การออกแบบเครื่องกัด CNC ชนิด 3 แกน

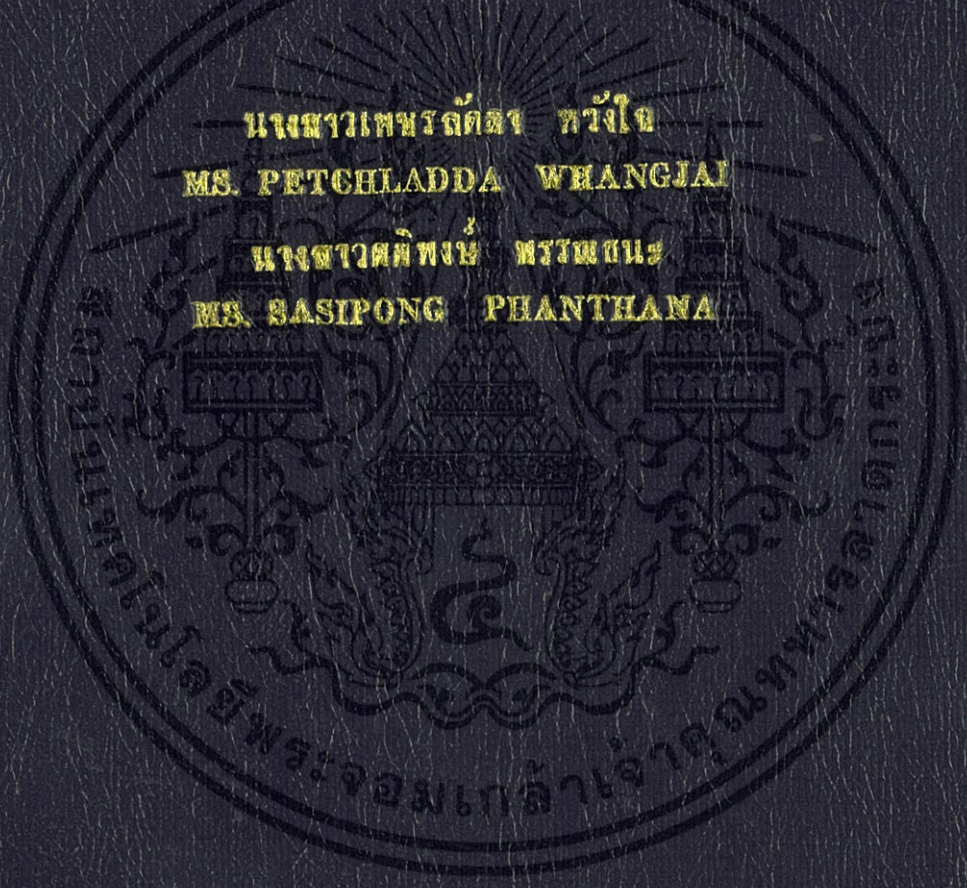
DESIGN OF 3 AXIS CNC MILLING MACHINE

นางสาวเพชรลัดดา หวังใจ

MS. PETCHLADDA WHANGJAI

นางสาวศศิพงษ์ พรรณธนะ

MS. SASIPONG PHANTHANA



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปีการศึกษา 2556

การออกแบบเครื่องกัด CNC ชนิด 3 แกน

DESIGN OF 3 AXIS CNC MILLING MACHINE

นางสาวเพชรลัดดา หวังใจ
MS. PETCHLADDA WHANGJAI
นางสาวศศิพงษ์ พรรณธนะ
MS. SASIPONG PHANTHANA

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESIGN OF 3 AXIS CNC MILLING MACHINE

MS. PETCHLADDA WHANGJAI
MS. SASIPONG PHANTHANA

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUDE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การออกแบบเครื่องกัด CNC ชนิด 3 แกน

DESIGN OF 3 AXIS CNC MILLING MACHINE

นักศึกษา นางสาวเพชรลัดดา หวังใจ รหัสประจำตัว 53011181

นางสาวศศิพงษ์ พรรณธนะ รหัสประจำตัว 53011548

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

_____

(ดร. อุดม จันทร์จรัสสุข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การออกแบบเครื่องกัด CNC ชนิด 3 แกน		
นักศึกษา	นางสาวเพชรลัดดา	หวังใจ	รหัสประจำตัว 53011181
	นางสาวศศิพงษ์	พรรณธนะ	รหัสประจำตัว 53011548
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ		
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง		
ปีการศึกษา	2556		
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ดร. อุดม จันทร์จรัสสุข		

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้ได้ทำการปรับปรุงและออกแบบเครื่องกัด CNC สำหรับใช้งานในสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ โดยนำเครื่องกัด CNC ที่มีอยู่ซึ่งไม่สามารถใช้งานได้นำมาปรับปรุงและซ่อมแซม และออกแบบเครื่องกัดขึ้นใหม่ เพื่อให้สามารถใช้งานได้กับโปรแกรม Linux CNC โปรแกรมสำหรับควบคุมและสั่งการทำงานของเครื่องกัด CNC และเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่สามารถใช้งานได้ฟรี โดยการดำเนินงานมีด้วยกัน 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ทำการปรับปรุงเครื่องกัดเดิมที่มีอยู่ ซึ่งเป็นเครื่องกัด CNC ชนิด 3 แกนที่ประกอบโครงเครื่องและวงจรอิเล็กทรอนิกส์เสร็จแล้ว แต่ยังขาดโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่อง โดยได้ทำการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อแปลงสัญญาณจากคอมพิวเตอร์เข้ากับชุดควบคุมมอเตอร์ และได้ทำการติดตั้งโปรแกรม Linux CNC แล้วทำการตั้งค่าชุดมอเตอร์และการเคลื่อนที่ของเครื่องจักร CNC โดยใช้โปรแกรม Stepper Configuration โปรแกรมสำหรับการตั้งค่าชุดมอเตอร์และการเคลื่อนที่เพื่อให้เครื่องกัดสามารถทำงานร่วมกับโปรแกรม Linux CNC ส่วนที่ 2 ทำการออกแบบเครื่องกัด CNC 3 แกน ขึ้นใหม่ โดยใช้อุปกรณ์ที่มีอยู่แล้วซึ่งประกอบไปด้วย มอเตอร์, บอลล์สกรู และเครื่องเจียร ในส่วนของการออกแบบใช้โปรแกรม Solid works และทำการสร้างเครื่องต้นแบบขึ้น จากการทดลองกัดชิ้นงาน โดยการป้อนคำสั่งจีโค้ด (G-code) เข้าในโปรแกรมกับเครื่องกัด CNC1 พบว่าการทำงานของเครื่องกัด CNC มีค่าความแม่นยำอยู่ในระดับที่ดี สามารถกัดชิ้นงานได้ถูกต้องและสมบูรณ์ตามคำสั่งที่ป้อน และมีค่าความคลาดเคลื่อนของชิ้นงานของแกน X อยู่ระหว่าง 0 – 1.3043% และของแกน Y อยู่ระหว่าง 0 – 1.3889% ในส่วนของการคำนวนเครื่องกัด CNC ที่ออกแบบขึ้นใหม่ เครื่องกัดสามารถกัดวัสดุที่มีความเค้นไม่เกิน 622.4727 MPa สามารถกัดวัสดุอะคริลิค อะลูมิเนียม ทองเหลืองและเหล็กได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Design of 3 Axis CNC Milling Machine
Student	Ms. Petchladda Whangjai
	Ms. Sasipong Phanthana
Degree	Bachelor of Engineering in Industrial Engineering
	King Mongkut's Institude of Technology Ladkrabang
Academic Year	2013
Thesis Advisor	Dr. Udom Janjaratsuk

ABSTRACT

This thesis is about improvement and design of CNC milling machine in the Industrial Engineering department. We repaired an existing CNC milling machine and designed a new CNC milling machine in order to operate with Linux CNC program. Linux CNC is a free CNC milling machine control software. The works are devided into 2 sections. The first section is about repairing a 3-axis CNC milling machine in the Industrial Engineering Department. This CNC milling machine has a complete structure and control circuits, but there is no operating software. In order to operate with Linux CNC, we designed a new electronic circuit to transform pulse from computer to the motor drivers, and set up stepper motors configuration and moving direction. The second section is to design a new 3-axis CNC milling machine by using existing components which including. Components of X and Y axis are stepping motor, ball screw and machine glinder, others are new design. We use Solid Works CAD program to design the structure of CNC milling machine. Form the testing result of CNC machine 1, we found that it is good in precision. It can milling and work under the given operations. The percentage error in X-axis is between 0 - 1.3043% and Y-axis is between 0 - 1.3889%. Form the designed CNC machine 2. The machine can milling material with the ultimate tensile strength not exceed 622.4727 MPa, which is suitable for machining acrylic, aluminium, brass and steel.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่อง การออกแบบเครื่องกัด CNC ชนิด 3 แกน สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบุคคลทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องส่งผลให้ปริญญานิพนธ์นี้เสร็จสมบูรณ์

ดร. อุดม จันทร์จรัสสุข อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับการให้โอกาสในการศึกษาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ทั้งความรู้ คำแนะนำ ความช่วยเหลือ การเดินทางเลือกหาอุปกรณ์และความเอาใจใส่ตลอดการการจัดทำปริญญานิพนธ์เสมอมา

ดร. พลชัย โชติปรายนุกูล กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ในการช่วยเหลือด้านอุปกรณ์ คำแนะนำ ความรู้ การให้กำลังใจในการทำงาน ความเอาใจใส่ และความช่วยเหลือในทุกๆ ด้านตลอดการจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

รศ.ดร.สกนธ์ คล่องบุญจิต กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับคำแนะนำ ความรู้ การให้กำลังใจในการทำงาน ความเอาใจใส่ และความช่วยเหลือในทุกๆ ด้านตลอดการจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ดร. วิภู ศรีสืบสาย หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับการให้โอกาสในการศึกษาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ คำแนะนำ ความเอาใจใส่ และทุกสิ่งทุกอย่างตลอดการศึกษาระดับปริญญาตรี ในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

อาจารย์และเจ้าหน้าที่ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับการให้ความรู้ คำแนะนำ ความช่วยเหลือและความเอาใจใส่ในทุกๆ ด้านตลอดการศึกษาระดับปริญญาตรี ในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

ชมรมยานยนต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ กลุ่มผู้วิจัยขอขอบคุณในการเอื้อเฟื้อสถานที่และเครื่องมือในการจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณเพื่อนทุกคนสำหรับการช่วยเหลือต่างๆ จนทำให้ปริญญานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และคอยเป็นกำลังใจให้ตลอดมา

เพชรลัดดา หวังใจ

ศศิพงษ์ พรรณธนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... ช

สารบัญรูป ..... ช

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 1

1.3 ขอบเขตของโครงงาน 1

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายของเครื่องกัดซีเอ็นซี (CNC) 3

2.2 ประวัติของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี 3

2.3 หลักการทำงานของเครื่องกัดซีเอ็นซี 4

2.4 โครงสร้างเครื่องกัดซีเอ็นซี 4

2.4.1 ระบบควบคุมเครื่องจักร 4

2.4.2 ตัวเครื่องจักร 4

2.5 องค์ประกอบของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี 6

2.5.1 องค์ประกอบของเครื่องจักรกลที่ควบคุมได้ 6

2.5.2 ระบบซีเอ็นซี (CNC System) 10

2.6 ดอกกัด 11

2.6.1 ดอกกัดเอ็นด์มิลล์ 11

2.6.2 ดอกกัดผิวหน้าหรือเฟซมิลล์ 12

2.7 ทฤษฎีการกัดชิ้นงาน 13

2.7.1 ทฤษฎีการกัดชิ้นงาน 13

2.7.2 การคำนวนค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในการกัดชิ้นงาน 15

2.8 รหัสโค้ด 16

2.8.1 รหัสตัวเลขและตัวอักษร 16

2.8.2 รหัส G 17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.8.3 รหัส X, Y และ Z 18
2.8.4 รหัส I, J และ K 18
2.8.5 รหัส S 19
2.8.6 รหัส M 19
2.9 ระบบพิกัดจุดในโปรแกรม 20
2.10 โปรแกรม Linux CNC 22

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน

3.1 การดำเนินงานเครื่องกัด CNC1 (CNC Milling Machine 1) 24
3.1.1 การทำงานของตัวเครื่องกัด CNC1 24
3.1.2 การตรวจสอบการทำงานของวงจร 27
3.1.3 การออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ แปลงสัญญาณจากคอมพิวเตอร์เข้ากับชุดควบคุมมอเตอร์ 28
3.1.4 การเชื่อมต่อเครื่องกัดเข้ากับโปรแกรม Linux CNC 29
3.2 การออกแบบโครงสร้างเครื่องกัดใหม่ (CNC Milling Machine 2) 31
3.2.1 ข้อมูลของอุปกรณ์ที่มีอยู่เดิม 31
3.2.2 การออกแบบเครื่องกัด CNC ขึ้นใหม่ 33
3.2.3 แบบเครื่องกัด CNC2 (CNC Milling Machine 2) 35
3.2.4 การประกอบเครื่องกัด CNC2 (CNC Milling Machine 2) 37

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน

4.1 การทดลองการทำงานเครื่องกัด CNC1 (CNC Milling Machine 1) 39
4.1.1 การทดลองกัดชิ้นงานเป็นแนวเส้นตรง 40
4.1.2 การทดลองกัดชิ้นงานเป็นวงกลม 42
4.1.3 การทดลองกัดชิ้นงานเป็นตัวอักษร P 44
4.2 ผลการดำเนินงานการออกแบบเครื่องกัด CNC2 (CNC Milling Machine 2) 46
4.2.1 ผลการดำเนินงานการออกแบบเครื่องกัด CNC2 46
4.2.2 การคำนวนหาค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในเครื่องกัด CNC 46

บทที่ 5 สรุปผลและแนวทางการพัฒนา

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 49
5.2 ปัญหาและแนวทางการพัฒนาในอนาคต 49
5.2.1 เครื่องกัด CNC1 (CNC Milling Machine 1) 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.2.2 เครื่องกัด CNC2 (CNC Milling Machine 2) 50

เอกสารอ้างอิง 51

ภาคผนวก ก แบบเครื่องกัด 2 ..... ผก 1

ภาคผนวก ข การตั้งค่าและการใช้งาน Linux CNC Software ..... ผข 1

ภาคผนวก ค ตัวอย่างชิ้นงานที่ได้จากการกัด ..... ผค 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 รหัสตัวเลขและตัวอักษร 16
ตารางที่ 2.2 รหัส G 17
ตารางที่ 2.3 รหัส M 18
ตารางที่ 2.4 การวิเคราะห์ในลักษณะอินครีเมนทอล 21
ตารางที่ 2.5 การวิเคราะห์ในลักษณะสัมบูรณ์ 21
ตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลจำเพาะของชุดการเคลื่อนที่ 26
ตารางที่ 3.2 แสดงข้อมูลพื้นฐานของ Stepper Mill Configuration 29
ตารางที่ 3.3 แสดงข้อมูล Parallel Port Setup 30
ตารางที่ 3.4 แสดงค่า Stepper Mill Configuration ของชุดมอเตอร์ 30
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าขนาดชิ้นงานที่ได้จากการทดลองกัดชิ้นงานเป็นแนวเส้นตรง 41
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าขนาดชิ้นงานที่ได้จากการทดสอบกัดชิ้นงานเป็นวงกลม 43
ตารางที่ 4.3 แสดงค่าขนาดชิ้นงานที่ได้จากการทดสอบกัดชิ้นงานเป็นตัวอักษร P 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข

รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของเครื่องกัด 5

รูปที่ 2.2 แท่นเลื่อนแบบ 3 แนวแกน 6

รูปที่ 2.3 สเต็ปปิงมอเตอร์แบบมีสาย 5 เส้น 8

รูปที่ 2.4 การขับป้อนของโต๊ะงาน 9

รูปที่ 2.5 ระบบซีเอ็นซี 10

รูปที่ 2.6 ดอกกัดร่องเดียวและชนิดหลายร่อง มีความยาวมาตรฐาน 11

รูปที่ 2.7 เอ็นด์มิลล์โซลิดคาร์ไบด์ชนิดร่องคายเศษโลหะชนิดสองร่อง 12

รูปที่ 2.8 เฟซมิลล์ชนิดที่อินเสิร์ททำจากคาร์ไบด์ 12

รูปที่ 2.9 เฟซมิลล์ขนาดใหญ่ 13

รูปที่ 2.10 มิลล์ตัดเตอร์ชนิดพิเศษหรือพลักคัตเตอร์ 13

รูปที่ 2.11 ทิศทางของการเคลื่อนที่ 18

รูปที่ 2.12 การเคลื่อนที่เป็นเส้นโค้งแบบอินครีเมนทอลจาก A ไป B 19

รูปที่ 2.13 แสดงขนาดระยะเคลื่อนที่ 20

รูปที่ 3.1 เครื่องกัด CNC1 (CNC Milling Machine 1) 23

รูปที่ 3.2 ส่วนประกอบเครื่องกัด CNC1 (CNC Milling Machine 1) 24

รูปที่ 3.3 ผังวงจรการทำงานเดิมของเครื่องกัด CNC1 27

รูปที่ 3.4 วงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ภายในตัวเครื่องกัด CNC1 28

รูปที่ 3.5 ผังวงจรเพื่อใช้แปลงพัลส์จาก CW – CCW เป็น Step – Direction 28

รูปที่ 3.6 เครื่องเจียรที่มีอยู่เดิม 31

รูปที่ 3.7 ชุดมอเตอร์ (Stepping motor) และแผ่นรางสไลด์ของแกน X และ แกน Y 32

รูปที่ 3.8 ชุดควบคุมมอเตอร์ (Stepping motor) ของแกน X และ แกน Y และหม้อแปลงไฟฟ้า 33

รูปที่ 3.9 ชุดการเคลื่อนที่แกน Z และเครื่องเจียร 34

รูปที่ 3.10 โต๊ะวางชิ้นงาน (Table) 34

รูปที่ 3.11 ภาพฉายจุดยึดโต๊ะวางชิ้นงาน (Table) เข้ากับชุดเคลื่อนที่แกน X 35

รูปที่ 3.12 แบบของโต๊ะวางชิ้นงาน 35

รูปที่ 3.13 ภาพฉายแบบประกอบเครื่องกัด CNC2 (CNC Milling Machine 2) 37

รูปที่ 3.14 ภาพเครื่องกัด CNC2 (CNC Milling Machine 2) 38

รูปที่ 4.1 ภาพฉาย (Top view) ชิ้นงานเป็นแนวเส้นตรง 40

รูปที่ 4.2 ภาพชิ้นงานแนวเส้นตรงที่กัดได้จริง 41

รูปที่ 4.3 ภาพฉาย (Top view) ชิ้นงานเป็นวงกลม 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.4 ภาพชิ้นงานวงกลมที่กัดได้จริง 43
รูปที่ 4.5 ภาพฉาย (Top view) ชิ้นงานเป็นตัวอักษร P 44
รูปที่ 4.6 ภาพชิ้นงานตัวอักษร P ที่กัดได้จริง 45
รูปที่ 4.7 ภาพเครื่องกัด CNC2 (CNC Milling Machine 2) 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมส่วนมาก ทั้งโรงงานขนาดเล็ก ขนาดกลาง หรือขนาดใหญ่ ได้หันมาใช้เครื่องจักร CNC เข้ามาช่วยในการผลิตชิ้นงานเป็นส่วนมาก เนื่องจากเครื่องจักรระบบ Computer Numerical Control (CNC) เป็นเครื่องจักรกลที่ใช้ผลิตหรือขึ้นรูปชิ้นงานที่มีมาตรฐานสูงผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมการทำงานของเครื่องจักร CNC เพื่อเปลี่ยนแปลงและควบคุมสภาพการทำงานของเครื่องจักรกลพื้นฐานจากเดิมที่ใช้แรงงานคนในการทำงานร่วมกับเครื่องจักร ให้เครื่องจักรเหล่านี้สามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติ และยังช่วยเพิ่มความสามารถให้เครื่องจักรสามารถผลิตชิ้นงานที่ซับซ้อน ชิ้นงานที่ได้จึงมีความแม่นยำและสามารถลดข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการผลิตได้ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการเห็นถึงความสำคัญของเครื่องจักร CNC จึงได้มีการนำเครื่องกัด CNC มาใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนที่สำคัญอย่างหนึ่งให้กับนักศึกษา เพื่อให้นักศึกษาเข้าใจในเรื่องของพื้นฐานการทำงานร่วมกับเครื่องจักร การควบคุมเครื่องจักร โครงสร้างพื้นฐานของเครื่องจักร การทำชิ้นงานต่างๆที่ใช้กระบวนการกัดและสามารถนำความรู้นี้ไปประยุกต์ใช้ในการทำงานจริงต่อไป กลุ่มของผู้จัดทำจึงเห็นความสำคัญและเห็นว่าทางสาขาวิชาวิศวกรรม-อุตสาหการ มีเครื่องกัด CNC ที่ไม่สามารถนำมาใช้งานได้ เป็นเครื่องกัดที่ประกอบโครงเครื่องและวงจรอิเล็กทรอนิกส์เสร็จแล้ว ซึ่งเป็นเครื่องที่ยังไม่มีโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่อง จึงได้เกิดแนวคิดที่จะทำการปรับปรุง ซ่อมแซม เครื่องกัด CNC นี้ให้สามารถใช้งานได้ โดยนำมาเชื่อมต่อเข้ากับโปรแกรม Linux CNC ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับควบคุมและสั่งการทำงานของเครื่องกัด CNC และเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่มีในท้องตลาดที่สามารถใช้งานได้ฟรี และนอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์ที่ไม่ได้ใช้งานเช่น เครื่องเจียร ชุดเคลื่อนที่ของแกน X และ Y ประกอบไปด้วยมอเตอร์ บอลล์สกรูและชุดรางสไลด์ จึงนำอุปกรณ์เหล่านี้นำมาออกแบบเครื่องกัด CNC ขึ้นใหม่ ให้มีโครงสร้างที่แข็งแรง และใช้งานได้ เพื่อนำมาใช้เป็นสื่อการสอน

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อปรับปรุง ซ่อมแซมตัวเครื่องกัดที่มีอยู่ให้สามารถทำงานได้

1.2.2 เพื่อออกแบบโครงสร้างของเครื่องกัด CNC ขึ้นใหม่ โดยใช้อุปกรณ์ที่มีอยู่เดิม

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 ศึกษาโครงสร้างและการทำงานของเครื่องกัด CNC ที่มีอยู่เดิม

1.3.2 ซ่อมแซมและปรับปรุงเครื่องกัด CNC ของสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการที่มีอยู่ เพื่อให้สามารถทำงานร่วมกับโปรแกรมสำเร็จรูป Linux CNC ได้

1.3.3 ออกแบบเครื่องกัด CNC ใหม่ โดยใช้เครื่องเจียร, มอเตอร์ ชุดเคลื่อนที่ ชุดควบคุมมอเตอร์ ของแกน x และ Y ที่มีอยู่เดิม

1.3.4 เพื่อให้สามารถควบคุมการทำงานของเครื่อง CNC ผ่านโปรแกรม Linux CNC ด้วยคำสั่ง G-Code

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เครื่องกัดสามารถนำมาใช้งานได้จริง

1.4.2 นำเครื่องกัด CNC ใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนให้กับนักศึกษารุ่นต่อไปได้

1.4.3 เป็นแนวทางในการศึกษาเพื่อพัฒนาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายของเครื่องกัดซีเอ็นซี (CNC)

[1]เอ็นซี (NC) ย่อมา จากคำว่า Numerical Control หมายถึง การควบคุมเครื่องจักรด้วยระบบตัวเลขและตัวอักษร ซึ่งคำจำกัดความนี้ได้มาจากประเทศสหรัฐอเมริกา กล่าวคือ การเคลื่อนที่ต่างๆ ตลอดจนการทำงานอื่นๆ ของเครื่องจักรกล จะถูกควบคุมโดยรหัสคำสั่งที่ประกอบด้วยตัวเลข ตัวอักษร และสัญลักษณ์อื่นๆ ซึ่งจะถูกแปลงเป็นคลื่นสัญญาณ (Pulse) ของกระแสไฟฟ้าหรือสัญญาณออกอื่นๆ ที่จะไปกระตุ้นมอเตอร์หรืออุปกรณ์อื่นๆ เพื่อทำให้เครื่องจักรกลทำงานตามขั้นตอนที่ต้องการ

[1]ซีเอ็นซี (CNC) ย่อมาจากคำว่า Computer Numerical Control ระบบควบคุมเอ็นซีแบบนี้จะมีคอมพิวเตอร์ที่มีความสามารถสูงเพิ่มเข้าไปภายในระบบ ทำให้สามารถจัดการกับข้อมูลที่ป้อนเข้าไปในระบบเอ็นซี และประมวลผลข้อมูลเพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้ไปควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกล

ในปัจจุบันเครื่องจักรกลเอ็นซีส่วนมากจะหมายถึง เครื่องจักรกลซีเอ็นซี ทั้งนี้เพราะว่าระบบเอ็นซีที่ไม่มีคอมพิวเตอร์เป็นส่วนประกอบ มักไม่นิยมสร้างใช้แล้ว เนื่องจากชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ในปัจจุบันมีราคาค่อนข้างถูก ดังนั้นราคาของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์เหล่านี้ที่เพิ่มขึ้นมา เกือบจะไม่ต้องนำมาพิจารณาเมื่อเทียบกันราคาของเครื่องจักรกลทั้งเครื่อง

2.2 ประวัติของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี

[1]ในสภาวะที่เศรษฐกิจเจริญเติบโตขึ้นมาเรื่อยๆ และจำนวนประชากรที่เพิ่มมากขึ้น ความต้องการด้านปัจจัย 4 ก็เพิ่มมากขึ้นตามลำดับ การแข่งขันทางการค้าก็ยิ่งทวีสูงขึ้นเรื่อยๆ เหตุต่างๆ เหล่านี้ ทำให้มนุษย์มีความจำเป็นที่จะต้องคิดค้นและพัฒนาการผลิตให้รวดเร็วและประหยัด เพื่อตอบสนองต่อความต้องการที่เพิ่มมากขึ้น เครื่องจักรกลอัตโนมัติได้ถูกออกแบบและพัฒนาสร้างขึ้นมาให้สามารถทำงานซ้ำๆ กันได้ทุกเวลาที่ต้องการ ซึ่งระบบการทำงานอัตโนมัติเป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย เช่น เครื่องเล่นเปียโนอัตโนมัติซึ่งทำงานโดยอาศัยระบบแมคคานิคควบคุม เครื่องกลึงอัตโนมัติที่ควบคุมการทำงานด้วยลูกเบี้ยว แต่เครื่องจักรเหล่านี้มีข้อเสียตรงที่การเปลี่ยนผลิตภัณฑ์หรือชิ้นงานใหม่ต้องใช้เวลามากและการเปลี่ยนลักษณะงานที่ขีดจำกัด ในปี ค.ศ. 1948 นักวิทยาศาสตร์ในสถาบัน MIT (Massachusetts Institute of Technology) ได้ริเริ่มทำโครงการพัฒนาเครื่องจักรกลที่ควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ขึ้น โดยได้รับการสนับสนุนโครงการจากกองทัพอากาศสหรัฐอเมริกา (U.S. Air Force) เครื่องจักรกลระบบเอ็นซีเครื่องแรกคือ CINCINNATIC HYDROTEL VERTICAL-SPINDLE MACHINE และนำออกใช้งานในปี ค.ศ. 1957

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 หลักการทำงานของเครื่องกัดซีเอ็นซี

[1]เครื่องซีเอ็นซี (CNC) มีระบบควบคุมที่ป้อนข้อมูลโปรแกรมคอมพิวเตอร์ของเครื่องผ่านแผงคีย์บอร์ด หรือแป้นพิมพ์ (Key Board) หรือเทปแม่เหล็ก (Magnetic Tape) เมื่อระบบควบคุมอ่านโปรแกรมเสร็จ ก็จะนำไปควบคุมให้เครื่องจักรกลทำงาน โดยอาศัยมอเตอร์ป้อน (Feed Motor) เพื่อให้แท่นเลื่อนเคลื่อนที่ตามคำสั่ง เช่น เครื่องกลึง ซีเอ็นซี (CNC Machine) ก็จะมีมอเตอร์ในการเคลื่อนที่อยู่ 2 ตัว หรือเครื่องกัด ซีเอ็นซี ก็จะมีมอเตอร์ป้อน 3 ตัว เมื่อระบบควบคุมอ่านโปรแกรมเสร็จ จะเปลี่ยนรหัสโปรแกรมเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าเพื่อควบคุมให้มอเตอร์ทำงาน แต่เนื่องจากสัญญาณที่ออกจากระบบควบคุมนี้มีกำลังน้อย ไม่สามารถไปหมุนขับให้มอเตอร์ทำงานได้ ดังนั้น จึงต้องส่งสัญญาณนี้เข้าไปในภาคขยายสัญญาณของระบบขับ (Drive Amplified) และส่งสัญญาณต่อไปยังมอเตอร์ป้อนแนวแกนตามที่โปรแกรมกำหนดทั้งความเร็วและระยะทาง การเคลื่อนที่ของแท่นเลื่อนจะถูกโปรแกรมไว้ทั้งหมด เพื่อควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซี (CNC) และมีเครื่องมืออุปกรณ์ที่ตรวจสอบตำแหน่งของแท่นเลื่อนให้ระบบควบคุม เรียกว่า ระบบวัดขนาด (Measuring System) ซึ่งประกอบด้วยสเกลแนวตรง (Liner Scale) มีจำนวนเท่ากับจำนวนแนวแกนในการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรกล ทำหน้าที่ส่งสัญญาณไฟฟ้าที่สัมพันธ์กับระยะทางที่แท่นเลื่อนเคลื่อนที่กลับไปยังระบบควบคุม ทำให้ระบบควบคุมรู้ว่าแท่นเลื่อนเคลื่อนที่ไปเป็นระยะทางเท่าใด จากหลักการควบคุมการทำงานดังกล่าว ทำให้เครื่องจักรกลซีเอ็นซีสามารถผลิตชิ้นงานให้มีรูปร่างและรูปทรงให้มีขนาดตามที่เราต้องการได้ เนื่องจากการสร้างและการทำงานที่เหนือกว่าเครื่องจักรกลทั่วไป จึงทำให้เครื่องจักรกลซีเอ็นซีเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญมากในปัจจุบันนี้ หากต้องการผลิตสินค้าให้ได้จำนวนมากๆ และลดจำนวนระยะเวลาการผลิตของสินค้า

2.4 โครงสร้างเครื่องกัดซีเอ็นซี

โครงสร้างเครื่องกัดซีเอ็นซี มีดังนี้

2.4.1 ระบบควบคุมเครื่องจักร

[1]ระบบควบคุมเครื่องจักรมีหน้าที่รับคำสั่งจากผู้ใช้ที่ป้อนข้อมูลให้ผ่านทางโปรแกรมและส่งคำสั่งนี้ต่อไปยังชุดเคลื่อนที่และส่วนการทำงานอื่นๆ ให้ทำงานสัมพันธ์กับคำสั่ง ชุดควบคุมคำสั่งประกอบด้วย

- ชุดติดต่อกับผู้ใช้ เป็นส่วนทำหน้าที่สื่อสารระหว่างผู้ใช้กับเครื่องจักร รายงานสภาวะการทำงานต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น เช่น ตำแหน่งของแกน ความเร็วรอบของแกน เป็นต้น โดยชุดติดต่อกับผู้ใช้นี้ประกอบด้วย จอภาพ แป้นพิมพ์ ปุ่มสวิตช์ควบคุมการทำงานต่างๆ เช่น ความเร็วเดิน ความเร็วรอบ
- ชุดควบคุมเครื่องจักร ทำหน้าที่รับและจัดเก็บข้อมูลต่างๆ ที่รับมาจากชุดติดต่อกับผู้ใช้ แล้วทำการแปลงข้อมูลให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เพื่อส่งให้กับส่วนทำงานต่างๆ เช่น ชุดขับเคลื่อนแกน (Stepper Motor, Servo Motor) โดยส่วนนี้จะประกอบด้วย ส่วนคำนวณ หรือ Microprocessor, หน่วยความจำ, ชุดขับแกน และ สปินเดิล และชุดควบคุมขั้นตอนการทำงาน

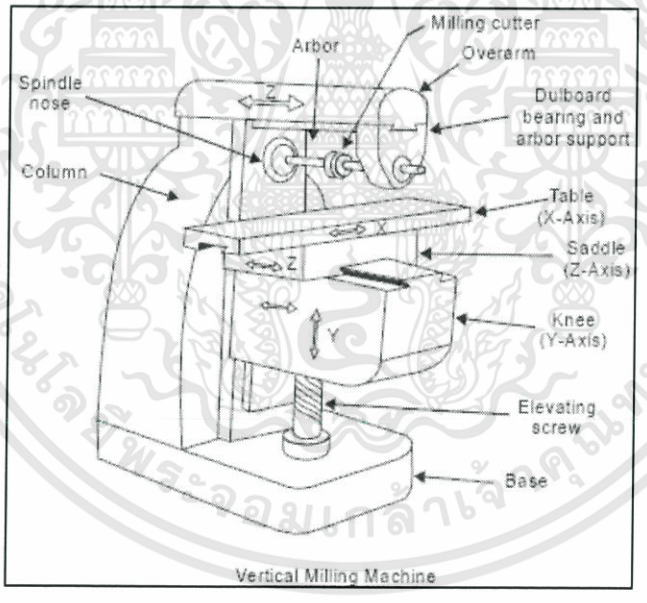
2.4.2 ตัวเครื่องจักร

ตัวเครื่องจักรประกอบไปด้วยแท่นเครื่อง หมอนรอง โต๊ะวางชิ้นงาน ชุดสปินเดิล ชุดขับแกนการเคลื่อนที่ต่างๆ ดังรูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของเครื่องกัด ส่วนประกอบของตัวเครื่องจักร มีรายละเอียดดังนี้

