เทคโนโลยีซีเอ็นซี 5 แนวแกนในการสร้างต้นแบบข้อเข่าเทียม

A PROTOTYPE OF TOTAL KNEE BASED ON CNC 5 – AXIS TECHNOLOGY

นายชิตพล ดีหร่อง รหัส 52370675

นายวีรวัฒน์ ใจตุรงค์ รหัส 52371023

1689546

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2557

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	เทคโนโลยีซีเอ็นซี 5 แนวแกนในการสร้างต้นแบบข้อเข่าเทียม	
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายชิตพล ดีหร่อง	รหัส 52370675
	นายวีรวัฒน์ ใจตุรงค์	รหัส 52371023
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	เทคโนโลยีซีเอ็นซี 5 แนวแกนในการสร้างต้นแบบข้อเข่าเทียม	
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายชิตพล ดีหร่อง	รหัส 52370675
	นายวีรวัฒน์ ใจตุรงค์	รหัส 52371023
ที่ปรึกษาโครงงาน	รศ.ดร.กวิน สนธิเพิ่มพูน	
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ	
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ	
ปีการศึกษา	2557	

.....

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาการใช้โปรแกรม Nx 7.5 เพื่อช่วยในการออกแบบและจำลองการกัดชิ้นงานต้นแบบข้อเข่าเทียมในส่วนชองฝาครอบกระดูกต้นขา (Femoral Component) ตลอดจนการใช้เครื่องกัดระบบซีเอ็นซี รุ่น HAAS VF1 ในการสร้างต้นแบบข้อเข่าเทียมโดยมีไม้เทียมเป็นวัสดุในการกัด

โดยเริ่มจากการศึกษาลักษณะต่างๆของข้อเข่าเทียมในส่วนของฝาครอบกระดูกต้นขา (Femoral Component) แล้วจึงทำการศึกษาการใช้งานของโปรแกรม Nx7.5 ขั้นตอนที่สองทำการออกแบบข้อเข่าเทียมในส่วนฝาครอบกระดูกต้นขา (Femoral Component) ขั้นตอนที่สามจึงทำการศึกษาขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม Nx 7.5 ในส่วนของ CAM และ Post Process เพื่อให้ได้ NC Code ออกมาตลอดจนทำการศึกษาการใช้เครื่องกัดระบบซีเอ็นซี เพื่อนำ NC Code ที่ได้ไปควบคุมการทำงานของเครื่องกัดระบบซีเอ็นซีในการสร้างต้นแบบข้อเข่าเทียมในส่วนฝาครอบกระดูกต้นขา (Femoral Component)

ผลการศึกษาพบว่าการสร้างต้นแบบข้อเข่าเทียมในส่วนของฝาครอบกระดูกต้นขา (Femoral Component) โดยใช้โปรแกรม Nx 7.5 มีรูปร่างและขนาดตามที่ออกแบบไว้ โดยมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนโดยรวมเฉลี่ย 2.49 เปอร์เซ็นต์

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานเรื่องเทคโนโลยีซีเอ็นซี 5 แนวแกนในการสร้างต้นแบบข้อเข่าเทียม ประสบความสำเร็จ เสร็จลุล่วงไปด้วยดีต้องขอขอบคุณ 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
นายชิตพล ดีหร่อง
นายวีรวัฒน์ ใจตุรงค์

ธันวาคม 2557

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก

บทคัดย่อ ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... ฉ

สารบัญรูป ..... ช

สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน 1

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ 1

1.5 ขอบเขตการดำเนินโครงงาน 1

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน 2

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน 2

1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน 2

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี 3

2.1 Nx CAD/CAM Software 3

2.2 ระบบ CAD/CAM กับเครื่องจักรกล CNC 5

2.3 เครื่องจักร 5 แนวแกน 6

2.4 Nc Program 8

2.5 ข้อเข่าเทียม 12

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 20

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน 21

3.1 ศึกษาการใช้งานโปรแกรม Nx 7.5 21

3.2 ศึกษาเกี่ยวกับข้อเข่าเทียม 21

3.3 ศึกษาการใช้งานเครื่องกัดซีเอ็นซี รุ่น HAAS VF1 22

3.4 ทำการสร้างแบบจำลองข้อเข่าเทียมผ่านโปรแกรม Nx 7.5 22

3.5 ทดสอบการกัดชิ้นงานกับเครื่องซีเอ็นซี 23

3.6 ปรับปรุงและแก้ไขโปรแกรม 23

3.7 การปฏิบัติการโดยใช้เครื่องกัดซีเอ็นซีในการกัดไม้เทียม 23

3.8 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง 23

3.9 จัดทำรูปเล่มโครงงานและนำเสนอผลงาน 23

บทที่ 4 ผลการดำเนินโครงงาน 24

4.1 ศึกษาและออกแบบข้อเข่าเทียมส่วนฝาครอบกระดูกต้นขา (Femoral Component) 24

4.2 วาดแบบข้อเข่าเทียมส่วนฝาครอบกระดูกต้นขา (Femoral Component) 26

4.3 การใช้โปรแกรม Nx 7.5 ในส่วนของ Manufacturing 38

4.4 ศึกษาการใช้งานเครื่องกัดซีเอ็นซี รุ่น HAAS VF1 47

4.5 การทดสอบการกัดและกัดจริงโดยการใช้เครื่องกัดซีเอ็นซี 48

4.6 การเปรียบเทียบต้นแบบข้อเข่าเทียมกับชิ้นงานที่ได้ 51

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 53

5.1 บทสรุป 53

5.2 ข้อเสนอแนะ 53

เอกสารอ้างอิง 54

ภาคผนวก ก 55

ภาคผนวก ข 59

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงความหมายของตัวอักษร 8

4.1 เปรียบเทียบความสูงและความหนาของชิ้นงานในแต่ละจุด 51

4.2 เปรียบเทียบความกว้างและความยาวในแต่ละจุดของชิ้นงาน 51

4.3 เปรียบเทียบความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางของเดือย 52

4.4 เปรียบเทียบความยาวของส่วนเว้า 52

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ชุดควบคุมการทำงาน (Controller)	6
2.2 ส่วนประกอบของข้อเข่าเทียม	12
2.3 องศาการงอ – หมุนของข้อเข่าเทียม	13
2.4 การวัดต้นขาและกระดูกหน้าแข้ง	14
2.5 ค่าที่ได้จากการวัดต้นขาและกระดูกหน้าแข้ง	15
2.6 รูปของจุด Point Cloud ทั้งหมด	15
2.7 รูปที่ได้จากการหาค่าเฉลี่ย	16
2.8 รูปชิ้นส่วนที่ได้จากการออกแบบ	16
2.9 การกำหนดตำแหน่งภายนอก	17
2.10 การประเมินความเสียหายของข้อเข่า	17
2.11 รูปแสดงส่วนที่ถูกตัดออก	18
2.12 การติดตั้งข้อเข่าเทียม	18
3.1 ตัวอย่างของหัวเข่าเทียม	21
3.2 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองหัวเข่าเทียม	22
4.1 แสดงการงอของข้อเข่าที่เลียนแบบธรรมชาติ	24
4.2 ขนาดของข้อเข่าเทียม	25
4.3 แสดงการสร้างไฟล์ใหม่ของการออกแบบ Solids Model	26
4.4 แสดงการทำงานในโหมด Modeling	26
4.5 แสดงการเลือกระนาบอ้างอิงสำหรับการเขียนโปรไฟล์	27
4.6 แสดง Sketch Tool ที่ใช้สำหรับการสร้างโปรไฟล์	27
4.7 แสดงการ Sketch และการกำหนด Dimensions ชิ้นงาน	28
4.8 แสดงการขึ้นรูป Solid Model ด้วยคำสั่ง Extrude	28
4.9 แสดงการ Offset Plane	29
4.10 แสดงการขึ้นรูป Solid Model โดยคำสั่ง Revolve	29
4.11 แสดงโปรไฟล์ที่สร้างมาเพื่อการขึ้นรูป Solids มาทำการตัด Solids	30
4.12 แสดงการขึ้นรูป Solids ด้วยคำสั่ง Extrude	30
4.13 แสดงการใช้งานคำสั่ง Edged Blend การการมนขอบของชิ้นงาน	31
4.14 แสดงการใช้งานคำสั่ง Edge Blend ในการมนขอบของชิ้นงานรัศมี 1 mm	31
4.15 แสดงการสร้างโปรไฟล์เส้น Sketch	32
4.16 แสดงการเขียนโปรไฟล์เพื่อใช้ขึ้นรูปรองรับส่วนประกอบชิ้นงาน	32

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.17 แสดงใช้งานคำสั่ง Edged Blend	33
4.18 แสดงการสร้างเส้น Guide Line	33
4.19 แสดงการเขียนโปรไฟล์ในการขึ้นรูปรองรับส่วนประกอบชิ้นงาน	34
4.20 แสดงการสร้างเส้น Section ลงบน Plane XY	34
4.21 แสดงการกำหนดเส้น Section	35
4.22 แสดงการกำหนดเส้น Guide Line	35
4.23 แสดงการใช้งานคำสั่ง Swept สร้างรูปทรงบริเวณโค้งของชิ้นงาน	36
4.24 แสดงการใช้งานคำสั่ง Subtract	36
4.25 แสดงการทำใช้งานคำสั่ง Edge Blend	37
4.26 แสดงชิ้นงานที่ได้จากการออกแบบ	37
4.27 การใช้งานการทำ Manufacturing บนโปรแกรม Nx 7.5	38
4.28 รูปแสดงการกลับด้านชิ้นงาน	39
4.29 การกำหนดขนาด Tool	39
4.30 รูปการกำหนด Workpiece และแกน MCS	40
4.31 การเลือกรูปแบบการทำงาน	40
4.32 รูปการกำหนด Cut Area	41
4.33 ทางเดินมีดกัด	41
4.34 ชิ้นงานหลังจากการ Verify Tool Path	42
4.35 ชิ้นงานหลังจากการกัดแบบละเอียด	42
4.36 รูปแสดงการกลับด้านชิ้นงาน และกำหนดแกน MCS	43
4.37 การกำหนด Cut Area	44
4.38 ทางเดินมีดกัด	44
4.39 ชิ้นงานหลังจากการ Verify Tool Path	45
4.40 ชิ้นงานหลังจาก Verify Tool Path การกัดแบบละเอียด	45
4.41 การทำ Post Process	46
4.42 NC code ที่ได้จาก Nx 7.5	46
4.43 เครื่องกัดซีเอ็นซี รุ่น HAAS VF1	47
4.44 แกนของเครื่องกัด	47
4.45 ชิ้นงานเริ่มต้น	49
4.46 แสดงการติดตั้งชิ้นงานก่อนทำการกัดชิ้นงาน	49

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.47 ก้อนชิ้นงานที่ติดตั้งแล้ว	50
4.48 ชิ้นงานสำเร็จ	50
ก.1 การเปิดไฟล์ NC Code ในโปรแกรม CIMCO Edit V 7.1	56
ก.2 การ Remove Comment ในโปรแกรม CIMCO Edit V 7.1	56
ก.3 การยกเลิก Spaces ของ NC Code	57
ก.4 การปรับจุดทศนิยมให้เหลือ 3 ตำแหน่ง	57
ก.5 การใส่เลขบรรทัดลงใน NC code	58

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านอุตสาหกรรมได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็ว จึงทำให้เกิดการแข่งขันในด้านต่างๆ เช่น คุณภาพและปริมาณการผลิต เป็นต้น ดังนั้น โรงงานอุตสาหกรรมจึงนำระบบ CNC มาใช้ในกระบวนการผลิต นอกจากนี้ ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีทางการแพทย์ เนื่องจากเครื่องจักรที่ควบคุมด้วยระบบ CNC มีความถูกต้องและแม่นยำสูง พร้อมกับการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านการแพทย์ในเรื่องของชิ้นส่วนทดแทน หรืออวัยวะทดแทนได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็ว เพื่อช่วยให้ผู้ป่วยสามารถดำเนินชีวิตได้อย่างปกติ โดยปัจจุบันข้อเข่าเทียมมีหลายคุณภาพ และหลายราคาขึ้นอยู่กับตัววัสดุ และขนาดของข้อเข่าเทียม ซึ่งข้อเข่าเทียมที่มีคุณภาพดี สามารถใช้งานได้เหมือนข้อเข่าปกติมักจะมีราคาที่สูงมาก ทำให้บุคคลทั่วไปสามารถเข้าถึงได้ยาก อันเนื่องมาจากภาวะเศรษฐกิจในปัจจุบัน

ดังนั้น จึงเกิดแนวคิดที่จัดทำโครงงานนี้ขึ้น จึงได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับระบบ CNC 5 แนวแกน และโปรแกรม NX 7.5 ซึ่งเป็นโปรแกรมเกี่ยวกับการออกแบบทางด้านวิศวกรรมมาประยุกต์ใช้กับเครื่องกัดแนวดิ่ง 5 แนวแกน โดยใช้โปรแกรมในการออกแบบข้อเข่าเทียม ตลอดจนการใช้เครื่องกัด CNC 5 แนวแกน ในการผลิตชิ้นงานต้นแบบข้อเข่าเทียมในส่วนของฝาครอบกระดูกต้นขา (Femoral Component)

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อออกแบบและผลิตต้นแบบข้อเข่าเทียมในส่วนของฝาครอบกระดูกต้นขา (Femoral Component) โดยใช้โปรแกรม NX 7.5 ร่วมกับเครื่องกัด CNC 5 แนวแกน

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)

ชิ้นงานข้อเข่าเทียมในส่วนของฝาครอบกระดูกต้นขา (Femoral Component)

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)

ข้อเข่าเทียมในส่วนของฝาครอบกระดูกต้นขา (Femoral Component) ที่มีขนาดใกล้เคียงกับการออกแบบบนโปรแกรม NX 7.5 และกัดโดยใช้เครื่องจักร CNC

1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงงาน

1.5.1 ใช้โปรแกรม NX 7.5 ในการออกแบบและช่วยผลิตชิ้นงานข้อเข่าเทียม ในส่วนของฝาครอบกระดูกต้นขา (Femoral Component) ร่วมกับเครื่องกัด CNC 5 แนวแกน

1.5.2 ได้ NC Code จากการออกแบบจำนวน 1 NC Code

1.5.3 ใช้เครื่องกัด CNC 5 แนวแกนในการผลิต

1.5.4 ใช้ไม้เทียมเป็นวัสดุในการกัดชิ้นงาน

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน

อาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ณ ห้องปฏิบัติการ CNC คณะวิศวกรรมศาสตร์

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน

ตั้งแต่เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2557 ถึง เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2557

1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน (Gantt Chart)

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน

ลำดับ	การดำเนินโครงงาน	ช่วงเวลา							
		พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1.8.1	เลือกหัวข้อโครงงานและจัดทำข้อเสนอโครงงาน	↔							
1.8.2	ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นและจัดทำ Proposal	↔	↔						
1.8.3	จัดทำรายงานบทที่ 1 – 3		↔	↔					
1.8.4	ศึกษาการใช้โปรแกรม NX 7.5		↔	↔					
1.8.5	ออกแบบชิ้นงานในโปรแกรม NX 7.5			↔	↔				
1.8.6	ฝึกการใช้งานเครื่องจักร CNC				↔	↔			
1.8.7	ทำการทดสอบชิ้นงานที่ออกแบบกับเครื่องกัด CNC					↔			
1.8.8	ปรับปรุงและแก้ไขแบบ						↔		
1.8.9	นำแบบที่ผ่านการแก้ไขมาผลิตชิ้นงาน						↔		
1.8.10	วิเคราะห์และสรุปผล							↔	
1.8.11	จัดทำรูปเล่มโครงงานฉบับสมบูรณ์							↔	↔

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

2.1 NX CAD/CAM Software

โปรแกรม NX เดิมชื่อ Unigraphics (UG) เป็นโปรแกรมประเภท CAD/CAM/CAE ระดับสูง (High End) ผลิตและพัฒนาโดยบริษัท Siemens มีความสามารถช่วยในด้านการออกแบบ (NX CAD) ด้านการผลิต (NX CAM) และการคำนวณด้านวิศวกรรม (NX CAE) รวมอยู่ในโปรแกรมเดียวกัน สามารถใช้งานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ระดับ PC และ Workstation ที่มีประสิทธิภาพในการใช้งานสูง และสามารถนำเข้าข้อมูลจากโปรแกรมอื่นๆ ได้ NX CAD มีความสามารถช่วยในด้านการออกแบบ เช่น การออกแบบ 3 มิติ (3D Modeling) งานเขียนแบบ (Drafting) การประกอบชิ้นงาน (Assembly) และการแสดงภาพเหมือนจริง เป็นต้น NX CAM มีความสามารถช่วยในด้านการผลิต เพื่อใช้คำนวณสร้างเส้นทางเดินของมีดตัด (Tool Path) และแปลงข้อมูลทางเดินมีดตัด เพื่อสร้าง NC Code ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องจักร CNC สำหรับกัดขึ้นรูปชิ้นงาน หรือแม่พิมพ์สามารถทำงานได้หลายรูปแบบ เช่น 2-5 Axis Milling, Turning, Mill Turn และ Wire EDM เป็นต้น รวมถึงรองรับการทำงานสำหรับ High Speed Machining ตลอดจนการจำลองการกัดชิ้นงานก่อนทำงานจริง NX CAE มีความสามารถช่วยในด้านวิเคราะห์ทางด้านวิศวกรรม เช่น การจำลองการเคลื่อนที่ของกลไกเครื่องจักร (Motion) การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer) การวิเคราะห์ความเค้นของวัสดุ (Stress Analysis) เป็นต้น

2.1.1 คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ (Computer Aided Design : CAD)

Computer Aided Design หรือเรียกสั้นๆ ว่า CAD เป็นการประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์และโปรแกรมกราฟิกมาใช้ในการออกแบบ ช่วยให้มีความสามารถในการออกแบบเขียนแบบได้อย่างถูกต้องรวดเร็ว เช่น แบบสั่งงานภาพฉาย 2 มิติ แบบงานภาพประกอบ และการแสดงภาพเสมือนจริงแบบ 3 มิติ การตรวจสอบความถูกต้องในการออกแบบสามารถทำได้สะดวกมากจากจอภาพของคอมพิวเตอร์ ทั้งนี้ เพราะ CAD มีระบบตรวจสอบรายละเอียดเกี่ยวกับขนาดได้ตามต้องการ อีกทั้งสามารถเปลี่ยนจากระบบหนึ่งไปอีกระบบหนึ่งได้หรือขยายภาพ เพื่อดูรายละเอียดเกี่ยวกับการออกแบบได้อีกด้วย ในส่วนของการประเมินแบบนั้น CAD สามารถนำภาพของชิ้นส่วนต่างๆ ที่สร้างขึ้นมาประกอบเข้ากันแล้ว ลองดูว่าหากนำมาใช้งานจะทำงานในลักษณะใด ปกติแล้วภาพที่สร้างโดย CAD จะสามารถนำลงบนกระดาษได้ทันที โดยใช้เครื่องพิมพ์หรือเครื่องพล็อต โดยภาพที่เขียนออกมาในมุมมองต่างๆ และอาจเขียนโดยการให้มีการลดหรือขยายขนาดก็ได้

2.1.2 คอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิต (Computer Aided Manufacturing : CAM)

ในสายงานการผลิตและการออกแบบมักจะต้องแยกจากกันอยู่เสมอ ทำให้มีช่องว่างระหว่างการออกแบบและการผลิตมาก ทางที่จะลดช่องว่างดังกล่าวอย่างเป็นผล คือ การลดงานที่ต้องทำซ้ำซ้อน ดังนั้น ในปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมจึงหันมาใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการผลิต หรือที่รู้จักกันทั่วๆ ไปว่า CAM (Computer Aided Manufacturing) เป็นการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิตในงานอุตสาหกรรมอาจแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักๆ ดังนี้

2.1.2.1 การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิตโดยตรง เป็นการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการตรวจสอบด้วยระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้เชื่อมโยงกับกระบวนการผลิตนั้นๆ โดยการนำข้อมูลจากระบบ CAD มาช่วยในการควบคุมอุปกรณ์การผลิต เช่น เครื่องจักรกลที่ทำงานโดยอาศัยคำสั่งเชิงตัวเลข หรือเรียกสั้นๆ ว่าเครื่องจักรกล NC (Numerical Control Machine) เป็นต้น

2.1.2.2 การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิตแบบทางอ้อม งานในลักษณะนี้จะเป็นงานที่ช่วยในการสนับสนุนการผลิต จะไม่ต่อเชื่อมคอมพิวเตอร์โดยตรงกับเครื่องจักรกล แต่จะมีการนำเอาข้อมูลมาประมวลผล สรุปผล และวางแผน เพื่อให้เกิดผลกับการผลิตมากที่สุด โดยข้อมูลที่ออกแบบด้วย CAD จะเป็นฐานข้อมูลในลักษณะรูปภาพนำไปแปลงข้อมูล และจำลองการผลิตด้วย CAM ก่อนที่จะนำข้อมูลการผลิตที่ได้จากคอมพิวเตอร์ไปเชื่อมโยงข้อมูลเข้ากับระบบของเครื่องจักรกล CNC เพื่อทำการผลิตต่อไป และในกระบวนการผลิตจริงอาจจะมีหุ่นยนต์อุตสาหกรรมช่วย เพื่อให้สามารถผลิตงานได้อย่างมาตรฐาน และลดกระบวนการผลิตที่ซ้ำซ้อน

2.1.2.3 Post Processor ทำหน้าที่เปลี่ยนแฟ้มภาษา APT ไปเป็นภาษาเฉพาะของเครื่อง CNC ตัวแปลงกระบวนการ (Post Processor) เป็นการประยุกต์กระบวนการออกแบบของกระบวนการข้อมูลการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัด (Tool Path Data) หรือ CL Data ตำแหน่งของการตัดชิ้นงาน โดยกระบวนการออกแบบ CAD หรือระบบภาษา APT (Automatically Programmed Tools) แฟ้มข้อมูลการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัด จะประกอบไปด้วยคำสั่งสำหรับการกัดชิ้นงาน ซึ่งระบุโดยผู้ใช้งาน สำหรับการผลิตชิ้นงานจากแบบ 3 มิติ Post Processor จะแปลงคำสั่งในการ Machining จากแฟ้มข้อมูลการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัด ไปสู่รหัสที่เข้าใจตรงกัน สำหรับเครื่องจักร NC/CNC เฉพาะแต่ละเครื่อง โดยมีแฟ้มข้อมูลสำหรับควบคุมเครื่องจักรเป็นตัวกำหนดให้การเข้าใจรหัสตรงกัน แฟ้มข้อมูล (MCD File) สำหรับควบคุมเครื่องจักร (Machine Control Data) เป็นแฟ้มข้อมูลที่กำหนดขึ้น สำหรับควบคุมเครื่องจักรกลในการผลิตชิ้นงาน ในอดีตที่ผ่านมาแฟ้มข้อมูลนี้ใช้แผ่นเทปปรุ (Tape Image) ในการกำหนดข้อมูลสำหรับควบคุมเครื่องจักร ระบบเครือข่ายข้อมูลในปัจจุบันนี้ มีเครื่องจักรเพียงไม่กี่เครื่องที่ยังใช้ระบบการอ่านเทปแบบเดิม มีเครื่องมือพื้นฐานจำนวนมากที่มีตัวขับ Floppy เช่น Serial Port ที่สามารถนำเข้าข้อมูลจากแผ่นเทปปรุ หรือแฟ้มข้อมูลควบคุมเครื่องจักร (MCD File) ได้ เป็นต้น

2.2 ระบบ CAD/CAM กับเครื่องจักรกล CNC

ในการนำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยงานอุตสาหกรรมในยุคแรกๆ วิศวกรจะมีความยุ่งยากกับการเขียนแบบ และออกแบบผลิตภัณฑ์มาก เพราะจะต้องเริ่มจากการร่างแบบงานอย่างคร่าวๆ เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ เมื่อมั่นใจกับรูปแบบก็จะทำการเขียนแบบพร้อมกับการให้ขนาด เพื่อนำแบบที่ได้ไปสั่งงาน เพื่อทำการผลิตตามรูปแบบที่เขียนออกมา แต่ถ้าแบบมีปัญหาหรือต้องการแก้ไขแบบเป็นบางส่วน วิศวกรจะไม่สามารถนำแบบเหล่านั้นมาทำการแก้ไขได้ จะต้องทำการออกแบบและเขียนขึ้นมาใหม่หมด ทำให้เสียเวลามากขึ้น

เทคโนโลยีด้านการผลิตได้พัฒนาขึ้น มีการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการผลิต และคำนวณค่าต่างๆ ในทางวิศวกรรม เช่น เครื่องกัดแบบธรรมดาได้ถูกพัฒนามาเป็นเครื่องกัด CNC (Computerize Numerical Control) ในการทำงานกับเครื่องกัด CNC จะต้องมีการทำโปรแกรม NC (NC Code) เพื่อใช้ในการสั่งให้เครื่องกัด CNC ทำงานตามที่ต้องการ นอกจากนี้ เครื่องกัด CNC ได้ถูกพัฒนาจนสามารถทำงานได้หลายอย่างในเครื่องเดียว (CNC Machining Center) ในปัจจุบันเครื่องกัดCNC สามารถทำงานได้มากกว่า 3 แกน (4 or 5 Axis CNC Machining) จึงได้มีการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยในการออกแบบและเขียนแบบ ช่วยในการผลิตและช่วยในการวิเคราะห์หรือจัดการทางวิศวกรรม เพื่อใช้ในการออกแบบและผลิตชิ้นงานให้มีความถูกต้องแม่นยำ และรวดเร็วขึ้น โดยความรู้พื้นฐานต่างๆ เกี่ยวกับระบบการผลิตกับเครื่องจักร CNC ได้แก่

