mechanical properties of material

2.4 Punch and Die

2.5 Processing

2.6 Embossing

2.1 อักษรเบรลล์

อักษรเบรลล์ คือ อักษรซึ่งใช้วิธีการเขียนที่สัมผัสได้ สำหรับผู้ที่มีความบกพร่องทางการมองเห็นหรือตาบอด ประดิษฐ์โดยหลุยส์ เบรลล์ (Louis Braille) ชาวฝรั่งเศส เป็นรหัสพิเศษที่สร้างจากจุด 6 จุดในช่อง

2.1.1ประวัติอักษรเบรลล์

รูปที่ 2.1 หลุย เบรลล์

จุดกำเนิดอักษรเบรลล์ เริ่มต้นมาจากชายที่ชื่อหลุย เบรลล์(Louis Braille) ซึ่งเกิดเมื่อปี ค.ศ 1809 ในประเทศฝรั่งเศษ วันหนึ่งขณะที่เด็กชายเบรลล์ในวัย 3 ขวบ พยายามเจาะรูหนังด้วยเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปลายแหลมเหมือนที่พ่อทำในห้องทำงาน แต่โชคร้ายที่ปลายเหล็กนั้นได้พุ่งตรงมายังดวงตาของเด็กน้อย ทำให้ตาข้างหนึ่งอักเสบก่อนจะลุกลามไปอีกข้าง และแล้วโลกการมองเห็นของหลุยส์ เบรลล์ก็มืดสนิทไปในวัยเพียง 5 ขวบ

ในปี ค.ศ 1821 กัปตัน Charles Barbier นายทหารเกษียณอายุจากกองทัพของนโปเลียน ได้เดินทางมาเยี่ยมโรงเรียน The Royal Institution for Blind Youth และเล่าถึงการใช้รหัสการสื่อสารทางการทหาร ที่เรียกว่า 'Night Writing' โดยเป็นการสื่อสารด้วยการจุดและขีดลงบนกระดาษแผ่นหน้า แล้วอ่านผ่านการสัมผัสโดยไม่ใช้แสงไฟ

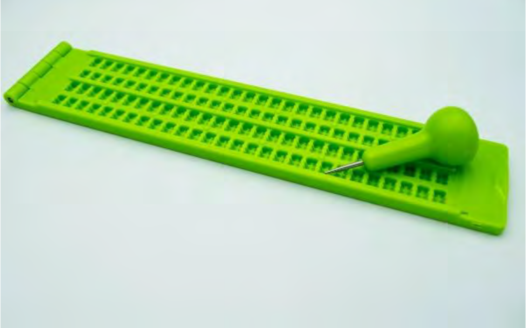
เรื่องราว 'Night Writing' ของกัปตัน Charles Barbier ได้กลายมาเป็นแรงบรรดาลใจให้กับหลุย เบรลล์ ในการสร้างตัวอักษรสำหรับผู้พิการทางสายตา ซึ่งตัวอักษรเป็นที่สร้างขึ้นนั้นดัดแปลงมาจาก 'Night Writing' ด้วยการลดจำนานจุดจาก 12 จุด เหลือเพียงแค่ 6 จุดเท่านั้น

ประเทศไทยเริ่มมีการใช้อักษรเบรลล์ครั้งแต่ในปี พ.ศ. 2482 ด้วยความร่วมมือระหว่างสตรีอเมริกันตาบอด ชื่อ มิสเจนีวีฟ คอลฟิลด์ (Miss Genevive Caufield) โดยได้ร่วมกับคณะคนไทยคิดอักษรเบรลล์ภาษาไทยขึ้น จึงได้กลายมาเป็นจุดเริ่มต้นของการศึกษาสำหรับผู้พิการทางสายตาในประเทศไทย ต่อมาได้ก่อตั้งโรงเรียนสอนคนตาบอดกรุงเทพฯ ในความดูแลของมูลนิธิช่วยคนตาบอดแห่งประเทศไทย มิสเจนีวีฟ คอลฟิลด์ จึงได้ช่วยงานของมูลนิธิฯ จนถึงแก่กรรมในปี พ.ศ. 2515 ในประเทศไทย

2.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเขียนอักษรเบรลล์

1. สไตลัส (Stylus) และสเลท (Slate)

โดยสเลท (Slate) เป็นแผ่นกระดานใช้สำหรับใส่กระดาษเพื่อเขียนอักษรเบรลล์ ภายในแผ่นกระดานประกอบด้วย ช่องเป็นแถวยาว ในแต่ละช่องจะมีรูไว้สำหรับเขียนช่องละ 6 รู สเลทแต่ละอันจะมีฝาเปิด-ปิด และที่ล็อคกระดาษ ส่วนสไตลัส (Stylus) จะมีลักษณะคล้ายปากกาหัวทู่ ประกอบไปด้วยส่วนด้ามจับและปลายเข็ม ใช้สร้างปุ่มนูนบนกระดาษ



รูปที่ 2.2 สไตลัส (Stylus) และสเลท (Slate)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Braillewriter

เป็นเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ที่มีลักษณะคล้ายแป้นพิมพ์ดีด ใช้มือในกดพิมพ์ด้วยตัวเอง จำเป็นต้องมีความชำนาญเรื่องอักษรเบรลล์

รูปที่ 2.3 Braillewriter

3. Braille Embossers (Printers)

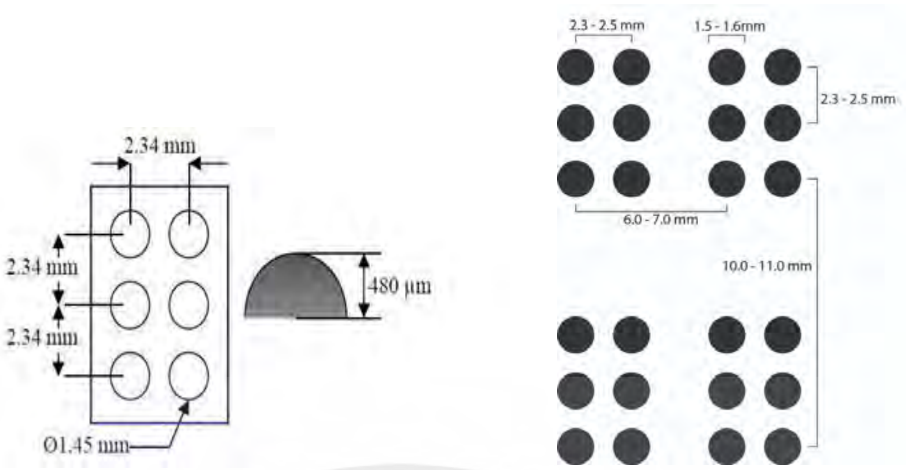
เครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์แบบปริ้นเตอร์ สามารถพิมพ์อักษรเบรลล์ได้ครั้งละมาก ไม่จำเป็นต้องใช้ความชำนาญมากเพราะสั่งการผ่านระบบคอมพิวเตอร์ หลังจากนั้นตัวเครื่องจะทำการสร้างตัวอักษรเบรลล์อัตโนมัติ

รูปที่ 2.4 Braille Embossers

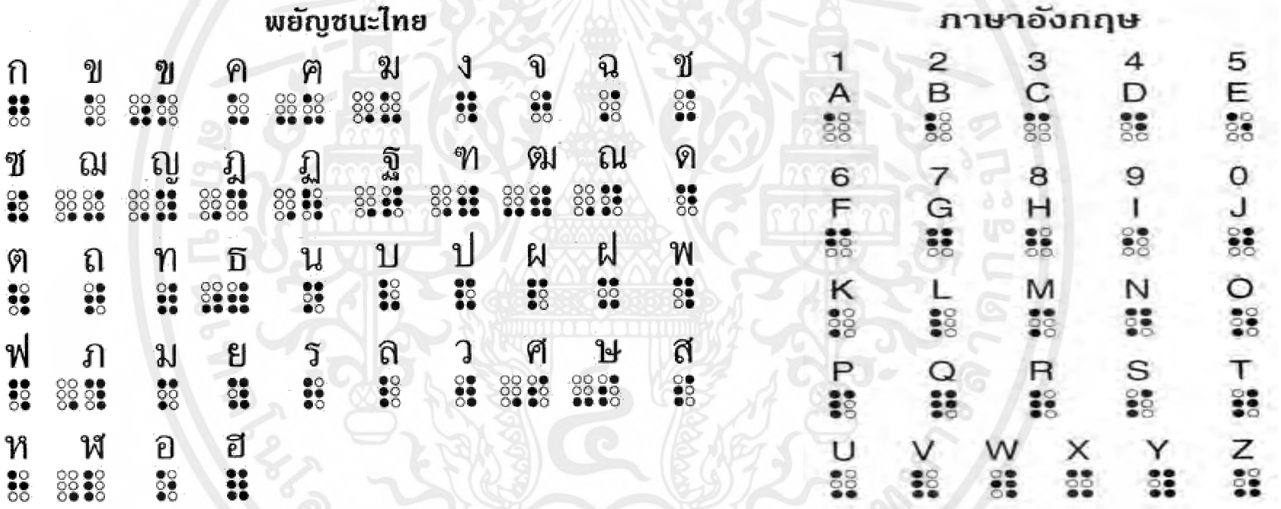
2.1.3 รูปแบบอักษรเบรลล์ภาษาอังกฤษและภาษาไทย

อักษรเบรลล์ทั้งในภาษาไทยเละภาษาอังกฤษจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของจุดประมาณ 1.4 -1.6 มิลลิเมตร สูงประมาณ 0.5 มิลลิเมตร ระยะห่างละหว่างจุด 2.5 มิลลิเมตร โดยลักษณะการพิมพ์จะเริ่มจากซ้ายไปขวาและบนลงล่าง

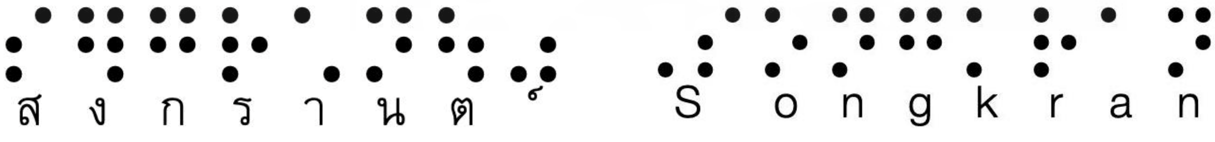
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ขนาดตัวอักษรเบรลล์และรูปแบบการพิมพ์



รูปที่ 2.6 อักษรเบรลล์พยัญชนะไทยและภาษาอังกฤษ



รูปที่ 2.7 อักษรเบรลล์ในภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การเจียระไน

การเจียระไนเป็นการแปรรูปวัสดุด้วยการขัดสีด้วยคมตัดที่เป็นวัสดุแข็งที่ถูกยึดให้ติดกันด้วยตัวยึด

2.2.1 การเจียระไนราบ (Surface Grinding)

เป็นการเจียระไนผิวเพื่อตัดแต่งชิ้นงานให้มีความและเที่ยงตรงสูง แบ่งเป็น 4 แบบ

1. ล้อหินเจียระไนหมุนอยู่ในแนวนอน และชิ้นงานเคลื่อนที่ผ่านล้อหินไปมาในแนวเส้นตรง
2. ล้อหินเจียระไนหมุนอยู่ในแนวนอน และชิ้นงานกลมหมุนผ่านล้อหิน
3. ล้อหินเจียระไนหมุนอยู่ในแนวตั้งและชิ้นงานเคลื่อนที่ผ่านล้อหินไปมาในแนวเส้นตรง
4. ล้อหินเจียระไนหมุนอยู่ในแนวตั้ง และชิ้นงานกลมหมุนผ่านล้อหินเจียระไน

2.2.2 การเจียระไนกลม (Cylindrical Grinding)

เป็นการเจียระไนชิ้นงานทรงกระบอก ซึ่งสามารถกระทำได้ทั้งภายนอกและภายใน

การเจียระไนภายนอก ล้อหินเจียระไนหมุนอยู่ในแนวนอน ส่วนชิ้นงานก็หมุนอยู่ในแนวนอนเช่นกัน แต่ชิ้นงานนั้นยังสามารถเคลื่อนที่ไปกลับตามแนวนอนได้ด้วย

2.2.3 การเจียระไนไร้ศูนย์ (Centerless Grinding)

เป็นการเจียระไนงานทรงกระบอกที่มีลักษณะคล้ายกับการเจียระไนกลม แต่ต่างกันตรงที่การเจียระไนชนิดนี้จะไม่มีการจับยึดชิ้นงานแต่อย่างไรแต่อาศัยล้อประคองจำนวนมากเป็นตัวประคอง

2.3 Punch and Die

Punch and Die เป็นอุปกรณ์หรือเครื่องมือตัดชนิดหนึ่งที่ใช้ในงานทุบขึ้นรูป ซึ่งเป็นกระบวนการขึ้นรูปโลหะที่ต้องใช้ความร้อน โดยตัวโลหะที่จะนำมาขึ้นรูปจะเป็นตัวโลหะก้อน ซึ่งในกระบวนการนี้ จะใช้ตัว Punch ซึ่งมักจะใช้เป็นตัวดันชิ้นงานและDie จะเป็นตัวรองวัตถุที่ Punch ดันมา ซึ่งตัว Punch จะช่วยให้ Die สามารถตัดส่วนของชิ้นงานที่ถูกตัว Punch ดันลงมาได้ โดยคมตัดจะอยู่ที่ตัว Die

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 ประเภทของ Punch and Die

1. Punch ช่วยให้ Die สามารถตัดส่วนของชิ้นงานที่ถูกตัว Punch ดันลงมาได้

รูปที่ 2.8 Punch and Die

2. Forming Die / Spline Forming Die

ใช้สำหรับการทุบขึ้นรูปและการผลิตหลังจากติดตั้งตัว Die เข้ากับเครื่องกด โดยตัว Forming Die จะใช้ขึ้นรูปวัสดุ

รูปที่ 2.9 Forming Die / Spline Forming Die

3. Forging Die

เป็นกระบวนการทุบขึ้นรูปชิ้นงาน โดยใช้ประโยน์จากแรงกระแทก เพื่อเปลี่ยนสภาพของโลหะให้มีลักษณะตามแบบ Die ส่วนมากมักใช้ Die แบบปิดขณะที่การตีบีบ ต้องเตรียมโลหะให้ใกล้เคียงกับ Die ส่วนใหญ่ใช้กับงานที่มีขอบหรือบ่า

4. Pin / Core Pin

ใช้ในการดันชิ้นงานออกจากกระบวณการหล่อขึ้นรูป มีลักษณะเป็นเข็มยาว ด้านปลายมีบ่า

รูปที่ 2.10 Pin / Core Pin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 วัสดุที่นำมาใช้ทำ Punch and Die

1. High Speed Steel: HSS

เป็นวัสดุเหล็กกล้าที่มีส่วนผสมของธาตุอื่น เช่น ทังสเตน โมลิบดินัม โครเมียม คาร์บอน วาเดเนียม หรือในบางครั้งอาจมีโคบอลต์ ซึ่งเหล็กชนิดนี้มีคุณสมบัติในการทนทานต่อการอ่อนตัวที่อุณหภูมิสูงถึง 500 องศาเซลเซียส จึงเป็นวัสดุที่เหมาะแก่การนำมาใช้งานเป็นเครื่องมือกัด ตัด และการเจาะ เช่น สว่าน, ใบเลื่อย, ใบมีกัด เป็นต้น

2. ทังสเตนคาไบน์ (Tungsten carbide)

เป็นวัสดุที่เกิดจากการผสมระหว่างทังสเตน (W / Wolfram) และคาร์ไบในอัตราส่วนของเลขอะตอมที่จำนานเท่า ๆ กัน ทังสเตนคาร์ไบมีคุณสมบัติต้านทานแรงดึงสูง มีจุดหลอมเหลวที่สูง ทนทานต่อการเกิดรอยขีดขวน และมีความแข็งเป็นรองแค่เพชร ที่ระดับ 9 มักใช้เป็นใบมีเครื่องกลึง เครื่องเจาะ และเครื่องกัดในกลุ่มอุตสาหกกรรมแปรรูปโลหะ

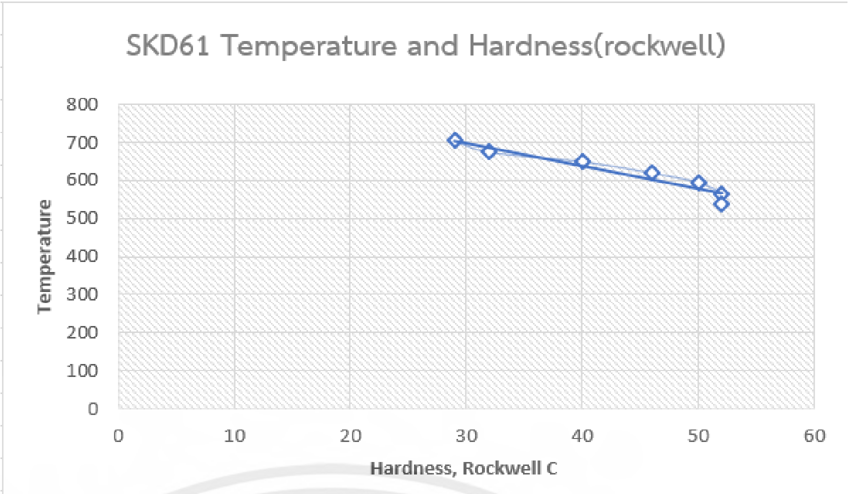
3. เหล็กกล้าเครื่องมือ (Tool steel)

