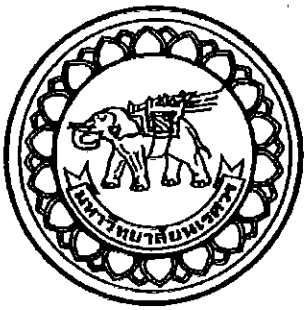


การจัดทำคู่มือการใช้งานเบื้องต้นและการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM สำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีแบบแนวตั้งรุ่น HAAS VF 1

THE PREPARATION USER AND CHOOSE CAD/CAM PROGRAM OF THE MANUAL FOR VERTICAL MILLING CNC MACHINE

นางสาวพัชวรรณ อินทรสุข รหัส 51380507

นางสาวพัณณิกา จันตา รหัส 51381894

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 27 ม.ค. 57
เลขทะเบียน 1654843X
เลขเรียกหนังสือ ฝร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร W 524 ก 2554

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2554

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การจัดทำคู่มือการใช้งานเบื้องต้นและการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM สำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีแบบแนวตั้งรุ่น HAAS VF 1
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวพัชวรรณ อินทรสุข รหัส 51380507
	นางสาวพัณณิกา จันตา รหัส 51381894
ที่ปรึกษาโครงงาน	รศ.ดร. กวิน สนธิเพิ่มพูน
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2554

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(รศ.ดร. กวิน สนธิเพิ่มพูน)

.....กรรมการ
(ดร. พิสุทธิ์ อภิชยกุล)

.....กรรมการ
(อาจารย์เสาวลักษณ์ ตองกลิ่น)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การจัดทำคู่มือการใช้งานเบื้องต้นและการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM สำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีแบบแนวตั้งรุ่น HAAS VF 1
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวพัชวรรณ อินทรสุข รหัส 51380507
	นางสาวพัณณิกา จันตา รหัส 51381894
ที่ปรึกษาโครงงาน	รศ.ดร. กวิน สนธิเพิ่มพูน
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2554

บทคัดย่อ

โครงงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์คือ การจัดทำคู่มือการใช้งานเบื้องต้นและการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM สำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF 1 แบบ 5 แนวแกนเพื่อให้ผู้ที่ต้องการใช้งานและผู้ที่สนใจสามารถใช้งานเครื่องเบื้องต้นได้ โดยในคู่มือการใช้งานจะประกอบไปด้วยลักษณะของเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF 1 การเคลื่อนที่ของแนวแกน ลักษณะการใช้งานของสวิตช์ต่างๆ บนแผงควบคุม วิธีการใช้งาน การบำรุงรักษาและขั้นตอนการใช้งานเครื่องกัด CNC เบื้องต้น โดยผู้ที่สนใจหรือผู้ที่ต้องการจะใช้เครื่องสามารถที่จะใช้คู่มือนี้ประกอบในการใช้งานจริงได้ ในส่วนคู่มือการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM ได้ทำการเปรียบเทียบทั้งหมด 5 โปรแกรม คือ 1. ArtCAM Pro9 2. Solidwork2008 3. AutoCAD Mechanical2009 4. Unigrapjic NX7.5 5. Pro/Engineer 2000i^2โดยจะทำการเปรียบเทียบรายละเอียดทางด้านคอมพิวเตอร์และลักษณะการใช้งานของแต่ละโปรแกรม ซึ่งแต่ละโปรแกรมก็จะมีข้อแตกต่างกันออกไป แล้วแต่ลักษณะการใช้งานว่าต้องการใช้กับงานแบบไหน

ผลจากการศึกษาและรวบรวมข้อมูล ในการจัดทำคู่มือการใช้งานเบื้องต้นและการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM สำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF 1 แบบ 5 แนวแกน โดยผู้วิจัยได้จัดทำแบบประเมินระดับความพึงพอใจต่อการใช้คู่มือการใช้งานเบื้องต้นและการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM สำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF 1 แบบ 5 แนวแกนซึ่งแบ่งกลุ่มผู้ประเมินออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ นิสิตภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ และผู้ที่สนใจอื่นๆ โดยมีผลการประเมินความพึงพอใจเฉลี่ยในคู่มือเท่ากับร้อยละ 76.33

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำขอแสดงความขอบคุณ หน่วยงานและสถาบันที่มีส่วนสำคัญที่ทำให้การจัดโครงงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ทำให้คณะผู้วิจัยได้มีโอกาสในการทำโครงงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณท่านอาจารย์ รศ.ดร.กวิน สนธิเพิ่มพูน ที่ได้ให้แนวความคิด คำอธิบาย แนะนำแนวทางในการวิจัยและการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำวิจัยนี้

ขอขอบคุณครูช่างรณกฤต แสงผ่อง ที่ได้ให้คำแนะนำ อธิบายในการใช้เครื่องกัด CNC

ท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา ที่ให้กำลังใจและสนับสนุนในทุกๆ ด้านแก่ผู้วิจัยเสมอมา

ผู้ดำเนินโครงงาน

นางสาวพัชวรรณ อินทรสุข

นางสาวพัณณิกา จันตา

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก
บทคัดย่อ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ฉ
สารบัญรูป ..... ช

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output) 1
1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome) 1
1.5 ขอบเขต 1
1.6 สถานที่ดำเนินการวิจัย 2
1.7 ระยะเวลาในดำเนินการวิจัย 2
1.8 ตารางขั้นตอน และแผนการดำเนินการ (Gantt Chart) 2

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 3
2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเครื่องจักรกล CNC 3
2.2 ระบบควบคุมเครื่องจักรกลด้วยตัวเลข 3
2.3 การเขียนโปรแกรมเอ็นซีสำหรับงานกัด 4
2.4 ทฤษฎีทางคณิตศาสตร์สำหรับซีเอ็นซี (Mathematic Theory For CNC) 11
2.5 แนวแกนของเครื่องจักร 12
2.6 หลักเบื้องต้นเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมซีเอ็นซีด้วย CAD/CAM 20

บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย 23
3.1 ศึกษาการทำงานของเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF 1 และโปรแกรม CAD/CAM 23
3.2 ทดลองกัดชิ้นงานตัวอย่าง 23
3.3 จัดทำคู่มือการใช้งานเบื้องต้นและการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM 23

สารบัญ(ต่อ)

3.4 จัดทำแบบสอบถาม....23
3.5 วิเคราะห์และสรุปผล....23
3.6 จัดทำรูปเล่มรายงาน....23

บทที่ 4 ผลการดำเนินการวิจัย....24
4.1 ศึกษาการทำงานของเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF 1 และโปรแกรม CAD/CAM....24
4.2 ทดลองกัดชิ้นงานตัวอย่าง....24
4.3 จัดทำคู่มือการใช้งานเบื้องต้นและการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM....32
4.4 จัดทำแบบสอบถาม....35

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ....39
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน....39
5.2 ข้อเสนอแนะ....39
5.3 ปัญหาที่พบในการดำเนินงาน....39

เอกสารอ้างอิง....40
ภาคผนวก ก....41
ภาคผนวก ข....85
ประวัติผู้ดำเนินโครงการ....87

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน (Gantt Chart).....2
4.1 ตัวอย่างของรหัสคำสั่ง G ในโปรแกรมเอ็นซี.....25
4.2 ตัวอย่างของรหัสคำสั่ง M ในโปรแกรมเอ็นซี.....26
4.3 ตารางเปรียบเทียบโปรแกรม CAD/CAM.....33
4.4 ตารางแสดงระดับความพึงพอใจของอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ.....36
4.5 ตารางแสดงระดับความพึงพอใจของนิสิตภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ.....37
4.6 ตารางแสดงระดับความพึงพอใจของผู้ที่สนใจ.....38

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 หน้าที่การทำงานของเครื่องจักรกล....4

2.2 การกำหนดทิศทางของการเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้งบนระนาบต่างๆ....6

2.3 การกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้งของเครื่องกัดเพลาตั้ง....6

2.4 การกำหนดค่า IJK ของส่วนโค้งบนระนาบต่างๆ....8

2.5 ทิศทางการหมุนของเครื่องมือกัด....10

2.6 การกำหนดแนวแกนของเครื่องจักร....12

2.7 แสดงการกำหนดแนวแกนแรก 3 แนวแกนโดยใช้กฎมือขวา....13

2.8 การกำหนดแนวแกนของเครื่องกลึงซีเอ็นซี....14

2.9 การกำหนดแนวแกนของเครื่องกัดเพลาตั้ง....14

2.10 การกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ของเครื่องกัดเพลานอน....15

2.11 ความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนที่ของโต๊ะงานและเครื่องมือตัด....15

2.12 การกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่หมุนรอบแนวแกน....16

2.13 เครื่องแมชีนนิ่งเซนเตอร์ชนิด 4 แกน....16

2.14 การกำหนดแนวแกนที่ 2 และทิศทางการเคลื่อนที่ของแนวแกน....17

2.15 เครื่องกลึงซีเอ็นซีที่มีป้อมมีด 2 ชุด....18

2.16 เครื่องกัดซีเอ็นซีที่กำหนดแนวแกนที่ 2 (U,W)....18

2.17 เครื่องกัดชนิด 2 หัวกัด....19

2.18 เครื่องกลึงซีเอ็นซีแนวตั้งแบบ 6 แกน....20

4.1 แบบการกัดงานโดยใช้คำสั่ง G00 G01 G02 G03....27

4.2 แบบการกัด Profile Pocket Milling....27

4.3 แบบการกัด Circular Pocket....28

4.4 แสดงการเตรียมชิ้นงานโดยการตัดตามขนาด....30

4.5 แสดงการกัดตาม NC Code ที่ได้ป้อนเข้าไป....30

4.6 ชิ้นงานที่ได้จากการกัดโดยใช้คำสั่ง G00 G01 G02 G03....31

4.7 ชิ้นงานที่ได้จากการกัดแบบ Profile Pocket Milling....31

4.8 ชิ้นงานที่ได้จากการกัดแบบ Circular Pocket....32

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ปัจจุบันวงการอุตสาหกรรมต่างๆ ได้มีการพัฒนาและขยายตัวอย่างรวดเร็ว มีการนำเข้าเครื่องจักรกลและอุปกรณ์ที่ทันสมัยจากต่างประเทศ เพื่อช่วยเพิ่มการผลิตให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นมามีทั้งจำหน่ายภายในและส่งออกต่างประเทศ ทำให้ผลิตภัณฑ์ต้องได้ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ จึงได้มีการพัฒนาขีดความสามารถโดยได้มีการใช้ CAD (Computer Aided Design) และ CAM (Computer Aided Manufacturing) กับอุตสาหกรรมการผลิต เพื่อผลิตสินค้าให้ได้คุณภาพ รวดเร็วทันตามเวลา ต้นทุนการผลิตต่ำ และเพื่อสามารถแข่งขันกับผู้อื่นได้ ด้วยความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีการพัฒนากระบวนการผลิตแบบอัตโนมัติ มีความก้าวหน้าอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะกระบวนการผลิตที่ต้องการความละเอียด ความถูกต้องและความเที่ยงตรงของชิ้นงาน

จากที่ได้กล่าวมา CAD/CAM จึงมีความสำคัญมากในอุตสาหกรรมการผลิตปัจจุบัน จึงได้เห็นความสำคัญ และต้องการจัดทำคู่มือในการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM ที่เหมาะสมสำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF 1 แบบ 5 แนวแกน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อจัดทำคู่มือการใช้งานเบื้องต้นและการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM ที่เหมาะสมสำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF 1 แบบ 5 แนวแกน

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)

1.3.1 คู่มือการใช้งานเบื้องต้นสำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF 1 แบบ 5 แนวแกน

1.3.2 คู่มือในการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM ที่เหมาะสมสำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF 1 แบบ 5 แนวแกน

1.3.3 ชิ้นงานตัวอย่างจากการกัดด้วยเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF 1 แบบ 5 แนวแกน

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)

1.4.1 คู่มือการใช้งานเบื้องต้นและการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM ที่เหมาะสมสำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF 1 แบบ 5 แนวแกนสามารถใช้งานได้จริง

1.4.2 ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

1.5 ขอบเขต

ใช้เครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF 1 แบบ 5 แนวแกนในการศึกษาเพื่อจัดทำคู่มือ

1.6 สถานที่ดำเนินการวิจัย

1.6.1 อาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก

1.6.2 ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก

1.7 ระยะเวลาในดำเนินการวิจัย

ระยะการดำเนินการเป็นเวลา 9 เดือน ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม ถึง มีนาคม 2555

1.8 ตารางขั้นตอน และแผนการดำเนินการ (Gantt Chart)

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอน และแผนการดำเนินการ (Gantt Chart)

การดำเนินโครงการ	ช่วงเวลา								
	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค
1.8.1 ศึกษาการใช้งานของเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF 1 แบบ 5 แนวแกนและโปรแกรม CAD/CAM	←	—	→						
1.8.2 ทดลองกัดชิ้นงานตัวอย่าง				←	—	→			
1.8.3 จัดทำคู่มือการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM สำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF 1 แบบ 5 แนวแกน						←	—	→	
1.8.4 จัดทำแบบสอบถาม							←	—	→
1.8.5 สรุปและวิเคราะห์ผล									← — →
1.8.6 จัดทำรูปเล่มรายงาน									← — →

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเครื่องจักรกล CNC

2.1.1 ความหมายของเอ็นซี (NC)

เอ็นซี (NC) หมายถึง การควบคุมเครื่องจักรกลด้วยระบบตัวเลขและตัวอักษร ซึ่งคำจำกัดความนี้ได้มาจากประเทศสหรัฐอเมริกา กล่าวคือ การเคลื่อนที่ต่างๆ ตลอดจนการทำงานอื่นๆ ของเครื่องจักรกลจะถูกควบคุมโดยรหัสคำสั่งที่ประกอบด้วยตัวเลข ตัวอักษรและสัญลักษณ์อื่นๆ ซึ่งจะถูกแปลงเป็นเคลื่อนสัญญาณ (Pulse) ของกระแสไฟฟ้าหรือสัญญาณออกอื่นๆ ที่จะไปกระตุ้นมอเตอร์หรืออุปกรณ์อื่นๆ เพื่อทำให้เครื่องจักรกลทำงานตามขั้นตอนที่ต้องการ

2.1.2 ความหมายของซีเอ็นซี (CNC)

เครื่องจักรกลเอ็นซีในปัจจุบันส่วนมากจะหมายถึง เครื่องจักรกลซีเอ็นซี ซึ่งจะมีคอมพิวเตอร์ที่สามารถเข้าใจตัวเลขและตัวอักษรหรือโปรแกรมที่ป้อน และขณะเดียวกันจะใช้คอมพิวเตอร์สำหรับการควบคุมเครื่องจักรจากคำสั่ง หรือโค้ดในโปรแกรมที่ป้อนเข้าไปโดยโปรแกรมดังกล่าวสามารถป้อนเข้าคอมพิวเตอร์โดยใช้

2.1.2.1 คีย์บอร์ด (Keyboard) หรือแป้นพิมพ์

2.1.2.2 สื่อบันทึกความจำ เช่น แผ่นดิสก์ แถบเทปแม่เหล็ก และแถบเทปกระดาษ

2.1.2.3 ระบบสื่อสารเชื่อมโยงข้อมูล เช่น สายส่งสัญญาณ RS 232

2.2 ระบบควบคุมเครื่องจักรกลด้วยตัวเลข

เครื่องจักรกลซีเอ็นซีประกอบด้วยองค์ประกอบใหญ่ๆ 2 ส่วนคือ

ก. เครื่องจักรกล ทำหน้าที่ตัดเฉือนชิ้นงานตามขั้นตอนการทำงานที่กำหนดไว้

ข. ระบบซีเอ็นซี ทำหน้าที่ควบคุมขั้นตอนการตัดเฉือนทั้งหมด

ขั้นตอนที่ใช้ในการตัดเฉือนชิ้นงาน

ช่างควบคุมเครื่องจะป้อนโปรแกรมเข้าไปในระบบแล้วระบบจะนำโปรแกรมป้อนไปยังระบบควบคุมเครื่องจักรกล ซึ่งเป็นรูปแบบของโปรแกรมซีเอ็นซี จากนั้นเริ่มทดลองโปรแกรมสังเกตการตัดเฉือนในแต่ละขั้นถ้ามีข้อผิดพลาดช่างควบคุมเครื่องต้องทำการแก้ไขปรับปรุงโปรแกรมให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ช่างควบคุมเครื่องจึงต้องมีความรู้ทั้งระบบ

2.2.1 การควบคุมหน้าที่การทำงานของเครื่องจักรกล (Control Of Machine Function)

ระบบซีเอ็นซีมีหน้าที่หลักคือควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือ และยังทำหน้าที่

ควบคุมการทำงานอื่นๆได้ อีกทั้งช่วยเสริมการทำงานตัดเฉือนให้เหมาะสมกับการทำงาน

ตัวอย่างการทำงานต่างๆ ที่ต้องใช้โปรแกรมในการทำงานดังรูปที่ 2.1 ดังนี้

2.2.1.1 การเริ่มหมุนของเพลางาน ทิศทางการหมุนและการเปลี่ยนความเร็วรอบ

2.2.1.2 การกำหนดตำแหน่งเพลางาน

2.2.1.3 การเปิดสารหล่อเย็น

2.2.1.4 การรักษาอัตราป้อนคงที่

2.2.1.5 การเปลี่ยนตำแหน่งของเครื่องมือ

2.2.1.6 การรักษาความเร็วตัดให้คงที่

2.2.1.7 ชุดยันศูนย์ท้ายแท่น (Tail-stock)

2.2.1.8 อุปกรณ์ใส่และถอดชิ้นงาน (Load And Unloader)

2.2.1.9 แท่นประคองศูนย์ (Steady Rest)

2.2.1.10 อุปกรณ์ลำเลียงเศษ (Chip Conveyor)

2.2.1.11 Sorter

รูปที่ 2.1 หน้าที่การทำงานของเครื่องจักรกล

ที่มา : อำนาจ ทองแสน, ทฤษฎีและการเขียนโปรแกรม CNC สำหรับการควบคุมเครื่องจักรกลด้วยคอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2544:17.

2.3 การเขียนโปรแกรมเอ็นซีสำหรับงานกัด

2.3.1 คำสั่งเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัด

คำสั่งเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดที่นำมาใช้ในการเขียนโปรแกรมเอ็นซีมากที่สุด มี 3 คำสั่งด้วยกันคือ

2.3.1.1 คำสั่งเคลื่อนที่เร็ว (Rapid Traversr : G00)

คำสั่งที่ใช้ในการกำหนดให้เครื่องมือตัดเคลื่อนที่เร็วไปยังตำแหน่งที่ต้องการใน

โปรแกรมเอ็นซีคือคำสั่ง G00 โดยในการใช้คำสั่ง G00 นี้ เราจะต้องกำหนดโคออร์ดิเนตของตำแหน่งเป้าหมายที่ต้องการให้เครื่องมือตัดนั้นเคลื่อนที่ไป การกำหนดรูปแบบของคำสั่งเคลื่อนที่เร็วในโปรแกรมเอ็นซีจะเป็นดังนี้คือ

$$G00\ X_x\ Y_y\ Z_z \qquad (2.1)$$

โดยที่ x, y และ z คือค่าโคออร์ดิเนตของตำแหน่งเป้าหมายที่วัดตามแนวแกน X, Y และ Z

2.3.1.2 คำสั่งเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง (Linear Interpolation : G01)

คำสั่ง G01 นี้จะเป็นคำสั่งที่ใช้ในการกำหนดให้เครื่องมือตัดเคลื่อนที่จากตำแหน่งปัจจุบันไปยังตำแหน่งเป้าหมาย โดยที่เครื่องมือตัดนั้นจะเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงตามอัตราป้อนที่เรากำหนด ซึ่งการกำหนดรูปแบบของคำสั่งในโปรแกรมเอ็นซีจะเป็นดังนี้

$$G01\ X_x\ Y_y\ Z_z\ F_f \qquad (2.2)$$

เมื่อ x, y และ z คือค่าโคออร์ดิเนตของตำแหน่งเป้าหมายที่วัดตามแนวแกน X, Y และ Z และ f คือค่าของอัตราป้อน

2.3.1.3 คำสั่งเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้ง (Circular Interpolation : G02, G03)

การเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดในแนวเส้นโค้งในโปรแกรมเอ็นซีแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้งทิศทางตามเข็มนาฬิกา (G02) และการเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้งทิศทางทวนเข็มนาฬิกา (G03) ซึ่งการเขียนโปรแกรมให้เครื่องมือตัดเคลื่อนที่ในลักษณะนี้นั้น เราจำเป็นจะต้องอาศัย

ก. ข้อมูลที่สำคัญ 5 ประการดังนี้คือ

ก.1 ระนาบ (Plane) ของการกัด

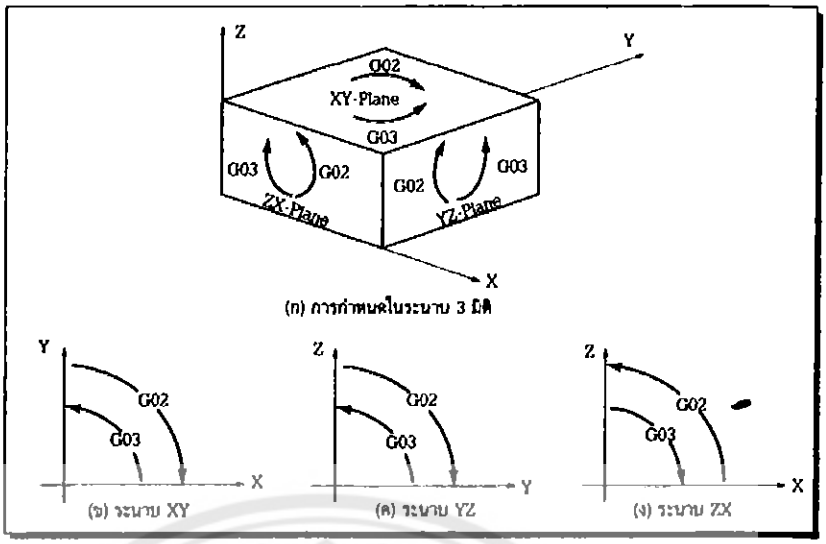
ก.2 โคออร์ดิเนตของจุดเริ่มต้น

ก.3 ทิศทางการหมุนของเครื่องมือตัด

ก.4 โคออร์ดิเนตของจุดปลาย

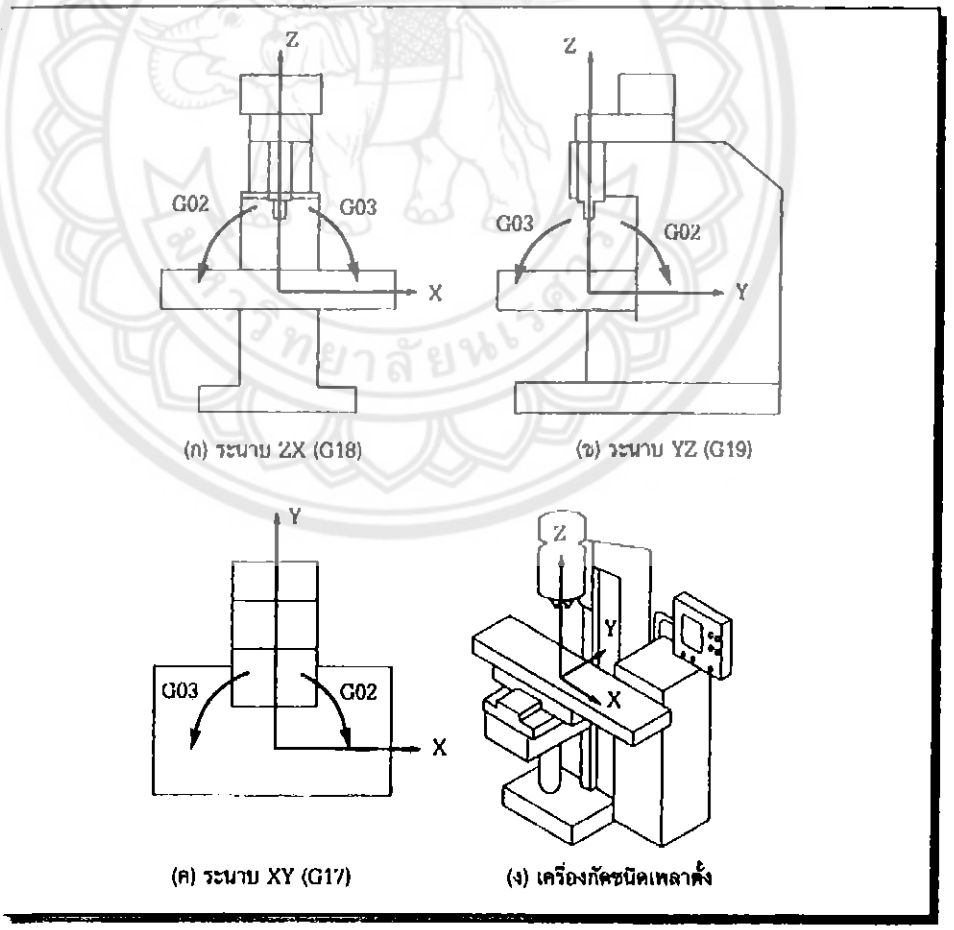
ก.5 โคออร์ดิเนตของจุดศูนย์กลางส่วนโค้งหรือรัศมีของส่วนโค้ง

สำหรับการกำหนดทิศทางของการเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้งนี้ ในการพิจารณาว่าเครื่องมือตัดมีทิศทางการเคลื่อนที่ตามหรือทวนเข็มนาฬิกานั้นจะขึ้นอยู่กับแนวแกนที่ 3 บนระนาบของการกัด ซึ่งเป็นไปตามระบบของกฎมือขวา ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การกำหนดทิศทางของการเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้งบนระนาบต่างๆ

ที่มา : อำนาจ ทองแสน, ทฤษฎีและการเขียนโปรแกรม CNC สำหรับการควบคุมเครื่องจักรกลด้วยคอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2544:23.



รูปที่ 2.3 การกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้งของเครื่องกัดเพลาตั้ง

ที่มา : อำนาจ ทองแสน, ทฤษฎีและการเขียนโปรแกรม CNC สำหรับการควบคุมเครื่องจักรกลด้วยคอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2544:24.