2.2.1 ข้อจำกัดของเครื่องจักร (Machine Specification)

2.2.2 ระบบวิธีการผลิต (Machining Method)

2.2.3 ระบบพิกัดอ้างอิง (Coordinate System)

2.2.4 เงื่อนไขการตัดเฉือน (Cutting Condition)

2.2.5 วิธีการเขียนโปรแกรม (Programming Technique)

2.2.6 ขั้นตอนการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยการผลิต (Cam Operation)

ปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมจึงได้หันมาใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ช่วยในการผลิต เพื่อลดข้อผิดพลาดอันอาจจะเกิดขึ้นได้ ดังที่กล่าวมานั้น คือ การนำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการออกแบบและการผลิต (CAD/CAM) ซึ่งจะทำให้รูปที่ได้ออกมาจากระบบ CAD ถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูล ซึ่งข้อมูลต่างๆ สามารถนำไปใช้ หรือทำการแก้ไขได้โดยไม่ต้องทำใหม่ ทั้งยังสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปทำการคำนวณ และวิเคราะห์ทางด้านวิศวกรรม เพื่อวิเคราะห์ดูว่าเหมาะสมถูกต้องตามความต้องการดีแล้วจึงนำข้อมูลมาทำการจำลองสถานการณ์จริง

2.3 เครื่องจักร 5 แนวแกน

เนื่องจากในต่างประเทศเทคโนโลยีการผลิตด้วยเครื่องจักร CNC Milling แบบ 5 แกน ทั้งแบบธรรมดาและแบบความเร็วสูง มีแนวโน้มที่จะนำมาใช้ในภาคอุตสาหกรรมมากขึ้น เนื่องจากมีราคาถูกลงเรื่อยๆ และสามารถทำงานได้หลากหลายรูปแบบกว่าเครื่องจักรแบบ CNC Milling 3 แกน ที่มีใช้อยู่โดยทั่วไป โดยเฉพาะอุตสาหกรรมทำแม่พิมพ์ขนาดใหญ่ มีแนวโน้มที่จะนำเครื่องจักรแบบ CNC Milling 5 แกน มาใช้มากขึ้น เนื่องจากเปรียบเทียบกับงานขนาดเดียวกัน บางครั้งหากใช้เครื่องจักรแบบ CNC Milling 3 แกน ต้องใช้เครื่องจักรที่มีขนาดใหญ่กว่า และต้องใช้จำนวนครั้งในการ Setup มากกว่าเวลาในการผลิตเสียอีก รวมทั้งความเที่ยงตรงของขนาดก็จะคลาดเคลื่อนมากกว่าการผลิตด้วยเครื่องจักรแบบ CNC Milling 5 แกน เครื่อง CNC 5 แนวแกน ประกอบไปด้วย

2.3.1 ชุดควบคุมการทำงาน (Controller) ชุดควบคุมของ Machining Center เป็นระบบคอมพิวเตอร์ที่สามารถจัดเก็บโปรแกรม และแก้ไขดัดแปลงได้ คอมพิวเตอร์เข้าใจโปรแกรมที่ป้อนและทำงานตามคำสั่ง ในโปรแกรมชุดควบคุมประกอบไปด้วย แผงควบคุม (Control Panel) จอภาพ (Monitor) แป้นพิมพ์ (Keyboard หรือ Keypad) และปุ่มสวิตช์ควบคุมต่างๆ เช่น ความเร็วฟีด (Feed) และความเร็วสปินเดิล (Spindle) เป็นต้น ชุดควบคุมการทำงาน แสดงดังรูปที่ 2.1

รูปที่ 2.1 ชุดควบคุมการทำงาน (Controller)

2.3.2 กลไกการเคลื่อนที่ ได้แก่ ฟีดมอเตอร์ (Feed Motor) ซึ่งเป็นโซโวมอเตอร์ (Servo Motor) ควบคุมการเคลื่อนที่ของแกนต่างๆ ได้โดยใช้บอลสกรู (Ball Screw) แปลงการเคลื่อนที่เชิงมุม (Angular Motion) เป็นการเคลื่อนที่เชิงเส้น (Linear Motion) โดยมีตำแหน่งหรือระยะทางการเคลื่อนที่ และความเร็วถูกควบคุมโดยรับสัญญาณจาก Controller นอกจากนี้จะมีรางนำทาง (Guide Way) รองรับการเคลื่อนที่ที่แกนต่างๆ สำหรับเครื่องที่ต้องการความแม่นยำสูงจะมี

ลิเนียร์สเกล (Linear Scale) เป็นอุปกรณ์ตรวจรู้ หรือเซนเซอร์ (Sensor) บอกตำแหน่งในการเคลื่อนที่ในแต่ละแกน

2.3.3 ตัวเครื่องจักรโครงสร้างที่ประกอบเป็นรูปร่าง ที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานตามประเภทของเครื่องจักรนั้นๆ ตัวเครื่องจักรมีส่วนประกอบหลัก

2.3.4 แท่นเครื่อง (Machine Bed) เป็นโครงสร้างหลักของตัวเครื่องจักร สำหรับรองรับอุปกรณ์และชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องจักร

2.3.5 หมอนรอง หรือแสดเดิล (Saddle) เคลื่อนที่ได้ 1 แกน บนแท่นเครื่อง เช่น แกน X หรือแกน Y เป็นต้น

2.3.6 โต๊ะ (Table) สำหรับวางชิ้นงาน โดยทั่วไปโต๊ะเคลื่อนที่อยู่บนหมอนรอง มีร่องรูปตัวที (T-Slot) สำหรับใช้ในการจับยึดชิ้นงานให้แนบติดกับโต๊ะ มีระนาบโต๊ะตั้งติดกับเสา

2.3.7 เสา (Column) เป็นโครงสร้างสำหรับติดตั้งสปินเดิล เครื่อง Machining Center แนวตั้งรุ่นใหม่นิยมสร้างเป็นแบบเสาคู่ (Double Column) เพราะให้ความแม่นยำที่ดีกว่า

2.3.8 สปินเดิล (Spindle) สำหรับติดตั้งชุดจับ Tool แบบเทเปอร์แชงค์ (Tapered Shank) หรือแบบไฮสปีด (High Speed) โดยมีมอเตอร์สปินเดิล (Spindle Motor) ขับเคลื่อนสปินเดิลผ่านเกียร์หรือสายพาน หรือต่อตรงรวมเป็นชุดเดียวกัน

2.3.9 อุปกรณ์เปลี่ยนเครื่องมืออัตโนมัติ (Automatic Tool Changer : ATC) ติดตั้งในเครื่อง Machining Center ทั้งแบบแนวตั้ง (Vertical Machining Center : VMC) และแบบแนวนอน (Horizontal Machining Center) สามารถเปลี่ยน Tool จาก Tool Storage หรือ Tool Magazine ประเภทของ ATC สามารถแยกได้ คือ แบบโซ่ (Chain Type) และแบบจานหมุน (Carousel Type) โดยแบบโซ่สามารถเก็บ Tool ได้จำนวนมากกว่าแบบจานหมุน ทั้งสองแบบจะมีแขนจับเปลี่ยนเครื่องมือ (Tool Changing Arm) ระหว่างที่เก็บ Tool และสปินเดิล บางรุ่นอาจจะไม่ต้องใช้แขนหรือเป็นแบบไร้แขน (Armless)

2.4 NC Program

2.4.1 รหัส NC

เครื่องจักรกล CNC จะทำงานได้นั้น ระบบควบคุมของเครื่องจะต้องได้รับคำสั่งเป็นภาษาที่ระบบควบคุมเข้าใจ สำหรับกลุ่มโค้ดหลักที่ใช้ในโปรแกรม NC ได้แก่ G Code และ M Code ซึ่งเป็นมาตรฐานในการควบคุมการทำงาน ประกอบด้วย

2.4.1.1 ตัวอักษร (Character) เพื่อกำหนดลักษณะการทำงานหรือกำหนดเงื่อนไข ซึ่งจะอยู่ด้านหน้าของคำสั่งย่อย ที่เรียกว่า Word แสดงความหมายของตัวอักษร ดังตารางที่ 2.1 การกำหนดลักษณะการใช้งานของ Character ตามมาตรฐานของ EIA RS-274 B (ซึ่งอาจแตกต่างกันบ้างในรายละเอียดของเครื่อง CNC แต่ละยี่ห้อหรือแต่ละรุ่น)

ตารางที่ 2.1 ความหมายของตัวอักษร

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	การจัดเตรียมการทำงาน
H	ไม่ระบุ
I	1. ขนาดรอบแนวแกน X ของจุดศูนย์กลางวงกลม 2. ระยะพิทของเกลียวที่ขนานแนวแกน X
J	1. ขนาดรอบแนวแกน Y ของจุดศูนย์กลางวงกลม 2. ระยะพิทของเกลียวที่ขนานแนวแกน Y
K	1. ขนาดรอบแนวแกน Z ของจุดศูนย์กลางวงกลม 2. ระยะพิทของเกลียวที่ขนานแนวแกน Z
L	ไม่กำหนด
M	คำสั่งช่วยการทำงาน
N	หมายเลขบรรทัดในโปรแกรม
O	ไม่กำหนด
P	การเคลื่อนที่ของแนวแกนที่ 3 ที่ขนานกับแนวแกน X
Q	การเคลื่อนที่ของแนวแกนที่ 3 ที่ขนานกับแนวแกน Y
R	การเคลื่อนที่ของแนวแกนที่ 3 ที่ขนานกับแนวแกน Z
S	ความเร็วรอบของเพลาจับเครื่องมือตัด

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) ความหมายของตัวอักษร

ตัวอักษร (Character)	การใช้งานและความหมาย
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

2.4.1.2 คำ (Word) เป็นกลุ่มของตัวอักษรที่ประกอบขึ้น เพื่อกำหนดเงื่อนไขการทำงาน

2.4.1.3 บล็อก (Block) เป็นคำสั่งควบคุมการทำงานของเครื่อง CNC เป็นการนำ Word หลายๆ คำมาประกอบกัน เช่น N10 G90 G80 G17 บล็อกนี้มี 4 Word และ N15 G01 X1.0 Y1.5 G18 บล็อกนี้มี 5 Word

2.4.1.4 โปรแกรม (Program) เป็นการรวมหลายๆ บล็อก ที่เขียนตามลำดับการทำงาน เพื่อให้เครื่อง CNC ทำงานตามขั้นตอนให้ได้ชิ้นงานตามที่กำหนด

2.4.2 คำสั่ง G Code และ M Code

G Code เป็นคำสั่งที่ทำให้ระบบควบคุมหรือคอนโทรลเลอร์ สั่งการให้เครื่องจักรกล CNC ทำการไสหรือกลึงชิ้นงานให้เป็นรูปทรงเรขาคณิตตามความต้องการ โดยการกระทำดังกล่าวคอนโทรลเลอร์จำเป็นต้องทราบทิศทาง และตำแหน่งของการเคลื่อนที่ของเครื่องมือ ลักษณะการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง เส้นโค้ง หรือวงกลม หน่วยความยาวที่ใช้ และการบอกตำแหน่งการเคลื่อนที่แบบ Absolute หรือ Increment

นอกจาก G Code แล้วจะต้องมีคำสั่งอื่นๆ อีกที่เครื่องจักรกล CNC ต้องใช้ในกระบวนการไส หรือกลึงชิ้นงาน ให้เป็นรูปทรงเรขาคณิตตามความต้องการต่างๆ เช่น การสั่งให้มือจับเครื่องมือ (Spindle) หมุนหรือหยุดหมุนในทิศทางที่ต้องการการเปลี่ยนเครื่องมือ (Tool) การเปิดปิดน้ำหล่อเย็น (Coolant) การหยุดโปรแกรม เป็นต้น โดยคำสั่งเหล่านี้กำหนดให้ใช้เป็น M Code

2.4.2.1 ตัวอย่างรหัส G เพื่อเตรียมการทำงานสำหรับงานกัด

ก. G00 การเคลื่อนที่เร็ว

ข. G01 ลิเนียร์อินเตอร์โพเลชัน (การเคลื่อนที่เชิงเส้นและมีการป้อน)

ค. G02 เซอร์คิวลาร์อินเตอร์โพเลชัน (การเคลื่อนที่เป็นแนวโค้งและมีการป้องกัน) ตามเข็มนาฬิกา

ง. G03 เซอร์คิวลาร์อินเตอร์โพเลชัน (การเคลื่อนที่เป็นแนวโค้งและมีการป้องกัน) ทวนเข็มนาฬิกา

จ. G17 การเลือกระนาบ XY

ฉ. G18 การเลือกระนาบ XZ

ช. G19 การเลือกระนาบ ZY

ซ. G28 การเลื่อนกลับไปยังจุดอ้างอิง

ฌ. G40 ยกเลิกการชดเชยขนาดรัศมีของเครื่องมือตัด

ญ. G41 การชดเชยขนาดรัศมีของเครื่องมือตัดทางด้านซ้าย

ฎ. G42 การชดเชยขนาดรัศมีของเครื่องมือตัดทางด้านขวา

ฏ. G43 การชดเชยขนาดความยาวของเครื่องมือตัด ค่าบวก

ฐ. G44 การชดเชยขนาดความยาวของเครื่องมือตัด ค่าลบ

ฑ. G49 ยกเลิกการชดเชยขนาดความยาวของเครื่องมือตัด

ฒ. G54 ปรับตั้งโคออร์ดิเนตของชิ้นงาน

ณ. G70 ป้อนข้อมูลที่มีหน่วยเป็นนิ้ว

ด. G71 ป้อนข้อมูลที่มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

ต. G76-79 ไม่มีการกำหนดไว้

ถ. G80 ยกเลิกการทำไซเกิล

ท. G81 เจาะไซเกิล

ธ. G83 เจาะไซเกิลรูลึก

น. G84 การต๊าปเกลียวขวาแบบไซเกิล

บ. G85 การคว้านรู

ป. G90 การให้ตำแหน่งในแบบสัมบูรณ์

ผ. G91 การให้ตำแหน่งแบบอินครีเมนทอล (Incremental)

ฝ. G92 การตั้งค่ารีจีสเตอร์หรือตั้งค่าซีโร่ชิฟต์

พ. G99 การเลื่อนกลับไปยังจุดอ้างอิง

2.4.2.2 ตัวอย่างรหัส G

ก. M00 หยุดโปรแกรม

ข. M01 หยุดโปรแกรมแบบมีเงื่อนไข

ค. M02 จบโปรแกรม

ง. M03 หัวจับหมุนตามเข็มนาฬิกา

จ. M04 หัวจับหมุนทวนเข็มนาฬิกา

ฉ. M05 หัวจับหยุด

ช. M06 เปลี่ยนเครื่องมือ

ซ. M07 เปิดหล่อน้ำเย็น (เปิดมาก)

ฌ. M08 เปิดหล่อน้ำเย็น (เปิดน้อย)

ญ. M09 ปิดหล่อน้ำเย็น

ฎ. M10 การล็อคโดยอัตโนมัติ

ฏ. M11 การคลายล็อคโดยอัตโนมัติ

ฐ. M30 สิ้นสุดโปรแกรม

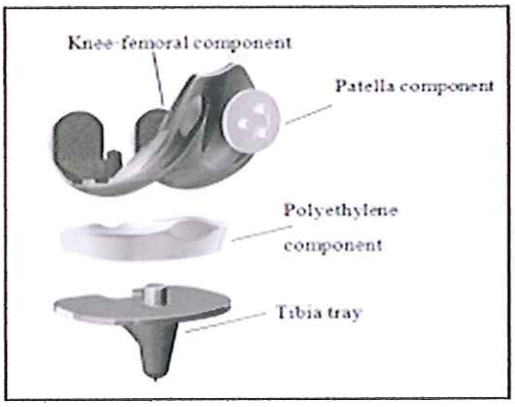
ฑ. M98 เรียกโปรแกรมย่อย

ฒ. M99 จบโปรแกรมย่อยและกลับไปยังโปรแกรมหลัก

2.5 ข้อเข่าเทียม

2.5.1 ส่วนประกอบของข้อเข่าเทียม

ส่วนประกอบของข้อเข่าเทียมมี 3 ส่วน คือ ส่วนฝาครอบบนกระดูกต้นขา (Femoral Component) ส่วนแป้นวางบนกระดูกหน้าแข้งพร้อมหมอนรองข้อเทียม (Tibia Component) และผิวกระดูกสะบ้าเทียม (Patella Component) ข้อเข่าเทียม แบ่งเป็น 2 แบบ คือ Fixed Bearing เคลื่อนที่ได้เฉพาะยืดและงอ มีการสึกหรอของ Polyethylene มากกว่าแบบ Mobile Bearing แต่มีเสถียรภาพที่ดีกว่าส่วน Mobile Bearing เคลื่อนที่ได้แบบยืดและงอ และหมุนรอบแกนในแนวดิ่ง มีการสึกหรอน้อยกว่าแบบ Fixed Bearing แต่มีปัญหาด้านเสถียรภาพอาจเกิดปัญหาข้อเข่าเทียมส่วนประกอบของข้อเข่าเทียม แสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของข้อเข่าเทียม

ที่มา : http://www.orthochula.com/knee/kneeor-1.html

2.5.2 ผิวข้อเข่าเทียมในปัจจุบัน

การพัฒนาผิวข้อเข่าเทียมได้มุ่งเน้นในเรื่องของความสำคัญของการออกแบบ และวัสดุที่นำมาทำผิวข้อเข่าเทียม เพื่อให้ผู้ป่วยที่มีความจำเป็นต้องเข้ารับการผ่าตัดเปลี่ยนผิวข้อเข่าเทียมสามารถใช้งานผิวข้อเข่าเทียมได้เป็นระยะเวลานานที่สุด เพื่อหลีกเลี่ยงการผ่าตัดครั้งแก้ไข การสึกหรอ หรือแก้ไขการเคลื่อนตัวของผิวข้อเข่าเทียม อย่างไรก็ตามแม้อายุเฉลี่ยของผิวข้อเข่าเทียมในปัจจุบันมีอายุเฉลี่ยระหว่าง 10-15 ปี ผู้ป่วยบางรายสามารถใช้งานผิวข้อเข่าเทียมได้นานถึง 20 ปี หรือในบางรายอาจใช้งานได้สั้นกว่าอายุเฉลี่ย ทั้งนี้เนื่องมาจากปัจจัยที่หลากหลาย ทั้งในด้านของการปฏิบัติตัวหลังการผ่าตัดของผู้ป่วย การเลือกใช้ผิวข้อเข่าเทียมที่เหมาะกับผู้ป่วย และอาจเกิดจากความผิดพลาดในการผ่าตัดก็เป็นได้ สามารถแบ่งประเภทของข้อเข่าเทียมได้ 3 ชนิด ดังนี้

2.5.2.1 ผิวข้อเข่าเทียมชนิดแผ่นรองรับน้ำหนักไม่สามารถเคลื่อนไหวหรือหมุนได้ ถูกออกแบบมาให้แผ่นรับน้ำหนักสามารถหมุนได้ เพื่อช่วยลดแรงกด ขณะที่ผู้ป่วยใช้งานข้อเข่าในลักษณะการงอเข่ามากๆ นอกจากนี้ จากผลการวิจัย พบว่า ผิวข้อเข่าเทียมชนิดนี้ มีการเคลื่อนไหวที่เป็นธรรมชาติมาก เพราะการออกแบบผิวข้อเข่าเทียมชนิดนี้ เป็นการเลียนแบบธรรมชาติของการเคลื่อนไหวของข้อเข่าปกติ ที่มีทั้งการเคลื่อนไหวแบบงอ และการเคลื่อนไหวแบบบิด องศาการงอ-หมุนของข้อเข่าเทียม แสดงดังรูปที่ 2.3

รูปที่ 2.3 องศาการงอ-หมุนของข้อเข่าเทียม

ที่มา : http://www.orthochula.com/knee/kneeor-1.html

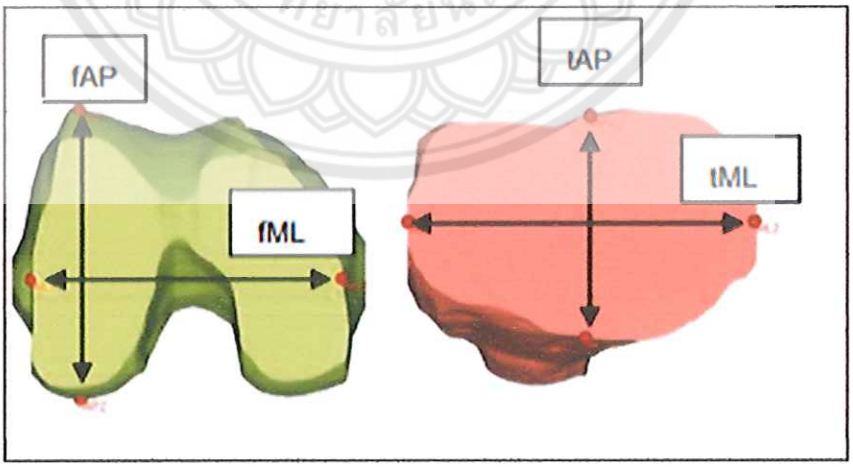
2.5.2.2 ผิวข้อเข่าเทียมชนิดแผ่นรับน้ำหนักไม่สามารถเคลื่อนไหวได้ มีประวัติการใช้งานมายาวนาน และเป็นผิวข้อเข่าเทียมที่ถูกใช้ผ่าตัดเปลี่ยนผิวข้อเข่าเทียมให้กับผู้ป่วยทั่วโลกทั้งเพศชายและหญิงมากกว่า 1,000,000 ราย ทั่วโลก มีผลการวิจัยในเรื่องของอายุการใช้งานที่ยาวนาน ช่วยให้ผู้ป่วยหายเจ็บปวด และสามารถ ใช้งานข้อเข่าได้เป็นอย่างดี ผิวข้อเข่าเทียมชนิดนี้ ยังถูกออกแบบมา

มากมายหลายรุ่น เพื่อให้เหมาะกับผู้ป่วยแต่ละราย ทั้งในเรื่องของการกระจายน้ำหนักที่กดลงบนแผ่นรองรับน้ำหนัก ส่งผลให้ข้อเข่ามั่นคง และลดการสึกหรอของข้อเข่าเทียม

2.5.2.3 ผิวข้อเข่าเทียมชนิดบางส่วน แพทย์จะทำการผ่าตัดเปลี่ยนเฉพาะผิวข้อส่วนที่สึกหรอ ในกรณีที่มีการสึกหรอ ที่บริเวณกระดูกผิวข้อเพียงด้านเดียว ทั่วไปพิจารณาทำในกรณีที่ผู้ป่วยมีการสึกหรอที่บริเวณกระดูกผิวข้อเพียงด้านเดียว และขาของผู้ป่วยยังไม่โก่งผิดรูปมาก คล้ายในกรณีการผ่าตัด โดยจัดแนวกระดูก แต่แตกต่างตรงที่นิยมผ่าตัดในผู้ป่วยอายุมากกว่า เนื่องจากไม่ต้องมีระยะเวลาพักฟื้นนาน แต่การทำกิจกรรมต่างๆ กับข้อเข่าเทียม บางส่วนนั้นมีข้อจำกัดมากกว่า เมื่อเทียบกับการผ่าตัดจัดกระดูก และอายุการใช้งานของข้อเข่าเทียมบางส่วนนั้นสั้นกว่า เมื่อเทียบกับการเปลี่ยนข้อเข่าเทียมทั้งหมด

2.5.3 การออกแบบข้อเข่าเทียม

ในทางการแพทย์จะใช้โปรแกรม Mimics ซึ่งเป็นโปรแกรมทางด้านการประมวลผลภาพ (Medical Image Processing) และการสร้างต้นแบบแบบรวดเร็ว (Rapid Prototype) ขั้นตอนแรกทำการวัดขนาด โดยใช้โปรแกรม Mimics โดยใช้โหมดลักษณะทางมานุษยวิทยากายภาพ (Anthropometric Analysis) ในการการกำหนดจุดบนแบบจำลอง 3 มิติ เพื่อวัดระยะของข้อเข่าและวัดระยะ Femoral Medio Lateral (FML) กับ Femoral Antero Posterior (FAP) ของปลายกระดูกต้นขา จากนั้นวัดระยะ Tibia Medio Lateral (TML) และ Tibia Antero Posterior (TAP) ของกระดูกหน้าแข้งส่วนต้น และค่าที่ได้จากการวัดแสดง การวัดต้นขาและกระดูกหน้าแข้งแสดงดังรูปที่ 2.4 และค่าที่ได้จากการวัดต้นขาและกระดูกหน้าแข้ง แสดงดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.4 การวัดต้นขาและกระดูกหน้าแข้ง

ที่มา : http://mechatronics.ptwit.ac.th/seksan/menett25/AMM./AMM.14.pdf

	fAP	fML	tAP	tML
mean	60.48	65.34	44.77	67.25
Max	66.01	71.87	52.20	73.51
Min	54.48	58.85	38.13	59.74
SD	2.30	2.50	3.22	3.41