เหล็กกล้าเครื่องมือ คือ เหล็กกล้าที่ใช่สำหรับการขึ้นรูปเครื่องมือ เหล็กชนิดนี้จะมีคุณสมบัติที่หลายหลายขึ้นอยู่กับส่วนผสมเช่น จุดเด่นหลักอยู่ที่มีความสามารถในการชุบแข็งได้สูงเพราะมีปริมาณคาร์บอนในตัวเหล็กมาก

1. SKD 61

เป็นเหล็กกล้างานร้อนสำหรับทำแม่พิมพ์งานร้อนมีความทนทานต่ออุณหภูมิสูง ทนการสึกหรอสูง ทั้งยังทนทานต่อความเครียดที่เกิดจากงานซ้ำๆกัน ซึ่ง SKD61 โดยมีส่วนประกอบของวัสดุคาร์บอน 0.4% โครเมียม 5.13-5.25% เหล็ก 90.9% โมลิบดินัม 1.4% ซิลิคอน 1% วาเนเดียม 1% สามารถเทียบได้กับเกรดเหล็กAISI H13 โดยมีค่าความแข็งวัสดุ 28 – 53 HRC ที่อุณหภูมิ 705-565 องศาเซลเซียส ดังภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความแข็งSKD61

2. SKD 11

เป็นเหล็กกล้างานเย็น สามารถทนต่อการสึกหรอได้อย่างดีสามารถชุบแข็งได้ดี เหมาะกับการทำมาพิมพ์ได้ดี SKD11 สามารถเทียบได้ได้กับเหล็กกล้า Tools teel AISI D2 โดยมีส่วนประกอบของวัสดุ คาร์บอน 1.6% โครเมียม 13% โคบอลต์ 1% เหล็ก 86.9% แมงกานีส 0.60% โมลิบดินัม 1.2% ฟอสฟอรัส 0.03 ซิลิคอน 0.6% ซัลเฟอร์ 0.03% วาเนเดียม 1.1% มีค่าความแข็ง 58 HRC

2.3.3 การคำนวณ Punching force

ในการหาขนาดของแรงที่ใช้ในการปั๊มหรือตัดชิ้นงาน เราสามาหาได้จากสมการแรงดัน

$$P = F/A \quad \text{หรือ} \quad F = PA \tag{2.1}$$

ความดันมีค่าเท่ากับความต้านทานความเค้นเฉือน P = τ

A คือ ขนาดของพื้นที่ที่ถูกความต้านทานความเค้นเฉือนกระทำ

ดังนั้น

$$F = lt\tau \tag{2.2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

F = Punching force(N)

l = ความหนาของวัสดุ (mm)

t = ความเส้นรอบวงของการเจาะ(mm)

τ = ความต้านทานความเค้นเฉือน (N/ mm²)

2.4 Mechanical properties of material

2.4.1 ความเค้น (stress)

คือ ความต้านทานในการคงสภาพของวัสดุจากแรงลัพธที่กระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ของวัสดุ ยิ่งวัสดุชนิดใดมีค่าความต้านทานความเค้นมากวัสดุชนิดนั้นจะยิ่งมีความสามารถในการคงสภาพต่อแรงลัพธ์ที่มากระทำได้ดี

สมการความเค้น (stress)

$$\sigma = P \, A \qquad (2.3)$$

σ = ความเค้น (Stress) มีหน่วยเป็นปาสกาล (N/ mm²)

P = แรงภายนอกที่มากระทำ มีหน่วยเป็น N หรือ kgf หรือ lbf

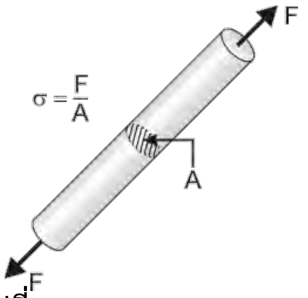
A = พื้นที่ภาคตัดขวางที่แรงมากระทำ (mm²)

โดยทั่วมักแบ่งชนิดของของความเค้น (stress) ตามลักษณะของแรงที่กระทำ ดังนี้

Normal stress

เป็นความเค้นที่เกิดจากแรงลัพธ์ที่ตั้งฉากกับพื้นที่ของวัตถุแบ่งเป็น

1.ความเค้นดึง (Tensile stress)



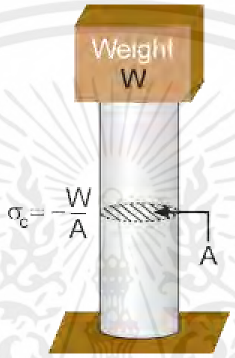
รูปที่ 2.12 แสดง Tensile stress

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดจากแรงที่กระทำกับพื้นที่หน้าตัดของวัตถุในลักษณะของการดึงทำให้วัตถุมีการยืดออกจากกัน โดยแรงที่ใช้ต้านการเปลี่ยนรูปของตัววัตถุในลักษณะนี้จะเรียกว่า ความเค้นดึง (Compressive stress)

2.ความเค้นอัด (Compressive stress)

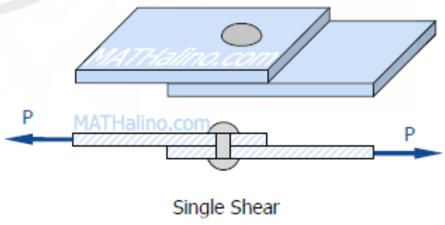
เกิดจากแรงที่กระทำกับพื้นที่หน้าตัดของวัตถุในลักษณะของการกดอัดทำให้วัตถุเกิดการแตกหัก โดยแรงที่ใช้ต้านการเปลี่ยนรูปของตัววัตถุในลักษณะนี้จะเรียกว่า ความเค้นอัด (Compressive stress) และความเค้นอัดจะมีเครื่องหมายเป็นลบ



รูปที่ 2.13 แสดง Compressive stress

3.ความเค้นเฉือน (Shear stress)

เป็นความเค้นที่เกิดแรงภายนอกสองแรงที่มากระทำตั้งฉากกับพื้นหน้าตัดวัตถุ ในทิศทางตรงข้ามกัน ทำให้วัตถุเกิดการฉีกออกจากกัน โดยแรงที่ใช้ต้านการเปลี่ยนรูปของตัววัตถุในลักษณะนี้จะเรียกว่า ความเค้นเฉือน (Shear stress)



รูปที่ 2.14 แสดง (Shear stress)

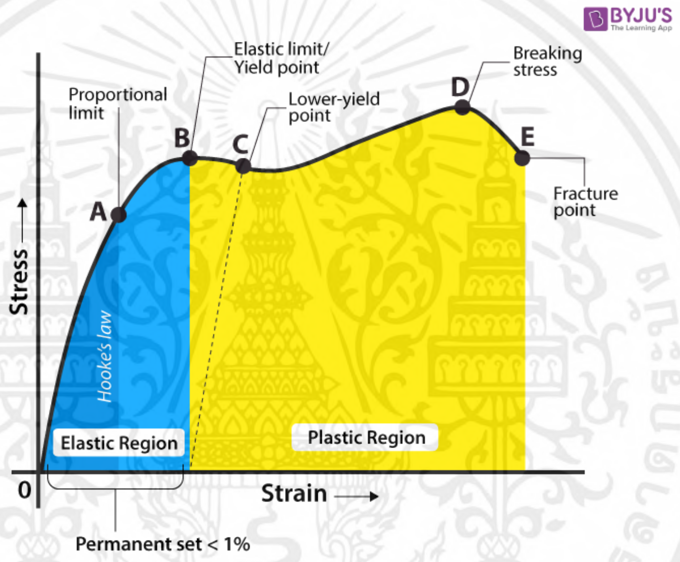
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 ความเครียด (Strain)

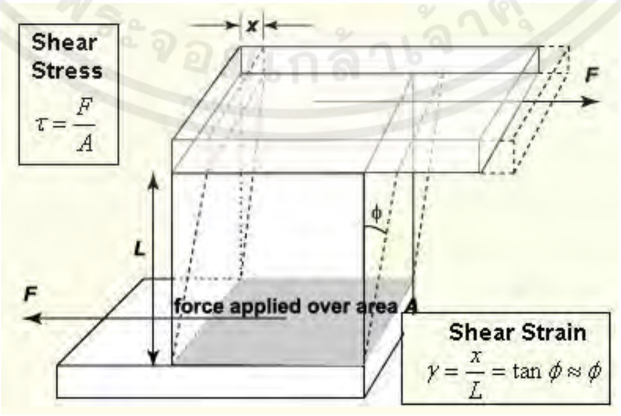
คือ การเปลี่ยนแปลงของวัสดุไม่ว่าจะเป็นการยืดหรือการหด ซึ่งมีผลมาจากแรงภายนอกที่มากระทำส่งผลให้เกิดความเค้นที่มากกว่าความสามารถในการต้านทานความเค้นในเนื้อวัสดุ วัสดุจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ความเครียดที่เกิดขึ้นจะแบ่งตามลักษณะการเสียรูปของวัสดุออกเป็น 2 ประเภท

1. elastic เป็นการเสียรูปของวัสดุที่วัสดุยังมีการคืนตัวกลับสู่สภาพเดิม

2. plastic เป็นลักษณะการเสียรูปของวัสดุแบบถาวร กล่าวคือ วัสดุที่ได้รับความเค้นจนเกิดจุดที่เรียกว่า limit elastic วัสดุจะเกิดการเปลี่ยนแปลงและไม่สามารถคืนตัวกลับสู่สภาพเดิมได้



รูปที่ 2.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเค้นและค่าความเครียด



รูปที่ 2.16 แสดงความเครียดเฉือนและความเค้นเฉือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการความเครียดเฉือน

$$\gamma = \frac{x}{L} \tag{2.4}$$

เมื่อ γ คือ ความเครียดเฉือน (ไม่มีหน่วย)

x คือ ความยาวในแนวแกนที่เปลี่ยนไป (mm)

L คือ ความยาวเดิมในแนวตั้งฉากกับความยาวที่เปลี่ยนไป (mm)

2.4.3 Hardness testing

ในการเลือกวัสดุต้องใช้ค่าความแข็งเพื่อออกแบบให้วัสดุเกิดการเสียรูปหรือไม่เสียรูป ดังนั้น สิ่งที่ต้องใช้ในการเลือกวัสดุคือ Hardness หรือ ค่าความแข็งที่ควรใช้ในงานนี้จะใช้ผลจากการทดสอบ 2 ประเภท คือ

1. การทดสอบความแข็งแบบบริเนลล์ (Brinell Hardness Test) เป็นวิธีการทดสอบค่าความแข็งของวัสดุที่ได้รับความนิยมมากและแม่นยำจนถูกนำไปใช้ในงานระดับสากล ผ่านการคิดค้นและพัฒนามาเนิ่นนานนับร้อยปี วิธีการวัดความแข็งแบบบริเนลล์จะใช้หัวลูกบอลเหล็กกล้าชุบ (ลูกบอลคาไบด์) มีให้เลือกหลายขนาด แต่ส่วนใหญ่จะนิยมใช้ขนาด 10 มม. กดลงไปบนพื้นผิวที่ต้องการวัดค่าความแข็ง ทิ้งไว้ซักพักแล้วดึงเอาแรงกดออก จากนั้นค่อยวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรอยที่ปรากฏบนพื้นผิว เพื่อนำไปคำนวณตามสูตรเฉพาะต่อไป หรือบางครั้งอาจไม่ต้องคำนวณตามสูตรแต่เทียบตามตารางความแข็งของบริเนลล์คร่าวๆ ก็ได้เหมือนกัน โดยการทดสอบความแข็งแบบ บริเนลล์สามารถที่ให้ผลลัพธ์แม่นยำ แม้ว่าโครงสร้างพื้นผิววัสดุที่นำมาทดสอบจะไม่เรียบเสมอกัน รอยกดจะค่อนข้างกว้างและลึก ไม่เหมาะกับการทดสอบวัสดุบางและเล็ก แต่เหมาะสำหรับวัสดุที่จะนำไปตีขึ้นรูปและการสร้างที่มีสเกลงานค่อนข้างใหญ่

2. การทดสอบความแข็งแบบร็อคเวลล์ (Rockwell Hardness Test) คือ การทดสอบความแข็งแบบร็อคเวลล์ หรือ Rockwell Hardness Test คือ วิธีการทดสอบค่าความแข็งแบบดั้งเดิมที่ถูกคิดค้นมานานร้อยกว่าปี โดย Stanly P. Rockwell ได้รับความนิยมก็เพราะเป็นวิธีที่ใช้อุปกรณ์และเวลาไม่มากก็ทราบผล ส่วนวิธีการนี้ก็จะมีการใช้หัวกด 2 รูปแบบ คือ เพชรทรงกรวย ไว้ใช้กับโลหะที่แข็งที่สุด และ ลูกเหล็กทรงกลม ไว้ใช้กับ โลหะทั่วไป (แต่ละหัวกดก็มีหลายขนาดด้วยเช่นกัน) ส่วนวิธีการทดสอบก็จะเริ่มจากใช้แรงกดทั่วไป เหมือนจิ้มไว้เป็นตำแหน่งที่จะทดสอบก่อนจะลงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงกดหลักตามมาตรฐานกำหนดไว้อีกครั้ง หลังจากนั้นจะประเมินต่อว่า ความลึกบนวัสดุหลังถูกกดด้วยแรงกดคงที่มีมากน้อยแค่ไหน เพื่อหาค่าความแข็งของวัสดุให้มีความแม่นยำที่สุด โดยทดสอบการทดสอบความแข็งแบบร็อคเวลล์ (Rockwell Hardness Test) เป็นการทดสอบหาค่าความแข็งที่สามารถทดสอบวัสดุได้ครอบคลุมหลายชนิด การทดสอบทำได้ง่าย รวดเร็ว อ่านค่าได้ตรง แต่ก็อาจคาดเคลื่อนจากแรงกดทั่วไปได้ ทำให้ต้องพิถีพิถันในการเตรียมผิววัสดุที่ใช้ทดสอบให้ไร้รอยขีดข่วน

2.5 Processing

2.5.1 การกัด (Milling)

การกัด คือ การตัดเฉือนชิ้นงานส่วนที่ไม่ต้องการออกจากตัววัสดุ โดยการลากชิ้นงานผ่านมีดกัดที่หมุนอยู่กับที่ ซึ่งดอกกัดจะมีลักษณะใบอยู่ด้านข้างอาจมีจำนวนฟันตั้งแต่ 1 ฟันขึ้นไป การกัดแบ่งตามชนิดของเครื่องกัดออกเป็นการกัดแนวตั้งดอกกัดจะว่างอยู่ในตำแหน่งแนวดิ่งตั้งฉากกับชิ้นงาน และการกัดแนวนอนดอกกัดจะว่างอยู่ในตำแหน่งแนวขนานตั้งฉากกับชิ้นงาน ชิ้นงานที่ได้จากงานกัดจะมีลักษณะราบเรียบและแม่นยำ

1. งานกัดปาดหน้า (Conventional Face Milling) เป็นงานกัดที่ใช้ดอกกัดในการปาดหน้าชิ้นงานให้ราบเรียบ กำจัดส่วนที่ไม่ต้องการ ใช้พื้นที่ในการตัดเฉือนมาก เหมาะกับชิ้นงานที่ต้องการความเรียบของพื้นผิวและความขนานของชิ้นงาน

2. งานกัดข้าง (Side Milling) เป็นงานกัดที่ใช้ดอกกัดในการกัดพื้นผิวด้านข้างของชิ้นงานเพื่อให้ได้ความเรียบในแนวตั้ง สามารถปรับระดับความลึกได้ด้วยการปรับโต๊ะงาน

2.5.2 การกลึง (Turning)

การกลึงเป็นงานผลิตชิ้นงานทรงกลม โดยเครื่องกลึงจะจับยึดและหมุนชิ้นงานอยู่กับที่ บนเครื่องกลึงจะมีป้อมมีดที่เลื่อนเข้าหาชิ้นงานได้ ซึ่งใบมีดจะทำหน้าที่กลึงชิ้นงาน เหมาะสำหรับชิ้นงานทรงกระบอก เก็บคม และลบวัสดุส่วนเกิน

