การสร้างแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อศึกษาคุณสมบัติของขดลวดสวนหัวใจ

(Finite element models of cardiovascular stent)

ว509444 ค.2

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ - 1 ต.ค. 2552
เลขทะเบียน 52000833
เลขเรียกหนังสือ ปร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร 4738

นายนิวัฒน์ แสงวิมล
นายปราโมทย์ เจริญภิรมย์
นางสาวนิภาวรรณ ไชยลังกา

2551.

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2551

ใบรับรองโครงงาน

หัวข้อโครงงาน	: การสร้างแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อศึกษาคุณสมบัติของขดลวดสวนหัวใจ (Finite element models of cardiovascular stent)		
ผู้ดำเนินโครงงาน	: นางสาวนิภาวรรณ ไชยลังกา	รหัส	48380102
	นายนิวัฒน์ แสงวิมล	รหัส	48380325
	นายปราโมทย์ เจริญภิรมย์	รหัส	48380327
อาจารย์ที่ปรึกษา	: ดร. ศลิษา วีรพันธุ์		
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	: ผศ.ดร. กุลยา กนกจารุวิจิตร		
ภาควิชา	: วิศวกรรมเครื่องกล		
ปีการศึกษา	: 2551		

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบโครงงาน

..... (ประธาน)
(ดร. ศลิษา วีรพันธุ์)

..... (กรรมการ)
(ผศ.ดร. กุลยา กนกจารุวิจิตร)

..... (กรรมการ)
(ดร. ภาณุ พุทธวงศ์)

..... (กรรมการ)
(ดร. อนันต์ชัย อยู่แก้ว)

หัวข้อโครงงาน	: การสร้างแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อศึกษาคุณสมบัติของขดลวดสวนหัวใจ (Finite element models of cardiovascular stent)		
ผู้ดำเนินโครงงาน	: นางสาวนิภาวรรณ ไชยลังกา	รหัส	48380102
	นายนิวัฒน์ แสงวิมล	รหัส	48380325
	นายปราโมทย์ เจริญภิรมย์	รหัส	48380327
อาจารย์ที่ปรึกษา	: ดร. ศลิษา วีรพันธุ์		
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	: ผศ.ดร. กุลยา กนกจารุวิจิตร		
ภาควิชา	: วิศวกรรมเครื่องกล		
ปีการศึกษา	: 2551		

บทคัดย่อ

การจัดทำโครงงานในครั้งนี้ ได้ศึกษาเกี่ยวกับขดลวดสวนหัวใจ ที่ใช้ในการขยายหลอดเลือดเพื่อรักษาอาการของโรคหลอดเลือดหัวใจตีบตัน โดยศึกษาขั้นตอนการทำบอลลูน และได้ทำการเขียนแบบของขดลวดสวนหัวใจ 3 แบบ ได้แก่ ขดลวดสวนหัวใจแบบตาข่าย สปริง และขดลวดสวนหัวใจแบบปีกนก บนโปรแกรม Mechanical Desktop และ SolidWorks เพื่อขึ้นรูปทางกลแบบ 3 มิติ พร้อมจัดทำคู่มือการเขียนแบบขดลวดสวนหัวใจทั้ง 3 แบบ ทั้งขณะพับตัวก่อนทำบอลลูน และขณะขยายตัว เพื่อทำบอลลูนรวมถึงขั้นตอนการเตรียมการวิเคราะห์ เมื่อได้แบบจึงทำการ นำเข้าแบบของขดลวดสวนหัวใจทั้ง 3 แบบ สู่โปรแกรม COMSOL ด้วยไฟล์ STEP สกุลเดียวกัน และโปรแกรม COMSOL สามารถยอมรับได้ เพื่อให้แบบของขดลวดสวนหัวใจทั้ง 3 แบบ เข้าสู่ขั้นตอนของการเตรียมวิเคราะห์ ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ต่อไป

Project Title	: Finite element models of cardiovascular stent		
Name	: Miss. Nipawan Chailungka	Code	48380102
	Mr. Niwat Sangwimon	Code	48380325
	Mr. Pramote Charoanpirom	Code	48380327
Project Advisor	: Dr. Salisa Veerapun		
Project Advisor	: Dr. Koonlaya Kanokjaruvigit		
Department	: Mechanical engineering		
Academic year	: 2551		

Abstract

The objective of this project are to study and design cardiovascular stents for implementing the coronary angioplasty. Three - dimensional modeling programs such as Mechanical Desktop and Solidworks are used to draw stents in order to provide stent drawing manual. Three types of stents were draw here ; involute ,net and polished entire stent .then ,the stents were imported into a finite element method program called COMSOL for further analysis.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์สำเร็จลงได้ด้วยดีเพราะได้รับการช่วยเหลือในด้านการให้คำแนะนำในการทำโครงงานจาก อาจารย์ศลิษา วีรพันธุ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาของโครงงาน และ อาจารย์กุลยา กนกจารุวิจิตร อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ให้คำปรึกษาแก่ผู้ดำเนินโครงงานตลอดมา และอาจารย์เอกชัย คงธนโภไคย ที่แนะนำการใช้โปรแกรม Mechanical Desktop 2004 ผู้ดำเนินโครงงาน ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์คณะวิศวกรรมเครื่องกลทุกท่านที่แนะแนวทางการทำโครงงานในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ ผู้ดำเนินโครงงานขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยสนับสนุนและเป็นกำลังใจแก่ผู้ดำเนินโครงงานอย่างสม่ำเสมอตลอดมา

คณะผู้ดำเนินโครงงาน

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองโครงงาน	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ตารางการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 วิธีการทำบอลลูนขยายหลอดเลือดหัวใจ	3
2.1.1 การใส่ขดลวดสวนหัวใจ	3
2.1.2 รูปแบบของขดลวดสวนหัวใจ	4
2.2 ซอฟท์แวร์ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองและวิเคราะห์ขดลวดสวนหัวใจ	6
2.2.1 โปรแกรมขึ้นรูป 3 มิติ (SolidWork 2008)	6
2.2.2 โปรแกรมขึ้นรูป 3 มิติ (Mechanical Desktop 2004)	7
2.2.3 โปรแกรมวิเคราะห์ทางไฟไนต์เอลิเมนต์ (COMSOL3.2)	7
บทที่ 3 การสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ของขดลวดสวนหัวใจแบบตาข่าย	
3.1 flow chart สรุปคำสั่ง	8
3.2 ลักษณะของขดลวดสวนหัวใจแบบตาข่าย	9
3.3 การสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ในโปรแกรมขึ้นรูป 3 มิติ (Mechanical Desktop2004)	10
3.3.1 การเรียกใช้โปรแกรมขึ้นรูป 3 มิติ (Mechanical Desktop 2004) ขึ้นมาใช้งาน	10
3.3.2 การสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ของขดลวดสวนหัวใจแบบตาข่าย (Net Stent) ในสภาวะพับตัว	12
3.3.2.1 วิธีการเลือกระนาบในการเขียนแบบ	14
3.3.2.2 การสร้างโครงสร้างเพื่อเขียนเส้นลวด 1 เส้นในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา	19

3.3.2.3 การสร้างเส้นลวด 1 เส้นที่หมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา 22
3.3.2.4 การ copy เส้นลวดในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ให้วางตัวในแนววงกลม 26
3.3.2.5 การสร้างโครงสร้างเพื่อเขียนเส้นลวด 1 เส้นในทิศทางตามเข็มนาฬิกา 28
3.3.2.6 สร้างเส้นลวด 1 เส้นที่หมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา 31
3.3.2.7 การ copy เส้นลวดในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ให้วางตัวในแนววงกลม 34
3.3.3 การสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ของขดลวดสวนหัวใจแบบตาข่าย (Net Stent) ในสภาวะขยายตัว 36
3.4 การสร้างแบบจำลองแบบไฟไนต์เอลิเมนต์ 40
3.4.1 การเรียกใช้โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ (COMSOL3.2) ขึ้นมาใช้งาน 40
3.4.2 การนำขดลวดสวนหัวใจแบบตาข่ายลงในโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ (COMSOL3.2) 41
3.4.3 การแบ่งเอลิเมนต์ในโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ (COMSOL3.2) 43
3.5 ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไข 44
บทที่ 4 การสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ของขดลวดสวนหัวใจแบบสปริง
4.1 flow chart สรุปคำสั่ง 45
4.2 ลักษณะของขดลวดสวนหัวใจแบบสปริง 46
4.3 การสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ในโปรแกรมขึ้นรูป 3 มิติ (Mechanical Desktop2004) 47
4.3.1 การสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ของขดลวดสวนหัวใจแบบสปริง (Involute Stent) ในสภาวะพับตัว 47
4.3.1.1 สร้างระนาบในการเขียนแบบ 48
4.3.1.2 การสร้างเส้นลวดขึ้นมาเป็นวงกลม 2 เส้น ในลักษณะขนานกัน 54
4.3.1.3 การสร้างเส้นลวดครึ่งวงกลมมาเชื่อมระหว่างเส้นลวดวงแหวนเปิด 2 วง 61
4.3.1.4 การสร้างเส้นลวดครึ่งวงกลมเชื่อมขดลวดวงเปิดกับขดลวดวงใหม่ 67
4.1.5 การ copy ขดลวดทั้งหมดเพื่อมาจัดวางต่อกัน 74
4.3.2 การสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ของขดลวดส่วนหัวใจแบบสปริง (Involute Stent) ในสภาวะขยายตัว 77
4.4 การสร้างแบบจำลองแบบไฟไนต์เอลิเมนต์ 90
4.4.1 การเรียกใช้โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ (COMSOL3.2) 90
4.4.2 การนำขดลวดสวนหัวใจแบบสปริงลงในโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ (COMSOL3.2) 90

4.4.3 การแบ่งเอลิเมนต์ในโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ (COMSOL3.2) 92
4.5 ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไข 93
บทที่ 5 การสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ของขดลวดสวนหัวใจแบบปีกนก
5.1 flow chart สรุปคำสั่ง 94
5.2 ลักษณะของขดลวดสวนหัวใจแบบสปริง 95
5.3 การสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ในโปรแกรมขึ้นรูป 3 มิติ (Solid Works 2008) 96
5.3.1 การเรียกใช้โปรแกรมขึ้นรูป 3 มิติ (Solid Works 2008) ขึ้นมาใช้งาน 96
5.3.2 การสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ของขดลวดสวนหัวใจแบบปีกนก
(Polished Entire Stent) ในสภาวะพับตัว 98
5.3.3 การสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ของขดลวดสวนหัวใจแบบปีกนก
(Polished Entire Stent) ในสภาวะขยายตัว 116
5.4 การสร้างแบบจำลองแบบไฟไนต์เอลิเมนต์ 134
5.4.1 การเรียกใช้โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ (COMSOL3.2) 134
5.4.2 การนำขดลวดสวนหัวใจแบบปีกนกลงในโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์
(COMSOL3.2) 134
5.4.3 การแบ่งเอลิเมนต์ในโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ (COMSOL3.2) 136
5.5 ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไข 137
บทที่ 6 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ 138
เอกสารอ้างอิง 139

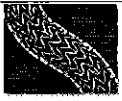
บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในปัจจุบันมีผู้ป่วยโรคหัวใจขาดเลือดทั่วโลกและมีผู้เสียชีวิตในอัตราสูงกว่า 17.5 ล้านคนต่อปี และในประเทศไทยกว่า 40,000 คนต่อปีทั่วประเทศ [1] โดยสถิติดังกล่าวมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นทุกปี สาเหตุส่วนใหญ่มาจากภาวะเส้นเลือดหัวใจอุดตัน เป็นเหตุทำให้เลือดไปเลี้ยงหัวใจไม่พอกับที่หัวใจต้องการ ซึ่งเกิดจากคราบไขมัน คราบหินปูนและพังผืด เกาะสะสมในเส้นเลือด ทำให้เกิดการหดรัดของเส้นเลือดจนแคบลง เป็นผลให้ผู้ป่วยมีอาการเหนื่อยหอบ หรือในบางรายอาจมีอาการเฉียบพลัน เกิดหัวใจวาย และภาวะหัวใจล้มเหลว ในปัจจุบันมีวิธีรักษา เช่น การใช้ยา การผ่าตัดหลอดเลือดหัวใจ และ รักษาโดยการสวนหัวใจทำบอลลูนขยายเส้นเลือด การทำบอลลูนขยายหลอดเลือดหัวใจ เพื่อรักษาโรคเส้นเลือดหัวใจตีบตัน หรือที่เรียกว่า coronary angioplasty เป็นการขยายเส้นเลือดหัวใจ บริเวณที่มีการตีบตัน ให้ถ่างออก เพื่อให้เลือดไหลผ่านได้สะดวกขึ้น [3]

การเขียนแบบขดลวดสวนหัวใจด้วยโปรแกรม Mechanical Desktop และโปรแกรม SolidWorks 2008 เป็นการสร้างแบบจำลองขึ้นเพื่อนำแบบลงในโปรแกรมทางไฟไนต์เอลิเมนท์ ได้แก่ COMSOL ซึ่งสามารถวิเคราะห์ความเสียหายจากแรงที่กระทำกับขดลวดสวนหัวใจ ในขณะที่ทำการขยายบอลลูนทำให้สามารถคำนวณหาความเหมาะสมของขนาด และความดันในการขยายบอลลูนเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายแก่ขดลวดสวนหัวใจขณะใส่เข้าไปในเส้นเลือดได้

จากการค้นคว้าข้อมูลผู้ค้นคว้าจึงได้เลือกแบบของขดลวดที่น่าสนใจ 3 แบบ คือ

ขดลวดสวนหัวใจ	เหตุผล
1.	เนื่องจากเป็นแบบที่ง่ายที่สุด การขยายตัวน้อย มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างหลังขยายตัวน้อย
2.	เป็นแบบที่มีลักษณะการบิดตัวไม่ซับซ้อนมาก และเป็นแบบที่มีการใช้อย่างแพร่หลาย
3. 	เนื่องจากแบบปีกนกมีความโค้งเว้าของแต่ละเซลล์ทำให้ขยายได้ง่ายจึงช่วยลดความดันที่ใช้ขยาย

รูปที่ 1.1 ตารางแสดงแบบจำลองขดลวดสวนหัวใจที่น่าสนใจ

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ใช้โปรแกรม 3 มิติ (Mechanical Desktop และ SolidWorks 2008) ในการขึ้นรูปของขดลวดสวนหัวใจแบบทั้ง 3 แบบ

1.2.2 นำแบบจำลอง 3 มิติ ของขดลวดสวนหัวใจ และนำเข้าไปในโปรแกรมทางไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อเตรียมพร้อมในการวิเคราะห์ทางโครงสร้างต่อไป

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 สร้างแบบจำลอง 3 มิติของขดลวดสวนหัวใจ 3 รูปแบบได้แก่

1.3.1.1 แบบสปริง

1.3.1.2 แบบตาข่ายสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน

1.3.1.3 แบบตาข่ายรูปปีกนก

1.3.2 สร้างแบบจำลอง 3 มิติ ของขดลวดสวนหัวใจทั้ง 3 แบบ โดยใช้โปรแกรม 3 มิติ (Mechanical Desktop 2004 และ Solid Works 2008) และนำเข้าโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ (COMSOL3.2) พร้อมที่จะได้รับการวิเคราะห์ต่อไป

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 แบบจำลอง 3 มิติ ของขดลวดสวนหัวใจในโปรแกรม 3 มิติ

1.4.2 แบบจำลองของขดลวดสวนหัวใจ 3 มิติ ในโปรแกรมวิเคราะห์ทางไฟไนต์เอลิเมนต์

1.4.3 คู่มือการขึ้นรูปของขดลวดสวนหัวใจทั้ง 3 แบบ และนำเข้าโปรแกรมวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์

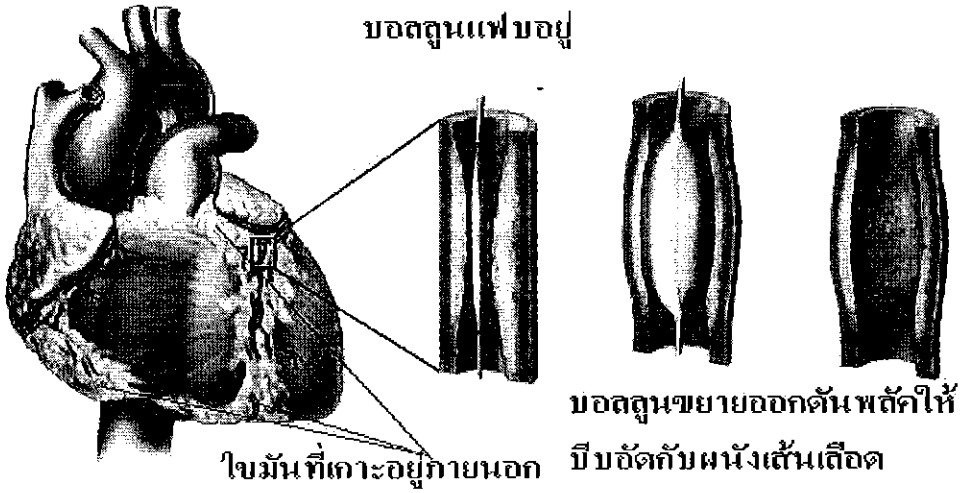
1.5 ตารางการดำเนินงาน

	พฤศจิกายน				ธันวาคม				มกราคม				กุมภาพันธ์			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ค้นคว้าหาข้อมูล	■	■														
ศึกษาข้อมูล			■	■												
เขียนแบบขดลวดสวนหัวใจ					■	■	■	■	■	■	■	■				
Import ลงในโปรแกรม SOMCOL										■	■	■	■			
เขียนรายงาน													■	■	■	■

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 วิธีการทำบอลลูนขยายหลอดเลือดหัวใจ

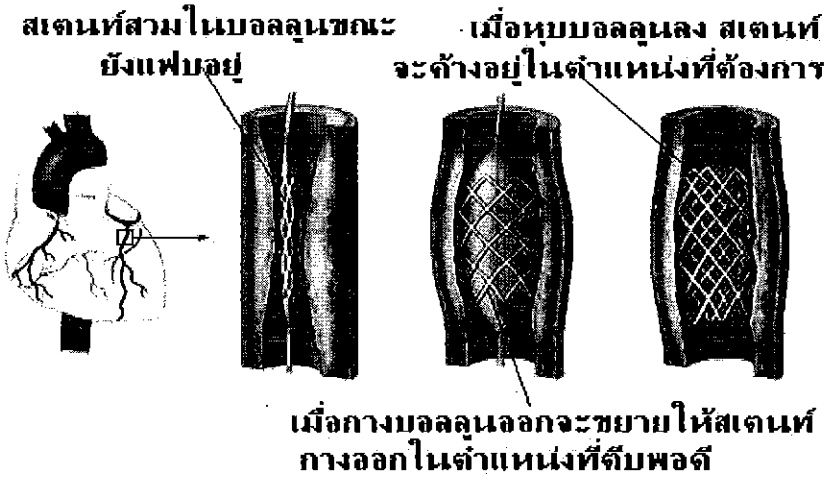
หลักการทำบอลลูนแพทย์จะทำการเจาะเส้นเลือดใหญ่ที่ขาหนีบ เพื่อสอดสายยางเข้าไปจนถึงบริเวณที่เส้นเลือดมีการตีบ เพื่อถ่างให้เส้นเลือดส่วนนั้นขยายโป่งออกด้วยวิธีการปั๊ม ในอดีตการทำบอลลูนแพทย์จะเจาะที่เส้นเลือดบริเวณแขน ซึ่งใกล้หัวใจกว่าที่ขาหนีบ แต่เนื่องจากเส้นเลือดที่ขาหนีบ มีขนาดใหญ่กว่าที่แขน และสามารถเจาะได้ง่ายกว่า ในปัจจุบันการทำบอลลูน จึงเปลี่ยนมาเจาะที่บริเวณขาหนีบแทน[2]



รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการทำบอลลูน [4]

2.1.1 การใส่ขดลวดสวนหัวใจ

เนื่องจากการทำบอลลูนเพียงอย่างเดียวนั้น ผู้ป่วยมีโอกาสกลับมาเป็นอีกครั้งจึงมีการใส่ขดลวดสวนหัวใจเข้าไปพร้อมกับบอลลูนเพื่อช่วย ไม่ให้ ผู้ป่วยกลับมาเป็นอีกครั้งและการใส่ขดลวดสวนหัวใจนั้นทำได้โดย การเอาตาข่ายขดลวดสวนหัวใจ ครอบบอลลูน แล้วสอดเข้าไปในเส้นเลือดจากบริเวณขาหนีบ เช่นเดียวกับการทำบอลลูน เมื่อถึงบริเวณเส้นเลือดที่ตีบ ก็ปั๊มให้บอลลูนขยายตัว บอลลูนก็จะดันให้ขดลวดสวนหัวใจขยายตัว ขึงอยู่ที่เส้นเลือด เพื่อไม่ให้เส้นเลือดแฟบตีบอีก [2]



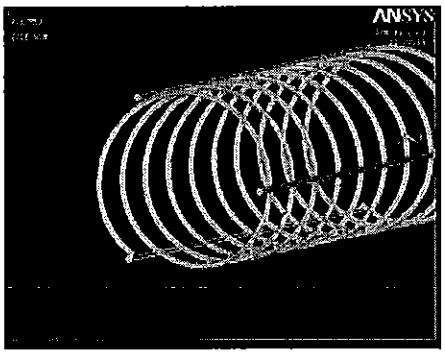
รูปที่ 2.2 วิธีการใส่ขดลวดสวนหัวใจ [4]

2.1.2 รูปแบบของขดลวดสวนหัวใจ

ขดลวดสวนหัวใจมีอยู่หลายรูปแบบ และจากการวิจัยมีแบบที่นิยมและพบการใช้โดยส่วนมากแบ่งออกเป็นสองกลุ่มใหญ่ดังนี้

2.1.2.1 แบบสปริง

ขดลวดสวนหัวใจแบบสปริงจะมีลักษณะคล้ายกระดูกงู ที่อยู่ที่สันหนังสือ ขดลวดสวนหัวใจชนิดนี้ ผลิตจากสแตนเลส เบอร์ 314 โดยมีลักษณะขยายตัวอยู่แล้ว เมื่อใส่เข้าไปในร่างกายของผู้ป่วย แพทย์จะทำให้ขดลวดหุบตัวลง โดยการบีบเข้าหากัน เมื่อใส่เข้าไปในเส้นเลือดแล้ว ใช้แรงดัน ดันให้สปริงขยายตัวออก ข้อดีของขดลวดชนิดนี้ใช้แรงดันในการขยายน้อยที่สุด เนื่องจากว่าขดลวดแบบสปริงมีลักษณะปกติขยายตัวอยู่แล้ว



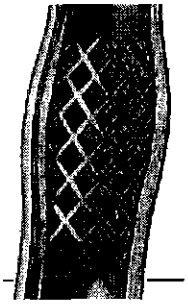
รูปที่ 2.3 แบบสปริง [6]

2.1.2.2 แบบตาข่าย

ขดลวดสวนหัวใจแบบตาข่ายนี้ จะมีลักษณะคล้ายตาข่ายที่หุ้มผลแอปเปิ้ล ไม่มีรอยต่อ ขณะพับตัวจะมีความยาวมากกว่าตอนขยาย นิยมใช้กัน มีทั้งหมด 4 แบบ

2.1.2.2 .1 แบบเซลล์รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน

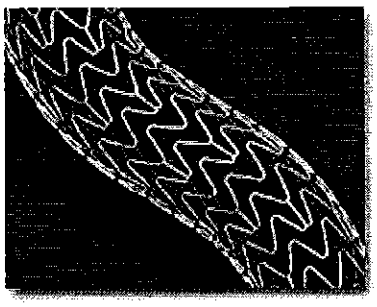
ขดลวดสวนหัวใจแบบตาข่ายที่มีเซลล์เป็นรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนนี้ จะมีการใช้อย่างแพร่หลายมากที่สุด เนื่องจากว่ามีราคาไม่แพงมาก



รูปที่ 2.4 แบบเซลล์รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน [7]

2.1.2.2 .2 แบบเซลล์รูปปีกนก

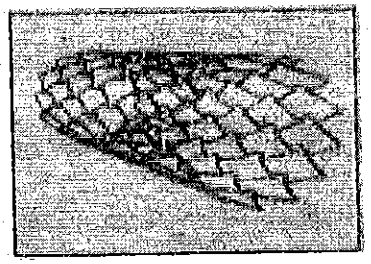
ขดลวดสวนหัวใจแบบตาข่ายที่มีเซลล์เป็นรูปปีกนกนี้ จะใช้กับขดลวดสวนหัวใจที่ใช้กับเส้นเลือดใหญ่เป็นส่วนมาก



รูปที่ 2.5 แบบเซลล์รูปปีกนก [7]

2.1.2.2.3 แบบเซลล์รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนมุมเปิด

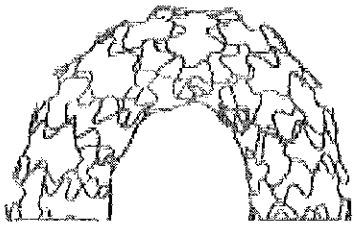
ขดลวดสวนหัวใจแบบตาข่ายที่มีเซลล์เป็นรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนมุมเปิด ได้มีการใช้อย่างแพร่หลาย มีข้อดีกว่าแบบแรกตรงที่มุมของเซลล์ ด้านหนึ่งมีลักษณะเป็นครึ่งวงกลม ทำให้มีความแข็งแรงมากกว่าเซลล์รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนแบบแรก



รูปที่ 2.6 แบบเซลล์รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนมุมเปิด [8]

2.1.2.2.4 แบบเซลล์ที่มีลักษณะโค้งเว้าแบบปีกนก

ขดลวดสวนหัวใจแบบตาข่ายที่มีเซลล์ที่มีลักษณะโค้งเว้าแบบปีกนกได้มีการพัฒนาขึ้นมาเป็นแบบล่าสุด เพื่อเป็นการลดแรงดันที่ใช้ในการขยายขดลวดสวนหัวใจ เนื่องจากความโค้งเว้าของแต่ละเซลล์ทำให้การขยายตัวเป็นไปอย่างง่ายกว่าเซลล์ที่มีมุมเป็นเหลี่ยม [8]



รูปที่ 2.7 แบบเซลล์ที่มีลักษณะโค้งเว้าแบบปีกนก [5]

2.2 ซอฟท์แวร์ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองและวิเคราะห์ขดลวดสวนหัวใจ

2.2.1 โปรแกรมขึ้นรูป 3 มิติ (Solid Works 2008)

โปรแกรม SolidWorks เป็นซอฟท์แวร์ที่ใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการออกแบบงานทางวิศวกรรม เป็นโปรแกรมที่ได้นำข้อดีข้อได้เปรียบของการใช้งานของโปรแกรมอื่นๆ มาทำการพัฒนาให้ผู้ออกแบบใช้งานได้ง่าย ซึ่งตัวโปรแกรมพัฒนาขึ้นมาโดยเพิ่มเครื่องมือที่ช่วยในการวิเคราะห์ทางด้านวิศวกรรมเครื่องกล มีการควบคุมคำสั่งที่ใช้ในการเขียนรูปโดยการอ้างอิงกับค่าพารามิเตอร์ ทำให้การออกแบบชิ้นส่วนทางกลหรือผลิตภัณฑ์มีความยืดหยุ่นตัวและมีประสิทธิภาพ สามารถถ่ายทอดความคิดออกมาโมเดลในรูปแบบของ สามมิติ และสามารถนำรูปแบบสามมิติ และสองมิติได้ ทั้งนี้สามารถเจาะลึกถึงงานออกแบบในลักษณะงานต่างที่มีความซับซ้อนมากๆ เช่น งาน

ออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล การออกแบบผลิตภัณฑ์ต่างๆ งานออกแบบระบบงานท่อ การออกแบบทางโครงสร้าง และการวิเคราะห์งานทางด้านกลศาสตร์ของแข็ง โดยใช้หลักการทาง Finite Element ด้วยคำสั่ง COSMOSXpress analysis wizard นอกจากงานการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องกลแล้วยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานวิศวกรรมแขนงอื่นได้

2.2.2 โปรแกรมขึ้นรูป 3 มิติ (Mechanical Desktop 2004)

Mechanical Desktop 2004 (MTD7) เป็นซอฟท์แวร์คอมพิวเตอร์ที่ช่วยในการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องกลแบบ 3 มิติ ซึ่งได้รับความนิยมมากโปรแกรมหนึ่งในอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดกลาง (Small & Medium Enterprise) Mechanical Desktop มีเครื่องมือในการสร้างโมเดลต้นแบบในลักษณะพาราเมตริกโซลิด 3 มิติ และยังสามารถสร้างแบบแปลน 2 มิติแสดงภาพฉายมุมมองต่างๆ จากชิ้นส่วนพาเมตริก 3 มิติ จุดเด่นที่สุดของ Mechanical Desktop ซึ่งเป็นซอฟแวร์แบบพาราเมตริกก็คือความสะดวกและรวดเร็วในการแก้ไขเปลี่ยนแปลงโมเดล 3 มิติ และแบบแปลน 2 มิติ เนื่องจากใช้ตัวเลขควบคุมขนาดของชิ้นงานเมื่อมีการเปลี่ยนแบบ 3 มิติ ก็จะทำการเปลี่ยนแปลงพร้อมกันโดยอัตโนมัติ Mechanical Desktop 2004 เป็นซอฟแวร์ที่พัฒนาพร้อมกับ AutoCAD 2004 จึงมีอินเตอร์เฟสที่เกี่ยวข้องกับโปรแกรมคล้ายคลึงกันจึงสามารถใช้งานได้ง่ายหากผู้ใช้มีพื้นฐานทางด้าน การเขียนแบบด้วยโปรแกรม AutoCAD

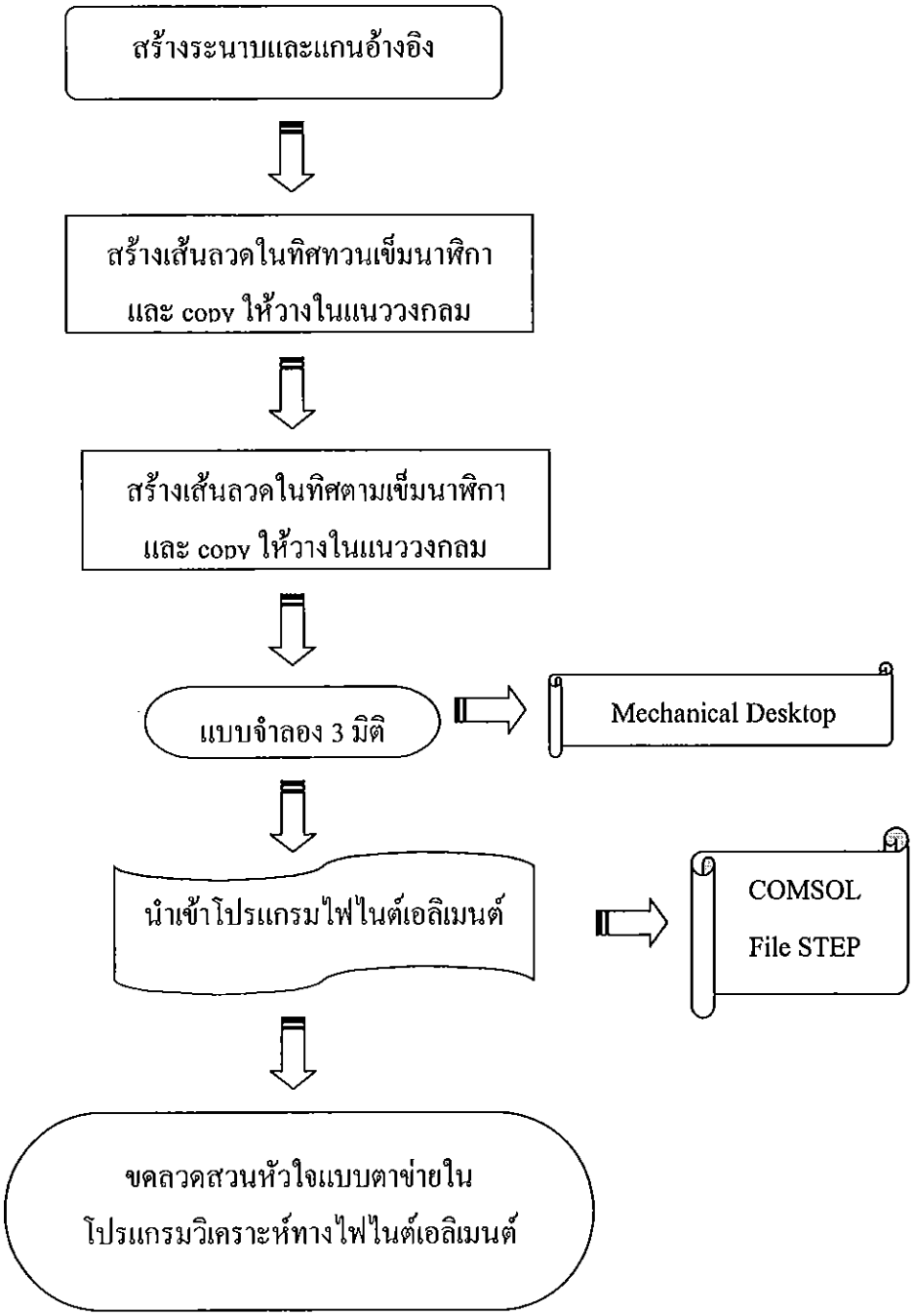
2.2.3 โปรแกรมวิเคราะห์ทางไฟไนต์เอลิเมนต์ (COMSOL3.2)

COMSOL3.2 เป็นโปรแกรมวิเคราะห์ทางไฟไนต์เอลิเมนต์ ที่ใช้ได้หลากหลายแขนงวิชา การนำเข้าไฟล์ของขดลวดสวนหัวใจใน COMSOL3.2 นี้เพื่อใช้ในการวิเคราะห์การไหลผ่านขดลวดความเค้น เป็นต้น โดยที่โปรแกรม COMSOL3.2 สามารถรับไฟล์สกุล STEP ของการเขียนแบบได้

บทที่ 3

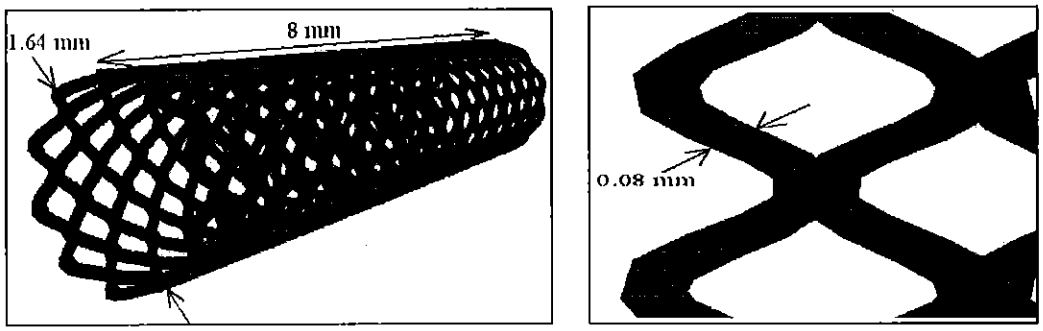
การสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ของขดลวดสวนหัวใจแบบตาข่าย

3.1 flow chart สรุปคำสั่ง

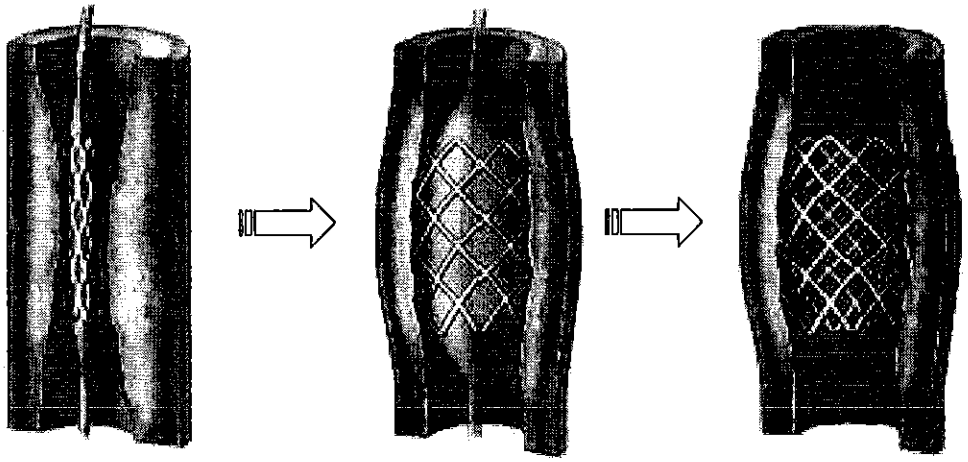


ในบทนี้จะแสดงขั้นตอนการเขียนขดลวดสวนหัวใจแบบตาข่าย (Net stent) โดยใช้โปรแกรม 3 มิติ (Mechanical Desktop 2004) และนำแบบขดลวดสวนหัวใจแบบตาข่าย (Net stent) ลงในโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ (COMSOL3.2) เนื้อหาของบทนี้จะเริ่มจากการเรียกใช้โปรแกรม 3 มิติ (Mechanical Desktop 2004) จากนั้นจะกล่าวถึงการเขียนแบบขดลวดสวนหัวใจแบบตาข่ายในสภาวะพับตัวและขยายตัว หลังจากได้แบบขดลวดสวนหัวใจแบบตาข่ายแล้วจะกล่าวถึงการเรียกใช้โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ (COMSOL3.2) และ การนำแบบขดลวดสวนหัวใจแบบตาข่ายลงในโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ (COMSOL3.2) ต่อไป

3.2 ลักษณะของขดลวดสวนหัวใจแบบตาข่าย



รูป 3.1 ลักษณะของขดลวดสวนหัวใจแบบตาข่าย



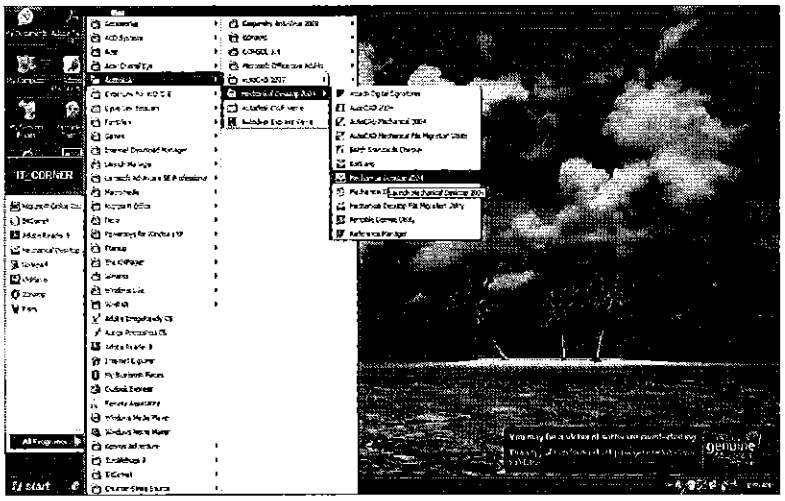
รูปที่ 3.2 ลักษณะการใส่ขดลวดสวนหัวใจแบบตาข่าย

3.3 การสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ในโปรแกรมขึ้นรูป 3 มิติ (Mechanical Desktop 2004)

3.3.1 การเรียกใช้โปรแกรมขึ้นรูป 3 มิติ (Mechanical Desktop 2004) ขึ้นมาใช้งาน

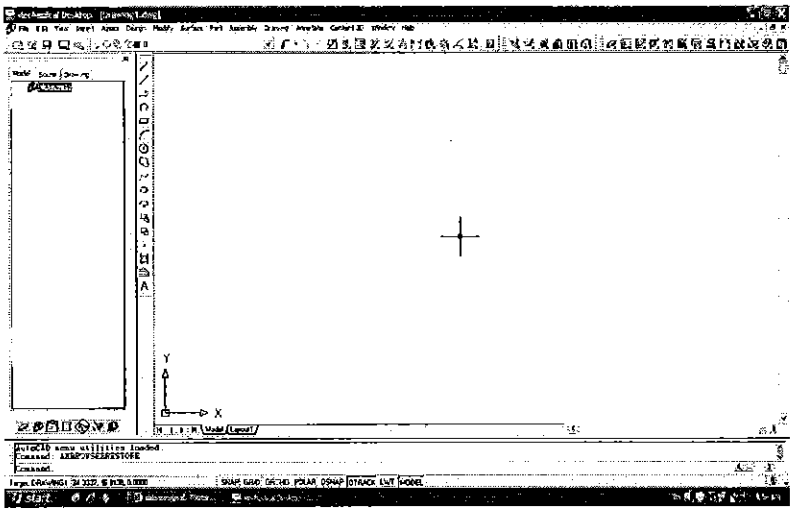
สามารถเรียกใช้ได้ 2 วิธี

1. เริ่มจาก คลิกที่ Start Menu ดังนี้ Start ⟶ All Programs ⟶ Mechanical Desktop 2004 ⟶ Mechanical Desktop 2004 ดังรูปที่ 3.3 หรือ



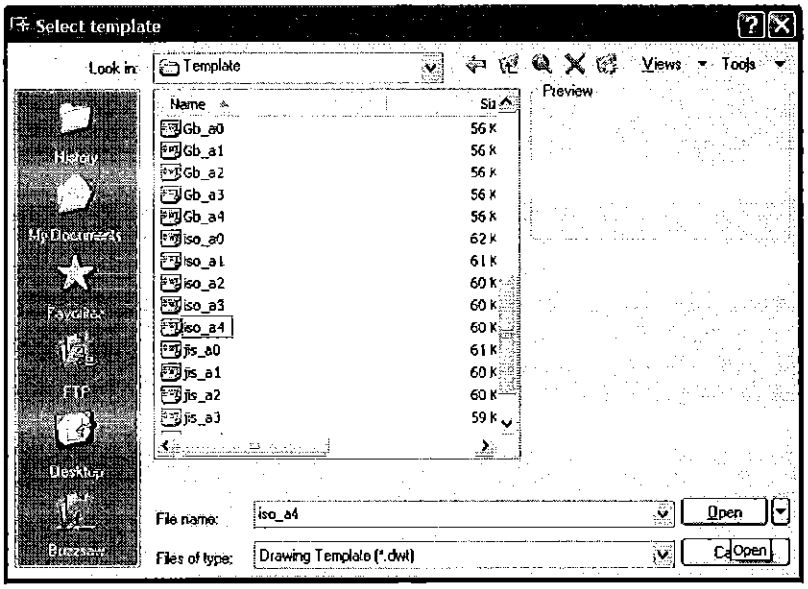
รูปที่ 3.3 การเรียกใช้โปรแกรม Mechanical Desktop 2004 แบบที่ 1

2. เริ่มจาก ดับเบิลคลิกที่ บริเวณหน้า Desk top หลังจากนั้นจะปรากฏ ดังรูปที่ 3.4

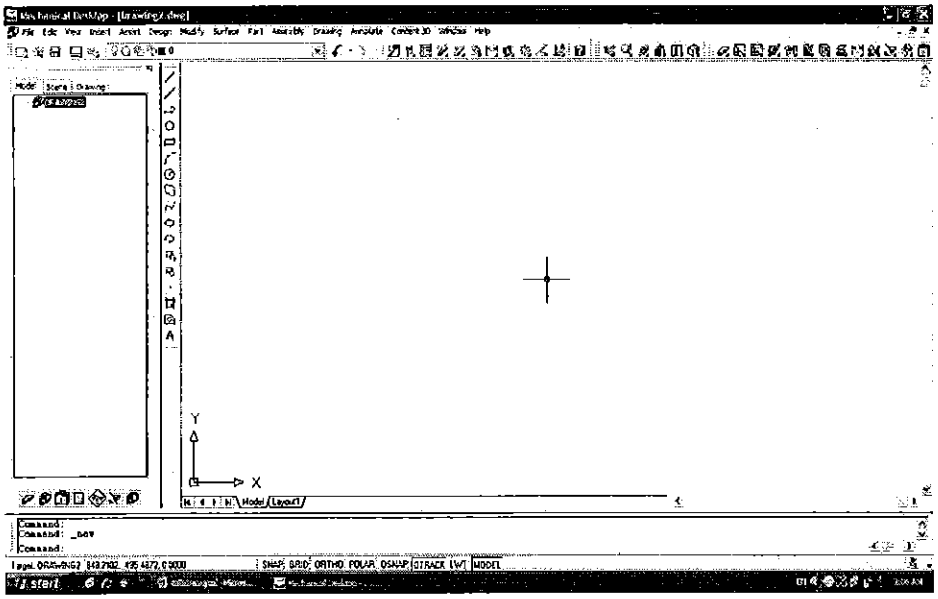


รูปที่ 3.4 การเรียกใช้โปรแกรม Mechanical Desktop 2004 แบบที่ 2

3. คลิกที่ new จะปรากฏ Dialog box ดังรูปที่ 3.5 หลังจากนั้นคลิกเลือกที่ iso_a4 แล้วคลิก open จะปรากฏหน้าจอพร้อมใช้งาน iso_a4 ดังรูปที่ 3.6



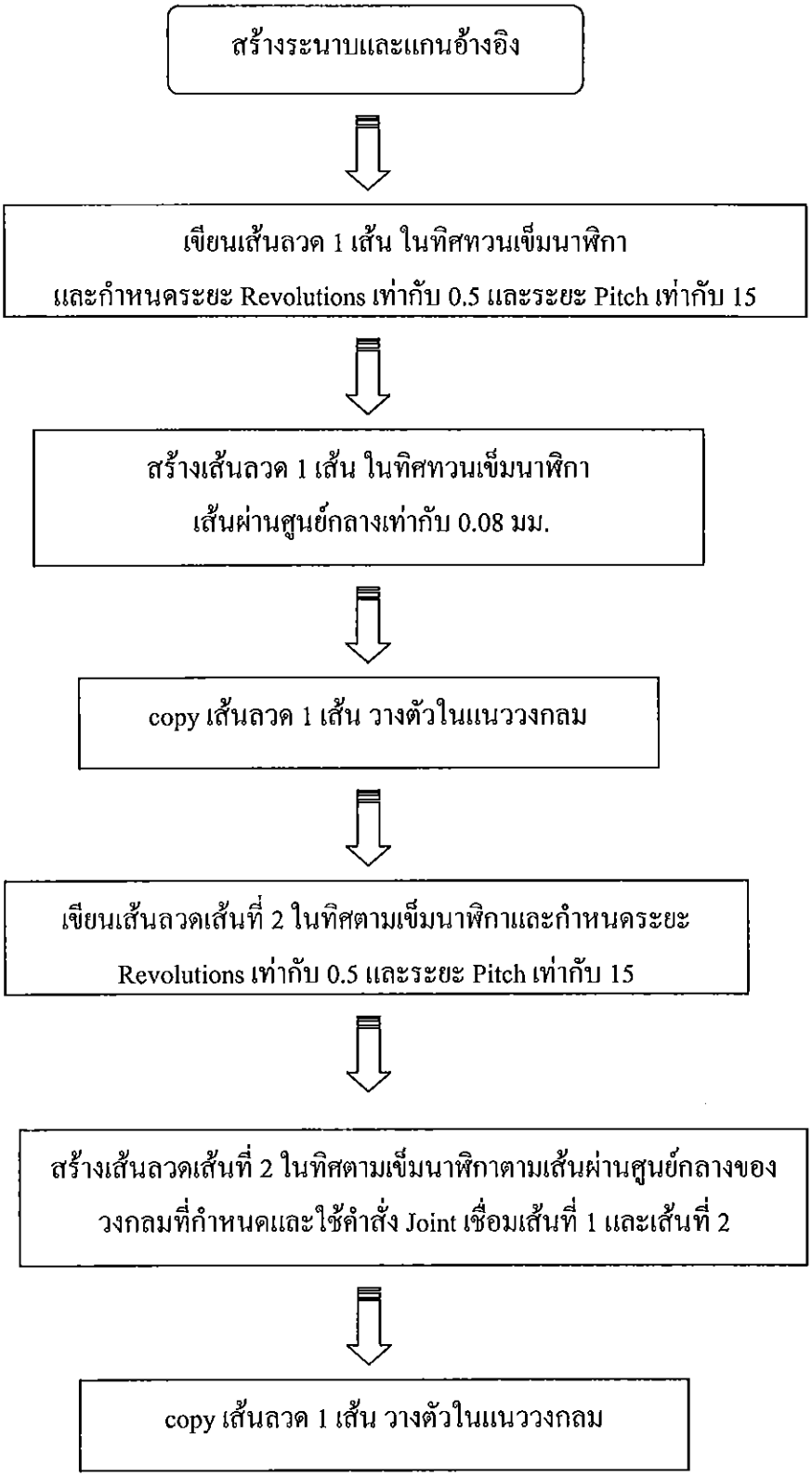
รูปที่ 3.5 Dialog box

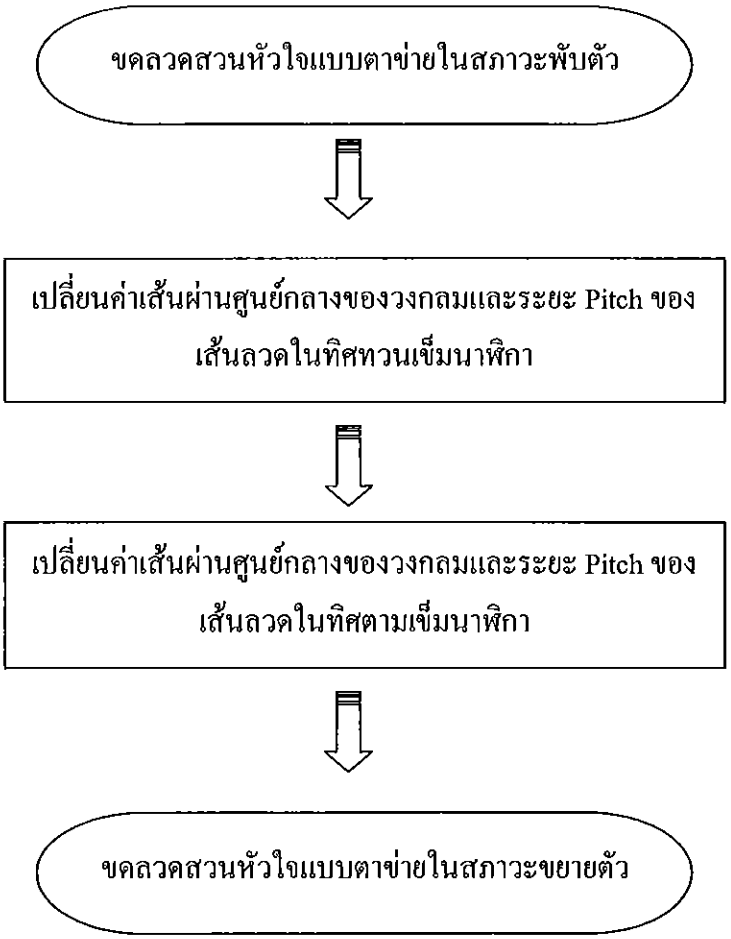


รูปที่ 3.6 หน้าจอพร้อมใช้งาน

3.3.2 การสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ของขดลวดสวนหัวใจแบบตาข่าย (Net Stent) ในสภาวะพับตัว

ในการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ของขดลวดสวนหัวใจแบบตาข่าย สามารถแบ่งขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

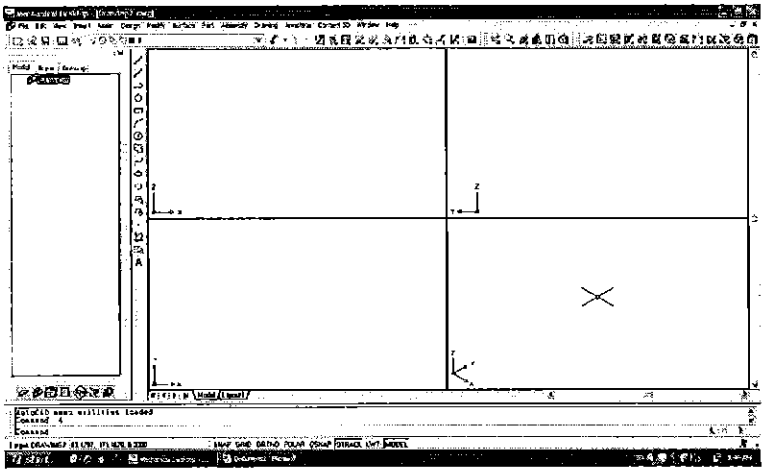




โดยมีรายละเอียดดังนี้

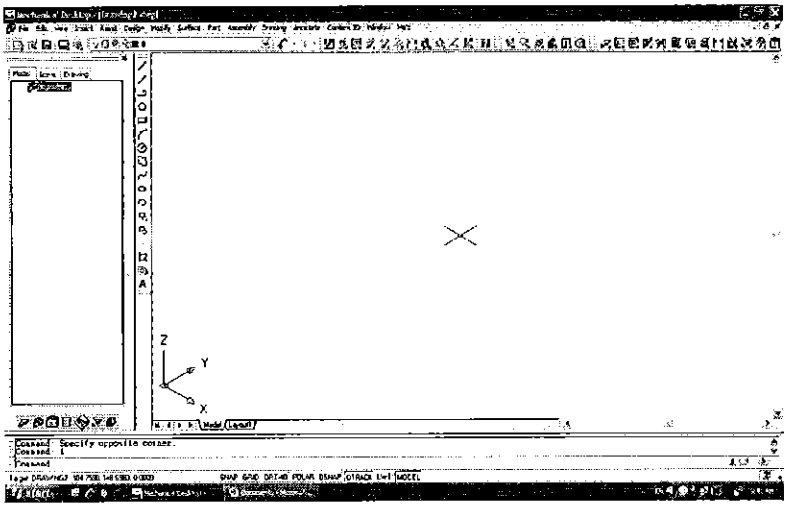
3.3.2.1 วิธีการเลือกระนาบในการเขียนแบบ

1. พิมพ์ 4 ที่ command window เพื่อแสดงภาพฉายและภาพสามมิติ กด Enter ที่หน้าจอจะปรากฏเป็น 4 ส่วน (view ports) ดังรูปที่ 3.7



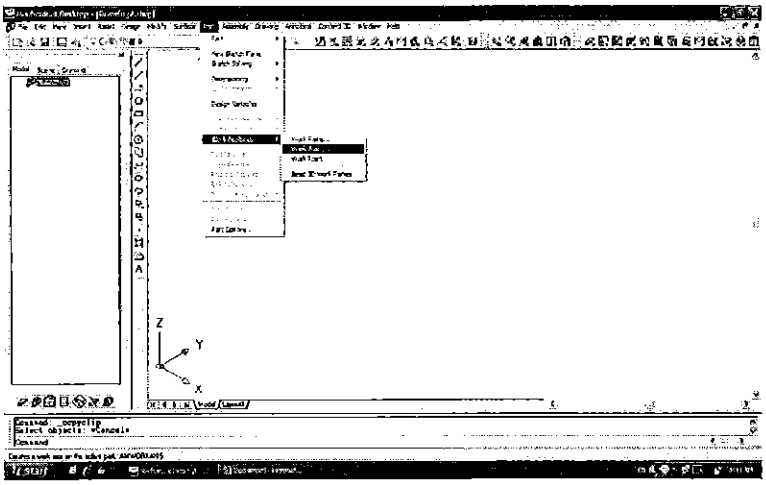
รูปที่ 3.7 หน้าจอ 4 ส่วน (view ports)

2. หากเราต้องการเขียนแบบที่ด้านใดให้เลื่อนเมาส์คลิกที่ด้านที่ต้องการ 1 ครั้ง แล้วพิมพ์ 1 ที่ command window จากนั้นกด Enter ในที่นี้เลือก view port ที่ Isometric view (ช่องขวาล่าง) พิมพ์ 1 แล้วกด Enter จะปรากฏ ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 หน้าจอจากการเลือก view port

3. สร้างแกนอ้างอิง โดยใช้คำสั่ง Work axis ตามขั้นตอนดังนี้ Part ⟶ Work Feature ⟶ Work axis ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 หน้าจอแสดงการสร้างแกนอ้างอิง

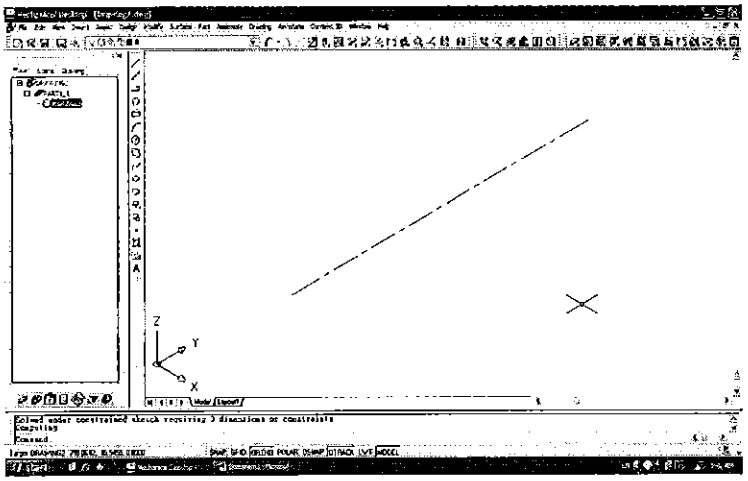
4. ที่ command window ด้านล่างจะปรากฏ

Draw a two point line on the current sketch plane

Specify first point:

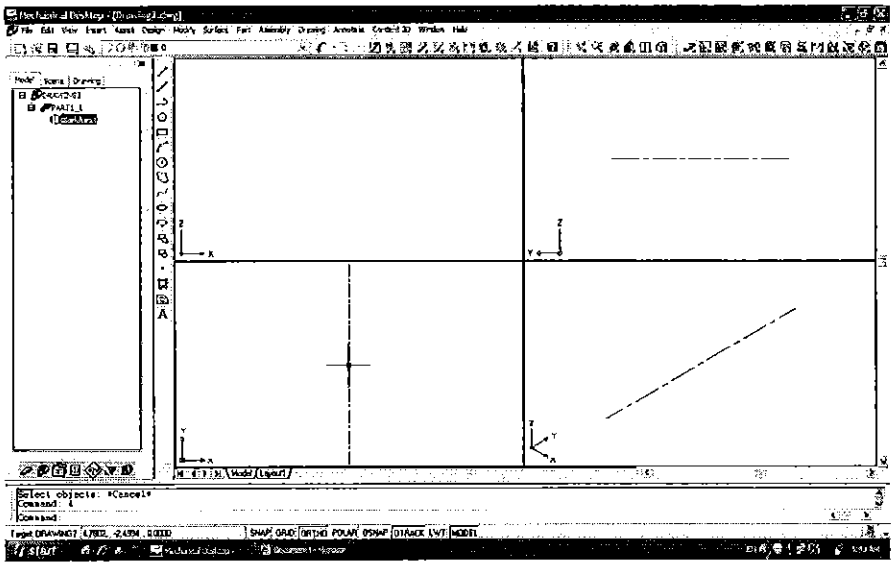
ให้คลิกที่จุดเริ่มต้นที่ใดก็ได้ 1 ครั้ง จากนั้นกด F8 (Ortho on) เพื่อบังคับเส้นที่สร้างขึ้นให้อยู่ในแนวแกน XY ที่ Command window ด้านล่างจะปรากฏ Specify first point:

