สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาการไหลของอากาศผ่านพัดลมแบบไหลตามแนวแกนเพื่อการลดเสียงด้วยเทคนิคทางด้าน CAE

A Study on air flow through axial flow fan blades for reduction noise by CAE technics

T050157

นาย สุวรรณ ทวีศักดิ์
นาย อภิชัย เลิศไพบูลย์

อาจารย์ที่ปรึกษา
ดร. ฉารุวัตร เจริญสุข

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน...50157...
วัน,เดือน,ปี 21 เม.ย. 2547

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A Study on air flow through axial flow fan blades for reduction noise by CAE technics

SUWAN THAWEESAK

APICHAI LURDPIBOON

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2545

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาการไหลของอากาศผ่านพัดลมแบบไหลตามแนวแกนเพื่อการลดเสียงด้วยเทคนิคทางด้าน CAE

A STUDY ON AIR FLOW THROUGH AXIAL FLOW FAN BLADES FOR REDUCTION NOISE BY CAE TECHNICS

ผู้จัดทำ

1. นาย สุวรรณ ทวีศักดิ์ รหัสประจำตัว 42010673
2. นาย อภิชัย เลิศไพบูลย์ รหัสประจำตัว 42010680

_____ อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร. ชารุวัตร เจริญสุข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาการไหลของอากาศผ่านพัดลมแบบไหลตามแนวแกนเพื่อการลดเสียงด้วยเทคนิคทางด้าน CAE

สุวรรณ ทวีศักดิ์ 42010673
อภิชัย เลิศไพบูลย์ 42010680
ดร. จารุวัตร เจริญสุข อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2545

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการศึกษาวิธีการและเทคนิคเพื่อการลดเสียงที่เกิดจากการปะทะของอากาศกับใบพัดแบบไหลตามแนวแกนของตัวอิเลคทริคคอนเดนเซอร์ในโรงงานอุตสาหกรรม โดยอาศัยเทคนิคทางด้าน CAE (Computer Aided Engineering) เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ลักษณะการไหลของอากาศ และใช้โปรแกรม STAR-CD ซึ่งเป็นโปรแกรมทางด้าน Finite Volume เป็นตัววิเคราะห์ปัญหาการไหลของอากาศที่มาปะทะกับใบพัด โดยจะมุ่งเน้นศึกษาการไหลแยกตัวของอากาศ (Separation) และทำการติดตั้ง inlet guide vane เพื่อลดการเกิดกระแสอากาศแยกตัว และนำข้อมูลที่ได้นำไปใช้เป็นแนวทางในการลดมลภาวะทางเสียงที่เกิดขึ้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Learn of air flow through axial flow fan blades for reduce noise

by CAE technics

Suwan Thaweesak 42010673

Apichai Leapaiboon 42010680

Dr.Jaruwat Jaransuk Advisor

ABSTRACT

This project is intended to study methods and technics for reducing noise from axial flow fan blade in electrical condenser. By using CAE (Computer Aided Engineering) technics to help and analyse the characteristic of air that flow through the blades (Use STAR-CD program). Modification on blades and impeller hup will be made in order to reduce flow seperation which will reduce noise that generated.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจเสร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และร่วมมือจากหลาย ๆ ฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้เสร็จลงได้ก็คือ อาจารย์ จารุวัตร เจริญสุข อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือเสมอมา ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมา ในทุก ๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

สุวรรณ ทวีศักดิ์

อภิชัย เลิศไพบูลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	1
1.4 วิธีการดำเนินการ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน	3
2.1 ปัจจัยที่ทำให้เกิดเสียงจากใบพัดชนิดไหลตามแนวแกน	3
2.2 ชนิดของการไหล	6
2.3 กฎของพัดลม	7
2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างเสียงที่เกิดขึ้นจากพัดลม	7
2.5 การเกิด Separation	7
2.6 แนวทางในการลดเสียง	8
2.7 หลักการติด Inlet Guide Vane	8
2.8 ระบบของเสียง	9
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	10
3.1 ขั้นตอนการวาดใบพัด	10
3.2 ขั้นตอนการวาด Guide Vane	14
3.3 การทำโดเมนใบพัด	16
3.4 โปรแกรม GAMBIT	18
3.5 ขั้นตอนการใช้โปรแกรม Star-Cd กับหลักการออกแบบ Guide Vane	23
3.6 ขั้นตอนการใช้โปรแกรม Star-Cd กับใบพัด	30
บทที่ 4 Simulation และการทดลอง	41
4.1 ทฤษฎี Guide Vane	41
4.2 Simulation ใบพัด	43
4.3 Simulation Guide Vane แบบที่ 1	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้าที่
4.4 Simulation Guide Vane แบบที่ 2	45
4.5 การทดลอง	46
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	48
5.1 วิเคราะห์ผลการออกแบบ Guide Vane	48
5.2 วิเคราะห์เปรียบเทียบความเร็วลมออกจากการทดลองและการ Simulation	48
5.3 วิเคราะห์ความดังเสียงที่เกิดขึ้น	48
5.4 วิเคราะห์การกินกระแสไฟฟ้า	49
5.5 ข้อเสนอแนะ	49
ภาคผนวก โปรแกรม Unigraphics	50
โปรแกรม Star-Cd	70
บรรณานุกรรม	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้าที่
2-1 การเกิดเสียงของใบพัดเครื่องบิน	3
2-2 การเกิดเสียงของใบพัด	3
2-3 Boundary Layer บนปีกเครื่องบิน	4
2-4 Boundary Layer บนแผ่นเรียบ	4
2-5 Velocity profile	5
2-6 แสดงการเคลื่อนที่แบบ Laminar และ Turbulent	6
2-7 การเกิด Separation	7
2-8 การออกแบบ Guide Vane รูปที่ 1	8
2-9 การออกแบบ Guide Vane รูปที่ 2	9
3-1 การวาดใบพัดขั้นตอนที่ 1	10
3-2 การวาดใบพัดขั้นตอนที่ 2	10
3-3 การวาดใบพัดขั้นตอนที่ 3	11
3-4 การวาดใบพัดขั้นตอนที่ 4	11
3-5 การวาดใบพัดขั้นตอนที่ 5	11
3-6 การวาดใบพัดขั้นตอนที่ 6	12
3-7 การวาดใบพัดขั้นตอนที่ 7	12
3-8 การวาดใบพัดขั้นตอนที่ 8	12
3-9 การวาดใบพัดขั้นตอนที่ 9	13
3-10 การวาด Guide Vane ขั้นตอนที่ 1	14
3-11 การวาด Guide Vane ขั้นตอนที่ 2	14
3-12 การวาด Guide Vane ขั้นตอนที่ 3	14
3-13 การวาด Guide Vane ขั้นตอนที่ 4	15
3-14 การวาด Guide Vane ขั้นตอนที่ 5	15
3-15 รวมใบพัดกับ Guide Vane	16
3-16 Guide Vane แบบที่ 1	16
3-17 Guide Vane แบบที่ 2	16
3-18 การทำโดนเมนใบพัด	17
3-19 การทำโดนเมน Guide Vane	17
3-20 ตัวอย่าง Quad Mesh	19
3-21 ตัวอย่าง Tri Mesh	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้าที่
3-22 ตัวอย่าง Quad/Tri Mesh	20
3-23 ตัวอย่าง Hex Mesh	20
3-24 ตัวอย่าง Tet/Hybrid Mesh	21
3-25 Mesh ส่วนหนึ่งของใบพัด	21
3-26 Mesh และโดเมนของใบพัด	22
3-27 Mesh และโดเมนของใบพัดรวมกับ Guide Vane	22
3-28 การใช้ Star-Cd ขั้นตอนที่ 1	23
3-29 การใช้ Star-Cd ขั้นตอนที่ 2	23
3-30 การใช้ Star-Cd ขั้นตอนที่ 3	23
3-31 การใช้ Star-Cd ขั้นตอนที่ 4	24
3-32 การใช้ Star-Cd ขั้นตอนที่ 5	24
3-33 การใช้ Star-Cd ขั้นตอนที่ 6	24
3-34 การใช้ Star-Cd ขั้นตอนที่ 7	25
3-35 การใช้ Star-Cd ขั้นตอนที่ 8	25
3-36 การใช้ Star-Cd ขั้นตอนที่ 9	25
3-37 การใช้ Star-Cd ขั้นตอนที่ 10	26
3-38 การใช้ Star-Cd ขั้นตอนที่ 11	26
3-39 การใช้ Star-Cd ขั้นตอนที่ 12	26
3-40 การใช้ Star-Cd ขั้นตอนที่ 13	27
3-41 การใช้ Star-Cd ขั้นตอนที่ 14	27
3-42 การใช้ Star-Cd ขั้นตอนที่ 15	27
3-43 การใช้ Star-Cd ขั้นตอนที่ 16	28
3-44 การใช้ Star-Cd ขั้นตอนที่ 17	28
3-45 การใช้ Star-Cd ขั้นตอนที่ 18	28
3-46 การใช้ Star-Cd ขั้นตอนที่ 19	29
3-47 การใช้ Star-Cd ขั้นตอนที่ 20	29
3-48 การใช้ Star-Cd ขั้นตอนที่ 21	29
3-49 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 1	30
3-50 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 2	30
3-51 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 3	30
3-52 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 4	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้าที่
3-53 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 5	31
3-54 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 6	31
3-55 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 7	32
3-56 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 8	32
3-57 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 9	32
3-58 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 10	33
3-59 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 11	33
3-60 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 12	33
3-61 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 13	34
3-62 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 14	34
3-63 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 15	34
3-64 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 16	35
3-65 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 17	35
3-66 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 18	35
3-67 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 19	36
3-68 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 20	36
3-69 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 21	36
3-70 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 22	37
3-71 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 23	37
3-72 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 24	37
3-73 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 25	38
3-74 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 26	38
3-75 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 27	38
3-76 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 28	39
3-77 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 29	39
3-78 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 30	39
3-79 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 31	40
4-1 ผลการ Simulation 1	41
4-2 ผลการ Simulation 2	41
4-3 ผลการ Simulation 3	42
4-4 Velocity ตัดในแนวแกน X	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่

4-5 Velocity เป็น Contourในแนวแกน X 43
4-6 Velocity เป็น Contourในแนวแกน Y 43
4-7 Velocity ตัดในแนวแกน X 44
4-8 Velocity เป็น Contourในแนวแกน X 44
4-9 Velocity เป็น Contourในแนวแกน Y 44
4-10 Velocity ตัดในแนวแกน X 45
4-11 Velocity เป็น Contourในแนวแกน X 45
4-12 Velocity เป็น Contourในแนวแกน Y 45
4-13 ใบพัด 46
4-14 ปล่องที่ใช้ในการทดลอง 46
4-15 Guide Vane แบบที่ 1 46
4-16 Guide Vane แบบที่ 2 47
4-17 กราฟความเร็วลมทางออก 47
4-18 กราฟความดังเสียงที่ทางออกห่างจากใบพัด 1 เมตร 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ (Introduction)

1.1 ความสำคัญและที่มา

ในปัจจุบันการมลภาวะเสียงที่เกิดจากใบพัดชนิดไหลตามแนวแกนนั้นเป็นปัญหาสำคัญในโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องการทำให้เกิดมลภาวะทางเสียงนั้นน้อยที่สุด ในการเกิดเสียงของใบพัดชนิดไหลตามแนวแกนนั้นมีแหล่งที่มาหลายแหล่งเช่น การเกิด Vortex Shedding, การเกิด Turbulent ที่ใบพัด, ความเร็วของใบพัด เป็นต้น โดยวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะทำการลดเสียงที่เกิดจากใบพัดชนิดไหลตามแนวแกนโดยมุ่งเน้นการลดการเกิด Separation ที่เกิดขึ้นจากใบพัด โดยจะทำการติด Inlet Guide Vane เพื่อทำการลดการเกิด Separation และจะทำจำลองการไหลของอากาศที่ผ่านใบพัดโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทาง CFD

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

1.2.1 เพื่อศึกษาการไหลของอากาศที่ไหลผ่านพัดลมระบายความร้อน

1.2.2 เพื่อศึกษาหาแนวทางในการลดเสียงที่เกิดขึ้นจากพัดลมระบายความร้อน

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้จะทำติดตั้ง Guide Vane เพื่อการลดเสียงโดยการติดตั้ง Guide Vane เข้าไปนั้นเพื่อเป็นการปรับมุมลมที่เข้าปะทะใบพัดเพื่อเป็นการลดการเกิด Separation ลง หลักการติด Guide Vane นั้น มุมที่ลมเข้ากับมุมของเส้นที่ลากผ่านระหว่าง Leading Edge กับ Trailing Edge นั้นควรจะมีค่าน้อยที่สุด โดยเราจะทำการ Simulation หลักการออกแบบ Guide Vane ลงไปในโปรแกรม Star-Cd เพื่อดูผลการ Simulation และทางทฤษฎีว่าเป็นจริง และเราจะทำการสร้าง Guide Vane ขึ้นมาติดกับใบพัดเพื่อเป็นการลดการเกิด Separation ที่เกิดบนใบพัดและจะเป็นการลดเสียงที่เกิดขึ้นบนใบพัดด้วย

1.4 วิธีการดำเนินการ

งานวิจัยในโครงงานนี้จะเริ่มด้วยการศึกษาทฤษฎีพื้นฐานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ซึ่งก็มีเรื่องหลัก ๆ คือ การเกิดเสียงของใบพัดชนิดไหลตามแนวแกน (Axial Flow Fan) ,แนวทางการลดเสียงที่เกิดขึ้นจากใบพัด ,การออกแบบ Guide Vane ,การ Simulation โดยการดำเนินงานนั้นเราจะทำการศึกษา การเกิดเสียงของใบพัดชนิดไหลตามแนวแกน (Axial Flow Fan) ,แนวทางการลดเสียงที่เกิดขึ้นจากใบพัด ,การออกแบบ Guide Vane จากนั้นเราทำการ Simulation หลักการออกแบบ Guide Vane

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

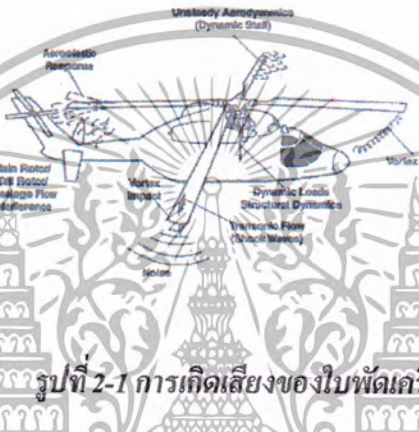
ลงในโปรแกรมสำเร็จรูปทาง CFD คือโปรแกรม Star-Cd โดยการวาด CAD ต่างๆนั้นเราจะทำการวาดโดยใช้โปรแกรมทางด้าน CAD คือโปรแกรม Unigraphics และการสร้าง Mesh นั้นจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Gambit โดยการใช้โปรแกรมเบื้องต้นนั้นจะอยู่บทที่ 3 และดูว่าการเกิด Separation เป็นไปตามทฤษฎีหรือไม่ แล้วเราจะทำการออกแบบและสร้าง Guide Vane ติดกับใบพัดเพื่อการลดการเกิดเสียงที่เกิดขึ้น โดยเราจะทำการ Simulation กับใบพัดที่เราไม่ได้ติด Guide Vane และหลังทำการติด Guide Vane เพื่อดูการเกิด Separation ที่เกิดขึ้นบนใบพัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

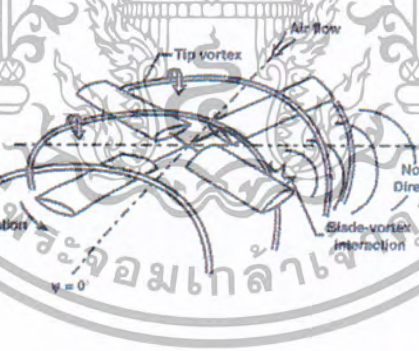
บทที่ 2
ทฤษฎีพื้นฐาน

2.1 ปัจจัยที่ทำให้เกิดเสียงจากใบพัดชนิดไหลตามแนวแกน (Axial Flow Fan)

2.2.1 Vortex Shedding การเกิด Vortex Shedding จะเกิดที่ผิวของใบพัด และจะเกิดที่ Trailing Edge



รูปที่ 2-1 การเกิดเสียงของใบพัดเครื่องบิน



รูปที่ 2-2 การเกิดเสียงของใบพัด

2.2.2 Turbulent อากาศจะถูกพิจารณาเป็นของไหลแบบ Newtonian ซึ่งจะมีความหนืดในตัว ดังนั้นตามกฎของความหนืดของนิวตัน เมื่ออากาศไหลผ่านวัตถุก็จะมีแรงเสียดทานระหว่างผิววัตถุกับอากาศ ความเร็วของอนุภาคอากาศที่จุดสัมผัสกับของแข็งเป็นศูนย์ ที่จุดนี้จะมี Velocity Gredient มากที่สุดและ Shear Stress จะสูงที่สุด ซึ่งหากสมมติว่าไม่มีความหนืดเลยก็จะไม่มี Shear Stress และก็จะไม่มีการไหลระหว่างชั้น (Layer) ของอากาศ ดังนั้น Velocity Gredient ก็จะไม่มีอากาศตามที่สมมติมา เรียกได้ว่าเป็นการไหลตามจินตภาพ (Ideal Fluid) ซึ่งไม่มีอยู่จริง

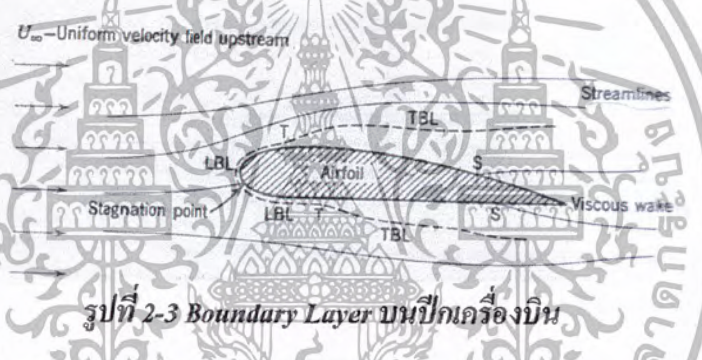
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขอบเขตที่ผิวของของแข็งมีอิทธิพลของการไหลของอากาศทำให้เกิดมีการไถลในชั้น (Layer) นี้จะเป็นเขตที่อากาศไหลใกล้กับผิวของวัตถุ เขตนี้เรียกว่า Boundary Layer

ที่ระยะไกลออกไปจากผิวของแข็งมากๆนั้น ขนาดของ Velocity Gredient จะน้อยมากดังนั้นจึงมีการกำหนดแนวทางที่เป็นที่ยอมรับ (Concept) ของ Boundary Layer ขึ้น Prandtl ได้กำหนดให้ของแข็งที่ผ่านผิวของแข็งว่ามีขอบเขต (Region) อยู่ 2 ขอบเขต คือ เขตที่ของไหลได้รับอิทธิพลจากของแข็งและนอกเขตอิทธิพลของแข็ง เขตนอกอิทธิพลนี้ถือว่าเป็นการไหลนอก Boundary Layer แนวทางนี้ทำให้ง่ายขึ้นในการวิเคราะห์ทางทฤษฎีเกี่ยวกับปรากฏการณ์ของ Boundary Layer

ซึ่งจะกล่าวได้ว่าตามข้อกำหนดของ Boundary Layer จะหมายถึงที่ที่ซึ่งความเร็วของการไหลที่ Boundary Layer มีความเร็วได้ 99% ของความเร็วที่นอก Boundary Layer

พิจารณารูป ซึ่งเป็นการไหลที่ความเร็วของอากาศที่ผ่านแผ่นเรียบอันหนึ่ง ในที่นี้จะแสดงเฉพาะการไหลที่ส่วนบนของผิวแผ่นเรียบเท่านั้น



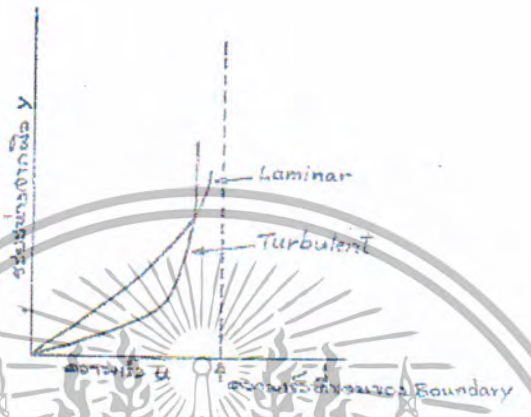
รูปที่ 2-3 Boundary Layer บนปีกเครื่องบิน

รูปที่ 2-4 Boundary Layer บนแผ่นเรียบ

เมื่ออากาศไหลผ่านมากระทบที่ชายหน้าของแผ่นราบก็จะเริ่มเกิด Boundary Layer ที่ขอบหน้าสุดแล้วความหนาจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจะพบอีกอย่างว่า Boundary layer มีได้ 2 รูปแบบคือ Laminar และ Turbulent ลักษณะการไหลเมื่อเกิดเป็น Boundary Layer ที่ตำแหน่งต่างๆลึกเข้าไปตามแนวแผ่นราบเมื่อนับจากชายหน้านั้น อาจเป็น Laminar หรือ Turbulent ย่อมขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของของไหล,ความหนืด,ความเร็วของของไหล,ระยะทางจากชายหน้า เป็นต้น ของไหลอาจลึกเข้าไปในรูป Laminar แล้วยังไม่ทันเกิด Boundary Layer ที่สมบูรณ์อาจเปลี่ยนเป็น Turbulent Boundary Layer ก็ได้ นอกจากนี้แม้จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดเป็น Turbulent Flow เต็มที่แล้วก็ตามก็ยังมี Laminar Sublayer อยู่ในแนวการไหลชั้นยึดติดผิวซึ่งจะเป็นชั้นที่บางมากและสังเกตได้อีกอย่างว่ามีบริเวณรอยต่อระหว่างการไหล Laminar กับการไหลแบบ Turbulent อยู่ซึ่งเรียกว่าเป็น Transition Region เป็นที่ซึ่งการไหลแบบ Laminar จะเริ่มแปรปรวนเปลี่ยนเป็น turbulent ไปในที่สุด



รูปที่ 2-5 Velocity profile

พิจารณารูป 2-5 ซึ่งแสดงความเร็วในการไหลของอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปในขอบเขตของ Boundary Layer ทั้งในกรณีการไหลแบบ laminar และ Turbulent จากรูปจะเห็นว่า U เป็นความเร็วของการไหลขนานไปกับผิวของแผ่นราบที่ระยะห่างจากผิว Y

จากรูป 2-5 จะเห็นว่า Velocity Gredient ที่ใกล้ๆผิวของกรณีการไหลแบบ Turbulent จะสูงกว่าการไหลแบบ Laminar ซึ่งนี้จะเป็นผลให้เกิดแรงเสียดทานที่ผิว (Skin Friction) ของการไหลแบบ Turbulent จะสูงกว่าการไหลแบบ Laminar แม้ว่าจะเป็นการไหลที่อากาศนอกขอบเขต Boundary Layer จะมีความเร็วเท่ากันก็ตาม นี่เป็นเหตุผลอันหนึ่งที่ต้องพยายามในการให้มีการไหลผ่านอากาศยานเป็น Laminar ให้มากที่สุด

2.2.3 ความเร็วของใบพัด ความเร็วของใบพัดเป็นสาเหตุใหญ่ในการเกิดเสียง โดยถ้าเราลดความเร็วของใบพัดลงไปประมาณ 20% แล้วเสียงที่เกิดขึ้นจากใบพัดจะลดลงไปประมาณ 5 dB

2.2.4 Fan load เกิดจาก Load ต่างๆ ที่เกิดขึ้นที่ใบพัดซึ่งไม่สามารถอธิบายได้แต่เราสามารถลดเสียงที่เกิดจาก Load ที่เกิดขึ้นได้โดยการที่เราทำให้ใบพัดมีประสิทธิภาพมากที่สุด

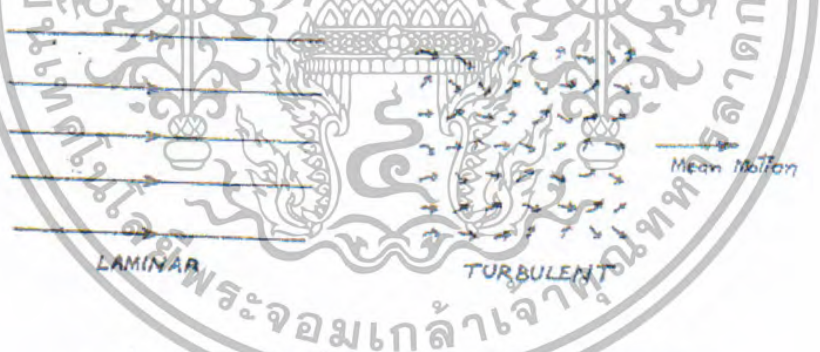
2.2.5 โครงสร้างที่เกิดจากการสั่น เกิดจากการ Unbalance ของชิ้นส่วนต่างๆ, เกิดที่ Bearings, Motor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ชนิดของการไหล

การไหลของอากาศผ่านวัตถุ อาจจะเป็นการไหลแบบ Steady หรือ Unsteady ก็ได้ซึ่งการไหลแบบ Steady นั้น ลักษณะทางกายภาพของอนุภาคเล็กๆ ของอากาศ เช่น ความเร็ว ทิศทางความดัน ฯลฯ จะเปลี่ยนแปลงไปได้เมื่ออนุภาคเคลื่อนที่ผ่านวัตถุ ณ ที่ตำแหน่งต่างๆ แต่ลักษณะทางกายภาพของอนุภาคใหม่ที่เคลื่อนที่มายังตำแหน่งเดิมที่อ้างอิงกับฐานอ้างอิงของวัตถุนั้นจะยังคงเหมือนเดิมกับอนุภาคเก่าที่ผ่านไปแล้วนั้น ยังอยู่ที่ตำแหน่งเดิม ส่วนการไหลแบบ Unsteady จะตรงข้ามกับ Steady กล่าวคือ อนุภาคใหม่มีลักษณะทางกายภาพเปลี่ยนไป เมื่อเคลื่อนมาอยู่ที่ตำแหน่งเดิมที่ที่ซึ่งอนุภาคอันก่อนเคยอยู่ที่ตำแหน่งนั้น

นอกจากนี้ เราอาจจะพิจารณาการไหลออกไปอีกได้ว่า การไหลเป็นการไหลแบบ Laminar หรือ Turbulent ในการไหลแบบ Laminar นั้นของไหลที่ไหลแต่ละชั้นของชั้นบางๆ (Layer) ที่ซึ่งติดกัน ถึงแม้จะมีความเร็วต่างกันเพราะเกิดมี Viscous frictional force ก็ตาม ต่างก็จะไหลอยู่ในชั้นของตัวเอง ไม่มีการไหลเข้าไปผสมในชั้นอื่นๆ ส่วนการไหลแบบ Turbulent จะเป็นการไหลซึ่งอนุภาคเคลื่อนที่อลวนไปในทิศทางต่างๆ กัน โดยอาจจะกระโดดไปไหลในชั้นอื่นๆ กลับไปกลับมา การเคลื่อนที่แบบ Turbulent ที่เรามองเห็นอยู่นั้นเป็นการเคลื่อนที่ของ Mean Motion ของของไหล ให้พิจารณาดูจากรูปซึ่งแสดงการเคลื่อนที่แบบ Laminar และ Turbulent



