เทคโนโลยีซีเอ็นซีและโปรแกรมในการออกแบบการผลิต (ART CAM)
ที่ใช้กับเครื่องกัดซีเอ็นซี

CNC TECHNOLOGY AND THE ART CAM COMPUTER PROGRAM USED IN THE DESIGN AND PRODUCTION OF CNC VERTICAL MACHINING

นายทศพร แสนกลิ่น รหัส 49360617

นายอนุรักษ์ สักลอ รหัส 49362406

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 7 ก.ค. 2553
เลขทะเบียน 15063978
เลขเรียกหนังสือ ฟง.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ท237ท 2552

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2552

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน เทคโนโลยีซีเอ็นซีและโปรแกรมในการออกแบบการผลิต (Art CAM) ที่ใช้กับเครื่องกัดซีเอ็นซี

ผู้ดำเนินโครงงาน นายทศพร แสนกลิ่น รหัส 49360617

นายอนุรักษ์ สักลอ รหัส 49362406

ที่ปรึกษาโครงงาน รองศาสตราจารย์ ดร. กวิน สนธิเพิ่มพูน

ที่ปรึกษาร่วมโครงงาน ครูช่างรณกฤต แสงผ่อง

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ปีการศึกษา 2552

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(รศ. ดร. กวิน สนธิเพิ่มพูน)

.....กรรมการ

(อาจารย์ธนา บุญฤทธิ์)

.....กรรมการ

(อาจารย์ศรีสัจจา วิทยศักดิ์)

.....กรรมการ

(อาจารย์เสาวลักษณ์ ตองกลิ่น)

.....กรรมการ

(อาจารย์วัฒนชัย เยาวรัตน์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	เทคโนโลยีซีเอ็นซีและโปรแกรมในการออกแบบการผลิต (Art CAM) ที่ใช้กับเครื่องกัดซีเอ็นซี
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายทศพร แสนกลิ่น รหัส 49360617
	นายอนุรักษ์ สักลอ รหัส 49362406
ที่ปรึกษาโครงงาน	รองศาสตราจารย์ ดร. กวิน สนธิเพิ่มพูน
ที่ปรึกษาร่วมโครงงาน	ครูช่างรณกฤต แสงผ่อง
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2552

.....

บทคัดย่อ

โครงงานวิจัยเป็นการใช้โปรแกรม Art CAM Pro 9 เพื่อช่วยในการออกแบบและจำลองภาพการกัด (CAD/CAM) ตลอดจนการใช้เครื่องซีเอ็นซี รุ่น HAAS VF1 ในการกัดรูปหน้ากากเทินงู โดยใช้แผ่นเรซิ่นเป็นวัสดุ

โดยการนำรูปหน้ากากเทินงูมาทำการตกแต่งโดยทำการลบส่วนที่ไม่ต้องการออกโดยใช้โปรแกรม Adobe Photoshop CS 3 มาช่วยในการตกแต่งรูป หลังจากการตกแต่งรูปแล้ว รูปที่ได้จะนำไปลงในโปรแกรม Art CAM Pro 9 เพื่อที่จะทำการ CAM เพื่อให้ได้ NC-Code แล้วจึงนำ NC-Code ที่ได้มาทำการปรับแต่งในโปรแกรม NC-Link เมื่อได้ NC-Code ที่เสร็จสมบูรณ์ตามที่ต้องการแล้วจะทำการส่งสัญญาณข้อมูลเข้าเครื่องกัดระบบซีเอ็นซี รุ่น HAAS VF1 แบบ 3 แนวแกนในการกัดชิ้นงานเป็น 3D

โครงงานวิจัยนี้ได้กัดรูปหน้ากากเทินงูโดยใช้แผ่นเรซิ่นเป็นวัสดุและได้ชิ้นงานที่ผ่านการกัดโดยใช้เครื่องซีเอ็นซี รุ่น HAAS VF1 ตรงตามที่ออกแบบไว้ทุกประการ

Project title	CNC technology and the Art CAM computer program used in the design and production of CNC vertical machining.
Name	Mr. Tosaporn Saenklin ID. 49360617
	Mr. Anurak Saklor ID. 49362406
Project advisor	Associate Professor Dr. Kawin Sonthipermpoon
Project Co-advisor	Mr. Ronakit Sangphong
Major	Industrial Engineering
Department	Industrial Engineering
Academic year	2009

.....

Abstract

This project researches the use of the " Art CAM Pro 9 " computer program to do CAD/CAM design for producing three-dimensional plans of a cartoon character Figurine. These designs are then used by a CNC machine, class " HAAS VF1, " in milling a " Ten-Ngu " Figurine with resin material.

Design begins with a picture of Ten-Ngu, so unneeded border areas outside the actual figurine are erased by using Adobe Photoshop CS3. This edited and trimmed picture of the figurine is then brought to the Art CAM Pro 9 program in order to do CAM design to obtain the NC-Code. This NC-Code is then fine-tuned and checked in the NC-Lick program, then from that time this data is input into the system of the CNC machine for 3D milling by the HAAS VF1 machine.

This research project completed the milling of a Ten-Ngu figurine with resin material and successfully used a CNC class HAAS VF1 machine to accurately reproduce all details of the original design.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำขอแสดงความขอบคุณ หน่วยงาน และสถาบันที่มีส่วนสำคัญที่ทำให้การจัดทำโครงงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ทำให้คณะวิจัย ได้มีโอกาสในการทำโครงงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.กวิน สนธิเพิ่มพูน ที่ได้ให้แนวคิด อธิบาย คำแนะนำ แนวทางการดำเนินการวิจัย และการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำวิจัย

ขอขอบคุณ ครูช่างรณกฤต แสงผ่อง ที่ได้ให้แนวคิด อธิบาย คำแนะนำ แนวทางการดำเนินการวิจัย การแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำวิจัย และสอนวิธีการใช้เครื่องตลอดจนการปรับปรุงชิ้นงานต่างๆ

ขอขอบคุณ ครูช่างประเทือง โมราราย และ ครูช่างธวัชชัย ชุลบุตร ที่ได้อำนวยความสะดวกในการใช้อาคารปฏิบัติการอุตสาหการ

ขอขอบคุณ นายวสันต์ กล่ำเทศ ที่ได้อธิบายและให้คำแนะนำเกี่ยวกับโปรแกรมที่ใช้ในการทำโครงงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณ บิดา มารดา และเพื่อนๆทุกคน ที่คอยสนับสนุนและเป็นกำลังใจ แก่ผู้ทำการวิจัยตลอดมา ผู้ทำการวิจัยจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม

นายทศพร แสนกลิ่น

นายอนุรักษ์ สักลอ

เมษายน 2553

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองโครงงานวิจัย.....ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ค
กิตติกรรมประกาศ.....ง
สารบัญตาราง.....ช
สารบัญรูป.....ฌ

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

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี.....3
2.1 ประวัติของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี.....3
2.2 ความหมายของเอ็นซีและซีเอ็นซี.....3
2.3 การควบคุมเครื่องจักรกลด้วยคอมพิวเตอร์.....4
2.4 ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบซีเอ็นซี.....4
2.5 การควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรซีเอ็นซี.....7
2.6 ชุดควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซี.....12
2.7 การกำหนดแนวแกนของเครื่องจักร.....20
2.8 ข้อดีและข้อจำกัดของระบบซีเอ็นซี.....25
2.9 การทำงานของเครื่องจักรกลเอ็นซี.....26
2.10 เครื่องกัดซีเอ็นซี.....29
2.11 ระบบควบคุมเครื่องจักรกลด้วยตัวเลข.....30

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.12 องค์ประกอบของเครื่องจักรกลที่ควบคุมได้.....31
2.13 เครื่องมือ.....32
2.14 ระบบควบคุมซีเอ็นซี.....33
2.15 หลักเกณฑ์ทั่วไปในการใช้โปรแกรม Art CAM Pro 9.....34
2.16 โปรแกรมกัดงานในระบบ 3 แกน.....35

บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....40
3.1 ศึกษาการโปรแกรม Art CAM Pro 9.....40
3.2 ทำการออกแบบรูปภาพ.....40
3.3 ศึกษาการใช้งานเครื่องกัดซีเอ็นซี HAAS VF1.....40
3.4 ทำการทดสอบชิ้นงานที่ออกแบบกับเครื่องกัดซีเอ็นซี.....40
3.5 ปรับปรุงและแก้ไขโปรแกรม.....41
3.6 ทำการปฏิบัติการโดยใช้เครื่องกัดซีเอ็นซี ในการกัดแผ่นเรซิ่น.....41
3.7 วิเคราะห์และสรุปผล.....41
3.8 เขียนรายงานการทำวิจัยโครงงาน.....41

บทที่ 4 ผลการดำเนินวิจัย.....42
4.1 Flow Chart ของการดำเนินงานวิจัย.....42
4.2 คัดเลือกรูปภาพ.....43
4.3 ทำการออกแบบรูปหน้ากากเท็นงู.....44
4.4 การใช้โปรแกรม Art CAM Pro 9.....49
4.5 ปรับแต่งและแก้ไข NC - Code.....75
4.6 ศึกษาการใช้งานเครื่องกัดซีเอ็นซี รุ่น HAAS VF1.....78
4.7 ทำการทดสอบกัดชิ้นงานที่ออกแบบกับเครื่องกัดซีเอ็นซี.....81
4.8 ทำการหล่อเรซิ่น.....82
4.9 ทำการกัดชิ้นงานด้วยวัสดุที่เป็นเรซิ่น.....83
4.10 แก้ไขข้อผิดพลาดจากการกัดชิ้นงานด้วยวัสดุที่เป็นเรซิ่น.....84
4.11 การเชื่อมต่อเครื่องจักรซีเอ็นซีผ่าน RS – 232.....88

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....91
5.1 สรุปผลการดำเนินโครงงาน.....91
5.2 ปัญหา.....91
5.3 ข้อเสนอแนะ.....92

เอกสารอ้างอิง..... 93

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ขั้นตอน และแผนการดำเนินการ (Gantt Chart) ทุก 2 อาทิตย์.....2

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบซีเอ็นซี.....5

2.2 ตัวอย่างของเครื่องอ่านเทปกระดาษ.....6

2.3 ตัวอย่างการควบคุมเครื่องจักรด้วยระบบวงจรปิด.....7

2.4 การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง.....8

2.5 แสดงตัวอย่างการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง.....9

2.6 การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้ง 8 ลักษณะจากจุดเริ่มต้นที่กำหนดให้.....10

2.7 การเคลื่อนที่แบบเฮลิเคิล.....10

2.8 การเคลื่อนที่แบบพาราโบลิก.....11

2.9 ไดอะแกรมทำงานของหน่วยควบคุมเครื่องซีเอ็นซี.....13

2.10 ไดอะแกรมการทำงานของหน่วยประมวลผลกลาง.....14

2.11 แสดงส่วนป้อนข้อมูลเข้า/ออกในระบบซีเอ็นซี.....16

2.12 การควบคุมการขับเซอร์โว.....17

2.13 การเชื่อมต่อพีเอ็มซีเข้ากับระบบควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซี.....19

2.14 การกำหนดแนวแกนของเครื่องจักร.....20

2.15 การกำหนดแนวแกนของเครื่องกัดเพลาตั้ง.....21

2.16 การกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ของเครื่องกัดเพลานอน.....22

2.17 การกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่หมุนรอบแนวแกน.....23

2.18 เครื่องกัดซีเอ็นซีที่กำหนดแนวแกนที่ 2.....23

2.19 เครื่องกัดชนิด 2 หัวกัด.....24

2.20 เครื่องกลึงซีเอ็นซีแนวตั้งแบบ 6 แกน.....25

2.21 การป้อนโปรแกรมผ่านแป้นพิมพ์ของระบบควบคุมเอ็นซี.....27

2.22 มอเตอร์ป้อนของเครื่องกัดซีเอ็นซี.....27

2.23 การส่งสัญญาณควบคุมการทำงานของมอเตอร์.....28

2.24 ระบบวัดขนาด.....29

2.25 เครื่องกัดเอ็นซี 3 แกน.....29

2.26 เครื่องกัดเอ็นซี 5 แกน ที่เอียงเพลามีดได้และโต๊ะทำงานหมุน.....30

2.27 องค์ประกอบของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี.....30

2.28 องค์ประกอบของเครื่องมือที่ใช้ในงานกัด.....33

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.29 ระบบเอ็นซี.....34

2.30 ระบบซีเอ็นซี.....34

2.31 แสดงการเดินกัดชิ้นงานตามระดับความลึกในแนวแกน Z.....36

2.32 แสดงการเดินกัดชิ้นงานแบบกลับไปกลับมา.....36

2.33 แสดงการกัดตามรูปร่างพื้นผิวของชิ้นงาน.....38

2.34 แสดงการเดินกัดชิ้นงานเฉพาะบริเวณพื้นผิวที่มีความชัน.....38

2.35 แสดงการเดินกัดชิ้นงานขนานกับเส้น.....39

4.1 Flow Chart ของการดำเนินงานวิจัย.....42

4.2 รูปหน้ากากเท็นงู.....43

4.3 การนำภาพมาปรับแต่งในโปรแกรม Adobe Photoshop CS 3.....44

4.4 ทำการลบส่วนที่ไม่ต้องการออก.....45

4.5 วิธีการปรับแต่งความเข้มของเส้น.....45

4.6 ภาพหลังจากการปรับแต่งความเข้มของเส้น.....46

4.7 ภาพหลังจากการปรับแต่งความหนาของเส้น.....46

4.8 ภาพหลังจากการปรับแต่งในการแบ่งสัดส่วน.....47

4.9 ทำการเทสีลงในแต่ละส่วน.....47

4.10 ขั้นตอนการบันทึกรูป.....48

4.11 เลือกให้เป็นสกุล JPG.....48

4.12 การเข้าโปรแกรม Art CAM Pro 9.....49

4.13 หน้าเริ่มต้นโปรแกรม Art CAM Pro 9.....49

4.14 การเปิดไฟล์ภาพในโปรแกรม Art CAM Pro 9.....50

4.15 การตั้งค่าขนาดของชิ้นงาน.....50

4.16 เริ่มต้นโปรแกรม Art CAM Pro 9.....51

4.17 การตั้งค่า Vectors From Bitmap.....51

4.18 แสดงเส้น Vectors From Bitmap.....52

4.19 ลบ Vectors ที่ไม่ต้องการออก.....52

4.20 ย้าย Vectors กลับมายังรูปภาพหลังจากการตกแต่ง.....53

4.21 การเข้าคำสั่ง Shape Editor.....53

4.22 หน้าต่างการตั้งค่า Shape Editor.....54

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.23 การตั้งค่า Shape Editor ของเส้น Vectors ขอบนอกสุด.....54
4.24 การตั้งค่า Shape Editor ของเส้น Vectors ในส่วนของหน้าผาก.....55
4.25 การตั้งค่า Shape Editor ของเส้น Vectors ในส่วนของ เขา ทั้งสองข้าง.....55
4.26 การตั้งค่า Shape Editor ของเส้น Vectors ในส่วนของแก้ม.....56
4.27 การตั้งค่า Shape Editor ของเส้น Vectors ในส่วนของตา.....56
4.28 การตั้งค่า Shape Editor ของเส้น Vectors ในส่วนของจมูก.....57
4.29 การตั้งค่า Shape Editor ของเส้น Vectors ในส่วนของคาง.....57
4.30 การตั้งค่า Shape Editor ของเส้น Vectors ในส่วนของปาก.....58
4.31 การตั้งค่า Shape Editor ของเส้น Vectors ในส่วนของปากด้านใน.....58
4.32 การตั้งค่า Shape Editor ของเส้น Vectors ในส่วนของฟันบนและล่าง.....59
4.33 การตั้งค่า Shape Editor ของเส้น Vectors ในส่วนของฟันเขี้ยวบนและล่าง.....59
4.34 การตั้งค่า Shape Editor ของเส้น Vectors ในส่วนของฟันด้านซ้ายและขวา.....60
4.35 การตั้งค่า Shape Editor ของเส้น Vectors ในส่วนของช่องปาก.....60
4.36 การตั้งค่า Shape Editor ของเส้น Vectors ในส่วนของใบหู.....61
4.37 การตั้งค่า Shape Editor ของเส้นสีดำ.....61
4.38 ภาพ 3D ตรวจสอบการตั้งค่า Shape Editor ของส่วนต่างๆ.....62
4.39 การตรวจสอบหรือปรับเปลี่ยนขนาดของชิ้นงาน.....62
4.40 การเข้าโหมด Toolpaths เพื่อตั้งค่าต่างๆเกี่ยวกับ Tool.....63
4.41 การตั้งค่าการเคลื่อนที่ของ Tool.....64
4.42 การตั้งค่าระยะความปลอดภัย.....64
4.43 การเลือกชนิดและขนาดของ Tool.....65
4.44 การตั้งค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและค่าอื่นๆของ Tool.....65
4.45 กำหนดให้ Tool กัดชิ้นงาน 2 รอบ.....66
4.46 คลิกเลือกที่ช่อง Add Ramping Moves.....66
4.47 กำหนดความหนาของชิ้นงานและกำหนดจุดเริ่มต้นในแนวแกน Z.....67
4.48 ยืนยันค่าที่ได้กำหนดไว้ใน Machine Relief.....67
4.49 ทำการ Simulate.....68
4.50 ขณะที่กำลังทำการ Simulate.....68

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.51 ชิ้นงานหลังจากการ Simulate ด้วย Tool ขนาด 6 มม.....69

4.52 การเข้าโหมด Raised Feature.....69

4.53 ทำการ Create Raised Feature.....70

4.54 การเข้าโหมด Centreline Engraved Feature.....70

4.55 ทำการ Centreline Engraved Feature.....71

4.56 การเข้าคำสั่ง Feature Machining.....71

4.57 กำหนดชนิดและขนาดของ Tool ที่ใช้ในการกัดร่องตามเส้นสีดำของรูป.....72

4.58 เข้าโหมด Simulate ในการกัดร่องตามเส้นสีดำของรูป.....72

4.59 ขณะทำการ Simulate การกัดร่องตามเส้นสีดำของรูป.....73

4.60 การ Simulate Tool ขนาด 6 มม.....73

4.61 ภาพหลังจากการ Simulate Tool ขนาด 6 มม.....74

4.62 การ Simulate Tool ขนาด 2 มม. 74

4.63 ภาพหลังจากการ Simulate เสร็จสมบูรณ์.....74

4.64 หน้าต่างโปรแกรม NC Link 75

4.65 แก้ไขชื่อชุด Code 76

4.66 ภาพแสดงบรรทัดคำสั่งที่ไม่จำเป็น.....76

4.67 แสดงการต่อ Code ทั้ง 2 ชุดเข้าด้วยกัน.....77

4.68 เครื่องกัดซีเอ็นซี รุ่น HAAS VF1.....78

4.69 การกำหนดแนวแกนของเครื่องกัด.....78

4.70 แสดงการทดสอบการกัดชิ้นงานจากโฟม.....81

4.71 การแก้ไขการทำงานของ Tool ที่ไฟล์ Art CAM เดิม.....84

4.72 การเข้าไปเปลี่ยนค่าการทำงานของ Tool.....85

4.73 การตั้งค่า Stepdown 85

4.74 การตั้งค่า Z Height of First Pass.....86

4.75 การเข้าโหมด Simulate 86

4.76 ขณะทำการ Simulate.....87

4.77 รูปชิ้นงานหลังจากการ Simulate.....87

4.78 การ Save NC-Code.....88

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.79 เมนูการส่งข้อมูล (Sent) เพื่อปรับค่าต่างๆ.....89
4.80 คลิก Start เพื่อรันโปรแกรม.....89
4.81 แสดงขณะทำการกัดชิ้นงานโดยใช้วัสดุที่เป็นเรซิ่น.....90
4.82 ชิ้นงานเสร็จสมบูรณ์.....90

บทที่ 1
บทนำ

1.1 หลักการ และเหตุผล

ปัจจุบันเทคโนโลยีด้านอุตสาหกรรมมีการพัฒนาก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็วซึ่งทำให้เกิดการแข่งขันในด้านต่างๆ เช่น ด้านคุณภาพและจำนวนการผลิต ซึ่งจะเห็นได้ว่าโรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไปนำระบบซีเอ็นซีเข้ามามีส่วนช่วยในกระบวนการผลิตมากยิ่งขึ้นเพราะเครื่องจักรกลที่ควบคุมด้วยระบบซีเอ็นซีเป็นระบบอัตโนมัติที่สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องและแม่นยำทำให้สามารถประยุกต์เพื่อการใช้งานได้อย่างกว้างขวางและมีประสิทธิภาพ

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นทำให้เกิดความสนใจในระบบซีเอ็นซีจึงได้ทำการศึกษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบและผลิตสำหรับเครื่องกัด ซีเอ็นซี โดยศึกษาโปรแกรม Art CAM Pro 9 ที่ช่วยในการออกแบบชิ้นงานเพื่อประโยชน์ต่อผู้ที่ศึกษาการใช้โปรแกรม Art CAM Pro 9 เพื่อที่จะนำไปใช้กับเครื่องกัดซีเอ็นซีของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษาโปรแกรม Art CAM Pro 9 ที่ใช้ในการออกแบบและการผลิตสำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซี

1.2.2 เพื่อศึกษาเทคโนโลยีและการใช้เครื่องกัดระบบซีเอ็นซี (CNC) ในการผลิตชิ้นงาน

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)

1.3.1 ได้ชิ้นงานรูปแบบ 3D จากเครื่องกัดซีเอ็นซี จำนวน 1 ชิ้น

1.3.2 สามารถใช้โปรแกรม Art CAM Pro 9 ออกแบบและช่วยในการผลิตชิ้นงาน 3D โดยใช้ร่วมกับเครื่องกัดซีเอ็นซี (CNC) รุ่น HAAS VF1 จำนวน 1 ชิ้น

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)

ได้ชิ้นงานรูปแบบ 3D ตรงตามที่ออกแบบทุกประการ

1.5 ขอบเขต

1.5.1 ศึกษาวิธีการออกแบบและขั้นตอนการผลิตของโปรแกรม Art CAM Pro 9

1.5.2 ชิ้นงานที่ปรับแต่งแล้วสามารถนำไปผลิตได้กับเครื่องกัดซีเอ็นซี (CNC) รุ่น HAAS VF1 ได้จริง

1.5.3 ใช้เรซิ่นเป็นวัสดุในการทำการศึกษา

1.6 สถานที่ในการดำเนินการวิจัย

อาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินงาน

1 มิถุนายน 2552 – 31 มกราคม 2553

1.8 ขั้นตอน และแผนการดำเนินการ (Gantt Chart) ทุก 2 อาทิตย์

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอน และแผนการดำเนินการ (Gantt Chart) ทุก 2 อาทิตย์

ลำดับ	การดำเนินงาน	มิ.ย.		ก.ค.		ส.ค.		ก.ย.		ต.ค.		พ.ย.		ธ.ค.		ม.ค.	
1	เลือกหัวข้อการทำโครงงานวิจัยและจัดทำข้อเสนอโครงงาน																
2	ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นและทำ Proposal																
3	จัดทำรายงานบทที่ 1-3																
4	ศึกษาการใช้โปรแกรม Art CAM Pro 9																
5	ออกแบบชิ้นงานใน Art CAM Pro 9																
6	ฝึกการใช้งานเครื่องกัดซีเอ็นซี																
7	ทำการทดสอบชิ้นงานที่ออกแบบกับเครื่องกัดซีเอ็นซี																
8	ปรับปรุงและแก้ไขแบบ																
9	นำแบบที่ทำการแก้ไขแล้วมาผลิตชิ้นงานจริง																
10	วิเคราะห์และสรุปผล																
11	จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์และนำเสนอผลงาน																

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประวัติของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี

ในสภาวะที่เศรษฐกิจเจริญเติบโตขึ้นมาเรื่อย ๆ และจำนวนประชากรที่เพิ่มมากขึ้น ความต้องการทางด้านปัจจัย 4 ก็มีเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ การแข่งขันทางการค้าก็ยิ่งทวีสูงขึ้นเรื่อย ๆ เหตุต่าง ๆ เหล่านี้ ทำให้มนุษย์มีความจำเป็นที่จะต้องคิดค้นและพัฒนาการผลิตให้รวดเร็วและประหยัด เพื่อตอบสนองความต้องการที่เพิ่มมากขึ้น เครื่องจักรกลอัตโนมัติได้ถูกออกแบบและพัฒนาสร้างขึ้นมาให้สามารถทำงานซ้ำ ๆ กันได้ทุกเวลาที่ต้องการ ซึ่งระบบการทำงานอัตโนมัติเป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย เช่น เครื่องเล่นเปียนโนอัตโนมัติซึ่งทำงานโดยอาศัยระบบแมคคานิคควบคุม เครื่องกลึงอัตโนมัติที่ควบคุมการทำงานด้วยลูกเบี้ยว แต่เครื่องจักรเหล่านี้มีข้อเสียตรงที่ การเปลี่ยนผลิตภัณฑ์หรือชิ้นงานใหม่ต้องใช้เวลามาก และการเปลี่ยนลักษณะงานมีขีดจำกัด

ในปี ค.ศ. 1948 นักวิทยาศาสตร์ในสถาบัน MIT (Massachusetts Institute of Technology) ได้ริเริ่มทำโครงการพัฒนาเครื่องจักรกลที่ควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ขึ้น โดยได้รับการสนับสนุนโครงการจากกองทัพอากาศของสหรัฐอเมริกา (U.S. Air Force)

เครื่องจักรระบบซีเอ็นซีเครื่องแรกคือ CINCINNATIC HYDROTEL VERTICAL-SPINDLE MACHINE และนำออกใช้งานในปี ค.ศ. 1957

2.2 ความหมายของเอ็นซีและซีเอ็นซี

เอ็นซี (NC) ย่อมาจากคำว่า Numerical Control หมายถึง การควบคุมเครื่องจักรกลด้วยระบบตัวเลขและอักษร ซึ่งคำจำกัดความนี้ได้จากประเทศสหรัฐอเมริกา กล่าวคือ การเคลื่อนที่ต่าง ๆ ตลอดจนการทำงานอื่น ๆ ของเครื่องจักรกล จะถูกควบคุมโดยรหัสคำสั่งที่ประกอบด้วยตัวเลข ตัวอักษร และสัญลักษณ์อื่น ๆ ซึ่งถูกแปลงเป็นคลื่นสัญญาณ (Pulse) ของกระแสไฟฟ้าหรือสัญญาณออกอื่น ๆ ที่จะไปกระตุ้นมอเตอร์หรืออุปกรณ์อื่น ๆ เพื่อทำให้เครื่องจักรกลทำงานตามขั้นตอนที่ต้องการ

ซีเอ็นซี (CNC) ย่อมาจาก Computerize Numerical Control ระบบควบคุมเอ็นซีแบบนี้จะมีคอมพิวเตอร์ที่มีความสามารถสูงเพิ่มเข้าไปภายในระบบ เอ็นซี และประมวลผลข้อมูลเพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้ไปควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกล

ในปัจจุบันเครื่องจักรกลเอ็นซีส่วนมากจะหมายถึง เครื่องจักรกลซีเอ็นซี ทั้งนี้เพราะว่าระบบเอ็นซีที่ไม่มีคอมพิวเตอร์เป็นส่วนประกอบ มักไม่นิยมสร้างใช้แล้ว เนื่องจากชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ในปัจจุบันมีราคาค่อนข้างถูก ดังนั้น ราคาของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์เหล่านี้ที่เพิ่มขึ้นมา เกือบจะไม่ต้องนำมาพิจารณาเมื่อเทียบกับราคาของเครื่องจักรทั้งเครื่อง

2.3 การควบคุมเครื่องจักรกลด้วยคอมพิวเตอร์

การควบคุมเครื่องจักรกลด้วยคอมพิวเตอร์ (Computerize Numerical Control : CNC) เป็นระบบการควบคุมคำสั่งเชิงตัวเลขและตัวอักษรด้วยคอมพิวเตอร์ โดยที่คอมพิวเตอร์นี้จะทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมคำสั่งเชิงตัวเลขเครื่องจักรเก็บข้อมูลหรือช่วยในการป้อนข้อมูลหรือช่วยในการป้อนข้อมูลเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขโปรแกรม

ในปัจจุบันเครื่องจักรที่ควบคุมด้วยระบบซีเอ็นซีนี้สามารถทำการป้อนข้อมูลทางมือ (Manual Data Input : MDI) ได้ทำให้เราสามารถเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขโปรแกรมได้สะดวก หรือถ้าต้องแทรกข้อมูล การให้ขนาดใหม่ การเปลี่ยนความเร็วรอบ การเปลี่ยนความเร็วตัดและอัตราป้อนก็สามารถทำได้โดยง่าย

2.4 ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบซีเอ็นซี

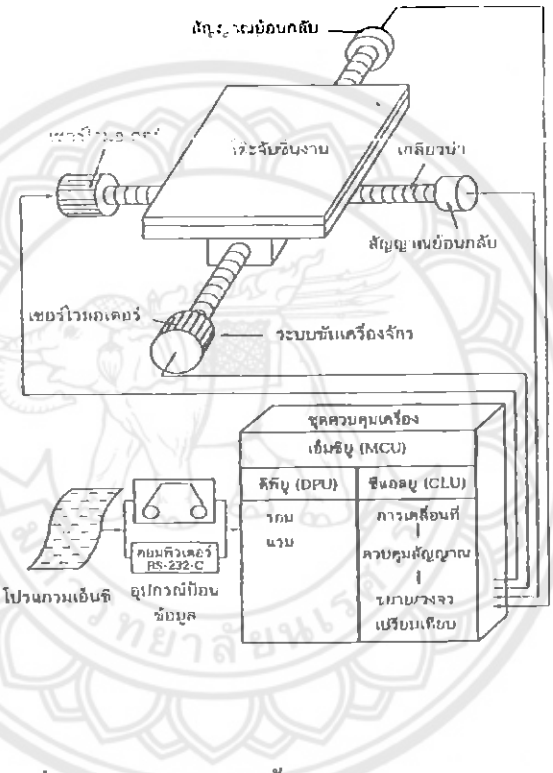
ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบซีเอ็นซีมีดังนี้

2.4.1 ส่วนที่เป็นโปรแกรมสั่งงาน (Part Program) โปรแกรมสั่งงานในระบบซีเอ็นซี จะมีลักษณ์เป็นเป็นแถวยาว โดยแต่ละแถวจะมีรหัสคำสั่ง (NC Code) ที่เขียนไว้ในรูปแบบของตัวเลข ตัวเลข อักษร และสัญลักษณ์ ซึ่งรหัสคำสั่งในละแถวนี้ จะแทนตำแหน่งการเคลื่อนการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดบนเครื่องจักรซีเอ็นซี เพื่อใช้สำหรับการขึ้นรูปชิ้นส่วน

2.4.2 ส่วนที่ป้อนข้อมูลของโปรแกรม (Program Input Device) การป้อนข้อมูลของโปรแกรมในเครื่องจักรซีเอ็นซีที่เป็นซอฟต์ไวร์ (Soft Wire) นั้นจะใช้วิธีการป้อนโปรแกรมเข้าไป

เก็บไว้ในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ที่ชุดควบคุมการทำงานของเครื่อง (MCU) ด้วยสายส่งสัญญาณ (Interface Bus)

2.4.3 ส่วนที่เป็นระบบควบคุมการขับเคลื่อน (Drive System) การควบคุมการขับเคลื่อนในระบบซีเอ็นซีแบ่งออกเป็น 4 ชนิดคือ ใช้มอเตอร์แบบเป็นขั้น ใช้มอเตอร์กระกระแสตรง (DC Servo Motor) ใช้มอเตอร์กระแสสลับ (AC Servo Motor) และระบบไฮโดรลิก (Hydraulic Servo Motor)



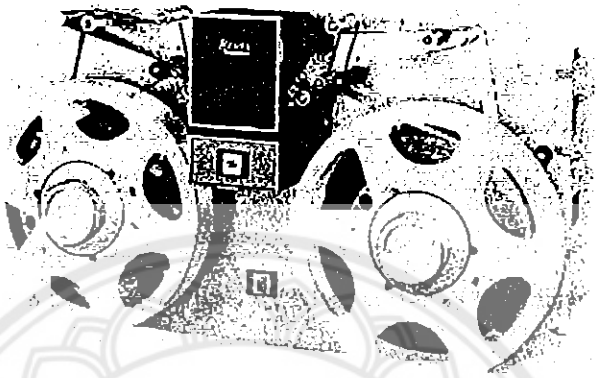
รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบซีเอ็นซี

ที่มา: อำนาจ (2444)

2.4.4 หน่วยควบคุมการทำงานของเครื่อง (Machine Control Unit) หน่วยควบคุมการทำงานของเครื่องหรือ MCU มีหน้าที่อ่านและตีความหมายของคำสั่งที่สั่งมาจากส่วนป้อนข้อมูลของโปรแกรม หลังจากนั้นจะแปลงเป็นสัญญาณเพื่อไปควบคุมระบบการขับเคลื่อนของเครื่องจักรซีเอ็นซีต่อไป

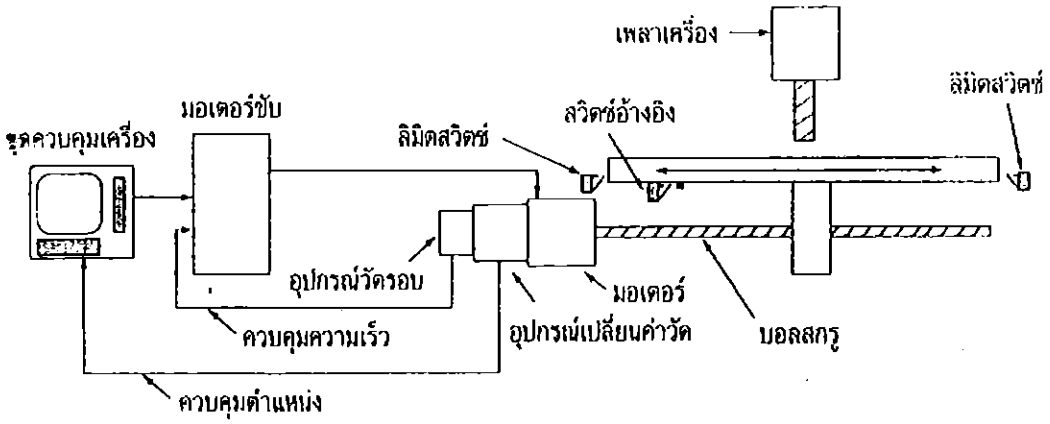
หน่วยควบคุมการทำงานของเครื่องแบ่งออกเป็น 2 ส่วนที่สำคัญ ๆ คือ ส่วนที่หน้าที่อ่านโปรแกรม (Data Processing Unit : DPU) เช่น เครื่องอ่านเทปกระดาษ เครื่องอ่านเทปแม่เหล็ก

หรือ RS-232-C เป็นต้น และ ส่วนที่หน้าที่ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรซีเอ็นซี (Control Loop Unit : CLU) เช่น ความเร็วรอบ อัตราป้อน การเคลื่อนที่ของแนวแกนการเปลี่ยนเครื่องมือตัด การเปิด/ปิดน้ำมันหล่อเย็น เป็นต้น



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างของเครื่องอ่านเทปกระดาษ
ที่มา: อำนาจ (2444)

2.4.5 เครื่องจักรกล (Machine Tool) เครื่องจักรที่ถูกออกแบบมาเพื่อควบคุมระบบซีเอ็นซีจะมีระบบการควบคุม 2 ระบบ คือ แบบวงรอบเปิดและวงรอบปิด หรือการผสมระหว่างวงรอบเปิดและแบบวงรอบปิด โดยเครื่องจักรที่ควบคุมแบบระบบวงรอบเปิดจะมีสัญญาณส่งไปที่มอเตอร์ ที่ทำให้โต๊ะจับชิ้นงานเคลื่อนที่ไปตามที่โปรแกรมไว้ ซึ่งการควบคุมด้วยระบบนี้จะไม่มีระบบตรวจสัญญาณย้อนกลับ (Feedback System) ทำให้ไม่สามารถที่จะตรวจสอบได้ว่าสัญญาณที่ส่งมานั้นทำแล้วหรือยัง หรือมีข้อผิดพลาดอย่างไร ส่วนการควบคุมแบบระบบวงจรปิดจะมีระบบตรวจสอบสัญญาณย้อนกลับ เมื่อโต๊ะหรือเครื่องมือตัดเคลื่อนที่ถึงตำแหน่งที่ตั้งโปรแกรมไว้ ก็จะมีสัญญาณจับเพื่อควบคุมให้โต๊ะจับชิ้นงานหรือเครื่องมือตัดหยุด



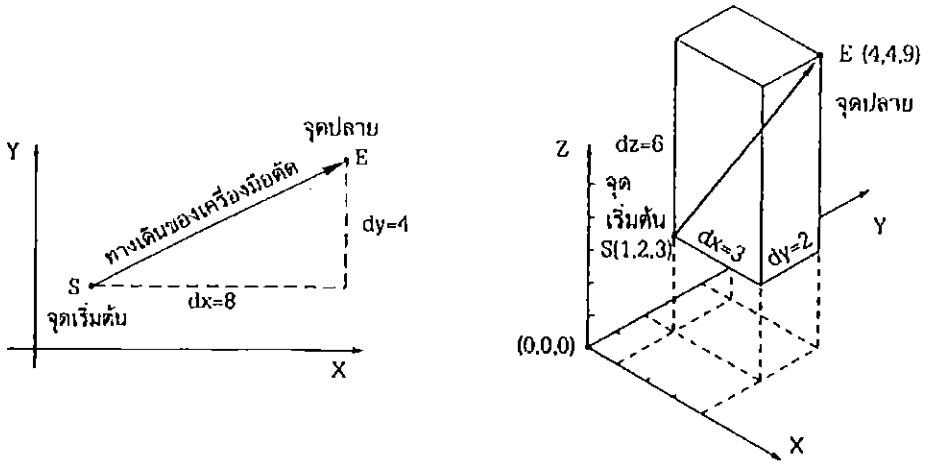
รูปที่ 2.3 ตัวอย่างการควบคุมเครื่องจักรด้วยระบบวงจรปิด