รูปที่ 2.5 ค่าที่ได้จากการวัดต้นขาและกระดูกหน้าแข้ง

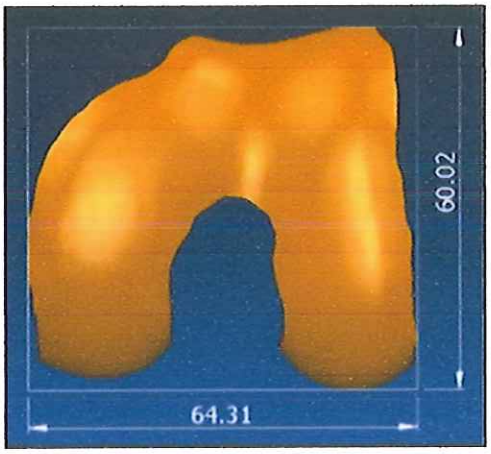
ที่มา : http://mechatronics.ptwit.ac.th/seksan/menett25/AMM./AMM.14.pdf

การหาค่าเฉลี่ยจะใช้เฉพาะผิวบริเวณส่วนปลายกระดูกต้นขา โดยทำการตัดเอาเฉพาะบริเวณส่วนปลายที่ติดกับส่วนของกระดูกอ่อน ทำการกำหนดจุดอ้างอิงในโปรแกรม เพื่อให้ทุกผิวมีจุดอ้างอิงเดียวกัน ก่อนจะทำการหาค่าเฉลี่ยแล้วทำการ Export ไฟล์ ในรูปแบบ STL (Standard Template Library) เพื่อเข้าไปยังโปรแกรม Rapid Prototyping โดยจะแปลง STL ไฟล์ ไปเป็นรูปแบบกลุ่มของจุด (Point Cloud) จากนั้นทำการคำนวณ โดยโปรแกรมหาค่าเฉลี่ยผิว โดยจะนำจุดทั้งหมดมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย แล้วสร้าง Point Cloud สีแดง จากนั้นนำกลุ่มจุดเฉลี่ยกลับมาสร้างเป็น STL ไฟล์อีกครั้ง รูปของจุด Point Cloud ทั้งหมด แสดงดังรูปที่ 2.6

รูปที่ 2.6 รูปของจุด Point Cloud ทั้งหมด

ที่มา : http://mechatronics.ptwit.ac.th/seksan/menett25/AMM./AMM.14.pdf

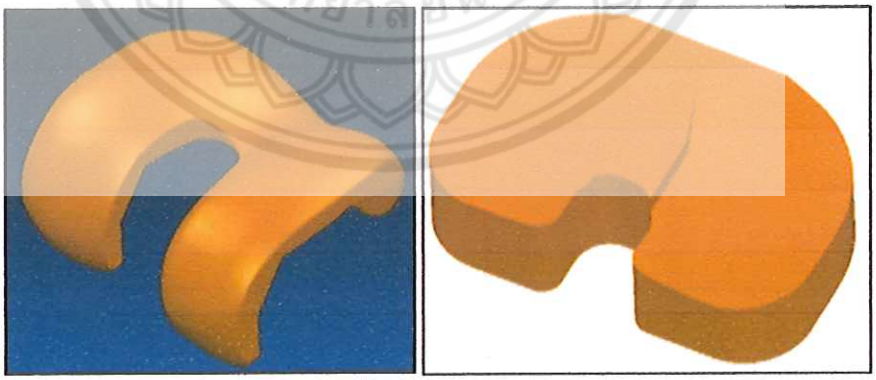
จากนั้นทำการสร้างจำลอง 3 มิติของผิวเฉลี่ยวัดหาค่ากว้าง และยาว เทียบกับค่าที่ได้จากการวัดจากโปรแกรม Mimics ว่ามีค่าใกล้เคียงกันหรือไม่ ซึ่งค่าที่วัดได้จากผิวเฉลี่ยมีค่า FML คือ 64.31 มิลลิเมตร และ FAP คือ 60.00 มิลลิเมตร ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันกับค่าเฉลี่ยที่วัดจากโปรแกรม Mimics รูปที่ได้จาการหาค่าเฉลี่ย แสดงดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 รูปที่ได้จากการหาค่าเฉลี่ย

ที่มา : http://mechatronics.ptwit.ac.th/seksan/menett25/AMM./AMM.14.pdf

จากนั้นนำค่าผิวเฉลี่ยมาทำการสร้างข้อเข่าเทียมส่วนประกอบฝาครอบบน (Femoral Component) โดยออกแบบความกว้าง ความยาว และความสูง ให้มีค่าใกล้เคียงกับค่าของผิวเฉลี่ย ข้อเข่าเทียมที่ได้ทำการออกแบบ จะแตกต่างจากข้อเข่าเทียมที่มีขายในท้องตลาดทั่วไป เนื่องจากมีลักษณะไม่ใกล้เคียงกับข้อเข่าของมนุษย์ ในส่วนของ Tibia Component นำค่าเฉลี่ยที่ได้มาออกแบบและสร้างต้นแบบ ให้มีขนาดและรูปทรงรับกับส่วนของ Femoral Component และมีความหนาใกล้เคียงกับกระดูกหน้าแข้งที่ถูกตัดออกไปประมาณ 10 มิลลิเมตร จากนั้นก็จะนำแบบที่ได้ไปทำการทดสอบสมบัติต่างๆ เช่น ความล้าและการเสียรูป ก่อนนำไปสู่ขั้นตอนของการผลิต รูปชิ้นส่วนที่ได้จากการออกแบบ แสดงดังรูปที่ 2.8

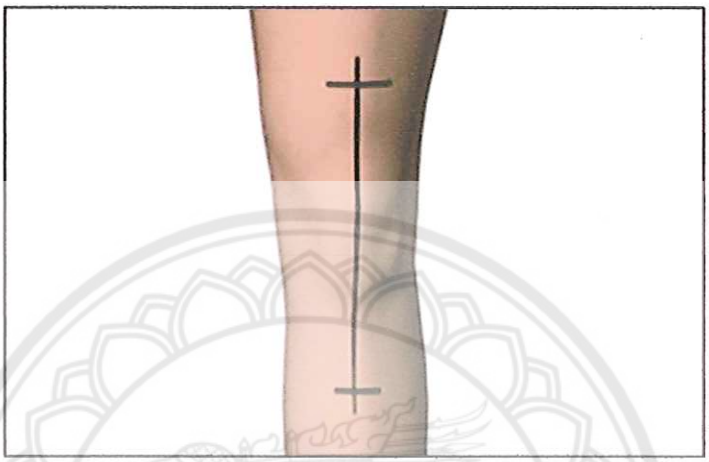


รูปที่ 2.8 รูปชิ้นส่วนที่ได้จากการออกแบบ

ที่มา : http://mechatronics.ptwit.ac.th/seksan/menett25/AMM./AMM.14.pdf

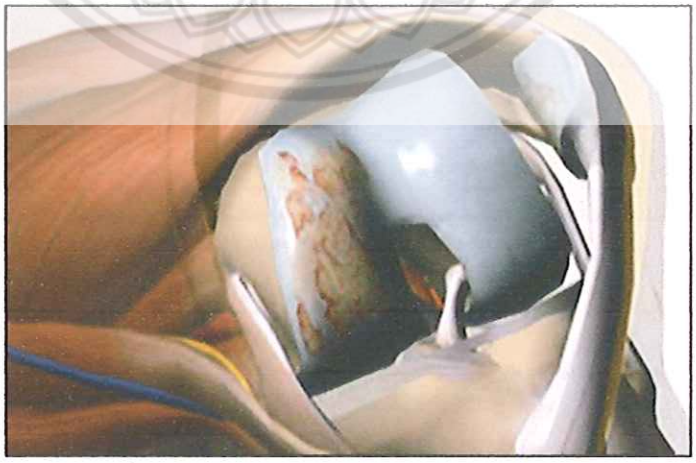
2.5.4 การกำหนดขนาดของข้อเข่าเทียมให้เหมาะสำหรับผู้ป่วยแต่ละราย

2.5.4.1 การกำหนดตำแหน่งภายนอก แพทย์จะทำการกำหนดตำแหน่ง โดยทำการระบุว่าจะทำการผ่าตัดในส่วนใด โดยระยะที่ใช้ในการผ่าตัดจะมีความยาวประมาณ 4-6 นิ้ว เริ่มต้นตั้งแต่เหนือฐานของกระดูกหรือกระดูกต้นขา และสิ้นสุดที่ด้านล่างหัวของกระดูกหน้าแข้งหรือกระดูกขา การกำหนดตำแหน่งภายนอก แสดงดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 การกำหนดตำแหน่งภายนอก
ที่มา : http://edition.cnn.com/2011/HEALTH/01/21

2.5.4.2 การประเมินความเสียหายของข้อเข่า แพทย์จะทำการเอ็กซเรย์ เพื่อดูขนาดของส่วนที่เกิดการเสียหายทำการประเมินความเสียหาย และดูแนวทางในการรักษา การประเมินความเสียหายของข้อเข่า แสดงดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 การประเมินความเสียหายของข้อเข่า
ที่มา : http://edition.cnn.com/2011/HEALTH/01/21

2.5.4.3 การวัดขนาดในส่วนของพื้นที่สีฟ้า จะเป็นส่วนของกระดูกที่ถูกตัดออก แล้วจะทำการใส่ข้อเข่าเทียมลงไป โดยแพทย์จะทำการวัดขนาดของส่วนที่ถูกตัดออก เพื่อใช้ในการเลือกขนาดของข้อเข่าเทียมที่เหมาะสม รูปแสดงส่วนที่ถูกตัดออก แสดงดังรูปที่ 2.11

รูปที่ 2.11 รูปแสดงส่วนที่ถูกตัดออก
ที่มา : http://edition.cnn.com/2011/HEALTH/01/21

2.5.4.4 การติดตั้งข้อเข่าเทียม เมื่อติดตั้งแล้วแพทย์จะทำการทดสอบว่าข้อเข่าเทียมที่เลือกมานั้น มีขนาดเหมาะสมหรือถูกต้องแล้วหรือไม่ เมื่อขนาดได้รับการยืนยันแพทย์ จะทำการติดตั้งฝาครอบโคนขาและฝา Tibia เช่นเดียวกับชิ้นกระดูกอ่อนถาวร และแพทย์จะทดสอบพอดีและความมั่นคงของเข่าใหม่และปิดแผล การติดตั้งข้อเข่าเทียม แสดงดังรูปที่ 2.12

รูปที่ 2.12 การติดตั้งข้อเข่าเทียม
ที่มา : http://edition.cnn.com/2011/HEALTH/01/21

2.5.5 วัสดุที่ใช้ทดแทนข้อเข่าเทียม

2.5.5.1 Stainless Steel เนื่องจากสามารถทนต่อการกัดกร่อนในร่างกายมนุษย์ ในระยะยาว ไม่นิยมใช้ในการปลูกถ่ายข้อเข่า แต่เหมาะสำหรับการใช้ปลูกถ่ายชั่วคราว จากการแตกหักของแผ่นโลหะและสกรู

2.5.5.2 Cobalt Chromium Alloys เนื่องจาก มีความแข็งแรง เหนียว ทนการกัดกร่อนเข้ากันได้กับสิ่งมีชีวิต Cobalt Chromium Alloys เป็นหนึ่งในโลหะผสมที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการปลูกถ่ายข้อเข่าเทียมร่วมกับไทเทเนียม ซึ่งไม่มีวัสดุใดที่ดีและเหมาะสมกว่า อีกสิ่งหนึ่งที่ต้องกังวลเกี่ยวกับการใช้งานของโลหะผสม คือ ปัญหาของอนุภาคเล็กๆ (ไอออนโลหะ) ที่อาจจะถูกปล่อยเข้าสู่ร่างกาย เป็นผลมาจากการเคลื่อนไหวร่วมกัน อนุภาคเหล่านี้บางครั้งอาจทำให้เกิดปฏิกิริยาในร่างกายมนุษย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของผู้ป่วยที่มีอาการแพ้โลหะพิเศษ เช่น นิกเกิล เป็นต้น แม้ว่าอัตราร้อยละของผู้ป่วยลักษณะดังกล่าวของโรคภูมิแพ้จะอยู่ในระดับต่ำมากก็ตาม

2.5.5.3 Titanium and Titanium Alloys ไททาเนียมบริสุทธิ์ที่ใช้โดยทั่วไป ในการปลูกถ่ายที่มีความแข็งแรงสูง เช่น ไทเทเนียมบริสุทธิ์ บางครั้งก็ใช้เพื่อสร้างโลหะเส้นใย ชั้นของใยโลหะผูกมัดกับพื้นผิวของรากเทียม ซึ่งช่วยให้กระดูกเติบโตเป็นรากเทียม หรือเป็นตัวเชื่อมที่จะยึดเกาะดีกว่าที่จะเน้นแต่ความแข็งแรงของรากเทียม โลหะผสมไทเทเนียมเข้ากันได้กับสิ่งมีชีวิตในธรรมชาติทั่วไป แล้วมักจะมีปริมาณของอลูมิเนียมวาเนเดียมที่ผสมไปในไททาเนียม โลหะผสมไทเทเนียมที่ใช้มากที่สุด ในการปลูกถ่ายข้อเข่า คือ Ti 6Al4V (โลหะผสมไทเทเนียม) มีความต้านทานการกัดกร่อนที่ดี ทำให้เป็น Bio Material ที่เฉื่อย (ซึ่งหมายความว่า จะไม่เปลี่ยนไปหลังจากที่ถูกฝังอยู่ในร่างกาย) ไทเทเนียมและโลหะผสมไทเทเนียมมีความหนาแน่นต่ำ เมื่อเทียบกับโลหะอื่นๆ ที่ใช้ในการปลูกถ่ายข้อเข่า นอกจากนี้ ลักษณะการยืดหยุ่นของโลหะไทเทเนียมนั้น จะต่ำกว่าโลหะอื่นๆ ที่ใช้ในการปลูกถ่ายข้อเข่า เพราะเหตุนี้ ข้อเข่าที่ทำจากไทเทเนียม จึงแสดงพฤติกรรมใกล้เคียงกับข้อเข่าปกติ และเป็นผลให้เกิดความเสี่ยงของภาวะแทรกซ้อนบางอย่าง เช่น การสลายของกระดูกที่ฝ่อจะลดลง เป็นต้น

2.5.5.4 Polyethylene ส่วนประกอบของกระดูกแข้ง และกระดูกสะบ้า ในข้อเข่าเทียมทำจากพลาสติก แม้ว่าผิวของพลาสติกมาตรฐานจะได้รับความสึกหรอจากการสวมที่สะโพก แต่ที่ข้อเข่านั้น มีปัญหาน้อยมากที่ผิวส่วนที่รับแรง และไม่ส่งผลเหมือนกับที่สะโพก

2.5.6 การทดสอบข้อเข่าเทียมความล้าของ Tibia Trays

การแตกหักเนื่องจากความล้าของส่วน Tibia Trays ของข้อเข่าเทียมนั้น ถือได้ว่าเป็นหนึ่งในลักษณะการเสียหายของข้อเข่าเทียมแบบทั้งหมด (TKR) ที่มักจะถูกรายงานเป็นส่วนใหญ่ การเสียหายนี้เกิดขึ้นเนื่องจากการสูญเสียของกระดูกที่รองรับอยู่ด้านล่าง ซึ่งเป็นผลมาจากปฏิกิริยาทางชีวภาพ เช่น การสูญเสียมวลกระดูก เนื่องจากการกระตุ้นจากเศษวัสดุที่เกิดจากการขัดสี ภายใต้สภาวะเหล่านี้ ส่วนของ Tibia Tray จะมีลักษณะไม่มั่นคงทางกล และแรงกระทำเป็นรอบที่เกิดขึ้น

จากการเดินตามปกติ จะส่งผลให้เกิดรอยแตกเนื่องจากความล้าได้ และจะส่งผลในท้ายที่สุด คือ การแตกหักเสียหายอย่างรุนแรง โดยในการทดสอบความล้าจะใช้ในส่วนของเครื่องเซอร์โวไฮโดรลิค ซึ่งเป็นวิธีการตรวจสอบสภาพของวัสดุภายใต้โหลดแรงกด โดยบันทึกโหลดกลางที่กำหนด (ซึ่งอาจเป็นศูนย์) และโหลดสลับที่ใช้กับตัวอย่าง รวมทั้งจำนวนรอบที่ใช้ เพื่อให้เกิดความล้า (อายุความล้า) โดยปกติการทดสอบจะดำเนินการซ้ำๆ กันกับตัวอย่างเดิม และภายใต้โหลดแปรผัน โดยโหลดที่ใช้อาจกำหนดเป็นแนวแกนแรงบิด หรือแรงดัดความเค้นสุทธิ

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปี 2013 Life Sci ได้ศึกษาเรื่อง Developing the Custom-made Femoral Component of Knee Prosthesis using CAD/CAM พบว่า มีผู้ป่วยจากโรคข้อเข่าเสื่อมทั่วโลกจำนวนกว่า 2 ล้านคน โดยลักษณะของข้อเข่าเทียม ที่สามารถนำมาใช้ทดแทนให้กับผู้ป่วยจะต้องมีลักษณะผิวโค้ง เพื่อรองรับการใช้งาน และขนาดต้องสามารถเลือกใช้ได้เหมาะสมกับตัวผู้ป่วย โดยมีวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้ คือ ต้องการใช้เทคนิคทางวิศวกรรม มาออกแบบชิ้นส่วนข้อเข่าเทียม ซึ่งมีพื้นผิวที่ซับซ้อนในการออกแบบโดยใช้หลักการของวิศวกรรมย้อนกลับ (Reverse Engineering) ร่วมกับระบบเครื่องจักรหลายแนวแกน (Multi Axis) และเทคโนโลยีการสร้างภาพด้วยสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic Resonance Image) โดยนำไฟล์รูปที่ได้ไปใช้ร่วมกับซอฟท์แวร์ในการออกแบบ (CAD) และซอฟท์แวร์ที่ช่วยในการผลิต (CAM) และใช้เครื่องจักร CNC 5 แนวแกนในการขึ้นรูปชิ้นงาน โดยมีขั้นตอนในการทำครั้งนี้ คือ นำไฟล์ภาพที่ได้จากการสแกนด้วยสนามแม่เหล็กไฟฟ้า มาวิเคราะห์และออกแบบ พร้อมกับทำในส่วนของการผลิตด้วยโปรแกรม NX จนนำไปสู่การสร้างชิ้นงานด้วยเครื่องจักร CNC 5 แนวแกน ซึ่งผลสรุปของการดำเนินงาน คือ การสร้างชิ้นงานข้อเข่าเทียม โดยใช้เทคโนโลยี CAD/CAM เข้ามาช่วย สามารถตอบสนองการออกแบบชิ้นงานที่ซับซ้อนได้ โดยชิ้นงานที่ได้มีขนาด และรูปทรงใกล้เคียงกับการออกแบบ

บทที่ 3
วิธีการดำเนินโครงงาน

3.1 การศึกษาการใช้งานโปรแกรม NX 7.5

ทำการศึกษาระบบการทำงาน และการใช้งานโปรแกรม NX 7.5 โดยจะเห็นได้ว่าโปรแกรมนี้สามารถสนับสนุนการออกแบบชิ้นงานทั้งแบบ 2D และ 3D โดยโปรแกรม NX 7.5 จะทำงาน หรือแปลงไฟล์ไปใช้งานกับเครื่อง CNC ตามประเภทของชิ้นงานที่เราต้องการ เช่น การแกะป้ายชื่อด้วยเครื่อง CNC และการทำแม่พิมพ์ต่างๆ เป็นต้น

3.2 การศึกษาเกี่ยวกับข้อเข่าเทียมในส่วนฝาครอบกระดูกต้นขา

ทำการศึกษาเกี่ยวลักษณะทางกายภาพโดยทั่วไป และลักษณะเฉพาะด้านของข้อเข่าเทียม เช่น รูปทรง ส่วนโค้งต่างๆ และความหนา เป็นต้น ตัวอย่างของข้อเข่าเทียมส่วนฝาครอบกระดูกต้นขาแสดงดังรูปที่ 3.1

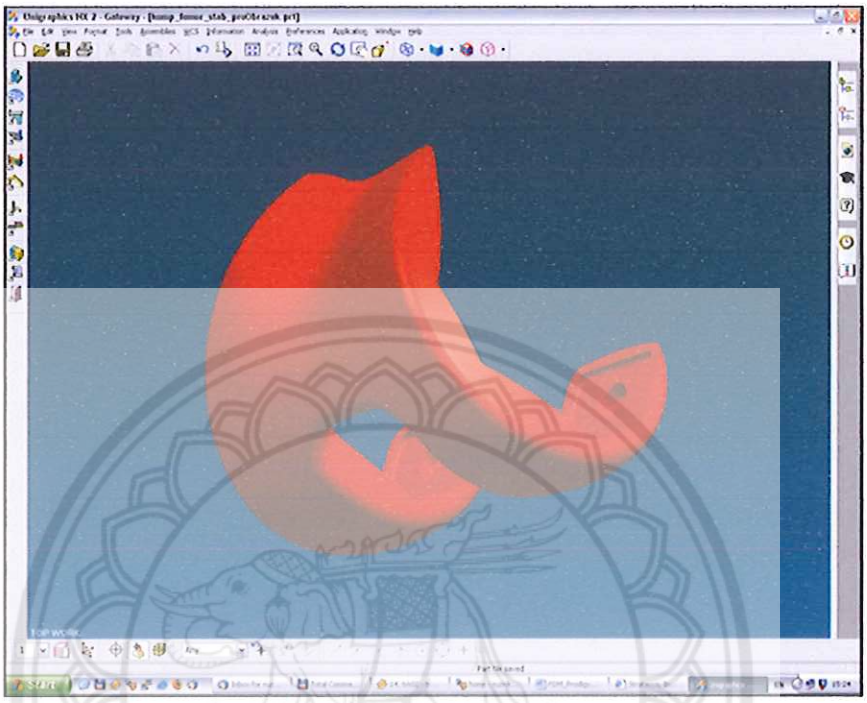
รูปที่ 3.1 ตัวอย่างของข้อเข่าเทียมส่วนฝาครอบกระดูกต้นขา
ที่มา : http://www.biomechanics.cz/departments/21

3.3 การศึกษาการใช้เครื่องกัด CNC HAAS VF 1

ทำการศึกษาการใช้เครื่องกัด CNC 5 แนวแกน โดยศึกษาวิธีการใช้งานเครื่องกัด CNC ระบบการทำงานของเครื่องกัด CNC การควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวกัด CNC ชุดควบคุมเครื่องกัด CNC การกำหนดแนวแกนของเครื่องกัด CNC และอุปกรณ์ของเครื่องกัด CNC

3.4 การสร้างแบบจำลองข้อเข่าเทียมผ่านโปรแกรม NX 7.5

ทำการสร้างแบบจำลองโดยอาศัยข้อมูลจากหัวข้อที่ 3.2 มาใช้สร้างไฟล์ชิ้นงาน ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองข้อเข่าเทียม แสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองข้อเข่าเทียม
ที่มา : http://www.biomechanics.cz/departments/21

3.5 การทดสอบกัดชิ้นงานที่ออกแบบกับเครื่องกัด CNC

ทำการทดสอบชิ้นงานที่ออกแบบ โดยใช้ไม้เป็นวัสดุในการทดสอบก่อนการกัดจริง โดยระหว่างการกัดจะทำการสังเกตการทำงานของเครื่องว่ามีข้อผิดพลาดส่วนไหน เพื่อนำมาวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น และทำการแก้ไขในส่วนของชุดควบคุมของโปรแกรมที่เกิดข้อผิดพลาด

3.6 การปรับปรุงและแก้ไขโปรแกรม

ทำการแก้ไขปรับปรุงโปรแกรม และชุดคำสั่งที่ผิดพลาดระหว่างการทดสอบ จนกระทั่งได้การเคลื่อนที่ หรือการทำงานของเครื่องกัด CNC เป็นไปตามคำสั่ง

3.7 การปฏิบัติงานโดยใช้เครื่องกัด CNC ในการกัด โดยใช้ไม้เทียม

ทำการปฏิบัติการใช้โปรแกรม NX 7.5 ในการออกแบบไฟล์ชิ้นงานที่แก้ไขแล้ว โดยนำไปแปลงเป็น NC Code ใหม่แล้วนำ NC Code ที่แก้ไขไปใช้กับเครื่องกัด CNC โดยให้เครื่องกัด CNC กัดลงในไม้เทียมที่เป็นวัสดุในการกัด

3.8 การวิเคราะห์และสรุปผล

ทำการสรุปผลและวิเคราะห์ผลของการใช้โปรแกรม NX 7.5 ในการออกแบบ (CAD) และการผลิต (CAM) สำหรับเครื่องกัด CNC ว่ามีข้อผิดพลาดและความคลาดเคลื่อนมากเพียงใด เมื่อเทียบกับรูปร่างที่ได้ออกแบบมา และมีปัญหาอุปสรรคอะไรในขั้นตอนใดที่อยากเสนอแนะ เพื่อเป็นการพัฒนาต่อไปในอนาคต

