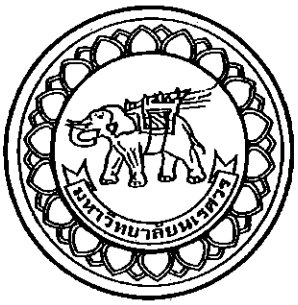


โปรแกรมการออกแบบและการผลิตบนพื้นฐานเทคโนโลยี CAD/CAM/CNC สำหรับการผลิตแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปพอลิเมอร์

PROCESS OF MOLD PRESS POLYMER ON CAD/CAM AND CNC TECNOLOGIES

นายกานต์ วิสมกา รหัส 49360068

นายปิยะพงษ์ วิชัยโน รหัส 49362697

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 7 ก.ค. 2553
เลขทะเบียน 150639 66
เลขเรียกหนังสือ ปร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ก432 ป 2552

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2552

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน โปรแกรมการออกแบบและการผลิตบนพื้นฐานเทคโนโลยี CAD/CAM/CNC สำหรับการผลิตแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปพอลิเมอร์

ผู้ดำเนินโครงงาน นายกานต์ วิสมกา รหัส 49360068

นายปิยะพงษ์ วิชัยโน รหัส 49362697

ที่ปรึกษาโครงงาน รศ.ดร.กวิน สนธิเพิ่มพูน

ที่ปรึกษาร่วมโครงงาน ครูช่างรณกฤต แสงผ่อง

ที่ปรึกษาร่วมโครงงาน อาจารย์ศิริกาญจน์ ขันสัมฤทธิ์

สาขาวิชา วิศวกรรมศาสตร์

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ปีการศึกษา 2552

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(รศ.ดร.กวิน สนธิเพิ่มพูน)

.....ประธานกรรมการ

(อาจารย์ธนา บุญฤทธิ์)

.....กรรมการ

(อาจารย์ศรีสัจจา วิทยศักดิ์)

.....กรรมการ

(อาจารย์เสาวลักษณ์ ตองกลิ่น)

.....กรรมการ

(อาจารย์วัฒนชัย เยาวรัตน์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	โปรแกรมการออกแบบและการผลิตบนพื้นฐานเทคโนโลยี CAD/CAM/CNC สำหรับการผลิตแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปพอลิเมอร์
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายกานต์ วิสมกา รหัส 49360068
	นายปิยะพงษ์ วิชัยโน รหัส 49362697
ที่ปรึกษาโครงงาน	รศ.ดร.กวิน สนธิเพิ่มพูน
ที่ปรึกษาร่วมโครงงาน	ครูช่างรณกฤต แสงผ่อง
ที่ปรึกษาร่วมโครงงาน	อาจารย์ศิริกาญจน์ ขันสัมฤทธิ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมศาสตร์
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2552

.....

บทคัดย่อ

โครงงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการใช้โปรแกรม Mechanical Desktop 6 (CAD) เพื่อช่วยในการออกแบบแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปพอลิเมอร์ และการใช้โปรแกรม hyperMILL Version 6 (CAM) เพื่อช่วยในการจำลองการทำงานของเครื่องกัดระบบซีเอ็นซี โดยใช้เครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น Mazak FJV-250 ในการกัดแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปพอลิเมอร์ ซึ่งวัสดุที่ใช้คือ เหล็กแผ่น (SS400)

การออกแบบแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปพอลิเมอร์จะทำการออกแบบเป็นรูปจานรองแก้ว แม่พิมพ์มีด้วยกันทั้งหมด 3 ชิ้น ซึ่งขนาดของแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปพอลิเมอร์จะมีขนาดความกว้างและความยาว 200 มิลลิเมตร เมื่อได้ NC – code จึงทำการทดลองกัดชิ้นงานด้วยอลูมิเนียม และกัดชิ้นงานจริงบนแผ่นเหล็ก จึงจะได้แม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปพอลิเมอร์ตามแบบที่ออกไว้ รวมทั้งได้ชิ้นงานที่เป็นจานรองแก้วออกมา

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ดำเนินการวิจัยขอแสดงความขอบคุณ หน่วยงาน และสถาบันที่มีส่วนสำคัญที่ทำให้การจัดทำโครงงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรที่ทำให้คณะผู้ดำเนินการวิจัยได้มีโอกาสในการทำโครงงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณอาจารย์สมเกียรติ อู่เงิน นักวิชาการพัฒนาฝีมือแรงงาน ระดับชำนาญการ สถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานภาค 3 จังหวัดชลบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และศึกษาการใช้งานเครื่องจักร

ขอขอบคุณ รศ.ดร.กวิน สนธิเพิ่มพูน ที่ได้ให้แนวความคิด อธิบาย คำแนะนำ แนวทางในการดำเนินการวิจัย และการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น

ขอขอบคุณ ครูช่างรณกฤต แสงผ่อง ที่ได้ให้แนวความคิด อธิบาย คำแนะนำ แนวทางในการดำเนินการวิจัย การแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำวิจัย และวิธีการใช้เครื่องกัดซีเอ็นซี ตลอดจนการปรับปรุงการทำงานต่างๆด้วย

ขอขอบคุณ อาจารย์ศิริกาญจน์ ขันสัมฤทธิ์ ที่ได้ให้แนวความคิด อธิบาย คำแนะนำ แนวทางในการดำเนินการวิจัย

ขอขอบคุณ ครูช่างประเทือง โมราราย ครูช่างธวัชชัย ชุลบุตร และอาจารย์สาลี่ วัตถุภาพ ที่ได้อำนวยความสะดวกในการใช้อาคารปฏิบัติการอุตสาหการ

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ บิดามารดา ญาติพี่น้อง คณะอาจารย์ และเพื่อนๆ ที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจให้มาโดยตลอดจนกระทั่งบรรลุโครงงานวิจัยและสำเร็จการศึกษา จึงใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม
นายกานต์ วิสมกา
นายปิยะพงษ์ วิชัยโน
เมษายน 2553

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์.....ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....ข
กิตติกรรมประกาศ.....ค
สารบัญ.....ง
สารบัญตาราง.....ช
สารบัญรูป.....ซ

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 หลักการและเหตุผล.....1
1.2 วัตถุประสงค์.....2
1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน.....2
1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ.....2
1.5 ขอบเขตในการดำเนินงานวิจัย.....2
1.6 สถานที่ในการดำเนินงานวิจัย.....2
1.7 ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย.....2
1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงานวิจัย.....3

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี.....4
2.1 ทฤษฎีโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ.....4
2.2 ทฤษฎีโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิต.....5
2.3 ทฤษฎีเครื่องจักรกล ซี.เอ็น.ซี.....6
2.4 ประเภทของเครื่องแมชชินนิ่งเซนเตอร์.....11
2.5 การควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องซีเอ็นซี.....13
2.6 ระบบควบคุม (Control System).....17
2.7 ข้อดีและข้อเสียของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี.....25
2.8 ทฤษฎีและหลักทั่วไปในการใช้ Mechanical Desktop.....27
2.9 เริ่มต้นกับโปรแกรม hyperMILL.....31
2.10 โปรแกรมกัดงานในระบบ 3 แกน (3D Machining Cycles).....33

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.11 การออกแบบแม่พิมพ์.....38
2.12 ทฤษฎีงานแม่พิมพ์พลาสติก.....53
2.13 เหล็กทำแม่พิมพ์พลาสติก.....60
2.14 แม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปพอลิเมอร์.....63
2.15 เครื่องปั๊มพอลิเมอร์.....65

บทที่ 3 หลักการและทฤษฎี.....66
3.1 จัดทำข้อเสนอโครงงาน.....66
3.2 ศึกษาการใช้โปรแกรม Mechanical Desktop Version 6 66
3.3 ศึกษาการใช้โปรแกรม hyperMILL Version 6.....66
3.4 ศึกษาการใช้งานเครื่องกัดซีเอ็นซี รุ่น Mazak FJV-250 66
3.5 ทดสอบการกัดโดยใช้เครื่องกัดซีเอ็นซีในการกัดโฟม.....66
3.6 ปรับปรุงและแก้ไขโปรแกรม.....67
3.7 ทำการปฏิบัติการใช้เครื่องกัดซีเอ็นซี ในการกัดแม่พิมพ์และส่วนประกอบแม่พิมพ์.....67
3.8 ทำการทดสอบและปั๊มรูปพอลิเมอร์จริง.....67
3.9 วิเคราะห์และสรุปผล.....67
3.10 เขียนรายงานการทำงานวิจัยโครงงาน.....67

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์.....68

4.1 จัดทำข้อเสนอโครงงาน.....68

4.2 ศึกษาการใช้โปรแกรม Mechanical Desktop Version 6 และ hyperMILL Version 6.....68

4.3 ศึกษาการใช้โปรแกรม HyperMILL Version 6.....85

4.4 ศึกษาการใช้งานเครื่องกัดซีเอ็นซี รุ่น Mazak FJV-250.....96

4.5 ทดสอบการกัดโดยใช้เครื่องกัดซีเอ็นซีในการกัดอลูมิเนียม.....106

4.6 ปรับปรุงและแก้ไขโปรแกรม.....108

4.7 ทำการปฏิบัติการใช้เครื่องกัดซีเอ็นซี ในการกัดแม่พิมพ์และส่วนประกอบแม่พิมพ์.....108

4.8 ทำการทดสอบและปั๊มขึ้นรูปพอลิเมอร์จริง.....116

4.9 วิเคราะห์และสรุปผล.....122

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....123

5.1 สรุปผล.....123

5.2 ปัญหา.....123

5.3 ข้อเสนอแนะ.....123

เอกสารอ้างอิง.....125

ภาคผนวก ก.....126

ภาคผนวก ข.....134

ภาคผนวก ค.....144

ภาคผนวก ง.....157

ภาคผนวก จ.....162

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ขั้นตอนและแผนการดำเนินการ (Gantt Chart)	3
2.1	เกรดมาตรฐานทั่วไปและส่วนผสม (เปอร์เซ็นต์) ของเหล็กที่ใช้ทำแม่พิมพ์	60
2.2	ค่าความแข็งของเหล็กทำแม่พิมพ์	61
ง.1	G code	159
ง.2	M code	160
ง.3	โค้ดอื่นๆ	161

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	การใช้ CAD ในการออกแบบ	5
2.2	การใช้ CAM ในการสร้างรหัสจี (G-CODE)	6
2.3	รูปชุดควบคุมการทำงานต่าง ๆ	7
2.4	กลไกการเคลื่อนที่	8
2.5	วงจรของกลไกการเคลื่อนที่	8
2.6	แสดงชุดเปลี่ยนทูลอัตโนมัติ	10
2.7	แสดงชุดเปลี่ยนทูลอัตโนมัติเครื่องกัด	10
2.8	การกำหนดแนวแกนของเครื่องกัดตั้ง	11
2.9	การกำหนดแนวแกนของเครื่องกัดนอน	11
2.10	การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง	13
2.11	แสดงตัวอย่างการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง	14
2.12	การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้ง 8 ลักษณะจากจุดเริ่มต้นที่กำหนดให้	15
2.13	การเคลื่อนที่แบบเฮลิคอล	15
2.14	การเคลื่อนที่แบบพาราโบลิก	16
2.15	ไดอะแกรมทำงานของหน่วยควบคุมเครื่องซีเอ็นซี	18
2.16	ไดอะแกรมการทำงานของหน่วยประมวลผลกลาง	18
2.17	ลักษณะของจอภาพซีอาร์ทีที่แสดงข้อมูลและสัญญาณต่างๆ	21
2.18	แสดงส่วนป้อนข้อมูลของโปรแกรมเข้า/ ออกในระบบซีเอ็นซี	21
2.19	การควบคุมการขับเซอร์โว	22
2.20	การเชื่อมต่อพีเอ็มซี (PMC) เข้ากับระบบควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซี	24
2.21	การบังคับสเกทช์ด้วยรูปทรง	28
2.22	การบังคับสเกทช์ด้วยขนาด	29
2.23	ฟีเจอร์ที่สร้างจาก Extrude	29
2.24	ฟีเจอร์ที่สร้างจาก Revolve	30

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
2.25	โครงสร้างของเมนู HyperMILL	33
2.26	แสดงการเดินกัดชิ้นงานตามระดับความลึกในแนวแกน Z	34
2.27	แสดงการกัดชิ้นงานแบบกลับไปกลับมา	34
2.28	แสดงการเดินกัดตามรูปร่างพื้นผิวของชิ้นงาน	36
2.29	แสดงการเดินกัดชิ้นงานเฉพาะบริเวณพื้นที่มีความชัน	36
2.30	แสดงการเดินชิ้นงานขนานกับเส้น Curve	37
2.31	แบบชิ้นงาน	38
2.32	การวางตำแหน่งของชิ้นงานบนแผ่นป้อนตัดชิ้นงาน	39
2.33	แม่พิมพ์ตัดแบบต่อเนื่อง	39
2.34	ส่วนประกอบแม่พิมพ์ตัด	40
2.35	แผ่น Material strip	42
2.36	ลักษณะของ Die block และ Material strip	42
2.37	รูปแสดงตำแหน่งของ Blanking punch	43
2.38	รูปแสดง Piercing punch	44
2.39	รูปแสดงการประกอบ Punch plate	45
2.40	การติดตั้ง Pilot	46
2.41	การติดตั้ง Back gage และ Front spacer	47
2.42	การติดตั้ง Finger stop	48
2.43	การติดตั้ง Automatic stop	49
2.44	การติดตั้ง Stripper	50
2.45	การใช้สกรูและสลักยึดแม่พิมพ์	51
2.46	รูปแสดงชุดแม่พิมพ์ (Die set)	52
2.47	แบบพิมพ์เขียวแสดงรายละเอียดส่วนต่างๆ ของแม่พิมพ์	52
2.48	แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก	54
2.49	ผลิตภัณฑ์จากแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก	54
2.50	แม่พิมพ์อัด	55
2.51	แม่พิมพ์อัดฉีดและกระบวนการอัดด	55

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
2.52	ผลิตภัณฑ์จากแม่พิมพ์อัดและอัดฉีด	56
2.53	แม่พิมพ์เป่าแบบ Extrusion และกระบวนการเป่าแบบ Extrusion	56
2.54	แม่พิมพ์เป่าแบบ Injection และกระบวนการเป่าแบบ Injection	57
2.55	แม่พิมพ์เป่าแบบ Stretch และกระบวนการเป่าแบบ Stretch	57
2.56	ผลิตภัณฑ์จากแม่พิมพ์เป่า	57
2.57	กระบวนการผลิตงาน Extrusion	58
2.58	หัวฉีดที่ใช้ในงาน Extrusion	58
2.59	ผลิตภัณฑ์จากแม่พิมพ์งานรีด	59
2.60	แม่พิมพ์ที่ใช้ในงานเทอร์โมฟอร์มมิ่ง	59
2.61	ผลิตภัณฑ์จากแม่พิมพ์งานเทอร์โมฟอร์มมิ่ง	59
2.62	กระบวนการอัดขึ้นรูปพอลิเมอร์	63
2.63	แม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปพอลิเมอร์	64
2.64	ชิ้นงานที่ได้จากแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปพอลิเมอร์	64
2.65	เครื่องปั๊มพอลิเมอร์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร	65
4.1	การสร้างรูปสี่เหลี่ยม	68
4.2	การใส่ลายละเอียดในชิ้นงาน	69
4.3	การสร้างวงกลม	69
4.4	การทำรูปวงกลมให้เป็น Profile	70
4.5	กล่องป้อนคำสั่ง Extrusion	70
4.6	การทำลวดลายให้เป็น Profile	71
4.7	กล่องป้อนคำสั่ง Extrusion	71
4.8	การคัดลอกชิ้นงาน	72
4.9	การสร้างรูปสี่เหลี่ยม	72
4.10	การทำรูปสี่เหลี่ยมให้เป็น Profile	73
4.11	กล่องป้อนคำสั่ง Extrusion	73
4.12	การวางชิ้นงาน	74
4.13	การย้ายชิ้นงาน	74

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.14	การกำหนดจุดใหม่	75
4.15	ชิ้นงานที่ถูกย้ายสมบูรณ์	75
4.16	เสาแม่พิมพ์	76
4.17	การทำรูปวงกลมให้เป็น Profile	76
4.18	กล่องป้อนคำสั่ง Extrusion	77
4.19	ภาพทั้งหมดสี่มุมมองในหน้ากระดาษ	77
4.20	ภาพมุมมองที่ต้องการ	78
4.21	กำหนดขอบเขตในการกัดชิ้นงาน	78
4.22	การสร้างรูปสี่เหลี่ยม	79
4.23	การทำรูปสี่เหลี่ยมให้เป็น Profile	79
4.24	กล่องป้อนคำสั่ง Extrusion	80
4.25	การวางวงกลมในแม่พิมพ์ชิ้นกลาง	80
4.26	การทำรูปวงกลมให้เป็น Profile	81
4.27	กล่องป้อนคำสั่ง Extrusion	81
4.28	แม่พิมพ์ชิ้นกลางที่สมบูรณ์	82
4.29	การสร้างรูปสี่เหลี่ยม	82
4.30	การทำรูปสี่เหลี่ยมให้เป็น Profile	83
4.31	กล่องป้อนคำสั่ง Extrusion	83
4.32	แม่พิมพ์ชิ้นบนที่สมบูรณ์	84
4.33	Toolbar ของโปรแกรม hyperMILL	85
4.34	งานที่ต้องการเลือก	86
4.35	งานที่ต้องการกัด	87
4.36	หน้าต่าง Joblist Dialog box	87
4.37	หน้าต่าง hyperMILL Converter	88
4.38	เลือกคำสั่งในการกัดงานแบบหยาบ	89
4.39	Dialog box ของโปรแกรมการกัดงาน	89
4.40	ฟังก์ชั่นต่างๆ ในการปรับตั้งค่า	90
4.41	แสดงการปรับตั้งค่าที่ถูกต้อง (ขวา) และการปรับตั้งค่าที่ผิด (ซ้าย)	90

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.42	การเลือกคำสั่ง Calculate	91
4.43	เส้นทางเดินของมีด	91
4.44	การเลือกใช้คำสั่ง Utilities และ Toolpath.post	92
4.45	หน้าต่าง POF Toolpath.post 2.02	92
4.46	การเลือกใช้คำสั่ง Utilities และ Toolpath.post	93
4.47	การเลือกคำสั่ง postpocessor	93
4.48	การเลือกคำสั่ง Config	94
4.49	การเลือกคำสั่ง Configuration Value	94
4.50	การเลือกเครื่องกัด	95
4.51	NC-Code ที่ได้	95
4.52	เครื่องกัดซีเอ็นซี รุ่น Mazak FJV-250	96
4.53	Main Switch	96
4.54	ตู้ควบคุมกระแสไฟ	97
4.55	Main Breaker	97
4.56	วาล์วลม	98
4.57	Main Breaker	98
4.58	หน้าจอของ Work offset	100
4.59	ปุ่ม Spindle Start	100
4.60	เลื่อน Tool มาแตะแกน X	101
4.61	ฟังก์ชัน Position	101
4.62	หน้าจอของ Position	101
4.63	ฟังก์ชัน Work offset	102
4.64	หน้าจอของ Work offset และโค๊ด G55	102
4.65	ช่องใส่ Floppy Disk	103
4.66	ปุ่มฟังก์ชันต่างๆ	103
4.67	ปุ่มฟังก์ชัน Floppy	104
4.68	ปุ่มฟังก์ชันกด Load NC <- FD	104

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.69	หน้าต่าง Floppy Directory	104
4.70	หน้าต่างที่แสดงไฟล์งาน	105
4.71	ตัวอย่างแม่พิมพ์ส่วนล่าง	106
4.72	ตัวอย่างการจำลองลายของแม่พิมพ์ (Pocket)	106
4.73	ชิ้นงานอลูมิเนียมที่กัดเป็นลายของแม่พิมพ์ (Pocket)	107
4.74	ชิ้นงานอลูมิเนียมที่ทดสอบกัด	107
4.75	ชิ้นงานเหล็กแผ่น	108
4.76	ชิ้นงานเหล็กแผ่นที่ถูกเจียรปาดหน้าเรียบ	109
4.77	การจับชิ้นงานเหล็กแผ่นบนโต๊ะจับงาน	109
4.78	ปาดหน้าชิ้นงาน	110
4.79	การกัดขอบชิ้นงาน	110
4.80	แม่พิมพ์แผ่นบนที่กัดเสร็จเรียบร้อย	110
4.81	แม่พิมพ์แผ่นบนที่เจียรปาดหน้าเรียบอีกรอบ	111
4.82	การกัดเจาะรูแม่พิมพ์แผ่นกลาง 1	111
4.83	การกัดเจาะรูแม่พิมพ์แผ่นกลาง 2	112
4.84	แม่พิมพ์แผ่นกลางเจาะรูเสร็จ	112
4.85	แม่พิมพ์แผ่นกลางและแผ่นบนที่ตกแต่งผิวชิ้นงานเสร็จ	112
4.86	การกัดปาดหน้าแม่พิมพ์แผ่นล่าง 1	113
4.87	การกัดเสา (Guide) แม่พิมพ์แผ่นล่าง	113
4.88	การกัดปาดหน้าแม่พิมพ์แผ่นล่าง 2	114
4.89	การกัดลายแม่พิมพ์ (Pocket) แผ่นล่าง	114
4.90	การกัดแม่พิมพ์แผ่นล่างเพื่อเก็บรายละเอียด	114
4.91	แม่พิมพ์แผ่นล่างที่กัดเสร็จ	115
4.92	แม่พิมพ์กัดสำเสร็จ	115
4.93	การประกอบแม่พิมพ์	115
4.94	เครื่องปั๊มพลาสติกยี่ห้อ หงส์ยาวไทย จำกัด	116
4.95	การวอร์มเครื่องและพร้อมกับแม่พิมพ์	117

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.96	ใส่เม็ดพลาสติกลงในแม่พิมพ์	118
4.97	พลาสติกที่ถูกหลอมจนเป็นเนื้อเดียวกัน	118
4.98	การปั๊มอัดพอลิเมอร์	119
4.99	หน้าจอแสดงผลเวลาการปั๊มพลาสติก	119
4.100	แม่พิมพ์ที่ปั๊มเสร็จเรียบร้อยแล้ว	120
4.101	แม่พิมพ์พลาสติกที่เย็นตัว	120
4.102	จานรองแก้ว	120
4.103	Flow-chart	121
ก.1	หน้าต่าง Setup Mechanical Desktop 6	127
ก.2	หน้าต่าง Software License Agreement	127
ก.3	การใส่ Serial Number และ CD Key	128
ก.4	การเลือกคำสั่ง Next> ในขั้นตอนที่ 5	128
ก.5	การเลือกคำสั่ง Next> ในขั้นตอนที่ 6	129
ก.6	การเลือก Typical	129
ก.7	การเลือกคำสั่ง Next> ในขั้นตอนที่ 8	130
ก.8	การติดตั้งโปรแกรม Mechanical Desktop 6	130
ก.9	การเลือกคำสั่ง Yes	131
ก.10	การ Setup	131
ก.11	การติดตั้งโปรแกรมเสร็จสิ้น	131
ก.12	การเลือกคำสั่ง Next ในขั้นตอนที่ 13	132
ก.13	การเลือกคำสั่ง Next ในขั้นตอนที่ 14	132
ก.14	การติดตั้งโปรแกรม	133
ก.15	ไอคอนโปรแกรม Mechanical Desktop 6	133
ข.1	การเลือกภาษาที่ใช้ในการติดตั้งโปรแกรม	135
ข.2	การเลือกคำสั่ง Next ในขั้นตอนที่ 3	135
ข.3	การเลือกคำสั่ง Next ในขั้นตอนที่ 4	136
ข.4	การเลือกคำสั่ง Next ในขั้นตอนที่ 5	136

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
ข.5	การเลือกคำสั่ง Next ในขั้นตอนที่ 6	137
ข.6	การเลือกคำสั่ง Next ในขั้นตอนที่ 7	137
ข.7	เสร็จสิ้นการติดตั้งโฟร์เดอร์ OMA	138
ข.8	การเลือกภาษาที่ใช้ในการติดตั้งโปรแกรม hyperMILL V6.1	138
ข.9	การเลือกคำสั่ง Next ในขั้นตอนที่ 1	139
ข.10	การเลือกคำสั่ง Next ในขั้นตอนที่ 12	139
ข.11	การเลือกคำสั่ง Next ในขั้นตอนที่ 13	140
ข.12	การเลือกคำสั่ง Next ในขั้นตอนที่ 14	140
ข.13	การเลือกคำสั่ง Next ในขั้นตอนที่ 15	141
ข.14	การเลือกคำสั่ง Next ในขั้นตอนที่ 16	141
ข.15	รอการติดตั้ง ในขั้นตอนที่ 17	142
ข.16	เลือก Finish เสร็จสิ้นการติดตั้งโปรแกรม hyperMILL Version 6	142
ค.1	แม่พิมพ์ส่วนบน	145
ค.2	การกัดแบบ 2D Face milling	146
ค.3	Dialog box 2D Face milling	146
ค.4	ปรับขนาดของมีดกัดเป็น 25 มิลลิเมตร	147
ค.5	ปรับตำแหน่งศูนย์ชิ้นงาน	147
ค.6	ปรับตำแหน่งศูนย์ชิ้นงานจากตรงมุมชิ้นงานไปไว้กึ่งกลางชิ้นงาน	148
ค.7	ปรับค่าพารามิเตอร์ให้ กัดปาดหน้าขนานแกน Y และอัตรากินชิ้นงาน 0.7 มิลลิเมตร	148
ค.8	เลือกขอบเขตที่จะปาดผิวโดยรอบและปรับค่ากินชิ้นงานสูงสุด (Top) ต่ำสุด (Bottom)	149
ค.9	เส้นทางเดินของมีด	150
ค.10	หน้าต่างของการ Run NC-Code	150
ค.11	NC-Code ที่ได้แก้ไขเรียบร้อยแล้ว	151
ค.12	Save file เป็นนามสกุล .eia	151
ค.13	การกัดขอบ 2 ด้านแรก	152

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
ค.14	การกัดขอบ 2 ด้านที่เหลือ	152
ค.15	การเจาะรูแผ่นกลาง	153
ค.16	การกัดเสาด้านข้าง	154
ค.17	เส้นทางเดินของมัดกัดขนาด 25 มิลลิเมตร	155
ค.18	การกัดขอบหัวท้าย	155
ค.19	การกัดลายแม่พิมพ์	156
ค.20	การเก็บรายละเอียดด้านซ้ายและขวาชิ้นงาน	156
จ.1	ภาพฉาย 3 มิติ	163
จ.2	แม่พิมพ์ชิ้นบน	164
จ.3	แม่พิมพ์ชิ้นกลาง	165
จ.4	แม่พิมพ์ฐานล่าง	166

บทที่ 1
บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ในปัจจุบันงานทางอุตสาหกรรมมีการแข่งขันกันอย่างสูง เนื่องจากสภาพเศรษฐกิจที่ตกต่ำ บริษัทต่างๆจึงต้องมีการแข่งขันกันในการผลิตสินค้าที่มีคุณภาพ มีประสิทธิภาพสูงและมีความแม่นยำทางขนาดของผลิตภัณฑ์โดยเฉพาะกระบวนการผลิตที่ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ทำให้วิศวกรในปัจจุบันต้องพบกับการปฏิบัติงานในกระบวนการผลิตที่ต้องใช้ความสามารถสูง มีความน่าเชื่อถือและมีความยืดหยุ่นในการทำงานที่สูงซึ่งเครื่องจักรซีเอ็นซี (CNC) เป็นเครื่องจักรอัตโนมัติที่มีบทบาทต่อการผลิตในวงการอุตสาหกรรมไทยช่วยให้การทำงานมีประสิทธิภาพสูง เกิดความเที่ยงตรงและสามารถผลิตชิ้นงานที่สม่ำเสมอรวมไปจนถึงความสามารถที่จะเพิ่มผลผลิตได้อย่างรวดเร็วโดยใช้เวลาที่น้อยซึ่งส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายในการผลิตน้อยลงและสามารถลดการตรวจสอบคุณภาพทางขนาดของผลิตภัณฑ์เพราะเครื่องจักรมีความเที่ยงตรงสูง

แนวคิดที่ได้จัดทำโครงงานนี้ขึ้น เนื่องจากมีความเห็นว่าการสร้างแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปพอลิเมอร์โดยผลิตจากเครื่องจักรซีเอ็นซีที่อาศัยเทคโนโลยี CAD/CAM เป็นทักษะที่ช่วยในการผลิตแม่พิมพ์และแนวโน้มในอนาคตที่จะเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม โดยการใช้โปรแกรม Mechanical Desktop Version 6 ในการออกแบบตัวแม่พิมพ์และใช้โปรแกรม hyperMILL Version 6 ในการจำลองภาพการทำงานของเครื่องกัดระบบซีเอ็นซีตลอดจนการใช้เครื่องกัดระบบ CNC ในการผลิตแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษาโปรแกรมเกี่ยวกับการใช้โปรแกรมในการเขียน CAD/CAM

1.2.2 สามารถใช้งานเครื่องกัดซีเอ็นซีแบบเพลาตั้ง 3 แกนในการผลิตแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปพอลิเมอร์ได้

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)

ได้แม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปพอลิเมอร์ตรงตามที่ออกแบบไว้จริง

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)

1.4.1 สามารถใช้โปรแกรม CAD/CAM ในการออกแบบได้จริง

1.4.2 สามารถใช้เครื่องกัดซีเอ็นซีในการสร้างแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปพอลิเมอร์ได้จริง

1.5 ขอบเขตในการดำเนินงานวิจัย

1.5.1 ใช้โปรแกรม Mechanical Desktop Version 6 ในการออกแบบแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปพอลิเมอร์และชิ้นส่วนต่างๆของแม่พิมพ์

1.5.2 ใช้โปรแกรม hyperMILL Version 6 ในการจำลองภาพการทำงานของเครื่องกัดระบบซีเอ็นซี

1.5.3 ใช้เครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น Mazak FJV-250 แบบ 3 แนวแกน ในการผลิตแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปพอลิเมอร์

1.5.4 ได้ NC-code จากการออกแบบ

1.5.5 ทำการผลิตแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปพอลิเมอร์ จำนวน 1 ชุด ขนาดความกว้างยาวไม่เกิน 200×200 มิลลิเมตร

1.5.6 ใช้เม็ดพลาสติกพอลีโพพีรีนเป็นวัสดุในการปั๊มขึ้นรูปชิ้นงาน

1.6 สถานที่ในการดำเนินการวิจัย

สถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานภาค 3 จังหวัดชลบุรี ณ ห้องปฏิบัติการซีเอ็นซี แผนกช่างกลโรงงาน

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย

วันที่ 1 กรกฎาคม พ.ศ. 2552 ถึง วันที่ 31 มกราคม พ.ศ. 2553

1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินการ (Gantt Chart)

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินการ (Gantt Chart)

ลำดับ	การดำเนินงาน	ก.ค.		ส.ค.		ก.ย.		ต.ค.		พ.ย.		ธ.ค.		ม.ค.	
1.	จัดทำข้อเสนอโครงงาน														
2.	ศึกษาการใช้โปรแกรม Mechanical Desktop Version 6 และ hyperMILL Version 6														
3.	ศึกษาการใช้โปรแกรม hyperMILL Version 6														
4.	ศึกษาการใช้งานเครื่องกัดซีเอ็นซี รุ่น Mazak FJV-250														
5.	ทดสอบการใช้เครื่องกัดซีเอ็นซีในการกัดอลูมิเนียม														
6.	ปรับปรุงและแก้ไขโปรแกรม														
7.	ทำการปฏิบัติการใช้เครื่องกัดซีเอ็นซีในการกัดแม่พิมพ์และส่วนประกอบของแม่พิมพ์														
8.	ทำการทดสอบและปั๊มขึ้นรูปพอลิเมอร์จริง														
9.	วิเคราะห์และสรุปผล														
10.	เขียนรายงานการทำงานวิจัยโครงงาน														

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

เครื่องจักรซีเอ็นซี (CNC) เป็นเครื่องจักรอัตโนมัติที่มีบทบาทต่อการผลิตในวงการอุตสาหกรรมซึ่งมีส่วนช่วยให้การทำงานมีประสิทธิภาพสูงเกิดความเที่ยงตรงและสามารถผลิตชิ้นงานที่สม่ำเสมอรวมไปจนถึงความสามารถที่จะเพิ่มผลผลิตได้อย่างรวดเร็ว โดยใช้เวลาที่และสามารถลดการตรวจสอบคุณภาพทางขนาดของผลิตภัณฑ์ได้ดียิ่งขึ้นเนื่องจากเครื่องจักรซีเอ็นซีนั้นมีความเที่ยงตรงสูง ซึ่งในสร้างแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปพอลิเมอร์ที่ผลิตจากเครื่องจักรซีเอ็นซีโดยอาศัยเทคโนโลยี CAD/CAM เป็นทักษะที่ช่วยในการผลิตแม่พิมพ์นั้นก็เป็นส่วนที่ช่วยทำให้เข้าใจในกระบวนการผลิตโดยอาศัยเครื่องจักรซีเอ็นซีให้ดียิ่งขึ้น

2.1 ทฤษฎีโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ

CAD เป็นคำย่อของ Computer Aided Design ซึ่งแปลเป็นภาษาไทยว่าคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ เป็นการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการสร้างชิ้นส่วน (Part) ด้วยแบบจำลองทางเรขาคณิต วิศวกรเครื่องกลหรือวิศวกรออกแบบใช้ CAD Software ในการสร้างชิ้นส่วน หรือเรียกว่าแบบจำลอง (Model) และแบบจำลองนี้สามารถแสดงเป็นแบบ (Drawing) หรือไฟล์ข้อมูล CAD สำหรับการผลิตโดยการใช้ CAD Software เพื่อ

2.1.1 พัฒนาแบบจำลองชิ้นส่วนจากแบบที่ได้รับ

2.1.2 ประเมินและแก้ไขข้อมูล CAD ของชิ้นส่วนที่ออกแบบบนระบบ CAD เพื่อให้ยอมรับได้ในการผลิต

2.1.3 เปลี่ยนแปลงชิ้นส่วนที่ออกแบบเพื่อให้สามารถผลิตได้สิ่งนี้อาจรวมถึงการเพิ่มมุมสอบ (Draft angle) หรือพัฒนาแบบจำลองของชิ้นส่วนที่แตกต่างกันออกไป สำหรับขั้นตอนที่แตกต่างกันในกระบวนการผลิตที่ซับซ้อน

2.1.4 ออกแบบอุปกรณ์จับยึดโพรงแบบ (Model cavity) ฐานแม่พิมพ์ (Mold base) หรือเครื่องมืออื่น ๆ

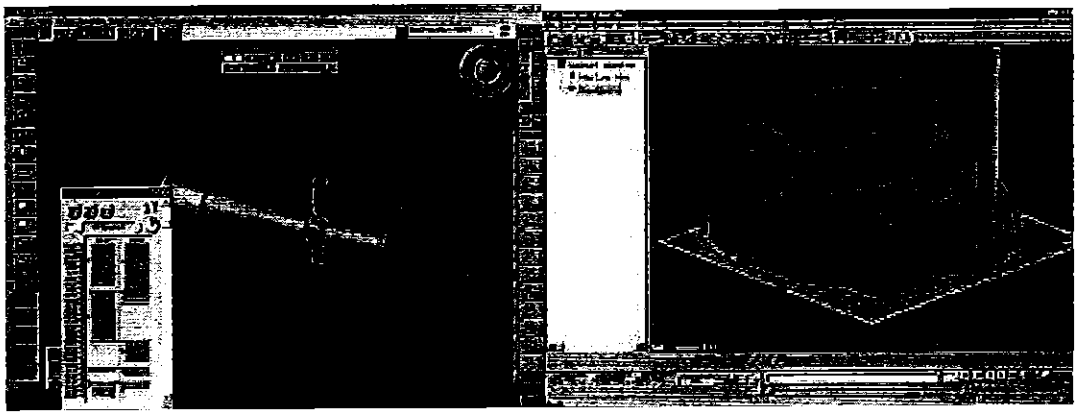
การใช้ CAD ในการสร้างรูปร่างชิ้นส่วนสามารถทำได้ 3 ลักษณะ คือ ปริมาตรตัน (Solid) พื้นผิว (Surface) และโครงลวด (Wire frame) ซึ่งแต่ละแบบจะเหมาะกับงานเฉพาะอย่าง

รูปที่ 2.1 การใช้ CAD ในการออกแบบ
ที่มา: สมนึก บุญพาไสว (2552)

นอกจากการใช้ CAD ในการสร้างชิ้นส่วนแล้วปัจจุบัน CAD Software บางตัวยังสามารถใช้ในงานวิศวกรรมย้อนกลับ (Reverse engineering) ได้คุณภาพของพื้นผิวที่สร้างขึ้นมาจากซอฟต์แวร์วิศวกรรมย้อนกลับส่วนมากขึ้นอยู่กับ 2 องค์ประกอบ คือ คุณภาพของแบบจำลองหรือส่วนประกอบที่นำมาสแกนและคุณภาพของข้อมูลเชิงตัวเลข บางครั้งในการทำงานจริงเราไม่สามารถได้แบบจำลองที่สมบูรณ์หรือคุณภาพของข้อมูลเชิงตัวเลขที่ได้ไม่ดี เนื่องจากชิ้นส่วนชำรุดหรือถูกทำลาย CAD Software บางตัวสามารถแก้ไขปัญหาพื้นผิวของแบบจำลองในบริเวณที่ชำรุดได้ หรืออาจแต่งเติมดัดแปลงให้ดีกว่าของเดิมที่สแกนมาได้

2.2 ทฤษฎีโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิต

CAM คือคำย่อของ Computer Aided Manufacturing แปลเป็นภาษาไทยว่า คอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิต เป็นการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการสร้างรหัสจี (G-code) เพื่อควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซีในการกัดขึ้นรูปชิ้นส่วน โดยใช้ข้อมูลทางรูปร่างจาก CAD ซึ่งจากความก้าวหน้าของเทคโนโลยี IT CAM สามารถใช้ข้อมูลจาก CAD ในการกำหนดว่าจะใช้เครื่องจักรใดในการผลิตวัสดุชิ้นงานมีขนาดเท่าใด วางตำแหน่งอ้างอิงอย่างไร ใช้เครื่องมืออะไรในการตัดเฉือนจะใช้วิธีตัดเฉือนแบบไหนกี่ขั้นตอน รวมไปถึงการจำลองขั้นตอนการทำงานเพื่อดูเส้นทางการตัดเฉือนของเครื่องมือตัดเฉือน และตรวจสอบความผิดพลาดในการผลิตด้วยการพัฒนา CAM Software อย่างต่อเนื่อง ปัจจุบัน CAM Software ได้รับการพัฒนาให้ช่วยส่งเสริมการกัดหยาบได้รวดเร็วขึ้นและสามารถกัดละเอียดด้วยความเร็วสูงรวมถึงการกัด 5 แกน



รูปที่ 2.2 การใช้ CAM ในการสร้างรหัสจี (G-CODE)

ที่มา: สมนึก บุญพาไสว (2552)

2.3 ทฤษฎีเครื่องจักรกล ซี.เอ็น.ซี

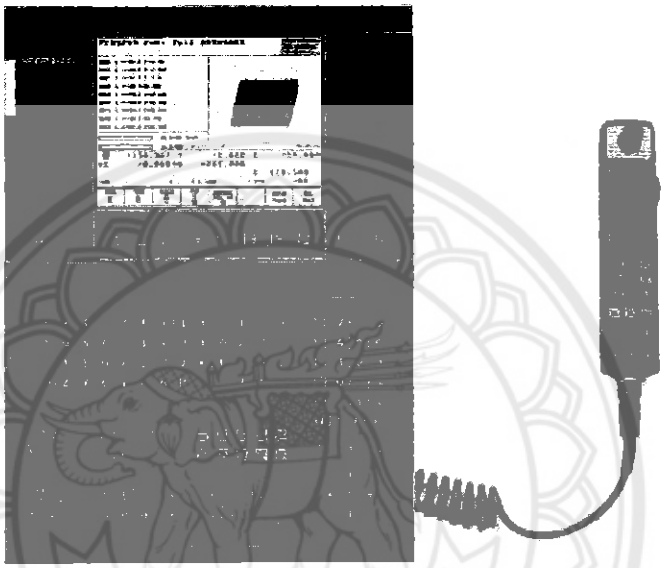
ในปี ค.ศ. 1948 ที่สถาบัน M.I.T. (Massachusetts Institute of Technology) ได้ริเริ่มนำเอาระบบคอมพิวเตอร์มาควบคุมการทำงานของเครื่องจักรเพื่อวัตถุประสงค์ในการผลิตชิ้นส่วนเครื่องบิน ซึ่งมีความละเอียดและซับซ้อนยากแก่การผลิต แต่ก่อนจะได้เครื่องจักรซีเอ็นซีนั้นได้พัฒนาเครื่องจักรเอ็นซี (NC) ขึ้นก่อน เครื่องจักรเอ็นซี (Numerical Control) เป็นเครื่องจักรที่ควบคุมด้วยชุดรหัสควบคุมซึ่งรหัสนี้ประกอบไปด้วยตัวเลขและตัวอักษรและรหัสอื่นๆ ประกอบกันเป็นชุดคำสั่งและชุดคำสั่งเหล่านี้จะถูกแปลงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าเพื่อนำไปควบคุมชุดขับเคลื่อนมอเตอร์และอุปกรณ์อื่นๆในเครื่องจักร

2.3.1 คำนิยามของการควบคุมเชิงตัวเลข (Numerical Control)

เครื่องจักรที่ควบคุมด้วยตัวเลขเป็นเครื่องที่ทำงานตามโปรแกรมที่มีคำสั่งเชิงตัวเลขประกอบด้วยตัวเลขและตัวอักษรที่ป้อนผ่านหน่วยควบคุมอัตโนมัติ (Automatic control unit) ข้อกำหนดของชิ้นส่วน ซึ่งก็คือข้อมูลที่ปรากฏบนพิมพ์เขียวหรือแบบทางวิศวกรรมจะเริ่มพัฒนามาจากการแทนค่าในรูปของคณิตศาสตร์ จากนั้นทำเป็นข้อความทางคณิตศาสตร์บรรยายเส้นทางการทำงาน (Path) ที่สั่งให้เครื่องกลึงทำงานแล้วเปลี่ยนเป็นคำสั่งละเอียดที่แปลงเป็นรหัสตัวเลข (Numerical Code) รหัสคำสั่งนี้จะถูกอ่านและแปลค่าเป็นสัญญาณไฟฟ้าเพื่อใช้ควบคุมเครื่องต่อไป นอกเหนือจากเส้นทางการทำงานของเครื่องกลึงกับชิ้นงานแล้วคำสั่งเชิงตัวเลขอาจนำมาใช้ควบคุมเร็วให้คงที่อัตราการป้อนสารหล่อเย็นและการเลือกมีดกลึงได้คำสั่งเหล่านี้จะบันทึกลงบนเทปเอ็นซีแล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณซึ่งกระตุ้นให้ระบบกลไกทำงานไปตามกระบวนการของเครื่อง

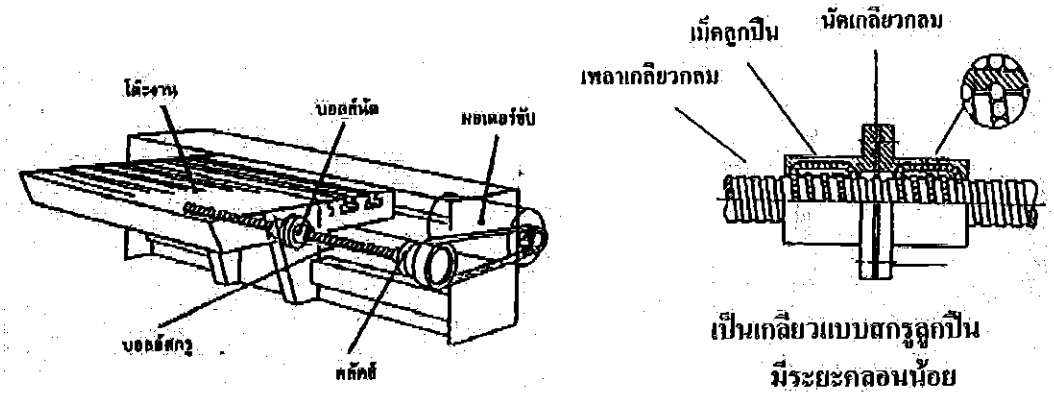
2.3.2 ส่วนประกอบหลักของเครื่อง Machining Center

2.3.2.1 ชุดควบคุมการทำงาน (Controller) ชุดควบคุมของ Machining Center เป็นระบบคอมพิวเตอร์ที่สามารถจัดเก็บโปรแกรมแก้ไขดัดแปลงได้คอมพิวเตอร์เข้าใจโปรแกรมที่ป้อนและทำงานตามคำสั่งในโปรแกรมชุดควบคุมประกอบไปด้วยแผงควบคุม (Control panel) จอภาพ (Monitor) แป้นพิมพ์ (Keyboard หรือ Keypad) และปุ่มสวิตซ์ควบคุมต่างๆ เช่น ความเร็วฟีด (Feed) และความเร็วสปินเดิล (Spindle) เป็นต้น



รูปที่ 2.3 รูปชุดควบคุมการทำงานต่าง ๆ
ที่มา: กฤติกร สุขศิริพงศ์วาสี (2552)

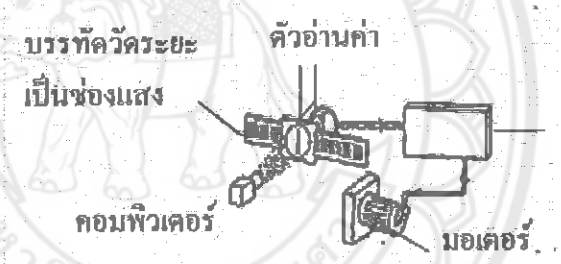
2.3.2.2 กลไกการเคลื่อนที่ ได้แก่ ฟีดมอเตอร์ (Feed Motor) ซึ่งเป็นโซโวมอเตอร์ (Servo Motor) ควบคุมการเคลื่อนที่ของแกนต่างๆ ได้โดยใช้บอลสกรู (Ball Screw) แปลงการเคลื่อนที่เชิงมุม (Angular Motion) เป็นการเคลื่อนที่เชิงเส้น (Linear Motion) โดยมีตำแหน่งหรือระยะทางการเคลื่อนที่และความเร็วถูกควบคุมโดยรับสัญญาณจากคอนโทรลเลอร์นอกจากนี้จะมีรางนำทาง (Guide Way) รองรับการเคลื่อนที่ที่แกนต่างๆ เป็นต้น



รูปที่ 2.4 กลไกการเคลื่อนที่

ที่มา: กฤติกร สุขศิริพงศ์วาสี (2552)

สำหรับเครื่องที่ต้องการความแม่นยำสูงจะมีลิเนียร์สเกล (Linear Scale) **เป็นอุปกรณ์ตรวจรู้หรือเซน**เซอร์ (Sensor) บอกตำแหน่งในการเคลื่อนที่ในแต่ละแกน



รูปที่ 2.5 วงจรของกลไกการเคลื่อนที่

ที่มา: กฤติกร สุขศิริพงศ์วาสี (2552)

2.3.2.3 ตัวเครื่องจักร โครงสร้างที่ประกอบเป็นรูปร่างที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานตามประเภทของเครื่องจักรนั้นๆตัวเครื่องจักรมีส่วนปรักกอบหลักเช่น

ก. แท่นเครื่อง (Machine Bed) เป็นโครงสร้างหลักของตัวเครื่องจักร สำหรับรองรับอุปกรณ์และชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องจักร

ข. หมอนรอง หรือ แสดเดิล (Saddle) เคลื่อนที่ได้ 1 แกนบนแท่นเครื่อง เช่น แกน X หรือแกน Y

ค. โต๊ะ (Table สำหรับวางชิ้นงานโดยทั่วไปโต๊ะเคลื่อนที่อยู่บนหมอนรองมีร่องรูปตัวที (T-slot) สำหรับใช้ในการจับยึดชิ้นงานให้แนบติดกับโต๊ะมีระนาบโต๊ะตั้งติดกับเสา

ง. เสา (Column) เป็นโครงสร้างสำหรับติดตั้งสปินเดิล เครื่องแมชชีนนิ่งเซนเตอร์แนวตั้งรุ่นใหม่นิยมสร้างเป็นแบบเสาคู่ (Double Column) เพราะให้ความแม่นยำที่ดีกว่า

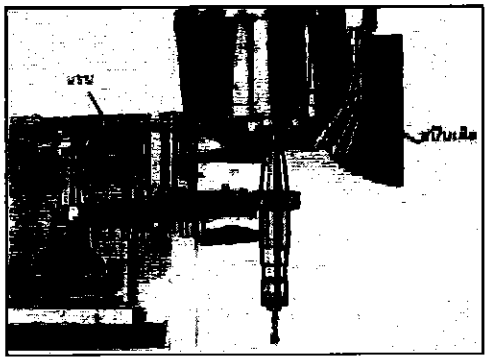
จ. สปินเดิล (Spindle) สำหรับติดตั้งชุดจับทูล แบบเทเปอร์แชงค์ (Tapered Shank) หรือแบบไฮสปีด (Hig Speed) โดยมีมอเตอร์สปินเดิล (Spindle Motor) ขับเคลื่อนสปินเดิลผ่านเกียร์หรือสายพานหรือต่อตรงรวมเป็นชุดเดียวกัน

2.3.2.4 อุปกรณ์เปลี่ยนทูลอัตโนมัติ (Automatic Tool Changer, ATC) ติดตั้งในเครื่องแมชชีนนิ่งเซนเตอร์ทั้งแบบแนวตั้ง (Vertical Machining Center หรือ VMC) และแบบแนวนอน (Horizontal Machining Center) สามารถเปลี่ยนทูลจากที่เก็บทูล (Tool Storage) หรือทูลแมคกาซีน (Tool Magazine) ประเภทของ ATC สามารถแยกได้ดังนี้

ก. เป็นแบบโซ่ (Chain-Type)

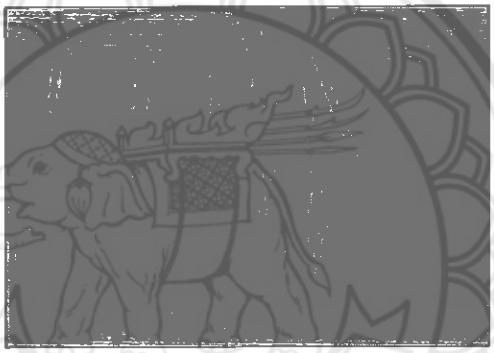
ข. แบบจานหมุน (Carousel-Type)

โดยแบบโซ่สามารถเก็บทูลได้จำนวนมากกว่าแบบจานหมุน ทั้งสองแบบจะมีแขนจับเปลี่ยนทูล (Tool Changing Arm) ระหว่างที่เก็บทูลและสปินเดิล บางรุ่นอาจจะไม่ต้องใช้แขนหรือเป็นแบบไร้แขน (Armless)



รูปที่ 2.6 แสดงชุดเปลี่ยนทูลอัตโนมัติ

ที่มา: กฤติกร สุขศิริพงศ์วาสี (2552)



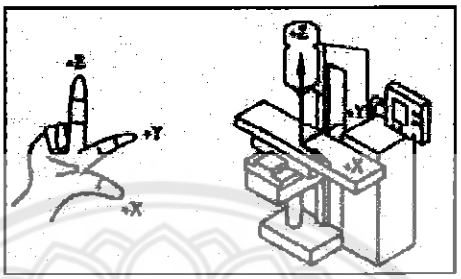
รูปที่ 2.7 แสดงชุดเปลี่ยนทูลอัตโนมัติเครื่องกัด

ที่มา: กฤติกร สุขศิริพงศ์วาสี (2552)

2.4 ประเภทของเครื่องแมชชินนิ่งเซนเตอร์

2.4.1 แนวตั้ง (Vertical Machining Center, VMC)

เครื่องกัดแนวตั้งมีโคออร์ดิเนต Z ในแนวตั้งและระนาบ XY ในแนวนอนหรือบนระนาบของโต๊ะวางชิ้นงาน โดยมีแกน X เป็นการเคลื่อนที่ซ้าย-ขวา แกน Y เป็นการเคลื่อนที่เข้า-ออกแกน Z เป็นการเคลื่อนที่ขึ้นลงของทูลเมื่อเทียบกับชิ้นงาน

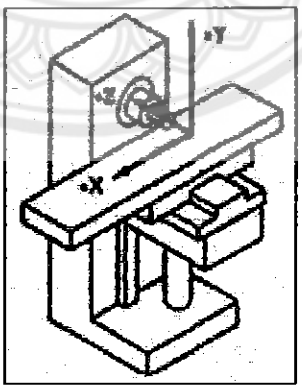


รูปที่ 2.8 การกำหนดแนวแกนของเครื่องกัดตั้ง

ที่มา: กฤติกร สุขศิริพงศ์วาสี (2552)

2.4.2 แนวนอน (Horizontal Machining Center, HMC)

เครื่องกัดแนวนอนมีโคออร์ดิเนต Z ในแนวนอนทิศทางบวกชี้เข้าหาสปินเดิลซึ่งติดตั้งอยู่ในแนวนอนโดยมีแกน X เป็นการเคลื่อนที่ซ้าย-ขวา แกน Y เป็นการเคลื่อนที่ขึ้นลงและแกน Z เป็นการเคลื่อนที่เข้า-ออกทูลเมื่อเทียบกับชิ้นงาน



รูปที่ 2.9 การกำหนดแนวแกนของเครื่องกัดนอน

ที่มา: กฤติกร สุขศิริพงศ์วาสี (2552)

เครื่องกัดแบบแนวตั้งนั้นมีจำนวนการใช้งานมากกว่าเครื่องแบบแนวนอนมากกว่าโดยเฉพาะในการนำมาใช้ผลิตชิ้นส่วนขนาดเล็กและกลาง รวมถึงขนาดใหญ่ด้วยเช่นกัน โดยที่ข้อดีของแบบแนวนอน คือ ไม่สะสมความร้อนที่ชิ้นงาน เศษโลหะจะตกลงพื้นไม่สะสมบนผิวของชิ้นงาน ที่อาจทำให้เกิดรอยขีดข่วนบนชิ้นงานได้

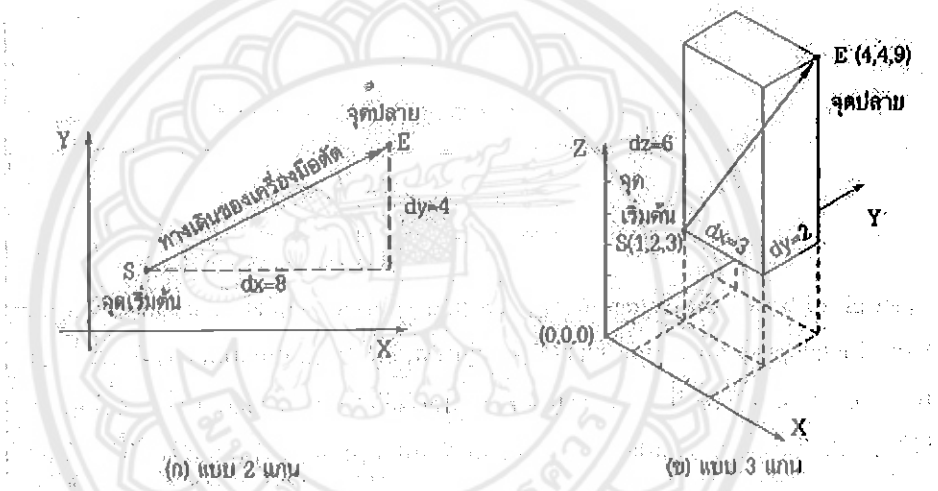
CNC Machining Center ที่สามารถเปลี่ยนตำแหน่งการติดตั้งหัวสปินเดิลให้อยู่ได้ทั้งในแนวนอนหรือแนวตั้ง โดยการใช้คำสั่งซีเอ็นซีในการเปลี่ยนตำแหน่งนั้น มีชื่อเรียกเครื่องประเภทนี้ว่า "Universal Machining Center" ฉะนั้นเครื่องจักรประเภทนี้จึงสามารถทำงานหลายขั้นตอนให้เสร็จได้ภายในเครื่องเดียวโดยไม่ต้องติดตั้งชิ้นงานใหม่ซึ่งกัดได้ถึง 5-6 ด้านในครั้งเดียว

2.5 การควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องซีเอ็นซี

การควบคุมการเคลื่อนที่ของแท่นเลื่อนต่าง ของเครื่องซีเอ็นซีแบ่งออกได้เป็น 5 ชนิดคือการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้ง การเคลื่อนที่แบบเฮลิคอล การเคลื่อนที่แบบพาราโบลิกและการเคลื่อนที่แบบคิวบิก โดยที่การเคลื่อนในแนวเส้นตรงและในเส้นโค้งจะเป็นแบบที่มีการใช้งานมากที่สุดในระบบซีเอ็นซี

2.5.1 การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง (Linear Interpolation)

การเคลื่อนที่ในลักษณะนี้ เครื่องมือตัดจะเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นไปยังจุดปลายเป็นแนวเส้นตรง และในขณะเดียวกันระบบซีเอ็นซีก็จะทำการคำนวณเปรียบเทียบโดยให้จุดปลายของเส้นแรกนั้นเป็นจุดเริ่มต้นของการเคลื่อนที่ไปยังจุดใหม่ต่อไป



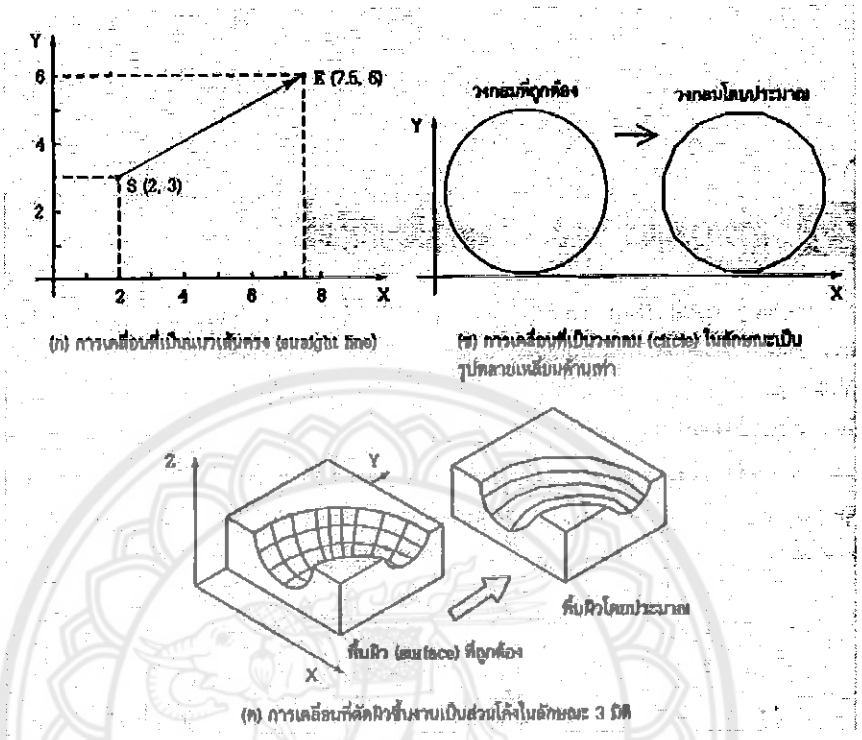
รูปที่ 2.10 การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง

ที่มา: อำนาจ ทองแสน (2544)

การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงจำเป็นจะต้องกำหนดค่าตัวแปรที่สำคัญ 3 ค่าตัวแปรคือ โคออร์นิเนตของจุดเริ่มต้น โคออร์ดิเนตของจุดปลายและความเร็วของแต่ละแกน

หลักการควบคุมการเคลื่อนในแนวเส้นตรงนี้ถูกนำมาประยุกต์ใช้สำหรับควบคุมการเคลื่อนที่ตัดเฉือนผิวชิ้นงานของเครื่องมือตัดหลายลักษณะ ซึ่งประกอบไปด้วยการเคลื่อนตัดใน

แนวเส้นตรง วงกลม ส่วนโค้ง และแบบเฮลิคอล ตัวอย่างการเคลื่อนที่ตัดเฉือนชิ้นงานในแนวเส้นตรงแสดงไว้ในรูปที่ 2.11

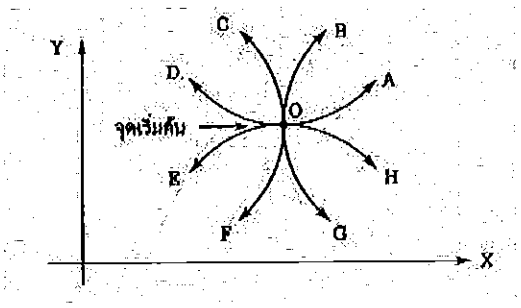


รูปที่ 2.11 แสดงตัวอย่างการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง

ที่มา: กฤติกร สุขศิริพงศ์วาสี (2552).