รูปที่ 2-6 แสดงการเคลื่อนที่แบบ Laminar และ Turbulent

การเคลื่อนที่ของอากาศที่ผ่านวัตถุ จึงอาจแบ่งได้เป็นกรณีต่างๆ กัน ดังนี้คือ

2.2.1 การเคลื่อนที่แบบ Laminar และการไหลเป็นแบบ Steady

2.2.2 การเคลื่อนที่แบบ Laminar แต่การไหลเป็นแบบ Unsteady

2.2.3 การเคลื่อนที่แบบ Turbulent และการไหลเป็น Steady

2.2.4 การเคลื่อนที่แบบ Turbulent แต่การไหลเป็น Unsteady

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 กฎของพัดลม

2.3.1 $(\text{capacity}_2/\text{capacity}_1)=(\text{size}_2/\text{size}_1)^3*(\text{speed}_2/\text{speed}_1)$

2.3.2 $(\text{static pressure}_2/\text{static pressure}_1)=(\text{size}_2/\text{size}_1)^2*(\text{speed}_2/\text{speed}_1)^2$

2.3.3 $(\text{power}_2/\text{power}_1)=(\text{size}_2/\text{size}_1)^5*(\text{speed}_2/\text{speed}_1)^3$

2.3.4 $(\text{capacity}_2/\text{capacity}_1)=(\text{size}_2/\text{size}_1)^2*(\text{pressure}_2/\text{pressure}_1)^{1/2}$

2.3.5 $(\text{speed}_2/\text{speed}_1)=(\text{size}_2/\text{size}_1)*(\text{pressure}_2/\text{pressure}_1)^{1/2}$

2.3.6 $(\text{power}_2/\text{power}_1)=(\text{size}_2/\text{size}_1)^2*(\text{pressure}_2/\text{pressure}_1)^{3/2}$

2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างเสียงที่เกิดขึ้นจากพัดลมกับ Size, Static Pressure, Speed, Capacity

2.4.1 Change in level=$70 \log_{10}(\text{size}_2/\text{size}_1)+50 \log_{10}(\text{speed}_2/\text{speed}_1)$

2.4.2 Change in level=$20 \log_{10})\text{size}_2/\text{size}_1)+25 \log_{10}(\text{pressure}_2/\text{pressure}_1)$

2.4.3 Change in level=$10 \log_{10}(\text{capacity}_2/\text{capacity}_1)+20 \log_{10}(\text{pressure}_2/\text{pressure}_1)$

2.5 การเกิด Separation

รูปที่ 2-7 การเกิด Separation

จากรูป 2-7 จุดที่ 1 และ จุดที่ 2 Velocity Gredient (du/dy) จะมีค่าเป็นบวก และความดันจะค่อยๆ ลดลงไปในทางทิศทางเดียวกันกับของไหล เมื่อมาถึงจุดที่ 3 ความดันจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นและจุดที่ 3 นี้ความเร็วของของไหลจะมีค่ามากที่สุดและจะค่อยๆ ลดลงเรื่อยๆ จนเมื่อมาถึงจุดที่ 4 Velocity Gredient (du/dy) จะมีค่าเป็นศูยน์ การไหลของของไหลที่เกิดขึ้นจะไม่ไหลตามผิวของวัตถุเรียกจุดที่ 4 นี้ว่าจุด Separation เมื่อมาถึงจุดที่ 5 Velocity Gredient (du/dy) จะมีค่าเป็นลบซึ่งจะทำให้เกิดการไหลของอากาศเป็นแบบไหลวน (Wake)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 แนวทางในการลดเสียงที่เกิดจากใบพัดชนิดไหลตามแนวแกน (Axial Flow Fan)

2.6.1 ลดการกีดขวางของอากาศเพื่อทำให้อากาศไหลปั่นป่วนน้อยที่สุด (Turbulent) โดยเฉพาะที่ทางทางเข้าและทางออกของอากาศ

2.6.2 ลดความเร็วของพัดลมและเพิ่มขนาดของใบพัดลม

2.6.3 ลดอุณหภูมิของอากาศ เมื่ออากาศมีอุณหภูมิที่เย็นขึ้นเสียงที่เกิดขึ้นจากพัดลมก็จะลดลงตามไปด้วย

2.6.4 ชิ้นส่วนทุกชิ้นส่วนต้องไม่มีการสั่นและจะต้องหมุนอย่างคงที่

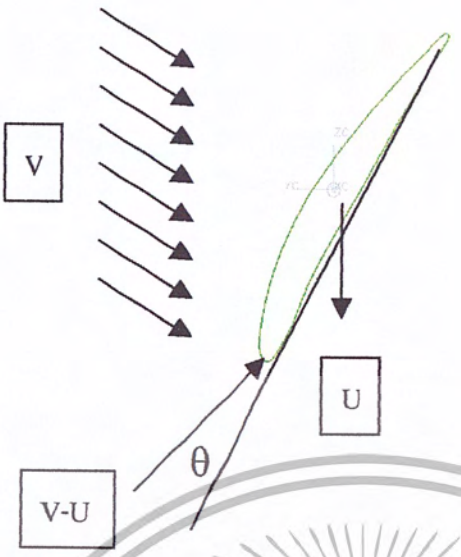
2.6.5 ติด Inlet Guide Vane เพื่อลดการเกิด Separation โดยการติด Guide Vane นั้นจำนวนใบของ Guide Vane ต้องไม่เท่ากับจำนวนใบของใบพัด

2.7 หลักการติด Inlet Guide Vane เพื่อการลดการเกิด Separation

รูปที่ 2-8 การออกแบบ Guide Vane รูปที่ 1

จากรูป 2-8 ถ้ามีความเร็วลมปะทะใบพัด V และความเร็วใบพัด U มุมที่เกิดขึ้นระหว่าง V-U กับเส้นลากผ่านระหว่าง Leading Edge กับ Trailing Edge คือมุม θ การติด Inlet Guide Vane นั้นเราต้องการเปลี่ยนมุมลมที่เข้ามาปะทะใบพัดเพื่อการลดมุม θ ที่เกิดขึ้นและเป็นการลดการเกิด Separation ดังรูป 2-9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-9 การออกแบบ Guide Vane รูปที่ 2

2.8 ระบบของเสียง

Comair Rotron ได้ใช้วิธีทั้งหมด 4 วิธีในการอธิบายระดับของเสียงที่เกิดขึ้นในพัดลม โดยข้อมูลนั้นจะแตกต่างกันแล้วแต่ชนิดของพัดลม

2.8.1 PSIL

2.8.2 dBA

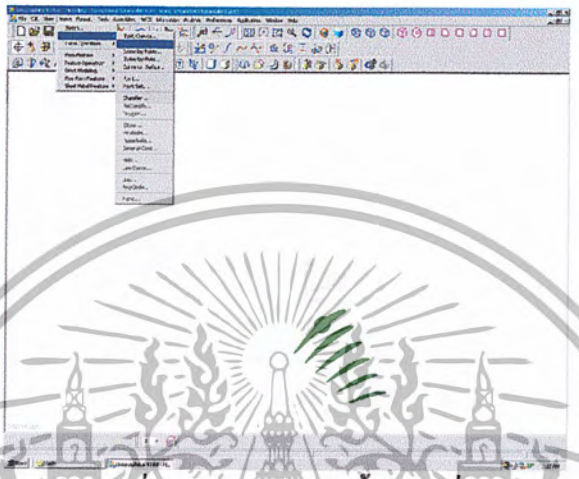
2.8.3 NPEL

2.8.4 Freely Suspended

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

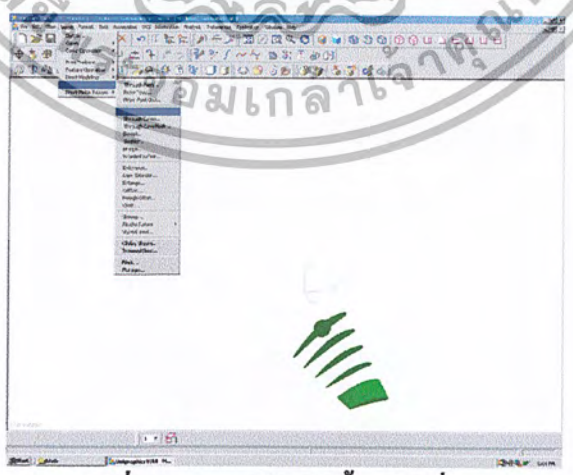
บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 ขั้นตอนการวาดใบพัด



รูปที่ 3-1 การวาดใบพัดขั้นตอนที่ 1

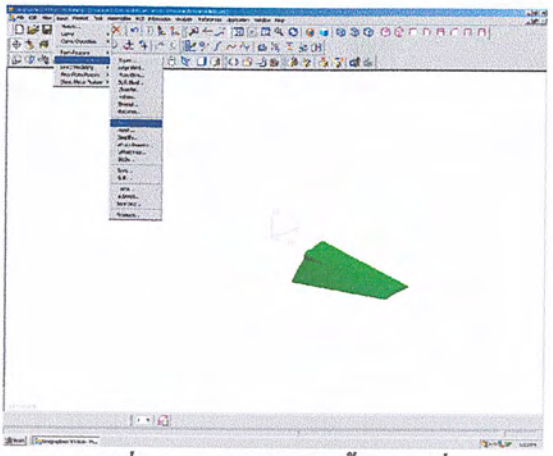
จากรูปที่ 3-1 ขั้นตอนแรกของการวาดใบพัดคือวาดหน้าตัดของใบพัดขึ้นมาโดยพิกัดต่างๆ ที่ได้มานั้นเราได้มาจากเครื่อง CMM (Computer measurement machine) การวาด โค้งโดยโปรแกรม Unigraphics ใช้คำสั่ง Spline โดยเข้าไปที่ Insert → Curve → Spline เนื่องจากการวัดพิกัดใบพัดนั้นไม่สามารถวัด Leading Edge และ Trailing Edge ในโปรแกรม Unigraphics นั้นเราใช้ Close curve ช่วยในการวาด



รูปที่ 3-2 การวาดใบพัดขั้นตอนที่ 2

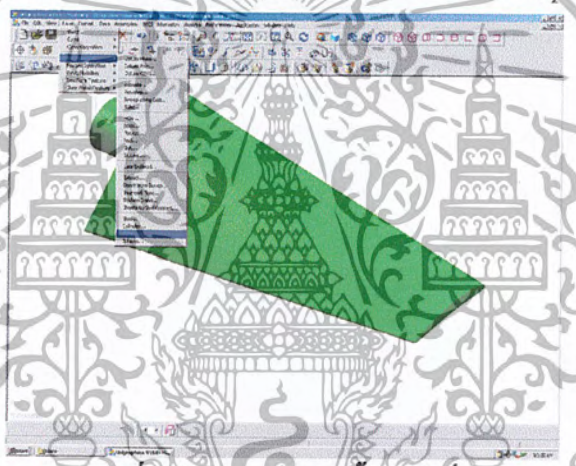
จากรูปที่ 3-2 นั้นเราใช้คำสั่ง Ruled ในการเชื่อมระหว่างหน้าตัดใบพัดแต่ละหน้าตัดโดยเข้าไปที่ Insert → Free Form Feature → Ruled

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



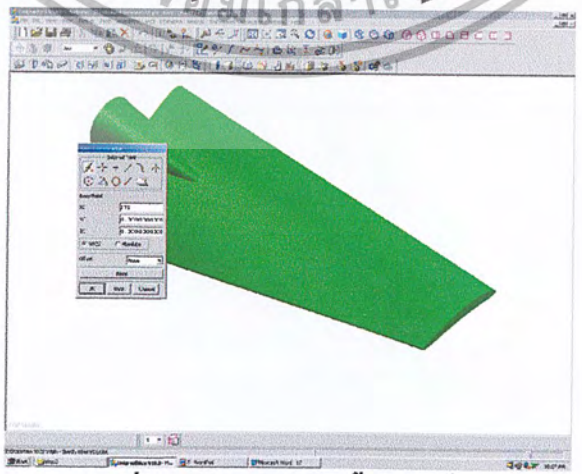
รูปที่ 3-3 การวาดใบพัดขั้นตอนที่ 3

จากรูปที่ 3-3 เนื่องจากการใช้คำสั่ง Ruled ใบพัดที่เราได้นั้นยังเป็น Surface อยู่ เราต้องใช้คำสั่ง Sew ช่วยในการทำ Surface ให้เป็น Solid โดยเข้าไปที่ Insert → Feature Operation → Sew



รูปที่ 3-4 การวาดใบพัดขั้นตอนที่ 4

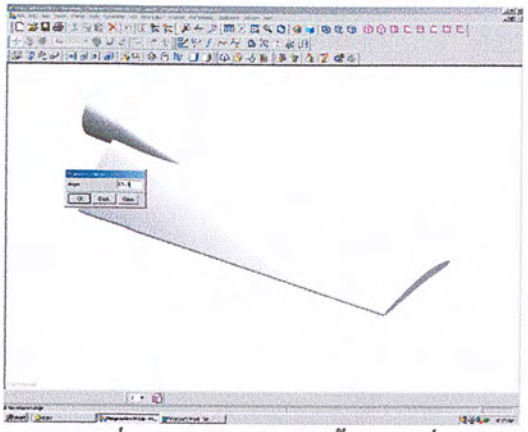
จากรูปที่ 3-4 ในการทำโคนของใบพัดนั้นเราใช้คำสั่ง Cone ในการทำโดยพิกัดและขนาดนั้นเราได้จากเครื่อง CMM โดยเข้าคำสั่งที่ Insert → Form Feature → Cone



รูปที่ 3-5 การวาดใบพัดขั้นตอนที่ 5

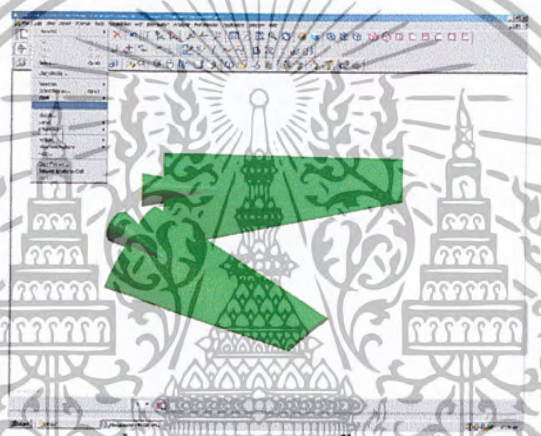
จากรูปที่ 3-5 จุด Origin ไปที่ระยะ 275 mm โดยย้ายแกนด้วยคำสั่ง WCS → Origin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



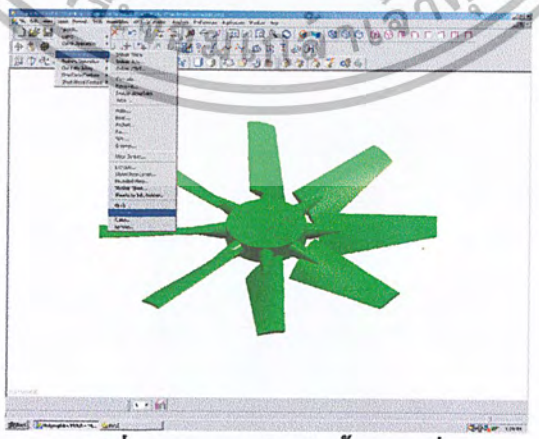
รูปที่ 3-6 การวาดใบพัดขั้นตอนที่ 6

จากรูปที่ 3-6 ทำการเอียงใบพัดที่ระยะ 275 mm โดยเอียงทำมุม 27.5° โดยใช้คำสั่ง Transform โดยเข้าคำสั่ง Edit → Transform



รูปที่ 3-7 การวาดใบพัดขั้นตอนที่ 7

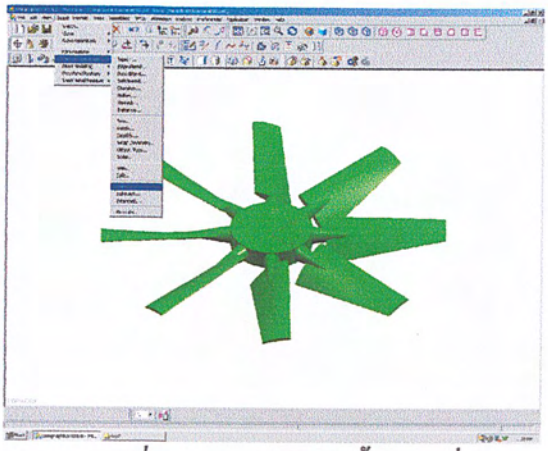
จากรูปที่ 3-7 เลื่อนแกนกลับไปที่จุดศูนย์กลางของใบพัดแล้วทำการ Copy ใบพัดให้ครบ 8 ใบ โดยใช้คำสั่ง Transform โดย Copy ใบพัดให้หมุนไปตามแกน Z โดยแต่ละใบทำมุม 45° โดยใช้คำสั่ง Transform โดยเข้าคำสั่ง Edit → Transform



รูปที่ 3-8 การวาดใบพัดขั้นตอนที่ 8

จากรูปที่ 3-8 ทำ Hub ของใบพัดโดยใช้คำสั่ง Cylinder โดยเข้าคำสั่งที่ Insert → Form Feature → Cylinder

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

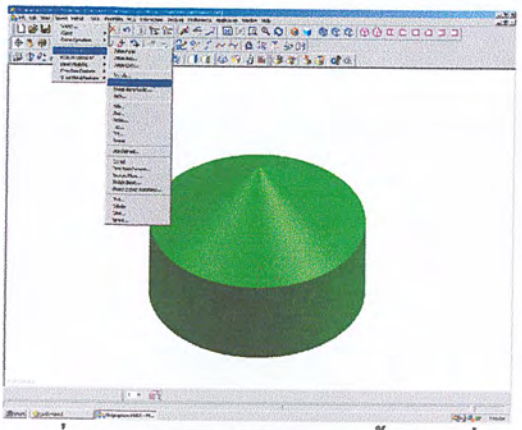


รูปที่ 3-9 การวาดใบพัดขั้นตอนที่ 9

จากรูปที่ 3-9 ทำการรวมใบพัดให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยคำสั่ง Unite โดยเข้าคำสั่งที่ Insert → Feature Operation → Unite ก็จะได้ใบพัดที่สมบูรณ์

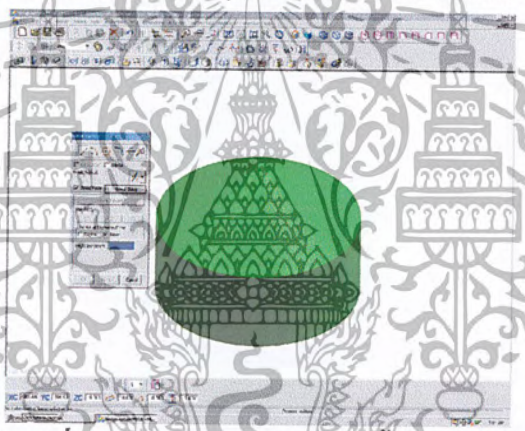
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ขั้นตอนการวาด Guide Vane



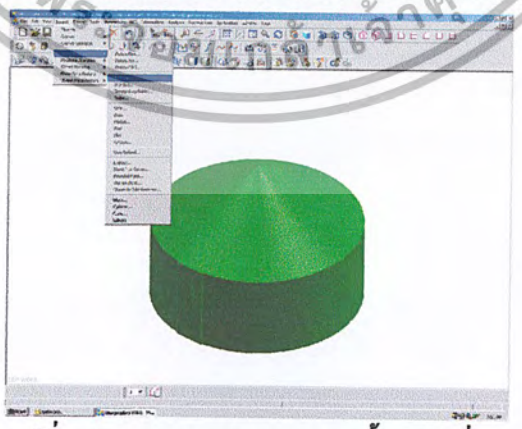
รูปที่ 3-10 การวาด Guide Vane ขั้นตอนที่ 1

จากรูป 3-10 เขียนส่วนกลางของ Guide Vane โดยใช้คำ Basic Curves ในการสร้างเส้นโดยเข้าคำสั่งที่ Insert → Basic Curves และใช้คำสั่ง Revolve ในการทำเส้นให้เป็น Solid โดยเข้าคำสั่งที่ Insert→ Form Feature → Revolve ขนาดต่างๆ ของ Guide Vane นั้นจะเอาไปทำจริงในการทดลอง



รูปที่ 3-11 การวาด Guide Vane ขั้นตอนที่ 2

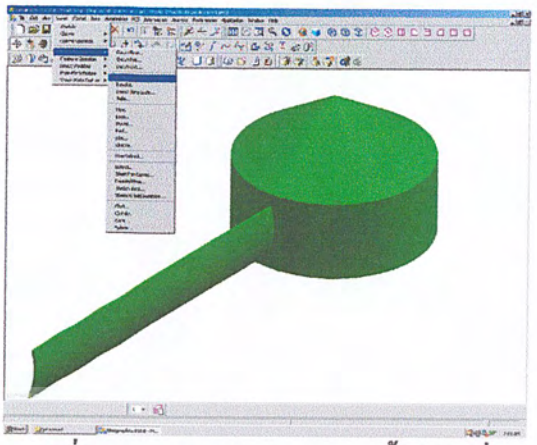
จากรูป 3-11 เริ่มวาดส่วนใบของ Guide Vane ขึ้นมาโดยใช้คำสั่ง Basic Curves ในการสร้างเส้น



รูปที่ 3-12 การวาด Guide Vane ขั้นตอนที่ 3

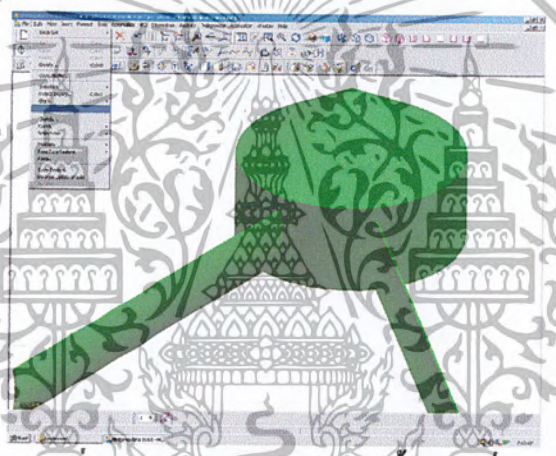
จากรูป 3-12 ทำการ Extrude เส้นที่วาดขึ้นมาเพื่อทำเส้นให้เป็น Solid เข้าคำสั่งที่ Insert → Form Feature → Extrude

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-13 การวาด Guide Vane ขั้นตอนที่ 4

จากรูป 3-13 ทำการ Extrude เส้นที่วาดขึ้นมาเพื่อทำเส้นให้เป็น Solid เข้าคำสั่งที่ Insert → Form Feature → Extrude

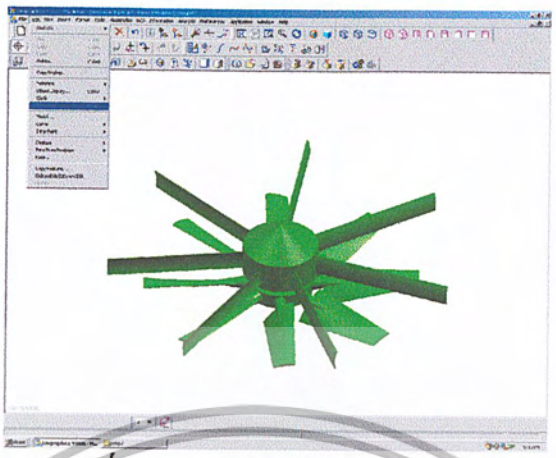


รูปที่ 3-14 การวาด Guide Vane ขั้นตอนที่ 5

จากรูป 3-14 ทำการ Copy ใบพัดให้ครบ 7 ใบ โดยใช้คำสั่ง Transform โดย Copy ใบพัดให้หมุนไปตามแกน Z

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

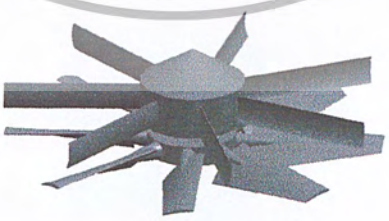
3.3 การทำโดเมนใบพัด



รูปที่ 3-15 รวมใบพัดกับ Guide Vane

จากรูป 3-15 ทำการรวมใบพัดเข้ากับ Guide Vane โดยใช้คำสั่ง Transform ในการนำใบพัดเข้า

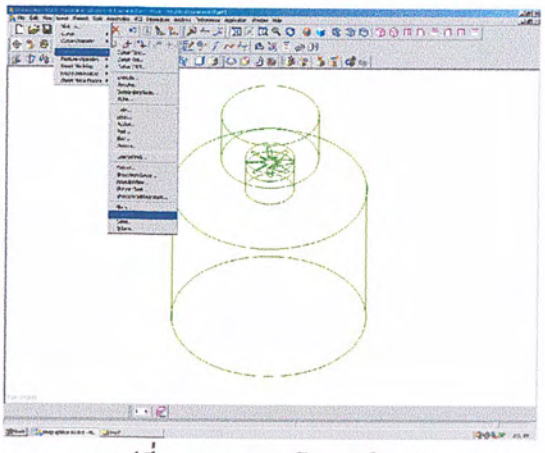
รูปที่ 3-16 Guide Vane แบบที่ 1



รูปที่ 3-17 Guide Vane แบบที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 3-18 การทำโดเมนใบพัด

จากรูป 3-18 ในการสร้างโดเมนของใบพัดนั้นเราใช้คำสั่ง Cylinder ในการสร้างและใช้คำสั่ง Subtract ในการลบใบพัดออกจาก Cylinder โดยเข้าคำสั่งที่ Insert → Feature Operation → Subtract

รูปที่ 3-19 การทำโดเมน Guide Vane

จากรูป 3-19 ในการสร้างโดเมนของใบพัด รวมกับ Guide Vane นั้นเราใช้คำสั่ง Cylinder ในการสร้างและใช้คำสั่ง Subtract ในการลบใบพัดออกจาก Cylinder โดยเข้าคำสั่งที่ Insert → Feature Operation → Subtract

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

50157

3.4 โปรแกรม GAMBIT

โปรมแกรม GAMBIT เป็นโปรมแกรมสำเร็จรูปสำหรับใช้ในสร้าง Geometry และตี Mesh เพื่อที่จะใช้ในการ Simulation ในโปรมแกรมทาง CFD ต่อไป โดยสามารถตี Mesh โดยการกำหนดเองและแบบ Auto ก็ได้

3.4.1 ระบบ Mouse ในโปรแกรม Gambit ระบบ Mouse ในโปรมแกรม Gambit แนะนำให้ใช้ Three Button Mouse เพราะว่าจะสามารถใช้ได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

	Left	Middle	Right
Drag	X-Y Rotation	Translation	Zoom/Z-Rotation
Shift + Click	Pick (Select)	Next	Accept/Next Pick
Double + Click		Previous View	Save View To Journal
Ctrl	Drag Zoom	Stretch Zoom	Click Points To Grid