3.9 การจัดทำรูปเล่มโครงงานฉบับสมบูรณ์

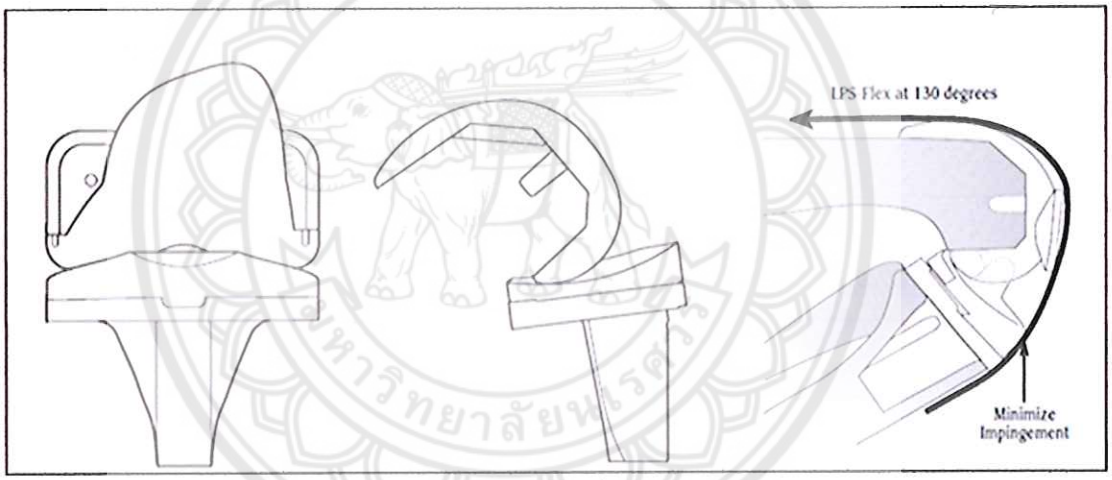
ทำการนำข้อมูลที่ได้จากการดำเนินงานจัดทำเป็นรูปเล่ม เพื่อเป็นเอกสารอ้างอิง และใช้ในการศึกษาค้นคว้าสำหรับผู้สนใจ

บทที่ 4
ผลการดำเนินโครงงาน

4.1 ศึกษาและออกแบบชิ้นส่วนข้อเข่าเทียมในส่วนของฝาครบกระดูกต้นขา (Femoral Component)

4.1.1 ทำการศึกษารูปแบบของข้อเข่าเทียม ในส่วนของฝาครอบกระดูกต้นขา (Femoral Component)

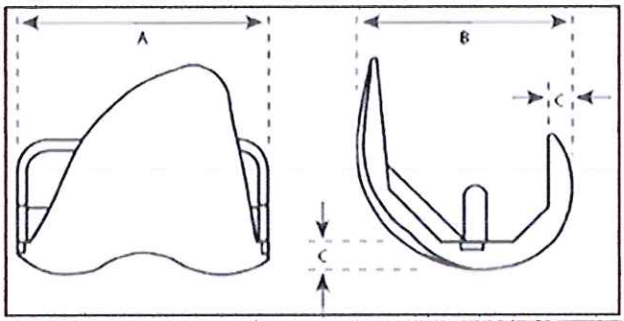
จากเอกสารทางการแพทย์และข้อมูลจากทางอินเทอร์เน็ต และทำการออกแบบลงบนกระดาษ โดยทำการ Sketch รูปแบบของข้อเข่าเทียม พร้อมระบุขนาดของชิ้นส่วนที่ทำการวาด โดยหลักในการออกแบบ คือ ต้องสามารถทำงานได้ใกล้เคียงกับข้อเข่าธรรมชาติ คือ สามารถทำงานได้ขณะเข่างอและเหยียด การงอของข้อเข่าที่เลียนแบบธรรมชาติ แสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การงอของข้อเข่าที่เลียนแบบธรรมชาติ
ที่มา : http://www.orthochula.com/index.php

4.1.2 ขนาดของข้อเข่าเทียม

โดยทั่วไปข้อเข่าเทียมจะมีขนาดหลายขนาด เพื่อให้พอดีกับความใหญ่เล็กของกระดูกของผู้ป่วยแต่ละราย ทั้งนี้ ขนาดของข้อเข่าเทียมที่พอดีกับขนาดของกระดูกของผู้ป่วย ทำให้ไม่เกิดการเสียดสีระหว่างข้อเทียมกับเนื้อเยื่ออื่นๆ ซึ่งอาจทำให้ผู้ป่วยมีอาการผิดปกติขณะเคลื่อนไหวได้ หลักการนี้ เป็นแบบเดียวกับการผลิตสินค้าสำหรับมนุษย์ ที่ต้องมีหลายขนาดตามสรีระของร่างกาย โดยขนาดของข้อเข่าเทียมในส่วนของฝาครอบกระดูกต้นขา (Femoral Component) ที่เลือกมาใช้ในการออกแบบ คือ Size 2 คือ ช่วง A B และ C มีขนาด 60 57 และ 8 มิลลิเมตรตามลำดับ และได้ทำการปรับปรุงแก้ไขบางจุด เพื่อให้ง่ายต่อการออกแบบขนาดของข้อเข่าเทียม แสดงดังรูปที่ 4.2



SIZE	A	B	C
1	60	52	8
2 - ADVANCE STATURE®	60	57	8
2	65	57	8
3 - ADVANCE STATURE®	65	62	8
3	70	62	8
4 - ADVANCE STATURE®	70	66	8
4	75	66	8
5	80	71	8
6	85	76	9

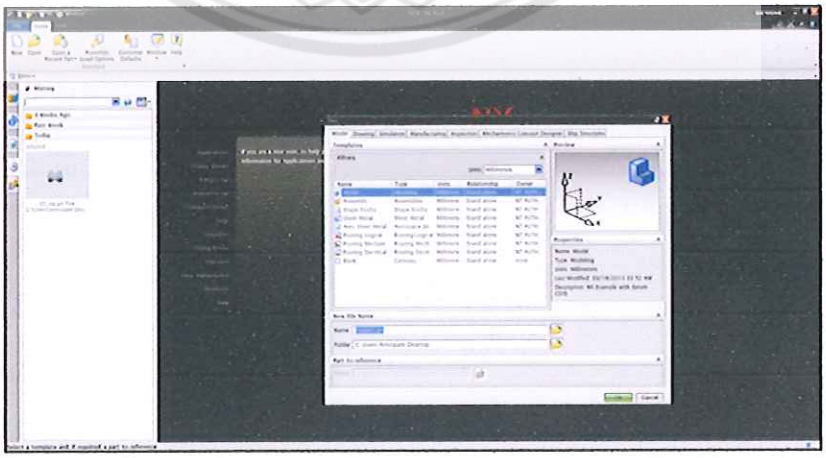
รูปที่ 4.2 ขนาดของข้อเข่าเทียม

ที่มา : http://www.ortho.microport.com/totalknee/physicians

4.2 วาดแบบข้อเข่าเทียมในส่วนของฝาครอบกระดูกต้นขา (Femoral Component)

ทำการวาดแบบข้อเข่าเทียมในส่วนของฝาครอบกระดูกต้นขา (Femoral Component) โดยใช้โปรแกรม NX 7.5

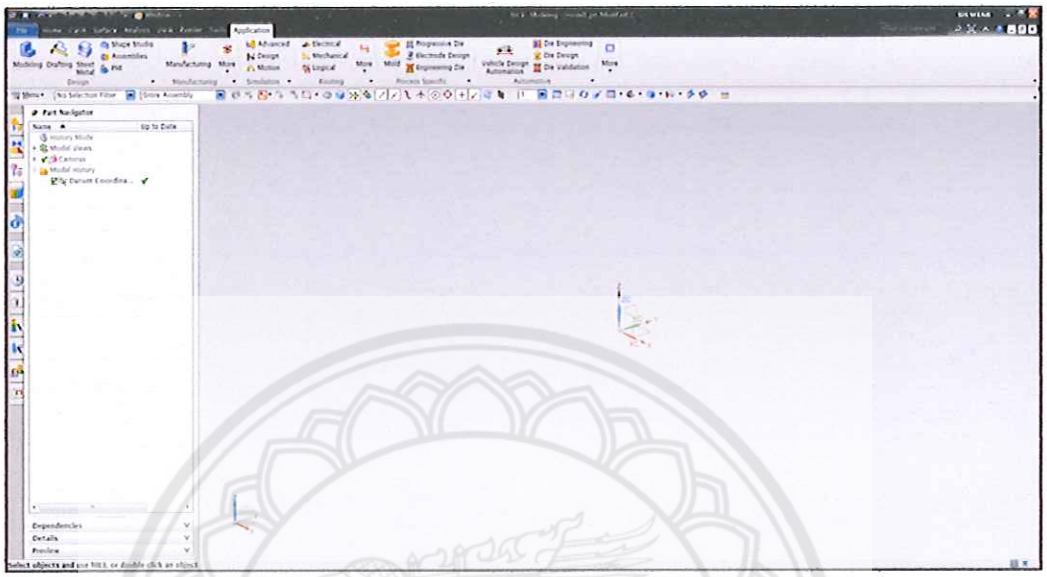
4.2.1 เริ่มต้นด้วยคลิกเลือกไอคอน แล้วตั้งชื่อ File Name เพื่อเริ่มการออกแบบ การสร้างไฟล์ใหม่ของการออกแบบ Solids Model แสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 การสร้างไฟล์ใหม่ของการออกแบบ Solids Model

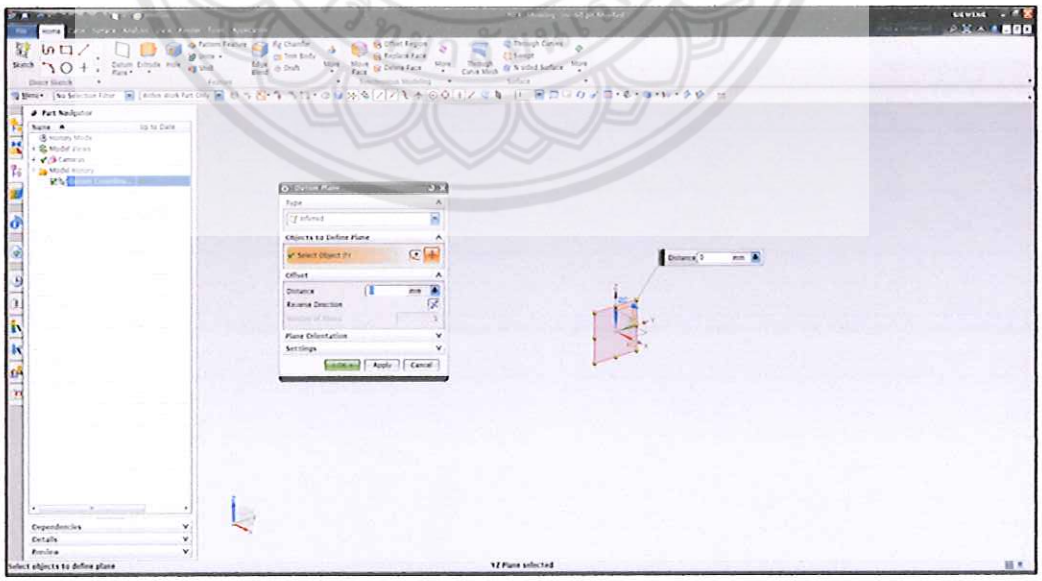
1.6875646

4.2.2 ขั้นตอนการเข้าสู่การออกแบบในโหมด Modeling เพื่อเริ่มการออกแบบไปที่ Application > Modeling หรือกด Ctrl + M ที่คีย์บอร์ด เพื่อเข้าสู่โหมดการทำงานของ Modeling การทำงานในโหมด Modeling แสดงดังรูปที่ 4.4



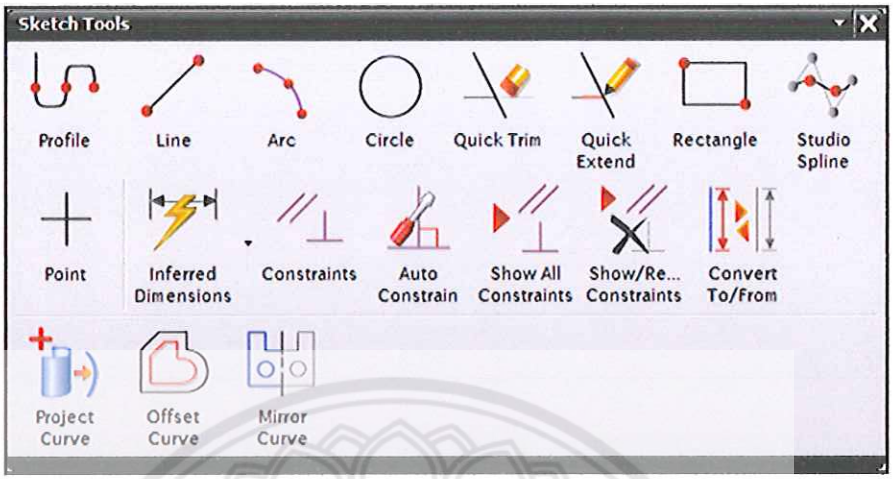
รูปที่ 4.4 การทำงานในโหมด Modeling

4.2.3 เริ่มการออกแบบชิ้นงาน โดยเลือกระนาบ Sketch Plane กดที่ไอคอน เลือกระนาบ XC-ZC > OK การเลือกระนาบอ้างอิงสำหรับการเขียนโปรไฟล์ แสดงดังรูปที่ 4.5



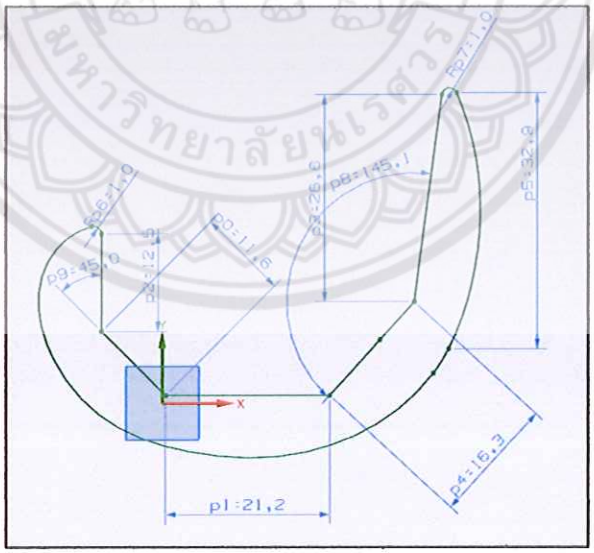
รูปที่ 4.5 การเลือกระนาบอ้างอิงสำหรับการเขียนโปรไฟล์

4.2.4 ขั้นตอนการ Sketch Profile ชิ้นงานโดยการเลือกใช้ชุดคำสั่ง Sketch Tool ในการเขียนโปรไฟล์ Sketch Tool ที่ใช้สำหรับการสร้างโปรไฟล์ แสดงดังรูปที่ 4.6



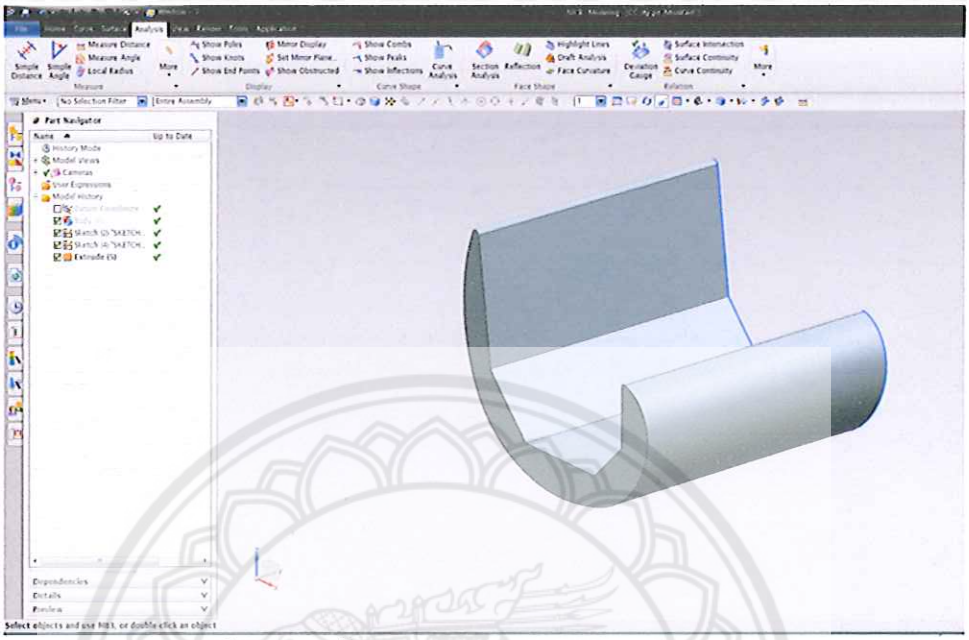
รูปที่ 4.6 Sketch Tool ที่ใช้สำหรับการสร้างโปรไฟล์

4.2.5 ขั้นตอนการ Sketch Profile และการกำหนด Constrain ชิ้นงาน การกำหนด Constrain และ Dimensions ชิ้นงานที่ออกแบบไว้แล้ว ทำได้โดยการคลิกที่ Finish Sketch เพื่อสิ้นสุดการร่างแบบ การ Sketch และการกำหนด Dimensions ชิ้นงาน แสดงดังรูปที่ 4.7



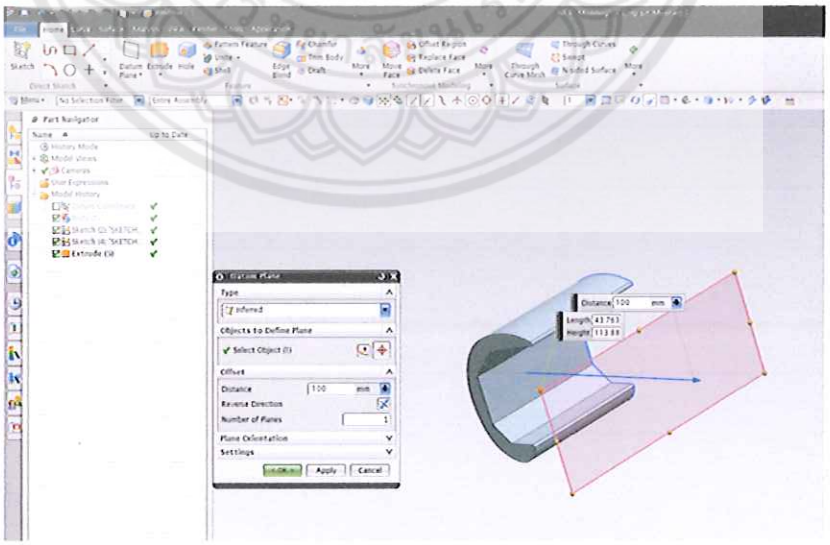
รูปที่ 4.7 การ Sketch และการกำหนด Dimensions ชิ้นงาน

4.2.6 ขั้นตอนการขึ้นรูป Solid Model ไปที่ไอคอน กำหนดความหนา 60 มิลลิเมตร การขึ้นรูป Solid Model ด้วยคำสั่ง Extrude แสดงดังรูปที่ 4.8



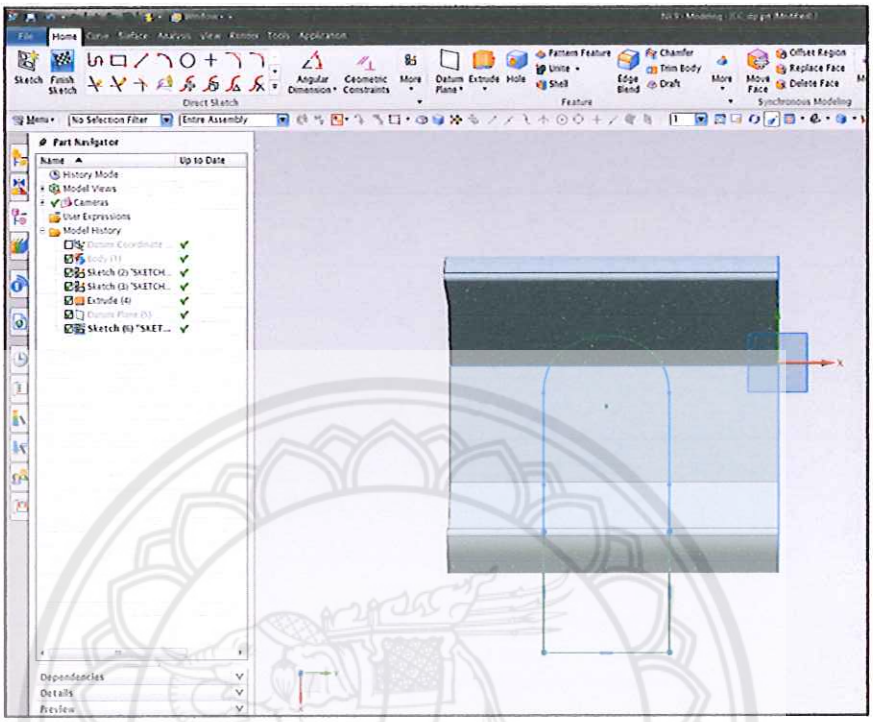
รูปที่ 4.8 การขึ้นรูป Solid Model ด้วยคำสั่ง Extrude

4.2.7 ขั้นตอนการสร้าง Plane โดยทำการ Offset ออกจากผิวของชิ้นงาน**ทางด้านบนตามแนวแกน** Z ระยะ 100 มิลลิเมตร การ Offset Plane แสดงดังรูปที่ 4.9



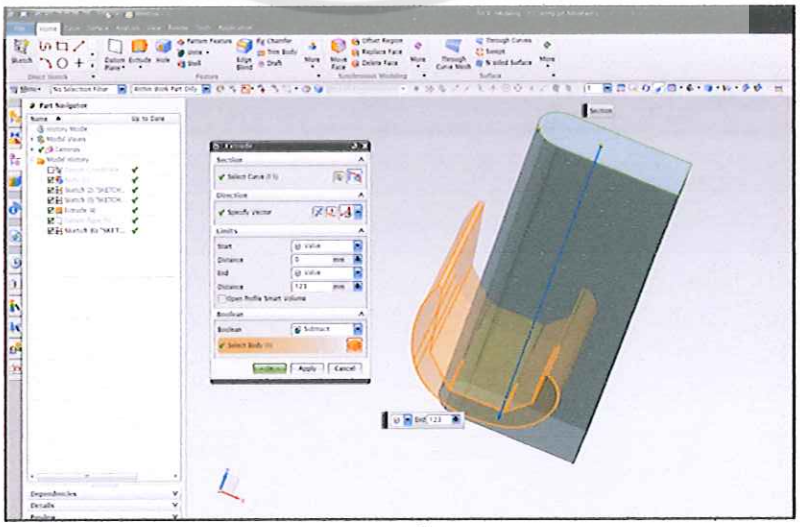
รูปที่ 4.9 การ Offset Plane

4.2.8 ขั้นตอนการใช้คำสั่ง Sketch วาดเส้นบริเวณร่วงของชิ้นงาน การขึ้นรูป Solid Model โดยคำสั่ง Revolve แสดงดังรูปที่ 4.10



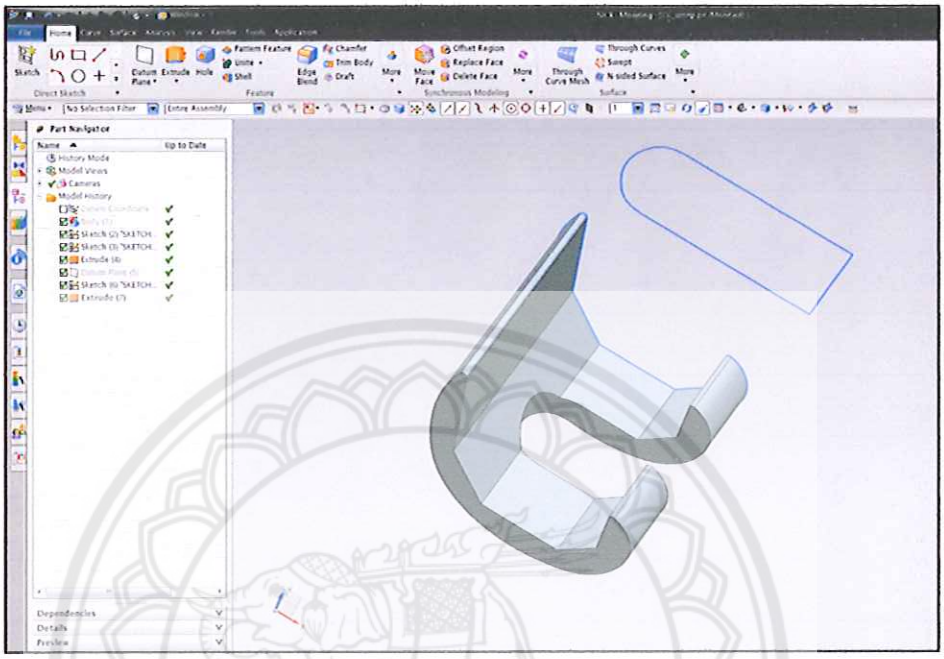
รูปที่ 4.10 การขึ้นรูป Solid Model โดยคำสั่ง Revolve

4.2.9 การสร้างโปรไฟล์ เพื่อสร้าง Solids มาทำการตัดเนื้อ Solids ที่เกิดจากการขึ้นรูป โดยทำการเขียนโปรไฟล์ชิ้นงาน และกำหนด Constrain และ Dimensions ชิ้นงานที่ออกแบบไว้แล้วทำโดยการใช้เครื่องมือบน Sketch Tool แล้วคลิกที่ Finish Sketch เพื่อสิ้นสุดการร่างแบบโปรไฟล์ที่สร้างมาเพื่อการขึ้นรูป Solids มาทำการตัด Solids แสดงดังรูปที่ 4.11