2.5.2 การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้ง (Circular Interpolation)

การเคลื่อนที่แบบนี้จะมีลักษณะคล้ายกับการเคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรงที่มีระยะทางสั้นมาก ปกติขนาดของสัญญาณพัลส์ที่ส่งออกไปควบคุมการขับเคลื่อนของมอเตอร์จะมีค่าประมาณ 0.0001 หรือ 0.0002 นิ้ว โดยระบบที่ควบคุมซีเอ็นซีจะคำนวณหาจุดต่อกันของเส้นตรงขนาดของรัศมีและในขณะเดียวกันเครื่องมือตัดและชิ้นงานก็จะเคลื่อนที่สัมพันธ์กันทำให้เกิดการเคลื่อนในแนวเส้นโค้งขึ้นข้อดีของการเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้งคือมีความคงที่ในขณะเครื่องมือตัดเคลื่อนที่ตัดชิ้นงานผิวโค้งลักษณะการเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้งไม่ว่าจะมีทิศทางตามเข็มนาฬิกา (G02) และทิศทางทวนเข็มนาฬิกา (G03) สามารถจำแนกได้ทั้งหมด 8 ลักษณะดังแสดงในรูปที่ 2.12 โดยกำหนดให้ 0 คือจุดเริ่มต้นของเส้นโค้ง และตำแหน่ง A,B,C,D,E,F,G,H คือจุดปลายของเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้ง

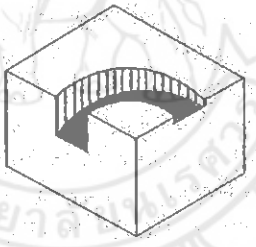


รูปที่ 2.12 การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้ง 8 ลักษณะจากจุดเริ่มต้นที่กำหนดให้

ที่มา: กฤติกร สุขศิริพงศ์วาสี (2552)

2.5.3 การเคลื่อนที่แบบเฮลิคอล (Helical Interpolation)

การเคลื่อนที่แบบนี้จะเป็นลักษณะของการผสมผสานกันระหว่างการเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้ง 2 แกน และการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงอีกหนึ่งแกน การเคลื่อนที่แบบเฮลิคอลนี้จะใช้ในงานกัดเกลียวในและกัดเกลียวนอกที่มีขนาดใหญ่ (Large Internal and External Thread) ตัวอย่างการเคลื่อนที่แบบเฮลิคอลแสดงดังรูปที่ 2.13

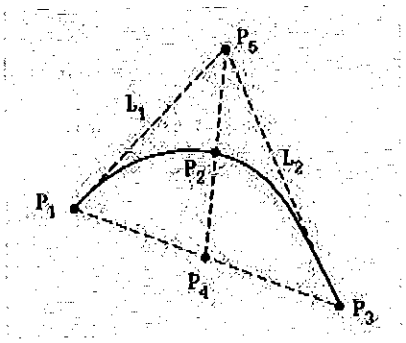


รูปที่ 2.13 การเคลื่อนที่แบบเฮลิคอล

ที่มา: กฤติกร สุขศิริพงศ์วาสี (2552)

2.5.4 การเคลื่อนที่แบบพาราโบลิก (Parabolic Interpolation)

การเคลื่อนที่แบบนี้กำหนดโดยใช้จุดที่ไม่อยู่ในแนวเส้นเดียวกัน 3 จุด ซึ่งมีลักษณะเป็นฟรีเดิร์ฟ (Free-form Curves) ในรูปที่ 2.14 แสดงลักษณะของเส้นโค้งพาราโบลิกที่กำหนดจุด 3 จุด ซึ่งประกอบ P_1,P_2 และ P_3 โดยที่ P_1 และ P_2 คือจุดปลายของเส้น ส่วน P_2 คือจุดกึ่งกลางที่อยู่ระหว่าง P_4 และ P_5 ส่วน P_4 คือจุดกึ่งกลางระหว่าง P_1 และ P_3 เส้น L_1 และ L_2 คือเส้นที่ใช้ในการสร้างส่วนโค้ง พาราโบลิก



รูปที่ 2.14 การเคลื่อนที่แบบพาราโบลิก

ที่มา: กฤติกร สุขศิริพงศ์วาสี (2552)

การเคลื่อนที่แบบพาลาโบลิกจะถูกนำไปประยุกต์ใช้งานที่เกี่ยวกับการขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

2.5.5 การเคลื่อนที่แบบคิวบิก (Cubic Interpolation)

การเคลื่อนที่แบบพาลาโบลิก สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดได้ทุกรูปแบบ โดยทั่วไปแล้วจะนิยมใช้กับเครื่องซีเอ็นซีใช้ในการขึ้นรูปแม่พิมพ์ในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ที่ทำจากโลหะแผ่น เช่น ตัวถังรถยนต์ ฝาครอบเครื่องยนต์ เป็นต้น

2.6 ระบบควบคุม (Control System)

ระบบควบคุมเป็นส่วนที่ใช้คอมพิวเตอร์ทำหน้าที่ในการคำนวณและประมวลผลทั้งหมด เช่น ควบคุมการทำงานระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในเครื่องจักรควบคุมสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตจากอุปกรณ์ต่างที่ใช้ในเครื่องจักรเช่น ลิมิตสวิตซ์พร็อกซิมิ ทีสวิตซ์เป็นต้น รวมถึงการเขียนโปรแกรมการแก้ไขโปรแกรม ระบบควบคุมมี 6 ส่วนดังต่อไปนี้

2.6.1 หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU : Central Processing Unit)

หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU : Central Processing Unit)ถือว่าเป็นหัวใจของคอมพิวเตอร์มีหน้าที่ควบคุมการทำงานทั้งหมด ซีพียูประกอบด้วยส่วนที่สำคัญๆ 3 ส่วนคือ

2.6.1.1 ส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุม (Control Section)

ก. มีหน้าที่ติดต่อกับหน่วยรับข้อมูลเข้าและควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ทั้งหมดในคอมพิวเตอร์

ข. นำข้อมูลจากหน่วยรับข้อมูลหน่วยความจำในแรม (RAM) หรือรอม (ROM) มาแปลรหัส (Decode) หรือแปลคำสั่ง

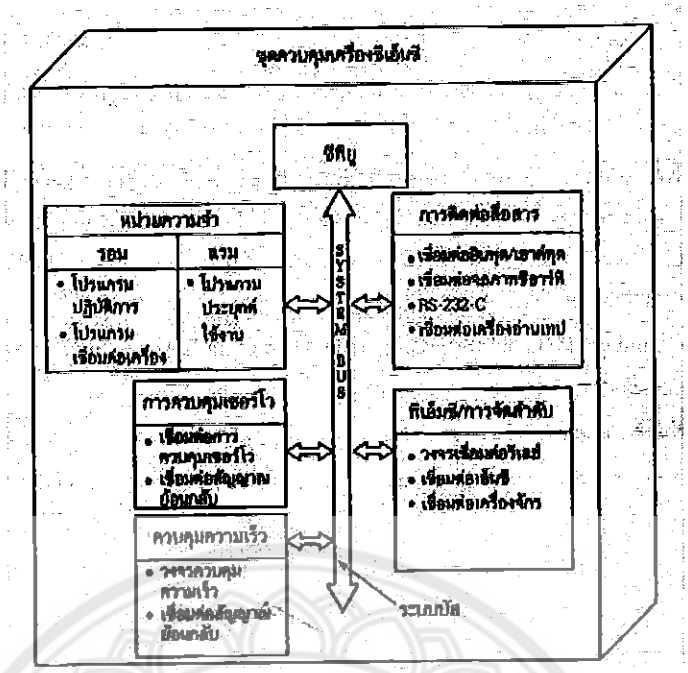
ค. ส่งสัญญาณข้อมูลของระบบควบคุมที่แปลรหัสเสร็จแล้วเป็นคำสั่งออกไปยังหน่วยส่งข้อมูลออก (Data Output)

2.6.1.2 ส่วนจัดการทางตรรกศาสตร์ (Arithmetric-Logic Section)

ก. มีหน้าที่คำนวณข้อมูลที่เกี่ยวกับตรรกะหรือคณิตศาสตร์ เช่น การบวก (+) การลบ (-) เป็นต้น

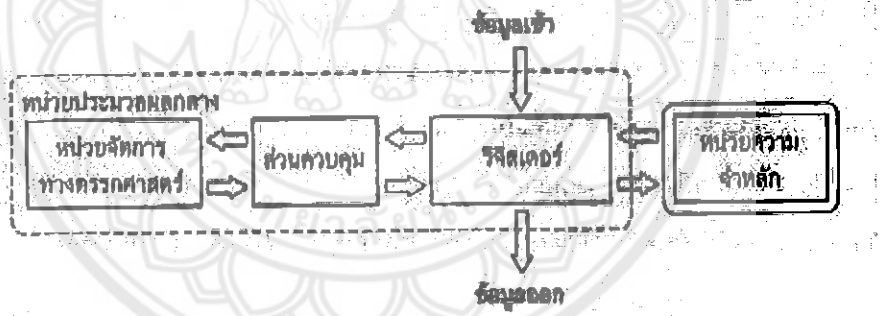
2.6.1.3 ส่วนที่เป็นหน่วยความจำชั่วคราว (Immediate-Access Memory Section)

ก. ทำหน้าที่เป็นหน่วยความจำชั่วคราวหรือรีจิสเตอร์ (Register) ทำหน้าที่นำข้อมูลจากหน่วยรับข้อมูลเข้ามาเรียงลำดับไว้เพื่อส่งไปยังหน่วยอื่น เช่น หน่วยจัดการทางตรรกศาสตร์ ทั้งนี้ก็เพื่อให้หน่วยอื่นๆ ทำงานอยู่ตลอดเวลาไม่เกิดภาวะรอข้อมูล



รูปที่ 2.15 ไดอะแกรมทำงานของหน่วยควบคุมเครื่องซีเอ็นซี

ที่มา: กฤติกร สุขศิริพงศ์วาสี (2552)



รูปที่ 2.16 ไดอะแกรมการทำงานของหน่วยประมวลผลกลาง

ที่มา: กฤติกร สุขศิริพงศ์วาสี (2552)

2.6.2 หน่วยความจำ (Memory)

เนื่องจากหน่วยความจำของหน่วยประมวลผลกลางหรือ ซีพียู (CPU) ของคอมพิวเตอร์มีจำกัด ดังนั้นเราจำเป็นจะต้องหาหน่วยความจำที่มีขนาดใหญ่สำหรับเก็บข้อมูลของโปรแกรม หน่วยความจำของคอมพิวเตอร์นั้นเราแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดด้วยกันคือ

2.6.2.1 หน่วยความจำหลัก (Primary Memory) ได้แก่ หน่วยความจำประเภทแรม (RAM) ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่สามารถอ่านและเขียนหรือลบข้อมูลได้ตลอดเวลาและหน่วยความจำประเภทรอม (ROM) เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูลได้อย่างถาวร และอ่านได้อย่างเดียวไม่สามารถเขียน ลบ หรือแก้ไขข้อมูลได้

2.6.2.2 หน่วยความจำสำรอง (Secondary Memory) โดยทั่วไปหน่วยความจำประเภทนี้จะใช้เป็นหน่วยเก็บข้อมูลของโปรแกรม ยกตัวอย่างความจำสำรองนี้ได้แก่ ฮาร์ดดิสก์ ฟลอปปี้ดิสก์ เทปแม่เหล็ก เป็นต้น หน่วยความจำประเภทนี้จะสามารถเก็บข้อมูลไว้ได้ยาวนาน ซึ่งเมื่อเราปิดเครื่อง ข้อมูลจะไม่สูญหาย แต่อย่างไรก็ตามหน่วยความจำสำรองนี้มักจะทำงานช้ากว่าหน่วยความจำหลัก

2.6.3 การติดต่อสื่อสาร (Communication)

ในระบบซีเอ็นซีจำเป็นจะต้องมีการติดต่อสื่อสารกันระหว่างหน่วยประมวลกลางหรือซีพียูและส่วนประกอบของระบบอื่นๆ ซึ่งอยู่ภายนอกของเครื่องคอมพิวเตอร์โดยทั่วไปแล้วในระบบซีเอ็นซีนั้นจะมีการติดต่อสื่อสารข้อมูลโดยผ่านระบบบัส (Bus System) ในส่วนของการส่งและการรับข้อมูลนั้น ช่างควบคุมเครื่องจะมีวิธีการติดต่อสื่อสารเพื่อควบคุมระบบซีเอ็นซีอยู่ 3 ชนิดคือ

2.6.3.1 จอภาพ (Displays) จอภาพหรือมอนิเตอร์ (Monitor) ในระบบซีเอ็นซีจะประกอบด้วยจอภาพซีอาร์ที (CRT) และอุปกรณ์แสดงสัญญาณต่างๆ เช่น หลอดไฟหรือสัญญาณไฟต่างๆ จอภาพนี้จะเป็นส่วนที่ใช้แสดงเกี่ยวกับข้อมูลของโปรแกรมเอ็นซี ซึ่งประกอบไปด้วย

ก. แสดงข้อมูลของโปรแกรมที่ใช้งาน (Active Part Program)

ข. แสดงแนวแกนใช้งานปัจจุบัน (Current Axis)

ค. แสดงทางเดินของเครื่องมือตัด (Tool Path)

ง. แสดงข้อมูลที่เกี่ยวกับการวางตำแหน่งของมีด (Tool Offset)

จ. แสดงการจำลองการตัดเฉือนชิ้นงาน (Simulation)

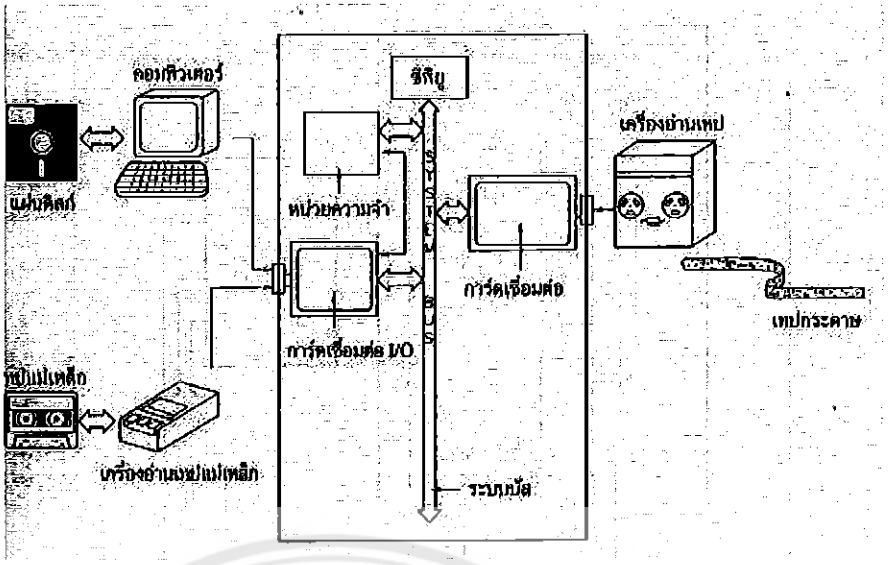
ช. แสดงสัญญาณเมื่อโปรแกรมมีการผิดพลาด (Alarm For Program Errors) หรือระบบควบคุมเซอร์โวผิดพลาด

ซ. อื่นๆ เช่น การแปลงสถานะของการส่งข้อมูลหรือบอดเรต (Baud Rate) ของสายส่งข้อมูล RS-232-C เป็นต้น

รูปที่ 2.17 ลักษณะของจอภาพซีอาร์ทีที่แสดงข้อมูลและสัญญาณต่างๆ
ที่มา: กฤติกร สุขศิริพงศ์วาสี (2552)

2.6.3.2 แผงควบคุมการทำงาน (Operator Control Panel) แผงควบคุมการทำงานนี้จะเป็นส่วนที่ช่างควบคุมเครื่องใช้ติดต่อสื่อสารกับระบบซีเอ็นซี นอกจากนี้แล้วยังเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานต่างๆ โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันคือ ส่วนควบคุมเครื่อง (Machine Control) และส่วนควบคุมโปรแกรม (Program Controls)

2.6.3.3 ส่วนป้อนข้อมูลเข้า/ออกของโปรแกรม (Part Program Input and Output) เนื่องจากข้อมูลของโปรแกรมที่ใช้ควบคุมในระบบซีเอ็นซีนั้นเราสามารถที่จะเก็บข้อมูลได้ด้วยอุปกรณ์เก็บข้อมูล เช่น เทปกระดาษ แผ่นฟลอปปีดิสก์ และเทปแม่เหล็ก เป็นต้น โดยข้อมูลที่เก็บไว้ในอุปกรณ์เก็บข้อมูลเหล่านี้เมื่อจะนำไปใช้งานจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีอุปกรณ์ช่วยสำหรับการส่งถ่ายข้อมูล ซึ่งได้แก่ เครื่องอ่านเทปกระดาษ (Punched Tape Reader) เครื่องอ่านเทปแม่เหล็ก (Magnetic Tape Reader) และคอมพิวเตอร์ที่ใช้สายส่งข้อมูลด้วย RS-232-C ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้จะเชื่อมต่อกันด้วยระบบบัส (Bus System) ของหน่วยประมวลผลกลางและการ์ดของหน่วยเชื่อมต่อ (I/O Imterface Card) ดังตัวอย่างรูปที่ 2.18

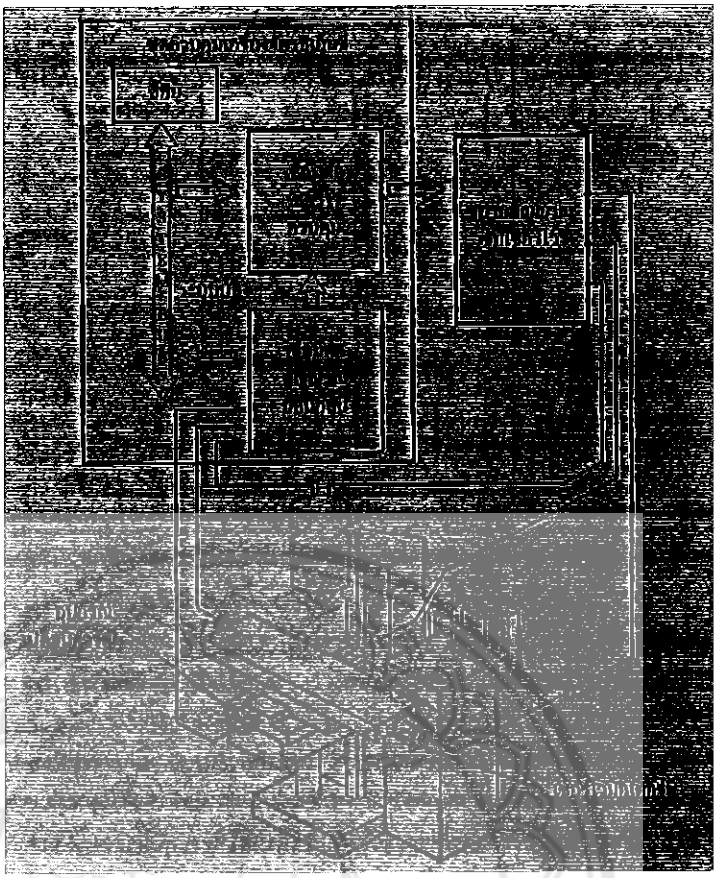


รูปที่ 2.18 แสดงส่วนป้อนข้อมูลของโปรแกรมเข้า/ ออกในระบบซีเอ็นซี

ที่มา: กฤติกร สุขศิริพงศ์วาสี (2552)

2.6.4 การควบคุมการขับเซอร์โว (Servo Drive Control)

การควบคุมเครื่องจักรในระบบซีเอ็นซีนั้นจำเป็นต้องอาศัยระบบการแปลงและควบคุมสัญญาณพัลส์ที่ถูกส่งมาจากระบบซีเอ็นซีไปเป็นสัญญาณสำหรับควบคุมการขับเคลื่อนของมอเตอร์ โดยการควบคุมการขับเซอร์โวนี้จะมีระบบย่อยอยู่ 2 ระบบคือ ระบบควบคุมการเชื่อมต่อเซอร์โว และระบบเชื่อมต่อสัญญาณย้อนกลับ (Feedback Interface) ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 การควบคุมการขับเซอร์โว
ที่มา: กฤติกร สุขศิริพงศ์วาสี (2552)

จากรูปที่ 2.19 ระบบควบคุมการเชื่อมต่อเซอร์โวจะเป็นส่วนใช้ควบคุมตำแหน่งและความเร็วในการขับเคลื่อนมอเตอร์ แต่เนื่องจากสัญญาณควบคุมที่ส่งมาจากระบบซีเอ็นซีและระบบควบคุมการเชื่อมต่อเซอร์โวมีกำลังต่ำ ดังนั้นก่อนที่จะส่งสัญญาณควบคุมไปยังควบคุมไปยังมอเตอร์นั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการขยายคลื่นสัญญาณโดยใช้ชุดขยายสัญญาณขับเซอร์โว (Servo Drive Amplifier) โดยที่ชุดขยายสัญญาณขับเซอร์โวนี้จะไม่เป็นส่วนประกอบของชุดควบคุมระบบซีเอ็นซี แต่จะเป็นชุดประกอบของระบบควบคุมการขับมอเตอร์ ส่วนระบบเชื่อต่อสัญญาณย้อนกลับ (Feedback Interface) นี้จะมีอุปกรณ์เปลี่ยนค่าวัด (Encoder or Resolver) ซึ่งมีหน้าที่บันทึกตำแหน่งการเคลื่อนที่เพื่อส่งข้อมูลกลับไปยังหน่วยประมวลกลางและวงจร

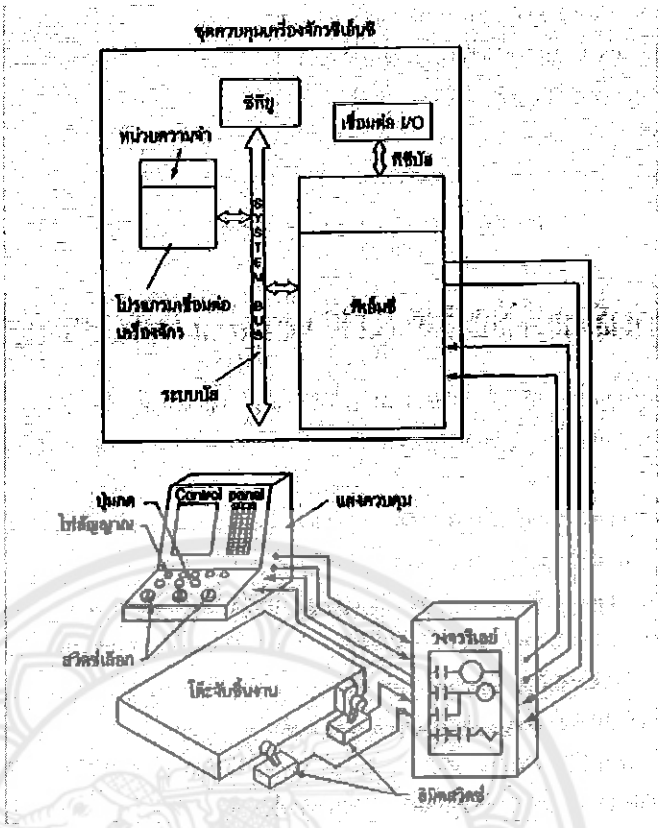
อิเล็กทรอนิกส์ของชุดควบคุมเซอร์โว ซึ่งระบบควบคุมก็จะใช้สัญญาณนี้ไปคำนวณหาระยะทางในการเคลื่อนที่ของแท่นเลื่อนต่อไป

2.6.5 การควบคุมความเร็วรอบของเพลาจับยึดเครื่องมือตัด (Spindle Speed Control)

การควบคุมความเร็วรอบของเพลาจับยึดเครื่องมือตัด ส่วนมากแล้วจะควบคุมด้วยคำสั่ง S ในโปรแกรมซีเอ็นซี แต่ในระบบควบคุมการขับเซอร์โวที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นจำเป็นที่จะต้องอาศัยระบบควบคุมความเร็วรอบของเพลาขับเคลื่อน เช่น การควบคุมความเร็วรอบของเพลาขับในระบบเชื่อต่อสัญญาณยอนกลับ เป็นต้น ในระบบซีเอ็นซีบางครั้งจำเป็นจะต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์แปลงสัญญาณจากสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณแอนะล็อก (D/A Converter) ทั้งนี้เนื่องจากสัญญาณที่ใช้ควบคุมการหมุนของมอเตอร์จะเป็นสัญญาณแบบแอนะล็อกแต่คอมพิวเตอร์ของระบบซีเอ็นซีจะส่งสัญญาณแบบดิจิตอล ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์แปลงสัญญาณเพื่อให้สามารถติดต่อสื่อสารกันได้

2.6.6 พีเอ็มซี (PMC: Programmable Machine Controller)

การควบคุมสัญญาณที่ส่งไปควบคุมระบบซีเอ็นซีสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ สัญญาณควบคุมตัวเลข (Numerical Control Signals) และสัญญาณควบคุมลำดับ (Sequence Control Singals) สัญญาณควบคุมตัวเลขจะใช้ควบคุมตัวเลขใช้ควบคุมข้อมูลของตำแหน่ง (Position Data) ข้อมูลของความเร็ว (Velocity Data) ข้อมูลของการวางตำแหน่งเครื่องมือตัด (Tool Offset) ข้อมูลเกี่ยวกับการชดเชยรัศมีของเครื่องมือตัด (Compensation Data) และข้อมูลของค่าตัวแปรอื่นๆ ส่วนสัญญาณควบคุมลำดับนี้จะใช้ในการควบคุมลำดับขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักรโดยจะมีหน่วยอินพุต/เอาต์พุตที่ส่งสัญญาณแบบดิจิตอล



รูปที่ 2.20 การเชื่อมต่อพีเอ็มซี (PMC) เข้ากับระบบควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซี

ที่มา: กฤติกร สุขศิริพงศ์วาสี (2552)

ส่วนการควบคุมในระบบซีเอ็นซีนั้นจะใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ของคอมพิวเตอร์ร่วมกับหน่วยประมวลของพีแอลซี (PLC: Programmable Logic Controller) ซึ่งพีแอลซีหรือพีซี (PC: Programmable Control) เป็นระบบการควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซีโดยใช้วิธีการเขียนโปรแกรมในลักษณะเช่นเดียวกันกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และพีแอลซีที่ใช้ควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซีนี้จะเรียกว่า "พีเอ็มซี (PMC: Programmable Machine Controller)" ซึ่งจะทำหน้าที่เชื่อมต่อกับระบบควบคุมต่อไปนี้คือ

1) การเปลี่ยนเครื่องโดยอัตโนมัติ (Automatic Tool Change)
2) ควบคุมระบบน้ำหล่อเย็น (Coolant Control)
3) เชื่อมต่อลิมิตสวิตช์ (Limit Switch Interface)
4) ควบคุมระบบจับยึดชิ้นงาน (Clamping System Control)

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

i50639bb
ปร.
ก432 ป
2552

5) เชื่อมต่ออินพุต/เอาต์พุตโปรแกรมเอ็นซี (NC I/O Interface)

6) การหยุดฉุกเฉิน (Emergency Stop)

7) เชื่อมต่ออินพุต/เอาต์พุตกับเครื่องจักร (Machine I/O Interface)

8) อื่นๆ

2.7 ข้อดีและข้อเสียของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี

2.7.1 ข้อดีของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี

2.7.1.1 มีความเที่ยงตรงสูงในการปฏิบัติงานเพราะชิ้นงานต่างๆต้องการขนาดที่แน่นอน

2.7.1.2 ทุกชิ้นงานมีคุณภาพสม่ำเสมอเท่ากันหมดเนื่องจากผลิตโดยใช้โปรแกรมในการสั่งเครื่องจักรกลซีเอ็นซีทำงาน

2.7.1.3 โอกาสเกิดความเสียหายหรือต้องการแก้ไขชิ้นงานน้อยหรือแทบไม่มีเพราะชิ้นงานที่ทำจะใช้โปรแกรมในการควบคุมถ้าผิดพลาดก็แก้ไขที่โปรแกรม

2.7.1.4 สามารถทำงานได้ 24 ชั่วโมง โดยไม่ต้องหยุดพักเครื่องแต่ต้องมีคนควบคุมประจำเครื่องจักรกลซีเอ็นซี

2.7.1.5 มีความรวดเร็วสูงในการผลิต ทำให้ได้ผลผลิตสูงเพราะสามารถกำหนดระยะเวลาในการผลิตชิ้นงานได้ว่าจะใช้เวลาในการทำงานกี่ชิ้นต่อวินาที/นาที/ชั่วโมง

2.7.1.6 สามารถคาดคะเนและวางแผนการผลิตได้อย่างแม่นยำเพราะรู้ระยะเวลาในการปฏิบัติงานเพื่อที่จะนัดหรือส่งงานลูกค้าได้ตรงตามเวลา

2.7.1.7 สามารถสลับเปลี่ยนรูปแบบของชิ้นงานได้หลากหลายรูปทรงเนื่องจกสะดวกและรวดเร็วในการทำงานเพราะใช้โปรแกรมในการสั่งงาน

2.7.1.8 เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนผลผลิตที่เท่ากันเครื่องจักรกลซีเอ็นซีจะใช้พื้นที่น้อยกว่าและลดพื้นที่ในการเก็บชิ้นงาน

2.7.1.9 มีความสะดวกสำหรับใช้ในการผลิตชิ้นงานต้นแบบที่มีการแก้ไขบ่อยๆ เพราะเวลาแก้ไขสามารถแก้ไขสามรถแก้ไขได้ที่โปรแกรม

2.7.1.10 ชิ้นงานที่มีความซับซ้อนสูงและมีหลายขั้นตอนการผลิตสามารถใช้เครื่องจักรกลซีเอ็นซีเครื่องเดียวได้ทำให้ไม่ต้องย้ายไปทำงานที่เครื่องอื่นให้เสียเวลาในการปฏิบัติงาน

2.7.1.11 ลดขั้นตอนในการตรวจสอบคุณภาพลงเพราะชิ้นงานนั้นได้ขนาดเท่ากันทุกๆชิ้น แต่ควรเลือกค่าของความเร็วรอบและความเร็วตัดให้เหมาะสมเพื่อลดอายุการสึกหรอของทูลที่ใช้

2.7.1.12 ทำให้สามารถใช้ทูลหรือเครื่องมือตัดได้อย่างมีประสิทธิภาพเพราะจะต้องคำนวณค่าต่างๆมาก่อนลงมือปฏิบัติงานกับเครื่องจักรกลซีเอ็นซี

2.7.1.13 ลดแรงงานในสายการผลิตลง เนื่องจากผู้ควบคุมเครื่อง 1 คน สามารถคุมได้ 3 – 5 เครื่อง

2.7.1.14 ใช้อุปกรณ์เสริมน้อยและไม่ต้องใช้แผ่นลอกแบบ (Complates หรือ Templates) แต่ผู้ใช้จะต้องเขียนโปรแกรมให้ถูกต้อง

2.7.2 ข้อเสียของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี

2.7.2.1 มีราคาแพงมากเพราะต้องนำเข้าจากต่างประเทศเนื่องจากยังไม่มีการผลิตเครื่องจักรกลซีเอ็นซีภายในประเทศ

2.7.2.2 ค่าซ่อมแซมสูงเนื่องจากการซ่องแซมมีความซับซ้อนเพราะทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์ รวมถึงคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต้องใช้ผู้ชำนาญการ

2.7.2.3 อุปกรณ์และซอฟแวร์เสริมมีราคาสูงและต้องได้มาจากผู้ผลิตเครื่องจักรกลซีเอ็นซีเท่านั้น

2.7.2.4 ต้องมีความรู้พื้นฐานทางวิชาคณิตศาสตร์มากพอสมควรสำหรับใช้ในการเขียนโปรแกรมเพราะมิฉะนั้นจะไม่สามารถคำนวณหาค่าของจุดต่างๆได้

2.7.2.5 ต้องมีพื้นที่ในการทำงานมากพอและมีสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆให้แก่ผู้เขียนโปรแกรมซีเอ็นซี

2.7.2.6 ต้องหางานป้อนให้เครื่องทำงานทำงานเป็นประจำอย่างสม่ำเสมอ ไม่หยุดนิ่งเพราะอาจทำให้ชิ้นส่วนบางอย่างเสื่อมสภาพและเพื่อให้เครื่องจักรได้รันเครื่องเตรียมพร้อมตลอดเวลา

2.7.2.7 ไม่เหมาะกับการผลิตชิ้นงานที่มีจำนวนน้อยๆ ควรใช้กับการผลิตชิ้นงานที่มีจำนวนมากๆ เพื่อจะได้ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงในการจ้างพนักงาน

2.7.2.8 ค่าซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรสูงมาก เนื่องจากต้องใช้ช่างผู้ชำนาญเฉพาะทางในกานซ่อมแซม

2.7.2.9 ชิ้นส่วนหรืออะไหล่ถ้าเกิดการชำรุดหรือเสียหายในบางกรณี ต้องรอส่งมาจากต่างประเทศเท่านั้นเนื่องจากไม่ได้ผลิตในประเทศ

2.7.2.10 คอนโทลเลอร์เป็นภาษาอังกฤษ ดังนั้น ช่างจะต้องเรียนรู้และมีการฝึกอบรมการใช้เครื่องและการเขียนโปรแกรมก่อนเริ่มใช้เครื่อง มิฉะนั้นจะไม่สามารถใช้เครื่องได้เลย

2.8 ทฤษฎีและหลักทั่วไปในการใช้ Mechanical Desktop

Mechanical Desktop นั้น มีความสามารถในตัวโปรแกรมเองหลายอย่างทั้งทางด้านการขึ้นรูปวัตถุ 3 มิติแบบพาราเมตริกโซลิด (Parametric Solid Modeling) และแบบเนิร์บซ์เซอร์เฟส (NURBS Surface Modeling) ซึ่งทั้งสองแบบเป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายมากในปัจจุบัน เราจะเห็นได้ว่า ซอฟแวร์ประเภทเดียวกันนี้ซึ่งเป็นที่รู้จักกันโดยทั่วไปมีให้เลือกใช้กันอยู่หลายโปรแกรม อาทิ เช่น Solid Works , Solid Edge , Autodesk Inventor , Pro / Engineer , Catia , Unigraphics และอื่นๆอีกหลายโปรแกรม โดยทั่วไปแล้วซอฟแวร์ประเภทนี้มีหลักทั่วไปในการใช้งานเหมือนๆกัน ดังนั้น หากเราเข้าใจหลักการใช้งานในซอฟแวร์ตัวใดตัวหนึ่งแล้ว เราจะสามารถใช้ซอฟแวร์ตัวอื่นๆ ได้ไม่ยากนักเพียงแต่ศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมของซอฟแวร์นั้นอีกเล็กน้อยก็จะสามารถใช้งานพื้นฐานได้ในเวลาอันสั้น

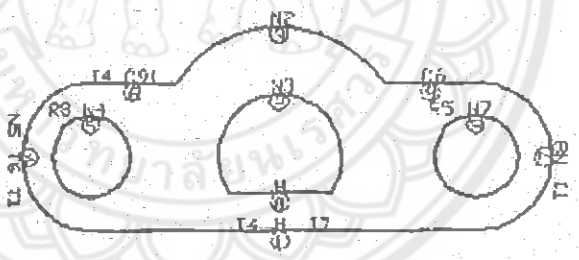
ในการขึ้นรูปโมเดล 3 มิติในเครื่องคอมพิวเตอร์ ไม่ว่าจะใช้ซอฟแวร์พาราเมตริกตัวใด เราสามารถแยกวิธีการขึ้นรูปเดล 3 มิติออกเป็น 2 วิธีคือ Parametric Solid Modeling และ NURBS Surface Modeling การขึ้นรูปด้วยวิธี Parametric Solid Modeling มีข้อได้เปรียบคือการขึ้นรูปโมเดลง่ายและรวดเร็ว สามารถแก้ไขเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปทรงได้อย่างสะดวก สามารถใช้ตัวแปรหรือสมการมาควบคุมขนาดของโมเดลสามารถหาปริมาตรและมวลของวัตถุ แต่วิธีนี้มีข้อจำกัดคือมีความสามารถในการขึ้นรูปโมเดลที่มีพื้นผิวไม่สม่ำเสมอ ซึ่งมีส่วนโค้ง ส่วนเว้า ที่ซับซ้อนได้ค่อนข้างยากแต่ในปัจจุบันซอฟแวร์พาราเมตริกโซลิดหลายตัวสามารถสร้างโซลิดที่โค้งเว้าที่ซับซ้อนได้ในระดับหนึ่ง รวมทั้ง Mechanical Desktop นี้ด้วย ส่วนการขึ้นรูปด้วย Surface Modeling มีข้อได้เปรียบคือ สามารถขึ้นรูปโมเดล 3 มิติที่มีพื้นผิวที่ไม่สม่ำเสมอได้ดี การขึ้นรูปด้วยวิธีนี้มีแต่พื้นผิว (Surface) จึงไม่สามารถหาปริมาตรของวัตถุเพื่อคำนวณน้ำหนักได้ ยกเว้นซอฟแวร์ 3D บางตัวที่สามารถหาปริมาตรของเซอร์เฟสแบบปิดอาทิ เช่น Rhinoceros 3D เป็นต้น ดังนั้นก่อนที่จะเริ่มสร้างวัตถุ 3 มิติ เราจะต้องพิจารณารูปทรงและสภาพของพื้นผิวของโมเดล 3 มิติที่เราต้องการสร้างเสียก่อน จึงจะสามารถเลือกวิธีการขึ้นรูปที่เหมาะสมกับโมเดล 3 มิตินั้นซึ่งใน Mechanical Desktop เรานิยมสร้างโมเดลหรือพาร์ทต่างๆด้วยวิธีพาราเมตริกโซลิด โดยก่อนที่เราจะเริ่มสร้างโมเดล 3 มิติด้วยวิธีนี้ เราควรที่จะทำความเข้าใจในหลักการขึ้นรูปโมเดล 3 มิติแบบพาราเมตริกโซลิดเสียก่อน โดยมีหลักการทั่วไปดังต่อไปนี้

2.8.1 กำหนดระนาบสเกทช์ (Sketch plane) เพื่อใช้สำหรับเขียนหน้าตัด (Profile) 2 มิติของพาร์ทที่ต้องการ โดยใช้คำสั่ง Part > New Sketch Plane แล้วกำหนดการหันเหของระนาบใน 3 มิติ โดยทั่วไประนาบเริ่มต้นที่นิยมใช้ในการเริ่มสร้างพาร์ทนิยมใช้ระนาบด้านบน (Top View) XY หรือระนาบด้านหน้า (Front View) XZ หรือระนาบด้านข้าง (Side View) YZ เท่านั้น

2.8.2 ใช้คำสั่งพื้นฐานของ Auto CAD เขียนหน้าตัด 2 มิติ ของสเกทช์อาทิ เช่น Line, Copy , Arc , Circle , Rectang , Polygon เราอาจจะต้องใช้คำสั่งในการแก้ไขช่วยในการสร้างหน้าตัดของสเกทช์ด้วยอาทิ เช่น Trim , Extend , Fillet , Chamfer , Move , Copy , Rotate และอื่นๆตามความเหมาะสม

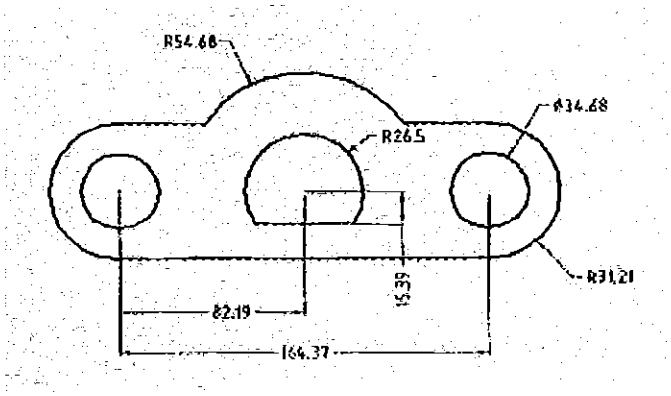
2.8.3 แปลงหน้าตัด 2 มิติให้เป็นสเกทช (Sketch) ด้วยคำสั่ง Part > Sketch Solving > Single ในกรณีที่หน้าตัด 2 มิติ เป็นวัตถุชิ้นเดียวอาทิ เช่น Circle , Rectang , Ellipse , Polygon เป็นต้น หรือใช้คำสั่ง Part > Sketch Solving > Profile ในกรณีที่หน้าตัด 2 มิติเป็นวัตถุหลายชิ้น ไม่ได้เป็นวัตถุชิ้นเดียวกัน

2.8.4 บังคับ (Constrain) สเกทช์ด้วยรูปทรง โดยใช้คำสั่ง Part > 2D Constraints และบังคับสเกทช์ด้วยขนาดโดยใช้คำสั่ง Part > Dimensioning > New Dimension



รูปที่ 2.21 การบังคับสเกทช์ด้วยรูปทรง

ที่มา: ภานุพงษ์ ปัตติสิงห์ (2546)



รูปที่ 2.22 การบังคับสเกทช์ด้วยขนาด

ที่มา: ภานุพงษ์ ปัตติสิงห์ (2546)

2.8.5 แปลงสเกทช์ (Sketch) ให้เป็นฟีเจอร์ของพาร์ท 3 มิติ โดยใช้คำสั่ง Part > Sketched Features > แล้วเลือก Extrude (เพิ่มความหนา) , Revolve (หมุน) , Sweep (กวาด) หรือ Loft (ลอฟท์) ซึ่งจะเลือกใช้คำสั่งใดนั้นแล้วแต่กรณี ฟีเจอร์แรก ที่เกิดขึ้นจะกลายเป็นเบสฟีเจอร์ (Base Feature) ของพาร์ท 3 มิติในทันที

รูปที่ 2.23 ฟีเจอร์ที่สร้างจาก Extrude

ที่มา: ภานุพงษ์ ปัตติสิงห์ (2546)

รูปที่ 2.24 ฟีเจอร์ที่สร้างจาก Revolve

ที่มา: ภานุพงษ์ ปัตติสิงห์ (2546)

2.8.6 เริ่มเขียนฟีเจอร์เพิ่มเติมให้กับเบสฟีเจอร์ (Base Feature) ซึ่งอาจจะนำฟีเจอร์ใหม่ไปรวมกับฟีเจอร์เดิม (Join) หรืออาจจะนำฟีเจอร์ใหม่ไปหักลบออกจากฟีเจอร์เดิม (Cut) หรืออาจจะนำฟีเจอร์ใหม่ไปตัดกับฟีเจอร์เดิม (Intersect) หรืออาจจะสร้างพาร์ทใหม่โดยใช้ฟีเจอร์ใหม่แบ่งฟีเจอร์เดิม (Spilt) แต่ก่อนที่เราจะสามารถสร้างฟีเจอร์ใหม่นั้น หากหน้าตัดสเกทช์ใหม่ไม่ได้อยู่ในระนาบสเกทช์เดิมเราจะต้องสร้างระนาบสเกทช์ใหม่ด้วย Part > New Sketch Plane เพื่อกำหนดทิศทางการหันเหและตำแหน่งของระนาบสเกทช์ เพื่อที่จะสามารถเขียนหน้าตัดสเกทช์ให้อยู่ในตำแหน่งและทิศทางตามที่เราต้องการ

2.9.7 ย้อนกลับไปทำในข้อ 2 ถึง 6 วนต่อไปเรื่อยๆ จนกว่าจะได้รูปทรงของพาร์ทหรือชิ้นส่วน 3 มิติที่เราต้องการ

ดังนั้นหลักการทั่วๆไปในการขึ้นรูปพาร์ทใน Mechanical Desktop และเมื่อใช้ Mechanical Desktop รีลีสใดก็ตาม ก็คงจะต้องใช้หลักการที่ได้กล่าวมานี้ทั้งหมดในการขึ้นรูปพาร์ท ทั่วๆไป

2.9 เริ่มต้นกับโปรแกรม HyperMILL

เริ่มต้นกับโปรแกรม hyperMILL จะกล่าวถึงระบบการทำงานขั้นพื้นฐานของโปรแกรม เพื่อใช้งานได้ทำความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการทำงานเบื้องต้นและโครงสร้างพื้นฐานของโปรแกรม รวมทั้งเมนูต่างๆก่อนที่จะเริ่มต้นโปรแกรม hyperMILL

2.9.1 ระบบการทำงานของโปรแกรม hyperMILL

โปรแกรม hyperMILL เป็นซอฟต์แวร์ในระบบ CAM (Computer Aided Manufacturing) ซึ่งจะทำงานร่วมกับโปรแกรม Auto CAD หรือ Mechaninal Desktop บนระนาบปฏิบัติการ Windows (toll path) และสร้างรหัสตัวเลข ,ตัวอักษร (NC - CODE) เพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรซีเอ็นซีสำหรับงานในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนโดยโปรแกรม hyperMILL ต้องอาศัยข้อมูลจากซอฟแวร์ระบบ CAD (Computer Aided Design) เพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการคำนวณที่มา: กฤติกร สุขศิริพงศ์วาสี (2552)

2.9.2 ความสัมพันธ์กับโปรแกรม Auto CAD

หลังจากติดตั้งโปรแกรม hyperMILL บนหน้าจอของโปรแกรม Auto CAD หรือ Mechanical Desktop โดยอัตโนมัติ ในการทำงานซึ่งโปรแกรม hyperMILL จะทำงานอยู่บนโปรแกรม Mechanical Desktop ดังนั้น โปรแกรมทั้งสองจึงมีความสัมพันธ์ที่เกี่ยวเนื่องกันดังนี้

2.9.2.1 โปรแกรม hyperMILL จำเป็นต้องใช้ข้อมูลของชิ้นงานในระบบ CAD ที่สร้างจากโปรแกรม Auto CAD , Mechanical Desktop หรือที่แปลงมาจากโปรแกรม CAD ยี่ห้ออื่นด้วยโปรแกรม IGES

2.9.2.2 หากมีการบันทึกด้วยคำสั่ง SAVE ในส่วนโปรแกรม Mechanical Desktop โปรแกรมกัดงานและค่าพารามิเตอร์ที่ใช้กัดงานต่างๆที่ถูกสร้างจากโปรแกรม hyperMILL จะถูกบันทึกพร้อมกันไปด้วย

2.9.2.3 โปรแกรม hyperMILL กำหนดพิกัดตำแหน่ง X ,Y และ Z สำหรับจุดศูนย์ของชิ้นงานเป็นตำแหน่งเดียวกันกับตำแหน่ง UCS ของโปรแกรม Mechanical Desktop

