

เครื่องกลึงซีเอ็นซีขนาดเล็ก
Small CNC Lathe Machine



นายจตุพร หล่อจีระชุลหูกุล

Mr. Jatuporn Lorchirachoonkul

นางสาวปัญนีนุช อัมระรงค์

Miss Punneenut Amararong

นายปานันท์ มหามงคล

Mr. Panan Mahamongkol

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน...45796
วัน, เดือน, ปี 18 ก.พ. 2546

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานปีการศึกษา 2544 นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	เครื่องกลึงควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก Small CNC Lathe Machine
นักศึกษา	นายจตุพร หล่อจิระชุนห์กุล
รหัสประจำตัว	41014579
นักศึกษา	นางสาวปัญญินุช อัมระรงค์
รหัสประจำตัว	41014678
นักศึกษา	นายปานันท์ มหามงคล
รหัสประจำตัว	41014679
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2544
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาโท	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องกลึงซีเอ็นซีขนาดเล็ก
นักศึกษา	นายจตุพร หล่อจิระพูนท์กุล นางสาวปัญญินุช อัมระรงค์ นายป้านนท์ มหามงคล
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา	2544
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	อาจารย์พลชัย โชติปราชญกุล

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาเพื่อสร้างเครื่องกลึงซีเอ็นซีขนาดเล็ก มีจุดประสงค์หลักที่จะให้เครื่องกลึงเคลื่อนที่ได้ตามการสั่งงานของผู้ใช้งาน โดยควบคุมการทำงานของเครื่องกลึงด้วยคำสั่ง G-Code จากการสั่งงานผ่านทางคอมพิวเตอร์ การศึกษาเริ่มจากการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับระบบซีเอ็นซี และหลักการทำงานของเครื่องกลึงรวมถึงลักษณะ ส่วนประกอบต่างๆ ที่จำเป็นต้องมีในเครื่องกลึงสำหรับนำมาใช้ในการออกแบบ สร้างเครื่องกลึงซีเอ็นซีขนาดเล็ก รวมทั้งการศึกษาถึงวิธีการอินเตอร์เฟสระหว่างฮาร์ดแวร์ กับซอฟต์แวร์ วิธีการต่อวงจรไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์และการเขียนโปรแกรม Visual Basic การสร้างเครื่องกลึงซีเอ็นซีขนาดเล็กแบ่งออกเป็นสองส่วนใหญ่ๆ คือส่วนฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ และวงจรไฟฟ้า โดยผลที่ได้เป็นเครื่องกลึงซีเอ็นซีขนาดเล็ก สามารถกลึงวัสดุอุตสาหกรรม ได้ตั้งแต่ ไม้พลาสติก ถึงอลูมิเนียม โดยสามารถควบคุมได้จากการป้อน G-Code อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Small CNC Lathe Machine	
Student	Mr.Jatuporn	Lorchirachoonkul
	MissPunneenut	Amararong
	Mr.Panan	Mahamongkol
Degree	Bachelor of Engineering in Industrial Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang	
Academic Year	2001	
Advisor	Mr.Pholchai	Chotiprayanakul

ABSTRACT

This thesis is mainly emphasized in “Small CNC Lathe Machine” creation, so that others may benefit from this research in the most practical way. The main objective in the creation is to mobilize the Mini CNC Lathe Machine under control, by controller’s command codes G-Code, through the computerization system. The research was initially started with gathering overall information of CNC system and a principal system of lathe machine, including the significant characteristics and factors in designing the Small CNC Lathe Machine. Besides the above, the Interface, electrical and electronics circuit board, Visual Basic Programming research are also elaborated in this thesis. The core of Small CNC Lathe Machine creation is significantly classified into Hardware and Software sections.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ
อาจารย์พลชัย โชติปราชญกุล อาจารย์ที่ปรึกษาเป็นอย่างสูง สำหรับความรู้ คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และ
ความเอาใจใส่ในทุกๆ ด้านตลอดเวลาที่ผ่านมา
ผศ.พรศักดิ์ อรรถวานิช หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม สำหรับโอกาสในการศึกษาปริญญาบัตรฉบับ
นี้ ความช่วยเหลือ คำแนะนำ ความเอาใจใส่ กำลังใจ และทุกสิ่งทุกอย่างตลอดการศึกษาระดับปริญญาตรี ในหลักสูตร
วิศวกรรมอุตสาหกรรม

ดร.สรรพลสิทธิ์ นิ่มนรรัตน์ ผู้ที่คอยดูแลเอาใจใส่ตลอดมา คำปรึกษาที่ดีในเรื่องต่างๆ พร้อมทั้งการอำนวยความสะดวก
สะดวกในการทำปริญญาบัตร จนทำให้ปริญญาบัตรสำเร็จลุล่วงดังที่ได้ตั้งใจไว้

อาจารย์เอกพงษ์ ต้นตราภิวณิช สำหรับคำแนะนำอันมีค่าในเรื่องของการทำงานด้านฮาร์ดแวร์ และอาจารย์
ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน

ขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และญาติๆ ทุกคน ที่คอยสนับสนุน และเป็นกำลังใจตลอดมา

ขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ทำให้เรามีวันนี้

ขอบคุณสมาชิก I.E. ทุกคนสำหรับกำลังใจ ความรัก ความผูกพัน ความเป็นเพื่อน และรอยยิ้มที่มีให้กันเสมอ

นายจตุพร หล่อจิระชุมห์กุล

นางสาวปัญญินุช อัมระรงค์

นายป้านันท์ มหามงคล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ.....	VII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญของโรงงาน.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	1
1.4 แผนการดำเนินงาน.....	1
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	1
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 เครื่องจักรกลเอ็นซีและซีเอ็นซี.....	2
2.2 ระบบควบคุมเครื่องจักรกลด้วยตัวเลข.....	3
2.3 ระบบควบคุมซีเอ็นซี.....	7
2.4 เรขาคณิตเบื้องต้นสำหรับการทำโปรแกรมซีเอ็นซี.....	10
2.5 ทฤษฎีทางคณิตศาสตร์สำหรับซีเอ็นซี.....	13
2.6 การตัดเฉือนโลหะสำหรับงานกลึง.....	14
2.7 ทฤษฎีเกี่ยวกับสเต็ปปีงมอเตอร์.....	18
2.8 ทฤษฎีเกี่ยวกับ Port Printer.....	23
บทที่ 3 การออกแบบ / การดำเนินงาน	
3.1 การวางแผนการดำเนินงาน.....	25
3.2 แผนการทำงานและสร้างเครื่องกลึงซีเอ็นซีขนาดเล็ก.....	25
3.3 การออกแบบด้าน Hardware.....	26
3.4 ขั้นตอนการดำเนินงานส่วน โปรแกรม.....	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	
4.1 ผลการดำเนินงานด้าน Hardware	32
4.2 ผลการดำเนินงานด้าน Software	33
บทที่ 5 สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน	
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	41
5.2 วิเคราะห์ผลการดำเนินงาน	41
5.3 แนวทางพัฒนา และปรับปรุงในอนาคต “.....	41
บรรณานุกรม	43
ภาคผนวก	ผ1 – ผ18



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1	ตัวอย่างของมูมสเค็ป	19
ตารางที่ 2.2	แสดงขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟสแบบเวฟ	22
ตารางที่ 2.3	แสดงขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟสแบบ 2 เฟส	22
ตารางที่ 2.4	แสดงขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟสแบบครึ่งสเต็ป	23
ตารางที่ 2.5	หน้าที่และการทำงานของขาต่าง ๆ ของพอร์ตขานาน	24
ตารางที่ 2.6	แสดงแอดเครสของรีจิสเตอร์ของพอร์ตขานาน	24
ตารางที่ 3.1	แผนการดำเนินการ การศึกษาการสร้างเครื่องกลึงซีเอ็นซี	26
ตารางที่ 4.1	ผลที่ได้จากการทดลอง	39



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1	ลักษณะสร้างภายในของชุดบอลสกรูว์	5
รูปที่ 2.2	เพลงานของเครื่องกลึง	6
รูปที่ 2.3	หัวจับงานกลึง	7
รูปที่ 2.4	แบบชิ้นงานในระบบ โคออดิเนทของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี	10
รูปที่ 2.5	วัตถุประสงค์ของการใช้จุดอ้างอิง	11
รูปที่ 2.6	การวางแบบชิ้นงานที่จุดใด ๆ ในระบบ โคออดิเนท	12
รูปที่ 2.7	การวางแบบชิ้นงานโดยใช้แนวแกนของระบบ โคออดิเนทเป็นหลัก	12
รูปที่ 2.8	ข้อมูลการตัดเฉือน โลหะสำหรับงานกลึง	14
รูปที่ 2.9	อัตราป้อนและความลึกของการตัดเฉือน	15
รูปที่ 2.10	พื้นที่ภาคตัดของเศษ	16
รูปที่ 2.11	มุมของการปรับตั้งต่างๆ กัน	16
รูปที่ 2.12	แผนภูมิสำหรับหาค่าความเร็วรอบ	17
รูปที่ 2.13	ความเร็วตัด และความเร็วรอบของชิ้นงาน	18
รูปที่ 2.14	บล็อกไดอะแกรมแสดงการควบคุมสเต็ปมอเตอร์	18
รูปที่ 3.1	ขั้นตอนการออกแบบฮาร์ดแวร์	27
รูปที่ 3.2	แบบเครื่องกลึงซีเอ็นซี ส่วน โครงสร้างหลัก	27
รูปที่ 3.3	แบบเครื่องกลึงซีเอ็นซีด้านหน้า	28
รูปที่ 3.4	แบบเครื่องกลึงซีเอ็นซีด้านบน	28
รูปที่ 3.5	แบบเครื่องกลึงซีเอ็นซีด้านหลัง	29
รูปที่ 3.6	หลักการทำงานโดยรวม	30
รูปที่ 3.7	หลักการทำงานของโปรแกรมควบคุมเครื่องกลึงซีเอ็นซี	31
รูปที่ 4.1	แสดงส่วนประกอบหลักของเครื่องกลึงซีเอ็นซี	32
รูปที่ 4.2	โปรแกรมควบคุมเครื่องกลึงซีเอ็นซี	33
รูปที่ 4.3	โปรแกรมทำการแสดงหน้าจอของการกำหนดตำแหน่งจุดศูนย์	34
รูปที่ 4.4	การกำหนดตำแหน่งจุดศูนย์ของชิ้นงานที่สมบูรณ์	34
รูปที่ 4.5	ทำการป้อน Code ลงในช่องของ X และ Z	35
รูปที่ 4.6	แสดง Code และภาพกราฟฟิกในโปรแกรม	35
รูปที่ 4.7	Toolbar	36
รูปที่ 4.8	การเปิด และบันทึก Code	36
รูปที่ 4.9	แสดงภาพก่อนทำการขยายขนาดของ Monitor	36
รูปที่ 4.10	แสดงภาพหลังทำการขยายขนาดของ Monitor	37
รูปที่ 4.11	แสดงปุ่ม Motor On ปุ่มทำการกลึง และปุ่มหยุดกลึง	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.12	แสดงวัสดุไม้ก่อนกลึง และชิ้นงานไม้ที่กลึงสำเร็จแล้ว	40
รูปที่ 4.13	แสดงวัสดุพลาสติกก่อนกลึง และชิ้นงานพลาสติกที่กลึงสำเร็จแล้ว	40
รูปที่ 4.14	แสดงวัสดุอูมิเนียมก่อนกลึง และชิ้นงานอูมิเนียมที่กลึงสำเร็จแล้ว	40
รูปที่ 4.15	แสดงวัสดุทองเหลืองก่อนกลึง และชิ้นงานทองเหลืองที่กลึงสำเร็จแล้ว	40



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของโครงการ

เครื่องจักรกลที่ควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์หรือที่เรียกว่า CNC (Computer Numerical Control) เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในปัจจุบัน ต่างจากเครื่องจักรแบบธรรมดาเพราะชิ้นงานที่ได้จะมีความถูกต้องแม่นยำสูง ขนาดและคุณภาพได้ตรงตามที่กำหนด และประหยัดเวลาในการผลิต ในปัจจุบันงานส่วนใหญ่ยังใช้คนควบคุม ทำให้เกิดข้อผิดพลาดจากการทำงาน โดยเฉพาะช่างที่ยังไม่ชำนาญในการกลึงชิ้นงาน

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาระบบการทำงานของเครื่องกลึงซีเอ็นซี
2. ออกแบบ และสร้างเครื่องกลึงซีเอ็นซีขนาดเล็ก
3. เครื่องสามารถกลึงชิ้นงานประเภทไม้ พลาสติก และอลูมิเนียมได้

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาเพื่อสร้างเครื่องกลึงซีเอ็นซีขนาดเล็ก โดยมีจุดประสงค์หลักคือสามารถสั่งงานให้เครื่องกลึงเคลื่อนที่ได้ตามการสั่งงานของผู้ใช้งาน มีการควบคุมการทำงานของเครื่องกลึงด้วยคำสั่ง G-Code โดยสั่งงานผ่านทางคอมพิวเตอร์ การศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักๆ คือ

ส่วนฮาร์ดแวร์ ทำการศึกษาหลักการทํางาน ลักษณะ และส่วนประกอบต่างๆ ที่จำเป็นในเครื่องกลึง เพื่อใช้ในการออกแบบ และสร้างเครื่องกลึงซีเอ็นซีขนาดเล็ก

ส่วนซอฟต์แวร์ ทำการศึกษากาการเขียนโปรแกรมด้วย Visual Basic เพื่อเขียนโปรแกรมควบคุมเครื่องกลึงให้สามารถปฏิบัติงานตามคำสั่งที่ป้อนเข้ามาในรูปแบบคำสั่งมาตรฐาน G-Code

ส่วนวงจรไฟฟ้า และอินเตอร์เฟส ทำการศึกษาวิธีการอินเตอร์เฟส วิธีการต่อวงจรไฟฟ้า และตัวส่งสัญญาณที่ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของป้อมมีด

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เครื่องกลึงซีเอ็นซีขนาดเล็กที่มีการทํางานเป็นไปตามการสั่งงานของผู้ใช้งาน การทำปริญญานิพนธ์นี้หวังไว้เป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความรู้ในการทำฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์รวมไปถึง ได้รับความรู้ใหม่ๆ ที่จะเป็นประโยชน์ต่อไปในภายภาคหน้า และได้เรียนรู้เพิ่มเติมจากวิธีการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำปริญญานิพนธ์ การทำปริญญานิพนธ์ไม่เพียงให้ประโยชน์กับคณะผู้ทํางานเท่านั้น ยังสามารถให้ความรู้กับนักศึกษาท่านอื่นหรือผู้สนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้เป็นพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เครื่องจักรกลเอ็นซีและซีเอ็นซี

2.1.1 การทำงานของเครื่องจักรกลเอ็นซี

หลักการการทำงานของเครื่องจักรกลเอ็นซีหรือซีเอ็นซี กล่าวคือ โดยพื้นฐานเบื้องต้นแล้วเครื่องจักรกลเอ็นซีก็จะทำการผลิตชิ้นงานเหมือนกับเครื่องจักรกลทั่วไป เช่น เครื่องกลึงเอ็นซี ก็จะทำงานเหมือนกับเครื่องกลึงทั่วไป เพียงแต่ว่าระบบควบคุมเอ็นซีของเครื่องจะทำงานในขั้นตอนต่าง ๆ แทนช่างควบคุมเครื่อง อย่างไรก็ตาม ก่อนที่เครื่องจักรกลเอ็นซีจะสามารถทำงานได้นั้น ระบบควบคุมของเครื่องจะต้องได้รับการบอกกล่าวเสียก่อนว่าจะให้ทำอะไร และจะต้องบอกกล่าวเป็นภาษาที่ระบบควบคุมสามารถเข้าใจได้ นั่นคือ จะต้องป้อน โปรแกรมเข้าไปในระบบควบคุมของเครื่องผ่านเป็นพิมพ์ (Keyboard) หรือเทปแม่เหล็ก (Magnetic tape) ก็ได้

เมื่อระบบควบคุมอ่าน โปรแกรมที่ป้อนเข้าไปแล้ว โปรแกรมจะนำไปควบคุมให้เครื่องจักรกลทำงาน แต่เนื่องจากเครื่องจักรกลเอ็นซี ไม่มีมือสำหรับหมุนมือหมุน ให้แทนเคลื่อนเคลื่อนที่ได้ ดังนั้น แทนเคลื่อนต่าง ๆ จะต้องมียอเตอร์ป้อน (Feed motor) ประกอบอยู่ เช่น เครื่องกลึงซีเอ็นซีจะมีการเคลื่อนที่ 2 แนวแกน ก็จะมีมอเตอร์ป้อน 2 ตัว

เมื่อระบบควบคุมอ่าน โปรแกรมแล้ว จากนั้นเปลี่ยนรหัสโปรแกรมให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าเพื่อไปควบคุมให้มอเตอร์ทำงาน แต่เนื่องจากสัญญาณที่ออกจากระบบควบคุมนี้มีกำลังน้อย ไม่สามารถไปหมุนขับให้มอเตอร์ทำงานได้ ดังนั้นต้องส่งสัญญาณนี้เข้าไปในภาคขยายสัญญาณของระบบขับ (Drive amplified) และส่งต่อไปยังมอเตอร์ป้อนของแนวแกนที่ต้องการเคลื่อนที่

ความเร็วและระยะทางการเคลื่อนที่ของแทนเคลื่อน จะต้องกำหนดให้ระบบควบคุมรู้ จึงต้องออกแบบอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่สามารถจะบอกตำแหน่งของแทนเคลื่อนให้ระบบควบคุมรู้ได้ อุปกรณ์ชนิดนี้เรียกว่า ระบบวัดขนาด (Measuring System) ซึ่งประกอบด้วยสเกลแนวตรง (Linear Scale) มีจำนวนเท่ากับจำนวนแนวแกนในการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรกล ทำหน้าที่ส่งสัญญาณไฟฟ้าที่สัมพันธ์กับระยะทางที่แทนเคลื่อนเคลื่อนที่กลับ ไปยังระบบควบคุม ทำให้ระบบควบคุมรู้ว่าแทนเคลื่อนเคลื่อนที่ไปเป็นระยะทางเท่าใดแล้ว

จากหลักการควบคุมการทำงานดังกล่าว ทำให้เครื่องจักรกลซีเอ็นซีสามารถผลิตชิ้นงานให้มีรูปทรงและขนาดที่ต้องการได้ จากลักษณะสร้างและการทำงานที่เหนือกว่าเครื่องจักรกลทั่วไป ทำให้เครื่องจักรกลเอ็นซีและซีเอ็นซี เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญมากในอุตสาหกรรมอัตโนมัติ และมีปริมาณความต้องการใช้เพิ่มมากขึ้น

2.1.2 เครื่องกลึงเอ็นซี (NC Lathe Machine)

เครื่องกลึงเอ็นซีส่วนใหญ่มีแนวการเคลื่อนที่เพียง 2 แนวแกนเท่านั้น ลักษณะการออกแบบส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องกลึง

2.2 ระบบควบคุมเครื่องจักรกลด้วยตัวเลข

เครื่องจักรกลซีเอ็นซี จะประกอบด้วยองค์ประกอบใหญ่ ๆ อยู่ 2 ส่วน คือ

1. เครื่องจักรกล เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ตัดเฉือนชิ้นงานตามขั้นตอนการทำงานที่กำหนดไว้
2. ระบบเอ็นซี เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมขั้นตอนการตัดเฉือนทั้งหมด

รายละเอียดของขั้นตอนที่ใช้ในการตัดเฉือนชิ้นงาน ถูกป้อนเข้าไปในระบบควบคุมของเครื่องจักรกลในรูปแบบของโปรแกรมเอ็นซี ซึ่งถูกจัดเตรียมโดยช่างเขียนโปรแกรม ช่างควบคุมเครื่องจะเป็นผู้ป้อนโปรแกรมเข้าไปในระบบควบคุม ซึ่งอาจป้อนด้วยมือผ่านแป้นพิมพ์โดยตรง หรือใช้แถบกระดาษเจาะรู (punched tape) ก็ได้ หลังจากนั้น ก็จะเดินเครื่องทดลองโปรแกรม และสังเกตสภาวะการตัดเฉือนชิ้นงาน ในแต่ละขั้นตอน บ่อยครั้งที่ช่างควบคุมเครื่องจะต้องจัดเตรียมโปรแกรม หรือเขียนโปรแกรมด้วยตนเอง หรือแก้ไขปรับปรุงโปรแกรมให้มีประสิทธิภาพในการตัดเฉือนสูงสุด ดังนั้น จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ช่างควบคุมเครื่องจะต้องมีความรู้ทั้งระบบควบคุมของเครื่องจักรกลและการเขียนโปรแกรมเอ็นซีด้วย

2.2.1 องค์ประกอบของการควบคุมเครื่อง

องค์ประกอบหรือชิ้นส่วนของเครื่องจักรกล ที่ทำหน้าที่เคลื่อนที่เข้าตัดเฉือนชิ้นงาน และองค์ประกอบอื่นๆ ที่ช่วยเสริมการทำงานตัดเฉือนให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น จะถูกควบคุมโดยโปรแกรมเอ็นซี ด้วยวิธีการควบคุมแบบต่าง ๆ กัน

องค์ประกอบของเครื่องจักรกลเอ็นซีและซีเอ็นซีที่สามารถควบคุมได้ และจะกล่าวถึง ได้แก่

- 1) แนวแกนป้อน (Feed axis)

ในการกล่าวถึงเครื่องจักรกลซีเอ็นซีเราจะได้ยินคำว่า แนวแกน (axis) หมายถึง แนวการเคลื่อนที่ขององค์ประกอบของเครื่องจักรกล เช่น โต๊ะงาน เพลาลูกเครื่อง อุปกรณ์ลำเลียงเครื่องมือ (Tool carriers)

สำหรับเครื่องจักรกลทั่วไป การเคลื่อนที่ในแนวแกนต่าง ๆ จะเกิดจากการหมุนมือหมุนหรือโยกคันโยกป้อนอัตโนมัติ (Feed levers)

เครื่องจักรกลซีเอ็นซีมีแนวแกนป้อนรวมกันอยู่หลายแนวแกนทำให้สามารถตัดเฉือนชิ้นงานให้เป็นรูปทรงต่าง ๆ ที่ต้องการได้ การกำหนดแนวแกนต่าง ๆ ของเครื่องจักรกลซีเอ็นซีจะกำหนดตามมาตรฐานสากลภายใต้หัวข้อ Coordinate axes and direction of movement for numerically machinery ซึ่งจะกำหนดแนวแกนเหล่านี้โดยใช้ตัวอักษร x, y และ z

เครื่องกลึงจะมีการป้อนอยู่ 2 แนวแกน คือ แกน X และ แกน Z ทั้งสองแนวแกนจะอยู่ที่ชุดแท่นเลื่อน (Compound Slide) ซึ่งมีอุปกรณ์ลำเลียงเครื่องมือ (Tool Carrier) ติดตั้งอยู่ ลักษณะเช่นนี้ทำให้สามารถกลึงชิ้นงานที่มีรูปทรงต่าง ๆ กันได้ตามต้องการ

- 2) การขับป้อน (Feed drives)

การเคลื่อนที่เรียงลำดับกันหรือพร้อม ๆ กันอย่างต่อเนื่องของแนวแกนป้อน จะทำให้เกิดการตัดเฉือนของเครื่องมือในชิ้นงาน

การขับป้อนจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของแท่นเลื่อน ในขณะที่ตัดเฉือนแท่นเลื่อนอาจพาให้ชิ้นงานเคลื่อนที่หรือคมตัดเคลื่อนที่ก็ได้ ระบบขับป้อนโดยทั่วไปจะใช้มอเตอร์กระแสตรงในหารหมุนขับและควบคุมการทำงาน ด้วยวงจรรีเลย์ทรานซิสเตอร์จากภายนอก มอเตอร์ชนิดนี้จะสามารถหยุดหมุนและเบรคให้หยุดได้ทั้งสองทิศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารต้นฉบับ การเคลื่อนที่ป้อนจะต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอและสามารถย้อนแรงกระทำจากภายนอก

ไม่ได้ เช่น แรงตัดเฉือน เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ระบบขับป้อนจึงต้องได้รับการออกแบบให้มีความแข็งแรงสูง การใช้

เคลื่อนที่คงที่และสม่ำเสมอ สามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนอัตราป้อนได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ในขณะที่ทำงาน คมตัดอาจทื่อหรือการเคลื่อนที่ของแท่นเลื่อนถูกกีดขวาง หรือการเร่งอัตราป้อนให้เคลื่อนที่เร็วและหยุดโดยทันที ทันใด สาเหตุเหล่านี้จะทำให้มอเตอร์รับภาระมากเกินไป (over loading) ซึ่งอาจทำให้มอเตอร์เสียหายได้ ดังนั้น จึงต้องมีการป้องกันอุบัติเหตุเหล่านี้ โดยทั่วไปแล้วจะใช้คลัตช์แบบลูกลิ้ง (Over running clutch) ร่วมกับวงจร อิเล็กทรอนิกส์ ปัจจัยหนึ่งที่จะทำให้ระบบขับเคลื่อนสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพก็คือ การเลือกใช้อุปกรณ์ในระบบขับเคลื่อนให้เหมาะสมกับการทำงานของเครื่องจักรและการออกแบบวงจรควบคุมการทำงานที่มีประสิทธิภาพ

มอเตอร์ เครื่องจักรกลเอ็นซีสมัยใหม่ จะออกแบบใช้ระบบขับเคลื่อนแบบเซอร์โว (servo drives) ทำให้สามารถปรับอัตราป้อนและความเร็วรอบได้โดยไม่มีขีดจำกัดของขั้นความเร็วและอัตราป้อน มอเตอร์ที่ใช้ในระบบขับเคลื่อนโดยทั่วไปจะมีอยู่ 3 ชนิดด้วยกันคือ