3.4.2 การสร้าง Geometry

3.4.2.1 Vertex จุด

3.4.2.2 Edge เป็นการสร้าง Curve ที่เกิดจากจุดอย่างน้อย 2 จุด

3.4.2.3 Face เป็นพื้นผิว (ไม่จำเป็นต้องเป็นแผ่นแบนราบ) เกิดจากขอบเขตอย่างน้อย 1 ขอบเขต

3.4.2.4 Volume เป็น Solid ที่เกิดจากการรวม Face

3.4.3 การแสดงสีในโปรแกรม Gambit

3.4.3.1 Vertex สีขาว

3.4.3.2 Edge สีเหลือง

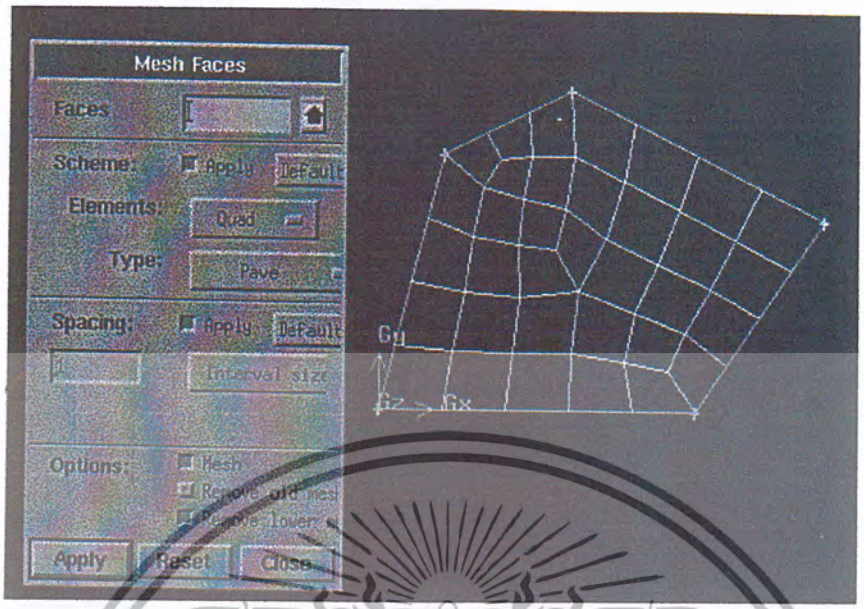
3.4.3.3 Face สีน้ำเงิน

3.4.3.4 Volume สีเขียว

3.4.4 Face Meshes Face Meshs ในโปรแกรม Gambit มีอยู่ 3 แบบคือ

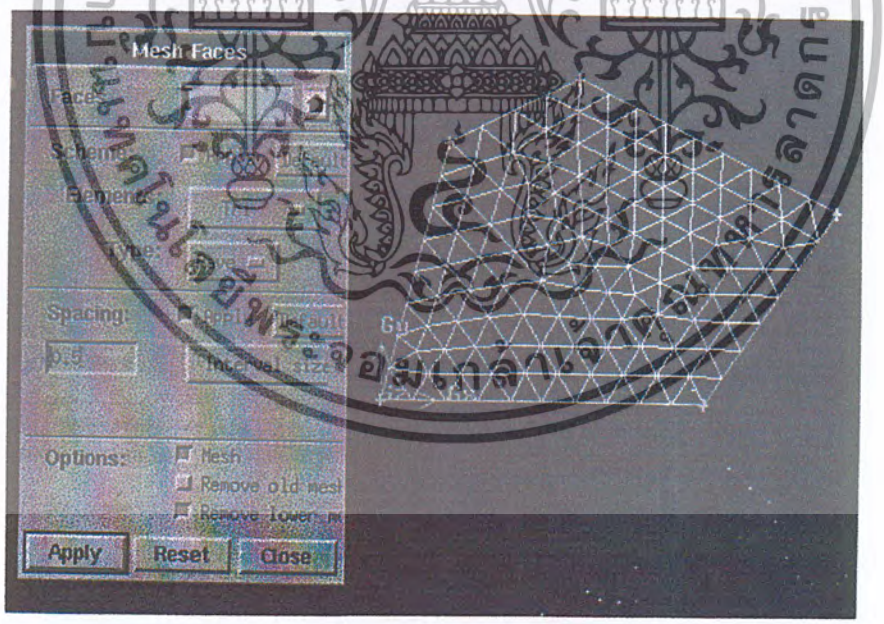
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4.1 Quad Mesh เป็น Mesh รูปสี่เหลี่ยม



รูปที่ 3-20 ตัวอย่าง Quad Mesh

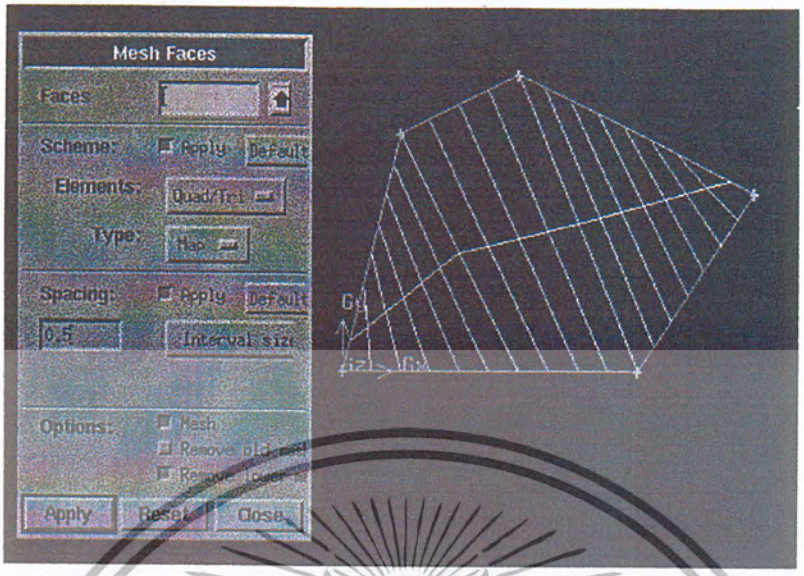
3.4.4.2 Tri Mesh เป็น Mesh รูปสามเหลี่ยม



รูปที่ 3-21 ตัวอย่าง Tri Mesh

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4.3 Quad/Tri Mesh รูปสี่เหลี่ยมผสมกับสามเหลี่ยม



รูปที่ 3-22 ตัวอย่าง Quad/Tri Mesh

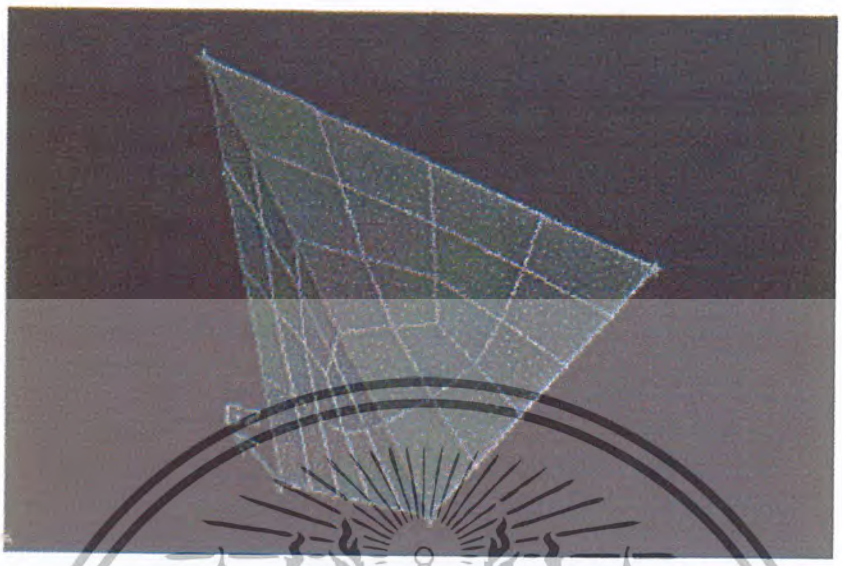
3.4.5 Volume Meshing Volume Meshing ในโปรแกรม Gambit มีอยู่ 2 แบบคือ

3.4.5.1 Hex เป็น Mesh ชนิดสี่เหลี่ยมเท่านั้น

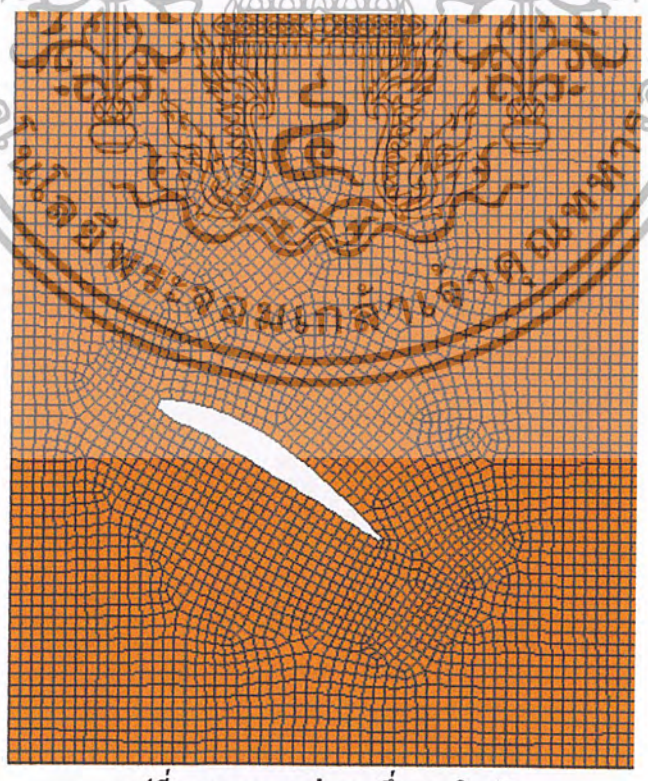
รูปที่ 3-23 ตัวอย่าง Hex Mesh

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.5.2 Tet/Hybrid เป็น Mesh ชนิดสามเหลี่ยมแต่สามารถรวม Mesh สี่เหลี่ยม, Pyramidal ได้ด้วย

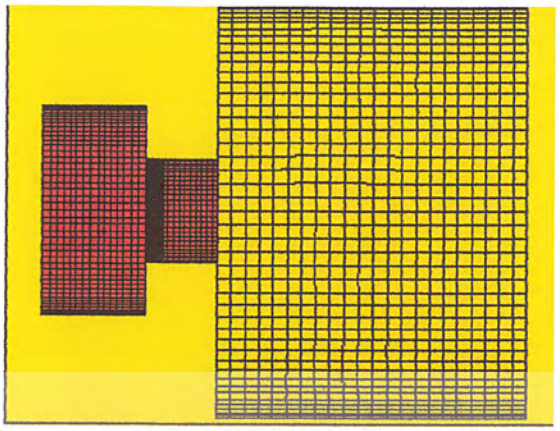


รูปที่ 3-24 ตัวอย่าง Tet/Hybrid Mesh

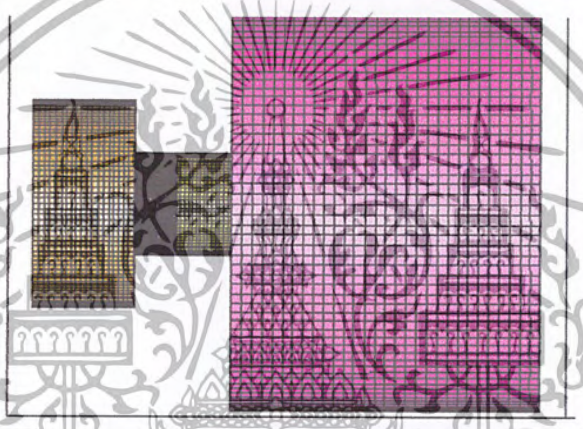


รูปที่ 3-25 Mesh ส่วนหนึ่งของใบพัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



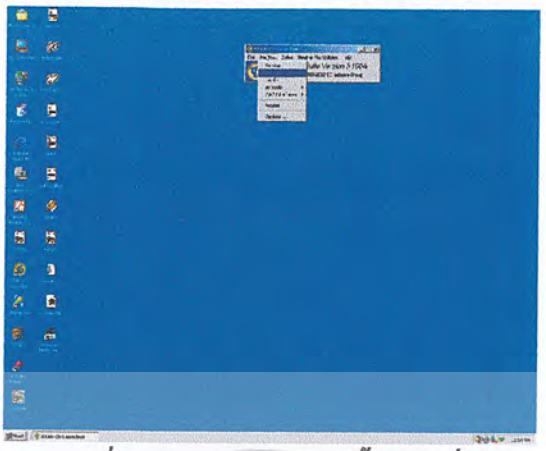
รูปที่ 3-26 Mesh และ โดเมนของใบพัด



รูปที่ 3-27 Mesh และ โดเมนของใบพัดรวมกับ Guide Vane

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ขั้นตอนการใช้โปรแกรม Star-Cd กับหลักการออกแบบ Guide Vane

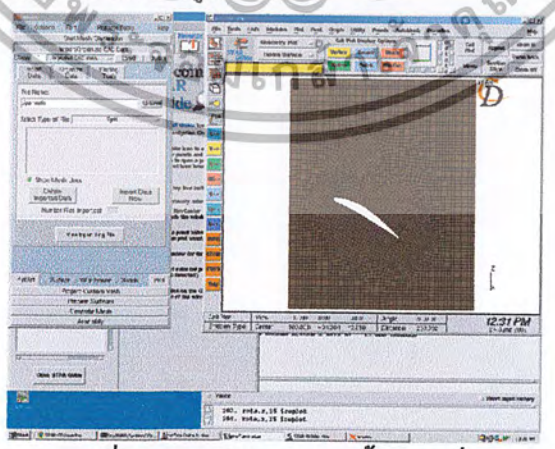


รูปที่ 3-28 การใช้ Star-Cd ขั้นตอนที่ 1

จากรูป 3-28 ขั้นตอนแรกของการใช้โปรแกรม Star-Cd เข้าไปที่ Pro-am เพื่อนำไฟล์เข้าสู่โปรแกรม Star-Cd โดยเข้าคำสั่งที่ Pre/Post → Pro-am

รูปที่ 3-29 การใช้ Star-Cd ขั้นตอนที่ 2

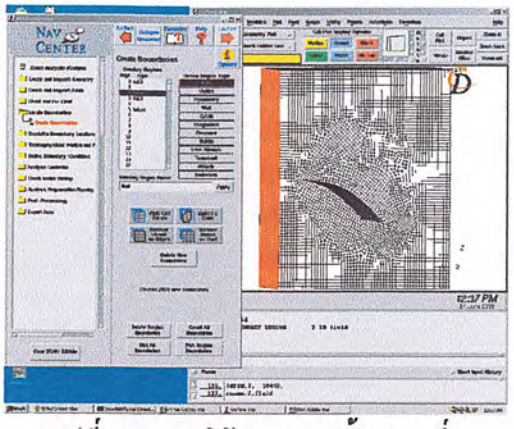
จากรูป 3-29 คลิก Continue เพื่อเข้าสู่โปรแกรม



รูปที่ 3-30 การใช้ Star-Cd ขั้นตอนที่ 3

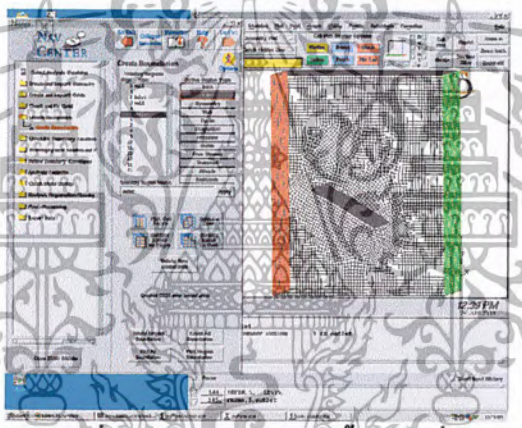
จากรูป 3-30 การนำไฟล์เข้านั้นเข้าคำสั่งที่ AutoMesh → Pro-am เลือกไฟล์ที่จะนำเข้าไปในโปรแกรมแล้วคลิกที่ Import Data Now

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



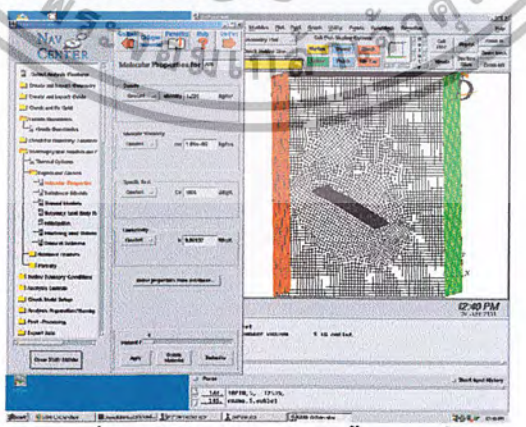
รูปที่ 3-31 การใช้ Star-Cd ขั้นตอนที่ 4

จากรูป 3-31 ทำการกำหนด Boundary โดยเข้าคำสั่งที่ Locate Boundaries → Create Boundaries ทำการเลือกทางเข้าของอากาศโดยเลือก Inlet และทำการเลือกเซลล์ที่เป็นทางเข้าของอากาศ โดยการเลือกเซลล์มีด้วยกัน 4 แบบคือ Pick Cell Faces, Select a Zone, Surface Based On Edge, Surface Based On Vset



รูปที่ 3-32การใช้ Star-Cd ขั้นตอนที่ 5

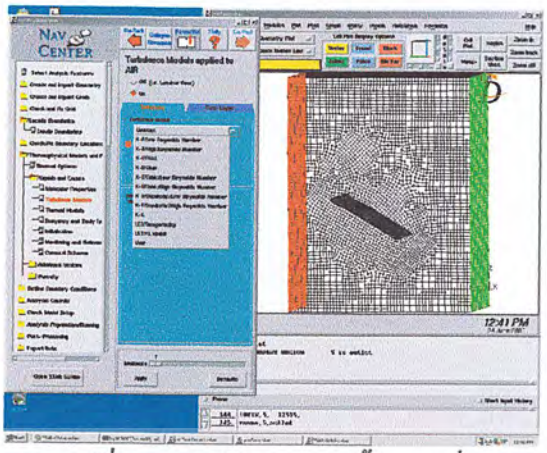
จากรูป 3-32 ทำการเลือกทางออกของอากาศ



รูปที่ 3-33 การใช้ Star-Cd ขั้นตอนที่ 6

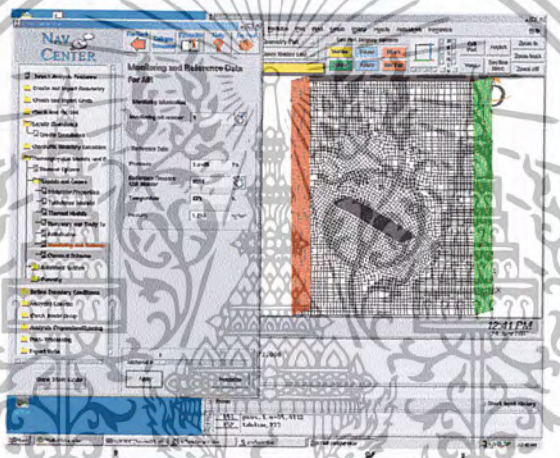
จากรูป 3-33 ทำการเลือกคุณสมบัติต่างๆ ของของไหลโดยเข้าคำสั่งที่ Thermophysical Models and Properties → Molecular Properties

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



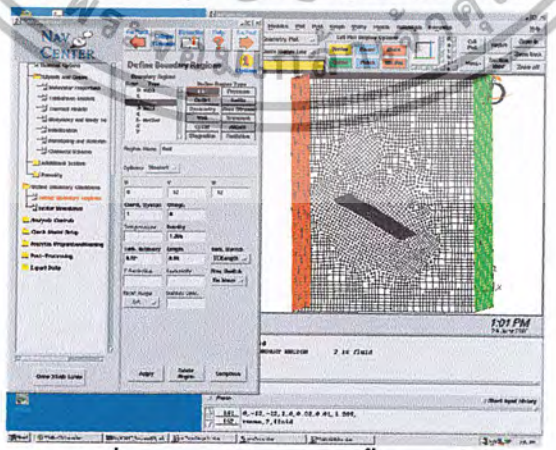
รูปที่ 3-34 การใช้ Star-Cd ขั้นตอนที่ 7

จากรูป 3-34 ทำการเลือก Turbulence Models โดยเข้าคำสั่งที่ Thermophysical Models and Properties → Turbulence Models



รูปที่ 3-35 การใช้ Star-Cd ขั้นตอนที่ 8

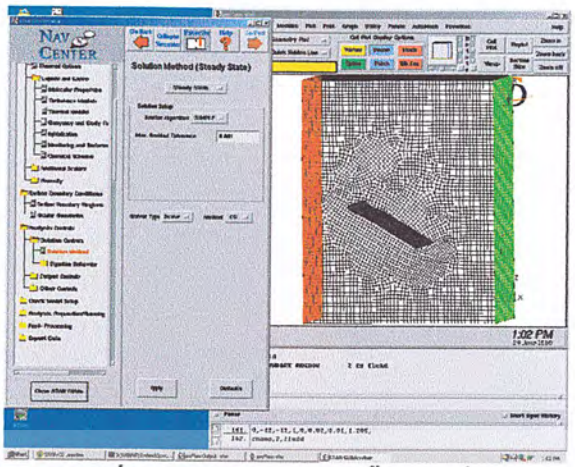
จากรูป 3-35 ทำการเลือก Monitoring and Reference Data for Air โดยเข้าคำสั่งที่ Thermophysical Models and Properties → Monitoring and Reference Data for Air



รูปที่ 3-36 การใช้ Star-Cd ขั้นตอนที่ 9

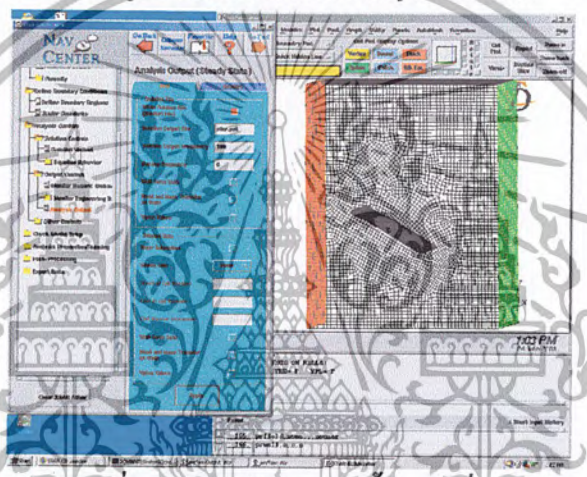
จากรูป 3-36 ทำการกำหนดสถานะของ Boundary โดยเข้าไปคำสั่งที่ Define Boundary Conditions → Define Boundary Regions

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



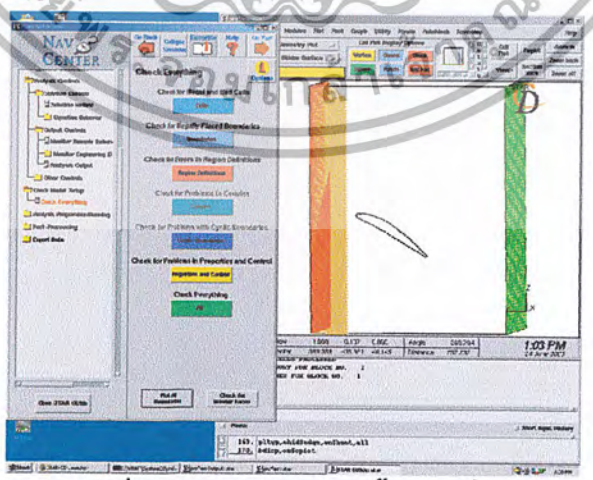
รูปที่ 3-37 การใช้ Star-Cd ขั้นตอนที่ 10

จากรูป 3-37 วิธีการแก้ไขปัญหา โดยเข้าคำสั่งที่ Analysis Control → Solution Method



รูปที่ 3-38 การใช้ Star-Cd ขั้นตอนที่ 11

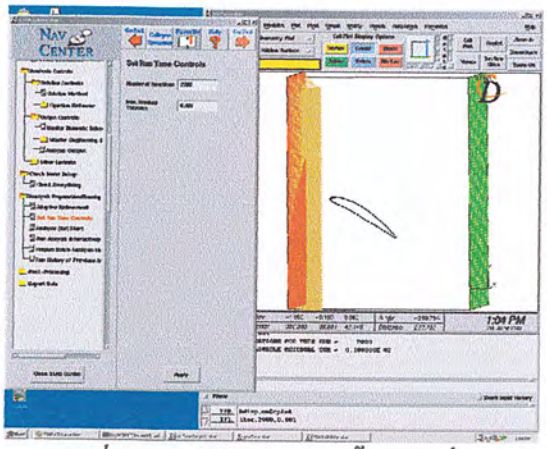
จากรูป 3-38 ทำการเลือกว่าจะให้เซฟเมื่อทำทุกๆกี่ครั้ง และเซฟลงที่ใดโดยเข้าคำสั่งที่ Output Controls → Analysis Output



รูปที่ 3-39 การใช้ Star-Cd ขั้นตอนที่ 12

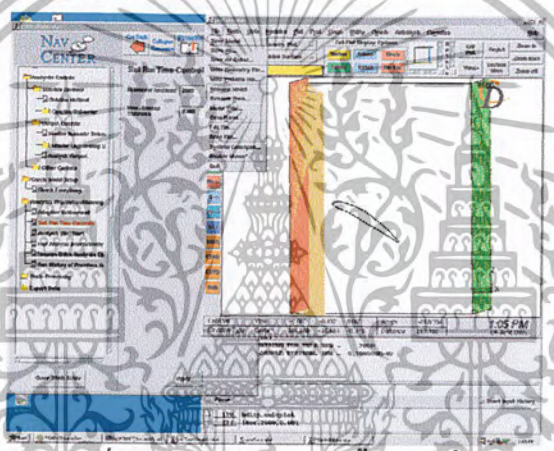
จากรูป 3-39 ทำการสอบว่ามี Error ไหมโดยเข้าคำสั่งที่ Check Model Setup → Check Everying

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



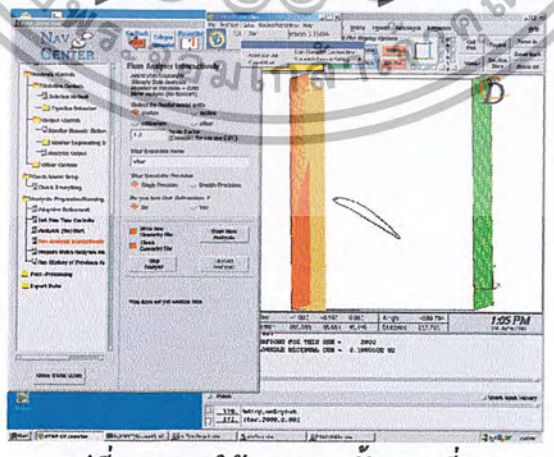
รูปที่ 3-40 การใช้ Star-Cd ขั้นตอนที่ 13

จากรูป 3-40 ทำการกำหนดว่าจะให้แก้ปัญหากี่ครั้ง โดยเข้าคำสั่งที่ Analysis Prepasation / Running → Set Run time Controls



รูปที่ 3-41 การใช้ Star-Cd ขั้นตอนที่ 14

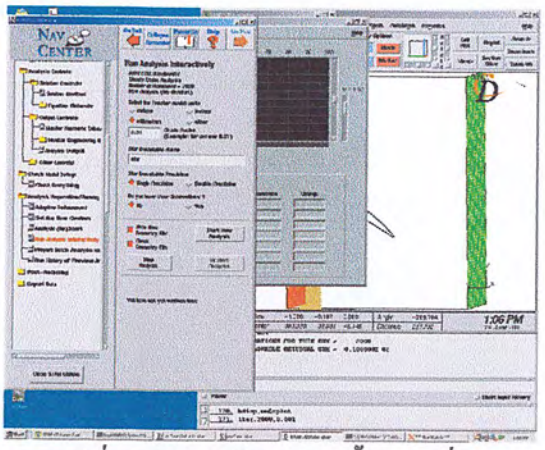
จากรูป 3-41 ทำการเซฟข้อมูลที่ได้ใส่ลงไป โดยเข้าไปที่ File → Save model และดู Error ต่างๆที่เกิดขึ้น โดยเข้าคำสั่งที่ File → Write Geometry File → Write Problem File



รูปที่ 3-42 การใช้ Star-Cd ขั้นตอนที่ 15

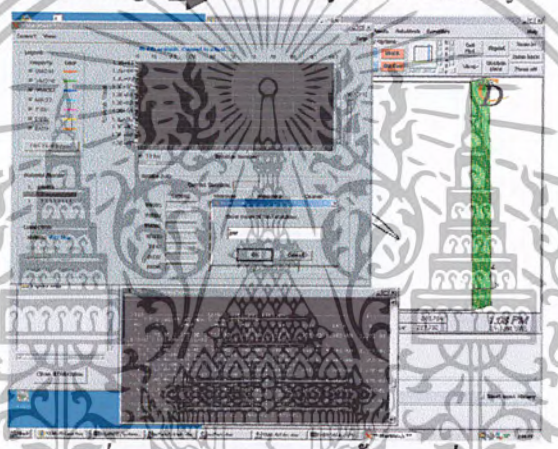
จากรูป 3-42 ทำการเปิด Starwatch เพื่อดูการเคลื่อนไหวของการแก้ปัญหา โดยเข้าไปที่ Solve → Starwatch → Run Starwatch