ในการป้อนข้อมูลของตำแหน่งจุดศูนย์กลางนั้น เราสามารถทำได้ 2 วิธีคือ แบบกำหนดระยะทางจากตำแหน่งเริ่มต้นถึงตำแหน่งจุดศูนย์กลางแนวแกน (วิธี IJK) และ

ข. การกำหนดรัศมีของส่วนโค้ง (วิธี R) โดยแต่ละวิธีนั้นมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ข.1 การกำหนดจุดศูนย์กลางของส่วนโค้งด้วยวิธี IJK (IJK Method) การกำหนดจุดศูนย์กลางของส่วนโค้ง วิธี IJK นี้จะเป็นการกำหนดระยะทางจากตำแหน่งเริ่มต้นไปยังจุดศูนย์กลางของส่วนโค้งตามแนวแกน X, Y และ Z

I หมายถึงระยะทางจากตำแหน่งเริ่มต้นของส่วนโค้งถึงจุดศูนย์กลางของส่วนโค้งที่วัดระยะทางตามแนวแกน X

J หมายถึงระยะทางจากตำแหน่งเริ่มต้นของส่วนโค้งถึงจุดศูนย์กลางของส่วนโค้งที่วัดระยะทางตามแนวแกน Y

K หมายถึงระยะทางจากตำแหน่งเริ่มต้นของส่วนโค้งถึงจุดศูนย์กลางของส่วนโค้งที่วัดระยะทางตามแนวแกน Z

ในรูปที่ 2.4 แสดงถึงวิธีการกำหนดค่า IJK ของส่วนโค้งบนระนาบต่างๆ

การคำนวณหาค่า I, J และ K นั้นเราสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$I = X_c - X_s \quad (2.3)$$

$$J = Y_c - Y_s \quad (2.4)$$

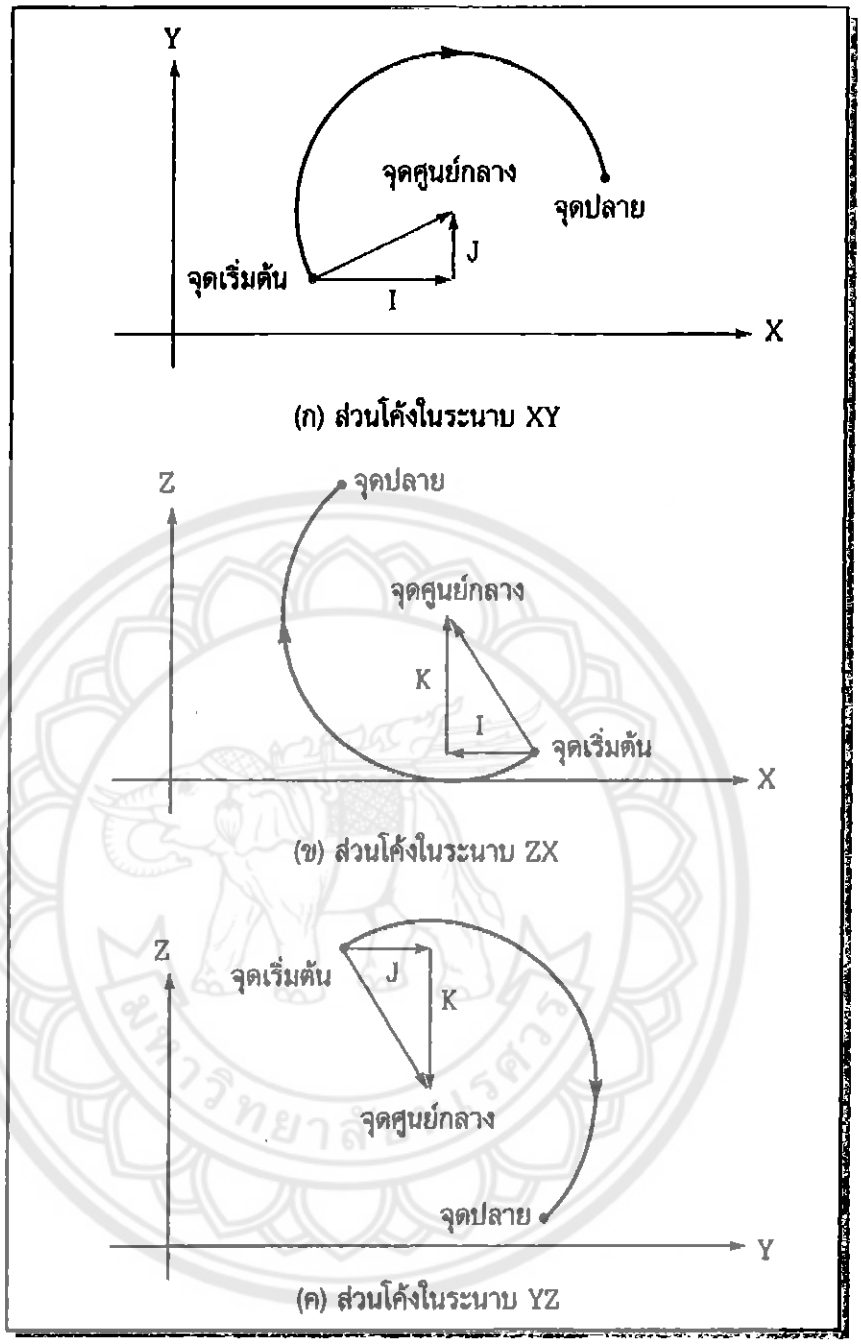
$$K = Z_c - Z_s \quad (2.5)$$

เมื่อ X_c, Y_c และ Z_c คือค่าโคออร์ดิเนตของจุดศูนย์กลางของส่วนโค้ง

เมื่อ X_s, Y_s และ Z_s คือค่าโคออร์ดิเนตของตำแหน่งเริ่มต้นของส่วนโค้ง

ข.2 การเขียนโปรแกรมการเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้งด้วยวิธีกำหนดรัศมีส่วนโค้ง (radius method) ในการเขียนโปรแกรมเอ็นซีสำหรับการเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้งด้วยวิธีการกำหนดรัศมีของส่วนโค้งนั้น เราจำเป็นจะต้องป้อนค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญ 2 ค่าคือ ค่าโคออร์ดิเนตของตำแหน่งจุดปลาย

$$G02 \text{ (หรือ } G03) \; X_n \; Y_y \; R_r \; F_f \qquad \text{ระนาบ XY} \quad (2.6)$$



รูปที่ 2.4 การกำหนดค่า *IJK* ของส่วนโค้งบนระนาบต่างๆ

ที่มา : อำนาจ ทองแสน, ทฤษฎีและการเขียนโปรแกรม CNC สำหรับการควบคุมเครื่องจักรกลด้วยคอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2544:26.

2.3.2 ระบบของการกำหนดตำแหน่งในโปรแกรมเอ็นซี

ระบบของการกำหนดตำแหน่งหรือการให้ขนาดในการเขียนโปรแกรมเอ็นซีแบ่งออกเป็น 2 ระบบคือ

2.3.2.1 การกำหนดตำแหน่งแบบสัมบูรณ์ (Absolute Positioning) : G90

2.3.2.2 การกำหนดตำแหน่งแบบต่อเนื่อง (Absolute Positioning) : G91

ข้อแตกต่างของการกำหนดตำแหน่งทั้งสองระบบนี้คือการกำหนดตำแหน่งแบบสัมบูรณ์นี้ การเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดไปยังตำแหน่งที่ต้องการนั้นจะวัดระยะโดยอ้างอิงจุดศูนย์ของชิ้นงาน ส่วนการกำหนดตำแหน่งแบบต่อเนื่อง การเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดไปยังตำแหน่งที่ต้องการจะวัดค่าต่อเนื่องจากตำแหน่งปัจจุบันของเครื่องมือตัด

สำหรับรูปแบบของการกำหนดระบบของตำแหน่งในโปรแกรมเอ็นซีจะเป็นดังนี้คือ

$$G90 \text{ (หรือ } G91) \; G00 \text{ (หรือ } G01, G02, G03) \; X_n \; Y_y \; Z_z \qquad (2.7)$$

2.3.3 การเลือกหน่วยของการป้อนข้อมูลในโปรแกรมเอ็นซี

การป้อนข้อมูลในโปรแกรมเอ็นซี เราสามารถที่จะเลือกหน่วยของการป้อนได้ 2 ระบบคือ การป้อนหน่วยระบบนิ้ว (G70) และป้อนหน่วยระบบเมตริก (G71) หรือในคอนโทรล (Control) บางชนิดอาจจะใช้คำสั่ง G20 แทนการป้อนหน่วยระบบนิ้วและใช้คำสั่ง G21 แทนการป้อนหน่วยระบบเมตริก

ในการเลือกหน่วยของการป้อนนี้จะมีผลต่อการกำหนดเงื่อนไขของเครื่องจักรซีเอ็นซีดังต่อไปนี้คือ

2.3.3.1 อัตราป้อน

2.3.3.2 ขนาดของตำแหน่ง X, Y, Z, I, J และ K

2.3.3.3 การชดเชยขนาดและความยาวของเครื่องมือตัด

2.3.3.4 พารามิเตอร์ของการปรับตั้ง

2.3.4 การเขียนโปรแกรมการปรับตั้งจุดศูนย์แบบสัมบูรณ์

การกำหนดโคออร์ดิเนตในโปรแกรมเอ็นซีนั้น โดยทั่วไปแล้วเรามักจะทำก่อนทิศทางการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัด และในเครื่องจักรซีเอ็นซีเองก็จะมีการกำหนดจุดอ้างอิงของเครื่องมือตัดและโต๊ะงานไว้เช่นเดียวกัน ส่วนตำแหน่งจุดอ้างอิงของเครื่องจะเป็นตำแหน่งที่คงที่และจะทราบค่าแน่นอน

การปรับตั้งจุดศูนย์แบบสัมบูรณ์ด้วยคำสั่ง G92 นี้ โดยปกติแล้วเราใช้เพื่อเหตุผล 2 ประการคือ ใช้เพื่อปรับตั้งโปรแกรมหรือจุดเริ่มต้นของชิ้นงาน และใช้เพื่อชดเชยค่าความแตกต่างระหว่างจุดเริ่มต้นของโปรแกรมกับจุดเริ่มต้นของชิ้นงาน

2.3.5 การเลือกและการป้อนข้อมูลของอัตราการป้อน

การเลือกและการป้อนข้อมูลของอัตราป้อนในโปรแกรมเอ็นซีนั้นประกอบไปด้วยคำสั่งต่อไปนี้คือ

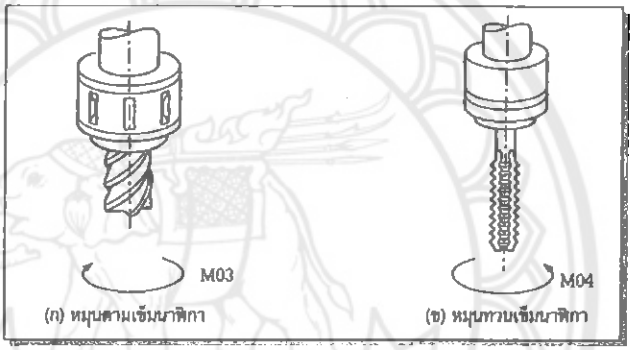
G94 หมายถึงอัตราป้อน/นาที

G95 หมายถึงอัตราป้อน/รอบ

โดยปกติแล้วคำสั่ง G94 และ G95 มักจะใช้ร่วมกับคำสั่งของการเลือกหน่วยของการป้อนข้อมูล คือคำสั่ง G70 และ G71

2.3.6 การเลือกและการควบคุมความเร็วรอบของเพลาจับเครื่องมือตัด

การเลือกความเร็วรอบของเพลาจับเครื่องมือตัดในโปรแกรมเอ็นซีจะใช้คำสั่ง S เช่น S3000 หมายความว่าความเร็วรอบของเพลาจับเครื่องมือตัดเท่ากับ 3000 รอบ/นาที เป็นต้นส่วนการควบคุมทิศทางการหมุนของเพลาจับเครื่องมือตัดนั้นจะใช้คำสั่งช่วยทำงานหรือคำสั่งเสริม คือคำสั่ง M03 (เพลาเครื่องมือตัดหมุนตามเข็มนาฬิกา) M04 (เพลาเครื่องมือตัดหมุนทวนเข็มนาฬิกา) และ M05 (เพลาเครื่องมือตัดหยุดหมุน) ในโปรแกรมเอ็นซีนั้น เรามักจะใช้คำสั่ง S และคำสั่ง M ร่วมกัน



รูปที่ 2.5 ทิศทางการหมุนของเครื่องมือกัด

ที่มา : อำนาจ ทองแสน, ทฤษฎีและการเขียนโปรแกรม CNC สำหรับการควบคุมเครื่องจักรกลด้วยคอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2544:56.

2.3.7 คำสั่งช่วยในการทำงาน

โปรแกรมเอ็นซีต้องการคำสั่งช่วยในการทำงานหรือคำสั่งเสริมต่างๆ ที่สำคัญๆ แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มคือ

2.3.7.1 คำสั่งเกี่ยวกับการหยุดทำงานของโปรแกรม ประกอบไปด้วย

M00 การหยุดโปรแกรมชั่วคราว (ความเร็วรอบ อัตราป้อน และน้ำหล่อเย็น)

M01 การหยุดทำงานอื่นๆ ซึ่งจะคล้ายกับ M00 เพียงแต่เราสามารถเลือกตำแหน่งว่าจะให้คำสั่งใดหยุดทำงานชั่วคราวได้

2.3.7.2 คำสั่งเกี่ยวกับการสิ้นสุดของโปรแกรม ประกอบไปด้วย

M02 สิ้นสุดโปรแกรม โดยที่โปรแกรมหยุดที่บรรทัดสุดท้าย

M30 สิ้นสุดโปรแกรม และเลื่อนกลับไปที่บรรทัดแรก

2.3.7.3 คำสั่งควบคุมการหล่อเย็น ประกอบไปด้วย

M07 เปิดสารหล่อเย็นแบบฉีดเป็นฝอยออกจากเครื่องมือตัด (Mist Coolant)

M08 เปิดสารหล่อเย็นแบบฉีดเป็นลำ (Flood Coolant)

M09 ปิดสารหล่อเย็น

2.4 ทฤษฎีทางคณิตศาสตร์สำหรับซีเอ็นซี (Mathematic Theory For CNC)

2.4.1 Linear Interpolation

เป็นการควบคุมแกนของเครื่องจักร 2 แกนหรือมากกว่านั้นพร้อมกัน ส่วนควบคุมจะใช้ข้อมูลที่ได้รับจากโปรแกรมเพื่อมาคำนวณองศาหรือการตัดชิ้นส่วนของเส้นตรงความยาวที่เปลี่ยนแปลงจากจุดเริ่มต้นถึงจุดสุดท้ายเป็นตัวกำหนดการแบ่งเส้นความชันแต่ละแกน เพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของ Cutter ให้เสมือนการเคลื่อนที่ในทิศทางเดียว

2.4.2 Circular Interpolation

2.4.2.1 เป็นการตัดส่วนโค้งของวงกลม จำนวนที่ตัดแปรผันตามขนาดของส่วนโค้งโดยขึ้นอยู่กับรัศมีของส่วนโค้ง จะเป็นตัวควบคุมคำนวณของ Cutter จากข้อมูลที่โปรแกรมมา ได้แก่

ก. ทิศทางการเคลื่อนที่ (CW หรือ CWW) ตรวจสอบได้จาก G-Code ว่าเป็น G02 หรือ G03

ข. จุดเริ่มต้นของส่วนโค้ง (Arc) สามารถอ่านค่าตำแหน่งของใบมีดขณะนั้น

ค. จุดสิ้นสุดของส่วนโค้ง (Arc) ได้จากค่าที่ผู้ใช้ป้อนเข้ามา

ง. รัศมีส่วนโค้ง (Radius) ได้จากค่าที่ผู้ใช้ป้อนเข้ามา

2.4.2.2 หลักการของ Contour Approximation Using Line Segment อาศัยการประมาณค่าของส่วนโค้งเส้นตรง

ก. ทำการหาความยาวของส่วนโค้งทั้งหมด

ข. กำหนดความละเอียดในการแบ่งส่วนโค้ง

ค. หามุมของเส้นตรงที่เกิดจากการแบ่งส่วนโค้ง

เมื่อทราบค่าต่างๆแล้ว ทำการเดินแท่นใบมีดไปตามเส้นตรงนั้นจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่แบบโค้ง

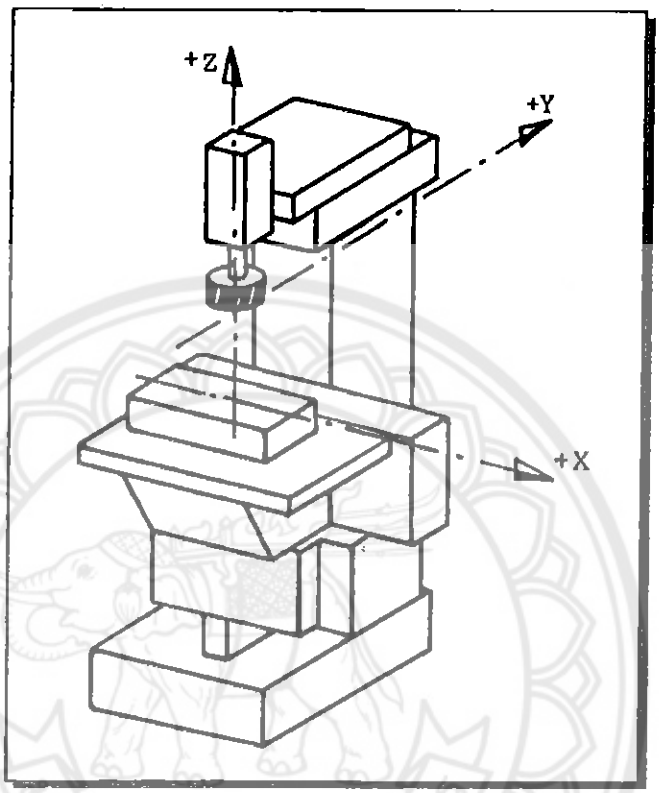
2.5 แนวแกนของเครื่องจักร

2.5.1 การกำหนดแนวแกนของเครื่องจักร

เครื่องจักรกลที่ควบคุมด้วยระบบซีเอ็นซีโดยทั่วไปมีพื้นฐานการเคลื่อนที่ในลักษณะผสมผสานกันของแนวแกน 2 แนวแกนคือ แนวแกนที่เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง (Linear Motion) และแนวแกนที่เคลื่อนที่หมุน (Rotary Motion)

การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง เครื่องจักรจะเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงและจะขนานกับแนวแกนอ้างอิง ส่วนการเคลื่อนที่หมุนนั้น เครื่องจักรจะเคลื่อนที่หมุนรอบแนวแกนอ้างอิง ในการกำหนด

แนวแกนการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรในระบบซีเอ็นซีนั้นจะอาศัยระบบการวัดโคออร์ดิเนตแบบ Cartesian Coordinate System ซึ่งจะประกอบด้วยแนวแกน 3 แนวแกน โดยที่แต่ละแนวแกนจะทำมุมฉากซึ่งกันและกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.6



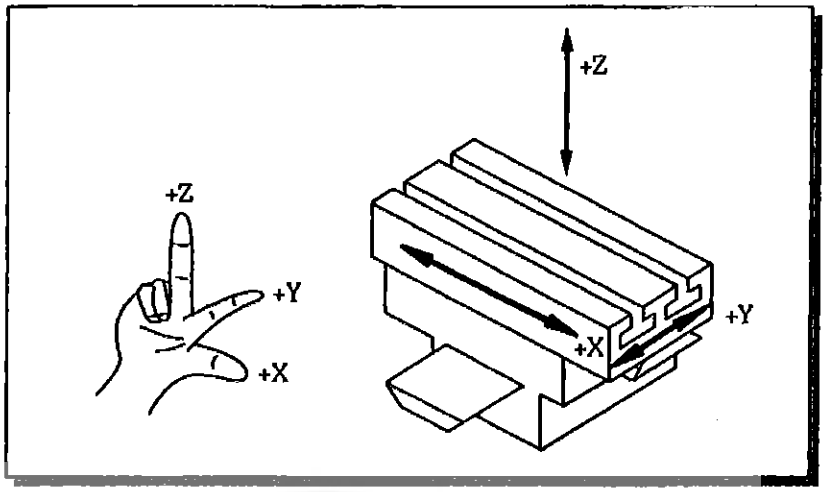
รูปที่ 2.6 การกำหนดแนวแกนของเครื่องจักร

ที่มา : อำนาจ ทองแสน, ทฤษฎีและการเขียนโปรแกรม CNC สำหรับการควบคุมเครื่องจักรกลด้วยคอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2544:58.

นอกจากนี้แล้ว เครื่องจักรในระบบซีเอ็นซีบางชนิดก็จะมีแนวแกนป้อนและแนวแกนหมุนรวมกันอยู่หลายแนวแกน ซึ่งในการกำหนดแนวแกนของเครื่องจักรซีเอ็นซีตามมาตรฐาน EIA-267-B (Electronic Industries Association) ได้กำหนดมาตรฐานของแนวแกนไว้ทั้งหมด 14 แนวแกน ประกอบไปด้วยแนวแกนที่เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง 9 แนวแกน แนวหมุนอีก 5 แนวแกน ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.5.1.1 แนวแกนแรกที่เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง (Primary Linear Axes)

เป็น 3 แนวแกนแรกที่มีการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง ซึ่งประกอบด้วยแนวแกน X, Y และแนว Z โดยการกำหนดแนวแกนบนเครื่องจักรซีเอ็นซีจะใช้กฎมือขวา คือนิ้วหัวแม่มือใช้แทนแนวแกน X นิ้วชี้ใช้แทนแนวแกน Y และนิ้วกลางใช้แทนแนวแกน Z ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงการกำหนดแนวแกนแรก 3 แนวแกนโดยใช้กฎมือขวา

ที่มา : อำนาจ ทองแสน, ทฤษฎีและการเขียนโปรแกรม CNC สำหรับการควบคุมเครื่องจักรกลด้วยคอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2544:59.

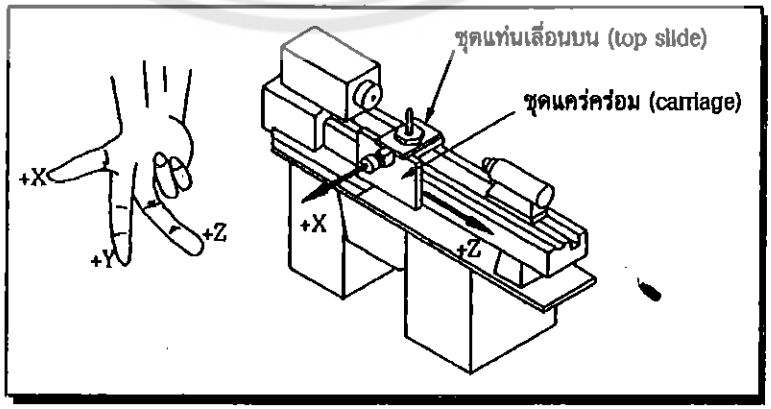
จากรูปที่ 2.7 แนวแกนทั้ง 3 แนวแกนนี้ได้กำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ไว้ดังนี้คือ

แนวแกน X สำหรับกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ของโต๊ะชิ้นงานไปตามความยาว

แนวแกน Y สำหรับกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ของโต๊ะชิ้นงานในแนวขนานที่มีระยะทางสั้นๆ โดนจะทำมุมตั้งฉากกับแนวแกน X และแนวแกน Z

แนวแกน Z สำหรับกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ขึ้น/ลงของโต๊ะชิ้นงาน และขนานกับแนวแกนของชิ้นส่วนหลัก (Main Machine) ของเครื่องซีเอ็นซี

ในเครื่องจักรซีเอ็นซีบางชนิดอาจจะกำหนดแนวแกนป้อน 2 แนวแกน เช่น เครื่องกลึง ซึ่งประกอบด้วยแนวแกน X และแนวแกน Z โดยแนวแกน X จะถูกกำหนดให้เคลื่อนที่ในแนวขวาง ส่วนแนวแกน Z ถูกกำหนดให้เคลื่อนที่ไปตามความยาวของชุดแท่นเลื่อน



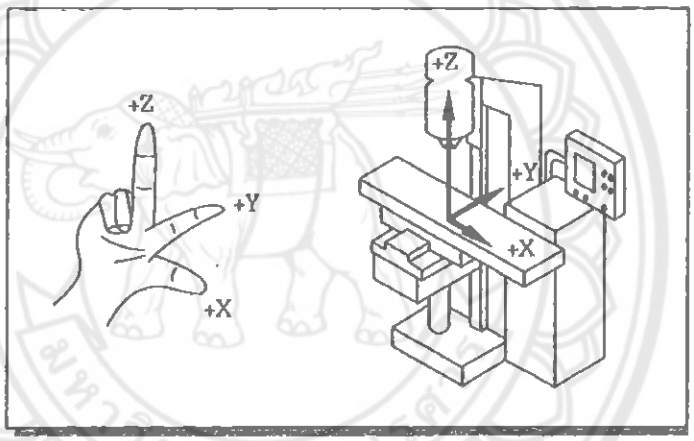
รูปที่ 2.8 การกำหนดแนวแกนของเครื่องกลึงซีเอ็นซี

ที่มา : ศรวณีย์ อิสมาส, ธนพจน์ อินทรสุข, ระบบโปรแกรมออกแบบและบริหารการผลิตสำหรับเครื่องกลึง CNC.ปริญญานิพนธ์ วศ.บ มหาวิทยาลัย นเรศวร, 2548:61.

การเคลื่อนที่ของแนวแกนทั้ง 3 แนวแกนบนเครื่องจักรซีเอ็นซีนี้จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการระบุทิศทางของการเคลื่อนที่ของแนวแกน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะมีการกำหนด 2 ลักษณะคือ ทิศทางการเคลื่อนที่เป็นบวก (+) และทิศทางการเคลื่อนที่เป็นลบ (-)

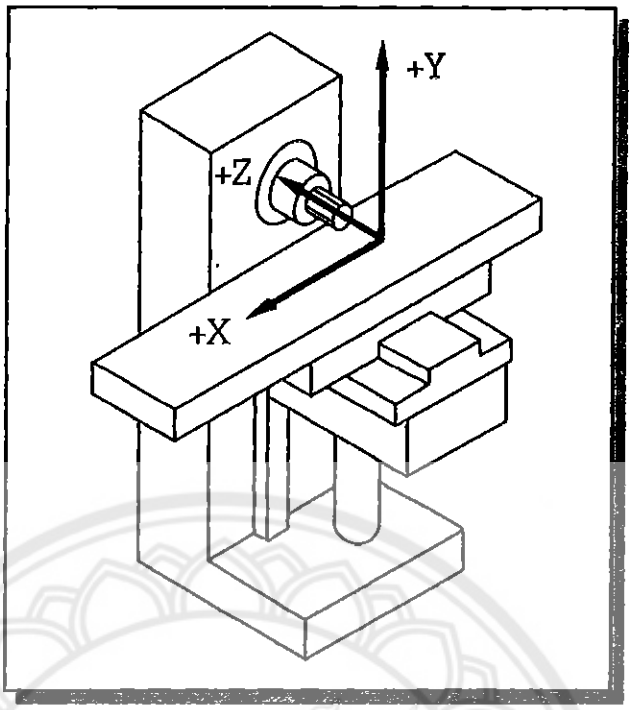
การเคลื่อนที่ของแนวแกน Z จะกำหนดให้เป็นบวก (+Z) เมื่อเพลาเคลื่อนที่หรือเพลาจับเครื่องมือตัดขึ้นไปยังหัวเครื่องหรือถอยห่างออกจากชิ้นงาน และจะกำหนดให้เป็นลบ (-Z) เมื่อเพลาจับเครื่องมือตัดเคลื่อนที่เข้าหาชิ้นงาน

การเคลื่อนที่ของแนวแกน X จะถูกกำหนดให้เป็นบวก (+X) โดยอาศัยทิศทางการเคลื่อนที่ของแนวแกน Z และอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างทิศทางการเคลื่อนที่ของเพลาจับเครื่องมือตัดและทิศทางการเคลื่อนที่ของชิ้นงานยกตัวอย่างเช่น เครื่องกัดเพลาตั้ง (Vertical Z Axis) ค่า X เป็นบวก ก็จะอาศัยความสัมพันธ์ของกฎมือขวาดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 การกำหนดแนวแกนของเครื่องกัดเพลาตั้ง

ที่มา : อำนาจ ทองแสน, ทฤษฎีและการเขียนโปรแกรม CNC สำหรับการควบคุมเครื่องจักรกลด้วยคอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2544:62.