ก) มอเตอร์กระแสตรง (DC motors) ลักษณะสร้างของมอเตอร์กระแสตรงจะใช้เป็นแม่เหล็กถาวรที่มี 4, 6 หรือ 8 ขั้ว ประกอบด้วยระบบเบรก (brake) แกนมอเตอร์ (Rotor) อุปกรณ์วัดรอบ (Tachogenerator) และ อุปกรณ์วัด (Measuring box)

การใช้มอเตอร์กระแสตรง ทำให้สามารถปรับอัตราป้อนได้ละเอียดและมีวงจรควบคุมที่ไม่ซับซ้อน แต่ก็มีข้อเสียตรงที่มอเตอร์ชนิดนี้ต้องใช้แปรงถ่าน ซึ่งจะต้องคอยทำความสะอาดและเปลี่ยนเมื่อแปรงถ่านหมด จอกจากนี้ แปรงถ่านยังทำให้แกนมอเตอร์สึกหรออันเป็นผลทำให้กำลังมอเตอร์ลดลง ข้อเสียอีกประการหนึ่งก็คือ หากต้องการกำลังขับสูง มอเตอร์ก็จะมีขนาดใหญ่ด้วย และเมื่อใช้ความเร็วรอบสูง ๆ จะทำให้แรงบิดลดลง ดังนั้น จึงมักใช้กับเครื่องจักรกลเอ็นซีขนาดเล็กและขนาดกลาง

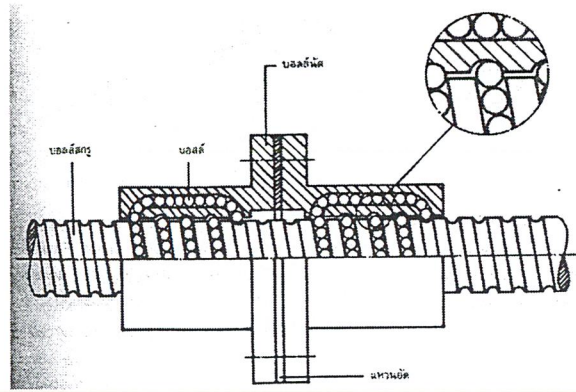
ข) มอเตอร์แบบเป็นขั้น (Stepping motors) เป็นมอเตอร์ที่ทำงานแบบต่อเนื่อง โดยการแปลงคลื่น สัญญาณที่ป้อนเข้าไปในระบบให้เป็นการเคลื่อนที่เชิงมุม การหมุนในแต่ละมุมหรือขั้นที่เปลี่ยนไป 1 ขั้นจะเท่ากับ 1 คลื่นสัญญาณ ดังนั้น ตำแหน่งของเพลาก็จะถูกกำหนดโดยจำนวนคลื่นสัญญาณที่ป้อนเข้าไปในระบบ และความเร็วในการหมุนของเพลาก็วัดเป็นจำนวนขั้นต่อวินาที (Step per second) ซึ่งจะทำกับความถี่ของคลื่นสัญญาณที่ป้อนเข้าไปในระบบที่วัดเป็นจำนวนคลื่นสัญญาณต่อวินาที (pulses per second) ความเที่ยงตรงของระบบจะขึ้นอยู่กับความสามารถของมอเตอร์ในการแบ่งขั้นการหมุนตามจำนวนคลื่นสัญญาณที่ป้อนเข้าไปในระบบ แรงบิดของมอเตอร์ชนิดนี้จะลดลงเมื่อความเร็วในการหมุนแบ่งเพิ่มขึ้น ดังนั้น จึงเหมาะสำหรับเครื่องจักรกลเล็ก ๆ ที่ไม่ต้องการกำลังขับมาก

ค) มอเตอร์กระแสสลับ (Alternate-current motors) ส่วนมากจะเป็นมอเตอร์แบบซิงโครนัส (Synchronous) ข้อดีของมอเตอร์ชนิดนี้คือ ไม่ต้องใช้แปรงถ่าน ทำให้สามารถลดงานบำรุงรักษาได้มาก และมอเตอร์ขนาดเดียวกันเมื่อเปรียบเทียบกับมอเตอร์กระแสตรง จะสามารถให้แรงบิดได้ดีกว่า และมีขนาดเล็กกว่าด้วย ส่วนข้อเสียของมอเตอร์แบบนี้คือ วงจรควบคุมจะมีความซับซ้อนมากกว่าวงจรควบคุมมอเตอร์กระแสตรง

บอลสกรูว์ (Ball screws) หัวใจของระบบขับเคลื่อนของเครื่องจักรกลเอ็นซี ก็คือ การส่งกำลังขับด้วยบอลสกรูว์ ซึ่งจะมีลูกบอลไหลหมุนเวียนอยู่ตลอดเวลา บอลสกรูว์จะประกอบด้วยสกรูว์กับนัตที่มีลักษณะเป็นเกลียวกลม ร่องเกลียวกลมบนสกรูว์และในนัตจะซบแน่นและเสียดสีในผิวเรียบมันเพื่อลดความฝืด และเพิ่มความเที่ยงในการเคลื่อนที่ ดังแสดงใน

เมื่อมอเตอร์หมุนขับเคลื่อนสกรูว์ นัตจะเคลื่อนที่ไปตลอดความยาวของสกรูว์ พาให้แท่นเลื่อนและโต๊ะงานเคลื่อนที่ไปตามรางเลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 ลักษณะสร้างภายในของชุดบอลสกรู

ภายในของตัวนัทจะประกอบไปด้วยชุดของลูกบอลจำนวนมาก ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ทำให้มั่นใจได้ว่า ความเสียดทานในการส่งกำลังขับเคลื่อนจากสกรูไปยังแท่นเลื่อนจะมีน้อยมาก นัทจะถูกแบ่งออกเป็นสองซีก และซีก ประกอบยึดเข้าด้วยกัน โดยมีการเตรียมอัดแรงไว้ก่อน (preloaded) ทำให้สามารถลดระยะคลอน (backlash) ให้ เหลือน้อยที่สุดจนแทบจะไม่มีเลยได้ทำให้การเคลื่อนที่ของแท่นเลื่อนมีความเที่ยงตรงสูงสามารถทำงานซ้ำ ๆ กัน ได้

การต่อกำลังระหว่างมอเตอร์กับบอลสกรู จะมีชุดคลัตช์ความฝืดเป็นตัวเชื่อม ซึ่งนอกจากจะมีหน้าที่ต่อ กำลังขับเคลื่อนแล้ว ยังมีหน้าที่ป้องกันอุบัติเหตุที่เกิดจากแท่นเลื่อนหรือ โต้ะงานชนหรือกระแทกกับสิ่งกีดขวางไม่ให้ เครื่องจักรกลเสียหายมากเกินไป กล่าวคือเมื่อมีการชน หรือกระแทกกันขึ้นจนแรงมากถึงค่าหนึ่ง ชุดคลัตช์ก็จะตัดระบบการส่งกำลังขับเคลื่อนระหว่างมอเตอร์กับบอลสกรูทันที

3) ระบบวัดขนาด (Measuring System)

การเคลื่อนที่ไปที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในแต่ละแนวแกนของแท่นเลื่อน จะถูกส่งไปยังระบบควบคุมโดย ระบบวัดขนาด การวัดตำแหน่งของแท่นเลื่อนสามารถที่จะวัด ได้ทั้งโดยตรง (Direct Measurement) และโดยทาง อ้อม (Indirect Measurement)

การวัดตำแหน่งโดยตรง วิธีนี้จะใช้สเกลวัด (measuring scale) ยึดติดกับแท่นเลื่อนหรือ โต้ะทำงาน โดย ตรง ข้อดีของวิธีนี้ก็คือ ความไม่เที่ยงตรงของสกรูวอล์นเลื่อน (lead screw) ระบบขับจะไม่ผิดพลาดต่อค่าที่อ่าน ได้ อุปกรณ์อ่านค่าวัด (Measuring valve resolver) จะอ่านข้อมูลในการวัดจากขีดสเกลวัด (Measuring scale grid) และแปลงข้อมูลนี้เป็นสัญญาณไฟฟ้าและส่งกลับไปยังระบบควบคุม

การวัดตำแหน่งทางอ้อม การเคลื่อนที่ของแท่นเลื่อนจะได้รับกำลังขับเคลื่อนจากการหมุนของบอลสกรู อุปกรณ์เปลี่ยนค่าวัด (Resolve) จะบันทึกการเคลื่อนที่หมุนของแผ่นจานสัญญาณ (Pulse disc) ที่ต่อติดอยู่กับบอล สกรู และส่งต่อไปยังระบบควบคุมของเครื่อง ระบบควบคุมก็จะใช้สัญญาณ ได้รับนี้ไปคำนวณหาระยะทางการ เคลื่อนที่ของแท่นเลื่อนจากสัญญาณการหมุน (Rotation pulses) ของแผ่นจานสัญญาณ

นอกจากการวัดตำแหน่งทางตรงและทางอ้อมแล้ว ในระบบการวัดขนาดของเครื่องจักรกลเอ็นซีที่ ต้องการให้การวัดตำแหน่งมีความเที่ยงตรงตลอดแนวแกนป้อน จะต้องต่อระบบขับป้อนเข้ากับอุปกรณ์วัดที่ เหมาะสม อุปกรณ์วัดโดยทั่วไปจะประกอบด้วยสเกลกับอุปกรณ์อ่านค่าวัดที่สามารถอ่านสเกลได้ สเกลที่ใช้ใน อุปกรณ์วัดมีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด คือ สเกลวัดแบบรหัส (Coded measuring scale) กับสเกลวัดแบบช่อง (division grid) การใช้สเกลวัดทั้ง 2 ชนิดนี้จะขึ้นอยู่กับวิธีการวัดตำแหน่ง (position measurement) วิธีการวัดตำแหน่งที่นิยม ใช้กันทั่วไปมีอยู่ 2 วิธีคือ การวัดตำแหน่งแบบสัมบูรณ์ (absolute position measurement) กับการวัดตำแหน่งแบบ

ต่อเนื่อง หรือแบบลูกโซ่ (incremental of chain position measurement) ซึ่งมีความแตกต่างกันดังรายละเอียดต่อไปนี้

การวัดตำแหน่งแบบสัมบูรณ์ หมายความว่า ค่าตำแหน่งต่าง ๆ สามารถวัดได้ตลอดเวลาและเป็นอิสระจากสถานะของเครื่องและระบบควบคุม ทั้งนี้เพราะค่าต่าง ๆ เหล่านี้จะวัดอ้างอิงจากจุดศูนย์อ้างอิง (Fixed zero datum) เสมอ

การวัดตำแหน่งแบบสัมบูรณ์ จะใช้สเกลวัดแบบรหัส (Coded measuring scale) ซึ่งจะชี้ตำแหน่งจุดศูนย์ของเครื่อง (Machine zero point) ซึ่งเป็นตำแหน่งที่มีจะอ้างอิงที่แน่นอนและถาวรของเครื่องจักรกลเอ็นซี

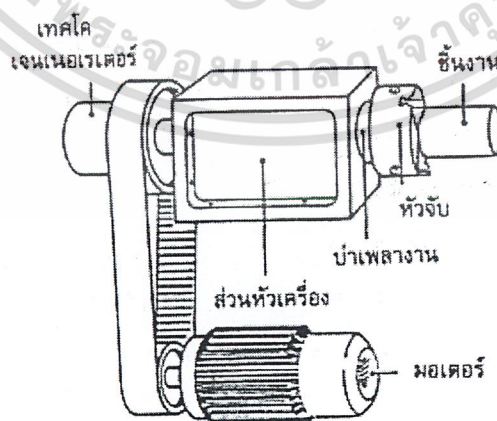
ข้อสำคัญของการใช้วิธีการวัดตำแหน่งแบบนี้คือ ความยาวของช่วงอ่านค่าวัดของสเกลจะต้องยาวกว่าระยะเลื่อนทำงานของแท่นเลื่อนเพื่อให้ระบบควบคุมของเครื่องสามารถอ่านค่าวัดได้ทุกตำแหน่งสเกลนี้จะใช้รหัสเป็นระบบตัวเลขฐานสอง (Binary system)

การวัดตำแหน่งแบบต่อเนื่อง แปลว่า ระยะเลื่อนสั้น ๆ ตามความยาวที่กำหนด ดังนั้น ในการวัดตำแหน่ง อาจจะเป็นการเพิ่มหรือลดขนาดความยาวในการเคลื่อนที่ที่วัดได้อยู่ก็ได้ ในระหว่างการเคลื่อนที่ของแท่นเลื่อน ระบบควบคุมจะทำการนับจำนวนส่วนแบ่ง (Divisions) ที่ตำแหน่งใหม่แตกต่างจากตำแหน่งก่อนหน้าเสมอ

วิธีการวัดตำแหน่งแบบต่อเนื่อง สเกลวัดจะแบ่งเป็นช่อง (Grid) แบบง่าย ๆ โดยที่แต่ละช่องจะมีพื้นที่สว่างกับมือสลับกันไป เมื่อแท่นเลื่อนเคลื่อนที่ ช่องนี้ก็จะวิ่งผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนค่าวัด (resolver) ซึ่งจะทำหน้าที่นับจำนวนช่องพื้นที่สว่างและมีค จากนั้นก็ส่งเป็นสัญญาณไฟฟ้าไปยังระบบควบคุมของเครื่อง ระบบควบคุมก็จะนำสัญญาณนี้มาคำนวณหาตำแหน่งสุดท้ายของแท่นเลื่อนที่แตกต่างจากตำแหน่งก่อนหน้า ในทางปฏิบัติที่ต้องการให้วิธีการวัดแบบนี้ทำงานได้อย่างถูกต้อง เมื่อเริ่มเปิดสวิทช์ระบบควบคุมของเครื่องควรจะต้องเลื่อนไปยังจุดที่ทราบค่าระยะห่างจากจุดศูนย์ของเครื่อง จุดนี้จะเรียกว่า “จุดอ้างอิง” (Reference Point) หลังจากนั้นก็เคลื่อนในแนวแกนต่าง ๆ เลื่อนไปยังจุดอ้างอิงแล้ว อุปกรณ์อ่านค่าวัดก็จะสามารถทำหน้าที่วัดตำแหน่งด้วยช่องสเกลได้

4) เพลางาน (Work Spindle)

เพลางานเป็นชิ้นส่วนหรือองค์ประกอบของเครื่องจักรกลที่มีความสำคัญมาก มีหน้าที่หลักในการทำงานคือ จะทำหน้าที่ขับพาให้เครื่องมือ เช่น มีดกลึง ดอกสว่าน เป็นต้น



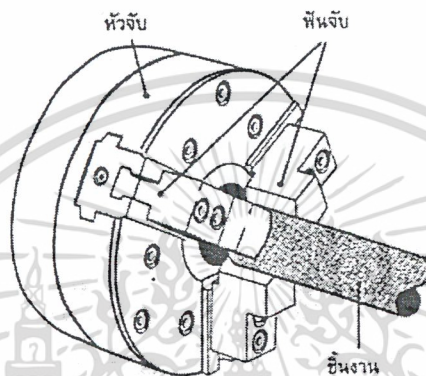
รูปที่ 2.2 เพลางานของเครื่องกลึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) อุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน (Work piece holding devices)

อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานจะจัดเตรียมไว้สำหรับยึดชิ้นงานเข้ากับเพลางานในงานกลึง (Lathe) สามารถเลือกใช้ อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานแบบต่าง ๆ ได้หลายชนิด เช่น

- หัวจับแบบ 2, 3 หรือ 4 ฟันจับ
- หน้างานจับ สำหรับจับยึดชิ้นงานที่มีรูปทรงไม่สมมาตร
- ยันศูนย์สำหรับเพลางานและเพลาของชุดยันศูนย์ที่ายแทน
- แท่นประคอง



รูปที่ 2.3 หัวจับงานกลึง

6) เครื่องมือ (Tools)

การทำงานของเครื่องจักรกลโดยทั่วไปจะต้องทำงานควบคู่กับเครื่องมือ (Tools) ซึ่ง ได้แก่ มีกlinge คอก ส่วน เป็นต้น เครื่องมือที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งสำคัญยิ่งและเป็นการช่วยเสริมการทำงานของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี ให้สามารถทำงานได้ประสิทธิภาพสูงสุด

องค์ประกอบของเครื่องมือที่สมบูรณ์สำหรับเครื่องกลึงซีเอ็นซี ซึ่งจะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

- อุปกรณ์จับยึดเครื่องมือ (Tool Holders)
- ค้ำยึดคมตัด (Tool Tip Carrier)
- คมตัด หรืออินเสิร์จ (Insert)

2.3 ระบบควบคุมซีเอ็นซี (CNC Control System)

2.3.1 หน้าที่การทำงานที่โปรแกรมได้ (Programmable Function)

ในปัจจุบัน ระบบควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกลสมัยใหม่เกือบทั้งหมด จะควบคุมด้วยระบบซีเอ็นซี แต่เนื่องจากยังคงอ้างอิงถึง โปรแกรมเอ็นซี (NC Program) และเทคโนโลยีเอ็นซี (NC Technology) อยู่ ดังนั้น จึงเป็นเรื่องสำคัญที่จะต้องรู้ถึงความแตกต่างในการทำงานระหว่างระบบเอ็นซีกับระบบซีเอ็นซี

ระบบเอ็นซี (NC System) จะมีระบบควบคุมประกอบอยู่กับเครื่องจักรกลซึ่งจะต้องจัดเตรียม โปรแกรม

เอ็นซีจากภายนอกก่อน แล้วจึงป้อนเข้าไปในระบบควบคุม โดยอาศัยสื่อข้อมูล (Data carries) เช่น เทปกระดาษ (Punched tape) เป็นต้น โปรแกรมเอ็นซีที่ป้อนเข้าไปในระบบควบคุมของเครื่องจะถูกนำไปใช้เพื่อสั่งให้เครื่องไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เริ่มทำงานและหยุดชั่วคราวได้ แต่จะไม่สามารถแก้ไขโปรแกรมโดยช่างควบคุมเครื่องได้ ขนาดของเครื่องมือและอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานจะถูกเลือกใช้ในขณะเขียนโปรแกรมไว้ก่อนและกำหนดไว้ในใบปรับตั้ง (Set-up sheet) ซึ่งช่างควบคุมเครื่องจะต้องเตรียมและประกอบยึดเครื่องมือ ตลอดจนอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานให้ถูกต้องตามข้อมูลที่กำหนดไว้ในใบปรับตั้ง

ระบบซีเอ็นซี (CNC System) จะมีคอมพิวเตอร์ประกอบอยู่ด้วย ดังนั้นช่างควบคุมเครื่องไม่เพียงแต่จะสามารถใช้โปรแกรมเอ็นซีตั้งให้เครื่องจักรทำงานได้เท่านั้น แต่ยังสามารถเขียนและป้อนโปรแกรมด้วยตนเอง ตลอดจนการแก้ไข โปรแกรมได้หลังจากป้อนเข้าไปในระบบควบคุมของเครื่องแล้ว

ขนาดต่าง ๆ ของเครื่องมือตัดและอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน สามารถที่จะเลือกใช้และป้อนเข้าไปในระบบควบคุมซีเอ็นซี ขณะทำการปรับตั้ง (setting-up) และเป็นอิสระจากตัวโปรแกรมเอ็นซี ขนาดต่าง ๆ ของเครื่องมือจะถูกนำไปใช้โดยอัตโนมัติในขณะที่ทำการตัดเฉือน ด้วยเหตุนี้ช่างควบคุมเครื่องจึงไม่จำเป็นต้องมีข้อมูลในการปรับตั้งมากและสามารถที่จะเลือกใช้เครื่องมือและอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานได้ด้วยตนเอง

หากพิจารณาถึงภาษาโปรแกรม (Programming language) และเทคโนโลยีทางการตัดเฉือนของเครื่องจักรกลที่ใช้ในระบบเอ็นซีกับซีเอ็นซีแล้วจะไม่แตกต่างกัน

2.3.2 ชนิดของการควบคุม (Control modes)

ลักษณะการควบคุมการเคลื่อนที่ทำงานของแท่นเลื่อนต่าง ๆ ในเครื่องจักรกลเอ็นซีและซีเอ็นซี จะมีการเคลื่อนที่อยู่ที่ 2 ลักษณะ คือ

การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง (Linear Interpolation or straight line Interpolation) การเคลื่อนที่ลักษณะนี้ระบบซีเอ็นซีจะคำนวณหาตำแหน่งของจุดต่าง ๆ ที่ต่อกันเป็นลูกโซ่ในแนวเส้นตรงระหว่างตำแหน่งของเครื่องมือ 2 ตำแหน่ง ในขณะที่เครื่องมือเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งนั้น ระบบควบคุมซีเอ็นซีจะตรวจสอบและแก้ไขแนวแกนในการเคลื่อนที่ให้อยู่ตลอดเวลาทำให้การเคลื่อนที่ของเครื่องมือ ไม่ผิดพลาด หรือคลาดเคลื่อนออกจากจุดต่อของเส้นตรงมากกว่าค่าพิสัยความเผื่อของเครื่องที่กำหนดไว้

การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้ง (Circular Interpolation) ระบบควบคุมซีเอ็นซี จะคำนวณหาตำแหน่งของจุดต่าง ๆ ที่ต่อกันเป็นเส้นโค้งตามขนาดรัศมีที่กำหนดระหว่างตำแหน่งของเครื่องมือที่กำหนดไว้ 2 ตำแหน่ง ระบบควบคุมจะอาศัยจุดเหล่านี้ในการตรวจสอบ และแก้ไขแนวการเคลื่อนที่ของเครื่องมือให้ถูกต้องและอยู่ภายในพิสัยความเผื่อของเครื่องจักรกลที่กำหนด

ในระบบควบคุมซีเอ็นซีจะแบ่งการควบคุมการเคลื่อนที่ทั้งสองลักษณะตามลักษณะการเคลื่อนที่ป้อนออกเป็น 3 ชนิด คือ

1) การควบคุมจุดต่อจุด (Point to point control)

การควบคุมแบบนี้ จะควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือระหว่างจุดสองจุดที่โปรแกรมไว้ในลักษณะการเคลื่อนที่เร็ว (Rapid traverse) โดยที่เครื่องมือจะต้องไม่สัมผัสชิ้นงาน

แนวแกนในการเคลื่อนที่ขึ้นอยู่กับชนิดของระบบควบคุม กล่าวคือมอเตอร์ขับเคลื่อนของระบบป้อนอาจจะเริ่มทำงานหลาย ๆ แนวแกนพร้อมกัน หรือทำงานทีละแนวแกน จนกว่าจะเคลื่อนที่ถึงตำแหน่งของเครื่องมือที่โปรแกรมไว้ ทำให้ไม่สามารถควบคุมทางเดินของเครื่องมือ (Tool path) ได้ การควบคุมแบบจุดต่อจุดมักจะใช้กับเครื่องเจาะ (drilling machine) เครื่องเชื่อมจุด (spot drilling) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การควบคุมการตัดเลื่อยแนวเส้นตรง (Straight-cut control)

การควบคุมชนิดนี้ นอกจากจะสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือแบบเคลื่อนที่เร็วได้แล้ว ยังสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือในแนวขนานกับแนวแกนของเครื่องจักรกล ตามค่าอัตราการป้อนที่ต้องการได้อีกด้วย แต่จะสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ได้ครั้งละ 1 แนวแกนเท่านั้น การเคลื่อนที่ของเครื่องมือจะถูกควบคุมด้วยอัตราป้อนและความยาวในการเคลื่อนที่ ระบบการควบคุมการตัดเลื่อยแนวเส้นตรงชนิดนี้จะใช้กับเครื่องกัด และเครื่องกลึงแบบง่าย ๆ

3) การควบคุมตามเส้นขอบรูป (Contouring control)

การควบคุมแบบนี้จะสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ทำงานได้ ดังนี้

- ควบคุมเครื่องมือให้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการแบบเคลื่อนที่เร็วได้
- ควบคุมเครื่องมือให้เคลื่อนที่ขนานกับแนวแกนไปยังตำแหน่งที่ต้องการตามค่าอัตราป้อนได้
- ควบคุมเครื่องมือให้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งใด ๆ บนชิ้นงานที่กำหนดในแนวเส้นตรงและเส้นโค้งตามค่าอัตราป้อนได้

2.3.3 การควบคุมหน้าที่การทำงานของเครื่องจักรกล (Control of machine function)

ระบบควบคุมซีเอ็นซีนอกจากจะสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือ ตามรูปทรงเรขาคณิตของชิ้นงานแล้ว ยังสามารถควบคุมหน้าที่การทำงานอื่น ๆ ที่ช่วยเสริมการทำงานตัดเลื่อยของเครื่องจักรกลให้เหมาะสมกับสถานะการทำงาน ในขณะนั้นได้อีกด้วย จำนวนหน้าที่การทำงานและวิธีการควบคุมจะไม่ขึ้นอยู่กับตัวเครื่องจักรกลเพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับชนิดระบบควบคุมอีกด้วย

ตัวอย่างหน้าที่การทำงานต่าง ๆ ที่จำเป็นจะต้องโปรแกรมเพื่อช่วยในการทำงาน มีดังนี้

- การเริ่มการหมุนของเพลางาน ทิศทางการหมุนและการเปลี่ยนความเร็วรอบ
- การกำหนดตำแหน่งของเพลางาน
- การเปิดสารหล่อเย็น และความดันของสารหล่อเย็น
- การรักษ้อัตราป้อนให้คงที่
- การเปลี่ยนตำแหน่งของเครื่องมือ
- การรักษาความเร็วตัดให้คงที่
- ชุดย่นศูนย์ท้ายแท่น (Tail-stock)
- อุปกรณ์ใส่ และถอดชิ้นงาน (loader and unloader)
- แท่นประคองศูนย์ (Steady rest)
- อุปกรณ์ลำเลียงเศษ (chip conveyor)
- Sorter

เครื่องจักรกลซีเอ็นซีที่สามารถใช้ระบบควบคุมสั่งการทำงานในหน้าที่ต่าง ๆ ได้ยิ่งมากเท่าใดก็จะเป็นระบบที่มีความเหมาะสมสำหรับการควบคุมแบบอัตโนมัติมากยิ่งขึ้น

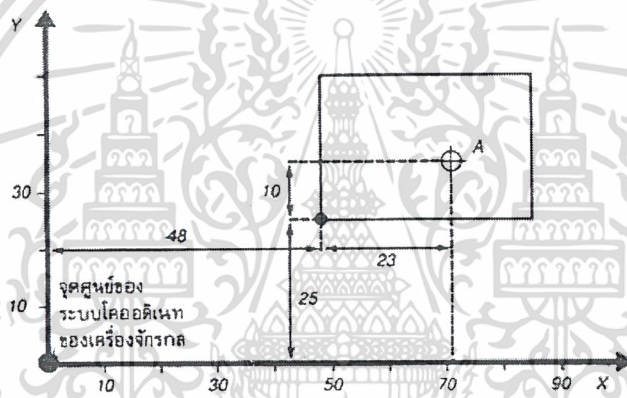
2.4 เรขาคณิตเบื้องต้นสำหรับการทำโปรแกรมเอ็นซี

2.4.1 จุดศูนย์และจุดอ้างอิง (Zero points and Reference points)

การเคลื่อนที่ต่าง ๆ ของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี จะถูกควบคุมด้วยระบบ โคออดิเนท ตำแหน่งต่าง ๆ ที่ถูกต้องภายในพื้นที่ทำงานของเครื่องจักรกล จะวัดระยะมาจากจุดศูนย์ (Zero points) นอกจากจุดศูนย์แล้ว เครื่องจักรกลซีเอ็นซียังมีจุดอ้างอิง (Reference points) อื่น ๆ อีก เพื่อช่วยเสริมการทำงานและการทำโปรแกรม

1) จุดศูนย์ของเครื่อง (Machine zero point , M)

การจับยึดชิ้นงานเข้ากับเครื่องจักรกลซีเอ็นซีจะต้องให้สัมพันธ์กันระหว่างขนาดที่กำหนดในแบบงานกับระบบ โคออดิเนทของเครื่องเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบขนาดซึ่งกันและกันได้ เครื่องจักรกลซีเอ็นซีทุกเครื่องจะมีระบบ โคออดิเนทประกอบอยู่ ระบบนี้จะกำหนดจากการเคลื่อนที่กับระบบวัดระยะการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรกลที่มีอยู่



รูปที่ 2.4 แบบชิ้นงานในระบบโคออดิเนทของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี

รูปที่ 2.4 แสดงให้เห็นแบบชิ้นงานที่วางอยู่บนระบบ โคออดิเนทของเครื่องจักรกล รู A ที่มีขนาดระยะกำหนดในแบบงาน คือ 23 และ 10 มม. จะมีค่าโคออดิเนทที่สัมพันธ์กัน ระบบ โคออดิเนทของเครื่องจักรกล คือ โคออดิเนท $X = 71$ และ $Y = 35$ มม.