- แท่นเครื่อง (Base) เป็นโครงสร้างหลักทำหน้าที่รองรับชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องจักร
- หมอนรอง (Saddle) ใช้ต่อจากแท่นเครื่อง เพื่อติดตั้งแกนการเคลื่อนที่อื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โต๊ะวางชิ้นงาน (Table) ใช้สำหรับการติดตั้งชุดเคลื่อนที่สปินเดิล
- ชุดสปินเดิล (Spindle) ใช้สำหรับติดตั้งมอเตอร์กับสปินเดิลและชุดจับยึดเครื่องมือ
- ชุดขับแกนการเคลื่อนที่ต่างๆ ประกอบด้วย
  - Stepper Motor หรือ Servo motor มีหน้าที่รับคำสั่งทางไฟฟ้าจากชุดควบคุมมาแปลงเป็นการเคลื่อนที่ไปตามตำแหน่งนั้นๆ
  - ชุดรายงานตำแหน่ง (Position Feedback) มีหน้าที่อ่านตำแหน่งของแกนการเคลื่อนที่ต่างๆ แล้วส่งค่าไปให้ชุดควบคุม โดยทั่วไปจะใช้ Encoder หรือ Linear Scale
  - ชุดรองเลื่อน (Guide Way หรือ Slide Way) เป็นชุดประคองให้แกนการเคลื่อนที่เคลื่อนที่เป็นเส้นตรงและให้ความแข็งแรงของการเคลื่อนที่ของโต๊ะวางชิ้นงาน และสปินเดิล ขณะที่สร้างชิ้นงาน
  - ชุดขับเคลื่อน (Feed Screw, Ball Screw, Belt) เป็นอุปกรณ์ที่แปลงการเคลื่อนที่เชิงมุมจาก Servo Motor ไปเป็นการเคลื่อนที่เชิงเส้น สามารถเลือกใช้งานได้ตามลักษณะงาน ความละเอียดและความแม่นยำ
  - ชุดจับยึดชิ้นงาน ทำหน้าที่จับยึดวัสดุที่ใช้สร้างชิ้นงานกับโต๊ะวางชิ้นงาน



รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของเครื่องกัด
(ที่มา : http://sainsmechanical.blogspot.com /2011/12/milling.htm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 องค์ประกอบของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี

[1]เครื่องจักรกลซีเอ็นซี จะประกอบด้วยองค์ประกอบใหญ่ๆ อยู่ 2 ส่วนคือ

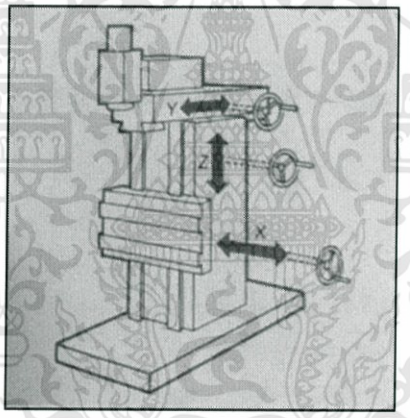
- องค์ประกอบของเครื่องจักรกลที่ควบคุมได้
- ระบบซีเอ็นซี (CNC System)

2.5.1 องค์ประกอบของเครื่องจักรกลที่ควบคุมได้

[1]องค์ประกอบของเครื่องจักรกล ที่ทำหน้าที่เคลื่อนที่เข้าตัดเฉือนชิ้นงาน และองค์ประกอบอื่นๆ ที่ช่วยเสริมการทำงานตัดเฉือนให้สมบรูณ์ยิ่งขึ้น จะถูกควบคุมโดยโปรแกรมเอ็นซี ด้วยวิธีการควบคุมแบบต่างๆ กัน

2.5.1.1 แนวแกนป้อน (Feed Axes)

[1]เครื่องจักรกลซีเอ็นซีจะมีแนวแกนป้อนรวมกันอยู่หลายแนวแกน ทำให้สามารถตัดเฉือนชิ้นงานให้เป็นรูปทรงต่างๆ ที่ต้องการได้ การกำหนดแนวแกนต่างๆ ของเครื่องจักรกลซีเอ็นซีจะกำหนดตามมาตรฐานสากลภายใต้หัวเรื่อง Coordinate axis and directions and movement for numerically controlled ซึ่งจะกำหนดแนวแกนเหล่านี้โดยใช้ตัวอักษร x, y และ z ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แท่นเลื่อนแบบ 3 แนวแกน (ที่มา : ผศ.ชาลี ตระการกูล, 2537)

แนวแกนทั้ง 3 แนวแกนที่แสดงในรูปจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ต่างๆ ดังนี้

แนวแกน X โต๊ะวางชิ้นงานเคลื่อนที่ไปทางซ้ายและขวา

แนวแกน Y โต๊ะวางชิ้นงานเคลื่อนที่เข้าและออก

แนวแกน Z โต๊ะวางชิ้นงานเคลื่อนที่ขึ้นและลง

สำหรับเครื่องกัดจะมีแนวแกนป้อนอยู่ 3 แนวแกนด้วยกันคือ แกน X, Y, และ Z โดยทั่วไปจะมี 2 แกนสำหรับการเคลื่อนที่ของโต๊ะวางชิ้นงาน ส่วนแกนที่ 3 จะเป็นการเคลื่อนที่ของเพลาหัวเครื่อง (เพลางาน) ถ้าเครื่องกัดนั้นเป็นแบบโต๊ะงานอยู่กับที่ เพลาหัวเครื่องจะเคลื่อนที่ทั้ง 3 แนวแกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1.2 การขับป้อน (Feed Drives)

[1]ระบบป้อนโดยทั่วไปจะใช้มอเตอร์กระแสตรงในการหมุนขับและควบคุมการทำงาน ด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอก มอเตอร์ชนิดนี้จะสามารถหมุนและเบรกให้หยุดได้ทั้งสองทิศทางขณะตัดเฉือนชิ้นงาน การเคลื่อนที่ป้อนจะต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอและสามารถต้านแรงกระทำจากภายนอกได้ เช่น แรงตัดเฉือน เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ระบบขับป้อนจึงต้องได้รับการออกแบบให้มีความแข็งแกร่งสูง มีการเคลื่อนที่คงที่และสม่ำเสมอ สามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราป้อนได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ในขณะทำงาน คมตัดอาจทื่อ หรือการเคลื่อนที่ของแท่นเครื่องถูกกีด-ขวาง หรือการเร่งอัตราป้อนให้เคลื่อนที่เร็วและหยุดโดยทันที สาเหตุเหล่านี้จะทำให้มอเตอร์รับภาระมากเกินไป (Over Loading) ซึ่งอาจทำให้มอเตอร์เสียหายได้ ดังนั้น จึงต้องมีการป้องกันอุบัติเหตุเหล่านี้ โดยทั่วไปจะใช้คลัตช์แบบลูกกลิ้ง (Over Running Clutch) ร่วมกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์

- มอเตอร์

[1]เครื่องจักรกลเอ็นซีสมัยใหม่จะออกแบบใช้ระบบขับป้อนแบบเซอร์โว (Servo Drives) สามารถปรับอัตราป้อนและความเร็วรอบได้โดยไม่มีขีดกำกัดของขั้นความเร็วและอัตราป้อน มอเตอร์ที่ใช้ในระบบขับป้อนโดยทั่วไปจะมีอยู่ 3 ชนิด คือ

ก. มอเตอร์กระแสตรง (DC Motors) ลักษณะสร้างของมอเตอร์กระแสตรงจะใช้เป็นแม่เหล็กถาวรที่มี 4, 6, 8 ขั้ว ประกอบด้วยระบบเบรก (Brake) แกนมอเตอร์ (Rotor) อุปกรณ์วัดรอบ (Tachogenerator) และอุปกรณ์วัด (Measuring) การใช้มอเตอร์กระแสตรง ทำให้สามารถปรับอัตราป้อนได้ละเอียดและมีวงจรควบคุมไม่ซับซ้อน แต่ก็มีข้อเสียตรงที่มอเตอร์ชนิดนี้ต้องแปรงถ่าน ซึ่งจะต้องคอยทำความสะอาดและเปลี่ยนเมื่อแปรงถ่านหมด นอกจากนี้แปรงถ่านยังทำให้แกนมอเตอร์สึกหรออันเป็นผลทำให้กำลัง-มอเตอร์น้อยลง ข้อเสียอีกประการหนึ่งคือ หากต้องการกำลังขับสูง มอเตอร์จะมีขนาดใหญ่ด้วยและเมื่อใช้ความเร็วรอบสูงๆ จะทำให้แรงบิดลดลง ดังนั้นจึงมักใช้กับเครื่องจักรกลซีเอ็นซีขนาดเล็กและขนาดกลาง

ข้อดีของ DC motor คือ

1. การควบคุมแรงบิดหรือความเร็วทำได้ง่ายและดีมาก
2. มีผลตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลง (Response) ได้รวดเร็ว
3. การปรับความเร็วสามารถทำได้ในช่วงกว้าง

ข้อเสียของ DC motor คือ

1. การบำรุงรักษาสูงมากเนื่องจากมีส่วนสึกหรอของแปรงถ่าน
2. ราคาแพงมากเมื่อเทียบกับ AC motor ที่มีขนาดกำลังแรงม้าเท่ากัน
3. มีขนาดใหญ่กว่า AC motor ที่ขนาดแรงม้าเท่ากัน
4. หาแหล่งจ่ายที่เป็นไฟกระแสตรงได้ยาก
5. ไม่สามารถนำไปใช้ในที่มีสารไวไฟได้

ข. มอเตอร์แบบเป็นขั้น (Stepping Motor) เป็นมอเตอร์ที่ทำงานแบบต่อเนื่องโดยการแปลงคลื่นสัญญาณที่ป้อนเข้าไปในระบบให้เป็นการเคลื่อนที่เชิงมุม การหมุนในแต่ละมุมที่เปลี่ยนไป 1 ขั้นจะเท่ากับ 1 คลื่นสัญญาณ ดังนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งของเพลาจะถูกกำหนดโดยจำนวนคลื่นสัญญาณที่ป้อนเข้าไปและความเร็วในการหมุนของเพลาจะวัดเป็นจำนวนขั้นต่อวินาที (Steps per second) ซึ่งจะเท่ากับความถี่ของคลื่นสัญญาณที่ป้อนเข้าในระบบที่วัดเป็นจำนวนคลื่นสัญญาณต่อวินาที (Pulses per second) ความเที่ยงตรงของระบบจะขึ้นอยู่กับความสามารถของมอเตอร์ในการแบ่งขั้นการหมุนตามจำนวนคลื่นสัญญาณที่ป้อนในระบบ แรงบิดของมอเตอร์ชนิดนี้จะลดลงเมื่อความเร็วในการหมุนแบ่งเพิ่มขึ้น ดังนั้นเหมาะสำหรับเครื่องจักรกลเล็กๆ ที่ไม่ต้องใช้กำลังขับมาก

รูปที่ 2.3 สเต็ปปิงมอเตอร์แบบมีสาย 5 เส้น (ที่มา : http://www.nectec.or.th/schoolnet/library/webcontest2003/100team/dlnes137/am/step_motor.html)

ข้อดีของ Stepping Motor

1. การควบคุมไม่ต้องอาศัยตัวตรวจจับการหมุน
2. ไม่ต้องใช้แปรงถ่าน ดังนั้นจึงทำให้ไม่มีส่วนที่จะต้องสึกหรอ และปัญหาของการสปาร์ค (ที่เกิดจากหน้าสัมผัสของแปรงถ่านแหวนตัวนำในโรเตอร์) ที่ทำให้เกิดสัญญาณรบกวน
3. การควบคุมโดยทางวงจรดิจิตอลหรือไมโครโพรเซสเซอร์ ทำได้ง่ายและสะดวก

ค. มอเตอร์กระแสสลับ (Alternate – current motors) ส่วนมากจะเป็นมอเตอร์แบบซิงโครนัส (Synchronous motor) ข้อดีคือไม่ต้องใช้แปรง-ถ่าน ทำให้สามารถลดงานบำรุงรักษาได้มากและมอเตอร์ขนาดเดียวกันเมื่อเปรียบเทียบกับมอเตอร์กระแสตรง จะสามารถให้แรงบิดได้ดีกว่าและมีขนาดเล็กกว่าด้วย ส่วนข้อเสียคือ วงจรควบคุมจะมีความซับซ้อนมากกว่าวงจรควบคุมมอเตอร์กระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของ AC motor

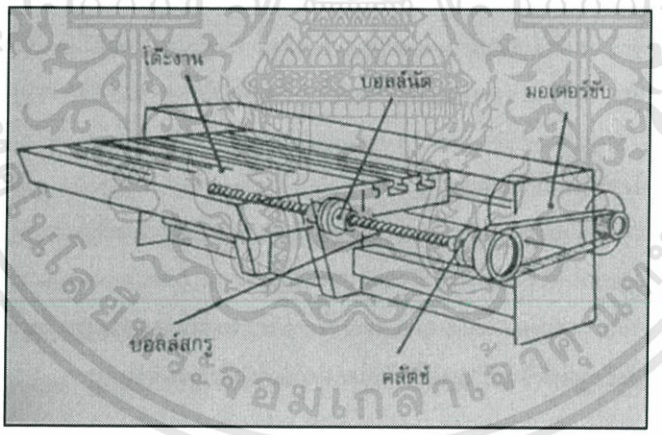
1. ราคาถูกกว่า DC motor ที่ขนาดพิกัดกำลังเท่ากัน
2. มีลักษณะโครงสร้างง่าย ไม่ซับซ้อน และเล็กกว่า DC motor ที่พิกัดเท่ากัน
3. การบำรุงรักษาน้อยมาก แข็งแรงทนทาน
4. ใช้ในสถานที่ที่มีสารไวไฟ หรือสารเคมีได้
5. มีประสิทธิภาพสูงกว่า DC motor
6. หาซื้อได้ง่าย เป็นที่นิยม

ข้อเสียของ AC motor

1. การควบคุมความเร็วทำได้ยากมาก จะต้องใช้อุปกรณ์ทาง power electronics มาควบคุมคือ inverter ซึ่งค่อนข้างจะมีราคา

- บอลล์สกรู (Ball Screws)

[1]หัวใจหลักของระบบขับป้อนของเครื่องจักรซีเอ็นซีคือ การส่งกำลังขับด้วยบอลล์สกรู ซึ่งจะมีลูกบอลล์ไหลหมุนเวียนอยู่ตลอดเวลา บอลล์สกรูจะประกอบด้วยสกรูกับนัตที่มีลักษณะเป็นเกลียวกลม ร่องเกลียวกลมบนสกรูและนัตจะขุบแข็งและเจียระไนผิวเรียบมันเพื่อลดความฝืดและเพิ่มความเที่ยงขนาดในการเคลื่อนที่ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การขับป้อนของโต๊ะงาน (ที่มา : ผศ.ชาลี ตระการกูล, 2537)

เมื่อมอเตอร์หมุนขับสกรู นัตจะเคลื่อนที่ไปตลอดความยาวของสกรู พาให้แท่นเลื่อนและโต๊ะงานเคลื่อนที่ไปตามรางเลื่อน การต่อกำลังระหว่างมอเตอร์กับบอลล์สกรู จะมีชุดคลัตช์ความฝืดเป็นตัวเชื่อม ซึ่งนอกจากจะมีหน้าที่ต่อกำลังขับแล้ว ยังมีหน้าที่ป้องกันอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจากแท่นเลื่อนหรือโต๊ะงานชนหรือกระแทกกับสิ่งกีดขวางไม่ให้เครื่องจักรกลซีเอ็นซีเกิดความเสียหายมากเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วิธีการขับสเต็ปปิงมอเตอร์ให้หมุนโดยการกระตุ้นเฟส

[3]ในการควบคุมสเต็ปปิงมอเตอร์เพื่อที่จะให้ทำการหมุน มีวิธีการควบคุมกระแสไฟที่จ่ายให้กับขดลวดสเตเตอร์ (Stator) ในแต่ละเฟสของสเต็ปปิงมอเตอร์ อย่างเป็นลำดับที่แน่นอน โดยถ้าหากเราต้องการให้กระแสไหลในเฟสใดๆ ก็จะทำให้สถานะของเฟสนั้นๆ เป็นสถานะลอจิก "1" และในการกระตุ้นเฟสของสเต็ปปิงมอเตอร์มีอยู่ด้วยกัน 2 แบบคือ

1. การกระตุ้นเฟส แบบฟูลสเต็ปมอเตอร์ (Full Step Motor) ยังสามารถแบ่งการกระตุ้นเฟสออกได้เป็นอีก 2 วิธีด้วยกันคือ

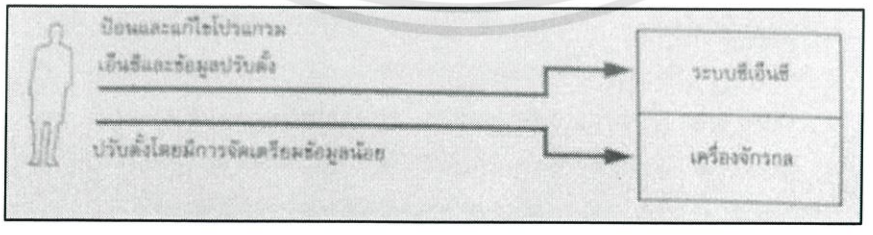
1.1 การกระตุ้นเฟสแบบฟูลสเต็ป 1 เฟส (Single-Phase Driver) หรือแบบเวฟ จะเป็นการป้อนกระแสไฟให้กับขดลวด ของสเต็ปปิงมอเตอร์ทีละขด โดยจะป้อนกระแสเรียงตามลำดับกันไป ดังนั้นกระแสที่ไหลในขดลวด จะทำการไหลในทิศทางเดียวกันทุกขด ลักษณะเช่นนี้จึงทำให้แรงขับของสเต็ปปิงมอเตอร์น้อย

1.2 การกระตุ้นเฟสแบบฟูลสเต็ป 2 เฟส (Two-Phase Driver) แสดงดังตาราง เป็นการป้อนกระแสให้กับขดลวด 2 ขด ของสเต็ปปิงมอเตอร์พร้อมๆ กันไป และจะกระตุ้นเรียงถัดกันไป เช่นเดียวกับแบบหนึ่งเฟส ดังนั้นการกระตุ้นแบบนี้จึงต้องใช้กำลังไฟมากขึ้น และจะทำให้มีแรงบิดของมอเตอร์มากกว่าการกระตุ้นแบบ 1 เฟส

2. การกระตุ้นเฟส แบบฮาลฟ์สเต็ป (Half Step Motor) หรือ one-two phase Driver คือการกระตุ้นเฟสแบบ ฟูลสเต็ป 1 เฟส และ 2 เฟส เรียงลำดับกันไป แรงบิดที่ได้จากการกระตุ้นเฟสแบบนี้จะมีเพิ่มมากขึ้น เพราะช่วงของสเต็ปมีระยะสั้นลง ในการกระตุ้นแบบนี้ เราจะต้องมีการกระตุ้นที่เฟสถึง 2 ครั้ง จึงจะได้ระยะของสเต็ปเท่ากับการกระตุ้นเพียงครั้งเดียวของแบบฟูลสเต็ป 2 แบบแรก ความละเอียดของการหมุนตำแหน่งองศาต่อสเต็ป ก็เป็นสองเท่าของแบบแรก ความถูกต้องของตำแหน่งที่กำหนดจึงมีมากขึ้น

2.5.2 ระบบซีเอ็นซี (CNC System)

[1]ระบบซีเอ็นซี จะมีคอมพิวเตอร์ประกอบอยู่ด้วย ดังนั้นช่างควบคุมเครื่องไม่เพียงแต่จะสามารถใช้โปรแกรมเอ็นซีสั่งให้เครื่องจักรทำงานได้เท่านั้น แต่จะยังสามารถเขียนและป้อนโปรแกรมด้วยตนเองตลอดจนการแก้ไขโปรแกรมหลังจากป้อนเข้าไปในระบบควบคุมของเครื่องแล้ว ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ระบบซีเอ็นซี (ที่มา : ผศ.ชาลี ตระการกูล, 2537)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดต่างๆ ของเครื่องมือตัดและอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน สามารถที่จะเลือกใช้และป้อนเข้าไปในระบบควบคุมซีเอ็นซีได้ขณะที่ทำการปรับตั้ง (Setting – up) และเป็นอิสระจากตัวโปรแกรมเอ็นซี ขนาดต่างๆ ของเครื่องมือจะถูกนำไปใช้โดยอัตโนมัติในขณะที่ทำการตัดเฉือน

องค์ประกอบของระบบควบคุมซีเอ็นซี

[1]หัวใจของระบบซีเอ็นซีคือ คอมพิวเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่ในการคำนวณทั้งหมดและเชื่อมโยงข้อมูลต่างๆเข้าด้วยกันอย่างเป็นเหตุและผลเนื่องจากระบบซีเอ็นซีเป็นองค์ประกอบที่เชื่อมโยงระหว่างช่างควบคุมเครื่องกับเครื่องจักรกล จึงจำเป็นต้องมีชุดอินเตอร์เฟส (Interface) อยู่สองชุด คือ

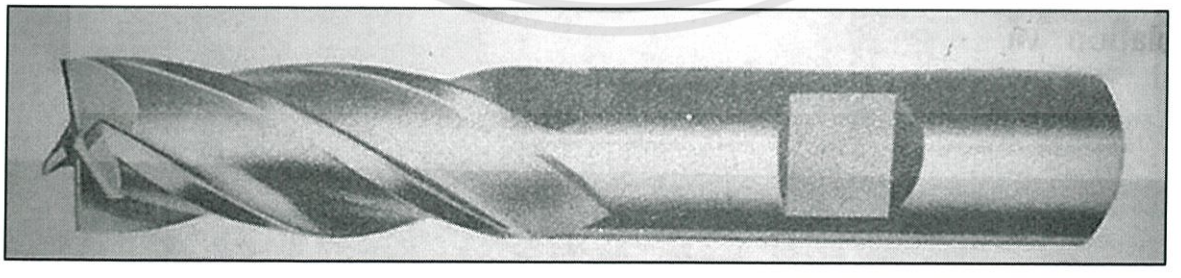
- ชุดอินเตอร์เฟสสำหรับช่างควบคุมเครื่อง ซึ่งประกอบด้วย แผงควบคุม และข้อต่อต่างๆ สำหรับเครื่องอ่านเทปกระดาษ (Punched tape reader) เครื่องเจาะเทปกระดาษ (Punched tape perforator) หน่วยเทปแม่เหล็ก (Magnetic tape unit) หน่วยดิสเก็ต (Diskette unit) และเครื่องพิมพ์ (Printer)
- ชุดอินเตอร์เฟสสำหรับเครื่องจักรกล องค์ประกอบหลักของชุดนี้จะประกอบไปด้วย อินเตอร์เฟสการควบคุม (Control interface) การควบคุมแนวแกน (Axis control) และหน่วยจ่ายกำลัง (Power supply)

2.6 ดอกกัด

[2]ดอกกัดเป็นเครื่องที่มีประโยชน์อย่างมากสำหรับเครื่อง NC ในกรณีที่เราใช้อินเสิร์ทกับตัวคัตเตอร์ การกัดสามารถทำการกัดแบบคอนทัวร์จากเครื่อง NC เพื่อทำการกัดลักษณะพิเศษตามที่ต้องการ ดอกกัดมีสองชนิดด้วยกันคือ ชนิดโซลิดคัตเตอร์เป็นแท่งเดียวตลอด อีกอันคือชนิดอินเสิร์ทคัตเตอร์และยังแบ่งย่อยออกเป็นเอ็นด์มิลล์ (End mills) และเฟซมิลล์ (Face mills) ได้อีก ซึ่งเครื่องกัด CNC ทั้ง 2 เครื่อง ได้ใช้ดอกกัดเอ็นด์มิลล์ ชนิดร่องคายเศษหลายร่อง

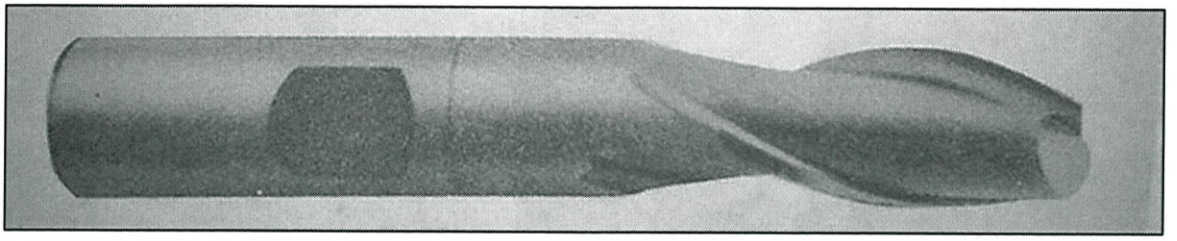
2.6.1 ดอกกัดเอ็นด์มิลล์ (End mills)

ดอกกัดเอ็นด์มิลล์ที่ใช้อยู่มีทั้งทำจาก HSS และโซลิดคาร์ไบด์ ตั้งแต่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.032 นิ้วถึง 2 นิ้ว มีทั้งชนิดร่องคายเศษเหล็ก 2 ร่องและ 4 ร่อง อินเสิร์ทเอ็นด์มิลล์มีตั้งแต่ขนาด 0.500 นิ้วถึง 3 นิ้ว รูปที่ 2.6 แสดงเอ็นด์มิลล์ชนิด 4 ร่องทำจาก HSS รูปที่ 2.7 แสดงเอ็นด์มิลล์ที่ทำจากโซลิดคาร์ไบด์ชนิด 2 ร่อง คัตเตอร์ชนิด 2 ร่อง ประสบการณ์ของผู้เขียนโปรแกรมจะเป็นผู้เลือกว่าจะใช้ชนิด 4 ร่องหรือ 2 ร่อง



รูปที่ 2.6 ดอกกัดร่องเดียวและชนิดหลายร่อง มีความยาวมาตรฐาน (ที่มา : สมเกียรติ บูรณ์เจริญ, 2537)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 เอ็นด์มิลล์โซลิดคาร์ไบด์ชนิดร่องคายเศษโลหะชนิดสองร่อง (ที่มา : สมเกียรติ บูรณ์เจริญ, 2537)

2.6.2 ดอกกัดผิวหน้าหรือเฟซมิลล์ (Face mills)

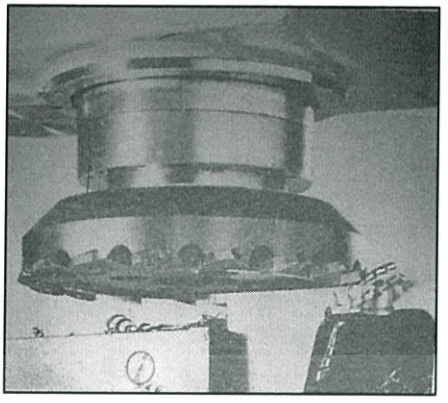
เฟซมิลล์ต่างจากเอ็นด์มิลล์ หลักในเรื่องของการใช้งาน เฟซมิลล์ออกแบบมาเพื่อปลอกหรือเอาวัสดุออกจากผิวหน้าของชิ้นงานที่ผลิตมาใช้งานทั้งแบบที่ทำจากทองเหลืองคาร์ไบด์เหล็กกล้าความเร็วสูง (HSS) และคาร์ไบด์ชนิดอินเสิร์ท

เฟซมิลล์ที่มีใช้มีตั้งแต่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้วถึง 8 นิ้ว อินเสิร์ทคาร์ไบด์มักใช้เป็นเครื่องมือกัดผิวหน้า ราคาของทองเหลืองคาร์ไบด์ขนาดใหญ่และ HSS มิลล์จำกัดตามการใช้งานตามสถานการณ์พิเศษที่นำไปใช้

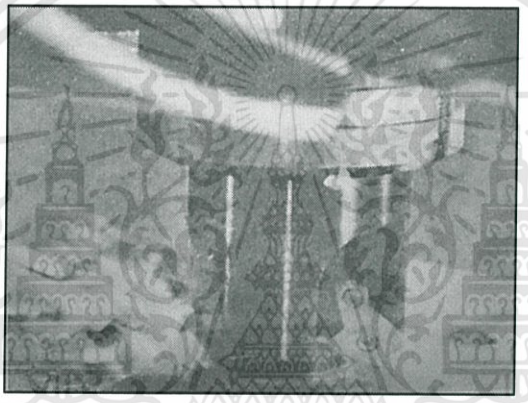
รูปที่ 2.8 แสดงอินเสิร์ทมิลล์ชนิดทั่วไป รูปที่ 2.9 แสดงเฟซมิลล์ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่สังเกตุดูอินเสิร์ทที่ใช้ ในรูปที่ 2.10 เป็นมิลล์คัตเตอร์ชนิดพิเศษ คัตเตอร์ชนิดนี้เรียกว่า พลักคัตเตอร์ (plunge cutter) และโพรไฟล์คัตเตอร์ (profile cutter) มันถูกออกแบบให้เสียบเข้ากับตัววัสดุก่อน ต่อจากนั้นเริ่มกัดการออกแบบนี้เป็นชนิดกลางระหว่างเอ็นด์มิลล์และเฟซมิลล์

รูปที่ 2.8 เฟซมิลล์ชนิดที่อินเสิร์ททำจากคาร์ไบด์ (ที่มา : สมเกียรติ บูรณ์เจริญ, 2537)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 เฟซมิลล์ขนาดใหญ่ (ที่มา : สมเกียรติ บูรณ์เจริญ, 2537)



รูปที่ 2.10 มิลล์ตัดเตอร์ชนิดพิเศษหรือพลักคัตเตอร์ (ที่มา : สมเกียรติ บูรณ์เจริญ, 2537)

2.7 ทฤษฎีการกัดชิ้นงาน

ทฤษฎีในการกัดชิ้นงาน และการคำนวนค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในการกัดชิ้นงาน มีดังนี้

2.7.1 ทฤษฎีการกัดชิ้นงาน

ทฤษฎีในการกัดชิ้นงาน ประกอบไปด้วยความเร็วตัด ความเร็วรอบ อัตราป้อน และความเร็วขอบ ดังนี้

2.7.1.1 ความเร็วตัด (Cutting Speeds)

ความเร็วตัด (Cutting Speeds) หมายถึง ความเร็วที่คมมีดตัดปาดผิวโลหะออกเมื่อชิ้นงานหรือมีดตัดหมุนไปครบ 1 รอบ มีหน่วยวัดเป็นเมตรต่อนาที (ม./นาที, m/min) หรือ ฟุตต่อนาที (ฟุต/นาที, ft/min)

หลักเกณฑ์การเลือกใช้ความเร็วตัด มีดังนี้

- วัสดุที่ใช้ทำเครื่องมือตัด (Cutting tools) ที่ทำมาจากเหล็กรอบสูง (High Speed Steel) สามารถใช้ความเร็วตัดเป็น 2 เท่า ของความเร็วตัดของมีดที่ทำมาจากวัสดุเหล็กคาร์บอน ส่วนวัสดุคมตัดที่มีส่วนผสมพิเศษออกไปสามารถใช้ความเร็วตัดได้กว่าเหล็กรอบสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ชนิดของวัสดุ (Material) ที่จะนำมาทำการตัดเฉือน โดยทั่วๆ ไปวัสดุงานที่แข็งมากจะใช้ความเร็วตัดช้ากว่าวัสดุที่อ่อนกว่า
- รูปร่างของคมตัด (Form Cutting Tool) มีผลต่อการทำงานมาก เช่น มีดตัดงานขาดจะใช้ความเร็วรอบต่ำกว่ามีดกลึงปอกผิว
- ความลึกในการตัด(Depth of Cut) ถ้าป้อนตัดลึกจะใช้ความเร็วรอบน้อยกว่าป้อนตัดตื้น
- อัตราป้อน (Rate of Feed) ในการป้อนตัดงานหยาบ เช่น อัตราป้อน 3 มม. ความเร็วที่ใช้ในการตัดจะต่ำกว่าการป้อนตัดขั้นสุดท้าย เช่น อัตราป้อนตัด 0.13 มม. เป็นต้น จะใช้ความเร็วรอบได้สูง
- การระบายความร้อน (Cutting lubricant) ความเร็วตัดของวัสดุบางชนิดอาจเพิ่มให้สูงขึ้นได้เมื่อมีการระบายความร้อนที่ถูกต้อง ซึ่งสารระบายความร้อนนี้ จะช่วยรักษาอุณหภูมิของคมตัดไม่ให้ร้อนสูงเกินไปขณะทำงาน
- การจับงานให้มั่นคงแข็งแรง (Rigidity of the Work) ในกรณีงานที่ถูกจับด้วยหัวจับ โผล่ออกมาสั้นๆ จะใช้ความเร็วได้สูงกว่างานที่ถูกจับโผล่ออกมายาวๆ
- ความสามารถของสภาพเครื่อง เครื่องที่แข็งแรงมีกำลังสูง สามารถใช้ความเร็วตัดได้สูง อย่างไรก็ตามอย่าใช้สูงจนคมตัดไหม้

2.7.1.2 <u>ความเร็วรอบ (Speeds)</u>

ความเร็วรอบ (Speeds) หมายถึง ความเร็วที่ชิ้นงานหรือมีดตัดหมุนรอบต่อหนึ่งหน่วยเวลา มีหน่วยวัดเป็นรอบต่อนาที (RPM = revolutions per minute) ความเร็วตัดเป็นมาตรฐานที่กำหนดมาให้ตามลักษณะของมีดตัด ชนิดของวัสดุ ความลึกในการป้อนกินวัสดุทำมีดตัดและวิธีการหล่อเย็นที่เหมาะสม

2.7.1.3 <u>อัตราป้อน (Feeds rate)</u>

อัตราป้อน (Feeds rate) หมายถึง ระยะการป้อนชิ้นงานหรือมีดตัดเข้าหาชิ้นงาน เมื่อชิ้นงานหรือมีดตัดหมุนครบหนึ่งรอบ มีหน่วยวัดเป็น มิลลิเมตรต่อรอบ (มม./รอบ,) หรือ ฟุตต่อรอบ (ฟุต/รอบ)

2.7.1.4 <u>ความเร็วขอบ (Surface speed)</u>

ความเร็วขอบ (Surface speed) คือ ความเร็วแล่นของจุดใดจุดหนึ่งบนผิวงาน ซึ่งมีใช้ในการหมุนของมูเล่ (Pulley) ล้อหินเจียระไน มีหน่วยวัดเป็นเมตรต่อวินาที (m/s) ซึ่งงานเหล่านี้จะต้องหมุนเร็วมากแต่ความเร็วขอบเมื่อมาใช้กับงานกัด งานกลึง งานใส จะเรียกว่าความเร็วตัด มีหน่วยวัดเป็นเมตรต่อนาที (m/min)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 การคำนวนค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในการกัดชิ้นงาน

การคำนวณหาค่าของตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการกัดชิ้นงาน

2.7.2.1 สูตรการหาอัตราการป้อนกัด

$$F_r = feed \times rpm \tag{2.1}$$

โดย F_r คือ อัตราการตัดชิ้นงาน มีหน่วยเป็น เมตรต่อนาที (m/min)

feed คือ การตัดชิ้นงาน มีหน่วยเป็น มิลลิเมตรต่อรอบ

rpm คือ ความเร็วรอบ มีหน่วยเป็น รอบต่อนาที

2.7.2.2 สูตรการหากำลังที่ใช้ในการตัดชิ้นงาน

$$P = V \times I \tag{2.2}$$

โดย P คือ กำลังของมอเตอร์ มีหน่วยเป็น วัตต์ (W)

V คือ ความต่างศักย์ของกระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)

I คือ กระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็น Amp.