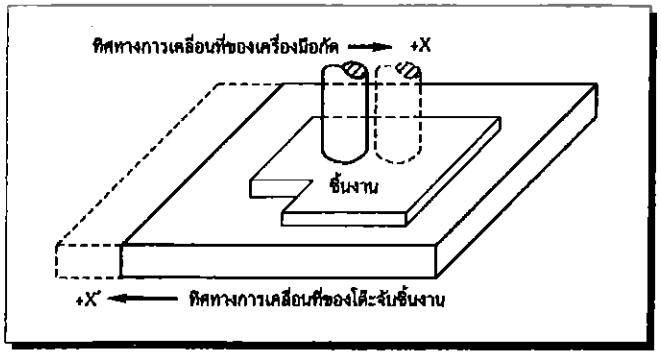


รูปที่ 2.10 การกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ของเครื่องกัดเพลานอน

ที่มา : อำนาจ ทองแสน, ทฤษฎีและการเขียนโปรแกรม CNC สำหรับการควบคุมเครื่องจักรกลด้วยคอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2544:62.

ส่วนการกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ของแนวแกน Y ให้เป็นบวกนั้น ก็ให้เป็นไปตามกฎมือขวาเช่นเดียวกันดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 2.9 และรูปที่ 2.10

การเคลื่อนที่ของแนวแกนที่แสดงในรูปที่ 2.9 และรูปที่ 2.10 นี้จะใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการกำหนดการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดให้สัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของชิ้นงาน โดยทั่วไปแล้วเครื่องกัดในระบบซีเอ็นซีจะออกแบบให้โต๊ะจับยึดชิ้นงานเคลื่อนที่ ส่วนเพลาจับเครื่องมือตัดนั้นให้คงที่และสามารถปรับให้เพลาหมุนตามเข็มนาฬิกาหรือทวนเข็มนาฬิกาได้



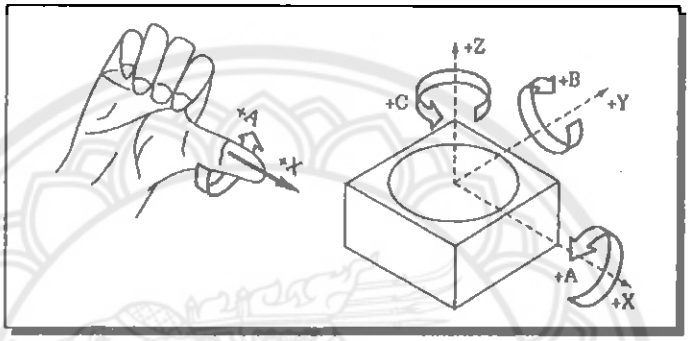
รูปที่ 2.11 ความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนที่ของโต๊ะงานและเครื่องมือตัด

ที่มา : อำนาจ ทองแสน, ทฤษฎีและการเขียนโปรแกรม CNC สำหรับการควบคุมเครื่องจักรกลด้วยคอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2544:64.

การตัดเฉือนผิวชิ้นงานในระบบซีเอ็นซีนั้น สามารถเขียนโปรแกรมให้เครื่องมือตัดเคลื่อนที่หรือให้ชิ้นงาน (โต๊ะจับชิ้นงาน) เคลื่อนที่ได้ ซึ่งโดยทั่วไปนิยมเขียนโปรแกรมให้เครื่องมือตัดเคลื่อนที่ไปตามความยาวของชิ้นงาน

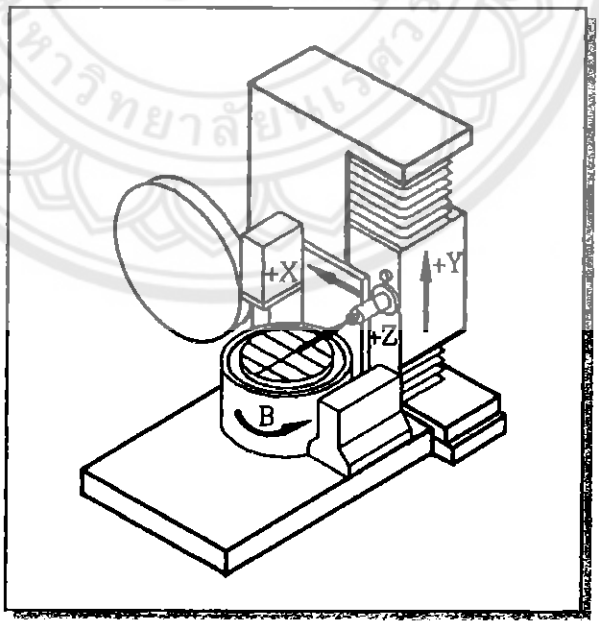
2.5.1.2 แนวแกนแรกที่เคลื่อนที่หมุนรอบแกน (Primary Rotary Axes)

แนวแกนแรกที่เคลื่อนที่หมุนรอบแกนจะใช้ระบุโดยใช้อักษร A, B และ C โดยที่ A แทนการหมุนรอบแกน X,B แทนการหมุนรอบแกน Y และ C แทนการหมุนรอบแกน Z ส่วนการกำหนดทิศทางจะเป็นบวกเมื่อหมุนทวนเข็มนาฬิกา



รูปที่ 2.12 การกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่หมุนรอบแนวแกน

ที่มา : อำนาจ ทองแสน, ทฤษฎีและการเขียนโปรแกรม CNC สำหรับการควบคุมเครื่องจักรกลด้วยคอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2544:65.

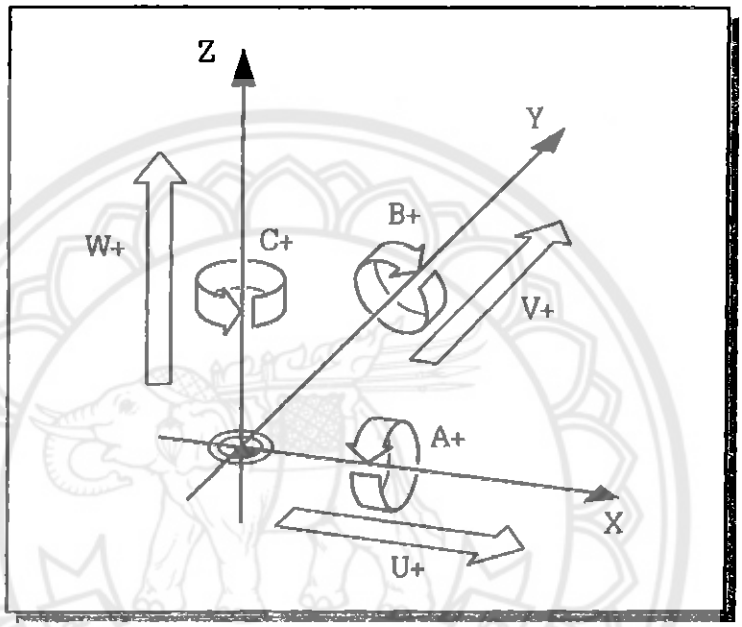


รูปที่ 2.13 เครื่องแมชีนนิ่งเซนเตอร์ชนิด 4 แกน (เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง 3 แนวแกน และเคลื่อนที่หมุน 1 รอบแนวแกน)

ที่มา : อำนาจ ทองแสน, ทฤษฎีและการเขียนโปรแกรม CNC สำหรับการควบคุมเครื่องจักรกลด้วยคอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2544:65.

2.5.1.3 แนวแกนที่สองที่เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง (Secondary Linear Axes)

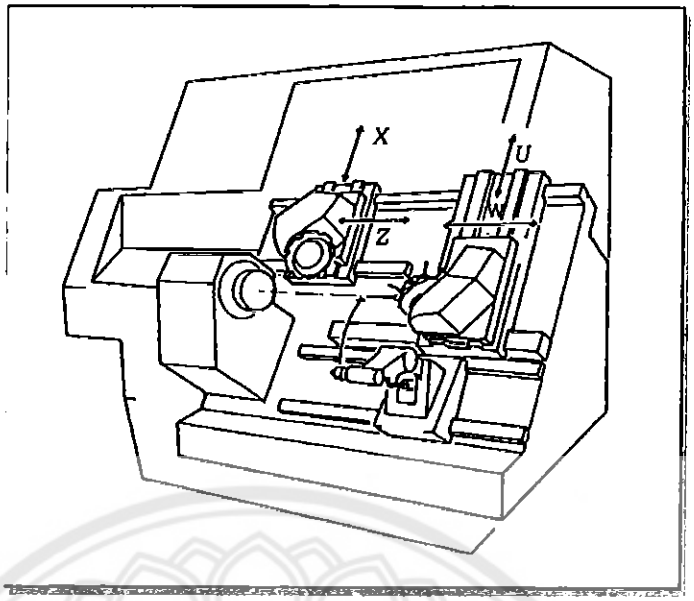
เครื่องจักรกลในระบบซีเอ็นซีบางชนิดได้มีการกำหนดแนวแกนที่เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงเพิ่งเติมจาก 3 แนวแกนแรก (X, Y, Z) โดยแนวแกนที่ 2 นี้จะกำหนดด้วยอักษร U, V และ W ซึ่งมีทิศทางการเคลื่อนที่ขนานกับแนวแกนแรก กล่าวคือแนวแกน U จะเคลื่อนที่ขนานกับแนวแกน X, แนวแกน V จะเคลื่อนที่ขนานกับแนวแกน Y และแนวแกน W จะเคลื่อนที่ขนานกับแกน Z ดังแสดงในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 การกำหนดแนวแกนที่ 2 และทิศทางการเคลื่อนที่ของแนวแกน

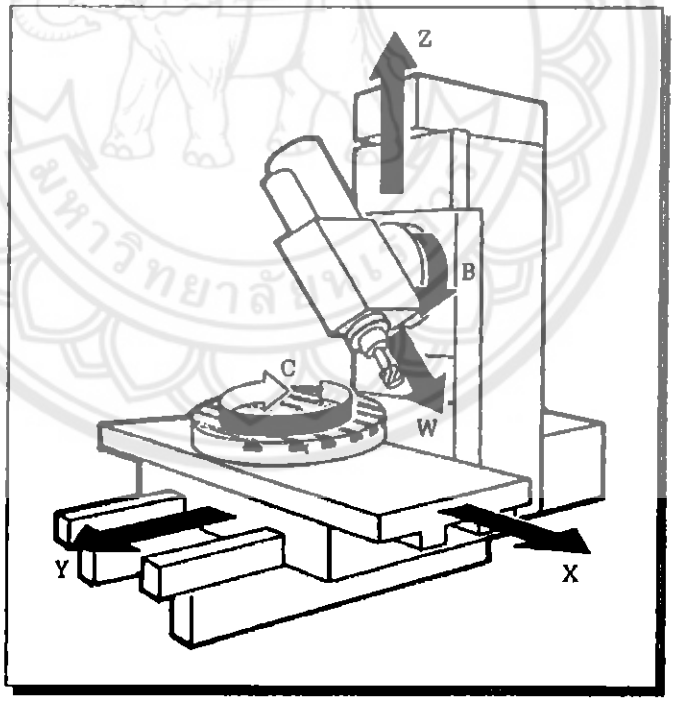
ที่มา : อำนาจ ทองแสน, ทฤษฎีและการเขียนโปรแกรม CNC สำหรับการควบคุมเครื่องจักรกลด้วยคอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2544:71.

ในรูปที่ 2.15 ปกติเครื่องกลึงโดยทั่วไปนั้นจะมีป้อมมีดเพียงป้อมมีดเดียว การเคลื่อนที่ของแคร่คร่อม (Saddle) และป้อมมีดจะเคลื่อนที่ไปตามความยาวของแท่นเลื่อนและขนานกับแนวแกน Z การเพิ่มแนวแกนที่ 2 (U, W) นั้นจะเป็นการเพิ่มชุดป้อมมีดเป็น 2 ชุด ซึ่งสามารถกลึงชิ้นงานได้พร้อมๆ กัน และการควบคุมป้อมมีดทั้งสองนี้จะแยกเป็นอิสระต่างกัน ทำให้เกิดประโยชน์มากในกรณีที่ต้องการผลิตชิ้นงานที่ต้องการความรวดเร็ว



รูปที่ 2.15 เครื่องกลึงซีเอ็นซีที่มีป้อมมีด 2 ชุด

ที่มา : อำนาจ ทองแสน, ทฤษฎีและการเขียนโปรแกรม CNC สำหรับการควบคุมเครื่องจักรกลด้วยคอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2544:72.

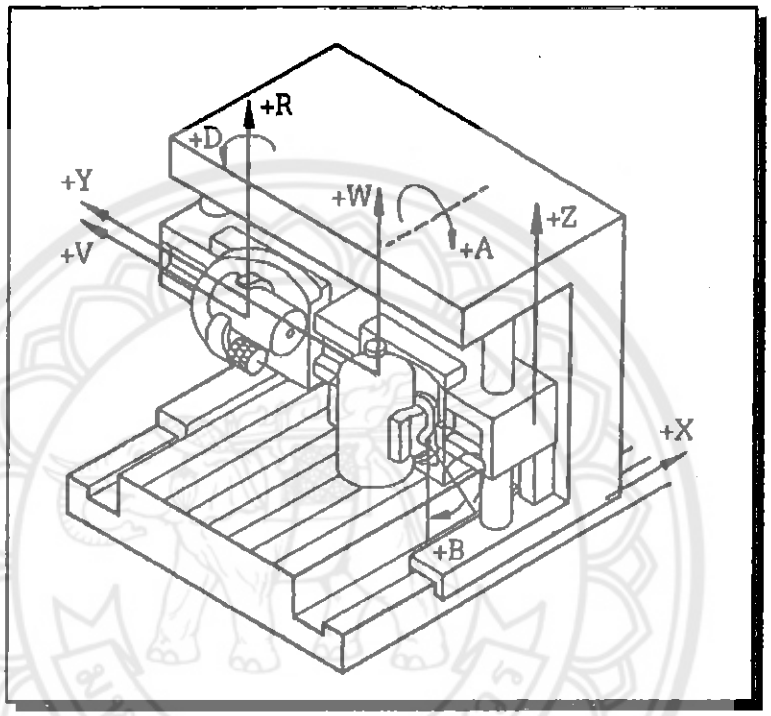


รูปที่ 2.16 เครื่องกัดซีเอ็นซีที่กำหนดแนวแกนที่ 2 (U,W)

ที่มา : อำนาจ ทองแสน, ทฤษฎีและการเขียนโปรแกรม CNC สำหรับการควบคุมเครื่องจักรกลด้วยคอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2544:72.

2.5.1.4 แนวแกนที่ 2 ที่เคลื่อนที่หมุนรอบแกน (Secondary Rotary Axes)

การกำหนดแนวแกนที่ 2 ที่เคลื่อนที่หมุนรอบแกนนี้จะกำหนดโดยใช้ตัวอักษร D และ E โดยที่แนวแกน D และ E นี้จะขนานกับแนวแกนแรกคือแนวแกน A, B หรือแนวแกน C ยกตัวอย่างเครื่องจักรซีเอ็นซีที่กำหนดแนวแกนในลักษณะนี้ เช่น เครื่องกัดซีเอ็นซีชนิดของหัวกัดคู่ (Dual Milling Heads) ที่แสดงในรูปที่ 2.17



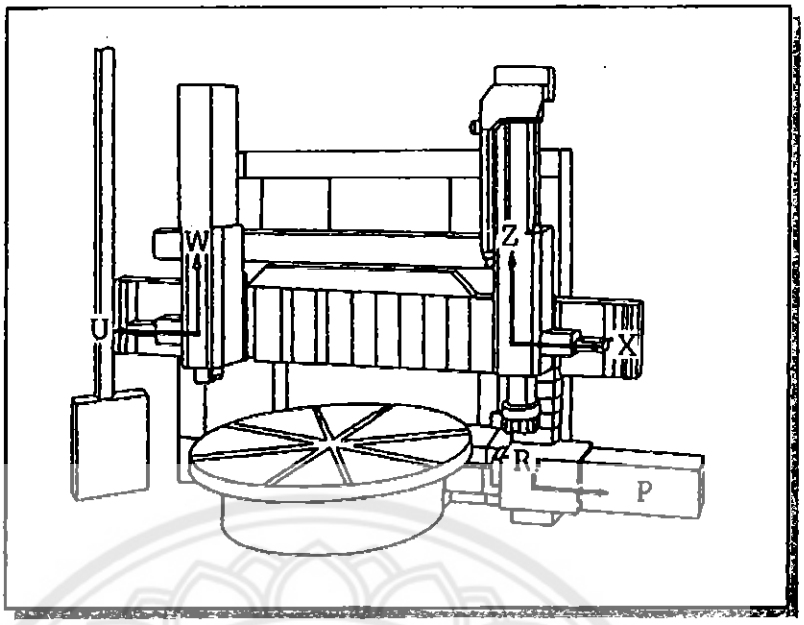
รูปที่ 2.17 เครื่องกัดชนิด 2 หัวกัด

ที่มา : อำนาจ ทองแสน, ทฤษฎีและการเขียนโปรแกรม CNC สำหรับการควบคุมเครื่องจักรกลด้วยคอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2544:81.

จากรูปที่ 2.17 แนวแกน A และ B จะหมุนรอบแกน X และ Y ส่วนแนวแกนที่ 2 ที่เคลื่อนที่หมุนรอบแกนคือแนวแกน D นั้นจะหมุนรอบแกน X ในบางกรณี D อาจจะถูกใช้ในการกำหนดอัตราป้อนที่ 2 (Secondary Feed) ส่วน R นั้นก็จะใช้กำหนดอัตราป้อนที่ 3 เช่นเดียวกัน

2.5.1.5 แนวแกนที่ 3 ที่เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง (Tertiary Lineare Axes)

เครื่องจักรซีเอ็นซีบางชนิดซึ่งใช้กับงานที่มีความสลับซับซ้อนมากๆ นั้นจะถูกออกแบบให้มีแนวแกนที่ 3 ที่เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงเพิ่มขึ้นอีก โดยที่แนวแกนที่ 3 นี้จะกำหนดด้วยตัวอักษร P, Q และ R และการเคลื่อนที่ก็จะขนานกับแนวแกนแรกคือแนวแกน X, Y และ Z ตัวอย่างเครื่องจักรซีเอ็นซีที่มีการเคลื่อนที่ในลักษณะนี้แสดงไว้ในรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 เครื่องกลึงซีเอ็นซีแนวตั้งแบบ 6 แกน

ที่มา : อำนาจ ทองแสน, ทฤษฎีและการเขียนโปรแกรม CNC สำหรับการควบคุมเครื่องจักรกลด้วยคอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2544:82.

จากรูปที่ 2.18 แสดงตัวอย่างเครื่องกลึงซีเอ็นซีที่กำหนดแนวแกนที่ 3 ที่เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงเพิ่ม 2 แนวแกนคือแนวแกน P และแนวแกน R

2.6 หลักเบื้องต้นเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมซีเอ็นซีด้วย CAD/CAM

ปัจจุบันได้มีการนำคอมพิวเตอร์มาใช้เพื่อเพิ่มผลผลิต เช่น การนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการออกแบบ (Computer Aided Design) หรือ CAD การนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการผลิต (Computer Aided Manufacturing) หรือ CAM อย่างแพร่หลายและได้รับความนิยมขึ้นเรื่อยๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตต่างๆ เนื่องจาก CAD/CAM ทำให้ลดเวลาในการผลิต สินค้ามีคุณภาพดี ลดข้อผิดพลาดและของเสียจากกระบวนการผลิต เพิ่มผลผลิต ประหยัดค่าใช้จ่าย เป็นต้น

2.6.1 ประวัติความเป็นมาของ CAD/CAM

เริ่มมีขึ้นเมื่อประมาณ ค.ศ. 1950 ได้ประยุกต์ใช้กับคอมพิวเตอร์ในงานวิศวกรรมเพื่อช่วยในการทำงานเป็นส่วนใหญ่ จากนั้นก็พัฒนาขึ้นเรื่อยๆ จนความสามารถสูงขึ้น

สำหรับงานวิศวกรรมได้นำคอมพิวเตอร์กราฟิกมาช่วยในการสร้างแบบเรียกว่า คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ (Computer Aided Design) และพัฒนามาใช้คอมพิวเตอร์ช่วยผลิตโดยใช้ควบคุมอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ผลิตสินค้าหรือผลิตชิ้นงานในโรงงานอุตสาหกรรม เรียกว่า

คอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิต (Computer Aided Manufacturing) CAD และ CAM ต้องนำมาใช้ร่วมกัน ซึ่งเป็นพื้นฐานในการประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ในงานอุตสาหกรรม

การนำคอมพิวเตอร์มาช่วยออกแบบและช่วยผลิต (CAD/CAM) มีองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้

องค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ (CAD)

2.6.1.1 ข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบ (Design Tool)

2.6.1.2 การสร้างรูปทรงเรขาคณิต (Geometric Modelling)

2.6.1.3 เครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ (Computer Graphich)

2.6.1.4 องค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ช่วยการผลิต (CAM)

2.6.1.5 คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ (CAD)

2.6.1.6 ข้อมูลเกี่ยวกับการผลิต (Manufacturing Tools)

2.6.1.7 การเชื่อมระบบ (Network)

2.6.2 จุดมุ่งหมายของการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยออกแบบ

2.6.2.1 เพื่อเพิ่มผลผลิต ลดขั้นตอนการทำงานโดยที่ออกแบบระบบเดิมจะเริ่มจากความคิดและทดลองออกแบบจนกระทั่งเขียนแบบคำสั่ง ซึ่งแต่ละขั้นตอนต้องใช้เวลามาก ถ้านำคอมพิวเตอร์มาใช้จะช่วยลดเวลาแต่ละขั้นตอนลง

2.6.2.2 เพิ่มคุณภาพของงาน การนำคอมพิวเตอร์มาช่วยออกแบบทำให้การออกแบบมีความถูกต้องและแม่นยำ

2.6.2.3 ลดปัญหาและข้อผิดพลาด เนื่องจากออกแบบโดยคอมพิวเตอร์ทำให้เรามองเห็นภาพที่ชัดเจน ขณะที่ออกแบบสามารถแก้ไขหรือจัดมุมมองภาพในลักษณะต่างๆ ได้

2.6.2.4 ใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับงานอุตสาหกรรม เพื่อใช้ในการวางแผนการผลิต (CAPP) และใช้เป็นฐานข้อมูล ในการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยผลิต (CAM) การส่งข้อมูลจากกระบวนการ CAD ไป CAM สามารถทำได้ง่ายไม่จำเป็นต้องสร้างฐานข้อมูลใหม่

2.6.3 กระบวนการออกแบบ (Design Process)

2.6.3.1 พิจารณาความต้องการและปัญหา เช่น ต้องการออกแบบอะไรจึงจะได้สินค้าตรงตามความต้องการของผู้บริโภค

2.6.3.2 ทดลองออกแบบโดยร่างแบบคร่าวๆ หลายๆ ประการเพื่อพิจารณา

2.6.3.3 วิเคราะห์แบบ หลังจากออกแบบเสร็จแล้วทำการวิเคราะห์งานว่าแต่ละแบบมีข้อดีข้อเสียอย่างไร

2.6.3.4 ประเมินผล โดยประเมินว่าแบบใดมีความเหมาะสม หากไม่เหมาะสมก็นำไปออกแบบใหม่

2.6.3.5 เขียนแบบคำสั่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการออกแบบ

2.6.4 กระบวนการออกแบบด้วย CAD (CAD Process)

ระบบของ CAD ประกอบด้วย ฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์ โดยฮาร์ดแวร์ต้องประกอบด้วยระบบคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง ส่วนซอฟแวร์จะเป็นโปรแกรมการสร้างภาพรวม

การสร้างภาพโดยระบบ CAD เป็นการสร้างภาพจากรูปทรงเรขาคณิต เช่น เส้นตรง วงกลม ฯลฯ สามารถแบ่งออกเป็นประเภทต่างๆ ได้ดังนี้

2.6.4.1 การออกแบบรูปทรงเรขาคณิต (Geometric Modelling)

2.6.4.2 การวิเคราะห์ทางวิศวกรรม (Engineering Analysis)

2.6.4.3 การตรวจและประเมินผล (Design Review And Evaluation)

2.6.4.4 การเขียนแบบโดยอัตโนมัติ (Automated Drafting)

บทที่ 3
การดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษาการใช้งานของเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF 1 และโปรแกรม CAD/CAM

ศึกษาการใช้งานของเครื่องกัดซีเอ็นซี โดยศึกษาส่วนประกอบและวิธีการใช้งาน หลักการทำงาน การควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องกัดซีเอ็นซีและศึกษาโปรแกรม CAD/CAM ว่าเป็นอย่างไรปัจจุบันมีการใช้โปรแกรม CAD/CAM อะไรบ้าง

3.2 ทดลองกัดชิ้นงานตัวอย่าง

เขียนโค้ดและทำการกัดชิ้นงานตัวอย่างด้วยเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF 1 แบบ 5 แนวแกน เพื่อนำโค้ดที่ได้มาทำเป็นตัวอย่างในคู่มือการใช้งานเบื้องต้นและการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM สำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF 1 แบบ 5 แนวแกน

3.3 จัดทำคู่มือการใช้งานเบื้องต้นและการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM สำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF 1 แบบ 5 แนวแกน

รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการใช้งานเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF 1 แบบ 5 แนวแกนและข้อมูลเกี่ยวกับรายละเอียดโปรแกรม CAD/CAM ทั้งหมดมาจัดทำคู่มือการใช้งานเบื้องต้นและการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM สำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF 1 แบบ 5 แนวแกน

3.4 จัดทำแบบสอบถาม

จัดทำแบบสอบถามจำนวน 50 ใบ เพื่อสอบถามผู้ที่ได้ทดลองใช้คู่มือว่ามีความเข้าใจและใช้ได้จริงหรือไม่ เพื่อนำมาทำการวิเคราะห์และปรับปรุงให้ดีขึ้น

3.5 วิเคราะห์และสรุปผล

ทำการวิเคราะห์และสรุปผลจากแบบสอบถามทั้งหมดเพื่อรวบรวมเป็นข้อเสนอแนะและนำมาปรับปรุงในครั้งต่อไป

3.6 จัดทำรูปเล่มรายงาน

รวบรวมข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาจัดทำรูปเล่มรายงาน

บทที่ 4
ผลการดำเนินการวิจัย

4.1 ศึกษาการใช้งานของเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF 1 และโปรแกรม CAD/CAM

4.1.1 การใช้งานของเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF 1

โดยได้ทำการศึกษาจากคู่มือการใช้งานของเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF1 รายละเอียดได้แสดงในภาคผนวก ก