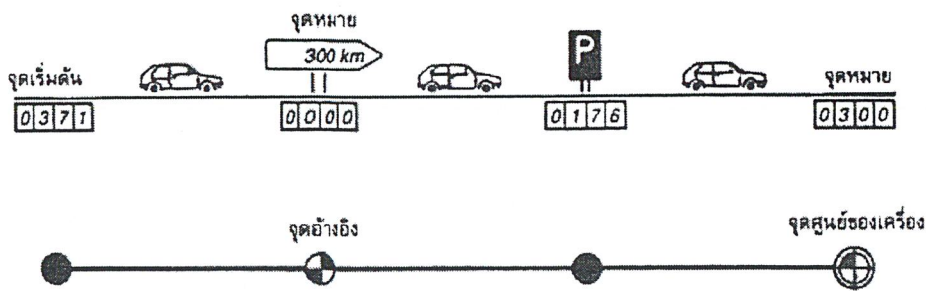
จุดเริ่มต้นของการกำหนดขนาดในแบบงาน (มุมซ้ายมือด้านล่าง) จะมีระยะเยื้องศูนย์จากระบบโคออดิเนทของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี คือ $X = 48$ และ $Y = 25$ มม.

จุดศูนย์ของเครื่อง (M) โดยทั่วไปจะใช้แทนด้วยสัญลักษณ์ ตำแหน่งจุดศูนย์ของเครื่องจะถูกกำหนดโดยบริษัทผู้ผลิตเครื่องจักรกลซีเอ็นซี จุดศูนย์ของเครื่องจะใช้เป็นจุดศูนย์ของระบบ โคออดิเนทของเครื่องจักรกล และใช้เป็นจุดเริ่มต้นสำหรับระบบ โคออดิเนทอื่น ๆ และยังใช้เป็นจุดอ้างอิงในเครื่องจักรกลด้วย

สำหรับเครื่องกลึงจะมีตำแหน่งจุดศูนย์ของเครื่องที่แตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิต ดังนั้นตำแหน่งจุดศูนย์ของเครื่องและทิศทางของแนวแกนที่ถูกต้อง จึงต้องศึกษาจากคู่มือปฏิบัติงานที่จัดเตรียมโดยบริษัทผู้ผลิตแต่ละบริษัท

2) จุดอ้างอิง (Reference point , R)

วัตถุประสงค์เบื้องต้นของการใช้จุดอ้างอิง สามารถอธิบายให้เข้าใจได้ง่ายโดยเปรียบเทียบกับการใช้หลักกิโลเมตรตามเส้นทางหลวงต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 วัตถุประสงค์ของการใช้จุดอ้างอิง

จากรูปที่ 2.4 สมมติว่าขณะที่ท่านขับรถยนต์อยู่ มีเหตุการณ์ต่าง ๆ เกิดขึ้นตามลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1) ณ จุดเริ่มต้นการเดินทาง ท่านจะยังไม่ทราบว่า จุดหมายที่จะไปนั้นอยู่ห่างไกลออกไปเป็นระยะทางเท่าใด

- 2) ตลอดเส้นทาง ท่านจะคอยสังเกตดูหลักกิโลเมตร (จุดอ้างอิง) ซึ่งจะบอกว่าจุดหมายที่จะไปนั้นอยู่ห่างออกไปเท่าไร ท่านก็จะปรับตั้งมิเตอร์วัดระยะทางให้ตรงจุดศูนย์

- 3) จากนั้นไปท่านก็จะสามารถบอกได้ว่า ณ จุดต่าง ๆ ที่ท่านไปถึงนั้นอยู่ห่างจากจุดหมายของท่านเท่าไร หรืออยู่ห่างจากจุดอ้างอิงเท่าไร (หลักกิโลเมตร)

จากรูป 2.5 จะมีสถานีอยู่ 3 แห่งด้วยกัน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องจักรกลซีเอ็นซีแล้ว จะมีความหมายสถานีที่ 1 หมายถึง การเปิดสวิทช์เครื่อง

สถานีที่ 2 หมายถึง การเลื่อนไปยังจุดอ้างอิง และปรับตั้งระบบวัดระยะเลื่อนให้เริ่มต้นที่ศูนย์

สถานีที่ 3 หมายถึง ตำแหน่งของเครื่องมือที่เคลื่อนที่ไปอย่างต่อเนื่อง

จุดอ้างอิง R มักจะใช้แทนด้วยสัญลักษณ์ เป็นจุดที่ใช้ช่วยในการปรับค่าและควบคุมระบบวัดขนาดระยะการเคลื่อนที่ของแท่นเลื่อน และเครื่องมือตำแหน่งของจุดอ้างอิงจะถูกกำหนดไว้ก่อนล่วงหน้าอย่างเที่ยงตรงในทุกแนวแกนของการเคลื่อนที่ด้วยสวิทช์จำกัดระยะ หรือสวิทช์ขาตะ (Limit switches or Trip dogs) ดังนั้น ค่าโคออดิเนตของจุดอ้างอิงจะมีค่าเท่าเดิมเสมอ และรู้ค่าตัวเลขที่แน่นอนที่สัมพันธ์กับจุดศูนย์ของเครื่อง

ข้อสำคัญ : หลังจากเปิดสวิทช์ระบบควบคุมแล้ว แนวแกนทั้งหมดจะต้องเลื่อนไปยังจุดอ้างอิงก่อนเสมอ เพื่อปรับค่าระบบวัดระยะการเคลื่อนที่

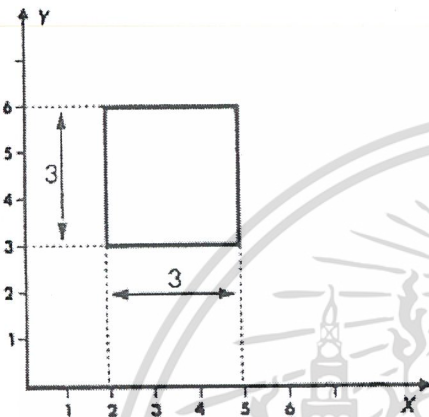
ถ้าเกิดเหตุขัดข้องขึ้นจนทำให้ข้อมูลของตำแหน่งแท่นเลื่อนและเครื่องมือในปัจจุบัน สูญหายไปจากระบบควบคุม ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากไฟฟ้าดับ เป็นต้น จะต้องเลื่อนแท่นเลื่อนต่าง ๆ กลับไปหาจุดอ้างอิงก่อนเริ่มทำงานใหม่เสมอ เพื่อปรับค่าของระบบวัดระยะการเคลื่อนที่ให้ถูกต้อง

เครื่องจักรกลซีเอ็นซีที่มีระบบวัดระยะการเคลื่อนที่แบบสัมบูรณ์ (Absolute traverse measurement) อาจจะไม่จำเป็นต้องใช้จุดอ้างอิง ทั้งนี้เพราะว่าสามารถอ่านค่าโคออดิเนตการเคลื่อนที่ของแนวแกนต่างๆ ได้โดยตรงและทุกเวลาที่ต้องการ อย่างไรก็ตาม สำหรับเครื่องจักรกลซีเอ็นซีที่ใช้ระบบวัดระยะการเคลื่อนที่แบบต่อเนื่อง (Incremental traverse measuring system) ยังต้องการใช้จุดอ้างอิงสำหรับการปรับค่าระบบวัดระยะการเคลื่อนที่

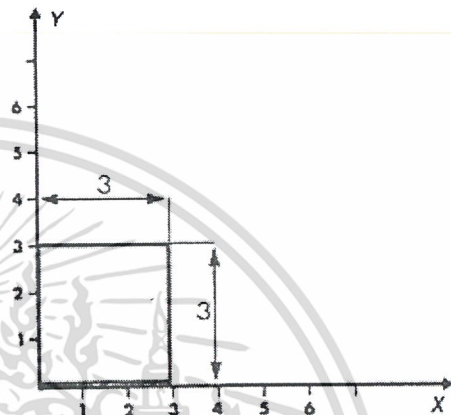
เมื่อขาตะ (trip dog) เตือนสวิทช์ที่จุดอ้างอิงให้เปิดออกแล้ว ระบบวัดระยะการเคลื่อนที่ก็จะปรับค่าไปที่ศูนย์หรือค่าที่กำหนดไว้ล่วงหน้า เพื่อให้ได้ระดับความถูกต้องที่ต้องการ ในขณะที่ทำการปรับค่าของระบบวัดขนาดการเคลื่อนที่ของแท่นเลื่อนไปยังจุดอ้างอิงควรจะลดความเร็วลง และเลื่อนไปในทิศทางเดียวกันตลอด นำไปใช้

3) จุดศูนย์ของชิ้นงาน (Work piece zero point)

ในระบบ โคออดิเนทสามารถที่จะเลือกข้อมูล โคออดิเนทได้ด้วยวิธีง่าย ๆ โดยการกำหนดตำแหน่งที่จะวางชิ้นงานลงในระบบ โคออดิเนทที่สะดวกต่อการอ่านค่าจุด โคออดิเนท รูปที่ 2.5 แสดงให้เห็นการวางแบบชิ้นงานสี่เหลี่ยมตรงจุดใด ๆ ในระบบ โคออดิเนท ส่วนรูปที่ 2.6 เป็นแบบชิ้นงานเดิมที่วางให้ขอบงานสองด้านซ้อนทับแกน X และแกน Y ซึ่งวิธีหลังนี้จะสามารถใช้ค่าขนาดที่กำหนดในแบบชิ้นงานเป็นค่าโคออดิเนทได้เลย และสามารถตรวจสอบค่าได้ง่ายกว่าและยังช่วยหลีกเลี่ยงการคำนวณค่าโคออดิเนทเพิ่มเติมได้



รูปที่ 2.6 การวางแบบชิ้นงานที่จุดใด ๆ ในระบบโคออดิเนท



รูปที่ 2.7 การวางแบบชิ้นงานโดยใช้แนวแกนของระบบโคออดิเนทเป็นหลัก

จุดศูนย์ของชิ้นงาน (W) มักจะแสดงด้วยสัญลักษณ์ จะเป็นจุดที่ช่วยในการกำหนดระบบ โคออดิเนทของชิ้นงานที่สัมพันธ์กับจุดศูนย์ของเครื่อง จุดศูนย์ของชิ้นงานจะถูกเลือกใช้โดยผู้เขียน โปรแกรม และป้อนเข้าไปในระบบซีเอ็นซีในขั้นตอนของการปรับตั้งตำแหน่งของจุดศูนย์ของชิ้นงานสามารถที่จะกำหนดเลือกใช้ได้อย่างอิสระโดยผู้เขียนโปรแกรม แต่ต้องอยู่ภายในขอบเขตการทำงานของเครื่องจักรกล โดยมีหลักเกณฑ์ง่าย ๆ คือ การกำหนดตำแหน่งจุดศูนย์ของชิ้นงานควรจะกำหนดไว้ในตำแหน่งที่เป็นจุดอ้างอิงต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ในแบบชิ้นงานอยู่แล้ว กล่าวคือ เมื่อกำหนดตำแหน่งจุดศูนย์ของชิ้นงานแล้ว สามารถที่จะเปลี่ยนขนาดที่กำหนดในแบบชิ้นงานให้เป็นค่าโคออดิเนทได้โดยสะดวก และหลีกเลี่ยงการคำนวณค่าโคออดิเนทเพิ่มเติมได้

โดยทั่วไปแล้ว ตำแหน่งจุดศูนย์ของชิ้นงานมักนิยมใช้เป็นตำแหน่งเดียวกันกับจุดศูนย์ของ โปรแกรม (Program zero point)

สรุป ตำแหน่งจุดศูนย์ของชิ้นงาน มีข้อพิจารณาในการเลือกใช้ ดังนี้

- สามารถกำหนดค่าโคออดิเนทจากขนาดที่กำหนดในแบบงานได้มากที่สุด
- สามารถจับยึดชิ้นงาน ปรับตั้ง และตรวจสอบ ตลอดจนการควบคุมด้วยระบบวัดระยะการเคลื่อนที่ได้สะดวก

4) จุดอ้างอิงของเครื่องมือ (Tool reference point)

ในการเขียน โปรแกรมสำหรับการตัดเฉือนชิ้นงานตามเส้นขอบรูป สิ่งสำคัญที่จะต้องคำนึงถึง คือ การเคลื่อนที่ของขอบคมตัดของเครื่องมือที่ยึดอยู่กับชุดพาเครื่องมือ (Tool carrier) เช่น เพลงานของเครื่องกัด เป็นต้น เอกจะต้องเคลื่อนที่ในลักษณะที่ทำให้ขอบคมตัดของมีดกัดเคลื่อนที่ตามเส้นขอบรูปของชิ้นงานอย่างถูกต้อง ซึ่งด้านการคำนวณ ไม่ว่าจะเป็นวิธีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเขียน โปรแกรมขนาดความยาวของเครื่องมือ จะต้องตรงกับขนาดความยาวของเครื่องมือที่เป็นจริง ถ้าระบบควบคุมเริ่มทำงานด้วยขนาดความยาวของเครื่องมือที่ไม่ถูกต้องก็จะทำให้ไม่ได้ขนาดของเส้นขอบรูปที่ต้องการ ถ้าขนาดของเครื่องมือสั้นเกินไปก็จะตัดเฉือนเนื้อวัสดุออกไม่หมด และถ้าเครื่องมือยาวเกินไป ก็จะทำให้เกิดการตัดเฉือนเนื้อวัสดุชิ้นงานออกมากเกินไป

ดังนั้น ขนาดความยาวของเครื่องมือ จึงต้องทำการวัดขนาดก่อนที่เครื่องจักรกลจะเริ่มทำงานตาม โปรแกรม และข้อมูลที่วัดได้จะถูกป้อนเข้าไปไว้ในระบบความจำส่วนที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลของเครื่องมือ (Tool data storage) ของระบบควบคุมซีเอ็นซี

ในการตัดเฉือนชิ้นงาน จุดสำคัญ คือ จะต้องสามารถควบคุมจุดปลายเครื่องมือหรือขอบคมตัดที่สัมพันธ์กับขนาดของเครื่องมือตลอดเส้นทางการเคลื่อนที่ตัดเฉือน (Machining path) เนื่องจากเครื่องมือมีรูปทรงและขนาดที่แตกต่างกัน ดังนั้น ขนาดของเครื่องมือที่ถูกตัดจะต้องหาให้ได้ก่อนและป้อนเข้าไปในระบบควบคุม ซึ่งขนาดของเครื่องมือจะต้องปรับตั้งให้สัมพันธ์กับจุดปรับตั้งเครื่องมือ (Tool setting point) ที่อยู่คงที่

2.5 ทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ สำหรับ CNC (Mathematic theory for CNC)

2.5.1 ทฤษฎีทางการคำนวณทิศทางการเคลื่อนที่ (Feed rate speed)

อัตราการป้อนของคำสั่ง G01, G02, G03 จะถูกกำหนดด้วยตัวเลขหลังคำสั่ง F และจะคงค่าเดิมตลอดจนกว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าใหม่ ค่าอัตราการป้อนนี้เรียกว่า Tangential speed constant

Linear Interpolation เมื่อมี Straight cut linear interpolation (G01) ส่วนควบคุมจะควบคุมแกนของเครื่องจักร 2 แกนหรือมากกว่านั้นพร้อม ๆ กัน ในส่วนการตัดเชิงมุม ส่วนควบคุมจะใช้ข้อมูลที่ได้รับการโปรแกรมเข้ามาเก็บไว้แล้วเพื่อคำนวณ องศาหรือความชันของการตัดขึ้นส่วนของเส้นตรง ความยาวที่เปลี่ยนแปลงจากจุดเริ่มต้นจนถึงจุดสุดท้ายจะเป็นตัวกำหนด การเล็งเส้นและความชันของแต่ละแกน เพื่อทำการควบคุมการเคลื่อนที่ของ Cutter ให้เคลื่อนที่เสมือนกับการเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียว

การใช้งานอย่างอื่นของ Linear interpolation คือใช้ในการประมาณเส้น โค้ง หรือวงกลม (Circular interpolation) ซึ่งจะกล่าวถึงวิธีการประมาณเส้น โค้ง ในช่วงต่อไป

การคำนวณใน Linear Interpolation

F – อัตราป้อนในแนวการเคลื่อนที่

F_x – อัตราป้อนในแนวแกน X

F_y – อัตราป้อนในแนวแกน Y

$$F_x = \frac{F(\text{ระยะทางที่เคลื่อนที่ในแนวแกน X})}{\text{ระยะทางที่เคลื่อนที่ทั้งหมด}} = \frac{F \cdot (x_1 - x_0)}{\sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2}} \quad (2.1)$$

$$F_y = \frac{F(\text{ระยะทางที่เคลื่อนที่ในแนวแกน Y})}{\text{ระยะทางที่เคลื่อนที่ทั้งหมด}} = \frac{F \cdot (y_1 - y_0)}{\sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2}} \quad (2.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Circular Interpolation เป็นความสามารถในการตัดส่วนโค้งของวงกลม จำนวนที่ตัดแปรผันตามขนาดของส่วนโค้งซึ่งขึ้นอยู่กับรัศมีของส่วนโค้ง ส่วนควบคุมจะคำนวณทิศทางของ cutter จากข้อมูลที่โปรแกรมมา ข้อมูลที่ต้องการ ได้แก่

1. ทิศทางของการเคลื่อนที่ (ทวนเข็มนาฬิกา หรือ ตามเข็มนาฬิกา) ตรวจสอบได้จาก G code ว่าเป็น G02 หรือ G03
2. จุดเริ่มต้นของส่วนโค้ง (arc) สามารถหาค่าได้จากการอ่านค่าตำแหน่งของแท่นใบมีดขณะนั้น
3. จุดสิ้นสุดของส่วนโค้งได้จากค่าที่ผู้ใช้ป้อนเข้ามา
4. รัศมีส่วนโค้ง (radius) ได้จากค่าที่ผู้ใช้ป้อนเข้ามา

หลังจากที่ทราบค่าต่าง ๆ แล้วจะนำมาคำนวณโดยอาศัยหลักการของ Contour approximation using line segment ดังนี้

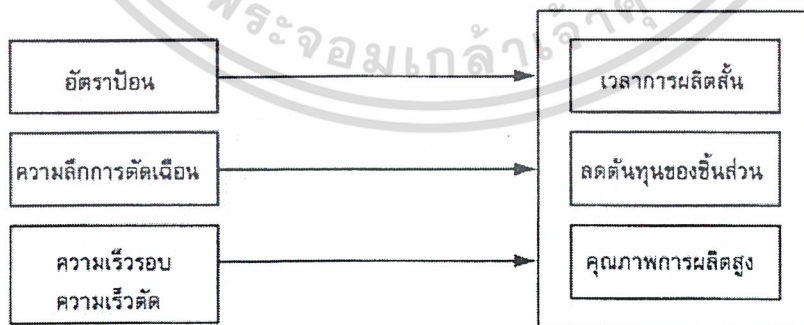
หลักการของ Contour approximation using line segment อาศัยหลักการประมาณค่าส่วนโค้งด้วยเส้นตรง โดยมีขั้นตอน ดังนี้

1. หาความยาวของส่วนโค้งทั้งหมด ($r\theta$)
2. กำหนดความละเอียดในการแบ่งส่วนโค้ง (n)
3. หามุมของเส้นตรงที่เกิดจากการแบ่งส่วนโค้ง

$$\varphi = \frac{\theta}{n} \quad (2.3)$$

เมื่อได้ค่าต่าง ๆ ที่ต้องการแล้วก็ทำการเดินแท่นใบมีดไปตามเส้นตรงนั้น ๆ จะทำให้เกิดการเดินแบบกลิ้งโค้ง

2.6 การตัดเนื้อโลหะสำหรับงานกลึง



รูปที่ 2.8 ข้อมูลการตัดเนื้อโลหะสำหรับงานกลึง

2.6.1 อัตราป้อน (Feed rate)

อัตราป้อน คือ ระยะทางที่เครื่องมือตัดเคลื่อนที่ไปในทิศทางของการตัดเนื้อโลหะ ค่าอัตราป้อนจะถูกกำหนดโดยช่างเขียนโปรแกรม โดยป้อนค่าอัตราป้อนที่มีหน่วยเป็นระยะทางต่อนาที ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ลดแต่เพียงอย่างเดียว และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

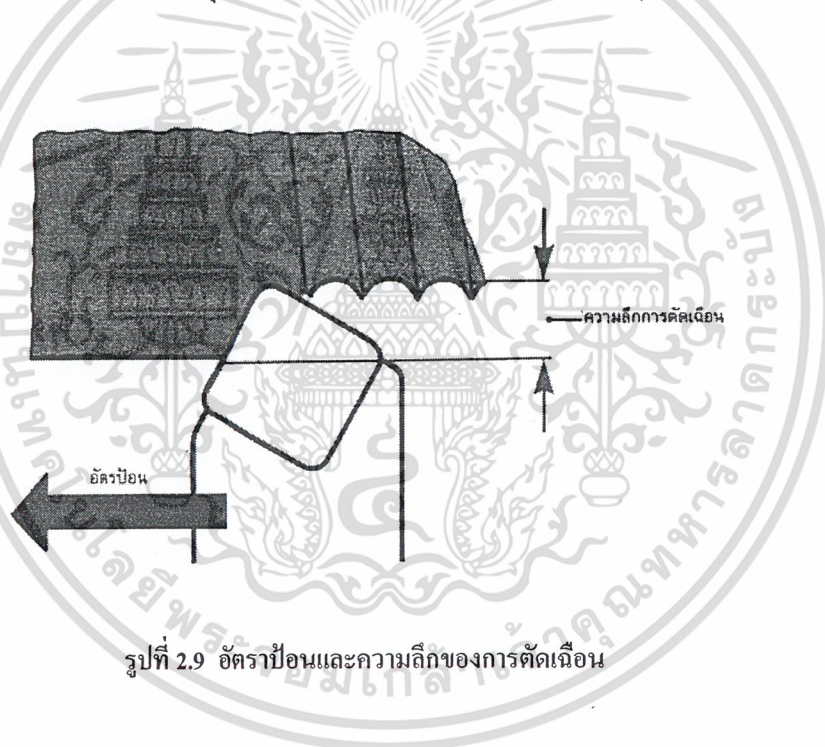
อัตราป้อนจะเป็นตัวกำหนดความเร็วในการตัดเฉือน ด้วยเหตุนี้การกำหนดค่าอัตราป้อนจึงมักจะกำหนดตามขนาดของแรงตัดเฉือน (Cutting force) ที่เครื่องยอมให้ใช้ได้ และผิวสำเร็จที่ต้องการ

2.6.2 ความลึกของการตัดเฉือน (Depth of cut)

ความลึกของการตัดเฉือน คือ ระยะทางที่วัดจากผิวงานไปถึงจุดปลายเครื่องมือตัดในทิศทางที่ตั้งฉากกับระนาบของการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 2.9 ความลึกของการตัดเฉือนจะเป็นส่วนที่แสดงให้เห็นว่า จุดปลายเครื่องมือตัดมีลักษณะการเคลื่อนที่ตลอดขอบรูปของชิ้นงาน ในขณะที่ทำงานตัดเฉือนอย่างไร

