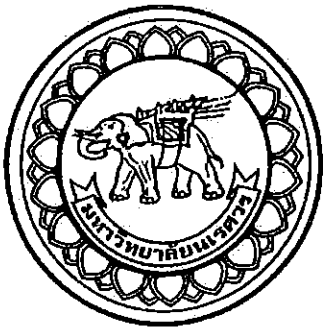


การกัดส่วนของครอบฟัน โดยใช้เครื่องกัด ซีเอ็นซี 5 แกน

MILLING FOR DENTURE CROWN BY 5 AXES CNC MILLING MACHINE

นายนภดล มหะพันธุ์ รหัส 52370781

นายไพสิฐ ชมเชียงคำ รหัส 52370927

งานบริการวิทยาศาสตร์ 30 มิ.ย. 2558 ... 168988 2 8 ...

2557

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2557

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน การกัดส่วนของครอบฟัน โดยใช้เครื่องกัด ซีเอ็นซี 5 แกน

ผู้ดำเนินโครงงาน นายนภดล มหะพันธุ์ รหัส 52370781

นายไพสิฐ ชมเชียงคำ รหัส 52370927

ที่ปรึกษาโครงงาน รศ.ดร.กวิน สนธิเพิ่มพูน

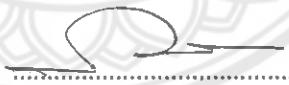
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ปีการศึกษา 2557

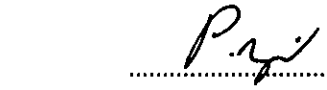
.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ



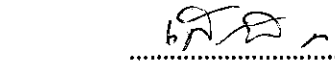
.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(รศ.ดร.กวิน สนธิเพิ่มพูน)



.....กรรมการ

(ดร.พิสุทธิ์ อภิชยกุล)



.....กรรมการ

(อาจารย์เสาวลักษณ์ ตองกลิ่น)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การกัดส่วนของครอบฟัน โดยใช้เครื่องกัด ซีเอ็นซี 5 แกน
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายนภดล มหะพันธุ์ รหัส 52370781
	นายไพสิฐ ชมเชียงคำ รหัส 52370927
ที่ปรึกษาโครงงาน	รศ.ดร.กวิน สนธิเพิ่มพูน
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2557

.....

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาการใช้โปรแกรม Solidwork เพื่อช่วยในการออกแบบตัวอย่างฟันเทียมชนิดรากเทียมในส่วนของครอบฟัน และการใช้โปรแกรม SolidCAM เพื่อช่วยในการจำลองภาพการกัดตัวอย่างฟันเทียมชนิดรากเทียมในส่วนของครอบฟัน ตลอดจนการใช้เครื่องกัดระบบซีเอ็นซี รุ่น HAAS VF1 ในการผลิตตัวอย่างฟันเทียมชนิดรากเทียมในส่วนของครอบฟัน โดยใช้ไม้เทียม เป็นวัสดุในการกัด

โดยเริ่มจากการศึกษาฟันเทียมในลักษณะต่างๆ แล้วจึงทำการศึกษาวิธีการใช้งานของโปรแกรม Solidwork ขั้นตอนที่สองทำการออกแบบตัวอย่างฟันเทียมชนิดรากเทียมในส่วนของครอบฟันที่ได้นำมาเป็นกรณีศึกษา ขั้นตอนที่สามจึงทำการศึกษาขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม SolidCAM เพื่อให้ได้ NC Code ออกมาตลอดจนทำการศึกษาการใช้เครื่องกัดระบบซีเอ็นซี เพื่อนำ NC Code ที่ได้ไปควบคุมการทำงานของเครื่องกัดระบบซีเอ็นซีในการผลิตตัวอย่างฟันเทียมชนิดรากเทียมในส่วนของครอบฟัน

ผลการศึกษาพบว่าการผลิตตัวอย่างฟันเทียมชนิดรากเทียมในส่วนของครอบฟันจากโปรแกรม Solidwork มีรูปร่างและขนาดตามที่ออกแบบไว้ โดยมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจากที่ออกแบบไว้ร้อยละ 7.84

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานเรื่องการกัดส่วนของครอบฟัน โดยใช้เครื่องกัด ซีเอ็นซี 5 แกน ประสบความสำเสร็จลุล่วงไปด้วยดีต้องขอขอบคุณ ท่านรองศาสตราจารย์ ดร.กวิน สนธิเพิ่มพูน อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน และครูช่างรณกฤต แสงผ่อง อาจารย์ที่ให้คำปรึกษา และคำแนะนำในการทำโครงงานนี้เป็นอย่างดีตลอดมา

ขอขอบคุณคณาจารย์และบุคลากรภาควิชาวิศกรรมอุตสาหการ และคณะกรรมการทุกท่าน ซึ่งได้รับความกรุณาให้คำแนะนำเสนอแนวทางการศึกษา ค้นคว้า ให้คำปรึกษา แก้ไข ปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ จนเป็นผลให้โครงงานฉบับนี้สมบูรณ์ สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ครอบครัว ญาติพี่น้อง เพื่อนๆ ทุกคนที่คอยเป็นห่วงและให้กำลังด้วยดีมาตลอด จนกระทั่งทำโครงงานเสร็จลุล่วงได้

คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม

นายนภดล มหะพันธุ์

นายไพสิฐ ชมเชียงคำ

สิงหาคม 2557

สารบัญ

หน้า

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

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 หลักการและเหตุผล.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....1
1.3 เกณฑ์ในการชี้วัดผลงาน (Output).....1
1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome).....1
1.5 ขอบเขตในการดำเนินงานวิจัย.....2
1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน.....2
1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน.....2
1.8 ขั้นตอนและแผนดำเนินโครงงาน.....2

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี.....4
2.1 ประวัติของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี.....4
2.2 คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ (Computer Aided Design).....4
2.3 คอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิต (Computer Aided Manufacturing : CAM).....8
2.4 ระบบ CAD/CAM ในงานอุตสาหกรรม.....12
2.5 การเชื่อมต่อระหว่าง CAD กับ CAM.....13
2.6 เครื่องจักรกลเอ็นซี.....15
2.7 เครื่องจักรกลซีเอ็นซี (CNC Machine).....24
2.8 การควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรซีเอ็นซี.....35
2.9 ชุดควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซี.....38

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.10 หลักการและเทคโนโลยีทางด้านการขึ้นรูปด้วยเครื่องกัด 5 แกน....48
2.11 ส่วนประกอบหลักของเครื่องซีเอ็นซี 5 แกน....51
2.12 ข้อดีและข้อจำกัดของระบบซีเอ็นซี....53
2.13 ลักษณะของฟันปลอม....54
2.14 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง....58

บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน....61
3.1 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับฟันเทียม....61
3.2 ศึกษาการใช้โปรแกรม Solidcam....61
3.3 ศึกษาการใช้งานเครื่องกัดซีเอ็นซี รุ่น HAAS VF1....61
3.4 ทำการออกแบบตัวอย่างฟันกราม....61
3.5 ทดสอบการใช้เครื่องกัดซีเอ็นซี....61
3.6 ปรับปรุงและแก้ไขโปรแกรม....61
3.7 การปฏิบัติการโดยใช้เครื่องกัดซีเอ็นซีในการกัดไม้เทียม....62
3.8 การตรวจสอบความถูกต้องของส่วนของครอบฟัน....62
3.9 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง....62
3.10 จัดทำรูปเล่มโครงงานและนำเสนอผลงาน....62

บทที่ 4 ผลการดำเนินโครงงาน....63
4.1 ทำการเลือกตัวอย่างฟันเทียมที่จะนำมาออกแบบ....63
4.2 ทำการออกแบบตัวอย่างฟันเทียมชนิดรากเทียมในส่วนของครอบฟัน....63
4.3 การใช้โปรแกรม SolidCAM....68
4.4 ศึกษาการใช้งานเครื่องกัดซีเอ็นซี รุ่น HAAS VF1....75
4.5 การทดสอบการกัดโดยการใช้เครื่องกัดซีเอ็นซี....77
4.6 การเปรียบเทียบต้นแบบฟันเทียมกับชิ้นงานที่ใช้กัดจริง....79

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ....81
5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ....81
5.2 ข้อเสนอแนะ....81

เอกสารอ้างอิง....82

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ขั้นตอนและแผนดำเนินการ 2
4.1 เปรียบเทียบความสูงของมุมในแต่ละมุมโดยมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน.....79
4.2 เปรียบเทียบความกว้างของฟันแต่ละชนิดโดยมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน.....80
4.3 เปรียบเทียบความสูงของฟันแต่ละชนิดโดยมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน.....80
ข.1 ตารางแสดงความหมายของตัวอักษร.....89

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 กระบวนการออกแบบ....6

2.2 เปรียบเทียบกระบวนการออกแบบด้วยมือกับกระบวนการออกแบบด้วย CAD....7

2.3 โครงสร้างของ Post Proseddor....10

2.4 เครื่องวัดจุดโคออดิเนต (CMM)....11

2.5 ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบพื้นฐานของเครื่องจักรกลอ็นซี....16

2.6 แสดงตัวอย่างหนึ่งของระบบการใช้คอมพิวเตอร์ศูนย์กลางในการควบคุม....23

2.7 เทปกระดาษสำหรับเขียนโปรแกรม NC มาตรฐาน....27

2.8 ลักษณะของเทปกระดาษตามมาตรฐานต่างๆ....28

2.9 ลักษณะของรหัสคำสั่งตามมาตรฐาน ASCII Code....29

2.10 ลักษณะของรูเจาะที่เทปกระดาษ....29

2.11 รหัสตัวอักษรตามมาตรฐาน EIA....30

2.12 ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบซีเอ็นซี....31

2.13 ตัวอย่างเครื่องอ่านเทปกระดาษ....32

2.14 ชุดควบคุมเครื่อง (MSU)....32

2.15 ลักษณะของ MSU....33

2.16 เครื่องจักรกลซีเอ็นซี....34

2.17 ตัวอย่างการควบคุมเครื่องจักรด้วยระบบวงจรปิด....34

2.18 การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงแบบ 3 แกน....35

2.19 แสดงตัวอย่างการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง....36

2.20 การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้ง 8 ลักษณะจากจุดเริ่มต้นที่กำหนดให้....37

2.21 การเคลื่อนที่แบบเฮลิคอล....37

2.22 การเคลื่อนที่แบบพาราโบลิก....38

2.23 ไดอะแกรมทำงานของหน่วยควบคุมเครื่องซีเอ็นซี....40

2.24 ไดอะแกรมการทำงานของหน่วยประมวลผลกลาง....41

2.25 ลักษณะของจอภาพซีอาร์ทีที่แสดงข้อมูลและสัญญาณต่างๆ....42

2.26 แสดงส่วนป้อนข้อมูลเข้า/ออกในระบบซีเอ็นซี....44

2.27 การควบคุมการขับเซอร์โว....45

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.28 การเชื่อมต่อพีเอ็มซีเข้ากับระบบควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซี....47
2.29 การกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ เชิงเส้นของเครื่องกัดตามกฎมือขวา....48
2.30 แกนการเคลื่อนที่หลัก X, Y และ Z ของเครื่องกัดแนวดิ่ง....49
2.31 การกำหนดทิศบวก ของแกน A, B และ C ตามกฎมือขวา....49
2.32 การขึ้นรูปบนพื้นผิวโค้ง (Profiling With Five Axes)....50
2.33 ชุดควบคุมการทำงาน (Controller)....51
2.34 รูปแสดงชุดเปลี่ยนทูลอัตโนมัติแบบ Arm Type Tool Changer....52
2.35 รูปแสดงชุดเปลี่ยนทูลอัตโนมัติแบบ Armless Type Tool Changer....53
2.36 ฟันปลอมบางส่วนถอดได้แบบพลาสติก....55
2.37 ฟันปลอมบางส่วนถอดได้แบบโครงโลหะ....55
2.38 ฟันปลอมแบบทั้งปาก....56
2.39 ประเภทของครอบฟัน....57
2.40 ฟันปลอมชนิดรากเทียม....58
4.1 ตัวอย่างฟันเทียมที่นำมาเป็นแบบ (ด้านบน)....63
4.2 ตัวอย่างฟันเทียมที่นำมาเป็นแบบ (ด้านข้าง)....63
4.3 การเริ่มต้นด้วยการเลือกระนาบ Top plane....64
4.4 ฐานของตัวอย่างฟันเทียมชนิดรากเทียมในส่วนของครอบฟัน....64
4.5 สร้างระนาบ Plane เพิ่มขึ้นมาเป็นระนาบที่ 2....65
4.6 การสร้างรูปห้าเหลี่ยมบนระนาบที่ 2....65
4.7 ลบมุมของรูปห้าเหลี่ยม....66
4.8 สร้างพื้นผิวระหว่างสองระนาบ....66
4.9 พื้นผิวด้านบนของฟัน....67
4.10 การเพิ่มพื้นผิวด้านบนของฟัน....67
4.11 Toolbar ของโปรแกรม SolidCAM บนโปรแกรม Solidwork....68
4.12 ตัวอย่างฟันเทียมชนิดรากเทียมในส่วนของครอบฟัน....69
4.13 ภาพแสดงการ Save ไฟล์ให้เป็นนามสกุล .prt....69
4.14 เลือกชนิดของการกัดในโปรแกรม SolidCAM....70

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.15 เลือกรุ่นของเครื่องกัดซีเอ็นซี....70

4.16 กำหนด Stock ของวัสดุที่ใช้กัดชิ้นงาน....71

4.17 กำหนดจุด Coordinate....71

4.18 เลือก Target เพื่อใช้เลือกเป้าหมายในการกัดชิ้นงาน....72

4.19 การเลือกดอกกัดที่ใช้กัดชิ้นงาน....72

4.20 เลือกดอกกัดที่ 1 ขนาด 4 มิลลิเมตร เพื่อใช้ในการกัดชิ้นงานเบื้องต้น....73

4.21 เลือกดอกกัดที่ 2 ขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อใช้เก็บรายละเอียดชิ้นงาน....73

4.22 เลือกเพิ่มกระบวนการในการกัดชิ้นงาน....74

4.23 การ Simulation เพื่อดูแนวการกัดชิ้นงาน....74

4.24 เครื่องกัดซีเอ็นซี รุ่น HAAS VF1....75

4.25 การกำหนดแกนของเครื่องกัด....76

4.26 แสดงการกัดตัวอย่างฟันเทียมชนิดรากเทียมในส่วนของครอบฟัน....77

4.27 แสดงการกัดตัวอย่างฟันเทียมชนิดรากเทียมในส่วนของครอบฟัน....78

4.28 ชิ้นงานที่สำเร็จ....78

ก.1 การเปิดไฟล์ NC Code ในโปรแกรม CIMCO....85

ก.2 การยกเลิกคำอธิบายของ NC Code....85

ก.3 การยกเลิกช่องว่างของ NC Code....86

ก.4 การปรับจุดทศนิยม....86

ก.5 เลือก Code ที่ต้องการปรับจุดทศนิยม....87

ก.6 การใส่เลขบรรทัด....87

บทที่ 1
บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ปัจจุบันนี้เทคโนโลยีทางด้านอุตสาหกรรมได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็ว ซึ่งทำให้มีการแข่งขันทางด้านคุณภาพและจำนวนการผลิตที่สูงขึ้น ดังนั้น โรงงานอุตสาหกรรมจึงได้มีการนำเครื่องจักรระบบ ซีเอ็นซี เข้ามาช่วยในการผลิต เพราะเครื่องจักรซีเอ็นซีเป็นเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพในด้านความเที่ยงตรงสูง ได้ชิ้นงานที่มีความคงที่สม่ำเสมอ และสะดวกในการควบคุมการทำงานและที่สำคัญยังเพิ่มผลผลิตแต่ใช้เวลาในการทำงานลดน้อยลง และในปัจจุบันเทคโนโลยีด้านทันตกรรมได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็วเพื่อช่วยในการบำรุงรักษาฟัน และสร้างฟันเพื่อช่วยผู้ที่สูญเสียฟันให้ใช้ฟันเพื่อรับประทานอาหารได้อย่างมีความสุข โดยฟันเทียมหรือฟันปลอมมีหลายชนิดซึ่งแต่ละชนิดมีราคาแตกต่างกันตามชนิดของฟัน ซึ่งฟันเทียมหรือฟันปลอมที่คล้ายกับฟังจริงมากที่สุดมีราคาสูงทำให้บุคคลทั่วไปไม่สามารถซื้อเนื่องจากภาวะเศรฐกิจตกต่ำ และราคาค่าครองที่ชีพสูงขึ้น

ดังนั้น คณะผู้จัดทำจึงมีแนวคิดที่จัดทำโครงงานออกแบบ และสร้างฟันเทียมชนิดรากเทียมในส่วนของครอบฟันโดยใช้โปรแกรม SolidCAM ในการจำลองการกัดการทำงานการเครื่องกัดระบบซีเอ็นซี ตลอดจนการใช้เครื่องกัดระบบซีเอ็นซีในการผลิตตัวอย่างฟันเทียมชนิดรากเทียมในส่วนของครอบฟัน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษาการใช้เครื่องกัดระบบซีเอ็นซีในการผลิตตัวอย่างฟันเทียมชนิดรากเทียมในส่วนของครอบฟัน

1.2.2 เพื่อศึกษาการใช้โปรแกรม SolidCAM ร่วมกับโปรแกรม Solidwork

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)

ฟันเทียมชนิดรากเทียมในส่วนของครอบฟัน (Crown)

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)

ฟันเทียมชนิดรากเทียมในส่วนของครอบฟัน (Crown) โดยมีขนาดใกล้เคียงตัวอย่างฟันเทียมที่นำมาเป็นกรณีศึกษาในการกัดโดยใช้เครื่องจักรซีเอ็นซี

1.5 ขอบเขตของโครงงาน

1.5.1 ออกแบบส่วนของครอบฟันโดยใช้โปรแกรม Solidwork

1.5.2 ใช้โปรแกรม SolidCAM สำหรับแปลงค่าเป็น NC Code

1.5.3 ใช้ไม้เทียมเป็นวัสดุในการทดสอบ

1.5.4 ใช้เครื่องกัดซีเอ็นซี HAAS VF-1 Series 5 Axis

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน

อาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ณ. ห้องปฏิบัติการซีเอ็นซี

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน

สิงหาคม พ.ศ. 2556 – กรกฎาคม พ.ศ. 2557

1.8 ขั้นตอนและแผนดำเนินโครงงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและแผนดำเนินโครงงาน (ส.ค. 2556 – ก.ค. 2557)

ลำดับ	การดำเนินงาน	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	เม.ย	พ.ค	มิ.ย	ก.ค
1.	ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับฟันเทียมและกระบวนการผลิต										
2.	ศึกษาหลักการทำงานและการใช้งาน โปรแกรม SolidCAM										
3.	ศึกษาหลักการทำงานและการใช้งานเครื่องกัดซีเอ็นซี										

4.	ทำการออกแบบตัวอย่างฟันเทียมชนิดรากเทียมในส่วนของครอบฟัน										
5.	ทดสอบการใช้เครื่องกัดซีเอ็นซี										
6.	ทำการปฏิบัติการโดยใช้เครื่องกัดซีเอ็นซีในการกัดไม้เทียม										
7.	สรุปผลการดำเนินโครงงาน										
8.	จัดทำรูปเล่มโครงงาน										

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

2.1 ประวัติความเป็นมาของ CAD/CAM

เริ่มต้นขึ้นเมื่อประมาณ ค.ศ. 1950 ซึ่งได้มีการประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ในงานวิศวกรรมและช่วยงานอุตสาหกรรม โดยเริ่มจากการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการคำนวณเป็นส่วนใหญ่ ต่อมาเมื่อมีการพัฒนาเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ให้มีขนาดเล็กลงและมีความสามารถสูงขึ้น จึงมีการประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ในงานต่างๆ เช่น คอมพิวเตอร์กราฟิก (Computer Graphic) ซึ่งเป็นการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการสร้างภาพ

สำหรับงานวิศวกรรมก็ได้นำคอมพิวเตอร์กราฟิกมาช่วยในการสร้างแบบ ซึ่งเราเรียกว่า "คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ (Computer Aided Design : CAD)" และพัฒนามาใช้คอมพิวเตอร์ช่วยผลิตด้วย โดยใช้ควบคุมอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ผลิตสินค้าหรือผลิตชิ้นงานในโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งเราเรียกว่า "คอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิต (Computer Aided Manufacturing : CAM)"

2.2 คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ (Computer Aided Design)

ในกระบวนการของ CAD นอกจากจะเป็นการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบแล้วยังรวมการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการดัดแปลง การวิเคราะห์และหาหนทางที่ดีที่สุดสำหรับการออกแบบ โดยรวม CAD จะต้องมีทั้งส่วนที่เป็นฮาร์ดแวร์และซอร์ฟแวร์ โดยฮาร์ดแวร์ของ CAD นอกจากจะประกอบด้วยระบบคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงแล้วยังมีจอกราฟิกและอุปกรณ์รับข้อมูล เช่น เมาส์ ดิจิไทเซอร์ ฯลฯ

ส่วนซอร์ฟแวร์ของ CAD นั้นจะเป็นโปรแกรมสำหระบสร้างภาพกราฟิกและ โปรแกรมช่วยงานต่าง ๆ เช่น โปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้าง เช่น Finite Element Analysis ซึ่งเรียกส่วนนี้ว่า "คอมพิวเตอร์ช่วยในงานวิศวกรรม (Computer Aided Engineering)"

2.2.1 จุดมุ่งหมายของการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการออกแบบ

2.2.1.1 เพื่อเพิ่มผลผลิต : โดยลดขั้นตอนการทำงานให้กับผู้ออกแบบ ซึ่งการออกแบบระบบเดิมนั้นจะเริ่มจากการคิดหรือจิตนาการต้นแบบ การทดลองออกแบบการวิเคราะห์แบบ

จนกระทั่งเขียนแบบสั่งงานซึ่งแต่ละขั้นตอนนั้นต้องใช้เวลามาก การนำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยจะช่วยทำให้ลดเวลาการทำงานแต่ละขั้นตอนลง

2.2.1.2 เพิ่มคุณภาพของงาน : การนำคอมพิวเตอร์มาช่วนในการออกแบบนั้นเราสามารถที่จะวิเคราะห์แบบหรือคำนวณ ทำให้การออกแบบมีความถูกต้องและแม่นยำ

2.2.1.3 ลดปัญหาและข้อผิดพลาด : เนื่องจากการออกแบบโดยใช้คอมพิวเตอร์นั้นทำให้เรามองเห็นภาพที่ชัดเจน เช่น ขนาด รูปร่างลักษณะ ขณะที่ออกแบบสามารถแก้ไขหรือจัดมุมมองภาพในลักษณะต่างๆ ได้

2.2.1.4 ใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับงานอุตสาหกรรม : ข้อมูลหรือแบบงานที่ออกแบบจากระบบ CAD นั้นสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการวางแผนการผลิต (CAPP) และใช้เป็นฐานข้อมูลในการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยผลิต (CAM) การส่งข้อมูลจากกรพบวนการของ CAD ไป CAM ก็สามารถทำได้ง่ายไม่จำเป็นต้องสร้างฐานข้อมูลใหม่

2.2.2 กระบวนการออกแบบ (Design Process)

ก่อนที่เราจะนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการออกแบบนั้น กระบวนการออกแบบในระบบเดิมนั้นมีขั้นตอนดังนี้

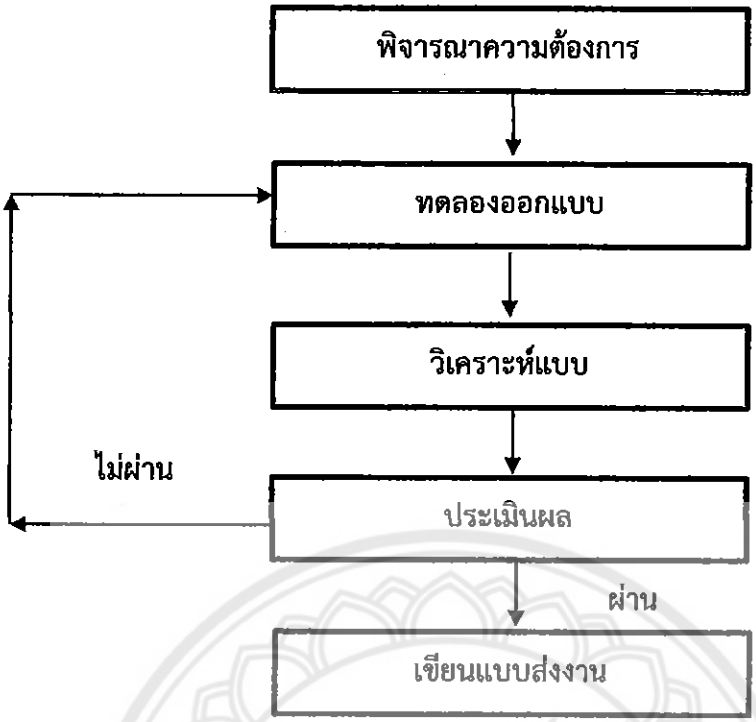
2.2.2.1 พิจารณาความต้องการและปัญหา : เช่นต้องการออกแบบอะไร รูปร่างลักษณะเป็นอย่างไรจึงจะได้สินค้าตรงตามความต้องการของผู้บริโภค

2.2.2.2 ทดลองออกแบบ : โดยร่างแบบคร่าวๆ หลายๆ แบบประกอบการพิจารณา

2.2.2.3 วิเคราะห์แบบ : หลังจากทดลองออกแบบเสร็จแล้วก็จะทำการวิเคราะห์แบบงานว่าแต่ละแบบมีข้อดีข้อเสียอย่างไร

2.2.2.4 ประเมินผล : โดยประเมินว่าแบบที่ลองออกแบบนั้นแบบใดมีความเหมาะสม หากไม่มีแบบที่เหมาะสมก็กลับไปออกแบบใหม่

2.2.2.5 เขียนแบบสั่งงานเป็นขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการออกแบบด้านบนนั้นเราสามารถจัดลำดับได้ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 กระบวนการออกแบบ

จากกระบวนการออกแบบที่กล่าวมานี้ เราจะเห็นได้ว่ากระบวนการออกแบบนั้นมักจะเป็นงานที่มีขั้นตอนซ้ำซากและต้องใช้เวลามาก ยิ่งถ้ามีการคำนวณแล้วยิ่งต้องใช้เวลามากขึ้น ดังนั้นการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการออกแบบสามารถที่จะช่วยลดปัญหาที่กล่าวมานี้ได้

2.2.3 กระบวนการออกแบบด้วย CAD (CAD Process)

CAD นอกจากจะเป็นการใช้คอมพิวเตอร์มาช่วยมาในงานออกแบบแล้ว CAD ยังรวมถึงการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการดัดแปลงการวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมที่สุด

ระบบของ CAD นั้นจะประกอบด้วยฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ โดยฮาร์ดแวร์นั้นจะต้องประกอบด้วยระบบคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง ส่วนซอฟต์แวร์ CAD จะเป็นโปรแกรสำหรับการสร้างภาพรวมทั้งโปรแกรมช่วยสนับสนุนอื่นๆ เช่น การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง (FEA) เป็นต้น

ระแบบของ CAD จะอาศัยการสร้างภาพ โดยการป้อนข้อมูลตลอดจนคำสั่งเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ผ่านทางอุปกรณ์รับข้อมูล เช่น แป้นพิมพ์ เมาส์ ดิจิไทเซอร์ เป็นต้น ส่วนคอมพิวเตอร์จะติดต่อกลับมายังผู้ใช้โดยผ่านทางจอภาพ

การสร้างภาพโดยระบบ CAD นั้นจะเป็นการสร้างภาพจากรูปทรงเลขาคณิต เช่น เส้นตรง วงกลม ฯลฯ

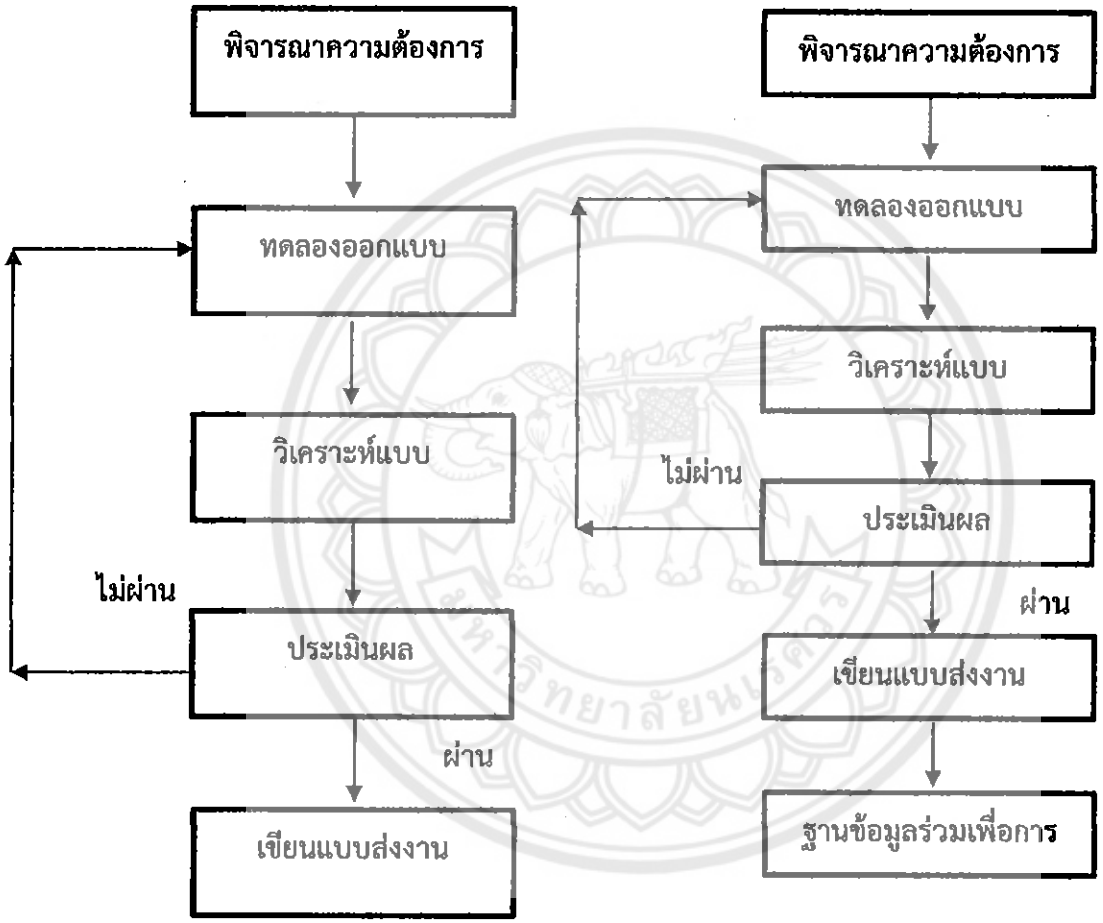
การนำระบบ CAD มาช่วยสามารถแบ่งออกเป็นประเภทต่างๆ ได้ดังนี้

2.2.3.1 การออกแบบรูปทางเรขาคณิต (Geometric Modelling)

2.2.3.2 การวิเคราะห์ทางวิศวกรรม (Engineering Analysis)

2.2.3.3 การตรวจและประเมินผล (Design Review & Evaluation)

2.2.3.4 การเขียนแบบโดยอัตโนมัติ (Automated Drafting)



รูปที่ 2.2 เปรียบเทียบกระบวนการออกแบบด้วยมือกับกระบวนการออกแบบด้วย CAD

2.3 คอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิต (Computer Aided Manufacturing : CAM)

คอมพิวเตอร์ช่วยงานผลิต (CAM) เป็นเครื่องมือทางวิศวกรรมที่ใช้สำหรับสร้างทางเดินของเครื่องมือตัดที่ควบคุมด้วยเครื่องจักร DNC (Computer Numerical Control) โดยการสร้างโปรแกรม NC (Numerical Control) นั้นจะอาศัยรูปทรงเรขาคณิตจากโปรแกรมช่วยออกแบบ (CAD)

2.3.1 ส่วนประกอบของคอมพิวเตอร์ช่วยงานผลิต

คอมพิวเตอร์ช่วยงานผลิต (CAM) ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญดังนี้คือ

2.3.1.1 โปรแกรม NC (NC Programming)

การเขียนโปรแกรม NC นั้นเป็นการสร้างข้อมูลของตำแหน่งเครื่องมือตัด (Tool Path) ในการเดินตัดบนเครื่องจักร CNC โดยโปรแกรม NC สามารถจำลองเพื่อตรวจสอบทางเดินของเครื่องมือตัดว่าถูกต้องหรือไม่

หลังจากที่แสดงทางเดินของมีดตัดแล้ว แฟ้มภาษา APT (Automatically Programmed Tool) ซึ่งเป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในงานด้านการควบคุมเครื่องจักร CNC จะถูกสร้างขึ้นดังตัวอย่างที่แสดงต่อไปนี้

ก. RAMARK POCKET POLYGON COLLAPSE DEMONSTRATION TEST
ข. NOPOST $$ NO POSTPROCESSING FOR THIS CASE
ค. CLPRNT $$ PRINT CUTTER CENTER DATA
ง. TOLER / .001 $$ TOLERANCE BAND
จ. $ $ POIONTS DEPINING POCKET PERIMETER
ฉ. P1 = POINT/4, 11, 3 $$ STARTING POINT OF POCKET DEFINITION
ช. P2 = POINT/4, 24, 3
ช. P3 = POINT/13, 35, 3
ฌ. P4 = POINT/22, 35, 3
ญ. P5 = POINT/34, 23, 3
ฎ. P6 = POINT/34, 10, 3
ฏ. P7 = POINT/27, 3, 3
ฐ. P8 = POINT/12, 3, 3 $$ ENDING POINT OF POCKET DEFINITION
ฑ. H = .01 $$ SCALLOP HEIGHT MAXIMUM

ฒ. D = .38 $ $ CANSTANT COTTER DIAMETER

ณ. CR = .19 $ $ CUTTER CORNER RADIUS

ด. D2 = SORTF ((D.B)-B**2) $$ A BALL END MMIL EFFECTIVE CUTTER RADIUS

ต. CV = (4*D2)/D$$ A MEASURE OF POCKETIN CUT OFFSET

ถ. CUTTER/D, CR $$ BALL END MILL

ท. FEDRAT/50 $$ MODAL FEED RATE

ธ. FROM/0, 0, $$ STARTING CUTTER POSITION

น. GO TO/20, 20, 5 $$ MOVE CUTER TOWARD AND OVER CENTER OF POCKET

บ. PSIS/(PLANE/0, 0, 1, 3) $$ BOTTOM PLANE OF POCKET

ป. POCKET/D2, CV, CV, 3, 10, 1, 1, P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, $$ STATEMENT

ผ. GO DLTA/0, 0, 2 $$ CLEARANCE POSITION OF CUTER

ฝ. GO TO/0, 0, 2 $$ END CUTTER POSITION

พ. FINI $$ END OF PART PROGRAM

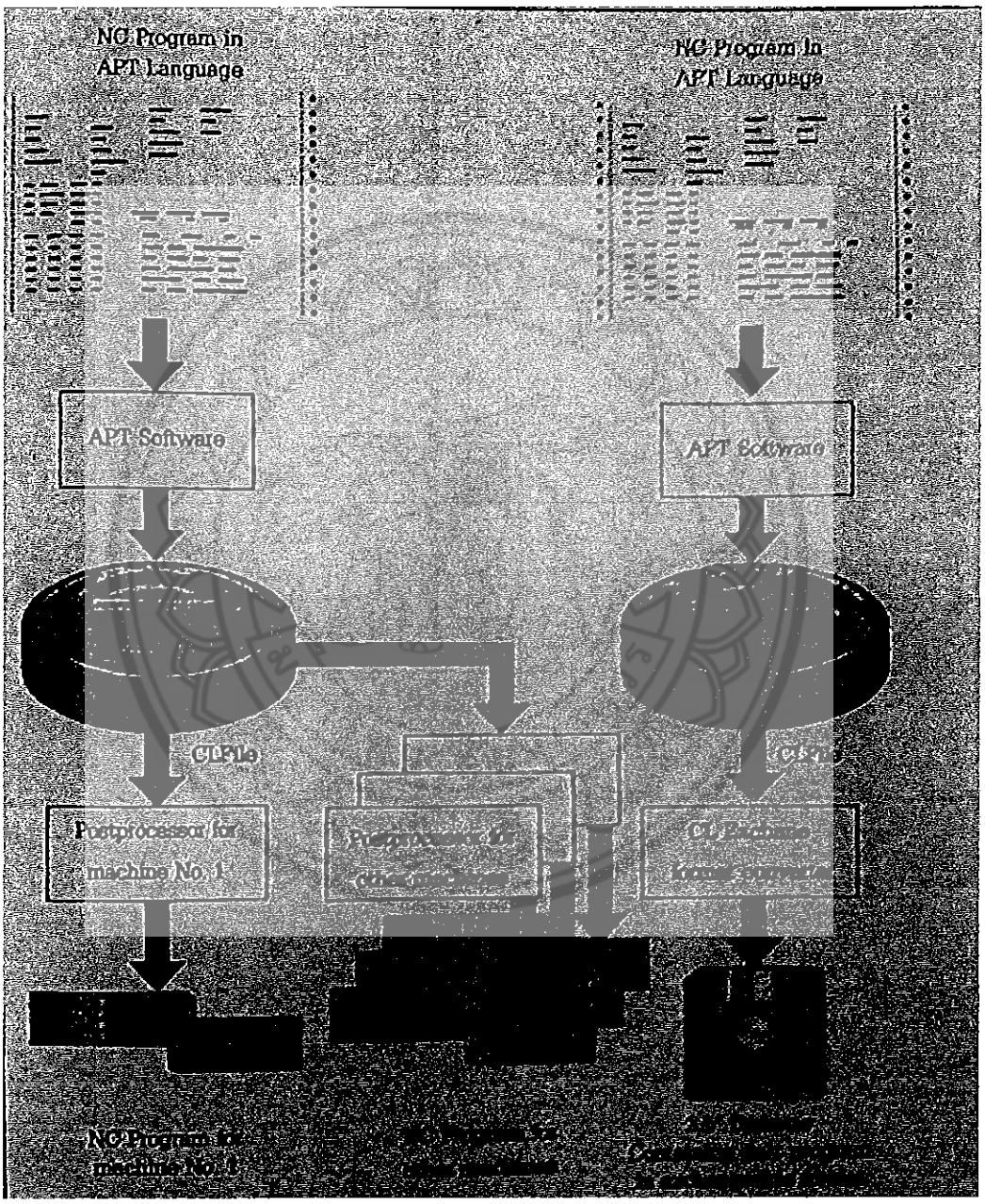
2.3.1.2 Post Processor

Post Processor ทำหน้าที่เปลี่ยนแฟ้มภาษา APT ไปเป็นภาษา**เฉพาะของเครื่อง** CNC “**ตัว**แปลงกระบวนการ (Post Processor) เป็นการประยุกต์กระบวนก**ารออกแบบของกระบวนก**ารข้อมูลการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัด (Tool Path Data) หรือ CL Data **ตำแหน่งของการตัดชิ้นงานโดยกระบวนการออกแบบ (CAD) หรือระบบภาษา APT (Automaticalliy Programed Tools) แฟ้มข้อมูลการเคลื่อนที่ ของเครื่องมือตัด จะประกอบไปด้วยคำสั่งสำหรับการกัดชิ้นงาน ซึ่งระบุโดยผู้ใช้งาน สำหรับการผลิตชิ้นงานจากแบบ 3 มิติทางวิศวกรรม”**

Post Processor จะแปลงคำสั่งในการ Machining จากแฟ้มข้อมูลการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัด ไปสู่รหัสที่เข้าใจตรงกัน สำหรับเครื่องจักร NC/CNC เฉพาะแต่ละเครื่องโดยมีแฟ้มข้อมูลสำหรับควบคุมเครื่องจักรเป็นตัวกำหนด ให้การเข้าใจรหัสตรงกัน (MCD File)

“แฟ้มข้อมูลสำหรับควบคุมเครื่องจักร (Macine Control Data) เป็นแฟ้มข้อมูลที่กำหนดขึ้น สำหรับควบคุมเครื่องจักรกลในการผลิตชิ้นงาน ในอดีตที่ผ่านมาแฟ้มข้อมูลนี้ใช้แผ่นเทป