4.1.2 โปรแกรม CAD/CAM

การนำระบบแคดแคม (CAD/CAM) มาใช้ในการเขียนโปรแกรมเอ็นซีนี้จะเริ่มต้นจากการสร้างรูปเรขาคณิตของชิ้นงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบหรือแคด (CAD:Computer Aided Design) หลังจากนั้นก็จะเป็นการเลือกใช้เค รื่องมือตัดและข้อมูลของการตัดเฉือนที่เหมาะสมกับเครื่องมือตัดแต่ละชนิด ซึ่งในโปรแกรมแคด/แคมนั้นเราสามารถที่จะกำหนดข้อมูลต่างๆ เหล่านี้ เมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนของการกำหนดรูปทรงเรขาคณิตของชิ้นงานและการเลือกใช้เครื่องมือตัดแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการกำหนดทางเดินของเครื่องมือตัด (Tool path) เพื่อขึ้นรูปชิ้นงาน โดยในขั้นตอนนี้โปรแกรมแคด/แคมจะมีวิธีการจำลองการขึ้นรูปชิ้นงาน (Simulation) เพื่อให้เราสามารถมองเห็นภาพได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังเป็นการช่วยตรวจสอบหาข้อผิดพลาดที่เกิดจากการขึ้นรูปชิ้นงานอีกด้วย

ขั้นตอนสุดท้ายของการเขียนโปรแกรมเอ็นซีด้วยแคด/แคมคือการแปลงทางเดินของเครื่องมือตัดไปเป็นรหัสเอ็นซี (NC Code) โดยในขั้นตอนนี้เรียกว่า "Postprocessor" ทั้งนี้เนื่องจากรูปทรงของชิ้นงานที่สร้างจากโปรแกรมแคด/แคมนี้ถูกเขียนขึ้นจากภาษาคอมพิวเตอร์ เช่น ภาษา APT ดังนั้นจำเป็นจะต้องแปลงให้เป็นรหัสคำสั่งที่ใช้สำหรับควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซี ยกตัวอย่างรหัสคำสั่งสำหรับควบคุมเครื่องจักรเอ็นซี เช่น G, M, S เป็นต้น เมื่อได้โปรแกรมเอ็นซีที่ถูกต้องสมบูรณ์แล้ว โปรแกรมเอ็นซีนี้ก็จะถูกส่งโดยผ่านสายส่งข้อมูล เช่น RS-232-C ไปยังเครื่องจักรซีเอ็นซีเพื่อขึ้นรูปชิ้นงานต่อไป โดยในขั้นตอนนี้เราเรียกว่าคอมพิวเตอร์ช่วยผลิต
(Computer Aided Manufacturing:CAM)

ปัจจุบันโปรแกรมด้าน CAD CAM และ CNC จากการค้นหาจาก Internet พบว่ามีกว่า 5 ล้านโปรแกรม จากกว่า 30 ประเทศ ที่มีการผลิตโปรแกรมเหล่านี้ ทั้งที่แพร่หลายและไม่ค่อยแพร่หลายนัก โปรแกรมทางด้าน CAD CAM มีหลายโปรแกรมที่ใช้กันอยู่อย่างแพร่หลายในประเทศไทยได้แก่

AutoCAD, Mechanical Desktop, Hypermill, Unigraphics NX, Solidwork, Catia, Cimatron, MasterCAM, ArtCAM, Inventor, Pro/Engineer แต่ละโปรแกรมก็จะมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไป วิธีการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM ก็จะขึ้นอยู่กับความสะดวกและง่ายในการใช้งานของแต่ละคน รายละเอียดคอมพิวเตอร์ Feature และ Function การทำงานของโปรแกรมนั้นๆ

4.2 ทดลองกัดชิ้นงานตัวอย่าง

4.2.1 ศึกษาเกี่ยวกับ G-Code และ M-Code สำหรับการกัดชิ้นงาน

ตารางที่ 4.1 ตัวอย่างของรหัสคำสั่ง G ในโปรแกรมเอ็นซี ที่ใช้ในการจัดเตรียมการทำงานสำหรับเครื่องกัด

รหัสคำสั่ง	ความหมาย/การทำงาน
G00	การเคลื่อนที่เร็ว
G01	การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงโดยมีอัตราป้อน
G02	การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้ง ทิศทางตามเข็มนาฬิกา
G03	การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้ง ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา
G17	เลือกระนาบในการทำงาน xy
G18	เลือกระนาบในการทำงาน xz
G19	เลือกระนาบในการทำงาน zy
G28	การเลื่อนกลับไปยังจุดอ้างอิง
G40	ยกเลิกการชดเชยขนาดรัศมีของเครื่องมือตัด
G41	การชดเชยขนาดรัศมีของเครื่องมือตัดทางด้านซ้าย
G43	การชดเชยขนาดความยาวของเครื่องมือตัด (ค่าบวก)
G44	การชดเชยขนาดความยาวของเครื่องมือตัด (ค่าลบ)
G49	ยกเลิกการชดเชยขนาดความยาวของเครื่องมือตัด
G54	ปรับตั้งโคออร์ดิเนตของชิ้นงาน
G70	ป้อนข้อมูลที่มีหน่วยเป็นนิ้ว
G71	ป้อนข้อมูลที่มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร
G80	ยกเลิกการทำวัฏจักร
G81	วัฏจักรการเจาะรู
G83	วัฏจักรการเจาะรูลึก
G84	วัฏจักรการต๊าปเกลียว
G85	วัฏจักรการคว้านรู
G90	การวัดแบบสัมบูรณ์
G91	การวัดขนาดแบบต่อเนื่อง
G92	เปลี่ยนโคออร์ดิเนตของชิ้นงาน
G99	วัฏจักรของการเลื่อนกลับไปยังจุดอ้างอิง

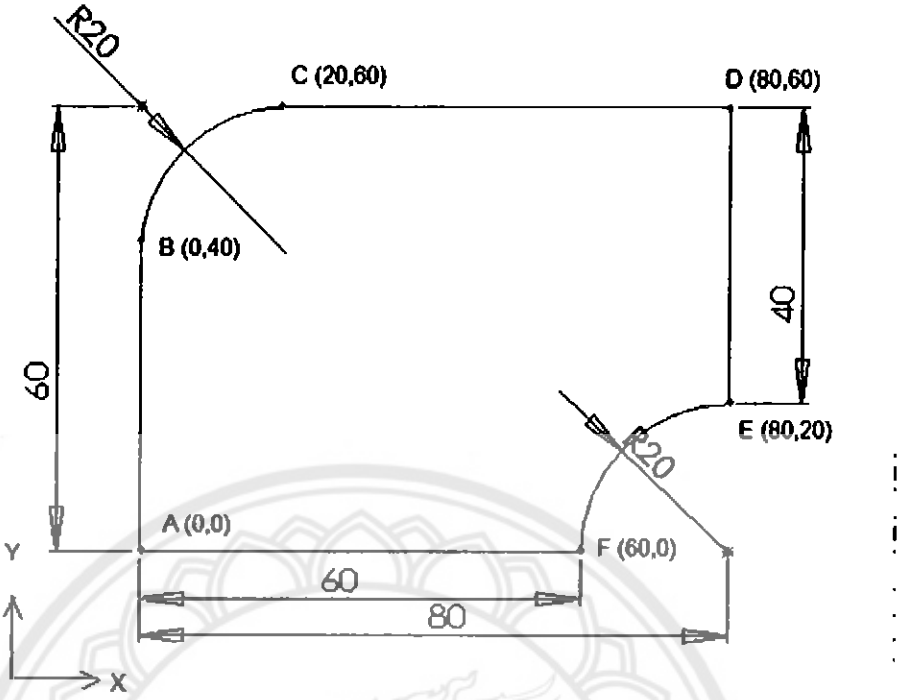
หมายเหตุ : รหัส G จะเป็นรหัสที่มีการทำงานอยู่ 2 ลักษณะ คือแบบ Modal และแบบ Nonmodal โดยที่ Madal จะเป็นรหัสที่ถูกปรับตั้งค่าไว้ในหน่วยความจำของเครื่อง เมื่อเปิดสวิตช์ของเครื่องรหัสนี้จึงจะทำงานและจะถูกยกเลิกการทำงานเมื่อมีรหัส G ในกลุ่มเดียวกันไปสั่งยกเลิก ยกตัวอย่าง รหัส G แบบ Modal เช่น G00, G01, G02, G03, G90, G91 เป็นต้น ส่วน Nonmodal จะเป็นรหัสที่ทำงานในบรรทัดเดียวคือเฉพาะบรรทัดที่มีรหัสนี้อยู่ เช่น G28, G49, G92 เป็นต้น

ตารางที่ 4.2 ตัวอย่างของรหัสคำสั่ง M ในโปรแกรมเอ็นซี

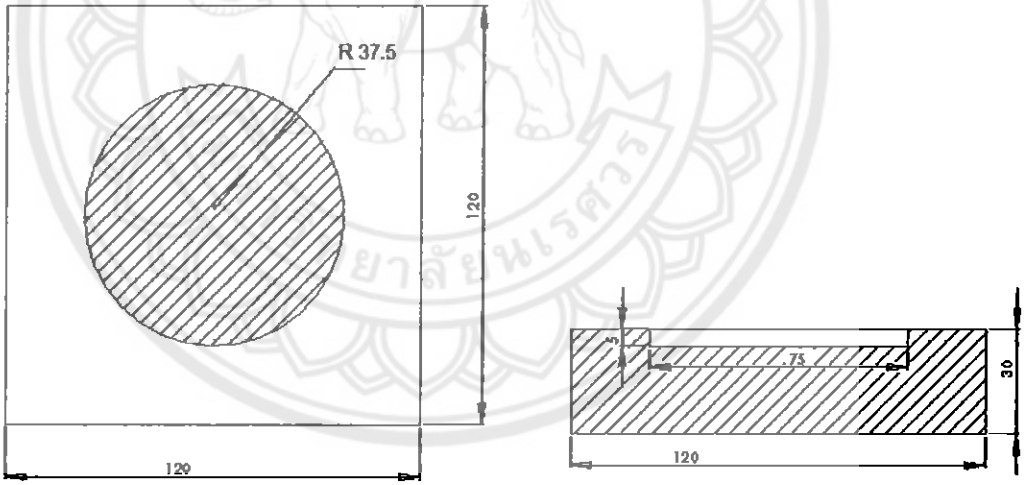
รหัสคำสั่ง	ความหมาย/การทำงาน
M00**	การหยุดโปรแกรม
M01**	การหยุดโปรแกรมแบบมีเงื่อนไข
M02**	การสิ้นสุดโปรแกรม
M03*	เพลาจับยึดเครื่องมือตัดหมุนตามเข็มนาฬิกา
M04*	เพลาจับยึดเครื่องมือตัดหมุนทวนเข็มนาฬิกา
M05*	หยุดเพลาจับยึดเครื่องมือตัด
M06**	เปลี่ยนเครื่องมือวัด
M07*	เปิดน้ำหล่อเย็นแบบฉีดเป็นฝอย
M08*	เปิดน้ำหล่อเย็นแบบทั่วไป
M09*	ปิดน้ำหล่อเย็น
M10*	การล็อคอัตโนมัติ
M11*	การคลายล็อคอัตโนมัติ
M30**	สิ้นสุดโปรแกรม
M98*	เรียกโปรแกรมย่อย
M99*	จบโปรแกรมย่อยและกลับไปยังโปรแกรมหลัก

หมายเหตุ : รหัส M นี้จะมีลักษณะการทำงาน 2 ลักษณะเช่นเดียวกับรหัส G คือ แบบ Modal(*) และแบบ Nonmodal (**)

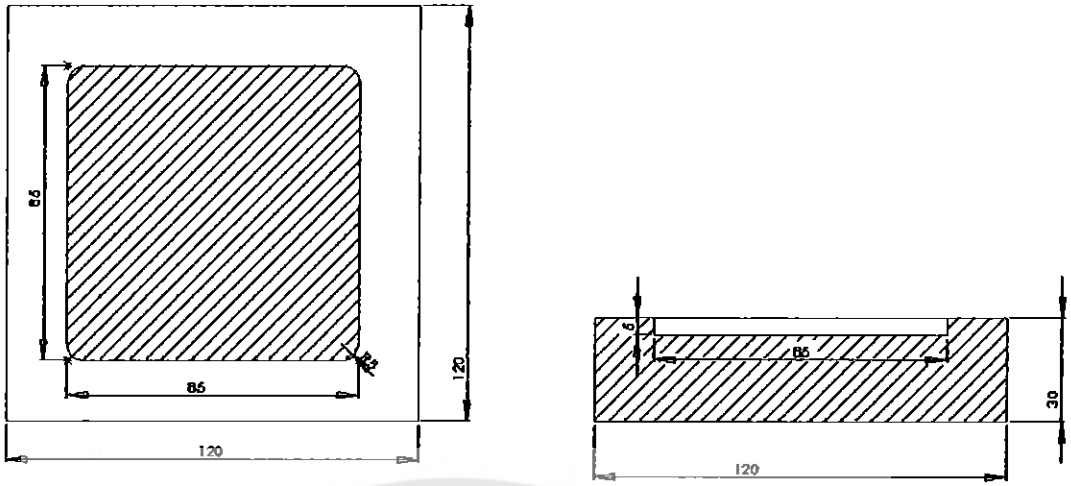
4.2.2 ออกแบบชิ้นงาน 3 แบบ โดยประกอบไปด้วย ชิ้นที่1 การกัดงานโดยใช้คำสั่ง G00 G01 G02 G03 ชิ้นที่ 2 การกัดแบบ Profile Pocket Milling และชิ้นที่ 3 การกัดแบบ Circular Pocket



รูปที่ 4.1 แบบการกัดงานโดยใช้คำสั่ง G00 G01 G02 G03



รูปที่ 4.2 แบบการกัด Profile Pocket Milling



รูปที่ 4.3 แบบการกัด Circular Pocket

4.2.3 เขียน NC Code ขึ้นมาจากแบบที่ได้ออกแบบ

4.2.4 ทดลองนำ NC Code ที่เขียนขึ้นมาไปทดลองกับเครื่องกัดซีเอ็นซี NC Code ที่ได้คือ

4.2.4.1 NC Code ที่ได้จากชิ้นงานที่ 1

%O1894	ชื่อโปรแกรม
N1 G90 G17 G71	กำหนดโคออร์ดิเนตแบบสัมบูรณ์ ระนาบการกัด XY และเลือกหน่วยป้อนเป็นมิลลิเมตร
N2 T02 M6	เปลี่ยนเครื่องมือตัดเป็น T02
N3 M03 S750	เพลาจับยึดเครื่องมือตัดหมุนตามเข็มนาฬิกาด้วยความเร็วรอบ 750 รอบ/นาที
N4 G00 x-20 Y-20 Z100	เครื่องมือตัดเคลื่อนที่เร็วไปที่ (-20,-20)
N5 G01 X0 Y0 F200	เครื่องมือตัดเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงไปที่ (0,0) ด้วยอัตราป้อน 200 มิลลิเมตร/นาที
N6 Z-5	กัดลึก 5 มิลลิเมตร
N7 G01 Y40	เคลื่อนที่ไปที่จุด B
N8 G02 X20 Y60 R20	เคลื่อนที่ตัดเส้นโค้ง BC
N9 G01 X80	เคลื่อนที่ไปจุด D
N10 G01 Y20	เครื่องมือตัดเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง DE ถึง E
N11 G03 X60 Y0 R20	เครื่องมือตัดเคลื่อนที่ตัดเส้นโค้ง EF
N12 G01 X0 Y0	เครื่องมือตัดเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง FA ถึง A
N13 Z110	เครื่องมือตัดยกขึ้น
N14 G00 X-20 Y-20	เคลื่อนที่เร็วกลับไปที่จุดเริ่มต้น
N15 M30	จบการทำงานของโปรแกรม

4.2.4.2 NC Code ที่ได้จากชิ้นงานที่ 2

%O1894	ชื่อโปรแกรม
T01 M06	เปลี่ยนเครื่องมือตัดเป็น T01
G90 G54 G00 X0 Y0	กำหนดโคออร์ดิเนตแบบสมบูรณ์ และเคลื่อนที่เร็วไปที่ (0,0)
S2000 M03	เพลาจับยึดเครื่องมือตัดหมุนตามเข็มนาฬิกาด้วยความเร็วรอบ 2000 รอบ/นาที
G43 H01 Z0.01 M08	ชดเชยความยาวของเครื่องมือตัด และเปิดน้ำหล่อเย็นแบบทั่วไป
G01 Z0.01 F30.	เคลื่อนที่ขึ้น 0.01 ด้วยอัตราป้อน 30 มิลลิเมตร/นาที
G150 P507 Z-0.5 Q0.258 R0.01 J0.3 K.01 G41 D01 F10.	คำสั่งวัฏจักรการทำ Pocket milling
G40 G01 X0 Y0	ยกเลิกการชดเชยรัศมีของเครื่องมือตัด และเคลื่อนที่เร็วไปที่ (0,0)
G00 Z1 M09	เคลื่อนที่ขึ้น 1 และปิดน้ำหล่อเย็น
G28 G91 Y0 Z0	เลื่อนกลับไปยังจุดอ้างอิง
M30	จบการทำงานของโปรแกรม
Sub Program	
%O0507	ชื่อโปรแกรม
G01 Y2.	
X-2.	
Y-2.	
X2.	
Y2.	
X0	
M99	

4.2.4.3 NC Code ที่ได้จากชิ้นงานที่ 3

%O111	ชื่อโปรแกรม
N1 T2 M06	เปลี่ยนเครื่องมือตัดเป็น T02
N2 G90 G54 G00 X-25 Y-25	ปรับตั้งโคออร์ดิเนตแบบสัมบูรณ์และเคลื่อนที่เร็วไปที่ (-25,-25)
N3 S2000 M03	เพลาจับยึดเครื่องมือตัดหมุนตามเข็มนาฬิกาด้วยความเร็วรอบ 2000 รอบ/นาที
N4 Z02	เครื่องมือตัดเคลื่อนที่ขึ้น 2
N5 G13 Z-5 I5 K35 Q5 D01	คำสั่ง Ciucular Pocket Milling
N6 G00 Z15 M09	เครื่องมือตัดเคลื่อนที่ขึ้นและปิดน้ำหล่อเย็น

N7 G53 G49 Y0 Z0	ยกเลิกชดเชยความยาวของเครื่องมือตัด
N8 M30	จบการทำงานของโปรแกรม

4.2.5 ทดลองกัดเป็นชิ้นงานออกมา เพื่อนำ NC Code ที่ได้มาทำเป็นตัวอย่างในคู่มือ

รูปที่ 4.4 แสดงการเตรียมชิ้นงานโดยการตัดขนาด 120×120 mm.

รูปที่ 4.5 แสดงการกัดตาม NC Code ที่ได้ป้อนเข้าไป

รูปที่ 4.6 ชิ้นงานที่ได้จากการกัดโดยใช้คำสั่ง G00 G01 G02 G03

รูปที่ 4.7 ชิ้นงานที่ได้จากการกัดแบบ Profile Pocket Milling

รูปที่ 4.8 ชิ้นงานที่ได้จากการกัดแบบ Circular Pocket

4.2.6 ผลการวิเคราะห์จากการกัดชิ้นงาน

จากการกัดชิ้นงานทั้ง 3 แบบโดยการกัดชิ้นงานแบบ 3 แนวแกน (X, Y, Z) จะได้ชิ้นงานทั้งหมด 3 ชิ้นคือชิ้นที่1 การกัดงานโดยใช้คำสั่ง G00 G01 G02 G03 ชิ้นที่ 2 การกัดแบบ Profile Pocket Milling และชิ้นที่ 3 การกัดแบบ Circular Pocket ชิ้นงานที่ 1 มีขนาดตามที่ได้ออกแบบไว้ ชิ้นงานที่ 2 ชิ้นงานที่ได้ไม่สมบูรณ์เนื่องจากในระหว่างการกัดเครื่องกัดซีเอ็นซีเกิดการขัดข้องขึ้น ชิ้นงานที่ 3 ได้ขนาดตามที่ได้ออกแบบไว้แต่มีลักษณะเป็นรอยในการกัดกลางวงกลมเนื่องจากกำหนดค่า I J K ไม่พอดี ดังนั้นต้องทำการแก้ไขค่า I J K ใหม่

4.3 จัดทำคู่มือการใช้งานเบื้องต้นและการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM สำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF 1 แบบ 5 แนวแกน

จากการศึกษาข้อมูล จึงได้รวบรวมและจัดทำคู่มือการใช้งานเบื้องต้น โดยเนื้อหาประกอบไปด้วยลักษณะของเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF 1 การเคลื่อนที่ของแนวแกน ลักษณะการใช้งานของสวิตช์ต่างๆ บนแผงควบคุม วิธีการใช้งาน การบำรุงรักษาและขั้นตอนการใช้งานเครื่องกัด CNC เบื้องต้น รายละเอียดได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก

ในการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM ได้ทำการเปรียบเทียบทั้งหมด 5 โปรแกรม คือ 1. ArtCAM Pro9 2. Solidwork2008 3. AutoCAD Mechanical2009 4. Unigrapjic NX7.5 5. Pro/Engineer 2000i^2 ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบโปรแกรม CAD/CAM สำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF1

	ArtCAM PRO 9	Solidwork 2008	AutoCAD Mechanical 2009	Unigraphic NX 7.5	Pro/Engineer2000i^2
รายละเอียดคอมพิวเตอร์ขั้นพื้นฐาน					
Processor Type & Speed	Intel Core 2 Duo	Intel Pentium or AMD Athlon	Pentium 4 or AMD Athon	Intel Pentium 500	Intel Core 2 Duo
RAM	2 GB	2 GB	128 MB	256 MB	128 MB
Graphics Card	256 MB	1 GB	64 MB	1 GB	64 MB
Hard Disk Size	120 GB	5 GB	300 MB	5 GB	168 MB
Screen Display	1280x1024	1280x1024	1280x768	1280x1024	1280x768
OS	Window 7, Window Vista, Window XP	Window 7, Window Vista, Window XP	Window 98, Window ME, Window XP	Window 2000, Window XP	Window Vista, Window XP
การใช้งาน					
การออกแบบงาน 2 มิติ	ได้	ได้	ได้	ได้	ได้
การออกแบบงาน 3 มิติ	ได้	ได้	ได้	ได้	ได้
Assembly Design (การประกอบรูปทรง 3 มิติเข้าด้วยกัน)	ได้	ได้	ได้	ได้	ได้

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบโปรแกรม CAD/CAM สำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF1 (ต่อ)

	ArtCAM PRO 9	Solidwork 2008	AutoCAD Mechanical 2009	Unigraphic NX 7.5	Pro/Engineer2000i^2
ฟังก์ชั่นการสร้างรายละเอียดพื้นผิว	มี	มี	มี	มี	มี
CAM NC Code ออกมา	ได้	ได้แต่ต้องติดตั้ง SolidCAM	ไม่ได้	ได้	ได้
สามารถรับ CAD จากโปรแกรม	AutoCAD	Catia, AutoCAD	Solidwork	Catia	AutoCAD
เมื่อแก้ไข 2 มิติ 3 มิติจะแก้ไขด้วย	ได้	ได้	ได้	ได้	ได้
ใช้ในอุตสาหกรรมหรืองานประเภท	การขึ้นงาน 3 มิติจากรูปภาพ การขึ้นงาน 3 มิติจากเส้นงาน งานประเภทจิวเวอรี่ เช่น จี้ ต่างหู แหวน	ชิ้นส่วนทางกลเฟอร์นิเจอร์ที่มีชิ้นส่วนเยอะๆ	งานทางด้านวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม	การออกแบบแม่พิมพ์	ชิ้นส่วนทางกล ออกแบบแม่พิมพ์

4.4 จัดทำแบบสอบถาม

หลังจากทำการจัดทำคู่มือเสร็จเรียบร้อย จึงได้ทำการจัดทำแบบสอบถามเพื่อประเมินคู่มือ ตัวอย่างแบบสอบถามได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข ผลการประเมินดังนี้

การประเมินผลความพึงพอใจต่อ คู่มือการใช้งานเบื้องต้นและการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM สำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF 1 แบบ 5 แนวแกน โดยผู้ประเมินประกอบด้วย

อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการจำนวน 2 คน

นิสิตภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการจำนวน 26 คน

ผู้ที่สนใจจำนวน 22 คน

การประเมินแบ่งออกเป็น 5 ด้านคือ

เนื้อหาสามารถเข้าใจได้ง่าย

คู่มือมีการจัดเรียงเนื้อหาได้เหมาะสม

คู่มือเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานจริง

เนื้อหาครอบคลุมส่วนต่างๆ ในการใช้งานเครื่องและการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM

ภาพที่ใช้ประกอบคู่มือสื่อความหมายได้ชัดเจน

โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ระดับความพึงพอใจดังนี้

ระดับความพึงพอใจ	มากที่สุด	เทียบเป็น	4.51 - 5.0 คะแนน
ระดับความพึงพอใจ	มาก	เทียบเป็น	4.00 - 4.5 คะแนน
ระดับความพึงพอใจ	ปานกลาง	เทียบเป็น	3.00 - 3.5 คะแนน
ระดับความพึงพอใจ	น้อย	เทียบเป็น	2.00 - 2.5 คะแนน
ระดับความพึงพอใจ	น้อยที่สุด	เทียบเป็น	1.00 - 1.5 คะแนน

ได้แบ่งผลการประเมินระดับความพึงพอใจต่อคู่มือการใช้งานเบื้องต้นและการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM สำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF 1 แบบ 5 แนวแกน ดังนี้

ผลการประเมินระดับความพึงพอใจต่อคู่มือการใช้งานเบื้องต้นและการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM สำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF 1 แบบ 5 แนวแกน

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงระดับความพึงพอใจของอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการต่อคู่มือการใช้งานเบื้องต้นและการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM สำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF 1 แบบ 5 แนวแกน

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ					ร้อยละ	$\bar{X}$	ระดับความพึงพอใจ
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด			
1. เนื้อหาสามารถเข้าใจได้ง่าย	0	225	175	0	0	80	4	มาก
2. คู่มือมีการจัดเรียงเนื้อหาได้เหมาะสม	0	225	175	0	0	80	4	มาก
3. คู่มือเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานจริง	0	0	350	0	0	70	3.5	ปานกลาง
4. เนื้อหาครอบคลุมส่วนต่างๆ ในการใช้งานเครื่องและการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM	0	0	175	125	0	60	3	ปานกลาง
5. ภาพที่ใช้ประกอบคู่มือสื่อความหมายได้ชัดเจน	0	225	175	0	0	80	4	มาก
เฉลี่ย						74		

จากผลการคำนวณ จะได้เฉลี่ยร้อยละ ของระดับความพึงพอใจของอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการจำนวน 2 คนต่อคู่มือการใช้งานเบื้องต้นและการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM สำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF 1 แบบ 5 เท่ากับร้อยละ 74

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงระดับความพึงพอใจของนิสิตภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการต่อคู่มือการใช้งานเบื้องต้นและการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM สำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF 1 แบบ 5 แนวแกน