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



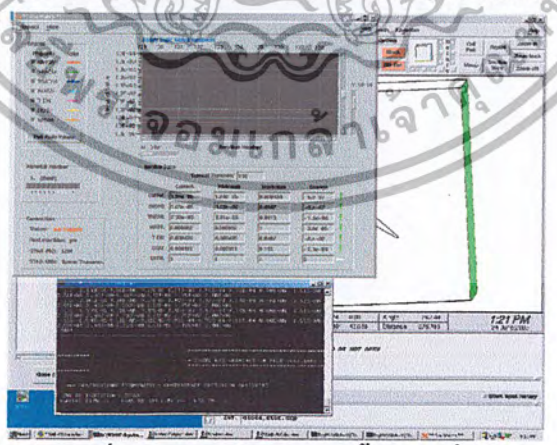
รูปที่ 3-43 การใช้ Star-Cd ขั้นตอนที่ 16

จากรูป 3-43 ทำการเริ่มการแก้ปัญหา โดยเลือกหน่วยว่าหน่วย Meters หรือ Millimeters โดยเข้าคำสั่งที่ Analysis Prepasation / Running → Run Analysis Interactively



รูปที่ 3-44 การใช้ Star-Cd ขั้นตอนที่ 17

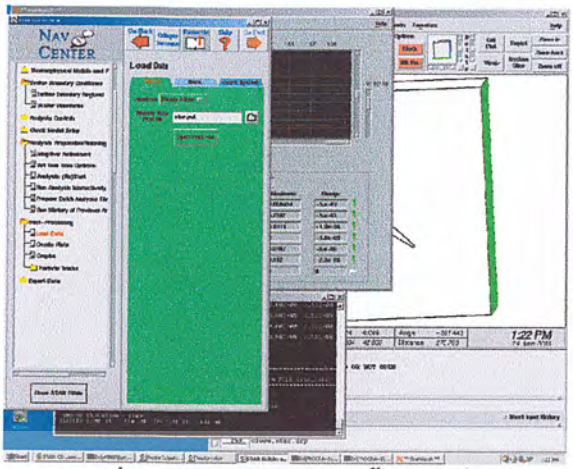
จากรูป 3-44 ทำการเริ่มเปิด Starwatch โดยเลือกที่ Starwatch และคลิกที่ Connect



รูปที่ 3-45 การใช้ Star-Cd ขั้นตอนที่ 18

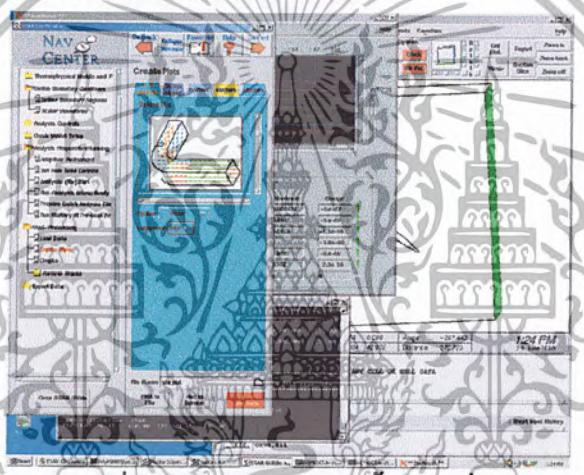
จากรูป 3-45 เมื่อเสร็จโปรแกรมจะบอกว่า Convergence หรือ Divergence

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



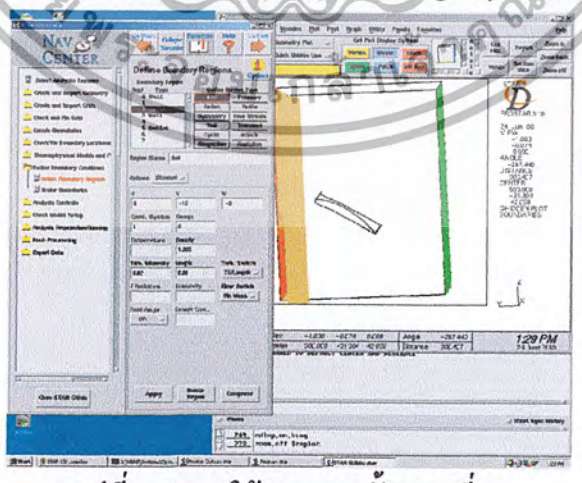
รูปที่ 3-46 การใช้ Star-Cd ขั้นตอนที่ 19

จากรูป 3-46 ทำการโหลดข้อมูลที่ Solve เสร็จแล้วโดยเข้าคำสั่งที่ Post-Processing → Load Data คลิกที่ Open Post File และทำการเลือกสิ่งที่จะ Plots



รูปที่ 3-47 การใช้ Star-Cd ขั้นตอนที่ 20

จากรูป 3-47 ทำการ Plots โดยเข้าคำสั่งที่ Post-Processing → Creates Plots

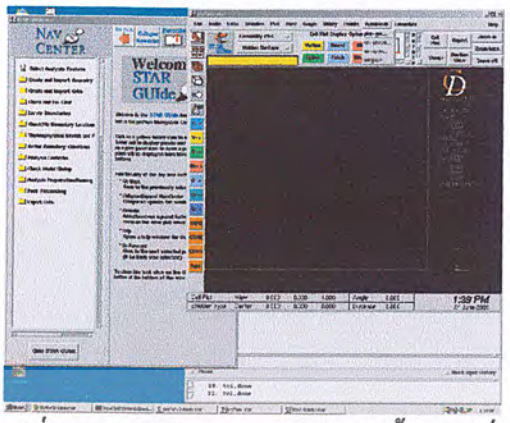


รูปที่ 3-48 การใช้ Star-Cd ขั้นตอนที่ 21

จากรูป 3-48 ในการทำการ Simulation ทฤษฎี Guide Vane นั้นเราแค่เปลี่ยนความเร็วลมเข้าของอากาศเท่านั้น

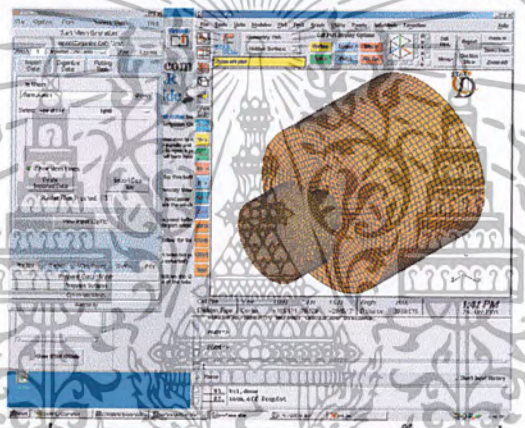
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 ขั้นตอนการใช้โปรแกรม Star-Cd กับใบพัด



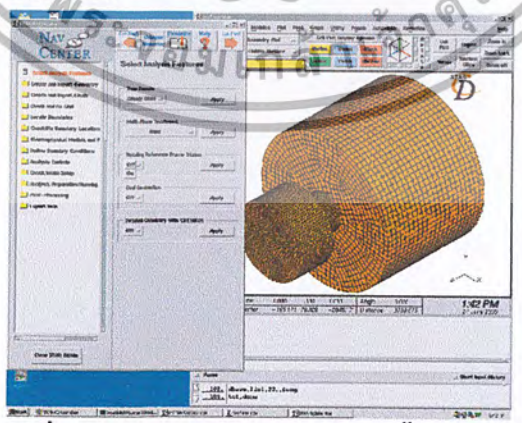
รูปที่ 3-49 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 1

จากรูป 3-49 ขั้นตอนแรกของการใช้โปรแกรม Star-Cd เข้าไปที่ Pro-am เพื่อนำไฟล์เข้าสู่โปรแกรม Star-Cd โดยเข้าคำสั่งที่ Pre/Post → Pro-am และคลิก Continue เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 3-50 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 2

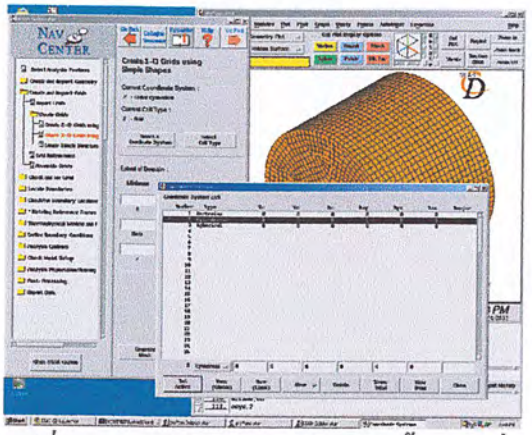
จากรูป 3-50 การนำไฟล์เข้านั้นเข้าคำสั่งที่ AutoMesh → Pro-am เลือกไฟล์ที่จะนำเข้าไปในโปรแกรมแล้วคลิกที่ Import Data Now



รูปที่ 3-51 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 3

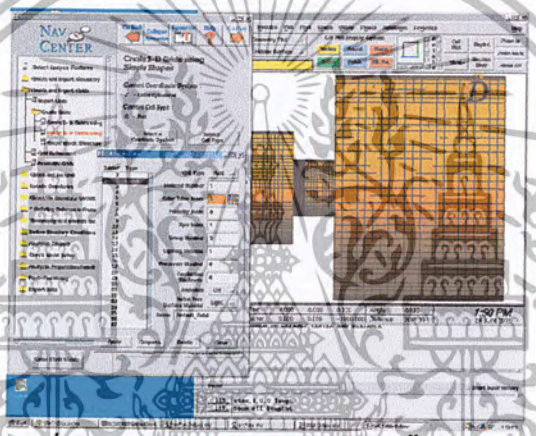
จากรูป 3-51 ทำการเปิด Rotating Referance Frame โดยเข้าคำสั่งที่ Select Analysis Feature → Rotating Referance Frame

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



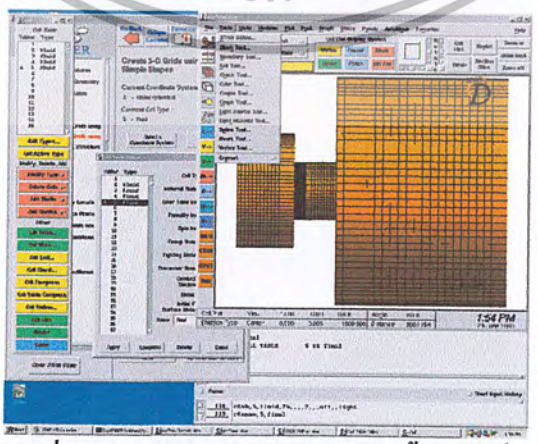
รูปที่ 3-52 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 4

จากรูป 3-52 ทำการเลือกแกนในการทำงาน โดยเข้าคำสั่งที่ Create and Import Grids → Create 3-D Grids Using → Select a Coordinate System



รูปที่ 3-53 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 5

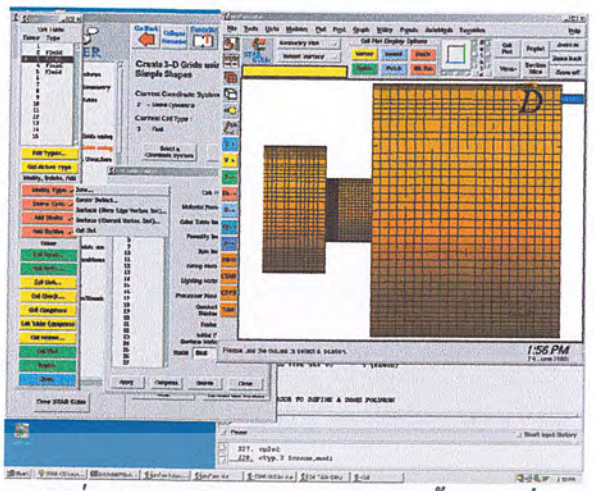
จากรูป 3-53 ทำการแบ่งชนิด Cells ให้การทำงานโดยแบ่งเท่ากับจำนวนที่เราใช้ขนาด Mesh ไม่เท่ากัน โดยเราแบ่งชนิดของ Cells เพื่อต้องการจะใช้ Couple ในการเชื่อมต่อเซลล์ที่ mesh ขนาดไม่เท่ากัน โดยเข้าคำสั่งแบ่งชนิดของเซลล์ที่ Create and Import Grids → Create 3-D Grids Using → Select Cell Type



รูปที่ 3-54 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 6

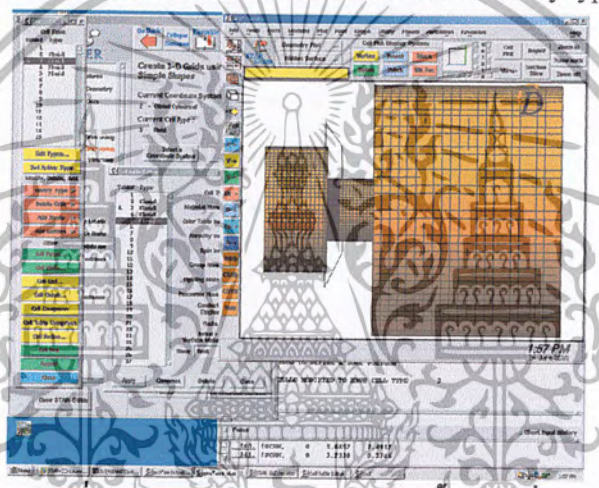
จากรูป 3-54 ทำการเลือก Cells ที่เราต้องการแบ่งโดยเข้าคำสั่งที่ Tools → Cell Tool

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



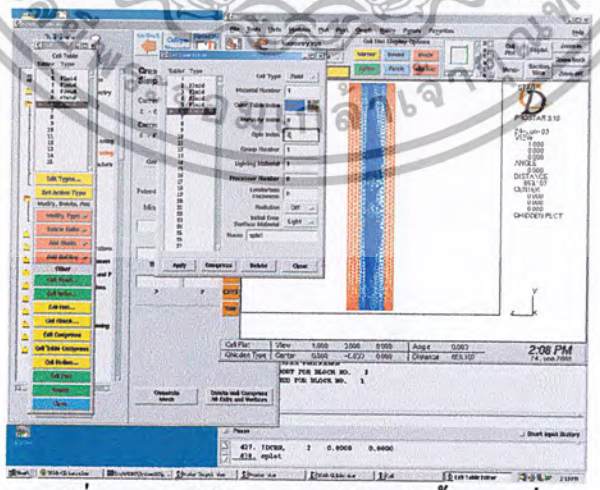
รูปที่ 3-55 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 7

จากรูป 3-55 ทำการเลือก Zone ที่เราต้องการ โดยเข้าคำสั่งที่ Modify type → Zone



รูปที่ 3-56 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 8

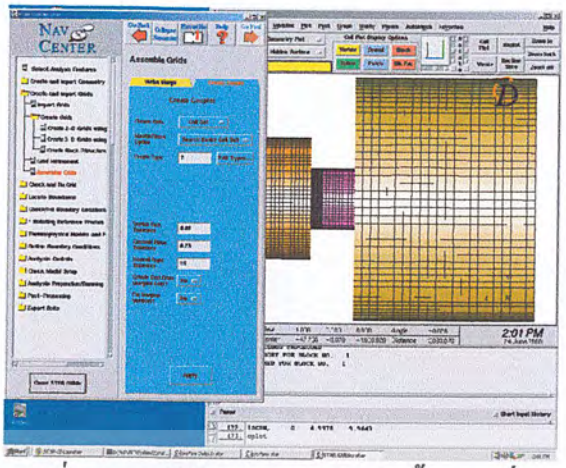
จากรูป 3-56 ทำการเลือกโซนที่เราต้องการ โดยการครอบเซลล์ที่เราต้องการ



รูปที่ 3-57 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 9

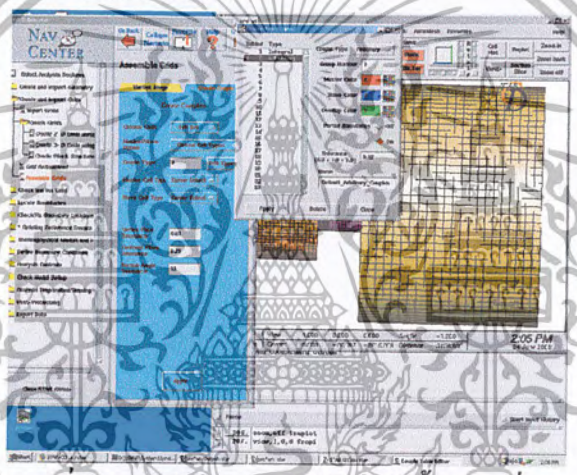
จากรูป 3-57 ตรงใบพัดเราทำการแบ่งตรงใบพัดเป็นเซลล์อีกชนิดหนึ่ง และทำการเลือก Spin Index เป็น 2 เพื่อที่เราจะ Spin Index เบอร์ 2 เป็นการหมุนที่มีความเร็วรอบที่เราต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



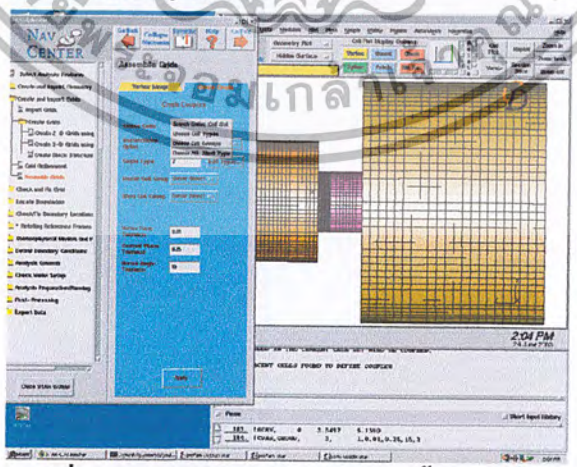
รูปที่ 3-58 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 10

จากรูป 3-58 ใช้คำสั่ง Assemble Grids ในการ Matching เซลล์ที่มีขนาดไม่เท่ากันโดยเข้าคำสั่งที่ Create and Import Grids → Assemble Grids



รูปที่ 3-59 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 11

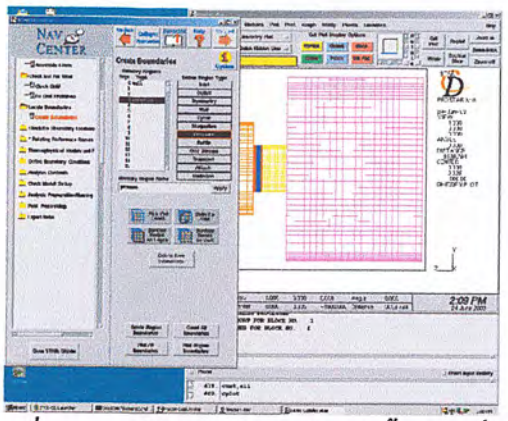
จากรูป 3-59 ทำการเปิด Arbitrary เป็น On



รูปที่ 3-60 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 12

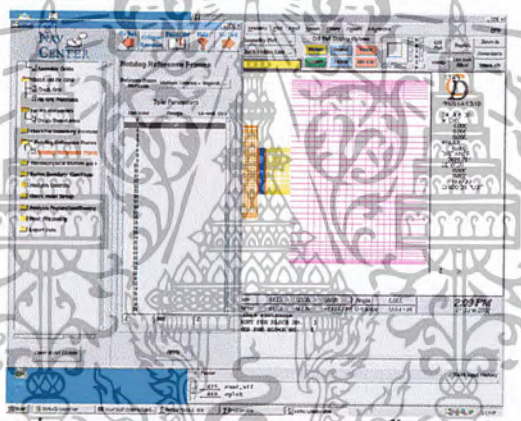
จากรูป 3-60 ทำการเลือกเซลล์ที่ต้องการให้เป็น Master หรือ Slave

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



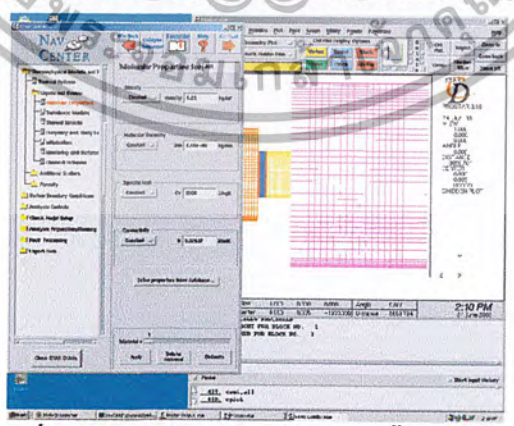
รูปที่ 3-61 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 13

จากรูป 3-61 ทำการกำหนด Boundary โดยเข้าคำสั่งที่ Locate Boundaries → Create Boundaries ทำการเลือกทางเข้าของอากาศโดยเลือก Inlet และทำการเลือกเซลล์ที่เป็นทางเข้าของอากาศโดยการเลือกเซลล์มีด้วยกัน 4 แบบคือ Pick Cell Faces, Select a Zone, Surface Based On Edge, Surface Based On Vset



รูปที่ 3-62 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 14

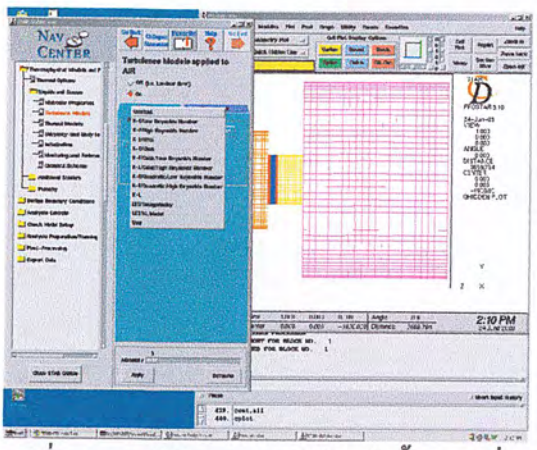
จากรูป 3-62 ทำการเลือกความเร็วรอบของใบพัด โดยเข้าคำสั่งที่ Rotating Reference Frames



รูปที่ 3-63 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 15

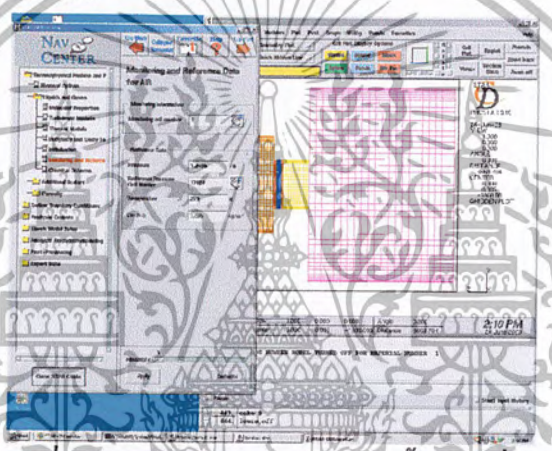
จากรูป 3-63 ทำการเลือกคุณสมบัติต่างๆ ของของไหลโดยเข้าคำสั่งที่ Thermophysical Models and Properties → Molecular Properties

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



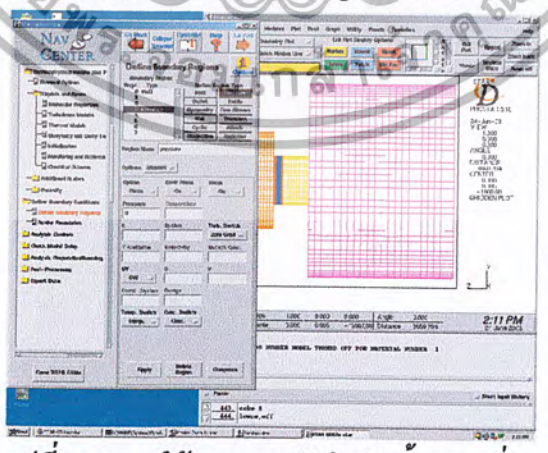
รูปที่ 3-64 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 16

จากรูป 3-64 ทำการเลือก Turbulence Models โดยเข้าคำสั่งที่ Thermophysical Models and Properties → Turbulence Models



รูปที่ 3-65 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 17

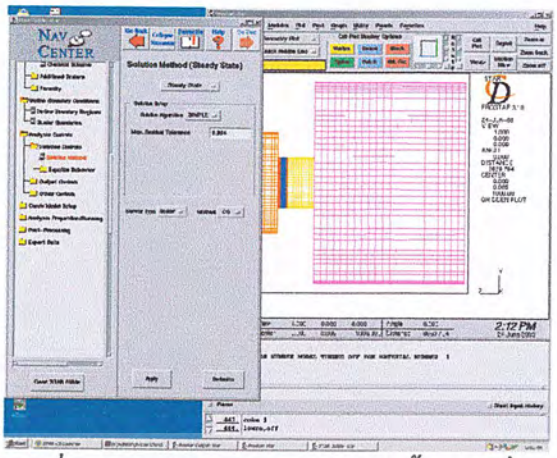
จากรูป 3-65 ทำการเลือก Monitoring and Reference Data for Air โดยเข้าคำสั่งที่ Thermophysical Models and Properties → Monitoring and Reference Data for Air



รูปที่ 3-66 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 18

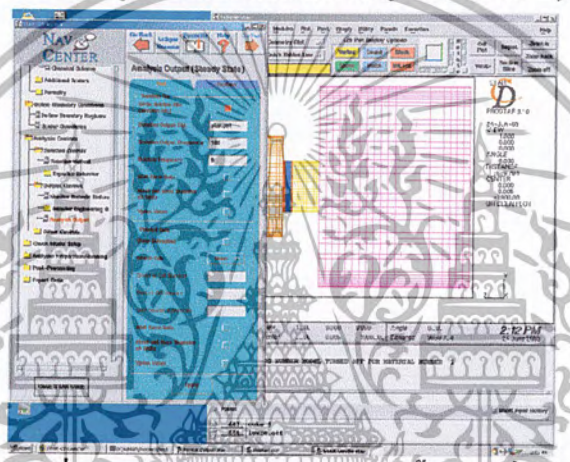
จากรูป 3-66 ทำการกำหนดสถานะของ Boundary โดยเข้าไปคำสั่งที่ Define Boundary Conditions → Define Boundary Regions

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



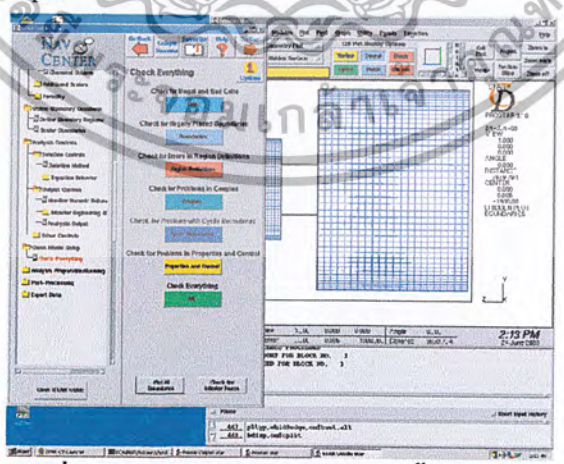
รูปที่ 3-67 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 19

จากรูป 3-67 วิธีการแก้ไขปัญหา โดยเข้าคำสั่งที่ Analysis Control → Solution Method