2.7.2.3 สูตรการหาแรงที่ใช้ในการตัดชิ้นงาน

$$P = F \times F_r \tag{2.3}$$

โดย P คือ กำลังของมอเตอร์ มีหน่วยเป็น วัตต์ (W)

F คือ แรงที่ใช้ในการตัดมีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

F_r คือ อัตราการตัดชิ้นงาน มีหน่วยเป็น เมตรต่อนาที (m/min)

2.7.2.4 สูตรการหาความเค้นของชิ้นงานที่ใช้ในการตัด

$$\sigma = \frac{F}{A} \tag{2.4}$$

โดย σ คือ ความเค้นของชิ้นงาน มีหน่วยเป็น นิวตันต่อตารางเมตรN/m^2

F คือ แรงที่ใช้ในการตัดมีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

A คือ พื้นที่ตัดขวางแรงที่กระทำ มีหน่วยเป็น ตารางเมตร (m^2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 รหัสโค้ด

[4]รหัสโค้ด คือ ตัวเลขหรือตัวอักษรที่ใช้สำหรับเขียนโปรแกรมที่ใช้กับเครื่องจักรกล

2.8.1 รหัสตัวเลขและตัวอักษร

[4]รหัสตัวเลขและตัวอักษรมีหมวดหมู่ของรหัสมากมายที่ถูกใช้สำหรับการเขียนโปรแกรม ที่ใช้กับเครื่องจักรกล แต่ละหมวดหมู่ถูกระบุเป็นตัวอักษรที่มีความหมายพิเศษ รหัสตัวเลขและตัวอักษรในตาราง 2.1 คือ รายการตัวอักษรที่ใช้กับเครื่องจักรกลซีเอ็นซี

ตารางที่ 2.1 รหัสตัวเลขและตัวอักษร

รหัส	ความหมาย
A	รหัสของมุม
D	รหัสความลึก รหัสการชดเชยระยะศูนย์กลางของดอกกัก
F	อัตราป้อน (นิ้ว/นาที,นิ้ว/รอบ)
G	รหัสเตรียมการทำงาน คำสั่งเกี่ยวกับการเคลื่อนที่
H	รหัสตั้งค่าความยาวออฟเซตของเครื่องมือ (ระยะที่วัดจากผิวหน้าของชิ้นงานไปยังปลายของเครื่องมือ)
J	เป็นเวกเตอร์ย่อยของความโค้งออฟเซตจากแกน Y เป็นพารามิเตอร์ในแคนเน็ตไซเกิล
K	เป็นเวกเตอร์ย่อยของความโค้งออฟเซตจากแกน Z เป็นพารามิเตอร์ในแคนเน็ตไซเกิล
L	เป็นตัวนับการกระทำซ้ำในแคนเน็ตไซเกิล หมายเลขบรรทัดและจำนวนการเรียก
M	ฟังก์ชันทั่วไป (Miscellaneous)
N	เลขลำดับ
O	หมายเลขโปรแกรม
P	เลขลำดับสำหรับเริ่มต้นเคนเน็ตไซเกิล หรือการกระโดดไปยังส่วนอื่นของโปรแกรม
S	ความเร็วหัวจับ (รอบ/นาที)
T	หมายเลขเครื่องมือหรือหมายเลขพอร์ตที่ใช้เปลี่ยนเครื่องมือ
U	คำสั่งแกน X ในอินครีเมนทอล
V	คำสั่งแกน Y ในอินครีเมนทอล
W	คำสั่งแกน Z ในอินครีเมนทอล
X	คำสั่ง Dimension ในแนวแกน X
Y	คำสั่ง Dimension ในแนวแกน Y
Z	คำสั่ง Dimension ในแนวแกน Z

ที่มา : สมเกียรติ บูรณ์เจริญ, 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2 รหัส G

[2]รหัส G เป็นฟังก์ชันที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงการทำงานควบคุมเครื่องจักรให้เปลี่ยนจากความเร็วการป้อนปกติเป็นความเร็วสูง หรือควบคุมการทำงานจากการหมุนตามเข็มให้หมุนกลับทางคือทวนเข็มและอื่นๆ

รหัส G ใช้เพื่อควบคุมชนิดการทำงานต่างๆของเครื่องจักร สังเกตว่ารหัส G มี 2 ชนิดก็คือ modal และ nonmodal รหัส modal G เป็นรหัสค้างอยู่ในหน่อยความจำจนกระทั่งรหัส G ของกลุ่มเดียวกันไปสั่งยกเลิกการทำงานของมัน ส่วนรหัส nonmodal G เป็นรหัสเดียวที่ใช้เฉพาะบรรทัดเดียวที่มีรหัสนี้อยู่ รหัส G จะอธิบายตามรายการที่มีอยู่ในตารางที่ 2.2 ซึ่งจะใช้มากเวลาโปรแกรม

ตารางที่ 2.2 รหัส G

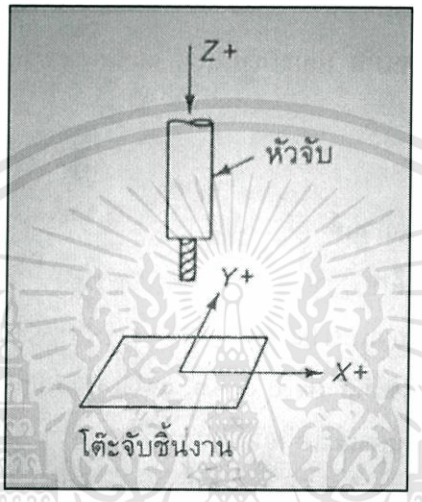
รหัส	ฟังก์ชันเตรียมการทำงาน
G00	การเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสำหรับการให้ตำแหน่งแบบจุดไปจุด
G01	ลิเนียร์อินเตอร์โพเลชัน (เคลื่อนเชิงเส้นมีฟีด)
G02	เซอร์คิวลาร์อินเตอร์โพเลชันตามเข็มนาฬิกา (เคลื่อนแนวโค้งมีฟีด)
G03	เซอร์คิวลาร์อินเตอร์โพเลชันทวนเข็มนาฬิกา (เคลื่อนแนวโค้งมีฟีด)
G17	การเลือกระนาบ XY
G18	การเลือกระนาบ ZX
G19	การเลือกระนาบ YZ
G77	การทำปาดหน้า (facing cycle)
G78	การกัดหลุมแบบไซเกิล (pocket milling cycle)
G79	กัดรูในแบบไซเกิล (internal hole milling cycle)
G80	ยกเลิกไซเกิล
G81	เจาะไซเกิล
G82	เจาะไซเกิลมีดแวลล์
G83	เจาะไซเกิลรูลึก
G84	การตาปเกลียวแบบไซเกิล
G85	การคว้านรูไซเกิล (feed down, dwell feed up) ตอนลงมีฟีด พอลงสุดจะเคลื่อนที่ขึ้นแบบมีฟีด
G86	การคว้านรูปแบบไซเกิล (feed down, spindle stop) ป้อนเจาะลง, หัวจับหยุด
G89	การคว้านรู : ป้อนเข้า, ค้าง, ป้อนออก (feed in, dwell, feed out)
G90	การให้ตำแหน่งในแบบสัมบูรณ์
G91	การให้ตำแหน่งแบบอินครีเมนทอล
G92	การตั้งค่ารีจิสเตอร์หรือตั้งค่าซีโร่ชิฟต์

ที่มา : สมเกียรติ บูรณ์เจริญ, 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.3 รหัส X, Y และ Z

[2]รหัส X, Y และ Z เป็นการเคลื่อนที่เชิงเส้น เอาไว้ควบคุมชิ้นงานในเครื่องจักรหรือเครื่องมือ (ในเครื่องกลึง) ให้เคลื่อนที่ในเชิงเส้น ตัวอย่างเช่น ในเครื่องกัดในรูปที่ 2.11 เคลื่อนมาทางขวาหรือมาทางซ้าย เวลาโปรแกรมก็เป็นการโปรแกรมลงในค่าของแกน X ส่วนการโปรแกรมให้เคลื่อนที่ไปหน้าหลังนั้นเป็นการโปรแกรมในค่าของแกน Y ส่วนการเคลื่อนที่ของหัวจับแกนขึ้นหรือลงก็จะใช้ค่าในแกน Z ในการโปรแกรมในแต่ละแกนก็จะมีทั้งค่าบวกและลบขึ้นอยู่กับทิศทางการเคลื่อนที่ โดยเครื่องหมายไม่ต้องพิมพ์สามารถตัดออกได้



รูปที่ 2.11 ทิศทางของการเคลื่อนที่ (ที่มา : สมเกียรติ บูรณ์เจริญ, 2537)

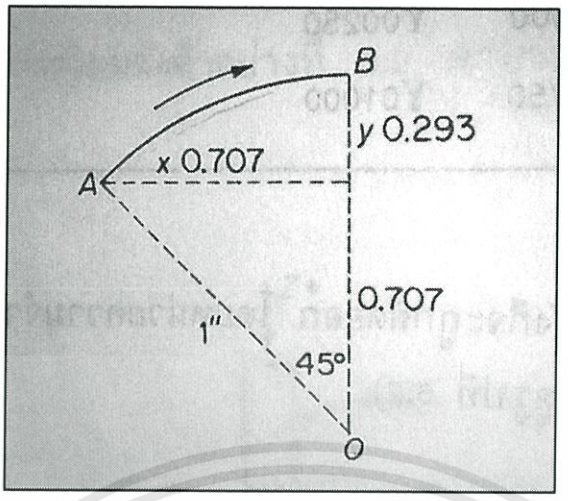
2.8.4 รหัส I, J และ K

[2]รหัส I, J และ K เป็นรหัสที่กำหนดการอินเตอร์โพเลชันเมื่อ X, Y และ Z กำหนดไว้แล้วค่า I, J และ K ก็จะโปรแกรมลงไปตามหลัง โดยที่ค่า I, J และ K จะถูกป้อนเมื่อมีการใช้ค่ารัศมีในการโปรแกรม

ในรูปที่ 2.12 สมมติว่าศูนย์กลางของวงกลมอยู่ที่ 0 การเคลื่อนที่แบบอินครีเมนทอลจาก A ไปยัง B ในทิศทาง X = 1.707 นิ้ว และในทิศทาง Y = 2.93 นิ้ว โปรแกรมจากการเคลื่อนที่เป็นเส้นโค้งจาก A ไป B ตามเข็มนาฬิกาแบบอินครีเมนทอลจะได้ว่า

X0.707 Y0.292 I-0.707 J0.707

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 การเคลื่อนที่เป็นเส้นโค้งแบบอินครีเมนทอลจาก A ไป B (ที่มา : สมเกียรติ บูรณ์เจริญ, 2537)

2.8.5 รหัส S

[2]รหัส S เป็นรหัสที่ใช้เมื่อมีการโปรแกรมความเร็วหัวจับลงไป การหมุนของคัตเตอร์บนเครื่องกัดหรือหมุนชิ้นงานที่อยู่ในเครื่องกลึงเราเรียกว่าความเร็วหัวจับ (spindle speed) มีหน่อยเป็นรอบ/นาที พิมพ์นำหน้าด้วย s ตามด้วยตัวเลข 4 หลัก

2.8.6 รหัส M

รหัสฟังก์ชันเหล่านี้ใช้เพื่อให้โปรแกรมสั่งเครื่องจักรกลทำงานเฉพาะอย่าง สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 รหัส M

รหัส	ฟังก์ชันเตรียมการทำงาน
M00	หยุดโปรแกรม
M01	ออปชันเนลสต็อป
M02	จบโปรแกรม
M03	หัวจับหมุนตามเข็มนาฬิกา
M04	หัวจับหมุนทวนเข็มนาฬิกา
M05	หัวจับหยุด
M06	เปลี่ยนเครื่องมือ
M07	เปิดน้ำหล่อเย็น (เปิดมาก)
M08	เปิดน้ำหล่อเย็น (เปิดน้อย)
M09	ปิดน้ำาหล่อเย็น

ที่มา : สมเกียรติ บูรณ์เจริญ, 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

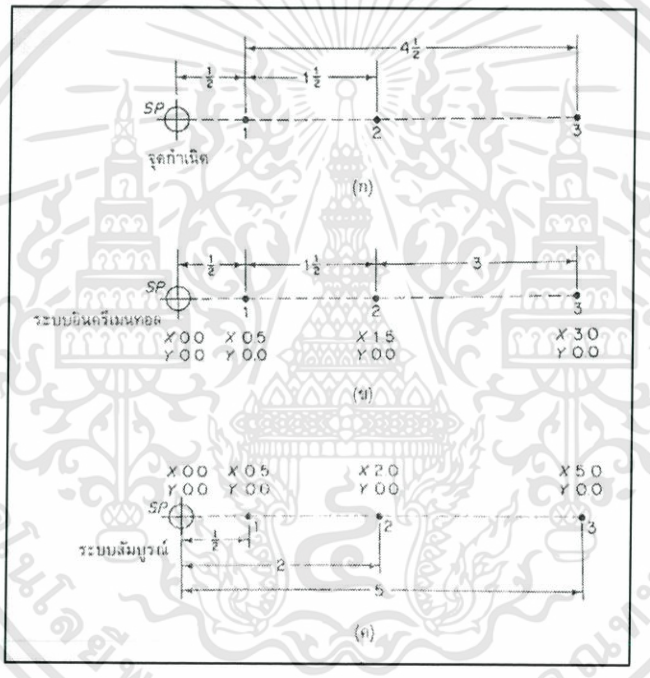
2.9 ระบบพิกัดจุดในโปรแกรม

[2]มีระบบที่ใช้ในการพิกัดจุด 2 ระบบด้วยกันคือ

1. การให้พิกัดจุดแบบอินครีเมนทอล (Coordinate in Incremental Distance)
2. การให้พิกัดจุดแบบสัมบูรณ์ (Coordinate in Absolute Distance)

การให้พิกัดจุดแบบอินครีเมนทอลจะอ้างจากจุดจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งไปเรื่อยๆ จะใช้จุดก่อนหน้าเป็นจุดศูนย์ในการเคลื่อนที่ไปยังจุดต่อไป ส่วนระบบสัมบูรณ์จะเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่างๆ จะวัดเทียบจากจุดกำเนิดหรือจุดออริจินเพียงจุดเดียว

เมื่อพิจารณารูปที่ 2.13(ก) แล้วได้ทำการให้ขนาดใหม่ในรูปที่ 2.13(ข) ซึ่งเป็นการแสดงการให้ขนาดแบบอินครีเมนทอล ขนาดควรบอกไว้ทุกจุด สังเกตุว่าเครื่องหมาย + จะตัดทิ้ง (จะใส่หรือไม่ใส่ก็ได้) และรูปที่ 2.13(ค) แสดงการให้ขนาดแบบสัมบูรณ์



รูปที่ 2.13 แสดงขนาดระยะเคลื่อนที่ (ที่มา : สมเกียรติ บูรณ์เจริญ, 2537)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงการวิเคราะห์แบบอินครีเมนทอลแสดงไว้ในตารางที่ 2.4 สังเกตว่าผลรวมของการเคลื่อนที่ของ X และ Y บวกกันแล้วเท่ากับ 0

ตารางที่ 2.4 การวิเคราะห์ในลักษณะอินครีเมนทอล

การเคลื่อนที่	แกน X	แกน Y
จุดเริ่มต้น	0.000	0.000
จุดเริ่มต้นไป 1	0.500	0.000
1 ไป 2	1.500	0.000
2 ไป 3	3.000	0.000
3 ไป จุดเริ่มต้น	-5.000	0.000
ผลรวม	0.000	0.000

ที่มา : สมเกียรติ บูรณ์เจริญ, 2537

ตารางแสดงการวิเคราะห์แบบสัมบูรณ์แสดงไว้ในตารางที่ 2.5 สังเกตว่าสุดท้าย X = 0 และ Y = 0 กลับเข้าสู่จุดเริ่มต้น (+)

ตารางที่ 2.5 การวิเคราะห์ในลักษณะสัมบูรณ์

การเคลื่อนที่	แกน X	แกน Y
จุดเริ่มต้น	0.000	0.000
จุดเริ่มต้นไป 1	0.500	0.000
1 ไป 2	2.000	0.000
2 ไป 3	5.000	0.000
3 ไป จุดเริ่มต้น	0.000	0.000

ที่มา : สมเกียรติ บูรณ์เจริญ, 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 โปรแกรม Linux CNC

โปรแกรม Linux CNC เป็นระบบโปรแกรมที่ใช้สำหรับควบคุมอุปกรณ์เครื่องจักร เช่น เครื่องกัด, เครื่องกลึง, หุ่นยนต์ เช่น พูม่าและ สการ่า และเครื่องจักรอื่นๆที่สามารถมีถึง 9 แกน Linux CNC ใช้งานกับระบบปฏิบัติการ Ubuntu เพราะใช้งานได้สมบูรณ์

Linux CNC ทำงานบน Linux แบบ real time ซึ่งระบบควบคุมสามารถสั่งงานได้อย่างแม่นยำ สามารถทำงาน ได้ทั้ง close loop และ open loop แต่ Linux ไม่สามารถสร้างจีโค้ด (G-Code) ขึ้นมาเองจากไฟล์ CAD ได้ จึงต้องทำการป้อนคำสั่งจีโค้ดขึ้นเอง

Linux CNC เป็นโปรแกรมฟรีและมีรหัสเปิด เวอร์ชั่นปัจจุบันของ Linux CNC อยู่ภายใต้ลิขสิทธิ์ของ GNU ลิขสิทธิ์ทั่วไปสากล และ Lesser GNU ลิขสิทธิ์ทั่วไปสากล (GPL,LGPL)

ประโยชน์ Linux CNC

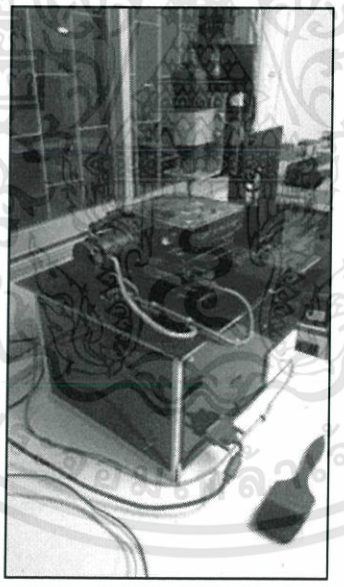
- มี interface ให้เลือกใช้
- มีรหัส G-code
- การสั่งการได้แบบ real time
- ทำงานได้ในอุปกรณ์ระดับล่าง เช่นเซนเซอร์ มอเตอร์ไดร์ฟ
- ใช้ง่าย เพราะสร้างเอกลักษณ์ของเครื่องจักรได้
- เป็นโปรแกรม PLC with ladder diagram
- ติดตั้งง่ายด้วยแผ่นซีดี
- สามารถสั่งการการเคลื่อนไหวได้เยอะทั้ง รัศมีการตัด ระยะห่าง รวมถึงกำหนด tolerance ได้
- รองรับระบบการเคลื่อนที่แบบ non=Cartesian ผ่าน kinematic module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

การดำเนินงานประกอบด้วยกัน 2 ส่วน

- ส่วนที่ 1 การปรับปรุงเครื่องกัดที่มีอยู่คือเครื่องกัด CNC1 (CNC Milling Machine 1) เป็นเครื่องกัดที่ประกอบโครงเครื่องและวงจรอิเล็กทรอนิกส์เสร็จแล้ว ดังรูปที่ 3.1 หลังจากนั้นนำมาเชื่อมต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์บางจุดและเชื่อมต่อเข้ากับโปรแกรม Linux CNC เพื่อให้ควบคุมและสั่งการการทำงานของเครื่องจักรได้
- ส่วนที่ 2 การออกแบบเครื่องกัดชิ้นใหม่ โดยใช้อุปกรณ์ที่มีอยู่ เช่น เครื่องเจียร ชุดเคลื่อนที่ของแกน X และ Y ประกอบไปด้วยมอเตอร์ (Stepping Motor) บอลล์สกรูและชุดรางสไลด์ และชุดควบคุมมอเตอร์ (Driver Motor) มาใช้เป็นส่วนประกอบสำหรับเครื่องกัดที่ออกแบบใหม่ โดยรายละเอียดการดำเนินงานทั้ง 2 เครื่องมีดังนี้



รูปที่ 3.1 เครื่องกัด CNC1 (CNC Milling Machine 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 การดำเนินงานเครื่องกัด CNC1 (CNC Milling Machine 1)

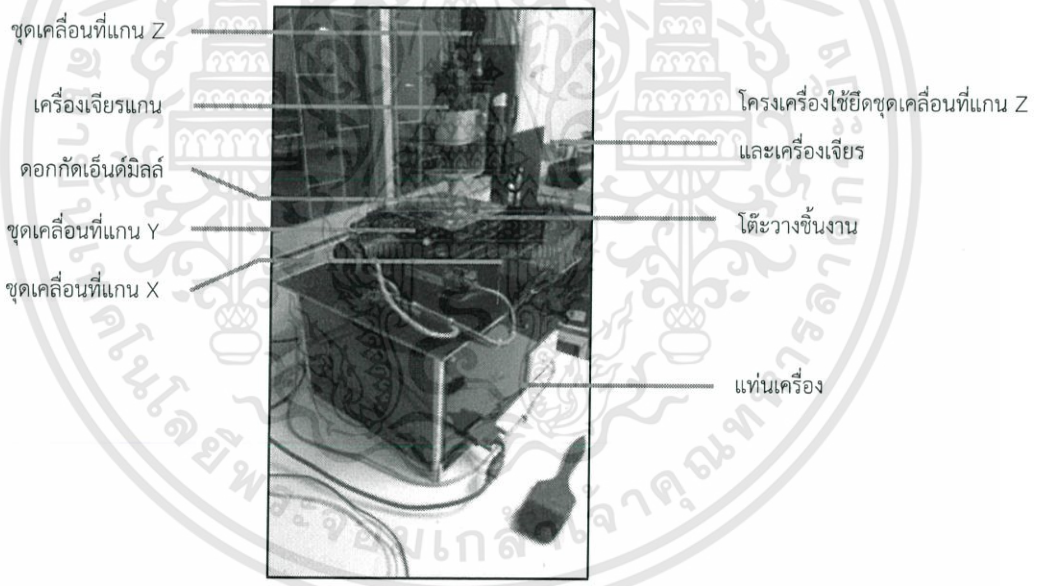
การดำเนินงานเครื่องกัด CNC1 เริ่มจากการตรวจสอบข้อมูล ส่วนประกอบต่างๆ ของตัวเครื่อง ข้อมูลของชุดการเคลื่อนที่ รายละเอียดการทำงานของตัวเครื่อง สร้างวงจรอิเล็กทรอนิกส์แปลงสัญญาณจากคอมพิวเตอร์เข้ากับชุดควบคุมมอเตอร์ หลังจากนั้นเชื่อมต่อเครื่องจักรเข้ากับโปรแกรม Linux CNC และตั้งค่าโปรแกรมให้สามารถทำงานเข้ากับเครื่องจักรได้ มีรายละเอียดดำเนินงานดังนี้

3.1.1 การทำงานของตัวเครื่องกัด CNC1

ทำการตรวจสอบตัวเครื่องกัด โดยตรวจสอบส่วนประกอบของเครื่อง ข้อมูลชุดมอเตอร์ (Stepping motor) ชุดควบคุม (Driver motor) รวมถึงการทำงานของเครื่อง ดังนี้

3.1.1.1 <u>ส่วนประกอบของเครื่องกัด CNC1</u>

ส่วนประกอบของเครื่องกัด CNC 1 ประกอบไปด้วย โครงสร้างของเครื่อง โต๊ะวางชิ้นงาน (Table) ชุดเคลื่อนที่แกน X แกน Y และแกน Z เครื่องเจียรแกน ดอกกัดเอ็นด์มิลล์ (End mill) ชุดควบคุมมอเตอร์ (Driver Motor) ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ส่วนประกอบเครื่องกัด CNC1 (CNC Milling Machine 1)

- โครงสร้างของเครื่อง

โครงสร้างของเครื่อง ทำหน้าที่รองรับและยึดชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่อง โดยแท่นเครื่องที่ตัวฐานเครื่องทำจากเหล็กฉากเชื่อมยึดเข้าด้วยกันและปิดรอบด้านด้วยแผ่นอะครีลิคสีดำ ส่วนด้านบนปิดด้วยแผ่นเหล็ก ตัวโครงเครื่องที่ใช้ยึดชุดสปินเดิลแกน Z ทำจากเหล็กแผ่นเชื่อมยึดกับเหล็กแผ่นที่ตัวแท่นเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โต๊ะวางชิ้นงาน (Table)

โต๊ะวางชิ้นงาน (Table) ทำหน้าที่สำหรับวางชิ้นงานในการกัดชิ้นงาน โดยโต๊ะวางชิ้นงานจะยึดติดกับชุดเคลื่อนที่ในแนวแกน X และแกน Y โดยโต๊ะชิ้นงานทำมาจากอะลูมิเนียม

- ชุดเคลื่อนที่แกน X แกน Y และแกน Z

ชุดเคลื่อนที่แกน X แกน Y และแกน Z ทำหน้าที่เคลื่อนที่ในแนวทิศทางแกน X ,Y และ Z ซึ่งภายในชุดเคลื่อนที่มีส่วนประกอบดังนี้

- มอเตอร์

มอเตอร์เป็นแบบสเต็ปปิง (Stepping Motor) เป็นมอเตอร์ที่ทำงานแบบต่อเนื่อง โดยการแปลงคลื่นสัญญาณที่ป้อนเข้าไปในระบบให้เป็นการเคลื่อนที่เชิงมุม การหมุนในแต่ละมุมที่เปลี่ยนไป 1 ขั้นจะเท่ากับ 1 คลื่นสัญญาณ

- บอลล์สกรู (Ball Screws)

บอลล์สกรู (Ball Screws) เป็นระบบขับป้อนของเครื่องจักรซีเอ็นซี ซึ่งบอลล์สกรูจะมีลูกบอลล์ไหลหมุนเวียนอยู่ตลอดเวลา บอลล์สกรูจะประกอบด้วยสกรูกับนัตที่มีลักษณะเป็นเกลียวกลม ร่องเกลียวกลมบนสกรูและนัตจะขุบแข็งและเจียระไนผิวเรียบมันเพื่อลดความฝืดและเพิ่มความเที่ยง

- เครื่องเจียรแกน

เครื่องเจียรแกน ใช้เป็นเครื่องมือกัดชิ้นงาน สามารถปรับความเร็วของดอกกัดได้

- ดอกกัดเอ็นด์มิลล์ (End mill)

ดอกกัดเอ็นด์มิลล์ (End mill) ที่เลือกใช้เป็นชนิดร่องคายเศษโลหะชนิด 4 ร่อง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร

- ชุดควบคุมมอเตอร์ (Driver Motor)

ชุดควบคุมมอเตอร์ (Driver Motor) เป็นรุ่น Stepping Motor Driver ST63 ซึ่งเป็นการกระตุ้นเฟสแบบฮาลฟ์สเต็ป (Half Step Motor หรือ One-Two Phase Driver) คือการกระตุ้นเฟสแบบฟูลสเต็ป 1 เฟส และ 2 เฟส เรียงลำดับกันไป แรงบิดที่ได้จากการกระตุ้นเฟสแบบนี้จะมีเพิ่มมากขึ้น เพราะช่วงของสเต็ปมีระยะสั้นลง ในการกระตุ้นแบบนี้ เราจะต้องมีการกระตุ้นที่เฟสถึง 2 ครั้ง จึงจะได้ระยะของสเต็ปเท่ากับการกระตุ้นเพียงครั้งเดียวของแบบฟูลสเต็ป 1 เฟส หรือ 2 เฟส ซึ่งการกระตุ้นเฟสแบบฮาลฟ์สเต็ปความละเอียดของการหมุนตำแหน่งองศาต่อสเต็ป (Deg/Step) ก็เป็นสองเท่าของแบบแรก ความถูกต้องของตำแหน่งที่กำหนดจึงมีมากขึ้น

- หม้อแปลงไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้า ที่ใช้ในการส่งผ่านพลังงานจากวงจรไฟฟ้าหนึ่งไปยังอีกวงจรโดยอาศัยหลักการของแม่เหล็กไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้าที่มีอยู่มีขนาด 220V แปลงไฟฟ้าเป็น 110V

3.1.1.2 <u>ข้อมูลจำเพาะของชุดการเคลื่อนที่</u>

ชุดการเคลื่อนที่แกน X แกน Y และแกน Z ประกอบไปด้วยสเต็ปปิงมอเตอร์ (Stepping Motor) บอลล์สกรู (Ball Screw) และรางสไลด์ ทำให้ทราบข้อมูลของมอเตอร์ ระยะพิทของสกรู และระยะการเคลื่อนที่ของรางสไลด์ ดังตารางที่ 3.1 ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะนำไปใช้ในการตั้งค่าการใช้งานโปรแกรม Linux CNC ให้สั่งการทำงานได้ตรงตามสเปค (Spec) ของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลจำเพาะของชุดการเคลื่อนที่

ข้อมูล	ชุดการเคลื่อนที่		
	แกน X	แกน Y	แกน Z
Motor steps per revolution	200 step/rev	200 step/rev	200 step/rev
ระยะพิทของสกรู (Leadscrew Pitch)	5 mm/rev	5 mm/rev	2 mm/rev
ระยะการเคลื่อนที่ของรางสไลด์	104 mm.	92 mm.	100 mm.