คลิกอีก 1 ครั้ง (ตามแนวแกน Y) จะได้เส้นตรงในแนวแก Y ดังรูปที่ 3.10



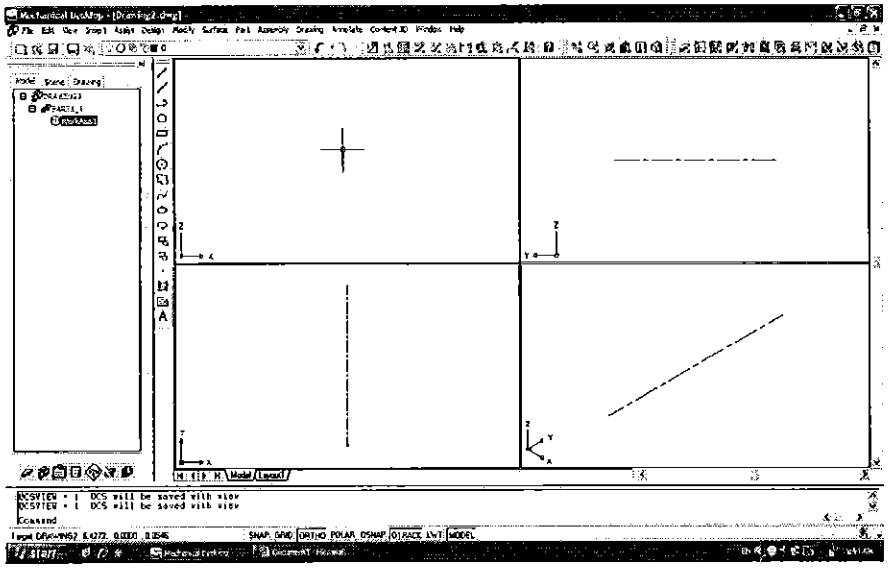
รูปที่ 3.10 หน้าจอแสดงเส้นตรงในแนวแกน Y

5. เปลี่ยนมุมมองเป็น 4 หน้าต่าง โดยพิมพ์ 4 ที่ Command window แล้วกด Enter จากนั้น พิมพ์ FF แล้วกด Enter ภาพทุก view port จะจัดเรียงกันอย่างสมดุลย์ ดังรูปที่ 3.11



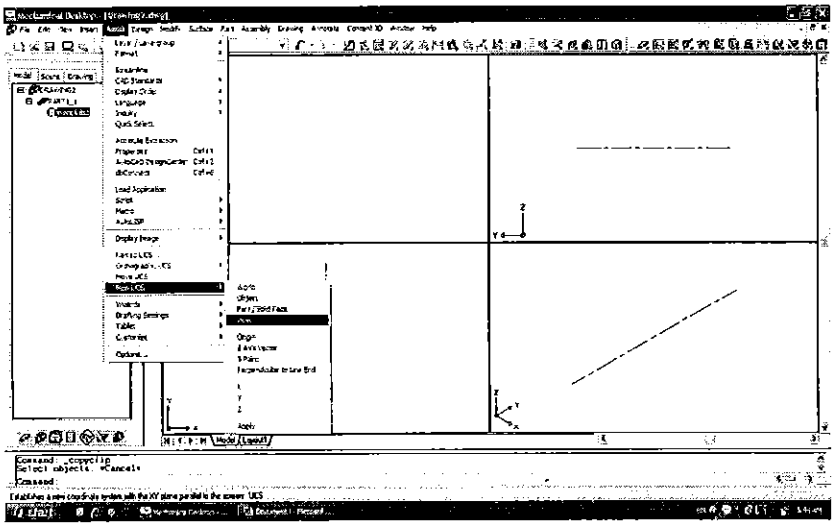
รูปที่ 3.11 หน้าจอแสดงการเปลี่ยนมุมมองเป็น 4 หน้าต่าง

6. เลือกหน้าต่างสำหรับ Front view (ด้านซ้ายบน) โดยเลื่อน Curser ไปหน้าต่างด้านซ้ายบน แล้วคลิก 1 ครั้ง จากนั้นเราสามารถเขียนแบบในหน้าต่างนี้ได้ ดังรูปที่ 3.12



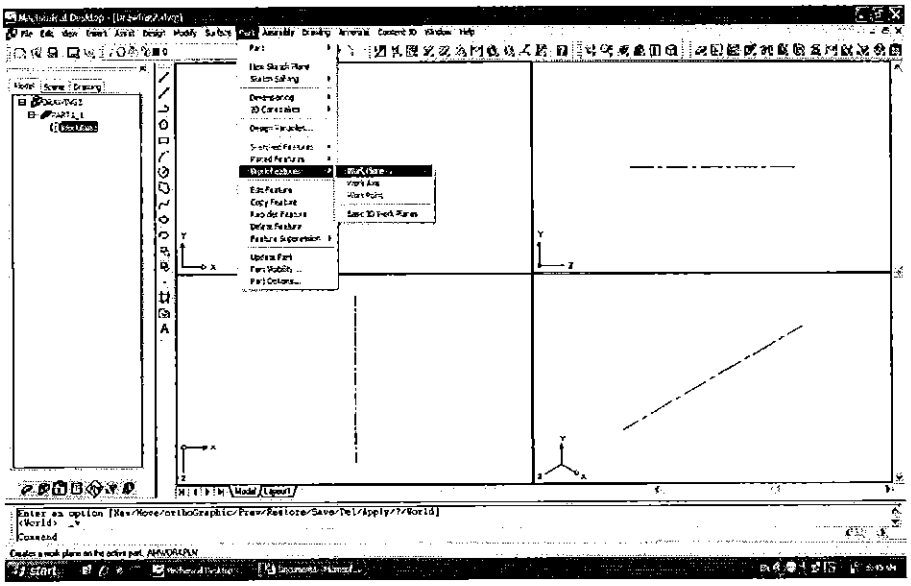
รูปที่ 3.12 หน้าจอแสดงการเลือก หน้าต่างสำหรับ Front view

7. กำหนดให้สามารถทำการเขียนแบบได้ โดยการเซตค่าแนว XY เพื่อให้ทำงานบนหน้าต่างนี้ได้ดังนี้ Assist ⟶ New UCS ⟶ View ดังรูปที่ 3.13



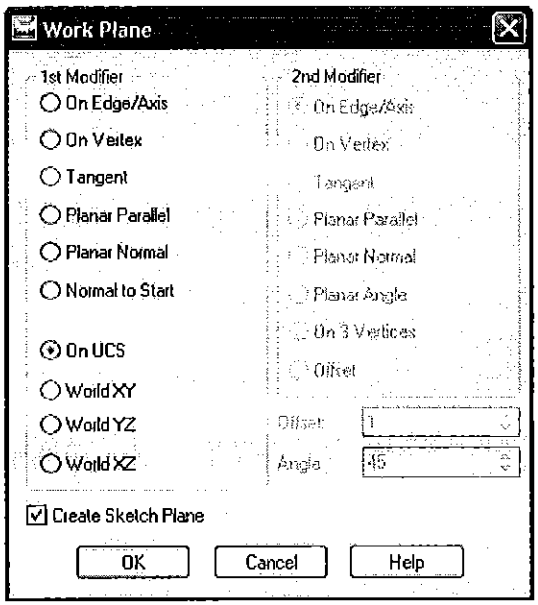
รูปที่ 3.13 หน้าจอแสดงการเซต View port

8. สร้างระนาบอ้างอิง โดยใช้คำสั่ง Work plane ดังนี้ Part ⟶ Work Feature ⟶ Work plane ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 หน้าจอแสดงการสร้างระนาบอ้างอิง

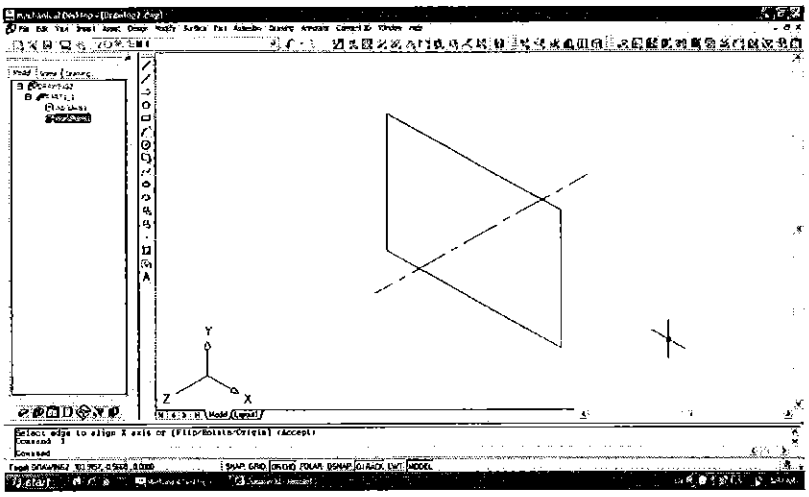
9. จะปรากฏ dialog box work plane จากนั้นคลิก On UCS เพื่อเริ่มเขียนจากจุด 0,0 แล้วคลิกที่ OK ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 หน้าจอแสดง dialog box work plane

10. จากนั้นคลิกขวา 1 ครั้ง โปรแกรมจะทำการสร้างระนาบอ้างอิงขึ้นมาให้เรา

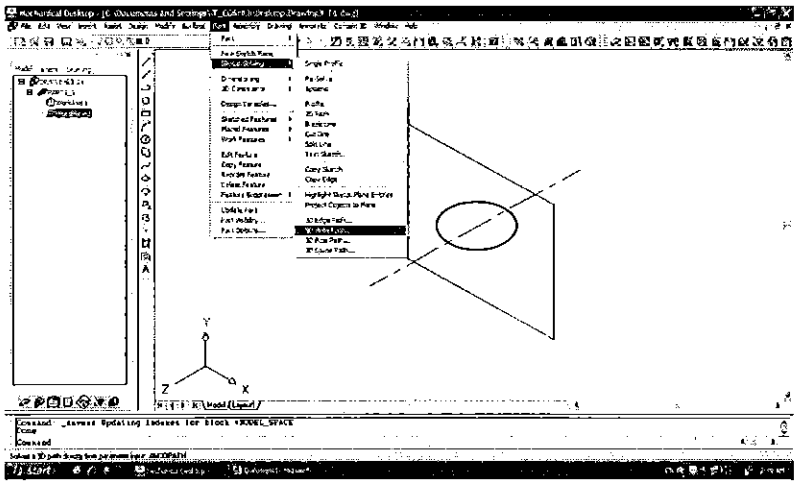
11. เลือกหน้าต่างสำหรับ isometric (ด้านขวาล่าง) จากนั้นพิมพ์ 1 ลงใน Command window แล้วกด Enter โปรแกรมจะแสดงหน้าต่างสำหรับ isometric ขึ้นมา ดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 หน้าจอแสดงหน้าต่างสำหรับ isometric

3.3.2.2 วิธีการสร้างโครงสร้างเพื่อเขียนเส้นลวด 1 เส้นที่หมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

1. เริ่มต้นการเขียนแบบด้วยการกำหนดโครงร่างแกนของสปริงโดยใช้คำสั่ง 3D_helix_patch ดังนี้ Part ⟶ Sketch solving ⟶ 3d helix patch ดังรูปที่ 3.17



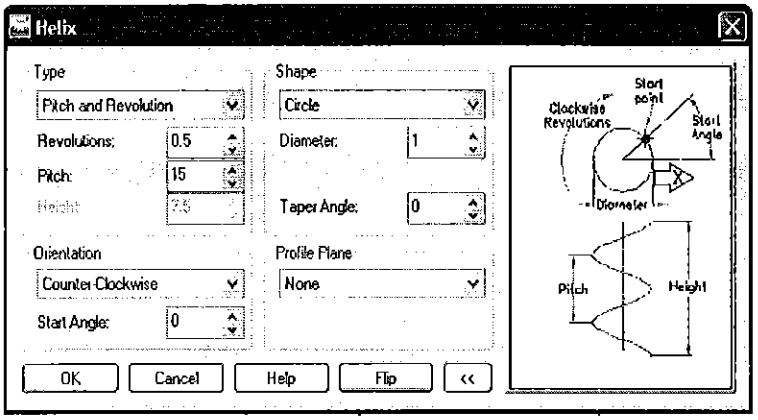
รูปที่ 3.17 หน้าจอแสดงการใช้คำสั่ง 3D_helix_patch

2. ที่ command window ด้านล่างจะปรากฏ

amdt_3d_helix

Select work axis, circular edge, or circular face for helical center:

ให้คลิกที่ Axis หลังจากนั้น dialog box Helix จะปรากฏ ดังรูปที่ 3.18



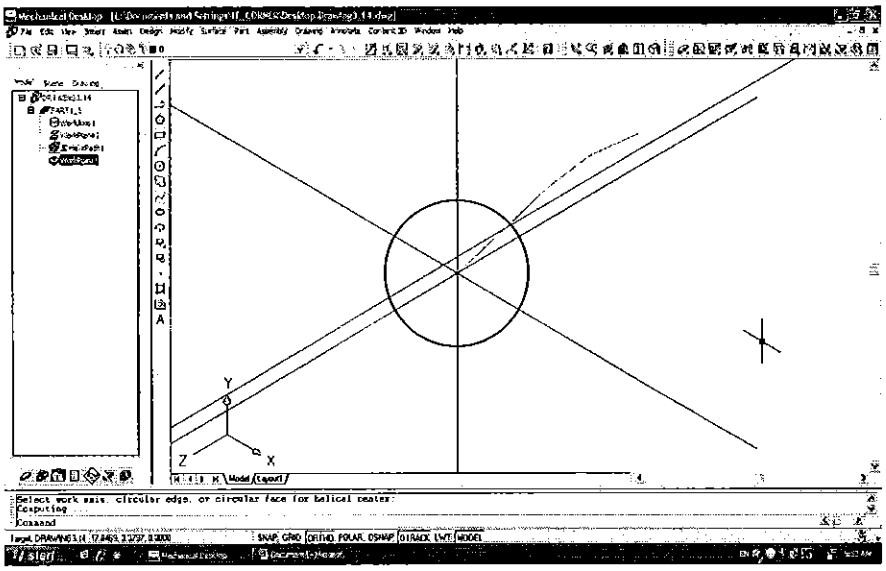
รูปที่ 3.18 หน้าจอแสดง dialog box Helix

โดยตั้งค่าต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 3.1

Type	Orientation	Shape:	Profile Plane
Pitch and Revolution	Counter-Clockwise	Circle	None
Revolution = 0.5 mm	Start angle = 0	Diameter = 1	
Pitch =15 mm		Taper Angle = 0	

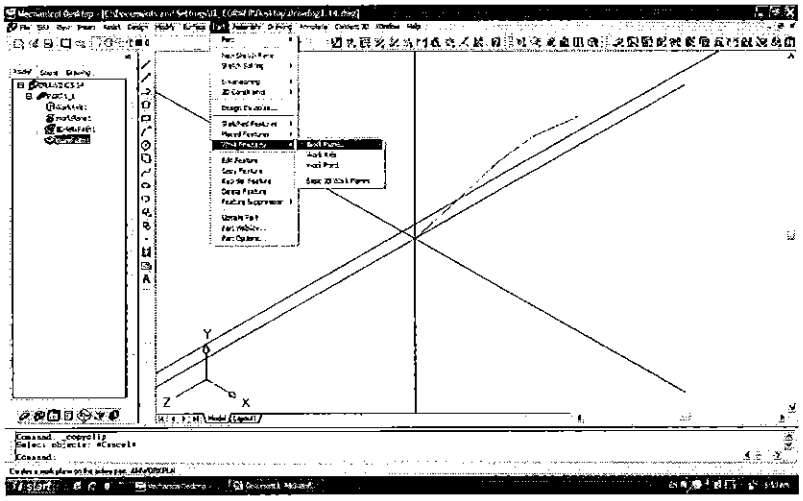
หลังจากนั้น คลิกที่ Flip 1 ครั้ง เพื่อปรับเปลี่ยน ทิศทางการขึ้นรูป แล้วคลิกที่ OK

3. หลังจากนั้นเราได้โครงร่างคล้ายสปริง ซึ่งยังมองไม่เห็น เนื่องจากวัตถุดังกล่าวมีขนาดเล็ก ให้เราทำการซูมมาที่ point ที่เกิดขึ้นใหม่ ตามรูปที่ 3.19



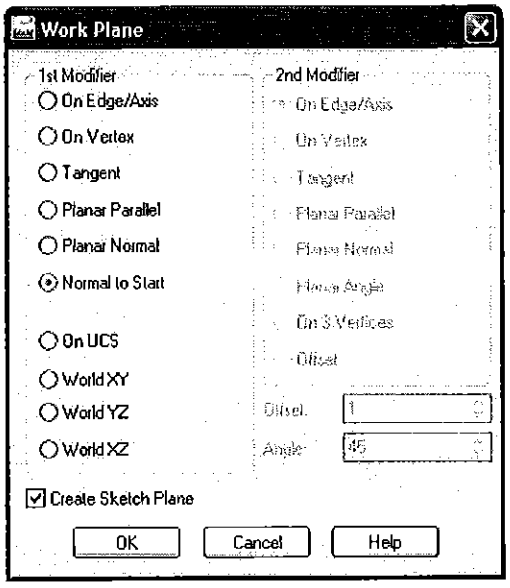
รูปที่ 3.19 หน้าจอแสดงการขยายมาที่ point

4. หลังจากนั้นแล้วระนาบที่ปลายของเส้นโครงร่างของสปริงโดยคำสั่ง work plane ดังนี้ Part ⟶ Work Features ⟶ Work plane ดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 หน้าจอแสดงการสร้างระนาบที่ปลายของเส้นโครงร่างสปริง

5. จะปรากฏ Dialog box Work plane ดังรูปที่ 3.21 ให้ทำการเลือก Normal to start จากนั้นคลิกที่ OK



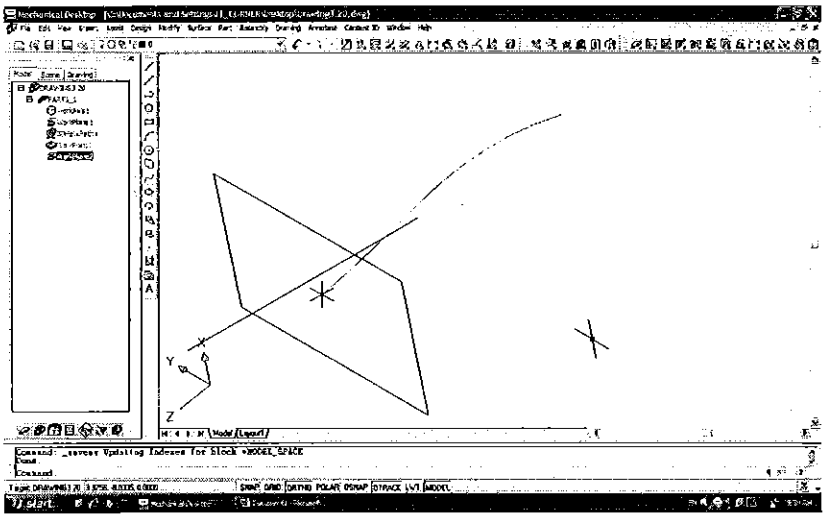
รูปที่ 3.21 หน้าจอแสดง dialog box Work plane

6. ที่ Command window ด้านล่างจะปรากฏ

AMWORKPLN

Select patch or sketched work axis

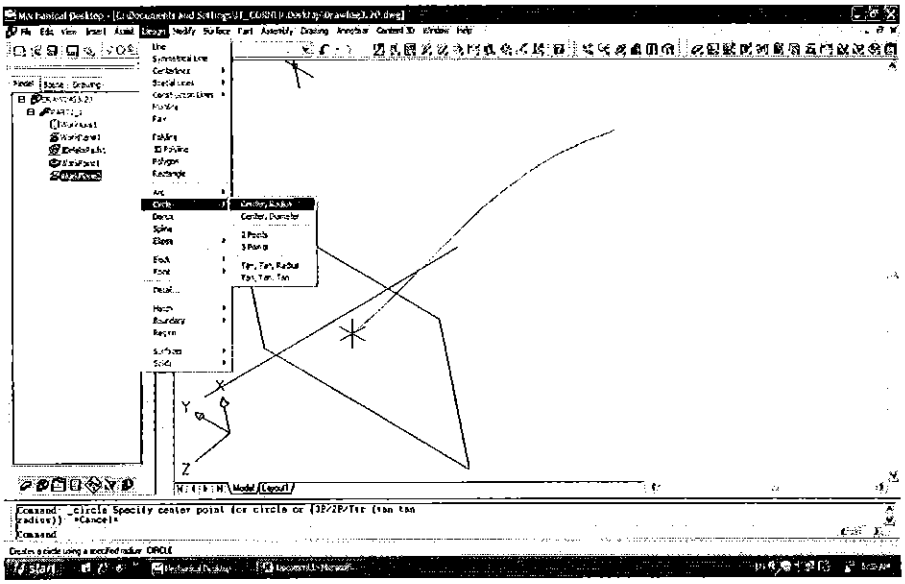
ให้คลิกที่ Axis หลังจากนั้นจะปรากฏ ดังรูปที่ 3.22 ให้คลิกขวาเพื่อยืนยันแนวแกน



รูปที่ 3.22 หน้าจอแสดงแนวแกน

3.3.2.3 ขั้นตอนการสร้างเส้นลวด 1 เส้นที่หมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

1. หลังจากนั้นเราจะได้ระนาบที่พร้อมจะเขียนแบบได้ จากนั้นให้เขียนวงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.08 มม. โดยอาศัย (0,0) ปัจจุบันเป็นจุดศูนย์กลางตามขั้นต้น ดังนี้ Design ⟶ Circle ⟶ Center,Radius ดังรูปที่ 3.23

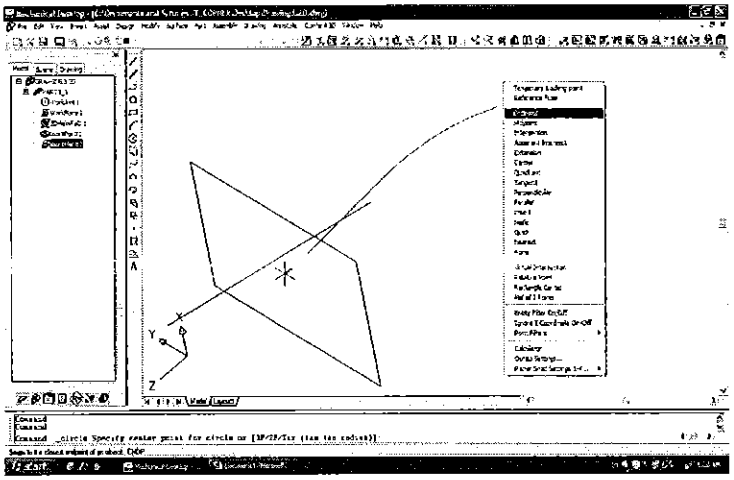


รูปที่ 3.23 หน้าจอแสดงระนาบที่พร้อมจะเขียนแบบ

2. ที่ Command Window ด้านล่างจะปรากฏ

_Circle specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius)]:

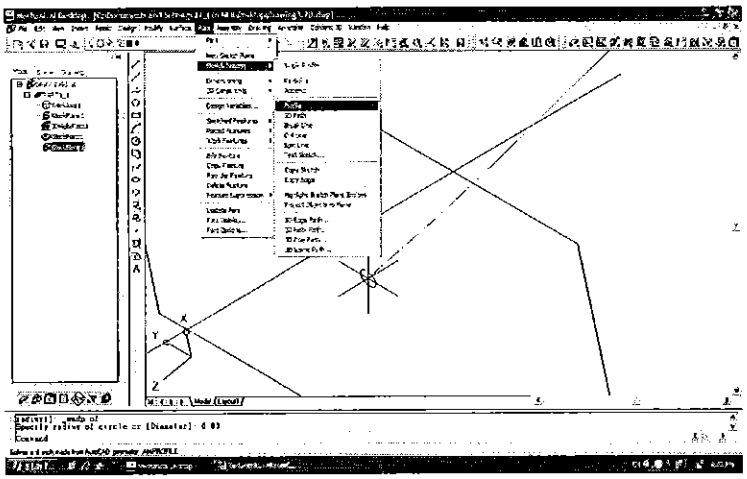
ให้กด Shift ค้าง แล้วคลิกขวา แล้วคลิกเลือก End point ดังรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.24 หน้าจอแสดงการเลือก End point

เลื่อน Curser ไปที่ point แล้วคลิก 1 ครั้ง จะได้จุดศูนย์กลางของวงกลม จากนั้นใส่ขนาดของวงกลม (Diameter) 0.08 แล้วกด Enter

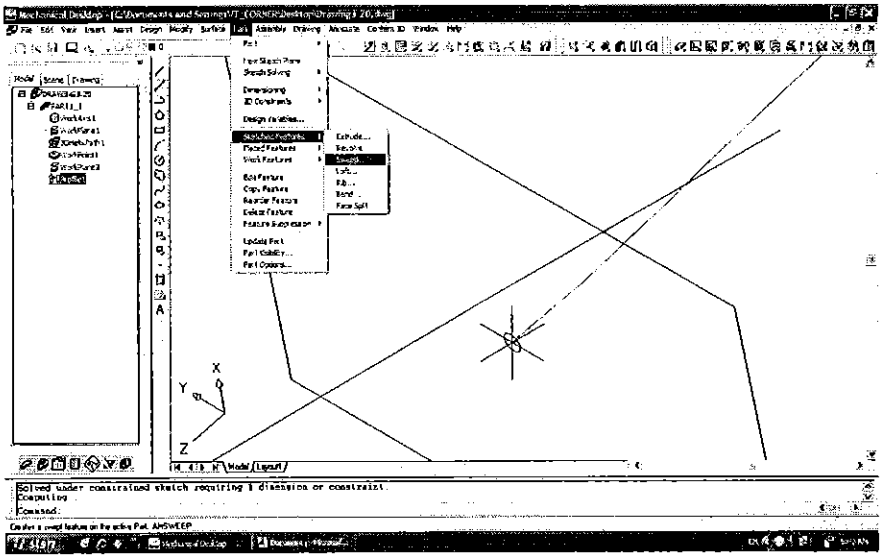
3. ใช้คำสั่ง Profile เพื่อสร้างชิ้นตามขั้นตอนส่วน ดังนี้ Part ⟶ Sketch solving ⟶ Profile ดังรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.25 หน้าจอแสดงการใช้คำสั่ง Profile

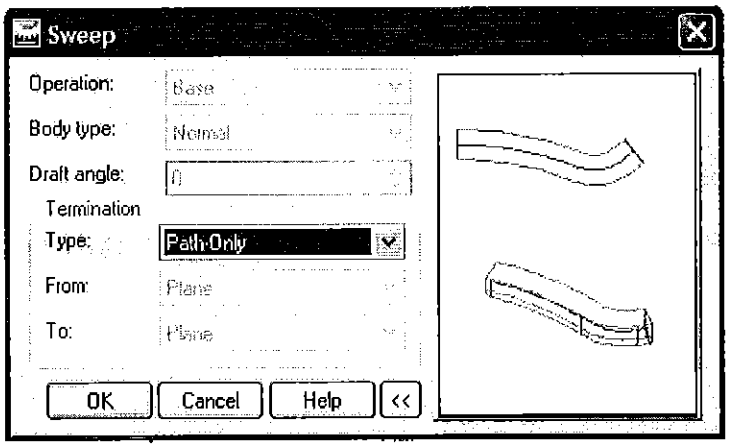
4. คลิกที่เส้นวงกลมที่สร้างไว้ แล้วคลิกขวา 1 ครั้ง เราจะได้ Profile ที่พร้อมจะทำชิ้นงาน

5. ใช้คำสั่ง Sweep เพื่อสร้างเส้นลวด 1 เส้น ดังนี้ Part ⟶ Sketch Feature ⟶ Sweep ดังรูปที่ 3.26



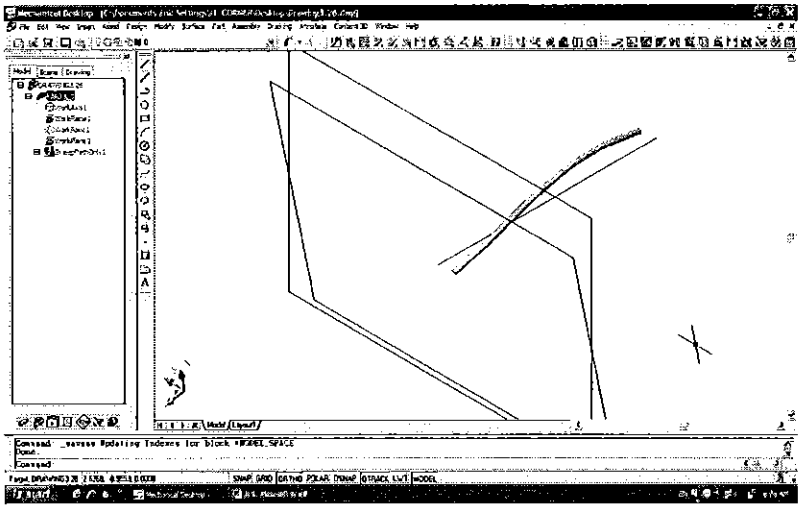
รูปที่ 3.26 หน้าจอแสดงการใช้คำสั่ง Sweep

6. จะปรากฏ Dialog box ดังรูปที่ 3.27 แล้วคลิก OK



รูปที่ 3.27 Dialog box

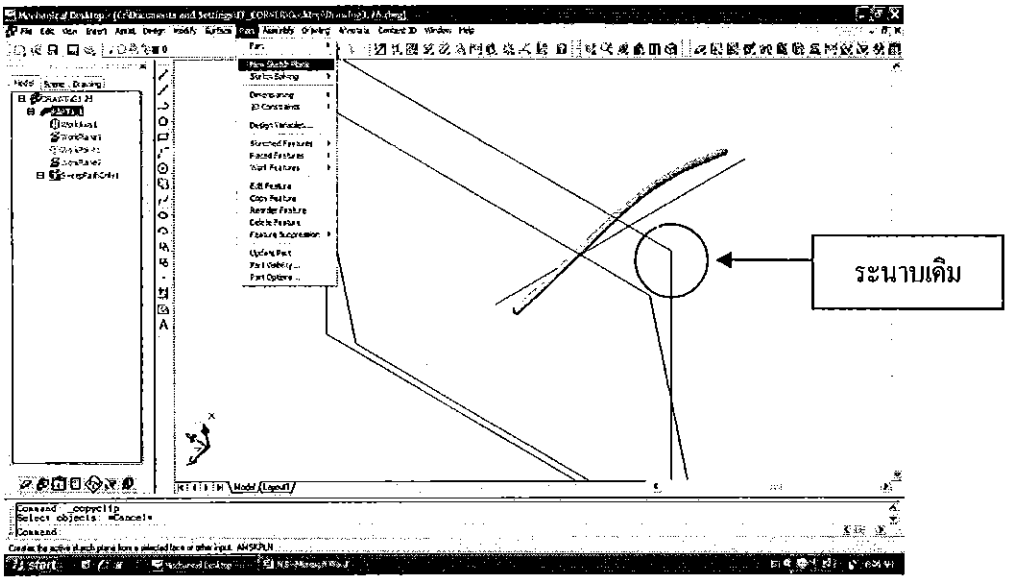
7. หลังจากนั้นเราจะได้ส่วนของสปริง ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักในการสร้างส่วนต่างๆ ต่อไป จากนั้นใส่ shade color จะปรากฏ ดังรูปที่ 3.28 แล้วคลิกที่ Toggle shading / Wire frame



5200083
ว509440. ค.2
ส.
น673ก
2551

รูปที่ 3.28 หน้าจอแสดงการใช้คำสั่ง Toggle shading / Wire frame

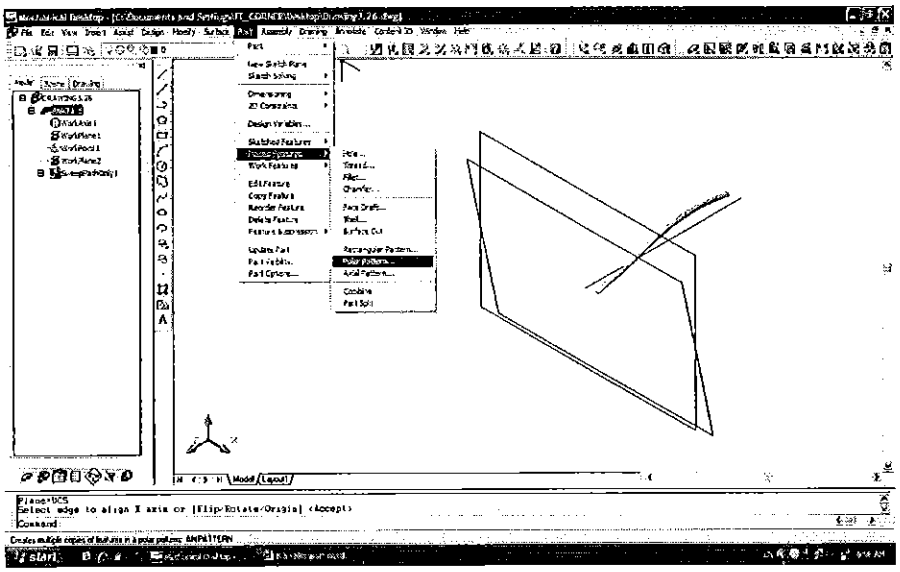
8. ให้เลือกระนาบเดิมโดยใช้คำสั่ง Part ⟶ New Sketch Plane ดังรูปที่ 3.29 จากนั้นให้คลิกขวาเพื่อยืนยัน



รูปที่ 3.29 หน้าจอแสดงการเลือกระนาบเดิม

3.3.2.4 วิธีการ copy เส้นลวดที่หมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ให้วางตัวในแนววงกลม

1. ใช้คำสั่ง Polar pattern เพื่อสร้างชิ้นส่วนต่อไป ดังนี้ Part ⟶ Placed Features ⟶ Polar pattern ดังรูปที่ 3.30



รูปที่ 3.30 การใช้คำสั่ง Polar pattern

2. ที่ Command Window ด้านล่างจะปรากฏ

_3DARRAY

Select features to pattern:

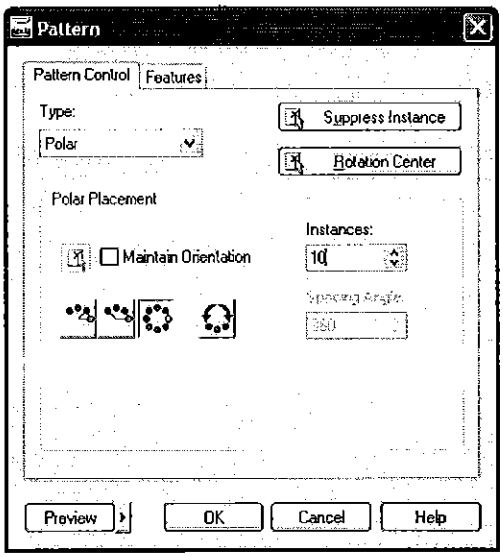
คลิกเลือกที่ Part หลักที่สร้างไว้

Select features to pattern or [list/remove] <Accept>:

คลิกขวา เพื่อตกลง

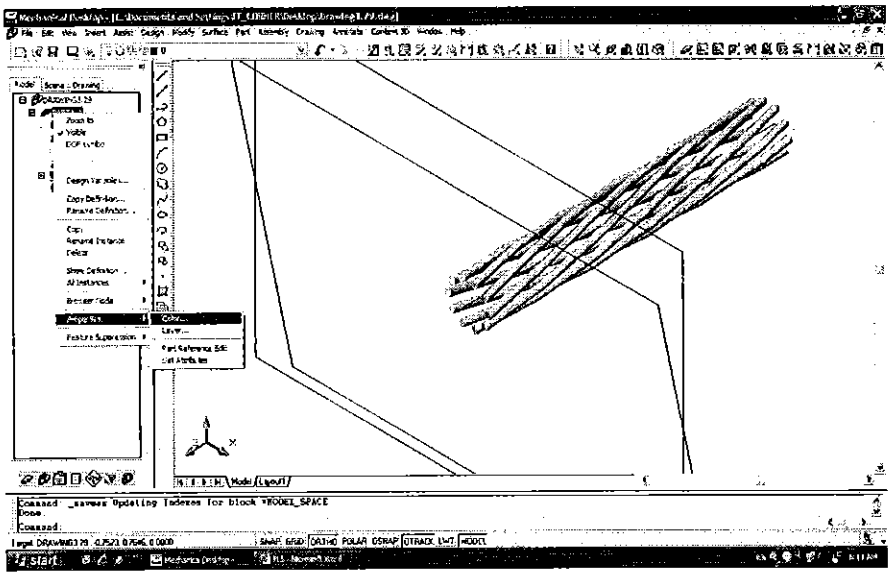
Select rotational center:

คลิกที่ Axis จะปรากฏ dialog box pattern ให้ใส่ค่าต่างๆ ดังรูปที่ 3.31 จากนั้นคลิก OK



รูปที่ 3.31 dialog box pattern

3. หลังจากนั้นเราจะได้โครงสร้างคล้ายสปริง ทั้งหมด 10 เส้น วางเรียงกันอยู่มีลักษณะเป็นทรงกระบอก เราสามารถที่จะเปลี่ยนสีของวัตถุที่เราเขียนได้ตามใจชอบ ดังนี้ ที่ Desktop browser คลิกขวาที่ part_1 ⟶ property ⟶ color ดังรูปที่ 3.32

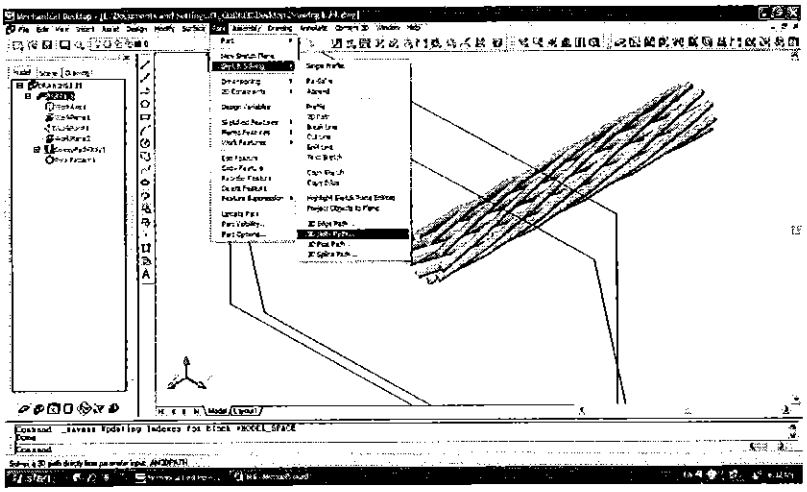


รูปที่ 3.32 หน้าจอแสดงโครงสร้างสปริง

จากนั้นจะปรากฏ Dialog box ให้เราเลือกสีตามใจชอบ แล้วคลิก OK

3.3.2.5 การสร้างโครงสร้างเพื่อเขียนเส้นลวด 1 เส้นที่หมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

1. ทำการสร้างโครงสร้างตาข่ายโดยใช้คำสั่งเดิม 3d_helix_patch ดังนี้ Part ⟶ Sketch solving ⟶ 3d helix patch ดังรูปที่ 3.33



รูปที่ 3.33 หน้าจอแสดงการสร้างโครงสร้างตาข่ายแนวขวาง

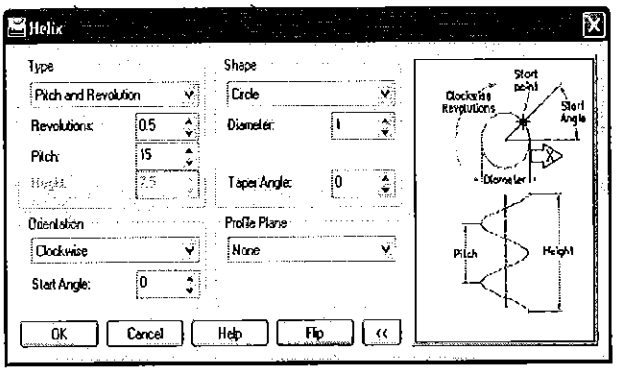
2. ที่ Command Window ด้านล่างจะปรากฏ

amdt_3d_helix

Select work axis, circular edge, or circular face for helical center:

เป็นคำสั่งให้เลือกแกนทำงานของการเขียนแบบ

ให้คลิกที่ Axis หลังจากนั้น dialog box Helix จะปรากฏ ดังรูปที่ 3.34



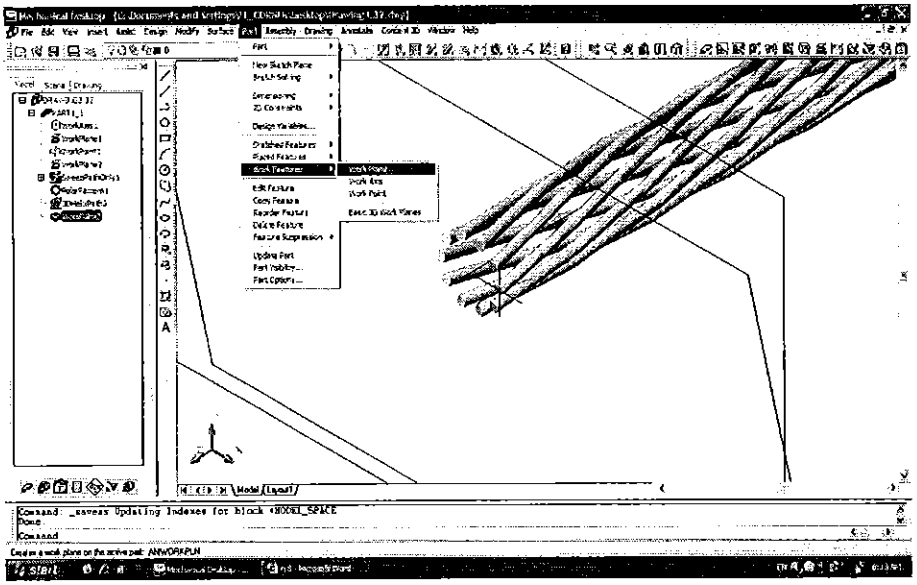
รูปที่ 3.34 dialog box Helix

โดยตั้งค่าต่างๆ ดังตารางที่ 3.2

Type	Orientation	Shape:	Profile Plane
Pitch and Revolution	Clockwise	Circle	None
Revolution = 0.5 mm	Start angle = 0	Diameter = 1	
Pitch =15 mm		Taper Angle = 0	

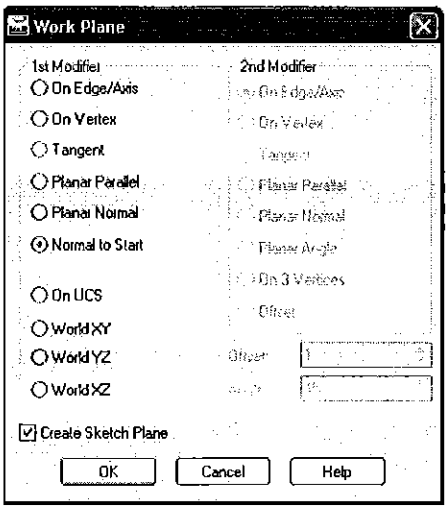
หลังจากนั้น คลิกที่ Flip 1 ครั้ง เพื่อปรับเปลี่ยนทิศทางการขึ้นรูปให้ไปทิศทางเดียวกัน แล้วคลิกที่ OK

3. หลังจากนั้นแล้ว ทำการสร้างระนาบที่ปลายของเส้นโครงร่างสปริงเพื่อเริ่มการเขียนแบบ โดยใช้คำสั่ง work plane ดังนี้ Part ⟶ Work Features ⟶ Work plane ดังรูปที่ 3.35



รูปที่ 3.35 หน้าจอแสดงการสร้าง plane ที่ปลายของเส้นโครงร่างตาข่าย

4. Dialog box:Work plane จะปรากฏ ดังรูปที่ 3.36 ให้เลือก Normal to start จากนั้นคลิก OK



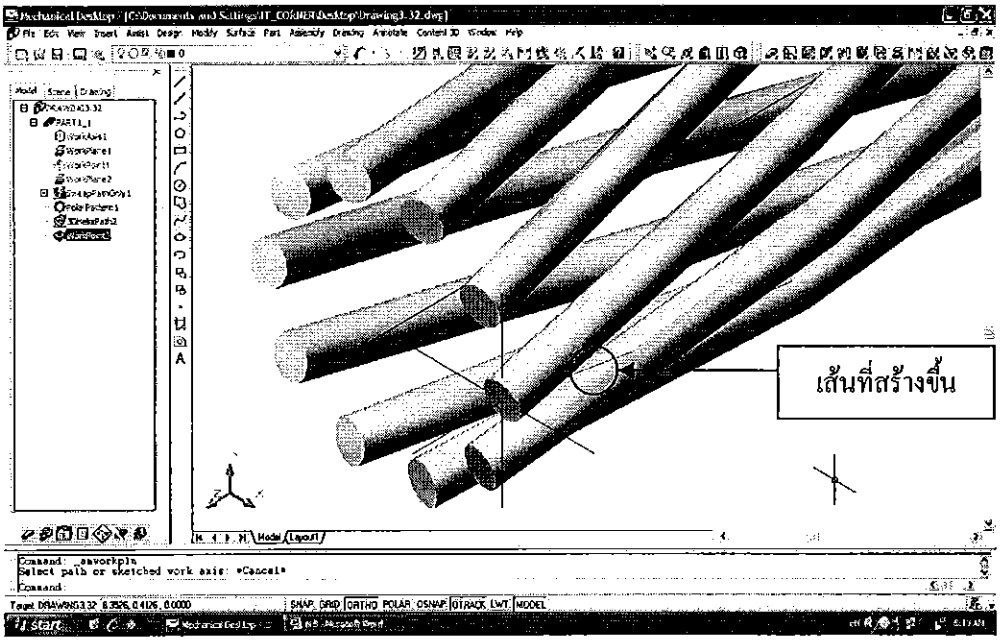
รูปที่ 3.36 Dialog box Work plane

5. ที่ Command Window ด้านล่างจะปรากฏ

AMWORKPLN

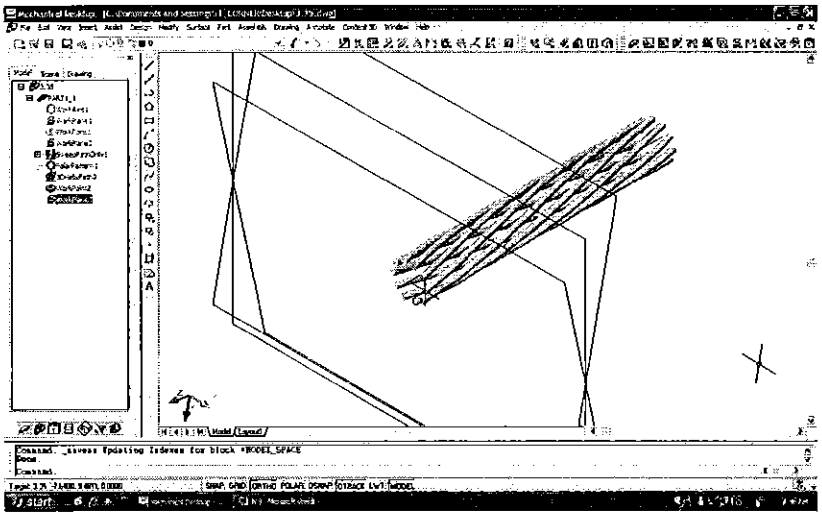
Select patch or sketched work axis:

ให้คลิกที่ เส้นที่เราสร้างขึ้น ดังรูปที่ 3.37



รูปที่ 3.37 หน้าจอแสดงเส้นที่สร้างขึ้นใหม่

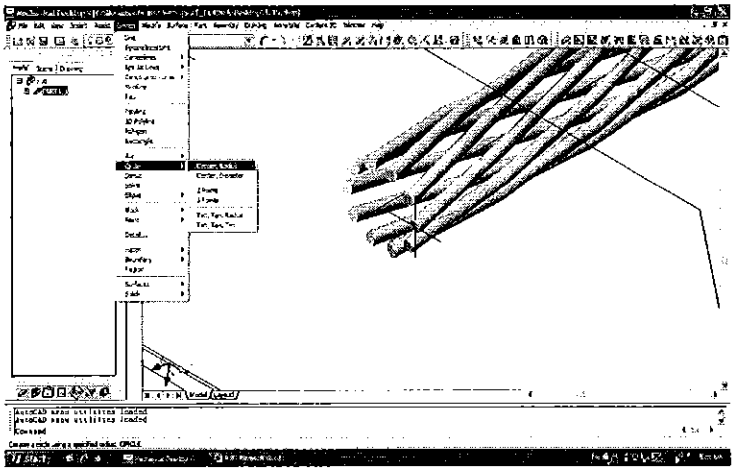
ให้คลิกขวาเพื่อยืนยันแนวแกน หลังจากนั้นจะปรากฏดังรูปที่ 3.38



รูปที่ 3.38 หน้าจอแสดงการเลือกระนาบ

3.3.2.6 สร้างเส้นลวด 1 เส้นที่หมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

1. หลังจากนั้นเราจะได้ระนาบที่พร้อมจะเขียนแบบได้ต่อไปให้เขียนวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.08 มม. โดยอาศัย (0,0) ปัจจุบันเป็นเส้นผ่านศูนย์กลาง ดังนี้ Design ⟶ Circle ⟶ Center, Radius ดังรูปที่ 3.39



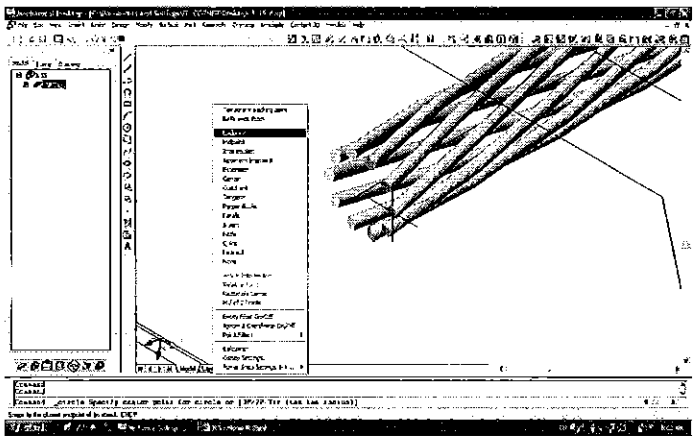
รูปที่ 3.39 หน้าจอแสดงระนาบที่พร้อมจะเขียน

2. ที่ Command Window ด้านล่างจะปรากฏ

_Cicle specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius)]:

เป็นคำสั่งให้เลือกว่าเริ่มเขียนวงกลมจากแบบใด

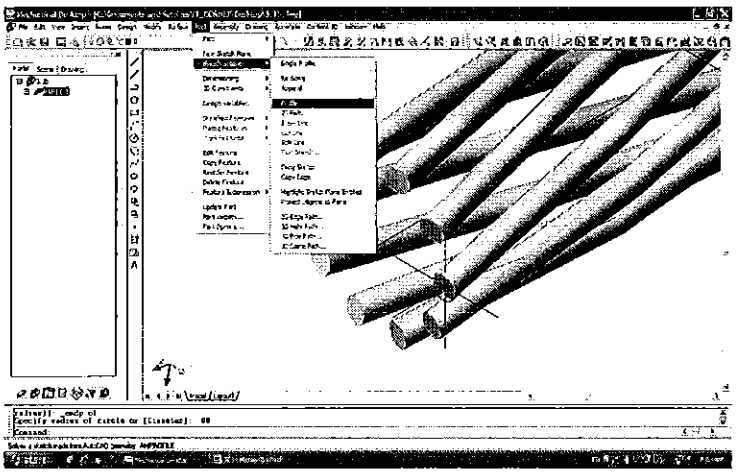
ให้กด Shift ค้าง แล้วคลิกขวา แล้วคลิกเลือก End point ดังรูปที่ 3.40



รูปที่ 3.40 หน้าจอแสดงการเลือก End point

เลื่อน Curser ไปที่ point แล้วคลิก 1 ครั้ง จะได้จุดศูนย์กลางของวงกลม จากนั้นใส่ขนาดของวงกลม 0.08 มม. แล้วกด Enter

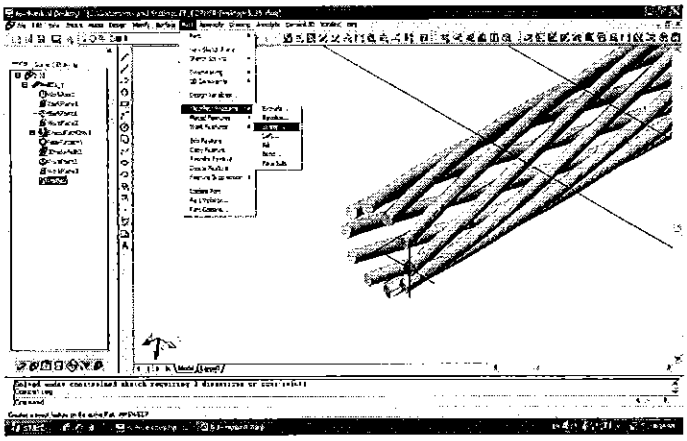
3. ใช้คำสั่ง Profile เพื่อสร้างชิ้นส่วน ดังนี้ Part ⟶ Sketch solving ⟶ Profile ดังรูปที่ 3.41



รูปที่ 3.41 หน้าจอแสดงการใช้คำสั่ง Profile

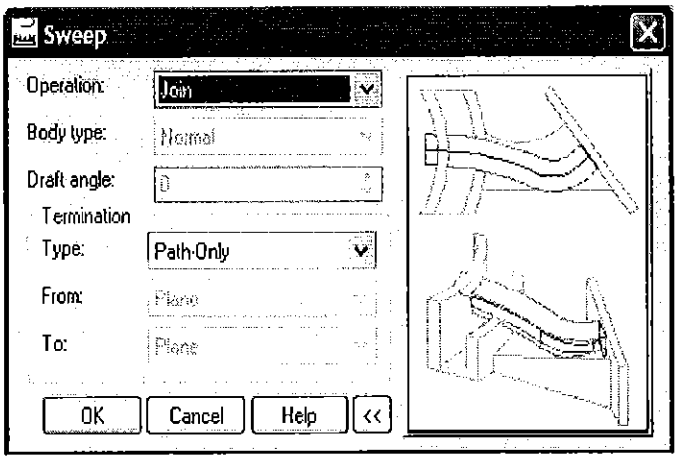
4. คลิกที่เส้นวงกลมที่สร้างไว้ 1 ครั้ง แล้วคลิกขวาเพื่อยืนยันอีก 1 ครั้ง เราจะได้ Profile ที่พร้อมจะทำเส้นลวดที่หมุนตามเข็มนาฬิกา

5. ใช้คำสั่ง Sweep เพื่อสร้างเส้นลวดที่หมุนตามเข็มนาฬิกา ดังนี้ Part ⟶ Sketch Feature ⟶ Sweep ดังรูปที่ 3.42



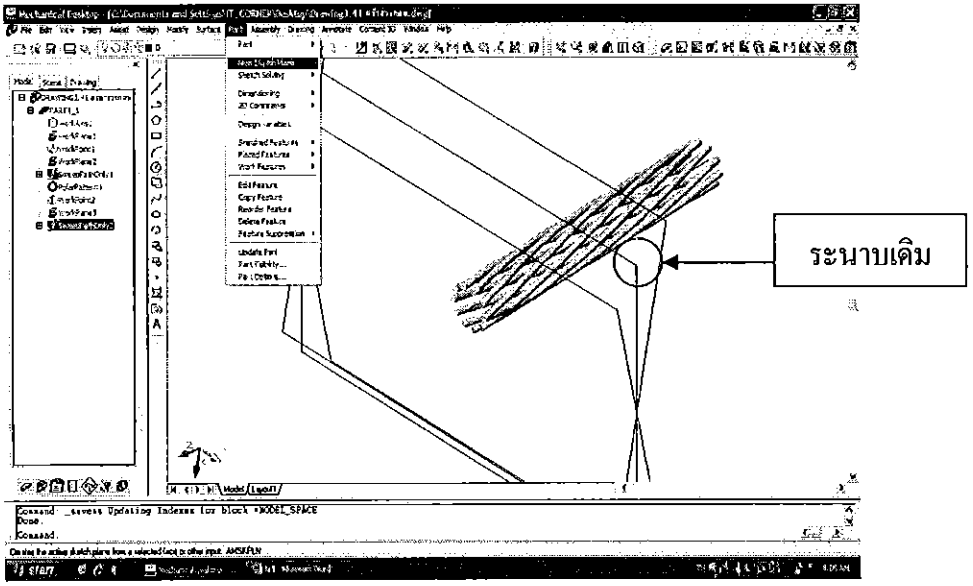
รูปที่ 3.42 หน้าจอแสดงการใช้คำสั่ง Sweep

6. จะปรากฏ Dialog box ดังรูปที่ 3.43 ที่ operation: เลือก join เพื่อเป็นการเชื่อมเส้นลวดเข้าด้วยกันแล้วคลิก OK



รูปที่ 3.43 Dialog box Sweep

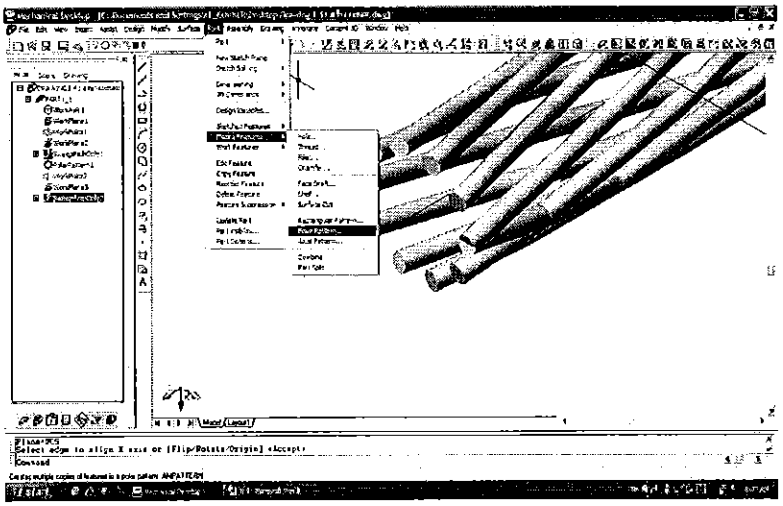
7. ให้เลือกระนาบเก่าโดยใช้คำสั่ง Part ⟶ New Sketch Plane ดังรูปที่ 3.44 แล้วคลิกขวาเพื่อยืนยัน



รูปที่ 3.44 หน้าจอแสดงการเลือกระนาบ

3.3.2.7 การ copy เส้นลวดที่หมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกาให้วางตัวในแนววงกลม

1. ใช้คำสั่ง Polar pattern เพื่อสร้างชิ้นส่วนของ Part ต่อไป ดังนี้ Part ⟶ Placed Features ⟶ Polar pattern ดังรูปที่ 3.45



รูปที่ 3.45 หน้าจอแสดงการใช้คำสั่ง Polar pattern

ที่ Command Window ด้านล่างจะปรากฏ

_3DARRAY

Select features pattern:

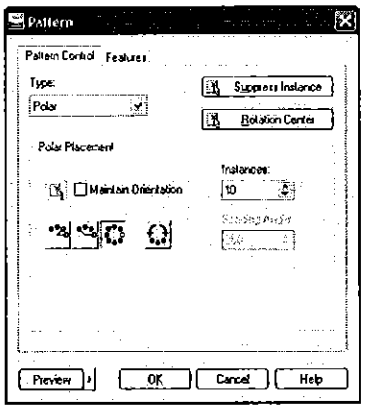
คลิกเลือกที่ Part หลักที่สร้างไว้ เมื่อสักครู่

Select features pattern or [list/remove] <Accept>:

คลิกขวา เพื่อยอมรับ

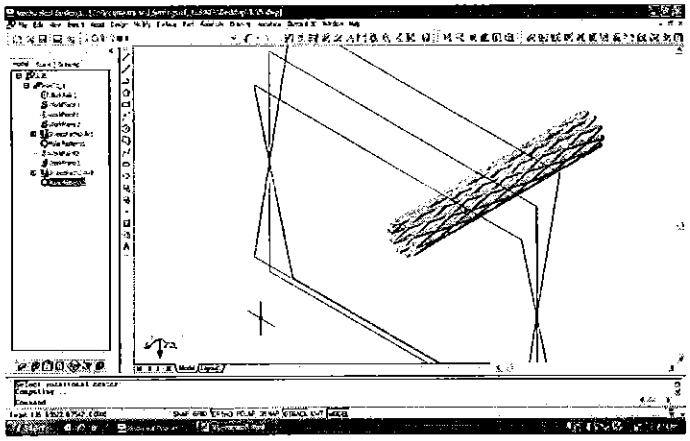
Select rotational center

คลิกที่ Axis จะปรากฏ dialog box Pattern ให้ใส่ค่าต่างๆ ดังรูปที่ 3.46 จากนั้นคลิก OK