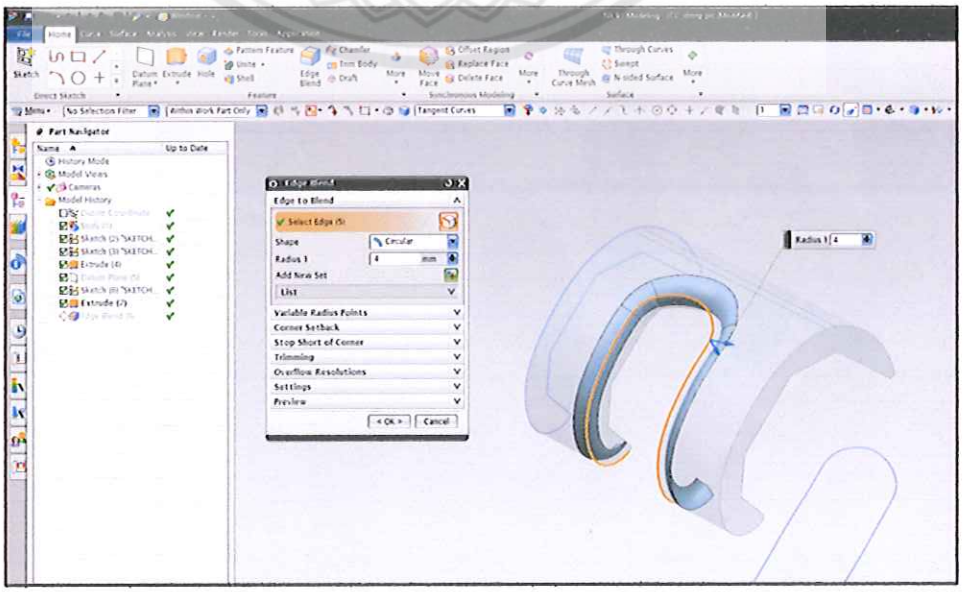
รูปที่ 4.11 โปรไฟล์ที่สร้างมาเพื่อการขึ้นรูป Solids มาทำการตัด Solids

4.2.10 การขึ้นรูป โดยทำการตัดเนื้อ Solid ด้วยคำสั่ง Extrude เลือกเงื่อนไขการขึ้นรูปเป็นแบบ Value โดยกำหนด Boolean Operation ให้เป็นแบบ Subtract การขึ้นรูป Solids ด้วยคำสั่ง Extrude แสดงดังรูปที่ 4.12



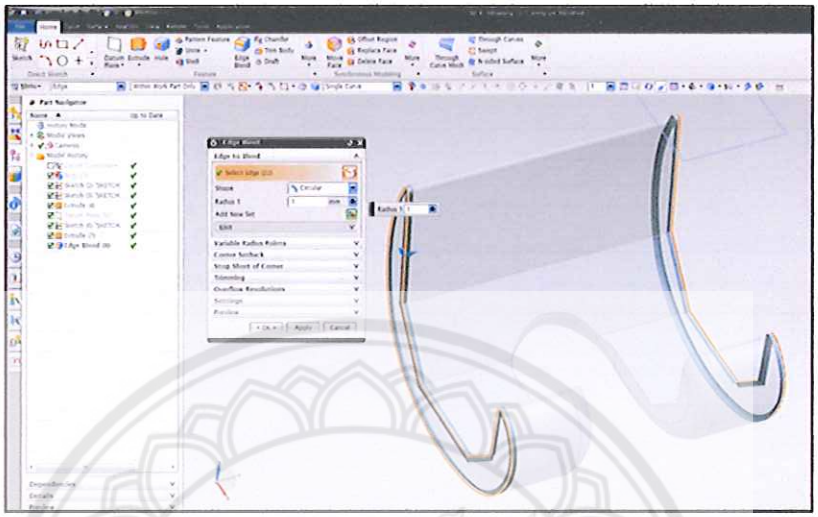
รูปที่ 4.12 การขึ้นรูป Solids ด้วยคำสั่ง Extrude

4.2.11 ทำการใช้งานคำสั่ง Edged Blend เพื่อทำการสร้างผิวรัศมีโค้งให้กับขอบของชิ้นงาน โดยทำการกำหนดค่ารัศมีในการ Blend เท่ากับ 4 มิลลิเมตร และกำหนดขอบในการ Blend การใช้งานคำสั่ง Edged Blend การการมนขอบของชิ้นงาน แสดงดังรูปที่ 4.13



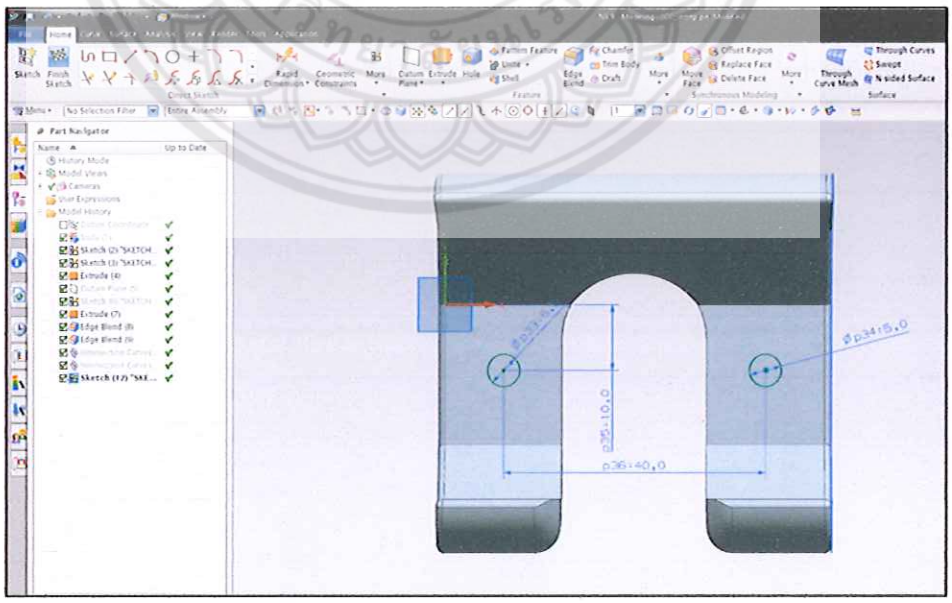
รูปที่ 4.13 การใช้งานคำสั่ง Edged Blend การการมนขอบของชิ้นงาน

4.2.12 ทำการเก็บขอบชิ้นงาน โดยทำการใช้งานคำสั่ง Edge Blend โดยการกำหนดค่า Shape กำหนดเป็นแบบ Circular, Radius กำหนดเป็นค่ารัศมี 1 มิลลิเมตร และทำการเลือกขอบของชิ้นงาน การใช้งานคำสั่ง Edge Blend ในการมนขอบของชิ้นงาน รัศมี 1 มิลลิเมตร แสดงดังรูปที่ 4.14



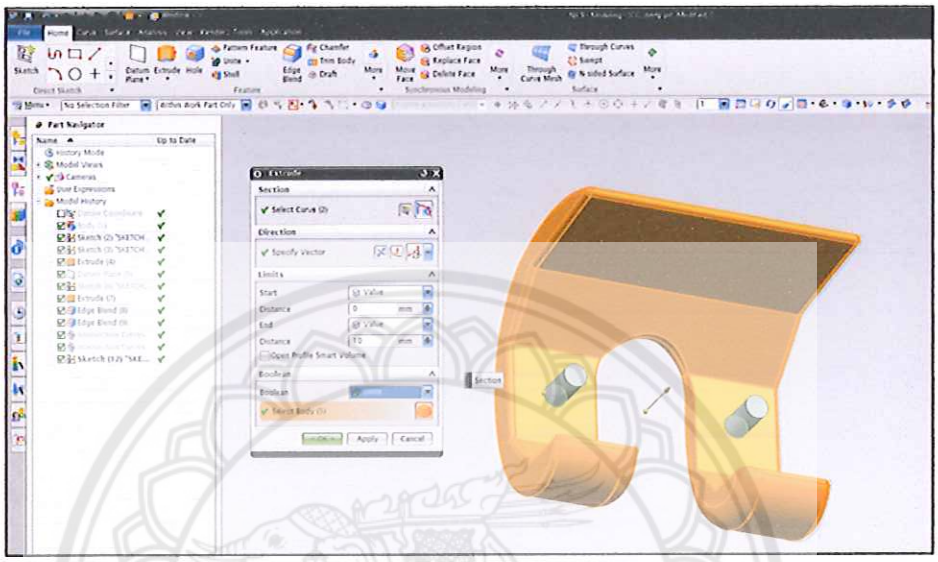
รูปที่ 4.14 การใช้งานคำสั่ง Edge Blend ในการมนขอบของชิ้นงาน รัศมี 1 มิลลิเมตร

4.2.13 ทำการขึ้นรูปในส่วนของเดือย โดยการใช้คำสั่ง Sketch โดยใช้งานคำสั่งสร้างโปรไฟล์วงกลม และกำหนด Dimensions ชิ้นงานที่ออกแบบไว้แล้ว โดยการใช้เครื่องมือบน Sketch Tool แล้วคลิกที่ Finish Sketch เพื่อสิ้นสุดการร่างแบบ การสร้างโปรไฟล์เส้น Sketch แสดงดังรูปที่ 4.15



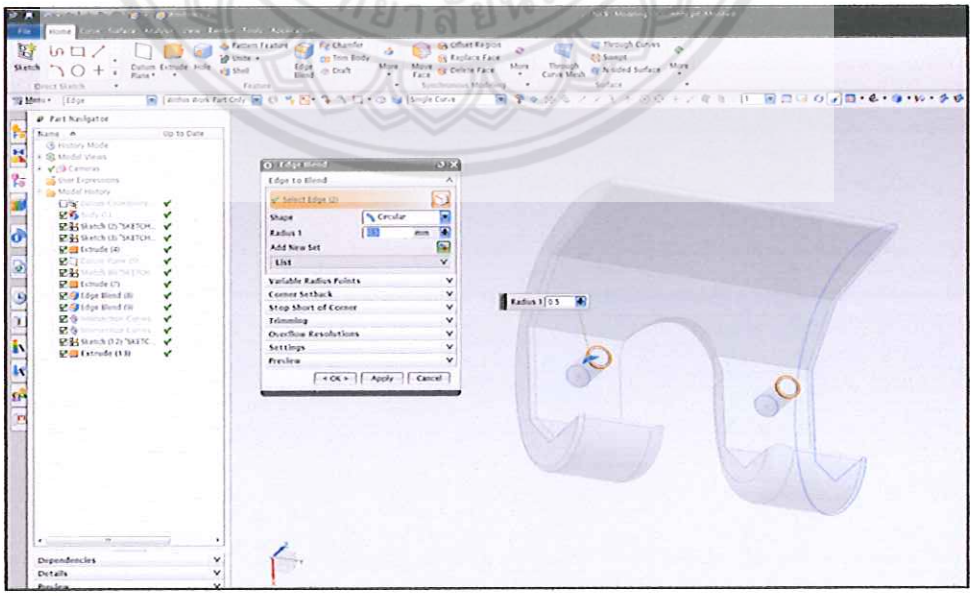
รูปที่ 4.15 การสร้างโปรไฟล์เส้น Sketch

4.2.14 ขั้นตอนการขึ้นรูปในส่วนของเดือย โดยใช้คำสั่ง Extrude ทำการยืดเส้นโปรไฟล์ที่ได้ออกไปตามแนวแกน Z+ เป็นระยะ 10 มิลลิเมตร และทำการกำหนด Boolean Operation เป็นแบบ Unite เพื่อการรวมผิวของชิ้นงานให้เป็นชิ้นเดียวกัน การเขียนโปรไฟล์เพื่อใช้ขึ้นรูปรองรับส่วนประกอบชิ้นงาน แสดงดังรูปที่ 4.16



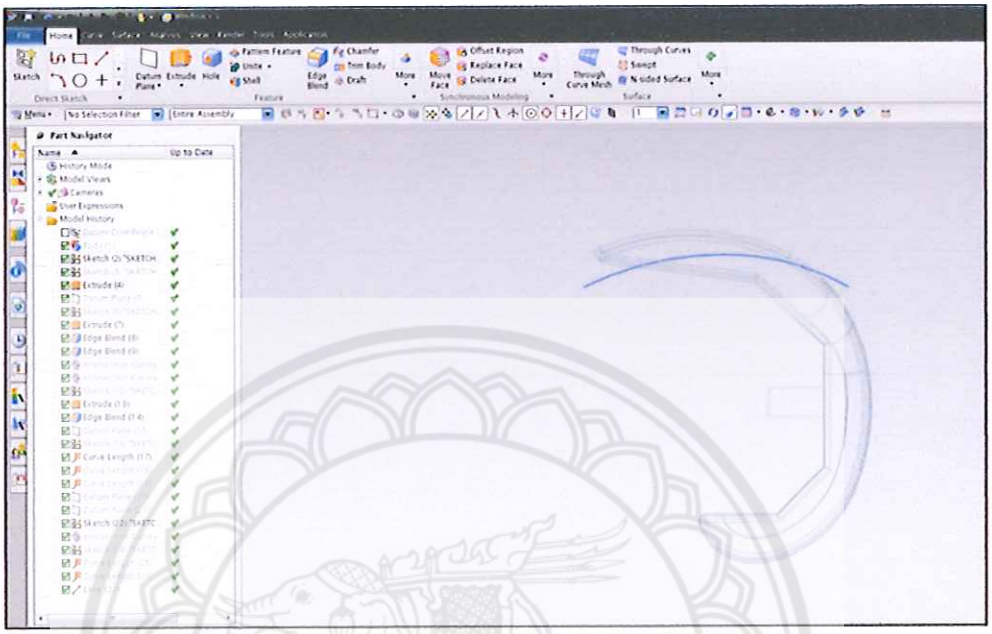
รูปที่ 4.16 แสดงการเขียนโปรไฟล์เพื่อใช้ขึ้นรูปรองรับส่วนประกอบชิ้นงาน

4.2.15 ทำการใช้งานคำสั่ง Edged Blend เลือกเงื่อนไขการขึ้นรูปเป็นแบบ Circular โดยกำหนดรัศมีเป็นระยะ 0.5 มิลลิเมตร การใช้งานคำสั่ง Edged Blend แสดงดังรูปที่ 4.17



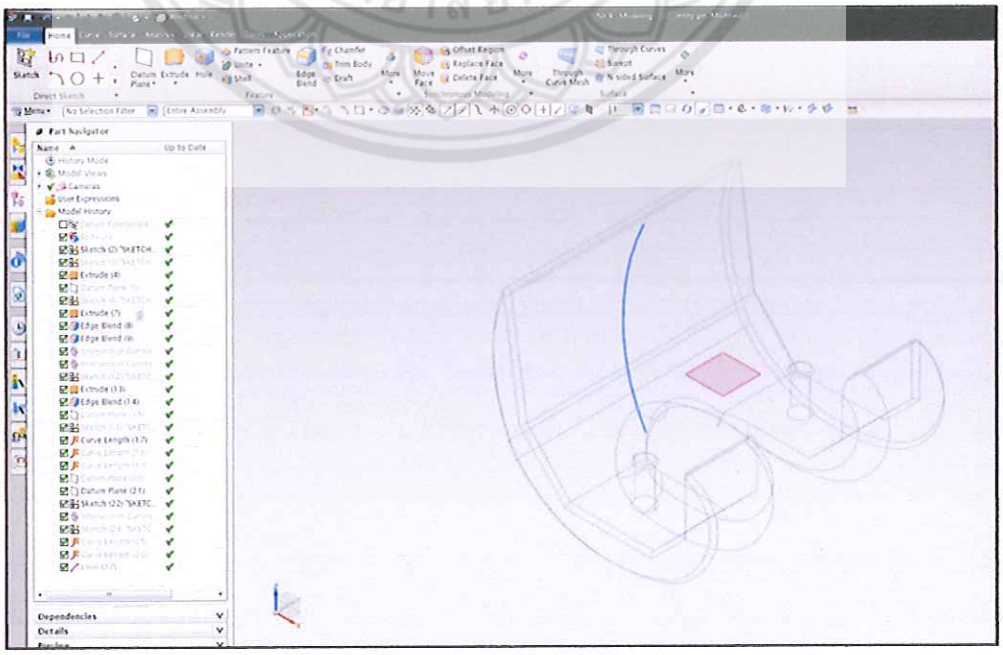
รูปที่ 4.17 การใช้งานคำสั่ง Edged Blend

4.2.16 ทำการสร้างเส้น Guide เพื่อใช้ร่วมกันกับคำสั่ง Swept โดยทำการสร้าง ระนาบ Plane ตามแนวระนาบ XZ และทำการใช้คำสั่ง Sketch ทำการสร้างเส้น Guide การสร้างเส้น Guide Line แสดงดังรูปที่ 4.18



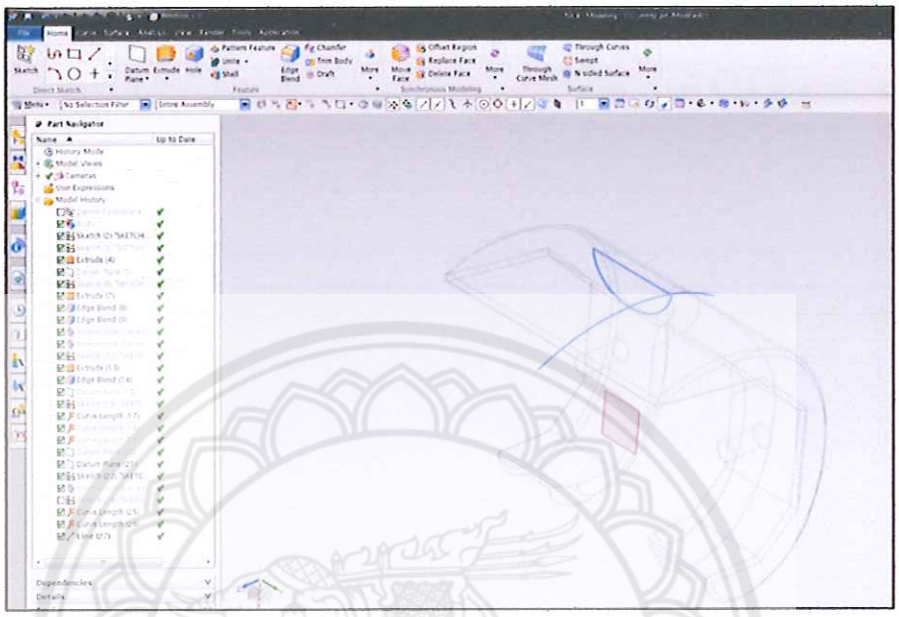
รูปที่ 4.18 การสร้างเส้น Guide Line

4.2.17 จากนั้นทำการสร้าง Plane ตามแนวแกน XY การเขียนโปรไฟล์ในการขึ้นรูปรองรับส่วนประกอบชิ้นงาน แสดงดังรูปที่ 4.19



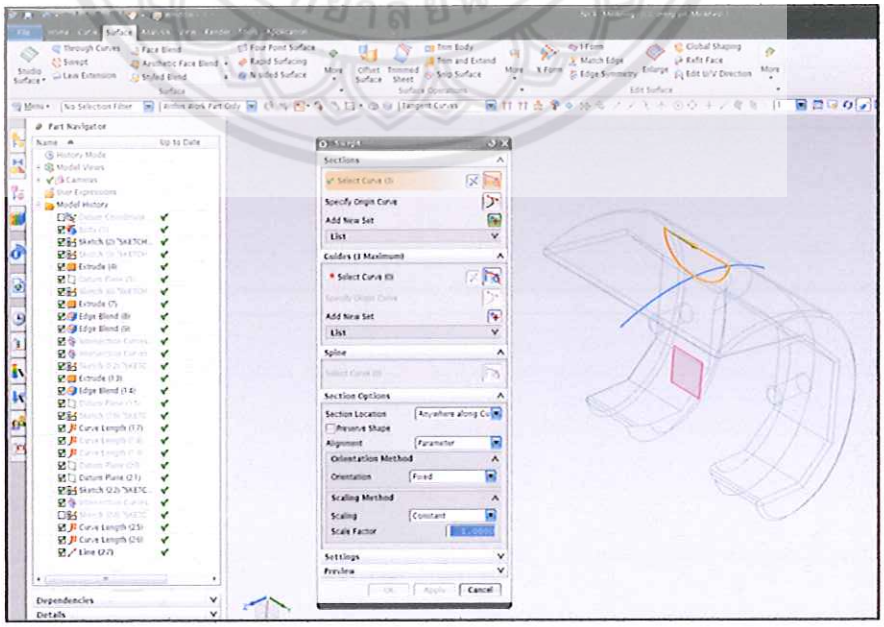
รูปที่ 4.19 การเขียนโปรไฟล์ในการขึ้นรูปรองรับส่วนประกอบชิ้นงาน

4.2.18 ทำการใช้งานคำสั่ง Sketch ทำการสร้างเส้น Section ลงบนระนาบ XY ที่ได้จากในขั้นตอนที่แล้ว และทำการสร้างเส้น Profile การสร้างเส้น Section ลงบน Plane XY แสดงดังรูปที่ 4.20



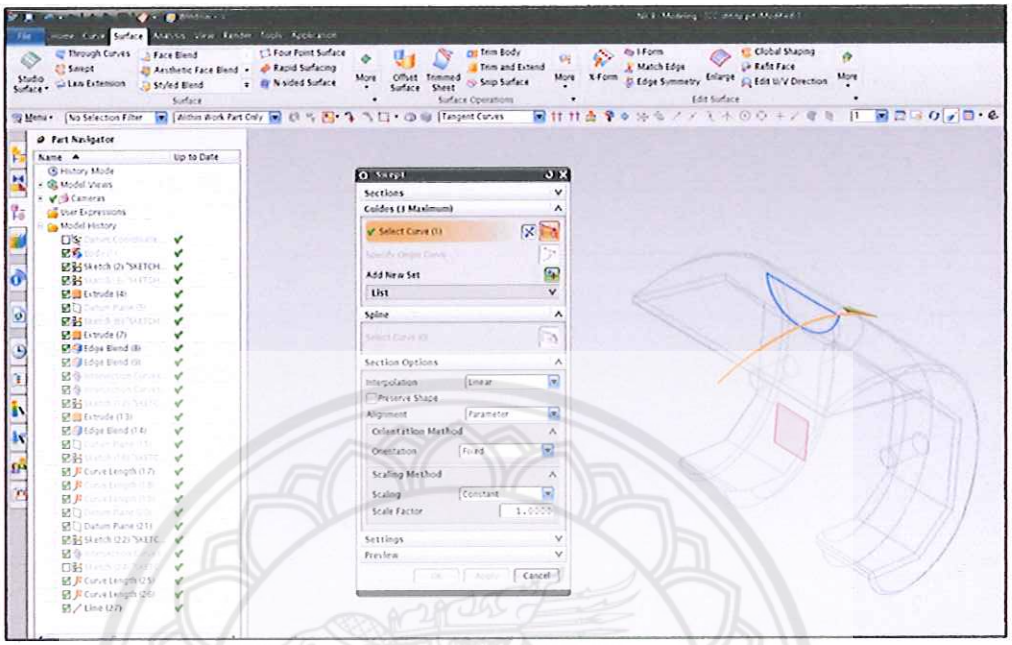
รูปที่ 4.20 การสร้างเส้น Section ลงบน Plane XY

4.2.19 ใช้คำสั่ง Swept โดยทำการกำหนดค่าต่างๆ Section ทำ**การคลิกเลือกเส้นหน้าตัด** การกำหนดเส้น Section แสดงดังรูปที่ 4.21



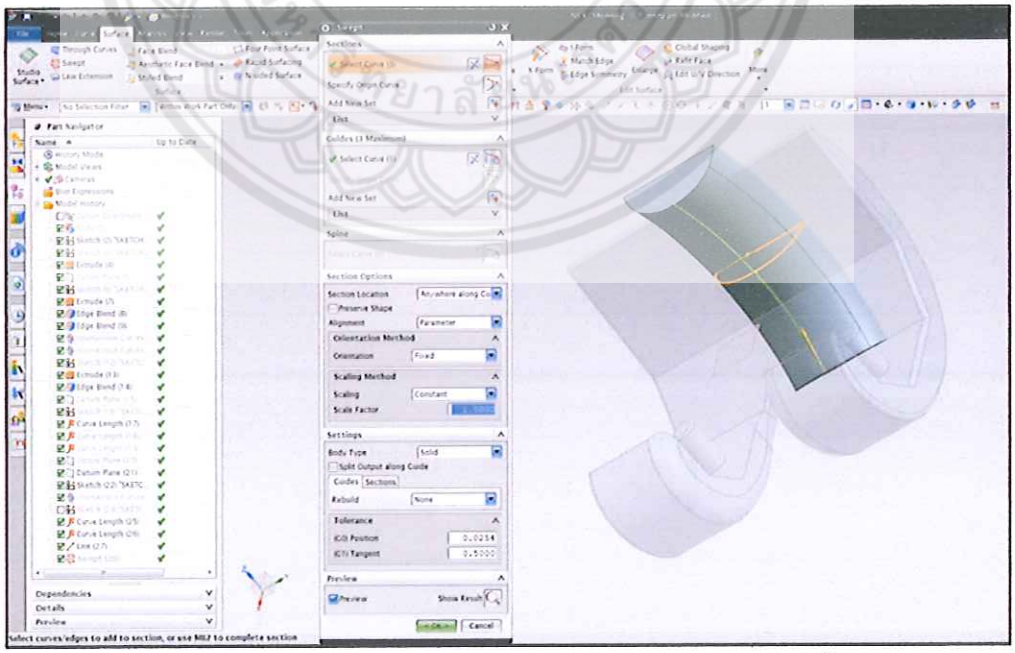
รูปที่ 4.21 การกำหนดเส้น Section

4.2.20 ทำการกำหนดเส้น Guide โดยให้เลือกเส้นที่ได้ทำการ Sketch ไว้แล้วจากขั้นตอนก่อนหน้านี้ การกำหนดเส้น Guide Line แสดงดังรูปที่ 4.22