รูปที่ 3-68 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 20

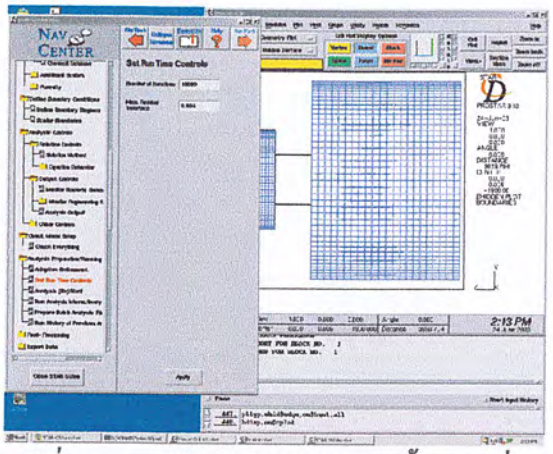
จากรูป 3-68 ทำการเลือกว่าจะให้เซฟเมื่อทำทุกๆกี่ครั้ง และเซฟลงที่ใดโดยเข้าคำสั่งที่ Output Controls → Analysis Output



รูปที่ 3-69 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 21

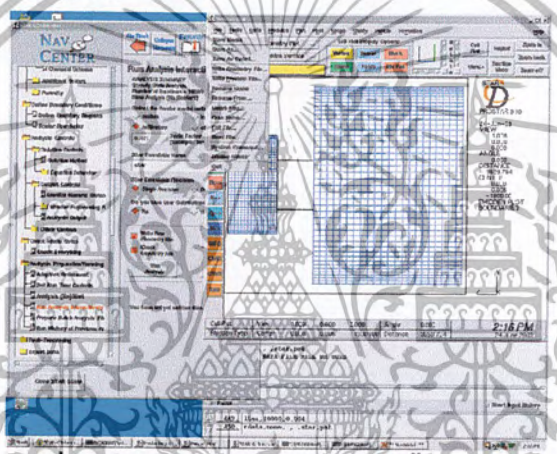
จากรูป 3-69 ทำการสอบว่ามี Error ไหมโดยเข้าคำสั่งที่ Check Model Setup → Check Everying

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



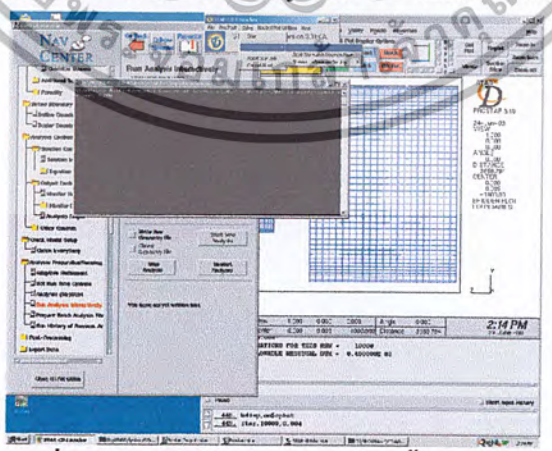
รูปที่ 3-70 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 22

จากรูป 3-70 ทำการกำหนดว่าจะให้แก้ปัญหากี่ครั้ง โดยเข้าคำสั่งที่ Analysis Prepasation / Running → Set Run time Controls



รูปที่ 3-71 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 23

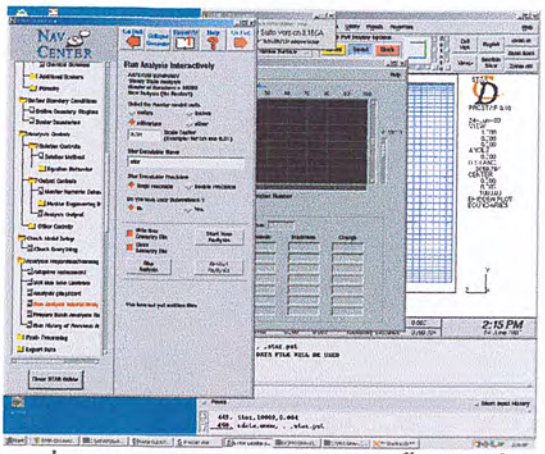
จากรูป 3-71 ทำการเซฟข้อมูลที่ได้ใส่ลงไป โดยเข้าไปที่ File → Save model และดู Error ต่างๆที่เกิดขึ้น โดยเข้าคำสั่งที่ File → Write Geometry File → Write Problem File



รูปที่ 3-72 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 24

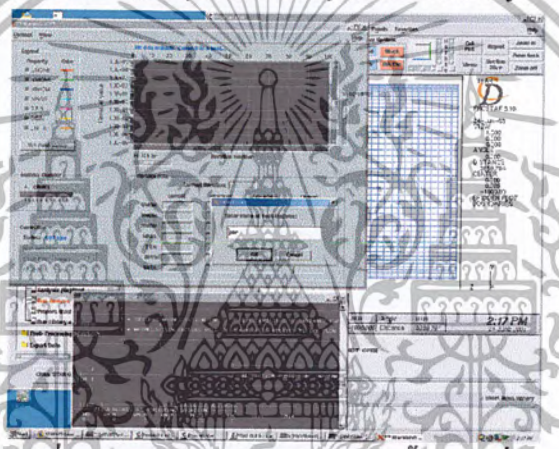
จากรูป 3-72 ทำการเปิด Starwatch เพื่อดูการเคลื่อนไหวของการแก้ปัญหา โดยเข้าไปที่ Solve → Starwatch → Run Starwatch

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



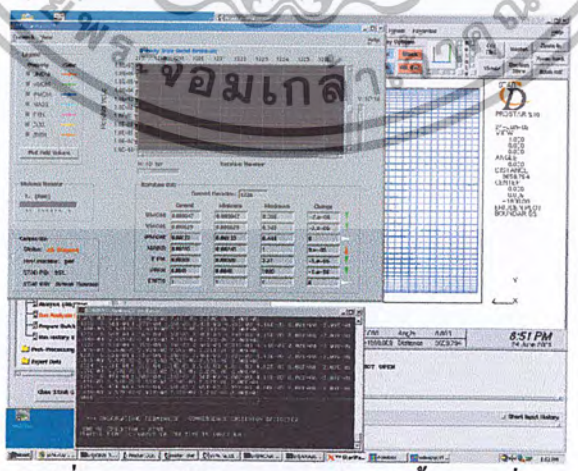
รูปที่ 3-73 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 25

จากรูป 3-73 ทำการเริ่มการแก้ปัญหา โดยเลือกหน่วยว่าหน่วย Meters หรือ Millimeters โดยเข้าคำสั่งที่ Analysis Prepasation / Running → Run Analysis Interactively



รูปที่ 3-74 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 26

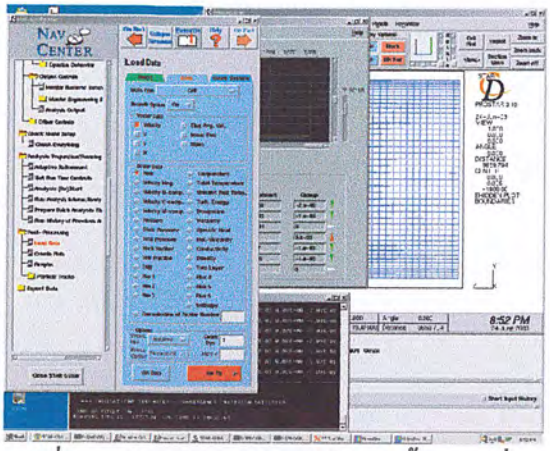
จากรูป 3-74 ทำการเริ่มเปิด Starwatch โดยเลือกที่ Starwatch และคลิกที่ Connect



รูปที่ 3-75การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 27

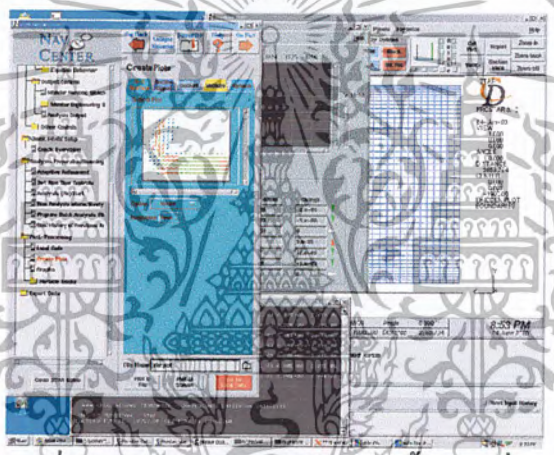
จากรูป 3-75 เมื่อเสร็จโปรแกรมจะบอกว่า Convergence หรือ Divergence

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-76 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 28

จากรูป 3-76 ทำการโหลดข้อมูลที่ Solve เสร็จแล้วโดยเข้าคำสั่งที่ Post-Processing → Load Data คลิกที่ Open Post File และทำการเลือกสิ่งที่จะ Plots



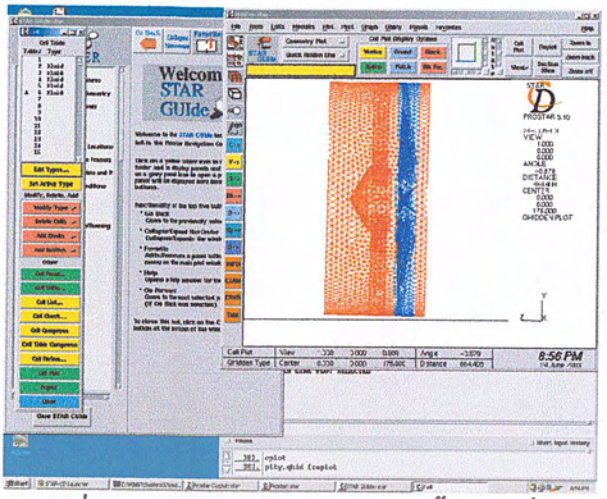
รูปที่ 3-77 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 29

จากรูป 3-77 ทำการ Plots โดยเข้าคำสั่งที่ Post-Processing → Creates Plots

รูปที่ 3-78 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 30

จากรูป 3-78 ทำการ Plots โดยทำการตัด Section ได้ โดยเข้าคำสั่งที่ Post-Processing → Creates Plots และเลือกที่ Section Clipped

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-79 การใช้ Star-Cd กับใบพัดขั้นตอนที่ 31

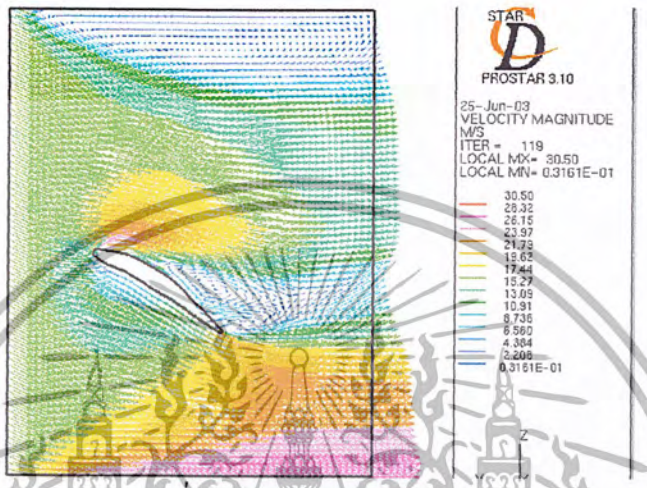
จากรูป 3-79 การ Simulation Guide Vane นั้น เราสามารถทำแบบเดียวกับการ Simulatuion Blade แต่เราเปลี่ยนชนิดของเซลล์และเลือกเซลล์ของใบพัดเป็นดังรูป 3-79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

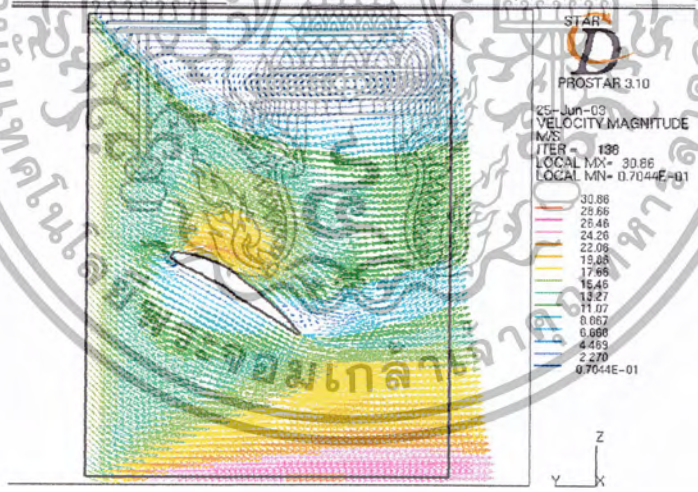
บทที่ 4

Simulation และการทดลอง

4.1 ทฤษฎี Guide Vane

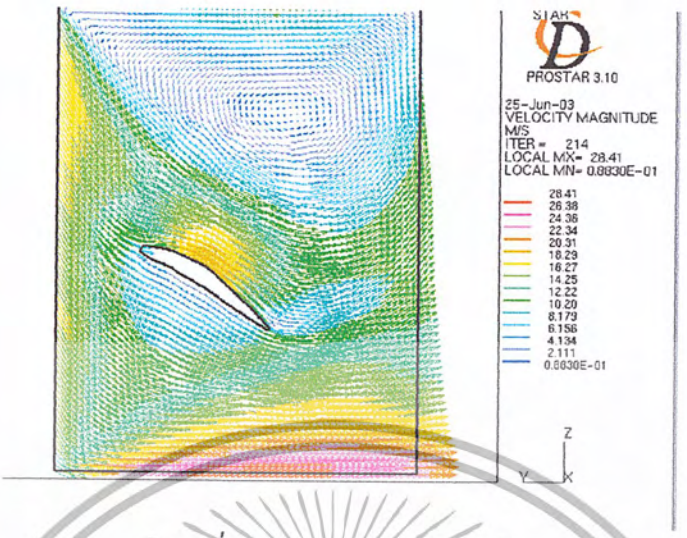


รูปที่ 4-1 ผลการ Simulation 1



รูปที่ 4-2 ผลการ Simulation 2

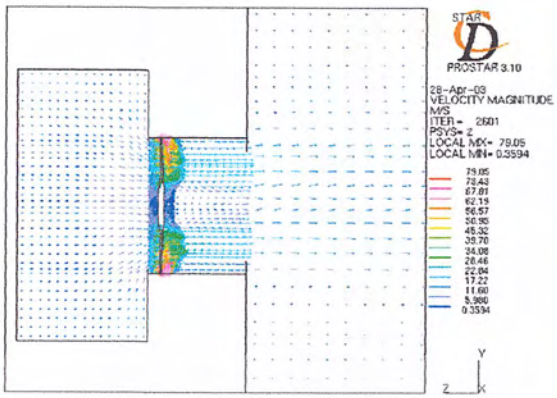
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



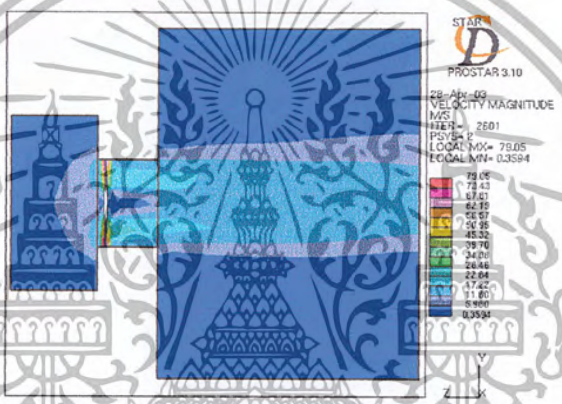
รูปที่ 4-3 ผลการ Simulation 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

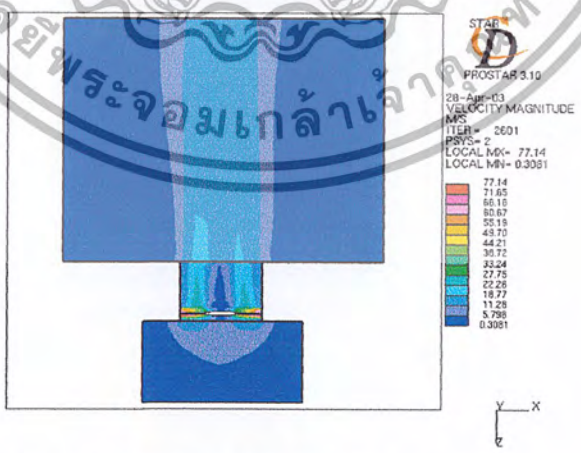
4.2 Simulation ใบพัด



รูปที่ 4-4 Velocity ตัดในแนวแกน X



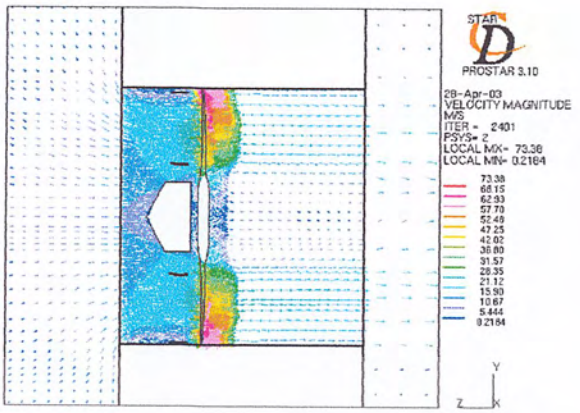
รูปที่ 4-5 Velocity เป็น Contour ในแนวแกน X



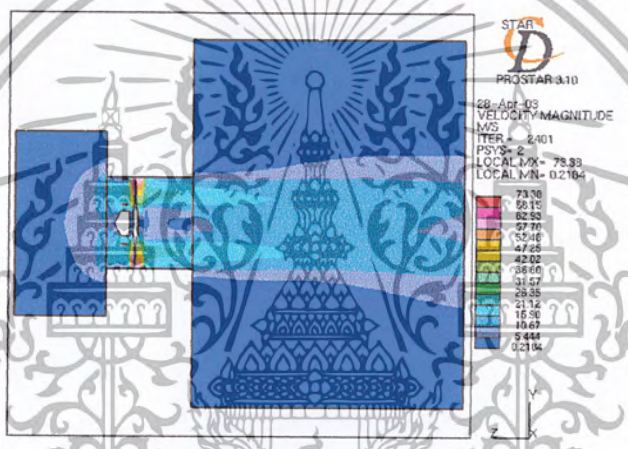
รูปที่ 4-6 Velocity เป็น Contour ในแนวแกน Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

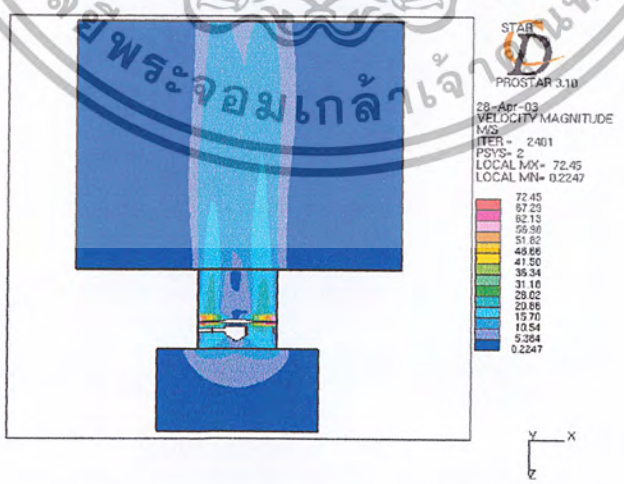
4.3 Simulation Guide Vane แบบที่ 1



รูปที่ 4-7 Velocity ตัดในแนวแกน X



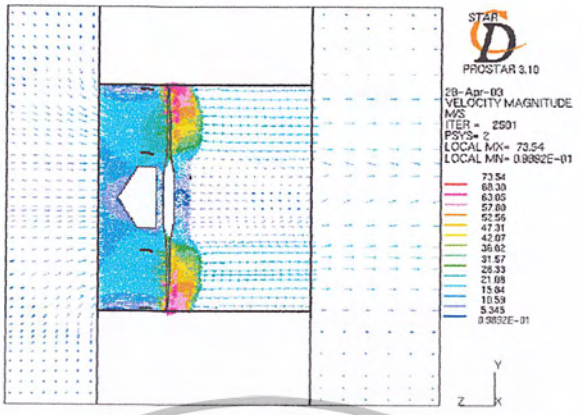
รูปที่ 4-8 Velocity เป็น Contour ในแนวแกน X



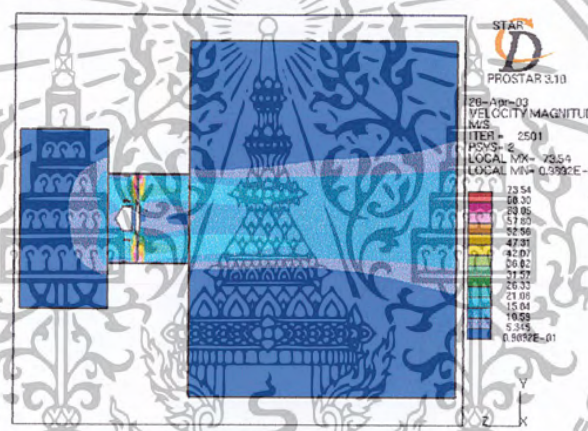
รูปที่ 4-9 Velocity เป็น Contour ในแนวแกน Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

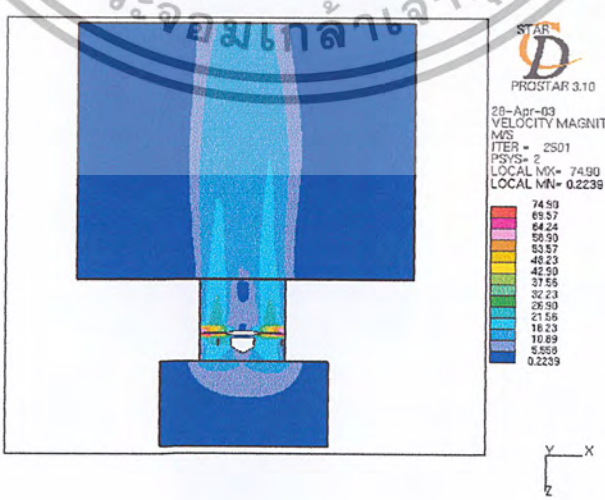
4.4 Simulation Guide Vane แบบที่ 2



รูปที่ 4-10 Velocity ตัดในแนวแกน X



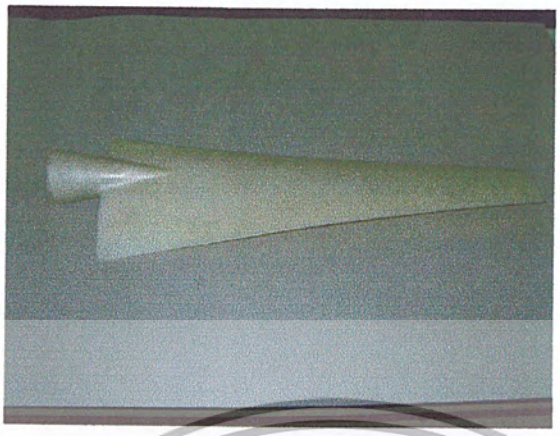
รูปที่ 4-11 Velocity เป็น Contour ในแนวแกน X



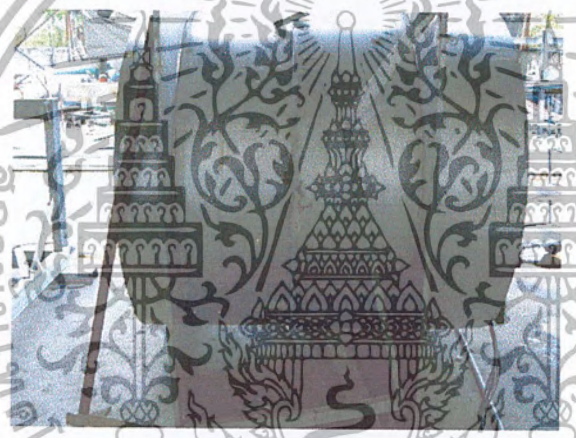
รูปที่ 4-12 Velocity เป็น Contour ในแนวแกน Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การทดลอง



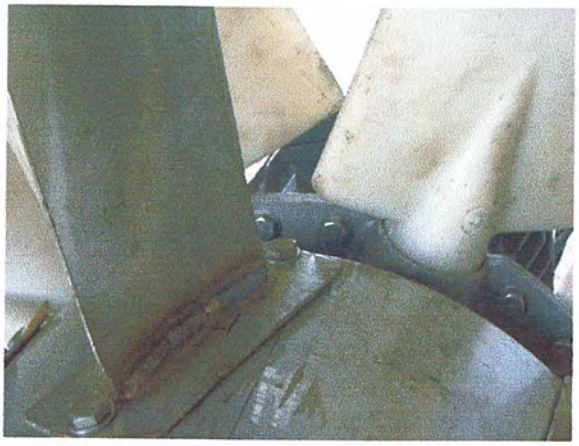
รูปที่ 4-13 ใบพัด



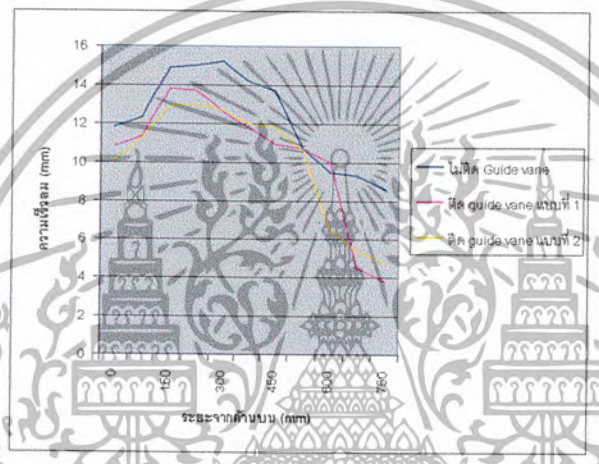
รูปที่ 4-14 ปล่องที่ใช้ในการทดลอง

รูปที่ 4-15 Guide Vane แบบที่ 1

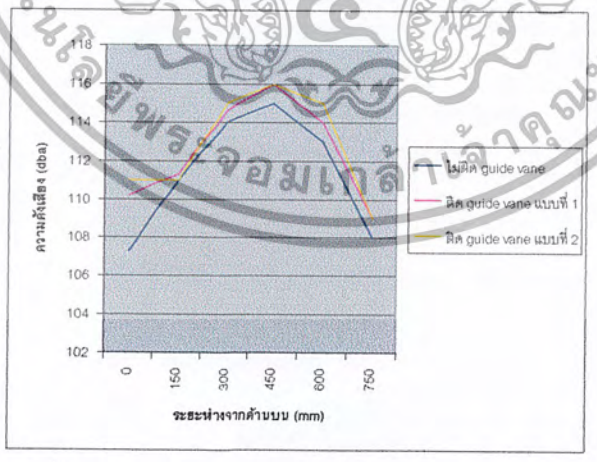
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-16 Guide Vane แบบที่ 2



รูปที่ 4-17 กราฟความเร็วลมทางออก



รูปที่ 4-18 กราฟความดังเสียงที่ทางออกห่างจากใบพัด 1 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 วิเคราะห์ผลการออกแบบ Guide Vane

จากรูป 4-1 4-2 และ 4-3 นั้นการที่เราบังคับลมที่เข้าเพื่อให้มุม θ ที่เกิดขึ้นนั้นมีค่าน้อยที่สุดเพื่อเป็นการลดการเกิด Separation นั้นจากหลักการและการ Simulation นั้นเป็นไปตามจริงที่ว่าถ้าเราลดมุม θ ที่เกิดขึ้นนั้นการเกิด Separation จะมีค่าลดลงตามไปด้วย

5.2 วิเคราะห์เปรียบเทียบความเร็วลมออกจากการทดลองและการ Simulation

จากรูปที่ 4-17 เปรียบเทียบกับรูปที่ 4-4 4-7 และ 4-10 จะเห็นได้ว่าความเร็วจากการทดลองมีแนวโน้มไปทางเดียวกับการ Simulation คือ ความเร็วจะมีค่าน้อยที่ปลายใบพัด และจากมีค่าความเร็วเพิ่มขึ้นจนมีค่ามากที่สุดประมาณโคนใบและค่าความเร็วจะลดลงจนมีค่าที่น้อยที่สุดที่กลาง Hub แต่จากการทดลองและการ Simulation นั้นยังมี Error ประมาณ 10 % ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปัญหาต่างๆ เช่น

