

การศึกษาคุณลักษณะการไหลของแก๊สในดีฟิวเซอร์ของไมโครแก๊สเทอร์ไบน์
โดยใช้การวิเคราะห์การไหลของของไหลด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข

ปริญญานิพนธ์

ของ

สันติสุข ศรีเกิน

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

เมษายน 2553

การศึกษาคุณลักษณะการไหลของแก๊สในดีฟิวเซอร์ของไมโครแก๊สเทอร์ไบน์
โดยใช้การวิเคราะห์การไหลของของไหลด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข

ปริญญานิพนธ์
ของ
สันติสุข ศรีเกิน

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
เมษายน 2553
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การศึกษาคุณลักษณะการไหลของแก๊สในดีฟิวเซอร์ของไมโครแก๊สเทอร์ไบน์
โดยใช้การวิเคราะห์การไหลของของไหลด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข

บทคัดย่อ
ของ
สันติสุข ศรีเกิน

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
เมษายน 2553

สันติสุข ศรีเกิน. (2553). การศึกษาคุณลักษณะการไหลของแก๊สในดیفฟิวเซอร์ของไมโครแก๊สเทอร์ไบน์โดยใช้การวิเคราะห์การไหลของของไหลด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข.

ปริญญาโท วิศวกรรมเครื่องกล กรุงเทพมหานคร: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชัย อัมมมงคล, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จุฑารัตน์ คุรุเจริญ.

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงวิเคราะห์หามุมลู่ที่เหมาะสมและเปรียบเทียบกับดیفฟิวเซอร์ 2 แบบ คือแบบแผ่นครีบตรงและแบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม โดยใช้การวิเคราะห์การไหลของของไหลด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข จากการสร้างชุดจำลองดیفฟิวเซอร์ประกอบด้วยใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลแบบการไหลผ่านของอากาศตามแนวรัศมีชนิดเซ็นตริฟูกอลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 142 มิลลิเมตร ครีบดีฟฟิวเซอร์ 2 แบบ และโครงสร้างโดยใช้โปรแกรมการคำนวณเชิงตัวเลขทางกลศาสตร์ของไหลหาค่าความเร็ว ความดันและความดันของกระแสอากาศที่ไหลอยู่ภายในช่องของใบครีบโดยใช้อากาศไหลเข้าโครงสร้างและหมุนใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลอากาศจะไหลผ่านเข้าช่องใบครีบดีฟฟิวเซอร์แล้วไหลออกเข้าห้องเผาไหม้ จากผลการคำนวณมุมลู่ออก 21 องศา เป็นมุมที่เหมาะสมจึงได้สร้างชุดจำลองดیفฟิวเซอร์ แบบแผ่นครีบตรงและแบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม ที่มีมุมลู่ 15, 18, 21, 24 และ 27 องศา เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบโดยกำหนดความเร็วลมทางเข้าโครงสร้างและความเร็วรอบใบพัดคอมเพรสเซอร์วีล 29 m/s 58 rad/s, 45 m/s 94 rad/s และ 51 m/s 104 rad/s

ผลการวิจัยพบว่ากำหนดความเร็วลมทางเข้าโครงสร้างและความเร็วรอบใบพัดคอมเพรสเซอร์วีล 51 m/s 104 rad/s เท่ากัน ชุดจำลองดیفฟิวเซอร์ มุมลู่ 21 องศา ให้ค่าความดันเฉลี่ยที่ทางออกใบครีบดีฟฟิวเซอร์สูงที่สุดโดยแบบแผ่นครีบตรงให้ค่าความดันเฉลี่ย 2.811 kN/m^2 และแบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมให้ค่าความดันเฉลี่ย 2.027 kN/m^2 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าชุดจำลองดیفฟิวเซอร์แบบแผ่นครีบตรงเพิ่มความดันอากาศมีสมรรถนะสูงกว่าแบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม การพิจารณาเส้นการไหลกระแสอากาศของช่องครีบดีฟฟิวเซอร์พบว่ามุมลู่กว้างมีทิศทางการกระจายตัวของขนาดความเร็วที่ทำให้เกิดการแยกชั้นการไหลทำให้เกิดการสูญเสียความดันที่ทางออก มุมลู่แคบความยาวภายในช่องครีบยาวขึ้นเกิดการสูญเสียความดันภายในช่องครีบ เนื่องจากความเสียดทาน ซึ่งส่งผลกระทบทำให้สมรรถนะการทำงานและค่าความดันขณะเคลื่อนที่ไหลผ่านช่องครีบดีฟฟิวเซอร์มีค่าลดลง

คำสำคัญ: มุมองศา, ดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นครีบตรง, ดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม, ใบพัดคอมเพรสเซอร์วีล, การวิเคราะห์การไหลของของไหลด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข

A STUDY OF GAS FLOW CHARACTERISTIC ON MICRO GAS TURBINE DIFFUSER
USING COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD)

AN ABSTRACT
BY
SANTISUK SRIKOEN

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Master of Engineering Degree in Mechanical Engineering
at Srinakharinwirot University
April 2010

Santisuk Srikoen. (2010). *A Study of Gas flow Characteristic on Micro Gas Turbine Diffuser Using Computational Fluid Dynamics (CFD)*. Master thesis,
M. Eng. (Mechanical Engineering). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot
University. Advisor Committee: Asst. Prof. Dr. Pichai Asadamongkon.
Asst. Prof. Dr.Jutarat Kurujaroen.

This research is an analytical of finding out the appropriate divergence angle and is to compare two types of diffusers is A plate fin and A triangular fin using Computational Fluid Dynamics. The study is based on the model constructed with a 142 millimeters diameter radial flow centrifugal compressor wheel, two types of Diffusers and cover. Due to this study the fluent program is applied in order to analyze the velocity, static pressure and turbulence of air flowing through the fin. The process concerned of the flow of air through cover and the rotating of compressor wheel .The air is able to flow through the Diffusers fin and reaches to the burning chamber. The result of calculating focuses on divergence angle 21 is an suitable angle. Consequently the comparison of the Diffusers model with divergence angle 15, 18, 21, 24 and 27 is considered. In order to analytical compare by defining the velocity flowing through the cover and also the rotating of compressor wheel is 29 m/s 58 rad/s, 45 m/s 94 rad/s and 51 m/s 104 rad/s.

The research is found that the velocity inlet in cover and compressor wheel can rotate 51 m/s 104 rad/s. The average pressure of divergence angle is 21 degree gives the highest static pressure at the outlet of Diffusers. The straight fin gives the pressure at 2.811 kN/m² and triangular fin gives 2.027 kN/m². In conclusion the straight Diffuser fin model can decrease the velocity but increase the pressure which has higher ability than triangular fin. Considering the flow of air in Diffuser fin that if the wider fin it can expand the velocity but causes separations. This can lose the outlet pressure. If the angle is narrow the fin are longer they will lose the inner pressure. This is because of the friction and it reflects to the ability and decreases the static pressure while flowing through the Diffusers.

Keywords: Divergence angle, Plate fin diffuser, Triangular fin diffuser, Compressor wheel, Computation Fluid Dynamic.

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง

การศึกษาคุณลักษณะการไหลของแก๊สในดีฟฟิวเซอร์ของไมโครแก๊สเทอร์ไบน์
โดยใช้การวิเคราะห์การไหลของของไหลด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข

ของ
สันติสุข ศรีเกิน

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. สมชาย สันติวัฒนกุล)
วันที่ เดือน พ.ศ. 2553

คณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

..... ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จุฑารัตน์ คุรุเจริญ)

..... ประธาน
(พันเอก รองศาสตราจารย์ ดร. อโณทัย สุขแสงพนมรุ้ง)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิชัย อัมภมมงคล)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ไพศาล นาผล)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จุฑารัตน์ คุรุเจริญ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิชัย อัมภมมงคล)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ประสบความสำเร็จเป็นอย่างดีเนื่องจากได้รับความร่วมมือการสนับสนุนและความอนุเคราะห์จากบุคคลหลาย ๆ ท่านที่ช่วยให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทางต่าง ๆ ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฑารัตน์ คุรุเจริญ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชัย อัมภมมงคล เป็นอย่างสูง ซึ่งท่านกรุณาให้คำแนะนำและข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าถึงแนวทางการดำเนินการวิจัยตลอดจนถึงการตรวจทานแก้ไข ซึ่งทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณวิชัย สีนจักร์ ที่ให้ความช่วยเหลือหลายประการ ตลอดรวมถึง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชัยณรงค์ อินประสิทธิ์ จำสับเอก จำนงค์ ผายสระน้อย และเพื่อนนิสิตของโครงการความร่วมมือระหว่าง มศว-จปร.และบุคคลอื่นๆ อีกหลายท่านที่ได้มีส่วนช่วยเหลือในครั้งนี้เป็นอย่างสูง

โดยสุดท้ายนี้หากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นประโยชน์ต่อผู้ที่ศึกษาค้นคว้าและวิจัยในด้านนี้หรือด้านอื่นๆ ผู้วิจัยขอยกคุณงามความดี ให้ท่านบุคคลทั้งหลายที่ได้กล่าวมาและคอยให้คำแนะนำปรึกษามาข้างต้น

สันติสุข ศรีเกิน

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
ขอบเขตของการวิจัย	2
วิธีดำเนินการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย	2
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
เครื่องอัดอากาศ (Compressor)	5
ดิฟฟิวเซอร์ (Diffuser)	15
การวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหล	
3 วิธีดำเนินการวิจัย	34
ออกแบบใบครีบริดดิฟฟิวเซอร์ให้มุมมองศาสตร์ออกมีความเหมาะสม	34
สร้างชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์จากชุดทดลองต้นแบบ	50
กำหนดขอบเขตชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์	51
คำนวณหาความเร็วลมทางเข้าที่เกิดจากการหมุนของคอมเพรสเซอร์วีล	56
กำหนดตำแหน่งการวิเคราะห์ชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์	58
หาค่าความดัน ความเร็ว และความปั่นป่วนของกระแสอากาศด้วยโปรแกรม การคำนวณเชิงตัวเลขทางกลศาสตร์ของไหล	62
4 ผลการวิเคราะห์ชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์	75
ผลการวิเคราะห์ใบครีบริดดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นครีบริดตรง	75
ผลการวิเคราะห์ใบครีบริดดิฟฟิวเซอร์ แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม	105
ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบใบครีบริดดิฟฟิวเซอร์ แบบแผ่นครีบริดตรงและ แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม	135

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5 สรุปและอภิปรายผลการวิจัย	145
สรุปผลการวิจัย	145
อภิปรายผล	146
ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป	146
บรรณานุกรม	147
ภาคผนวก	150
ภาคผนวก ก	151
ภาคผนวก ข	156
ภาคผนวก ค	162
ภาคผนวก ง	164
ภาคผนวก จ	171
ภาคผนวก ฉ	173
ประวัติย่อผู้วิจัย	176

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 ข้อดีและข้อเสียของดิฟฟิวเซอร์แต่ละรูปแบบ	18
2 ขนาดและจำนวนของกริด	54
3 เปรียบเทียบความเร็วลมแตกต่างกันที่ขนาดกริดต่างกัน	54
4 เปรียบเทียบความเร็วลมและค่าร้อยละความเร็วลมแตกต่างกันที่ขนาดกริดต่างกัน	56
5 แสดงการเปรียบเทียบความเร็วที่เหมาะสมในการหมุน คอมเพรสเซอร์วีล	58
6 แสดงค่าความดันและความเร็ว ชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นcriบตรงมุมลู่ 15° ที่จุดวัด ตำแหน่งที่ 1.....	75
7 แสดงค่าความดันและความเร็ว ชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นcriบตรงมุมลู่ 15° ที่จุดวัด ตำแหน่งที่ 2	77
8 แสดงค่าความดันและความเร็ว ชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นcriบตรงมุมลู่ 15° ที่จุดวัด ตำแหน่งที่ 3	79
9 แสดงค่าความดันและความเร็ว ชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นcriบตรงมุมลู่ 18° ที่จุดวัด ตำแหน่งที่ 1	81
10 แสดงค่าความดันและความเร็ว ชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นcriบตรงมุมลู่ 18° ที่จุดวัด ตำแหน่งที่ 2	83
11 แสดงค่าความดันและความเร็ว ชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นcriบตรงมุมลู่ 18° ที่จุดวัด ตำแหน่งที่ 3	85
12 แสดงค่าความดันและความเร็ว ชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นcriบตรงมุมลู่ 21° ที่จุดวัด ตำแหน่งที่ 1	87
13 แสดงค่าความดันและความเร็ว ชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นcriบตรงมุมลู่ 21° ที่จุดวัด ตำแหน่งที่ 2	89
14 แสดงค่าความดันและความเร็ว ชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นcriบตรงมุมลู่ 21° ที่จุดวัด ตำแหน่งที่ 3	91
15 แสดงค่าความดันและความเร็ว ชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นcriบตรงมุมลู่ 24° ที่จุดวัด ตำแหน่งที่ 1.....	93
16 แสดงค่าความดันและความเร็ว ชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นcriบตรงมุมลู่ 24° ที่จุดวัด ตำแหน่งที่ 2	95
17 แสดงค่าความดันและความเร็ว ชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นcriบตรงมุมลู่ 24° ที่จุดวัด ตำแหน่งที่ 3	97

บัญชีตาราง (ต่อ)

[illegible]

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
33 แสดงค่าความดันและความเร็ว ชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 27° ที่จุดวัด ตำแหน่งที่ 1	129
34 แสดงค่าความดันและความเร็ว ชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 27° ที่จุดวัด ตำแหน่งที่ 2	131
35 แสดงค่าความดันและความเร็ว ชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 27° ที่จุดวัด ตำแหน่งที่ 3	133
36 แสดงค่าความดันเฉลี่ยเปรียบเทียบมุม ชุดจำลองแบบแผ่นครีบตรง ความเร็ว ทางเข้าโคจรครบ 29m/s คอมเพรสเซอร์วีลหมุน 58 rad/s	135
37 แสดงค่าความดันเฉลี่ยเปรียบเทียบมุม ชุดจำลองแบบแผ่นครีบตรง ความเร็ว ทางเข้าโคจรครบ 45m/s คอมเพรสเซอร์วีลหมุน 94 rad/s	136
38 แสดงค่าความดันเฉลี่ยเปรียบเทียบมุม ชุดจำลองแบบแผ่นครีบตรง ความเร็ว ทางเข้าโคจรครบ 51m/s คอมเพรสเซอร์วีลหมุน 104 rad/s.....	138
39 แสดงค่าความดันเฉลี่ยเปรียบเทียบมุม ชุดจำลองแบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม ความเร็วทางเข้าโคจรครบ 29m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 58 rad/s	139
40 แสดงค่าความดันเฉลี่ยเปรียบเทียบมุม ชุดจำลองแบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม ความเร็วทางเข้าโคจรครบ 45m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 94 rad/s	140
41 แสดงค่าความดันเฉลี่ยเปรียบเทียบมุม ชุดจำลองแบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม ความเร็วทางเข้าโคจรครบ 51m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 104 rad/s	141
42 แสดงค่าความดันเฉลี่ยเปรียบเทียบมุมใบครีบดีฟฟิวเซอร์แบบแผ่นครีบตรง	142
43 แสดงค่าความดันเฉลี่ยเปรียบเทียบมุมใบครีบดีฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบ สามเหลี่ยม	144

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 ส่วนประกอบของเครื่องอัดอากาศแบบการไหลตามแนวรัศมีในเครื่องยนต์อากาศยาน	5
2 แสดงแผนภาพความเร็วสำหรับเครื่องอัดอากาศแบบการไหลตามแนวรัศมี.....	6
3 ตัวอย่างกราฟแสดงคุณลักษณะของใบพัดคอมเพรสเซอร์วีล.....	14
4 ตัวอย่างใบพัดแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางและดิฟฟิวเซอร์แบบมีครีป.....	16
5 ตัวอย่างใบพัดและดิฟฟิวเซอร์แบบไร้ครีป.....	16
6 การเปรียบเทียบ Pressure Recovery ของอัตราการไหลระหว่างใบครีปดิฟฟิวเซอร์ แบบ Vaned กับ Vaneless.....	17
7 รูปแบบของดิฟฟิวเซอร์.....	17
8 ลักษณะทิศทางการเคลื่อนที่ของของไหลที่ไหลผ่านอุปกรณ์.....	18
9 ลักษณะของดิฟฟิวเซอร์และใบพัดคอมเพรสเซอร์วีล.....	19
10 ใบครีป แบบรูปสี่เหลี่ยมคางหมูสามเหลี่ยมมุมป้าน.....	19
11 ใบครีป แบบรูปสี่เหลี่ยมคางหมูโค้งวงรี.....	20
12 ใบครีป แบบแผ่นเรียบชนิดใบตรง.....	20
13 ใบครีป แบบแผ่นเรียบชนิดใบโค้งบิดเอียง.....	20
14 ใบครีป แบบแผ่นเรียบชนิดใบโค้ง.....	21
15 ใบครีป แบบแผ่นเรียบชนิดใบนูนโค้ง.....	21
16 รูปทรงทางเรขาคณิตของดิฟฟิวเซอร์ (a) สองมิติ (b) กรวย.....	22
17 แสดงลักษณะการไหล Secondary Flow ที่เกิดในใบพัดคอมเพรสเซอร์วีล.....	23
18 การกระจายตัวของความเร็วชั้นขีดยาวในบริเวณที่เกิดความดันย้อนกลับ.....	25
19 ปัจจัยความเสี่ยงในการออกแบบดิฟฟิวเซอร์.....	25
20 การไหลแต่ละช่วงของดิฟฟิวเซอร์ 2 มิติที่ระดับความปั่นป่วนที่แตกต่างกัน.....	26
21 ความสัมพันธ์ระหว่าง Dependent Parameter กับ Independent Parameter.....	27
22 สัดส่วนต่าง ๆ ของดิฟฟิวเซอร์.....	27
23 พลังงานความเร็วถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานความดัน.....	28
24 แผนภูมิของเครื่องยนต์กังหันแก๊ส.....	34
25 ลักษณะของใบพัดคอมเพรสเซอร์วีล	35
26 กราฟแสดงคุณลักษณะของใบพัดคอมเพรสเซอร์วีล	39
27 ความสูงครีปของใบพัดและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัด.....	42
28 แสดงไดอะแกรมความเร็วของอากาศที่ปลายใบพัด.....	44
29 แสดงตำแหน่งของระยะรัศมีดิฟฟิวเซอร์.....	45

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
30 สัตส่วนทางเข้าสู่ช่องแคบ (Throat) ของดีฟฟิวเซอร์.....	47
31 ระยะช่องแคบ (Throat) ของดีฟฟิวเซอร์.....	48
32 แบบงานของใบครีบดีฟฟิวเซอร์แบบแผ่นครีตรง.....	49
33 แบบงานของแบบงานของใบครีบดีฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม.....	50
34 แสดงชุดจำลองแสดงชุดจำลองดีฟฟิวเซอร์แบบแผ่นครีตรง.....	50
35 แสดงชุดจำลองดีฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม.....	51
36 แสดงการตีกริตชุดจำลองดีฟฟิวเซอร์แบบแผ่นครีตรง	51
37 แสดงการตีกริตชุดจำลองดีฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม.....	52
38 กำหนด Velocity inlet, pressure outlet, wall house, wall impeller และ wall diffuser ชุดจำลองดีฟฟิวเซอร์แบบแผ่นครีตรง	52
39 กำหนด Velocity inlet, pressure outlet, wall house, wall impeller และ wall diffuser ชุดจำลองดีฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม	53
40 ระยะ จากทางเข้าไครงครอบตามแกน z ระยะทาง 16 มิลลิเมตร.....	54
41 เปรียบเทียบความเร็วลมขนาดกริต 3.5 มิลลิเมตร และ 3 มิลลิเมตร.....	55
42 เปรียบเทียบความเร็วลมขนาดกริต 3.5 มิลลิเมตร และ 4 มิลลิเมตร.....	56
43 แสดงจุดวัดค่าความดันและความเร็วแบบแผ่นครีตรง ตำแหน่งที่ 1.....	59
44 แสดงจุดวัดค่าความดันและความเร็วแบบแผ่นครีตรง ตำแหน่งที่ 2.....	59
45 แสดงจุดวัดค่าความดันและความเร็วแบบแผ่นครีตรง ตำแหน่งที่ 3.....	60
46 แสดงจุดวัดค่าความดันและความเร็วแบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม ตำแหน่งที่ 1.....	60
47 แสดงจุดวัดค่าความดันและความเร็วแบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม ตำแหน่งที่ 2.....	61
48 แสดงจุดวัดค่าความดันและความเร็วแบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม ตำแหน่งที่ 3.....	61
49 แสดงรูปแบบของการวิเคราะห์.....	62
50 แสดงค่าต่างๆ ที่เปิดได้จากการอ่านข้อมูลของโปรแกรม.....	62
51 แสดงการตรวจสอบกริดที่คลาดเคลื่อน.....	63
52 แสดงการแก้ไขหน่วย.....	63
53 แสดงการกำหนด Viscous เป็น k-epsilon.....	64
54 แสดงการกำหนด Material เป็น air.....	64
55 แสดงการกำหนด Operating Condition.....	65
56 การกำหนดความเร็วที่ความเร็วลมทางเข้า.....	65
57 การกำหนด Wall diffuser เป็น Stationery wall.....	66

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
58 การกำหนด Wall house เป็น Stationery wall	66
59 การกำหนดค่า Wall impeller	66
60 การกำหนด Wall impeller เป็น Moving Wall	67
61 การกำหนด Solution	67
62 การกำหนด Initialize จาก velocity inlet	68
63 การกำหนด Monitors เป็น Plot	68
64 กำหนด Number of Iterations เท่ากับ 300	69
65 แสดงการลู่เข้าของการวิเคราะห์	69
66 แสดงตำแหน่งการกำหนดระยะระนาบ	70
67 การกำหนดระนาบ.....	70
68 แสดงการกำหนดตำแหน่งระยะจุดวัด	71
69 แสดงการกำหนดจุด ที่ Point Surface	71
70 แสดงการ Click รวม point ที่ต้องการทราบค่า	72
71 จุดแสดงค่าความดันและความเร็ว	72
72 แสดงการกำหนดค่าตัวเลขที่โปรแกรม Excell	73
73 แสดงค่าตัวเลขที่แสดงค่าโดยโปรแกรม Excell	73
74 การแสดงผลเส้นความเร็ว	74
75 แสดงเส้นความเร็วภายในร่องครีบริบตีฟฟิวเซอร์แบบแผ่นครีบริบตรงมุมลู่ออก 21°	76
76 ความสัมพันธ์ของเส้นความเร็วกับเส้นความดัน ดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นครีบริบตรงมุมลู่ 15° ตำแหน่งที่ 1	76
77 แสดงเส้นการไหล แบบแผ่นครีบริบตรงมุมลู่ 15° ตำแหน่งที่ 1	76
78 แสดงระดับชั้นความดัน แบบแผ่นครีบริบตรงมุมลู่ 15° ตำแหน่งที่ 1	77
79 ความสัมพันธ์ของเส้นความเร็วกับเส้นความดัน ดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นครีบริบตรงมุมลู่ 15° ตำแหน่งที่ 2	78
80 แสดงเส้นการไหล แบบแผ่นครีบริบตรงมุมลู่ 15° ตำแหน่งที่ 2	78
81 แสดงระดับชั้นความดัน แบบแผ่นครีบริบตรงมุมลู่ 15° ตำแหน่งที่ 2	79
82 ความสัมพันธ์ของเส้นความเร็วกับเส้นความดัน ดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นครีบริบตรงมุมลู่ 15° ตำแหน่งที่ 3	80
83 แสดงเส้นการไหล แบบแผ่นครีบริบตรงมุมลู่ 15° ตำแหน่งที่ 3	80

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

[illegible]

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

[illegible]

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

[illegible]

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
151 ความสัมพันธ์ของเส้นความเร็วกับเส้นความดัน ดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม มุมลู่ 24° ตำแหน่งที่ 2	125
152 แสดงเส้นการไหลแบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมลู่ 24° ตำแหน่งที่ 2	126
153 แสดงระดับชั้นความดันแบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมลู่ 24° ตำแหน่งที่ 2	126
154 ความสัมพันธ์ของเส้นความเร็วกับเส้นความดัน ดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม มุมลู่ 24° ตำแหน่งที่ 3	127
155 แสดงเส้นการไหล แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมลู่ 24° ตำแหน่งที่ 3	128
156 แสดงระดับชั้นความดัน แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมลู่ 24° ตำแหน่งที่ 3	128
157 ความสัมพันธ์ของเส้นความเร็วกับเส้นความดัน ดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม มุมลู่ 27° ตำแหน่งที่ 1	129
158 แสดงเส้นการไหล แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมลู่ 27° ตำแหน่งที่ 1	130
159 แสดงระดับชั้นความดัน แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมลู่ 27° ตำแหน่งที่ 1	130
160 ความสัมพันธ์ของเส้นความเร็วกับเส้นความดัน ดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม มุมลู่ 27° ตำแหน่งที่ 2	131
161 แสดงเส้นการไหล แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมลู่ 27° ตำแหน่งที่ 2	132
162 แสดงระดับชั้นความดัน แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมลู่ 27° ตำแหน่งที่ 2	132
163 ความสัมพันธ์ของเส้นความเร็วกับเส้นความดัน ดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม มุมลู่ 27° ตำแหน่งที่ 3	133
164 แสดงเส้นการไหล แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมลู่ 27° ตำแหน่งที่ 3	134
165 แสดงระดับชั้นความดัน แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมลู่ 27° ตำแหน่งที่ 3	134
166 แสดงเส้นความดันเฉลี่ยเปรียบเทียบมุมลู่ ชุดจำลองแบบแผ่นครีบตรงความเร็ว ทางเข้าโคจรอบ 29m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 58 rad/s	135
167 แสดงเส้นความดันเฉลี่ยเปรียบเทียบมุมลู่ ชุดจำลองแบบแผ่นครีบตรงความเร็ว ทางเข้าโคจรอบ 45m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 94 rad/s	137
168 แสดงเส้นความดันเฉลี่ยเปรียบเทียบมุมลู่ ชุดจำลองแบบแผ่นครีบตรงความเร็ว ทางเข้าโคจรอบ 51m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 104 rad/s	138
169 แสดงเส้นความดันเฉลี่ยเปรียบเทียบมุมลู่ ชุดจำลองแบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม ความเร็วทางเข้าโคจรอบ 29 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 58 rad/s	140
170 แสดงเส้นความดันเฉลี่ยเปรียบเทียบมุมลู่ ชุดจำลองแบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม ความเร็วทางเข้าโคจรอบ 45 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 94 rad/s	141

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
171 แสดงเส้นความดันเฉลี่ยเปรียบเทียบมุมลู่ ชุดจำลองแบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม ความเร็วทางเข้าโคจรครบ 51 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 104 rad/s	142
172 แสดงเส้นความดันเฉลี่ยเปรียบเทียบมุมลู่ตีฟิวเซอร์แบบแผ่นครึ่งตรง	143
173 แสดงเส้นความดันเฉลี่ยเปรียบเทียบมุมลู่ตีฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม	144

บทที่ 1

บทนำ

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

วิวัฒนาการของการบิน มีประโยชน์อันเนืองนิตย์สำหรับมวลมนุษยชาติ อาทิเช่น การเดินทางโดยอากาศยาน ที่สะดวกและรวดเร็ว เครื่องยนต์กังหันแก๊สใช้ขับเคลื่อนอากาศยานที่ให้ความเร็วสูงมาก ซึ่งมีหลายชนิดหลายขนาดตามลักษณะอากาศยาน เครื่องยนต์กังหันแก๊สขนาดเล็ก นอกจากขับเคลื่อนอากาศยานขนาดเล็กแล้ว สามารถนำมาประยุกต์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า เนื่องจากมีข้อดีคือ สามารถให้ความเร็วรอบและแรงม้าที่สูงมากและมีน้ำหนักที่เบา เครื่องยนต์ที่มีประสิทธิภาพต้องมีการเผาไหม้เป็นไปได้อย่างสมบูรณ์ ดิฟฟิวเซอร์เป็นชิ้นส่วนที่สำคัญส่วนหนึ่งของเครื่องยนต์กังหันแก๊สโดยติดตั้งอยู่ระหว่างใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลกับห้องเผาไหม้ ทำหน้าที่ลดความเร็วและเพิ่มความดันของของไหลในการเผาไหม้ การออกแบบใบครีบบอาจมีปัจจัยที่ทำให้เกิดความสูญเสียก็คือ การแยกชั้นการไหล (Separation) และการสูญเสียเนื่องจากความเสียดทาน (Friction Loss) ถ้าดิฟฟิวเซอร์ มีค่ามุมองศาของใบครีบอกที่น้อย (Divergence Angle) ก็จะส่งผลทำให้ค่าการสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานมีผลต่อความดันสูญเสียมากกว่าการสูญเสียจากการแยกชั้นการไหลและดิฟฟิวเซอร์ที่มีมุมองศาออกของใบครีบอกที่มากจะส่งผลให้เกิดการแยกชั้นการไหลและมีผลต่อการเกิดความดันสูญเสียมากกว่าการสูญเสียเนื่องจากความเสียดทาน

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการออกแบบและวิเคราะห์เปรียบเทียบมุมองศาออกของใบครีบอกดิฟฟิวเซอร์เพื่อหลีกเลี่ยงปัจจัยทั้งสองที่จะทำให้เกิดการสูญเสียขึ้น ของใบครีบอกดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นครีบอกตรงและแบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม โดยใช้ใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลชนิดเซ็นตริฟูกอลขนาด 142 มิลลิเมตรเป็นตัวประกอบร่วมในการออกแบบ โดยใช้การวิเคราะห์การไหลของของไหลด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข (CFD) มาวิเคราะห์เปรียบเทียบ ความเร็ว ความดันสถิต และความปั่นป่วนของอากาศที่ไหลอยู่ภายในช่องใบครีบอก เพื่อหาค่าที่เหมาะสมของมุมออกของดิฟฟิวเซอร์ทั้ง 2 แบบ

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาการเคลื่อนที่ของกระแสอากาศที่อยู่ภายในช่องครีบอกของดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นครีบอกตรงและแบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม
2. หาค่า ความดันและความเร็ว จากการวิเคราะห์การไหลของของไหลด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข (Computational Fluid Dynamics, CFD) เพื่อหาค่า และเปรียบเทียบมุมออกที่เหมาะสมของดิฟฟิวเซอร์ทั้ง 2 แบบเปรียบเทียบกัน

3. ขอบเขตของการวิจัย

1. การออกแบบดیفฟิวเซอร์กำหนดใช้ค่าความเร็วและค่ามุมองศาของใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลชนิดเซ็นทรีฟูกอลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 142 มิลลิเมตร เป็นตัวกำหนดในการสร้างชุดจำลองดیفฟิวเซอร์เพื่อหาค่ามุมองศาของใบครีบ

2. วิเคราะห์การเคลื่อนที่ของกระแสอากาศ ภายในช่องดیفฟิวเซอร์ ด้วยโปรแกรมการคำนวณเชิงตัวเลขทางกลศาสตร์ของไหล

2.1 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับความดันด้านทางเข้ากับด้านทางออก เพื่อหาค่าความดันเฉลี่ยทางออกสูงสุดของชุดจำลองดیفฟิวเซอร์

2.2 กำหนดความเร็วลมทางเข้าโครงครอบ ไม่เกิน 51 m/s

2.3 กำหนดความเร็วของใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลหมุนด้วยความเร็วไม่เกิน 104 rad/s

4. วิธีดำเนินการวิจัย

1. สืบค้นบททวนบทปริทรรศน์ของทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและสรุปแนวทางการวิจัย
2. สร้างชุดจำลองดیفฟิวเซอร์
3. วิเคราะห์เพื่อหาค่าต่างๆจากชุดจำลอง
4. เก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผล
5. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย

1. เข้าใจถึงลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสอนุภาคที่อยู่ภายในช่องใบครีบของดیفฟิวเซอร์ทั้ง 2 แบบ ที่มีพื้นที่หน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมของมุมองศาของใบครีบที่มีความแตกต่างกัน

2. เข้าใจการวิเคราะห์การไหลของของไหลด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข (Computational Fluid Dynamics, CFD) ในการแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรมที่ซับซ้อน

3. เป็นข้อมูลเชิงทางวิชาการเพื่อการศึกษาค้นคว้าและการพัฒนารูปแบบของดیفฟิวเซอร์ชนิดอื่นๆ ต่อไป

บทที่ 2

ผลงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะทบทวนผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและนำเสนอถึงเนื้อหาทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบดัดฟิวเซอร์โดยจะได้นำเสนอตามรายละเอียดเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้

1. ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
 - 2.1 เครื่องอัดอากาศ (Compressor)
 - 2.2 ดัดฟิวเซอร์ (Diffuser)
 - 2.3 การวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหล

1. ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการสืบค้นหาข้อมูลและศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสำหรับงานวิจัยครั้งนี้เป็นการทบทวนผลงานวิจัยของบุคคลต่าง ๆ ที่ผ่านมาทั้งในส่วนภายในประเทศและต่างประเทศมีบุคคลที่ได้ศึกษาทำวิจัยดังนี้

ฮิเดกิ ทามากิ; จิ ไค; ฮิโรชิ ยามากุชิ; และทาเคชิ ไอซาวา (Hideaki Tamaki; Ji Dai, Hiroshi Yamaguchi; & Takeshi Aizawa. 2004) ศึกษาการปรับมุมใบครีบเพื่อดูผลกระทบที่มีต่อการทำงานโดยใช้วิธีการคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล (CFD Simulation) ซึ่งผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพใบครีบของดัดฟิวเซอร์ไม่ได้ขึ้นอยู่กับความต่างของการปรับตั้งมุมใบครีบภายใต้เงื่อนไขที่สอดคล้องกับทิศทางการไหลเริ่มต้น การตั้งค่ามุมซึ่งมีผลเพียงเล็กน้อยต่อการกระจายตัวของอากาศที่ได้มาจากการทดสอบผลและการปรับตั้งค่ามุมใบครีบ 4 ถึง 5 องศา จะไม่มีผลต่อประสิทธิภาพใบครีบของดัดฟิวเซอร์หรือประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอัดอากาศแบบแรงเหวี่ยงและข้อควรจำนั้นไม่ควรปรับตั้งค่ามุมใบครีบอาจมีผลต่ออัตราการไหล

ไอนาสึ; และคัมป์สตี (Inoue; & Cumpsty. 2001) ศึกษาโครงสร้างของไหลที่ออกจากใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลแบบแรงเหวี่ยงและของไหลที่ไหลผ่านใบครีบของดัดฟิวเซอร์ทั้งแบบมีครีบและไร้ครีบซึ่งการทดสอบได้ใช้เครื่องมือวัดแบบความเร็วสูง (Hot-Wire) ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการกระจายตัวของความเร็วภายในช่องใบพัดซึ่งมีความเร็วสูงในด้านของความดันสูง (Pressure Side) รวมทั้งการเกิดขึ้นของ Wake ในด้านความดันต่ำ (Suction Side)

อะลี ไพนาบาสี (Ali Pinarbasi. 2008) ศึกษาเครื่องอัดอากาศแบบแรงเหวี่ยงที่มีดัดฟิวเซอร์ประกอบร่วมและทดสอบโดยเครื่องมือวัดแบบขดลวดความร้อนเหนี่ยวนำความเร็วสูง (Hot-Wire) วัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้าเพื่อส่งเสริมความเข้าใจของฟิสิกส์การไหลผ่านเครื่องอัดอากาศแบบแรงเหวี่ยงที่มีดัดฟิวเซอร์ประกอบร่วมโดยใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลเป็นแบบแรงเหวี่ยงชนิด Backswept มีจำนวน 19 ใบครีบ และใบครีบของดัดฟิวเซอร์เป็นแบบรูปสามเหลี่ยม

มุมป้านมีจำนวน 16 ใบครีบ การทดสอบได้วัดค่าที่บริเวณตำแหน่งช่องว่างใบครีบของดีฟฟิวเซอร์ และติดตั้งจุดวัดแบบขดลวดความร้อนเหนียวนาทั้งหมด 3 จุดโดยให้อยู่ในช่องใบครีบเดียวกันเพื่อนำเป็นค่าเฉลี่ยของค่าความเร็ว ค่าพลังงานจลน์ และเป็นจุดตัวแทนของมุมใบครีบสำหรับการกระจายตัวของการไหล

วอลเน็ต (Wernet. 2000) ศึกษาการไหลของอากาศที่ไหลผ่านใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลของชุดกังหันก๊าซโดยใช้วิธีการวัดความเร็วของอากาศด้วย Digital Particle Image Velocimetry หรือเรียกว่า DPIV ผลการวิจัยพบว่าการไหลบริเวณช่องทางเข้าระหว่างใบครีบของกังหันมี Shock Wave เกิดขึ้นและบริเวณส่วนขอบของใบครีบมีการเกิด Bow Wave ซึ่งเห็นได้จากความเร็วของอากาศที่ลดลงบริเวณขอบใบครีบและนอกจากนี้ถ้าหากมีการทดลองศึกษาที่บริเวณครีบของกังหันก็อาจจะได้ทราบถึงการเกิด Separation บนใบครีบได้ ซึ่งข้อมูลต่าง ๆ เหล่านี้มีส่วนสำคัญในการนำไปใช้ในการออกแบบ

สก๊อต; และพราฮส์ (Skoch; & Prahst. 2000) ศึกษาการวัดสนามความเร็วของของไหลที่ผ่านใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลแบบแรงเหวี่ยง Laser Doppler Velocimeter (LDA) โดยเน้นศึกษาถึงลักษณะการไหลจาก Tip Clearance และการสะสมตัวของอากาศความเร็วต่ำที่ทำให้เกิดการไหลที่ไม่สม่ำเสมอและได้ เปรียบเทียบผลจากการจำลองด้วย คอมพิวเตอร์ CFD

ลิงก์; หว่อง; และอาร์มฟิลด์ (Ling; Wong; Armfield. 2007) ศึกษาวิเคราะห์เครื่องอัดกังหันแก๊สขนาดเล็กโดยโดยใช้วิธีการคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล (CFD Simulation) ซึ่งใช้ใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลแบบแรงเหวี่ยงรุ่น KKK 2038 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 71 มิลลิเมตร โดยประกอบร่วมกับดีฟฟิวเซอร์แบบรูปสามเหลี่ยมซึ่งวัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานและอัตราส่วนการอัดให้สูงขึ้นโดยนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับเครื่องต้นแบบที่ตนเองได้ทำวิจัยไว้ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าลักษณะการไหลจากแนวศูนย์กลางไปยังแนวแกนมีการหมุนรอบเรียบขึ้นและอัตราส่วนการอัดมีจุดเด่นที่ดีกว่าเครื่องยนต์ต้นแบบ

สรุป

การออกแบบและสร้างเครื่องด้วยชุดโปรแกรมคอมพิวเตอร์แล้วทดลองด้วยวิธีการคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamics) หรือเรียกว่า CFD เพื่อจำลองดูลักษณะและทิศทางการเคลื่อนที่ เป็นการประหยัดและให้ค่าที่แม่นยำพอสมควร ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาถึงการออกแบบใบครีบดีฟฟิวเซอร์ให้มุมมองสาธู่ออกมีความเหมาะสมเพื่อหลีกเลี่ยงปัจจัยทั้งสองที่จะทำให้เกิดการสูญเสียขึ้นโดยใช้ค่าความเร็วด้านทางออกและมุมมองของใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลชนิดเซ็นตริฟูกอลขนาด 142 มิลลิเมตร เป็นจุดอ้างอิงเริ่มต้นและนำการจำลองทางพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamics) หรือเรียกว่า CFD มาช่วยวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของอนุภาคที่อยู่ภายในช่องใบครีบ

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

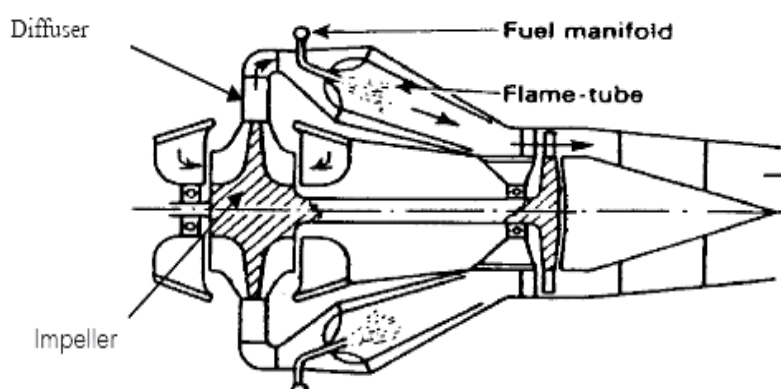
2.1 เครื่องอัดอากาศ (Compressor)

เครื่องอัดอากาศ ทำหน้าที่อัดอากาศหรือเพิ่มความดันของอากาศที่เข้าห้องเผาไหม้ให้สูงขึ้นหรือทำให้มวลของอากาศมากในปริมาณที่กำหนดเพื่อที่จะทำให้ส่วนผสมเกิดการจุดระเบิด ขยายตัวได้อย่างเต็มที่และรุนแรงขึ้นเมื่อมีการจุดระเบิดเกิดขึ้นโดยทั่วไปเครื่องอัดอากาศที่นิยมใช้ในเครื่องยนต์กังหันก๊าซมี 2 แบบ คือ

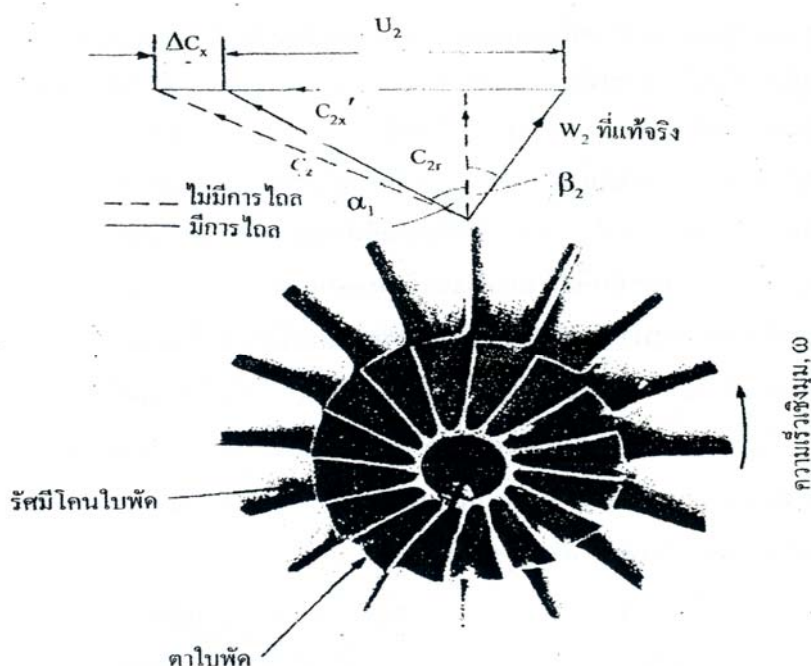
1. แบบการไหลตามแนวแกน (Axial Flow)

2. แบบการไหลตามแนวรัศมี (Radial Flow) ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้จะได้กล่าวถึงเฉพาะเครื่องอัดอากาศแบบการไหลตามแนวรัศมีหรือแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางเท่านั้น

เครื่องอัดอากาศแบบการไหลตามแนวรัศมีนั้นมีส่วนประกอบที่สำคัญซึ่งได้แก่ ใบพัด (Impeller) ดิฟฟิวเซอร์ (Diffuser) ซึ่งมีหลายรูปแบบตามลักษณะการใช้งาน เช่น Double Side Impeller ในเครื่องยนต์อากาศยานแสดงดังภาพประกอบ 1 และเครื่องอัดอากาศแบบการไหลตามแนวรัศมี (Radial Flow) เป็นแบบหนึ่งที่ยังนิยมใช้สำหรับการพัฒนาเครื่องยนต์กังหันก๊าซที่ต้องการอากาศที่ความดันสูงในปริมาณมากๆ สำหรับใช้ในเครื่องยนต์สันดาปภายในขนาดเล็กที่มีความเร็วรอบสูงเนื่องจากมีขนาดที่กะทัดรัดสามารถสร้างอัตราส่วนความดันได้สูงในสเตจเดียวและมีประสิทธิภาพที่สูงกว่าเครื่องอัดอากาศแบบการไหลตามแนวแกน (Axial Flow) ในเครื่องอัดอากาศขนาดเล็กจึงมีความเหมาะสมในการใช้งานบางรูปแบบ เช่น อากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กหรือใช้เป็นเครื่องยนต์ต้นกำลังขนาดเล็ก เป็นต้น



ภาพประกอบ 1 ส่วนประกอบของเครื่องอัดอากาศแบบการไหลตามแนวรัศมีในเครื่องยนต์อากาศยาน



ภาพประกอบ 2 แสดงแผนภาพความเร็วสำหรับเครื่องอัดอากาศแบบการไหลตามแนวรัศมี

เมื่ออากาศไหลเข้าไปในเครื่องอัดที่ตรงกลางที่เรียกว่าตาใบพัด (Impeller eye) โดยมีความเร็วสมบูรณ์ในทิศทางตามแนวแกนและเคลื่อนที่ไปยังส่วนที่เรียกว่า Inducer ซึ่งอาจเป็นส่วนหนึ่งของใบพัดหรือเป็นส่วนที่แยกต่างหากจากใบพัดก็ได้ ส่วน Inducer นี้จะลำเลียงอากาศเข้าไปยังใบพัดและทำให้อากาศสามารถเคลื่อนที่อย่างราบรื่นไปยังทิศทางในแนวรัศมี และมีการถ่ายเทพลังงานจากใบพัดที่หมุนให้แก่อากาศและเป็นการเพิ่มความดันสถิตยของอากาศขณะเคลื่อนที่จากรัศมีใบพัดทางเข้าไปรัศมีใบพัดทางออก โดยที่ใบพัดนั้นมีลักษณะเป็นใบพัดแบบแนวรัศมีและโดยปกติแล้วเครื่องอัดอากาศแบบแรงเหวี่ยงจะแสดงขนาดมุมต่างๆ เป็นมุมที่ทำกับทิศทางในแนวรัศมี เมื่อลบเวกเตอร์ความเร็วของใบพัดที่ทางเข้าออกจากเวกเตอร์ความเร็วสมบูรณ์ของอากาศที่ทางเข้า จะได้เวกเตอร์ความเร็วสัมพัทธ์ที่ทางเข้า โดยอากาศอาจมีองค์ประกอบของความเร็วในแนวทิศทางความเร็วของใบพัดที่ทางเข้า และอากาศเคลื่อนที่ออกจากใบพัดด้วยความเร็วสมบูรณ์ซึ่งเมื่อเป็นใบพัดแบบแนวรัศมี ขนาดมุมใบพัดที่ทางออก (β_2) เท่ากับศูนย์ แต่เวกเตอร์ความเร็วสัมพัทธ์ที่ทางออกทำมุม (β_2') กับทิศทางในแนวรัศมี ทั้งนี้เนื่องจากการลื่นไถล (Slip) ในทางอุดมคติแล้วค่าองค์ประกอบของความเร็วจะเท่ากับความเร็วของใบพัดที่ทางออก (U_2) แต่ในความเป็นจริงค่าองค์ประกอบของความเร็วนี้จะมีค่าลดลงก็เนื่องจากการลื่นไถล ซึ่งที่ผ่านมามีค่าองค์ประกอบการลื่นไถลของ Stanitz จะถูกนำไปใช้ได้ดีที่สุดสำหรับใบพัดแบบแนวรัศมีที่มีขนาดมุม $\beta_2 = 0$ และแสดงดังสมการที่ 8

ฉะนั้นความเร็วของใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลจะได้ว่า

$$U_1 = \frac{\pi D_1 N}{60} \quad (1)$$

เมื่อ U_1 คือ ความเร็วของใบพัดที่ทางเข้า

U_2 คือ ความเร็วของใบพัดที่ทางออก

N คือ ความเร็วรอบของใบพัด

D_1 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัดที่ทางเข้า

D_2 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัดที่ทางออก

การจำกัดความเร็วที่ทางเข้าความเร็วของอากาศในทิศทางความเร็วของใบพัดที่ทางออก ความเร็วที่ทางเข้าเป็นค่าที่มีผลอย่างมากซึ่งจะเกี่ยวข้องกับสมรรถนะการทำงานของ เครื่องอัดอากาศถ้าความเร็วที่ไหลเข้าไปยังใบพัดในหน่วยตัวเลขมัคคัมเบอร์ (Mach number) มีค่า มากกว่า 1.0 แล้วจะเกิดขึ้นคลื่นช็อคพร้อมค่าพลังงานสูญเสียที่ตามมาสมมุติว่าความเร็วสัมบูรณ์ ของอากาศที่ทางเข้า (C_u) มีค่าสม่ำเสมอและไม่มีการประกอบความเร็วของอากาศใน ทิศทางความเร็วของใบพัดที่ทางออก ($C_x = 0$)

สำหรับค่าอัตราการไหลเชิงมวลค่าหนึ่งมีการไหลอย่างสม่ำเสมอเข้าสู่ตาใบพัดจะมีทิศทาง อยู่ในแนวแกนและผ่านพื้นที่วงแหวนที่เกิดขึ้นจากระยะรัศมีที่ปลายและระยะรัศมีโคนใบพัดได้ค่า อัตราการไหลเชิงมวลว่า

$$\dot{m} = \rho A C_{u1} \quad (2)$$

ในการคำนวณทางอุดมคติความเร็วที่ปลายใบพัดสามารถคิดแยกเป็นความเร็วของอากาศ ที่ไหลออกมีองค์ประกอบตามแนวรัศมี (C_r) และความเร็วของอากาศในทิศทางความเร็วของใบพัด (C_x) แสดงดังภาพประกอบ 2 ซึ่งความเร็วของอากาศในทิศทางความเร็วของใบพัดจะมีค่าสูงมาก เมื่อเทียบกับความเร็วของอากาศที่ไหลออกมีองค์ประกอบตามแนวรัศมี ซึ่งในทางอุดมคติจะมีค่า เท่ากับความเร็วที่ปลายขอบของใบพัดแต่ในทางปฏิบัติความเฉื่อยของอากาศทำให้อากาศไหลออก จากปลายใบพัดด้วยความเร็วต่ำกว่าความเร็วขอบใบพัดและทำให้เกิดความดันสูง-ต่ำภายในใบพัด จากปรากฏการณ์ดังกล่าวจึงเป็นที่มาของการนิยามว่า Silp Factor หรือค่าองค์ประกอบการสิ้นไหล (σ_s)

$$\text{ฉะนั้น } C_x = \sigma_s U_2 \quad (3)$$

เมื่อ C_x คือ ความเร็วของอากาศในทิศทางความเร็วของใบพัด
 σ_s คือ ค่าองค์ประกอบการลื่นไถล (Slip factor)

ซึ่งในส่วนความเร็วของอากาศที่ไหลออกมีองค์ประกอบตามแนวรัศมี (C_r) จะมีค่าขึ้นกับอัตราการไหลโดยมวลของอากาศที่ไหลผ่านคอมเพรสเซอร์และพื้นที่หน้าตัดรอบปลายของใบพัด (Impeller) ซึ่งจะนิยามความสัมพันธ์ได้ว่า

$$C_r = \frac{\dot{m}}{\rho A} \quad \text{หรือ} \quad \frac{Q}{\pi D_2 b_{com}} \quad (4)$$

เมื่อ C_r คือ ความเร็วของอากาศที่ไหลออกมีองค์ประกอบตามแนวรัศมี
 b_{com} คือ ความสูงของครีบบใบพัด
 Q คือ อัตราการไหล
 A คือ พื้นที่หน้าตัด
 ρ คือ ความหนาแน่นของของไหล

เพราะฉะนั้นความเร็วสมบูรณ์ของอากาศ (C_u) ได้ว่า

$$C_u = \sqrt{C_x^2 + C_r^2} \quad (5)$$

ความเร็วของอากาศที่ไหลออกจากใบพัด (C_{com}) จะได้ว่า

$$C_{com} = U_2 - \left(\frac{C_r}{\tan \beta} \right) \quad (6)$$

จะนิยามมุมทิศทางของอากาศที่ไหลออกจากใบพัด (α) หาจาก

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{C_r}{C_u} \right) \quad (7)$$

ค่าองค์ประกอบการสิ้นเปลือง (σ_s) คือ

$$\sigma_s = 1 - \frac{0.63 \pi}{Z} \quad (8)$$

เมื่อ Z คือ จำนวนครีปของใบพัด

จากสมการของออยเลอร์เมื่อไม่มีค่าองค์ประกอบการสิ้นเปลือง (Slip factor)

$$\begin{aligned} E &= \frac{U_2 C_x}{g} \\ &= \frac{U_2^2}{g} \end{aligned} \quad (9)$$

และเมื่อมีค่าองค์ประกอบการสิ้นเปลือง (σ_s)

$$E = \frac{\sigma_s U_2^2}{g} \quad (10)$$

ถึงแม้ว่าสมการที่ 10 จะเป็นสมการที่มีองค์ประกอบการสิ้นเปลืองด้วยแต่ก็ยังคงได้ค่าพลังงานที่ถ่ายเทให้แก่อากาศในเชิงทฤษฎีด้วยเหตุที่ว่าแม้ของไหลจะไม่มีคามเสียดทานก็ยังมีการสิ้นเปลืองในของไหลที่แท้จริงกำลังงานบางส่วนที่ถูกจ่ายออกไปโดยใบพัดจะถูกนำไปใช้ในการเอาชนะค่ากำลังงานที่สูญเสียที่มีผลกระทบทำให้การลำเลียงอากาศหยุดชะงักโดยใบพัดค่ากำลังงานสูญเสียเหล่านี้ประกอบด้ว้กำลังงานสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานกับผิวใบพัด ตัวเรื่อน กำลังงานสูญเสียเนื่องจากการหมุนต้านลมและจะหาค่ากำลังงานรวมโดยปกติแล้วจะมีค่าระหว่าง 1.035 ถึง 1.040

$$E = \frac{\psi \sigma_s U_2^2}{g} \quad (11)$$

เมื่อ E คือ ค่าพลังงานที่ถ่ายเทให้แก่อากาศในเชิงทฤษฎี

ψ คือ ค่าตัวประกอบกำลังงาน (Power input factor)

ค่าองค์ประกอบการลื่นไถล (Slip factor) ควรที่จะสูงเท่าที่จะเป็นไปได้ด้วยเหตุที่เป็นค่าที่จำกัดปริมาณการถ่ายเทพลังงานให้แก่อากาศและจะเห็นได้จากแผนภาพความเร็วว่าเมื่อค่าองค์ประกอบการลื่นไถลเพิ่มขึ้นค่าองค์ประกอบความเร็วจะมีค่าเข้าใกล้มากขึ้นซึ่งจากสมการของค่าองค์ประกอบการลื่นไถลจะได้ว่าการเพิ่มจำนวนของใบจะทำให้ความหนาแน่นที่ตาของใบพัดเพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้พื้นที่การไหลที่ทางเข้ามีขนาดลดลงและสำหรับค่าอัตราการใช้ลมเชิงมวลที่คงที่ค่าหนึ่งความเร็วตามแนวแกนที่ทางเข้านั้นจะเพิ่มขึ้นตามมาและสุดท้ายก็ทำให้ความสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานเพิ่มขึ้นจนถึงขั้นรุนแรงทำให้เสียหายได้ โดยปกติแล้วสำหรับค่าที่ยอมรับทั่วไปนั้นค่าองค์ประกอบการลื่นไถลจะมีค่าอยู่ที่ประมาณ 0.9 สำหรับคอมเพรสเซอร์วีลที่มีจำนวนใบครีป 19 - 21 ใบครีป

ฉะนั้นอากาศที่ไหลออกจากใบพัดจะเคลื่อนที่ในลักษณะเป็นแนวเวียนขด (Spiral) ไปในช่องทางที่ไม่มีใบก่อนที่จะเข้าไปในใบครีปของดีฟฟิวเซอร์และความดันสถิตยของอากาศจะเพิ่มขึ้นไปอีกโดยจะต้องให้มีช่องว่างระหว่างใบพัดและผนังด้านในของตัวเรือนน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้เพื่อลดการรั่วและในบางครั้งใบพัดจะมีลักษณะที่ถูกครอบไว้ เมื่ออุณหภูมิและความดันของอากาศเพิ่มขึ้นจะทำให้ความหนาแน่นเปลี่ยนแปลงไปเป็นการสะดวกที่ตรวจสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องจักรในเทอมของคุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ของอากาศได้

การใช้ลมของอากาศที่ผ่านใบพัดจากส่วนที่ 1 ถึงส่วนที่ 2 จะมีพลังงานที่ถ่ายเทเกิดขึ้นกับอากาศและมีการเพิ่มความดันสถิตยจาก P_1 ไปเป็น P_2 ซึ่งเขียนพลังงานต่อหน่วยมวลของอากาศในเทอมของเอนทาลปีได้เป็น

$$\begin{aligned}\frac{W}{\dot{m}} &= h_{02} - h_{01} \\ &= U_2 C_{x2} - U_1 C_{x1}\end{aligned}\quad (12)$$

เมื่อ h คือ ค่าเอนทาลปี

W คือ พลังงานที่ถ่ายเทของเครื่องอัดอากาศ

โดยปกติแล้วในการคำนวณการออกแบบขั้นต้นมักจะสมมุติให้ $C_{x1} = 0$ ถึงแม้ว่าจะไม่เป็นตามนี้อยู่เสมอไปและจากสมการที่ 11 พลังงานที่ถ่ายเทให้อากาศต่อหน่วยมวลจะได้เป็น

$$h_{02} - h_{01} = \psi \sigma_s U_2^2 \quad (13)$$

เมื่อแทนค่า $h_{02} - h_{01} = C_p (T_{02} - T_{01})$ โดยที่ C_p คือค่าความจุความร้อนจำเพาะที่เฉลี่ยในช่วงของอุณหภูมิ T_{01} ถึง T_{02} นี้จะได้สมการว่า

$$T_{02} - T_{01} = \frac{\psi \sigma_s U_2^2}{C_p} \quad (14)$$

ด้วยเหตุที่ไม่มีพลังงานถ่ายเทเกิดขึ้นในใบครีบของดีฟฟิวเซอร์ซึ่งก็คือ $h_{02} - h_{03}$ จึงได้สมการที่ 15 เป็น

$$T_{03} - T_{01} = \frac{\psi \sigma_s U_2^2}{C_p} \quad (15)$$

จะเห็นว่าอัตราส่วนความดันรวมของอากาศที่ออกจากใบพัดคือ

$$\frac{P_{02}}{P_{01}} = \left(1 + \frac{\eta_{com} (T_{02} - T_{01})}{T_{01}} \right)^{k/(k-1)} \quad (16)$$