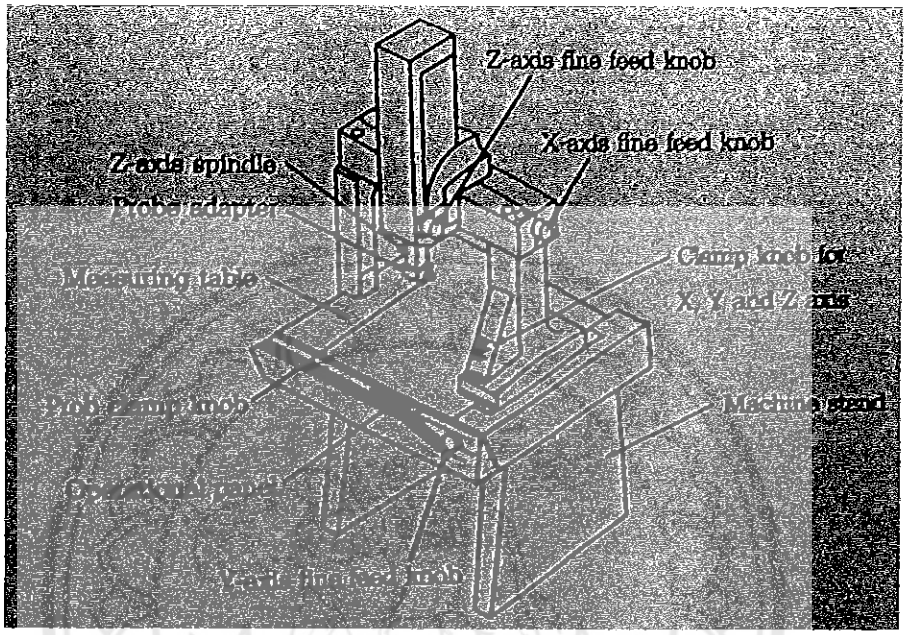
ปรุ (Tape Image) ในการกำหนดข้อมูลสำหรับควบคุมเครื่องจักร ระบบเครือข่ายข้อมูลในปัจจุบันนี้มีเครื่องจักรเพียงไม่กี่เครื่องที่ยังใช้ระบบ การอ่านเทปแบบเดิม มีเครื่องมือพื้นฐานจำนวนมาก ที่มีตัวขับ Flopply เช่น Serial Port ที่สามารถนำเข้าข้อมูลจากแผ่นเทปปรุ หรือแฟ้มข้อมูลควบคุมเครื่องจักร (MCD File) ได้ (Parametric Technology Corporation, 2001)"



รูปที่ 2.3 โครงสร้างของ Post Proseddor (Jace B.Rochester, Jon Rochester)

2.3.1.3 Reverse Engineering

Reverse Engineering เป็นวิธีการใช้เครื่องมือวัดจุดโคออร์ดิเนต (Coordinate Measuring Machines : CMM) แล้วส่งข้อมูลเข้าไปที่ CAD เพื่อสร้างพื้นผิวของชิ้นงาน จากนั้นสร้างข้อมูลของ CAM และโปรแกรม NC โดยที่เครื่อง CMM นี้สามารถอ่านข้อมูลพื้นผิวจริงของชิ้นงาน



รูปที่ 2.4 เครื่องวัดจุดโคออดิเนต (CMM) (Serope Kalpakjan. 1995)

CAM เป็นการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยจัดการกับกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม โดยอาจควบคุมตั้งแต่การวางแผนจนกระทั่งจักดารหลังการผลิต ซึ่งกระบวนการของ CAM อาจจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ

ก. การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิตโดยตรง เป็นลักษณะการใช้คอมพิวเตอร์ในงานตรวจสอบ โดยระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้เชื่อมโยงกับกระบวนการผลิตนี้จะทำหน้าที่ตรวจสอบกระบวนการผลิตหรือเก็บข้อมูลจากกระบวนการผลิต การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อทำการผลิตสินค้าโดยตรง โดยนำข้อมูลจากระบบ CAD มาช่วยในการควบคุมอุปกรณ์การผลิต เช่น เครื่องกัดที่ทำงานโดยอาศัยคำสั่งเชิงตัวเลข (Numerical Control Machine) หรือ NC Machine Tool

ข. การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิตทางอ้อม งานลักษณะนี้เป็นงานที่สนับสนุนการผลิต ซึ่งไม่ต้องเชื่อมระบบคอมพิวเตอร์โดยตรง แต่ อาจจะเป็นการนำข้อมูลมาประมวลผล สรุป วางแผน เช่นงานเกี่ยวกับการวางแผน การจัดการเกี่ยวกับการซื้อวัตถุดิบ การจัดการในโรงงาน เป็นต้น

การใช้ CAD และ CAM หากใช้ให้ได้ผลเต็มที่แล้วจะต้องสามารถส่งข้อมูลถึงกันและกันได้โดยข้อมูลที่ออกแบบโดย CAD ซึ่งเป็นข้อมูลในลักษณะรูปภาพ กราฟิก สามารถนำไปใช้ในการผลิตชิ้นงานซึ่งมีขนาดและรูปร่างลักษณะเหมือนกับที่ออกแบบไว้ใน CAD ทุกประการ

2.4 ระบบ CAD/CAM ในงานอุตสาหกรรม

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า งานอุตสาหกรรมเป็นงานที่ต้องมีการแข่งขัน ผู้จะอยู่ในแนวหน้าได้จะต้องมีการผลิตสินค้าออกมาทันความต้องการของตลาด สินค้าต้องมีคุณภาพดีและมีราคาถูก กระบวนการผลิตทันสมัย การประยุกต์ใช้ CAD/CAM เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยให้การผลิตสินค้าเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพลักษณะของการนำ CAD/CAM เข้ามาช่วยในการผลิตสินค้า

ส่วนของระบบ CAD/CAM ที่เข้ามาช่วย คือ ในส่วน CAD ช่วยในการออกแบบวิเคราะห์แบบ แล้วจึงวาดภาพอัตโนมัติ จากนั้นข้อมูลจาก CAD จะถูกส่งไปยังระบบ CAM เพื่อวางแผนการผลิตและให้ข้อมูลในการสั่งซื้อวัสดุ รวมทั้งวางแผนการผลิต การวางแผนการใช้วัสดุ แล้วจึงเริ่มผลิตโดย CAM จะไปช่วยในการควบคุมเครื่องจักรในการผลิตตัดควบคุมหุ่นยนต์อุตสาหกรรมเมื่อได้สินค้าแล้วก็จะตรวจสอบคุณภาพ ซึ่งการใช้คอมพิวเตอร์มาช่วยในการตรวจสอบคุณภาพจะได้ความถูกต้องและแม่นยำสูง

กระบวนการตั้งแต่การนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการออกแบบ (CAD) การนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการผลิต (CAM) การนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการวางแผนการผลิต (Computer Aided Process Planning : CAPP) การนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการตรวจสอบคุณภาพ (Computer Aided Quality Control : CAQ) เราเรียกว่า "การนำคอมพิวเตอร์มาใช้ร่วมกับการผลิต (Computer Integrated Manufacturing : CIM)"

การนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการออกแบบและการผลิต (CAD/CAM) มีองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้

2.4.1 องค์ประกอบของคอมพิวเตอร์มาช่วยช่วยออกแบบ (CAD)

2.4.1.1 ข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบ (Design Tool)

2.4.1.2 การสร้างรูปทรงเลขาคณิต (Geometric Modelling)

2.4.1.3 เครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ (Computer Graphics)

2.4.2 องค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ช่วยผลิต (CAM)

2.4.2.1 คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ (CAD)

2.4.2.2 ข้อมูลเกี่ยวกับการผลิต (Manufacturing Tool)

2.4.2.3 การเชื่อมต่อระบบ (Network)

2.5 การเชื่อมต่อระหว่าง CAD กับ CAM

ตั้งแต่การนำคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการวางแผนการผลิตและควบคุมการดำเนินงานทางด้านการผลิต ปัญหาเกี่ยวกับการเชื่อมต่อระหว่างซอฟแวร์และฮาร์ดแวร์ก็เริ่มเป็นปัญหาที่หลายฝ่ายให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก ส่วนมากแล้วระบบวางแผนการผลิตและควบคุมการผลิตโดยคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นมาจะใช้ได้กับการทำงานเฉพาะอย่างเท่านั้น และเป็นการยากมากหรือบางครั้งเป็นไปไม่ได้เลยที่จะนำเอาซอฟต์แวร์หรือฮาร์ดแวร์ที่พัฒนาสำหรับโรงงานหนึ่งไปใช้งานกับอีกโรงงานหนึ่ง ผู้บริหารโรงงานหลายแห่งได้ตระหนักถึงปัญหานี้ดีและเริ่มต้นแนวความคิดที่เกี่ยวกับการสร้างมาตรฐานของการร่างแบบ (Draft) เพื่อให้ระบบ CAD/CAM สามารถเชื่อมต่อกันได้ ซึ่งจะทำให้การส่งผ่านข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบเพื่อที่จะนำไปใช้ในกิจกรรมที่เกี่ยวกับการวางแผนการผลิต ข้อมูลที่ส่งผ่านนี้ประกอบด้วยข้อมูลด้านกราฟิก (Graphics Data) แบบที่ร่างขึ้นมา (Drawing) รูปทรงเรขาคณิต (Geometric Modelling) และข้อมูลเกี่ยวกับโมเดลของผลิตภัณฑ์ (Product Model Data) ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ยังสามารถที่จะนำไปใช้ให้เป็นประโยชน์ในการวางแผนการผลิต จัดตารางเวลาการผลิต ทำการผลิต การควบคุมคุณภาพ

แนววามคิดเกี่ยวกับการแลกเปลี่ยนข้อมูล มาตรฐานนี้อาจแสดงได้ดังรูปซึ่งแสดงให้เห็นถึงวิธีการที่ระบบ CAD หลายระบบติดต่อสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลกับระบบวางแผนและควบคุมการผลิต โดยที่ตัวอินเตอร์เฟซ (Interface) จะเป็นผู้ดัดแปลงโพรโทคอล รูปแบบของข้อมูล และอัตตราการส่งข้อมูลให้อยู่ในรูปที่เหมาะสม ตัวอินเตอร์เฟซจะต้องสามารถสร้างให้เกิดความเข้ากันได้ทั้งทางไฟฟ้าและทางกายภาพ และต้องทำให้เกิดความแน่ใจว่าความหมายของคำของข้อมูลที่แลกเปลี่ยนกันยังคงเดิม ดังนั้นตัวอินเตอร์เฟซนี้เองเป็นผู้ทำให้ซอฟแวร์และฮาร์ดแวร์ต่างๆที่มีอยู่ในโรงงานสามารถใช้ร่วมกันได้ นอกจากนั้นแล้วข้อมูลด้านการผลิตของโรงงานเองก็สามารถที่จะนำมารวมกับข้อมูลที่ได้จากผู้ขาย และส่งมอบอีกด้วย และทำให้เราสามารถสร้างระบบวางแผนและควบคุมการผลิตซึ่งมีส่วนต่าง ของโปรแกรมจากผู้ขายหลายบริษัททำงานร่วมกันได้

2.5.1 ความต้องการบางอย่างที่ตัวอินเตอร์เฟซมาตรฐานจำเป็นต้องมี คือ

2.5.1.1 ตัวอินเตอร์เฟซจะต้องสามารถจัดการกับข้อมูลทางด้านการผลิตได้ทั้งหมด

2.5.1.2. จะต้องไม่มีการสาบสูญของข้อมูลเมื่อมีการส่งผ่านข้อมูลระหว่างส่วนต่างๆที่อยู่ในระบบ

2.5.1.3 ระบบจะต้องมีประสิทธิภาพในการจัดการกับความต้องการที่เกิดขึ้นตามเวลาจริงของระบบผลิต

2.5.1.4 ระบบจะต้องเป็นแบบปลายเปิด เพื่อที่จะยอมรับให้มีให้มีการขยายหรือลดส่วนต่างๆที่อยู่ในระบบได้

2.5.1.5 ระบบจะต้องมีความสามารถที่จะดัดแปลงให้เข้ากับมาตรฐานอื่นๆได้

2.5.1.6 ระบบจะต้องใช้งานได้โดยไม่ขึ้นกับเครื่องคอมพิวเตอร์หรือสถาปัตยกรรมที่ใช้ในการศึกษาข้อมูล

2.5.1.7 ระบบจะต้องมีความสามารถในการสร้างเซตย่อยๆ ของโปรแกรมขึ้นมาใช้งานได้เพื่อที่จะลดค่าใช้จ่าย

2.5.1.8 ระบบจะต้องมีความสามารถในการรับส่งข้อมูลเกี่ยวกับการผลิต

2.5.1.9 ระบบจะต้องมีความสามารถเชื่อมโยงกันได้ทั้งจากแบบบยลงล่าง หรือจากล่างขึ้นบนในโครงสร้างของการควบคุมแบบเป็นลำดับขั้น

2.5.1.10 จะต้องมีวิธีการทดสอบที่สามารถตรวจสอบได้ว่าการส่งผ่านข้อมูลมีประสิทธิภาพและความถูกต้องเพียงใด

ดังที่ได้กล่าวทั้งหมดนั้นส่วนประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งของระบบ CAD/CAM ที่ใช้ในกระบวนการผลิต คือ "เครื่องจักรกลเอ็นซี" (NC Machine) ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตโดยตรง เครื่องจักรกลเอ็นซี นั้น คืออะไร ลักษณะการทำงานอย่างไร และเหมาะสมกับอุตสาหกรรมการผลิตประเภทไหนบ้าง จะได้อธิบาย รายละเอียดดังต่อไปนี้

2.6 เครื่องจักรกลเอ็นซี

"เครื่องจักรกลซีเอ็นซี" คือรูปแบบหนึ่งของการทำงานของเครื่องจักรกลอัตโนมัติซึ่งเราสามารถโปรแกรมการทำงานได้ เครื่องจักรชนิดนี้จะถูกควบคุมโดยตัวเลข ตัวหนังสือ หรือสัญญาลักษณ์ต่างๆ ที่ถูกเขียนให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสม รหัส (Code) ที่เขียนอยู่ในโปรแกรมจะเป็นตัวกำหนดขั้นตอนการทำงานต่างๆ ของเครื่องจักรกลที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานอันหนึ่ง รหัสจะเปลี่ยนไปเมื่อชิ้นงานที่เราต้องการผลิตเปลี่ยนไป การที่เราสามารถเปลี่ยนโปรแกรมของเครื่องจักรกลซีเอ็นซีได้โดยง่ายนี้เอง ทำให้เครื่องจักรกลชนิดนี้มีความเหมาะสมที่จะใช้ผลิตชิ้นงานที่มีปริมาณการผลิตต่ำจนถึงปานกลางได้เป็นอย่างดี เพราะว่าการเขียนโปรแกรมใหม่ขึ้นมานั้นจะง่ายกว่า มีค่าใช้จ่ายต่ำกว่าการที่เราต้องเปลี่ยนเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิต เราสามารถนำเครื่องจักรกลซีเอ็นซีมาใช้กับกระบวนการผลิตได้ 2 ลักษณะคือ

ใช้งานในลักษณะที่เป็นเครื่องจักรกล เช่น เจาะ กลึง หรือใช้เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการตัดเฉือนโลหะต่างๆ เป็นต้น

ใช้งานในลักษณะที่ไม่ได้เป็นเครื่องจักรกล เช่นประกอบชิ้นส่วนหรือตรวจสอบคุณภาพ เป็นต้น

อย่างไรก็ตามหลักการที่ร่วมกันของการใช้งานเครื่องจักรกลซีเอ็นซีกับงานทั้งสองประเภทนี้ก็คือ การควบคุมตำแหน่งสัมพันธ์ของเครื่องมือซึ่งเทียบกับชิ้นงานที่กำลังดำเนินงานอยู่นั่นเอง

2.6.1 อุปกรณ์พื้นฐานของเครื่องจักรกลเอ็นซี

เครื่องจักรกลเอ็นซีประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วนคือ

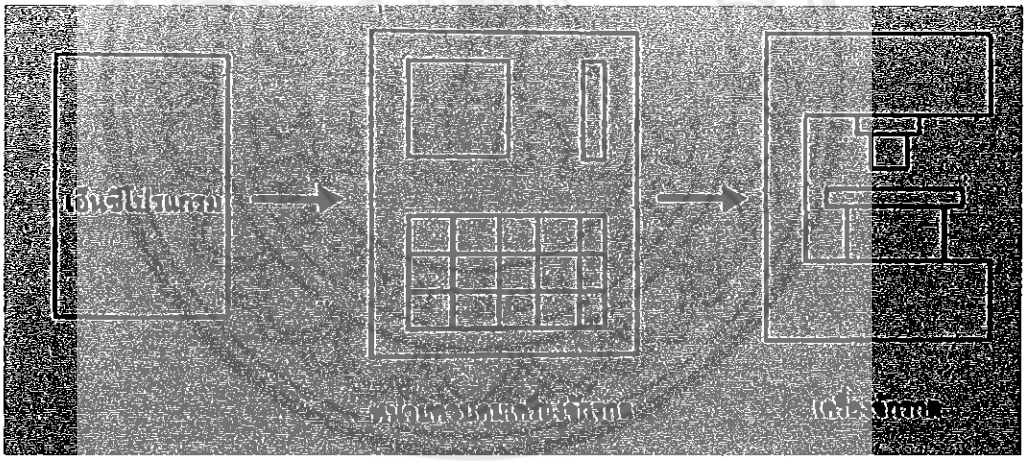
2.6.1.1 เอ็นซีโปรแกรม เป็นชุดคำสั่งสำหรับการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกลเอ็นซีคำสั่งเหล่านี้จะบ่งถึงตำแหน่งของเพลาหมุน (Spindle) เมื่อเทียบกับโต๊ะงาน (Worktable) ซึ่งชิ้นงานถูกจับยึดอยู่ รูปแบบอื่นของคำสั่งอาจจะรวมถึงการเลือกความเร็วรอบของเพลาหมุน การเลือกอุปกรณ์ตัดเฉือน หรือคำสั่งเกี่ยวกับหน้าที่อื่นๆ เป็นต้น ในอดีตของเราใช้เทปปรุ (Punched

Tape) ซึ่งมีขนาด 1 นิ้ว เป็นตัวกลางสำหรับเอ็นซีโปรแกรม แต่ในปัจจุบันเราใช้เทปแม่เหล็ก (Magnetic Tape Cassette) หรือแผ่นดิสก์ (Diskette) แทน

2.6.1.2 หน่วยควบคุมเครื่องจักรกล (Machine Control Unit) ประกอบด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งใช้ในการอ่านและแปลคำสั่งต่างๆ ที่อยู่ในเอ็นซีโปรแกรมให้การทำงานต่างๆ ของเครื่องจักรกล

2.6.1.3 เครื่องจักรกลที่ใช้ในการผลิต เป็นส่วนประกอบที่ทำให้เกิดการดำเนินงานต่างๆ บนชิ้นงาน ตัวอย่างเช่น การตัดเฉือนโลหะ เป็นต้น เครื่องจักรกลที่ใช้ในการประกอบนี้จะประกอบด้วยโต๊ะงานและเพลาหมุน นอกจากนี้แล้วยังประกอบด้วยมอเตอร์และอุปกรณ์ควบคุมซึ่งเป็นตัวทำให้โต๊ะงานและเพลาหมุนทำงาน

ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบทั้งสามอาจจะแสดงให้เห็นได้ดังรูปที่ 2.5 กล่าวคือ เอ็นซีโปรแกรมจะถูกป้อนลงในหน่วยควบคุมเครื่องจักรกล ซึ่งหน่วยควบคุมเครื่องจักรกลจะสั่งให้เครื่องจักรกลทำงานตามที่ได้โปรแกรมเอาไว้ในเอ็นซีโปรแกรม



รูปที่ 2.5 ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบพื้นฐานของเครื่องจักรกลอ็นซี

2.6.2 ประวัติของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี

CNC เป็นคำย่อมาจากคำว่า Computer Numerical Control หมายถึงการใช้คอมพิวเตอร์มาช่วยควบคุมการทำงานเครื่องจักรกลอัตโนมัติต่างๆ เช่น เครื่องกัด เครื่องกลึง เครื่องเจาะ เครื่องเจียระไน ฯลฯ โดยการสร้างรหัส ตัวเลข สัญลักษณ์ หรือเรียกว่าโปรแกรม NC ขึ้นมาควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกล ซึ่งสามารถทำให้ผลิตชิ้นงานได้รวดเร็วถูกต้อง และเที่ยงตรง

นับตั้งแต่ปี ค.ศ. 1960 เป็นต้นมา เทคโนโลยีทางด้านไมโครโปรเซสเซอร์เข้ามามีบทบาทแทนที่หลอดสูญญากาศ และทรานซิสเตอร์ก็มีการพัฒนาจากเครื่องจักร NC มาเป็นเครื่องจักรกลซีเอ็นซี (Computer Numerically Controlled) และเครื่องจักรกลซีเอ็นซีก็กลายเป็นพระเอกที่โดดเด่นเรื่อยมา เนื่องจากมีหน่วยความจำขนาดใหญ่สามารถบรรจุโปรแกรมการทำงานต่างๆ ได้เป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ยังมีจอภาพแสดงผลแบบกราฟิกแสดงผลหรือจำลองการทำงานได้อีกด้วยในการโปรแกรมข้อมูลเข้าไปยังตัวควบคุมเครื่องจักร (Machine Control) ซึ่งเรียกการควบคุมแบบนี้ว่าระบบ softwired โดยมีการเปลี่ยนอุปกรณ์ แบบเก่าเป็นอุปกรณ์ที่สามารถจัดเก็บโปรแกรมได้ ตั้งแต่นั้นเป็นต้นมาก็เป็นยุคต้นของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี

เครื่องซีเอ็นซีจะใช้เทปแม่เหล็ก, แผ่นดิสก์ หรือ ดรัม (Drum) ในการเก็บข้อมูลที่โปรแกรมเอาไว้การโปรแกรมสามารถทำได้ที่สถานีควบคุมไปยังกลุ่มเครื่องจักรกลเอ็นซีแต่ถ้าเป็นกลุ่มหรือเครื่องจักรกลซีเอ็นซี การโปรแกรมหรือรับสัญญาณมักจะรับจาก เครื่องจักรเองโดยตรงหรือเก็บไว้ในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ประจำเครื่องดีเอ็นซีเป็นแนวความคิดใหม่ซึ่งใช้คอมพิวเตอร์หนึ่งตัว (Main Computer or Host) เป็นศูนย์กลางในการควบคุม และบริหารเครื่องจักรกลเอ็นซี และซีเอ็นซี หลายๆ เครื่องซีเอ็นซีจะใช้เทปแม่เหล็ก, แผ่นดิสก์ หรือ ดรัม (Drum) ในการเก็บข้อมูลที่โปรแกรมเอาไว้การโปรแกรมสามารถทำได้ที่ สถานีควบคุมไปยังกลุ่มเครื่องจักรกลเอ็นซีแต่ถ้าเป็นกลุ่มหรือเครื่องจักรกลซีเอ็นซีการโปรแกรมหรือรับสัญญาณมักจะรับจาก เครื่องจักรเองโดยตรงหรือเก็บไว้ในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ประจำเครื่อง

ในการควบคุมเครื่องจักรกลซีเอ็นซี จะใช้โปรแกรมรหัสจีเป็นชุดคำสั่ง เพื่อควบคุมขับเครื่องมือตัดเฉือน (Tool) จากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่งหรือเปิด-ปิดสารหล่อเย็นหรือเปลี่ยนเครื่องมือตัดเฉือน โดยเครื่องจักรกลจะทำงานโดยอัตโนมัติตามที่ได้โปรแกรมไว้ตามชุดคำสั่ง เราไม่สามารถแยกเครื่องจักรซีเอ็นซีและรหัสจีออกจากกันได้ ถ้าเราต้องการให้เครื่องจักรซีเอ็นซีทำงานเราต้องเรียนรู้รหัสจีเพื่อที่เราจะได้พูดภาษาเดียวกับตัวควบคุมซีเอ็นซีได้ ภายหลังจึงได้มีการพัฒนาโปรแกรม CAD/CAM ขึ้นมาใช้งานร่วมกับเครื่องจักรกลซีเอ็นซีช่วยให้เข้าใจถึงวิธีการโปรแกรมรหัสจีเพื่อให้เครื่องจักรซีเอ็นซีทำงานตามที่ผู้ใช้งานต้องการได้สะดวกรวดเร็วขึ้น

2.6.3 เทคโนโลยีของเครื่องจักรกลเอ็นซี

การกำเนิดของเครื่องจักรกลเอ็นซีส่งผลกระทบต่อการออกแบบ และการทำงานของเครื่องจักรกลอย่างมาก ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดก็คืออัตราส่วนของเวลาที่เครื่องจักรสามารถทำการตัดเฉือนโลหะมีค่าเพิ่มมากขึ้นภายใต้การควบคุมของเอ็นซีโปรแกรม ซึ่งต่างกันอย่างมากกับการใช้

เครื่องจักรที่ควบคุมด้วยมือซึ่งมีอัตราส่วนของเวลาที่ใช้ในการตัดเฉือนโลหะน้อย นั้นหมายความว่า เครื่องจักรกลเอ็นซีจะเพิ่มการใช้งานเครื่องให้เป็นประโยชน์มากขึ้น แต่ผลเสียที่ตามมาก็คือเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในการตัดเฉือน เช่น เพลาหมุน เกียร์ขับเคลื่อน เป็นต้น จะมีการสึกหรอเร็วขึ้น ดังนั้น เครื่องมือต่างๆ ที่จะนำมาใช้กับเครื่องจักรกลเอ็นซีจะต้องมีการออกแบบให้มีอายุการทำงานยาวขึ้น เนื่องจากว่าหน่วยควบคุมของเครื่องจักรกลเอ็นซี ต้องอาศัยการควบคุมจากระบบอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งมีราคาสูง ดังนั้นจะต้องมีการใช้งานเครื่องจักรกลให้มากกว่าหนึ่งดะขึ้นไปเพื่อเป็นการเพิ่มการใช้งานให้เป็นประโยชน์ของเครื่อง ในทางปฏิบัติแล้วเราจะพบเสมอว่าเครื่องจักรกลเอ็นซีถูกใช้งานอย่างน้อยสองกะ เพื่อที่จะทำให้ช่วงเวลาคืนทุนลดลง นอกจากนั้นแล้วเครื่องจักรกลเอ็นซีได้ถูกออกแบบมาเพื่อลดเวลาสูญเสียที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อกระบวนการผลิตด้วย เช่น เวลาในการป้อนชิ้นงานเข้าหรือการนำชิ้นงานออกจากเครื่องจักร เปลี่ยนเครื่องมือ และขจัดเศษโลหะเท่านั้นดังนั้นคนควบคุมเครื่องหนึ่งคนสามารถควบคุมเครื่องจักรกลเอ็นซีได้ถูกออกแบบให้สามารถทำได้หลายงานต่อการจัดตั้งเครื่องหนึ่งครั้ง ซึ่งแต่เดิมนั้นเราต้องใช้เครื่องจักรกลหลายเครื่อง การเปลี่ยนแปลงลักษณะนี้เห็นได้จากการปฏิบัติงานของเครื่องชนิดใหม่ซึ่งไม่เคยมีมาก่อนหน้าที่จะมีการพัฒนาเครื่องจักรกลเอ็นซีขึ้นมา เครื่องจักรกลชนิดนั้น คือ “แมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์” (Machining Center)

แมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ได้ถูกพัฒนาขึ้นประมาณปลาย ค.ศ. 1950 แมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์เป็นเครื่องจักรกลที่สามารถทำงานเกี่ยวกับการตัดเฉือนโลหะได้หลายชนิดต่อการตั้งเครื่องหนึ่งครั้ง เช่น กลึง เจาะ ปาดหน้า เป็นต้น นอกจานั้นแล้วลักษณะพิเศษของแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ยังรวมถึง

ความสามารถในการเปลี่ยนเครื่องมือได้อัตโนมัติ การที่แมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์สามารถทำได้อย่างหลากหลายก็เนื่องจากว่ามีเครื่องมือจำนวนมากอยู่ในรังเครื่องมือ (Tool Magazine) หรือกระบอกเครื่องมือ (Drum) เมื่อถึงเวลาที่จะต้องเปลี่ยนเครื่องมือ กลไกในการเปลี่ยนเครื่องมืออัตโนมัติซึ่งทำงานภายใต้ความควบคุมของเอ็นซีโปรแกรมก็จะทำงานขึ้น ซึ่งทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนของเครื่องมือที่เก็บอยู่ภายในกระบอกเครื่องมือกับเครื่องมือที่เก็บอยู่ในเพลางาน

ความสามารถในการจัดวางตำแหน่งของชิ้นงานโดยอัตโนมัติ แมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์สามารถที่จะขับเคลื่อนชิ้นงานไปในทิศทางต่างๆ เทียบกับเพลาชิ้นงานได้ ดังนั้นทำให้เครื่องมือตัดสามารถเข้าถึงชิ้นงานได้หลายพื้นผิว

ที่ว่างชิ้นงานแบบกระสวย (Pallet Shuttl) ลักษณะที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ก็คือการที่มีที่วางชิ้นงาน (Pallet) สองอันหรือมากกว่าที่แยกกัน ในขณะที่เครื่องทำการตัดเฉือนชิ้นงานซึ่งวางชิ้นงานซึ่งวางอยู่บนที่วางชิ้นงานอันหนึ่งอยู่ ที่วางชิ้นงานอันอื่นๆ ก็จะถูกจัดให้อยู่ในตำแหน่งที่หลอดภัยที่สุดซึ่งห่างไกลจากเพลางาน จะเห็นได้ว่าในระหว่างนั้นคนคุมเครื่องสามารถที่

จะนำชิ้นงานที่ได้ผ่านดำเนินงานเสร็จเรียบร้อยแล้วออกจากที่วางชิ้นงาน แล้วนำชิ้นงานอันใหม่วางบนที่วางชิ้นงานที่ว่างอยู่ หลังจากนั้นก็ยึดชิ้นงานเข้ากับที่จับยึดชิ้นงาน (Fixture) เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการตัดเฉือนที่จะเกิดขึ้นต่อไป ดังนั้นทำให้เวลาที่จะต้องสูญเสียไปเพื่อการจัดตั้งเครื่องและชิ้นงานในระหว่างเปลี่ยนชิ้นงานใหม่ลดลง

แมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ถูกแบ่งออกเป็นสองชนิดตามการวางตัวของเพลางานคือ

แบบแนวดิ่ง (Vertical) เป็นแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่มีเพลางานเคลื่อนที่ในทิศทางที่ตั้งฉากกับโต๊ะงาน

แนวระดับ (Horizontal) เป็นแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ที่มีเพลางานเคลื่อนที่ในทิศทางขนานกับโต๊ะงาน

ข้อแตกต่างในเรื่องทิศทางการเคลื่อนที่ของเพลางานนี้ ทำให้เครื่องจักรทั้งสองแบบใช้งานในลักษณะที่แตกต่างกันกล่าวคือ แมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์แบบแนวดิ่งจะใช้กับชิ้นงานที่มีลักษณะเรียบซึ่งต้องการให้เครื่องมือเข้าถึงได้จากส่วนบน ในขณะที่แมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์แบบแนวระดับจะใช้งานที่เป็นลักษณะลูกบาศก์ (Prismatic) ซึ่งต้องการให้เครื่องมือตัดเข้าถึงในทางด้านข้างของชิ้นงาน ความสำเร็จของแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ก่อให้เกิดการพัฒนาเครื่องมือกลสำหรับกระบวนการตัดเฉือนโลหะชนิดอื่นๆ ขึ้นภายหลัง

2.6.4 ประโยชน์ของเครื่องจักรกลเอ็นซี

มีเหตุผลหลายประการที่ทำให้เครื่องจักรกลเอ็นซีมีการใช้งานอย่างแพร่หลายในปัจจุบันโยเฉพาะอย่างยิ่ง ในอุตสาหกรรมตัดเฉือนโลหะ จากการสำรวจทางสถิติได้ชี้ให้เห็นว่า 75% ของอุตสาหกรรมการผลิตมีการผลิตชุดละ 50 ชิ้นหรือน้อยกว่า ซึ่งการผลิตแบบชุดเล็กๆ นั้นเป็นแบบอย่างการผลิตที่เหมาะสมกับการใช้งานเครื่องจักรกลเอ็นซีด้วยเหตุผลหลายประการดังต่อไปนี้

2.6.4.1 ลดเวลาที่ต้องเสียไปโดยเปล่าประโยชน์ เครื่องจักรกลเอ็นซีจะไม่ทำให้กระบวนการตัดเฉือนโลหะเปลี่ยนแปลงไปอย่างใด แต่มันจะเพิ่มอัตราส่วนของเวลาที่เครื่องจักรถูกใช้งานตัดเฉือนโลหะให้มากขึ้น เหตุผลก็คือเครื่องจักรกลเอ็นซีจะทำให้จำนวนการจัดตั้งเครื่องลดลงเวลาในการจัดตั้งเครื่องลดลง เวลาในการเคลื่อนย้ายชิ้นงานลดลง และยังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเครื่องมือเองได้โดยอัตโนมัติ เป็นต้น

2.6.4.2 ลดการจับยึดชิ้นงานที่สลับซับซ้อน เครื่องจักรกลเอ็นซีไม่ต้องการอุปกรณ์จับยึดที่ซับซ้อน เนื่องจากการจัดวางชิ้นงานให้ถูกต้องตามตำแหน่งที่ต้องการนั้นจะทำโดยเอ็นซีโปรแกรมมากกว่าที่จะใช้จิ๊ก (Jig) หรืออุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน

2.6.4.3 ลดเวลานำ เนื่องจากว่าเราสามารถจัดตั้งเครื่องได้บ่อยขึ้นและใช้เวลาน้อยลง ดังนั้นเวลานำจะลดลง

2.6.4.4 เพิ่มความยืดหยุ่นในการผลิต เนื่องจากว่าเครื่องจักรกลเอ็นซีใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงานต่างๆ ดังนั้นการทำงานของเครื่องจะสามารถถูกดัดแปลงให้ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงได้โดยง่าย เช่น เปลี่ยนชนิดงาน เปลี่ยนหมายกำหนดการในการผลิต เป็นต้น

2.6.4.5 การเปลี่ยนแปลงแบบวิศวกรรมทำได้โดยง่าย เนื่องจากเครื่องจักรกลเอ็นซีทำงานตามคำสั่งของเอ็นซีโปรแกรม ดังนั้นการเปลี่ยนต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับเอ็นซีโปรแกรมจะทำได้โดยง่ายกว่าการเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน

2.6.4.6 เพิ่มความถูกต้องและลดความผิดพลาดของมนุษย์ จะเห็นได้ว่าเครื่องจักรกลเอ็นซีควรนำมาใช้งานในกรณีที่เราต้องการผลิตชิ้นงานที่มีความซับซ้อนซึ่งมนุษย์มีโอกาศที่จะทำให้เกิดการผิดพลาดได้ง่าย

2.6.5 ลักษณะของชิ้นงานที่เหมาะสมกับการผลิตด้วยเครื่องจักรกลเอ็นซี

ไม่ใช่ว่าเครื่องจักรกลเอ็นซีจะผลิตชิ้นงานทุกอย่างได้ประหยัด ลักษณะสมบัติของชิ้นงานที่เหมาะสมในการผลิตโดยใช้เครื่องจักรกลเอ็นซีประกอบด้วย

2.6.5.1 ชิ้นงานจะต้องถูกผลิตบ่อยครั้งและมีจำนวนการผลิตในแต่ละครั้งน้อย

2.6.5.2 ลักษณะทางเรขาคณิตของชิ้นงานซับซ้อน

2.6.5.3 ชิ้นงานต้องถูกผลิตให้มีความถูกต้องสูง

2.6.5.4 มีการดำเนินงานหลายอย่างบนชิ้นงาน

2.6.5.5 ต้องมีการตัดเฉือนโลหะจำนวนมากออกจากชิ้นงาน

2.6.5.6 แบบทางวิศวกรรมมีการเปลี่ยนแปลงบ่อยครั้ง

2.6.5.7 ชิ้นงานมีราคาแพงและความผิดพลาดที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานจะทำให้เกิดการสูญเสียขึ้นอย่างมาก

2.6.5.8 ชิ้นงานทุกชิ้นต้องมีการตรวจสอบ

ในความเป็นจริงแล้วชิ้นงานไม่จำเป็นต้องมีลักษณะสมบัติเหมือนกับที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นทุกประการถึงจะเหมาะสมที่จะผลิตโดยใช้เครื่องจักรกลเอ็นซี อย่างไรก็ตามถ้าชิ้นงานใดมีลักษณะสมบัติดังกล่าวข้างต้นยิ่งมากเท่าไหร่ ก็ยิ่งเหมาะสมที่จะผลิตโดยใช้เครื่องจักรกลเอ็นซีมากขึ้นเท่านั้น

การตัดสินใจนำเอาเครื่องจักรกลเอ็นซีเข้ามาใช้ในกระบวนการผลิตสำหรับโรงงานที่มีการผลิตโดยใช้เครื่องจักรกลแบบดั้งเดิมนั้น ควรพิจารณาจากคำตอบที่ว่าเครื่องจักรกลเอ็นซีเป็นสิ่งที่เรา

ต้องการหรือเหมาะสมกับการผลิตมากกว่าวิธีที่ใช้ในปัจจุบันมากน้อยเพียงใด การตัดสินใจว่าเครื่องจักรกลเอ็นซีเหมาะสมเพียงใดกับการใช้งานในโรงงานหนึ่งควรจะพิจารณาจากลักษณะสมบัติของชิ้นงานที่ได้กล่าวมาข้างต้น ถ้าในโรงงานหนึ่งมีจำนวนชิ้นงานที่มีลักษณะสมบัติเหล่านี้เป็นจำนวนมากก็หมายความว่า ความจำเป็นในการนำเอาเครื่องจักรกลเอ็นซีมาใช้ในกระบวนการผลิตแล้ว ผู้บริหารระดับสูงจะต้องมีการทำข้อตกลงอย่างเป็นทางการและต้องมีส่วนร่วมในการพัฒนาระบบขึ้นมา เนื่องจากว่าการนำเอาเครื่องจักรกลเอ็นซีมาใช้นั้น จะต้องมีการอบรมแล้วให้ความรู้กับพนักงานคุมเครื่อง คนโปรแกรมเครื่องจักร ผู้เชี่ยวชาญทางคอมพิวเตอร์ คนซ่อมและบำรุงรักษาเครื่อง และบุคคลอื่นๆ ที่มีหน้าที่ให้คำปรึกษาและดูแลการทำงานในโรงงาน นอกจากนั้นแล้วยังมีแนวโน้มว่า โครงสร้างการทำงานขององค์กรอาจจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงให้เหมาะสมอีกด้วย ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ในการใช้งานเครื่องจักรกลเอ็นซี นั้งคงจะเกิดขึ้นไม่ได้ถ้าขาดความร่วมมือ และความช่วยเหลืออย่างแท้จริง จากบุคลากรทุกฝ่าย

2.6.6 พัฒนาการของเครื่องจักรกลเอ็นซี

พัฒนาการของเครื่องจักรกลเอ็นซีเป็นความสำเร็จที่สำคัญต่อการผลิตแบบชุด (Batch) และการผลิตตามงาน (Job Shop) พัฒนาการที่สำคัญของเทคโนโลยีที่เกี่ยวกับเครื่องจักรกลเอ็นซี 2 ประการ คือ

Direct Numerical Control (DNC หรือเครื่องจักรกลดีเอ็นซี)

Computer Numerical Control (CNC หรือเครื่องจักรกลซีเอ็นซี)

เครื่องจักรกลดีเอ็นซี และเครื่องจักรกลซีเอ็นซีเกิดการนำเอาเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์และทางด้านเครื่องจักรกลเอ็นซีมารวมกัน เครื่องจักรกลดีเอ็นซีได้มีการผลิตจำหน่ายสู่ตลาดประมาณปลายทศวรรษที่ 1960 และหลังจากนั้นประมาณกลางทศวรรษที่ 1970 เครื่องจักรกลซีเอ็นซีได้มีการผลิตออกสู่ตลาดสำเร็จเป็นครั้งแรก เครื่องจักรกลดีเอ็นซีจะใช้คอมพิวเตอร์ศูนย์กลางขนาดใหญ่ในการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกลเอ็นซีหลายเครื่อง หน้าที่สำคัญของคอมพิวเตอร์ศูนย์กลางที่ใช้ในเครื่องจักรกลดีเอ็นซีคือ การดาวน์โหลด (Download) โปรแกรมเอ็นซีไปสู่เครื่องจักรกลเอ็นซีแต่ละเครื่อง