การตัดเฉือนผิวสำเร็จในทิศทางตามแนวยาว จะใช้ความลึกของการตัดเฉือนเท่ากับค่าแตกต่างระหว่างขนาดเผื่องานตัดเฉือน (Machining allowance) กับขนาดสำเร็จหลังการเฉือน

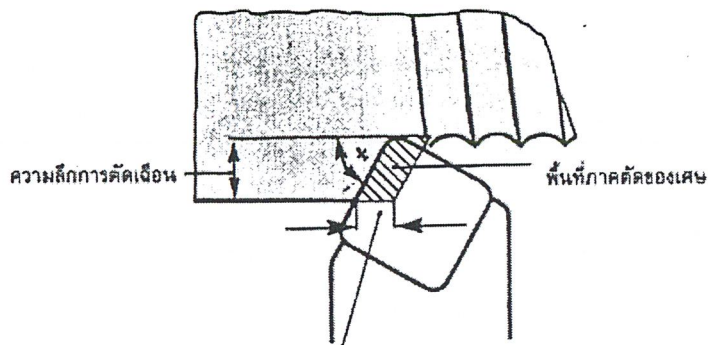
สำหรับการตัดเฉือนหยาบ (Roughing) ความลึกของการตัดเฉือน จะขึ้นอยู่กับจำนวนชั้นของการตัดเฉือนหยาบ ดังนั้น เพื่อให้ได้การสึกหรอของเครื่องมือตัดที่สม่ำเสมอ จึงควรเลือกใช้ความลึกของการตัดเฉือนที่สามารถใช้ประโยชน์จากความกว้างของจุดปลายคมตัด ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้



รูปที่ 2.9 อัตราป้อนและความลึกของการตัดเฉือน

การเลือกใช้อัตราป้อนและความลึกของการตัดเฉือน จะเป็นตัวกำหนดขนาดพื้นที่ภาคตัดของเศษ ดังแสดงในรูปที่ 2.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



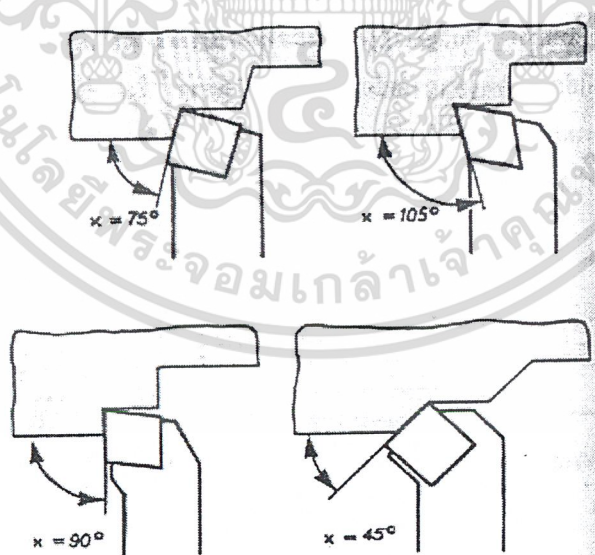
รูปที่ 2.10 พื้นที่ภาคตัดของเศษ

พื้นที่ภาคตัดของเศษ = อัตราป้อนต่อรอบ \times ความลึกของการตัดเฉือน

ปริมาตรของการตัดเฉือนเนื้อวัสดุออก = พื้นที่ภาคตัดของเศษ \times ความเร็วตัด

รูปทรงพื้นที่ภาคตัดของเศษอาจเป็นที่เหลื่อมมุมฉากหรือสี่เหลี่ยมด้านขนานก็ได้ ขึ้นอยู่กับมุมของการปรับตั้ง (Setting angles, K) ดังแสดงในรูปที่ 2.11

ถ้าเลือกใช้อัตราป้อนที่มีค่าสูงกับวัสดุชิ้นงานที่มีความสามารถในการตัดเฉือนต่ำ และเลือกใช้ความลึกของการตัดเฉือนไม่ถูกต้อง แรงตัดเฉือนที่เกิดขึ้นจะต้องไม่มากเกินไป (ขนาดของแรงตัดเฉือนจะต้องถูกกำหนดไว้ล่วงหน้าด้วยระบบส่งกำลังขับเคลื่อนของเพลางาน ขนาดของแรงตัดเฉือนที่มีค่าสูง จะทำให้เกิดอุณหภูมิขึ้นสูงด้วย)



รูปที่ 2.11 มุมของการปรับตั้งต่างๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

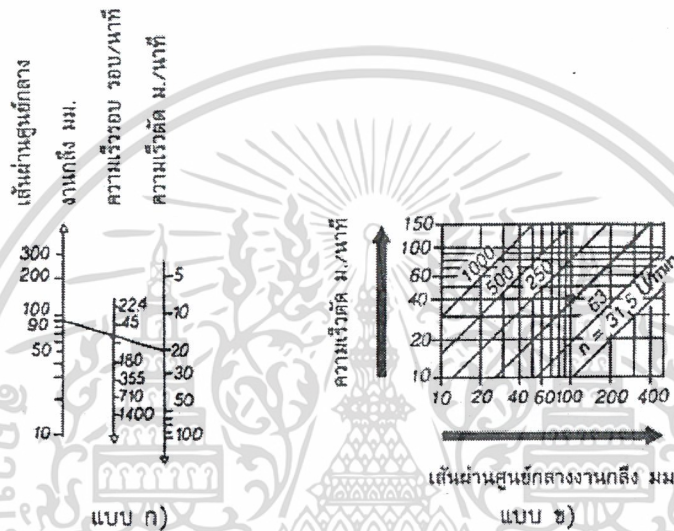
2.6.3 ความเร็วรอบของเพลงาน

ค่าความเร็วรอบสามารถป้อนใน โปรแกรมเอ็นซีได้ ดังนี้

ก) ป้อนค่าความเร็วรอบโดยตรง หน่วยเป็น จำนวนรอบต่อนาที (rpm.)

ข) ป้อนเป็นหมายเลขรหัส (Code numbers) ซึ่งจะถูกละเปลี่ยนเป็นขึ้นความเร็วรอบที่เครื่องจักรสามารถทำได้ในภายหลัง

ในการป้อนค่าความเร็วรอบของเพลงาน จะต้องกำหนดทิศทางการหมุนของเพลงานให้ถูกต้อง คือ หมุนตามเข็มนาฬิกา (CW) หรือหมุนทวนเข็มนาฬิกา (CCW)



รูปที่ 2.12 แผนภูมิสำหรับหาค่าความเร็วรอบ

2.6.4 ความเร็วตัด

จะมีค่าเท่ากับความเร็วรอบ ณ จุดที่เกิดการตัดเฉือน (รูปที่ 2.13) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับค่าความเร็วรอบกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงานกลึง กล่าวคือ ความเร็วรอบต่ำกับชิ้นงานที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็ก จะได้ความเร็วตัดต่ำ ส่วนชิ้นงานที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตกับความเร็วรอบสูง จะได้ค่าความเร็วตัดสูงด้วย

ค่าความเร็วตัดจะถูกป้อนลงใน โปรแกรมเอ็นซีโดยช่างเขียน โปรแกรม ซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดของระบบควบคุมด้วย การป้อนโปรแกรมค่าความเร็วตัดมีอยู่ด้วยกัน 2 วิธี คือ

ก) ช่างเขียน โปรแกรมเลือกใช้ค่าความเร็วรอบที่เหมาะสม สำหรับการกลึงชิ้นงานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และวัสดุชนิดต่าง ๆ กัน

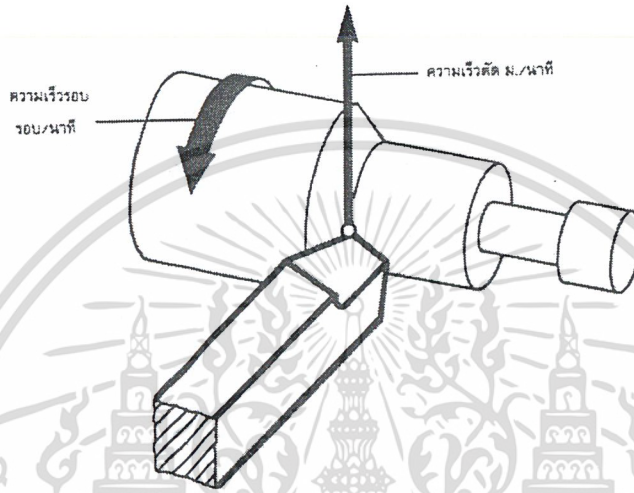
ข) ช่างเขียน โปรแกรมป้อนค่าความเร็วตัดที่คงที่ค่าหนึ่งตามชนิดของวัสดุงานกลึง มีหน่วยเป็นเมตรต่อ นาที (m/min) เข้าไปในระบบควบคุม หลังจากนั้นระบบควบคุมจะทำการคำนวณและเลือกใช้ค่าความเร็วรอบที่เหมาะสมกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงานที่กำลังกลึงอยู่โดยอัตโนมัติ

ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบ ความเร็วตัด และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงานกลึง สามารถเขียนเป็นสูตรได้ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 45796 อีเมลถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad \text{หรือ} \quad n = \frac{1000V}{\pi \cdot d} \quad (2.4) - (2.5)$$

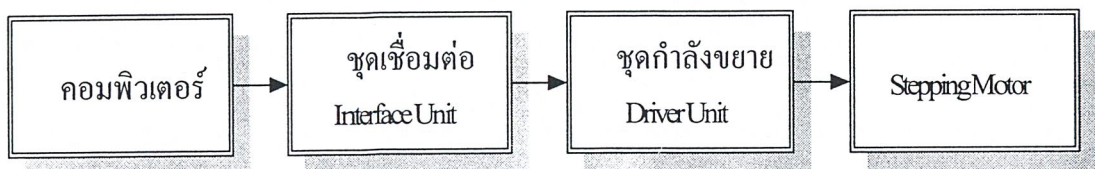
- เมื่อ
- n = ความเร็วรอบ หน่วยเป็น rpm.
 - v = ความเร็วตัด หน่วยเป็น m/min
 - d = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิ้นงาน หน่วยเป็น mm.



รูปที่ 2.13 ความเร็วตัด และความเร็วรอบของชิ้นงาน

2.7 ทฤษฎีเกี่ยวกับสเต็ปปีงมอเตอร์

สเต็ปปีงมอเตอร์เป็นอุปกรณ์จำพวกเชิงกลทางไฟฟ้าที่มีอินพุทเป็นกลุ่มของไบนารีไทดิจิต และเป็นลักษณะของการเคลื่อนที่แบบเชิงมุม หรือหมุนไปตามสเต็ป (แต่ละสเต็ปอยู่ในช่วง 0.1-90 องศา ขึ้นอยู่กับโครงสร้างของสเต็ปปีงมอเตอร์) ตามสัญญาณพัลส์ป้อนให้กับขั้วสเตเตอร์จึงจะเกิดแรงผลักต่อโรเตอร์ทำให้โรเตอร์หมุนไป แต่ลักษณะของสเต็ปปีงมอเตอร์จะมีขั้วของสเตเตอร์อยู่หลายขดซึ่งเรียกว่า “เฟส” นั้นเมื่อป้อนสัญญาณพัลส์ในลักษณะซีควเอนซ์ของเลขไบนารีโดยผ่านวงจรไดเวอร์(Driver) ทำให้โรเตอร์หมุนได้อย่างต่อเนื่องกับ บล็อกไดอะแกรมรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 บล็อกไดอะแกรมแสดงการควบคุมสเต็ปปีงมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1 คุณลักษณะของสเต็ปป์มอเตอร์

ความถูกต้องเที่ยงตรงของมุมสเต็ปขณะที่ไม่มีโหลด จะถูกระบุสำหรับมอเตอร์ทุกชนิด เช่น มอเตอร์ที่มีสเต็ป 7.5° ความผิดพลาด ± 10 ลิปดา ขณะเคลื่อนที่ไปหนึ่งสเต็ป เป็นต้น

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างของมุมสเต็ป

มุมสเต็ป	จำนวนสเต็ปต่อรอบ
0.9	400
1.8	200
3.6	100
3.75	96
7.5	48
15	24

มอเตอร์ที่มีจำนวนสเต็ปต่อรอบเท่ากับ 4 จะมีค่าผิดพลาดเป็นศูนย์ เมื่อหมุนครบ 1 รอบเพราะขณะหมุนมา ณ ตำแหน่งเดิมขณะเริ่มต้นขั้วแม่เหล็ก และทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็ก (Flux) วงเดิมด้วยเหตุนี้การเปลี่ยนตำแหน่งของสเต็ปป์มอเตอร์ที่ต้องการความถูกต้องสูงๆ จะต้องแบ่งจำนวนสเต็ปต่อรอบเป็นจำนวนเท่าของสี่สเต็ป เพื่อลดการสะสมของค่าผิดพลาด (Step angle error) ซึ่งเป็นรูปแบบการทำงานแบบสี่สเต็ปตัวอย่างสเต็ปของมุมสเต็ปแสดงดังตารางที่ 2.1

แรงบิด (Torque)

การทำงานของสเต็ปป์มอเตอร์มีแรงบิดเกี่ยวข้องกับ 3 ชนิด คือ

โฮลดิ้งทอร์ก (Holding Torque) คือ แรงบิดที่ทำให้สเต็ปป์มอเตอร์เริ่มหมุนไปสองสเต็ปขณะหยุดนิ่ง ถ้าแรงบิดที่ทำให้สเต็ปป์มอเตอร์มีขนาดมากกว่าโฮลดิ้งทอร์ก จะทำให้มอเตอร์สูญเสียการหมุนแบบสเต็ปกลายเป็นการหมุนแบบต่อเนื่อง โดยปกติขณะทำงานของมอเตอร์จะน้อยกว่าระดับโฮลดิ้ง

ดิเทนซ์ทอร์ก (Detent Torque) ซึ่งเป็นสเต็ปป์มอเตอร์แบบไฮบริดจ์ และแบบแม่เหล็กถาวร จะมีส่วนประกอบของโรเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวรซึ่งจะสร้างแรงบิดมาเบรคการหมุนของมอเตอร์อย่างสม่ำเสมอในขณะที่ไม่มีการป้อนกระแสเข้าขดสเตเตอร์ แรงบิดดังกล่าวนี้เรียกว่า ดิเทนซ์ทอร์ก

ไดนามิกทอร์ก (Dynamic or working torque) คือ แรงบิดขณะทำงานซึ่งอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงได้เนื่องมาจากการปรับเปลี่ยนอัตราเร็วของมอเตอร์ โดยปกติการเปลี่ยนอัตราเร็วของมอเตอร์จะอยู่ในย่านระหว่างเส้นโค้งพูลอิน (Pull-in curve) และเส้นโค้งพูลเอาท์ (Pull-out curve) เพราะถ้าปรับอัตราเร็ว ณ จุดนอกโค้งพูลเอาท์มอเตอร์จะสูญเสียการหมุนแบบเป็นสเต็ปได้หรือเกิดการหมุนแบบต่อเนื่องนั่นเอง

2.7.2 หลักการทำงานของสเต็ปป์มอเตอร์

สเต็ปป์มอเตอร์สามารถแบ่งโครงสร้างทางกายภาพออกได้เป็น 2 ส่วน คือ สเตเตอร์ (Stator) และ โรเตอร์ (Rotor) ตัวสเตเตอร์เป็นส่วนที่อยู่กับที่ ประกอบด้วยขดลวดทองแดงซึ่งพันอยู่รอบแกนเหล็ก เพื่อสร้างสนามแม่เหล็กเมื่อมีการจ่ายกระแสผ่านขดลวด ส่วนโรเตอร์เป็นส่วนของเคลื่อนที่ มีลักษณะเป็นแท่งเหล็กทรงกลม และมีการนำไฟฟ้ารอบนอกมีลักษณะเป็นซี่ฟันซึ่งทำจากแม่เหล็กถาวร และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อยังไม่มีกระแสไหลผ่านขดลวดของมอเตอร์ซิงโครไนซ์ได้อันหนึ่งของโรเตอร์จะอยู่ในตำแหน่งที่ตรงกับซิงโครไนซ์ได้อันหนึ่งของสเตเตอร์ ทั้งนี้เป็นเพราะแม่เหล็กถาวรที่ตัวของโรเตอร์พยายามที่จะทำให้ค่าความต้านทานทางแม่เหล็กไฟฟ้า(Reluctance) มีค่าน้อยที่สุด ซึ่ง ณ ที่จุดที่ซิงโครไนซ์ของตัวโรเตอร์ และสเตเตอร์ตรงกันนั้นมีความต้านทานทางแม่เหล็กไฟฟ้าน้อยที่สุดทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กไฟฟ้ามากที่สุด เส้นแรงแม่เหล็กไฟฟ้าจะทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กเหนือ และได้ขึ้นมา 2 คู่ ทั้งที่ตัวสเตเตอร์ และตัวโรเตอร์ ค่าทอร์ก(Torque) ที่ทำให้ตัวโรเตอร์ยึดอยู่ในตำแหน่งดังกล่าวนี้เรียกว่า ดีเท็นท์ทอร์ก(Detent Torque) (หมายความว่า การที่จะทำให้มอเตอร์เคลื่อนที่ในขณะที่ไม่ได้จ่ายกระแสให้กับขดลวดของมอเตอร์จะต้องออกแรงมากกว่าค่าของดีเท็นท์ทอร์กจึงทำให้โรเตอร์เคลื่อนที่ได้)

เมื่อจ่ายกระแสให้กับขดลวดที่อยู่ในสเตเตอร์คู่ใดคู่หนึ่ง จะทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กเหนือ และใต้ที่ซิงโครไนซ์ของตัวสเตเตอร์ ซึ่งจะดึงดูดซิงโครไนซ์ของตัวโรเตอร์ที่มีขั้วแม่เหล็กที่มีศักย์ต่างกันอยู่ใกล้ที่สุดเข้าไป ตำแหน่งนี้เรียกว่า สเตเบิลโพสิชัน(Stable position) ของ โรเตอร์จะมีจำนวนตำแหน่งเท่ากับซิงโครไนซ์ของโรเตอร์ และแรงที่จะให้โรเตอร์เปลี่ยนตำแหน่งไปจากตำแหน่งสเตเบิลโพสิชันได้เรียกว่า โฮลดิ้งทอร์ก(Holding torque)

เมื่อสับเปลี่ยนการจ่ายกระแสให้แก่ขดลวด จากขดหนึ่ง ไปยังอีกขดหนึ่ง เนื่องจากขดลวดวางอยู่ในตำแหน่งที่ต่างกัน 90 องศา ก็จะทำให้ตัวสเตเตอร์ดึงดูดซิงโครไนซ์ของตัวโรเตอร์อีกซิงโครไนซ์ที่ใกล้ที่สุดเข้าไป ซึ่งจะทำให้ตัวโรเตอร์เคลื่อนที่ไป 1 สเต็ปหรือ 30 องศา จากนั้นก็เปลี่ยนไปจ่ายกระแสให้กับขดลวดชุดแรกโดยในคราวนี้เปลี่ยนทิศทางกระแสให้ตรงกันข้ามกับครั้งแรก ซึ่งจะทำให้ตัวโรเตอร์เคลื่อนที่ไปอีก 1 สเต็ป(เคลื่อนที่ไป 30 องศา)

2.7.3 โหมดการทำงานของสเต็ปมอเตอร์

ถ้าจะแบ่งโหมดการทำงานของสเต็ปมอเตอร์ ตามอัตราเร็วของสเต็ปจะแบ่งออกได้เป็น 2 โหมด คือ หมุนเป็นสเต็ป(Discrete Stepping Mode) และหมุนเป็นแบบต่อเนื่อง(Slewing Mode)

โดยถ้าการหมุนเป็นแบบสเต็ป และมีเวลาหยุดหนึ่งก่อนที่จะเปลี่ยนเป็นสเต็ปต่อไป ก็จะเรียกการทำงานในโหมดนี้ว่าการหมุนเป็นสเต็ป สำหรับตัวอย่างของเครื่องใช้ที่ทำงานในโหมดนี้คือ เครื่องเจาะบัตร์ การทำงานต่างๆ ก็คือ สเต็ปมอเตอร์จะเป็นตัวส่งแถบกระดาษเข้าไปยังเครื่องปฏักกระดาษเพื่อบันทึกข้อมูลลงในแถบกระดาษซึ่งการหมุนของสเต็ปมอเตอร์ จะหมุนไปแล้วหยุดชั่วขณะเพื่อปฏักกระดาษให้เรียบร้อยก่อน แล้วจึงค่อยหมุนต่อไปยังตำแหน่งเจาะใหม่

ถ้าเพิ่มอัตราเร็วในแต่ละสเต็ปให้เร็วขึ้น และเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ไม่มีการหยุดหนึ่ง จะเรียกกำหนดการทำงานนี้ว่า การหมุนแบบต่อเนื่อง ซึ่งสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบมอเตอร์ กับอัตราเร็วของสเต็ป (f) และจำนวนสเต็ปทั้งหมด (s) ได้ดังสมการ

$$N = 60 \cdot (f/s) \quad (2.6)$$

2.7.4 วงจรขับ(Drive Circuits)

สัญญาณควบคุมที่ใช้สำหรับควบคุมการทำงานของสเต็ปมอเตอร์มักจะเป็นสัญญาณที่สร้างจากวงจรดิจิทัล เช่น จากไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์จำพวก TTL แรงดันที่ใช้มีค่าเท่ากับ 5 โวลต์ และสามารถจ่ายกระแสได้ไม่มาก แต่เนื่องจากการทำงานของสเต็ปมอเตอร์ต้องการแรงดัน และกระแสที่สูงกว่านั้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีวงจรขับ เพื่อทำหน้าที่จ่ายแรงดัน และกระแสที่พอเพียงให้กับสเต็ปมอเตอร์ โดยทั่วไป วงจรไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ออกทางห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้วมักจะสร้างจากไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์ที่นำมาต่อใช้งานเป็นสวิตช์ปิด/เปิด ให้กระแสไหลผ่านไปยังขดลวดในทิศทางเดียวเราเรียกวงจรขับแบบนี้ว่า ยูนิโพลาร์ การจ่ายกระแสเพียงทิศทางเดียว แต่ถ้าใช้สเต็ปป์มอเตอร์แบบไฮบริดจ์หรือแบบแม่เหล็กถาวร ซึ่งมักจะมีสองเฟส จะต้องใช้วงจรถับที่สามารถจ่ายกระแสได้สองทิศทางเรียกวงจรขับแบบนี้ว่า ไบโพลาร์ ซึ่งประกอบด้วย ทรานซิสเตอร์หลายตัวต่อเป็นวงจรถับแบบบริดจ์

2.7.4.1 วงจรถับแบบยูนิโพลาร์(Unipolar Drive Circuit)

วงจรถับพื้นฐานที่เหมาะสมสำหรับสเต็ปป์มอเตอร์แบบวาริเอเบิลรีล็กแคนซ์ ขดลวดแต่ละเฟสจะถูกกระตุ้นโดยวงจรถับแต่ละชุด ซึ่งวงจรถับแต่ละชุดก็จะได้รับสัญญาณควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์

กระแสจะไหลผ่านขดลวดแต่ละเฟสเมื่อสวิตช์ซึ่งทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะอิ่มตัว เนื่องจากกระแสที่ไบอัสทางด้านเบส ในสภาวะเช่นนี้แรงดันคิธีจากแหล่งจ่ายไฟจะไหลผ่านตัวต้านทานผ่านขดลวดของสเต็ปป์มอเตอร์ และไหลผ่านทรานซิสเตอร์ เนื่องจากแรงดันตกคร่อมทรานซิสเตอร์ในสภาวะอิ่มตัวมีค่าน้อย (ประมาณ 0.1 โวลต์) แรงดันจากแหล่งจ่ายไฟทั้งหมดจะทำให้เกิดกระแสไหลผ่านขดลวดโดยมีความสัมพันธ์กับผลรวมของความต้านของขดลวด (r) และความต้านทานตัวต้านทาน (R) ดังนี้

$$V_s = i \cdot (r+R) \quad (2.7)$$

ตามปกติขดลวดของสเต็ปป์มอเตอร์จะแสดงคุณสมบัติของตัวเหนี่ยวนำ(L) ซึ่งทำให้การตอบสนองต่อกระแสที่ไหลผ่านตัวมันช้า ส่งผลต่อการทำงานของมอเตอร์ที่ความเร็วสูง การใส่ตัวต้านทานอนุกรมเข้าไว้กับขดลวดจะช่วยแก้ปัญหานี้ได้

ความเหนี่ยวนำของขดลวดยังทำให้กระแสไม่หยุดไหลทันทีทันใดที่ทรานซิสเตอร์อยู่ในสถานะปิด ทำให้เกิดแรงดันเหนี่ยวนำตกคร่อมคอลเล็คเตอร์ และอิมิตเตอร์ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้วงจรถับเสียหาย ปัญหานี้แก้ไขได้โดยการต่อฟรียูวี่ลิ่ง ไดโอด(Freewheeling Diode) และฟรียูวี่ลิ่งรีซิสเตอร์(Freewheeling Resistance) เพื่อเป็นทางผ่านของกระแสแทน

2.7.4.2 วงจรถับแบบไบโพลาร์ (Bipolar Drive Circuit)

วงจรถับชนิดนี้จะต่อทรานซิสเตอร์เป็นแบบบริดจ์ วงจรถับชนิดหนึ่งชุดจะขับมอเตอร์ได้หนึ่งเฟสเหมาะที่จะใช้กับสเต็ปป์มอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรหรือแบบไฮบริดจ์

2.7.5 การกระตุ้น และควบคุมการหมุนของสเต็ปป์มอเตอร์

การกระตุ้น และควบคุมการหมุนของมอเตอร์ให้เคลื่อนที่ไปแต่ละสเต็ป ทำได้โดยจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังขดลวดแต่ละขดบนสเตเตอร์ ซึ่งต้องป้อนเป็นแบบซีควเอนเชียลในรูปแบบที่ถูกต้องแบ่งได้เป็น 3 รูปแบบ คือแบบเวฟ(Wave), แบบ 2 เฟส และแบบครึ่งสเต็ป(Half Step) ทั้ง 3 แบบต่างก็มีข้อดี และข้อเสียแตกต่างกันออกไป