เมื่อ η_{com} คือ ประสิทธิภาพในการไหลผ่านใบพัด

เมื่อแทนค่าด้วยสมการที่ 15 จะได้ว่า

$$\frac{P_{03}}{P_{01}} = \left(1 + \frac{\eta_{com} \psi \sigma_s U_2^2}{C_p T_{01}} \right)^{k/(k-1)} \quad (17)$$

ในขณะที่เดียวกันอาจจะต้องการให้ค่าองค์ประกอบกำลังงานที่ป้อนเข้า (ψ) มีค่ามากด้วย แต่จะพบว่าอัตราการลดลงของประสิทธิภาพไอเซนโทรปิกไปกับการเพิ่มขึ้นขององค์ประกอบกำลังงานนี้ไม่เกิดผลดีใดๆ ซึ่งในทางอุดมคติจะให้มีความองค์ประกอบกำลังที่ป้อนเข้าเท่ากับ 1.0 และจากสมการที่ 16 ค่าอัตราส่วนความดันที่เพิ่มขึ้นไปกับความเร็วยังคงที่ปลายใบพัดแต่เมื่อพิจารณาความแข็งแรงของวัสดุที่ใช้ก็มีข้อจำกัด ซึ่งความเค้นในแนวออกจากศูนย์กลางนั้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกำลังสองของความเร็วยังคงที่ปลายใบ เช่น ถ้าใช้วัสดุเป็นโลหะอัลลอยด์เบาจะจำกัดค่าอัตราส่วนความดันอยู่ที่ประมาณ 4:1 และถ้าใช้วัสดุไททาเนียมก็เป็นไปได้ที่จะได้อัตราส่วนความดันถึง 7:1

เมื่อการไหลเป็นแบบไอเซนทรอปิก (Isentropic) ดังนั้นอุณหภูมิ Stagnation temperature (T_0) จะคงที่

$$T_0 = T - \frac{C_u^2}{2C_p}$$

เมื่อ T คือ อุณหภูมิของอากาศ

จะเห็นอุณหภูมิสถิตย์ของอากาศที่ออกจากใบพัดคือ

$$T_2 = T_{02} - \frac{C_u^2}{2C_p} \quad (18)$$

เมื่อการอัดตัวของอากาศเป็นแบบไอเซนทรอปิกให้ความสัมพันธ์ของความดันกับอุณหภูมิ ดังนั้น Stagnation Pressure คือ

$$\frac{P_2}{P_{02}} = \left(\frac{T_2}{T_{02}} \right)^{k/(k-1)} \quad (19)$$

เมื่อ k คือ ค่าคงที่ของอัตราส่วนความร้อนจำเพาะของอากาศ

ดังนั้นความหนาแน่นของอากาศจะได้ว่า

$$\rho = \frac{P}{RT} \quad (20)$$

เมื่อ R คือ ค่าคงที่ของอากาศ (0.287 J/kg K)

P คือ ความดันของของไหล

เมื่อคอมเพรสเซอร์วีลเป็นอุปกรณ์เพิ่มอัตราส่วนความดันของอากาศที่ไหลผ่านเข้าห้องเผาไหม้ซึ่งอากาศจะถูกอัดให้มีปริมาตรเล็กลงประมาณ 3 ถึง 12 เท่าจากปริมาตรเดิมโดยปกติอากาศที่ส่งไปยังห้องเผาไหม้มีปริมาตรมากขึ้นจะทำให้ได้ปริมาตรแก๊สร้อนเพิ่มขึ้นและสามารถหาเอนทาลปี ที่เพิ่มขึ้นได้จาก

$$\Delta h = T \times C_p (\pi^{0.286} - 1) \quad (21)$$

เมื่อ Δh คือ ค่าความต่างของเอนทาลปี

ค่าตัวเลขมัคห์เบอร์ (Mach number)

ค่าตัวเลขมัคห์เบอร์แบบสมบูรณ์ของอากาศที่ไหลออกจากใบพัดอาจมีค่าสูงกว่า 1.0 ได้ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าถ้าความเร็วของอากาศที่ไหลออกมีองค์ประกอบตามแนวรัศมี (C_r) มีค่าต่ำกว่าความเร็วเสียงค่าประสิทธิภาพจะไม่ลดลงจากการที่เกิดคลื่นช็อคนอกเหนือจากนี้การที่จะรักษาโมเมนตัมเชิงมุมของการเคลื่อนที่ไหลวนในพื้นที่ส่วนที่ไม่มีใบที่อยู่ระหว่างปลายใบพัดและใบcrib ของดีฟฟิวเซอร์ให้คงที่ไว้ั้นการกระจายที่สูงกว่าความเร็วเสียงก็สามารถที่จะเกิดขึ้นได้ซึ่งอาจจะต้องลดค่าตัวเลขมัคห์เบอร์ที่ทางเข้าใบcribของดีฟฟิวเซอร์ลงให้ถึงประมาณ 0.8 การที่ค่าตัวเลขมัคห์เบอร์ที่ทางเข้าใบcribของดีฟฟิวเซอร์มีค่าสูงจะทำให้เกิดความดันสูงที่จุดสถานะนิ่ง (Stagnation) บนปลายใบcribของดีฟฟิวเซอร์ซึ่งนำไปสู่การแปรเปลี่ยนของค่าความดันสถิตยในแนวเส้นรอบวงของใบcribของดีฟฟิวเซอร์และการแปรเปลี่ยนของความดันนี้ก็ถูกส่งไปตามแนวรัศมีผ่านพื้นที่ที่ไม่มีใบด้วยเป็นสาเหตุให้เกิดภาวะซ้ำๆ บนใบพัดซึ่งอาจจะทำให้เกิดความเสียหายจากการล่าได้เร็วกว่าปกติ

$$M = \frac{C_u}{\sqrt{kRT}} \quad (22)$$

เมื่อ M คือ ค่าตัวเลขมัคห์เบอร์ของอากาศที่ไหลออกจากใบพัด

ดังนั้นความเร็วของเสียงในอากาศที่ปลายใบพัดหาได้จาก

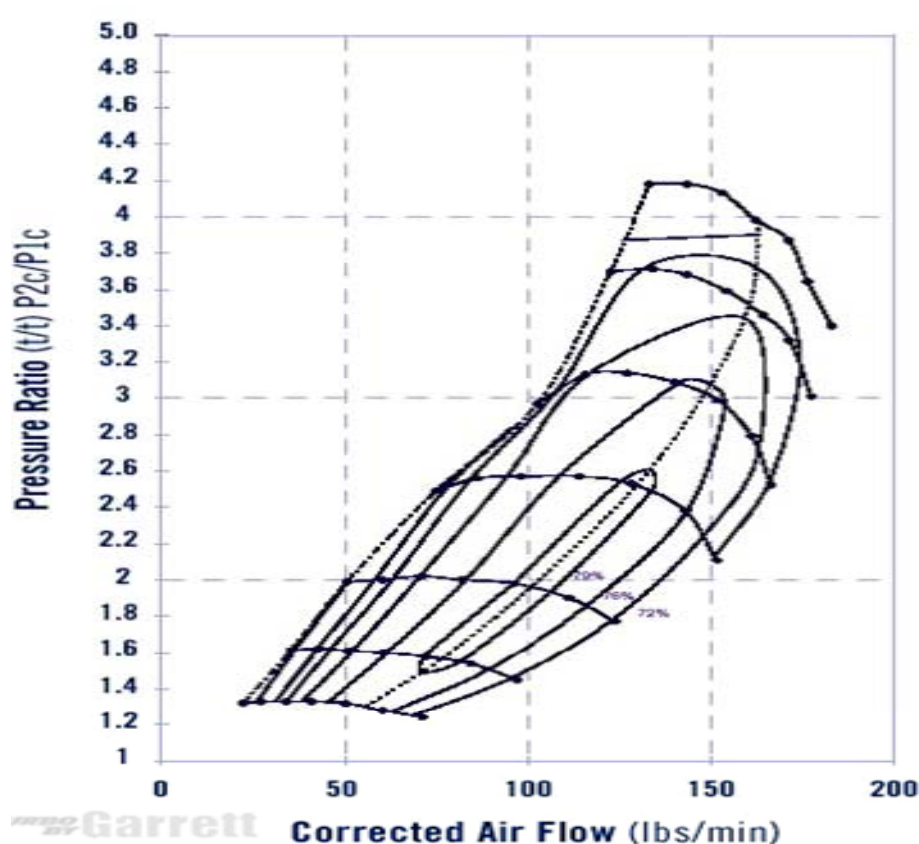
$$C_a = \sqrt{kRT} \quad (23)$$

เมื่อ C_a คือ ความเร็วของเสียงในอากาศที่ปลายใบพัด

คุณลักษณะของใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลชนิดแบบการไหลตามแนวรัศมี

ใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลแบบไหลผ่านตามแนวรัศมีซึ่งมีข้อดีคือมีโครงสร้างที่แข็งแกร่งทนทานที่ความเร็วรอบสูงๆ และลักษณะของโครงสร้างที่ออกแบบง่ายจึงเป็นลักษณะที่เด่นและปัจจุบันจึงนิยมใช้กับเครื่องอัดอากาศชนิดแบบไหลผ่านตามแนวรัศมีเนื่องจากสามารถสร้างได้หลาย

รูปแบบและกราฟแสดงคุณลักษณะใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลเป็นข้อมูลที่แสดงถึงรายละเอียดการทำงานและประสิทธิภาพของใบพัดคอมเพรสเซอร์วีล ปกติจะแสดงในรูปของกราฟไดอะแกรมที่บ่งบอกถึงข้อมูลในการออกแบบที่จำเป็นต่างๆ ในตัวใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลถึงแม้ว่ากราฟแสดงคุณลักษณะใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลจะหาค่าที่ต้องการทราบได้ในทันทีแต่ถ้าในเชิงทางปฏิบัตินั้นค่าที่ได้ออกมาถือว่ายังไม่สมบูรณ์เพียงพอในการออกแบบ และจากกราฟในแนวแกน X จะแสดงถึงอัตราการไหลของมวลอากาศที่ออกจากใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลส่วนในแนวแกน Y จะแสดงถึงอัตราส่วนความดัน (Pressure Ratio) ที่กราฟไดอะแกรมยังแสดงถึงเส้นประสิทธิภาพการทำงานและเส้นความเร็วรอบในการหมุนของใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลเพื่อสำหรับการเลือกใช้งาน

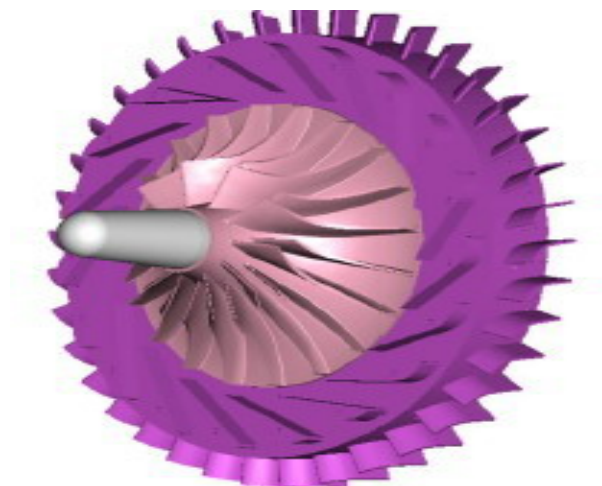


ภาพประกอบ 3 ตัวอย่างกราฟแสดงคุณลักษณะของใบพัดคอมเพรสเซอร์วีล

เส้นของ Choking

ซึ่งเป็นลักษณะการทำงานของคอมเพรสเซอร์วีลที่ความเร็วรอบค่าๆ หนึ่งถึงแม้จะอัดอากาศเต็มที่แล้วก็ไม่สามารถเพิ่มอัตราการไหลได้มากกว่านี้ซึ่งจุดนี้จะเป็นจุดที่มีอุปสรรคในคอมเพรสเซอร์บางตัวทำงานด้วยสภาวะความเร็วเสียง (Sonic Condition) ซึ่งจะไม่สามารถทำให้อัตราการไหลเชิงมวลได้มากกว่านี้ได้อีกแล้ว

เส้นทางเดินแบบเวียนก้นหอย (Spiral path line) จึงลดการสูญเสียพลังงานในการไหลลงของความดันสถิตยที่เพิ่มในใบครีบบของดัดฟิวเซอร์แบบมีครีบบมากกว่าแบบไร้ครีบบถึง 10 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าใบครีบบของดัดฟิวเซอร์จะมีประสิทธิภาพสูงทำให้ Pressure Recovery สูงกว่าแบบไร้ครีบบแต่เป็นในช่วงอัตราการใช้ลมแคบๆ ช่วงหนึ่งเท่านั้นดังภาพประกอบ 6



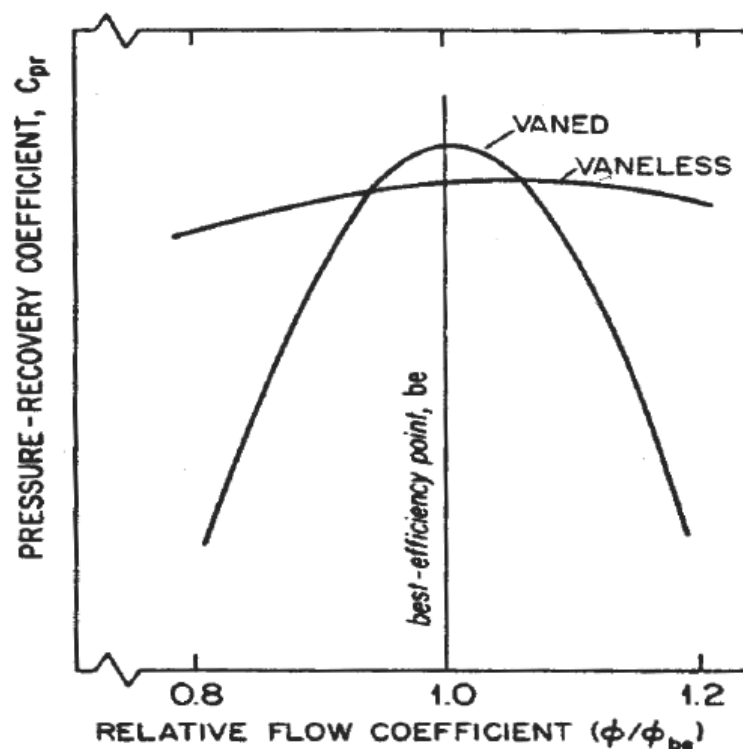
ภาพประกอบ 4 ตัวอย่างใบพัดแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางและดัดฟิวเซอร์แบบมีครีบบ



ภาพประกอบ 5 ตัวอย่างใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลและดัดฟิวเซอร์แบบไร้ครีบบ

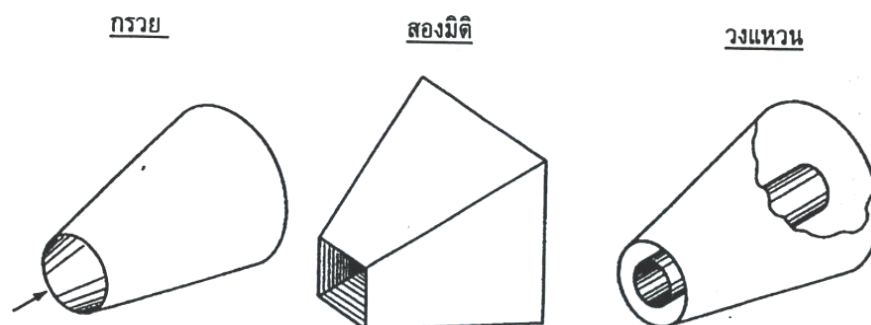
ในทางอุดมคติเมื่อไม่คิดผลของการสูญเสียใดๆ ในการไหลผ่านใบครีบบของดัดฟิวเซอร์ กระบวนการเพิ่มความดันสถิตยจะเกิดจากพื้นที่หน้าตัดที่เพิ่มขึ้นตามแนวรัศมีซึ่งจะลดความเร็วของอากาศที่ไหลออกมีองค์ประกอบตามแนวรัศมี (C_r) และส่วนความเร็วของอากาศในทิศทางความเร็วของใบพัด (C_x) จะถูกทำให้ช้าลงด้วยหลักการของโมเมนตัมเชิงมุมคงที่โดยความเร็วของอากาศ

ในทิศทางความเร็วของใบพัด (C_x) จะแปรผกผันกับระยะห่างจากจุดศูนย์กลาง ดังนั้นแม้ความเร็วของอากาศในทิศทางความเร็วของใบพัดที่ไหลเข้าสู่ใบครีบของดิฟฟิวเซอร์จะสูงกว่าความเร็วเสียงโดยปราศจาก Shock wave



ภาพประกอบ 6 การเปรียบเทียบ Pressure Recovery ของอัตราการไหลระหว่างใบครีบแบบ Vaned กับ Vaneless

1. รูปแบบของดิฟฟิวเซอร์โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 3 แบบหลักๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับการใช้งานว่าเราจะเลือกใช้ดิฟฟิวเซอร์ประเภทไหนดังภาพประกอบ 7 โดยมีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันของแต่ละแบบดังตาราง 1



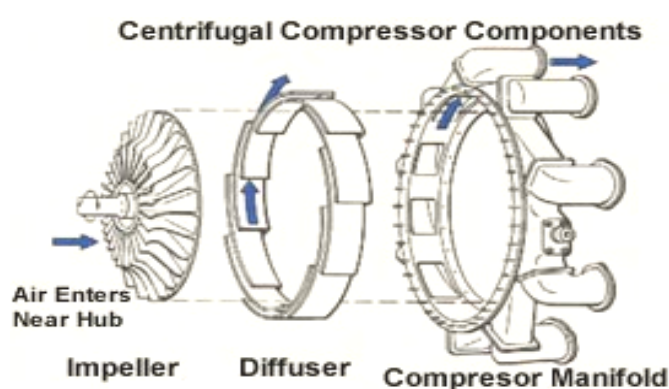
ภาพประกอบ 7 รูปแบบของดิฟฟิวเซอร์

ตาราง 1 ข้อดีและข้อเสียของดิวไฟเซอร์แต่ละรูปแบบ

รูปแบบ	ข้อดี	ข้อเสีย
กรวย	เกิดความดันสูญเสียน้อยกว่ารูปทรงอื่นๆ เพราะมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่หน้าตัดอย่างช้าๆ	มีความยาวที่มากกว่ารูปทรงอื่นทำให้เกิดการสูญเสียเนื่องจากความเสียดทาน
สองมิติ	นิยมใช้กับห้องเผาไหม้ทั่วไป	มีสัณฐานที่มากเกินไปก่อให้เกิดการแยกชั้นของการไหล
วงแหวน	นิยมใช้กับห้องเผาไหม้ของเครื่องบินและทำให้ลดการเกิดการแยกชั้นการไหลจากการเคลื่อนที่	มีลักษณะรูปทรงที่เหมาะสมกับห้องเผาไหม้เครื่องบินแต่ไม่เหมาะสมกับห้องเผาไหม้ทั่วไป

2. หลักการทำงานของดิวไฟเซอร์

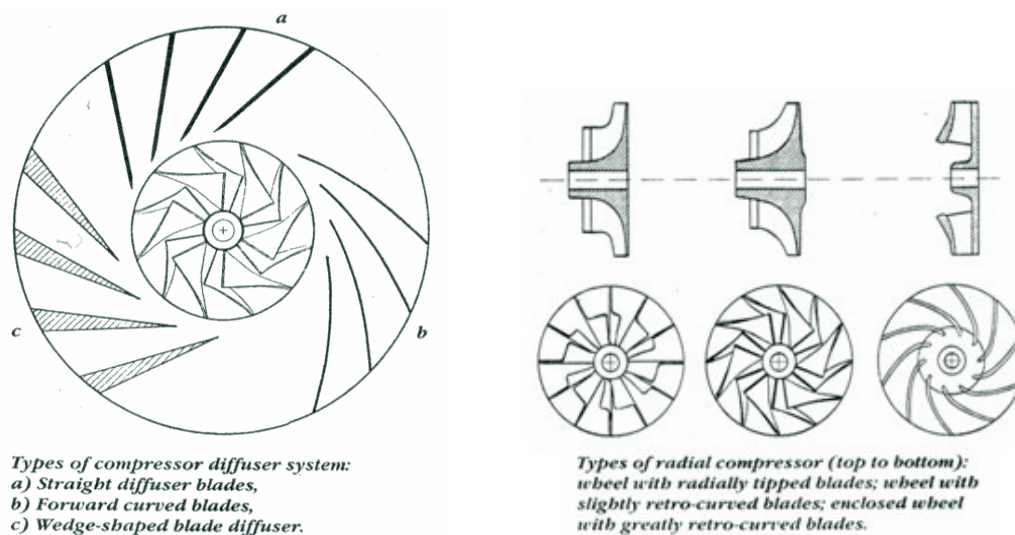
คืออุปกรณ์ส่วนที่จะทำงานร่วมกับใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลเมื่ออากาศไหลผ่านเข้าใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลจะถูกใบพัดเหวี่ยงอากาศให้เคลื่อนที่ไปยังส่วนปลายใบพัดจะเกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางขึ้นและตัวใบพัดจะหมุนให้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงและเกิดการอัดตัวขึ้นเมื่อแก๊สไหลออกจากปลายใบพัดจะไหลเข้าสู่ส่วนดิวไฟเซอร์โดยเปลี่ยนพลังงานจลน์ (Kinetic Energy) จากความเร็วปลายใบพัดเป็นความดันสถิต (Static Pressure) ที่สูงขึ้นและอากาศจะถูกอัดตัวแล้วส่งเข้าท่อรวมอากาศเพื่อเข้าห้องเผาไหม้



ภาพประกอบ 8 ลักษณะทิศทางการเคลื่อนที่ของของไหลที่ไหลผ่านอุปกรณ์

ดิวไฟเซอร์ ทำหน้าที่เป็นส่วนที่เพิ่มขยายปริมาตรภายในเพื่อลดความเร็วจากการเคลื่อนที่และเพิ่มค่าความดันของอากาศที่มาจากใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลเพื่อไหลไปยังส่วนของ

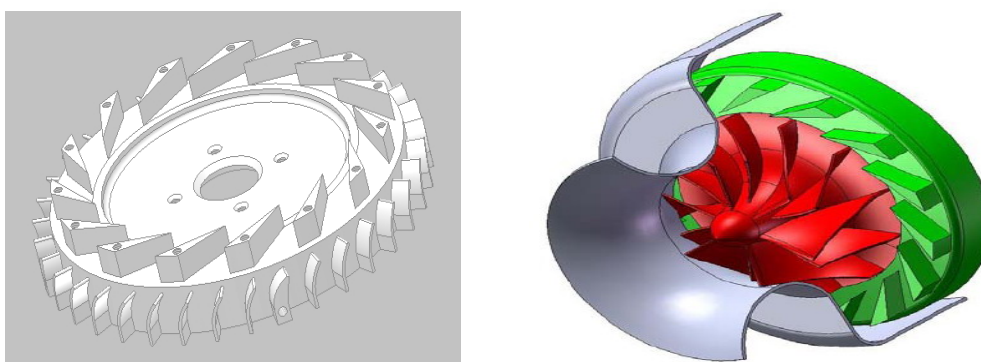
ดัดฟิวเซอร์และเตรียมอากาศก่อนที่จะไหลต่อไปยังส่วนภายในห้องเผาไหม้ด้วยความเร็วของอากาศที่จะผสมกับน้ำมันเชื้อเพลิงที่ช่องทางออกและลักษณะของดัดฟิวเซอร์โดยทั่วๆ ไปซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 3 ลักษณะ คือ [1] แบบใบครีตรง [2] แบบใบครีโค้ง [3] แบบใบครีรูปลิ้น แสดงดังภาพประกอบ 9



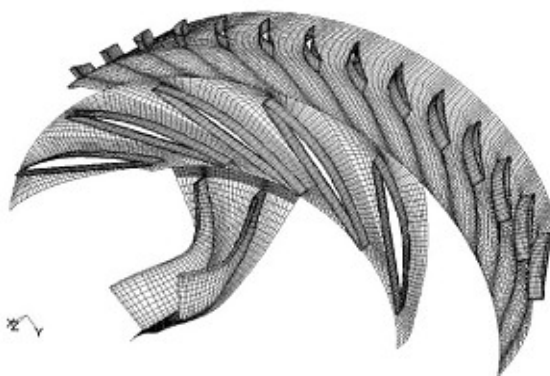
ภาพประกอบ 9 ลักษณะของดัดฟิวเซอร์และใบพัดคอมเพรสเซอร์วีล

3. การแบ่งลักษณะใบครีของดัดฟิวเซอร์

3.1 ใบครีแบบรูปลิ้น ซึ่งแบ่งออกได้เป็นหลายลักษณะดังภาพประกอบ 10 และ 11



ภาพประกอบ 10 ใบครีแบบรูปลิ้นชนิดสามเหลี่ยมมุมป้าน

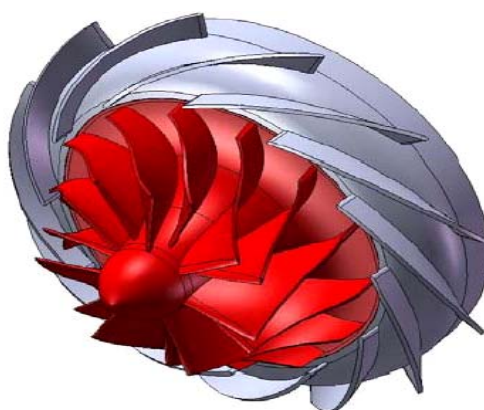


ภาพประกอบ 11 ใบคريبแบบรูปลิ่มชนิดใบโค้งวงรี

3.2 ใบคريبแบบแผ่นเรียบ ซึ่งแบ่งออกได้เป็นหลายลักษณะดังภาพประกอบ 12 ถึง 15



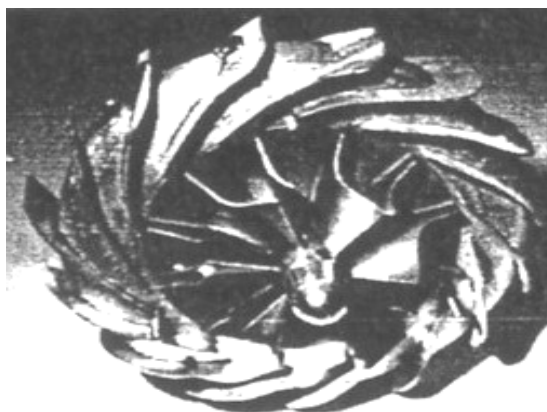
ภาพประกอบ 12 ใบคريبแบบแผ่นเรียบชนิดใบตรง



ภาพประกอบ 13 ใบคريبแบบแผ่นเรียบชนิดใบโค้งบิดเอียง



ภาพประกอบ 14 ใบครีบบีบแบนเรียบชนิดใบโค้ง



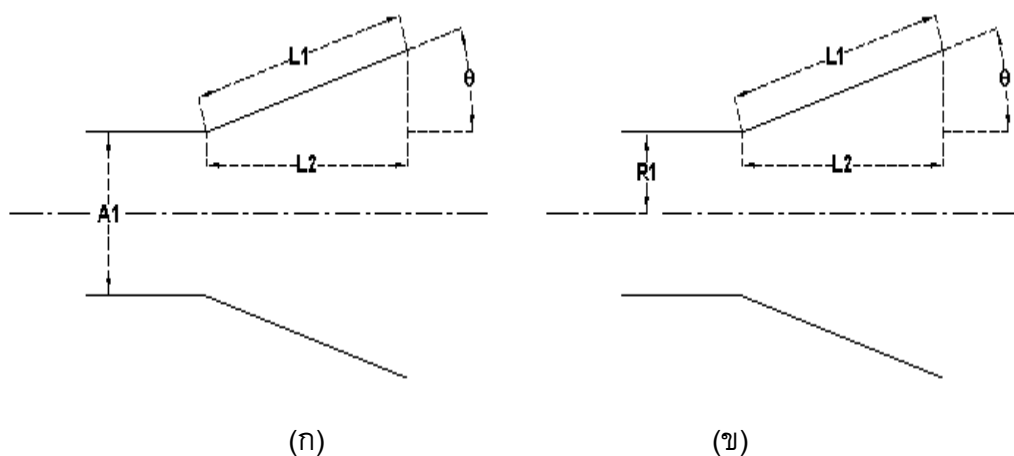
ภาพประกอบ 15 ใบครีบบีบแบนเรียบชนิดใบนูนโค้ง

3.3 รูปทรงใบครีบบีบของดีฟฟิวเซอร์ อาจถูกอธิบายด้วยตัวแปรการกระจายตัวของใบครีบบีบจะต้องสามารถทำให้อากาศมีความดันเพิ่มขึ้นตามที่ต้องการโดยมีความสูญเสียของความดันน้อยที่สุดและมีความเร็วทางออกในช่วงที่เหมาะสมซึ่งปริมาณที่แสดงถึงความสามารถของการกระจายตัวของใบครีบบีบ คือ

3.3.1 อัตราส่วนพื้นที่หน้าตัด (Area Ratio, AR) ถือว่าเป็นค่าที่สำคัญมากค่าหนึ่งเพราะอัตราส่วนพื้นที่หน้าตัดจะแปรผันกับความเร็วทางออกของใบครีบบีบซึ่งจะได้ว่า

$$AR = \frac{A_2}{A_1} = 1 + 2 \frac{L_1}{A_1} \sin \theta \quad (24)$$

เมื่อ	L_1	คือ ความยาวของใบครีป
	L_2	คือ ความยาวของใบครีป
	A_1	คือ พื้นที่หน้าตัดของใบครีปที่ทางเข้า
	A_2	คือ พื้นที่หน้าตัดของใบครีปที่ทางออก
	θ	คือ มุมรัศมีของใบครีป
	AR	คือ อัตราส่วนพื้นที่หน้าตัดของใบครีป (Area Ratio)



ภาพประกอบ 16 รูปทรงทางเรขาคณิตของดีฟฟิวเซอร์ (ก) สองมิติ (ข) กรวย

3.3.2 สมรรถนะการกระจายตัวของใบครีปซึ่งแสดงด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของการเพิ่มความดัน

จะหาค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มความดัน (Pressure Rise Coefficient, C_{Pr}) จะได้

$$C_{Pr} = \frac{P_{st,2} - P_{st,1}}{\frac{1}{2} \rho_1^2} = 1 - \frac{1}{AR^2} \quad (25)$$

เมื่อ	C_{Pr}	คือ ค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มความดัน
	$P_{st,1}$	คือ ความดันสถิตยทางเข้า
	$P_{st,2}$	คือ ความดันสถิตยทางออก

จะนำค่าสัมประสิทธิ์ของการเพิ่มความดันทางทฤษฎี (Theoretical Pressure Rise Coefficient, $C_{pr,tl}$) คือ

$$C_{pr,tl} = 1 - \left(\frac{U_4}{U_3} \right)^2 \quad (26)$$

เมื่อ $C_{pr,tl}$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มความดันทางทฤษฎี

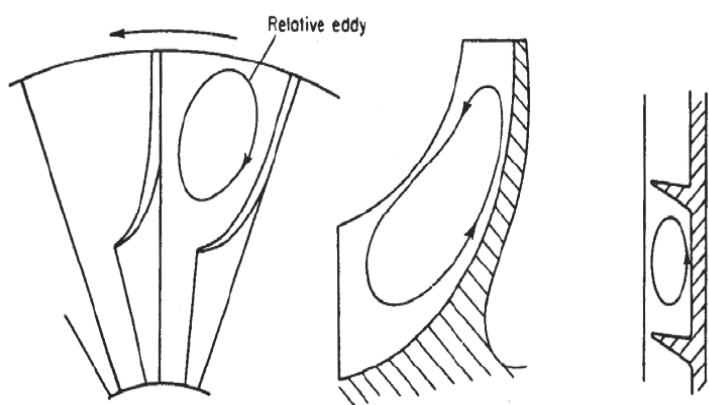
U_3 คือ ความเร็วของดิฟฟูเซอร์ที่ทางเข้า

U_4 คือ ความเร็วของดิฟฟูเซอร์ที่ทางออก

ดังนั้นประสิทธิภาพการกระจายตัวของดิฟฟูเซอร์ (η_{diff}) โดยปกติค่าจะอยู่ช่วงระหว่าง 0.5 หรือ 0.9 และขึ้นอยู่กับรูปทรงของใบครีปแต่ละแบบด้วย

$$\eta_{diff} = \frac{C_{pr}}{C_{pr,tl}} \quad (27)$$

การวิเคราะห์ทางทฤษฎีโดยตรงเกี่ยวกับการไหลของอากาศที่ไหลผ่านช่องใบครีปของดิฟฟูเซอร์มีความยากเพราะในความจริงกระแสอากาศความเร็วสูงที่ไหลออกจากปลายใบพัดมีความซับซ้อนอย่างมากเมื่อไหลเข้าสู่ใบครีปเนื่องจากปรากฏการณ์การไหลในช่อง Clearance ระหว่างใบพัดกับเสื้อใบพัด (Impeller housing) และการกำเนิดของ Secondary Flow ดังภาพประกอบ 17 กระแสอากาศที่ไหลออกจากใบพัดด้วยความเร็วที่สูงกว่าในด้านความดันสูงของใบพัด (Pressure side) ขณะที่ในด้านความดันต่ำ (Suction side) จะปรากฏกระเปาะของอากาศความเร็วต่ำ (Low Velocity Pocket)



ภาพประกอบ 17 แสดงลักษณะการไหลของ Secondary Flow ที่เกิดในใบพัดคอมเพรสเซอร์วีล

การกำหนดขนาดใบ crib ของดิฟฟิวเซอร์ได้โดยพิจารณาจากอัตราการไหลเชิงมวล ($\dot{m}$) ที่ระยะรัศมีใดๆ ได้โดยให้ $\dot{m} = \rho A C_r = 2 \pi r b \rho C_r$

โดยที่ b คือความกว้างของช่องทางที่ของไหลนั้นไหลผ่านดิฟฟิวเซอร์ซึ่งตั้งฉากกับพื้นที่ขอบนอกของใบพัดโดยปกติแล้วจะเหมือนกับความกว้างของใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลและสมการความต่อเนื่องระหว่างที่ระยะรัศมีใดๆ และที่ระยะรัศมีของใบพัดที่ทางออก (r_2)

$$C_{diff} = \frac{C_{x2} r_2}{r_3} \quad (28)$$

เมื่อ C_{diff} คือ ความเร็วที่ช่องใบ crib ของดิฟฟิวเซอร์
 r_2 คือ รัศมีของใบพัดที่ทางออก
 r_3 คือ รัศมีของใบ crib ดิฟฟิวเซอร์ที่ทางเข้า

ฉะนั้นเวกเตอร์ความเร็วสมบูรณ์ของอากาศที่ออกจากใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลจะทำมุมกับแนวรัศมีซึ่งจะคงที่ตลอด

$$\tan \alpha' = \frac{C_{x2}}{C_{r2}} = \text{ค่าคงที่}$$

ซึ่งของไหลที่ไหลออกจากใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลจะเคลื่อนที่ในแนวเส้นโค้งลอการิทึมก่อนที่จะไหลผ่านเข้าใบ crib ของดิฟฟิวเซอร์และเมื่อของไหลไหลเข้าไปยังแนวใบ crib ตัวแปรสำคัญที่มีต่อการควบคุมอัตราการกระจายพลังงานจลน์ คือมุมใบ crib ของดิฟฟิวเซอร์ซึ่งโดยทั่วไปจะขึ้นอยู่กับการออกแบบและจะไม่มีการแยกชั้นของของไหลเกิดขึ้นด้วยสำหรับจำนวน crib ของดิฟฟิวเซอร์อยู่ในการพิจารณาดังต่อไปนี้

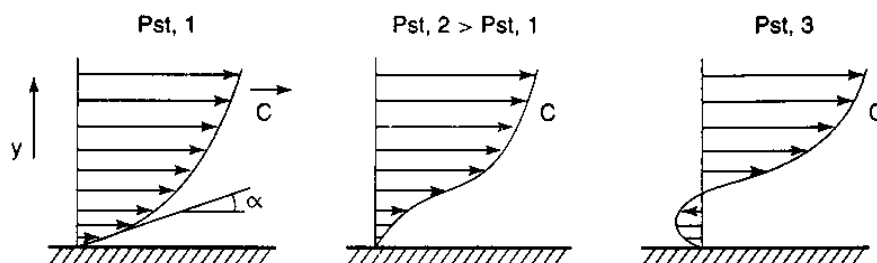
1) เมื่อจำนวนใบ crib ของดิฟฟิวเซอร์มากขึ้นการกระจายตัวจะดีขึ้นแต่ค่าการสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานจะสูงขึ้น

2) พื้นที่หน้าตัดช่องใบ crib ของดิฟฟิวเซอร์ควรจะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสเพื่อให้ได้ขนาดรัศมีชลศาสตร์ยาวที่สุด

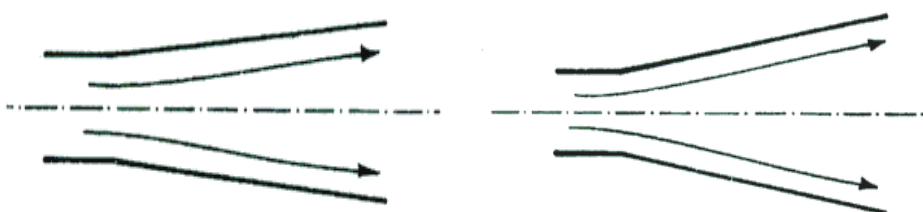
3) จำนวนใบ crib ของดิฟฟิวเซอร์ไม่ควรจะเป็นจำนวนเท่าที่ลงตัวกับจำนวน crib ของใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลทั้งนี้เพื่อป้องกันการสั่นสะเทือนที่เสริมกันจนมีความรุนแรงมากขึ้น

4. ปัจจัยที่อาจมีผลต่อสมรรถนะของดีฟฟิวเซอร์

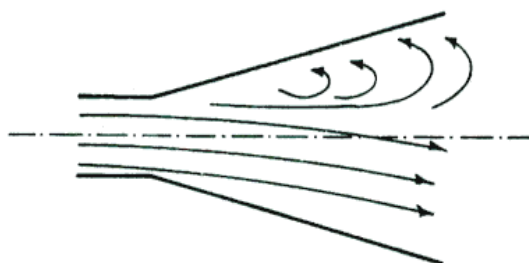
4.1 ลักษณะการไหลที่ไหลผ่านช่องใบครีบของดีฟฟิวเซอร์ในทางอุดมคตินั้นเราต้องการให้การไหลมีความราบเรียบโดยไม่มี ความดันสูญเสียเกิดขึ้นแต่ในความเป็นจริงการไหลในท่อเมื่อยิ่งไหลในระยะทางที่ไกลมากเพียงใดจะทำให้เกิดความดันสูญเสียมากยิ่งขึ้นโดยเป็นผลมาจากชั้นซิดผิว (Boundary Layer) แสดงดังภาพประกอบ 18 เนื่องจากดีฟฟิวเซอร์ทำหน้าที่ลดความเร็วและความดันจะเพิ่มขึ้นตามการเคลื่อนที่ตลอดแนวความยาวของใบครีบเมื่อความดันเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ โดยทฤษฎีของชั้นซิดผิวซึ่งจะชี้ให้เห็นถึงการกระจายตัวของความเร็วในชั้นซิดผิว โดยความดันมีค่าเพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวาขณะที่ความดันมีค่าเพิ่มขึ้นมุม (α) ของการกระจายตัวของความเร็วจะมีค่าเพิ่มขึ้นและทำให้ชั้นซิดผิวมีความหนาแน่นของอากาศมากขึ้นและเกิดการไหลย้อนกลับซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่เรียกว่าการแยกชั้นการไหล



ภาพประกอบ 18 การกระจายตัวของความเร็วชั้นซิดผิวในบริเวณที่เกิดความดันย้อนกลับ



(ก) Small area ratio: moderate pressure recovery (ข) Moderate area ratio: higher pressure recovery

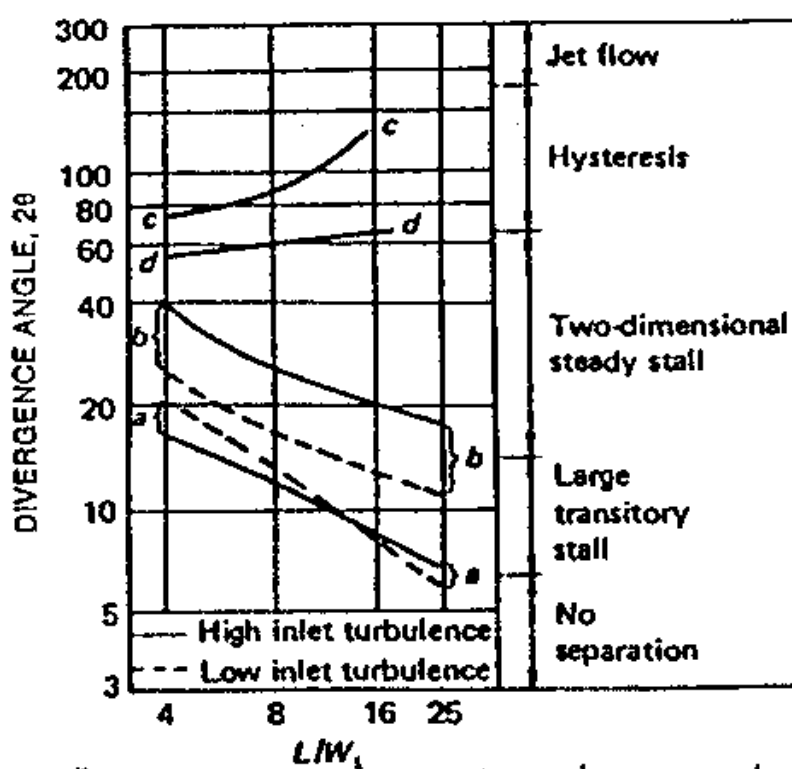


(ค) Higher area ratio: no pressure recovery

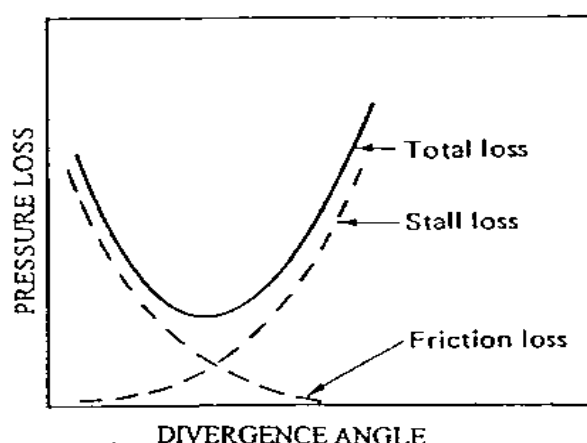
ภาพประกอบ 19 ปัจจัยของความเสี่ยงในการออกแบบใบครีบของดีฟฟิวเซอร์

พิจารณาใบครีบบนของดีฟฟิวเซอร์ที่มีความยาวคงที่แต่มีอัตราส่วนของพื้นที่ปรับค่าได้โดยการดัดโค้งแต่ละด้านออกจากกัน (ดัดเข้าหากัน) แสดงดังภาพประกอบ 19 เมื่อใบครีบบนมีอัตราส่วนพื้นที่หน้าตัดที่แคบๆ จะทำให้ชั้นขีดผิวยังคงติดอยู่กับผนังใบครีบบนและทำให้ค่า C_{pr} มีค่าปานกลาง แสดงดังภาพประกอบ 19ก ในกรณีการเกิดความดันสูญเสียส่วนใหญ่มาจากการสูญเสียเนื่องจากความเสียดทาน และกรณีที่เรเพิ่มค่าอัตราส่วนพื้นที่หน้าตัดมากขึ้นจนถึงค่าๆ หนึ่งที่ทำให้ขนาดของชั้นขีดผิวเพิ่มขึ้นแต่ก็ยังติดอยู่กับผนังใบครีบบนจึงไม่มีผลมากนักที่ทำให้ค่า C_{pr} ที่ได้แต่ก็ยังมีความมากกว่าเดิม แสดงดังภาพประกอบ 19ข สำหรับค่า C_{pr} นั้นจะมีค่าสูงสุดก็ต่อเมื่อชั้นขีดผิวใกล้จะเกิดการแยกชั้นการไหล ณ ผนังใบครีบบนถึงอย่างไรก็ตามถ้าอัตราส่วนพื้นที่หน้าตัดที่กว้างๆ อาจก่อให้เกิดการแยกชั้นการไหลเป็นจำนวนมาก แสดงดังภาพประกอบ 19ค

4.2 ระดับความปั่นป่วน (Turbulence Intensity) พิจารณาผลกระทบจากการไหลปั่นป่วนต่อประสิทธิภาพดีฟฟิวเซอร์รูปทรง 2 มิติ

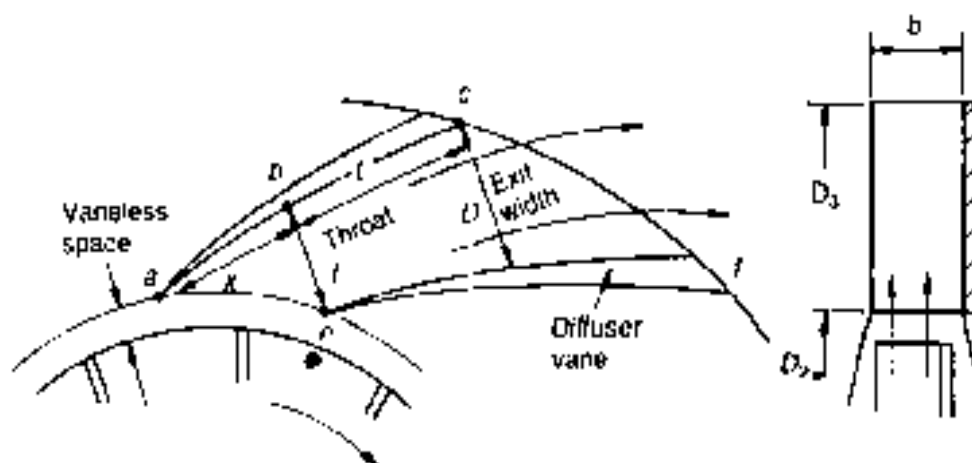


ภาพประกอบ 20 การไหลแต่ละช่วงดีฟฟิวเซอร์ที่รูปทรง 2 มิติที่ระดับความปั่นป่วนที่แตกต่างกัน



ภาพประกอบ 21 ความสัมพันธ์ระหว่าง Dependent Parameter กับ Independent Parameter

5. ลักษณะสำคัญของดิวไฟเซอร์

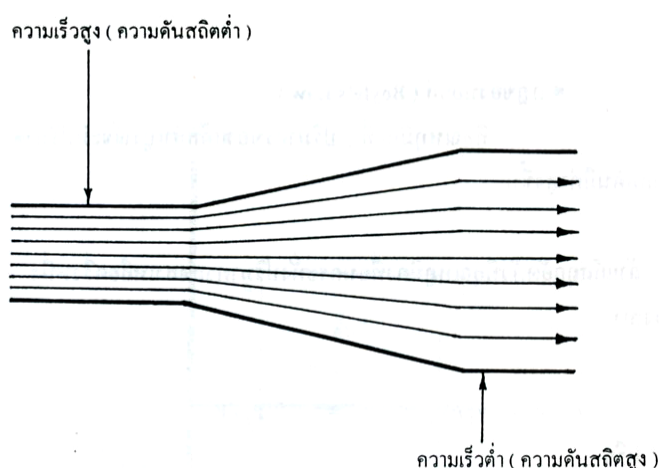


ภาพประกอบ 22 สัดส่วนต่างๆ ของดิวไฟเซอร์

ดิวไฟเซอร์นั้นเป็นส่วนที่ใช้สำหรับเคลื่อนย้ายอากาศที่หมุนอยู่รอบใบพัดของเครื่องอัดอากาศที่มีความเร็วสูงหลังจากที่ถูกใบพัดนั้นเหวี่ยงออกมาเมื่อเป็นเช่นนี้เพื่อเป็นการลดความยาวของเส้นเส้นทางไหลที่ออกจากใบพัด ซึ่งสามารถทำได้โดยการเพิ่มขนาดของเส้นรัศมีที่ช่องว่างระหว่างทางออกของใบพัดคอมเพรสเซอร์วีล (Impeller) ถึงบริเวณทางเข้าใบครีบของดิวไฟเซอร์ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง $0.1D_2$ ถึง $0.2D_2$ เมื่อ D_2 คือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลและช่องว่างนี้จะเป็นส่วนของดิวไฟเซอร์ซึ่งมีหน้าที่

- 1) ลดความดันรอบๆ ใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลของเครื่องอัดอากาศ
- 2) เปลี่ยนแปลงความเร็วระหว่างขอบใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลกับใบครีบของดิวไฟเซอร์ให้มีความราบเรียบขึ้น
- 3) ลดความเร็วของกระแสอากาศที่ไหลเข้าสู่ใบครีบของดิวไฟเซอร์

จากภาพประกอบ 22 จะเห็นว่าอากาศจะไหลไปตามช่องทางเข้าสู่ช่องแคบ (Throat) ของใบครีบบางของดีฟฟิวเซอร์ซึ่งเป็นส่วนที่แคบที่สุดก่อนและจะค่อยๆ ขยายตัวออกจนเกิดการกระจายตัวของอากาศจึงเกิดขึ้นบนช่วงความยาว bc และเพื่อให้ได้ขนาดใบครีบบางของดีฟฟิวเซอร์ที่ไม่ใหญ่จนเกินไปที่อาจมีผลทำให้เส้นทางไหลของของไหลยาวมากจนเกิดการสูญเสียพลังงานเนื่องจากความฝืด ดังนั้นส่วนพื้นผิว abc และ ef เป็นรัศมีโดยประมาณทุกๆ ช่องมีความยาวเท่ากับ L ซึ่งในทางปฏิบัติความยาว L นี้จะมีค่าเท่ากับ $3t$ ถึง $4t$ เพื่อควบคุมความสมดุลระหว่างประสิทธิภาพของการกระจายตัวกับความสูญเสียเนื่องจากความฝืดของผิวสัมผัส ซึ่งในส่วนจำนวนใบครีบบางของดีฟฟิวเซอร์ในทางปฏิบัติจะเริ่มที่จำนวนครีบบางของเครื่องอัดอากาศบวกเข้าไปอีกหนึ่ง ($Z+1$) แต่จะไม่มากไปกว่า 29 ใบครีบบาง เพราะจะทำให้ประสิทธิภาพลดลงเนื่องจากความฝืดที่เพิ่มมากขึ้น สำหรับขนาดใบครีบบางของดีฟฟิวเซอร์ในงานออกแบบหลายๆ งานจะทำตามอัตราส่วนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทางเข้าใบครีบบางของดีฟฟิวเซอร์ (D_3) กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัด (D_2) หรือเท่ากับ 1.3 ถึง 1.5



ภาพประกอบ 23 พลังงานความเร็วถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานความดัน

พลังงานที่ได้จากเครื่องอัดอากาศจะเป็นพลังงานกลซึ่งจะถูกเปลี่ยนให้เป็นพลังงานในรูปของอากาศหรือแก๊สด้วยแรงกระทำด้านพลศาสตร์ซึ่งจะทำให้อากาศหรือแก๊สเคลื่อนที่ด้วยความเร็วและความเร็วของอากาศอัดจะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของความดันทั้งอัตราส่วนของอัตราการไหลและอัตราส่วนของความดันจะเปลี่ยนแปลงไปตามฟังก์ชันของความเร็วเฉพาะในช่วงที่ถูกจำกัดเท่านั้น พลังงานทั้งหมดในการไหลของอากาศจะคงที่ ณ บริเวณทางเข้าและทางออก โดยความเร็วในการไหลจะลดลงและพลังงานในรูปของความเร็วบางส่วนจะถูกแปรกลับให้อยู่ในรูปพลังงานของความดัน โดยทำให้ความดันสถิตยที่บริเวณทางออกจะมีค่าสูงกว่าความกดสถิตยที่บริเวณทางเข้าของใบครีบบางภาพประกอบ 23

ตัวประกอบความเสียดทาน

สำหรับการไหลที่มีหน้าตัดไม่ใช่วงกลม เช่น หน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า หน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือหน้าตัดรูปวงแหวน เป็นต้นเพื่อสะดวกต่อการนำไปใช้งานในรูปของสมการ

$$R_e = \frac{\rho \bar{V} D_h}{\mu} \quad (29)$$

เมื่อ R_e คือ เลขเรย์โนลด์นัมเบอร์กำหนดแบบการไหล (ไม่มีหน่วย)
 D_h คือ เส้นผ่านศูนย์กลางไฮดรอลิกส์ (Hydraulic Diameter)

$$\begin{aligned} D_h &= \frac{4(\text{พื้นที่หน้าตัดการไหล})}{(\text{เส้นรอบรูปหน้าตัดที่สัมผัสกับของไหล})} \\ &= \frac{4A}{P} \end{aligned} \quad (30)$$

สำหรับหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

$$\begin{aligned} D_h &= \frac{4ab}{2(a+b)} \\ &= \frac{2ab}{(a+b)} \end{aligned} \quad (31)$$

เมื่อ a คือ ความกว้างของพื้นที่หน้าตัดใบครีบ
 b คือ ความยาวของพื้นที่หน้าตัดใบครีบ

เลขเรย์โนลด์นัมเบอร์กำหนดแบบการไหล

โดยทั่วไปแล้วของไหลที่ไหลอยู่ได้ต่อเนื่องนั้นเนื่องจากมีแรงเฉื่อย (Inertia force) กระทำในทิศการไหลและขณะเดียวกันจะมีแรงเนื่องจากความหนืดกระทำในทิศตรงข้ามกับทิศการไหลของไหลดังกล่าวดังกล่าวกว่าจะไหลเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่างแรงเฉื่อยต่อแรงเนื่องจากความหนืด ถ้าอัตราส่วนระหว่างแรงเฉื่อยต่อแรงเนื่องจากความหนืดมีค่าสูงของไหลจะไหลเร็วมาก ถ้าอัตราส่วนดังกล่าวมีค่าต่ำของไหลจะไหลช้าลงอัตราส่วนระหว่างแรงเฉื่อยต่อแรงเนื่องจากความหนืด

ก็คือเลขเรย์โนลด์นัมเบอร์ ซึ่งเลขเรย์โนลด์นัมเบอร์นี้ใช้เป็นเลขกำหนดแบบการไหลสำหรับการไหลภายในท่อ จะเขียนความสัมพันธ์และสมการของเลขเรย์โนลด์นัมเบอร์ได้ดังนี้

$$U_o = \text{แรงเฉื่อย} / \text{แรงเนื่องจากความหนืด}$$

$$R_e = \frac{\rho v^2 D^2}{\mu v L}$$

ดังนั้น

$$R_e = \frac{\rho v D}{\mu} \quad (32)$$

- เมื่อ
- V คือ ความเร็วเฉลี่ยของการไหลในท่อ
 - D คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อ
 - μ คือ ความหนืดสัมบูรณ์ของของไหลในท่อ
 - v คือ ความหนืดจลน์ของของไหล

2.3 การวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหล

ความหมายของ CFD

CFD (Computational Fluid Dynamics) คือ การวิเคราะห์ระบบที่เกี่ยวข้องกับการไหลของของไหล การไหลของความร้อนหรือการถ่ายเทความร้อน รวมถึงการปรากฏการแผ่กระจายของอนุภาค ปัจจุบันวิธีการดังกล่าวมีประโยชน์และใช้กันอย่างกว้างขวางมากในวงการอุตสาหกรรมและงานวิจัยต่างๆ

หลักการทำงานของ CFD

โปรแกรม CFD ที่เขียนขึ้นเองหรืออาจได้มาในรูปแบบของโปรแกรมสำเร็จรูปแล้วนั้น มีขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมแบ่งเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. ขั้นตอนการประมวลผล (Pre-processor)

- ลักษณะรูปร่างของปัญหาหรือโดเมนของปัญหา
- การสร้างกริดหรือปริมาตรควบคุมหรือเอลิเมนต์บนโดเมนปัญหา
- กำหนดคุณสมบัติของการไหล เช่น ความหนาแน่น ความหนืด
- กำหนดค่าเงื่อนไขขอบเขต (Boundary condition) ให้กับจุดต่อที่อยู่ติดกับขอบเขต

ของปัญหา

ค่าผลเฉลยของปัญหาการไหลที่ต้องการ เช่น ความเร็ว ความดัน อุณหภูมิ นั้นจะเป็นค่าผลเฉลยที่จุดต่อต่างๆ ในแต่ละเซลล์ ความถูกต้องของค่าที่ได้นี้จะขึ้นอยู่กับจำนวนจุดต่อในปัญหาเดียวกัน การแบ่งปัญหาให้มีจำนวนเซลล์หรือจุดต่อมาก ย่อมให้ค่าผลเฉลยที่ถูกต้องมากกว่าจำนวนเซลล์จุดต่อที่น้อย แต่นั่นก็ย่อมหมายถึงว่าต้องใช้เวลาในการคำนวณมากขึ้นตามจำนวนจุดต่อที่มากขึ้นด้วย ในซอฟต์แวร์ CFD นั้น ในขณะที่รันโปรแกรม ประมาณ 50% ของเวลาที่ใช้ทั้งหมดจะใช้ไปกับการสร้างกริดบนโดเมนของปัญหา เพราะฉะนั้นในการป้อนข้อมูลให้กับปัญหาเพื่อการคำนวณนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องคำนึงทั้ง 2 ส่วน คือ สร้างจุดต่อให้มีจำนวนที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ค่าความถูกต้องของผลเฉลยอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ และใช้เวลาในการคำนวณที่ไม่นานเกินไปด้วย

2. ขั้นตอนการคำนวณ วิธีการที่นำมาเพื่อใช้ในการหาผลเฉลยมีหลายวิธีดังต่อไปนี้

- วิธีผลต่างสืบเนื่อง (Finite difference methods) เป็นวิธีการหาค่าผลเฉลยของตัวไม่ทราบค่า φ ที่จุดต่อต่างๆ บนเส้นกริด เทอมของสมการการไหลที่อยู่ในรูปของสมการอนุพันธ์บางส่วน (PDE) จะถูกกระจายโดยใช้อนุกรมเทเลอร์ให้อยู่ในรูปของผลต่างโดยประมาณบนจุดต่อต่างๆ ซึ่งจะทำให้สมการของระบบซึ่งอยู่ในรูปสมการอนุพันธ์ย่อยบางส่วนกลายเป็นสมการผลต่าง (Difference equation) ของตัวไม่ทราบค่าที่จุดต่อต่างๆ

- วิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์ เป็นวิธีการแบ่งโดเมนของปัญหาออกเป็นเอลิเมนต์ ซึ่งมีขนาดต่างๆ กัน จากนั้นพิจารณาเอลิเมนต์ทีละเอลิเมนต์ โดยการสร้างสมการสำหรับแต่ละเอลิเมนต์ที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานที่ว่า สมการที่สร้างขึ้นนั้นต้องสอดคล้องกับสมการเชิงอนุพันธ์ของปัญหาที่พิจารณาอยู่ จากนั้นปัญหาทั้งหมดเมื่อทำการประยุกต์เข้ากับเงื่อนไขที่ขอบเขตแล้วทำการแก้ชุดสมการดังกล่าว ก็จะได้ค่าผลเฉลยโดยประมาณของค่าที่ต้องการที่ตำแหน่งจุดต่อต่างๆ ความแม่นยำของผลเฉลยนั้นขึ้นอยู่กับขนาดของเอลิเมนต์ที่ใช้ ข้อดีของวิธีนี้คือสามารถประยุกต์เข้ากับปัญหาที่มีรูปร่างซับซ้อนได้ดี

- วิธีสเปกตรัล (Spectral method) เป็นวิธีการหาค่าผลเฉลยโดยประมาณโดยใช้พื้นฐานของอนุกรมฟูเรียร์ ซึ่งจะไม่เหมือนวิธีผลต่างสืบเนื่องและวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ให้ค่าผลเฉลยที่จุดต่อต่างๆ แต่วิธีการนี้จะให้ค่าผลเฉลยตลอดทั้งโดเมนของปัญหา

- วิธีปริมาตรสืบเนื่อง (Finite volume method) เป็นวิธีที่ได้รับการพัฒนามาจากวิธีผลต่างสืบเนื่อง ขั้นตอนคือ ทำการอินทิเกรตสมการของปัญหาตลอดปริมาตรควบคุมที่พิจารณาในโดเมนของปัญหา เขียนสมการเชิงอนุพันธ์ของปัญหาให้อยู่ในรูปของสมการผลต่าง และหาค่าผลเฉลยโดยประมาณที่ตำแหน่งต่างๆ โดยใช้วิธีการทำซ้ำการอินทิเกรตบนปริมาตรควบคุมนั้น ซึ่งวิธีปริมาตรสืบเนื่องนี้เป็นวิธีที่ทำให้มีความแตกต่างจากวิธีการอย่างอื่น การอินทิเกรตปริมาตรใดๆ ตลอดปริมาตรควบคุมนั้น เป็นขั้นตอนพื้นฐานของการพิจารณากฎการอนุรักษ์ปริมาณที่ไหลผ่านเข้าออกปริมาตรควบคุมนั้น วิธีการนี้เป็นความรู้พื้นฐานที่สามารถทำความเข้าใจได้ง่ายกว่าวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์และวิธีสเปกตรัล การใช้กฎการอนุรักษ์คุณสมบัติใดๆ ซึ่งอาจเป็นความเร็ว เอนทัลปี ที่ไหลผ่านปริมาตรควบคุมนั้น พิจารณาได้จากสมดุลของการเปลี่ยนแปลงซึ่งก็คือการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปริมาตรนั้นๆ เมื่อไหลผ่านปริมาตรควบคุม

3. ขั้นตอนการแสดงผล

เป็นขั้นตอนสุดท้ายสำหรับขั้นตอนของ CFD ขั้นตอนนี้จะต้องได้ค่าผลเฉลยโดยประมาณจากขั้นตอนการคำนวณเรียบร้อยแล้ว การแสดงผลของโปรแกรมนั้นจะออกมาในรูปแบบต่อไปนี้

- แสดงรูปร่างของปัญหาและกริด
- เขียนกราฟแบบเวกเตอร์
- เขียนกราฟคอนทัวร์
- เขียนกราฟพื้นผิวใน 2 หรือ 3 มิติ
- แสดงการเปลี่ยนแปลงตำแหน่ง เช่น การเคลื่อนไหว การหมุน

การแก้ปัญหาการไหลด้วย CFD

พื้นฐานสำคัญก่อนที่จะวิเคราะห์หาผลเฉลยเชิงตัวเลขของปัญหาการไหล คือ ผู้วิเคราะห์จะต้องเข้าใจสมการและกฎทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการไหลนั้นเป็นอย่างดี เพราะความเข้าใจดังกล่าวนี้จะทำให้การประยุกต์โปรแกรมเข้ากับสมการหลักเป็นไปได้โดยง่าย และผลเฉลยที่ได้ในแต่ละขั้นตอนของการเขียนโปรแกรมก็จะเป็นไปในแนวทางที่ต้องการ ทั้งนี้เนื่องจากว่าผู้วิเคราะห์สามารถคาดเดาได้ล่วงหน้าว่าเป็นการไหลในกรณีที่ต้องการศึกษานี้จะให้ผลเฉลยหรือพฤติกรรมการไหลอย่างคร่าวๆ เป็นเช่นใด นอกจากนี้แล้วทักษะในการวิเคราะห์ปัญหาและการเขียนโปรแกรมก็เป็นอีกส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญ การวิเคราะห์ลักษณะปัญหาการไหลได้ถูกต้องก็จะทำให้สามารถสร้างโปรแกรมให้เป็นไปตามแนวทางที่ถูกต้องได้ การวิเคราะห์ปัญหาดังกล่าว คือ การวางกรอบของปัญหาให้อยู่ในขอบเขตที่ต้องการ ยกตัวอย่างเช่น ปัญหาการไหลดังกล่าวจะพิจารณาให้เป็นแบบ 2 มิติ หรือ 3 มิติ รวมถึงผลกระทบของอุณหภูมิและความดันสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นหรือไม่ เลือกใช้สมการหลักและวิธีขั้นตอนในการแก้ปัญหาแบบใด มีทอมให้บ้างในสมการที่น่าจะส่งผลกระทบกับผลเฉลยของปัญหาได้น้อยมากจนสามารถพิจารณาตัดทิ้งไปได้เพื่อลดความยุ่งยาก เป็นต้น ซึ่งการวิเคราะห์เหล่านี้จำเป็นต้องรู้ก่อนลงมือเขียนโปรแกรมการคำนวณเงื่อนไขดังกล่าวนี้จะทำให้โปรแกรมมีความกระชับ ในทางตรงกันข้ามถ้ากำหนดเงื่อนไขหรือลักษณะปัญหาผิดพลาดไปจากความเป็นจริงแล้ว ย่อมจะส่งผลทำให้การเขียนโปรแกรมเกิดความยุ่งยากและอาจไม่ได้ผลเฉลยเป็นไปตามต้องการได้ ขั้นตอนวิธีเชิงตัวเลขที่สำคัญที่ทำให้การวิเคราะห์ปัญหาการไหลประสบผลสำเร็จนั้น ประกอบด้วยหลักการทางคณิตศาสตร์หลักๆ อยู่ 3 หลักการ คือ

1. การลู่เข้าสู่ผลเฉลย (Convergence) เป็นคุณสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของวิธีการหาผลเฉลยเชิงตัวเลข การลู่เข้าสู่ผลเฉลยที่คำนวณหมายความว่า ผลเฉลยนั้นลู่เข้าและให้ค่าใกล้เคียงกับผลเฉลยแม่นยำ เมื่อระยะห่างระหว่างกริดมีขนาดเล็กเข้าใกล้ศูนย์

2. ความสอดคล้อง (Consistency) ระบบสมการพีชคณิตที่ได้จากแผนแบบวิธีเชิงตัวเลขนั้นจะต้องมีค่าสมมูลกับสมการหลักดั้งเดิมของการไหล เมื่อระยะห่างระหว่างกริดมีขนาดเล็กเข้าใกล้ศูนย์

3. ความมีเสถียรภาพ (Stability) หมายถึง เสถียรภาพในการคำนวณ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการลดของค่าความคลาดเคลื่อนของผลเฉลยระหว่างการคำนวณ ถ้าการคำนวณไม่มีเสถียรภาพก็หมายความว่าความคลาดเคลื่อนจะขยายขนาดขึ้น ส่งผลให้ผลเฉลยมีค่ากว้างไปมาและลู่ออกได้

ทฤษฎีการลู่เข้าของผลเฉลยนั้นมีความยุ่งยากและสลับซับซ้อนมาก แต่ใน CFD แล้ว การกำหนดเงื่อนไขดังกล่าวเป็นไปได้โดยจำกัด เนื่องจากว่าสมการปัญหานั้นมีรูปแบบเป็นสมการไม่เชิงเส้น และมีความเกี่ยวโยงของตัวแปรในแต่ละสมการอีก ดังนั้นเงื่อนไขความสอดคล้องและความมีเสถียรภาพจึงไม่เพียงพอที่จะใช้รับประกันการลู่เข้าของผลเฉลยได้ แต่อย่างไรก็ตาม เงื่อนไขทั้งคู่ก็ยังมีค่าจำเป็นอยู่ วิธีปริมาตรสี่เหลี่ยมเป็นวิธีหาผลเฉลยเชิงตัวเลขที่ใช้พื้นฐานของสมดุลพลั๊กซ์ของคุณสมบัติ ρ ของปริมาตรควบคุม ฉะนั้นวิธีนี้จึงเป็นไปตามเงื่อนไขการอนุรักษ์คุณสมบัติตลอดทั้งโดเมนการไหล

คุณสมบัติขอบข่าย (Boundedness) เป็นคุณสมบัติที่คล้ายคลึงกับคุณสมบัติความมีเสถียรภาพที่ใช้กับปัญหาเชิงเส้นที่ไม่มีเทอมซอส คุณสมบัตินี้จะเป็นการวางกรอบของผลเฉลยที่จะได้ว่าผลเฉลยภายในโดเมนดังกล่าวจะต้องมีค่าอยู่ระหว่างค่าเงื่อนไขในขอบเขตที่มากที่สุดและน้อยที่สุด ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับขนาดและเครื่องหมายของสัมประสิทธิ์ของสมการพีชคณิต การศึกษาคุณสมบัติขอบข่ายของปัญหาไม่เป็นเชิงเส้นตามวิธีปริมาตรสี่เหลี่ยมก็จะใช้แนวทางของวิธีแบบเชิงเส้นเช่นเดียวกัน

ส่วนสุดท้ายที่จะกล่าวถึง คือ คุณสมบัติการส่งถ่ายในการไหลนั้น จะมีกระบวนการ 2 อย่างที่เข้ามาเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของของไหลเสมอ คือ การพาและการแพร่ การแพร่เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากความแตกต่างของค่าคุณสมบัติระหว่างจุด 2 จุดใดๆ ยกตัวอย่างเช่น การนำความร้อน การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่จุดหนึ่งจะส่งผลกระทบทำให้จุดที่อยู่รอบๆ มีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นหรือลดลงหรือเท่าเดิมเสมอ การแพร่จึงเป็นกระบวนการส่งถ่ายคุณสมบัติที่กระจายผลกระทบไปในทุกทิศทางโดยที่ตัวกลางอาจจะเคลื่อนที่หรือไม่ก็ได้ กระบวนการอย่างที่สองคือ การพา เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการไหลของตัวกลางจากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่ง กระบวนการนี้จะส่งผลกระทบกับการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติการไหลในทิศทางของการไหลเท่านั้น

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ประกอบด้วย

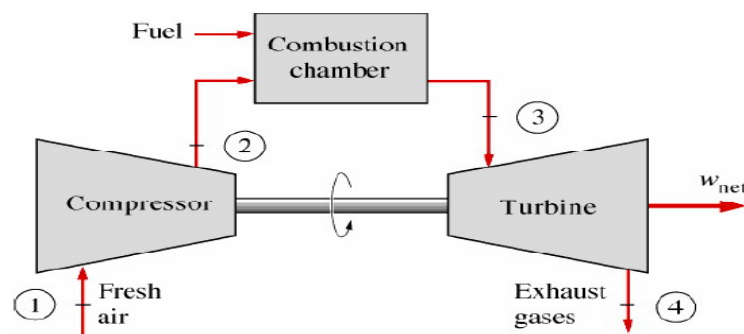
1. ออกแบบใบครีบริดดิฟฟิวเซอร์ให้มุมมองศาลู้ออกมีความเหมาะสม
2. สร้างชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์จากชุดทดลองต้นแบบ
3. กำหนดขอบเขตชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์
4. กำหนดความเร็วลมทางเข้าและความเร็วรอบคอมเพรสเซอร์วีล
5. กำหนดตำแหน่งการวิเคราะห์ชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์
6. หาค่า ความดัน ความเร็ว และความปั่นป่วน ของกระแสอากาศ ด้วยโปรแกรมการ

คำนวณเชิงตัวเลขทางกลศาสตร์ของไหล

1. ออกแบบใบครีบริดดิฟฟิวเซอร์ให้มุมมองศาลู้ออกมีความเหมาะสม

1.1 ข้อมูลจำเพาะของสภาวะแวดล้อม

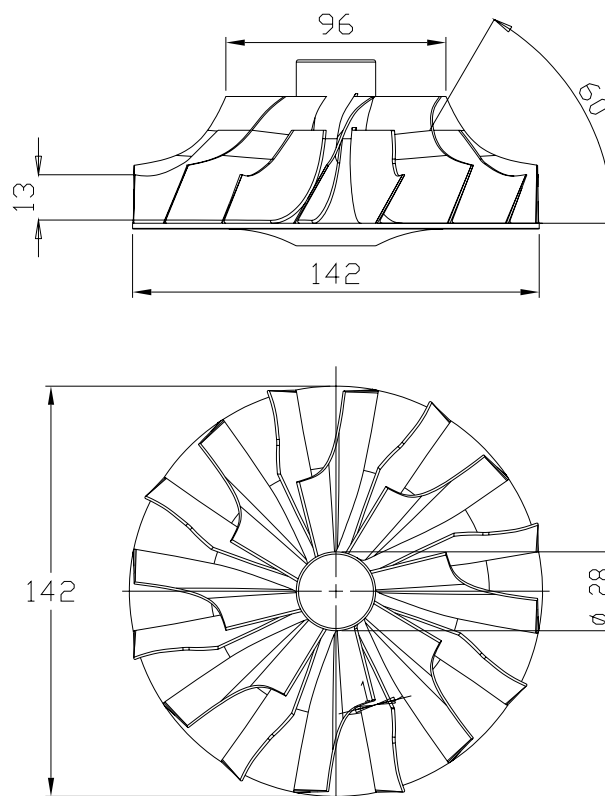
การออกแบบได้กำหนดเงื่อนไขเบื้องต้นของสภาวะแวดล้อมเพื่อที่นำไปใช้ในการวิเคราะห์และคำนวณ โดยเงื่อนไขที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหานั้นจะพิจารณาจากภาพประกอบ 24 ซึ่งจะแสดงตามแผนภูมิของแต่ละช่วงในเครื่องยนต์กังหันแก๊ส โดยจะพิจารณาในช่วงที่ 1-2 ซึ่งเป็นช่วงก่อนเข้าไปยังใบครีบริดดิฟฟิวเซอร์



ภาพประกอบ 24 แผนภูมิของเครื่องยนต์กังหันแก๊ส

ความดันของบรรยากาศ (P_{01})	=	101.3 kPa
อุณหภูมิของบรรยากาศ (T_{01})	=	303 K
ค่าคงที่อัตราส่วนความร้อนจำเพาะของอากาศ (k)	=	1.4
ค่าคงที่ของอากาศ (R)	=	287 J/kg K
ค่าความจุจำเพาะของอากาศ (C_p)	=	1005 J/kg K

1.2 เงื่อนไขที่ใช้ในการออกแบบใบครีบริดฟิวเซอร์



ภาพประกอบ 25 ลักษณะของใบพัดคอมเพรสเซอร์วีล

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ทางเข้า (D_1)	=	96 มิลลิเมตร
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ทางออก (D_2)	=	142 มิลลิเมตร
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของดุม (D_{1d})	=	28 มิลลิเมตร
ความสูงของช่องใบครีบริด (Tip height, h_{2com})	=	13 มิลลิเมตร
จำนวนใบครีบริด	=	16 ใบ
มุมองศาใบพัด (Blade Tip Angle)	=	60 องศา
ตั้งสมมุติฐาน		
ที่ความเร็วรอบการทำงานของใบพัด	=	50000 รอบต่อวินาที
ที่ประสิทธิภาพในการไหลผ่านใบพัดคอมเพรสเซอร์วีล (η_{com})		76 เปอร์เซ็นต์

1.3 ขั้นตอนการคำนวณ

จากเงื่อนไขจำเพาะในการออกแบบของสภาวะแวดล้อมและเงื่อนไขที่ใช้ในการออกแบบใบคิริบกระจายอากาศ (Diffuser) ของข้อมูลขั้นต้นจึงทำให้สามารถหาสภาวะการทำงานที่เกิดขึ้น ซึ่งจะได้ออกมาดังต่อไปนี้

หาความเร็วที่ทางเข้าของใบพัดคอมเพรสเซอร์วีล ได้จาก (1) และจากเงื่อนไขของข้อมูลขั้นต้นซึ่งใบพัดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทางเข้าเท่ากับ 96 มิลลิเมตร

$$\text{สมการ } U_1 = \frac{\pi D_1 N}{60}$$

เมื่อ U_1 คือ ความเร็วของใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลที่ทางเข้า
 D_1 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลที่ทางเข้า
 N คือ ความเร็วรอบของใบพัดคอมเพรสเซอร์วีล

แทนค่าใน

$$U_1 = \frac{\pi \times 0.096 \text{ m} \times 50000 \text{ rpm}}{60}$$

$$= 251.327 \text{ m/s}$$

เมื่อค่าของตัวประกอบกำลังงาน (Power input factor : ψ) มีค่าเท่ากับ 1.04 และเมื่อ Z คือ จำนวนของคิริบใบพัดคอมเพรสเซอร์วีล ซึ่งมีจำนวน 16 คิริบ ฉะนั้นค่าองค์ประกอบการลื่นไถล (Slip factor) หาได้จาก (8)

$$\text{สมการ } \sigma_s = 1 - \frac{0.63\pi}{Z}$$

เมื่อ σ_s คือ ค่าองค์ประกอบการลื่นไถล (Slip factor)
 Z คือ จำนวนคิริบของใบพัดคอมเพรสเซอร์วีล

แทนค่าใน

$$\sigma_s = 1 - \frac{0.63\pi}{16} = 0.876$$

จะนั้นหาความเร็วที่ทางออกของใบพัดคอมเพรสเซอร์วีล ได้จาก (1) และจากเงื่อนไขของข้อมูลขั้นต้นซึ่งใบพัดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทางออกเท่ากับ 142 มิลลิเมตร

$$\text{สมการ } U_2 = \frac{\pi D_2 N}{60}$$

เมื่อ U_2 คือ ความเร็วของใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลที่ทางออก

D_2 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลที่ทางออก

แทนค่าใน

$$U_2 = \frac{\pi \times 0.142 \text{ m} \times 50000 \text{ rpm}}{60}$$

$$= 371.755 \text{ m/s}$$

และเนื่องจากอุณหภูมิ $T_{02} = T_{03}$ ดังนั้นหาอุณหภูมิของ $T_{02} - T_{01}$ ได้จาก (14) ซึ่งค่าตัวประกอบกำลังงาน (Power input factor) มีค่าระหว่าง 1.035 ถึง 1.040

$$\text{สมการ } T_{02} - T_{01} = \frac{\psi \sigma_s U_2^2}{C_p}$$

เมื่อ ψ คือ ค่าตัวประกอบกำลังงาน (Power input factor)

C_p คือ ค่าความจุจำเพาะของอากาศ ($\text{J/kg } ^\circ\text{K}$)

แทนค่าใน

$$T_{02} - T_{01} = \frac{1.04 \times 0.876 \times 371.755^2 \text{ m/s}}{1005}$$

$$= 125.280 \text{ K}$$

เมื่ออุณหภูมิของบรรยากาศ (T_{01}) มีค่าที่ 303 K จะนั้นอุณหภูมิรวมของอากาศที่ออกจากใบพัด (T_{02}) มีค่าเพิ่มขึ้นที่

$$\begin{aligned}
 \text{เมื่อ } T_{02} &= (T_{02} - T_{01}) + T_{01} \\
 T_{02} &= 125.280 \text{ K} + 303 \text{ K} \\
 &= 428.280 \text{ K}
 \end{aligned}$$

อัตราส่วนอุณหภูมิรวมของอากาศที่ออกจากใบพัดมีค่าเท่ากับ

$$\begin{aligned}
 \frac{T_{02}}{T_{01}} &= \frac{428.280 \text{ K}}{303 \text{ K}} \\
 &= 1.413
 \end{aligned}$$

ฉะนั้นอัตราส่วนความดันรวมของอากาศที่ออกจากใบพัดหาได้จาก (16) ซึ่งจากข้อมูลของเงื่อนไขที่ใช้ในการออกแบบที่กำหนดขึ้นต้นโดยตั้งสมมุติฐานที่ประสิทธิภาพในการไหลผ่านใบพัด (η_{com}) ทำงานที่ 76 เปอร์เซ็นต์ แสดงดังภาพประกอบ 33

$$\text{สมการ } \frac{P_{02}}{P_{01}} = \left(1 + \frac{\eta_{\text{com}} (T_{02} - T_{01})}{T_{01}} \right)^{k/(k-1)}$$

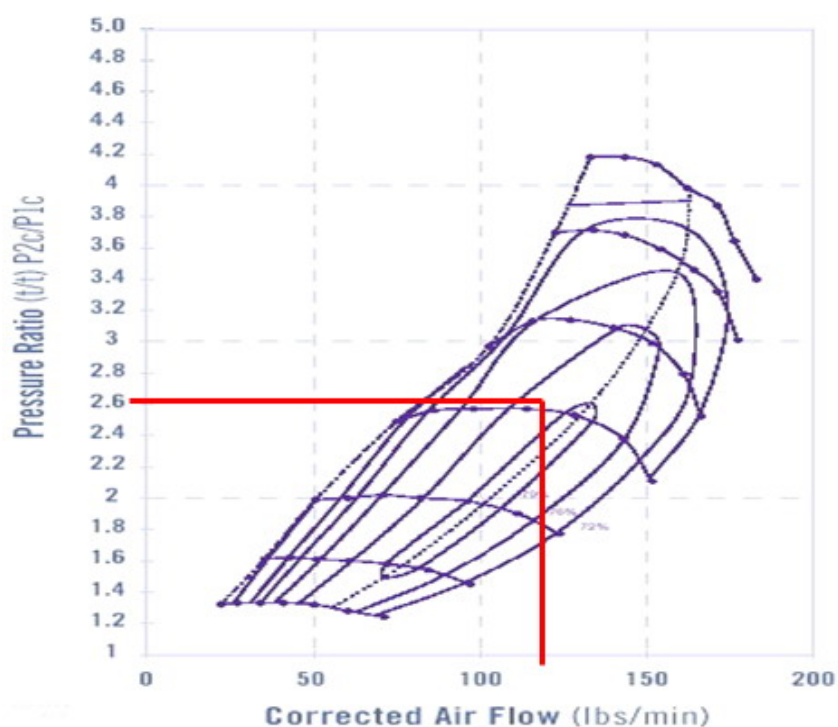
เมื่อ η_{com} คือ ประสิทธิภาพในการไหลผ่านใบพัด

แทนค่าใน

$$\begin{aligned}
 \frac{P_{02}}{P_{01}} &= \left(1 + \frac{0.76 (125.280 \text{ K})}{303 \text{ K}} \right)^{1.4/(1.4-1)} \\
 &= 2.602
 \end{aligned}$$

ความดันรวมของอากาศที่ออกจากใบพัด (P_{02}) มีค่าเพิ่มขึ้นที่
จะนั้น

$$\begin{aligned}
 P_{02} &= 2.602 \times 101.3 \text{ kPa} \\
 &= 263.582 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$



ภาพประกอบ 26 กราฟแสดงคุณลักษณะของใบพัดคอมเพรสเซอร์วีล

และจากกราฟคุณลักษณะของใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลแสดงดังในภาพประกอบ 26 ทำให้ทราบว่ายัตราส่วนความดันรวมของอากาศที่ 2.602 เมื่อตั้งสมมุติฐานที่ประสิทธิภาพในการไหลผ่านใบพัด (η_{com}) ทำงานที่ 76 เปอร์เซ็นต์ โดยคิดอัตราการไหลที่ 120 Lbs/min หรือ $42.108 \text{ m}^3/\text{min}$

จะนั้นความเร็วของอากาศในทิศทางความเร็วของใบพัดที่ทางออก (C_{x2}) หาได้จาก (3) เมื่อความเร็วของใบพัดที่ทางออก (U_2) มีค่าเท่ากับ 371.755 เมตรต่อวินาที

$$\text{สมการ } C_{x2} = \sigma_s U_2$$

เมื่อ C_{x2} คือ ความเร็วของอากาศในทิศทางความเร็วของใบพัดที่ทางออก

แทนค่าใน

$$C_{x2} = 0.876 \times 371.755 \text{ m/s}$$

$$= 325.657 \text{ m/s}$$

ความเร็วของอากาศที่ไหลออกมีองค์ประกอบตามแนวรัศมี (C_{r2}) หาได้จาก (4)

$$\text{สมการ } C_{r2} = \frac{Q}{\pi D_2 b_{com}}$$

เมื่อ C_{r2} คือ ความเร็วของอากาศที่ไหลออกมีองค์ประกอบตามแนวรัศมี
 b_{com} คือ ความสูงของครีปใบพัด

แทนค่าใน

$$\begin{aligned} C_{r2} &= \frac{42.108 \text{ m}^3/\text{min}}{\pi \times 0.142 \text{ m} \times 0.013 \text{ m}} \\ &= 7260.776 \text{ m/min} \\ &= \frac{7260.776 \text{ m/min}}{60} \\ &= 121.012 \text{ m/s} \end{aligned}$$

ความเร็วสัมผัสของอากาศที่ทางออก (C_u) หาได้จาก (5)

$$\text{สมการ } C_u = \sqrt{C_{x2}^2 + C_{r2}^2}$$

แทนค่าใน

$$\begin{aligned} C_u &= \sqrt{(325.657^2 \text{ m/s}) + (121.012^2 \text{ m/s})} \\ &= 347.413 \text{ m/s} \end{aligned}$$

อุณหภูมิสถิตของอากาศที่ออกจากใบพัดหาได้จาก (18)

$$\text{สมการ } T_2 = T_{02} - \frac{C_u^2}{2C_p}$$

แทนค่าใน

$$\begin{aligned} T_2 &= 428.280 \text{ K} - \frac{347.413^2 \text{ m/s}}{2 \times 1005} \\ &= 368.232 \text{ K} \end{aligned}$$

ความดันสถิตของอากาศที่ออกจากใบพัดหาได้จาก (19)

$$\text{สมการ} \quad \frac{P_2}{P_{02}} = \left(\frac{T_2}{T_{02}} \right)^{k/(k-1)}$$

$$\text{ฉะนั้น} \quad P_2 = P_{02} \left(\frac{T_2}{T_{02}} \right)^{k/(k-1)}$$

แทนค่าใน

$$\begin{aligned} P_2 &= 263.582 \text{ kPa} \times \left(\frac{368.232 \text{ K}}{428.280 \text{ K}} \right)^{1.4/(1.4-1)} \\ &= 155.343 \text{ kPa} \end{aligned}$$

ความหนาแน่นของอากาศที่ออกจากใบพัดหาได้จาก (20)

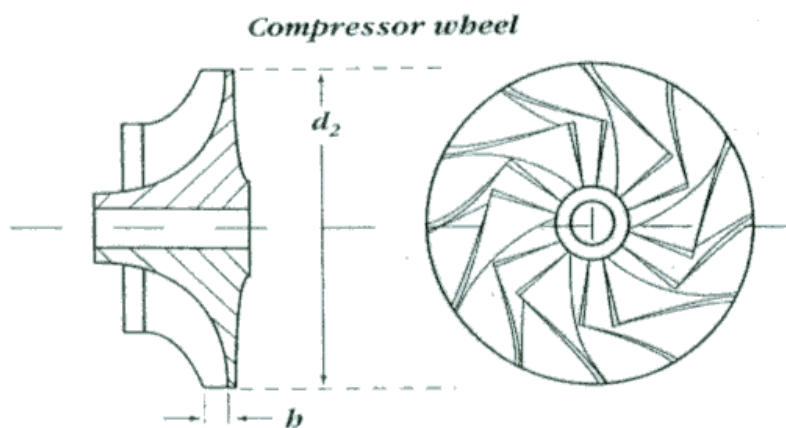
$$\text{สมการ} \quad \rho_2 = \frac{P_2}{R T_2}$$

เมื่อ R คือ ค่าคงที่ของอากาศ (0.287 J/kg K)

แทนค่าใน

$$\begin{aligned} \rho_2 &= \frac{155.343 \text{ kPa}}{0.287 \text{ kJ/kg K} \times 368.232 \text{ K}} \\ &= 1.469 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

พื้นที่ที่อากาศไหลออกจากใบพัด (A_2) ซึ่งเงื่อนไขการออกแบบกำหนดความสูงของครีบบใบพัด (b_{com}) มีค่าที่ 13 มิลลิเมตร และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัดที่ทางออก (D_2) ซึ่งมีค่าที่ 142 มิลลิเมตร



ภาพประกอบ 27 ความสูงครีบบของใบพัดและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัด

$$\text{สมการ } A_2 = \pi D_2 b_2$$

แทนค่าใน

$$A_2 = \pi \times (0.142 \text{ m}) \times (0.013 \text{ m})$$

$$= 0.00579 \text{ m}^2$$

อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศหาได้จาก (4)

$$\text{สมการ } \dot{m} = \rho_2 \times C_{r2} \times A_2$$

แทนค่าใน

$$\dot{m} = 1.469 \text{ kg/m}^3 \times 121.012 \text{ m/s} \times 0.00579 \text{ m}^2$$

$$= 1.029 \text{ kg/s}$$

เงื่อนไขในการออกแบบดิฟฟิวเซอร์โดยกำหนดให้มุมองศาของใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลเมื่อใบพัดมีค่ามุมที่ 60 องศา ฉะนั้นความเร็วของอากาศที่ไหลออกจากใบพัด (C_{com}) หาได้จาก (6) และเมื่อความเร็ว $C_{r2} = 121.012$ m/s และความเร็ว $U_2 = 371.755$ m/s

$$\text{สมการ } C_{com} = U_2 - \left(\frac{C_{r2}}{\tan \beta} \right)$$

แทนค่าใน

$$\begin{aligned} C_{com} &= 371.755 - \left(\frac{121.012}{\tan 60} \right) \\ &= 301.888 \text{ m/s} \end{aligned}$$

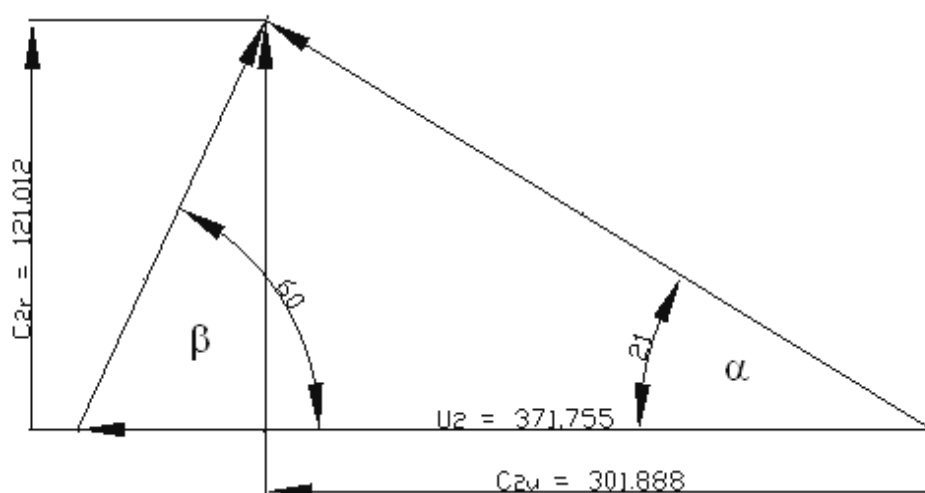
จะหามุมทิศทางการไหลของอากาศที่ไหลออกจากใบพัด (α) หาได้จาก (7) เมื่อความเร็วของ $C_{r2} = 121.012$ m/s และความเร็วของ $C_{com} = 301.888$ m/s

$$\text{สมการ } \alpha = \tan^{-1} \left(\frac{C_{r2}}{C_{com}} \right)$$

แทนค่าใน

$$\begin{aligned} \alpha &= \tan^{-1} \left(\frac{121.012 \text{ m/s}}{301.888 \text{ m/s}} \right) \\ &= 21.84 \text{ องศา} \end{aligned}$$

จะหามุมทิศทางการไหลของอากาศที่ไหลออกจากวงล้อจึงมีค่าเท่ากับ $\alpha = 21.84$ องศา ซึ่งมุมองศาการไหลนี้จะคงที่ตลอดหลังจากอากาศไหลผ่านใบพัดเป็นวงแหวนอากาศด้วยความกว้างคงที่ ฉะนั้นจึงทราบได้ว่ามุมใบครีบของดิฟฟิวเซอร์ควรปรับตั้งค่ามุมที่ 21.84 องศา หรือปรับตั้งมุมที่ 21 องศา



ภาพประกอบ 28 แสดงไดอะแกรมความเร็วของอากาศที่ปลายใบพัด

ค่าตัวเลขคัมน์เบอร์ของอากาศที่ไหลออกจากใบพัดหาได้จาก (22)

$$\text{สมการ } M = \frac{C_u}{\sqrt{k R T_2}}$$

แทนค่าใน

$$\begin{aligned} M &= \frac{347.413 \text{ m/s}}{\sqrt{1.4 \times 287 \text{ J/Kg K} \times 368.232 \text{ K}}} \\ &= 0.903 \end{aligned}$$

ความเร็วของเสียงในอากาศที่ปลายใบพัด (C_a) หาได้จาก (23)

$$\text{สมการ } C_a = \sqrt{k R T_2}$$

แทนค่าใน

$$\begin{aligned} C_a &= \sqrt{1.4 \times 287 \text{ J/Kg K} \times 368.232 \text{ K}} \\ &= 384.649 \text{ m/s} \end{aligned}$$

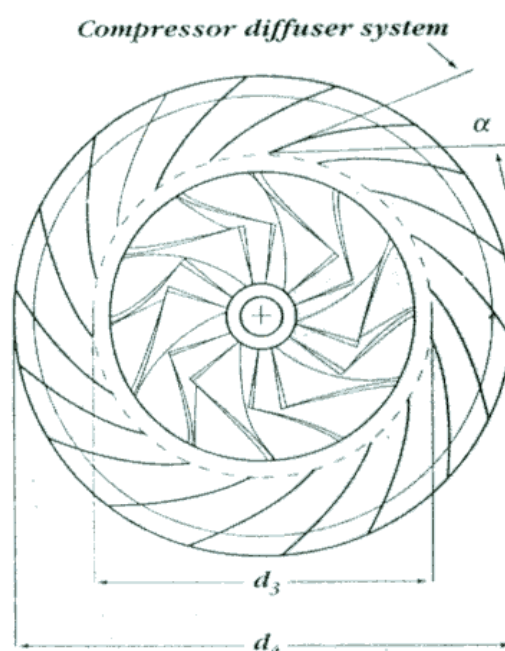
เมื่ออากาศไหลผ่านออกจากใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลถึงช่องใบครีบของดิฟฟิวเซอร์ กำหนดให้เป็นแบบไฮเซนโทรปิกโดยให้เป็นตามทฤษฎีการไหลวนอิสระ (Free Vortex) และรัศมีขอบนอกของใบพัดหาได้จาก

$$\text{เมื่อ } r_2 = \frac{D_2}{2}$$

แทนค่าใน

$$r_2 = \frac{142 \text{ mm}}{2} = 71 \text{ mm}$$

จากเนื้อหาทฤษฎีในบทที่ 2 และภาพประกอบ 22 ได้กล่าวอธิบายถึงการเพิ่มขนาดของรัศมีที่ช่องว่างระหว่างทางออกของใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลถึงทางเข้าใบครีบของดิฟฟิวเซอร์ซึ่งกำหนดค่าที่ระหว่าง $0.1D_2$ ถึง $0.2D_2$ เมื่อ D_2 คือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัดที่ทางออก



ภาพประกอบ 29 แสดงตำแหน่งระยะช่องว่างรัศมีใบครีบของดิฟฟิวเซอร์

ดังนั้นในการศึกษาและออกแบบงานวิจัยจึงเลือกใช้ค่าที่ $0.1D_2$ เพื่อให้มีขนาดที่เหมาะสมในการลดความยาวของเส้นทางการไหลที่ออกจากใบพัดฉะนั้นระยะรัศมีที่ช่องว่างระหว่างทางออกของใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลถึงทางเข้าใบครีบของดิฟฟิวเซอร์

$$\text{เมื่อ } r_3 = r_2 + \left(\frac{0.1 D_2}{2} \right)$$

แทนค่าใน

$$r_3 = 71 \text{ mm} + \left(\frac{0.1 \times 142 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$= 78.1 \text{ mm}$$

$$\text{ฉะนั้น } D_3 = 156.2 \text{ mm}$$

เมื่อความเร็วของอากาศในทิศทางความเร็วของใบพัดที่ช่องใบครีบของดิฟฟิวเซอร์ (C_{diff})
หาได้จาก (28)

$$\text{สมการ } C_{diff} = \frac{C_{com} r_2}{r_3}$$

แทนค่าใน

$$C_{diff} = \frac{301.888 \text{ m/s} \times 0.071 \text{ m}}{0.0781 \text{ m}}$$

$$= 274.443 \text{ m/s}$$

จำนวนใบครีบของดิฟฟิวเซอร์

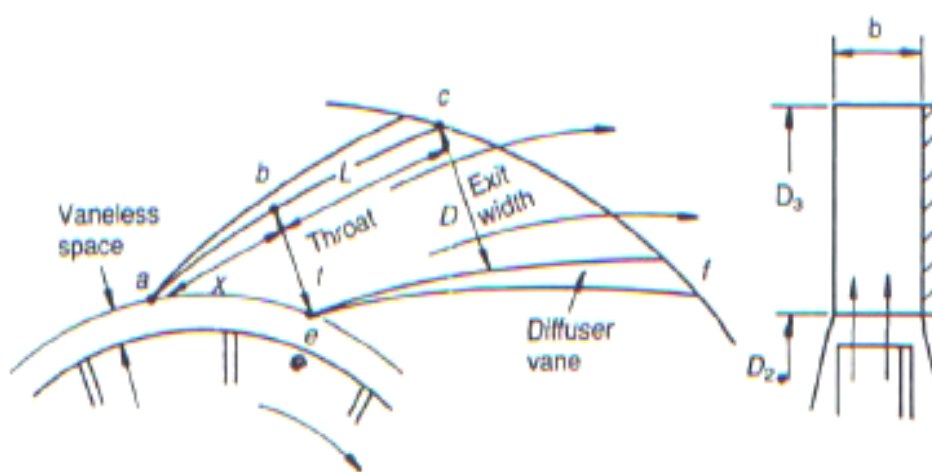
จากเนื้อหาทฤษฎีในบทที่ 2 ได้กล่าวอธิบายถึงจำนวนใบครีบของดิฟฟิวเซอร์เพื่อควบคุมความสมดุลระหว่างประสิทธิภาพของการกระจายตัวกับความสูญเสียเนื่องจากความฝืดของผิวสัมผัสซึ่งในส่วนจำนวนใบครีบของดิฟฟิวเซอร์ในทางปฏิบัติจะเริ่มคิดที่จำนวนครีบของใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลแล้วบวกเข้าไปอีกหนึ่งคือ $(Z + 1)$ แต่จะไม่มากไปกว่าจำนวนที่ 29 ใบครีบ เพราะจะทำให้ประสิทธิภาพลดลงเนื่องจากความฝืดที่เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นในการศึกษาและออกแบบงานวิจัยจึงเลือกจำนวนใบครีบของดิฟฟิวเซอร์ที่ 17 ใบครีบ

ความสูงใบครีบบของดیفฟิวเซอร์

ซึ่งเป็นส่วนที่จะเชื่อมต่อกับใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลโดยจะมีผลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเครื่องอัดอากาศและควรมีขนาดเล็ก ดังนั้นการศึกษาและการออกแบบงานวิจัยจึงเลือกใช้ความสูงช่องทางไหลของใบครีบบดیفฟิวเซอร์ที่ 0.013 เมตร ให้เท่ากับความสูงของครีบบใบพัด

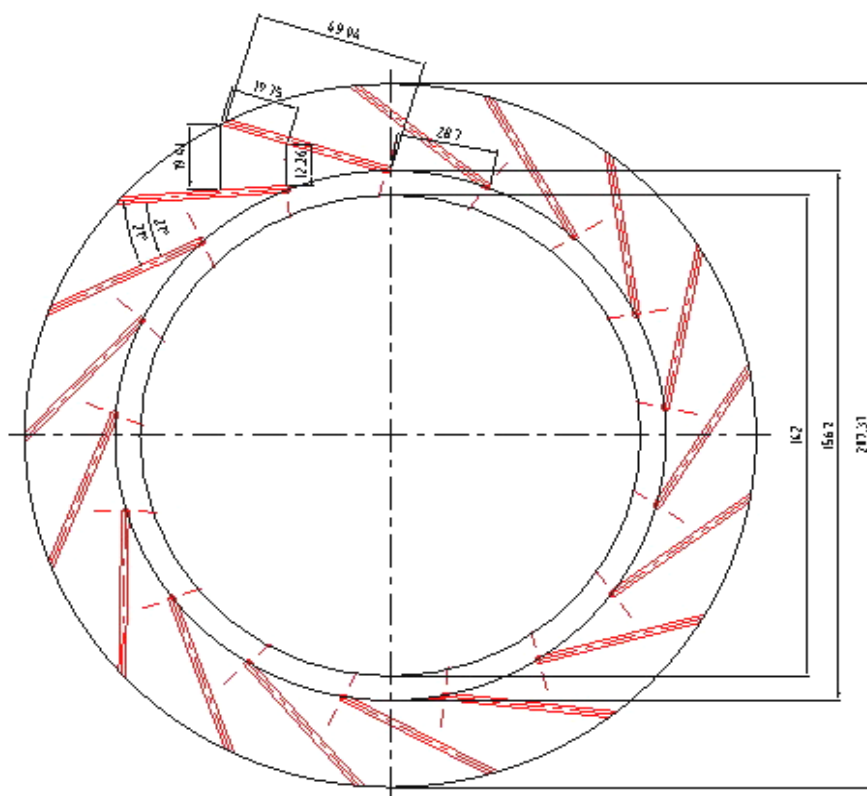
ความยาวใบครีบบของดیفฟิวเซอร์ (L)

จากเนื้อหาทฤษฎีในบทที่ 2 และภาพประกอบ 23 ได้กล่าวอธิบายถึงอากาศจะไหลไปตามช่องทางเข้าสู่ช่องแคบ (Throat) ใบครีบบของดیفฟิวเซอร์ซึ่งเป็นส่วนที่แคบที่สุดก่อนและจะค่อยๆ ขยายตัวออกฉะนั้นการกระจายตัวของอากาศจึงเกิดขึ้นบนช่วงความยาว bc และเพื่อให้ได้ขนาดใบครีบบของดیفฟิวเซอร์ที่ไม่ใหญ่เกินไปเพราะอาจมีผลทำให้เส้นทางไหลของของไหลยาวมากจนเกิดการสูญเสียพลังงานเนื่องจากความฝืด ดังนั้นส่วนพื้นผิว abc และ ef เป็นรัศมีโดยประมาณ ทุกๆ ช่องมีความยาวเท่ากับ L ซึ่งในทางปฏิบัติความยาว L นี้จะมีค่าเท่ากับ 3t ถึง 4t (เมื่อ t คือทางเข้าสู่ช่องแคบ) เพื่อควบคุมความสมดุลระหว่างประสิทธิภาพของการกระจายตัวกับความสูญเสียเนื่องจากความฝืดของผิวสัมผัส ดังนั้นในการศึกษาและออกแบบงานวิจัยจึงเลือกใช้ความยาว L ใบครีบบของดیفฟิวเซอร์ที่ค่าเท่ากับ 4t



ภาพประกอบ 30 สัดส่วนทางเข้าสู่ช่องแคบ (Throat) ใบครีบบของดیفฟิวเซอร์

จากจำนวนใบครีบบของดیفฟิวเซอร์ที่ได้ออกแบบไว้ 17 ใบครีบบ แสดงดังภาพประกอบ 34 พบว่าช่องแคบที่สุดของ Throat มีค่าเท่ากับ 12.26 มิลลิเมตร ฉะนั้นระยะของความยาว L ที่ใบครีบบของดیفฟิวเซอร์จึงมีค่าเท่ากับ 49.04 มิลลิเมตร แสดงดังภาพประกอบ 38 และทำให้ทราบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบครีบบของดیفฟิวเซอร์ที่ทางออกซึ่งมีค่าเท่ากับ 207.31 มิลลิเมตร



ภาพประกอบ 31 ระยะช่องแคบ (Throat) ของใบครีบริดจ์ฟิวเซอร์

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบครีบริดจ์ฟิวเซอร์ที่ทางออก (D_4)

เมื่อทราบความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านช่องใบครีบริดจ์ฟิวเซอร์ (C_{diff}) ซึ่งมีค่าที่ 273.443 m/s ฉะนั้นพื้นที่ใบครีบริดจ์ฟิวเซอร์ที่ทางออก (A_4) เพื่อให้อากาศไหลผ่านซึ่งแสดงดังภาพประกอบ 29 หาได้จาก

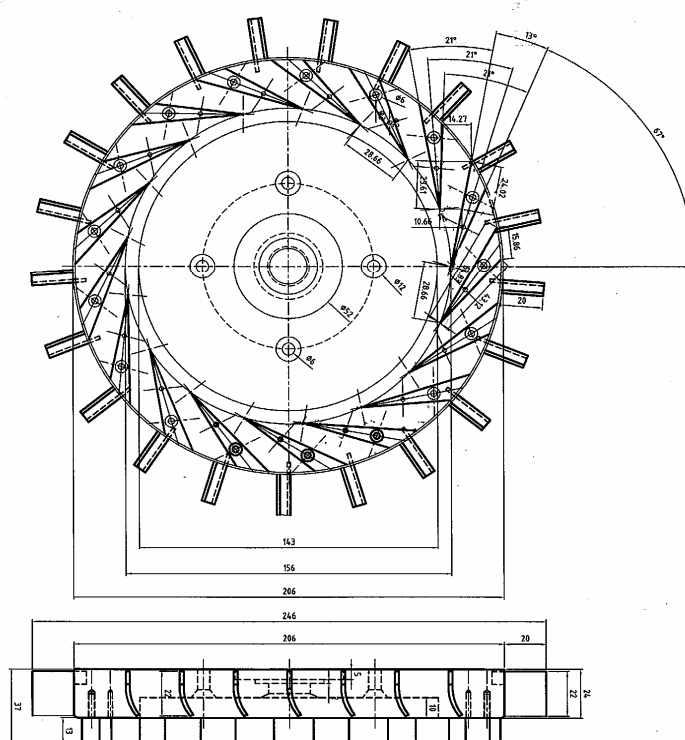
$$\text{สมการ } Q = A_4 C_{diff}$$

$$\text{ฉะนั้น } A_4 = \frac{Q}{C_{diff}}$$

แทนค่าใน

$$A_4 = \frac{42.108 \text{ m}^3/\text{min}}{(273.443 \text{ m/s} \times 60)}$$

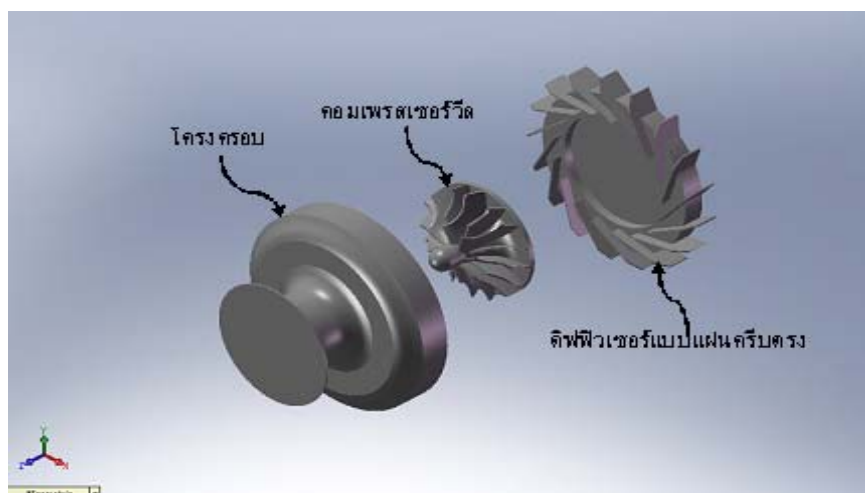
$$= 0.002566 \text{ m}^2$$



ภาพประกอบ 33 แบบงานของใบครีบทัดฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม

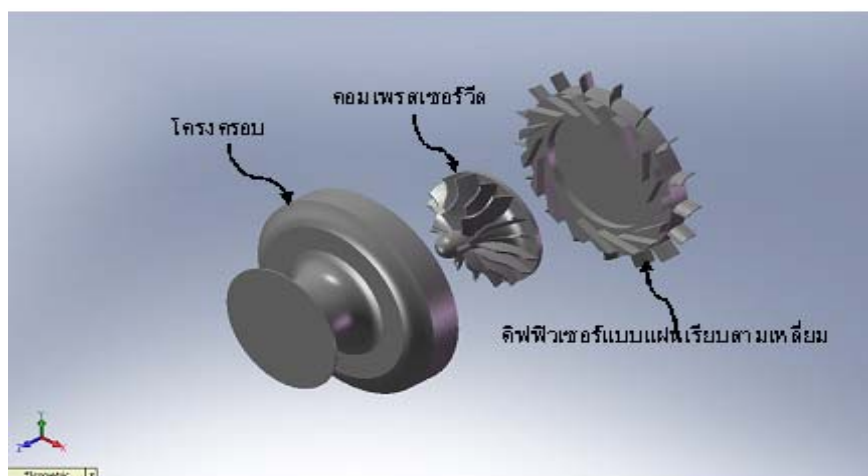
2. สร้างชุดจำลองดีฟฟิวเซอร์ จากชุดทดลองต้นแบบ

1. สร้างชุดจำลองดีฟฟิวเซอร์ แบบแผ่นครีบทัดประกอบใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลและโครงครอบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์



ภาพประกอบ 34 แสดงชุดจำลองดีฟฟิวเซอร์แบบแผ่นครีบทัด

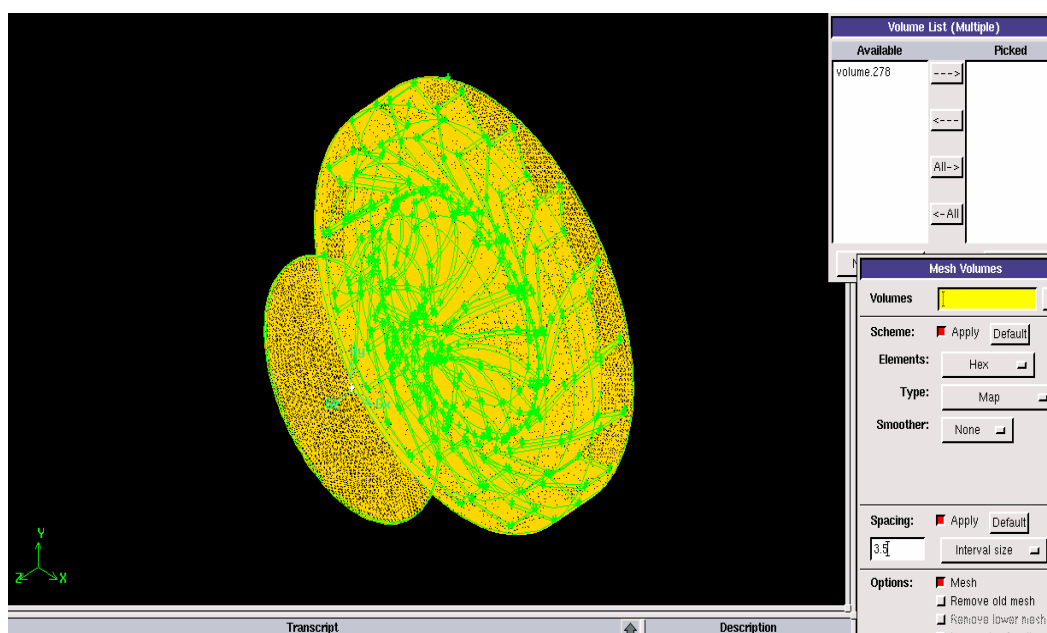
2. สร้างชุดจำลองดีฟฟิวเซอร์ แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมประกอบใบพัดคอมเพรสเซอร์วีล และโครงครอบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์



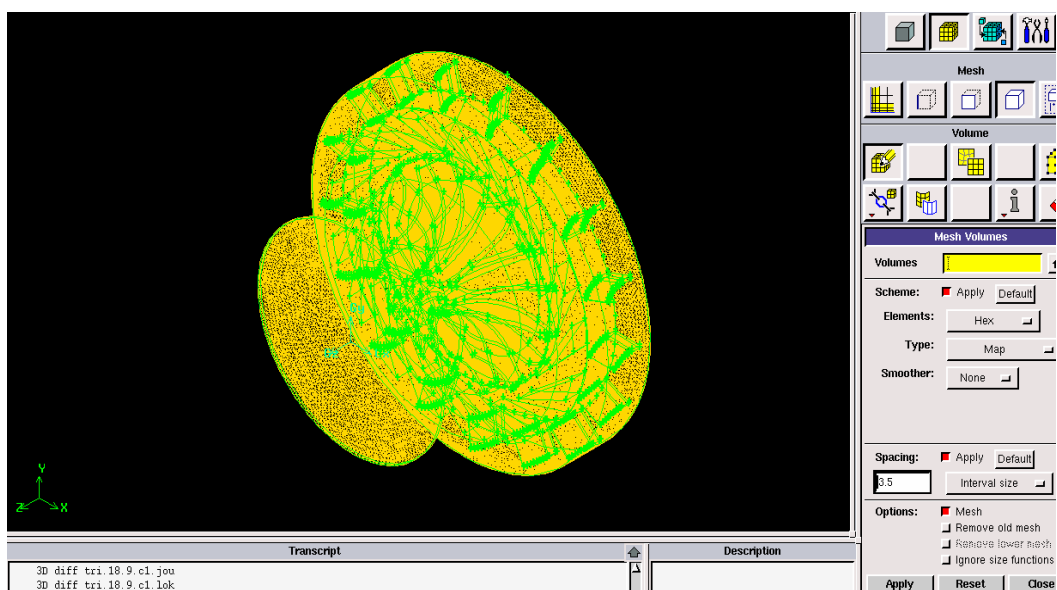
ภาพประกอบ 35 แสดงชุดจำลองดีฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม

3. กำหนดขอบเขตชุดจำลองดีฟฟิวเซอร์

1. กำหนดค่ากริดชุดจำลองดีฟฟิวเซอร์แบบแผ่นคريبตรงและชุดจำลองดีฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม โดยกำหนดเป็นกริดปริมาตรสามเหลี่ยม ซึ่งจะเข้าเป็นบริเวณส่วนโค้งได้ดี และจะมีผลความถูกต้องในการคำนวณ ขนาดของกริดเท่ากับ 3.5 มิลลิเมตร

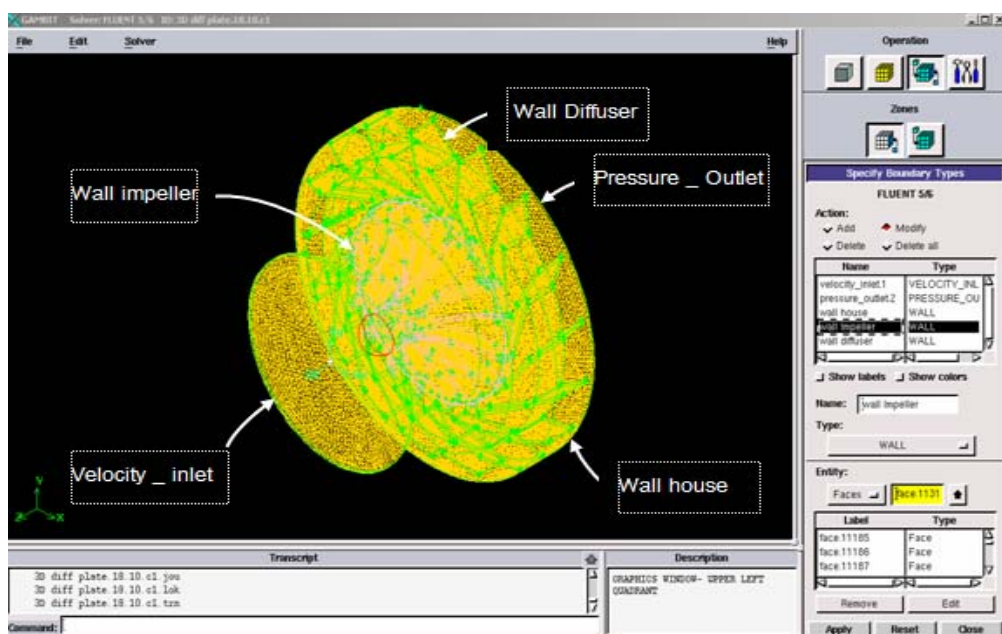


ภาพประกอบ 36 แสดงการตีกริดชุดจำลองดีฟฟิวเซอร์แบบแผ่นคريبตรง

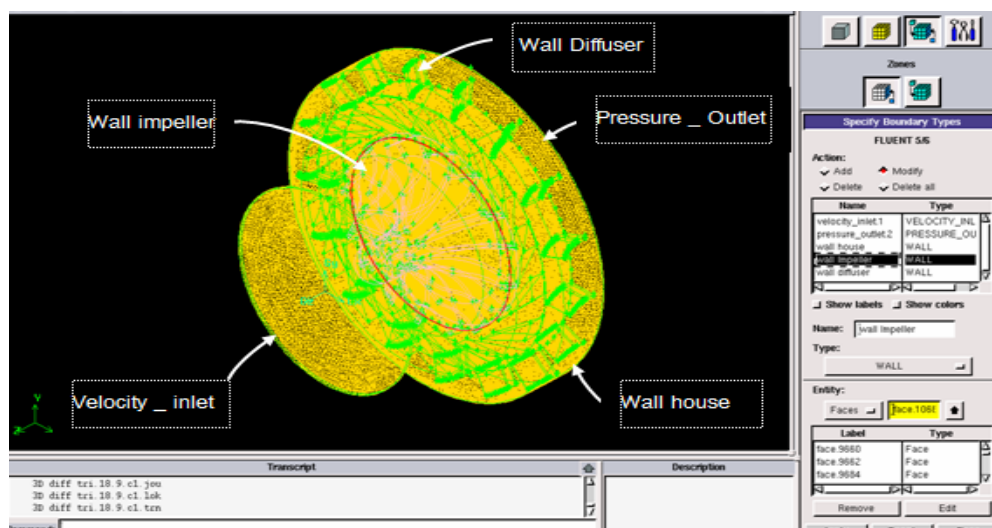


ภาพประกอบ 37 แสดงการตีกริดชุดจำลองดีฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม

2. กำหนดพื้นผิวความเร็วลมทางเข้า (velocity inlet) ความดันลมทางออก (pressure outlet) ผนังโครงครอบ (wall house) ผนังคอมเพรสเซอร์วีล (wall impeller) และผนังดีฟิวเซอร์ (wall diffuser) ของชุดจำลองดีฟิวเซอร์ทั้ง 2 แบบ



ภาพประกอบ 38 กำหนด velocity inlet, pressure outlet, wall house, wall impeller และ wall Diffuser ชุดจำลองดีฟิวเซอร์แบบแผ่นคريبตรง



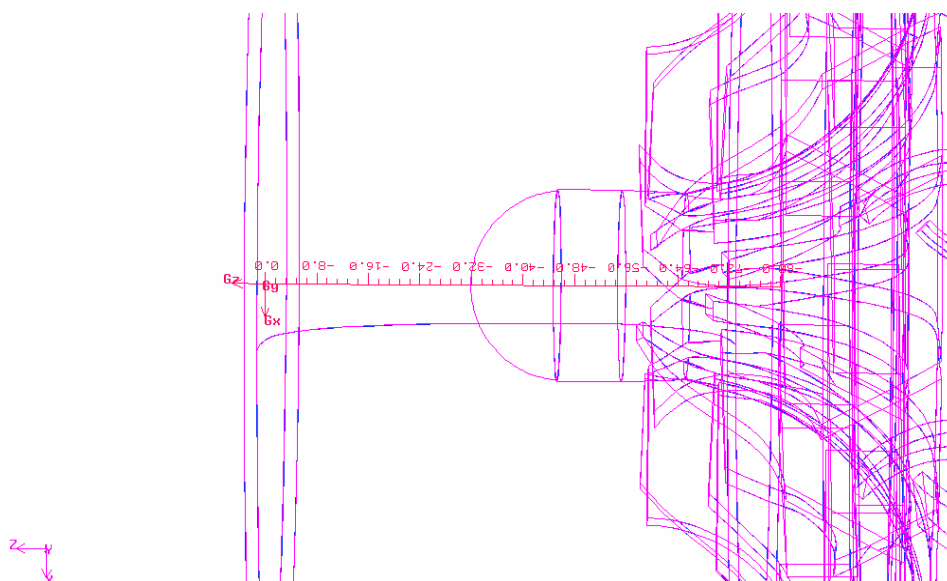
ภาพประกอบ 39 กำหนด velocity inlet, pressure outlet, wall house, wall impeller และ wall diffuser ชุดจำลองดีฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม

3. วิเคราะห์เปรียบเทียบหาขนาดกริดที่เหมาะสม (Grid Size Independent)

การเปรียบเทียบหาขนาดของกริด (Grid) ที่เหมาะสมกำหนดใช้กริดปริมาตรสามเหลี่ยม (tetrahedral) โดยใช้ขนาดด้านของกริด เป็น 3, 3.5 และ 4 มิลลิเมตร ใช้ดีฟิวเซอร์ชนิดแบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม ทำการวิเคราะห์หาความเร็วที่ตำแหน่งจากทางเข้าโครงรอบตามแกน z ระยะทาง 16 มิลลิเมตร กำหนดความเร็วลมทางเข้า 50 m/s แล้วดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 นำค่าความเร็ว ที่ไหลผ่านคอมเพรสเซอร์วีล และดีฟิวเซอร์ ที่ขนาดกริด 3.5 มิลลิเมตรเป็นตัวหลัก นำค่าความเร็วที่กำหนดขนาดกริดอื่นๆ มาเปรียบเทียบหาความเร็วแตกต่าง เลือกค่าของคอมเพรสเซอร์วีลและดีฟิวเซอร์ที่มีคุณสมบัติที่ดีที่สุดตามต้องการขั้นตอนที่ 2 นำค่าความเร็วของคอมเพรสเซอร์วีลและดีฟิวเซอร์จากขั้นตอนที่ 1 มาเป็นตัวมาตรฐานนำค่าความเร็วของคอมเพรสเซอร์วีลและดีฟิวเซอร์ที่มีขนาดของกริด ที่ใช้ต่างกัน ที่ยังไม่ได้เปรียบเทียบ มาเปรียบเทียบหาความเร็วแตกต่าง แล้วเลือกค่าความเร็วของ คอมเพรสเซอร์วีลและดีฟิวเซอร์ที่เหมาะสมที่สุดที่ได้ออกแบบ ทำแบบเดียวกับขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนที่ 2 จนครบทั้งสองแบบของดีฟิวเซอร์ ขั้นตอนสุดท้าย เลือกค่าความเร็วแตกต่างที่น้อยและยอมรับได้ ตามตาราง 2 และภาพประกอบ 40

ตาราง 2 ขนาดและจำนวนของกริด

ลำดับที่ 1	ขนาดของกริดที่ใช้	จำนวนกริดทั้งหมด
1	3 mm	481338
2	3.5 mm	324627
3	4 mm	211620



ภาพประกอบ 40 ระยะ จากทางเข้าโครงสร้างรอบตามแกน z ระยะทาง 16 มิลลิเมตร

4. การเปรียบเทียบขนาดของกริด

การเปรียบเทียบตัวแปร จะเปรียบเทียบครั้งละ 2 ตัวแปร โดยกำหนดเงื่อนไขมาใช้เปรียบเทียบ เลือกตัวแปรที่เข้าเงื่อนไขมากที่สุด มาเป็นตัวมาตรฐาน นำตัวอื่นมาเปรียบเทียบ ตัวแปรที่น้อยกว่าทั้งไป เลือกตัวแปรที่ดีกว่า นำตัวแปรที่ดีกว่ามาเป็นมาตรฐาน แล้วนำตัวแปรต่อๆไป มาเปรียบเทียบทำแบบนี้เรื่อยๆ ไปจนกว่าจะไม่มี ความแตกต่างหรือมีความแตกต่างน้อยๆ เป็นที่ยอมรับได้ตามตาราง 3

ตาราง 3 เปรียบเทียบความเร็วลมแตกต่างที่ขนาดกริดต่างกัน

ลำดับที่	ขนาดกริดคู่เปรียบเทียบ	
1	3.5 มิลลิเมตร	3 มิลลิเมตร
2	3.5 มิลลิเมตร	4 มิลลิเมตร

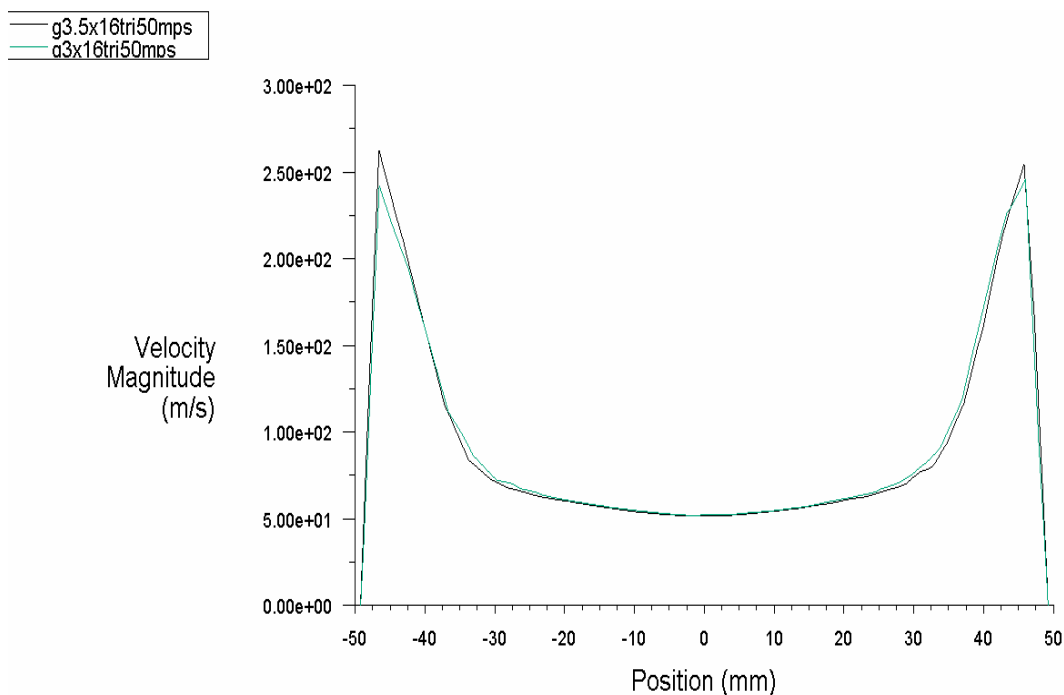
5. ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบขนาดของกริด

ใช้กริดปริมาตรสามเหลี่ยม โดยเลือกใช้ขนาดของกริด 3, 3.5 และ 4 มิลลิเมตรตามลำดับ เลือกใช้ชุดดิฟฟิวเซอร์ชนิดแบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม ใช้ขนาดกริด 3.5 มิลลิเมตร เป็นตัวหลักนำขนาดของกริดขนาดต่างๆ มาเปรียบเทียบ ตามภาพประกอบที่ 41 และ 42 ได้ดังนี้

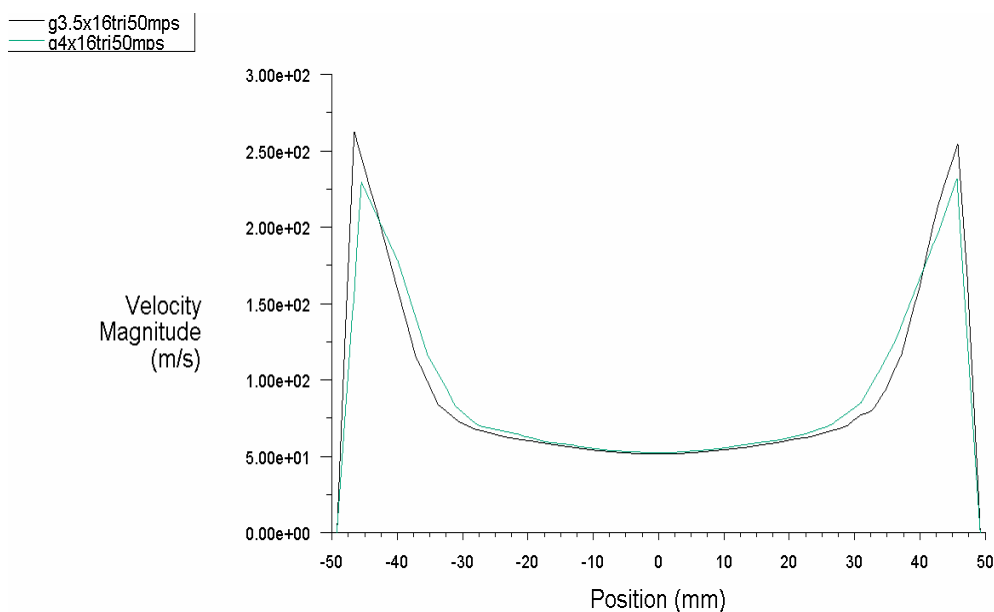
ภาพประกอบ 41 ผลการเปรียบเทียบ ชุดดิฟฟิวเซอร์ชนิดแบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม ที่มีขนาดกริด 3.5 มิลลิเมตร กับชุดดิฟฟิวเซอร์ชนิดแบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม ที่มีขนาดกริด 3 มิลลิเมตร ได้สภาพลมไม่เรียบเหมือนกันทั้ง 2 แบบ ความเร็วที่ตำแหน่งจากทางเข้าโครงครอบตามแกน z ระยะทาง 16 มิลลิเมตร มีค่าความเร็วแตกต่างกัน 22.5 เมตร/วินาที

ภาพประกอบ 42 ผลการเปรียบเทียบชุดดิฟฟิวเซอร์ชนิดแบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมที่มีขนาดกริด 3.5 มิลลิเมตร กับชุดดิฟฟิวเซอร์ชนิดแบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม ที่มีขนาดกริด 4 มิลลิเมตร ได้สภาพลมไม่เรียบเหมือนกันทั้ง 2 แบบ ความเร็วที่ตำแหน่งจากทางเข้าโครงครอบตามแกน z ระยะทาง 16 มิลลิเมตร มีค่าความเร็วแตกต่างกัน 35 เมตร/วินาที

ผลการเปรียบเทียบหาขนาดกริดที่เหมาะสมได้ตามตารางที่ 3 เลือกใช้ขนาดกริด 3.5 มิลลิเมตร คิดเป็นความเร็วแตกต่าง 22.5 เมตร/วินาที คิดเป็นความเร็วแตกต่าง 8.49 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบขนาดกริด 3 มิลลิเมตร และ ความเร็วแตกต่าง 35 เมตร/วินาที คิดเป็นความเร็วแตกต่าง 13.21 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบขนาดกริด 4 มิลลิเมตร ซึ่งจะใช้สำหรับการตีกริดเพื่อการวิเคราะห์หาความเร็ว, ความดันและความปั่นป่วนของกระแสอากาศ ชุดดิฟฟิวเซอร์ทั้ง 2 แบบ



ภาพประกอบ 41 เปรียบเทียบความเร็วลมขนาดกริด 3.5 มิลลิเมตร และ 3 มิลลิเมตร



ภาพประกอบที่ 42 เปรียบเทียบความเร็วลมขนาดกริด 3.5 มิลลิเมตร และ 4 มิลลิเมตร

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบความเร็วลมและค่าร้อยละความเร็วลมแตกต่างที่ขนาดกริดต่างกัน

คู่เปรียบเทียบขนาดกริด		ความเร็วแตกต่าง	
3.5 มิลลิเมตร	3 มิลลิเมตร	22.5 เมตร/วินาที	8.49 %
3.5 มิลลิเมตร	4 มิลลิเมตร	35 เมตร/วินาที	13.21 %

ดังนั้นผู้วิจัยได้สร้างชุดจำลอง โดยให้ครีบริดฟิวเซอร์มีมุมลู่ออก 15,18,21,24 และ 27° ตามลำดับ ของชุดจำลองแบบแผ่นครีบริดตรงและแบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมเพื่อเปรียบเทียบมุมลู่ออก ที่ให้ความดันสูงที่สุด

4. คำนวณหาความเร็วลมทางเข้าที่เกิดจากการหมุนของคอมเพรสเซอร์วีล

1. คำนวณหาความเร็วลมทางเข้า

การหมุนของคอมเพรสเซอร์วีลเพื่อดูดอากาศเข้าปากทางเข้าโครงกรอบ โดยกำหนดความเร็วรอบในการหมุน 3 ขนาด คือ 2200, 3500 และ 4000 rpm

$$\text{สมการคำนวณ } Q = A_0 V_0$$

แทนค่า

$$\text{ดิฟเฟอเรนเชียล (A}_0\text{)} = \frac{\pi}{4} \left[\left(\frac{242}{1000} \right)^2 - \left(\frac{206}{1000} \right)^2 \right] \text{ m}^2$$

$$A_0 = 0.01266 \text{ m}^2$$

กำหนดความเร็วรอบคอมเพรสเซอร์วีล $N = 2,200 \text{ rpm}$ และ เส้นผ่านศูนย์กลาง ($d_0 = 142 \text{ mm}$)

$$\text{สมการคำนวณ (V}_0\text{)} = \pi d N$$

$$\text{แทนค่า ความเร็วรอบ V}_0 = \pi \left[\left(\frac{142}{1000} \right) \text{ m} \times \left(\frac{2200}{60} \right) \frac{1}{\text{s}} \right]$$

$$V_0 = 16.357 \text{ m/s}$$

$$\text{แทนค่าในสมการ } Q_0 = A_0 V_0$$

$$= 0.01266 \text{ m}^2 \times 16.357 \text{ m/s}$$

$$Q_0 = 0.207 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{หาค่า V}_i \text{ จากสมการ } Q_i = Q_0 = A_i V_i$$

$$0.207 \text{ m}^3/\text{s} = \frac{\pi}{4} \left(\frac{96}{1000} \right) \text{ m}^2 \times V_i$$

$$= 28.64 \text{ m/s}$$

จากความเร็วรอบในการหมุน คอมเพรสเซอร์วีลที่กำหนด คำนวณ ความเร็วลมที่
ป้อนเข้า ปากทางเข้าโคจรรอบ ได้ค่า 29 m/s , 45 m/s และ 51 m/s ตามลำดับ

2. กำหนดความเร็วการหมุนใบพัดคอมเพรสเซอร์วีล

จากผลการหมุนของคอมเพรสเซอร์วีลจากค่าที่คำนวณได้ตามสูตรคำนวณ ด้วยโปรแกรมการคำนวณเชิงตัวเลขทางกลศาสตร์ของไหล ผลเฉลยไม่สามารถรู้เข้า

ดังนั้นจะต้องกำหนดความเร็วรอบให้สอดคล้องที่ให้ความดันที่ทางออกดีฟฟิวเซอร์ สูงสุด การกำหนดใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลหมุนด้วยความเร็วที่เหมาะสมในโปรแกรมการคำนวณเชิงตัวเลขทางกลศาสตร์ของไหล ที่ให้ความดันสูงที่สุด จากชุดจำลองแบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม มุมลู่ออก 21° กำหนดการหมุนสัมพันธ์กับความเร็วลมทางเข้า จากตารางการเปรียบเทียบ ตาราง 5 ได้ดังนี้

ตาราง 5 แสดงการเปรียบเทียบความเร็วที่เหมาะสมในการหมุน คอมเพรสเซอร์วีล

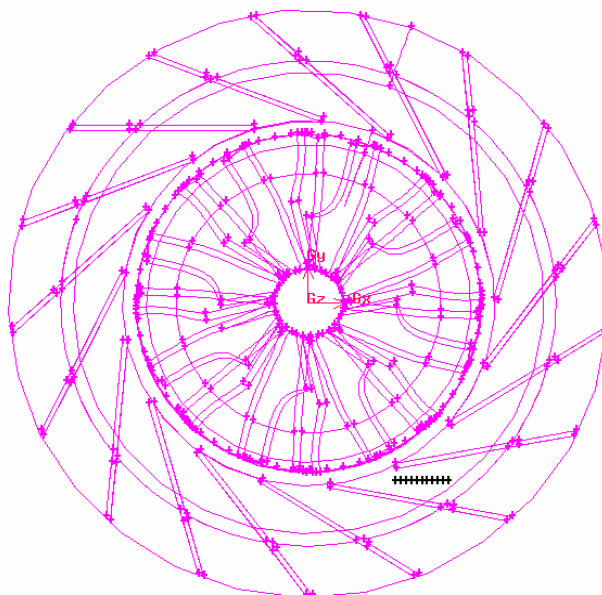
ความเร็วลมทางเข้า(m/s)	ความเร็วรอบ คอมเพรสเซอร์วีล(rad/s)	ความดัน (N/m^2)
29	59	605.951
	58	606.298
	57	605.677
45	95	1488.150
	94	1489.730
	93	1489.450
51	105	1924.050
	104	1927.500
	103	1925.630

จากผลโปรแกรมการคำนวณเชิงตัวเลขกลศาสตร์ของไหล ตารางที่ 5 ได้นำค่าความเร็วลมทางเข้าที่สัมพันธ์กับการหมุนคอมเพรสเซอร์วีล ป้อนข้อมูล ชุดจำลองแบบแผ่นครีบตรง และแบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม

5. กำหนดตำแหน่งการวิเคราะห์ชุดจำลองดีฟฟิวเซอร์

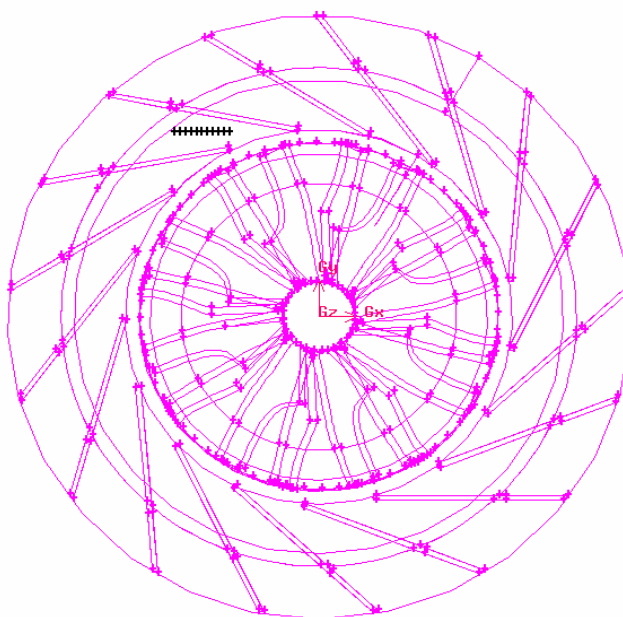
จากผลการทดสอบด้วย โปรแกรมการคำนวณเชิงตัวเลขกลศาสตร์ของไหล ค่าความเร็วและความดัน ในแต่ละร่องครีบไม่เท่ากัน ดังนั้นต้องหาร่องครีบที่เหมาะสมที่ให้ความดันสูงที่สุด 3 ตำแหน่ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย

1. กำหนดตำแหน่งการวิเคราะห์ชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์ แบบแผ่นครึ่งตรง ตำแหน่งที่ 1 แสดงโดยภาพประกอบ 43



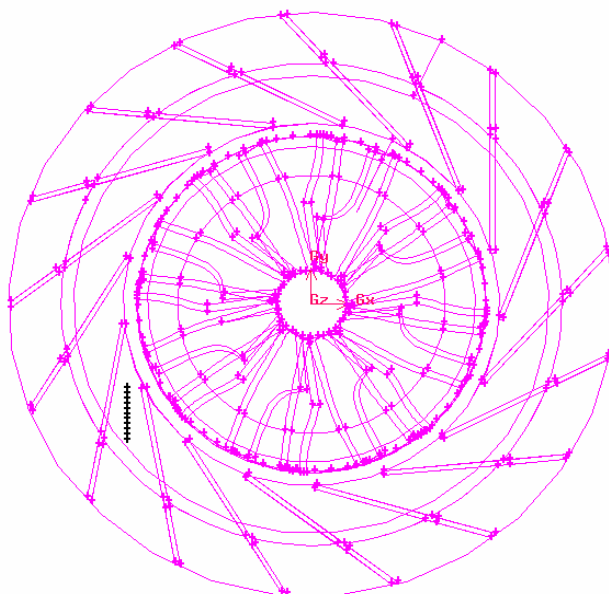
ภาพประกอบ 43 แสดงจุดวัดค่าความดันและความเร็วแบบแผ่นครึ่งตรง ตำแหน่งที่ 1

2. กำหนดตำแหน่งการวิเคราะห์ชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นครึ่งตรง ตำแหน่งที่ 2 แสดงโดยภาพประกอบ 44



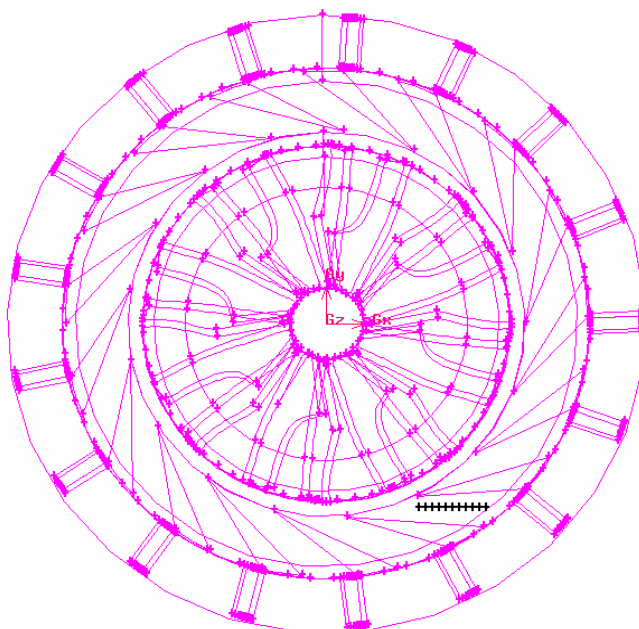
ภาพประกอบ 44 แสดงจุดวัดค่าความดันและความเร็วแบบแผ่นครึ่งตรง ตำแหน่งที่ 2

3. กำหนดตำแหน่งการวิเคราะห์ชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นครึ่งตรง ตำแหน่งที่ 3 แสดงโดยภาพประกอบ 45



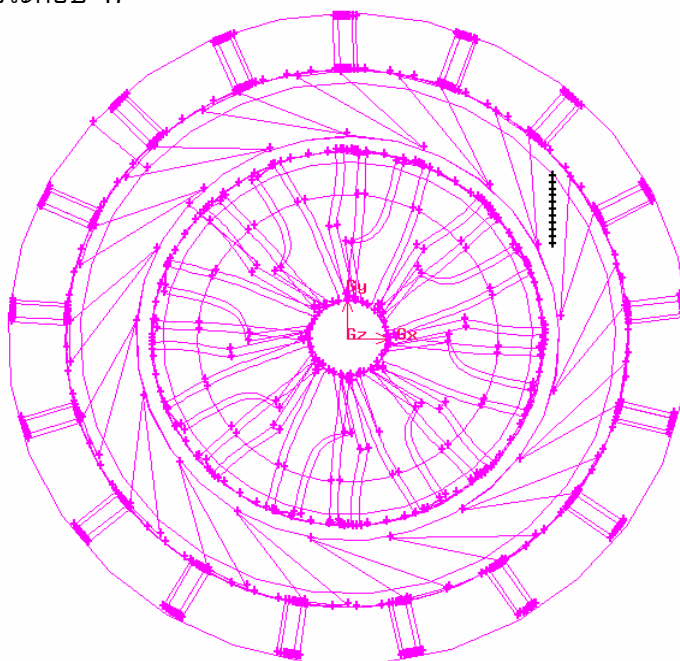
ภาพประกอบ 45 แสดงจุดวัดค่าความดันและความเร็วแบบแผ่นครึ่งตรง ตำแหน่งที่ 3

4. กำหนดตำแหน่งการวิเคราะห์ชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมตำแหน่งที่ 1 แสดงโดยภาพประกอบ 46



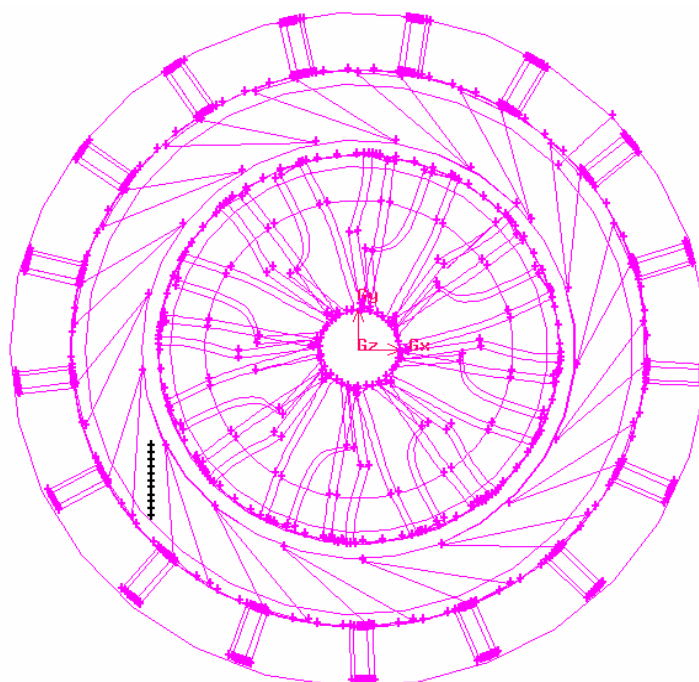
ภาพประกอบ 46 แสดงจุดวัดค่าความดันและความเร็วแบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม ตำแหน่งที่ 1

5. กำหนดตำแหน่งการวิเคราะห์ชุดจำลองดีฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมตำแหน่งที่ 2 แสดงโดยภาพประกอบ 47



ภาพประกอบ 47 แสดงจุดวัดค่าความดันและความเร็วแบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม ตำแหน่งที่ 2

6. กำหนดตำแหน่งการวิเคราะห์ชุดจำลองดีฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมตำแหน่งที่ 3 แสดงโดยภาพประกอบ 48

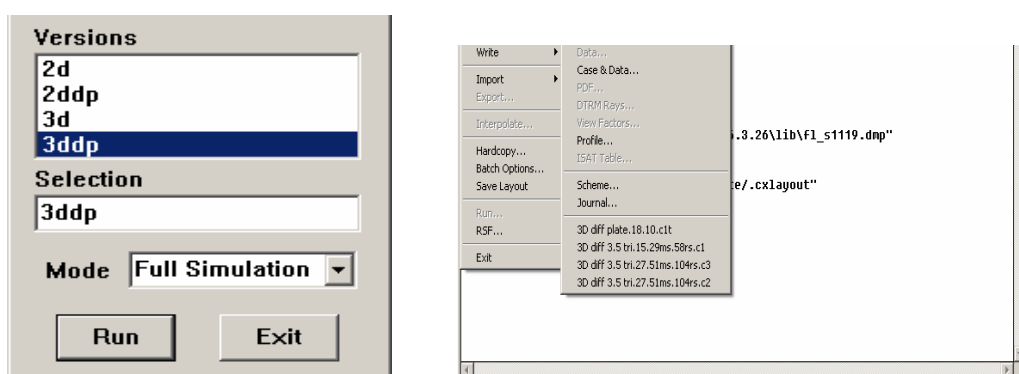


ภาพประกอบ 48 แสดงจุดวัดค่าความดันและความเร็วแบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม ตำแหน่งที่ 3

6. หาค่าความดัน ความเร็ว และความปั่นป่วน ของกระแสน้ำในท่อ ด้วยโปรแกรม การคำนวณเชิงตัวเลขทางกลศาสตร์ของไหล

การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมการคำนวณเชิงตัวเลขทางกลศาสตร์ของไหล เพื่อหาค่าความดันและความเร็ว ตลอดจนเส้นการไหล ที่ตำแหน่งระหว่างทางเข้าและทางออกตีฟิวเซอร์โดยมีวิธีการและขั้นตอนวิเคราะห์ดังนี้

1. เปิดโปรแกรม การคำนวณเชิงตัวเลขทางกลศาสตร์ของไหล เลือก รูปแบบ 3ddp แล้ว Run โปรแกรม จากนั้นเลือก File>Read>case...เลือก File ที่ได้ตั้งชื่อไว้



ภาพประกอบ 49 แสดงรูปแบบของการวิเคราะห์

2. การเลือก File ที่เปิด จะทราบค่าต่างๆที่กำหนดขึ้น ดังแสดงที่ภาพประกอบ 50

```

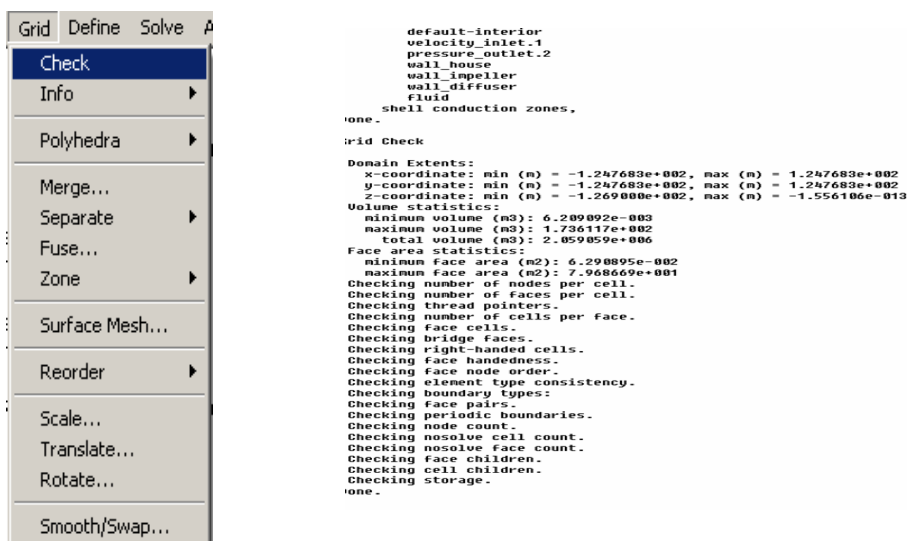
Loading "C:\Documents and Settings\Xzyte/.cxlout"
Done.
> Reading "H:\ns~u 2 msh\3D diff plate.21.9.c1t.msh"...
64281 nodes.
22895 mixed wall faces, zone 3.
14989 mixed wall faces, zone 4.
19242 mixed wall faces, zone 5.
9186 mixed pressure-outlet faces, zone 6.
3556 mixed velocity-inlet faces, zone 7.
528392 mixed interior faces, zone 9.
281643 tetrahedral cells, zone 2.

Building...
grid,
materials,
interface,
domains,
zones,
  default-interior
  velocity_inlet.1
  pressure_outlet.2
  wall_house
  wall_impeller
  wall_diffuser
  fluid
  shell conduction zones,
Done.

```

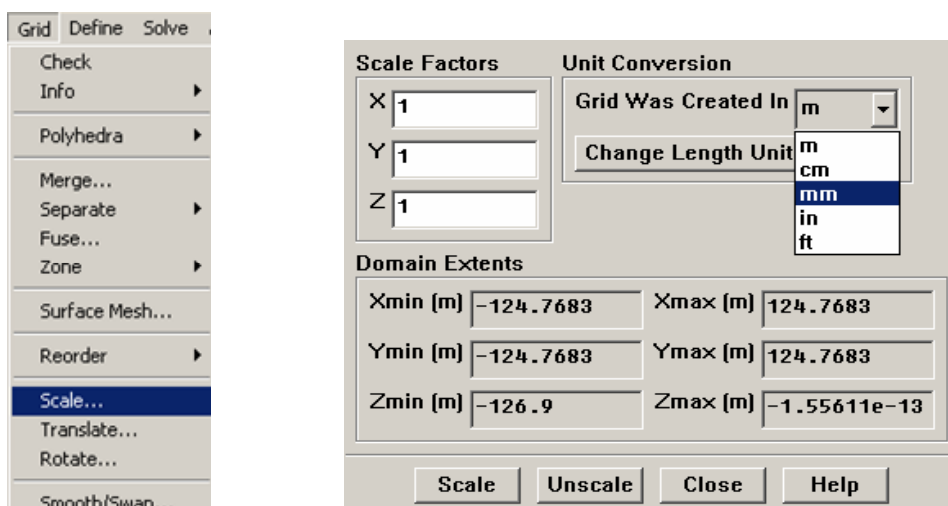
ภาพประกอบ 50 แสดงค่าต่างๆ ที่เปิดได้จากการอ่านข้อมูลของโปรแกรม

3. ตรวจสอบกริด เพื่อหาขนาดกริดที่คลาดเคลื่อน ดังแสดงที่ภาพประกอบ 51



ภาพประกอบ 51 แสดงการตรวจสอบกริดที่คลาดเคลื่อน

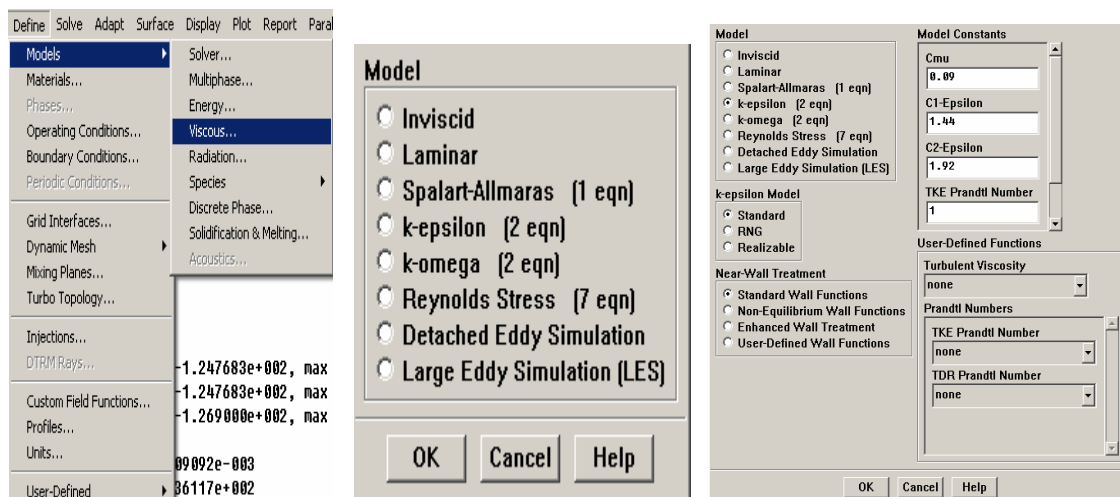
4. การเข้าสู่โปรแกรม การคำนวณเชิงตัวเลขทางกลศาสตร์ของไหลค่ามาตราส่วนอาจจะไม่ตรงตามที่ต้องการ แก้ไขที่ คำสั่ง Grid>Scale กำหนดหน่วยที่ Grid Was Created In (mm) > Change Length Unit >Scale ดังแสดงที่ภาพประกอบ 52



ภาพประกอบ 52 แสดงการแก้ไขหน่วย

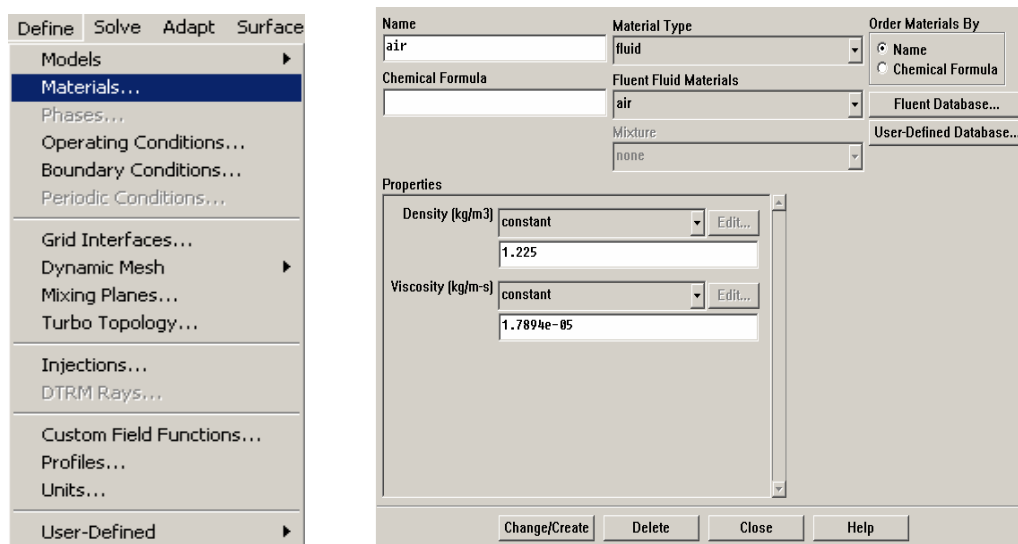
5. ป้อนค่าสภาวะและข้อกำหนดต่างๆ

5.1 เข้าไปที่คำสั่ง Define>Models>Viscous เลือก k-epsilon ดังภาพประกอบ 53



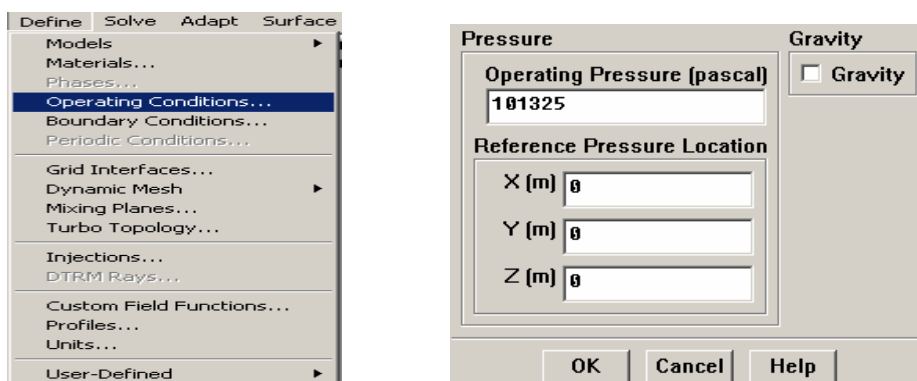
ภาพประกอบ 53 แสดงการกำหนด Viscous เป็น k-epsilon

5.2 เข้าไปที่คำสั่ง Define>Materialsกำหนดair>click Close ดังภาพประกอบ 54



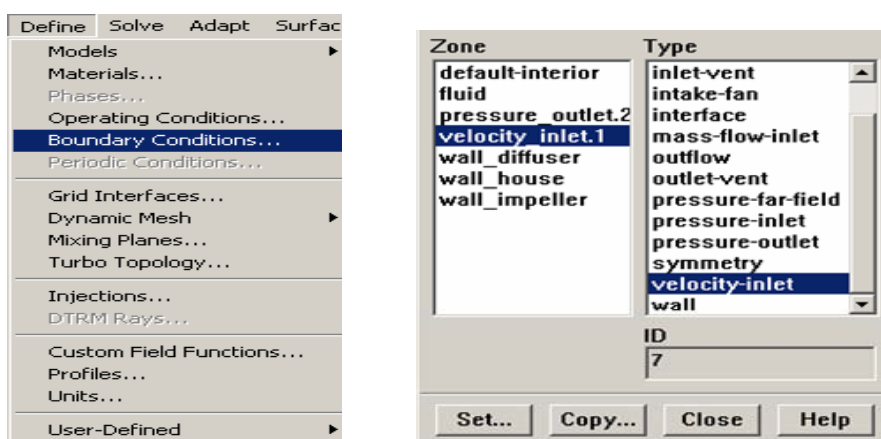
ภาพประกอบ 54 แสดงการกำหนด Material เป็น air

5.3 เข้าไปที่คำสั่ง Define>Operating Conditions>click OK ดังภาพประกอบ 55

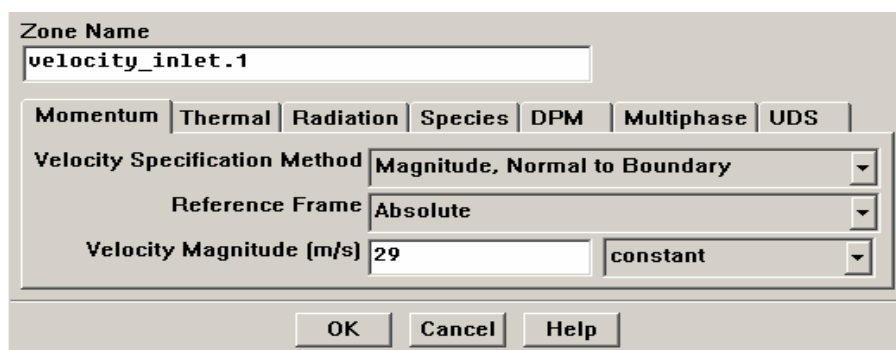


ภาพประกอบ 55 แสดงการกำหนด Operating Condition

5.4 เข้าไปที่คำสั่ง Define>Boundary Conditions>velocity-inlet>Set

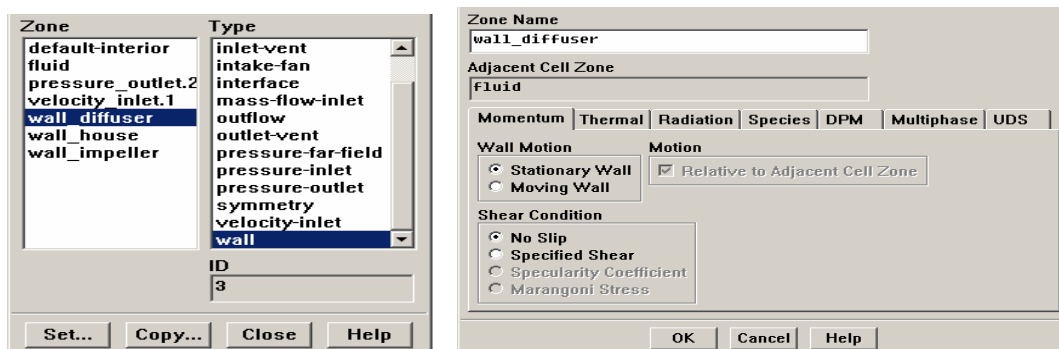


กำหนดความเร็ว 29m/s,45m/s,51m/s ที่ Velocity Magnitude (m/s) click OK



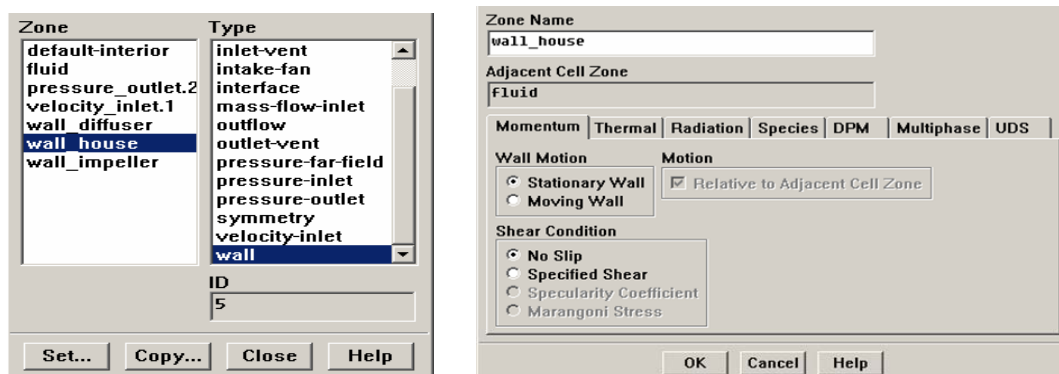
ภาพประกอบ 56 การกำหนดความเร็วที่ความเร็วลมทางเข้า

5.5 เข้าไปที่คำสั่ง Define>Boundary Conditions>wall diffuser>Set>click>OK



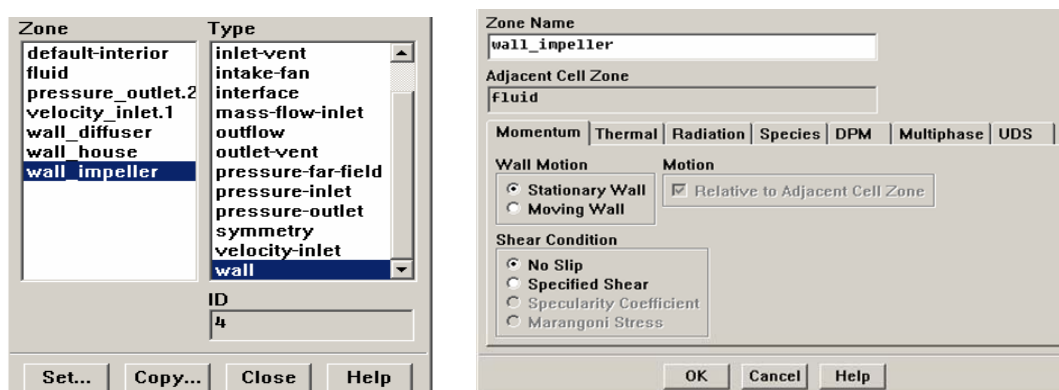
ภาพประกอบ 57 การกำหนด wall diffuser เป็น Stationery Wall

5.6 เข้าไปที่คำสั่ง Define>Boundary Conditions>wall house>Set>click>OK



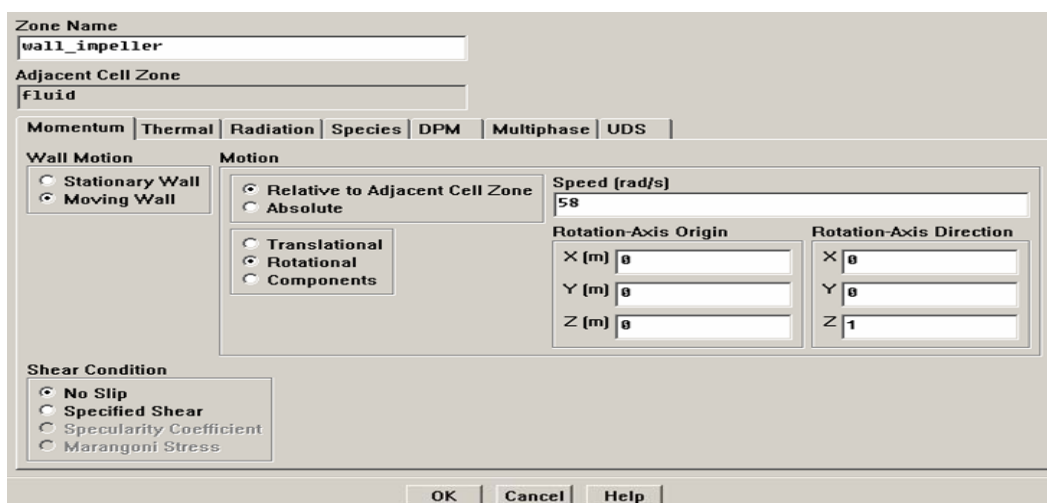
ภาพประกอบ 58 การกำหนด wall house เป็น Stationery Wall

5.7 เข้าไปที่คำสั่ง Define>Boundary Conditions>wall impeller>Set



ภาพประกอบ 59 การกำหนดค่า wall impeller

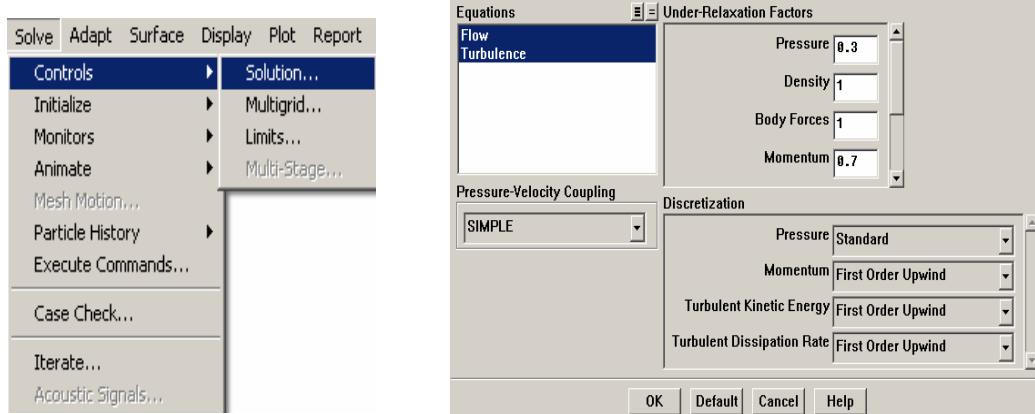
กำหนดให้ คอมเพรสเซอร์วีลหมุน ต้องกำหนดให้ wall_impeller ที่ Wall Motion เป็น Moving Wall Motion กำหนดเป็น Rotation ความเร็วในการหมุน (Speed) กำหนดค่าแตกต่างกัน การวิเคราะห์แต่ละครั้งดังนี้ Velocity Magnitude 29 m/s กำหนด Speed>58 rad/s , Velocity Magnitude 45 m/s กำหนด Speed>94 rad/s , Velocity Magnitude 51 m/s กำหนด Speed>104 rad/s ตามลำดับ ดังแสดงตัวอย่างที่ภาพประกอบ 60



ภาพประกอบ 60 การกำหนด wall impeller เป็น Moving Wall

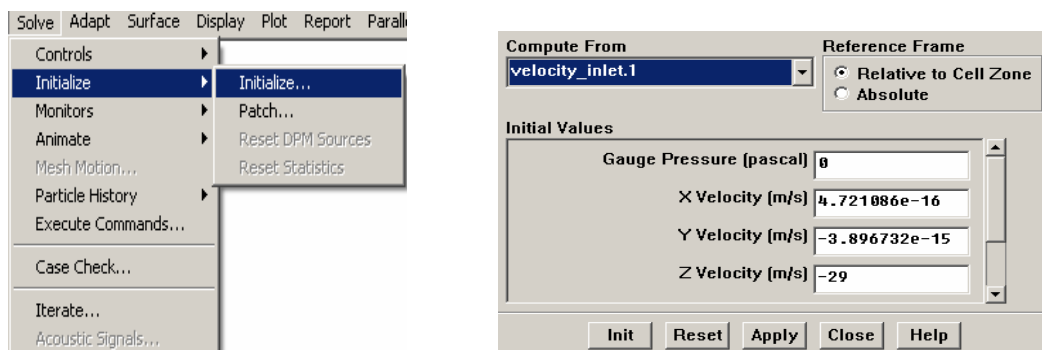
6. วิเคราะห์หาค่าโดยการกำหนดค่าต่างๆเพื่อนำไปวิเคราะห์

6.1 เข้าไปที่คำสั่ง Solve>Controls>Solution กำหนดเป็น Flow Turbulence>click >OK ดังภาพประกอบ 61



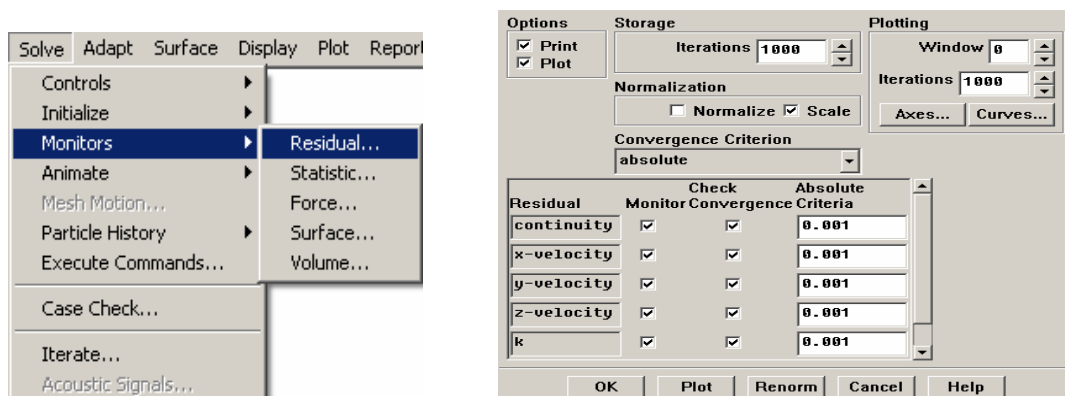
ภาพประกอบ 61 การกำหนด Solution

6.2 เข้าไปที่คำสั่ง Solve>Initialize > Initialize >Compute From >click กำหนดเป็น Velocity_inlet.1 และแก้ไข X Velocity, Y Velocity เท่ากับ 0 > click ที่ Init ดังภาพประกอบ 62



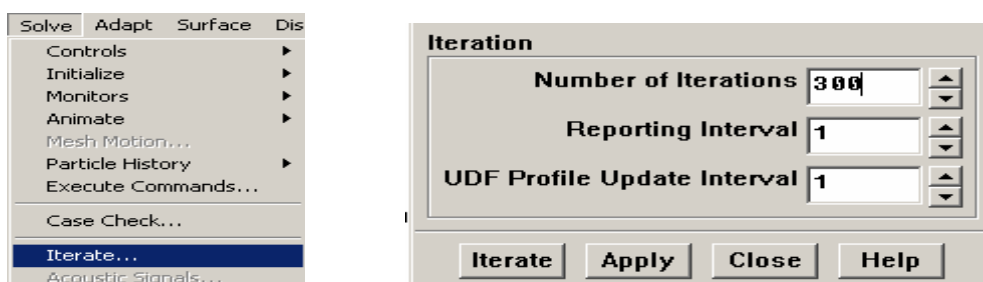
ภาพประกอบ 62 การกำหนด Initialize จาก velocity inlet

6.3 เข้าไปที่คำสั่ง Solve>Monitors >Residual กำหนดเป็น Plot เลือกค่า Iterations เท่ากับ 1000 > click OK ดังภาพประกอบ 63



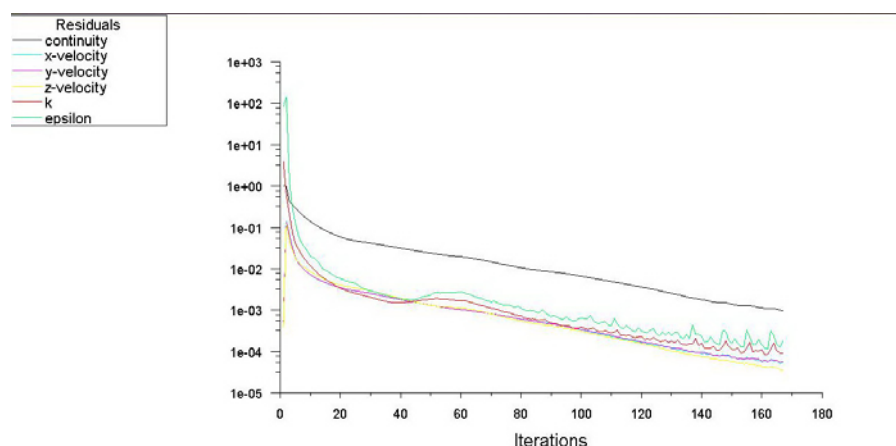
ภาพประกอบ 63 การกำหนด Monitors เป็น Plot

6.4 เข้าไปที่คำสั่ง Solve>Iterate กำหนด Number of Iterations เท่ากับ 300 > click ที่ Iterate ดังภาพประกอบ 64



ภาพประกอบ 64 กำหนด Number of Iterations เท่ากับ 300

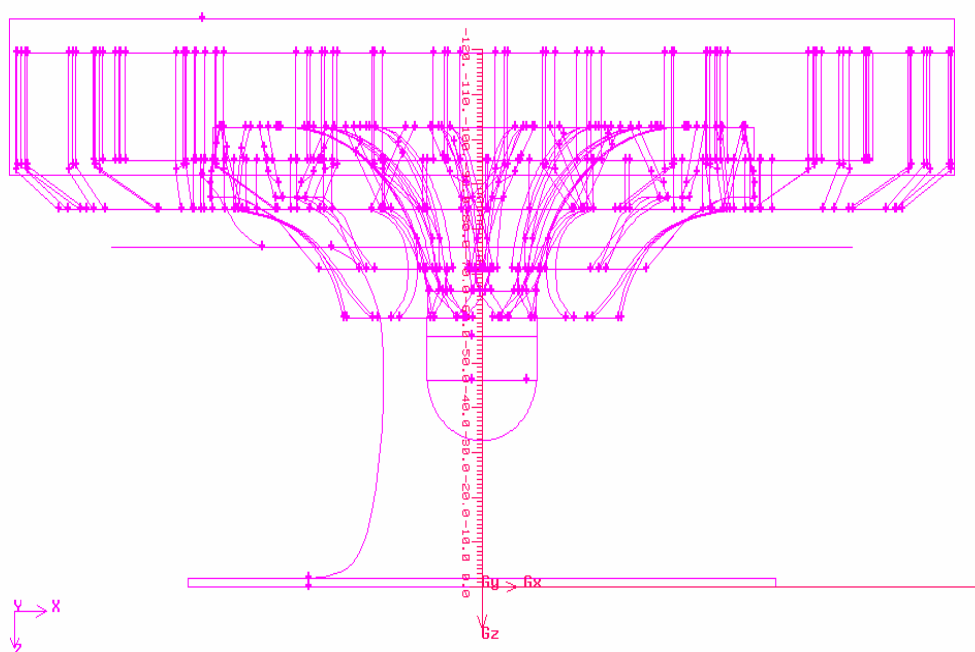
การวิเคราะห์ค่า โปรแกรมจะวิเคราะห์ให้ค่าที่กำหนดเข้าถึงค่า 10^{-4} ทุกค่าจะเป็นค่าเข้าสู่ Convergence โปรแกรมจะหยุดการวิเคราะห์ แต่ถ้าค่ายังไม่เข้าสู่ Convergence โปรแกรมจะทำการวิเคราะห์ต่อไป ดังภาพประกอบ 65