“เนื่องจากความก้าวหน้าของเทคโนโลยีเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ทำให้คอมพิวเตอร์มีขนาดเล็กลง ราคาถูกลง และยังมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้น ดังนั้นได้มีการนำเอาคอมพิวเตอร์ขนาดที่เล็กลงนี้ (มินิคอมพิวเตอร์ หรือไมโครคอมพิวเตอร์) มาใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกลเอ็นซี ซึ่งทำให้เกิดเป็นเครื่องจักรกลซีเอ็นซีขึ้น โดยนิยามแล้วเครื่องจักรกลซีเอ็นซี ก็คือการนำเอาระบบเอ็น

ซีซึ่งมีการควบคุมโดยคอมพิวเตอร์ตัวหนึ่งมาใช้ทำงานบางส่วนหรือทั้งหมดของเครื่องจักรกลเอ็นซี และเครื่องคอมพิวเตอร์ตัวนี้จะทำหน้าที่ในการเก็บโปรแกรมต่างๆ ที่จะใช้ในการควบคุมเครื่องจักรเอ็นซีอีกด้วย" พัฒนาการและส่วนประกอบที่สำคัญต่างๆ ของเครื่องจักรกลดีเอ็นซี และเครื่องจักรกลซีเอ็นซี ดังแสดงในหัวข้อต่อไปนี้

2.6.7 เครื่องจักรกลดีเอ็นซี (DNC Machine)

เครื่องจักรกลดีเอ็นซี หมายถึง "ระบบการผลิตที่มีการนำเอาเครื่องจักรกลหลายเครื่องมาต่อตรงเข้ากับคอมพิวเตอร์เพื่อให้คอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงานต่างๆ ของเครื่องจักรเหล่านั้นตามเวลาจริง (Real Time)" สำหรับเครื่องจักรกลดีเอ็นซีนี้ไม่ต้องใช้ตัวอ่านเทป ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีความไม่น่าเชื่อถือสูงสุด เพราะว่าโปรแกรมชิ้นงานจะถูกส่งไปยังเครื่องจักรกลโดยตรงจากหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ โดยทฤษฎีแล้วคอมพิวเตอร์ตัวหนึ่งอาจจะใช้ควบคุมเครื่องจักรกลได้มากกว่า 100 เครื่อง เครื่องจักรกลดีเอ็นซีได้ถูกออกแบบไว้ให้สามารถติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ศูนย์กลางได้อย่างรวดเร็วเพื่อส่งผ่านโปรแกรมที่จะใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกลได้ตามความต้องการจริงที่เกิดขึ้น แสดงให้เห็นถึงลักษณะที่สำคัญและส่วนประกอบของเครื่องจักรกลดีเอ็นซีจะเห็นว่าเครื่องจักรกลดีเอ็นซีจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ 4 ส่วนคือ

2.6.7.1 คอมพิวเตอร์ศูนย์กลาง

2.6.7.2 หน่วยความจำขนาดใหญ่ที่ได้เก็บโปรแกรมเอ็นซี

2.6.7.3 สายสำหรับติดต่อสื่อสาร

2.6.7.4 เครื่องจักรกล

เมื่อเครื่องจักรกลต้องการที่จะผลิตชิ้นงาน คอมพิวเตอร์จะเรียกโปรแกรมสำหรับผลิตชิ้นงานนั้นๆ มาจากหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ และหลังจากนั้นก็จะส่งโปรแกรมสั่งเครื่องที่ต้องการ นอกจากนั้นแล้วเครื่องคอมพิวเตอร์ยังมีหน้าที่ในการรับข่าวสารป้อนกลับจากเครื่องจักรอีกด้วย การไหลของข่าวสารแบบสองทางนี้จะเกิดขึ้นตามเวลาจริง ซึ่งหมายความว่าการส่งข้อมูลข่าวสารต่างๆ ที่เกิดขึ้นแบบทันทีทันใด ตามความต้องการที่เกิดขึ้นในขณะนั้นๆ "โดยสรุปแล้วลักษณะเด่นของเครื่องจักรกลดีเอ็นซีก็คือ การที่คอมพิวเตอร์ศูนย์กลางที่มีหน่วยความจำขนาดใหญ่สามารถให้บริการแก่เครื่องจักรกลหลายเครื่องตามเวลาจริง"

2.6.8 ประโยชน์ของเครื่องจักรกลดีเอ็นซี

ประโยชน์ของเครื่องจักรกลดีเอ็นซีประกอบด้วยสิ่งต่อไปนี้คือ

2.6.8.1 ความสามารถในการควบคุมเครื่องจักรได้มากกว่าหนึ่งโดยใช้คอมพิวเตอร์เพียงเครื่องเดียว

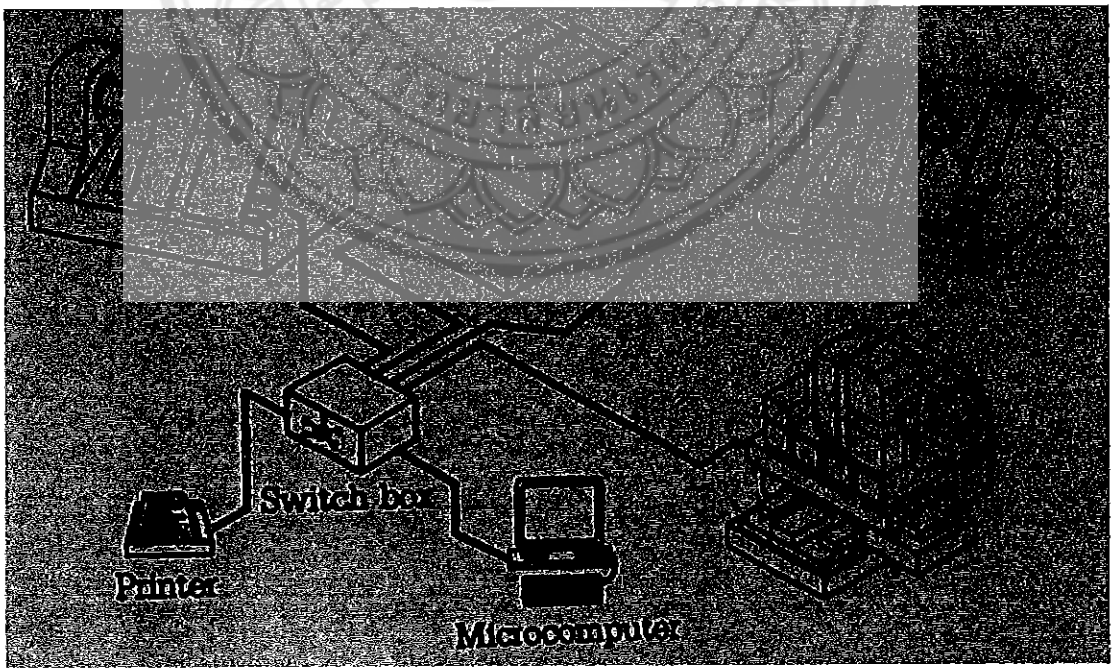
2.6.8.2 เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถตั้งห่างไกลจากเครื่องจักรกลได้

2.6.8.3 ไม่จำเป็นต้องใช้เทปปรุและตัวอ่านเทปซึ่งเป็นการปรับปรุงความหน้าเชื่อถือของระบบ

2.6.8.4 ขจัดการเชื่อมต่อโดยใช้สายไฟ (Hard Wired) ซึ่งทำหน้าที่เกี่ยวกับการควบคุมต่างๆ เปลี่ยนแปลงได้ง่าย

2.6.8.5 โปรแกรมที่เก็บเอาไว้สามารถนำมาประมวลในตอนหลังได้ขึ้นอยู่กับว่าเครื่องจักรเครื่องใดเหมาะสมที่จะทำงานนั้นๆ

ปัญหาของเครื่องจักรกลดีเอ็นซีคือ อะไรจะเกิดขึ้นถ้าเครื่องคอมพิวเตอร์เกิดเสียขึ้น คำตอบก็คือว่าการผลิตจะต้องหยุดลงนั่นเอง แต่ในทางปฏิบัติแล้วปัญหานี้ไม่ได้เป็นปัญหาใหญ่อะไร เนื่องจากว่าคอมพิวเตอร์ควบคุมศูนย์กลาง มีความน่าเชื่อถือสูงมากกว่าเครื่องจักรกลเอ็นซีแบบเดิมมาก



รูปที่ 2.6 แสดงตัวอย่างหนึ่งของระบบการใช้คอมพิวเตอร์ศูนย์กลางในการควบคุม

2.7 เครื่องจักรกลซีเอ็นซี (CNC Machine)

ตั้งแต่เครื่องจักรกลดีเอ็นซีได้เข้ามามีบทบาทในอุตสาหกรรมการผลิต เทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์ก็ได้เจริญเติบโตขึ้นอย่างมากเช่นกัน กล่าวคือทั้ง ขนาดและราคาของเครื่องคอมพิวเตอร์ลดลงในขณะที่ความสามารถในการคำนวณเพิ่มขึ้นอย่างมาก ซึ่งทำให้หน่วยควบคุมเอ็มซียู (MCU) ขนาดใหญ่ของเครื่องจักรกลเอ็นซีที่ก่อนหน้านี้มีการต่อเชื่อมโดยใช้สายไฟถูกเปลี่ยนไปเป็นการควบคุมโดยใช้คอมพิวเตอร์แทน มินิคอมพิวเตอร์ได้ถูกนำมาใช้ในตอนเริ่มต้น (ประมาณต้นทศวรรษที่ 1970) และปัจจุบันนี้เราก็ได้มีการนำเอาไมโครคอมพิวเตอร์มาใช้ทำหน้าที่แทน

โดยนิยามแล้วเครื่องจักรกลซีเอ็นซี ก็คือ

"เครื่องจักรกลเอ็นซีที่ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ตัวหนึ่งเป็นหน่วยควบคุมการทำงาน" (หน้า 63, ปารเมศ ชุติมา, 2544)

"CNC เป็นระบบการควบคุมคำสั่งเชิงตัวเลข โดยใช้คอมพิวเตอร์มาช่วยควบคุมนอกจากนั้นการจัดเก็บข้อมูล ที่ป้อนเข้าไปในระบบเอ็นซี จะเก็บไว้ในหน่วยความจำของเครื่องแทนกระดาษเทป ทำให้สามารถเก็บข้อมูลได้มากกว่า" (หน้าที่ 141, อำนาจ ทองแสน, 2543)

"ซีเอ็นซี (CNC) ย่อมาจากคำว่า Computerized Numerical Control ระบบควบคุมเอ็นซีแบบนี้จะมีคอมพิวเตอร์ที่มีความสามารถสูงเพิ่มเข้าไปในระบบ ทำให้สามารถจัดการกับข้อมูลที่ป้อนเข้าไปในระบบเอ็นซี และประมวลผลข้อมูลเพื่อนำผลลัพท์ที่ได้ไปควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกล" (หน้าที่ 1, ชาลี ตระการกูล, 2542)

"CNC เป็นเครื่องจักรที่มีระบบการควบคุมโดยคอมพิวเตอร์ สำหรับเครื่องจักรเพียงเครื่องเดียว โดยกำหนดให้ คอมพิวเตอร์ควบคุมคำสั่งที่อยู่ในหน่วยความจำและสามารถนำไปใช้งานบางสั่ง หรือทั้งหมด สำหรับคำสั่งของระบบ NC พื้นฐานเกือบทั้งหมดของเครื่องที่ควบคุมด้วยระบบ NC ได้พัฒนาไปสู่ระบบแบบ CNC เพราะว่ามีความยืดหยุ่น และทำให้ต้นทุนต่ำลง" (page 8, S.C. Jonathan Lin, 1994)

"นิยามของระบบการควบคุมเชิงตัวเลขโดยใช้คอมพิวเตอร์ (CNC) กำหนดเริ่มต้นนั้นเป็นเครื่องจักรที่ควบคุมด้วยระบบควบคุมเชิงตัวเลข และรวบการควบคุมโดยใช้คอมพิวเตอร์ไว้ภายในตัวเครื่องจักรที่ควบคุมด้วยมือ และใส่โปรแกรมไปที่เครื่องจักร ปัจจุบันนี้เครื่องจักรกล CNC ทั้งหมดเป็นเครื่องจักรแบบที่มีระบบควบคุมโดยคอมพิวเตอร์ แบบ On Board เพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัด (Tooling) ในโปรแกรมสำหรับผลิตชิ้นงาน" (page 449, James A. Rehg and Henry W.Kraebber, 2001)

เนื่องจากว่าทั้งดีเอ็นซีและซีเอ็นซี ใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานเหมือนกันแต่คอมพิวเตอร์ของเครื่องจักรกลทั้งสองนี้ทำหน้าที่แตกต่างกันคือ

คอมพิวเตอร์ของเอ็นซีสามารถที่จะกระจายคำสั่งและรับข้อมูลข่าวสารจากเครื่องจักรกลหลายเครื่องได้ ในขณะที่คอมพิวเตอร์ของซีเอ็นซีจะควบคุมที่อยู่ไกลจากเครื่องจักรกล ในขณะที่คอมพิวเตอร์ของซีเอ็นซีจะควบคุมเครื่องจักรกลเพียงเครื่องเดียวหรือจำนวนน้อยเท่านั้น

คอมพิวเตอร์ของเครื่องดีเอ็นซีโดยมากแล้ว จะตั้งอยู่ห้องควบคุมที่อยู่ไกลจากเครื่องจักรกลในขณะที่คอมพิวเตอร์ของซีเอ็นซีจะตั้งอยู่ใกล้กับเครื่องจักรที่มันควบคุม

ซอฟต์แวร์ของดีเอ็นซีจะถูกพัฒนาให้มีความสามารถในการจัดการกับระบบข่าวสารในระบบผลิตด้วยนอกเหนือจากที่ต้องควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกลแต่ละเครื่องเท่านั้น

เครื่องจักรกลดีเอ็นซีพัฒนามาจากเครื่องจักรกลเอ็นซีแบบดั้งเดิม เครื่องจักรกลดีเอ็นซีเกิดขึ้นมาครั้งแรกประมาณปลายทศวรรษที่ 1960 แต่เนื่องจากมันมีราคาแพงมากจึงทำให้ไม่ค่อยเป็นที่แพร่หลายในวงการอุตสาหกรรมเท่าที่ควร นอกจากนั้นแล้วเครื่องจักรกลดีเอ็นซี ก็ยังไม่มีความยืดหยุ่นในเรื่องของรูปแบบการรายงานผล และความต้องการทางด้านฮาร์ดแวร์อีกด้วย และเมื่อไม่นานนี้เองก็ได้มีการพัฒนาเครื่องจักรกลซีเอ็นซีขึ้นมาซึ่งมีราคาถูกกว่าเครื่องจักรกลดีเอ็นซีมาก เนื่องจากว่าราคาของเครื่องคอมพิวเตอร์และซอฟต์แวร์มีค่าต่ำลงซึ่งทำให้เกิดการพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์แบบที่มีการควบคุมเป็นลำดับชั้น (Hierachical Computer System) ขึ้นมา ในการทำงานแบบนี้คอมพิวเตอร์ของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี สามารถที่จะควบคุมเครื่องจักรกลได้โดยตรงและจะรายงานการทำงานต่างๆ ให้แก่คอมพิวเตอร์ที่อยู่ในระดับสูงขึ้นไป ข้อได้เปรียบด้านความยืดหยุ่นเมื่อเทียบกับเครื่องจักรกลดีเอ็นซีนี้ได้ปรากฏให้เห็นขึ้นประมาณปี ค.ศ. 1970 นอกจากนั้นแล้วสำหรับเครื่องจักรกลซีเอ็นซี ข่าวสารต่างๆ ที่อยู่ในระบบสามารถจะถูกรายงานออกมาได้ตามรูปแบบและความต้องการของบริษัท ซึ่งตรงกันข้ามกับเครื่องดีเอ็นซี ซึ่งมีรูปแบบการรายงานผลที่ตายตัวและบางครั้งข้อมูลบางอย่างที่ผู้บริหารต้องการก็ไม่สามารถรายงานออกมาได้ ข้อได้เปรียบอีกอย่างหนึ่งของการจัดรูปแบบเครื่องจักรกลซีเอ็นซีแบบเป็นลำดับชั้นก็คือ เราสามารถที่จะสร้างระบบนี้แบบเป็นเฟสได้ซึ่งดีกว่าการที่เราจะต้องซื้อระบบดีเอ็นซีเข้ามาทีเดียวทั้งชุด และทำให้ระบบสามารถที่จะถูกเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้โดยง่าย นอกจากนั้นแล้วค่าใช้จ่ายต่างๆ จะสามารถถูกแบ่งออกเป็นระยะๆ ได้ ซึ่งทำให้เราสามารถที่จะหาประโยชน์ได้หลังจากการติดตั้งเครื่องจักรกลเป็นระยะได้เช่นกัน พัฒนาการที่สำคัญของเครื่องจักรกลเอ็นซีและดีเอ็นซีก็คือระบบการผลิตยืดหยุ่น ซึ่งเกิดขึ้นมาจากการนำเอากลุ่มของเครื่องจักรกลเอ็นซีหรือซีเอ็นซีมารวมกันและมีการต่อเชื่อมโยงเข้าด้วยกันโดยใช้ระบบเคลื่อนย้ายวัสดุและรับคลังสินค้าอัตโนมัติ โดยที่องค์ประกอบทั้งหมดจะถูกควบคุมโดยคอมพิวเตอร์

ซึ่งทำให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเช่นเดียวกับการผลิตตามแบบจามสายงาน (Flow Line) ในขณะเดียวกันระบบจะมีความยืดหยุ่นเช่นเดียวกับการผลิตตามแบบตามสั่ง (Job Shop)

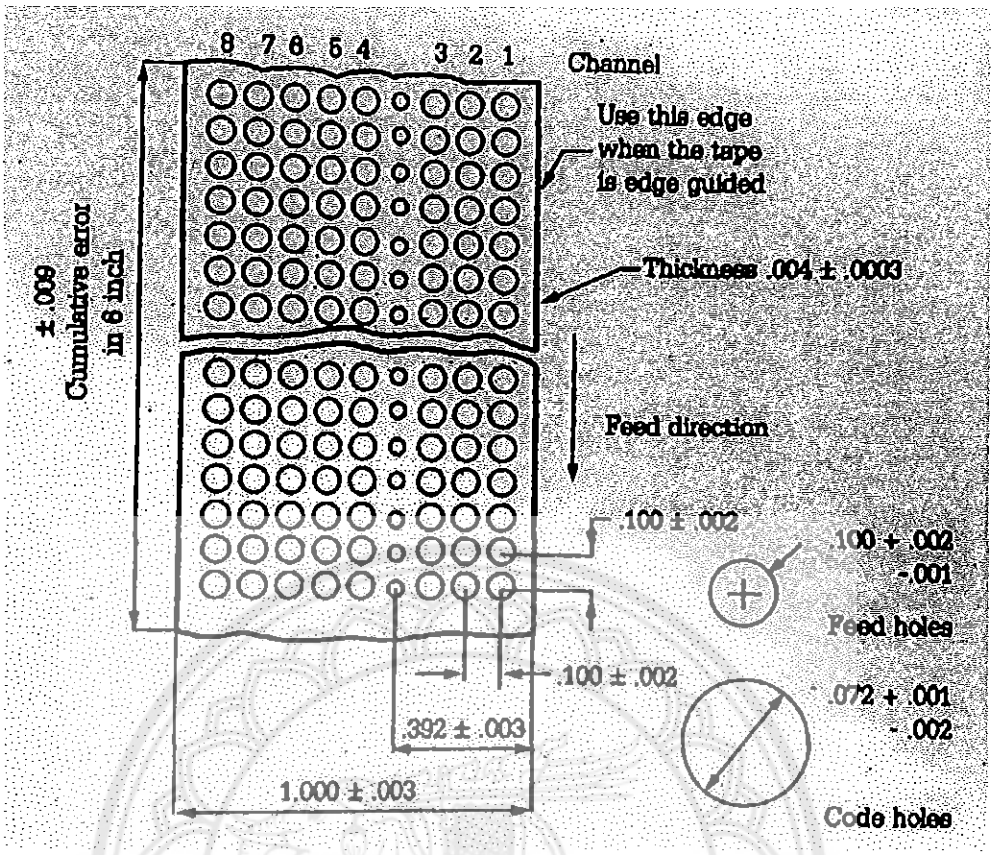
จากรูปแบบของเครื่องจักรกลซีเอ็นซีนั้น จะเห็นว่าเริ่มต้นแล้วตัวควบคุมจะมีตัวอ่านเทปสำหรับเป็นตัวป้อนโปรแกรมของชิ้นงานในครั้งแรก ซึ่งจะเห็นได้ว่ารูปลักษณ์ภายนอกของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี ก็ไม่ได้มีความแตกต่างอย่างไรกับเครื่องจักรกลเอ็นซีแบบดั้งเดิมเลย แต่ข้อแตกต่างก็คือ "วิธีการในการที่จะนำโปรแกรมมาใช้ของเครื่องจักรกลทั้งสอง" สำหรับเครื่องจักรกลเอ็นซีแบบดั่งเดิมนั้นตัวอ่านเทปจะอ่านข้อมูลจากเทปปรุเป็นชุดๆ เข้ามาแล้วหลังจากนั้นมันจะดำเนินงานตามคำสั่งที่ถูกอ่านเข้ามาเป็นชุดนั้นทีละชุด โดยที่จะต้องทำชุดแรกให้เสร็จก่อนแล้วค่อยทำชุดอื่นๆ ต่อไปจนกระทั่งเสร็จสิ้น แต่เครื่องจักรซีเอ็นซีนั้นจะแตกต่างออกไปโดยที่โปรแกรมทั้งโปรแกรมจะถูกอ่านเข้ามาทั้งหมดในคราวเดียว แล้วจะถูกเก็บเข้าไว้ในหน่วยความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งทำให้การดำเนินงานต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นกับชิ้นงานสามารถควบคุมได้จากคำสั่งที่ถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำคอมพิวเตอร์แทนที่จะอ่านเทปปรุโดยตรง

2.7.1 ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบซีเอ็นซี

ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบซีเอ็นซีมีดังนี้

2.7.1.1 ส่วนที่เป็นโปรแกรมสั่งงาน (Part Program) โปรแกรมสั่งงานในระบบซีเอ็นซี จะมีลักษณะเป็นแถวยาว โดยแต่ละแถวจะมีรหัสคำสั่ง (NC code) ที่เขียนไว้ในรูปแบบของตัวเลข ตัวอักษร และสัญลักษณ์ ซึ่งรหัสคำสั่งในแต่ละแถวนี้ จะแทนตำแหน่งการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดบนเครื่องจักรซีเอ็นซี เพื่อใช้สำหรับการขึ้นรูปชิ้นส่วน

ลักษณะของเทปกระดาษที่ใช้เก็บรหัสของคำสั่งมีความกว้างประมาณ 1 นิ้ว ตามมาตรฐาน ASCII (American Standard Code For Information Interchange) และตามมาตรฐาน EIA (Electronic Industries Association) จะมีตำแหน่งการเจาะรูในแนวขวาง 8 รู ส่วนรูเจาะเล็กๆ ที่อยู่ระหว่างแถว 3 และ 4 นั้นเป็นรูเจาะสำหรับเครื่องอ่านเทปดึง

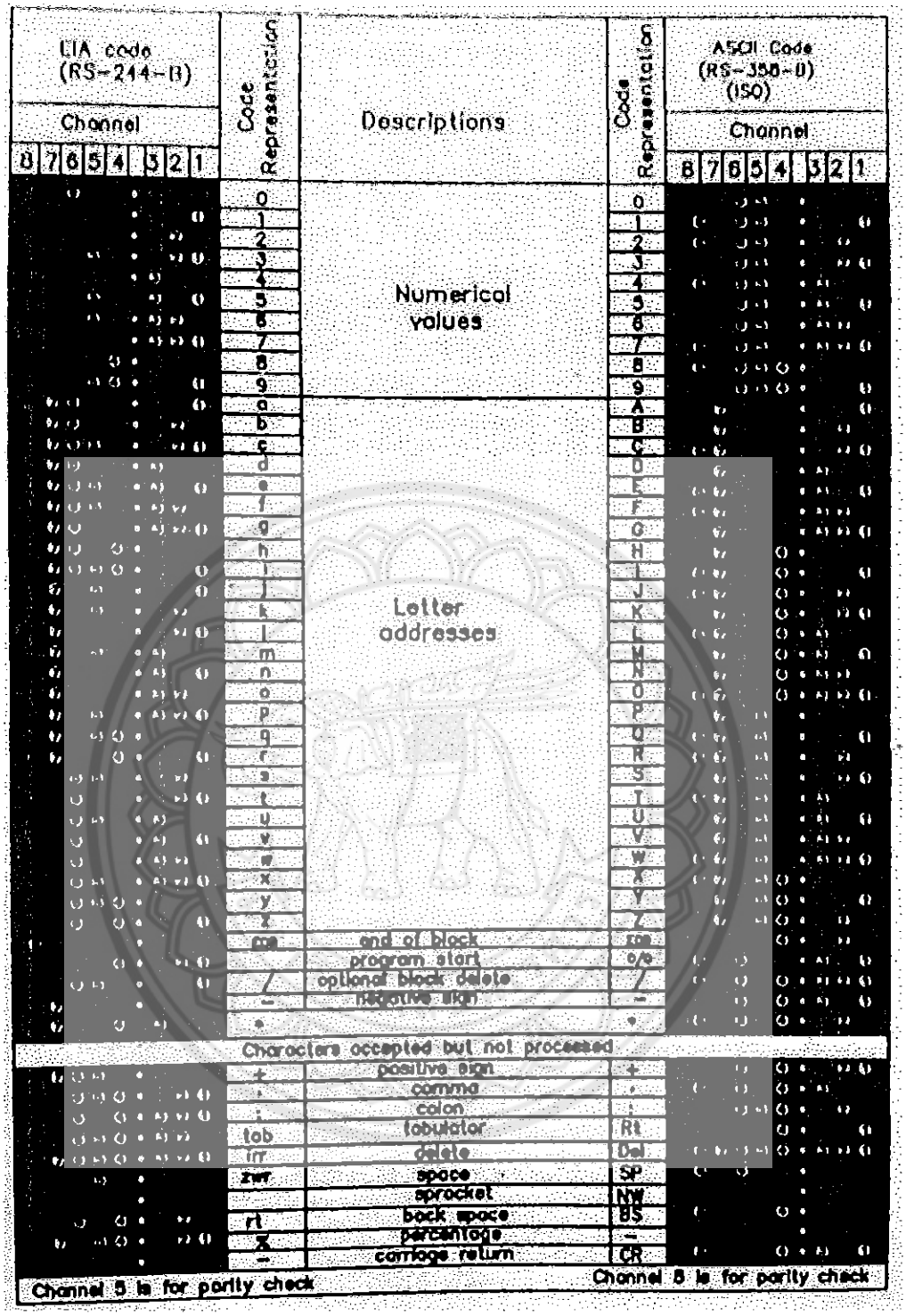


รูปที่ 2.7 เทปกระดาษสำหรับเขียนโปรแกรม NC มาตรฐาน EIA (Mikel P.Groover, 1987)

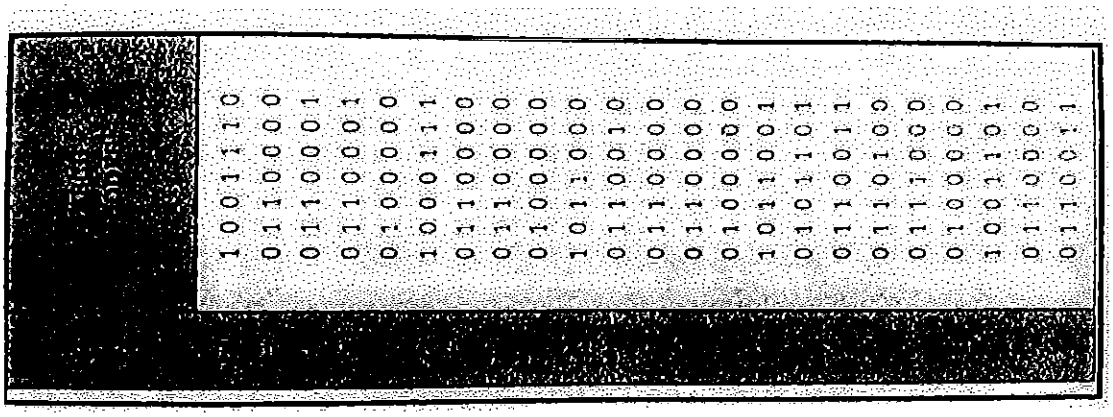
รหัสที่เกิดจากการเจาะรูในแนวขวางจะใช้แทนตัวอักษร 1 ตัวอักษรหรือ**แทนตัวเลข 1 ตัว เลข หรือสัญ**ลักษณ์ 1 ตัว และเนื่องจากมีขนาด 8 บิต (1 ไบต์)

ดังนั้น โดยการรวมตัวเลข ตัวอักษร และสัญลักษณ์ เข้าด้วยกันจะกลาย**เป็นหนึ่งคำสั่งโดย ใช้คำสั่งนี้**จะแทนตำแหน่งการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดในแนวแกน X, Y, Z และ**แทนความเร็วที่ ต้องการ**

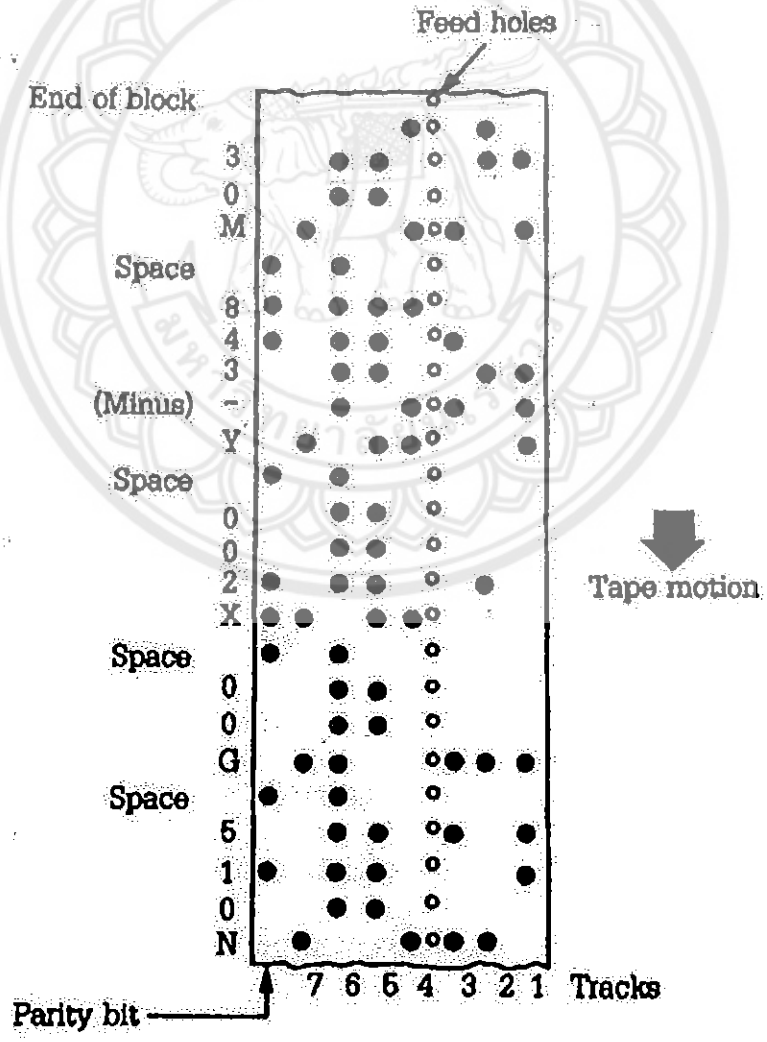
การแยกรหัสของคำสั่งออกจากกันจะมีรหัสพิเศษที่เรียกว่า EDB (End of Block) ซึ่งเป็น **รหัสที่ใช้เจาะเพียงรูเดียว**



รูปที่ 2.8 ลักษณะของเทปกระดาษตามมาตรฐานต่างๆ (S.C. Jonathan Lin, 1994)



รูปที่ 2.9 ลักษณะของรหัสคำสั่งตามมาตรฐาน ASCII Code (Hawkes, 1992)



รูปที่ 2.10 ลักษณะของรูเจาะที่เทปกระดาษ (Hawkes, 1992)

นอกจากรหัสคำสั่ง ASCII แล้วยังมีรหัส EIA และ ISO ซึ่งมีลักษณะการเจาะรูที่เทปกระดาษคลายกัน จากการที่มีการเจาะรู 8 รู ในแนวขวางหรือที่เรียกว่า Row ทำให้เราสามารถดัดแปลงรหัสได้ 28 ค่าเนื่องจากแต่ละแถวมีความเป็นไปได้สองสถานะ คือ มีรูและไม่มีรู ดังนั้นเราจึงเรียกรหัสนี้ว่า รหัสฐานสอง (Binary Code)

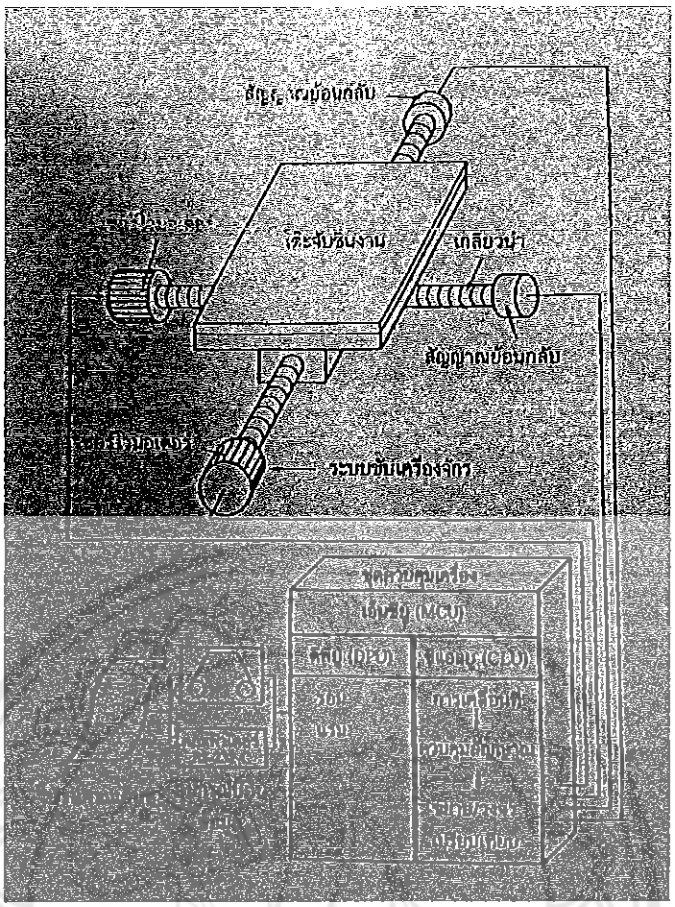
ตารางแสดงรหัสของตัวอักษรภาษาอังกฤษของ EIA

กระดาษรูที่ 6/7 และตัวเลข	กระดาษรูที่ 6/7 และตัวเลข	กระดาษรูที่ 6/7 และตัวเลข
1 = a	1 = j	
2 = b	2 = k	2 = s
3 = c	3 = l	3 = t
4 = d	4 = m	4 = u
5 = e	5 = n	5 = v
6 = f	6 = o	6 = w
7 = g	7 = p	7 = x
8 = h	8 = q	8 = y
9 = i	9 = r	9 = z

รูปที่ 2.11 รหัสตัวอักษรตามมาตรฐาน EIA (S.C. Jonathan Lin, 1994)

2.7.1.2 ส่วนที่ป้อนข้อมูลของโปรแกรม (Program Input Device) การป้อนข้อมูลของโปรแกรมในเครื่องจักรซีเอ็นซีที่เป็นซอฟต์ไวร์ (Soft Wire) นั้นจะใช้วิธีการป้อนโปรแกรมเข้าไปเก็บไว้ในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ที่ชุดควบคุมการทำงานของเครื่อง (MCU) ด้วยสายส่งสัญญาณ (Interface Bus)

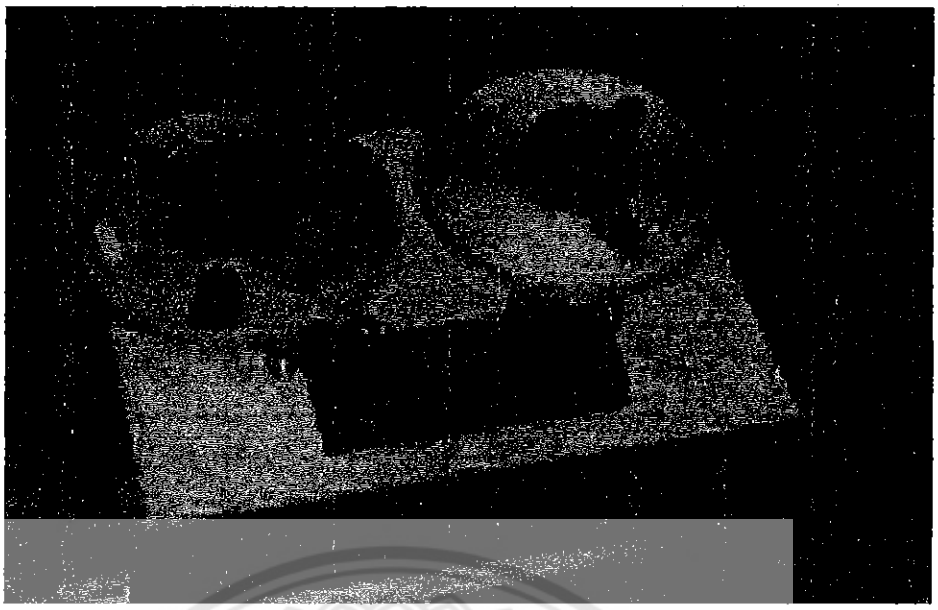
2.7.1.3 ส่วนที่เป็นระบบควบคุมการขับเคลื่อน (Drive System) การควบคุมการขับเคลื่อนในระบบซีเอ็นซีแบ่งออกเป็น 4 ชนิดคือ ใช้มอเตอร์แบบขั้น ใช้มอเตอร์กระแสตรง (DC Servo Motor) ใช้มอเตอร์กระแสสลับ (AC Servo Motor) และระบบไฮดรอลิก (Hydraulic Servo Drive)



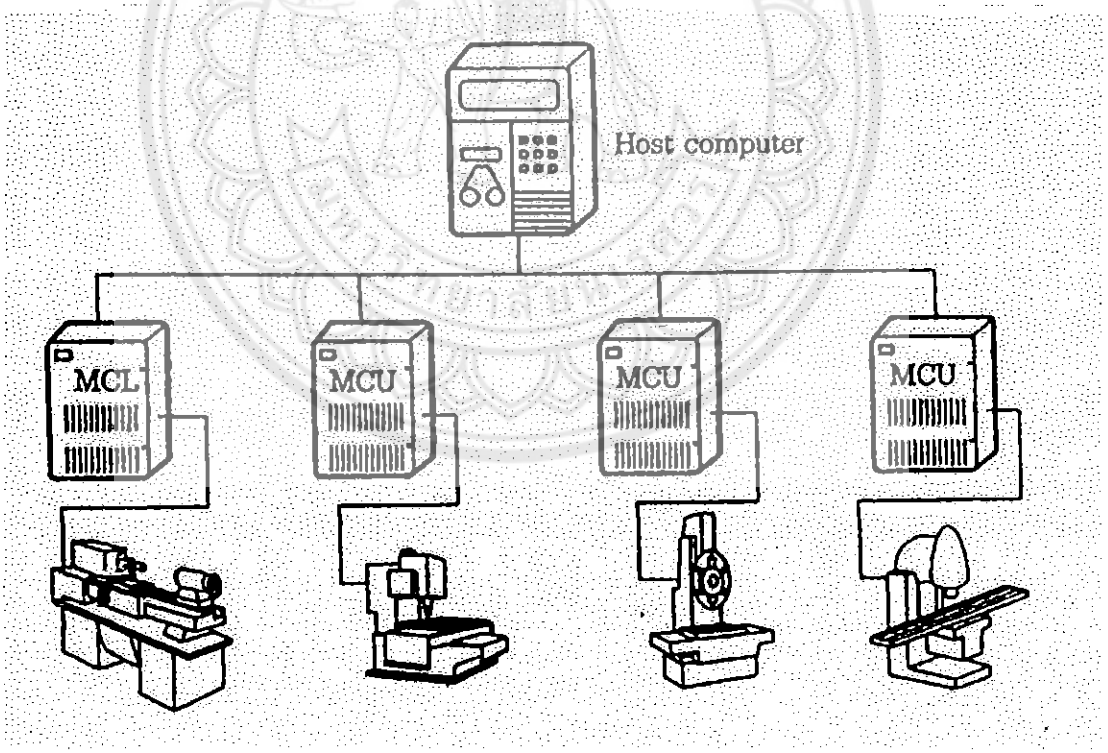
รูปที่ 2.12 ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบซีเอ็นซี (อำนาจ ทองแสน,2544)