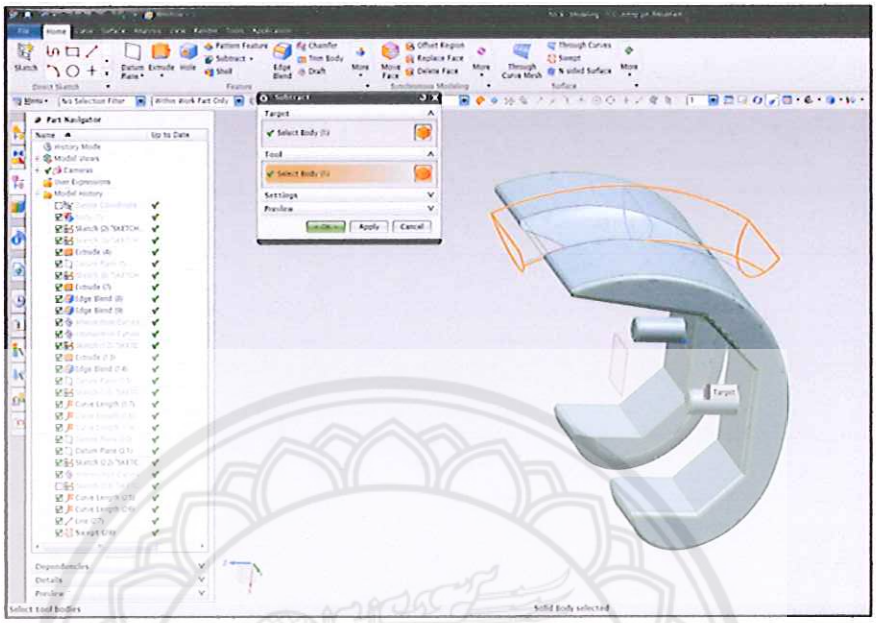
รูปที่ 4.22 การกำหนดเส้น Guide Line

4.2.21 การใช้งานคำสั่ง Swept สร้างรูปทรงบริเวณโค้งของชิ้นงาน แสดงดังรูปที่ 4.23



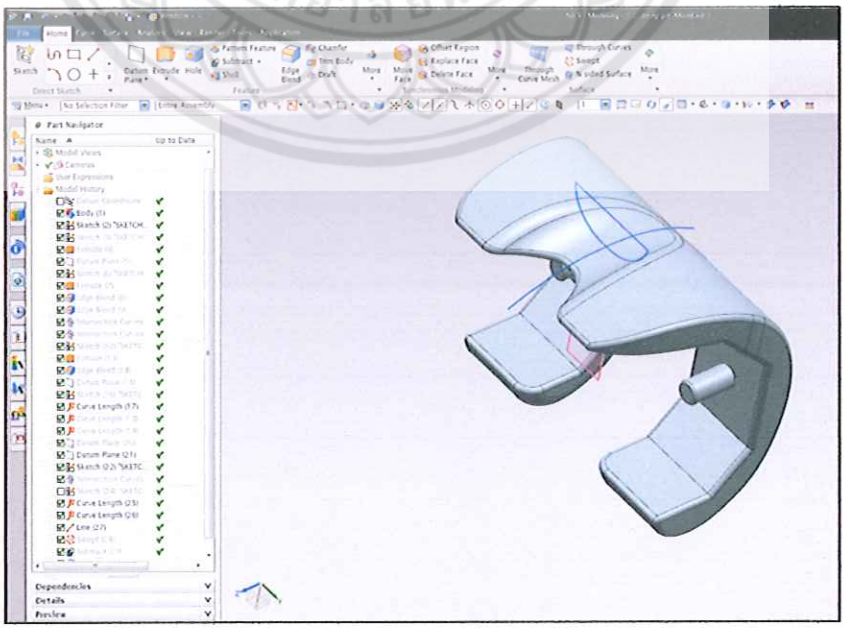
รูปที่ 4.23 การใช้งานคำสั่ง Swept สร้างรูปทรงบริเวณโค้งของชิ้นงาน

4.2.22 ทำการใช้งานคำสั่ง Boolean Operation เป็นแบบ Subtract เพื่อทำการ Cut เนื้อของชิ้นงานออก การใช้งานคำสั่ง Subtract แสดงดังรูปที่ 4.24



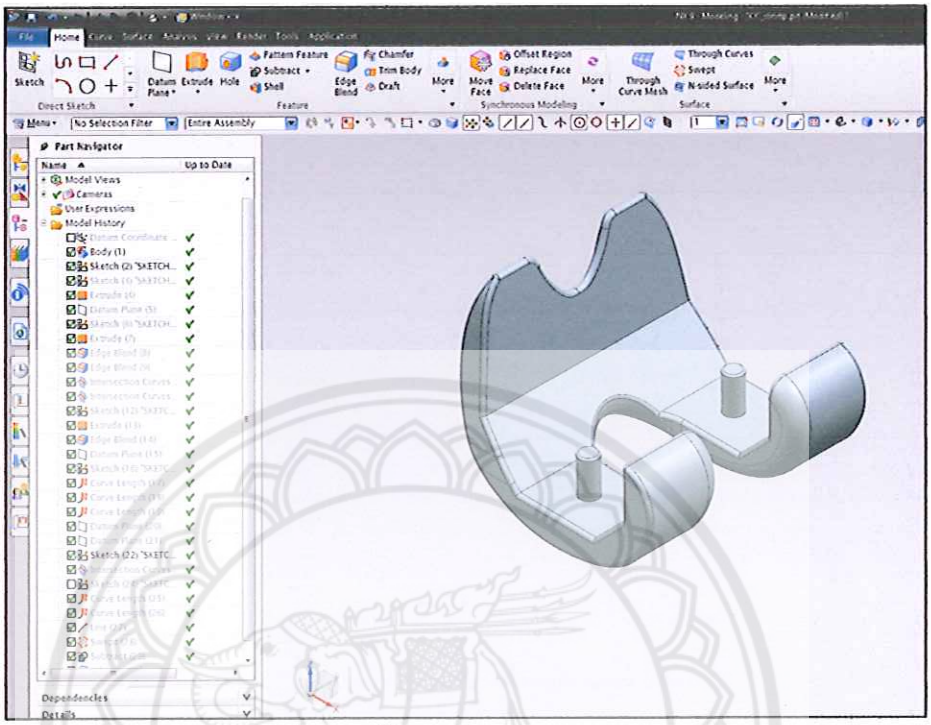
รูปที่ 4.24 การใช้งานคำสั่ง Subtract

4.2.23 ทำการมนขอบของชิ้นงานให้โค้งมน โดยการใช้คำสั่ง Edged Blend เลือกเงื่อนไขการขึ้นรูปเป็นแบบ Circular โดยกำหนดรัศมีเป็นระยะ 4 มิลลิเมตร การใช้งานคำสั่ง Edge Blend แสดงดังรูปที่ 4.25



รูปที่ 4.25 การใช้งานคำสั่ง Edge Blend

4.2.24 ทำการซ่อนเส้นต่างๆ ที่ไม่ได้ใช้งาน ให้เรียบร้อย โดยคลิกที่เส้นเลือกคำสั่ง Hide จะได้ชิ้นงานที่ได้จากการออกแบบ แสดงดังรูปที่ 4.26

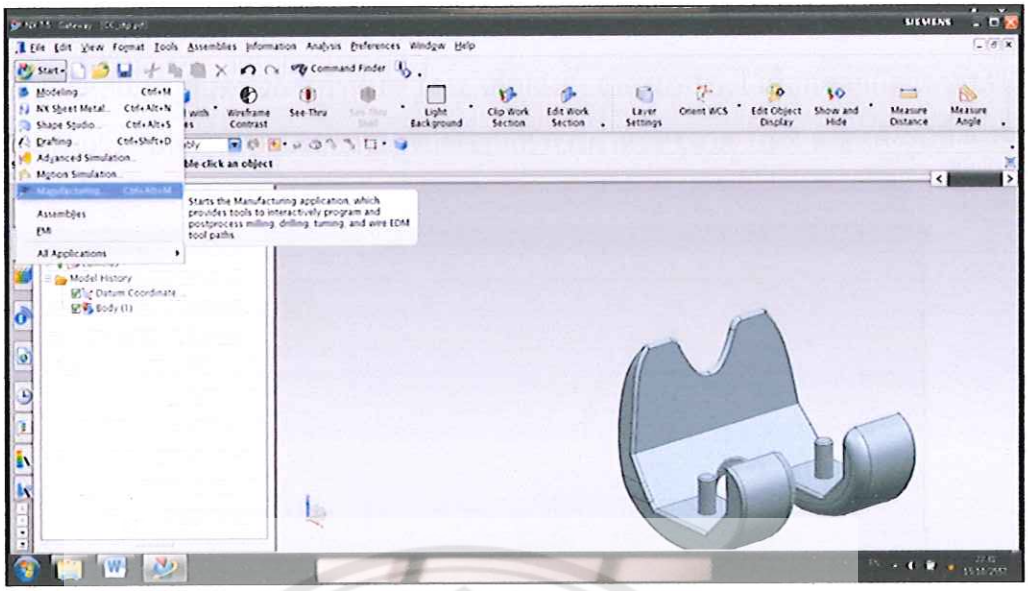


รูปที่ 4.26 ชิ้นงานที่ได้จากการออกแบบ

4.2.25 ทำการ Save File ที่ออกแบบเสร็จแล้วโดยให้นามสกุลของไฟล์เป็น .prt เพื่อใช้ในการทำ CAM

4.3 การใช้โปรแกรม NX 7.5 ในส่วนของ Manufacturing

โดยในส่วนของโปรแกรม NX 7.5 นอกจากจะมีความสามารถในเรื่องของ CAD แล้ว ยังสามารถนำไฟล์ที่ออกแบบเสร็จแล้ว มาทำในส่วนของ Manufacturing ได้ทันที การใช้งานการทำ Manufacturing บนโปรแกรม NX 7.5 แสดงดังรูปที่ 4.27 การทำ CAM ของชิ้นส่วนข้อเข่าเทียมจะแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

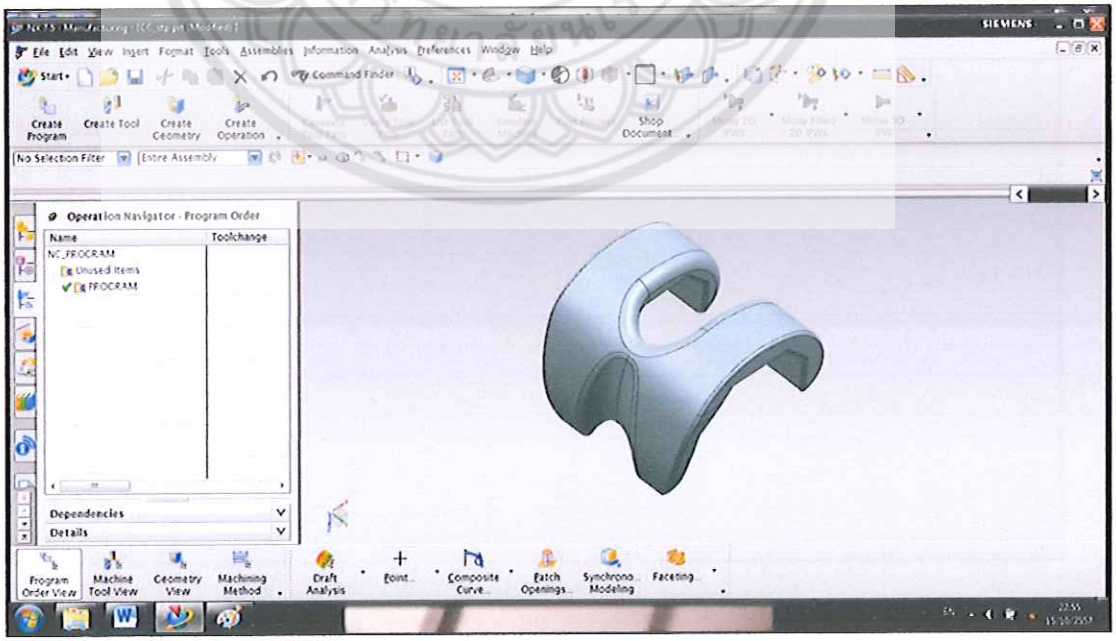


รูปที่ 4.27 การใช้งานการทำ Manufacturing บนโปรแกรม NX 7.5

4.3.1 การทำ CAM ที่บริเวณผิวข้อเข่าเทียมด้านนอก จะแบ่งเป็นการกัด 2 ครั้ง คือ การกัดหยาบ และการกัดละเอียด

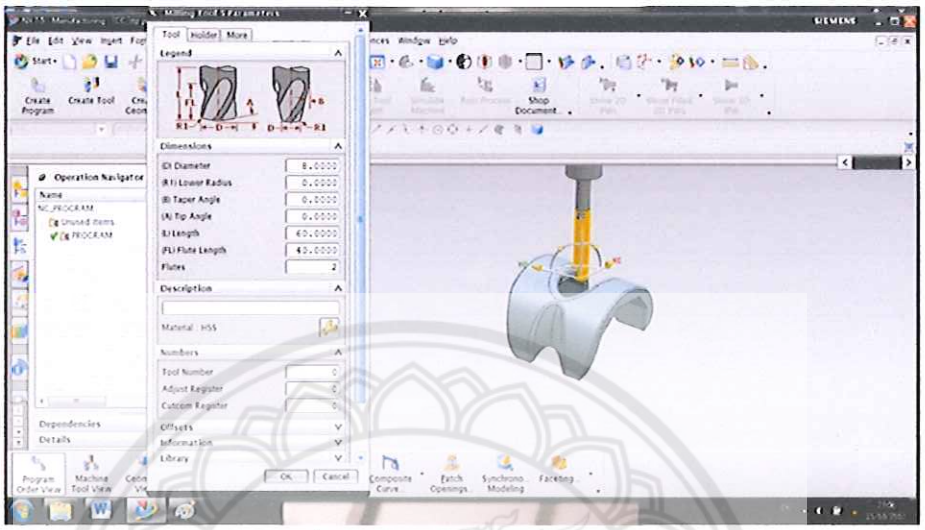
4.3.1.1 เริ่มต้นด้วยการเข้าโหมด Manufacturing ด้วยการกด Ctrl + Alt + M > เลือก Cam General > Mill Contour กด OK

4.3.1.2 ทำการกลับด้านชิ้นงานเพื่อเอาผิวด้านนอกมาไว้ด้านบน การกลับด้านชิ้นงานแสดงดังรูปที่ 4.28



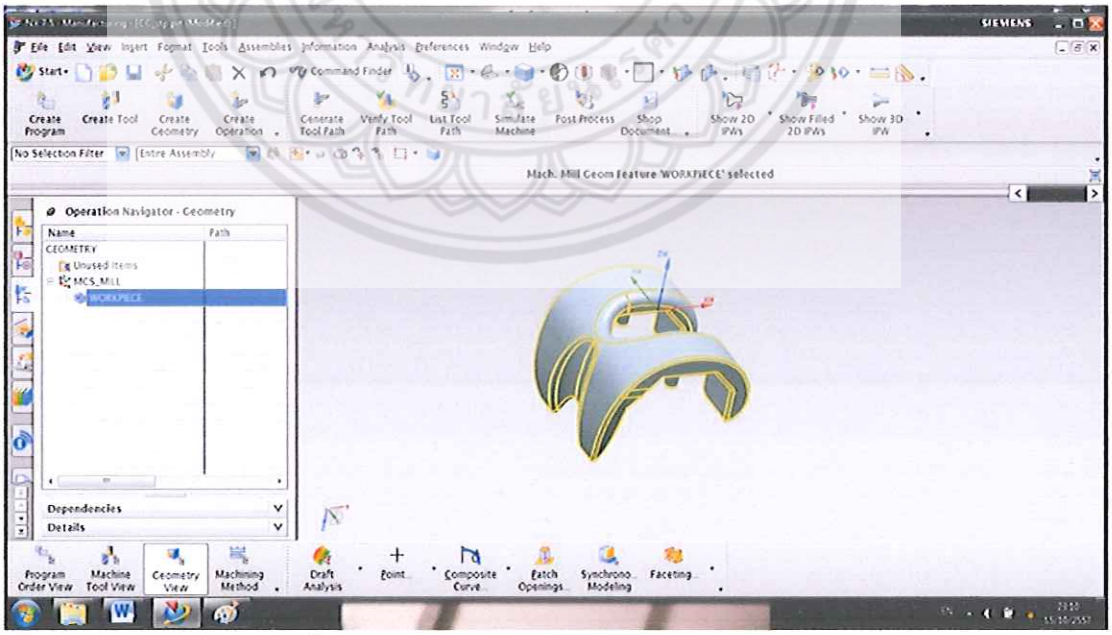
รูปที่ 4.28 การกลับด้านชิ้นงาน

4.3.1.3 ทำการกำหนด Tool ที่ใช้ในการทำ CAM โดยการกัดหยาบจะได้ Tool แบบ Mill ขนาด 8 มิลลิเมตร ขั้นตอนการกำหนด Tool เลือกเมนู Create Tool เลือกดอกกัดแบบ Mill กด OK และทำการกำหนดขนาด Diameter ของดอกกัด การกำหนดขนาด Tool แสดงดังรูปที่ 4.29



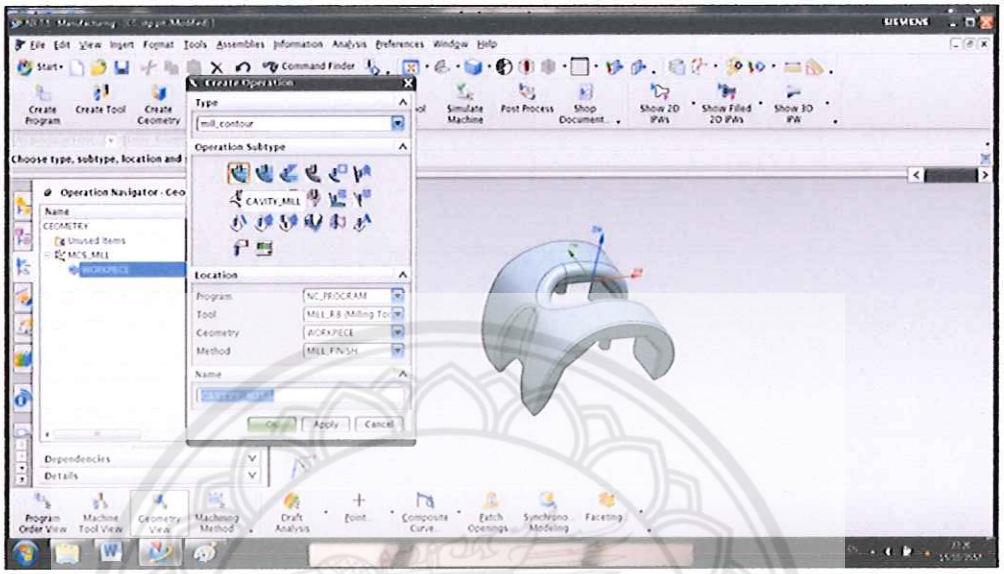
รูปที่ 4.29 การกำหนดขนาด Tool

4.3.1.4 เลือก Geometry View เพื่อทำการกำหนด Work Piece และแกน MCS การกำหนด Work Piece และแกน MCS แสดงดังรูปที่ 4.30



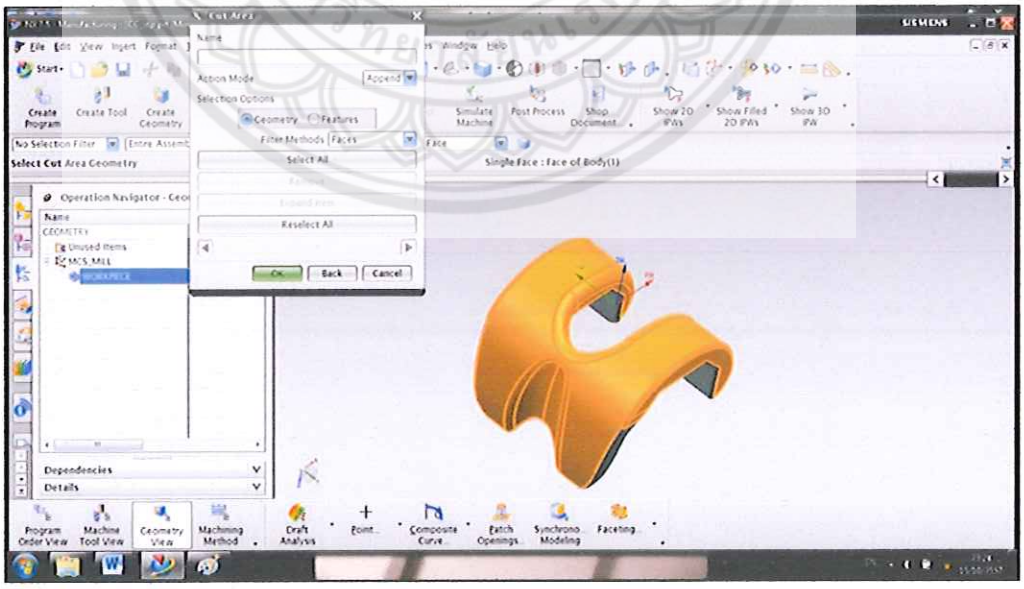
รูปที่ 4.30 การกำหนด Work Piece และแกน MCS

4.3.1.5 คลิกขวาที่ Work Piece > Insert > Operation > Mill Contour > เลือก Operation Subtype เป็นแบบ Cavity Mill เพื่อการกัดชิ้นงานแบบ 3D กด OK การเลือกรูปแบบการทำงาน แสดงดังรูปที่ 4.31



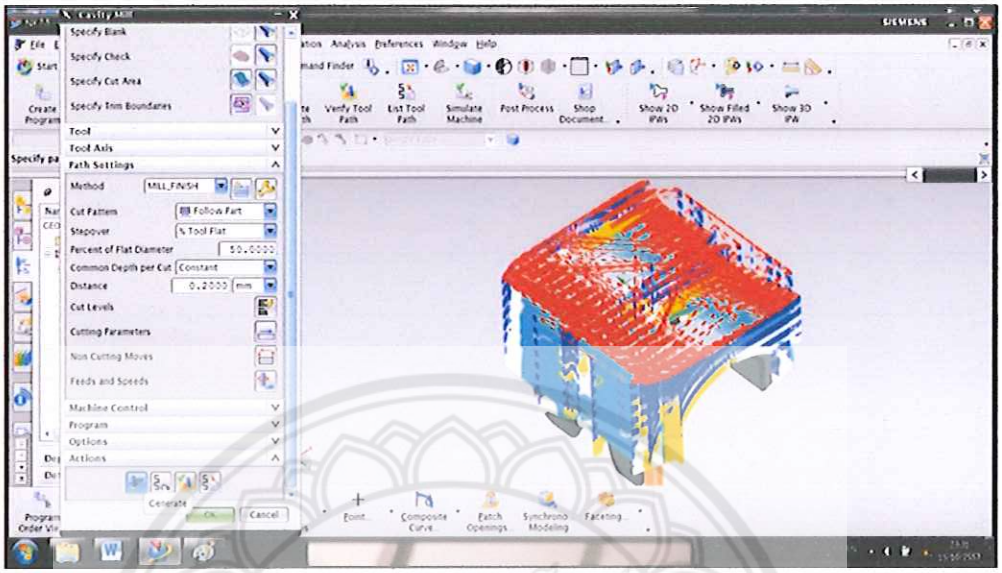
รูปที่ 4.31 การเลือกรูปแบบการทำงาน

4.3.1.6 ทำการกดบริเวณที่จะทำการกัดโดยเลือกที่ Specify Cut Area และทำการเลือกผิวที่จะทำการกัดแล้วกด OK การกำหนด Cut Area แสดงดังรูปที่ 4.32



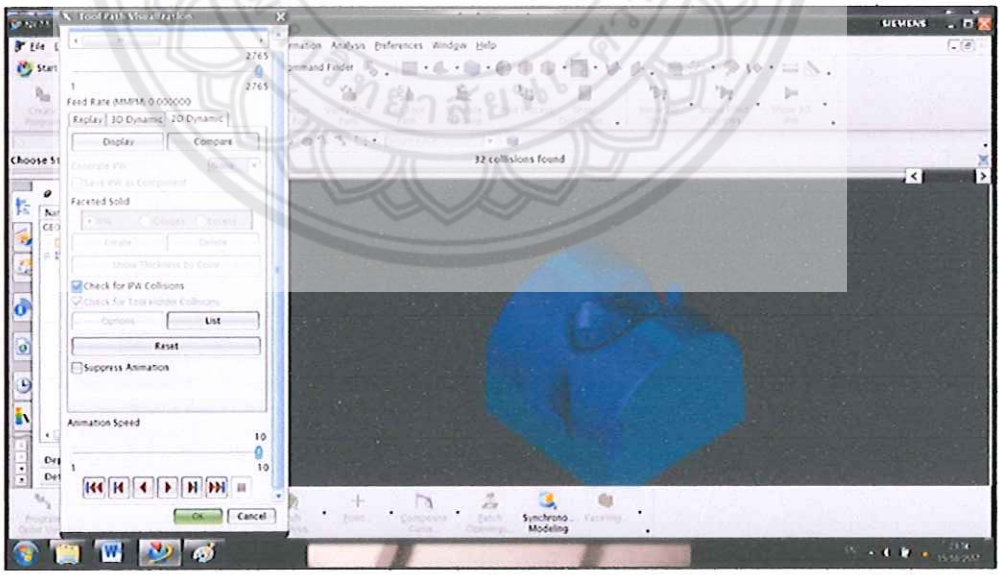
รูปที่ 4.32 การกำหนด Cut Area

4.3.1.7 กำหนด Path Setting โดยให้มีการกัดชิ้นงานลึกทีละ 0.2 มิลลิเมตร หลังจากนั้นเลือกที่ปุ่ม Generate เพื่อทำการดูเส้นทางเดินของมีดกัด ทางเดินมีดกัด แสดงดังรูปที่ 4.33