ภาพประกอบ 65 แสดงการลู่เข้าของการวิเคราะห์

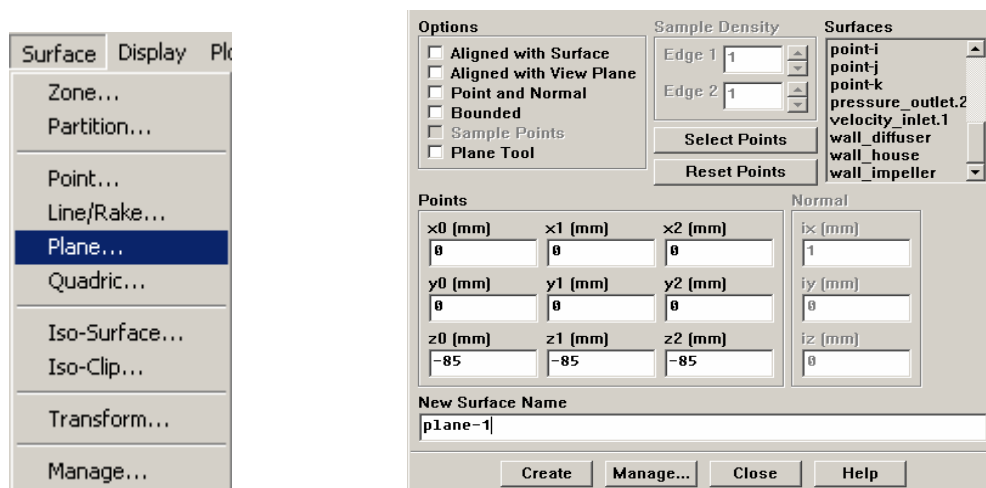
7. การกำหนดพื้นผิว (Surface) ที่จะนำไปวิเคราะห์

7.1 การกำหนดระนาบ (Plane) ระนาบที่ทำการวัดกำหนด 3 ระยะ โดยห่างจากทางเข้าโคจรครบถึง ช่องครีบกกระจายอากาศ ตามระยะทางแกน z เท่ากับ 85, 90 และ 95 มิลลิเมตร ตามลำดับ ดังแสดงตามภาพประกอบ 66



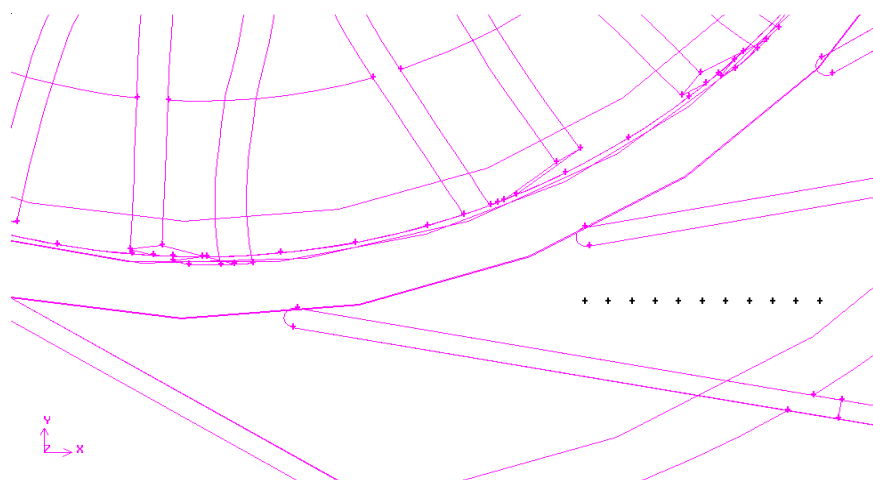
ภาพประกอบ 66 แสดงตำแหน่งการกำหนดระยะระนาบ

การกำหนดค่าระนาบ เข้าไปที่คำสั่ง Surface > Plane > click กำหนดค่า $x_0, x_1, x_2 = 0$ $y_0, y_1, y_2 = 0$ และ $z_0, z_1, z_2 = -85$ กำหนด New Surface Name เป็น plane -1 > click Create และ plane -2, plane -3 ป้อนค่าทำนองเดียวกันแต่กำหนดระยะ z_0, z_1, z_2 เท่ากับ 90 และ 95 ตามลำดับ ดังภาพประกอบ 67



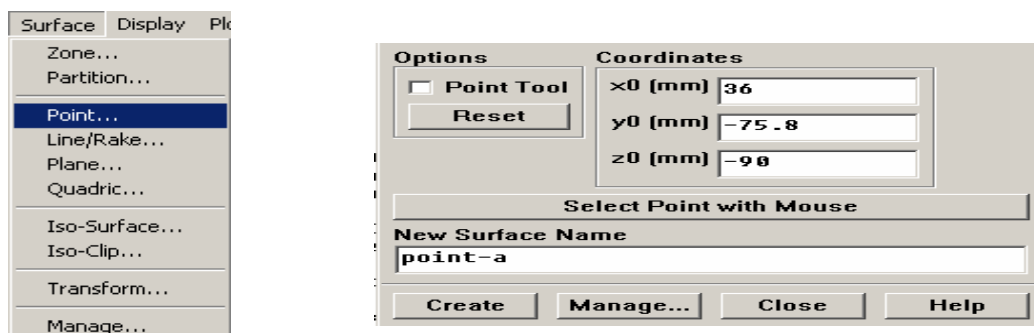
ภาพประกอบ 67 การกำหนดระนาบ

7.2 การกำหนดจุด (Point) จุดที่กำหนดเพื่อจะวิเคราะห์ หาค่า ความดัน และ ความเร็วกำหนดที่ทางเข้าและทางออก โดยแบ่งระยะระหว่างทางเข้าและทางออก เป็น 10 จุด ตามขนาดความยาวของร่องครีบกกระจายอากาศ เช่นครีบกกระจายอากาศแบบแผ่นครีบกตรงมุมลู่ออก 21° กำหนดระยะที่แกน $x = 36, 38.2, 40.4, 42.6, 44.8, 47, 49.2, 51.4, 53.6, 55.8$ และ 58mm . ระยะแกน $y = -75.8\text{ mm}$. ระยะแกน $z = -90\text{ mm}$. ตามภาพประกอบ 68



ภาพประกอบ 68 แสดงการกำหนดตำแหน่งระยะจุดวัด

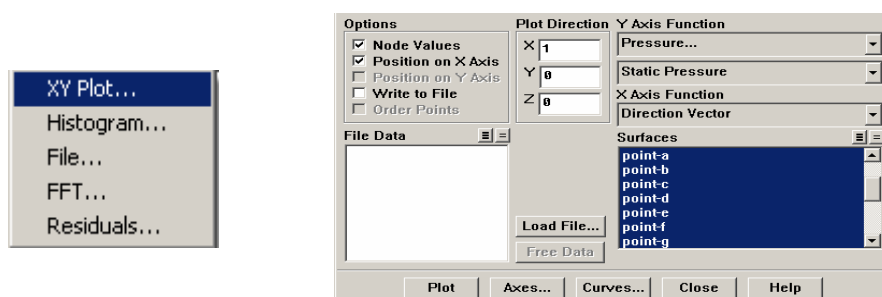
การกำหนดจุด เข้าไปที่คำสั่ง Surface > Point > click ตัวอย่างเช่น กำหนดค่า $x_0 = 36$ $y_0 = -75.8$ และ $z_0 = -90$ กำหนด New Surface Name เป็น point-a เป็นต้น ดังภาพประกอบ 69



ภาพประกอบ 69 แสดงการกำหนดจุด ที่ Point Surface

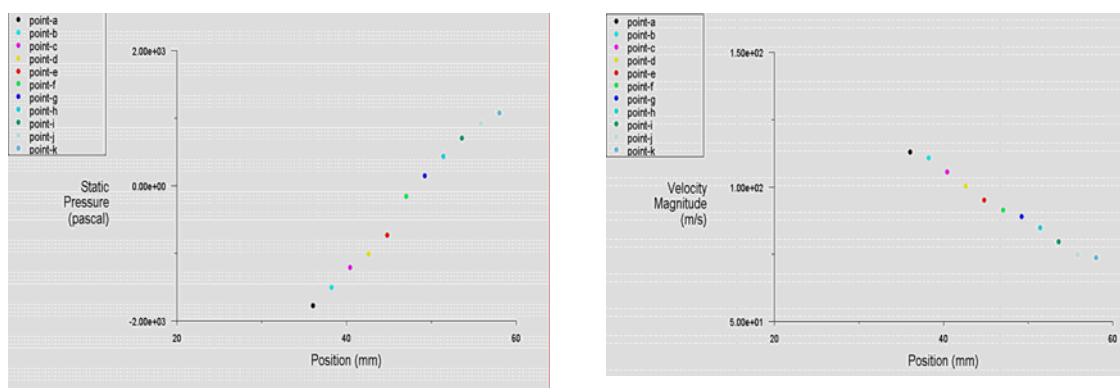
8. การแสดงผลของการวิเคราะห์

8.1 การแสดงค่า ความดันและความเร็วที่จุดวัด เข้าไปที่คำสั่ง Plot > XY Plot > click ตำแหน่ง Surfaces click Mouse ครอบ point-a ถึง point-k click Plot เพื่อแสดงค่า ดังภาพประกอบ 70



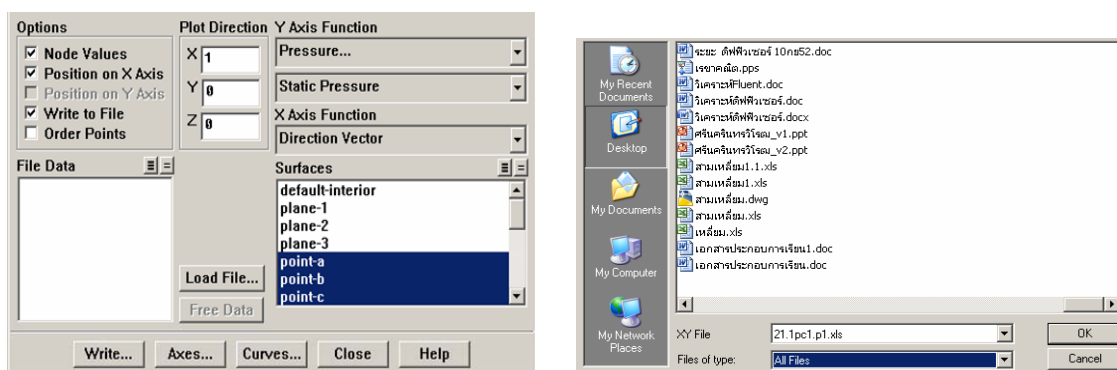
ภาพประกอบ 70 แสดงการ click รวม point ที่ต้องการทราบค่า

การแสดงผล ค่าความดันและความเร็ว หลังจากสั่ง Plot ดัง ภาพประกอบ 71



ภาพประกอบ 71 จุดแสดงค่าความดันและความเร็ว

การแสดงผล ค่าความดันและความเร็วที่ละเอียดเป็นตัวเลข กระทำโดยบันทึก แล้วเปิดแสดงค่าโดยโปรแกรม Excel โดย click ที่ Write ตั้งชื่อ File นามสกุล (.xls) สุดท้าย click OK ดังภาพประกอบ 72



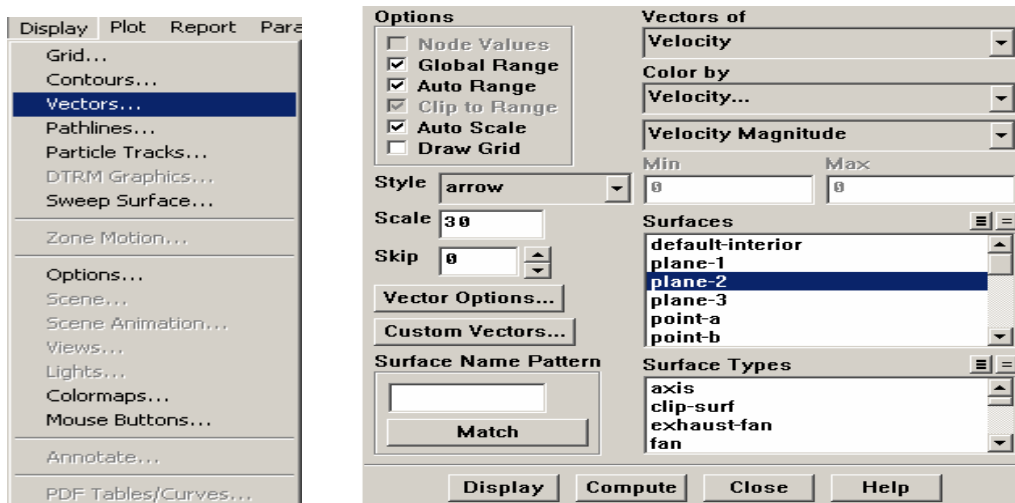
ภาพประกอบ 72 แสดงการกำหนดค่าตัวเลขที่โปรแกรม Excell

ตัวอย่าง ผลแสดงความดันครีบบกระจายอากาศมุมลู่ออก 21° ตำแหน่งที่1 เป็น ตัวเลขด้วยโปรแกรม Excel ดังภาพประกอบ 73

	A	B	C	D
1	(title "Static Pressure")			
2	(labels "Position" "Static Pressure")			
3				
4	((xy/key/label "point-a")			
5	0.036	-1776.36		
6	)			
7	((xy/key/label "point-b")			
8	0.0382	-1507.36		
9				
10	((xy/key/label "point-c")			
11	0.0404	-1207.54		
12				
13	((xy/key/label "point-d")			
14	0.0426	-1010.21		
15				
16	((xy/key/label "point-e")			
17	0.0448	-728.793		
18	)			
19	((xy/key/label "point-f")			
20	0.047	-165.628		
21				
22	((xy/key/label "point-g")			
23	0.0492	144.769		
24				
25	((xy/key/label "point-h")			
26	0.0514	428.658		
27				
28	((xy/key/label "point-i")			
29	0.0536	701.883		
30	)			
31	((xy/key/label "point-j")			
32	0.0558	919.993		
33				
34	((xy/key/label "point-k")			
35	0.058	1069.42		
36				

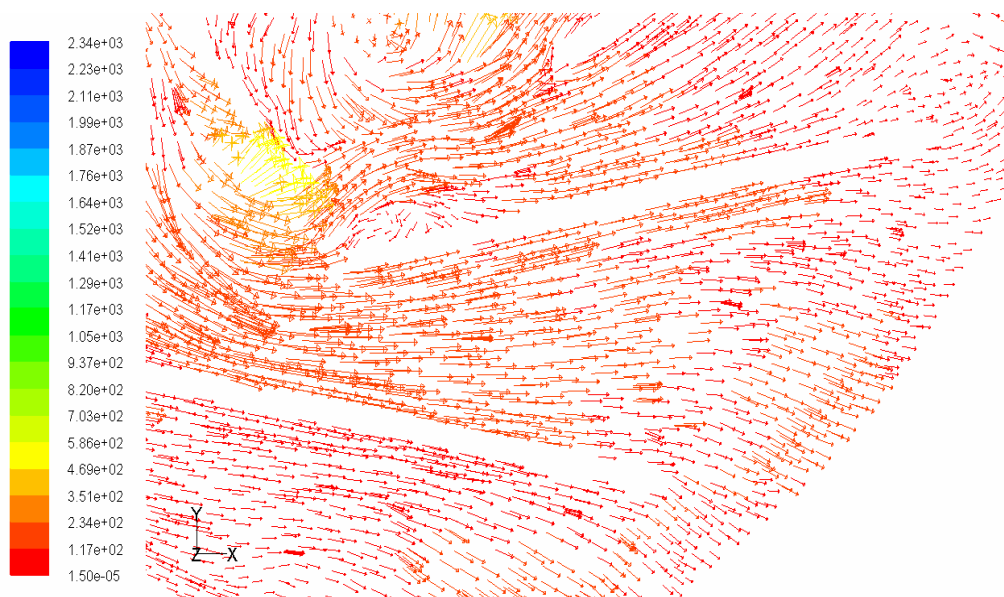
ภาพประกอบ 73 แสดงค่าตัวเลขที่แสดงค่าโดยโปรแกรม Excel

8.2 การแสดงผลเส้นความเร็ว (Vectors) เข้าไปที่คำสั่ง Display>Vectors>plane -2 > Velocity เลือก Velocity Magnitude>Style เลือก arrow>Scale กำหนด 30 สุดท้าย click Display ดังภาพประกอบ 74



ภาพประกอบ 74 การแสดงผลเส้นความเร็ว

เส้นความเร็ว ภายในร่องครีบทึ่ฟิวเซอร์ แบบแผ่นครีบทรงมุมลู่อก 21°
 ตำแหน่งที่ 1 ดังแสดงที่ ภาพประกอบ 75



ภาพประกอบ 75 แสดงเส้นความเร็วภายในร่องครีบทึ่ฟิวเซอร์แบบแผ่นครีบทรงมุมลู่อก 21°

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ชุดจำลองดิวฟิวเซอร์

โปรแกรมการคำนวณเชิงตัวเลขทางกลศาสตร์ของไหล ทำการวิเคราะห์ความดันสถิต ความเร็ว และเส้นการไหลของอากาศ ตามจุดที่กำหนดระหว่างทางเข้าและทางออกช่องใบครีบริบ ดิวฟิวเซอร์ ของแบบแผ่นครีบริบตรงและแบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม โดยได้กำหนดมุมลู่ออก คือ 15,18,21,24 และ 27 ° ทั้ง 2 แบบ โดยกำหนดความเร็วลมทางเข้า 29, 45 และ 51 เมตรต่อวินาที เพื่อหาค่าองศามุมลู่ออกของใบครีบริบดิวฟิวเซอร์ ที่เหมาะสมนำไปใช้งาน ซึ่งผลการวิเคราะห์ ประกอบด้วย

1. ผลการวิเคราะห์ใบครีบริบดิวฟิวเซอร์ แบบแผ่นครีบริบตรง
2. ผลการวิเคราะห์ใบครีบริบดิวฟิวเซอร์ แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม
3. ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบใบครีบริบดิวฟิวเซอร์ แบบแผ่นครีบริบตรงและแบบแผ่นเรียบ สามเหลี่ยม

1. ผลการวิเคราะห์ใบครีบริบดิวฟิวเซอร์ แบบแผ่นครีบริบตรง

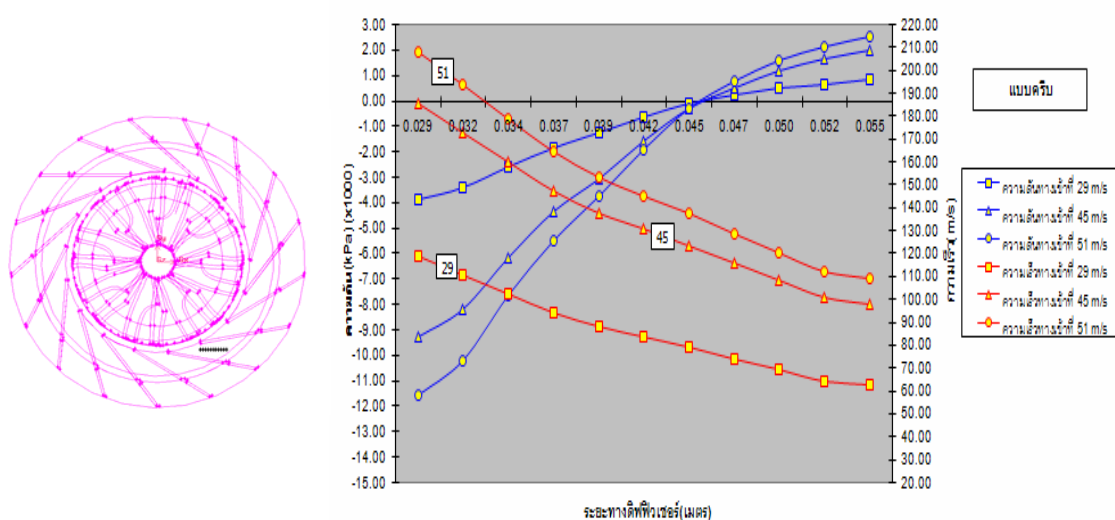
ผลการวิเคราะห์ใบครีบริบดิวฟิวเซอร์ แบบแผ่นครีบริบตรงมุมลู่ออก 15°

1. ผลการวิเคราะห์ใบครีบริบดิวฟิวเซอร์ แบบแผ่นครีบริบตรงมุมลู่ออก 15° ตำแหน่งที่ 1

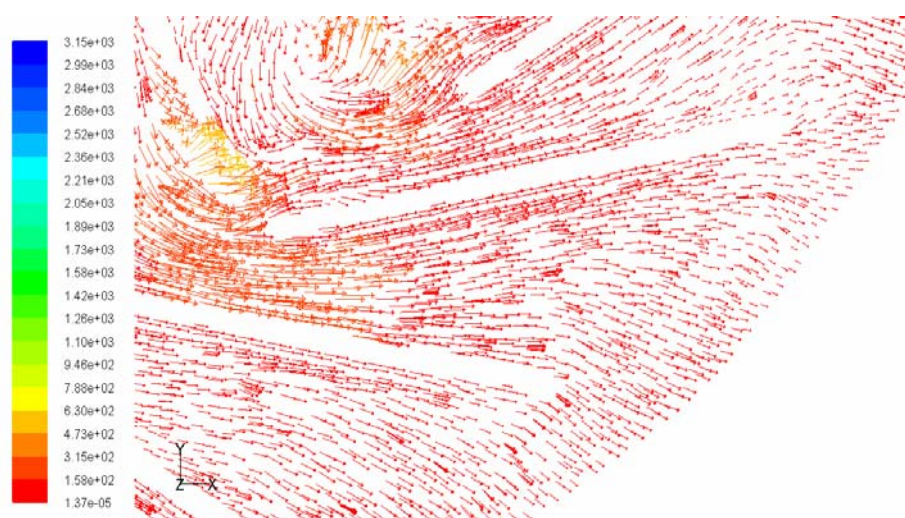
ตาราง 6 แสดงค่าความดันและความเร็ว ชุดจำลองดิวฟิวเซอร์แบบแผ่นครีบริบตรงมุมลู่ออก 15° ที่จุดวัด ตำแหน่งที่ 1

ระยะจุดวัดระหว่างร่อง ครีบริบดิวฟิวเซอร์ (mm)	29.00	31.60	34.20	36.80	39.40	42.00	44.60	47.20	49.80	52.40	55.00
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 29m/s	-3.845	-3.416	-2.568	-1.813	-1.256	-0.657	-0.118	0.215	0.489	0.680	0.823
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 45m/s	-9.245	-8.201	-6.172	-4.365	-3.032	-1.591	-0.296	0.503	1.173	1.644	2.001
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 51m/s	-11.57	-10.211	-7.654	-5.484	-3.710	-1.905	-0.275	0.751	1.580	2.142	2.554
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 29m/s	119.11	111.06	102.54	94.45	88.13	83.67	79.03	74.04	69.30	64.57	62.56
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 45m/s	185.37	173.11	160.05	147.63	138.05	131.06	123.79	116.01	108.60	100.88	97.69
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 51m/s	208.12	193.82	178.71	164.35	153.21	145.53	137.57	128.90	120.48	112.56	109.27

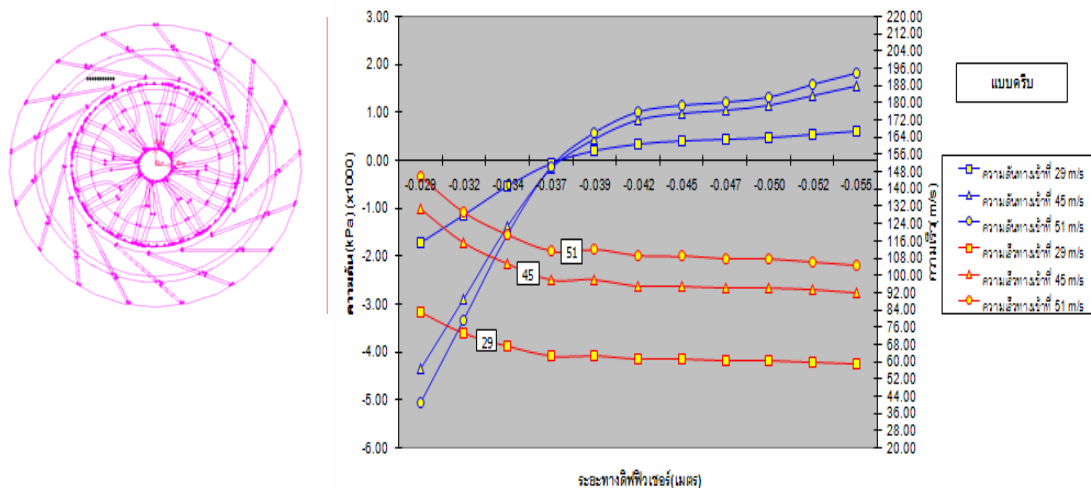
พิจารณาจากตาราง 6 ความเร็วทางเข้า 29 m/s ให้คอมเพรสเซอร์วีลหมุนด้วยความเร็วรอบ 58rad/s ความดันสถิตที่ทางเข้า -3.845 kN/m² ความดันสถิต เพิ่มขึ้นตามลำดับ ที่ทางออก ความดันสถิต 0.823 kN/m² ความเร็วที่ทางเข้า 119.11m/s ความเร็วลดลงตามลำดับ ที่ทางออก ความเร็ว 62.56 m/s พิจารณาจาก ภาพประกอบ 76 เส้นกราฟความดันและความเร็วมีความชันน้อย เมื่อเพิ่มความเร็วทางเข้า 45 m/s ความเร็วรอบ 94rad/s พบว่าความดันสถิตที่ทางเข้า-9.245 kN/m²



ภาพประกอบ 76 ความสัมพันธ์ของเส้นความเร็วกับเส้นความดัน ดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นคريبตรงมุมลู่อู่ 15° ตำแหน่งที่ 1



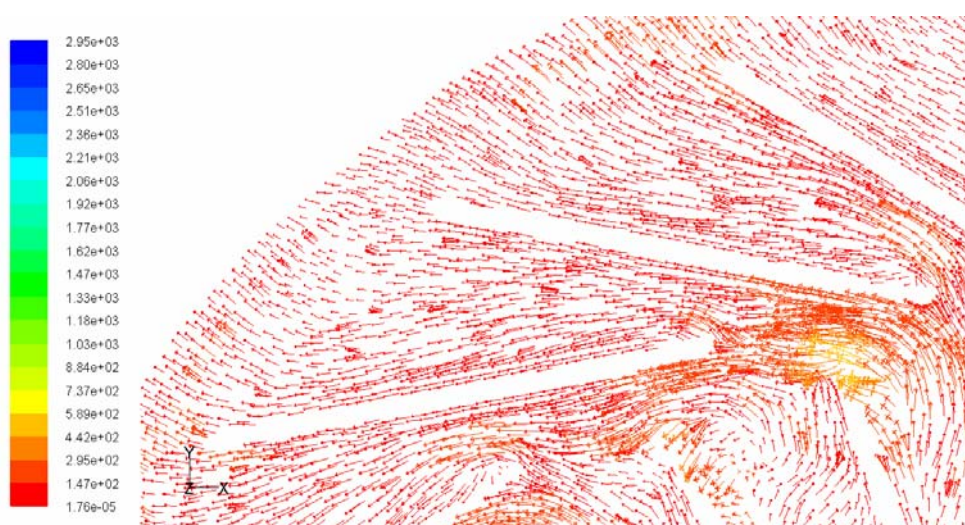
ภาพประกอบ 77 แสดงเส้นการไหล แบบแผ่นคريبตรงมุมลู่อู่ 15° ตำแหน่งที่ 1



ภาพประกอบ 79 ความสัมพันธ์ของเส้นความเร็วกับเส้นความดัน ดีฟิวเซอร์แบบแผ่นครีปตรงมุมลู่อู่ 15° ตำแหน่งที่ 2

พิจารณาจากตารางที่ 7 และ ภาพประกอบ 79 พบว่าความเร็วลมทางเข้าน้อยกว่า ตำแหน่งที่ 1 จึงเกิดความดันสถิตสูงกว่า แต่ ความดันสถิตทางออกต่ำกว่า ทั้ง 3 เส้นความดัน โดย ความดันเส้นที่สูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 1.835 kN/m^2 และเส้นกราฟ ความเร็วทางออก ทั้ง 3 เส้น มีความชันน้อย ค่อยลดระดับความเร็วลม โดยที่ความเร็วเข้าไครงครอบ 29 m/s หมุน 58 rad/s มีความเร็วที่ออกครีปกระจายอากาศ (Diffuser) มีค่าเท่ากับ 59.30 m/s ซึ่งตำแหน่งที่ 1 มีค่าเท่ากับ 62.56 m/s พิจารณา

จากภาพประกอบ 80 เส้นการไหลตำแหน่งที่ 2 เส้นการไหลของอากาศจะแนบชิดผนัง แสดงว่าสูญเสียความดันเนื่องจากแรงเสียดทาน



ภาพประกอบ 80 แสดงเส้นการไหล แบบแผ่นครีปตรงมุมลู่อู่ 15° ตำแหน่งที่ 2



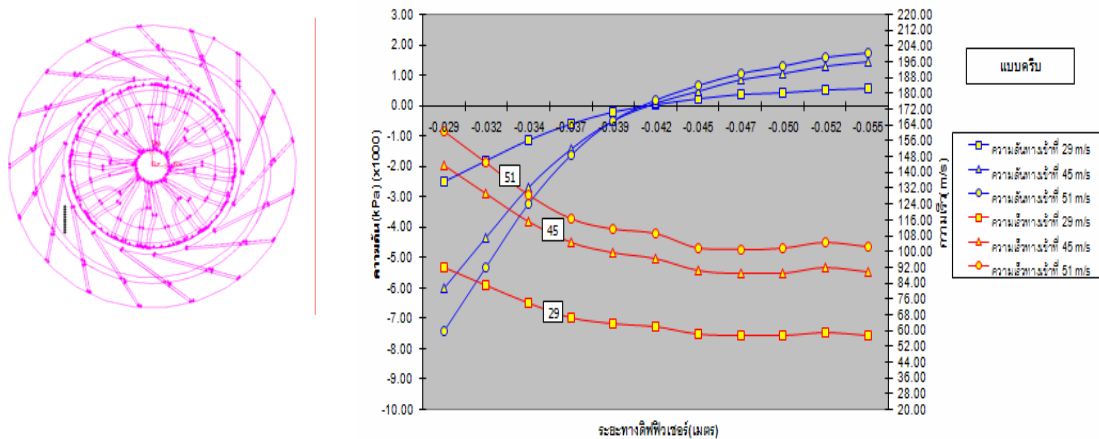
ภาพประกอบ 81 แสดงระดับชั้นความดัน แบบแผ่นคريبตรงมุม 15° ตำแหน่งที่ 2

3. ผลการวิเคราะห์ใบคريبดิฟฟิวเซอร์ แบบแผ่นคريبตรงมุม 15° ตำแหน่งที่ 3

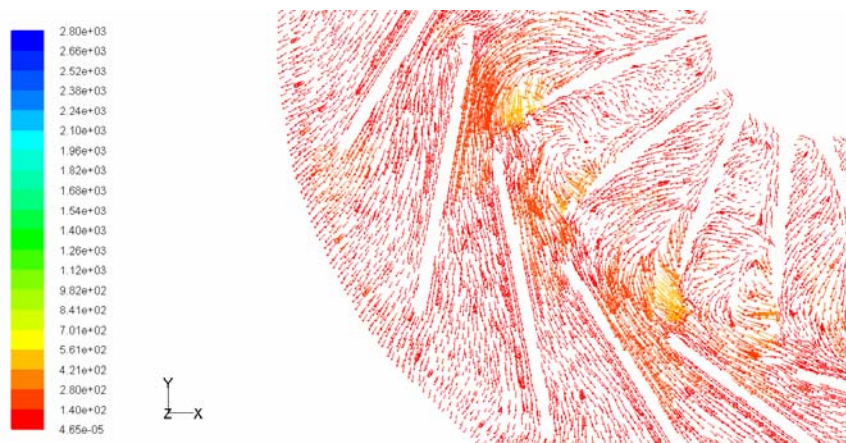
ตาราง 8 แสดงค่าความดันและความเร็วชุดจำลองแบบแผ่นคريبตรง มุม 15° ที่จุดวัด ตำแหน่งที่ 3

ระยะจุดวัดระหว่างร่อง คريبดิฟฟิวเซอร์ (mm)	-29.00	-31.60	-34.20	-36.80	-39.40	-42.00	-44.60	-47.20	-49.80	-52.40	-55.00
ความดันจุดวัด (kN/m^2)	-2.498	-1.811	-1.110	-0.579	-0.197	0.041	0.211	0.357	0.441	0.536	0.588
ความเร็วทางเข้า 29m/s											
ความดันจุดวัด (kN/m^2)	-6.004	-4.338	-2.664	-1.406	-0.506	0.066	0.491	0.853	1.069	1.302	1.435
ความเร็วทางเข้า 45m/s											
ความดันจุดวัด (kN/m^2)	-7.422	-5.328	-3.214	-1.610	-0.489	0.187	0.667	1.076	1.301	1.583	1.745
ความเร็วทางเข้า 51m/s											
ความเร็วจุดวัด (m/s)	92.40	83.09	74.08	66.95	63.74	62.07	58.15	57.45	57.60	59.05	57.78
ความเร็วทางเข้า 29m/s											
ความเร็วจุดวัด (m/s)	144.01	129.59	115.60	104.60	99.54	96.45	90.38	89.18	89.40	91.77	89.68
ความเร็วทางเข้า 45m/s											
ความเร็วจุดวัด (m/s)	161.26	144.96	129.06	116.64	111.83	109.47	102.16	101.29	102.05	104.60	102.29
ความเร็วทางเข้า 51m/s											

ตำแหน่งที่ 3 ความเร็วลมทางเข้ามากกว่า ตำแหน่งที่ 2 แต่ ความดันสถิตทางออกต่ำกว่า โดยที่ความเร็วเข้าโคจรครบ 29 m/s หมุน 58 rad/s ความดันสถิตมีค่าเท่ากับ -2.498 kN/m^2 ความดันสถิตทางออกมีค่าเท่ากับ 0.588 kN/m^2 ต่ำกว่า ตำแหน่งที่ 2 เส้นกราฟความเร็วบางจุดไม่ลดลงตามลำดับ ที่ระยะ -49.80 mm และ -52.40 mm ความเร็วสูงขึ้น และต่ำลงที่จุดทางออกสุดท้าย ตามตาราง 7 และภาพประกอบที่ 82 พิจารณาเส้นการไหลของลม แบบชนิดผนัง ไม่พบความดันย้อนกลับคืน จึงสมมุติฐานได้ว่า สูญเสียความดันเนื่องจากแรงเสียดทาน จากภาพประกอบที่ 83 และ 84



ภาพประกอบ 82 ความสัมพันธ์ของเส้นความเร็วกับเส้นความดัน ดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นครีปตรงมุมลู่อู่ 15° ตำแหน่งที่ 3



ภาพประกอบ 83 แสดงเส้นการไหล แบบแผ่นครีปตรงมุมลู่อู่ 15° ตำแหน่งที่ 3



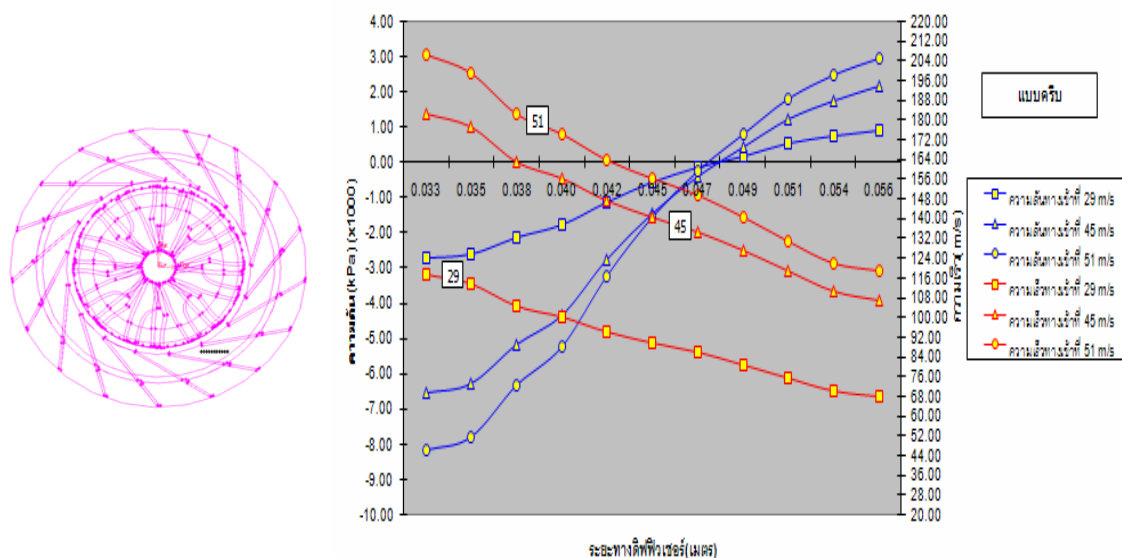
ภาพประกอบ 84 แสดงระดับชั้นความดัน แบบแผ่นครีปตรงมุมลู่อู่ 15° ตำแหน่งที่ 3

ผลการวิเคราะห์ใบครีบริดฟิวเซอร์ แบบแผ่นครีบริดตรงมุม 18°

1. ผลการวิเคราะห์ใบครีบริดฟิวเซอร์ แบบแผ่นครีบริดตรงมุม 18° ตำแหน่งที่ 1

ตาราง 9 แสดงค่าความดันและความเร็ว ชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นครีบริดตรงมุม 18° ที่จุดวัดตำแหน่งที่ 1

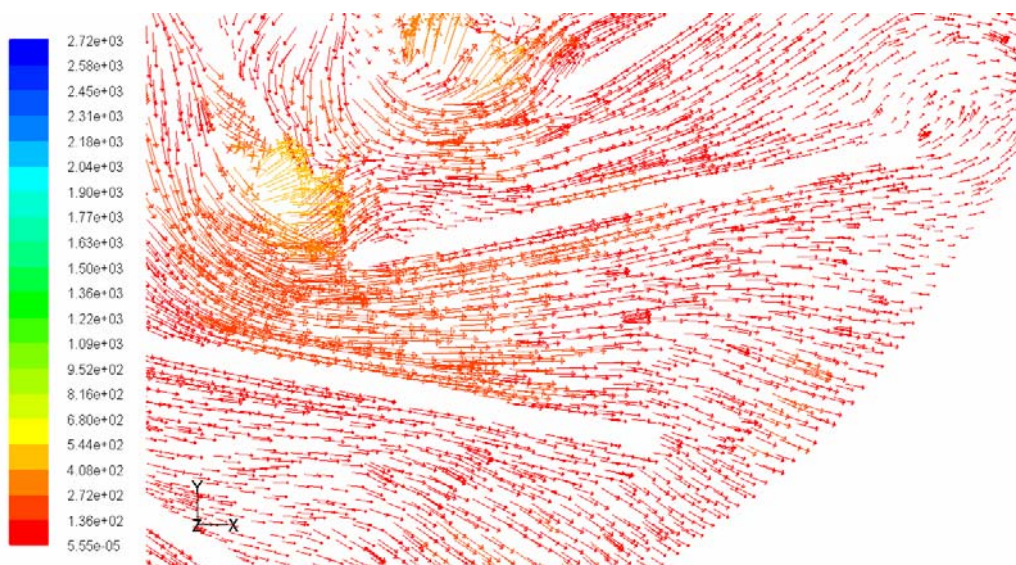
ระยะจุดวัดระหว่างร่อง ครีบริดฟิวเซอร์ (mm)	33.00	35.30	37.60	39.90	42.20	44.50	46.80	49.10	51.40	53.70	56.00
ความดันจุดวัด (kN/m^2) ความเร็วทางเข้า 29m/s	-2.685	-2.575	-2.112	-1.762	-1.106	-0.567	-0.130	0.206	0.529	0.752	0.916
ความดันจุดวัด (kN/m^2) ความเร็วทางเข้า 45m/s	-6.516	-6.267	-5.169	-4.328	-2.747	-1.450	-0.393	0.430	1.216	1.761	2.171
ความดันจุดวัด (kN/m^2) ความเร็วทางเข้า 51m/s	-8.139	-7.775	-6.306	-5.217	-3.201	-1.550	-0.216	0.805	1.789	2.468	2.943
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 29m/s	117.66	113.81	104.45	100.10	94.12	89.69	85.75	80.92	75.56	70.30	68.15
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 45m/s	182.94	177.25	163.21	156.66	147.49	140.59	134.45	126.97	118.71	110.42	106.86
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 51m/s	206.33	199.24	182.39	174.59	164.08	156.33	149.56	140.92	131.34	122.13	118.70



ภาพประกอบ 85 ความสัมพันธ์ของเส้นความเร็วกับเส้นความดัน ดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นครีบริดตรงมุม 18° ตำแหน่งที่ 1

พิจารณาจากตาราง 8 ภาพประกอบที่ 85, 86 และ 87 ความเร็วทางเข้าโครงกรอบ 29 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 58 rad/s ครีบริดกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -2.685 kN/m^2

ความเร็ว 117.66 m/s ทางออก ความดัน 0.916 kN/m^2 ความเร็ว 68.15 m/s, ความเร็วทางเข้าโครง
 กรอบ 45 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 94 rad/s ครีบกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -6.516
 kN/m^2 ความเร็ว 182.94 m/s ทางออก ความดัน 2.171 kN/m^2 ความเร็ว 106.86 m/s และความเร็ว
 ทางเข้าโครงกรอบ 51 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 104 rad/s ครีบกระจายอากาศ ทางเข้าความดัน $-$
 8.139 kN/m^2 ความเร็ว 206.33 m/s ทางออกความดัน 2.943 kN/m^2 ความเร็ว 118.70 m/s เส้นการ
 ไหลชนิดผนังน้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับ แบบครีบมุมลู่ออก 15° ทำให้ความดันทางออกสูงขึ้น



ภาพประกอบ 86 แสดงเส้นการไหล แบบแผ่นครีบตรงมุมลู่ออก 18° ตำแหน่งที่ 1



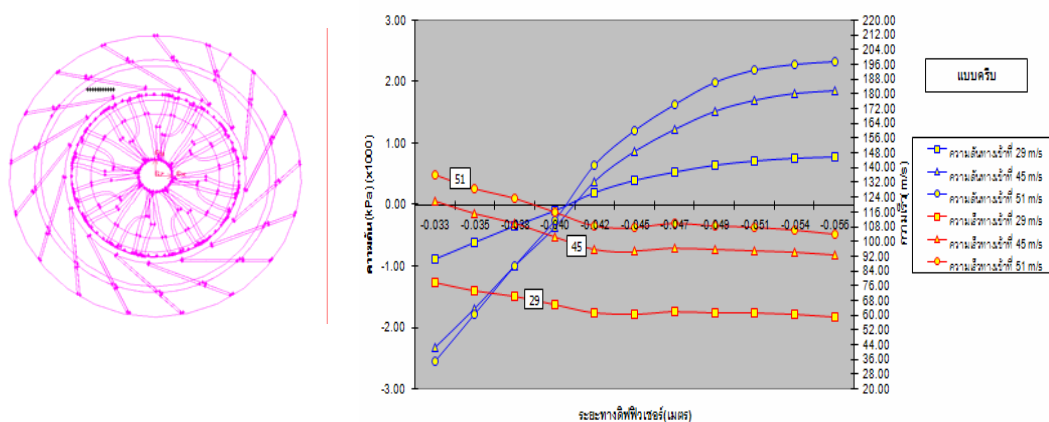
ภาพประกอบ 87 แสดงระดับชั้นความดัน แบบแผ่นครีบตรงมุมลู่ออก 18° ตำแหน่งที่ 1

2. ผลการวิเคราะห์ใบคิริปดิฟฟิวเซอร์ แบบแผ่นคิริปตรงมุม 18° ตำแหน่งที่ 2

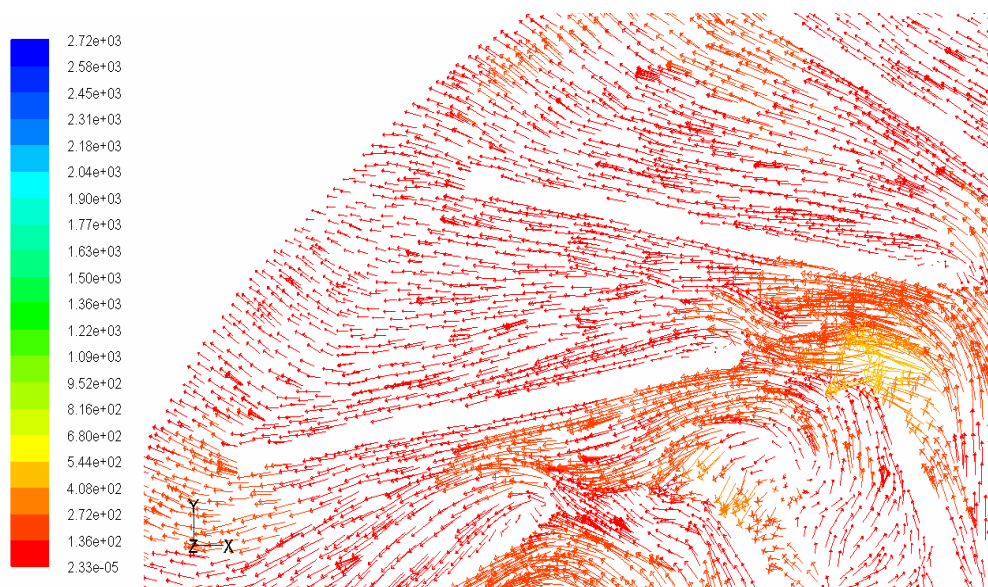
ตาราง 10 แสดงค่าความดันและความเร็วชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นคิริปตรงมุม 18° ที่จุดวัดตำแหน่งที่ 2

ระยะจุดวัดระหว่างร่องคิริปดิฟฟิวเซอร์ (mm)	-33.00	-35.30	-37.60	-39.90	-42.20	-44.50	-46.80	-49.10	-51.40	-53.70	-56.00
ความดันจุดวัด (kN/m^2) ความเร็วทางเข้า 29m/s	-0.882	-0.624	-0.349	-0.099	0.199	0.388	0.534	0.649	0.718	0.755	0.771
ความดันจุดวัด (kN/m^2) ความเร็วทางเข้า 45m/s	-2.329	-1.683	-0.997	-0.368	0.382	0.859	1.229	1.532	1.708	1.804	1.851
ความดันจุดวัด (kN/m^2) ความเร็วทางเข้า 51m/s	-2.538	-1.785	-0.987	-0.248	0.639	1.201	1.640	1.985	2.187	2.294	2.339
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 29m/s	77.91	73.67	70.26	65.89	61.66	60.85	62.04	61.43	61.14	60.33	59.25
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 45m/s	121.88	115.18	109.80	102.80	96.07	94.73	96.57	95.67	95.23	94.17	92.50
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 51m/s	136.20	129.08	123.50	115.92	108.56	107.60	109.96	108.69	108.15	106.43	104.41

พิจารณาจากตาราง 10 ภาพประกอบที่ 88,89 และ 100 ความเร็วทางเข้าโคจรครบ 29 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 58 rad/s คิริปกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -0.882 kN/m^2 ความเร็ว 77.91 m/s ทางออก ความดัน 0.771 kN/m^2 ความเร็ว 59.25 m/s, ความเร็วทางเข้าโคจรครบ 45 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 94 rad/s คิริปกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -2.329 kN/m^2 ความเร็ว 121.88 m/s ทางออก ความดัน 1.851 kN/m^2 ความเร็ว 92.50 m/s และความเร็วทางเข้าโคจรครบ 51 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 104 rad/s คิริปกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -2.538 kN/m^2 ความเร็ว 136.20 m/s ทางออก ความดัน 2.339 kN/m^2 ความเร็ว 104.41 m/s กราฟความดันมีความชันมาก กราฟความเร็วลดลงช่วงแรก สูงขึ้นเล็กน้อยและค่อยลดระดับลงที่ทางออก



ภาพประกอบ 88 ความสัมพันธ์ของเส้นความเร็วกับเส้นความดัน ดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นคิริปตรงมุม 18° ตำแหน่งที่ 2



ภาพประกอบ 89 แสดงเส้นการไหล แบบแผ่นครีปตรงมุมลู่ออก 18° ตำแหน่งที่ 2

เส้นการไหลตำแหน่งที่ 2 ชัดขึ้นน้อยลง ระหว่างช่วงตรงกลางถึงทางออก ก่อนทางเข้าช่องครีปกระจายอากาศ มีการแยกชั้นการไหลเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับ แบบครีปมุมลู่ออก 15° มีการสูญเสียความดันเนื่องจากแรงเสียดทานน้อยลง ทำให้ความดันทางออกสูงกว่า

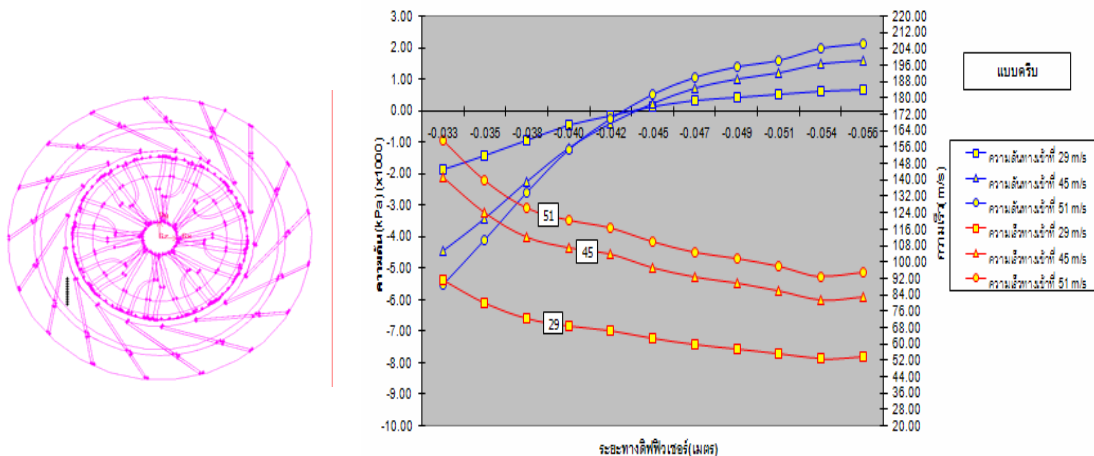


ภาพประกอบ 90 แสดงระดับชั้นความดัน แบบแผ่นครีปตรงมุมลู่ออก 18° ตำแหน่งที่ 2

3. ผลการวิเคราะห์ใบคิริบดฟิวเซอร์ แบบแผ่นคิริบดตรงมุม 18° ตำแหน่งที่ 3

ตาราง 11 แสดงค่าความดันและความเร็วชุดจำลองดิวเซอร์แบบแผ่นคิริบดตรงมุม 18° ที่จุดวัดตำแหน่งที่ 3

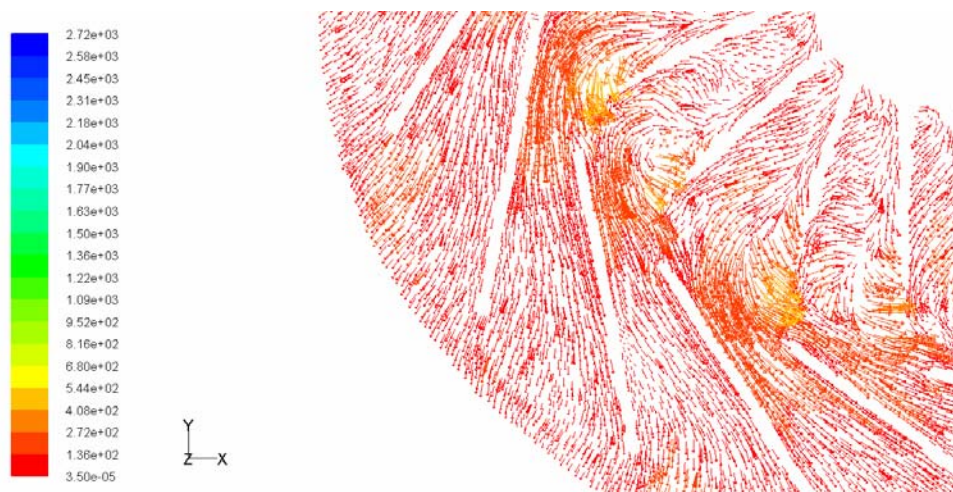
ระยะจุดวัดระหว่างร่องคิริบดฟิวเซอร์ (mm)	-33.00	-35.30	-37.60	-39.90	-42.20	-44.50	-46.80	-49.10	-51.40	-53.70	-56.00
ความดันจุดวัด (kN/m^2) ความเร็วทางเข้า 29m/s	-1.872	-1.416	-0.919	-0.464	-0.146	0.123	0.322	0.437	0.514	0.630	0.684
ความดันจุดวัด (kN/m^2) ความเร็วทางเข้า 45m/s	-4.453	-3.435	-2.250	-1.156	-0.395	0.252	0.735	1.018	1.208	1.487	1.616
ความดันจุดวัด (kN/m^2) ความเร็วทางเข้า 51m/s	-5.524	-4.115	-2.592	-1.226	-0.274	0.515	1.085	1.409	1.620	1.973	2.124
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 29m/s	91.03	80.05	72.31	69.00	66.64	62.79	59.73	57.90	55.74	52.92	53.80
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 45m/s	141.80	124.60	112.49	107.36	103.72	97.53	92.68	89.89	86.35	81.77	82.96
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 51m/s	159.52	140.04	126.40	120.77	116.80	110.30	105.10	101.82	98.13	93.16	94.95



ภาพประกอบ 91 ความสัมพันธ์ของเส้นความเร็วกับเส้นความดัน ดิวเซอร์แบบแผ่นคิริบดตรงมุม 18° ตำแหน่งที่ 3

พิจารณาจากตาราง 11 ภาพประกอบ 91, 92 และ 93 ความเร็วทางเข้าโคจรครบ 29 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 58 rad/s คิริบกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -1.872 kN/m^2 ความเร็ว 91.03 m/s ทางออก ความดัน 0.684 kN/m^2 ความเร็ว 53.80 m/s, ความเร็วทางเข้าโคจรครบ 45 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 94 rad/s คิริบกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -4.453 kN/m^2

ความเร็ว 141.80 m/s ทางออก ความดัน 1.616 kN/m^2 ความเร็ว 82.96 m/s และความเร็วทางเข้า
 โค้งรอบ 51 m/s คอมเพรสเซอร์วีลหมุน 104 rad/s ครีบกะยายอากาศ ทางเข้า ความดัน -5.524 kN/m^2
 ความเร็ว 159.52 m/s ทางออก ความดัน 2.124 kN/m^2 ความเร็ว 94.95 m/s กราฟความดัน
 มีความชัน กราฟความเร็วลดลงช่วงแรก และค่อยลดระดับลงแต่ความเร็วทางทางออกสูงขึ้นเล็กน้อย
 เส้นการไหลตำแหน่งที่ 3 ชัดผ่นน้อยลง ระหว่างช่วงตรงกลางถึงทางออก



ภาพประกอบ 92 แสดงเส้นการไหล แบบแผ่นครีบกะยายมุม 18° ตำแหน่งที่ 3



ภาพประกอบ 93 แสดงระดับชั้นความดัน แบบแผ่นครีบกะยายมุม 18° ตำแหน่งที่ 3

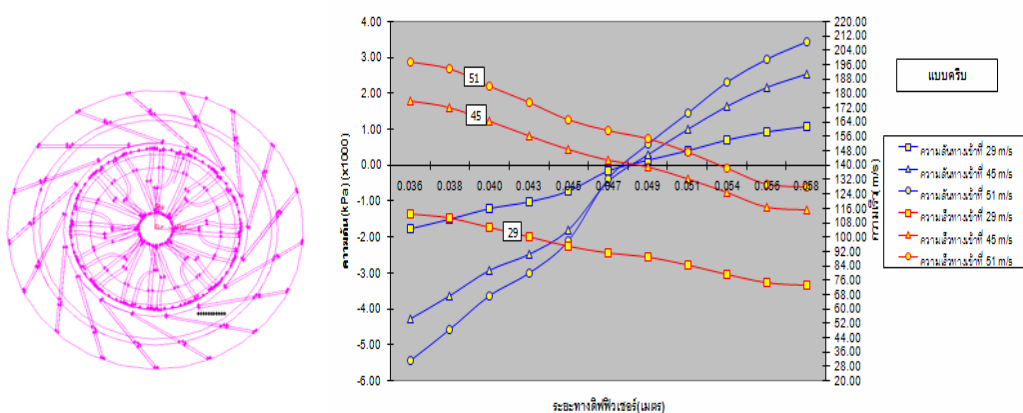
ผลการวิเคราะห์ใบ crib ดิฟฟิวเซอร์ แบบแผ่น crib ตรงมุม 21°

1. ผลการวิเคราะห์ใบ crib ดิฟฟิวเซอร์ แบบแผ่น crib ตรงมุม 21° ตำแหน่งที่ 1

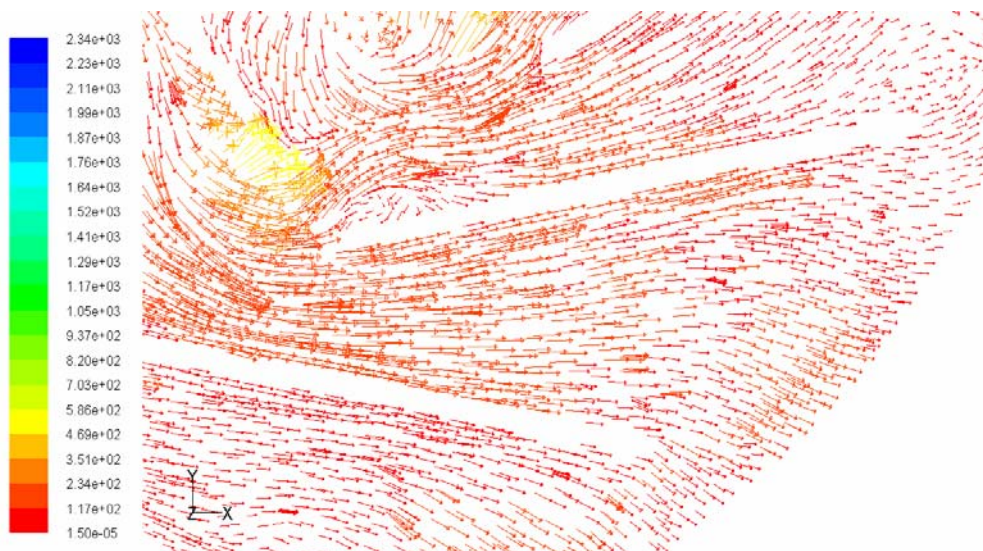
ตาราง 12 แสดงค่าความดันและความเร็วชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่น crib ตรงมุม 21° ที่จุดวัดตำแหน่งที่ 1