- การหาค่า Motor Steps per revolution

มอเตอร์แกน X แกน Y และแกน Z ใช้มอเตอร์แบบเดียวกัน เป็นมอเตอร์แบบสเต็ปปิง (Stepping Motor) จึงหาค่า Motor steps per revolution ได้จากการหมุนมอเตอร์เป็นสเต็ปตั้งแต่ปลายด้านหนึ่งของสกรูไปสุดปลายอีกด้านหนึ่ง เพราะการหมุนในแต่ละมุมที่เปลี่ยนไป 1 ขั้นจะเท่ากับ 1 คลื่นสัญญาณ ตำแหน่งของเพลาจะถูกกำหนดโดยจำนวนคลื่นสัญญาณที่ป้อนเข้าไปและความเร็วในการหมุนของเพลาจะวัดเป็นจำนวนขั้นต่อวินาที (Steps per second) ซึ่งจะเท่ากับความถี่ของคลื่นสัญญาณที่ป้อนเข้าในระบบที่วัดเป็นจำนวนคลื่นสัญญาณต่อวินาที (Pulses per second) ความเที่ยงตรงของระบบจะขึ้นอยู่กับความสามารถของมอเตอร์ในการแบ่งขั้นการหมุนตาม ดังนั้นจึงทำการนับจำนวนขั้นสเต็ปต่อรอบการเคลื่อนที่

- การหาค่าระยะพิทของสกรู (Leadscrew Pitch)

พิท คือระยะห่างระหว่างเกลียว หรือระยะห่างระหว่างยอดฟันเกลียวสองยอดที่อยู่ติดกัน โดยระยะพิทช์เป็นระบบเมตริกหรือเกลียวมิลลิเมตร สังเกตได้จากการใช้หัวน็อตที่ทราบระบบของเกลียว และมีขนาดเดียวกับเกลียวมาขัน ถ้าขันเข้าแสดงว่าเป็นเกลียวระบบเดียวกันกับหัวน็อตตัวนั้น แต่ถ้าขันแล้วติดแสดงว่าไม่ใช่ระบบเดียวกัน แต่ถ้าไม่มีหัวน็อตให้ทดลอง อุปกรณ์ที่ได้รับความนิยมในการวัดพิทช์ของเกลียวก็คือ หวีเกลียว (Pitch Gauge)

ทำการวัดระยะพิทของสกรูโดย ใช้เครื่องมือวัดเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ทำการวัดระยะห่างยอดฟันหนึ่งไปยังอีกยอดฟันหนึ่ง แล้วหารด้วยจำนวนฟันทั้งหมด ดังสมการที่ 3.1 จะทำให้ได้ระยะพิทที่ละเอียด

$$\text{ระยะพิท} = \frac{\text{ระยะห่างระหว่างยอดฟันเกลียว}}{\text{จำนวนฟัน}} \qquad (3.1)$$

- การหาค่าระยะการเคลื่อนที่ของรางสไลด์

ทำการหาค่าระยะการเคลื่อนที่ของรางสไลด์ โดยใช้เครื่องมือวัดเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ โดยทำการหมุนมอเตอร์ ซึ่งมอเตอร์จะขับให้สกรูเคลื่อนที่จากปลายด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง ใช้เครื่องมือวัดเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์วัดระยะทั้งหมดที่ได้

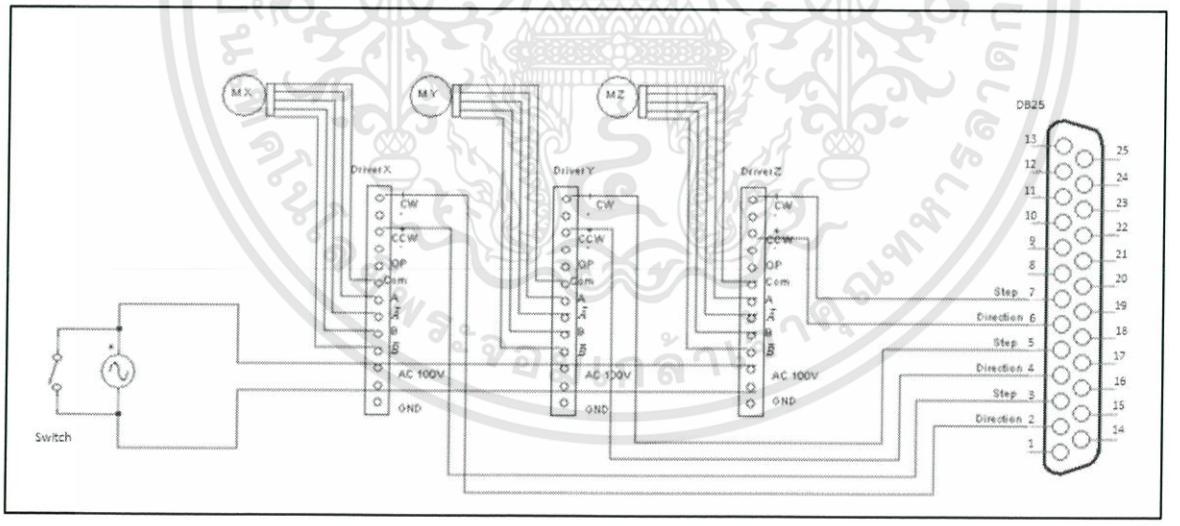
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1.3 การทำงานของเครื่องกัด

เครื่องกัด CNC ที่มีอยู่มีเพียงตัวเครื่องจักรเท่านั้น จึงได้นำเอาโปรแกรมสำเร็จรูป Linux CNC มาใช้ในการควบคุมเครื่องกัด CNC ให้สามารถทำงานได้ โดยการทำงานของเครื่องกัดด้วยโปรแกรม Linux CNC จะถูกป้อนด้วยคำสั่ง G-code ที่เขียนขึ้นเป็นขนาดชิ้นงานที่ต้องการ ป้อนคำสั่งเข้าไปในโปรแกรม เมื่อสั่งงานจากโปรแกรม Linux CNC แล้ว สัญญาณจะถูกส่งไปยัง Parallel port สัญญาณจาก Parallel port จะถูกส่งเข้าไปยังชุดควบคุมมอเตอร์สั่งให้มอเตอร์ทำงาน มอเตอร์ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลทำให้เกิดแรงผลักขึ้น มอเตอร์จึงขับสกรูให้หมุนทำให้เกิดการเคลื่อนที่ขึ้น

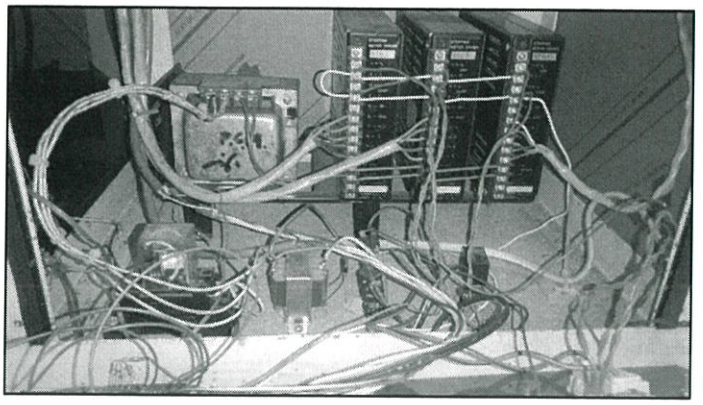
3.1.2 การตรวจสอบการทำงานของวงจร

จากการตรวจสอบการทำงานของวงจร วงจรภายในตัวเครื่องไม่พบส่วนใดเสียหาย ชุดมอเตอร์ (Stepping Motor) ชุดควบคุมมอเตอร์ (Driver Motor) หม้อแปลงไฟฟ้า (Power Supply) ยังสามารถใช้งานได้ ภายในตัวเครื่องมีการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า (Power Supply), ชุดควบคุมมอเตอร์ (Driver Motor) เดิมคำสั่งการทำงานจะถูกส่งสัญญาณเข้ามาที่ Paralell port แล้วถูกส่งไปยังชุดควบคุมมอเตอร์ด้วยสัญญาณ CW – CCW ชุดควบคุมมอเตอร์จะส่งสัญญาณไปยังมอเตอร์ ให้มอเตอร์ขับสกรูให้เกิดการเคลื่อนที่ ซึ่งหม้อแปลงไฟฟ้าจะจ่ายกระแสไฟให้กับชุดควบคุมมอเตอร์ ดังผังวงจรแสดงการทำงานของเครื่องกัดในรูปที่ 3.3 และวงจรภายในตัวเครื่องแสดงดังรูปที่ 3.4 จากวงจรเดิมสัญญาณที่เข้าคอมพิวเตอร์ในการสั่งงานเป็นสัญญาณ CW – CCW ไม่เข้ากับโปรแกรม Linux CNC ที่จะนำมาใช้งานเพราะโปรแกรม Linux CNC สั่งการทำงานด้วยสัญญาณเป็นแบบ Step – Direction จึงต้องทำการออกแบบสร้างวงจรเพื่อใช้แปลงสัญญาณ CW – CCW ให้ออกมาเป็น Step – Direction ดังการดำเนินงานในขั้นต่อไป



รูปที่ 3.3 ผังวงจรการทำงานเดิมของเครื่องกัด CNC1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

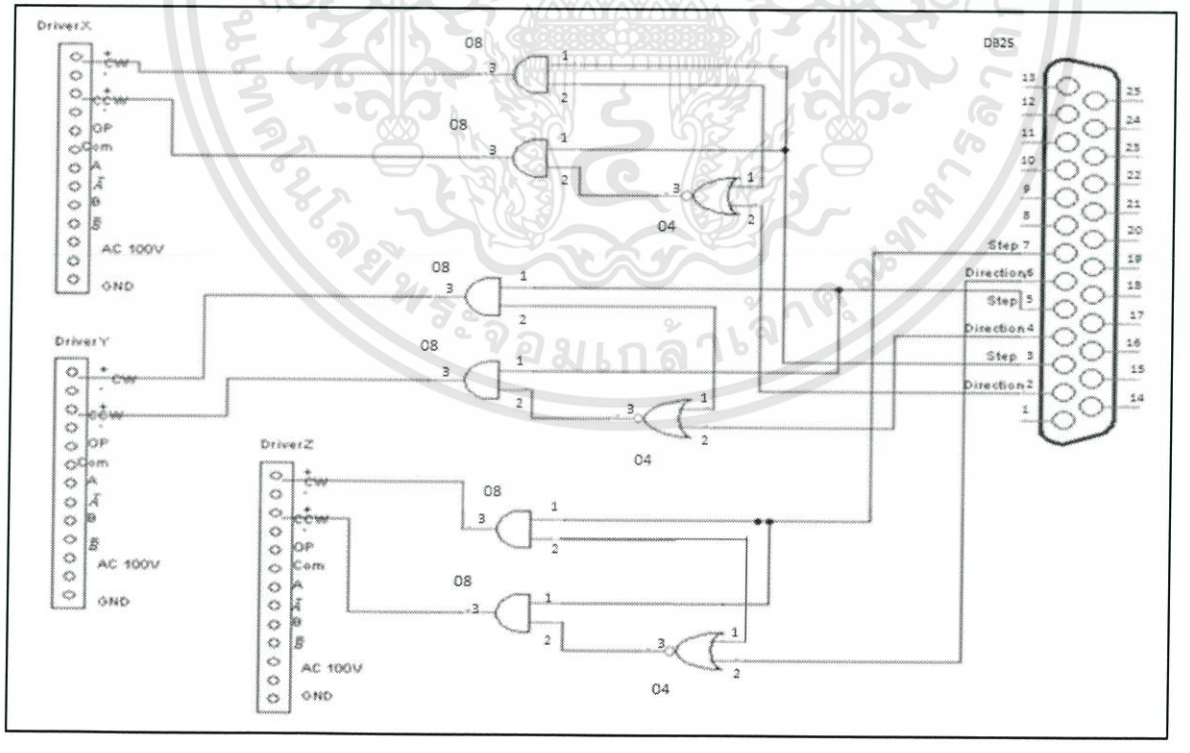


รูปที่ 3.4 วงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ภายในตัวเครื่องกัด CNC1

3.1.3 การออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์แปลงสัญญาณจากคอมพิวเตอร์เข้ากับชุดควบคุมมอเตอร์

เนื่องจากสัญญาณที่ถูกสั่งจากคอมพิวเตอร์ในโปรแกรม Linux CNC เป็น Step – Direction แต่ชุดควบคุมมอเตอร์ (Driver motor) ที่มีใช้สัญญาณแบบ CW – CCW จึงต้องออกแบบวงจรแปลงสัญญาณที่ส่งมาจากคอมพิวเตอร์ให้เข้ากับชุดควบคุมมอเตอร์แต่ละตัว จึงสามารถทำงานเข้ากันได้

การสร้างวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อใช้แปลงพัลส์จาก Step – Direction เป็น CW – CCW เลือกใช้ And Gate และ Not Gate โดยสัญญาณ Step จะถูกแปลงโดยใช้ And Gate ทั้ง 2 ไปเข้าที่ CW – CCW ส่วนสัญญาณ Direction จะถูกแปลงโดยใช้ And Gate ไปเข้าที่ CW และ Not Gate ไปเข้าที่ CCW ดังผังวงจรรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ผังวงจรเพื่อใช้แปลงพัลส์จาก CW – CCW เป็น Step – Direction

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 การเชื่อมต่อเครื่องกัดเข้ากับโปรแกรม Linux CNC

โปรแกรม Linux CNC เป็นระบบโปรแกรมที่ใช้สำหรับควบคุมอุปกรณ์เครื่องจักร เช่น เครื่องกัด, เครื่องกลึง, หุ่นยนต์ เช่น พูม่าและ สการ่า และเครื่องจักรอื่นๆ ที่สามารถมีถึง 9 แกน Linux CNC ทำงานบน Linux แบบ real time ซึ่งระบบควบคุมสามารถสั่งงานได้อย่างแม่นยำ สามารถทำงานได้ทั้ง close loop และ open loop แต่ Linux CNC ไม่สามารถ สร้างจีโค้ด (G-Code) ขึ้นมาเองจากไฟล์ CAD ได้ จึงต้องทำการป้อนคำสั่งจีโค้ดขึ้นเอง

ขั้นตอนในการเชื่อมต่อเครื่องกัดเข้ากับโปรแกรม Linux CNC มีดังนี้

- ติดตั้งโปรแกรม Linux CNC เข้ากับคอมพิวเตอร์ โดยสามารถดาวน์โหลดโปรแกรมได้ที่ http://www.linuxcnc.org
- กำหนดค่า Stepper Configuration ของชุดมอเตอร์ (Stepping motor) ในโปรแกรม Linux CNC
- ต่อสาย Paralell port เครื่องจักรเข้ากับคอมพิวเตอร์
- ป้อนคำสั่งจีโค้ด (G-code) เข้าในโปรแกรม Linux CNC
- ทดลองการทำงาน กัดชิ้นงานตามแบบจีโค้ด (G-code) ที่ป้อนเข้าในโปรแกรม Linux CNC

3.1.4.1 <u>การกำหนดค่า Stepper Configuration ของชุดมอเตอร์ (Stepping motor) ในโปรแกรม Linux CNC</u>

Stepper Configuration คือโปรแกรมไฟล์สำหรับ Linux CNC สำหรับการตั้งค่าชุดมอเตอร์และการเคลื่อนที่ของเครื่องจักร CNC ซึ่งค่าเหล่านี้ถูกควบคุมสัญญาน Step และ Direction ผ่าน Standard parallel port

ขั้นตอนในการเชื่อมต่อเครื่องกัดเข้ากับโปรแกรม Linux CNC สามารถทำได้โดยนำสาย Parallel port จากเครื่องจักรเชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ เมื่อเปิดใช้งานคอมพิวเตอร์ด้วยระบบปฏิบัติการ Ubuntu แล้วทำการเข้าโปรแกรม Linux CNC หลังจากนั้นกำหนดค่าพื้นฐานของเครื่องกัดได้ดังตารางที่ 3.2 แสดงข้อมูลพื้นฐานของการตั้งค่า Stepper Mill Configuration เป็นข้อมูลของการกำหนดค่าเริ่มต้นชนิดของเครื่องกัดโดยเลือกเครื่องกัดชนิด 3 แกน คือ แกน X, Y และ Z มีหน่วยในการกัดชิ้นงานขนาดเป็นมิลลิเมตร และกำหนดสัญญาณที่ Paralell port แต่ละ Pin ดังตารางที่ 3.3 และกำหนดค่า Stepper Mill Configuration ของชุดมอเตอร์ ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.2 แสดงข้อมูลพื้นฐานของ Stepper Mill Configuration

ข้อมูลพื้นฐาน	
Axis configuration	XYZ
Machine units	Millimeter
Step Time	5000 ns
Step Space	5000 ns
Direction Hold	20000 ns
Direction Setup	20000 ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 แสดงข้อมูล Parallel Port Setup

Outputs (PC to Mill)		Inputs (Mill to PC)	
Pin 1	Unused	Pin 10	Unused
Pin 2	X Direction	Pin 11	Unused
Pin 3	X Step	Pin 12	Unused
Pin 4	Y Direction	Pin 13	Unused
Pin 5	Y Step	Pin 15	Unused
Pin 6	Z Direction		
Pin 7	Z Step		
Pin 8	Unused		
Pin 9	Spindle CW		
Pin 14	Unused		
Pin 16	Unused		
Pin 17	Unused		

ตารางที่ 3.4 แสดงค่า Stepper Mill Configuration ของชุดมอเตอร์

	มอเตอร์แกน X	มอเตอร์แกน Y	มอเตอร์แกน Z
Motor steps per revolution	400* step/rev	400* step/rev	200* step/rev
Driver Microstepping	1**	1**	1**
Pulley teeth (Motor:Leadscrew)	1 : 1**	1 : 1**	1 : 1**
Leadscrew Pitch	5 mm/rev	5 mm/rev	2 mm/rev
Maximum Acceleration	30 mm/s^2	30 mm/s^2	30 mm/s^2
Home location	0	0	0
Table travel	-51 to 53	-39 to 53	-50 to 50

หมายเหตุ * ค่า steps per revolution เป็น 2 เท่าจากค่าเดิมของมอเตอร์ เพราะชุดควบคุมมอเตอร์ (Driver Motor) เป็นการกระตุ้นเฟสแบบฮาลฟ์สเต็ป (Half Step Motor) ในการกระตุ้นแบบนี้ เราจะต้องมีการกระตุ้นที่เฟสถึง 2 ครั้ง จึงจะได้ระยะของสเต็ปเท่ากับการกระตุ้นเพียงครั้งเดียวของแบบฟูลสเต็ป 1 เฟส หรือ 2 เฟส ซึ่งการกระตุ้นเฟสแบบฮาลฟ์สเต็ปความละเอียดของการหมุนตำแหน่งองศาต่อสเต็ป (Deg/Step) ก็เป็นสองเท่าของแบบแรก

** ค่าเป็น 1 หมายถึง ไม่มีค่า Driver Microstepping

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบโครงสร้างเครื่องกัดใหม่ (CNC Milling Machine 2)

การออกแบบเครื่องกัด CNC2 (CNC Milling Machine 2) ขึ้นใหม่ เครื่องกัดที่ออกแบบเป็นเครื่องกัด CNC ขนาดเล็กเพื่อใช้กัดชิ้นงาน โดยสามารถใช้กัดวัสดุที่เป็นอะครีลิคและอะลูมิเนียมได้ ในการออกแบบตัวเครื่องและเลือกใช้อุปกรณ์ของเครื่องกัด CNC2 มีขั้นตอนในการออกแบบ ดังนี้

- ศึกษาข้อมูลของอุปกรณ์เดิมที่มีอยู่คือ เครื่องเจียร ชุดเคลื่อนที่ของแกน X และ Y ประกอบไปด้วยมอเตอร์ บอลล์สกรูและชุดรางสไลด์
- ออกแบบเครื่องกัด CNC ขึ้นใหม่
- เขียนแบบเครื่องกัด CNC ด้วยโปรแกรม Solid Works
- ประกอบเครื่องกัดขึ้น ด้วยชิ้นงานที่มีอยู่เดิมและชิ้นงานที่ออกแบบขึ้นใหม่

3.2.1 ข้อมูลของอุปกรณ์ที่มีอยู่เดิม

อุปกรณ์ที่มีอยู่เดิมที่สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ยังมีสภาพดีอยู่ จึงเลือกนำมาใช้กับเครื่องกัดที่จะออกแบบใหม่ ซึ่งอุปกรณ์ที่มีอยู่ ได้แก่ เครื่องเจียร ชุดเคลื่อนที่ของแกน X และ Y ประกอบไปด้วยมอเตอร์ บอลล์สกรูและชุดรางสไลด์ และชุดควบคุมมอเตอร์ โดยมีรายละเอียดข้อมูลของอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

3.2.1.1 <u>เครื่องเจียร</u>

เครื่องเจียรใช้เป็นเครื่องมือกัดชิ้นงาน สามารถปรับความเร็วของดอกกัดได้ เครื่องเจียรที่มีอยู่มีขนาดกระแสไฟฟ้า 0.5 แอมแปร์ (Amp.), ความต่างศักย์ 100 โวลต์ (Volt), ความเร็วรอบ 8,000 - 30,000 รอบต่อนาที (rpm) เครื่องเจียรที่ใช้แสดงดังรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.6 เครื่องเจียรที่มีอยู่เดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.2 <u>ชุดเคลื่อนที่แกน X และแกน Y</u>

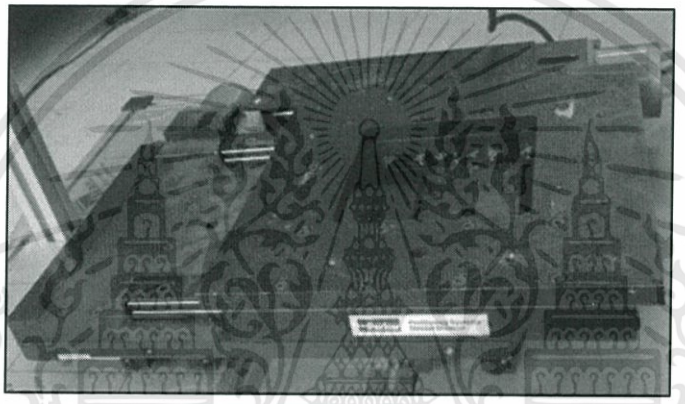
ชุดเคลื่อนที่ของแกน X และ Y ประกอบไปด้วยมอเตอร์ บอลล์สกรูและชุดรางสไลด์ ดังแสดงดังรูปที่ 3.7 และชุดควบคุมมอเตอร์ (Stepping Motor) ของแกน X แกน Y และหม้อแปลงไฟฟ้า ดังรูปที่ 3.8 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- ชุดมอเตอร์ (Stepping Motor)

มอเตอร์แกน X และแกน Y เป็นของ SANYO DENKI Type 103-770-0159 เป็นแบบสเต็ปปิงมอเตอร์ กระแสไฟขนาด 1 Amp. สเต็ปการหมุน 1.8 Deg/Step

- บอลล์สกรู (Ball screw)

บอลล์สกรูมีระยะพิท 2.50 มิลลิเมตร มีระยะเคลื่อนที่รางสไลด์จากปลายด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่ง 40 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.7 ชุดมอเตอร์ (Stepping motor) และแผ่นรางสไลด์ของแกน X และ แกน Y

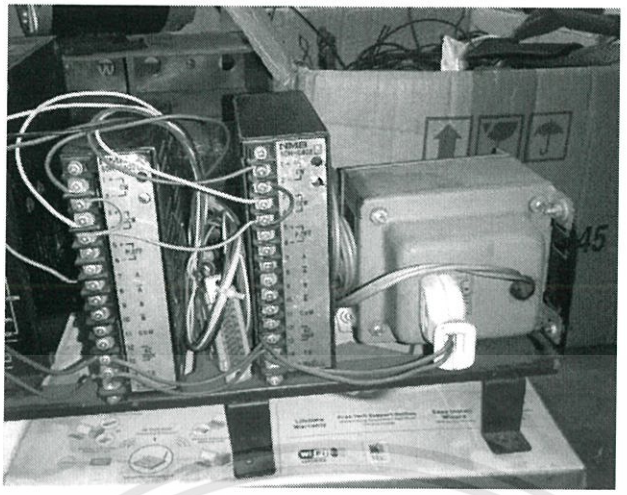
- ชุดควบคุมมอเตอร์ (Driver Motor)

ชุดควบคุมมอเตอร์ (Driver Motor) เป็นรุ่น NMB SDH-C402 ดังแสดงในรูปที่ 3.8 ซึ่งเป็นการกระตุ้นเฟสแบบฮาลฟ์สเต็ป (Half Step Motor หรือ One-Two Phase Driver) คือการกระตุ้นเฟสแบบฟูลสเต็ป 1 เฟส และ 2 เฟส เรียงลำดับกันไป แรงบิดที่ได้จากการกระตุ้นเฟสแบบนี้จะมีเพิ่มมากขึ้น เพราะช่วงของสเต็ปมีระยะสั้นลง ในการกระตุ้นแบบนี้ เราจะต้องมีการกระตุ้นที่เฟสถึง 2 ครั้ง จึงจะได้ระยะของสเต็ปเท่ากับการกระตุ้นเพียงครั้งเดียวของแบบฟูลสเต็ป 1 เฟส หรือ 2 เฟส ซึ่งการกระตุ้นเฟสแบบฮาลฟ์สเต็ปความละเอียดของการหมุนตำแหน่งองศาต่อสเต็ป (Deg/Step) ก็เป็นสองเท่าของแบบแรก ความถูกต้องของตำแหน่งที่กำหนดจึงมีมากขึ้น

- หม้อแปลงไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้า ที่ใช้ในการส่งผ่านพลังงานจากวงจรไฟฟ้าหนึ่งไปยังอีกวงจรโดยอาศัยหลักการของแม่เหล็กไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้าที่มีอยู่มีขนาด 220V แปลงไฟฟ้าเป็น 110V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 ชุดควบคุมมอเตอร์ (Stepping motor) ของแกน X และ แกน Y และหม้อแปลงไฟฟ้า

3.2.2 การออกแบบเครื่องกัด CNC ขึ้นใหม่

การออกแบบเครื่องกัด CNC ขึ้นใหม่ โดยใช้อุปกรณ์ที่มีอยู่ได้แก่ เครื่องเจียร ชุดเคลื่อนที่ของแกน X และ Y ประกอบไปด้วยมอเตอร์ บอลล์สกรูและชุดรางสไลด์ ต้องหาอุปกรณ์เพิ่มอีกจึงสามารถสร้างเครื่องกัดได้ โดยทำการออกแบบโครงสร้างเครื่องกัดขึ้นใหม่ ออกแบบชุดการเคลื่อนที่แกน Z และออกแบบโต๊ะวางชิ้นงาน

3.2.2.1 <u>การออกแบบโครงสร้างเครื่องกัด CNC2 (CNC Milling Machine 2)</u>

โครงเครื่องเลือกใช้อะลูมิเนียมโปรไฟล์ เพราะ*อะลูมิเนียม*เป็นโลหะประเภทหนึ่ง เป็นวัสดุที่แข็งแรง ทนทาน มีคุณสมบัติที่ไม่ทำให้เกิดสนิม ไม่ก่อให้เกิดประกายไฟ มีน้ำหนักเบา และอะลูมิเนียมโปรไฟล์เมื่อนำมาประกอบกันสามารถเข้ามุมได้ระยะตั้งฉากและสามารถถอดประกอบได้ง่าย

โครงเครื่องใช้อะลูมิเนียมโปรไฟล์ขนาด 30*30 มิลลิเมตร ประกอบขึ้นเป็นโครงเครื่องโดยมีขนาดฐาน 520*670*255 มิลลิเมตร มีความสูงรวม 740 มิลลิเมตร ยึดประกอบกันด้วยฉากยึดอะลูมิเนียม (Bracket) และปิดรอบด้านด้วยแผ่นอะครีลิคความหนา 2 มิลลิเมตร โดยแผ่นอะครีลิกยึดเข้ากับฉากยึดอะลูมิเนียม

3.2.2.2 <u>การออกแบบชุดการเคลื่อนที่แกน Z</u>

การออกแบบชุดการเคลื่อนที่แกน Z ทำการออกแบบโดยใช้เครื่องเจียรที่มีอยู่ และเลือกชุดการเคลื่อนที่แกน Z ที่เป็นแบบสำเร็จรูป ดังรูปที่ 3.9(ก) ประกอบไปด้วยชุดควบคุมมอเตอร์และบอลล์สกรู ดังแสดงในรูปที่ 3.9(ข) ซึ่งมีรายละเอียดข้อมูลของชุดมอเตอร์และบอลล์สกรู ดังนี้

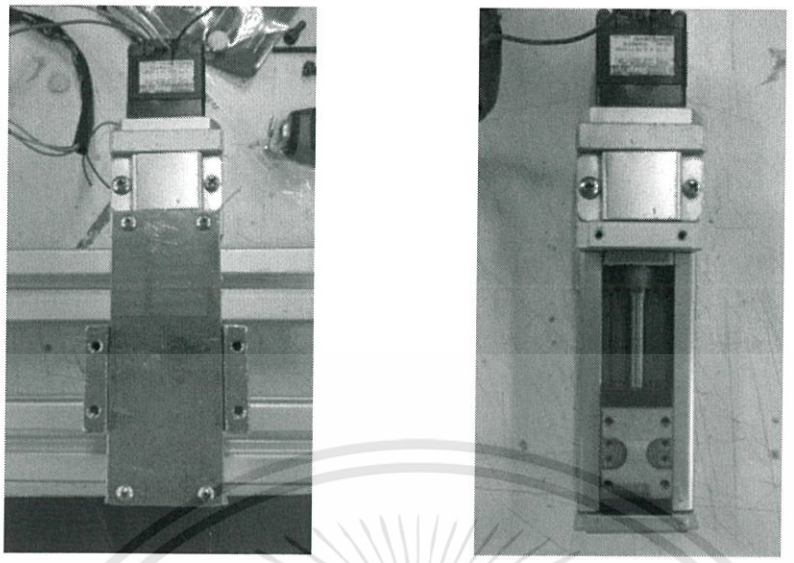
- ชุดมอเตอร์ (Stepping Motor)

มอเตอร์แกน Z เป็นของ SANYO DENKI Type 103F3505-7041 เป็นแบบสเต็ปปิงมอเตอร์ กระแสไฟขนาด 0.75 Amp. สเต็ปการหมุน 0.72 Deg/Step

- บอลล์สกรู (Ball screw)

บอลล์สกรูมีระยะพิท 1.4 มิลลิเมตร มีระยะเคลื่อนที่รางสไลด์จากปลายด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่ง 40 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



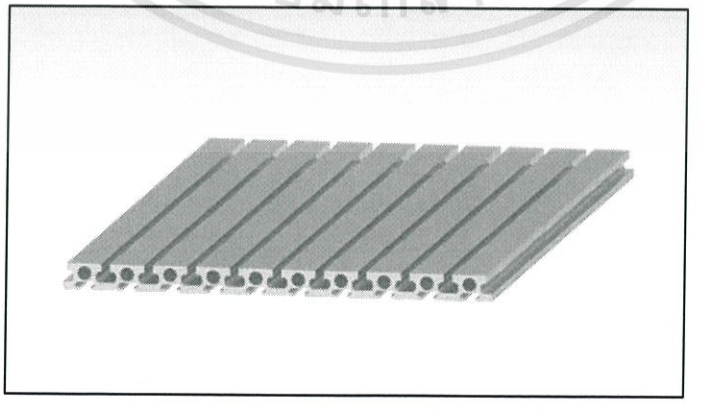
(ก) (ข)

รูปที่ 3.9 ชุดการเคลื่อนที่แกน Z และเครื่องเจียร

จากรูปที่ 3.9(ก) สังเกตได้ว่าโครงเครื่องที่ใช้ยึดชุดเคลื่อนที่แกน Z เป็นลักษณะรางคู่ โดยยึดด้วยอะลูมิเนียมโปรไฟล์ 2 ท่อน เพราะจะสามารถยึดชุดการเคลื่อนที่ได้แข็งแรง เป็นแรงยึดเหนี่ยวกันไว้ และไม่สั่นคลอนในระหว่างการกัดชิ้นงาน

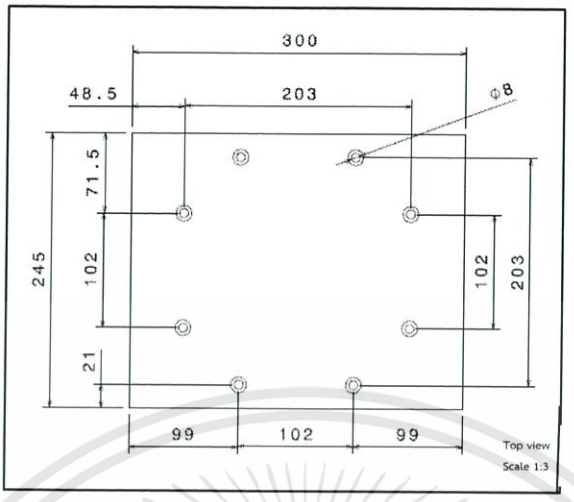
3.2.2.3 <u>โต๊ะวางชิ้นงาน (Table)</u>

โต๊ะวางชิ้นงาน (Table) ใช้อะลูมินัมเฟลม (Aluminum flame) ขนาด 250*300 มิลลิเมตร โดยขนาดต่างๆ แสดงดังรูปที่ 3.12 โต๊ะวางชิ้นงานเป็นแบบสำเร็จ มีรางเหมาะสำหรับใช้ยึดจับปากกาชิ้นงานได้ และเหมาะกับเครื่อง CNC ขนาดเล็กที่กัดชิ้นงานจำพวกอะครีลิคและอะลูมิเนียม ดังรูปที่ 3.10 โต๊ะวางชิ้นงานยึดเข้ากับชุดเคลื่อนที่แกน X ตามตำแหน่งของชุดเคลื่อนที่แกน X ดังรูปที่ 3.11 โดยใช้น๊อตหัวเตเปอร์ (น๊อตหัวจม) ขนาด M8*20 มิลลิเมตร