2.7.1.4 หน่วยควบคุมการทำงานของเครื่องจักร (Machine Control Unit) หน่วยควบคุมการทำงานของเครื่องหรือ MCU มีหน้าที่อ่านและตีความหมายของคำสั่งที่ส่งมาจากส่วนป้อนข้อมูลโปรแกรม หลังจากนั้นจะแปลงเป็นสัญญาณเพื่อไปควบคุมระบบการขับเคลื่อนของเครื่องจักรซีเอ็นซีต่อไป

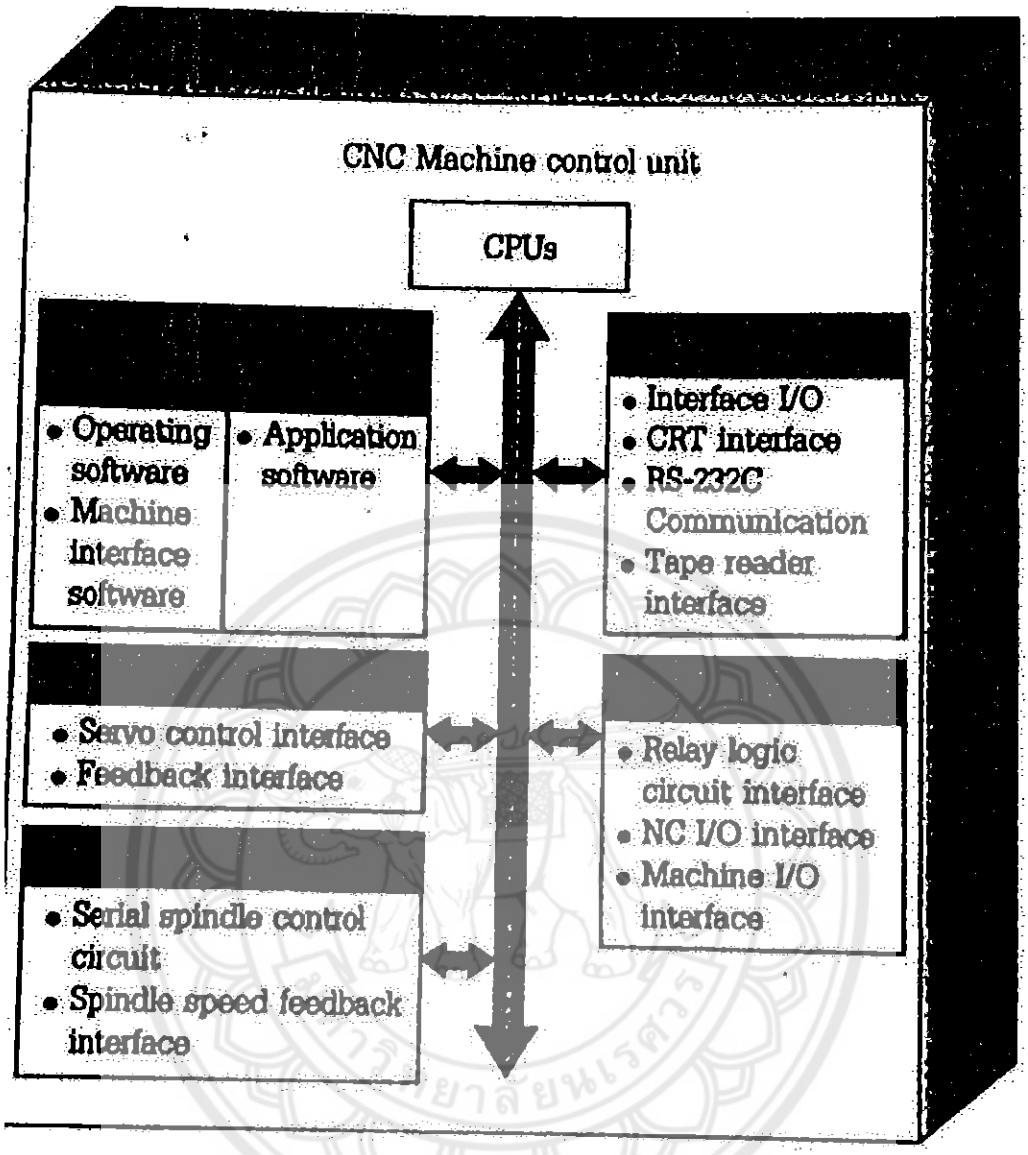
หน่วยควบคุมการทำงานของเครื่องแบ่งออกเป็น 2 ส่วนที่สำคัญๆ คือส่วนที่ทำหน้าที่อ่านโปรแกรม (Data Processing Unit : DPU) เช่น เครื่องอ่านเทปกระดาษ เครื่องอ่านเทปแม่เหล็ก หรือ RS-232C เป็นต้น และ ส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรซีเอ็นซี (Control Loop Unit : CLU) เช่น ความเร็วรอบ อัตราป้อนการเคลื่อนที่ของแนวแกน การเปลี่ยนเครื่องมือตัด การเปิด/ปิดน้ำหล่อเย็น เป็นต้น



รูปที่ 2.13 ตัวอย่างเครื่องอ่านเทปกระดาษ (อำนาจ ทองแสน,2544)

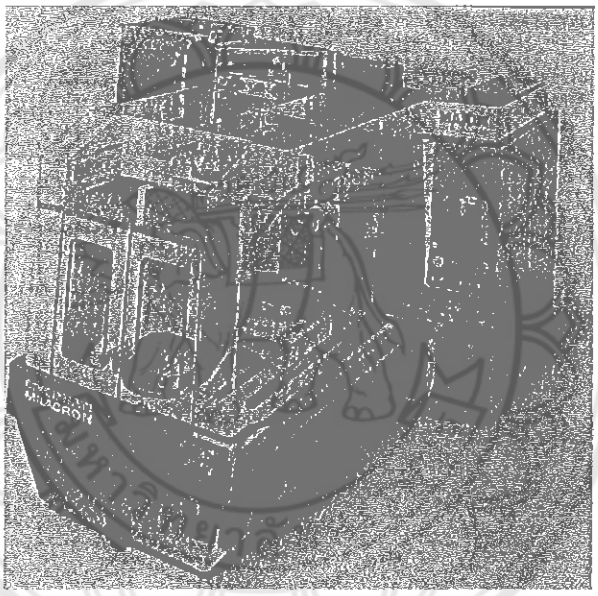


รูปที่ 2.14 ชุดควบคุมเครื่อง (MSU) (S.C. Jonathan Lin, 1994)

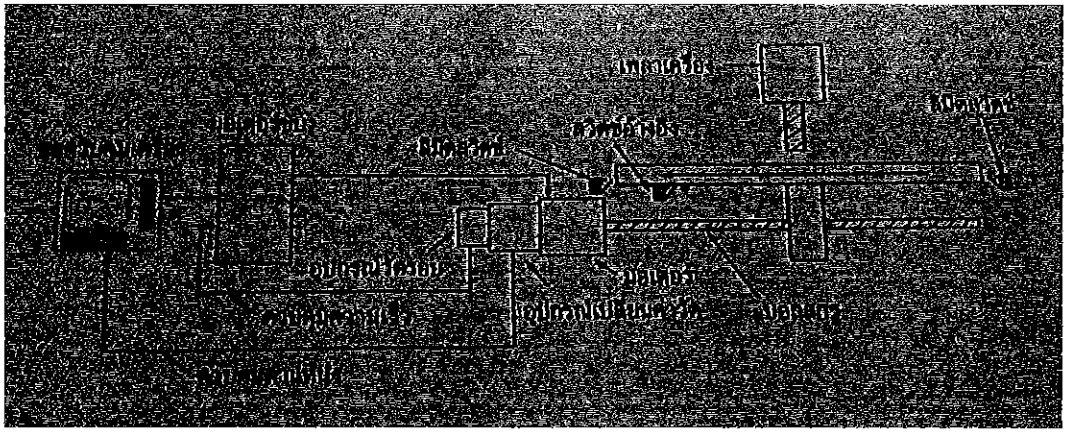


รูปที่ 2.15 ลักษณะของ MSU (S.C. Jonathan Lin, 1994)

2.7.1.5 เครื่องจักรกล (Machine Tool) เครื่องจักรที่ถูกออกแบบมาเพื่อควบคุมระบบซีเอ็นซี จะมีระบบการควบคุม 2 ระบบ คือแบบวงรอบเปิดและวงรอบปิด หรือการผสมระหว่างวงรอบเปิดและแบบวงรอบปิด โดยเครื่องจักรที่ควบคุมระบบจะมีสัญญาณส่งไปที่มอเตอร์ ทำให้โต๊ะจับชิ้นงานเคลื่อนที่ไปตามที่โปรแกรมไว้ ซึ่งการควบคุมด้วยระบบนี้จะไม่มีระบบตรวจสัญญาณย้อนกลับ (Feedback System) ทำให้ไม่สามารถที่จะตรวจสอบได้ว่าสัญญาณที่ส่งมานั้นทำแล้วหรือยัง หรือมีข้อผิดพลาดอย่างไร ส่วนการควบคุมแบบระบบวงจรปิดจะมีระบบตรวจสอบสัญญาณย้อนกลับ เมื่อโต๊ะหรือเครื่องมือตัดเคลื่อนที่ถึงตำแหน่งที่ตั้งโปรแกรมไว้ ก็จะมีสัญญาณเพื่อควบคุมโต๊ะจับชิ้นงานหรือเครื่องมือตัดหยุด



รูปที่ 2.16 เครื่องจักรกลซีเอ็นซี (S.C.Jonathan Lin,1994)

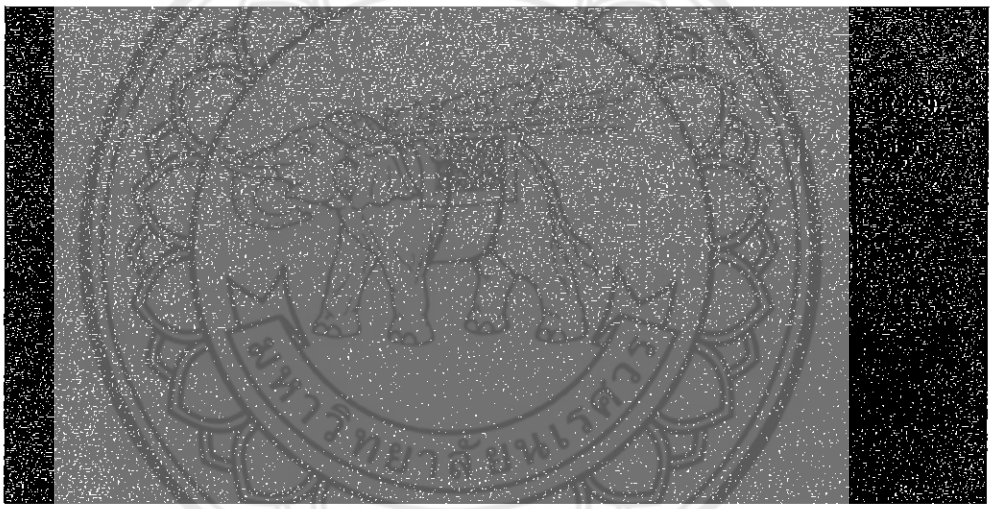


รูปที่ 2.17 ตัวอย่างการควบคุมเครื่องจักรด้วยระบบวงจรปิด (อำนาจ ทองแสน,2544)

2.8 การควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรซีเอ็นซี

การควบคุมการเคลื่อนที่ของแท่นเลื่อนต่างๆ ของเครื่องซีเอ็นซีแบ่งออกได้เป็น 5 ชนิดคือ การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง (Linear) การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้ง (Circular) การเคลื่อนที่แบบเฮลิคอล (helical) การเคลื่อนที่แบบพาลาโบลิก (Parabolic) และการเคลื่อนที่แบบคิวบิก (Cubic) โดยการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงและในแนวเส้นโค้งจะเป็นแบบที่มีการใช้งานมากที่สุดในระบบซีเอ็นซี

2.8.1 การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง (Linear Interpolation) การเคลื่อนที่ในลักษณะนี้ เครื่องมือตัดจะเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นไปยังจุดปลายที่แนวเส้นตรง และในขณะเดียวกัน ระบบซีเอ็นซี จะคำนวณการเปรียบเทียบ โดยให้จุดปลายของเส้นแรกเป็นจุดเริ่มต้นของการเคลื่อนที่ไปยังจุดใหม่ต่อไป

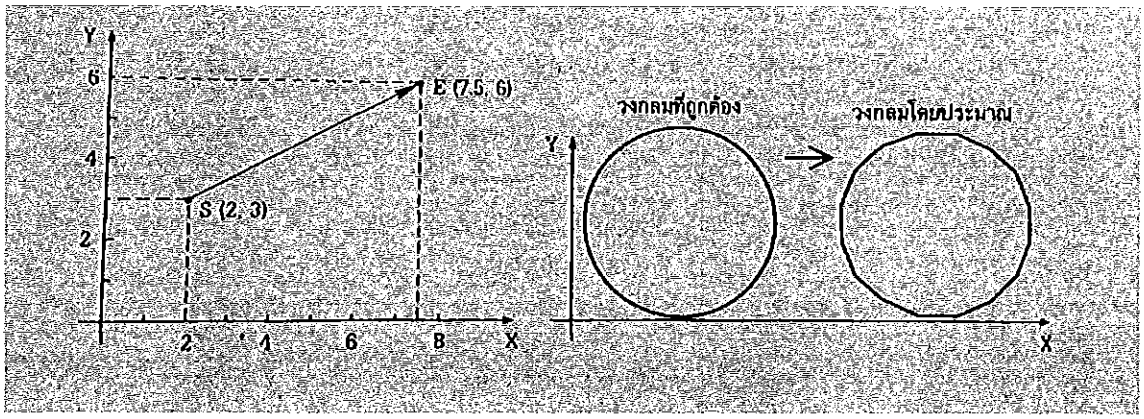


(ก) แบบ 2 แกน (ข) แบบ 3 แกน

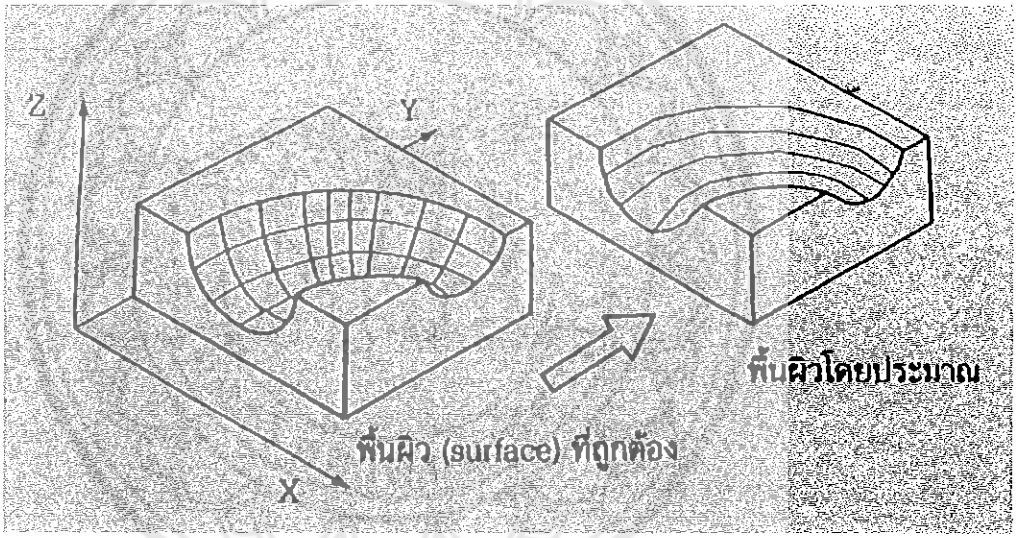
รูปที่ 2.18 การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงแบบ 3 แกน (อำนาจ ทองแสน,2544)

การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงนี้เราจำเป็นต้องกำหนดค่าตัวแปรที่สำคัญ 3 ค่าตัวแปรโคออร์ดิเนตของจุดเริ่มต้น โคออร์ดิเนตของจุดปลาย และความเร็วของแต่ละแนวแกน

หลักการควบคุมการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงนี้ถูกนำมาประยุกต์ใช้สำหรับการควบคุมการเคลื่อนที่ตัดเฉือนผิวชิ้นงานของเครื่องมือหลายลักษณะ ซึ่งประกอบไปด้วยการเคลื่อนที่ตัดในแนวเส้นตรง วงกลม ส่วนโค้ง และส่วนแบบเฮลิคอล ตัวอย่างการเคลื่อนที่ตัดเฉือนผิวชิ้นงานในแนวเส้นตรงแสดงไว้ในรูปที่ 2.19



(ก) การเคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรง (Straight Line) (ข) การเคลื่อนที่เป็นวงกลม (Circle) ใน ลักษณะเป็นรูปหลายเหลี่ยมด้านเท่า

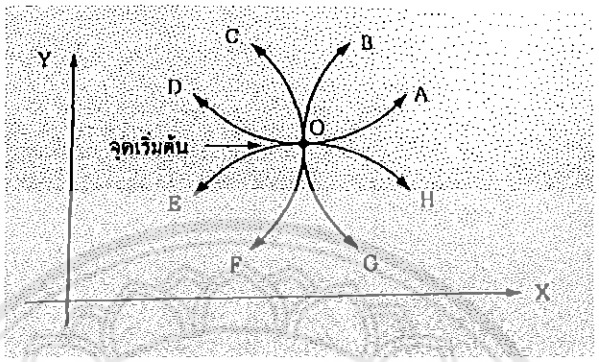


(ค) การเคลื่อนที่ตัดผิวชิ้นงานเป็นส่วนโค้งในลักษณะ 3 มิติ

รูปที่ 2.19 แสดงตัวอย่างการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง (อำนาจ ทองแสน,2544)

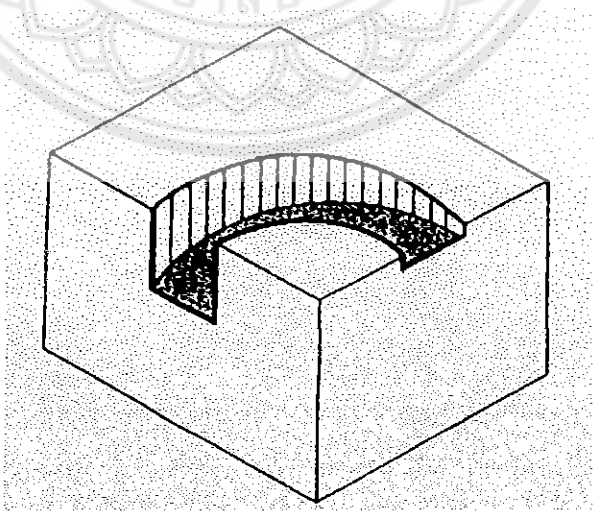
2.8.2 การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้ง (Circular Interpolation) การเคลื่อนที่แบบนี้มีลักษณะคล้ายกับการเคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรงที่มีลักษณะสั้นมาก ปกติขนาดของสัญญาณพัลส์ที่ส่งออกไปควบคุมการขับเคลื่อนของมอเตอร์จะมีค่าประมาณ 0.0001 หรือ 0.0002 นิ้ว โดยระบบที่ควบคุมซีเอ็นซีจะคำนวณหาจุดต่อกันของเส้นตรงตามขนาดของรัศมี และในขณะเดียวกันเครื่องมือตัดและชิ้นงานก็จะเคลื่อนที่สัมพันธ์กันทำให้เกิดการเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้งขึ้น ข้อดีของการเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้งมีความคงที่ในขณะที่เครื่องมือตัดเคลื่อนที่ตัดเฉือนชิ้นงานผิวโค้ง

ลักษณะการเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้งไม่ว่าจะมีทิศทางตามเข็มนาฬิกา (G02) และทิศทางทวนเข็มนาฬิกา (G03) สามารถจำแนกได้ทั้งหมด 8 ลักษณะดังแสดงในรูปที่ 2.20 โดยกำหนดให้ O คือจุดเริ่มต้นของเส้นโค้ง และตำแหน่ง A, B, C, D, E, F, G, H คือจุดปลายของการเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้ง



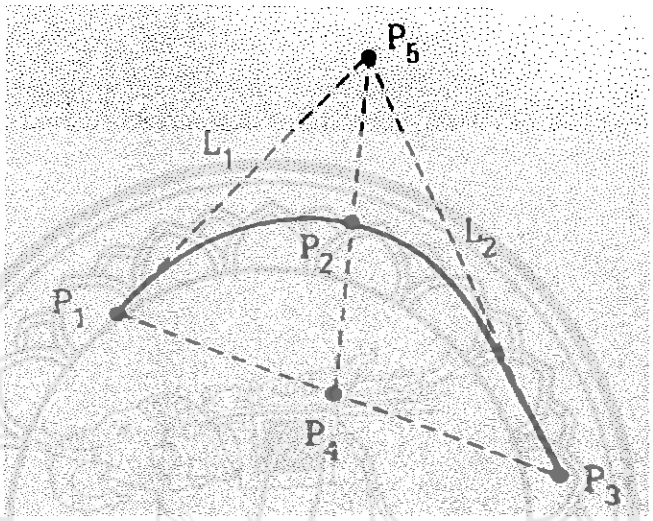
รูปที่ 2.20 การเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้ง 8 ลักษณะจากจุดเริ่มต้นที่กำหนดให้ (อำนาจ ทองแสน,2544)

2.8.3 การเคลื่อนที่แบบเฮลิคอล (Helical Interpolation) การเคลื่อนที่แบบนี้จะเป็นลักษณะของการผสมผสานกันระหว่างการเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้ง 2 แกน และการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงอีกหนึ่งแกน การเคลื่อนที่แบบเฮลิคอลนี้จะใช้งานการกัดเกลียวในและกัดเกลียวนอกที่มีขนาดใหญ่ (Lagre Internal and External Thread)



รูปที่ 2.21 การเคลื่อนที่แบบเฮลิคอล (อำนาจ ทองแสน,2544)

2.8.4 การเคลื่อนที่แบบพาราโบลิก (Parabolic Interpolation) การเคลื่อนที่แบบนี้จะกำหนดโดยใช้จุดที่ไม่อยู่ในเส้นแนวเดียวกัน 3 จุด ซึ่งมีลักษณะเป็นฟรีฟอร์มเคิร์ฟ (Free From Curves) ในรูปที่ 2.8 แสดงลักษณะของเส้นโค้งพาราโบลิกที่กำหนดจุด 3 จุดซึ่งประกอบ P_1, P_2 และ P_3 โดยที่จุด P_1 และ P_3 คือจุดปลายของเส้น ส่วน P_2 คือจุดกึ่งกลางระหว่าง P_4 และ P_5 ส่วน P_4 คือจุดกึ่งกลางระหว่าง P_1 และ P_3 เส้นตรง L_1 และ L_2 คือเส้นที่ใช้ในการสร้างส่วนโค้งพาราโบลิก



รูปที่ 2.22 การเคลื่อนที่แบบพาราโบลิก (อำนาจ ทองแสน,2544)

การเคลื่อนที่แบบพาราโบลิกนี้ถูกนำไปประยุกต์ใช้งานที่เกี่ยวกับการขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

2.8.5 การเคลื่อนที่แบบคิวบิก (Cubic Interpolation) การเคลื่อนที่แบบนี้เราสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดได้ทุกรูปแบบ โดยทั่วไปแล้วนิยมใช้กับเครื่องซีเอ็นซีที่ใช้ในการขึ้นรูปแม่พิมพ์ในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ที่ทำจากโลหะแผ่น เช่น ตัวถังรถยนต์ ฝาครอบเครื่องยนต์ เป็นต้น

2.9 ชุดควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซี

2.9.1 ส่วนประกอบของชุดควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซีหรือเอ็มซียู (MCU : Machine Control Unit) มีดังนี้

2.9.1.1 ส่วนรับข้อมูล (Data Input) มีหน้าที่เกี่ยวกับการป้อนข้อมูลและเก็บข้อมูลของโปรแกรมซีเอ็นซี

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

2.9.1.3 ส่วนส่งออกข้อมูล (Data Output) ทำหน้าที่กำหนดตำแหน่งและสัญญาณป้อนไปยังวงจรควบคุมเซอร์โวเพื่อแปลงให้เป็นสัญญาณควบคุมการขับเคลื่อนของมอเตอร์

2.9.1.4 ส่วนเชื่อมต่อกับเครื่องซีเอ็นซี (Machine I/O Interface) ทำหน้าที่แยกข้อมูลสัญญาณที่จำเป็นสำหรับ

ก. ควบคุมการหมุนของเพลาจับเครื่องมือตัด (Spimdle) กลไกการเปิด/ปิดน้ำหล่อเย็น หรือคำสั่งอื่นๆ

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

2.9.2 ไดอะแกรมของหน่วยควบคุมเครื่องซีเอ็นซีและส่วนประกอบอื่นๆ ของส่วนประมวลผลข้อมูลทั้งหมดมี 6 ส่วนดังนี้

2.9.2.1 หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU : Central Processing Unit) ถือว่าเป็นหัวใจของคอมพิวเตอร์ มีหน้าที่ควบคุมการทำงานทั้งหมด

ซีพียูประกอบด้วยส่วนที่สำคัญๆ 3 ส่วนคือ

ก. ส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุม (Control Section) มีหน้าที่

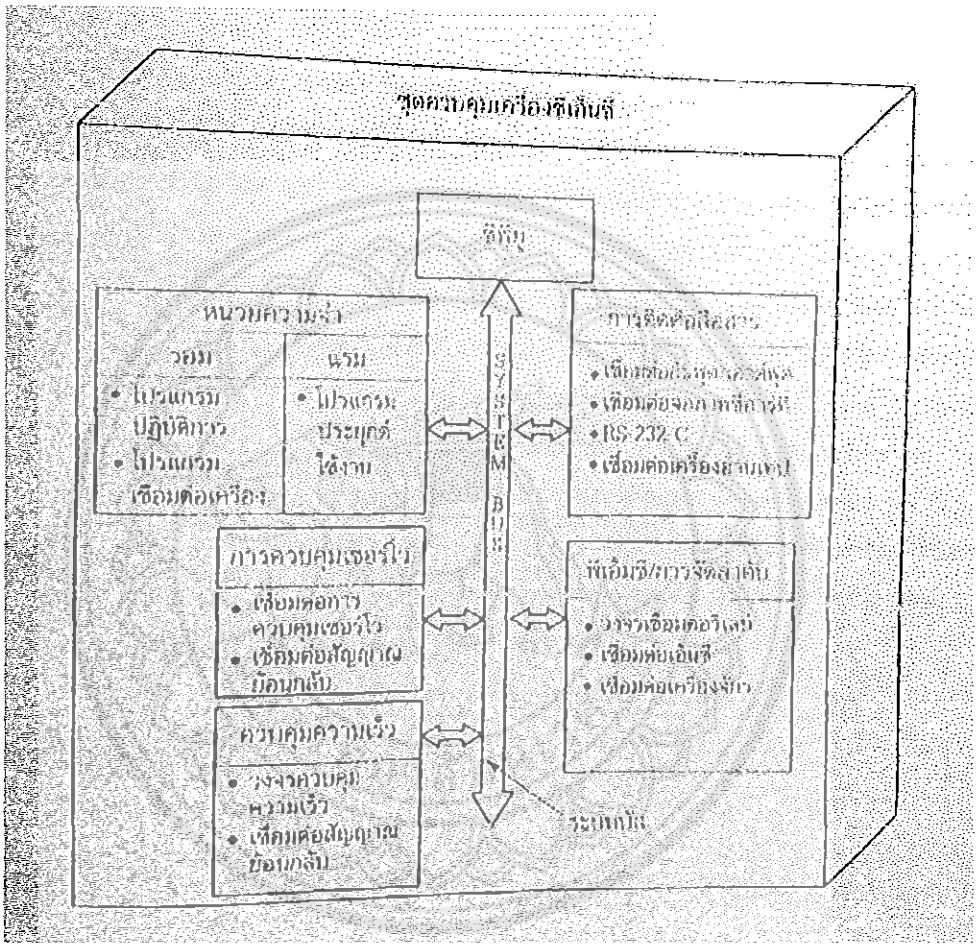
ก.1 ติดต่อกับหน่วยรับข้อมูลเข้า (Data Input) และควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ทั้งหมดในคอมพิวเตอร์

ก.2 นำข้อมูลจากหน่วยความจำในแรม (RAM) หรือรอม (ROM) มาแปลรหัส (Decode) หรือแปลคำสั่ง

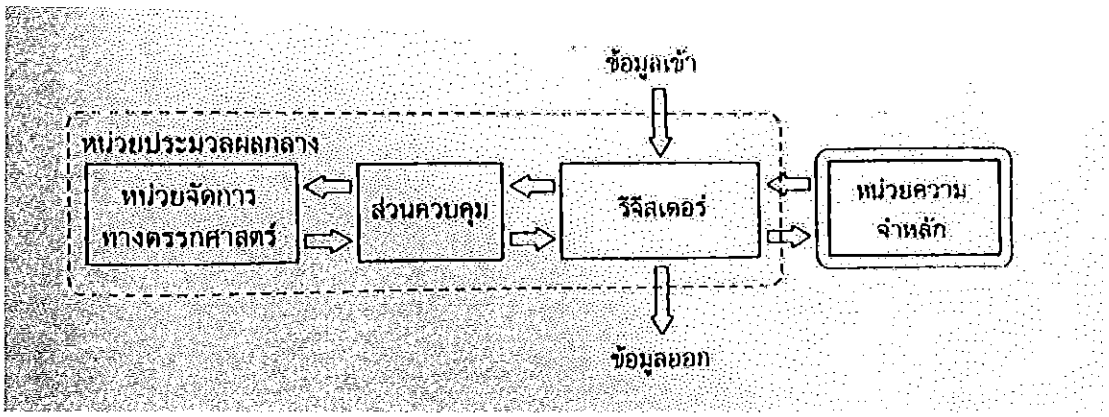
ก.3 ส่งสัญญาณข้อมูลระบบควบคุมที่แปลรหัสเสร็จแล้วเป็นคำสั่งออกไปยังหน่วยส่งข้อมูลออก (Data Output)

ข. ส่วนจัดการทางตรรกยศาสตร์ (Arihmetric logic Section) มีหน้าที่คำนวณข้อมูลที่เกี่ยวกับตรรกะหรือคณิตศาสตร์ เช่น การบวก (+) การลบ (-) เป็นต้น

ค. ส่วนที่เป็นหน่วยความจำชั่วคราว (Immediate Access Memory Section) หน่วยความจำชั่วคราวหรือรีจิสเตอร์ (Register) ทำหน้าที่นำข้อมูลจากหน่วยรับข้อมูลเข้ามาเรียงลำดับไว้เพื่อส่งไปยังหน่วยอื่น เช่น หน่วยจัดการทางตรรกศาสตร์ ทั้งนี้ก็เพื่อให้หน่วยอื่นทำงานอยู่ตลอดเวลาไม่เกิดภาวะรอข้อมูล



รูปที่ 2.23 ไดอะแกรมทำงานของหน่วยควบคุมเครื่องซีเอ็นซี (อำนาจ ทองแสง,2544)



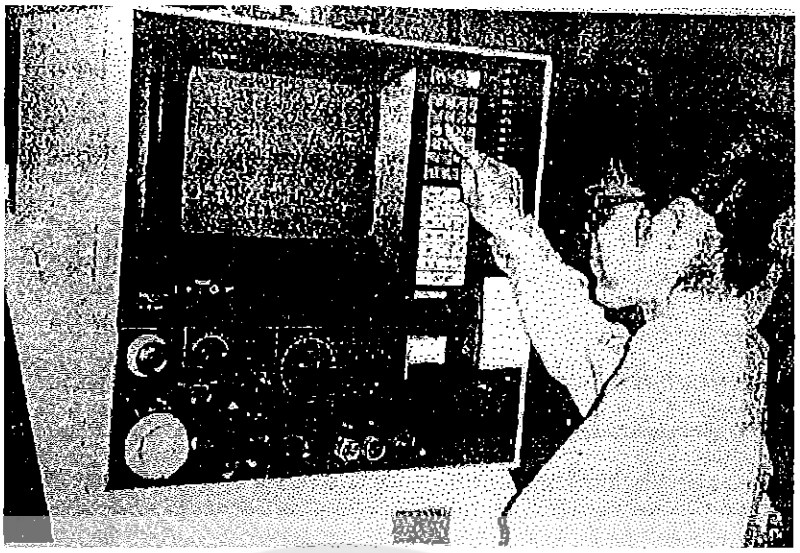
รูปที่ 2.24 ไดอะแกรมการทำงานของหน่วยประมวลผลกลาง (อำนาจ ทองแสน,2544)

2.9.2.2 หน่วยความจำ (Memory) เนื่องจากหน่วยความจำของหน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU) ของคอมพิวเตอร์มีจำกัด ดังนั้นเราจำเป็นต้องหาหน่วยความจำที่มีขนาดใหญ่สำหรับเก็บข้อมูลโปรแกรม หน่วยความจำของคอมพิวเตอร์นั้นเราแบ่งออกเป็น 2 ชนิดด้วยกันคือ

ก. หน่วยความจำหลัก (Primary Memory) ได้แก่หน่วยความจำประเภทแรม (RAM : Random Access Memory) ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่สามารถอ่านและเขียนหรือลบข้อมูลได้ตลอดเวลาและหน่วยความจำประเภทรอม (ROM : Ready Only Memory) เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูลไว้อย่างถาวรและอ่านได้อย่างเดียวไม่สามารถเขียน ลบ หรือแก้ไขข้อมูล

ข. หน่วยความจำ (Secondary Memory) โดยทั่วไปแล้วหน่วยความจำประเภทนี้จะเป็นหน่วยความจำเก็บข้อมูลของโปรแกรม ยกตัวอย่างหน่วยความจำสำรองนี้ได้แก่ ฮาร์ดดิสก์ ฟลอปปีดิสก์ เทปแม่เหล็ก เป็นต้น หน่วยความจำประเภทนี้สามารถเก็บข้อมูลไว้ได้ยาวนาน ซึ่งเมื่อเราปิดเครื่อง ข้อมูลจะไม่สูญหาย แต่อย่างไรก็ตามหน่วยความจำสำรองนี้มักจะทำงานช้ากว่าหน่วยความจำหลัก

2.9.2.3 การติดต่อสื่อสาร (Communication) ในระบบซีเอ็นซีจำเป็นจะต้องมีการติดต่อสื่อสารกันระหว่างหน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU) และส่วนประกอบของระบบอื่นๆ ซึ่งอยู่ภายนอกเครื่องคอมพิวเตอร์



รูปที่ 2.25 ลักษณะของจอภาพซีอาร์ทีที่แสดงข้อมูลและสัญญาณต่างๆ (อำนาจ ทองแสน,2544)

โดยทั่วไปแล้วระบบซีเอ็นซี จะมีการติดต่อสื่อสารเพื่อควบคุมระบบซีเอ็นซี อยู่ 3 ชนิดคือ

ก. จอภาพ (Display) หรือมอนิเตอร์ (Monitor) ในระบบซีเอ็นซีจะประกอบด้วยจอภาพซีอาร์ที (CRT : Cathode Ray Tube) และอุปกรณ์แสดงสัญญาณต่างๆ เช่น หลอดไฟสัญญาณ หรือสัญญาณไฟต่างๆ จอภาพนี้จะเป็นส่วนที่ใช้แสดงเกี่ยวกับข้อมูลของโปรแกรมซีเอ็นซี ซึ่งประกอบไปด้วย

ก.1 แสดงข้อมูลของโปรแกรมที่ใช้งาน (Active Part Program)

ก.2 แสดงแนวแกนใช้งานปัจจุบัน (Current Axis)

ก.3 แสดงทางเดินของเครื่องมือตัด (Tool Path)

ก.4 แสดงข้อมูลที่เกี่ยวกับการวางตำแหน่งของมีด (Tool Offset)

ก.5 แสดงการจำลองการตัดเฉือนชิ้นงาน (Simulation)

ก.6 แสดงสัญญาณเมื่อโปรแกรมมีการผิดพลาด (Alarm For Program Errors) หรือระบบควบคุมเซอร์โวผิดพลาด

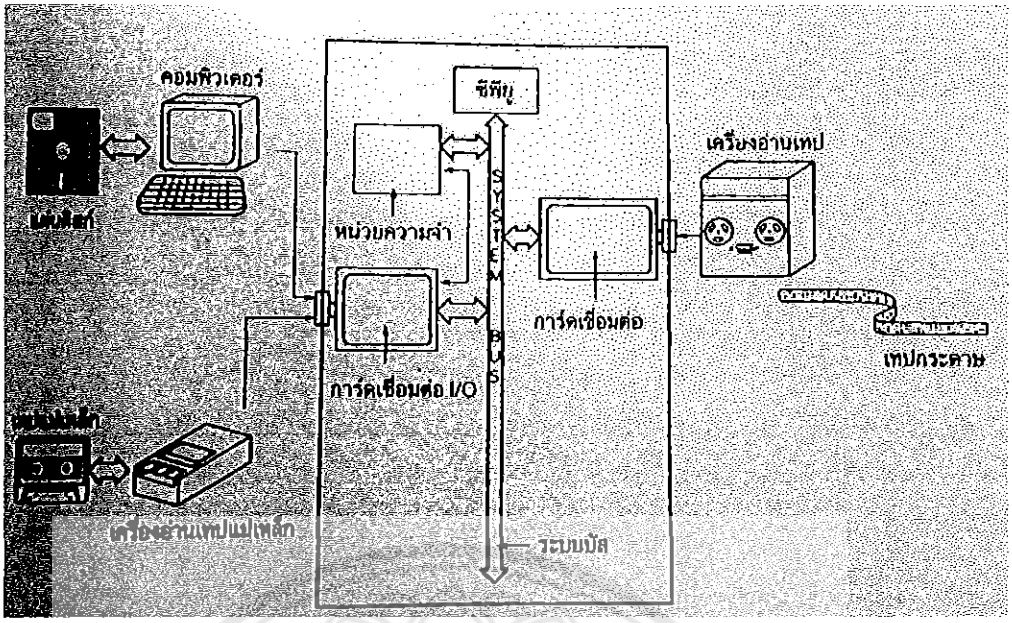
ก.7 อื่นๆ เช่น การแปลงสถานะของการส่งข้อมูลหรือบอดเรต (Baud Rate) ของสายส่งข้อมูล เป็นต้น

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

ข.1 ส่วนควบคุมเครื่อง (Machine Controls) จะทำหน้าที่ควบคุมสวิตซ์เปิด/ปิดต่างๆ (On/Off and Push) สวิตซ์แบบเปลือก (Selector Switches) มือหมุนแบบอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Handwheel) และสวิตซ์ปรับ (Override Switches) โดยสวิตซ์ที่กล่าวมานี้จะทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเครื่องซีเอ็นซี ไม่ว่าจะเป็นการควบคุมการเปิด/ปิดเพลาจับยึดเครื่องมือตัด (Spindle) ควบคุมการเปิด/ปิดน้ำหล่อเย็น (Coolant) ควบคุมการเคลื่อนที่และทิศทางของแนวแกนควบคุมความเร็วและอัตราป้อน (Speed and Feed) ในลักษณะเป็นเปอร์เซ็นต์ของความเร็วและอัตราป้อนด้วยสวิตซ์ปรับ

ข.2 ส่วนควบคุมโปรแกรม (Program Controls) ประกอบไปด้วยการป้อนข้อมูลของโปรแกรม การแก้ไขโปรแกรม ซึ่งเราสามารถป้อนข้อมูลได้โดยตรงจากแป้นพิมพ์ (Keypad or Keyboard) ของแผงควบคุมการทำงาน โดยเราเรียกการป้อนข้อมูลของโปรแกรมลักษณะนี้ว่า "การป้อนด้วยมือ (Manual Data Input : MDI)"