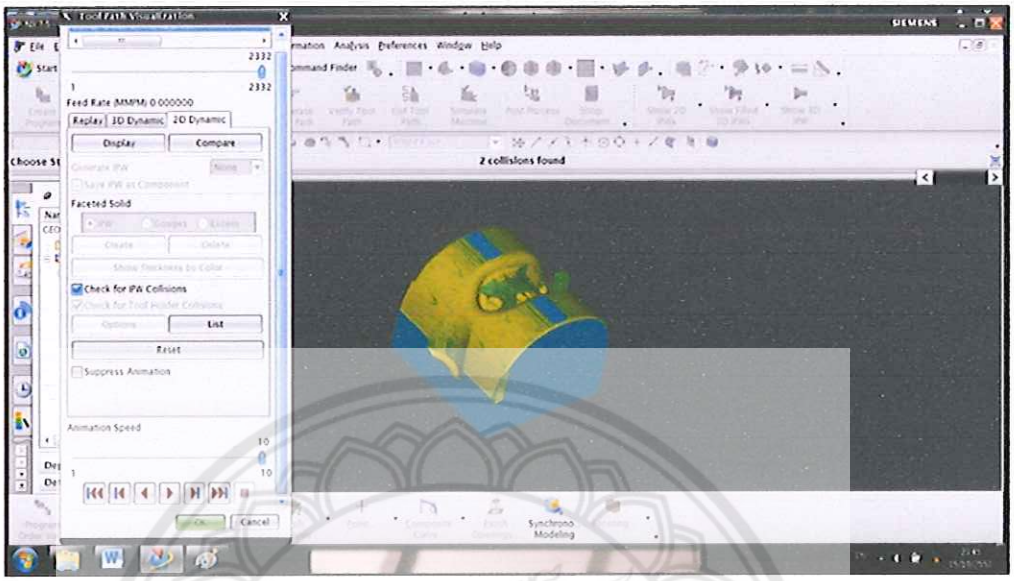
รูปที่ 4.33 ทางเดินมีดกัด

4.3.1.8 เลือก Verify Tool Path เพื่อดูการจำลองการกัดชิ้นงาน ชิ้นงานหลังจากการ Verify Tool Path แสดงดังรูปที่ 4.34



รูปที่ 4.34 ชิ้นงานหลังจากการ Verify Tool Path

4.3.1.9 ทำซ้ำแบบเดิมแต่ทำการเปลี่ยน Tool เป็นแบบ Ball Mill ขนาด 4 มิลลิเมตร เพื่อเป็นการกัดแบบละเอียด ชิ้นงานหลังจากการกัดแบบละเอียด แสดงดังรูปที่ 4.35

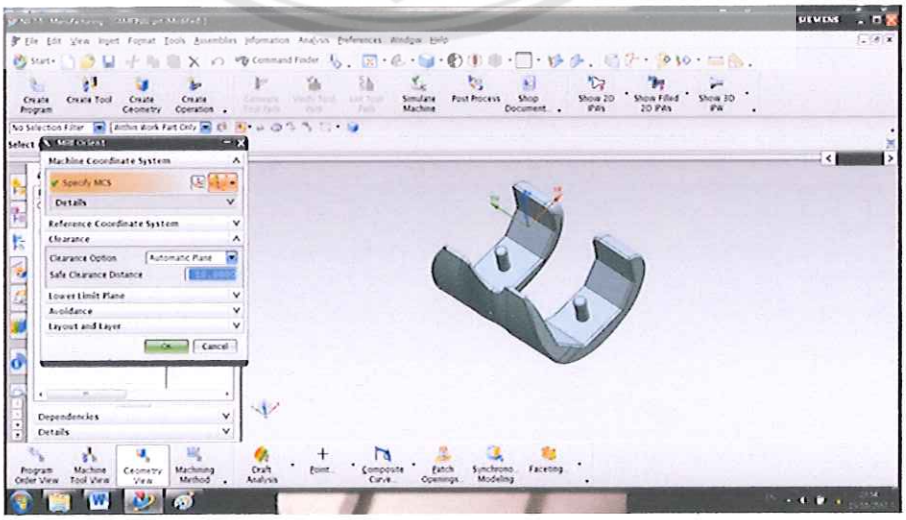


รูปที่ 4.35 ชิ้นงานหลังจากการกัดแบบละเอียด

4.3.2 การทำ CAM ที่บริเวณผิวข้อเข่าเทียมด้านใน จะแบ่งเป็นการกัด 2 ครั้ง คือ การกัดหยาบ และการกัดละเอียด

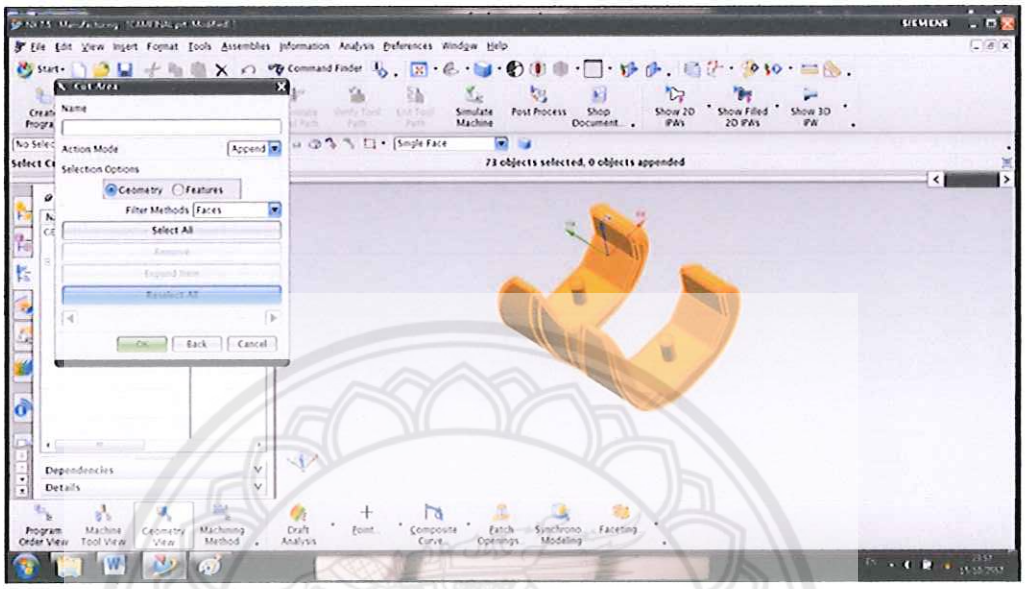
4.3.2.1 เริ่มต้นด้วยการเข้าโหมด Manufacturing ด้วยการกด Ctrl + Alt + M > เลือก Cam General > Mill Contour

4.3.2.2 หลักจากนั้นทำการกลับด้านชิ้นงาน เพื่อเอาผิวในมาไว้ด้านบน**และทำการกำหนดแกน** MCS การกลับด้านชิ้นงาน และกำหนดแกน MCS แสดงดังรูปที่ 4.36



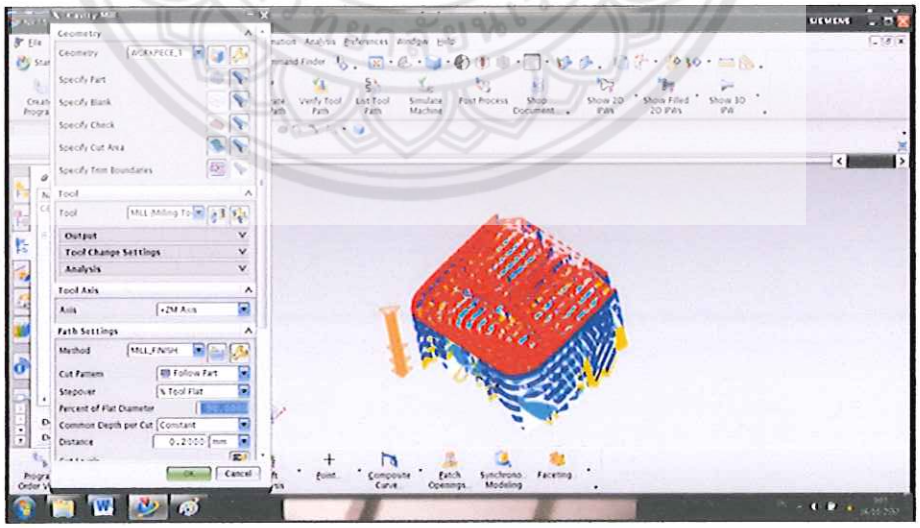
รูปที่ 4.36 การกลับด้านชิ้นงาน และกำหนดแกน MCS

4.3.2.3 ในการกัดผิวของชิ้นงานในส่วนบริเวณด้านใน การกัดครั้งแรกจะกำหนด Tool แบบ Mill ขนาด 8 มิลลิเมตร หลังจากนั้นทำการกำหนดบริเวณที่จะทำการกัด โดยเลือก Specify Cut Area การกำหนด Cut Area แสดงดังรูปที่ 4.37



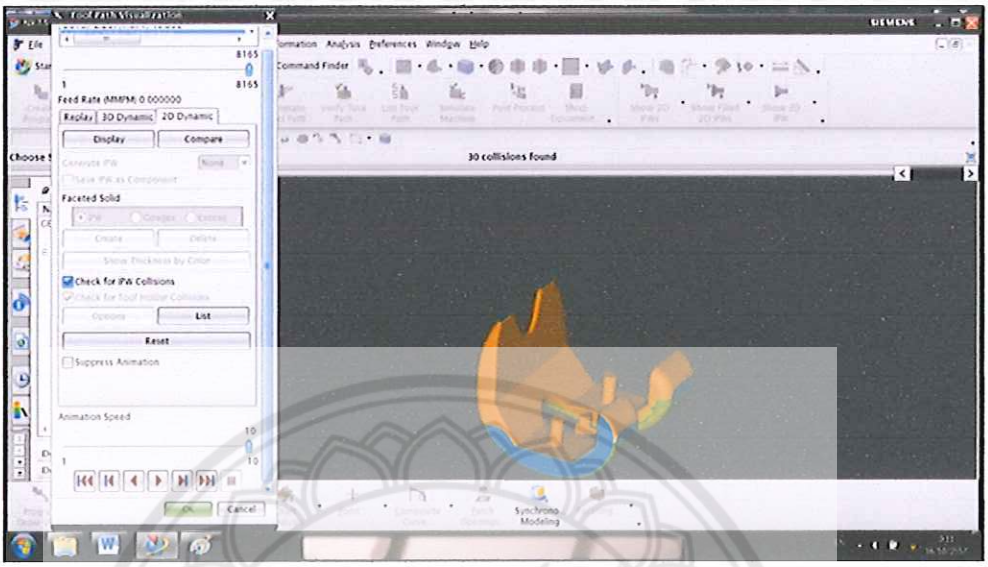
รูปที่ 4.37 การกำหนด Cut Area

4.3.2.4 กำหนด Path Setting โดยให้มีการกัดชิ้นงานลึกทีละ 0.2 มิลลิเมตร หลังจากนั้นเลือกที่ปุ่ม Generate เพื่อทำการดูเส้นทางเดินของมีดกัด ทางเดินมีดกัด แสดงดังรูปที่ 4.38



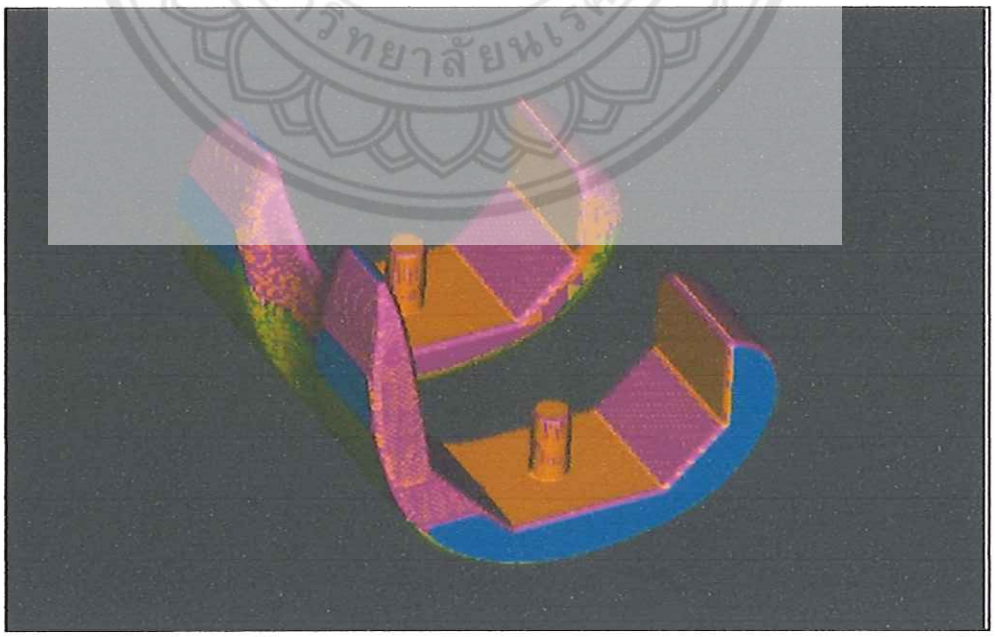
รูปที่ 4.38 ทางเดินมีดกัด

4.3.2.5 เลือก Verify Tool Path เพื่อดูการจำลองการกัดชิ้นงาน ชิ้นงานหลังจากการ Verify Tool Path แสดงดังรูปที่ 4.39



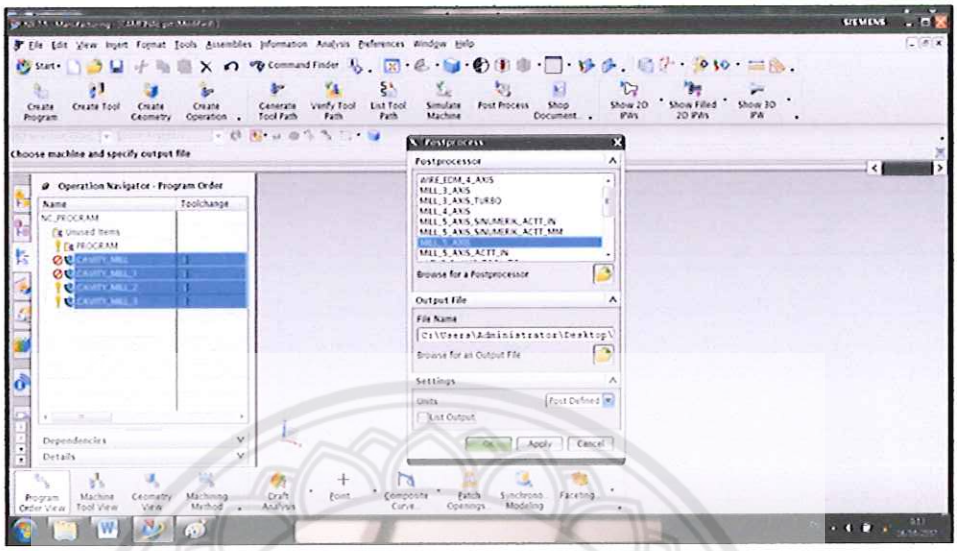
รูปที่ 4.39 ชิ้นงานหลังจากการ Verify Tool Path

4.3.2.6 ทำซ้ำแบบเดิมแต่ทำการเปลี่ยน Tool เป็นแบบ Ball Mill ขนาด 4 มิลลิเมตร เพื่อเป็นการกัดแบบละเอียด ชิ้นงานหลังจาก Verify Tool Path การกัดแบบละเอียด แสดงดังรูปที่ 4.40



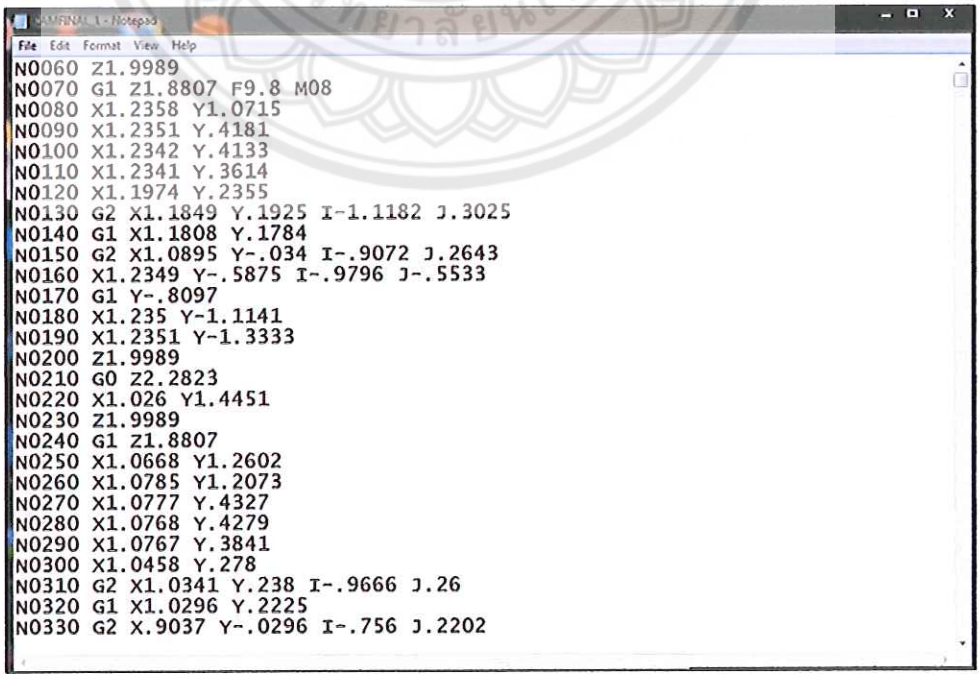
รูปที่ 4.40 ชิ้นงานหลังจาก Verify Tool Path การกัดแบบละเอียด

4.3.2.7 การสร้าง NC Code ทำการเลือก Operation ที่เราสร้างขึ้น และกดที่แถบ Post Process > MILL_5_Axis > OK การทำ Post Process แสดงดังรูปที่ 4.41



รูปที่ 4.41 การทำ Post Process

4.3.2.8 เนื่องจาก Code ที่ได้จากการ Post Process ของโปรแกรม NX 7.5 จะมีจำนวนของทศนิยมจำนวน 4 หลัก ซึ่งเครื่อง HAAS รุ่น VF 1 สามารถอ่านได้เพียง 3 ตำแหน่ง จึงต้องใช้โปรแกรม CIMCO ในการปรับลดจุดทศนิยมให้เหลือ 3 เพื่อให้สามารถใช้งานได้กับเครื่อง CNC NC Code ที่ได้จาก NX 7.5 แสดงดังรูปที่ 4.42



```
File  Edit  Format  View  Help
N0060 Z1.9989
N0070 G1 Z1.8807 F9.8 M08
N0080 X1.2358 Y1.0715
N0090 X1.2351 Y.4181
N0100 X1.2342 Y.4133
N0110 X1.2341 Y.3614
N0120 X1.1974 Y.2355
N0130 G2 X1.1849 Y.1925 I-1.1182 J.3025
N0140 G1 X1.1808 Y.1784
N0150 G2 X1.0895 Y-.034 I-.9072 J.2643
N0160 X1.2349 Y-.5875 I-.9796 J-.5533
N0170 G1 Y-.8097
N0180 X1.235 Y-1.1141
N0190 X1.2351 Y-1.3333
N0200 Z1.9989
N0210 G0 Z2.2823
N0220 X1.026 Y1.4451
N0230 Z1.9989
N0240 G1 Z1.8807
N0250 X1.0668 Y1.2602
N0260 X1.0785 Y1.2073
N0270 X1.0777 Y.4327
N0280 X1.0768 Y.4279
N0290 X1.0767 Y.3841
N0300 X1.0458 Y.278
N0310 G2 X1.0341 Y.238 I-.9666 J.26
N0320 G1 X1.0296 Y.2225
N0330 G2 X.9037 Y-.0296 I-.756 J.2202
```

รูปที่ 4.42 NC Code ที่ได้จาก NX 7.5

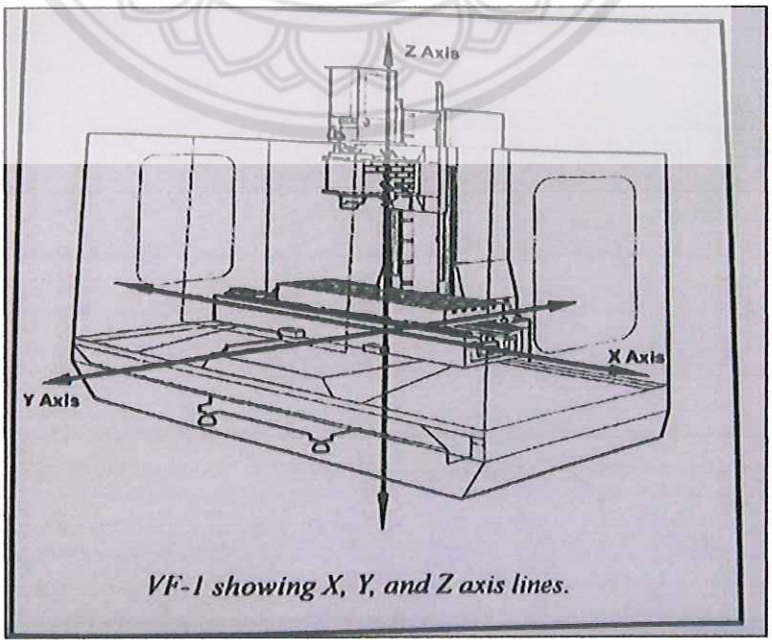
4.4 การศึกษาการใช้งานเครื่องกัด CNC HAAS รุ่น VF1

เครื่องจักร CNC VF Series เป็นเครื่อง CNC แบบ 5 Axis with Rotary Head and Table เครื่องกัด CNC รุ่น HAAS VF1 แสดงดังรูปที่ 4.43

รูปที่ 4.43 เครื่องกัด CNC รุ่น HAAS VF1

4.4.1 การเคลื่อนที่ของแนวแกนของเครื่อง HAAS VF1

เครื่อง HAAS VF1 มีการเคลื่อนที่เป็นไปตามกฎมือขวา หมายถึง การเคลื่อนที่ที่เครื่องมือตัดจะต้องไปตามทิศทางของแกนหลักและหมุนต่างๆ แกนของเครื่องกัด แสดงดังรูปที่ 4.44



รูปที่ 4.44 แกนของเครื่องกัด

4.4.2 ทำการเปิดเครื่อง โดยมีขั้นตอนการเปิด ดังนี้

4.4.2.1 ก่อนเปิดเครื่องให้ทำการเสียบสายลม และเช็คความดันของลม (Air Pressure) ไม่ให้ต่ำหรือสูงกว่าร้อยละ 80

4.4.2.2 เปิด Switch ที่ด้านหลังของเครื่อง

4.4.2.3 กดที่ปุ่ม Power On รอให้เครื่องโหลดข้อมูล และเช็คสภาพเครื่องก่อนแล้วกดที่ปุ่ม Emergency Stop > Reset

4.4.2.4 กดที่ปุ่ม Power Up Restart > เลือก Rapid 25 เพื่อให้ทุกแนวแกนของเครื่อง CNC กลับไปที่จุดศูนย์ของเครื่อง และจำค่าไว้เพื่ออ้างอิงในการทำงาน

4.4.2.5 กดที่ปุ่ม Zero Return > Auto All Axis เพื่อให้เครื่องกลับไปตำแหน่ง Home และเตรียมในการทำงาน

4.4.3 การวอร์มเครื่องก่อนการกัดชิ้นงาน

4.4.3.1 กดที่ปุ่ม MDI DNC เพื่อให้เครื่องเข้าสู่โหมดการเขียนโปรแกรมโดยเฉพาะ

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

4.4.3.3 ใช้เวลาในการวอร์มเครื่องประมาน 15 นาที แล้วกด Stop เพื่อหยุด Spindle

4.4.4 การ Set จุดศูนย์ชิ้นงาน

4.4.4.1 กดที่ปุ่ม POSIT เลือกหน้าจอเป็นระยะการเคลื่อนที่

4.4.4.2 กดที่ปุ่ม PAGE UP or PAGE DOWN จนหน้าจออยู่ในโหมด Operator

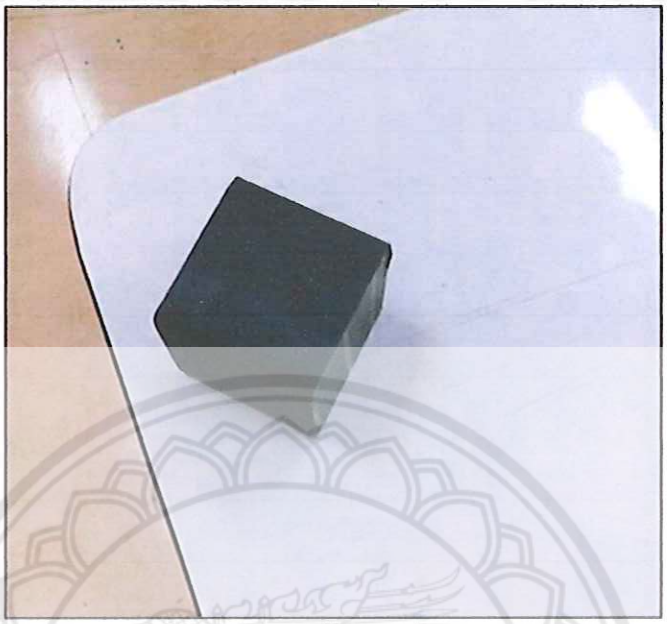
4.4.4.3 กดที่ปุ่ม X > 0 > ORIGIN การ Set ศูนย์ หรือตำแหน่ง Operator Position นี้เป็นจุดอ้างอิงเฉพาะของผู้ทำงานเท่านั้น