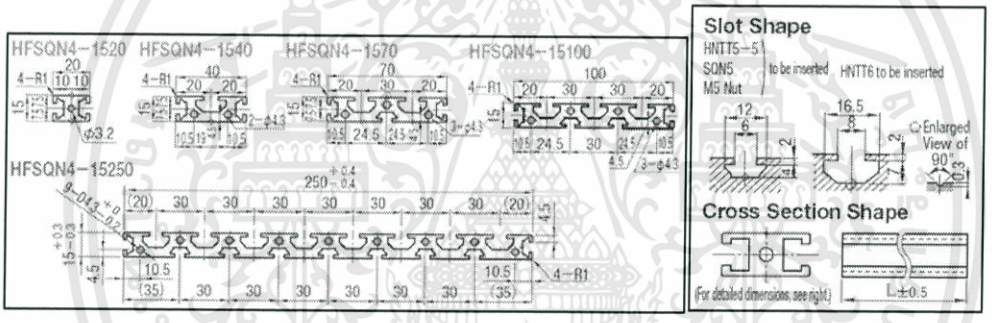


รูปที่ 3.10 โต๊ะวางชิ้นงาน (Table)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 ภาพฉายจุดยึดโต๊ะวางชิ้นงาน (Table) เข้ากับชุดเคลื่อนที่แกน X



รูปที่ 3.12 แบบของโต๊ะวางชิ้นงาน (ที่มา : http://th.misumi-ec.com/asia/ItemDetail/10302261820.html)

3.2.3 แบบเครื่องกัด CNC2 (CNC Milling Machine 2)

แบบเครื่องกัด CNC2 เขียนด้วยโปรแกรม Solid Works โดยมีส่วนประกอบดังนี้

- อะลูมิเนียมโปรไฟล์ ดังรูป Aluminium frame ในภาคผนวก ก (Part Number : 101)
  ความยาว 600 มิลลิเมตร จำนวน 6 ชิ้น
  ความยาว 460 มิลลิเมตร จำนวน 6 ชิ้น
  ความยาว 255 มิลลิเมตร จำนวน 4 ชิ้น
  ความยาว 720 มิลลิเมตร จำนวน 2 ชิ้น
  ความยาว 540 มิลลิเมตร จำนวน 2 ชิ้น
- ฉากยึดอะลูมิเนียม (Bracket) โดยใช้ยึดกับอะลูมิเนียมโปรไฟล์โดยใช้น็อตขนาด M6 ดังรูป Bracket ในภาคผนวก ก (Part Number : 102)
- End Cap ขนาด 30*30 มิลลิเมตร ดังรูป End Cap ในภาคผนวก ก (Part Number : 103)
- โต๊ะวางชิ้นงาน ขนาด 250*300 มิลลิเมตร ดังรูป Table ในภาคผนวก ก (Part Number : 300)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ชุดเคลื่อนที่แกน X และ Y ดังรูปในภาคผนวก ก (Part Number : 400)
- ชุดเคลื่อนที่แกน Z ขนาดโดยรวม 154*52 มิลลิเมตร ดังรูป ชุดเคลื่อนที่แกน Z ในภาคผนวก ก (Part Number : 800)
- เครื่องเจียร ดังรูปในภาคผนวก ก (Part Number : 200)
- เหล็กยึดชุดเคลื่อนที่แกน Z กับเครื่องเจียร ดังรูปในภาคผนวก ก (Part Number : 600)
- แผ่นอะครีลิค ความหนา 2 มิลลิเมตร ดังรูป Acrylic Plate ในภาคผนวก ก (Part Number : 701-706)

  ขนาด 600*195 มิลลิเมตร จำนวน 2 แผ่น

  ขนาด 460*195 มิลลิเมตร จำนวน 2 แผ่น

  ขนาด 460*234 มิลลิเมตร จำนวน 2 แผ่น

  ขนาด 460*70 มิลลิเมตร จำนวน 1 แผ่น

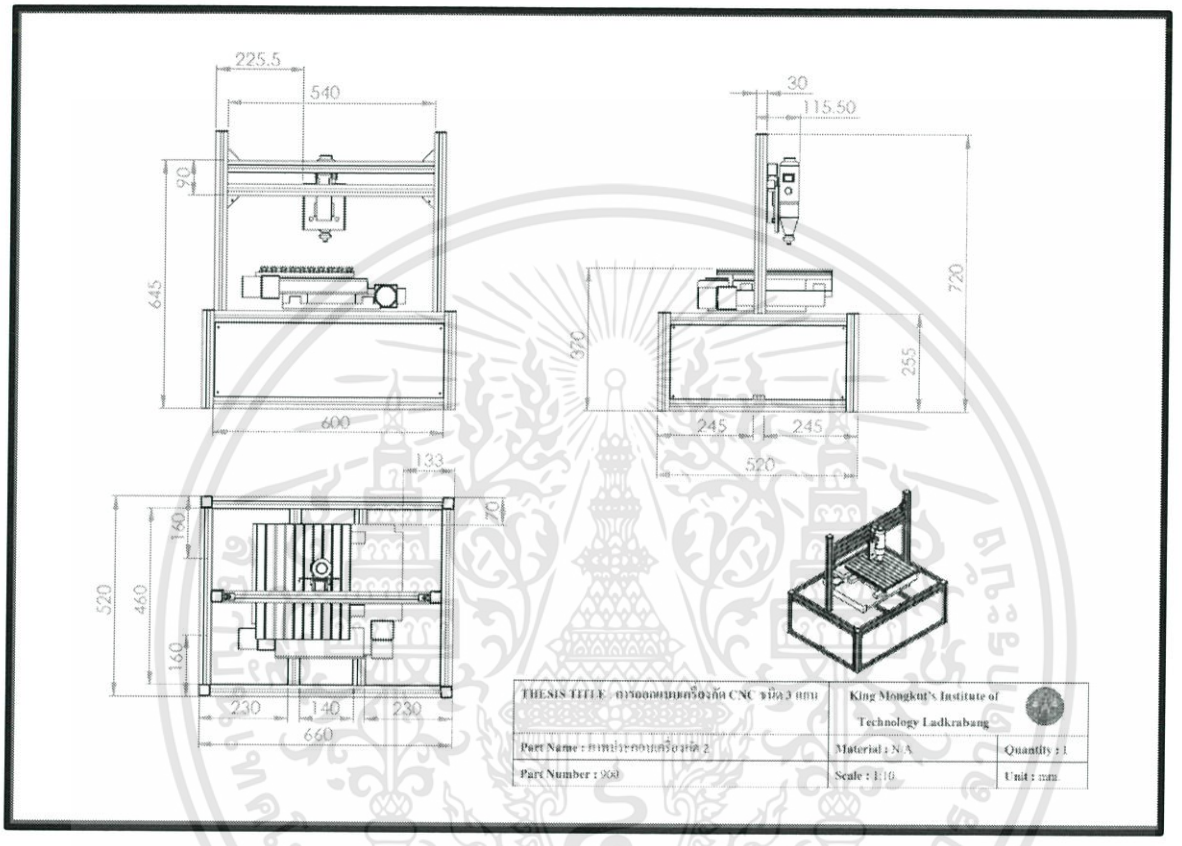
  ขนาด 600*130 มิลลิเมตร จำนวน 2 แผ่น

  ขนาด 600*141 มิลลิเมตร จำนวน 1 แผ่น
- แผ่นยึดชุดเคลื่อนที่แกน Z กับเครื่องเจียร ดังรูปในภาคผนวก ก (Part Number : 500)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

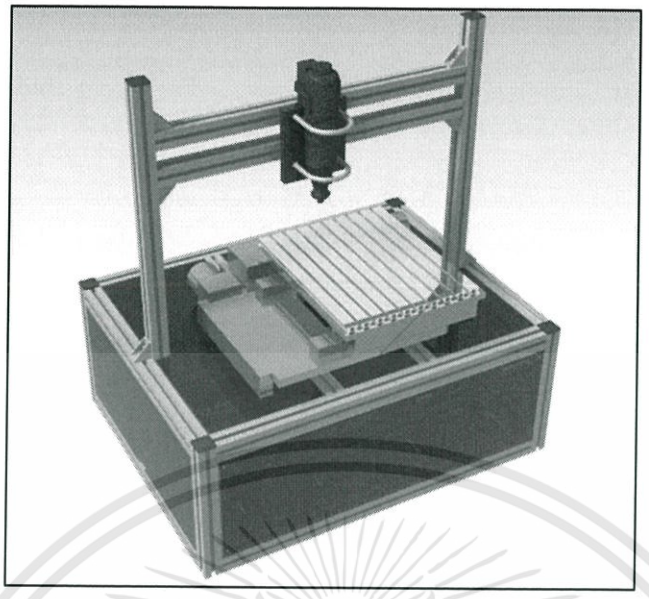
3.2.4 การประกอบเครื่องกัด CNC2 (CNC Milling Machine 2)

เมื่อได้เลือกอุปกรณ์ครบทุกอย่างแล้ว หลังจากนั้นทำการประกอบโครงเครื่อง, โต๊ะวางชิ้นงาน (Table), ชุดเคลื่อนที่ของแกน X และ Y ประกอบด้วยมอเตอร์ (Stepping motor) และแผ่นรางสไลด์, ชุดเคลื่อนที่ของแกน Z และเครื่องเจียร ดังรูปที่ 3.13 และ 3.14



รูปที่ 3.13 ภาพฉายแบบประกอบเครื่องกัด CNC2 (CNC Milling Machine 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 ภาพเครื่องกัด CNC2 (CNC Milling Machine 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

การทดลองการทำงานของเครื่องกัด CNC1 (CNC Milling Machine 1) โดยเชื่อมต่อเครื่องกัดเข้ากับโปรแกรม Linux CNC กำหนดค่า Stepper Configuration ของชุดมอเตอร์ (Stepping motor) และออกแบบชิ้นงานที่ต้องการกัดด้วยคำสั่งจีโค้ด (G-code) เมื่อป้อนคำสั่งจีโค้ดเข้ากับโปรแกรม Linux CNC และสั่งกัดชิ้นงานให้ได้ตามรูปที่ต้องการ แล้วนำชิ้นงานกัดได้มาวัดขนาดของชิ้นงานหาค่าความคลาดเคลื่อนไปจากเดิมที่ออกแบบ ส่วนของเครื่องกัด CNC2 เมื่อออกแบบและประกอบชิ้นงานแล้ว ทำการคำนวนหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในการกัดชิ้นงาน เพื่อทราบถึงความเค้นที่ใช้ในการกัดชิ้นงาน

4.1 การทดลองการทำงานเครื่องกัด CNC1 (CNC Milling Machine 1)

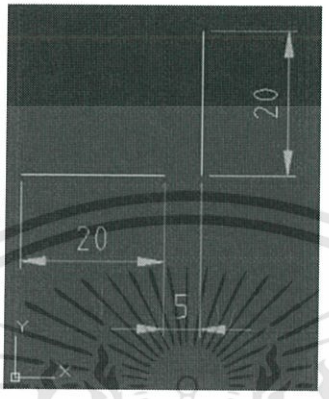
เมื่อดำเนินการในส่วนของการซ่อมส่วนที่ชำรุด สร้างวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และกำหนดค่า Stepper Mill Configuration ของชุดมอเตอร์ (Stepping motor) เข้ากับโปรแกรมการทำงานเรียบร้อยแล้ว จากนั้นทำการทดสอบการทำงานเครื่องกัด CNC1 (CNC Milling Machine 1) เข้ากับโปรแกรม Linux CNC โดยทำการกัดชิ้นงานจริงเป็นแนวเส้นตรง วงกลม และตัวอักษร แต่ละแบบทดลองกัดด้วยกัน 3 ชิ้นงาน โดยใช้ดอกกัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร เมื่อกัดชิ้นงานได้ตามรูปที่ต้องการแล้วใช้เวอร์เนียคาลิปเปอร์ (Vernier Caliper) ขนาดความละเอียด 0.02 มิลลิเมตร วัดขนาดชิ้นงานเพื่อวัดความแม่นยำและการทำซ้ำของเครื่องกัด โดยใช้ค่า %ความคลาดเคลื่อน ดังสมการ 4.1 มาพิจารณา จากการทดลองได้ผลการทดลองดังนี้

$$\%\text{ความคลาดเคลื่อน} = \left|\frac{\text{ค่าที่ได้จากการทดลอง} - \text{ค่าจริง}}{\text{ค่าจริง}}\right| \times 100\,\% \qquad (4.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1 การทดลองกัดชิ้นงานเป็นแนวเส้นตรง

การทดสอบการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงของแกน X และ แกน Y โดยให้กัดเป็นเส้นตรงตามแนวแกน X ระยะ 20 มิลลิเมตร และให้เครื่องมือเดินไปตามแนวแกน X ระยะ 5 มิลลิเมตร และกัดเป็นเส้นตรงตามแนวแกน Y ในทิศทางขึ้น (Y+) ระยะ 20 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 4.1



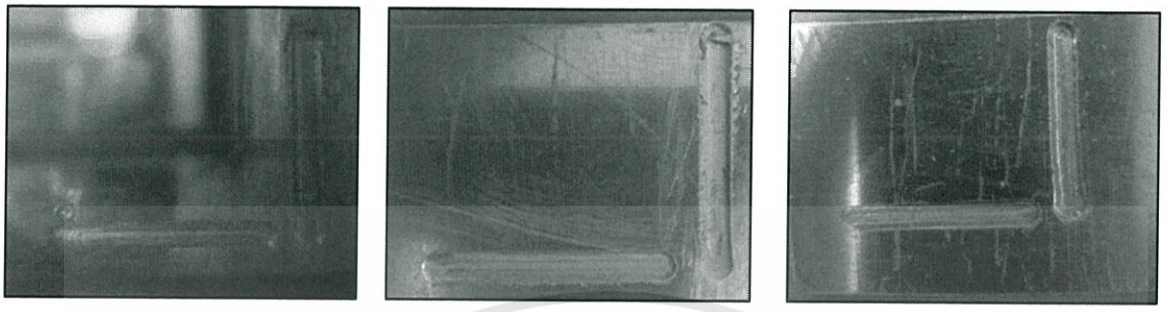
รูปที่ 4.1 ภาพฉาย (Top view) ชิ้นงานเป็นแนวเส้นตรง

คำสั่งโค้ด

```
G91
S10000
G1 f15 z-1
G1 x20
G0 z3
G0 z5
G1 z-3
G1 y20
G0 z4
M5
M2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการกัดชิ้นงานเป็นแนวเส้นตรงตามแกน X และแกน Y ทั้ง 3 ครั้ง แสดงดังรูปที่ 4.2 และขนาดชิ้นงานที่ได้จากการกัดชิ้นงานเป็นแนวเส้นตรงแสดงดังตารางที่ 4.1



(ก) ภาพการกัดชิ้นงานครั้งที่ 1 (ข) ภาพการกัดชิ้นงานครั้งที่ 2 (ค) ภาพการกัดชิ้นงานครั้งที่ 3

รูปที่ 4.2 ภาพชิ้นงานแนวเส้นตรงที่กัดได้จริง

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าขนาดชิ้นงานที่ได้จากการทดลองกัดชิ้นงานเป็นแนวเส้นตรง

การกัดชิ้นงาน	ขนาดชิ้นงานตามแบบ (มม.)	ขนาดชิ้นงานรวมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอกกัด 3 มม. (มม.)	ขนาดที่ได้จากการทดลอง (มม.)				% ความคลาดเคลื่อน (%)
			ทดลองครั้งที่ 1	ทดลองครั้งที่ 2	ทดลองครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	
ระยะแกน X+ 20 มม.	20.00	23.00	22.90	23.00	23.00	22.96	0.1739
ระยะแกน Y+ 15 มม.	20.00	23.00	22.90	23.00	24.00	23.30	0.1739

ตัวอย่างการคำนวน %ความคลาดเคลื่อน จากการกัดชิ้นงานระยะแกน X+ 20 มม.

$$\%_{\text{ความคลาดเคลื่อน}} = \left| \frac{\text{ค่าที่ได้จากการทดลอง} - \text{ค่าจริง}}{\text{ค่าจริง}} \right| \times 100\ \%$$

$$\%_{\text{ความคลาดเคลื่อน}} = \left| \frac{22.96 - 23.00}{23.00} \right| \times 100\ \%$$

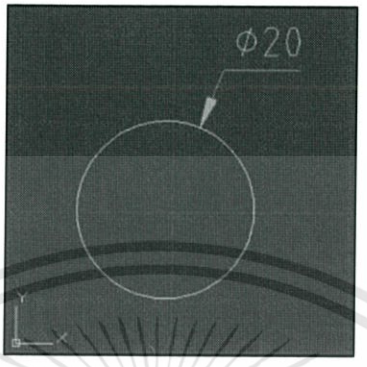
$$\%_{\text{ความคลาดเคลื่อน}} = 0.1739\%$$

ดังนั้นค่า %ความคลาดเคลื่อน จากการกัดชิ้นงานระยะแกน X+ 20 มม มีค่า 0.1739%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การทดลองกัดชิ้นงานเป็นวงกลม

การทดสอบการเคลื่อนที่ของแกน X และ แกน Y พร้อมกันในแนววงกลม โดยให้ทดลองกัดชิ้นเป็นวงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 4.3



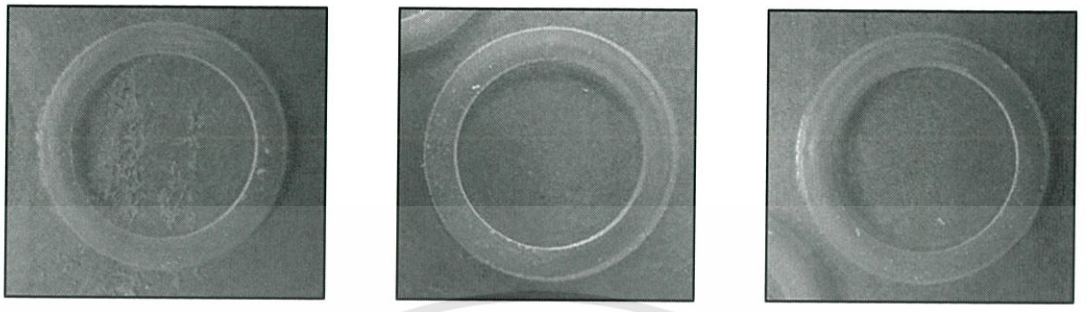
รูปที่ 4.3 ภาพฉาย (Top view) ชิ้นงานเป็นวงกลม

คำสั่งโค้ด (code)

```
G91
S10000
G1 f40 z-3
G2 f20 x10 y10 r10
G2 x10 y-10 r10
G2 x-10 y-10 r10
G2 x-10 y10 r10
M5
M2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการกัดชิ้นงานเป็นวงกลม ทั้ง 3 ครั้ง แสดงดังรูปที่ 4.4 และขนาดชิ้นงานที่ได้จากการกัดชิ้นงานเป็นวงกลมดังตารางที่ 4.2



(ก) ภาพการกัดชิ้นงานครั้งที่ 1 (ข) ภาพการกัดชิ้นงานครั้งที่ 2 (ค) ภาพการกัดชิ้นงานครั้งที่ 3

รูปที่ 4.4 ภาพชิ้นงานวงกลมที่กัดได้จริง

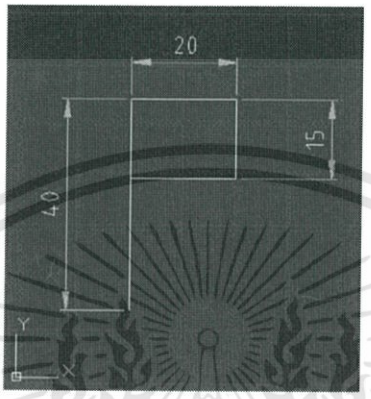
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าขนาดชิ้นงานที่ได้จากการทดสอบกัดชิ้นงานเป็นวงกลม

การกัดชิ้นงาน	ขนาดชิ้นงานตามแบบ (มม.)	ขนาดชิ้นงานรวมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอกกัด 3 มม. (มม.)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ได้จากการทดลอง (มม.)				% ความคลาดเคลื่อน (%)
			ทดลองครั้งที่ 1	ทดลองครั้งที่ 2	ทดลองครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	
เส้นผ่านศูนย์กลาง	20.00	23.00	23.00	23.00	23.00	23.00	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 การทดลองกัดชิ้นงานเป็นตัวอักษร P

การทดสอบการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงของแกน X และ แกน Y โดยกัดชิ้นงานเป็นตัวอักษร P เริ่มจากให้กัดเป็นเส้นตรงตามแนวแกน Y ระยะ 40 มิลลิเมตร แล้วกัดเป็นเส้นตรงตามแนวแกน X ไปทางขวา (+X) ระยะ 20 มิลลิเมตร ต่อจากนั้นกัดเป็นเส้นตรงตามแนวแกน Y ในทิศทางลง (-Y) ระยะ 15 มิลลิเมตร และกัดเป็นเส้นตรงตามแนวแกน X ไปทางซ้าย (-X) ระยะ 20 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 4.5



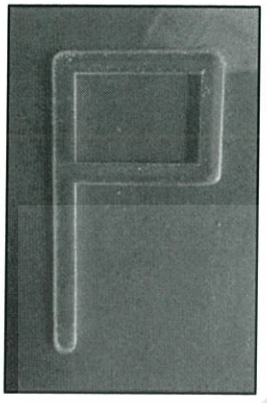
รูปที่ 4.5 ภาพฉาย (Top view) ชิ้นงานเป็นตัวอักษร P

คำสั่งโค้ด (code)