เครื่องกลึงยันศูนย์ (engine lathe) คือ เครื่องกลึงที่มีรูปทรงเป็นแนวนอน มีความเร็วรอบสูง เหมาะกับงานกลึงหลายหลายขนาดและหลากหลายประเภท มักนิยมใช้ในโรงงาน

1. กลึงปาดหน้า

งานกลึงประเภทจะใช้เมื่อต้องการความเรียบของหน้าชิ้นงาน ทำได้โดยการเลื่อนมีดกลึงตามเข้าแนวขวางกับชิ้นงาน ปรับระดับความลึกด้วยการเลื่อนป้อมมีดเข้าหาชิ้นงานตามแนวขนานกับชิ้นงาน ข้อควรระวังห้ามเลื่อนมีดกลึงเลยจุดศูนย์กลางของชิ้นงานเพราะจะทำให้มีดกลึงหักได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กลึงปลอก

กลึงปลอกนอกเป็นการกลึงจากด้านนอกเข้ามาด้านในของชิ้นงานแล้วเลื่อนป้อมมีดขนานไปกับชิ้นงาน ชิ้นงานที่ได้จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิ้นงานเล็กลง

3. การกลึงเกลียว

ทำได้ด้วยการปรับองศาป้อมมีดเป็นมุมครึ่งหนึ่งของมุมเรียวที่ต้องการ จากนั้นกลึงทีละน้อยจากด้านนอกจนถึงด้านในที่ต้องการ

2.5.3 การตัด (Cutting)

การตัดเป็นการแบ่งชิ้นงานออกเป็น 2 ส่วน การตัดประกอบไปด้วยการเคลื่อนไหว 2 จังหวะ คือ การตัดและการป้อนชิ้นงาน ในการตัดที่ใช้ความแม่นยำจะต้องมีการควบคุมการสั่นและอุณหภูมิที่เกิดขึ้นระหว่างชิ้นงานกับใบตัด การสั่นจะทำให้ระยะของการตัดเกิดการคลาดเคลื่อน ทั้งอุณหภูมิที่สูงเกินไปอาจส่งผลต่อการเสียรูปของตัววัสดุได้

2.5.4 การเจาะ (Drilling)

การเจาะเป็นตัดเฉือนชิ้นงานในลักษณะวงกลมโดยใช้ดอกสว่าน มีทั้งแบบเจาะทะลุชิ้นงานและแบบเจาะไม่ทะลุชิ้นงาน การเจาะรูขนาดใหญ่จะใช้ความเร็วรอบต่ำแต่การเจาะรูขนาดเล็กใช้อัตราความเร็วรอบสูง ยิ่งรูที่เจาะมีขนาดเล็กเท่าไหร่แรงที่ดอกสว่านได้รับยิ่งมากเท่านั้นส่งผลให้ดอกกัดหักง่าย โดยเฉพาะชิ้นงานโลหะจำเป็นจะต้องมีการใส่น้ำมันหล่อลื่นเพื่อลดความร้อนที่อาจส่งผลต่อรูเจาะได้เพราะเกิดการหลอมละลายของวัสดุ

2.5.5 การต๊าปมือ (Hand Tap)

เป็นการต๊าปด้วยมือโดยใช้เครื่องจับดอกต๊าป(Tap Wrenches) การต๊าปประเภทนี้เหมาะกับชิ้นงานที่มีความแข็งเพราะดอกต๊าปมือมักทำมาจากวัสดุที่มีความแข็งเช่น เหล็กกล้า HSS การต๊าปมือจะต้องใช้ดอกต๊าป 3 ดอก ได้แก่

1. ตัวเรียว (Taper Tap) เป็นดอกนำปลายดอกมีปลายเรียว มีจำนวนฟันน้อยกว่าดอกตาม เหมาะสำหรับใช้ในการตัดเกลียวในวัสดุที่มีความแข็งมาก

2. ตัวตาม (Plug Tap) ดอกตามนี้จะมีจำนวนฟันทำเกลียวมากที่สุดเหมาะกับงานที่เป็นรูเจาะทะลุหรือรูตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ตัวสุดท้าย (Bottoming Tap) ลักษณะดอกต๊าปเกลียวนี้คือจะมีปลายเรียวเล็กน้อย เพื่อช่วยให้เข้าไปในชิ้นงานตอนเริ่มต้นต๊าปเกลียวเท่านั้น เหมาะสำหรับรูที่ผ่านการต๊าปชนิดอื่นนำร่องมาก่อน ใช้ในการสร้างรูทะลุและไม่ทะลุ

การคำนวณขนาดรูเจาะที่ใช้ต๊าปเกลียว

จากสมการ

$$M - P = D \tag{2.5}$$

โดยที่ M คือ ขนาดของดอกต๊าป, (mm)

P คือ ระยะพิทช์, (mm)

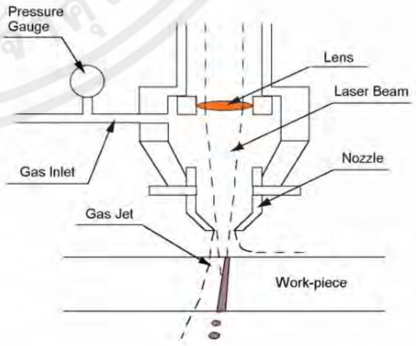
D คือ ขนาดรูเจาะ, (mm)

2.5.6 การตัดเลเซอร์

เป็นการตัดชิ้นงานโดยหัวเลเซอร์ไม่สัมผัสกับชิ้นงาน ใช้ความร้อนจากไฟฟ้าในการตัด ทำได้ด้วยการตั้งความในการตัดและกำลังไฟให้เหมาะสมกับความหนาของชิ้นงาน ชิ้นงานที่ตัดด้วยการตัดตัดเลเซอร์จะมีขอบคม มีความแม่นยำสูงมากเมื่อเทียบกับการตัดพลาสม่าหรือ CNC เลเซอร์ที่ใช้จะแบ่งเป็น

1.คาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์เหมาะกับการตัดวัสดุประเภทอโลหะ เช่น อะคริลิค ไม้ ยาง

2.ไฟเบอร์เลเซอร์ เหมาะกับการตัดวัสดุประเภทโลหะ เช่น อลูมิเนียม เหล็ก

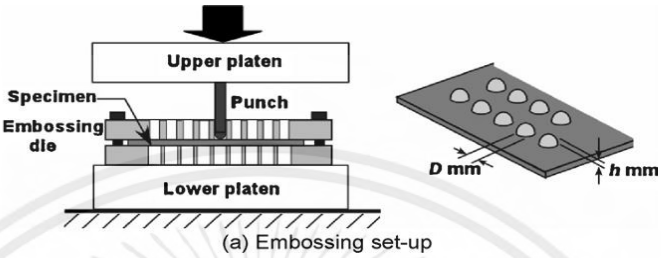


รูปที่ 2.17 การตัดเลเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 Embossing

เป็นงานปั้มลายนูน โดยการกดวัตถุกับเป้ารับให้มีเกิดรอยนูนตามลักษณะของเป้ารับบนวัตถุ ในการปั้มลายนูนจะกอบด้วยตัวปั๊มและแม่พิมพ์ การจะสร้างรอยนูนที่สวยนั้นขึ้นอยู่กับความเรียบของตัวปั้มและแม่พิมพ์ แรงที่ใช้ในการกดปั๊มขึ้นอยู่กับค่าคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้พิมพ์ ต้องไม่ใช้แรงในการกดปั๊มเกินกว่า ค่าที่วัสดุเกิดการแตกหักเพื่อไม่ให้ลอยนูนเกิดความเสียหาย



รูปที่ 2.18 หลักการ Embossing

2.7 กระบวนการทาง Finite Element Method (FEM)

กระบวนการ Finite Element Method (FEM) เป็นเทคนิคทางวิศวกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และวิศวกรรม โดยการแบ่งโครงสร้างหรือวัตถุที่ต้องการศึกษาออกเป็นชิ้นย่อยๆ ที่เรียกว่า "elements" และการแบ่งพื้นที่หรือปริมาตรนั้นเรียกว่า "mesh" หลังจากนั้นจะนำคุณสมบัติของวัตถุแต่ละชิ้นมาประมวลผลในรูปแบบของสมการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งจะทำให้สามารถคำนวณหาคำตอบที่แตกต่างกันไปในแต่ละจุดของโครงสร้างได้

2.7.1 Total Deformation

ในการวิเคราะห์โครงสร้างแบบ Finite Element Analysis (FEA) สามมิติ (3 มิติ) การเคลื่อนที่รวมของโครงสร้างสามารถคำนวณได้โดยการใช้ความยาวของเวกเตอร์เคลื่อนที่แต่ละจุด สมมติว่าเรามีโครงสร้างที่มีจำนวน N จุด และ M องศาอิสระต่อจุด (เมื่อ M เป็น 3 สำหรับการวิเคราะห์ 3มิติ แทนการเคลื่อนที่ในทิศทาง x, y และ z) เคลื่อนที่รวมของจุดที่ i ในองศาอิสระ j สามารถแบ่งเป็น u_{ij} และเวกเตอร์ที่เคลื่อนที่ที่จุด i คือ $u_i=[u_{i1}\ u_{i2}\ u_{i2}]$ เป็นสมการ Total deformation

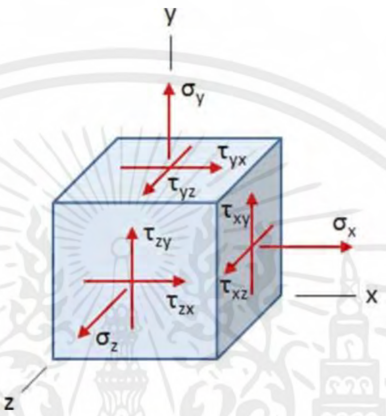
$$\textit{Total deformation} = \sum_{i=1}^{N}[u_i] \tag{2.6}$$

u_i คือความยาวของเวกเตอร์เคลื่อนที่ที่จุด i

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 Von Mises Stress

Von Mises stress เป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์งานทางวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อประเมินว่าวัสดุเหนียว (Ductile material) จะเกิดการเสียหายแบบถาวร (Yielding) ภายใต้สภาวะแรงกระทำหลายทิศทาง เพื่อใช้ในการออกแบบและวิเคราะห์สร้างชิ้นงานให้สามารถรับแรงได้และไม่เสียหาย โดยพิจารณา จากการตัดอนุภาค 3 มิติ โดยใช้ความเค้นและความเครียดในแต่ละแกน และแต่ละระนาบมาคิด



รูปที่ 2.19 ความเค้นและความเค้นเฉือนในทิศทาง 3 มิติ

เป็นสมการ Von Mises Stress

$$\sigma_{vm} = \sqrt{0.5(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 3(\tau_{xy}{}^2 + \tau_{yz}{}^2 + \tau_{zx}{}^2)} \quad (2.7)$$

เมื่อ $\sigma_{x,y,z}$ คือ Principal stresses ใน 3 ทิศทางแกน X, Y, Z

τ_{xy} คือ ความเค้นเฉือนในระนาบ XY

τ_{yz} คือ ความเค้นเฉือนในระนาบ YZ

τ_{zx} คือ ความเค้นเฉือนในระนาบ ZX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

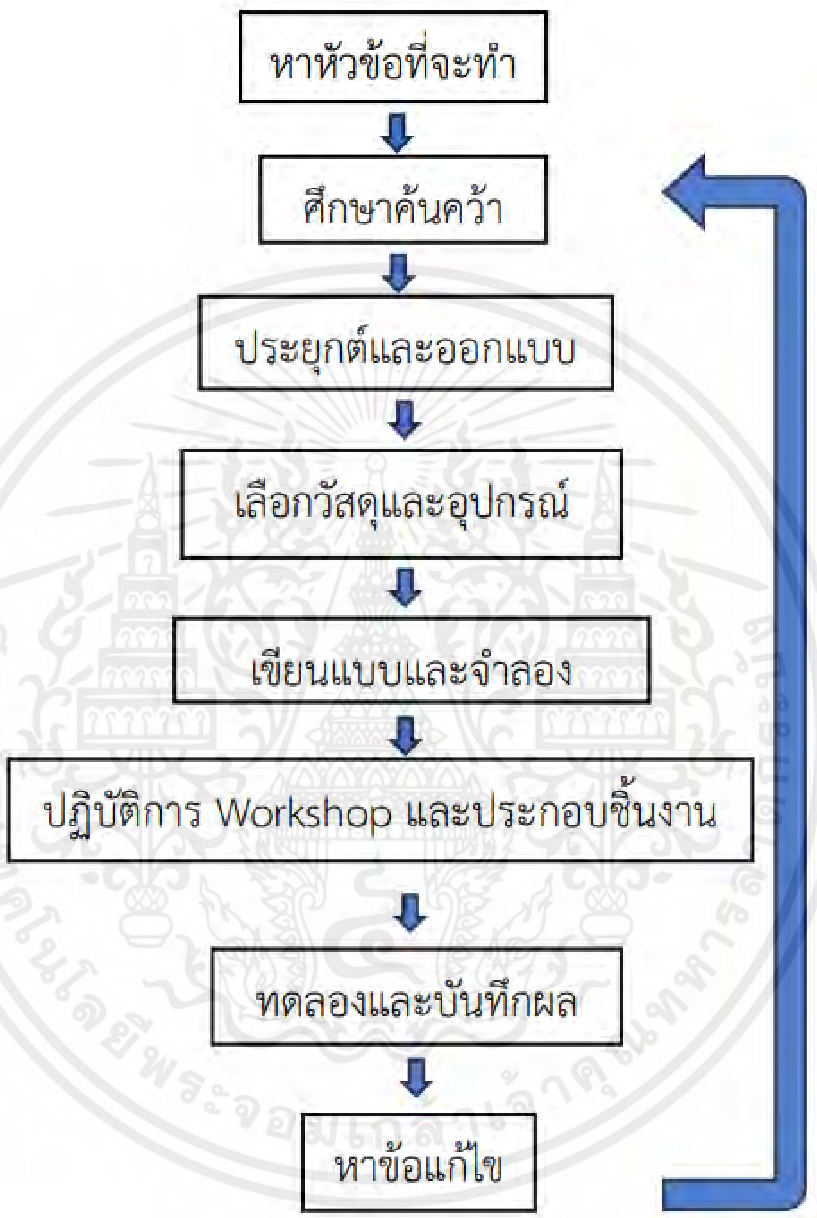
บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาและการทำโครงงาน เริ่มต้นโดยคิดหาหัวข้อในการทำโครงงาน โดยได้รับหัวข้อการทำเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ลงบนแผ่นอลูมิเนียมสองแผ่นซึ่งใช้เป็นต้นแบบในการอัดแผ่นกระดาษต่อไป โดยต้องการใช้เข็มเพียงเข็มเดียวพิมพ์ทีละจุด แทนการพิมพ์อักษรเบรลล์ 1 ตัวทีเดียวด้วยเข็มกด 6 เข็ม ดังนั้นจึงเริ่มศึกษาเครื่องพิมพ์อักษรเบลล์ที่มีอยู่ก่อน โดยได้รับหลักการของการพิมพ์มาศึกษาด้วยการค้นคว้าทางอินเตอร์เน็ตและไปดูเครื่องพิมพ์ที่ใช้พิมพ์จริงๆ โดยได้รับความร่วมมือจากศูนย์เทคโนโลยีการศึกษาเพื่อคนตาบอด และนำแผ่นอลูมิเนียมตัวอย่างกลับมาด้วย เพื่อวัดขนาดของหลุมตัวอักษร จากนั้นจึงร่วมกันอภิปรายแนวคิดในการทำโครงงาน เลือกกลไก เลือกวัสดุที่ใช้ทำโดยเลือกจากส่วนประกอบที่มีอยู่แล้วในท้องตลาดในการประกอบเป็นชิ้นงาน จากนั้นเอารูปแบบที่วาดร่างคร่าวๆก่อนมาประกอบกันในโปรแกรม CAD ซึ่งทางกลุ่มได้เลือกโปรแกรม SolidWorks ในการวาดโมเดลของชิ้นงาน และจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม Ansys จากนั้นก็นำส่วนประกอบต่างๆ มาประกอบขึ้นมาเป็นชิ้นงาน โดยใช้กระบวนการทาง Manufacturing Process เช่นการตัด การเจาะ การเชื่อม การเจียร เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 แผนการดำเนินงาน