2.9.2.4 หากมีการเริ่มต้นในการใช้งานโปรแกรม hyperMILL ผู้ใช้งานจะสังเกตเห็นเครื่องหมายแสดงจุดศูนย์ชิ้นงานของโปรแกรม ณ ตำแหน่ง UCS ของโปรแกรม Mechanical Desktop

2.9.2.5 ขณะใช้งานโปรแกรม hyperMILL หากต้องการแก้ไขรูปชิ้นงาน ผู้ใช้ต้องออกจากโปรแกรม hyperMILL ก่อน เพื่อมาแก้ไขในชิ้นงานในโปรแกรม Mechanical Desktop

2.9.3 ลักษณะข้อมูลจากระบบ CAD

โปรแกรม hyperMILL สามารถรับข้อมูลของชิ้นงานจากระบบ CAD เพื่อใช้ในการคำนวณสร้างเส้นทางเดินของมีดกัดได้ 2 วิธีได้แก่

2.9.3.1 ชิ้นงานที่สร้างจากโปรแกรม Auto CAD และ Mechanical Desktop

ก. เส้น 2D Wireframe - Line , Polyline , Cricle , Arc , Ellipse และSpline จากโปรแกรม Auto CAD

ข. วัตถุ 3D Solids และ 3D Surface ที่สร้างจากโปรแกรม Auto CAD

ค. เส้น 3D Wireframe - 3D Polyline จากโปรแกรม Auto CAD , 3D Projected จากโปรแกรม Mechanical Desktop

ง. วัตถุ 3D Parametric Solid Modeling วัตถุทรงตันรูปเรขาคณิตที่สร้างจากโปรแกรม Mechanical Desktop ซึ่งมีคุณสมบัติ Parametric ที่สามารถแก้ไขขนาดของวัตถุ 3 มิติได้

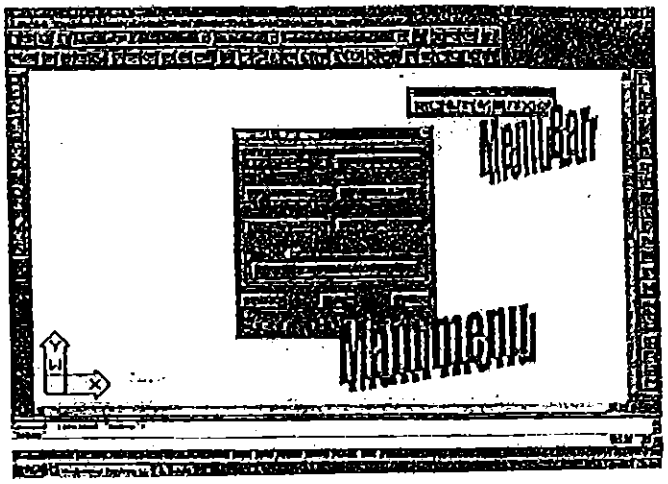
จ. วัตถุ 3D Surface Modeling วัตถุพื้นผิวจากโปรแกรม Mechanical Desktop ที่มีคุณสมบัติเป็น NURBS Surface (Non Unifrom Rational B – Spline) ซึ่งเหมาะกับงานที่มีพื้นผิวโค้งไม่จำกัดรูปร่างหรือที่เรียกว่า " พื้นผิว Free – from "

2.9.3.2 ชิ้นงานที่แปลงข้อมูลเข้ามาสู่โปรแกรม Mechanical Desktop

ชิ้นงานที่สร้างจากโปรแกรมระบบ CAD ยี่ห้ออื่น เช่น Unigraphic , Catia , Mastercam ฯลฯ แต่ก่อนที่จะใช้งานร่วมกับโปรแกรม hyperMILL ได้จะต้องผ่านการแปลงข้อมูลของชิ้นงานนั้นให้เข้ามาทำงานบนโปรแกรม Mechanical Desktop โดยการใช้โปรแกรม IGES (Initial Graphics Exchange Specification) ที่เป็นโปรแกรมมาตรฐานสำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูลทางกราฟฟิกระหว่างซอฟแวร์

2.9.4 โครงสร้างของเมนูโปรแกรม hyperMILL

โปรแกรม hyperMILL มีเมนูอยู่ 2 ชนิดคือ เมนูหลัก (Main menu) และเมนูบาร์ (Manu bar) โดยเมนูทั้ง 2 มีหน้าที่สำหรับให้ผู้ใช้งานเลือกใช้ไอคอนคำสั่งต่างๆของโปรแกรมมาใช้งาน ซึ่งเมนูทั้ง 2 มีการทำงานเหมือนกันแต่จะแตกต่างกันที่รูปร่างเท่านั้น



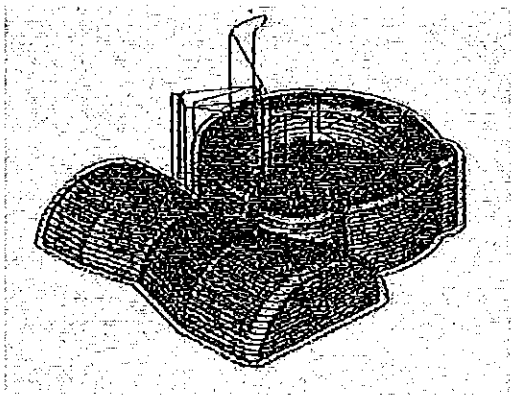
รูปที่ 2.25 โครงสร้างของเมนู HyperMILL
ที่มา: พันธ์ธิติ วรรณโกมล (2543)

2.10 โปรแกรมกัดงานในระบบ 3 แกน (3D Machining Cycles)

หลักการทำงานของโปรแกรม CAD / CAM ในระบบ 3 มิติหรือ 3 แกนคือ โปรแกรมจะสร้างเส้นทางเดินมีดกัดเดินกัดตามรูปร่างผิวชิ้นงานพร้อมๆกันทั้ง 3 แกน (X,Y,Z) ดังนั้นจึงสามารถกัดชิ้นงาน 3 มิติ ที่มีรูปร่างโค้งมนหรือที่เรียกว่า " Complex Surface "

2.10.1 โปรแกรม 3D Z – Level - Finishing

โปรแกรม 3D Z – Level - Finishing มีลักษณะการเดินกัดตามรูปร่างของพื้นผิวของชิ้นงานลงเป็นชิ้นๆทีละชั้นตามค่าความลึก (Vertical Step down) ในแนวแกน Z ที่กำหนดโดยผู้ใช้งาน แต่โปรแกรม 3D Z – Level - Finishing ไม่เหมาะสำหรับการกัดละเอียดในบริเวณที่พื้นผิวราบหรืออยู่ในแนวระนาบ เพราะจะทำให้รูปร่างผิวของงานจะไม่สมบูรณ์มากนัก แต่โปรแกรมนี้เหมาะสำหรับการกัดละเอียดบริเวณพื้นผิวที่มีความสูงชันลักษณะพื้นผิวของงานที่ได้จะมีคุณภาพดี

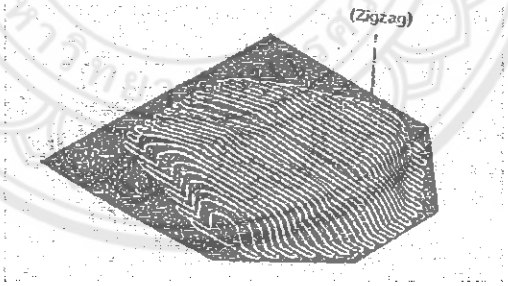


รูปที่ 2.26 แสดงการเดินกัดชิ้นงานตามระดับความลึกในแนวแกน Z

ที่มา: พันธ์ธิติ วรรณโกมล (2543)

2.10.2 โปรแกรม 3D Finishing

โปรแกรม 3D Finishing มีลักษณะการเดินกัดชิ้นงาน แบบกลับไปกลับมา (Zigzag) ตามรูปร่างพื้นผิวของงานภายในบริเวณเส้นขอบเขตที่กำหนด โดยมีระยะห่างแต่ละแนวเส้นทางเดินมีดกัดตามระยะ Horizontal Stepover ที่กำหนดส่วนใหญ่จะใช้โปรแกรม 3D Finishing เป็นโปรแกรมกัดชิ้นงานโปรแกรมสุดท้ายในการทำงานของการกัดงานระบบ 3 มิติหรือเรียกว่า " โปรแกรมกัดละเอียด "



รูปที่ 2.27 แสดงการกัดชิ้นงานแบบกลับไปกลับมา

ที่มา: พันธ์ธิติ วรรณโกมล (2543)

2.10.3 โปรแกรม 3D Free path – milling

โปรแกรม 3D Free path – milling เป็นโปรแกรมการกัดชิ้นงานตามเส้น Contour ที่ผู้ใช้งานเลือกการทำงานขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสำหรับการเดินกัดเก็บตามขอบชิ้นงาน ซึ่งสามารถใช้กับเส้น 2D / 3D Polyline , Spline , วงกลมและวงรี โดยสามารถใช้เส้น Contour ทั้งแบบเปิดหรือแบบปิดก็ได้

2.10.4 โปรแกรม 3D Automatic – Rest

โปรแกรม 3D Automatic – Rest เป็นโปรแกรมที่กำหนดให้มีดกัดเดินกัดเก็บเฉพาะเนื้อของวัสดุที่เหลือเท่านั้นหมายถึงกรณีที่มีดกัดมีขนาดใหญ่กว่าบริเวณพื้นที่บางส่วนของชิ้นส่วน

2.10.5 โปรแกรม 3D Pencil – Milling

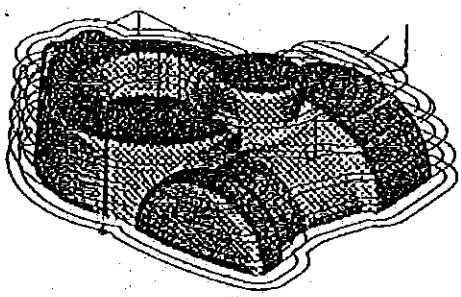
โปรแกรม 3D Pencil – Milling เป็นโปรแกรมที่กำหนดให้มีดกัดเก็บเฉพาะเนื้อของวัสดุตามร่องของพื้นผิวชนิด Fillet Surface โดยมีลักษณะการทำงานคล้ายกับโปรแกรม 3D Automatic – Rest แตกต่างกันที่โปรแกรม 3D Pencil – Milling จะเดินกินตามแนวร่องเพียงแนวเดียวซึ่งไม่มีการกำหนดค่า Horizontal Stepover

2.10.6 โปรแกรม 3D ISO – Machining

โปรแกรม 3D ISO – Machining เป็นการสร้างเส้นทางเดินมีดกัดบนพื้นผิวที่ผู้ใช้งานเลือก ซึ่งจะไม่เดินกัดทั่วทั้งชิ้นงาน โดยมีลักษณะการเดินกัดชิ้นงานแบบกัดชิ้นงานแบบกลับไปกลับมาตามแนวเส้น U หรือ V lines ของพื้นผิวและมีระยะห่างของแต่ละแนวเส้นทางเดินมีดกัดตามระยะ Horizontal Stepover ที่กำหนด

2.10.7 โปรแกรม 3D Cast - Offset - Roughing

โปรแกรม 3D Cast - Offset - Roughing เป็นโปรแกรมการกัดหยาบที่มีการทำงานคล้ายกับโปรแกรม 3D – Z – Level – Roughing แต่มีลักษณะพิเศษ คือ จะเดินกัดตามรูปร่างพื้นผิวของชิ้นงานเท่านั้น ซึ่งเหมาะสำหรับชิ้นงานหล่อที่มีการหล่อให้มีขนาดรอบตัวเกินกว่าขนาดจริงของชิ้นงานหรือค่าความเผื่อรอบตัว (Stock Thickness) โดยที่เส้นทางเดินของมีดกัดที่สร้างขึ้นจะกัดขึ้นตามค่าความเผื่อรอบตัวที่กำหนดไว้เท่านั้น แต่โปรแกรม 3D - Z - Level - Roughing จะเดินกัดตามรูปร่างของเส้นขอบที่กำหนด

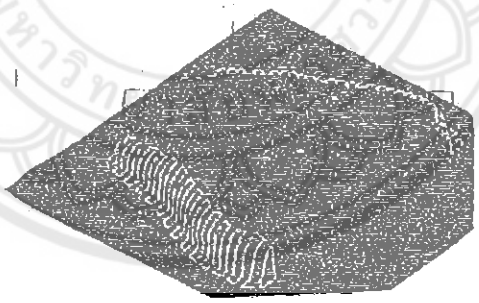


รูปที่ 2.28 แสดงการเดินกัดตามรูปร่างพื้นผิวของชิ้นงาน

ที่มา: พันธ์ธิติ วรรณโกมล (2543)

2.10.8 โปรแกรม 3D – Optimized – Finishing

โปรแกรม 3D – Optimized – Finishing เป็นโปรแกรมกัดงานที่เดินกัดชิ้นงานเฉพาะบริเวณพื้นผิวที่มีความชันด้วยการนำข้อมูลจากโปรแกรม 3D Finishing ก่อนหน้าหรือเรียกว่า "โปรแกรมอ้างอิง (Reference jop)" โดยจะพิจารณาโปรแกรม 3D Finishing ก่อนหน้าที่ผู้ใช้งานเลือกว่ามีผิวที่มีลักษณะสูงชันบริเวณใดที่มีดที่มีดกัดไม่สามารถกัดได้หรือกัดได้ไม่ทั่วทั้งพื้นที่

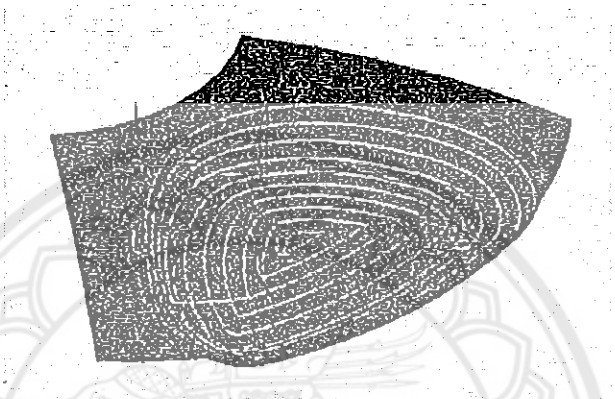


รูปที่ 2.29 แสดงการเดินกัดชิ้นงานเฉพาะบริเวณพื้นที่มีความชัน

ที่มา: พันธ์ธิติ วรรณโกมล (2543)

2.10.9 โปรแกรม 3D True – Scallop

โปรแกรม 3D True – Scallop เป็นโปรแกรมการกัดละเอียดที่มีลักษณะการเดินกัดชิ้นงานขนานกับเส้น Curve ที่กำหนดโดยมีลักษณะพิเศษ คือ การรักษาระยะห่างของค่า Horizontal Stepover (3D Stopover On Surface) ที่กำหนดให้คงที่หรือมีค่าเท่ากันตลอดทั้งพื้นผิว ไม่ว่าพื้นผิวนั้นจะมีความชันหรือไม่ก็ตาม ทำให้พื้นผิวที่ได้มีความเรียบเสมอกันทั้งหมด (Cutter load) ของมีคกัดหรือเครื่องจักรในขณะเดินกัดบริเวณพื้นผิวที่มีความชันสูงได้อีกด้วย



รูปที่ 2.30 แสดงการเดินชิ้นงานขนานกับเส้น Curve

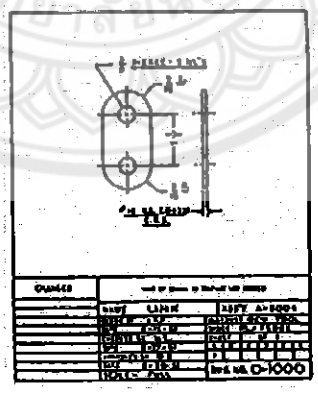
ที่มา: พันธ์ธิติ วรรณโกมล (2543)

2.11 การออกแบบแม่พิมพ์

แม่พิมพ์มีการใช้งานที่หลากหลายตามประเภทของการใช้งานเช่น แม่พิมพ์งานปั๊มขึ้นรูป แม่พิมพ์งานตัด แม่พิมพ์งานพับ เป็นต้น ซึ่งแม่พิมพ์ต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาจะเกี่ยวข้องกับการการออกแบบโดยการออกแบบแม่พิมพ์จะออกแบบตามลักษณะการใช้งานของแม่พิมพ์ ซึ่งในที่นี้ได้อ้างอิงการออกแบบแม่พิมพ์จากแม่พิมพ์ตัด เนื่องจากได้รวบรวมส่วนประกอบของแม่พิมพ์และขั้นตอนการออกแบบแม่พิมพ์ไว้โดยมี 14 ขั้นตอนหลักเพื่อที่จะสามารถใช้ได้อย่างเหมาะสมกับแม่พิมพ์ชนิดต่างๆ เช่นการออกแบบ Progressive die ที่มีหลาย ๆ ขั้นตอนการทำงานอยู่ในแม่พิมพ์เดียวกัน การออกแบบขนาดและรูปร่างของ Die block จะกระทำในขั้นตอนที่ 2 ส่วนการออกแบบ Spring stripper หรือ Solid stripper จะอยู่ในขั้นตอนที่ 10 และก่อนที่จะทำการเขียนแบบจริงควรจะสเก็ตซ์ภาพคร่าวๆ ก่อน เพื่อเลือกการ Lay out ที่ดีที่สุด ซึ่งก่อนที่จะเริ่มออกแบบแม่พิมพ์จะขอกล่าวถึงส่วนประกอบแม่พิมพ์ตัดก่อนเป็นอันดับแรก

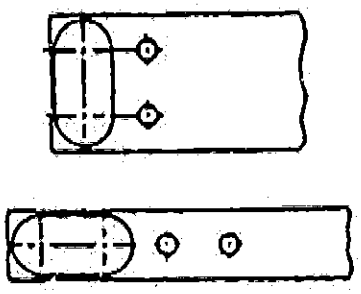
2.11.1 ส่วนประกอบของแม่พิมพ์

ในการตัดแผ่นชิ้นงานด้วยแม่พิมพ์ตัด จะต้องมีแบบชิ้นงานก่อนดังแสดงในรูปที่ 2.31 จึงจะสามารถออกแบบแม่พิมพ์ได้ ซึ่งแม่พิมพ์ที่ออกแบบจะเป็นแม่พิมพ์ตัดต่อเนื่องแบบง่าย ๆ ซึ่งมีสถานีงานสองสถานี โดยผู้ออกแบบจะต้องเลือกว่าจะวางชิ้นงานไว้บนแผ่นป้อนตัดชิ้นงานอย่างไร จะวางตั้งหรือวางนอน โดยพิจารณาว่าการวางโดยวิธีไหนจะประหยัดวัสดุมากว่ากัน โดยแสดงวิธีการวางตำแหน่ง (Layout) ของชิ้นงาน ดังแสดงในรูปที่ 2.32 และรูปแบบแม่พิมพ์ที่สมบูรณ์แล้วในรูปที่ 2.33



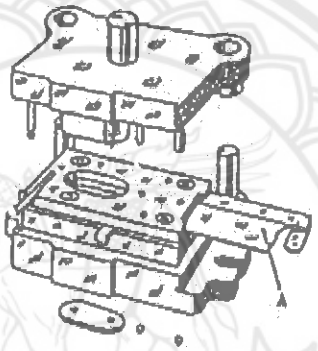
รูปที่ 2.31 แบบชิ้นงาน

ที่มา: ชาญชัย ทรัพยากร,ประสิทธิ์ สวัสดิสรรพ์ และ วิรุฬ ประเสริฐวรนันท์ (2527)



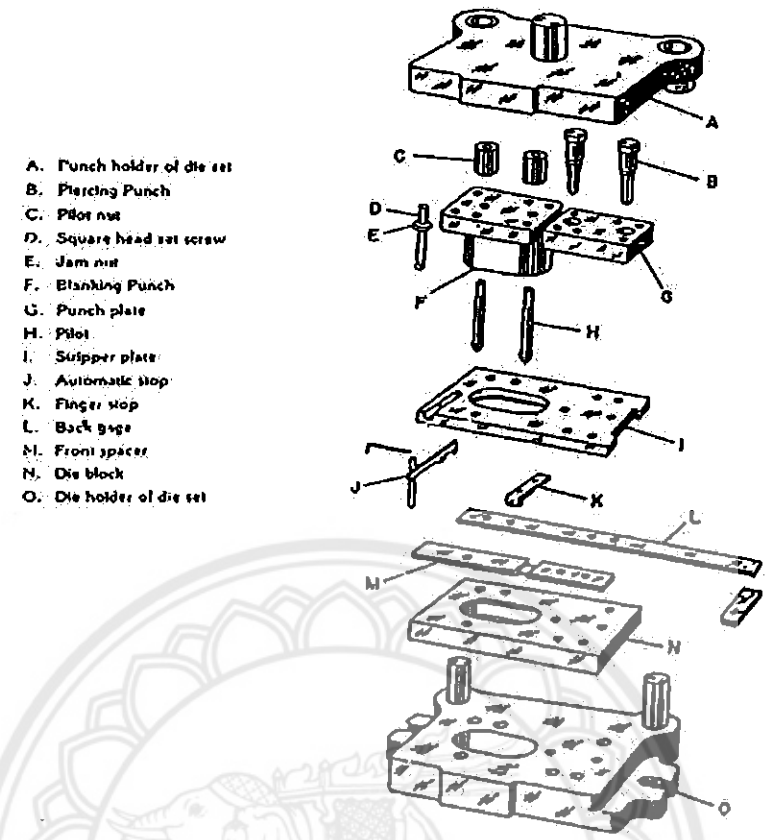
รูปที่ 2.32 การวางตำแหน่งของชิ้นงานบนแผ่นป้อนตัดชิ้นงาน

ที่มา: ชาญชัย ทรัพยากร,ประสิทธิ์ สวัสดิสรรพ์ และ วิรุฬ ประเสริฐวรนันท์ (2527)



รูปที่ 2.33 แม่พิมพ์ตัดแบบต่อเนื่อง

ที่มา: ชาญชัย ทรัพยากร,ประสิทธิ์ สวัสดิสรรพ์ และ วิรุฬ ประเสริฐวรนันท์ (2527)



รูปที่ 2.34 ส่วนประกอบแม่พิมพ์ตัด

ที่มา: ชาญชัย ทรัพยากร,ประสิทธิ์ สวัสดิสรรพ์ และ วิรุฬ ประเสริฐวรนันท์ (2527)

2.11.1.1 แผ่นยึดจับชุดพันช์ (Punch holder of die set) เป็นแผ่นยึดจับชุดพันช์ ซึ่งเป็นแผ่นบนของดายเซ็ท (Die set) ซึ่งมีหน้าที่ในการยึดจับพันช์ และชิ้นส่วนอื่น ๆ ที่อยู่บนส่วนของแม่พิมพ์ด้านบน โดยบนแผ่นยึดจับพันช์จะมีสลักเพลา (Shank) ซึ่งทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ยึดจับกับชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ขึ้นลง (Ram) ของเครื่องปั้มโลหะและมีรูอยู่สองข้างของแผ่นยึดจับชุดพันช์ เพื่อติดปลอกสวมซึ่งเมื่อประกอบแผ่นยึดจับชุดพันช์เข้ากับแผ่นยึดจับดายแล้วปลอกนี้จะลงสวมในเพลาที่อยู่ทั้งสองข้างของแผ่นยึดจับดาย

2.11.1.2 พันช์ตัดรู (Piercing punch) เป็นพันช์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็ก มีไว้เพื่อตัดรูของชิ้นงาน

2.11.1.3 แป้นเกลียวยึดไพล็อต (Pilot nut) เป็นแป้นเกลียวที่ใช้ในการยึดไพล็อตให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง

2.11.1.4 สลักเกลียว (Square head set screw) ทำหน้าที่ในการกระทุ้งอุปกรณ์หยุดตำแหน่งอัตโนมัติ(Automatic stop) ซึ่งที่สลักเกลียวนี้จะมีแป้นเกลียวหกเหลี่ยม (Jam nut) สวมอยู่เพื่อเอาไว้ปรับระดับความสูงต่ำของสลักเกลียว

2.11.1.5 พันช์ตัดแผ่นชิ้นงาน (Blanking punch) เป็นพันช์ที่มีรูปร่างเหมือนแผ่นชิ้นงาน เอาไว้เพื่อตัดแผ่นชิ้นงานพันช์ชนิดนี้จะมีหัวขนาดใหญ่ เพื่อเอาไว้เพื่อตัดแผ่นชิ้นงาน พันช์ชนิดนี้จะมีหัวขนาดใหญ่ เพื่อเอาไว้เจาะรูใส่สลัก และสลักเกลียวยึดติดกับแผ่นยึดจับชุดพันช์

2.11.1.6 แผ่นยึดพันช์ (Punch plate) อุปกรณ์ชนิดนี้มีไว้สำหรับยึดจับพันช์ตัดรู ซึ่งมีหัวขนาดเล็ก โดยจะใส่ลำตัวของพันช์เข้าไปในแผ่นยึดพันช์ จากนั้นจะนำแผ่นยึดพันช์ไปยึดติดกับแผ่นยึดจับชุดพันช์อีกทีหนึ่ง

2.11.1.7 ไพล็อต (Pilot) จะเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่กำหนดตำแหน่งของรูที่ได้ตัดมาแล้ว ก่อนที่พันช์ตัดแผ่นชิ้นงานเคลื่อนที่ลงตัดแผ่นป้อนตัดชิ้นงาน

2.11.1.8 แผ่นปลดชิ้นงาน (Stripper Plate) จะเป็นอุปรณ์ที่ทำหน้าที่ ในการปลดแผ่นป้อนตัดชิ้นงานซึ่งถูกตัดเป็นรูแล้ว ไปตัดอยู่ในลำตัวของพันช์ ดังนั้นเมื่อชุดพันช์ยกตัวขึ้น แผ่นปลดชิ้นงานก็จะทำหน้าที่ปลดแผ่นป้อนตัดชิ้นงานให้หลุดออกจากลำตัวของพันช์

2.11.1.9 ตัวหยุดตำแหน่งอัตโนมัติ (Automatic stop) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้หยุดตำแหน่งชิ้นงานเมื่อตัดชิ้นงานหลุดออกไปแล้ว โดยจะหยุดตำแหน่งชิ้นงานอย่างอัตโนมัติ ซึ่งจะทำให้ระยะตัดชิ้นงานมีขนาดห่างเท่าๆ กัน อุปกรณ์นี้เหมาะที่จะใช้กับการป้อนตัดชิ้นงานอย่างอัตโนมัติ

2.11.1.10 ตัวหยุดตำแหน่งเริ่มแรกการตัด (Finger stop) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้หยุดตำแหน่งชิ้นงานที่สถานีแรกของตัด ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นการตัดรูแผ่นชิ้นงาน

2.11.1.11 แผ่นประคองชิ้นงานด้านหลัง (Back gage) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการประคองแผ่นป้อนตัดชิ้นงาน เพื่อให้การป้อนชิ้นงานอยู่ในแนวตรงตลอดระยะเวลาที่มีการตัดแผ่นชิ้นงาน

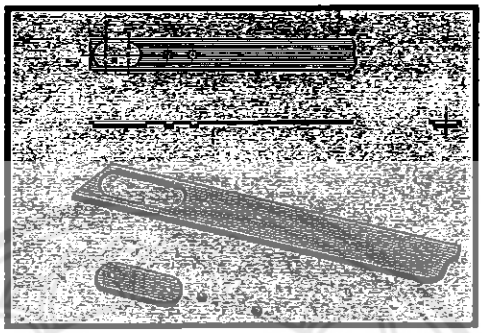
2.11.1.12 แผ่นรองรับแผ่นปลดชิ้นงาน (Front gage) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้รองรับแผ่นปลดชิ้นงาน เพื่อให้มีระยะห่างระหว่างผิวหน้าด้านล่างของแผ่นปลดชิ้นงานกับผิวหน้าดายมีระยะห่างที่แผ่นป้อนตัดชิ้นงานจะยกตัวได้ นอกจากนั้นยังทำหน้าที่เป็นแผ่นประคองแผ่นป้อนตัดชิ้นงานให้เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงด้วย

2.11.1.13 ดาย (Die block) เป็นอุปกรณ์ที่เป็นคมตัดชิ้นงานด้านล่างเพื่อให้ชิ้นงานหลุดออกมาจากการตัด

2.11.1.14 แผ่นยึดจับดาย (Die block of die set) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการยึดจับดาย (Die) และอุปกรณ์ทุกชิ้นที่อยู่ส่วนล่างของชุดแม่พิมพ์ และอุปกรณ์ชนิดนี้จะถูกนำไปยึดติดกับฐานของเครื่องปั๊มโลหะด้วย

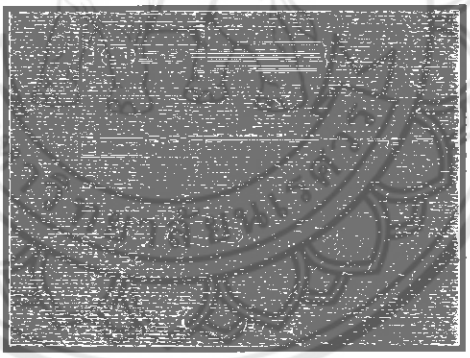
2.11.2 ขั้นตอนการออกแบบ

2.11.2.1 Scarp Strip ขั้นแรกในการออกแบบแม่พิมพ์จะต้องเขียนการวางรูปแบบของชิ้นส่วน (Lay out) บน Material strip ที่จะปรากฏบนแท่นเครื่องปั๊มเสียก่อน โดยเขียนภาพฉายทั้ง 3 ด้าน ระยะระหว่างภาพจะต้องระวังไม่ให้ภาพซ้อนทับกันเมื่อเขียนส่วนต่างๆ ของแม่พิมพ์ลงไป เส้นที่แทน Material strip ควรใช้เส้นสีทึบเพื่อให้เห็นได้อย่างชัดเจน



รูปที่ 2.35 แผ่น Material strip

ที่มา: ชาญชัย ทรัพยากร,ประสิทธิ์ สวัสดิสรรพ์ และ วิรุฬ ประเสริฐวรนันท์ (2527)

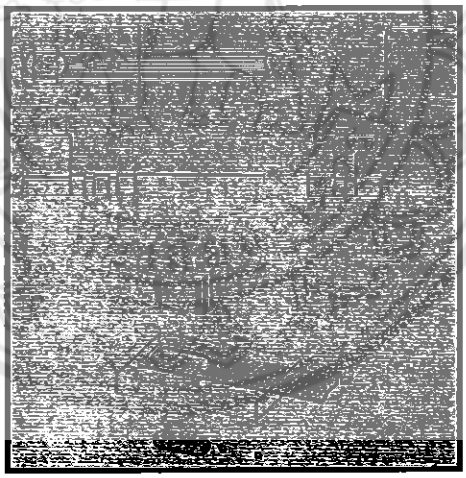


รูปที่ 2.36 ลักษณะของ Die block และ Material strip

ที่มา: ชาญชัย ทรัพยากร,ประสิทธิ์ สวัสดิสรรพ์ และ วิรุฬ ประเสริฐวรนันท์ (2527)

2.11.2.2 Die Block เป็นส่วนหนึ่งของแม่พิมพ์ ส่วนมากจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าเส้นรอบรูปของส่วนที่จะทำการตัดจะเขียนด้วยเส้นทึบที่หนากว่าเส้นอื่น ๆ เพื่อให้สังเกตได้ง่ายขึ้น ส่วนเส้นประจะแทนเส้นของรูที่จะตัดที่ขอบด้านล่างของ Die block ซึ่งรูที่ด้านล่างนี้จะกว้างกว่าด้านบน ทำให้ผนังของรูเกิดเป็นมุมเอียงเพื่อให้ส่วนที่ถูกเจาะและตัดออกสามารถตกลงมาด้านล่างได้สะดวกยิ่งขึ้น Die block นี้จะยึดติดกับ Die set ด้วยสกรูและใช้สลัก(Pin) เป็นตัวป้องกันไม่ให้ Die block ขยับเคลื่อนที่ไปจากตำแหน่งเดิม ในรูปแสดงให้เห็นถึงการวางแผ่น Strip ลงบน Die block

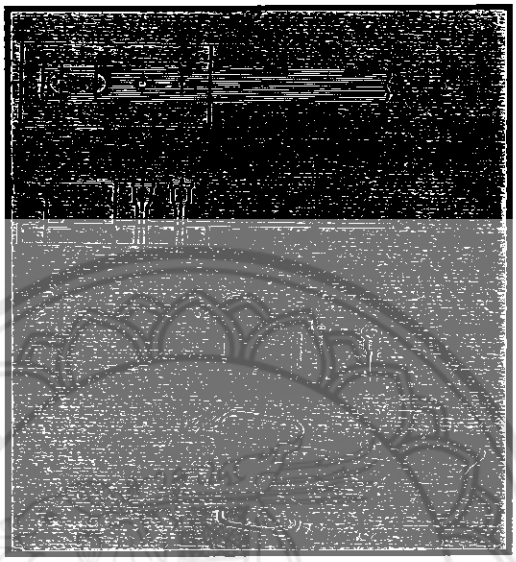
2.11.2.3 Blanking Punch ในรูป 2.37 จะเห็น Blanking punch อยู่เหนือ Die block ขึ้นไปในตำแหน่งที่ตรงกับรูที่จะทำการตัดรูปมุมบนด้านขวาจะเป็นรูปกลับหัวของ Blanking punch เพื่อทำให้สามารถเห็นรูปร่างแท้จริงของมันได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ส่วนปีกของตัว Punch ที่ยื่นออกไปจะต้องมีความกว้างและหนาพอสมควรเพื่อใช้สำหรับการยึดสกรูและสลักให้ตัว Blanking punch ติดกับ Punch holder ของชุดแม่พิมพ์ ส่วนภาพหน้าตัดด้านล่างแสดงให้เห็นขณะที่ตัว Blanking punch จะเคลื่อนลงมาตัดแผ่น Material strip ส่วนผิวหน้าคมตัดของ Blanking punch จะเคลื่อนลงมาจนเสมอกับผิวหน้าของ Die block หรือต่ำกว่าเล็กน้อย เพื่อให้เกิดการตัดชิ้นงานอย่างสมบูรณ์



รูปที่ 2.37 รูปแสดงตำแหน่งของ Blanking punch

ที่มา: ชาญชัย ทรัพยากร,ประสิทธิ์ สวัสดิสรรพ์ และ วิรุฬ ประเสริฐวรนันท์ (2527)

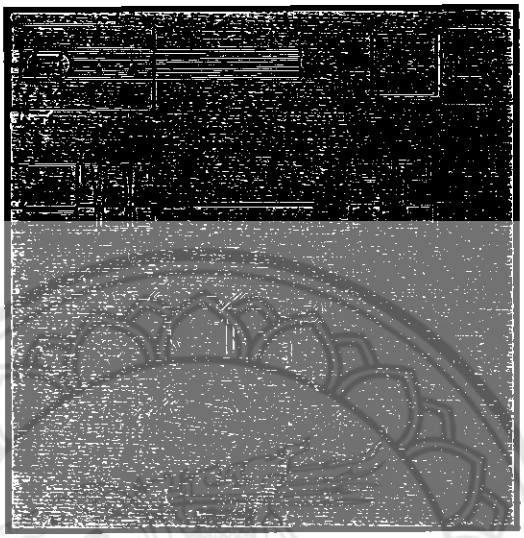
2.11.2.4 Piercing Punches ในรูป 2.38 แสดง Piercing punches อยู่ในตำแหน่งที่จะใช้เจาะรูกลมทั้ง 2 รู รูปขวามือด้านบนแสดงให้เห็นรูปของ Punches ในลักษณะของแม่พิมพ์ที่เปิดออกเช่นเดียวกับหนังสือที่เปิดออกมาคือเมื่อพลิกตัว Punches คว่ำกลับลงมา ตำแหน่งของ Piercing punches และ Blanking punch จะอยู่ในตำแหน่งตรงกับรูบน Die block พอดี



รูปที่ 2.38 รูปแสดง Piercing punch

ที่มา: ชาญชัย ทรัพยากร,ประสิทธิ์ สวัสดิสรรพ์ และ วิรุฬ ประเสริฐวรนันท์ (2527)

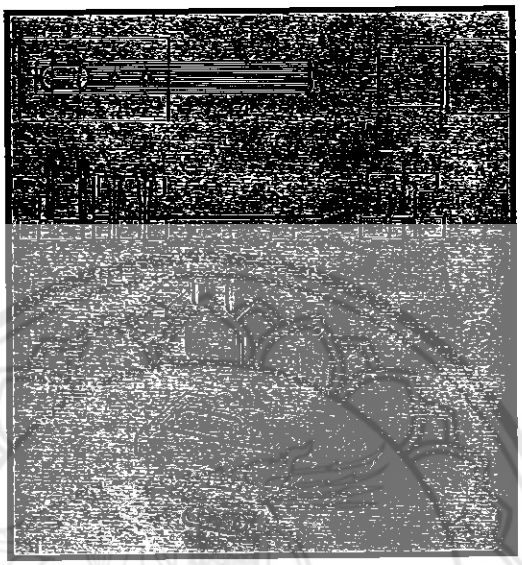
2.11.2.5 Punch Plate ในขั้นตอนนี้ Punch plate ซึ่งเป็นตัวจับยึด Punches และเป็นตัวช่วยประคอง Punches ให้มีพื้นที่สัมผัสมากขึ้นจะถูกประกอบเข้าไป ซึ่งจะเห็นเป็นกรอบสี่เหลี่ยม ในรูป Punch plate นี้จะทำด้วยเหล็กกล้าเกรดดีที่สามารถตัดแต่งได้ง่าย และเจาะรูไว้สำหรับใส่สกรูและสลักเพื่อยึดติดกับ Punch holder ของชุดแม่พิมพ์อย่างมั่นคง



รูปที่ 2.39 รูปแสดงการประกอบ Punch plate

ที่มา: ชาญชัย ทรัพยากร,ประสิทธิ์ สวัสดิสรรพ์ และ วิรุฬ ประเสริฐวรนันท์ (2527)

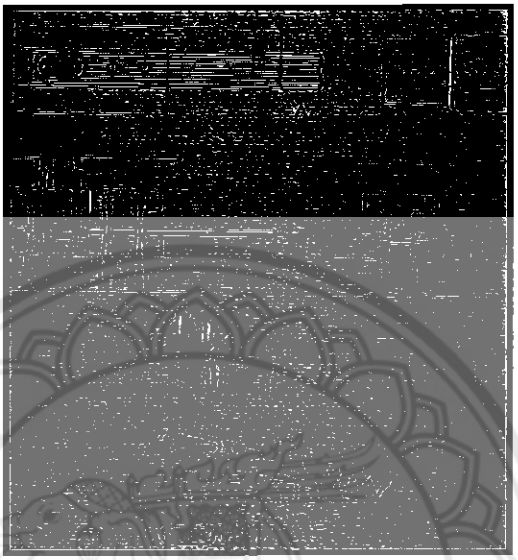
2.11.2.6 Pilots จะถูกบรรจุเข้าไปใน Blanking punch และยึดติดด้วยน็อต Pilot จะเป็นตัวกำหนดตำแหน่งของแผ่น Strip โดยปลายมนของ Pilot จะขยับแผ่น Strip ให้ตรงตำแหน่งก่อนที่ Blanking punch จะทำการตัดและควรเขียนภาพแสดงให้เห็นวิธีการติดตั้งบน Punch และภาพแสดงให้เห็นขณะทำงาน



รูปที่ 2.40 การติดตั้ง Pilot

ที่มา: ชาญชัย ทรัพยากร,ประสิทธิ์ สวัสดิสรรพ์ และ วิรุฬ ประเสริฐวรนันท์ (2527)

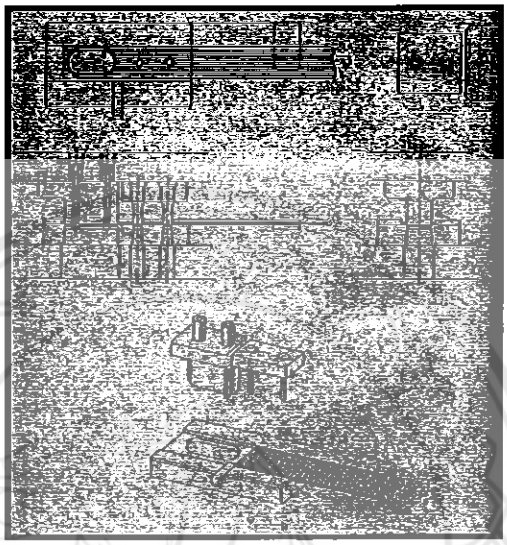
2.11.2.7 Gages ตัว Material strip ที่วางอยู่บน Die block จะต้องมีตัวกำหนดตำแหน่งทางด้านข้าง ดังนั้นจึงต้องติดตั้ง Back gage และ Front spacer ลงบน Die block เพื่อเป็นตัวนำทางให้กับแผ่น Strip support A มีประโยชน์ในการใช้ประคองแผ่น Strip ที่มีความยาวมากไม่ให้ห้อยตกลงไป



รูปที่ 2.41 การติดตั้ง Back gage และ Front spacer

ที่มา: ชาญชัย ทรัพยากร,ประสิทธิ์ สวัสดิสรรพ์ และ วิรุฬ ประเสริฐวรนันท์ (2527)

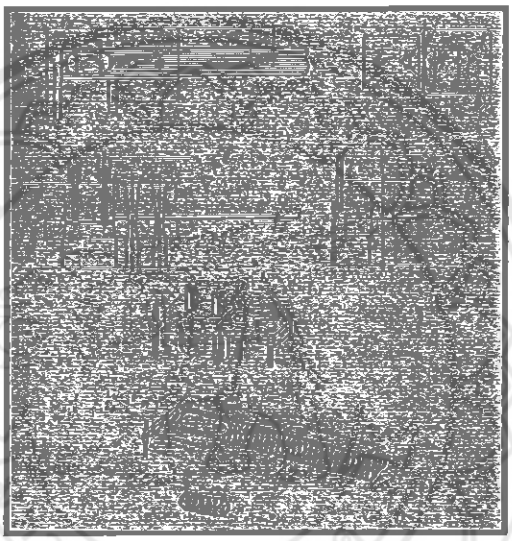
2.11.2.8 Finger Stop เมื่อแผ่น Strip มี Back gage และ Front spacer เป็นตัวกำหนดตำแหน่งทางด้านข้างแล้ว แต่ทางด้านปลายของแผ่น Strip ยังไม่มีตัวกำหนดตำแหน่งดังนั้นจึงใช้ Finger stop เป็นตัวกำหนดตำแหน่งในการเจาะรูในการทำงานครั้งแรก โดยการผลัก Finger stop เข้าไปจนสุด แผ่น Strip ไปชนกับ Finger stop เมื่อเครื่องปั๊มทำการเจาะรูแล้ว Finger stop จะถูกดึงให้ถอยกลับมาและแผ่น Strip ก็จะเคลื่อนที่ต่อไปจนกระทั่งส่วนปลายไปชนกับ Automatic stop



รูปที่ 2.42 การติดตั้ง Finger stop

ที่มา: ชาญชัย ทรัพยากร,ประสิทธิ์ สวัสดิสรรพ์ และ วิรุฬ ประเสริฐวรนันท์ (2527)

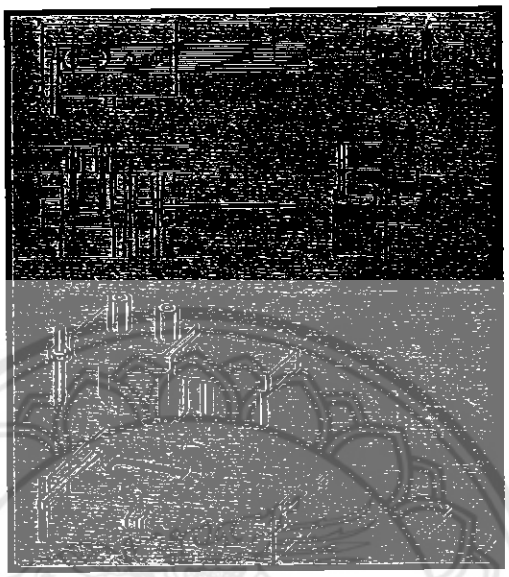
2.11.2.9 Automatic stop เป็นตัวกำหนดตำแหน่งของแผ่น Strip ในทุก ๆ ครั้งของการทำงานของเครื่องปั๊ม Automatic stop มีหลายชนิด ในตัวอย่างเป็นชนิดหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง ในขณะทำงานปลายของบแผ่น Strip จะถูกเลื่อนลงมาตัดแผ่น Strip สกรูหัวสี่เหลี่ยมที่ติดตั้งอยู่กับ Punch holder จะกดที่ปลายฝั่งตรงกันข้ามของ Automatic stop ทำให้ปลายด้านที่สัมผัสกับ Material strip ยกขึ้น สปริงที่ส่วนปลายจะดึงให้ Automatic stop หมุนไปได้เล็กน้อย ดังนั้นส่วนปลายของ Automatic stop จะตกลงมาเหนือแผ่น Strip ในขณะที่ Ram ของเครื่องเลื่อนขึ้นไป ทำให้แผ่น Strip สามารถเลื่อนไปได้อีกครั้งหนึ่ง จนปลายของ Automatic stop ตกลงไปในส่วนที่ถูกตัดออกไปและไปชนกับขอบที่ถูกตัด



รูปที่ 2.43 การติดตั้ง Automatic stop

ที่มา: ชาญชัย ทรัพยากร,ประสิทธิ์ สวัสดิสรรพ์ และ วิรุฬ ประเสริฐวรนันท์ (2527)

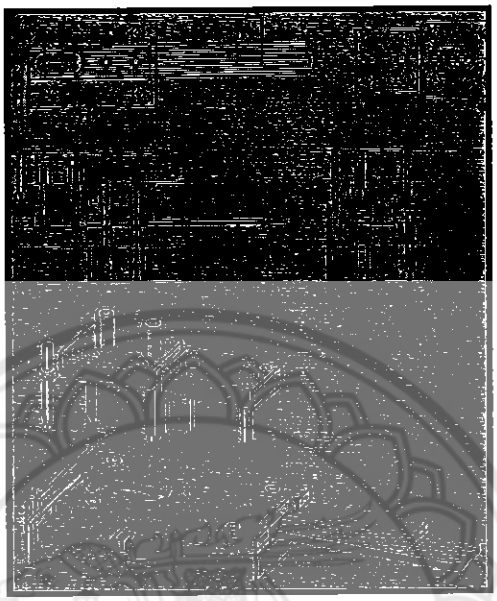
2.11.2.10 ตัวจับชิ้นงาน (Stripper) Stripper เป็นตัวดันไม่ให้แผ่น Strip ติด Punch ขึ้นมาหลังจากที่ Punch ทำการเจาะหรือตัดแล้ว ในแม่พิมพ์บางชนิดจะเรียกว่า Knock out ซึ่งจะทำหน้าที่ดัน Blank ออก และทำการขึ้นรูปภายในโพรงของ Punch และ Die



รูปที่ 2.44 การติดตั้ง Stripper

ที่มา: ชาญชัย ทรัพยากร,ประสิทธิ์ สวัสดิสรรพ์ และ วิรุฬ ประเสริฐวรนันท์ (2527)

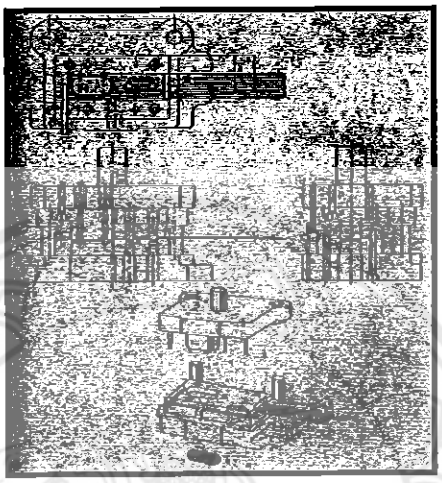
2.11.2.11 การยึดแม่พิมพ์ โดยจะเป็นขั้นตอนของการยึดติดส่วนต่างๆ ของแม่พิมพ์ ซึ่งนิยมใช้สกรูและสลักเป็นส่วนใหญ่ สกรูที่ใช้จะเป็นสกรูแบบ Socket head cap screw เพราะสามารถคว้านรูเพื่อฝังหัวสกรูไม่ให้โผล่ขึ้นมาบนผิวหน้าของส่วนต่างๆ ได้



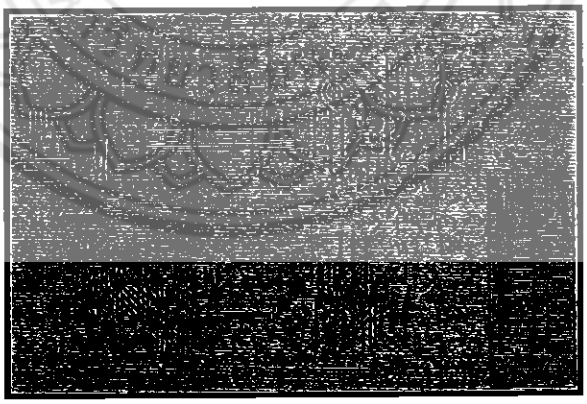
รูปที่ 2.45 การใช้สกรูและสลักยึดแม่พิมพ์

ที่มา: ชาญชัย ทรัพยากร,ประสิทธิ์ สวัสดิสรรพ์ และ วิรุฬ ประเสริฐวรนันท์ (2527)

2.11.2.12 ชุดแม่พิมพ์ (Die set) เมื่อออกแบบทุกส่วนของแม่พิมพ์ครบแล้ว ขั้นต่อไปจะต้องนำเอาส่วนประกอบต่าง ๆ มาติดตั้งบน Die set ซึ่งทำหน้าที่ช่วยให้การทำงานของแม่พิมพ์เที่ยงตรง และติดกับเครื่องปั๊มง่าย การเขียนแบบส่วนต่าง ๆ ทั้งหมดต้องเห็นภาพของชิ้นส่วนที่ประกอบใน Die set ซึ่งมีรูปร่างและขนาดต่าง ๆ กันโดยจะต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับสภาพการปฏิบัติงาน



รูปที่ 2.46 รูปแสดงชุดแม่พิมพ์ (Die set)
ที่มา: ชาญชัย ทรัพยากร,ประสิทธิ์ สวัสดิสรรพ์ และ วิรุฬ ประเสริฐวรนันท์ (2527)



รูปที่ 2.47 แบบพิมพ์เขียวแสดงรายละเอียดส่วนต่างๆ ของแม่พิมพ์
ที่มา: ชาญชัย ทรัพยากร,ประสิทธิ์ สวัสดิสรรพ์ และ วิรุฬ ประเสริฐวรนันท์ (2527)

2.11.2.13 ขนาดและรายละเอียด โดยขนาดรายละเอียดต่าง ๆ ของแม่พิมพ์ต้องแสดงและเขียนลงในแบบให้เห็นอย่างชัดเจน ทั้งนี้เพื่อให้ผู้สร้างแม่พิมพ์ได้ทราบรายละเอียดที่ออกแบบมาอย่างสมบูรณ์ ถ้าหากส่วนประกอบของแม่พิมพ์สลับซับซ้อนก็ควรจะเขียนใน Detail drawing แยกส่วนประกอบสำคัญให้เห็นชัดเจน

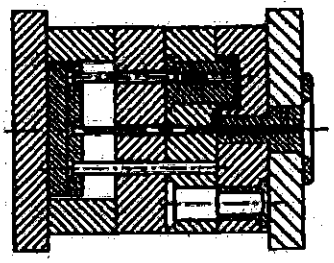
2.11.2.14 รายการวัสดุ ขั้นสุดท้ายของการออกแบบแม่พิมพ์ต้องมีรายการวัสดุที่ใช้ในการผลิตส่วนต่าง ๆ ของแม่พิมพ์ทั้งหมดเขียนไว้ในแบบ เพื่อสะดวกในการสร้างแม่พิมพ์และการเตรียมวัสดุ

2.12 ทฤษฎีงานแม่พิมพ์พลาสติก

ในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนแม่พิมพ์พลาสติก การตัดสินใจเป็นสิ่งสำคัญเพื่อให้ได้ถึงความต้องการการใช้งานแม่พิมพ์ที่ดีที่สุดและมีความคุ้มค่ามากที่สุดการตัดสินใจในการเลือกใช้ขึ้นอยู่กับชนิดของพลาสติกกระบวนการผลิตการผลิตแบบหนึ่ง หรือหลายๆชิ้นงาน จำนวนของชิ้นงานที่ต้องการผลิตความเที่ยงตรงของชิ้นงานและสภาพผิวของชิ้นงานแม่พิมพ์พลาสติกมีการใช้งานที่แตกต่างกันไปเช่น แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก (Injection moulding) แม่พิมพ์เป่า (Blow moulding) แม่พิมพ์อัดขึ้นรูปร่าง (Extrusion moulding) แม่พิมพ์แบบส่งผ่าน (Transfer moulding) แม่พิมพ์แบบอัด (Compression moulding) และอื่นๆ โดยทั่วไปสามารถจำแนกประเภทแม่พิมพ์พลาสติกได้ดังต่อไปนี้

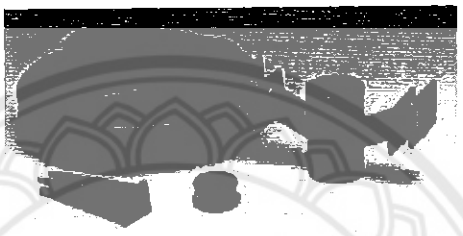
2.12.1 แม่พิมพ์ฉีด (Injection moulding)