ที่มา: อำนาจ (2444)

2.5 การควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรซีเอ็นซี

การควบคุมการเคลื่อนที่ของแท่นต่าง ๆ ของเครื่องซีเอ็นซีแบ่งออกได้ 5 ชนิดคือ การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง (Linear) การเคลื่อนที่ในแนวโค้ง (Circular) การเคลื่อนที่เฮลิเคิล (Helical) การเคลื่อนที่แบบพาลาโบลิก (Parabolic) การเคลื่อนที่แบบคิวบิก (Cubic) โดยการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงและในแนวเส้นโค้งจะเป็นแบบที่มีการใช้งานมากที่สุดในระบบซีเอ็นซี

2.5.1 การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง (Linear Interpolation) การเคลื่อนที่ในลักษณะนี้เครื่องมือตัดจะเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นไปยังจุดปลายเป็นแนวเส้นตรง และในขณะเดียวกัน ระบบซีเอ็นซีจะคำนวณการเปรียบเทียบ โดยให้จุดปลายของเส้นแรกเป็นจุดเริ่มต้นของการเริ่มต้นของการเคลื่อนที่ไปยังจุดใหม่ต่อไป

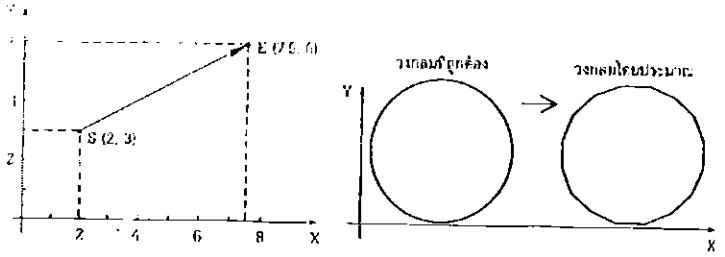


(ก) แบบ 2 แกน (ข) แบบ 3 แกน

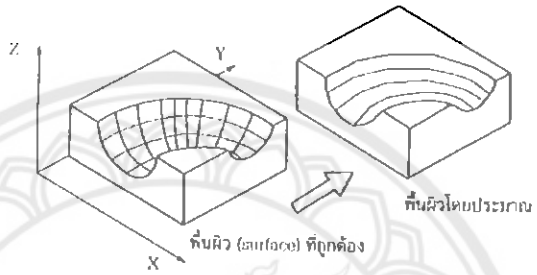
รูปที่ 2.4 การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง
ที่มา: อำนาจ (2444)

การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงนี้เราจำเป็นต้องกำหนดค่าตัวแปรที่สำคัญ 3 ค่าตัวแปร โคออร์ดิเนตของจุดเริ่มต้น โคยโคออร์ดิเนตของจุดปลาย และความเร็วของแต่ละแนวแกน

หลักการควบคุมการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงนี้ถูกนำมาใช้สำหรับการควบคุมการเคลื่อนที่ตัดเฉือนผิวชิ้นงานของเครื่องมือหลายลักษณะ ซึ่งประกอบไปด้วยการเคลื่อนที่ตัดในแนวเส้นตรง วงกลม ส่วนโค้ง และส่วนแบบเฮลิเคิล ตัวอย่างการการเคลื่อนที่ตัดเฉือนผิวชิ้นงานในแนวเส้นตรงแสดงไว้ในรูปที่ 2.5



(ก) การเคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรง (straight line) (ข) การเคลื่อนที่เป็นวงกลม (circle) ในลักษณะเป็นรูปหลายเหลี่ยมด้านเท่า



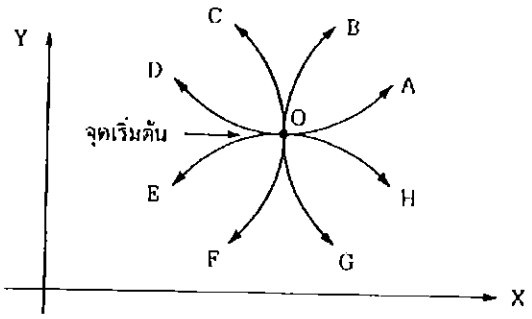
(ค) การเคลื่อนที่ตัดผิวชิ้นงานเป็นส่วนโค้งในลักษณะ 3 มิติ

รูปที่ 2.5 แสดงตัวอย่างการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง

ที่มา: อำนาจ (2444)

2.5.2 การเคลื่อนที่ในแนวโค้ง (Circular Interpolation) การเคลื่อนที่แบบนี้จะมีลักษณะคล้ายกันกับการเคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรงที่มีลักษณะสั้นมาก ปกติขนาดของสัญญาณพัลส์ที่ส่งออกไปควบคุมการขับเคลื่อนของมอเตอร์จะมีค่าประมาณ 0.0001 หรือ 0.0002 นิ้ว โดยระบบที่ควบคุมซีเอ็นซีจะคำนวณหาจุดต่อกันของเส้นตรงตามของรัศมี และในขณะเดียวกันเครื่องมือตัดและชิ้นงานก็จะเคลื่อนที่สัมพันธ์กันทำให้เกิดการเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้งขึ้น ข้อดีของการเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้งมีความคงที่ในขณะที่เครื่องมือตัดเคลื่อนที่ตัดเฉือนชิ้นงานผิวโค้ง

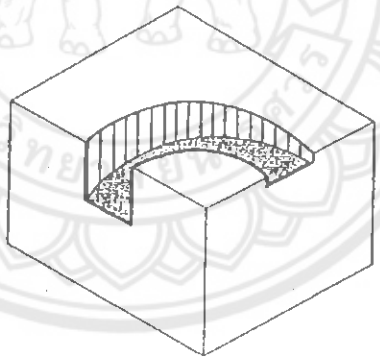
ลักษณะการเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้งไม่ว่าจะมีทิศทางตามเข็มนาฬิกา (G02) และทิศทางทวนเข็มนาฬิกา (G03) สามารถจำแนกได้ทั้งหมด 8 ลักษณะดังแสดงในรูปที่ 2.6 โดยกำหนดให้ O คือจุดเริ่มต้นของโค้ง และตำแหน่ง A,B,C,D.E,F,G,H คือจุดปลายของการเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้ง



รูปที่ 2.6 การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้ง 8 ลักษณะจากจุดเริ่มต้นที่กำหนดให้

ที่มา: อำนาจ (2444)

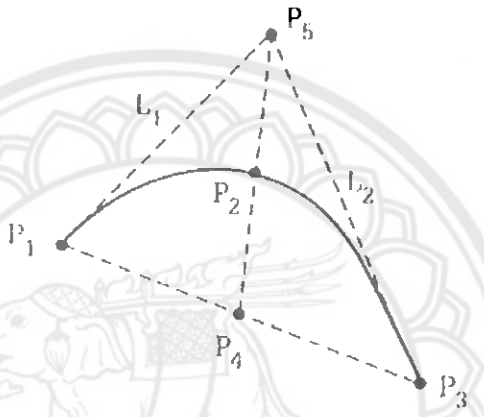
2.5.3 การเคลื่อนที่แบบเฮลิเคิล (Helical Interpolation) การเคลื่อนที่แบบนี้จะเป็นลักษณะของการผสมผสานกันระหว่างการเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้ง 2 แกน และการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงอีกหนึ่งแกน การเคลื่อนที่แบบเฮลิเคิลนี้จะใช้ในงานกัดเกลียวนอกที่มีขนาดใหญ่ (Lager Internal and external thread)



รูปที่ 2.7 การเคลื่อนที่แบบเฮลิเคิล

ที่มา: อำนาจ (2444)

2.5.4 การเคลื่อนที่แบบพาราโบลิก (Parabolic Interpolation) การเคลื่อนที่แบบนี้จะกำหนดโดยใช้จุดที่ไม่อยู่ในเส้นแนวเดียวกัน 3 จุด ซึ่งมีลักษณะเป็นฟรีฟอร์มเดิร์ฟ (Free-From Curves) ในรูปที่ 2.8 แสดงลักษณะของเส้นโค้งพาราโบริกที่กำหนดจุด 3 จุด ซึ่งประกอบ P1, P2 และ P3 โดยที่ P1 และ P3 คือจุดปลายของเส้นส่วน P2 คือจุดกึ่งกลางระหว่าง P4 และ P3 ส่วน P4 คือ จุดกึ่งกลางระหว่าง P1 และ P3 เส้นตรง L1 และ L2 คือ เส้นที่ใช้ในการสร้างส่วนโค้งพาราโบลิก



รูปที่ 2.8 การเคลื่อนที่แบบพาราโบลิก

ที่มา: อำนาจ (2444)

การเคลื่อนที่แบบพาราโบลิกนี้ถูกนำไปประยุกต์ใช้งานที่เกี่ยวกับการขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

2.5.5 การเคลื่อนที่แบบคิวบิก (Cubic Interpolation) การเคลื่อนที่แบบนี้เราจะสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดได้ทุกรูปแบบ โดยทั่วไปแล้วจะนิยมใช้กับเครื่องซีเอ็นซีที่ใช้ในการขึ้นรูปแม่พิมพ์ในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ที่จากทำจากโลหะแผ่น เช่น ตัวถังรถยนต์ ฝาครอบเครื่องยนต์ เป็นต้น

2.6 ชุดควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซี

2.6.1 ส่วนประกอบของชุดควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซีหรือเอ็มซียู (MCU : Machine Control Unit) มีดังนี้

2.6.1.1 ส่วนรับข้อมูล (Data Input) มีหน้าที่เกี่ยวกับการป้อนข้อมูลและเก็บข้อมูลของโปรแกรมซีเอ็นซี

2.6.1.2 ส่วนประมวลผลข้อมูล (Data Processing) มีหน้าที่ประมวลผลข้อมูลที่ส่งเข้ามา ซึ่งในส่วนนี้จะมีหน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู(CPU) ของคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่คำนวณและเปรียบค่าต่างๆ เช่น ตำแหน่งขนาดของชิ้นงาน อัตราป้อน ตำแหน่งการวางเครื่องมือตัด การคำนวณค่าชดเชยรัศมีของเครื่องตัดและการควบคุมระบบเปิด/ปิดน้ำหล่อเย็นโดยอัตโนมัติ เป็นต้น

2.6.1.3 ส่วนส่งข้อมูลออก (Data Output) ทำหน้าที่กำหนดตำแหน่งและสัญญาณป้อนไปยังวงจรควบคุมเซอร์โวเพื่อแปลงให้สัญญาณควบคุมการขับเคลื่อนของมอเตอร์

2.6.1.4 ส่วนเชื่อมต่อกับเครื่องซีเอ็นซี (Machine I/O Interface) ทำหน้าที่แยกข้อมูลสัญญาณที่จำเป็นสำหรับ

2.6.1.4.1 ควบคุมทิศทางการหมุนของเพลาจับเครื่องมือตัด (Spindle) กลไกการเปิด/ปิดน้ำหล่อเย็น หรือคำสั่งอื่นๆ

2.6.1.4.2 สัญญาณข้อมูลที่เกี่ยวกับการหยุดเครื่องฉุกเฉิน (Emergency Stop) การทำโปรแกรมแบบวัฏจักร (Cycle Start) คำสั่งหยุดการเคลื่อนที่ทุกแนวแกน (Feed Hold) และสัญญาณอื่นๆ ที่ใช้ควบคุมระบบซีเอ็นซี

2.6.2 ไดอะแกรมของหน่วยควบคุมเครื่องซีเอ็นซีและส่วนประกอบอื่นๆ ของส่วนประมวลผลข้อมูลทั้งหมด มี 6 ส่วนดังนี้

2.6.2.1 หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU : Central Processing Unit) ถือว่าเป็นหัวใจของเครื่องคอมพิวเตอร์ มีหน้าที่ควบคุมการทำงานทั้งหมด

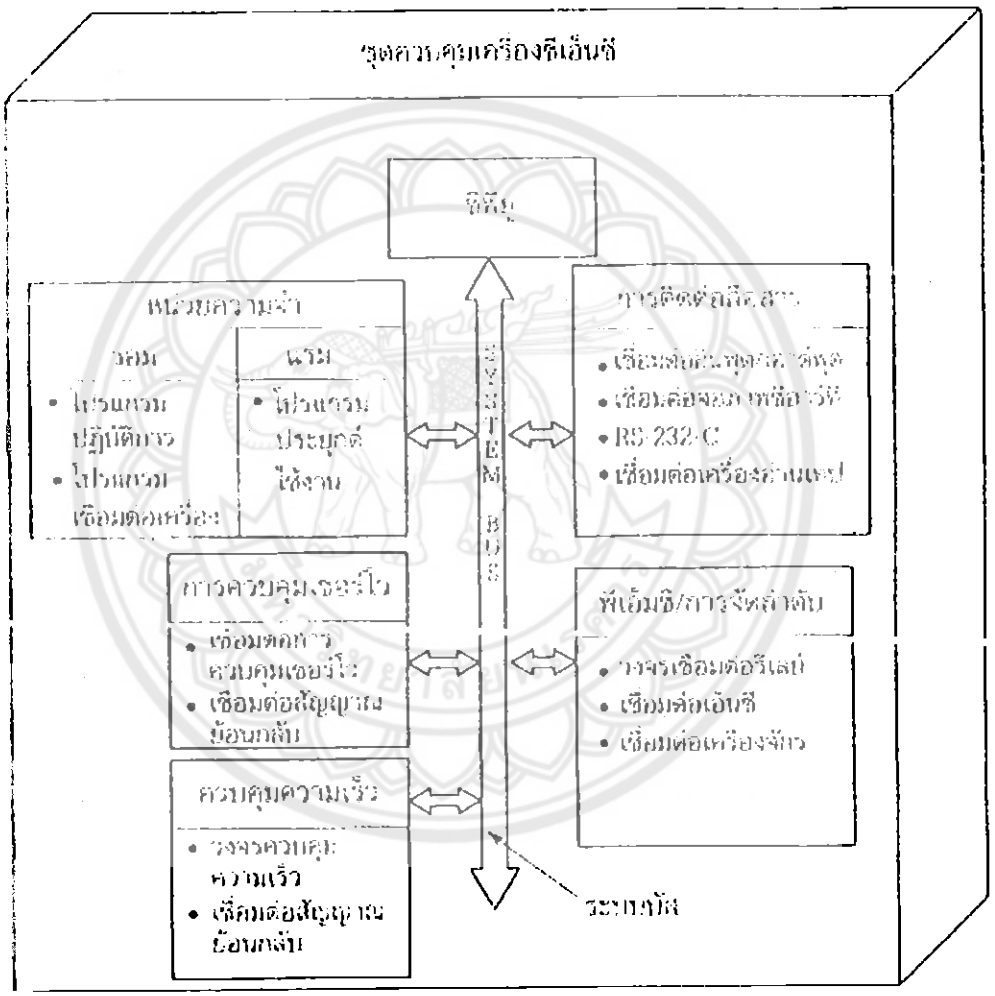
ซีพียูประกอบด้วยส่วนที่สำคัญๆ 3 ส่วนคือ

2.6.2.1.1 ส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุม (Control Section) มีหน้าที่

- ติดต่อกับหน่วยรับข้อมูลเข้า (Data Input) และควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ทั้งหมดในคอมพิวเตอร์
- นำข้อมูลจากหน่วยความจำในแรม (RAM) หรือรอม (ROM) มาแปลรหัส (Decode) หรือแปลคำสั่ง
- ส่งสัญญาณข้อมูลระบบควบคุมที่แปลรหัสเสร็จแล้วเป็นคำสั่งออกไปยังหน่วยส่งข้อมูลออก (Data Output)

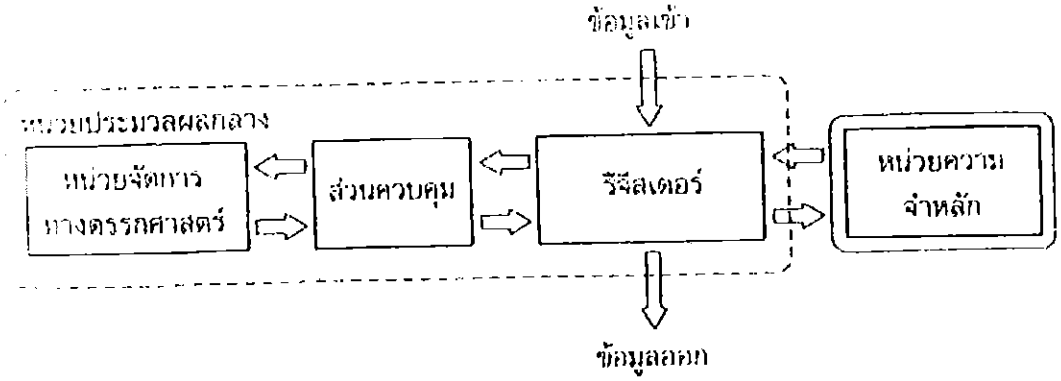
2.6.2.1.2 ส่วนจัดการทางตรรกศาสตร์ (Arithmetic - Logic Section) มีหน้าที่คำนวณข้อมูลที่เกี่ยวกับตรรกะหรือคณิตศาสตร์ เช่น การบวก (+) การลบ (-) เป็นต้น

2.6.2.1.3 ส่วนที่เป็นหน่วยความจำชั่วคราว (Immediate-Access Memory Section) หน่วยความจำชั่วคราวหรือรีจิสเตอร์ (Register) ทำหน้าที่นำข้อมูลจากหน่วยรับข้อมูลเข้ามาเรียงลำดับไว้เพื่อส่งไปยังหน่วยอื่น เช่น หน่วยจัดการทางตรรกศาสตร์ ทั้งนี้ก็เพื่อให้หน่วยอื่นทำงานอยู่ตลอดเวลาไม่เกิดภาวะรอข้อมูล



รูปที่ 2.9 ไดอะแกรมทำงานของหน่วยควบคุมเครื่องซีเอ็นซี

ที่มา: อำนาจ (2444)



รูปที่ 2.10 ไดอะแกรมการทำงานของหน่วยประมวลผลกลาง

ที่มา: อำนาจ (2444)

2.6.2.2 หน่วยความจำ (Memory) เนื่องจากหน่วยความจำของหน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU) ของคอมพิวเตอร์มีจำกัด ดังนั้นเราจำเป็นต้องหาหน่วยความจำที่มีขนาดใหญ่สำหรับเก็บข้อมูลโปรแกรม หน่วยความจำของคอมพิวเตอร์นั้นเราแบ่งออกเป็น 2 ชนิดด้วยกัน คือ

2.6.2.2.1 หน่วยความจำหลัก (Primary Memory) ได้แก่หน่วยความจำประเภทแรม (RAM:Random Access Memory) ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่สามารถอ่านและเขียนหรือลบข้อมูลได้ตลอดเวลา และหน่วยความจำประเภทรอม (ROM:Ready Only Memory) เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูลไว้อย่างถาวร และอ่านได้อย่างเดียว ไม่สามารถเขียน ลบ หรือแก้ไขข้อมูลได้

2.6.2.2.2 หน่วยความจำสำรอง (Secondary Memory) โดยทั่วไปแล้วหน่วยความจำประเภทนี้จะเป็นหน่วยความจำเก็บข้อมูลของโปรแกรม ยกตัวอย่างหน่วยความจำสำรองนี้ได้แก่ ฮาร์ดดิสก์ ฟล็อปปี้ดิสก์ เทปแม่เหล็ก เป็นต้น หน่วยความจำประเภทนี้สามารถเก็บข้อมูลไว้ได้ยาวนาน เมื่อเราปิดเครื่อง ข้อมูลจะไม่สูญหาย แต่อย่างไรก็ตามหน่วยความจำสำรองนี้มักจะทำงานช้ากว่าหน่วยความจำหลัก

2.6.2.3 การติดต่อสื่อสาร (Communication) ในระบบซีเอ็นซีจำเป็นจะต้องมีการติดต่อสื่อสารกันระหว่างหน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU) และส่วนประกอบของระบบอื่นๆ ซึ่งอยู่ภายนอกเครื่องคอมพิวเตอร์

โดยทั่วไปแล้วระบบซีเอ็นซี จะมีการติดต่อสื่อสารเพื่อควบคุมระบบซีเอ็นซี อยู่ 3 ชนิด คือ

2.6.2.3.1 จอภาพ (Display) หรือมอนิเตอร์ (Monitor) ในระบบซีเอ็นซีจะประกอบด้วยจอภาพซีอาร์ที (CRT: Cathode Ray Tube) และอุปกรณ์แสดงสัญญาณต่างๆ เช่น หลอดไฟ หรือสัญญาณไฟต่างๆ จอภาพนี้จะเป็นส่วนที่ใช้แสดงเกี่ยวกับข้อมูลของโปรแกรมซีเอ็นซี ซึ่งประกอบไปด้วย

- แสดงข้อมูลของโปรแกรมที่ใช้งาน (Active Part Program)
- แสดงแนวแกนใช้งานปัจจุบัน (Current Axis)
- แสดงทางเดินของเครื่องมือตัด (Tool Path)
- แสดงข้อมูลที่เกี่ยวกับการวางตำแหน่งของมีด (Tool Offset)
- แสดงการจำลองการตัดเฉือนชิ้นงาน (Simulation)
- แสดงสัญญาณเมื่อโปรแกรมมีการผิดพลาด (Alarm For Program Errors) หรือระบบควบคุมเซอร์โวผิดพลาด
- อื่นๆ เช่น การแปลงสถานะของการส่งข้อมูลหรือบอดเรต (Baud Rate) ของสายส่งข้อมูล เป็นต้น

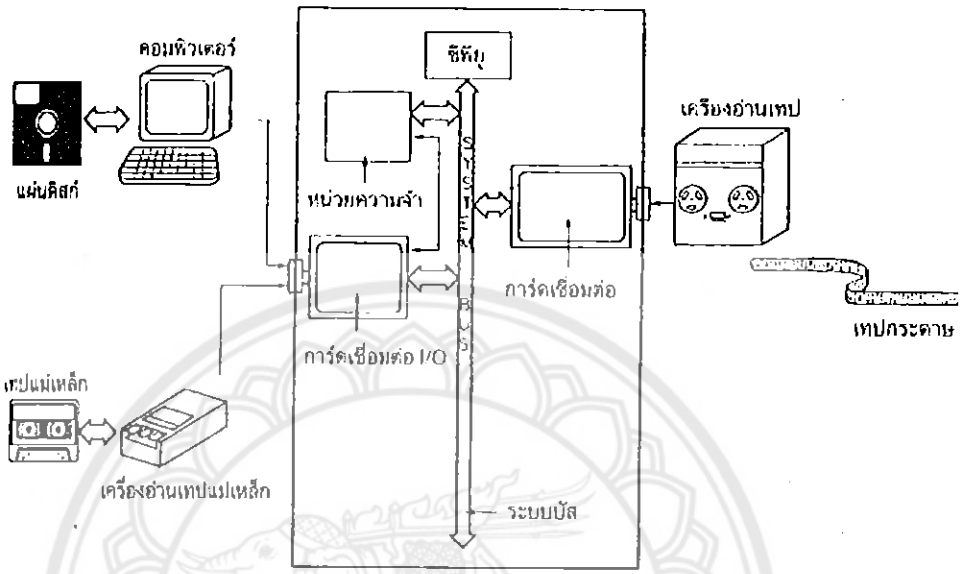
2.6.2.3.2 แผงควบคุมการทำงาน (Operator Control Panel) แผงควบคุมการทำงานนี้จะเป็นส่วนที่ช่างควบคุมเครื่องใช้ติดต่อสื่อสารกับระบบซีเอ็นซี นอกจากนี้แล้วยังเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานต่างๆ โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันคือ ส่วนควบคุมเครื่อง (Machine Controls) และส่วนควบคุมโปรแกรม (Program Controls)

- ส่วนควบคุมเครื่อง (Machine Controls) จะทำหน้าที่ควบคุมสวิตช์เปิด/ปิดต่างๆ(on/off and push) สวิตช์แบบเปลือก (Selector Switches) มือหมุนแบบอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Handwheel) และสวิตช์ปรับ (Override Switches) โดยสวิตช์ที่กล่าวมานี้จะทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเครื่องซีเอ็นซี ไม่ว่าจะเป็นการควบคุมการเปิด/ปิดเพลาจับยึดเครื่องมือตัด (Spindle) ควบคุมการเปิด/ปิดน้ำหล่อเย็น (Coolant) ควบคุมการเคลื่อนที่และทิศทางของแนวแกน ควบคุมความเร็วและอัตราป้อน (Speed and feed) ในลักษณะเป็นเปอร์เซ็นต์ของความเร็วและอัตราป้อนด้วยสวิตช์ปรับ

- ส่วนควบคุมโปรแกรม (Program Controls) ประกอบด้วยการป้อนข้อมูลของโปรแกรม การแก้ไขโปรแกรม ซึ่งเราสามารถป้อนข้อมูลได้โดยตรงจากแป้นพิมพ์ (Keypad or Keyboard) ของแผงควบคุมการทำงาน โดยเราเรียกการป้อนข้อมูลของโปรแกรมในลักษณะนี้ว่า "การป้อนด้วยมือ (Manual Data Input: MDI)"

2.6.2.3.3 ส่วนป้อนข้อมูลเข้า/ออกของโปรแกรม (Part Program Input And Output) เนื่องจากข้อมูลของโปรแกรมที่ใช้ใช้ควบคุมในระบบซีเอ็นซีนั้นเราสามารถที่จะเก็บข้อมูล เช่น เทปกระดาษ แผ่นฟล็อปปี้ดิสก์ และเทปแม่เหล็ก เป็นต้น โดยข้อมูลที่เก็บไว้ในอุปกรณ์เก็บข้อมูลเหล่านี้ เมื่อจะนำไปใช้งานจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีอุปกรณ์ช่วยสำหรับการส่งถ่ายข้อมูล ซึ่ง

ได้แก่ เครื่องอ่านเทปกระดาษ (Punched Tape Reader) เครื่องอ่านเทปแม่เหล็ก (Magnetic Tape Reader) และคอมพิวเตอร์ที่ใช้สายส่งข้อมูลด้วย RS-232-C ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้จะเชื่อมต่อกันด้วยระบบบัส ของหน่วยประมวลผลกลาง และการ์ดของหน่วยเชื่อมต่อ (I/O Interface Card)



รูปที่ 2.11 แสดงส่วนป้อนข้อมูลเข้า/ออกในระบบซีเอ็นซี

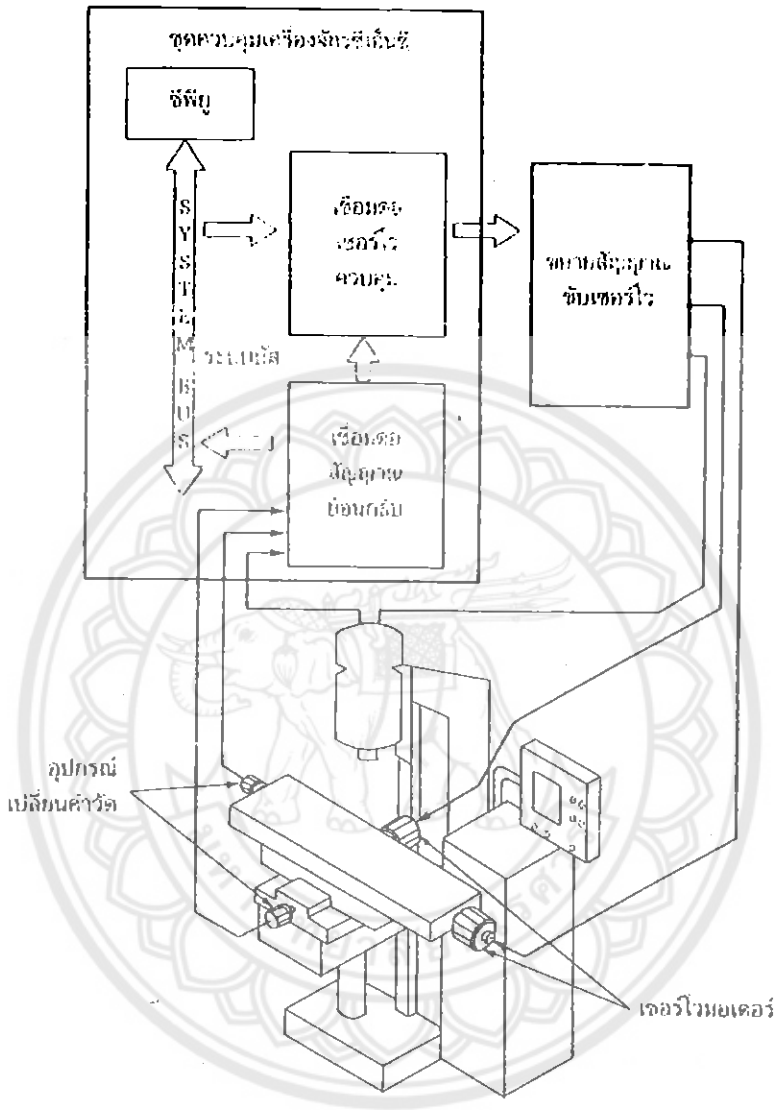
ที่มา: อำนาจ (2444)

2.6.2.4 การควบคุมการขับเซอร์โว (Servo Drive Control) การควบคุมเครื่องจักรในระบบซีเอ็นซีนั้นจำเป็นต้องอาศัยระบบการแปลงและควบคุมสัญญาณพัลส์ที่ถูกส่งมาจากระบบซีเอ็นซีไปเป็นสัญญาณสำหรับการควบคุมการขับเคลื่อนของมอเตอร์

โดยการควบคุมการขับเซอร์โวนี้จะมีระบบย่อยอยู่ 2 ระบบคือ ระบบควบคุมการเชื่อมต่อเซอร์โว และระบบเชื่อมต่อสัญญาณย้อนกลับ

ระบบควบคุมการเชื่อมต่อเซอร์โวจะเป็นส่วนที่ใช้ควบคุมตำแหน่งและความเร็วในการขับเคลื่อนมอเตอร์ แต่เนื่องจากสัญญาณควบคุมที่ส่งมาจากระบบซีเอ็นซีและระบบควบคุมการเชื่อมต่อเซอร์โวมีกำลังต่ำ ดังนั้นก่อนที่จะส่งสัญญาณไปยังมอเตอร์นั่นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการขยายคลื่นสัญญาณ โดยใช้ชุดขยายสัญญาณขับเซอร์โว (Servo Drive Amplifier) โดยที่ชุดขยายสัญญาณขับเซอร์โวนี้จะไม่เป็นส่วนประกอบของชุดควบคุมระบบซีเอ็นซี แต่จะเป็นชุดประกอบของระบบควบคุมการขับมอเตอร์ ส่วนระบบเชื่อมต่อสัญญาณย้อนกลับ (Feedback Interface) นี้จะมีอุปกรณ์เปลี่ยนค่าวัด (Encoder or Resolver) ซึ่งมีหน้าที่บันทึกตำแหน่งการเคลื่อนที่เพื่อส่งข้อมูล

กลับไปยังหน่วยประมวลผลกลางและวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของชุดควบคุมเซอร์โว ซึ่งระบบควบคุมก็จะใช้สัญญาณนี้ไปคำนวณหาระยะทางในการเคลื่อนที่ของแท่นเลื่อนต่อไป



รูปที่ 2.12 การควบคุมการขับเซอร์โว

ที่มา: อำนาจ (2444)

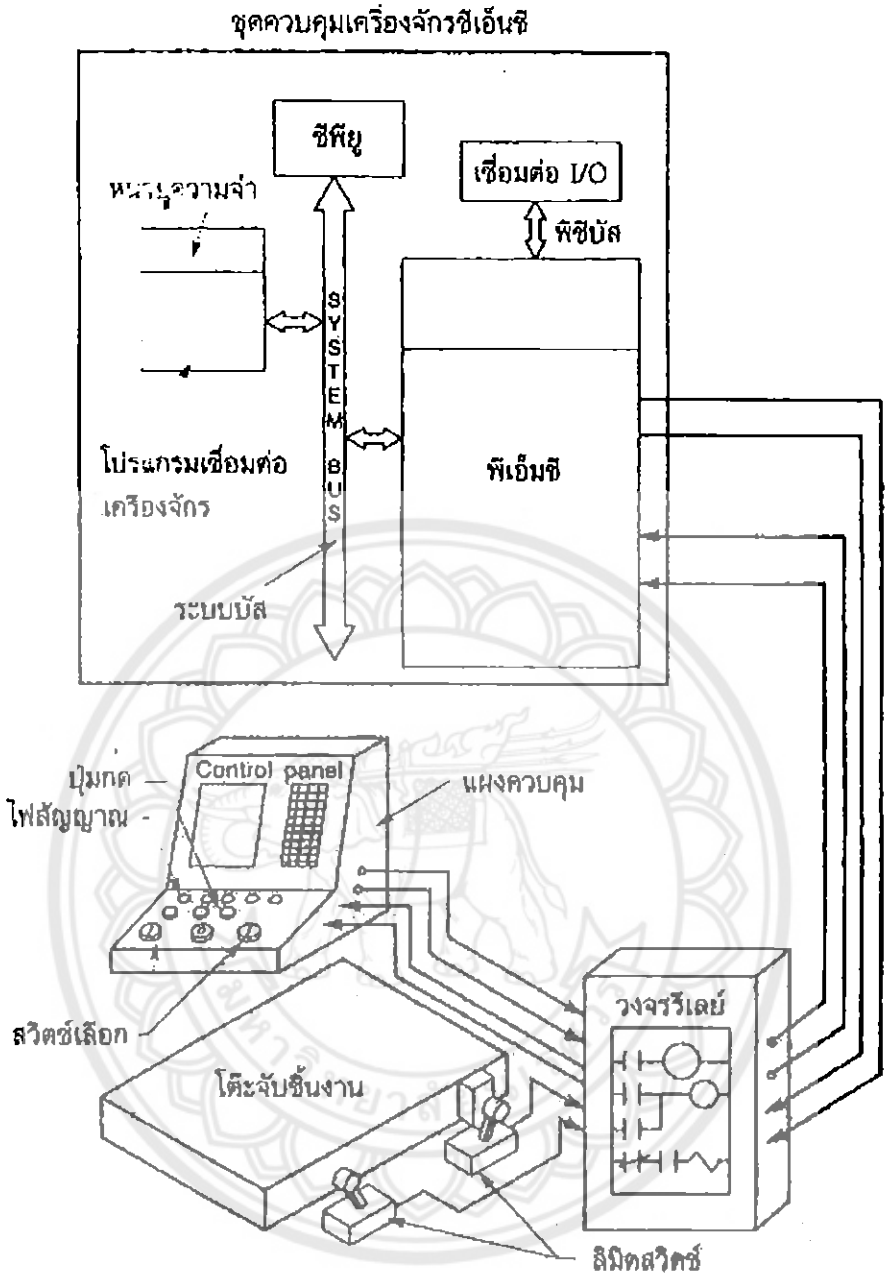
2.6.2.5 การควบคุมความเร็วรอบของเพลาจับยึดเครื่องมือตัด (Spindle Speed Control) การควบคุมความเร็วรอบของการจับยึดเครื่องมือตัด ส่วนมากแล้วจะควบคุมด้วยคำสั่ง S ในโปรแกรมซีเอ็นซี แต่ในระบบควบคุมการขับเซอร์โว ที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นจำเป็นที่จะต้องอาศัยระบบควบคุมความเร็วรอบของเพลาขับเคลื่อน เช่น การควบคุมความเร็วรอบของเพลาขับในระบบเชื่อมต่อสัญญาณย้อนกลับ เป็นต้น ในระบบซีเอ็นซีบางครั้งจำเป็นจะต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์แปลงสัญญาณจากสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอะนาล็อก (D/N Converter)

ทั้งนี้เนื่องจากสัญญาณที่ใช้ควบคุมการหมุนของมอเตอร์จะเป็นสัญญาณอะนาล็อก แต่คอมพิวเตอร์ของระบบซีเอ็นซีจะส่งสัญญาณดิจิตอล ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์แปลงสัญญาณเพื่อให้สามารถติดต่อสื่อสารกันได้

2.6.2.6 พีเอ็มซี (PMC:Programmable Machine Controller) การควบคุมสัญญาณที่ส่งไปเพื่อควบคุมระบบซีเอ็นซี สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ สัญญาณควบคุมตัวเลข (Numerical Signals) และสัญญาณควบคุมลำดับ (Sequence Control Signals) สัญญาณควบคุมตัวเลขจะใช้ควบคุมข้อมูลของตำแหน่ง (Position Data) ข้อมูลของความเร็ว (Velocity Data) ข้อมูลของการวางตำแหน่งเครื่องมือตัด(Tool Offset) ข้อมูลเกี่ยวกับการชดเชยรัศมีของเครื่องมือตัด (Compensation Data) และข้อมูลของค่าตัวแปรอื่นๆ ส่วนสัญญาณควบคุมลำดับนี้จะใช้ในการควบคุมลำดับขั้นการทำงานของเครื่องจักร โดยจะมีหน่วยอินพุต/เอาท์พุตที่ส่งสัญญาณแบบดิจิตอล

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

- การเปลี่ยนเครื่องมือโดยอัตโนมัติ (Automatic Tool Change)
- ควบคุมระบบน้ำหล่อเย็น (Coolant Control)
- เชื่อมต่อลิมิตสวิตช์ (Limit Switch Interface)
- ควบคุมระบบจับยึดชิ้นงาน (Clamping System Control)
- เชื่อมต่ออินพุต/เอาท์พุตโปรแกรมซีเอ็นซี (NC I/O Interface)
- การหยุดฉุกเฉิน (Emergency Stop)
- เชื่อมต่ออินพุต/เอาท์พุตกับเครื่องจักร (Machine I/O Interface)
- อื่นๆ