ระยะจุดวัดระหว่างร่อง crib ดิฟฟิวเซอร์ (mm)	36.00	38.20	40.40	42.60	44.80	47.00	49.20	51.40	53.60	55.80	58.00
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 29m/s	-1.776	-1.507	-1.208	-1.010	-0.729	-0.166	0.145	0.429	0.702	0.920	1.069
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 45m/s	-4.279	-3.639	-2.924	-2.456	-1.788	-0.440	0.308	0.995	1.656	2.188	2.552
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 51m/s	-5.419	-4.577	-3.614	-2.983	-2.100	-0.366	0.602	1.476	2.312	2.969	3.428
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 29m/s	112.79	110.66	105.44	100.23	95.00	91.37	88.90	84.69	79.63	74.68	73.48
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 45m/s	175.70	172.55	164.60	156.65	148.71	143.17	139.29	132.74	124.91	117.15	115.63
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 51m/s	197.77	193.95	184.41	174.85	165.34	159.10	154.66	147.28	138.25	129.49	127.83

พิจารณาจากตาราง 12 ภาพประกอบ 94, 95 และ 96 ความเร็วทางเข้าโคจรครบ 29 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 58 rad/s cribกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -1.776 kN/m² ความเร็ว 112.79 m/s ทางออก ความดัน 1.069 kN/m² ความเร็ว 73.48 m/s, ความเร็วทางเข้าโคจรครบ 45 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 94 rad/s cribกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -4.279 kN/m² ความเร็ว 175.70 m/s ทางออก ความดัน 2.552 kN/m² ความเร็ว 115.63 m/s และความเร็วทางเข้าโคจรครบ 51 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 104 rad/s cribกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -5.419 kN/m² ความเร็ว 197.77 m/s ทางออก ความดัน 3.428 kN/m² ความเร็ว 127.83 m/s



ภาพประกอบ 94 ความสัมพันธ์ของเส้นความเร็วกับเส้นความดัน ดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่น crib ตรงมุม 21° ตำแหน่งที่ 1



ภาพประกอบ 95 แสดงเส้นการไหล แบบแผ่นครีปตรงมุม 21° ตำแหน่งที่ 1

พิจารณาเส้นการไหล ด้านล่างช่องใบครีปเส้นการไหลจะแนบชิดผนังด้านบนของช่องใบครีป เส้นการไหลจะมีการขาดช่วง และมีการแยกชั้นการไหลก่อนเข้าแผ่นครีปเล็กน้อย จากค่าในตารางที่ 11 มุม 21° จะสูงกว่ามุม 18° ที่วิเคราะห์แล้ว

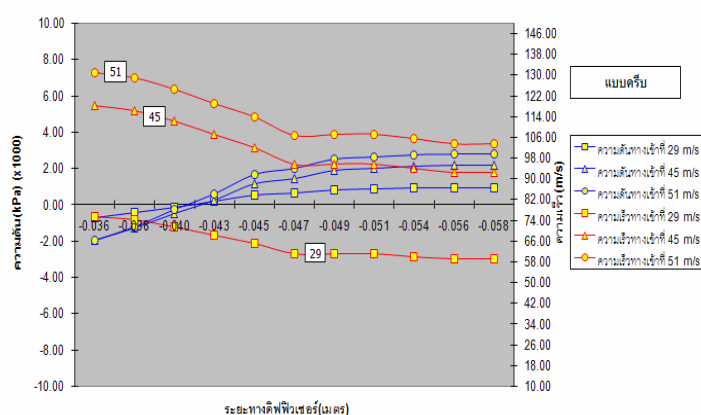
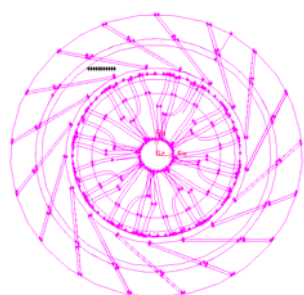


ภาพประกอบ 96 แสดงระดับชั้นความดัน แบบแผ่นครีปตรงมุม 21° ตำแหน่งที่ 1

2. ผลการวิเคราะห์ใบครีบริดฟิวเซอร์ แบบแผ่นครีบริดตรงมุม 21° ตำแหน่งที่ 2

ตาราง 13 แสดงค่าความดันและความเร็วชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นครีบริดตรงมุม 21° ที่จุดวัดตำแหน่งที่ 2

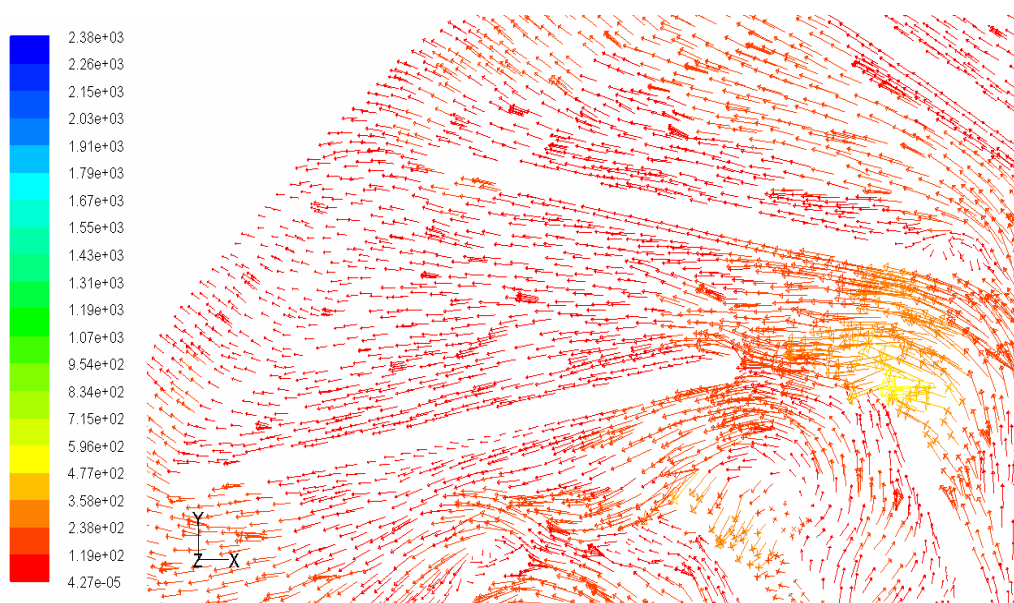
ระยะจุดวัดระหว่างร่อง ครีบริดฟิวเซอร์ (mm)	-36.00	-38.20	-40.40	-42.60	-44.80	-47.00	-49.20	-51.40	-53.60	-55.80	-58.00
ความดันจุดวัด (kN/m^2) ความเร็วทางเข้า 29m/s	-0.710	-0.449	-0.142	0.151	0.512	0.626	0.807	0.853	0.895	0.905	0.913
ความดันจุดวัด (kN/m^2) ความเร็วทางเข้า 45m/s	-1.964	-1.302	-0.523	0.217	1.128	1.424	1.880	1.998	2.110	2.146	2.173
ความดันจุดวัด (kN/m^2) ความเร็วทางเข้า 51m/s	-2.004	-1.223	-0.304	0.567	1.648	1.963	2.500	2.633	2.749	2.765	2.791
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 29m/s	75.11	73.96	71.28	67.99	64.92	60.91	60.89	60.91	59.87	58.97	59.05
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 45m/s	118.20	116.19	112.05	106.87	101.88	95.46	95.54	95.40	93.74	92.40	92.45
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 51m/s	130.65	128.69	124.35	118.91	113.83	106.72	106.95	107.18	105.30	103.40	103.53



ภาพประกอบ 97 ความสัมพันธ์ของเส้นความเร็วกับเส้นความดัน ดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นครีบริดตรงมุม 21° ตำแหน่งที่ 2

พิจารณาจากตาราง 13 ภาพประกอบ 97, 98 และ 99 ความเร็วทางเข้าโคจรครบ 29 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 58 rad/s ครีบริดกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -0.710 kN/m^2 ความเร็ว 75.11 m/s ทางออก ความดัน 0.913 kN/m^2 ความเร็ว 59.05 m/s, ความเร็วทางเข้าโคจรครบ 45 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 94 rad/s ครีบริดกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -1.964 kN/m^2 ความเร็ว 118.20 m/s ทางออก ความดัน 2.173 kN/m^2 ความเร็ว 92.45 m/s และความเร็วทางเข้าโคจรครบ 51 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 104 rad/s ครีบริดกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -2.004

kN/m^2 ความเร็ว 130.65 m/s ทางออก ความดัน 2.791 kN/m^2 ความเร็ว 103.53 m/s พิจารณาเส้น
การไหล ด้านล่างช่องใบครีบลำเส้นการไหลจะแนบชิดผนัง ด้านบนของช่องใบครีบลำเส้นการไหลจะมี
การขาดช่วง และมีการแยกชั้นการไหลก่อนเข้าแผ่นครีบลำ



ภาพประกอบ 98 แสดงเส้นการไหล แบบแผ่นครีบลำตรงมุม 21° ตำแหน่งที่ 2



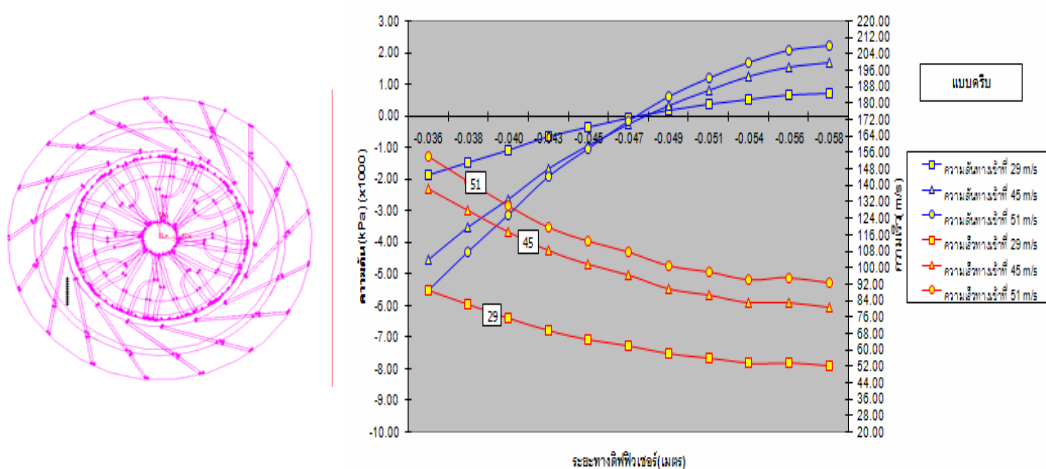
ภาพประกอบ 99 แสดงระดับชั้นความดัน แบบแผ่นครีบลำตรงมุม 21° ตำแหน่งที่ 2

3. ผลการวิเคราะห์ใบคิริบดฟิวเซอร์ แบบแผ่นคิริบดตรงมุม 21° ตำแหน่งที่ 3

ตาราง 14 แสดงค่าความดันและความเร็วชุดจำลองดิวเซอร์แบบแผ่นคิริบดตรงมุม 21° ที่จุดวัดตำแหน่งที่ 3

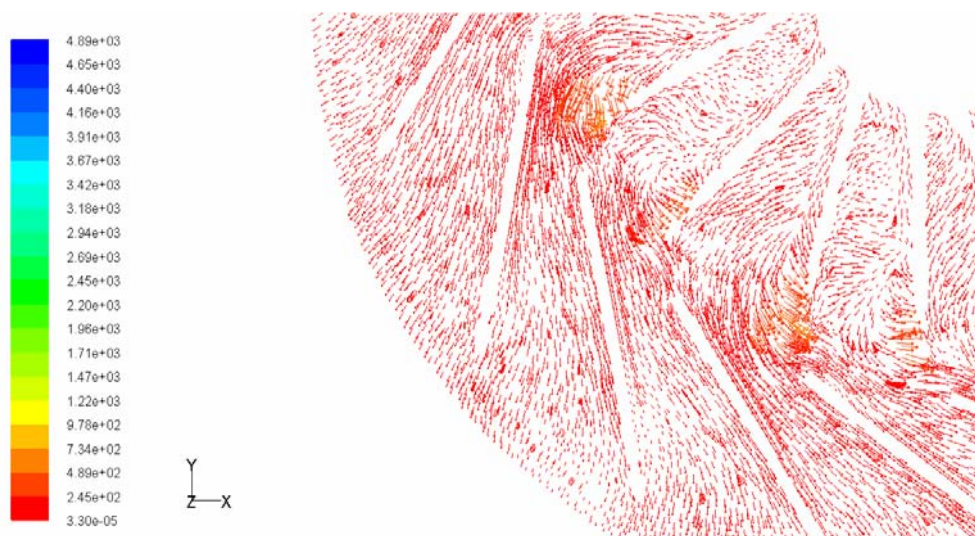
ระยะจุดวัดระหว่างร่องคิริบดฟิวเซอร์ (mm)	-36.00	-38.20	-40.40	-42.60	-44.80	-47.00	-49.20	-51.40	-53.60	-55.80	-58.00
ความดันจุดวัด (kN/m^2) ความเร็วทางเข้า 29m/s	-1.870	-1.455	-1.057	-0.647	-0.346	-0.065	0.177	0.371	0.538	0.658	0.712
ความดันจุดวัด (kN/m^2) ความเร็วทางเข้า 45m/s	-4.540	-3.538	-2.615	-1.660	-0.934	-0.260	0.352	0.839	1.258	1.549	1.685
ความดันจุดวัด (kN/m^2) ความเร็วทางเข้า 51m/s	-5.517	-4.307	-3.132	-1.920	-1.008	-0.155	0.609	1.197	1.683	2.072	2.213
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 29m/s	88.70	82.11	75.36	69.23	65.38	62.138	58.05	56.15	53.86	53.95	52.52
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 45m/s	138.37	128.09	117.74	108.31	102.08	96.924	90.00	86.86	83.35	83.06	81.08
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 51m/s	154.06	142.51	130.62	120.02	113.27	107.642	101.15	98.18	94.26	95.36	92.51

พิจารณาจากตาราง 14 ภาพประกอบ 100, 101 และ 102 ความเร็วทางเข้าโคจรครบ 29 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 58 rad/s คิริบกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -1.870 kN/m^2 ความเร็ว 88.70 m/s ทางออก ความดัน 0.712 kN/m^2 ความเร็ว 52.52 m/s, ความเร็วทางเข้าโคจรครบ 45 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 94 rad/s คิริบกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -4.540 kN/m^2 ความเร็ว 138.37 m/s ทางออก ความดัน 1.685 kN/m^2 ความเร็ว 81.08 m/s และความเร็วทางเข้าโคจรครบ 51 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 104 rad/s คิริบกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -5.517 kN/m^2 ความเร็ว 154.06 m/s ทางออก ความดัน 2.213 kN/m^2 ความเร็ว 92.51 m/s

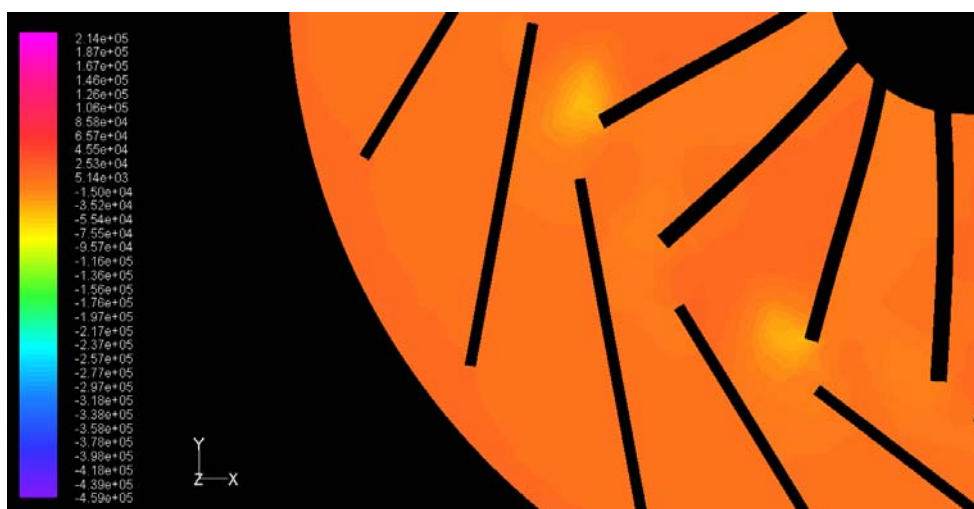


ภาพประกอบ 100 ความสัมพันธ์ของเส้นความเร็วกับเส้นความดัน ดิวเซอร์แบบแผ่นคิริบดตรงมุม 21° ตำแหน่งที่ 3

พิจารณาเส้นการไหล เส้นการไหลจะแนบชิดผนัง ไม่มีการแยกชั้นการไหลก่อนเข้าแผ่น
ครีป



ภาพประกอบ 101 แสดงเส้นการไหล แบบแผ่นครีปตรงมุม 21° ตำแหน่งที่ 3



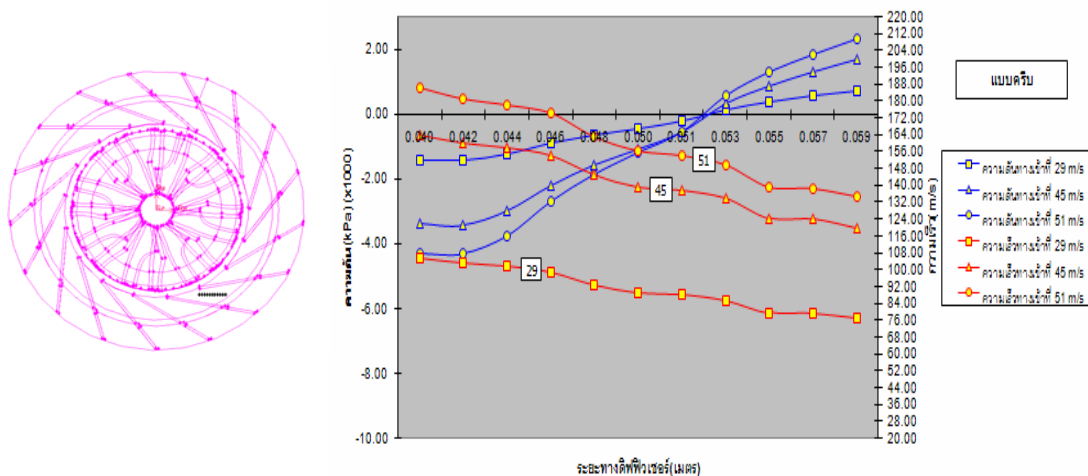
ภาพประกอบ 102 แสดงระดับชั้นความดัน แบบแผ่นครีปตรงมุม 21° ตำแหน่งที่ 3

ผลการวิเคราะห์ใบครีบริดฟิวเซอร์ แบบแผ่นครีบริดตรงมุม 24°

1. ผลการวิเคราะห์ใบครีบริดฟิวเซอร์ แบบแผ่นครีบริดตรงมุม 24° ตำแหน่งที่ 1

ตาราง 15 แสดงค่าความดันและความเร็วชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นครีบริดตรงมุม 24° ที่จุดวัดตำแหน่งที่ 1

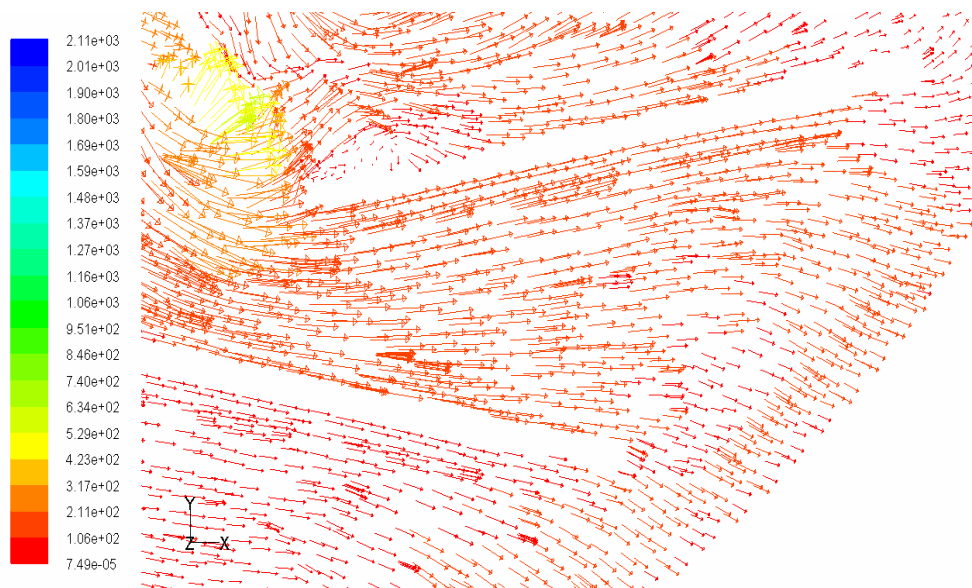
ระยะจุดวัดระหว่างร่อง ครีบริดฟิวเซอร์ (mm)	40.00	41.90	43.80	45.70	47.60	49.50	51.40	53.30	55.20	57.10	59.00
ความดันจุดวัด (kN/m^2) ความเร็วทางเข้า 29m/s	-1.398	-1.413	-1.231	-0.893	-0.632	-0.424	-0.209	0.159	0.384	0.566	0.723
ความดันจุดวัด (kN/m^2) ความเร็วทางเข้า 45m/s	-3.391	-3.428	-2.993	-2.189	-1.579	-1.086	-0.569	0.317	0.854	1.293	1.672
ความดันจุดวัด (kN/m^2) ความเร็วทางเข้า 51m/s	-4.281	-4.313	-3.743	-2.685	-1.841	-1.185	-0.522	0.591	1.288	1.849	2.332
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 29m/s	105.85	103.09	101.57	99.18	92.97	89.36	88.08	85.53	79.70	79.28	76.80
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 45m/s	164.23	160.16	157.96	154.46	144.87	139.39	137.51	133.65	124.56	123.92	120.03
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 51m/s	186.35	181.25	178.52	174.22	162.89	156.37	154.13	149.84	139.22	138.81	134.40



ภาพประกอบ 103 ความสัมพันธ์ของเส้นความเร็วกับเส้นความดัน ดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นครีบริดตรงมุม 24° ตำแหน่งที่ 1

พิจารณาจากตาราง 15 ภาพประกอบ 103, 104 และ 105 ความเร็วทางเข้าโคจรครบ 29 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 58 rad/s กระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -1.398 kN/m^2 ความเร็ว 105.85 m/s ทางออก ความดัน 0.723 kN/m^2 ความเร็ว 76.80 m/s, ความเร็วทางเข้าโคจร

กรอบ 45 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 94 rad/s ครีบกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -3.391 kN/m^2 ความเร็ว 164.23 m/s ทางออก ความดัน 1.672 kN/m^2 ความเร็ว 120.03 m/s และความเร็วทางเข้าโคจรกรอบ 51 m/s คอมเพรสเซอร์วีลหมุน 104 rad/s ครีบกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -4.281 kN/m^2 ความเร็ว 186.35 m/s ทางออก ความดัน 2.332 kN/m^2 ความเร็ว 134.40 m/s พบว่าความดันทางออกต่ำกว่ามุมลู่ออก 21° เส้นการไหลมีการแยกชั้นการไหลที่ทางเข้ามากกว่า 21°



ภาพประกอบ 104 แสดงเส้นการไหล แบบแผ่นครีบตรงมุมลู่ออก 24° ตำแหน่งที่ 1



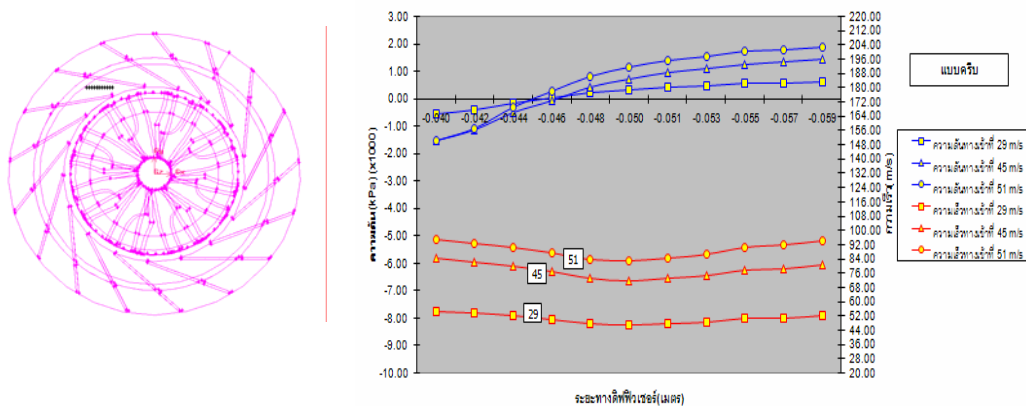
ภาพประกอบ 105 แสดงระดับชั้นความดัน แบบแผ่นครีบตรงมุมลู่ออก 24° ตำแหน่งที่ 1

2. ผลการวิเคราะห์ใบ crib dip fiber แบบแผ่น crib ตรงมุม 24° ตำแหน่งที่ 2

ตาราง 16 แสดงค่าความดันและความเร็วชุดจำลอง dip fiber แบบแผ่น crib ตรงมุม 24° ที่จุดวัดตำแหน่งที่ 2

ระยะจุดวัดระหว่างร่อง crib dip fiber (mm)	-40.00	-41.90	-43.80	-45.70	-47.60	-49.50	-51.40	-53.30	-55.20	-57.10	-59.00
ความดันจุดวัด (kN/m^2) ความเร็วทางเข้า 29m/s	-0.564	-0.408	-0.157	0.043	0.227	0.349	0.435	0.491	0.558	0.592	0.621
ความดันจุดวัด (kN/m^2) ความเร็วทางเข้า 45m/s	-1.504	-1.112	-0.496	-0.076	0.440	0.743	0.960	1.104	1.278	1.371	1.456
ความดันจุดวัด (kN/m^2) ความเร็วทางเข้า 51m/s	-1.534	-1.069	-0.310	0.283	0.815	1.159	1.395	1.535	1.727	1.805	1.870
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 29m/s	54.86	53.62	52.27	50.05	47.69	46.98	47.87	48.64	50.64	51.23	52.66
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 45m/s	84.73	82.68	80.45	76.93	73.04	71.91	73.31	74.61	77.85	78.74	81.09
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 51m/s	94.85	92.96	90.94	87.24	83.81	82.99	84.94	86.52	90.84	92.16	94.48

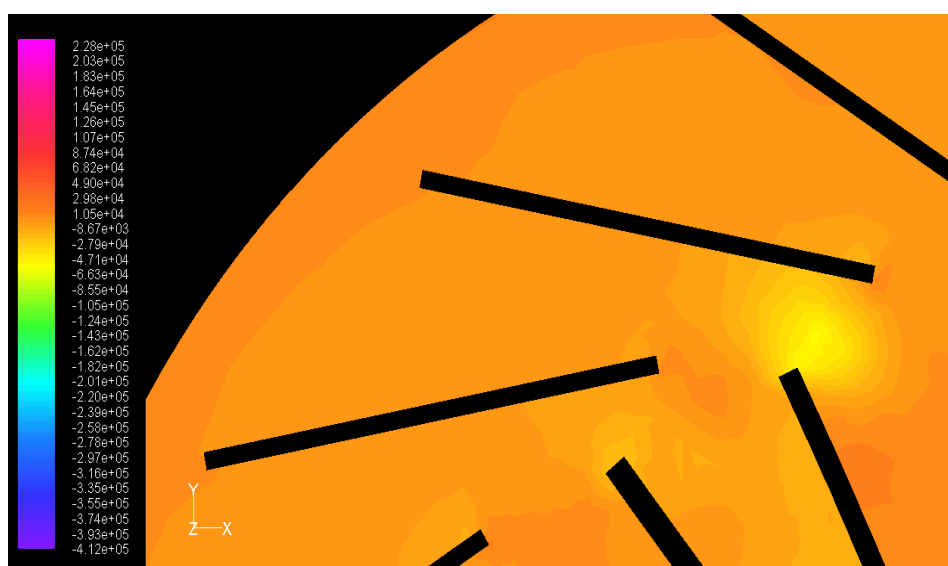
พิจารณาจากตาราง 16 ภาพประกอบ 106, 107 และ 108 ความเร็วทางเข้าโคจรครบ 29 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 58 rad/s cribกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -0.564 kN/m^2 ความเร็ว 54.88 m/s ทางออก ความดัน 0.621 kN/m^2 ความเร็ว 52.66 m/s, ความเร็วทางเข้าโคจรครบ 45 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 94 rad/s cribกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -1.504 kN/m^2 ความเร็ว 84.73 m/s ทางออก ความดัน 1.456 kN/m^2 ความเร็ว 81.09 m/s และความเร็วทางเข้าโคจรครบ 51 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 104 rad/s cribกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -1.534 kN/m^2 ความเร็ว 94.85 m/s ทางออก ความดัน 1.870 kN/m^2 ความเร็ว 94.48 m/s พบว่าความเร็วที่ทางเข้าช่อง cribกระจายอากาศค่อนข้างต่ำ ทั้ง 3 ความเร็ว กราฟความเร็วมีการลดลง



ภาพประกอบ 106 ความสัมพันธ์ของเส้นความเร็วกับเส้นความดัน dip fiber แบบแผ่น crib ตรงมุม 24° ตำแหน่งที่ 2



ภาพประกอบ 107 แสดงเส้นการไหล แบบแผ่นคريبตรงมุม 24° ตำแหน่งที่ 2



ภาพประกอบ 108 แสดงระดับชั้นความดัน แบบแผ่นคريبตรงมุม 24° ตำแหน่งที่ 2

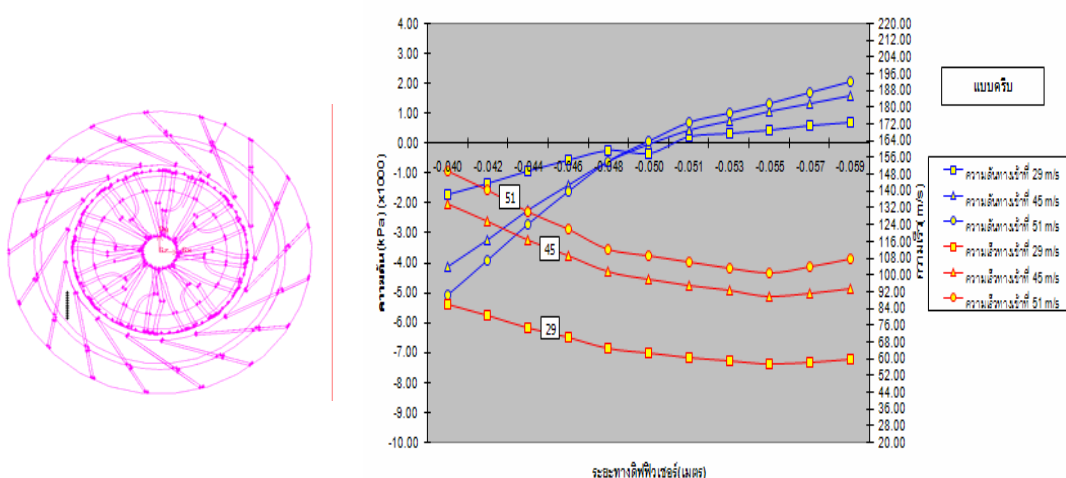
น้อยมากและสูงขึ้นเล็กน้อยเมื่อถึงทางออกครีบกกระจายอากาศ ส่วนกราฟความดันสูงขึ้นตามลำดับมีความชันน้อยเส้นการไหล มีการแยกชั้นการไหลก่อนทางเข้าเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับตำแหน่งที่ 1

3. ผลการวิเคราะห์ใบ crib ดิฟฟิวเซอร์ แบบแผ่น crib ตรงมุม 24° ตำแหน่งที่ 2

ตาราง 17 แสดงค่าความดันและความเร็วชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่น crib ตรงมุม 24° ที่จุดวัดตำแหน่งที่ 3

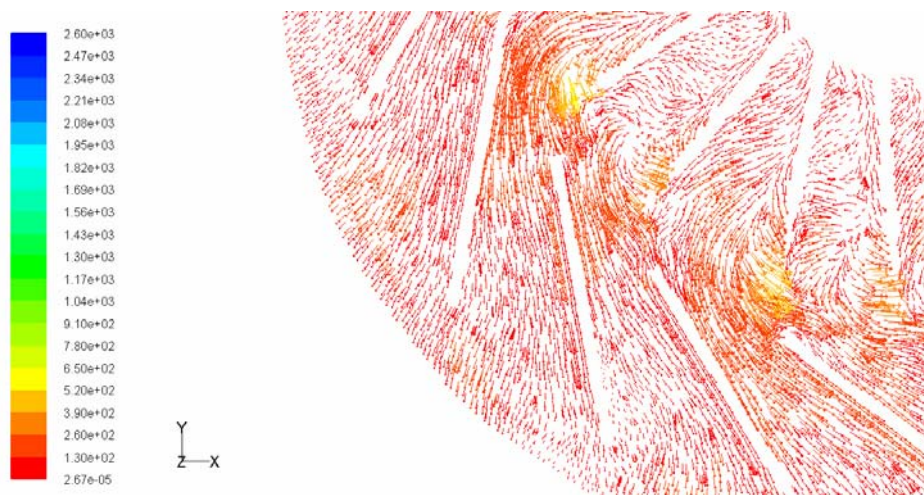
ระยะจุดวัดระหว่างร่อง crib ดิฟฟิวเซอร์ (mm)	-40.00	-41.90	-43.80	-45.70	-47.60	-49.50	-51.40	-53.30	-55.20	-57.10	-59.00
ความดันจุดวัด (kN/m^2) ความเร็วทางเข้า 29m/s	-1.698	-1.319	-0.920	-0.561	-0.224	-0.323	0.214	0.337	0.463	0.577	0.691
ความดันจุดวัด (kN/m^2) ความเร็วทางเข้า 45m/s	-4.130	-3.214	-2.251	-1.397	-0.590	-0.052	0.462	0.753	1.055	1.327	1.599
ความดันจุดวัด (kN/m^2) ความเร็วทางเข้า 51m/s	-5.060	-3.916	-2.683	-1.589	-0.584	0.081	0.716	1.027	1.355	1.687	2.045
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 29m/s	86.00	80.72	75.00	70.10	64.91	62.89	60.97	59.24	57.51	58.58	60.24
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 45m/s	134.23	126.07	117.12	109.55	101.55	98.29	95.27	92.49	89.66	91.22	93.68
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 51m/s	149.70	140.38	130.28	121.68	112.64	109.21	105.98	103.32	100.90	103.74	107.93

พิจารณาจากตาราง 17 ภาพประกอบ 109, 110 และ 111 ความเร็วทางเข้าโคจรครบ 29 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 58 rad/s cribกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -1.698 kN/m^2 ความเร็ว 86.00 m/s ทางออก ความดัน 0.691 kN/m^2 ความเร็ว 60.24 m/s, ความเร็วทางเข้าโคจรครบ 45 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 94 rad/s cribกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -4.130 kN/m^2 ความเร็ว 134.23 m/s ทางออก ความดัน 1.599 kN/m^2 ความเร็ว 93.68 m/s และความเร็วทางเข้าโคจรครบ 51 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 104 rad/s cribกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -5.060 kN/m^2 ความเร็ว 149.70 m/s ทางออก ความดัน 2.045 kN/m^2 ความเร็ว 107.93 m/s

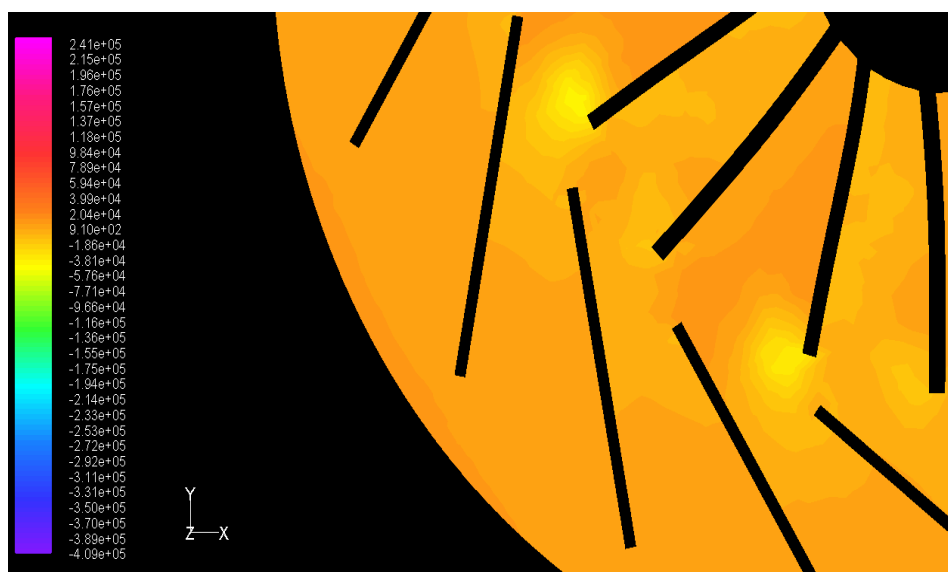


ภาพประกอบ 109 ความสัมพันธ์ของเส้นความเร็วกับเส้นความดัน ดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่น crib ตรงมุม 24° ตำแหน่งที่ 3

กราฟความเร็วจะลดลงในช่วงแรก ระหว่างกลางอัตราการลดความเร็วค่อนข้างต่ำและความเร็วสูงขึ้น จนถึงทางออก



ภาพประกอบ 110 แสดงเส้นการไหล แบบแผ่นคريبตรงมุม 24° ตำแหน่งที่ 3



ภาพประกอบ 111 แสดงระดับชั้นความดัน แบบแผ่นคريبตรงมุม 24° ตำแหน่งที่ 3

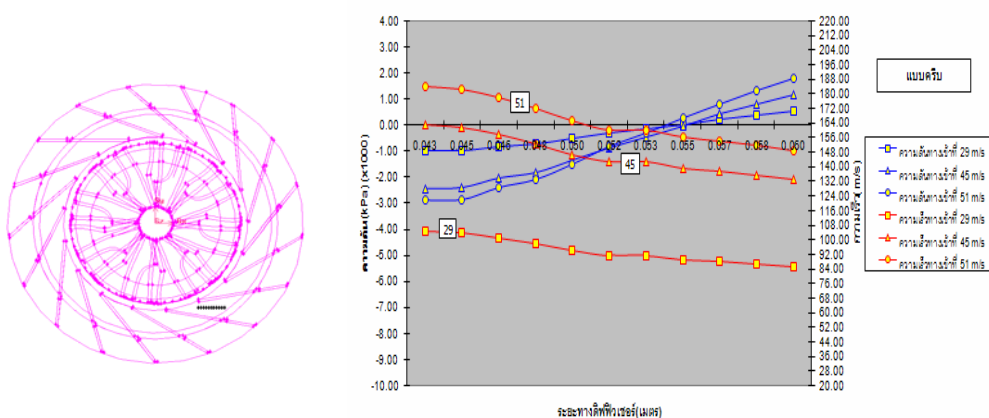
ผลการวิเคราะห์ใบ crib ดิฟฟิวเซอร์ แบบแผ่น crib ตรงมุม 27°

1. ผลการวิเคราะห์ใบ crib ดิฟฟิวเซอร์ แบบแผ่น crib ตรงมุม 27° ตำแหน่งที่ 1

ตาราง 18 แสดงค่าความดันและความเร็วชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่น crib ตรงมุม 27° ที่จุดวัดตำแหน่งที่ 1

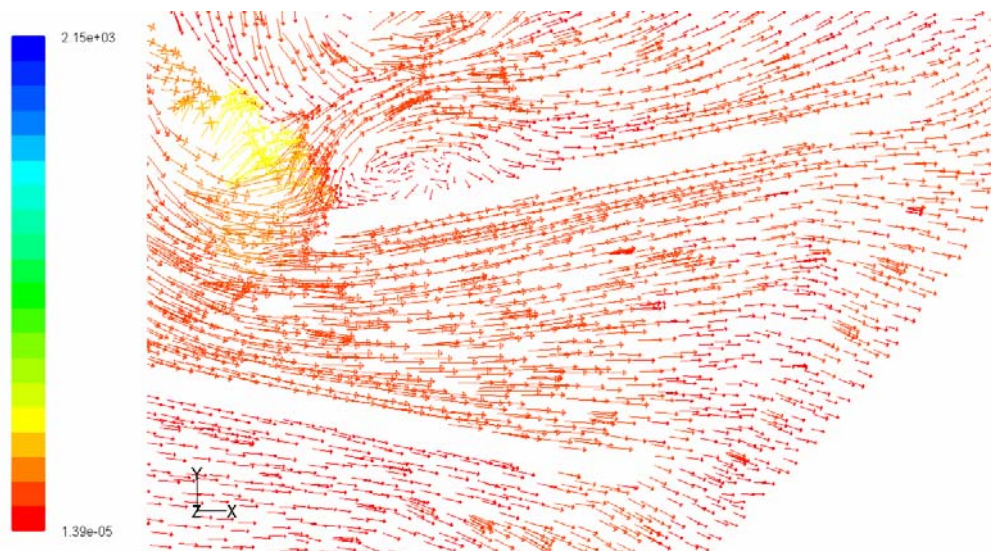
ระยะจุดวัดระหว่างร่อง crib ดิฟฟิวเซอร์ (mm)	43.00	44.70	46.40	48.10	49.80	51.50	53.20	54.90	56.50	58.30	60.00
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 29m/s	-0.965	-0.956	-0.803	-0.712	-0.521	-0.304	-0.141	0.038	0.220	0.384	0.538
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 45m/s	-2.432	-2.395	-2.034	-1.817	-1.362	-0.844	-0.450	-0.015	0.426	0.826	1.201
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 51m/s	-2.867	-2.852	-2.369	-2.075	-1.472	-0.791	-0.290	0.271	0.829	1.330	1.800
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 29m/s	104.96	103.94	101.36	97.99	94.37	91.58	91.48	89.41	88.07	86.98	85.37
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 45m/s	163.33	161.86	157.89	152.60	146.97	142.85	142.81	139.52	137.41	135.71	133.22
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 51m/s	184.54	182.61	177.97	171.92	165.35	160.16	160.00	156.35	154.04	152.18	149.35

พิจารณาจากตาราง 18 ภาพประกอบ 112, 113 และ 114 ความเร็วทางเข้าโคจรครบ 29 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 58 rad/s cribกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -0.965 kN/m² ความเร็ว 104.96 m/s ทางออก ความดัน 0.538 kN/m² ความเร็ว 85.37 m/s, ความเร็วทางเข้าโคจรครบ 45 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 94 rad/s cribกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -2.432 kN/m² ความเร็ว 163.33 m/s ทางออก ความดัน 1.201 kN/m² ความเร็ว 133.22 m/s และความเร็วทางเข้าโคจรครบ 51 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 104 rad/s cribกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -2.867 kN/m² ความเร็ว 184.54 m/s ทางออก ความดัน 1.800 kN/m² ความเร็ว 149.35 m/s



ภาพประกอบ 112 ความสัมพันธ์ของเส้นความเร็วกับเส้นความดัน ดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่น crib ตรงมุม 27° ตำแหน่งที่ 1

เส้นการไหลทางเข้ามีการแยกชั้นการไหลเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับ ใบครีบริดฟิวเซอร์ แบบครีบริดมุม 24°



ภาพประกอบ 113 แสดงเส้นการไหล แบบแผ่นครีบริดตรงมุม 27° ตำแหน่งที่ 1



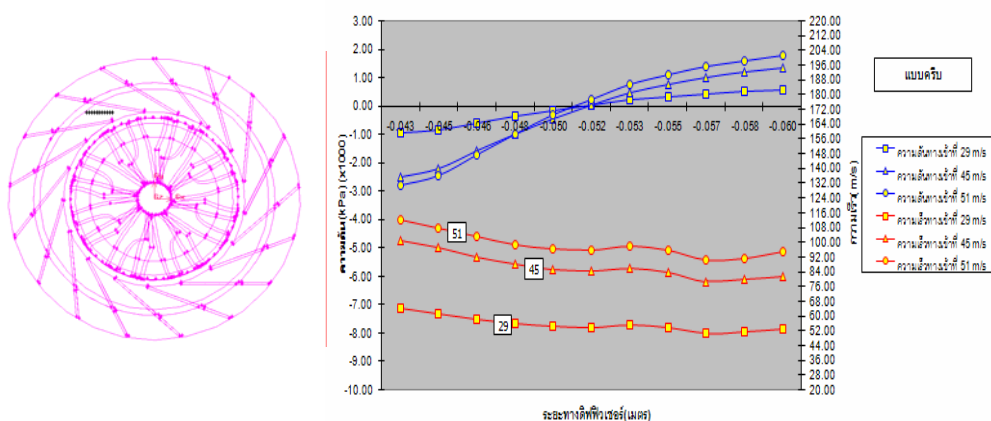
ภาพประกอบ 114 แสดงระดับชั้นความดัน แบบแผ่นครีบริดตรงมุม 27° ตำแหน่งที่ 1

2. ผลการวิเคราะห์ใบ crib ดิฟฟิวเซอร์ แบบแผ่น crib ตรงมุม 27° ตำแหน่งที่ 2

ตาราง 19 แสดงค่าความดันและความเร็วชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่น crib ตรง มุม 27° ที่จุดวัด ตำแหน่งที่ 2

ระยะจุดวัดระหว่างร่อง crib ดิฟฟิวเซอร์ (mm)	-43.00	-44.70	-46.40	-48.10	-49.80	-51.50	-53.20	-54.90	-56.50	-58.30	-60.00
ความดันจุดวัด (kN/m^2) ความเร็วทางเข้า 29m/s	-0.955	-0.846	-0.601	-0.348	-0.138	0.050	0.224	0.344	0.449	0.515	0.574
ความดันจุดวัด (kN/m^2) ความเร็วทางเข้า 45m/s	-2.477	-2.198	-1.589	-0.960	-0.435	0.032	0.466	0.767	1.033	1.199	1.341
ความดันจุดวัด (kN/m^2) ความเร็วทางเข้า 51m/s	-2.778	-2.454	-1.720	-0.962	-0.325	0.247	0.776	1.116	1.406	1.599	1.787
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 29m/s	64.28	61.56	58.69	56.14	54.76	54.15	55.00	53.67	50.70	51.28	52.84
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 45m/s	101.32	97.00	92.30	88.00	85.67	84.62	85.85	83.61	78.90	79.77	81.96
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 51m/s	112.65	107.91	103.10	98.80	96.70	95.97	97.80	95.65	90.44	91.61	94.71

พิจารณาจากตาราง 19 ภาพประกอบ 115, 116 และ 117 ความเร็วทางเข้าโครงกรอบ 29 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 58 rad/s cribกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -0.955 kN/m^2 ความเร็ว 64.28 m/s ทางออก ความดัน 0.574 kN/m^2 ความเร็ว 52.84 m/s, ความเร็วทางเข้าโครงกรอบ 45 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 94 rad/s cribกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -2.477 kN/m^2 ความเร็ว 101.32 m/s ทางออก ความดัน 1.341 kN/m^2 ความเร็ว 81.96 m/s และความเร็วทางเข้าโครงกรอบ 51 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 104 rad/s cribกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -2.778 kN/m^2 ความเร็ว 112.65 m/s ทางออก ความดัน 1.787 kN/m^2 ความเร็ว 94.71 m/s กราฟความเร็ว จะลดลงในอัตราการลดความเร็วค่อนข้างต่ำ ตรงกลางจะสูงขึ้นเล็กน้อยและทางออกจะสูงขึ้น เส้นการไหลมีการแยกชั้นการไหล ที่ทางเข้า crib ดิฟฟิวเซอร์



ภาพประกอบ 115 ความสัมพันธ์ของเส้นความเร็วกับเส้นความดัน ดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่น crib ตรงมุม 27° ตำแหน่งที่ 2



ภาพประกอบ 116 แสดงเส้นการไหล แบบแผ่นคريبตรงมุม 27° ตำแหน่งที่ 2



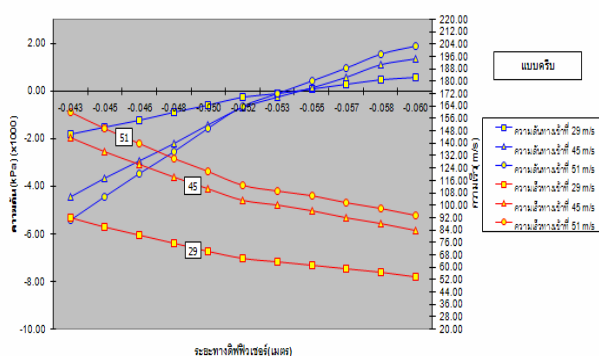
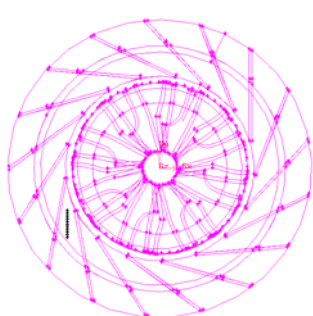
ภาพประกอบ 117 แสดงระดับชั้นความดัน แบบแผ่นคريبตรงมุม 27° ตำแหน่งที่ 2

3. ผลการวิเคราะห์ใบ crib dip fiber แบบแผ่น crib ตรงมุม 27° ตำแหน่งที่ 3

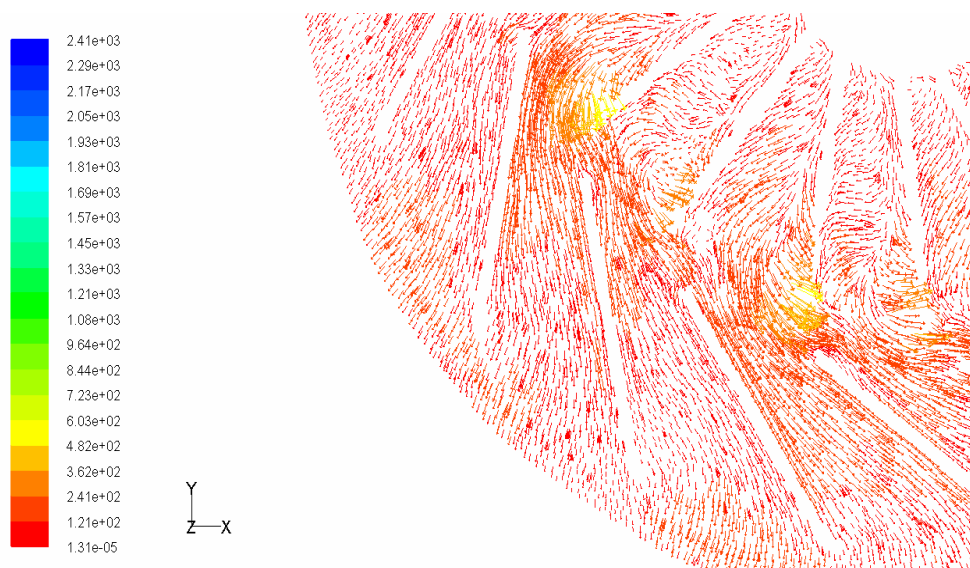
ตาราง 20 แสดงค่าความดันและความเร็วชุดจำลองดip fiber แบบแผ่น crib ตรง มุม 27° ที่จุดวัดตำแหน่งที่ 3

ระยะจุดวัดระหว่างร่อง crib dip fiber (mm)	-43.00	-44.70	-46.40	-48.10	-49.80	-51.50	-53.20	-54.90	-56.50	-58.30	-60.00
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 29m/s	-1.833	-1.516	-1.207	-0.903	-0.570	-0.274	-0.096	0.082	0.263	0.470	0.577
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 45m/s	-4.434	-3.672	-2.935	-2.207	-1.404	-0.695	-0.268	0.159	0.598	1.096	1.352
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 51m/s	-5.415	-4.442	-3.486	-2.557	-1.544	-0.640	-0.106	0.423	0.952	1.559	1.873
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 29m/s	92.03	86.12	80.73	75.56	70.62	65.80	63.74	61.48	59.07	56.69	53.94
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 45m/s	143.71	134.68	126.48	118.54	110.88	103.30	99.99	96.29	92.34	88.39	83.83
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 51m/s	160.33	149.54	139.79	130.53	121.65	113.08	109.58	105.92	101.87	98.07	93.61

พิจารณาจากตาราง 20 ภาพประกอบ 118, 119 และ 120 ความเร็วทางเข้าโคจรครบ 29 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 58 rad/s cribกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -1.833 kN/m² ความเร็ว 92.03 m/s ทางออก ความดัน 0.577 kN/m² ความเร็ว 53.94 m/s, ความเร็วทางเข้าโคจรครบ 45 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 94 rad/s cribกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -4.434 kN/m² ความเร็ว 143.71 m/s ทางออก ความดัน 1.352 kN/m² ความเร็ว 83.83 m/s และความเร็วทางเข้าโคจรครบ 51 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 104 rad/s cribกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -5.415 kN/m² ความเร็ว 160.33 m/s ทางออก ความดัน 1.783 kN/m² ความเร็ว 93.61 m/s กราฟความดันมีอัตราความดันเพิ่มขึ้นและกราฟความเร็วมีอัตราความเร็วลดลง ตามหลักทฤษฎี dip fiber เส้นการไหลไม่มีการแยกชั้นการไหล ที่ทางเข้า crib dip fiber



ภาพประกอบ 118 ความสัมพันธ์ของเส้นความเร็วกับเส้นความดัน dip fiber แบบแผ่น crib ตรงมุม 27° ตำแหน่งที่ 3



ภาพประกอบ 119 แสดงเส้นการไหล แบบแผ่นคريبตรงมุม 27° ตำแหน่งที่ 3



ภาพประกอบ 120 แสดงระดับชั้นความดัน แบบแผ่นคريبตรงมุม 27° ตำแหน่งที่ 3

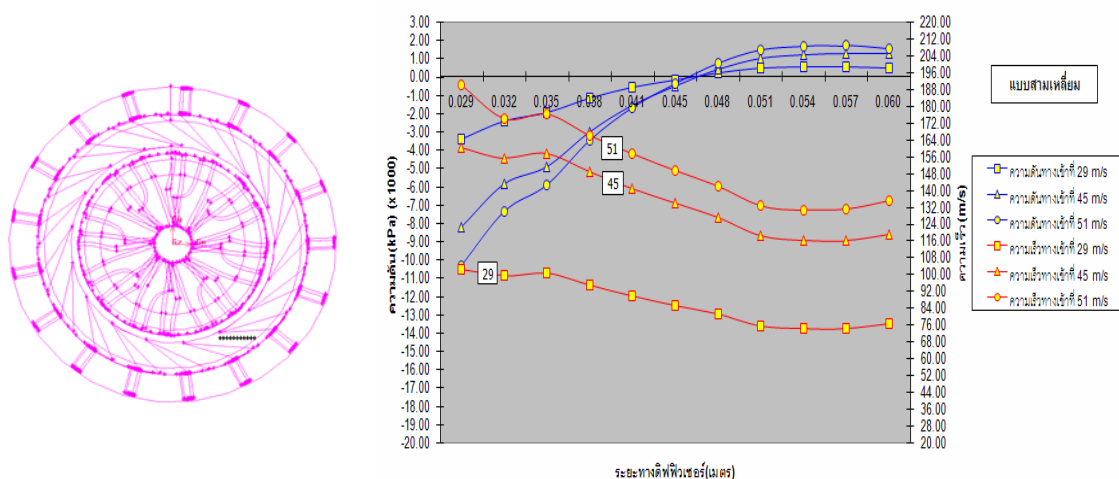
2. ผลการวิเคราะห์ใบครีบริดฟิวเซอร์ แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม

ผลการวิเคราะห์ใบครีบริดฟิวเซอร์ แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 15°

1. ผลการวิเคราะห์ใบครีบริดฟิวเซอร์ แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 15° ตำแหน่งที่ 1

ตาราง 21 แสดงค่าความดันและความเร็วชุดจำลอง แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 15° ที่จุดวัดตำแหน่งที่ 1

ระยะจุดวัดระหว่างร่อง ครีบริดฟิวเซอร์ (mm)	29.00	32.10	35.20	38.30	41.40	44.50	47.60	50.70	53.80	56.90	60.00
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 29m/s	-3.405	-2.430	-1.990	-1.204	-0.613	-0.191	0.172	0.430	0.512	0.527	0.495
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 45m/s	-8.249	-5.885	-4.909	-3.000	-1.570	-0.537	0.386	0.998	1.219	1.283	1.235
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 51m/s	-10.38	-7.359	-5.952	-3.498	-1.680	-0.389	0.750	1.463	1.681	1.682	1.543
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 29m/s	102.42	99.18	100.37	94.61	89.59	85.10	80.88	75.32	74.14	74.17	76.35
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 45m/s	160.00	155.18	157.50	148.62	140.83	133.83	126.94	118.32	116.18	115.74	118.88
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 51m/s	189.65	173.91	175.90	165.89	157.18	149.37	141.66	132.39	130.50	130.78	134.69

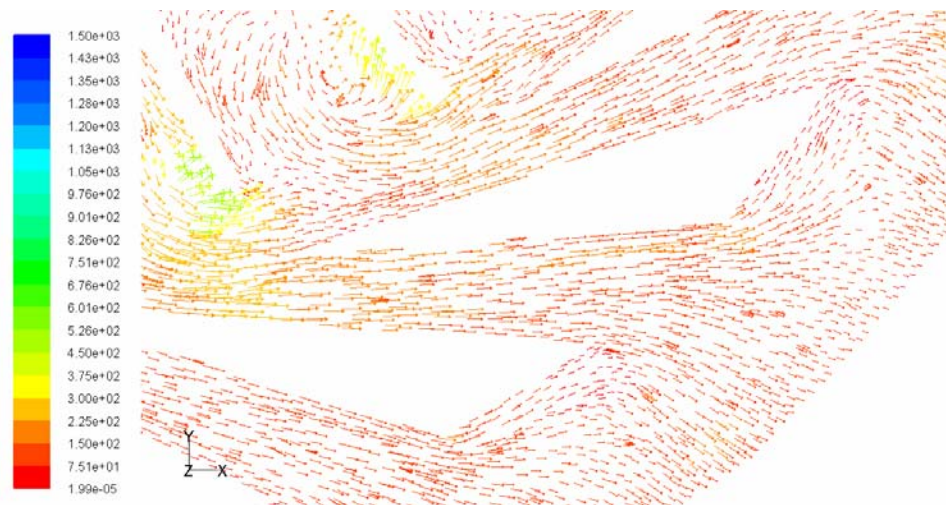


ภาพประกอบ 121 ความสัมพันธ์ของเส้นความเร็วกับเส้นความดัน ดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 15° ตำแหน่งที่ 1