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ					ร้อยละ	$\bar{X}$	ระดับความพึงพอใจ
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด			
1. เนื้อหาสามารถเข้าใจได้ง่าย	11.54	57.69	30.76	0	0	84.8	4.24	มาก
2. คู่มือมีการจัดเรียงเนื้อหาได้เหมาะสม	0	69.23	30.77	0	0	83.8	4.19	มาก
3. คู่มือเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานจริง	7.69	50	42.3	0	0	82.2	4.11	มาก
4. เนื้อหาครอบคลุมส่วนต่างๆ ในการใช้งานเครื่องและการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM	3.84	11.53	50	0	0	49.2	2.46	น้อย
5. ภาพที่ใช้ประกอบคู่มือสื่อความหมายได้ชัดเจน	3.84	50	46.15	0	0	81	4.05	มาก
เฉลี่ย						76.2		

จากผลการคำนวณ จะได้เฉลี่ยร้อยละ ของระดับความพึงพอใจของนิสิตภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการจำนวน 26 คนต่อคู่มือการใช้งานเบื้องต้นและการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM สำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF 1 แบบ 5 เท่ากับร้อยละ 76.2

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงระดับความพึงพอใจของผู้ที่สนใจต่อคู่มือการใช้งานเบื้องต้นและการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM สำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF 1 แบบ 5 แนวแกน

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ					ร้อยละ	$\bar{X}$	ระดับความพึงพอใจ
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด			
1. เนื้อหาสามารถเข้าใจได้ง่าย	18.18	50	27.27	4.54	0	84.4	4.22	มาก
2. คู่มือมีการจัดเรียงเนื้อหาได้เหมาะสม	9.09	31.81	54.54	4.54	0	78	3.9	ปานกลาง
3. คู่มือเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานจริง	9.09	40.9	50	0	0	80.8	4.04	มาก
4. เนื้อหาครอบคลุมส่วนต่างๆ ในการใช้งานเครื่องและการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM	0	40.9	45.45	13.63	0	75.4	3.77	ปานกลาง
5. ภาพที่ใช้ประกอบคู่มือสื่อความหมายได้ชัดเจน	0	40.9	45.45	13.63	0	75.4	3.77	ปานกลาง
เฉลี่ย						78.8		

จากผลการคำนวณ จะได้เฉลี่ยร้อยละ ของระดับความพึงพอใจผู้ที่สนใจจำนวน 22 คนต่อคู่มือการใช้งานเบื้องต้นและการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM สำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF 1 แบบ 5 แนวแกนเท่ากับร้อยละ 78.8

สรุปผลการประเมินระดับความพึงพอใจต่อคู่มือการใช้งานเบื้องต้นและการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM สำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF 1 แบบ 5 แนวแกน
อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการมีระดับความพึงพอใจเฉลี่ยร้อยละ 74
นิสิตภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการมีระดับความพึงพอใจเฉลี่ยร้อยละ 76.2
ผู้ที่สนใจมีระดับความพึงพอใจเฉลี่ยร้อยละ 78.8

ดังนั้น คู่มือการใช้งานเบื้องต้นและการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM สำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF 1 แบบ 5 แนวแกนมีระดับความพึงพอใจเฉลี่ยร้อยละ 76.33

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมของผู้ประเมินต่อคู่มือการใช้งานเบื้องต้นและการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM สำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF 1 แบบ 5 แนวแกน

ในคู่มือการใช้งานเบื้องต้นน่าจะมีตัวอย่างขั้นตอนการกัดชิ้นงานอย่างละเอียด และมีรูปภาพประกอบเพื่อให้เข้าใจได้ง่ายมากขึ้น ในส่วนของคู่มือการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM เนื้อหายังไม่ค่อยชัดเจนและครอบคลุมทั้งหมดเท่าที่ควร

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

5.1.1 การจัดทำคู่มือการใช้งานเบื้องต้นและการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM สำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF 1 แบบ 5

โดยในคู่มือการใช้งานจะประกอบไปด้วยลักษณะของเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF 1 การเคลื่อนที่ของแนวแกน ลักษณะการใช้งานของสวิตช์ต่างๆ บนแผงควบคุม วิธีการใช้งาน การบำรุงรักษาและขั้นตอนการใช้งานเครื่องกัด CNC เบื้องต้น โดยผู้ที่สนใจหรือผู้ที่ต้องการจะใช้เครื่องสามารถที่จะใช้คู่มือนี้ประกอบในการใช้งานจริงได้

ในส่วนคู่มือการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM ได้ทำการเปรียบเทียบทั้งหมด 5 โปรแกรม คือ 1. ArtCAM Pro9 2. Solidwork2008 3. AutoCAD Mechanical2009 4. Unigrapjic NX7.5 5. Pro/Engineer 2000i^{2}โดยจะทำการเปรียบเทียบรายละเอียดทางด้านคอมพิวเตอร์และลักษณะการใช้งานของแต่ละโปรแกรม ซึ่งแต่ละโปรแกรมก็จะมีข้อแตกต่างกันออกไป แล้วแต่ลักษณะการใช้งานว่าต้องการใช้กับงานแบบไหน

5.1.2 ระดับความพึงพอใจต่อคู่มือการใช้งานเบื้องต้นและการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM สำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF 1 แบบ 5

โดยผู้วิจัยได้จัดทำแบบประเมินระดับความพึงพอใจต่อการใช้คู่มือการใช้งานเบื้องต้นและการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM สำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF 1 แบบ 5 แนวแกนซึ่งแบ่งกลุ่มผู้ประเมินออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ นิสิตภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ และผู้ที่สนใจอื่นๆ โดยมีผลการประเมินความพึงพอใจเฉลี่ยในคู่มือเท่ากับร้อยละ 76.33

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการปรับปรุงคู่มือในครั้งต่อไปอาจจะทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติม เพื่อให้ผู้ที่สนใจนำไปฝึกทำในครั้งต่อไปได้ และควรอัปเดตโปรแกรมใหม่ๆ ที่สามารถใช้งานได้จริงกับเครื่องกัดซีเอ็นซี รุ่น HAAS VF 1 และเนื่องจากเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF1 เกิดการขัดข้องบ่อยมาก จึงควรมีการบำรุงรักษาหรือหมั่นตรวจสอบตามคำแนะนำที่อยู่ในคู่มือเป็นประจำ

5.3 ปัญหาที่พบในการดำเนินงาน

เครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF 1 แบบ 5 แนวแกนเกิดปัญหาขัดข้องบ่อย เนื่องจากเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF 1 แบบ 5 แนวแกน มีอายุการใช้งานที่มากแล้ว

เอกสารอ้างอิง

ศรวณีย์ อิสมาส, ธนพจน์ อินทรสุข. (2548). **ระบบโปรแกรมออกแบบและบริหารการผลิตสำหรับเครื่องกลึง CNC.** ปริญญานิพนธ์ วศ.บ. มหาวิทยาลัยนเรศวร,พิษณุโลก

พลากร สุภาพ, ชัยฤทธิ์ เพ็งแจ้ง. (2548). **การพัฒนาโปรแกรมออกแบบ Unigraphics สำหรับเครื่องกัดแนวดิ่ง 5 แนวแกน.** ปริญญานิพนธ์ วศ.บ. มหาวิทยาลัยนเรศวร,พิษณุโลก

ณัฐพล วงศ์วิริยชาติ, สวัสดิ์ สมทพงษ์. (2545). **การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบและการผลิตสำหรับเครื่องกัดแนวดิ่ง 5 แนวแกน.** ปริญญานิพนธ์ วศ.บ. มหาวิทยาลัยนเรศวร,พิษณุโลก

ทศพร แสนกลิ่น, อนุรักษ์ สักลอ. (2552). **เทคโนโลยีซีเอ็นซีและโปรแกรมในการออกแบบการผลิต (ArtCAM) ที่ใช้กับเครื่องกัดซีเอ็นซี.** ปริญญานิพนธ์ วศ.บ. มหาวิทยาลัยนเรศวร,พิษณุโลก

อำนาจ ทองแสน. (2544). **ทฤษฎีและการเขียนโปรแกรม CNC สำหรับการควบคุมเครื่องจักรกลด้วยคอมพิวเตอร์.** กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

สมบัติ ชิวหา. (2552). **พื้นฐานเทคโนโลยีซีเอ็นซี.** ปทุมธานี: สกายบุ๊กส์.

ภาณุพงษ์ ปัตติสิงห์. (2537). **คู่มือการใช้โปรแกรม Mechanical Desktop 3.** กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ภาคผนวก ก

คู่มือการใช้งานเบื้องต้นและการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM สำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF 1 แบบ 5 แนวแกน

สารบัญ

หน้า

คู่มือการใช้งานเบื้องต้นสำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF1 43

1. การเคลื่อนที่ของแนวแกน 43
2. ลักษณะการใช้งานของสวิตช์ต่างๆ บนแผงควบคุม 44
3. หน้าจอการแสดงผล 49
4. วิธีการใช้งานเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF1 50
5. การบำรุงรักษา 54

คู่มือการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM สำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซี 66

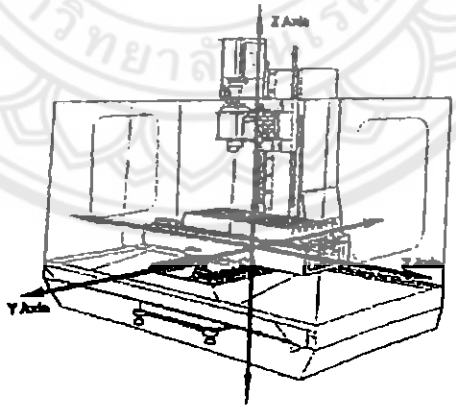
1. ArtCAM Pro 9 67
2. Solidwork 2008 70
3. AutoCAD Mechanical 2009 75
4. Unigraphic NX 7.5 75
5. Pro/Engineer 2000i^2 78
6. ตารางเปรียบเทียบโปรแกรม CAD/CAM 81

คู่มือการใช้งานเบื้องต้นสำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF1

เครื่องจักร VF Series เป็นเครื่อง Vertical Machining หมายถึง เครื่องกัดแนวตั้งแบบรวมศูนย์เครื่องมือตัด

รูปที่ 1 เครื่องกัดซีเอ็นซี HAAS VF-1 Series

1. การเคลื่อนที่ของแนวแกน



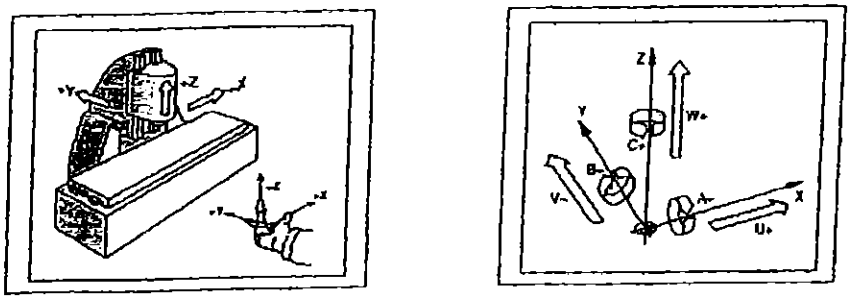
VF-1 showing X, Y, and Z-axis lines.

รูปที่ 2 แนวแกนของเครื่อง Haas Automation INC รุ่น VF1

ที่มา : อำนาจ ทองแสน, ทฤษฎีและการเขียนโปรแกรม CNC สำหรับการควบคุมเครื่องจักรกลด้วยคอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2544:12.

การพิจารณาการเคลื่อนที่ จะยึดถือว่า Tool หรือหัวตัดเป็นตัวเคลื่อนที่ไปในทิศทางต่างๆ ตามกฎมือขวา

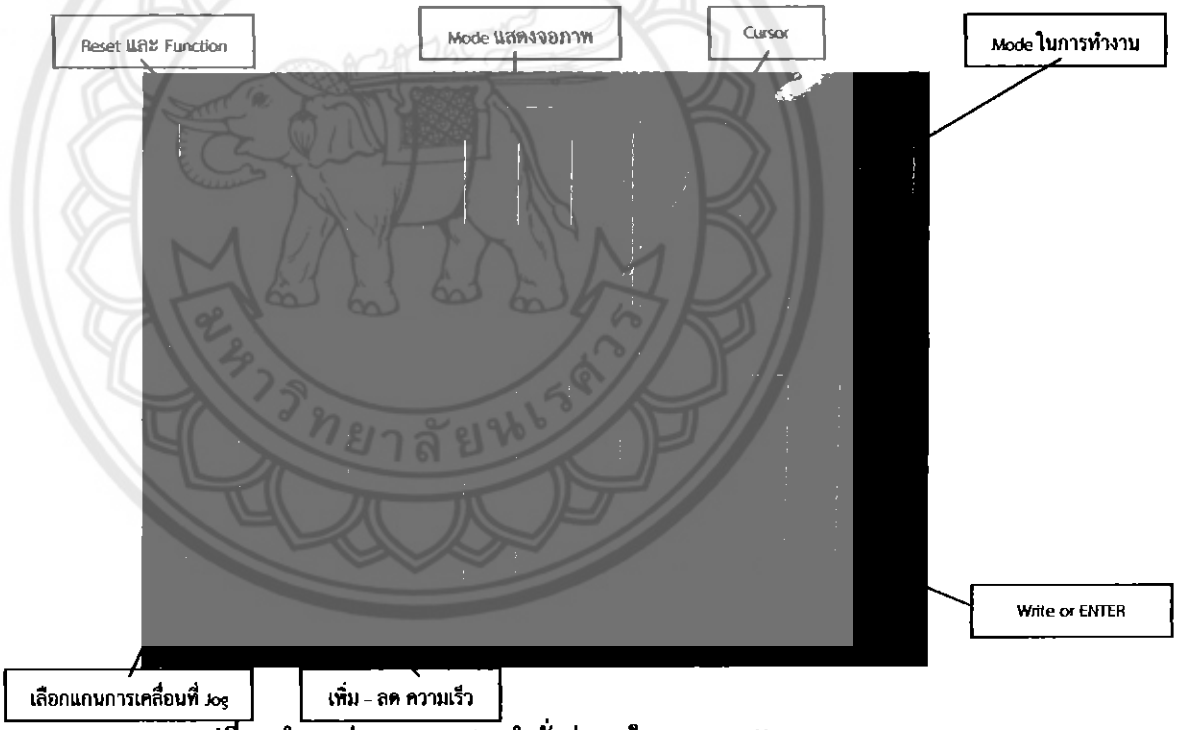
หมายถึง การเคลื่อนที่เครื่องมือตัดจะต้องไปตามทิศทางของแกนหลักและแกนหมุนต่างๆ



รูปที่ 3 ทิศทางการเคลื่อนที่ตามกฎของมือขวา

ที่มา : อำนาจ ทองแสน, ทฤษฎีและการเขียนโปรแกรม CNC สำหรับการควบคุมเครื่องจักรกลด้วยคอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2544:12.

2. ลักษณะการใช้งานของสวิตซ์ต่างๆ บนแผงควบคุม



รูปที่ 4 ตำแหน่งของ Mode คำสั่งต่างๆ ใน Controller

Function การทำงานต่างๆ ของ Controller
บนแผงควบคุมจะมีปุ่มทั้งหมด 133 ปุ่ม คือ

RESET	มี 3 ปุ่ม
FUNCTION	มี 8 ปุ่ม
JOG	มี 15 ปุ่ม
OVERRIDES	มี 15 ปุ่ม
DISPLAYS	มี 8 ปุ่ม

CURSOR	มี 8 ปุ่ม
ALPHA	มี 30 ปุ่ม
MODE	มี 30 ปุ่ม
NUMERIC	มี 15 ปุ่ม

1. RESET

RESET	หยุดการเคลื่อนไหวทุกอย่างและวางโปรแกรมตัวชี้ไปที่ด้านบนของโปรแกรมในปัจจุบัน
POWER UP/RESTART	หลังจากที่ไฟเริ่มต้นขึ้นเมื่อปุ่มนี้ถูกกดแกนจะกลับศูนย์และหนึ่งเครื่องมือที่จะใส่ในแกน
TOOL CHANGER RESTORE	เมื่อทำการเปลี่ยนเครื่องมือแล้วเกิดการหยุดชะงักขึ้นในระหว่างการเปลี่ยนเครื่องมือ ปุ่มนี้จะทำให้เริ่มต้นการใช้หน้าจอใหม่โดยกู้คืนจากความผิดพลาดในการเปลี่ยนเครื่องมือ

2. FUNCTION

F1-F4	ใช้ในการแก้ไขกราฟฟิก พื้นหลัง และช่วยเหลือในการดำเนินการฟังก์ชั่นพิเศษ
TOOL OFSET MESUR	ใช้ในการบันทึกชดเชยความยาวเครื่องมือในหน้าชดเชยระหว่างการติดตั้งส่วนหนึ่ง
NEXT TOOL	ใช้ในการเลือกเครื่องมือต่อไประหว่างการติดตั้ง
TOOL RELEASE	การปล่อยเครื่องมือ
PART ZERO SET	ใช้ในการตั้งค่า offsets โดยอัตโนมัติ

3. JOG

+A, -A	เลือกแกนA เลือกแกน B เมื่อใช้ร่วมกับปุ่ม Shift และการควบคุมจะถูกกำหนดค่าด้วยตัวเลือกที่ห้าแกน
+Z, -Z	เลือกแกน Z
+Y, -Y	เลือกแกน Y
+X, -X	เลือกแกน X
JOG LOCK	เมื่อกดก่อนที่จะเป็นหนึ่งในคีย์ข้างต้น แกนจะถูกย้ายในการเคลื่อนไหวอย่างต่อเนื่องโดยไม่จำเป็นต้องกดปุ่มแกนหยุดการเคลื่อนไหว
CHIP FND	เปิดสว่านในทิศทางที่เอาชิปจากเซลล์ทำงาน
CHIP STOP	หยุดการเคลื่อนไหวสว่าน
CHIP REV	เปิดสว่านชิปในทิศทางกลับกัน
CLNT UP	กดปุ่มนี้ทิศทางกระแสหล่อเย็นหนึ่งตำแหน่งที่สูงขึ้น
CLNT DOWN	กดปุ่มนี้ทิศทางกระแสหล่อเย็นหนึ่งตำแหน่งที่ต่ำลง

AUX CLNT	กดปุ่มนี้นี้ในขณะที่กดคีย์ในโหมด MDI จะเปิดผ่านระบบหล่อเย็นแกนและกดอีกครั้งจะปิดระบบ

4. OVERRIDES

HANDLE CONTROL FEEDRATE	
-10	ลดอัตราการป้อนปัจจุบันโดย 10% (จาก 10 ถึง 200%)
100%	ชุดควบคุมอัตราการป้อนที่อัตราการป้อนโปรแกรม
+10	เพิ่มอัตราการป้อนปัจจุบันโดย 10% (จาก 10 ถึง 200%)
HANDLE CONTROL SPINDLE	
-10	ลดความเร็วในแกนปัจจุบันโดย 10% (10-150%)
100%	ชุดควบคุมความเร็วแกนกับความเร็วที่ตั้งโปรแกรมไว้
+10	เพิ่มความเร็วแกนปัจจุบันโดย 10% (10-150%)
CW	เริ่มต้นที่แกนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา
STOP	หยุดแกน
CCW	เริ่มต้นที่แกนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา
5% RAPID	ข้อ จำกัด การเคลื่อนที่ด้วยความเร็วร้อยละ 5 ของจำนวนสูงสุด
25% RAPID	ข้อ จำกัด การเคลื่อนที่ด้วยความเร็วร้อยละ 25 ของจำนวนสูงสุด
50% RAPID	ข้อ จำกัด การเคลื่อนที่ด้วยความเร็วร้อยละ 50 ของจำนวนสูงสุด
100% RAPID	ช่วยให้เคลื่อนที่อย่างรวดเร็วไปยังฟีดที่สูงสุด

5. DISPLAYS

PRGRM/CONVRS	แสดงโปรแกรมที่เลือกในปัจจุบัน นอกจากนี้ยังใช้ในการใช้งานด่วน
POSIT	ตำแหน่งของแกนต่างๆ
OFSET	Tool และ Work offset
CURNT COMDS	แสดงสถานะของเครื่อง
ALARM/MESGS	แสดงการขัดข้องต่างๆ
PARAM/DGNOS	Machine parameter
SETNG/GRAPH	Setting และ Graphic
HELP/CALC	เอกสารและเครื่องคำนวณ

6. CURSOR

HOME	หน้าแรก
UP ARROW	ลูกศรขึ้นเลื่อนขึ้นหนึ่งรายการ, บล็อก, หรือเซต ในกราฟิกหน้าต่างซูมเข้าจะถูกย้ายขึ้น
PAGE UP	ใช้ในการเปลี่ยนหน้าจอเลื่อนขึ้นหน้าหนึ่งในการแก้ไขหรือซูมออกเมื่ออยู่ในกราฟิก
LEFT ARROW	ใช้เลือกรายการที่สามารถแก้ไขได้ภายในแต่ละแก้ไขให้ย้าย

	เคอร์เซอร์ไปทางซ้าย มันไม่จำเป็นเลือกข้อมูลในเขตข้อมูลของหน้าการตั้งค่าและย้ายหน้าต่างซูมเข้าซ้ายเมื่ออยู่ในกราฟิก
RIGHT ARROW	ใช้เลือกรายการที่สามารถแก้ไขได้ภายในแต่ละแก้ไขให้ย้ายเคอร์เซอร์ไปทางขวา มันไม่จำเป็นเลือกข้อมูลในเขตข้อมูลของหน้าการตั้งค่าและย้ายหน้าต่างซูมเข้าซ้ายเมื่ออยู่ในกราฟิก
END	ย้ายเคอร์เซอร์ไปยังรายการที่ด้านล่างบนหน้าจอ ในการแก้ไขนี้เป็นบล็อกสุดท้ายของโปรแกรม
DOWN ARROW	ลูกศรลงเลื่อนลงหนึ่งรายการ, บล็อก, หรือเขต ในกราฟิกหน้าต่างซูมเข้าจะถูกย้ายลงมา
PAGE DOWN	ใช้ในการเปลี่ยนการแสดงผลให้ย้ายลงหนึ่งหน้าในการแก้ไขหรือซูมออกเมื่ออยู่ในกราฟิก

7. ALPHA

SHIFT	ปุ่ม Shift ให้การเข้าถึงตัวละครในขณะที่อยู่บนแป้นพิมพ์ กด SHIFT แล้วตัวอักษรสีขาวจะทำให้ตัวละครที่จะถูกส่งไปควบคุม เมื่อใส่ข้อความ, CASE UPPER เป็นค่าเริ่มต้น หากต้องการเข้าถึงตัวละครกรณีที่ต่ำกว่ากดแป้น SHIFT ค้างไว้ขณะที่กดตัวอักษรที่เหมาะสมแป้น SHIFT นอกจากนี้ยังสามารถจัดขึ้นอย่างต่อเนื่องลงในขณะที่จำนวนของคีย์อื่น ๆ โดยการกด
EOB	มันจะแสดงเป็นเครื่องหมายอัฒภาคบนหน้าจอและมันหมายถึงการสิ้นสุดของโปรแกรมบล็อก
()	วงเล็บจะใช้ในการแยกคำสั่งโปรแกรม CNC จากความคิดเห็นของผู้ใช้ และต้องใส่เป็นคู่เสมอ
/	ถ้าสัญลักษณ์นี้เป็นสัญลักษณ์แรกในบล็อกและ DELETE BLOCK ถูกเปิดใช้งานแล้วบล็อกที่ถูกละเว้นในเวลาทำงานสัญลักษณ์นี้ยังใช้สำหรับการแบ่งในนิพจน์

8. MODE

EDIT กลุ่มของการเขียนโปรแกรมใหม่และแก้ไขโปรแกรมเก่า

Insert	แทรกข้อมูลหรือใส่ข้อมูลใหม่
Alter	แก้ไขข้อมูล
Delete	ลบข้อมูลขณะ Cursor ทำงาน
Undo	ยกเลิกการแก้ไขข้อมูลและเรียกกลับคืนมา

MEM Mode การสั่งให้เครื่องทำงานตามโปรแกรม

Single Block	ทำงานเป็นลำดับทีละ 1 Block
Dry Run	การทดสอบการทำงานโดยดูจากการเคลื่อนที่ของ Tool อย่างรวดเร็ว
Optional stop	หยุดการเคลื่อนที่ของแกนต่างๆ เมื่อพบ M00, M01

	เพื่อรอรับคำสั่ง Cycle start ต่อไป
Block Delete control	จะไม่ทำงานใน Block ที่มีเครื่องหมาย / หน้า Block นั้น
MDI/DNC Manual data input and Direct numerical control	
Coolant	ปิด – เปิด น้ำหล่อเย็น
Orient Spindle	หมุนหาตำแหน่งเปลี่ยนเครื่องมือตัดของหัวกัด
ATC FWD	Automatic tool change Forward
ATC REW	Automatic tool change Reward
Handle Jog Manual moving axis by Handwheel and Buttom	
ZERO RET Home Zero Return	
Auto All Axis	ทุกแกนเคลื่อนที่กลับ Home โดยการเคลื่อนที่ Z ก่อนและ –XY ตามลำดับ
Origin	การกำหนดตำแหน่งใดๆ ของ Operator
Zero single axis	กลับ Home ทีละแกน
Home G28	กลับ Home อัตโนมัติทุกแกนตาม G28 Function
LIST PROG List program or directory	
Select prog	เลือกโปรแกรมที่จะเขียนหรือทำงาน
Send RS232	ส่งโปรแกรมจาก Control to PC
Recv RS232	รับข้อมูลจาก PC to Control
Erase prog	ลบโปรแกรม

9. NUMERIC

CANCLE	ยกเลิกจะใช้ในการลบตัวอักษรตัวสุดท้ายในระหว่างการป้อนข้อมูลเข้าแก้ไข
SPACE	ช่องว่างและสามารถใช้ในการแสดงความคิดเห็นรูปแบบที่วางไว้ลงในโปรแกรม
WRITE/ENTER	จะใช้ในการเขียนโปรแกรมเข้าไป เวลาที่ผู้ใช้ต้องการเปลี่ยนแปลงข้อมูลใด ๆ ในการควบคุมใด จะใช้ปุ่มนี้
-,.	ใช้ในการลบล้างตัวเลขหรือให้ความแม่นยำทศนิยม
+, =, #, *	สัญลักษณ์เหล่านี้จะเข้าถึงได้โดยก่อนกดปุ่ม SHIFT และแล้วคีย์ที่มีสัญลักษณ์เหล่านี้
?, %, $, !, &, @, :	สัญลักษณ์นี้ทำได้โดยการกดปุ่ม SHIFT สามารถใช้ในการแสดงความคิดเห็นโปรแกรม

3. หน้าจอการแสดงผล

Mode การแสดงผล มีทั้งหมด 8 ปุ่มด้วยกัน คือ

รูปที่ 5 Mode **ในการแสดงหน้าจอที่ต้องการ**

หน้าจอเขียนโปรแกรม

ตำแหน่งของแกนต่างๆ

Tool และ Work offset

แสดงสถานะของเครื่อง

แสดงการขัดข้องต่างๆ

Machine parameter

Setting และ Graphic

เอกสารและเครื่องคำนวณ

หน้าจอแสดงผล มีอยู่ด้วยกัน 8 ประเภท

1. Program Displays:

แสดงโปรแกรมที่ใช้ในการแสดงโปรแกรมของคุณทั้งในโหมด MEM, แก้ไข, **หรือ** MDI

2. Position Display:

แสดงตำแหน่งที่ใช้ในการเลือก X, Y, Z **หรือตำแหน่งแกนในใด ๆ ของระบบพิกัด**

3. Offsets Display:

DISPLAY **ชดเชยจะใช้ในการป้อนและแสดงชดเชยความยาวเครื่องมือชดเชยรัศมีเครื่องมือและชดเชยการทำงาน ขึ้นหน้าและ** PAGE DOWN **ปุ่มจะเลื่อนไประหว่างเหล่านี้**