รูปที่ 3.46 dialog box Pattern

เราจะได้โครงสร้างรูปตาข่ายในสภาวะพับตัว ตามต้องการ ดังรูปที่ 3.47



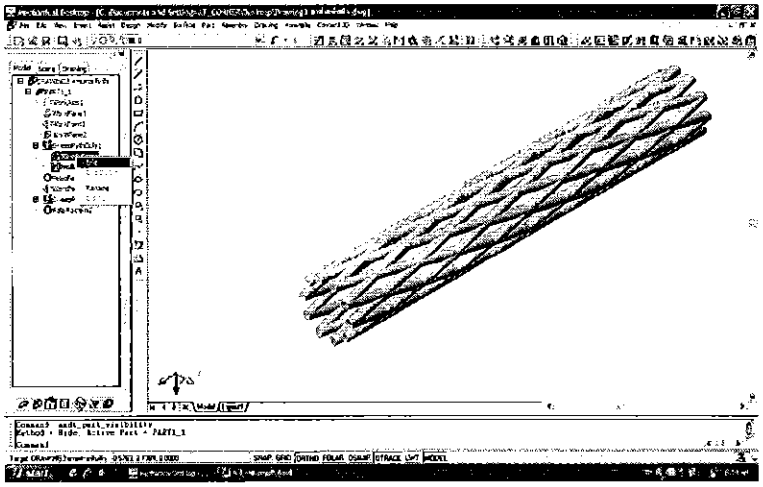
รูปที่ 3.47 แบบขดลวดสวนหัวใจแบบตาข่ายในสภาวะพับตัว

จากนั้นเราจึง Save as และตั้งชื่อ Net_stent

3.3.3 การสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ของขดลวดสวนหัวใจแบบตาข่าย (Net Stent) ในสภาวะขยายตัว

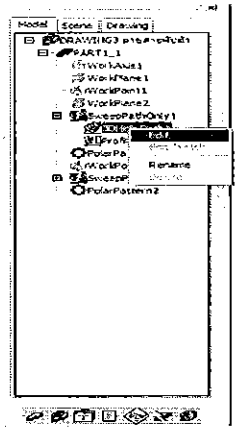
สำหรับการสร้างแบบขดลวดสวนหัวใจแบบตาข่ายในสภาวะขยายตัวสามารถสร้างได้ 2 วิธี คือ การสร้างตามลำดับขั้นตอนเดิมและการสร้างโดยการแก้ไข data feature ซึ่งในที่นี้จะใช้วิธีการแก้ไข data feature โดยมีวิธีดังนี้

1. จาก File Net_stent ที่มีอยู่ ให้พิจารณาที่ desktop browser ด้านซ้ายมือ ดังรูปที่ 3.48



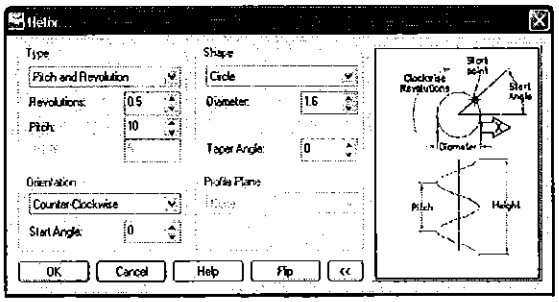
รูปที่ 3.48 หน้าจอแสดงการพิจารณาที่ desktop browser

2. ให้คลิกขวาที่ 3DhelixPath1 (ชิ้นส่วนแรกที่เราสร้างขึ้น) จะปรากฏ bar ขึ้น ให้คลิกที่ edit ดังรูปที่ 3.49



รูปที่ 3.49 หน้าจอแสดงการใช้คำสั่ง 3DhelixPath1

3. หลังจากนั้นจะปรากฏ dialog box Helix ขึ้นดังรูปที่ 3.50



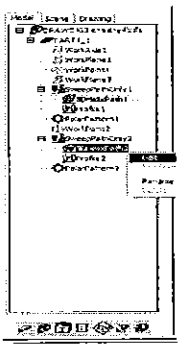
รูปที่ 3.50 dialog box Helix

โดยตั้งเปลี่ยนค่าต่างๆ เพื่อให้อยู่ในสภาวะขยายตัว ดังตารางที่ 3.3

Type	Orientation	Shape:	Profile Plane
Pitch and Revolution	Counter-Clockwise	Circle	None
Revolution = 0.5 mm	Start angle = 0	Diameter = 1.6 mm	
Pitch = 10 mm		Taper Angle = 0	

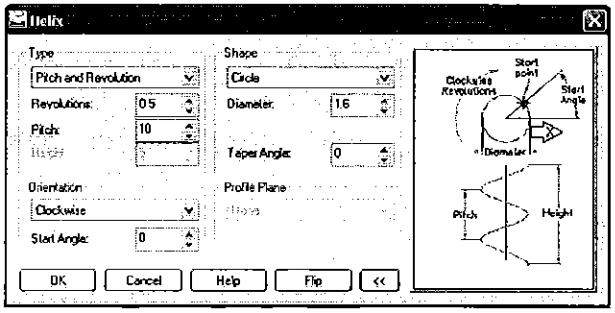
เมื่อเปลี่ยนค่าต่างๆ เสร็จแล้ว ให้คลิก OK และคลิกขวา 1 ครั้งเพื่อออก command: สังเกตว่าจะมีแถบสีเหลือง บริเวณ 3DhelixPath1 ขึ้น

4. ทำการแก้ไขค่าโครงสร้างของตาข่ายด้านตามเข็มนาฬิกาอีกครั้ง ด้วยคำสั่งเดิม ให้คลิกขวาที่ 3DhelixPath2 (ชิ้นส่วนที่สองที่เราสร้างขึ้น) จะปรากฏ bar ขึ้น ให้คลิกที่ edit ดังรูปที่ 3.51



รูปที่ 3.51 การแก้ไขโครงสร้างของตาข่ายด้านตามเข็มนาฬิกา

5. หลังจากนั้นจะปรากฏ dialog box Helix ขึ้นดังรูปที่ 3.52

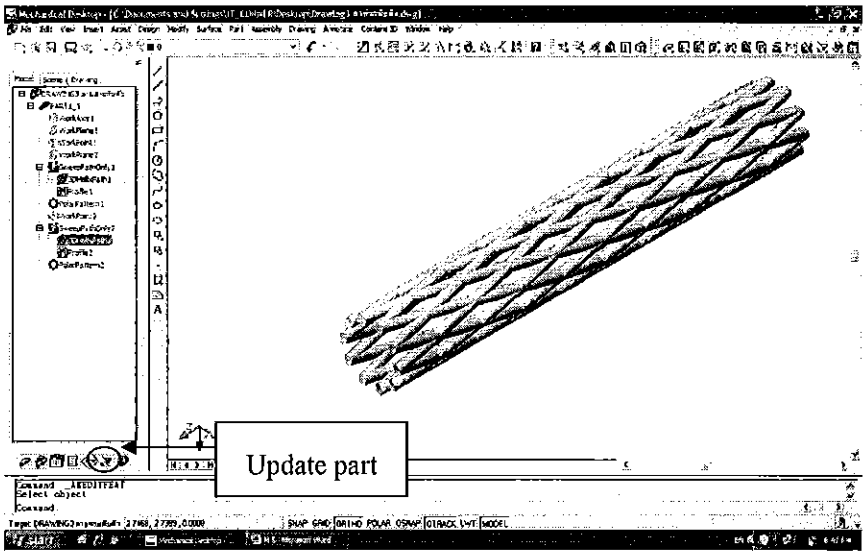


รูปที่ 3.52 dialog box Helix

โดยตั้งเปลี่ยนค่าต่างๆ เพื่อให้อยู่ในสภาวะขยายตัว ดังตารางที่ 3.4

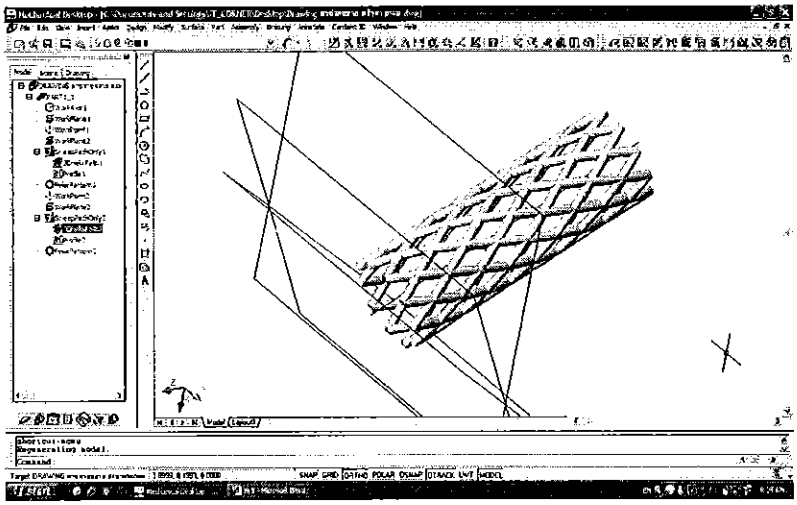
Type	Orientation	Shape:	Profile Plane
Pitch and Revolution	Clockwise	Circle	None
Revolution = 0.5 mm	Start angle = 0	Diameter = 1.6 mm	
Pitch = 10 mm		Taper Angle = 0	

เมื่อเปลี่ยนค่าต่างๆ เสร็จแล้ว ให้คลิก OK และคลิกขวา 1 ครั้งเพื่อออก command: สังเกตว่าจะมีแถบสีเหลือง บริเวณ 3DhelixPath2 ขึ้น ดังรูปที่ 3.53



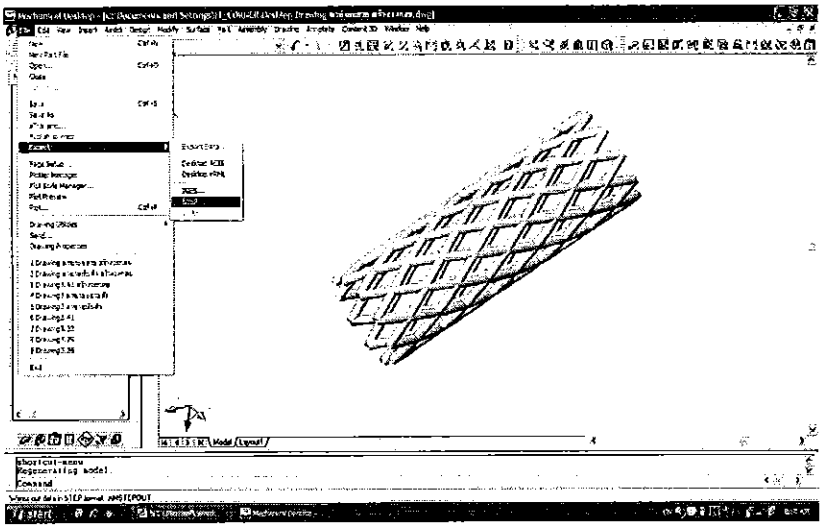
รูปที่ 3.53 แบบสีเหลืองบริเวณ 3DhelixPath1 และ บริเวณ 3DhelixPath2

6. คลิกที่ เพื่อทำการ Update part ที่ทำการแก้ไข (Icon จะอยู่ด้านล่างของ Desktop browser) เมื่อคลิกแล้ว โปรแกรมจะ update part ให้ เสร็จแล้วขนาดของขดลวดจะขยายขึ้น และแถบสีเหลืองจะหายไป ดังรูป 3.54



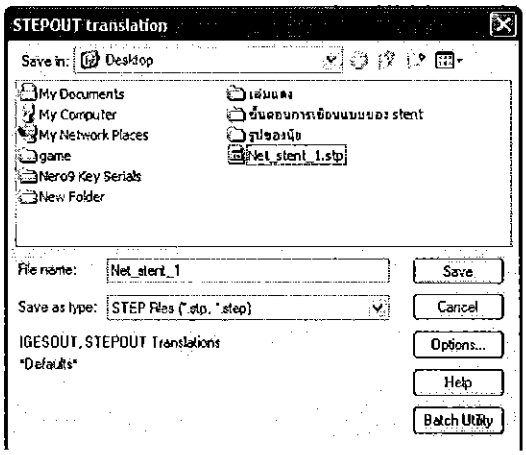
รูปที่ 3.54 หน้าจอแสดงการ Update part ที่ทำการแก้ไข

7. จากนั้นเราจึงทำการนำไฟล์ออก ดังนี้ File ⟶ Export ⟶ STEP ดังรูปที่ 3.55



รูปที่ 3.55 หน้าจอแสดงการ Export file

จะปรากฏ dialog box ดังรูปที่ 3.56



รูปที่ 3.56 dialog box

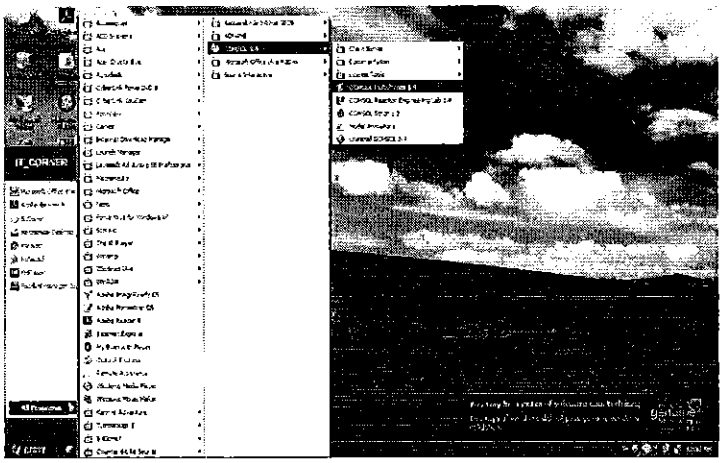
แล้วตั้งชื่อเป็น Net_Stent_1 เพียงเท่านี้ก็จะได้ ขดลวดสวนหัวใจแบบตาข่าย (Net Stent) ในสภาวะขยายตัว ตามต้องการ

3.4 การสร้างแบบจำลองแบบไฟไนต์เอลิเมนต์

3.4.1 การเรียกใช้โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ (COMSOL3.2) ขึ้นมาใช้งาน

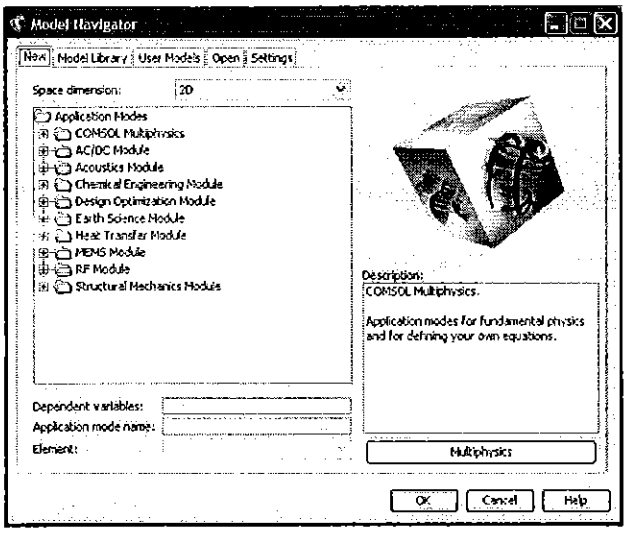
สามารถเรียกใช้ได้ 2 วิธี

1. แบบที่ 1 ดังนี้ Start ⟶ All Program ⟶ COMSOL3.2 ⟶ COMSOL3.2 ดังรูปที่ 3.57



รูปที่ 3.57 การเรียกโปรแกรม COMSOL3.2

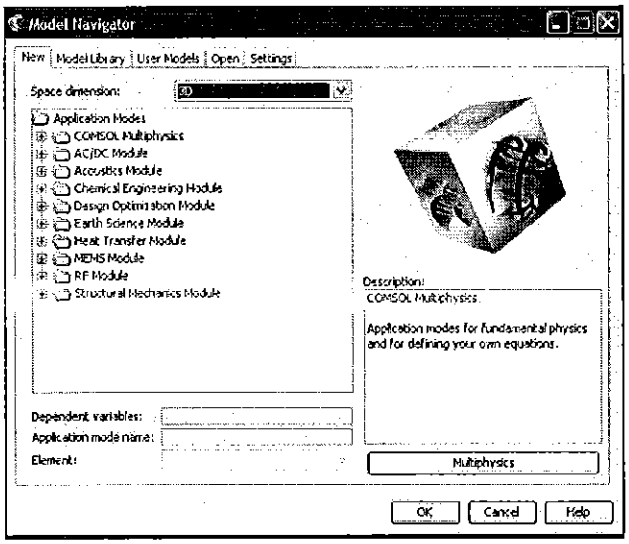
2. การเรียกโปรแกรม COMSOL3.2 แบบที่ 2 โดยดับเบิลคลิกที่ บริเวณหน้า Desktop หลังจากนั้นจะปรากฏ ดังรูปที่ 3.58



รูปที่ 3.58 การเรียกโปรแกรม COMSOL3.2

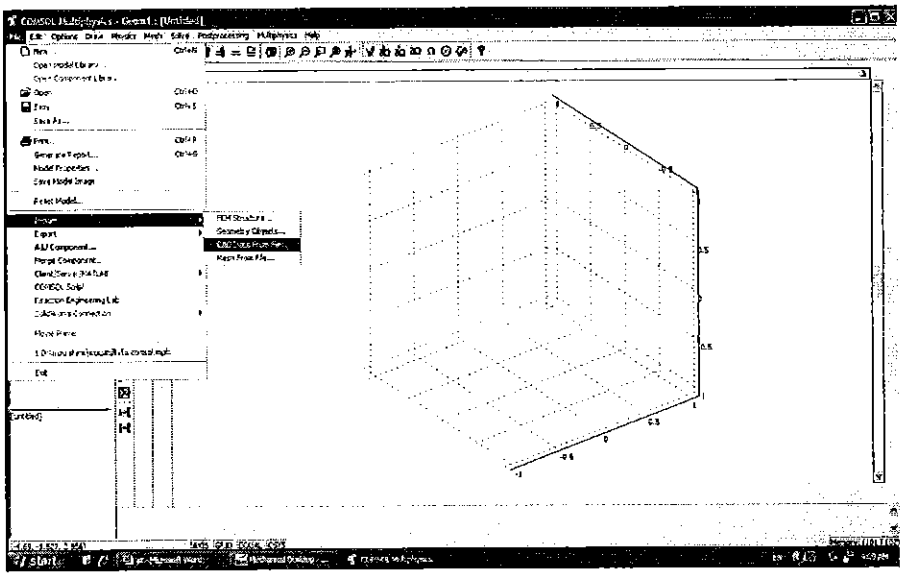
3.4.2 การนำขดลวดสวนหัวใจแบบตาข่ายลงใน โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ (COMSOL3.2)

1. คลิกที่ Space dimension และเปลี่ยนเป็น 3D แล้วกด OK ดังรูปที่ 3.59



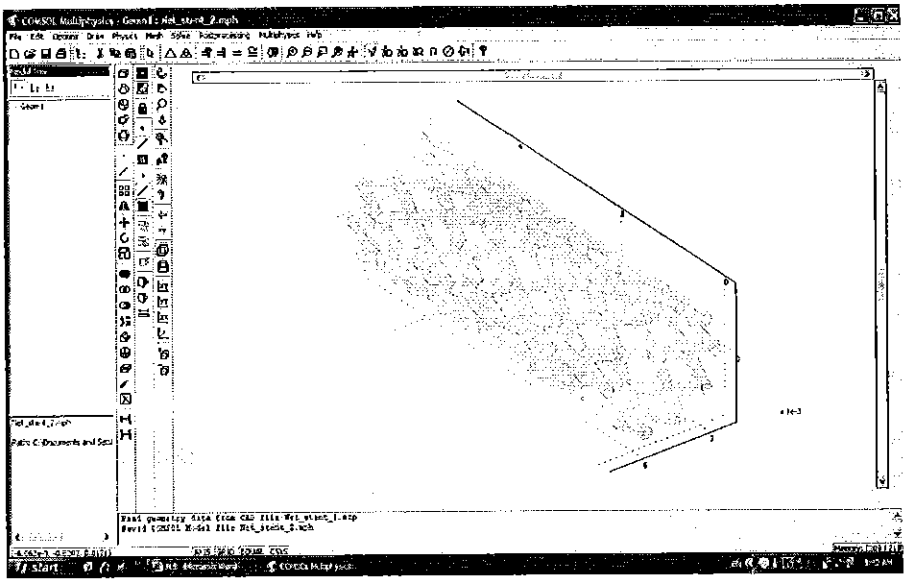
รูปที่ 3.59 โปรแกรม COMSOL3.2

2. การนำขดลวดสวนหัวใจแบบตาข่ายลงในโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ (COMSOL3.2) ดังนี้ File ⟶ Import ⟶ CAD Data From File จากนั้น เปิด File Net_Stent_1 ดังรูปที่ 3.60



รูปที่ 3.60 การนำขดลวดสวนหัวใจแบบตาข่ายไฟไนต์เอลิเมนต์ (COMSOL3.2)

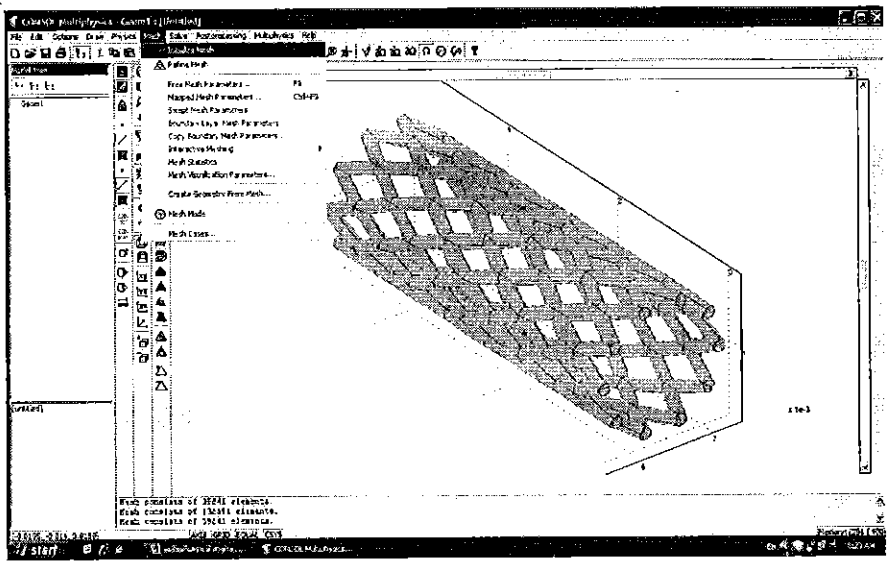
3. ขดลวดสวนหัวใจแบบตาข่ายที่อยู่ในโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ (COMSOL3.2) ให้ทำการ Save as ตั้งชื่อ Net_stent_2 ดังรูปที่ 3.61



รูปที่ 3.61 ขดลวดสวนหัวใจแบบตาข่ายที่อยู่ในโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ (COMSOL3.2)

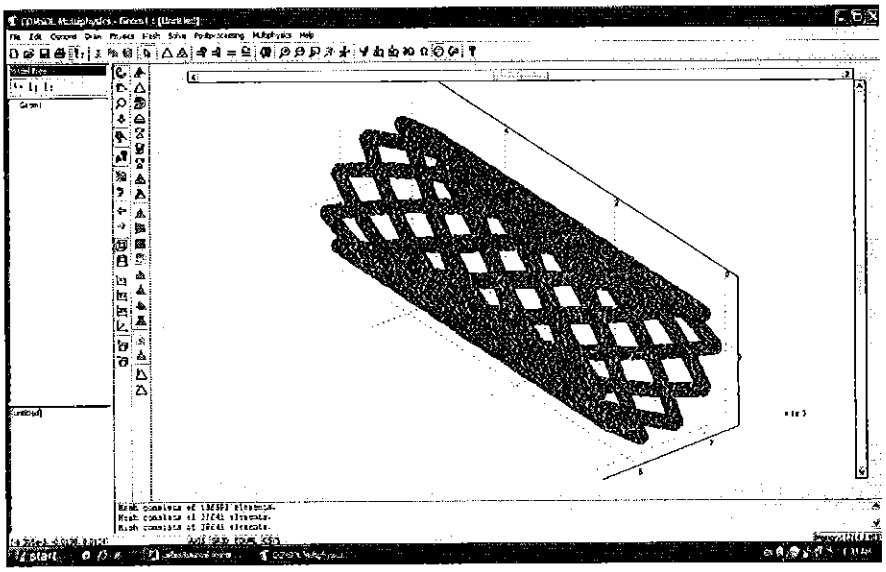
3.4.3 การแบ่งเอลิเมนต์ในโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ (COMSOL3.2)

1. การแบ่งเอลิเมนต์สามเหลี่ยม ดังนี้ Mesh ⟶ Initialize Mesh ดังรูปที่ 3.62



รูปที่ 3.62 การแบ่งเอลิเมนต์

2. จะได้ขดลวดสวนหัวใจแบบตาข่ายในแบบเอลิเมนต์สามเหลี่ยม ดังรูปที่ 3.63



รูปที่ 3.63 เอลิเมนต์สามเหลี่ยม

3.5 ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไข

สำหรับปัญหาที่พบในการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ของขดลวดสวนหัวใจแบบตาข่ายนี้พบปัญหา ดังนี้

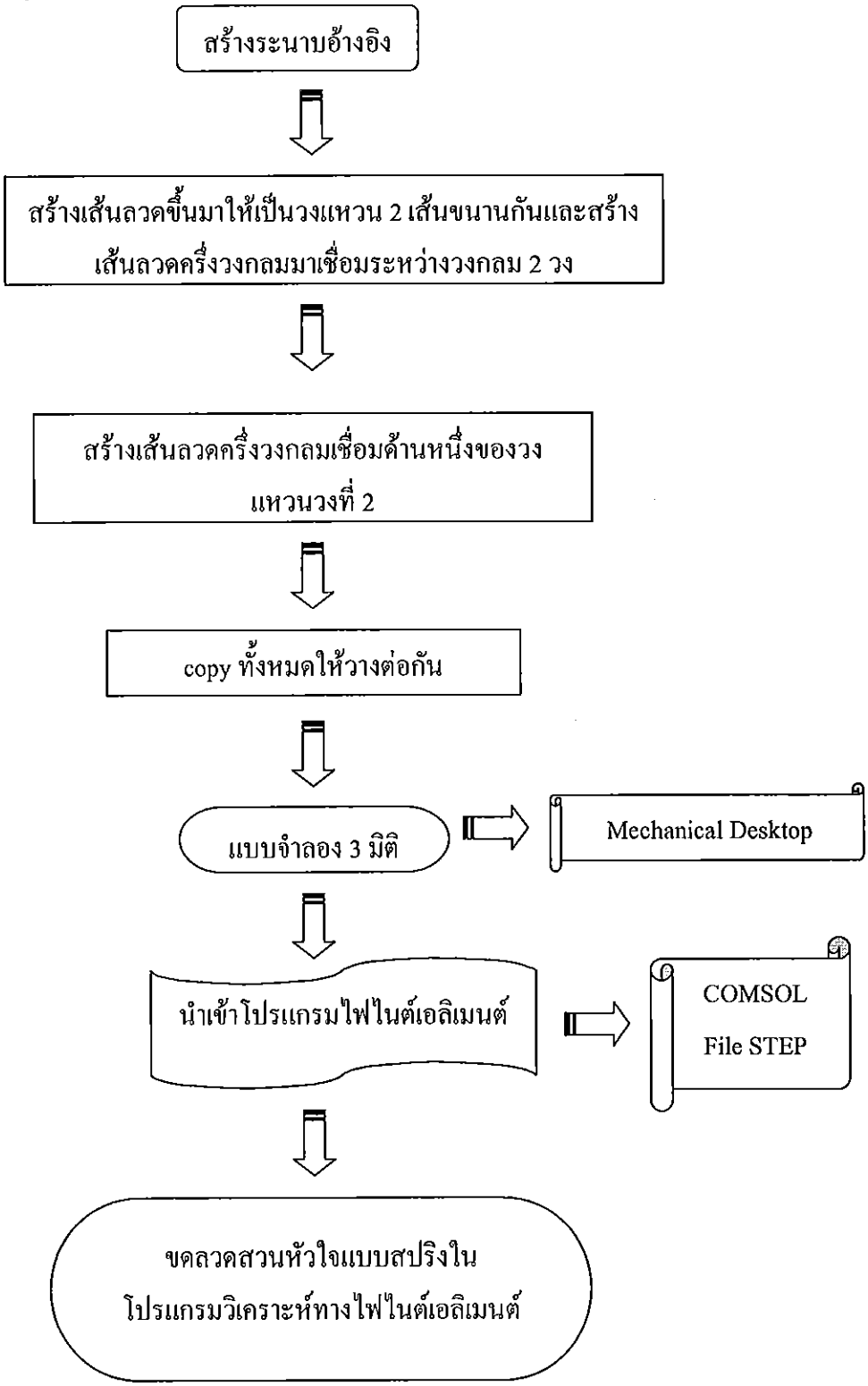
1. การสร้างเส้นลวดวงที่ 2 ที่ใช้จุดศูนย์กลางเดียวกันกับวงที่ 1 ซึ่งจะมีปัญหาในสภาวะขยายตัว เส้นลวดวงที่ 2 จะไม่ขยายตามวงที่ 1

สำหรับแนวทางการแก้ไข ใช้คำ Join เพื่อให้เส้นลวดวงที่ 2 เชื่อมต่อกับวงที่ 1 และเมื่อในสภาวะขยายตัวเส้นลวดวงที่ 2 ก็จะขยายตามวงที่ 1

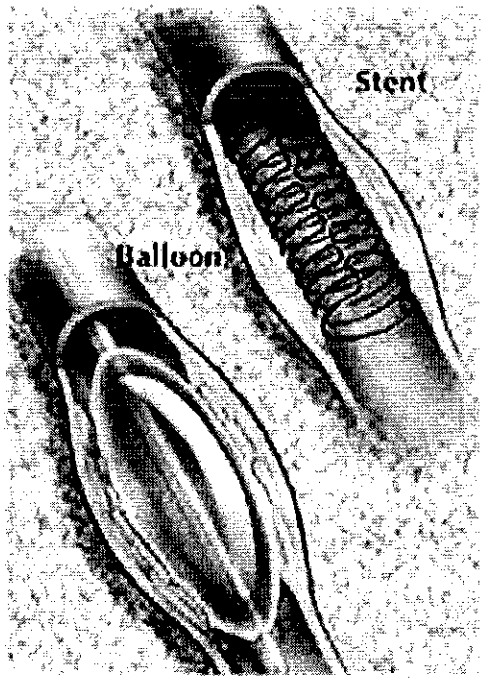
บทที่ 4

การสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ของขดลวดสวนหัวใจแบบสปริง

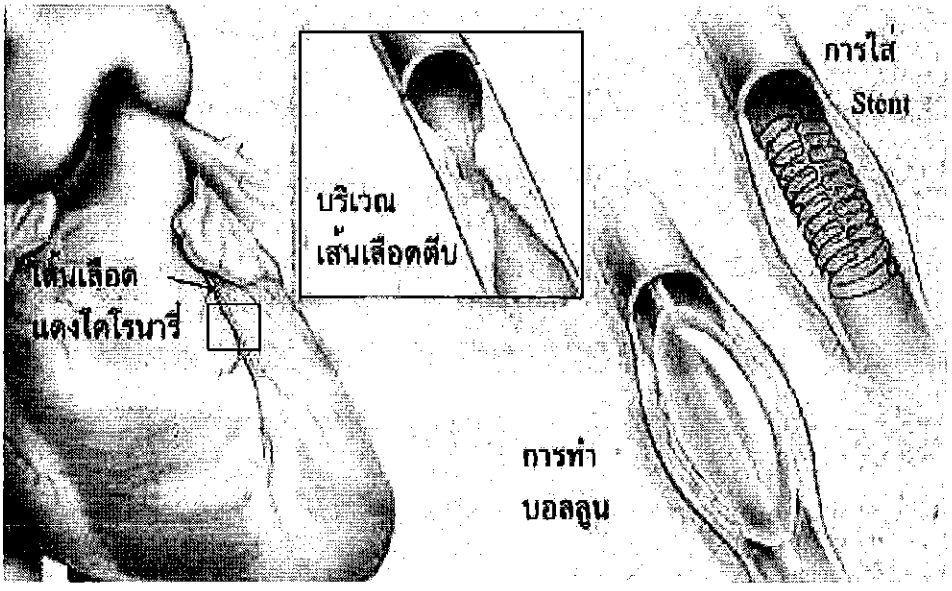
4.1 flow chart สรุปคำสั่ง



4.2 ลักษณะของขดลวดสวนหัวใจแบบสปริง



รูป 4.1 ลักษณะของขดลวดสวนหัวใจแบบสปริง

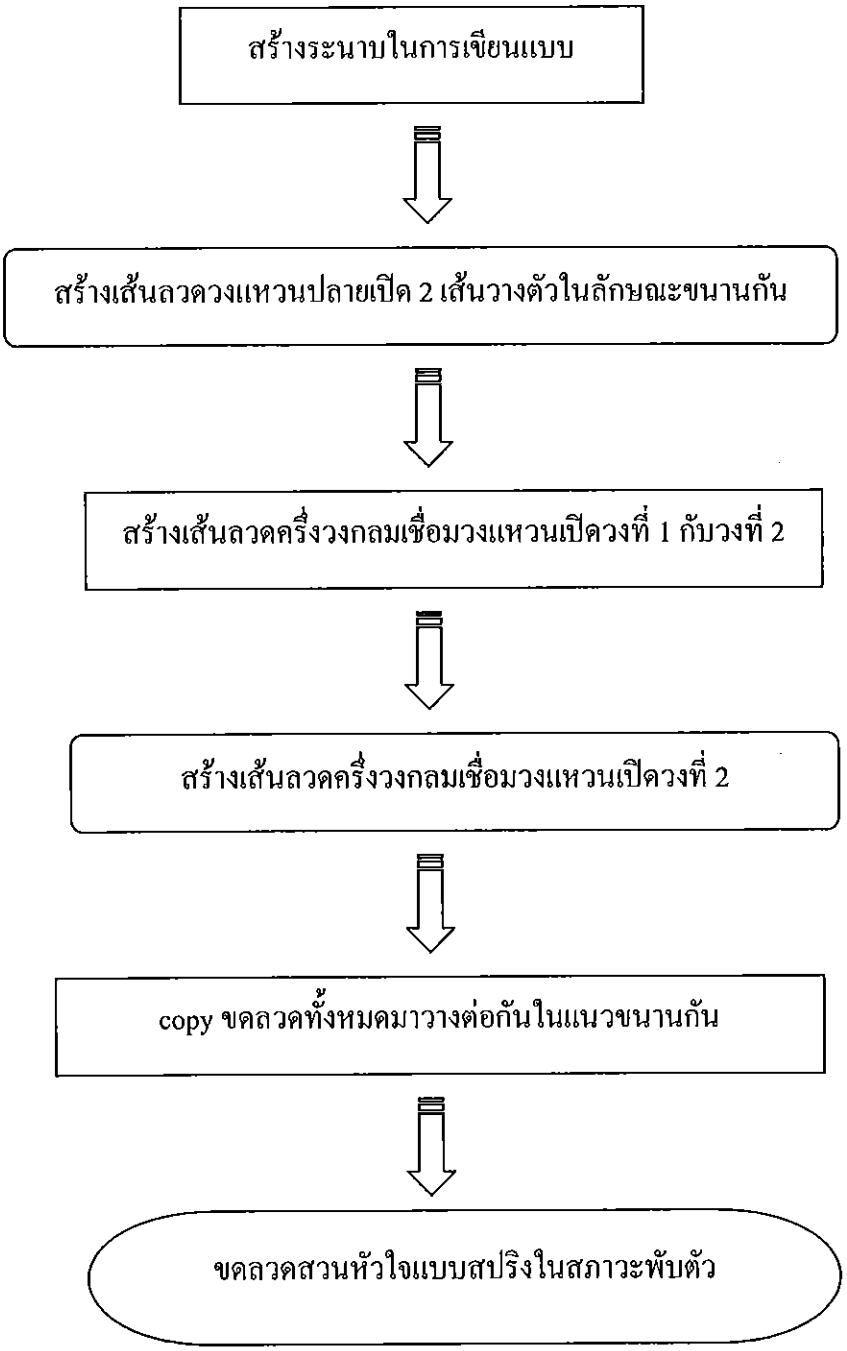


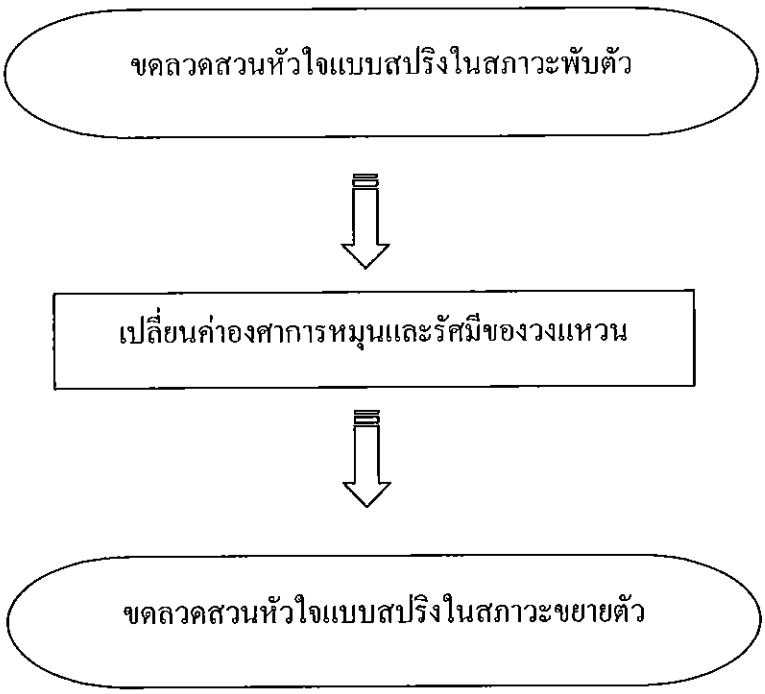
รูป 4.2 ลักษณะของขดลวดสวนหัวใจแบบสปริง

4.3 การสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ในโปรแกรมขึ้นรูป 3 มิติ (Mechanical Desktop 2004)

4.3.1 การสร้างแบบจำลอง 3 มิติของขดลวดสวนหัวใจแบบสปริง (Involute stent) ในสภาวะพับตัว

สำหรับการสร้างแบบขดลวดสวนหัวใจแบบสปริง (Involute stent) นั้นจะมีวิธีการสร้างที่ไม่เหมือนกันสำหรับการสร้าง Involute stent นั้นเป็นการสร้างโดยอาศัย Work plane และ Work axis เป็นส่วนใหญ่ สามารถแบ่งขั้นตอนการสร้างดังนี้

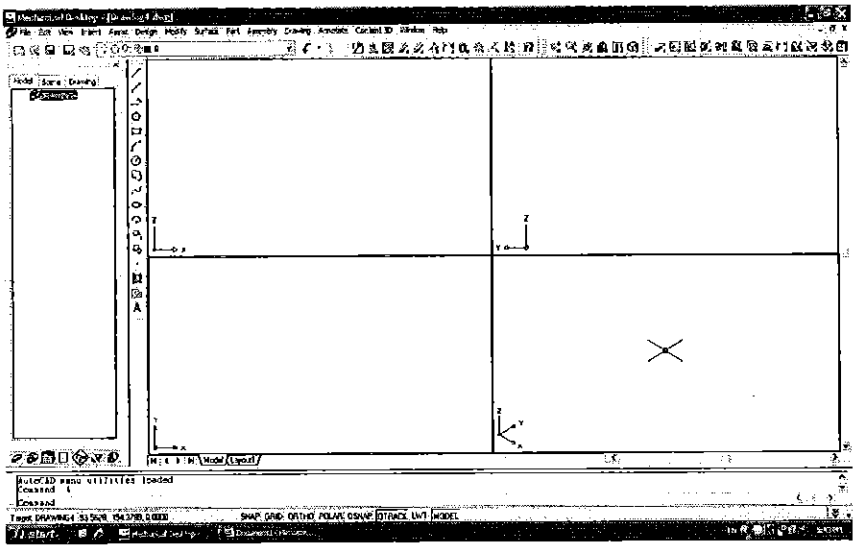




โดยมีรายระเอียดดังนี้

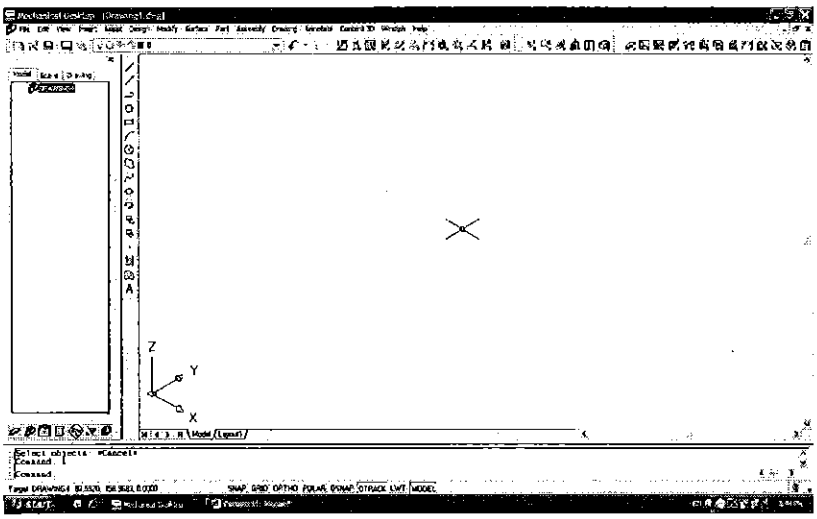
4.3.1.1 สร้างระนาบในการเขียนแบบ

1. พิมพ์ 4 กด Enter ที่หน้าจอจะปรากฏเป็น 4 view ports ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 หน้าจอ 4 หน้าต่าง

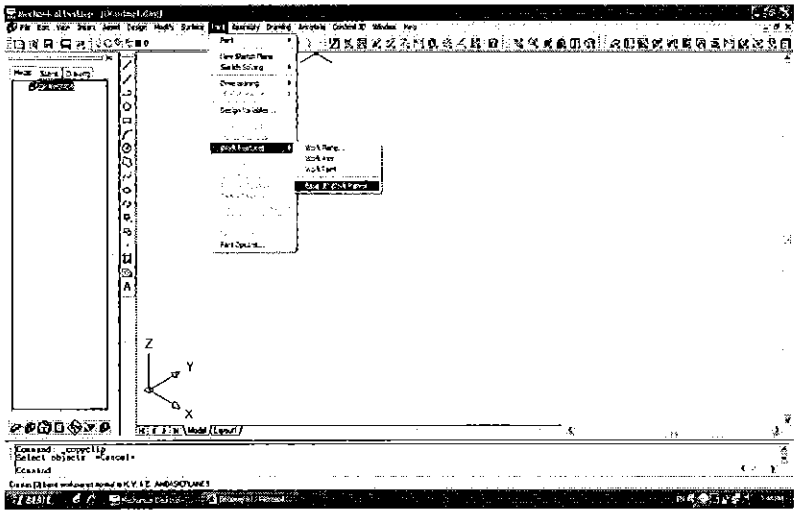
2. หากเราต้องการเขียนระนาบใด ให้เลื่อนเมาส์ แล้วคลิกที่หน้าต่างที่ต้องการ 1 ครั้ง แล้วพิมพ์ 1 แล้วกด Enter ในที่นี่ให้ทำการเลือกระนาบที่ Isometric view (ช่องขวาล่าง) พิมพ์ 1 แล้วกด Enter จะปรากฏดังรูปที่ 4.4 (การเลือกระนาบขึ้นอยู่กับลักษณะของงาน)



รูปที่ 4.4 การเลือกระนาบ

ระนาบที่ใช้งานได้ตอนนี้อยู่ที่ XY

3. สร้างระนาบอ้างอิง 3 แกน (XYZ) โดยใช้คำสั่ง Basic 3D work plane ดังนี้ Part ⟶ Work featured ⟶ Basic 3D Work Plane ดังรูปที่ 4.5



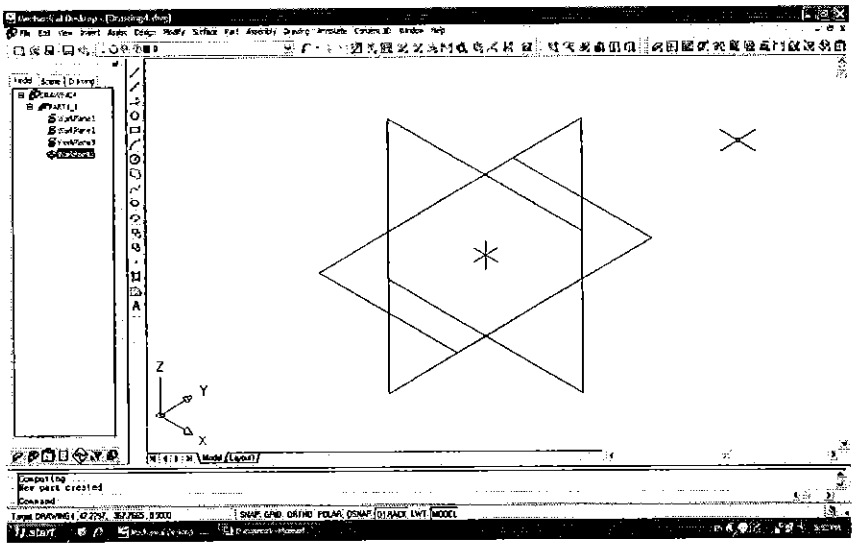
รูปที่ 4.5 สร้างระนาบอ้างอิง 3 แกน

4. ที่ Command window ด้านล่างจะปรากฏ

_ambasicplanes

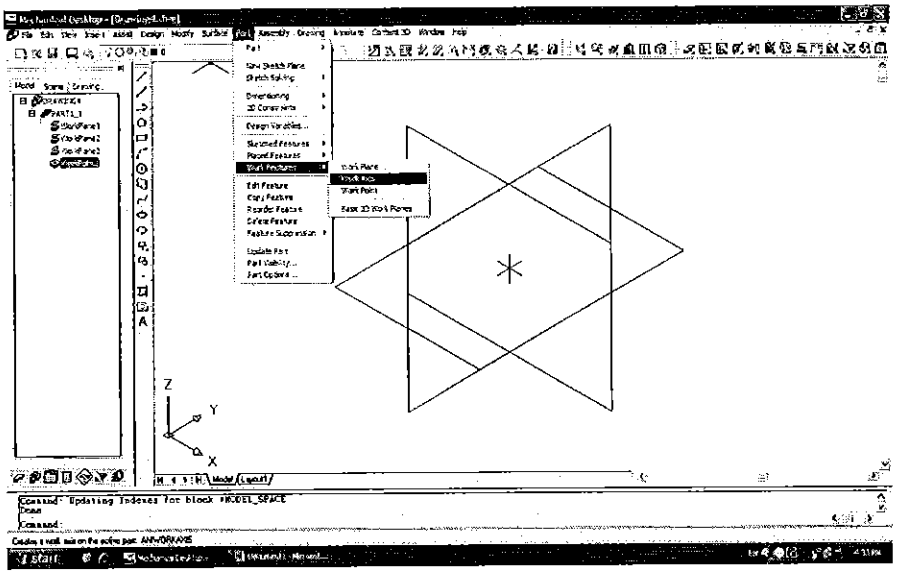
Pick origin: เลือกจุดเริ่มต้นการเขียนแบบ

ให้พิมพ์ 0,0 แล้วกด Enter แล้วจะได้ระนาบ XYZ และจุด 0,0 ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ระนาบ XYZ

5. สร้างแกนเพื่อใช้ในอนาคต ดังนี้ Part ⟶ Work features ⟶ Work axis ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 การสร้างแกนอ้างอิง

6. ที่ Command Window ด้านล่างจะปรากฏ

_amworkaxis

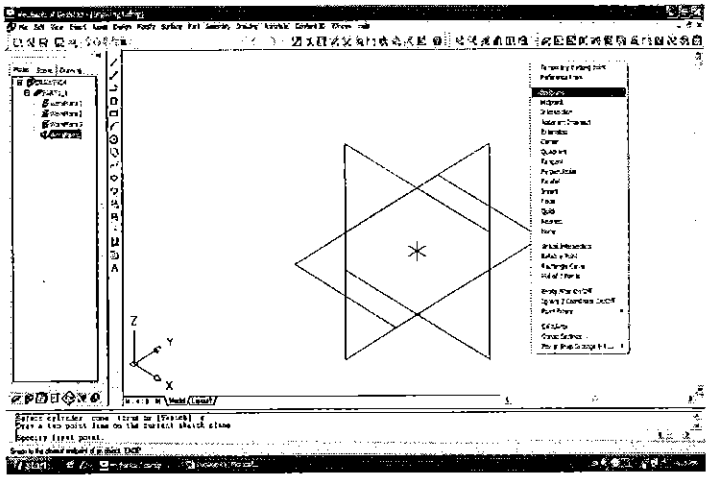
Select cylinder, cone, torus or [Sketch]:

ให้พิมพ์ S เพื่อต้องการเขียนเองแล้วกด Enter

Draw a two point line on the current sketch plane .

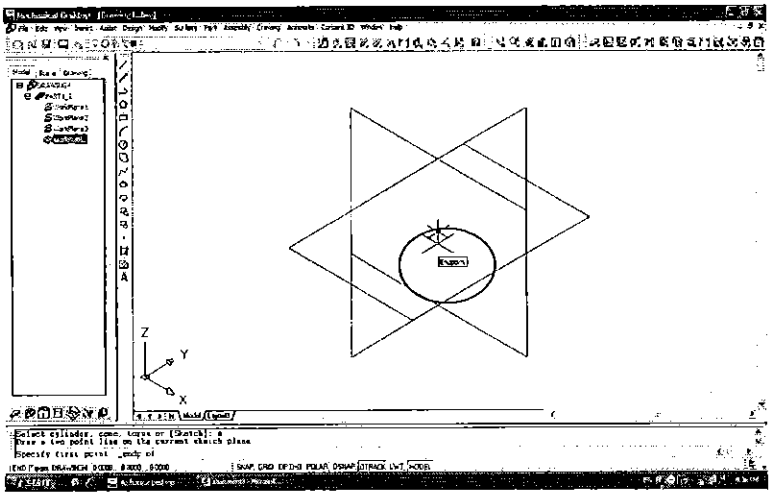
Specify first point:

กด Shift แล้วคลิกขวาเลือก End point ดังรูปที่ 4.8



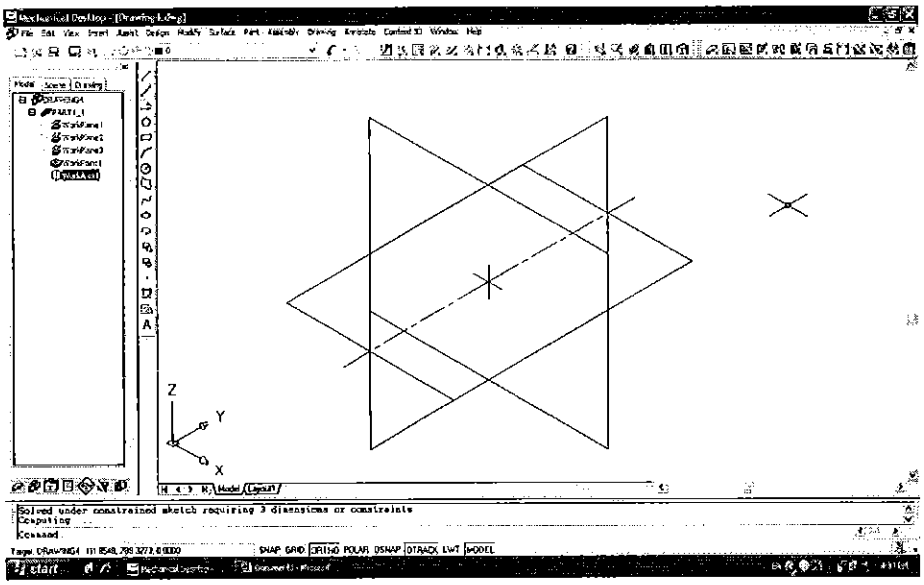
รูปที่ 4.8 การเรียกใช้คำสั่ง End point

คลิกที่จุด end point ดังรูปที่ 4.9



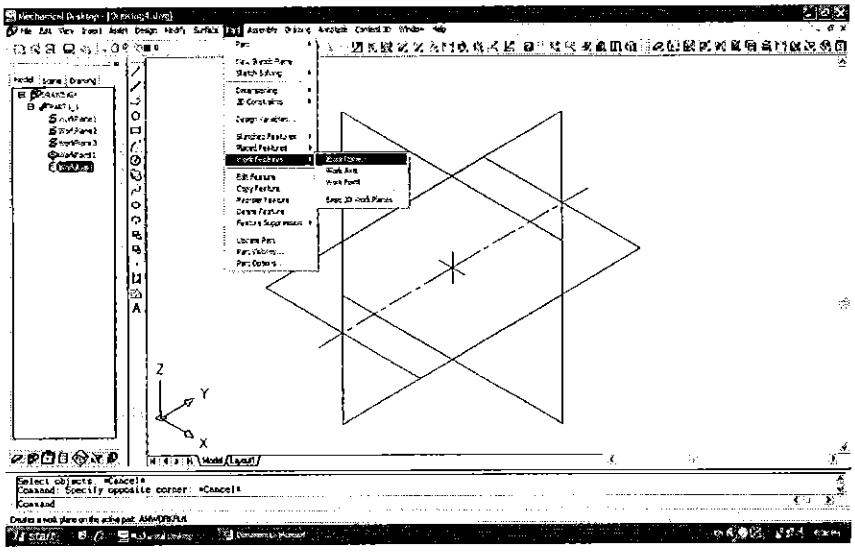
รูปที่ 4.9 คลิกที่จุด end point

กด F8 (Ortho on) เพื่อให้เป็นเส้นตรงในแนว XY จากนั้นคลิกที่จุดใดก็ได้ตามแนวแกน Y จะได้ Axis ในแนวแกน Y ดังรูปที่ 4.10



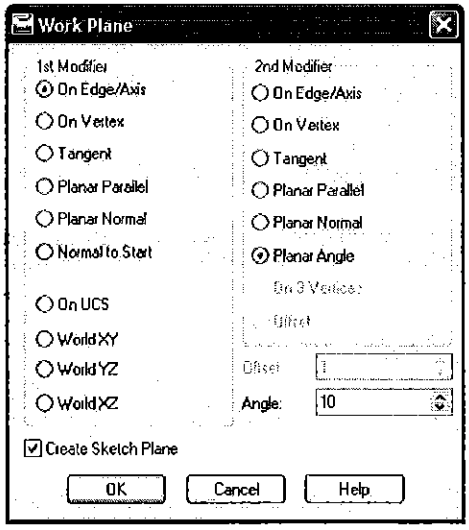
รูปที่ 4.10 Axis ในแนวแกน Y

7. สร้างระนาบเพื่อเตรียมการสร้างแบบเส้นสปริงดังนี้ Part ⟶ Work feature ⟶ Work Plane ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 การสร้างระนาบเพื่อเตรียมการสร้างแบบเส้นลวดสปริง

8. จะปรากฏ Dialog box ขึ้นให้ใส่ค่าต่างๆ ดังรูป 4.12 แล้วกด OK



รูปที่ 4.12 Dialog Box

9. ที่ Command window ด้านล่างจะปรากฏ

_amworkpln

Select work axis, straight edge or [worldX/worldY/worldZ]:

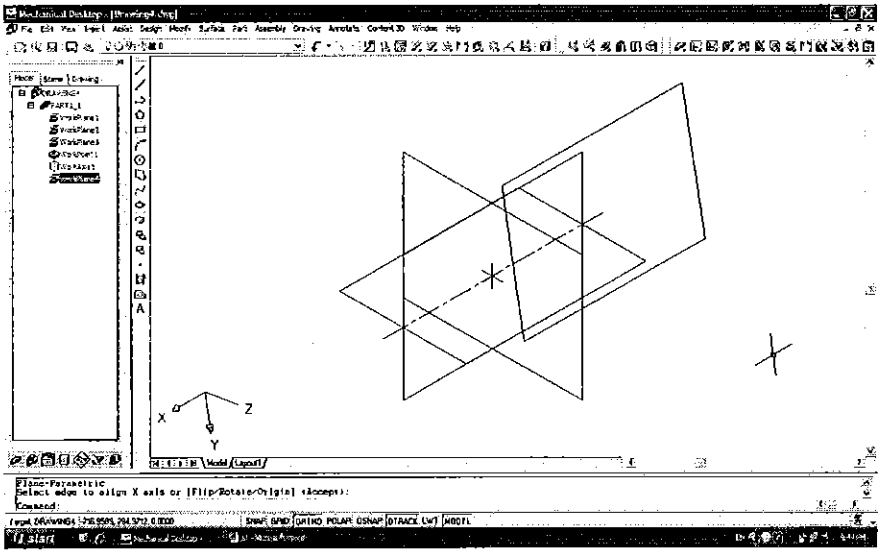
ให้คลิกเลือกแกนที่สร้างขึ้น จากนั้นจะปรากฏ

Select work plane, planner face or [worldXy/worldYz/worldZx/Ucs]:

ให้คลิกเลือกที่ Plane ZY จากนั้นจะปรากฏระนาบขึ้นมา

ให้คลิกขวาเพื่อยืนยัน 1 ครั้ง

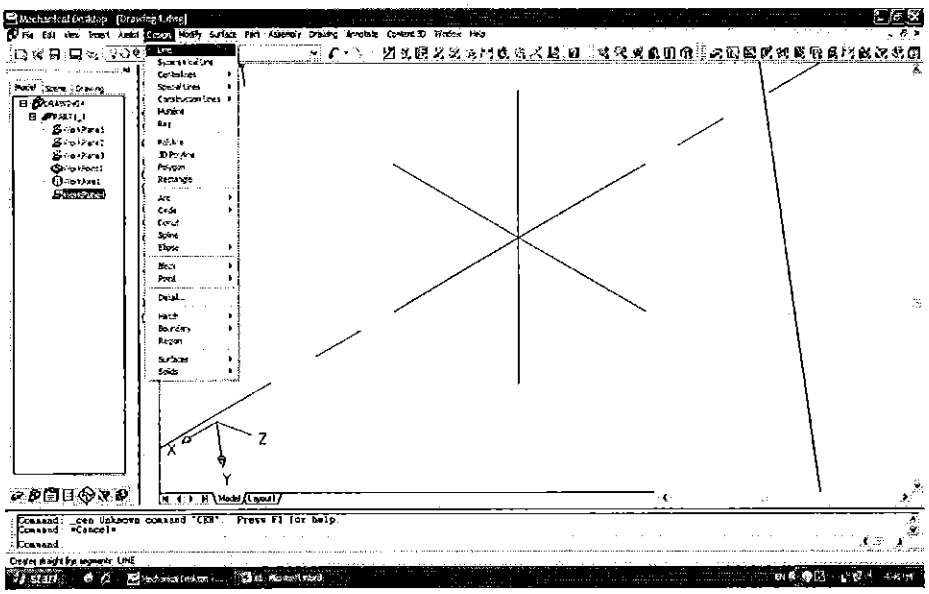
จะปรากฏระนาบที่สร้างขึ้น ดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 ระนาบที่สร้างขึ้น

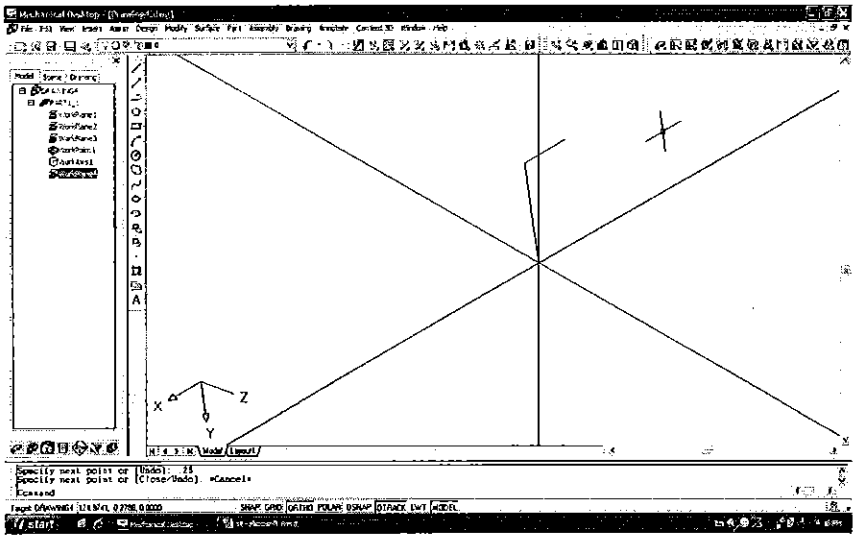
4.3.1.2 การสร้างเส้นลวดขึ้นมาเป็นวงกลม 2 เส้น ในลักษณะขนานกัน

1. สร้างเส้นห่างจากจุดเริ่มขึ้นไปในแนวแกน Y เป็นระยะ 0.5 มม. และในแนวแกน X เป็นระยะ 0.25 มม. ดังนี้ Design ⟶ Line ดังรูปที่ 4.14



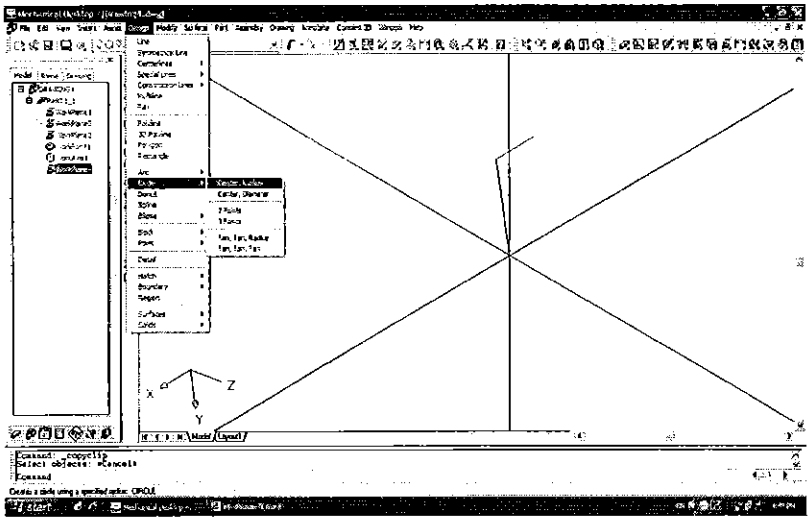
รูปที่ 4.14 การใช้คำสั่ง Line

2. คลิกที่จุดเริ่มต้นสร้างเส้นห่างจากจุดเริ่มขึ้นไปในแนวแกน Y เป็นระยะ 0.5 มม. และในแนวแกน X เป็นระยะ 0.25 มม. ดังรูปที่ 4.15

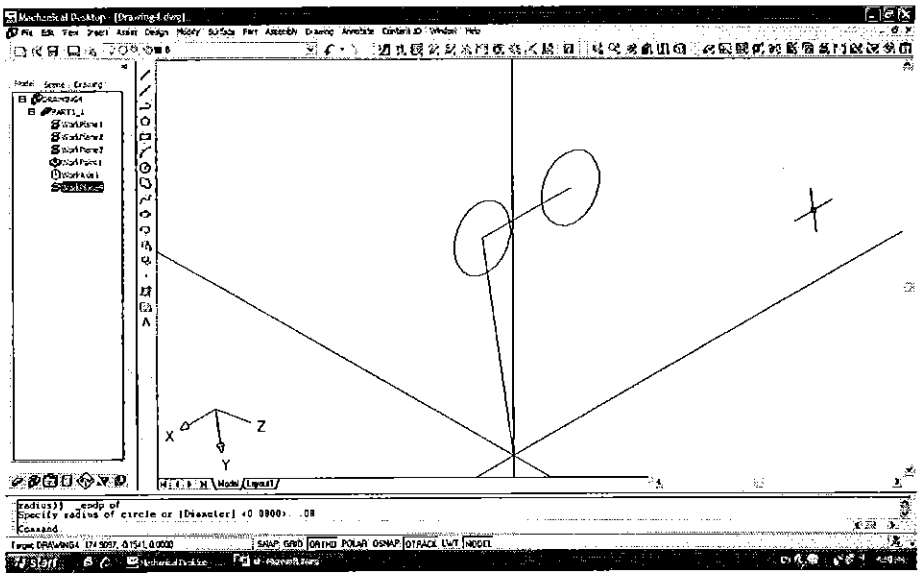


รูปที่ 4.15 การสร้างเส้น

3. สร้างวงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.08 มม. ขึ้น 1 วงห่างจากจุดเริ่มต้น 0.5 มม. และสร้างวงกลม อีก 1 วง ห่างจากวงแรกเป็นระยะ 0.25 มม. ดังนี้ Design ⟶ Circle ⟶ Center, Radius ดังรูปที่ 4.16 และรูปที่ 4.17

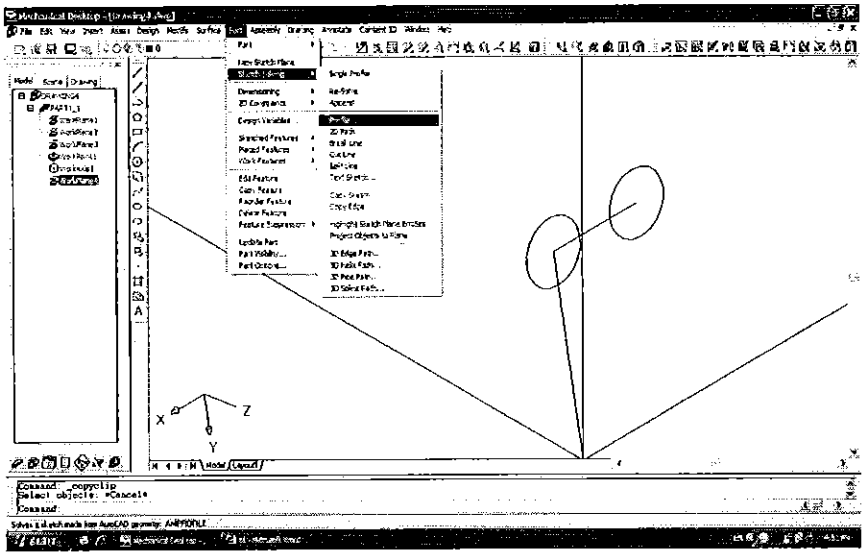


รูปที่ 4.16 การใช้คำสั่ง Circle



รูปที่ 4.17 การสร้างกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.08 มม.