5.2.1 ใบพัดที่วาดโดยโปรแกรม Unigraphic นั้นยังไม่ถูกต้องเหมือนของจริงเท่าที่ควร

5.2.2 Mesh ที่วาดโดยโปรแกรม Gambit นั้นอาจยังไม่ละเอียดพอเลยทำให้ Geometry ของใบพัดเสียไป

5.2.3 การวัดค่าจากการทดลองนั้นค่าที่วัดไม่นิ่งพอเลยทำให้การวัดค่าที่ได้ผิดไปจากความเป็นจริง

5.3 วิเคราะห์ความดังเสียงที่เกิดขึ้น

จากรูปที่ 4-18 นั้นเมื่อเราทำการติด Guide Vane เพื่อทำการลดเสียงที่เกิดขึ้นนั้นปรากฏว่าเสียงที่เกิดขึ้นจากใบพัดไม่ได้ลดลงแต่อย่างไรแต่ยังมีค่าเพิ่มขึ้นด้วยทั้งนี้เนื่องจากใบพัดของเรานั้นมีรูปแบบที่ซับซ้อน Guide Vane ที่เราออกแบบนั้นมีใบ Guide Vane และรูปร่างที่ไม่ซับซ้อนพอที่จะช่วยลดการเกิด Separation ของใบพัดทั้งใบ และการที่เกิดเสียงที่เพิ่มขึ้นนั้นอาจมาจากการที่เราติด Guide Vane ไปนั้นโครงสร้างที่เราติดอาจมีการสั่นเป็นการเพิ่มเสียงที่เกิดขึ้นไปในที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 วิเคราะห์การกินกระแสไฟฟ้า

ใบพัดไม่ได้ติด Guide Vane นั้นมีการกินกระแสไฟฟ้า 12 A แต่เมื่อเราติด Guide Vane ทั้งแบบที่ 1 และ แบบที่ 2 นั้น การกินกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเป็น 12.5 A ทั้งนี้เพราะว่าเมื่อเราติด Guide Vane เข้าไปนั้นเป็นการเพิ่ม Pressure ที่เกิดขึ้นบนใบพัด

5.5 ข้อเสนอแนะ

การที่เราติด Guide Vane เพื่อการลดเสียงนั้น เสียงที่เกิดขึ้นยังไม่ลดลง ทั้งนี้เสียงที่เกิดจากใบพัดนั้น อาจไม่ได้เกิดมาจากการเกิด Separation แต่มาจากแหล่งอื่นเช่น การสั่นของโครงสร้าง เสียงจากมอเตอร์ เป็นต้น และผลการจำลองนั้นอาจจะยังไม่ถูกเท่าที่ควรเพราะว่าการกำหนด Boundary นั้นอาจจะยังผิดไปจากทฤษฎีอยู่ การ Simulation และการทดลองนั้นยังต้องทำการดำเนินการทดลองและแก้ไขต่อไปเพื่อให้ผลที่น่าพอใจมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

โปรแกรม Unigraphics

โปรแกรม Unigraphics เป็นโปรมแกรมทางด้าน CAD, CAM, CAE ซึ่งผู้ทำปริญญานิพนธ์ได้ใช้โปรแกรมตัวนี้ในการทำ CAD และในที่นี้จะอธิบายการใช้โปรแกรมนี้ให้การวาด CAD ขั้นเบื้องต้นที่ควรทราบ

1 พื้นฐานความเข้าใจของระบบ 3D ใน CAD โดยทั่วไปโปรแกรม CAD จะมีการแสดงภาพในระบบ 2 มิติและ 3 มิติ ซึ่งจะมีข้อแตกต่างก็คือ การสร้างภาพ 2 มิติ จะกำหนดจุดโคออร์ดิเนทไว้ในเฉพาะแนวแกน X และ Y (ค่าแกน Z คงที่หรือมีค่าเท่ากับ 0) ส่วนการสร้างภาพ 3 มิติ จะถูกกำหนดจุดโคออร์ดิเนทไว้ในทั้งแนวแกน X , Y และ Z (จะมีความสัมพันธ์ทั้ง 3 แกน) ดังนั้น จึงมีเทคนิคการสร้างภาพ 3 มิติจากระบบแกน ตามโปรแกรม CAD ได้ 3 รูปแบบ คือ

1.1 3D Wireframe Model เป็นเทคนิคพื้นฐานที่ง่ายที่สุด จะมีลักษณะที่ต้องอาศัยการเชื่อมต่อของหลายๆ เส้นประกอบเข้าด้วยกันจนเป็นโครงข่าย 3 มิติ ซึ่งจะมีข้อด้อยคือจะไม่มีผิวหน้า (Face) จะไม่สามารถให้สีและเงา (Shaded) หรือไม่สามารถใส่ลวดลาย (Texture) บนผิวได้เลย ทำให้การแสดงลักษณะของภาพที่ปรากฏนั้นตีความหมายได้ยาก ถ้าหากไม่มีความสามารถที่จะลบเส้นที่ถูกบังแล้ว ยิ่งแยกความหมายของภาพได้ยาก วิธีการสร้างจะใช้วิธีกำหนดโคออร์ดิเนทแล้วใช้เส้นตรงหรือเส้นโค้งเชื่อมต่อจุดโคออร์ดิเนทเหล่านี้เข้าด้วยกันจนเป็นรูปเรขาคณิต

1.2 3D Surface Model การแสดงผลในลักษณะ Surface Model นอกจากจะมีข้อมูลโคออร์ดิเนทไว้ควบคุมลักษณะของรูปทรงแล้ว ยังมีส่วนของผิวภายนอก (Face) ของชิ้นงานที่เข้ามาประกอบกัน มองคล้ายกับผิวตาข่าย (Grid) ห่อหุ้มจนได้เป็นรูปทรง 3 มิติขึ้นมาบนจอภาพ จะมีวิธีการสร้างผิวตามจุดประสงค์ที่ใช้ดังนี้

1.2.1 Through Points เป็นการสร้างผิวจากกลุ่มของจุด (Points) ซึ่งจุดเหล่านี้จะมีค่าจุดโคออร์ดิเนท เป็นแบบ 3 มิติ โปรแกรมจะให้เราเลือกกลุ่มของจุดแล้วจะสร้างผิวให้วิ่งผ่านจุดเหล่านี้ทุกจุด (ไม่ใช่การประมาณ) แล้วโปรแกรมจะสร้างผิวสี่เหลี่ยมเล็กๆ จากจุดเหล่านี้เชื่อมต่อกันจนเป็นผิวรวม

1.2.2 Pole จะใช้จุดที่บังคับให้เป็นจุดยอด (Pole) แล้วให้ผิวของ Surface วิ่งผ่าน โดยจุด Pole เป็นจุดบังคับ วิธีนี้จะคล้ายกับวิธี Though Points แต่ผิวที่ได้ไม่จำเป็นต้องวิ่งผ่านจุด Pole ทุกจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.3 Point Cloud จะใช้วิธีการอาศัยค่าเฉลี่ยจากกลุ่มของจุด โดยจะตัดค่าที่ผิดแผกจากค่าเฉลี่ยของกลุ่มทิ้งไป แล้วสร้างผิวจากค่าเฉลี่ยที่ได้ วิธีนี้จะอาศัยให้ผิวผ่านกลุ่มของจุดให้มากที่สุด

1.2.4 Through Curve จะเป็นการสร้างผิวจากเส้น Curve 2 เส้นขึ้นไป ซึ่งจะแบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ แบบ Parameter ผิวจะมีลักษณะตั้งฉากกับเส้นและ Curve กับแบบ Arclenght อาศัยความโค้งเข้าควบคุม

1.2.5 Through Curve Mesh จะคล้ายๆกับวิธี Through Curve (ข้อแตกต่างของ Through Curve Mesh คือสามารถควบคุมรูปร่างได้ดีกว่า Through Curve)

1.2.6 Swept เป็นการสร้างผิวที่คล้ายกับกระดูกงูที่มีทางเดิน (Path) ไว้กำหนดทิศทางที่วิ่งไป และจะมีแขน (Section String) ควบคุมพื้นที่หน้าตัดของผิวขณะที่วิ่งไปตามทางเดิน (Path) จนได้รูปที่ต้องการ

1.2.7 Extension Sheet Bodies จะเป็นวิธีสร้างผิวให้ยื่นต่อจากผิวต่อเดิมไปในทิศทางที่เรากำหนดคล้ายกับเป็นการขยายของผิวออกมาตามทิศทางของเวกเตอร์

1.2.8 Section จะอาศัยกำหนดเส้น String และเส้น Spline เพื่อกำหนดให้ผิวทั้งสองวิ่งเข้าหากัน โดยใช้เส้นที่กำหนดเป็นจุดกำเนิด ซึ่งจะคล้ายกับการอาศัยวิธีการตัดของสตริงจนให้ผิวที่ต้องการ

1.2.9 Boundary Planes เมื่อกำหนดเส้นขอบเขต (Boundary) เป็นวงปิดบนระนาบแล้ว โปรแกรมจะสร้างผิวขึ้นมาอย่างอัตโนมัติ แต่เส้นขอบเขตวงรอบปิดที่อยู่ภายในจะถูกยกเว้น เช่นรูหรือช่องว่าง

1.2.10 Offset จะเป็นวิธีการสร้างผิวใหม่จากผิวเดิมในทิศทางที่ขนานกันออกมา ซึ่งจะควบคุมโดย Direction Vector โดยจะมีทั้งแบบคงที่และแบบปรับขนาดตาม

1.2.11 Bridge จะอาศัยการสร้างผิวเพื่อข้ามระหว่าง 2 ผิว คล้ายกับการสร้างสะพานเพื่อเชื่อม โดยจะมีการปรับตามขนาดและเส้นขอบให้มีลักษณะสัมผัสซึ่งกันและกัน

1.2.12 Face Blend จะเป็นการสร้างผิว 2 ผิว ที่มี Tangency String เป็นตัวควบคุม คล้ายกับเป็นการขริบด้วยส่วนโค้งของผิวที่เป็นทรงกลมสมมุติที่เกิดจากเส้นควบคุม

1.2.13 Soft Blend จะคล้ายกับ Face Blend แต่ความโค้งของผิวจะสวยงามกว่า โดยจะใช้วิธีการเส้นสัมผัสผิวแทนวงกลมสมมุติ และจะต้องกำหนดเส้น Spline String ไว้อ้างอิงเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.14 Quilt จะอาศัยวิธีการสร้างผิวใหม่ที่ทดแทนกลุ่มของผิวเดิมหลายๆผิว ผนวกให้กลายเป็นเพียง 1 ผิว แต่ผิวที่ได้จะเป็นค่าที่ประมาณ จะนิยมใช้ในกรณีที่ต้องการสร้างผิวเสมือนขึ้นมา

1.3 3D Solid Model การสร้างภาพ 3 มิติแบบ Solid จะอาศัยหลักการที่สร้างวัตถุขึ้นมาในลักษณะวัตถุทรงตัน ที่จะให้ข้อมูลและความเหมือนจริงได้มากกว่า เมื่อเทียบกับการสร้าง 3 มิติทั้งแบบ Wireframe และ Surface Model การสร้างภาพ 3 มิติ แบบ Solid Model ที่ได้รับความนิยมในปัจจุบันจะแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

1.3.1 Constructive Representation Type (C-Rep) เป็นเทคนิคการสร้างภาพโดยอาศัยตัวต้นแบบ (Modeling Primitives) ที่มีรูปทรงเรขาคณิต เช่น ทรงกลม, ทรงกระบอก, ทรงสี่เหลี่ยม, กรวย, พีระมิด ฯลฯ ซึ่งแล้วแต่เป็น Solid ที่สามารถนำมารวมกันได้ โดยใช้เทคนิคที่เรียกว่า Boolean operation หรือแบบพีชคณิตของทฤษฎีเซ็ต อันประกอบด้วย Union, Subtract และ Intersection 1. สร้าง C-Rep ด้วยทฤษฎีพีชคณิตทางเซ็ต (Boolean Operation) เป็นวิธีพื้นฐานที่จะประกอบไปด้วยการนำเอาก้อนของวัตถุทรงตันมาทำการกระทำทางทฤษฎีพีชคณิตทางเซ็ตโดยการ (1) รวมกัน (Union) เป็นการหลอมเนื้อเข้าด้วยกัน (2) ลบออก (Subtract) เป็นการลบออกด้วยก้อนเนื้อที่ที่ล้ำเข้าไป ซึ่งอาจจะเป็น A-B หรือ B-A ก็ได้ จะขึ้นอยู่กับว่าชิ้นงานใดเป็นตัวหลัก (3) ร่วมกัน (Intersection) เป็นส่วนที่เหลือไว้เฉพาะที่เป็นเนื้อที่ร่วมกัน 2. สร้าง C-Rep ด้วยการ Extrude Body จะเป็นวิธีการหนึ่งที่นำเอาเส้นขอบปิดที่เป็นวงปิด (Loop) มาสร้างให้เกิดความหนาขึ้นไปลักษณะแบนราบ (Planar) โดยจะมีแขน (Section string) เป็นตัวควบคุมในทิศทางและรูปร่าง คล้ายกับสร้างความหนาให้กับชิ้นงาน ซึ่งชิ้นงานที่ได้ยังสามารถกระทำ (Solid operate) กับ Solid รูปอื่นๆได้อีกเรื่อยๆ 3. สร้าง C-Rep ด้วยการ Revolution จะเป็นการสร้าง Solid จากการนำเส้นโค้งหรือ แขน (Section string) หมุนรอบแกนที่กำหนด เมื่อเส้นโค้งวิ่งผ่านสเปซ แล้วจะเกิดเป็น Solid ตามลักษณะเส้นโค้งที่กวาดไป งานในลักษณะนี้จะเหมาะสมกับชิ้นงานที่มีความสมมาตรรอบแกน สามารถจะหมุนได้ตั้งแต่ 0-360 องศา และจะปิดหัวท้าย (Cap) เมื่อหมุนครบรอบ 360 องศาได้ 4. สร้าง C-Rep แบบ Sweep คำสั่งนี้เป็นการสร้าง Solid จากการนำเส้นโค้งหรือแขน (Section string) ที่เปรียบเสมือนกับเป็นกระดูกงูและจะใช้เส้น Guide String เป็นตัวควบคุมพื้นที่หน้าตัด โดยขณะที่วิ่งไปตามกระดูกงูจะกวาดผ่านสเปซจนเกิด Solid ขึ้น

1.3.2 Boundary Representation Type (B-Rep) เป็นเทคนิคการสร้าง Solid แบบใหม่ โดยทางผู้ขึ้นรูปจะทำการเขียนโครงสร้างภายนอกชิ้นงานบนจอภาพก่อนโดยใช้ดิจิไทเซอร์ (Digitizer) โดยจะเป็นการเขียนในลักษณะภาพต่างๆ ของชิ้นงานแต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละด้าน เช่น ภาพด้านหน้า ด้านบน ด้านข้างและด้านล่าง จากนั้นก็จะสร้างความสัมพันธ์ในแต่ละจุดอ้างอิงเข้าด้วยกัน โปรมแกรมก็จะรับรู้ถึงความสัมพันธ์เหล่านั้นและจะนำไปประมวลผลเพื่อสร้างเป็นชิ้นงาน 3 มิติ ขึ้นมา

2 ระบบแกนในระบบ CAD ในโปรมแกรม UG ในส่วนโมเดลลิ่ง จะแบ่งระบบแกนออกได้เป็น 5 ชนิด คือ

2.1 Absolute Coordinate System (Absolute) จะเป็นระบบป้อนค่าโคออร์ดิเนทแบบสมบูรณ์ ที่เราจะไม่สามารถปรับเปลี่ยนย้ายตำแหน่ง แต่ยังคงสามารถหมุนแกนได้ ซึ่งตำแหน่งจะคงที่ตลอดเวลา ซึ่งเราจะใช้ Absolute ในกรณีที่ต้องการอ้างอิงจากจุดคงที่ในระบบแกน 3 มิติ

2.2 Work Coordinate System (WCS) จะเป็นระบบป้อนค่าโคออร์ดิเนทแบบใช้งานจริง ที่เราสามารถจะปรับเปลี่ยนโยกย้าย หมุนแกน หรือวางแนวแกน X, Y, Z ไปตามลักษณะผิวที่ต้องการได้

2.3 Existing Coordinate System (CSYS) จะเป็นระบบแกน WCS อีกรูปแบบหนึ่งที่ถูกเราสั่งให้เก็บตำแหน่งขณะนั้นไว้ จุดประสงค์เพื่อต้องการเรียกตำแหน่งนั้นกลับมาใช้อีก

2.4 Sketch Coordinate System (SCS) เป็นระบบแกน 3 มิติจะปรากฏในโหมดสเกตช์เท่านั้น ในระบบนี้จะกำหนดระบบแกน X, Y, Z ขึ้นมาใหม่โดยไม่ได้ขึ้นกับแกน WCS ในขณะนั้น

2.5 Feature Coordinate System (FCS) จะเป็นระบบแกน 3 มิติพิเศษไว้ในกรณีสร้างฟีตเชอร์เพื่อวางตำแหน่ง หรือในขณะที่เข้าไปแก้ไขตำแหน่งฟีตเชอร์ และจะถูกเก็บไว้ในฟีตเชอร์แต่ละชนิด ซึ่งโดยปกติจะไม่ปรากฏให้เห็นจนกว่าจะเข้าแก้ฟีตเชอร์ซึ่งจะปรากฏให้เห็นในช่วงเวลาสั้นๆ

3 Primitive Feature Primitive จะเป็นพื้นฐานเริ่มต้นที่จะไปสู่การสร้างพาร์ตที่ซับซ้อน ซึ่งพาร์ตชิ้นหนึ่งอาจประกอบไปด้วยฟีตเชอร์หลายๆ ตัวประกอบกัน โดยในขณะที่สร้างพาร์ตโปรแกรมจะจดจำและบันทึกถึงโครงสร้าง (Tree) ต่างๆที่เข้ามากระทำ หลังจากที่ได้เป็นรูปทรง 3 มิติที่ต้องการแล้ว เราสามารถย้ายหรือเปลี่ยนแปลงลำดับการสร้างอย่างไรก็ได้ Primitive Feature จะประกอบไปด้วย

3.1 Block : รูปทรงสี่เหลี่ยม จะมีการสร้างได้ 3 วิธี

- วิธีที่ 1 : กำหนดความสูงและขนานของ Block ไปตามระยะแกน X, Y, Z เลือกที่จุดทแยงมุมล่างเป็นจุดแรก
- วิธีที่ 2 : กำหนดความสูงของ Block กำหนดจุดทแยงมุมในระนาบเดียวกัน 2 จุด
- วิธีที่ 3 : กำหนดจุดทแยงมุม 2 จุด

3.2 Cylinder : ทรงกระบอก จะมีการสร้างได้ 2 วิธี

- วิธีที่ 1 : กำหนดทิศทางเวกเตอร์ กำหนดความสูงและขนาดของรัศมี จุดกำเนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วิธีที่ 2 : กำหนดความสูง เลือกที่เส้นโค้ง กำหนดทิศทางเวกเตอร์เองแบบอัตโนมัติ

3.3 Cone : รูปทรงกรวย จะมีวิธีสร้างได้ 5 วิธี

- วิธีที่ 1 : กำหนดทิศทางเวกเตอร์ กำหนดเส้นผ่าศูยน์กลางบนล่างและความสูง กำหนดจุดกำเนิดสร้างแบบปกติ

- วิธีที่ 2 : กำหนดทิศทางเวกเตอร์ กำหนดเส้นผ่าศูยน์กลางบนล่างและครึ่งมุม กำหนดจุดกำเนิดสร้างแบบปกติ

- วิธีที่ 3 : กำหนดทิศทางเวกเตอร์ กำหนดเส้นผ่าศูยน์กลางบนล่างและครึ่งมุม กำหนดจุดกำเนิดสร้างจาก Base Diameter

- วิธีที่ 4 : กำหนดทิศทางเวกเตอร์ กำหนดเส้นผ่าศูยน์กลางบนล่างและมุม กำหนดจุดกำเนิดสร้างจาก Top Diameter

- วิธีที่ 5 : เลือกจากเส้นโค้งเส้นแรก เลือกจากเส้นโค้งเส้นที่สอง

3.4 Sphere : รูปทรงกลม จะมีวิธีสร้างได้ 2 วิธี

- วิธีที่ 1 : กำหนดขนาดของเส้นผ่าศูยน์กลาง กำหนดจุดกำเนิด

- วิธีที่ 2 : เลือกที่เส้นโค้งใดๆ ที่มีรัศมี R

4 การแก้ไข Primitive Feature (Edit Primitive Feature)

4.1 Edit Feature Parameters : แก้ไขค่าพารามิเตอร์ของฟีตเชอร์ต่างๆ

4.2 Edit Positioning : แก้ไขตำแหน่งและการวางตัวของฟีตเชอร์

4.3 Move Feature : ย้ายตำแหน่งของฟีตเชอร์ไปยังที่ใหม่

4.4 Reorder Feature : จัดลำดับการกระทำว่าจะให้เกิดก่อนหรือหลัง

4.5 Delete Feature : ลบฟีตเชอร์ออกจากชิ้นงาน

4.6 Replace Feature : แทนด้วยฟีตเชอร์ตัวใหม่

4.7 Suppress Feature : ยกเลิกฟีตเชอร์ที่เลือกไว้ชั่วคราว

4.8 Unsuppress Feature : กลับมาใช้ฟีตเชอร์ที่เคยยกเลิกไปแล้ว

4.9 Remove Parameters : ยกเลิกการใช้พารามิเตอร์

4.10 Edit Solid Density : แก้ไขความหนาแน่นของ Solid

4.11 Delayed Update On Edit : ยังไม่ต้องคำนวณจนกว่าจะแก้ไขเสร็จ

4.12 Update : ให้อัปเดทตามข้อมูลปัจจุบัน

4.13 Feature Playback : ย้อนกลับไปสู่การสร้างฟีตเชอร์ก่อนหน้านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5 Swept Feature การสร้างชิ้นงานฟีตเชอร์ในรูปแบบ Swept จะเป็นการสร้างชิ้นงานฟีตเชอร์จากเซ็กชั่นสตริง (Section String) ที่เปรียบเสมือนแขนที่กางออกแล้ววิ่งไปตามลักษณะเส้นทางหรือเส้นที่กำหนด โดยในขณะที่แขนกวาดไปนั้นก็จะมีการสร้างฟีตเชอร์ 3 มิติขึ้น ตามลักษณะของแขนที่กวาดไป ซึ่งลักษณะการสร้างชิ้นงานฟีตเชอร์ในรูปแบบ Swept นี้จะแบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะคือ

5.1 Extruded Body : จะคล้ายกับเป็นการยืดขยายของ Sheet ให้เกิดความหนาในทิศทางที่กำหนด โดยส่วนที่ยืดจะต้องเป็นระนาบที่มีเซ็กชั่นสตริงล้อมรอบ ซึ่งอาจจะเป็นวงรอบเปิดหรือปิดก็ได้และในการสร้างด้วย Extruded จะมีกฎควบคุมดังนี้

- กรณีวงรอบปิดเพียงวงเดียวจะสร้างฟีตเชอร์เป็นพื้นที่ตัดเต็ม
- กรณีวงรอบปิดแต่มีจำนวนวงรอบปิดมากกว่า 1 จะสร้างฟีตเชอร์จากแนวรอบก่อน โดยจะเว้นเป็นรูปหรือช่องจากวงรอบปิดที่เหลือ
- กรณีเป็นวงรอบไม่ปิดจะกลายเป็นแผ่นบางหรือ Sheet Body แทน

5.2 Revolution : จะเกิดจากแขนที่เป็นเซ็กชั่นสตริงกวาดรอบแกนคงที่ที่กำหนด จะควบคุมองศาการกวาดตั้งแต่ 0-360 องศาโดยจะมีกฎควบคุมดังนี้

- เราสามารถสร้างฟีตเชอร์จากเซ็กชั่นสตริงแบบเปิดซึ่งโปรมแกรมจะปิด (Cap) ส่วนบนและส่วนล่างเมื่อมีการหมุนเป็น 360 องศาเท่านั้น (กำหนดแบบ Solid)
- หากการหมุนไม่ครบ 360 องศาจะสามารถเป็นไปได้ทั้ง Solid และ Sheet Body ขึ้นกับการกำหนดในเมนู
- การหมุนแกนจะเป็นบวกหรือเป็นลบรวมไปถึงทิศทางการหมุนให้พิจารณาจากกฎมือขวา (Right-Hand Rule)

5.3 Sweep Along Guide : จะเป็นการสร้างฟีตเชอร์จากสตริงให้วิ่งไปตามเส้นทาง (Path) ที่กำหนด ซึ่งจะเป็นไปตามกฎควบคุม ดังนี้

- เช่นเดียวกับ Swept Feature ตัวอื่นๆ ที่จะเป็นวงรอบสตริงแบบเปิดหรือแบบปิดก็ได้ ซึ่งก็จะได้ Solid หรือ Sheet Body ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ที่ Preferences
- เราสมารถเลือกเส้นสตริงหรือไกด์สตริงได้เพียงครั้งละ 1 เส้น
- ในกรณีที่เป็นสตริงแบบเปิด ผู้ใช้สามารถสร้างเป็นแบบ Solid ได้ด้วยวิธีการออฟเซต โดยสร้างความหนาให้กับ Sheet Body แทน

6 Face & Edge Operation ขอบ (Edge) จะทำหน้าที่เป็นขอบเขตแบบปิดโดยจะห้อมล้อมผิว (Face) ไว้ ซึ่งในที่นี้จะกล่างถึงวิธีดัดแปลงขอบและผิวให้เป็นไปตามวิธีการออกแบบ อาทิเช่น การขริบโค้ง การขริบตรง การคว้าน ฯลฯ ซึ่งจะเป็นพื้นฐานสำหรับการทำงานในขั้นสูงต่อไป

6.1 Edge Operation โปรมแกรม UG จะกำหนดวิธีการกระทำเพื่อดัดแปลงขอบ (Edge) ในฟีตเชอร์ได้ 2 วิธี คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.1.1 Edge Blend (การขริบโค้ง) เป็นตัวเลือกที่จะช่วยให้เกิดผิวโค้งแทนขอบเดิมของฟีตเชอร์ ซึ่งจะเป็นการสร้างผิวโค้งมาสัมผัสผิว (Face) ของทั้ง 2 ระนาบที่ตัดกัน ซึ่งจะมีทั้งขริบส่วนเนื้อของ Solid ทิ้ง (Round) หรือเพิ่มเนื้อของ Solid (Fillet) โดยจะขึ้นอยู่กับรูปร่างและรูปทรงของขอบ (edge) โดยมีเทคนิคและรูปแบบการขริบโค้งดังนี้

- Add Tangent Edge
- Overflow Blends
- Smooth Overflow & Cliff Edge Overflow
- Cliff Edge Overflow & Notch Overflow
- Variable Radius Blend

6.1.2 Edge Chamfer (การขริบเหลี่ยม) คำสั่งที่ใช้สำหรับการขริบเหลี่ยมของขอบ (Edge) จะมีการควบคุมขนาดของระยะหรือมุมเอียงที่จะขริบ เปรียบเสมือนมีระนาบสมมุติตัดบริเวณขอบที่ต้องการออกไป การใช้คำสั่ง Chamfer จะมีตัวเลือกที่อำนวยความสะดวกให้ง่ายต่อการเลือกมากขึ้นอยู่ 4 ลักษณะคือ