เป็นกรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบันเพราะสามารถผลิตชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อนได้ดีและมีหลายลักษณะงาน เช่น ชิ้นส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ชิ้นส่วนยานยนต์ เครื่องใช้ในครัวเรือน บรรจุภัณฑ์ ของเด็กเล่น เครื่องสำอาง เป็นต้น การผลิตชิ้นงานนั้นจะใช้เม็ดพลาสติกป้อนเข้าที่เครื่องฉีด เครื่องฉีดจะทำหน้าที่หลอมละลายเม็ดพลาสติกและฉีดพลาสติกเหลวเข้าสู่แม่พิมพ์ คงความดันและอัดพลาสติกเหลวเข้าเต็มแม่พิมพ์และชิ้นงานจะถูกหล่อเย็นด้วยขณะฉีด เพื่อให้ได้ชิ้นงานรูปร่างตามแม่พิมพ์แล้วจึงเปิดแม่พิมพ์เพื่อทำการปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ โดยทั่วไปถ้ามีการบำรุงรักษาแม่พิมพ์เป็นอย่างดีจะทำให้อายุการใช้งาน 500,000-1,000,000 Shots ซึ่งตัวอย่างรูปแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกและผลิตภัณฑ์จากแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกดังแสดงในรูปที่ 2.48 และ 2.49



รูปที่ 2.48 แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

ที่มา: โครงการจัดทำแผนแม่บทอุตสาหกรรมรายสาขา (สาขาแม่พิมพ์) (2552)

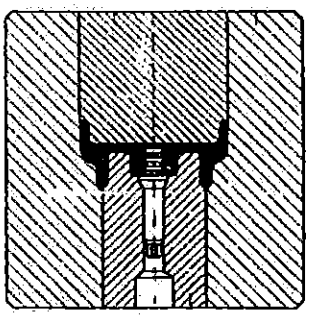


รูปที่ 2.49 ผลิตภัณฑ์จากแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

ที่มา: โครงการจัดทำแผนแม่บทอุตสาหกรรมรายสาขา (สาขาแม่พิมพ์) (2552)

2.12.2 แม่พิมพ์อัดและอัดฉีด (Compression and Transfer moulding)

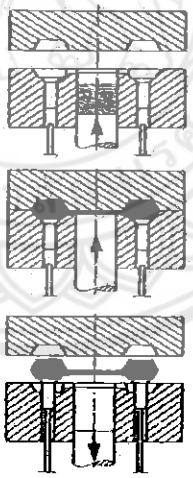
แม่พิมพ์อัดเป็นการผลิตชิ้นงานโดยใช้พลาสติกชนิดเทอร์โมเซตติ้งลงในแม่พิมพ์แล้วทำการปิดแม่พิมพ์โดยใช้ความดันสูงพร้อมกับให้ความร้อนทำให้พลาสติกหลอมละลายเข้าแทรกยังโพรงของแม่พิมพ์ จากนั้นหล่อเย็นให้พลาสติกแข็งตัวจึงปลดชิ้นงานออก ข้อแตกต่างระหว่างแม่พิมพ์อัดและแม่พิมพ์ฉีดคือ แม่พิมพ์อัดจะใช้ลูกสูบอัดพลาสติกเข้าแม่พิมพ์ ส่วนแม่พิมพ์ฉีดจะใช้การเติมพลาสติก แม่พิมพ์อัดจะถูกนำมาใช้ในงานผลิตชิ้นงานต้นแบบ ผลิตชิ้นงานเป็นจำนวนน้อย ใช้เวลาในการผลิตนาน รูปแม่พิมพ์อัด แสดงดังรูป 2.50



รูปที่ 2.50 แม่พิมพ์อัด

ที่มา: โครงการจัดทำแผนแม่บทอุตสาหกรรมรายสาขา (สาขาแม่พิมพ์) (2552)

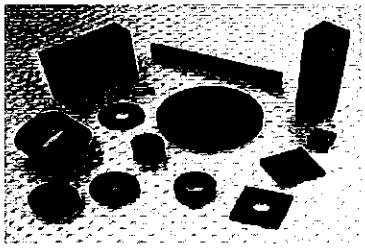
ส่วนแม่พิมพ์อัดฉีดดังแสดงในรูป 2.51 เป็นการพัฒนาแม่พิมพ์อัดให้เป็นการผลิตแบบอัตโนมัติ โดย พลาสติกจะยังไม่ถูกใส่ไปในแม่พิมพ์โดยตรง พลาสติกจะถูกทำให้ร้อนในกระบอกสูบก่อนที่จะถูกส่งไปยังแม่พิมพ์ ข้อแตกต่างระหว่างแม่พิมพ์อัดฉีดและแม่พิมพ์อัดอยู่ที่โครงสร้างของแม่พิมพ์ โดยแม่พิมพ์อัดฉีดจะต้องมีห้องอัดซึ่งจะทำหน้าที่เชื่อมกับเบ้า (Cavity) แม่พิมพ์ด้วยรูฉีด



รูปที่ 2.51 แม่พิมพ์อัดฉีดและกระบวนการอัดฉีด

ที่มา: โครงการจัดทำแผนแม่บทอุตสาหกรรมรายสาขา (สาขาแม่พิมพ์) (2552)

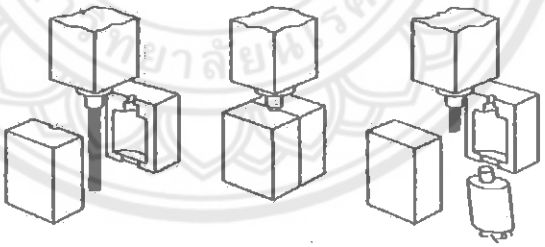
สำหรับแม่พิมพ์อัดและอัดฉีดจะใช้ในการผลิต เช่น ชิ้นส่วนยานยนต์ ชิ้นส่วนไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เครื่องใช้ในครัวเรือน เป็นต้น ผลิตภัณฑ์จากแม่พิมพ์อัดและอัดฉีดแสดงดังรูป 2.52



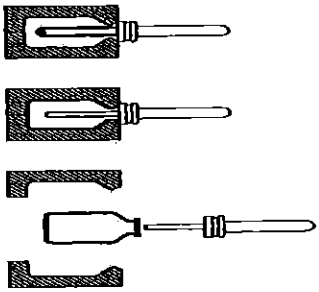
รูปที่ 2.52 ผลิตภัณฑ์จากแม่พิมพ์อัดและอัดฉีด
ที่มา: โครงการจัดทำแผนแม่บทอุตสาหกรรมรายสาขา (สาขาแม่พิมพ์) (2552)

2.12.3 แม่พิมพ์เป่า (Blow moulding)

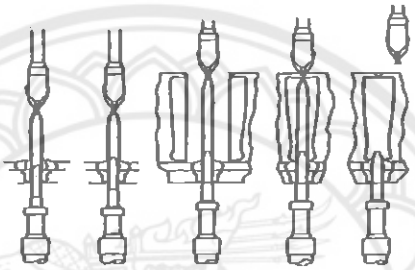
เป็นแม่พิมพ์ที่ใช้ในการผลิตภาชนะกลวงโดยการทำให้พลาสติกเป็นสายท่อหรือหลอดแก้ว (Parison) แล้วใช้ลมเป่าให้เกิดรูปร่างตามแม่พิมพ์ แล้วจึงทำการปลดชิ้นงาน ซึ่งวิธีการเป่าแม่พิมพ์มีอยู่ 3 วิธีหลัก คือ การเป่าแบบ Extrusion (Extrusion blow moulding) แสดงดังรูป 2.53 การเป่าฉีด (Injection blow moulding) แสดงดังรูป 2.54 การเป่าแล้วยืด (Stretch blow moulding) แสดงดังรูป 2.55 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเป่า เช่น ภาชนะกลวง ขวด ถัง แกลลอน แสดงดังรูป 2.56 แม่พิมพ์เป่าเป็นแม่พิมพ์พลาสติกที่มีอัตราการเติบโตเร็วมาก มีความต้องการในตลาดสูง ประหยัดค่าใช้จ่ายในการผลิต



รูปที่ 2.53 แม่พิมพ์เป่าแบบ Extrusion และกระบวนการเป่าแบบ Extrusion
ที่มา: โครงการจัดทำแผนแม่บทอุตสาหกรรมรายสาขา (สาขาแม่พิมพ์) (2552)



รูปที่ 2.54 แม่พิมพ์เป่าแบบ Injection และกระบวนการเป่าแบบ Injection
ที่มา: โครงการจัดทำแผนแม่บทอุตสาหกรรมรายสาขา (สาขาแม่พิมพ์) (2552)

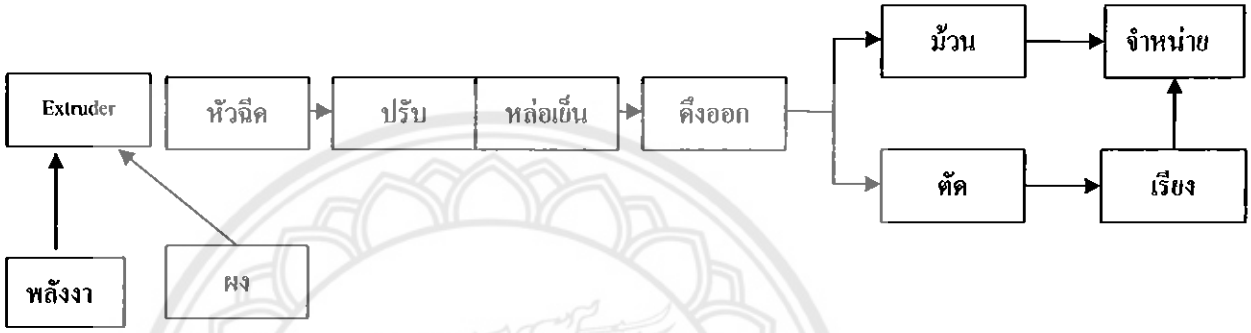


รูปที่ 2.55 แม่พิมพ์เป่าแบบ Stretch และกระบวนการเป่าแบบ Stretch
ที่มา: โครงการจัดทำแผนแม่บทอุตสาหกรรมรายสาขา (สาขาแม่พิมพ์) (2552)

รูปที่ 2.56 ผลิตภัณฑ์จากแม่พิมพ์เป่า
ที่มา: โครงการจัดทำแผนแม่บทอุตสาหกรรมรายสาขา (สาขาแม่พิมพ์) (2552)

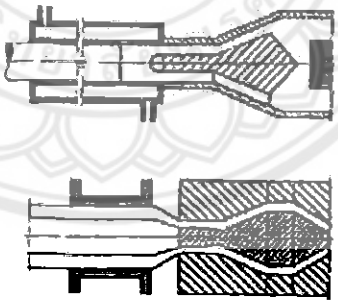
2.12.4 แม่พิมพ์งานรีด (Extrusion)

เป็นการผลิตชิ้นงานรูปพรรณต่างๆทั้งกลวงและตันยาวต่อเนื่องไม่รู้จบ เช่น ท่อสายยาง กรอบประตู หน้าต่าง เป็นต้น ดังแสดงในรูป 2.57 โดยเครื่อง Extrusion จะอัดและหลอมละลายพลาสติก จากนั้นจะถูกฉีดไปยังเครื่องมือสร้างรูปทรง (หัวฉีด) ต่างๆแล้วแต่ลักษณะงาน ในงาน Extrusion นั้นจะต้องนำเครื่องมืออื่นๆ เข้ามาประกอบด้วย เช่น เครื่องปรับขนาด เครื่องดึง เครื่องม้วน เครื่องตัด เป็นต้น ระบบงาน Extrusion แสดงดังรูป 2.58 และ 2.59



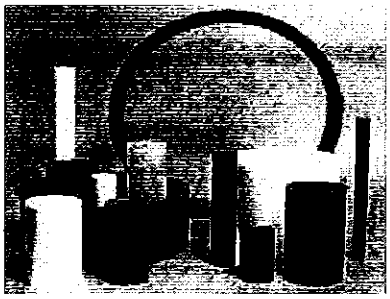
รูปที่ 2.57 กระบวนการผลิตงาน Extrusion

ที่มา: โครงการจัดทำแผนแม่บทอุตสาหกรรมรายสาขา (สาขาแม่พิมพ์) (2552)



รูปที่ 2.58 หัวฉีดที่ใช้ในงาน Extrusion

ที่มา: โครงการจัดทำแผนแม่บทอุตสาหกรรมรายสาขา (สาขาแม่พิมพ์) (2552)

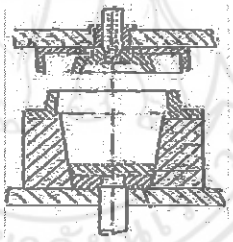


รูป 2.59 ผลิตภัณฑ์จากแม่พิมพ์งานรีด

ที่มา: โครงการจัดทำแผนแม่บทอุตสาหกรรมรายสาขา (สาขาแม่พิมพ์) (2552)

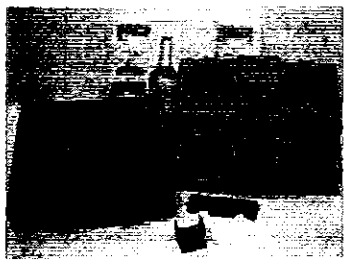
2.12.5 แม่พิมพ์งานเทอร์โมฟอร์มมิ่ง (Thermoforming)

ใช้ในการผลิตชิ้นงานพลาสติกด้วยวิธีนำพลาสติกแผ่นบางมาอบให้ความร้อน ดังแสดงในรูป 2.60 จากนั้นจะใช้สุญญากาศดูดแผ่นพลาสติกให้ยุบลงมาจนมีรูปร่างตามแม่พิมพ์ ผลิตภัณฑ์ในงานเทอร์โมฟอร์มิ่ง เช่น กล่องบรรจุไข่ ถ้วยไอศกรีม ถ้วยโยเกิร์ต เป็นต้น ดังแสดงในรูป 2.61



รูปที่ 2.60 แม่พิมพ์ที่ใช้ในงานเทอร์โมฟอร์มมิ่ง

ที่มา: โครงการจัดทำแผนแม่บทอุตสาหกรรมรายสาขา (สาขาแม่พิมพ์) (2552)



รูปที่ 2.61 ผลิตภัณฑ์จากแม่พิมพ์งานเทอร์โมฟอร์มมิ่ง

ที่มา: โครงการจัดทำแผนแม่บทอุตสาหกรรมรายสาขา (สาขาแม่พิมพ์) (2552)

2.13 เหล็กทำแม่พิมพ์พลาสติก

ตารางที่ 2.1 เกรดมาตรฐานทั่วไปและส่วนผสม (เปอร์เซ็นต์) ของเหล็กที่ใช้ทำแม่พิมพ์

เหล็กที่ชุบแข็งมาแล้ว									
	C	Si	Mn	Cr	V	Mo	Cu	Ai	Ni
M202	0.40	0.30	1.50	2.00	-	0.20	-	-	-
M238	0.38	0.30	1.50	2.00	-	0.20	-	-	1.10
P20	0.40	0.30	1.45	2.00	-	1.20	-	-	-
เหล็กสแตนเลส									
	C	Si	Mn	Cr	V	Mo	Cu	Ai	Ni
M300	0.38	0.40	0.65	16.00	-	1.00	-	-	0.80
M310	0.41	0.70	0.45	14.30	0.20	0.60	-	-	-
M340	0.54	0.45	0.40	17.30	0.10	1.10	-	-	-
N695	1.05	0.40	0.40	17.00	-	0.20	-	-	-
เหล็กที่ชุบแข็งพร้อมใช้งาน									
	C	Si	Mn	Cr	V	Mo	Cu	Ai	Ni
M461	0.13	0.30	2.00	0.35	-	-	-	-	3.50
NAK80	0.15	0.30	1.50	-	-	0.30	1.00	1.00	3.00

ที่มา: บริษัท ชนะพานิช สตีล จำกัด (2552)

ตารางที่ 2.2 ค่าความแข็งของเหล็กทำแม่พิมพ์

การอบ-ชุบ		ความแข็ง (Hardness)
N695	ชุบน้ำมัน	58 - 60 HRC
M202	ชุบน้ำมัน/เป่าลม	46 - 49 HRC
M238	ชุบน้ำมัน/เป่าลม	52 - 54 HRC
NAK80	ชุบน้ำมัน/เกลือ	37 - 43 HRC
P20	ชุบน้ำมัน/เกลือ	30 - 33 HRC
M300	ชุบน้ำมัน/เป่าลม	น้ำมัน 46 - 49 HRC ลม 42- 48 HRC
M310	ชุบน้ำมัน/เป่าลม	53-56 HRC
M340	ชุบน้ำมัน	53-58 HRC
M461	เป่าลม	40 - 44 HRC

ที่มา: บริษัท ชนะพานิช สตีล จำกัด (2552)

2.13.1 คุณสมบัติเหล็กและรูปแบบการใช้งาน

2.13.1.1 เหล็กที่ชุบแข็งมาแล้วไม่ต้องชุบแข็งเพิ่มเติม ขัดเงาได้ดี สามารถกลึง เจาะไสได้ดีมีคุณสมบัติ ทางโฟโตเอทชิ่งดี ความแข็งแรงสูง อาทิเช่น

ก. เหล็ก M202 ขัดขึ้นเงาดี ทำงานง่าย มีความแข็งสม่ำเสมอใช้ทำ แม่พิมพ์พลาสติก แม่พิมพ์แบล็คกาไลท์ ทำโมลด์อินเสิร์ต (ชิ้นสอด)

ข. เหล็ก M238 เป็นเหล็กที่ชุบแข็งมาแล้ว มีส่วนผสมกำมะถันต่ำมาก 0.003 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ไม่มีตามด มีความ แข็งสม่ำเสมอ ขัดเงาได้เหมือนกระจก ใช้ทำแม่พิมพ์พลาสติก แม่พิมพ์แบล็คกาไลท์ เมลามีน

ค. เหล็ก P20 กลึงง่าย ไม่เปราะ สามารถทำพิมพ์ลวดลายได้สามารถรับแรงดึงสูงเหมาะทำแม่พิมพ์อัดพลาสติก

2.13.1.2 เหล็กสแตนเลส สามารถทนต่อการกัดกร่อนสูง สามารถทนต่อการสึกหรอได้ดี

ก. เหล็ก N695 ใช้ทำอุปกรณ์ที่ต้องการทนสนิม มีความคมและทนทานต่อการเสียดสี เช่น มีดผ่าตัด

ข. เหล็ก M300 ทำแม่พิมพ์ชนิดแบบที่ต้องการทน กรดสูง ทนสนิม เช่น แม่พิมพ์พลาสติก แม่พิมพ์อุตสาหกรรมท่อพีวีซี

ค. เหล็ก M310 สามารถทนต่อการกัดกร่อนสูงสามารถทนต่อการสึกหรอได้ดี

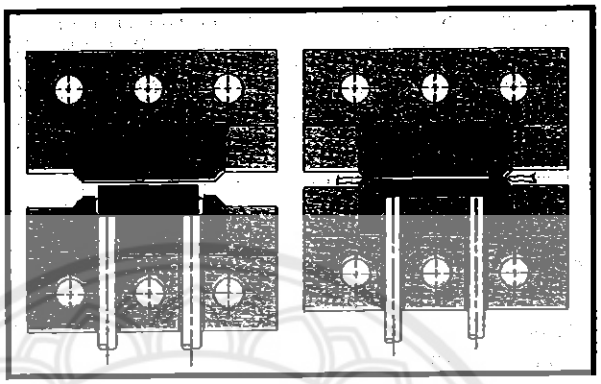
ง. เหล็ก M340 สามารถทนต่อการกัดกร่อนได้ดีมาก ทนต่อการสึกหรอได้ดี มาก คงขนาดรูปร่างได้ดีระหว่างชุบแข็ง ทำโมลด์ , โมลด์อินเสิร์ต , สกรู

จ. เหล็ก NAK80 เป็นเหล็กทำแม่พิมพ์พลาสติกชั้นสูง มีอายุการใช้งานยาวนาน มีความสามรถในการกลึงที่ดีเยี่ยมทั้งที่มี ความแข็งสูง ขัดเงาเหมือนกระจก

ช. เหล็ก M461 เป็นเหล็กที่ชุบแข็งมาแล้วและพร้อมใช้งาน ไม่ต้องชุบแข็งเพิ่มเติม (อยู่ในสภาพชุบแข็งพร้อมใช้งาน 40 HRC สามารถชุบแข็งได้สูงสุดถึง 44 HRC) ความแข็งสูง การขัดเงาดีเลิศ สามารถเจาะ ไสได้ดี มีคุณสมบัติทาง โพโตเอทชิ่งดีทำแม่พิมพ์พลาสติกที่ต้องการความแข็งแรงสูง

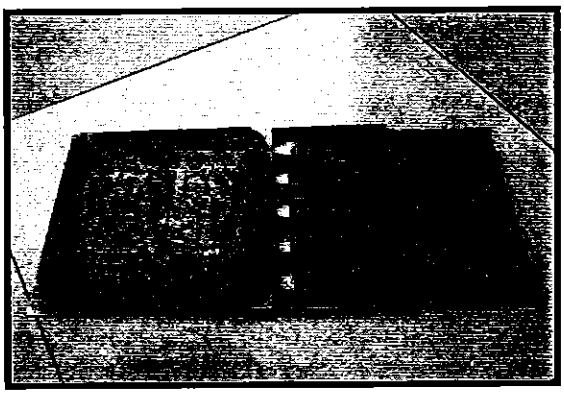
2.14 แม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปพอลิเมอร์

แม่พิมพ์อัด (Compression) แม่พิมพ์อัดเป็นการผลิตชิ้นงานโดยใช้พลาสติกชนิดเทอร์โมเซตติ้งลงในแม่พิมพ์แล้วทำการปิดแม่พิมพ์โดยใช้ความดันสูงพร้อมกับให้ความร้อนทำให้พลาสติกหลอมละลายเข้าแทรกยังโพรงของแม่พิมพ์ จากนั้นหล่อเย็นให้พลาสติกแข็งตัวจึงปลดชิ้นงานออก



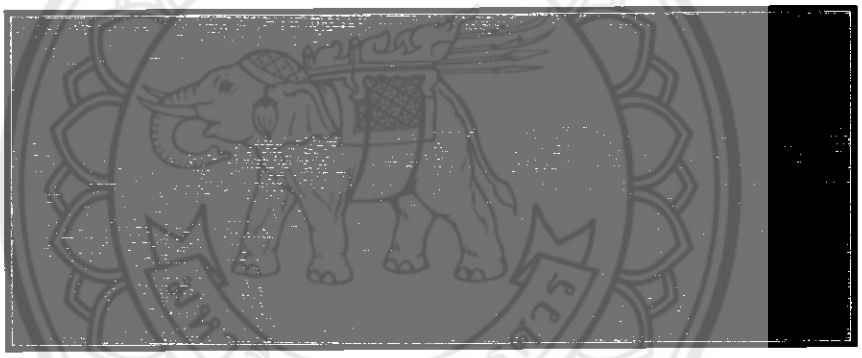
รูปที่ 2.62 กระบวนการอัดขึ้นรูปพอลิเมอร์
ที่มา: วิลเลียม เอฟ สมิธ,วัสดุวิศวกรรม (2547)

แม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปพอลิเมอร์ เป็นแม่พิมพ์ที่อาศัยการทำงานที่สะดวกและรวดเร็วเหมาะสมกับชิ้นงานที่มีรูปร่างที่ไม่ซับซ้อนโดยการทำงานของแม่พิมพ์จะคำนึงถึงการไหลของเม็ดพลาสติกที่เติมเต็มแม่พิมพ์และความหนาชิ้นงาน ซึ่งตัวชุดแม่พิมพ์มีส่วนประกอบหลักอยู่ 3 ส่วน ดังรูปที่ 2.63 คือ แผ่นบน แผ่นล่าง แผ่นกลาง(แบบของชิ้นงาน) หลักการทำงานของแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปคือเมื่อบรรจุเม็ดพลาสติกลงในแม่พิมพ์นำแผ่นเหล็กแผ่นล่างและบนประกบกันแล้วนำไปเข้าเครื่องปั๊มขึ้นรูปพอลิเมอร์ในช่องที่ให้ความร้อน เครื่องปั๊มจะทำการกดอัดแม่พิมพ์และให้ความร้อนจนเม็ดพลาสติกหลอมละลายไหลเติมเต็มแม่พิมพ์ หลังจากนั้นยกแม่พิมพ์ออกแล้วนำไปใส่ในช่องหล่อเย็น เพื่อที่จะทำการหล่อเย็นให้กับแม่พิมพ์เพื่อให้พลาสติกที่หลอมละลายเกิดการขึ้นรูปและแข็งตัว หลังจากนั้นยกแม่พิมพ์ออกจากเครื่องปั๊มและแกะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ ดังรูปที่ 2.64



รูปที่ 2.63 แม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปพอลิเมอร์

ที่มา: ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร



รูปที่ 2.64 ชิ้นงานที่ได้จากแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปพอลิเมอร์

ที่มา: ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

2.14.1 ข้อดีของแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปพอลิเมอร์

2.14.1.1 เหมาะสมสำหรับชิ้นงานที่มีรูปร่างไม่ซับซ้อน

2.14.1.2 มีต้นทุนอุปกรณ์ที่ต่ำ

2.14.1.3 มีความแม่นยำในการขึ้นรูปสูง

2.14.1.4 ระยะเวลาในการขึ้นรูปที่สั้นและรวดเร็ว

2.14.1.5 เกิดของเสียจากการปั๊มขึ้นรูปน้อยมาก

2.14.2 ข้อเสียของแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปพอลิเมอร์

2.14.2.1 มีความเร็วในการผลิตต่ำ

2.14.2.2 ไม่เหมาะสมกับชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อน

2.14.2.3 ความสม่ำเสมอของผนังชิ้นงานที่ขึ้นรูปทำได้ยากมาก

2.15 เครื่องปั๊มพอลิเมอร์

เครื่องปั๊มพอลิเมอร์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร เป็นเครื่องปั๊มของบริษัท หงส์ยาวไทย จำกัด รุ่น GYR 06 มีรายละเอียดดังนี้

รูปที่ 2.65 เครื่องปั๊มพอลิเมอร์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

2.15.1 ขนาดแม่พิมพ์ความกว้าง 420 มิลลิเมตร ยาว 420 มิลลิเมตร

2.15.2 ระยะเคลื่อนที่สูงสุด 300 มิลลิเมตร

2.15.3 แรงดันสูงสุด 60 ตัน

2.15.4 ขนาดแรงม้า 75 แรงม้า

2.15.5 ความจุกำลังความร้อน 78 กิโลวัตต์

2.15.6 แรงดันต่อหน่วย 210 กิโลกรัมต่อเซนติเมตร

บทที่ 3
การดำเนินการวิจัย

3.1 จัดทำข้อเสนอโครงงาน

เป็นการคัดเลือกและศึกษาหัวข้อโครงงานที่จะทำการดำเนินการวิจัยเพื่อศึกษาและพัฒนาหัวข้อที่เลือกและนำเสนอโครงงาน

3.2 ศึกษาการใช้โปรแกรม Mechanical Desktop Version 6

เป็นการศึกษาการใช้โปรแกรมในการเขียนแบบและออกแบบ โดยศึกษาความรู้เบื้องต้นของ Mechanical Desktop Version 6 หลักทั่วไปในการใช้และวิธีการใช้คำสั่ง Mechanical Desktop Version 6 ในการออกแบบ ให้ได้แม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปพอลิเมอร์ ขนาดกว้างไม่เกิน 200 มิลลิเมตร ยาวไม่เกิน 200 มิลลิเมตร สูงไม่เกิน 100 มิลลิเมตร

3.3 ศึกษาการใช้โปรแกรม hyperMILL Version 6

เป็นการศึกษาการใช้โปรแกรม hyperMILL Version 6 เพื่อทำงานร่วมกับโปรแกรม Mechanical Desktop Version 6 ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องกัดซีเอ็นซี โดยศึกษาความรู้พื้นฐานของโปรแกรม hyperMILL , โปรแกรมกัดงานในระบบ 3 แกน (3D Machianing Cycle) และขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม hyperMILL

3.4 ศึกษาการใช้งานเครื่องกัดซีเอ็นซี รุ่น Mazak FJV-250

เป็นการศึกษาการใช้เครื่องกัดซีเอ็นซี รุ่น Mazak FJV-250 โดยศึกษาวิธีการใช้งานเครื่องจักรซีเอ็นซี, ระบบการทำงานของเครื่องจักรซีเอ็นซี, การควบคุมการเคลื่อนที่ของระบบซีเอ็นซี, ชุดควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซี และ การกำหนดแนวแกนของเครื่องจักรซีเอ็นซี

3.5 ทดสอบการกัดโดยใช้เครื่องกัดซีเอ็นซีในการกัดอลูมิเนียม

เป็นการศึกษาการใช้เครื่องกัดซีเอ็นซี โดยทดลองใช้เครื่องกัดซีเอ็นซี ในการกัดลายแม่พิมพ์จากอลูมิเนียมก่อนการกัดจริง และเป็นการศึกษาการแก้ไขส่วนของคำสั่งควบคุมเครื่องกัดซีเอ็นซี ของโปรแกรม Mechanical Desktop 6 และโปรแกรม hyperMILL Version 6 เพื่อแก้ไขปรับปรุงคำสั่งที่ผิดพลาด

3.6 ปรับปรุงและแก้ไขโปรแกรม

เป็นการศึกษาการแก้ไขและการปรับปรุงโปรแกรม Mechanical Desktop 6 และ โปรแกรม hyperMILL Version 6 ในส่วนที่ไม่สามารถสร้างคำสั่งให้เครื่องกัดซีเอ็นซีทำงานได้ตามความต้องการ

3.7 ทำการปฏิบัติการใช้เครื่องกัดซีเอ็นซี ในการกัดแม่พิมพ์และส่วนประกอบแม่พิมพ์

เป็นการปฏิบัติการใช้โปรแกรม Mechanical Desktop 6 ช่วยในการออกแบบตัวอักษร และโปรแกรม hyperMILL Version 6 ช่วยในการผลิตสำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซี ในการผลิตแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปพอลิเมอร์

3.8 ทำการทดสอบและปั๊มขึ้นรูปพอลิเมอร์จริง

เป็นการทดสอบและทำการปั๊มขึ้นรูปพอลิเมอร์จริงของแม่พิมพ์ที่ได้จากกระบวนการ การกัดจากเครื่องซีเอ็นซีเพื่อให้ได้จานรองแก้วพลาสติกตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยใช้เครื่องปั๊มพอลิเมอร์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

3.9 วิเคราะห์และสรุปผล

เป็นการสรุปผลและวิเคราะห์ผลของการประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ (CAD) และช่วยในการผลิต (CAM) สำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีว่ามีข้อผิดพลาด และมีความคลาดเคลื่อนมากน้อยเพียงใดจากขนาดชิ้นงานที่ทำการทดสอบปั๊มขึ้นรูป

3.10 เขียนรายงานการทำงานวิจัยโครงงาน

เป็นการศึกษาการทำรายงานการวิจัยโครงงาน โดยศึกษาส่วนประกอบและรูปแบบของการทำรายงานการวิจัยโครงงาน และการรวบรวมข้อมูลจากการทำงานวิจัยโครงงาน

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์

4.1 จัดทำข้อเสนอโครงงาน

จากการที่ได้ทำการคัดเลือกและศึกษาหัวข้อโครงงานที่จะทำการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งได้หัวข้อที่จะศึกษาคือ การศึกษาโปรแกรมการออกแบบและการผลิตบนพื้นฐานเทคโนโลยี CAD/CAM/CNC สำหรับการผลิตแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปพอลิเมอร์ โดยใช้โปรแกรม Mechanical Desktop Version 6 ในการออกแบบและใช้โปรแกรม hyperMILL Version 6 เพื่อทำงานร่วมกับโปรแกรม Mechanical Desktop Version 6 ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องกัดซีเอ็นซี และศึกษาการใช้เครื่องกัดซีเอ็นซี รุ่น Mazak FJV-250 โดยจะศึกษาวิธีการใช้งานเครื่องจักรซีเอ็นซี

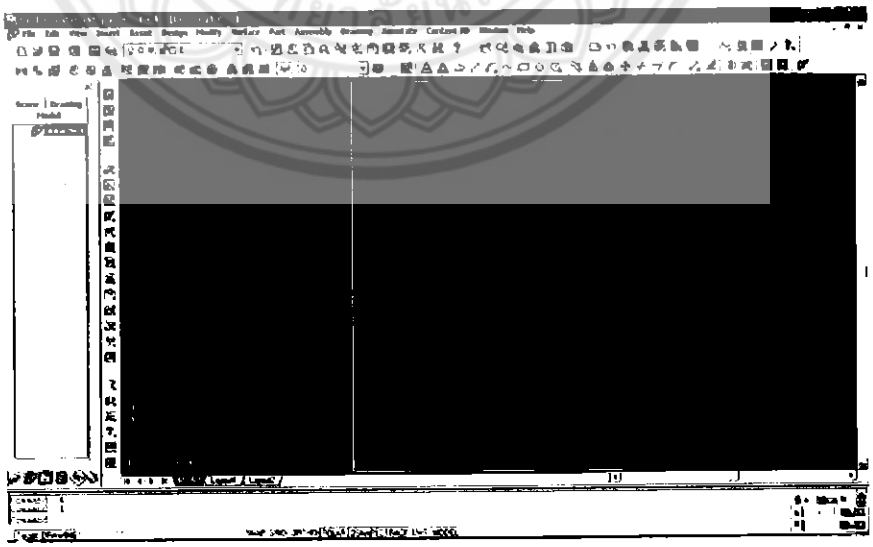
4.2 ศึกษาการใช้โปรแกรม Mechanical Desktop Version 6

การใช้โปรแกรม Mechanical Desktop 6 ในการออกแบบแม่พิมพ์มีวิธีการดำเนินงาน ดังนี้

4.2.1 การสร้างหน้าตัดของสเกทช์แม่พิมพ์ชิ้นล่าง

เริ่มต้นโดยการพิมพ์คำสั่ง rec ซึ่งเป็นคำสั่งสร้างรูปสี่เหลี่ยม ให้พิมพ์ที่บรรทัดป้อนคำสั่งด้านล่าง จะได้รูปสี่เหลี่ยม ดังรูปที่ 4.1

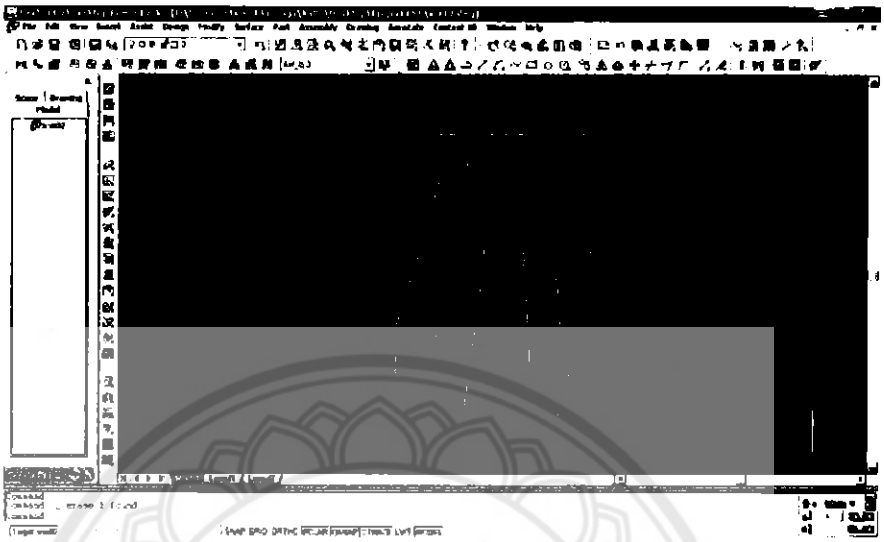
พิมพ์คำสั่ง: rec -> Enter -> 0,0 (first corner) -> Enter -> 35,50 (second corner) -> Enter



รูปที่ 4.1 การสร้างรูปสี่เหลี่ยม

4.2.2 ออกแบบลาย

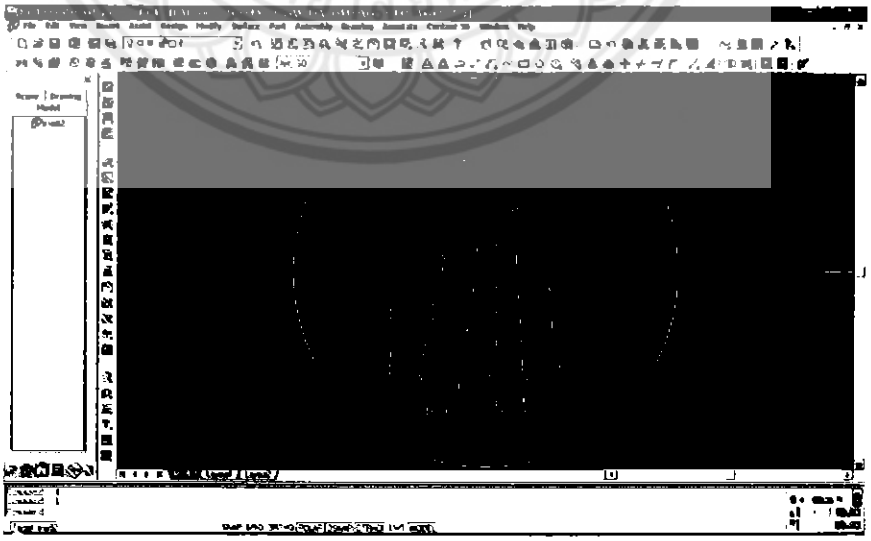
ทำการใส่ลายละเอียดของลวดลายชิ้นงานตามแบบที่เลือกไว้ ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 การใส่ลายละเอียดในชิ้นงาน

4.2.3 ทำการสร้างวงกลม

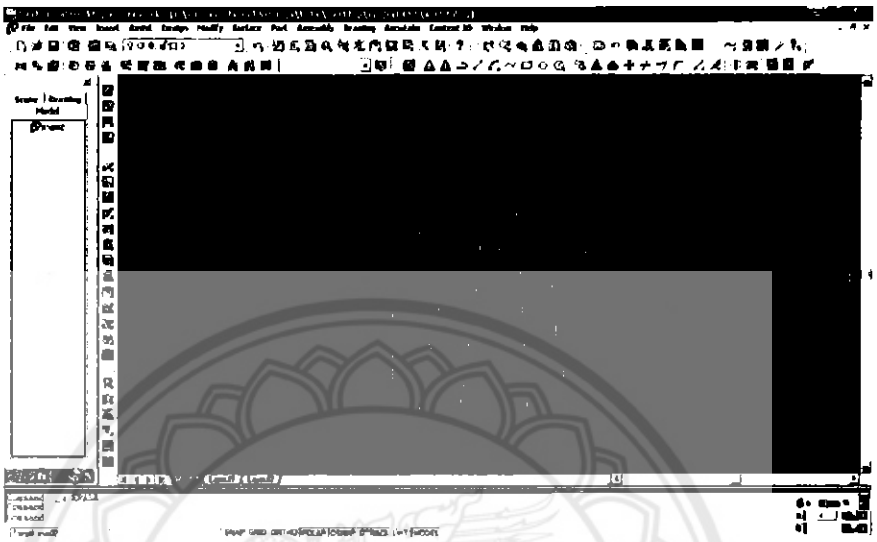
โดยพิมพ์คำสั่ง c -> Enter -> 17.5,25 (first corner) -> Enter -> 35 (Diameter) -> Enter ดังรูปที่ 4.3



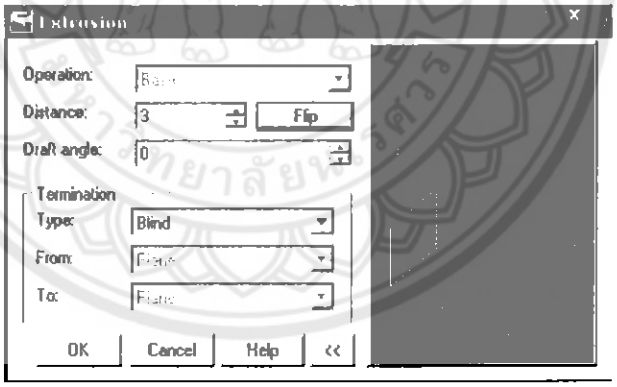
รูปที่ 4.3 การสร้างวงกลม

4.2.4 ใส่ความหนาของวงกลม

โดยคลิกเส้นวงกลมให้เป็นเส้นปะ -> เลือก Profile a Sketch -> เลือก Sketched features-Extrude -> ใส่ขนาด 5 Distance -> OK ดังรูปที่ 4.4 และรูปที่ 4.5



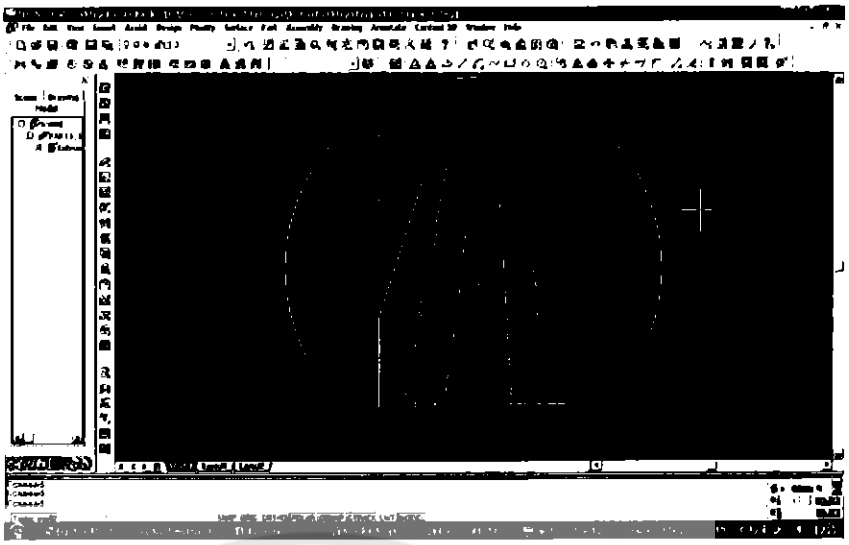
รูปที่ 4.4 การทำรูปวงกลมให้เป็น Profile



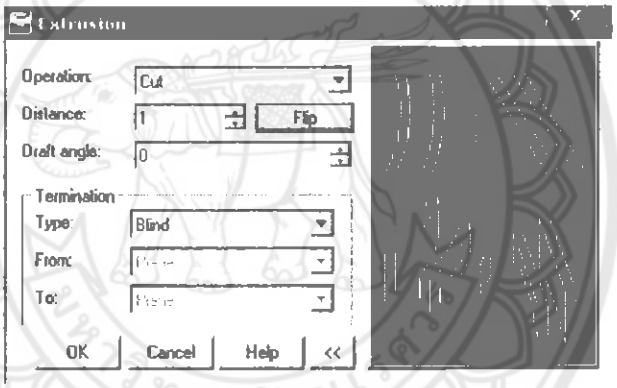
รูปที่ 4.5 กล่องป๊อนคำสั่ง Extrusion

4.2.5 ใส่ความลึกของลาย

โดยคลิกเส้นของลวดลายให้เป็นเส้นปะ -> เลือก Profile a Sketch -> เลือก Sketched features-Extrude -> ใส่ขนาด 1 Distance -> OK ดังรูปที่ 4.6 และรูปที่ 4.7



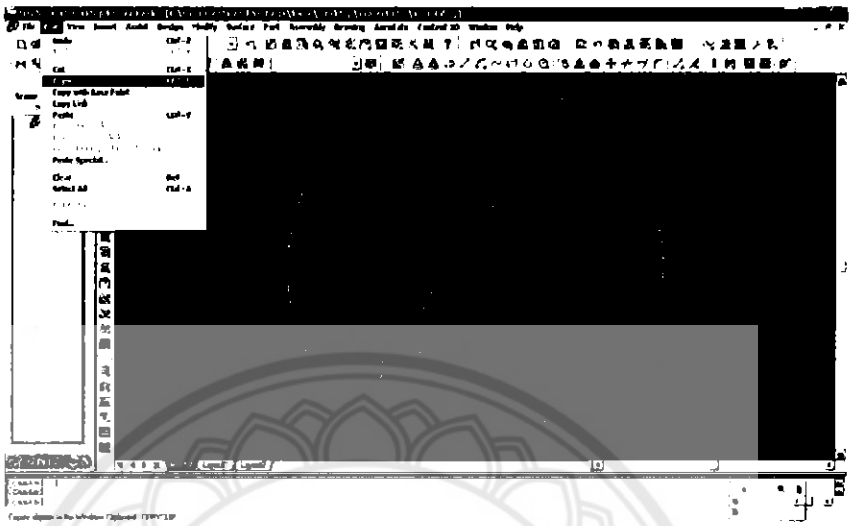
รูปที่ 4.6 การทำลวดลายให้เป็น Profile



รูปที่ 4.7 กล่องป้อนคำสั่ง Extrusion

4.2.6 ทำการคัดลอกชิ้นงาน

โดยคลิกเส้นของชิ้นงานให้เป็นเส้นประ -> เลือก Edit -> Copy ดังรูปที่ 4.8

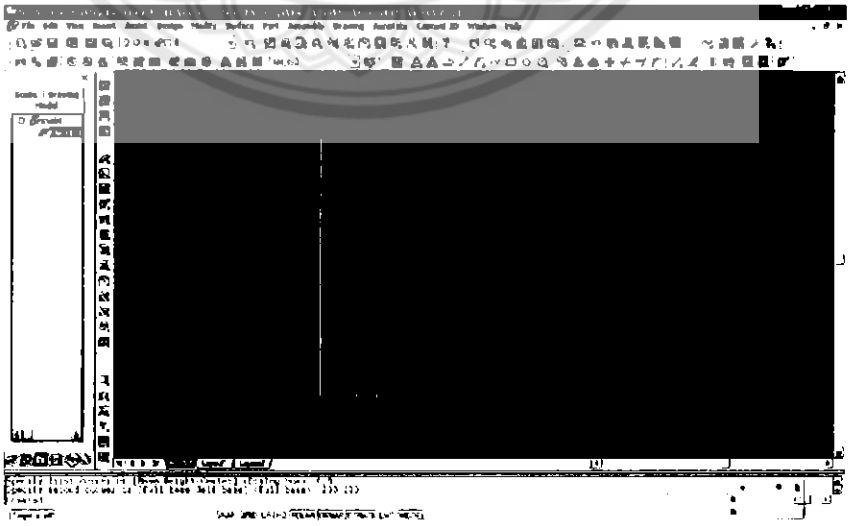


รูปที่ 4.8 การคัดลอกชิ้นงาน

4.2.7 การสร้างฐานของแม่พิมพ์

เริ่มต้นโดยการพิมพ์คำสั่ง rec ซึ่งเป็นคำสั่งสร้างรูปสี่เหลี่ยม ให้พิมพ์ที่บรรทัดป้อนคำสั่งด้านล่าง จะได้รูปสี่เหลี่ยม ดังรูปที่ 4.9

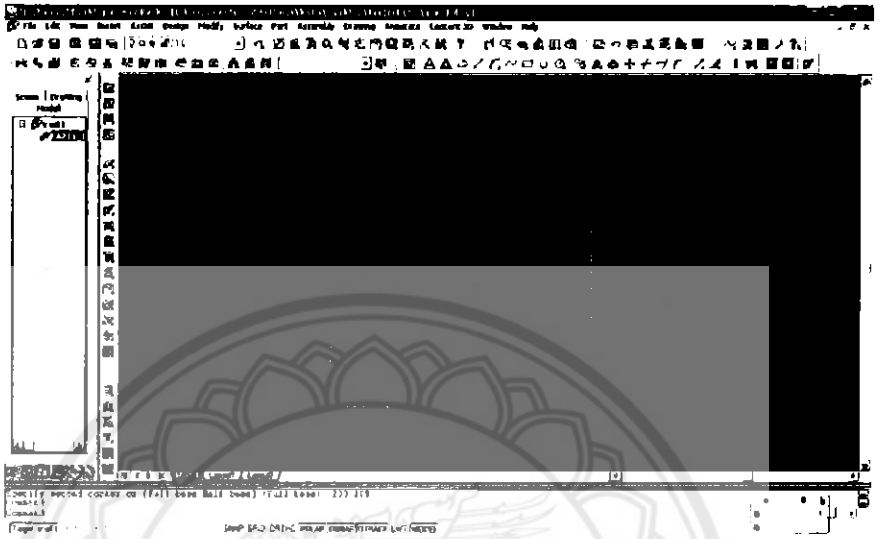
พิมพ์คำสั่ง: rec -> Enter -> 0,0 (first corner) -> Enter -> 200,200 (second corner) -> Enter



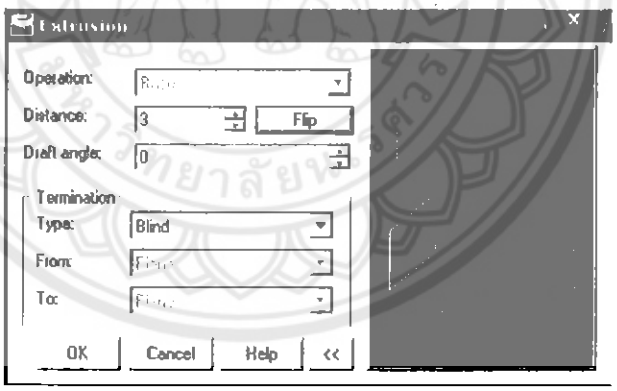
รูปที่ 4.9 การสร้างรูปสี่เหลี่ยม

4.2.8 ใส่ความหนาของสี่เหลี่ยม

โดยคลิกเส้นสี่เหลี่ยมให้เป็นเส้นปะ -> เลือก Profile a Sketch -> เลือก Sketched features-Extrude -> ใส่ขนาด 6 Distance -> OK ดังรูปที่ 4.10 และรูปที่ 4.11



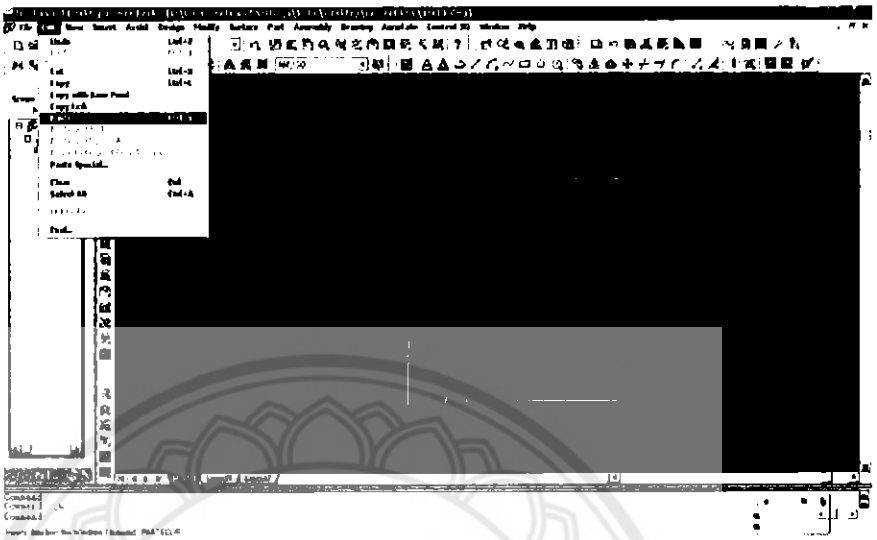
รูปที่ 4.10 การทำรูปสี่เหลี่ยมให้เป็น Profile



รูปที่ 4.11 กล่องป้อนคำสั่ง Extrusion

4.2.9 การวางชิ้นงานที่ทำการคัดลอก

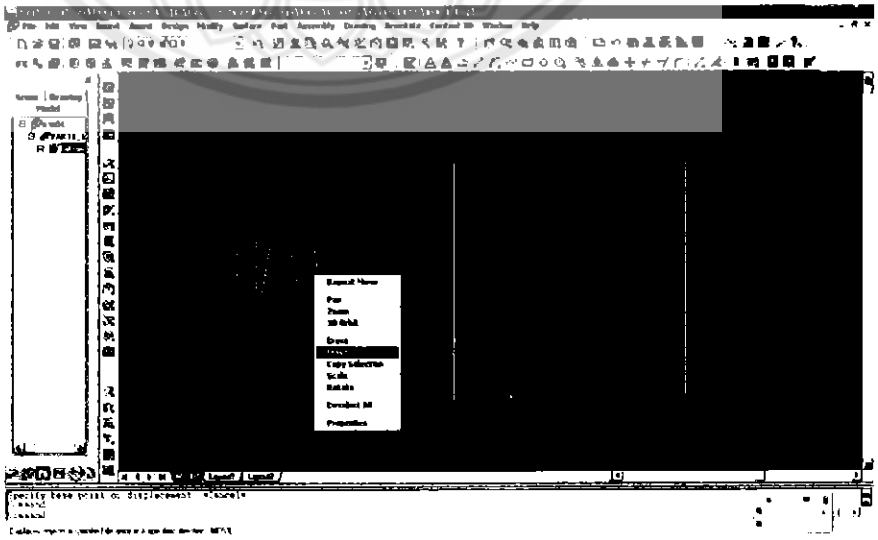
เลือก -> Edit -> เลือก Paste -> เลือกตำแหน่งวางชิ้นงาน ดังรูปที่ 4.12