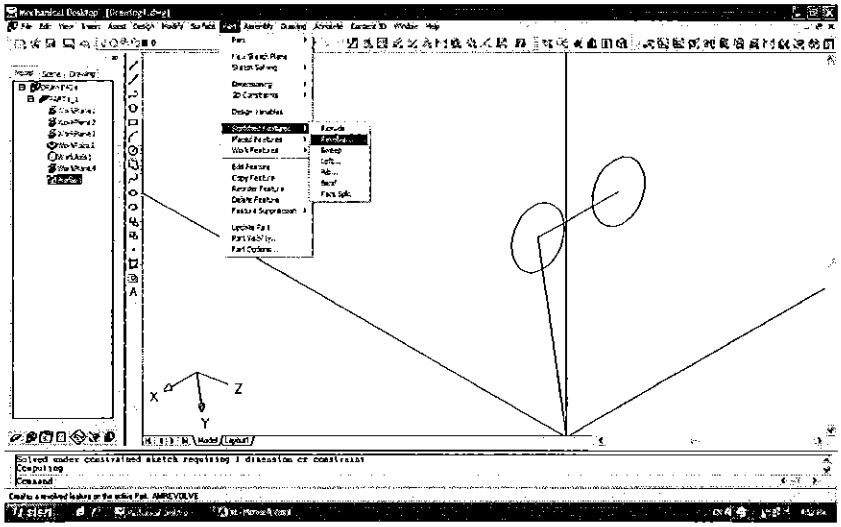
4. ใช้คำสั่ง Profile เพื่อสร้างชิ้นงาน ดังนี้ Part ⟶ Sketch solving ⟶ Profile ดังรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 การเลือกคำสั่ง profile

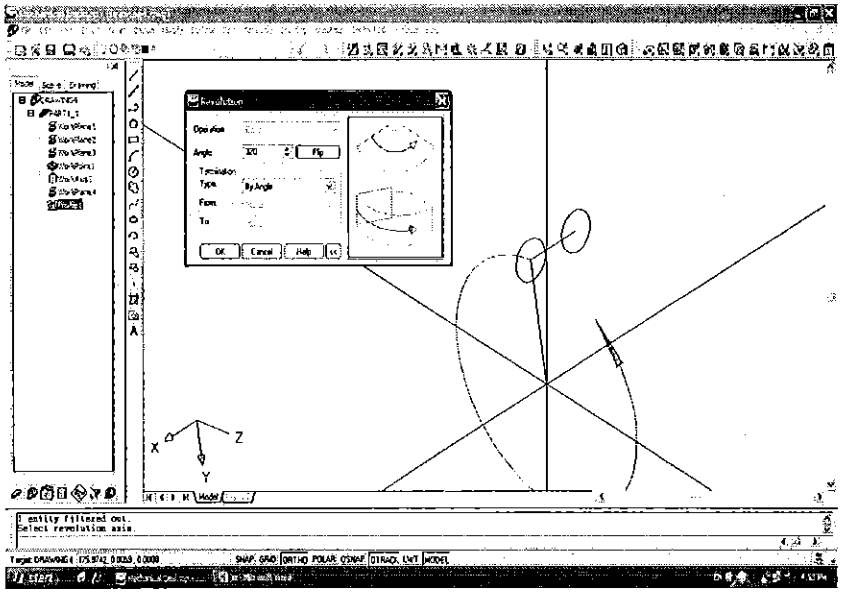
5. คลิกเลือกที่วงกลมวงแรกที่สร้างขึ้น 1 ครั้ง จากนั้นคลิกขวาเพื่อยืนยัน 1 ครั้ง

6.ใช้คำสั่ง Revolve เพื่อสร้างชิ้นงานวงแหวนดังนี้ Part ⟶ Sketch Feature ⟶ Revolve ดังรูปที่ 4.19



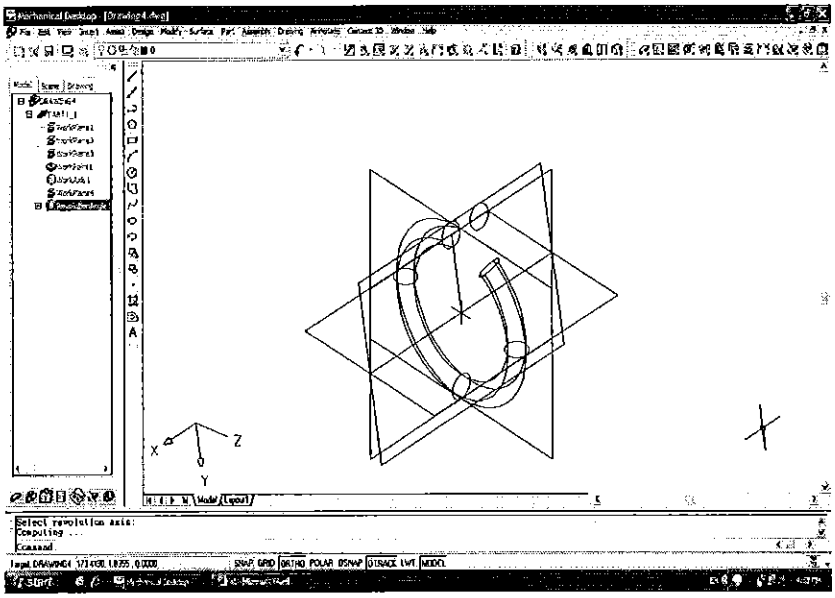
รูปที่ 4.19 การเลือกใช้คำสั่ง Revolve

7. คลิกที่วงกลมวงแรก 1 ครั้ง แล้วคลิกเลือกที่ axis จะปรากฏ dialog box ขึ้น ให้ใส่ค่า angle 320 แล้วคลิกที่ flip ตามรูปที่ 4.20 จากนั้น กด OK



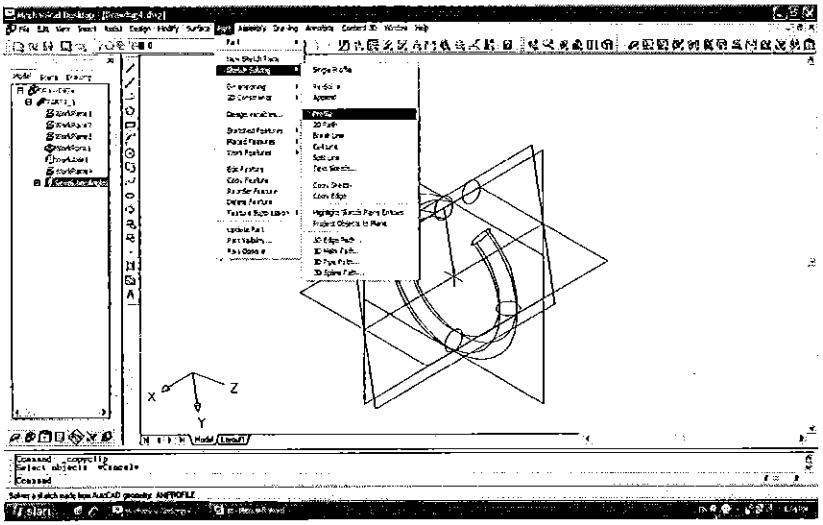
รูปที่ 4.20 dialog box

8. จะได้โครงสร้าง ดังรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.21 โครงร่างวงแหวนเปิด

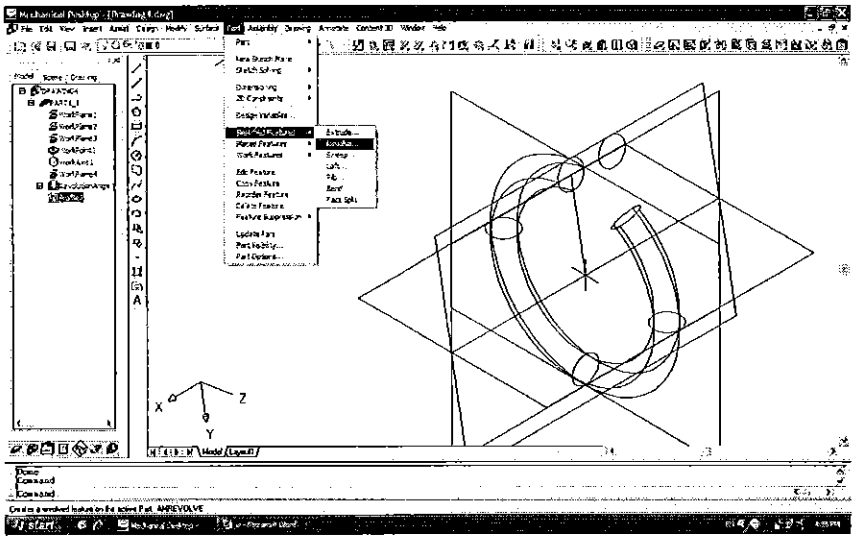
9. ใช้คำสั่ง Profile เพื่อสร้างชิ้นงานอีกชิ้นหนึ่ง ดังนี้ Part ⟶ Sketch solving ⟶ Profile ดังรูปที่ 4.22



รูปที่ 4.22 การเลือกใช้คำสั่ง Profile

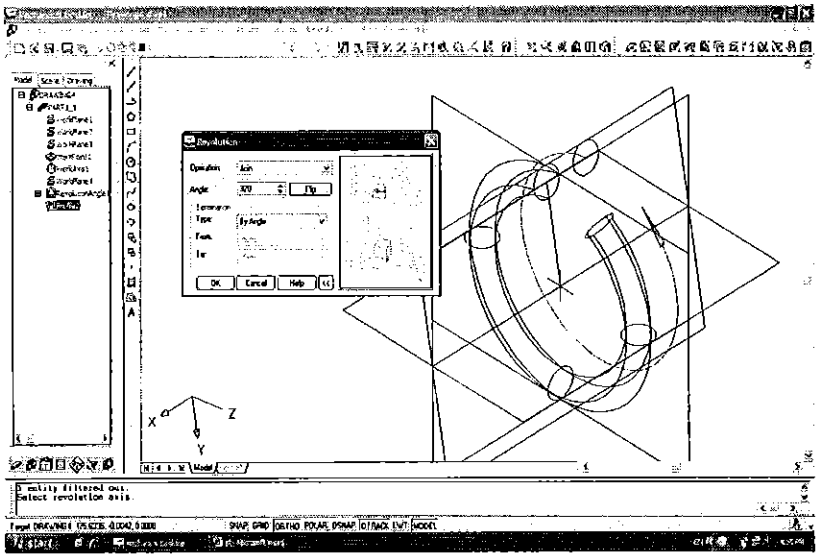
10. คลิกเลือกที่วงกลมวงที่สอง แล้วคลิกขวาเพื่อยืนยัน 1 ครั้ง

11. ใช้คำสั่ง Revolve เพื่อสร้างชิ้นงาน ดังนี้ Part ⟶ Sketch Feature ⟶ Revolve ดังรูปที่ 4.23

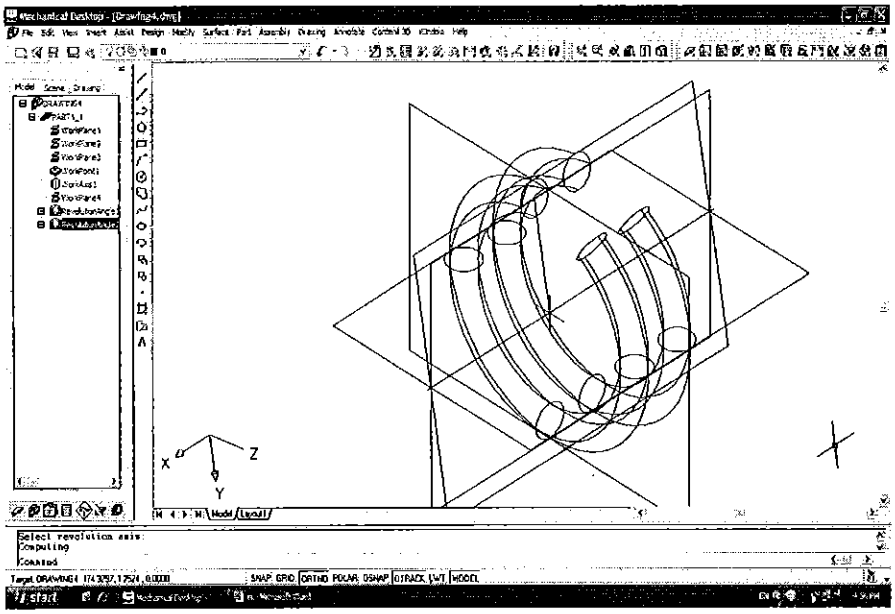


รูปที่ 4.23 การเลือกใช้คำสั่ง Revolve

12. คลิกที่วงกลมวงที่สอง 1 ครั้ง แล้วคลิกเลือกที่ axis จะปรากฏ dialog box ขึ้น ให้ใส่ค่า angle 320 ที่ operation เลือก joint แล้วคลิกที่ flip ตามรูปที่ 4.24 จากนั้นกด OK ตามภาพ จากนั้นจะปรากฏ ชิ้นงานเป็นวงแหวนเปิด 2 วง วางขนานกันอยู่ ดังรูปที่ 4.25

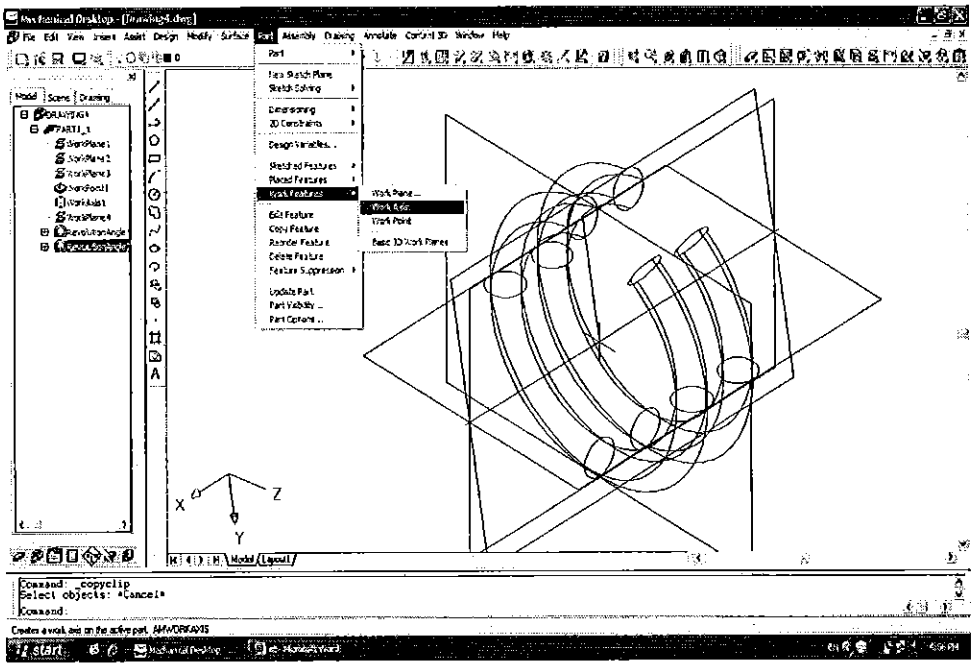


รูปที่ 4.24 dialog box ให้เลือกมุมที่กวาดออกไป



รูปที่ 4.25 วงแหวนเปิด 2 วง

13. สร้างแกนที่ปลายเปิด ของวงแหวน ดังนี้ Part ⟶ work feature ⟶ work axis ดังรูปที่ 4.26



รูปที่ 4.26 การสร้างแกนที่ปลายเปิดของวงแหวน

4.3.1.3 การสร้างเส้นลวดครึ่งวงกลมมาเชื่อมระหว่างเส้นลวดวงแหวนเปิด 2 วง

1. ที่ command window ด้านล่างจะปรากฏ

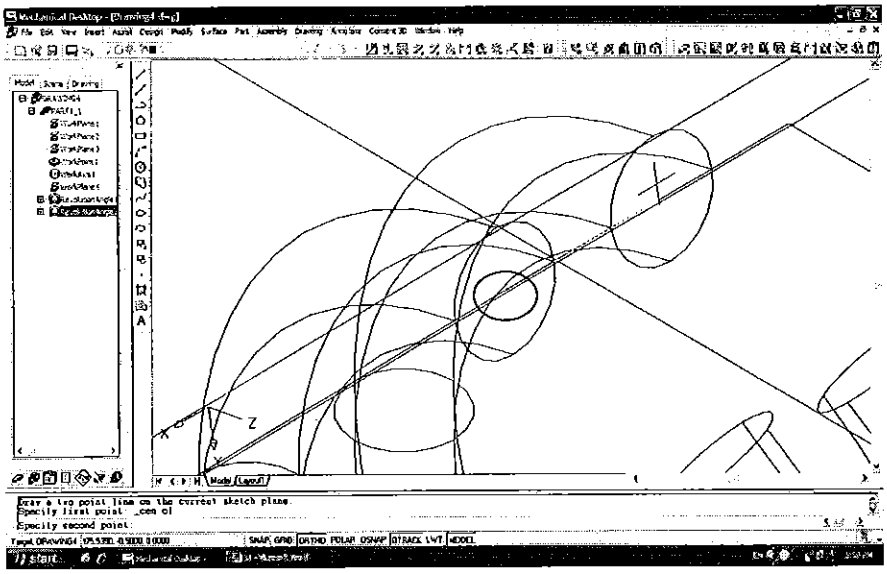
_amworkaxis

Select cylinder ,cone, torus or [sketch]:

ให้พิมพ์ S เพื่อต้องการเลือกเขียนแบบเองแล้วกด Enter

Specific first point:

ให้เลือก Center ของวงแหวนดังรูปที่ 4.27



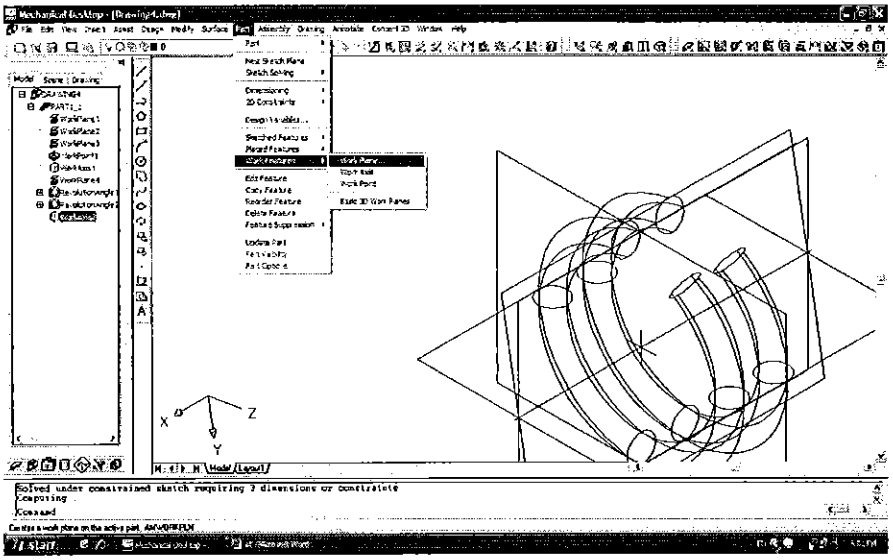
รูปที่ 4.27 การเลือกจุดศูนย์กลางของวงแหวน

Specific second point:

ให้คลิกจุดใดก็ได้ในแนวแกน X

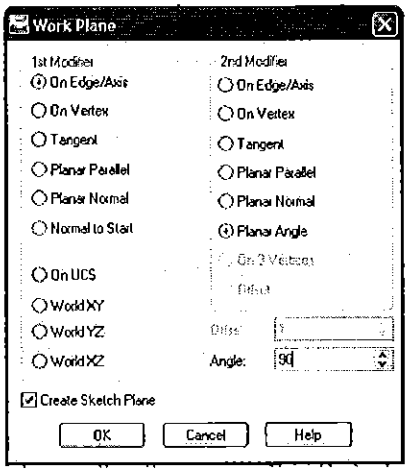
หลังจากนั้นจะได้แกนเพื่อทำการอ้างอิงการสร้างระนาบในลำดับต่อไป

2. สร้างระนาบเพื่อทำการเตรียมโครงสร้างส่วนโค้งต่อวงแหวน ดังนี้ Part ⟶ work feature ⟶ work plane ดังรูปที่ 4.28



รูปที่ 4.28 การสร้างระนาบเพื่อทำการเตรียมโครงสร้างส่วนโค้งต่อวงแหวน

3. จะปรากฏ dialog box ขึ้น ให้ใส่ค่าต่างๆ ดังรูปที่ 4.29 แล้วกด OK



รูปที่ 4.29 Dialog box

4. ที่ command window ด้านล่างจะปรากฏ

_amworkpln

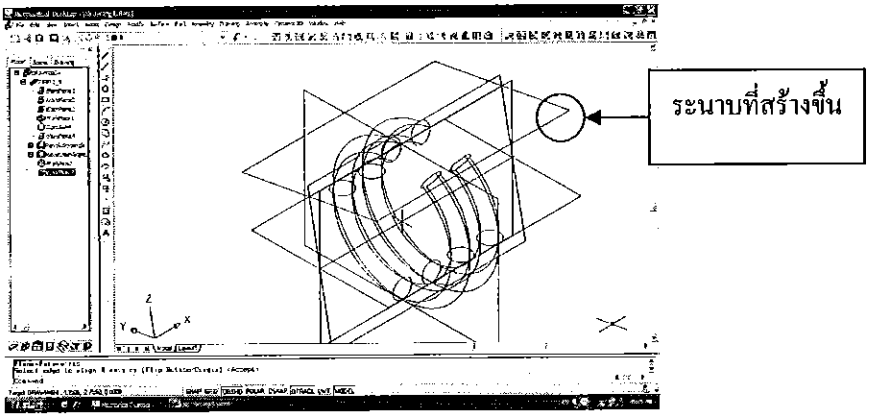
Select work axis, straight edge or [worldX/worldY/worldZ]:

ให้คลิกเลือกแกนที่จะสร้างขึ้น จากนั้นจะปรากฏ

Select work plane, planar face or [worldXy/worldYz/worldZx/Ucs]:

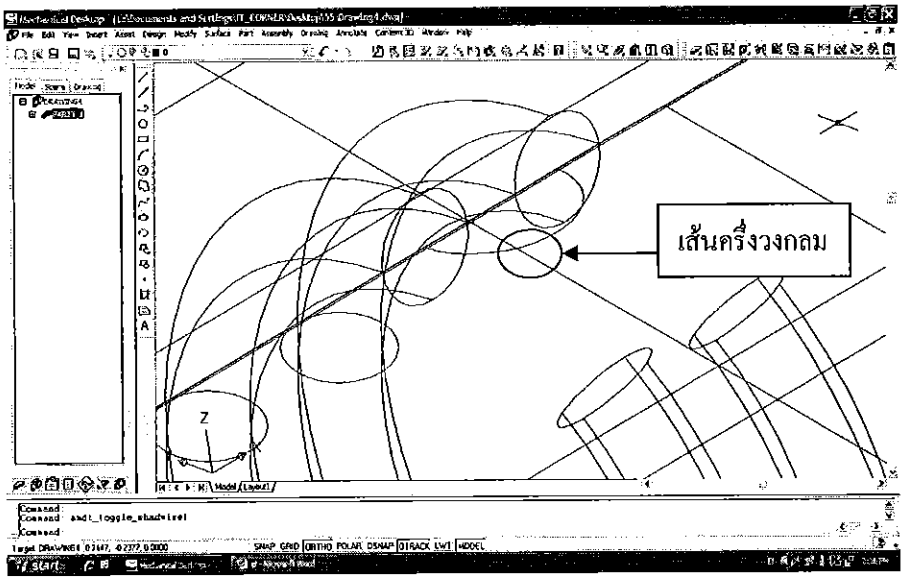
ให้คลิกเลือกที่ส่วนโค้งของวงแหวน คลิกขวาเพื่อยืนยันแกน 1 ครั้งและคลิกขวาอีก 1 ครั้ง

เพื่อยืนยันการสร้างระนาบ หลังจากนั้นจะปรากฏระนาบ ที่สร้างขึ้น ดังรูปที่ 4.30



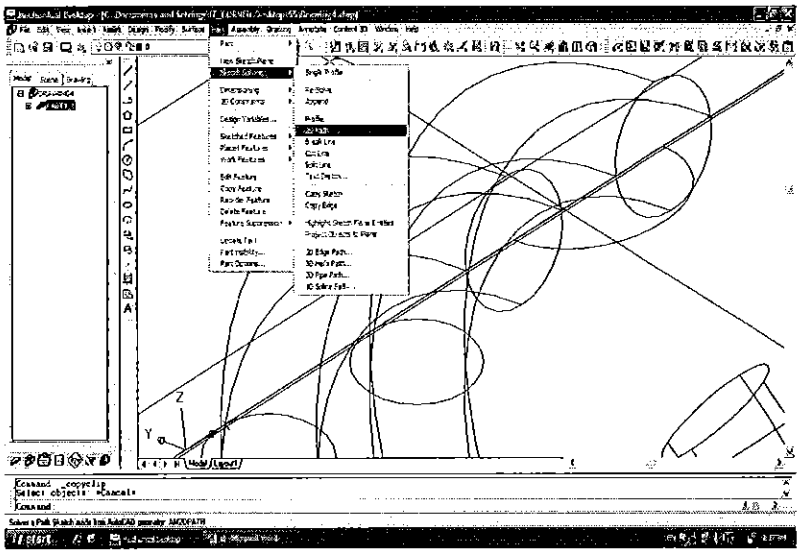
รูปที่ 4.30 ระนาบใหม่ที่สร้างขึ้น

5. สร้างส่วนโค้งเชื่อมปลายของวงแหวน โดยเป็นครึ่งวงกลม รัศมี เท่ากับ 0.125 ดังรูปที่ 4.31



รูปที่ 4.31 การสร้างส่วนโค้งเชื่อมปลายของวงแหวน

6. สร้างโครงร่างโดยใช้คำสั่ง 2D Path ดังนี้ Part ⟶ Sketch Solving ⟶ 2D Path ดังรูปที่ 4.32



รูปที่ 4.32 การสร้างโครงร่างโดยใช้คำสั่ง 2D Path

7. ที่ Command window ด้านล่างจะปรากฏ

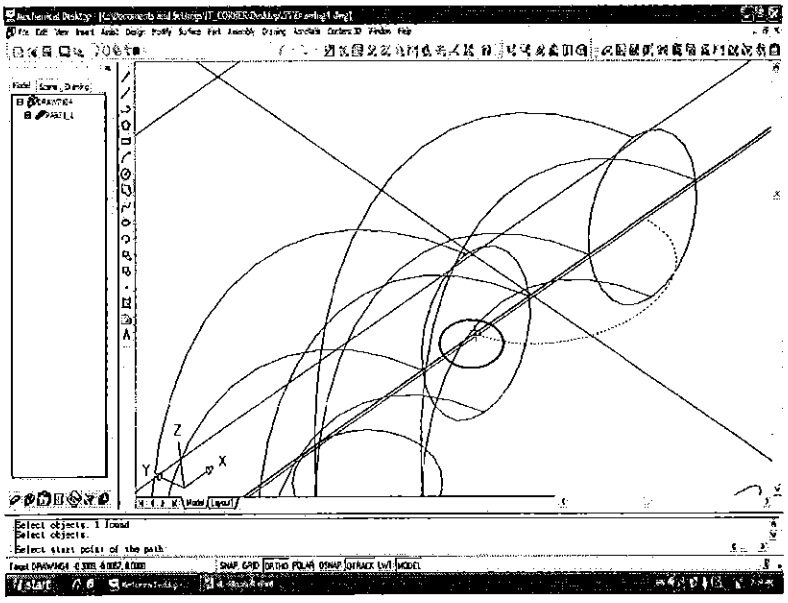
_am2dpath

Select object:

ให้คลิกที่ครึ่งวงกลมที่สร้างขึ้น จากนั้นคลิกขวา 1 ครั้ง เพื่อยืนยัน

Select start point of the path:

ให้คลิกที่จุดปลายส่วนโค้ง ดังรูปที่ 4.33



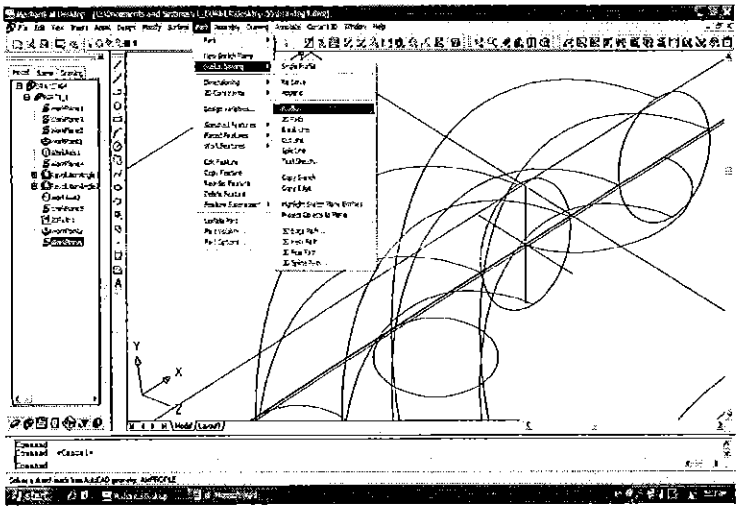
รูปที่ 4.33 คลิกที่จุดปลายส่วนโค้ง

Create a profile plane perpendicular to the path? [Yes/No] <Yes>:

พิมพ์ Y แล้วกด Enter เพื่อยืนยันแกน

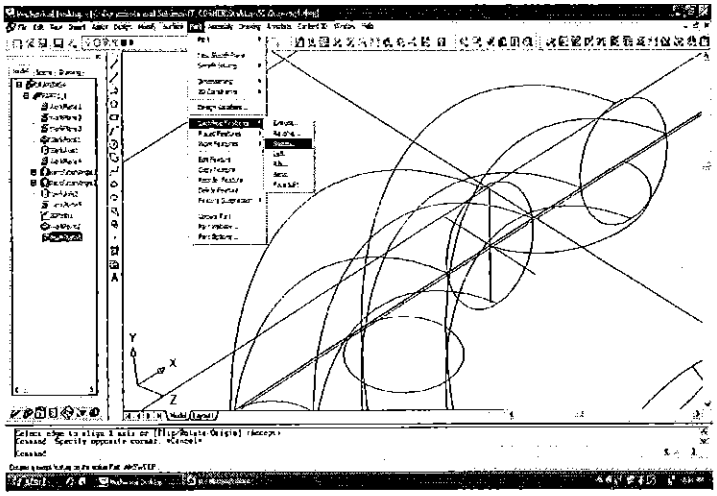
จากนั้นคลิกขวาเพื่อยืนยันอีก 1 ครั้งจากนั้นแกน XY พร้อมที่จะใช้งาน

8. ใช้คำสั่ง Profile ดังนี้ Part ⟶ Sketch solving ⟶ Profile คลิกที่วงกลม 1 ครั้ง จากนั้นคลิกขวาเพื่อยืนยัน ดังรูปที่ 4.34



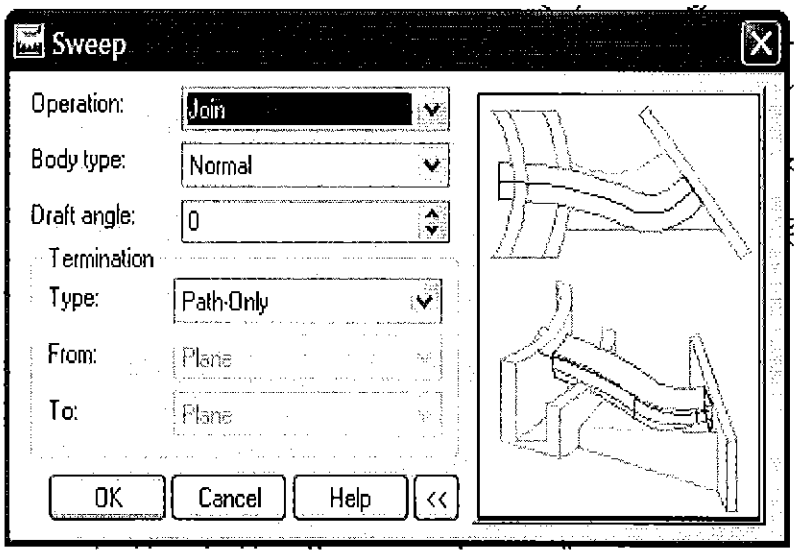
รูปที่ 4.34 การใช้คำสั่ง Profile

9. ใช้คำสั่ง sweep เพื่อกวาดมุม ดังนี้ Part ⟶ Sketch Feature ⟶ Sweep ดังรูปที่ 4.35

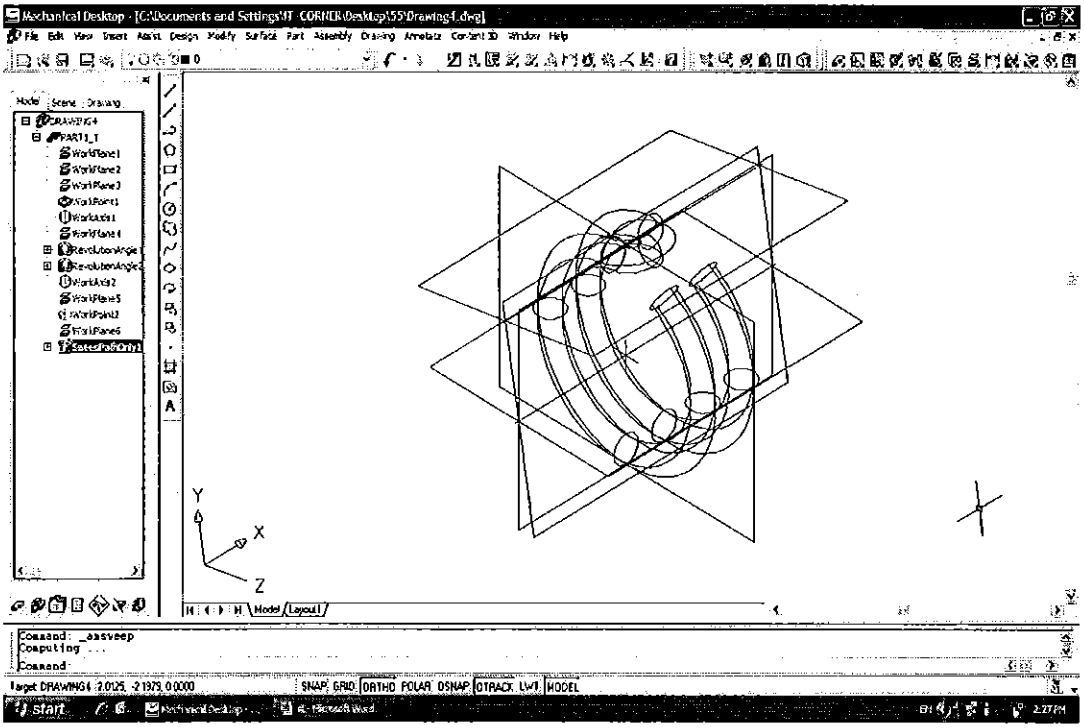


รูปที่ 4.35 การใช้คำสั่ง sweep

10. จะปรากฏ Dialog box ขึ้น ให้ใส่ค่าต่างๆดังรูปที่ 4.36 แล้วกด OK

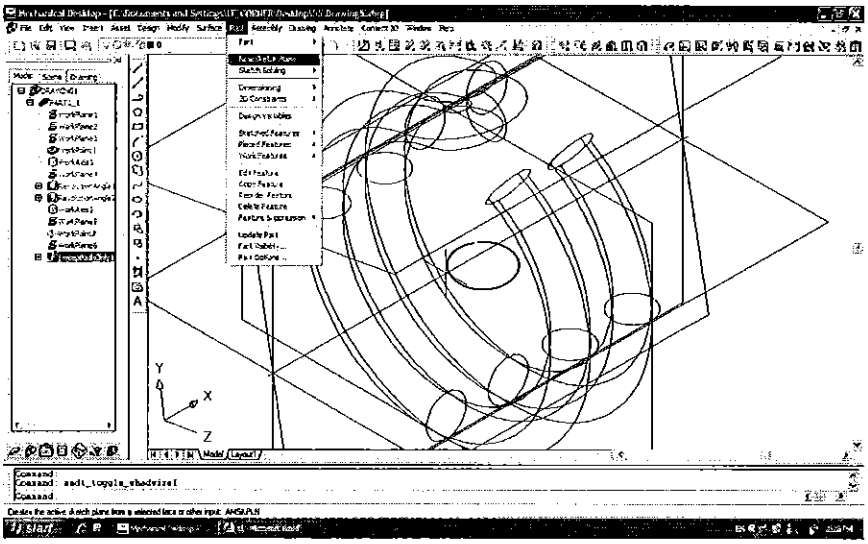


รูปที่ 4.36 Dialog box



รูปที่ 4.37 วงแหวนครึ่งวงกลม

11. การเลือกระนาบเดิมที่ใช้ โดยใช้คำสั่ง Part ⟶ New sketch plane ดังรูปที่ 4.38

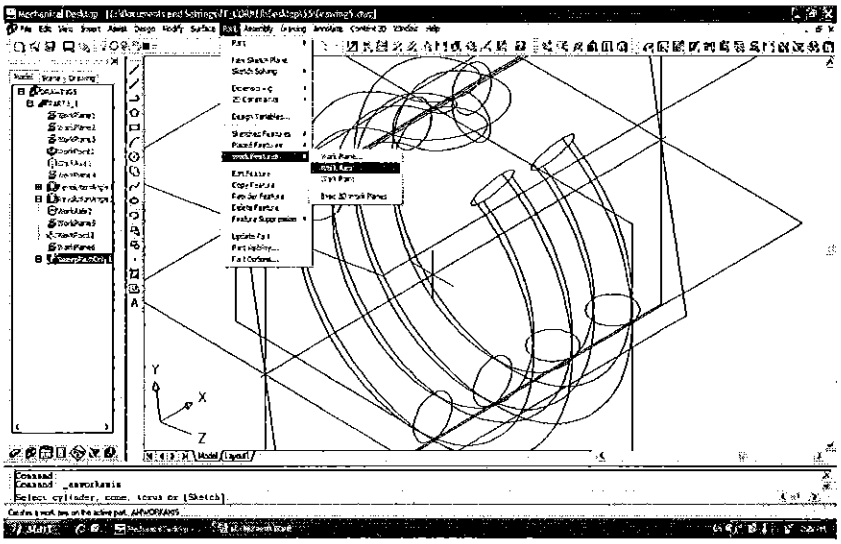


รูปที่ 4.38 การเลือกระนาบเดิมโดยใช้คำสั่ง part

คลิกเลือก Plane จากนั้นคลิกขวา 1 ครั้งเพื่อยืนยัน

4.3.1.4 การสร้างเส้นลวดครึ่งวงกลมเชื่อมขดลวดวงเปิดกับขดลวดวงใหม่

1. สร้าง axis ที่ปลาย ของวงแหวน ดังนี้ Part ⟶ Work Feature ⟶ Work Axis ดังรูปที่ 4.39



รูปที่ 4.39 การสร้างแกนที่ปลายของวงแหวน

2. ที่ Command window ด้านล่างจะปรากฏ

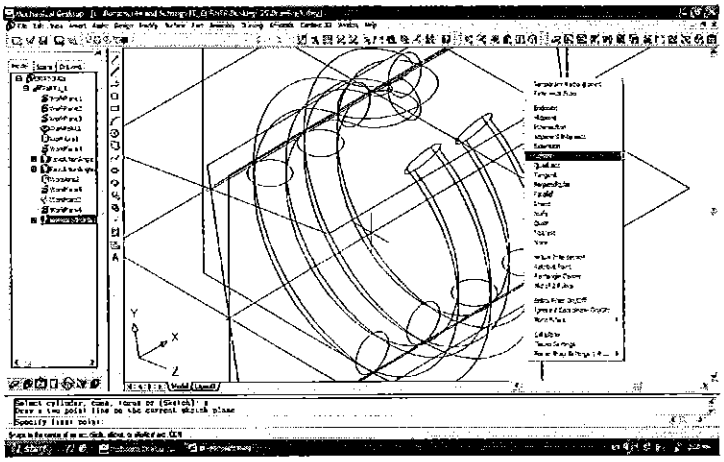
_amworkaxis

Select cylinder, cone, torus or [sketch]:

ให้พิมพ์ S เพื่อเลือกว่าต้องการเขียนเอง แล้วกด Enter

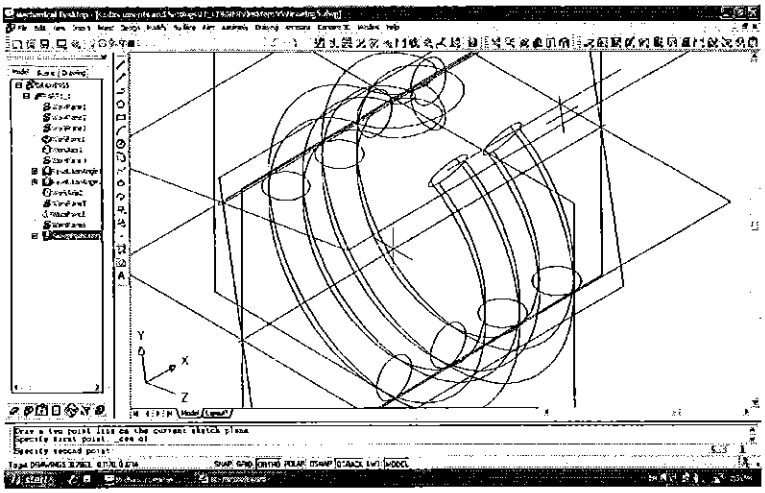
Specify first point

กด Shift คลิกขวาเลือกที่ Center ดังรูปที่ 4.40



รูปที่ 4.40 การเรียกใช้คำสั่ง Center

ให้เลือก Center ของวงแหวน ดังรูปที่ 4.41



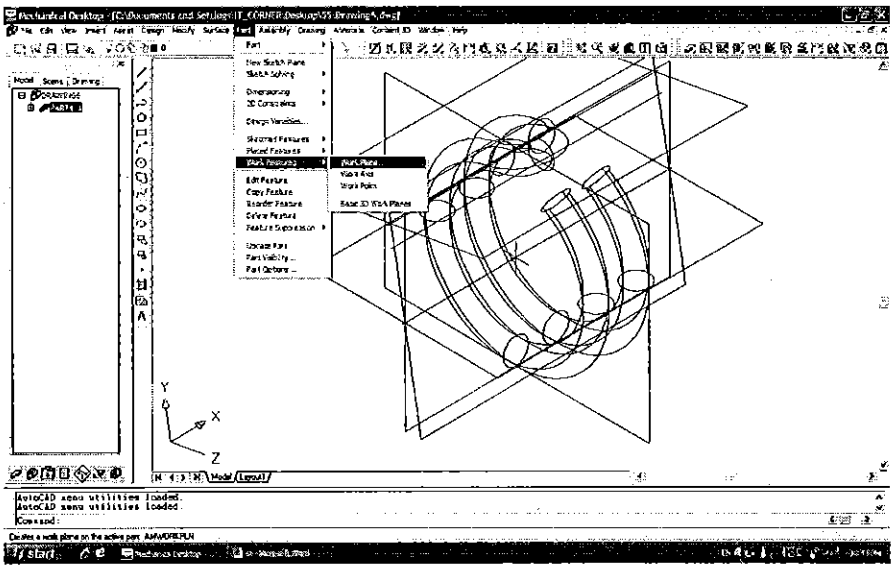
รูปที่ 4.41 การเลือก Center ของวงแหวน

Specify second point:

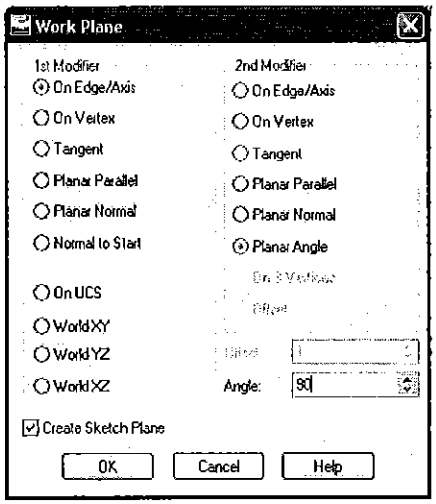
ให้คลิกจุดใดก็ได้ ในแนวแกน X

หลังจากนั้นจะได้แกนเพื่อทำการอ้างอิงการสร้างระนาบในลำดับต่อไป

3. สร้างระนาบเพื่อทำการเตรียมการสร้างส่วนโค้งต่อวงแหวน ดังนี้ Part ⟶ Work Feature ⟶ Work plane ดังรูปที่ 4.42



รูปที่ 4.42 การสร้างระนาบเพื่อทำการเตรียมการสร้างส่วนโค้งของวงแหวน



รูปที่ 4.43 Dialog box

4. ที่ Command window ด้านล่างจะปรากฏ

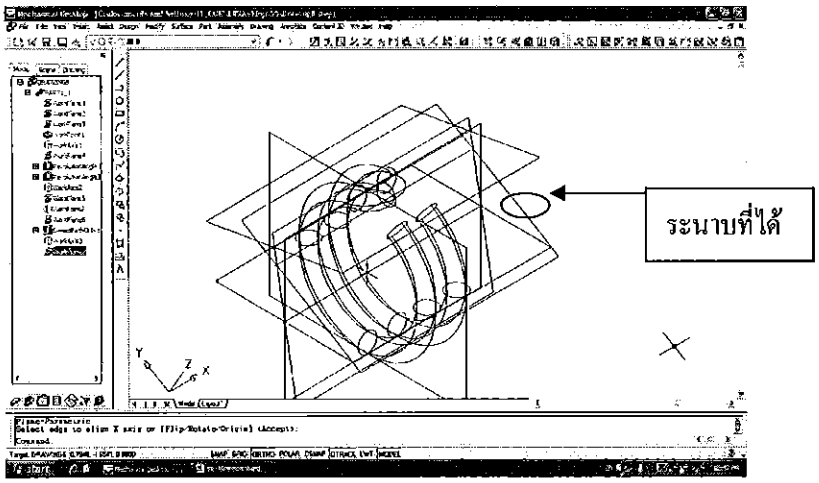
_amworkpln

Select work axis, straight edge or [worldX/worldY/worldZ]:

ให้คลิกเลือกที่แกนที่สร้างขึ้น จากนั้นจะปรากฏ

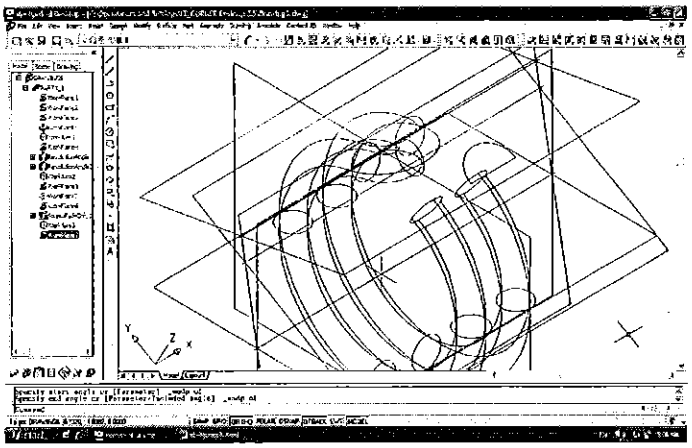
Select work plane, planar face or [worldXy/worldYz/worldZx/Ucs]:

ให้คลิกเลือกที่ ส่วนโค้งของวงแหวน ให้คลิกขวา เพื่อยืนยันแกน 1 ครั้ง และคลิกขวาอีก 1 ครั้ง เพื่อยืนยันการสร้างระนาบ หลังจากนั้น จะปรากฏระนาบที่สร้างขึ้น ดังรูปที่ 4.44



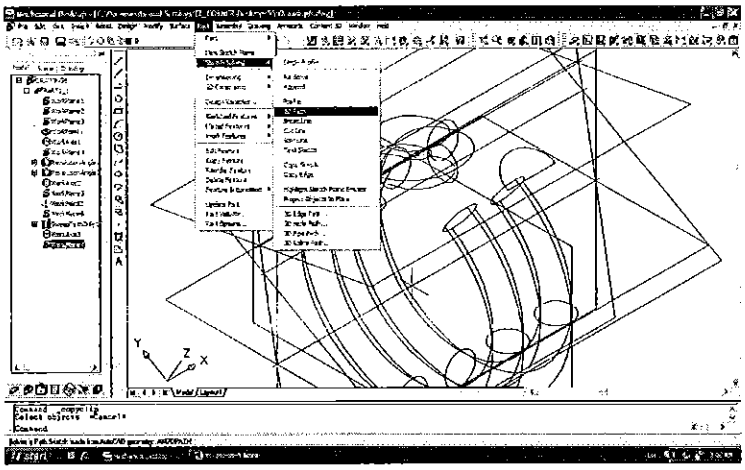
รูปที่ 4.44 ระนาบที่สร้างขึ้น

5. สร้างส่วนโค้งเชื่อมปลายของวงแหวน โดยเป็นครึ่งวงกลม รัศมีเท่ากับ 0.125 มม. ดังรูปที่ 4.45



รูปที่ 4.45 ส่วนโค้งเชื่อมปลายของวงแหวน

6. สร้างโครงร่างโดยใช้คำสั่ง 2D ดังนี้ Path ⟶ Sketch solving ⟶ 2D Path ดังรูปที่ 4.46



รูปที่ 4.46 การใช้คำสั่ง 2D Path

7. ที่ Command window ด้านล่างจะปรากฏ

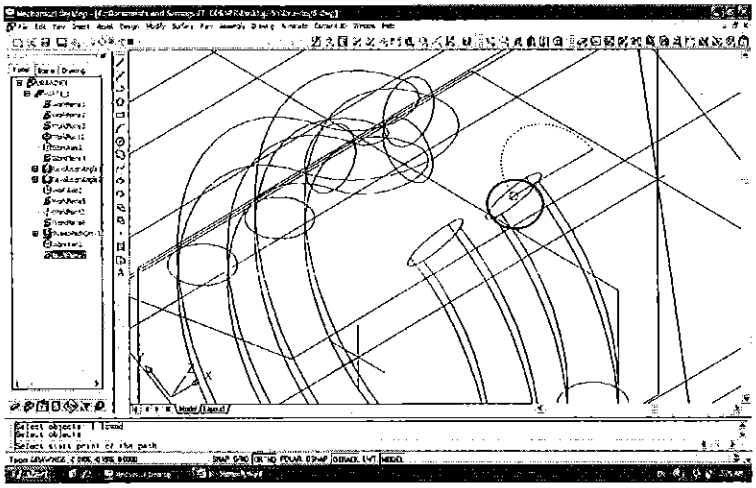
_am2dpath

Select object

ให้คลิกที่ครึ่งวงกลมที่สร้างขึ้น จากนั้นคลิกขวา 1 ครั้ง เพื่อยืนยัน

Select start point of the path

ให้คลิกที่จุดปลายส่วนโค้ง ดังรูปที่ 4.47



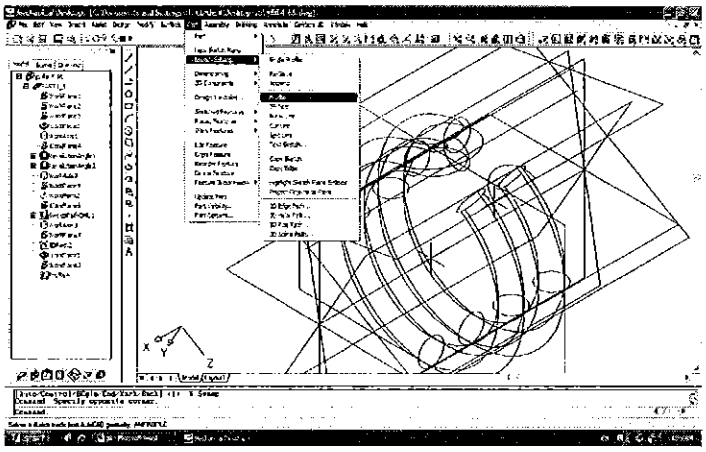
รูปที่ 4.47 คลิกที่จุดปลายส่วนโค้ง

Create a profile plane perpendicular to the path? [Yes/No] <Yes>:

พิมพ์ Y แล้วกด Enter เพื่อยืนยันแกน

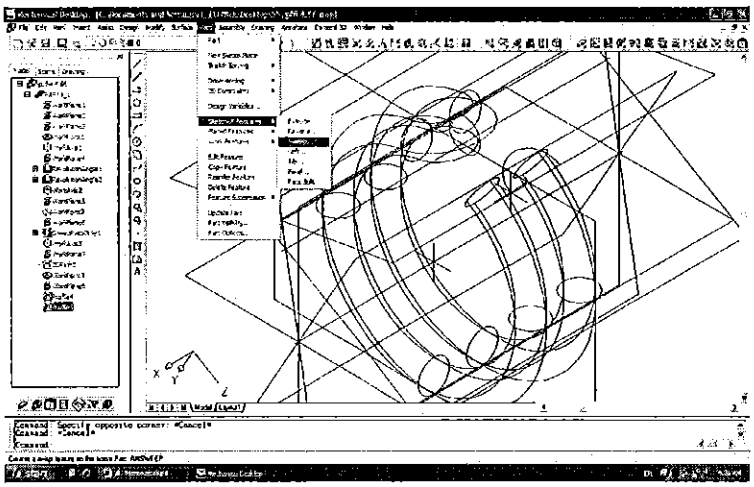
จากนั้นคลิกขวาเพื่อยืนยันอีก 1 ครั้ง จากนั้นแกน XY พร้อมที่จะใช้งาน

8. ใช้คำสั่ง Profile ดังนี้ Part ⟶ Sketch solving ⟶ Profile คลิกที่วงกลม 1 ครั้ง จากนั้นคลิกขวาเพื่อยืนยัน ดังรูปที่ 4.48