4. Current Commands Display:

แสดงคำสั่งปัจจุบันถูกใช้เพื่อแสดงคำสั่งตรวจสอบโปรแกรมคำสั่งปัจจุบัน, วิ่งจับเวลา, จับเวลาอายุการใช้งาน, ตรวจสอบภาระเครื่องมือและตรวจสอบภาระแกน PAGE UP **และ** PAGE DOWN

5. Alarms/Messages Display:

จะใช้เพื่อแสดงการเตือนภัยและการป้อนและแสดงข้อความของผู้ใช้ กดปุ่มที่สองของการเตือนภัยจะเลือกข้อความที่แสดง ปุ่มเคอร์เซอร์ขึ้นและลงจะแสดงการเตือนภัยเพิ่มเติมในกรณีเหล่านี้

เป็นมากกว่าในหนึ่งหน้า

6. Parameters/Diagnostics Displays:

แสดงทั้งหมดของพารามิเตอร์ขึ้นอยู่กับการควบคุมเครื่องและข้อมูลการวินิจฉัย ผลักดันที่สองของปุ่ม PARAM / DGNOS จะเลือกการแสดงผลการวินิจฉัย PAGE UP, PAGE DOWN

7. Settings/Graphics Displays:

แสดงการตั้งค่าจะใช้ในการแสดงและเปลี่ยนพารามิเตอร์การควบคุมของผู้ใช้ ใช้ 2 ปุ่มคือ SETNG/GRAPH

8. Help/Calculator Displays:

การแสดงเอกสารวิธีแสดงมินิคู่มือเกี่ยวกับ CRT พร้อมกับไดเรกทอรีของข้อมูลช่วยวิจารณ์ ปุ่มตัวอักษรแต่ละคนจะเลือกหัวข้อที่แตกต่างกันภายในจอแสดงผลวิธีใช้ กดปุ่มที่สองของการช่วยเหลือจะเลือกการแสดงผลเครื่องคิดเลข ขึ้นหน้าและ PAGE DOWN ปุ่มจะเลือกฟังก์ชั่นเครื่องคิดเลขที่แตกต่างกัน

4. วิธีการใช้งานเครื่องกัดเครื่องกัด CNC รุ่น HAAS VF1

4.1 การเปิดเครื่อง

ก. เริ่มจากเปิด ตัวจ่ายไฟรวม (โดยดันสวิตช์ขึ้น)

ข. เปิดตัวจ่ายไฟของเครื่องกัด HAAS VF1 (โดยดันสวิตช์ทางซ้าย)

ค. เปิด Switch ทางด้านขวามือข้างหลังเครื่อง

ง. กดปุ่ม Power On (สีเขียว) แล้วรอสักครู่ ให้เครื่องโหลดข้อมูลและเช็คสภาพเครื่องก่อน > ปลด Emergency Stop (โดยการกดลงไป) > กด Reset (ในโหมด Reset และFunction)

จ. กด Power Up (ในโหมด Reset และFunction) > เลือก Rapid 25 เพื่อให้ทุกแนวแกนกลับไปที่จุดศูนย์ของเครื่องและจำค่าไว้เพื่อใช้อ้างอิงในการทำงาน

ฉ. กด Zero Return (ในโหมดการทำงาน) > Auto All Axis (ในโหมดการทำงาน) เพื่อให้เครื่องเปลี่ยนตำแหน่ง Home และเตรียมพร้อมทำงาน

4.2 การวอร์ม Spindle ก่อนการทำงาน

ก. เริ่มที่ MDI DNC (ในโหมดการทำงาน) เพื่อเข้าสู่โหมดการเขียนโปรแกรมโดยเฉพาะ

ข. พิมพ์ M3 S500 > Enter (ในโหมดการทำงาน) > Cycle Star Spindle จะหมุนตามเข็มนาฬิกาที่ความเร็ว 500 รอบ/นาที

ค. ใช้เวลาวอร์มแกนหมุนประมาณ 10-15 นาที แล้วกด Stop เพื่อหยุด

4.3 การ Set จุดศูนย์ชิ้นงาน

การกำหนดจุดศูนย์ชิ้นงานที่จุดศูนย์กลาง ที่สำคัญคือ ต้องกำหนดให้ตรงกับขั้นตอน Manufacturing

ก. เริ่มที่กด Handle Jog (ในโหมดการทำงาน) > Page Up (ในโหมด Cursor) ไปที่หน้าจอ Position Operator > กด CW (ในโหมด เพิ่ม- ลด ความเร็ว) เพื่อให้แกนหมุน หมุนตามเข็มนาฬิกา

ข. การตั้งโต๊ะงานให้อยู่ในแนวแกนที่ต้องการโดยการเลือกแนวแกนที่ Jog Lock (ในโหมดแกนการเคลื่อนที่) > เลือกความเร็วในการเคลื่อนที่จาก Handle Jog (ในโหมดการทำงาน) > หมุน Hand Wheel ไปตำแหน่งที่ต้องการ เช่น

-X = -262.6 mm.
-Y = -204.3 mm.
-Z = -113.623 mm.

ค. เลือกแกน -X หรือ +X (ในโหมดแกนการเคลื่อนที่) > Origin(ในโหมดการทำงาน) > -Y หรือ +Y (ในโหมดการทำงาน) > Origin(ในโหมดการทำงาน) > -Z หรือ+Z (ในโหมดการทำงาน) > Origin(ในโหมดการทำงาน)

ง. ยกแกน Z ขึ้นมา 36 mm. จากหมุน Hand Wheel กด Origin (ในโหมดการทำงาน)

จ. จบการกำหนดการตั้งค่า (Work Offset)

จ.1 กด Offset (ในโหมดแสดงจอภาพ) > Page Up 1 ครั้ง(ในโหมด Cursor) แล้วเลื่อน แกนหมุน ไปที่ค่า X ของ G54 > ฟังชัน F4(ในโหมด Reset และ Function) > Part Zero Set (ในโหมด Reset และFunction) และที่เหลือ Y , Z ทำเหมือนเดิม เพื่อป้อนค่าจุดศูนย์ชิ้นงานเข้าชุดควบคุมของเครื่อง

จ.2 กด Page Down 1 ครั้ง [redacted] (ในโหมด Cursor) > เลื่อน Cursor ไปที่ Tool Length ของ Tool หมายเลข3 > พิมพ์ 0 > กด Enter (ในโหมด Write or ENTER) [redacted] > กดF1 (ใน โหมด Reset และFunction) [redacted] > Tool Offset Mesur (ใน โหมด Reset และFunction) [redacted] เป็นการชดเชยยาว Tool บนชุดควบคุมของเครื่อง

จ.3 กด Stop (ในโหมด เพิ่ม- ลด ความเร็ว) [redacted] ให้แกนหมุนหยุด > ยกแกน Z ขึ้นให้สุด > ใส่ชิ้นงานบนโต๊ะ

จ.4 กด Stop (ในโหมด เพิ่ม- ลด ความเร็ว) [redacted] ให้แกนหมุนหยุด > Zero Return (ในโหมดการทำงาน) [redacted] > Auto All Axes (ในโหมดการทำงาน) [redacted] เพื่อให้ทุกแนวแกนกลับตำแหน่ง Home และเตรียมพร้อมที่จะกัดชิ้นงาน

4.4 การป้อนโปรแกรมเข้าชุดควบคุม

[redacted]

ก. ใส่แผ่นดิสก์ในช่อง Drive A [redacted] ของชุดควบคุมเครื่องกัด

ข. กด Edit (ในโหมดการทำงาน) [redacted] เพื่อเข้าสู่โหมดแก้ไขข้อมูล > F1(ใน โหมด Reset และFunction) [redacted] เพื่อเรียกรายการย่อยในหน้าต่าง > Edit(ในโหมดการ ทำงาน) [redacted] ออกมาเลือกใช้งาน

ค. เลื่อน Cursor (ในโหมด Cursor) [redacted] ไปที่ I/O > สมุดรายนาม Floppy Directory > Enter (ในโหมด Write or ENTER) [redacted] เพื่อเรียกไฟล์โปรแกรม จากแผ่นดิสก์ขึ้นมา

ง. เลื่อน Cursor (ในโหมด Cursor) [redacted] ไปที่ชื่อไฟล์ที่ที่ต้องการ > Enter (ในโหมด Write or ENTER) [redacted] รอสักครู่เครื่องจะโหลดไฟล์ NC Code ขึ้นมาให้ ทำงาน

4.5 การดูกราฟิกการเคลื่อนที่ของ Tool อย่างรวดเร็ว เพื่อดูว่าตัวโปรแกรมไม่มี ปัญหา

กด Edit (ในโหมดการทำงาน) [redacted] > MEM (ในโหมดการทำงาน) [redacted] > SETTING GRAPH (ในโหมดจอแสดงภาพ) [redacted] 2 ครั้ง > F3 (ใน โหมด Reset

และFunction) > F4 (ในโหมด Reset และFunction) > CYCLE START

(สีเขียว) ที่หน้าจอจะแสดงการเคลื่อนที่ของ Tool

4.6 การสั่งให้โปรแกรมทำงาน

เมื่อกำหนดจุดศูนย์ของโปรแกรม ค่า Offset ชดเชยความยาว Tool และดูภาพกราฟิกจนมั่นใจแล้วว่าการเคลื่อนที่ของ Tool และโต๊ะงานถูกต้องก็สั่ง Run โปรแกรมได้

ก. กด Edit (ในโหมดการทำงาน) > MEM (ในโหมดการทำงาน)

> CURNT > SINGLE BLOCK > เลือก Rapid 5 > CYCLE START (สีเขียว) เครื่องกัดจะเริ่มทำงานทีละบรรทัดตามที่เลือก เมื่อมั่นใจว่าตัวโปรแกรมไม่มีปัญหาให้ปลด SINGLE BLOCK (ในโหมดการทำงาน) ออก เพื่อให้เครื่องทำงานต่อเนื่องไปเรื่อยๆ จนจบโปรแกรม

ข. เมื่อจบโปรแกรมจะมีเสียงกริ่งดังขึ้น ให้กด Reset (ในโหมด Reset และ Function)

ค. กด HANDLE JOG (ในโหมดการทำงาน) > เลือกความเร็ว > เลือกแกน Z > ใช้ Hand Wheel ยกแกน Z ขึ้นให้สุด แล้วเอาชิ้นงานออกจากเครื่อง

4.7 การปิดเครื่อง

ก. ZERO RETURN (ในโหมดการทำงาน) > AUTO ALL AXES (ในโหมดการทำงาน) เพื่อให้ทุกแนวแกนกลับไปอยู่ในตำแหน่ง Home

ข. กด POWER OFF (สีแดง) เพื่อปิดเครื่อง > ปิด Switch ทางด้านขวามือข้างหลังเครื่อง

ค.ปิดตัวจ่ายไฟของเครื่องกัด HAAS VF1 (โดยดันสวิตช์ทางขวา)

ง.ปิดตัวจ่ายไฟรวม (โดยดันสวิตช์ลง)

5. การบำรุงรักษา

<u>ช่วงเวลา</u> ประจำวัน

<u>การดำเนินการบำรุงรักษา</u>

- ตรวจสอบระดับน้ำหล่อเย็นทุกๆ 8 ชั่วโมง (โดยเฉพาะอย่างยิ่งระหว่างการใช้งานหนัก) แสดงดังรูปที่ *6*

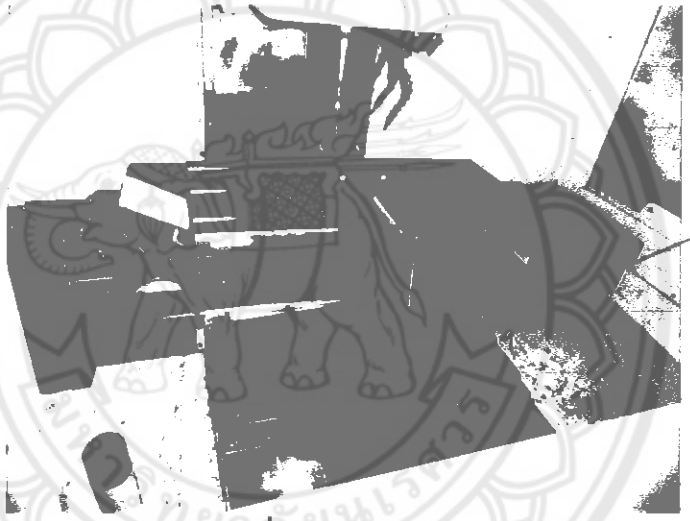
รูปที่ 6 แสดงระดับน้ำหล่อเย็น

- ตรวจสอบระดับน้ำหล่อลื่นในถัง

รูปที่ 7 ระดับน้ำหล่อลื่นในถัง

- ทำความสะอาด Way Covers และ Bottom Pan

รูปที่ 8 Way Covers



รูปที่ 9 Bottom Pan

- ทำความสะอาด Tool Changer

รูปที่ 10 Tool Changer

- เช็ดเรียวแกนด้วยเศษผ้าที่สะอาดและใช้น้ำมัน

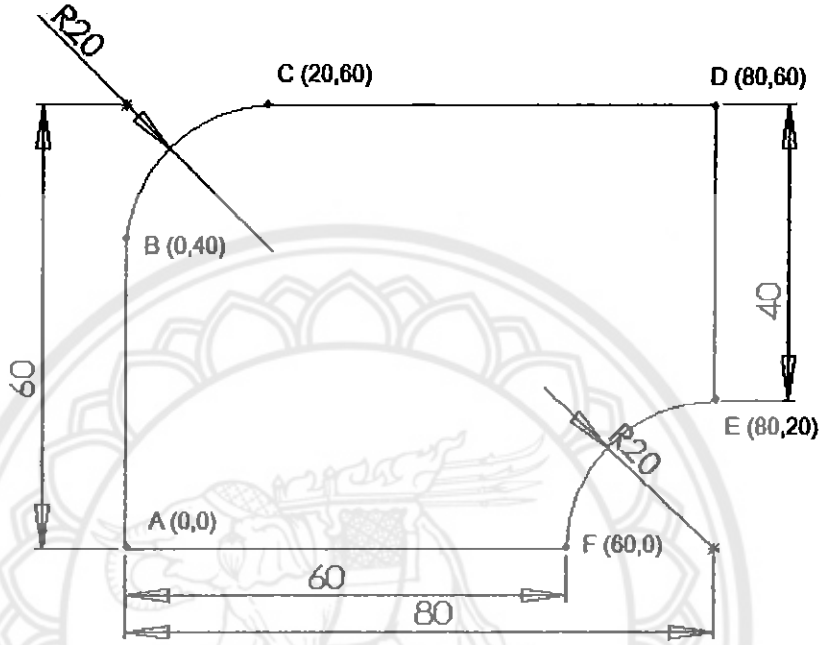
ช่วงเวลา รายสัปดาห์

การดำเนินการบำรุงรักษา

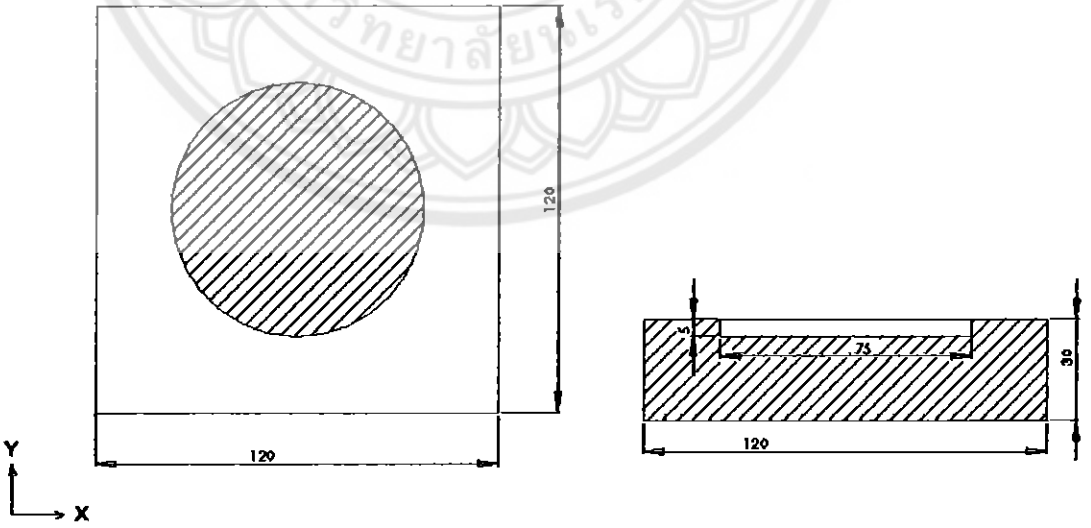
- ทำความสะอาดที่กรองน้ำหล่อเย็นที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว หรือทำการเปลี่ยนหากจำเป็น
- ตรวจสอบ ท่อระบายน้ำที่ควบคุมการกรองสำหรับการใช้งานต่อไป
- ทำความสะอาดตะกร้าชิปบนถังน้ำหล่อเย็น
- ถอดฝาครอบถังและเอาดินตะกอนภายในถังออก ระมัดระวังในการตัดการเชื่อมต่อปั๊มน้ำหล่อเย็นจากตัวควบคุมและปิดการควบคุมก่อนที่จะทำงานในถังน้ำหล่อเย็น
- ตรวจสอบมาตรวัด-อากาศ / ควบคุมไว้ที่ 85 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว
- ทำความสะอาดพื้นผิวภายนอกโดยทำความสะอาดไม่รุนแรง อย่าใช้ตัวทำละลาย
- ตรวจสอบความดัน-ถ่วงดุลไฮดรอลิกตามข้อกำหนดของเครื่อง

6. ขั้นตอนการใช้งานเครื่องกัด CNC เบื้องต้น

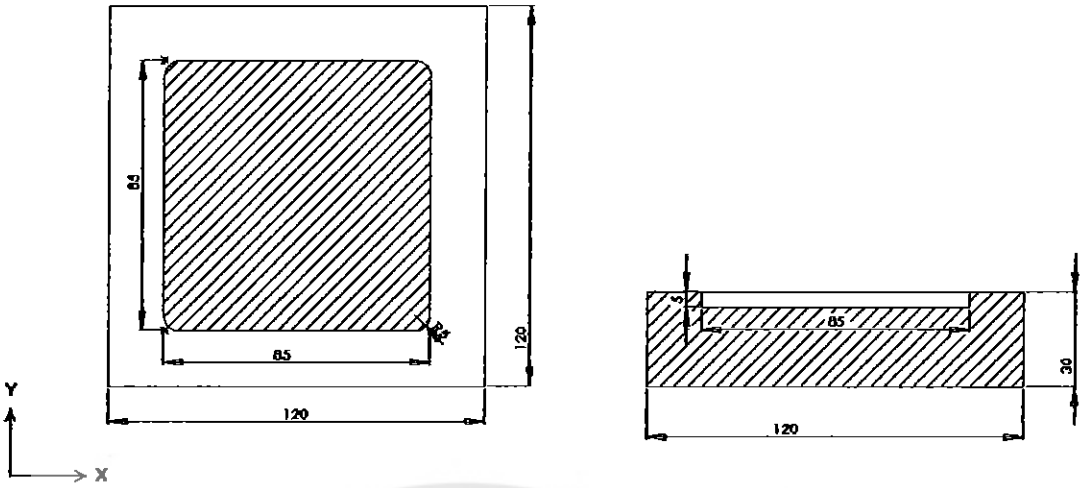
1. ทำการออกแบบชิ้นงาน 3 แบบ โดยประกอบไปด้วย ชิ้นที่1 การกัดงานโดยใช้คำสั่ง G00 G01 G02 G03 ชิ้นที่ 2 การกัดแบบ Profile Pocket Milling และชิ้นที่ 3 การกัดแบบ Circular Pocket



รูปที่ 6 แบบการกัดงานโดยใช้คำสั่ง G00 G01 G02 G03



รูปที่ 7 แบบการกัด Profile Pocket Milling



รูปที่ 8 แบบการกัด Circular Pocket

2. เขียน NC Code ขึ้นมาจากแบบที่ได้ออกแบบไว้ โดยการศึกษา G Code, M Code มาก่อน

2.1 NC Code ที่ได้จากชิ้นงานที่ 1

%O1894	ชื่อโปรแกรม
N1 G90 G17 G71	กำหนดโคออร์ดิเนตแบบสัมบูรณ์ ระนาบการกัด XY และเลือกหน่วยป้อนเป็นมิลลิเมตร
N2 T02 M6	เปลี่ยนเครื่องมือตัดเป็น T02
N3 M03 S750	เพลาจับยึดเครื่องมือตัดหมุนตามเข็มนาฬิกาด้วยความเร็วรอบ 750 รอบ/นาที
N4 G00 x-20 Y-20 Z100	เครื่องมือตัดเคลื่อนที่เร็วไปที่ (-20,-20)
N5 G01 X0 Y0 F200	เครื่องมือตัดเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงไปที่ (0,0) ด้วยอัตราป้อน 200 มิลลิเมตร/นาที
N6 Z-5	กัดลึก 5 มิลลิเมตร
N7 G01 Y40	เคลื่อนที่ไปที่จุด B
N8 G02 X20 Y60 R20	เคลื่อนที่ตัดเส้นโค้ง BC
N9 G01 X80	เคลื่อนที่ไปจุด D
N10 G01 Y20	เครื่องมือตัดเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง DE ถึง E
N11 G03 X60 Y0 R20	เครื่องมือตัดเคลื่อนที่ตัดเส้นโค้ง EF
N12 G01 X0 Y0	เครื่องมือตัดเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง FA ถึง A
N13 Z110	เครื่องมือตัดยกขึ้น
N14 G00 X-20 Y-20	เคลื่อนที่เร็วกลับไปที่จุดเริ่มต้น
N15 M30	จบการทำงานของโปรแกรม

2.2 NC Code ที่ได้จากชิ้นงานที่ 2

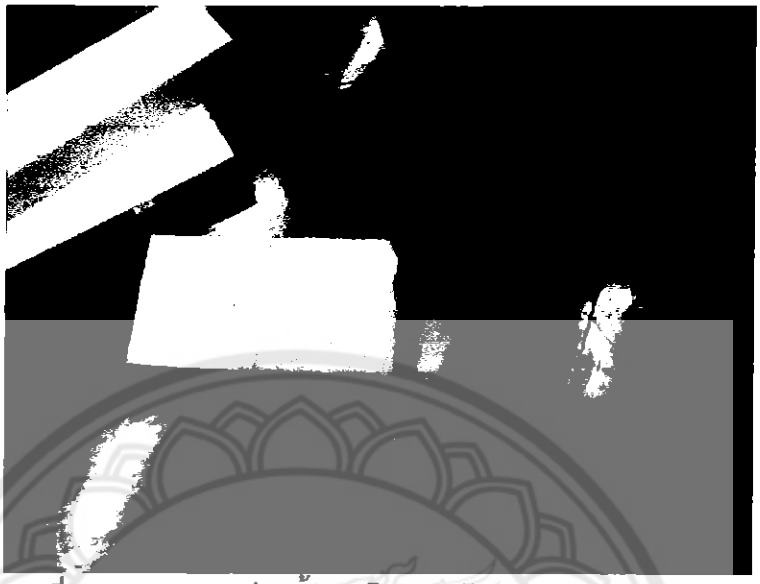
%O1894	ชื่อโปรแกรม
T01 M06	เปลี่ยนเครื่องมือตัดเป็น T01

G90 G54 G00 X0 Y0	กำหนดโคออร์ดิเนตแบบสมบูรณ์ และเคลื่อนที่เร็วไปที่ (0,0)
S2000 M03	เพลาจับยึดเครื่องมือตัดหมุนตามเข็มนาฬิกาด้วยความเร็วรอบ 2000 รอบ/นาที
G43 H01 Z0.01 M08	ชดเชยความยาวของเครื่องมือตัด และเปิดน้ำหล่อเย็นแบบทั่วไป
G01 Z0.01 F30.	เคลื่อนที่ขึ้น 0.01 ด้วยอัตราป้อน 30 มิลลิเมตร/นาที
G150 P507 Z-0.5 Q0.258 R0.01 J0.3 K.01 G41 D01 F10.	คำสั่งวัฏจักรการทำ Pocket milling
G40 G01 X0 Y0	ยกเลิกการชดเชยรัศมีของเครื่องมือตัดและเคลื่อนที่เร็วไปที่ (0,0)
G00 Z1 M09	เคลื่อนที่ขึ้น 1 และปิดน้ำหล่อเย็น
G28 G91 Y0 Z0	เลื่อนกลับไปยังจุดอ้างอิง
M30	จบการทำงานของโปรแกรม
Sub Program	
%O0507	ชื่อโปรแกรม
G01 Y2.	
X-2.	
Y-2.	
X2.	
Y2.	
X0	
M99	

2.3 NC Code ที่ได้จากชิ้นงานที่ 3

%O111	ชื่อโปรแกรม
N1 T2 M06	เปลี่ยนเครื่องมือตัดเป็น T02
N2 G90 G54 G00 X-25 Y-25	ปรับตั้งโคออร์ดิเนตแบบสัมบูรณ์และเคลื่อนที่เร็วไปที่ (-25,-25)
N3 S2000 M03	เพลาจับยึดเครื่องมือตัดหมุนตามเข็มนาฬิกาด้วยความเร็วรอบ 2000 รอบ/นาที
N4 Z02	เครื่องมือตัดเคลื่อนที่ขึ้น 2
N5 G13 Z-5 I5 K35 Q5 D01	คำสั่ง Ciucular Pocket Milling
N6 G00 Z15 M09	เครื่องมือตัดเคลื่อนที่ขึ้นและปิดน้ำหล่อเย็น
N7 G53 G49 Y0 Z0	ยกเลิกชดเชยความยาวของเครื่องมือตัด
N8 M30	จบการทำงานของโปรแกรม

3. ทำการจัดหาวัสดุที่ต้องการนำมาเป็นชิ้นงานก่อนการกัด โดยตรวจสอบจากขนาดตามที่ได้ออกแบบไว้

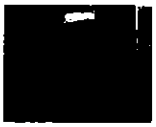


รูปที่ 12 แสดงการเตรียมชิ้นงานโดยการตัดขนาด 120×120 mm.