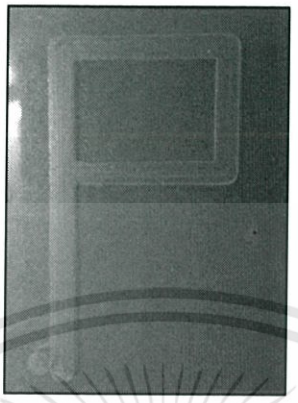
```
G21 G90 G64 G40
G0 z3.0
G17
M3 s10000
G1 f50 Z-6
G1 f20 y40
G1 x20 y40
G1 x20 y25
G1 x0 y25
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

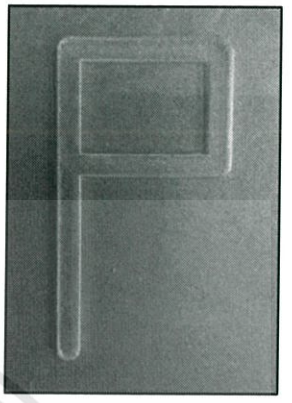
ผลการกัดชิ้นงานเป็นตัวอักษร P ทั้ง 3 ครั้ง แสดงดังรูปที่ 4.4 และขนาดชิ้นงานที่ได้จากการกัดชิ้นงานเป็นตัวอักษร P ดังตารางที่ 4.2



(ก)
ภาพการกัดชิ้นงานครั้งที่ 1



(ข)
ภาพการกัดชิ้นงานครั้งที่ 2



(ค)
ภาพการกัดชิ้นงานครั้งที่ 3

รูปที่ 4.6 ภาพชิ้นงานตัวอักษร P ที่กัดได้จริง

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าขนาดชิ้นงานที่ได้จากการทดสอบกัดชิ้นงานเป็นตัวอักษร P

การกัดชิ้นงาน	ขนาดชิ้นงานตามแบบ (มม.)	ขนาดชิ้นงานรวมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอกกัด 3 มม. (มม.)	ขนาดที่ได้จากการทดลอง (มม.)				% ความคลาดเคลื่อน (%)
			ทดลองครั้งที่ 1	ทดลองครั้งที่ 2	ทดลองครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	
ระยะแกน Y+ 40 มม.	40.00	43.00	43.40	43.50	43.50	43.46	1.0697
ระยะแกน X+ 20 มม.	20.00	23.00	23.30	23.30	23.30	23.30	1.3043
ระยะแกน Y- 15 มม.	15.00	18.00	18.30	18.20	18.25	18.25	1.3889
ระยะแกน X- 20 มม.	20.00	23.00	23.30	23.30	23.30	23.30	1.3043

จากการทดลองกัดชิ้นงานจริงเป็นแนวเส้นตรง วงกลม และตัวอักษร แต่ละแบบทดลองกัดด้วยกัน 3 ครั้ง เพื่อวัดความแม่นยำและการทำซ้ำของเครื่องกัด ผลที่ได้คือ สามารถกัดชิ้นงานเป็นรูปตามที่กำหนดไว้ได้ครบตามที่ต้องการ แสดงว่าการทำงานของเครื่องกัด CNC มีค่าความแม่นยำอยู่ในระดับที่ดี และมีค่าความคลาดเคลื่อนของชิ้นงานของแกน X คือ 0 – 1.3043 % และของแกน Y คือ 0 – 1.3889 %

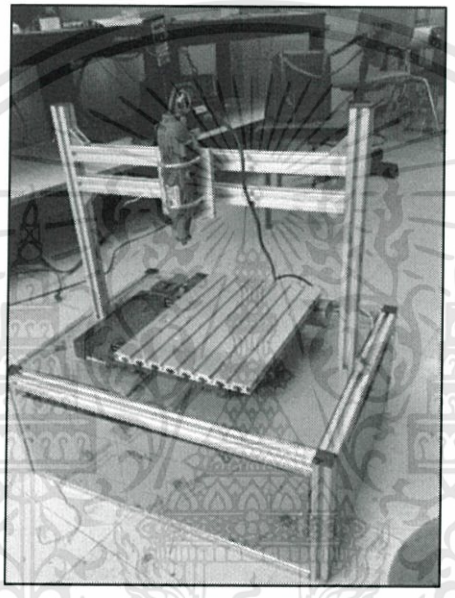
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 เครื่องกัด CNC2 (CNC Milling Machine 2)

จากการออกแบบเครื่องกัดขึ้นใหม่ โดยใช้อุปกรณ์ที่มีอยู่ เช่น ชุดเคลื่อนที่ของแกน X และ Y เครื่องเจียร ได้ผลการดำเนินงานดังนี้

4.2.1 ผลการดำเนินงานการออกแบบเครื่องกัด CNC2

เมื่อได้เลือกอุปกรณ์ครบทุกอย่างแล้ว หลังจากนั้นทำการประกอบโครงเครื่อง, โต๊ะวางชิ้นงาน (Table), ชุดมอเตอร์ (Stepping motor), ชุดเคลื่อนที่ของแกน X และ แกน Y, ชุดเคลื่อนที่ของแกน Z และเครื่องเจียร ได้ผลออกมาดังรูป 4.7



รูปที่ 4.7 ภาพเครื่องกัด CNC2 (CNC Milling Machine 2)

4.2.2 การคำนวนหาค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในเครื่องกัด CNC

- การหาอัตราการตัดชิ้นงาน

$$F_r = feed \times rpm \tag{4.2}$$

โดย F_r อัตราการตัดชิ้นงาน มีหน่วยเป็น เมตรต่อนาที, feed คือการตัดชิ้นงาน มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรต่อรอบ, rpm คือความเร็วรอบ มีหน่วยเป็นรอบต่อนาที ซึ่งมอเตอร์ของเครื่องเจียรที่ใช้มีความเร็วรอบที่ 8,000-30,000 รอบต่อนาที กำหนดให้ใช้ที่ 8,000 รอบต่อนาที และกำหนดให้ใช้ feed จากโปรแกรม Linux CNC ที่ 25 มิลลิเมตร/นาที ดังนั้น feed ที่ใช้ในการคำนวนคือ 25/8,000 มิลลิเมตรต่อรอบ สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$F_r = (\frac{25}{8{,}000} \times 10^{-3}) \times 8{,}000$$

$$F_r = 0.025\ m/min$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การหากำลังที่ใช้ของมอเตอร์

$$P = VI \tag{4.3}$$

โดย P คือ กำลังของมอเตอร์ มีหน่วยเป็น Watt , V คือความต่างศักย์ มีหน่วยเป็น โวลต์, I คือ กระแสไฟฟ้าที่ใช้ มีหน่วยเป็น แอมแปร์ ซึ่งมอเตอร์ของเครื่องเจียรที่ใช้มี V = 220 V, I = 0.5 A

$$P = 220 \times 0.5$$

$$P = 110\,W$$

- การหาแรงที่ใช้ในการตัดชิ้นงาน

$$P = F \times F_r \tag{4.4}$$

โดย P คือกำลังของมอเตอร์ มีหน่วยเป็น Watt , F คือแรงที่ใช้ในการตัดมีหน่วยเป็น N , F_r อัตราการตัดชิ้นงาน มีหน่วยเป็น เมตรต่อนาที

$$F = \frac{110}{0.025}$$

$$F = 4{,}400\,N$$

**F ในที่นี้เป็นแรงที่เกิดจาก F_{cut} + F_{table} ซึ่ง F_{cut} คือ แรงที่ใช้ตัดชิ้นงาน F_{table} คือแรงที่ใช้ไรการเคลื่อนที่ของรางสไลด์

- การหาความเค้นของชิ้นงานที่ใช้ในการตัด

$$\sigma = \frac{F}{A} \tag{4.5}$$

โดย σ คือความเค้นของชิ้นงาน มีหน่วยเป็น N/m^2 , F คือแรงที่ใช้ในการตัดมีหน่วยเป็น N, A คือพื้นที่ตัดขวางแรงที่กระทำ มีหน่วยเป็น m^2 ซึ่งพื้นที่หาได้จากพื้นที่หน้าตัดของดอกกัดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร คือ $7.0686 \times 10^{-6}\ m^2$

$$\sigma = \frac{4{,}400}{7.0686 \times 10^{-6}}$$

$$\sigma = 622.4727\ MPa$$

ดังนั้นเครื่องกัดสามารถกัดวัสดุที่มีความเค้นไม่เกิน 622.4727 MPa

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากคุณสมบัติทางกล ค่าความแข็งแรงของวัสดุ (Ultimate Tensile Strength) ของอะครีลิคมีค่า 19.30 – 85.00 MPa, อะลูมิเนียมมีค่า 320 MPa, ทองเหลืองมีค่า 159 – 1,030 MPa, เหล็กมีค่า 450 – 1,970 Mpa (ที่มา : http://www.matweb.com) จากการคำนวนเครื่องกัดที่ออกแบบขึ้นใหม่โดยใช้เครื่องเจียรที่ใช้มีความเร็วรอบที่ 8,000-30,000 รอบต่อนาที เลือกใช้ค่าความเร็วรอบที่ 8,000 รอบต่อนาที และกำหนดให้ใช้ feed จากโปรแกรม Linux CNC ที่ 25 มิลลิเมตร/นาที สามารถกัดวัสดุที่มีความเค้นไม่เกิน 622.4727 MPa แสดงว่าสามารถกัดวัสดุอะครีลิค อะลูมิเนียม ทองเหลืองและเหล็กได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลและแนวทางการพัฒนา

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

การดำเนินงานได้แบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 เครื่องกัด CNC1 (CNC Milling Machine 1) ในขั้นต้นได้ทำการตรวจสอบโดยตรวจสอบโครงสร้างภายนอกและตรวจสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ จากนั้นทำการซ่อมแซมในส่วนที่ชำรุด แล้วทำการออกแบบวงจรเนื่องจากสัญญาณที่ออกมาจากตัวขับมอเตอร์ไม่ตรงกับที่โปรแกรม Linux CNC ต้องการ หลังจากนั้นเชื่อมต่อตัวเครื่องกัด CNC เข้ากับคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการเชื่อมต่อโปรแกรม Linux CNC ให้ควบคุมการทำงานเครื่องกัด เมื่อเข้าโปรแกรม Linux CNC จึงทำการตั้งค่าเริ่มต้นภายในโปรแกรม โดยใส่รายละเอียดของเครื่องกัด จากนั้นทำการป้อนคำสั่งจีโค้ด (G-Code) ทดลองกัดชิ้นงานและบันทึกผลการทดลอง ซึ่งพบว่าสามารถกัดชิ้นงานได้ถูกต้องและสมบูรณ์ตามคำสั่งที่ป้อน การทำงานของเครื่องกัด CNC มีค่าความแม่นยำอยู่ในระดับที่ดี และมีค่าความคลาดเคลื่อนของชิ้นงานของแกน X คือ 0 – 1.3043 % และของแกน Y คือ 0 – 1.3889 % ส่วนที่ 2 คือเครื่องกัด CNC2 (CNC Milling Machine 2) ที่ออกแบบใหม่เป็นเครื่องกัด CNC ชนิด 3 แกน โดยใช้อุปกรณ์ที่มีอยู่ และออกแบบโครงสร้างโดยเลือกใช้อะลูมิเนียมโปรไฟล์เป็นโครงเครื่อง เลือกโต๊ะชิ้นงานอะลูมิเนียมเฟลมซึ่งมีร่องสามารถใช้ยึดปากกาจับชิ้นงานได้ ได้ทำการเลือกชุดการเคลื่อนที่ทั้ง 3 แกน โดยมีมอเตอร์สเต็ปปิง (Stepping Motor) และชุดควบคุมมอเตอร์ (Driver Motor) ประกอบเข้ากันเป็นเครื่องจักรเรียบร้อย และจากการคำนวนเครื่องกัดสามารถกัดวัสดุที่มีความเค้นไม่เกิน 622.4727 MPa สามารถกัดวัสดุอะคริลิค อะลูมิเนียม ทองเหลืองและเหล็กได้

5.2 ปัญหาและแนวทางการพัฒนาในอนาคต

จากการทดลองกัดชิ้นงานจริงด้วยเครื่องกัด CNC และการปรับปรุงเครื่องกัดซีเอ็นซี ทางกลุ่มผู้จัดทำเห็นถึงปัญหาและมีแนวทางสำหรับการพัฒนา ดังนี้

5.2.1 เครื่องกัด CNC1 (CNC Milling Machine 1)

- แกน X มีระยะการเคลื่อนที่จากซ้ายสุดไปขวาสุด 104 มิลลิเมตร และแกน Y มีระยะการเคลื่อนที่จากซ้ายสุดไปขวาสุด 92 มิลลิเมตร จึงไม่สามารถกัดชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่กว่านี้ได้
- เพิ่มสวิตช์ฉุกเฉินตัดการทำงาน ในกรณีที่เกิดเหตุฉุกเฉินขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 เครื่องกัด CNC2 (CNC Milling Machine 2)

- หาชุดควบคุมมอเตอร์ (Driver Motor) เพิ่ม ที่สามารถทำงานร่วมกับมอเตอร์แกน Z ของ SANYO DENKI Type 103F3505-7041 ได้ ส่งผลให้สามารถเชื่อมต่อการใช้งานเข้ากับโปรแกรม Linux CNC ได้
- เพิ่มปากกายึดจับชิ้นงาน เป็นปากกาแท่นเจาะ ระบบแองล็อค (Angel Lock) จึงสามารถจับชิ้นงานเจาะได้อย่างเที่ยงตรงยิ่งขึ้น เหมาะสำหรับใช้งานกับเครื่องแท่นเจาะทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] ผศ.ชาลี ตระการกูล, 2550. เทคโนโลยีซีเอ็นซี. พิมพ์ครั้งที่ 18. ห้างหุ้นส่วนจำกัด ที เอส บี โปรดักส์ : สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมไทย-ญี่ปุ่น.

[2] Herman W.Pollack and Terrance Robinson, 2537. ทฤษฎีและการใช้งาน CNC. สมเกียรติ บูรณ์เจริญ. บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).

[3] การขับสเต็ปปิงมอเตอร์ให้หมุนโดยการกระตุ้นเฟส, http://www.adisak51.com/page22.html

[4] ความหมายของรหัสโค้ด, http://www.rtc.ac.th/www_km/02/029/027_1-2555.pdf, ค้นหาเมื่อวันที่ 22 มกราคม 2557

[5] ค่าความแข็งแรงของวัสดุ, http://www.matweb.com