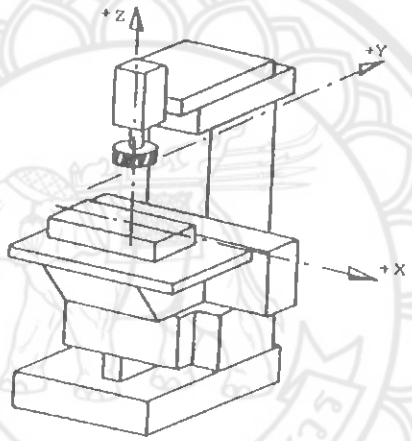
รูปที่ 2.13 การเชื่อมต่อพีเอ็มซีเข้ากับระบบควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซี

ที่มา: อำนาจ (2444)

2.7 การกำหนดแนวแกนของเครื่องจักร

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

การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง เครื่องจักรจะเคลื่อนที่เป็นตรงและจะขนานกับแนวแกนอ้างอิง ส่วนการเคลื่อนที่หมุนนั้น เครื่องจักรจะเคลื่อนที่หมุนรอบแนวแกนอ้างอิง ในการกำหนดแนวแกนเคลื่อนที่ของเครื่องจักรในระบบซีเอ็นซีนั่นจะอาศัยระบบการวัดโคออดิเนตแบบ Cartesian Coordinate System ซึ่งประกอบด้วยแนวแกน 3 แนวแกน โดยที่แต่ละแนวแกนจะทำมุมฉากซึ่งกันและกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 การกำหนดแนวแกนของเครื่องจักร
ที่มา: ผศ.ชาลี (2544)

นอกจากนี้แล้ว เครื่องจักรในระบบซีเอ็นซีบางชนิดก็จะมีแนวแกนป้อนและแนวแกนหมุนรวมกันอยู่หลานแนวแกน ซึ่งในการกำหนดแนวแกนของเครื่องจักรกลซีเอ็นซีตามมาตรฐาน EIA-267-B (Electronic Industries Association) ได้กำหนดมาตรฐานของแนวแกนไว้ทั้งหมด 14 แนวแกน ประกอบด้วยแนวแกนที่เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง 9 แนวแกน แนวหมุนอีก 5 แนวแกน ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

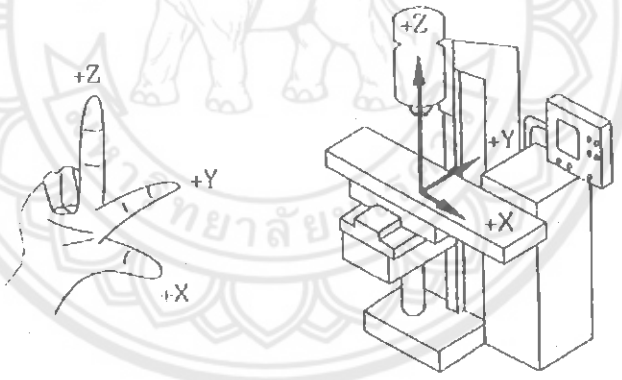
2.7.1 แนวแกนแรกที่เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง (Primary Linear Axes) เป็น 3 แนวแกนแรกที่มีการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง ซึ่งประกอบด้วยแนวแกน X, Y และแนวแกน Z โดยกำหนดแนวแกนบนเครื่องจักรซีเอ็นซีจะใช้กฎมือขวา คือนิ้วหัวแม่มือใช้แทนแนวแกน X นิ้วชี้ใช้แทนแนวแกน Y และนิ้วกลางใช้แทนแนวแกน Z ดังแสดงในรูปที่ 2.15

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

การเคลื่อนที่ในแนวแกนทั้ง 3 แนวแกนบนเครื่องจักรซีเอ็นซีนี้จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการระบุทิศทางของการเคลื่อนที่ของแนวแกน ซึ่งโดยทั่วไปจะมีการกำหนด 2 ลักษณะคือ ทิศทางการเคลื่อนที่เป็นบวก (+) และทิศทางการเคลื่อนที่เป็นลบ (-)

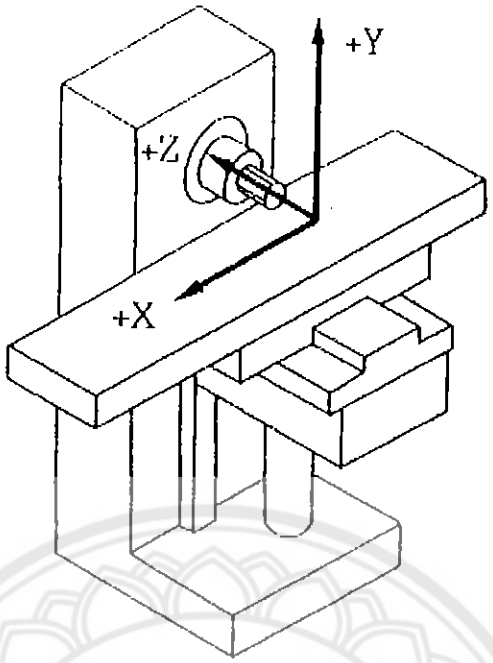
การเคลื่อนที่ของแนวแกน Z จะกำหนดให้เป็นบวก (+Z) เมื่อเพลาเคลื่อนที่หรือเพลาจับเครื่องมือตัดขึ้นไปยังหัวเครื่องหรือถอยห่างจากชิ้นงาน และจะกำหนดให้เป็นลบ (-Z) เมื่อเพลาจับเครื่องมือตัดเคลื่อนที่เข้าหาชิ้นงาน

การเคลื่อนที่ของแนวแกน X จะถูกกำหนดให้เป็นบวก (+X) โดยอาศัยทิศทางการเคลื่อนที่ของแนวแกน Z และอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างทิศทางการเคลื่อนที่ของเพลาจับเครื่องมือตัดและทิศทางการเคลื่อนที่ของชิ้นงาน ยกตัวอย่างเช่น เครื่องกัดเพลาตั้ง (Vertical Z Axis) ค่า X จะเป็นบวกเมื่อเคลื่อนที่ไปทางขวา (ดังรูปที่ 2.15) ส่วนเครื่องกัดเพลานอน (Horizontal Z Axis) การกำหนดค่า X เป็นบวก ก็จะอาศัยความสัมพันธ์ของกฎมือขวา ดังแสดงในรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 การกำหนดแนวแกนของเครื่องกัดเพลาตั้ง

ที่มา: ผศ.ชาลี (2544)



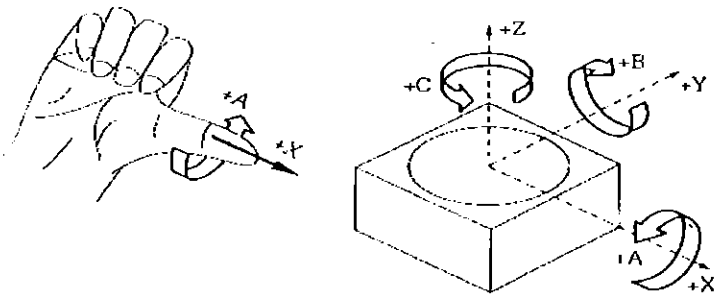
รูปที่ 2.16 การกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ของเครื่องกัดเพลานอน

ที่มา: ผศ.ชาลี (2544)

ส่วนการกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ของแนวแกน Y ให้เป็นบวกนั้น ก็ให้เป็นไปตามกฎมือขวา เช่นเดียวกันดังแสดงในรูปที่ 2.16 และ รูปที่ 2.17

การตัดเฉือนชิ้นงานในระบบซีเอ็นซีนั้น เราสามารถเขียนโปรแกรมให้เครื่องมือตัดเคลื่อนที่หรือให้ชิ้นงาน(โต๊ะจับชิ้นงาน) เคลื่อนที่ก็ได้ ซึ่งโดยทั่วไปจะนิยมเขียนโปรแกรมให้เครื่องมือตัดเคลื่อนที่ไปตามความยาวของชิ้นงาน

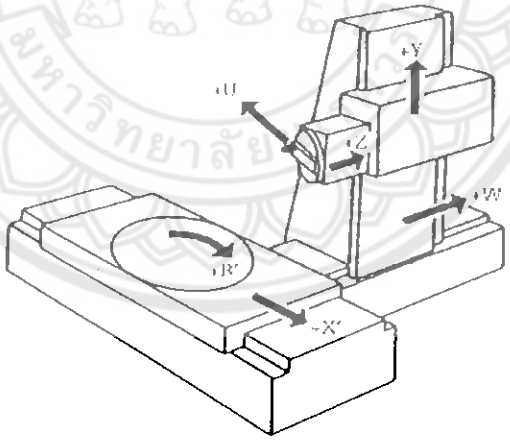
2.7.2 แนวแกนแรกที่เคลื่อนที่หมุนรอบแกน (Primary Rotary Axes) แนวแกนแรกที่เคลื่อนที่หมุนรอบแกนจะใช้ระบุโดยอักษร A,B และ C โดยที่ A แทนการหมุนรอบแกน X,B แทนการหมุนรอบแกน Y และ C แทนการหมุนรอบแกน Z ส่วนการกำหนดทิศทางจะเป็นบวกเมื่อทวนเข็มนาฬิกา



รูปที่ 2.17 การกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่หมุนรอบแนวแกน

ที่มา: ผศ.ชาลี (2544)

2.7.3 แนวแกนที่สองที่เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง (Secondary Linear Axes) เครื่องจักรกลในระบบซีเอ็นซีบางชนิดได้มีการกำหนดแนวแกนที่เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงเพิ่มจาก 3 แนวแกนแรก (X,Y,Z) โดยแนวแกนที่ 2 นี้ จะกำหนดด้วยตัวอักษร U,V และ W ซึ่งมีทิศทางการเคลื่อนที่ขนานกับแนวแกนแรก กล่าวคือแนวแกน U จะเคลื่อนที่ขนานกับแนวแกน X, แนวแกน V จะเคลื่อนที่ขนานกับแนวแกน Y และแนวแกน W จะเคลื่อนที่ขนานกับแกน Z

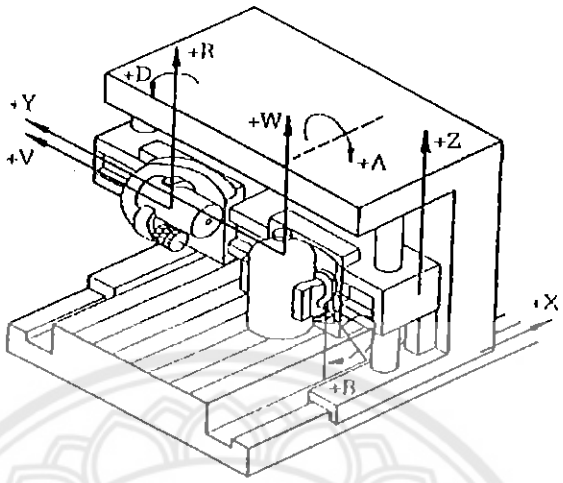


รูปที่ 2.18 เครื่องกัดซีเอ็นซีที่กำหนดแนวแกนที่ 2 (U,W)

ที่มา: ผศ.ชาลี (2544)

2.7.4 แนวแกนที่ 2 ที่เคลื่อนที่หมุนรอบแกน (Secondary Rotary Axes) การกำหนดแนวแกนที่ 2 ที่เคลื่อนที่หมุนรอบแกนนี้จะกำหนดโดยใช้อักษร D และ E โดยที่แนวแกน D และ E นี้จะขนานกับแนวแกนแรกคือ แนวแกน A,B หรือแนวแกน C ยกตัวอย่าง เครื่องจักรซีเอ็นซีที่กำหนด

แนวแกนในลักษณะนี้ เช่น เครื่องกัดซีเอ็นซีชนิดของหัวกัดคู่ (Dual Milling Heads) ดังแสดงในรูปที่ 2.19

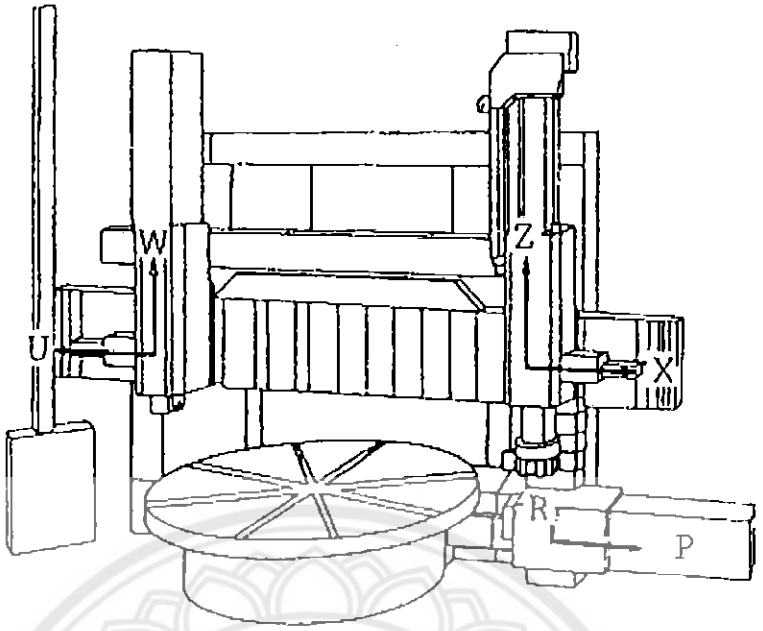


รูปที่ 2.19 เครื่องกัดชนิด 2 หัวกัด

ที่มา: ผศ.ชาลี (2544)

จากรูปที่ 2.19 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

เ506 3978
ฟง.
ท237ท
2552



รูปที่ 2.20 เครื่องกลึงซีเอ็นซีแนวตั้งแบบ 6 แกน
ที่มา: ผศ.ชาลี (2544)

2.7.5 แนวแกนที่ 3 ที่เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง (Tertiary Linear Axes) เครื่องจักรซีเอ็นซีบางชนิดที่ใช้กับงานที่มีความสลับซับซ้อนมากๆ นั้นจะถูกออกแบบให้มีแนวแกนที่ 3 ที่เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงเพิ่มขึ้นอีก โดยที่แนวแกนที่ 3 นี้จะกำหนดด้วยตัวอักษร P,Q และ R และการเคลื่อนที่ก็จะขนานกับแนวแกนแรกคือ แนวแกน X,Y และ Z

2.8 ข้อดีและข้อจำกัดของระบบซีเอ็นซี

ข้อมูลและข้อจำกัดของระบบซีเอ็นซีเมื่อเปรียบกับเครื่องจักรที่ควบคุมด้วยมือดังนี้

2.8.1 ข้อดี

1. มีความเที่ยงตรงสูงและได้ชิ้นงานที่มีความสม่ำเสมอ
2. ผลผลิตเพิ่มขึ้นแต่ใช้เวลาน้อย
3. ค่าใช้จ่ายในการผลิตลดลง
4. ลดจำนวนเครื่องมือและอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน
5. ไม่จำเป็นต้องใช้คนงานที่มีทักษะและประสบการณ์สูงในการควบคุมเครื่องจักร ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย

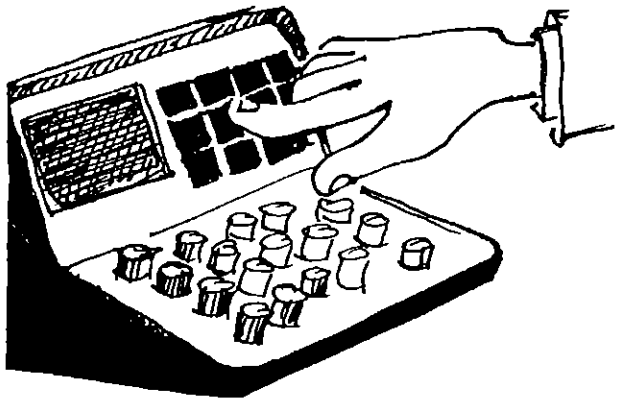
6. การตรวจสอบคุณภาพทำได้ง่ายโดยไม่จำเป็นต้องตรวจคุณภาพทุกขั้นตอน
7. มีความคล่องตัวและยืดหยุ่นในการทำงานสูง การแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงขนาดของชิ้นงานทำโดยการแก้ไขโปรแกรมการสั่งงานเท่านั้น
8. ลดเวลาการปรับตั้งเครื่องหรือการเปลี่ยนเครื่องมือ

2.8.2 ข้อจำกัด

1. เครื่องจักรในระบบซีเอ็นซีมีราคาสูง ทำให้ค่าลงทุนในการผลิตช่วงต้น ๆ สูงตามไปด้วย
2. การบำรุงรักษายุ่งยากและค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง
3. จำเป็นต้องใช้คนงานที่มีความรู้และทักษะสูงในการเขียนโปรแกรม
4. จำเป็นต้องมีการฝึกอบรมความรู้ให้กับคนงานในกรณีที่จะนำระบบซีเอ็นซีไปใช้ทดแทนเครื่องจักรกลแบบเดิม

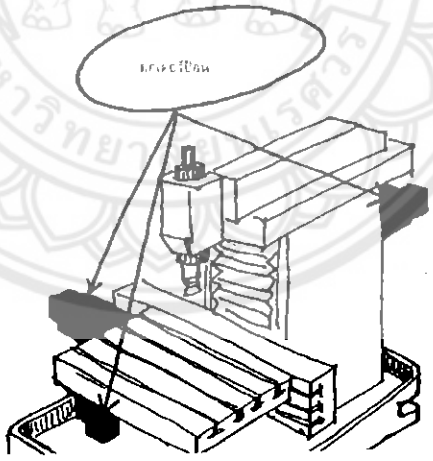
2.9 การทำงานของเครื่องจักรกลเอ็นซี

หลังการทำงานของเครื่องจักรกลเอ็นซีหรือซีเอ็นซี จะคล้ายคลึงกับเครื่องจักรกลทั่วไป กล่าวคือ โดยพื้นฐานเบื้องต้นแล้วเครื่องจักรกลเอ็นซีก็จะทำงานผลิตชิ้นงานเหมือนกับเครื่องจักรกลทั่วไป เช่น เครื่องกัดเอ็นซีก็ทำงานเหมือนกับเครื่องกัดทั่วไป เพียงแต่ว่าระบบควบคุมเอ็นซีของเครื่องจะทำงานในขั้นตอนต่าง ๆ แทนช่างควบคุมเครื่อง อย่างไรก็ตาม ก่อนที่เครื่องจักรกลเอ็นซีจะสามารถทำงานได้นั้น ระบบควบคุมสามารถเข้าใจได้นั้น จะต้องป้อนโปรแกรมเข้าไปในระบบควบคุมของเครื่องผ่านแป้นพิมพ์ (Key Board) หรือเทปแม่เหล็ก (Magnetic Tape) ก็ได้



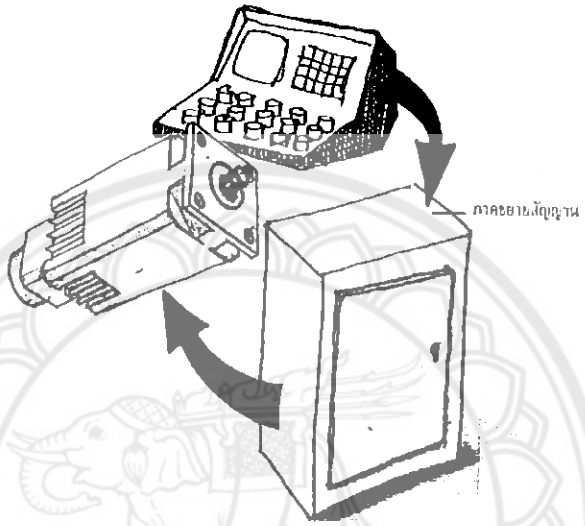
รูปที่ 2.21 การป้อนโปรแกรมผ่านแป้นพิมพ์ของระบบควบคุมเอ็นซี
ที่มา: ผศ.ชาลี (2544)

เมื่อระบบควบคุมอ่านโปรแกรมที่ป้อนเข้าไปแล้ว ก็จะนำไปควบคุมให้เครื่องจักรกลทำงาน แต่เนื่องจากเครื่องจักรกลเอ็นซีไม่มีมือสำหรับหมุนให้แท่นเลื่อนเคลื่อนที่ได้ ดังนั้น แท่นเลื่อนต่างๆ จะต้องมีมอเตอร์ป้อน (Feed Motor) ประกอบอยู่ เช่น เครื่องกัดซีเอ็นซีจะมีการเคลื่อนที่ 3 แนวแกน จะมีมอเตอร์ป้อน 3 ตัว ดังแสดงดังรูป 2.22



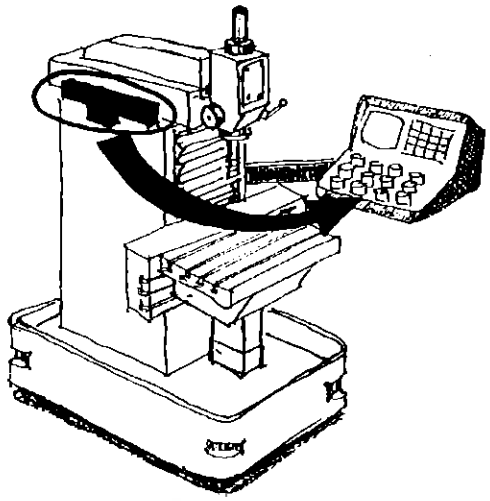
รูปที่ 2.22 มอเตอร์ป้อนของเครื่องกัดซีเอ็นซี
ที่มา: ผศ.ชาลี (2544)

เมื่อระบบควบคุมอ่านโปรแกรมแล้ว ก็เปลี่ยนรหัสโปรแกรมนั้นเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าเพื่อไปควบคุมให้มอเตอร์ทำงาน แต่เนื่องจากสัญญาณที่ออกจากระบบควบคุมนี้มีกำลังน้อย ไม่สามารถไปหมุนขับให้มอเตอร์ทำงานได้ ดังนั้น จึงต้องส่งสัญญาณนี้เข้าไปในภาคขยายสัญญาณของระบบขับ (Drive Amplified) และส่งต่อไปยังมอเตอร์ป้อนของแนวแกนที่ต้องการเคลื่อนที่ ดังในรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 การส่งสัญญาณควบคุมการทำงานของมอเตอร์
ที่มา: ผศ.ชาลี (2544)

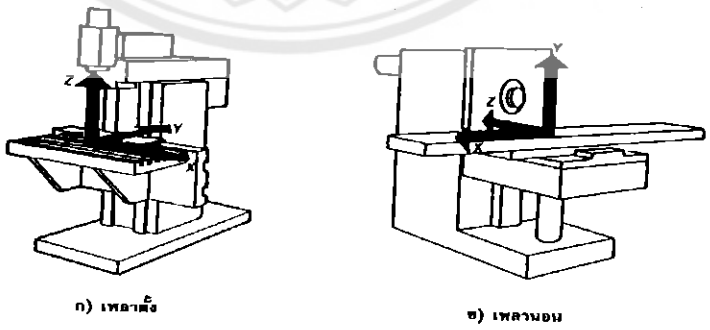
ความเร็วและระยะทางของการเคลื่อนที่ของแท่นเลื่อน จะต้องกำหนดให้ระบบควบคุมรู้ ช่างควบคุมเครื่องอาศัยสายตามองดูตำแหน่งของคมตัดกับชิ้นงาน ก็จะรู้ว่าจะต้องเลื่อนแท่นเลื่อนไปอีกเป็นระยะเท่าใด แต่ระบบควบคุมเอ็นซีมองไม่ได้ ดังนั้น จึงต้องออกแบบอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่สามารถจะบอกจะบอกตำแหน่งของแท่นเลื่อนให้ระบบควบคุมรู้ได้ อุปกรณ์ชุดนี้เรียกว่า ระบบวัดขนาด (Measuring System) ซึ่งประกอบด้วยสเกลแนวตรง (Linear Scale) มีจำนวนเท่ากับจำนวนแนวแกนในการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรกล ทำหน้าที่ส่งสัญญาณไฟฟ้าที่สัมพันธ์กับระยะทางที่แท่นเลื่อนเคลื่อนที่กลับไปยังระบบควบคุม ทำให้ระบบควบคุมรู้ว่าแท่นเลื่อนเคลื่อนที่ไปเป็นระยะทางเท่าใดแล้ว ดังแสดงในรูปที่ 2.24



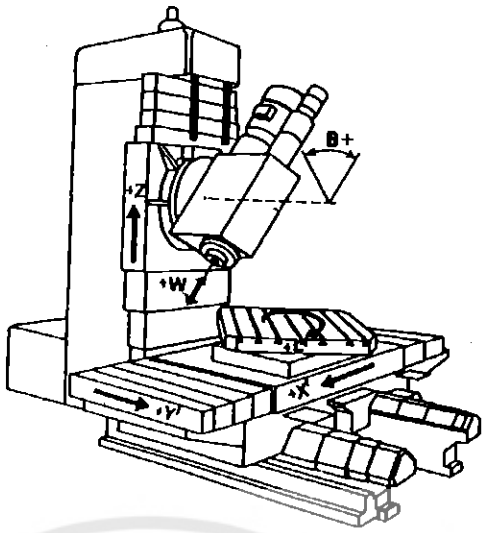
รูปที่ 2.24 ระบบวัดขนาด
ที่มา: ผศ.ชาลี (2544)

2.10 เครื่องกัดซีเอ็นซี (NC Milling Machines)

เครื่องกัดซีเอ็นซีเป็นเครื่องจักรกลประเภทหนึ่งที่มีขอบข่ายการทำงานค่อนข้างกว้าง กล่าวคือ นอกจากจะสามารถทำงานกัดเช่นเดียวกับเครื่องกัดทั่วไปแล้ว ยังสามารถทำงานอื่น ๆ เช่นเจาะรู ทำเกลียว คว้านรู ได้อีกด้วย โดยทั่วไปเครื่องกัดเอ็นซีจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ เครื่องกัดเอ็นซีเพลาตั้ง กับเครื่องกัดเอ็นซีเพลานอน ซึ่งขึ้นอยู่กับการวางตำแหน่งของเพลาหัวเครื่อง เครื่องกัดเอ็นซีจะมีแนวแกนการควบคุมตั้งแต่ 3 แกน 4 แกน 5 แกน และมากกว่า ดังรูป 2.25 และ 2.26



รูปที่ 2.25 เครื่องกัดเอ็นซี 3 แกน
ที่มา: ผศ.ชาลี (2544)



รูปที่ 2.26 เครื่องกัดเอ็นซี 5 แกน ที่เอียงเพลามีดได้และโต๊ะทำงานหมุน

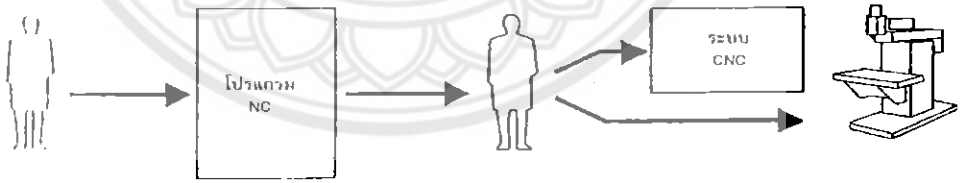
ที่มา: ผศ.ชาลี (2544)

2.11 ระบบควบคุมเครื่องจักรกลด้วยตัวเลข

เครื่องจักรกลซีเอ็นซี จะประกอบไปด้วยองค์ประกอบใหญ่ ๆ อยู่ 2 ส่วนคือ

2.11.1เครื่องจักรกลเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ตัดเฉือนชิ้นงานตามขั้นตอนการทำงานที่กำหนดไว้

2.11.2 ระบบซีเอ็นซีเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมขั้นตอนตัดเฉือนทั้งหมด



รูปที่ 2.27 องค์ประกอบของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี

ที่มา: ผศ.ชาลี (2544)

ข้อมูลที่อธิบายรายละเอียดของขั้นตอนที่ใช้ในการตัดเฉือนชิ้นงาน จะถูกป้อนเข้าไปในระบบควบคุมของเครื่องจักรกลก่อน ในรูปแบบของโปรแกรมซีเอ็นซี ซึ่งถูกจัดเตรียมโดยช่าง

เขียนโปรแกรม ช่างควบคุมเครื่องจะเป็นผู้ป้อนโปรแกรมเข้าไปในระบบควบคุม ซึ่งอาจป้อนด้วยมือผ่านแป้นโดยตรง หรือแถบกระดาษเจาะรู (Punched Tape) ก็ได้ หลังจากนั้นก็จะเดินเครื่องทดลองโปรแกรม และสังเกตสภาวะการตัดเฉือนชิ้นงานในแต่ละขั้นตอน บ่อยครั้งที่ช่างควบคุมเครื่องจะต้องจัดเตรียมโปรแกรม หรือเขียนโปรแกรมด้วยตนเอง หรือแก้ไขปรับปรุงโปรแกรมให้มีประสิทธิภาพในการตัดเฉือนสูงสุด ดังนั้น จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ช่างควบคุมเครื่องจะต้องมีความรู้ทั้งระบบควบคุมของเครื่องจักรกลและการเขียนโปรแกรมเอ็นซีด้วย

2.12 องค์ประกอบของเครื่องจักรกลที่ควบคุมได้

องค์ประกอบหรือชิ้นส่วนของเครื่องจักรกล ที่ทำหน้าที่เคลื่อนที่เข้าตัดเฉือนชิ้นงาน และองค์ประกอบอื่น ๆ ที่ช่วยเสริมการทำงานตัดเฉือนให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น จะถูกควบคุมโดยโปรแกรมเอ็นซี ด้วยวิธีการการควบคุมแบบต่าง ๆ กัน

ช่างชำนาญงานที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกลเอ็นซีหรือซีเอ็นซี จะต้องมีความคุ้นเคยกับหน้าที่การทำงาน และขีดจำกัดในการทำงานของเครื่องจักรซีเอ็นซีนั้นเป็นอย่างดี ช่างจะใช้วิธีการทำงานแบบง่าย ๆ โดยการจับยึดชิ้นงานเข้ากับโต๊ะงานและคาดว่าจะได้วิธีการตัดเฉือนที่ดีที่สุดไม่ได้ ในทางตรงข้าม ช่างจะต้องจัดวางแผนขั้นตอนการทำงานไว้ล่วงหน้าเพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดี ดังนั้น จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ช่างจะต้องรู้ว่าองค์ประกอบส่วนใดของเครื่องจักรกลซีเอ็นซีที่สามารถควบคุมได้และมีวิธีการควบคุมอย่างไร องค์ประกอบของเครื่องจักรซีเอ็นซีและเครื่องซีเอ็นซีที่สามารถควบคุมได้และจะกล่าวถึงในที่นี้ได้แก่

- แนวแกนป้อน (Feed Axes)
- การขับป้อน (Feed Drives)
- อุปกรณ์วัดขนาด (Measuring Devices)
- อุปกรณ์เปลี่ยนเครื่องมือตัด (Tool Changers)
- แนวแกนหมุนและแนวแกนป้อนอื่น ๆ

2.12.1 มอเตอร์

เครื่องจักรกลเอ็นซีสมัยใหม่จะออกแบบใช้ระบบขับป้อนแบบเซอร์โว (Servo Drivers) ทำให้สามารถปรับอัตราป้อนและความเร็วรอบได้โดยไม่มีขีดจำกัดของชั้นความเร็วและอัตราป้อน มอเตอร์ที่ให้ในระบบขับป้อนโดยทั่วไปจะมีอยู่ 3 ชนิดด้วยกันคือ

ก. มอเตอร์กระแสตรง (DC Motors)

ข. มอเตอร์แบบเป็นขั้น (Stepping Motors)

ค. มอเตอร์กระแสสลับ (Alternate-Current Motors)

2.12.2 Ball Screws

หัวใจของระบบขับป้อนของเครื่องจักรกลซีเอ็นซีก็คือ การส่งกำลังขับด้วยบอลสกรู ซึ่งจะมีลูกบอลไหลหมุนเวียนอยู่ตลอดเวลา บอลสกรูประกอบด้วยสกรูกับนัตที่มีลักษณะเป็นเกลียวกลม ร่องเกลียวกลมบนสกรูและในนัตจะชุบแข็งและเจียระไนผิวเรียบมันเพื่อลดความฝืดและเพิ่มความเที่ยงขนาดในการเคลื่อนที่

เมื่อมอเตอร์หมุนขับสกรู นัตก็เคลื่อนที่ไปตลอดความยาวของสกรู พาให้แท่นเลื่อนและโต๊ะงานเคลื่อนที่ไปตามรางเลื่อน

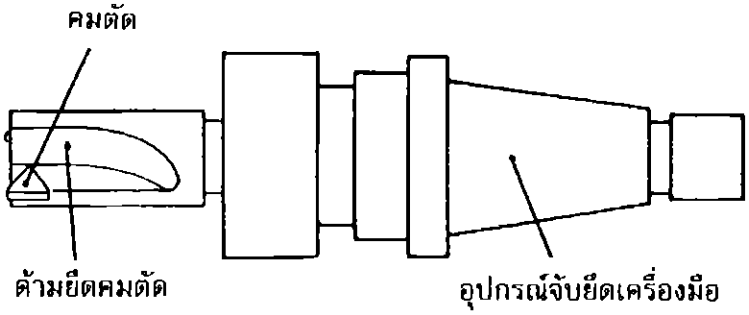
ภายในตัวนัตจะประกอบด้วยชุดของลูกบอลจำนวนมาก ทำให้มั่นใจได้ว่าความเสียดทานในการส่งกำลังขับจากสกรูไปยังแท่นเลื่อนจะมีน้อยมาก นัตจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ซีก และขันประกอบยึดเข้าด้วยกันโดยมีการเตรียมอัดแรงไว้ก่อน ทำให้สาสามารถลดระยะคลอน ให้เหลือน้อยที่สุดแทบจะไม่มีเลยได้ ทำให้การเคลื่อนที่ของแท่นเลื่อนมีความเที่ยงตรงสูง สามารถทำงานซ้ำ ๆ กันได้

2.13 เครื่องมือ (Tools)

การทำงานของเครื่องจักกลโดยทั่วไปจะต้องทำงานควบคู่กับเครื่องมือ ซึ่งได้แก่ มีดกลึง มีดคอกสว่าน ดอกเจาะนำศูนย์ ดอกรีมเมอร์ เป็นต้น เครื่องมือที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งสำคัญยิ่งและเป็นการช่วยการทำงานของเครื่องจักรกลซีเอ็นซีให้สามารถทำงานได้ประสิทธิภาพสูงสุด สำหรับเรื่องของเครื่องมือที่ใช้เครื่องจักรกลซีเอ็นซีที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้ จะกล่าวถึงในรายละเอียดเกี่ยวกับอุปกรณ์จับยึดเครื่องมือ กับขนาดกำหนดของเครื่องมือ

องค์ประกอบของเครื่องมือที่สมบูรณ์สำหรับเครื่องจักรกลซีเอ็นซี ดังแสดงในรูปที่ 3.33 จะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

- อุปกรณ์จับยึดเครื่องมือ (Tool Holders)
- ด้ามยึดคมตัด (Tool Tip Carrier)
- คมตัด หรือ อินเสิร์ต (Insert)



รูปที่ 2.28 องค์ประกอบของเครื่องมือที่ใช้ในงานกัด

ที่มา: ผศ.ชาลี (2544)

2.14 ระบบควบคุมซีเอ็นซี (CNC Control System)

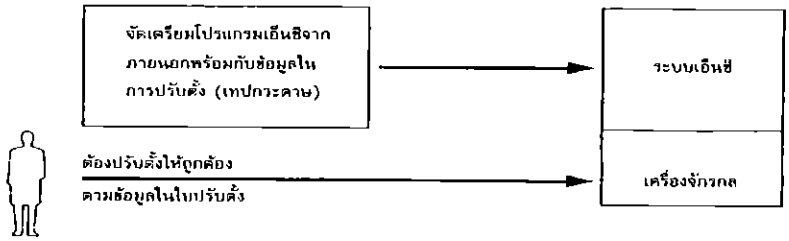
2.14.1 หน้าที่การทำงานที่โปรแกรมได้ (Programmable Function)

ในปัจจุบันระบบควบคุมการทำงานของเครื่องจักรสมัยใหม่เกือบทั้งหมด จะควบคุมด้วยระบบซีเอ็นซี แต่เนื่องจากยังคงอ้างอิงถึงโปรแกรมเอ็นซี (NC Program) และเทคโนโลยีซีเอ็นซี (NC Technology) อยู่ดังนั้น จึงจำเป็นเรื่องสำคัญที่จะต้องรู้ถึงความแตกต่างในการทำงานระหว่างแบบเอ็นซีกับระบบซีเอ็นซี

2.14.2 ระบบเอ็นซี (NC System)

ดังแสดงในรูป 2.29 จะมีระบบควบคุมประกอบอยู่กับเครื่องจักรกล ซึ่งจะต้องจัดเตรียมโปรแกรมเอ็นซีจากภายนอกก่อน แล้วจึงป้อนเข้าไปในระบบควบคุม โดยอาศัยสื่อข้อมูล (Data Carriers) เช่น เทปกระดาษ เป็นต้น โปรแกรมเอ็นซีที่ป้อนเข้าไปในระบบควบคุมของเครื่องจะถูกนำไปใช้เพื่อสั่งให้เครื่องเริ่มทำงานและหยุดชั่วคราวได้ แต่จะไม่สามารถแก้ไขโปรแกรมโดยช่างควบคุมเครื่องได้