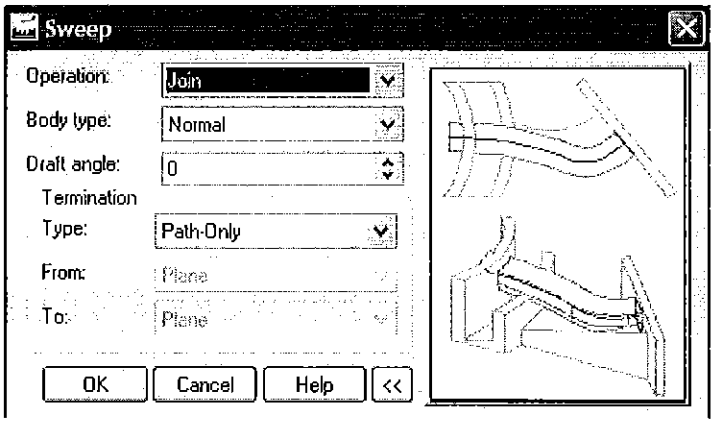
รูปที่ 4.48 การใช้คำสั่ง Profile

9. ใช้คำสั่ง Sweep เพื่อกวาดมุมดังนี้ Part ⟶ Sketched Feature ⟶ Sweep ดังรูปที่ 4.49



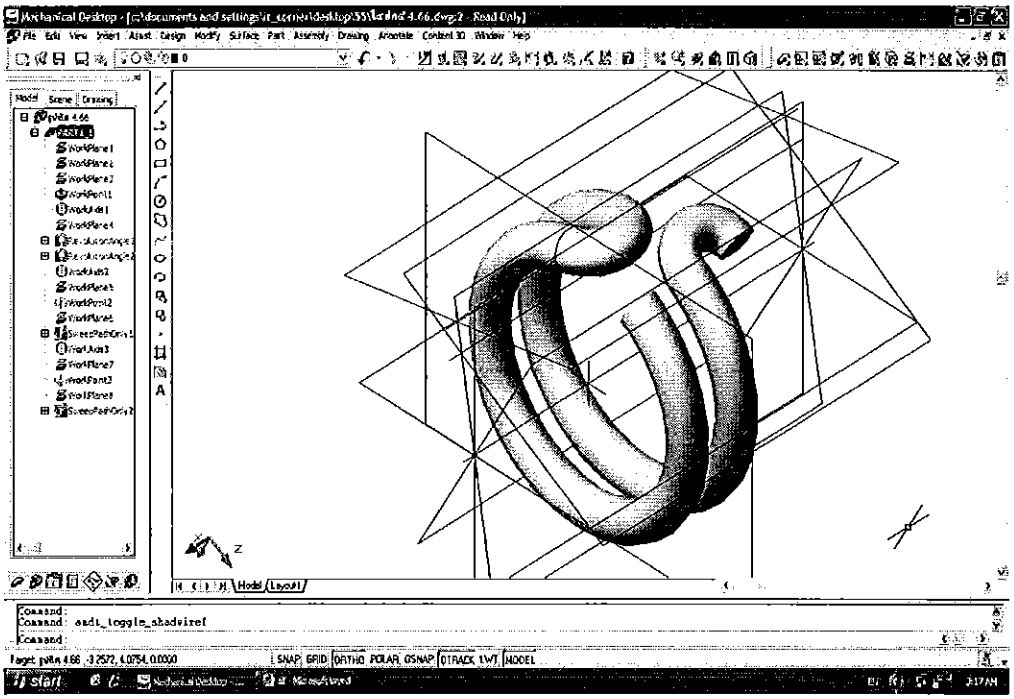
รูปที่ 4.49 การใช้คำสั่ง Sweep

10. จะปรากฏ Dialog box ขึ้นให้ใส่ค่าต่างๆ ดังรูปที่ 4.50 แล้วกด OK



รูปที่ 4.50 Dialog box

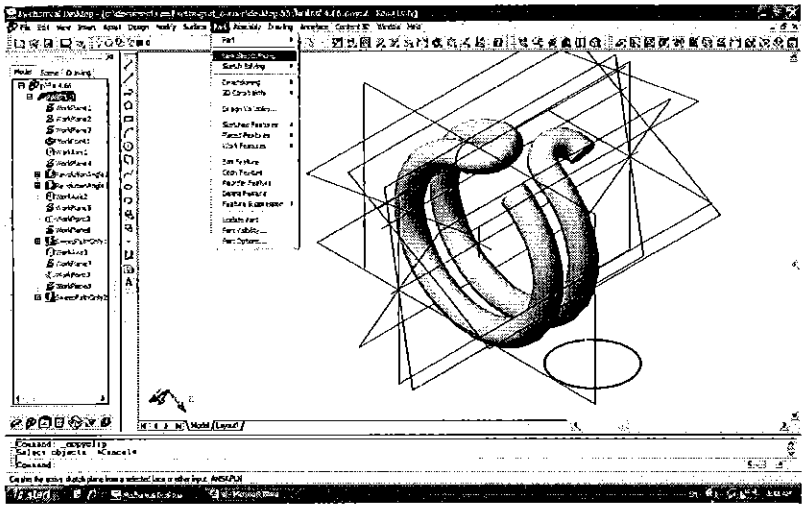
11. จะได้ชิ้นงาน ดังรูปที่ 4.51 ถึงขั้นตอนนี้เราจะได้ชิ้นงานที่ติดกัน ใน 1 pitch ในลำดับต่อไปเราจะใช้คำสั่ง array เพื่อเพิ่มจำนวนของชิ้นงาน ในแต่ละช่วง pitch



รูปที่ 4.51 ชิ้นงานที่ติดกันใน 1 pitch

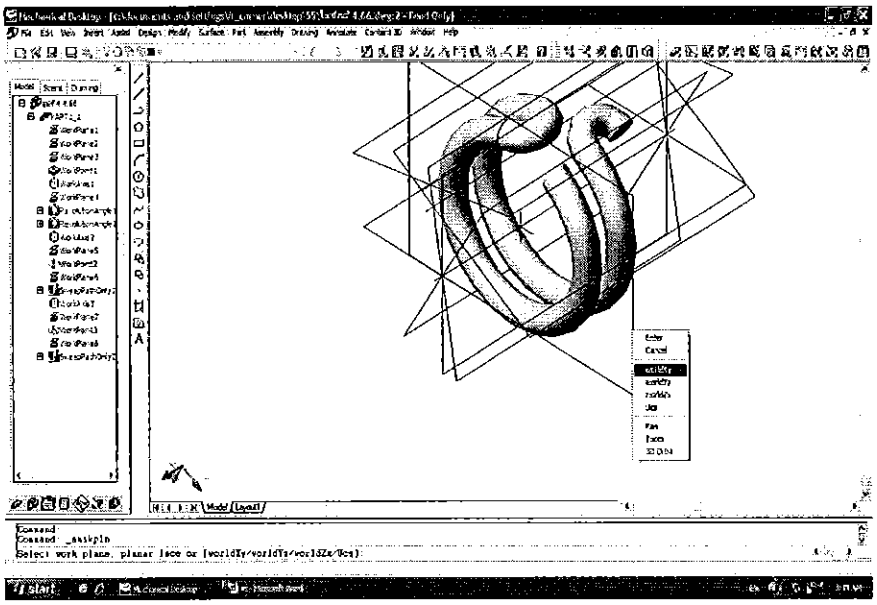
4.3.1.5 การ copy ของขดลวดทั้งหมดเพื่อมาจัดวางต่อกัน

1. เลือกระนาบเพื่อเตรียมการใช้คำสั่ง array ดังรูปที่ 4.52



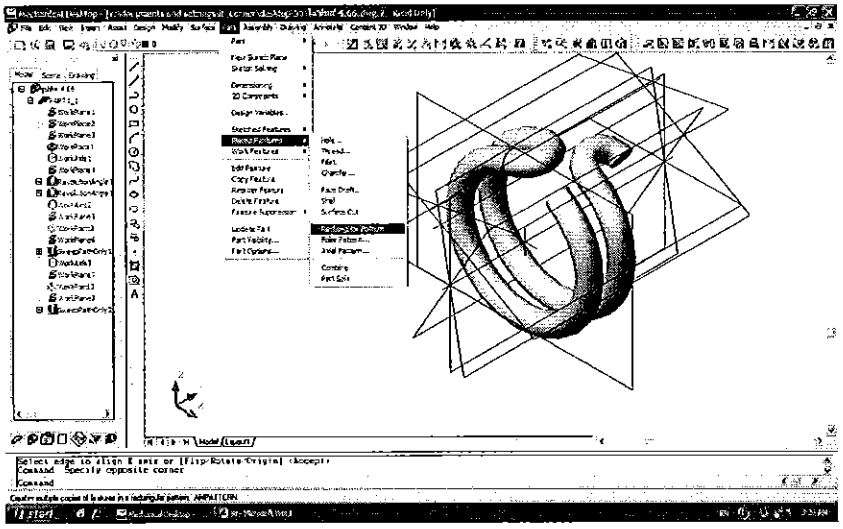
รูปที่ 4.52 การเลือกระนาบเพื่อเตรียมการใช้คำสั่ง array

คลิกขวาที่ระนาบตามภาพ แล้วคลิกเลือก world Xy ดังรูปที่ 4.53



รูปที่ 4.53 การเลือกระนาบ worldXy

2. ใช้คำสั่ง Array ดังนี้ Part ⟶ Placed Featured ⟶ Rectangular Pattern ดังรูปที่ 4.54



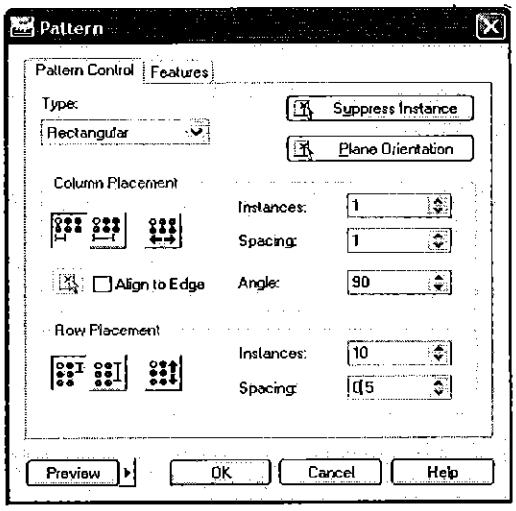
รูปที่ 4.54 การใช้คำสั่ง Array

3. ที่ Command window ด้านล่างจะปรากฏ

am_rectpattern

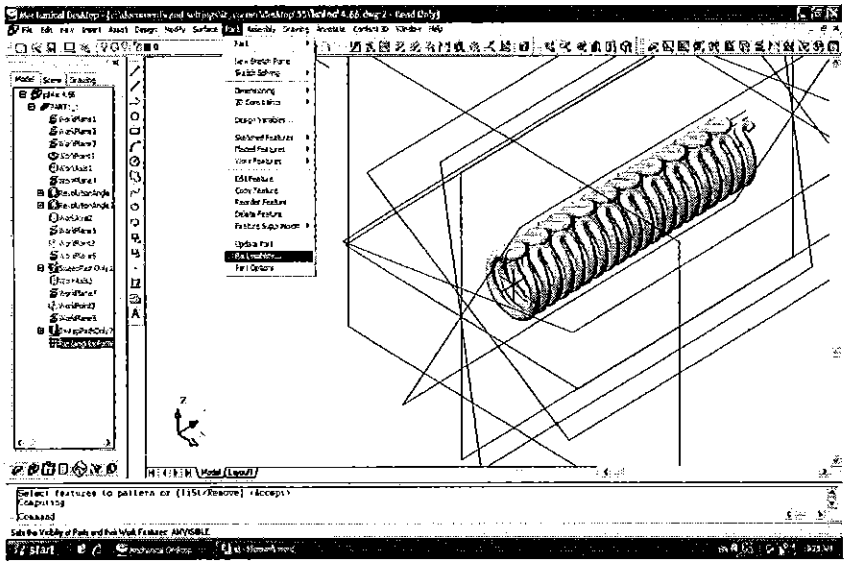
Select featured to pattern:

ให้คลิกที่ชิ้นงานทุกๆ ส่วน (ให้สังเกตที่เส้นประที่ถูกเลือก) จากนั้นคลิกขวา 1 ครั้ง เพื่อยืนยัน จากนั้นจะปรากฏ Dialog box ขึ้น ให้ใส่ค่าต่างๆ ดังรูปที่ 4.55 แล้วกด OK



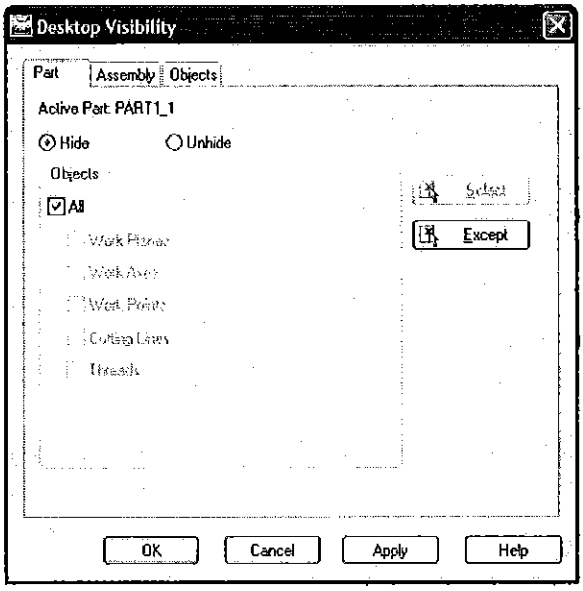
รูปที่ 4.55 Dialog box

4. ซ่อนระนาบและแกนต่างๆที่สร้างขึ้นมาจากข้างต้นโดยใช้คำสั่ง Part visibility ดังนี้ Part ⟶ Part visibility ดังรูปที่ 4.56



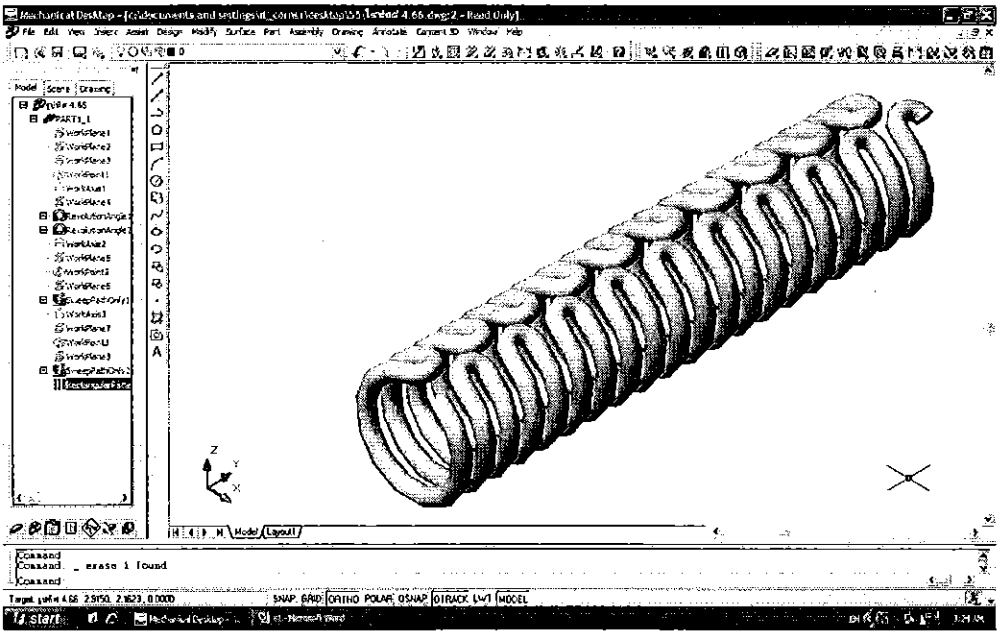
รูปที่ 4.56 ซ่อนระนาบและแกนโดยใช้คำสั่ง Part visibility

5. จะปรากฏ Dialog box ขึ้นดังรูปที่ 4.57 ให้ใส่ค่าต่างๆ แล้วกด OK



รูปที่ 4.57 Dialog box

6. เราจะได้ขดลวดส่วนหัวใจแบบสปริงพับตัว (Involute stent) ตามต้องการ ดังรูปที่ 4.58



รูปที่ 4.58 ขดลวดส่วนหัวใจแบบสปริงพับตัว

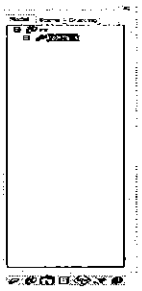
หลังจากนั้น Save as ตั้งชื่อ involute _stent ก็จะได้ ขดลวดส่วนหัวใจแบบสปริงพับตัว (Involute Stent)

4.3.2 การสร้างแบบจำลอง 3 มิติของขดลวดสวนหัวใจแบบสปริง (Involute stent) ในสภาวะขยายตัว

สำหรับการสร้างขดลวดสวนหัวใจแบบสปริง ในสภาวะขยายตัว (Involute stent) นั้นจำนำ file involute _stent ในสภาวะพับตัวมาทำการเปลี่ยนแปลงโดยการแก้ไขของสาการหมุนของวงแหวนและค่ารัศมีของวงแหวน สามารถทำได้ดังนี้

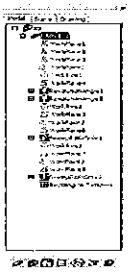
1. เปิด file involute _stent ขึ้นมา

2. สังเกตที่ Desktop browser ด้านซ้ายมือ ให้คลิกที่เครื่องหมาย + ดังรูปที่ 4.59



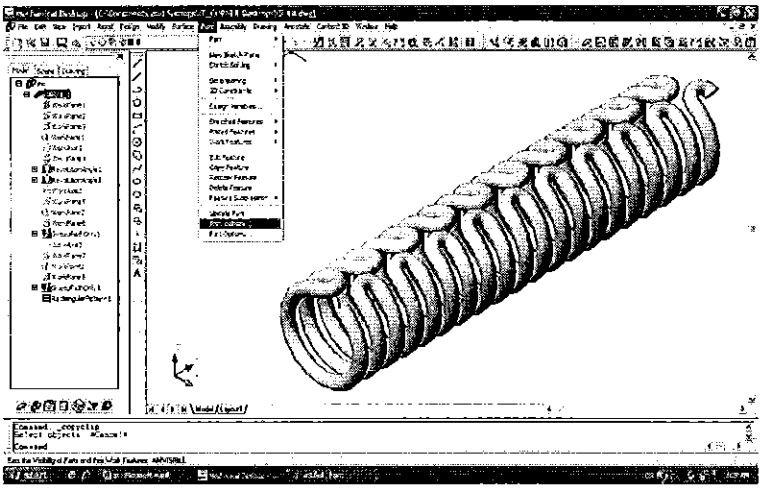
รูปที่ 4.59 Desktop browser

3. จะปรากฏ sub icon ขึ้นตามลำดับที่เราสร้างขึ้นใน involute _stent ดังรูปที่ 4.60



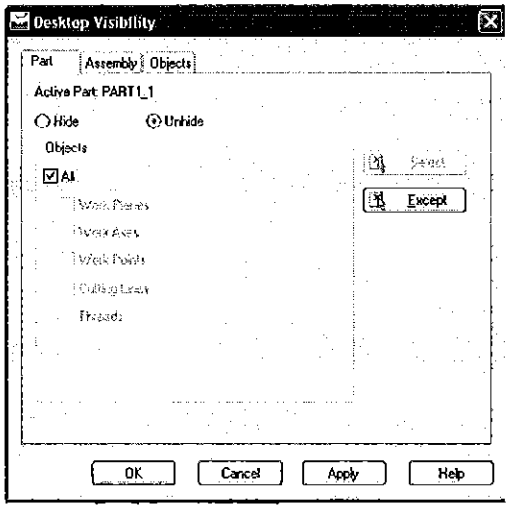
รูปที่ 4.60 sub icon

4. ใช้คำสั่ง unhide all เพื่อแสดง work axis, work plane, Point, เพื่อการเตรียมเปลี่ยนค่าต่างๆ ดังนี้ Part ⟶ Part visibility ดังรูปที่ 4.61



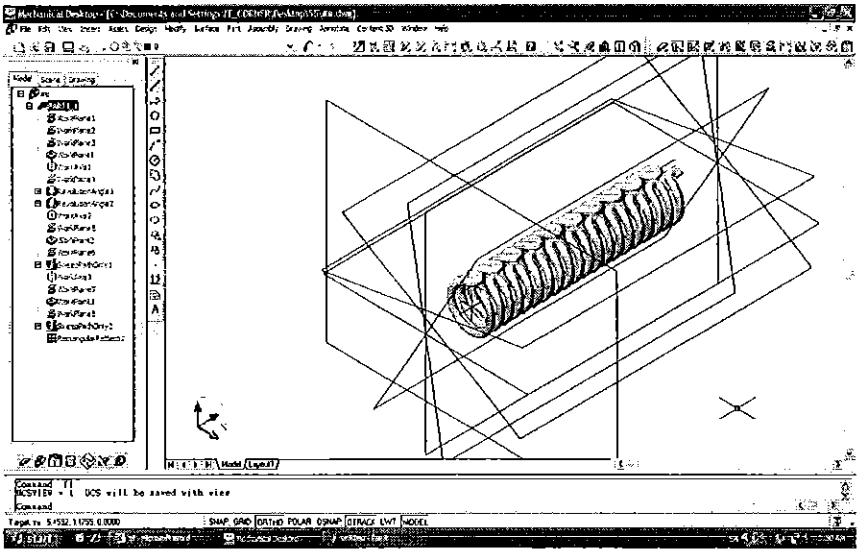
รูปที่ 4.61 การใช้คำสั่ง unhide all

5. จะปรากฏ Dialog box ชื่อว่า desktop visibility ขึ้น ให้ใส่ค่าตามรูปที่ 4.62 แล้วคลิก OK



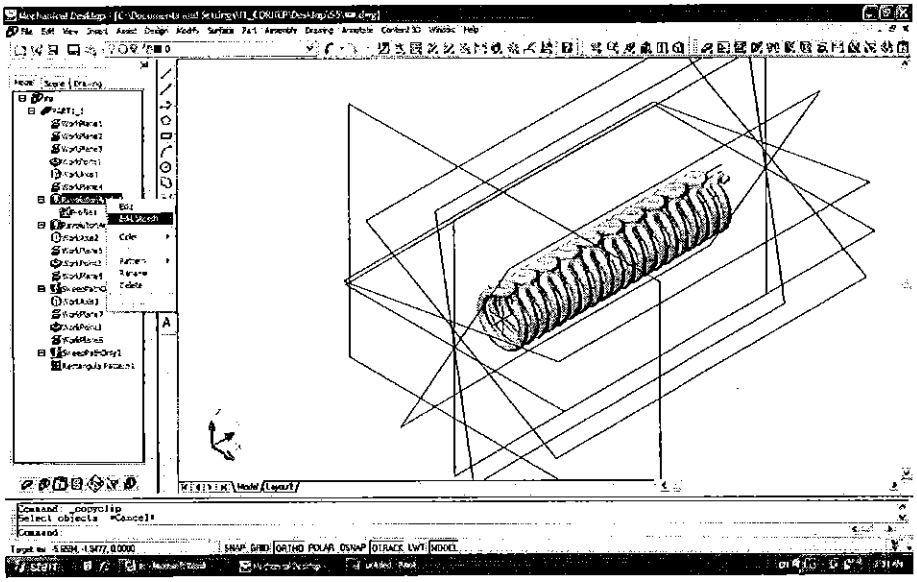
รูปที่ 4.62 Dialog box

6. จากนั้นสังเกต จะปรากฏระนาบ, แกน ขึ้น ให้เราพิมพ์ FF แล้วกด Enter ภาพจะมีขนาดพอดีพื้นที่การเขียน ดังรูปที่ 4.63



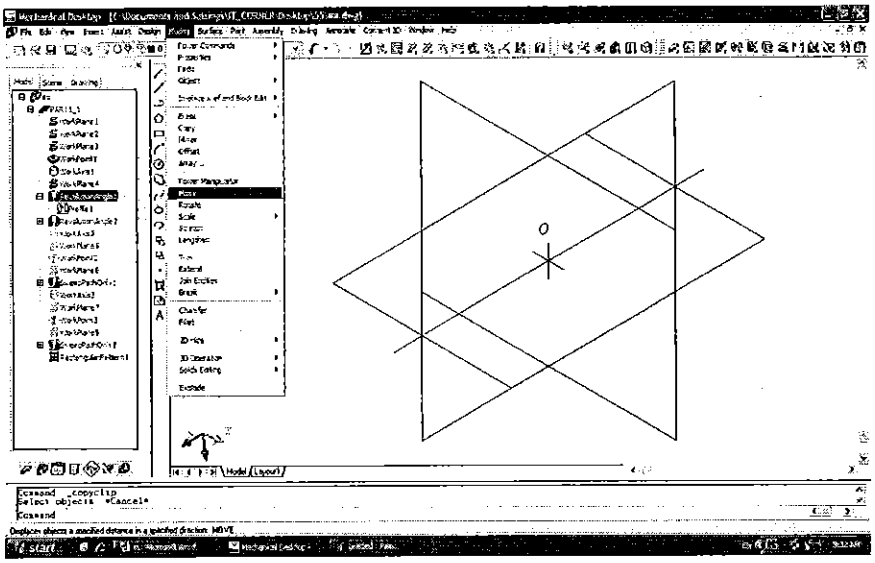
รูปที่ 4.63 เตรียมพร้อมสำหรับการขยาย

7. ที่ Desktop browser ให้เลื่อนเมาส์ไปที่ Revolutioangle1 แล้วคลิกขวา จะปรากฏแถบเมนูขึ้น ให้คลิกที่ edit sketch ดังรูปที่ 4.64



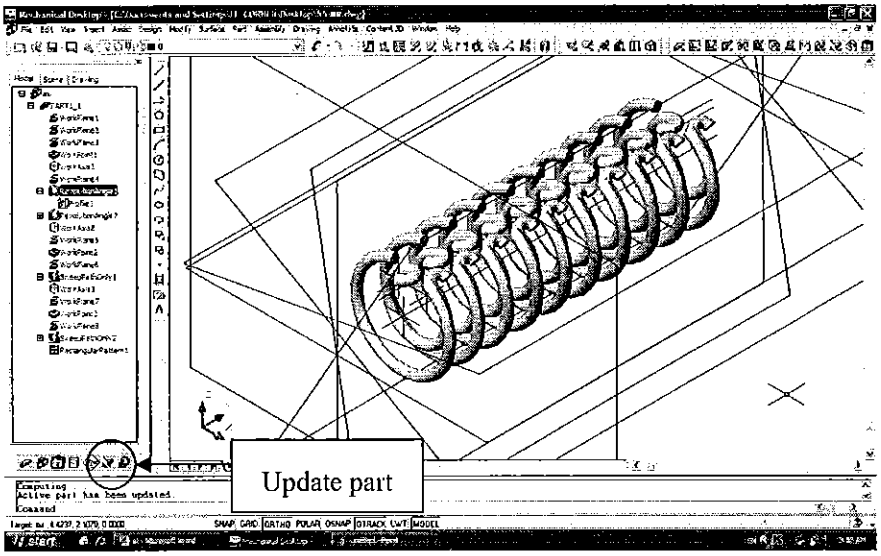
รูปที่ 4.64 Desktop browser

8. สังเกตที่ Revolution 1 จะปรากฏแถบสีเหลือง จากนั้นใช้คำสั่ง move ที่ วงกลม โดยเลื่อนขึ้นด้านบน 0.3 มม. ดังรูปที่ 4.65



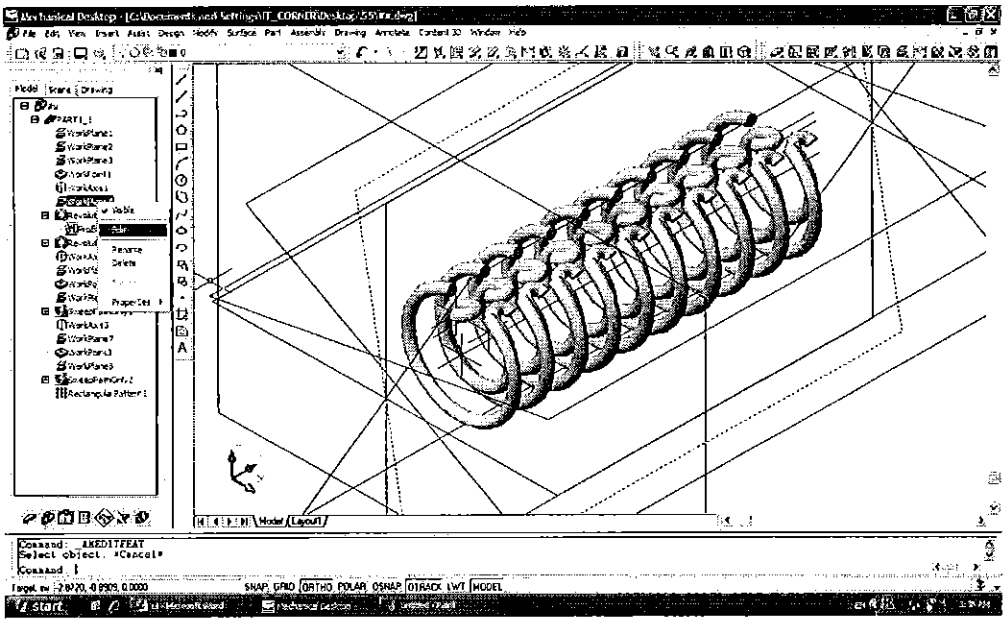
รูปที่ 4.65 การใช้คำสั่ง Move

จากนั้นคลิกที่ Update part ดังรูปที่ 4.66



รูปที่ 4.66 Update part

9. ที่ Desktop browser ให้เลื่อนเมาส์ไปที่ระนาบ 4 แล้วคลิกขวา จะปรากฏแถบเมนูขึ้น ให้คลิกที่ edit ดังรูปที่ 4.67



รูปที่ 4.67 Desktop browser

10. ที่ Command window ด้านล่างจะปรากฏ

_AMEDITFEAT

Select object:

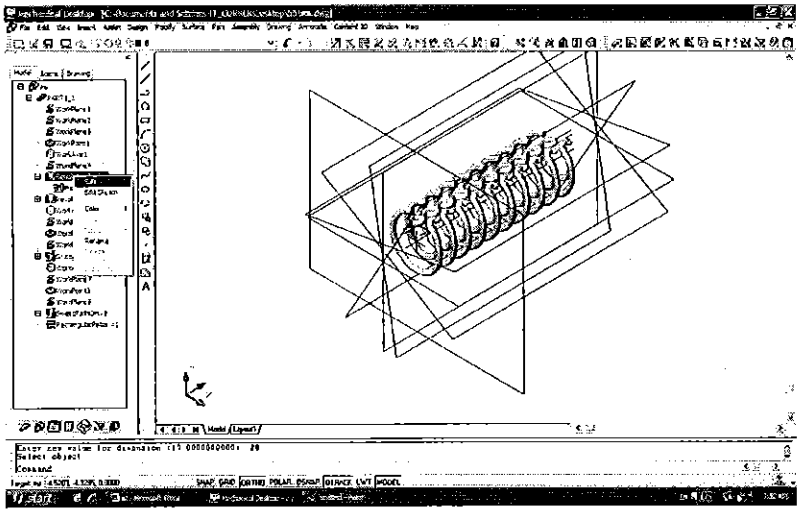
ให้คลิกเลือกที่ Dimension 10.0

Enter new value for dimension <10.0000000>:

ให้ใส่ค่าของการเอียงองศาของระนาบใหม่ คือ 20 องศา แล้วกด Enter

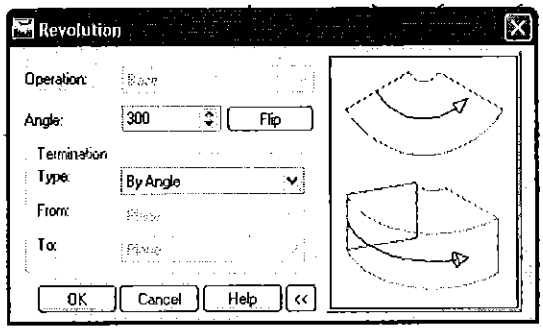
สังเกตที่ Workplane4 จะปรากฏแถบสีเหลือง ให้คลิกขวาเพื่อยืนยัน 1 ครั้ง

11. ที่ Desktop browser ให้เลื่อนเมาส์ไปที่ Revolutionangle1 ให้คลิกขวาจะปรากฏแถบเมนู คลิกเลือกที่ edit ตามรูปที่ 4.68



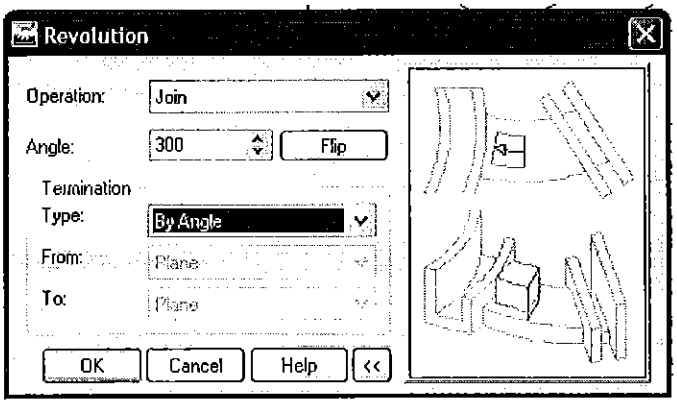
รูปที่ 4.68 Desktop browser

จะปรากฏ Dialog box ให้ใส่ค่าดังรูปที่ 4.69 แล้วคลิก OK แล้วคลิกขวาเพื่อยืนยัน 1 ครั้ง



รูปที่ 4.69 Dialog box Revolutionangle1

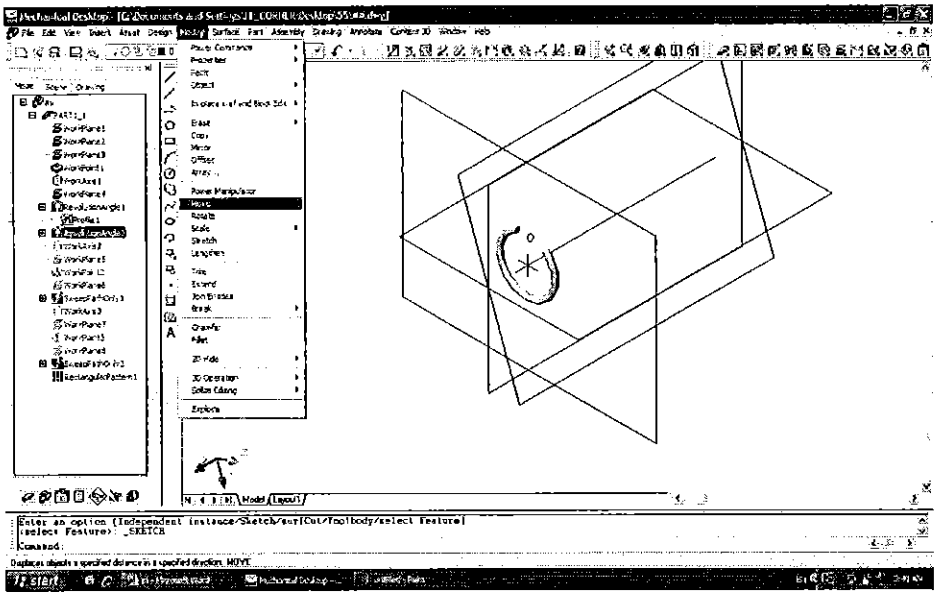
12. ที่ Desktop browser ให้เลื่อนเมาส์ไปที่ Revolutionangle2 ให้คลิกขวาจะปรากฏแถบเมนู คลิกเลือกที่ edit จะปรากฏ Dialog box ให้ใส่ค่าตามภาพ แล้วคลิก OK แล้วคลิกขวาเพื่อยืนยัน 1 ครั้ง ดังรูปที่ 4.70



รูปที่ 4.70 Dialog box Revolutionangle2

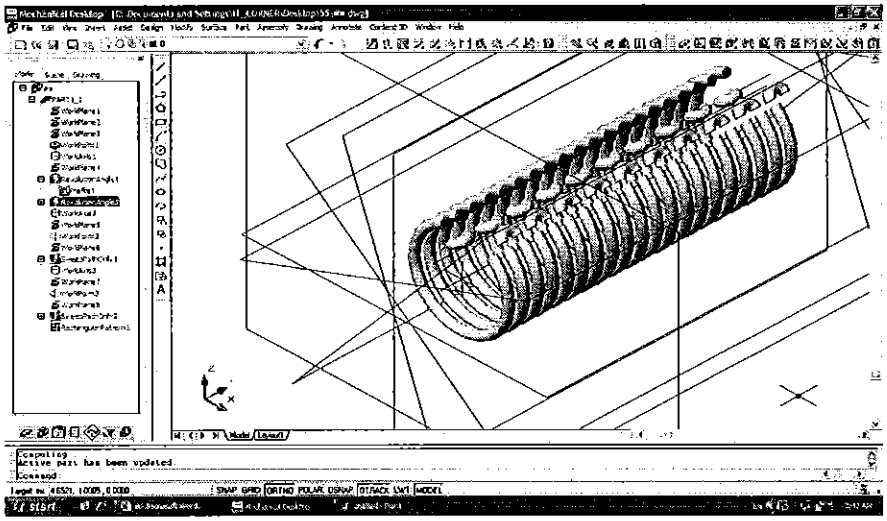
13. คลิกที่ Update part ด้านล่างของ Desktop browser สังเกตว่าแถบสีเหลืองทั้งหมดจะหายไป

14. ที่ desktop browser ให้เลื่อนเมาส์ไปที่ Rovolutionangle2 ให้คลิกขวาจะปรากฏแถบเมนู คลิกเลือกที่ edit sketch จากนั้นให้ทำการ move ดังรูปที่ 4.71 ขึ้นไปจากเดิม 0.3 มม.



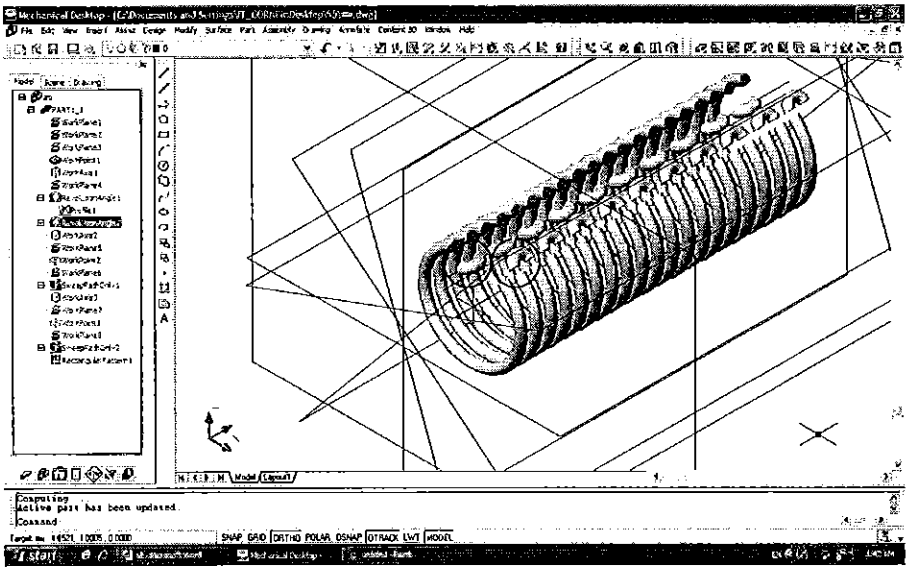
รูปที่ 4.71 การใช้คำสั่ง move

15. คลิกที่ Update part ด้านล่างของ desktop browser สังเกตว่าแถบสีเหลืองทั้งหมดจะหายไป และปรากฏดังรูป ดังรูปที่ 4.72



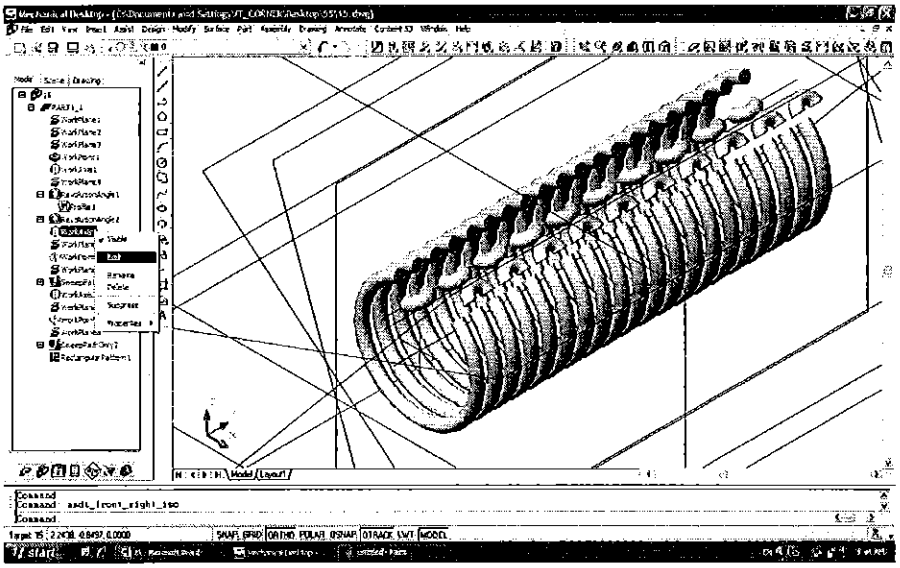
รูปที่ 4.72 Update part

16. เมื่อถึงตรงนี้แล้ว จะเห็นว่าเราต้องการแก้ไขอีกสองส่วน คือส่วนโค้งดังรูปที่ 4.73 นั่นก็คือ การแก้ไข Axis 2 และ 3 นั่นเอง



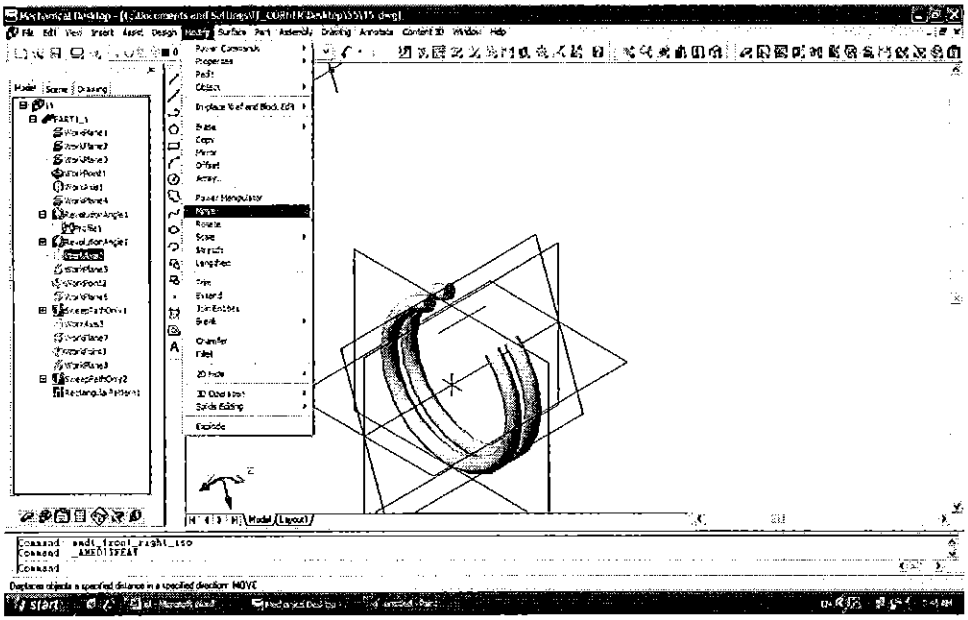
รูปที่ 4.73 ส่วนโค้งสองส่วนที่ยังไม่ได้แก้ไข

17. ที่ Desktop browser ให้เลื่อนเมาส์ไปที่ Workaxis2 ให้คลิกขวาจะปรากฏแถบเมนู คลิกเลือกที่ edit จะปรากฏดังรูปที่ 4.74



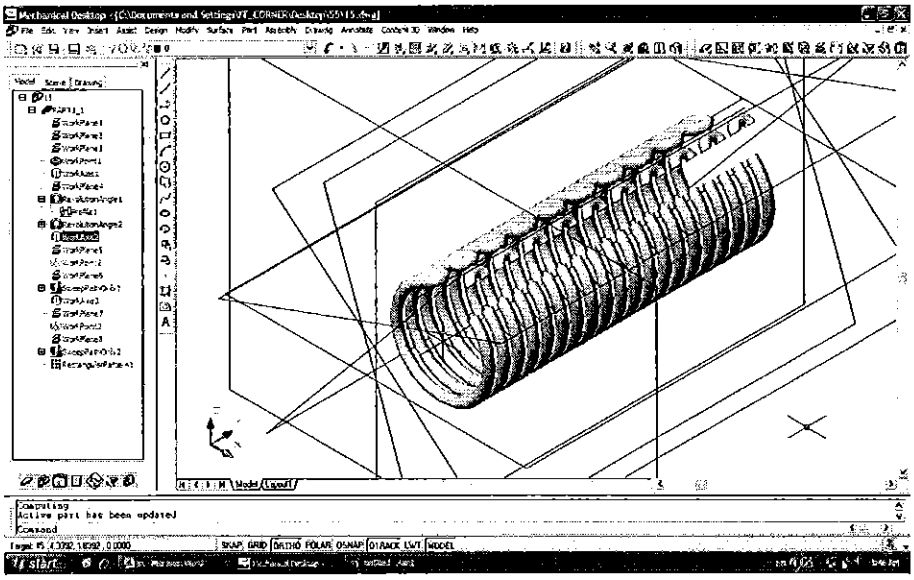
รูปที่ 4.74 Desktop browser

18. ทำการ Move Workaxis2 โดยเลื่อนขึ้นไปเท่ากัน คือ 0.3 มม. ดังรูปที่ 4.75



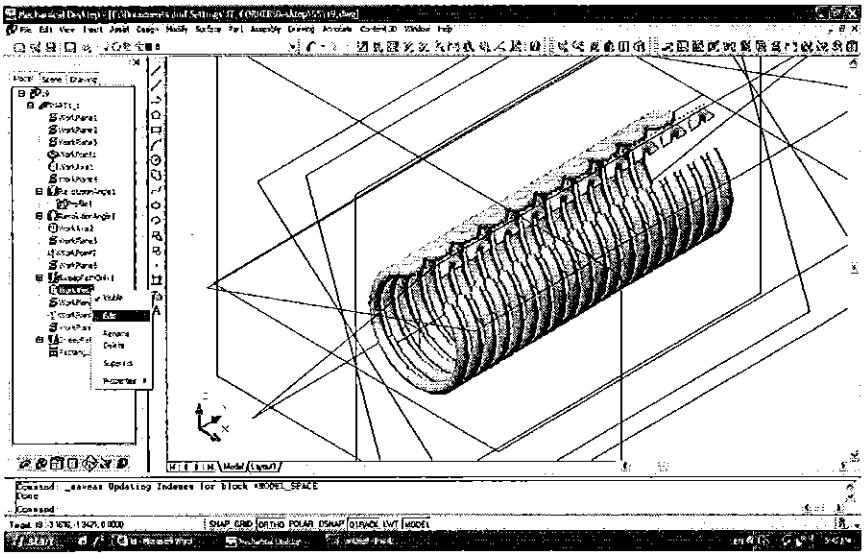
รูปที่ 4.75 การใช้คำสั่ง Move

19. คลิกที่ Update part ด้านล่างของ Desktop browser สังเกตว่าแถบสีเหลืองทั้งหมดจะหายไป และปรากฏดังรูป ดังรูปที่ 4.76



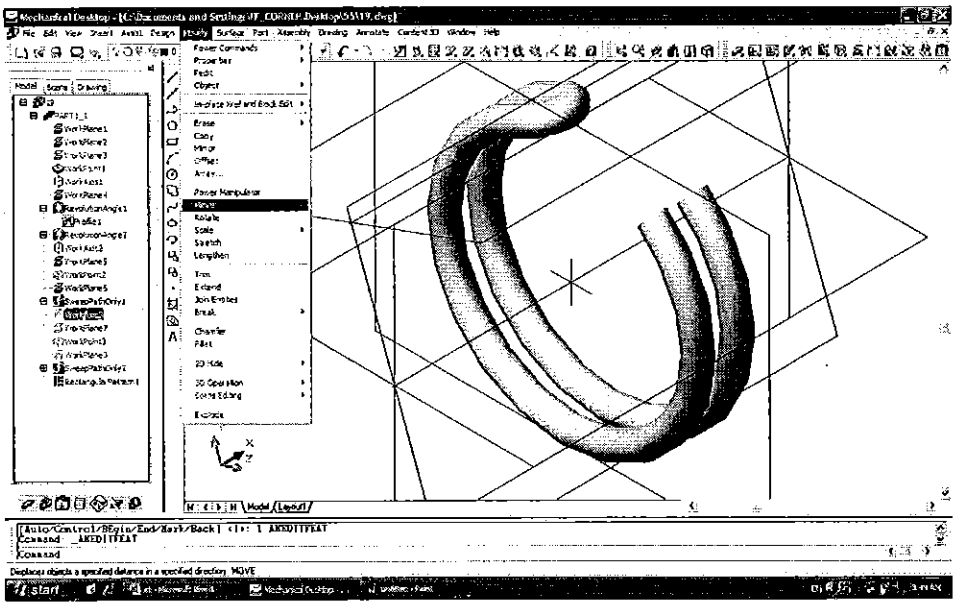
รูปที่ 4.76 การใช้คำสั่ง Update part

20. ที่ Desktop browser ให้เลื่อนเมาส์ไปที่ Workaxis3 ให้คลิกขวาจะปรากฏแถบเมนู คลิกเลือกที่ edit จะปรากฏดังรูปที่ 4.77



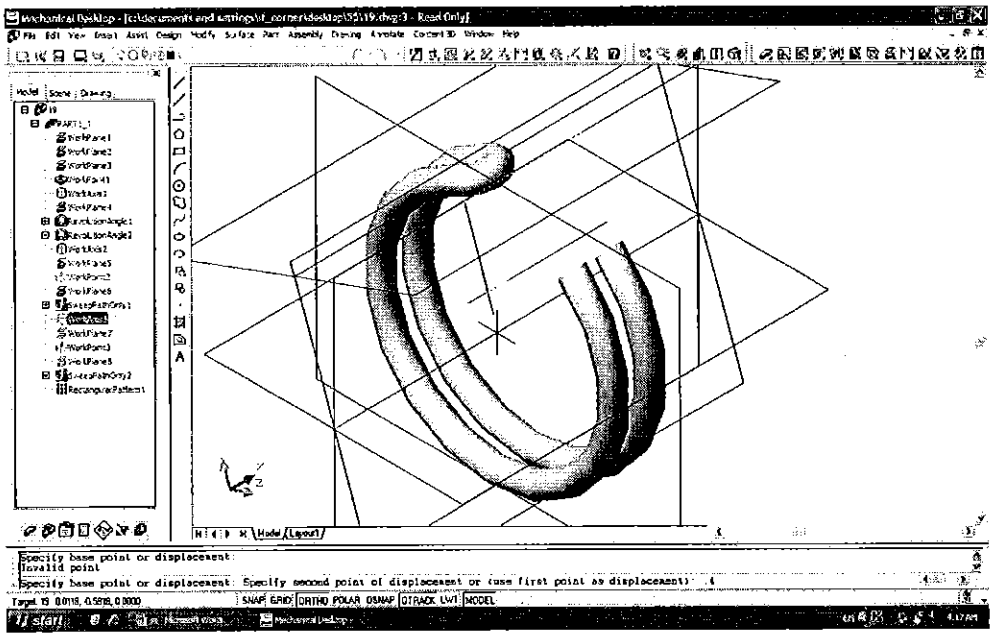
รูปที่ 4.77 Desktop browser

21. ทำการ Move Workaxis2 ดังรูปที่ 4.78



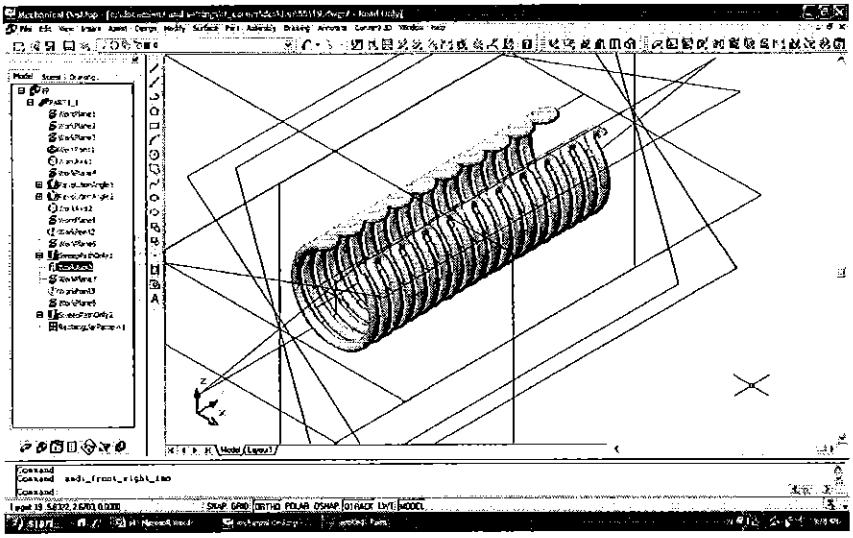
รูปที่ 4.78 การใช้คำสั่ง Move

โดยเลื่อนลงตามแนวแกน Y เป็นระยะ 0.4 มม. ตามรูปที่ 4.79



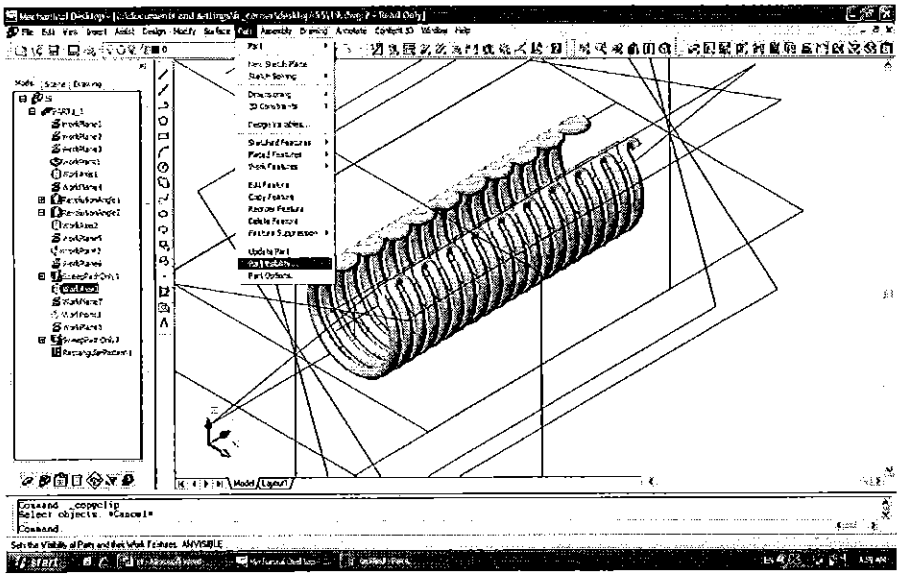
รูปที่ 4.79 การ Move Workaxis2

22. คลิกที่ Update part ด้านล่างของ Desktop browser สังเกตว่าแถบสีเหลืองทั้งหมดจะหายไป และปรากฏดังรูป ดังรูปที่ 4.80



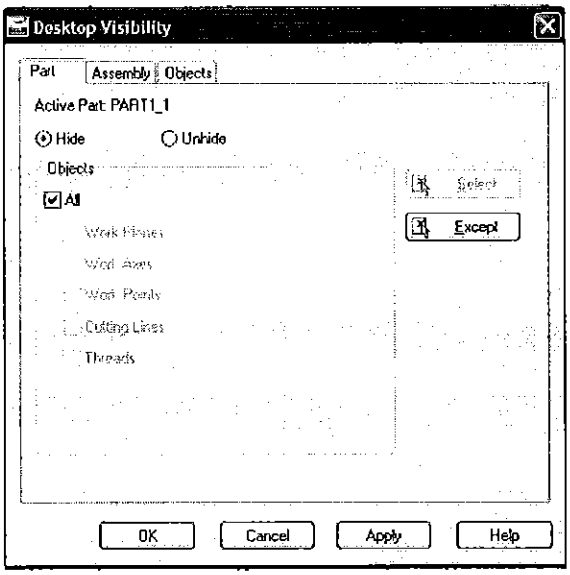
รูปที่ 4.80 การใช้คำสั่ง Update part

23. ใช้คำสั่ง Hide all เพื่อปิด Work axis, work plane ,Point เพื่อปิดการใช้งานและเคลียร์หน้าจอดังนี้ Part ⟶ part visibility ดังรูปที่ 4.81



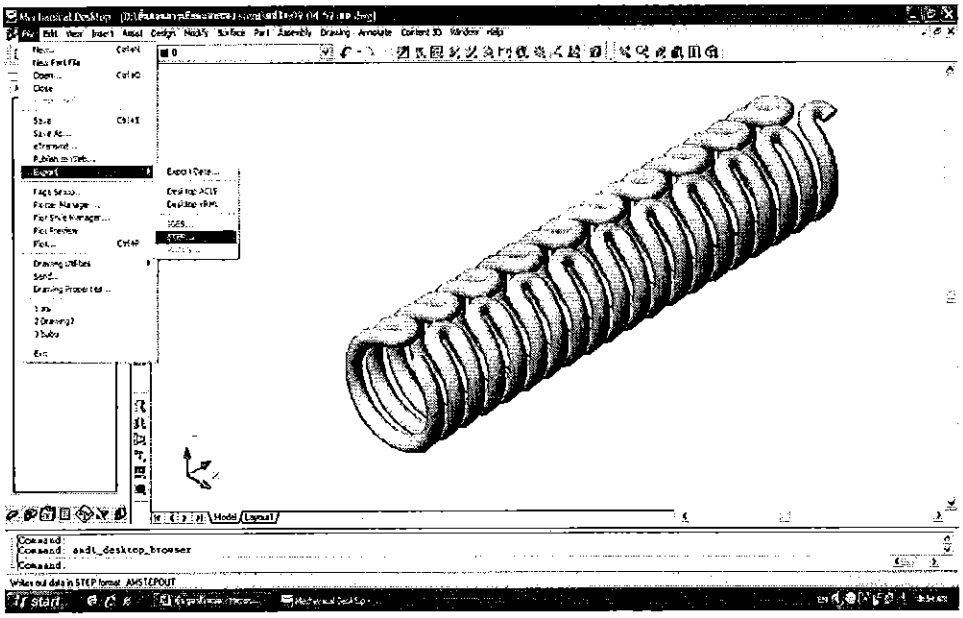
รูปที่ 4.81 การใช้คำสั่ง Hide all

24. จะปรากฏ Dialog box ชื่อว่า Desktop visibility ขึ้นให้ใส่ค่าต่างๆตามรูปที่ 4.82 แล้วคลิก OK



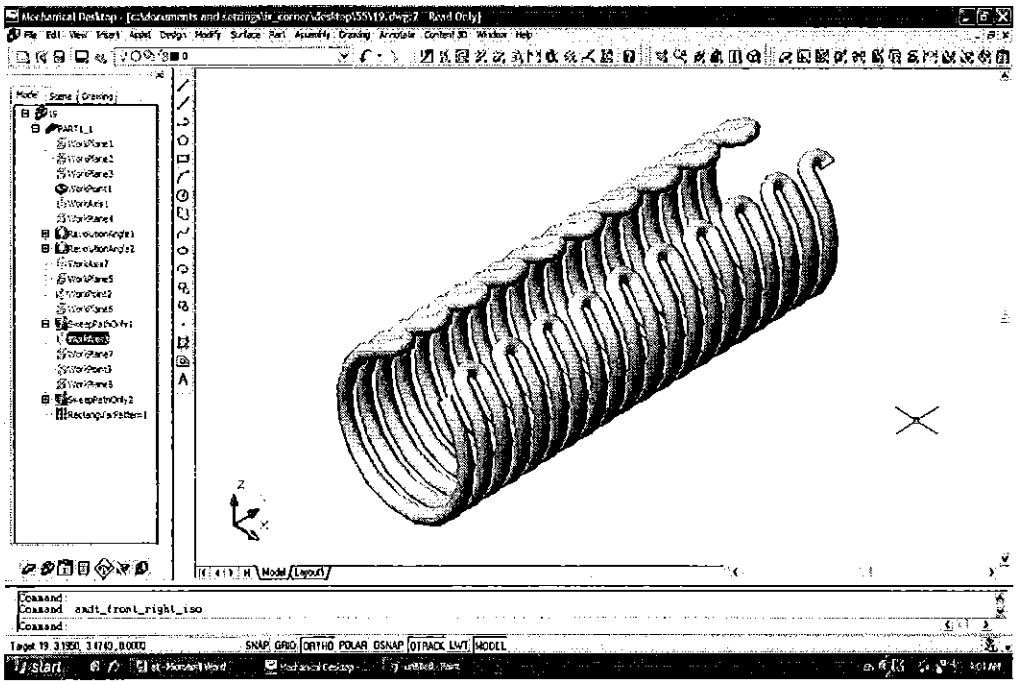
รูปที่ 4.82 Dialog box

25. หลังจากนั้นเราจะได้ Involute_stent ในสภาวะขยายตัว ให้ทำการ save ดังนี้ File ⟶ Export ⟶ STEP และ ตั้งชื่อ Involute_stent_1 ดังรูปที่ 4.83