รูปที่ 3.1 แผนการดำเนินงาน

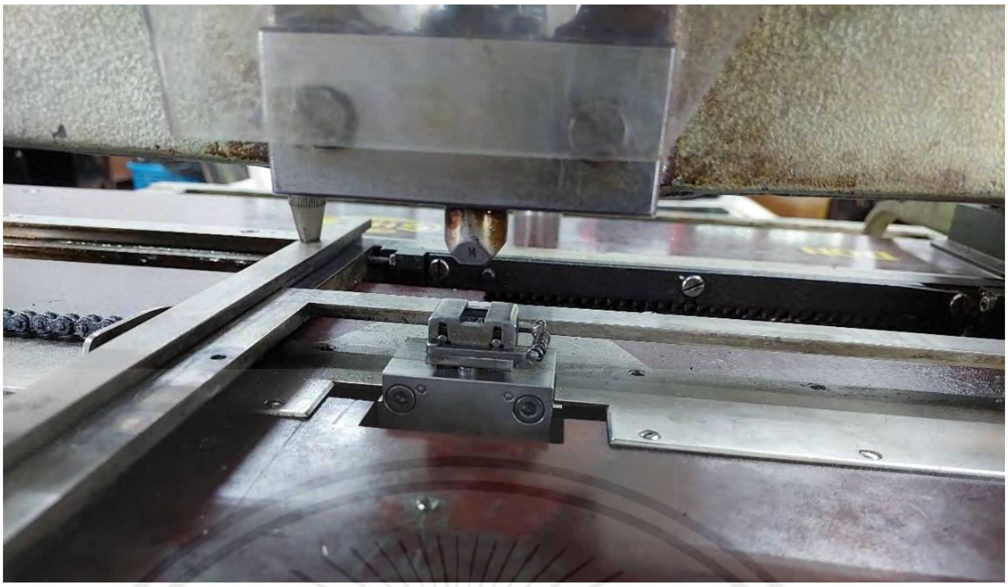
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 เครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ต้นแบบ

วันที่ 6 สิงหาคม 2566 ได้เดินทางไปที่ศูนย์เทคโนโลยีการศึกษาเพื่อคนตาบอด จังหวัดนนทบุรี เพื่อหาต้นแบบและหลักการในการพิมพ์อักษรเบรลล์ลงบนแผ่นอลูมิเนียม และวัดค่าต่างๆ เพื่อใช้ในการออกแบบชิ้นงาน ได้แก่ ขนาดหัวกด ขนาดหลุมรับหัวกดในเบ้ารับ ขนาดตัวอักษรเบรลล์บนแผ่นอลูมิเนียม เป็นต้น และก็ได้ขอแผ่นลูมิเนียมตัวอย่างมาด้วย

รูปที่ 3.2 เครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ที่ศูนย์เทคโนโลยีการศึกษาเพื่อคนตาบอด

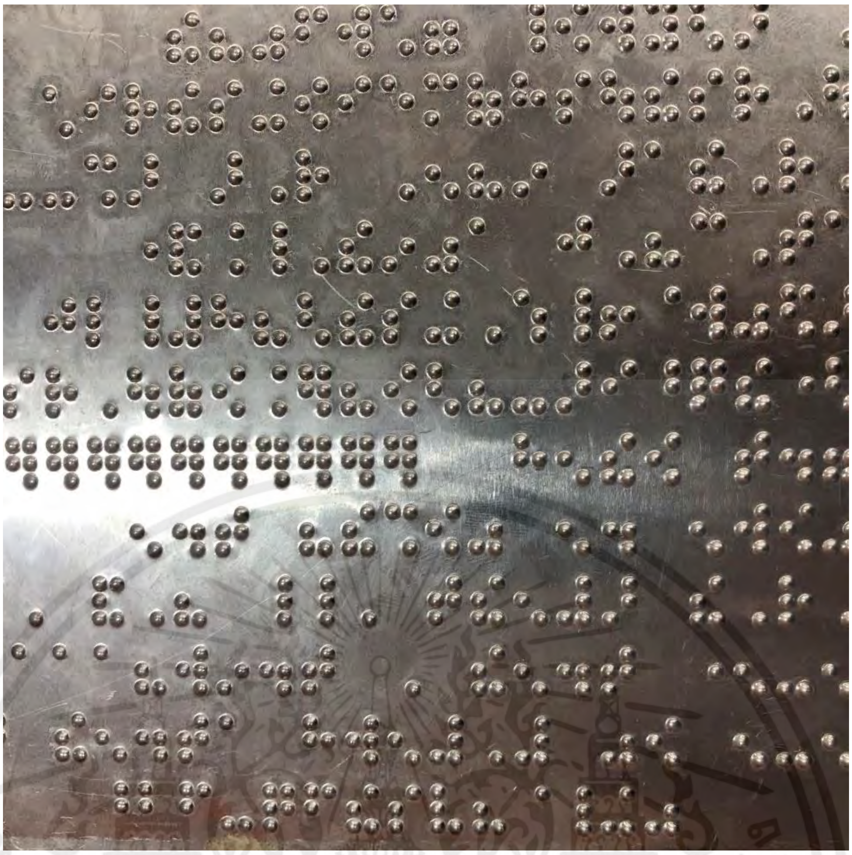
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 เข็มพิมพ์และเบ้ารับ

รูปที่ 3.4 หัวกดพิมพ์อักษรเบรลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แผ่นอลูมิเนียมที่พิมพ์อักษรเบรลล์แล้ว

3.3 แรงที่ใช้ในการกด

จากสมการ $F = lt\tau$

τ ความต้านทานการรับแรงเฉือน (Shear strength) ของอลูมิเนียม series 1000 ใช้ค่าความต้านทานการรับแรงเฉือนเท่ากับ 125×10^{6} Pa ซึ่งเป็นค่าที่มากที่สุดในกลุ่มอลูมิเนียม อ้างอิงจาก Aluminum 1100-H19 Foil

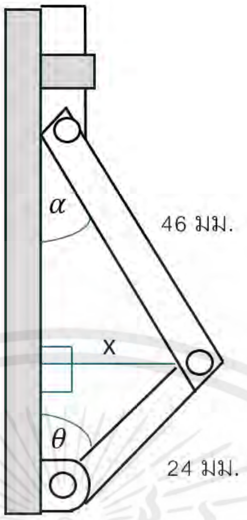
l ความยาวเส้นรอบวงของอักษรเบรลล์ ใช้ค่า $\pi \times 1.5 \times 10^{-3} = 4.712 \times 10^{-3}$ m^2

t ความลึกที่กดลงไป ใช้ค่า 5×10^{-4} m

ดังนั้นจะได้แรงกด (Punching force) 295 N จากนั้นนำค่าไปเลือก Ejector จาก Catalog ที่สามารถรับความเค้นจากแรงดังกล่าว 295 N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณแรงที่ต้องใช้จาก Toggle



รูปที่ 3.6 กลไกของ Toggle

จากภาพ กลไกของ Toggle เริ่มโดยการเคลื่อนที่ของมุม θ ทวนเข็มนาฬิกาให้กลไกทำงาน ทำให้เกิดแรงเจาะไปด้านบน เพื่อคำนวณแรงที่ใช้ในการกด จึงต้องคำนวณสมการทางคณิตศาสตร์ ได้สมการดังนี้

$$T = \; Fx \tag{3.1}$$

โดย T คือแรงบิดที่กระทำกับแท่งขนาด 24 มม.

$$X = 24sin\theta \tag{3.2}$$

$$\alpha = asin(\frac{x}{46}) \tag{3.3}$$

ระยะเริ่มต้น มุม θ ที่ 29 องศา จากการวัด โดย Toggle จะเจาะบนเป็นระยะ 0.5 มม. จนสิ้นสุดที่มุม θ ที่ 0 องศา หรือโดยคิดจากการคำนวณโดยสมการ

$$70 - h = 24cos\theta + 46\cos\alpha \tag{3.4}$$

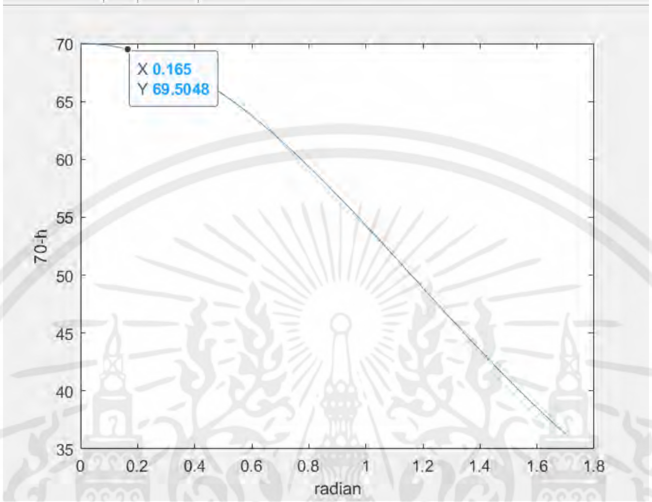
โดย h คือระยะที่ต้องการเจาะเข้าไปจนสุด ในที่นี้จะใช้ 0.5 มม. ตามความลึกของอักษรเบรลล์มาตรฐาน และเมื่อนำสมการที่ (2) และ (3) ไปใส่ในสมการที่ (4) ก็จะได้สมการ

$$69.5 = 24\cos\theta + 46\cos\left(\frac{24sin\theta}{46}\right) \tag{3.5}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อใช้โปรแกรม Matlab เพื่อหามุม θ

```
x = [0:0.0001:1.7];
eqn = 24*cos(x) + 46*cos(asin((24*sin(x))/46));
plot(x,eqn)
xlabel('radian');
ylabel('70-h') %find 69.5
```



รูปที่ 3.7 การใช้โปรแกรม Matlab คำนวณหามุมที่ต้องการ

จากรูปจะได้มุม 0.165 *radian* หรือเท่ากับ $0.165 \times 180 = 29.7°$ จากนั้นจะใช้สมการที่ (1) จะได้สมการ $T = 295 \times 0.24 \times sin29.7°$ ดังนั้นแรงบิดที่ใช้มากสุดคือ 3.5 *Nm* พบว่าจะใช้แรงของมนุษย์ทดสอบได้สบายหากใช้เครื่องมือ *Toggle* เพื่อให้แผ่นอลูมิเนียมเกิดการเสียรูป

3.4 การเลือกวัสดุเพื่อเลือกนำมาทำเข็มกดและเบ้ารับ

เพื่อที่จะทำให้แผ่นอลูมิเนียมเสียรูป จึงต้องหาวัสดุที่มีความแข็งกว่าแผ่นอลูมิเนียมเพื่อนำมาทำเข็มกดและเบ้ารับ โดยเข็มกดและเบ้ารับทำให้แผ่นอลูมิเนียมเสียรูปการเป็นตัวอักษรเบรลล์แต่ตัวเข็มและเบ้ารับไม่เกิดความเสียหายหรือเสียหายน้อยที่สุดในช่วงเวลาที่รับได้

ตารางที่ 3.1 ขนาดของเข็มและเบ้าที่ทดสอบ

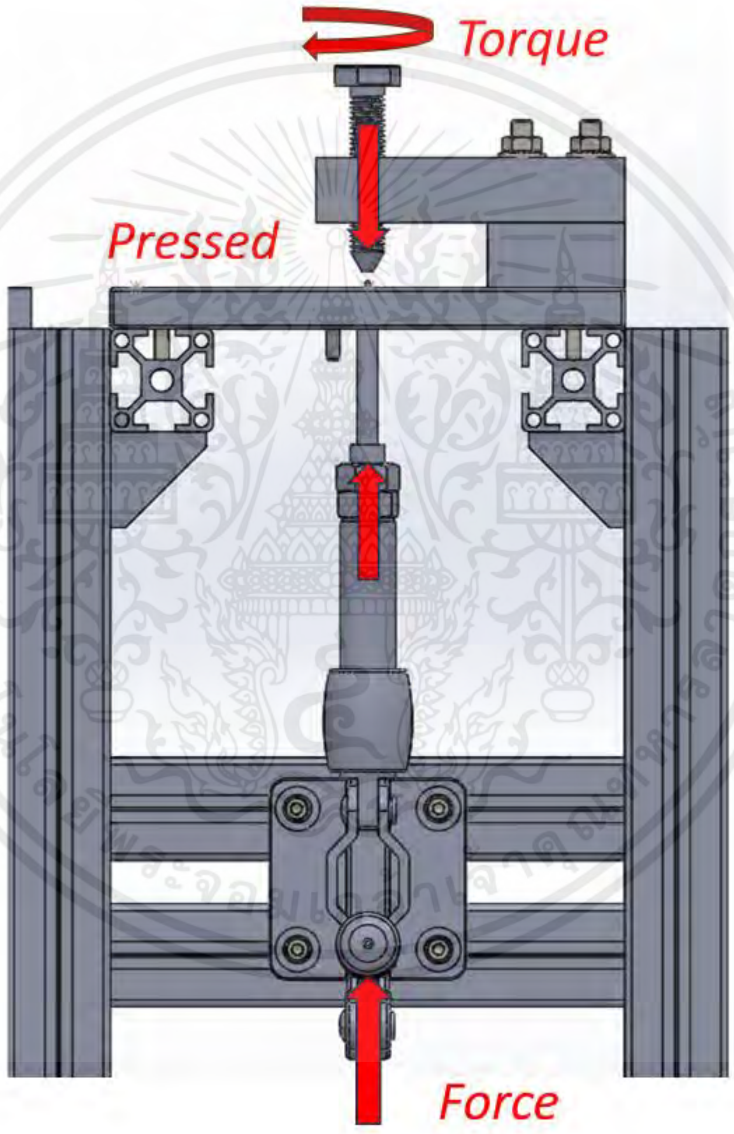
อุปกรณ์	วัสดุ	ค่าความแข็ง (Hardness)	Shear strength	Tensile strength
แผ่นอลูมิเนียม	Aluminum 1100	23 (Brinell)	125 MPa	89.6 MPa
เข็มกด	SKD11, SKD61	255 (Brinell)	N	1155 MPa
เบ้ารับ	S45C	201 (Brinell)	341 MPa	569 MPa

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การออกแบบชุดทดสอบเข็มเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์

3.5.1 ออกแบบระบบกลไกการทดสอบการทำงานของชุดทดสอบ

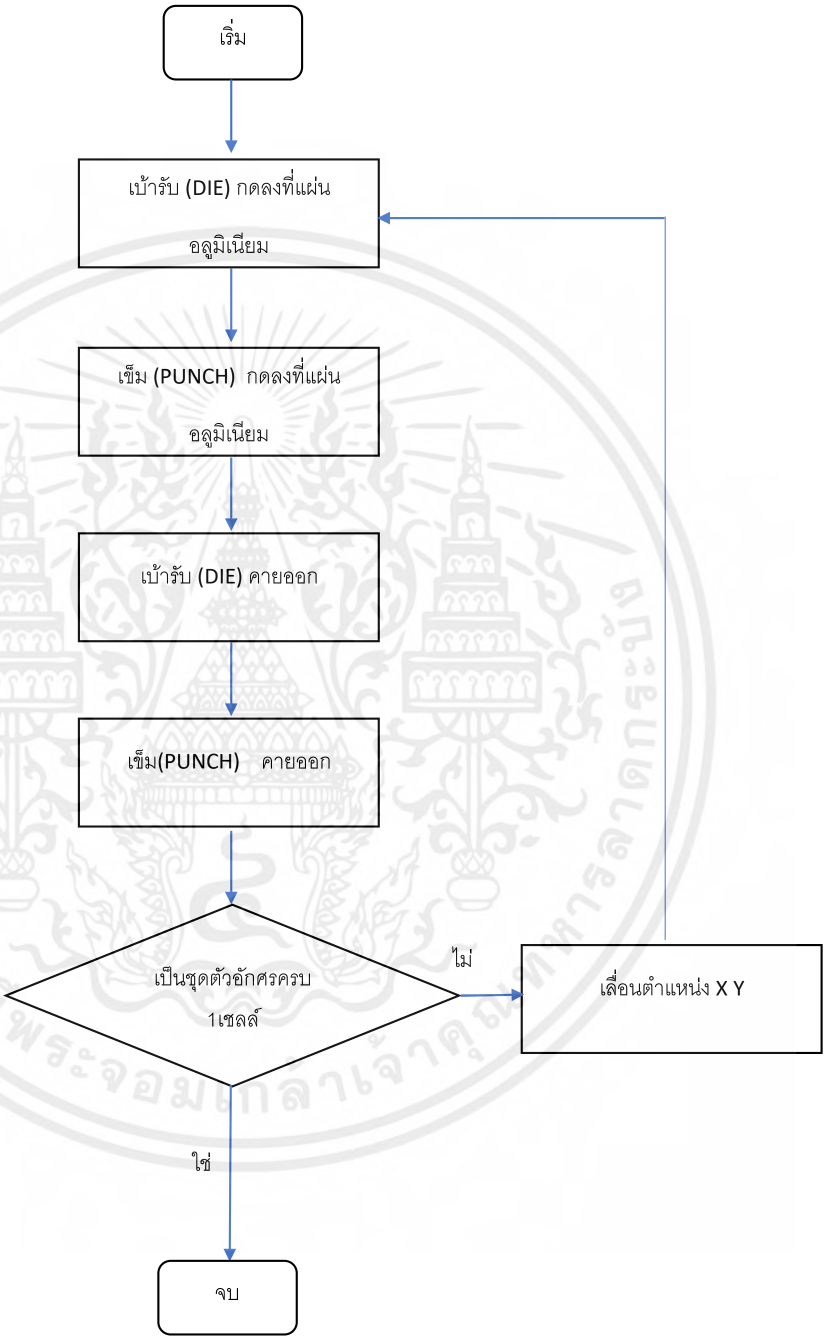
ออกแบบระบบการทำงานของชุดทดสอบโดยใช้ Toggle Clamp มาใช้เป็นอุปกรณ์ในการส่งแรงเพื่อให้ Punch ดันขึ้นไปพิมพ์อลูมิเนียมให้เป็นอักษรเบรลล์