ขนาดของเครื่องมือและอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานจะถูกเลือกใช้ในขณะเขียนโปรแกรมไว้ก่อนและกำหนดไว้ในใบปรับตั้ง (Set-up Sheet) ซึ่งช่างควบคุมเครื่องจะต้องจัดเตรียมและประกอบยึดเครื่องมือ ตลอดจนอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานให้ถูกต้องตามข้อมูลที่กำหนดไว้ในใบปรับตั้ง

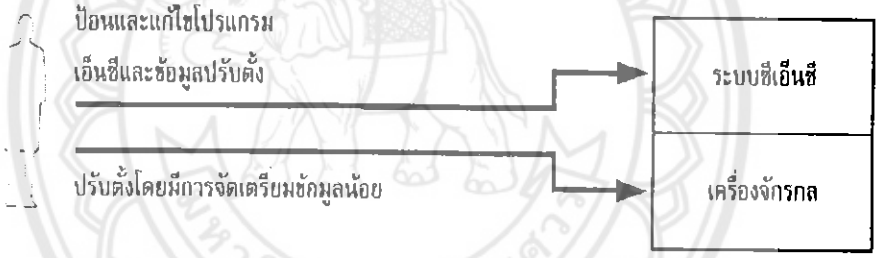


รูปที่ 2.29 ระบบเอ็นซี

ที่มา: ผศ.ชาลี (2544)

2.14.3 ระบบซีเอ็นซี (CNC System)

จะมีคอมพิวเตอร์ประกอบอยู่ด้วย ดังนั้น ช่างควบคุมเครื่องไม่เพียงแต่จะสามารถใช้โปรแกรมเอ็นซีสั่งให้เครื่องจักรทำงานได้เท่านั้น แต่จะยังสามารถเขียนและป้อนโปรแกรมด้วยตนเองตลอดจนการแก้ไขโปรแกรมได้หลังจากป้อนเข้าไปในระบบควบคุมของเครื่องแล้ว ดังแสดงในรูปที่ 2.30



รูปที่ 2.30 ระบบซีเอ็นซี

ที่มา: ผศ.ชาลี (2544)

2.15 หลักเกณฑ์ทั่วไปในการใช้โปรแกรม Art CAM Pro 2009

โปรแกรม Art CAM Pro 2009 คือโปรแกรมซอฟต์แวร์อย่างหนึ่ง ที่ให้คุณออกแบบงานประเภท 3D คุณภาพสูง ซึ่งเป็นการออกแบบ conceptual sketches หรือแปลงรูปภาพให้เป็นงาน 3D ได้อย่างรวดเร็วกว่าคุณคิด

อีกทั้งยังสนับสนุนการนำไฟล์งานจากโปรแกรมอื่น ๆ เช่นโปรแกรม Coreldraw, Illustrator เพื่อนำมาขึ้นรูปแบบ 2D และ 3D โปรแกรม Art CAM Pro 2009 ซึ่งจะทำงานหรือแปลงไฟล์ไปใช้กับเครื่องแกะสลักด้วยคอมพิวเตอร์ หรือที่เราเรียกกันว่าเครื่อง CNC จะนำไปใช้กับเครื่อง CNC ประเภทไหนนั้นก็ขึ้นอยู่กับเราครับ อาทิ เครื่อง CNC แกะป้ายชื่อ, โล่รางวัล, แกะหินอ่อน, แกะหยก, งานไม้ รวมไปถึงงานแม่พิมพ์แบบต่าง ๆ เป็นต้น

2.15.1 ประเภทของไฟล์ข้อมูลที่จะนำมาใช้งานกับโปรแกรม Art CAM Pro 2009

ประเภทของไฟล์ข้อมูลของไฟล์ที่จะนำมาใช้งานกับโปรแกรม Art CAM Pro 2009 มี 2 แบบดังนี้

2.15.1.1 แบบ Vector เป็นการใช้เส้นในรูปแบบต่าง ๆ มารวมกัน ให้เป็นภาพ มีข้อดีคือ ภาพจะไม่แตกเป็นเม็ดสี ซึ่งจะขยายให้ใหญ่เท่าไรก็ได้ โดยภาพจะไม่แตก เช่นไฟล์ที่มีนามสกุล Eps, Wmf เป็นต้น

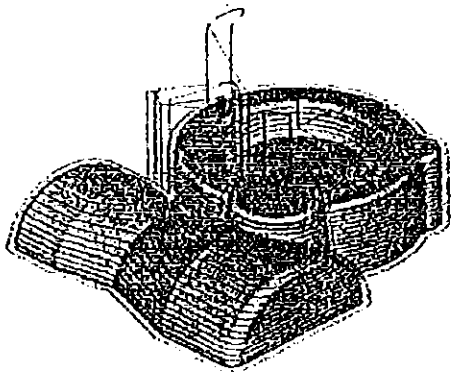
2.15.1.2 แบบ Bitmap ซึ่งจะแตกต่างจากประเภทแรก เนื่องจากภาพที่เกิดจากจุดสีที่เป็นแบบสี่เหลี่ยมมาเรียงต่อกันให้เป็นรูปภาพ หรือเราเรียกกันว่า "พิกเซล" เช่นภาพที่ได้จากการถ่าย เป็นต้น หากเราทำการขยายภาพเท่าไร ภาพก็จะดูแตก หรือ เบลอ มากขึ้นเท่านั้น เช่นไฟล์ที่มีนามสกุล *.JPG, Bitmap, Gif เป็นต้น

2.16 โปรแกรมกัดงานในระบบ 3 แกน (3D Machining Cycles)

หลักการทำงานของโปรแกรม CAD/CAM ในระบบ 3D หรือ 3 แกน คือ โปรแกรมจะสร้างเส้นทางเดินของมีดกัดเดินกัดตามรูปร่างผิวชิ้นงานพร้อม ๆ กันทั้ง 3 แกน (X,Y,Z) ดังนั้นจึงสามารถกัดชิ้นงาน 3D ที่มีพื้นผิวรูปร่างโค้งมนหรือที่เรียกว่า "Complex Surface" ได้

2.16.1 โปรแกรม 3D Z-Level-Finishing

โปรแกรม 3D Z-Level-Finishing มีลักษณะการเดินกัดตามรูปร่างของพื้นผิวของชิ้นงานลงเป็นชั้น ๆ ทีละชั้นตามค่าความลึก (Vertical Step Down) ในแนวแกน Z ที่กำหนดโดยผู้ใช้งาน แต่โปรแกรม3D Z-Level-Finishing ไม่เหมาะสำหรับการกัดละเอียดในบริเวณที่มีพื้นที่ผิวราบหรืออยู่ในแนวระนาบเพราะจะทำให้รูปร่างผิวของงานจะไม่สมบูรณ์มากนักแต่โปรแกรมนี้เหมาะสำหรับการกัดละเอียดบริเวณพื้นผิวที่มีความสูงชันลักษณะพื้นผิวของงานที่ได้จะมีคุณภาพดี



รูปที่ 2.31 แสดงการเดินกัดชิ้นงานตามระดับความลึกในแนวแกน Z

ที่มา: อำนาจ (2541)

2.16.2 โปรแกรม 3D Finishing

โปรแกรม 3D Finishing มีลักษณะการเดินกัดชิ้นงานแบบกลับไปกลับมา (Zigzag) ตามรูปร่างพื้นผิวของงานภายในบริเวณเส้นขอบเขตที่กำหนดโดยมีระยะห่างแต่ละแนวเส้นทางเดินมีดกัดตามระยะ Horizontal Stopover ที่กำหนดส่วนใหญ่จะใช้โปรแกรม 3D Finishing เป็นโปรแกรมกัดชิ้นงานโปรแกรมสุดท้ายในการทำงานของการกัดชิ้นงานระบบ 3D หรือเรียกว่า "โปรแกรมกัดละเอียด"

รูปที่ 2.32 แสดงการเดินกัดชิ้นงานแบบกลับไปกลับมา

ที่มา: อำนาจ (2541)

2.16.3 โปรแกรม 3D Free Path - Milling

โปรแกรม 3D Free Path - Milling เป็นโปรแกรมการกัดชิ้นงานตามเส้น (Contour) ที่ผู้ใช้งานเลือกการทำงานขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสำหรับการเดินกัดเก็บตามขอบชิ้นงาน ซึ่งสามารถใช้กับเส้น 2D/3D Polyline, Spline, วงกลม และวงรี โดยสามารถใช้เส้น (Contour) ทั้งแบบเปิดหรือแบบปิดก็ได้

2.16.4 โปรแกรม 3D Automatic – Reset

โปรแกรม 3D Automatic – Reset เป็นโปรแกรมที่กำหนดให้มีดกัดเดินกัดเก็บเฉพาะเนื้อของวัสดุที่เหลือเท่านั้น หมายถึง กรณีที่มีดกัดมีขนาดใหญ่กว่าบริเวณพื้นที่บางส่วนของชิ้นงาน

2.16.5 โปรแกรม 3D Pencil – Milling

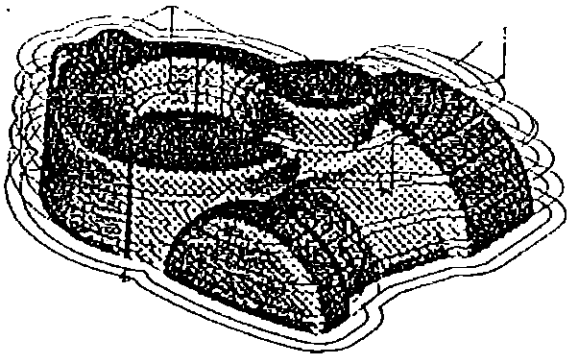
โปรแกรม 3D Pencil – Milling เป็นโปรแกรมที่กำหนดให้มีดกัดเก็บเฉพาะเนื้อของวัสดุตามร่องของพื้นผิวชนิด Fillet Surface โดยมีลักษณะการทำงานคล้ายกับโปรแกรม 3D Automatic – Reset แตกต่างกันที่ โปรแกรม 3D Pencil – Milling จะเดินตามร่องเพียงแนวเดียวกันซึ่งไม่มีการกำหนดค่า Horizontal Stepover

2.16.6 โปรแกรม 3D ISO – Machining

โปรแกรม 3D ISO – Machining เป็นการสร้างเส้นทางเดินมีดกัดบนพื้นผิวที่ผู้ใช้งานเลือกซึ่งจะไม่เดินกัดทั่วทั้งชิ้นงาน โดยมีลักษณะการเดินกัดชิ้นงานแบบกัดชิ้นงานแบบกลับไปกลับมาตามแนวเส้น U หรือ V Line ของพื้นผิวและมีระยะห่างของแต่ละแนวเส้นทางเดินมีดกัดตามระยะ Horizontal Stepover ที่กำหนด

2.16.7 โปรแกรม 3D Cast - Offset – Roughing

โปรแกรม 3D Cast - Offset – Roughing เป็นโปรแกรมกัดหยาบที่มีการทำงานคล้ายกับโปรแกรม 3D Z-Level - Finishing แต่มีลักษณะพิเศษคือจะเดินกัดตามรูปร่างพื้นผิวของชิ้นงานเท่านั้น ซึ่งเหมาะสำหรับชิ้นงานหล่อที่มีขนาดรอบตัวเกินกว่าขนาดจริงของชิ้นงานหรือค่าเผื่อรอบตัว (Stock Thickness) โดยที่เส้นทางเดินของมีดกัดที่สร้างขึ้นจะกัดขึ้นตามค่าเผื่อรอบตัวที่กำหนดไว้เท่านั้นแต่โปรแกรม 3D Z-Level - Finishing จะเดินกัดตามรูปร่างของเส้นขอบที่กำหนด

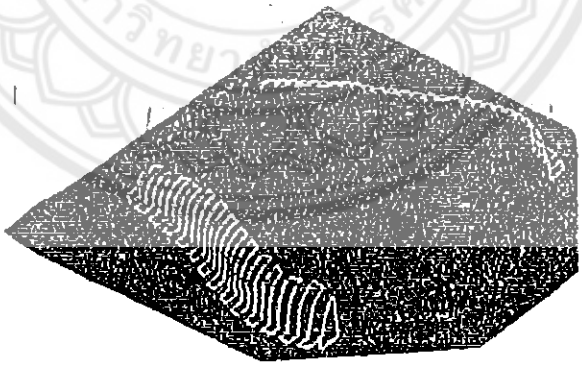


รูปที่ 2.33 แสดงการกัดตามรูปร่างพื้นผิวของชิ้นงาน

ที่มา: อำนาจ (2541)

2.16.8 โปรแกรม 3D Optimized – Finishing

โปรแกรม 3D Optimized – Finishing เป็นโปรแกรมกัดงานที่เดินกัดชิ้นงานเฉพาะบริเวณพื้นผิวที่มีความชัดด้วยการนำข้อมูลจากโปรแกรม 3D Optimized – Finishing ก่อนหน้า หรือเรียกว่า "โปรแกรมอ้างอิง (Reference Job)" โดยจะพิจารณาโปรแกรม 3D Optimized – Finishing ก่อนหน้าที่ผู้ใช้งานเลือกว่าผิวที่มีลักษณะสูงชันบริเวณใดที่มีดกัดได้หรือกัดได้ทั่วทั้งพื้นที่



รูปที่ 2.34 แสดงการเดินกัดชิ้นงานเฉพาะบริเวณพื้นผิวที่มีความชัน

ที่มา: อำนาจ (2541)

2.16.9 โปรแกรม 3D True – Scallop

โปรแกรม 3D True – Scallop เป็นโปรแกรมการกัดละเอียดที่มีลักษณะการเกิดกัดชิ้นงานขนานกับเส้น Curve ที่กำหนดโดยมีลักษณะพิเศษ คือ การรักษาระยะห่างของค่า Horizontal Stopover (3D Step Over On Surface) ที่กำหนดให้คงที่หรือมีค่าเท่ากันตลอดทั้งพื้นผิวไม่ว่าพื้นผิวของมีดกัดหรือเครื่องจักรในขณะเดินกัดบริเวณพื้นผิวที่มีความสูงได้อีกด้วย

รูปที่ 2.35 แสดงการเดินกัดชิ้นงานขนานกับเส้น

ที่มา: อำนาจ (2541)

บทที่ 3
การดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษาการโปรแกรม Art CAM Pro 9

การศึกษาระบบการทำงานและการใช้งานกับโปรแกรม Art CAM Pro 9 จะเห็นได้ว่าโปรแกรมนี้สามารถสนับสนุนการนำไฟล์งานจากโปรแกรมอื่น ๆ เช่นโปรแกรม CorelDraw, Illustrator, Auto CAD ฯลฯ เพื่อนำมาขึ้นรูปแบบ 2D และ 3D โปรแกรม Art CAM Pro 9 ซึ่งจะทำงานหรือแปลงไฟล์ไปใช้กับเครื่องแกะสลักด้วยคอมพิวเตอร์ หรือที่เราเรียกกันว่าเครื่อง CNC จะนำไปใช้กับเครื่อง CNC ประเภทไหนนั้นก็ขึ้นอยู่กับเราที่จะเปลี่ยนไปใช้งานเกี่ยวกับอะไรได้ ตัวอย่างเช่น เครื่อง CNC แกะป้ายชื่อ, โล่รางวัล, แกะหินอ่อน, แกะหยก, งานไม้ รวมไปถึงงานแม่พิมพ์แบบต่าง ๆ เป็นต้น

3.2 ทำการออกแบบรูปภาพ

หลักจากที่ได้ศึกษาการใช้โปแกรม Art CAM Pro 9 แล้วก็ได้มีการออกแบบโดยการใช้รูปภาพที่เป็นไฟล์รูปภาพ สกุล *.JPG ซึ่งเป็นรูปภาพ 2D มาเป็นต้นแบบเพื่อที่จะทำให้ภาพนั้นมาทำการปรับเปลี่ยนมุมมองให้เป็นรูปแบบที่สามารถนำไปทำการกัดได้โดยการทำให้รูปนั้นมีการกำหนดความนูนของชิ้นงานขึ้นมา โดยการดึงรูปให้เป็นภาพ 3D เป็นภาพที่จะสามารถนำไปใส่เครื่องกัดโดยการใช้เครื่อง CNC ในการทำงานได้ในกระบวนการต่อไปจนเสร็จสิ้นกระบวนการ

3.3 ศึกษาการใช้งานเครื่องกัดซีเอ็นซี HAAS VF1

เป็นการศึกษาการใช้เครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF1 โดยศึกษาวิธีการใช้งานเครื่องกัดซีเอ็นซี, ระบบการทำงานของเครื่องกัดซีเอ็นซี, การควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวกัดซีเอ็นซี, ชุดควบคุมเครื่องกัดซีเอ็นซี, การกำหนดแนวแกนของเครื่องกัดซีเอ็นซี และอุปกรณ์ของเครื่องกัดซีเอ็นซี

3.4 ทำการทดสอบชิ้นงานที่ออกแบบกับเครื่องกัดซีเอ็นซี

ทำการทดสอบชิ้นงานที่ออกแบบมาโดยใช้โฟมในการทดสอบก่อนการกัดจริงเมื่อเครื่องกัดเริ่มการทำงานแล้วจะปล่อยให้เครื่องทำงานตามคำสั่ง คอยสังเกตการทำงานของเครื่องกัด ซีเอ็นซี ว่ามีการผิดพลาดตรงไหนเพื่อที่จะวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทดสอบโดยโฟมว่ามีสาเหตุอะไรที่ทำให้เกิดความคาดเคลื่อนและรอบรวมข้อมูลเพื่อที่จะแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น และทำการแก้ไขส่วนของคำสั่งควบคุมเครื่องกัดซีเอ็นซี ของโปรแกรม Art CAM Pro 9 ที่ผิดพลาด

3.5 ปรับปรุงและแก้ไขโปรแกรม

ทำการแก้ไขและปรับปรุงโปรแกรมชุดคำสั่งที่ผิดพลาดระหว่างการทดสอบจนกระทั่งได้การเคลื่อนที่หรือการทำงานของเครื่องกัดซีเอ็นซีเป็นไปตามคำสั่ง

3.6 ทำการปฏิบัติการโดยใช้เครื่องกัดซีเอ็นซี ในการกัดแผ่นเรซิ่น

เป็นการปฏิบัติการใช้โปรแกรม Art CAM Pro 9 ในการออกแบบรูปภาพที่แก้ไขแล้วนำไปทำการแปลงค่าให้เป็น NC - Code ใหม่ แล้วนำค่า NC - Code ที่ได้แก้ไขไปใส่ในเครื่องกัดซีเอ็นซีโดยให้เครื่องกัดซีเอ็นซีนั้นกัดลงในแผ่นเรซิ่นที่เป็นวัสดุในการกัด

3.7 วิเคราะห์และสรุปผล

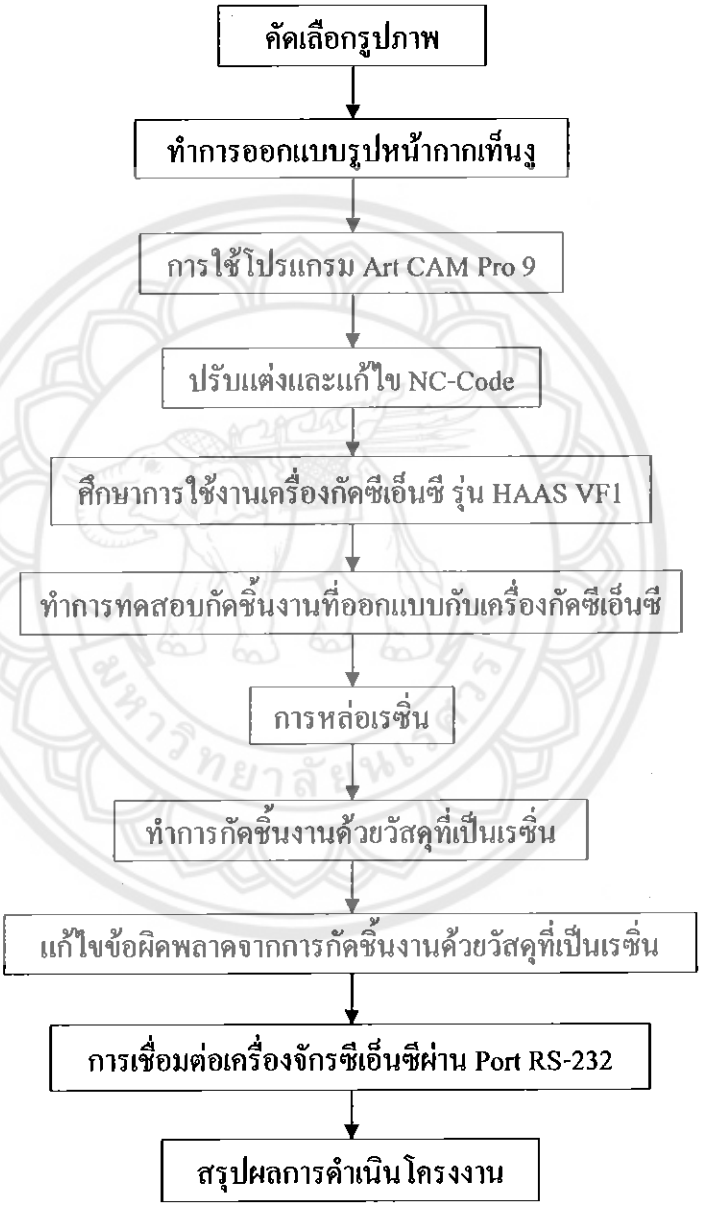
เป็นการสรุปผลและวิเคราะห์ผลของการใช้โปรแกรม Art CAM Pro 9 ในการออกแบบ (CAD) และการผลิต (CAM) สำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีว่ามีข้อผิดพลาดและมีความคลาดเคลื่อนมากน้อยเพียงใดจากรูปร่างที่ได้ออกแบบมา และมีปัญหาอุปสรรคอะไรในขั้นตอนใดมีข้อเสนอแนะแก้ไขอย่างไรเพื่อการพัฒนาต่อไปในอนาคต

3.8 เขียนรายงานการทำวิจัยโครงงาน

เป็นการศึกษาการทำรายงานการวิจัย โดยศึกษาส่วนประกอบและรูปแบบของการทำรายงานการวิจัยโครงงานและการรวบรวมข้อมูลทั้งหมดจากการทำการวิจัยโครงงานเพื่อที่จัดทำรูปเล่มและนำเสนอ

บทที่ 4
ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 Flow Chart ของการดำเนินงานวิจัย



รูปที่ 4.1 Flow Chart ของการดำเนินการวิจัย

4.2 คัดเลือกรูปภาพ

รูปภาพที่ผู้จัดทำเลือกคือ รูปหน้ากากเทินงู ดังรูปที่ 4.2

รูปที่ 4.2 รูปหน้ากากเทินงู

เหตุผลที่เลือกรูปนี้ในการใช้เป็นแบบของการกัดชิ้นงาน คือ

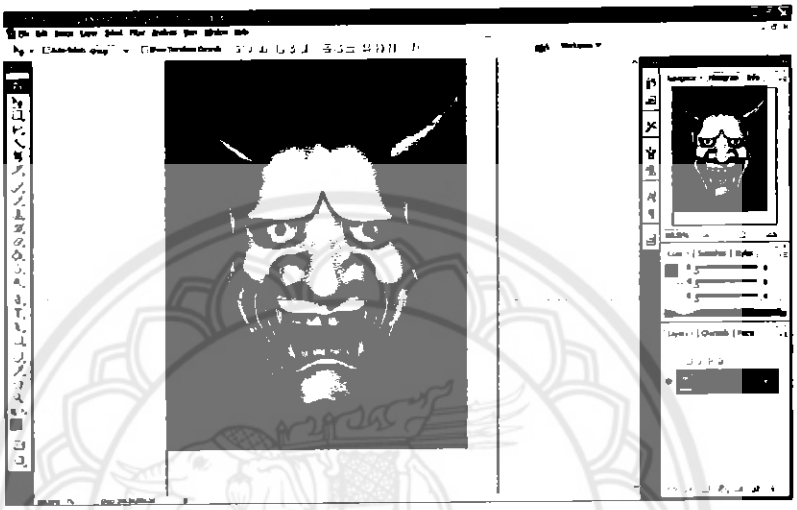
- ภาพมีความคมชัด และสามารถมองเป็นภาพสามมิติได้ง่าย

- ภาพมีรายละเอียดในแต่ละส่วนชัดเจน เช่น จมูก เขา ฟัน และไม่มีส่วนที่เล็กจนเกินไปที่จะทำให้ยากต่อการกัดเป็นชิ้นงาน

- ภาพนี้ไม่ยากหรือง่ายจนเกินไป เหมาะสำหรับนำมาใช้ในการศึกษาด้วยโปรแกรม Art CAM Pro 9

4.3 ทำการออกแบบรูปหน้ากากเทินงู

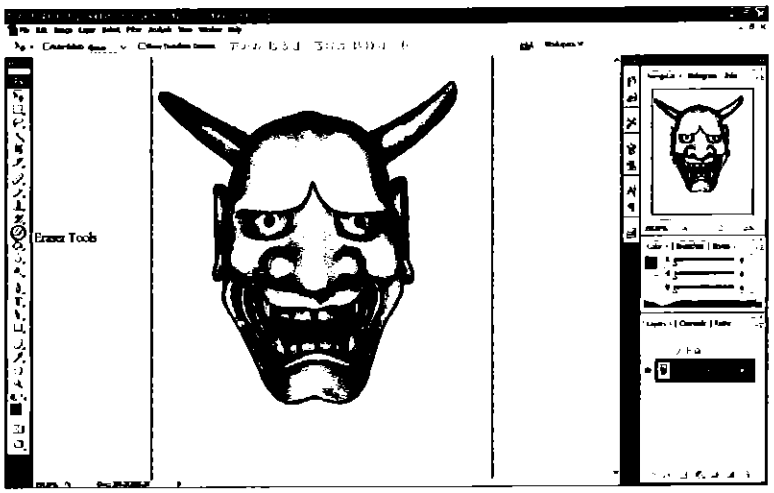
4.3.1 เริ่มต้นการทำงานโดยการนำเอารูปหน้ากากเทินงูเพื่อมาทำการลบส่วนที่ไม่ต้องการ โดยใช้โปรแกรม Adobe Photoshop CS 3 มาเพื่อช่วยในการตัดแต่งรูปเพื่อให้ได้ตามความต้องการ แล้วจึงจะนำรูปภาพนี้เข้าไปสู่โปรแกรม Art CAM



รูปที่ 4.3 การนำภาพมาปรับแต่งในโปรแกรม Adobe Photoshop CS 3

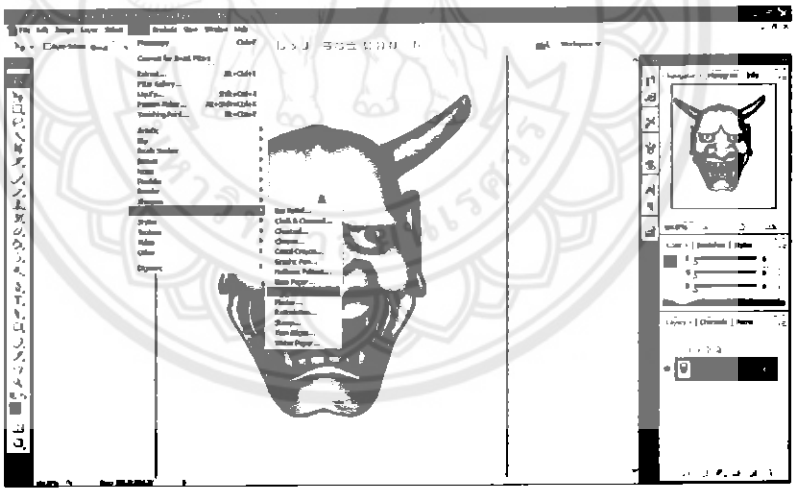
4.3.2 หลังจากที่เราได้รูปหน้ากากเทินงูมาแล้ว ก็เปิดไฟล์รูปภาพนั้นที่โปรแกรม Adobe Photoshop CS 3 และทำการลบส่วนที่ไม่ต้องการออก โดยจะทำการลบส่วนสีดำที่เป็นพื้นหลังออกด้วยการใช้คำสั่งเรียกเครื่องมือที่ใช้คือ Eraser Tools เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการลบ หรือเรียกว่า " ยางลบ " จากนั้นทำการลบในส่วนต่างๆที่เรากำหนดไว้ว่าจะทำการลบ ตามรูปที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าได้ทำการลบส่วนสีดำที่เป็นพื้นหลังออกแล้วเพื่อให้ง่ายต่อการนำภาพไปใส่ในโปรแกรม Art CAM และง่ายต่อการกัดของเครื่องซีเอ็นซี โดยการนำภาพมาปรับแต่งนั้นก็เป็นส่วนหนึ่งของการทำให้ภาพนั้นเป็นไปตามที่เราต้องการมากน้อยแค่ไหน

ดังนั้นในส่วนที่เป็นรูปภาพนั้นก่อนที่จะทำการเอาไฟล์รูปภาพ Image นั้นจำเป็นต้องการรายละเอียดของภาพที่คมชัดนั้นเอง จึงจะต้องทำการปรับแต่งรูปภาพให้มีความสมบูรณ์ก่อนที่จะนำรูปภาพไปใส่ในโปรแกรม Art CAM ต่อไป



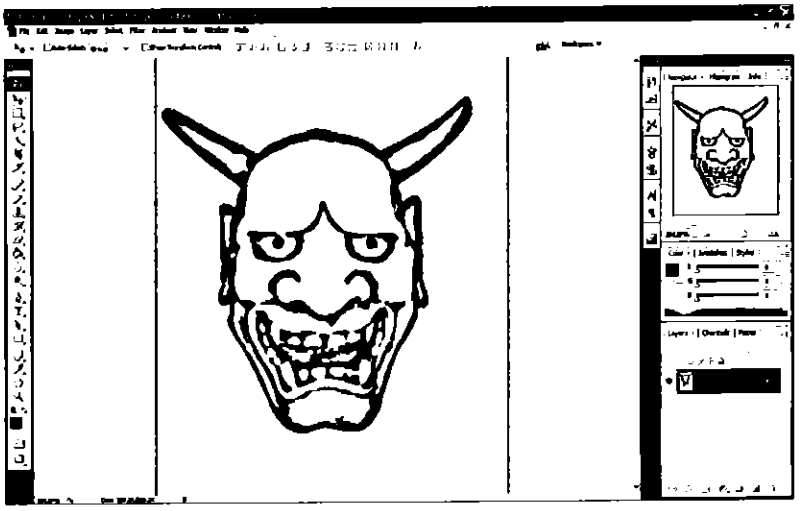
รูปที่ 4.4 ทำการลบส่วนที่ไม่ต้องการออก

4.3.3 จากรูปที่ 4.4 หลังจากที่ได้ทำการลบส่วนที่ไม่ต้องการออกแล้ว ขั้นตอนต่อไปก็จะเป็นการปรับแต่งความเข้มของเส้นให้หนาขึ้น เพื่อให้ง่ายต่อการดึงเส้นของโปรแกรม Art CAM โดยคลิกที่ Filter => Sketch => Photocopy



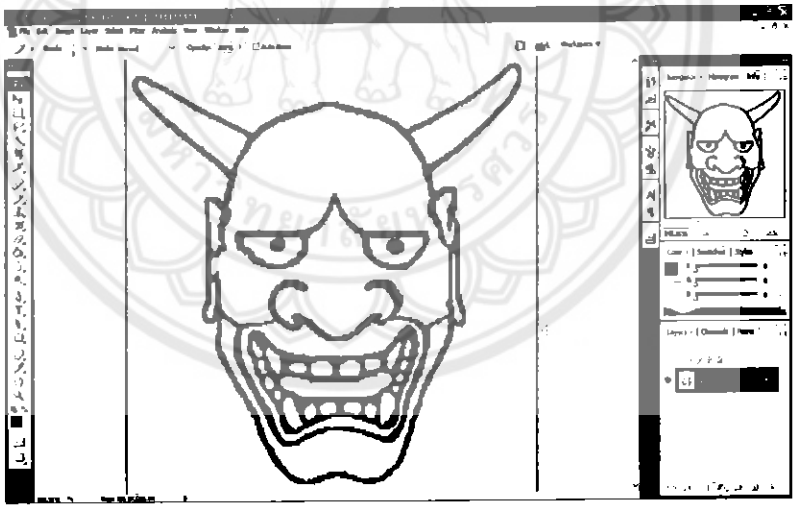
รูปที่ 4.5 วิธีการปรับแต่งความเข้มของเส้น

เมื่อได้ทำการปรับแต่งความเข้มของเส้นแล้วจะได้ภาพดังรูปที่ 4.6



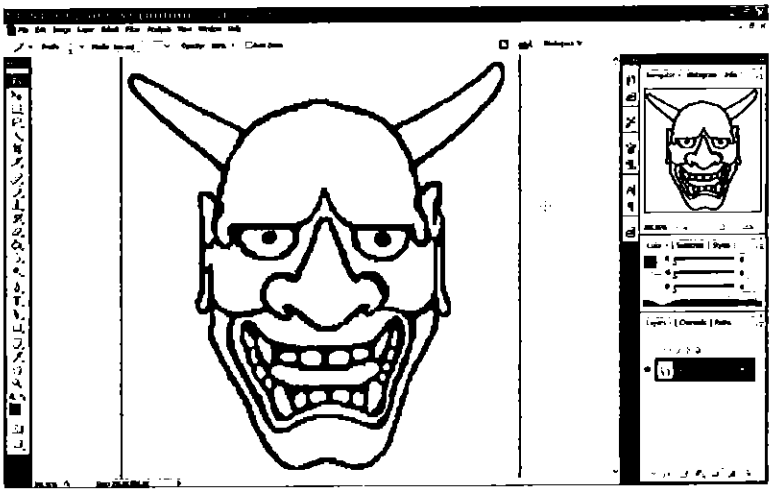
รูปที่ 4.6 ภาพหลังจากการปรับแต่งความเข้มของเส้น

4.3.4 ทำการปรับแต่งรูปภาพที่ได้หลังจากการปรับแต่งความเข้มของเส้นโดยใช้ Eraser Tools ในการลบส่วนที่ไม่ต้องการและแต่งความหนาของเส้นให้มีขนาดเล็กลง เพื่อให้ง่ายต่อการดึงเส้นของโปรแกรม Art CAM ดังรูปที่ 4.7



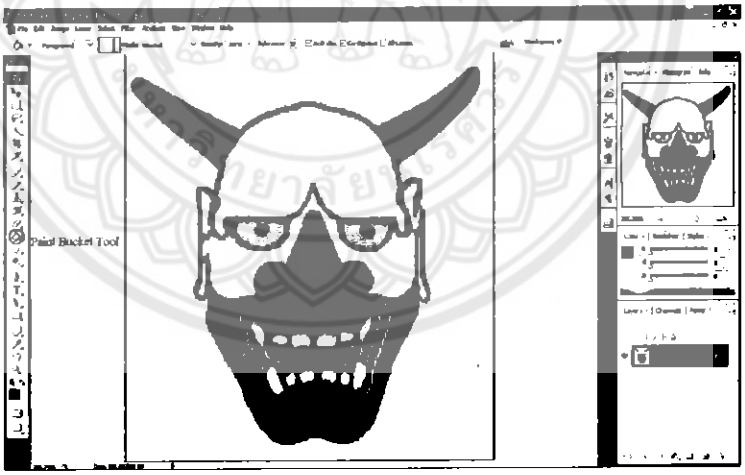
รูปที่ 4.7 ภาพหลังจากการปรับแต่งความหนาของเส้น

4.3.5 เนื่องจากต้องการให้ชิ้นงานมีระดับสูงต่ำแตกต่างกัน จึงต้องทำการตกแต่งภาพเพิ่มขึ้นโดยเครื่องมือ Pencil Tools ในการวาดภาพเพื่อแบ่งรูปภาพออกเป็นส่วนๆที่ชัดเจน ดังรูปที่ 4.8



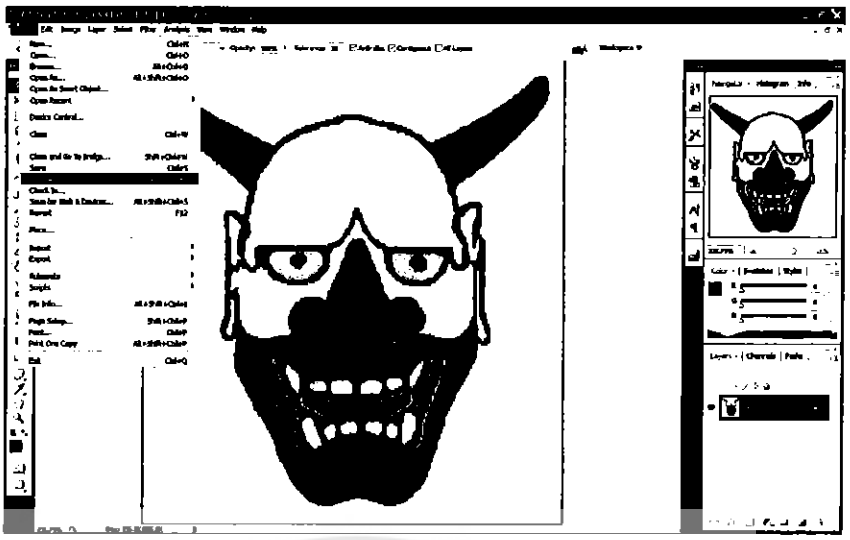
รูปที่ 4.8 ภาพหลังจากการปรับแต่งในการแบ่งสัดส่วน

4.3.6 ทำการเทสีลงไปบนพื้นที่ที่เราต้องการตามสีที่เราต้องการในแต่ละส่วน โดยใช้เครื่องมือ Paint Bucket Tool เพื่อทำการแยกส่วนต่างๆ ให้เห็นได้ชัดมากขึ้น โดยจำเป็นที่จะต้องแยกสีเพื่อให้ง่ายต่อการมองภาพและการออกแบบภาพให้เป็น 3D ในโปรแกรม Art CAM โดยส่วนที่เป็นสีเดียวกันนั้นจะมีความหนาของชิ้นงานที่กัดนั้นออกมามีขนาดที่เท่ากัน ดังรูปที่ 4.9