รูปที่ 4.83 การ Save file

26. เราจะได้ Involute_stent_1 ในสภาวะขยายตัว ดังรูปที่ 4.84



รูปที่ 4.84 ขดลวดแบบสปริงในสภาวะขยายตัว

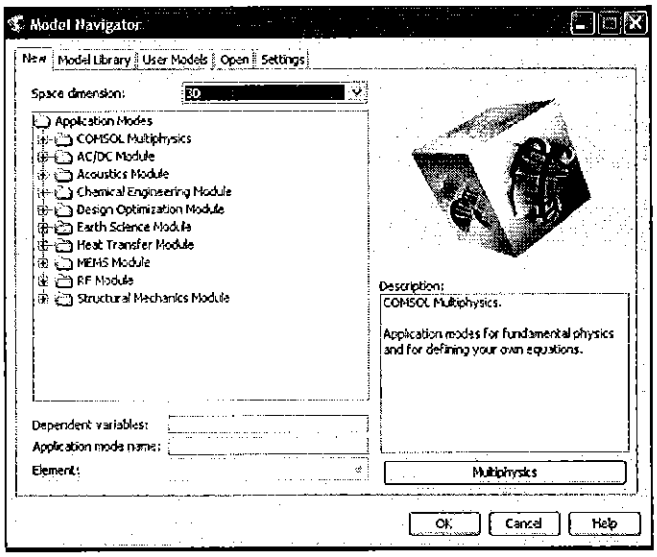
4.4 การสร้างแบบจำลองแบบไฟไนต์เอลิเมนต์

4.4.1 การเรียกใช้โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ (COMSOL3.2)

1. เปิดโปรแกรมโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ (COMSOL3.2) ขึ้นมา

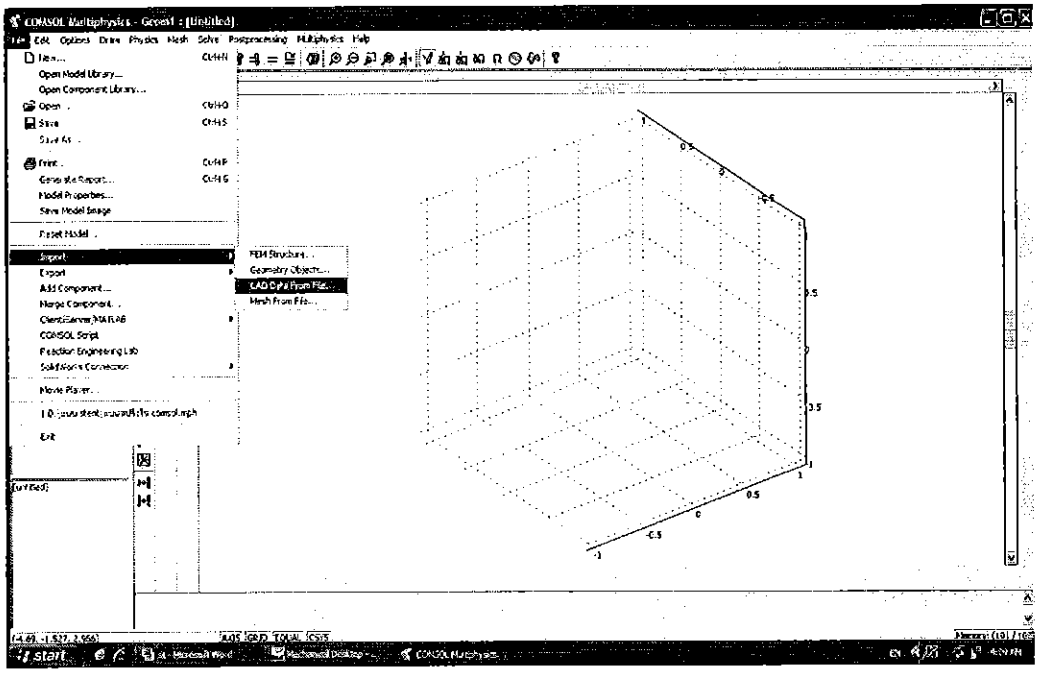
4.4.2 การนำขดลวดสวนหัวใจแบบสปริงลงใน โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ (COMSOL3.2)

1. คลิกที่ Space dimension และเปลี่ยนเป็น 3D แล้วกด OK ดังรูปที่ 4.85



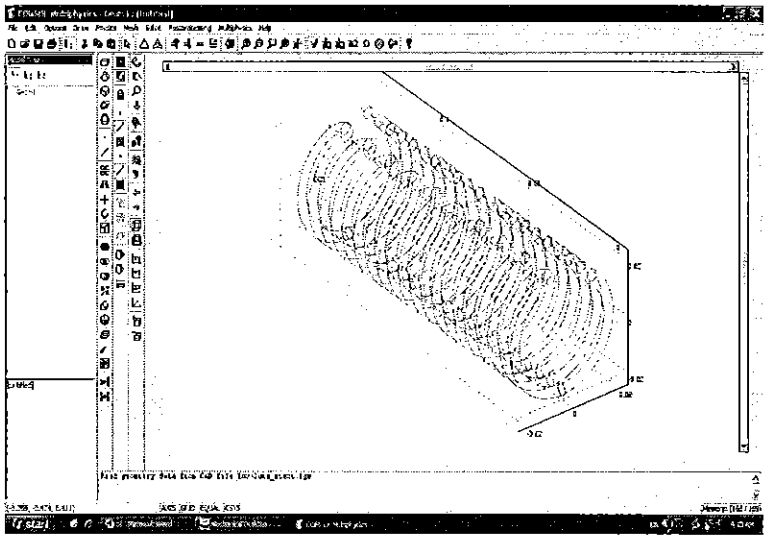
รูปที่ 4.85 โปรแกรม COMSOL 3.2

2. การนำขดลวดสวนหัวใจแบบสปริง ดังนี้ File ⟶ Import ⟶ CAD Data From File จากนั้น เปิด File STEP ที่ Export ออกมา ดังรูปที่ 4.86



รูปที่ 4.86 การนำขดลวดสวนหัวใจแบบสปริง

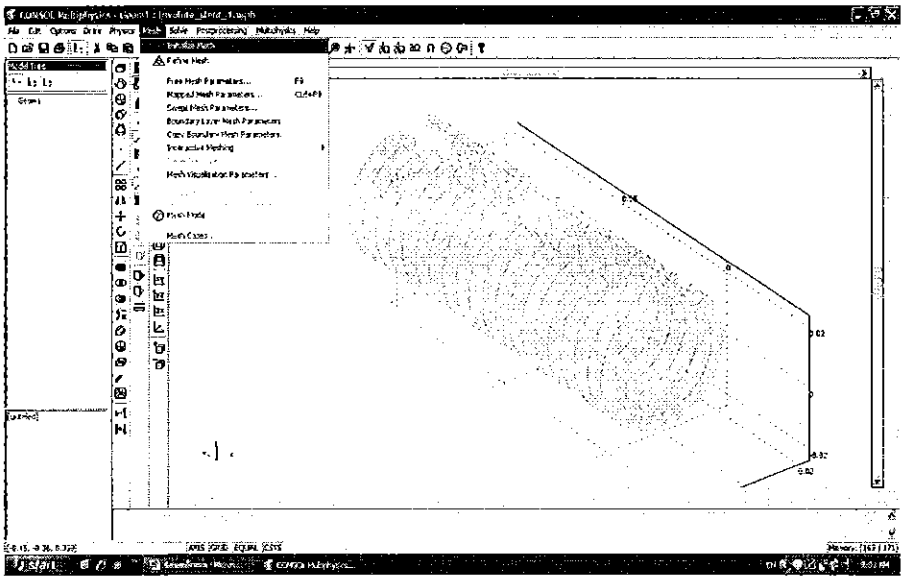
3. ขดลวดสวนหัวใจแบบสปริงที่อยู่ในโปรแกรม COMSOL3.2 ให้ทำการ Save as ตั้งชื่อ Involute_stent_2 ดังรูปที่ 4.87



รูปที่ 4.87 ขดลวดสวนหัวใจแบบสปริงที่อยู่ในโปรแกรม COMSOL3.2

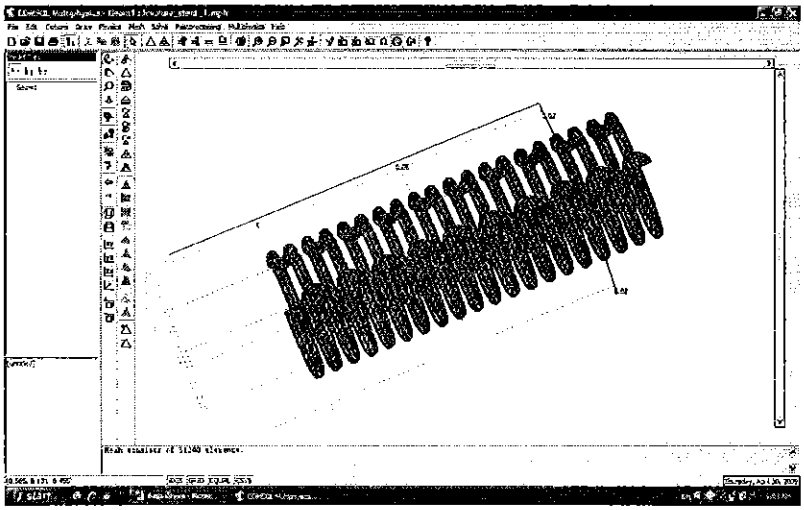
4.4.3 การแบ่งเอลิเมนต์ในโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ (COMSOL3.2)

1. การแบ่งเอลิเมนต์สามเหลี่ยม ดังนี้ Mesh ⟶ Initialize Mesh ดังรูปที่ 4.88



รูปที่ 4.88 การแบ่งเอลิเมนต์สามเหลี่ยม

2. จะได้ขดลวดสวนหัวใจแบบสปริงในแบบเอลิเมนต์สามเหลี่ยม ดังรูปที่ 4.89



รูปที่ 4.89 การแบ่งเอลิเมนต์สามเหลี่ยม

4.5 ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไข

สำหรับปัญหาที่พบในการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ของขดลวดสวนหัวใจแบบตาข่ายนี้พบปัญหา ดังนี้

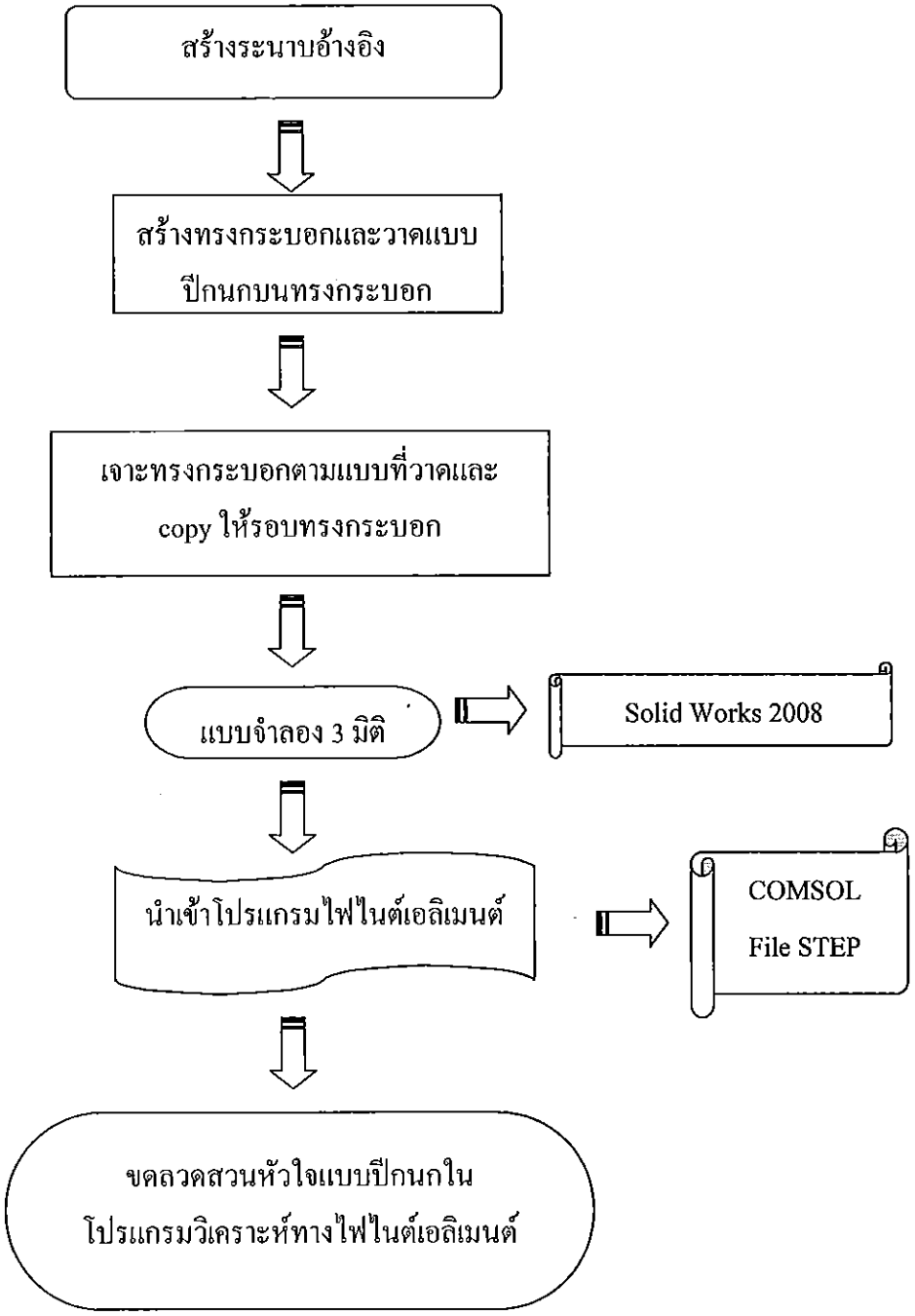
1. การกำหนดระยะและตำแหน่งของวงแหวน

สำหรับแนวทางการแก้ไขใช้คำสั่ง Line สร้างเส้นจากจุด End point เป็นระยะที่ต้องการ และสร้างเส้นอีก 1 เส้น โดยใช้จุดปลายของเส้นที่ 1 เป็นจุดเริ่มต้นเพื่อเป็นระยะห่างระหว่างวงแหวนทั้ง 2 วง

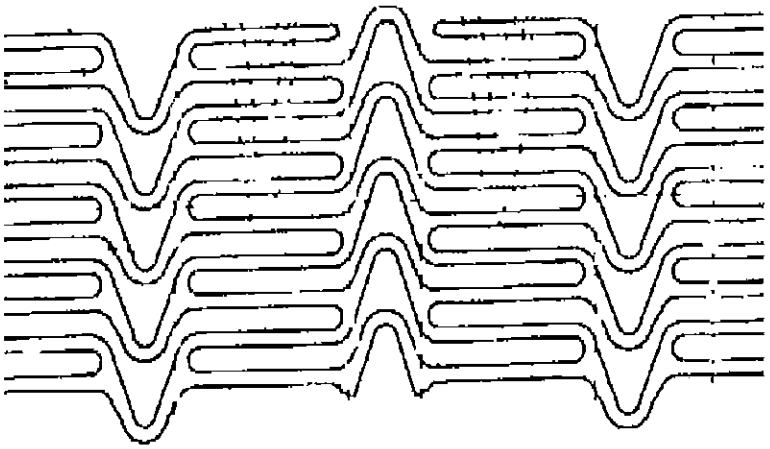
บทที่ 5

การสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ของขดลวดสวนหัวใจแบบปีกนก

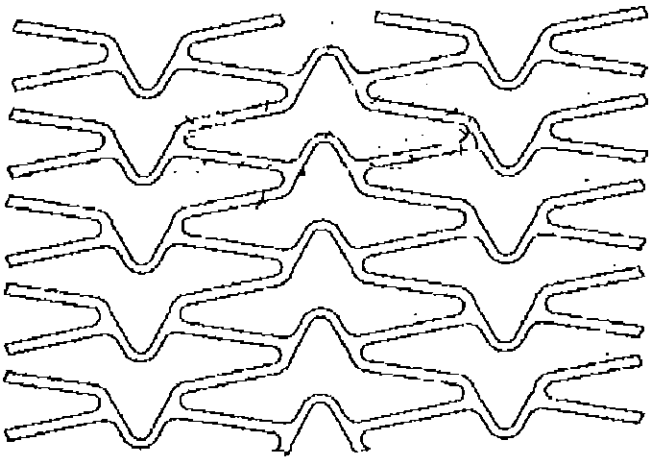
5.1 flow chart สรุปคำสั่ง



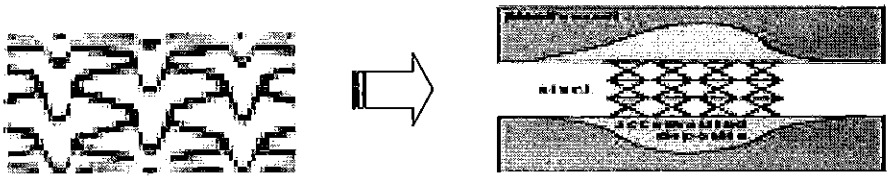
5.2 ลักษณะของขดลวดสวนหัวใจแบบปีกนก



รูปที่ 5.1 ลักษณะของขดลวดสวนหัวใจแบบปีกนกในสภาวะพับตัว



รูปที่ 5.2 ลักษณะของขดลวดสวนหัวใจแบบปีกนกในสภาวะขยายตัว



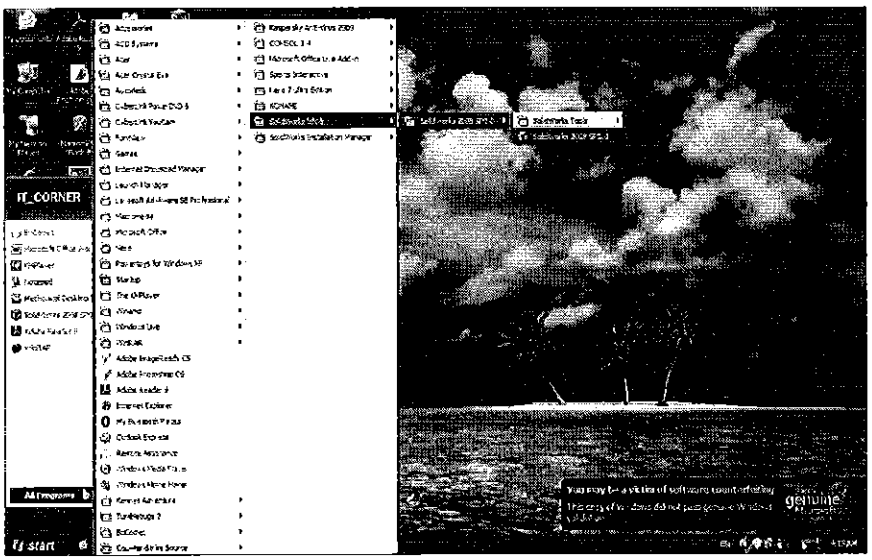
รูปที่ 5.3 ลักษณะการใช้ของขดลวดสวนหัวใจแบบปีกนก

5.3 การสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ในโปรแกรมขึ้นรูป 3 มิติ (Solid Work 2008)

5.3.1 การเรียกใช้โปรแกรมขึ้นรูป 3 มิติ (Solid Work 2008) ขึ้นมาใช้งาน

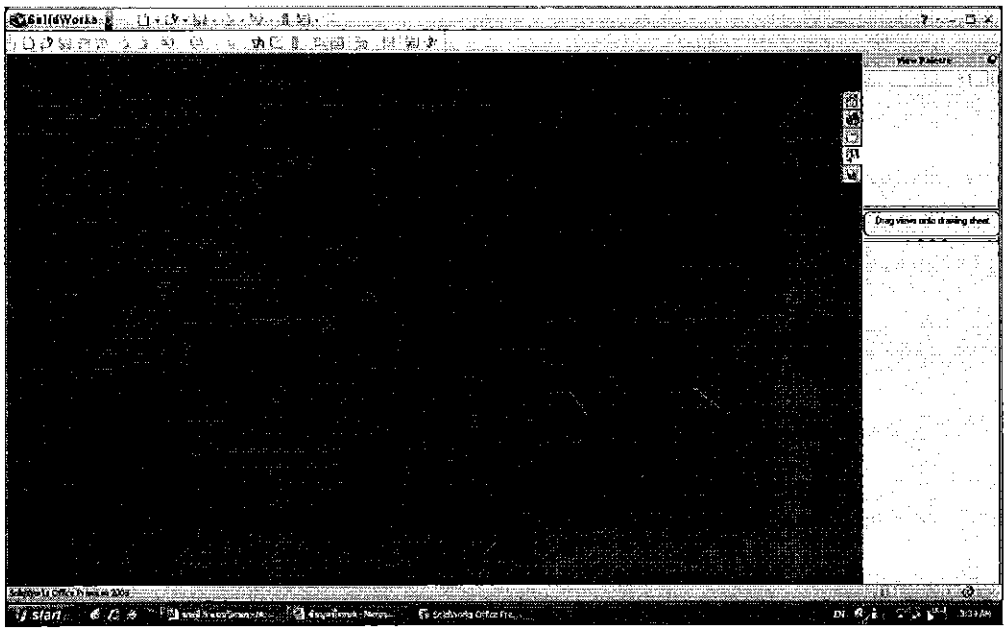
สามารถเรียกใช้ได้ 2 วิธี

1. เริ่มจาก Start Menu ดังนี้ Start ⟶ All Programs ⟶ Solid Work 2008 ⟶ Solid Work 2008 ดังรูปที่ 5.4 หรือ



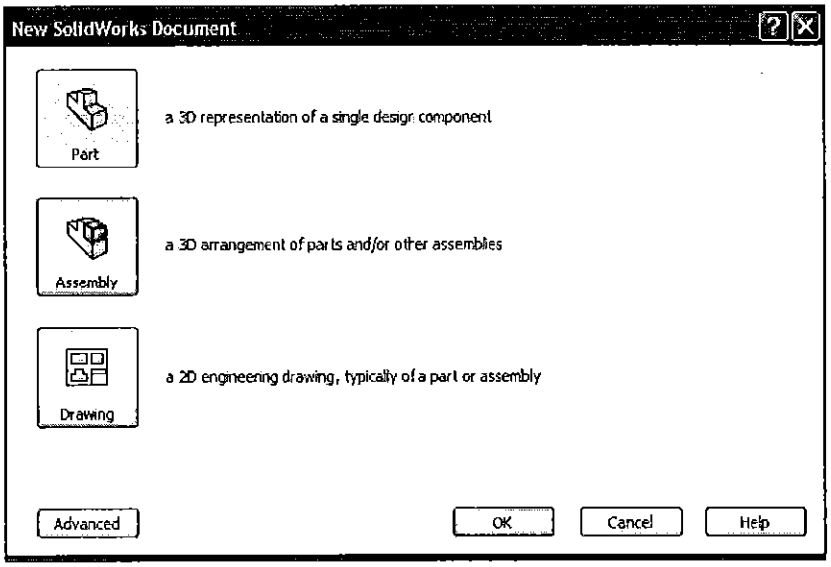
รูปที่ 5.4 การเรียกใช้โปรแกรม Solid Work 2008 แบบที่ 1

2. เริ่มจาก ดับเบิลคลิกที่ บริเวณหน้า Desk top หลังจากนั้นจะปรากฏ ดังรูปที่ 5.5

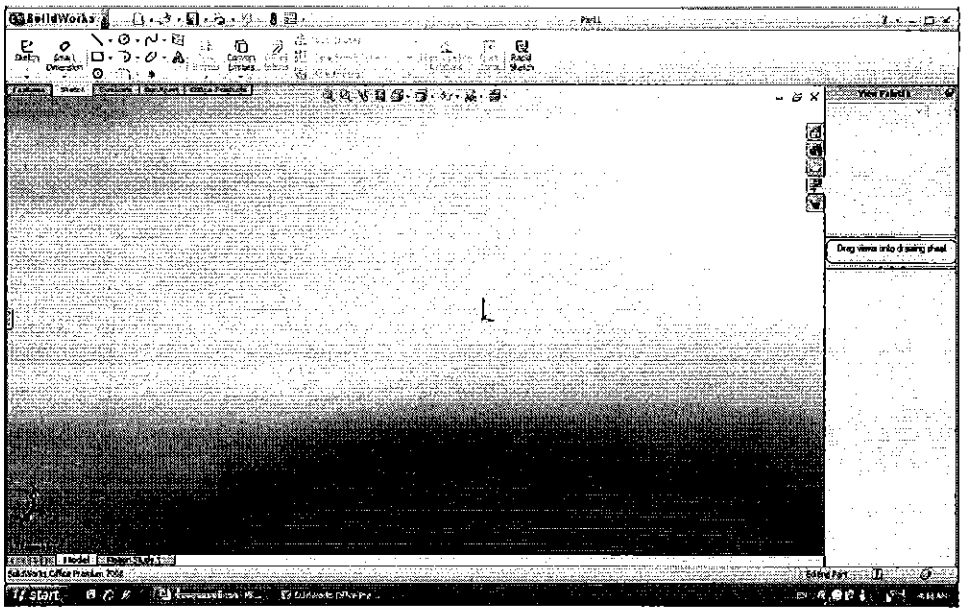


รูปที่ 5.5 หน้าจอพร้อมใช้งาน

3. คลิกที่ new จะปรากฏ Dialog box ดังรูปที่ 5.6 หลังจากนั้นคลิกเลือกที่ Part แล้ว คลิก OK จะปรากฏหน้าจอพร้อมใช้งาน ดังรูปที่ 5.7



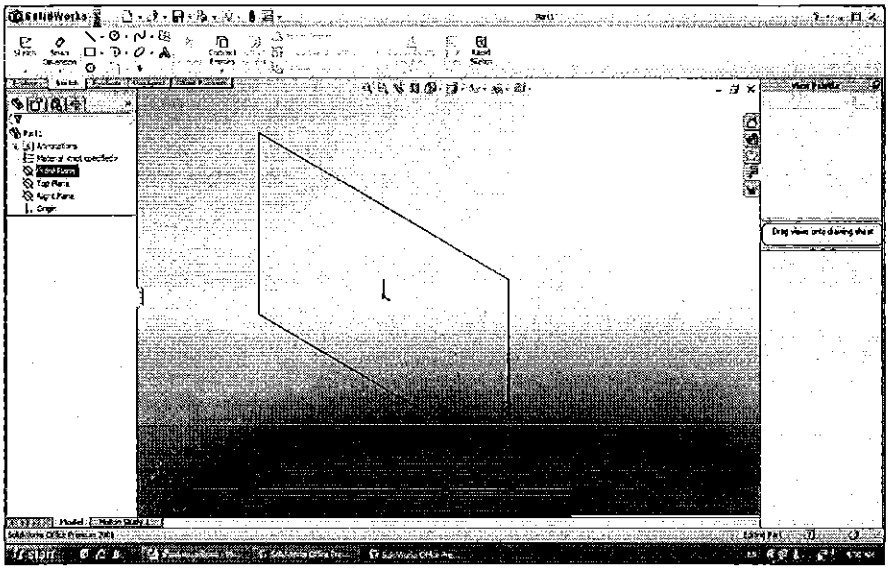
รูปที่ 5.6 Dialog box



รูปที่ 5.7 หน้าจอพร้อมใช้งาน

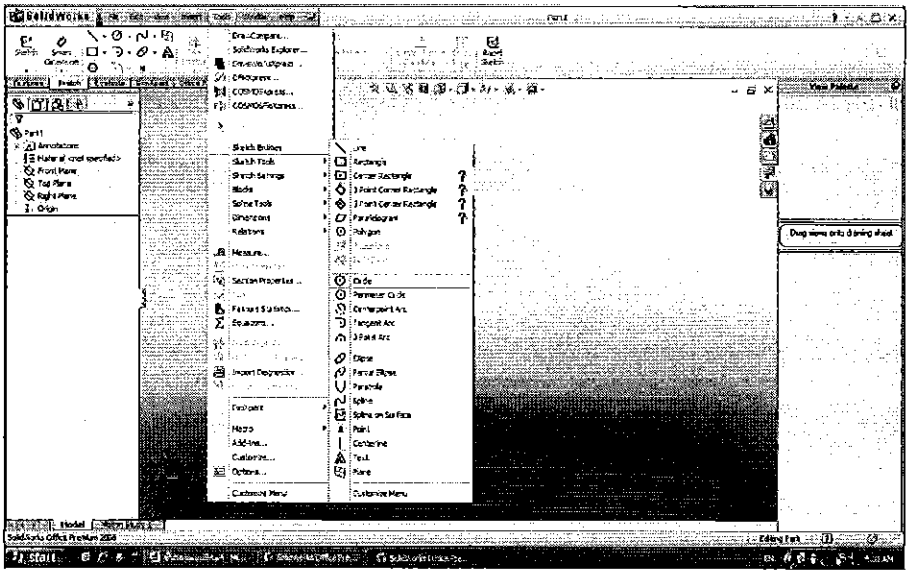
*5.3.2 การสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ของขดลวดสวนหัวใจแบบปีกนก **(Polished Entire Stent)** ในสภาวะพับตัว*

1. สร้างระนาบอ้างอิงโดยใช้คำสั่ง Front Plane โดยคลิกที่ Desktop browser ⟶ Front Plane ดังรูปที่ 5.8



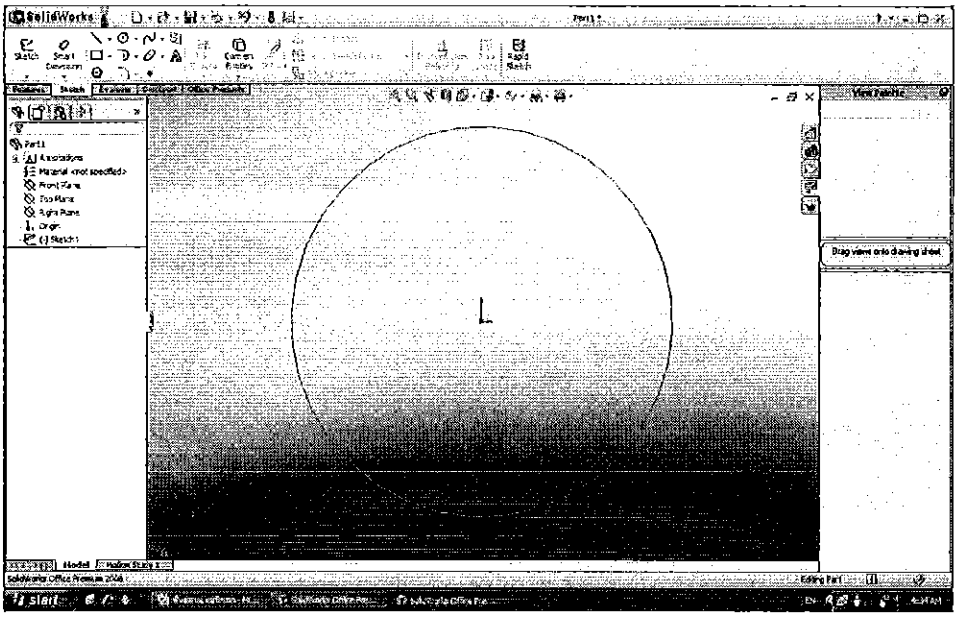
รูปที่ 5.8 หน้าจอระนาบอ้างอิง

2. เริ่มจากการสร้างวงกลม ดังนี้ Tools ⟶ Sketch Entities ⟶ Circle ดังรูปที่ 5.9



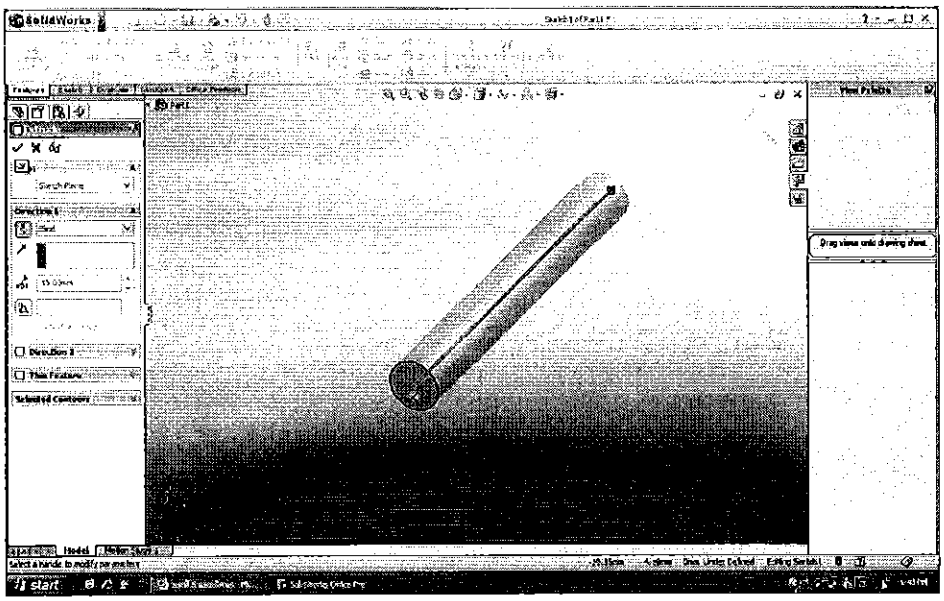
รูปที่ 5.9 หน้าจอแสดงการใช้คำสั่ง Circle

3. หลังจากนั้นคลิกที่จุด End point และสร้างวงกลมขึ้นมา 1 วง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลม 1 มม. ดังรูปที่ 5.10



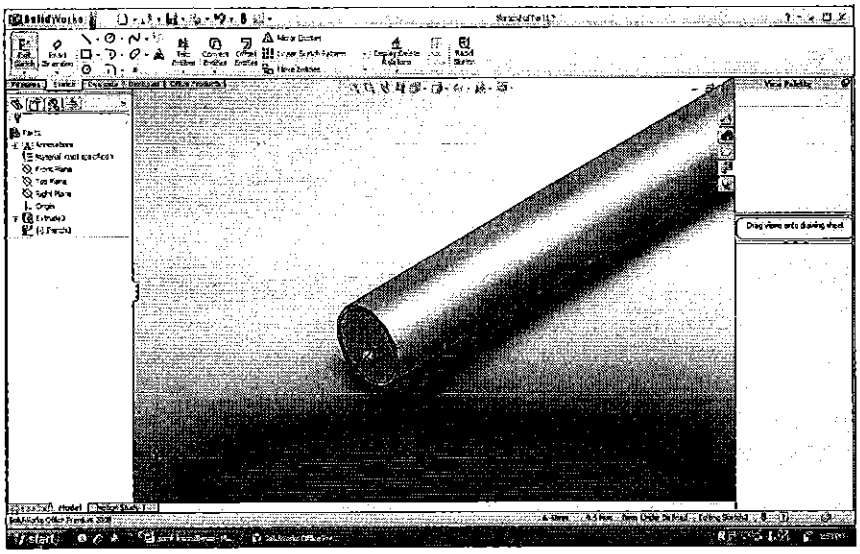
รูปที่ 5.10 การสร้างวงกลม 1 วง

4. หลังจากนั้นใช้คำสั่ง Extruded เพื่อสร้างทรงกระบอกขึ้นมา ดังนี้ Insert ⟶ Boss/Base ⟶ Extruded โดยให้มีขนาดความยาว 15 มม. แล้วคลิก OK ดังรูปที่ 5.11



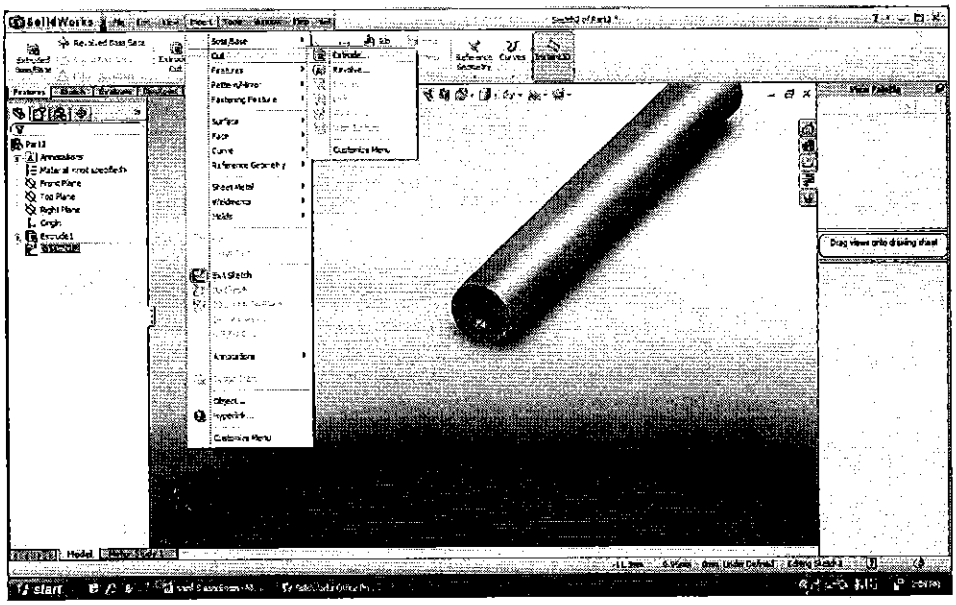
รูปที่ 5.11 หน้าจอแสดงการใช้คำสั่ง Extruded

5. หลังจากนั้นสร้างวงกลมอีก 1 วงโดยใช้จุดศูนย์กลางเดิม โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.9 มม. ดังนี้ Tools ⟶ Sketch Entities ⟶ Circle ดังรูปที่ 5.12



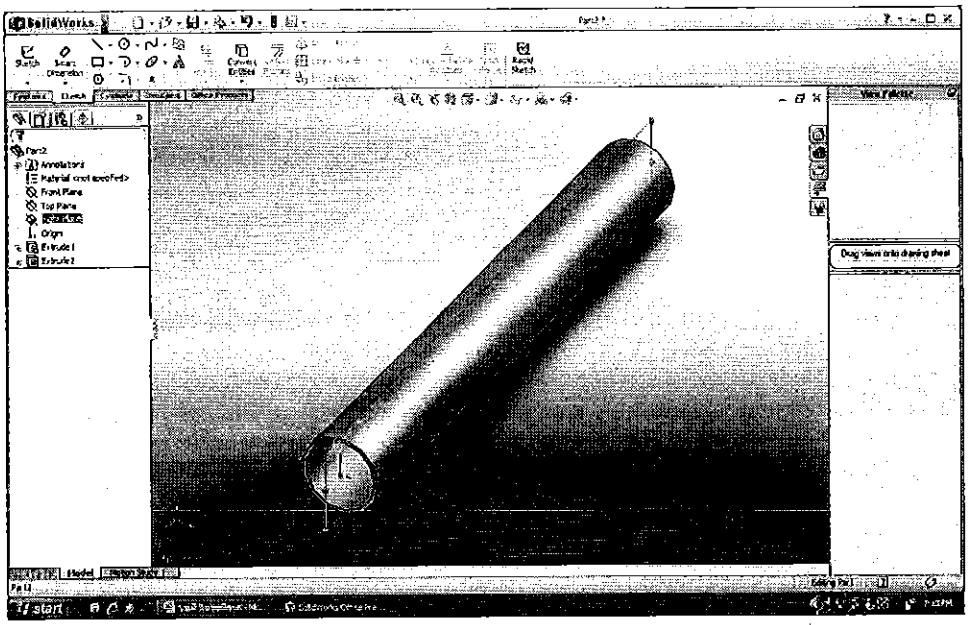
รูปที่ 5.12 วงกลมวงที่ 2

6. ใช้คำสั่ง Extruded Cut เพื่อเจาะทรงกระบอก ดังนี้ Insert ⟶ Cut ⟶ Extruded ดังรูปที่ 5.13



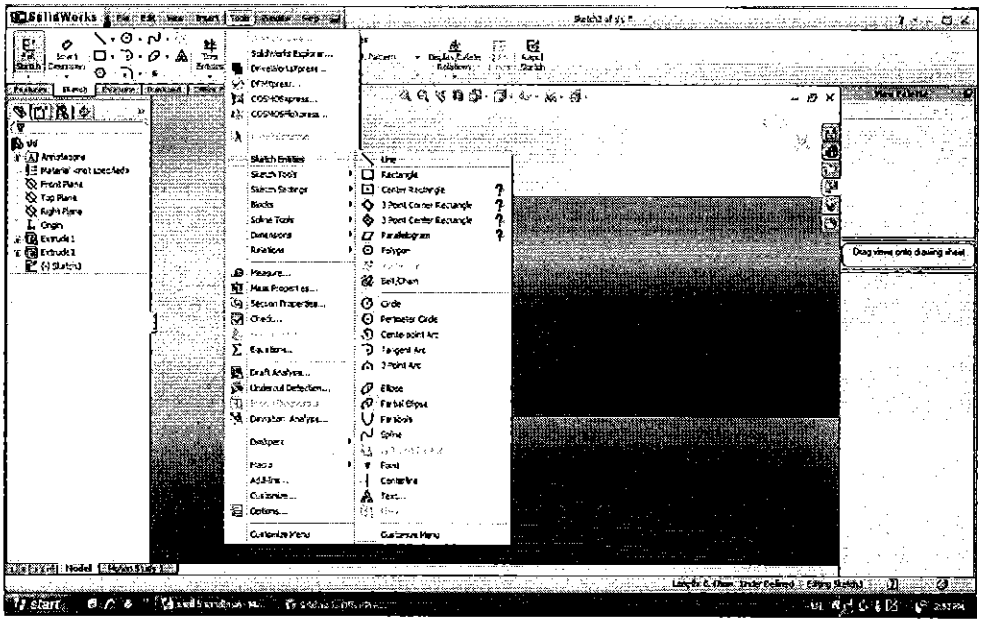
รูปที่ 5.13 การใช้คำสั่ง Extruded Cut

7. สังเกตที่ Desktop browser แล้วคลิกที่ Right Plane จะได้ระนาบในการ Sketch ดังรูปที่ 5.14



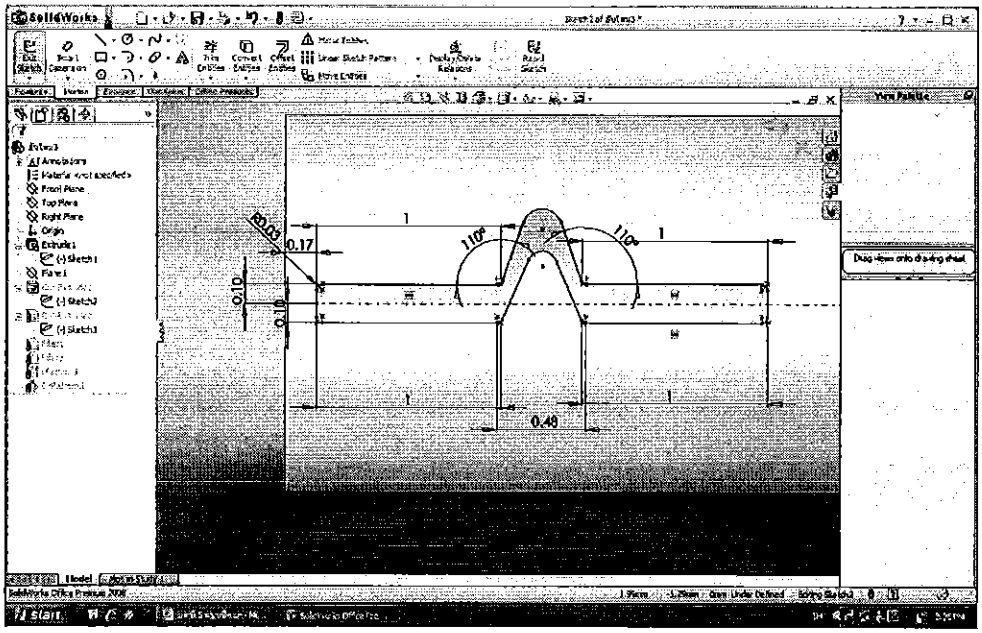
รูปที่ 5.14 ระนาบในการ Sketch

8. ใช้คำสั่ง Sketch บนทรงกระบอก ดังนี้ Tools ⟶ Sketch Entities ⟶ Line ดังรูปที่ 5.15



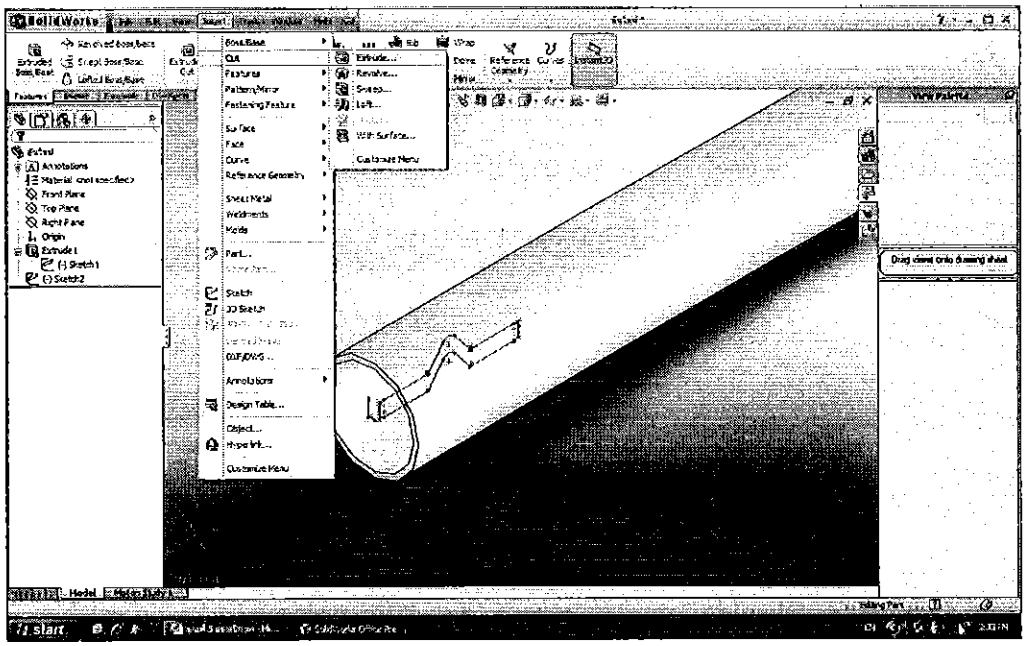
รูปที่ 5.15 การใช้คำสั่ง Line

9. หลังจากนั้น Sketch รูปปีกนก ดังรูปที่ 5.16

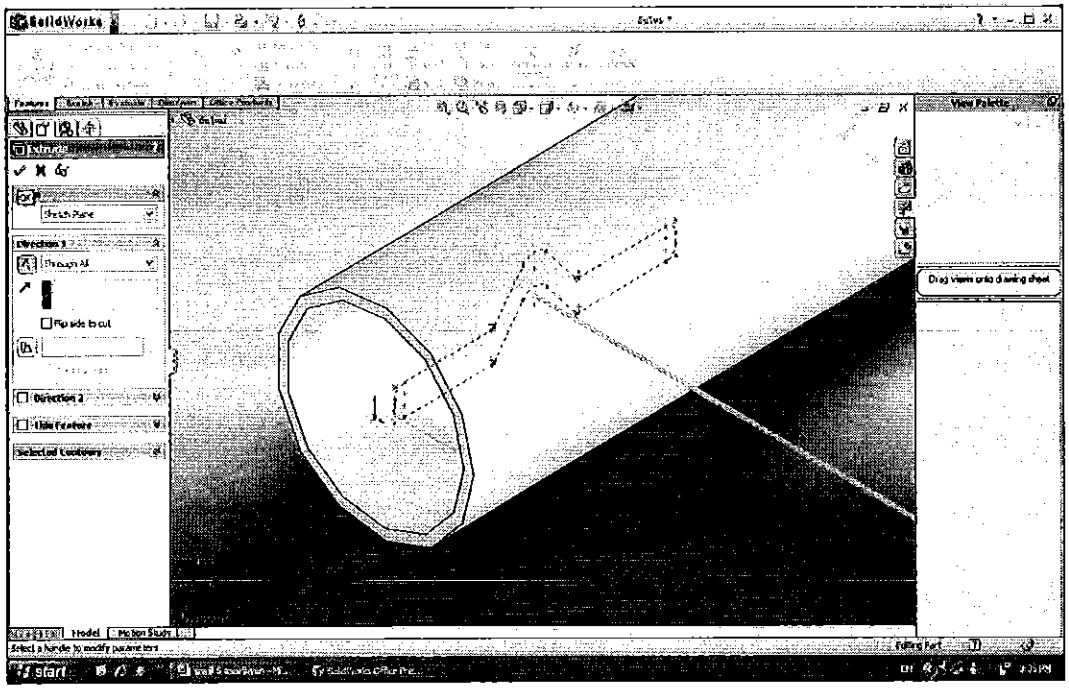


รูปที่ 5.16 รูป Sketch

10. ใช้คำสั่ง Extruded Cut ดังนี้ Insert ⟶ Cut ⟶ Extruded ดังรูปที่ 5.17 แล้วคลิก OK

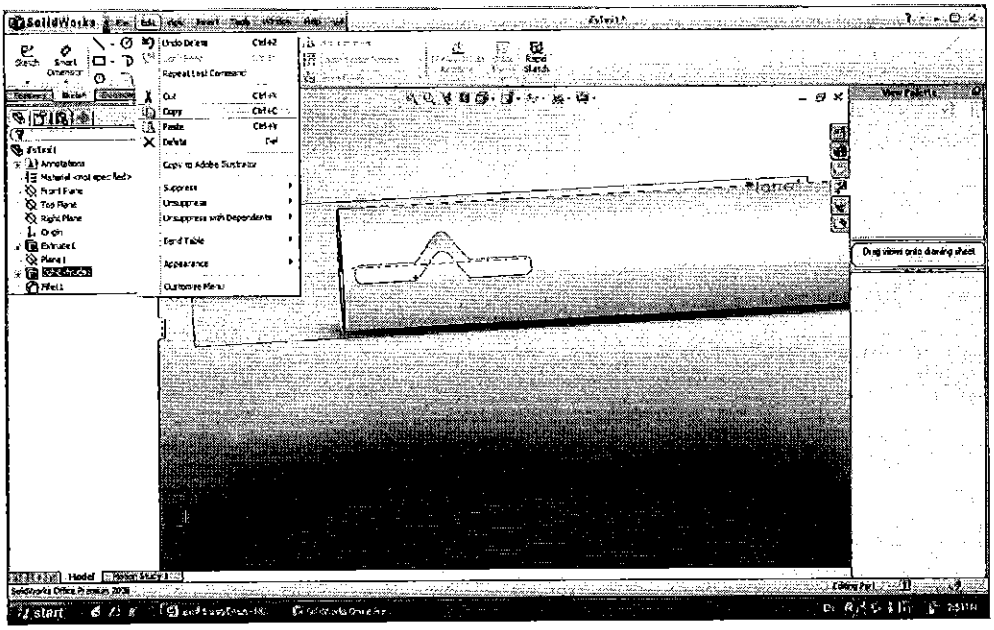


รูปที่ 5.17 การใช้คำสั่ง Extruded Cut



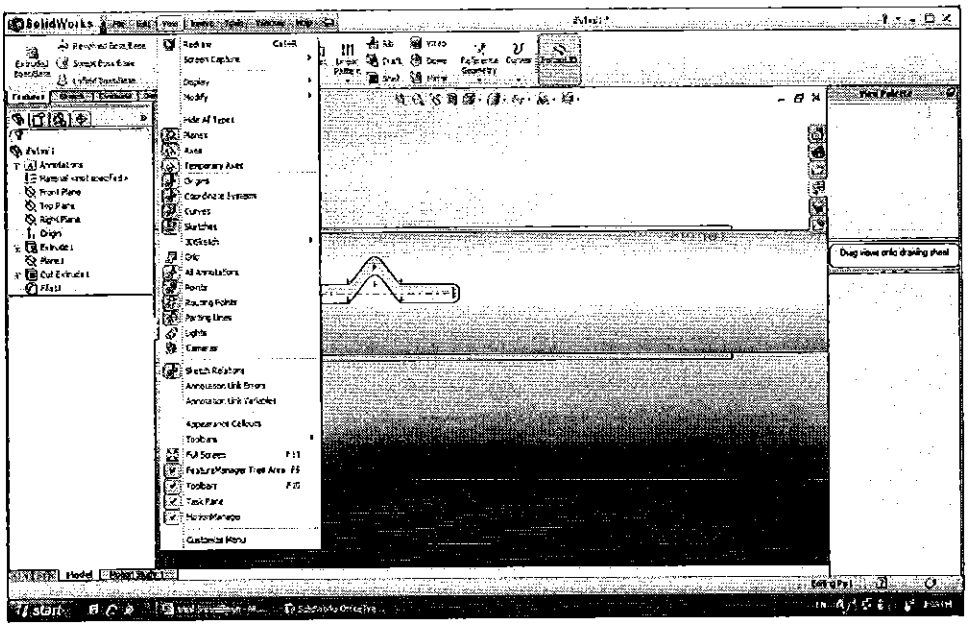
รูปที่ 5.18 Extruded Cut

11. เมื่อได้รูปแล้ว Copy รูปที่ Sketch ดังนี้ Edit ⟶ Copy ดังรูปที่ 5.19



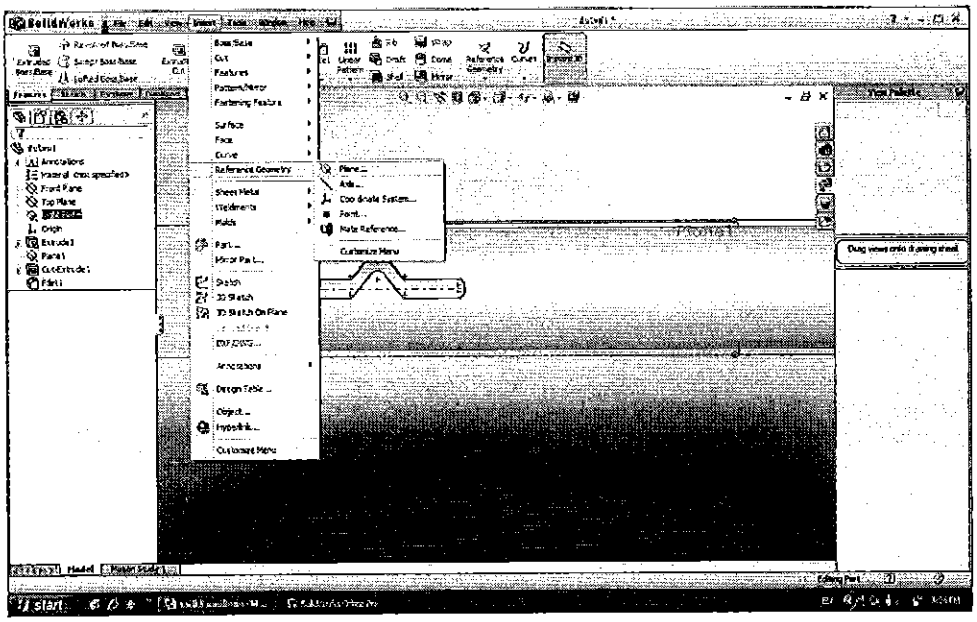
รูปที่ 5.19 การใช้คำสั่ง Copy

12. สร้างแกนอ้างอิง ดังนี้ View ⟶ Temporary Axes ดังรูปที่ 5.20



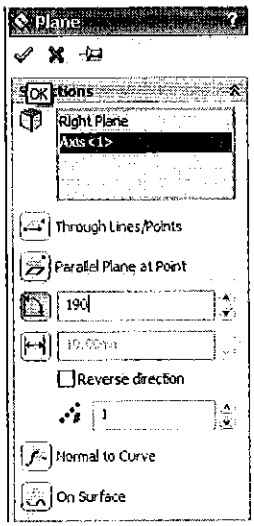
รูปที่ 5.20 การสร้างแกนอ้างอิง

13. จากนั้นสังเกตที่ Desktop browser แล้วคลิกที่ Right Plane และเลือกระนาบในการ Sketch รูปที่ 2 ดังนี้ Insert ⟶ Reference Geometry ⟶ Plane ดังรูปที่ 5.21

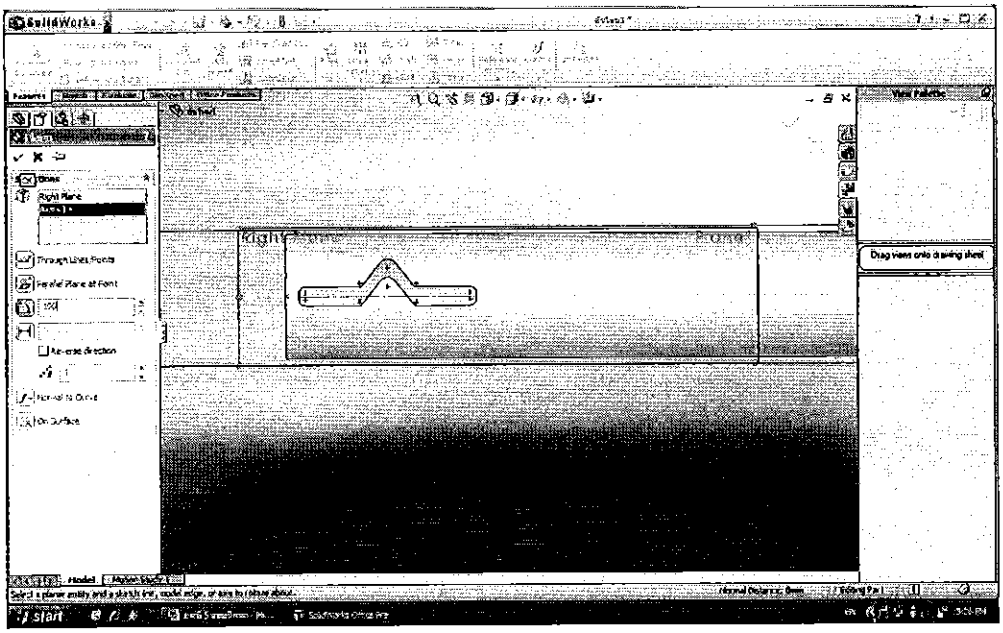


ดังรูปที่ 5.21 การใช้คำสั่ง Plane

14. แล้วคลิกที่ Axis จากนั้นสังเกตที่ Desktop browser ใส่ค่า ดังรูปที่ 5.22 แล้วคลิก OK