พิจารณาจากตาราง 20 ภาพประกอบ 71 และ 72 ความเร็วทางเข้าโคจรครบ 29 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 58 rad/s ครีบริดกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -3.405 kN/m² ความเร็ว

102.42 m/s ทางออก ความดัน 0.495 kN/m^2 ความเร็ว 76.35 m/s, ความเร็วทางเข้า โค้งรอบ 45 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 94 rad/s ครีบกะจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -8.249 kN/m^2 ความเร็ว 160.00 m/s ทางออก ความดัน 1.235 kN/m^2 ความเร็ว 118.88 m/s และความเร็วทางเข้า โค้งรอบ 51 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 104 rad/s ครีบกะจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -10.38 kN/m^2 ความเร็ว 189.65 m/s ทางออก ความดัน 1.543 kN/m^2 ความเร็ว 134.69 m/s

พิจารณาจากกราฟพบว่า เส้นกราฟความดันที่ทางออกจะโค้งลง เส้นกราฟความเร็วที่ทางออกจะค่อยสูงขึ้น เส้นการไหลที่ไหลชิดผนังด้านบนจะขาดเป็นช่วง ไม่มีการแยกชั้นการไหลที่ทางเข้า แผ่นครีบริดจ์ฟิวเซอร์



ภาพประกอบ 122 แสดงเส้นการไหล แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมสูง 15° ตำแหน่งที่ 1



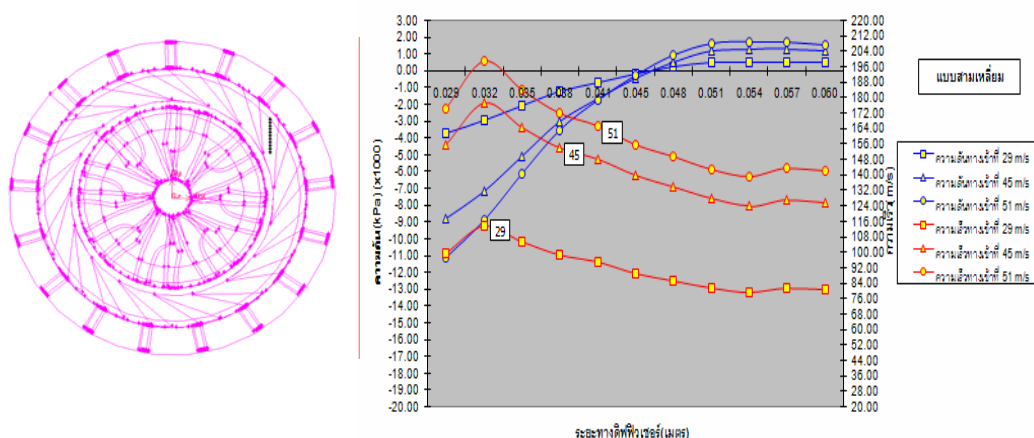
ภาพประกอบ 123 แสดงระดับชั้นความดัน แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมสูง 15° ตำแหน่งที่ 1

2. ผลการวิเคราะห์ใบ crib dip fiber แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 15° ตำแหน่งที่ 2

ตาราง 22 แสดงค่าความดันและความเร็วชุดจำลอง แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 15° ที่จุดวัดตำแหน่งที่ 2

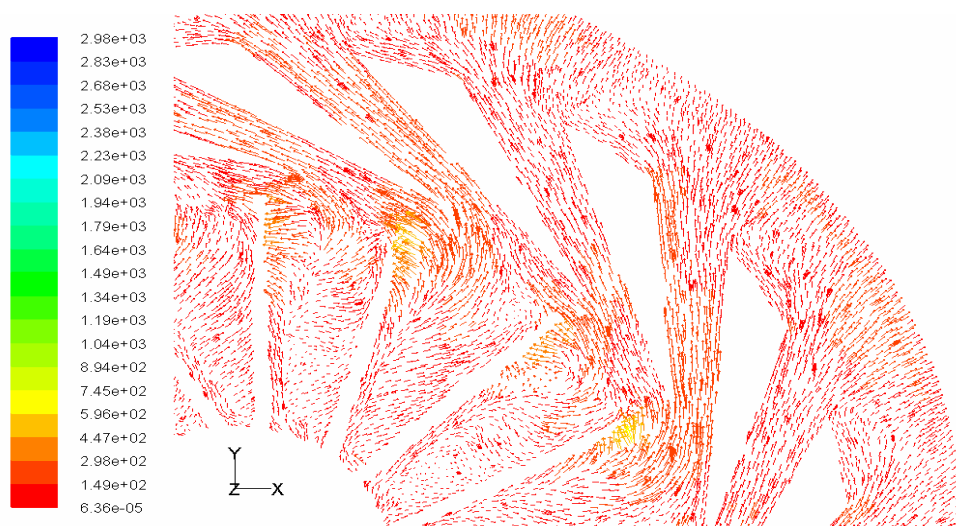
ระยะจุดวัดระหว่างร่อง crib dip fiber (mm)	29.00	32.10	35.20	38.30	41.40	44.50	47.60	50.70	53.80	56.90	60.00
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 29m/s	-3.662	-2.960	-2.076	-1.227	-0.650	-0.156	0.235	0.489	0.536	0.541	0.485
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 45m/s	-8.803	-7.168	-5.066	-3.025	-1.625	-0.419	0.544	1.174	1.303	1.330	1.204
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 51m/s	-11.09	-8.886	-6.134	-3.496	-1.737	-0.244	0.921	1.655	1.742	1.725	1.514
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 29m/s	99.89	113.91	105.64	98.60	94.99	89.39	85.55	81.66	79.471	81.44	80.59
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 45m/s	155.58	177.53	164.90	154.05	148.44	139.74	133.76	127.65	124.003	126.95	125.57
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 51m/s	174.67	199.00	184.40	171.99	165.83	156.08	149.52	142.87	139.549	143.43	141.88

พิจารณาจากตาราง 22 ภาพประกอบ 124, 125 และ 126 ความเร็วทางเข้าโคจรครบ 29 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 58 rad/s cribกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -3.662 kN/m² ความเร็ว 99.89 m/s ทางออก ความดัน 0.485 kN/m² ความเร็ว 80.59 m/s, ความเร็วทางเข้าโคจรครบ 45 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 94 rad/s cribกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -8.803 kN/m² ความเร็ว 155.58 m/s ทางออก ความดัน 1.204 kN/m² ความเร็ว 125.57 m/s และความเร็วทางเข้าโคจรครบ 51 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 104 rad/s cribกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -11.09 kN/m² ความเร็ว 174.67 m/s ทางออก ความดัน 1.514 kN/m² ความเร็ว 141.88 m/s



ภาพประกอบ 124 ความสัมพันธ์ของเส้นความเร็วกับเส้นความดัน ดิฟไฟเบอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมออก 15° ตำแหน่งที่ 2

พิจารณาจากกราฟพบว่า เส้นกราฟความดันที่ทางออกจะโค้งลง เส้นกราฟความเร็วสูงขึ้น หลังทางเข้าและก่อนทางออก เส้นการไหลที่ไหลชิดผนังด้านบนจะขาดเป็นช่วง ไม่มีการแยกชั้น การไหลที่ทางเข้า แผ่นครีบริดฟิวเซอร์



ภาพประกอบ 125 แสดงเส้นการไหล แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมสูง 15° ตำแหน่งที่ 2



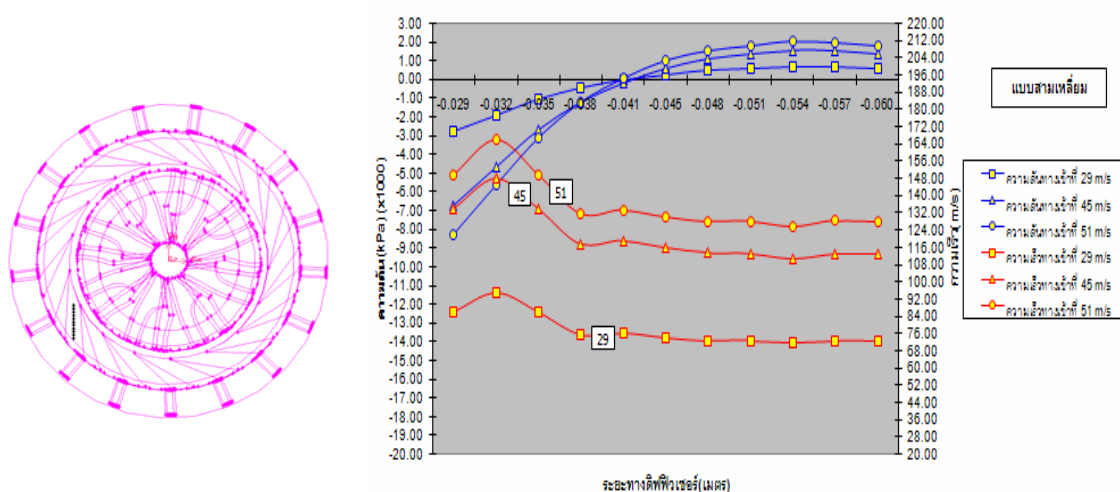
ภาพประกอบ 126 แสดงระดับชั้นความดัน แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมสูง 15° ตำแหน่งที่ 2

3. ผลการวิเคราะห์ใบ crib dip fivexor แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 15° ตำแหน่งที่ 3

ตาราง 23 แสดงค่าความดันและความเร็วชุดจำลอง แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 15° ที่จุดวัดตำแหน่งที่ 3

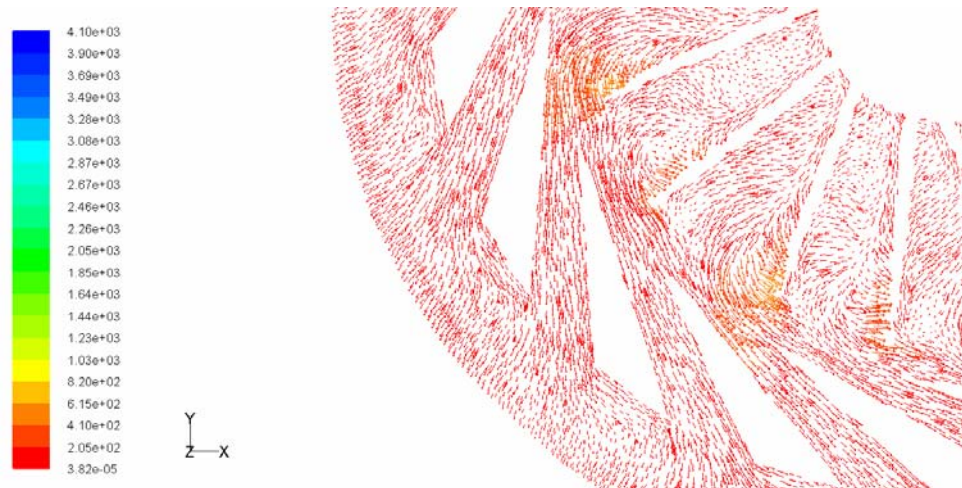
ระยะจุดวัดระหว่างร่อง crib dip fivexor (mm)	-29.00	-32.10	-35.20	-38.30	-41.40	-44.50	-47.60	-50.70	-53.80	-56.90	-60.00
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 29m/s	-2.782	-1.905	-1.071	-0.449	-0.022	0.291	0.480	0.578	0.668	0.650	0.579
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 45m/s	-6.723	-4.662	-2.688	-1.206	-0.174	0.602	1.078	1.338	1.578	1.564	1.409
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 51m/s	-8.275	-5.605	-3.075	-1.190	0.084	1.006	1.550	1.824	2.076	2.008	1.772
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 29m/s	85.73	94.90	85.84	75.38	76.21	74.20	72.87	72.89	71.50	72.86	72.83
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 45m/s	133.64	148.15	134.24	117.81	119.15	115.87	113.51	113.31	110.62	112.83	112.66
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 51m/s	149.77	165.87	150.07	131.91	133.42	130.08	127.99	128.2	126.04	128.50	128.29

พิจารณาจากตารางที่ 23 ภาพประกอบที่ 127,128 และ 129 ความเร็วทางเข้าโครงกรอบ 29 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 58 rad/s กระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -2.782 kN/m² ความเร็ว 85.73 m/s ทางออก ความดัน 0.579 kN/m² ความเร็ว 72.83 m/s, ความเร็วทางเข้าโครงกรอบ 45 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 94 rad/s กระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -6.723 kN/m² ความเร็ว 133.64 m/s ทางออก ความดัน 1.409 kN/m² ความเร็ว 112.66 m/s และความเร็วทางเข้าโครงกรอบ 51 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 104 rad/s กระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -8.275 kN/m² ความเร็ว 149.77 m/s ทางออก ความดัน 1.772 kN/m² ความเร็ว 128.29 m/s



ภาพประกอบ 127 ความสัมพันธ์ของเส้นความเร็วกับเส้นความดัน ดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 15° ตำแหน่งที่ 3

พิจารณาจากกราฟพบว่า เส้นกราฟความดันที่ทางออกจะโค้งลง เส้นกราฟความเร็วสูงขึ้น หลังทางเข้าและก่อนทางออก เส้นการไหลที่ไหลชิดผนังด้านบนจะขาดเป็นช่วง ไม่มีการแยกชั้น การไหลที่ทางเข้า แผ่นครีบกกระจายอากาศ



ภาพประกอบ 128 แสดงเส้นการไหล แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 15° ตำแหน่งที่ 3



ภาพประกอบ 129 แสดงระดับชั้นความดัน แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 15° ตำแหน่งที่ 3

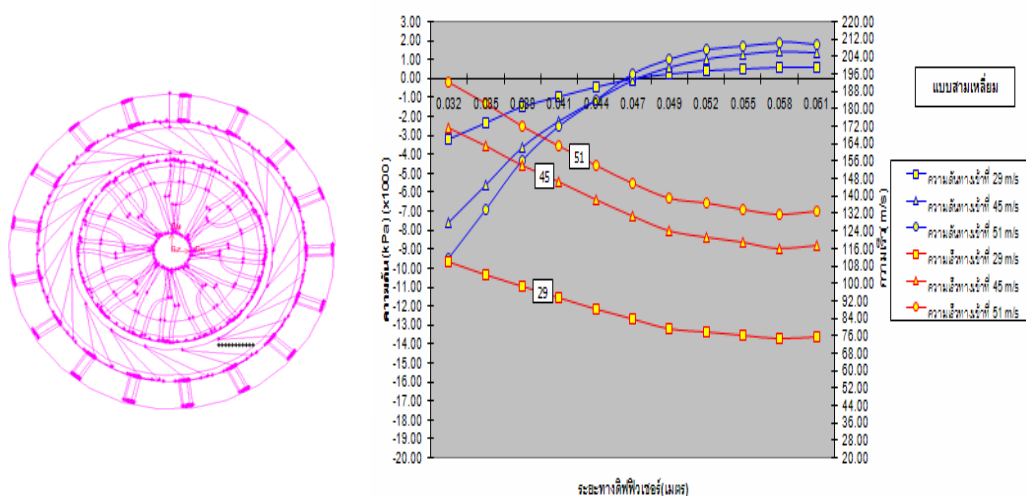
ผลการวิเคราะห์ใบคิริบตีฟิวเซอร์ แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 18°

1. ผลการวิเคราะห์ใบคิริบตีฟิวเซอร์ แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 18° ตำแหน่งที่ 1

ตาราง 24 แสดงค่าความดันและความเร็วชุดจำลองแบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 18° ที่จุดวัดตำแหน่งที่ 1

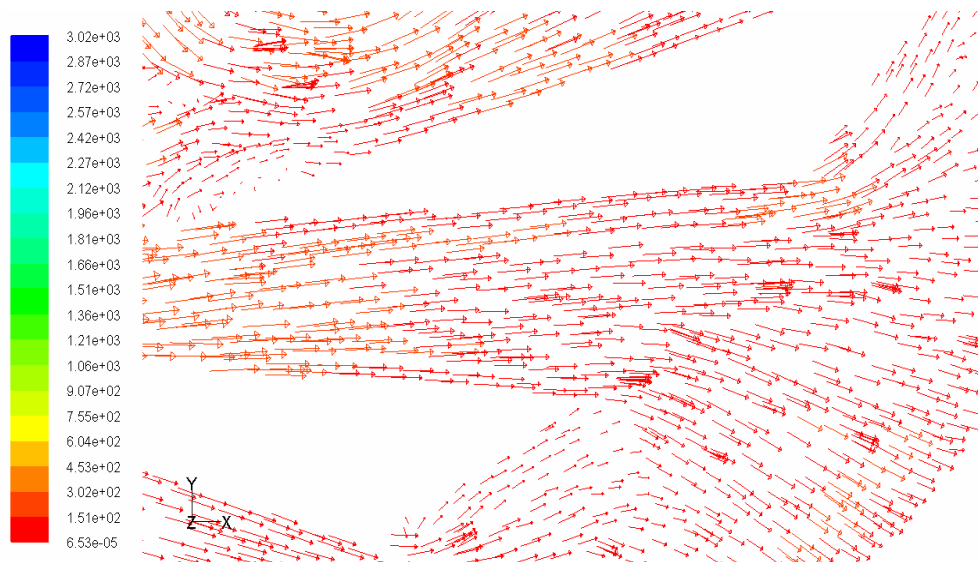
ระยะจุดวัดระหว่างร่อง คิริบตีฟิวเซอร์ (mm)	32.00	34.90	37.80	40.70	43.60	46.50	49.40	52.30	55.20	58.10	61.00
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 29m/s	-3.145	-2.303	-1.475	-0.912	-0.448	-0.002	0.273	0.444	0.524	0.598	0.572
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 45m/s	-7.603	-5.595	-3.622	-2.280	-1.154	-0.062	0.629	1.074	1.275	1.461	1.418
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 51m/s	-9.494	-6.870	-4.285	-2.534	-1.117	0.236	1.040	1.514	1.732	1.929	1.811
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 29m/s	110.01	104.36	98.75	93.54	88.48	83.67	79.41	77.81	76.18	74.68	75.50
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 45m/s	171.72	163.07	154.52	146.55	138.71	131.15	124.35	121.27	118.81	116.32	117.46
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 51m/s	192.50	182.50	172.53	163.39	154.52	146.16	138.92	136.84	133.95	131.57	133.26

พิจารณาจากตารางที่ 24 ภาพประกอบที่ 130,131และ 132 ความเร็วทางเข้าโครงกรอบ 29 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 58 rad/s คิริบกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -3.145 kN/m² ความเร็ว 110.01 m/s ทางออก ความดัน 0.572 kN/m² ความเร็ว 75.50 m/s, ความเร็วทางเข้าโครงกรอบ 45 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 94 rad/s คิริบกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -7.603 kN/m² ความเร็ว 171.72 m/s ทางออก ความดัน 1.418 kN/m² ความเร็ว 117.46 m/s และความเร็ว

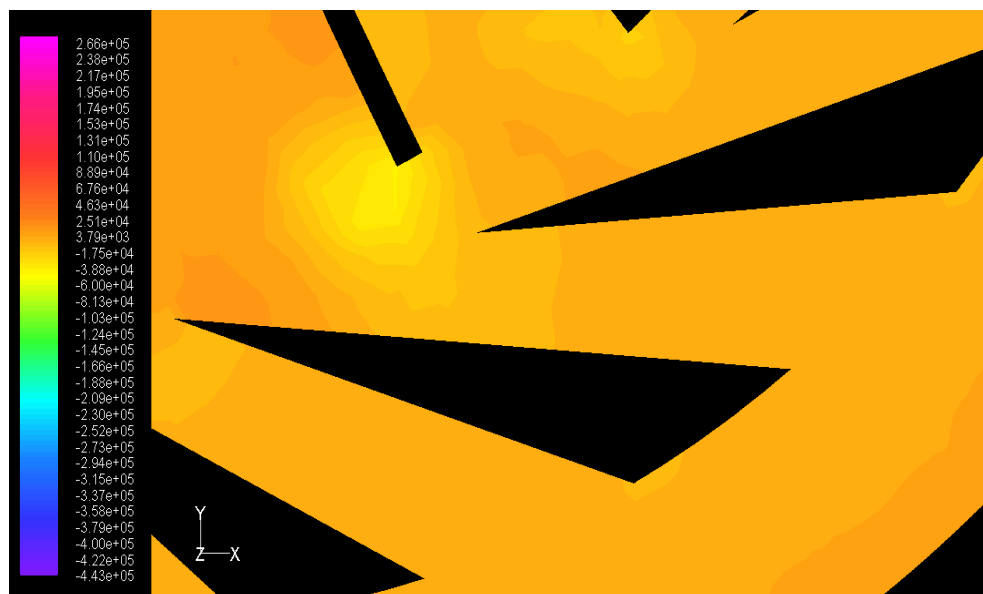


ภาพประกอบ 130 ความสัมพันธ์ของเส้นความเร็วกับเส้นความดัน ดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมออก 18° ตำแหน่งที่ 1

ทางเข้าโค้งรอบ 51 m/s คอมเพรสเซอร์วีลหมุน 104 rad/s ดิฟฟูเซอร์ ทางเข้า ความดัน -9.494 kN/m^2 ความเร็ว 192.50 m/s ทางออก ความดัน 1.811 kN/m^2 ความเร็ว 133.26 m/s พิจารณาจากกราฟพบว่า เส้นกราฟความดันที่ทางออกลดลง เส้นกราฟความเร็วสูงขึ้นก่อนทางออก มีการแยกชั้นการไหลที่ทางเข้า แผ่นครีปดิฟฟูเซอร์เล็กน้อย



ภาพประกอบ 131 แสดงเส้นการไหล แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมสูง 18° ตำแหน่งที่ 1



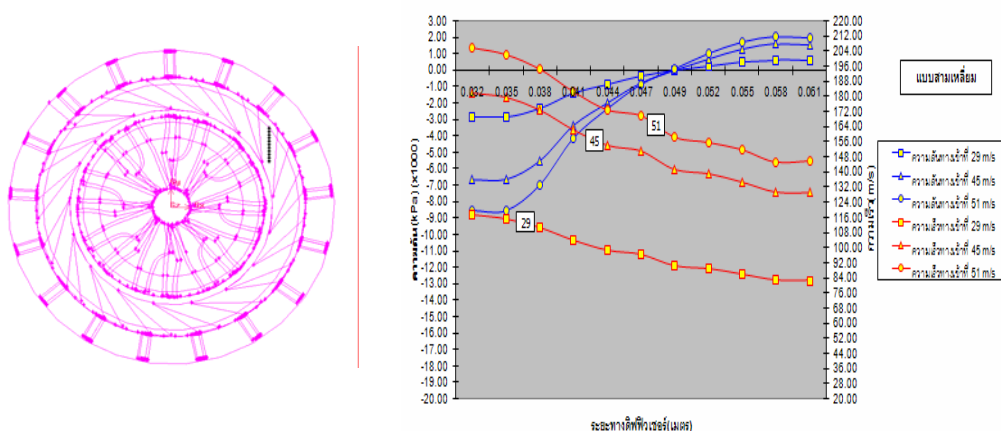
ภาพประกอบ 132 แสดงระดับชั้นความดัน แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมสูง 18° ตำแหน่งที่ 1

2. ผลการวิเคราะห์ใบ crib dip fiber แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 18° ตำแหน่งที่ 2

ตาราง 25 แสดงค่าความดันและความเร็วชุดจำลอง แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 18° ที่จุดวัด ตำแหน่งที่ 2

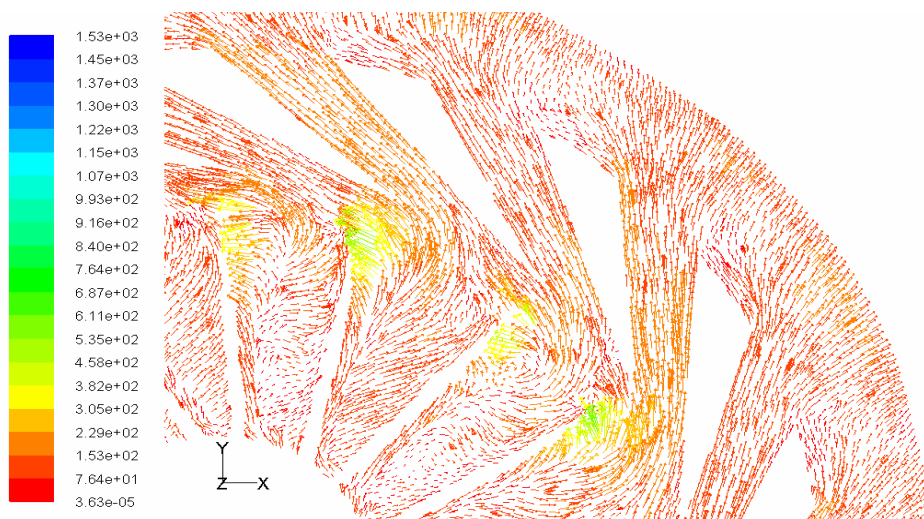
ระยะจุดวัดระหว่างร่อง crib dip fiber (mm)	32.00	34.90	37.80	40.70	43.60	46.50	49.40	52.30	55.20	58.10	61.00
ความดันจุดวัด (kN/m^2) ความเร็วทางเข้า 29m/s	-2.801	-2.802	-2.305	-1.406	-0.823	-0.326	-0.021	0.288	0.523	0.642	0.630
ความดันจุดวัด (kN/m^2) ความเร็วทางเข้า 45m/s	-6.653	-6.638	-5.512	-3.378	-1.987	-0.776	-0.039	0.723	1.301	1.595	1.568
ความดันจุดวัด (kN/m^2) ความเร็วทางเข้า 51m/s	-8.536	-8.551	-6.957	-4.144	-2.328	-0.820	0.096	1.012	1.702	2.040	1.974
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 29m/s	117.20	115.34	110.85	104.17	98.67	96.68	90.48	88.92	86.26	82.77	82.67
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 45m/s	182.13	179.43	172.93	162.78	154.21	151.16	141.54	139.06	134.87	129.59	129.19
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 51m/s	205.78	202.40	194.32	182.52	172.92	169.64	158.50	156.03	151.62	145.46	145.91

พิจารณาจากตาราง 25 ภาพประกอบ 133 และ 134 ความเร็วทางเข้าโคจรครบ 29 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 58 rad/s cribกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -2.801 kN/m^2 ความเร็ว 117.20 m/s ทางออก ความดัน 0.630 kN/m^2 ความเร็ว 82.67 m/s, ความเร็วทางเข้าโคจรครบ 45 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 94 rad/s cribกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -6.653 kN/m^2 ความเร็ว 182.13 m/s ทางออก ความดัน 1.568 kN/m^2 ความเร็ว 129.19 m/s และความเร็วทางเข้าโคจรครบ 51 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 104 rad/s cribกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -8.536 kN/m^2 ความเร็ว 205.78 m/s ทางออก ความดัน 1.974 kN/m^2 ความเร็ว 145.91 m/s



ภาพประกอบ 133 ความสัมพันธ์ของเส้นความเร็วกับเส้นความดัน ดิฟไฟเบอร์แบบแผ่นเรียบ สามเหลี่ยมมุม 18° ตำแหน่งที่ 2

พิจารณาจากกราฟพบว่า เส้นกราฟความดันที่ทางออกลดลง เส้นกราฟความเร็วสูงขึ้น ก่อนทางออก มีการแยกชั้นการไหลที่ทางเข้า แผ่นดริบกระจายอากาศเล็กน้อย



ภาพประกอบ 134 แสดงเส้นการไหล แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมลู่ 18° ตำแหน่งที่ 2



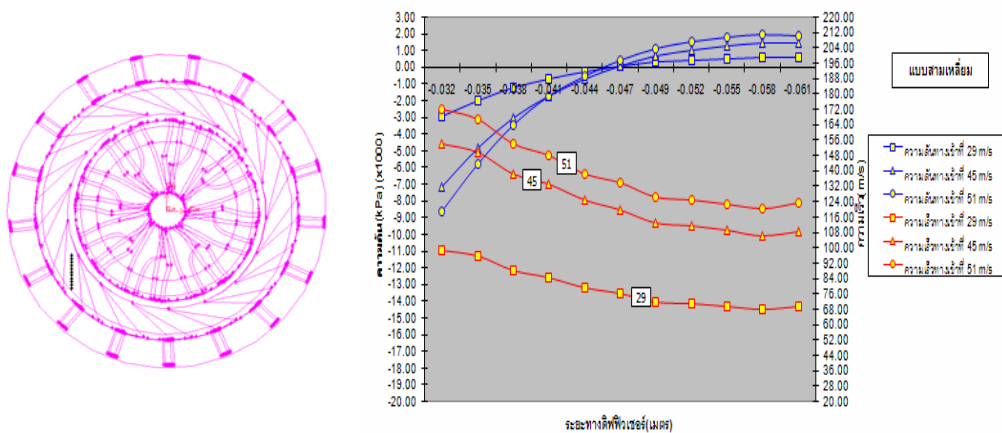
ภาพประกอบ 135 แสดงระดับชั้นความดัน แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมลู่ 18° ตำแหน่งที่ 2

3. ผลการวิเคราะห์ใบ crib dip fivexor แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 18° ตำแหน่งที่ 3

ตาราง 26 แสดงค่าความดันและความเร็วชุดจำลอง แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 18° ที่จุดวัด ตำแหน่งที่ 3

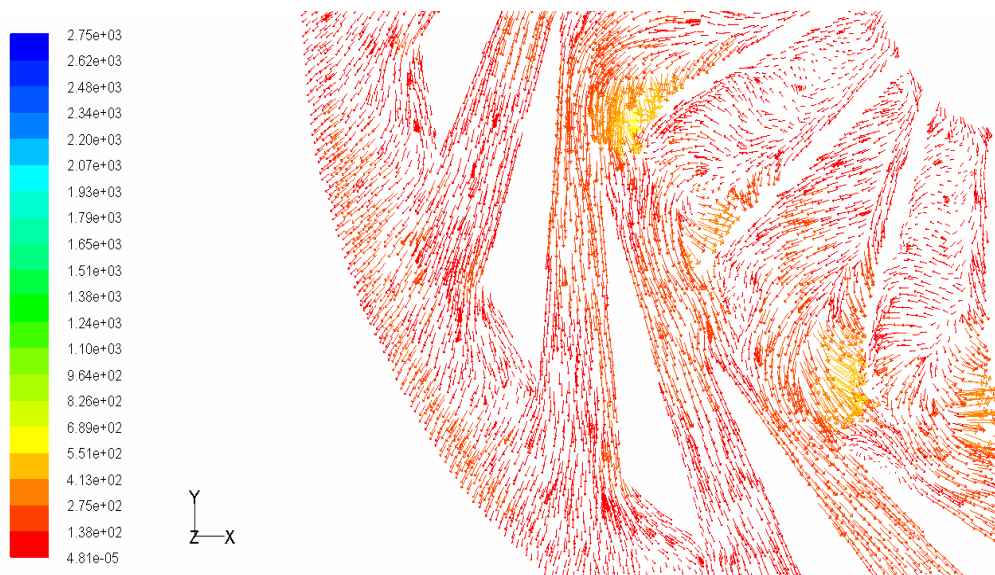
ระยะจุดวัดระหว่างร่อง crib dip fivexor (mm)	-32.00	-34.90	-37.80	-40.70	-43.60	-46.50	-49.40	-52.30	-55.20	-58.10	-61.00
ความดันจุดวัด (kN/m^2) ความเร็วทางเข้า 29m/s	-2.906	-1.977	-1.223	-0.654	-0.250	0.067	0.312	0.451	0.555	0.613	0.602
ความดันจุดวัด (kN/m^2) ความเร็วทางเข้า 45m/s	-7.142	-4.846	-3.053	-1.684	-0.704	0.077	0.680	1.038	1.306	1.461	1.454
ความดันจุดวัด (kN/m^2) ความเร็วทางเข้า 51m/s	-8.609	-5.761	-3.433	-1.705	-0.488	0.439	1.154	1.528	1.804	1.949	1.888
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 29m/s	98.53	95.69	88.34	84.80	79.41	76.54	72.14	71.23	69.86	68.47	69.79
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 45m/s	154.21	149.70	138.46	133.02	124.67	119.99	113.11	111.42	108.98	106.46	108.35
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 51m/s	172.22	167.19	154.14	148.06	138.74	133.90	126.36	124.90	122.82	120.73	123.27

พิจารณาจากตาราง 26 ภาพประกอบ 136, 137 และ 138 ความเร็วทางเข้าโคจรครบ 29 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 58 rad/s กระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -2.906 kN/m^2 ความเร็ว 98.53 m/s ทางออก ความดัน 0.602 kN/m^2 ความเร็ว 69.79 m/s, ความเร็วทางเข้าโคจรครบ 45 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 94 rad/s กระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -7.142 kN/m^2 ความเร็ว 154.21 m/s ทางออก ความดัน 1.454 kN/m^2 ความเร็ว 108.35 m/s และความเร็วทางเข้าโคจรครบ 51 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 104 rad/s กระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -8.609 kN/m^2 ความเร็ว 172.22 m/s ทางออก ความดัน 1.888 kN/m^2 ความเร็ว 123.27 m/s



ภาพประกอบ 136 ความสัมพันธ์ของเส้นความเร็วกับเส้นความดัน ดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบ สามเหลี่ยมมุม 18° ตำแหน่งที่ 3

พิจารณาจากกราฟพบว่า เส้นกราฟความดันที่ทางออกลดลง เส้นกราฟความเร็วสูงขึ้น ก่อนทางออก ไม่มีการแยกชั้นการไหลที่ทางเข้า แผ่น crib ดีฟิวเซอร์



ภาพประกอบ 137 แสดงเส้นการไหล แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมฉก 18° ตำแหน่งที่ 3



ภาพประกอบ 138 แสดงระดับชั้นความดัน แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมฉก 18° ตำแหน่งที่ 3

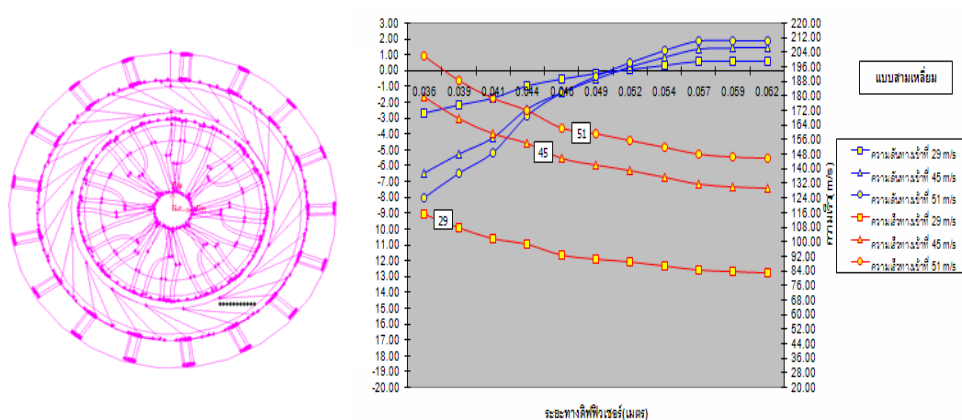
ผลการวิเคราะห์ใบคิริบดิฟฟิวเซอร์ แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 21°

1. ผลการวิเคราะห์ใบคิริบดิฟฟิวเซอร์ แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 21° ตำแหน่งที่ 1

ตาราง 21 แสดงค่าความดันและความเร็วชุดจำลอง แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 21° ที่จุดวัดตำแหน่งที่ 1

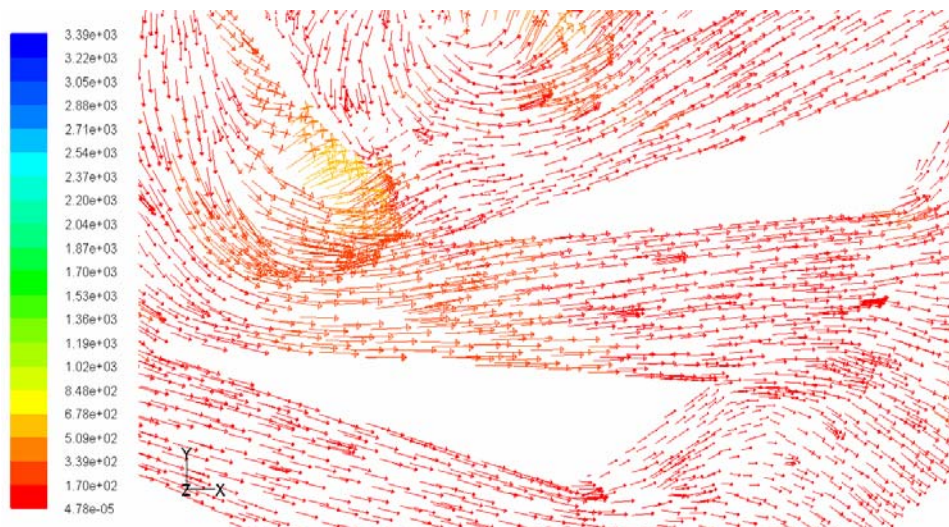
ระยะจุดวัดระหว่างร่อง คิริบดิฟฟิวเซอร์ (mm)	36.00	38.60	41.20	43.80	46.40	49.00	51.60	54.20	56.80	59.40	62.00
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 29m/s	-2.634	-2.143	-1.718	-0.975	-0.525	-0.185	0.114	0.362	0.565	0.587	0.606
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 45m/s	-6.438	-5.233	-4.215	-2.434	-1.343	-0.504	0.232	0.851	1.360	1.427	1.490
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 51m/s	-8.015	-6.471	-5.127	-2.808	-1.420	-0.385	0.513	1.258	1.857	1.896	1.928
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 29m/s	115.33	107.60	102.09	98.54	93.02	90.94	88.90	86.63	84.30	83.46	83.15
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 45m/s	179.64	167.98	159.61	154.06	145.63	142.36	139.16	135.58	131.87	130.48	129.83
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 51m/s	202.09	188.39	178.65	172.53	162.73	159.12	155.69	151.86	147.94	146.63	146.32

พิจารณาจากตาราง 27 ภาพประกอบ 139, 140 และ 141 ความเร็วทางเข้าโครงรอบ 29 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 58 rad/s คิริบกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -2.634 kN/m² ความเร็ว 115.33 m/s ทางออก ความดัน 0.606 kN/m² ความเร็ว 83.15 m/s, ความเร็วทางเข้าโครงรอบ 45 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 94 rad/s คิริบกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -6.438 kN/m² ความเร็ว 179.64 m/s ทางออก ความดัน 1.490 kN/m² ความเร็ว 129.83 m/s และความเร็วทางเข้าโครงรอบ 51 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 104 rad/s คิริบกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -8.015 kN/m² ความเร็ว 202.09 m/s ทางออก ความดัน 1.928 kN/m² ความเร็ว 146.32 m/s



ภาพประกอบ 139 ความสัมพันธ์ของเส้นความเร็วกับเส้นความดัน ดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมออก 21° ตำแหน่งที่ 1

กราฟความดันมีอัตราความดันเพิ่มขึ้นและกราฟความเร็วมีอัตราความเร็วลดลง ตามหลัก
ทฤษฎีการกระจายอากาศ เส้นการไหลไม่มีการแยกชั้นการไหล ที่ทางเข้าครีบริดฟิวเซอร์



ภาพประกอบ 140 แสดงเส้นการไหล แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมฉั่ว 21° ตำแหน่งที่ 1



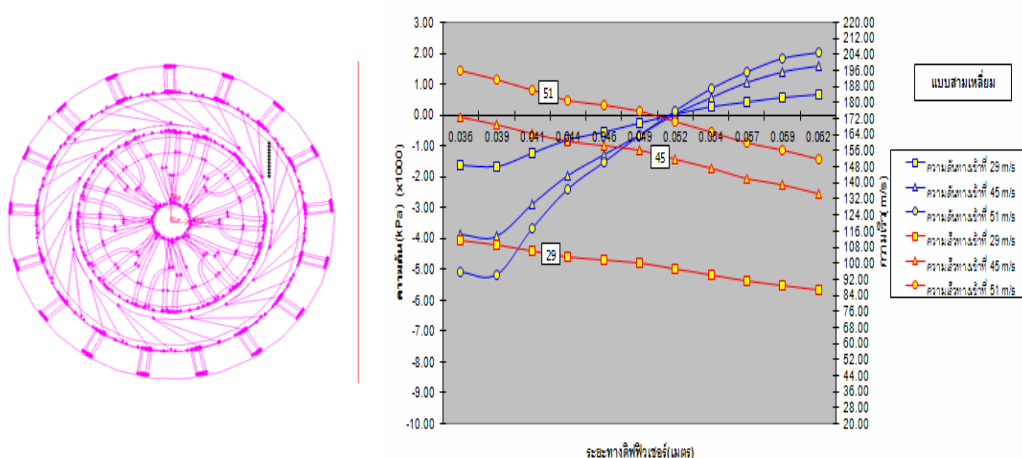
ภาพประกอบ 141 แสดงระดับชั้นความดัน แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมฉั่ว 21° ตำแหน่งที่ 1

2. ผลการวิเคราะห์ใบคريبดิฟฟิวเซอร์ แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 21° ตำแหน่งที่ 2

ตาราง 28 แสดงค่าความดันและความเร็วชุดจำลอง แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 21° ที่จุดวัดตำแหน่งที่ 2

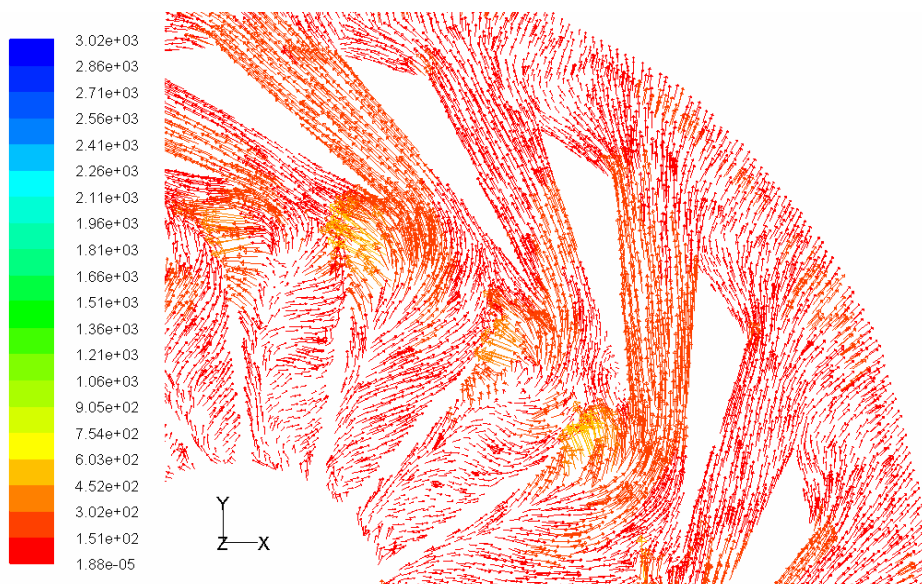
ระยะจุดวัดระหว่างร่อง คريبดิฟฟิวเซอร์ (mm)	36.00	38.60	41.20	43.80	46.40	49.00	51.60	54.20	56.80	59.40	62.00
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 29m/s	-1.638	-1.661	-1.209	-0.805	-0.526	-0.247	0.021	0.259	0.439	0.587	0.653
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 45m/s	-3.865	-3.927	-2.900	-1.962	-1.296	-0.626	0.017	0.595	1.038	1.417	1.596
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 51m/s	-5.093	-5.155	-3.684	-2.393	-1.524	-0.660	0.158	0.882	1.420	1.848	2.024
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 29m/s	111.62	109.12	106.09	103.44	102.06	100.30	97.65	94.52	91.48	89.27	86.65
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 45m/s	173.01	169.44	164.73	160.73	158.90	156.35	152.19	147.28	142.59	138.97	134.86
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 51m/s	196.09	191.49	186.08	181.44	178.78	175.61	171.01	165.55	160.12	156.52	151.72

พิจารณาจากตาราง 28 ภาพประกอบ 142, 143 และ 144 ความเร็วทางเข้าโคจรครบ 29 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 58 rad/s คีร์บกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -1.638 kN/m² ความเร็ว 111.62 m/s ทางออก ความดัน 0.653 kN/m² ความเร็ว 86.65 m/s, ความเร็วทางเข้าโคจรครบ 45 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 94 rad/s คีร์บกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -3.865 kN/m² ความเร็ว 173.01 m/s ทางออก ความดัน 1.596 kN/m² ความเร็ว 134.86 m/s และความเร็วทางเข้าโคจรครบ 51 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 104 rad/s คีร์บกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -5.093 kN/m² ความเร็ว 196.09 m/s ทางออก ความดัน 2.024 kN/m² ความเร็ว 151.72 m/s

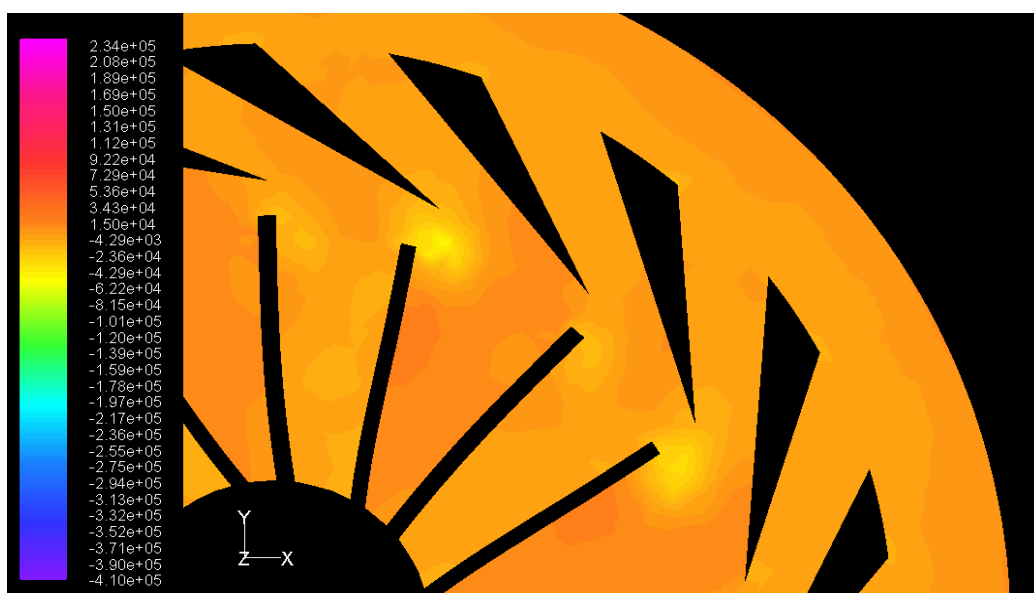


ภาพประกอบ 142 ความสัมพันธ์ของเส้นความเร็วกับเส้นความดัน ดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 21° ตำแหน่งที่ 2

พิจารณาจากกราฟพบว่า เส้นกราฟความดันที่จุดที่ 2 ลดลง และค่อยเพิ่มขึ้นตามลำดับ
เส้นกราฟความเร็วลดลงตามลำดับ มีการแยกชั้นการไหลที่ทางเข้า แผ่นครีปดิฟฟิวเซอร์เล็กน้อย



ภาพประกอบ 143 แสดงเส้นการไหล แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมสูง 21° ตำแหน่งที่ 2



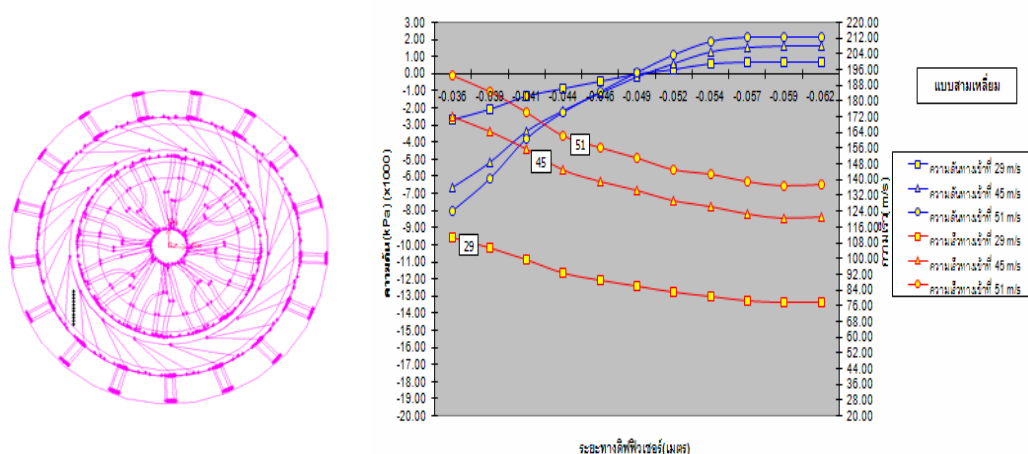
ภาพประกอบ 144 แสดงระดับชั้นความดัน แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมสูง 21° ตำแหน่งที่ 2

3. ผลการวิเคราะห์ใบ crib ดีฟฟิวเซอร์ แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 21° ตำแหน่งที่ 3

ตาราง 29 แสดงค่าความดันและความเร็วชุดจำลอง แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 21° ที่จุดวัดตำแหน่งที่ 3

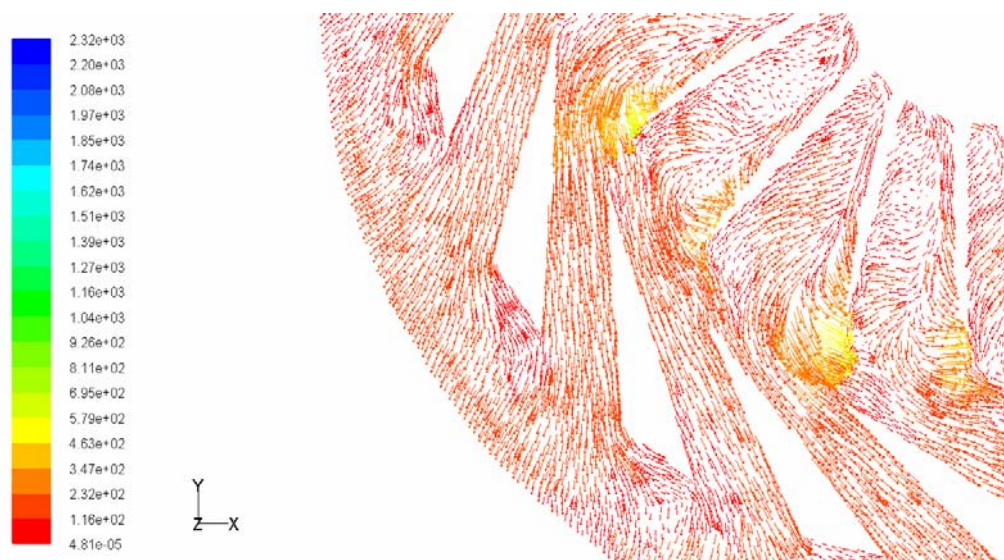
ระยะจุดวัดระหว่างร่อง crib ดีฟฟิวเซอร์ (mm)	-36.00	-38.60	-41.20	-43.80	-46.40	-49.00	-51.60	-54.20	-56.80	-59.40	-62.00
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 29m/s	-2.695	-2.099	-1.327	-0.830	-0.428	-0.041	0.286	0.569	0.657	0.684	0.669
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 45m/s	-6.633	-5.159	-3.329	-2.135	-1.153	-0.208	0.594	1.301	1.538	1.633	1.614
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 51m/s	-7.973	-6.156	-3.782	-2.281	-1.065	0.100	1.081	1.912	2.140	2.193	2.128
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 29m/s	110.58	105.49	99.52	92.73	89.25	86.26	82.89	81.06	78.83	77.67	78.11
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 45m/s	172.51	164.72	155.72	144.90	139.47	134.76	129.46	126.38	122.76	120.83	121.47
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 51m/s	193.49	184.68	174.23	162.39	156.42	151.28	145.54	142.89	139.13	137.05	137.81

พิจารณาจากตาราง 29 ภาพประกอบ 145, 146 และ 147 ความเร็วทางเข้าโคจรรอบ 29 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 58 rad/s crib กระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -2.695 kN/m² ความเร็ว 110.58 m/s ทางออก ความดัน 0.669 kN/m² ความเร็ว 78.81 m/s, ความเร็วทางเข้าโคจรรอบ 45 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 94 rad/s crib กระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -6.633 kN/m² ความเร็ว 172.51 m/s ทางออก ความดัน 1.614 kN/m² ความเร็ว 121.47 m/s และความเร็วทางเข้าโคจรรอบ 51 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 104 rad/s crib กระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -7.973 kN/m² ความเร็ว 193.49 m/s ทางออก ความดัน 2.128 kN/m² ความเร็ว 137.81 m/s



ภาพประกอบ 145 ความสัมพันธ์ของเส้นความเร็วกับเส้นความดัน ดีฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 21° ตำแหน่งที่ 3

พิจารณาจากกราฟพบว่า เส้นกราฟความดันที่ทางออกลดลง เส้นกราฟความเร็วสูงขึ้น ก่อนทางออก ไม่มีการแยกชั้นการไหลที่ทางเข้า แผ่น crib dip fiber



ภาพประกอบ 146 แสดงเส้นการไหล แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมฉั่ว 21° ตำแหน่งที่ 3



ภาพประกอบ 147 แสดงระดับชั้นความดัน แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมฉั่ว 21° ตำแหน่งที่ 3

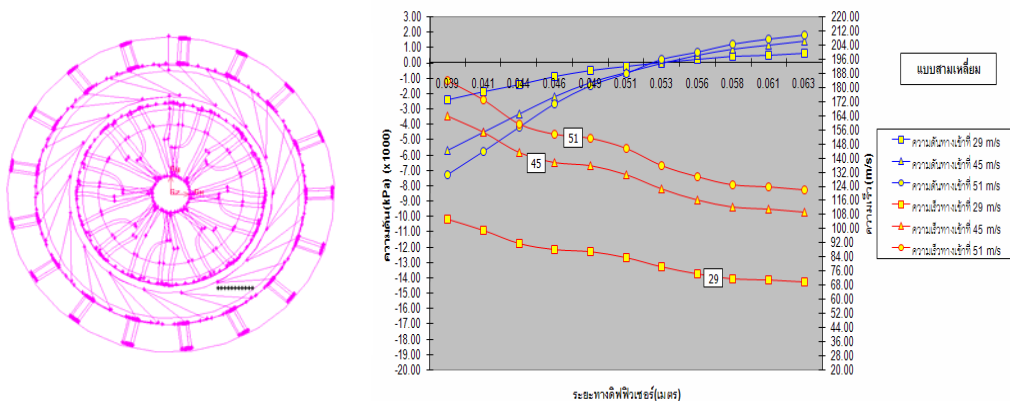
ผลการวิเคราะห์ใบ crib ดิฟฟิวเซอร์ แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 24°

1. ผลการวิเคราะห์ใบ crib ดิฟฟิวเซอร์ แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 24° ตำแหน่งที่ 1

ตาราง 30 แสดงค่าความดันและความเร็วชุดจำลอง แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 24° ที่จุดวัดตำแหน่งที่ 1

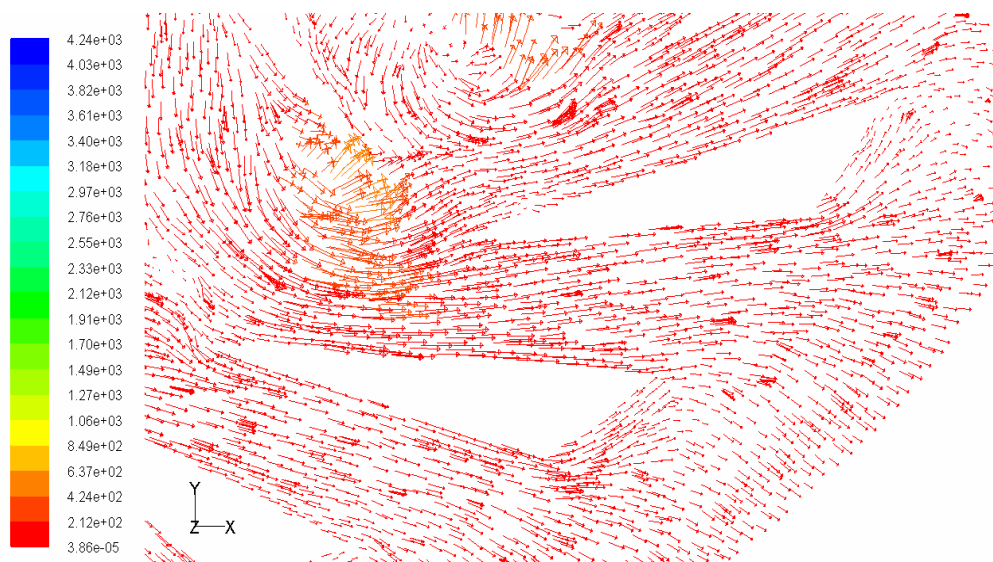
ระยะจุดวัดระหว่างร่อง crib ดิฟฟิวเซอร์ (mm)	39.00	41.40	43.80	46.20	48.60	51.00	53.40	55.80	58.20	60.60	63.00
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 29m/s	-2.408	-1.908	-1.416	-0.929	-0.536	-0.260	-0.031	0.198	0.366	0.471	0.565
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 45m/s	-5.733	-4.535	-3.373	-2.226	-1.285	-0.629	-0.080	0.476	0.888	1.145	1.378
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 51m/s	-7.311	-5.769	-4.242	-2.728	-1.531	-0.694	0.186	0.692	1.191	1.502	1.782
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 29m/s	105.05	98.95	91.41	87.94	86.53	83.22	77.91	74.13	71.54	70.71	69.71
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 45m/s	163.84	154.41	142.78	137.36	135.27	130.20	122.06	116.18	112.07	110.60	108.88
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 51m/s	183.42	172.70	159.26	153.22	150.86	145.17	135.72	129.16	124.71	123.46	121.96

พิจารณาจากตาราง 30 ภาพประกอบ 148, 149 และ 150 ความเร็วทางเข้าโคจรครบ 29 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 58 rad/s กระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -2.408 kN/m² ความเร็ว 105.05 m/s ทางออก ความดัน 0.565 kN/m² ความเร็ว 69.71 m/s, ความเร็วทางเข้าโคจรครบ 45 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 94 rad/s กระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -5.733 kN/m² ความเร็ว 163.84 m/s ทางออก ความดัน 1.378 kN/m² ความเร็ว 108.88 m/s และความเร็วทางเข้าโคจรครบ 51 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 104 rad/s กระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -7.311 kN/m² ความเร็ว 183.42 m/s ทางออก ความดัน 1.782 kN/m² ความเร็ว 121.96 m/s