4. หลังจากทำการหาชิ้นงานที่จะต้องกัดได้ตามลักษณะที่ต้องการแล้ว จากนั้นทำการเปิดเครื่องกัด CNC

4.1 การเปิดเครื่อง

ก. เริ่มจากเปิด ตัวจ่ายไฟรวม (โดยดันสวิตช์ขึ้น)

ข. เปิดตัวจ่ายไฟของเครื่องกัด HAAS VF1 (โดยดันสวิตช์ทางซ้าย) 

ค. เปิด Switch ทางด้านขวามือข้างหลังเครื่อง

ง. กดปุ่ม Power On (สีเขียว) แล้วรอสักครู่ ให้เครื่องโหลดข้อมูลและเช็คสภาพเครื่องก่อน > ปลด Emergency Stop (โดยการกดลงไป)

> กด Reset (ในโหมด Reset และFunction)

จ. กด Power Up (ในโหมด Reset และFunction) > เลือก Rapid 25 เพื่อให้ทุกแนวแกนกลับไปที่จุดศูนย์ของเครื่องและจำค่าไว้เพื่อใช้อ้างอิงในการทำงาน

ฉ. กด Zero Return (ในโหมดการทำงาน) > Auto All Axis (ในโหมดการทำงาน) เพื่อให้เครื่องเปลี่ยนตำแหน่ง Home และเตรียมพร้อมทำงาน

4.2 การวอร์มSpindle ก่อนการทำงาน

ก. เริ่มที่ MDI DNC (ในโหมดการทำงาน) เพื่อเข้าสู่โหมดการเขียนโปรแกรมโดยเฉพาะ

ข.พิมพ์ M3 S500 > Enter (ในโหมดการทำงาน) > Cycle Star Spindle จะหมุนตามเข็มนาฬิกาที่ความเร็ว 500 รอบ/นาที

ค. ใช้เวลาวอร์มแกนหมุนประมาณ 10-15 นาที แล้วกด Stop เพื่อหยุด

4.3 การ Set จุดศูนย์ชิ้นงาน

การกำหนดจุดศูนย์ชิ้นงานที่จุดศูนย์กลาง ที่สำคัญคือ ต้องกำหนดให้ตรงกับขั้นตอน Manufacturing

ก. เริ่มที่กด Handle Jog (ในโหมดการทำงาน) > Page Up (ในโหมด Cursor) ไปที่หน้าจอ Position Operator >กด CW (ในโหมด เพิ่ม- ลด ความเร็ว) เพื่อให้แกนหมุน หมุนตามเข็มนาฬิกา

ข. การตั้งโต๊ะงานให้อยู่ในแนวแกนที่ต้องการโดยการเลือกแนวแกนที่ Jog Lock (ในโหมดแกนการเคลื่อนที่) >เลือกความเร็วในการเคลื่อนที่จาก Handle Jog (ในโหมดการทำงาน) >หมุน Hand Wheel ไปตำแหน่งที่ต้องการ เช่น

-X = -262.6 mm.

-Y = -204.3 mm.

-Z = -113.623 mm.

ค.เลือกแกน -X หรือ +X ในโหมดแกนการเคลื่อนที่)> Origin(ในโหมดการทำงาน) > -Y หรือ +Y (ในโหมดการทำงาน) > Origin(ในโหมดการทำงาน) > -Z หรือ+Z ในโหมดการทำงาน)> Origin(ในโหมดการทำงาน)

ง. ยกแกน Z ขึ้นมา 36 mm. จากหมุน Hand Wheel กด Origin (ในโหมดการทำงาน)

จ. จบการกำหนดการตั้งค่า (Work Offset)

จ.1 กด Offset (ในโหมดแสดงจอภาพ) > Page Up 1 ครั้ง(ในโหมด Cursor) แล้วเลื่อน แกนหมุน ไปที่ค่า X ของ G54>ฟังชัน F4(ในโหมด Reset และ Function) > Part Zero Set (ในโหมด Reset และFunction) และที่เหลือ Y , Z ทำเหมือนเดิม เพื่อป้อนค่าจุดศูนย์ชิ้นงานเข้าชุดควบคุมของเครื่อง

จ.2 กด Page Down 1 ครั้ง (ในโหมด Cursor) >เลื่อน Cursor ไปที่ ToolLength ของ Tool หมายเลข3>พิมพ์ 0 >กด Enter (ในโหมด Write or ENTER) > กดF1 (ใน โหมด Reset และFunction) > Tool Offset Mesur (ในโหมด Reset และFunction) เป็นการชดเชยยาว Tool บนชุดควบคุมของเครื่อง

จ.3 กด Stop (ในโหมด เพิ่ม- ลด ความเร็ว) ให้แกนหมุนหยุด > ยกแกน Z ขึ้นให้สุด >ใส่ชิ้นงานบนโต๊ะ

จ.4 กด Stop (ในโหมด เพิ่ม- ลด ความเร็ว) ให้แกนหมุนหยุด > Zero Return (ในโหมดการทำงาน) > Auto All Axes (ในโหมดการทำงาน) เพื่อให้ทุกแนวแกนกลับตำแหน่ง Home และเตรียมพร้อมที่จะกัดชิ้นงาน

4.4 การป้อนโปรแกรมเข้าชุดควบคุม

ก. ใส่แผ่นดิสก์ในช่อง Drive A ของชุดควบคุมเครื่องกัด

ข.กด Edit (ในโหมดการทำงาน) เพื่อเข้าสู่โหมดแก้ไขข้อมูล > F1(ในโหมด Reset และFunction) เพื่อเรียกรายการย่อยในหน้าต่าง > Edit(ในโหมดการทำงาน) ออกมาเลือกใช้งาน

ค.เลื่อน Cursor (ในโหมด Cursor) ไปที่ I/O >สมุดรายนาม Floppy Directory > Enter (ในโหมด Write or ENTER) เพื่อเรียกไฟล์โปรแกรมจากแผ่นดิสก์ขึ้นมา

ง.เลื่อน Cursor (ในโหมด Cursor) ไปที่ชื่อไฟล์ที่ที่ต้องการ > Enter (ในโหมด Write or ENTER) รอสักครู่เครื่องจะโหลดไฟล์ NC Code ขึ้นมาให้ทำงาน

4.5 การดูกราฟิกการเคลื่อนที่ของ Tool อย่างรวดเร็ว เพื่อดูว่าตัวโปรแกรมไม่มีปัญหา

กด Edit (ในโหมดการทำงาน) [redacted]> MEM (ในโหมดการทำงาน) [redacted]> SETTING GRAPH (ในโหมดจอแสดงภาพ) [redacted] 2 ครั้ง > F3 (ใน โหมด Reset และFunction) [redacted]> F4 (ในโหมด Reset และFunction) [redacted]> CYCLE START (สีเขียว) [redacted] ที่หน้าจอจะแสดงการเคลื่อนที่ของ Tool

4.6 การสั่งให้โปรแกรมทำงาน

เมื่อกำหนดจุดศูนย์ของโปรแกรม ค่า Offset ชดเชยความยาว Tool และดูภาพกราฟิกจนมั่นใจแล้วว่าการเคลื่อนที่ของ Tool และโต๊ะงานถูกต้องก็สั่ง Run โปรแกรมได้

ก. กด Edit (ในโหมดการทำงาน) [redacted]> MEM (ในโหมดการทำงาน) [redacted]> CURNT > SINGLE BLOCK >เลือก Rapid 5 > CYCLE START (สีเขียว) เครื่องกัดจะเริ่มทำงานทีละบรรทัดตามที่เลือก เมื่อมั่นใจว่าตัวโปรแกรมไม่มีปัญหาให้ปลด SINGLE BLOCK (ในโหมดการทำงาน) [redacted] ออก เพื่อให้เครื่องทำงานต่อเนื่องไปเรื่อยๆ จนจบโปรแกรม

ข. เมื่อจบโปรแกรมจะมีเสียงกริ่งดังขึ้น ให้กด Reset (ในโหมด Reset และ Function) [redacted]

ค. กด HANDLE JOG (ในโหมดการทำงาน) [redacted]>เลือกความเร็ว >เลือกแกน Z >ใช้ Hand Wheel [redacted] ยกแกน Z ขึ้นให้สุด แล้วเอาชิ้นงานออกจากเครื่อง

4.7 เริ่มทำชิ้นงานที่ 2 และ 3 โดยทำซ้ำตั้งแต่ 4.4-4.6
จะได้ชิ้นงานดังรูป

4.5 การดูกราฟิกการเคลื่อนที่ของ Tool อย่างรวดเร็ว เพื่อดูว่าตัวโปรแกรมไม่มีปัญหา

กด Edit (ในโหมดการทำงาน) [redacted]> MEM (ในโหมดการทำงาน)[redacted]> SETTING GRAPH (ในโหมดจอแสดงภาพ) [redacted] 2 ครั้ง > F3 (ใน โหมด Reset และFunction) [redacted]> F4 (ในโหมด Reset และFunction) [redacted]> CYCLE START (สีเขียว) [redacted] ที่หน้าจอจะแสดงการเคลื่อนที่ของ Tool

4.6 การสั่งให้โปรแกรมทำงาน

เมื่อกำหนดจุดศูนย์ของโปรแกรม ค่า Offset ชดเชยความยาว Tool และดูภาพกราฟิกจนมั่นใจแล้วว่าการเคลื่อนที่ของ Tool และโต๊ะงานถูกต้องก็สั่ง Run โปรแกรมได้

ก. กด Edit (ในโหมดการทำงาน) [redacted]> MEM (ในโหมดการทำงาน) [redacted]> CURNT > SINGLE BLOCK >เลือก Rapid 5 > CYCLE START (สีเขียว) เครื่องกัดจะเริ่มทำงานทีละบรรทัดตามที่เลือก เมื่อมั่นใจว่าตัวโปรแกรมไม่มีปัญหาให้ปลด SINGLE BLOCK (ในโหมดการทำงาน) [redacted] ออก เพื่อให้เครื่องทำงานต่อเนื่องไปเรื่อยๆ จนจบโปรแกรม

ข. เมื่อจบโปรแกรมจะมีเสียงกริ่งดังขึ้น ให้กด Reset (ในโหมด Reset และ Function) [redacted]

ค. กด HANDLE JOG (ในโหมดการทำงาน) [redacted]>เลือกความเร็ว >เลือกแกน Z >ใช้ Hand Wheel [redacted] ยกแกน Z ขึ้นให้สุด แล้วเอาชิ้นงานออกจากเครื่อง

4.7 เริ่มทำชิ้นงานที่ 2 และ 3 โดยทำซ้ำตั้งแต่ 4.4-4.6
จะได้ชิ้นงานดังรูป

รูปที่ 13 ชิ้นงานที่ได้จากการกัดโดยใช้คำสั่ง G00 G01 G02 G03

รูปที่ 14 ชิ้นงานที่ได้จากการกัดแบบ Profile Pocket Milling

รูปที่ 15 ชิ้นงานที่ได้จากการกัดแบบ Circular Pocket

การเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM สำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซี

โปรแกรมที่นิยมและสามารถใช้งานได้จริงกับเครื่องกัดซีเอ็นซีประกอบด้วยไปด้วย 5 โปรแกรม คือ

1. ArtCAM Pro9
2. Solidwork2008
3. AutoCAD Mechanical2009
4. Unigrapjic NX7.5
5. Pro/Engineer 2000i^2

โดยมีรายละเอียดของแต่ละโปรแกรมดังนี้

1. ArtCAM Pro 9

โปรแกรม ArtCAM Pro 9คือโปรแกรมซอฟแวร์อย่างหนึ่ง ที่ให้คุณออกแบบงานประเภท 3D คุณภาพสูง ซึ่งเป็นการออกแบบ Conceptual Sketches หรือแปลงรูปภาพให้เป็นงาน 3D ได้อย่างรวดเร็ว

อีกทั้งยังสนันสนุนการนำไฟล์งานจากโปรแกรมอื่นๆ เช่น โปรแกรม Coreldraw, Illustrator เพื่อนำขึ้นรูปแบบ 2D และ 3D โปรแกรม ArtCAM Pro 9จะทำงานหรือแปลงไฟล์ไปใช้กับเครื่องแกะสลักด้วยคอมพิวเตอร์ หรือที่เรียกว่า เครื่อง CNC

รายละเอียดคอมพิวเตอร์ขั้นพื้นฐานสำหรับโปรแกรม

Processor Type &Speed : Intel Core 2 Duo

RAM : 2 GB

Graphics Card : 256 MB

Hard Disk Size : 120 GB

Screen Display : 1280x1024

OS: Window 7, Window Vista, Window XP

คุณสมบัติและการทำงาน

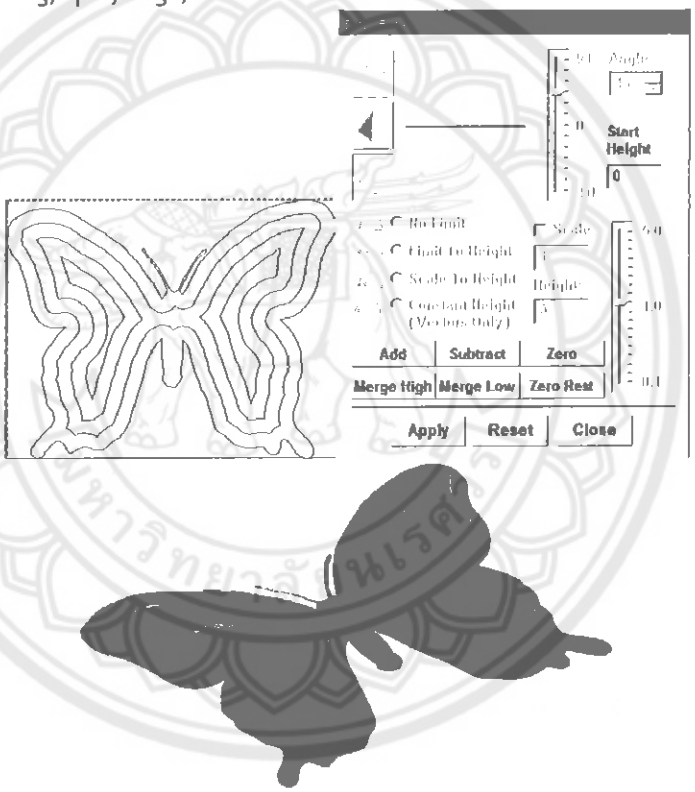
1.การขึ้นงาน3 มิติจากรูปภาพ(Bitmap File)

การสร้างงานจากออกแบบด้วยมือ

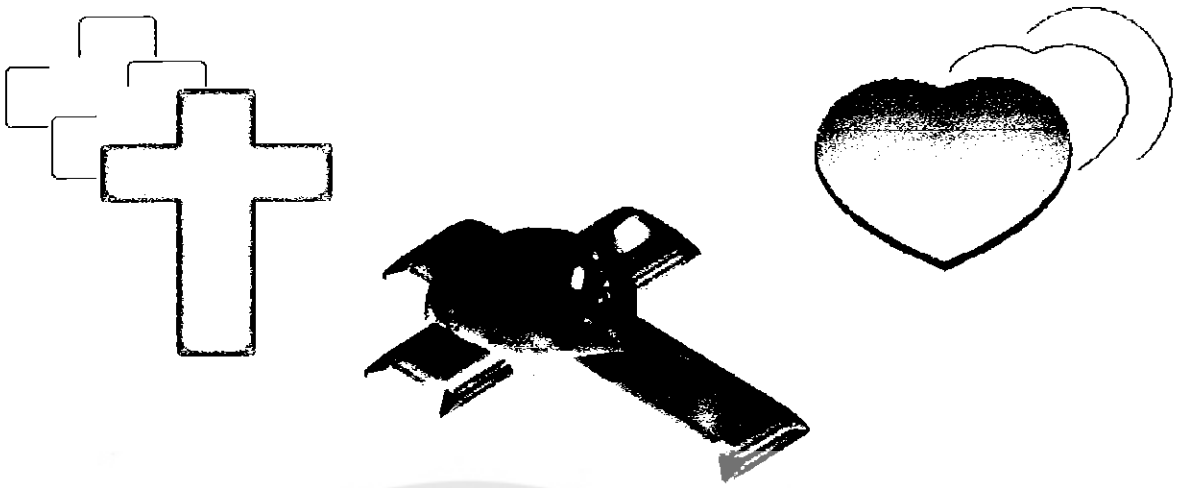
การขึ้นงาน3 มิติจากรูปภาพ(Bitmap File)

การสร้างงานจากภาพถ่าย

2. การขึ้นงาน3 มิติจากเส้นงาน(Vector File)- เส้นงานนามสกุลต่างๆ
.ai,.eps,*.dxf,*.dwg,*.pic,*.dgk,*.wmf- เส้นงานจากโปรแกรมArtCAM

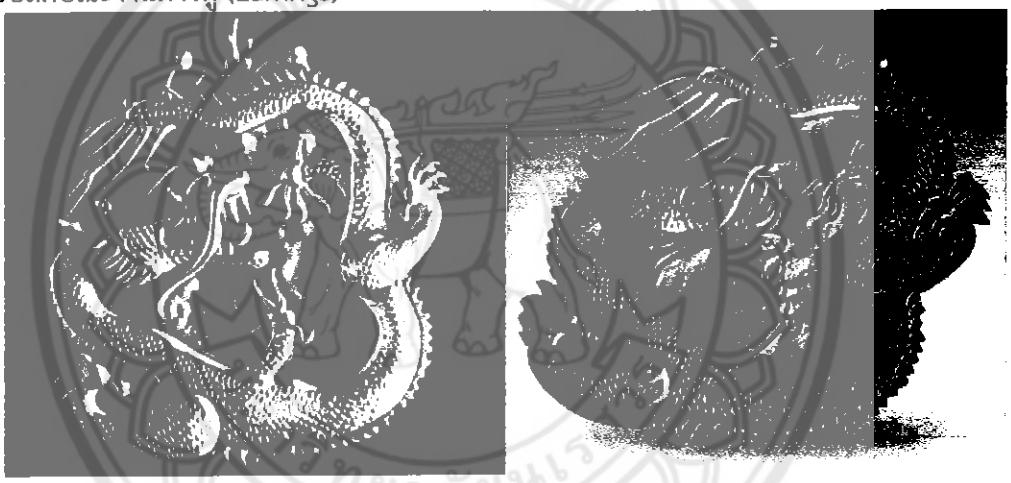


3. การปรับปรุงโครงสร้างและแก้ไขเส้นงาน (Vector creation & editing)



4. การขึ้นรูปงานจิวเวอรี่ในแบบงาน 3 แกน (3 Axis)

- แบบลักษณะงานจี้ (Pendant)
- แบบลักษณะงานต่างหู (Earrings)



ข้อแนะนำในการใช้โปรแกรม

เนื่องจาก NC Code ที่ได้จากการ CAM ในโปรแกรม ArtCAM Pro นั้นจะใช้การรันตัวเลขแบบจำนวนข้าม คือ NC Code จะเริ่มต้นจาก N10, N20, N30, ... เป็นต้น ดังนั้นจึงทำให้โปรแกรม ArtCAM Pro ทำการ CAM NC Code ออกมาแล้วทำให้ได้ Code ที่มีจำนวน N เกินจำนวนหลักแสน ซึ่งจะทำให้เครื่องกัดซีเอ็นซีอ่านค่าไม่ได้เนื่องจากเครื่องซีเอ็นซีนั้นจะสามารถอ่านค่าได้ถึงเพียงหลักหลักหมื่นเท่านั้นเพราะ เมื่อถึงบรรทัดที่ N99999 เครื่องก็จะไม่สามารถอ่านบรรทัดต่อไปใน NC Code ได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการเรียบเรียงจำนวน NC Code ใหม่โดยใช้โปรแกรม NC Link เข้ามาช่วยในการจัดลำดับของ NC Code ให้เป็น N1, N2, N3, ...

2. SolidWork 2008

เป็นโปรแกรมเขียนแบบและออกแบบที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ในงานออกแบบผลิตภัณฑ์ ออกแบบเฟอร์นิเจอร์ และออกแบบชิ้นส่วนเครื่องกล 3 มิติ

ใช้งานง่ายเหมาะสำหรับการสร้างชิ้นส่วนต่างๆ แล้วนำมาประกอบกัน ซึ่งสามารถทำได้ง่าย เช่น ชิ้นส่วนเครื่องกล เฟอร์นิเจอร์ต่างๆ

รายละเอียดคอมพิวเตอร์ขั้นพื้นฐานสำหรับโปรแกรม

Processor Type &Speed : Intel Pentium or AMD Athlon

RAM : 2 GB

Graphics Card : 1 GB

Hard Disk Size : 5 GB

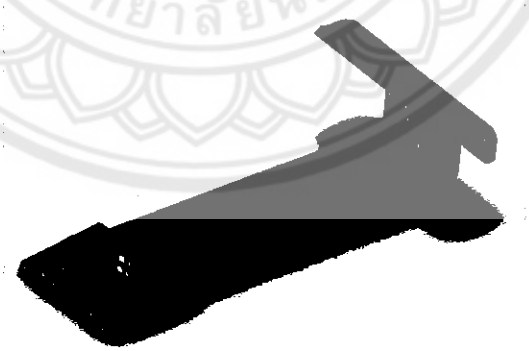
Screen Display : 1280x1024

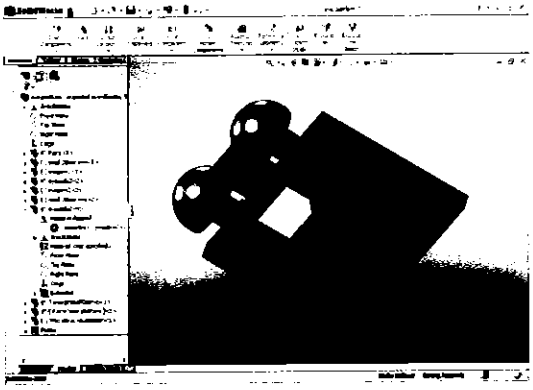
OS: Window 7, Window Vista, Window XP

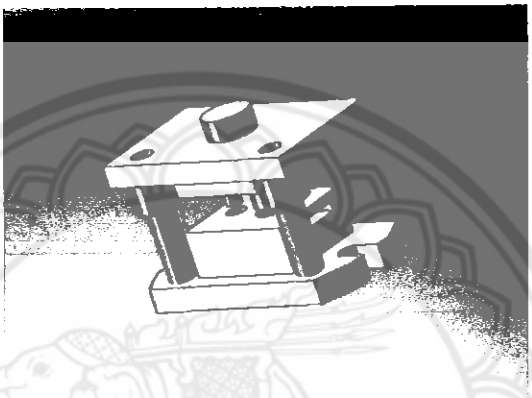
คุณสมบัติและการทำงาน

- การสร้างPart Solid ใช้วิธีการและเทคโนโลยีของ Surface Modeling (NURBS)
- Assembly Modelingสามารถประกอบชิ้นส่วน 3 มิติได้เร็วขึ้นโดยมีขนาดของไฟล์เล็กลงและใช้หน่วยความจำน้อย
- Drawing สร้าง Drawing 2 มิติจาก 3มิติโดยอัตโนมัติและบันทึกไฟล์เป็น *dwgได้
- Simulation ใช้ทดสอบการเคลื่อนที่และตรวจสอบหาชิ้นส่วนที่ขัดกัน
- Animator สร้างภาพเคลื่อนไหวแสดงการทำงานของชิ้นส่วนหรือเครื่องจักรกลและสามารถบันทึกไฟล์เป็น *AVI (ไฟล์วีดีโอ)ได้
- Sheet Metal สามารถสร้างงานพับแบบต่างๆและทำแผ่นคลี่งานโลหะแผ่นได้
- และ Module การใช้งานอื่นๆเช่นการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์เบื้องต้น

ตัวอย่างชิ้นงานที่สร้างจากโปรแกรม







3. AutoCAD Mechanical 2009

โปรแกรม AutoCAD Mechanical เป็นโปรแกรมสำหรับงานออกแบบเหมาะสำหรับการเขียนแบบผลิตภัณฑ์และโครงสร้างอาคาร โดยตัวโปรแกรมมีเครื่องมืออำนวยความสะดวกในการใช้งาน เช่น เครื่องมือวัดระยะ การคำนวณระยะห่างอัตโนมัติ รวมทั้งยังสามารถจำลองงานที่ออกแบบออกมาในรูปของวัตถุ 3 มิติได้ด้วย งานที่สร้างจากโปรแกรมนี้จึงมีความคลาดเคลื่อนน้อยมากและสะดวกในการนำไปใช้ในการสร้างงานจริง

รายละเอียดคอมพิวเตอร์ขั้นพื้นฐานสำหรับโปรแกรม

Processor Type &Speed : Pentium 4 or AMD Athon

RAM : 128 MB

Graphics Card : 64 MB

Hard Disk Size : 300 MB

Screen Display : 1280x768

OS: Window 98,Window ME, Window XP

คุณสมบัติและการทำงาน

1.มีชิ้นส่วนมาตรฐานกว่า 700,000 ชิ้นคือใน AutoCAD Mechanical นั้นจะมีชิ้นส่วนทางเครื่องกลเช่นสกรูน็อตแหวนสลัก Rivets, Bushings,Plugs, Lubricators, Sealing Rings

2.มีเครื่องมือเฉพาะทางคือในการใช้งานเหมือน AutoCAD แต่จะมีเครื่องมือเฉพาะทางที่เพิ่มขึ้นมาอย่างเช่นสี่เหลี่ยมเส้นโค้งและวงกลมจะมีคาสั่งที่เพิ่มขึ้นมากว่า 30 คาสั่งสามารถสร้างเส้น Center line แบบอัตโนมัติมีเส้นแบบพิเศษเช่น Breakout views และ section lines สามารถสร้างเส้นร่างหรือ Aligning drafting views

3.เส้นบอกขนาดที่อัจฉริยะคือสามารถสร้างเส้นบอกขนาดแบบอัตโนมัติและการจัดเรียงได้อย่างถูกต้องสวยงามรวดเร็วมากกว่า AutoCAD ซึ่ง AutoCAD Mechanicalยังมี Functions การผลักการเคลื่อนย้ายของเส้นบอกขนาดแบบอัตโนมัติโดยไม่ต้องลบเส้นบอกขนาดเดิมและทาให้ระยะห่างของเส้นบอกขนาดแต่ละเส้นนั้นห่างเป็นระยะเท่าๆกัน

4.เครื่องมือพิเศษที่ช่วยลดเวลาในการเขียนแบบคือมีเครื่องมือที่ทา Detail View โดยอัตโนมัติและรวดเร็วมากซึ่งถ้ามีการแก้ไขชิ้นส่วนต้นแบบ Detail View จะมีการupdate ตามทันทีซึ่งทาให้บริษัทที่ใช้ AutoCAD Mechanical นั้นสามารถลดเวลาในการเขียนแบบและแก้ไขแบบลงได้

5.รองรับมาตรฐานเครื่องมือสากลในงานเขียนแบบคือรองรับการเขียนแบบตามมาตรฐานสากลที่มีฐานข้อมูลการใช้สัญลักษณ์ต่างๆไม่ว่าจะอยู่ในมาตรฐานของ ANSI, JIS, BSI, CSN, GB, ISO, DIN และ GOST อาทิเช่นสัญลักษณ์การเชื่อมสัญลักษณ์ความละเอียดของผิวงานสัญลักษณ์ความระนาบของชิ้นงานเป็นต้น

6.สร้างบอลลูนและบิลออฟแมทีเรียล(BOMs) คือสร้าง BOM และพาร์ทลิสต์จากงานเขียนแบบ Assembly ได้โดยอัตโนมัตินอกจากนี้ยังสามารถอัพเดทตามงานเขียนแบบที่มีการเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขได้เร็วกว่า AutoCAD

7.การจัดเลเยอร์โดยอัตโนมัติคือมีระบบการจัดการเลเยอร์ให้โดยอัตโนมัติไม่ว่าจะเป็นเส้น Centerline,