[6] สเต็ปปิงมอเตอร์แบบมีสาย 5 เส้น, http://www.nectec.or.th/schoolnet/library/webcontest2003/100team/dlnes137/am/ step_motor.html, ค้นหาเมื่อวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2557

[7] แบบของโต๊ะวางชิ้นงาน เครื่องกัด CNC2, http://th.misumiec.com/asia/ItemDetail/10302261820.html

[8] โครงสร้างของเครื่องกัด, http://www.sainsmechanical.blogspot.com/2011/12/milling.html

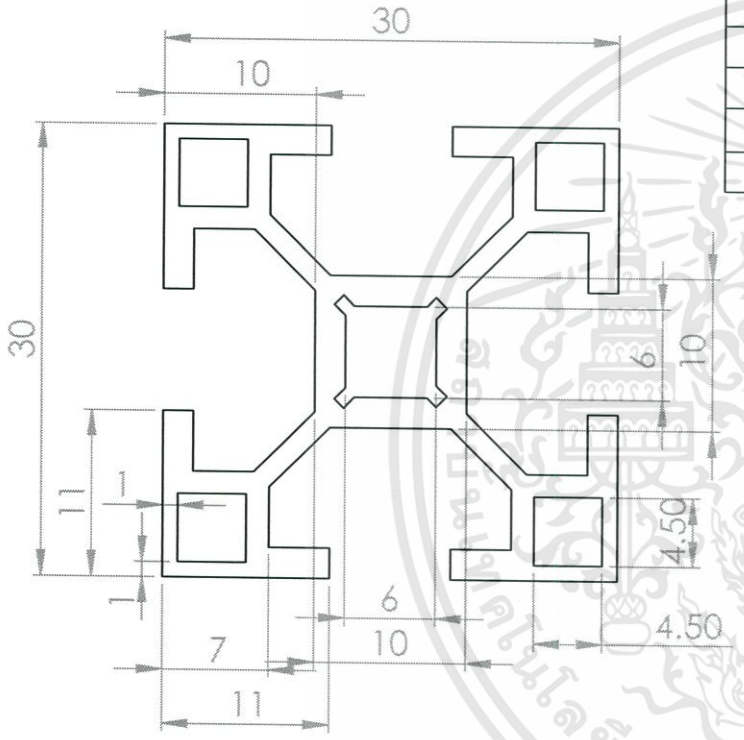
[9] โปรแกรม Linux CNC, http://www.linuxcnc.org

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

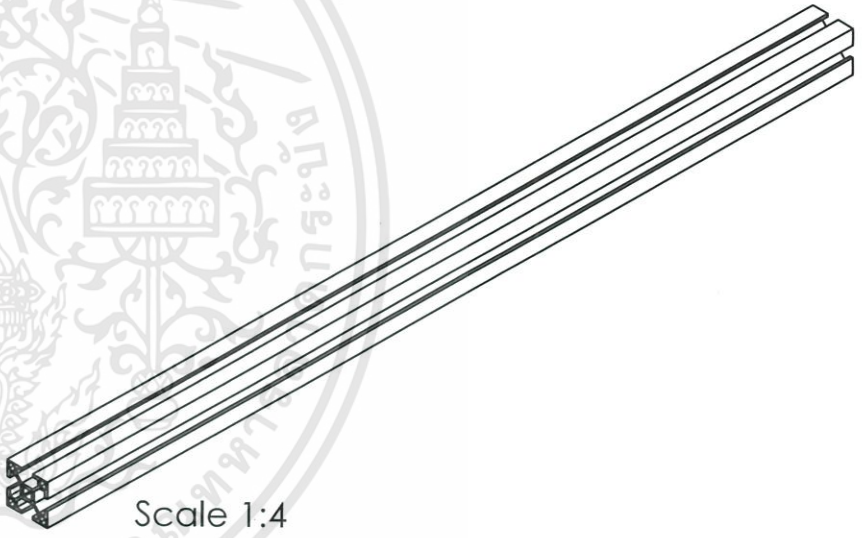
ภาคผนวก ก
แบบเครื่องกัด 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Length Profile (mm)	Quantity
600	6
460	6
255	4
720	2
540	2



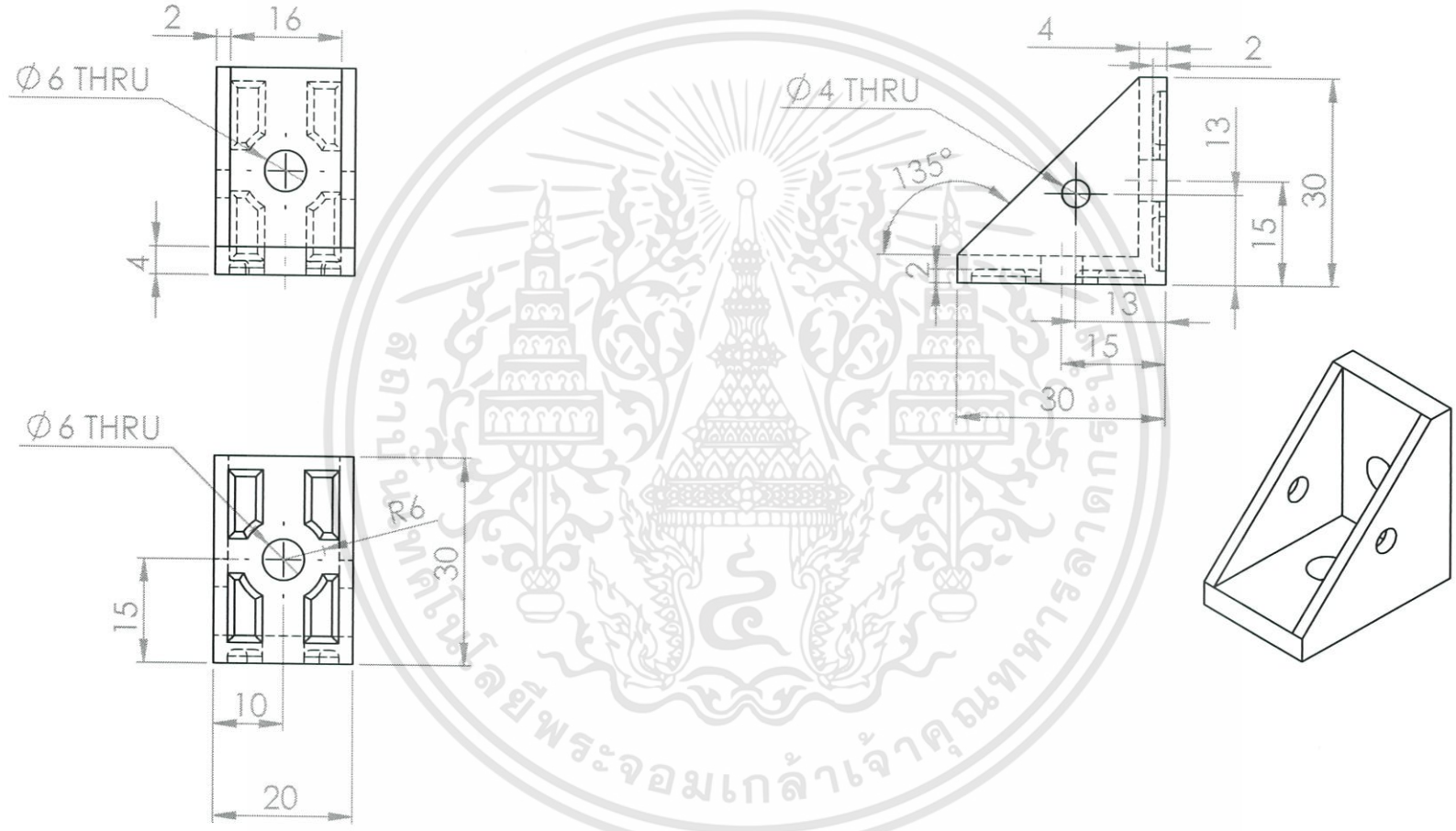
Scale 2:1



Scale 1:4

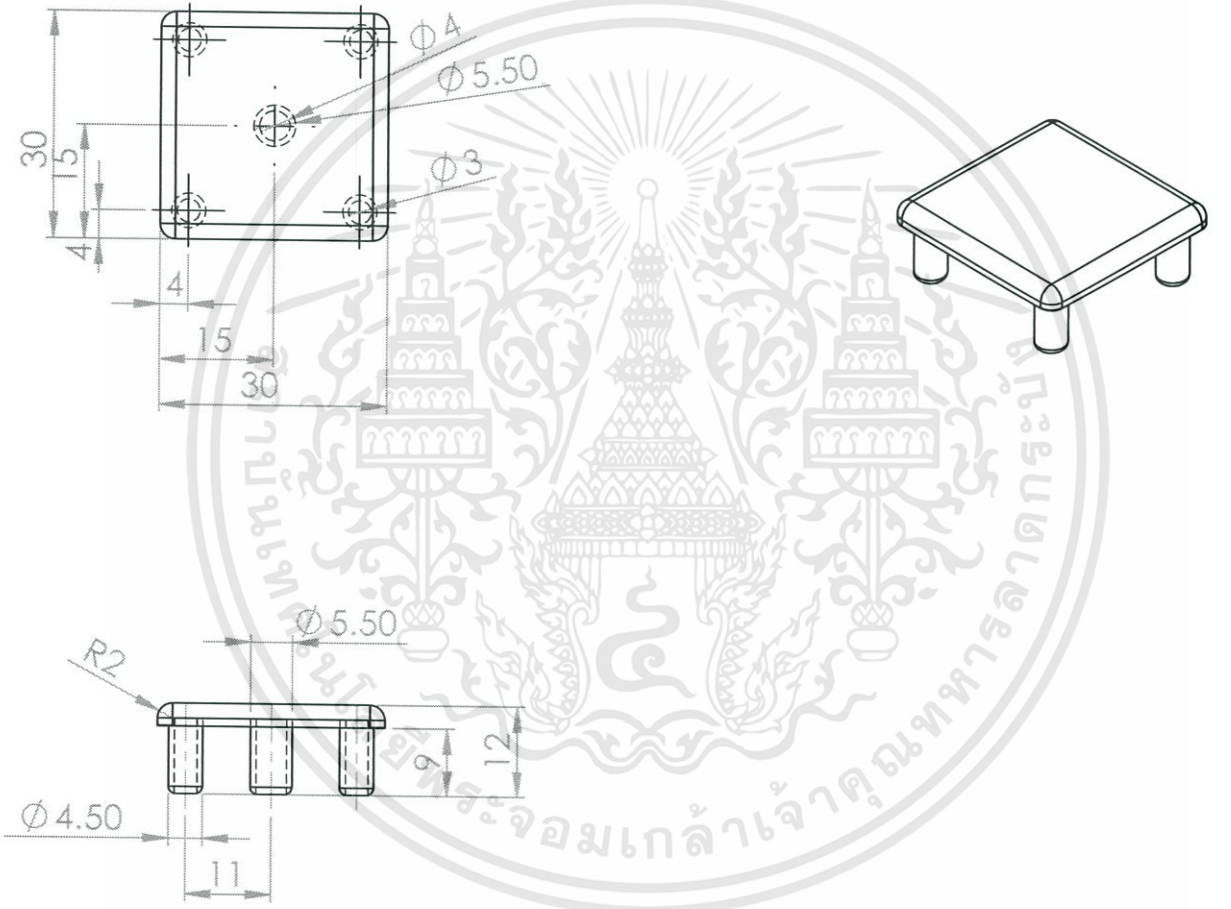
THESIS TITLE : การออกแบบเครื่องกัด CNC ชนิด 3 แกน	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang	
Part Name : Aluminium frame	Material : Aluminium Profile	Quantity : 1
Part Number : 101	Scale : 1:4	Unit : mm.

ผก 2



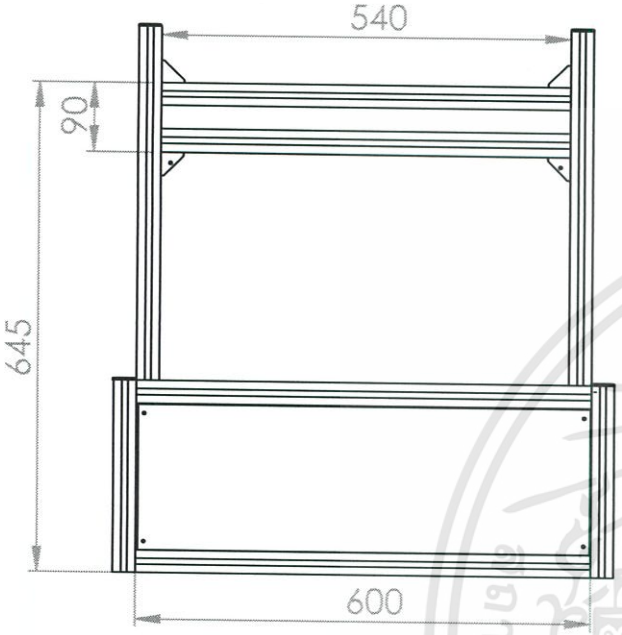
THESIS TITLE : การออกแบบเครื่องกัด CNC ชนิด 3 แกน	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang	
Part Name : Bracket	Material : Aluminium	Quantity : 50
Part Number : 102	Scale : 1:1	Unit : mm.

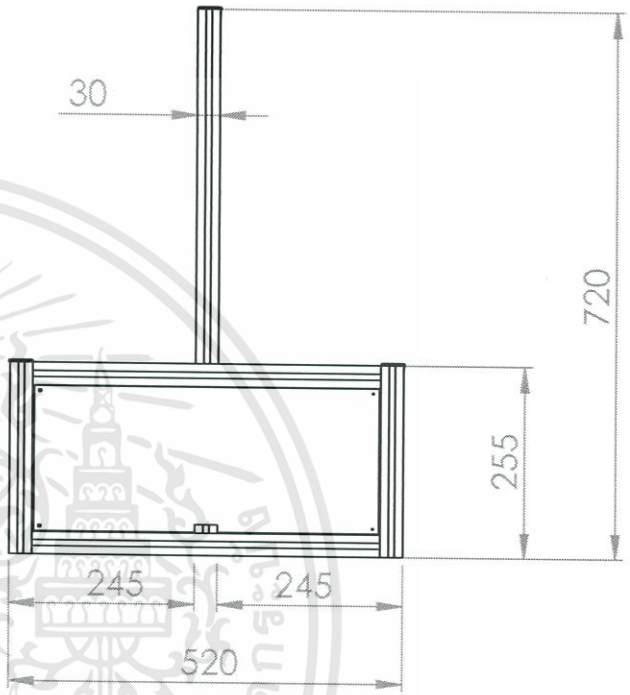
ผก 3

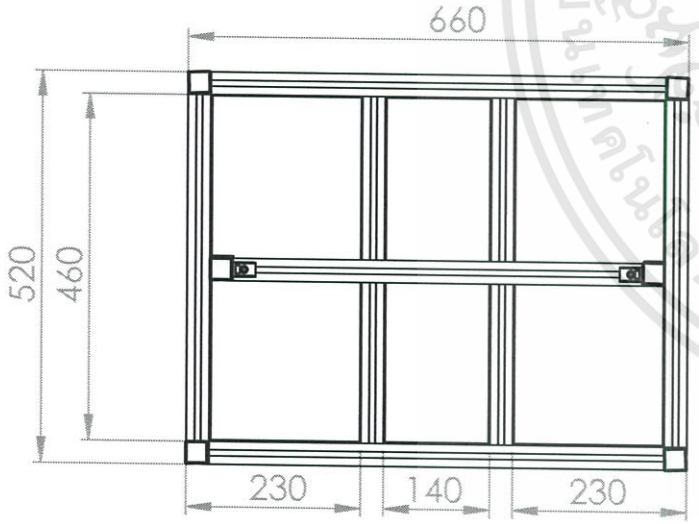


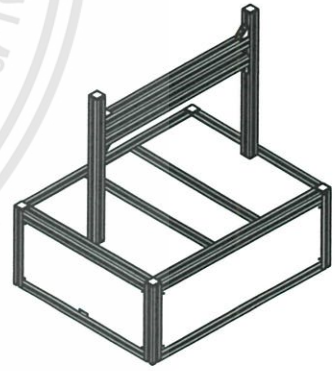
THESIS TITLE : การออกแบบเครื่องกัด CNC ชนิด 3 แกน	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang	
Part Name : End Cap	Material : Plastic	Quantity : 6
Part Number : 103	Scale : 1:1	Unit : mm.

ผน 4



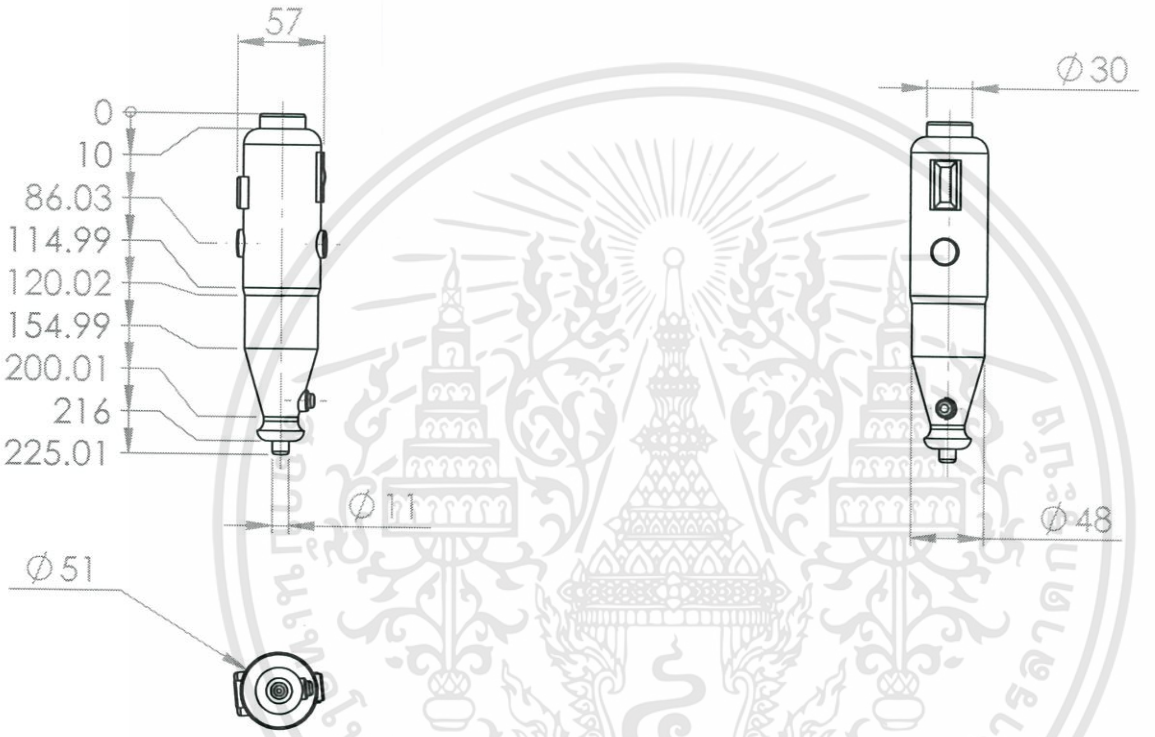






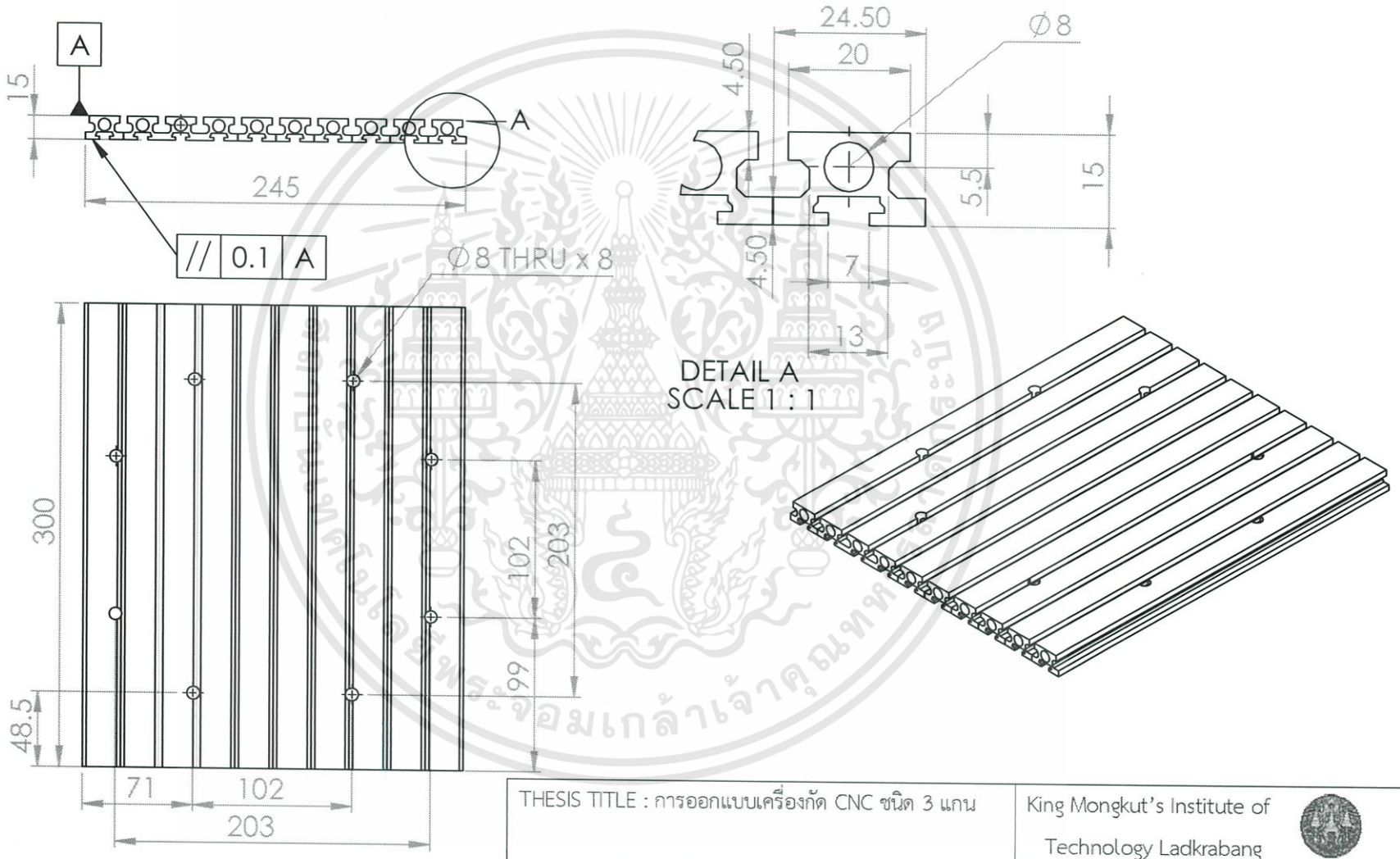
THESIS TITLE : การออกแบบเครื่องกัด CNC ชนิด 3 แกน	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang	
Part Name : ภาพประกอบโครงสร้างเครื่อง	Material : N/A	Quantity : 1
Part Number : 104	Scale : 1:10	Unit : mm.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

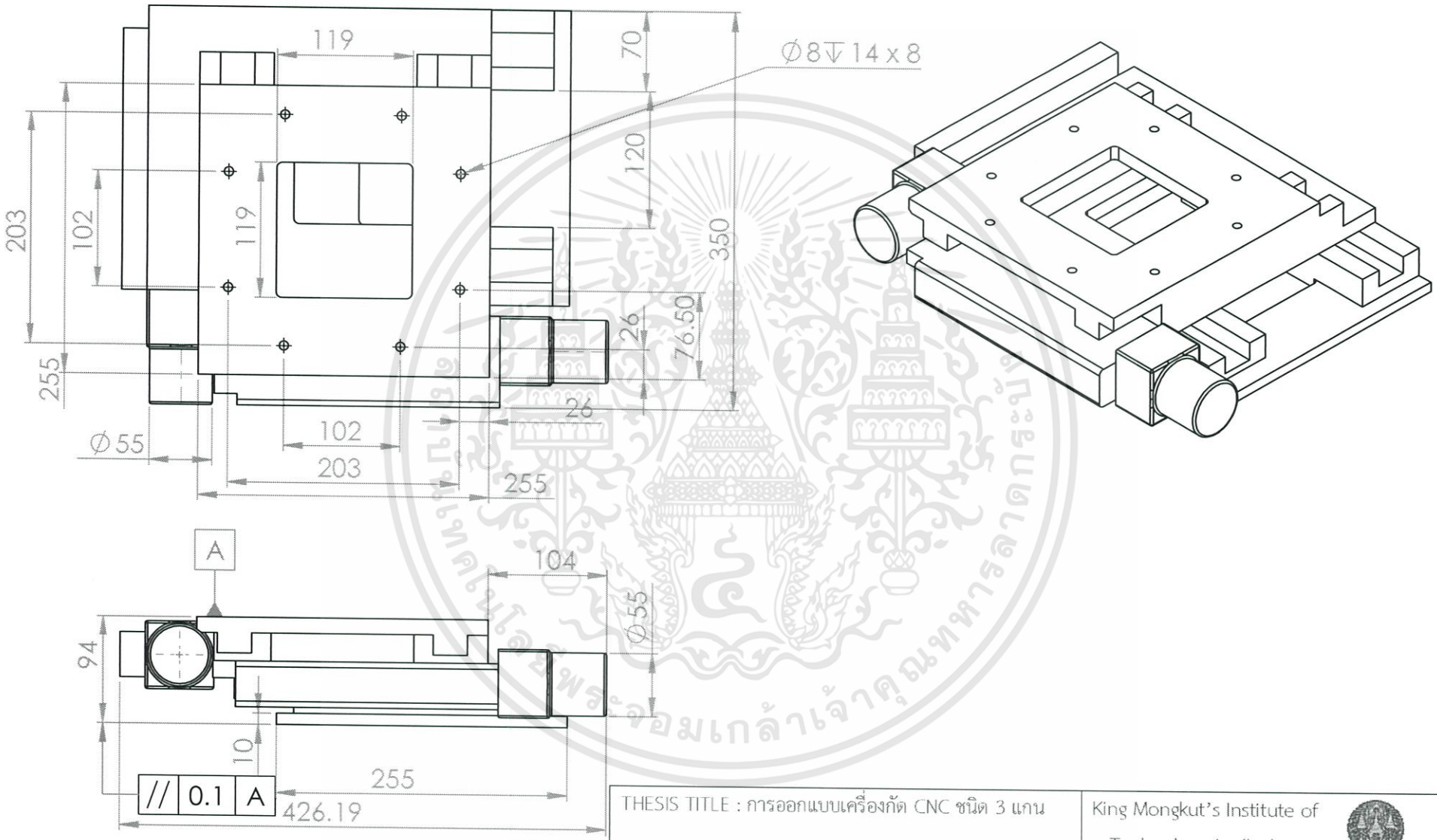


THESIS TITLE : การออกแบบเครื่องกัด CNC ชนิด 3 แกน	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang	
Part Name : เครื่องเจียร	Material : N/A	Quantity : 1
Part Number : 200	Scale : 1:5	Unit : mm.

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

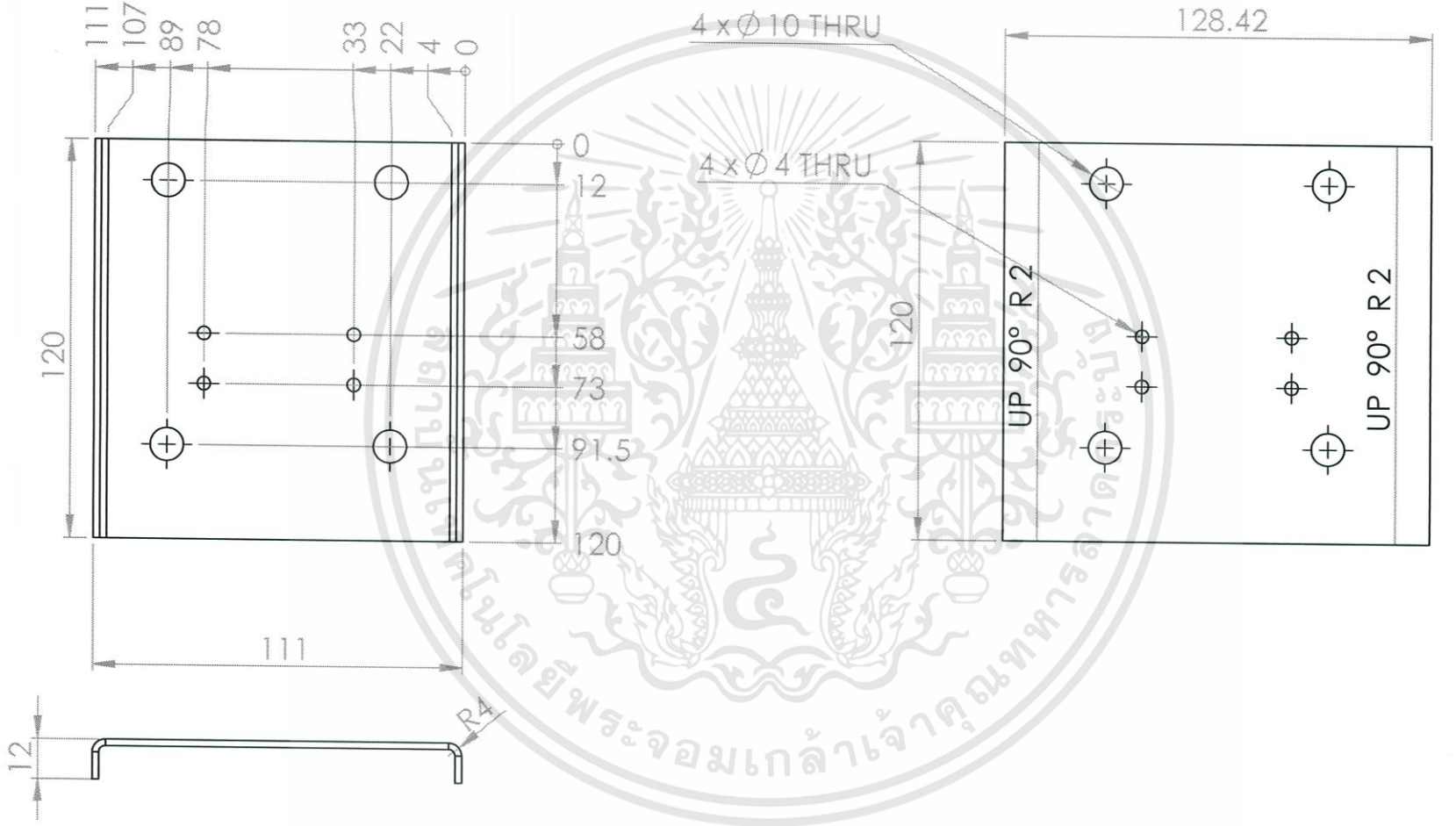


THESIS TITLE : การออกแบบเครื่องกัด CNC ชนิด 3 แกน	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang	
Part Name : Table	Material : N/A	Quantity : 1
Part Number : 300	Scale : 1:4	Unit : mm.



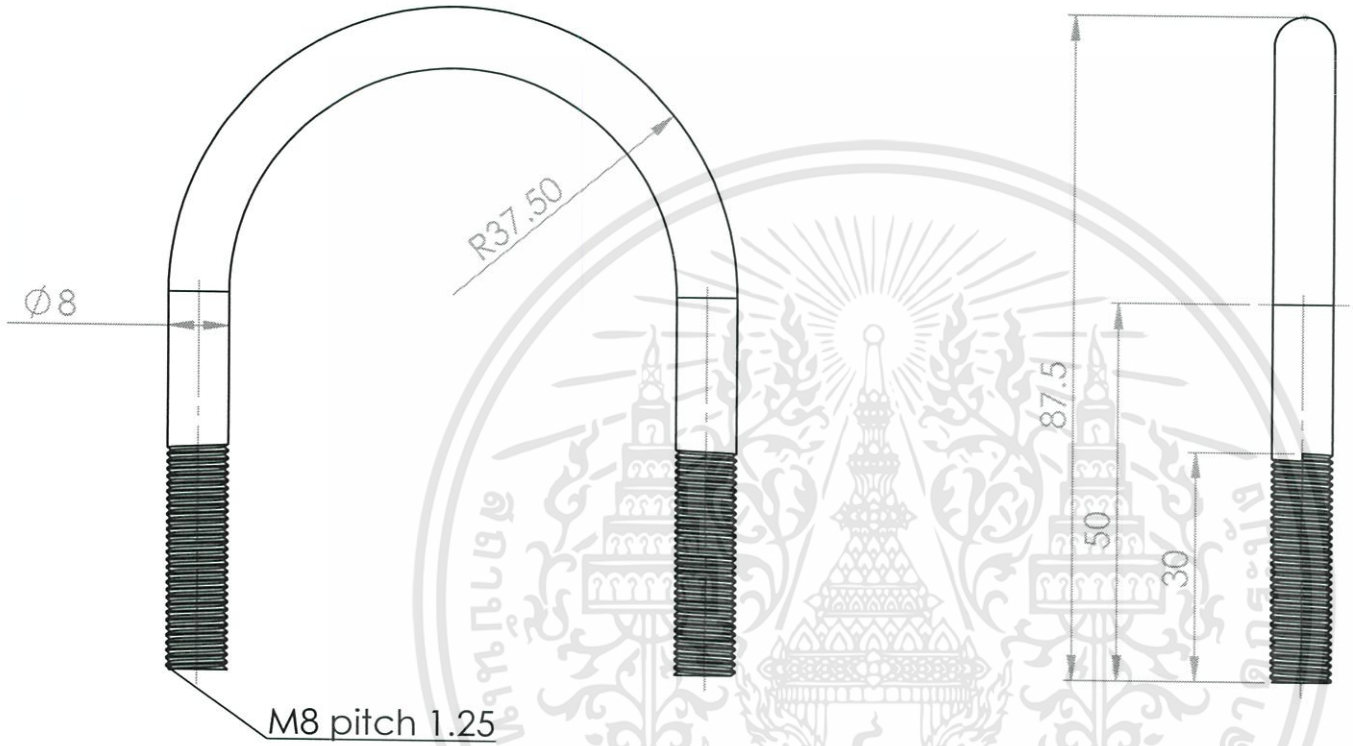
THESIS TITLE : การออกแบบเครื่องกัด CNC ชนิด 3 แกน	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang	
Part Name : ชุดเคลื่อนที่แกน X และ Y	Material : N/A	Quantity : 1
Part Number : 400	Scale : 1:5	Unit : mm.

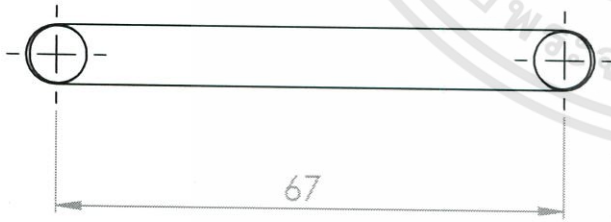
A4 8

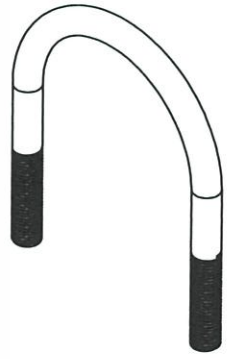


THESIS TITLE : การออกแบบเครื่องกัด CNC ชนิด 3 แกน	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang	
Part Name : แผ่นยึดชุดสปินเดิลแกน Z กับสว่าน	Material : Aluminium	Quantity : 1
Part Number : 500	Scale : 1:2	Unit : mm.

6 นม

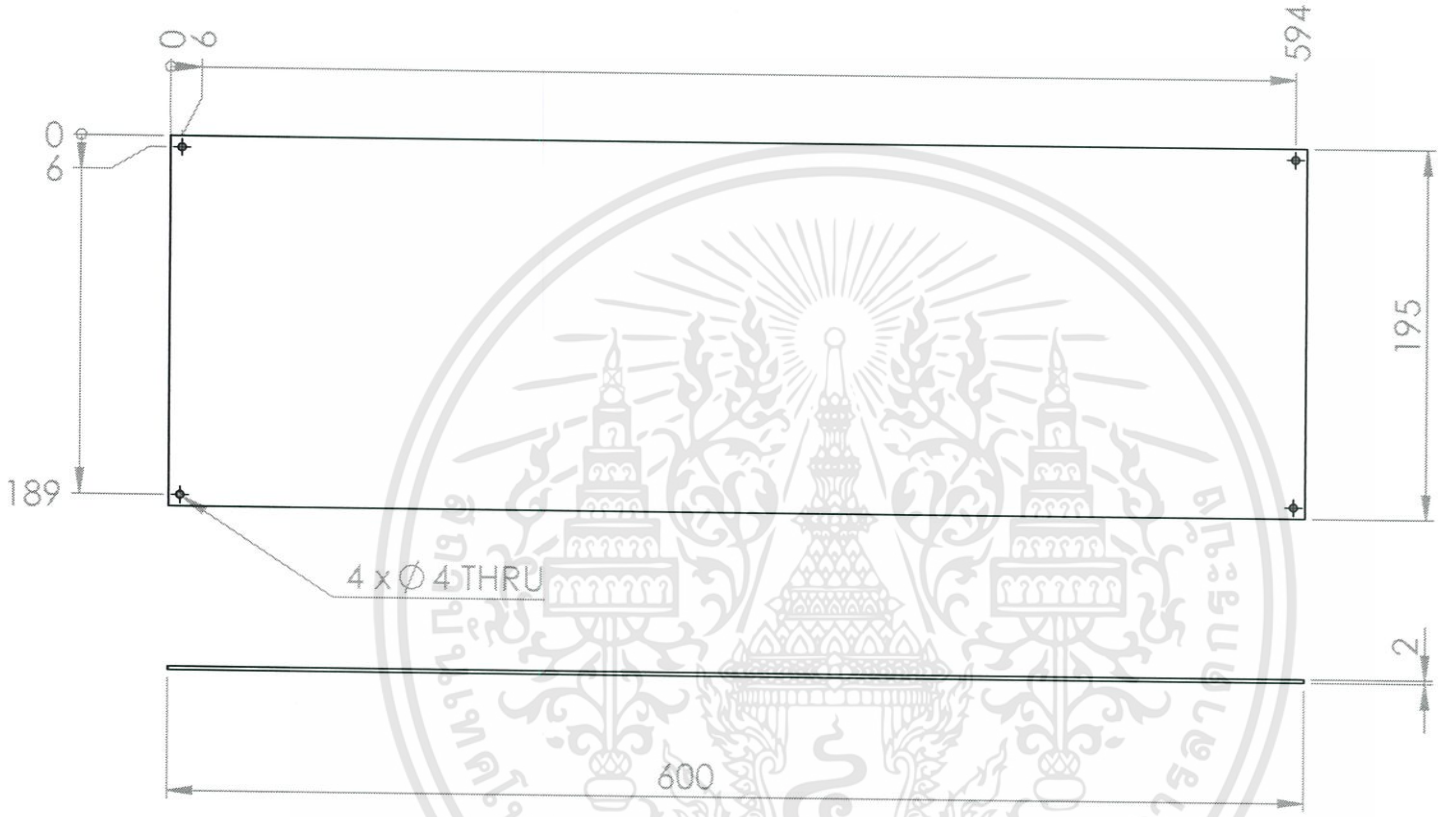






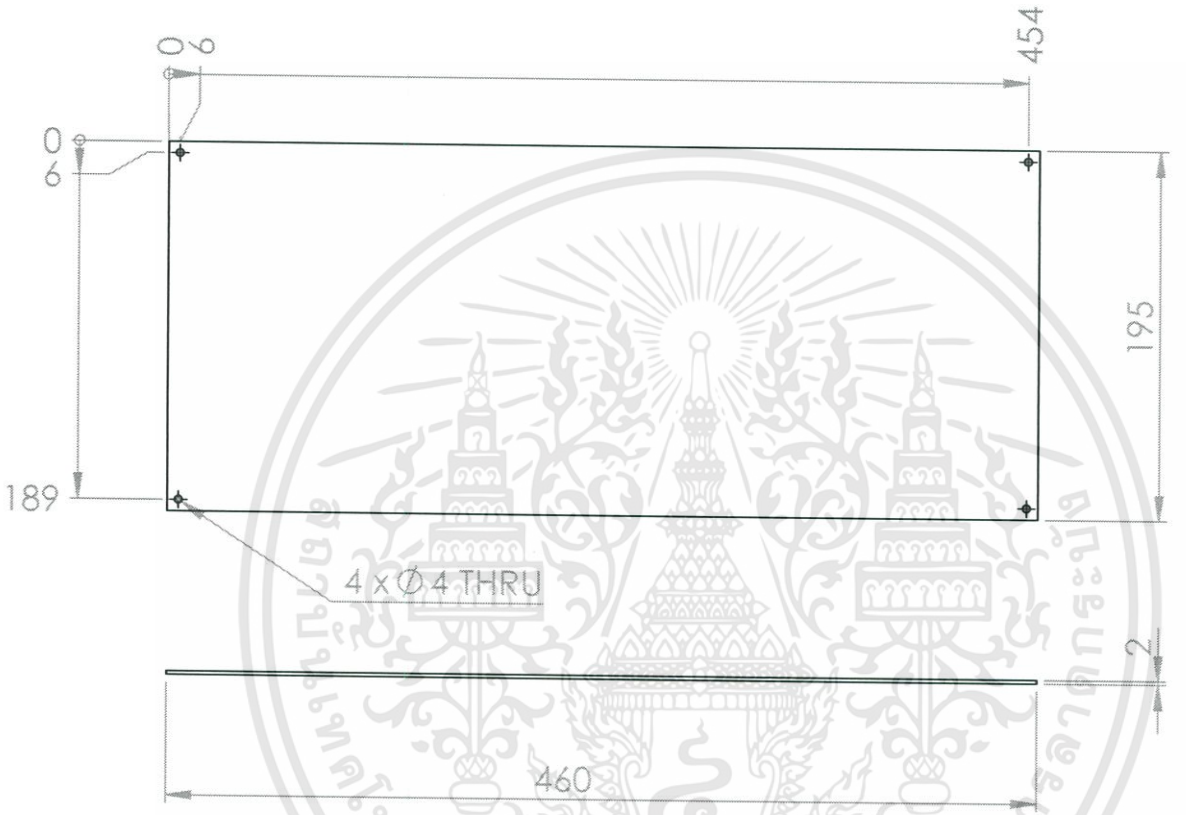
THESIS TITLE : การออกแบบเครื่องกัด CNC ชนิด 3 แกน	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang	
Part Name : ยึดชุดเคลื่อนที่แกน Z กับเครื่องเจียร	Material : Steel	Quantity : 1
Part Number : 600	Scale : 1:1	Unit : mm.

ผก 10



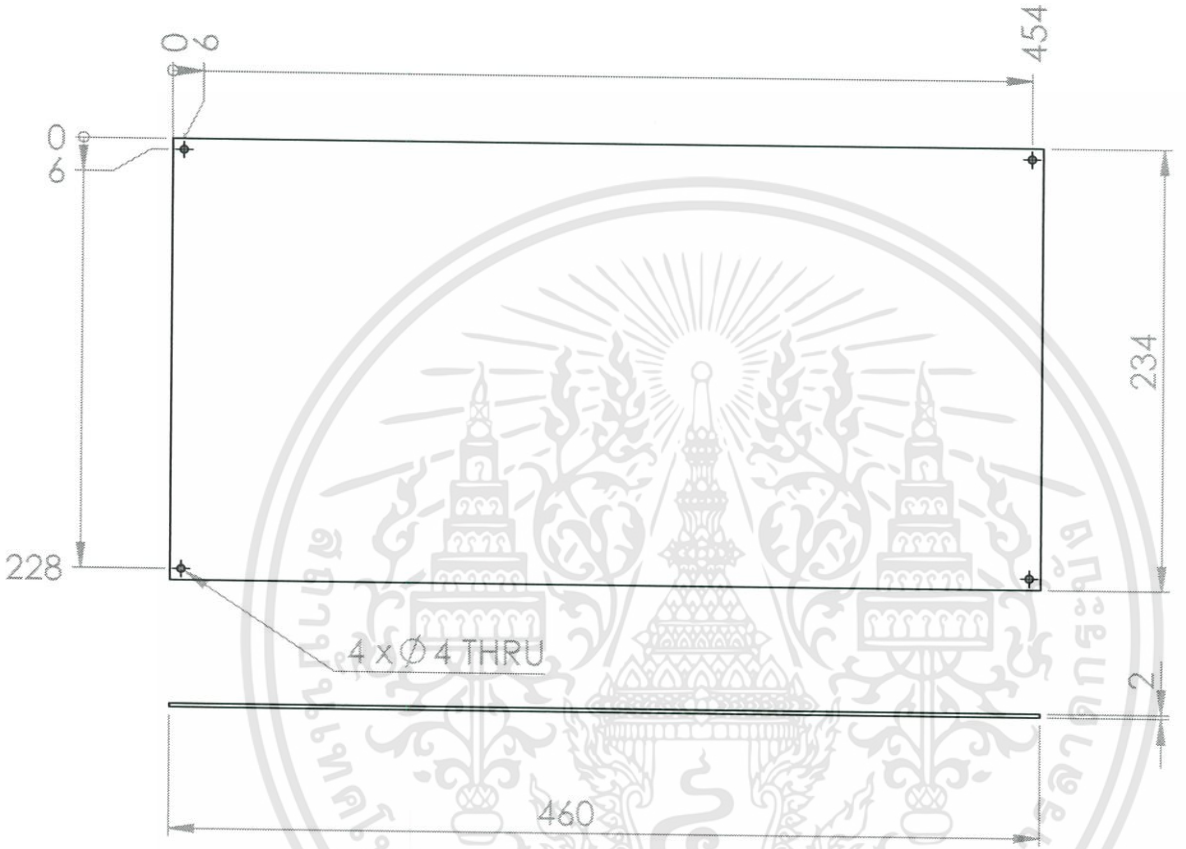
THESIS TITLE : การออกแบบเครื่องกัด CNC ชนิด 3 แกน	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang	
Part Name : Acrylic Plate	Material : Acrylic	Quantity :2
Part Number : 701	Scale : 1:4	Unit : mm.

ผก 11



THESIS TITLE : การออกแบบเครื่องกัด CNC ชนิด 3 แกน	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang	
Part Name : Acrylic Plate	Material : Acrylic	Quantity :2
Part Number : 702	Scale : 1:4	Unit : mm.

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

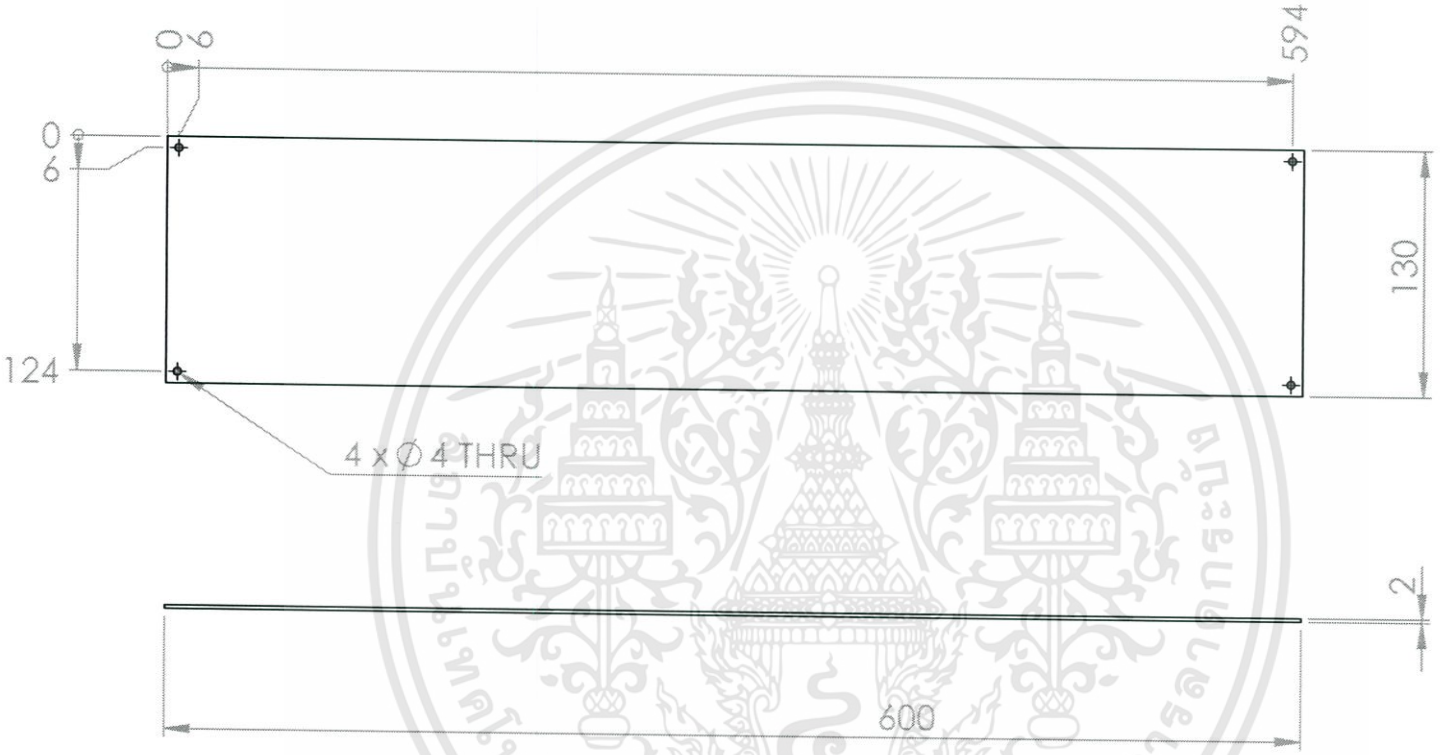


THESIS TITLE : การออกแบบเครื่องกัด CNC ชนิด 3 แกน	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang	
Part Name : Acrylic Plate	Material : Acrylic	Quantity :2
Part Number : 703	Scale : 1:4	Unit : mm.

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

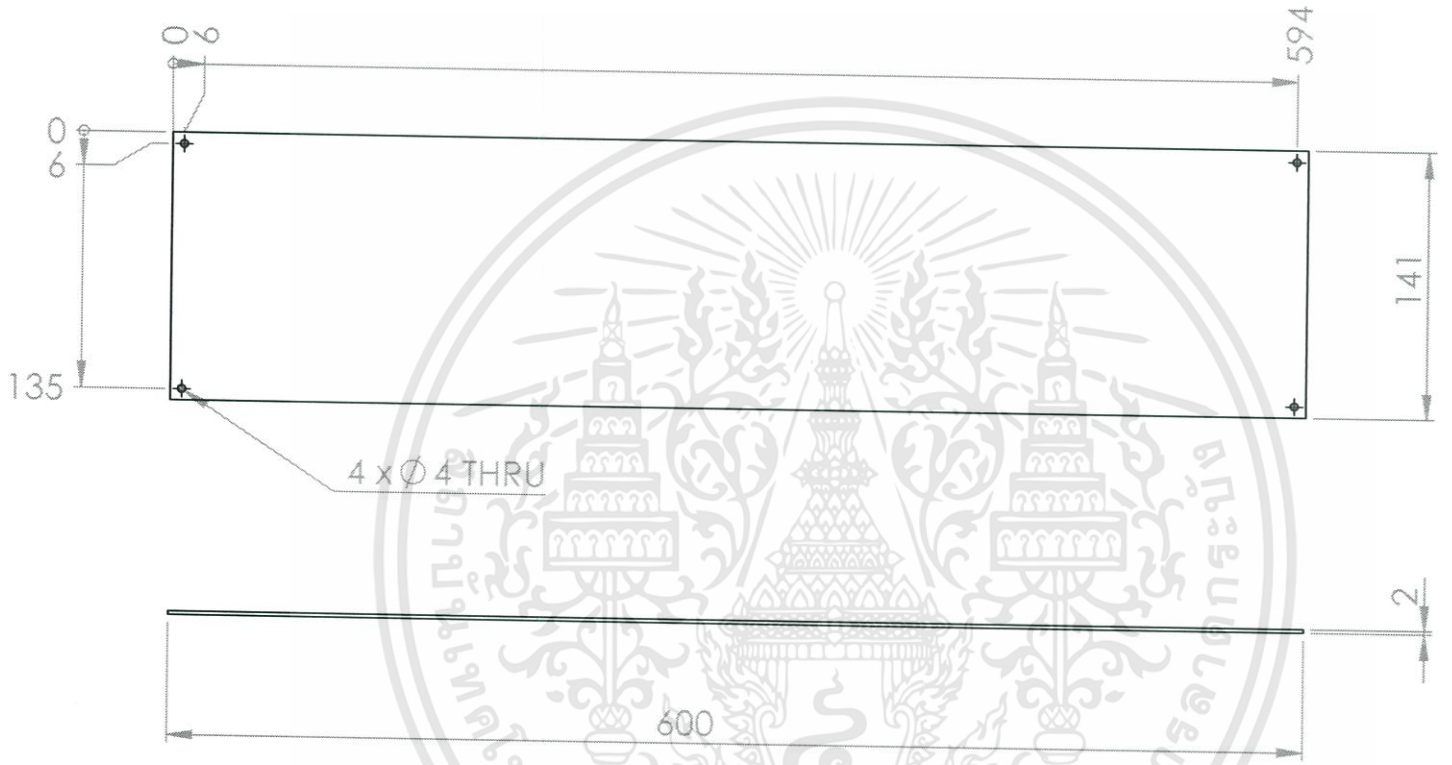
THESIS TITLE : การออกแบบเครื่องกัด CNC ชนิด 3 แกน	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang	
Part Name : Acrylic Plate	Material : Acrylic	Quantity :1
Part Number : 704	Scale : 1:4	Unit : mm.

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



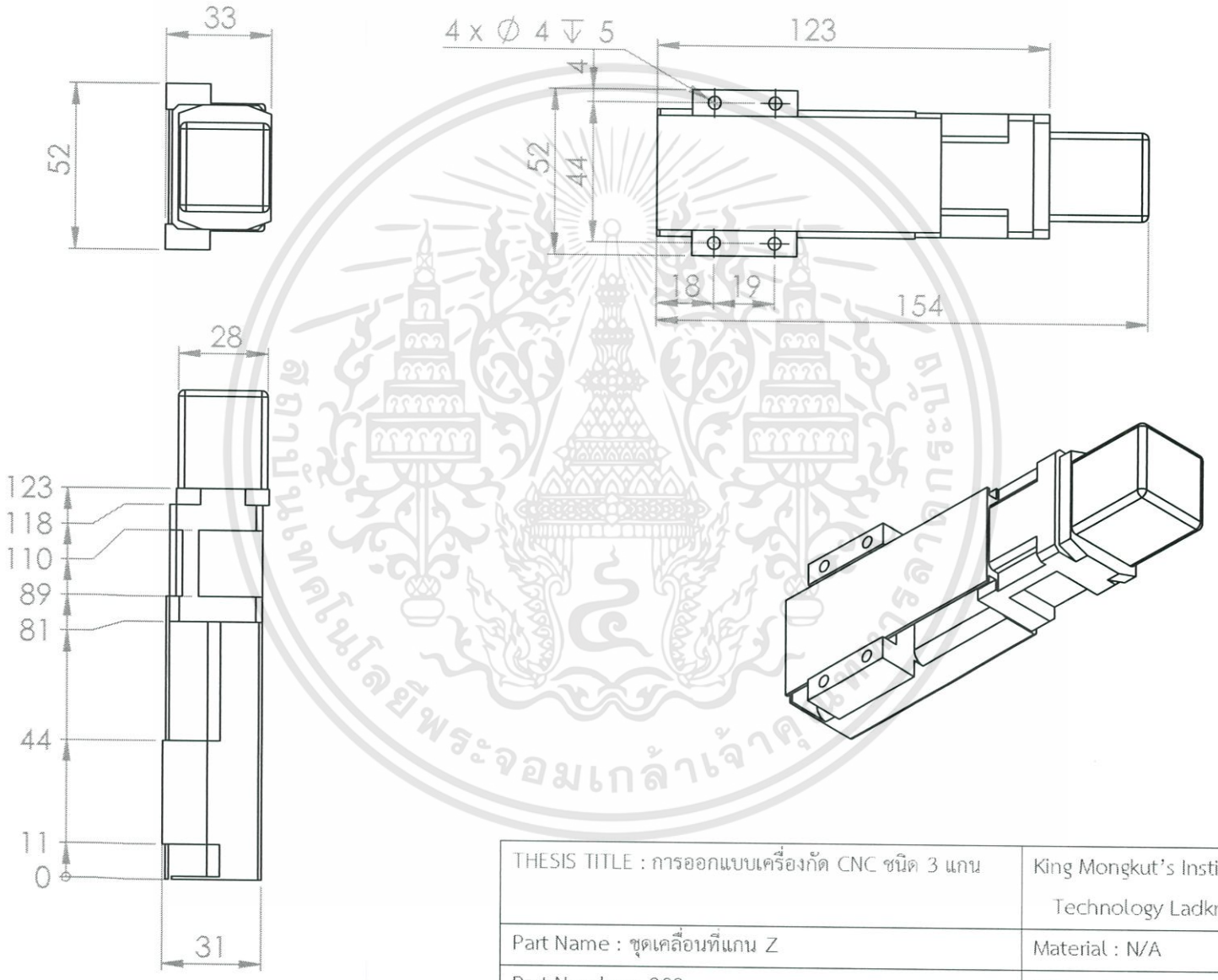
THESIS TITLE : การออกแบบเครื่องกัด CNC ชนิด 3 แกน	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang	
Part Name : Acrylic Plate	Material : Acrylic	Quantity :2
Part Number : 705	Scale : 1:4	Unit : mm.

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



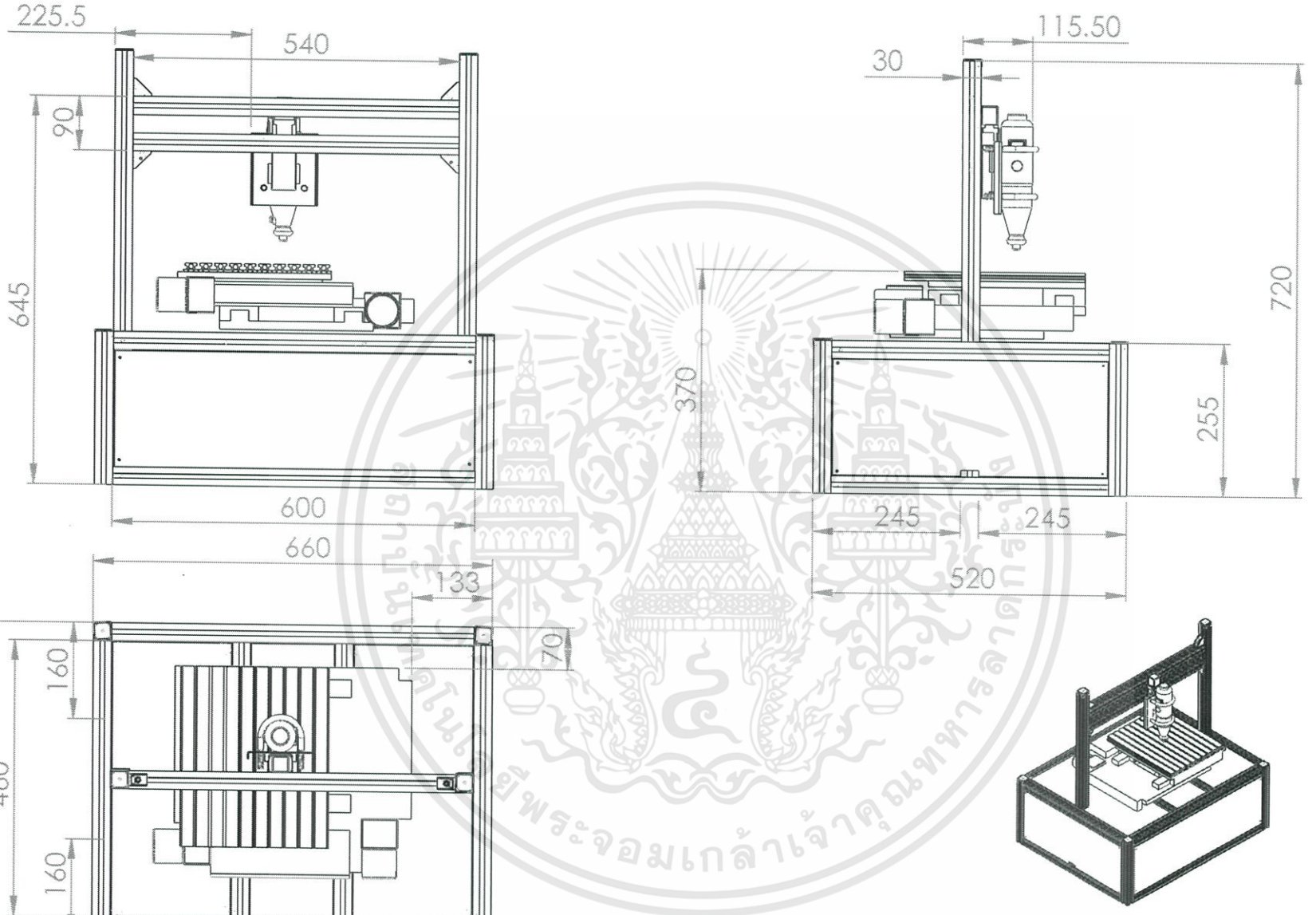
THESIS TITLE : การออกแบบเครื่องกัด CNC ชนิด 3 แกน	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang	
Part Name : Acrylic Plate	Material : Acrylic	Quantity :1
Part Number : 706	Scale : 1:4	Unit : mm.

ผก 16



THESIS TITLE : การออกแบบเครื่องกัด CNC ชนิด 3 แกน	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang	
Part Name : ชุดเคลื่อนที่แกน Z	Material : N/A	Quantity : 1
Part Number : 800	Scale : 1:2	Unit : mm.

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



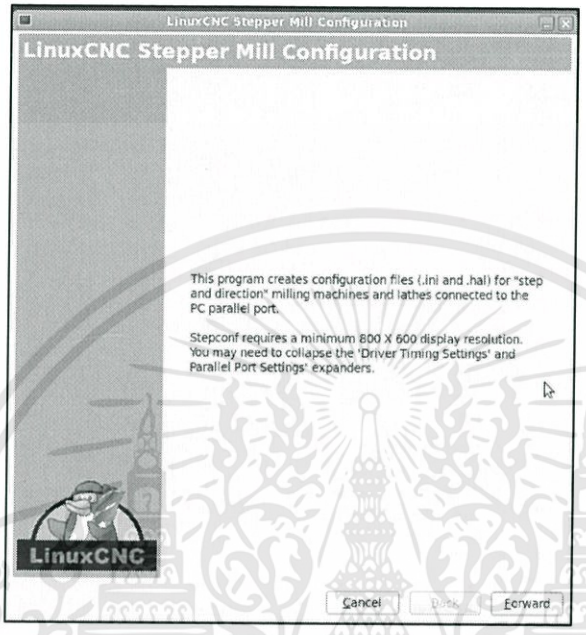
THESIS TITLE : การออกแบบเครื่องกัด CNC ชนิด 3 แกน	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang	
Part Name : ภาพประกอบเครื่องกัด 2	Material : N/A	Quantity : 1
Part Number : 900	Scale : 1:10	Unit : mm.

ภาคผนวก ข
การตั้งค่าและการใช้งาน Linux CNC Software

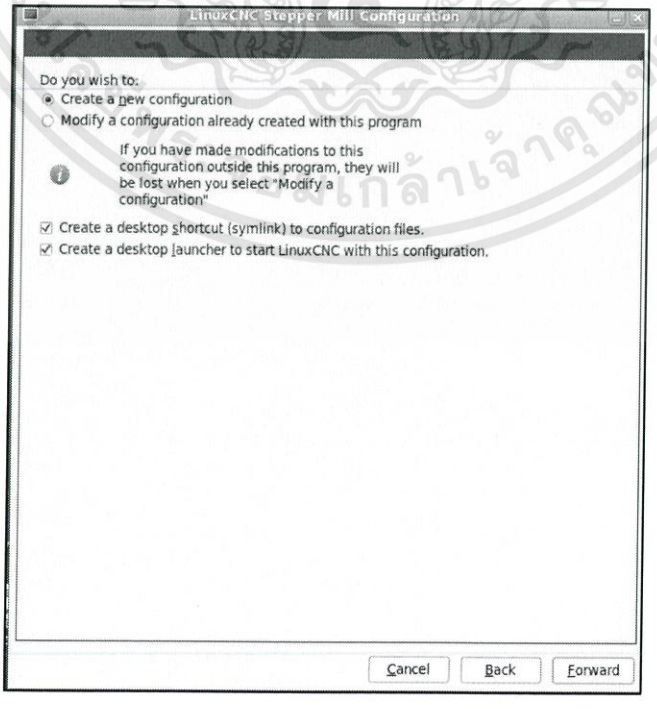
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตั้งค่าโปรแกรมและการใช้งาน โปรแกรม Linux CNC เพื่อให้ควบคุมและสั่งการการทำงานของเครื่องจักร

1. เข้าโปรแกรม LinuxCNC Stepper Mill Configuration จากนั้นกด Forward

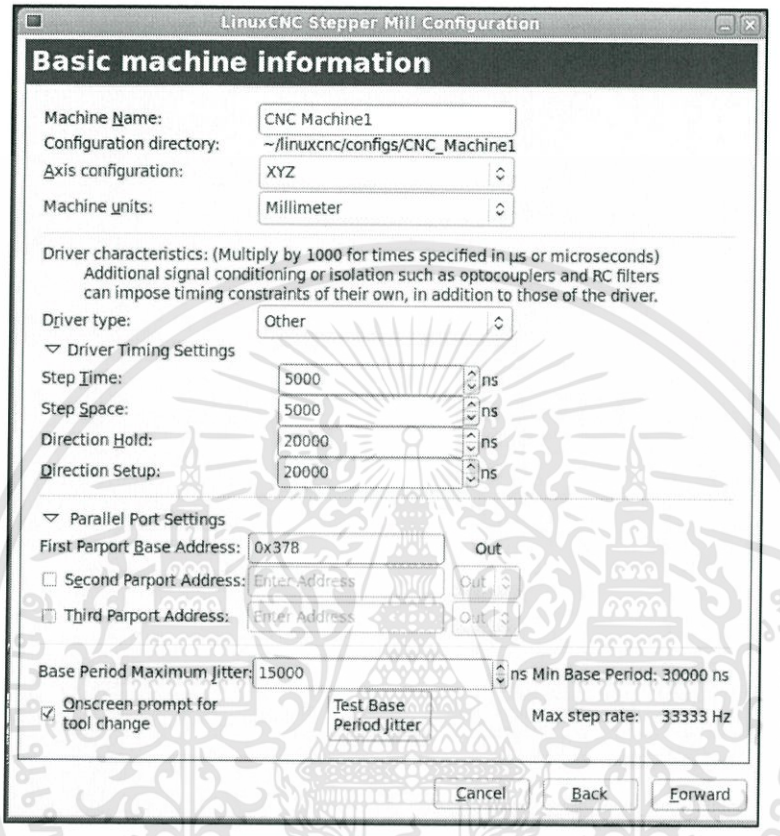


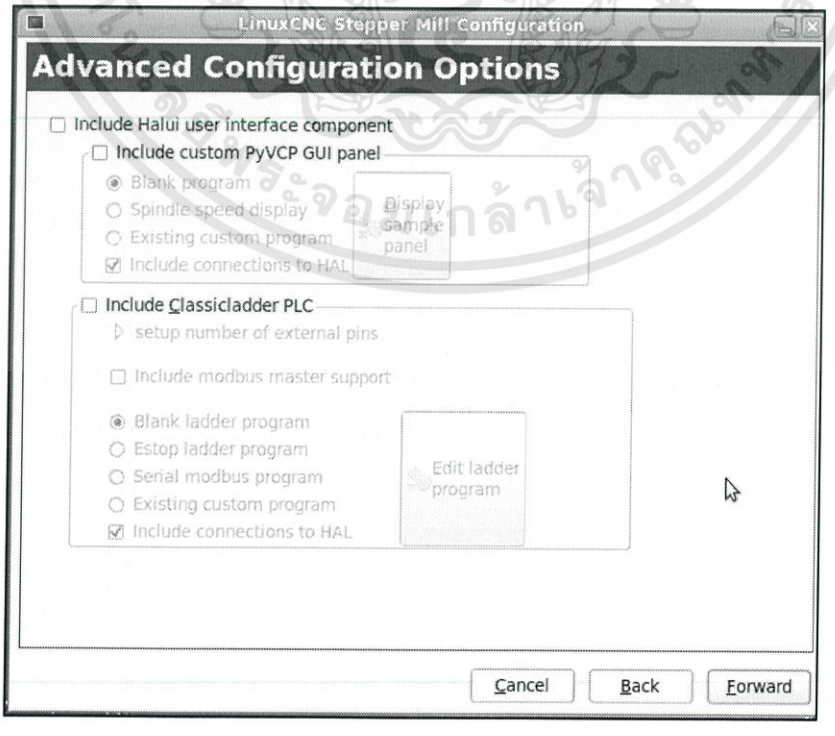
2. กดเลือก Create a new configuration เพื่อทำการสร้างโปรแกรมให้ใช้งานกับเครื่องกัด



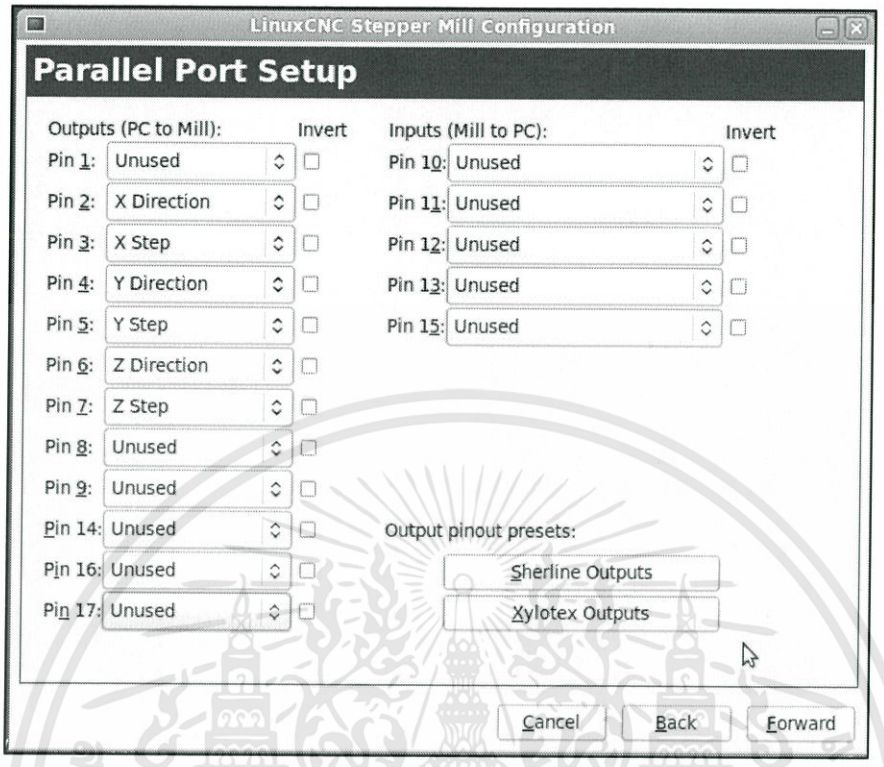
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

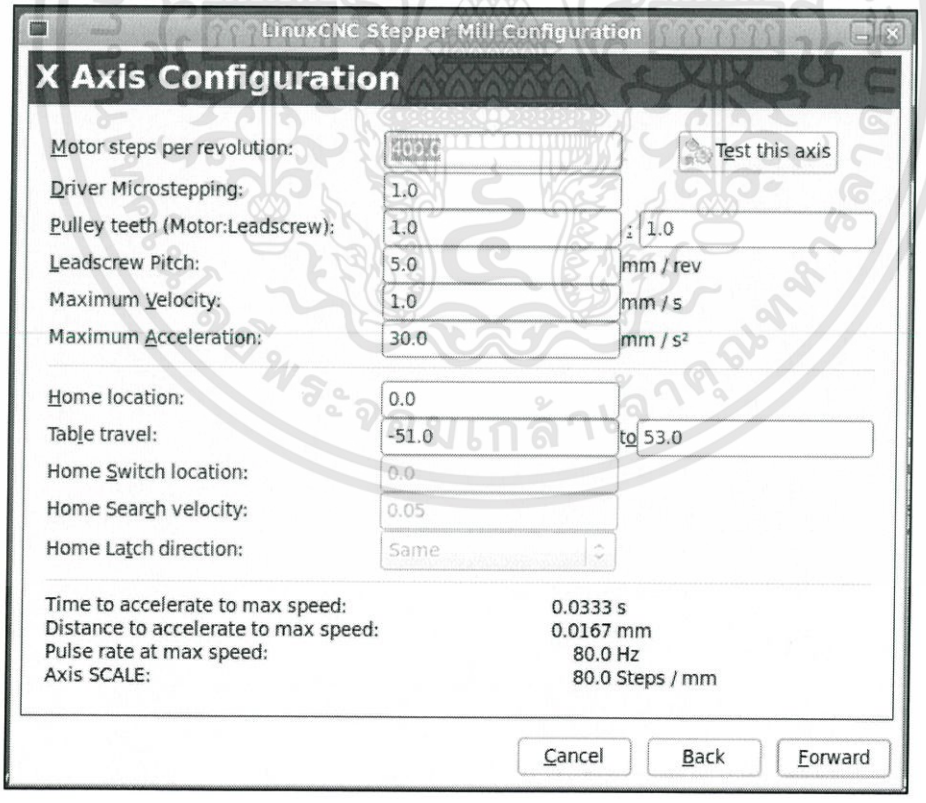
3. กำหนดค่า Stepper Mill Configuration โดยกรอกข้อมูลพื้นฐานของเครื่องจักร และตั้งค่า Parallel Port สัญญาณที่ส่งเข้าแต่ละ pin



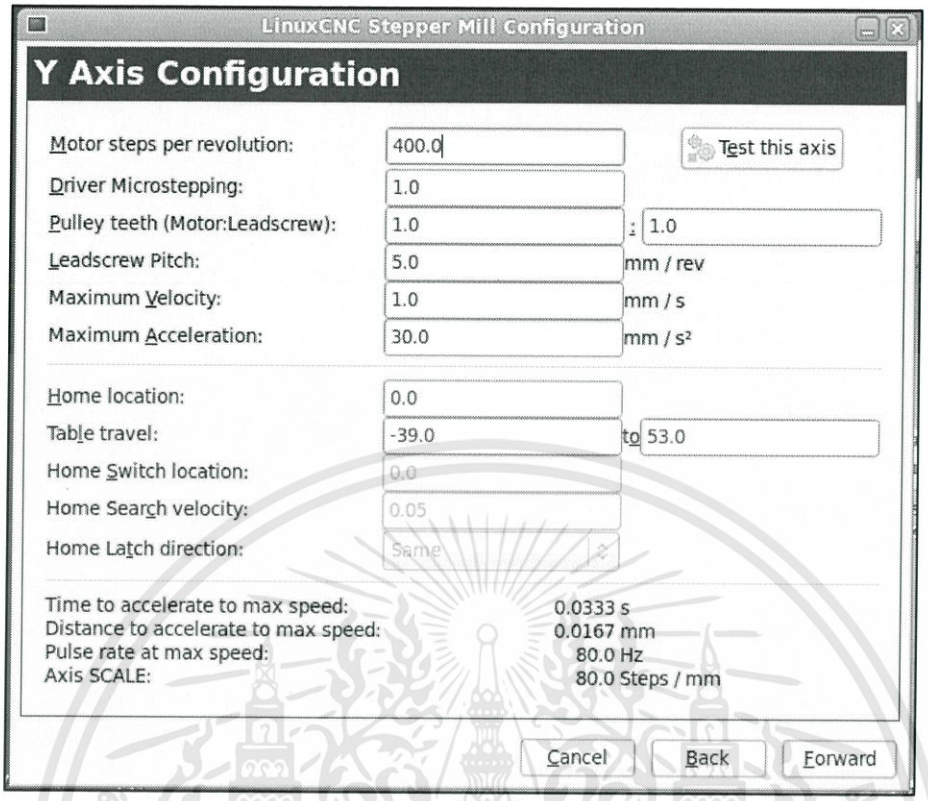


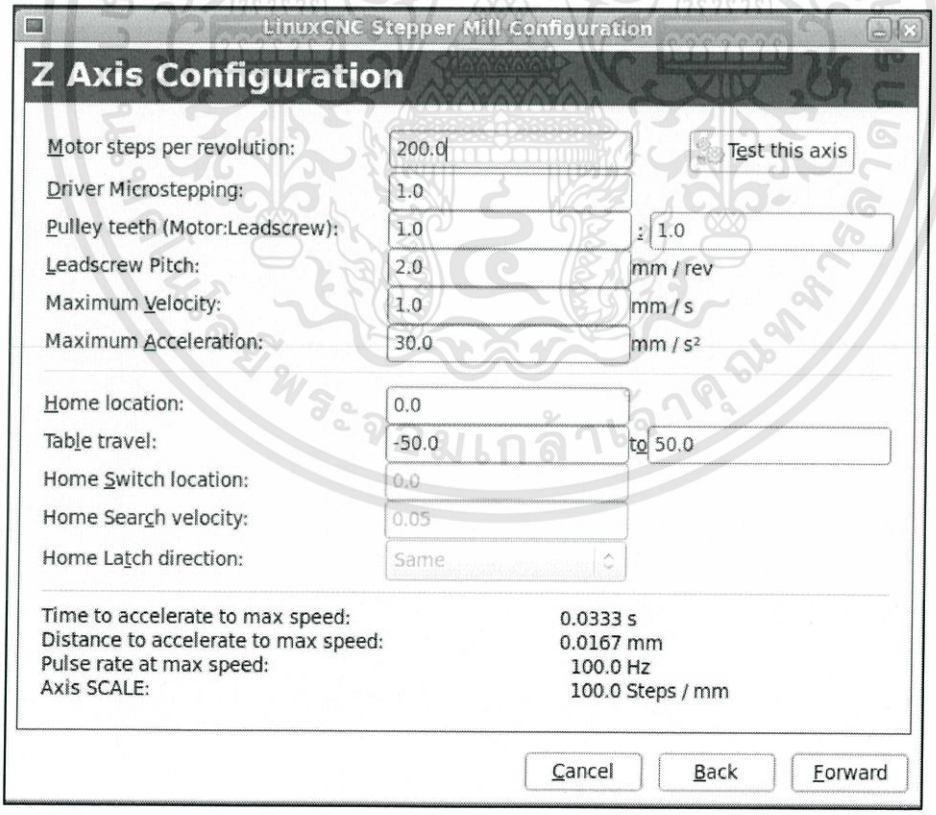
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





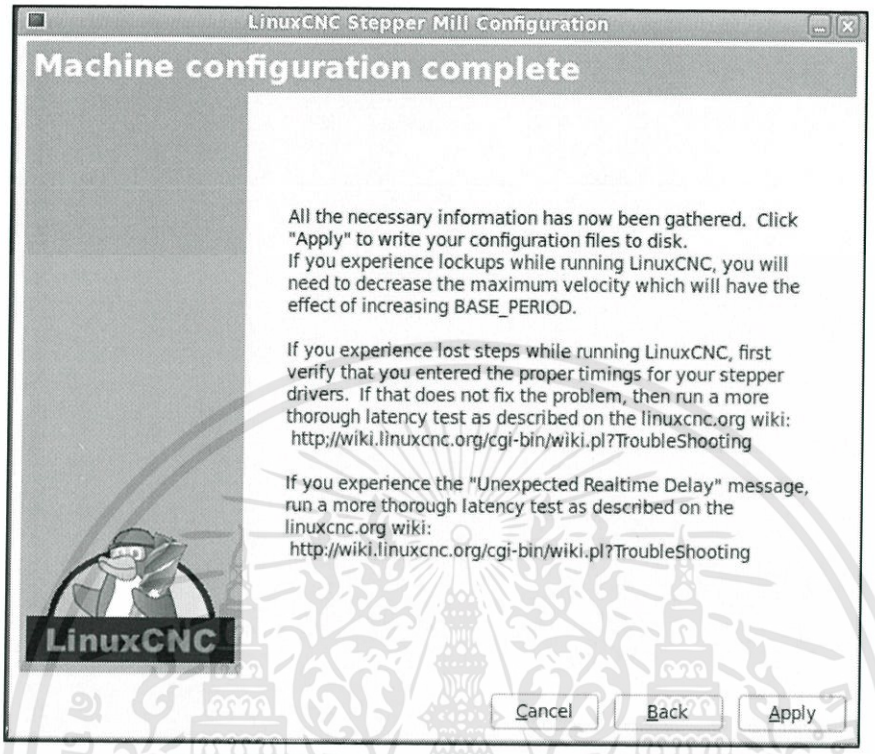
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

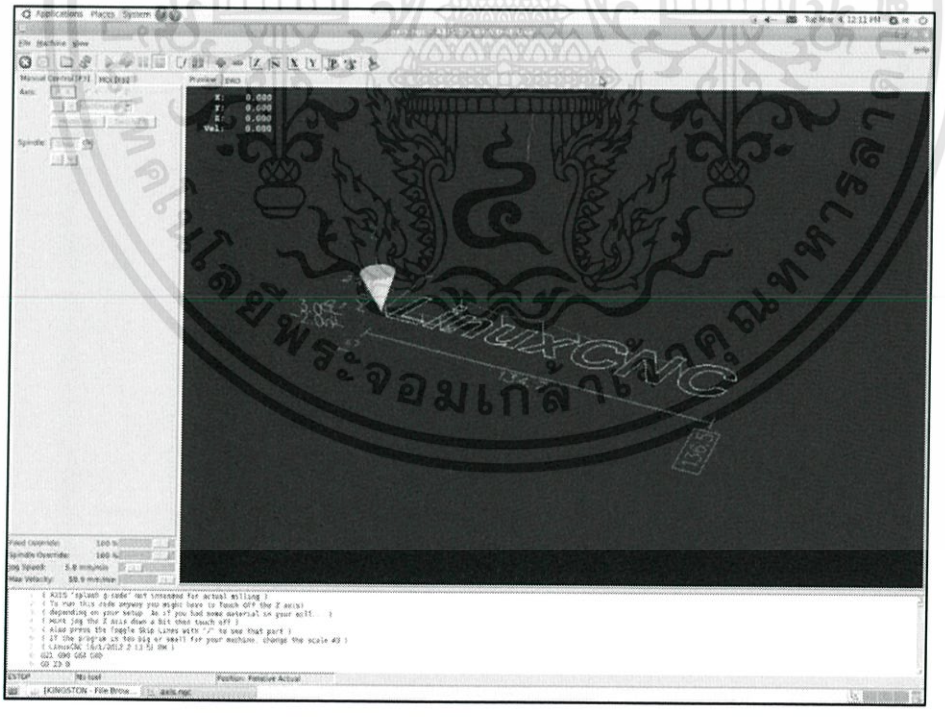




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

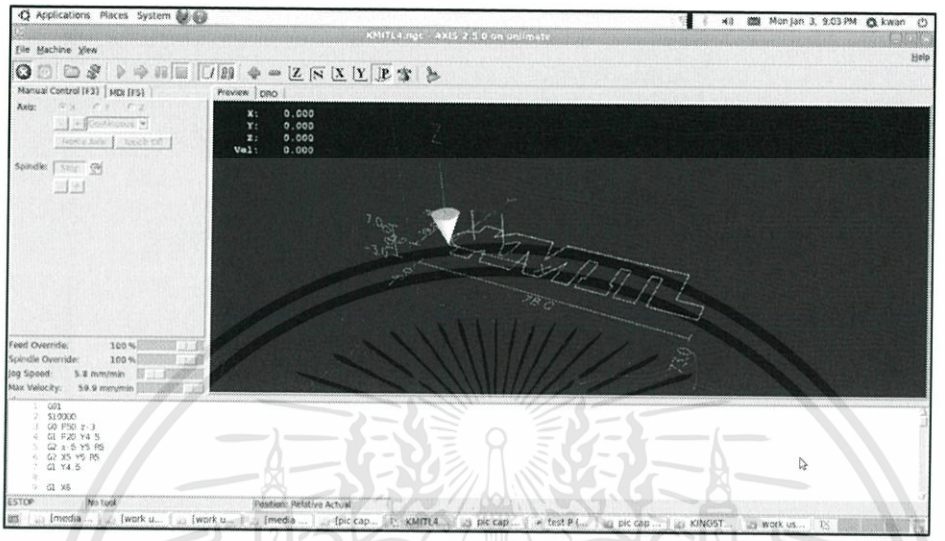
4. เมื่อกรอกข้อมูลเสร็จให้กด Apply หลังจากนั้นโปรแกรมจะขึ้นหน้าต่างตัวอย่างการกัดชิ้นงาน





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เมื่อเปิดโปรแกรมที่ตั้งค่าไว้เรียบร้อยแล้ว หลังจากนั้นทำการนำโค้ด (code) คำสั่งที่เขียนไว้เข้าโปรแกรม โดยกดไปที่ File จากนั้นเลือก open ทำการเลือกไฟล์โค้ดคำสั่งที่เขียนไว้ จากนั้นทำการตั้งค่าจุดเริ่มต้นของแต่ละแกน กดสั่งทำงาน เครื่องกัดจะทำการกัดตามโค้ดที่ป้อนไว้ในโปรแกรม จนเสร็จสมบูรณ์



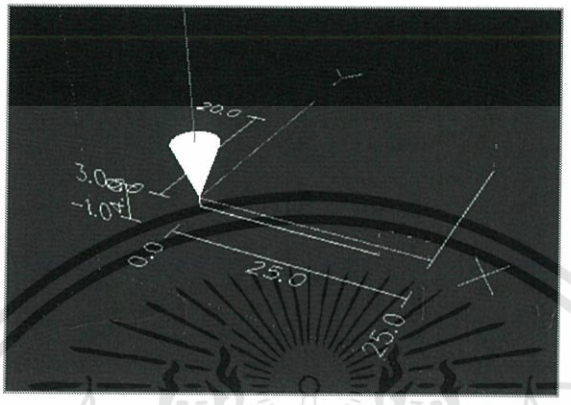
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
ตัวอย่างชิ้นงานที่ได้จากการกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำเครื่องจักรเชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม Linux CNC ได้ทดลองกัดชิ้นงานหลายรูปแบบ ดังนี้

1. **ตัวอย่างชิ้นงานเป็นแนวเส้นตรง**

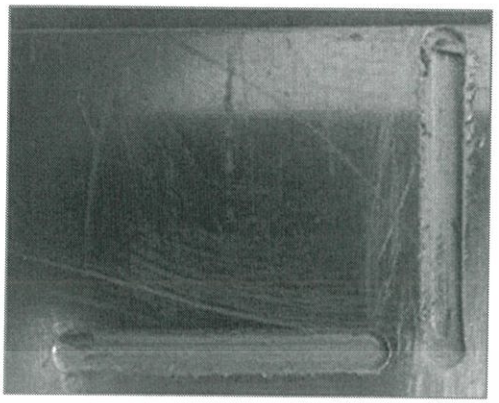


รูปที่ 1 ภาพฉาย (Side view) ชิ้นงานแนวเส้นตรง

โค้ดคำสั่ง