แบบเวฟเป็นการกระตุ้นที่ง่ายที่สุด โดยทำการกระตุ้นขดลวดทีละขดในเวลาหนึ่ง และเรียงถัดกันไป ดังเช่นขดที่ 1, 2, 3, 4, 1 หรือ 1, 4, 3, 2, 1 ขึ้นอยู่กับทิศทางที่ต้องการให้หมุน ดังนั้นจึงมีขดลวดเพียงขั้วเดียวในเวลาที่ถูกกระตุ้นเท่านั้น วงจรถับแบบเวฟจึงมีราคาถูกและง่าย ขั้นตอนการทำงานต่างๆ แสดงดังในตารางที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 แสดงขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟสแบบเวฟ

สเต็ปที่	เฟสที่ 1	เฟสที่ 2	เฟสที่ 3	เฟสที่ 4
1	ทำงาน	-	-	-
2	-	ทำงาน	-	-
3	-	-	ทำงาน	-
4	-	-	-	ทำงาน

แบบ 2 เฟสเป็นการกระตุ้นอีกรูปแบบหนึ่งซึ่งคล้ายกับแบบเวฟแต่การกระตุ้นแบบนี้จะทำกร โดยจ่ายกำลังไฟฟ้าไปที่ขดลวด 2 ขด ที่อยู่ใกล้กันในเวลาเดียวกัน และเรียงถัดกัน ไปเช่นเดียวกับการเวฟคือ ขดลวดที่ถูกกระตุ้น 12, 23, 34, 41, 12 หรือ 14, 43, 32, 21, 14 ขึ้นอยู่กับทิศทางการหมุน การเพิ่มจำนวนของขดลวดที่ถูกกระตุ้นนี้ทำให้เพิ่มแรงบิด ได้มากกว่าแบบเวฟ โรเตอร์จะเคลื่อนที่ได้ด้วยแรงดึงแบบเต็มแรง จาก 2 ขดลวดที่ถูกกระตุ้นพร้อมกัน และต่อไปด้วยแรงดึงจากอีก 2 ขดลวดถัดไป สำหรับข้อเสียคือ การกระตุ้นแบบนี้ต้องใช้แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ามกขึ้น ขั้นตอนการทำงานต่างๆ แสดงดังในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟสแบบ 2 เฟส

สเต็ปที่	เฟสที่ 1	เฟสที่ 2	เฟสที่ 3	เฟสที่ 4
1	ทำงาน	ทำงาน	-	-
2	-	ทำงาน	ทำงาน	-
3	-	-	ทำงาน	ทำงาน
4	ทำงาน	-	-	ทำงาน

แบบครึ่งสเต็ปเป็นรูปแบบที่เกิดจากการผสมผสานระหว่างการกระตุ้นแบบเวฟ และแบบ 2 เฟส เพื่อเพิ่มจำนวนสเต็ปต่อรอบอีกเท่าตัวหนึ่ง ในระบบนี้จะทำการกระตุ้นขดลวดเรียงกัน ไปเป็นลำดับนี้ ขดลวดที่ถูกกระตุ้น 1, 12, 2, 23, 3, 34, 4, 41, 1 หรือในการหมุนอีกทิศทางหนึ่งจะได้เป็น 1, 14, 4, 43, 3, 32, 2, 21, 1 แรงบิดที่ได้จากการกระตุ้นแบบนี้จะเพิ่มมากขึ้นอีก เพราะช่วงสเต็ปมีระยะสั้นลง และแต่ละสเต็ปเกิดแรงดึงจากขดลวด 2 ขดที่ถูกกระตุ้นพร้อมกัน ความถูกต้องของตำแหน่งมีเพิ่มมากขึ้นแต่ต้องพึงระวังไว้อีกประการหนึ่งว่าเมื่อถูกกระตุ้นให้ทำงานในรูปแบบนี้จะต้องทำการหมุนถึง 2 สเต็ปจึงจะได้เท่ากับ 2 แบบแรก สำหรับแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าต้องใช้เทียบเท่ากับแบบ 2 เฟสจึงจะเพียงพอขั้นตอนการทำงานต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 แสดงขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟสแบบครึ่งสเต็ป

สเต็ปที่	เฟสที่ 1	เฟสที่ 2	เฟสที่ 3	เฟสที่ 4
1	ทำงาน	-	-	-
2	ทำงาน	ทำงาน	-	-
3	-	ทำงาน	-	-
4	-	ทำงาน	ทำงาน	-
5	-	-	ทำงาน	-
6	-	-	ทำงาน	ทำงาน
7	-	-	-	ทำงาน
8	ทำงาน	-	-	ทำงาน

2.7.6 การทำงานของวงจรควบคุมสเต็ปปีงมอเตอร์

การทำงานของวงจรไดรว์ เริ่มจากพอร์ตพรีนเตอร์ ของคอมพิวเตอร์ส่งผ่านตามสายสัญญาณมาที่วงจรไดรว์ เข้ามาทางขาเบสของทรานซิสเตอร์ TIP41 ซึ่งทรานซิสเตอร์ตัวนี้ทำหน้าที่เสมือนเป็นสวิตช์ตัดต่อ เมื่อมีสัญญาณมาเข้าที่ขาเบสแล้ว จะทำให้ทรานซิสเตอร์อิมิตตัว กระแสไฟฟ้าที่มากอยู่อยู่ที่ขาคอลเลกเตอร์จึงสามารถไหลไปหาอิมิตเตอร์โดยผ่านขดลวด 1 ขดภายในสเต็ปปีงมอเตอร์แล้วลงกราวนด์ได้

การกระตุ้นการทำงานของสเต็ปปีงมอเตอร์จะต้องเป็นไปตามลำดับ(Sequence) ทั้งในทิศทางตามเข็มนาฬิกา และทวนเข็มนาฬิกา ซึ่งจะใช้โปรแกรม Visual Basic เขียนโปรแกรมติดต่อกับ port printer โดยใช้ address port 378H เป็น port เอาท์พุท ซึ่งมีบิตทั้งหมด 8 บิต เราจึงนำสัญญาณจากแต่ละบิตมาเป็นสัญญาณป้อนเข้าขาเบสของทรานซิสเตอร์ TIP41 ที่ต่อกับขดลวดแต่ละขดของสเต็ปปีงมอเตอร์ทั้ง 2 ตัว(ทั้งแกน X และ Y) และการต่อจะต้องทำตามลำดับการทำงานของขดลวดที่ถูกต้อง มิเช่นนั้นมอเตอร์จะหมุนไม่เป็นลำดับ ถ้าเป็นสเต็ปปีงมอเตอร์แบบ 6 สาย จะมีสายไฟขดลวด 4 เส้น และ Center tap 2 เส้น ส่วนในวงจรนี้จะใช้ Center tap ต่อลงกราวนด์ ส่วนอีก 4 เส้น จะต่อเข้ากับขาคอลเลกเตอร์ของทรานซิสเตอร์ TIP41 ของแต่ละขด โดยสเต็ปปีงมอเตอร์ 1 ตัวจะต้องใช้ชุดของทรานซิสเตอร์ไดรว์ 4 ชุด

2.8 ทฤษฎีเกี่ยวกับ PORT PRINTER

2.8.1 พอร์ตขนาน

พอร์ตขนานหรือพอร์ตเครื่องพิมพ์ของคอมพิวเตอร์มีขั้วต่อเป็นคอนเนกเตอร์แบบ D ขนาด 25 ขา (DB-25) มีหน้าที่การทำงานแสดงในตารางที่ 2.6 ภายในพอร์ตขนานประกอบด้วยรีจิสเตอร์พื้นฐานที่ใช้ในการรับ และส่งข้อมูล 3 ตัว คือ รีจิสเตอร์ DATA, STATUS และ CONTROL โดยแอดเดรสของรีจิสเตอร์ทั้งสามนี้จะมีตำแหน่งไล่เรียงกันไปตามลำดับขึ้นอยู่กับแอดเดรสของพอร์ตขนานเช่น ที่พอร์ตขนาน LPT1 แอดเดรสของรีจิสเตอร์ DATA อยู่ที่ &H378(&H เป็นตัวอักษรที่แสดงว่าข้อมูลนี้เป็นข้อมูลเลขฐาน 16) ในขณะที่แอดเดรสของรีจิสเตอร์ STATUS จะอยู่ที่ &H379 และแอดเดรสของรีจิสเตอร์ CONTROL จะอยู่ที่ &H37A โดยความสัมพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ระหว่างแอดเดรสพอร์ตขนานกับแอดเดรสของรีจิสเตอร์พื้นฐานทั้งสามตัว
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 2.6 สามารถแบ่งคุณสมบัติของพอร์ตขนานได้ 2 รูปแบบคือ พอร์ตที่ทำหน้าที่เป็นเอาต์พุต และพอร์ตที่ทำหน้าที่เป็นอินพุต ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.5 หน้าที่และการทำงานของขาต่างๆ ของพอร์ตขนาน

ขา	หน้าที่	พอร์ต		ทิศทาง
		ชื่อ	บิต	
1	Strobe	Control	C0	เอาต์พุต
2	Data บิต 0	Data	D0	เอาต์พุต
3	Data บิต 1	Data	D1	เอาต์พุต
4	Data บิต 2	Data	D2	เอาต์พุต
5	Data บิต 3	Data	D3	เอาต์พุต
6	Data บิต 4	Data	D4	เอาต์พุต
7	Data บิต 5	Data	D5	เอาต์พุต
8	Data บิต 6	Data	D6	เอาต์พุต
9	Data บิต 7	Data	D7	เอาต์พุต
10	Acknowledge	Status	S6	อินพุต
11	Busy	Status	S7	อินพุต
12	Out of paper	Status	S5	อินพุต
13	Select	Status	S4	อินพุต
14	Line Feed	Control	C1	เอาต์พุต
15	Error	Status	S3	อินพุต
16	Initial	Control	C2	เอาต์พุต
17	Select In	Control	C3	เอาต์พุต
18-25	Ground			

ตารางที่ 2.6 แสดงแอดเดรสของรีจิสเตอร์ของพอร์ตขนาน

พอร์ตขนาน	แอดเดรสของ		
	DATA	STATUS	CONTROL
LPT1	&H378	&H379	&H37A
LPT2	&H3BC	&H3BD	&H3BE
LPT3	&H278	&H279	&H37A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบ / การดำเนินงาน

3.1 การวางแผนการดำเนินงาน

3.1.1 ลำดับขั้นตอนในการดำเนินงาน

1. การศึกษารายละเอียดเบื้องต้นของโครงการ
2. วางแผนการทำงาน
3. ศึกษาหาข้อมูล
4. การออกแบบด้านฮาร์ดแวร์
5. การออกแบบด้านซอฟต์แวร์
6. การจัดหาวัสดุที่จะนำมาใช้ในการทำโครงการ
7. การดำเนินการด้านฮาร์ดแวร์
8. การดำเนินการด้านซอฟต์แวร์
9. การดำเนินการด้านวงจรควบคุมการทำงาน

3.2 แผนการทำงานและสร้างเครื่องกลิ้งซีเอ็นซีขนาดเล็ก

แผนการทำงานที่จะนำมาใช้กับการสร้างเครื่องกลิ้งซีเอ็นซีขนาดเล็ก แบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ ด้านฮาร์ดแวร์ ด้านซอฟต์แวร์ และด้านวัสดุอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้ในการสร้างเครื่องกลิ้งซีเอ็นซีขนาดเล็ก โดยที่ในส่วนของฮาร์ดแวร์จะรวมไปถึงการต่อวงจรควบคุมการทำงาน และการอินเตอร์เฟสด้วย เพื่อให้สะดวกในการทำงาน ได้มีการวางแผนการทำงานเป็นแผนภูมิ เพื่อถ่ายทอดความเข้าใจ

ด้านฮาร์ดแวร์ แบ่งการทำงานออกเป็น การศึกษา การออกแบบ การปรับปรุงและคัดเลือกลักษณะการเชื่อมต่ออุปกรณ์ และการสร้างเครื่องกลิ้ง รวมไปถึงการศึกษาและทำความเข้าใจในการต่อวงจรควบคุม และวงจรอินเตอร์เฟส

ด้านซอฟต์แวร์ แบ่งการทำงานออกเป็น การศึกษา การออกแบบ การสร้างรูปแบบของโปรแกรม การตรวจสอบการทำงานของโปรแกรม การทดลองโปรแกรมกับเครื่องกลิ้งซีเอ็นซีขนาดเล็ก

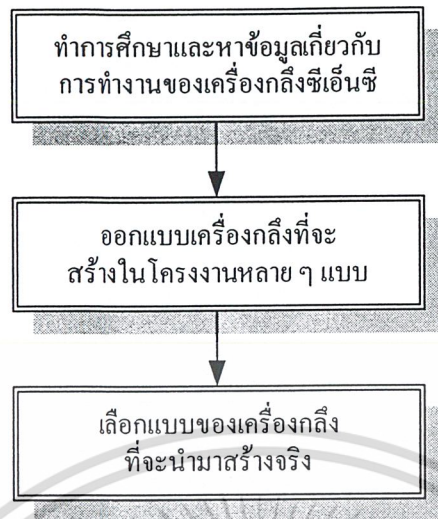
ด้านวัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องกลิ้งซีเอ็นซี แบ่งการทำงานออกเป็น การศึกษา การจัดซื้อ และการนำอุปกรณ์ที่ได้มาไปสร้างเครื่องกลิ้ง

ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินการ การศึกษาการสร้างเครื่องกลิ้งซีเอ็นซี

Task Name	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr
เครื่องกลิ้งซีเอ็นซี	[Gantt bar from May to Mar]											
1. ฮาร์ดแวร์	[Gantt bar from May to Dec]											
- ศึกษา	[Bar]											
- ออกแบบ	[Bar]											
- เขียนแบบ	[Bar]											
- เลือกอุปกรณ์ที่ใช้	[Bar]											
- ซื้ออุปกรณ์	[Bar]											
- ประกอบ	[Bar]											
2. ซอฟต์แวร์	[Gantt bar from May to Mar]											
- ศึกษา	[Bar]											
- กำหนดรูปแบบที่ต้องการ	[Bar]											
- วิเคราะห์	[Bar]											
- เขียนโปรแกรม	[Bar]											
- ตรวจสอบโปรแกรม	[Bar]											
- ทดลอง	[Bar]											
- โปรแกรมสมบูรณ์	[Bar]											
3. อุปกรณ์	[Gantt bar from May to Dec]											
- ศึกษา	[Bar]											
- ซื้ออุปกรณ์	[Bar]											
- นำอุปกรณ์มาประกอบ	[Bar]											
4. รายงาน	[Gantt bar from May to Mar]											
- หาข้อมูล	[Bar]											
- พิมพ์	[Bar]											
- รายงานสมบูรณ์	[Bar]											

3.3 การออกแบบด้าน Hardware

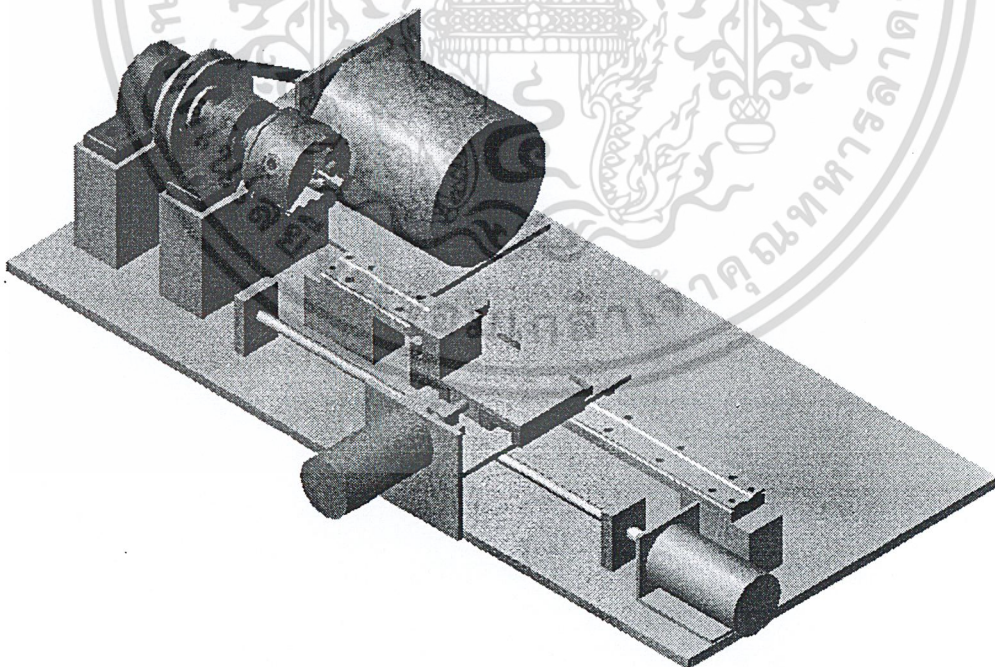
เอกสารนี้เป็นทำการออกแบบเครื่องกลิ้งซีเอ็นซีขนาดเล็กให้มีอุปกรณ์หลัก ๆ เท่าที่จำเป็น คือ มีเฉพาะส่วนที่เป็นหัว การค้าไม่จำเป็นต้องงาน และระบบขับเคลื่อน โดยมีขั้นตอนในการออกแบบ ดังนี้



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการออกแบบฮาร์ดแวร์

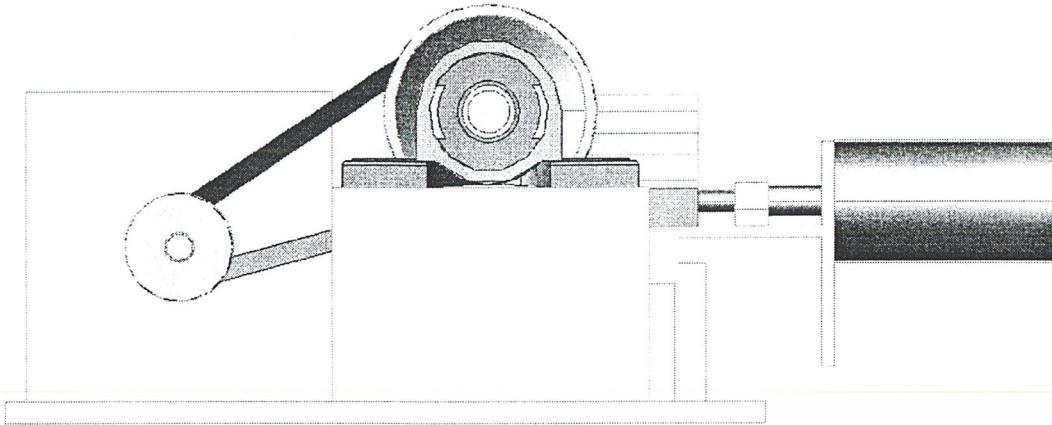
3.3.1 การออกแบบโครงสร้างหลัก

โครงสร้างหลักของเครื่องกลึงได้ออกแบบมาเพื่อใช้สำหรับวาง รางเลื่อนในแนวแกน X และ Z ชุดควบคุมการเคลื่อนที่แกน X และ Z หัวจับชิ้นงาน และ มอเตอร์หัวจับชิ้นงาน โดยได้ออกแบบดังนี้

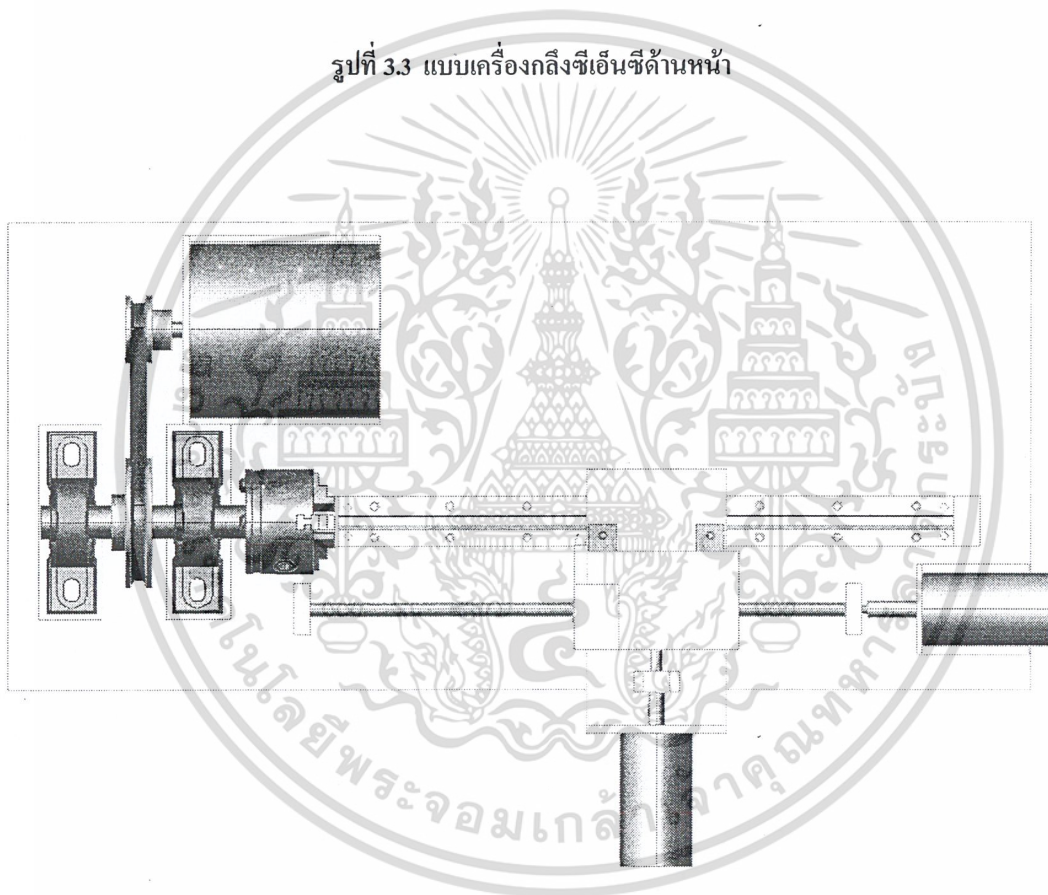


รูปที่ 3.2 แบบเครื่องกลึงซีเอ็นซี ส่วนโครงสร้างหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

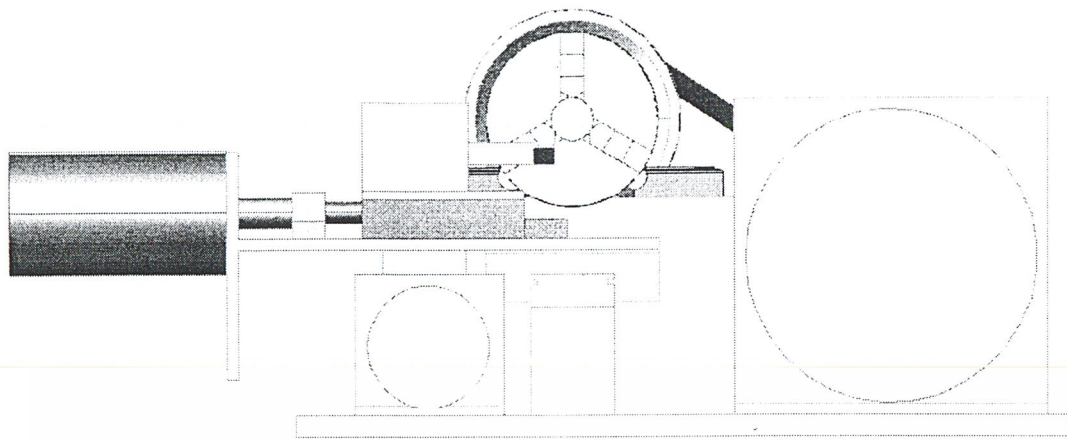


รูปที่ 3.3 แบบเครื่องกลึงซีเอ็นซีด้านหน้า



รูปที่ 3.4 แบบเครื่องกลึงซีเอ็นซีด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แบบเครื่องกลึงซีเอ็นซีด้านหลัง

3.4 ขั้นตอนการดำเนินงานส่วนโปรแกรม

3.4.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาระบบการทำงานของเครื่องกลึงซีเอ็นซี
2. ศึกษาโปรแกรมที่ใช้ในการสร้าง โปรแกรมควบคุมเครื่องกลึงซีเอ็นซี
3. ออกแบบโปรแกรมควบคุมเครื่องกลึงซีเอ็นซี
4. ทดลองการทำงานของ โปรแกรม

3.4.2 ศึกษาระบบการทำงานของเครื่องกลึงซีเอ็นซี

ในส่วนของการศึกษาระบบการทำงานของเครื่องกลึงซีเอ็นซี ได้มีการดำเนินงานขั้นตอนนี้ในช่วงเริ่มแรกของการทำงาน

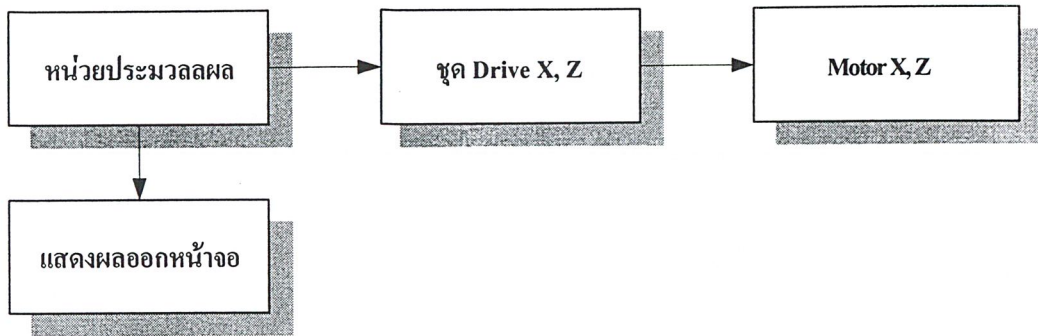
3.4.3 ศึกษาโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างโปรแกรมควบคุมเครื่องกลึงซีเอ็นซี