รูปที่ 3.8 แนวคิดการทำงานของชุดทดสอบเข็มพิมพ์อักษรเบรลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำมาเขียนเป็น Flowchart การทำงานของชุดสอบเข็มเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์จะได้หลักการทำงานของชุดทดสอบดังนี้



รูปที่ 3.9 Flowchart การทำงานของชุดทดสอบเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์

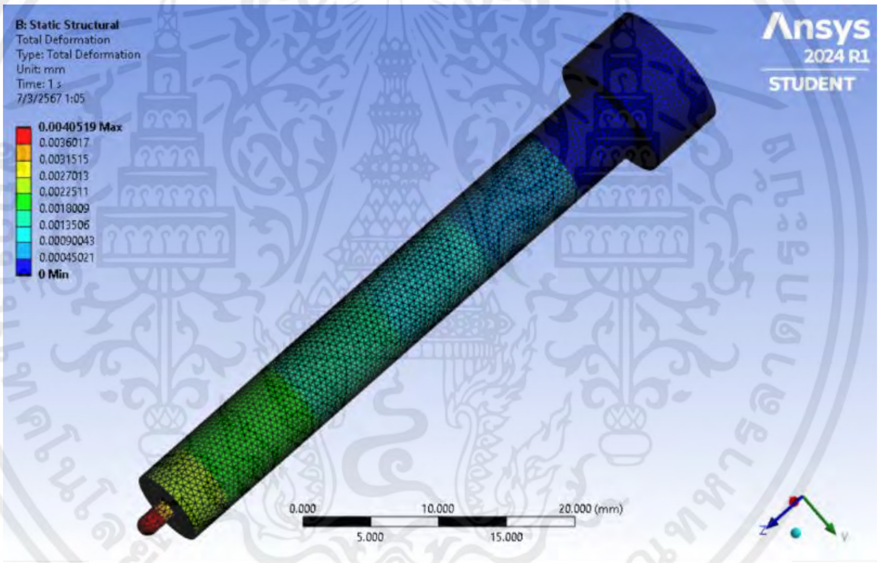
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 ออกแบบระบบกลไกการทดสอบการทำงานของชุดทดสอบ

ออกแบบชิ้นส่วนของเข็มโดยใช้ Ejector Pin ใช้ในการออกแบบและทำหัว จากโปรแกรม SOLIDWORK 2020 ใช้วัสดุ AISI D2 หรือ SKD11 มาใช้ในการออกแบบ โดยออกแบบเป็นเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวเข็ม 3 ขนาด ได้แก่ ø1.5 มม ø1.6 มม และ ø1.7 มม

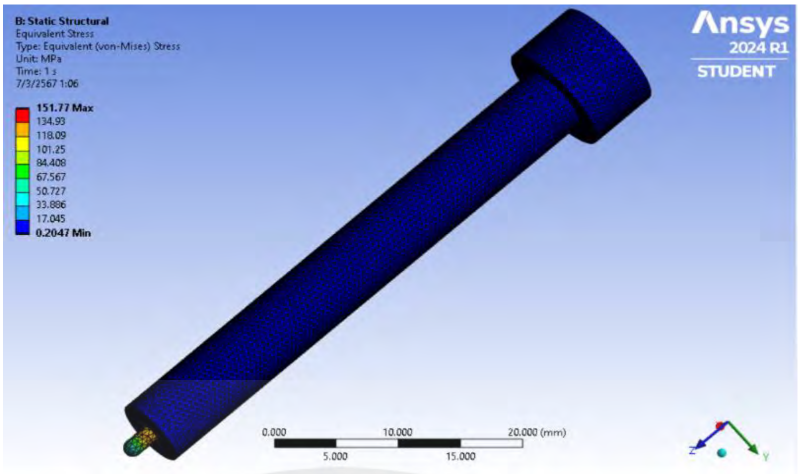
ทดสอบความแข็งแรงเข็ม Punch

ทดสอบความแข็งแรงของเข็ม Punch โดยใช้โปรแกรม Ansys 2024 R1 โดยกำหนดการทดสอบโดยให้แรงกดขนาด 300N ที่ปลายของหัว Punch ซึ่งเป็นแรงที่ทำให้แผ่นอลูมิเนียม 2 แผ่น เกิดการนูนเป็นอักษรเบรลล์ โดยได้ผลการทดสอบ Total Deformation, Equivalent (von-Mises) Stress, Fatigue Life



รูปที่ 3.10 Total Deformation ของ Punch

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 Equivalent (von-Mises) Stress ของ Punch

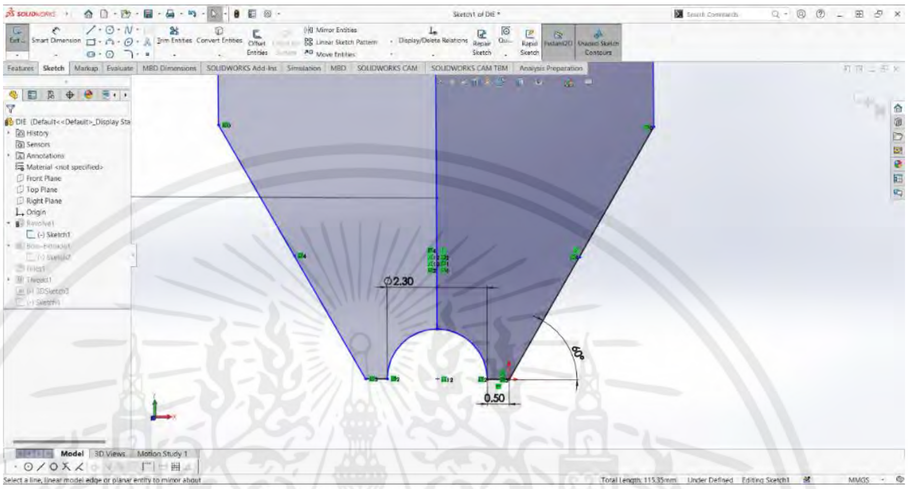
รูปที่ 3.12 Fatigue Life ของ Punch

ผลจากการทดสอบ ได้ค่า Total Deformation น้อยที่สุดประมาณ 0 มม. และมากที่สุดประมาณ 0.0040519 มม. และได้ค่า Equivalent (von-Mises) Stress น้อยที่สุดประมาณ 0.2047 Mpa และได้ค่ามากที่สุดประมาณ และค่า Fatigue Life น้อยที่สุดประมาณประมาณ 70544 ครั้ง และมากที่สุดประมาณ $1x10^6$ ครั้ง

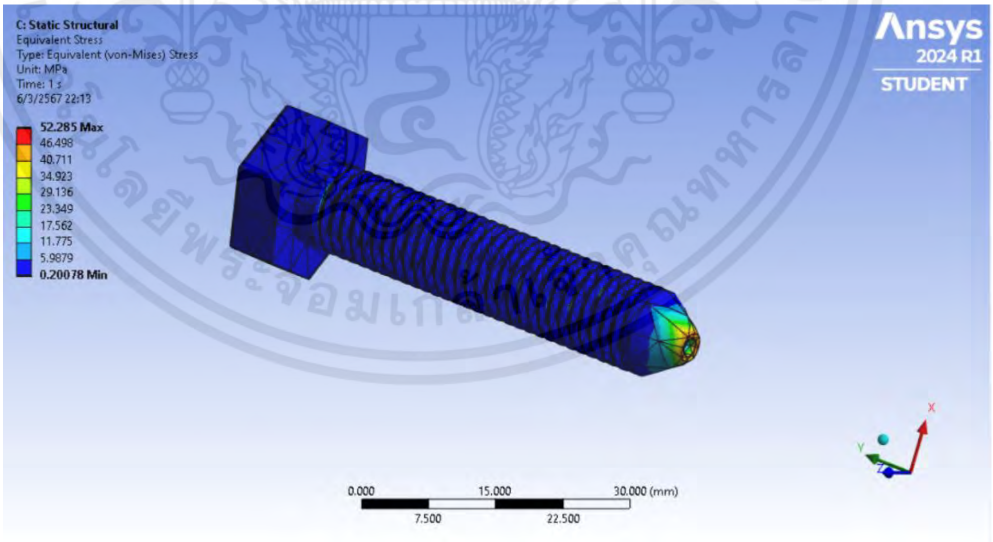
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3 ออกแบบเบ้ารับ

ออกแบบชิ้นส่วนของเบ้ารับโดยใช้สกรูหัวหกเหลี่ยมมาออกแบบเบ้ารับ Die ซึ่งได้ ออกแบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ die ได้ออกแบบมาทั้งหมด 3 ขนาด ได้แก่ ø2.0 มม. ø2.7มม. และขนาด ø2.9 มม. และระยะขอบ 0.5 มม. เพื่อใช้ในการทดลองทั้ง 3 แบบเพื่อหาขนาดที่เหมาะสมที่สุดในการพิมพ์อักษรเบรลล์บนแผ่นอลูมิเนียม



รูปที่ 3.13 การออกแบบขนาดเบ้ารับ ด้วย Solidworks

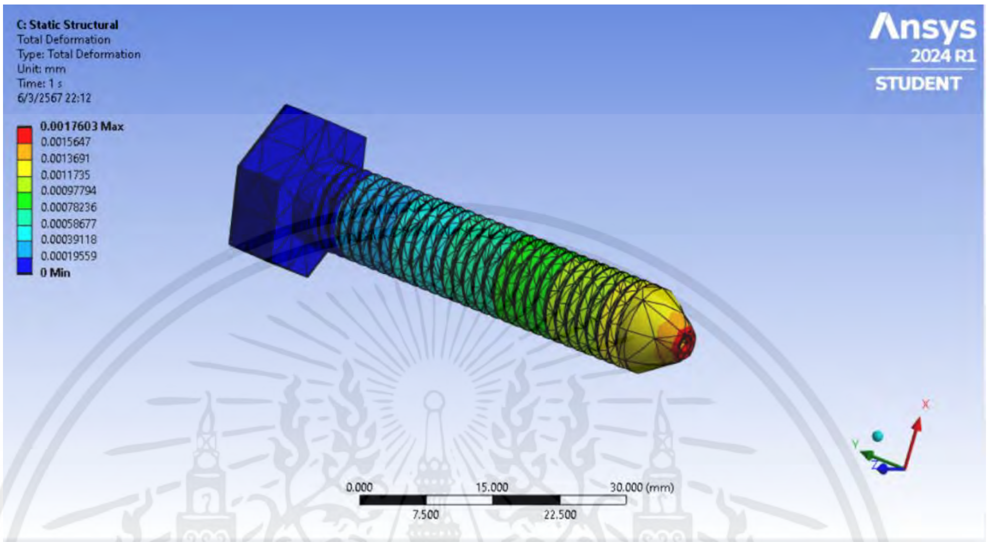


รูปที่ 3.14 Equivalent (von-Mises) Stress ของDie

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดสอบความแข็งแรงของDIE

กำหนด Boundary Condition ให้แรงขนาด 300 N ตรงปลายของ Die เนื่องจากแรงที่ต้องใช้กดแผ่นอลูมิเนียม ประมาณ 295 N และ Fixed ที่ด้านหัวน็อต



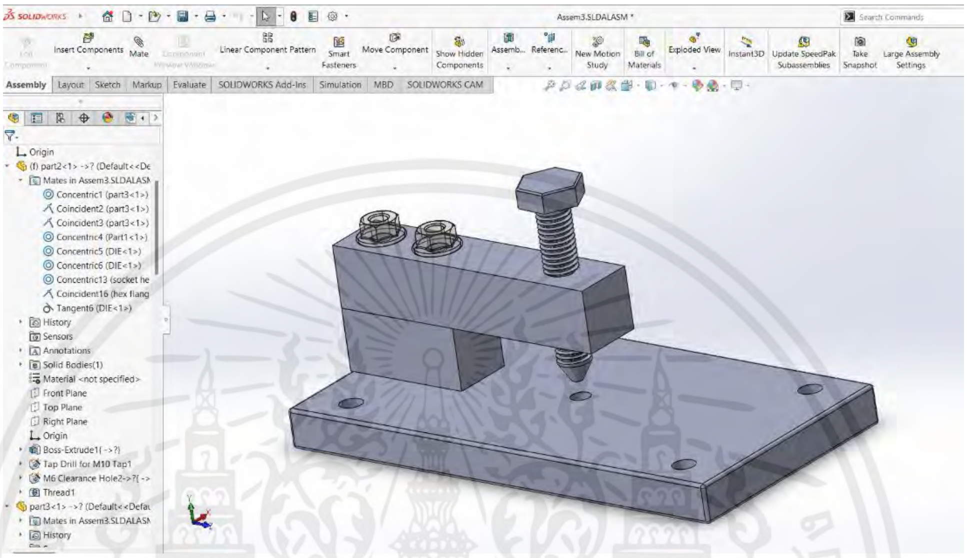
รูปที่ 3.15 Total Deformation Stress ของ Die

ผลจากการทดสอบ ได้ค่า Total Deformation น้อยที่สุดประมาณ 0 มม. และมากที่สุดประมาณ 0.0017603 มม. และได้ค่า Equivalent (von-Mises) Stress น้อยที่สุดประมาณ 0.2278 Mpa และได้ค่ามากที่สุดประมาณ 52.285 Mpa

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

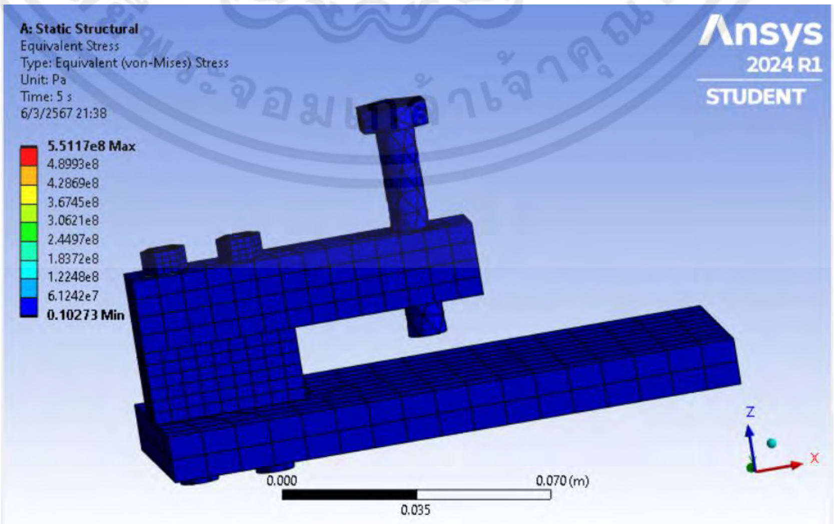
3.5.4 ออกแบบชิ้นส่วนรองรับ Die

ออกแบบชิ้นส่วนรองรับ Die โดยใช้เหล็กขนาด หนา 12 มม. ขนาด 76.2x150 มม. ต่อกับชิ้นส่วนเหล็ก 19x19 มม. ยาว 40 มม. และ 19x19 มม. ยาว 90 มม. และทำการต๊าปเกลียว M10x1.5 ที่ปลายเพื่อเป็นส่วนรองรับของ Die



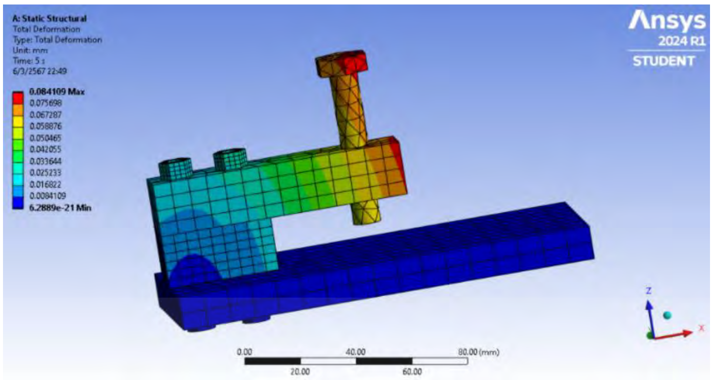
รูปที่ 3.16 การออกแบบส่วนรองรับ Die ใน solidworks