- All in Face (ทุกขอบบนผิวที่เลือก)
- All in Solid (ทุกขอบที่อยู่บน Solid)
- All in Name (ทุกชื่อที่ได้เคยตั้งไว้แล้ว)
- Edge Chaining (ทุกขอบที่อยู่ติดกันต่อเนื่องเป็นลูกโซ่)

โดยมีเทคนิคและรูปแบบการขริบเหลี่ยมดังนี้

- Single Offset จะเป็นการขริบที่มีระยะการ Offset ของแกนที่ 1 และแกนที่ 2 จะเท่ากัน ซึ่งระยะที่ป้อนควรจะเป็นค่าบวกเท่านั้น นอกจากนี้การทำแบบ Single Offset ยังสามารถกระทำได้กับผิวโค้งก็ได้เช่นกัน

- Double Offset จะสามารถขริบกำหนดระยะของแกนที่ 1 และแกนที่ 2 ได้ไม่เท่ากัน การกำหนดแกนที่ 1 และแกนที่ 2 จะขึ้นอยู่กับผู้เลือก โดยเส้นขอบแรกที่เลือกจะถือว่าเป็นแกนที่ 1

- Offset Angle ตัวเลือกนี้จะกำหนดระยะจาก Offset จากแกนที่ 1 ก่อน (แกนที่ 1 หรือแกนที่ 2 จะขึ้นอยู่กับการเลือก) จากนั้นจึงมากำหนดค่ามุมซึ่งค่ามุมจะวัดจากแกนที่ 2 จากแนวดิ่งเท่านั้น

6.2 Face Operation การกระทำที่ผิวสามารถทำได้ 2 ลักษณะคือ

6.2.1 Hollow ตัวเลือกนี้จะสามารถสร้างได้ทั้ง Hollow ที่เป็น Solid หรือแบบแผ่นเปลือก (Shell) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความหนาของผิวที่เรากำหนด การใช้คำสั่งจะต้องกำหนดผิวที่จะคว้าน (Pierce) ให้เหมาะสม จึงจะเกิดขึ้นได้ โดยมีลำดับการทำงานดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ป้อนค่าความหนา (Thickness)

- เลือกผิวที่จะคว้าน (Select face to pierces)

ในการใช้งานการป้อนค่าของคำสั่งจะสามารถป้อนค่าได้ทั้งบวกและลบ จะมีลักษณะการใช้งานแตกต่างกันดังนี้

- ถ้าค่าความหนาของผนังเป็นบวกจะคว้านผิวบนฟีตเซอร์ที่ถูกเลือก โดยความหนาจะวัดเข้าจากจุดกำเนิด (จะคว้านอยู่ในฟีตเซอร์และจะไม่ขยายขนาดของตัวเอง)

- ถ้าค่าความหนาของผนังลบจะคว้านผิวบนฟีตเซอร์ที่ถูกเลือก โดยความหนาจะวัดออกจากจุดกำเนิด (จะขยายขนาดออกไปเท่ากับขนาดของความหนาของผิว)

6.2.2 Taper ตัวเลือกคำสั่ง Taper จะทำหน้าที่ปรับเปลี่ยนผิวซึ่งอาจเป็น 1 ผิว หรือมากกว่ามีการปรับเอียงตามค่าองศาที่กำหนด โดยจะมีการปรับเอียงตามลักษณะที่ถูกเลือกได้ 4 ชนิดคือ

-Taper Face

- Taper Edge

- Taper Tangent to Faces

- Split-Line Taper

ลำดับขั้นตอนของการใช้คำสั่ง Taper ดังนี้

- เลือกที่ผิวหรือฟีตเซอร์ที่ต้องการจะ Taper

- กำหนดจุดที่จะ Taper เพื่อการอ้างอิง

- กำหนดวิธีการที่จะ Taper

- กำหนดค่ามุมของการ Taper

- กำหนดทิศทางของเวกเตอร์ที่จะ Taper

7 Creating & Positioning Form Feature and Feature Array ในกรณีที่เราต้องการเพิ่มรายละเอียดให้กับชิ้นงานในลักษณะที่ซับซ้อนขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการทำ Hole, Slot, Boss, Pocket, Pad, Groove จะเป็นการทุ่นเวลาในการทำชิ้นงานในลักษณะรูปแบบเฉพาะมากขึ้น ถึงแม้ว่าเราอาจจะกระทำได้ในลักษณะเดียวกันด้วยหลายๆ คำสั่ง เช่น คำสั่ง Hole ซึ่งเราอาจใช้ทรงกระบอก (Cylinder) คว้านออกจากชิ้นงานด้วยคำสั่ง Subtract ก็ได้ นอกจากนี้ในกลุ่มยังมีตัวเลือกย่อยประกอบอื่นๆ เข้ามาช่วยสามารถใช้ได้อย่างสะดวกหลากหลาย

7.1 ลักษณะต่างๆ ของวิธีการควบคุมฟอร์มฟีตเซอร์ ในการใช้คำสั่งของฟอร์มฟีตเซอร์จะเกี่ยวข้องกับวิธีการต่างๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Feature Coordinate System จะเกิดขึ้นเฉพาะคำสั่งนั้นๆ จะมีลักษณะเป็นแกน WCS 3 มิติอีกรูปแบบหนึ่งจะปรากฏในช่วงเวลาสั้นๆ มีประโยชน์ในกรณีอ้างอิงตำแหน่งชั่วคราว เพื่อการวางตำแหน่งและการกำหนดขนาดบนผิว (Face) ได้ง่ายขึ้น และจะแสดงอีกครั้งเมื่อเรากลับมาแก้ไข

- Placement Face จะต้องเป็นระนาบของผิวที่สนใจและทุกคำสั่งจะต้องถามถึงเสมอ (ยกเว้นคำสั่ง Groove จะใช้กับ Solid ที่ต้องเป็นทรงกระบอก) สิ่งที่เป็น Placement Face จะต้องมีลักษณะเป็นผิวเรียบหรือเป็นผิวสมมุติดาตั้ม (Datum planes) เท่านั้น โดยจะแสดงเส้นตั้งฉากเพื่อบ่งบอกทิศทางให้เราทราบ

- Thru Faces จะหมายถึงด้านของผิวที่ต้องการเจาะทะลุ หรือหมายถึงผิวด้านข้างของคำสั่ง Slot ที่จะเจาะ

- Horizontal Reference เราสามารถใช้ขอบระนาบผิวของแกนดาตั้ม หรือระนาบดาตั้มเพื่อกำหนดเป็นแกน X หรือแกนนอนเพื่อง่ายต่อการกำหนดค่าของตัวแปรในขณะกระทำต่อชิ้นงาน

- Feature Parameter Value เราสามารถสร้างความสัมพันธ์ในรูปแบบตัวแปร เช่น ขนาดรูที่เจาะเป็นกี่เท่าของความกว้าง ซึ่งเมื่อมีการปรับเปลี่ยนความกว้าง ขนาดของรูเจาะก็จะปรับเปลี่ยนตามไปด้วย

- Positioning Form Feature จะทำหน้าที่ในการอ้างอิงเพื่อวางตำแหน่งของฟอร์มฟีตเชอร์ต่างๆ ซึ่งโปรมแกรมจะเก็บไว้ในรูปแบบเป็นตัวแปรซึ่งเราจะสามารถย้อนกลับมาแก้ไขค่าต่างๆ ได้

7.2 Hole Feature ตัวเลือกในคำสั่งนี้จะทำหน้าที่ในการเจาะรู ซึ่งจะมีแบบทะลุและแบบไม่ทะลุ ซึ่งจะมีตัวเลือก Thru Hole ควบคุมอยู่ ในตัวเลือกการเจาะรูมีด้วยกัน 3 ลักษณะ

- Simple เป็นการเจาะรูแบบที่ง่ายที่สุด ซึ่งสามารถเจาะทะลุได้หลายผิว ไปจนกว่าจะถึงผิวที่ต้องการ โดยโปรมแกรมจะให้เราเลือกว่า จะกำหนดค่าความลึกของรูที่เจาะหรือผิวที่เจาะไปถึงขึ้นกับการเลือกของเรา

- Counter Bore

- Counter Sink

ค่าของ Tip Angle จะต้องอยู่ระหว่าง 0 และ 180 องศา และทุกค่าจะต้องมีค่าเป็นบวก การวางตำแหน่งของการเจาะรูมีหลายแบบด้วยกันดังนี้

- Positioning แบบ Parallel เป็นการกำหนดด้วยระยะแบบขนานจากจุดอ้างอิง

- Positioning แบบ Perpendicular จะพิจารณาแบบตั้งฉากกับแกน

- Positioning แบบ Angular จะพิจารณาจากค่าของมุมรองจุดอ้างอิง

- Positioning แบบ Point onto Line จะนำจุดไปวางไว้ที่ขอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Positioning แบบ Line onto Line จะนำขอบไปวางยังขอบใหม่ที่สนใจ

การกำหนดตำแหน่งการเจาะ Slot สามารถใช้ระนาบ Datum เพื่อการกำหนดขอบเขตการเจาะ ดังนั้นเราสามารถเลือกเจาะที่ใดๆก็ได้ บนด้านของขอบไม่จำเป็นที่จะต้องเจาะจากผิวหนึ่งไปทะลุยังอีกผิวหนึ่ง

7.3 Slot Feature ตัวเลือกนี้เราจะสร้างแถบที่เป็นร่องบนผิวของชิ้นงาน ซึ่งเราสามารถเลือกได้ว่าจะเป็นแถบที่เป็นร่องแบบยาวทะลุ (Thru Slot) ที่วิ่งจากผิวด้านหนึ่งไปทะลุผิวที่อยู่ตรงกันข้าม ร่องดังกล่าวนี้จะคล้ายกับร่องที่เกิดจากลักษณะของเครื่องมือที่เป็นใบมีดของการตัด (Tools) วิ่งกัดตั้งฉากกับผิวของชิ้นงาน ในตัวเลือกคำสั่ง Slot จะมีวิธีการต่างๆในการทำ Slot ได้ 4 วิธีคือ

- Rectangular
- Ball-End
- U&T-Slot
- Dove-Tail

ในการพิจารณาว่าส่วนใดจะเป็นส่วนกว้าง (Width) และส่วนยาว (Length) จะพิจารณาได้ดังนี้

- Width จะเป็นส่วนที่ขยายตัวออกตั้งฉากกับแกนที่เป็นแกนนอน (Horizontal) จะเปรียบได้กับขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางทรงกระบอกที่วิ่งผ่านเข้าไปในเนื้อ
- Length จะเป็นระยะของแนวยาวที่ใบมีดวิ่งผ่านเข้าไปในเนื้อที่จะขนานกับแกนนอน และจะมีทิศตั้งฉากกับ Width

7.4 Groove Feature จะเป็นการกัดชิ้นงาน Solid ที่คล้ายกับว่า ชิ้นงานมีการหมุนรอบแกนสมมุติแล้วใบมีดวิ่งเข้าไปที่กัด ลักษณะของการกัดจะขึ้นอยู่กับเครื่องมือ (Tool) ที่เข้ามากัดว่า จะเป็นปลายใบมีดรูปทรงใด โดยจะแบ่งออกดังนี้

- Rectangular
- Ball-End
- U-Groove

การใช้คำสั่งนี้จะใช้กับฟีตเชอร์ที่เป็นทรงกระบอก (Cylinder) หรือผิวแบบโคนิก (Conical faces) เท่านั้น ซึ่งจะต้องมีการเลือกผิวและเลือกแกนที่จะให้เกิดการหมุนประกอบ

7.5 Pocket Feature ตัวเลือกนี้ยอมให้เราสร้างการเจาะ (Cavity) ลงในชิ้นงาน Solid คล้ายกับการใช้ใบมีดของเครื่องมือคว้านลงไปตรงๆ จะแตกต่างจากคำสั่ง Slot ตรงที่ Slot จะมีแนวใบมีดไปตามทิศของแกนนอน (Horizontal) แล้วจะเป็นไปตามทิศของผิวที่เลือกเท่านั้น ในตัวเลือกของ Pocket จะมีตัวเลือกที่สำคัญสรุปได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Cylinder Pocket มีลักษณะการเจาะเป็นวงกลมพร้อมกำหนดความลึก (Depth) แต่มีความสามารถที่จะขริบโค้ง (Blend) ตรงปลายที่เจาะ โดยกำหนดค่ารัศมี (R) หรือกำหนดมุมเอียง (Taper)

- Rectangular Pocket เป็นการกำหนดการคว้านรูปสี่เหลี่ยมโดยกำหนดความลึก (Z length) ขนาดความกว้าง (Y length) ขนาดความยาว (X length) มุมโค้ง (Corner Radius) มุมโค้งของพื้น (Floor Radius) และยังควบคุมมุมเอียง (Taper) ได้ด้วย

- General Pocket

7.6 Boss Feature เป็นการสร้างรูปทรง Solid ที่คล้ายทรงกระบอก (Boss) โดยการกำหนดความสูง (Height) ขนาดเส้นผ่าศูยน์กลาง (Diameter) และขนาดมุมเอียง (Taper)

7.7 Pad Feature เป็นการสร้างรูปทรงสี่เหลี่ยมสร้างอยู่บนผิวของ Solid แต่จะสามารถควบคุมมุมเอียง (Taper) รัศมีโค้ง (Corner Radius) จะมีตัวเลือกย่อยคือ

- Rectangular Pad

- General

7.8 Thread เป็นการให้รายละเอียดการทำเกลียวของผิวที่มีลักษณะเป็นทรงกระบอก เช่น Cylinder, Hole, Bosses, Sweep ที่เป็นผิวทรงกระบอก ฯลฯ ซึ่งจะสามารถให้รายละเอียดเป็นเกลียวเป็นแบบตัวผู้หรือตัวเมีย ขึ้นกับลักษณะเวกเตอร์ที่ชี้ตั้งฉากเข้าออก การทำเกลียวจะสามารถให้วิ่งวนซ้ายหรือขวาได้ตามแต่จุดประสงค์ และยังมีส่วนประกอบข้อมูลของการทำเกลียวก็คือ เส้นผ่าศูยน์กลางของรัศมีหลัก (Major) และรัศมีรอง (Minor) ระยะช่างเขี้ยว (Pitch) ระยะมุมเอียง (Angle) ระยะช่วงความยาวการทำเกลียว (Length) ในทางปฏิบัติโปรมแกรมแสดงลักษณะการทำ Threads ในวิธี Symbolic ซึ่งจะเป็นการแสดงแบบง่ายโดยไม่มีรายละเอียด (Detailed) เป็นการลดการคำนวณของโปรมแกรม ซึ่งเราควบคุมการแสดงเปิด/ปิดโดยการเลือกที่ปุ่มของ Thread Type

8 Duplication & Reference Features ในโปรมแกรม UG เรายังสามารถทำซ้ำเป็นชุด (Array) จากฟีตเชอร์ที่เราสร้างไว้แล้ว ถึงแม้ว่าจะมีคำสั่ง Copy ในคำสั่ง Transformation แต่ในคำสั่งนี้จะมีตัวเลือกไว้อำนวยความสะดวกมากขึ้น สามารถกำหนดด้วยตัวแปรเพียงตัวเดียว แต่จะมีผลเชื่อมโยงไปถึงฟีตเชอร์ตัวอื่นๆ ที่ทำซ้ำเป็นชุดอีกด้วย การทำซ้ำ (Duplication) จะมีอยู่ด้วยกัน 5 วิธีคือ

8.1 Rectangular Array เราสามารถสร้างอาร์เรย์ชุดของฟีตเชอร์ไปยังทิศทาง XC และ YC ได้พร้อมกันโดยจะสร้างระนาบที่ขนานไปกับ XC-YC ซึ่งเราจะต้องกำหนด WCS ให้เหมาะสมกับระนาบหรือผิวที่ต้องการ หลังจากที่เราสร้างฟีตเชอร์ด้วยอาร์เรย์แล้ว เมื่อมีการแก้ไขไม่ว่าจะเป็น Blends, Tapers, Chamfers, Hollows, Datums ของชิ้นงานต้นแบบ ชุดอาร์เรย์ทั้งหมดที่เราสร้างไปแล้วจะแก้ไขตามอย่างอัตโนมัติ (แต่การอาร์เรย์จะไม่นำพาสิ่งเหล่านั้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วย แต่จะแก้ไขตามต้นแบบเท่านั้น) เมื่อเราใช้คำสั่ง Rectangle โปรแกรมจะมีการป้อนข้อมูลตามลำดับดังนี้

- Number Along XC (จำนวนของอาร์เรย์ตามแนวแกน X ซึ่งจะรวมต้นแบบด้วย)
- XC Offset (ขนาดของระยะห่างระหว่างอาร์เรย์ตามแกน X)
- Number Along YC (จำนวนของอาร์เรย์ตามแนวแกน Y ซึ่งจะรวมต้นแบบด้วย)
- YC Offset (ขนาดของระยะห่างระหว่างอาร์เรย์ตามแกน Y)

8.2 Circular Array จะเป็นการสร้างอาร์เรย์รูปแบบวงกลมรอบแกนสมมุติ (Rotation Axis) ที่ตั้งฉากกับระนาบของการอาร์เรย์ ซึ่งเป็นระนาบที่อ้างอิงตาม WCS ของ XC-YC เมื่อเราใช้ตัวเลือกนี้โปรมแกรมจะมีการกำหนดค่าตัวแปรดังนี้

- Number (จำนวนของอาร์เรย์รอบวงกลมที่รวมเอาต้นแบบด้วย)
- Angle (มุมที่เพิ่มระหว่างแต่ละฟีตเชอร์วัดรอบแกนหมุนสมมุติ)

8.3 Mirror Body เป็นคำสั่งที่สร้างฟีตเชอร์ในลักษณะเช่นเดียวกับภาพในกระจกที่มีการสลับจากซ้ายเป็นขวา แต่มีลักษณะเหมือนกันทุกประการ การกระทำ Mirror จะกระทำรอบระนาบดาตั้มสมมุติ ซึ่งโปรมแกรมจะสร้าง Separate Feature ใหม่ที่มีชื่อว่า Mirror ขึ้นมาอีก 1 ชุด เราสามารถใช้คำสั่งในเมนู Information ที่ตัวเลือก Feature เพื่อแสดง ข้อมูลพื้นฐานของวัตถุให้ทราบถึงชนิดและจำนวนของฟีตเชอร์ได้ เช่นเดียวกับคำสั่งอาร์เรย์อื่นๆ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงใดๆ บนตัวต้นแบบ (Master) จะมีส่งผลต่อฟีตเชอร์ของตัวลูกที่ถูกสร้างขึ้นมา และหากมีการเปลี่ยนแปลงระนาบดาตั้มสมมุติ อาทิเช่น การย้าย การลบ การหมุน การแก้ไขฯลฯ จะส่งผลถึงตัวลูกเช่นกัน

8.4 Mirror Feature ในตัวเลือกนี้จะคล้ายกับ Mirror Body แต่จะสามารถเลือกส่วนประกอบย่อยที่เป็นฟีตเชอร์ได้แทนที่จะเลือกทั้งชิ้นดังคำสั่งที่ผ่านมา แต่ถ้าเป็นชิ้นงานที่มีความสัมพันธ์กัน โปรแกรมจะอ้างอิงฟีตเชอรีเป็นกลุ่ม ในคำสั่งนี้จะใช้หลักการเดียวกับคำสั่ง Mirror Body แต่ต้องเลือกที่ Steps ตามลำดับ คือ ต้องเลือกที่ฟีตเชอร์เป็นอันดับแรกและต้องเลือกที่ Selection Steps ต่อไปเพื่อเลือกระนาบดาตั้มอีกครั้ง การใช้คำสั่งนี้จะต้องใช้กับวัตถุชิ้นงานที่มีฟีตเชอร์ที่มีความสัมพันธ์กันเท่านั้น

8.5 Pattern Face ในตัวเลือกนี้จะมีอยู่ในเวอร์ชั่น 18 เป็นต้นไป คำสั่งนี้จะช่วยให้เราทำการคัดลอก (Copy) กลุ่มของผิวที่ต้องการ ไปเป็นกลุ่ม โดยไม่จำเป็นต้องเป็นฟีตเชอร์ทำให้คำสั่งนี้ใช้งานได้กว้างกว่าคำสั่งอื่น วิธีการใช้คำสั่งนี้จะมีอยู่ด้วยกัน 5 ขั้นตอนดังนี้

- เลือกที่ผิวที่ต้องการ (Seed) เพื่อเป็นวัตถุเป้าหมาย
- เลือกผิวที่ต้องการเป็นขอบเขต (Boundary)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เลือกเส้นขอบที่กำหนดเป็นแกน X ของ pattern

- เลือกเส้นขอบที่กำหนดเป็นแกน Y ของ pattern

- เลือกระนาบที่เป็นระนาบอ้างอิง อาจเป็นดาตั้มหรือระนาบผิว

ในการทำเป็นชุดแบบ Rectangular และ Circular จะมีการกระทำเป็นชุดแบบพิเศษที่แบ่งย่อยได้อีก 3 ลักษณะ เพื่อให้การทำเป็นชุดอาร์เรย์ทั้งสองแบบ มีการควบคุมได้ง่ายขึ้นดังนี้

- General จะเป็นแบบปกติที่มีการกระทำทางพีชคณิต (Boolean) ระหว่างฟีตเชอร์ที่อาร์เรย์กับผิวชิ้นงานที่สัมผัส จะสามารถสร้างได้แม้บริเวณขอบ (Edge)

- Simple จะคล้ายกับ General แต่จะไม่เกินขอบของผิวชิ้นงาน ซึ่งถ้าหากสร้างเกินขอบ โปรมแกรมจะแจ้งค่าผิดพลาด (error) ให้ทราบ

- Identical จะเป็นการกระทำได้เร็วที่สุดและจะไม่มีการกระทำใดๆ ทางพีชคณิตเลย คล้ายกับเป็นการ Copy แบบธรรมดา จะเหมาะสำหรับ Copy จำนวนมากๆ ซึ่งจะเหมือนกับต้นฉบับทุกประการ

9 Reference Feature โปรมแกรม UG จะมีเครื่องมือที่เรียกว่าดาตั้ม ซึ่งจะมีลักษณะเป็นระนาบแผ่นบางที่ไม่มีความหนา ถือว่าเป็นระนาบสมมุติที่สามารถขยายตัวได้ตามขนาดขอบเขตของวัตถุได้อย่างไม่มีที่สิ้นสุด มีประโยชน์เพื่อสามารถใช้อ้างอิง (Reference) กรณีที่วางตำแหน่งของชิ้นงานเพื่อให้ความสะดวกและแม่นยำขึ้น ดาตั้มเราจะถือว่าเป็นฟีตเชอร์อย่างหนึ่งที่เราสามารถลบและแก้ไขได้เช่นเดียวกับฟีตเชอร์อื่นๆ ได้เช่นกัน เรามักนิยมใช้ระนาบดาตั้มในกรณีการวางตัวของฟีตเชอร์ไม่ได้ขนานกับแกนระนาบทั้งสามของแกน X, Y, Z หรือกรณีที่วัตถุมีช่วงความยาวบางส่วนอยู่ในชิ้นงานซึ่งจะทำให้การวางตำแหน่งลำบากมากขึ้น เรานิยมใช้ระนาบดาตั้มเป็นแนววางตำแหน่งและกำหนดช่วงของวัตถุ ระนาบดาตั้มจะมีอยู่ 3 ชนิดคือ

9.1 Datum Plane จะเป็นระนาบที่สร้างขึ้นจากตำแหน่งที่แน่นอน เช่น อาจสร้างจากจุดกึ่งกลางของขอบกับจุดปลายของชิ้นงาน จะมีประโยชน์อย่างมากต่อการสร้างฟีตเชอร์บนวัตถุที่ผิวไม่ชัดเจน เช่น บนทรงกระบอก ทรงกรวย หรือ Solid จากการสร้างด้วย Revolved Face ซึ่งเราไม่สามารถอ้างอิงขอบหรือผิวบน Solid ได้เลย Datum Plane จะสร้างได้จาก 2 ลักษณะ คือ จาก Relative และ Fixed เราสามารถจะสร้างระนาบดาตั้มในลักษณะสัมพันธ์เชิงบังคับ (Constrained) กับวัตถุฟีตเชอร์ต่างๆ ที่เรากำหนด โดยจะเป็นลักษณะที่สามารถใช้ร่วมกัน (Combination) คือเมื่อเราสร้างระนาบดาตั้มขึ้นมาแล้ว ถ้าหากมีการปรับเปลี่ยนขนาดของฟีตเชอร์ เช่น กว้างขึ้น สูงขึ้น การย้ายตำแหน่ง ระนาบของดาตั้มก็จะปรับรูปไปตามการเปลี่ยนแปลงของฟีตเชอร์นั้นทันที ซึ่งข้อมูลของความสัมพันธ์ดังกล่าว จะแสดงให้เราทราบได้โดยการใช้ปุ่ม Constraint Information การเลือกรูปแบบของ Constraint จะมีอยู่ด้วยกัน 3 วิธีคือ

- Single Constraint จะสร้างระนาบหรือผิวที่มีอยู่แล้ว จะเลือกได้ 3 วิธี

1. Offset From Plane (เลือกจากสิ่งที่มีอยู่แล้วด้วยแต่เดิม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Center Plane (เลือกจาก 2 ผิวหรือระนาบที่ขนานกัน)

3. Through Face Axis (เลือกผิวโค้งของทรงกระบอก, ทรงกรวย)

- Dual Constraint จะสร้างความสัมพันธ์คู่ใดคู่หนึ่ง

- Triple Constraint จะสร้างจากจุด 3 จุดจากชิ้นงาน Solid เดียวกัน จะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับ Solid ก่อนนี้ ซึ่งจะเลือกได้เฉพาะจุดปลาย (Endpoint) จุดกึ่งกลาง (Midpoint) บนขอบต่างๆ ที่สามารถเลือกได้

9.2 Datum Axis ในตัวเลือกนี้จะเป็นการสร้างแกนสมมุติไว้เพื่ออ้างอิง ซึ่งแกนดาตั้ม (Datum Axis) จะแตกต่างจาก WCS ตรงที่ว่าดาตั้มจะมีความสามารถทางด้านความสัมพันธ์เชิงบังคับ (Constraint) คือ สามารถปรับเปลี่ยนทิศไปตามความเปลี่ยนแปลงของวัตถุสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน (เมื่อวัตถุเปลี่ยนรูปทรง ระนาบดาตั้มก็จะเปลี่ยนตามอัตโนมัติ) แกนดาตั้มจะมีประโยชน์ในการอ้างอิงในกรณีที่ชิ้นงานมีรูปทรงผิวโค้งหรือรูปทรงที่ไม่มีขอบและผิวชัดเจน ซึ่งจะทำให้วางตำแหน่งฟีตเชอร์ได้ง่ายขึ้น สรุปประโยชน์ได้ดังนี้

- เป็นแกนของการหมุนแบบ Revolved Feature
- เป็นแกนของการสร้างระนาบดาตั้ม
- เป็นทิศสำหรับการวาง
- เป็นการให้เส้นบอกขนาดการอ้างอิงสำหรับการวางตำแหน่งได้

9.3 Datum CSYS สำหรับระนาบดาตั้มแบบ CSYS จะมีลักษณะคล้ายกับ CSYS ของ WCS กล่าวคือ เป็นกลุ่มของระนาบดาตั้มที่สร้างทิ้งไว้หลายๆ จุดบนชิ้นงาน เมื่อเราต้องการจะใช้ก็เพียงคลิกเรียกกลับมาได้อีกตลอดเวลา และเมื่อเราต้องการจะลบทิ้งก็สามารถลบทิ้งโดยใช้คำสั่ง Delete เช่นเดียวกับวัตถุธรรมดา Datum CSYS จะเป็นเพียงระนาบเล็กๆ ที่ไม่เหมือนกับ Datum Plane ซึ่งเมื่อถูกสร้างมาบนชิ้นงาน จะมีได้หลายๆ ตำแหน่งต่างๆ กัน และการใช้งานของ Datum CSYS จะค่อนข้างง่าย