โปรแกรมที่นำมาใช้ในการสร้างโปรแกรมควบคุมเครื่องกลึงซีเอ็นซีนี้ ได้ใช้โปรแกรม Visual Basic 6.0 โดยโปรแกรมจะทำการควบคุมมอเตอร์แกน X แกน Y และมอเตอร์หัวจับชิ้นงาน ให้เครื่องกลึงซีเอ็นซีทำการกลึงชิ้นงานให้ ได้ตามที่ต้องการ

3.4.4 การออกแบบโปรแกรมควบคุมเครื่องกลึงซีเอ็นซี

จากการศึกษาระบบการทำงาน และอุปกรณ์ที่จำเป็นในการควบคุมเครื่องกลึงซีเอ็นซี ทำให้ทราบความต้องการในขั้นต้นของการกลึงชิ้นงาน ซึ่งทำให้มีความเข้าใจ และง่ายต่อการเขียน โปรแกรมมากยิ่งขึ้น จากนั้นเริ่มมาลงรายละเอียดของโปรแกรมในส่วนของการทำงานหลัก ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

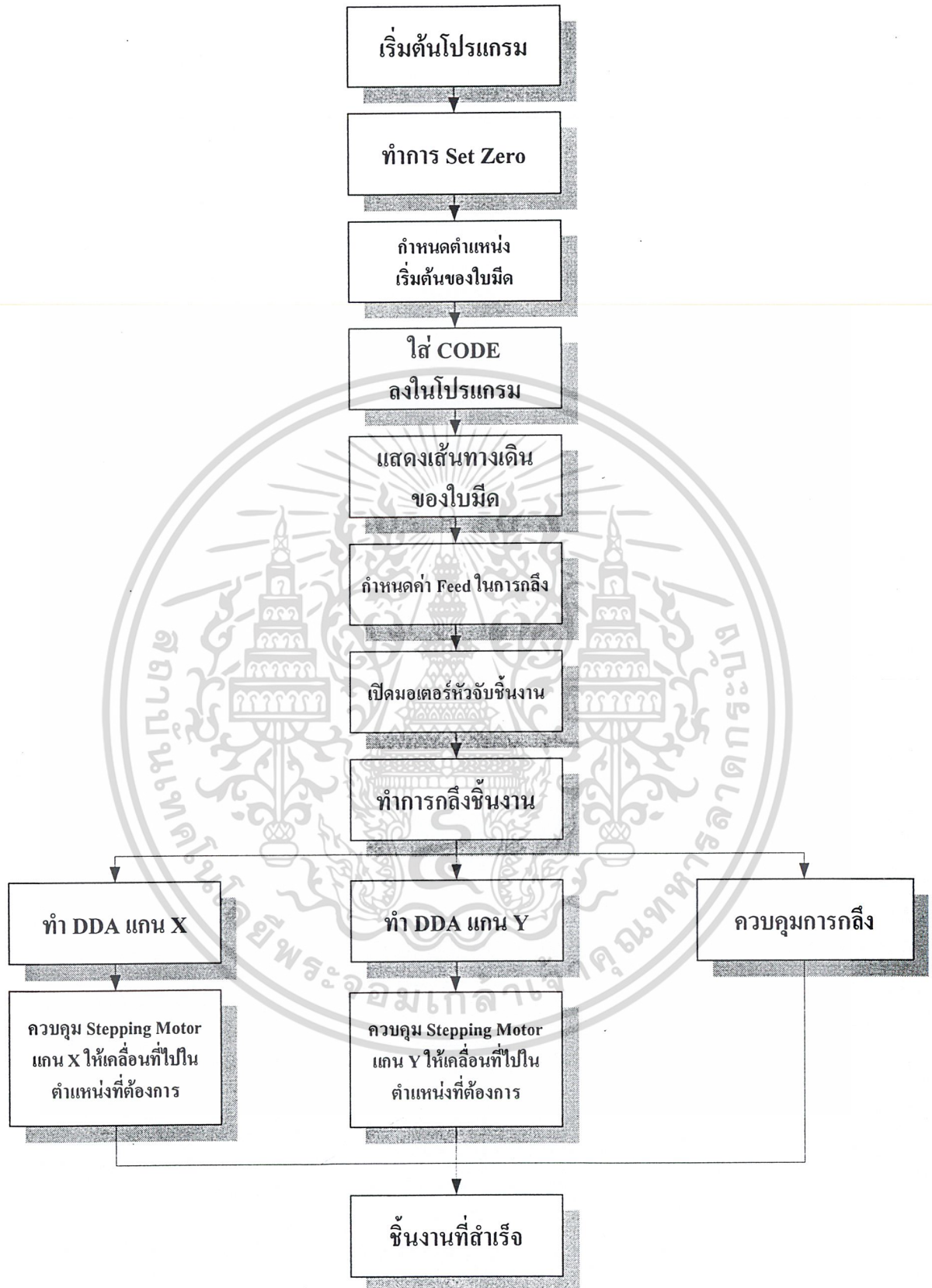


รูปที่ 3.6 หลักการทำงานโดยรวม

ในการดำเนินการสร้างโปรแกรม ได้กำหนดให้มีการแสดงผลที่หน้าจอเป็นภาพการเดินของใบมีด มี ส่วนแสดงรายละเอียดของเพิ่มข้อมูล และแสดงสถานะ การทำงานในขณะที่เครื่องทำงาน

3.4.5 การทำงานของโปรแกรมควบคุมเครื่องกลึงซีเอ็นซี

หลักการทำงานของโปรแกรม เริ่มต้นหาจุดอ้างอิง (พิกัด (0,0)) ของเครื่องกลึงซีเอ็นซี โดยเลือกปุ่ม Set Zero กำหนดค่าพิกัด โดยการเคลื่อนที่แบบ Manual ให้ได้จุดพิกัด (0,0) ที่ต้องการ เมื่อได้ตำแหน่งที่ต้องการ เลือกปุ่มกำหนดจุด(0,0) เมื่อทำการ Set Zero เรียบร้อยสมบูรณ์ ทำการป้อน G-Code ปรับค่า Feed และเปิดมอเตอร์หัวจับชิ้นงาน ให้หมุน ขั้นตอนสุดท้ายเลือกปุ่มทำการกลึงชิ้นงาน เครื่องกลึงจะทำการกลึงชิ้นงานจนได้ ชิ้นงานที่สมบูรณ์ตามต้องการ



รูปที่ 3.7 หลักการทำงานของโปรแกรมควบคุมเครื่องกลึงซีเอ็นซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

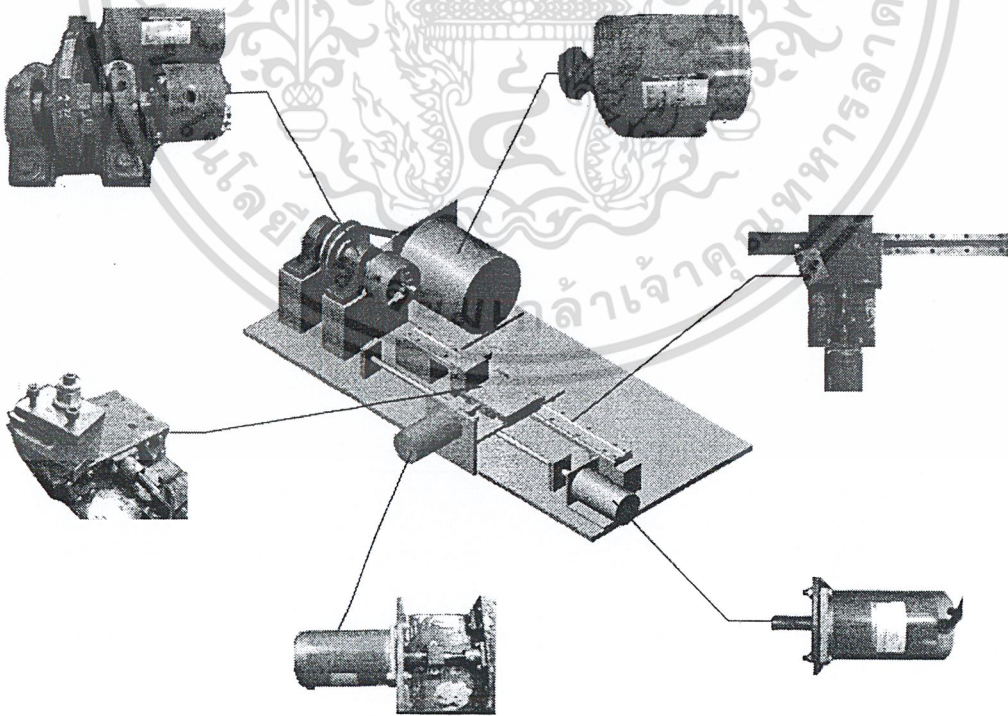
4.1 ผลการดำเนินงานด้าน Hardware

การดำเนินงานด้าน Hardware นั้น ได้แก่ การศึกษาการสร้างเครื่องกลึงซีเอ็นซีขนาดเล็กขึ้นมาใช้งาน โดยในส่วนของโครงสร้างหลักของเครื่องกลึงซีเอ็นซีขนาดเล็กได้ออกแบบไว้ตามความเหมาะสม

4.1.1 โครงสร้างหลักของเครื่องกลึงซีเอ็นซีขนาดเล็ก

เครื่องกลึงซีเอ็นซีขนาดเล็กมีรายละเอียดดังนี้

- ฐานมีขนาดกว้าง x ยาว เท่ากับ 360 x 800 มิลลิเมตร เป็นส่วนรองรับหัวจับชิ้นงาน รางเลื่อน ชุดควบคุมการเคลื่อนที่ มอเตอร์หัวจับชิ้นงาน โดยประกอบขึ้นจากวัสดุที่เป็นเหล็กทั้งหมด
- หัวจับชิ้นงานเป็นแบบ 3 ฟันจับ
- ชุดรางเลื่อนในแนวแกน X มีระยะเคลื่อนในแนวแกน 116 มิลลิเมตร และแนวแกน Z มีระยะเคลื่อนที่ในแนวแกน 480 มิลลิเมตร
- มู่เล่ 2 ตัว ประกอบด้วย มู่เล่ตัวใหญ่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 มิลลิเมตร และมู่เล่ตัวเล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตร
- มอเตอร์ขับเคลื่อนแกน X และแกน Z
- มอเตอร์ขับของหัวจับชิ้นงาน เป็นแบบ 1/4 แรงม้า ความเร็วรอบ 1450 รอบต่อนาที



รูปที่ 4.1 แสดงส่วนประกอบหลักของเครื่องกลึงซีเอ็นซี

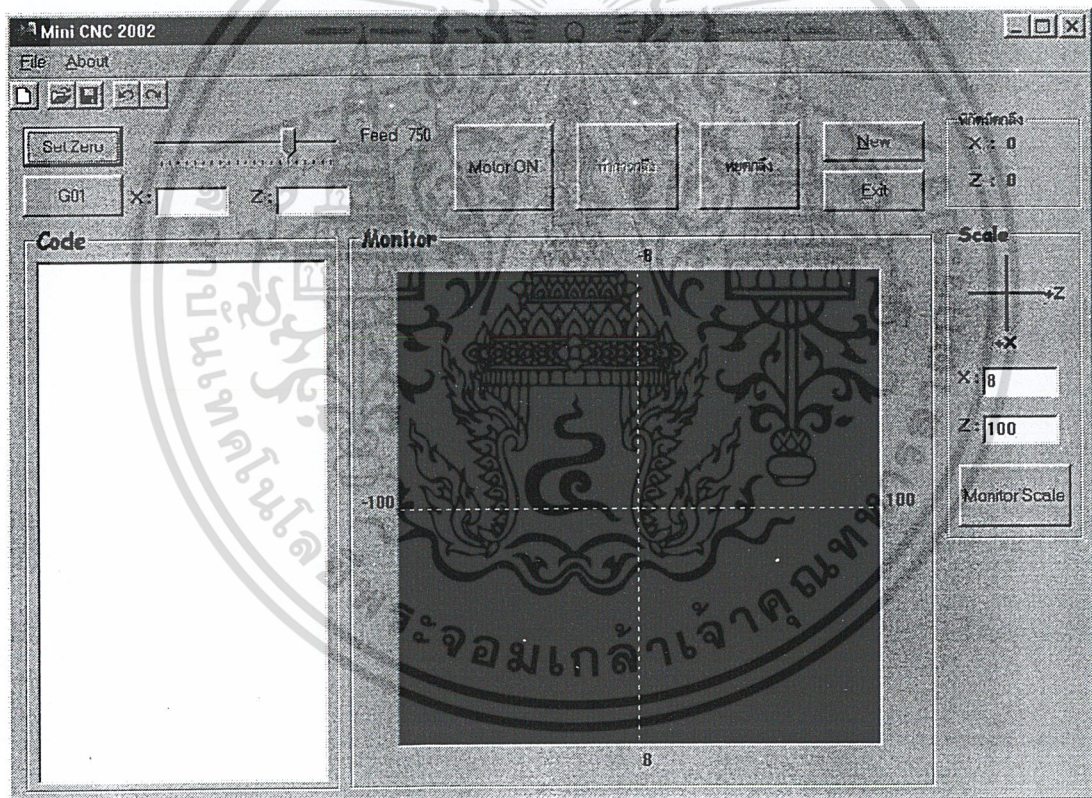
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการดำเนินงานด้าน Software

การดำเนินงานด้าน Software นั้น ได้แก่ การศึกษาการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการควบคุมเครื่องกลึงซีเอ็นซี ซึ่งในการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์นั้น ได้เลือกใช้โปรแกรม Microsoft Visual Basic 6.0 ในส่วนของการสร้างทั้งหมด

4.2.1 รายละเอียดของโปรแกรม

โปรแกรมที่ทำการสร้างขึ้นเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของ Step Motor แกน X และ แกน Z รวมทั้งมอเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมการหมุนของหัวจับชิ้นงานของเครื่องกลึงซีเอ็นซี โดยโปรแกรมมีระบบการเคลื่อนที่แบบสัมบูรณ์ (Absolute traverse measurement) หน่วยการเคลื่อนที่เป็นมิลลิเมตร ซึ่งทำการออกแบบมาให้เข้าใจได้ง่าย และรวมทุกคำสั่งไว้ใน Main Menu มี Toolbar เพื่อความรวดเร็วในการสั่งงาน สามารถทำการเปิด และบันทึก Code ที่ได้ทำการเขียนลงในโปรแกรม การแสดงผลเป็นภาพกราฟฟิกในทุกๆ ขั้นตอนการทำงาน เพื่อให้การทำงานเป็นไปได้อย่างสะดวกและเข้าใจได้ง่ายมากยิ่งขึ้น

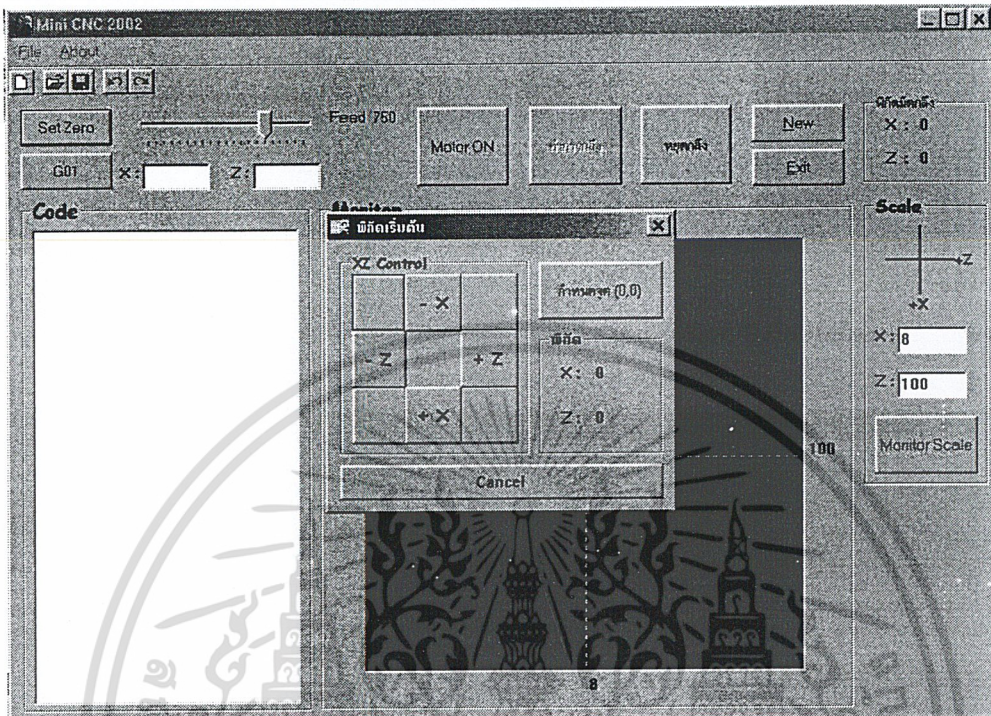


รูปที่ 4.2 โปรแกรมควบคุมเครื่องกลึงซีเอ็นซี

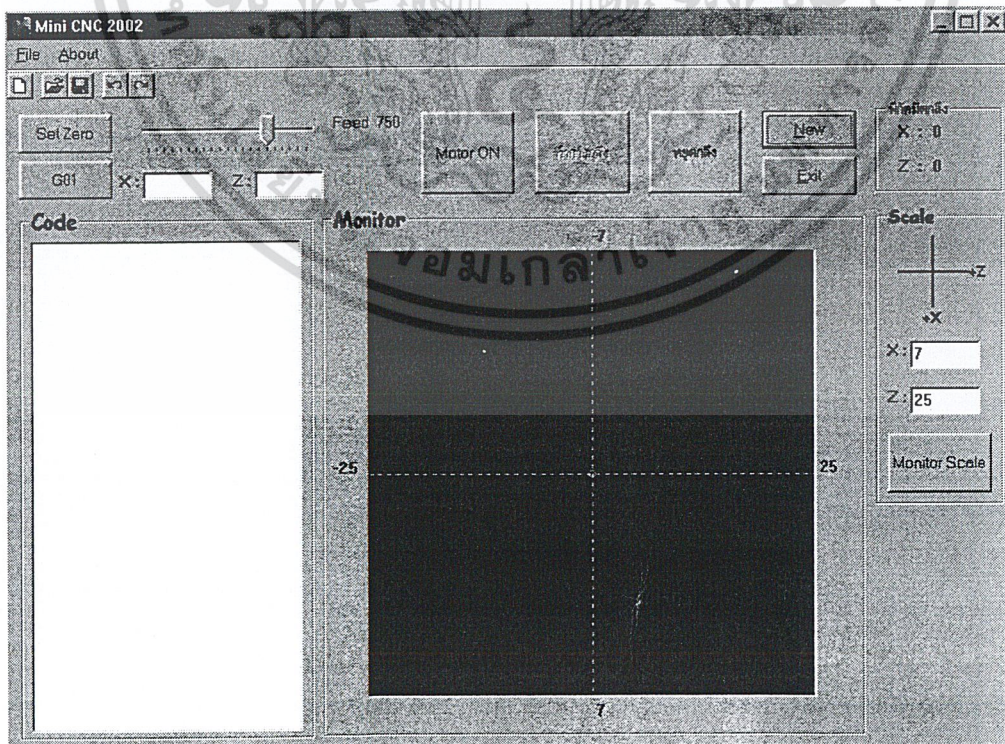
4.2.1.1 การกำหนดตำแหน่งจุดศูนย์ของชิ้นงาน

โปรแกรมควบคุมเครื่องกลึงซีเอ็นซี ที่ทำการสร้างขึ้นสามารถที่จะกำหนดตำแหน่งของจุดศูนย์ของชิ้นงานได้อย่างอิสระ โดยการเลือกปุ่มคำสั่ง Set Zero ซึ่งโปรแกรมจะทำการแสดงหน้าจอของการกำหนดตำแหน่งจุดศูนย์ ทำการหาตำแหน่งโดยใช้การเคลื่อนที่ของแกน X และแกน Z ในช่องพื้นที่ของ XZ Control โดยโปรแกรมจะมีช่องพื้นที่ที่พิกัดซึ่งบอกตำแหน่งของหัวมีดตัดชิ้นงานว่าเคลื่อนที่ไปจากตำแหน่งเดิมเป็นจำนวนเท่าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้ตำแหน่งที่ต้องการแล้วจึงทำการเลือกปุ่ม กำหนดจุด (0,0) หน้าจอจะกลับไป Main Menu และปรากฏจุดสีเขียวขึ้นที่ช่องพื้นที่ Monitor ซึ่งเป็นกรกำหนดจุดศูนย์ที่ขึ้นงานให้กับ โปรแกรมเป็นที่เรียบร้อยแล้ว



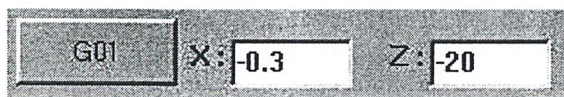
รูปที่ 4.3 โปรแกรมทำการแสดงหน้าจอของการกำหนดตำแหน่งจุดศูนย์



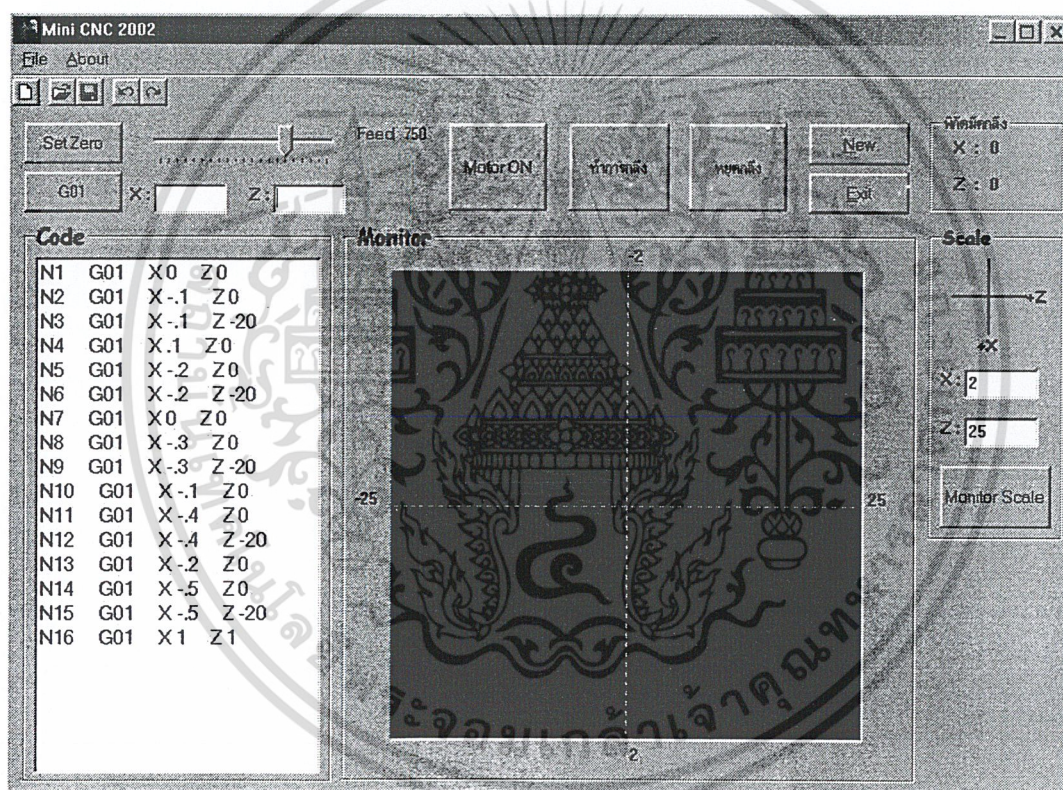
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 4.4 การกำหนดตำแหน่งจุดศูนย์ของชิ้นงานที่สมบูรณ์
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.2 การป้อน Code ลงในโปรแกรม

นำ Code ที่ต้องการทำการกรอกป้อนลงในโปรแกรม โดยป้อนตัวเลขลงในช่องของ X และ Z จากนั้นเลือกปุ่ม G01 ตัวเลขที่ป้อนลงในโปรแกรมจะไปปรากฏที่ช่องพื้นที่ Code และปรากฏภาพกราฟฟิคสีน้ำเงินที่ช่องพื้นที่แสดงผลของ Monitor





รูปที่ 4.5 ทำการป้อน Code ลงในช่องของ X และ Z



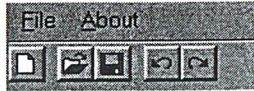
รูปที่ 4.6 แสดง Code และภาพกราฟฟิคในโปรแกรม

4.2.1.3 การเปิด และบันทึก Code

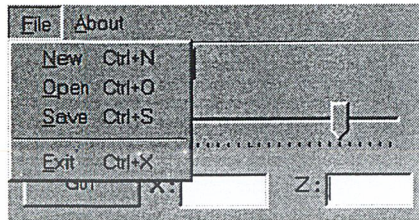
การเปิดเพิ่มข้อมูล Code ในโปรแกรมควบคุมซีเอ็นซี ซึ่งสามารถทำได้โดยใช้คำสั่ง File >Open หรือ Ctrl + O หรือ ใช้ Toolbar ดังรูป  ซึ่งโปรแกรมจะทำการอ่านเพิ่มข้อมูล ในรูปของเพิ่มข้อมูล TXT แล้วทำการแสดง Code และภาพกราฟฟิค

การบันทึกเพิ่มข้อมูล Code ในโปรแกรมควบคุมซีเอ็นซี ซึ่งสามารถทำได้โดยใช้คำสั่ง File >Save หรือ Ctrl + S หรือ ใช้ Toolbar ดังรูป  ซึ่งโปรแกรมจะทำการบันทึกเพิ่มข้อมูล ในรูปของเพิ่มข้อมูล TXT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 Toolbar