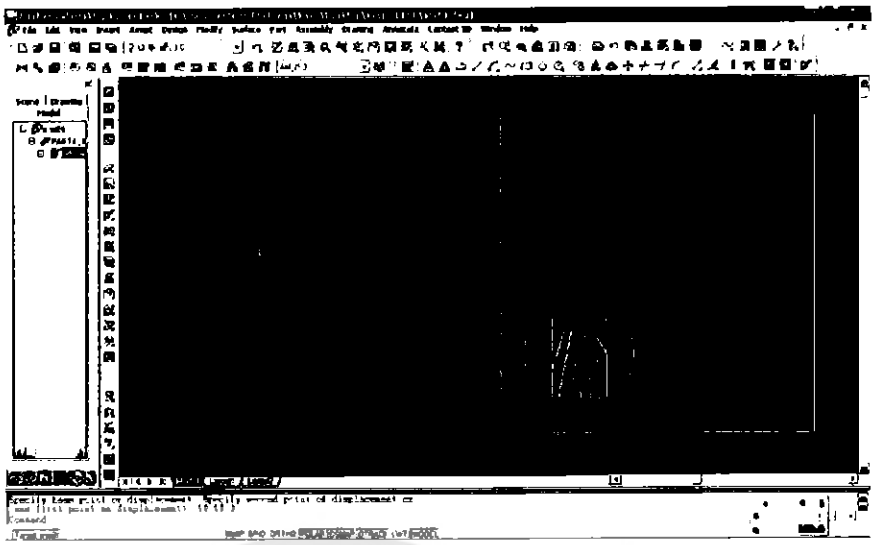
รูปที่ 4.12 การวางชิ้นงาน

4.2.10 การวางย้ายชิ้นงาน

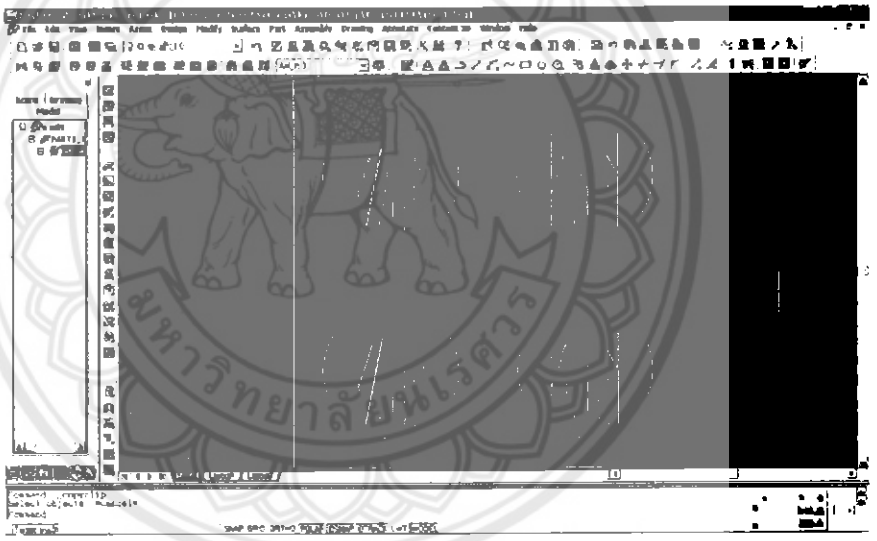
ทำการเลือกชิ้นงานที่ต้องการย้าย -> คลิกขวา -> Move -> เลือกจุดศูนย์กลางชิ้นงาน -> ใส่พิกัด 50,50,3 -> Enter ดังรูปที่ 4.13 และ รูปที่ 4.14 และทำซ้ำในพิกัด 150,50,3 50,150,3และ 150,150,3 ดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.13 การย้ายชิ้นงาน



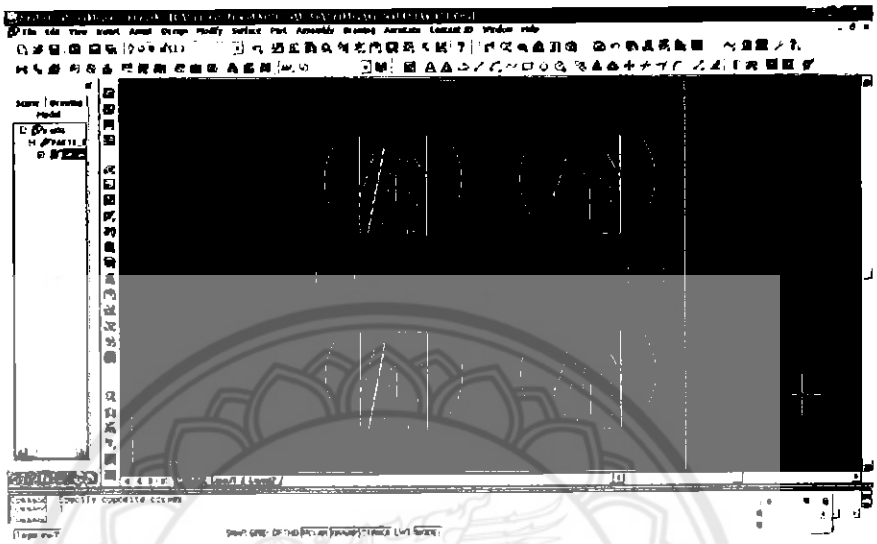
รูปที่ 4.14 การกำหนดจุดใหม่



รูปที่ 4.15 ชิ้นงานที่ถูกย้ายสมบูรณ์

4.2.11 การทำเสาแม่พิมพ์

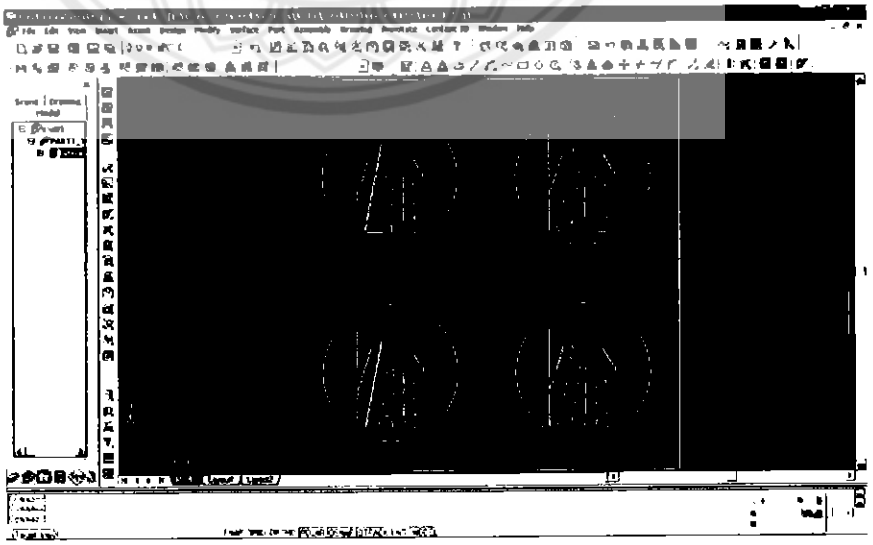
ทำได้โดยการพิมพ์ c -> Enter -> 20,100 (first corner) -> Enter -> 10 (Diameter) -> Enter และ c -> Enter -> 180,100 (first corner) -> Enter -> 10 (Diameter) -> Enter ดังรูปที่ 4.16



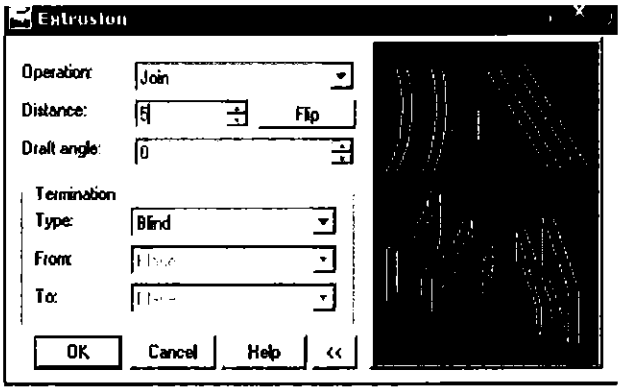
รูปที่ 4.16 เสาแม่พิมพ์

4.2.12 การใส่ความสูงของเสาแม่พิมพ์

โดยคลิกเส้นวงกลมให้เป็นเส้นปะ -> เลือก Profile a Sketch -> เลือก Sketched features-Extrude -> ใส่ขนาด ถ Distance -> OK ดังรูปที่ 4.17 และรูปที่ 4.18



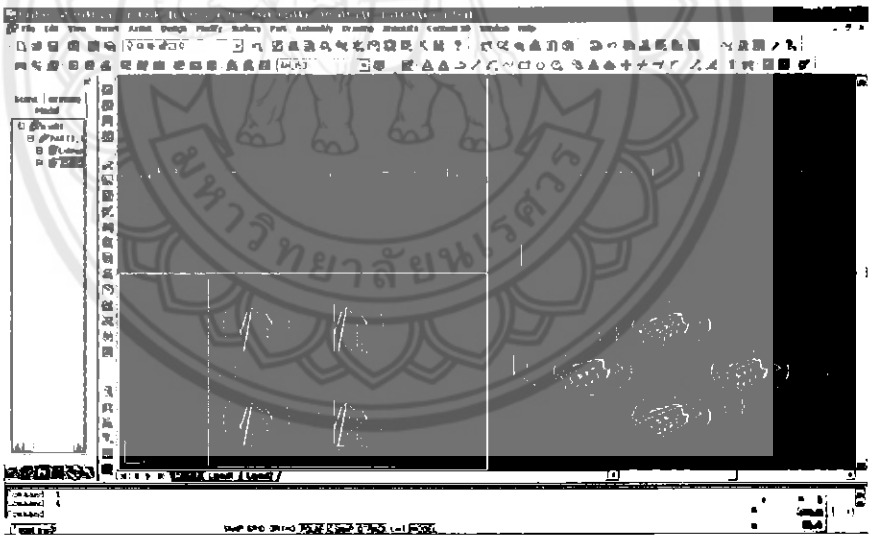
รูปที่ 4.17 การทำรูปวงกลมให้เป็น Profile



รูปที่ 4.18 กล่องป้อนคำสั่ง Extrusion

4.2.13 เปลี่ยนมุมมองภาพสามมิติ

พิมพ์คำสั่ง: พิมพ์ 4 -> Enter จะได้ภาพทั้งหมดสี่มุมมองในหน้ากระดาษ ดังรูปที่ 4.19 คลิกมุมมองที่ต้องการ -> พิมพ์ 1 -> Enter จะได้มุมมองที่ต้องการ ดังรูปที่ 4.20

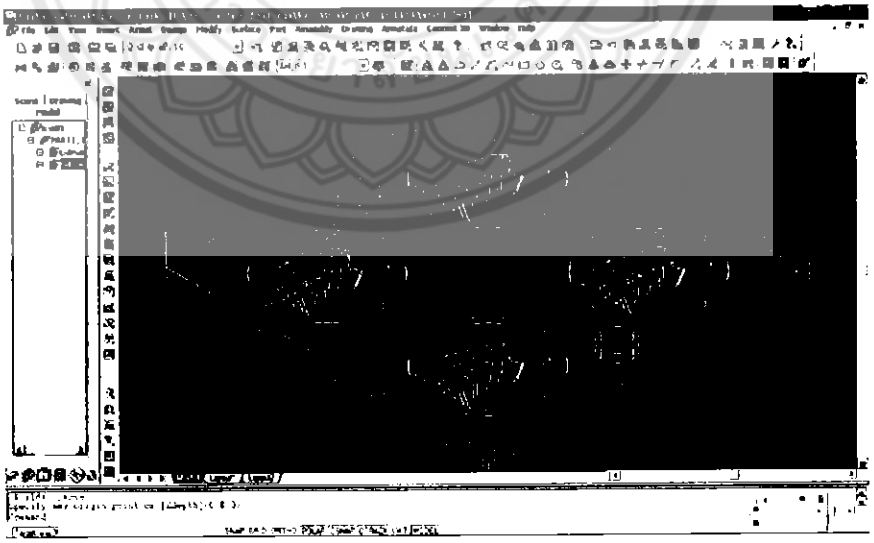


รูปที่ 4.19 ภาพทั้งหมดสี่มุมมองในหน้ากระดาษ

รูปที่ 4.20 ภาพมุมมองที่ต้องการ

4.2.14 กำหนดขอบเขตในการกัดชิ้นงาน

พิมพ์คำสั่ง: rec -> Enter -> 0,0,5 (first corner) -> Enter -> 200,200,5 (second corner) -> Enter แล้วคลิกขวาที่รูป -> New Sketch Plane -> คลิกให้กรอบอยู่บน Sketch Plane บนตัวอักษรบนสุด -> Enter แล้วเลือก Assist -> Move UCS -> คลิกที่มุมจุดเริ่มต้นใหม่ ดังรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.21 กำหนดขอบเขตในการกัดชิ้นงาน

4.2.15 การสร้างหน้าตัดของสเกทช์แม่พิมพ์ชิ้นกลาง

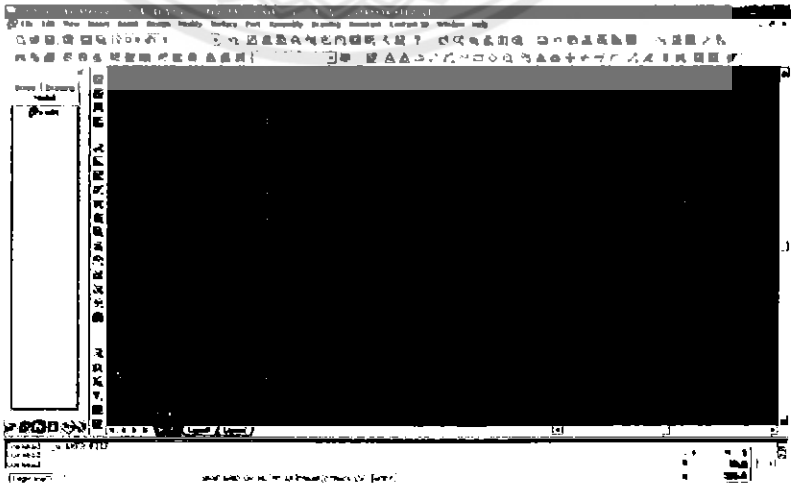
โดยการพิมพ์คำสั่ง rec ซึ่งเป็นคำสั่งสร้างรูปสี่เหลี่ยม ให้พิมพ์ที่บรรทัดป้อนคำสั่งด้านล่าง จะได้รูปสี่เหลี่ยม ดังรูปที่ 4.22

พิมพ์คำสั่ง: rec -> Enter -> 0,0 (first corner) -> Enter -> 200,200 (second corner) -> Enter

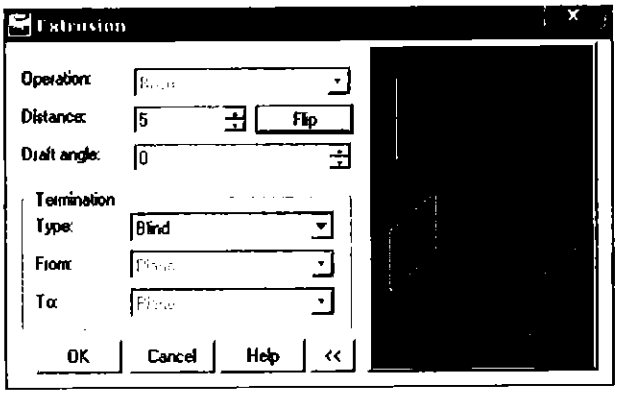
รูปที่ 4.22 การสร้างรูปสี่เหลี่ยม

4.2.16 ใส่ความหนาของสี่เหลี่ยม

โดยคลิกเส้นสี่เหลี่ยมให้เป็นเส้นปะ -> เลือก Profile a Sketch -> เลือก Sketched features-Extrude -> ใส่ขนาด 5 Distance -> OK ดังรูปที่ 4.23 และรูปที่ 4.24



รูปที่ 4.23 การทำรูปสี่เหลี่ยมให้เป็น Profile



รูปที่ 4.24 กล่องป้อนคำสั่ง Extrusion

4.2.17 สร้างวงกลมบนผิวระนาบ

ทำได้โดยการพิมพ์ c -> Enter -> 50,50 (first corner) -> Enter -> 40 (Diameter) -> Enter

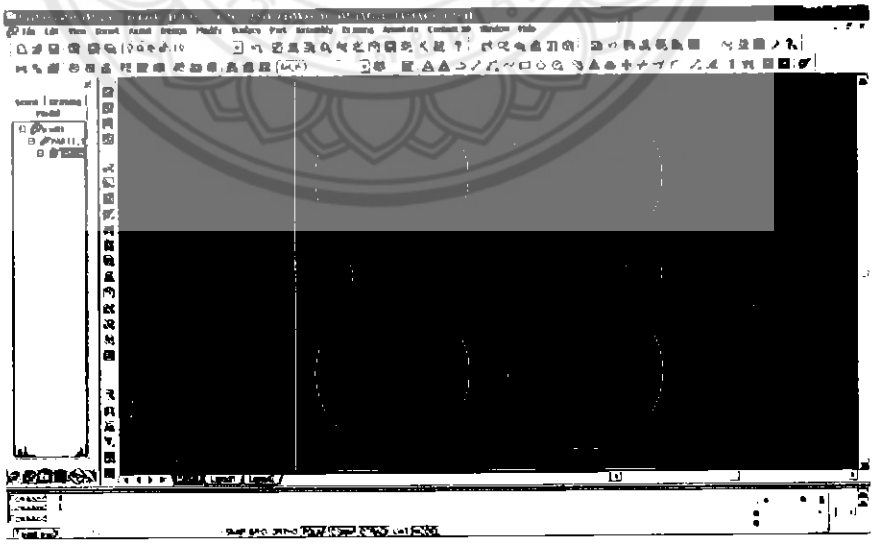
c -> Enter -> 150,50 (first corner) -> Enter -> 40 (Diameter) -> Enter

c -> Enter -> 50,150 (first corner) -> Enter -> 40 (Diameter) -> Enter

c -> Enter -> 150,150 (first corner) -> Enter -> 40 (Diameter) -> Enter

c -> Enter -> 20,100 (first corner) -> Enter -> 10 (Diameter) -> Enter

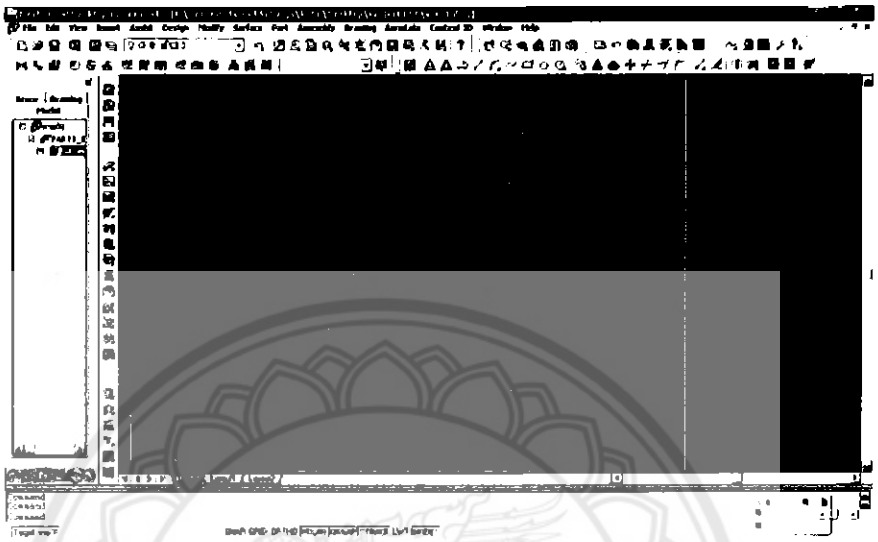
และ c -> Enter -> 180,100 (first corner) -> Enter -> 10 (Diameter) -> Enter



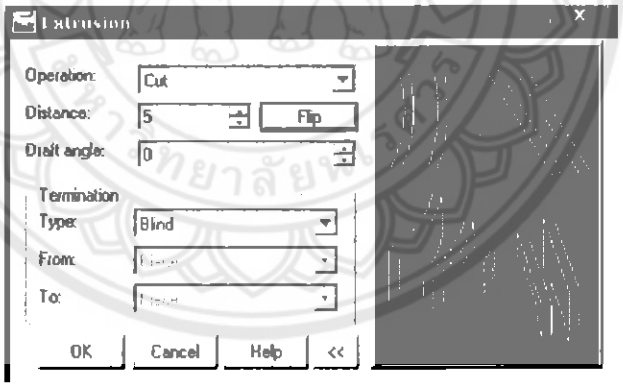
รูปที่ 4.25 การวางวงกลมในแม่พิมพ์ชิ้นกลาง

4.2.18 การเจาะรูวงกลม

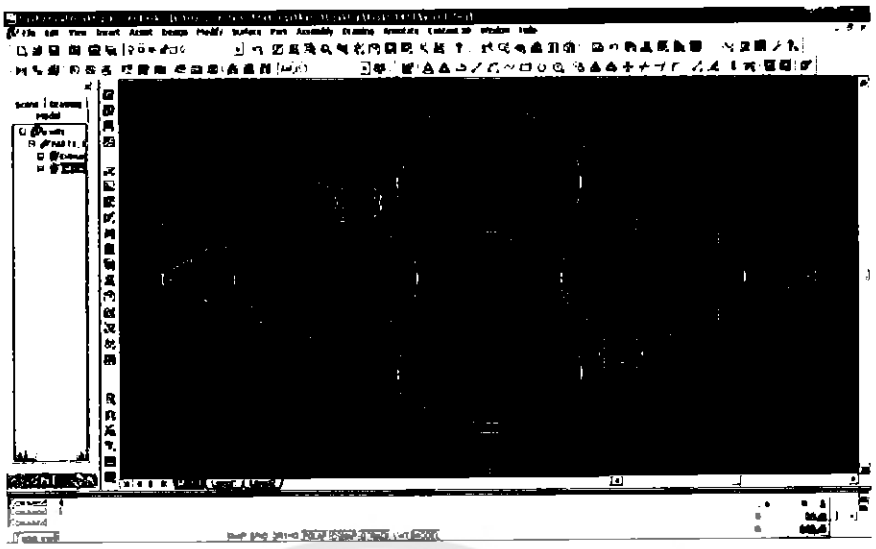
โดยคลิกเส้นวงกลมให้เป็นเส้นปะ -> เลือก Profile a Sketch -> เลือก Sketched features-Extrude -> ใส่ขนาด 5 Distance -> OK ดังรูปที่ 4.26 และรูปที่ 4.27



รูปที่ 4.26 การทำรูปวงกลมให้เป็น Profile



รูปที่ 4.27 กล่องป้อนคำสั่ง Extrusion

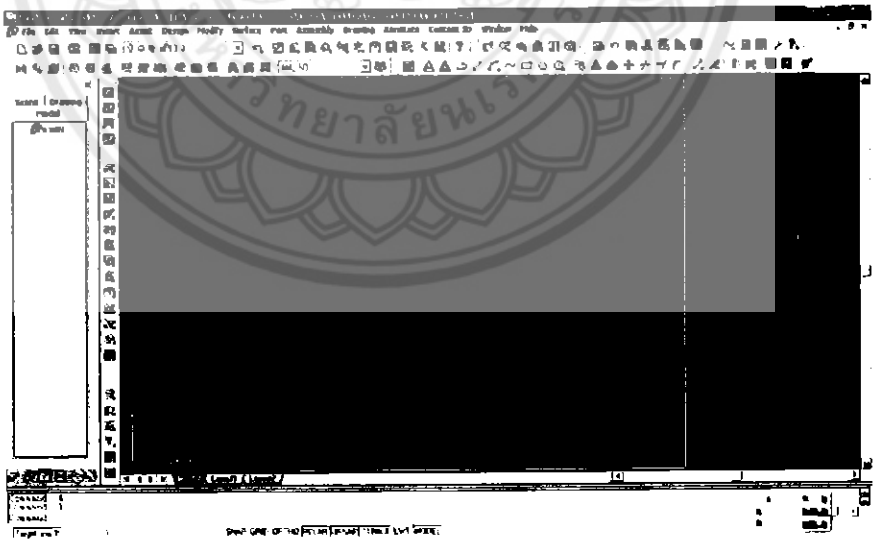


รูปที่ 4.28 แม่พิมพ์ชิ้นกลางที่สมบูรณ์

4.2.19 การสร้างหน้าตัดของสเกทช์แม่พิมพ์ชิ้นบน

โดยการพิมพ์คำสั่ง rec ซึ่งเป็นคำสั่งสร้างรูปสี่เหลี่ยม ให้พิมพ์ที่บรรทัดป้อนคำสั่งด้านล่าง จะได้รูปสี่เหลี่ยม ดังรูปที่ 4.29

พิมพ์คำสั่ง: rec -> Enter -> 0,0 (first corner) -> Enter -> 200,200 (second corner) -> Enter

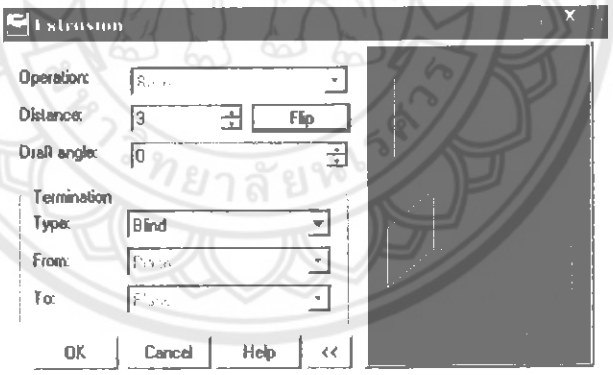


รูปที่ 4.29 การสร้างรูปสี่เหลี่ยม

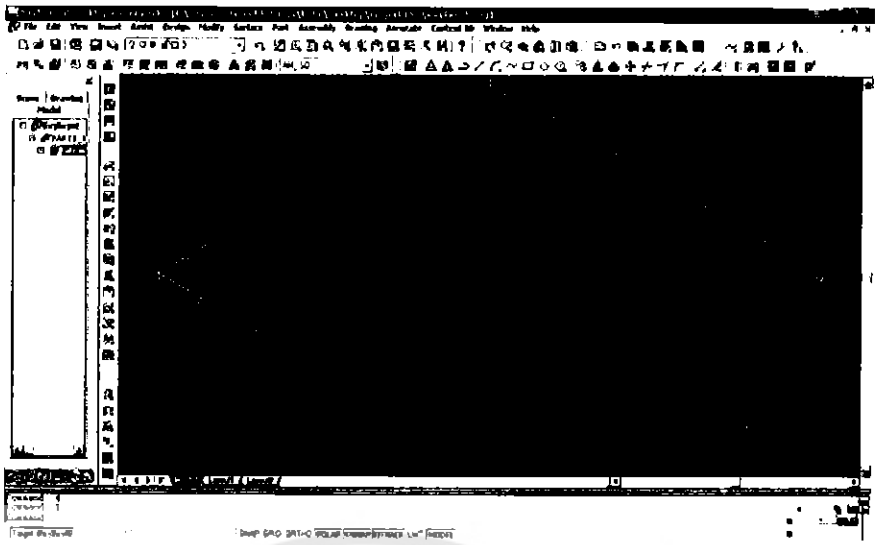
4.2.20 ใส่ความหนาของสี่เหลี่ยม

โดยคลิกเส้นสี่เหลี่ยมให้เป็นเส้นปะ -> เลือก Profile a Sketch -> เลือก Sketched features-Extrude -> ใส่ขนาด 5 Distance -> OK ดังรูปที่ 4.30 และรูปที่ 4.31

รูปที่ 4.30 การทำรูปสี่เหลี่ยมให้เป็น Profile



รูปที่ 4.31 กล่องป้อนคำสั่ง Extrusion



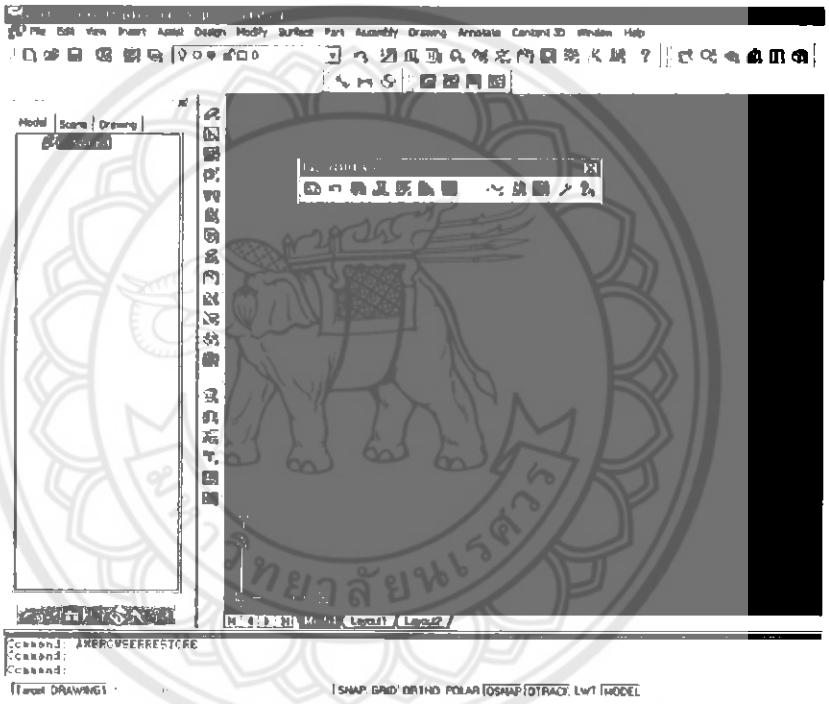
รูปที่ 4.32 แม่พิมพ์ชิ้นบนที่สมบูรณ์

4.3 ศึกษาการใช้โปรแกรม hyperMILL Version 6

โปรแกรม hyperMILL เป็นการจำลองภาพการทำงานของเครื่องกัดซีเอ็นซีขึ้นมา ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้งานร่วมกับ Mechanical Desktop เพื่อให้แสดงเห็นเส้นทางเดินของมีดกัด และสร้าง NC-Code ออกมาเพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องจักรซีเอ็นซี โดยมีขั้นตอนการฏิบัติดังต่อไปนี้

4.3.1 หลังจากที่เราได้ติดตั้งโปรแกรมแสร็จเรียบร้อย

โปรแกรม hyperMILL จะอยู่บนโปรแกรม Mechanical Desktop โดยทันที เมื่อเราเปิดโปรแกรม Mechanical Desktop ขึ้นมาจะมี Toolbar ของโปรแกรม hyperMILL โดยอัตโนมัติ ดังรูปที่ 4.33 Toolbar ของโปรแกรม hyperMILL

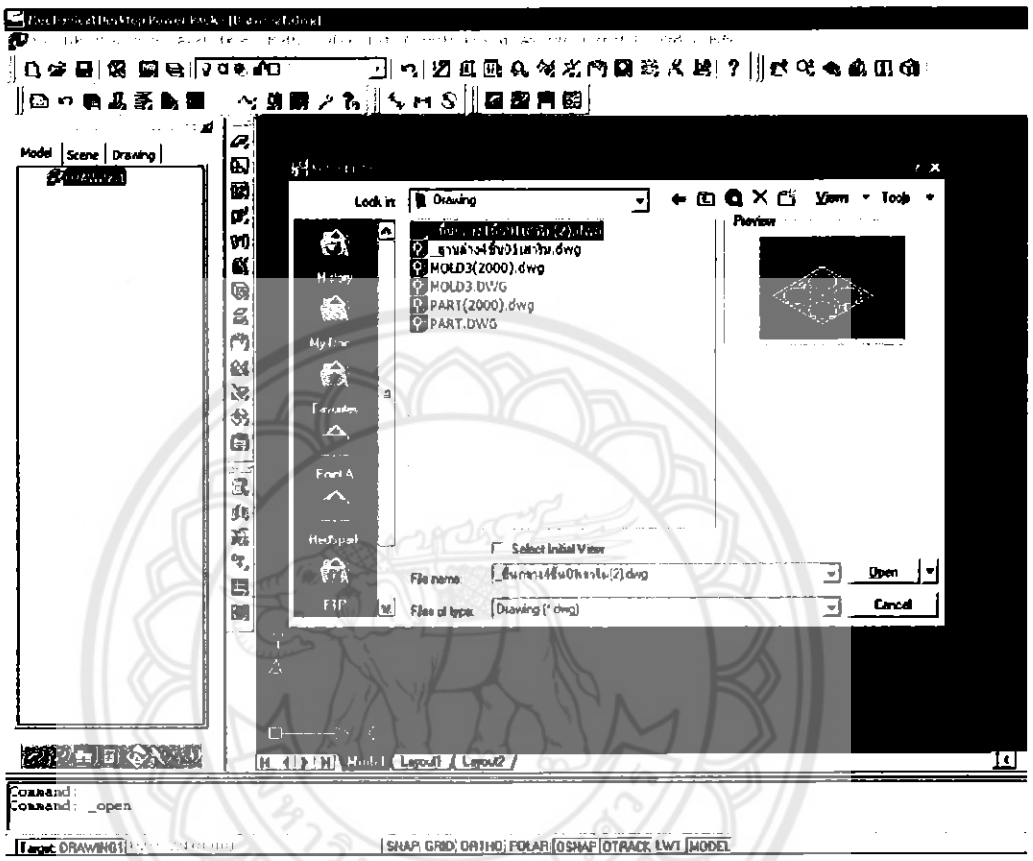


รูปที่ 4.33 Toolbar ของโปรแกรม hyperMILL

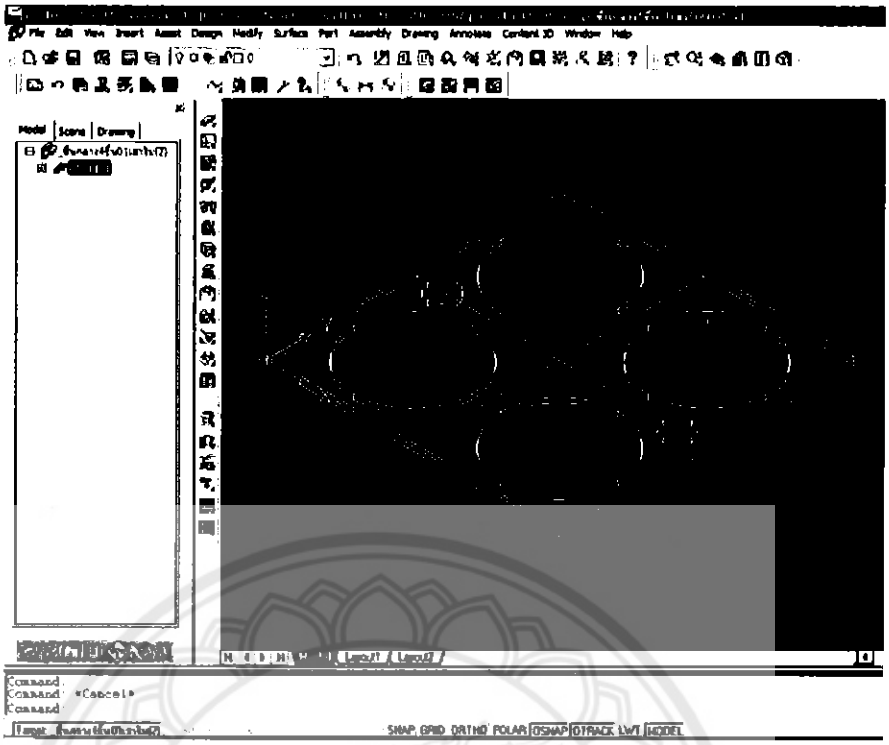
ในการทำงาน hyperMILL จะมีการกำหนดพิกัดตำแหน่ง X,Y,Z เป็นตำแหน่งเดียวกันกับตำแหน่ง UCS ของโปรแกรม Mechanical Desktop เมื่อมีการบันทึกด้วยคำสั่ง SAVE ในโปรแกรม Mechanical Desktop โปรแกรมกัดงานและค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการกัดงานต่างๆ ที่ถูกสร้างขึ้นจากโปรแกรม hyperMILL จะถูกบันทึกพร้อมกันไปด้วย และขณะที่ใช้งานโปนแกรม hyperMILL หากต้องการแก้ไข ผู้ใช้ต้องออกจากโปรแกรม hyperMILL ก่อนเพื่อมาแก้ไขชิ้นงานในโปรแกรม Mechanical Desktop หากมีการเริ่มต้นใช้งานโปรแกรม hyperMILL จะสังเกตเห็นเครื่องหมายแสดงจุดศูนย์ชิ้นงานของโปรแกรม ณ ตำแหน่ง UCS ของโปรแกรม Mechanical Desktop

4.3.2 การเปิดไฟล์งานที่ต้องการกัดงาน

เลือกคำสั่ง -> File -> Open -> ชื่องานที่การที่จะกัดงาน -> Open ดังรูปที่ 4.34 งานที่ต้องการเลือกและดังรูปที่ 4.35 งานที่ต้องการกัด



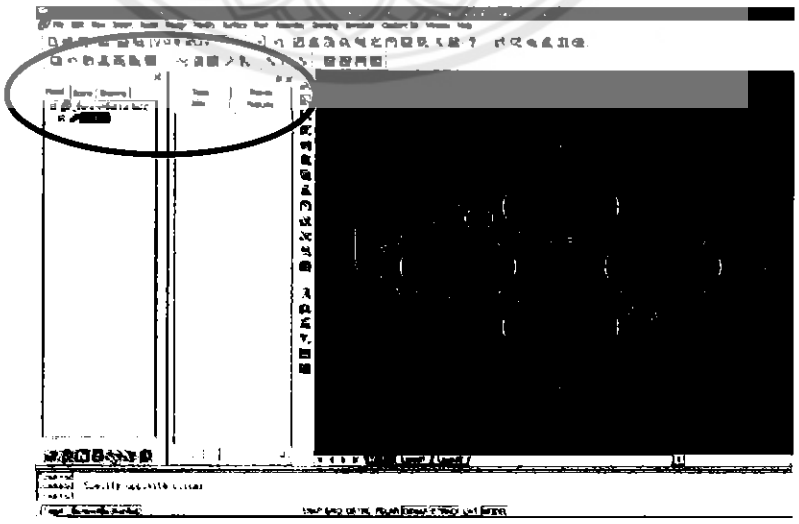
รูปที่ 4.34 งานที่ต้องการเลือก



รูปที่ 4.35 งานที่ต้องการกัด

4.3.3 การเปิด hyperMILL Browser

ก่อนที่จะเปิด hyperMILL Browser ให้สร้างขอบเขตการกำหนดชิ้นงานก่อนโดยสร้างเส้นสี่เหลี่ยมเท่ากับขนาดที่ต้องการล้อมรอบชิ้นงานที่จะกัดบริเวณนั้นแล้วคลิ๊กตรงเมนู hyperMILL Browser จะปรากฏ หน้าต่าง Joblist Dialog box ดังรูปที่ 4.36 หน้าต่าง Joblist Dialog box



รูปที่ 4.36 หน้าต่าง Joblist Dialog box

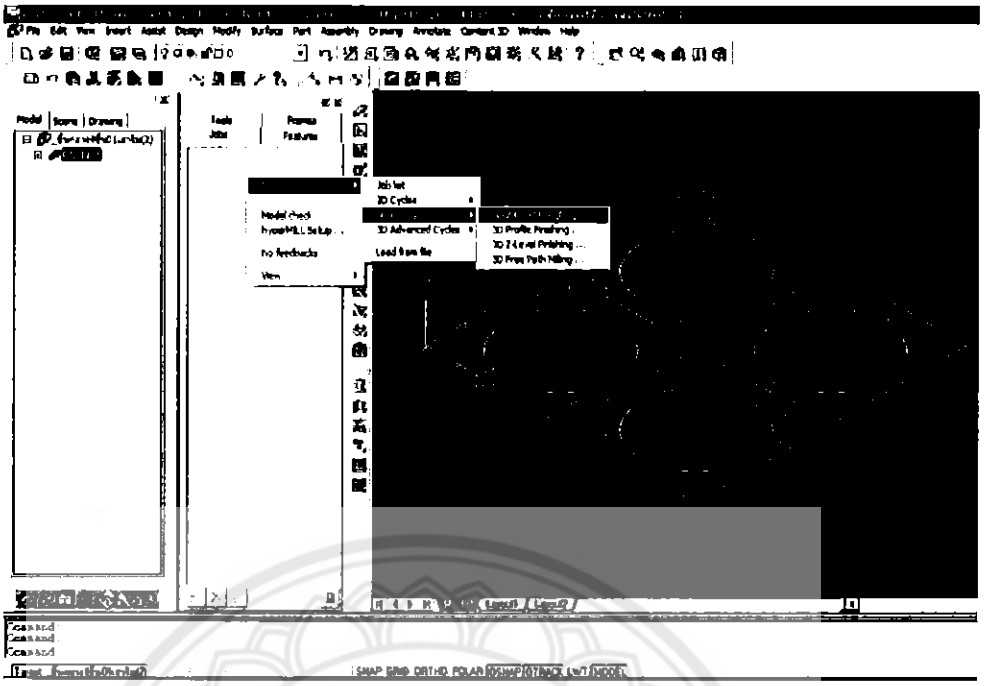
4.3.4 การวิเคราะห์ทางเดินของมีด hyperMILL Converter

นำเมาส์ไปคลิ๊กที่คำสั่ง hyperMILL Converter -> คลิกคำสั่ง OK (เครื่องหมายถูก) เพื่อสร้างพื้นผิว Polygon สีฟ้าคลุมพื้นผิวของชิ้นงาน ดังรูปที่ 4.37 หน้าต่าง hyperMILL Converter

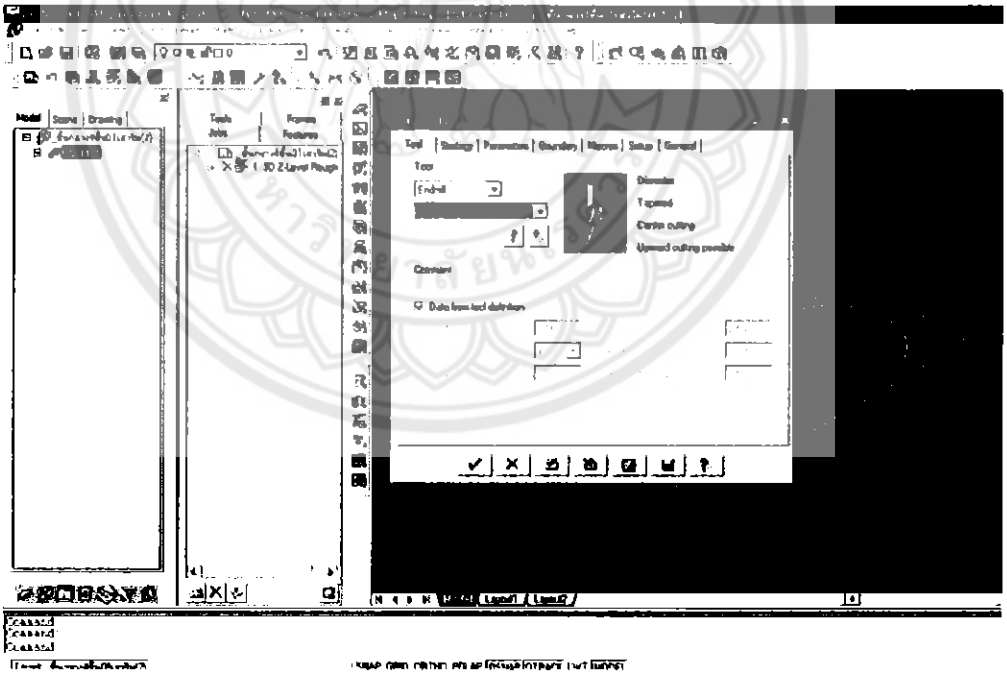
รูปที่ 4.37 หน้าต่าง hyperMILL Converter

4.3.5 การเลือกชนิดการกัดชิ้นงาน

การกัดชิ้นงานมีหลากหลายแบบใน เช่น กรกัดหยาบ กัดละเอียด กัดชิ้นงานตามเส้น กัดปาดหน้า ฯลฯ โดยในที่นี้จะแสดงวิธีทำการกัดแบบหยาบ นำเมาส์ไปคลิ๊กขวาที่ Joblist Dialog box จะปรากฏการกัดงานในลักษณะต่างๆ เลือกคำสั่งในการกัดงานแบบหยาบ -> New -> 3D Cycles -> 3D Z–Level Roughing ดังรูปที่ 4.38 เลือกคำสั่งในการกัดงานแบบหยาบและ Dialog box ของโปรแกรมการกัดงาน ดังรูปที่ 4.39 Dialog box ของโปรแกรมการกัดงาน



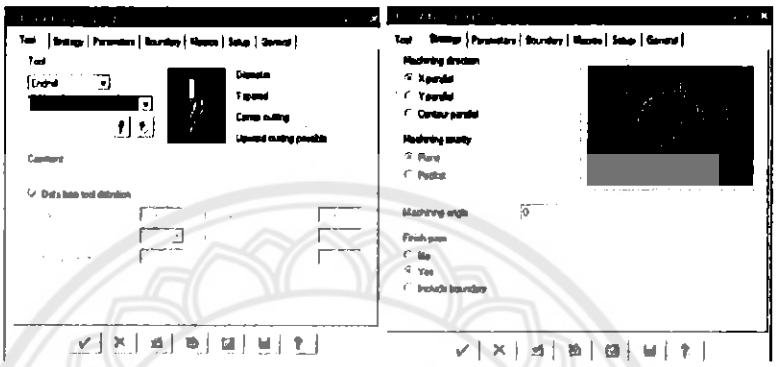
รูปที่ 4.38 เลือกคำสั่งในการกัดงานแบบหยาบ



รูปที่ 4.39 Dialog box ของโปรแกรมการกัดงาน

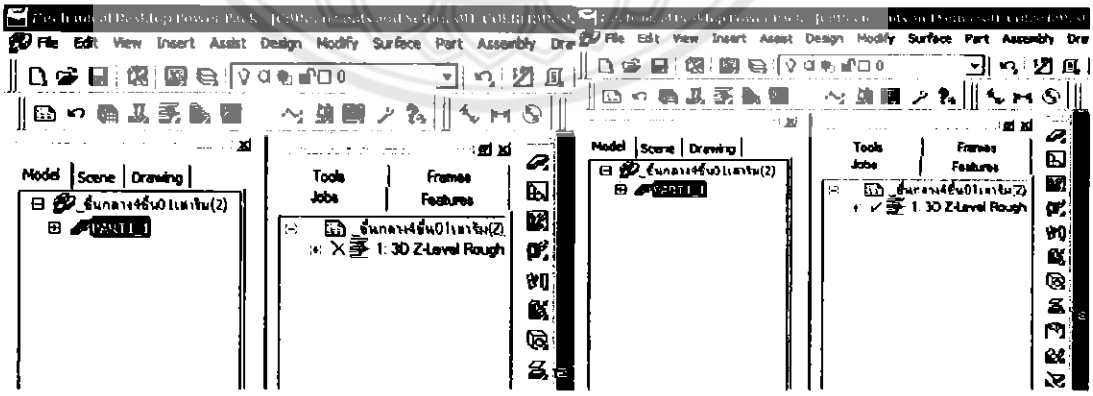
4.3.5 การปรับตั้งค่าใน Dialog box

การปรับตั้งค่าใน Dialog box สามารถปรับค่าของ ขนาดของมีดกัด เส้นทางเดินของมีด ค่าพารามิเตอร์ และเส้นทางเดินของมีด ตามฟังก์ชันที่มีอยู่เพื่อสอดคล้องกับรูปแบบการกัดชิ้นงาน ดังรูปที่ 4.40 ฟังก์ชั่นต่างๆ ในการปรับตั้งค่า



รูปที่ 4.40 ฟังก์ชั่นต่างๆ ในการปรับตั้งค่า

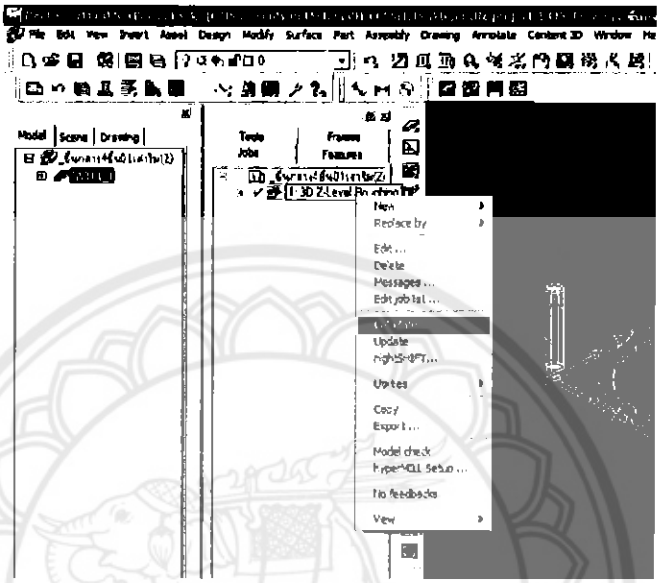
เมื่อปรับตั้งค่าเสร็จเรียบร้อยตรงหน้าต่าง Joblist จะมีรายละเอียดของรายการกัดที่มีเครื่องมายถูกต้อง หากยังมีเครื่องหมายผิดแสดงว่ามีการปรับตั้งค่าที่ผิด ดังรูปที่ 4.41 แสดงการปรับตั้งค่าที่ถูกต้อง (ขวา) และการปรับตั้งค่าที่ผิด (ซ้าย)



รูปที่ 4.41 แสดงการปรับตั้งค่าที่ถูกต้อง (ขวา) และการปรับตั้งค่าที่ผิด (ซ้าย)

4.3.6 การคำนวณเส้นทางเดินของมีด

คลิกขวาที่หน้าต่างของ Joblist Dialog box จะปรากฏการกัดงานในลักษณะต่างๆ เลือกคำสั่ง Calculate -> Yes โปรแกรมจะแสดงการกัดงานแล้วคลิ๊กเครื่องหมายถูก ดังรูปที่ 4.42 การเลือกคำสั่ง Calculateและรูปที่ 4.43 เส้นทางเดินของมีด



รูปที่ 4.42 การเลือกคำสั่ง Calculate

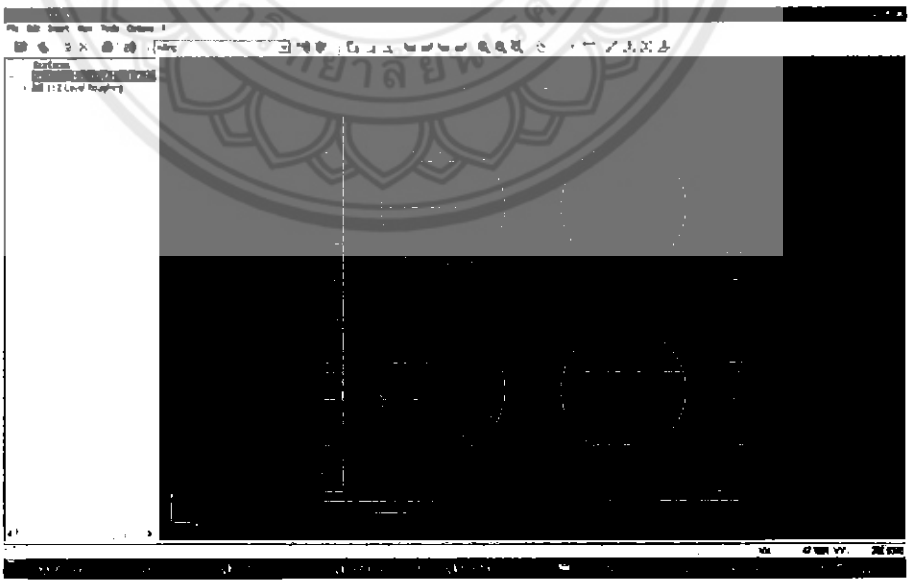
รูปที่ 4.43 เส้นทางเดินของมีด

4.3.7 การ Run NC-Code

คลิกขวาที่หน้าต่างของ Joblist Dialog box เลือกคำสั่ง Utilities -> Toolpath.post ดังรูปที่ 4.44 การเลือกใช้คำสั่ง Utilities และ Toolpath.post

และดังรูปที่ 4.45 หน้าต่าง POF Toolpath.post 2.0

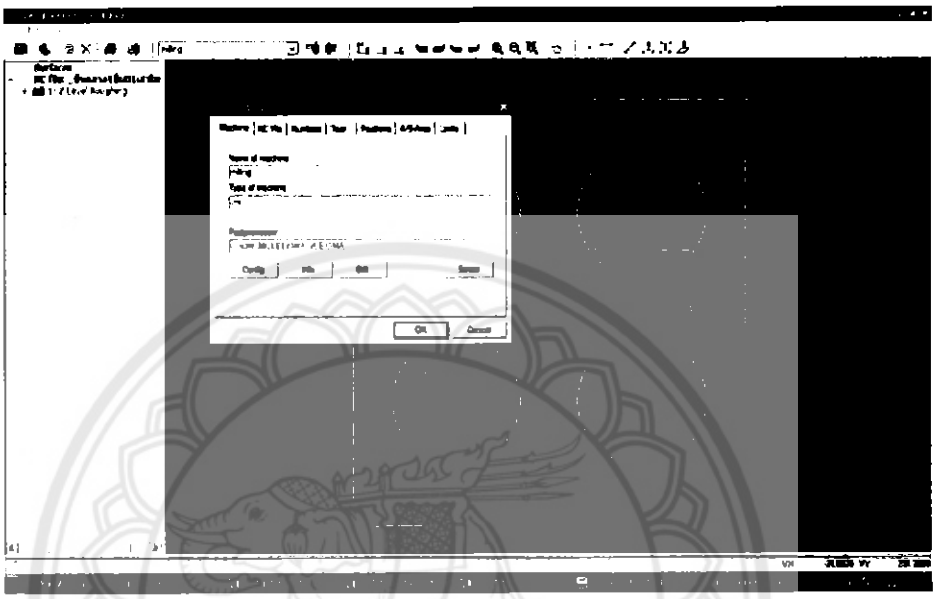
รูปที่ 4.44 การเลือกใช้คำสั่ง Utilities และ Toolpath.post