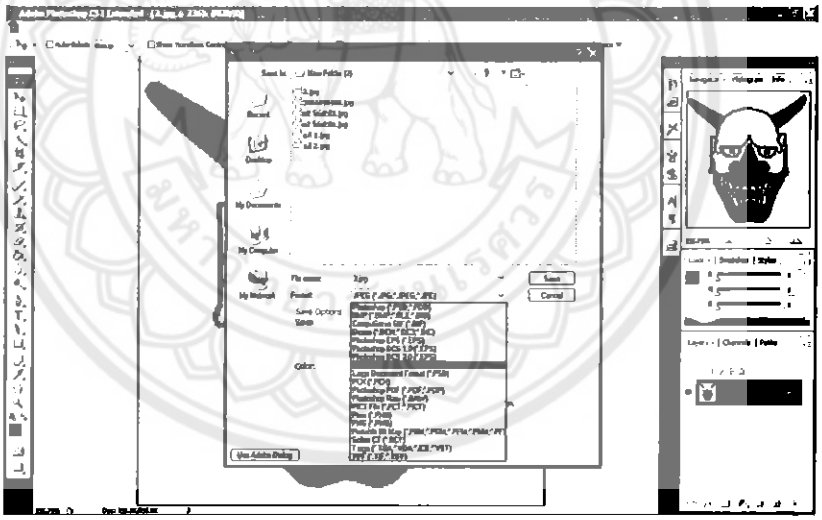
รูปที่ 4.9 ทำการเทสีลงในแต่ละส่วน

4.3.7 หลังจากแต่งภาพได้ตามที่ต้องการแล้วก็ทำการบันทึกเป็น เพื่อไม่ให้รูปนั้นบันทึกทับกับไฟล์เดิมโดยการเลือกที่ File แล้วไปที่ Save As แล้ว Save File ให้เป็นสกุลของ JPG ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 ขั้นตอนการบันทึกรูป

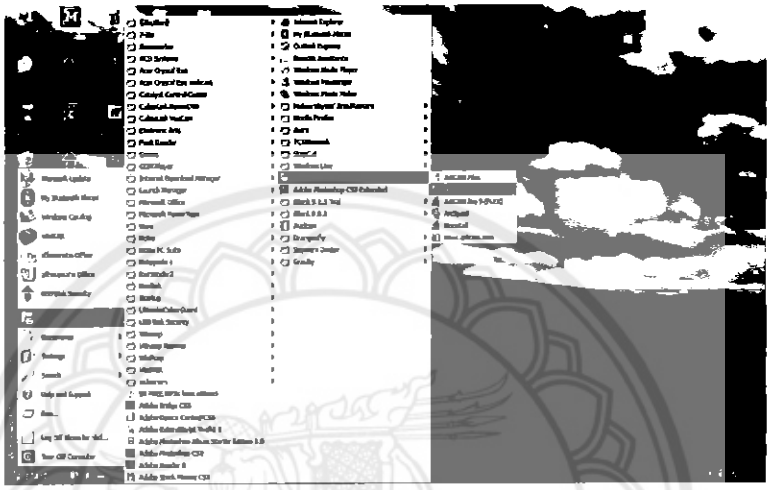
คลิกเลือกที่ส่วนของ Format แล้วเลือก JPEG (*.JPG;*.JPGE;*.JPE)



รูปที่ 4.11 เลือกให้เป็นสกุล JPG

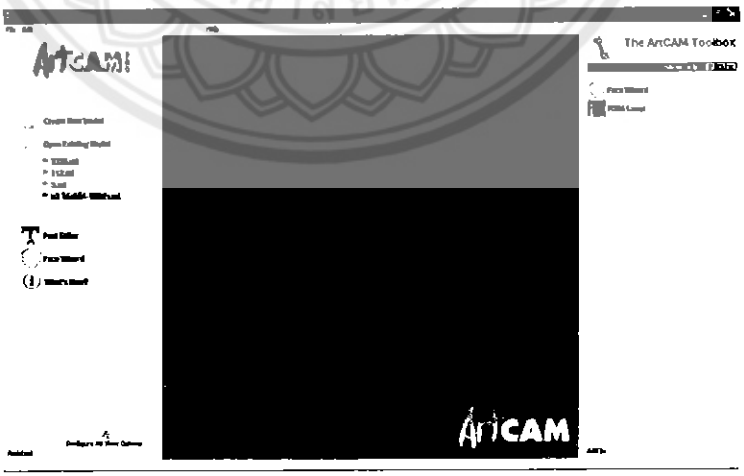
4.4 การใช้โปรแกรม Art CAM Pro 9

4.4.1 ขั้นตอนของการใช้โปรแกรม Art CAM Pro 9 มีวิธีในการเข้าสู่โปรแกรมได้หลายวิธี โดยในที่นี้จะทำการเข้าโปรแกรมโดยการเข้าผ่านเมนู Start => All => Programs =>Art CAM Pro 9 ดังรูปที่ 4.12



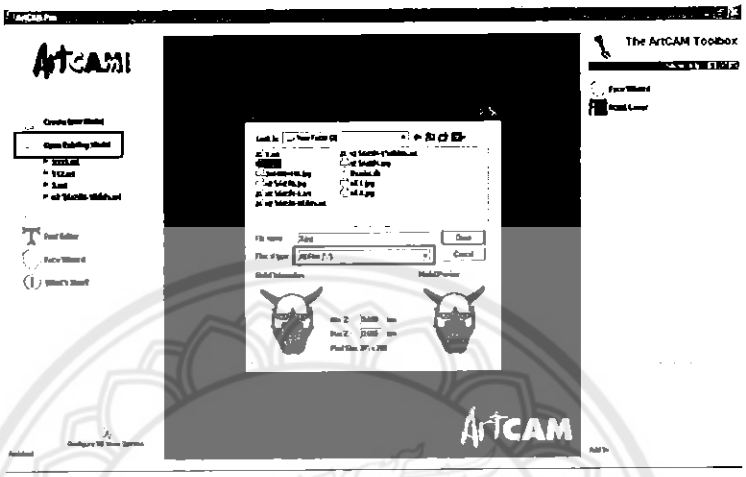
รูปที่ 4.12 การเข้าโปรแกรม Art Cam Pro 9

เข้าสู่หน้าแรกของโปรแกรม Art CAM Pro 9 หน้าต่างแรกจะเป็นดังรูป 4.13



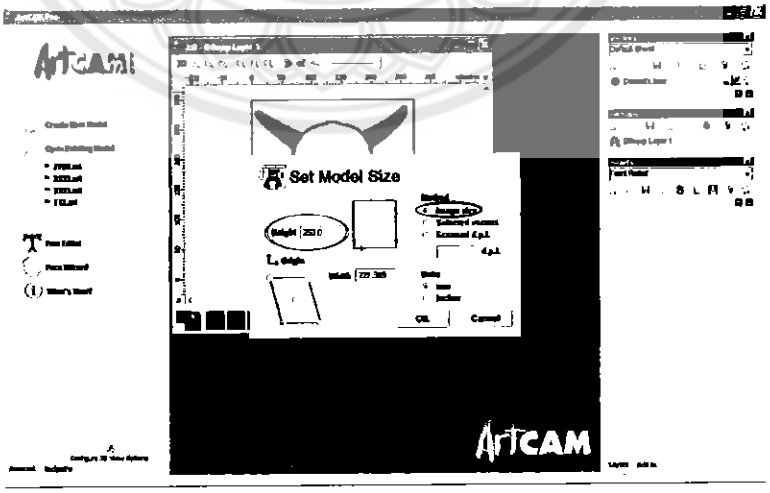
รูปที่ 4.13 หน้าเริ่มต้นโปรแกรม Art CAM Pro 9

4.4.2 ขั้นตอนการนำไฟล์รูปเข้าสู่โปรแกรม Art CAM Pro 9 ทำได้โดยคลิกที่ Open Existing Model จะขึ้นหน้าต่าง Open หลังจากนั้นก็ทำการเลือกไฟล์รูปภาพที่ได้ทำการตกแต่งไว้แล้วในโปรแกรม Adobe Photoshop CS 3 โดยในส่วนของ Files of type ให้เลือกเป็น All Files (*.*) แล้วคลิกที่ Open ดังรูป 4.14



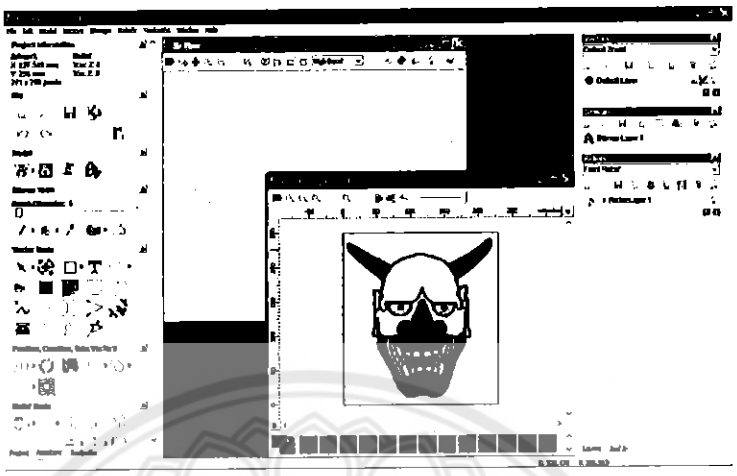
รูปที่ 4.14 การเปิดไฟล์ภาพในโปรแกรม Art CAM Pro 9

4.4.3 จากนั้นโปรแกรมจะเปิดหน้าต่างของการตั้งขนาดของภาพ ถ้าเราต้องการที่จะทำการปรับเปลี่ยนเราสามารถคลิกที่ Image Size แล้วกำหนดความกว้าง ความยาวของขนาดโมเดลตามที่เราต้องการได้ ดังรูปที่ 4.15 โดยขนาดชิ้นงานที่ต้องการในการกัดรูปหน้ากากคือ 230×250 มม.



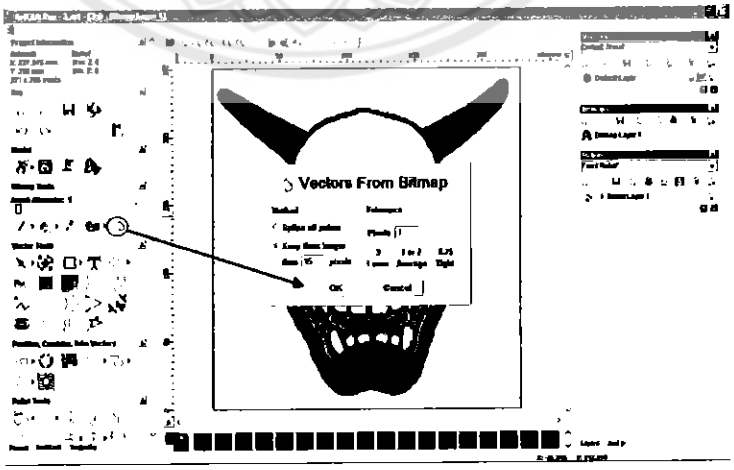
รูปที่ 4.15 การตั้งค่าขนาดของชิ้นงาน

4.4.4 ภาพที่ถูกเรียกนำมาใช้งานก็จะออกมาเพิ่มอีก 2 หน้าต่างเป็นแบบของ 2D และ 3D ดังรูปที่ 4.16



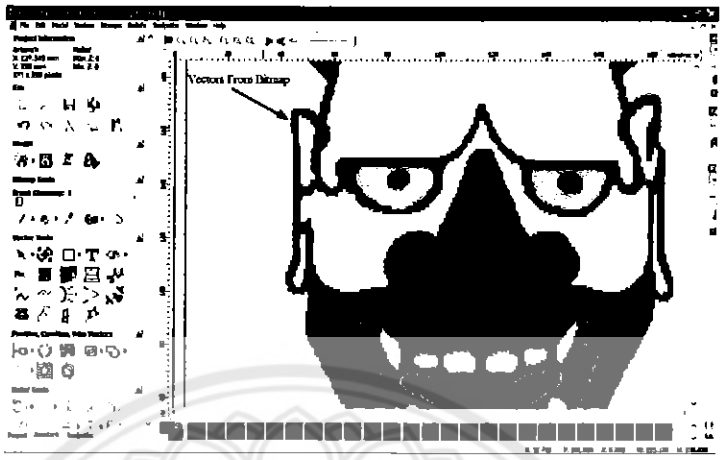
รูปที่ 4.16 เริ่มต้นโปรแกรม Art CAM Pro 9

4.4.5 ขั้นตอนของการกำหนดค่าของ Vectors From Bitmap เป็นการกำหนดเส้น Vectors ของการเคลื่อนที่ของ Tools เพื่อทำการกำหนดค่าของเส้นนั้น ให้มีความนูน ความลึกหรือความสูงขึ้นอยู่กับความต้องการที่จะให้รูปนั้นอยู่ในรูปแบบใดๆ ดังรูปที่ 4.17 หลังจากที่ได้คลิก Vectors From Bitmap แล้ว ก็จะขึ้นหน้าต่างของ Vectors From Bitmap ถ้าต้องการให้เส้นของ Vectors ออกมาแล้วมีขนาดที่เท่ากับรูปก็ให้คลิกที่ OK แต่ถ้าหากว่าต้องการที่จะให้ขนาดของเส้นนั้นที่ใหญ่กว่าหรือเล็กกว่าก็สามารถกำหนดได้ตามความต้องการได้เช่นเดียวกัน



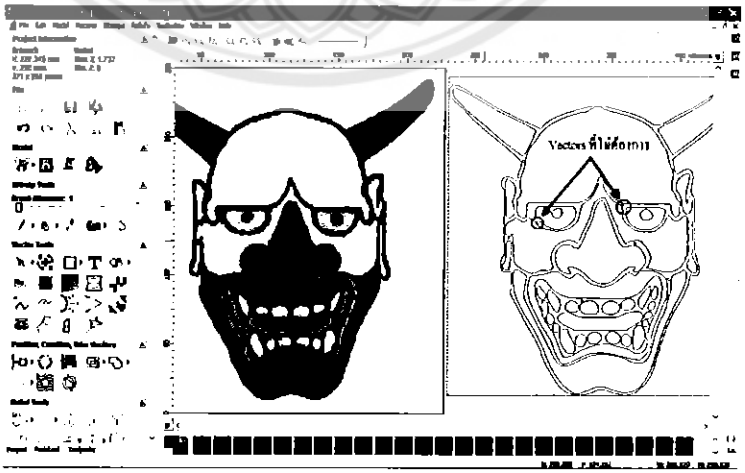
รูปที่ 4.17 การตั้งค่า Vectors From Bitmap

4.4.6 เป็นคำสั่งหลังจากที่ได้กำหนดค่าของ Vectors From Bitmap แล้วจะเห็นได้ดังรูปที่ 4.18 ว่าจะมีเส้นที่เป็นสีชมพูเป็นส่วนของ Vectors Bitmap เพื่อทำการจะดึงภาพให้มีการนูนขึ้นมา



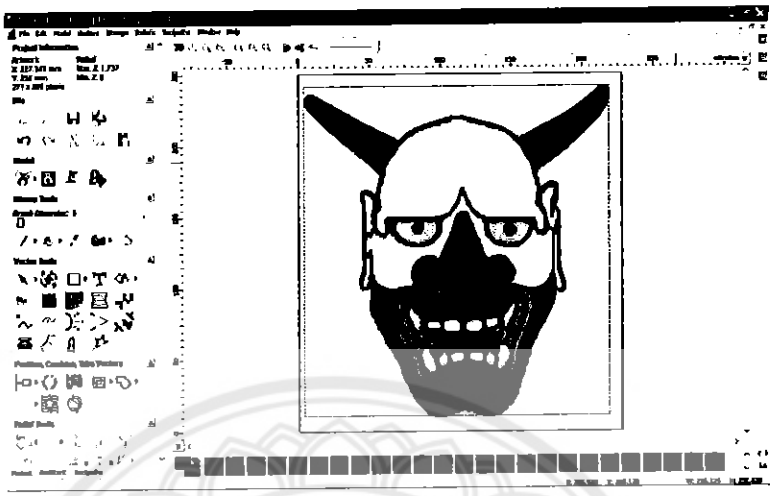
รูปที่ 4.18 แสดงเส้น Vectors From Bitmap

4.4.7 หลังจากที่ได้เส้น Vectors แล้วจะเป็นขั้นตอนการตกแต่งเส้น Vectors โดยขั้นตอนแรกให้ใช้เมาส์คลิกลากเส้น Vectors ออกมาวางด้านข้างของรูปภาพ เพื่อให้ง่ายต่อการมองเห็นและสะดวกต่อการตกแต่ง หลังจากนั้นก็ทำการตกแต่งในส่วนของเส้น Vectors ที่ไม่ได้ตามต้องการ ซึ่งเส้น Vectors เหล่านี้เกิดจากการที่สีของรูปมีความคมชัดไม่เพียงพอที่จะทำการดึงเส้น Vectors ออกมาได้ เส้นเหล่าจะมีลักษณะเป็นวงกลม โดยให้ใช้เมาส์คลิกที่เส้นแล้วทำการลบโดยกด Delete เพื่อให้เมื่อทำการดึงภาพนูนขึ้นมาแล้ว จะมีความต่อเนื่องและสวยงาม ดังรูปที่ 4.19



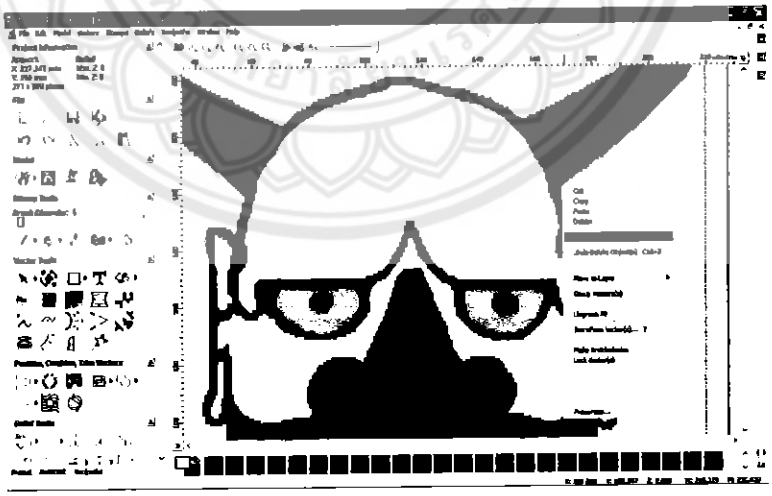
รูปที่ 4.19 ลบ Vectors ที่ไม่ต้องการออก

4.4.8 เมื่อทำการลบ Vectors ที่ไม่ต้องการออกเสร็จเรียบร้อยแล้วก็ทำการย้าย Vectors ทั้งหมดกลับมายังรูปภาพโดยวางให้เส้น Vectors ทับกับเส้นของรูปให้สนิท ดังรูปที่ 4.20



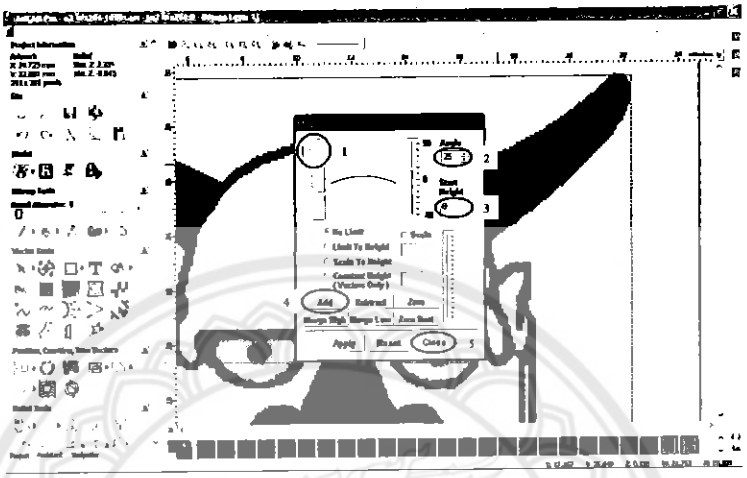
รูปที่ 4.20 ย้าย Vectors กลับมายังรูปภาพหลังจากการตกแต่ง

4.4.9 การตั้งค่าของภาพให้มีความลึกหรือนูนจากภาพที่เป็น 2 มิติ เป็นภาพ 3 มิติ โดยการใช้คำสั่ง Shape Editor โดยการคลิกขวาที่เส้น Vectors ที่ต้องการตั้งค่าแล้วเลื่อนมาเลือกที่คำสั่ง Shape Editor ดังรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.21 การเข้าคำสั่ง Shape Editor

4.4.10 ในรูปที่ 4.22 จะเห็นว่ามีหน้าต่างของ Shape Editor ขึ้นมา โดยสามารถกำหนดลักษณะความโค้ง (1) กำหนดองศาของมุม (2) ความสูงขึ้นมาของขอบก่อนการนูน (3) จากนั้นคลิกที่ Add (4) => Close (5) โดยทำการตรวจสอบดูว่าค่าที่เรากำหนดนั้นเป็นไปตามที่ต้องการหรือไม่ ทำได้โดยการคลิกที่ 3D

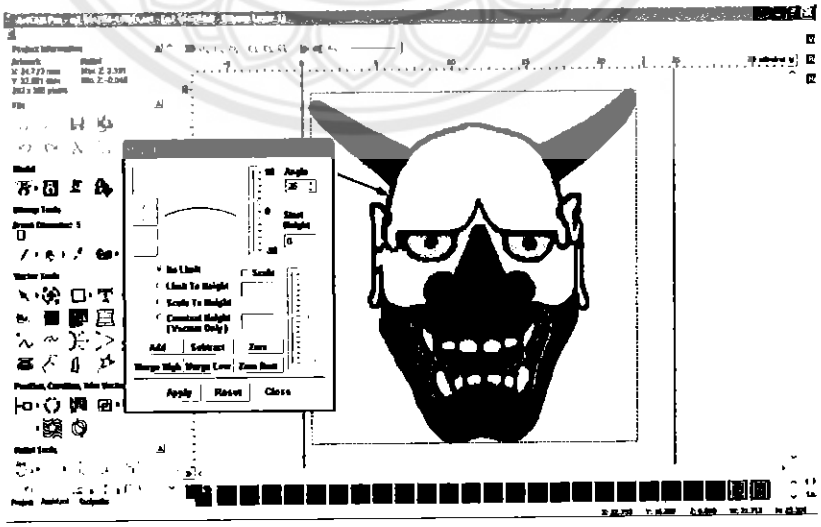


รูปที่ 4.22 หน้าต่างการตั้งค่า Shape Editor

4.4.11 การตั้งค่า Shape Editor ในส่วนต่างๆของรูป

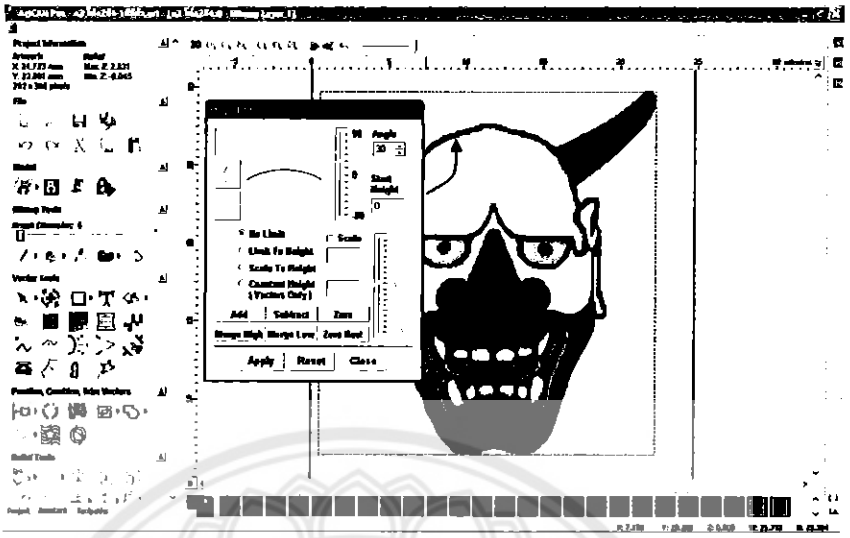
4.4.11.1 การตั้งค่า Shape Editor ของเส้น Vectors

- เส้น Vector ขอบนอกสุด



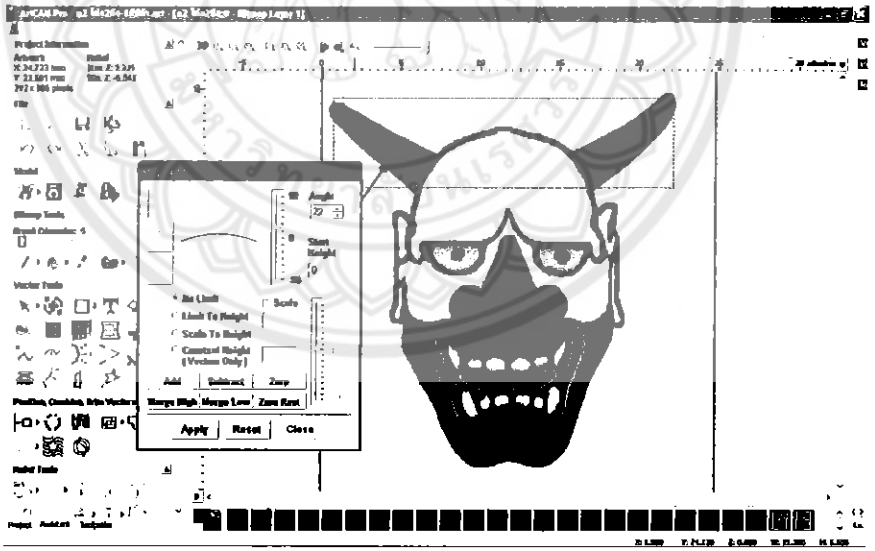
รูปที่ 4.23 การตั้งค่า Shape Editor ของเส้น Vectors ขอบนอกสุด

- เส้น Vectors ในส่วนของหน้าผาก



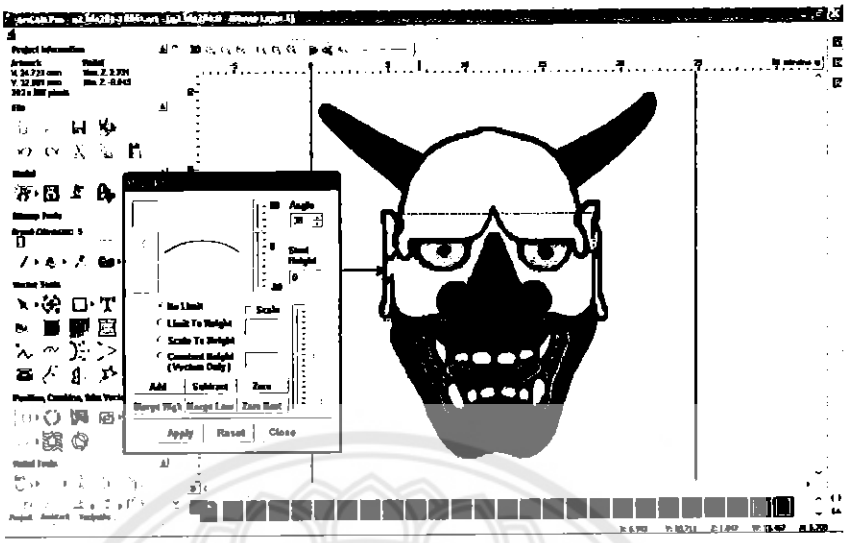
รูปที่ 4.24 การตั้งค่า Shape Editor ของเส้น Vectors ในส่วนของหน้าผาก

- เส้น Vectors ในส่วนของ เขา ทั้งสองข้าง



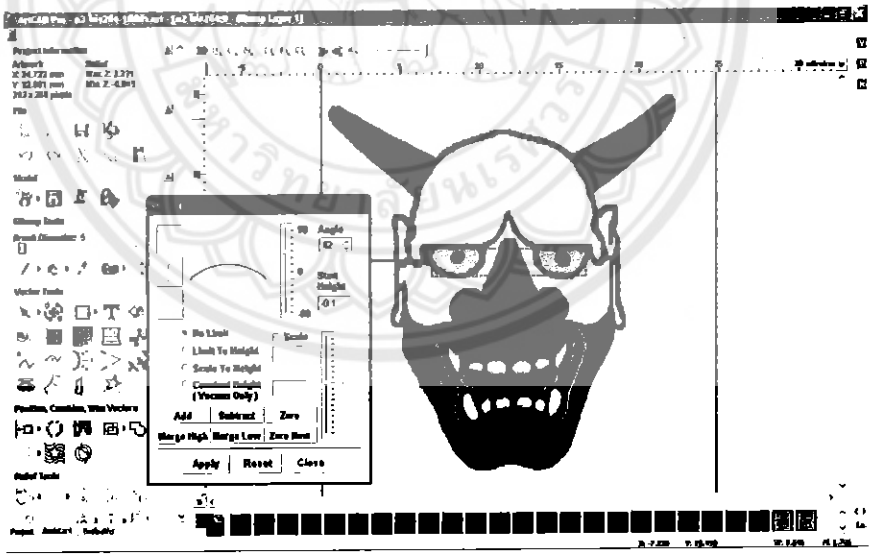
รูปที่ 4.25 การตั้งค่า Shape Editor ของเส้น Vectors ในส่วนของ เขา ทั้งสองข้าง

- เส้น Vectors ในส่วนของ แก้ม



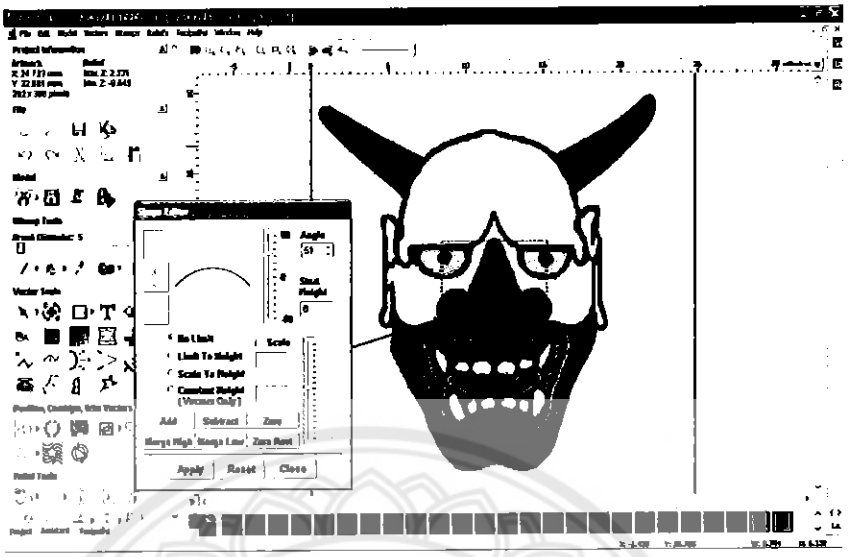
รูปที่ 4.26 การตั้งค่า Shape Editor ของเส้น Vectors ในส่วนของแก้ม

- เส้น Vectors ในส่วนของตา



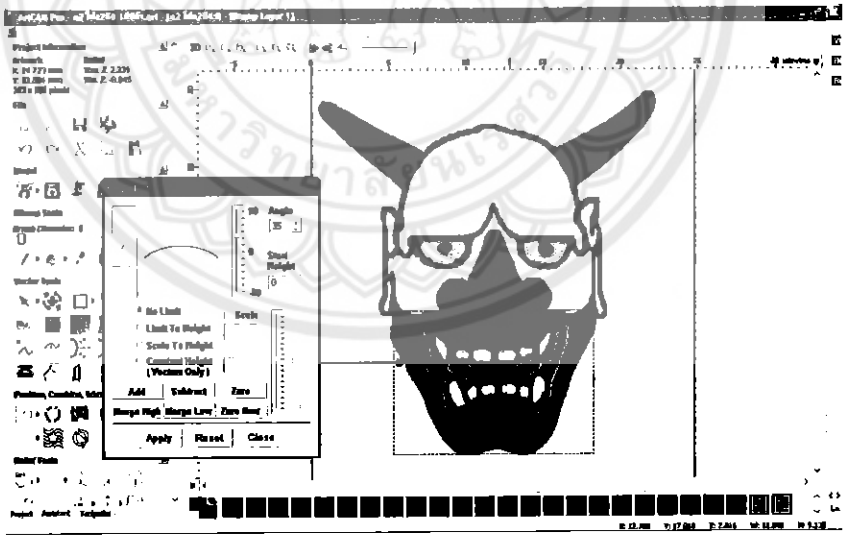
รูปที่ 4.27 การตั้งค่า Shape Editor ของเส้น Vectors ในส่วนของตา

- เส้น Vectors ในส่วนของจมูก



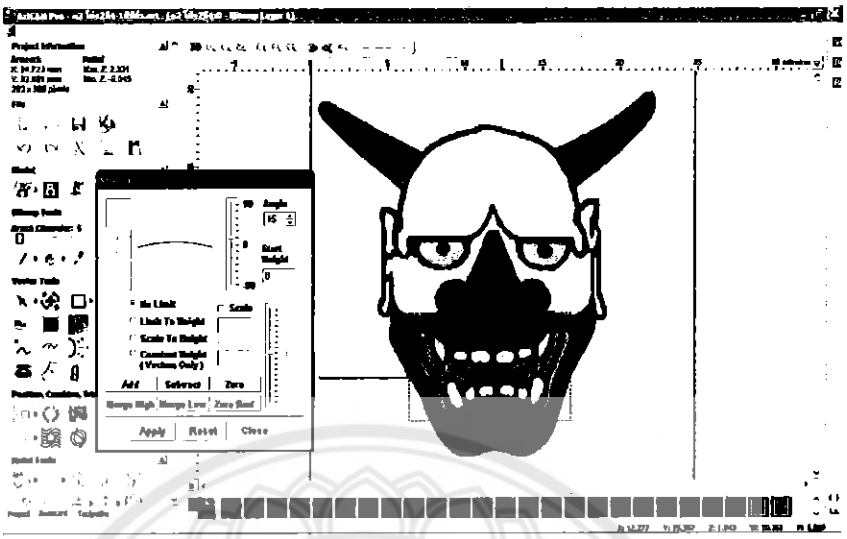
รูปที่ 4.28 การตั้งค่า Shape Editor ของเส้น Vectors ในส่วนของจมูก

- เส้น Vectors ในส่วนของคาง



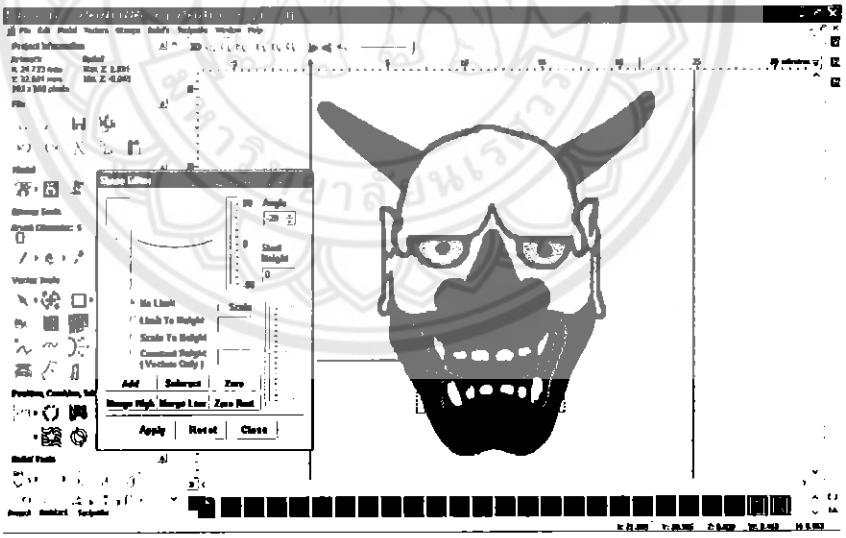
รูปที่ 4.29 การตั้งค่า Shape Editor ของเส้น Vectors ในส่วนของคาง

- เส้น Vectors ในส่วนของปาก



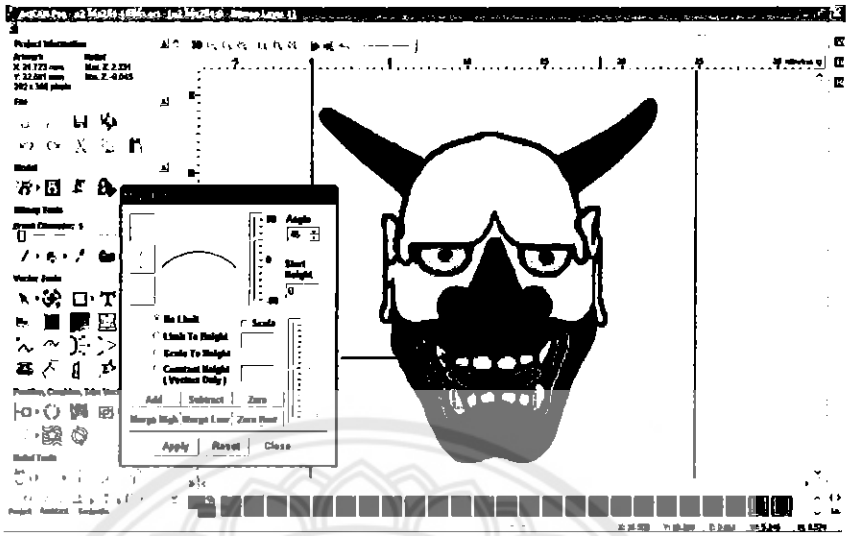
รูปที่ 4.30 การตั้งค่า Shape Editor ของเส้น Vectors ในส่วนของปาก