10 Edit Feature ในโปรมแกรม UG ได้เปิดโอกาสให้เราสามารถเข้าไปแก้ไขตัวแปร (พารามิเตอร์) ต่างๆ ที่ควบคุมฟีตเชอร์ โดยผ่านคำสั่ง Edit Feature ซึ่งหลังจากการแก้ไขฟีตเชอร์ต่างๆ แล้ว ข้อมูลของส่วนประกอบอื่นๆ ที่เกิดจากการโอเปอร์เรชั่น เช่น Unite, Subtract, Intersection ฯลฯ ก็จะคำนวณปรับรูปทรงตามข้อมูลใหม่อย่างอัตโนมัติ และคงยังมีความสัมพันธ์กันอยู่เช่นเดิม (ยกเว้นกรณีที่ไม่สามารถกระทำได้ โปรมแกรมจะให้เราเลือกว่าจะย้อนคืนสภาพเดิมหรือจะไปข้างหน้าเป็น Step

10.1 Move Feature ตัวเลือกนี้จะใช้ในการย้ายฟีตเชอร์ไปสู่ตำแหน่งใหม่ หลังจากที่ได้โอเปอร์เรชั่นเรียบร้อยแล้ว ในคำสั่งนี้จะใช้ได้กับทุกฟีตเชอร์ที่เป็น Solid ที่สร้างขึ้นจากการ Extruded และ Revolved แต่จะใช้ไม่ได้กับฟีตเชอร์ที่เกิดภายใต้ Constraint ซึ่งจะต้องใช้คำสั่ง Edit Positioning Dimension แทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10.2 Delete Feature ตัวเลือกนี้จะใช้สำหรับลบฟีตเชอร์ที่ไม่ต้องการทิ้งไป ซึ่งฟีตเชอร์ที่ลบจะต้องไม่มีความสัมพันธ์ต่อเนื่อง (อาทิเช่นเราเจาะรูด้วยการอ้างอิงจากระนาบดาตั้มแต่เราลบระนาบดาตั้ม รูที่เจาะก็จะถูกลบตามไปด้วย) ถึงแม้จะมีการลบด้วยความไม่ตั้งใจ เราสามารถใช้คำสั่ง Undo ย้อนคืนสภาพเดิมได้ แต่ต้องไม่มีการจัดเก็บ (Save) ก่อนหน้านี้

10.3 Edit Feature Parameters จะใช้ในการแก้ไขค่าตัวแปรที่เป็นพารามิเตอร์ต่างๆ ของฟีตเชอร์ ซึ่งแต่ละชนิดจะไม่เหมือนกันจะขึ้นอยู่กับชนิดของฟีตเชอร์และรูปแบบการสร้าง เช่น ในกลุ่มที่สร้างจาก Instance ฟีตเชอร์ก็จะเป็นหน้าต่างของ Instance หรือถ้าเป็น Itole ก็จะเป็นหน้าต่างของ Itole แต่ถ้าเป็นฟีตเชอร์อื่นๆ ก็จะแก้ไขในส่วนตัวแปรพื้นฐานที่นำไปสร้างฟีตเชอร์นั้นๆ

10.4 Edit Positioning ตัวเลือกนี้จะแก้ไขเฉพาะ Form Feature เท่านั้น เช่น Boss, Hole, Slot ฯลฯ จะไม่สามารถแก้ไขได้ทุกฟีตเชอร์และจะนิยมใช้ในการขยับปรับเปลี่ยนตำแหน่งโดยยังยึดถือเงื่อนไขเดิมอยู่ ในตัวเลือกนี้จะมีตัวเลือกอยู่ 3 ตัวคือ

- Add Dimension จะใช้ในกรณีที่เราวางตำแหน่งฟีตเชอร์ (โดยใช้เม้าส์) โดยไม่ได้มีการกำหนดขนาดควบคุมระยะใดๆ เช่น การวางโดยตรงโดยใช้เม้าส์วางแต่จะข้ามขั้นตอนให้ป้อนไดเมนชั่นลงไป (ไม่ได้พิมพ์ข้อมูลทับ) จึงจะใช้ตัวเลือกนี้ได้
- Edit Dimension จะใช้ตัวเลือกนี้แก้ไขไดเมนชั่นจากที่เรากำหนดไว้แล้วในขณะวางตำแหน่งในครั้งแรก (พิมพ์ทับข้อมูล) อาศัยการคลิกเลือกโดนตรงที่เส้นบอกขนาดแล้วพิมพ์ข้อมูลใหม่ทับลงไป
- Delete Dimension จะใช้ในกรณีที่จะลบไดเมนชั่นที่เกิดจากการวางตำแหน่งของ ฟีตเชอร์โดยเลือกที่เส้นบอกขนาดได้โดยตรง

10.5 Reorder Feature เราจะใช้ตัวเลือกนี้ เพื่อทำการสลับการกระทำของฟีตเชอร์ต่างๆ ในลักษณะให้เกิดก่อนให้เกิดหลัง อาทิเช่น เดิมเราจะทำการเจาะรู (Hole) ก่อนขริบ (Fillet) จะได้รูปทรงแบบหนึ่ง แต่เราต้องการให้ขริบก่อนแล้วจึงเจาะรูเราสามารถใช้คำสั่ง Reorder นี้เข้าช่วย ซึ่งบางครั้งรูปทรงอาจเปลี่ยนไปไม่เหมือนเดิม ดังนั้นจึงควรใช้อย่างระมัดระวัง แต่เรายังสามารถ Undo คืนสภาพเดิมได้เสมอ

10.6 Reattach Feature ตัวเลือกนี้จะซ่อนอยู่ในคำสั่ง Edit Feature Parameters จะปรากฏตัวเลือกนี้เมื่อคลิกคำสั่งแก้ไขฟีตเชอร์ที่มีส่วนประกอบใดๆ ที่สามารถสลับตำแหน่งได้ โปรแกรมจะแสดงตัวเลือก Reattach ขึ้นมา ฟีตเชอร์ที่สามารถ Reattach ได้ส่วนมากจะเป็นประเภท Holes, Pockets, Grooves, Pads, Slots, Bosses เท่านั้น

10.7 Edit Feature by Model Navigator การแก้ไขฟีตเชอร์บางครั้งเราสามารถใช้ Model Navigator ในการแก้ไขฟีตเชอร์ ต่างๆ ได้เช่นเดียวกันหลังจากเรียกคำสั่งนี้ขึ้นมาทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้คลิกเลือกที่ฟีตเชอร์ใดๆ พร้อมคลิกเมาส์ปุ่มขวาก็จะเกิดเมนูสำหรับการแก้ไขขึ้นมาเพื่อแก้ไขฟีตเชอร์ต่างๆ อาทิเช่น ลบ (Delete), แก้ไข (Edit), ย้ายลำดับ (Reorder) เป็นต้น

11 Expression จะเป็นสมการทางพีชคณิตและทางเรขาคณิต ที่เราจะนิยมใช้สำหรับควบคุม รูปทรง ขนาดส่วนต่างๆ ของชิ้นงานได้ง่ายขึ้น โดยเราสามารถสร้างสมการเชิงสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรต่างๆ ของฟีตเชอร์ เช่น ความสูง ความกว้าง ความยาว ขนาดรู ฯลฯ แล้วนำมาสร้างสมการให้เปลี่ยนผัน เพื่อควบคุมความถูกต้องได้อย่างแม่นยำที่สำคัญก็คือ ง่ายต่อการแก้ไขรูปในคราวเดียวกัน ยกตัวอย่าง เมื่อความกว้างมีการเปลี่ยนแปลง ความยาว และขนาดของรูก็จะสามารถปรับเปลี่ยนตามสมการแปรผันได้อย่างอัตโนมัติ

12 การสร้างเส้นโครงร่างสเกตช์ด้วยคอนสแทรนต์ การสเกตช์ในลักษณะแบบคอนสแทรนต์ (Constraint) จะคล้ายกับว่าเป็นการสร้างรูปทรงจากเส้นตรงและเส้นโค้งในลักษณะเชิงบังคับ (บังคับให้ขนานกัน บังคับให้สัมผัสกัน บังคับในแนวแกนต่างๆ) เส้นทุกเส้นที่ถูกสร้างขึ้นจะมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงต่อกัน มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันยกตัวอย่าง เช่น ถ้าหากเรามีการแก้ไขเส้นใดเส้นหนึ่ง เส้นอื่นๆ ก็จะถูกปรับตามอย่างอัตโนมัติ โดยที่จะรักษาความสัมพันธ์ต่างๆ เหมือนเดิม การสเกตช์จะเหมาะสมกับรูปทรง 2 มิติ ที่จะนำไปขึ้นรูปเป็น 3 มิติ ไม่ว่าจะเป็นการ Swept Feature ที่ต้องอาศัยรูปทรงอ้างอิงหรือสร้างเป็นหน้ารูปทรงหน้าตัดในการขึ้นรูป ในรูปแบบอื่นๆ เช่น Free Form, Revolution เป็นต้น และการสเกตช์เองจะมีเครื่องมือต่างๆ ที่สามารถควบคุมความละเอียดแม่นยำได้สูงกว่า และแก้ไขง่ายกว่าวิธีการสร้างเส้น Curve แบบธรรมดา

12.1 ความสามารถในการเคลื่อนย้าย (Degree of Freedom) หมายถึงความสามารถที่จะเคลื่อนย้ายของชิ้นงาน จะมีลักษณะเป็นตัวลูกศรชี้ในบริเวณที่เป็นสเกตช์พอยน์ (Skecth Point) ถ้ามีลูกศรชี้ทั้งแนวนอนและแนวตั้งก็จะหมายถึง ความสามารถในการเคลื่อนย้ายทั้ง 2 แนว คือ ขึ้นหรือลง (แนวตั้ง) และซ้ายหรือขวา (แนวนอน) Skecth Point จะช่วยในเราสามารถรู้ตำแหน่งของวัตถุเพื่อวางได้แม่นยำ ส่วน Degree of Freedom จะช่วยให้เราได้ทราบว่าจุดควบคุมของแต่ละเส้น มีความอิสระได้มากน้อยเพียงใด เพื่อกำหนด Constraint ในแต่ละเส้น Curve

12.2 หลักการในการสร้างการสเกตช์

- ตัดสินใจว่าส่วนไหนต้องการสเกตช์ขึ้นมา ซึ่งควรจะเป็นส่วนใดส่วนหนึ่งที่สามารถเป็นตัวแทนของชิ้นงานที่จะขึ้นรูปมากที่สุด
- เลือกเลเยอร์ที่ต้องการจะวางรูปสเกตช์ ควรจะแจกรูปสเกตช์ไว้ในเลเยอร์ใหม่ ไม่ควรนำไปปนกับอ็อบเจกต์อื่นๆ เพื่อง่ายต่อการทำงาน
- ตั้งชื่อให้เหมาะสมกับลักษณะงาน ควรจะจัดกลุ่มแล้วกำหนดชื่อให้มีความหมายสื่อถึงลักษระงานหรือรูปร่างชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กำหนดระนาบที่ต้องการจะสเกตช์ให้เหมาะสม ควรกำหนดระนาบที่ง่ายและสัมพันธ์กับผิวของชิ้นงานที่จะขึ้นรูปมากที่สุด เพราะการสเกตช์จะเป็นการสร้างรูปทรงใน 2 มิติ ที่ต้องอ้างอิงระนาบในการสร้าง

12.3 หน้าต่างของการสเกตช์ หน้าต่างของเครื่องมือสำหรับการทำงานโหมดสเกตช์ โดยจะแบ่งกลุ่มได้ดังนี้

12.3.1 กลุ่มการสร้าง Curve มีส่วนประกอบดังนี้

- สร้างเส้นจากพื้นฐาน เช่น เส้นตรง เส้นโค้ง วงกลม การขริบ การตัดการแก้ไขต่างๆ

- การวางตำแหน่งของจุด (Point) เช่น ที่จุดปลาย, จุดควบคุมเส้น, จุดสัมผัส, จุดตัด

- การวางตำแหน่งของจุด (Point) แบบเป็นกลุ่มจะมีตัวเลือกที่วางบนผิว วางบน SCYS

- สร้างเส้นสี่เหลี่ยมจากจุดที่ต้องการ 2 จุด

- การขริบโค้ง เฉพาะเส้นที่ได้จากการสเกตช์ โดยการกำหนดรัศมีหรือไม่กำหนดรัศมี

- สร้างจากวงรีจากกำหนดจุดกึ่งกลาง และตัวควบคุมเส้นหลักกับเส้นรอง

- สร้างเส้นโค้ง Spine เช่น จากตำแหน่ง Pole ผ่านจุดปรับให้พอดี ตั้งฉากกับระนาบ

- สร้างเส้นโค้งแบบ Conic เช่นจุดยอดกรวย และระนาบก็จะได้เส้นโค้งออกมา

- แก้ไขเส้นโค้ง เช่น มุมขลิบ จุดขลิบ ตัดแบ่งเส้น รัศมีขลิบ การยืดความยาวโค้ง

12.3.2 กลุ่มตัวเลือกการสเกตช์ (Skecth options) มีส่วนประกอบดังนี้

- สร้างระนาบใหม่สำหรับการสเกตช์โดยการกำหนดชื่อและเลือกระนาบที่ต้องการ

- สร้างระนาบใหม่สำหรับการสเกตช์โดยการให้ระยะแบบไดเมนชั่นแต่จะต้องอยู่ภายในวัตถุเท่านั้น

- ปรับย้ายแบบสลับด้านใหม่ สำหรับสิ่งที่กำหนดไว้แล้ว เช่น สลับพลิก ทิศทาง สลับด้าน

12.3.3 กลุ่มตัวเลือกการจัดการ Constraint (Constraint Management) มีส่วนประกอบดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ควบคุมการสร้างรูปทรงด้วยเส้นบอกขนาดและการกำหนดด้วย Constraint

- สร้างรูปเหมือนในลักษณะแบบกระจก (Mirror) ที่กลับจากซ้ายไปขวา

- กำหนดการแก้ไขทีละครั้งสลับกันไป ใช้ในกรณีที่ต้องการแก้ไขรูปทรงที่ยากๆ

- การลาก (Drag) โดยการปรับเปลี่ยนค่าขนาดของตัวเอง ซึ่งจะกำหนดขนาดของการเพิ่มลดได้สะดวกกว่า

- แสดงและลบลักษณะ Constraint ที่เชื่อมโยงกันในรูปทรงกระบอกของการสเกตช์เพื่อการแก้ไข

- การแสดงการเคลื่อนไหว (Animate) โดยการกำหนดช่วง และกำหนดลำดับการเปลี่ยนแปลง

- สร้างเส้น Curve ด้วยการสกัดแยกจากผิวในลักษณะ Offset

12.3.4 กลุ่มการจัดการสเกตช์ (Skecth Manager) มีส่วนประกอบดังนี้

- เพิ่มวัตถุที่สนใจเข้าสู่เส้นสเกตช์ โดยจะเลือกจากวัตถุที่อยู่ในโหมด Model Space

- เปลี่ยนไปและกลับจากเส้น Curve ที่เป็น Referance (ในลักษณะ 2 ทาง)

- วางเส้นสเกตช์ด้วยการสกัดเส้นจาก Model Space เข้าสู่เส้น Curve ในสเกตช์

12.3.5 การแก้ไขตัวควบคุม String ของเส้น Curve

12.4 Control Point ตัวเลือกนี้เป็นปุ่มที่ช่วยให้เราสะดวกในการวางตำแหน่งของเส้นต่างๆ ได้แม่นยำขึ้นจะคล้ายกับการกระโดด (SNAP) เข้าหาตำแหน่งที่ต้องการ เช่น จุดศูนย์กลาง จุดตัด จุดปลาย เป็นต้น และหน้าต่าง Point Method จะมีตัวเลือกในการวางตำแหน่งดังนี้

- Inferred Point จะเป็นแบบอัตโนมัติ โปรมแกรมจะคำนวณให้ตำแหน่งแก่เรา

- Cursor Location จะเป็นการวางตำแหน่งโดยผู้ใช้กำหนดเองด้วยเคอร์เซอร์

- Existing Point วางตำแหน่งบนจุดที่สร้างไว้

- End Point วางตำแหน่งที่จุดปลายของเส้น

- Control Point วางตำแหน่งที่จุดควบคุมเส้น

- Intersection Point วางตำแหน่งที่จุดตัดของเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Are/Ellipse/Sphere Center วางตำแหน่งที่จุดกึ่งกลางเส้นโค้ง วงรี และทรงกลม

- Quadrant Point วางตำแหน่งที่จุดหนึ่งในสี่ส่วนของวงกลม

- Select Point เลือกตรงส่วนของผิวของ Solid

- Point Construction สร้างตำแหน่งของจุดบนชิ้นงานโดยผู้ใช้กำหนดเอง

12.5 การให้ Constraint ด้วย Geometric การให้ Constraint ในรูปแบบ Geometric คือ การกำหนดให้เส้น Curve แต่ละคู่หรือแต่ละชุด มีความสัมพันธ์ต่อกันในลักษณะเชิงบังคับ คือ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเส้นใดเส้นหนึ่ง เส้นที่มีความสัมพันธ์นั้นก็จะปรับตามอย่างอัตโนมัติ เช่น การให้ขนาดเท่ากัน การใช้เส้นผ่าศูยน์กลางร่วมกัน ให้ขนานกัน ให้สัมผัสกัน ให้ตั้งฉากกันเป็นต้น การกำหนดลักษณะ Constraint ในรูปแบบ Geometric จะสามารถสรุปได้ดังนี้

- Coincident กำหนดจุดให้เป็นที่เดียวกัน

- Collinear กำหนดให้เส้นวางแนวเดียวกัน และทิศเดียวกัน

Concentric กำหนดให้ใช้จุดศูยน์กลางร่วมกัน

- Constant Angle ล็อกให้องศาคงที่

- Constant Length ล็อกให้ความยาวคงที่

- Equal Length กำหนดให้ความยาวต้องเท่ากัน

- Fix กำหนดให้ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

- Horizontal บังคับให้เป็นแนวนอน

- Midpoint to กำหนดให้จุด (Point) อยู่บนกึ่งกลางของเส้น Curve

- Mirror กำหนดให้วัตถุสองชิ้น กลับด้านซ้ายขวา

- Tangent กำหนดให้สัมผัสซึ่งกันและกัน

- Parallel กำหนดให้เส้นตรงที่เลือกขนานกัน

- Perpendicular กำหนดให้ตั้งฉากซึ่งกันและกัน

- Point on Curve ย้ายจุดไปอยู่บนเส้น Curve

- Vertical บังคับให้เป็นแนวตรง

12.6 การขริบโค้ง Sketch Fillet ในคำสั่ง Sketch ตัวเลือกของ Curve Construction และ Basic Curve จะมีคำสั่งทำหน้าที่ในการขริบโค้งระหว่างเส้นตรง 2 เส้นที่เข้าบรรจบทำมุมกัน ตามค่ารัศมี R ซึ่งจะมีวิธีการขริบได้ 2 วิธีคือ

- Simple Fillet

- Curve Fillet

12.7 การสร้างระนาบ Sketch บนผิวระนาบ การสร้างระนาบของการสเก็ตช์นอกจากระนาบแกนทั้ง 3 ของ WCS แล้วเรายังสามารถที่จะสร้างระนาบขึ้นจากผิว (Face) ใดๆของชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งาน แต่ถ้าเป็นผิวที่ Free Form หรือผิวโค้งอาจจะต้องอาศัยการสร้างระนาบดาตั้มเข้าช่วย ซึ่งตัวโปรแกรมจะเป็นตัวกรองสำหรับให้เลือกว่าเป็นแบบใด

12.8 การทำ Mirror Sketch การทำ Mirror ของการสเกตช์จะเป็นลักษณะการคัดลอกวัตถุในรูปแบบกลับซ้ายเป็นขวา คล้ายกับวัตถุที่มองในกระจก การ Mirror ของสเกตช์จะสามารถเลือกได้จากวัตถุระนาบที่ทำงาน (Active) ได้เพียงระนาบเดียวเท่านั้น การทำ Mirror โปรแกรมจะให้เราทำงานตามขั้นตอนดังนี้

- เลือกเส้น 1 เส้นที่ต้องการจะทำเป็นแกนของกระจก (Select Mirror Centerline)

- เลือกกลุ่มของเส้นที่ต้องการจะคัดลอก (Select Mirror Geometry)

12.9 การ Drag Sketch โปรแกรมจะมีตัวเลือกที่ช่วยในการขยับรูป ปรับขนาดของระยะต่างๆ ในลักษณะลากแล้วปล่อย (Drag and Drop) เพราะการสเกตช์ถือว่าเป็นการขึ้นรูปในลักษณะรวดเร็ว เพื่อให้ได้รูปทรงที่ใกล้เคียง คำสั่งนี้จึงเป็นการช่วยให้เราทำงานได้คล่องตัวขึ้น การปรับแก้ของคำสั่ง Drag จะทำได้ 2 ลักษณะ คือ ถ้ามีคลิกที่เส้น Curve โดยตรงก็จะลากแล้วปล่อยอย่างอิสระ ถ้าคลิกที่เส้นบอกขนาดจะสามารถใช้ตัวควบคุมในหน้าต่าง Drag ปรับค่าที่เส้นบอกขนาด การทำ Drag โปรแกรมจะให้เราทำงานตามขั้นตอนดังนี้

- เลือกกลุ่มเส้น Curve โดยตรง แล้วคลิกที่ปุ่ม Done Selecting จะลากแล้วปล่อยอย่างอิสระ

- เลือกที่เส้นบอกขนาดให้กำหนดขนาดการเพิ่มค่า แล้วใช้ปุ่มลูกศรซ้ายขวาคลิกปรับขนาดเพิ่มลด

12.10 การแก้ไขสเกตช์ด้วยการ Edit Curve จะใช้ในกรณีที่เราต้องการเปลี่ยนแปลงค่าขนาดต่างๆ เช่นค่ารัศมี, ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง, ขนาดความยาว, จุดศูนย์กลางวงกลม, ค่ามุมยก เป็นต้น แต่จะไม่สามารถเปลี่ยนค่าพิกัดของเส้นตรงหรือเส้นโค้งได้ การแก้ไข Edit Curve โปรแกรมจะให้เราทำงานตามขั้นตอนดังนี้

- คลิกเลือกเส้น Curve โดยตรง แล้วกดปุ่ม TAB จะเกิด High Light กระโดดไปตามช่องไดอะล็อกบาร์

- เมื่อถึงช่องที่ต้องการแก้ไขก็ให้พิมพ์ข้อมูลใหม่ทับลงไป พร้อมคลิกปุ่ม Apply

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม Star-Cd

โปรแกรมนี้ไว้สำหรับใช้ในการแก้ปัญหาทางด้าน Thermofluids โดยใช้ Computational Fluid Dynamics โดยปกติกระบวนการของ Computational Fluid Dynamics นั้นความถูกต้องของโปรมแกรมไม่เพียงขึ้นอยู่กับความสามารถของโปรแกรมแต่ยังเกี่ยวกับข้อมูลที่นำเข้าต่างๆ คือ

- Domain ของการไหล
- คุณสมบัติของไหล
- เงื่อนไขขอบเขต
- วิธีการแก้ปัญหา

1 กระบวนการของ Computational Fluid Dynamics กระบวนการของ Computational Fluid Dynamics สามารถแบบได้เป็น 4 ระยะต่างๆดังต่อไปนี้

1.1 การออกแบบจำลอง การออกแบบแบบจำลองนั้นเราต้องเข้าใจลักษณะทางกายภาพของวัตถุ คุณสมบัติพื้นฐานของการไหล และหลักการทางฟิสิกส์ของการไหลนั้นๆ เราสามารถจำแนกได้ดังนี้

- การกำหนด Mesh (จำนวน Mesh ขนาดและรูปร่างของ Mesh ฯลฯ)
- การกำหนดค่าตัวแปรต่างๆ ทางกายภาพที่เหมาะสม (ความหนาแน่น ค่าความหนืดและความร้อนจำเพาะ ฯลฯ)
- การเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมมากที่สุด (การใช้ Turbulence Model การใช้สมการเผาไหม้ ฯลฯ)

1.2 การสร้างแบบจำลองของการไหล เราสามารถจำแนกได้ดังนี้

- การสร้าง Mesh ที่ใช้ในโดเมนการไหล
- คุณสมบัติทาง Thermophysical ของของเหลว
- การเลือกตัวแปรในการแก้ปัญหา
- ข้อมูลที่นำออก
- เงื่อนไขขอบเขต
- ข้อมูลต่างๆที่ใส่เข้าไป

1.3 การวิเคราะห์การไหลโดยใช้ Star-Cd เราสามารถจำแนกได้ดังนี้

- ข้อมูลต่างๆที่อ่านโดย Prostar โดยถ้าเราต้องการเริ่มต้นทำการวิเคราะห์ต่อจะต้องมีผลลัพธ์เก่าที่เกิดจากโปรแกรม

1.4 การตรวจสอบผลลัพธ์โดยใช้ Prostar การตัดสินความถูกต้องของโปรแกรมโดยการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆที่แสดงและแก้ปัญหาโดย Star-Cd

2 Solution Domain การแก้ปัญหาโดยใช้โปรแกรม Star-Cd นั้นสามารถแก้ปัญหาต่างๆ ได้ดังนี้

2.1 ของเหลวหรือความร้อนไหลผ่านบริเวณเปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ของเหลวหรือความร้อนที่ไหลผ่านรูพรุน

2.3 ความร้อนที่ไหลผ่านของแข็ง

โดยการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นนั้นสิ่งที่สำคัญคือเราต้องกำหนดขอบเขตของปัญหาอย่างระมัดระวังและแบ่งขอบเขตให้ถูกต้อง โดยขอบเขตของโปรแกรม Star-Cd สามารถเลือกได้ 4 ชนิดดังนี้

- Physical Boundaries
- Symmetry Boundaries
- Cyclic Boundaries
- Notional Boundaries

3 Flow characterisation and material property definition มีความจำเป็นมากที่เราต้องกำหนดเงื่อนไขการไหลทางกายภาพและคุณสมบัติของวัสดุเพื่อการแก้ปัญหาที่ถูกต้อง โดยต้องเข้าใจหลักสำคัญต่อไปนี้

3.1 ธรรมชาติของการไหล (ความสม่ำเสมอ, ไม่ความสม่ำเสมอ, Laminar, Turbulent,Incompressible, Compressible).

3.2 คุณสมบัติ Thermophysical (ความหนาแน่น, ความหนืด, ความร้อนจำเพาะ)

3.3 แรงภายนอก (แรงโน้มถ่วง, แรงเหวี่ยงจากจุดศูนย์กลาง)

3.4 เงื่อนไขเริ่มต้นของการไหล

4 Boundary Conditions Boundary Condition สามารถแบ่งได้เป็นดังนี้

4.1 Prescribed Flow

4.2 Outlet

4.3 Prescribed Pressure

4.4 Stagnation Conditions

4.5 Cyclic Boundaries

4.6 Planes Of Symmetry

4.7 Free-Stream Transmissive Boundaries

4.8 Transient Wave Transmissive Boundaries

5 Numerical solution control การแก้ปัญหาของไหลสามารถแบ่งแยกได้เป็น 2 ประเภทคือ

5.1 Transient สามารถแก้ได้โดย

- PISO

5.2 Steady-State สามารถแก้ได้โดย

- PISO
- SIMPLE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- SIMPISO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] วิทยา สงวนวรรณ , เทคโนโลยีการออกแบบชิ้นส่วนและการสร้างแม่พิมพ์ชั้นสูง Unigraphics , สำนักพิมพ์ เอส.พี.ซี. บุ๊คส์ , 2545

[2] H.K. VERSTEEG and W.MALALASEKERA , An introduction to Computer Fluid Dynamics : The Finite Volume Method (English : Longman Scientific & Technical , 1995)

[3] มณฑล ใจกุศล , Turbomachinary , ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[4] User guide Star-CD version 3.15

[5] User guide Gambit version 2.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้