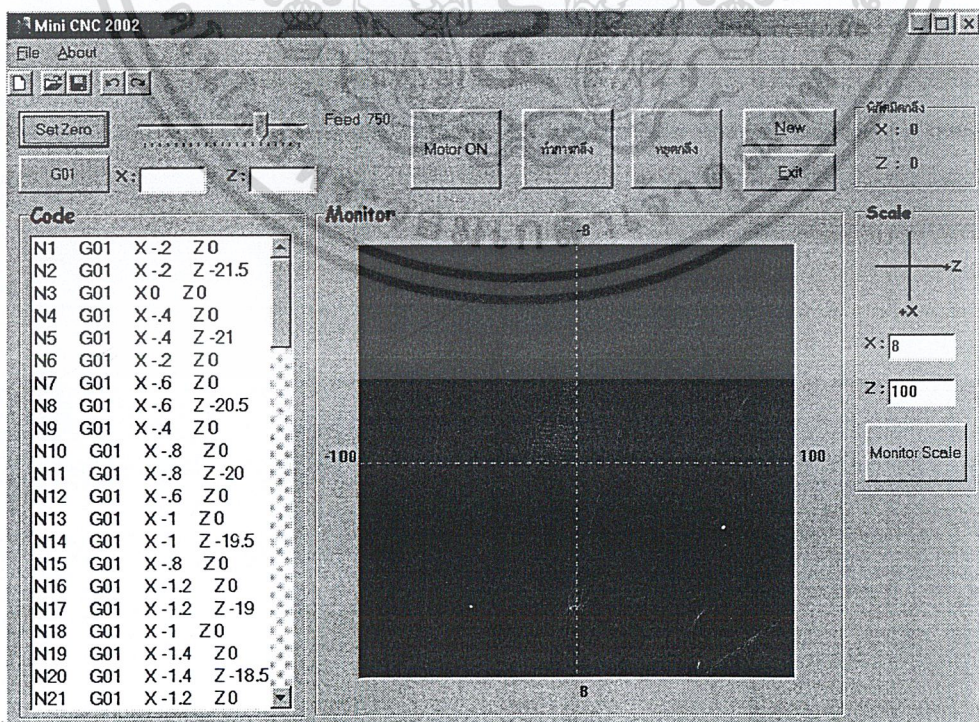


รูปที่ 4.8 การเปิด และบันทึก Code

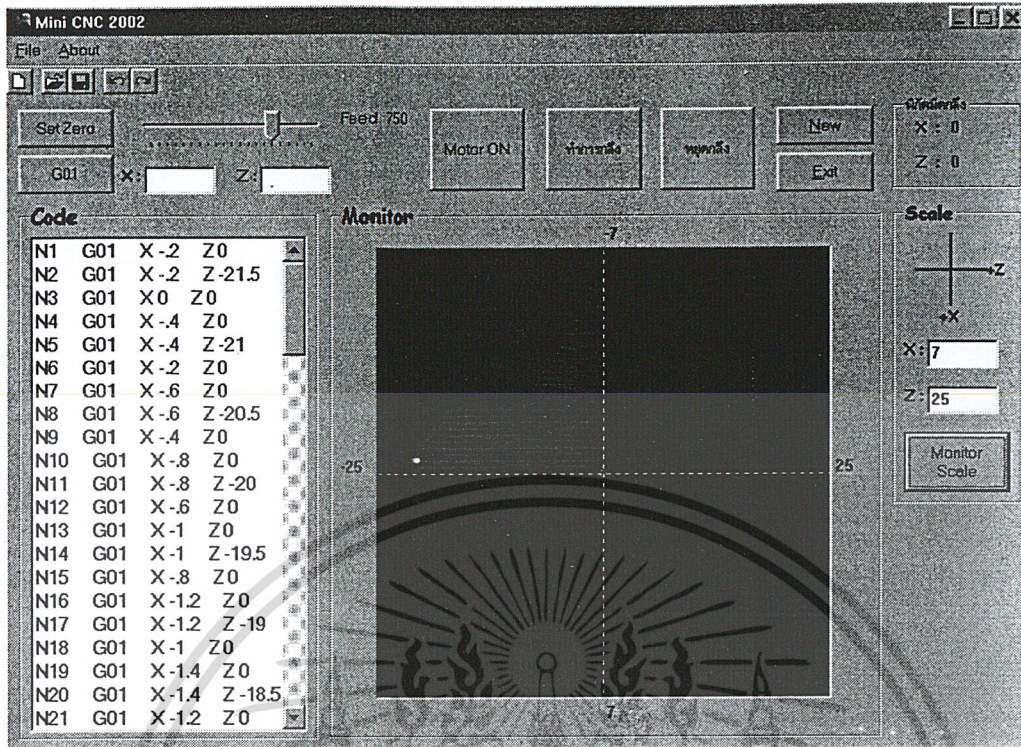
4.2.1.4 การย่อ-ขยาย ขนาดของ Monitor

การย่อ-ขยายขนาดของ Monitor ซึ่งทำการแสดงเส้นทางการเดินของปลายมีดกลึง เป็นการแสดงให้เห็น การเดินของปลายมีดกลึงได้ชัดเจนก่อนทำการกลึง และในขณะที่ทำการกลึงชิ้นงาน เนื่องจากในบางกรณีที่ชิ้นงาน มีขนาดใหญ่เกินกว่าที่กำหนด หรือมีขนาดเล็กจนเกินไป จึงมีความจำเป็นที่ต้องทำการปรับขนาดของการแสดงผล กราฟฟิคให้เหมาะสมกับขนาดของชิ้นงานที่ทำการกลึง

การย่อ-ขยายขนาดของ Monitor ในโปรแกรมควบคุมเครื่องกลึงซีเอ็นซีนั้น ทำได้โดยการกำหนดขนาด ที่ต้องการของพิกัดแกน X และ Z ในช่องพื้นที่ Scale จากนั้นเลือกปุ่มคำสั่ง Monitor Scale หน้าจอของช่องพื้นที่ Monitor จะเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดที่ต้องการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 4.9 แสดงภาพก่อนทำการขยายขนาดของ Monitor
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

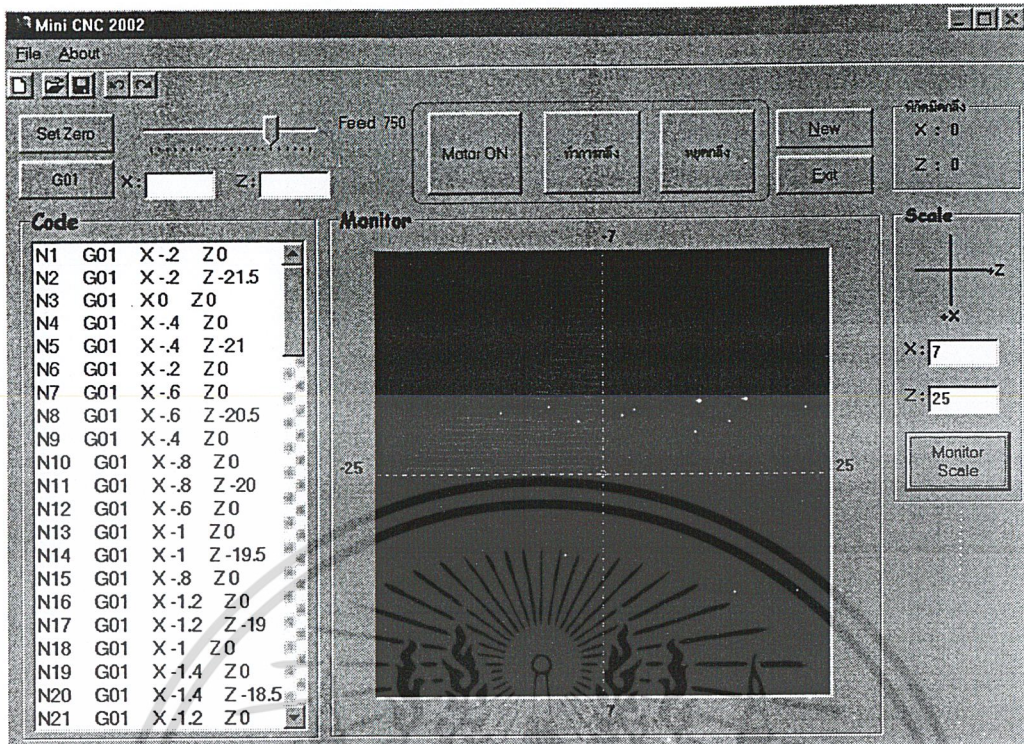


รูปที่ 4.10 แสดงภาพหลังทำการขยายขนาดของ Monitor

4.2.1.5 การดำเนินการกลึงชิ้นงาน

ก่อนทำการกลึงชิ้นงานตรวจสอบความเรียบร้อยของชิ้นงาน และ Code ที่ป้อนลงในโปรแกรมไม่มีข้อผิดพลาดในการเดินของปลายมีดกลึง ทำการเลือกปุ่ม Motor On ซึ่งเป็นการเปิดมอเตอร์ของหัวจับชิ้นงานให้หมุน เมื่อทุกอย่างเรียบร้อย ขั้นตอนสุดท้าย คือ เลือกปุ่มทำการกลึง โปรแกรมจะทำการส่งเครื่องกลึงซีเอ็นซีให้ทำการกลึงชิ้นงานตามที่ได้ป้อน Code ไว้ ซึ่งเครื่องจะทำการกลึงชิ้นงานตาม Code ที่ได้ป้อนไว้ โดยมีการตรวจสอบตำแหน่งทางเดินของปลายมีดกลึง และทำการแสดงผลตำแหน่งการเดินของปลายมีดกลึงเป็นภาพกราฟฟิคสีแดงในช่องพื้นที่ของ Monitor ซึ่งเมื่อเกิดข้อผิดพลาดไม่ว่าเหตุผลใดก็ตาม โปรแกรมสามารถหยุดการทำงานได้ในทันที โดยทำการเลือกปุ่มหยุดกลึง ซึ่งเครื่องจะทำการหยุดกลึงชิ้นงานในทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 แสดงปุ่ม Motor On ปุ่มทำการกลึง และปุ่มหยุดกลึง

4.2.1.6 ผลการดำเนินการทดลองการกลึงชิ้นงาน

วัสดุที่นำมาทำการทดลอง ได้แก่ ไม้ พลาสติก อลูมิเนียม และทองเหลือง มีขั้นตอนการดำเนินการทดลองดังนี้

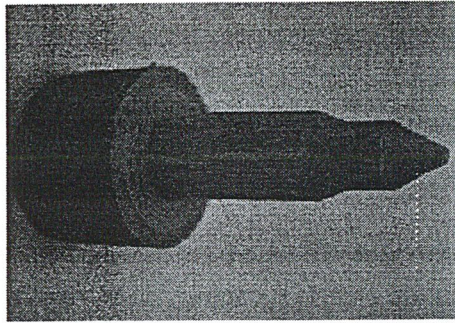
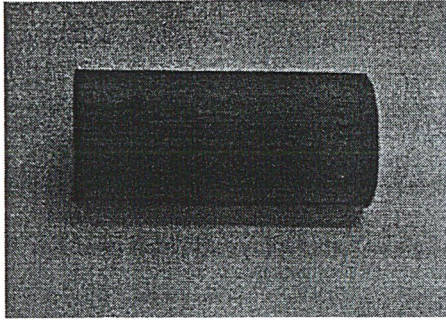
- 1) นำชิ้นงานที่ต้องการทำการกลึง มาใส่ที่หัวจับชิ้นงาน
- 2) ตรวจสอบการจับของหัวจับชิ้นงานว่าหมุนได้ศูนย์หรือไม่
- 3) กำหนดตำแหน่งจุดศูนย์ของชิ้นงาน หรือจุดพิกัด (0,0)
- 4) นำ Code ที่ต้องการกลึงบันทึกลงในโปรแกรมควบคุมเครื่องกลึงซีเอ็นซี
- 5) ตรวจสอบความเรียบร้อยของ Code ที่บันทึกว่ามีข้อผิดพลาดหรือไม่
- 6) ทำการเปิดมอเตอร์หัวจับชิ้นงาน
- 7) สั่งให้โปรแกรมทำการกลึงชิ้นงาน
- 8) ได้ชิ้นงานที่สมบูรณ์ตามที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

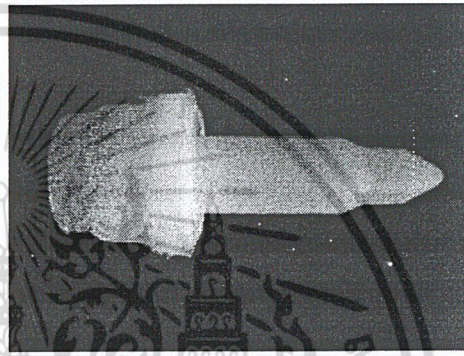
ตารางที่ 4.1 ผลที่ได้จากการทดลอง

ประเภทชิ้นงาน	ครั้งที่	กลิ้ง	ขนาดเริ่มต้น	ขนาดที่ต้องการกลิ้ง	ขนาดที่กลิ้งได้	ค่าผิดพลาด
ไม้	1	0.1	33.85	31.85	31.87	0.02
	2	0.1	30.25	28.25	28.25	0
	3	0.1	27.3	25.3	25.4	0.1
	4	0.2	24.7	22.7	22.7	0
	5	0.2	20.5	18.5	18.55	0.05
	6	0.2	17.15	15.15	15.25	0.1
พลาสติก	1	0.1	36.2	34.2	34.15	-0.05
	2	0.1	33	31	31.15	0.15
	3	0.1	29.25	27.25	27.27	0.02
	4	0.2	24.3	22.3	22.25	-0.05
	5	0.2	21.7	19.7	19.7	0
	6	0.2	18.25	16.25	16.35	0.1
อลูมิเนียม	1	0.1	12.9	10.9	11.1	0.2
	2	0.1	13	12	12	0
	3	0.1	13	12	11.95	-0.05
	4	0.2	12.7	10.7	10.95	0.25
	5	0.2	13.7	11.7	11.8	0.1
	6	0.2	13	12	12.15	0.15
ทองเหลือง	1	0.1	14.5	13.5	13.6	0.1
	2	0.1	12.35	11.35	11.5	0.15
	3	0.1	12	11	10.95	-0.05
	4	0.2	14.5	12.5	12.65	0.15
	5	0.2	14.25	12.25	12.25	0
	6	0.2	14.2	12.2	12.3	0.1

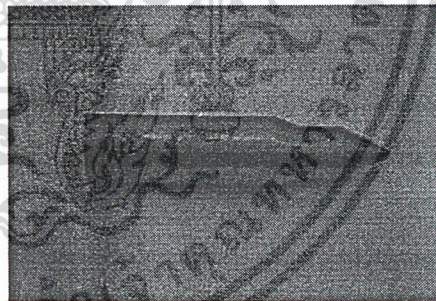
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



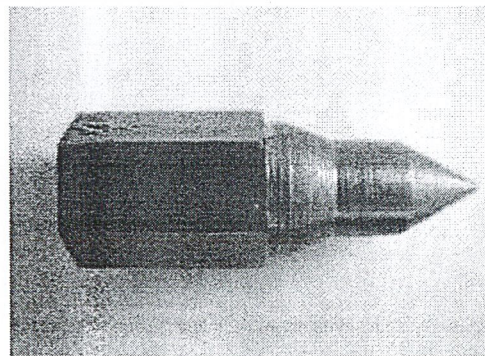
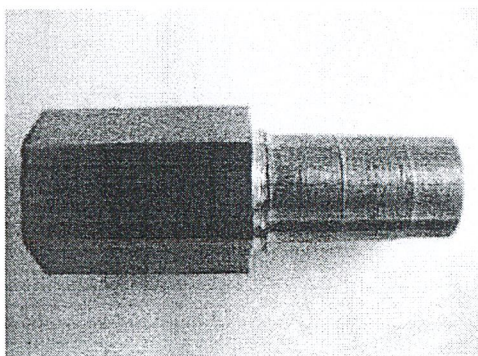
รูปที่ 4.12 แสดงวัสดุไม้ก่อนกลึง และชิ้นงานไม้ที่กลึงสำเร็จแล้ว



รูปที่ 4.13 แสดงวัสดุพลาสติกก่อนกลึง และชิ้นงานพลาสติกที่กลึงสำเร็จแล้ว



รูปที่ 4.14 แสดงวัสดุอลูมิเนียมก่อนกลึง และชิ้นงานอลูมิเนียมที่กลึงสำเร็จแล้ว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีข้อห้ามเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุป และวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

5.1.1 สรุปผลการดำเนินงานด้าน Hardware

การดำเนินงานด้าน Hardware คือ การศึกษาการทำงาน และสร้างเครื่องกลิ้งซีเอ็นซีขนาดเล็กขึ้นมาใช้งาน ซึ่งเป็นเครื่องจักรที่ทำการควบคุมมอเตอร์หัวจับชิ้นงาน และการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ทั้ง 2 แกน คือ แกน X และแกน Z ซึ่งชิ้นส่วนของเครื่องจักรสามารถถอดประกอบชิ้นส่วนต่างๆ ได้

ในการสร้างเครื่องกลิ้งซีเอ็นซีขนาดเล็ก สามารถสร้างได้ตามที่ออกแบบ และควบคุมการทำงานทั้งหมดผ่าน โปรแกรมควบคุมเครื่องกลิ้งซีเอ็นซีที่ทำการสร้างขึ้น

5.1.2 สรุปผลการดำเนินงานด้าน Software

การดำเนินงานด้าน Software คือ การศึกษาการสร้าง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้นมา เพื่อใช้ในการควบคุมงานกลิ้งของเครื่องกลิ้งซีเอ็นซี โดยในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้ทำการออกแบบ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้สามารถรับ Code ที่ใช้ในการกลิ้งชิ้นงานที่ต้องการ สามารถเปิด และบันทึก Code ที่ทำการป้อนลงในโปรแกรมได้ ควบคุมการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ให้เคลื่อนที่พร้อมกันทั้ง 2 แกน คือ แกน X และแกน Z รวมทั้งมอเตอร์หัวจับชิ้นงานให้ทำการเปิด และปิดจากโปรแกรมได้ โดยสามารถทำการแสดงผลตำแหน่งการเดินของปลายมีดกลิ้งเป็นภาพกราฟฟิค และเมื่อเกิดข้อผิดพลาดขึ้นขณะเครื่องกลิ้งกำลังทำงาน โปรแกรมสามารถหยุดการทำงานได้ในทันที ซึ่งโปรแกรมสามารถทำควบคุมงานกลิ้งจน ได้ชิ้นงานเป็นผลสำเร็จ

5.2 วิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

จากผลการดำเนินงาน วัสดุที่ทำการทดลอง ได้แก่ ไม้ พลาสติก อลูมิเนียม และทองเหลือง ผลจากการวิเคราะห์เป็นดังนี้

ชิ้นงานที่ได้จากการกลิ้งมีความหยาบ ไม่สม่ำเสมอ และขนาดที่ได้มีความผิดพลาด ซึ่งเกิดจาก

- ชิ้นงานที่มีขนาดยาวเกินไป ทำให้ชิ้นงานเกิดการหนีศูนย์ขึ้นได้
- ปลายมีดที่ใช้ในการกลิ้งเกิดการสึกหรอ ทำให้ได้ชิ้นงานที่หยาบ

ทำการแก้ไข โดยใช้ขนาดของชิ้นงานให้มีขนาดที่เหมาะสมซึ่งจะไม่ทำให้ชิ้นงานเกิดการหนีศูนย์ และทำการเจียรมีดกลิ้งให้มีความคมมากขึ้น ซึ่งทำให้ชิ้นงานที่ได้มีความผิดพลาดที่น้อยลง และค่าผิดพลาดอยู่ในเกณฑ์ที่รับได้

5.3 แนวทางพัฒนา และปรับปรุงในอนาคต

ในการศึกษาการสร้างเครื่องกลิ้งซีเอ็นซีขนาดเล็กในครั้งนี้ ได้พบปัญหาที่เกิดขึ้น และทางกลุ่มมีข้อเสนอแนะดังนี้

- พัฒนาให้เครื่องกลิ้งซีเอ็นซีที่ทำการสร้างขึ้น มีการใช้งานที่ปลอดภัยมากขึ้น โดยการติดตั้งระบบความปลอดภัย ในขณะที่เครื่องกลิ้งกำลังทำงาน เพื่อป้องกันอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นได้จากกรกลิ้งชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ผู้ใดเห็นใบเซปรีประยชน์อันเป็นการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ทำการติดตั้งขั้นศูนย์ ให้เครื่องกลึงซีเอ็นซีสามารถกลึงชิ้นงานที่มีความยาวมากขึ้นได้
- ปรับปรุงโปรแกรมให้สามารถรับ G-Code และ M-Code ได้
- ปรับปรุงโปรแกรมให้สามารถ Import ข้อมูลรูปภาพจากโปรแกรม AutoCAD แล้วรับค่าเป็น G-Code เพื่อให้โปรแกรมควบคุมเครื่องกลึงซีเอ็นซีทำการกลึงชิ้นงานต่อไปได้ทันที
- ทำการปรับปรุงเครื่องกลึงซีเอ็นซีให้มีความละเอียดในการกลึงชิ้นงานมากขึ้น



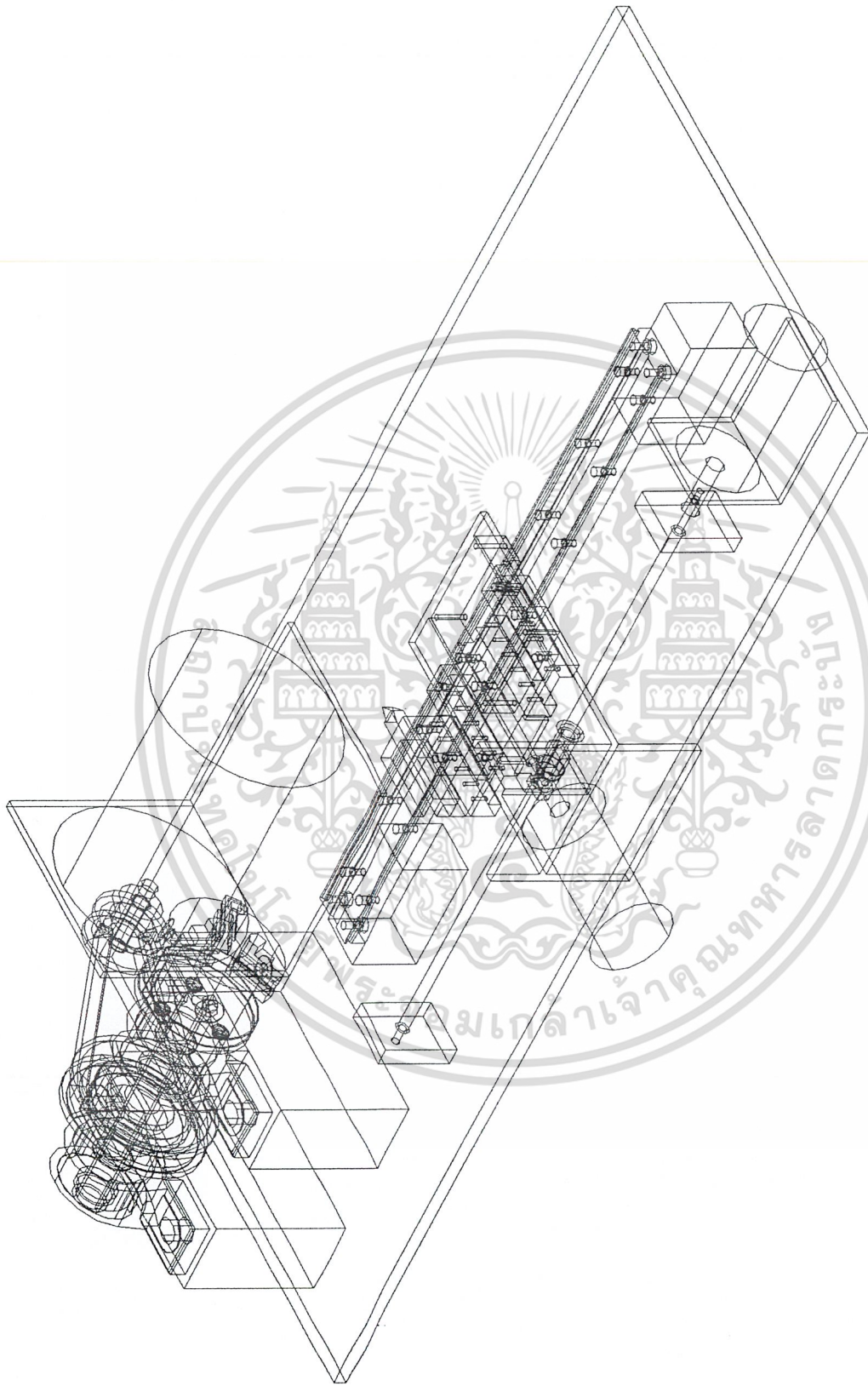
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. ผศ. ชชาติ ตระการกุล. “เทคโนโลยีซีเอ็นซี”. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
2. Yoram Koren. “Computer Control of Manufacturing System”. McGraw – Hill Book Company, 1988.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