Hidden line, Dimension line เป็นต้นเนื่องด้วยว่า AutoCAD Mechanical มีการสร้างเลเยอร์ให้อัตโนมัติและไม่ต้องกาหนดเองทุกอย่างจึงทาให้ AutoCAD Mechanical สามารถทางานได้รวดเร็วและแม่นยากว่า AutoCAD ซึ่ง AutoCAD Mechanical ยังสามารถแก้ไขและสร้างเลเยอร์ใหม่ได้

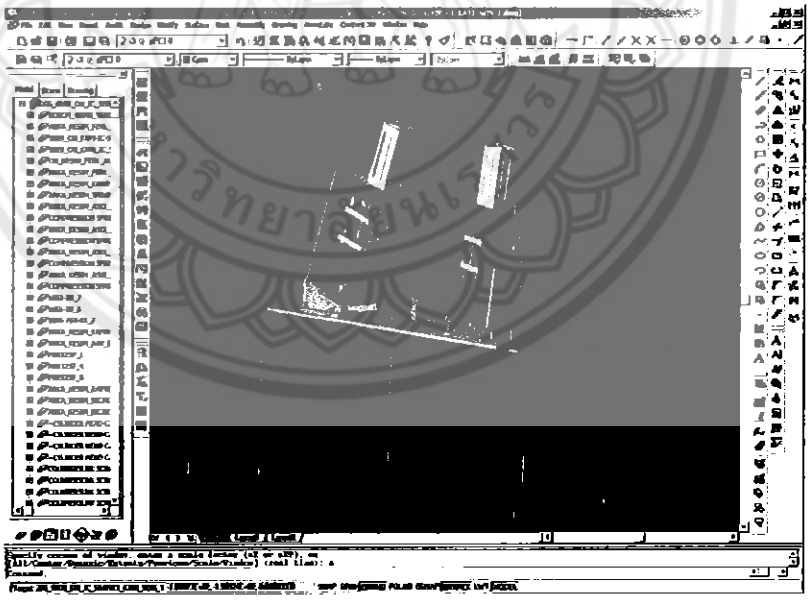
8. เส้นซ่อนคือช่วยทาเส้นซ่อนโดยอัตโนมัติโดยซอฟต์แวร์เข้าใจถึงการที่ชิ้นส่วนที่อยู่ด้านหน้าหรือด้านหลัง (ภาพฉาย) ทาให้เกิดเส้นซ่อน (เส้นประ) เพียงแต่ผู้ใช้งานคลิกเลือกบริเวณเส้นที่ต้องการให้เป็นเส้นซ่อนซอฟต์แวร์จะเปลี่ยนเส้นให้เป็นเส้นซ่อนโดยอัตโนมัติซึ่งไม่จาเป็นต้องทาการลบแตกเส้นหรือ Trim บริเวณที่ต้องการ

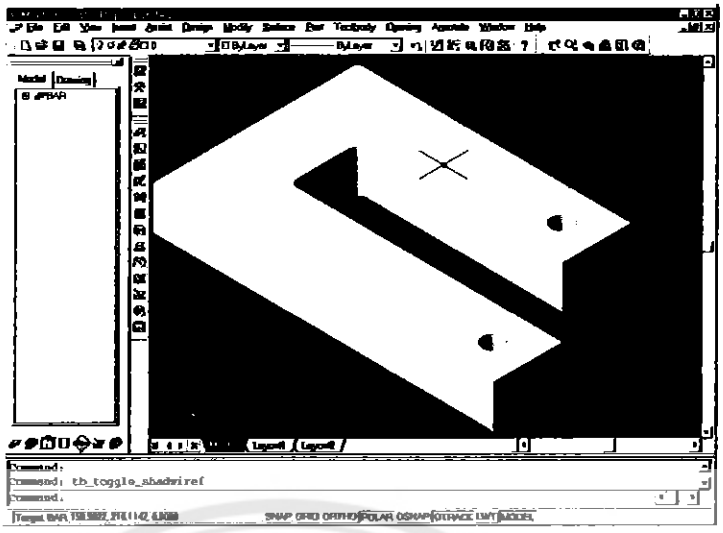
9. การสร้างชิ้นส่วนทางเครื่องกลคือช่วยในการออกแบบโซ่สปร็อกเก็ตพูลเลย์สายพานเฟืองลูกเบี้ยวเพลาแบริ่งและชิ้นส่วนทางเครื่องกลอื่นๆเพียงแต่ใส่ขนาดที่ต้องการซึ่งซอฟต์แวร์จะทาการสร้างแบบให้อัตโนมัติ

ยกตัวอย่างเช่นหากต้องการออกแบบเฟืองแค่รู้เส้นผ่านศูนย์กลางและโมดูลก็สามารถออกแบบสร้างงานได้โดยง่ายนอกจากนี้ยังฟังก์ชันคานวณทางวิศวกรรมอื่นๆให้อีกด้วย

10. การแลกเปลี่ยนรับไฟล์ระหว่างซอฟต์แวร์แคดคือรับไฟล์igs , step และ Inventor ได้โดยตรงซึ่งอานวยความสะดวกให้กับผู้ใช้งานที่มีความเชี่ยวชาญทางด้าน AutoCAD เดิมอยู่แล้ว AutoCAD Mechanical ยังสามารถออก Drawing ให้กับไฟล์ที่รับมาจาก Step , Igsและ Inventor เพื่อให้การออก Drawing มีความสวยงามรวดเร็ว (กรณีรับ File inventor เมื่อ Inventorมีการ Update ชิ้นงานเกิดขึ้น Drawing ที่เกิดจาก AutoCAD Mechanical จะมีการ update ตามชิ้นงานที่มีการแก้ไข)

ตัวอย่างชิ้นงานที่สร้างจากโปรแกรม




Model
Drawing
BAR
Command:
Command: tb_toggle_shadwiref
Command:
SNAP GRID ORTHO POLAR OSNAP OTRACK LWT MODEL

4. Unigraphic NX 7.5

เป็นโปรแกรมประเภท CAD/CAM/CAE ระดับสูง (High END) มีความสามารถช่วยในด้านการออกแบบ ด้านการผลิต และการคำนวณด้านวิศวกรรม รวมอยู่ในโปรแกรมเดียวกัน สามารถใช้งานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ระดับ PC และ Workstation ที่มีประสิทธิภาพในการใช้งานสูง และสามารถนำเข้าข้อมูลจากโปรแกรมอื่นๆ ได้

รายละเอียดคอมพิวเตอร์ขั้นพื้นฐานสำหรับโปรแกรม

Processor Type &Speed : Intel Pentium 500

RAM : 256 MB

Graphics Card : 1 GB

Hard Disk Size : 5 GB

Screen Display : 1280x1024

OS: Window 2000, Window XP

คุณสมบัติและการทำงาน

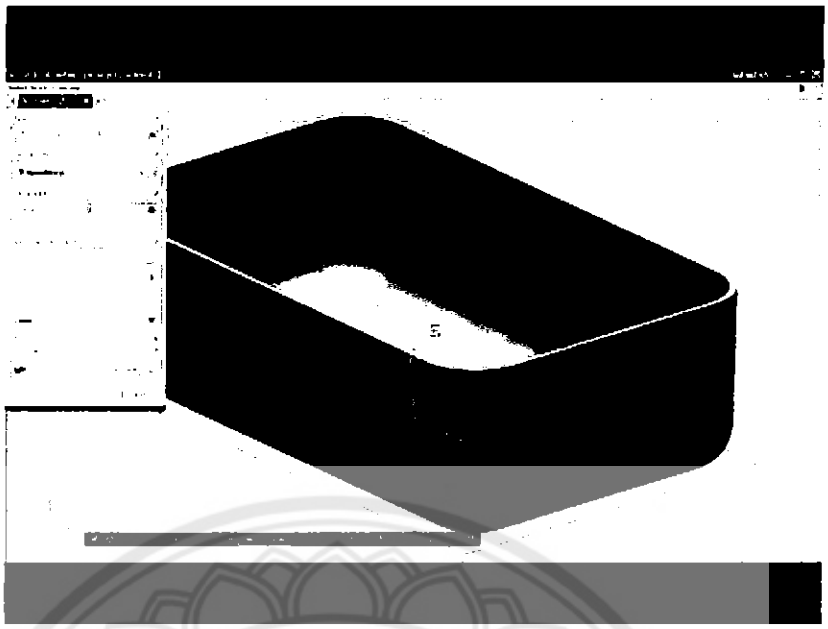
- Gateway... เปิดใช้ในการเลือกหมวดการทำงานได้ทั้งหมด
- Modeling สำหรับออกแบบสร้างชิ้นงานและการประกอบชิ้นงาน
- Drafting สำหรับการเขียนแบบสร้างภาพฉายโดยนำชิ้นงานที่สร้างในหมวด Modeling หรือนำข้อมูลชิ้นงานที่สร้างจากโปรแกรมอื่นมาทำการบอกขนาดและรายละเอียด
- Assemblies สำหรับการสร้างชิ้นส่วนประกอบโดยการทำงานในโหมด Modeling
- Manufacturing... เป็นหมวดการทำงานด้านการผลิตโดยสร้างทางเดินมีดตัดและสามารถสร้าง NC Code เพื่อนำไปใช้ในการผลิตของเครื่องจักร CNC ในการตัดเฉือนเนื้อวัสดุสำหรับกระบวนการผลิตต่างๆเช่นงานเจาะงานกัดงานกลึงงานตัด Wire Cut ได้

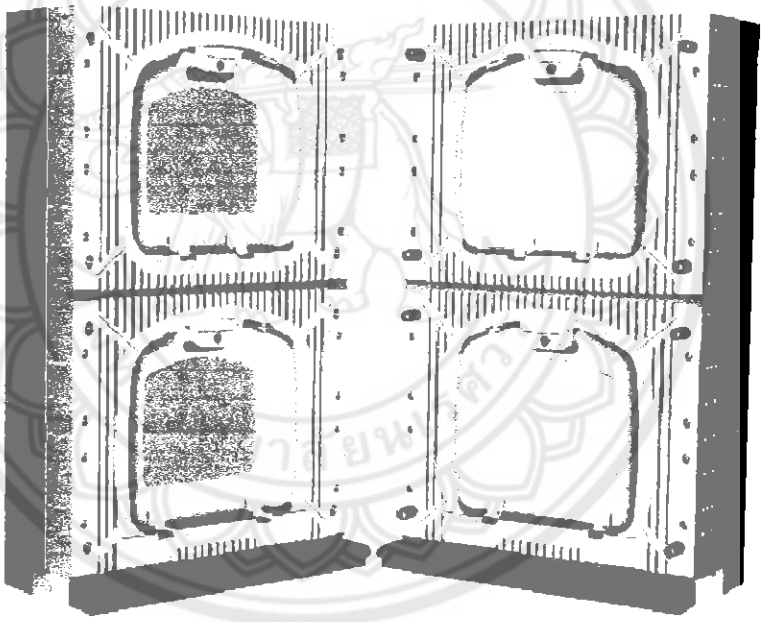
ข้อเสนอแนะในการใช้โปรแกรม

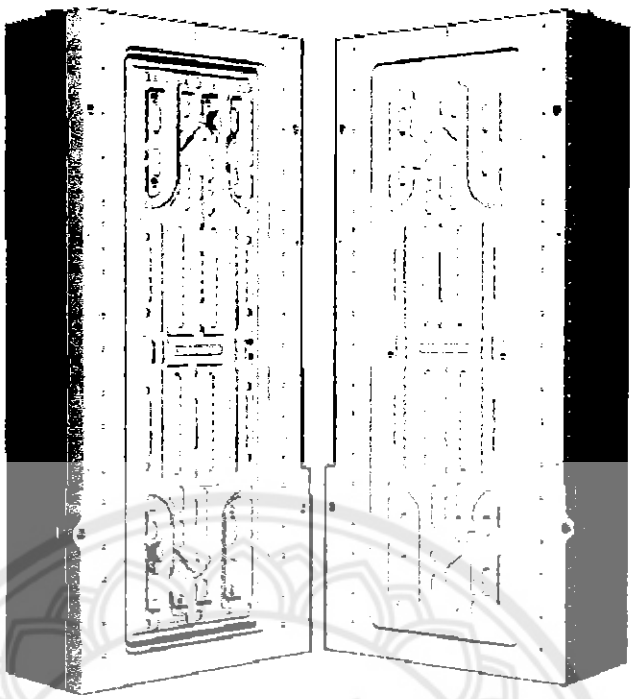
1.เนื่องจากว่าค่า R ที่ CAM ออกมาจากโปรแกรม UG จะมีจุดทศนิยม 4 ตำแหน่ง (1.2345) เวลานำไปกัดชิ้นงานจริง พบว่าเกิดการคลาดเคลื่อนอย่างมาก เนื่องจากว่า เครื่อง HAAS VF 1 จะอ่านค่า R จากโปรแกรม UG ที่มีจุดทศนิยม 3 ตำแหน่งเท่านั้น (1.234)

2.ก่อนที่จะนำ NC Program เข้าเครื่อง HAAS VF 1 ควรทำการตั้งชื่อโปรแกรมเป็นตัวเลขไม่เกิน 5 หลักก่อนทุกครั้ง

ตัวอย่างชิ้นงานที่สร้างจากโปรแกรม







5. Pro/Engineer 2000i^2

เป็นโปรแกรมที่มีความสมบูรณ์ทางด้านการออกแบบสูงสุดอีกตัวหนึ่ง คือ นอกจากจะมีโปรแกรมทางด้านการออกแบบเครื่องกล โปรแกรมPro/Engineer 2000i^2 ยังมี Module ซึ่งใช้ในการออกแบบและทำงานในลักษณะอื่นๆ อีกเช่น ใช้ในการออกแบบแม่พิมพ์ Module ที่ใช้คือ Pro/Manufacturing ใช้ในงานทางด้านการวิเคราะห์เชิงวิศวกรรม Module ที่ใช้คือ Pro/Mechanical เป็นต้น

รายละเอียดคอมพิวเตอร์ขั้นพื้นฐานสำหรับโปรแกรม

Processor Type &Speed : Intel Core 2 Duo

RAM : 128 MB

Graphics Card : 64 MB

Hard Disk Size : 168 MB

Screen Display : 1280x768

OS: Window Vista, Window XP

คุณสมบัติและการทำงาน

1. ใช้พารามิเตอร์ควบคุมรูปทรงและขนาดของวัตถุ 3 มิติ ทำให้สามารถเปลี่ยนขนาดได้ง่ายตามต้องการ

2. ชิ้นงาน 3 มิติที่สร้างสามารถ Import, Export เป็น Format ต่างๆ ได้มากมาย เช่น IGES, CATIA, STEP ฯลฯ ซึ่งข้อดีก็คือ สามารถ Export เข้าไปยังโปรแกรม CAD/CAM อื่นๆ เพื่อทำกระบวนการสร้างงานต่อจากชิ้นงาน 3 มิติที่ได้ถูกออกแบบโดยใช้โปรแกรม Pro/Engineer หรือสามารถ Import เพื่อนำชิ้นงาน 3 มิติ ซึ่งถูกออกแบบมาจากโปรแกรมอื่นๆ เช่น โปรแกรมทางด้าน Nurbs Modeling หรือโปรแกรมทางด้าน CAD เพื่อทำกระบวนการสร้างงานโดยใช้โปรแกรม Pro/Engineer

3. แบบแปลน 2 มิติ ที่สร้างขึ้นมาสามารถ Import, Export เป็น Format ต่างๆ ได้มาก เช่นเดียวกัน เช่น

DXF, DWWG ฯลฯ ซึ่งข้อดีก็คือ สามารถ Export แบบแปลน 2 มิติ ซึ่งสร้างจากโปรแกรม Pro/Engineer เข้าไปยังโปรแกรมที่สร้างแบบแปลน 2 มิติประเภทอื่นๆ เช่น AutoCAD, Intelli CAD เป็นต้น เพื่อทำกระบวนการสร้าง, เปลี่ยนแปลง, แก้ไข แบบแปลน 2 มิติ ทำให้สามารถลดทอนช่วงเวลาการทำงานของผู้ออกแบบได้ เช่น ต้องการวางภาพฉายบนโปรแกรม Pro/Engineer แต่ต้องการสร้างแบบแปลน 2 มิติ บน AutoCAD เป็นต้น หรือสามารถ Import แบบแปลน 2 มิติ ซึ่งถูกสร้างจากโปรแกรมอื่นๆ เพื่อนำมาสร้างงานโดยใช้โปรแกรม Pro/Engineer ได้เช่นเดียวกัน เช่น คัดลอกเอ็นทิตี้ภายในแบบแปลน 2 มิติ เพื่อนำมาสร้างเป็นโปรไฟล์สเก็ตช์ เป็นต้น

4. ความสามารถในการบันทึกขั้นตอนการสร้างชิ้นงาน 3 มิติและภาพประกอบแยกชิ้นส่วน ทำให้ผู้ใช้สามารถเรียนรู้ แก้ไขข้อผิดพลาด และเพิ่มเติม ส่วนประกอบได้ตามต้องการ

5. ความสามารถในการสร้างมุมโค้งที่ขอบของชิ้นงาน 3 มิติ สามารถกระทำได้อย่างต่อเนื่อง สามารถสร้างความมนโค้งบนขอบของชิ้นงาน 3 มิติ แบบฝืนธรรมชาติได้ โดยใช้เทคนิคของการสร้างฟีเจอร์ Round แบบ Surface รวมกับเทคนิคการสร้างแบบ Surface เพื่อสร้างความมนโค้งให้ได้ตามที่ต้องการ

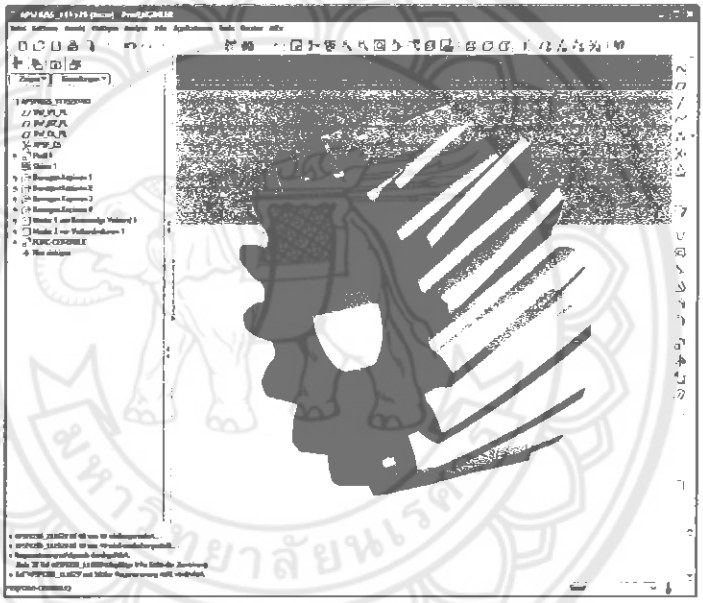
6. สามารถใช้ตารางพารามิเตอร์ เพื่อควบคุมรูปทรง ขนาดของชิ้นงาน 3 มิติ ซึ่งจะเป็นการสร้างชิ้นงาน 3 มิติ หรือภาพประกอบแยกชิ้นส่วน ซึ่งมีโครงสร้างหลักเหมือนกัน แต่มีบางส่วนที่แตกต่างกัน

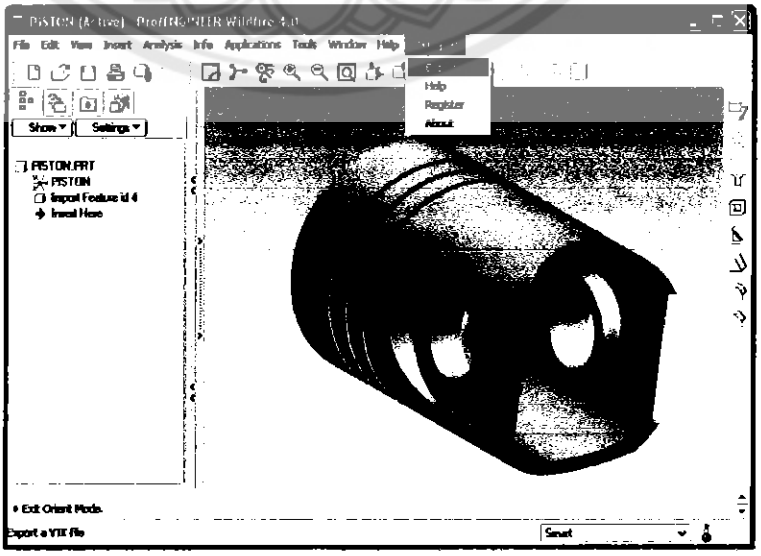
7. สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการสร้างโมเดล 3 มิติได้

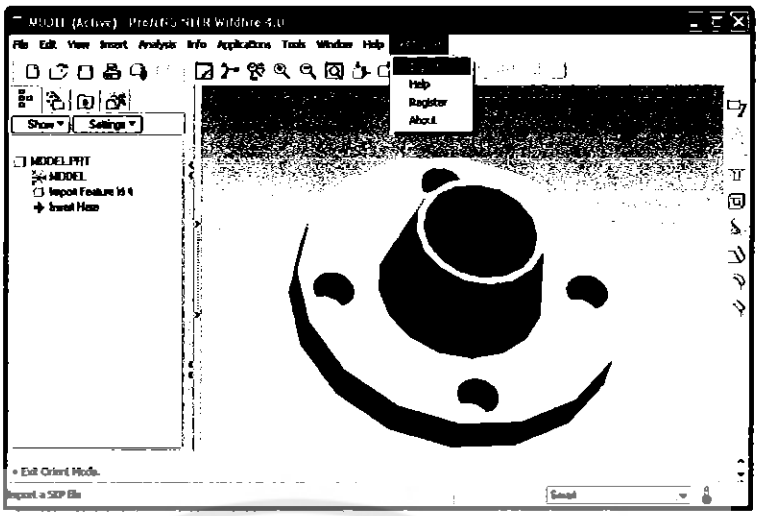
8. มีขนาดการเปลี่ยนแปลงขนาดได้ 2 ทิศทาง เมื่อสร้างชิ้นงาน 3 มิติ และนำชิ้นงานไปสร้างแบบแปลน 2 มิติ การเปลี่ยนแปลงขนาดภายในชิ้นงาน 3 มิติ จะทำให้ขนาดภายในแบบแปลน 2 มิติ เปลี่ยนแปลงด้วย

9. มีแนวทางในการขึ้นรูปชิ้นงาน 3 มิติ ให้เลือกใช้งาน 2 วิธี คือ สร้างฟีเจอร์เพื่อขึ้นรูปชิ้นงาน 3 มิติ โดยใช้วิธี Solid Modeling และ คือ สร้างฟีเจอร์เพื่อขึ้นรูปชิ้นงาน 3 มิติโดยใช้วิธี Surface Modeling

ตัวอย่างชิ้นงานที่สร้างจากโปรแกรม






File Edit View Insert Analysis Info Applications Tools Window Help
Help
Register
About
Show
Settings
MODEL.PRT
MODEL
Insert Here
Exit Orient Mode.

ตาราง เปรียบเทียบโปรแกรม CAD/CAM สำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF1

	ArtCAM PRO 9	Solidwork 2008	AutoCAD Mechanical 2009	Unigraphic NX 7.5	Pro/Engineer2000i^2
รายละเอียดคอมพิวเตอร์ขั้นพื้นฐาน					
Processor Type & Speed	Intel Core 2 Duo	Intel Pentium or AMD Athlon	Pentium 4 or AMD Athon	Intel Pentium 500	Intel Core 2 Duo
RAM	2 GB	2 GB	128 MB	256 MB	128 MB
Graphics Card	256 MB	1 GB	64 MB	1 GB	64 MB
Hard Disk Size	120 GB	5 GB	300 MB	5 GB	168 MB
Screen Display	1280x1024	1280x1024	1280x768	1280x1024	1280x768
OS	Window 7, Window Vista, Window XP	Window 7, Window Vista, Window XP	Window 98, Window ME, Window XP	Window 2000, Window XP	Window Vista, Window XP
การใช้งาน					
การออกแบบงาน 2 มิติ	ได้	ได้	ได้	ได้	ได้
การออกแบบงาน 3 มิติ	ได้	ได้	ได้	ได้	ได้
Assembly Design (การประกอบรูปทรง 3 มิติเข้าด้วยกัน)	ได้	ได้	ได้	ได้	ได้

ตาราง เปรียบเทียบโปรแกรม CAD/CAM สำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF1 (ต่อ)

	ArtCAM PRO 9	Solidwork 2008	AutoCAD Mechanical 2009	Unigraphic NX 7.5	Pro/Engineer2000i^2
ฟังก์ชั่นการสร้างรายละเอียดพื้นผิว	มี	มี	มี	มี	มี
CAM NC Code ออกมา	ได้	ได้แต่ต้องติดตั้ง SolidCAM	ไม่ได้	ได้	ได้
สามารถรับ CAD จากโปรแกรม	AutoCAD	Catia, AutoCAD	Solidwork	Catia	AutoCAD
เมื่อแก้ไข 2 มิติ 3 มิติจะแก้ไขด้วย	ได้	ได้	ได้	ได้	ได้
ใช้ในอุตสาหกรรมหรืองานประเภท	การขึ้นงาน 3 มิติจากรูปภาพ การขึ้นงาน 3 มิติจากเส้นงาน งานประเภทจิวเวอรี่ เช่น จี้ ต่างหู แหวน	ชิ้นส่วนทางกล เฟอร์นิเจอร์ที่มีชิ้นส่วนเยอะๆ	งานทางด้านวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม	การออกแบบแม่พิมพ์	ชิ้นส่วนทางกล ออกแบบแม่พิมพ์

ภาคผนวก ข
ตัวอย่างใบประเมิน

แบบประเมินความคิดเห็นคู่มือการใช้งานเบื้องต้นและการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM สำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีแบบแนวตั้งรุ่น HAAS VF 1

วัตถุประสงค์

แบบประเมินความคิดเห็นนี้จะใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงในคู่มือการใช้งานเบื้องต้นและการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM สำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีแบบแนวตั้งรุ่น HAAS VF 1 จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์ จากท่านในการตอบแบบสอบถามนี้ตามความเห็นของท่าน เพื่อนำไปประเมินความเหมาะสมต่อการใช้งานในครั้งต่อไป

คำชี้แจง

โปรดทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องว่างตามความคิดเห็นของท่านที่มีต่อคู่มือการใช้งานเบื้องต้นและการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM สำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีแบบแนวตั้งรุ่น HAAS VF 1 หรือเติมข้อความลงในช่องว่าง ตามความคิดเห็นของท่านเพิ่มเติม

ส่วนที่ 1 ข้อมูลผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง

2. ผู้ประเมิน ☐ อาจารย์ ☐ นิสิตภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ☐ ผู้ที่สนใจ

ส่วนที่ 2 ข้อมูลแสดงความคิดเห็น

หัวข้อความคิดเห็น	ระดับความพึงพอใจ				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1.เนื้อหาสามารถเข้าใจได้ง่าย					
2.คู่มือมีการจัดเรียงเนื้อหาได้เหมาะสม					
3.คู่มือเหมาะสมต่อการนำไปใช้จริง					
4.เนื้อหาครอบคลุมส่วนต่างๆ ในการใช้งานเครื่องและการเลือกใช้โปรแกรม CAD/CAM					
5.ภาพที่ใช้ประกอบคู่มือสื่อความหมายได้ชัดเจน					

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับคู่มือ

.....

.....

.....

.....