4.5 การทดสอบการกัดและการกัดชิ้นงานจริงโดยใช้เครื่องกัด CNC

โดยจะทำการทดสอบการกัด โดยใช้เครื่องจักร CNC รุ่น HAAS VF1 โดยการทดสอบการกัดบนโปรแกรม NX 7.5 และใช้ไม้เป็นวัสดุ ในการทดลองการกัดจนไม่มีข้อผิดพลาดแล้วจึงกัดจริงด้วยไม้เทียม มีขั้นตอนดังนี้

4.5.1 ใช้โปรแกรม NX 7.5 ในการออกแบบข้อเข่าเทียม ในส่วนของ Femoral Component และใช้โปรแกรม NX 7.5 ในโหมด Manufacturing ในการจำลองการกัดจะได้ NC Code

4.5.2 นำ NC Code ที่ได้ใส่ลงบนแผ่น 3.5 floppy (A:) แล้วนำไปใส่ในเครื่องกัด CNC โดยใช้ไม้เทียมเป็นวัสดุในการทำต้นแบบ ชิ้นงานเริ่มต้น แสดงดังรูปที่ 4.45



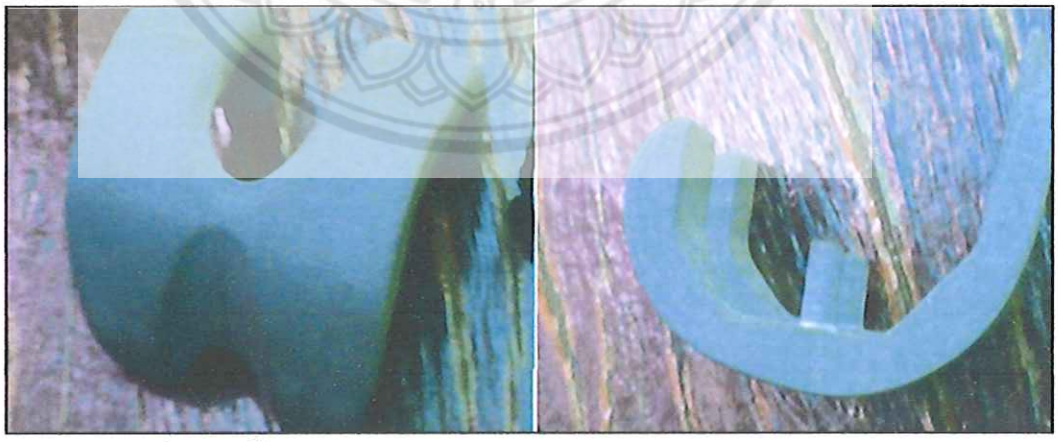
รูปที่ 4.45 ชิ้นงานเริ่มต้น

4.5.3 ระหว่างที่เครื่องกัด CNC ทำงานต้องคอยตรวจสอบการทำงานของเครื่องกัด CNC อยู่ตลอด เนื่องจากอาจเกิดการทำงานผิดพลาดได้อยู่ตลอดเวลา การติดตั้งชิ้นงานก่อนทำการกัดชิ้นงาน แสดงดังรูปที่ 4.46 และก้อนชิ้นงานที่ติดตั้งแล้ว แสดงดังรูปที่ 4.47

รูปที่ 4.46 การติดตั้งชิ้นงานก่อนทำการกัดชิ้นงาน

รูปที่ 4.47 ก้อนชิ้นงานที่ติดตั้งแล้ว

4.5.4 หลังจากเครื่องทำงานเสร็จก็จะได้ชิ้นงานต้นแบบข้อเข่าเทียมในส่วนของ Femoral Component แสดงดังรูปที่ 4.48

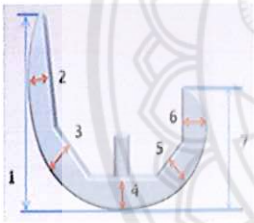


รูปที่ 4.48 ชิ้นงานต้นแบบข้อเข่าเทียมในส่วนของ Femoral Component

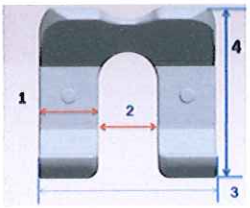
4.6 การเปรียบเทียบต้นแบบข้อเข่าเทียมกับชิ้นงานที่ได้

โดยจะทำการเปรียบเทียบ จากชิ้นงานที่ได้จากการกัดจริงกับต้นแบบที่ได้จากการเขียน CAD เพื่อแสดงความคลาดเคลื่อนโดยใช้เครื่องมือวัด คือ เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ชนิดความละเอียด 0.02 มิลลิเมตร โดยมีการเปรียบเทียบความสูงและความหนาของชิ้นงานในแต่ละจุด แสดงดังตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบความกว้างและความยาวในแต่ละจุดของชิ้นงาน แสดงดังตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางของเดือย แสดงดังตารางที่ 4.3 และการเปรียบเทียบความยาวของส่วนเว้า แสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบความสูงและความหนาของชิ้นงานในแต่ละจุด

ชิ้นงานจากการเขียน CAD	ชิ้นงานจริง	ระยะที่วัดได้ (มิลลิเมตร)			ร้อยละความคลาดเคลื่อน
			ชิ้นงาน CAD	ชิ้นงานจริง	
		1	47.50	47.40	0.21
		2	8.10	7.60	6.17
		3	8.10	8.20	1.23
		4	8.00	7.60	5.00
		5	8.10	7.90	2.46
		6	8.10	8.10 .	0.00
		7	29.70	29.60	0.33

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบความกว้างและความยาวในแต่ละจุดของชิ้นงาน

ชิ้นงานจากการเขียน CAD	ชิ้นงานจริง	ระยะที่วัดได้ (มิลลิเมตร)			ร้อยละความคลาดเคลื่อน
			ชิ้นงาน CAD	ชิ้นงานจริง	
		1	20.00	20.00	0.00
		2	20.00	19.80	1.00
		3	60.00	60.20	0.33
		4	57.00	57.80	1.40

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางของเดือย

ชิ้นงานจากการเขียน CAD	ชิ้นงานจริง	ระยะที่วัดได้ (มิลลิเมตร)			ร้อยละความคลาดเคลื่อน
			ชิ้นงาน CAD	ชิ้นงานจริง	
(ฝั่งซ้าย)		1	5.00	4.80	4.00
		2	10.00	9.40	6.00
(ฝั่งขวา)		1	5.00	4.70	6.00
		2	10.00	9.70	3.00

ตารางที่ 4.4 การเปรียบเทียบความยาวของส่วนเว้า

ชิ้นงานจากการเขียน CAD	ชิ้นงานจริง	ระยะที่วัดได้ (มม.)			ร้อยละความคลาดเคลื่อน
			ชิ้นงาน CAD	ชิ้นงานจริง	
		1	25.02	25.70	2.72

ร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยโดยรวมจากการออกแบบ คือ ร้อยละ 2.49

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงงาน

ในการทำต้นแบบข้อเข่าเทียม ในส่วนของฝาครอบกระดูกต้นขา (Femoral Component) โดยใช้โปรแกรม NX 7.5 เข้ามาช่วยในส่วนของการออกแบบ (CAD) การจำลองการกัดชิ้นงาน และการทำ NC Code ออกมา (CAM) และใช้เครื่องกัด CNC HAAS รุ่น VF 1 แบบ 5 แนวแกน ในการกัดชิ้นงานต้นแบบ จากผลการศึกษา พบว่า ชิ้นงานต้นแบบในส่วนของฝาครอบกระดูกต้นขา (Femoral Component) มีขนาดและรูปร่างตามที่ออกแบบไว้ โดยมีร้อยละความคลาดเคลื่อนโดยรวมเฉลี่ย คือ ร้อยละ 2.49 พบว่า ข้อผิดพลาดเกิดจากในขั้นตอนของการกัดชิ้นงาน และการลดทศนิยม ในส่วนของ NC Code ที่ได้จากโปรแกรม NX 7.5 ให้เหลือ 3 ตำแหน่งจากเดิม 4 ตำแหน่ง

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทำโครงงานเทคโนโลยี CNC 5 แนวแกน ในการสร้างต้นแบบข้อเข่าเทียม ทางคณะผู้จัดทำมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

5.2.1 ปัจจุบันมีเทคโนโลยีที่เรียกกว่า 3D Scanning และ 3D Printing ซึ่งสามารถใช้ทดแทนกันได้ เพื่อเป็นการประหยัดเวลา และลดการเกิดข้อผิดพลาดในส่วนของขั้นตอนการทำงาน CAD/CAM

5.2.2 เพื่อลดข้อผิดพลาดในการดำเนินงานสามารถใช้ไฟล์ .stl ที่ได้จากโปรแกรม Mimics มาใช้ร่วมกับโปรแกรม NX 7.5 ได้ เพื่อลดข้อผิดพลาดที่เกิดจากการออกแบบ (CAD) และยังช่วยลดเวลาในการดำเนินงานอีกด้วย

5.2.3 ควรเตรียมเครื่องมือวัดที่มีความละเอียด และเที่ยงตรง เช่น เวอร์เนียคาลิปเปอร์ความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร ใช้ในการวัดขนาดของชิ้นงาน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของขนาดชิ้นงานโดยละเอียดได้

เอกสารอ้างอิง

จารุวรรณ เรือนแปง และศิริพร คุ้มยิ้ม. **การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ (CAD) และการผลิต (CAM) สำหรับการผลิตป้ายชื่อคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ.** ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2548.

ณัฐพล วงศ์วิริยชาติ และสร้างสรรค์ เจริญมายุ. **การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบและการผลิตสำหรับเครื่องกัดแนวดิ่ง CNC แบบ 5 แกน.** ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2545.

ปุณวุฒิ เสนาะดนตรี และคณะ. (2554). **คู่มือการใช้งาน NX 7.5 ออกแบบงาน 3 มิติ ทางด้านวิศวกรรม.** กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ เอส.ซี.พี บุ๊คส์ จำกัด.

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

พลากร สุภาพ และคณะ. การพัฒนาโปรแกรมออกแบบ Unigraphics สำหรับเครื่องกัดแนวดิ่ง 5 แนวแกน. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 สิงหาคม 2555.

วิทยา สงวนวรรณ และภูวนัย สงวนวรรณ. (2554). NX WORKSHOP. กรุงเทพมหานคร : เอส.ซี.พี บุ๊คส์ จำกัด.

สุวิพงษ์ เหมะธุลิน และสุรสิทธิ์ ปียะศิลป์. การออกแบบข้อเข่าเทียมให้เหมาะสมกับกายวิภาคคนไทย. สืบค้นเมื่อวันที่ 27 กันยายน 2555, จาก http://mechatronics.ptwit.ac.th/seksan/menett25/AMM./AMM.14.pdf

สวิส ฉิมเกื้อ. **เอกสารประกอบการสอนวิชา CAD/CAM.** สืบค้นเมื่อวันที่ 1 สิงหาคม 2555, จาก http://203.172.176.3/sawiss/info/u09.pdf.

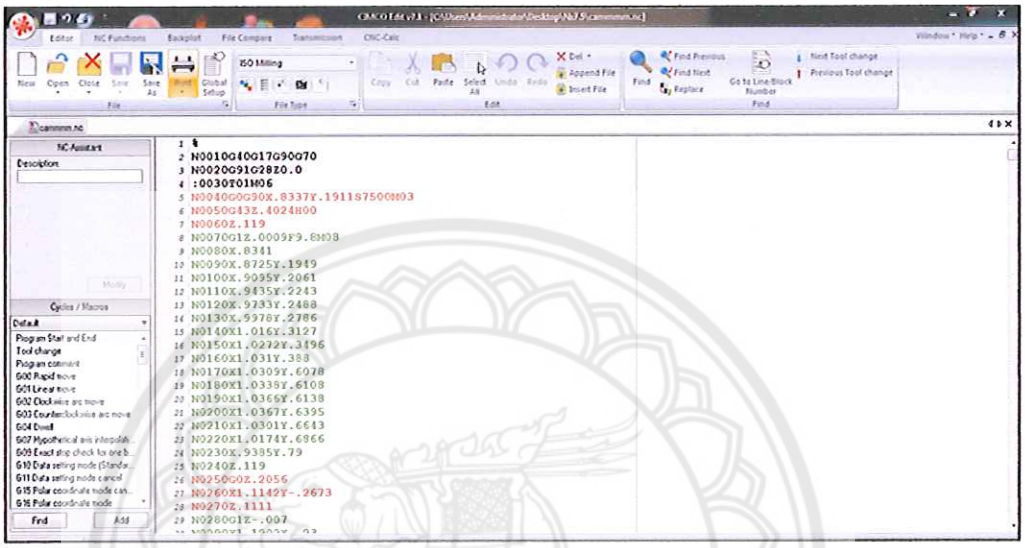
ภาคผนวก ก

การใช้โปรแกรม CIMCO Edit V 7.1 ในการปรับแต่ง NC Code

ก. การใช้โปรแกรม CIMCO Edit V 7.1 ในการปรับแต่ง NC Code

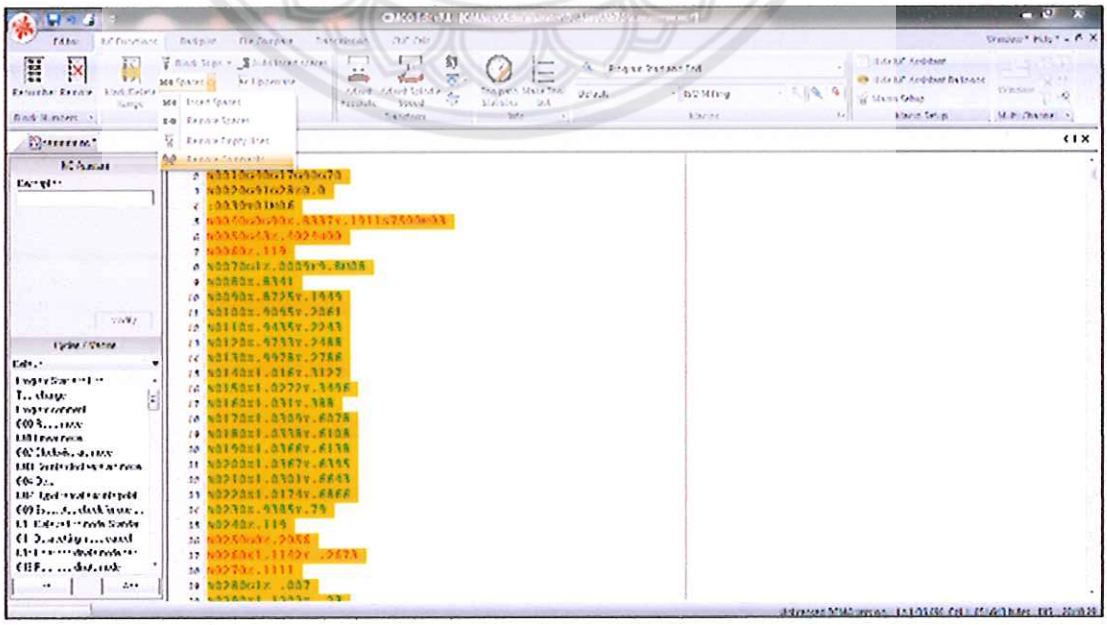
ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม CIMCO Edit V 7.1

ก.1 เปิดโปรแกรม CIMCO และเปิดไฟล์ NC Code ที่ได้จากการโปรแกรม NX 7.5 การเปิดไฟล์ NC Code ในโปรแกรม CIMCO Edit V 7.1 แสดงดังรูปที่ ก.1



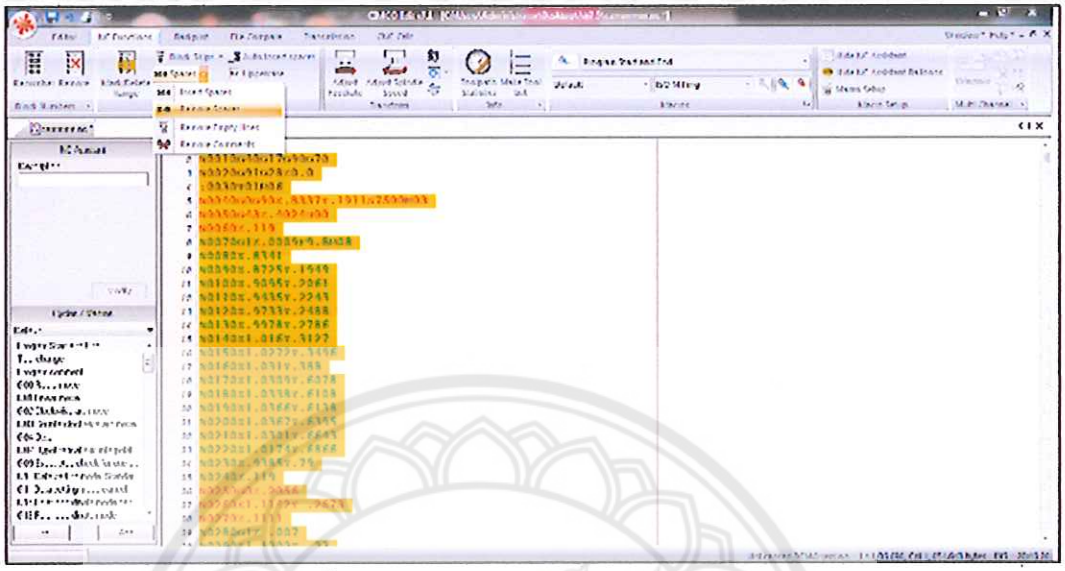
รูปที่ ก.1 การเปิดไฟล์ NC Code ในโปรแกรม CIMCO Edit V 7.1

ก.2 การยกเลิกคำอธิบาย เลือกที่แถบ NC Functions เลือก Space > Remove Comm.ent การ Remove Comm.ent ในโปรแกรม CIMCO Edit V 7.1 แสดงดังรูปที่ ก.2



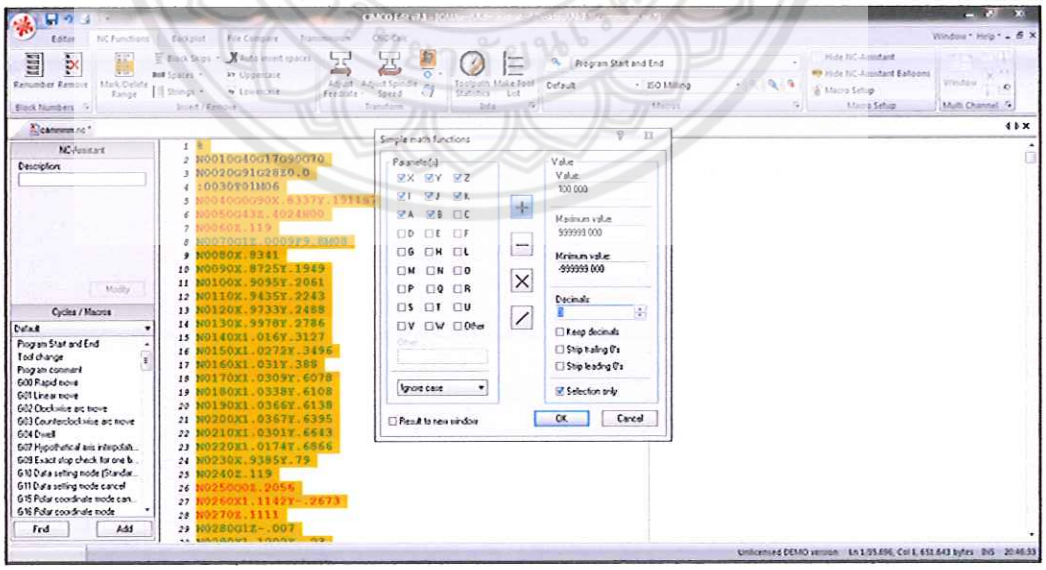
รูปที่ ก.2 การ Remove Comm.ent ในโปรแกรม CIMCO Edit V 7.1

ก.3 การยกเลิก Space โดยไปที่ เลือกที่แทบ NC Functions เลือก Space > Remove Spaces การยกเลิก Spaces ของ NC Code แสดงดังรูปที่ ก.3



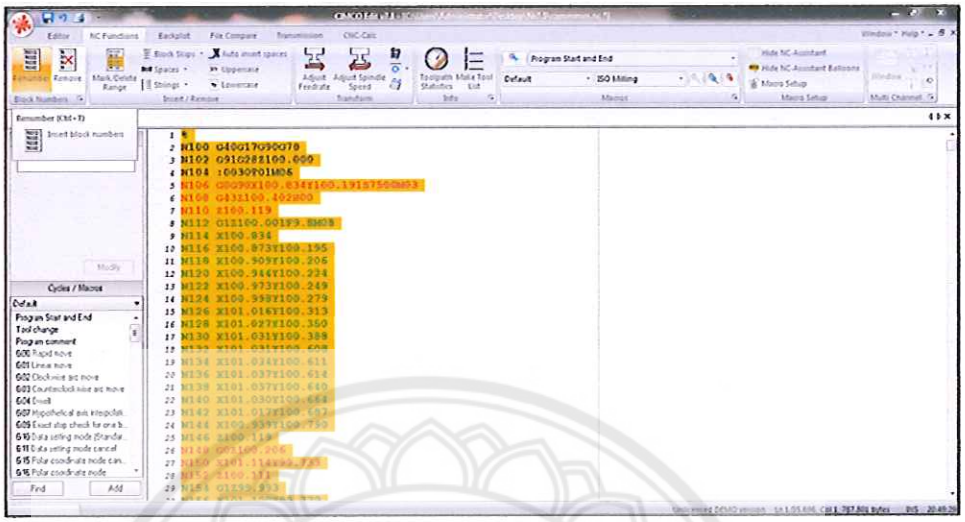
รูปที่ ก.3 การยกเลิก Spaces ของ NC Code

ก.4 การปรับจุดทศนิยมให้เป็นทศนิยม 3 ตำแหน่ง โดยไปที่ NC Functions เลือก Simple Math Functions และปรับค่าในช่อง Decimals เป็น 3 แล้วกด OK การปรับจุดทศนิยมให้เหลือ 3 ตำแหน่ง แสดงดังรูปที่ ก.4



รูปที่ ก.4 การปรับจุดทศนิยมให้เหลือ 3 ตำแหน่ง

ก.5 ทำการใส่เลขบรรทัด โดยไปที่ NC Functions และเลือกที่ Renumber หรือกดคีย์ลัด Ctrl+T การใส่เลขบรรทัดลงใน NC Code แสดงดังรูปที่ ก.5



รูปที่ ก.5 การใส่เลขบรรทัดลงใน NC Code

ก.6 ขั้นตอนสุดท้ายทำการใส่ Save File ที่เราทำการปรับปรุงเสร็จแล้วโดยคลิกที่

ภาคผนวก ข

การติดตั้งแนวแกนที่ 4 และแนวแกนที่ 5 ของเครื่อง HAAS VF 1

ข. การติดตั้งแนวแกนที่ 4 และ แนวแกนที่ 5 ของเครื่อง HAAS VF1 Series

การติดตั้งแนวแกนที่ 4 และ 5 ของเครื่องกัด CNC 5Axis HAAS รุ่น VF1

ข.1 ยกแกน 4 และ 5 ตั้งบนโต๊ะของ 3 แกน และทำการล็อคให้แน่น

ข.2 ต่อสายลม และสายของแกน 4 และ 5 เข้ากับตัวเครื่องที่ช่องด้านหลัง ดังนี้

ข.2.1 ต่อสายแกน A เข้ากับช่องเสียบแกนที่ 4

ข.2.2 ต่อสายแกน B เข้ากับช่องเสียบแกนที่ 5

ข.2.3 ต่อสายลมเข้ากับช่องเสียบสายลมที่ตัว Air Regulator

ข.3. วิธีการ Set ค่า แกน 4 และแกน 5 บนชุดควบคุม มีดังนี้

ข.3.1 ไปที่ Setting Graph > กด Emergency Stop > Page Up ไปที่ 30 4 TH AXIS ENABL เดิมเป็น OFF อยู่ให้กดลูกศร➡ เลือก HRT210 > Enter

ข.3.2 กดลูกศร⬇ ไปที่ 78.5 TH AXIS ENABLE เดิมเป็น OFF อยู่ให้กดลูกศร➡ เลือก HRT160 > Enter

ข.3.3 ปลด Emergency Stop > Reset

ข.3.4 กด Position สังเกตดูจะเห็นว่ามีแกน A และ B ขึ้นมาให้ใช้งานได้แล้ว

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ นายชิตพล ดีหร่อง

ภูมิลำเนา 75/11 หมู่ 7 ถนนเลอไท ตำบลธานี
อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
จากโรงเรียนโรงเรียนสุโขทัยวิทยาคม จังหวัดสุโขทัย
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 6
สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: chitpon.2531@gmail.com

ชื่อ นายวีรวัฒน์ ใจตุรงค์

ภูมิลำเนา 187/12 หมู่ 6 ตำบลชัยจุมพล
อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
จากโรงเรียนลับแลพิทยาคม อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 6
สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: hack_au1@hotmail.com
hackerau.w.gm@gmail.com