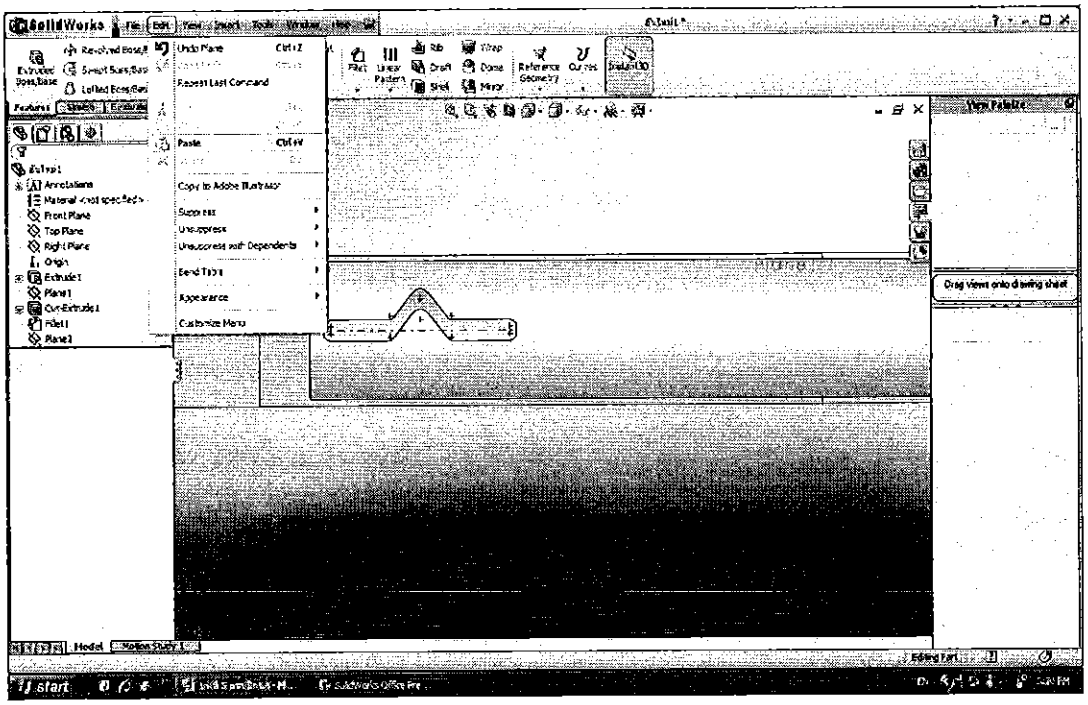


รูปที่ 5.22 Desktop browser

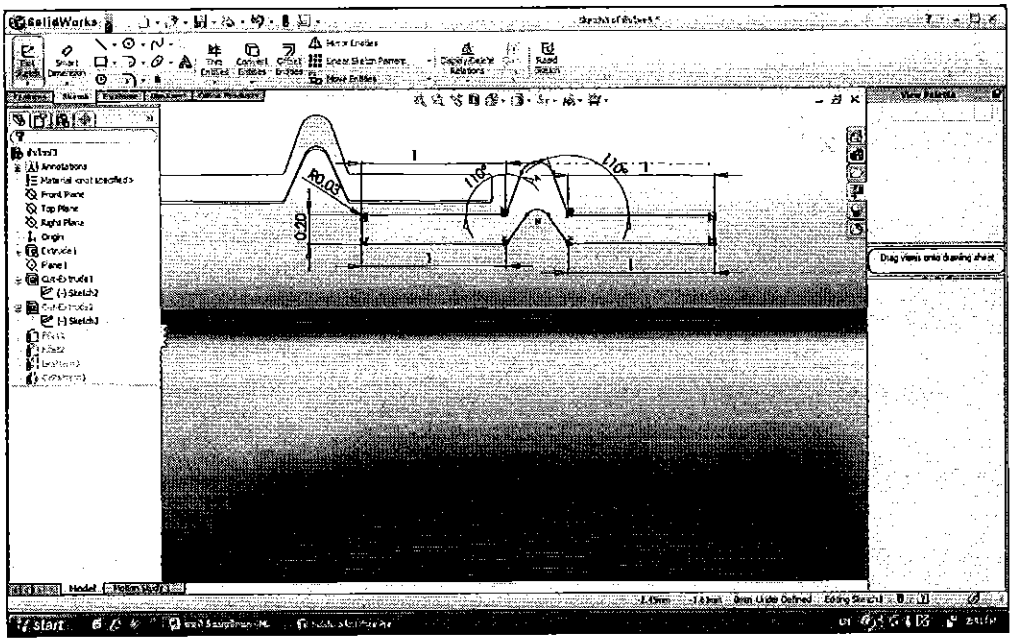


รูปที่ 5.23 หน้าจอแสดงการเลือก Plane

15. จากนั้นใช้คำสั่ง Paste ดังนี้ Edit ⟶ Paste ดังรูปที่ 5.24

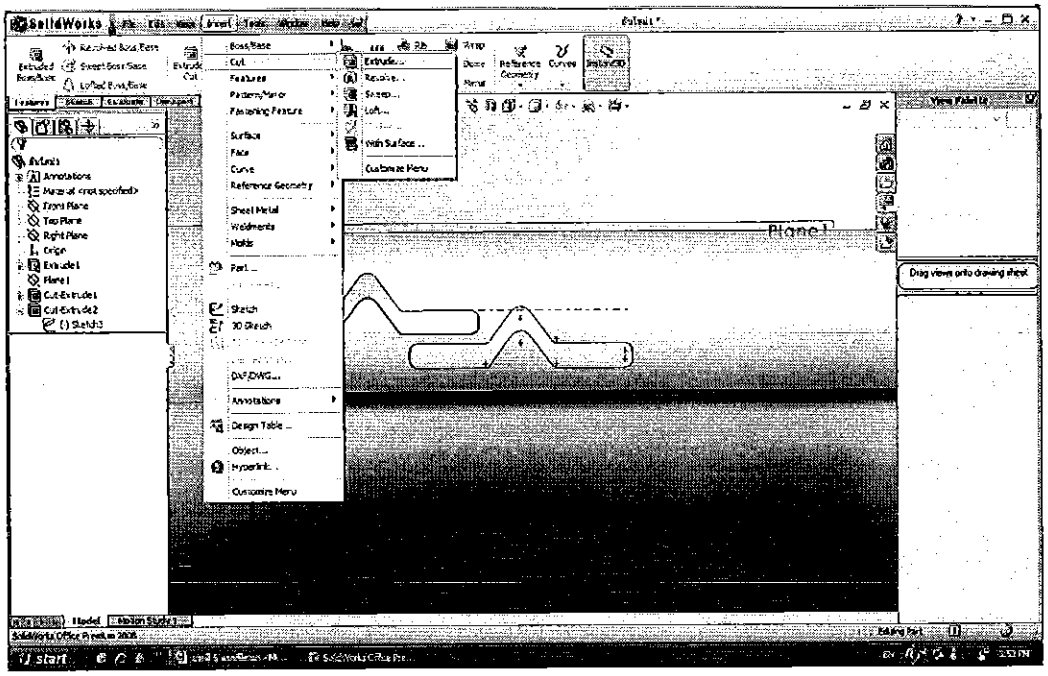


ดังรูปที่ 5.24 การใช้คำสั่ง Paste



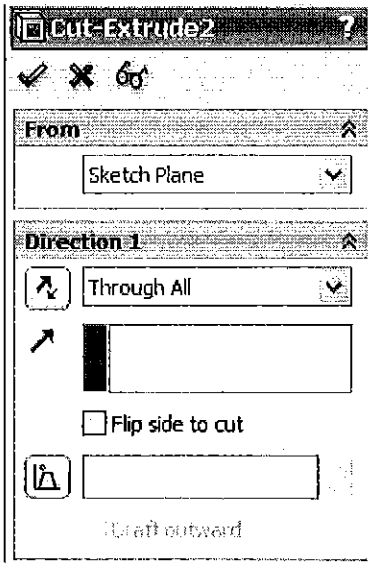
รูปที่ 5.25 รูปปีกนกรูปที่ 2

16. ใช้คำสั่ง Extruded Cut ดังนี้ Insert ⟶ Cut ⟶ Extruded ดังรูปที่ 5.26



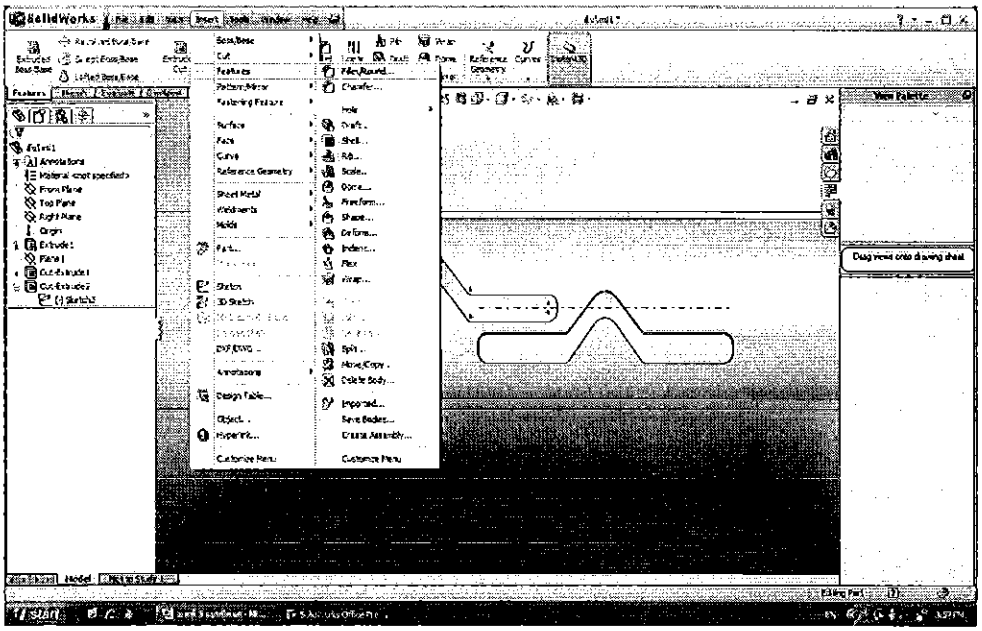
รูปที่ 5.26 การใช้คำสั่ง Extruded Cut

ใส่ค่าที่ Desktop browser ดังรูปที่ 5.27แล้วคลิก OK



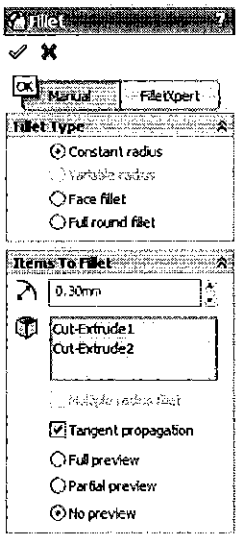
รูปที่ 5.27 Desktop browser

17. ใช้คำสั่ง Fillet/Round กับปีกนกทั้ง 2 ดังนี้ Insert ⟶ Features ⟶ Fillet/Round ดังรูปที่ 5.28



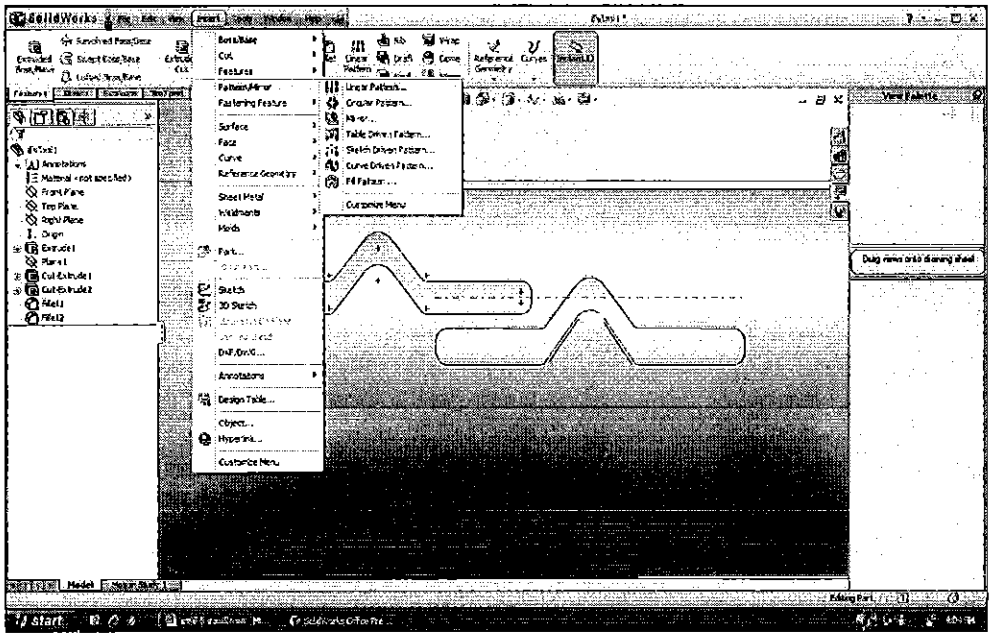
รูปที่ 5.28 การใช้คำสั่ง Fillet/Round

ใสค่าที่ Desktop browser ดังรูปที่ 5.29 แล้วคลิก OK



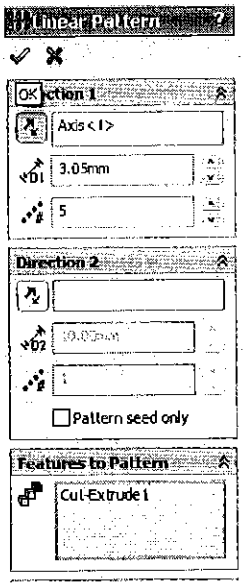
รูปที่ 5.269Desktop browser

18. หลังจากนั้นใช้คำสั่ง Linear Pattern กับปีกนกชิ้นที่ 1 ดังนี้ Insert ⟶ Pattern/Mirror ⟶ Linear Pattern ดังรูปที่ 5.30

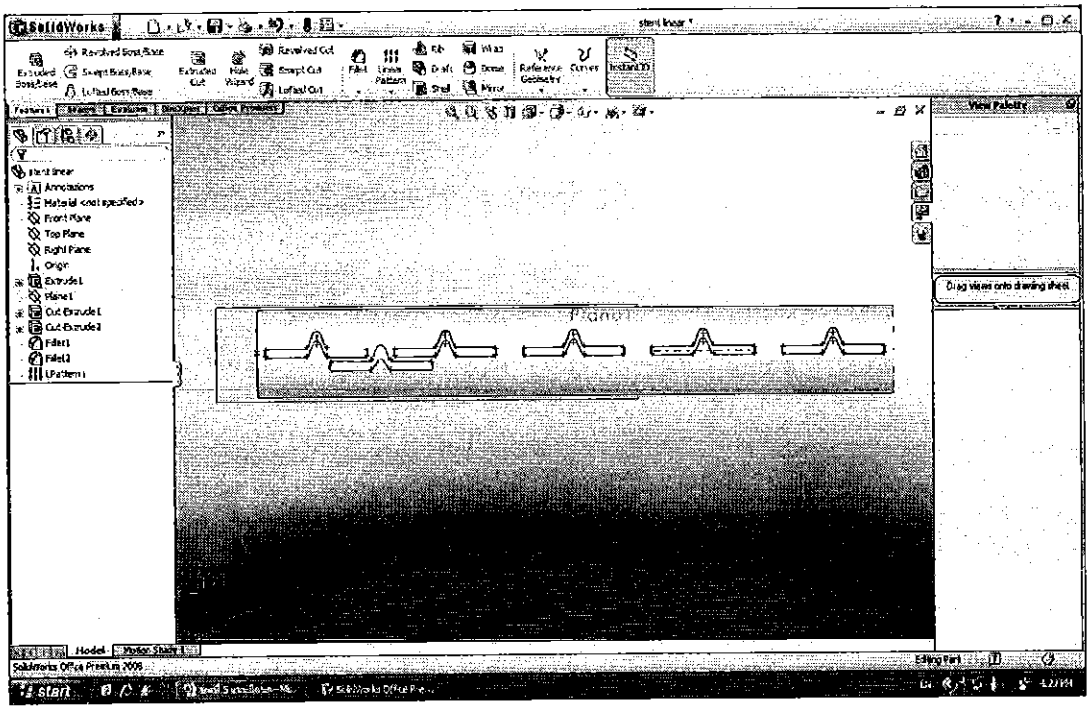


รูปที่ 5.30 การใช้คำสั่ง Linear Pattern

ใส่ค่าที่ Desktop browser ดังรูปที่ 5.31 แล้วคลิก OK

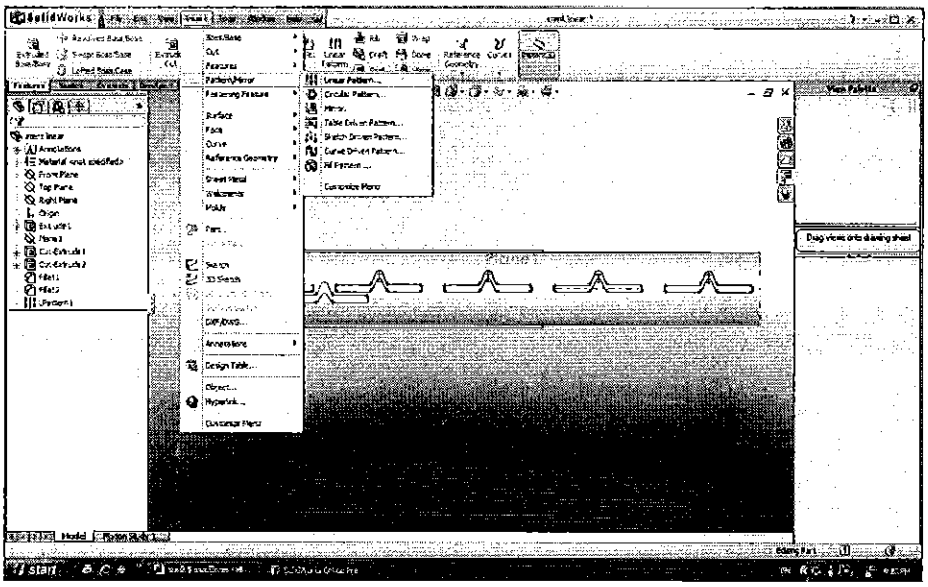


รูปที่ 5.31 Desktop browser



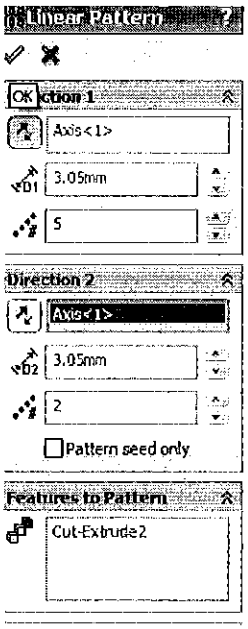
รูปที่ 5.32 Linear Pattern

19. หลังจากนั้นใช้คำสั่ง Linear Pattern กับปีกนกชิ้นที่ 2 ดังนี้ Insert ⟶ Pattern/Mirror ⟶ Linear Pattern ดังรูปที่ 5.33



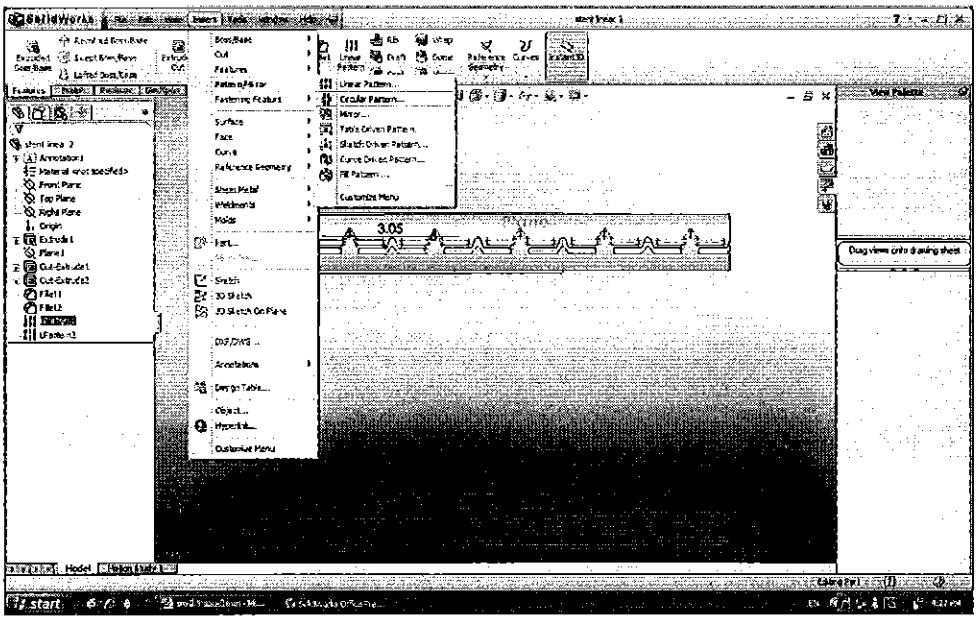
รูปที่ 5.33 การใช้คำสั่ง Linear Pattern

ใส่ค่าที่ Desktop browser ดังรูปที่ 5.34 แล้วคลิก OK



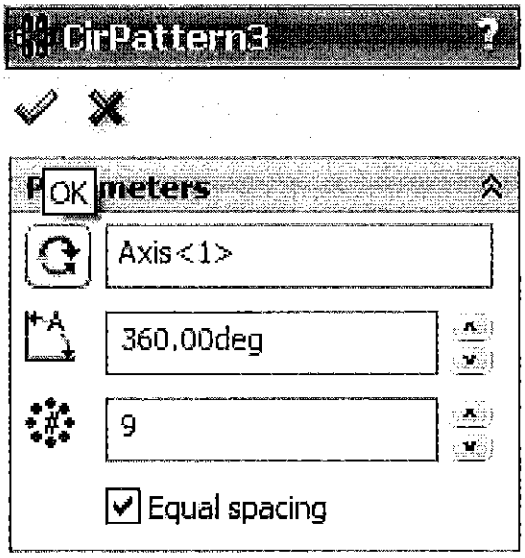
รูปที่ 5.34 Desktop browser

20. ใช้คำสั่ง Circular Pattern กับปีกนกชิ้นที่ 1 ดังนี้ Insert ⟶ Pattern/Mirror ⟶ Circular Pattern ดังรูปที่ 5.35



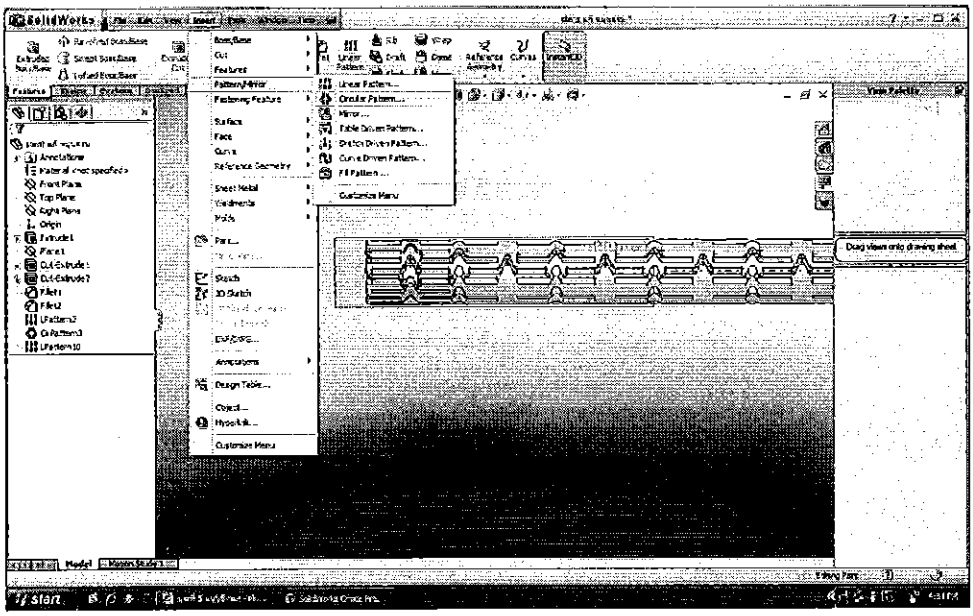
รูปที่ 5.35 การใช้คำสั่ง Circular Pattern

ใส่ค่าที่ Desktop browser ดังรูปที่ 5.36



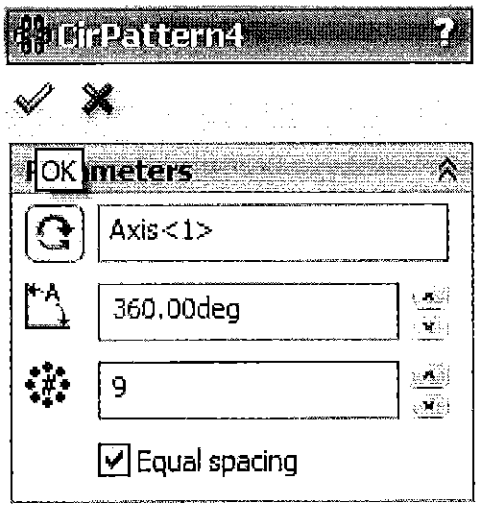
รูปที่ 5.36 Desktop browser

21. ใช้คำสั่ง Circular Pattern กับปีกนกชิ้นที่ 2 ดังนี้ Insert ⟶ Pattern/Mirror ⟶ Circular Pattern ดังรูปที่ 5.37



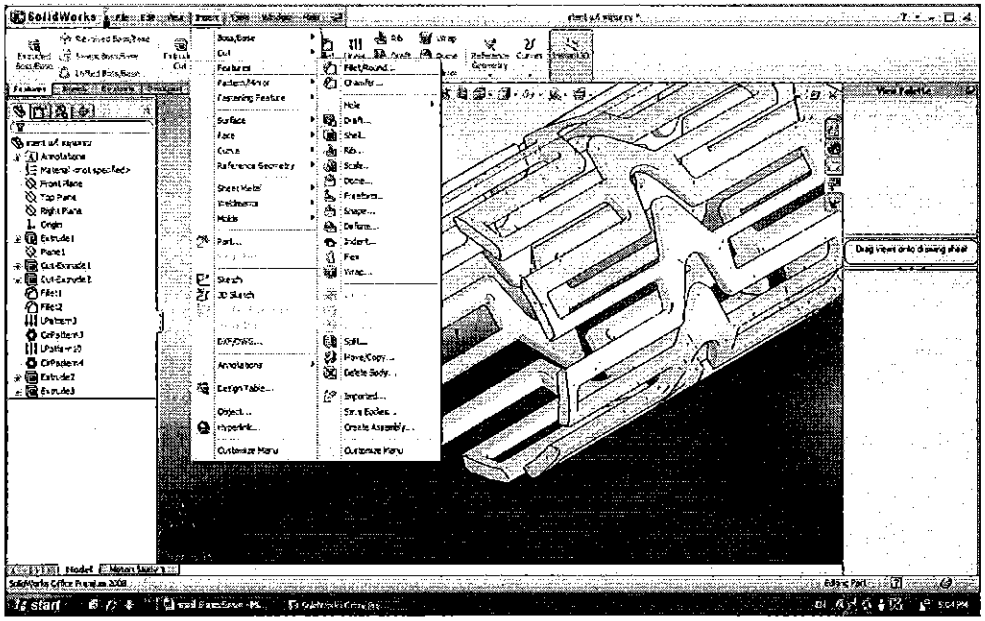
รูปที่ 5.37 การใช้คำสั่ง Circular Pattern

ใส่ค่าที่ Desktop browser ดังรูปที่ 5.38



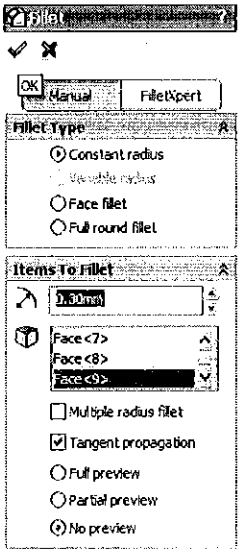
รูปที่ 5.38 Desktop browser

22. ใช้คำสั่ง Fillet/Round ทั้ง 2 ด้านของขดลวดสวนหัวใจ ดังนี้ Insert ⟶ Features ⟶ Fillet/Round ดังรูปที่ 5.39

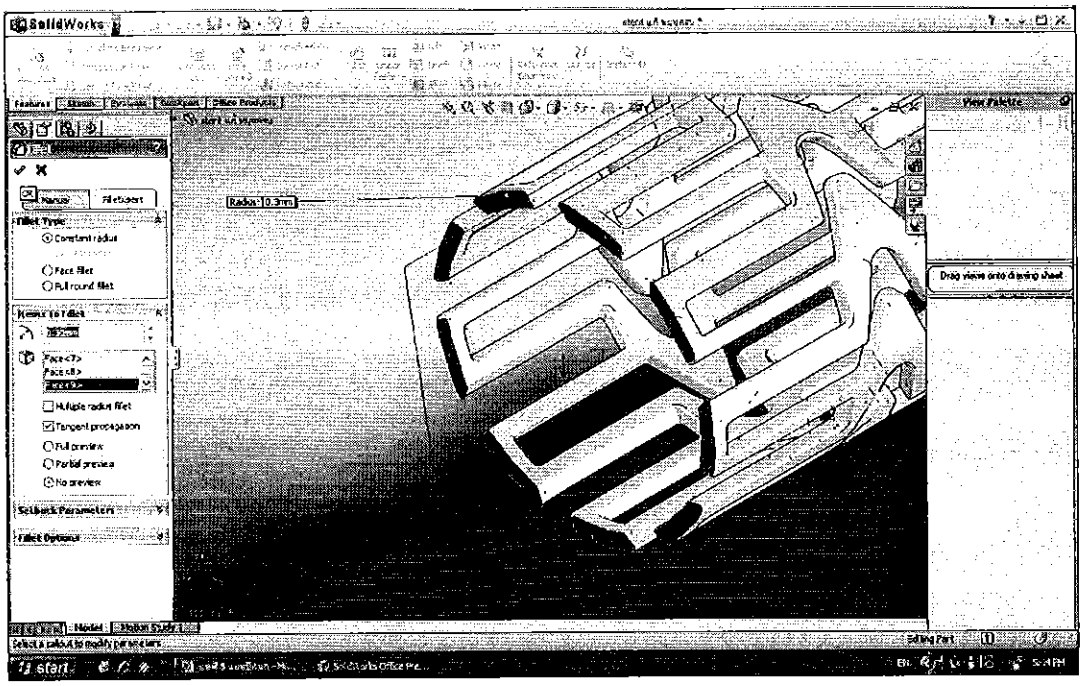


รูปที่ 5.39 การใช้คำสั่ง Fillet/Round

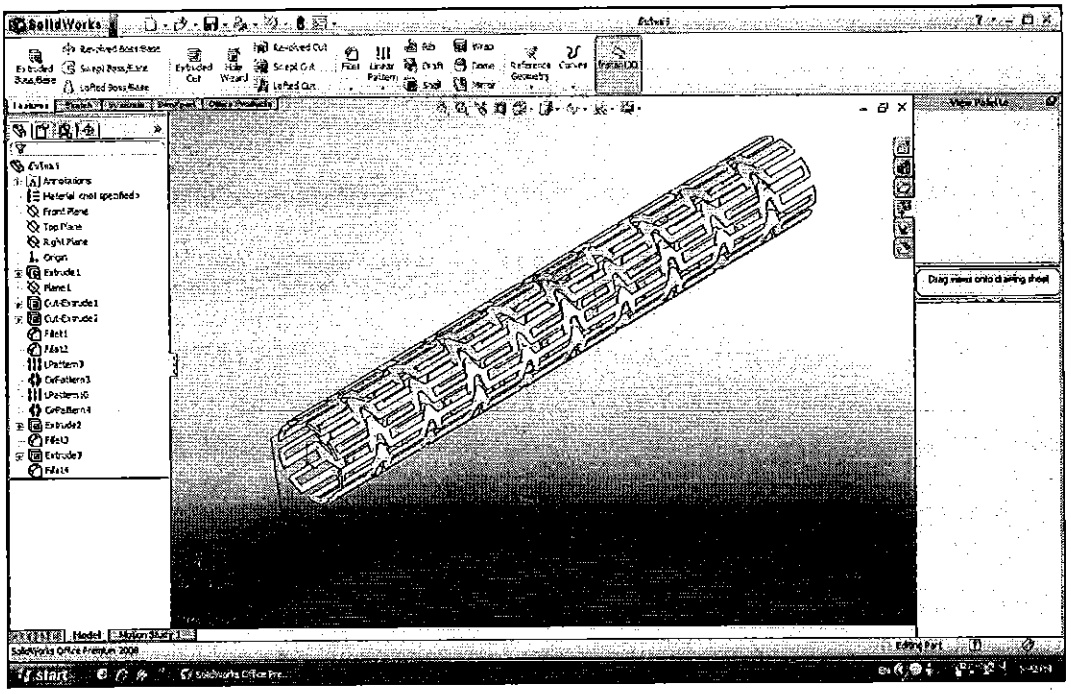
ใส่ค่าที่ Desktop browser ดังรูปที่ 5.40



รูปที่ 5.40 Desktop browser



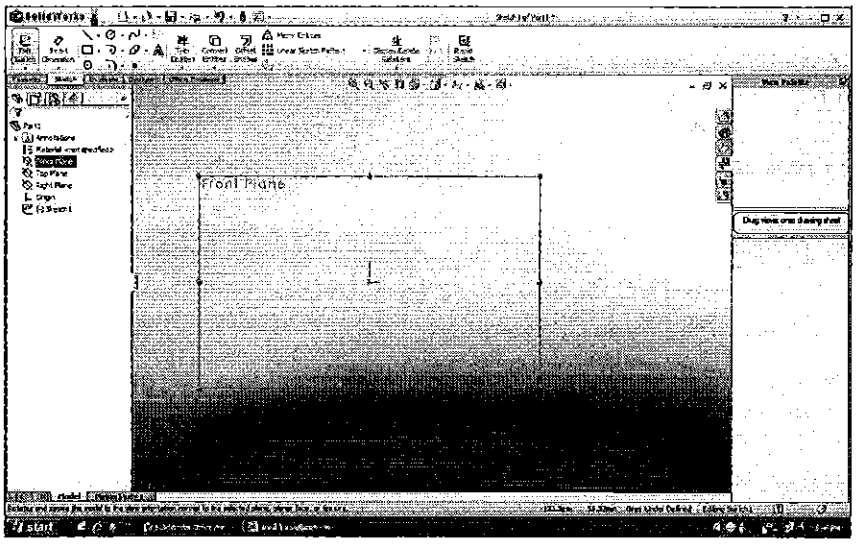
รูปที่ 5.41 การ Fillet/Round



รูปที่ 5.42 ขดลวดสวนหัวใจแบบปีกนกสภาวะพับตัว

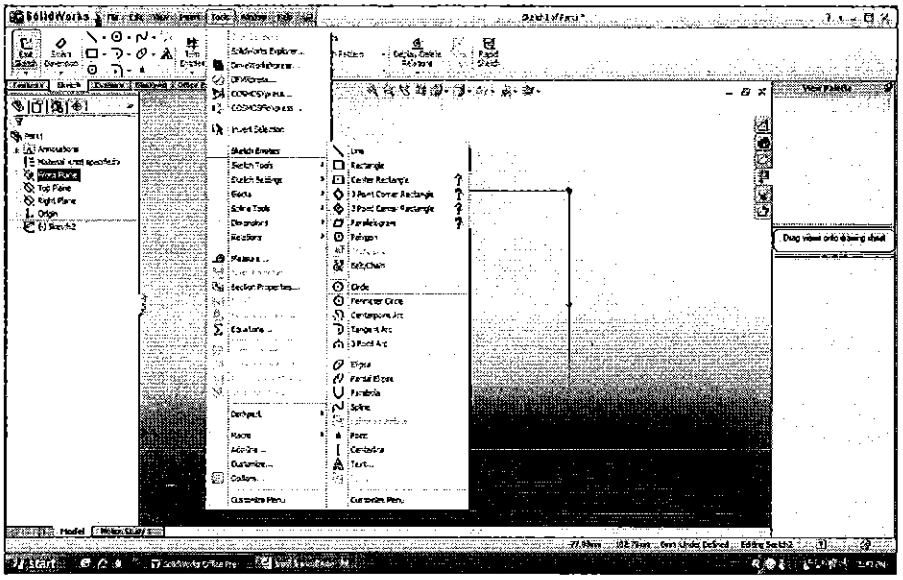
5.3.3 การสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ของขดลวดสวนหัวใจแบบปีกนก (Polished Entire Stent) ในสภาวะขยายตัว

1. สร้างระนาบอ้างอิงโดยใช้คำสั่ง Front Plane โดยคลิกที่ Desktop browser ⟶ Front Plane ดังรูปที่ 5.43



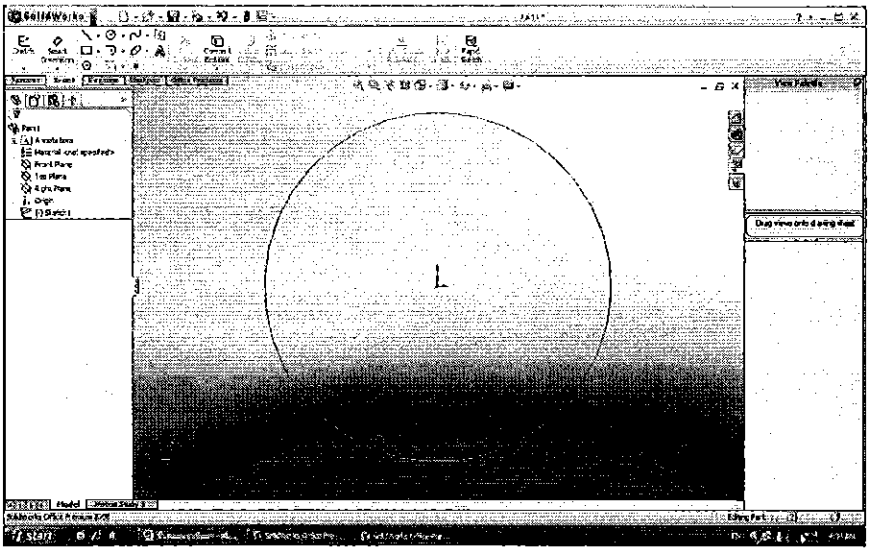
รูปที่ 5.43 หน้าจอระนาบอ้างอิง

2. เริ่มจากการสร้างวงกลม ดังนี้ Tools ⟶ Sketch Entities ⟶ Circle ดังรูปที่ 5.44



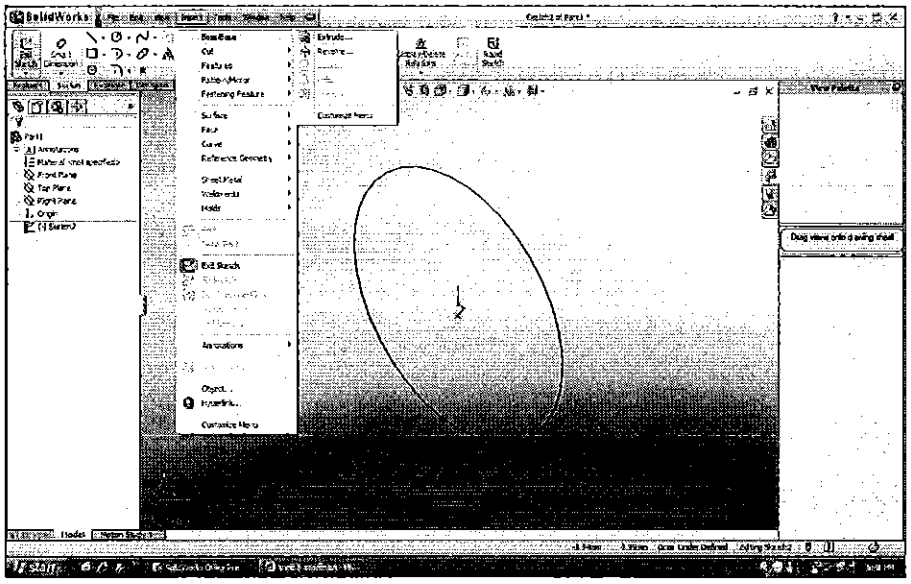
รูปที่ 5.44 หน้าจอแสดงการใช้คำสั่ง Circle

3. หลังจากนั้นคลิกที่จุด End point และสร้างวงกลมขึ้นมา 1 วง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลม1.6 มม. ดังรูปที่ 5.45

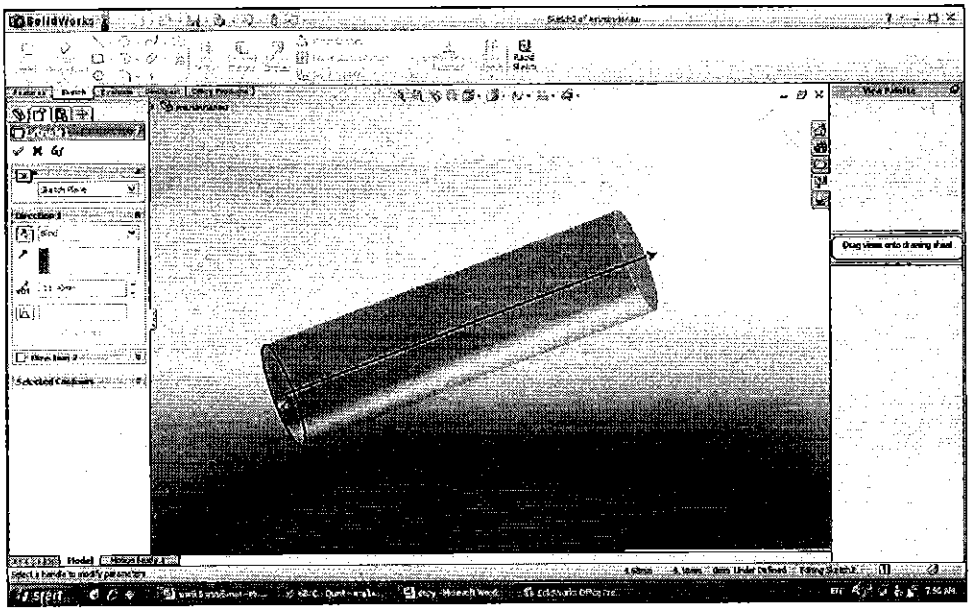


รูปที่ 5.45 การสร้างวงกลม 1 วง

4. หลังจากนั้นใช้คำสั่ง Extruded เพื่อสร้างทรงกระบอกขึ้นมา ดังนี้ Insert ⟶ Boss/Base ⟶ Extruded โดยให้มีขนาดความยาว 11.4 มม. แล้วคลิก OK ดังรูปที่ 5.46

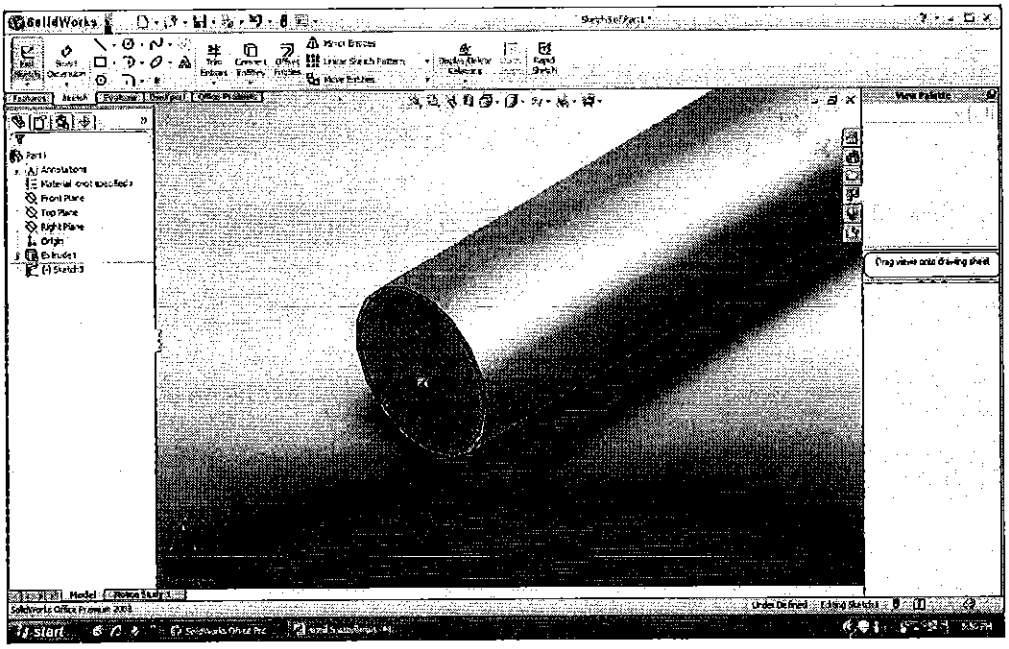


รูปที่ 5.46 หน้าจอแสดงการใช้คำสั่ง Extruded



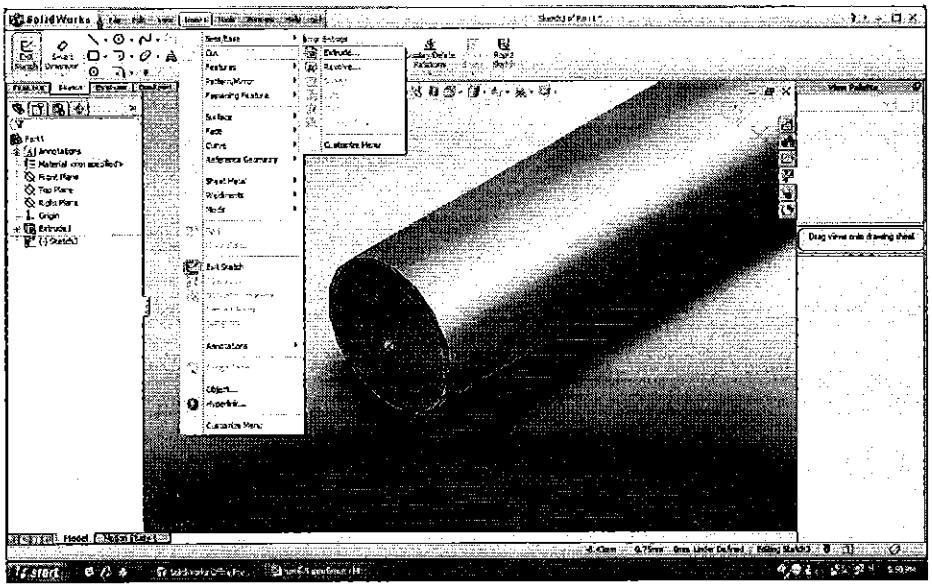
รูปที่ 5.47 การ Extruded

5. หลังจากนั้นสร้างวงกลมอีก 1 วงโดยใช้จุดศูนย์กลางเดิม โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 มม. ดังนี้ Tools ⟶ Sketch Entities ⟶ Circle ดังรูปที่ 5.48



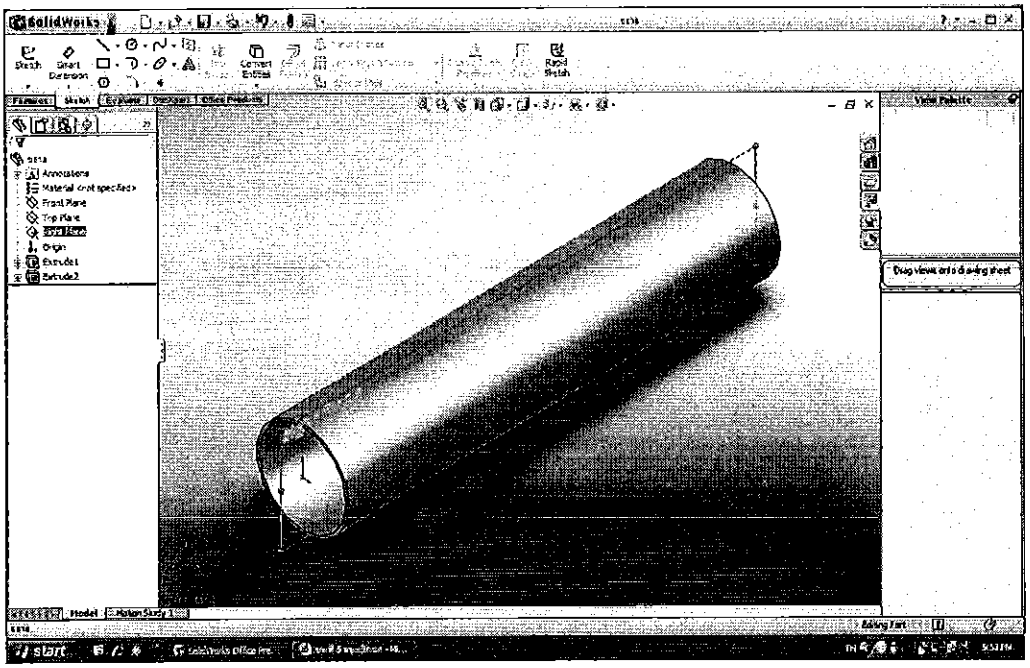
รูปที่ 5.48 วงกลมวงที่ 2

6. ใช้คำสั่ง Extruded Cut เพื่อเจาะทรงกระบอก ดังนี้ Insert ⟶ Cut ⟶ Extruded ดังรูปที่ 5.49



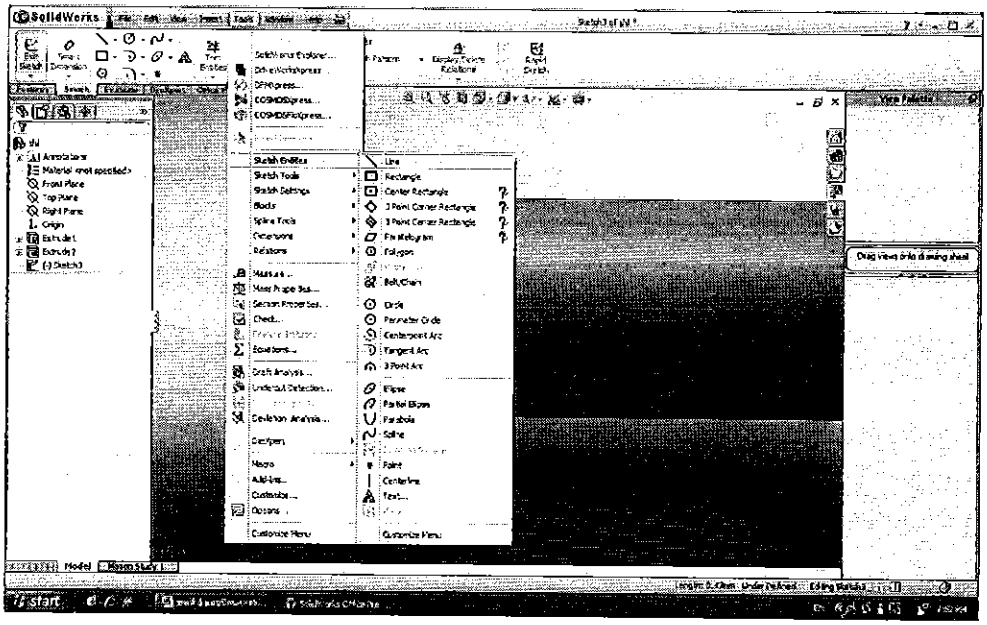
รูปที่ 5.49 การใช้คำสั่ง Extruded Cut

7. สังเกตที่ Desktop browser แล้วคลิกที่ Right Plane จะได้ระนาบในการ Sketch ดังรูปที่ 5.50



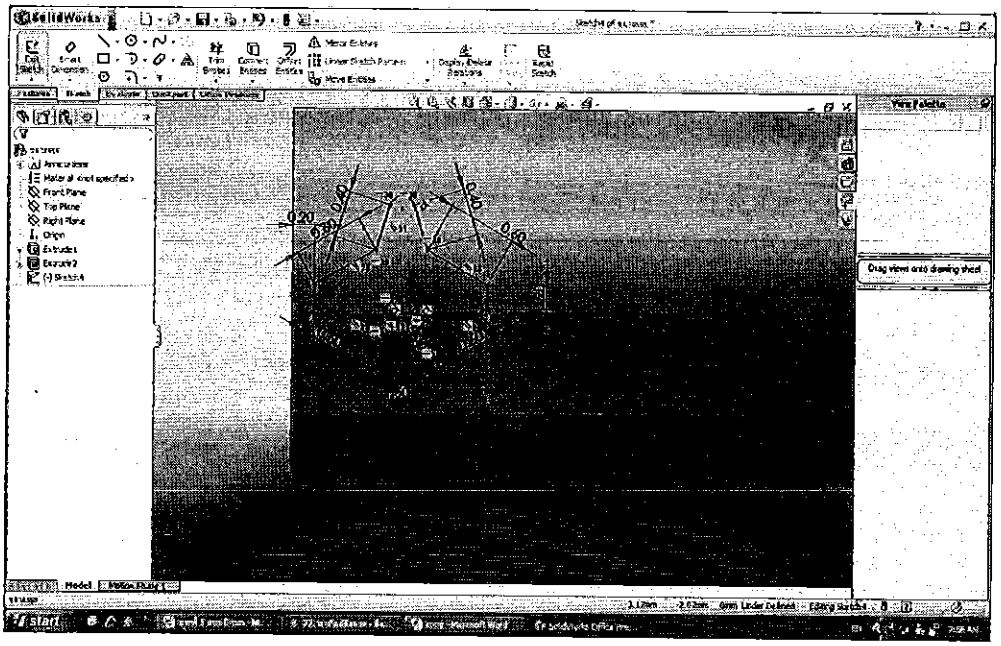
รูปที่ 5.50 ระนาบในการ Sketch

8. ใช้คำสั่ง Sketch บนทรงกระบอก ดังนี้ Tools ⟶ Sketch Entities ⟶ Line ดังรูปที่ 5.51



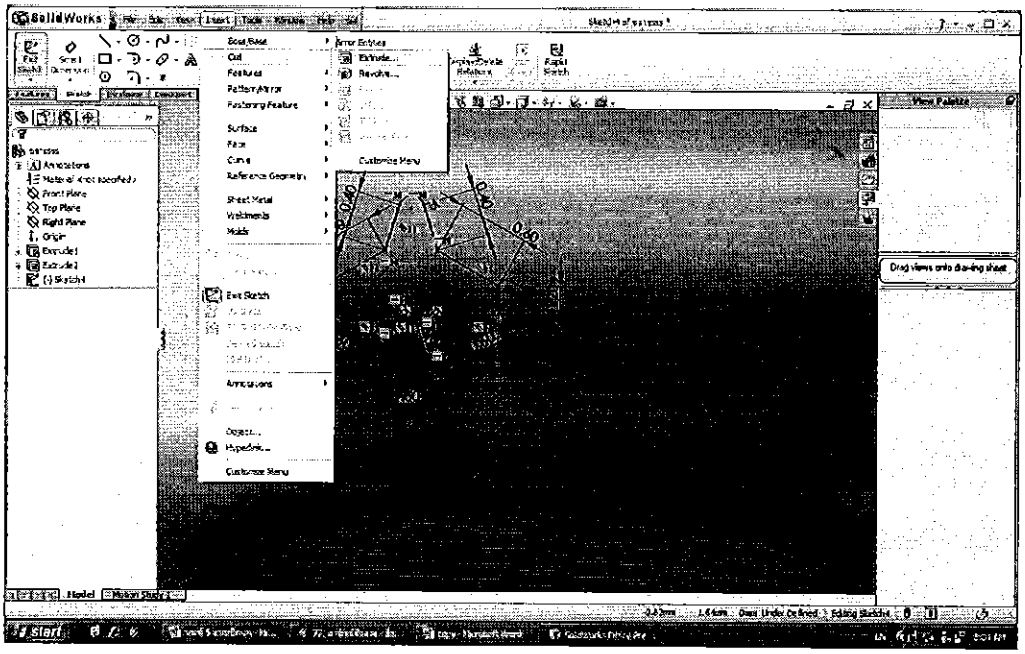
รูปที่ 5.51 การใช้คำสั่ง Line

9. หลังจากนั้น Sketch รูปปีกนก ดังรูปที่ 5.52

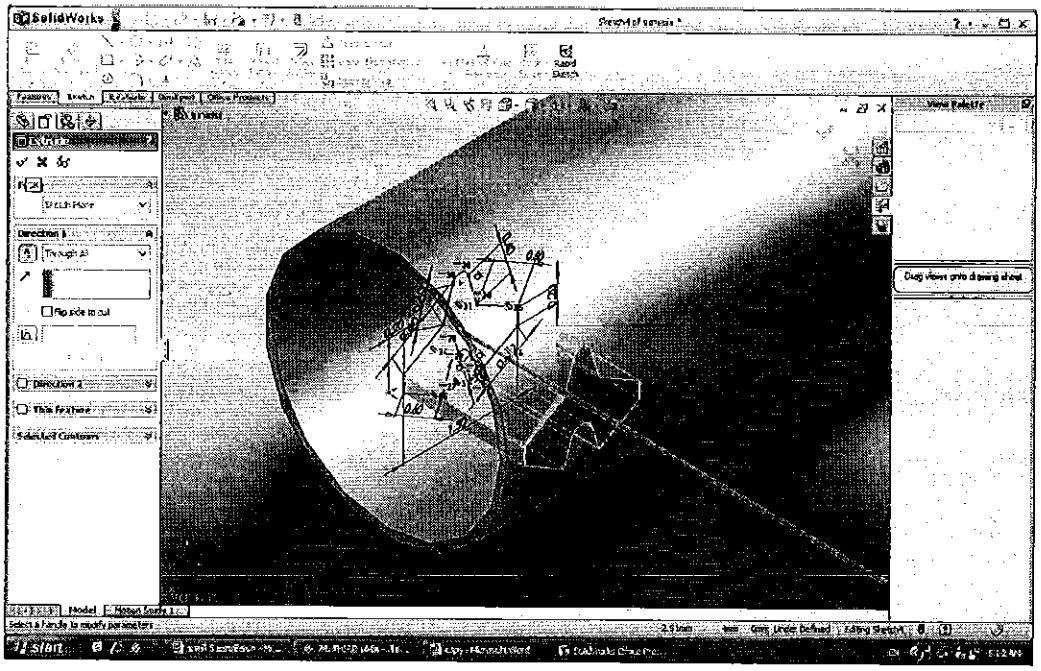


รูปที่ 5.52 รูป Sketch

10. ใช้คำสั่ง Extruded Cut ดังนี้ Insert ⟶ Cut ⟶ Extruded ดังรูปที่ 5.53 แล้วคลิก OK