- เส้น Vectors ในส่วนของปากด้านใน



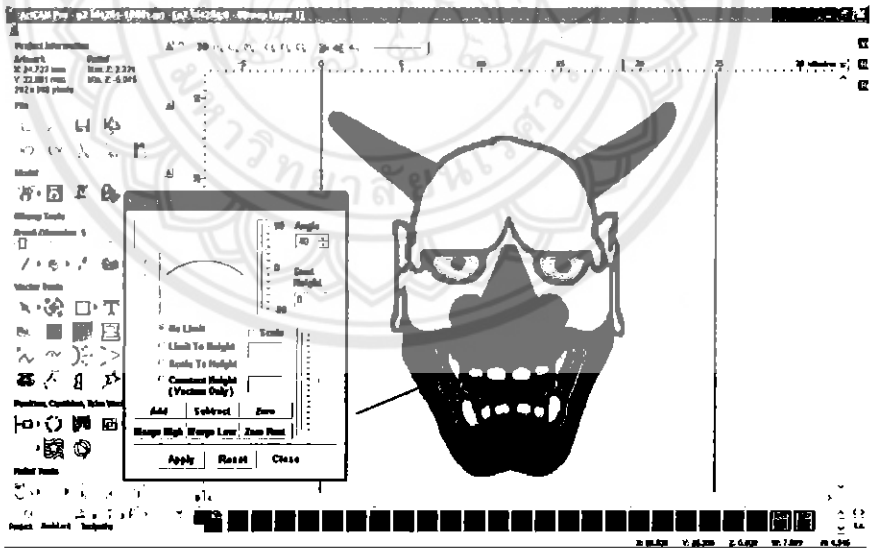
รูปที่ 4.31 การตั้งค่า Shape Editor ของเส้น Vectors ในส่วนของปากด้านใน

- เส้น Vectors ในส่วนของฟันบนและล่าง



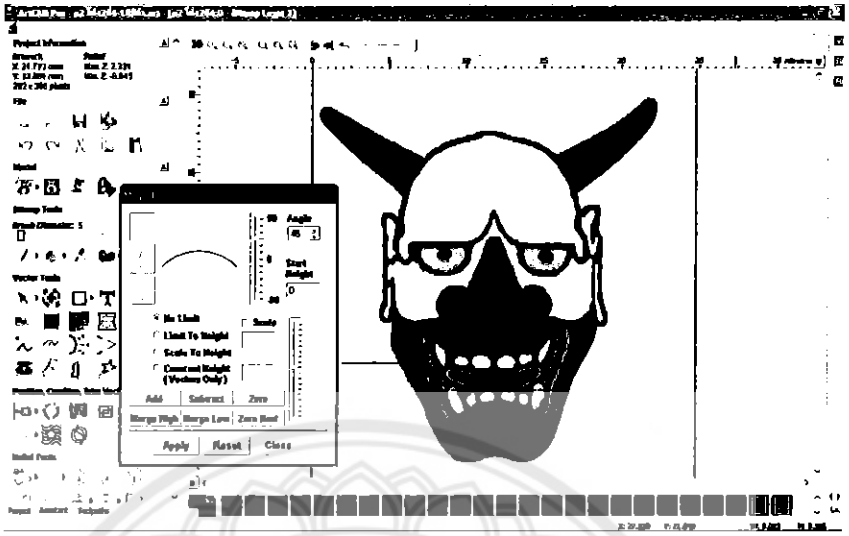
รูปที่ 4.32 การตั้งค่า Shape Editor ของเส้น Vectors ในส่วนของฟันบนและล่าง

- เส้น Vectors ในส่วนของฟันเขี้ยวบนและล่าง



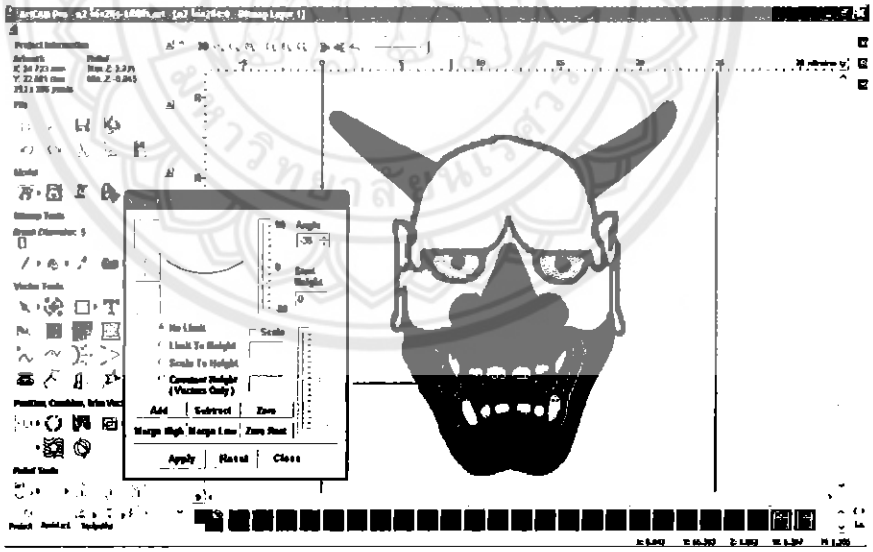
รูปที่ 4.33 การตั้งค่า Shape Editor ของเส้น Vectors ในส่วนของฟันเขี้ยวบนและล่าง

- เส้น Vectors ในส่วนของฟันด้านซ้ายและขวา



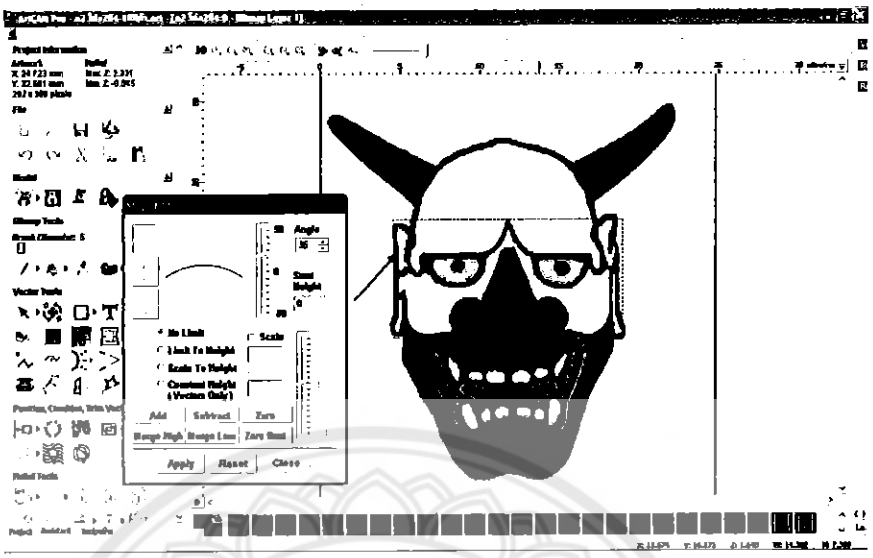
รูปที่ 4.34 การตั้งค่า Shape Editor ของเส้น Vectors ในส่วนของฟันด้านซ้ายและขวา

- เส้น Vectors ในส่วนของช่องปาก



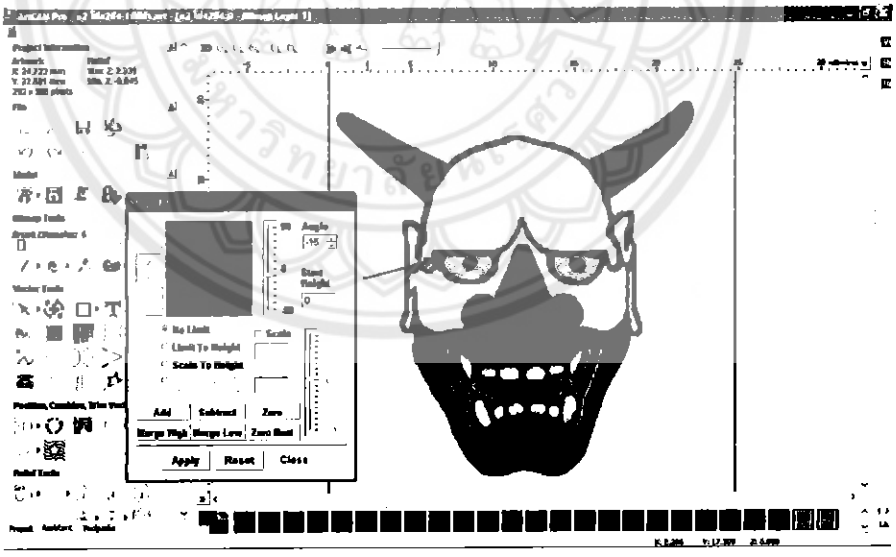
รูปที่ 4.35 การตั้งค่า Shape Editor ของเส้น Vectors ในส่วนของช่องปาก

- เส้น Vectors ในส่วนของใบหู



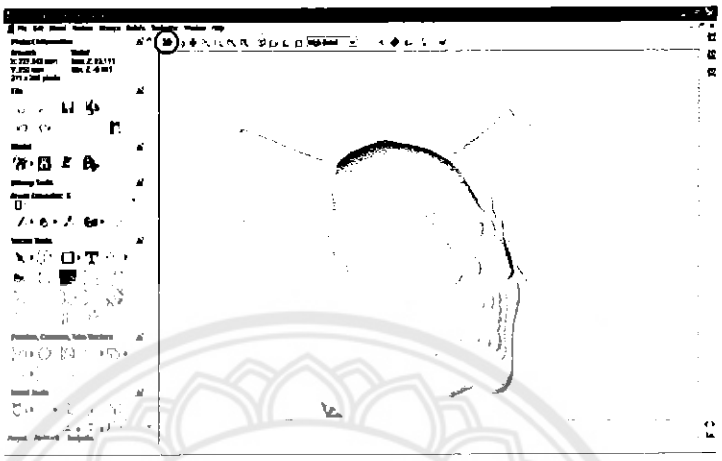
รูปที่ 4.36 การตั้งค่า Shape Editor ของเส้น Vectors ในส่วนของใบหู

4.4.11.2 การตั้งค่า Shape Editor ของเส้นสีดำ



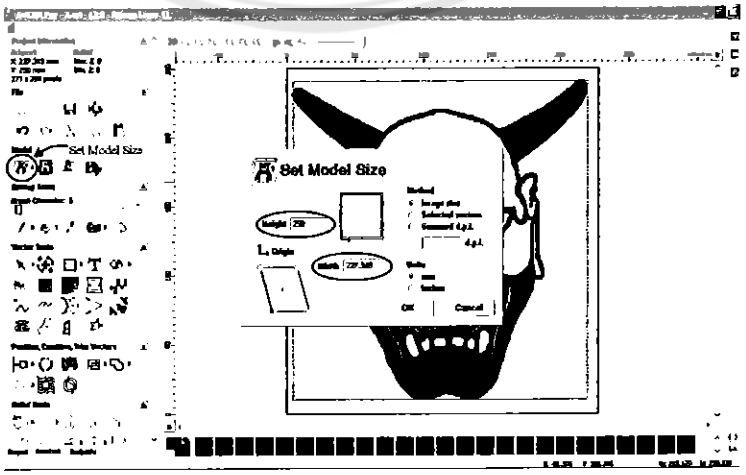
รูปที่ 4.37 การตั้งค่า Shape Editor ของเส้นสีดำ

4.4.12 หลังจากการตั้งค่า Shape Editor ในทุกส่วนของรูปภาพแล้ว จากนั้นก็ทำการตรวจสอบดูว่าในทุกส่วนที่เราทำการดึงภาพให้นูนขึ้นนั้นเป็นไปตามที่เราต้องการหรือไม่ ทำได้โดยดูภาพแบบ 3D ดังรูปที่ 4.38



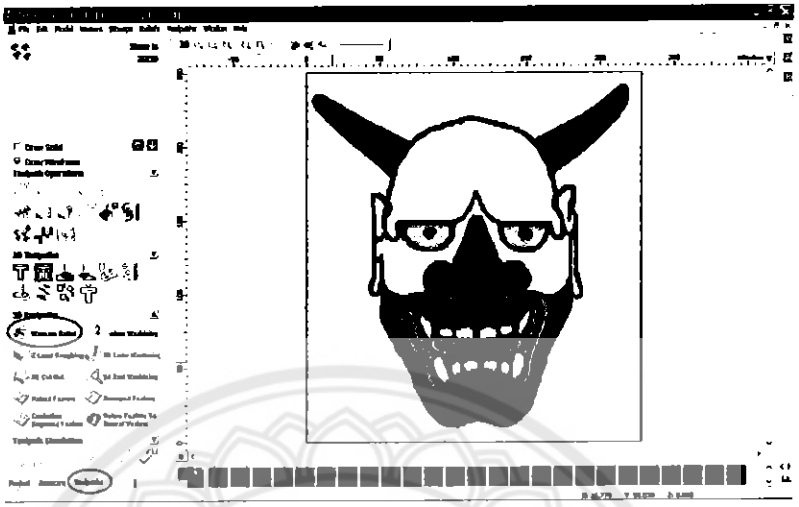
รูปที่ 4.38 ภาพ 3D ตรวจสอบการตั้งค่า Shape Editor ของส่วนต่างๆ

4.4.13 หลังจากได้ภาพ 3D ตรงตามที่ต้องการแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการตรวจสอบหรือปรับเปลี่ยนขนาดของชิ้นงานที่ต้องการ โดยคลิกที่ Set Model Size จากนั้นจะมีหน้าต่างขึ้นมาซึ่งจะบอกค่าขนาดของชิ้นงาน มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร โดยขนาดชิ้นงานที่เราต้องการคือ 230x250 มม. (Width = 230 mm. , Height = 250 mm.) ซึ่งโปรแกรมจะคำนวณขนาดอีกด้านหนึ่งโดยอัตโนมัติ เช่น กำหนดค่า Height = 250 โปรแกรมจะคำนวณค่าของ Width ให้อัตโนมัติซึ่งจะมีค่าเท่ากับ 227.349 ดังรูปที่ 4.39



รูปที่ 4.39 การตรวจสอบหรือปรับเปลี่ยนขนาดของชิ้นงาน

4.4.14 หลังจากที่ตั้งค่าต่างๆและตกแต่งเส้น Vectors เสร็จเรียบร้อยแล้ว ในขั้นตอนต่อไปจะเป็นการตั้งค่าต่างๆเกี่ยวกับ Tool โดยคลิกที่ Toolpaths => Machine Relief ดังรูปที่ 4.40



รูปที่ 4.40 การเข้าโหมด Toolpaths เพื่อตั้งค่าต่างๆเกี่ยวกับ Tool

4.4.15 หน้าต่างโหมด Machine Relief

- Area To Machine เป็นการ Set หรือการตั้งค่ากำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ของ Tool ว่าจะให้เคลื่อนที่ไปในลักษณะรูปแบบใดนั้น โปรแกรมจะมีให้เลือกรูปแบบของการเคลื่อนที่อยู่ 4 แบบด้วยกัน คือ

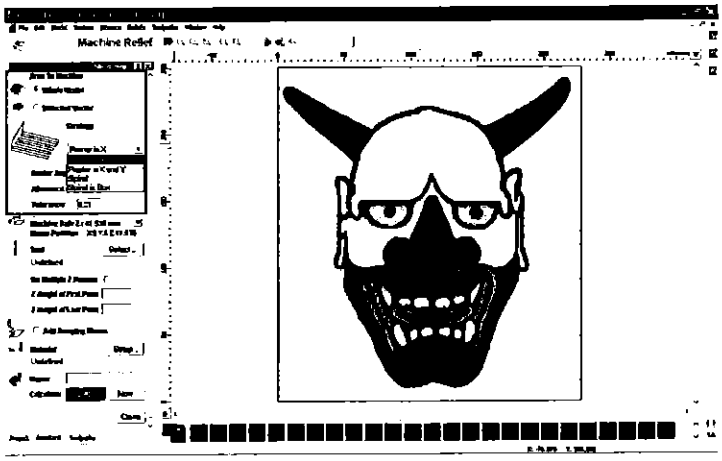
1. Raster in X เป็นการเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวโดยการวิ่งขนานไปกับแกน X

2. Raster in X and Y เป็นการเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวโดยการวิ่งขนานไปกับแกน X และ Y โดยการวิ่งไปทางด้านแกน X หมดก่อนแล้วจะวิ่งไปทางแกน Y อีกครั้งหนึ่ง

3. Spiral การเคลื่อนที่เป็นแบบวงกลม โดยอาศัยจุดกึ่งกลางของชิ้นงานเป็นจุดเริ่มต้นในการกัด แล้วทำการเคลื่อนที่เป็นวงกลมออกไปจุดสุดขอบของชิ้นงาน คือถ้า Tool เคลื่อนที่ไปชนขอบของชิ้นงานส่วนใดส่วนหนึ่ง ก็จะถือว่าเป็นจุดที่สิ้นสุด

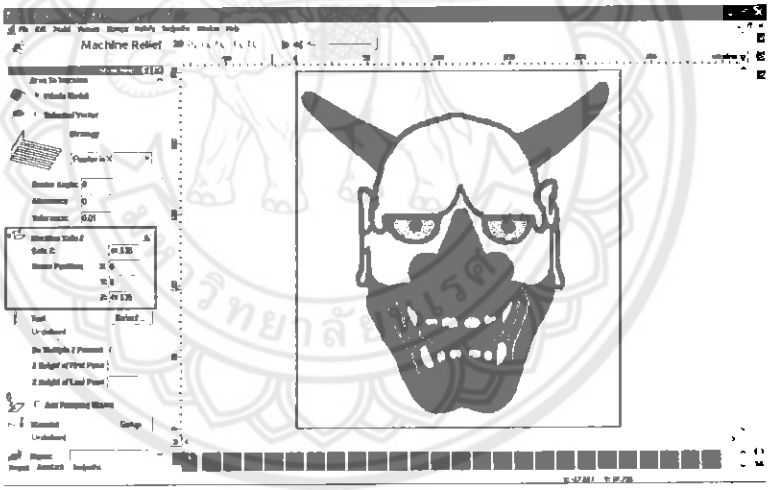
4. Spiral in Box เป็น Spiral การเคลื่อนที่เป็นแบบวงกลม โดยอาศัยจุดกึ่งกลางของชิ้นงานเป็นจุดเริ่มต้นในการกัดและเคลื่อนที่เป็นวงกลมออกไปจนสุดของขอบชิ้นงานทั้งหมด

ในการทำงานครั้งนี้เลือกการเคลื่อนที่แบบ Raster in X โดยการเคลื่อนที่ไปในแนวแกน X เพียงอย่างเดียว



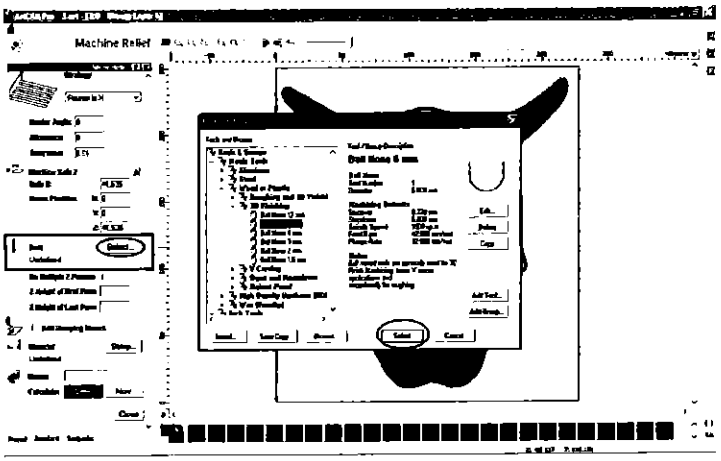
รูปที่ 4.41 การตั้งค่าการเคลื่อนที่ของ Tool

- Machine Safe Z เป็นการตั้งค่าระยะความปลอดภัยหรือระยะเผื่อของ Tool ในแนวแกน Z โดยจะเป็นระยะห่างระหว่าง Tool กับ ชิ้นงานก่อนการกัดชิ้นงาน



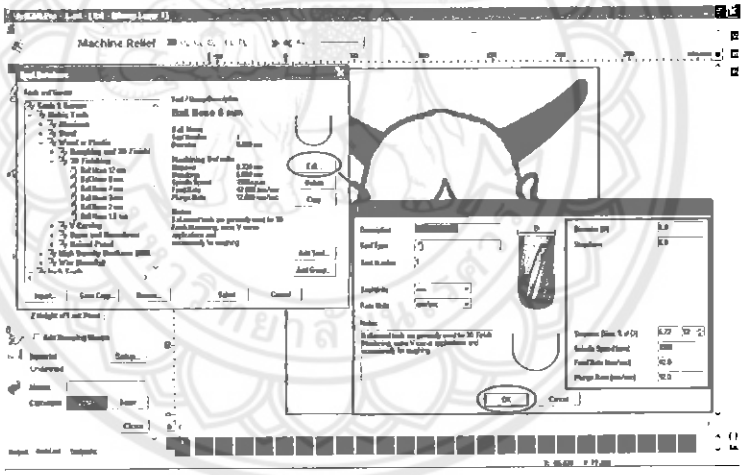
รูปที่ 4.42 การตั้งค่าระยะความปลอดภัย

- Tool เป็นส่วนของการตั้งค่า Tool Database คือ เป็นการเลือกชนิดและขนาดของ Tool ที่จะใช้ทำการกัดชิ้นงาน โดยการคลิกที่ Select จากนั้นจะมีหน้าต่าง Tool Database ขึ้นมาให้สามารถเลือกชนิดของหัวกัดและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง Tool ซึ่งในการทำงานครั้งนี้จะใช้ Tool ชนิด Ball Nose เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม. เมื่อเลือกชนิดและขนาดของ Tool เสร็จแล้วคลิกที่ Select ดังรูปที่ 4.43



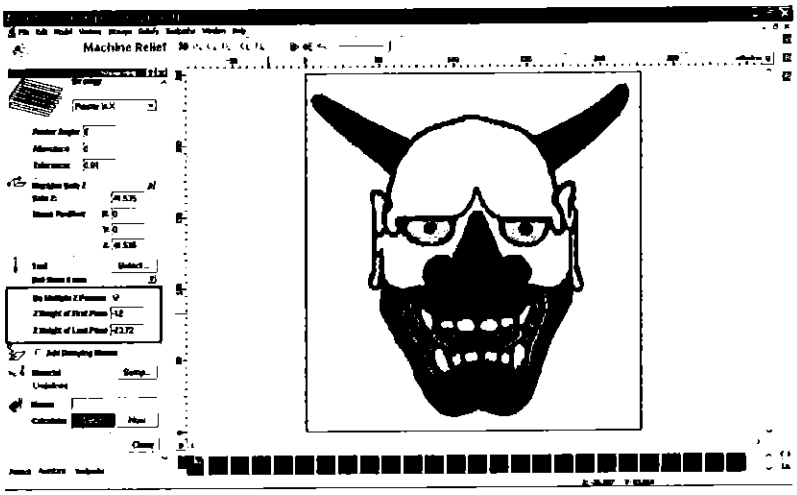
รูปที่ 4.43 การเลือกชนิดและขนาดของ Tool

ในการเลือกชนิดและขนาดของ Tool สามารถตั้งค่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและค่า อื่นๆ ของ Tool ได้โดยคลิกที่ Edit เมื่อ กำหนดค่าต่างๆเสร็จเรียบร้อยแล้ว คลิก OK ดังรูปที่ 4.44



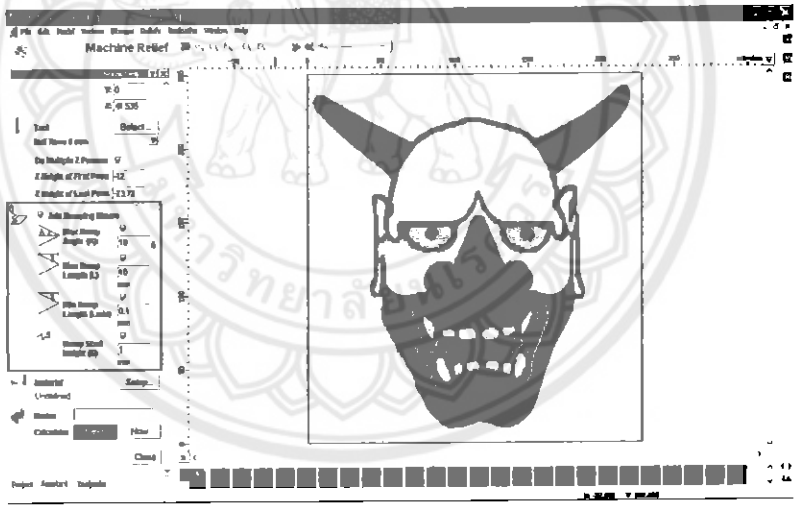
รูปที่ 4.44 การตั้งค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและค่าอื่นๆของ Tool

- ความสูงของชิ้นงาน ณ จุดสูงสุดถึงจุดต่ำสุด มีความสูง 23.722 มม. ถ้าทำการกัดชิ้นงานลึก 23.722 มม. ในการเคลื่อนที่ของ Tool เพียงรอบเดียวอาจจะทำให้ความยาวของฟันคมของ Tool มีความยาวไม่พอที่จะใช้ในการกัดและอาจจะทำให้ชิ้นงานซึ่งทำมาจากเรซิ่นเกิดความเสียหายขึ้นได้ จึงต้องทำการกำหนดให้ Tool กัดชิ้นงาน 2 รอบ ให้คลิกลงในช่อง Do Multiple Z Passes โดยรอบแรกกัดชิ้นงานลึก 12 มม. (Z Height of First Pass = -12) และกัดชิ้นงานในรอบที่สองลึกเท่ากับความสูงทั้งหมดของชิ้นงานคือ 23.722 มม.(Z Height of Last Pass =- 23.722)



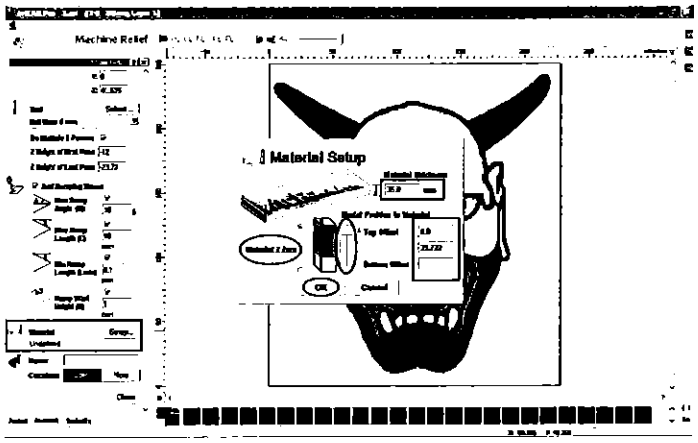
รูปที่ 4.45 กำหนดให้ Tool กัดชิ้นงาน 2 รอบ

- Add Ramping Moves เป็นการกำหนดค่ามุมองศาของการกัดชิ้นงานของ Tool โดยให้คลิกลงที่ช่อง Add Ramping Moves ดังรูปที่ 4.46



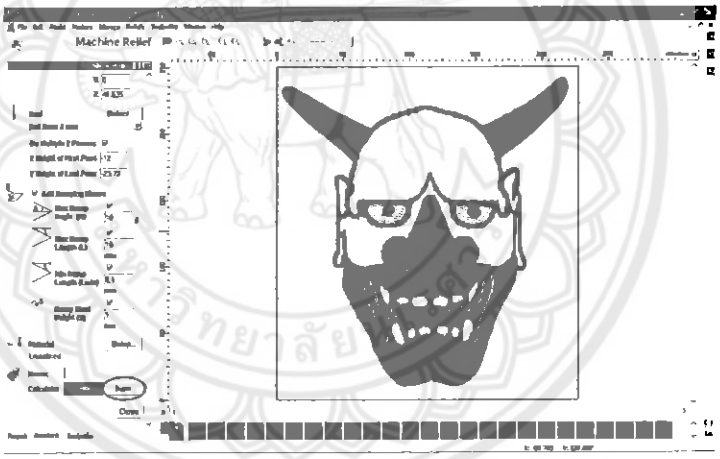
รูปที่ 4.46 คลิกเลือกที่ช่อง Add Ramping Moves

- Material เป็นการกำหนดค่าความหนาของชิ้นงานทั้งหมด ซึ่งกำหนดให้ชิ้นงานทั้งหมดสูง 35 มม. และยังสามารถกำหนดจุดเริ่มต้นในแนวแกน Z หรือ Z Zero โดยให้กำหนด Z Zero อยู่ด้านบนสุด และเลื่อนแถบความสูงของการกัดขึ้นมาให้อยู่ด้านบนสุดเช่นกัน คลิก OK ดังรูปที่ 4.47



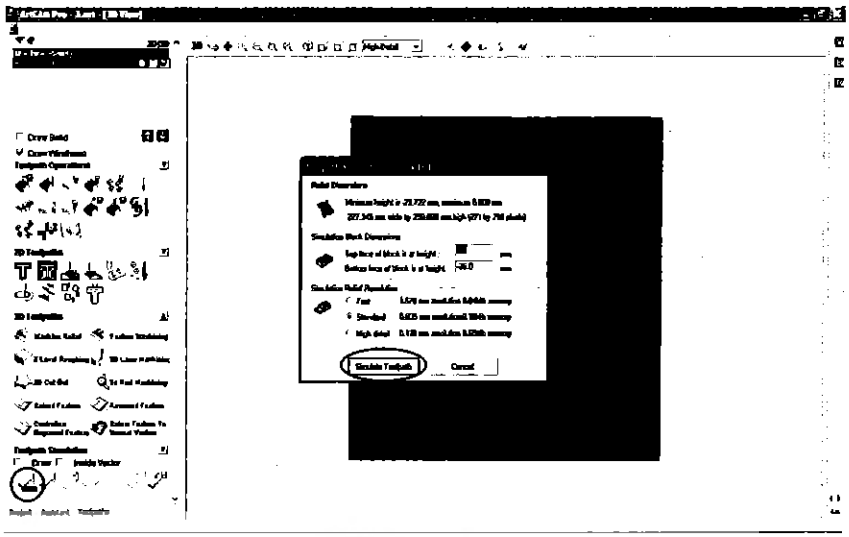
รูปที่ 4.47 กำหนดความหนาของชิ้นงานและกำหนดจุดเริ่มต้นในแนวแกน Z

- ยืนยันค่าที่ต่างๆที่ได้กำหนดไว้ โดยการคลิกที่ NOW แล้วทำการรอให้ Tool ทำงานจนเสร็จสิ้น แล้วจึงกด Close เพื่อออกจากหน้าต่าง Machine Relief ดังรูปที่ 4.48



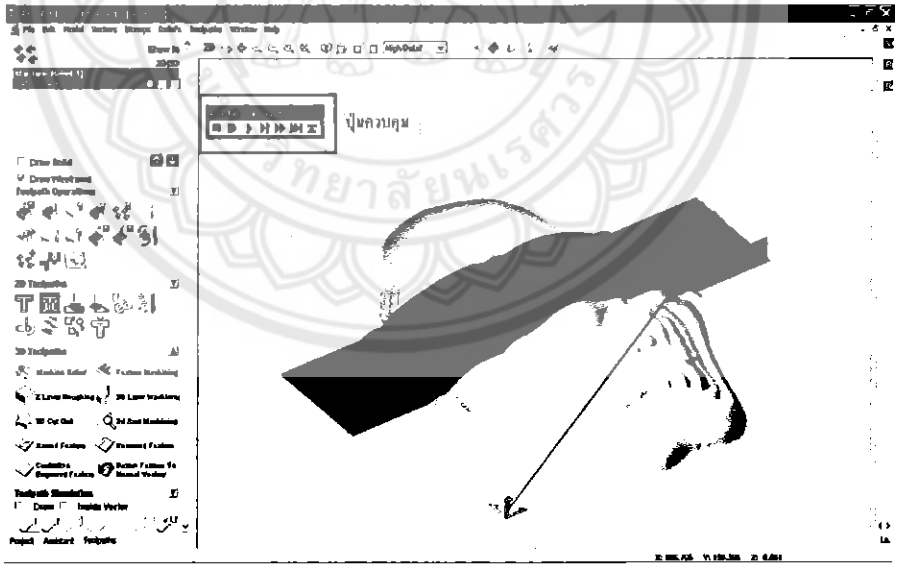
รูปที่ 4.48 ยืนยันค่าที่ได้กำหนดไว้ใน Machine Relief

4.4.16 การทดสอบการกัดก่อนนำไปป้อนเข้าเครื่องซีเอ็นซีจริง จะเป็นการ Simulation เพื่อดูให้แน่ใจว่าภาพของชิ้นงานที่ได้เป็นไปตามความต้องการของเราจริงหรือไม่ หากการ Simulation ออกมาแล้วไม่เป็นไปตามที่ต้องการแล้ว ก็ต้องทำการปรับปรุงหรือแก้ไขของส่วนที่ผิดพลาดให้ได้ตรงตามความต้องการให้มากที่สุด โดยการทำการ Simulation ก่อนที่จะนำเอาไปป้อนเข้าเครื่องซีเอ็นซีนั้น เป็นสิ่งที่จำเป็นจะต้องทำก่อนทุกครั้ง เพราะอาจจะต้องมีข้อผิดพลาดในเรื่องของรูปภาพและเรื่องของคำสั่งของการกัด โดยทำการคลิกที่ Simulate Toolpath => Simulate Toolpath ดังรูปที่ 4.49

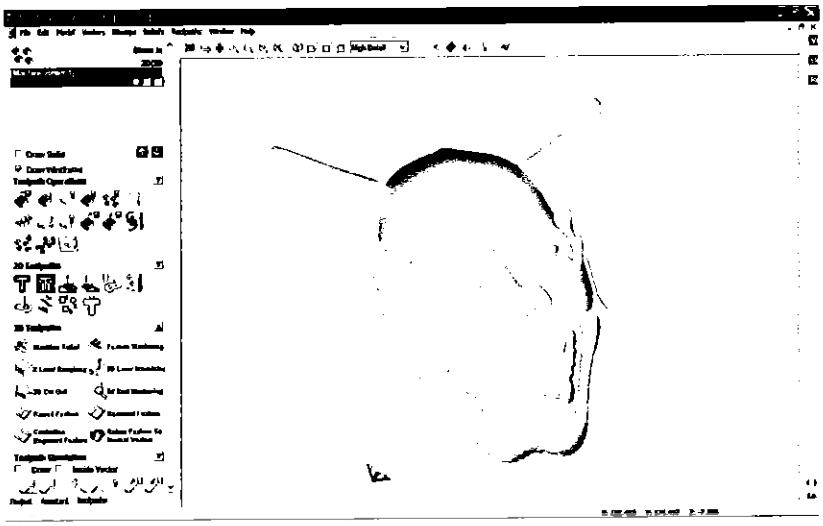


รูปที่ 4.49 ทำการ Simulate

4.4.17 รูปที่ 4.50 แสดงการกัดหลังจากการสั่งให้โปรแกรมเริ่มทำการ Simulate จากนั้นก็รอจนกว่า Tool หรือการ Simulation จนเสร็จ จะออกมาอยู่ในรูปที่ 4.51 จะเห็นได้ว่าหลังการทำการ Simulation เสร็จแล้วรูปที่ได้จากการจำลองการกัดชิ้นงานเป็นไปตามรูปแบบที่ได้กำหนดไว้



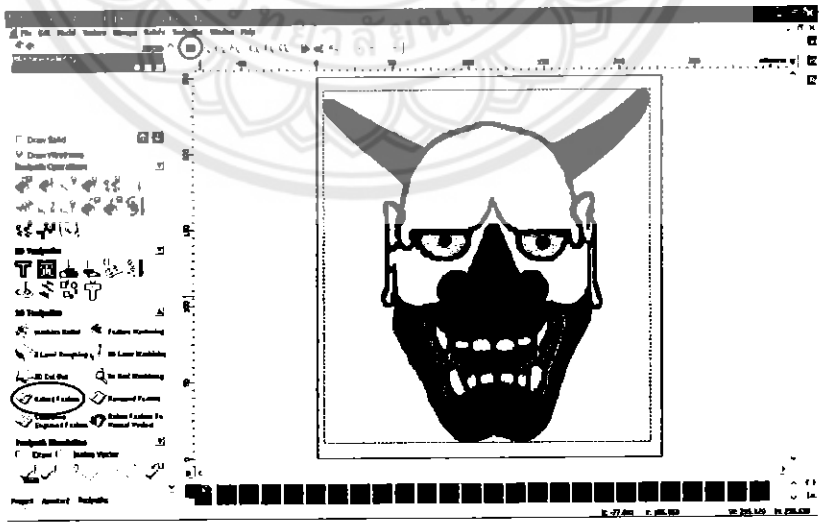
รูปที่ 4.50 ขณะที่กำลังทำการ Simulate



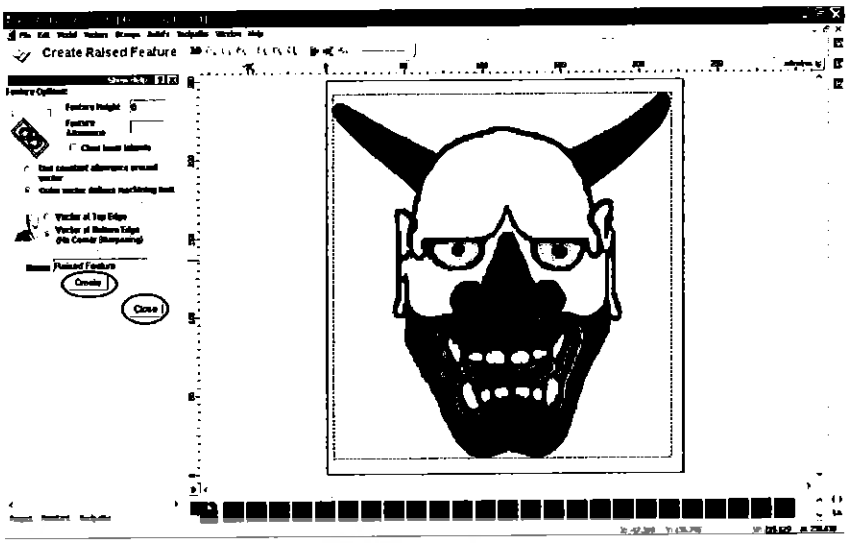
รูปที่ 4.51 ชิ้นงานหลังจากการ Simulate ด้วย Tool ขนาด 6 มม.