ค. ส่วนป้อนข้อมูลเข้า/ออกของโปรแกรม (Part Program Input And Output) เนื่องจากข้อมูลของโปรแกรมที่ใช้ควบคุมในระบบซีเอ็นซีนั้นเราสามารถที่จะเก็บข้อมูลเช่น เทปกระดาษ แผ่นฟลอปปีดิสก์ และเทปแม่เหล็ก เป็นต้น โดยข้อมูลที่เก็บไว้ในอุปกรณ์เก็บข้อมูลเหล่านี้ เมื่อจะนำไปใช้งานจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีอุปกรณ์ช่วยสำหรับการส่งถ่ายข้อมูลซึ่งได้แก่ เครื่องอ่านกระดาษ (Punched Tape Reader) เครื่องอ่านเทปแม่เหล็ก (Magnetic Tape Reader) และคอมพิวเตอร์ที่ใช้สายส่งข้อมูล ด้วย RS-232C ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้จะเชื่อมต่อกันด้วยระบบบัส (Bus System) ของหน่วยประมวลผลกลาง และการ์ดของหน่วยเชื่อมต่อ (I/O Interface Card)

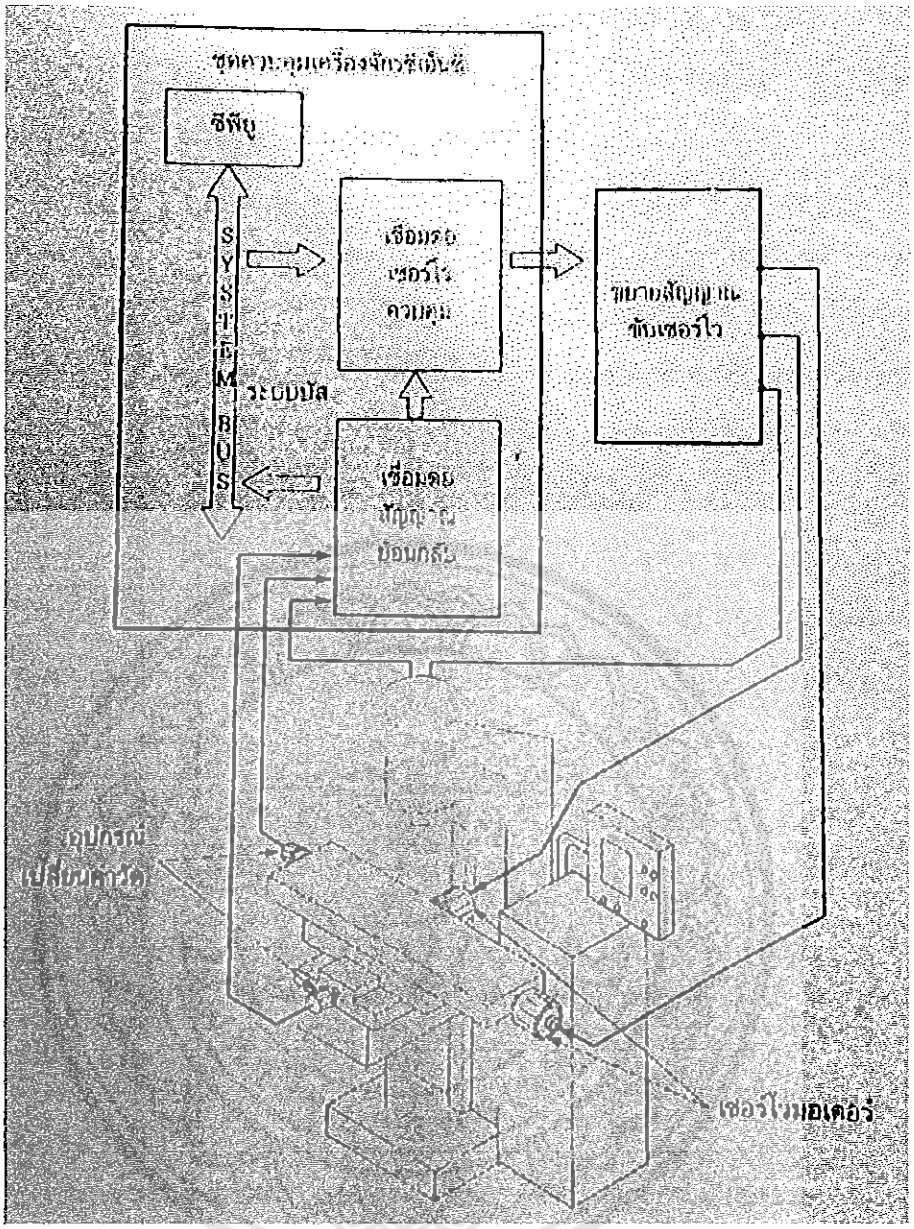


รูปที่ 2.26 แสดงส่วนป้อนข้อมูลเข้า/ออกในระบบซีเอ็นซี (อำนาจ ทองแสน,2544)

2.9.2.4 การควบคุมการขับเซอร์โว (Servo Drive Control) การควบคุมเครื่องจักรในระบบซีเอ็นซีนั้นจำเป็นต้องอาศัยระบบการแปลงและควบคุมสัญญาณพัลส์ที่ถูกส่งมาจากระบบซีเอ็นซีไปเป็นสัญญาณสำหรับการควบคุมการขับเคลื่อนของมอเตอร์

โดยการควบคุมการขับเซอร์โวนี้จะมีระบบย่อยอยู่ 2 ระบบคือ ระบบควบคุมการเชื่อมต่อเซอร์โว (Servo Control Interface) และระบบเชื่อมต่อสัญญาณย้อนกลับ (Feedback Interface)

ระบบควบคุมการเชื่อมต่อเซอร์โวจะเป็นส่วนที่ใช้ควบคุมตำแหน่งและความเร็วในการขับเคลื่อนมอเตอร์ แต่เนื่องจากสัญญาณควบคุมที่ส่งมาจากระบบซีเอ็นซีและระบบควบคุมการเชื่อมต่อเซอร์โวมีกำลังต่ำ ดังนั้นก่อนที่จะส่งสัญญาณไปยังมอเตอร์นั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการขยายคลื่นสัญญาณ โดยใช้ชุดขยายสัญญาณขับเซอร์โว (Servo Drive Amplifier) โดยที่ชุดขยายสัญญาณขับเซอร์โวนี้จะไม่เป็นส่วนประกอบของชุดควบคุมระบบซีเอ็นซี แต่จะเป็นชุดประกอบของระบบควบคุมการขับมอเตอร์ ส่วนระบบเชื่อมต่อสัญญาณย้อนกลับ (Feedback Interface) นี้จะมีอุปกรณ์เปลี่ยนค่าวัด (Encoder or Resolver) ซึ่งมีหน้าที่บันทึกตำแหน่งการเคลื่อนที่เพื่อส่งข้อมูลกลับไปยังหน่วยประมวลผลกลางและวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของชุดควบคุมเซอร์โว ซึ่งระบบควบคุมก็จะส่งสัญญาณนี้ไปคำนวณหาระยะทางในการเคลื่อนที่ของแท่นเลื่อนต่อไป



รูปที่ 2.27 การควบคุมการขับเซอร์โว (อำนาจ ทองแทน,2544)

2.9.2.5 การควบคุมความเร็วรอบของเพลาจับยึดเครื่องมือตัด (Spindle Speed Control) การควบคุมความเร็วรอบของการจับยึดเครื่องมือตัด ส่วนมากแล้วจะควบคุมด้วยคำสั่ง S ในโปรแกรมซีเอ็นซี แต่ในระบบควบคุมการขับเซอร์โว ที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นจำเป็นที่จะต้องอาศัยระบบควบคุมความเร็วรอบของเพลาขับเคลื่อน เช่น การควบคุมความเร็วรอบของเพลาขับในระบบเชื่อมต่อสัญญาณย้อนกลับ เป็นต้น ในระบบซีเอ็นซีบางครั้งจำเป็นจะต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์แปลงสัญญาณจากสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณแอนะล็อก (D/A Converter)

ทั้งนี้เพื่อสัญญาณที่ใช้ควบคุมการหมุนของมอเตอร์จะเป็นสัญญาณแอนะล็อก แต่คอมพิวเตอร์ของระบบซีเอ็นซีจะส่งสัญญาณดิจิตอล ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์แปลงสัญญาณเพื่อไม่ให้สามารถติดต่อสื่อสารกันได้

2.9.2.6 พีเอ็มซี (PMC : Programmable Machine Controller) การควบคุมสัญญาณที่ส่งไปเพื่อควบคุมระบบซีเอ็นซี สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ สัญญาณควบคุมตัวเลข (numerical control signals) และสัญญาณควบคุมลำดับ (Sequence Control Signals) สัญญาณควบคุมตัวเลขจะใช้ควบคุมข้อมูลของตำแหน่ง (Position Data) ข้อมูลของความเร็ว (Velocity Data) ข้อมูลของการวางตำแหน่งเครื่องมือตัด (Compensation Data) และข้อมูลของค่าตัวแปลอื่นๆ สัญญาณควบคุมลำดับนี้จะใช้ในการควบคุมลำดับขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักร โดยมีหน่วยอินพุต/เอาต์พุตที่ส่งสัญญาณแบบดิจิตอล

ส่วนการควบคุมในระบบซีเอ็นซีนั้นจะใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ของคอมพิวเตอร์ร่วมกับหน่วยประมวลผลของพีแอลซี (PLC : Programmable Logic Controller) ซึ่งพีแอลซีหรือพีซี (PC : Programmable Control) เป็นระบบการควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซีโดยใช้วิธีการเขียนโปรแกรมในลักษณะเดียวกันกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และพีแอลซีที่ใช้ควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซีนี้จะเรียกว่า พีเอ็มซี (PMC : Programmable Machine Controller) ซึ่งหน้าที่เชื่อมต่อกับระบบควบคุมต่อไปนี้

ก. การเปลี่ยนเครื่องมือโดยอัตโนมัติ (Automatic Tool Change)

ข. ควบคุมระบบน้ำหล่อเย็น (Coolant Control)

ค. เชื่อมต่อลิมิตสวิตช์ (Limit Switch Interface)

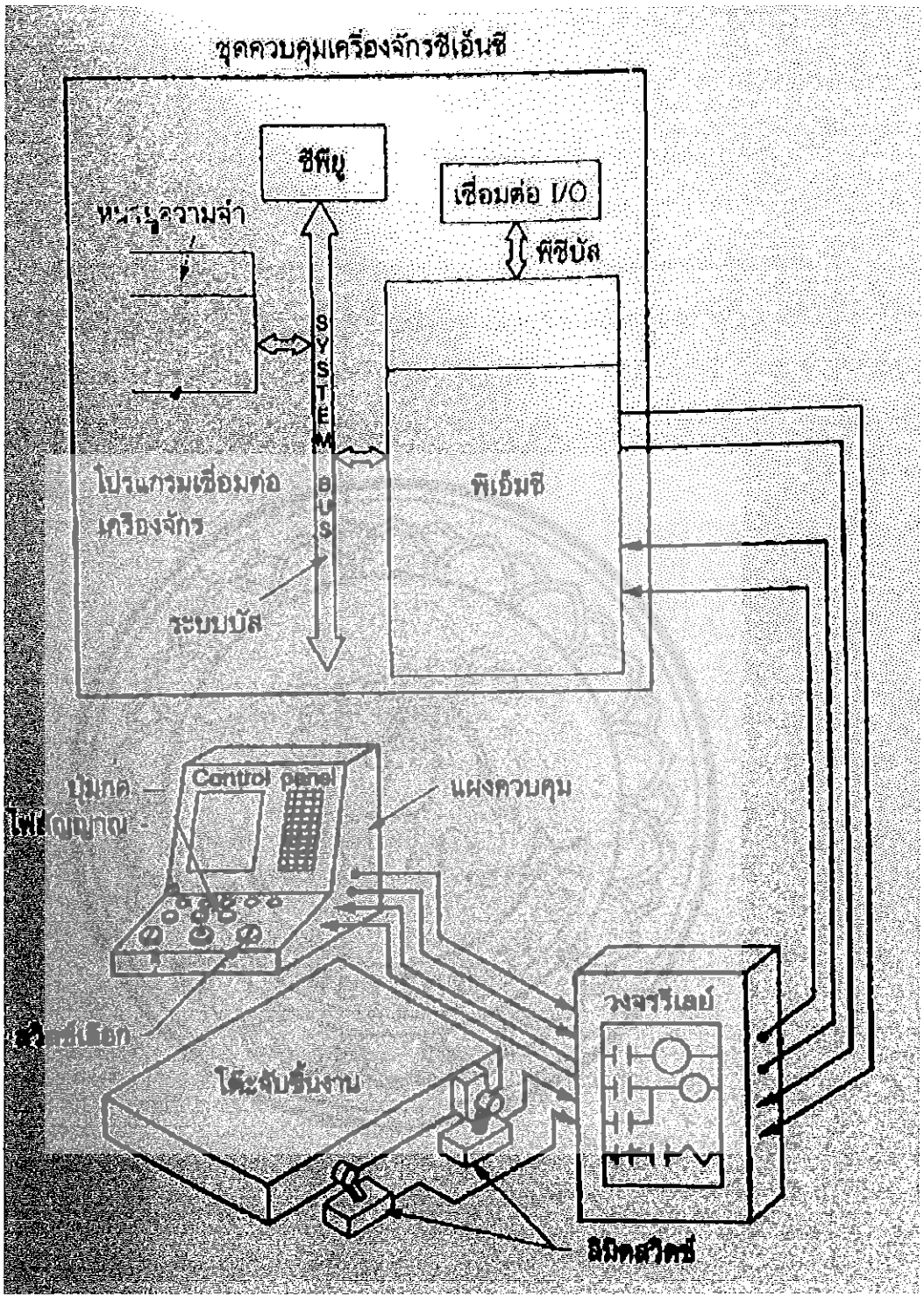
ง. ควบคุมระบบจับยึดชิ้นงาน (Clamping System Control)

จ. เชื่อมต่ออินพุต/เอาต์พุตโปรแกรมซีเอ็นซี (NC I/O Interface)

ฉ. การหยุดฉุกเฉิน (Emergency Stop)

ช. เชื่อมต่ออินพุต/เอาต์พุตกับเครื่องจักร (Machine I/O Interface)

ซ. อื่นๆ



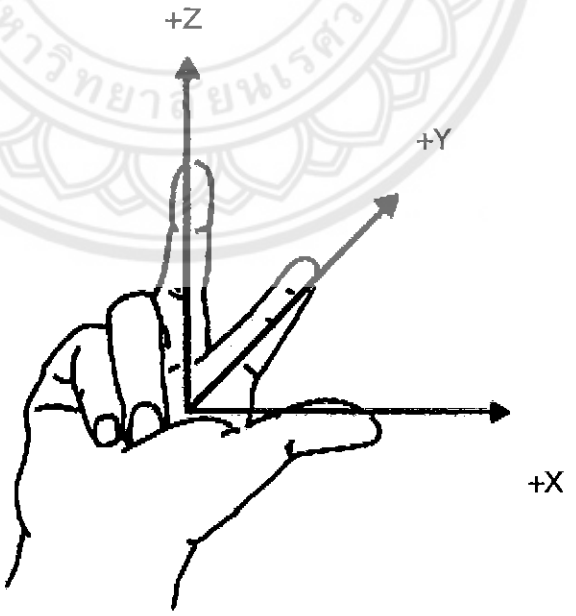
รูปที่ 2.28 การเชื่อมต่อพีเอ็มซีเข้ากับระบบควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซี (อำนาจ ทองแสน,2544)

2.10 หลักการและเทคโนโลยีทางด้านการขึ้นรูปด้วยเครื่องกัด 5 แกน

ปัจจุบันความต้องการในการขึ้นรูปชิ้นงานที่มีพื้นผิวที่ซับซ้อนอาทิ เช่น เครื่องยนต์ไอพ่น พื้นที่ผิวของชิ้นส่วนอุตสาหกรรมยานยนต์ อากาศยานมากขึ้น ซึ่งพื้นที่ผิวเหล่านี้ บางครั้งไม่สามารถกัด 3 แกน ปกติหรือถ้าสามารถทำได้ก็ต้องมีการขึ้นรูปหลายขั้นตอน ซึ่งทำให้ผู้ผลิตไม่สามารถทำการผลิตได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ทั้งทางด้านคุณภาพของชิ้นงานและระยะเวลาการส่งมอบจากปัญหาเหล่านี้สามารถแก้ไขได้โดยนำเอาเทคโนโลยี การผลิตด้วยเครื่องกัด 5 แกนมาใช้ในกระบวนการผลิต ในบทความฉบับนี้จะกล่าวถึงพื้นฐานที่สำคัญในการผลิตด้วย เครื่องกัด 5 แกน อาทิเช่น การกำหนดชื่อ ทิศทาง ของแกนต่างๆ ในเครื่องกัด แกนในเครื่องกัด 5 แกน ประเภทของการขึ้นรูปโดยใช้เครื่องกัด 5 แกน การแบ่งประเภทของเครื่องกัด 5 แกน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

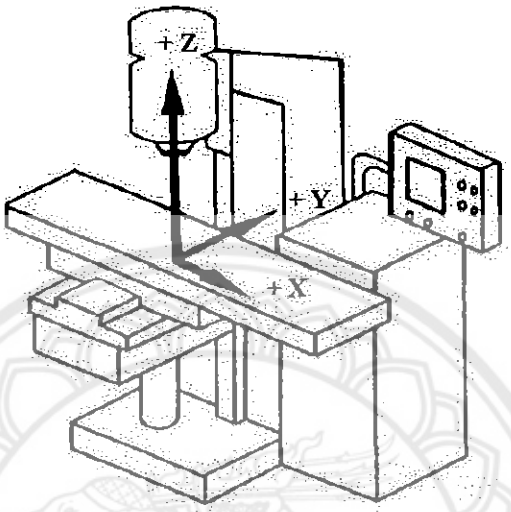
2.10.1 การกำหนดชื่อ, ทิศทางของแกนต่างๆ ในเครื่องกัด 5 แกน

ทิศทางของการเคลื่อนที่เชิงเส้นสำหรับเครื่องกัดใช้ระบบ พิกัดฉาก โดยมีแกน X, Y, Z เป็นแกนหลัก แกนหลักทั้ง 3 จะต้องตั้งฉากซึ่งกันและกัน และทิศทางตามกฎมือขวา ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยมีจุด O เป็นจุดกำเนิด (หรือจุดอ้างอิง) ซึ่งเป็นจุดตัดของแกนทั้ง 3 โดยมีพิกัดอยู่ที่ (X, Y, Z) = (0, 0, 0)



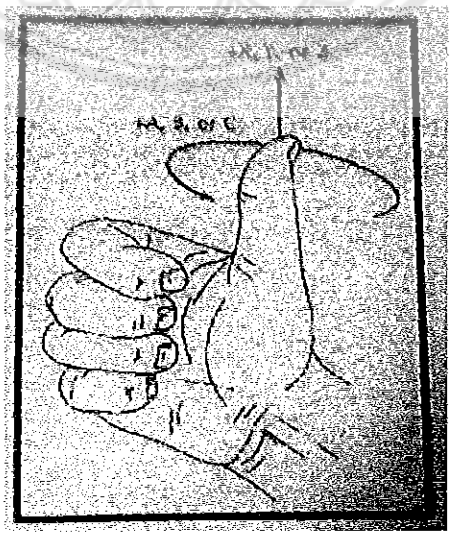
รูปที่ 2.29 การกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่เชิงเส้นของเครื่องกัดตามกฎมือขวา

ตามมาตรฐานสากล เครื่องกัดจะกำหนดในแกน Z อยู่ในทิศเดียวกับแกนหมุนของมีดตัดเฉือนหรือแกนการหมุนของสปินเดิล และกำหนดให้ทิศของแกน Z ลบเป็นทิศที่มีดตัดเฉือนเคลื่อนที่เข้าหาชิ้นงานที่ต้องการขึ้นรูปส่วนแกน X และ Y กำหนดต่อจากแกน Z โดยใช้กฎมือขวาดังแสดงในรูปที่ 2.30



รูปที่ 2.30 แกนการเคลื่อนที่หลัก X, Y และ Z ของเครื่องกัดแนวดิ่ง

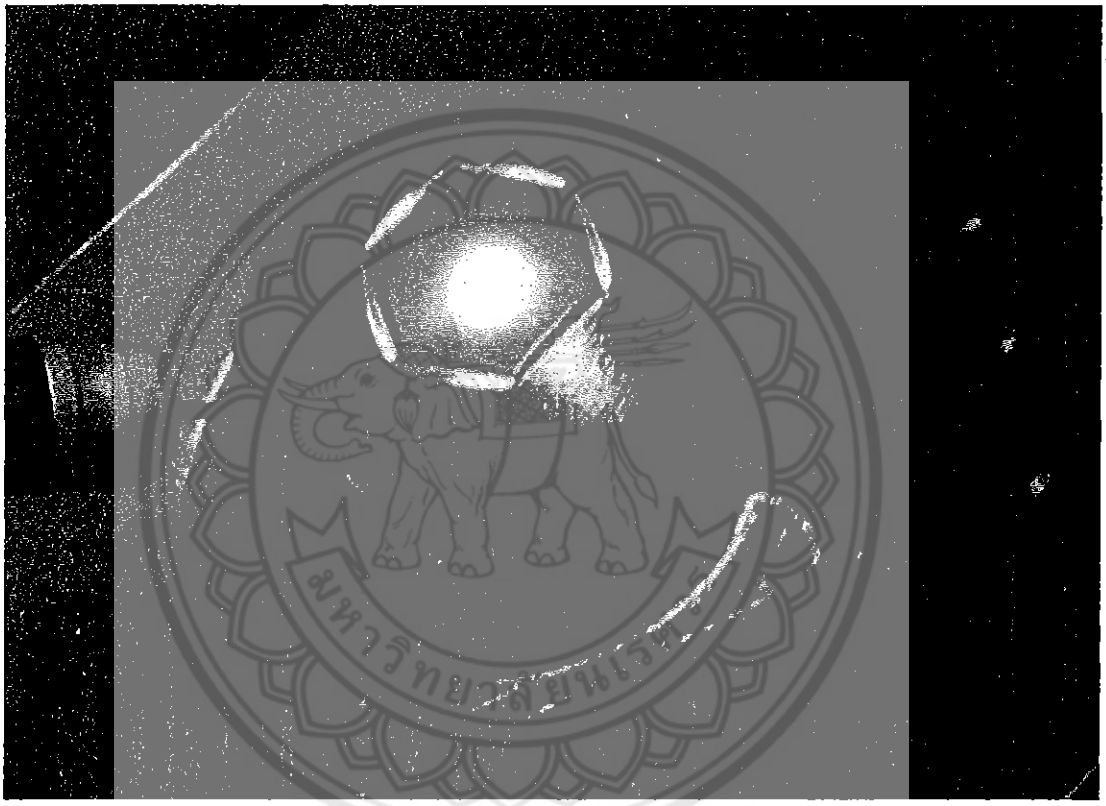
สำหรับเครื่องกัดที่มีการเคลื่อนที่ทั้งด้านการเคลื่อนที่เชิงเส้น (X, Y, Z) และการเคลื่อนที่เชิงมุม (A, B, C) โดยทิศทางการเคลื่อนที่เชิงมุมจะใช้แกน X, Y และ Z โดยแกน A จะหมุนรอบแกน X แกน B จะหมุนรอบแกน Y แกน C จะหมุนรอบแกน Z (ชนะ รักษ์ศิริ, 2547)



รูปที่ 2.31 การกำหนดทิศบวก ของแกน A, B และ C ตามกฎมือขวา (ชนะ รักษ์ศิริ, 2547)

2.10.2 ประเภทของการขึ้นรูปโดยใช้ 5 แกน

การขึ้นรูปบนผิวโค้ง (Profiling With Five Axes) ลักษณะของงานที่ใช้การขึ้นรูปบนผิวโค้งด้วยเครื่องกัด 5 แกน เช่น ใบพัดสำหรับเครื่องยนต์ไอพ่น หรือโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าพื้นผิวของชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมยานยนต์ อากาศยาน โดยพื้นผิวเหล่านี้จะมีความซับซ้อนทางสมการคณิตศาสตร์มาก หรือเป็นพื้นผิวที่ Undercut คือไม่สามารถขึ้นรูปได้ด้วยเครื่องกัด 3 แกน ดังแสดงในรูป

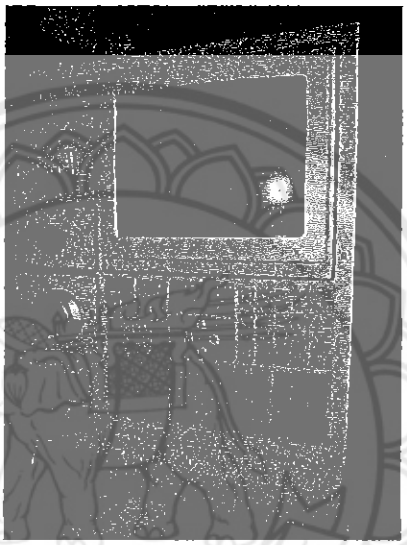


รูปที่ 2.32 การขึ้นรูปบนพื้นผิวโค้ง (Profiling With Five Axes)

การขึ้นรูปแบบนี้ทั้งชิ้นงานและมีดตัดเฉือนจะทำการเคลื่อนที่สัมพันธ์กันโดยอาศัยแกนทั้ง 5 แกนเคลื่อนที่พร้อมๆ กันตามตำแหน่งเหล่านี้จำเป็นต้องใช้ Software ช่วยในการคำนวณรวมถึงชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของแกนจะต้องมีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น

2.11 ส่วนประกอบหลักของเครื่อง CNC 5 แกน

2.11.1 ชุดควบคุมการทำงาน (Controller) ชุดควบคุมของ Machining Center เป็นระบบคอมพิวเตอร์ที่สามารถจัดเก็บโปรแกรม แก้ไขดัดแปลงได้ คอมพิวเตอร์เข้าใจโปรแกรมที่ป้อนและทำงานตามคำสั่งในโปรแกรมชุดควบคุมประกอบไปด้วย แผงควบคุม (Control Panel) จอภาพ (Monitor) แป้นพิมพ์ (Keyboard หรือ Keypad) และปุ่มสวิตช์ควบคุมต่างๆ เช่น ความเร็วฟีด (Feed) และความเร็วสปินเดิล (Spindle) เป็นต้น



รูปที่ 2.33 ชุดควบคุมการทำงาน (Controller)

2.11.2 กลไกการเคลื่อนที่ ได้แก่ ฟีดมอเตอร์ (Feed Motor) ซึ่งเป็นโซโวมอเตอร์ (Servo Motor) ควบคุมการเคลื่อนที่ของแกนต่างๆ ได้โดยใช้ บอลสกรู (Ball Screw) แปลงการเคลื่อนที่เชิงมุม (Angular Motion) เป็นการเคลื่อนที่เชิงเส้น (Linear Motion) โดยมีตำแหน่งหรือระยะทางการเคลื่อนที่และความเร็วถูกควบคุมโดยรับสัญญาณจากคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้จะมีรางนำทาง (Guide Way) รองรับการเคลื่อนที่ที่แกนต่างๆ เป็นต้น สำหรับเครื่องที่ต้องการความแม่นยำสูงจะมี ลิเนียร์สเกล (Linear Scale) เป็นอุปกรณ์ตรวจรู้หรือเซนเซอร์ (Sensor) บอกตำแหน่งในการเคลื่อนที่ในแต่ละแกน

2.11.3 ตัวเครื่องจักร โครงสร้างที่ประกอบเป็นรูปร่างที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานตามประเภทของเครื่องจักรนั้นๆ ตัวเครื่องจักรมีส่วนประกอบหลัก เช่น

2.11.3.1 แท่นเครื่อง (Machine Bed) เป็นโครงสร้างหลักของตัวเครื่องจักร สำหรับรองรับอุปกรณ์และชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องจักร

2.11.3.2 หมอนรอง หรือ แสดเดิล (Saddle) เคลื่อนที่ได้ 1 แกน บนแท่นเครื่อง เช่น แกน X หรือแกน Y

2.11.3.3 โต๊ะ (Table) สำหรับวางชิ้นงาน โดยทั่วไปโต๊ะเคลื่อนที่อยู่บนหมอนรอง มีร่องรูปตัวที (T-slot) สำหรับใช้ในการจับยึดชิ้นงานให้แนบติดกับโต๊ะ มีระนาบโต๊ะตั้งติดกับเสา

2.11.3.4 เสา (Column) เป็นโครงสร้างสำหรับติดตั้งสปินเดิล เครื่องแมชชีนนิ่งเซนเตอร์แนวตั้งรุ่นใหม่นิยมสร้างเป็นแบบเสาคู่ (Double Column) เพราะให้ความแม่นยำที่ดีกว่า

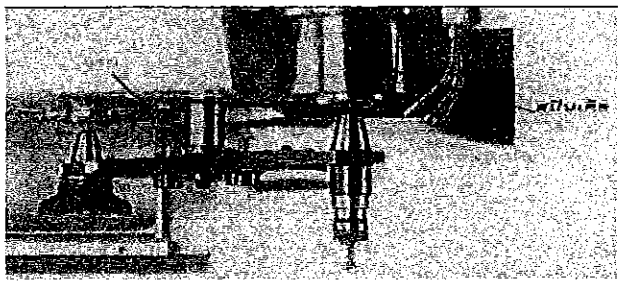
2.11.3.5 สปินเดิล (Spindle) สำหรับติดตั้งชุดจับทูล แบบเทเปอร์แชงค์ (Tapered shank) หรือแบบไฮสปีด (High Speed) โดยมีมอเตอร์สปินเดิล (Spindle Motor) ขับเคลื่อนสปินเดิลผ่านเกียร์หรือสายพานหรือต่อตรงรวมเป็นชุดเดียวกัน

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

2.11.4.1 เป็นแบบโซ่ (Chain-Type)

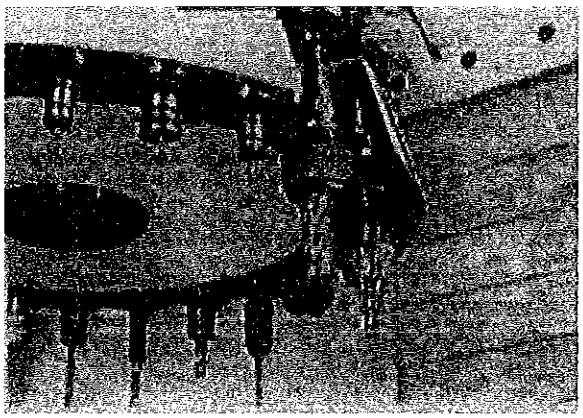
2.11.4.2 แบบจานหมุน (Carousel-Type)

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



รูปที่ 2.34 รูปแสดงชุดเปลี่ยนทูลอัตโนมัติแบบ Arm Type Tool Changer

ที่มา http://www.startechsteel.com/desinge.html



รูปที่ 2.35 รูปแสดงชุดเปลี่ยนทูลอัตโนมัติแบบ Armless Type Tool Changer

ที่มา http://www.startechsteel.com/desinge.html

2.12 ข้อดีและข้อจำกัดของระบบซีเอ็นซี

ข้อดีและข้อจำกัดของระบบซีเอ็นซีเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องจักรที่ควบคุมด้วยมือมีดังนี้

2.12.1 ข้อดี

2.12.1.1 มีความเที่ยงตรงสูงและได้ชิ้นงานที่มีความสม่ำเสมอ

2.12.1.2 ผลผลิตเพิ่มขึ้นแต่ใช้เวลาน้อย

2.12.1.3 ค่าใช้จ่ายในการผลิตลดลง

2.12.1.4 ลดจำนวนเครื่องมือและอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน

2.12.1.5 ไม่จำเป็นต้องใช้คนงานที่มีทักษะและประสบการณ์สูงในการควบคุมเครื่องจักร ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย

2.12.1.6 การตรวจสอบคุณภาพทำได้ง่ายโดยไม่จำเป็นต้องตรวจคุณภาพทุกขั้นตอน

2.12.1.7 มีความคล่องตัวและความยืดหยุ่นในการทำงานสูง การแก้ไขหรือการเปลี่ยนแปลงขนาดของชิ้นงานทำได้โดยการแก้ไขโปรแกรมการสั่งงานเท่านั้น

2.12.1.8 ลดเวลาการปรับตั้งหรือการเปลี่ยนเครื่องมือ

2.12.2 ข้อจำกัด

2.12.2.1 เครื่องจักรในระบบซีเอ็นซีมีราคาสูง ทำให้ค่าลงทุนในการผลิตช่วงต้นๆ สูงตามไปด้วย

2.12.2.2 การบำรุงรักษายุ่งและค่าใช่จ่ายในการซ่อมบำรุงสูง

2.12.2.3 จำเป็นต้องใช้คนงานที่มีความรู้และทักษะสูงในการเขียนโปรแกรม

2.12.2.4 จำเป็นต้องมีการฝึกอบรมความรู้ให้กับคนงานในกรณีที่จะนำระบบซีเอ็นซีไปใช้ทดแทนเครื่องจักรแบบเดิม

2.13 ลักษณะของฟันปลอม

2.13.1 ฟันปลอมถาวรชนิดติดแน่น

เป็นฟันปลอมที่จะยึดในช่องปาก โดยผู้ที่ใส่ไม่สามารถถอดออกมาเพื่อทำความสะอาดภายนอกช่องปากได้ ฟันปลอมชนิดนี้จะยึดอยู่โดย การใช้ฟันธรรมชาติซี่ที่อยู่ข้างเคียงกับช่องว่างเป็นหลักในการยึดฟันปลอม

2.13.1.1 ข้อดี

ฟันปลอมชนิดนี้ ฟันปลอมชนิดนี้จะไม่ขยับหรือหลวมหลุดในขณะพูดหรือเคี้ยวอาหาร ทำให้ผู้ที่ใส่มีความมั่นใจ ฟันปลอมจะมีขนาดชิ้นงานที่ค่อนข้างเล็ก ไม่ก่อให้เกิดความรำคาญ มีประสิทธิภาพในการบดเคี้ยวค่อนข้างสูง เนื่องจากแรงจากการบดเคี้ยว จะถูกถ่ายทอดไปสู่ฟันธรรมชาติซี่ข้างเคียงที่ใช้เป็นหลักยึดฟันปลอมโดยตรง

2.13.1.2 ข้อเสีย

ฟันปลอมชนิดนี้ที่สำคัญมากคือ การที่ฟันธรรมชาติที่อยู่ข้างเคียงจะต้องถูกกรอแต่งเพื่อให้มีขนาดเล็กลงเพื่อใช้เป็นฟันหลักสำหรับยึดฟันปลอมติดแน่น ซึ่งอาจส่งผลเสียต่อฟันธรรมชาติต่อไปได้ นอกจากนี้แล้วผู้ที่ใส่ฟันปลอมชนิดนี้จะต้องสนใจดูแลความสะอาดของฟันปลอมมากเป็นพิเศษ เนื่องจากฟันปลอมไม่สามารถถูกถอดออกมาเพื่อทำความสะอาดภายนอกช่องปากได้

ผู้ที่เหมาะสมกับฟันปลอมชนิดนี้ ได้แก่ ผู้ที่สูญเสียฟันธรรมชาติไปเป็นจำนวนน้อยเพียง 1-2 ซี่ ต่อ 1 ช่องว่างเท่านั้น และฟันธรรมชาติที่อยู่ด้านหน้าและด้านหลังช่องว่างจะต้องอยู่ในสภาพดี ไม่มีปัญหาโรคเหงือกอักเสบหรือฟันผุอย่างรุนแรง และจะต้องเป็นผู้ที่สามารถดูแลทำความสะอาดภายในช่องปากได้เป็นอย่างดีอีกด้วย

2.13.2 ฟันปลอมชนิดถอดได้

เป็นฟันปลอมชนิดที่สามารถถอดออกมาเพื่อทำความสะอาดข้างนอกช่องปากได้ มีทั้งชนิดชั่วคราวที่ทำด้วยพลาสติกและชนิดถาวรที่ทำด้วยโลหะ

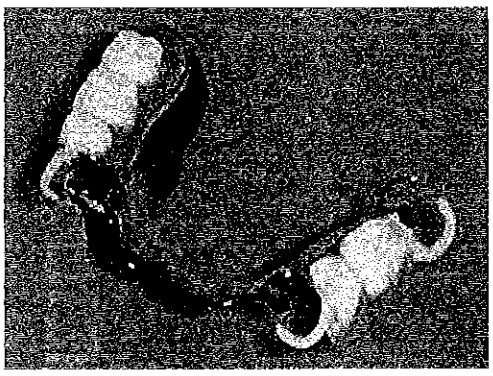
2.13.2.1 ข้อดี

ฟันปลอมชนิดนี้ ได้แก่ ช่วยให้ผู้ที่สวมใส่สามารถดูแลรักษาความสะอาดได้ง่าย ขั้นตอนในการทำไม่ยุ่งยาก ไม่เสียเวลามาก และมีค่าใช้จ่ายในการทำที่ค่อนข้างต่ำกว่าฟันปลอมชนิดอื่นๆ

2.13.2.2 ข้อเสีย

ชิ้นงานฟันปลอมจะมีขนาดค่อนข้างใหญ่กว่าฟันปลอมชนิดอื่น อาจก่อให้เกิดความรำคาญในขณะพูดหรือการเคี้ยวอาหาร ประสิทธิภาพในการบดเคี้ยวจะต่ำกว่าฟันปลอมชนิดอื่น เนื่องจากแรงจากการบดเคี้ยวส่วนใหญ่จะไปสู่สันเหงือกที่รองรับฟันปลอมซึ่งสามารถรับแรงบดเคี้ยวได้น้อยกว่าฟันธรรมชาติ นอกจากนี้ในบางครั้งยังอาจมีปัญหาเรื่องการขาดความสวยงามได้ เนื่องจากจะต้องมีส่วนตะขอของฟันปลอมไปโอบเกี่ยวกับฟันธรรมชาติที่เหลืออยู่บางซี่ และเมื่อใช้งานฟันปลอมไปนานอาจมีปัญหาเรื่องการหลวมขยับหรือหลุดในขณะใช้งานได้

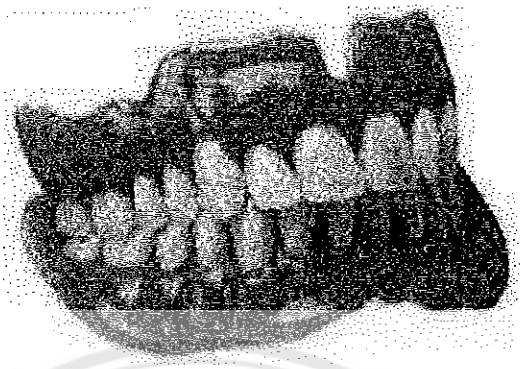
รูปที่ 2.36 ฟันปลอมบางส่วนถอดได้แบบพลาสติก



รูปที่ 2.37 ฟันปลอมบางส่วนถอดได้แบบโครงโลหะ

2.13.3 ฟันปลอมแบบทั้งปาก

ฟันปลอมชนิดนี้จะใช้ในผู้ป่วยที่ไม่มีฟันธรรมชาติหลงเหลืออยู่เลย



รูปที่ 2.38 ฟันปลอมแบบทั้งปาก

2.13.4 ฟันปลอมชนิดรากเทียม

เป็นฟันปลอมชนิดถาวรที่จะยึดแน่นในช่องปากโดยการยึดกับกระดูกขากรรไกรใต้ช่องว่างที่จะใส่ฟัน การใส่ฟันชนิดนี้จะคล้ายคลึงกับการปลูกฟันธรรมชาติที่สูญเสียไปขึ้นมาใหม่ เนื่องจากจะเป็นการจำลองลักษณะของฟันเดิมทั้งในส่วนของตัวฟันและรากฟัน

2.13.4.1 ส่วนประกอบของรากเทียม

ก. รากเทียม (Fixture) ซึ่งทำมาจากโลหะไทเทเนียม (Titanium) ซึ่งมีลักษณะคล้ายรากฟัน และจะฝังอยู่ในกระดูกขากรรไกร ซึ่งสามารถยึดติดได้อย่างแนบแน่นโดยไม่ทำให้เนื้อเยื่ออักเสบ และไม่เกิดผลข้างเคียงใดๆ

ข. เดือยรองรับครอบฟัน (Abutment) เมื่อฝังรากเทียมบนกระดูกขากรรไกร จะใช้เวลาประมาณ 4-6 เดือนเพื่อให้รากเทียมยึดติดกับกระดูกขากรรไกรได้ดี หลังจากนั้นจึงจะใส่เดือยรองรับครอบฟันลงบนรากเทียม เพื่อใช้เป็นที่รองรับครอบฟันต่อไป

ค. ครอบฟัน (Crown) เป็นส่วนที่อยู่ด้านบนของเหงือก ซึ่งจะทำมาจากเซรามิค (porcelain) มีรูปร่างลักษณะและสีเหมือนฟันธรรมชาติ