ทดสอบความแข็งแรง ออกแบบชิ้นส่วนรองรับ DIE



รูปที่ 3.17 Equivalent (von-Mises) Stress ของชิ้นส่วนรองรับ Die

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

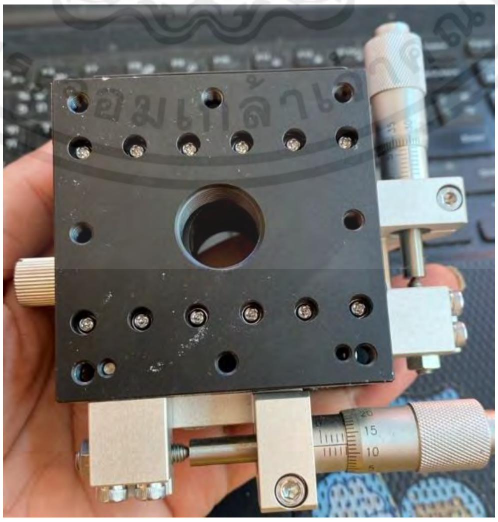


รูปที่ 3.18 Total Deformation ชิ้นส่วนรองรับ Die

ผลจากการทดสอบ ได้ค่า Total Deformation น้อยที่สุดประมาณ 6.2889 x 10^{-21} มม. และมากที่สุดประมาณ 0.084109 มม. และได้ค่า Equivalent (von-Mises) Stress น้อยที่สุดประมาณ 0.10273 Mpa และได้ค่ามากที่สุดประมาณ 52.85 Mpa

3.5.5 **ออกแบบการคลื่อนที่ในการพิมพ์ในแนวแกน** XY

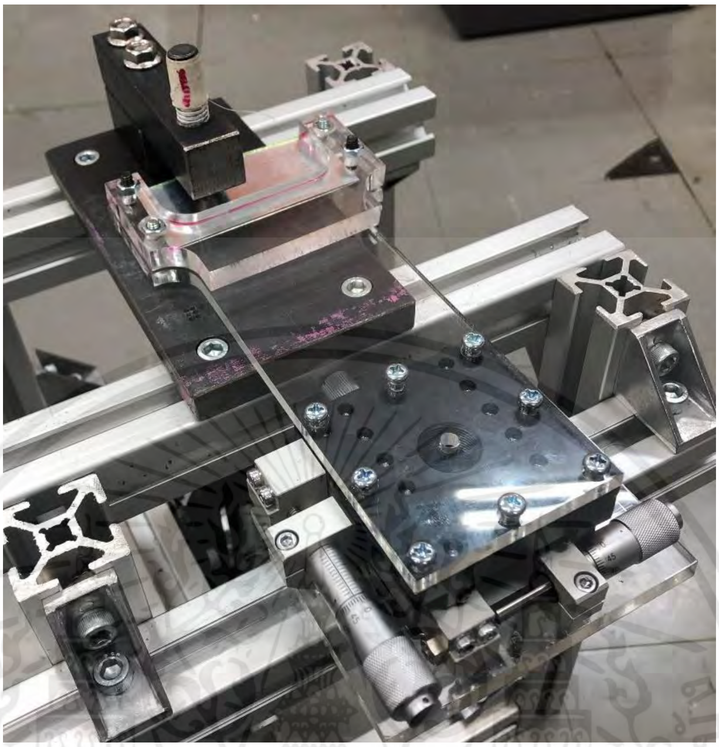
ใช้ XY slide Table การขยับการพิมพ์ในจุดต่างๆ สามมารถเคลื่อนที่ได้ละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร โดยสามารถเคลื่อนที่ในแนวแกน X 150 มิลิเมตร และในแนวแกน Y 150 มิลิเมตร



รูปที่ 3.19 XY Slide Table

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.6 หลักการทำงานของชุดทดสอบ



รูปที่ 3.20 ตัวอย่างชุดทดสอบเข็มพิมพ์อักษรเบรลล์

1. ใส่แผ่นอลูมิเนียมหนา 0.4 มม. สองแผ่นลงในแผ่นอะคริลิค และยึดด้วยการหนีบแผ่นอะคริลิคด้วยสกรูให้แน่น
2. ปรับเลื่อนตำแหน่งจุดแรกที่ต้องการพิมพ์ตามแกน X และ Y
3. หมุน Bolt M10 (Die) ให้แตะกับแผ่นอลูมิเนียมด้านบน
4. ออกแรงดัน Toggle Clamp ใช้ แรงบิดมากที่สุด 3.5 Nm ให้ดัน Punch ไปกดที่แผ่นอลูมิเนียม
5. หมุน Bolt M10 (Die) เลื่อนขึ้น
6. ปรับเลื่อนตำแหน่ง แกน X และ แกน Y เพื่อพิมพ์ในจุดต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 กรรมวิธีการผลิต

ในการสร้างชิ้นงานและชุดทดสอบ จำเป็นต้องใช้ความรู้เรื่องกรรมวิธีผลิตในการสร้างชิ้นงาน เริ่มตั้งแต่การออกแบบโดยคาดการณ์ถึงความเป็นไปได้ในการผลิต ได้แก่ การเลือกซื้อวัสดุที่สามารถรับแรงในการทดสอบโดยไม่เสียหาย ทำให้ขนาดและรูปทรงพอดีกับการทดสอบโดยการนำวัสดุมาผ่านการกลึงกัดตัดเจาะ จากนั้นออกแบบการติดยึดของวัสดุแต่ละชิ้นเข้าด้วยกัน เช่น การเจาะ (Drilling) การต๊าปเกลียว (Tapping process) ยึดด้วยน็อต การเชื่อม เป็นต้น

3.6.1 การกลึง

ส่วนของหัวกดและดายจำเป็นต้องออกแบบให้ความละเอียด เพื่อใช้ในการกดอัดให้เกิดตัวอักษรเบรลล์ ดังนั้นจึงหาน็อตดำที่มีความแข็งมากมาทำเบ้ารับมากลึงปลอกให้เส้นผ่านศูนย์กลางเล็กลงเพื่อให้สามารถผ่านรูที่เจาะได้และยึดติดโดยเกลียวของมันเอง ทำการเจาะโดยหัวเจาะ ball nose ให้เกิดเบ้ารับเข็มกด จากนั้นกลึงปาดหน้าและกลึงเรียวให้พื้นที่ที่สัมผัสแผ่นอลูมิเนียมมีขนาดเล็ก เพื่อไม่ให้หน้าสัมผัสไปทำให้เกิดรอยนูนที่เกิดจากการกดก่อนหน้าเสียหาย ส่วนประกอบอีกชิ้นคือ Ejector pin เพื่อนำมาใช้เป็นเข็มกด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม. มากลึงปลอกให้ได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 มม. แล้วนำไปเจียรให้โค้งมนต่อไป เพื่อให้เกิดหัวกดที่มีลักษณะนูนเช่นเดียวกับอักษรเบรลล์

รูปที่ 3.21 กรรมวิธีการเจาะด้วยเครื่องกลึง และการกลึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2 การเจียระไน

ทำการเจียระไนหัวของ Ejector Pin ที่ทำการกลึงปลอกมาแล้ว ด้วยการจับยึดกับเครื่องกลึง จากนั้นจึงใช้หินเจียระไนนำมาเจียระไนหัวเข็มกดให้ได้รูปร่างโค้งมนที่ต้องการ

3.6.3 การกัด

ก่อนนำวัสดุมาทำการเจาะ จำเป็นต้องทำให้หน้าตัดมีความเรียบสม่ำเสมอเพื่อที่จะหาศูนย์ในการกัดได้ถูกต้องในการใช้การใช้เครื่องจักร CNC สามารถใช้เครื่องกัดในการเซาะร่อง ประโยชน์ของการกัดยังช่วยให้ชิ้นงานมีความเรียบและสมมาตรเพื่อให้เกิดการวัดที่แม่นยำและทำให้วัสดุลดคมอีกด้วย

รูปที่ 3.22 กรรมวิธีการกัด

3.6.4 การตัด

หลังจากจัดหาวัสดุที่นำมาทำชิ้นงานได้แล้ว ต้องทำการตัดให้ได้ขนาดที่ต้องการเพื่อนำไปใช้ในกรรมวิธีอื่นอีกต่อไป

รูปที่ 3.23 กรรมวิธีการตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.5 การเจาะ

ในการยึดจับชิ้นงานเข้าด้วยกันด้วยการใช้น็อต ต้องเจาะรูที่ชิ้นงาน บางกรณีต้องต๊าปเกลียวด้วย จะต้องใช้เครื่องเจาะเพื่อให้เกิดรูขึ้น

รูปที่ 3.24 กรรมวิธีการเจาะ

3.7 **การออกแบบการทดลอง**

เพื่อที่จะทดสอบคุณสมบัติและลักษณะของหัวกด ตัวแปรที่จะทำการทดลองมีดังนี้

ตัวแปรต้น เข็มและเบ้ารับ

ตัวแปรตาม อักษรเบรลล์ที่ปรากฏขึ้นบนแผ่นอลูมิเนียม

ตัวแปรควบคุม ความลึกของหัวกด ขนาดของแผ่นอลูมิเนียม

โดยปรับเปลี่ยนขนาดของเข็ม เบ้าและความลึกในการกด เพื่อดูลักษณะอักษรที่ได้ปรากฏขึ้น โดยควบคุมขนาดแผ่นอลูมิเนียมและความลึกของดายเท่ากับ 1.3 มม. ชุดทดลองมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดังนี้ ดังนี้

ตารางที่ 3.2 ขนาดของเข็มและเบ้าที่ทดสอบ

ขนาดเข็มกด (มม.)	1.5	1.6	1.7
ขนาดเบ้ารับ (มม.)	2.0 (Ball nose)	2.7 (Drilling)	2.9 (Drilling)

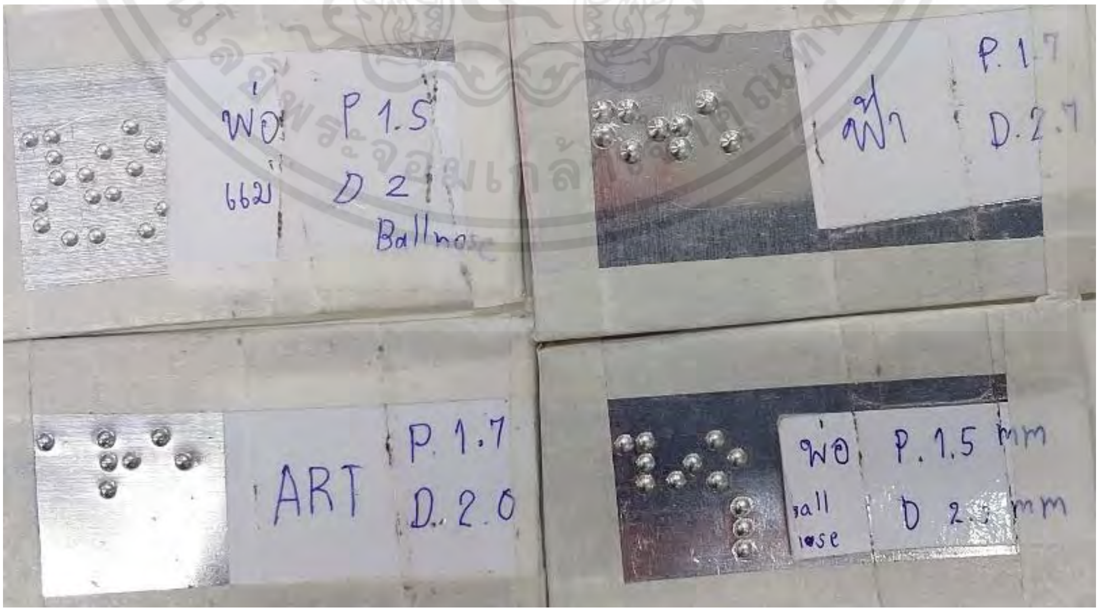
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

หลังจากการทดลองโดยใช้ชุดทดสอบเข็มและเบ้ารับที่ออกแบบขึ้น จะต้องทำการบันทึกผลการทดลอง โดยขั้นแรกทดสอบโดยใช้การสังเกตด้วยตนเองก่อน ได้ผลดังรูปที่ 4.1 และบันทึกผลในตารางที่ 4.1

รูปที่ 4.1 ผลการทดสอบและเบ้ารับขนาดต่างๆ และนำไปบันทึกผล



รูปที่ 4.2 ผลการทดสอบเพิ่มเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบและเบ้ารับขนาดต่างๆ

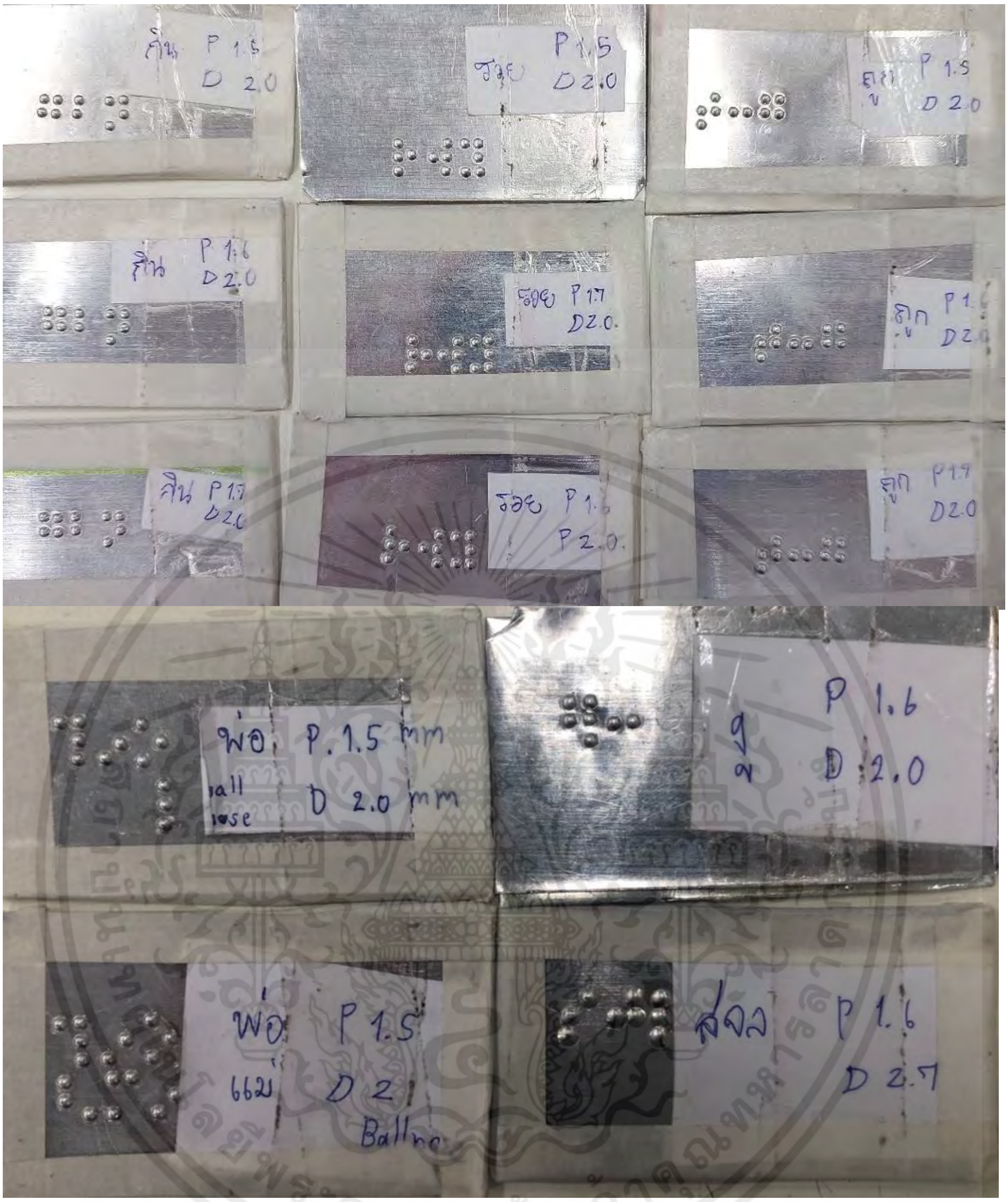
เลขชุด	ขนาดเข็มกด (มม.)	ขนาดเบ้ารับ (มม.)	สิ่งที่สังเกตได้
1	1.5	2.0 (Ball nose)	สมบูรณ์
2	1.5	2.7 (Drilling)	ตัวอักษร ฐานทับกัน/เอียง
3	1.5	2.9 (Drilling)	ตัวอักษร ฐานทับกัน/เอียง
4	1.6	2.0 (Ball nose)	สมบูรณ์
5	1.6	2.7 (Drilling)	ตัวอักษร ทับกัน/เอียง
6	1.6	2.9 (Drilling)	ตัวอักษร ทับกัน/เอียง
7	1.7	2.0 (Ball nose)	ตัวอักษรมีความนูนมาก
8	1.7	2.7 (Drilling)	ตัวอักษรมีขนาดฐานและความนูนมาก อักษรที่พิมพ์มีรอยฉีกขาดที่ฐานเล็กน้อย ทับกัน/เอียง
9	1.7	2.9 (Drilling)	ตัวอักษรมีขนาดฐานและความนูนมาก อักษรที่พิมพ์มีรอยฉีกขาดที่จุดยอดอย่างชัดเจน ทับกัน/เอียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นจึงเลือกผลการทดสอบที่วิเคราะห์ดูแล้วว่าอาจจะใช้ได้ส่งต่อให้กับศูนย์เทคโนโลยีการศึกษาเพื่อคนตาบอด โดยในครั้งนี้ได้รับความอนุเคราะห์จาก นาง ธนัญญา แม้นชล ซึ่งเป็นผู้พิการทางสายตาและเป็นผู้พิสูจน์อักษรให้กับศูนย์เทคโนโลยีการศึกษาเพื่อคนตาบอดมานับ 10 ปี ซึ่งผลการทดสอบดังกล่าวได้สรุปไว้ในตารางที่ 4.2 โดยเลือกผลการทดสอบดังรูป 4.3