4.4.18 ทางผู้จัดทำเห็นว่า Tool ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม. ไม่สามารถกัดร่องและลายเส้นที่มีขนาดเล็กๆ ได้ จึงได้กำหนดให้ในการทำการกัดร่องตามลอยเส้นสีดำในรูปใช้ Tool ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มม. โดยมีขั้นตอนการสร้างเส้นทางการวิ่งของ Tool เพื่อการกัดร่องตามลอยเส้นสีดำในรูปดังนี้

- ปรับให้เป็นโหมด 2D => ใช้เมาส์คลิกครอบรูปทั้งหมด หรือ กด Ctrl + a => คลิกที่ Raised Feature => คลิก Create => Close ดังรูปที่ 4.52 และ 4.53

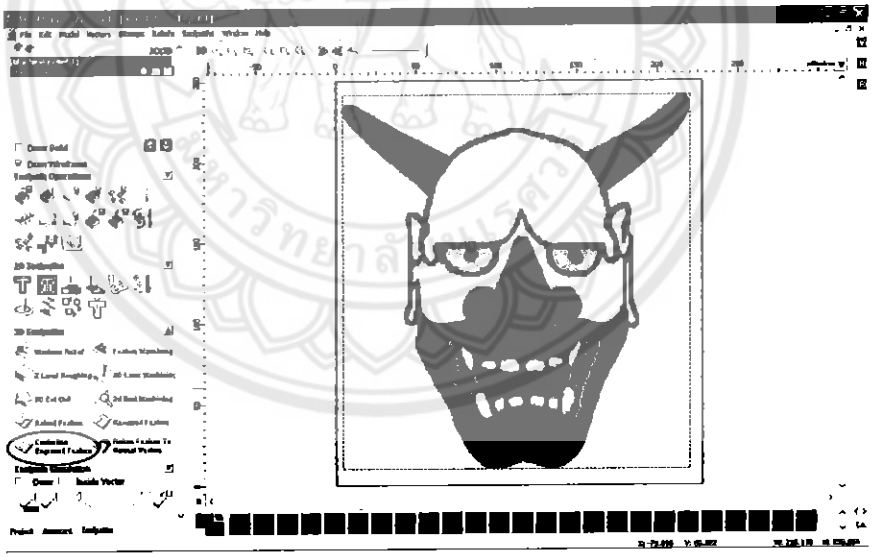


รูปที่ 4.52 การเข้าโหมด Raised Feature

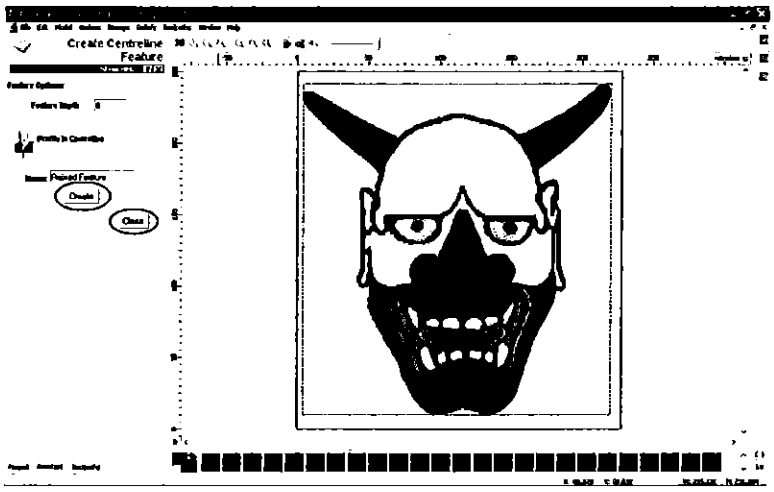


รูปที่ 4.53 ทำการ Create Raised Feature

- หลังจากนั้นคลิกไปที่ Centreline Engraved Feature => Create => Close ดังรูปที่ 4.54 และ รูปที่ 4.55

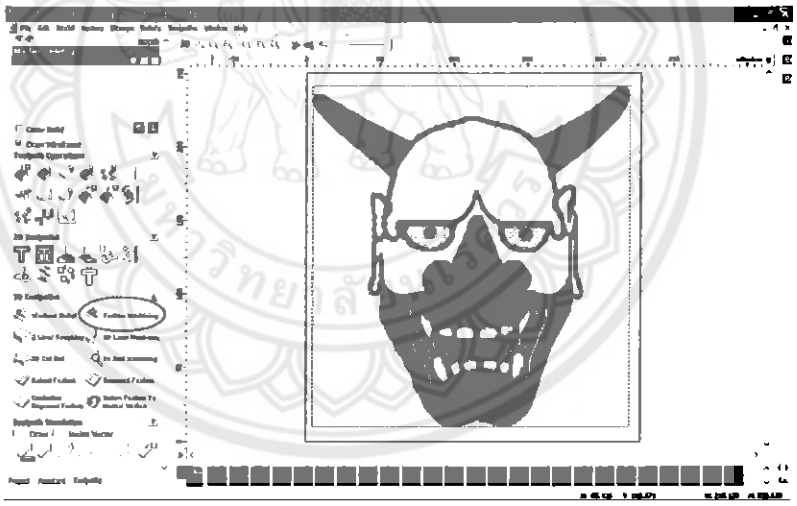


รูปที่ 4.54 การเข้าโหมด Centreline Engraved Feature



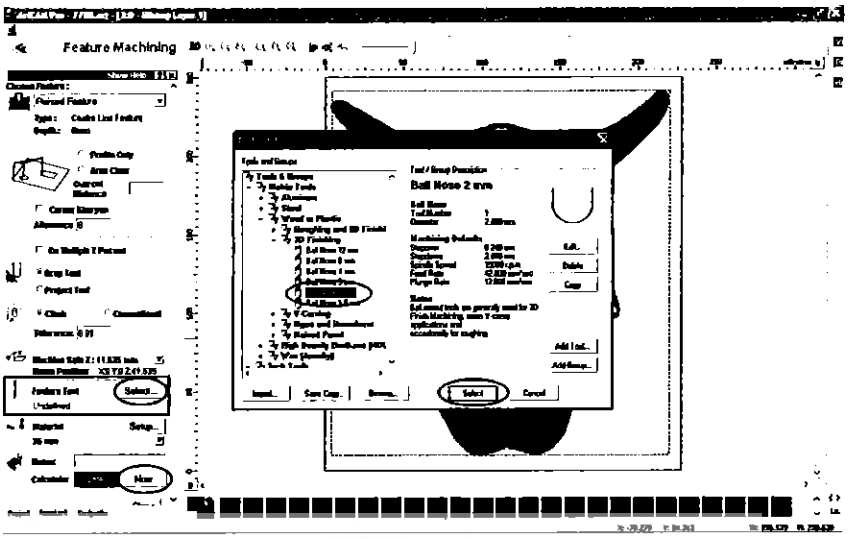
รูปที่ 4.55 ทำการ Centreline Engraved Feature

4.4.19 กำหนดขนาดของ Tool ที่จะใช้ในการกัดร่องตามเส้นสีดำของรูป **โดยคลิกที่** Feature Machining ดังรูปที่ 4.56



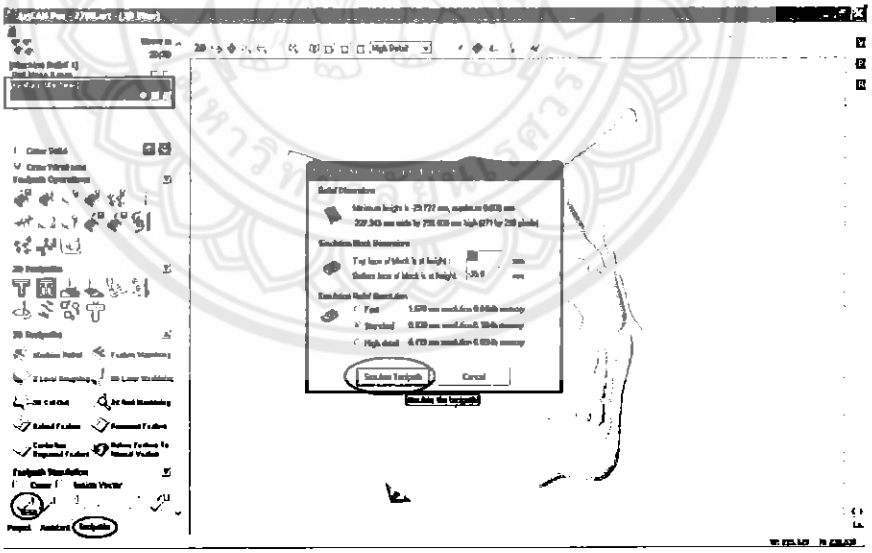
รูปที่ 4.56 การเข้าคำสั่ง Feature Machining

4.4.20 กำหนดชนิดและขนาดของ Tool ที่ Feature Tool คลิก Select หลังจากนั้นจะมีหน้าต่าง Tool Database ขึ้นมาเพื่อให้สามารถกำหนดชนิดและขนาดของ Tool ได้ ซึ่งกำหนดให้ใช้ Tool ชนิด Ball Nose เส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มม. แล้วกด Select เมื่อกำหนดชนิดและขนาดของ Tool เสร็จแล้วทำการคลิก NOW ดังรูปที่ 4.57

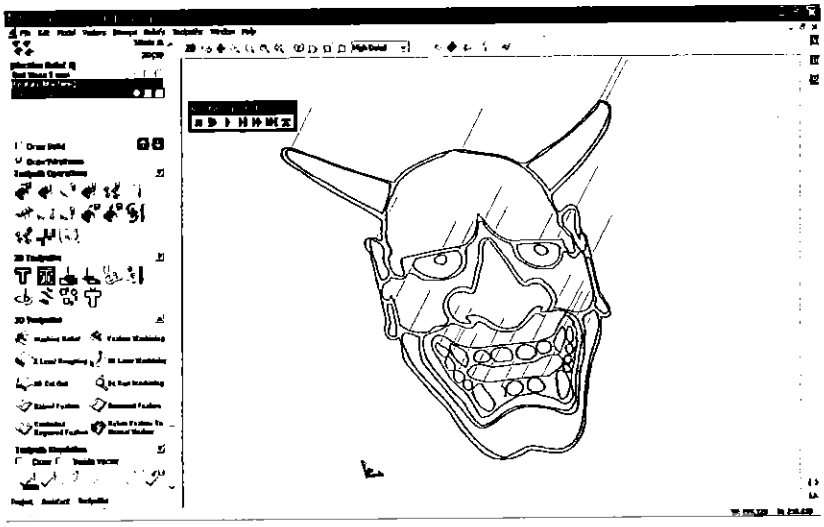


รูปที่ 4.57 กำหนดชนิดและขนาดของ Tool ที่ใช้ในการกัดร่องตามเส้นสีดำของรูป

4.4.21 ทำการ Simulate การกัดร่องตามแนวเส้นสีดำของรูป โดยคลิกที่ Toolpath => คลิกที่ Feature Machine ให้ขึ้นกรอบสีน้ำเงิน => Simulate Toolpath => Simulate Toolpath ดังรูปที่ 4.58 และลักษณะขณะทำการ Simulate ดังรูปที่ 4.59

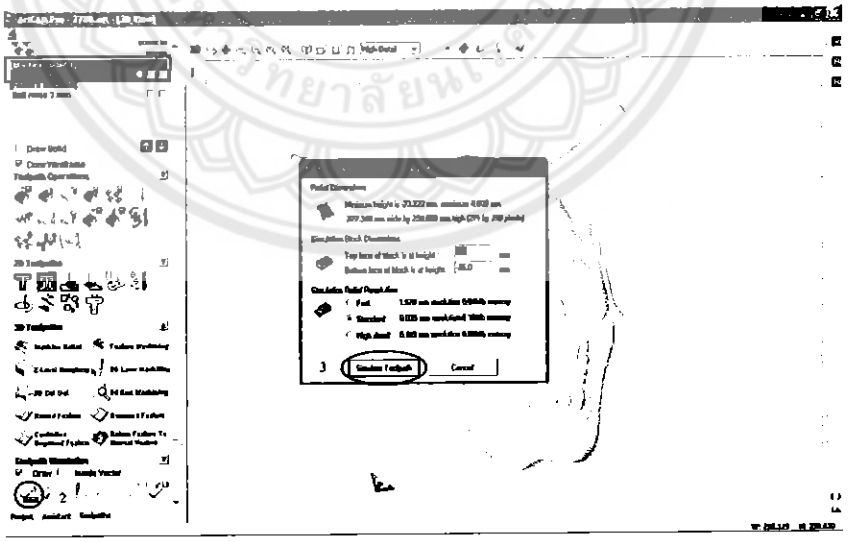


รูปที่ 4.58 เข้าโหมด Simulate ในการกัดร่องตามเส้นสีดำของรูป

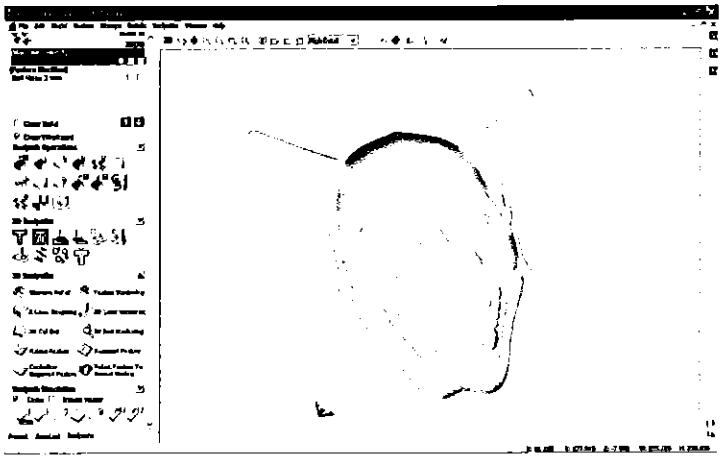


รูปที่ 4.59 ขณะทำการ Simulate การกัดร่องตามเส้นสีดำของรูป

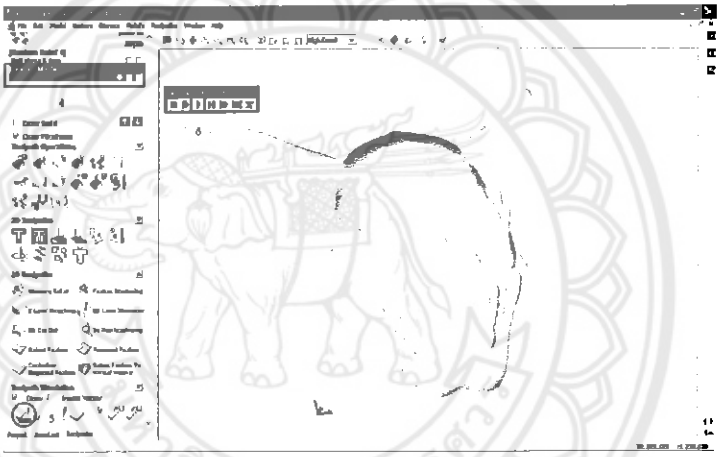
4.4.22 ทำการ Simulate การกัดของ Tool ขนาด 6 มม. และ 2 มม. โดยคลิกที่ Machin Relief ให้มีกรอบสีน้ำเงินขึ้นมา แล้วคลิกที่ Simulate Toolpath และเมื่อทำการ Simulate Tool ขนาด 6 มม. เสร็จแล้วใช้เมาส์คลิกที่ Feature Machine ให้ขึ้นกรอบสีฟ้าแล้วจึงคลิกที่ Simulate Toolpath เพื่อทำการ Simulate การกัดร่องตามเส้นสีดำของรูปและจะได้รูปที่ Simulate เสร็จสมบูรณ์ ดังรูปที่ 4.60 ถึง รูปที่ 4.63



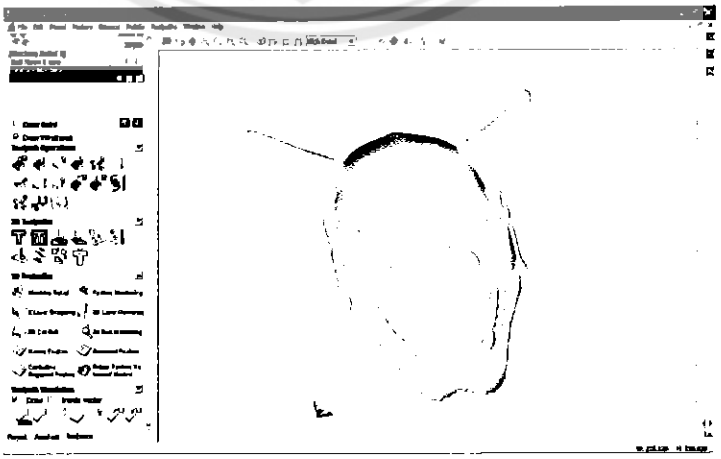
รูปที่ 4.60 การ Simulate Tool ขนาด 6 มม.



รูปที่ 4.61 ภาพหลังจากการ Simulate Tool ขนาด 6 มม.



รูปที่ 4.62 การ Simulate Tool ขนาด 2 มม.



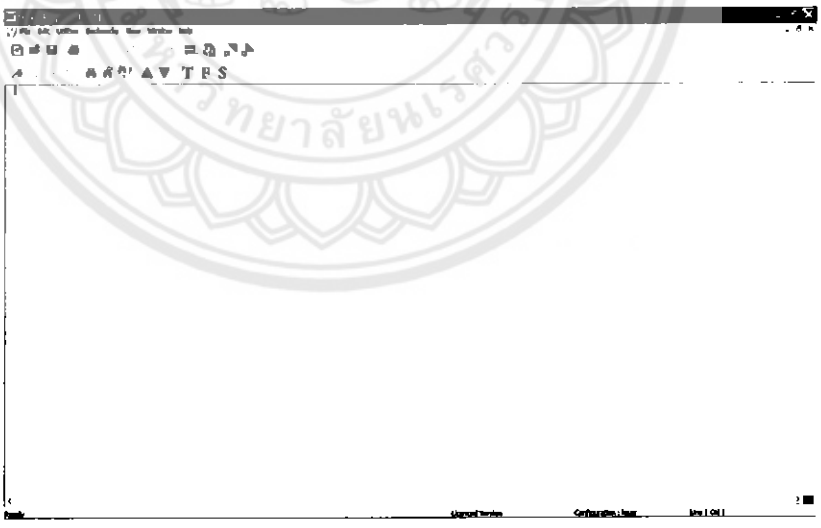
รูปที่ 4.63 ภาพหลังจากการ Simulate เสร็จสมบูรณ์

4.4.23 การบันทึกค่า NC-Code เพื่อนำ Code ไปป้อนเข้าเครื่องซีเอ็นซีในขั้นตอนต่อไปทำได้โดยการเข้าโหมดคำสั่ง Save Tool Paths แล้วคลิกเลือกไฟล์สกุลที่เป็น Axyz (*.nc) เพื่อให้ไฟล์ที่บันทึกมีนามสกุลเป็น .NC คลิกที่ Save ตั้งชื่อไฟล์ก็เสร็จสิ้นกระบวนการของการใช้โปรแกรม Art CAM Pro 9 จากนั้นก็เข้าสู่กระบวนการในการนำ NC-Code ที่ได้ป้อนเข้าเครื่องซีเอ็นซีต่อไปโดยการนำไฟล์ที่ได้จากโปรแกรมบันทึกลงแผ่น Floppy Disk

- เนื่องจากชิ้นงานนี้ใช้ Tool 2 ขนาด ในการกัด คือ Tool ขนาด 6 มม. และ 2 มม. ดังนั้นจึงต้องทำการบันทึก NC-Code จำนวน 2 ไฟล์ คือไฟล์ของการกัดของ Tool ขนาด 6 มม. และไฟล์ของการกัดของ Tool ขนาด 2 มม. แล้วจึงทำการรวม Code ทั้งสองไฟล์ให้เป็นไฟล์เดียวเพื่อนำไปป้อนเข้าเครื่องซีเอ็นซีเพื่อทำการกัดชิ้นงาน โดยจะกล่าวรายละเอียดในการรวมไฟล์ในลำดับต่อไป

4.5 ปรับแต่งและแก้ไข NC-Code

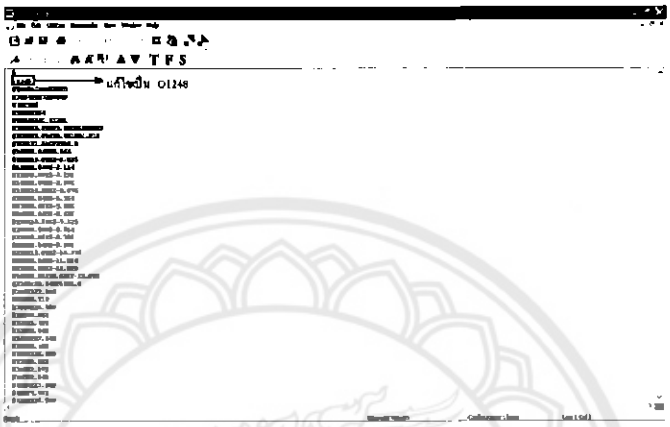
4.5.1 เนื่องจาก NC-Code ที่ได้จากการใช้โปรแกรม Art CAM Pro 9 มีจำนวน 2 ไฟล์ แต่ในการป้อน NC-Code เข้าเครื่องซีเอ็นซี ต้องใช้เพียงไฟล์เดียว เพราะฉะนั้นจึงต้องใช้โปรแกรมเข้ามาช่วยในการปรับแต่งแก้ไขและรวม NC-Code ของ 2 ไฟล์ ให้เหลือเพียงไฟล์เดียว ซึ่งในที่นี้ได้เลือกโปรแกรม NC Link เข้ามาช่วยในการปรับแต่งและแก้ไข NC-Code



รูปที่ 4.64 หน้าต่างโปรแกรม NC Link

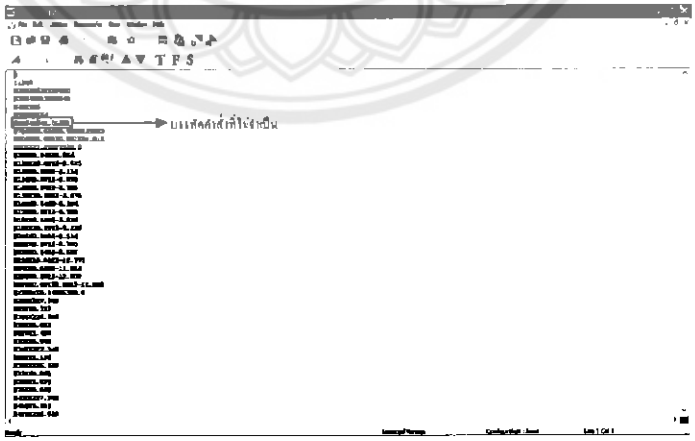
4.5.2 เริ่มจากการแก้ไข Code ของ Tool ขนาด 6 มม. โดยทำการเปิดไฟล์ของ Tool ขนาด 6 มม. ขึ้นมา แล้วดูว่าคำสั่งใดที่ใช้ไม่ได้หรือไม่จำเป็นต้องใช้กับเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่นนี้

- ในบรรทัดที่ 2 Code คือ :1248 ซึ่งจะเป็นส่วนของชื่อ Code ชุดนี้ เนื่องจากเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่นนี้ใช้ตัวอักษรตัวแรกในการตั้งชื่อชุด Code คือ O (โอ) จึงต้องทำการแก้ไขจาก :1248 เป็น O1248 ดังรูปที่ 4.65



รูปที่ 4.65 แก้ไขชื่อชุด Code

- บรรทัดที่ใช้คำสั่ง N60G43Z41.012H1 เป็นการชดเชยของ Tool ค่านี้เมื่ออยู่ในเครื่องซีเอ็นซีนั้นจะมีอยู่แล้ว ซึ่งไม่จำเป็นที่ต้องมีคำสั่งบรรทัดนี้ จึงทำการลบ Code ในบรรทัดนี้ออก ดังรูปที่ 4.66



รูปที่ 4.66 ภาพแสดงบรรทัดคำสั่งที่ไม่จำเป็น

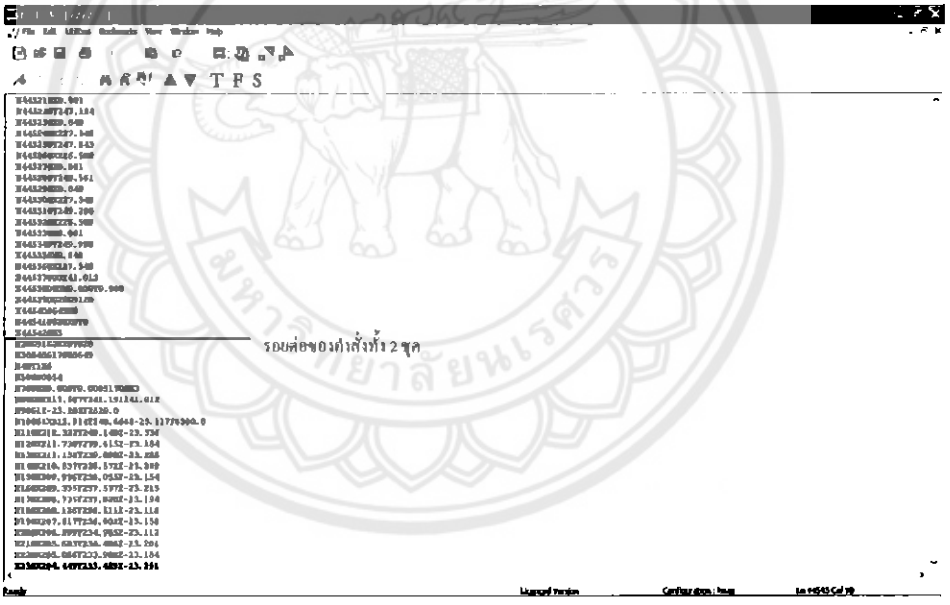
- เพื่อที่จะทำการต่อ Code 2 ชุด เข้าด้วยกัน จำเป็นต้องแก้ไขคำสั่ง M30 ที่บรรทัดสุดท้าย ซึ่งเป็นคำสั่งจบโปรแกรม แต่การกัดนั้นยังไม่สามารถจบโปรแกรมได้เพราะยังเหลือการกัดร่องอีกหนึ่งครั้ง ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องทำการเปลี่ยนคำสั่งจาก M30 เป็นคำสั่ง M5 ซึ่งเป็นคำสั่งให้ Tool หยุดหมุนอย่างเดียว แล้วทำการเปลี่ยน Tool จาก Tool 1 เป็น Tool 2

4.5.3 เปิดไฟล์ชุดคำสั่งของการกัดร่องด้วย Tool ขนาด 2 มม. ขึ้นมา แล้วทำการลบส่วนหัวของ Code คือ % และชื่อ Code เพื่อจะนำชุดคำสั่งนี้ไปต่อเข้ากับชุดคำสั่งแรก

- บรรทัดที่ใช้คำสั่ง N60G43Z41.012H1 เป็นการชดเชยของ Tool ค่านี้เมื่ออยู่ในเครื่องซีเอ็นซี นั้นจะมีอยู่แล้ว ซึ่งไม่จำเป็นที่ต้องมีคำสั่งบรรทัดนี้ จึงทำการลบ Code ในบรรทัดนี้ออก

- ทำการใส่ % ในบรรทัดสุดท้าย เพราะถ้าหากไม่มี % ในบรรทัดสุดท้าย เครื่องซีเอ็นซีจะไม่สามารถอ่าน Code จาก Floppy Disk ที่ป้อนเข้าเครื่องได้

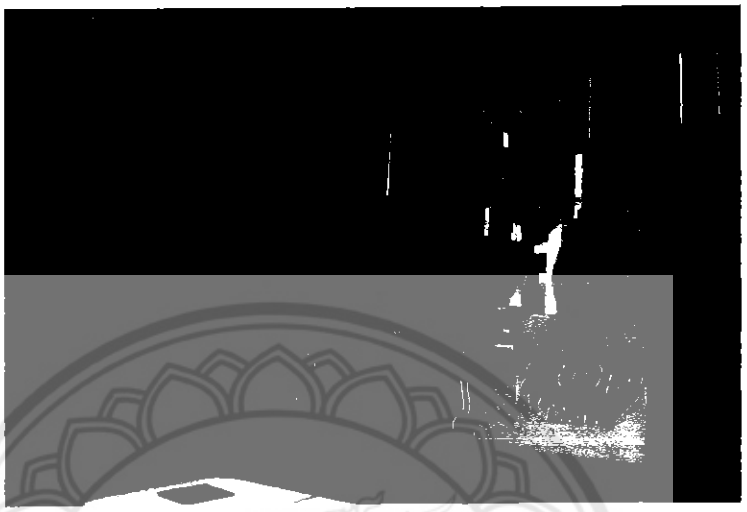
4.5.4 การรวม Code ทั้งสองชุดเข้าด้วยกันทำได้โดยนำ Code ชุดที่ 2 ไปวางต่อ Code ชุดที่1 ดังรูปที่ 4.67



รูปที่ 4.67 แสดงการต่อ Code ทั้ง 2 ชุดเข้าด้วยกัน

4.6 ศึกษาการใช้งานเครื่องกัดซีเอ็นซี รุ่น HAAS VF1

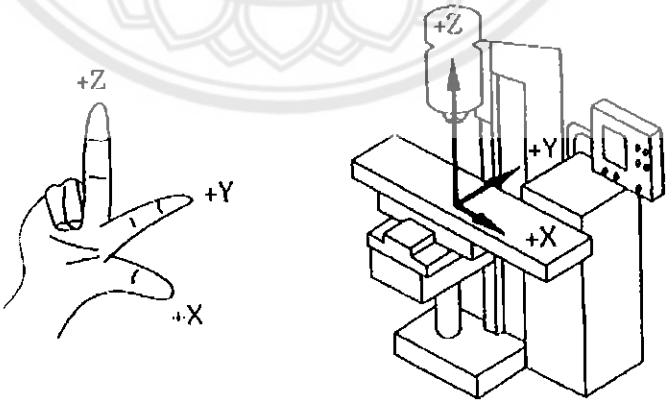
เครื่องจักร VF series เป็นเครื่อง Vertical Machining center หมายถึง เครื่องกัดแนวตั้งแบบรวมศูนย์เครื่องมือตัด



รูปที่ 4.68 เครื่องกัดซีเอ็นซี รุ่น HAAS VF1

4.6.1 การเคลื่อนที่ของแนวแกน

การพิจารณาการเคลื่อนที่จะถือว่า Tool หรือหัวตัดเป็นตัวเคลื่อนที่ไปในทิศทางต่างๆ ตามกฎมือขวา หมายถึง การเคลื่อนที่ของเครื่องจะต้องไปตามทิศทางของแกนหลัก และแกนหมุนต่างๆ



รูปที่ 4.69 การกำหนดแนวแกนของเครื่องกัด

4.6.2 การเปิดเครื่อง

4.6.2.1 เสียบสายลม แล้วเช็คความดันของลม ไม่ให้ต่ำหรือสูงกว่า 80%

4.6.2.2 เปิด Switch ด้านหลังเครื่อง

4.6.2.3 กด Power On แล้วรอสักครู่ให้เครื่องโหลดข้อมูลและเช็คสภาพเครื่องก่อน > Emergency Stop > Reset

4.6.2.4 กด Power Up Restart > เลือก Repid 25 เพื่อให้ทุกแนวแกนกลับไปที่จุดศูนย์ของเครื่องและจำค่าไว้เพื่ออ้างอิงในการทำงาน

4.6.2.5 กด Zero Return > Auto All Axis เพื่อให้เครื่องกลับไปตำแหน่ง Home และเตรียมพร้อมในการทำงาน

4.6.3 การวอร์มเครื่องก่อนการใช้งาน

4.6.3.1 กด MID DNC เพื่อเข้าสู่โหมดการเขียนโปรแกรมโดยเฉพาะ

4.6.3.2 พิมพ์ MO3 S500 > Enter > กด Cycle Start Spindle จะหมุนตามเข็มนาฬิกาที่ความเร็ว 500 รอบ/นาที

4.6.3.3 ใช้เวลาในการวอร์มเครื่องประมาณ 10-15 นาที แล้วกดปุ่ม Stop เพื่อหยุด Spindle

4.6.4 การ Set จุดศูนย์ชิ้นงาน

4.6.4.1 การกำหนดจุดศูนย์ของชิ้นงานที่จุดศูนย์กลางที่สำคัญคือ ต้องกำหนดให้ตรงกับขั้นตอน Manufacturing

4.6.4.2 กด Handle Job > Rage Up ไปที่หน้าจอ Position Operator > CW เพื่อให้ Spindle หมุนตามเข็มนาฬิกา

4.6.4.3 การตั้งโต๊ะงานให้อยู่ในแนวแกนที่ต้องการ เลือกแนวแกนที่ Job Lock > เลือกความเร็วในการเคลื่อนที่จาก Handle Job > หมุน Hand Wheel ไปที่ตำแหน่งที่ต้องการ เช่น

-X = -250.0 mm.

-Y = -200.0 mm.

-Z = -120.0 mm.

4.6.4.4 เลือกแกน X > Origin > Y > Origin > Z > Origin

4.6.4.5 ยกแกน Z ขึ้นมา 36 mm. > Origin

4.6.4.6 ทำการกำหนดค่า Work Offset

- กด Offset > กด Page Up 1 ครั้ง แล้วเลื่อน Curser ไปที่ค่า X ของ G54 > F4 > Part Zero Set และที่เหลืออีกสองค่า (Y,Z) ทำเหมือนกัน เพื่อป้อนค่าจุดศูนย์ของชิ้นงานเข้าชุดควบคุมของเครื่อง

- กด Page Down 1 ครั้ง แล้วเลื่อน Curser ไปที่ Tool Length ของ Tool หมายเลข 3 แล้วพิมพ์ 0 > Enter > F1 > Tool Offset Measure เป็นการชดเชยความยาวของ Tool บนชุดควบคุมของเครื่อง

- กด Stop ให้ Spindle หยุดหมุนแล้วยกแกน Z ขึ้นให้สุด ใส่ชิ้นงานบนโต๊ะงาน

- กด Stop ให้ Spindle หยุดหมุน > Zero Return > Auto All Axes เพื่อให้ทุกแนวแกนกับตำแหน่ง Home และเตรียมพร้อมที่จะกัดชิ้นงาน

4.6.5 การป้อนโปรแกรมเข้าชุดควบคุม

4.6.5.1 ใส่แผ่นดิสก์ในช่อง Drive A ของชุดควบคุมเครื่องกัด

4.6.5.2 กด Edit เพื่อเข้าสู่โหมดแก้ไขข้อมูล > F1 เพื่อเรียกรายการย่อยในหน้าต่าง Edit ออกมาเลือกใช้งาน

4.6.5.3 เลื่อน Curser ไปที่ I/O > Floppy Directory > Enter เพื่อเรียกไฟล์โปรแกรมจากแผ่นดิสก์ขึ้นมา

4.6.5.4 เลื่อน Curser ไปที่ชื่อไฟล์ที่ต้องการ > Enter รอสักครู่ เครื่องจะโหลดไฟล์ NC-Code ขึ้นมาให้ทำงาน

4.6.6 การดูกราฟฟิกการเคลื่อนที่ของ Tool อย่างรวดเร็วเพื่อดูว่าตัวโปรแกรมไม่มีปัญหา

4.6.6.1 กด Edit > MEM > SETTING GRAPG 2 ครั้ง > F3 > F4 > CYCLE START ที่หน้าจอจะแสดงการเคลื่อนที่ของ Tool

4.6.7 การสั่งให้โปรแกรมทำงาน

4.6.7.1 เมื่อกำหนดจุดศูนย์ของโปรแกรมค่า Offset ชดเชยความยาว Tool และดูภาพกราฟฟิกจนมั่นใจแล้วว่าการเคลื่อนที่ของ Tool และโต๊ะงานถูกต้องแล้วก็สั่ง Run โปรแกรมได้

4.6.7.2 กด Edit > MEM > CURNT COMDS > SINGLE BLOCK > RAPID 5 > CYCLE START เครื่องกัดเริ่มทำงานทีละบรรทัดตามที่เลือก เมื่อมั่นใจว่าตัวโปรแกรมไม่มีปัญหาให้ปลด SINGLE BLOCK ออก เพื่อให้เครื่องทำงานต่อเนื่องไปเรื่อยๆ จนจบโปรแกรม

4.6.7.3 เมื่อจบโปรแกรมจะมีเสียงกริ่งดังขึ้น ให้กด Reset

4.6.7.4 กด Handle Jog > เลือกความเร็ว > เลือกแกน Z > ใช้ Hand Wheel ยกแกน Z ให้ขึ้นสุด แล้วเอาชิ้นงานออกจากเครื่อง

4.6.8 การปิดเครื่อง

4.6.8.1 ZERO RETURN > AUTO ALL AXES เพื่อให้ทุกแนวแกนกลับไปอยู่ตำแหน่ง Home G28

4.6.8.2 กด Emergency Stop > POWER OFF เพื่อปิดเครื่อง > ปิด Switch ไฟ ที่อยู่ทางด้านหลังของเครื่อง

4.6.8.3 ถอดสายลมด้านหลังเครื่องออก

4.7 ทำการทดสอบกัดชิ้นงานที่ออกแบบกับเครื่องกัดซีเอ็นซี

4.7.1 นำโฟมที่ตัดได้ขนาด 230 x 250 มม. หนาประมาณ 35 มม. จับที่ปากกาจับชิ้นงาน แล้วตั้งค่า G54 เพื่อให้เครื่องบอกพิกัดของจุดเริ่มต้นการกัดชิ้นงานได้ที่จุด x=0 , y=0 , z=0 ได้

4.7.2 จากนั้นนำ NC-Code เข้าเครื่องซีเอ็นซีก่อน แล้วจึงเข้าโหมด EDIT แล้ว ไปที่ MEM ต่อจากนั้นกดปุ่ม SETTING GRAPH 2 ครั้ง แล้วกดที่ CYCLE START เพื่อตรวจเช็คดูการทำงานและข้อผิดพลาดของ NC-Code

หลังจากตรวจสอบว่า NC-Code ถูกต้องแล้ว จะทำการเข้าสู่ขั้นตอนการเริ่มทดสอบกัดชิ้นงานโดยสังเกตการเดินของ Tool ว่าเกิดปัญหาหรือไม่ทำได้โดยกดEDIT > MEM > CURNT COMDS> SINGLE BLOCK > RAPID 5 > CYCLE START เครื่องกัดเริ่มทำงานทีละบรรทัดตามที่เลือก เมื่อมั่นใจว่าตัวโปรแกรมไม่มีปัญหา ให้ปลด SINGLE BLOCK ออก เพื่อให้เครื่องทำงานต่อไปเรื่อยๆ จนจบโปรแกรมโดยสังเกตการเดินของ Tool ในช่วงแรกว่าจะเกิดปัญหาหรือไม่

รูปที่ 4.70 แสดงการทดสอบการกัดชิ้นงานจากโฟม

4.8 การหล่อเรซิ่น

4.8.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการหล่อแบบเรซิ่น ประกอบด้วย

1. น้ำยาเรซิ่น	2.5 ลิตร
2. น้ำยาเร่ง	3 cc
3. ไม้อัด	กว้าง 230 มม. ยาว 250 มม. สูง 70 มม.
4. กล่องนม	กว้าง 40 มม. ยาว 60 มม. สูง 50 มม.