2.13.4.2 ประเภทของครอบฟัน

ก. ครอบฟันแบบเซรามิกและโลหะ

ข. ครอบฟันแบบเซรามิกล้วน

ค. ครอบฟันแบบโลหะล้วน (ทอง)

รูปที่ 2.39 ประเภทของครอบฟัน

2.13.4.3 ข้อดีและข้อเสียของฟันปลอมชนิดรากเทียม

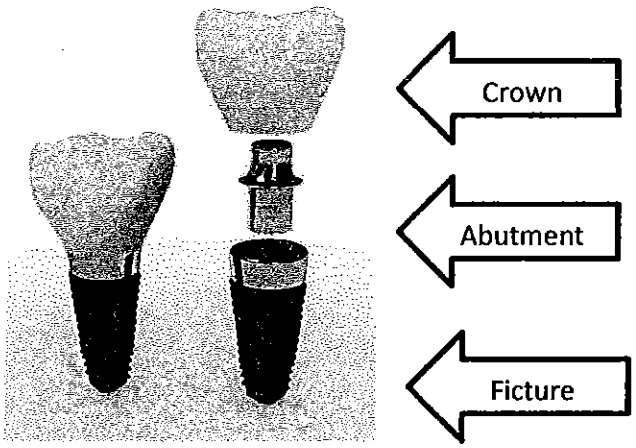
ก. ข้อดี

ฟันที่ใส่จะมีความสวยงามใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติมากเนื่องจากเป็นการสร้างเลียนแบบฟันเดิมทั้งในส่วนของตัวฟันและรากฟัน ประสิทธิภาพในการบดเคี้ยวจะใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติเนื่องจากแรงบดเคี้ยวจะถูกถ่ายทอดไปสู่กระดูกขากรรไกรที่อยู่ข้างใต้โดยตรง นอกจากนี้แล้วฟันปลอมชนิดนี้จะค่อนข้างมีความคงทนแข็งแรง ไม่ก่อให้เกิดผลเสียต่อฟันธรรมชาติและเหงือกที่อยู่โดยรอบเนื่องจากไม่ต้องมีการกรอแต่งฟันธรรมชาติข้างเคียง

ข. ข้อเสีย

การทำค่อนข้างใช้เวลานานกว่าฟันปลอมชนิดอื่น โดยจะใช้เวลาประมาณ 1-4 เดือน เนื่องจากจะต้องรอให้กระดูกโดยรอบยึดกับรากเทียมอย่างเต็มที่ก่อนที่จะใส่ฟันปลอม ค่าใช้จ่ายของการทำรากเทียมจะสูงกว่าของฟันปลอมชนิดอื่น นอกจากนี้แล้วผู้ที่มีปัญหาในการดูแลสุขภาพช่องปาก ผู้ที่เป็นโรคเบาหวานบางชนิด ผู้ป่วยที่เคยถูกฉายรังสีรักษาในบริเวณใบหน้าตลอดจนผู้ที่มีโรคทางระบบบางอย่าง อาจส่งผลเสียต่อการยึดติดของรากเทียมได้เช่นกัน ดังนั้นรากเทียมจึงไม่สามารถใส่ได้ในผู้ป่วยทุกราย

ผู้ที่เหมาะสมกับฟันปลอมชนิดนี้ ได้แก่ ผู้ที่สามารถดูแลสุขภาพช่องปากของตนเองได้เป็นอย่างดี ผู้ที่ไม่สูบบุหรี่เนื่องจากบุหรี่จะส่งผลเสียต่อการยึดติดของรากเทียม ผู้ที่ไม่มีปัญหาเกี่ยวกับการเป็นโรคทางระบบบางชนิด เช่น โรคเบาหวาน โรคทางกระดูกบางอย่าง ดังนั้นผู้ที่สนใจจะทำรากเทียมจึงจำเป็นต้องคุยปรึกษากับทันตแพทย์อย่างละเอียดก่อนตัดสินใจลงมือทำ



รูปที่ 2.40 ฟันปลอมชนิดรากเทียม

2.14 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

MIS @ MTEC (January 31, 2011) การพัฒนาระบบการผลิตครอบฟันและสะพานฟันเซอร์โคเนียด้วยเทคโนโลยี Dental CAD/CAM/CNC

เทคโนโลยีการบูรณะฟันแบบเซรามิกส์ล้วนมีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็วในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา มีการนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มาช่วยในกระบวนการผลิตในขั้นตอนต่างๆ เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต เนื่องจากการบูรณะครอบฟันแบบเซรามิกส์ล้วน มีความสวยงามดูเป็นธรรมชาติมากกว่า วัสดุที่มีความแข็งแรงทนทาน มีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่า ขณะที่ครอบฟันแบบโครงโลหะมีข้อเสีย คือ ไม่โปร่งแสง โดยเฉพาะช่วงรอยต่อบริเวณใต้เหงือก ทำให้เกิดสีของเหงือกคล้ำและสีของฟันทึบกว่าฟันธรรมชาติ

เซอร์โคเนียเป็นเซรามิกส์ที่ได้รับความนิยมนำมาใช้ในการผลิตเป็นครอบฟัน หรือ สะพานฟัน เนื่องจากมีคุณสมบัติที่โดดเด่นทางด้านความแข็งแรง และความสวยงาม แต่มีข้อเสีย คือ ไม่สามารถขึ้นรูปด้วยวิธีปกติทั่วไปได้ จึงมีการนำเทคโนโลยีการขึ้นรูปชิ้นงานด้วยคอมพิวเตอร์ทั้งระบบ (Dental CAD/CAM/CNC) เข้ามาช่วยในการผลิตครอบฟัน สะพานฟัน ทำให้ได้คุณภาพและความเที่ยงตรงของชิ้นงานสูงขึ้นเมื่อเทียบกับกรรมวิธีดั้งเดิม ซึ่งจะไม่ขึ้นกับความชำนาญของช่าง ปัจจุบันเทคโนโลยีดังกล่าวเริ่มได้รับการยอมรับมากขึ้นในต่างประเทศ สำหรับประเทศไทยเริ่มมีการนำมาใช้กันมากขึ้น และมีบริษัทผู้ผลิตครอบฟัน และสะพานฟัน เริ่มนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศเพื่อมาทำการผลิตเพื่อใช้ในประเทศ และมีบริษัทต่างประเทศเข้ามาตั้งฐานการผลิตในประเทศไทยเพื่อการส่งออก

เนื่องจากช่างเทคนิคทันตกรรมคนไทยได้รับการยอมรับในด้านฝีมือ ความสวยงาม ความละเอียดและความปราณีต

วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้ เป็นการพัฒนาเครื่องจักรความเที่ยงตรงสูงควบคุมการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์โดยใช้เทคนิคการกัดขึ้นรูปครอบฟัน และสะพานฟัน เซอร์โครเนีย ทั้งที่มีการเคลื่อนที่แบบ 4 แกน และ 5 แกน โดยสามารถกลึงแต่งเซอร์โครเนียประเภท Pre Sintered และ Fully Sintered ได้ทั้งสองประเภท ด้วยสภาวะการกัดขึ้นรูปชิ้นงานที่ที่เหมาะสมของแต่ละประเภท ตลอดจนการพัฒนาเครื่องจักรดังกล่าวให้มีการใช้งานง่ายสำหรับช่างเทคนิคทันตกรรม เป็นการช่วยลดการนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศและการสูญเสียเงินตราออกนอกประเทศ ตลอดจนเป็นการช่วยผู้ผลิตในประเทศในสามารถแข่งขันในระดับนานาชาติ สามารถนำเข้าเงินตราจากต่างประเทศจากการให้บริการได้ และเป็นการช่วยสนับสนุนให้เกิดการพัฒนาของอุตสาหกรรมแขนงดังกล่าวในประเทศ

ปัจจุบันโครงการได้ดำเนินการพัฒนาเครื่อง Dental CNC เป็นที่เรียบร้อยแล้วและได้ทำการกัดขึ้นรูปครอบฟันเซอร์โคเนียได้แล้ว ปัจจุบันอยู่ในระหว่างการทดสอบครอบฟันเซอร์โคเนียในผู้ป่วยไทยจำนวน 133 รายเพื่อเป็นการทดสอบประสิทธิภาพเครื่อง Dental CNC พร้อมกันนี้ได้เตรียมการถ่ายทอดสู่เชิงพาณิชย์โดยมีบริษัทคัสตอมไมซ์ เทคโนโลยี จำกัด เป็นผู้รับถ่ายทอดเทคโนโลยี

เดลินิวส์ (กรอบบ่าย-ฉลาดคิด ฉบับวันที่ 25 กรกฎาคม พ.ศ. 2556) เครื่องครอบฟันเทคโนโลยีทันตกรรมฝีมือไทย เทคโนโลยีการบูรณะฟันแบบเซรามิกมีการพัฒนาอย่างรวดเร็วในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา

ปัจจุบันเซอร์โคเนียจัดเป็นเซรามิกที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในการนำมาใช้ในการผลิตเป็นครอบฟัน หรือ สะพานฟัน เนื่องจากมีคุณสมบัติที่โดดเด่นทางด้านความแข็งแรง และความสวยงาม แต่มีข้อเสีย คือ ไม่สามารถขึ้นรูปด้วยวิธีปกติทั่วไปได้ ทีมวิจัยของศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) นำโดย ดร. กฤษณ์ไกรพ์ สิทธิเสรีประทีป จึงพัฒนาเทคโนโลยีการขึ้นรูปชิ้นงานทันตกรรมด้วยคอม พิวเตอร์ทั้งระบบ (Dental CAD/CAM/CNC) ชนิดระบบที่มีการเคลื่อนที่แบบ 4 แกน และ 5 แกน เข้ามาช่วยในการผลิตครอบฟัน และสะพานฟัน จากเซรามิกเซอร์โคเนีย ที่เน้นการใช้งานง่ายสำหรับช่างเทคนิคทันตกรรม และชิ้นงานที่ได้มีคุณภาพและความเที่ยงตรงสูงมากเมื่อเทียบกับกรรมวิธีดั้งเดิม ดร.กฤษณ์ไกรพ์ กล่าวว่า สำหรับการทำครอบฟัน จะต้องมีค่าใช้จ่ายซี่ละ 16,000-17,000 บาท ทำให้การครอบฟันส่วนใหญ่ยังใช้วิธีเดิม คือ การปั้นแต่งขี้ผึ้งด้วยมือบนแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์จากปากคนไข้ เพื่อใช้ในการหล่อเหวี่ยงเป็นฐานโลหะ จากนั้นจึงเคลือบเซรามิกที่ผิวหน้าทำให้ต้องใช้ช่างผู้ชำนาญมาช่วยใน

การผลิต ซึ่งการผลิตแต่ละครั้งจะไม่ได้มาตรฐานเดียวกัน ตลอดจนไม่สามารถผลิตได้จำนวนมาก และต้องใช้เวลานานในการผลิตครอบฟันเพียง 1 ซี่ ทีมวิจัยจึงพัฒนาเครื่องจักรสำหรับงานทันตกรรม เรียกว่า "Dental CAD/CAM/CNC" โดยเป็นเทคโนโลยีการขึ้นรูปชิ้นงานด้วยคอมพิวเตอร์ทั้งระบบ เพื่อช่วยในการผลิตครอบฟัน สะพานฟัน และมีประสิทธิภาพในการผลิตวัสดุเทียบเท่าต่างประเทศ ซึ่งจะช่วยให้ค่าใช้จ่ายในการครอบฟันให้ถูกลงกว่าเดิมอีกประมาณร้อยละ 30-40

ทั้งนี้ประสิทธิภาพของเครื่องที่พัฒนาขึ้น จะมีความคงทน แม่นยำสูงและผลิตได้จำนวนมาก ประมาณ 30 ซี่ในเวลา 8 ชั่วโมง ช่วยประหยัดเวลา โดยใช้เวลาออกแบบด้วยซอฟต์แวร์ เดนทัล แคด (DentalCAD) เพียง 5 นาที จากนั้นส่งเข้าเครื่อง เดนทัล แคม (DentalCAM) ที่เปรียบเสมือนไดร์ฟเวอร์ปรินเตอร์ ซึ่งในที่นี้ปรินเตอร์ก็คือ เครื่อง เดนทัล ซีเอ็นซี (Dental CNC) ที่จะใช้ในการผลิตครอบฟันหรือสะพานฟันออกมา ซึ่งเดนทัล ซีเอ็นซี คือเครื่องจักรที่ใช้เทคนิคการขึ้นรูปด้วยการเคลื่อนที่แบบ 4 แกน คือ X, Y, Z และแกนหมุนรอบแกน X ทั้งนี้ใช้เวลาในกระบวนการผลิตทั้งหมด 10 ชั่วโมง โดย 7 ชั่วโมงคือขั้นตอนการเผาเซรามิกให้ได้ชิ้นงาน ซึ่งเตาเผาเซรามิกสามารถเผาเซรามิกได้พร้อมกันสูงสุด 80 ซี่ ดร.กฤษณ์ไกรพ์ กล่าวว่า เมื่อ 3-4 ปี ที่ผ่านมามีโครงการจากประเทศฝรั่งเศสเข้ามาติดต่อทีมวิจัยเกี่ยวกับการทำครอบฟันเซรามิก ซึ่งคณะทำงานมีความรู้เกี่ยวกับเครื่องจักรซีเอ็นซี จึงทำให้เป็นจุดเริ่มต้นของโครงการขึ้นและได้รับทุนสนับสนุนจาก สวทช. โดยกรณีที่เป็นการทำครอบฟันจะเป็นเทคโนโลยีที่ใช้เครื่อง ซีเอ็นซี ซึ่งเป็นเครื่องจักรที่ควบคุมการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ แต่เป็นการย่อสัดส่วนกัดชิ้นงานเซรามิกลงมาเพื่อใช้ในงานทันตกรรม โดยทีมวิจัยได้พัฒนาเครื่องครอบฟันรวมถึงพัฒนาส่วนอื่น ๆ ทั้งระบบเพื่อให้สามารถนำมาใช้งานได้อย่างเกิดประสิทธิภาพ นักวิจัย ได้กล่าวว่า สำหรับเครื่องลักษณะดังกล่าว ยังใช้ไม่แพร่หลายในประเทศไทย ซึ่งปัจจุบันมีไม่ถึง 10 แห่ง ส่วนใหญ่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ และมีค่าใช้จ่ายในการพัฒนาทั้งระบบค่อนข้างสูง ทีมวิจัยจึงเน้นการพัฒนาทั้งระบบ เพื่อทดแทนการนำเทค โนโลยีราคาแพงจากต่างประเทศ

ระบบดังกล่าว ได้มีการทดสอบในระดับคลินิกที่บริษัท สุธาสินี เด็นทัล จำกัด ซึ่งมีห้องปฏิบัติการทันตกรรมและคลินิกรักษาฟันและกำลังอยู่ระหว่างการพิจารณา ของคณะกรรมการจริยธรรมการทดลองในมนุษย์ของมหาวิทยาลัยของรัฐ

ปัจจุบันมีการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ภาคเอกชนและมีผู้มารับบริการดังกล่าวแล้วหลายร้อยราย ซึ่งอายุการใช้งานของครอบฟันดังกล่าวนั้นจะขึ้นอยู่กับการใช้ฟันของแต่ละคน เหมือนฟันที่สึกหรอไป โดยอาจมีอายุประมาณ 5-10 ปี ซึ่งทีมวิจัยกำลังพัฒนากระบวนดังกล่าวให้ก้าวสู่มาตรฐานมากยิ่งขึ้นต่อไป

บทที่ 3

วิธีดำเนินโครงงาน

3.1 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับฟันเทียม

เป็นการศึกษาข้อมูลลักษณะของฟัน เพื่อทำการออกแบบตัวอย่างของครอบฟันเทียม

3.2 ศึกษาการใช้โปรแกรม Solidwork ร่วมกับโปรแกรม SolidCAM

เป็นการศึกษาการใช้โปรแกรม Solidwork เพื่อออกแบบส่วนของครอบฟัน และขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม SolidCAM โปรแกรมกัดงานในระบบ 5 แกน

3.3 ศึกษาการใช้งานเครื่องกัดซีเอ็นซี รุ่น HAAS VF1

เป็นการศึกษาการใช้เครื่องจักรซีเอ็นซี รุ่น HAAS VF1 โดยศึกษาวิธีการใช้งานเครื่องจักรซีเอ็นซี, ระบบการทำงานของเครื่องจักรซีเอ็นซี, การควบคุมการเคลื่อนที่ของระบบซีเอ็นซี, ชุดควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซี และ การกำหนดแนวแกนของเครื่องจักรซีเอ็นซี

3.4 ทำการออกแบบส่วนของครอบฟัน

ศึกษารูปแบบต่างๆ ของฟันเทียม และเลือกแบบที่เหมาะสมกับการใช้งานมากที่สุด โดยเลือกฟันปลอมชนิดรากเทียมเนื่องจากมีความสวยงามใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติมาก ในการออกแบบส่วนของครอบฟันเทียม โดยนำกรณีศึกษา (Case Study) มาเป็นแนวทางในการออกแบบส่วนของครอบฟัน

3.5 ทดสอบการใช้เครื่องกัดซีเอ็นซี

เป็นการศึกษาการใช้เครื่องกัดซีเอ็นซี โดยทดลองใช้เครื่องกัดซีเอ็นซีในการกัดส่วนของครอบฟันจากไม้ก่อนกัดจริง และเป็นการศึกษาการแก้ไขส่วนของคำสั่งควบคุมเครื่องกัดซีเอ็นซีของโปรแกรม SolidCAM เพื่อแก้ไขปรับปรุงคำสั่งที่ผิดพลาด

3.6 ปรับปรุงและแก้ไขโปรแกรม

เป็นการศึกษาการแก้ไขและการปรับปรุงโปรแกรม SolidCAM ในส่วนที่ไม่สามารถสร้างคำสั่งให้เครื่องกัดซีเอ็นซีทำงานได้ตามความต้องการ

3.7 การปฏิบัติการโดยใช้เครื่องกัดซีเอ็นซีในการกัดไม้เทียม

เป็นการปฏิบัติการใช้โปรแกรม SolidCAM ช่วยในออกแบบและการผลิตสำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซี ในการผลิตตัวอย่างฟันครอบฟันเทียม ลงบนไม้เทียม

3.8 การตรวจสอบความถูกต้องของส่วนของครอบฟัน

เป็นการนำชิ้นงานที่ได้จากการขึ้นรูปด้วยเครื่องกัดซีเอ็นซี 5 แกน มาเปรียมเทียบกับกรณีศึกษา (Case Study) ที่นำมาเป็นต้นแบบเพื่อเปรียบเทียบความใกล้เคียง

3.9 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

เป็นการสรุปผลและวิเคราะห์ผลของการประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ (CAD) และการผลิต (CAM) สำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีว่ามีข้อผิดพลาด และมีความคลาดเคลื่อนมากน้อยเพียงใด จากขนาดชิ้นงานที่ทำการทดลอง

3.10 จัดทำรูปเล่มโครงงานและนำเสนอผลงาน

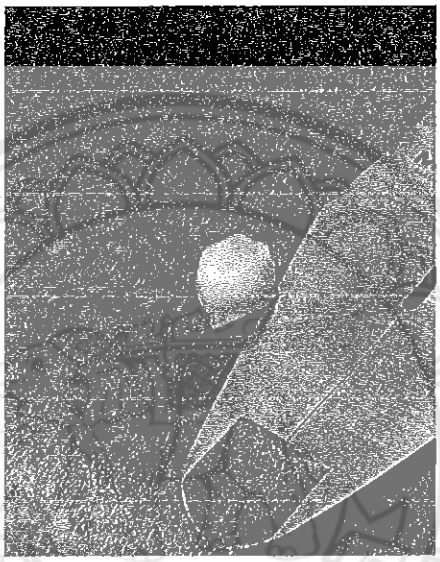
เป็นการศึกษาการทำโครงงาน โดยศึกษาส่วนประกอบและรูปแบบของการทำโครงงาน และการรวบรวมข้อมูลจากการทำโครงงาน

บทที่ 4

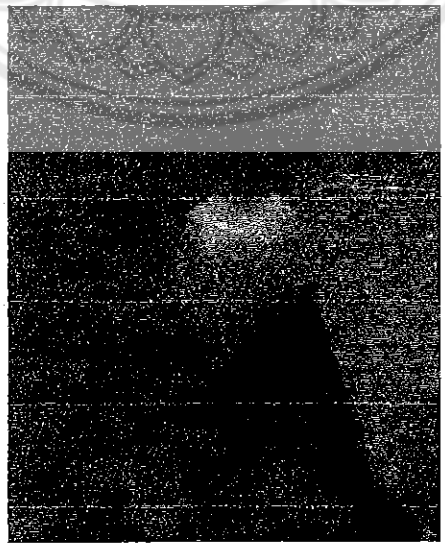
ผลการดำเนินโครงงาน

4.1 ทำการเลือกตัวอย่างฟันเทียมที่จะนำมาออกแบบ

4.1.1 ทำการเลือกตัวอย่างฟันเทียมโดยการนำตัวอย่างฟันเทียมมาจากนิสิตคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร



รูปที่ 4.1 ตัวอย่างฟันเทียมที่นำมาเป็นแบบ (ด้านบน)

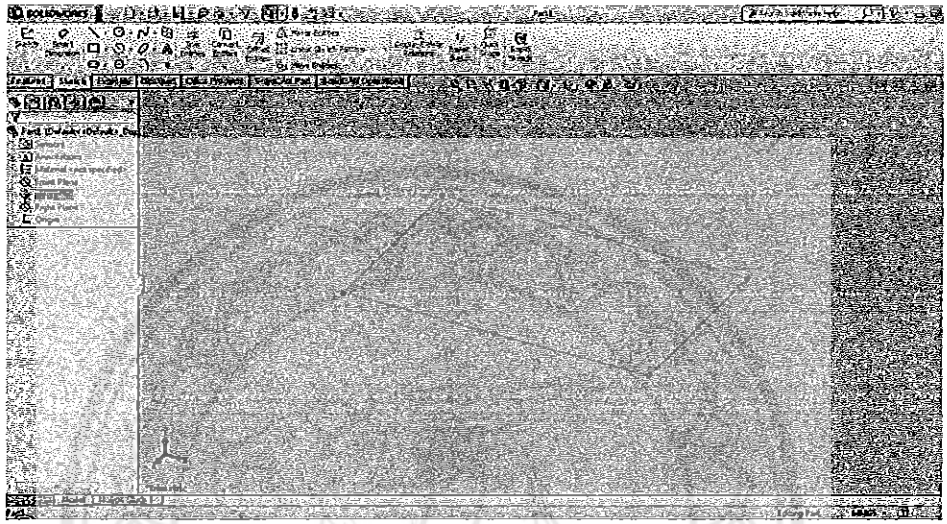


รูปที่ 4.2 ตัวอย่างฟันเทียมที่นำมาเป็นแบบ (ด้านข้าง)

4.2 ทำการออกแบบตัวอย่างฟันเทียมชนิดรากเทียมในส่วนของครอบฟัน

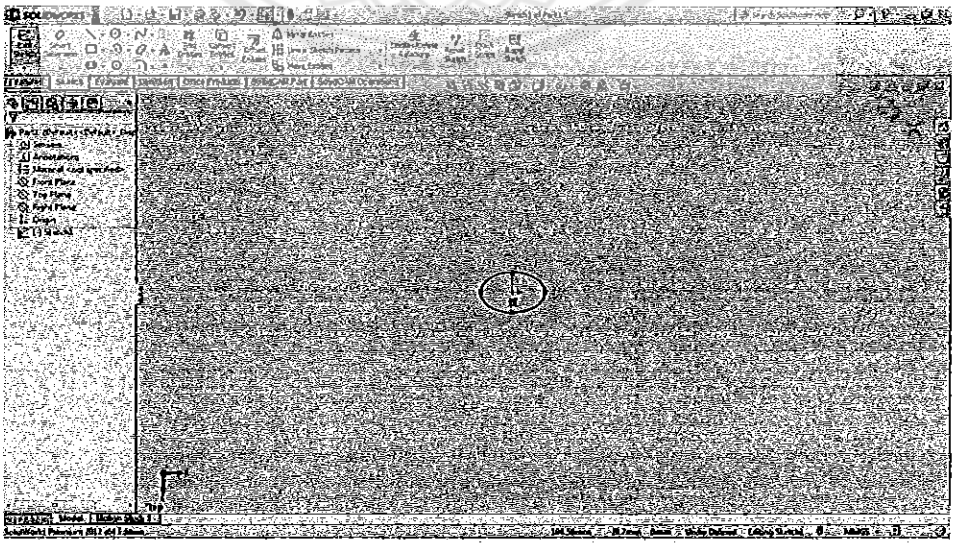
4.2.1 ทำการออกแบบตัวอย่างฟันเทียมชนิดรากเทียมในส่วนของครอบฟันโดยใช้โปรแกรม Solidwork

4.2.1.1 เริ่มต้นด้วยการเขียนฐานของตัวอย่างฟันเทียมชนิดรากเทียมในส่วนของครอบฟัน โดยเลือกระนาบที่จะเขียนคือ Top Plane ดังรูปที่ 4.3



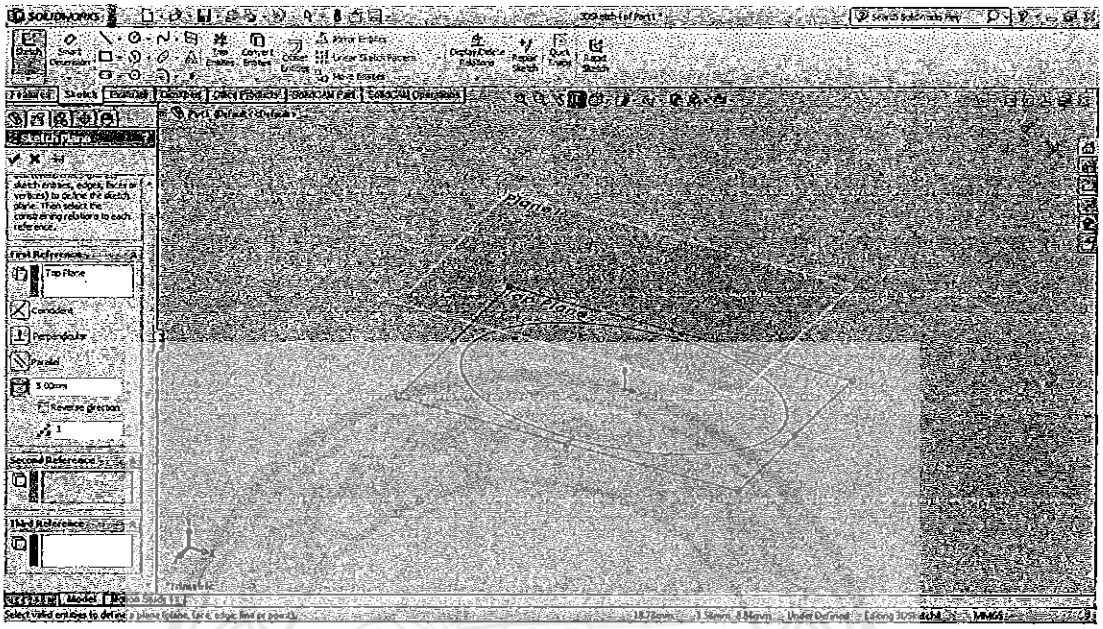
รูปที่ 4.3 การเริ่มต้นด้วยการเลือกระนาบ Top Plane

4.2.1.2 ทำการเขียนฐานของตัวอย่างฟันเทียมชนิดรากเทียมในส่วนของครอบฟัน โดยใช้คำสั่ง Sketch > Exit Sketch > Ellipse เพื่อเขียนรูปวงรีทำเป็นฐานของฟัน ดังรูปที่ 4.4



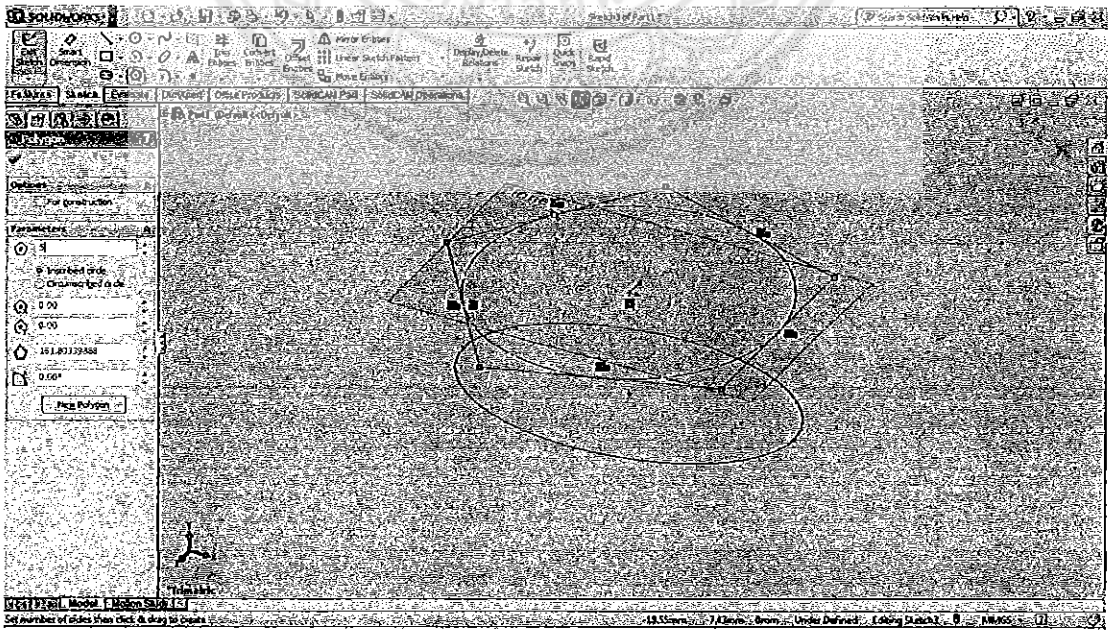
รูปที่ 4.4 ฐานของตัวอย่างฟันเทียมชนิดรากเทียมในส่วนของครอบฟัน

4.2.1.3 ทำการเพิ่มระนาบโดยคำสั่ง Sketch > Top plane > Plane > Direction ก็จะได้ระนาบเพิ่มขึ้นมาอีก 1 ระนาบ ดังรูปที่ 4.5



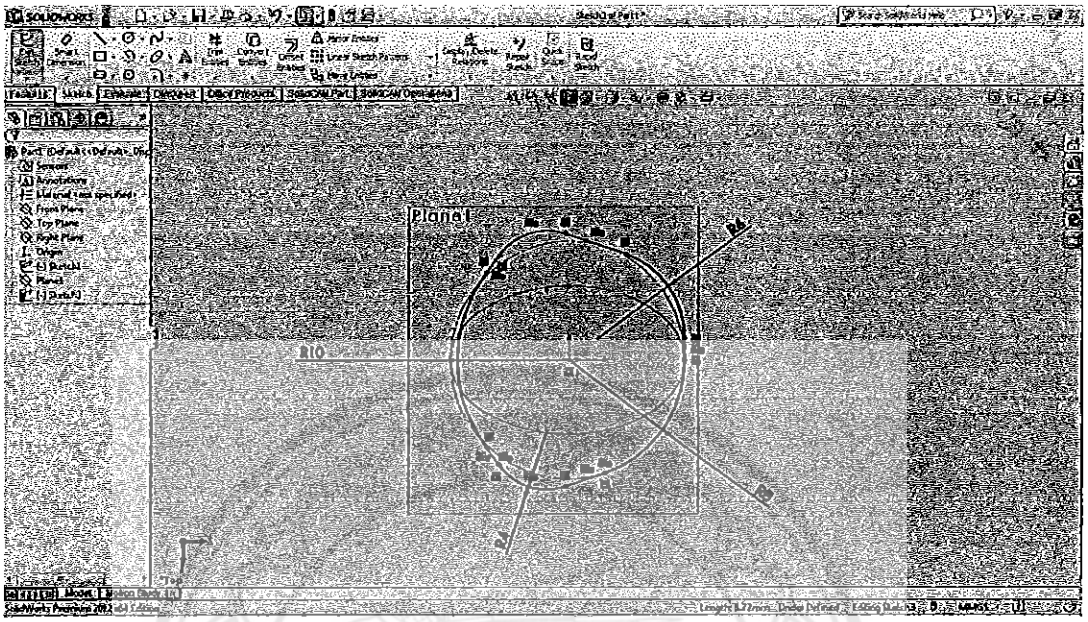
รูปที่ 4.5 สร้างระนาบ Plane เพิ่มขึ้นมาเป็นระนาบที่ 2

4.2.1.4 สร้างรูปห้าเหลี่ยมในระนาบที่ 2 โดยใช้คำสั่ง Sketch > Polygon > Number of Sides ก็จะปรากฏรูปห้าเหลี่ยมขึ้นมาบนระนาบที่ 2 ดังรูปที่ 4.6



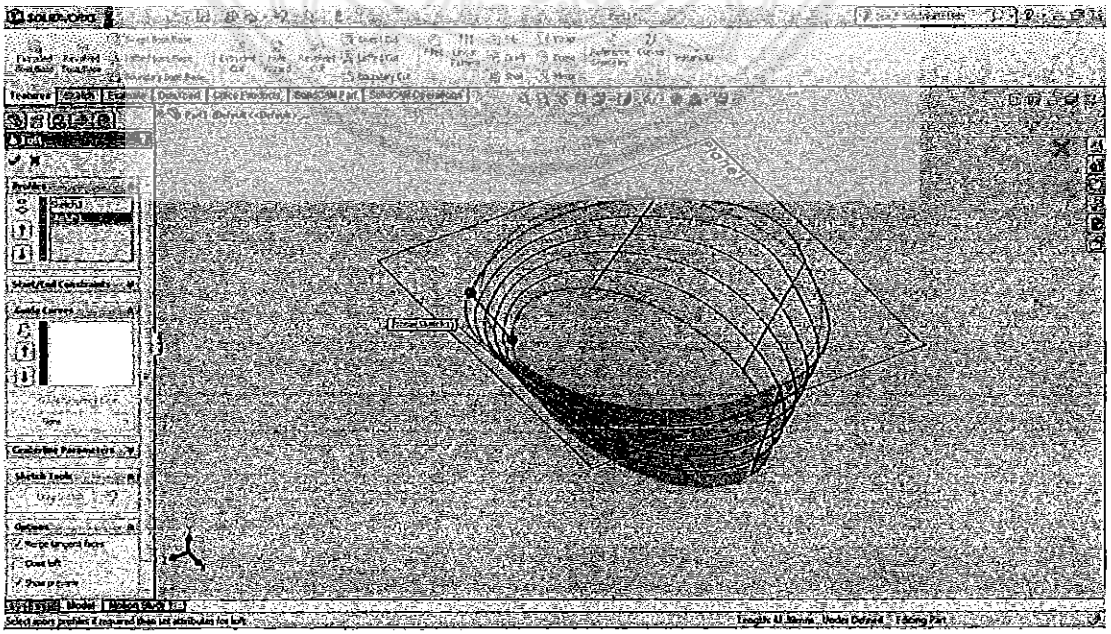
รูปที่ 4.6 การสร้างรูปห้าเหลี่ยมบนระนาบที่ 2

4.2.1.5 ทำการลบมุมของรูปห้าเหลี่ยม โดยใช้คำสั่ง Sketch > Exit Sketch > Sketch Fillet เลือกมุมที่จะลบของแต่ละมุมก็จะได้เป็นรูปที่เราต้องการ ดังรูป 4.7



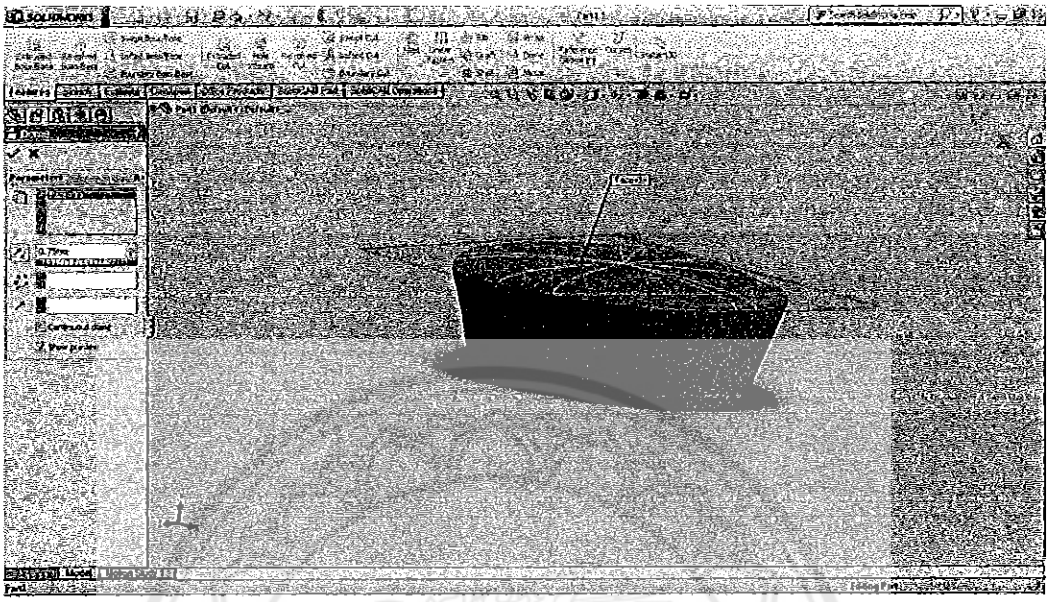
รูปที่ 4.7 ลบมุมของรูปห้าเหลี่ยม

4.2.1.6 ทำการสร้างพื้นผิวระหว่างระนาบที่ 1 กับระนาบที่ 2 เข้าด้วยกัน โดยใช้คำสั่ง Features > Lofted Boss/Base ก็จะได้เป็นพื้นผิวของตัวฟัน ดังรูปที่ 4.8



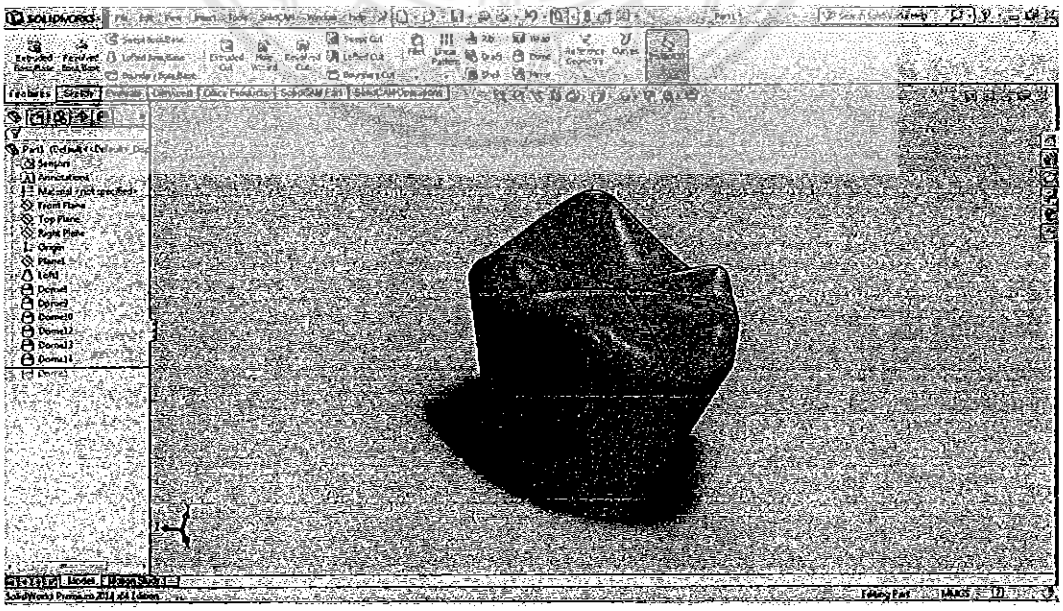
รูปที่ 4.8 สร้างพื้นผิวระหว่างสองระนาบ

4.2.1.7 ทำพื้นผิวด้านบนของฟัน โดยใช้คำสั่ง Features > Dome ก็จะได้พื้นผิวด้านบนของฟัน ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 พื้นผิวด้านบนของฟัน