รูปที่ 4.3 การพิสูจน์อักษรที่ศูนย์เทคโนโลยีการศึกษาเพื่อคนตาบอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ผลการทดสอบที่นำไปพิสูจน์ที่ศูนย์เทคโนโลยีการศึกษาเพื่อคนตาบอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

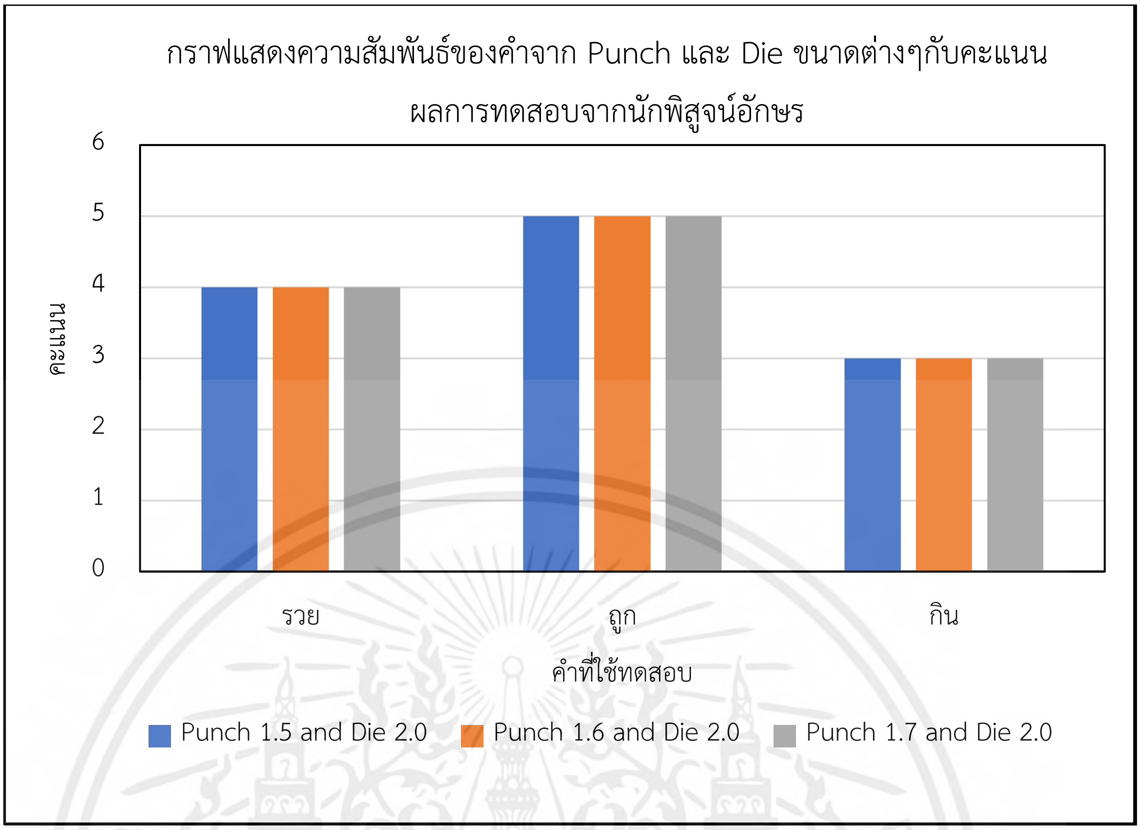
ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบโดยนักพิสูจน์อักษร

เลขชุด	ความหมาย	ขนาดเข็มกด (มม.)	ขนาดเบ้ารับ (มม.)	การอ่าน	คะแนน	หมายเหตุ
1	รวย	1.5	2.0	รวย	4	แต่ละจุดสูงไปเล็กน้อย
2	รวย	1.6	2.0	รวย	4	
3	รวย	1.7	2.0	รวย	4	
4	ถูก	1.5	2.0	ถูก	5	
5	ถูก	1.6	2.0	ถูก	5	
6	ถูก	1.7	2.0	ถูก	5	
7	กิน	1.5	2.0	กิน	3	ระยะห่างสระอิ ห่างเกินไปกับ น.หนู
8	กิน	1.6	2.0	กิน	3	
9	กิน	1.7	2.0	กิน	3	
ชุดทดสอบเพิ่มเติม						
1	พ่อ	1.5	2.0	พ่น	2	จุด อ.อ่าง ชิดไป จุดที่ 5 ของไม้เอก มาอยู่จุดหนึ่งของ อ.อ่าง
2	งู	1.6	2.0	งู	0	เกิดการเฉียงและจุดเอียง
3	พ่อ แม่	1.5	2.0	อ่านไม่ได้	0	จุดสูงและเบี้ยว ระยะห่างไม่ได้ และระยะห่างระหว่างบรรทัดไม่เพียงพอ
4	สจล	1.6	2.7	สจล	2	จุดต่ำกว่าจุดในชุดอื่นๆ ล.ลิง ต่ำกว่าจุดอื่นๆ

ระดับผลคะแนน

5	หมายถึง	ดีเยี่ยม	2	หมายถึง	ค่อนข้างแย่
4	หมายถึง	ดี	1	หมายถึง	แย่
3	หมายถึง	พอใช้	0	หมายถึง	ใช้ไม่ได้เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของคำจาก Punch และ Die ขนาดต่างๆกับคะแนนผลการทดสอบจากนักพิสูจน์อักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

รูปที่ 5.1 เปรียบเทียบแผ่นอักษรเบรลล์ต้นแบบกับชุดทดลองขนาดเข็มกด 1.5 มม. และเบ้ารับขนาด 2 มม. (Ball nose)

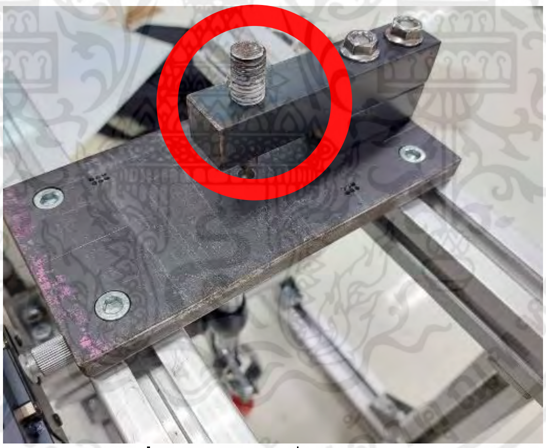
จากการออกแบบและศึกษาชุดทดสอบเข็มกดและเบ้ารับ สามารถสร้างชุดทดสอบเข็มกดและเบ้ารับเพื่อพิสูจน์แนวคิดของการพิมพ์อักษร์เบรลล์ด้วยเข็มเดียวได้ได้สำเร็จ พบว่าขนาด การนูนและระยะห่างระหว่างจุดของตัวอักษรเบรลล์ใกล้เคียงกับต้นฉบับ ผลการทดสอบด้วยการพิมพ์อักษรเบรลล์ด้วยเข็มและเบ้ารับขนาดต่างๆ พบว่าชุดทดสอบเข็มและเบ้ารับสามารถทดสอบเข็มและเบ้ารับด้วยการพิมพ์ตัวอักษรเบรลล์เป็นพยัญชนะภาษาไทยและตัวอักษรภาษาอังกฤษได้ ในการทดสอบหาขนาดเข็มและเบ้ารับที่สามารถสร้างอักษรอักษรเบรลล์ที่มีขนาดใกล้เคียงกับอักษรเบรลล์ที่มาจากศูนย์เทคโนโลยีการศึกษาเพื่อคนตาบอด คือ เข็มขนาด 1.5 มิลลิเมตรกับเบ้ารับขนาด 2.0 มิลลิเมตร เข็มขนาด 1.6 มิลลิเมตรกับเบ้ารับขนาด 2.0 มิลลิเมตรและเข็มขนาด 1.7 มิลลิเมตรกับเบ้ารับขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.0 มิลลิเมตร พบว่าขนาดเบ้ารับมีความสัมพันธ์กับขนาดอักษรเบรลล์ หากเบ้ามีขนาดใหญ่จะทำให้ขนาดของตัวอักษรแต่ละจุดมีขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้เกิดปัญหาจุดในตัวอักษรซ้อนทับกัน หากเบ้ามีความลึกและเข็มกดกดลงมากเกินไปทำให้เกิดรอยนูนมากเกินไป และหากออกแบบให้ขนาดเบ้าและเข็มมีขนาดใหญ่ ความลึก ไม่พอดีกัน จะทำให้รอยนูนเสียหาย จากการพิสูจน์จากศูนย์เทคโนโลยีการศึกษาเพื่อคนตาบอดพบว่าการทดสอบขนาดเข็มต่างๆ กับเบ้ารับขนาด 2 มิลลิเมตร ไม่พบข้อแตกต่างกัน ส่วนปัญหาที่พบได้แก่ ระยะของตัวอักษรเคลื่อนจากแนวตัวอักษรซึ่งเกิดจากข้อผิดพลาดชุดทดสอบ ซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญที่สุดในการอ่านอักษรเบรลล์ จากกราฟที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ของคำจาก Punch และ Die ขนาดต่างๆกับคะแนนผลการทดสอบจากนักพิสูจน์อักษร พบว่าเมื่อพิมพ์คำที่ยากขึ้น มีจุดเยอะขึ้นทำให้เกิดการคลาดเคลื่อนของการพิมพ์จากการเลื่อนของแผ่นอลูมิเนียม

5.2 ปัญหาและการแก้ไขปัญหา

1. เกลียวแท่นยึดสำหรับใส่เบ้ารับคลอนส่งผลให้ตัวเบ้ารับไม่ตรงทำให้อักษรเบรลล์ที่พิมพ์แต่ละจุดไม่ตรงกัน แก้ปัญหาด้วยการใช้ผ้าพันเกลียวให้เกลียวแน่นขึ้น

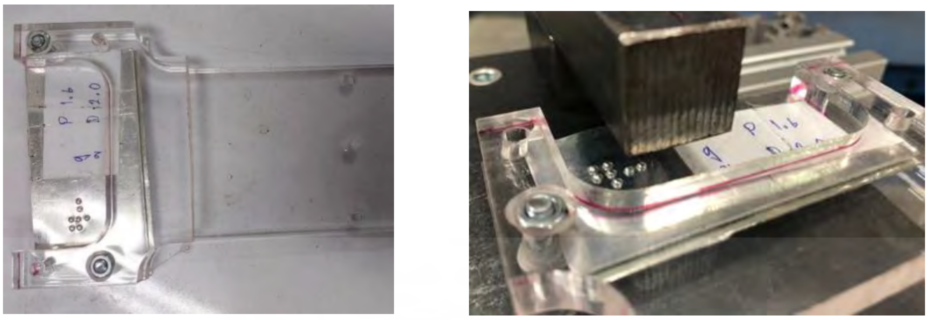


รูปที่ 5.2 เกลียวที่เกิดการคลอน

2. แผ่นอลูมิเนียมขูดกับแผ่นเหล็กที่เป็นฐานเกิดแรงเสียดทานขึ้นทำให้ XY - Table ติดขัดเลื่อนไม่ไป แก้ไขปัญหาได้ด้วยการปรับเพิ่มความสูงของอลูมิเนียมโปรไฟล์ที่รองรับ XY - Table เพื่อลดแรงเสียดทานระหว่างแผ่นอลูมิเนียมขูดกับแผ่นเหล็กที่เป็นฐาน

3. แผ่นอะคริลิคสำหรับยึดแผ่นอลูมิเนียมมีช่องว่างระหว่างจุดยึดทำให้แผ่นอลูมิเนียมมีการขยับเมื่อทำการพิมพ์จุดอักษรเบรลล์ แก้ไขได้โดยทำการขันแน่นน็อตยึดระหว่างแผ่นอะคริลิคและแผ่นอลูมิเนียมไม่ให้แผ่นอลูมิเนียมขยับขณะพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3 แผ่นอะคริลิคสำหรับยึดแผ่นอลูมิเนียม

5.3 แนวทางการพัฒนา

1. นำแนวคิดการพิมพ์อักษรเบรลล์ด้วยเข็มเดียวมาสร้างเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์

2. ติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์เพื่อช่วยในการเลื่อน XY – Table แทนการหมุนด้วยมือ

3. ออกแบบตัวล็อคแผ่นอลูมิเนียมให้สามารถล็อคและปลดล็อคได้ง่ายขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Penny Rosenblum(2005), **The Story of Louis Braille**,accesson8/8/2023, URL:https://www.pathstoliteracy.org/dots-families-story-louis-braille/

[2] ผศ. ชัยนนท์ ศรีสุภินานนท์(2558), **พื้นฐานทางช่าง**, ISBN: 978-616-08-2333-8, กรุงเทพ

[3] Top Tech Diamond Tool, **Punch และ Die คืออะไร?(2021)**, เข้าชม 29/8/2023, แหล่งที่มา : https://www.toptechdiamond.com/th/what-is-punch-and-die/

[4] Beer, Johnston, DeWolf; Mazurek and Sanghi (2021), **Mechanics of materials, 8 edition, ISBN: 978-981-3158-97-9**, McGraw–Hill, Singapore

[5] บุลวัชร์ (ป๋อม) เจริญยืนนาน**, สปริงคืออะไร ? รู้จักกับประเภทของสปริงและการใช้งานในอุตสาหกรรม(2021)**, เข้าชม 10/9/2023, แหล่งที่มา: https://misumitechnical.com/technical/mechanical/spring-apply-industry/

[6] Heat Treatment Of SKD61 Die Steel, (2010-2021) Shanghai Gehang Vacuum Technology Co., Ltd URL: https://www.vacfurnace.com/vacuum-furnace-news/heat-treatment-of-skd61-die-steel/

[7] (2018) MTM Supply Company Limited, **การกัด หรือ มิลลิ่ง (Milling) มีอะไรบ้าง ไปรู้จัก กันเลย** แหล่งที่มา: https://www.mtm- supply.com/การกัด-หรือ-มิลลิ่ง-milling-มีอ

[8] 2024 SUMIPOL CORPORATION LIMITED, **งานกลึง (Turning Process) คืออะไร? มีความสำคัญอย่างไรในการผลิต** แหล่งที่มา : https://www.sumipol.com/knowledge/turning

[9] 2023 KACHA (THAILAND) Ltd KACHA , **รู้จักกับ “ดอกต๊าปเกลียว”** มีกี่ประเภท เลือกใช้งานให้เหมาะสม แหล่งที่มา : https://www.kacha.co.th/articles/ดอกต๊าปเกลียว/

[10] 2021 Siam P&W Technic Co., Ltd., **การตัดด้วยเลเซอร์คืออะไร ?** แหล่งที่มา : https://a1w.in.th/th/blog/tutorial/2103-Laser/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[11] 2021 thaiparker, **การทดสอบความแข็งของวัสดุ (Hardness Test) มีกี่ประเภท? สำคัญยังไง?** แหล่งที่มา : https://www.thaiparker.co.th/th/articles/laboratory-services/hardness-test-methods

[12] 2024 matweb, **AISI Type H13 Hot Work Tool Steel** แหล่งที่มา : https://www.matweb.com/search/datasheet_print.aspx?matguid=e30d1d1038164808a85cf7ba6aa87ef7

[13] 2024 matweb, **AISI Type D2 Tool Steel, air-quenched from 1010°C, tempered at 450°C** แหล่งที่มา : https://www.matweb.com/search/datasheet_print.aspx?matguid=89e3ffd52b6644b58a109dc4de9eeb09