```
G91
S10000
G1 f15 z-1
G1 x20
G0 z3
G0 z5
G1 z-3
G1 y20
G0 z4
M5
M2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 ภาพชิ้นงานแนวเส้นตรงที่กัดได้จริง

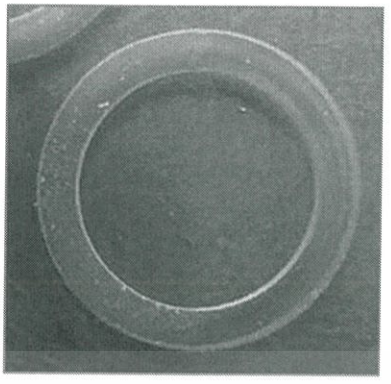
2. ตัวอย่างชิ้นงานเป็นวงกลมแบบที่ 1

รูปที่ 3 ภาพฉาย (Side view) ชิ้นงานเป็นวงกลม

โค้ดคำสั่ง

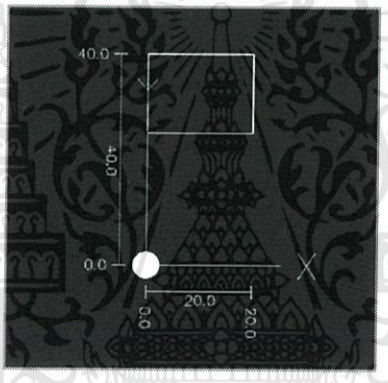
```
G91
S10000
G1 f40 z-3
G2 f20 x10 y10 r10
G2 x10 y-10 r10
G2 x-10 y-10 r10
G2 x-10 y10 r10
M5
M2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 ภาพชิ้นงานวงกลมแบบที่ 1 ที่กัดได้จริง

3. ตัวอย่างชิ้นงานเป็นตัวอักษร P

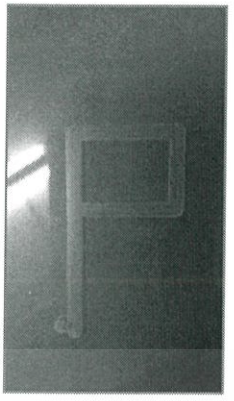


รูปที่ 5 ภาพฉาย (Top view) ชิ้นงานตัวอักษร P

โค้ดคำสั่ง

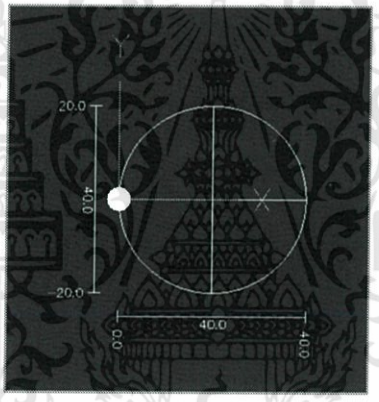
```
G21 G90 G64 G40
G0 Z3
M3 S10000
G1 F50 Z-6
G1 F20 Y40
G1 X20 Y40
G1 X20 Y25
G1 X0 Y25
M5
M2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6 ภาพชิ้นงานตัวอักษร P ที่กัดได้จริง

4. ตัวอย่างชิ้นงานเป็นวงกลมแบบที่ 2



รูปที่ 7 ภาพฉาย (Top view) ชิ้นงานวงกลมแบบที่ 2

โค้ดคำสั่ง

G91

S10000

G1 f40 z-3

G2 f20 x20 y20 r20

G2 x20 y-20 r20

G1 x-40

G3 x20 y-20 r20

G2 x20 y20 r20

G0 z6

G3 x-20 y20 r20

G0 z-6

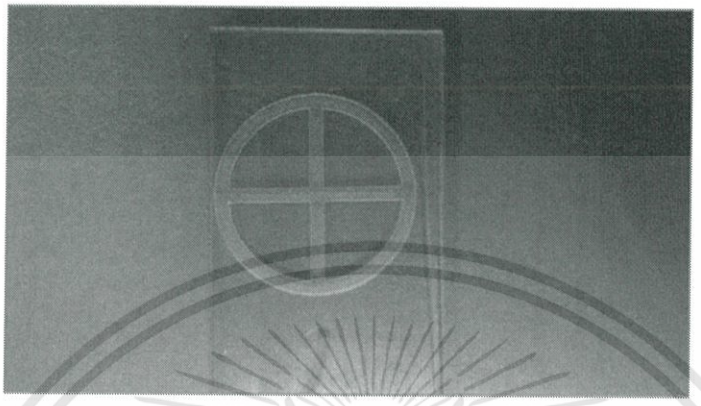
G1 y-40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

G0 z10

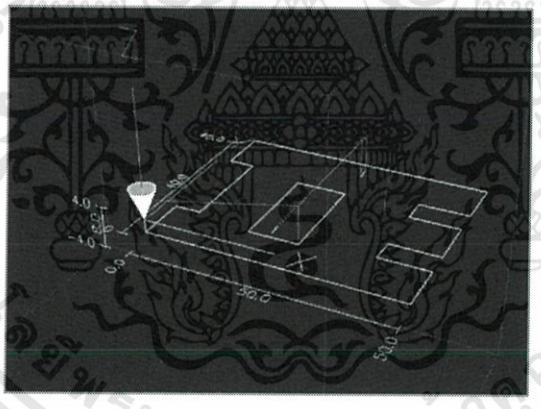
M5

M2



รูปที่ 8 ภาพชิ้นงานวงกลมแบบที่ 2 ที่กัดได้จริง

5. ตัวอย่างชิ้นงานเป็น IE



รูปที่ 9 ภาพฉาย (Side view) ชิ้นงาน IE

โค้ดคำสั่ง

G91

S10000

G0 f50 z-2.5

G1 f50 x50

G1 y10

G1 x40

G1 y15

G1 x50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

G1 y25

G1 x40

G1 y30

G1 x50

G1 y40

G1 x0

G1 y30

G1 x5

G1 y10

G1 x0

G1 y0

G0 z4

G0 x25 y10

G0 z-4

G1 x15

G1 y30

G1 x25

G1 y10

G1 z4

G0 y38 x25

G0 z-4

G1 y40 x25

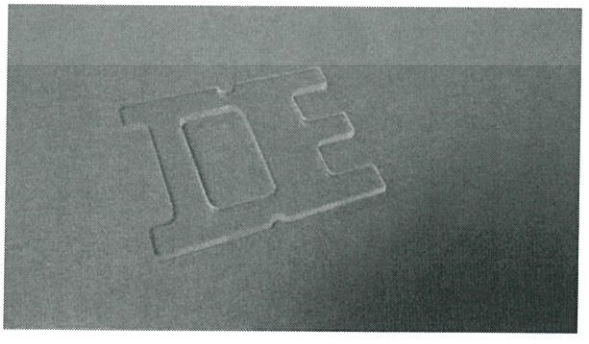
G0 z4

G0 y2 x25

G1 y0 x25

M5

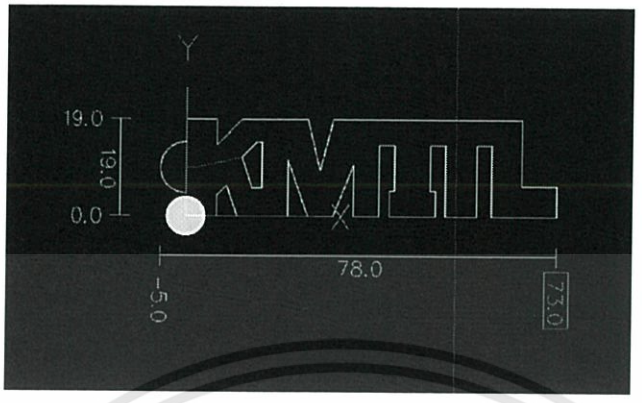
M2



รูปที่ 10 ภาพชิ้นงาน IE ที่กัดได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ตัวอย่างชิ้นงานเป็นแนวเส้นตรง



รูปที่ 11 ภาพฉาย (Top view) ชิ้นงานเป็นวงกลม

โค้ดคำสั่ง

```
G91
S10000
G0 f50 z-23
G1 f20 y4.5
G2 x-5 y5 r5
G2 x5 y5 r5
G1 y4.5
G1 x6
G1 y-5
G1 x5 y5
G1 x13
G1 x2.5 y-10
G1 x.25 y10
G1 x37
G1 y-13
G1 x7
G1 y-6
G1 x-13
G1 y14
G1 x-3
G1 y-14
G1 x-6
G1 y14
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

G1 x-3

G1 y-9

G1 x1

G1 y-5

G1 x-9

G1 y5

G1 x1

G1 y9

G1 x-3

G1 y-14

G1 x-5

G1 y10

G1 x-4 y-10

G1 x-5

G1 x-4 y11

G1 y-11

G1 x-10

G1 x-2 y6

G1 x-2 y-2

G1 y-4

G1 x-6

G0 z10

G0 y9-5

G0 x2

G1 z-10

G0 z10

G0 x9 y2

G1 z-10

G1 x3 y3

G1 x1

G1 y-9

G1 x-2

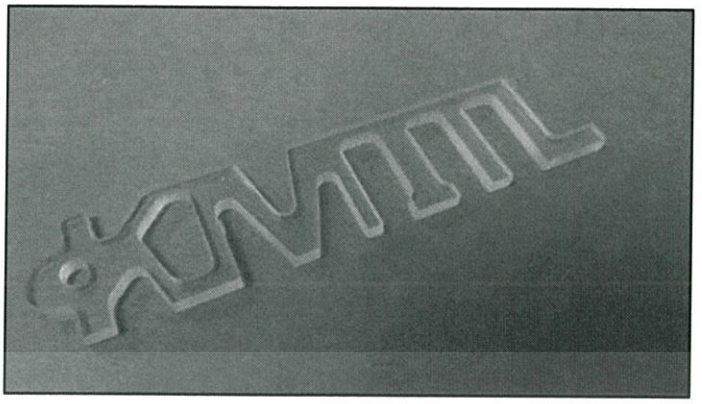
G1 x-2 y6

G0 z10

M5

M2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 12 ภาพชิ้นงานแนวเส้นตรงที่กัดได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้