5. กาวร้อน , กรรไกร , มีดคัตเตอร์ , ปืนยิงกาวแท่ง , ค้อน , ตะปู ฯลฯ

4.8.2 เจาะตรงกลางไม้อัดแผ่นที่ใช้ทำฐานให้มีขนาดเท่ากับขนาดของกล่องนมแล้วใช้กาวร้อนยึดติดกับฐานให้แน่นเพื่อใช้เป็นที่จับของปากกาจับชิ้นงานในเครื่องซีเอ็นซี จากนั้นประกอบแบบหล่อเข้าด้วยกัน โดยใช้ตะปูและกาวร้อนในการยึดไม้อัดแต่ละส่วนเข้าด้วยกัน แล้วใช้ปืนยิงกาวแท่งอุดรูและรอยต่อระหว่างแผ่นไม้

4.8.3 ผสมน้ำยาเรซิ่นกับน้ำยาเร่งลงในภาชนะผสม โดยใช้ปริมาณน้ำยาเร่งเพียง 4-5 หยด ถ้าใส่น้ำยาเร่งมากเกินไปจะทำให้ชิ้นงานแตกได้ โดยผู้ดำเนินการวิจัยได้ทำการหล่อเรซิ่นดังนี้

- ครั้งที่ 1 ผสมน้ำยาเรซิ่น 2.5 ลิตร กับน้ำยาเร่งประมาณ 2 ช้อนโต๊ะ ปรากฏว่า เพียงเวลาประมาณครึ่งชั่วโมง น้ำเรซิ่นทำปฏิกิริยากับน้ำยาเร่งอย่างรุนแรงจนทำให้เรซิ่นแตก โดยในช่วงทำปฏิกิริยากันนั้นจะสังเกตเห็นควันขึ้นและมีกลิ่นรุนแรง

- ครั้งที่ 2 ผสมน้ำยาเรซิ่น 2.5 ลิตร กับน้ำยาเร่งประมาณ 6 หยด ปรากฏว่า แบบที่ใช้ทำจากกระดาษเกิดการรั่วและเมื่อทิ้งไว้เป็นเวลา 4-5 วัน เรซิ่นถึงจะแห้งแต่พบว่าปริมาณน้ำยาเรซิ่นที่รั่วออกไปมีปริมาณมากทำให้ความหนาของแผ่นเรซิ่นมีความหนาน้อยเกินกว่าที่จะนำมากัดเป็นชิ้นงานได้

- ครั้งที่ 3 ผสมน้ำยาเรซิ่น 2.5 ลิตร กับน้ำยาเร่งประมาณหนึ่งช้อนโต๊ะครึ่ง และได้ใช้ไม้อัดมาทำเป็นแบบหล่อแทนกระดาษ ปรากฏว่าเมื่อปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 2 ชั่วโมง น้ำยาเรซิ่นกับน้ำยาเร่งเกิดการทำปฏิกิริยาต่อกันจนทำให้แผ่นเรซิ่นแตก

- ครั้งที่ 4 ผสมน้ำยาเรซิ่น 2.5 ลิตร กับน้ำยาเร่งประมาณ ครึ่งช้อนโต๊ะ ปรากฏว่าเมื่อทิ้งไว้ประมาณ 8 ชั่วโมง น้ำยาเรซิ่นกับน้ำยาเร่งเกิดการทำปฏิกิริยาต่อกันจนทำให้แผ่นเรซิ่นแตก

- ครั้งที่ 5 ผสมน้ำยาเรซิ่น 2.5 ลิตร กับน้ำยาเร่งประมาณ 8 หยด และได้ปล่อยไว้ประมาณ 1 วันพบว่า น้ำยาเรซิ่นและน้ำยาเร่งไม่เกิดการทำปฏิกิริยาใดๆต่อกัน ทางผู้จัดทำเห็นว่าควรนำไปตากแดดเพื่อใช้ความร้อนในการเร่งให้เกิดการทำปฏิกิริยา ปรากฏว่าเป็นไปดังที่ผู้จัดทำคาดการณ์ไว้แต่แล้วก็พบว่าแผ่นเรซิ่นก็แตกเช่นเคย ทางผู้จัดทำคิดว่าน้ำยาเร่งที่ทำการผสมมีปริมาณมากเกินไป

- ครั้งที่ 6 ผสมน้ำยาเรซิ่น 2.5 ลิตร กับน้ำยาเร่งประมาณ 4 หยด และปล่อยไว้ประมาณ 3 วันพบว่า น้ำยาเรซิ่นและน้ำยาเร่งไม่เกิดการทำปฏิกิริยาใดๆต่อกัน ทางผู้จัดทำเห็นว่าควรนำไปตากแดดเพื่อใช้ความร้อนในการเร่งให้เกิดการทำปฏิกิริยา แต่ใช้วิธีการคือ เมื่อตากแดดจนเห็นว่าน้ำยาเรซิ่นเริ่มแข็งตัวและมีสีขุ่น ให้รีบนำมาวางเก็บไว้ในที่ร่มเพื่อให้ความร้อนลดลงจนถึงระดับปกติ แล้วจึงนำออกไปตากแดดใหม่เพราะบริเวณขอบและด้านล่างของแผ่นเรซิ่นยังไม่แห้งสนิท โดยตากแดดอีกประมาณ 2 วัน ถึงจะได้แผ่นเรซิ่นที่แห้งสนิทและพร้อมใช้งาน

4.9 ทำการกัดชิ้นงานด้วยวัสดุที่เป็นเรซิ่น

4.9.1 นำแผ่นเรซิ่นที่ได้จากการหล่อขนาด 230 x 250 มม. หนาประมาน 35 มม. จับที่ปากกาจับชิ้นงาน แล้วตั้งค่า G54 เพื่อให้เครื่องบอกพิกัดของจุดเริ่มต้นการกัดชิ้นงานได้ที่จุด x=0 , y=0 , z=0 ได้

4.9.2 จากนั้นนำ NC-Code เข้าเครื่องซีเอ็นซีก่อน แล้วจึงเข้าโหมด EDIT แล้ว ไปที่ MEM ต่อจากนั้นกดปุ่ม SETTING GRAPH 2 ครั้ง แล้วกดที่ CYCLE START เพื่อตรวจเช็คดูการทำงานและข้อผิดพลาดของ NC-Code

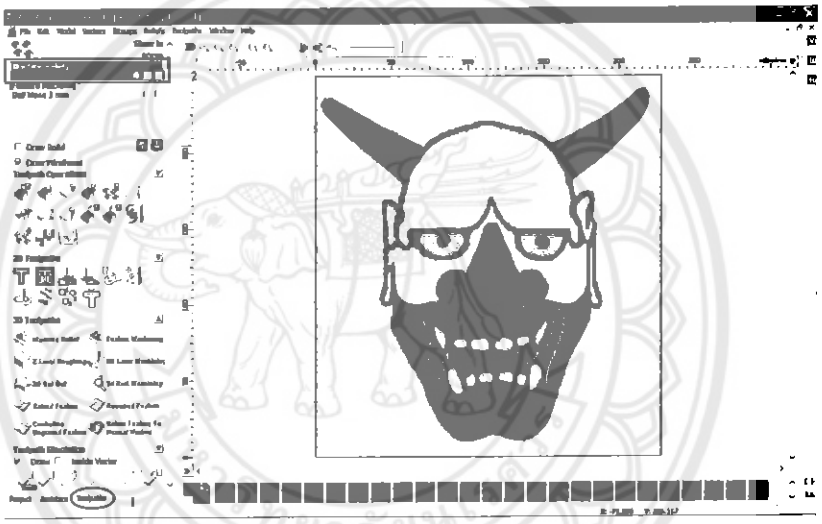
หลังจากตรวจสอบว่า NC-Code ถูกต้องแล้ว จะทำการเข้าสู่ขั้นตอนการเริ่มทดสอบกัดชิ้นงานโดยสังเกตการเดินของ Tool ว่าเกิดปัญหาหรือไม่ EDIT > MEM > CURNT COMDS > SINGLE > BLOCK > RAPID 5 > CYCLE START เครื่องกัดเริ่มทำงานทีละบรรทัดตามที่เลือก เมื่อมั่นใจว่าตัวโปรแกรมไม่มีปัญหา ให้ปลด SINGLE BLOCK ออก เพื่อให้เครื่องทำงานต่อไปเรื่อยๆ จนจบโปรแกรมโดยสังเกตการเดินของ Tool ในช่วงแรกว่าจะเกิดปัญหาหรือไม่

4.9.3 เมื่อเครื่องซีเอ็นซีทำการกัดลงไปในชิ้นงานแล้วเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงไปทางขวา โดยที่มีความลึกในการกัด เท่ากับ 12 มม. พบว่า ฐานที่ใช้จับกับปากกาจับชิ้นงานหักออกจากฐานด้านบนที่ติดกันอยู่เนื่องจากเรซิ่นมีความแข็งและใช้ความลึกในการกัดมากเกินไปจึงทำให้เกิดปัญหาดังกล่าวขึ้น จึงต้องทำการกำหนดค่าการทำงานของ Tool ในโปรแกรม Art CAM Pro 9 ใหม่

4.10 แก้ไขข้อผิดพลาดจากการกัดชิ้นงานด้วยวัสดุที่เป็นเรซิ่น

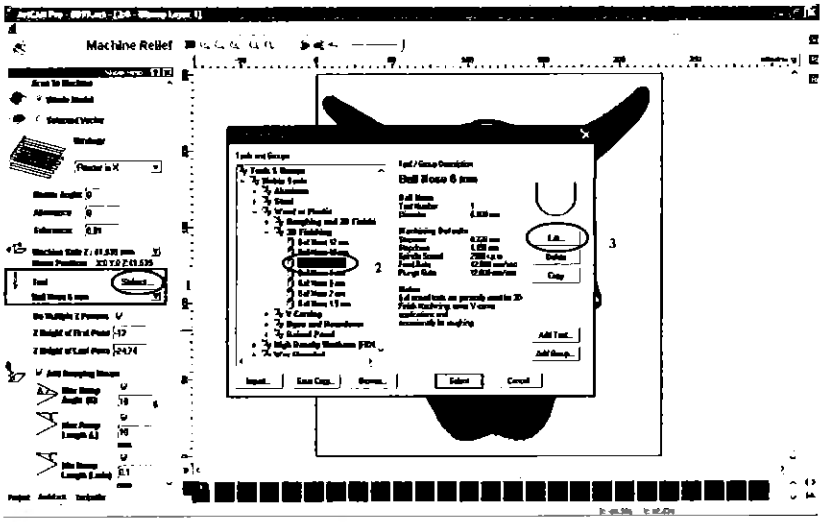
4.10.1 เมื่อพบปัญหาจากการทำงานของ Tool ที่กัดชิ้นงานลึกเกินไปจนทำให้ฐานเรซิ่นหักออกจากกัน จึงต้องทำการแก้ไขการทำงานของ Tool ในโปรแกรม Art CAM Pro 9 โดยจะกำหนดให้ความลึกในการกัดชิ้นงานมีค่าน้อยลง เพื่อให้แรงที่กระทำกับชิ้นงานในการกัดชิ้นงานมีค่าลดลง ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

4.10.1.1 เมื่อเข้าโปรแกรม Art CAM Pro 9 แล้วทำการ Open ไฟล์ Art CAM ที่ได้ทำการบันทึก Code ไว้แล้ว จากนั้น คลิกเลือกโหมด Toolpaths แล้วดับเบิ้ลคลิก ที่ Machine Relief ดังรูปที่ 4.71



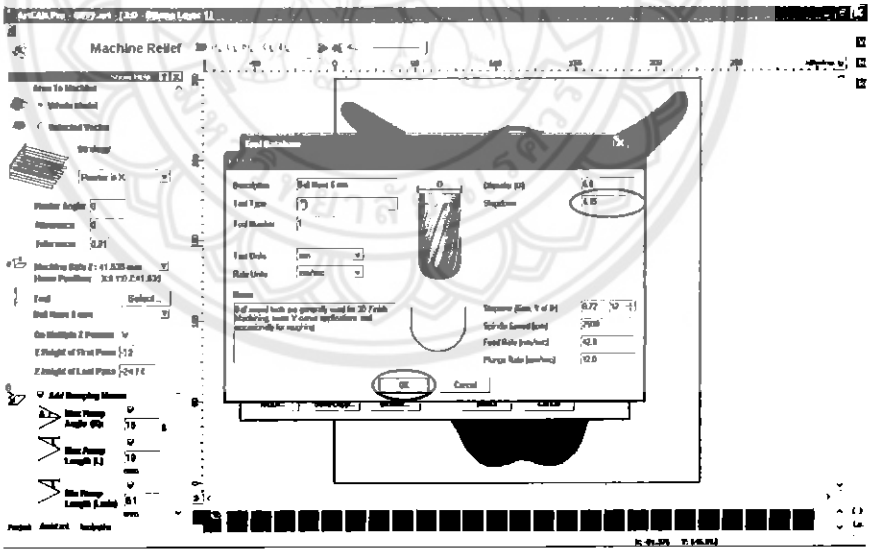
รูปที่ 4.71 การแก้ไขการทำงานของ Tool ที่ไฟล์ Art CAM เดิม

4.10.1.2 คลิกที่ Select ของโหมด Tool จากนั้น คลิกที่ Ball Nose 6 mm แล้วคลิก Edit เพื่อเข้าไปทำการเปลี่ยนค่า ดังรูปที่ 4.72



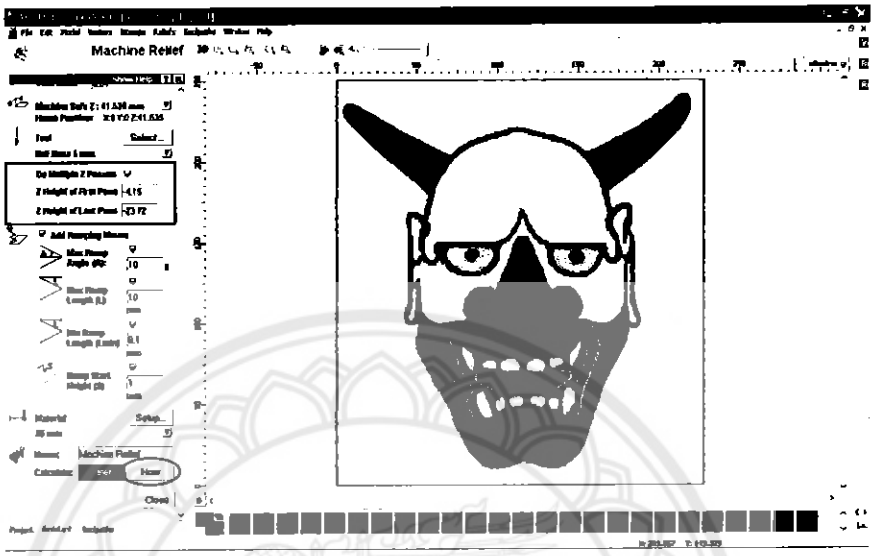
รูปที่ 4.72 การเข้าไปเปลี่ยนค่าการทำงานของ Tool

4.10.1.3 เปลี่ยนค่า Stepdown ให้มีค่าเท่ากับ 4.15 เพราะว่าค่า Stepdown คือค่าความลึกที่ Tool จะกัดลึกลงไปในชิ้นงาน เช่น ถ้ากำหนดค่า Stepdown = 4.15 มีความหมายว่า Tool จะกัดลงไปในชิ้นงานลึก 4.15 มม. จากนั้นคลิก OK ดังรูปที่ 4.73



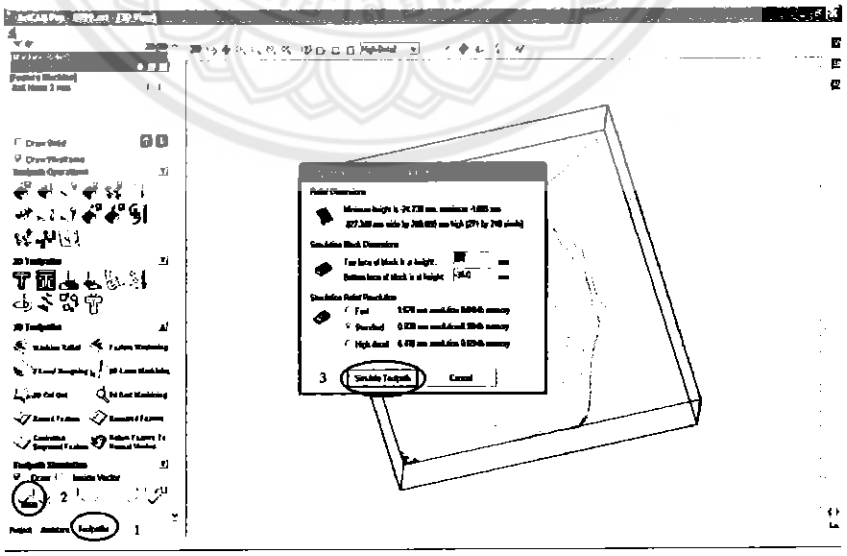
รูปที่ 4.73 การตั้งค่า Stepdown

4.10.1.4 จากนั้น เปลี่ยนค่า Z Height of First Pass ให้มีค่าเท่ากับค่า Stepdown คือ -4.15 เพราะว่าจะไม่สามารถตั้งค่า Z Height of First Pass ให้มีค่ามากกว่าค่าของ Stepdown ได้ จากนั้น คลิก NOW ดังรูปที่ 4.74



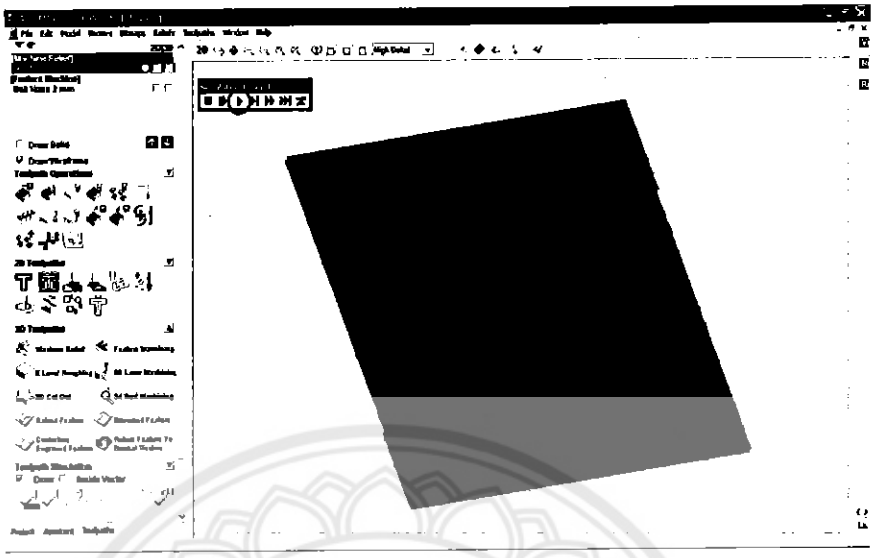
รูปที่ 4.74 การตั้งค่า Z Height of First Pass

4.10.2 เพื่อทดสอบดูเส้นทางการเดินของ Tool และลักษณะของชิ้นงานหลังการกัด จึงต้องทำการ Simulate โดย คลิกเลือกโหมด Toolpaths => Simulate Toolpath => Simulate Toolpath

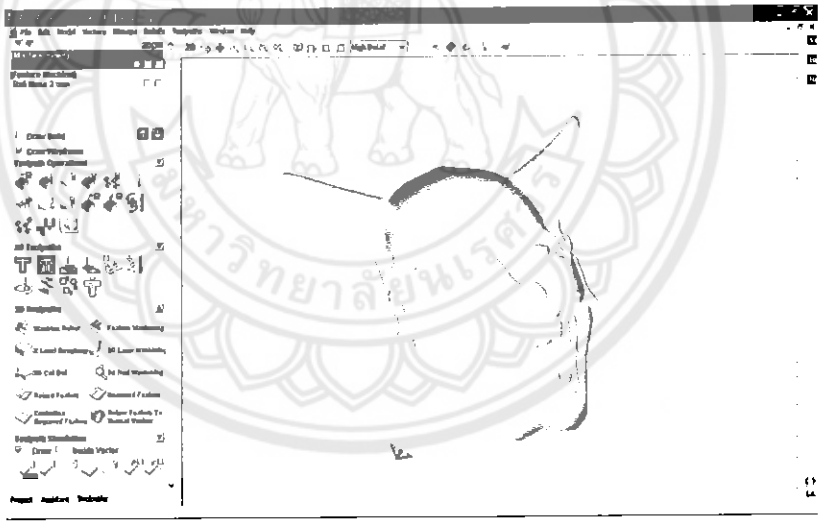


รูปที่ 4.75 การเข้าโหมด Simulate

4.10.3 คลิก play เพื่อดูผลการ Simulate ว่าได้รูปชิ้นงานตามที่ต้องการหรือไม่ ดังรูปที่ 4.76

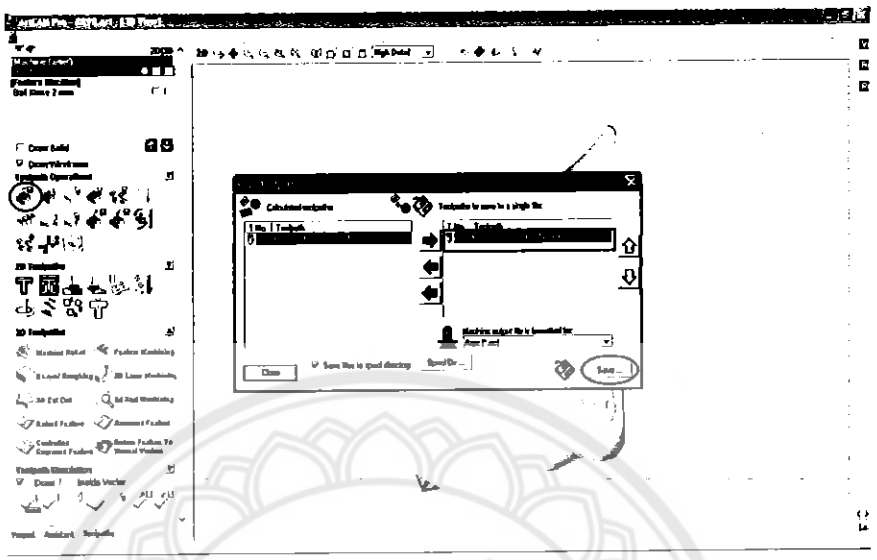


รูปที่ 4.76 ขณะทำการ Simulate



รูปที่ 4.77 รูปชิ้นงานหลังจากการ Simulate

4.10.4 ทำการ Save NC-Code โดย คลิกที่ Save Toolpath แล้วเลื่อนให้ Machine Relief – Ball Nose 6 mm ไปอยู่ด้านขวา แล้วเลือกสกุล Axyz(*.nc) แล้วคลิก Save ดังรูปที่ 4.78



รูปที่ 4.78 การ Save NC-Code

4.10 การเชื่อมต่อเครื่องจักรซีเอ็นซีผ่าน Port RS – 232

หลังจากที่ได้ทำการแก้ไขความลึกในการกัดชิ้นงานของ Tool จาก 12 มม. เป็น 4.15 มม. และทำการ Save NC-Code ใหม่ ปรากฏว่าขนาดของไฟล์ใหญ่กว่าขนาดความจุของแผ่น Floppy A คือใหญ่กว่า 1.44 Mb จึงทำให้ไม่สามารถ Save NC-Code ทั้งหมดลงในแผ่น Floppy A เพื่อป้อนเข้าเครื่องซีเอ็นซีได้ ดังนั้นจึงต้องทำการป้อน NC-Code เข้าเครื่องซีเอ็นซีโดยใช้ Port RS – 232 แทน

เครื่องจักรซีเอ็นซีโดยทั่วไปจะมีช่องทางการสื่อสารหรือ Port RS – 232 สำหรับใช้ในการถ่ายโอนข้อมูลระหว่างเครื่องจักรกับเครื่องคอมพิวเตอร์ (ยกเว้นเครื่องรุ่นเก่าบางเครื่อง ซึ่งไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์นี้มา) ก่อนอื่นควรทำความเข้าใจก่อนว่าระบบควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซีก็คือคอมพิวเตอร์ชนิดหนึ่งเช่นกัน เพียงแต่ผู้สร้างได้ทำการแยกส่วนต่างๆเข้าไว้ในเครื่องจักรซึ่งอาจเป็นเหตุให้หลายท่านไม่เข้าใจคิดว่าต้องมีอะไรพิเศษ ดังนั้นมาตรฐานหนึ่งสำหรับการติดต่อสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์คือการเชื่อมต่อสัญญาณด้วยสาย โดยผ่านช่องทางการสื่อสาร (Communication port) หรือที่เคยเห็นกันคือ ช่องต่อเมาส์ , โมเด็ม ซึ่งเป็นมาตรฐานแบบ RS-232 หรือที่รู้จักกันว่า COM. Port (COM 1 , COM2 , COM3 ,...) โปรแกรมสำหรับการติดต่อสื่อสาร (Qmodem , Master CAM , DNC Link , etc) อาจเป็นโปรแกรมที่ติดมากับ CAD/CAM หรือหาจากใน Internet จะมีด้วยกันหลายโปรแกรม

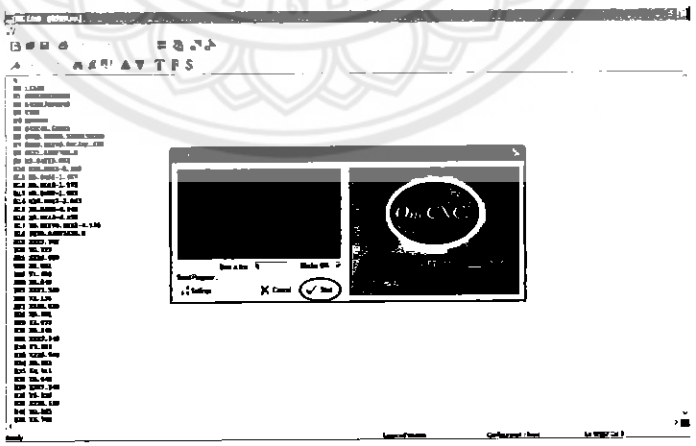
ในการส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปสู่เครื่องซีเอ็นซีนั้น ได้ใช้โปรแกรม ONE CNC ในการรับ-ส่งข้อมูล โดยมีขั้นตอน คือ

1. ส่งจากคอมพิวเตอร์ เข้าเครื่องซีเอ็นซี

- เปิดโปรแกรมรับ-ส่ง เลือกไฟล์ที่จะใช้งาน
- ที่เครื่องจักร เลือก LIST PROG ย้าย Cursor ไปที่คำว่า ALL
- ที่โปรแกรมรับ-ส่ง เข้าโหมด Utilities เลือกเมนูการส่งข้อมูล (Sent) แล้วคลิกที่ Setting เพื่อทำการปรับค่าต่างๆ ดังรูปที่ 4.77

รูปที่ 4.79 เมนูการส่งข้อมูล (Sent) เพื่อปรับค่าต่างๆ

- คลิก Start ที่คอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 4.78



รูปที่ 4.80 คลิก Start เพื่อรันโปรแกรม

รูปที่ 4.81 แสดงขณะทำการกัดชิ้นงานโดยใช้วัสดุที่เป็นเรซิ่น

รูปที่ 4.82 ชิ้นงานเสร็จสมบูรณ์

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงงาน

ในการออกแบบรูปหน้ากากเท็นงูใช้โปรแกรม Art CAM Pro 9 ในการออกแบบและใช้โปรแกรม Adobe Photoshop CS 3 ช่วยในการตกแต่งภาพเพื่อให้ภาพนั้นมีความละเอียดมากขึ้น เนื่องจากรูปภาพนั้นมีมิติของความสูงต่ำไม่เท่ากัน จึงต้องทำการตกแต่งโดยการแบ่งรูปออกเป็นส่วนๆและทำการเติมสีลงไปในแต่ละส่วนเพื่อให้ง่ายต่อการมองภาพและดึงภาพของโปรแกรม Art CAM Pro 9 เมื่อได้รูปภาพที่สมบูรณ์จากการตกแต่งแล้วทำการ Simulate ดูว่ารูปที่เป็น 3D ที่ออกมานั้นตรงกับความต้องการหรือไม่ เมื่อได้รูปที่ตรงกับความต้องการแล้วก็ทำการบันทึก Code ออกมา ซึ่งจะได้ Code ออกมา 2 ชุด เนื่องจากต้องการกัดชิ้นงานเป็น 2 ช่วง คือการกัดปาดหน้าให้เป็นรูปร่างใน Code ช่วงแรก และใช้ Tool ขนาดเล็กในการกัดร่องเพื่อให้แต่ละส่วนของชิ้นงานมีความชัดเจนมากยิ่งขึ้นและเพื่อให้ได้ Code ที่สมบูรณ์จึงได้ใช้โปรแกรม NC Link เข้ามาช่วยในการเชื่อมต่อและปรับแต่ง Code ให้สามารถใช้กับเครื่องกัดซีเอ็นซีรุ่น HAAS VF1 แบบ 3 แนวแกน เมื่อได้ NC-Code ที่ต้องการแล้ว นำ NC-code ที่ได้จัดเก็บลงในแผ่น Floppy A เพื่อนำ NC-Code ป้อนเข้าเครื่องซีเอ็นซีและทำการกัดชิ้นงานโดยใช้วัสดุที่เป็นเรซิ่นให้ออกมาตรงตามที่ได้ออกแบบไว้ทุกประการ

5.2 ปัญหา

จากการปฏิบัติการกัดรูปหน้ากากเท็นงูโดยใช้เรซิ่นเป็นวัสดุด้วยการใช้โปรแกรม Adobe Photoshop CS 3 และโปรแกรม Art CAM Pro 9 ในการออกแบบและตกแต่งรูปภาพ และใช้โปรแกรม NC Link ช่วยในการปรับแต่งและแก้ไข NC-Code พบปัญหา ดังนี้

5.2.1 เนื่องจาก NC-Code ที่ได้จากการ CAM ในโปรแกรม Art CAM Pro 9 นั้น จะใช้การรันตัวเลขแบบจำนวนข้าม คือ NC-Code จะเริ่มต้นจาก N10 , N20 , N30 , ... เป็นต้น ดังนั้นจึงทำให้โปรแกรม Art CAM ทำการ CAM NC-Code ออกมาแล้วทำให้ได้ Code ที่มีจำนวน N เกินจำนวนหลักแสน ซึ่งจะทำให้เครื่องกัดซีเอ็นซีอ่านค่าไม่ได้เนื่องจากเครื่องซีเอ็นซีนั้นจะสามารถอ่านค่าได้ถึงเพียงหลักหลักหมื่นเท่านั้นเพราะ เมื่อถึงบรรทัดที่ N99999 เครื่องก็จะไม่สามารถอ่านบรรทัดต่อไปใน NC-Code ได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการเรียบเรียงจำนวน NC-Code ใหม่โดยการใช้โปรแกรม NC Link เข้ามาช่วยในการจัดลำดับของ NC-Code ให้เป็น N1 , N2 , N3 , ...

5.2.2 เนื่องจากขนาดของชิ้นงานที่ใช้มีขนาดใหญ่และค่อนข้างหนา จึงได้ทำการเลือกเรซิ่นเป็นวัสดุเพราะสามารถทำการหล่อลงในแบบให้มีขนาดตามที่ต้องการได้ แต่เนื่องด้วยผู้จัดทำไม่มีประสบการณ์ในการหล่อเรซิ่นมาก่อน จึงทำให้เกิดปัญหาในการหล่อขึ้นหลายครั้งโดยปัญหาหลักคือ ปัญหาในการผสมส่วนผสมระหว่างน้ำยาเรซิ่นกับน้ำยาเร่งปฏิกิริยาการแข็งตัว เมื่อทำการผสมแล้วปรากฏว่า เรซิ่นแข็งตัวจนแตกเนื่องจากผสมน้ำยาเร่งปฏิกิริยาในปริมาณที่มากจนเกินไป

5.2.3 ในการกัดชิ้นงานที่วัสดุเป็นเรซิ่นปรากฏว่า ได้กำหนดให้ Tool กัดชิ้นงานมีความลึกในการกัดมากเกินไปจนทำให้แรงกระทำระหว่าง Tool กับชิ้นงาน มีมากเกินไปจนทำให้ฐานของชิ้นงานซึ่งเป็นส่วนที่ใช้จับยึดชิ้นงานโดยปากกาจับชิ้นงานหักออก ดังนั้นจึงต้องทำการปรับเปลี่ยนค่าความลึกของการกัดชิ้นงานให้มีค่าน้อยลง แต่ในการปรับค่านี้ก็จะส่งผลต่อเวลาในการกัดชิ้นงานเพราะต้องใช้เวลาในการกัดชิ้นงานเพิ่มขึ้น

5.3 ข้อเสนอแนะ

ได้จัดทำข้อเสนอแนะเพื่อให้เป็นแนวทางการศึกษาให้กับผู้ที่สนใจ ได้ศึกษาค้นคว้าวิจัยโครงงานนี้ต่อไป ดังนี้

5.3.1 เสนอให้มีการใช้โปรแกรม Art CAM Pro 9 สอนควบคู่กับเครื่องกัดซีเอ็นซี เนื่องด้วยโปรแกรมนี้ง่ายในการ CAM เพื่อให้ได้ NC-Code และทางคณะผู้จัดทำเห็นว่าโปรแกรมนี้สามารถนำไปใช้ในการทำงานจริงได้

5.3.2 หากมีผู้ที่สนใจในโครงงานนี้แล้วต้องการจะศึกษาโปรแกรมและทำการกัดชิ้นงานด้วยทางผู้ดำเนินโครงงานเห็นว่าควรเลือกใช้วัสดุอื่นเป็นวัสดุของชิ้นงาน เพราะถ้าไม่มีประสบการณ์ในการหล่อเรซิ่นแล้วอาจจะประสบปัญหาในเรื่องการแตกของเรซิ่นเนื่องมาจากการผสมน้ำยาเรซิ่นกับน้ำยาเร่งปฏิกิริยา ควรเลือกวัสดุที่ไม่แข็งจนเกินไปและไม่ต้องทำการหล่อหรือผสมน้ำยาในการหล่อเอง เช่น โฟม , อลูมิเนียม , อะคิลิค เป็นต้น

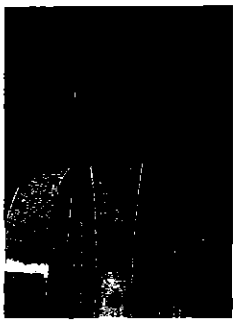
เอกสารอ้างอิง

ผศ.ชาลี ตระการกูล.(2544).**เทคโนโลยีซีเอ็นซี CNC TECHNOLOGY**.กรุงเทพฯ:ธุรกิจการพิมพ์.

อำนาจ ทองแสน.(2541).**เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบและผลิต CAD/CAM Technology**.นนทบุรี:ปานเทวาการพิมพ์.

อำนาจ ทองแสน.(2544).**ทฤษฎีและการเขียนโปรแกรม CNC สำหรับการควบคุมเครื่องจักรกลด้วยคอมพิวเตอร์**.กรุงเทพมหานคร:บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด(มหาชน).

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน



ชื่อ นายทศพร แสนกลิ่น

ภูมิลำเนา 397/35 หมู่ 10 ถ. บึงพระ ต. บึงพระ อ. เมือง จ.พิษณุโลก 65000

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: optimize_e@hotmail.com

ชื่อ นายอนุรักษ์ สักลอ

ภูมิลำเนา 25 หมู่ 9 ต. เข็กน้อย อ. เขาค้อ จ. เพชรบูรณ์ 67280

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนแคมป์สนวิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: top_toptools@hotmail.com