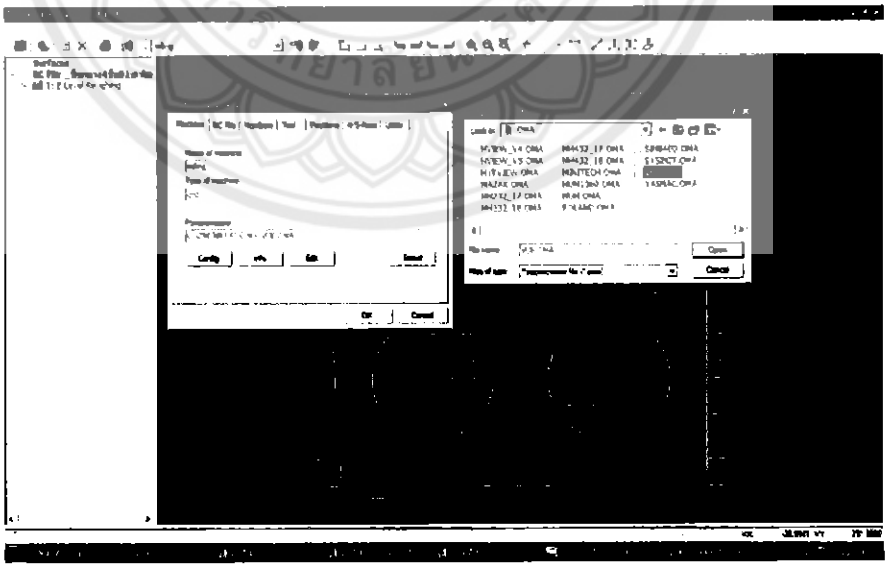
รูปที่ 4.45 หน้าต่าง POF Toolpath.post 2.02

4.3.7 การติดตั้งเครื่องมีดกัด

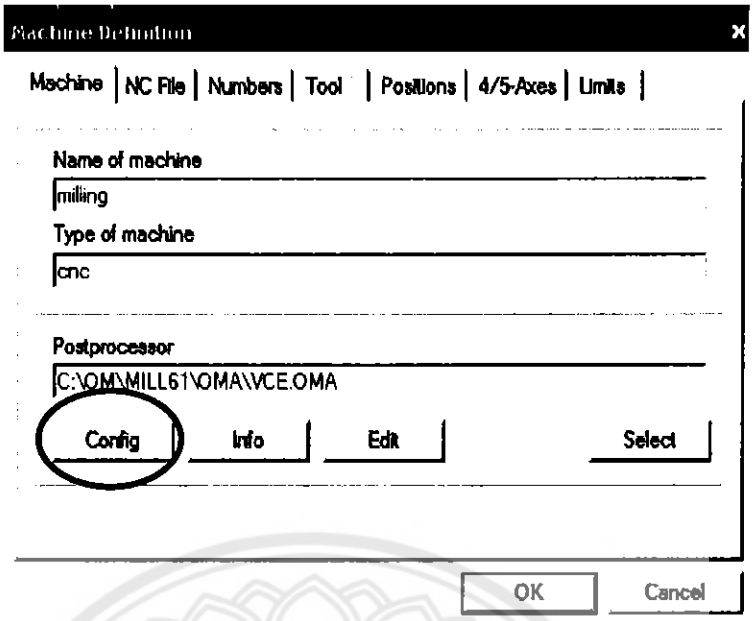
คลิกคำสั่ง Machine properties -> Machine defenition -> ใส่ชื่อ Name of Machine -> ใส่ชื่อ Type of Machine -> -> Select -> VCM.OMA -> Open -> Config -> New -> Name -> Hass -> Value -> Milling -> Type ->String -> OK ดังรูปที่ 4.46 – 4.50



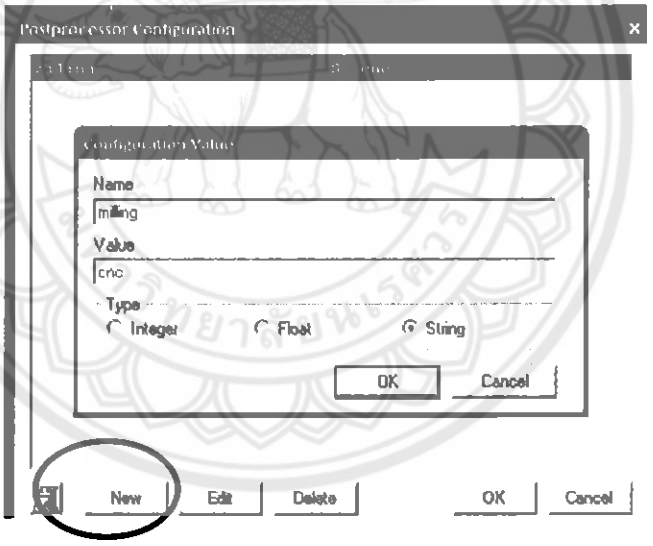
รูปที่ 4.46 การเลือกใช้คำสั่ง Utilities และ Toolpath.post



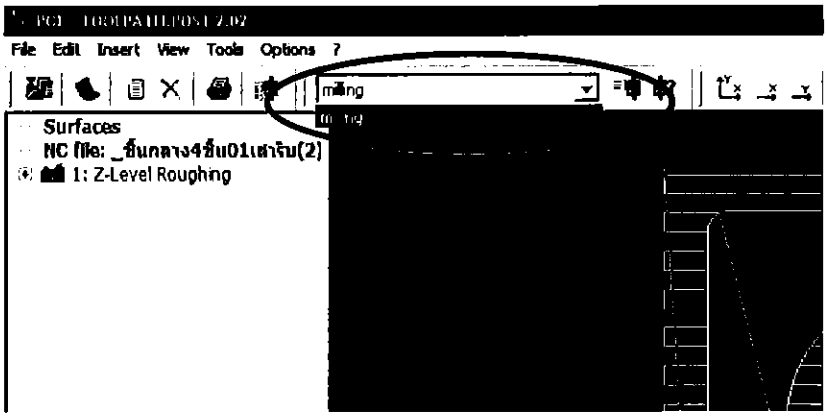
รูปที่ 4.47 การเลือกคำสั่ง postpocesso



รูปที่ 4.48 การเลือกคำสั่ง Config



รูปที่ 4.49 การเลือกคำสั่ง Configuration Value

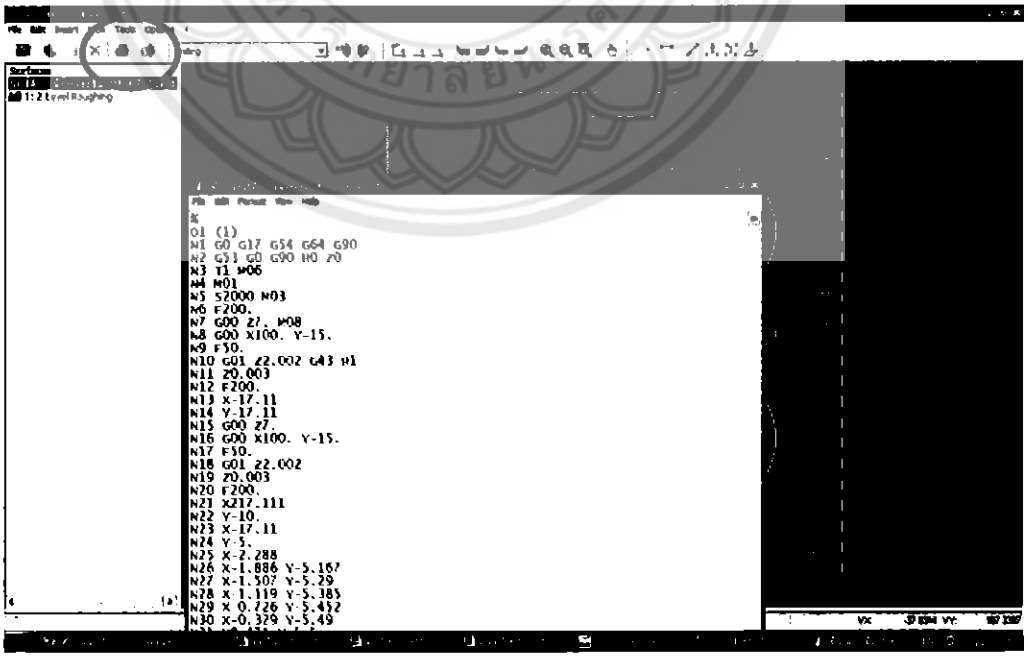


รูปที่ 4.50 การเลือกเครื่องกัด

*หมายเหตุ ในขั้นตอนที่ 4.2.2.7 ไม่จำเป็นต้องทำซ้ำ เพราะเป็นการติดตั้งมีดกัด ถ้ามีการลงโปรแกรมใหม่จะทำการตั้งมีดกัดใหม่

4.3.7 การติดตั้งเครื่องมีดกัด

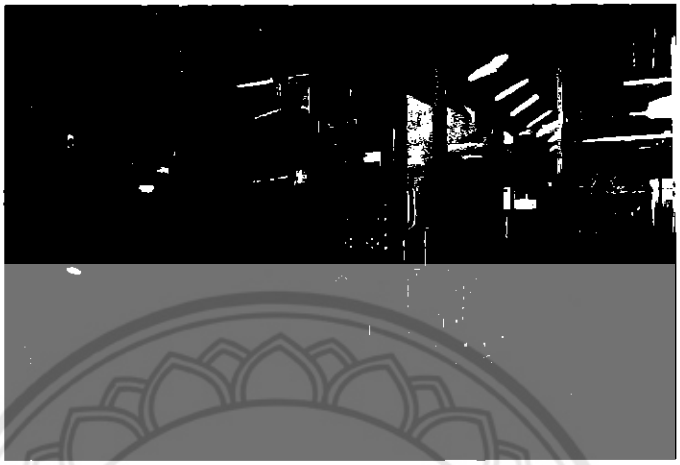
คลิกคำสั่ง Write NC file -> Yes -> โปรแกรมจะทำการ Run NC code ออกมา ดังรูปที่ 4.51



รูปที่ 4.51 NC-Code ที่ได้

4.3.8 ทำการ Save NC-code ที่ได้ในชื่อ File.eia ลงในแผ่น Floppy Disk

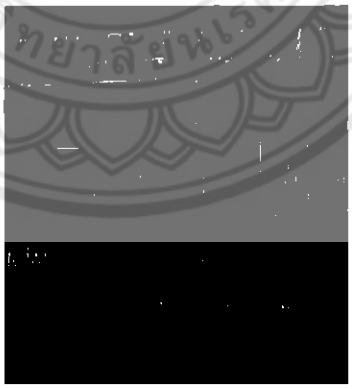
4.4 ศึกษาการใช้งานเครื่องกัดซีเอ็นซี รุ่น Mazak FJV-250



รูปที่ 4.52 เครื่องกัดซีเอ็นซี รุ่น Mazak FJV-250

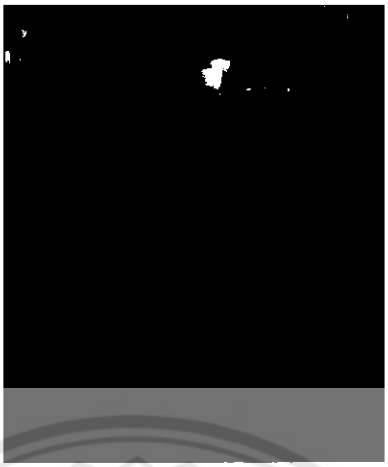
4.4.1 การเปิดเครื่อง

4.4.1.1 เปิด Main Switch (Factory Power Supply)



รูปที่ 4.53 Main Switch

4.4.1.2 เปิดสวิทช์ที่ตู้ควบคุมกระแสไฟ (Stabilizer)



รูปที่ 4.54 ตู้ควบคุมกระแสไฟ

4.4.1.3 เปิดสวิทช์ของเครื่อง (Main Breaker)

รูปที่ 4.55 Main Breaker

4.4.1.4 เปิดวาล์วลมเข้าเครื่อง (6Bar)

รูปที่ 4.56 วาล์วลม

4.4.1.5 เปิดสวิทช์ Power Button ที่ชุด Control

รูปที่ 4.57 Main Breaker

4.4.2 ขั้นตอนการปิดเครื่อง

4.4.2.1 เคลื่อนที่มีดัด (Tool) ไปจุดศูนย์ของเครื่อง (Home Zero)

4.4.2.2 ปิดสวิทช์ที่ Power Button ของจุด Control

4.4.2.3 ปิดสวิทช์ของเครื่อง (Main Breaker)

4.4.2.4 ปิดวาล์วลม

4.4.2.5 ปิด Main Switch ที่ตู้ควบคุมกระแสไฟ (Stabilizer)

4.4.2.6 ปิด Main Switch (Factory Power Supply)

4.4.3 การวอร์มเครื่อง CNC

4.4.3.1 กดปุ่ม Home 1

4.4.3.2 กดปุ่ม X ค้างไว้ 3 วินาที

4.4.3.3 กดปุ่ม -Y ค้างไว้ 3 วินาที

4.4.3.4 กดปุ่ม –Z ค้างไว้ 3 วินาที

4.4.3.5 กดปุ่ม -4 ค้างไว้ 3 วินาที (สังเกตที่จอเมื่อ Tool อยู่ในตำแหน่ง Home แล้ว จะมีไฟสีแดงโชว์ที่ตำแหน่ง X,Z ใน Manual Machine)

4.4.4 การเปลี่ยน Tool

4.4.4.1 กดปุ่มใดปุ่มหนึ่งในโหมด (Manual)

4.4.4.2 กดเลือก Mode Machine

4.4.4.3 เลือกเมนู ATC

4.4.4.4 กดปุ่มเมนู Forward หรือ Reverse

4.4.4.5 เปิดฝา Magazine เพื่อติดตั้ง Tool

4.4.4.6 กดปุ่มเมนู Forward หรือ Reverse (เพื่อประกอบ Tool ตามที่ต้องการจนครบ โดยปฏิบัติตามขั้นตอนที่ 1-5)

4.4.5 การชดเชยความสูงของ Tool

การวัด TMSR SEMI AUTO ใช้กับ Tool หลายคม เช่น End Mill Face Mill

4.4.5.1 เลือก Mode MDI

4.4.5.2 เลือกเมนู Tool Chang (เพื่อเลือก Tool ที่วัด)

4.4.5.3 หมุน Spindle เพื่อปลดล๊อค

4.4.5.4 เลือก Model Handle (เพื่อเลือก Tool มาที่ ตำแหน่ง Touch Probe)

4.4.5.5 เลือกเมนู TMSR SEMI AUTO

4.4.5.6 ใส่ Number Tool ที่วัด

4.4.5.7 กดปุ่ม Mode Input

4.4.5.8 กดปุ่ม Cycle Start (Tool จะเคลื่อนที่มาวัดความยาวที่ Touch Probe)

4.4.5.9 วัดคมตัดฟันต่อไปโดยหมุนคมตัดให้ตรงตำแหน่ง Touch Probe แล้วปฏิบัติ ตามขั้นตอน 5-8 จนครบทุกฟัน

4.4.5.10 เลื่อน Tool ไปยังตำแหน่งที่ปลอดภัย หรือ Home 1

4.4.6 การ Shift ย้ายศูนย์กัดชิ้นงาน

การ Shift เป็นการย้ายศูนย์ชิ้นงานโดยไม่ต้องไปตั้งค่าที่ตำแหน่งใหม่ โดยเข้าฟังก์ชั่น Work offset ใช้ cusor เลื่อนไปที่ตำแหน่งของ Shift เลือกแกนที่จะต้องการย้าย พิมพ์ระยะทางที่ต้องการย้ายศูนย์ไปอยู่ตรงตำแหน่งนั้น เสร็จแล้วกดปุ่ม Input

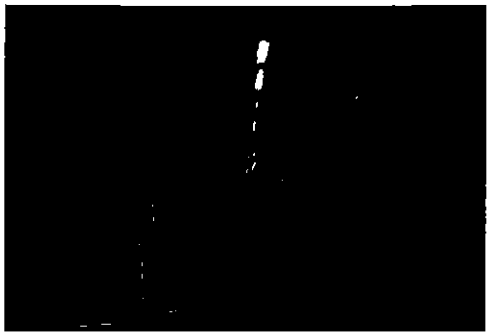
รูปที่ 4.58 หน้าจอของ Work offset

4.4.7 การเซตศูนย์

4.4.7.1 ปิด Spindle Start

รูปที่ 4.59 ปุ่ม Spindle Start

4.4.7.2 เลื่อน Tool มาแตะแกน X ของชิ้นงาน โดยเลื่อน Tool ให้ขนานกับแกน Y



รูปที่ 4.60 เลื่อน Tool มาแตะแกน X

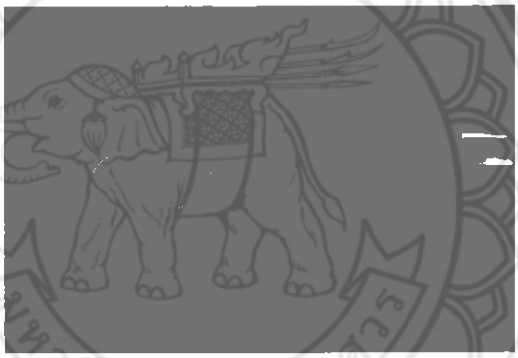
4.4.7.3 ดูหน้าจอตรงฟังก์ชัน Position ให้เลื่อนลูกศรไปที่แกนที่แตะไว้ กดเลข 0 และกด Input แล้วยก Tool ขึ้น จากนั้นเลื่อนค่าชดเชยเส้นฝ่าศูนย์กลาง Tool เช่น 15 มิลลิเมตร ไปเป็น 7.5 มิลลิเมตร แล้วกดเลข 0 Input อีกครั้ง

รูปที่ 4.61 ฟังก์ชัน Position

รูปที่ 4.62 หน้าจอของ Position

4.4.7.4 เข้าหน้าต่าง Work offset เลือกโค๊ด (G55) เป็นตำแหน่งศูนย์ของงาน กด Teach ->0 ->Input ค่าที่ได้จากเดิมที่หน้าจอ Position จะถูกนำมาเก็บไว้ในตำแหน่ง G54

รูปที่ 4.63 ฟังก์ชัน Work offset

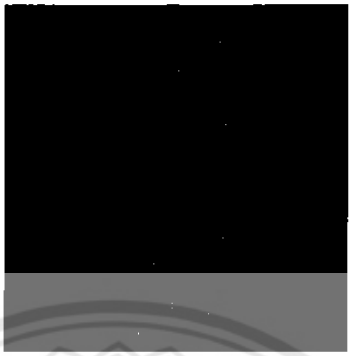


รูปที่ 4.64 หน้าจอของ Work offset และโค๊ด G55

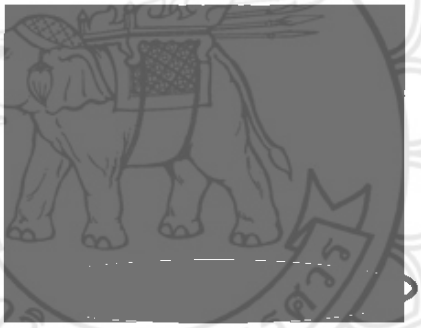
4.4.7.5 แกน Y,Z ทำเหมือนกัน (แกน Z แตะที่ทำงานได้เลย ไม่ต้องกลับไปที่หน้าต่าง Position)

4.4.8 การเรียกไฟล์ในแผ่น Floppy Disk

4.4.8.1 เมื่อเรา Save ข้อมูลเป็นนามสกุล File.eia แล้วนำแผ่น Floppy A มาใส่ในช่อง Floppy Disk ในตัวเครื่อง แล้วเลื่อกกดปุ่มฟังก์ชัน DATA I/O

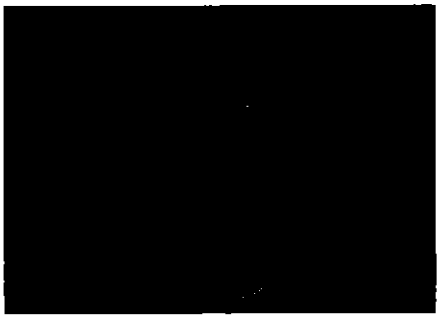


รูปที่ 4.65 ช่องใส่ Floppy Disk



รูปที่ 4.66 ปุ่มฟังก์ชันต่างๆ

4.4.8.2 ตรงหน้าปุ่ม Control ให้กดตรงคำว่า Floppy หลังจากนั้นกด Load NC <- FD จะสังเกตเห็นบนหน้าจอ ด้านขวามือจะมีหน้าต่าง Floppy Directory ซึ่งคือการค้นหาไฟล์ จาก Floppy Disk ดังรูปที่ 4.67 – 4.69



รูปที่ 4.67 ปุ่มฟังก์ชัน Floppy

รูปที่ 4.68 ปุ่มฟังก์ชันกด Load NC <- FD

รูปที่ 4.69 หน้าต่าง Floppy Directory

4.4.8.3 กดปุ่ม Input หน้าปุ่ม control เพื่อให้ไฟล์งานจากด้านขวาไปอยู่ด้านซ้าย

4.4.8.4 กดปุ่ม start เพื่อให้ไฟล์งานโหลดไฟล์ไปอยู่ในเครื่องจะแสดงบนหน้าจอด้านซ้าย

4.4.8.5 กดปุ่มฟังก์ชัน Memory เพื่อบันทึก แล้วกดปุ่ม Position เพื่อยืนยันตำแหน่งและจะแสดงหน้าจอ

4.4.8.6 กดปุ่ม Work No. เพื่อเลือกไฟล์งานที่Save ไว้ แล้วพิมพ์ชื่องานที่บันทึกไว้ Input ไฟล์งานจะขึ้น ชื่อให้ดังรูปที่ 4.70

รูปที่ 4.70 หน้าต่างที่แสดงไฟล์งาน

4.4.8.7 กดปุ่ม Cycle start เพื่อเริ่มกัดงาน

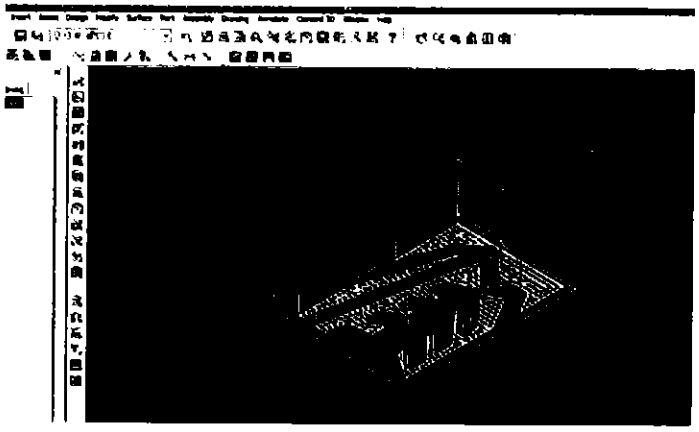
4.5 ทดสอบการกัดโดยใช้เครื่องกัดซีเอ็นซีในการกัดอลูมิเนียม

เป็นการศึกษาการใช้เครื่องกัดซีเอ็นซี โดยทดลองใช้เครื่องกัดซีเอ็นซี ในการกัดลายแม่พิมพ์ (Pocket) จากอลูมิเนียมก่อนการกัดจริง และเป็นการศึกษาการแก้ไขส่วนของคำสั่งควบคุมเครื่องกัดซีเอ็นซี ของโปรแกรม Mechanical Desktop 6 และโปรแกรม hyperMILL Version 6 เพื่อแก้ไขปรับปรุงคำสั่งที่ผิดพลาด

4.5.1 ใช้โปรแกรม Mechanical Desktop 6 ออกแบบชิ้นงานแม่พิมพ์

รูปที่ 4.71 ตัวอย่างแม่พิมพ์ส่วนล่าง

4.5.2 ใช้โปรแกรม hyperMILL Version 6 จำลองชิ้นงานและสร้าง NC-Code ขึ้นมาโดยจะจำลองเอาตรงลายแม่พิมพ์ออกมากัดชิ้นงาน



รูปที่ 4.72 ตัวอย่างการจำลองลายของแม่พิมพ์ (Pocket)

4.5.3 ใช้เครื่องจักรซีเอ็นซี รุ่น Mazak VJF-250 กัดลายแม่พิมพ์ (Pocket)

รูปที่ 4.73 ชิ้นงานอลูมิเนียมที่กัดเป็นลายของแม่พิมพ์ (Pocket)

4.5.4 ชิ้นงานที่ได้ไม่ตรงตำแหน่งที่ตั้งศูนย์ชิ้นงาน

เนื่องมีการจัดศูนย์ชิ้นงานไม่ตรงจึงทำให้มีดกัด กัดชิ้นงานไม่ตรงตามตำแหน่งที่ได้ตั้งไว้และมีขอบอลูมิเนียมเหลือและเก็บไม่หมด

รูปที่ 4.74 ชิ้นงานอลูมิเนียมที่ทดสอบกัด

4.6 ปรับปรุงและแก้ไขโปรแกรม

4.6.1 แก้ไขคำสั่ง NC-Code

4.6.1.1 ตัดโค๊ดที่ไม่ได้ใช้ออกไปได้แก่คำสั่ง G43,G0,G90,H0,Z0 เนื่องจากแกน Z ลอยตัวอยู่ห่างจากชิ้นงานไม่กัดชิ้นงานตามที่เขียนโปรแกรมไว้

4.6.1.2 เปลี่ยนชุดคำสั่ง G54 เป็น G55 เนื่องจากได้เซตศูนย์ตำแหน่งชิ้นงานไว้ตรงตำแหน่งนี้เป็นจุดเริ่มต้น

4.6.1.3 เปลี่ยนคำสั่ง T01 ให้ตรงกับตำแหน่ง หมายเลขมีดกัดที่ใส่ไว้ในเครื่องจักรซีเอ็นซี

4.6.1.4 M02 เปลี่ยนเป็น M30 เป็นคำสั่งในการจบโปรแกรม

4.6.2 เปลี่ยนศูนย์ของชิ้นงานเนื่องวัสดุที่มีให้มีด้านกว้างยาวไม่เท่ากันจึงเลื่อนศูนย์ชิ้นงานจากมุมไปเป็นจุดตรงกึ่งกลางของชิ้นงาน

4.7 ทำการปฏิบัติการใช้เครื่องกัดซีเอ็นซี ในการกัดแม่พิมพ์และส่วนประกอบแม่พิมพ์

การปฏิบัติการใช้เครื่องกัดซีเอ็นซีทำการกัดแม่พิมพ์ โดยวัสดุที่ใช้คือเหล็ก SS400 ซึ่งเป็นเหล็กแผ่นรีดร้อนใช้สำหรับงานโครงสร้างทั่วไป มีคุณสมบัติในการเชื่อมที่ดี สามารถเชื่อมต่อ ได้ง่าย เป็นโครงสร้างต่าง ๆ ใช้ในการก่อสร้าง ตึก ก่อสร้างสะพาน สร้างเรือ หรือใช้ใน อุตสาหกรรมยานยนต์ ซึ่งแม่พิมพ์จะมีการแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ แม่พิมพ์ส่วนบน แม่พิมพ์ส่วนกลาง แม่พิมพ์ส่วนล่าง โดยจะมีขนาดเริ่มต้นคือ ด้านกว้าง 220 มิลลิเมตร ด้านยาว 205 มิลลิเมตร และความหนาจะมีอยู่สองขนาดคือ 6.2 มิลลิเมตร (2 หุน) จำนวน 2 แผ่น และ ความหนา 9.3 มิลลิเมตร (3 หุน) จำนวน 1 แผ่น โดยเหล็กทุกแผ่นจะถูกเจียรปาดหน้าเรียบ 1 ด้าน ดังรูปที่ 4.75 – 4.77

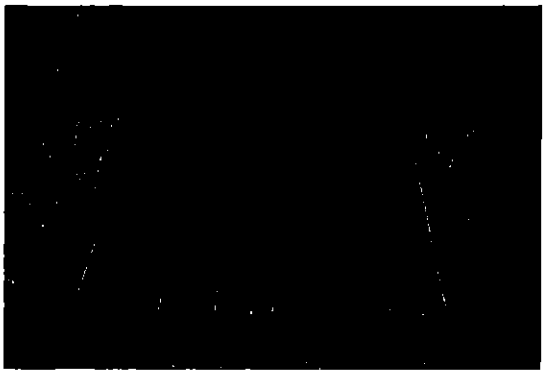
รูปที่ 4.75 ชิ้นงานเหล็กแผ่น

รูปที่ 4.76 ชิ้นงานเหล็กแผ่นที่ถูกเจียรปาดหน้าเรียบ

รูปที่ 4.77 การจับชิ้นงานเหล็กแผ่นบนโต๊ะจับงาน

4.7.1 กัดแม่พิมพ์แผ่นบน

แม่พิมพ์แผ่นบนจะถูกกัดให้ได้ขนาดกว้างยาว 200 มิลลิเมตร หนา 3 มิลลิเมตร โดยจะมีการกัดปาดหน้าใช้ดอกกัดแบบ Endmill Insert ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร มีดกินชิ้นงานที่ละ 0.3 มิลลิเมตร และ กัดขอบชิ้นงานใช้ดอกกัดแบบหัว Endmill Carbine ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร กินชิ้นงานที่ละ 0.5 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 4.78 – 4.81



รูปที่ 4.78 ปาดหน้าชิ้นงาน

รูปที่ 4.79 การกัดขอบชิ้นงาน

รูปที่ 4.80 แม่พิมพ์แผ่นบนที่กัดเสร็จเรียบร้อย

รูปที่ 4.81 แม่พิมพ์แผ่นบนที่เจียรปาดหน้าเรียบอีกรอบ

4.7.2 กัดแม่พิมพ์แผ่นกลาง

แม่พิมพ์แผ่นกลางจะถูกกัด ให้ได้ขนาดกว้างยาว 200 มิลลิเมตร หนา 5 มิลลิเมตร และเจาะรู 6 รู โดยจะมีการกัดปาดหน้าใช้ดอกกัดแบบ Endmill Insert ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร มีดกินชิ้นงานที่ละ 0.3 มิลลิเมตร และ กัดขอบ เจาะรู ชิ้นงานใช้ดอกกัดแบบหัว Endmill Carbine ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร กินชิ้นงานที่ละ 0.5 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 4.82 – 4.85

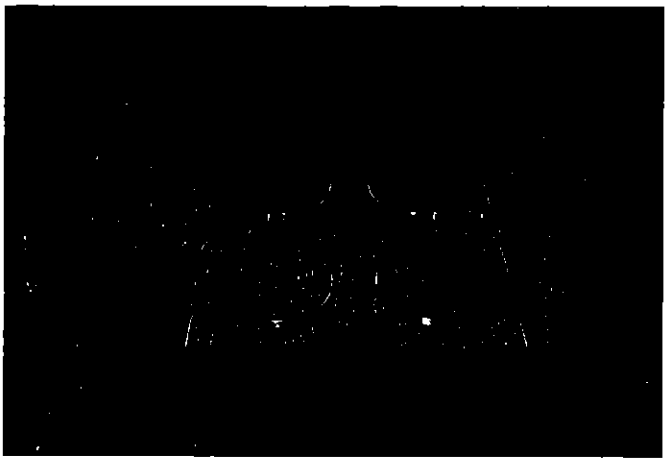
รูปที่ 4.82 การกัดเจาะรูแม่พิมพ์แผ่นกลาง 1

4.7.3 กัดแม่พิมพ์แผ่นล่าง

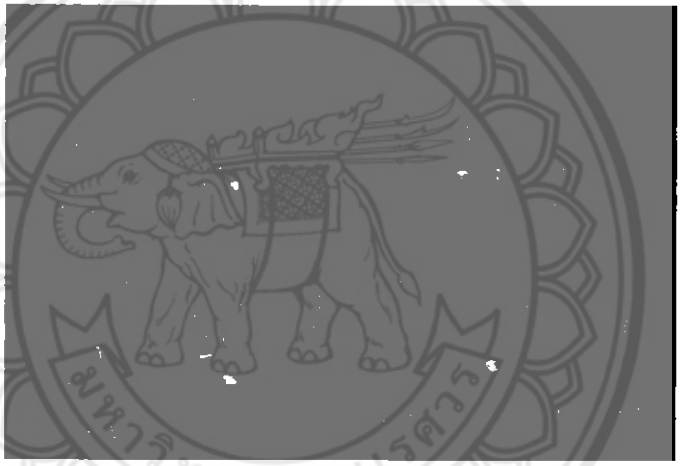
แม่พิมพ์แผ่นล่างจะถูกกัด โดยจะมีการกัดปาดหน้าใช้ดอกกัดแบบ Endmill Insert ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร มีดกินชิ้นงานที่ละ 0.3 มิลลิเมตร กัดขอบชิ้นงานใช้ดอกกัดแบบหัว Endmill Carbine ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร กินชิ้นงานที่ละ 0.5 มิลลิเมตร และกัดลายแม่พิมพ์ (Pocket) ใช้ดอกกัดแบบหัว Endmill Carbine ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 มิลลิเมตร กินชิ้นงานที่ละ 0.1 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 4.86 – 4.93

รูปที่ 4.86 การกัดปาดหน้าแม่พิมพ์แผ่นล่าง 1

รูปที่ 4.87 การกัดเสา (Guide) แม่พิมพ์แผ่นล่าง

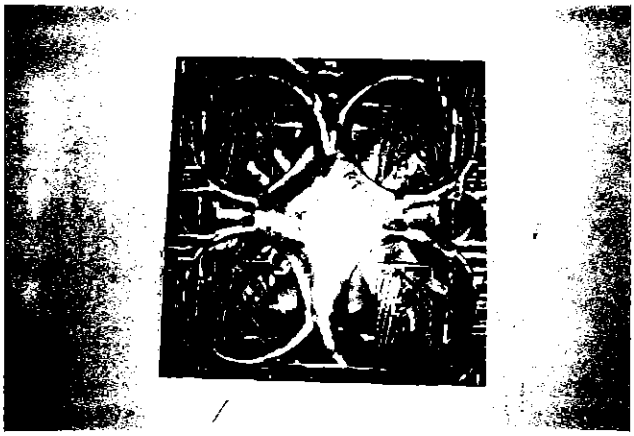


รูปที่ 4.88 การกัดปาดหน้าแม่พิมพ์แผ่นล่าง 2



รูปที่ 4.89 การกัดลายแม่พิมพ์ (Pocket) แผ่นล่าง

รูปที่ 4.90 การกัดแม่พิมพ์แผ่นล่างเพื่อเก็บรายละเอียด



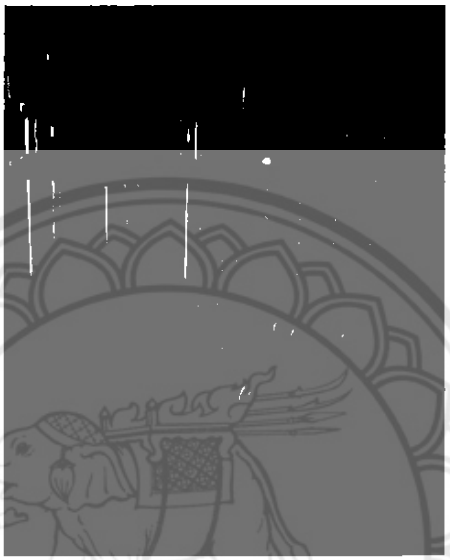
รูปที่ 4.91 แม่พิมพ์แผ่นล่างที่กัดเสร็จ

รูปที่ 4.92 แม่พิมพ์กัดสำเสร็จ

รูปที่ 4.93 การประกอบแม่พิมพ์

4.8 ทำการทดสอบและปั๊มขึ้นรูปพอลิเมอร์จริง

การทดสอบปั๊มขึ้นรูปพอลิเมอร์จะใช้เม็ดพลาสติกพอลิโพรพีลีนเป็นวัสดุทำจานรองแก้ว โดยใช้เครื่องปั๊มพลาสติกยี่ห้อ หงส์ยาวไทย จำกัด เป็นเครื่องปั๊มที่มีแรงอัดสูงสุด 60 ตัน และจะใช้อุณหภูมิที่ 175 องศาเซลเซียส ใช้เวลาปั๊ม 5 นาทีเพื่อให้พลาสติกไหลเติมเต็มแม่พิมพ์ ซึ่งจะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.94 เครื่องปั๊มพลาสติกยี่ห้อ หงส์ยาวไทย จำกัด

4.8.1 คำนวณน้ำหนักเม็ดพลาสติก

การคำนวณน้ำหนักเม็ดพลาสติกพอลิโพรพีรีนเพื่อใส่ลงในแม่พิมพ์โดยมีความหนาแน่นของเม็ดพลาสติกพอลิโพรพีรีน 0.8 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

D คือ ความหนาแน่นของเม็ดพลาสติกพอลิโพรพีรีน 0.8 (g/cm^3)

m คือ มวลของเม็ดพลาสติกพอลิโพรพีรีน (g)

V คือ ปริมาตรของจานรองแก้วที่ได้ออกแบบไว้ (mm^3)

r_1 คือ รัศมีขอบนอกของจานรองแก้ว (mm)

r_2 คือ รัศมีขอบในของจานรองแก้ว (mm)

h_1 คือ ความสูงขอบนอกของจานรองแก้ว (mm)

h_2 คือ ความสูงขอบในของจานรองแก้ว (mm)

$$D = m/V \tag{4.1}$$

$$V = \pi(r_1 - r_2)^2 (h_1 - h_2) \tag{4.2}$$

จากสมการที่ (4.2) แทนค่า $V = \pi(40-35)^2(5-2)$

$V = 17{,}427\ mm^3$

นำค่า V ที่ได้แทนในสมการ (4.1) $0.8\ g/cm^3 = m/(17{,}427\ mm^3)$

$m = 13.941\ g$

เพราะฉะนั้น น้ำหนักของเม็ดพลาสติกที่คำนวณได้คือ ประมาณ 14 กรัม

***หมายเหตุ** ค่าที่คำนวณได้เมื่อนำเม็ดพลาสติกไปใส่ในแม่พิมพ์จะใช้ที่ 13 กรัม เนื่องจากเมื่อใส่เม็ดพลาสติกที่ 14 กรัมจะทำให้เม็ดพลาสติกที่หลอมละลายล้นออกจากแม่พิมพ์

4.8.2 ทำการวอร์มเครื่องปั๊มพอลิเมอร์

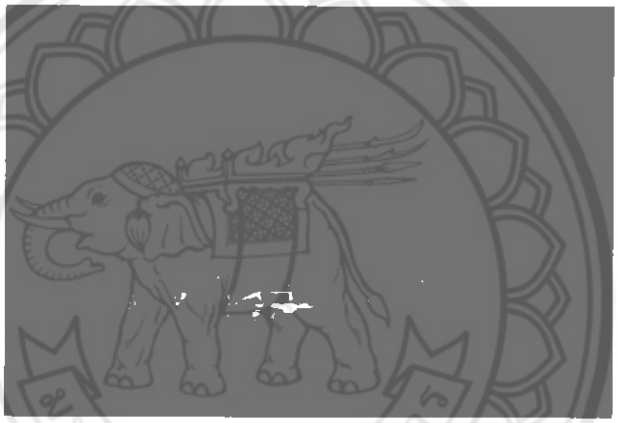
การวอร์มเครื่องปั๊มพอลิเมอร์พร้อมกับแม่พิมพ์เป็นเวลาครึ่งชั่วโมงหรือรอจนกว่าอุณหภูมิของเครื่องปั๊มจะเพิ่มสูงขึ้นตามที่ได้ตั้งค่าไว้

รูปที่ 4.95 การวอร์มเครื่องและพร้อมกับแม่พิมพ์

4.8.3 ใส่เม็ดพลาสติก

ทำการใส่เม็ดพลาสติกจำนวน 13 กรัม ลงไปในแม่พิมพ์แล้วทำการให้ความร้อนที่ 175 องศาเซลเซียสเพื่อให้เม็ดพลาสติกหลอมละลายจนเป็นเนื้อเดียวกัน

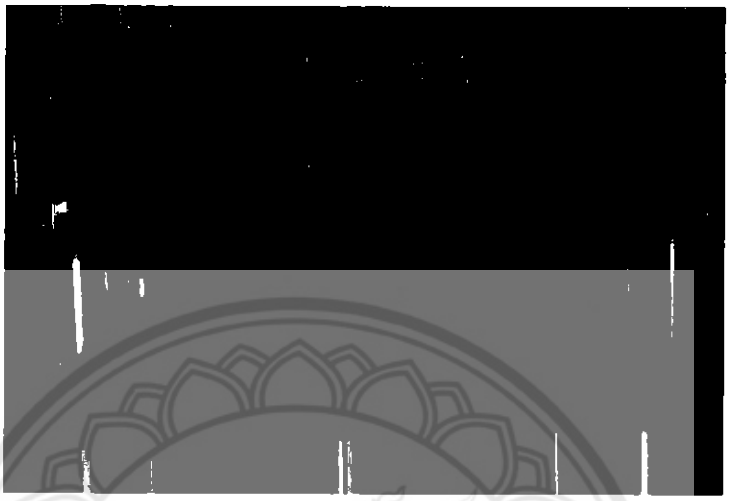
รูปที่ 4.96 ใส่เม็ดพลาสติกลงในแม่พิมพ์



รูปที่ 4.97 พลาสติกที่ถูกหลอมจนเป็นเนื้อเดียวกัน

4.8.4 การปั๊มอัดแม่พิมพ์

นำแผ่นแม่พิมพ์แผ่นบนมาประกบแผ่นล่างและแผ่นกลางแล้วทำการปั๊มแม่พิมพ์อัดเป็นเวลา 5 นาที



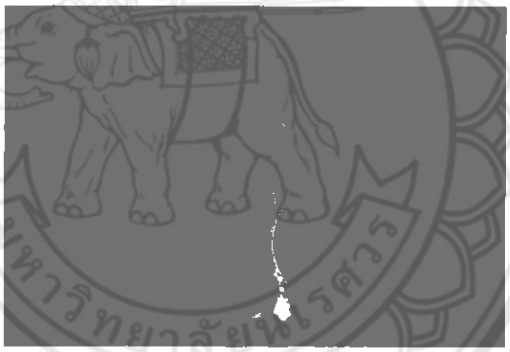
รูปที่ 4.98 การปั๊มอัดพอลิเมอร์

รูปที่ 4.99 หน้าจอแสดงผลเวลาการปั๊มพลาสติก

4.8.5 การแกะแม่พิมพ์

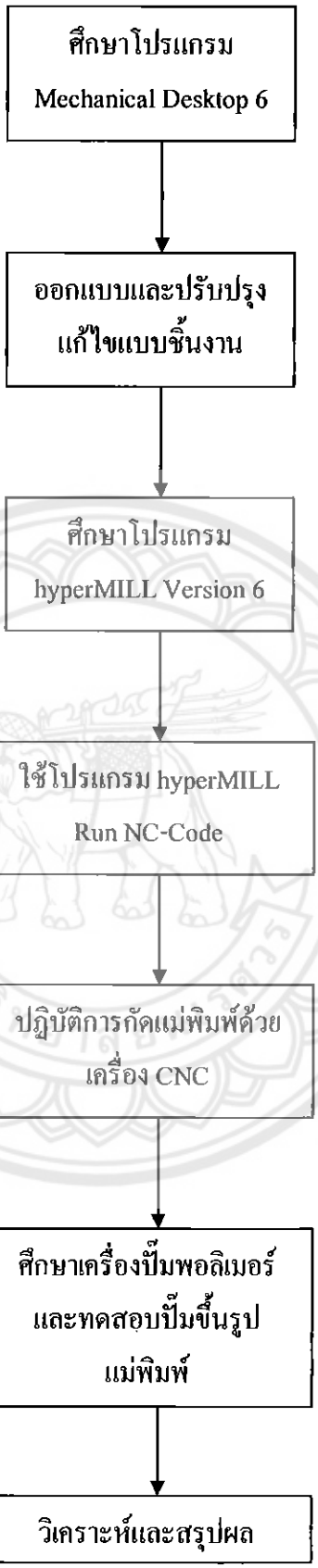
เมื่อเวลาปั๊มอัดผ่านไป 5 นาที เครื่องปั๊มจะคลายตัวออกแล้วยกแม่พิมพ์ออกมาวางบนโต๊ะเพื่อให้เย็นตัวในอากาศและแกะแม่พิมพ์เพื่อเอาจานรองแก้วออกมา

รูปที่ 4.100 แม่พิมพ์ที่ปั๊มเสร็จเรียบร้อยแล้ว



รูปที่ 4.101 แม่พิมพ์พลาสติกที่เย็นตัว

รูปที่ 4.102 จานรองแก้ว



รูปที่ 4.103 Flow-chart

4.9 วิเคราะห์และสรุปผล

จากการศึกษาโปรแกรม Mechanical Desktop Version 6 โปรแกรม hyperMILL Version 6 และการศึกษาเครื่องจักรกลซีเอ็นซีแบบกัดพบว่าในการออกแบบ จำลองการกัดชิ้นงาน และผลิตแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปพอลิเมอร์ขึ้นมาซึ่งแม่พิมพ์ที่ได้ตรงตามที่ออกแบบไว้และเมื่อได้ทำการทดสอบปั๊มขึ้นรูปเป็นจานรองแก้วพลาสติกนั้น จานรองแก้วที่ได้ก็มีความสมบูรณ์ตรงตามแม่พิมพ์ที่ได้ทำการออกแบบไว้ ซึ่งแม่พิมพ์ที่ได้นั้นสามารถใช้งานได้จริงและพบปัญหาดังต่อไปนี้

4.9.1 ระยะเวลาที่ใช้ในการกัดแม่พิมพ์นานเนื่องจากมีดกัดสามารถทำการกัดชิ้นงานได้ความลึกในช่วงระหว่าง 0.1 - 0.5 มิลลิเมตร เท่านั้นเพราะวัสดุที่ใช้คือเหล็ก SS400 ถ้าทำการกัดชิ้นงานลึกจะทำให้มีดกัดแตกชำรุดหรือเสียหายได้

4.9.2 แม่พิมพ์ที่ได้มีการโก่งตัวเนื่องจากแผ่นเหล็กมีความบางจึงทำให้เกิดการโก่งตัวและประกบกันไม่สนิทแต่ไม่ส่งผลต่อความสามารถในการปั๊มขึ้นรูปพอลิเมอร์เนื่องจากขณะปั๊มขึ้นรูปเหล็กแม่พิมพ์ไม่มีการโก่งตัวและในตัวพอลิโพพีรีนมีความหนืดในตัวจึงทำให้ไม่มีการไหลออกมาตามรอยต่อของแม่พิมพ์

4.9.3 มีบางจุดที่มีดกัดเข้าไปไม่ถึงเนื่องจากเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่าแบบแม่พิมพ์ที่ออกแบบไว้

4.9.4 การเติมเต็มของเม็ดพลาสติกไม่เต็มแบบแม่พิมพ์ปั๊มเนื่องจากเม็ดพลาสติกไม่หลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งควรจะใช้เวลาในการหลอมเม็ดพลาสติกให้มากขึ้นเพื่อให้เม็ดพลาสติกหลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกันก่อนทำการปั๊ม

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ในการจัดทำแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปพอลิเมอร์โดยใช้โปรแกรม Mechanical Desktop 6 ในการออกแบบ ซึ่งได้ทำการออกแบบเป็นรูปจานรองแก้ว จากนั้นศึกษาการใช้โปรแกรม hyperMILL Version 6 ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้งานร่วมกับโปรแกรม Mechanical Desktop 6 เพื่อสร้างเส้นทางเดินของมีด และสร้าง NC-code ออกมา และทำการปรับแต่ง NC-code ที่ได้ในโปรแกรม Notepad แล้วนำ NC-code ที่ได้จัดเก็บลงในแผ่น Floppy A เพื่อทำงานร่วมกับเครื่องกัดซีเอ็นซี รุ่น Mazak FJV-250 แบบ 3 แนวแกน และสุดท้ายจะได้ชิ้นงานเป็นแม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปพอลิเมอร์ที่เสร็จสมบูรณ์ ตรงตามที่ออกแบบและสามารถปั๊มขึ้นรูปพลาสติกพอลิโพรพีลีนออกมาเป็นจานรองแก้วได้ตรงตามแม่พิมพ์ที่ออกแบบไว้

5.2 ปัญหา

5.2.1 เกิดความล้าช้าในการงานของเครื่องจักรซีเอ็นซีเนื่องจากเครื่องจักรซีเอ็นซีเกิดการบกพร่องต้องรอการซ่อมแซมเป็นเวลานานจึงต้องเปลี่ยนเครื่องจักรที่ทำการศึกษาใหม่

5.2.2 ในขณะปฏิบัติงานตัวล็อคจับชิ้นงานหลุดจึงทำให้ต้องเสียเวลาเซตศูนย์ชิ้นงานใหม่

5.2.3 ขณะกัดชิ้นงาน มีดกัดชิ้นงานเกิดการแตกหักต้องเสียเวลาในการเปลี่ยนมีดตัวใหม่

5.2.4 เหล็กเกิดการโก่งตัวเนื่องจากเหล็กมีความบางมากจึงทำให้แม่พิมพ์ประกบกันไม่สนิท

5.2.5 แม่พิมพ์กับพลาสติกเกิดการดูดกันระหว่างเม็ดพลาสติกพอลิโพรพีลีนกับตัวแม่พิมพ์จึงทำให้แกะแม่พิมพ์ได้ลำบาก

5.2.6 พลาสติกไม่เติมเต็มแม่พิมพ์เนื่องจากใส่เม็ดพลาสติกไม่สม่ำเสมอและใส่ในปริมาณน้อยจึงทำให้จานรองแก้วที่ได้ไม่สมบูรณ์

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรมีการตัดเหล็กก่อนกัดชิ้นงานให้มีขนาดเกินจากชิ้นงานจริงให้มากเพื่อที่จะได้มีที่ยึดจับชิ้นงานให้มากขึ้น

5.2.2 ควรออกแบบแม่พิมพ์ให้มีความหนาให้มากเพื่อป้องกันการโก่งตัวของเหล็กแผ่น

5.2.3 เปลี่ยนวัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์เป็นเหล็กแม่พิมพ์ NAK80 เนื่องจากเหล็ก NAK80 มีคุณสมบัติคือเป็นเหล็กทำแม่พิมพ์พลาสติกชั้นสูง มีอายุการใช้งาน ยาวนาน มีความสามารถในการกลึงที่ดีเยี่ยมทั้งที่มี ความแข็งสูง ขัดเงาเหมือนกระจก ส่วนเหล็ก SS400 เป็นเหล็กแผ่นรีดร้อนใช้

สำหรับงานโครงสร้างทั่วไป มีคุณสมบัติในการเชื่อมที่ดี สามารถเชื่อมต่อ ได้ง่าย เป็นโครงสร้างต่าง ๆ ใช้ในการก่อสร้าง ตึก ก่อสร้างสะพาน สร้างเรือ หรือใช้ใน อุตสาหกรรมยานยนต์

5.2.4 ควรมีการพัฒนาตัวโปรแกรมที่ใช้ออกแบบและจำลองเส้นทางเดินของมีดกัดให้ง่ายต่อการออกแบบและวิเคราะห์การเดินของมีดกัด

เอกสารอ้างอิง

กฤติกร สุขศิริพงศ์วาสี (ผู้เรียบเรียง). (ม.ป.ป.).เอกสารการอบรมเรื่องระบบเซอร์โวและการบำรุงรักษาเครื่องจักรซีเอ็นซี.สืบค้นเมื่อ 27 กรกฎาคม 2552,จาก www.bpcd.net/machine/CNC_training/CNC_SDI.pdf.

โครงการจัดทำแผนแม่บทอุตสาหกรรมรายสาขา (สาขาแม่พิมพ์). (ม.ป.ป.). เทคโนโลยีแม่พิมพ์. สืบค้นเมื่อ 31 สิงหาคม 2552, จาก http://library.dip.go.th/multim4/eb/EB%20122.2%20ม47.doc.

บริษัท ชนะพานิช สตีล จำกัด. (ม.ป.ป.). เหล็กทำแม่พิมพ์พลาสติก (Plastic Mould Steel). สืบค้นเมื่อ 31 สิงหาคม 2552, จาก www.chanasteel.com/spec/plastic.htm.

พันธ์ธิติ วรรณโกมล (2543). คู่มือการใช้โปรแกรม HyperMill สำหรับการผลิตแม่พิมพ์และชิ้นส่วน. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

ภานุพงษ์ ปัตติสิงห์ (2546). คู่มือการใช้ Mechanical Desktop 2004. กรุงเทพฯ: บริษัท สตาร์คอม.

สมนึก บุญพาไสว. (ม.ป.ป.).CAD/CAM/CAE/CNC กับอุตสาหกรรมการผลิต.สืบค้นเมื่อ 27 กรกฎาคม 2552,จาก www.ipst.ac.th/design/document/CAD-CAM-CAE-CNC.pdf.

อำนาจ ทองแสน , ทฤษฎีและการเขียนโปรแกรม CNC สำหรับการควบคุมเครื่องจักรด้วยคอมพิวเตอร์, 2544.