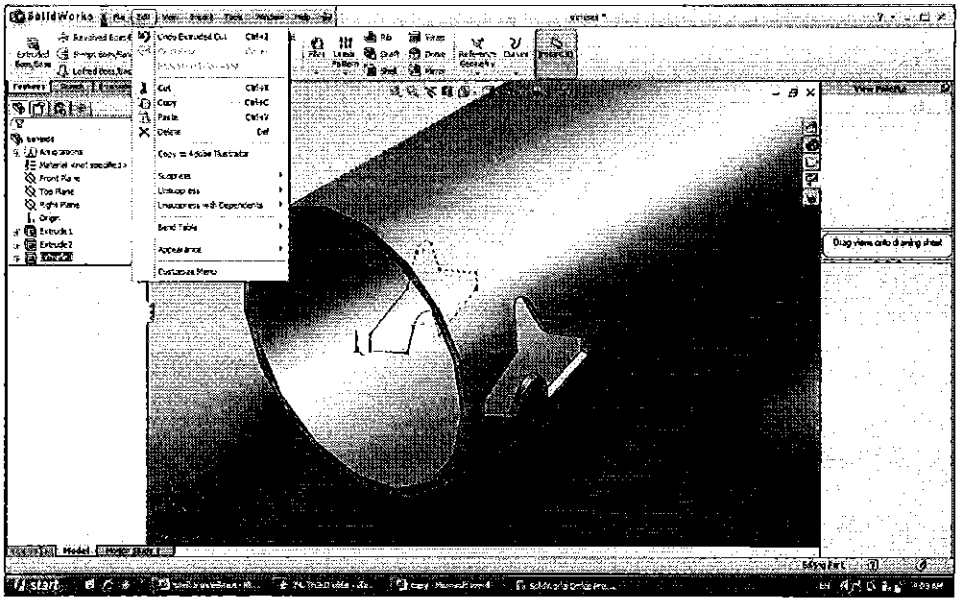


รูปที่ 5.53 การใช้คำสั่ง Extruded Cut



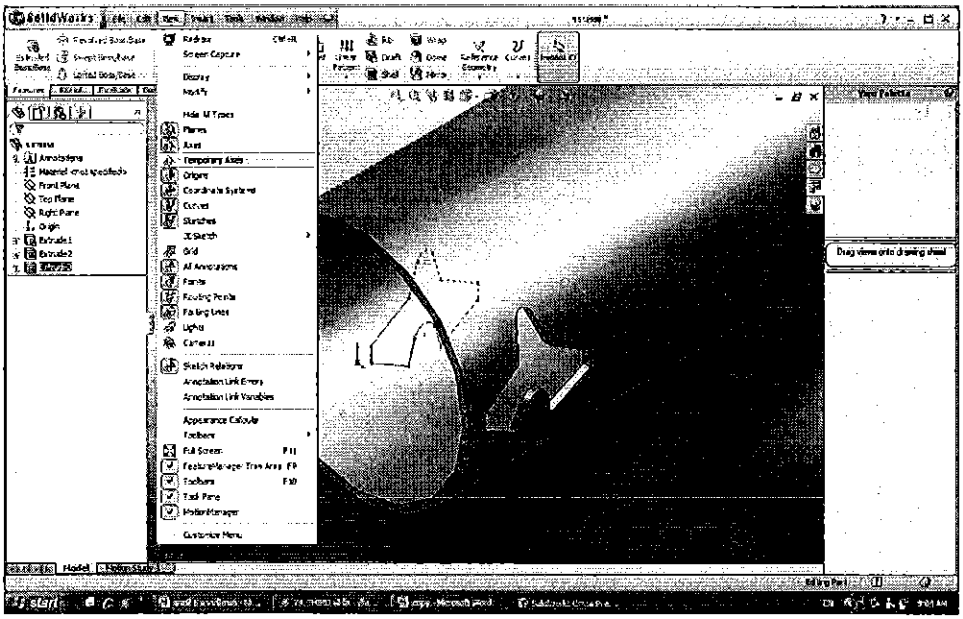
รูปที่ 5.54 Extruded Cut

11. เมื่อได้รูปแล้ว Copy รูปที่ Sketch ดังนี้ Edit ⟶ Copy ดังรูปที่ 5.55



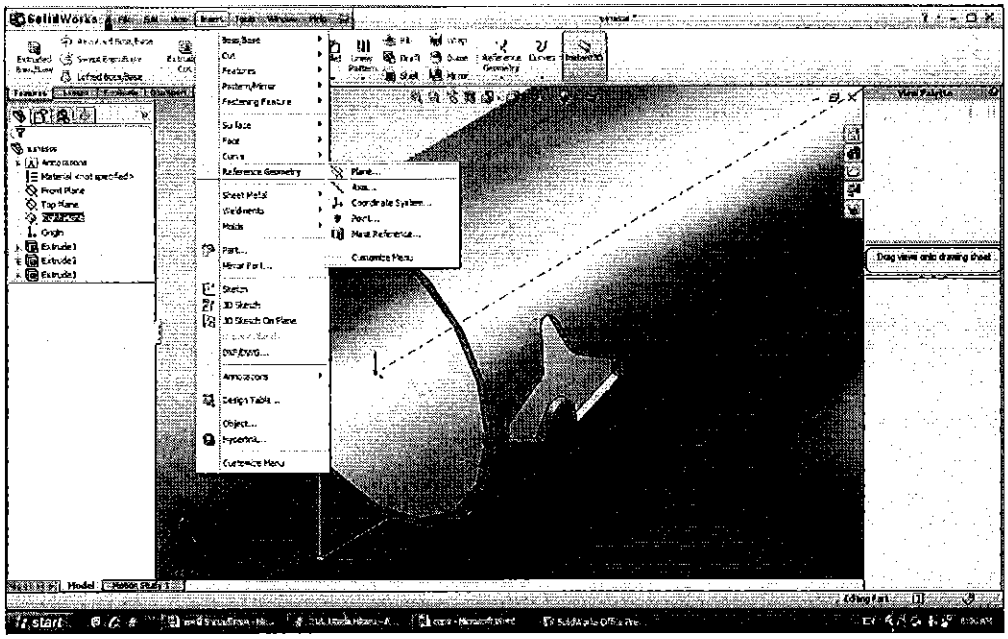
รูปที่ 5.55 การใช้คำสั่ง Copy

12. สร้างแกนอ้างอิง ดังนี้ View ⟶ Temporary Axes ดังรูปที่ 5.56



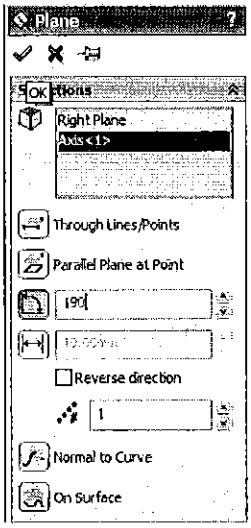
รูปที่ 5.56 การสร้างแกนอ้างอิง

13. จากนั้นสังเกตที่ Desktop browser แล้วคลิกที่ Right Plane และเลือกระนาบในการ Sketch รูปที่ 2 ดังนี้ Insert ⟶ Reference Geometry ⟶ Plane ดังรูปที่ 5.57



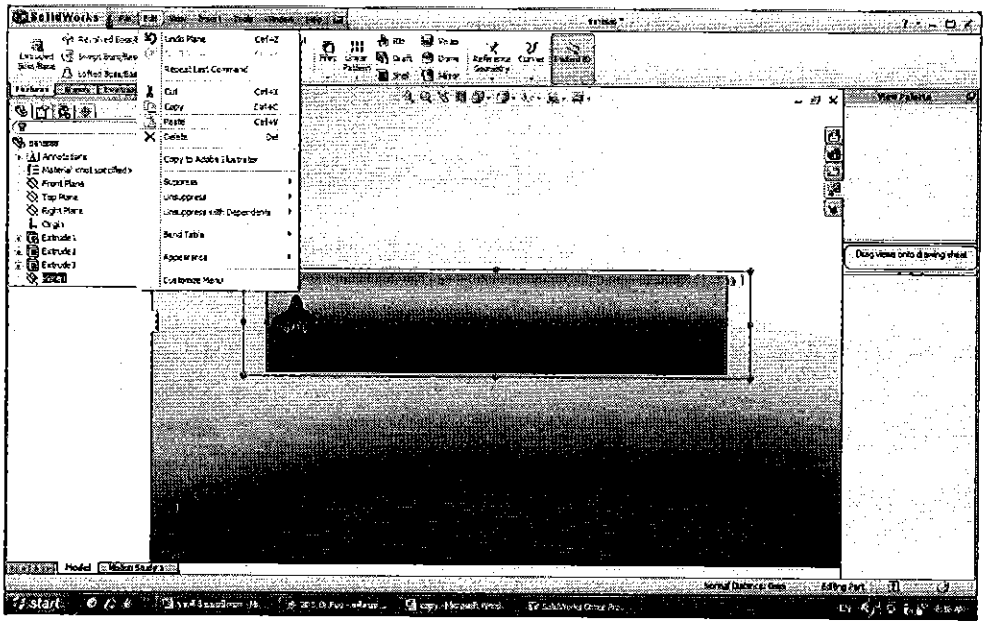
ดังรูปที่ 5.57 การใช้คำสั่ง Plane

14. แล้วคลิกที่ Axis จากนั้นสังเกตที่ Desktop browser ใส่ค่า ดังรูปที่ 5.58 แล้วคลิก OK

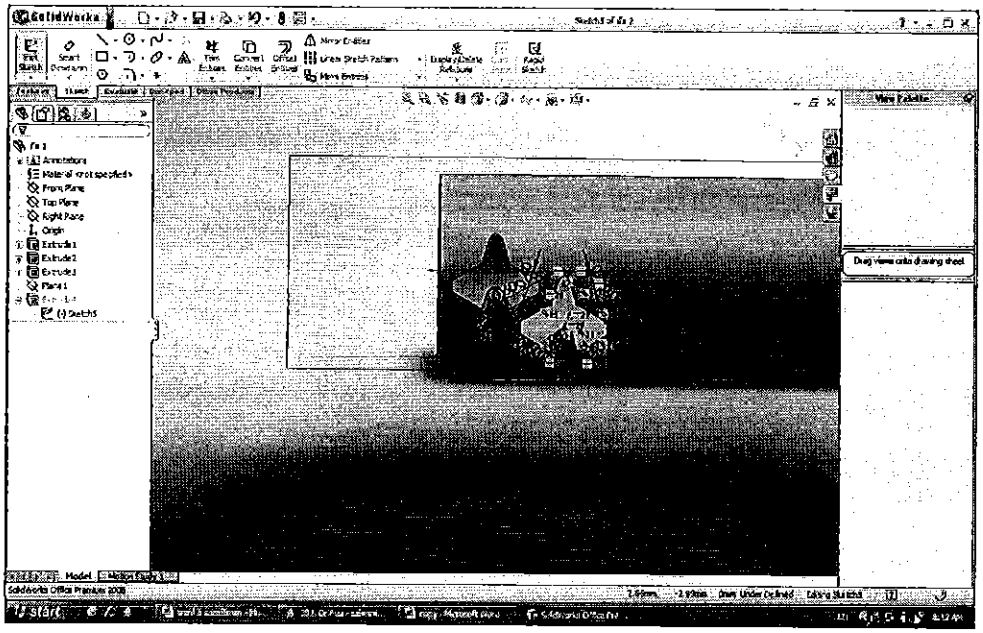


รูปที่ 5.58 Desktop browser

15. จากนั้นใช้คำสั่ง Paste ดังนี้ Edit ⟶ Paste ดังรูปที่ 5.59

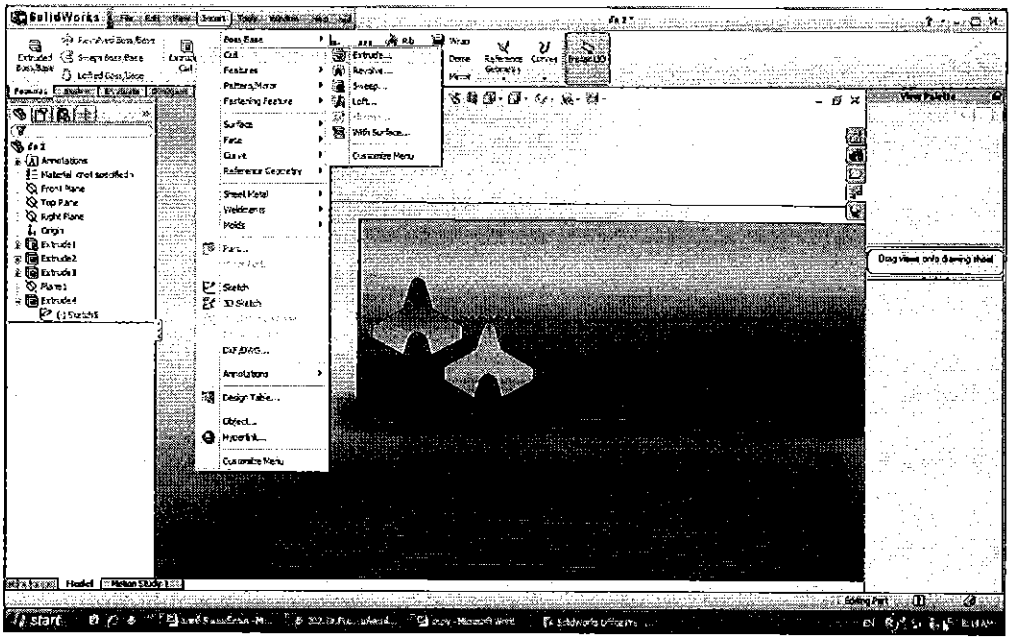


ดังรูปที่ 5.59 การใช้คำสั่ง Paste



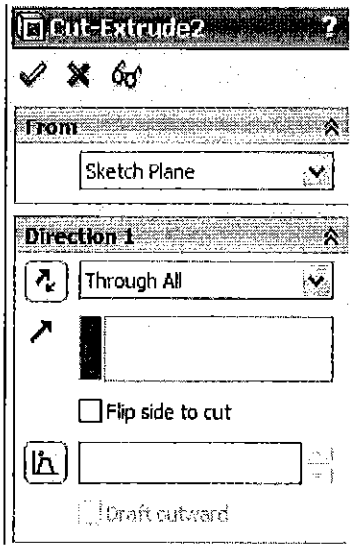
รูปที่ 5.60 รูปปีกนกรูปที่ 2

16. ใช้คำสั่ง Extruded Cut ดังนี้ Insert ⟶ Cut ⟶ Extruded ดังรูปที่ 5.61



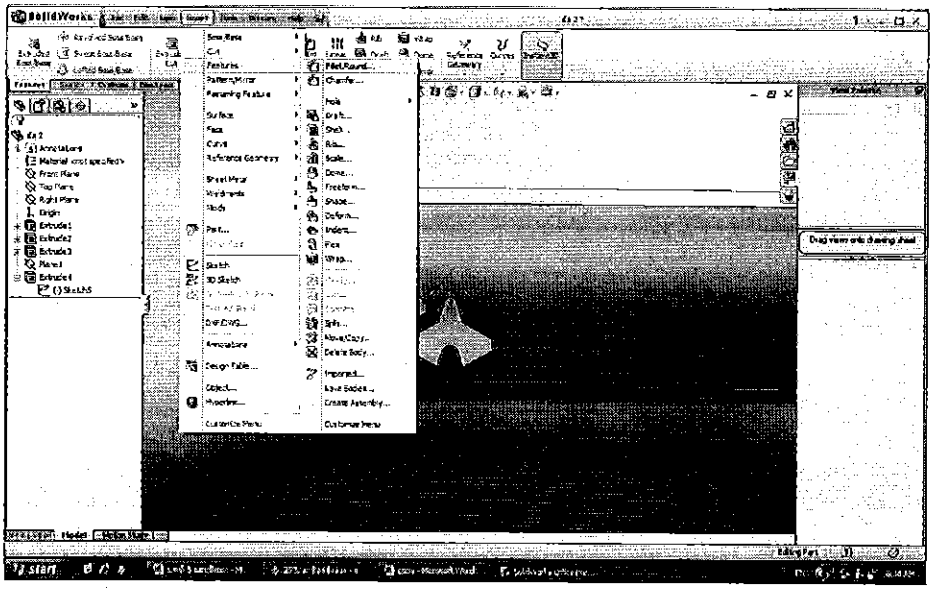
รูปที่ 5.61 การใช้คำสั่ง Extruded Cut

ใส่ค่าที่ Desktop browser ดังรูปที่ 5.62 แล้วคลิก OK



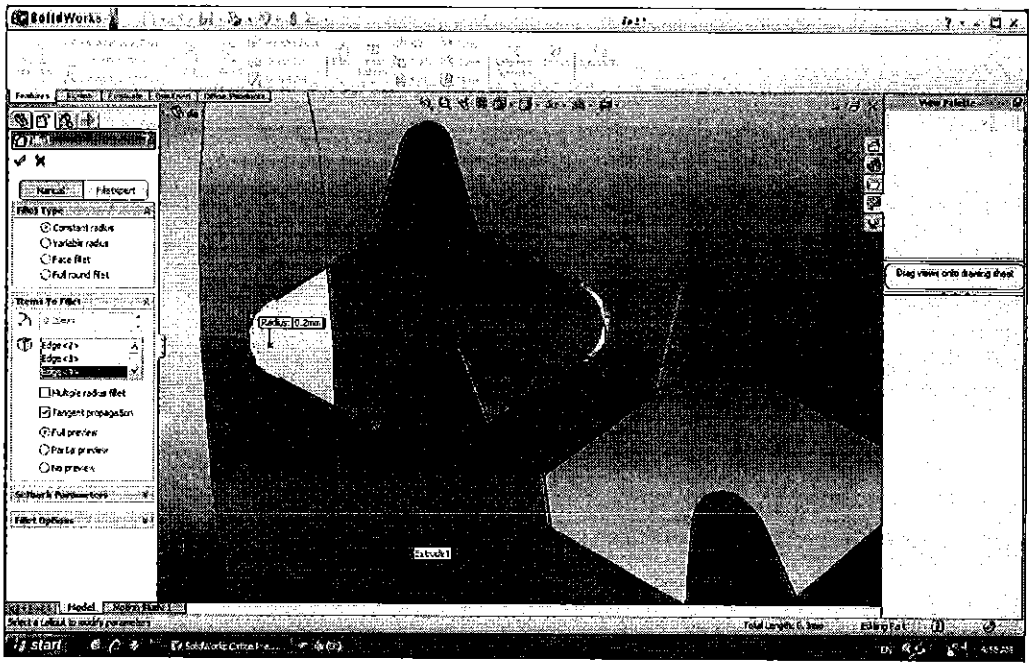
รูปที่ 5.62 Desktop browser

17. ใช้คำสั่ง Fillet/Round กับปีกนกทั้ง 2 ดังนี้ Insert ⟶ Features ⟶ Fillet/Round ดังรูปที่ 5.63

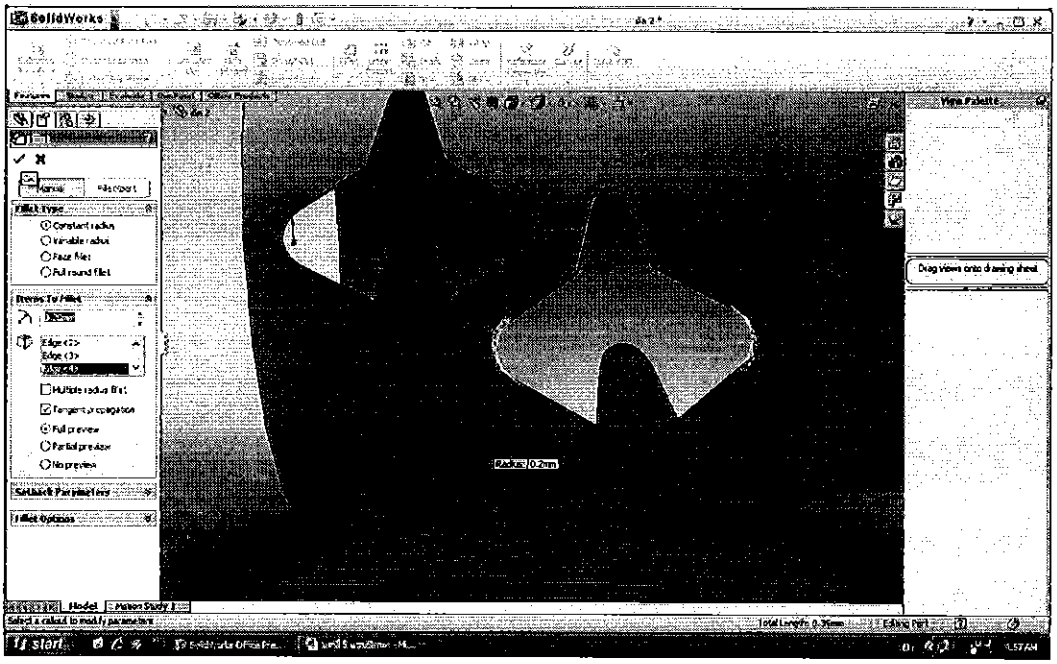


รูปที่ 5.63 การใช้คำสั่ง Fillet/Round

ใช้คำสั่ง Fillet/Round ดังนี้ ขนาด 0.2 มม. ดังรูปที่ 5.64 และ 5.65

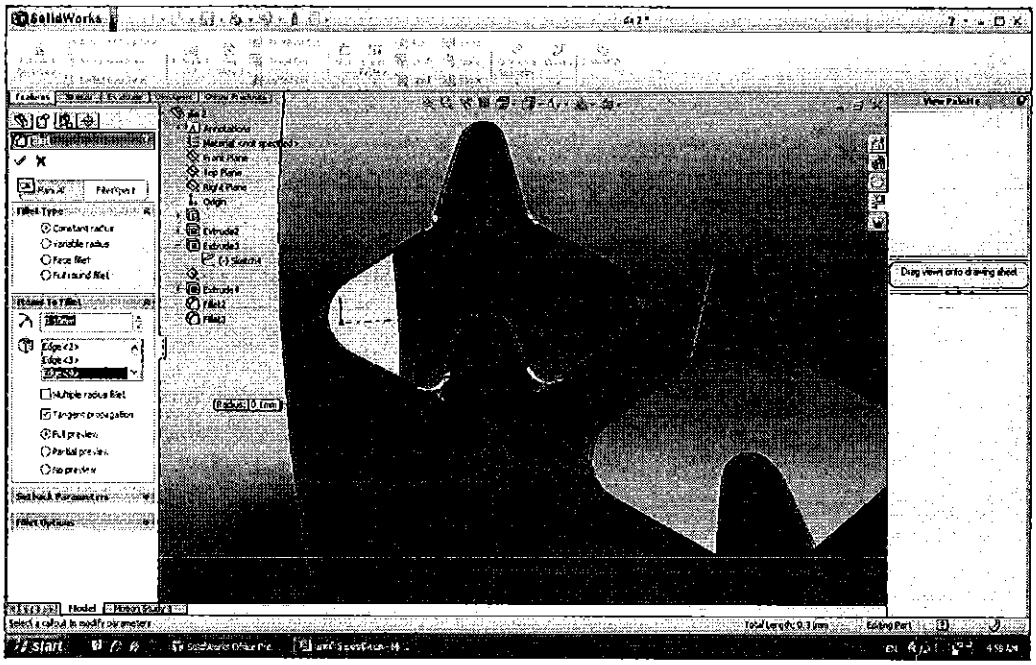


รูปที่ 5.64 คำสั่ง Fillet/Round ชิ้นที่ 1

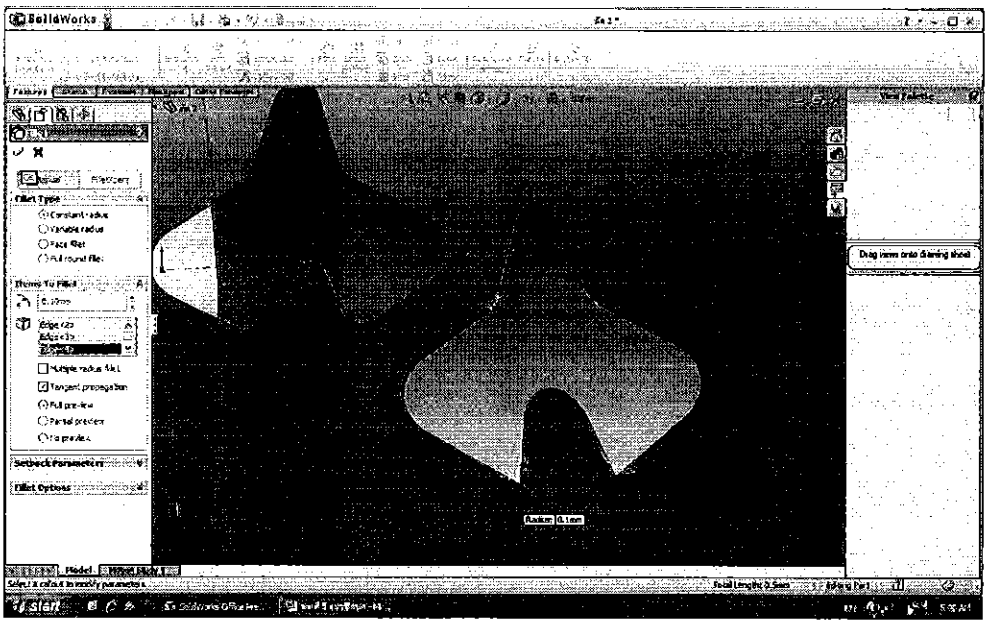


รูปที่ 5.65 คำสั่ง Fillet/Round ชิ้นที่ 1

ใช้คำสั่ง Fillet/Round ดังนี้ ขนาด 0.1 มม. ดังรูปที่ 5.66 และ 5.67

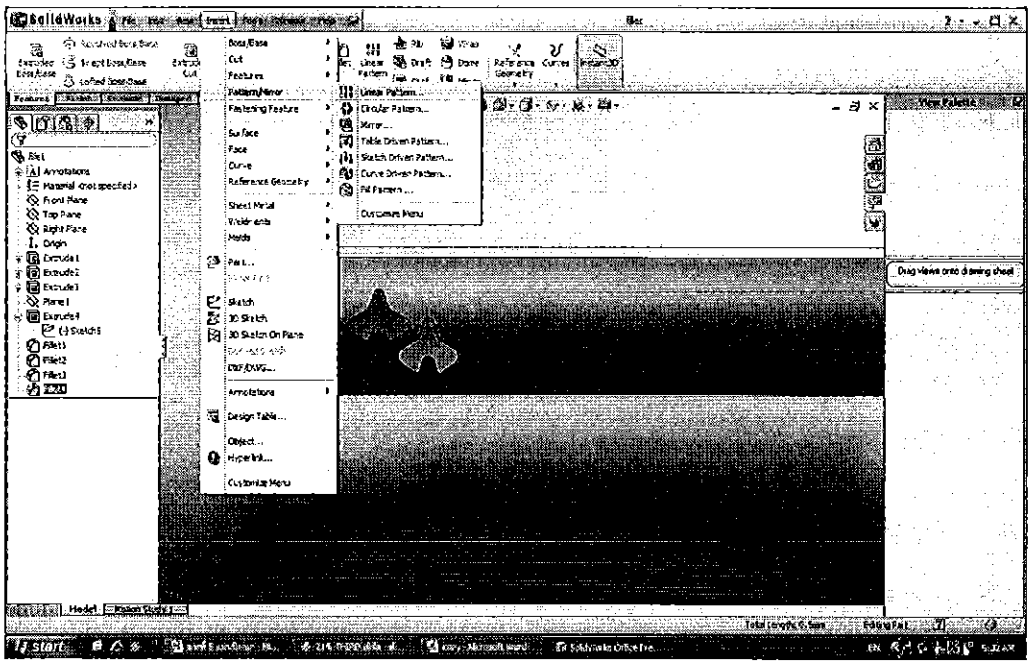


รูปที่ 5.66 คำสั่ง Fillet/Round ชิ้นที่ 1

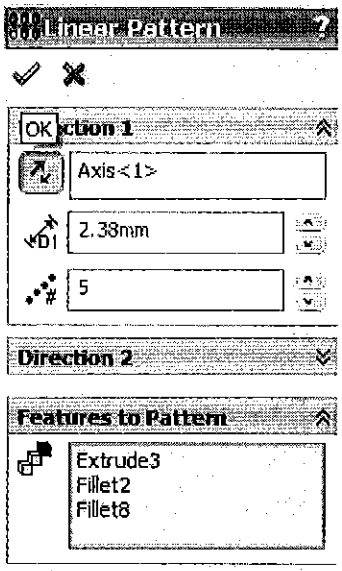


รูปที่ 5.67 คำสั่ง Fillet/Round ชิ้นที่ 2

18. หลังจากนั้นใช้คำสั่ง Linear Pattern กับปีกนกชิ้นที่ 1 ดังนี้ Insert ⟶ Pattern/Mirror ⟶ Linear Pattern ดังรูปที่ 5.68

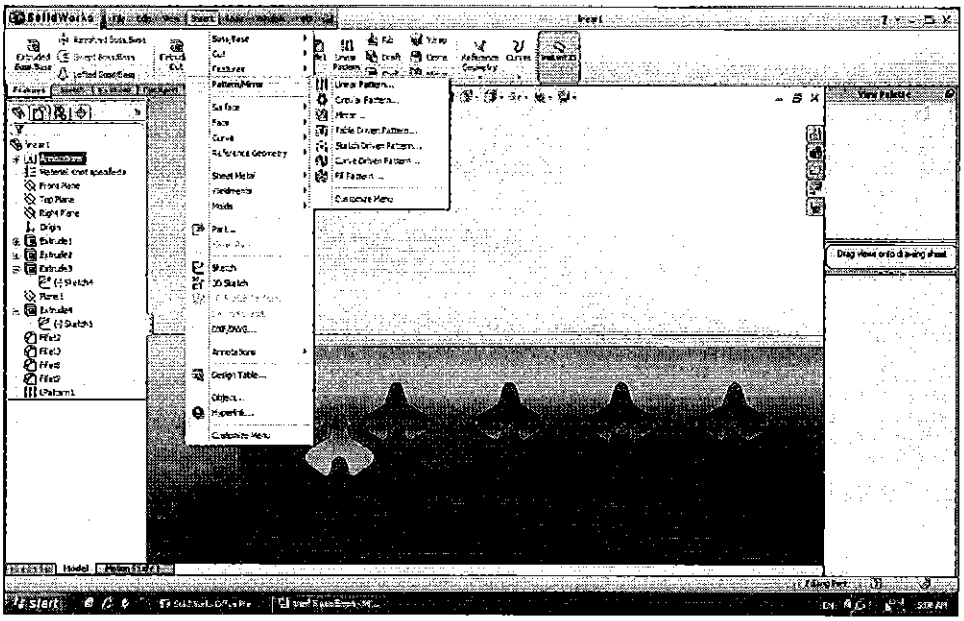


รูปที่ 5.68 การใช้คำสั่ง Linear Pattern



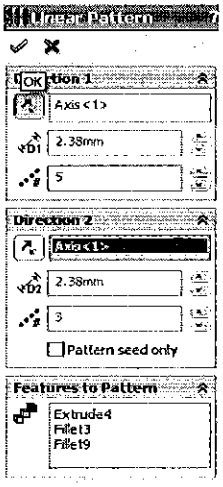
รูปที่ 5.69 Desktop browser

19. หลังจากนั้นใช้คำสั่ง Linear Pattern กับปีกนกชิ้นที่ 2 ดังนี้ Insert ⟶ Pattern/Mirror ⟶ Linear Pattern ดังรูปที่ 5.70



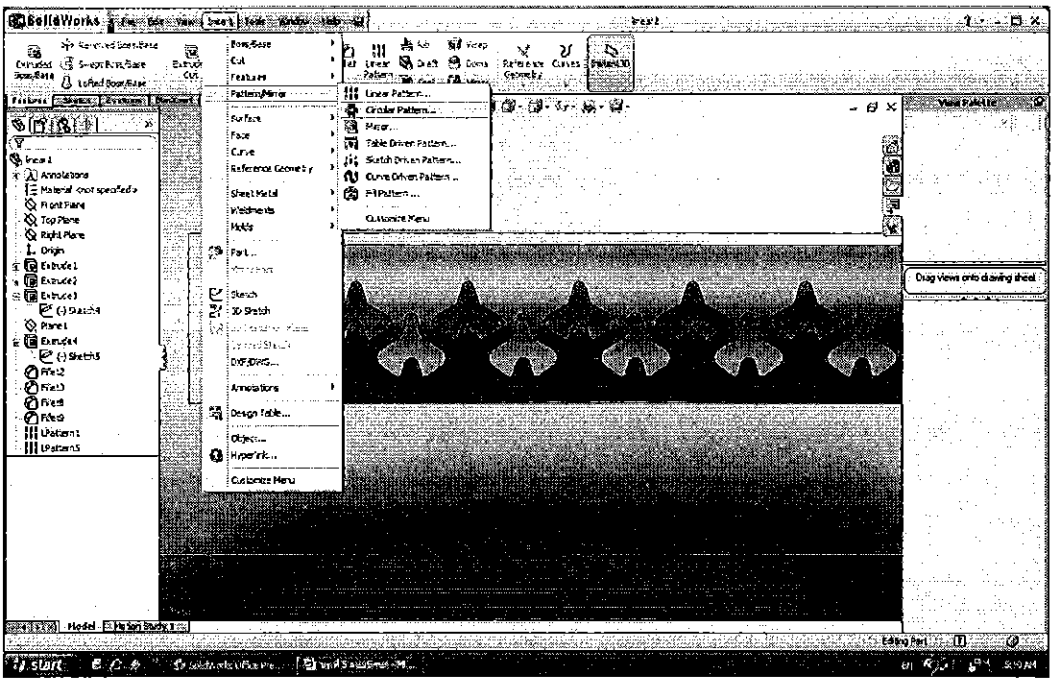
รูปที่ 5.70 การใช้คำสั่ง Linear Pattern

ใส่ค่าที่ Desktop browser ดังรูปที่ 5.71 แล้วคลิก OK



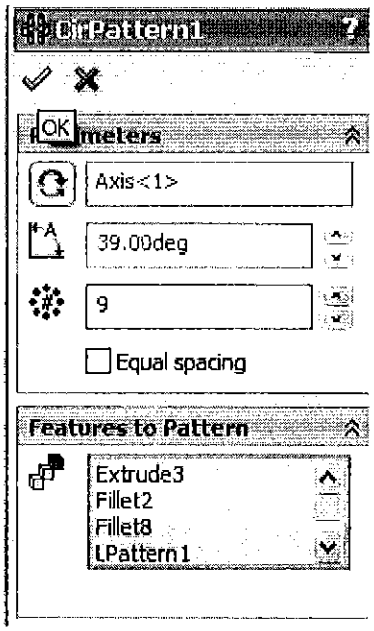
รูปที่ 5.71 Desktop browser

20. ใช้คำสั่ง Circular Pattern กับปีกนกชิ้นที่ 1 ดังนี้ Insert ⟶ Pattern/Mirror ⟶ Circular Pattern ดังรูปที่ 5.72



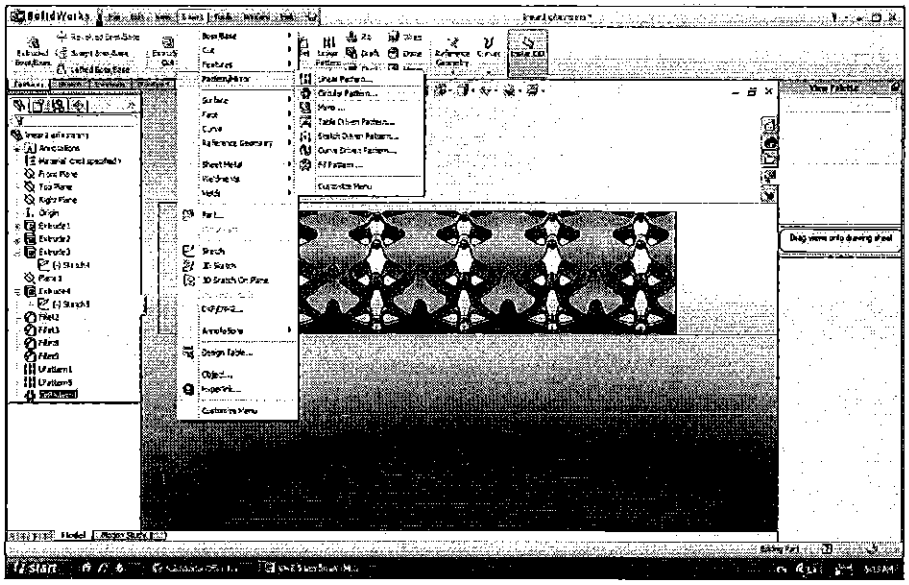
รูปที่ 5.72 การใช้คำสั่ง Circular Pattern

ใส่ค่าที่ Desktop browser ดังรูปที่ 5.73 แล้วคลิก OK



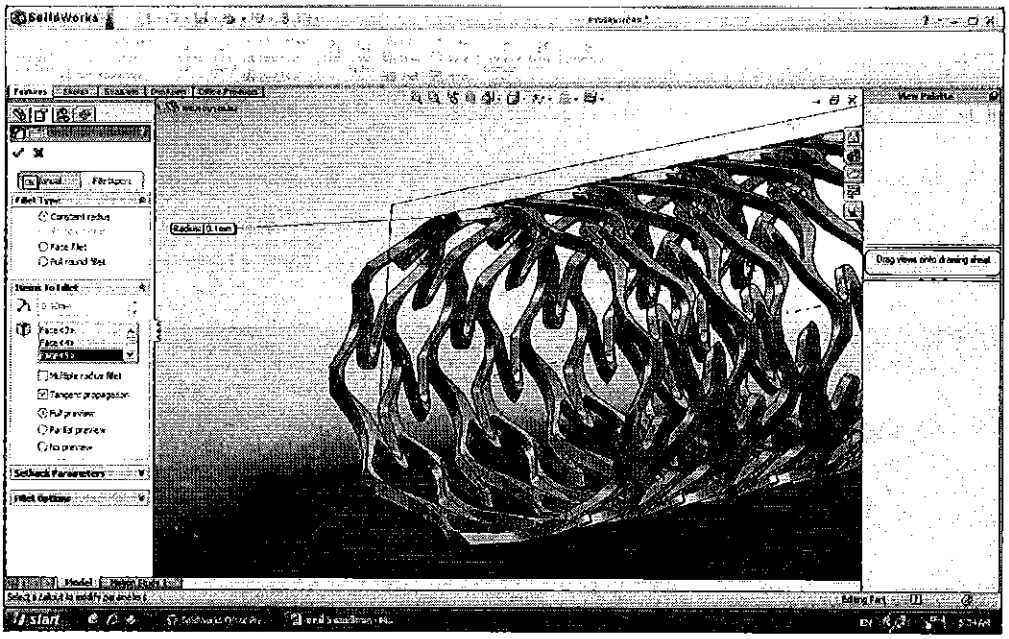
รูปที่ 5.73 Desktop browser

21. ใช้คำสั่ง Circular Pattern กับปีกนกชิ้นที่ 2 ดังนี้ Insert ⟶ Pattern/Mirror ⟶ Circular Pattern ดังรูปที่ 5.74

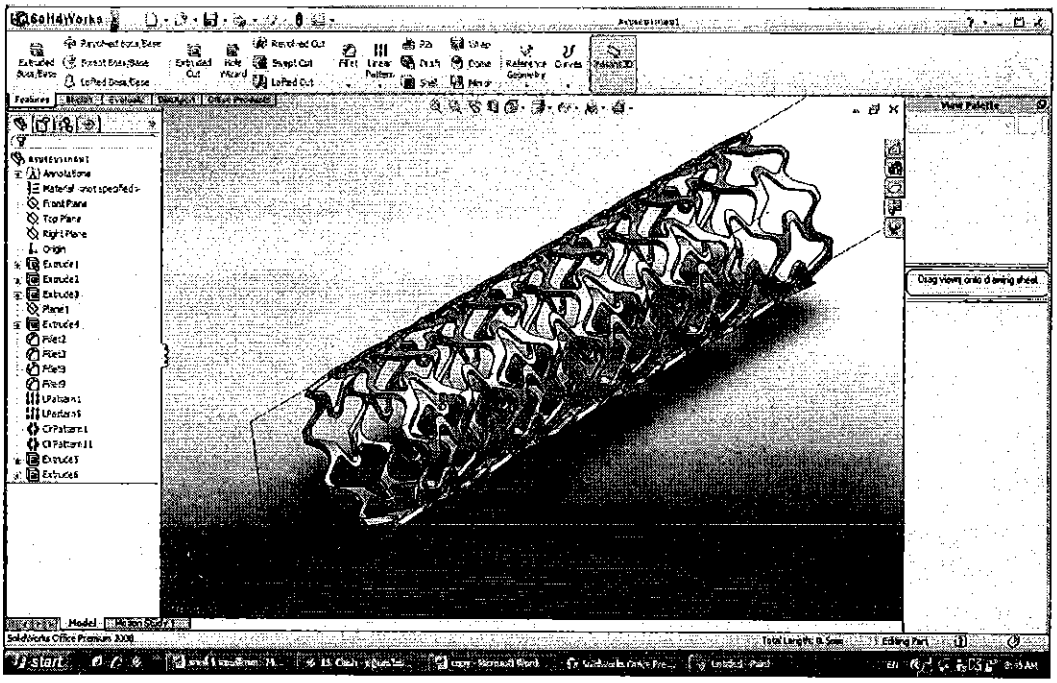


รูปที่ 5.74 การใช้คำสั่ง Circular Pattern

22. ใช้คำสั่ง Fillet/Round ทั้ง 2 ด้านของขดลวดสวนหัวใจ ดังนี้ Insert ⟶ Features ⟶ Fillet/Round ดังรูปที่ 5.75

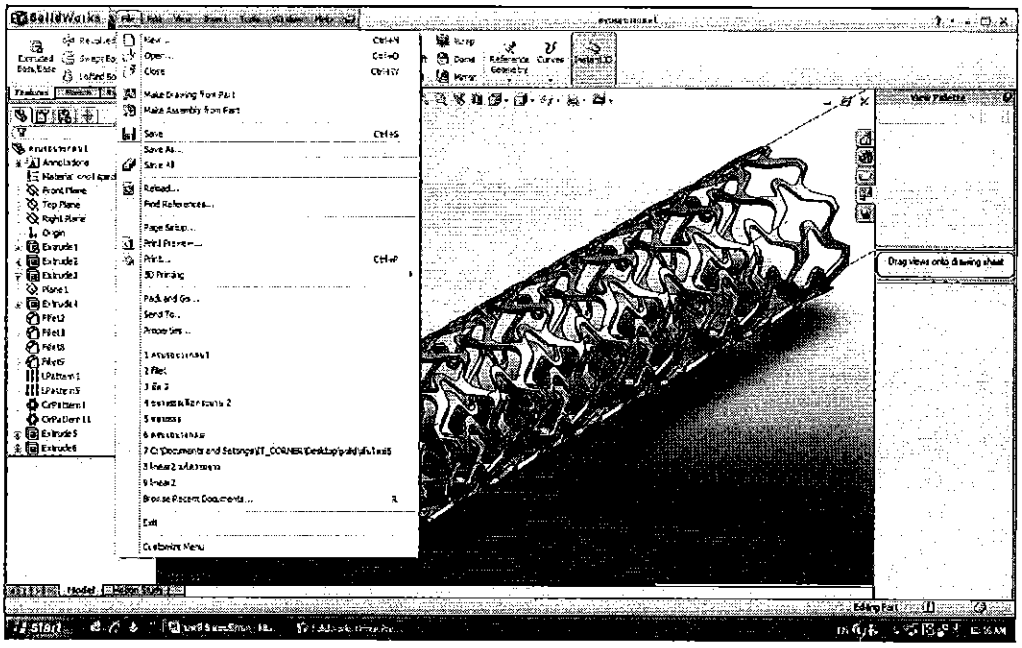


รูปที่ 5.75 การ Fillet/Round

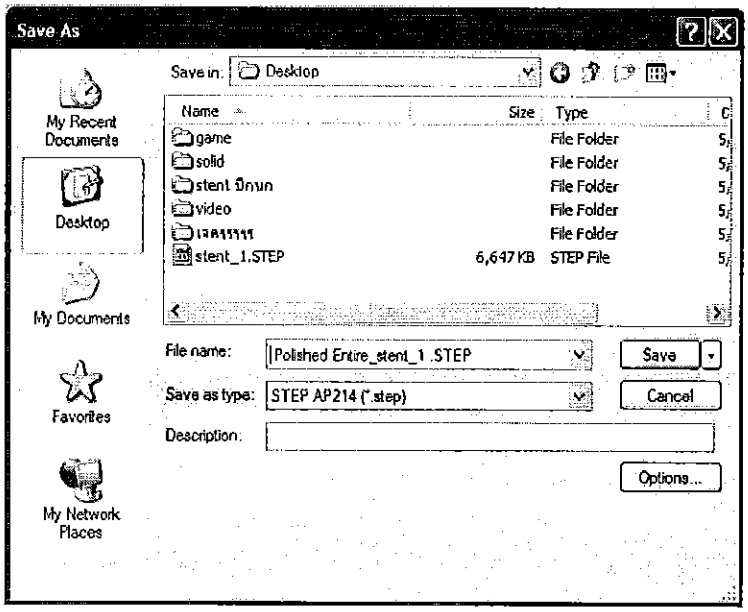


รูปที่ 5.76 ขดลวดสวนหัวใจแบบปีกนกสภาวะขยายตัว

23. หลังจากนั้นเราจะได้ Polished Entire _stent ในสภาวะขยายตัว ให้ทำการ save as ดังนี้ File ⟶ save as และ save เป็น File STEP และ ตั้งชื่อ Polished Entire_stent_1 ดังรูปที่ 5.77 และรูปที่ 5.78



รูปที่ 5.77 การใช้คำสั่ง save as



รูปที่ 5.78 การ save as

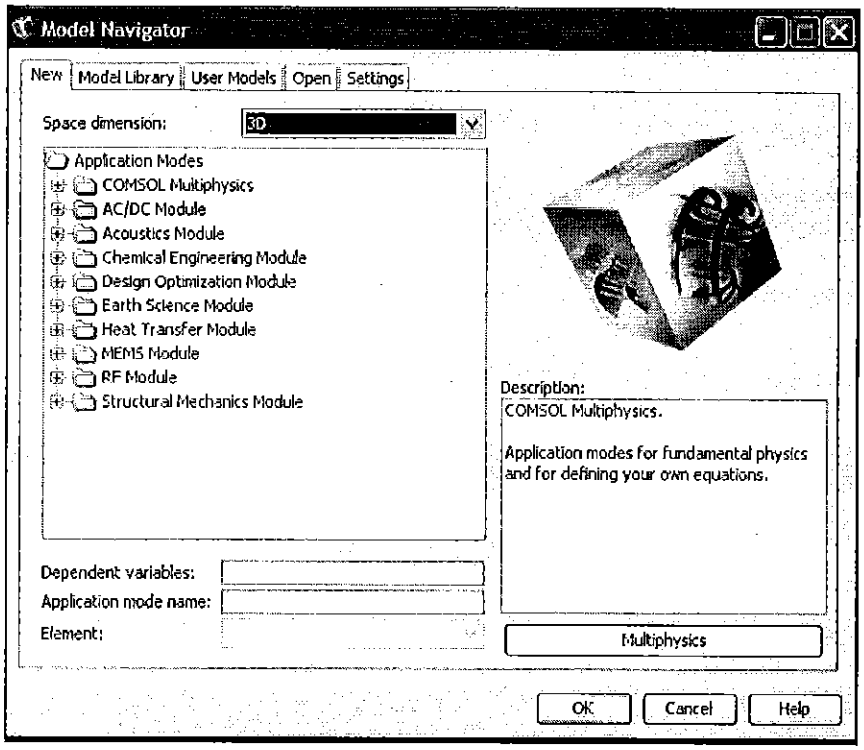
5.4 การสร้างแบบจำลองแบบไฟไนต์เอลิเมนต์

5.4.1 การเรียกใช้โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ (COMSOL3.2)

1. เปิดโปรแกรม COMSOL3.2 ขึ้นมา

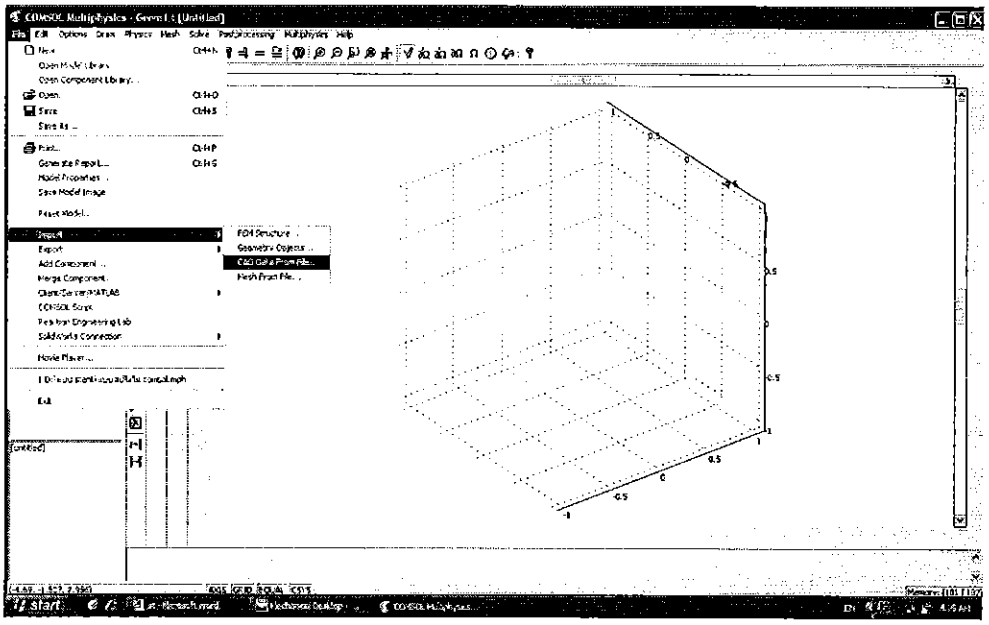
5.4.2 การนำขดลวดสวนหัวใจแบบปีกนกลงใน โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ (COMSOL3.2)

1. คลิกที่ Space dimension และเปลี่ยนเป็น 3D แล้วกด OK ดังรูปที่ 5.79



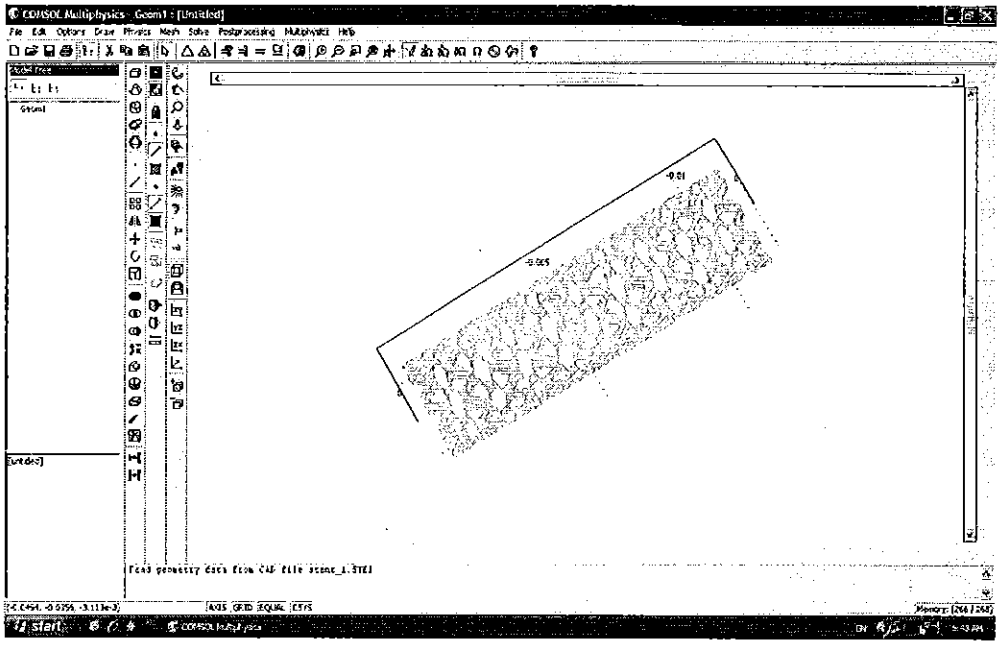
รูปที่ 5.79 โปรแกรม COMSOL3.2

2. การนำขดลวดสวนหัวใจแบบปีกนก ดังนี้ File ⟶ Import ⟶ CAD Data From File จากนั้น เปิด File STEP ที่ save as ดังรูปที่ 5.80



รูปที่ 5.80 การนำขดลวดสวนหัวใจแบบปีกนกลงในโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์

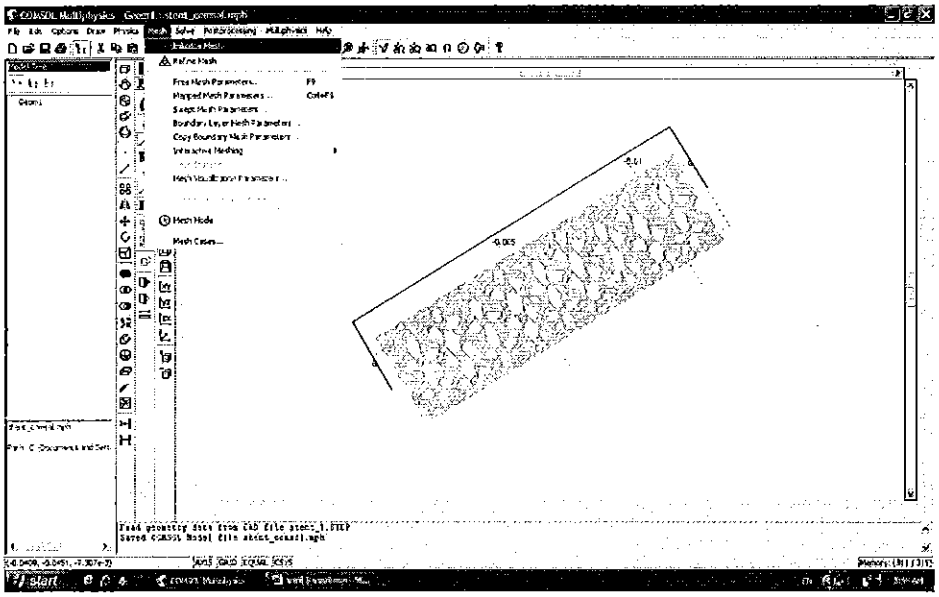
3. ขดลวดสวนหัวใจแบบปีกนกที่อยู่ในโปรแกรมโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ (COMSOL3.2) ทำการ Save as ตั้งชื่อ Polished Entire_stent_2 ดังรูปที่ 5.81



รูปที่ 5.81 ขดลวดสวนหัวใจแบบปีกนกที่อยู่ในโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ (COMSOL3.2)

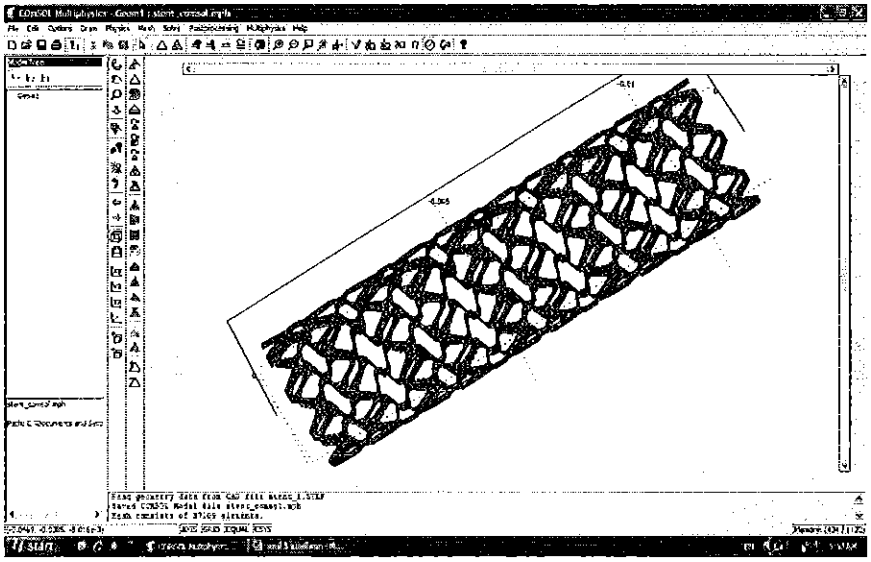
5.4.3 การแบ่งเอลิเมนต์ในโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ (COMSOL3.2)

1. การแบ่งเอลิเมนต์สามเหลี่ยม ดังนี้ Mesh ⟶ Initialize Mesh ดังรูปที่ 5.82



รูปที่ 5.82 การแบ่งเอลิเมนต์สามเหลี่ยม

2. จะได้ขดลวดสวนหัวใจแบบปีกนกในแบบเอลิเมนต์สามเหลี่ยม ดังรูปที่ 5.83



รูปที่ 5.83 เอลิเมนต์สามเหลี่ยม

5.5 ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไข

สำหรับปัญหาที่พบในการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ของขดลวดสวนหัวใจแบบปีกนกนี้พบปัญหา ดังนี้

1. ปัญหาที่พบคือการขยายตัวของขดลวดสวนหัวใจไม่สามารถขยายได้ ในชิ้นงานเดียวกันอาจเป็นเพราะพื้นที่ด้านในและด้านนอกของทรงกระบอกไม่เท่ากัน

สำหรับการแก้ปัญหา สร้างขดลวดสวนหัวใจใหม่โดยเพิ่มขนาดของทรงกระบอกและมุมของปีกนกให้มีขนาดเท่ากับขยาย

บทที่ 6

สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

โครงงานนี้เป็นการศึกษาและสร้างแบบจำลองของขดลวดสวนหัวใจ (Stent) 3 แบบ ได้แก่ ขดลวดสวนหัวใจแบบตาข่าย (Net stent) ขดลวดสวนหัวใจแบบสปริง (Involute stent) และขดลวดสวนหัวใจแบบปีกนก (Polished Entire stent) ทั้งในสภาวะพับตัวและขยายตัว และเมื่อได้แบบขดลวดสวนหัวใจทั้ง 3 แบบ แล้วได้ทำการนำแบบขดลวดสวนหัวใจลงในโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ (COMSOL3.2) ต่อไป โดยสรุปขั้นตอนคร่าวๆ ดังนี้

1. ขดลวดสวนหัวใจแบบตาข่าย (Net stent) มีหลักการเขียนโดยเริ่มจากการสร้างแกนอ้างอิง โดยใช้คำสั่ง Work axis จากนั้นสร้างโครงร่างแกนโดยใช้คำสั่ง 3D_helix_patch เมื่อได้แกนเส้นลวดแล้วใช้ คำสั่ง sweep ในการสร้างเส้นลวดในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา จากนั้น copy เส้นลวดสร้างเส้นลวดในทิศทางตามเข็มนาฬิกาเส้นลวดจะขัดกันพอดี จะได้ขดลวดสวนหัวใจแบบตาข่าย (Net stent) จากนั้นนำลงในโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ (COMSOL3.2)

2. ขดลวดสวนหัวใจแบบสปริง (Involute stent) เริ่มจากการสร้างระนาบ โดยใช้คำสั่ง Basic 3D work plane และสร้างแกนโดยใช้คำสั่ง Work axis จากนั้นสร้างวงแหวนขึ้นมา 2 วงให้อยู่ระนาบเดียวกัน และสร้างครึ่งวงกลมมาเชื่อมวงแหวน 2 วง และ สร้างครึ่งวงกลมอีกวงเชื่อมที่วงแหวนวงที่ 2 แต่อีกปลายด้านหนึ่งไม่ติดอะไร ทำการ copy ให้วางตัวเรียงกันจะได้ขดลวดสวนหัวใจแบบสปริง (Involute stent) จากนั้นนำลงในโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ (COMSOL3.2)

3. ขดลวดสวนหัวใจแบบปีกนก (Polished Entire Stent) เริ่มจากการ Sketch รูปปีกนกด้วยคำสั่ง Line สร้าง axis และ plane จากนั้น copy และใช้คำสั่ง Linear Pattern ในแนวแกน axis และใช้คำสั่ง Circular Pattern รอบแกน axis ของทรงกระบอกจะได้ขดลวดสวนหัวใจแบบปีกนก (Polished Entire Stent) จากนั้นนำลงในโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ (COMSOL3.2)

ข้อเสนอแนะ

ในการแก้ไขขนาดของขดลวดสวนหัวใจแบบตาข่ายและแบบสปริง เพื่อให้แบบของขดลวดสวนหัวใจขยายออกนั้น ควรแก้ไขขนาดขั้นตอนที่มีความสัมพันธ์กันก่อนการขยายเพื่อจำลองการขยายออกของแบบทั่วทั้งขดลวดสวนหัวใจในลักษณะของการขยายบอลลูนภายในได้ และแบบขดลวดสวนหัวใจแบบปีกนก ควรลองขึ้นรูปด้วยเทคนิคที่แตกต่าง เช่นการขึ้นแบบทีละเส้น แยกชิ้นส่วนประกอบ เป็นต้น เพราะการขึ้นรูปแบบ 3 มิติสามารถทำได้หลายรูปแบบ หากขึ้นรูปในแบบอื่นอาจจะสามารถขยายรูปด้วยการแก้ไขขนาดจากรูปเดิมได้ โดยไม่ต้องทำการขึ้นรูปใหม่อีกรูปในลักษณะของขดลวดสวนหัวใจแบบขยาย เพื่อลดขั้นตอนของการขึ้นรูปอีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

[1] http://news.mjob.in.th/technology/cat8/news1345/

[2] http://www.yourhealthyguide.com/article/ah-balloon.html

[3] http://www.thaiheartclinic.com/data6.asp

[4] http://www.bangkokcity.com/2004/member/diary04/detail.php?boid=61882

[5] www.touchcardiology.com

[6] rmpodcast.web.aplus.net

[7] www.revolutionhealth.com

[8] พิทย์ สินประเสริฐรัตน์.2550. คู่มือการเขียนแบบขอลวดสวนหัวใจแบบตาข่ายและแบบสปริง. ปริญญานิพนธ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

[9] รศ.ดร. เดช พุทธเจริญทอง.2548.การวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[10] ปราโมทย์ เดชะอำไพ.2542.ไฟไนต์เอลิเมนต์ในงานวิศวกรรม.ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[11] ผศ.ดร. ธงชัย ฟองสมุทร.2549.วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เบื่องต้น.ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[12] เกียรติศักดิ์ สกุลพันธุ์.2550.Solidworks.กรุงเทพฯ