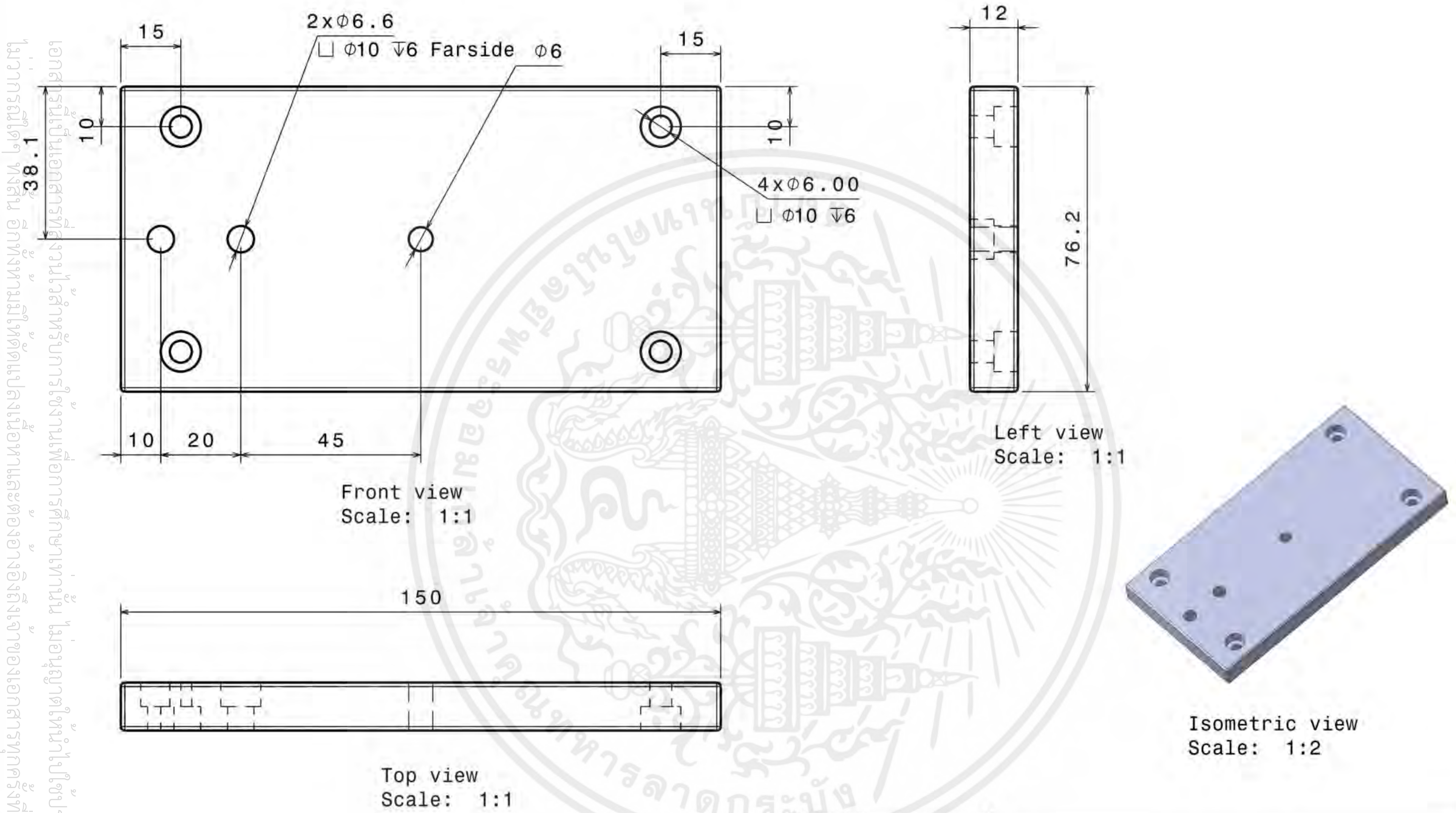
[14] 2020, BERHALTER AG, **7 Steps to the right Embossing** แหล่งที่มา : https://www.berhalter.red/2020/06/12/7-steps-to-the-right-embossing/

[15] 2024 matweb, **Aluminum 1100-H19 Foil** แหล่งที่มา : https://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=2ca5a0592e4147848bdbd40d1ff1a056

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

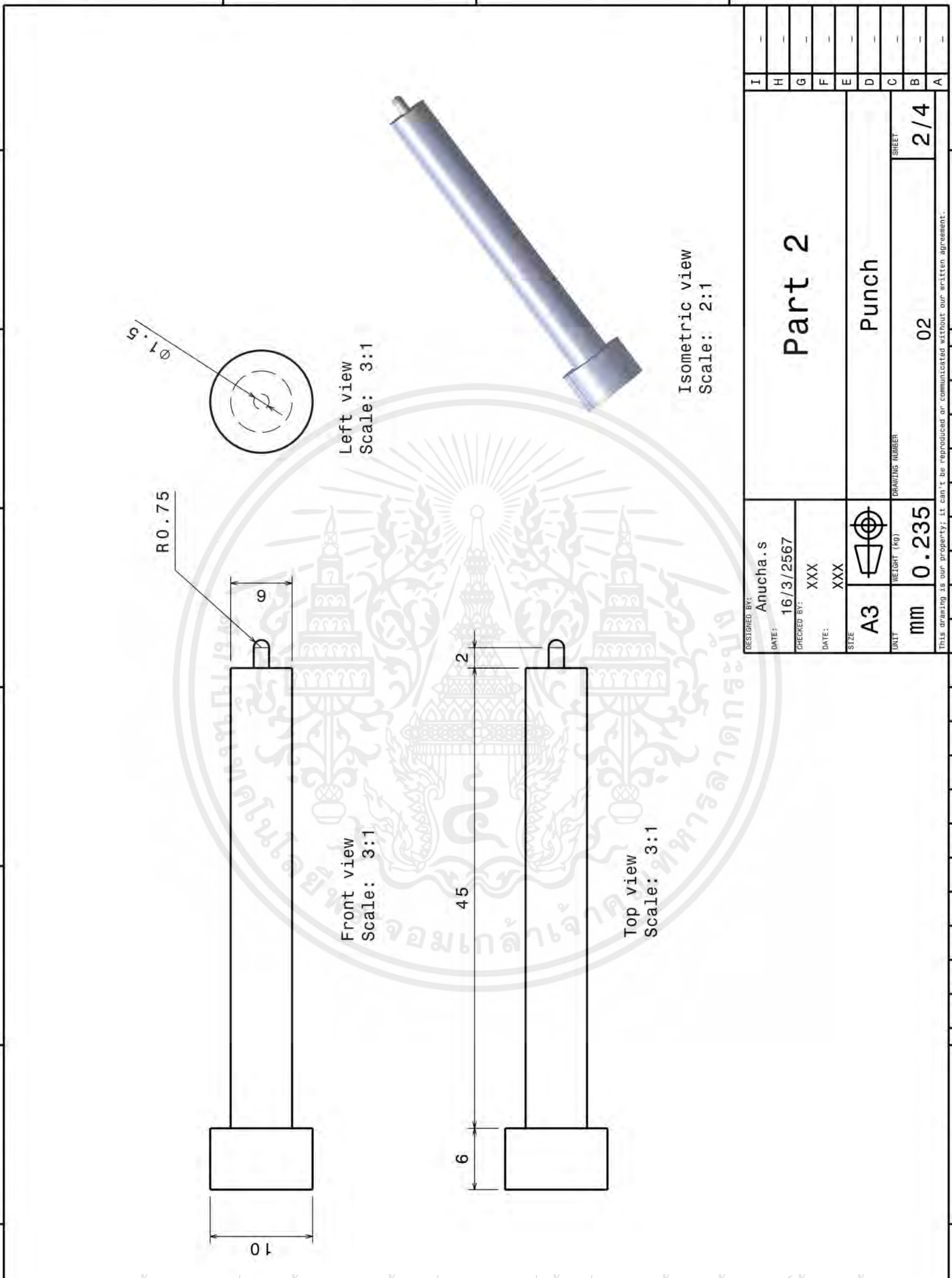
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



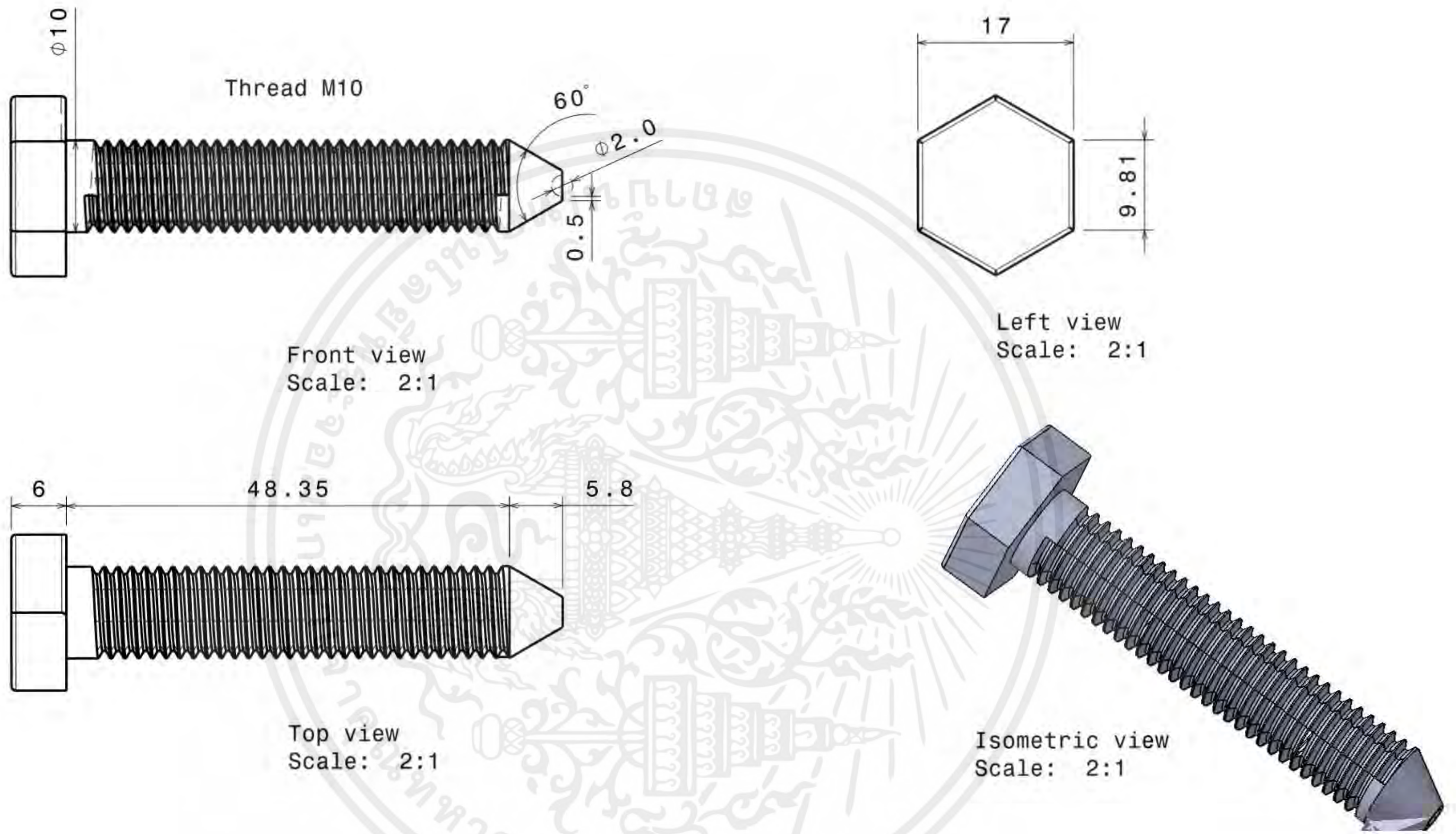
DESIGNED BY: Anucha.s		Part 1		I –
DATE: 16/3/2567				H –
CHECKED BY: XXX				G –
DATE: XXX				F –
SIZE A3		Base Plate		E –
				D –
UNIT mm	WEIGHT (kg) 1.044	DRAWING NUMBER 01	SHEET 1/4	C –
				B –
				A –

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

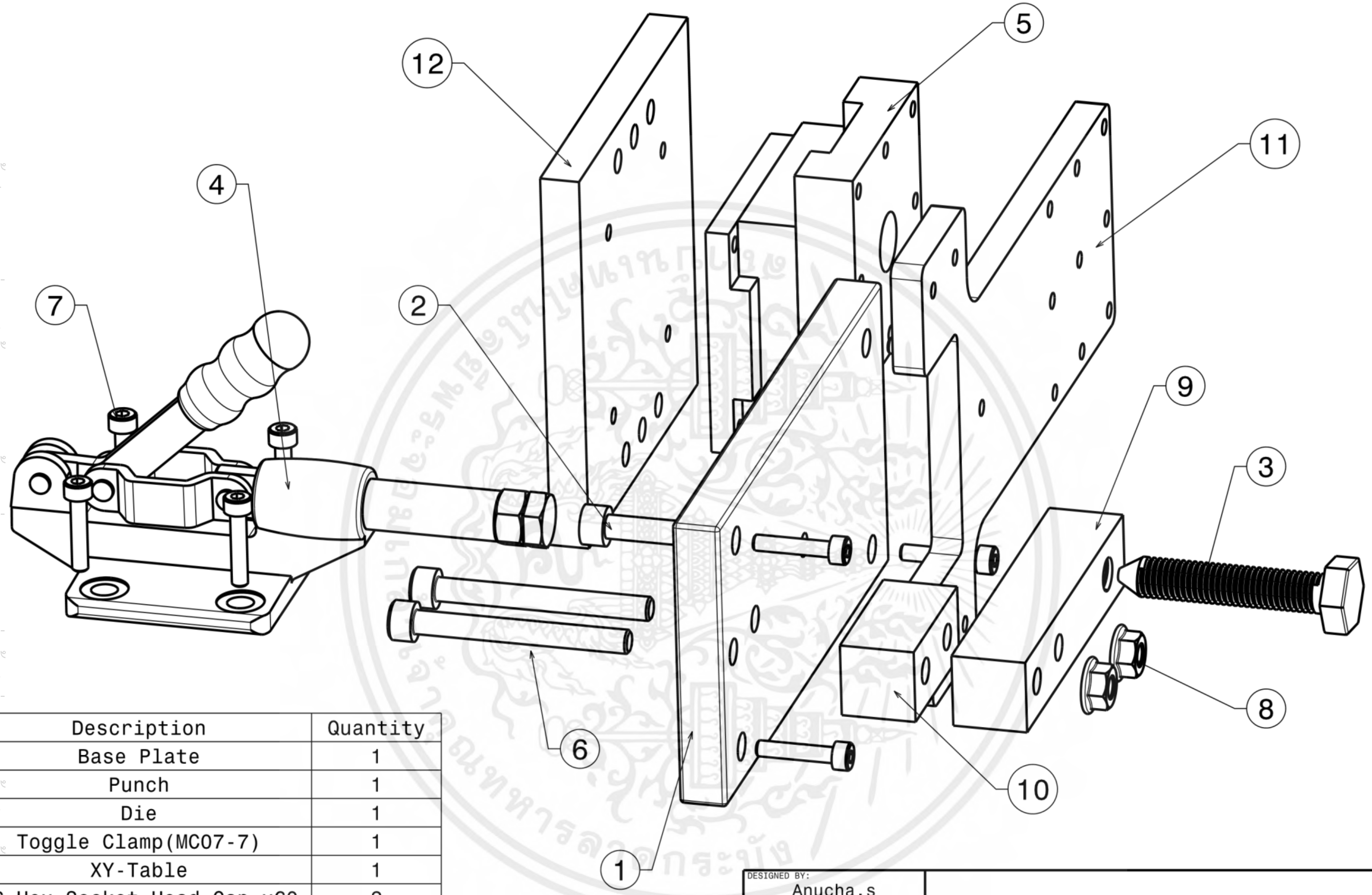


DESIGNED BY: Anucha.s	Part 3		
DATE: 16/3/2567			
CHECKED BY: XXX			
DATE: XXX			
SIZE A3	Die		
UNIT mm	WEIGHT (kg) 0.039	DRAWING NUMBER 02	SHEET 3/4

I	_
H	_
G	_
F	_
E	_
D	_
C	_
B	_
A	_

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Part	Description	Quantity
1	Base Plate	1
2	Punch	1
3	Die	1
4	Toggle Clamp(MC07-7)	1
5	XY-Table	1
6	M6 Hex Socket Head Cap x60	2
7	M6 Hex Socket Head Cap x20	8
8	Head M6 Hex Socket Head Cap	2
9	Part 9	1
10	Part 10	1
11	Part 11	1
12	Part 12	1

DESIGNED BY: Anucha.s
DATE: 16/3/2567
CHECKED BY: XXX
DATE: XXX

Assembly

SIZE: A3

Assembly

UNIT: mm
WEIGHT (kg): -
DRAWING NUMBER: 02
SHEET: 4/4

I	_
H	_
G	_
F	_
E	_
D	_
C	_
B	_
A	_

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้