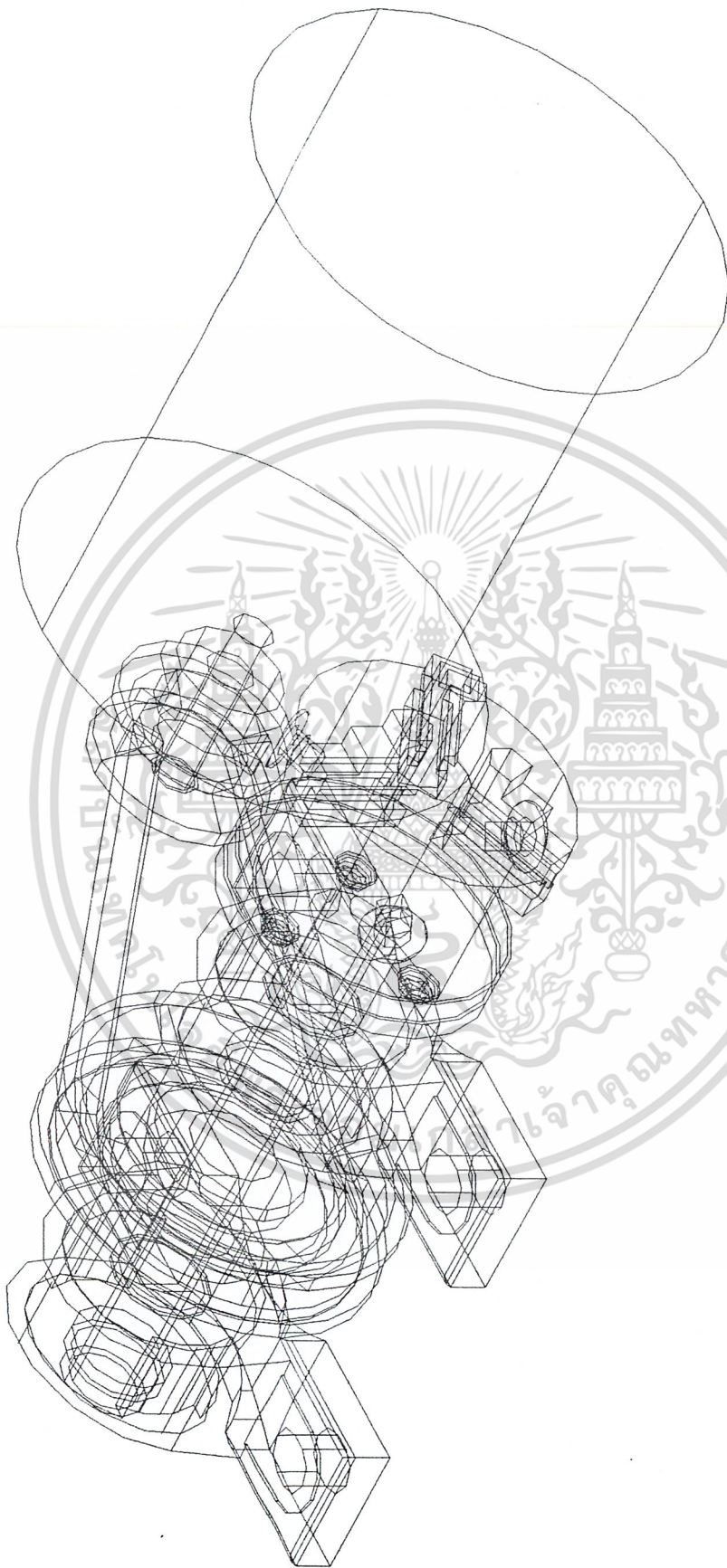
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Project : Small CNC Lathe Machine

Part : เครื่องกลึงซีเอ็นซี

Code : 0000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรณีไปใช้



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

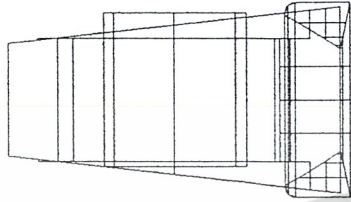
Project : Small CNC Lathe Machine

Part : ชุดหัวเครื่อง

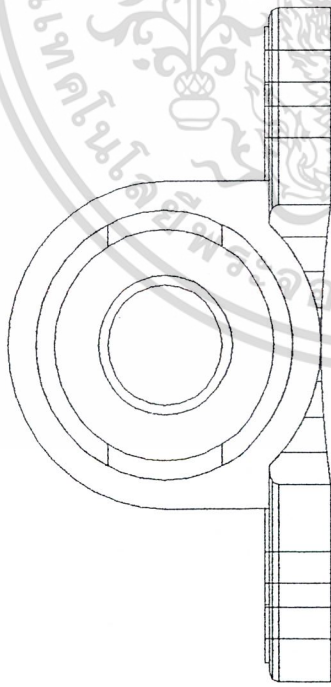
Code : 1000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปะเนื้อที่ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

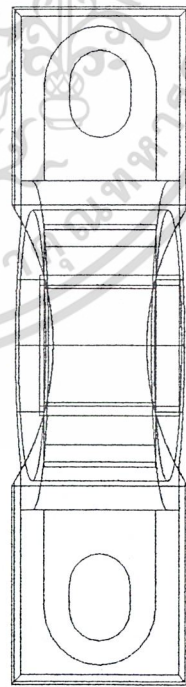
Side View



Front View



Top View



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

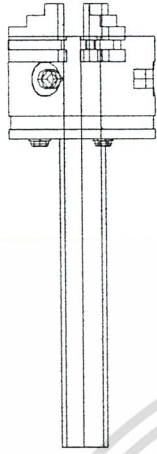
Project : Small CNC Lathe Machine

Part : ตุ๊กตา

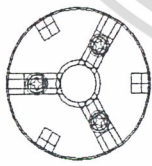
Code : 1001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

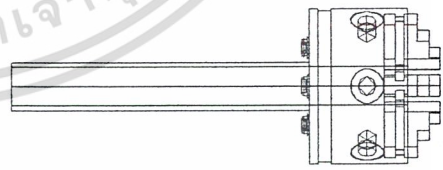
Side View



Front View



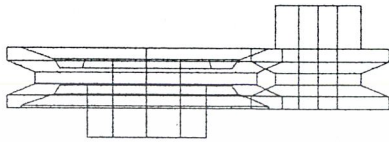
Top View



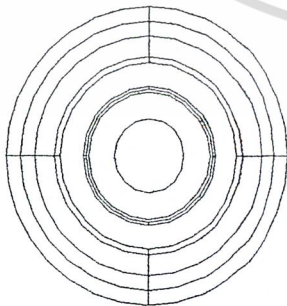
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	
Project : Small CNC Lathe Machine	Part : หัวจับชิ้นงาน
Code : 1002	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

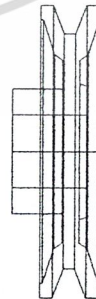
Side View



Front View



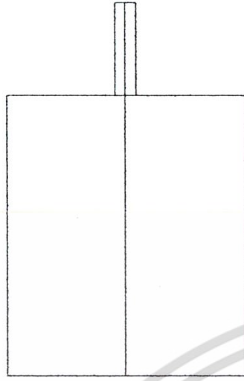
Top View



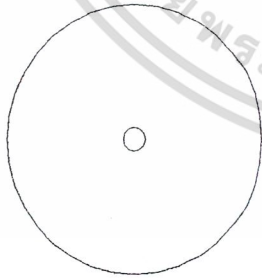
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	
Project : Small CNC Lathe Machine	Part : มู่ต๋
Code : 1003	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปเซ

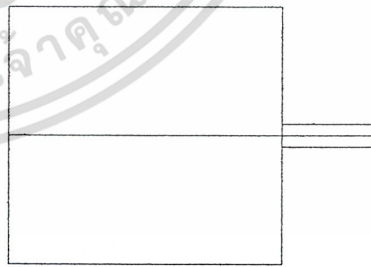
Side View



Front View



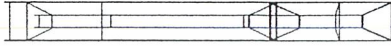
Top View



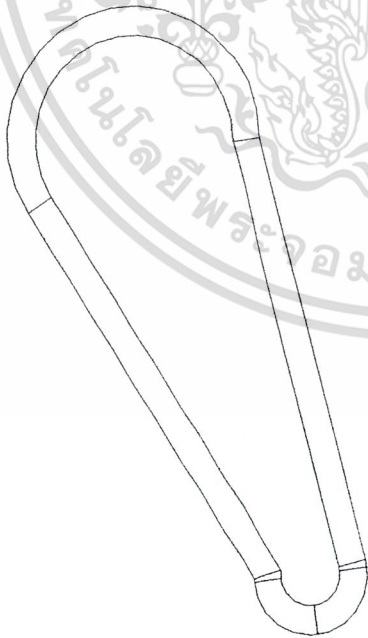
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	
Project : Small CNC Lathe Machine	Part : มอเตอร์
Code : 1004	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Side View



Front View



Top View



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Project : Small CNC Lathe Machine

Part : สายพาน

Code : 1005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



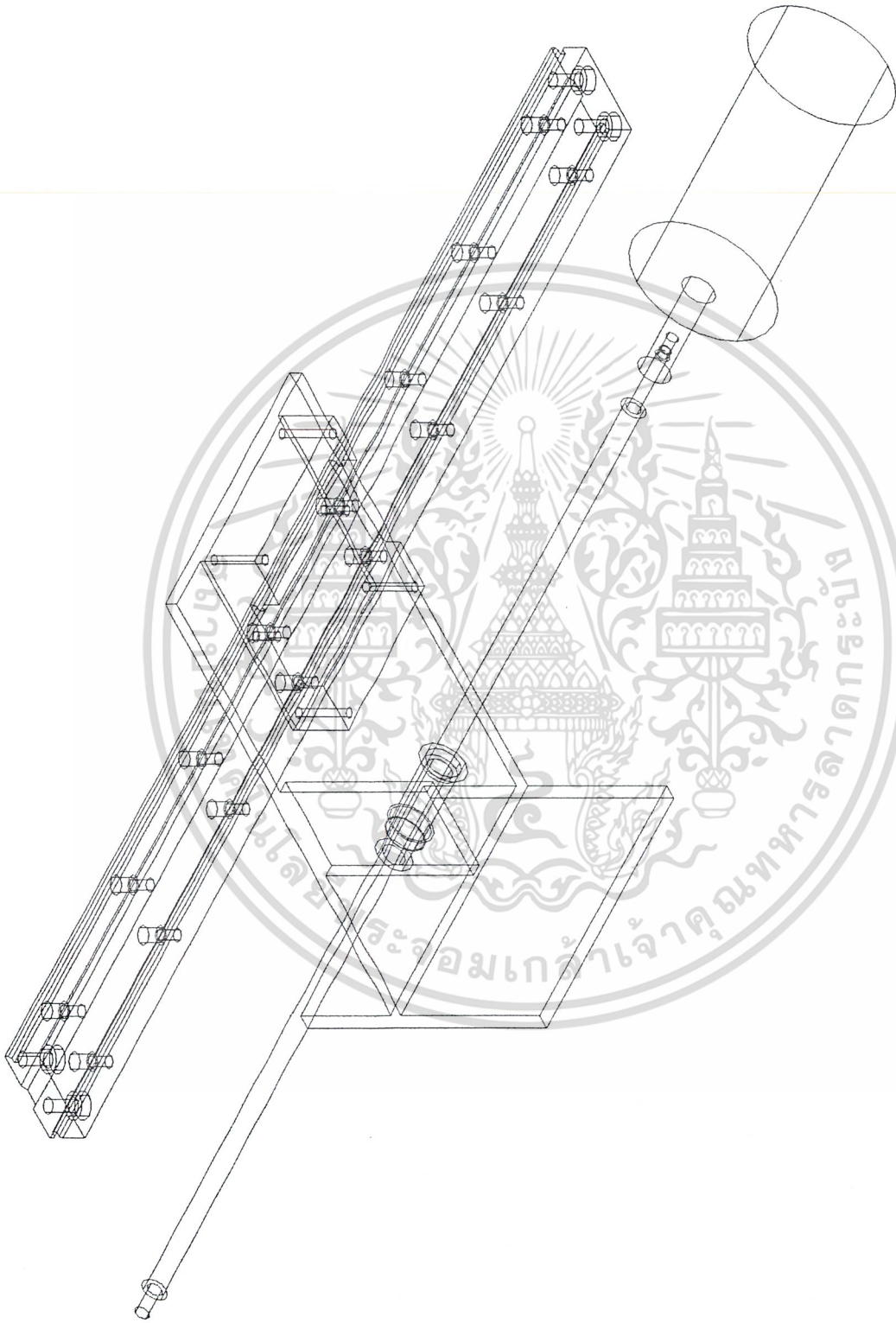
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Project : Small CNC Lathe Machine

Part : ชุดพื้นฐาน

Code : 2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อผู้อื่น และต้องอ้างอิงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

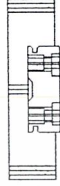
Project : Small CNC Lathe Machine

Part : ชุดจับเคลื่อนตามยาว

Code : 3000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปดงเนื้อที่ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรณีไปใช้

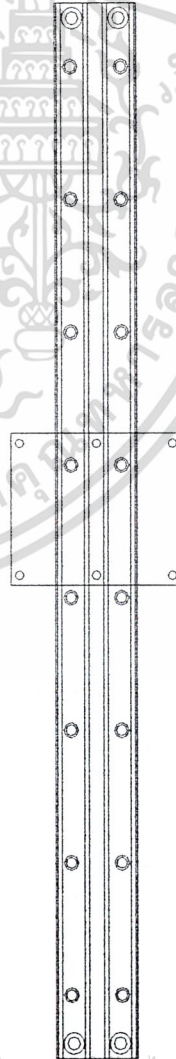
Side View



Front View



Top View



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	
Project : Small CNC Lathe Machine	Part : รางสไลด์
Code : 3001	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Side View



Front View



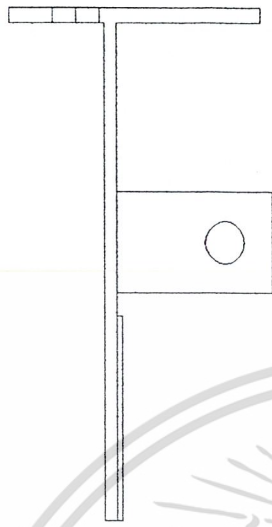
Top View



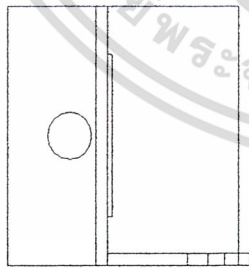
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	
Project : Small CNC Lathe Machine	Part : บอดสกรูว์
Code : 3002	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

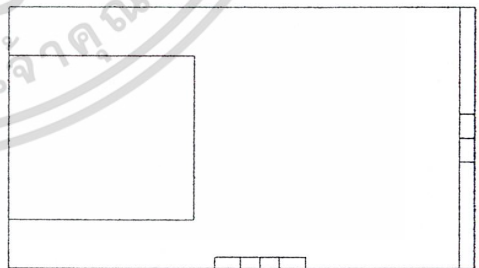
Side View



Front View



Top View



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

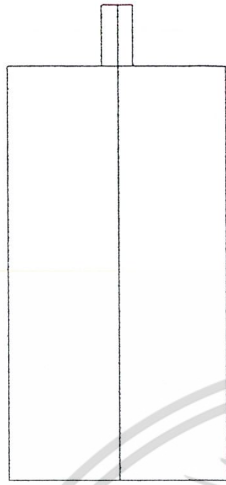
Project : Small CNC Lathe Machine

Part : ชุดยี่ตรางสี่โตกับบอดสกรูว์

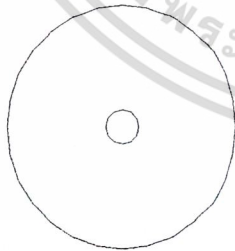
Code : 3003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

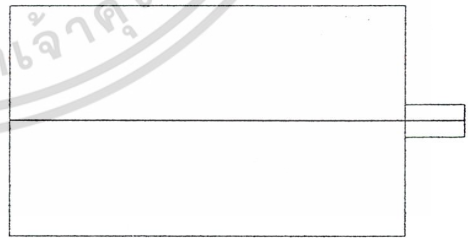
Side View



Front View



Top View



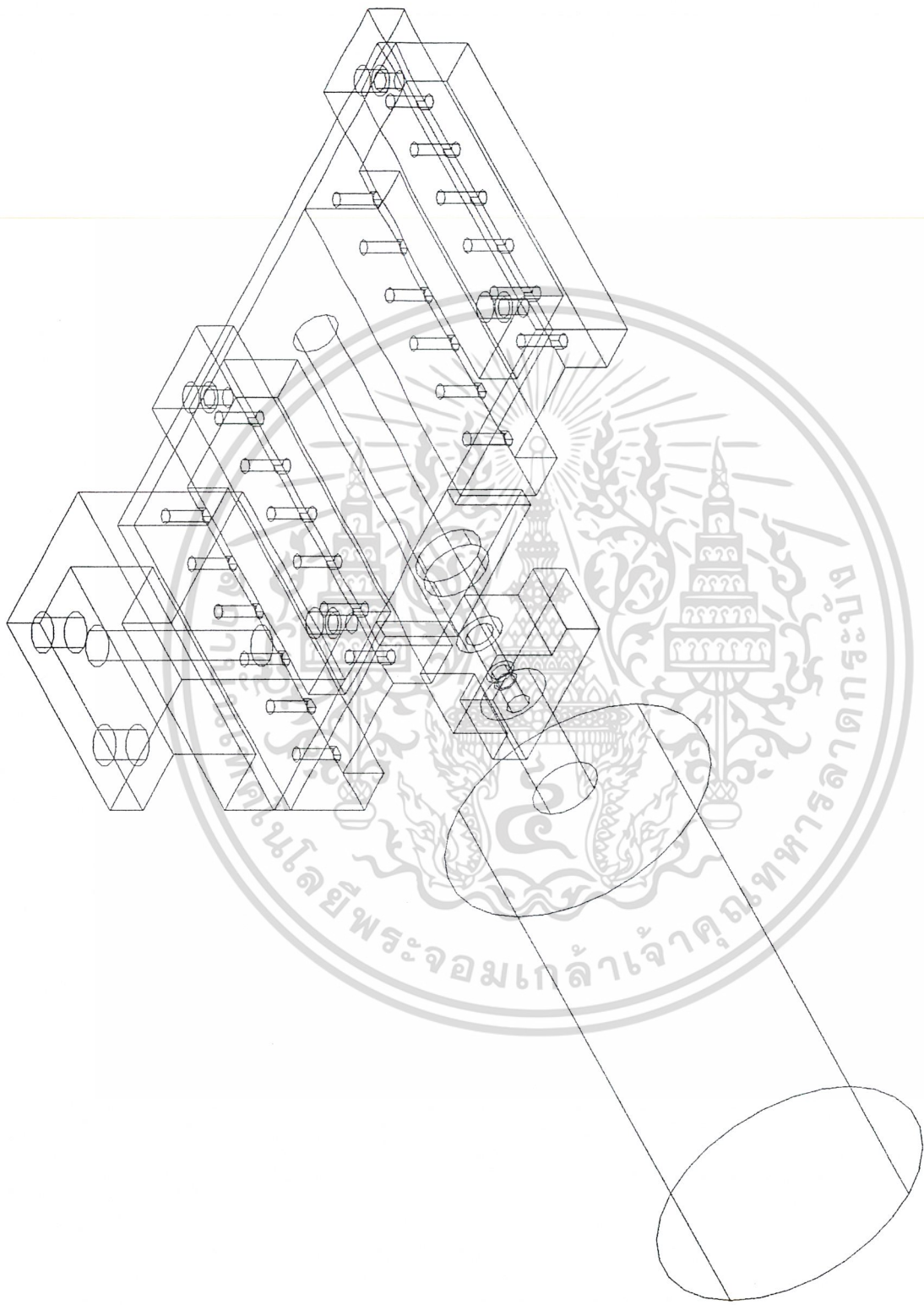
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Project : Small CNC Lathe Machine

Part : มอเตอร์

Code : 3004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่เนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

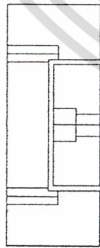
Project : Small CNC Lathe Machine

Part : ชุดขับเคลื่อนตามขวาง

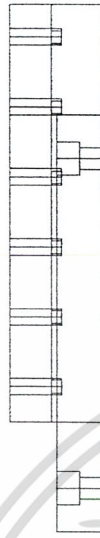
Code : 4000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

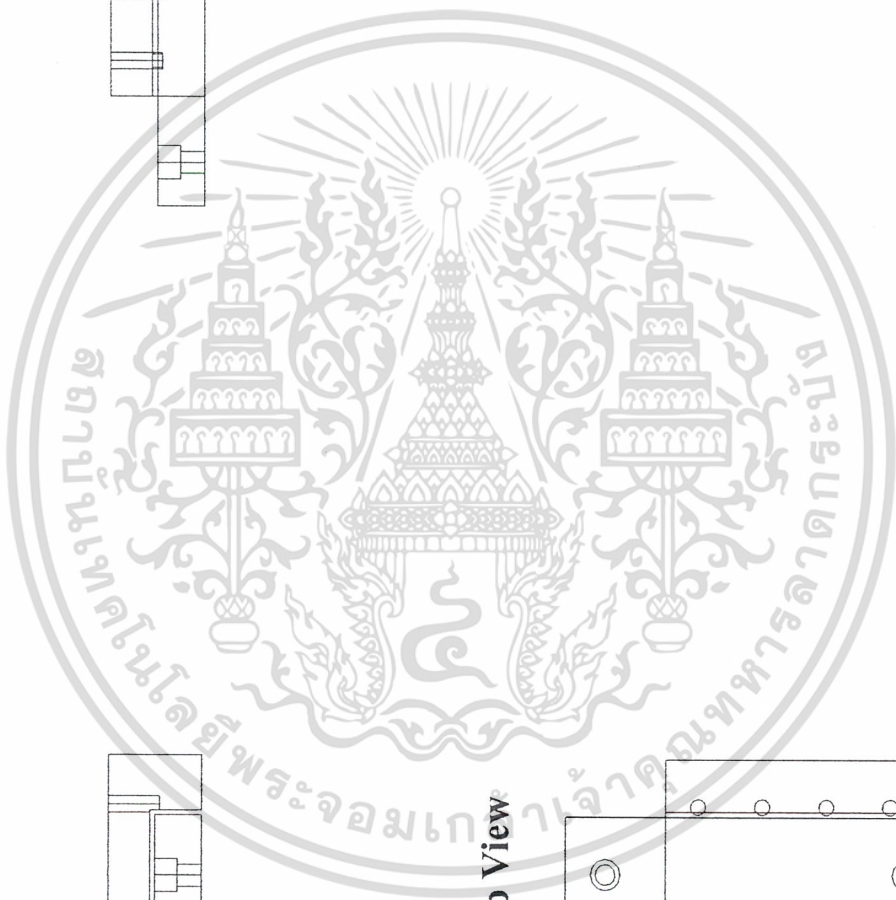
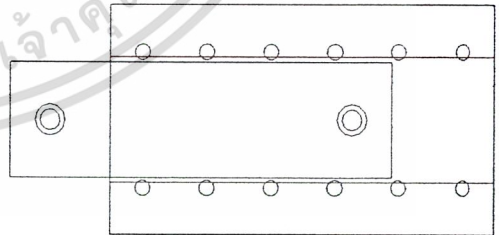
Front View



Side View



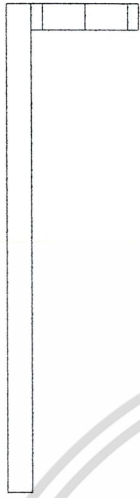
Top View



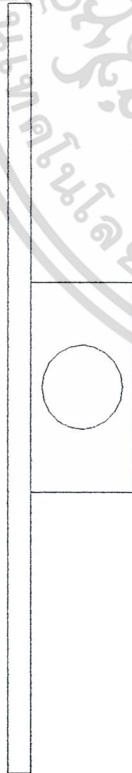
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	
Project : Small CNC Lathe Machine	Part : รางสไลด์
Code : 4001	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่เนื้อหา และต้องอ้างอิงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

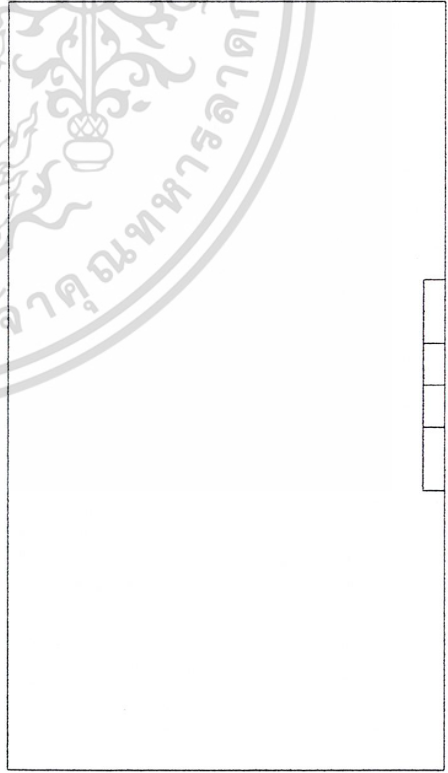
Side View



Front View



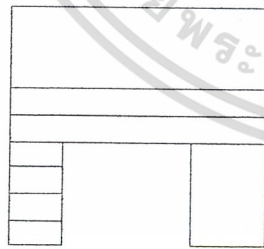
Top View



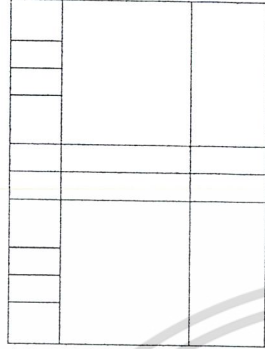
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	
Project : Small CNC Lathe Machine	Part : ฐานป้อมมีด
Code : 4002	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่เนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

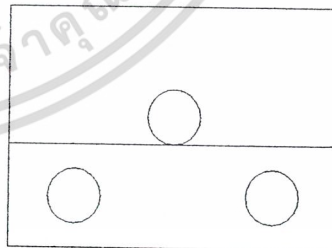
Front View



Side View



Top View



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

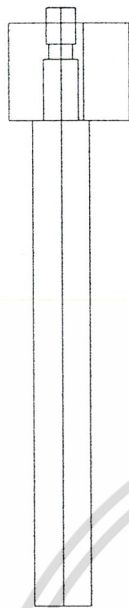
Project : Small CNC Lathe Machine

Part : ชุดซีมีต

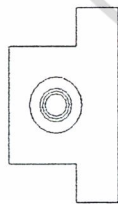
Code : 4003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Side View



Front View



Top View



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	
Project : Small CNC Lathe Machine	Part : บอลสกรูว์
Code : 4004	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้