ชาญชัย ทรัพยากร,ประสิทธิ์ สวัสดิสรรพ์ และ วิรุฬ ประเสริฐวรนันท์, หนังสือการออกแบบแม่พิมพ์, 2527

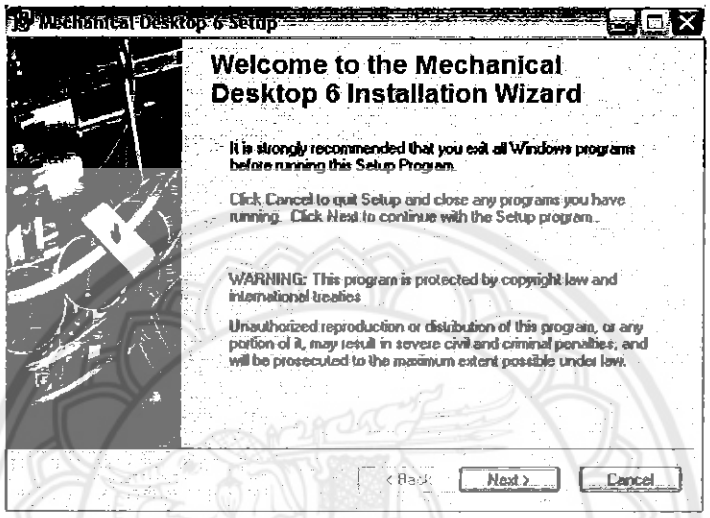
วิลเลียม เอฟ สมิธ,วัสดุวิศวกรรม,(รศ.แม้น อมรสิทธิ์,ผศ.ดร.สมชัย อัครทิวา,ผู้แปล),กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ทอป/แมคกรอ-ฮิล,2547

ภาคผนวก ก

ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม Mechanical Desktop 6

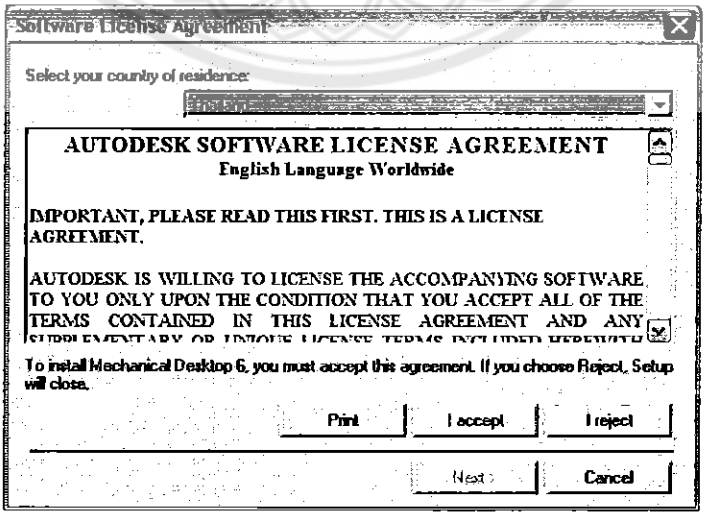
1. คลิกที่ตัวติดตั้งโปรแกรมจากแผ่นซีดี

2. จะมีหน้าต่างขึ้นมาให้ Setup Mechanical Desktop 6 Setup คลิกที่ Next>



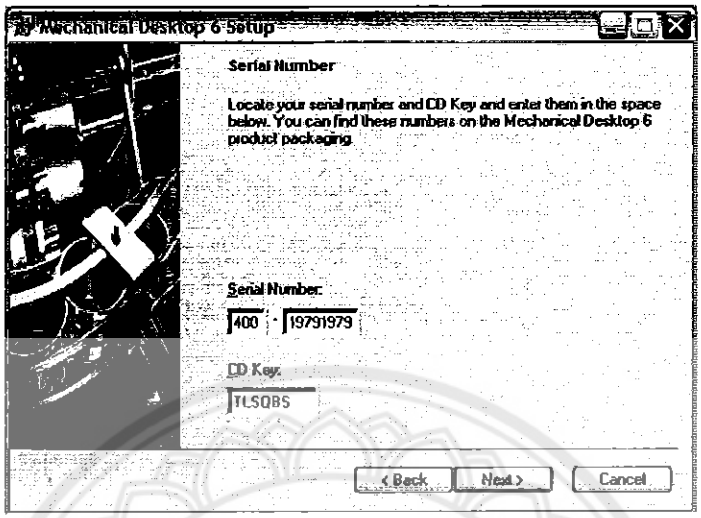
รูปที่ ก.1 หน้าต่าง Setup Mechanical Desktop 6

3. หน้าต่างของ Software License Agreement ขึ้นมา ตรงที่ช่อง Select your country of residence ให้เลือกประเทศที่ต้องการ แล้วจึงคลิก I accept และ Next>



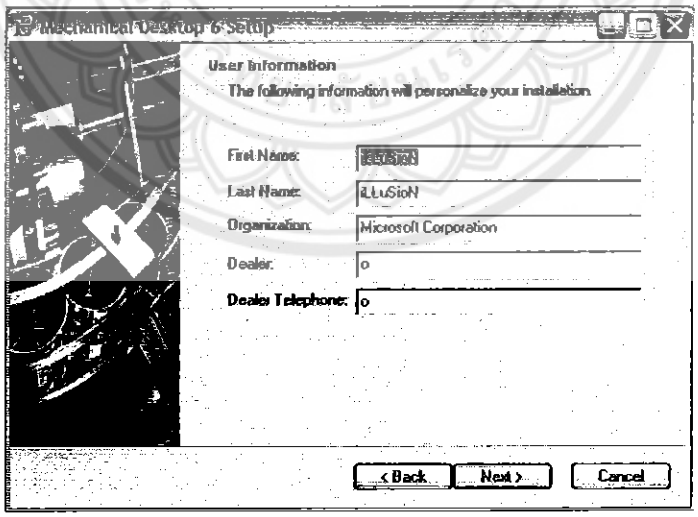
รูปที่ ก.2 หน้าต่าง Software License Agreement

4. ใส่ Serial Number และ CD Key จากแผ่นซีดี แล้วจึงคลิก Next>



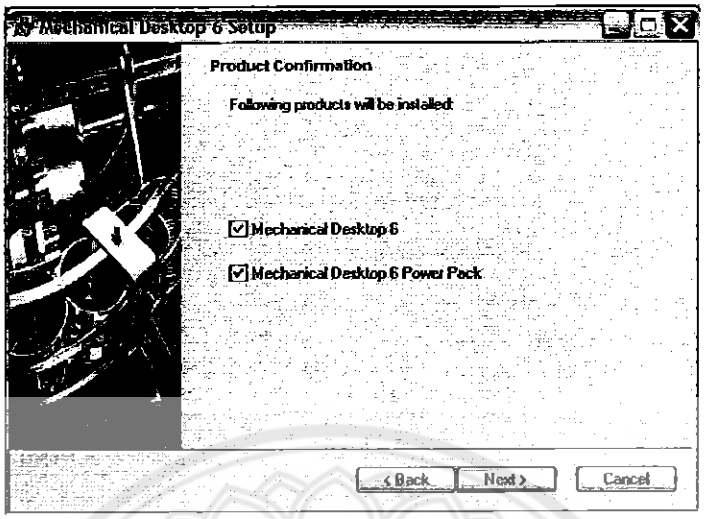
รูปที่ ก.3 การใส่ Serial Number และ CD Key

5. คลิก Next>



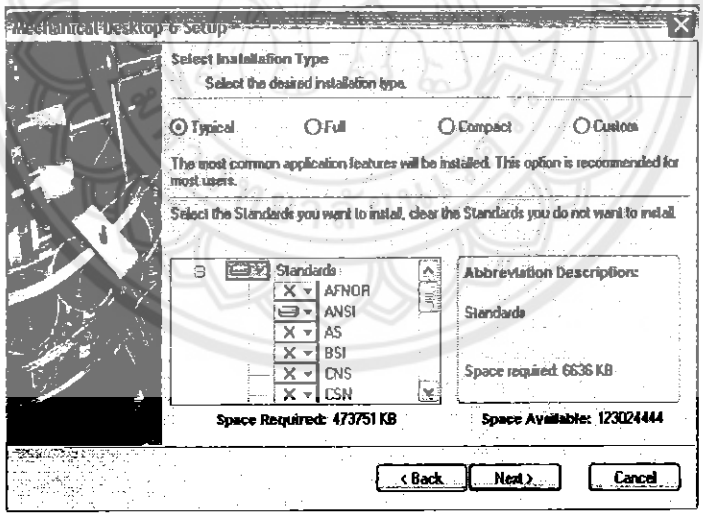
รูปที่ ก.4 การเลือกคำสั่ง Next> ในขั้นตอนที่ 5

6. คลิก Next>



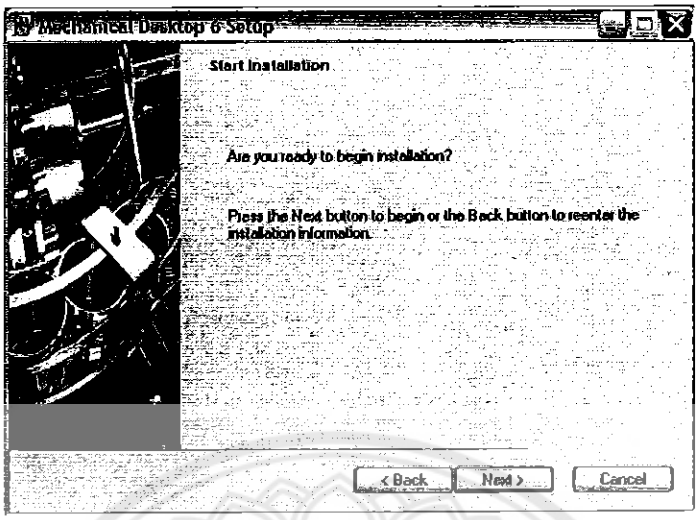
รูปที่ ก.5 การเลือกคำสั่ง Next> ในขั้นตอนที่ 6

7. ที่ Select Installation Type ให้เลือกเป็น Typical แล้วจึงคลิก Next>



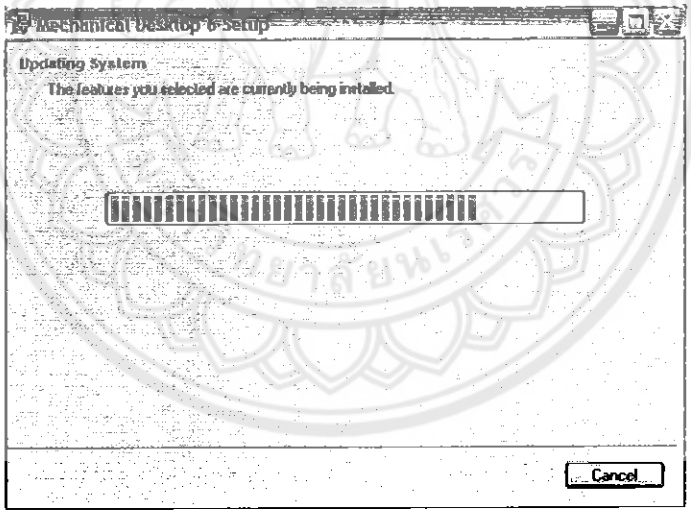
รูปที่ ก.6 การเลือก Typical

8. คลิก Next>



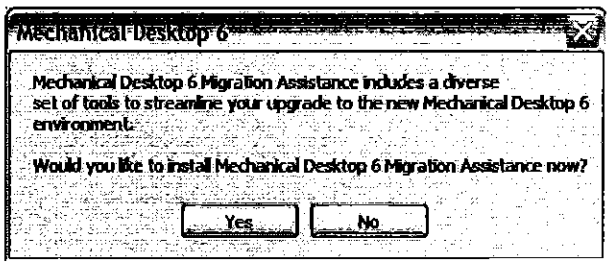
รูปที่ ก.7 การเลือกคำสั่ง Next> ในขั้นตอนที่ 8

9. รอการติดตั้ง



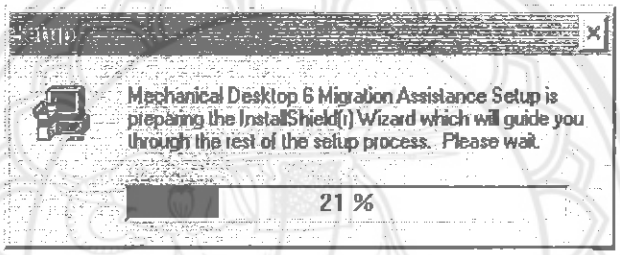
รูปที่ ก.8 การติดตั้งโปรแกรม Mechanical Desktop 6

10. คลิก Yes



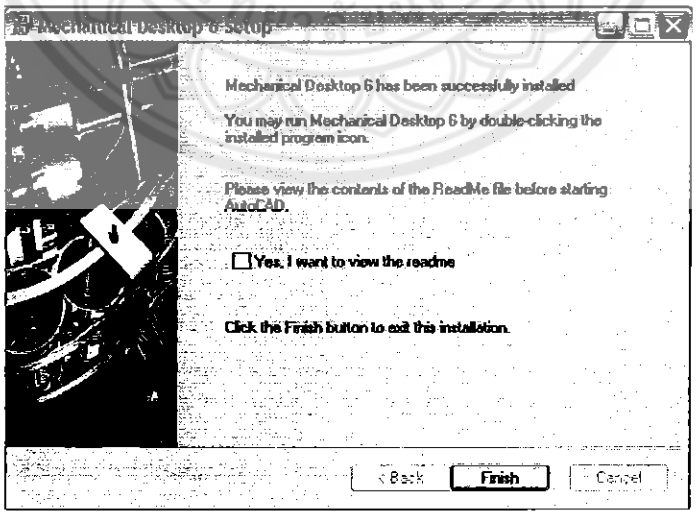
รูปที่ ก.9 การเลือกคำสั่ง Yes

11. Setup



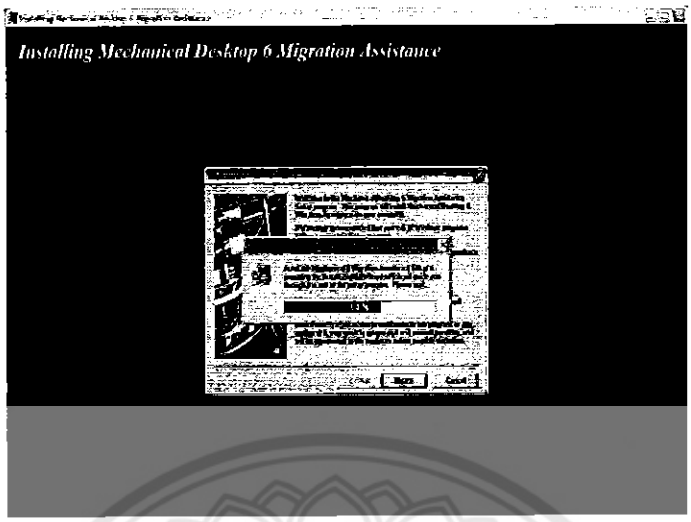
รูปที่ ก.10 การ Setup

12. คลิก Finish



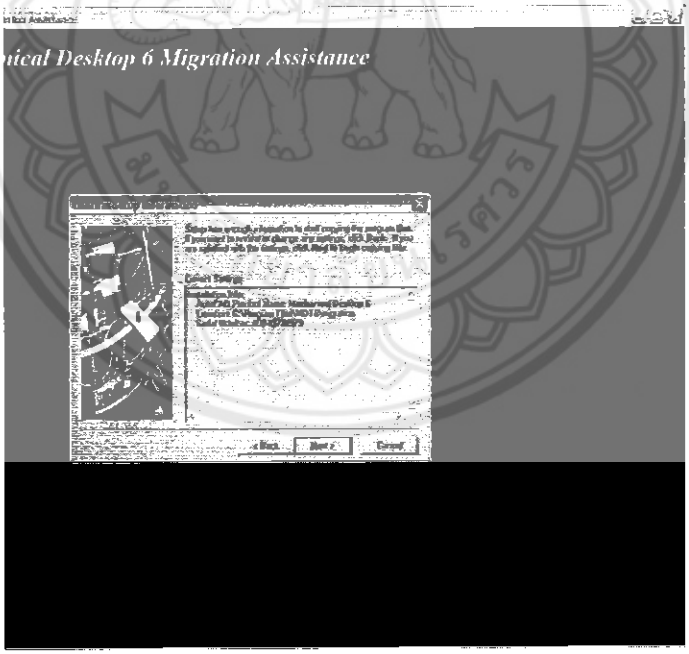
รูปที่ ก.11 การติดตั้งโปรแกรมเสร็จสิ้น

13. คลิก Next>



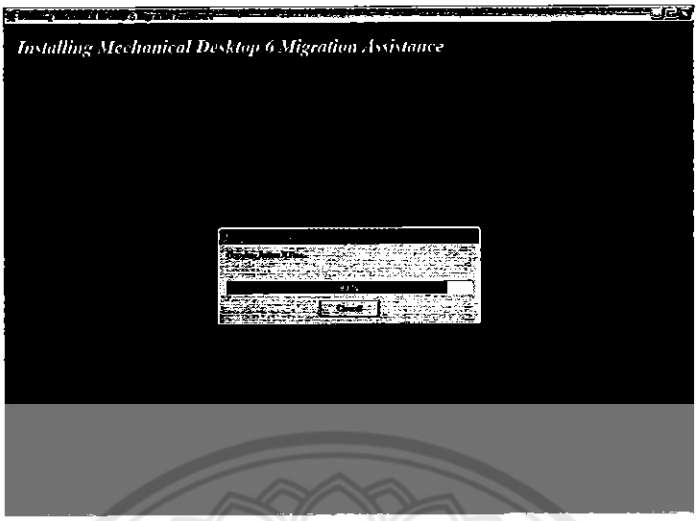
รูปที่ ก.12 การเลือกคำสั่ง Next ในขั้นตอนที่ 13

14. คลิก Next>



รูปที่ ก.13 การเลือกคำสั่ง Next ในขั้นตอนที่ 14

15. รอการติดตั้ง



รูปที่ ก.14 การติดตั้งโปรแกรม

16. การลงโปรแกรม Mechanical Desktop 6 เสร็จสิ้นโดยจะมีไอคอนโชว์อยู่หน้าจอคอมพิวเตอร์

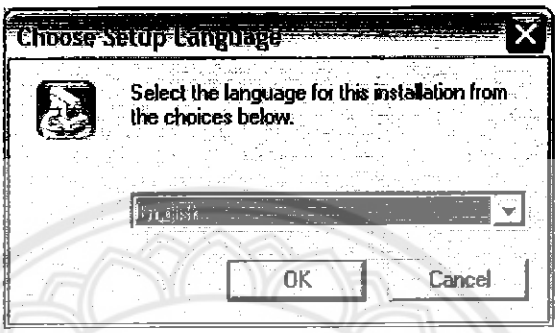
รูปที่ ก.15 ไอคอนโปรแกรม Mechanical Desktop 6

ภาคผนวก ข

ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม hyperMILL Version 6

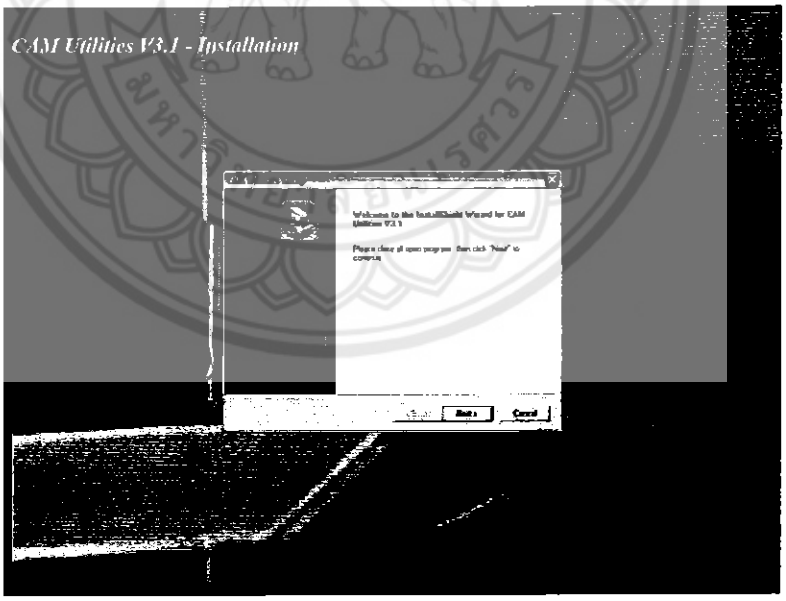
1. คลิกที่ตัวติดตั้งโปรแกรม โดยเริ่มจากการติดตั้งโปรแกรม CAM Utilities V3.1 ก่อน

2. การเข้าไปในโฟล์เดอร์ CAM Utilities V3.1 คลิกที่ตัว Setup และคลิกเลือกภาษา แล้วคลิก OK



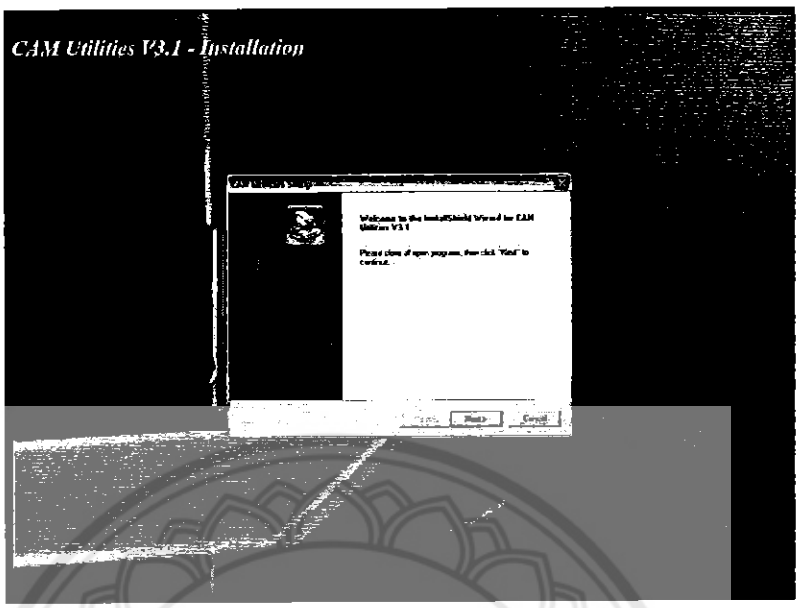
รูปที่ ข.1 การเลือกภาษาที่ใช้ในการติดตั้งโปรแกรม

3. ให้คลิก Next>



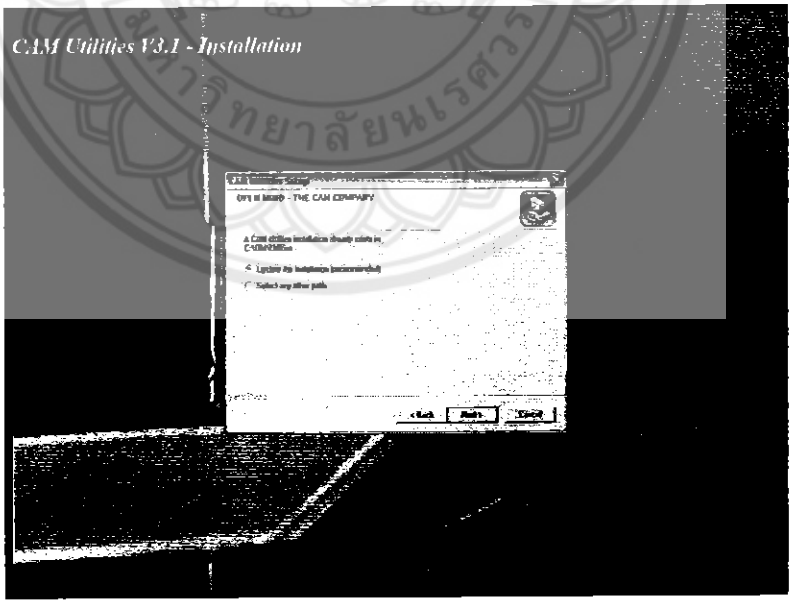
รูปที่ ข.2 การเลือกคำสั่ง Next ในขั้นตอนที่ 3

4. คลิก Next>



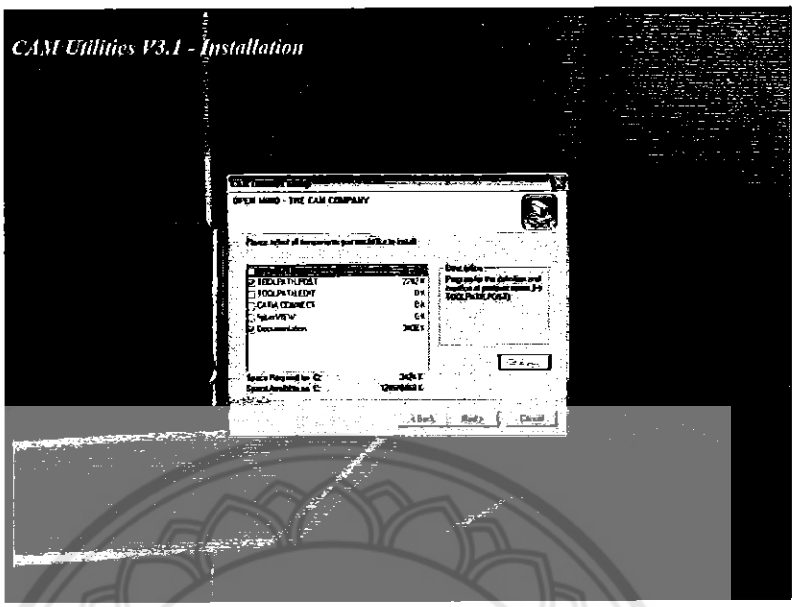
รูปที่ ข.3 การเลือกคำสั่ง Next ในขั้นตอนที่ 4

5. คลิก Next>



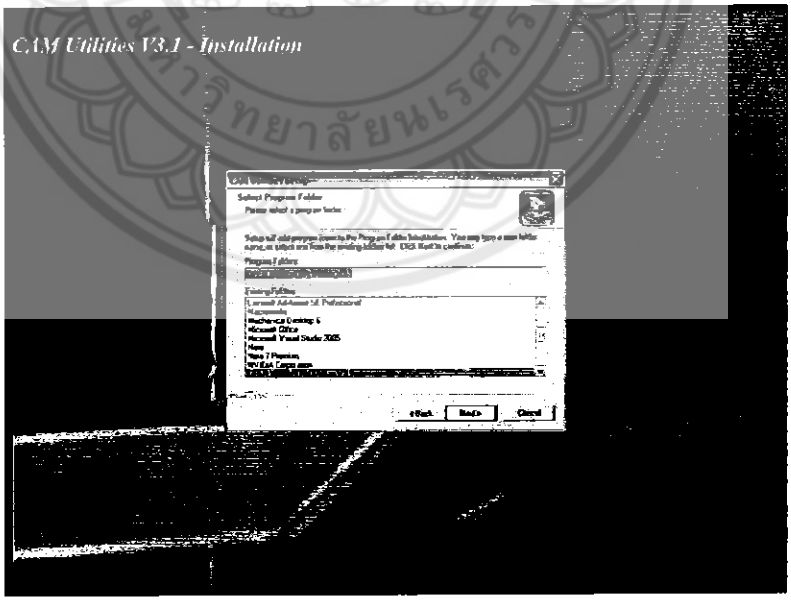
รูปที่ ข.4 การเลือกคำสั่ง Next ในขั้นตอนที่ 5

6. คลิก Next>



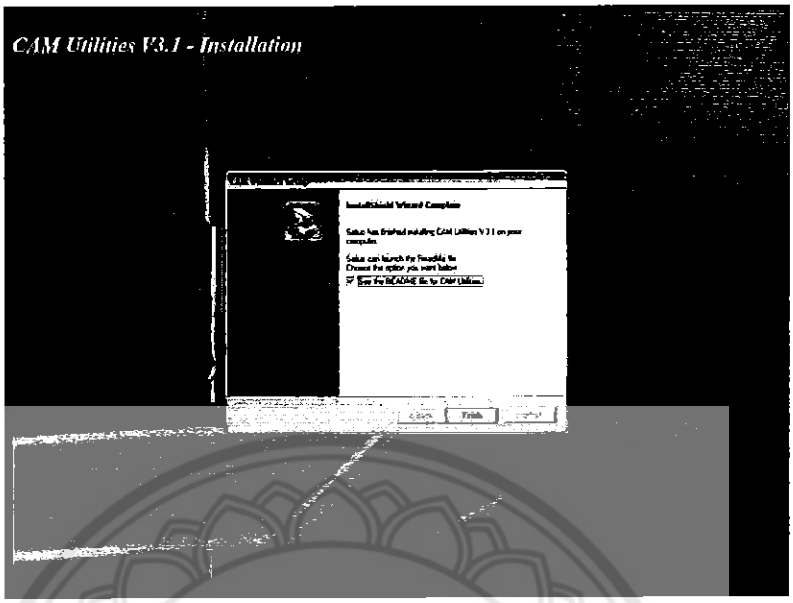
รูปที่ ข.5 การเลือกคำสั่ง Next ในขั้นตอนที่ 6

7. คลิก Next>



รูปที่ ข.6 การเลือกคำสั่ง Next ในขั้นตอนที่ 7

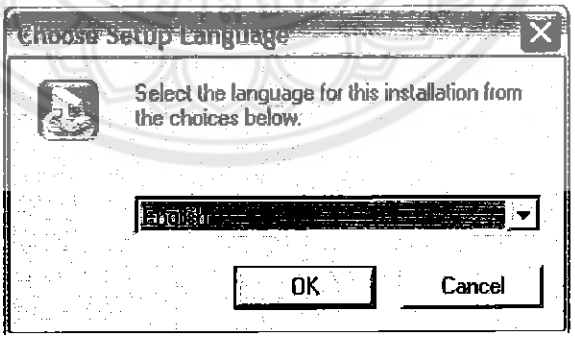
8. คลิก Finish ก็จะได้โฟร์เดอร์ OM ที่ไดร์ C



รูปที่ ข.7 เสร็จสิ้นการติดตั้งโฟร์เดอร์ OM

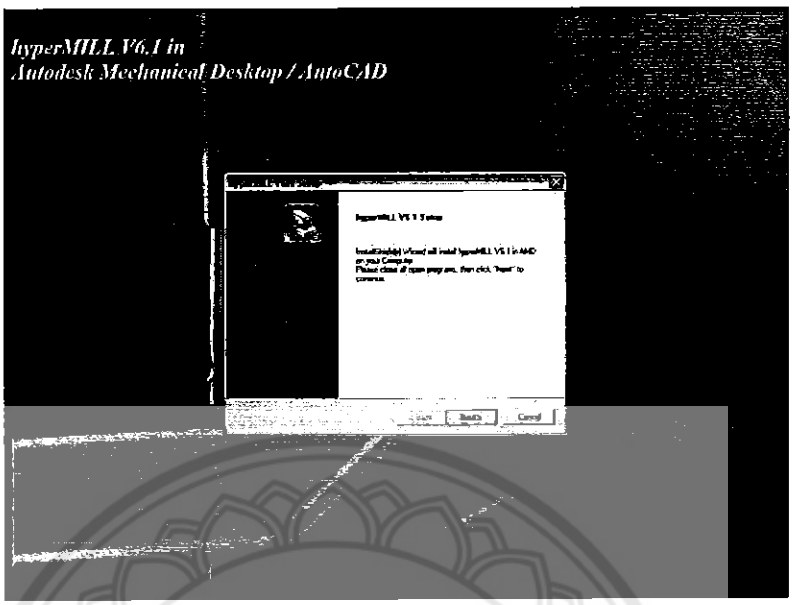
9. เข้าไปในโฟล์เดอร์ hyperMILL V6.1 แล้วคลิกที่ Setup

10. คลิกเลือกภาษา แล้วคลิก OK



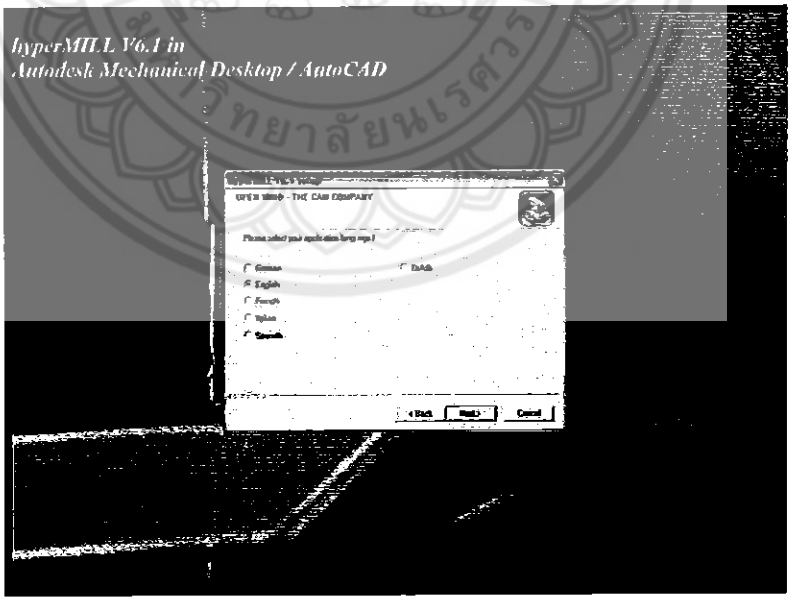
รูปที่ ข.8 การเลือกภาษาที่ใช้ในการติดตั้งโปรแกรม hyperMILL V6.1

11. คลิก Next>



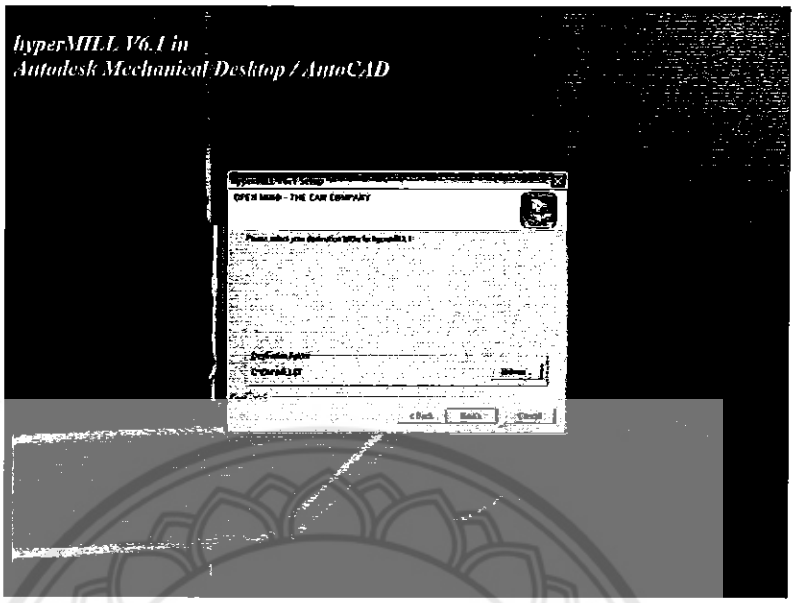
รูปที่ ข.9 การเลือกคำสั่ง Next ในขั้นตอนที่ 11

12. คลิก Next>



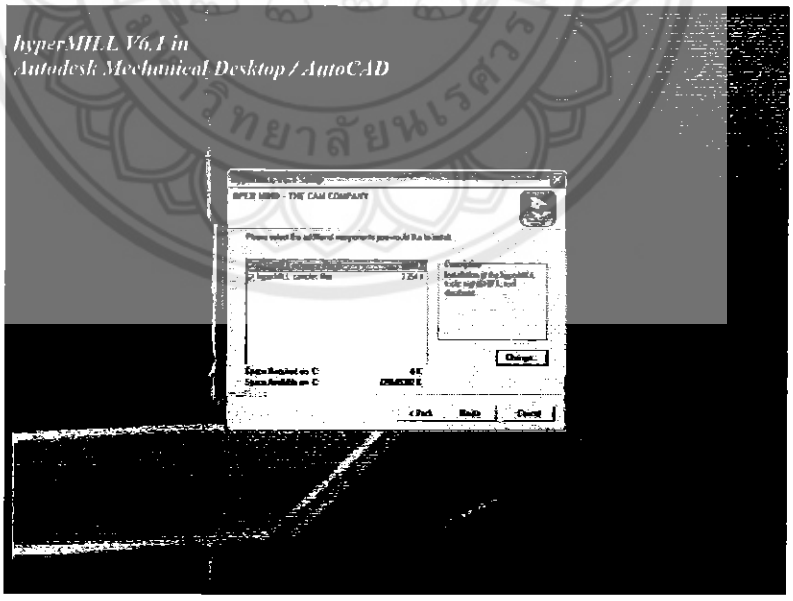
รูปที่ ข.10 การเลือกคำสั่ง Next ในขั้นตอนที่ 12

13. คลิก Next>



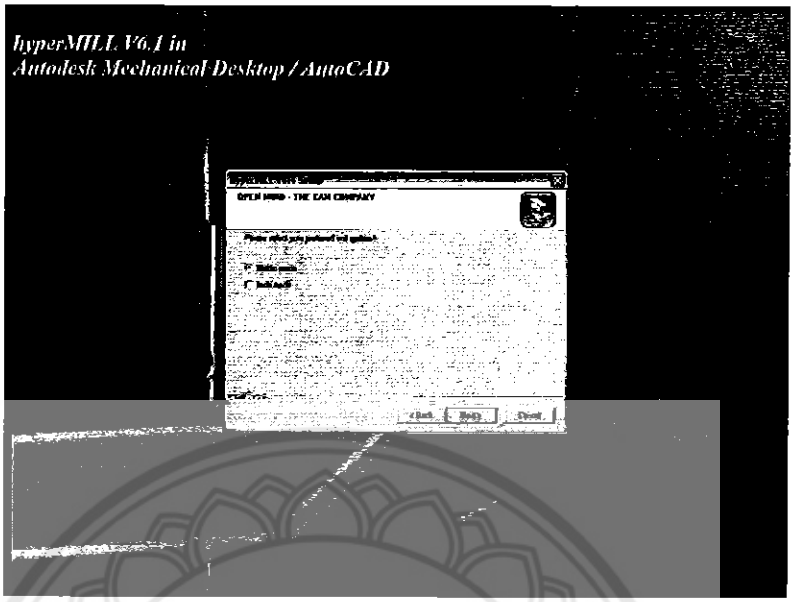
รูปที่ ข.11 การเลือกคำสั่ง Next ในขั้นตอนที่ 13

14. คลิก Next>



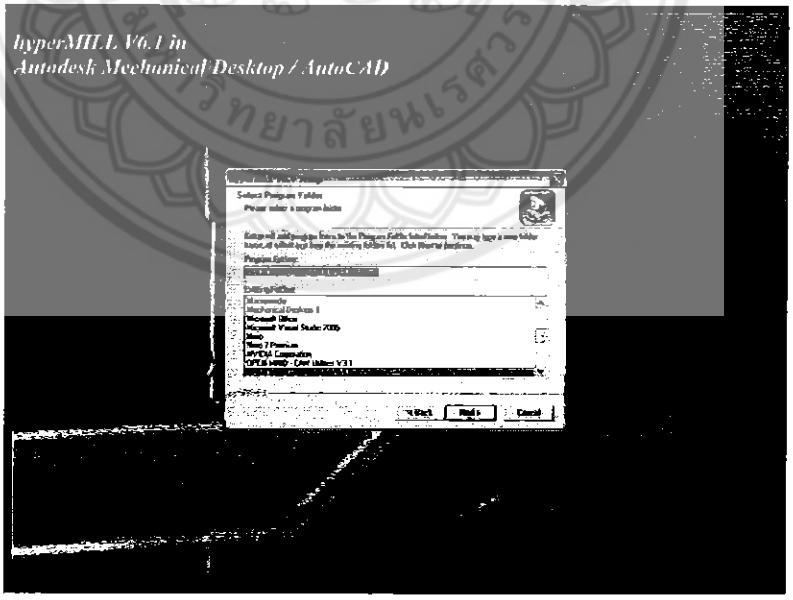
รูปที่ ข.12 การเลือกคำสั่ง Next ในขั้นตอนที่ 14

15. คลิก Next>



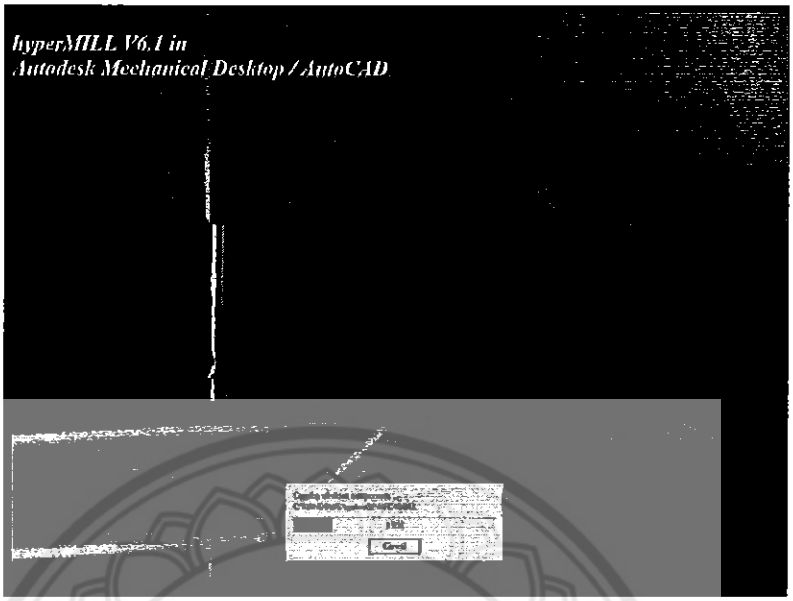
รูปที่ ข.13 การเลือกคำสั่ง Next ในขั้นตอนที่ 15

16. คลิก Next>



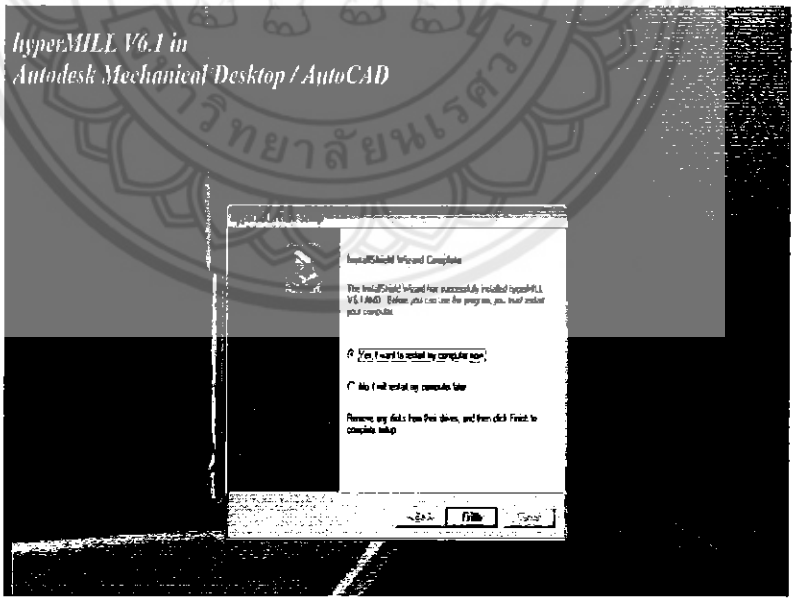
รูปที่ ข.14 การเลือกคำสั่ง Next ในขั้นตอนที่ 16

17. รอการติดตั้ง



รูปที่ ข.15 รอการติดตั้ง ในขั้นตอนที่ 17

18. คลิก Finish



รูปที่ ข.16 เลือก Finish เสร็จสิ้นการติดตั้งโปรแกรม hyperMILL Version 6

19. ขั้นต่อไปให้ copy ทุกไฟล์ในโฟล์เดอร์ของ cycWin, Win, Nshift, OMF และOMA จากแผ่นไปยังโฟล์เดอร์ OM ทีละไฟล์ ในไดร์ C ที่ติดตั้งไว้แล้วอีกครั้งหนึ่ง แล้วทำการรีสต๊าทคอมพิวเตอร์หนึ่งรอบ

20. เสร็จสิ้นขั้นตอนการลงโปรแกรม โดยจะมีโปรแกรม hyperMILL Version 6 อยู่ในโปรแกรม Mechanical Desktop 6

ภาคผนวก ค

ขั้นตอนการทำงานของ hyperMILL Version 6

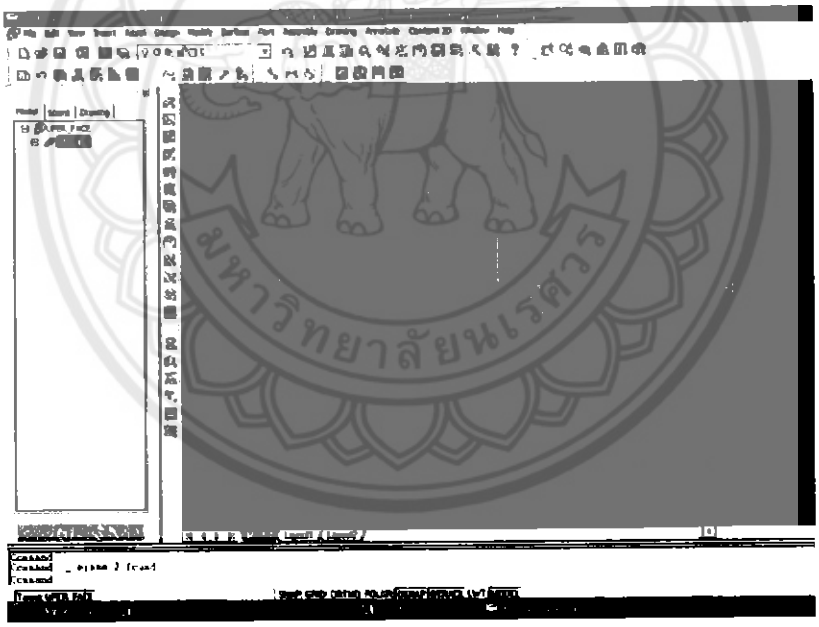
ขั้นตอนการทำงานของ hyperMILL Version 6

ในการทำงานของ hyperMILL นี้จะทำงานร่วมกับแม่พิมพ์ที่ได้ออกแบบไว้ซึ่งจะมี 3 แผ่นหลักๆ คือ แผ่นบน แผ่นกลาง แผ่นล่าง การใช้โปรแกรม hyperMILL ในจำลองการกัดบนแม่พิมพ์นี้จะคำนึงถึงความเป็นไปได้ที่ทำการกัดแม่พิมพ์ที่เป็นเหล็ก ซึ่งจะอธิบายเป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. แม่พิมพ์ส่วนบน

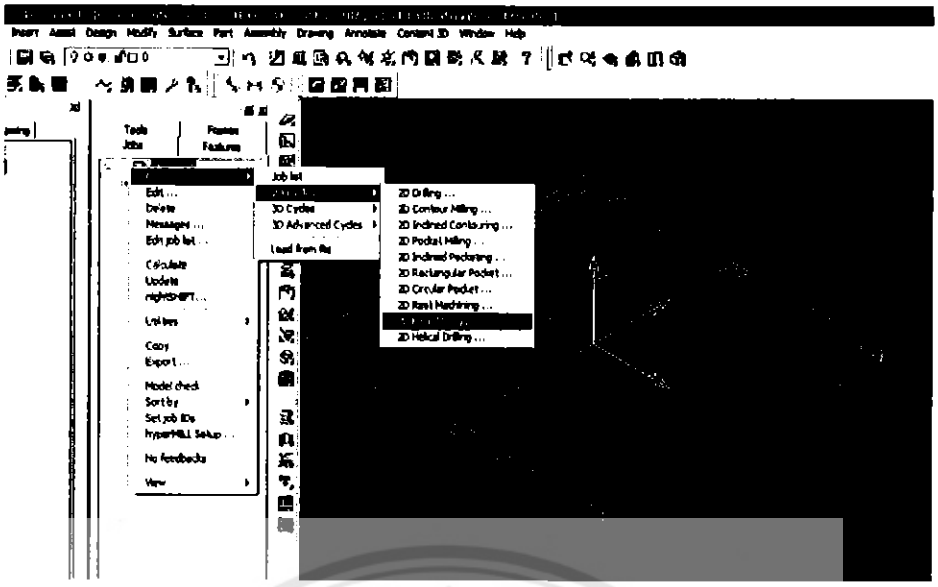
แม่พิมพ์ส่วนบนมีขนาด กว้าง-ยาว ด้านละ 200 มิลลิเมตร หนา 3 มิลลิเมตร ซึ่งในตอนแรกเหล็กที่ได้มาจะมีขนาด กว้าง 220 มิลลิเมตร ยาว 205 มิลลิเมตร หนา 6.2 มิลลิเมตร โดยกระบวนการในการกัดจะต้องมีการกัดแบบปาดพื้นผิวให้เรียบและกัดขอบชิ้นงานเพื่อให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ

1.1 เปิดโปรแกรม Mechanical Desktop Version 6 ขึ้นมาใช้งานจะพบว่า โปรแกรม hyperMILL จะขึ้นพร้อมกัน ดังรูปที่ ค.1 แม่พิมพ์ส่วนบน

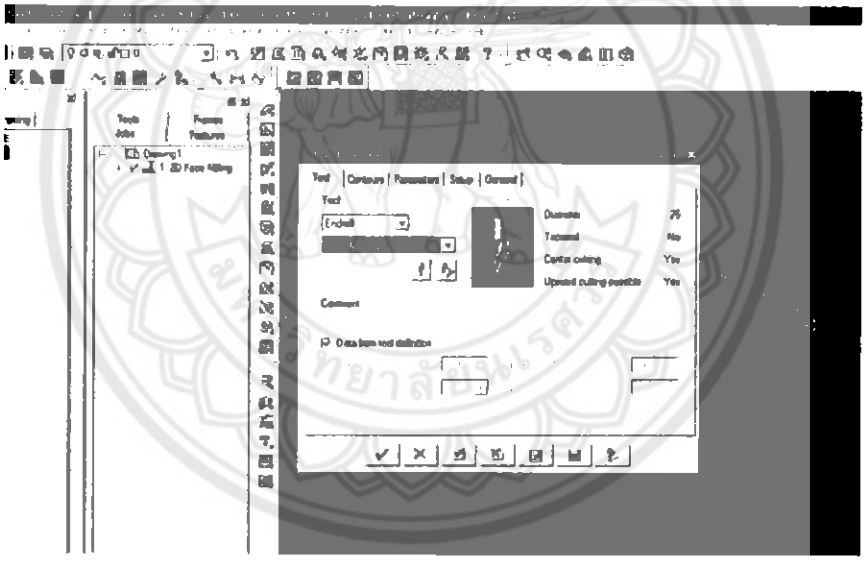


รูปที่ ค.1 แม่พิมพ์ส่วนบน

1.2 ให้สร้างขอบเขตการกัดชิ้นงานโดยเริ่มแรกจะกัดปาดผิวหน้าก่อนแล้วเปิดหน้าต่าง Joblist ขึ้นมาแล้วสร้างรายการกัดปาดผิวขึ้นมาโดยเลือกการกัดประเภท 2D Face milling ขึ้นมาและจะพบว่ามีหน้าต่าง Dialog box ของ 2D Face milling ขึ้นมา ดังรูปที่ ค.2-ค.3

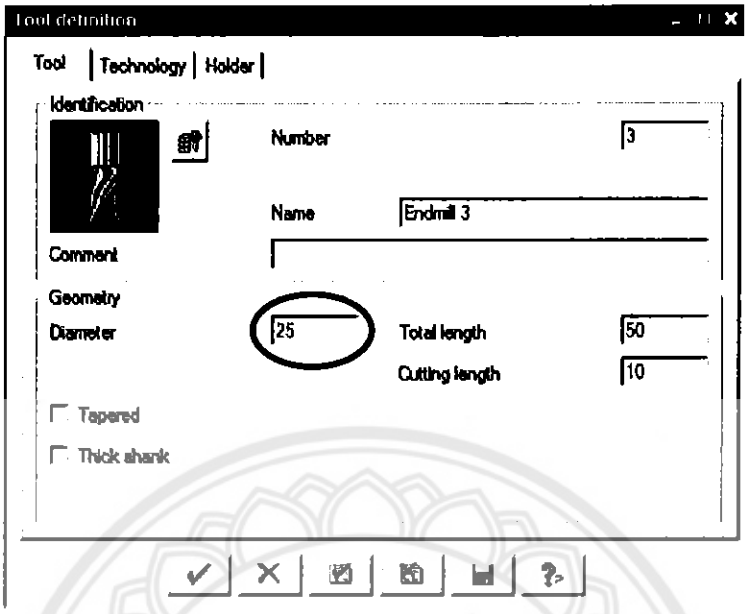


รูปที่ ค.2 การกัดแบบ 2D Face milling

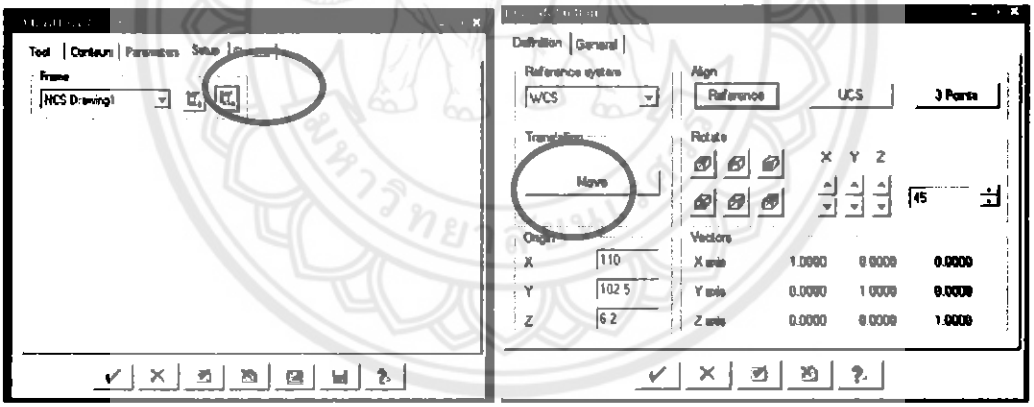


รูปที่ ค.3 Dialog box 2D Face milling

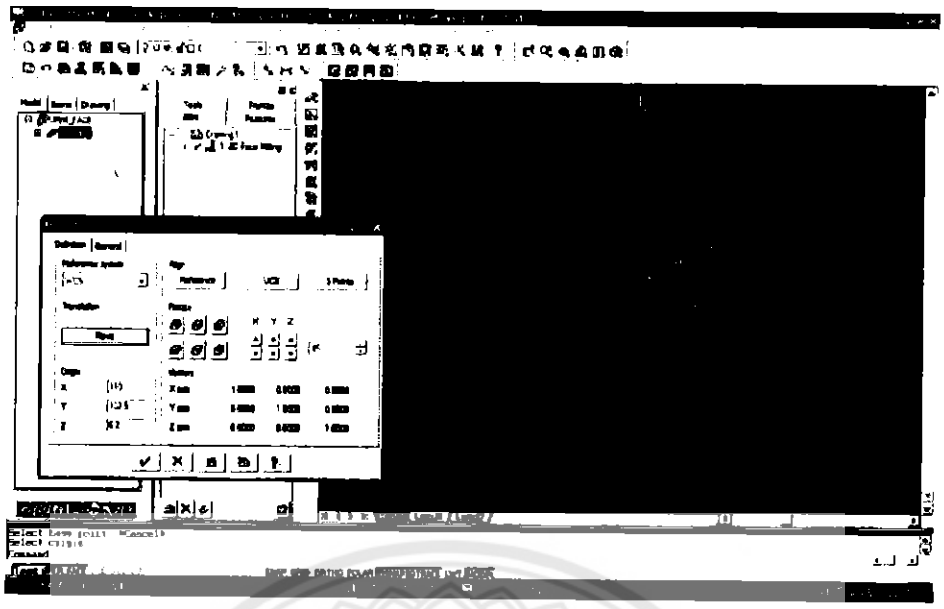
1.3 ทำการปรับตั้งค่าให้สอดคล้องกับมีดกัดที่ได้เตรียมไว้ดังรูปที่ ค.4-ค.8