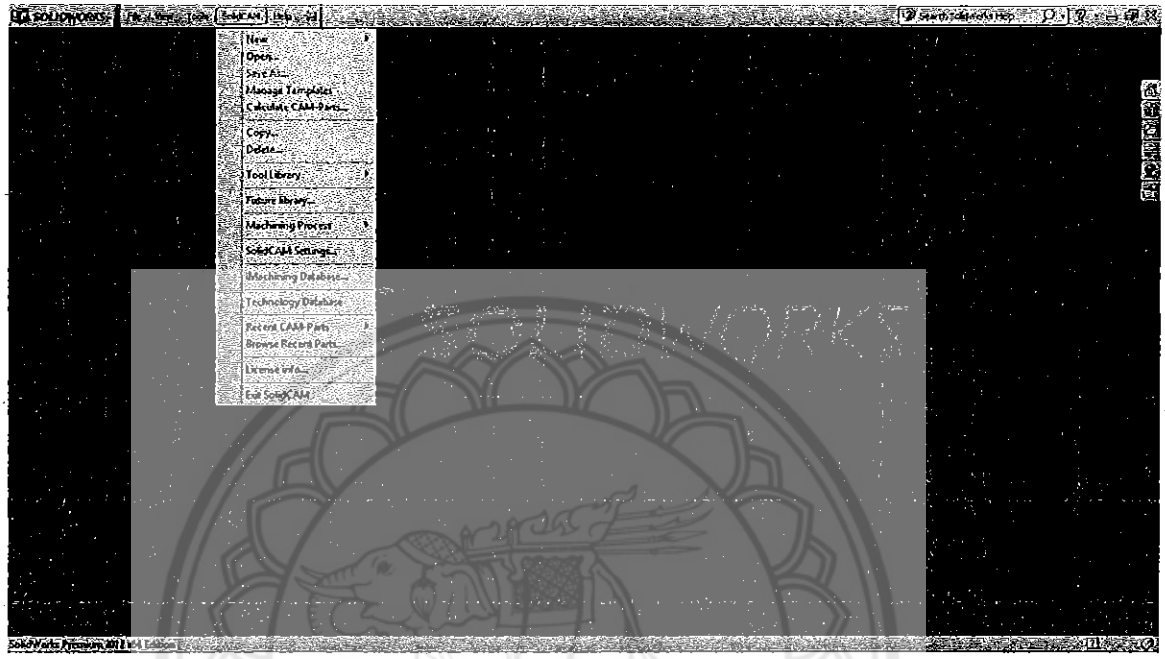
4.2.1.8 ทำการเพิ่มพื้นผิวด้านบนของฟันอีกครั้ง โดยใช้คำสั่ง Features > Dome ก็จะได้ความสูงของผิวฟัน ดังรูป 4.10



รูปที่ 4.10 การเพิ่มพื้นผิวด้านบนของฟัน

4.3 การใช้โปรแกรม SolidCAM

เมื่อติดตั้งโปรแกรม SolidCAM บนโปรแกรม Solidwork เมื่อเปิดโปรแกรม Solidwork ขึ้นมา จะมี Toolbar โปรแกรม SolidCAM โดยอัตโนมัติ ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 Toolbar ของโปรแกรม SolidCAM บนโปรแกรม Solidwork

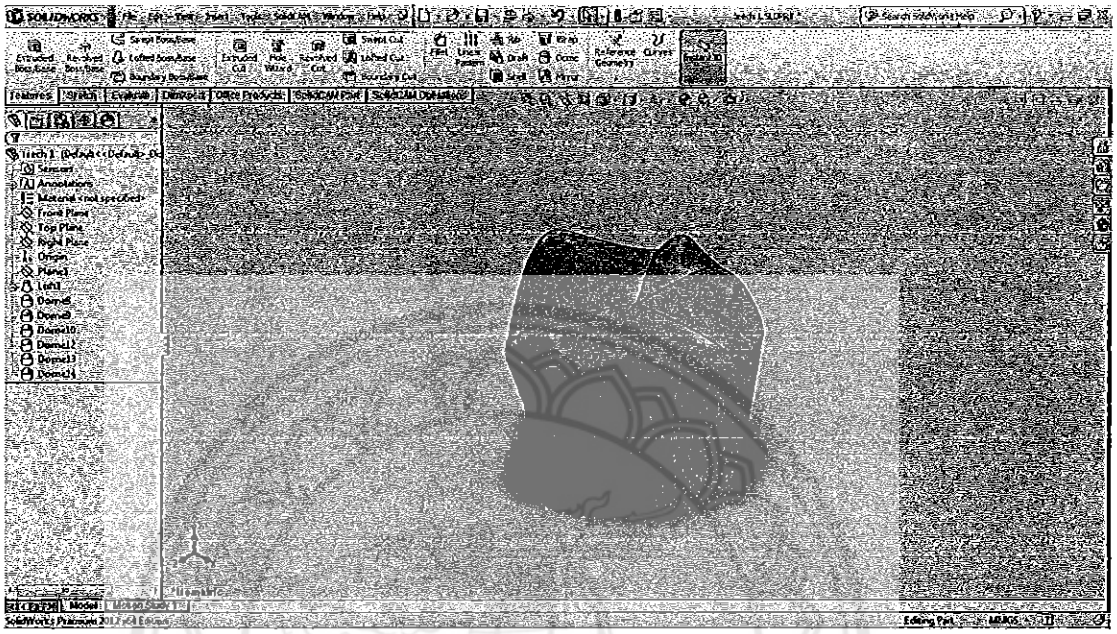
ในการทำงานโปรแกรม SolidCAM จะทำงานอยู่บนโปรแกรม Solidwork ดังนั้นโปรแกรมทั้งสองจึงมีความสัมพันธ์ที่เกี่ยวของกัน คือ

โปรแกรม SolidCAM จำเป็นต้องใช้ข้อมูลของชิ้นงานในระบบ CAD (Computer Aided Design) ที่สร้างจากโปรแกรม Solidwork

หากมีการบันทึกด้วยคำสั่ง Save ในโปรแกรม Solidwork โปรแกรมกัดงานและค่าพารามิตเตอร์ที่ใช้ในการกัดงานต่างๆ ที่ถูกสร้างขึ้นจากโปรแกรม SolidCAM จะถูกบันทึกพร้อมกันไปด้วย

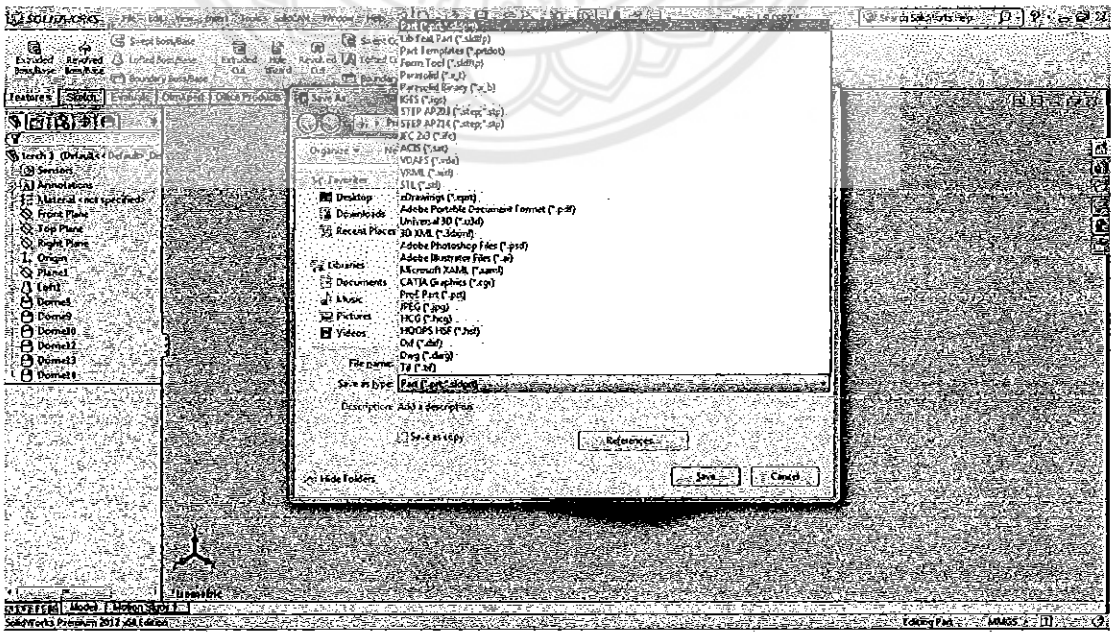
ขณะใช้งานโปรแกรม SolidCAM หากต้องการแก้ไขรูปชิ้นงาน ผู้ใช้งานต้องออกจากโปรแกรม SolidCAM ก่อน เพื่อมาแก้ไขชิ้นงานในโปรแกรม Solidwork

4.3.1 ทำการออกแบบตัวอย่างฟันเทียมชนิดรากเทียมในส่วนของครอบฟัน โดยใช้โปรแกรม Solidwork ดังรูปที่ 4.12



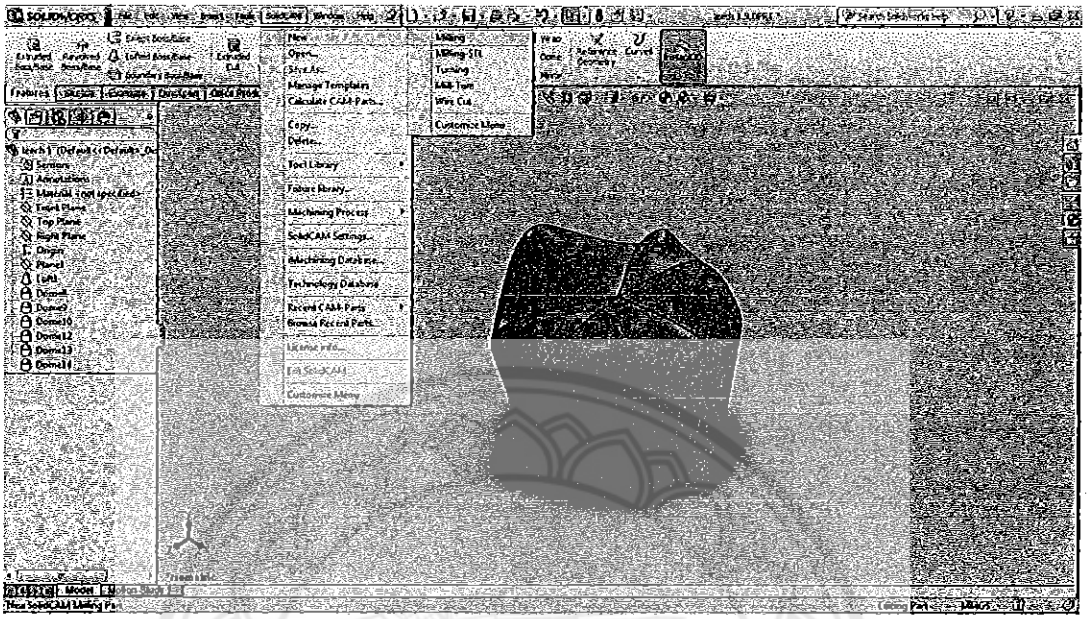
รูปที่ 4.12 ตัวอย่างฟันเทียมชนิดรากเทียมในส่วนของครอบฟัน

4.3.2 ทำการ Save ชื่อไฟล์เป็น .prt ดังรูปที่ 4.13



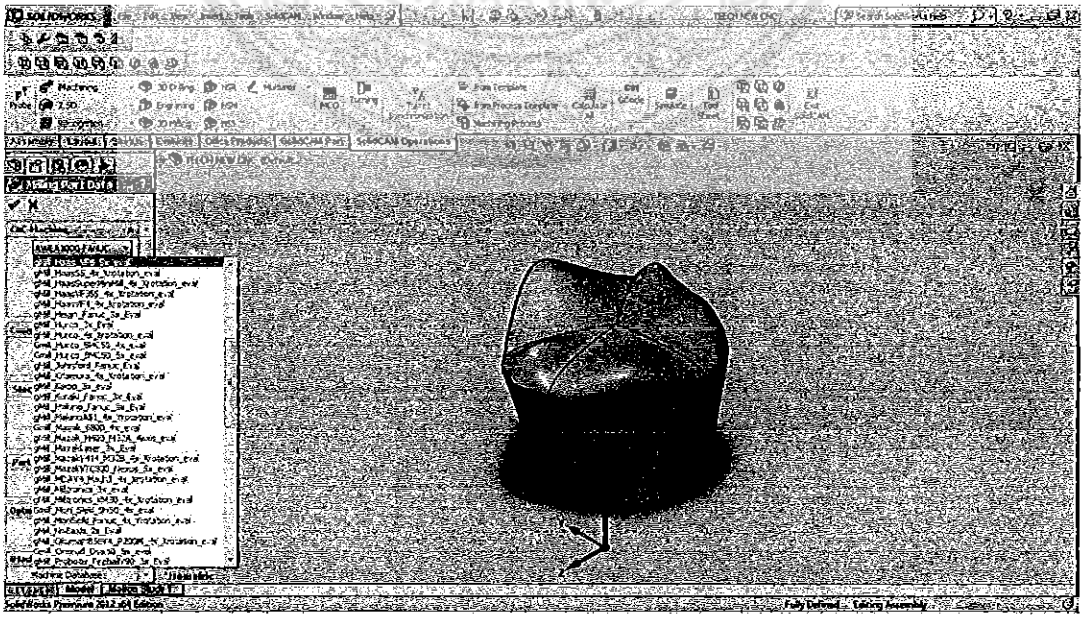
รูปที่ 4.13 ภาพแสดงการ Save ไฟล์ให้เป็นนามสกุล .prt

4.3.3 เมื่อทำการ Save ไฟล์เสร็จแล้วจึงเปิดโปรแกรม SolidCAM ใน Toolbar ของโปรแกรม Solidwork เพื่อใช้ในการทำ NC Code ดังรูปที่ 4.14



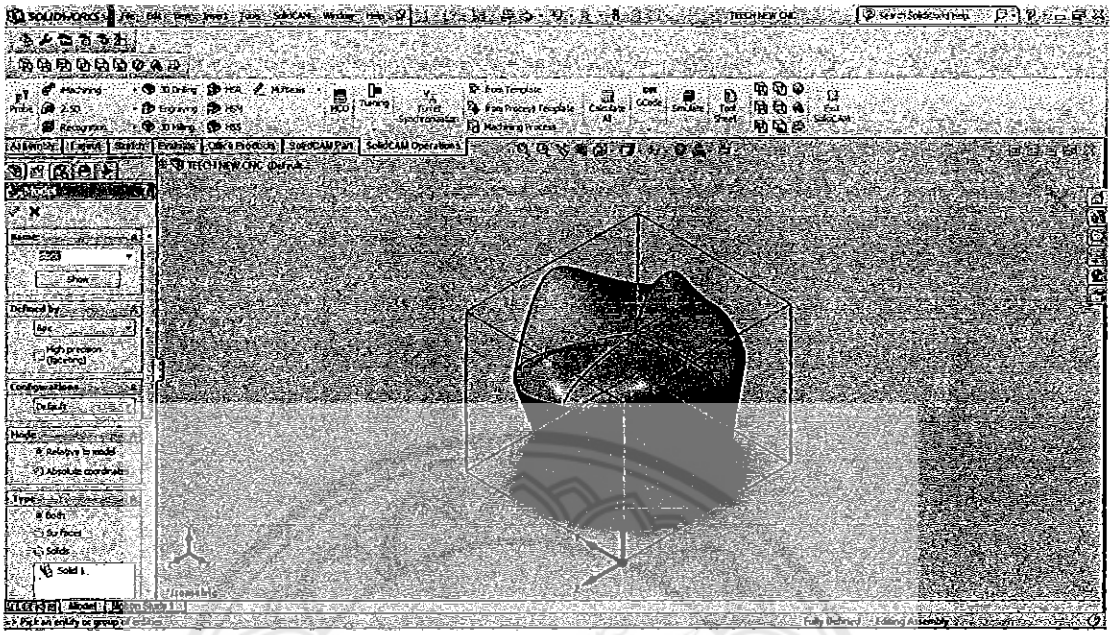
รูปที่ 4.14 เลือกชนิดของการกัดในโปรแกรม SolidCAM

4.3.4 เมื่อเข้ามาในโปรแกรมจะต้องกำหนดรุ่นของเครื่องซีเอ็นซีให้เลือก รุ่น gMill_Haas_VF6_5x_eval เนื่องจากในโปรแกรมไม่มีรุ่น HAAS VF1 ดังรูปที่ 4.15



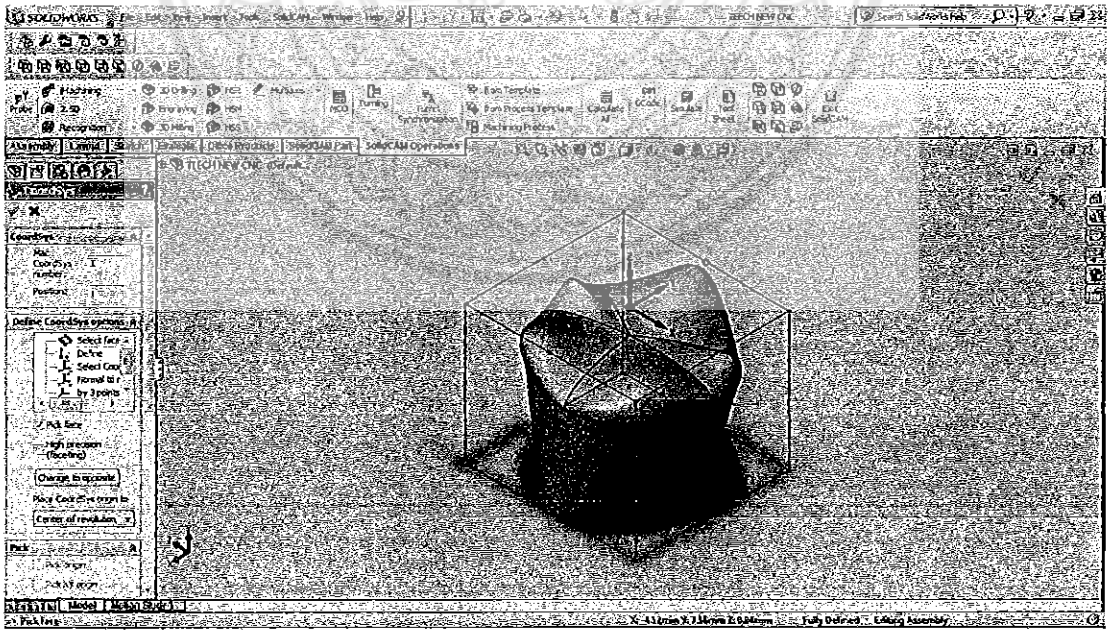
รูปที่ 4.15 เลือกรุ่นของเครื่องกัดซีเอ็นซี

4.3.5 เลือก Stock เพื่อกำหนดขนาดของวัสดุที่ใช้ในการกัดชิ้นงาน ดังรูปที่ 4.16



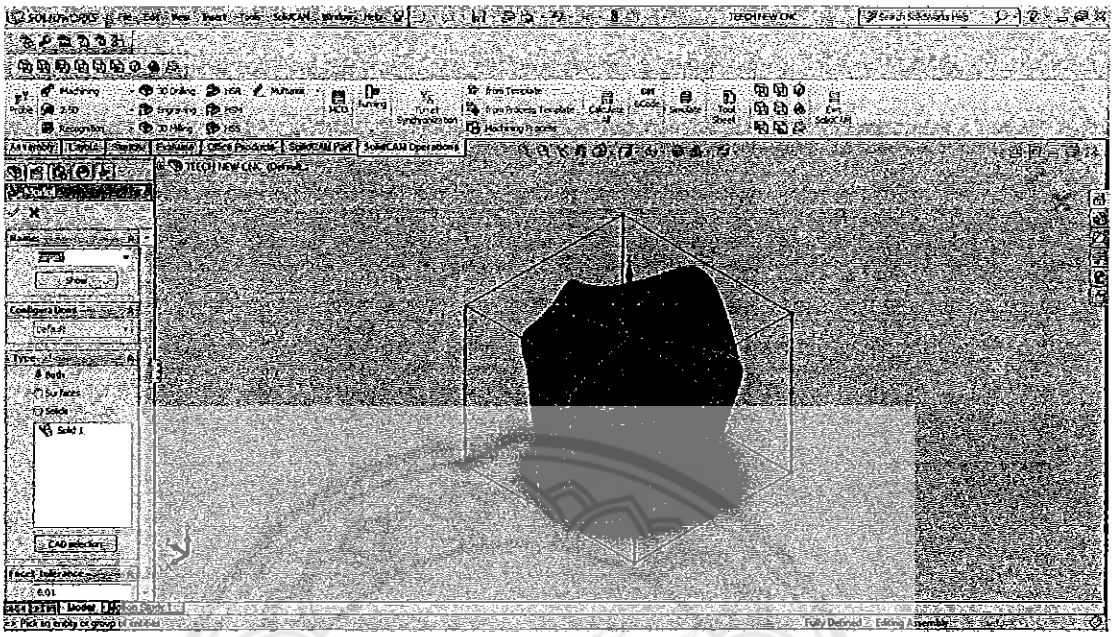
รูปที่ 4.16 กำหนด Stock ของวัสดุที่ใช้กัดชิ้นงาน

4.3.6 กำหนด Coordinate เพื่อเลือกทิศทางในการกัดชิ้นงาน ดังรูปที่ 4.17



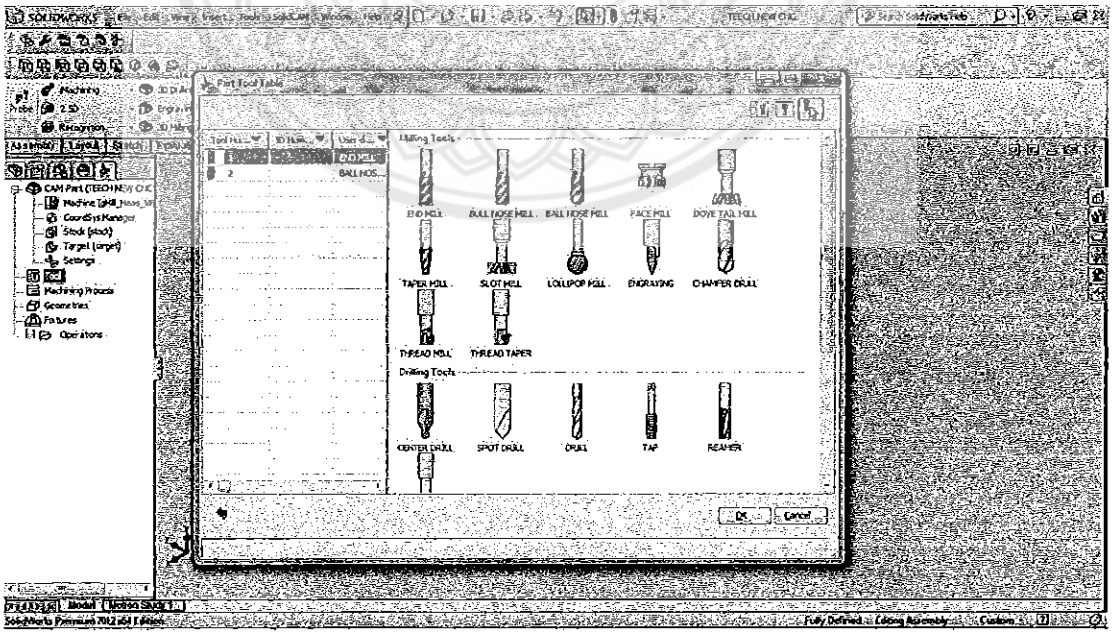
รูปที่ 4.17 กำหนดจุด Coordinate

4.3.7 เลือก Target เพื่อเลือกเป้าหมายของงานที่ทำการกัด ดังรูปที่ 4.18

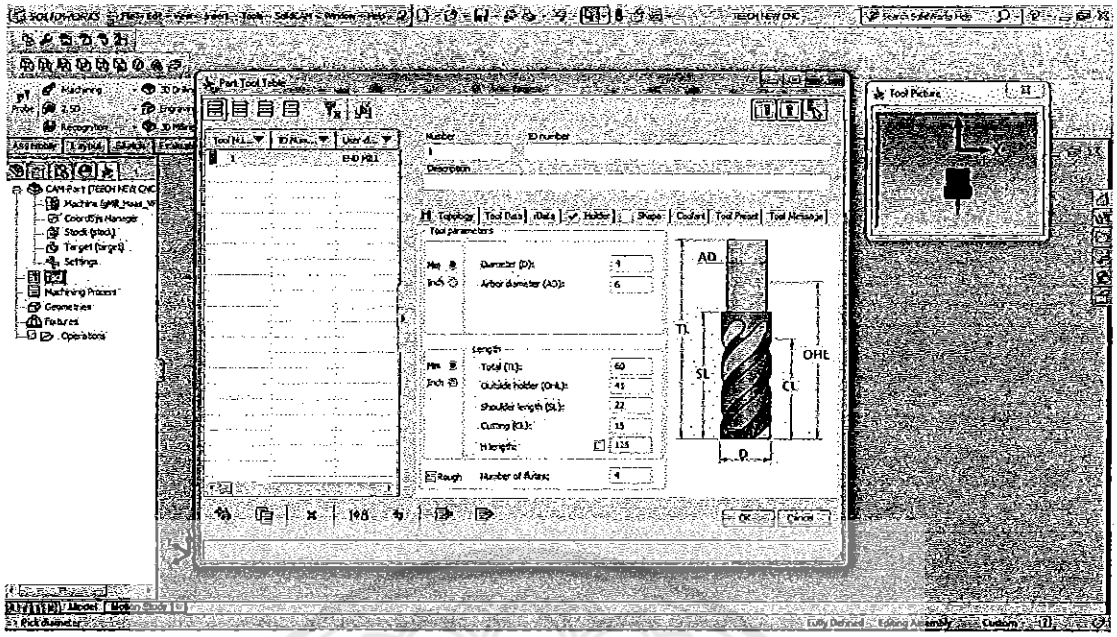


รูปที่ 4.18 เลือก Target เพื่อใช้เลือกเป้าหมายในการกัดชิ้นงาน

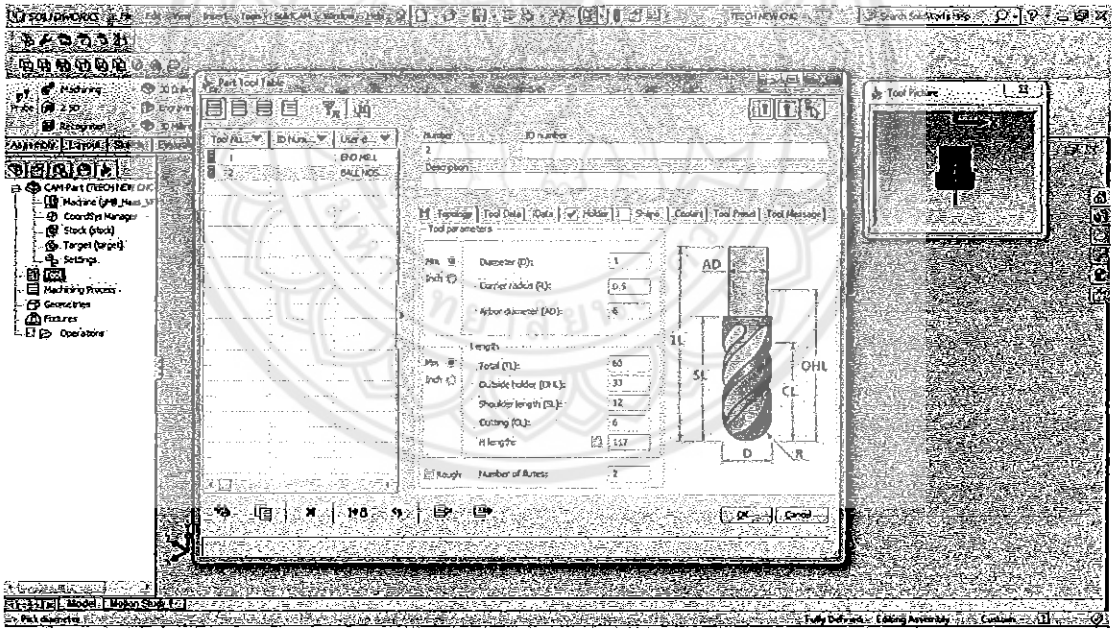
4.3.8 เลือกชนิดของดอกกัดที่เราใช้ในการกัดชิ้นงานเพื่อใช้ในกระบวนการต่างๆ โดยจะใช้ดอกกัด 2 ขนาด เพื่อใช้ในการกัดหยาบและการกัดละเอียด ดังรูปที่ 4.19 รูปที่ 4.20 และรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.19 การเลือกดอกกัดที่ใช้กัดชิ้นงาน

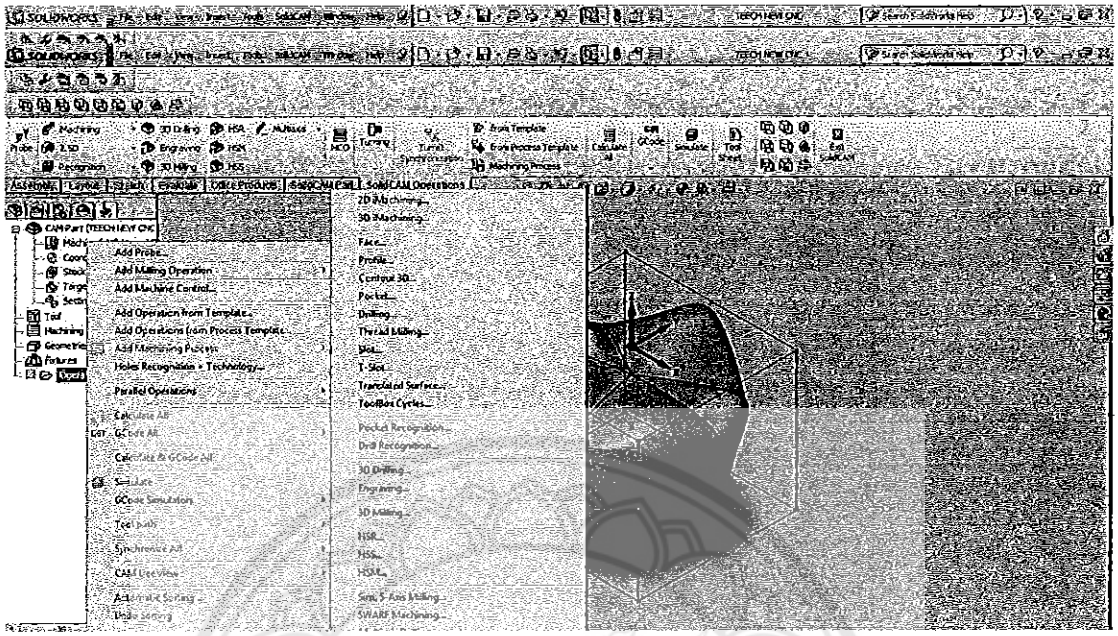


รูปที่ 4.20 เลือกดอกกัดที่ 1 ขนาด 4 มิลลิเมตร เพื่อใช้ในการกัดชิ้นงานเบื้องต้น



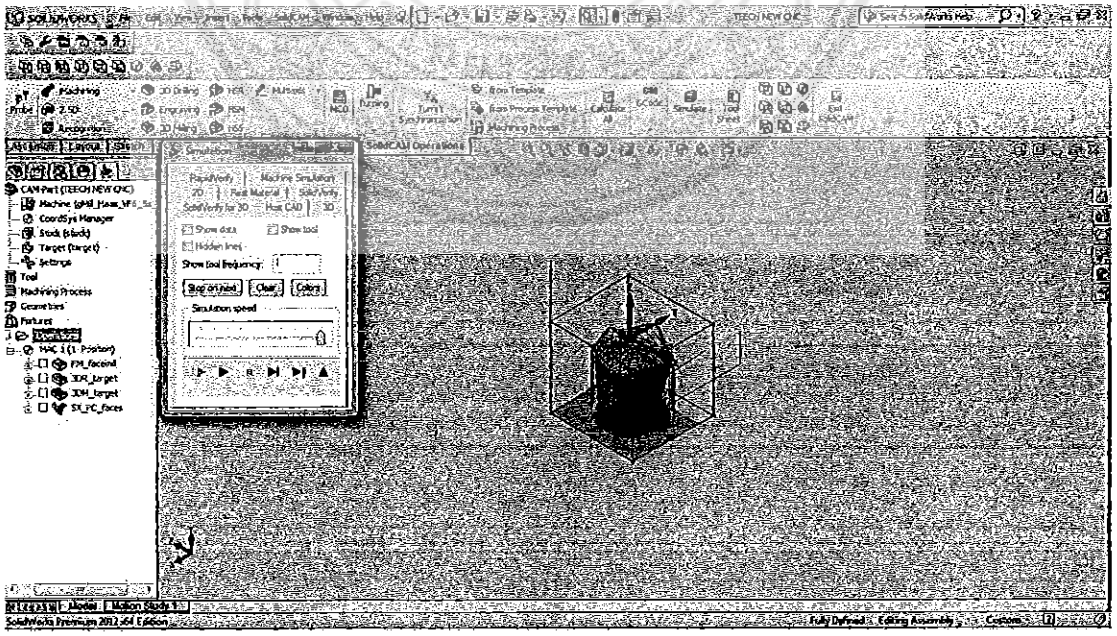
รูปที่ 4.21 เลือกดอกกัดที่ 2 ขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อใช้เก็บรายละเอียดชิ้นงาน

4.3.9 เลือกที่ Operations เพื่อเลือกกระบวนการต่างๆที่ใช้ในการกัดชิ้นงาน ดังรูปที่ 4.22



รูปที่ 4.22 เลือกเพิ่มกระบวนการในการกัดชิ้นงาน

4.3.10 เมื่อทำการเลือกกระบวนการต่างๆในการกัดแล้วจึงให้โปรแกรมทำการ Simulation เพื่อดูแนวการกัดชิ้นงาน ดังรูปที่ 4.23



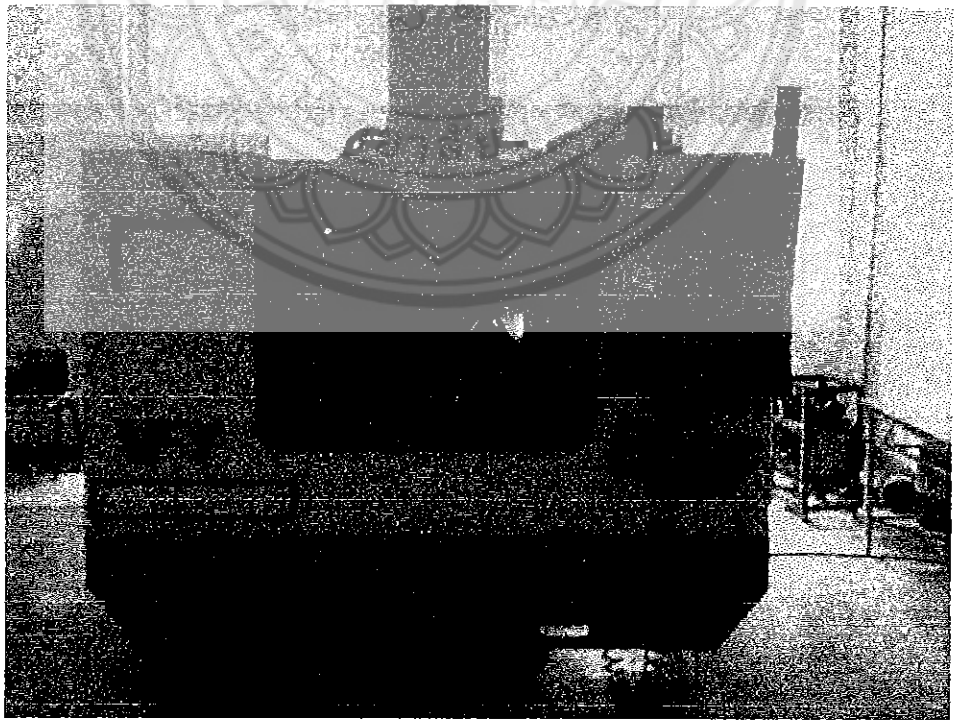
รูปที่ 4.23 การ Simulation เพื่อดูแนวการกัดชิ้นงาน

4.3.11 เมื่อทำการ Simulation เพื่อดูการทำงานของการกัดชิ้นงานเรียบร้อยแล้วเราจึงทำการแปลงเป็น NC Code โดยการเลือก Calculate & G Code All ก็จะได้ NC Code ออกมา

4.3.12 เมื่อได้ NC Code ออกมาแล้วจึงใช้โปรแกรม CIMCO เพื่อปรับแต่ง NC Code ให้สามารถใช้ได้กับเครื่องกัดซีเอ็นซี รุ่น HAAS VF1 โดยขั้นตอนแรกใช้คำสั่ง Remove Comments เพื่อยกเลิกคำอธิบายเพราะเมื่อมีคำอธิบายจะทำให้เลขบรรทัดมากเกินความจำเป็นจึงต้องยกเลิกคำอธิบายออก ดังรูปที่ ก.2 ขั้นตอนที่สองเมื่อใช้คำสั่ง Remove Comments จะทำให้เกิดช่องว่างของบรรทัดจึงต้องใช้คำสั่ง Remove Empty เพื่อยกเลิกช่องว่างระหว่างบรรทัด ดังรูปที่ ก.3 ขั้นตอนที่สามเป็นการปรับจุดทศนิยมของ NC Code ให้เป็น 3 ตำแหน่ง เพราะเครื่องกัดซีเอ็นซี รุ่น HAAS VF1 สามารถอ่านจุดทศนิยมได้เพียง 3 ตำแหน่งเท่านั้น ดังรูปที่ ก.4 และ ก.5 ขั้นตอนที่สี่เป็นการใส่เลขบรรทัดเพื่อให้ง่ายในการแก้ไข NC Code เมื่อเกิดปัญหาในขั้นตอนการกัดชิ้นงาน ดังรูปที่ ก.6

4.4 ศึกษาการใช้งานเครื่องกัดซีเอ็นซี รุ่น HAAS VF1

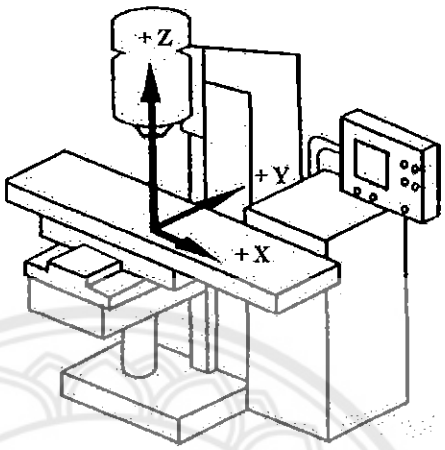
เครื่องจักร VF Series เป็นเครื่อง Vertical Machinning Center หมายถึง เครื่องกัดแนวตั้งแบบรวมศูนย์เครื่องมือตัด



รูปที่ 4.24 เครื่องกัดซีเอ็นซี รุ่น HAAS VF1

4.4.1 การเคลื่อนที่ของแนวแกน

การพิจารณาการเคลื่อนที่จะถือว่า Tool หรือหัวตัดเคลื่อนที่ไปในทิศทางต่างๆตามกฎของมือขวา หมายถึง การเคลื่อนที่ที่เครื่องมือตัดจะต้องไปตามทิศทางของแกนหลักและหมุนต่างๆ



รูปที่ 4.25 การกำหนดแกนของเครื่องกัด

4.4.2 การเปิดเครื่อง

4.4.2.1 เสียบสายลม แล้วเช็คความดันของลม (Air Pressure) ไม่ให้ต่ำหรือสูงกว่า 80%

4.4.2.2 เปิด Switch ด้านหลังเครื่อง

4.4.2.3 กด Power On แล้วรอสักครู่ให้เครื่องโหลดข้อมูล และเช็คสภาพเครื่องก่อน > Emergency Stop > Reset

4.4.2.4 กด Power Up Restart > เลือก Rapid 25 เพื่อให้ทุกแนวแกนกลับไปที่จุดศูนย์ของเครื่อง และจำค่าไว้เพื่ออ้างอิงในการทำงาน

4.4.2.5 กด Zero Return > Auto All Axis เพื่อให้เครื่องกลับไปตำแหน่ง Home และเตรียมในการทำงาน

4.4.3 การวอร์มเครื่องก่อนการใช้งาน

4.4.3.1 กด MDI DNC เพื่อเข้าสู่โหมดการเขียนโปรแกรมโดยเฉพาะ

4.4.3.2 พิมพ์ M03 S500 > Enter > กด Cycle Start Spindle จะหมุนตามเข็มนาฬิกาที่ความเร็ว 500 รอบ/นาที

4.4.3.3 ใช้เวลาในการวอร์มเครื่องประมาน 10-15 นาที แล้วกด Stop เพื่อหยุด Spindle

4.4.4 การ Set จุดศูนย์ชิ้นงาน

4.4.4.1 กดปุ่ม POSIT เลือกหน้าจอเป็นระยะการเคลื่อนที่

4.4.4.2 กดปุ่ม PAGE UP or PAGE DOWN จนหน้าจออยู่ใน Operator

4.4.4.3 กดปุ่ม X > 0 > ORIGIN การ Set ศูนย์ หรือตำแหน่ง Operator Position นี้เป็นจุดอ้างอิงเฉพาะของผู้ทำงานเท่านั้น

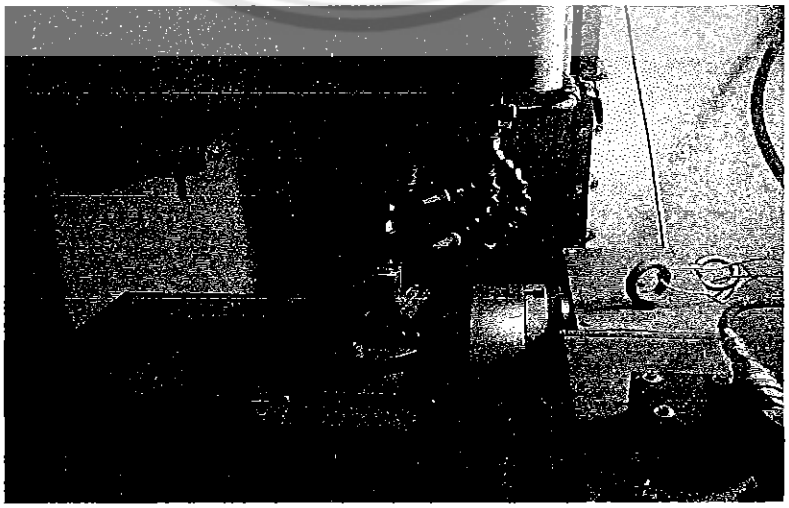
4.5 การทดสอบการกัดโดยการใช้เครื่องกัดซีเอ็นซี

โดยจะทำการทดสอบการกัดโดยใช้เครื่องจักรซีเอ็นซี รุ่น HAAS VF1 โดยการทดสอบกัดในโปรแกรม SolidCAM ก่อนเมื่อไม่มีปัญหาแล้วจึงทดสอบกัดด้วยไม้เมื่อกัดด้วยไม้ไม่มีข้อผิดพลาดแล้วจึงกัดจริงด้วยไม้เทียม มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

4.5.1 ใช้โปรแกรม Solidwork ในการออกแบบตัวอย่างฟันเทียมชนิดรากเทียมในส่วนของครอบฟัน และใช้โปรแกรม SolidCAM ในการจำลองการกัดจะได้ NC Code ออกมา

4.5.2 นำ NC Code ที่ได้ใส่ลงบนแผ่น 3.5 floppy (A:) แล้วนำไปใส่ในเครื่องกัดซีเอ็นซี รุ่น HAAS VF1 โดยใช้ไม้เทียมเป็นวัสดุในการทำตัวอย่างฟันเทียมชนิดรากเทียมในส่วนของครอบฟัน

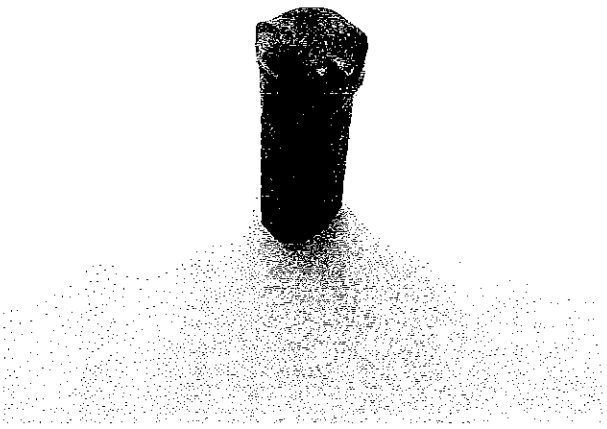
4.5.3 สั่งเครื่องกัดซีเอ็นซีทำงาน โดยเริ่มทำการกัดจากส่วนกลางของชิ้นงานและคอยตรวจสอบการทำงานของเครื่องกัดซีเอ็นซีตลอดเวลาเพราะเครื่องซีเอ็นซีอาจทำงานผิดพลาดได้ตลอดเวลา ดังรูปที่ 4.26 และรูปที่ 4.27



รูปที่ 4.26 แสดงการกัดตัวอย่างฟันเทียมชนิดรากเทียมในส่วนของครอบฟัน

รูปที่ 4.27 แสดงการกัดตัวอย่างฟันเทียมชนิดรากเทียมในส่วนของครอบฟัน

4.5.4 รอจนกว่าเครื่องจักรทำงานจบโปรแกรม จะได้ตัวอย่างฟันเทียมชนิดรากเทียมในส่วนของครอบฟันดังรูปที่ 4.28

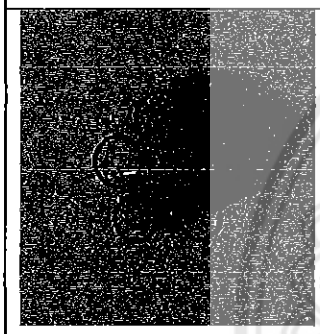
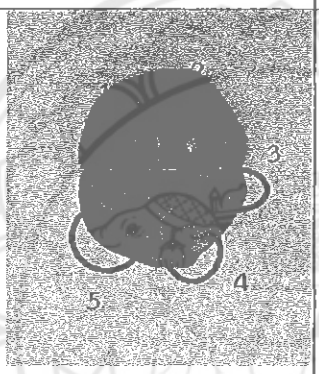
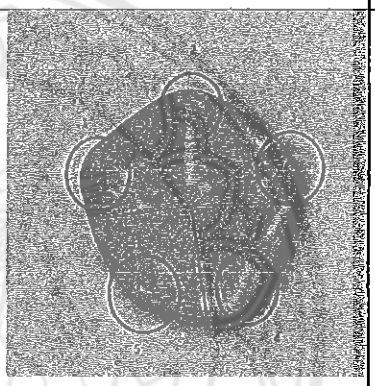


รูปที่ 4.28 ชิ้นงานที่สำเร็จ

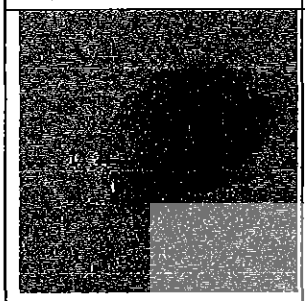
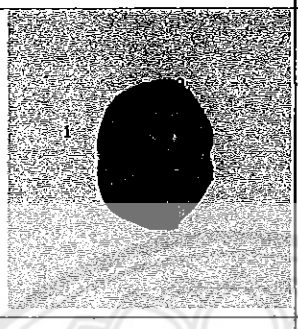
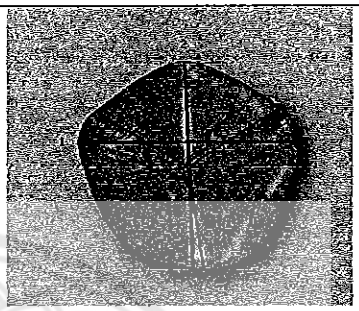
4.6 การเปรียบเทียบต้นแบบฟันเทียมกับชิ้นงานที่ใช้กัดจริง

โดยจะทำการเปรียบเทียบจากฟันตัวอย่าง ต้นแบบฟันเทียมและฟันจากการเขียน CAD เพื่อแสดงความคลาดเคลื่อนในฟันแต่ละแบบโดนใช้เครื่องมือวัดชนิดเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ที่มีความละเอียด 0.02 มิลลิเมตร โดยสามารถเปรียบเทียบได้ดังตารางต่อไปนี้

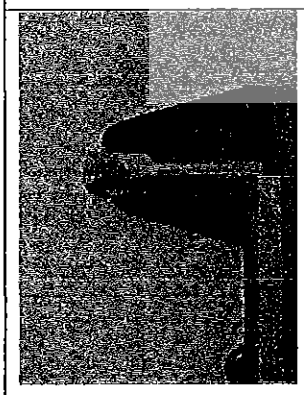
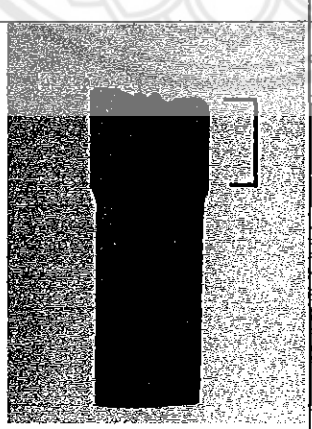
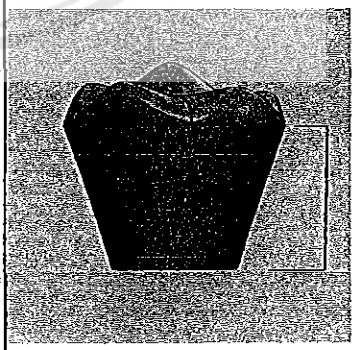
ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบความสูงของมุมในแต่ละมุมโดยมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนร้อยละ 6.67

ฟันตัวอย่าง (มิลลิเมตร)	ต้นแบบฟันเทียม (มิลลิเมตร)	ฟันจากการเขียน CAD (มิลลิเมตร)	ความคลาดเคลื่อน (ร้อยละ)
			
1. 6.4	1. 6	1. 5.6	6.67
2. 7	2. 7.4	2. 6.8	5.40
3. 4.8	3. 4.7	3. 5.3	2.13
4. 5.2	4. 6	4. 5.5	11.86
5. 5.9	5. 5.5	5. 5.75	7.27
		ค่าความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยร้อยละ	6.67

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบความกว้างของฟันแต่ละชนิดโดยมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนร้อยละ 11.68

ฟันตัวอย่าง (มิลลิเมตร)	ต้นแบบฟันเทียม (มิลลิเมตร)	ฟันจากการเขียน CAD (มิลลิเมตร)	ความคลาดเคลื่อน (ร้อยละ)
			
1. 7	1. 8.46	1. 8	17.26
2. 7.7	2. 8.2	2. 8	6.09
		ค่าความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยร้อยละ	11.68

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบความสูงของฟันแต่ละชนิดโดยมีค่าเฉลี่ยความคลาด**เคลื่อนร้อยละ** 5.18

ฟันตัวอย่าง (มิลลิเมตร)	ต้นแบบฟันเทียม (มิลลิเมตร)	ฟันจากการเขียน CAD (มิลลิเมตร)	**ความคลาดเคลื่อน** (ร้อยละ)
			
1. 5.12	1. 5.4	1. 5	5.18
		ค่าความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยร้อยละ	5.18

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ

การขึ้นรูปตัวอย่างฟันเทียมชนิดรากเทียมในส่วนของครอบฟัน ใช้โปรแกรม Solidwork ในการออกแบบตัวอย่างฟันเทียมชนิดรากเทียมในส่วนของครอบฟัน (CAD) และใช้โปรแกรม SolidCAM ในการจำลองการกัด (CAM) เพื่อให้ได้ NC Code ออกมาและใช้เครื่องกัดระบบซีเอ็นซี รุ่น HAAS VF1 แบบ 5 แนวแกนในการกัดตัวอย่างฟันเทียมชนิดรากเทียมในส่วนของครอบฟัน จากผลการศึกษาพบว่าตัวอย่างฟันเทียมชนิดรากเทียมในส่วนของครอบฟันมีรูปทรงและขนาดตามที่ออกแบบไว้ โดยมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยโดยรวมจากที่ออกแบบไว้ร้อยละ 7.84 จากการเปรียบเทียบชิ้นงานที่ใช้กัดจริงกับต้นแบบฟันเทียมแสดงให้เห็นว่าชิ้นงานที่ใช้กัดจริงมีค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการออกแบบในโปรแกรม Solidwork เนื่องจากต้นแบบฟันมีขนาดเล็กและพื้นผิวที่ซับซ้อนจึงทำให้ยากต่อการออกแบบประกอบกับข้อจำกัดในเรื่องขนาดของดอกกัดและการปัดเศษทศนิยมของเครื่องซึ่งจำกัดแค่ 3 ตำแหน่ง จึงทำให้คลาดเคลื่อนจากต้นแบบฟันเทียม

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทำโครงงาน การกัดส่วนของครอบฟัน โดยใช้เครื่องกัด ซีเอ็นซี 5 แกน ทางคณะผู้จัดทำมีข้อเสนอแนะ คือ

5.2.1 ใช้เครื่องสแกนในการช่วยออกแบบ จะทำให้ได้ขนาด และรูปทรงที่เที่ยงตรงมากขึ้น และการใช้เครื่องสแกนทำให้เราสามารถได้ตัวอย่างของชิ้นงานโดยที่ไม่ต้องเสียเวลาในการใช้โปรแกรมเพื่อเขียนชิ้นงานขึ้นมา

5.2.2 ควรเตรียมเครื่องมือวัดที่มีความละเอียดและเที่ยงตรงเช่น เวอร์เนียคาลิปเปอร์ความละเอียด 0.01 มม. ใช้ในการวัดขนาดของชิ้นงาน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของขนาดชิ้นงานโดยละเอียดได้

เอกสารอ้างอิง

การพัฒนาระบบการผลิตครอบฟันและสะพานฟันเซอร์โคเนียด้วยเทคโนโลยี Dental CAD/CAM/CNC. สืบค้นเมื่อ 28 สิงหาคม 2557, จาก https://www.mtec.or.th/prnews/new-researchการพัฒนาระบบการผลิตครอบฟันและสะพานฟันเซอร์โคเนียด้วยเทคโนโลยี-dental-cadcamcnc-0.

ข้อมูลส่วนประกอบของรากฟันเทียม. สืบค้นเมื่อ 25 ตุลาคม 2556, จาก http://www.silomdental.com/dental_thai/dental_implants.html.

เครื่องครอบฟันเทคโนโลยีทันตกรรมฝีมือไทย. สืบค้นเมื่อ 28 สิงหาคม 2557, จาก http://www.nstda.or.th/news/13051-mtec.

จารุวรรณ เรือนแปง นางสาวศิริพร คุ้มยิ้ม. **การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ (CAD) และการผลิต (CAM) สำหรับการผลิตป้ายชื่อคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ.** ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์.มหาวิทยาลัยนเรศวร 2548.

ชนะ รักษ์ศิริ. **หลักการและเทคโนโลยีทางด้านการขึ้นรูปด้วยเครื่องกัด 5 แกน.** สืบค้นเมื่อ 24 ตุลาคม 2556, จาก http://www.9engineer.com/index.php?m=webboard&a=show&topic_id=220.

ณัฐพล วงศ์วิริยชาติ นาย ลวัสดิ์ สมทพงษ์ และนายสร้างสรรค์ เจริญมายุ. **การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบและการผลิตสำหรับเครื่องกัดแนวดิ่ง ซีเอ็นซี แบบ 5 แกน.** ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์.มหาวิทยาลัยนเรศวร 2545.

ทพ.ณพงษ์ พัวพรพงษ์. **ฟันปลอม และ ประเภทของฟันปลอม.** สืบค้นเมื่อ 24 ตุลาคม 2556, จาก http://uto.moph.go.th/dental/sara/teeh07/teeh07.htm.

พรชัย สุดใจ นายมหาศาล ศรีชู. **ขบวนการผลิตโมเดลเรือบนพื้นฐานเทคโนโลยี CAD/CAM/CNC: Process of A Boat Model on CAD/CAM and CNC Technologies.** ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์.มหาวิทยาลัยนเรศวร 2550.

ภูวนัย สงวนวรรณ วิทยา สงวนวรรณ. **สร้างงานวิศวกรรมด้วย SolidWorks 2012 2D&3D.** กรุงเทพมหานคร, เอส.พี.ซี.บุ๊คส์ ,2555.

ศุภงค์ เจริญศรี และ สุชิต เรืองศรี. **การใช้โปรแกรม AutoCAD ในงาน CNC.** สืบค้นเมื่อ 24 ตุลาคม 2556, จาก http://cncmillingtechnic.blogspot.com/2010/11/blog-post_5231.html.

อำนาจ ทองแสน. **ทฤษฎีและการเขียนโปรแกรม CNC สำหรับการควบคุมเครื่องจักรกลด้วยคอมพิวเตอร์.** กรุงเทพมหานคร, ซีเอ็ดยูเคชั่น ,2544.

James A. Rehg and Henry W.Kraebber. **Computer-Integrated Manufacturing.** New Jersey, Prentice Hall, 2001.

S.C.Jonathan Lin. **COMPUTER NUMBERICAL CONTROL From Programming to Networking.** Albany New York, Delmar Publishers, 1994.

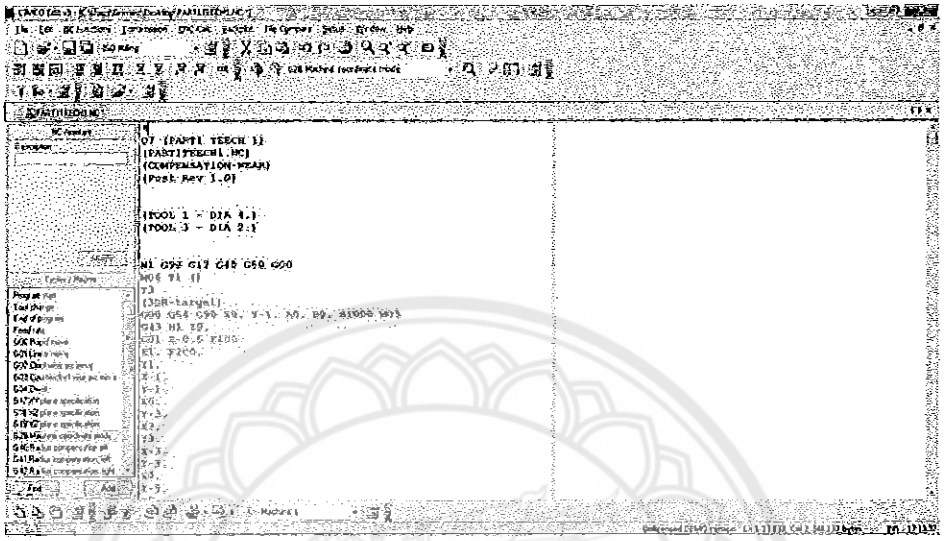
Tien-Chien Chang, Richard A Wysk, Hsu-Pin Wang. **COMPUTER-AIDED MANUFACTURING.** New Jersey,Prentice Hall, 1998, 1991.

ภาคผนวก ก

การใช้โปรแกรม CIMCO ในการปรับแต่ง NC Code

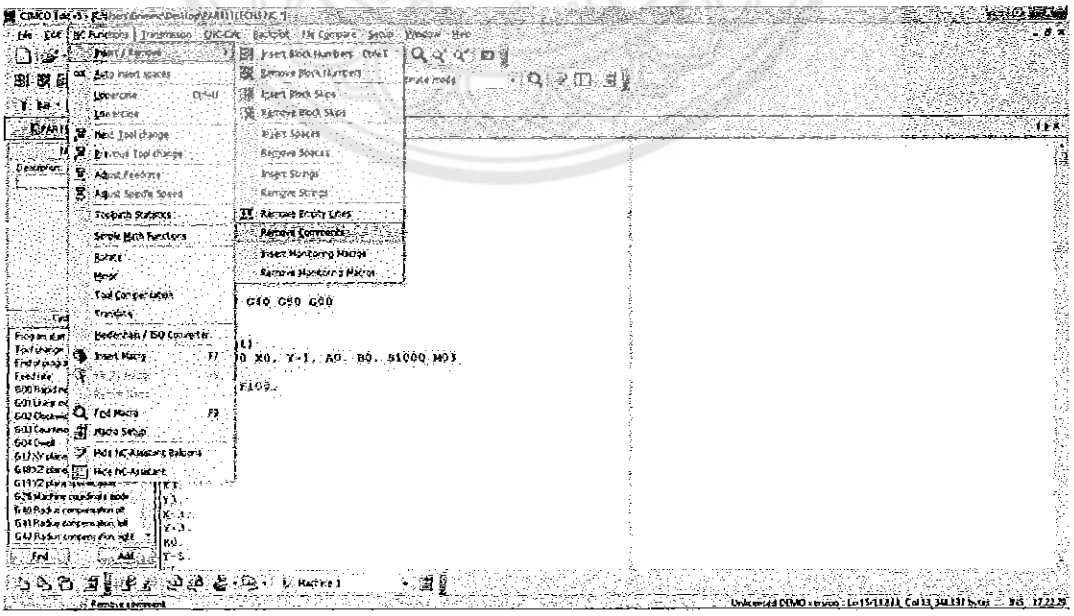
ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม CIMCO

1. เปิดโปรแกรม CIMCO และเปิดไฟล์ NC Code ที่ได้จากการโปรแกรม SolidCAM ดังรูปที่ ก.1



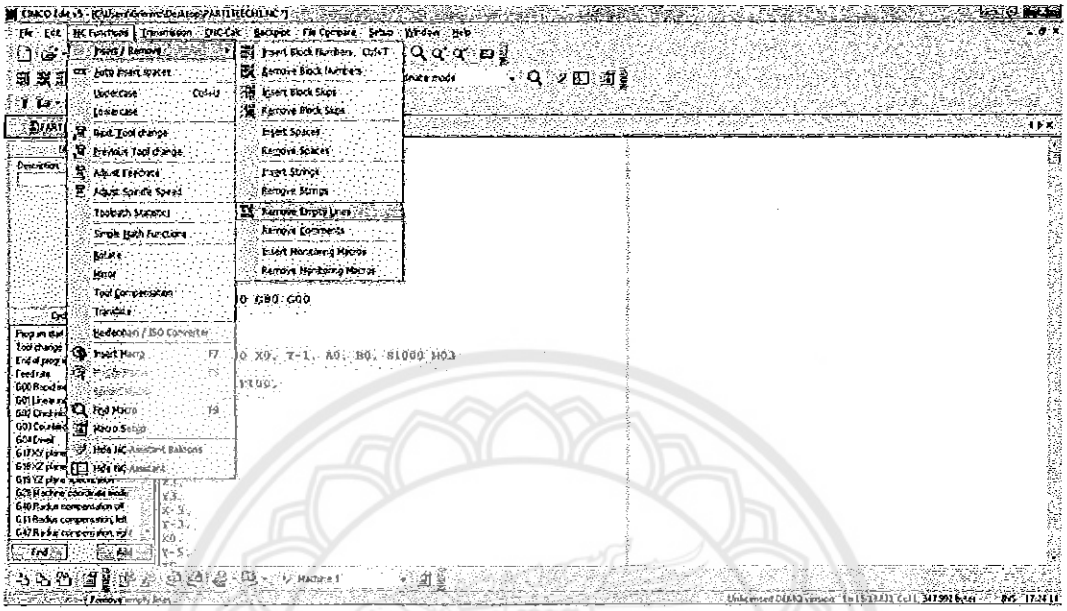
รูปที่ ก.1 การเปิดไฟล์ NC Code ในโปรแกรม CIMCO

2. การยกเลิกคำอธิบาย โดยไปที่ NC Functions > Insert / Remove > Remove Comments ดังรูปที่ ก.2



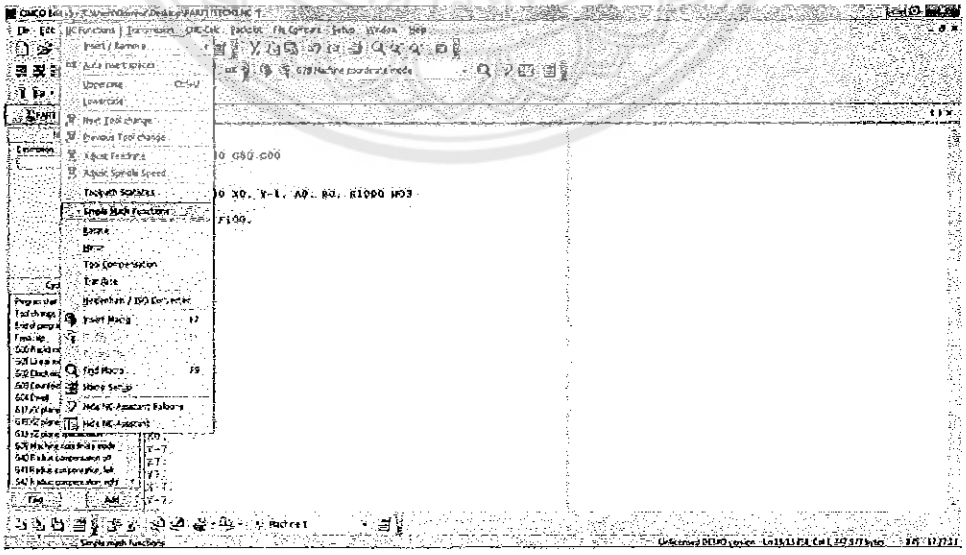
รูปที่ ก.2 การยกเลิกคำอธิบายของ NC Code

3. การยกเลิกช่องว่าง โดยไปที่ NC Functions > Insert / Remove > Remove Empty Lines ดังรูปที่ ก.3

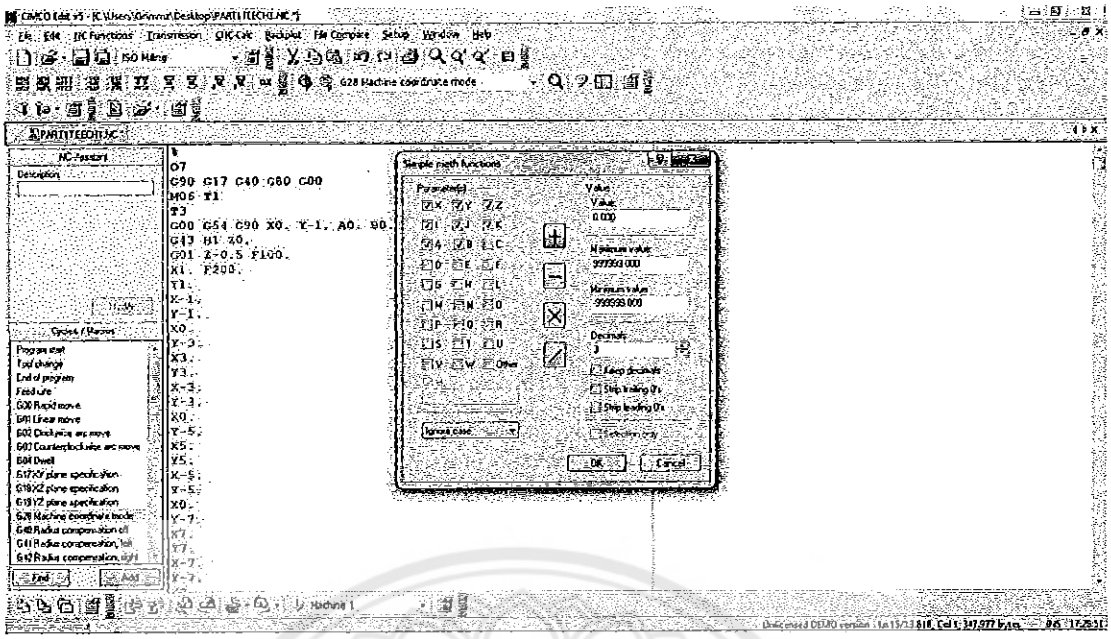


รูปที่ ก.3 การยกเลิกช่องว่างของ NC Code

4. การปรับจุดทศนิยมให้เป็นทศนิยม 3 ตำแหน่ง โดยไปที่ NC Functions > Insert / Remove > Remove Empty Lines ดังรูปที่ ก.4 และ ก.5

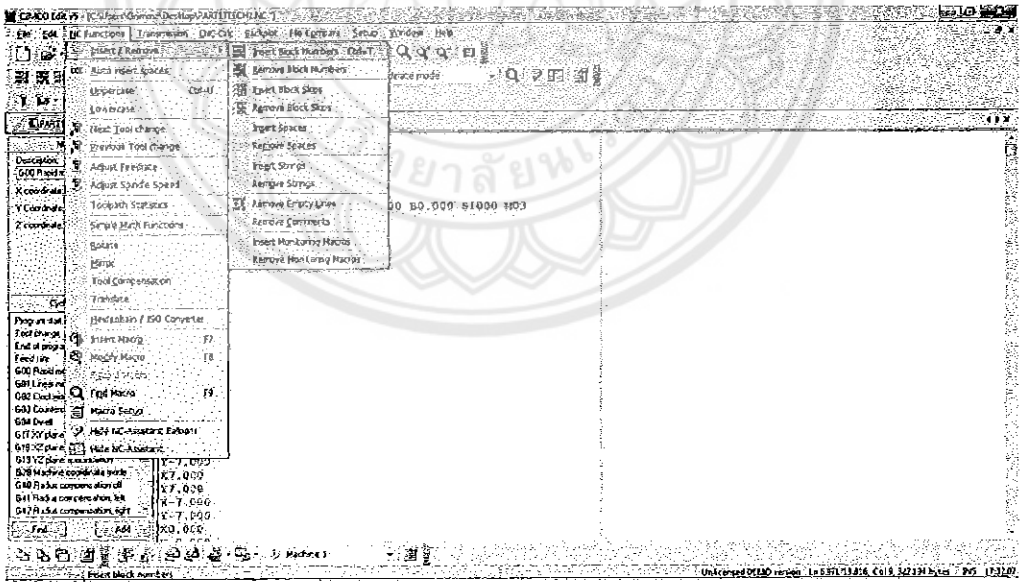


รูปที่ ก.4 การปรับจุดทศนิยม



รูปที่ ก.5 เลือก Code ที่ต้องการปรับจุดทศนิยม

5. การใส่เลขบรรทัด โดยไปที่ NC Functions > Insert / Remove > Insert Block Numbers ดังรูปที่ ก.6



รูปที่ ก.6 การใส่เลขบรรทัด

ภาคผนวก ข

G Code และ M Code

1. รหัสเอ็นซี

เครื่องจักรกลซีเอ็นซีจะทำงานได้นั้น ระบบควบคุมของเครื่องจะต้องได้รับคำสั่งเป็นภาษาที่ระบบควบคุมเข้าใจ สำหรับกลุ่มโค้ดหลักที่ใช้ในโปรแกรม NC ได้แก้ G Code และ M Code ซึ่งเป็นมาตรฐานในการควบคุมการทำงานซึ่งประกอบด้วย

1.1 ตัวอักษร (Character) เพื่อกำหนดลักษณะการทำงานหรือกำหนดเงื่อนไข (ตารางที่ ข.1) ซึ่งจะอยู่ด้านหน้าของคำสั่งย่อยที่เรียกว่า Word

ตารางที่ ข.1 การกำหนดลักษณะการใช้งานของ Character ตามมาตรฐานของ EIA RS-274 B (ซึ่งอาจแตกต่างกันบ้าง ในรายละเอียดของเครื่องซีเอ็นซีแต่ละยี่ห้อ หรือแต่ละรุ่น)

ตารางที่ ข.1 ตารางแสดงความหมายของตัวอักษร

ตัวอักษร (character)	การใช้งานและความหมาย
A	การหมุนรอบแนวแกน X
B	การหมุนรอบแนวแกน Y
C	การหมุนรอบแนวแกน Z
D	(1) การหมุนรอบแนวแกนพิเศษ (2) อัตราป้อนที่สาม
E	(1) การหมุนรอบแกนพิเศษ (2) อัตราป้อนที่สอง
F	อัตราป้อน
G	การจัดเตรียมการทำางาน
H	ไม่ระบุ
I	(1) ขนาดรอบแนวแกน X ของจุดศูนย์กลางวงกลม (2) ระยะพิทของเกลียวที่ขนานแนวแกน X
J	(1) ขนาดรอบแนวแกน Y ของจุดศูนย์กลางวงกลม (2) ระยะพิทของเกลียวที่ขนานแนวแกน Y

K	(1) ขนาดรอบแนวแกน Z ของจุดศูนย์กลางวงกลม (2) ระยะพิทของเกลียวที่ขนานแนวแกน Z
L	ไม่กำหนด
M	คำสั่งช่วยการทำงาน
N	หมายเลขบรรทัดในโปรแกรม
O	ไม่กำหนด
P	การเคลื่อนที่ของแนวแกนที่ 3 ที่ขนานกับแนวแกน X
Q	การเคลื่อนที่ของแนวแกนที่ 3 ที่ขนานกับแนวแกน Y
R	การเคลื่อนที่ของแนวแกนที่ 3 ที่ขนานกับแนวแกน Z
S	ความเร็วรอบของเพลาจับเครื่องมือตัด
T	เรียกเครื่องมือตัด
U	การเคลื่อนที่ของแนวแกนที่ 2 ที่ขนานกับแนวแกน X
V	การเคลื่อนที่ของแนวแกนที่ 2 ที่ขนานกับแนวแกน Y
W	การเคลื่อนที่ของแนวแกนที่ 2 ที่ขนานกับแนวแกน Z
X	การเคลื่อนที่ในแนวแกน X
Y	การเคลื่อนที่ในแนวแกน Y
Z	การเคลื่อนที่ในแนวแกน Z

1.2 คำ (Word) เป็นกลุ่มของตัวอักษร ที่ประกอบขึ้นเพื่อกำหนดเงื่อนไขการทำงาน

1.3 บล็อก (Block) เป็นคำสั่งควบคุมการทำงานของเครื่องซีเอ็นซี เป็นการนำ Word หลาย ๆ คำมาประกอบกัน เช่น

N10 G90 G80 G17 บล็อกนี้มี 4 Word

N15 G01 X1.0 Y1.5 G18 บล็อกนี้มี 5 Word

4. โปรแกรม (Program) เป็นการรวมหลาย ๆ บล็อก ที่เขียนตามลำดับการทำงานเพื่อให้เครื่องซีเอ็นซี ทำงานตามขั้นตอนให้ได้ชิ้นงานตามที่กำหนด

2. คำสั่ง G Code และ M code

G Code เป็นคำสั่งที่ทำให้ระบบควบคุมหรือคอนโทรลเลอร์สั่งการให้เครื่องจักรกล CNC ทำการไส หรือกลึงชิ้นงานให้เป็นรูปทรงเรขาคณิตตามความต้องการ โดยการกระทำ ดังกล่าวคอนโทรลเลอร์จำเป็นต้องทราบทิศทางและตำแหน่งของการเคลื่อนที่ของเครื่องมือ ลักษณะการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง หรือเส้นโค้ง วงกลม หน่วยความยาวที่ใช้ และการบอกตำแหน่งการเคลื่อนที่แบบ Absolute หรือ Increment เป็นต้น

ตัวอย่างรหัส G เพื่อเตรียมการทำงานสำหรับงานกัด

G00 การเคลื่อนที่เร็ว

G01 ลิเนียร์อินเตอร์โพเลชัน (การเคลื่อนที่เชิงเส้นและมีการป้อน)

G02 เซอร์คิวลาร์อินเตอร์โพเลชัน (Circular Interpolation) (การเคลื่อนที่เป็นแนวโค้งและมีการป้องกัน) ตามเข็มนาฬิกา

G03 เซอร์คิวลาร์อินเตอร์โพเลชัน (Circular Interpolation) (การเคลื่อนที่เป็นแนวโค้งและมีการป้องกัน) ทวนเข็มนาฬิกา

G17 การเลือกระนาบ XY

G18 การเลือกระนาบ XZ

G19 การเลือกระนาบ ZY

G28 การเลื่อนกลับไปยังจุดอ้างอิง

G40 ยกเลิกการชดเชยขนาดรัศมีของเครื่องมือตัด

G41 การชดเชยขนาดรัศมีของเครื่องมือตัดทางด้านซ้าย

G42 การชดเชยขนาดรัศมีของเครื่องมือตัดทางด้านขวา

G43 การชดเชยขนาดความยาวของเครื่องมือตัด ค่าบวก 8

G44 การชดเชยขนาดความยาวของเครื่องมือตัด ค่าลบ

G49 ยกเลิกการชดเชยขนาดความยาวของเครื่องมือตัด

G54 ปรับตั้งโคออร์ดิเนตของชิ้นงาน

G70 ป้อนข้อมูลที่มีหน่วยเป็นนิ้ว

G71 ป้อนข้อมูลที่มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

G76-79 ไม่มีการกำหนดไว้

G80 ยกเลิกการทำไซเกิล

G81 เจาะไซเกิล

G83 เจาะไซเกิลรูลึก

G84 การต๊าปเกลียวขวาแบบไซเกิล (Right hand Tapping Canned Cycle)

G85 การคว้านรู

G90 การให้ตำแหน่งในแบบสัมบูรณ์

G91 การให้ตำแหน่งแบบอินครีเมนทอล (Incremental)

G92 การตั้งค่ารีจีสเตอร์หรือตั้งค่าซีโร่ชิฟต์

G99 การเลื่อนกลับไปยังจุดอ้างอิง

นอกจาก G Code แล้ว จะต้องมีคำสั่งอื่นๆ อีกที่เครื่องจักรกล CNC ต้องใช้ในกระบวนการไสหรือกลึงชิ้นงานให้เป็นรูปทรงเรขาคณิตตามความต้องการ ต่างๆ เช่น การสั่งให้มือจับเครื่องมือ (Spindle) หมุนหรือยุดหมุนในทิศทางที่ต้องการ การเปลี่ยนเครื่องมือ (Tool) การเปิดปิดน้ำหล่อเย็น (Coolant) การหยุดโปรแกรม เป็นต้น โดยคำสั่งเหล่านี้กำหนดให้ใช้เป็น M Code

M00 หยุดโปรแกรม

M01 หยุดโปรแกรมแบบมีเงื่อนไข

M02 จบโปรแกรม

M03 หัวจับหมุนตามเข็มนาฬิกา

M04 หัวจับหมุนทวนเข็มนาฬิกา

M05 หัวจับหยุด

M06 เปลี่ยนเครื่องมือ

M07 เปิดหล่อน้ำเย็น (เปิดมาก)

M08 เปิดหล่อน้ำเย็น (เปิดน้อย)

M09 ปิดหล่อน้ำเย็น

M10 การล็อคโดยอัตโนมัติ

M11 การคลายล็อคโดยอัตโนมัติ

M30 สิ้นสุดโปรแกรม

M98 เรียกโปรแกรมย่อย

M99 จบโปรแกรมย่อยและกลับไปยังโปรแกรมหลัก

ภาคผนวก ค

การติดตั้งแนวแกนที่ 4 และ แนวแกนที่ 5

1. การติดตั้งแนวแกนที่ 4 และ แนวแกนที่ 5 ของเครื่องกัดซีเอ็นซี 5 Axis HAAS VF1 Series

1.1 ยกแกน 4 และ 5 ตั้งบนโต๊ะของ 3 แกน ทำการล็อกให้แน่น

1.2 ต่อสายลม และสายของแกน 4 และ 5 เข้ากับตัวเครื่องที่ช่องด้านหลัง ดังนี้

1.2.1 ต่อสายแกน A เข้ากับช่องเสียบแกนที่ 4

1.2.2 ต่อสายแกน B เข้ากับช่องเสียบแกนที่ 5

1.2.3 ต่อสายลมเข้ากับช่องเสียบสายลมที่ตัว Air Regulator

1.3 วิธีการ Set ค่า แกน 4 และแกน 5 บนชุดควบคุม มีดังนี้

1.3.1 ไปที่ Setting Graph > กด Emergency Stop > Page Up ไปที่ 30 4 TH AXIS ENABLE เดิมเป็น OFF อยู่ให้กดลูกศร ▶ เลือก HRT210 > Enter

1.3.2 กดลูกศร ▼ ไปที่ 78 5 TH AXIS ENABLE เดิมเป็น OFF อยู่ให้กดลูกศร ▶ เลือก HRT160 > Enter

1.3.3 ปลด Emergency Stop > Reset

1.3.4 กด Position สังเกตดูจะเห็นว่ามีแกน A และ B ขึ้นมาให้ใช้งานได้แล้ว

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ นภดล มหะพันธุ์

ภูมิลำเนา 166 หมู่ 6 ซ.เชื่อมเกตุ ถ.ประสานมิตร ต.หัวรอ
อ.เมือง จ.พิษณุโลก

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนเตรียม
อุดมศึกษา ภาคเหนือ จ.พิษณุโลก
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 6
สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: m_naphadon@hotmail.com

ชื่อ นายไพสิฐ ชมเชียงคำ

ภูมิลำเนา 130/2 หมู่ 8 ต.หัวรอ อ.เมือง
จ.พิษณุโลก

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม
จ.พิษณุโลก
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 6
สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: aeg_bt@hotmail.com