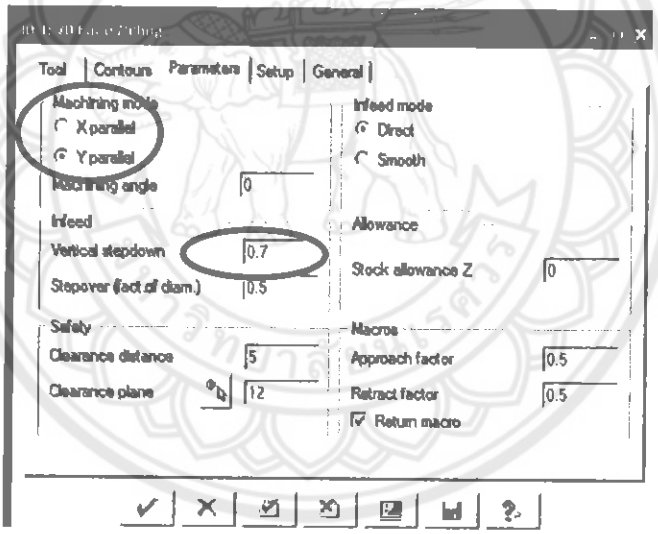
รูปที่ ค.4 ปรับขนาดของมีดกัดเป็น 25 มิลลิเมตร



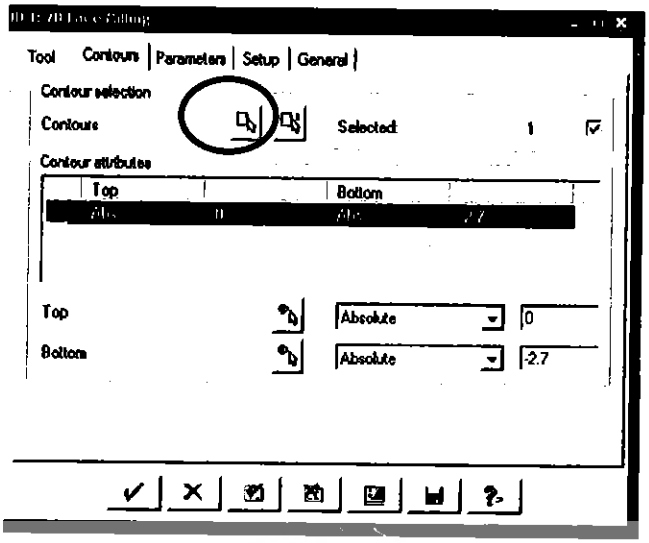
รูปที่ ค.5 ปรับตำแหน่งศูนย์ชิ้นงาน



รูปที่ ค.6 ปรับตำแหน่งศูนย์ชิ้นงานจากตรงมุมชิ้นงานไปไว้กึ่งกลางชิ้นงาน



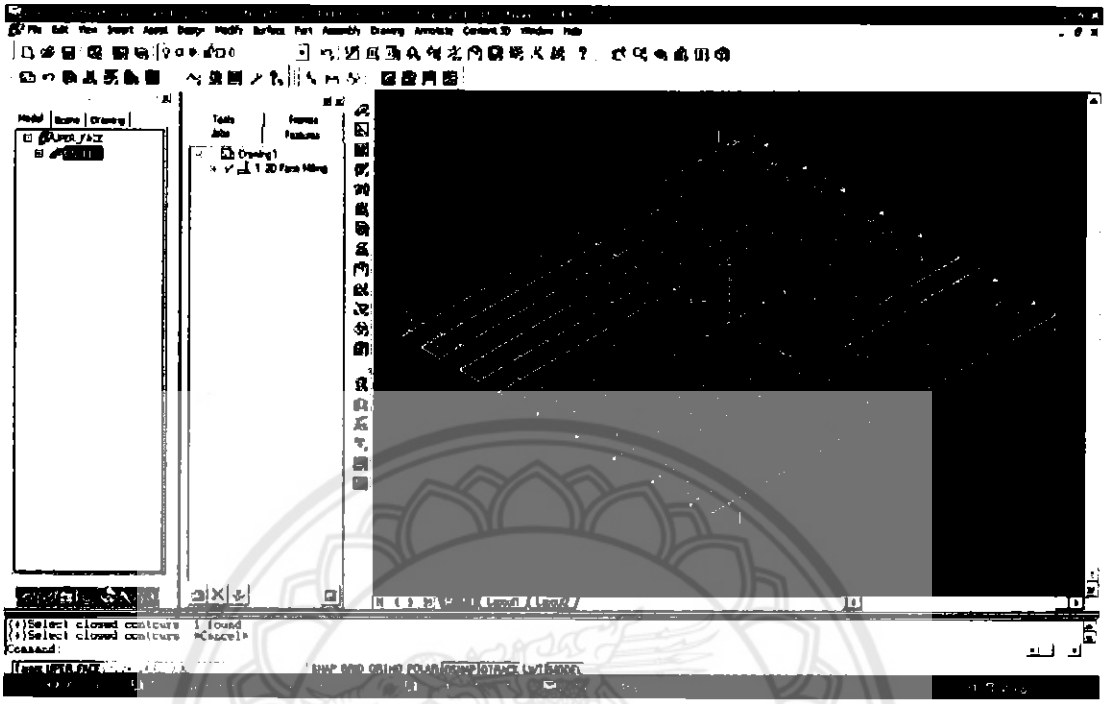
รูปที่ ค.7 ปรับค่าพารามิเตอร์ให้ กัดปาดหน้าขนานแกน Y และอัตรากินชิ้นงาน 0.7 มิลลิเมตร



รูปที่ ค.8 เลือกขอบเขตที่จะปาดผิวโดยรอบและปรับค่ากินชิ้นงานสูงสุด (Top) ต่ำสุด(Bottom)

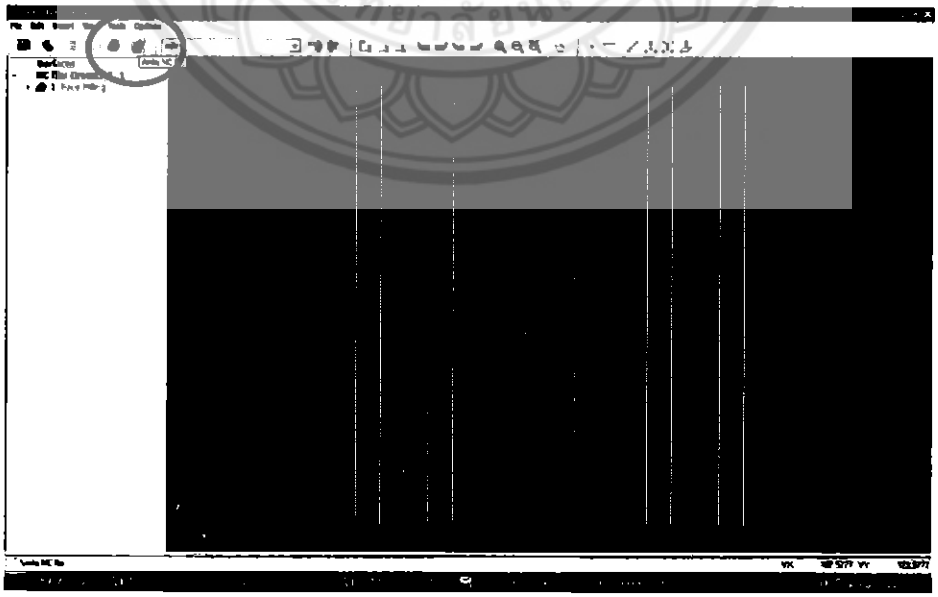
***หมายเหตุ** ในขั้นตอนที่ 1.3 ปรับตั้งค่าต่างๆ ขึ้นอยู่กับสภาพวัตถุดิบนำมากัด คือในที่นี้ชิ้นงานที่ความหนาจากเดิม 6.2 มิลลิเมตร เหลือ 3.5 มิลลิเมตร ฉะนั้นจึงกัดปาดผิวหน้าลึกลงไปอีก 2.7 มิลลิเมตร

1.4 คลิ๊กเครื่องหมายถูก แล้วทำการคำนวณเสนทางเดินของมีดกัดดังรูปที่ ค.9



รูปที่ ค.9 เส้นทางเดินของมีด

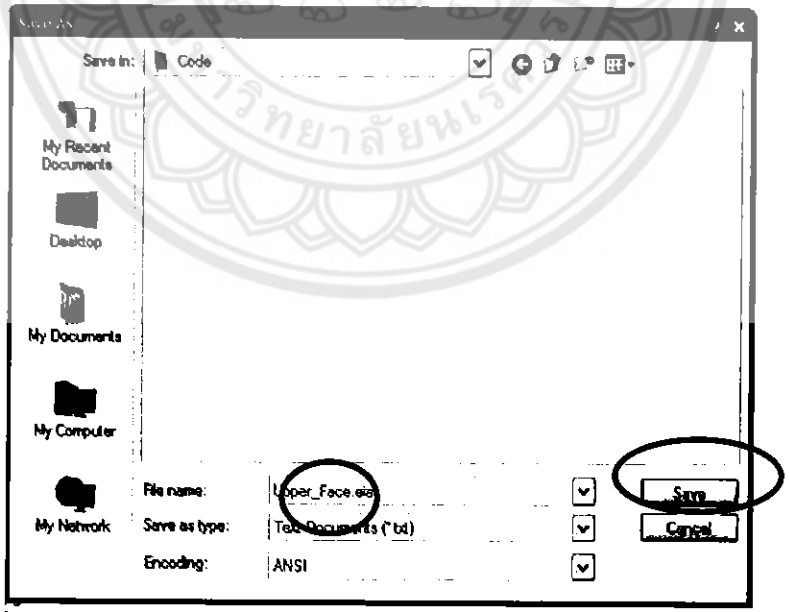
1.5 ทำการ Run NC-Code ดังรูปที่ ค.10



รูปที่ ค.10 หน้าต่างของการ Run NC-Code

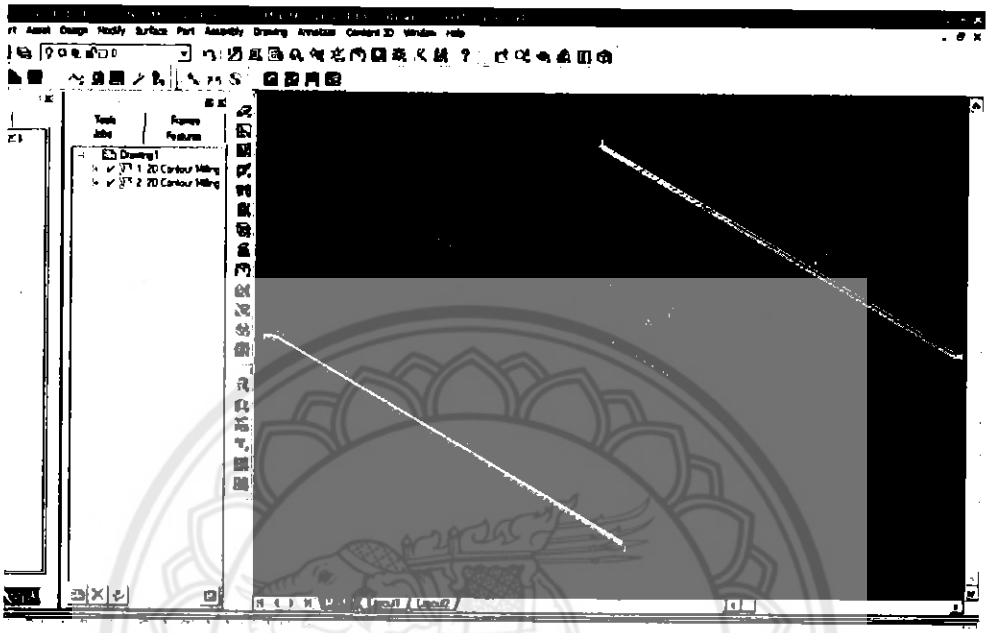
1.6 ได้ NC-Code ออกมาแล้วทำการปรับแก้ไข แล้ว SAVE File เป็นนามสกุล .eia เพื่อให้สอดคล้องกับการทำงานของเครื่องซีเอ็นซี ดังรูปที่ ค.11-ค.12

รูปที่ ค.11 NC-Code ที่ได้แก้ไขเรียบร้อยแล้ว

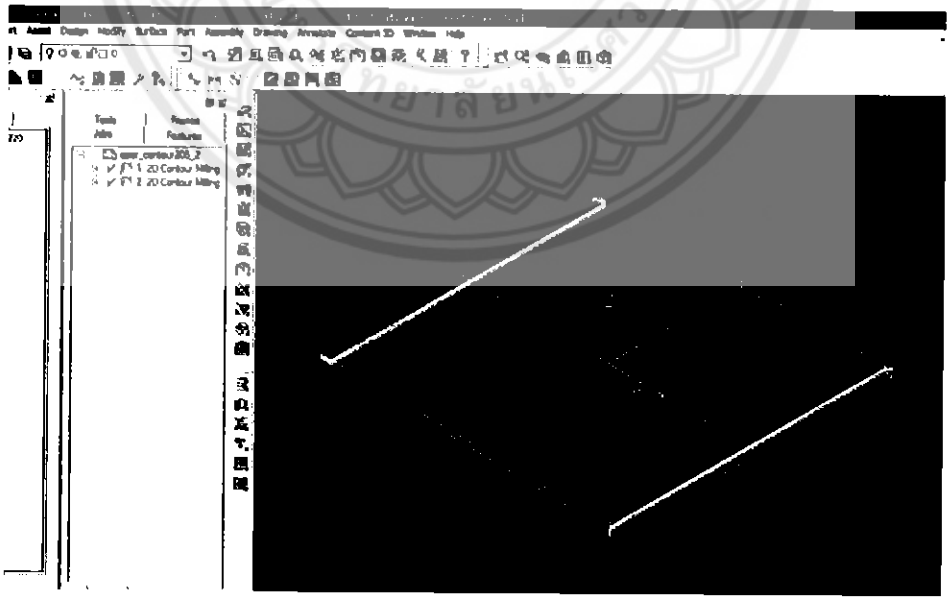


รูปที่ ค.12 Save file เป็นนามสกุล .eia

1.7 ทำการกัดขอบชิ้นงานให้ได้ขนาดกว้างยาว ด้านละ 200 มิลลิเมตร ซึ่งจะมีขอบ 4 ด้าน แต่จะต้องกัดทีละ 2 ด้าน เนื่องจากจะมีอีก 2 ด้านต้องจับยึดชิ้นงานอยู่ โดยใช้การกัดชิ้นงานแบบ 2D Contour Milling ดังรูปที่ ค.13-ค.14



รูปที่ ค.13 การกัดขอบ 2 ด้านแรก



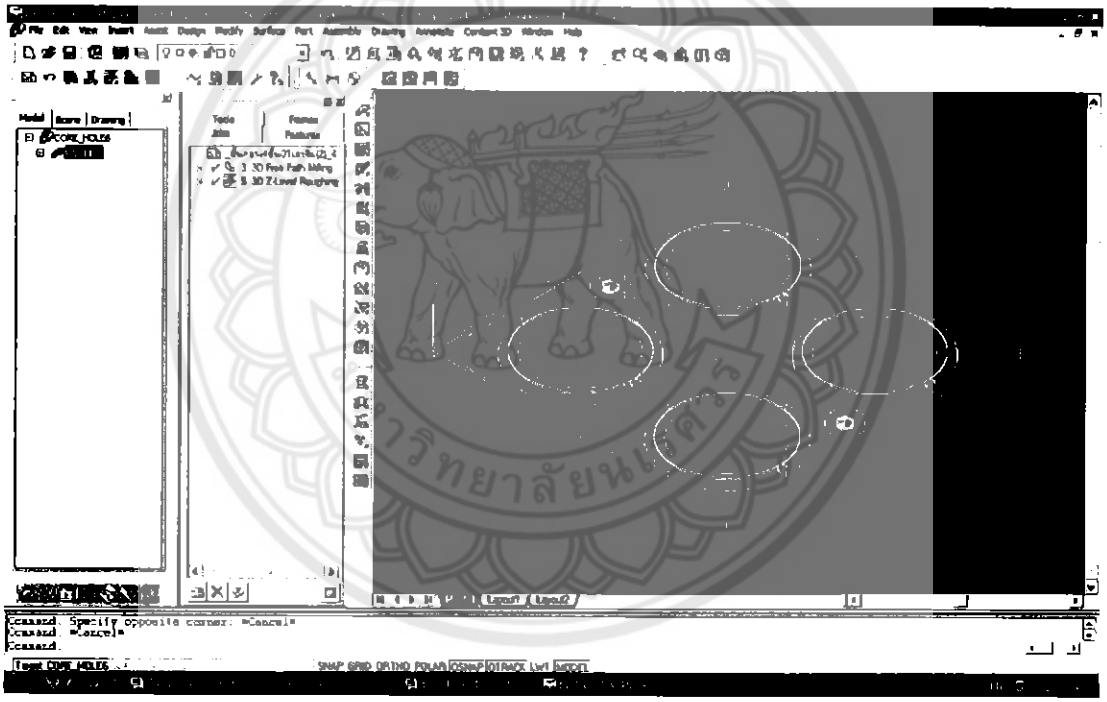
รูปที่ ค.14 การกัดขอบ 2 ด้านที่เหลือ

2. แม่พิมพ์ส่วนกลาง

แม่พิมพ์ส่วนบนมีขนาด กว้าง-ยาว ด้านละ 200 มิลลิเมตร หนา 5 มิลลิเมตร ซึ่งในตอนแรกเหล็กที่ได้มาจะมีขนาด กว้าง 220 มิลลิเมตร ยาว 205 มิลลิเมตร หนา 6.2 มิลลิเมตร และต้องเจาะรูตรงกลางอีก 6 รู โดยกระบวนการในการกัดจะต้องมีการกัดแบบปาดพื้นผิวให้เรียบ กัดขอบชิ้นงาน และ เจาะรู เพื่อให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ

2.1 ทำการกัดปาดหน้าชิ้นงานและกัดขอบเหมือนแม่พิมพ์ส่วนบน ข้อที่ 1 แต่ความหนาที่ต้องใช้คือ 5 มิลลิเมตร

2.3 ทำการเจาะรูทั้งหมด 6 รูโดยใช้ชุดคำสั่ง 3D Free Path Milling ซึ่งเป็นคำสั่งที่เลือกเส้นทางกัดเองและชุดคำสั่ง 3D Z-Level Roughing ซึ่งเป็นคำสั่งกัดวัตถุแบบหยาบไว้สำหรับกัดวัตถุทรงตัน ดังรูปที่ ค.15



รูปที่ ค.15 การเจาะรูแผ่นกลาง

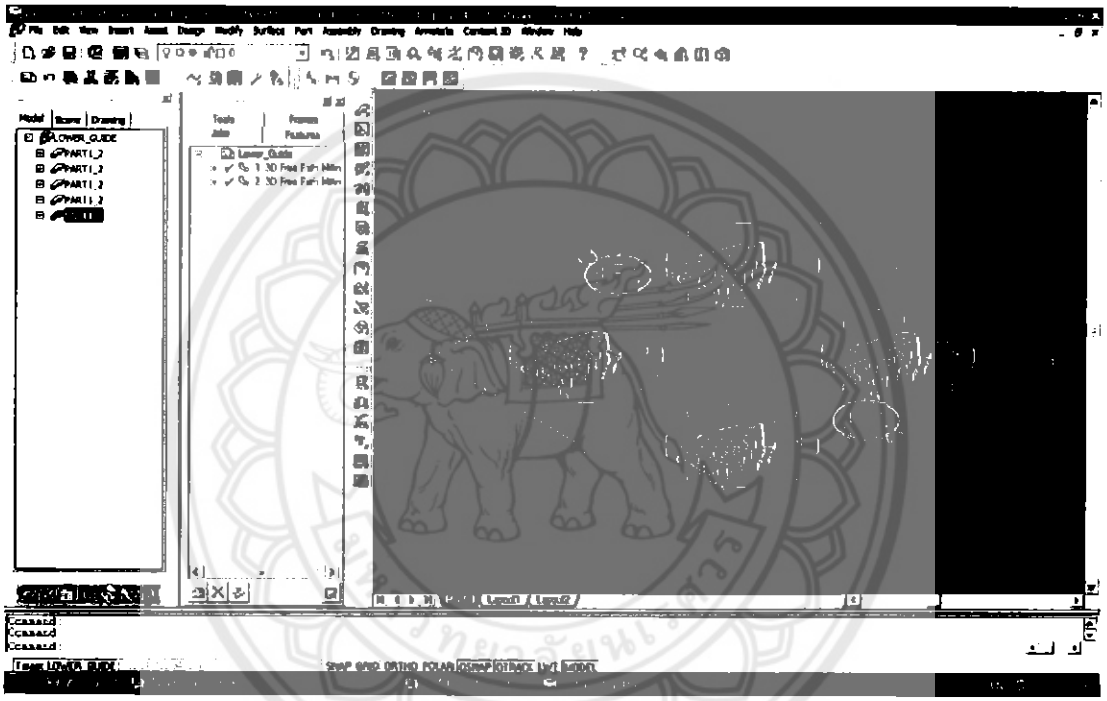
2.4 ทำการ Run NC-Code ออกมาแล้ว Save เป็น File.eia

3. แม่พิมพ์ส่วนล่าง

แม่พิมพ์ส่วนล่างนี้จะมีความซับซ้อนเนื่องจากจะมีลายแบบแม่พิมพ์อยู่ด้วยซึ่งขนาดแม่พมพ์ทั้งหมด กว้างยาวด้านละ 200 มิลลิเมตร ฐานหนา 3 มิลลิเมตร ส่วนที่สูงที่สุด เสาล๊อครระยะ (Guide) 8 มิลลิเมตร ดังนั้นจึงต้องมีหลายขั้นตอนที่ซับซ้อนดังนี้

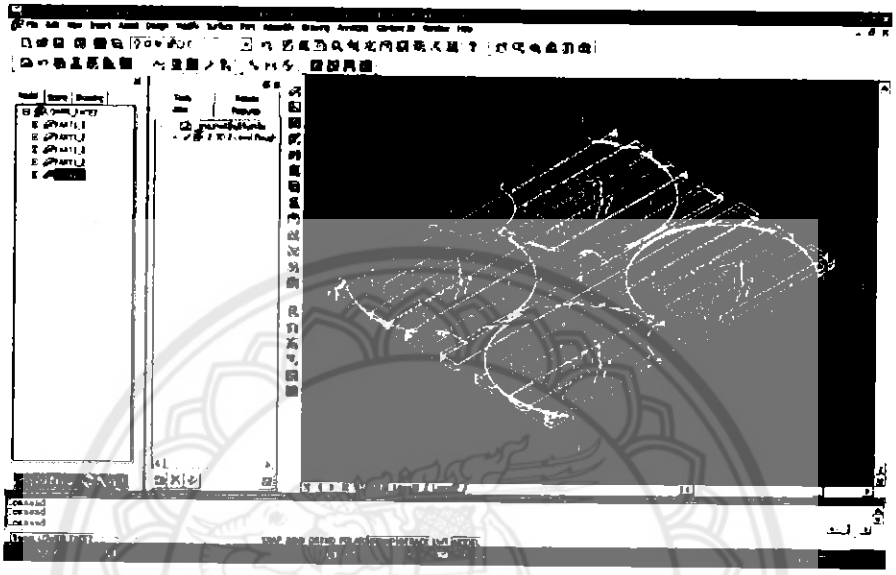
3.1 ทำการปาดหน้าจาก ชิ้นงานเริ่มต้น 9 มิลลิเมตร เหลือ 8 มิลลิเมตร โดยใช้ชุดคำสั่งเหมือนข้อที่ 1 และ 2 ที่ผ่านมา

3.2 ทำการกัดเสา (Guide) ด้านข้าง 2 ด้านโดยใช้ชุดคำสั่ง 3D Free Path Milling ดังรูปที่ ค.16



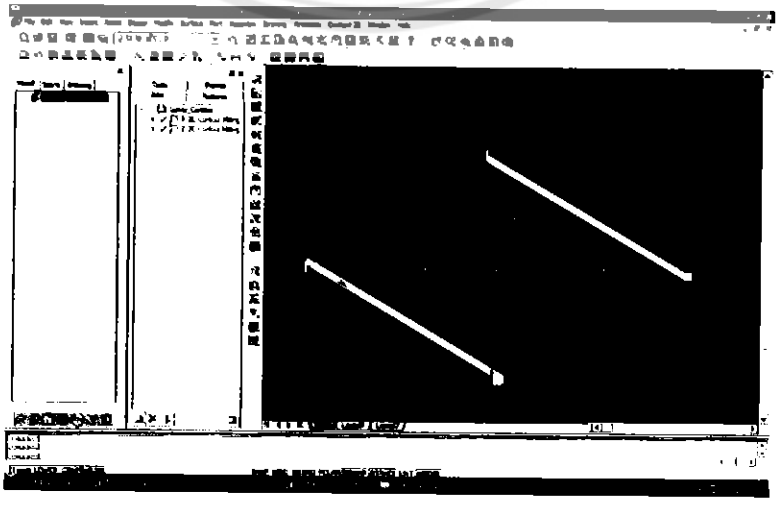
รูปที่ ค.16 การกัดเสาด้านข้าง

3.3 ทำการกัดปาดหน้าให้ลึกลงไปจนให้เหลือฐานหนาเพียง 3 มิลลิเมตร โดยใช้มีดกัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร เพื่อให้ลดเวลาการกัดชิ้นงานและง่ายต่อการใช้มีดกัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร เก็บตามมุมต่างๆ ที่ยังเหลืออยู่โดยใช้ชุดคำสั่ง 3D Z-Level Roughing ดังรูปที่ ค.17



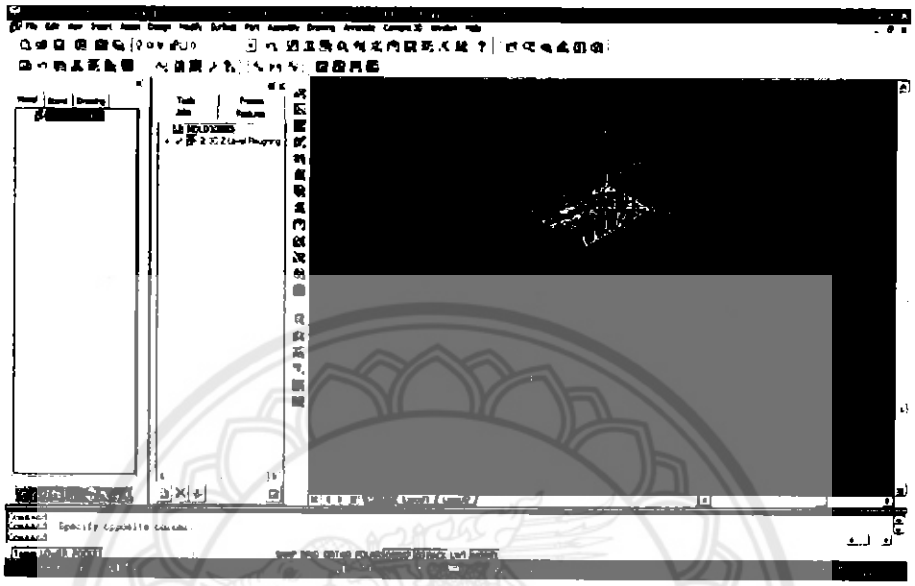
รูปที่ ค.17 เส้นทางเดินของมัดกัดขนาด 25 มิลลิเมตร

3.4 ทำการกัดปาดขอบหัวท้ายก่อนเพราะเนื่องจากด้านซ้ายและด้านขวาถูกจับด้วยปากกาจับชิ้นงาน ดังรูปที่ ค.18



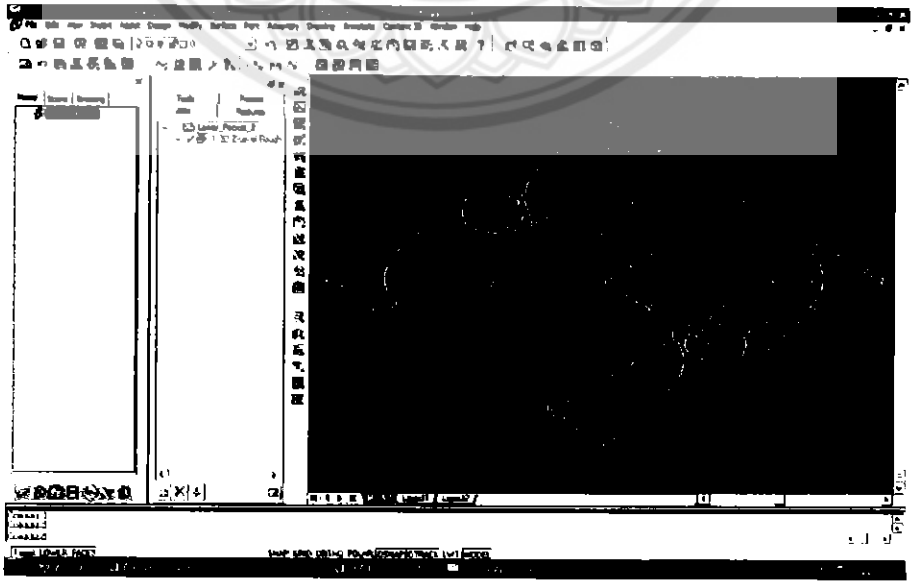
รูปที่ ค.18 การกัดขอบหัวท้าย

3.5 ทำการกัดลายแม่พิมพ์ทั้ง 4 โดยใช้ชุดคำสั่ง 3D Z-Level Roughing โดยทำเพียงอันเดียว เนื่องจากตัวเครื่องซีเอ็นซีจะมีระบบการเยื้องหนีศูนย์เพื่อให้ไปกัดชิ้นงานในส่วนที่เหลือได้ ดังรูปที่ ค.19



รูปที่ ค.19 การกัดลายแม่พิมพ์

3.6 ทำการเก็บลายละเอียดด้านซ้ายและด้านขวาโดยเปลี่ยนตำแหน่งปากกามาจับยึดตรงตำแหน่งด้านหัวและท้ายชิ้นงาน ดังรูปที่ ค.20



รูปที่ ค.20 การเก็บรายละเอียดด้านซ้ายและขวาชิ้นงาน

ภาคผนวก ง

ตัวอย่างของรหัส NC-Code

1. โครงสร้างของเอ็นซีโปรแกรม

โครงสร้างของเอ็นซีโปรแกรม ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วนหลักๆ ได้แก่ ส่วนหัวโปรแกรม ส่วนตัวโปรแกรม และส่วนท้ายโปรแกรม

1.1 ส่วนหัวโปรแกรมส่วนหัวโปรแกรมเป็นส่วนที่บอกว่าเราจะทำงานกับเครื่องจักรแบบใด ทำงานในระนาบใด ใช้ทูล ใช้ความเร็วรอบ เปิด ปิดน้ำหล่อเย็น ทิศทางการหมุนของ ทูล

1.2 ส่วนตัวโปรแกรมเป็นส่วนที่เป็นเส้นทางเดินของทูล (Tool Part) เป็นส่วนที่สั่งให้เครื่องจักร CNC กัดเป็นรูปร่างตามที่เราเขียน

1.3 ส่วนท้ายโปรแกรมเป็นส่วนที่จบคำสั่งโปรแกรม และบอกเครื่องจักร CNC ให้พร้อมทำงานในโปรแกรมต่อไป

2. องค์ประกอบของเอ็นซีโปรแกรม

องค์ประกอบของเอ็นซีโปรแกรม จะมีลักษณะเหมือนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทั่วไปโดยประกอบด้วยหลายบรรทัด ในแต่ละบรรทัดประกอบด้วยคำสั่งต่างๆ สำหรับเอ็นซีโปรแกรมมีคำศัพท์เรียกเฉพาะเมื่อเทียบกับโปรแกรมภาษาคอมพิวเตอร์ทั่วไปดังนี้ บล็อก หรือ บรรทัดในแต่ละบรรทัดประกอบด้วยเวิร์ดหรือคำสั่งต่างๆ เวิร์ด หรือ คำสั่ง ประกอบด้วย ตัวหนังสือที่เรียกว่าโค้ด และตัวเลข โค้ดต่างๆ ที่ใช้ใน เอ็นซีโปรแกรม สามารถแยกได้เป็น 3 ประเภท

2.1 โค้ดคำสั่งการควบคุมโปรแกรม ได้แก่ N

2.2 โค้ดคำสั่งทางเรขาคณิต ได้แก่ G,X,Y,Z,I,JและK เป็นต้น

2.3 โค้ดคำสั่งทางเทคนิค ได้แก่ M,F,S และ T เป็นต้น

3. การกำหนดพิกัดที่ใช้ในการเขียนเอ็นซีโปรแกรมมี 2 ประเภทคือ

3.1 การกำหนดพิกัดแบบสัมบูรณ์

การกำหนดพิกัดแบบสัมบูรณ์ (Absolute) คือในการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งโดยทั้งสองจุดใช้จุดอ้างอิงเดียวกัน โดยปรกติจุดอ้างอิงดังกล่าวคือจุด Origin หรือที่ X=0,Y=0 และ Z=0 หรือ (X,Y,Z) = (0,0,0) โค้ดหรือคำสั่งที่ใช้ในการกำหนดพิกัดแบบสัมบูรณ์คือ G90

3.2 การกำหนดพิกัดแบบสัมพัทธ์

การกำหนดพิกัดแบบสัมพัทธ์ (Incremental) หรือ ในการเคลื่อนที่ไปยังจุดใดๆ ในตำแหน่งปัจจุบัน ไปยังจุดถัดไป โดยอ้างอิงจากตำแหน่งปัจจุบัน หรือเป็นระยะห่างระหว่าง 2 จุด โดยมีเครื่องหมาย + และเครื่องหมาย – ระบุทิศทางการเครื่องที่ตามแนวแกนนั้นๆ โดยอ้างอิงจาก

ตำแหน่งปัจจุบันหรือจุดเริ่มต้นของเส้นนั้นๆ โค้ดหรือคำสั่งที่ใช้ในการกำหนดพิกัดแบบสัมพัทธ์คือ G91

4. จีโค้ด

จีโค้ด (G Code) เป็นชุดคำสั่งประเภทหนึ่งในการเขียนโปรแกรมติดต่อกับเครื่องจักรให้เครื่องจักรเคลื่อนที่ไปตามคำสั่ง ในรูปแบบการเคลื่อนที่แบบรูปเลขาคณิต เช่น เส้นตรง เส้นโค้งวงกลม หรือ เคลื่อนที่แบบวัฏจักร และเป็นโค้ดคำสั่งกำหนดค่าต่างๆให้กับเครื่องจักร ได้แก่การกำหนดระนาบการทำงาน กำหนดหน่วยวัด กำหนดประเภทการกำหนดพิกัด

ตารางที่ ง.1 G code

G code	
รหัส	คำสั่ง
G00	การเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงอย่างรวดเร็ว แบบไม่กินงาน ด้วยความเร็วสูงสุด
G01	การเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงกินงาน ด้วยความเร็วที่กำหนด
G02	การเคลื่อนที่เป็นวงกลมหรือเส้นโค้งทิศทางตามเข็มนาฬิกา
G03	การเคลื่อนที่เป็นวงกลมหรือเส้นโค้งทิศทางทวนเข็มนาฬิกา
G04	การหยุดการเคลื่อนที่ในระยะเวลาที่กำหนด
G17	การเลือกระนาบ XY
G18	การเลือกระนาบ XZ
G19	การเลือกระนาบ ZY
G28	การเลื่อนกลับไปยังจุดอ้างอิง
G40	ยกเลิกการชดเชยขนาดรัศมีของเครื่องมือตัด
G41	การชดเชยขนาดรัศมีของเครื่องมือตัดทางด้านซ้าย
G42	การชดเชยขนาดรัศมีของเครื่องมือตัดทางด้านขวา
G43	การชดเชยขนาดความยาวของเครื่องมือตัดค่าบวก
G44	การชดเชยขนาดความยาวของเครื่องมือตัดค่าลบ
G49	ยกเลิกการชดเชยขนาดความยาวของเครื่องมือตัด
G54	ปรับตั้งโคออร์ดิเนตของชิ้นงาน
G70	ป้อนข้อมูลที่มีหน่วยเป็นนิ้ว
G71	ป้อนข้อมูลที่มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

G80	ยกเลิกการทำไซเกิล
G81	เจาะไซเกิล
G83	เจาะไซเกิลรูลึก
G84	การต๊าปเกลียวแบบไซเกิล
G85	การคว้านรู้
G90	การให้ตำแหน่งในแบบสัมบูรณ์
G91	การให้ตำแหน่งในแบบอินครีเมนทอล
G99	การเลื่อนกลับไปยังจุดอ้างอิง

5. เอ็มโค้ด

เอ็มโค้ด (M Code) เป็นชุดคำสั่งประเภทหนึ่งในการเขียนโปรแกรม ติดต่อกับเครื่องจักร เอ็มโค้ดเป็นรหัสในการติดต่อสั่งงานเครื่องจักรโดยตรง เช่น สั่งให้ทูลหมุน , สั่งให้ เปิดหรือปิดน้ำหล่อเย็น , สั่งให้จบการทำงาน เป็นต้น เอ็มโค้ดเป็น คำสั่งอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมกลไกลการทำงานของเครื่องจักร ไม่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของทูล

ตารางที่ ง.2 M code

M code	
รหัส	คำสั่ง
M00	หยุดโปรแกรม
M01	หยุดโปรแกรมแบบมีเงื่อนไข
M02	จบโปรแกรม
M03	หัวจับหมุนตามเข็มนาฬิกา
M04	หัวจับหมุนทวนเข็มนาฬิกา
M05	หัวจับหยุด
M06	เปลี่ยนเครื่องมือ
M07	เปิดน้ำหล่อเย็น (เปิดมาก)
M08	เปิดน้ำหล่อเย็น (เปิดน้อย)
M09	ปิดน้ำหล่อเย็น
M10	การล็อคโดยอัตโนมัติ

M11	การคลายล็อคโดยอัตโนมัติ
M30	สิ้นสุดโปรแกรม
M98	เรียกโปรแกรมย่อย
M99	จบโปรแกรมย่อยและกลับไปยังโปรแกรมหลัก

6. โค้ดอื่นๆ

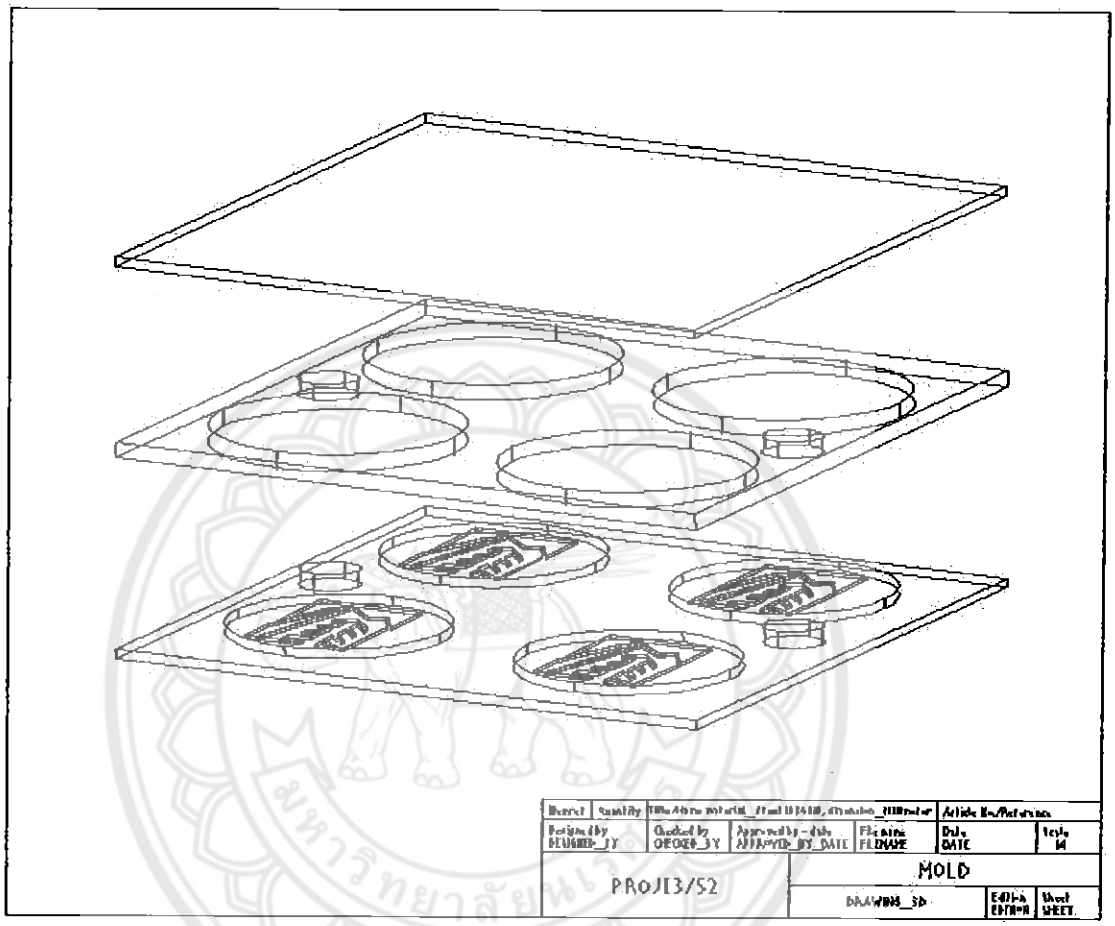
โค้ดอื่นๆ เป็นโค้ด หรือตัวอักษร ที่ช่วยในการเขียนเอ็นซีโปรแกรมโปแกรมติดต่อกับเครื่องจักร นอกเหนือจากจีโค้ด (G Code) และเอ็มโค้ด (M Code) ประกอบด้วย

ตารางที่ ง.3 โค้ดอื่นๆ

โค้ดอื่นๆ	
รหัส	คำสั่ง
A	การหมุนรอบแนวแกน X
B	การหมุนรอบแนวแกน Y
C	การหมุนรอบแนวแกน Z
D	(1) การหมุนรอบแนวแกนพิเศษ (2) อัตราป้อนที่สาม
E	(1) หมุนรอบแกนพิเศษ (2) อัตราป้อนที่สอง
F	อัตราป้อน
G	การจัดเตรียมการทำงาน
H	ไม่ระบุ
I	(1) ขนาดรอบแนวแกน X ของจุดศูนย์กลางวงกลม (2) ระยะพิทของเกลียวที่ขนานแนวแกน X
J	(1) ขนาดรอบแนวแกน Y ของจุดศูนย์กลางวงกลม (2) ระยะพิทของเกลียวที่ขนานแนวแกน Y
K	(1) ขนาดรอบแนวแกน Z ของจุดศูนย์กลางวงกลม (2) ระยะพิทของเกลียวที่ขนานแนวแกน Z
L	ไม่กำหนด
M	คำสั่งช่วยการทำงาน
N	หมายเลขบรรทัดในโปรแกรม
O	ไม่กำหนด

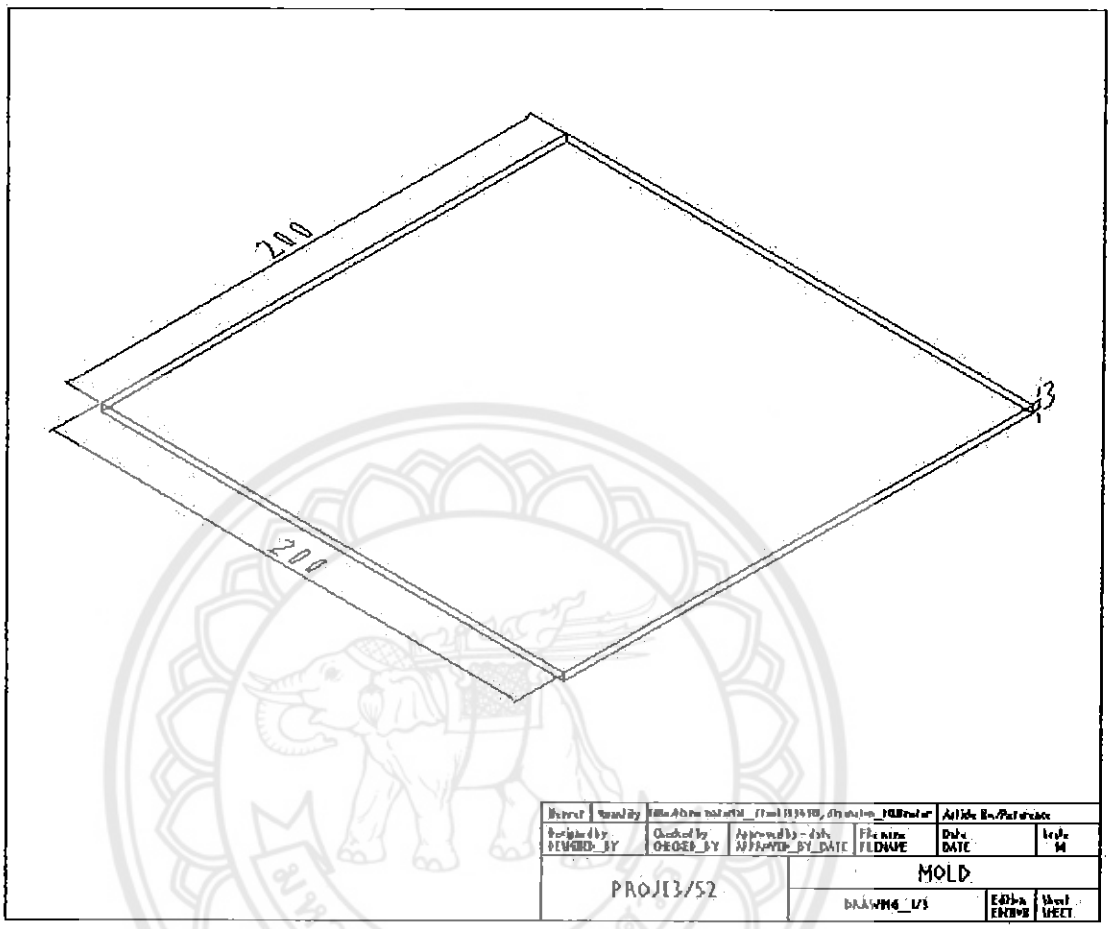
ภาคผนวก จ

ภาพฉาย 3 มิติ



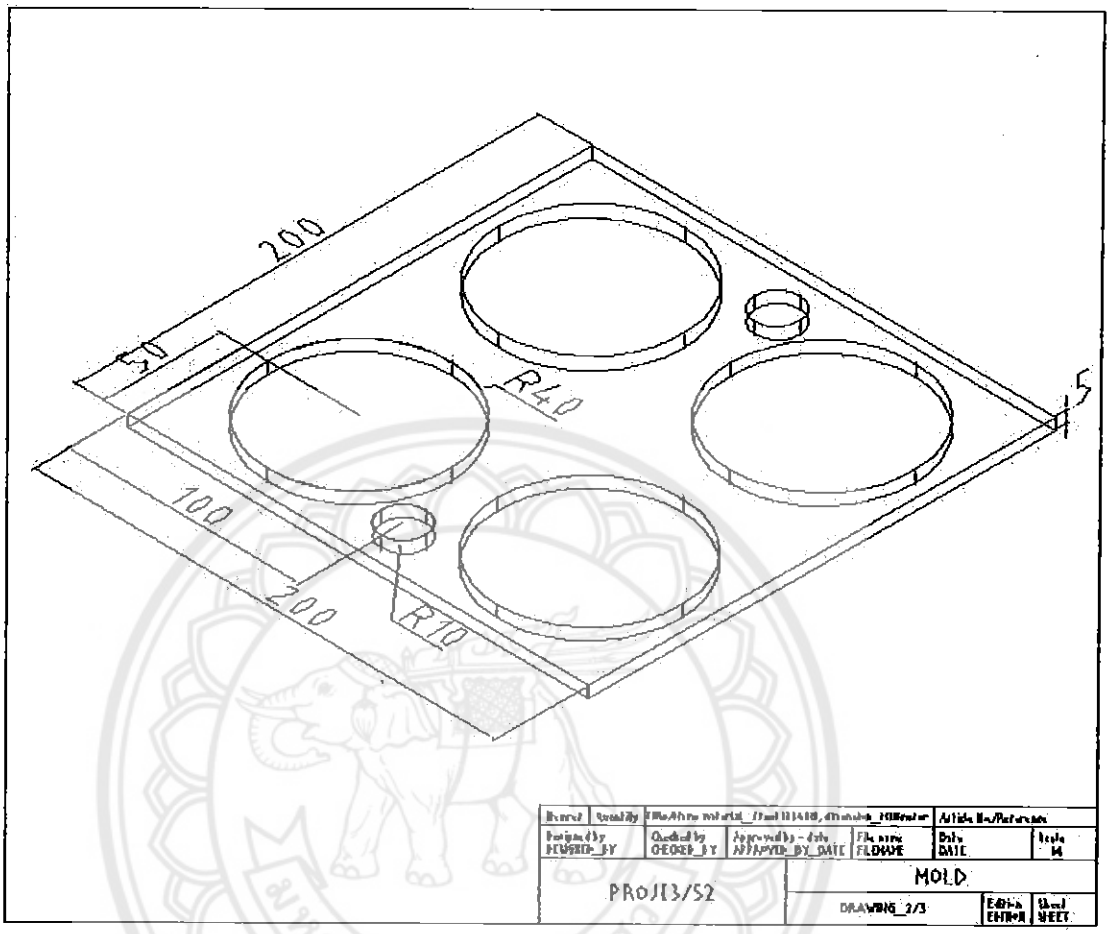
รูปที่ จ.1 ภาพฉาย 3 มิติ

ชิ้นบน



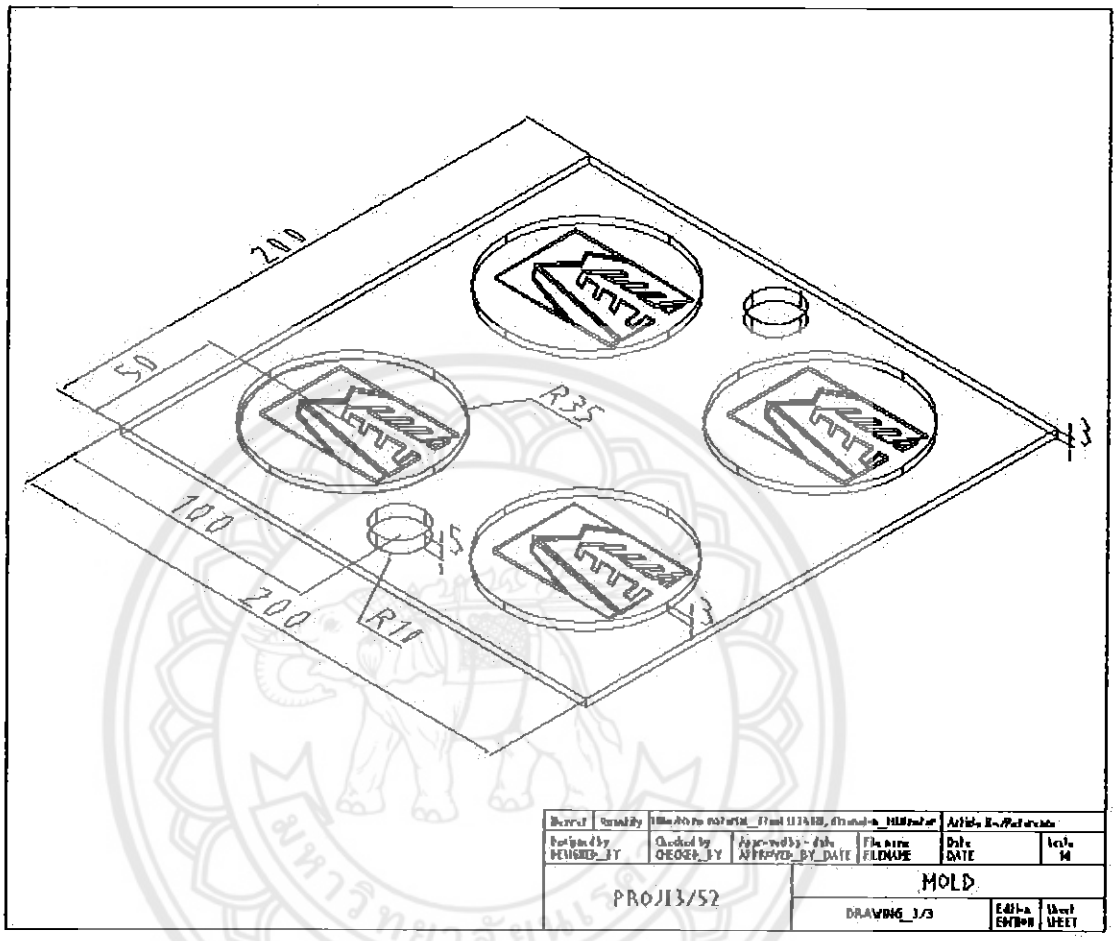
รูปที่ จ.2 แม่พิมพ์ชิ้นบน

ชิ้นกลาง



รูปที่ จ.3 แม่พิมพ์ชิ้นกลาง

ฐานล่าง



รูปที่ จ.4 แม่พิมพ์ฐานล่าง