ภาพประกอบ 148 ความสัมพันธ์ของเส้นความเร็วกับเส้นความดัน ดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 24° ตำแหน่งที่ 1

พิจารณาจากกราฟพบว่า เส้นกราฟความดันมีอัตราเพิ่มขึ้นตามลำดับ เส้นกราฟความเร็วเพิ่มขึ้นและลดลงเล็กน้อย แต่มีอัตราการลดลงตามลำดับ มีการแยกชั้นการไหลที่ทางเข้า แผ่นครีبدิฟฟิวเซอร์เล็กน้อย



ภาพประกอบ 149 แสดงเส้นการไหล แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมสูง 24° ตำแหน่งที่ 1



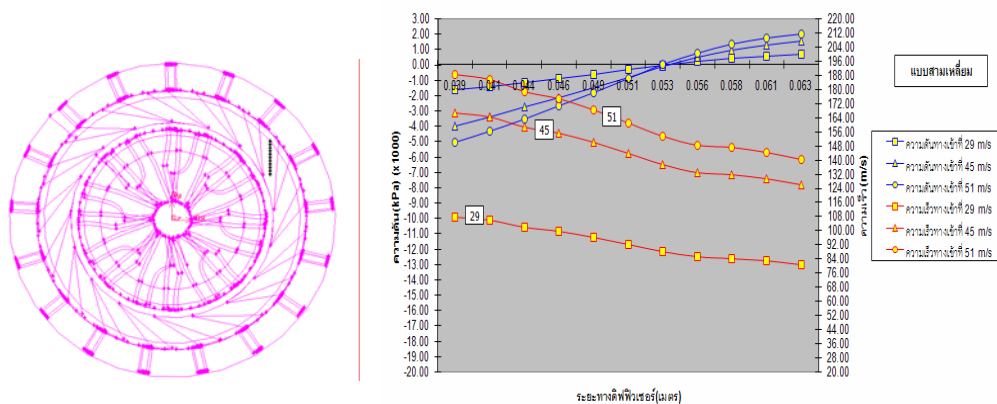
ภาพประกอบ 150 แสดงระดับชั้นความดัน แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมสูง 24° ตำแหน่งที่ 1

2. ผลการวิเคราะห์ใบ crib dip fiber แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 24° ตำแหน่งที่ 2

ตาราง 31 แสดงค่าความดันและความเร็วชุดจำลอง แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 24° ที่จุดวัดตำแหน่งที่ 2

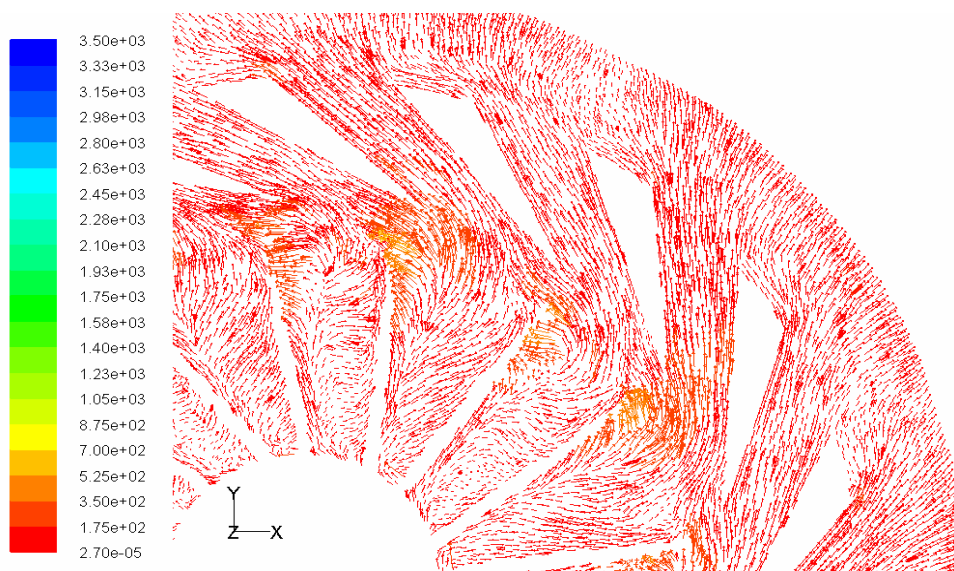
ระยะจุดวัดระหว่างร่อง crib dip fiber (mm)	39.00	41.40	43.80	46.20	48.60	51.00	53.40	55.80	58.20	60.60	63.00
ความดันจุดวัด (kN/m^2) ความเร็วทางเข้า 29m/s	-1.667	-1.433	-1.171	-0.902	-0.628	-0.338	-0.047	0.202	0.395	0.537	0.628
ความดันจุดวัด (kN/m^2) ความเร็วทางเข้า 45m/s	-3.986	-3.403	-2.791	-2.150	-1.509	-0.833	-0.136	0.462	0.929	1.279	1.504
ความดันจุดวัด (kN/m^2) ความเร็วทางเข้า 51m/s	-5.080	-4.378	-3.543	-2.703	-1.828	-0.912	-0.013	0.746	1.322	1.738	2.004
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 29m/s	107.15	105.67	101.83	99.65	96.02	91.98	87.80	84.95	84.09	82.55	80.30
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 45m/s	166.20	163.91	158.18	154.90	149.54	143.54	137.11	132.76	131.49	129.06	125.55
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 51m/s	188.03	185.47	178.54	174.54	167.96	160.68	153.17	148.16	146.78	144.17	140.18

พิจารณาจากตาราง 31 ภาพประกอบ 151, 152 และ 153 ความเร็วทางเข้าโคจรครบ 29 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 58 rad/s กระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -1.667 kN/m^2 ความเร็ว 107.15 m/s ทางออก ความดัน 0.628 kN/m^2 ความเร็ว 80.30 m/s, ความเร็วทางเข้าโคจรครบ 45 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 94 rad/s กระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -3.986 kN/m^2 ความเร็ว 166.20 m/s ทางออก ความดัน 1.504 kN/m^2 ความเร็ว 125.55 m/s และความเร็วทางเข้าโคจรครบ 51 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 104 rad/s กระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -5.080 kN/m^2 ความเร็ว 188.03 m/s ทางออก ความดัน 2.004 kN/m^2 ความเร็ว 140.18 m/s

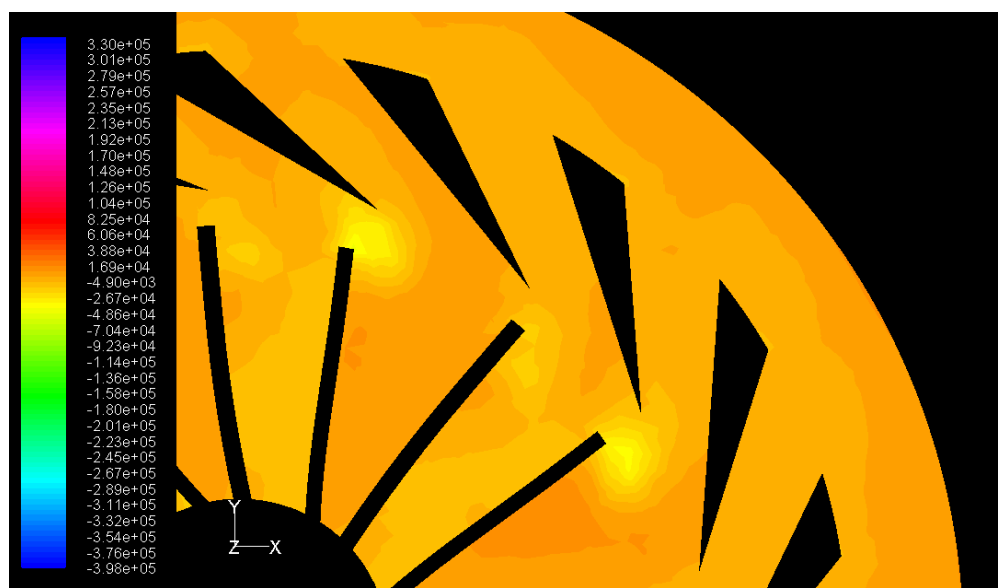


ภาพประกอบ 151 ความสัมพันธ์ของเส้นความเร็วกับเส้นความดัน ดิฟไฟเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมออก 24° ตำแหน่งที่ 2

พิจารณาจากกราฟพบว่า เส้นกราฟความดันมีอัตราเพิ่มขึ้นตามลำดับ เส้นกราฟความเร็วเพิ่มขึ้นและลดลงเล็กน้อย แต่มีอัตราการลดลงตามลำดับ ไม่มีการแยกชั้นการไหลที่ทางเข้าแผ่นครีبدิฟฟิวเซอร์



ภาพประกอบ 152 แสดงเส้นการไหล แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมสูง 24° ตำแหน่งที่ 2



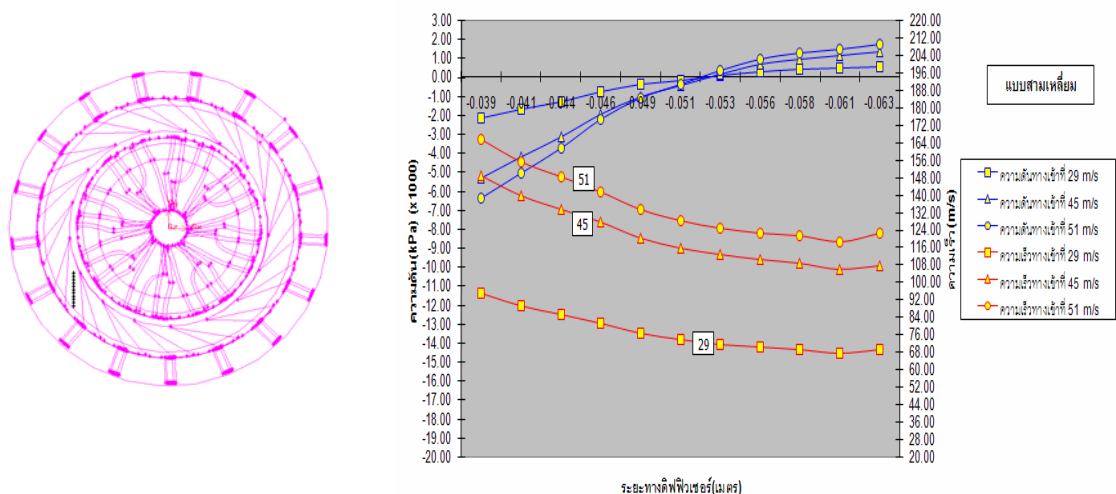
ภาพประกอบ 153 แสดงระดับชั้นความดัน แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมสูง 24° ตำแหน่งที่ 2

3. ผลการวิเคราะห์ใบ crib ดิฟฟิวเซอร์ แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 24° ตำแหน่งที่ 3

ตาราง 32 แสดงค่าความดันและความเร็วชุดจำลอง แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 24° ที่จุดวัดตำแหน่งที่ 3

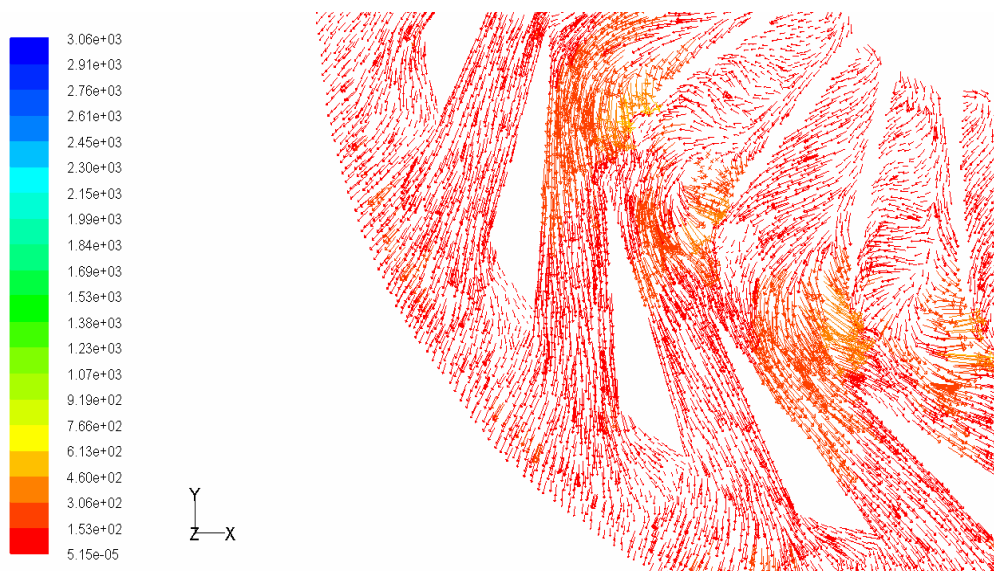
ระยะจุดวัดระหว่างร่อง ครีบริดดิฟฟิวเซอร์ (mm)	-39.00	-41.40	-43.80	-46.20	-48.60	-51.00	-53.40	-55.80	-58.20	-60.60	-63.00
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 29m/s	-2.181	-1.733	-1.296	-0.805	-0.425	-0.175	0.073	0.282	0.378	0.453	0.542
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 45m/s	-5.333	-4.218	-3.159	-1.972	-1.056	-0.449	0.160	0.674	0.913	1.102	1.317
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 51m/s	-6.415	-5.090	-3.767	-2.269	-1.111	-0.373	0.351	0.956	1.226	1.436	1.711
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 29m/s	94.92	88.91	85.01	80.97	76.40	73.45	71.48	70.10	69.09	67.37	68.83
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 45m/s	148.75	139.42	133.36	127.17	120.16	115.56	112.39	110.20	108.47	105.62	107.32
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 51m/s	165.49	154.99	148.21	141.12	133.01	127.94	124.72	122.47	121.07	118.31	122.08

พิจารณาจากตาราง 32 ภาพประกอบ 154, 155 และ 156 ความเร็วทางเข้าโคจรครบ 29 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 58 rad/s กระจายอากาศทางเข้า ความดัน -2.181 kN/m² ความเร็ว 94.92 m/s ทางออก ความดัน 0.542 kN/m² ความเร็ว 68.83 m/s, ความเร็วทางเข้าโคจรครบ 45 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 94 rad/s กระจายอากาศทางเข้า ความดัน -5.333 kN/m² ความเร็ว 148.75 m/s ทางออก ความดัน 1.317 kN/m² ความเร็ว 107.32 m/s และความเร็วทางเข้าโคจรครบ 51 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 104 rad/s กระจายอากาศทางเข้า ความดัน -6.415 kN/m² ความเร็ว 165.49 m/s ทางออก ความดัน 1.711 kN/m² ความเร็ว 122.08 m/s



ภาพประกอบ 154 ความสัมพันธ์ของเส้นความเร็วกับเส้นความดัน ดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมออก 24° ตำแหน่งที่ 3

พิจารณาจากกราฟพบว่าเส้นกราฟความเร็วทางออกสูงขึ้นไม่มีการแยกชั้นการไหลที่ทางเข้า แผ่นครีบริบตีฟฟิวเซอร์



ภาพประกอบ 155 แสดงเส้นการไหล แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมฉั่ว 24° ตำแหน่งที่ 3



ภาพประกอบ 156 แสดงระดับชั้นความดัน แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมฉั่ว 24° ตำแหน่งที่ 3

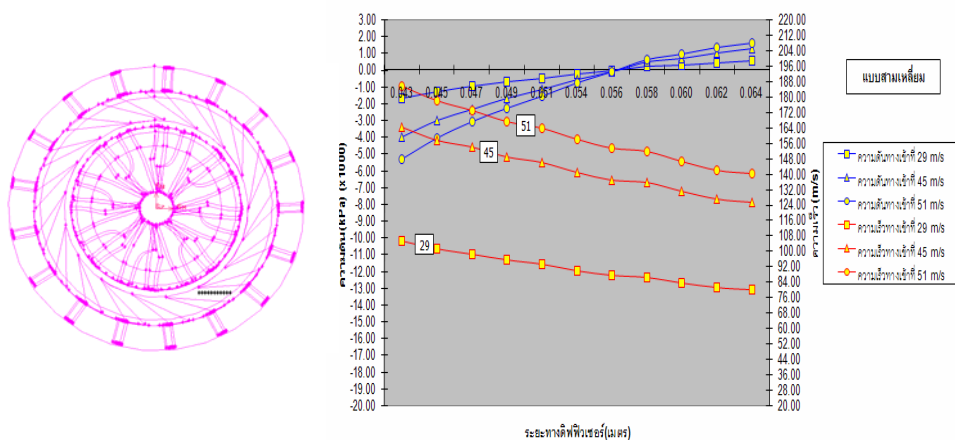
ผลการวิเคราะห์ใบ crib ดิฟฟิวเซอร์ แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 27°

1. ผลการวิเคราะห์ใบ crib ดิฟฟิวเซอร์ แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 27° ตำแหน่งที่ 1

ตาราง 33 แสดงค่าความดันและความเร็วชุดจำลอง แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 27° ที่จุดวัดตำแหน่งที่ 1

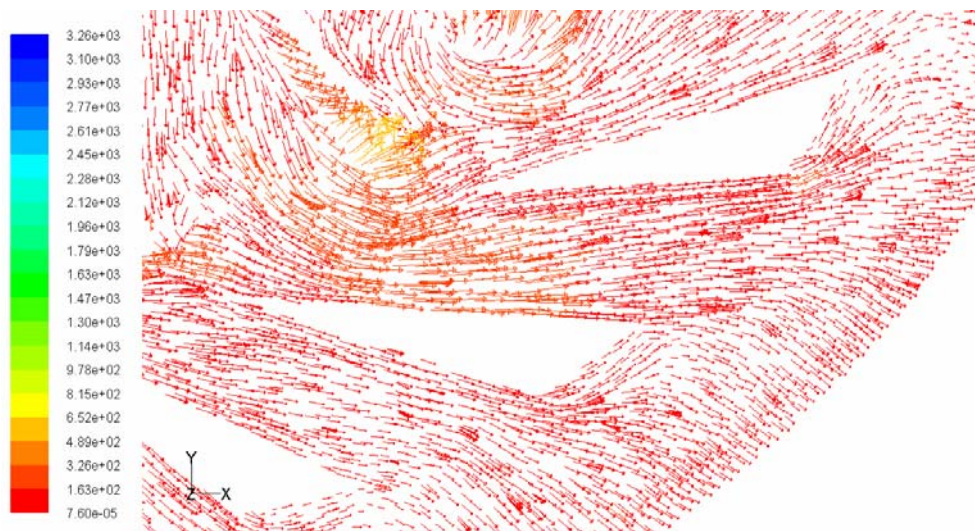
ระยะจุดวัดระหว่างร่อง crib ดิฟฟิวเซอร์ (mm)	43.00	45.10	47.20	49.30	51.40	53.50	55.60	57.70	59.80	61.90	64.00
ความดันจุดวัด (kN/m^2) ความเร็วทางเข้า 29m/s	-1.717	-1.305	-0.999	-0.743	-0.520	-0.260	-0.059	0.173	0.281	0.411	0.498
ความดันจุดวัด (kN/m^2) ความเร็วทางเข้า 45m/s	-4.046	-3.061	-2.341	-1.738	-1.217	-0.604	-0.126	0.432	0.693	1.011	1.229
ความดันจุดวัด (kN/m^2) ความเร็วทางเข้า 51m/s	-5.326	-4.059	-3.096	-2.289	-1.586	-0.774	-0.142	0.576	0.908	1.302	1.562
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 29m/s	105.38	101.00	98.32	95.07	93.12	89.81	87.31	86.36	83.48	80.78	79.89
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 45m/s	164.17	157.51	153.60	148.68	145.72	140.67	136.84	135.31	130.87	126.79	125.39
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 51m/s	185.45	177.77	172.98	167.17	163.64	157.70	153.32	151.75	146.64	141.80	140.29

พิจารณาจากตาราง 33 ภาพประกอบ 157, 158 และ 159 ความเร็วทางเข้าโคจร 29 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 58 rad/s cribกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -1.717 kN/m^2 ความเร็ว 105.38 m/s ทางออก ความดัน 0.498 kN/m^2 ความเร็ว 79.89 m/s, ความเร็วทางเข้าโคจร 45 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 94 rad/s cribกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -4.046 kN/m^2 ความเร็ว 164.17 m/s ทางออก ความดัน 1.229 kN/m^2 ความเร็ว 125.39 m/s และความเร็วทางเข้าโคจร 51 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 104 rad/s cribกระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -5.326 kN/m^2 ความเร็ว 185.45 m/s ทางออก ความดัน 1.562 kN/m^2 ความเร็ว 140.29 m/s



ภาพประกอบ 157 ความสัมพันธ์ของเส้นความเร็วกับเส้นความดัน ดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมออก 27° ตำแหน่งที่ 1

กราฟความดันมีอัตราความดันเพิ่มขึ้นและกราฟความเร็วมีอัตราความเร็วลดลง ตามหลัก
ทฤษฎีดิฟฟิวเซอร์ เส้นการไหลไม่มีการแยกชั้นการไหล ที่ทางเข้าดิฟฟิวเซอร์



ภาพประกอบ 158 แสดงเส้นการไหล แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมฉก 27° ตำแหน่งที่ 1



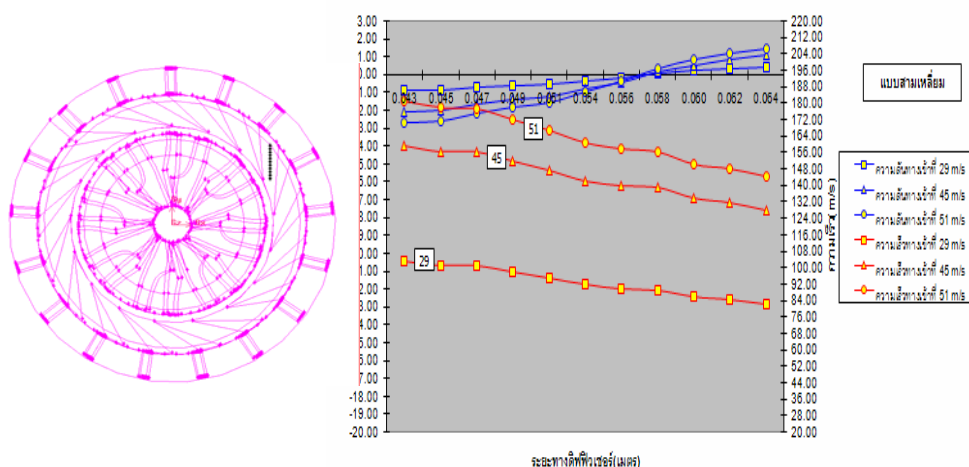
ภาพประกอบ 159 แสดงระดับชั้นความดัน แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมฉก 27° ตำแหน่งที่ 1

2. ผลการวิเคราะห์ใบ crib dip fischer แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 27° ตำแหน่งที่ 2

ตาราง 34 แสดงค่าความดันและความเร็วชุดจำลอง แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 27° ที่จุดวัด ตำแหน่งที่ 2

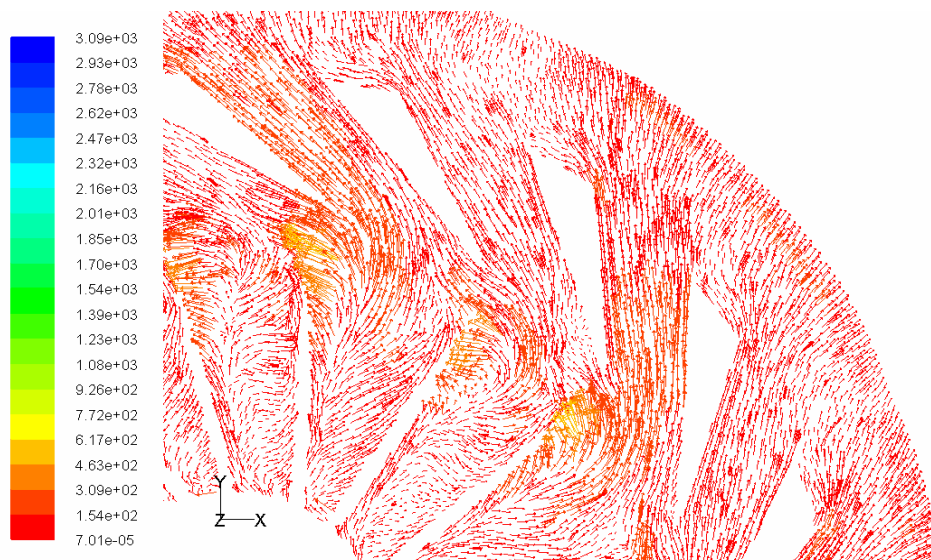
ระยะจุดวัดระหว่างร่อง crib dip fischer (mm)	43.00	45.10	47.20	49.30	51.40	53.50	55.60	57.70	59.80	61.90	64.00
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 29m/s	-0.885	-0.838	-0.704	-0.598	-0.520	-0.326	-0.153	0.094	0.247	0.358	0.463
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 45m/s	-2.088	-1.968	-1.646	-1.411	-1.245	-0.799	-0.398	0.192	0.555	0.821	1.077
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 51m/s	-2.711	-2.582	-2.166	-1.818	-1.553	-0.930	-0.382	0.382	0.852	1.173	1.489
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 29m/s	103.18	101.24	101.00	98.10	94.95	91.72	90.12	89.23	85.81	84.79	82.35
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 45m/s	159.21	156.67	156.40	151.89	147.16	142.39	140.12	138.94	133.82	132.07	128.32
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 51m/s	181.48	177.97	177.47	172.28	166.60	160.72	157.85	156.32	150.13	148.47	144.16

พิจารณาจากตาราง 34 ภาพประกอบ 97 และ 98 ความเร็วทางเข้าโคจรรอบ 29 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 58 rad/s กระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -0.885 kN/m² ความเร็ว 103.18 m/s ทางออก ความดัน 0.463 kN/m² ความเร็ว 82.35 m/s, ความเร็วทางเข้าโคจรรอบ 45 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 94 rad/s กระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -2.088 kN/m² ความเร็ว 159.21 m/s ทางออก ความดัน 1.077 kN/m² ความเร็ว 128.32 m/s และความเร็วทางเข้าโคจรรอบ 51 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 104 rad/s กระจายอากาศ ทางเข้า ความดัน -2.711 kN/m² ความเร็ว 181.48 m/s ทางออก ความดัน 1.489 kN/m² ความเร็ว 144.16 m/s



ภาพประกอบ 160 ความสัมพันธ์ของเส้นความเร็วกับเส้นความดัน ดิฟฟิเซอร์แบบแผ่นเรียบ สามเหลี่ยมมุม 27° ตำแหน่งที่ 2

กราฟความดันมีอัตราความดันเพิ่มขึ้นและกราฟความเร็วมีอัตราความเร็วลดลง ตามหลัก
ทฤษฎีดิฟฟิวเซอร์เส้นการไหลมีการแยกชั้นการไหล ที่ทางเข้าดิฟฟิวเซอร์เล็กน้อย



ภาพประกอบ 161 แสดงเส้นการไหล แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมลู่ 27° ตำแหน่งที่ 2



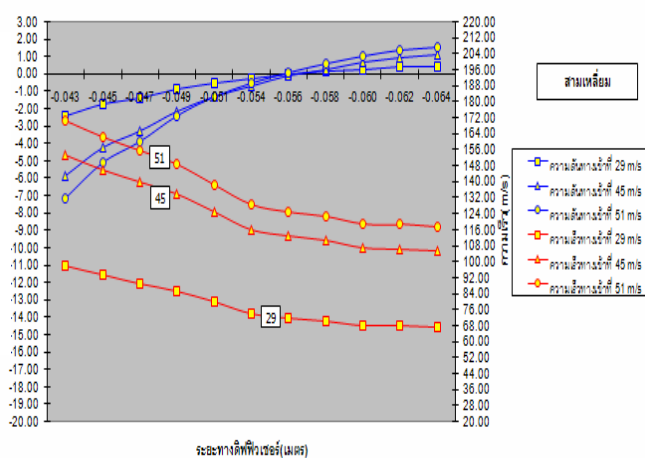
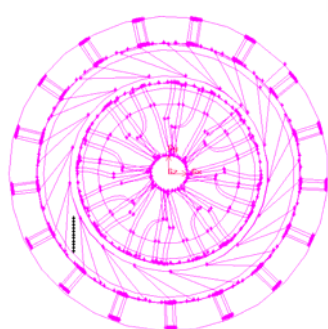
ภาพประกอบ 162 แสดงระดับชั้นความดัน แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมลู่ 27° ตำแหน่งที่ 2

3. ผลการวิเคราะห์ใบ crib ดิฟฟิวเซอร์ แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 27° ตำแหน่งที่ 3

ตาราง 35 แสดงค่าความดันและความเร็วชุดจำลอง แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 27° ที่จุดวัดตำแหน่งที่ 3

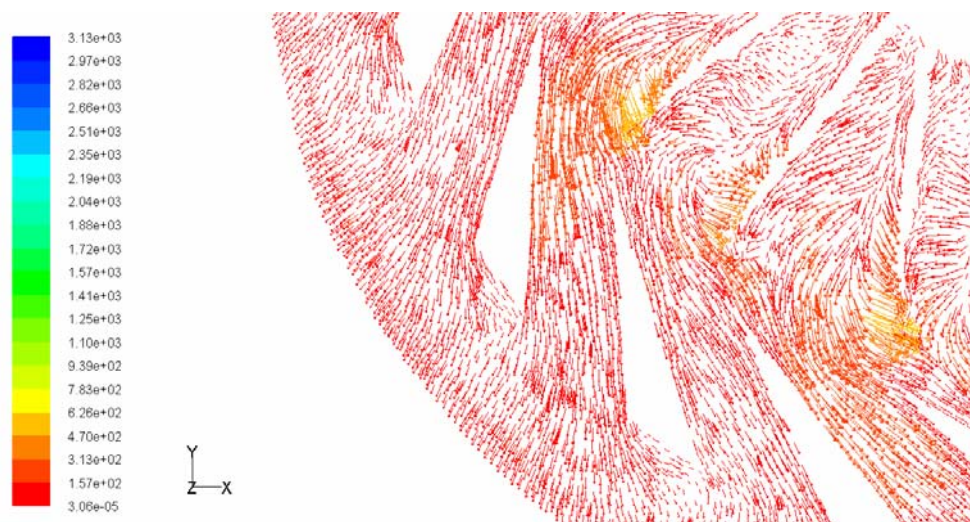
ระยะจุดวัดระหว่างร่อง ครีบริดดิฟฟิวเซอร์ (mm)	-43.00	-45.10	-47.20	-49.30	-51.40	-53.50	-55.60	-57.70	-59.80	-61.90	-64.00
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 29m/s	-2.396	-1.726	-1.340	-0.847	-0.500	-0.244	-0.020	0.137	0.299	0.414	0.473
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 45m/s	-5.865	-4.236	-3.309	-2.115	-1.272	-0.650	-0.103	0.284	0.688	0.982	1.135
ความดันจุดวัด (kN/m ²) ความเร็วทางเข้า 51m/s	-7.129	-5.072	-3.888	-2.376	-1.317	-0.542	0.125	0.586	1.054	1.380	1.544
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 29m/s	98.34	93.34	89.37	85.39	79.72	74.09	71.97	70.63	68.43	68.08	67.35
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 45m/s	153.28	145.90	139.80	133.67	124.91	116.25	112.90	110.74	107.24	106.59	105.35
ความเร็วจุดวัด (m/s) ความเร็วทางเข้า 51m/s	170.93	162.68	155.70	148.68	138.65	128.74	125.11	122.96	119.22	118.73	117.65

พิจารณาจากตาราง 35 ภาพประกอบ 163, 164 และ 165 ความเร็วทางเข้าโคจรครบ 29 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 58 rad/s กระจายอากาศทางเข้า ความดัน -2.396 kN/m² ความเร็ว 98.34 m/s ทางออก ความดัน 0.473 kN/m² ความเร็ว 67.35 m/s, ความเร็วทางเข้าโคจรครบ 45 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 94 rad/s กระจายอากาศทางเข้า ความดัน -5.865 kN/m² ความเร็ว 153.28 m/s ทางออก ความดัน 1.135 kN/m² ความเร็ว 105.35 m/s และความเร็วทางเข้าโคจรครบ 51 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 104 rad/s กระจายอากาศทางเข้า ความดัน -7.129 kN/m² ความเร็ว 170.93 m/s ทางออก ความดัน 1.544 kN/m² ความเร็ว 117.65 m/s



ภาพประกอบ 163 ความสัมพันธ์ของเส้นความเร็วกับเส้นความดัน ดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 27° ตำแหน่งที่ 3

กราฟความดันมีอัตราความดันเพิ่มขึ้นและกราฟความเร็วมีอัตราความเร็วลดลง ตามหลัก
ทฤษฎีดิฟฟิวเซอร์เส้นการไหลไม่มีการแยกชั้นการไหล ที่ทางเข้าดิฟฟิวเซอร์



ภาพประกอบ 164 แสดงเส้นการไหล แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 27° ตำแหน่งที่ 3



ภาพประกอบ 165 แสดงระดับชั้นความดัน แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุม 27° ตำแหน่งที่ 3

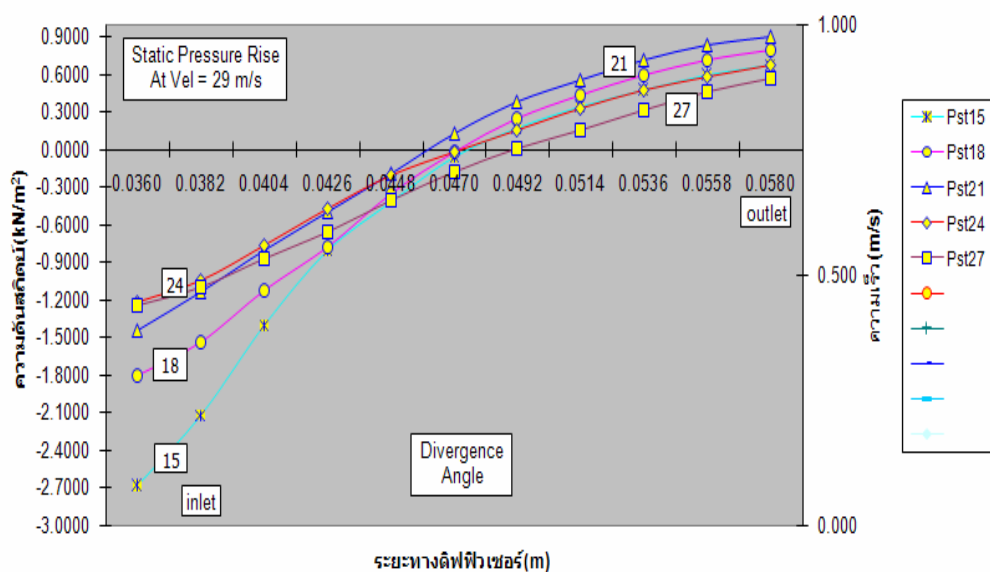
3. ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบใบครีบริดฟิวเซอร์ แบบแผ่นครีบริดตรงและแบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม

ผลการวิเคราะห์ความดันเฉลี่ยเปรียบเทียบมุมลูใบครีบริดฟิวเซอร์แบบแผ่นครีบริดตรง

1. ผลการวิเคราะห์ความดันเฉลี่ยเปรียบเทียบ มุมลูใบครีบริดฟิวเซอร์แบบแผ่นครีบริดตรง
ความเร็วทางเข้าโครงกรอบ 29 m/s คอมเพรสเซอร์วีลหมุน 58 rad/s

ตาราง 36 แสดงค่าความดันเฉลี่ยเปรียบเทียบมุมลู ชุดจำลองแบบแผ่นครีบริดตรง ความเร็วทางเข้า
โครงกรอบ 29m/s คอมเพรสเซอร์วีลหมุน 58 rad/s

ระยะวัดระหว่างร่อง ครีบริดฟิวเซอร์ (mm)	36.00	38.20	40.40	42.60	44.80	47.00	49.20	51.40	53.60	55.80	58.00
ความดันเฉลี่ย ใบครีบริด มุมลูออก 15° (kN/m)	-2.685	-2.122	-1.404	-0.813	-0.417	-0.057	0.168	0.334	0.467	0.588	0.679
ความดันเฉลี่ย ใบครีบริด มุมลูออก 18° (kN/m)	-1.813	-1.539	-1.127	-0.775	-0.351	-0.019	0.242	0.431	0.587	0.713	0.790
ความดันเฉลี่ย ใบครีบริด มุมลูออก 21° (kN/m)	-1.452	-1.137	-0.802	-0.502	-0.188	0.132	0.376	0.551	0.712	0.828	0.898
ความดันเฉลี่ย ใบครีบริด มุมลูออก 24° (kN/m)	-1.220	-1.047	-0.769	-0.470	-0.210	-0.025	0.147	0.329	0.468	0.578	0.679
ความดันเฉลี่ย ใบครีบริด มุมลูออก 27° (kN/m)	-1.251	-1.106	-0.870	-0.655	-0.410	-0.176	0.004	0.154	0.311	0.457	0.563



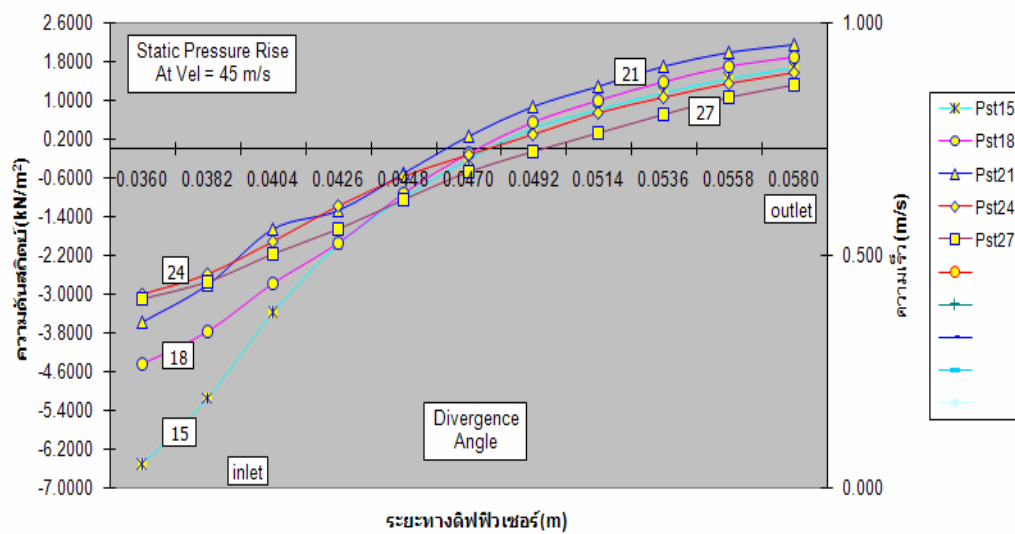
ภาพประกอบ 166 แสดงเส้นความดันเฉลี่ยเปรียบเทียบมุมลู ชุดจำลองแบบแผ่นครีบริดตรงความเร็ว
ทางเข้าโครงกรอบ 29m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 58 rad/s

พิจารณาจากตาราง 36 ภาพประกอบ 166 ชุดจำลอง ดิฟฟิวเซอร์ มุมลู่ 15° ความดันที่ทางเข้า -2.685 kN/m^2 ความดันที่ทางออก 0.679 kN/m^2 , มุมลู่ 18° ความดันที่ทางเข้า -1.813 kN/m^2 ความดันที่ทางออก 0.790 kN/m^2 , มุมลู่ 21° ความดันที่ทางเข้า -1.452 kN/m^2 ความดันที่ทางออก 0.898 kN/m^2 , มุมลู่ 24° ความดันที่ทางเข้า -1.220 kN/m^2 ความดันที่ทางออก 0.679 kN/m^2 และมุมลู่ 24° ความดันที่ทางเข้า -2.251 kN/m^2 ความดันที่ทางออก 0.563 kN/m^2 จากผลการวิเคราะห์พบว่า ชุดจำลอง ดิฟฟิวเซอร์ มุมลู่ 21° ความดันที่ทางออกสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.898 kN/m^2

2. ผลการวิเคราะห์ความดันเฉลี่ยเปรียบเทียบมุมลู่ใบครีبدิฟฟิวเซอร์ แบบแผ่นครีบตรง ความเร็วทางเข้าโคโรนาคอบ 45 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 94 rad/s

ตาราง 37 แสดงค่าความดันเฉลี่ยเปรียบเทียบมุมลู่ ชุดจำลองแบบแผ่นครีบตรง ความเร็วทางเข้าโคโรนาคอบ 45m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 94 rad/s

ระยะจุดวัดระหว่างร่อง ครีبدิฟฟิวเซอร์ (mm)	36.00	38.20	40.40	42.60	44.80	47.00	49.20	51.40	53.60	55.80	58.00
ความดันเฉลี่ย ใบครีบ มุมลู่ออก 15° (kN/m)	-6.535	-5.145	-3.405	-1.979	-1.028	-0.225	0.3980	0.806	1.136	1.435	1.660
ความดันเฉลี่ย ใบครีบ มุมลู่ออก 18° (kN/m)	-4.460	-3.795	-2.805	-1.951	-0.920	-0.113	0.5240	0.994	1.377	1.684	1.880
ความดันเฉลี่ย ใบครีบ มุมลู่ออก 21° (kN/m)	-3.594	-2.826	-1.687	-1.300	-0.531	0.242	0.8470	1.277	1.675	1.961	2.137
ความดันเฉลี่ย ใบครีบ มุมลู่ออก 24° (kN/m)	-3.009	-2.585	-1.913	-1.198	-0.576	-0.132	0.2840	0.725	1.062	1.330	1.576
ความดันเฉลี่ย ใบครีบ มุมลู่ออก 27° (kN/m)	-3.114	-2.755	-2.186	-1.661	-1.067	-0.502	-0.0830	0.303	0.686	1.040	1.298



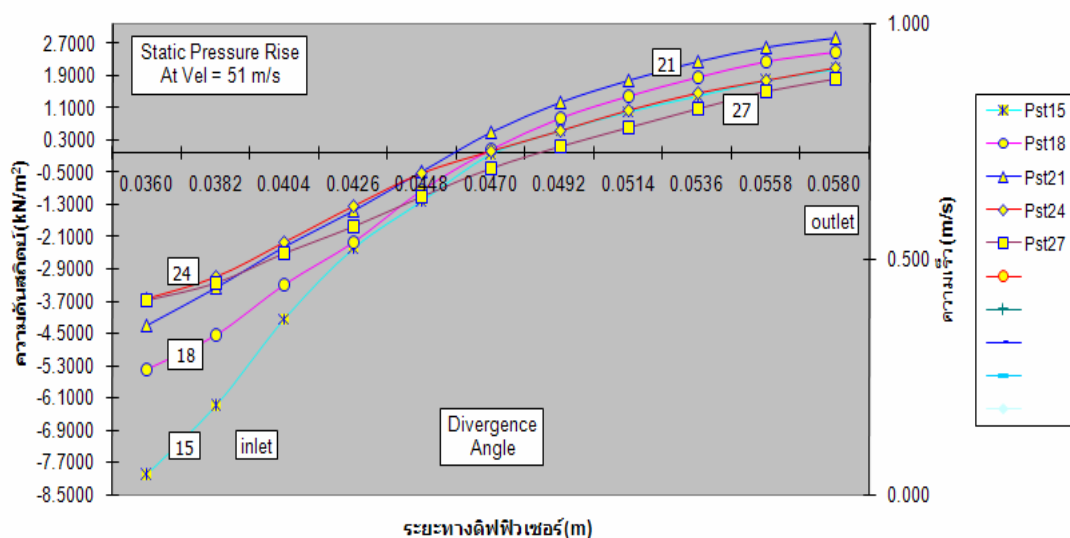
ภาพประกอบ 167 แสดงเส้นความดันเฉลี่ยเปรียบเทียบมุมลู่ ชุดจำลองแบบแผ่นคريبตรงความเร็วทางเข้าโคจรครบ 45m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 94 rad/s

พิจารณาจากตารางที่ 37 ภาพประกอบที่ 167 ชุดจำลอง ดิวเจอเรncia มุมลู่ 15° ความดันที่ทางเข้า -6.535 kN/m² ความดันที่ทางออก 1.660 kN/m², มุมลู่ 18° ความดันที่ทางเข้า -4.460 kN/m² ความดันที่ทางออก 1.880 kN/m², มุมลู่ 21° ความดันที่ทางเข้า -3.594 kN/m² ความดันที่ทางออก 2.137 kN/m², มุมลู่ 24° ความดันที่ทางเข้า -3.009 kN/m² ความดันที่ทางออก 1.576 kN/m² และมุมลู่ 27° ความดันที่ทางเข้า -3.114 kN/m² ความดันที่ทางออก 1.298 kN/m² จากผลการวิเคราะห์พบว่า ชุดจำลอง ดิวเจอเรncia มุมลู่ 21° ความดันที่ทางออกสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 2.137 kN/m²

3. ผลการวิเคราะห์ความดันเฉลี่ยเปรียบเทียบมุมลูบไครบดฟิวเซอร์ แบบแผ่นครีตรง
ความเร็วทางเข้าไครบด 51 m/s คอมเพรสเซอร์วีลหมุน 104 rad/s

ตาราง 38 แสดงค่าความดันเฉลี่ยเปรียบเทียบมุมลูบไครบดแบบแผ่นครีตรง ความเร็วทางเข้า
ไครบด 51m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 104 rad/s

ระยะจุดวัดระหว่างร่อง ครีบดฟิวเซอร์ (mm)	36.00	38.20	40.40	42.60	44.80	47.00	49.20	51.40	53.60	55.80	58.00
ความดันเฉลี่ย ไครบด มุมลูบออก 15° (kN/m)	-8.015	-6.292	-4.1420	-2.379	-1.212	-0.062	0.515	1.011	1.404	1.769	2.045
ความดันเฉลี่ย ไครบด มุมลูบออก 18° (kN/m)	-5.400	-4.559	-3.2950	-2.231	-0.946	0.055	0.836	1.400	1.866	2.245	2.469
ความดันเฉลี่ย ไครบด มุมลูบออก 21° (kN/m)	-4.313	-3.369	-2.3500	-1.445	-0.487	0.481	1.237	1.769	2.248	2.602	2.811
ความดันเฉลี่ย ไครบด มุมลูบออก 24° (kN/m)	-3.625	-3.099	-2.2450	-1.330	-0.537	0.018	0.530	1.051	1.457	1.780	2.082
ความดันเฉลี่ย ไครบด มุมลูบออก 27° (kN/m)	-3.686	-3.249	-2.5250	-1.865	-1.114	-0.395	0.127	0.603	1.062	1.496	1.820



ภาพประกอบ 168 แสดงเส้นความดันเฉลี่ยเปรียบเทียบมุมลูบไครบดแบบแผ่นครีตรงความเร็ว
ทางเข้าไครบด 51m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 104 rad/s

พิจารณาจากตาราง 38 ภาพประกอบ 168 ชุดจำลอง ดิวเอร์เจ้นซ์ มุมลูบ 15° ความดันที่
ทางเข้า -8.015 kN/m² ความดันที่ทางออก 2.045 kN/m² ,มุมลูบ 18° ความดันที่ทางเข้า -5.400
kN/m² ความดันที่ทางออก 2.469 kN/m² ,มุมลูบออก 21° ความดันที่ทางเข้า -4.313 kN/m² ความดัน
ที่ทางออก 2.811 kN/m² ,มุมลูบ 24° ความดันที่ทางเข้า -3.625 kN/m² ความดันที่ทางออก 2.082

kN/m^2 และมุมลู่ 27° ความดันที่ทางเข้า -3.686 kN/m^2 ความดันที่ทางออก 1.820 kN/m^2 จากผลการวิเคราะห์พบว่า ชุดจำลอง ดิฟฟิวเซอร์ มุมลู่ 21° ความดันที่ทางออกสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 2.811 kN/m^2

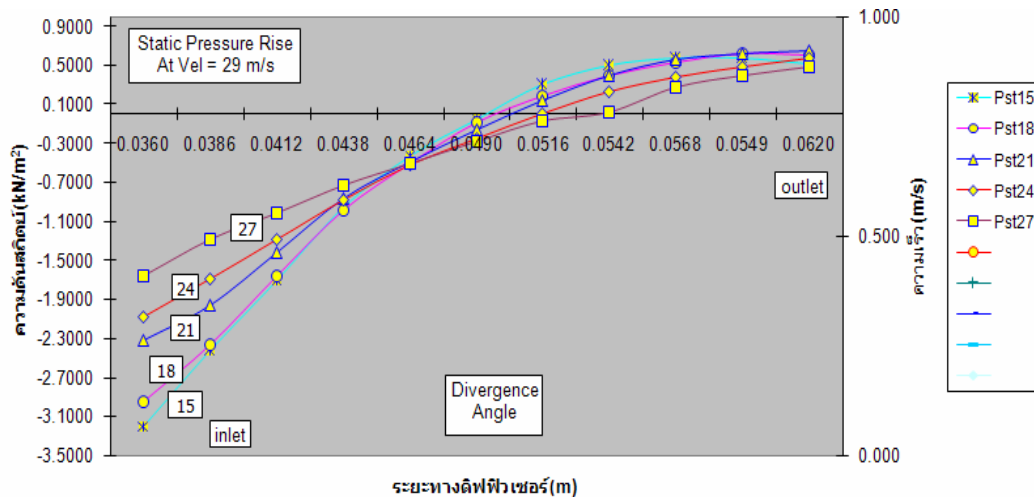
พิจารณาจากตารางที่ 36 ความดันทางออกของใบครีบดีฟฟิวเซอร์ มุมลู่ 15° และมุมลู่ 24° มีค่าเท่ากันคือ 0.679 kN/m^2 และจากตารางที่ 37 ใบครีบดีฟฟิวเซอร์ มุมลู่ 15° มีค่าสูงกว่า โดยมุมลู่ 15° มีค่า 1.660 kN/m^2 มุมลู่ 24° มีค่า 1.576 kN/m^2 สมมุติฐานได้ว่า มุมลู่มีค่ามาก เมื่อความเร็วทางเข้าสูงขึ้น ความดันที่ทางออกจะลดลง

ผลการวิเคราะห์ความดันเฉลี่ยเปรียบเทียบมุมลู่ใบครีบดีฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม

1. ผลการวิเคราะห์ความดันเฉลี่ยเปรียบเทียบมุมลู่ใบครีบดีฟฟิวเซอร์ แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมความเร็วทางเข้าโคจรอบ 29 m/s คอมเพรสเซอร์วีลหมุน 58 rad/s

ตาราง 39 แสดงค่าความดันเฉลี่ยเปรียบเทียบมุมลู่ ชุดจำลองแบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมความเร็วทางเข้าโคจรอบ 29 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 58 rad/s

ระยะวัดระหว่างร่อง ครีบดีฟฟิวเซอร์ (mm)	36.00	38.60	41.20	43.80	46.40	49.00	51.60	54.20	56.80	59.40	62.00
ความดันเฉลี่ย ใบครีบดีฟฟิวเซอร์ มุมลู่ 15° (kN/m)	-3.203	-2.432	-1.712	-0.959	-0.428	-0.051	0.296	0.500	0.572	0.573	0.520
ความดันเฉลี่ย ใบครีบดีฟฟิวเซอร์ มุมลู่ 18° (kN/m)	-2.951	-2.369	-1.668	-0.991	-0.507	-0.087	0.188	0.394	0.534	0.617	0.602
ความดันเฉลี่ย ใบครีบดีฟฟิวเซอร์ มุมลู่ 21° (kN/m)	-2.324	-1.967	-1.418	-0.870	-0.493	-0.158	0.140	0.397	0.553	0.619	0.643
ความดันเฉลี่ย ใบครีบดีฟฟิวเซอร์ มุมลู่ 24° (kN/m)	-2.085	-1.691	-1.294	-0.879	-0.529	-0.258	-0.001	0.227	0.380	0.487	0.578
ความดันเฉลี่ย ใบครีบดีฟฟิวเซอร์ มุมลู่ 27° (kN/m)	-1.666	-1.289	-1.014	-0.729	-0.513	-0.276	-0.077	0.013	0.276	0.394	0.478



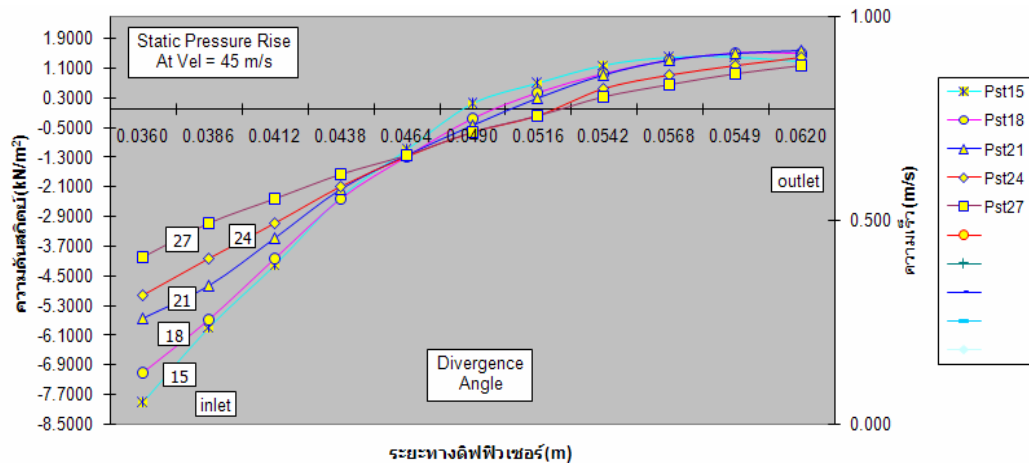
ภาพประกอบ 169 แสดงเส้นความดันเฉลี่ยเปรียบเทียบมุมลู่ชุดจำลองแบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม ความเร็วทางเข้าโค้งรอบ 29 m/s คอมเพรสเซอร์วีลหมุน 58 rad/s

พิจารณาจากตาราง 39 ภาพประกอบ 169 ชุดจำลอง ดิฟฟิวเซอร์ มุมลู่ 15° ความดันที่ทางเข้า -3.203 kN/m² ความดันที่ทางออก 0.520 kN/m², มุมลู่ 18° ความดันที่ทางเข้า 2.951 kN/m² ความดันที่ทางออก 0.602 kN/m², มุมลู่ 21° ความดันที่ทางเข้า -2.324 kN/m² ความดันที่ทางออก 0.643 kN/m², มุมลู่ 24° ความดันที่ทางเข้า -2.085 kN/m² ความดันที่ทางออก 0.578 kN/m² และมุมลู่ 27° ความดันที่ทางเข้า -1.666 kN/m² ความดันที่ทางออก 0.478 kN/m² จากผลการวิเคราะห์พบว่า ชุดจำลอง ดิฟฟิวเซอร์ มุมลู่ 21° ความดันที่ทางออกสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.643 kN/m²

2. ผลการวิเคราะห์ความดันเฉลี่ยเปรียบเทียบมุมลู่ใบครีبدิฟฟิวเซอร์ แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมความเร็วทางเข้าโค้งรอบ 45 m/s คอมเพรสเซอร์วีลหมุน 94 rad/s

ตาราง 40 แสดงค่าความดันเฉลี่ยเปรียบเทียบมุมลู่ ชุดจำลองแบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมความเร็วทางเข้าโค้งรอบ 45 m/s คอมเพรสเซอร์วีลหมุน 94 rad/s

ระยะจตุรัสระหว่างร่อง ครีبدิฟฟิวเซอร์ (mm)	36.00	38.60	41.20	43.80	46.40	49.00	51.60	54.20	56.80	59.40	62.00
ความดันเฉลี่ย ใบครีบลู่ มุมลู่ 15° (kN/m)	-7.940	-5.905	-4.221	-2.410	-1.123	0.118	0.670	1.170	1.367	1.392	1.283
ความดันเฉลี่ย ใบครีบลู่ มุมลู่ 18° (kN/m)	-7.133	-5.693	-4.063	-2.447	-1.282	-0.254	0.424	0.944	1.294	1.506	1.480
ความดันเฉลี่ย ใบครีบลู่ มุมลู่ 21° (kN/m)	-5.645	-4.773	-3.482	-2.177	-1.264	-0.446	0.281	0.916	1.312	1.492	1.567
ความดันเฉลี่ย ใบครีบลู่ มุมลู่ 24° (kN/m)	-5.018	-4.052	-3.108	-2.116	-1.284	-0.637	-0.187	0.537	0.910	1.175	1.400
ความดันเฉลี่ย ใบครีบลู่ มุมลู่ 27° (kN/m)	-4.000	-3.088	-2.432	-1.755	-1.245	-0.618	-0.209	0.303	0.645	0.938	1.147



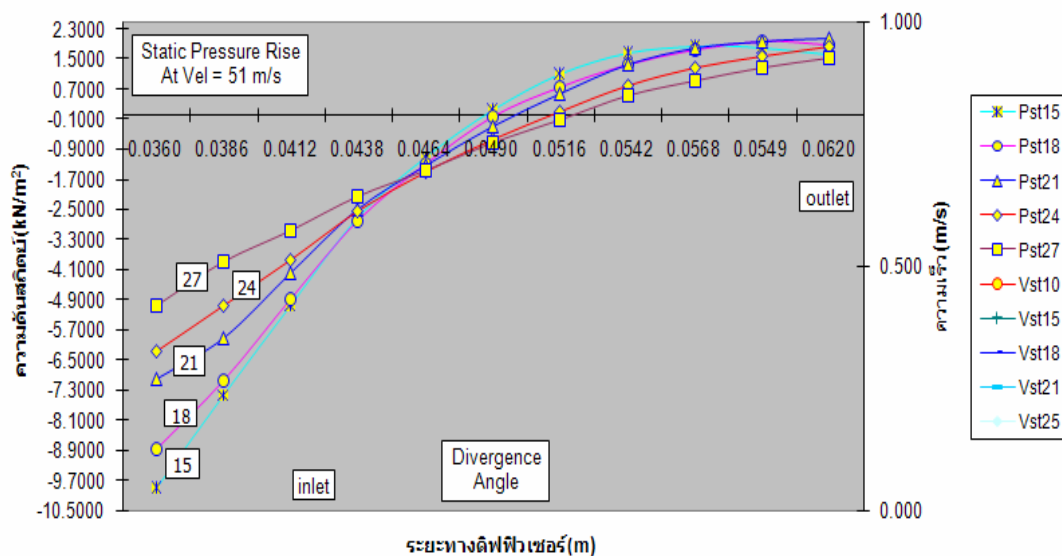
ภาพประกอบ 170 แสดงเส้นความดันเฉลี่ยเปรียบเทียบมุมลู่ออกชุดจำลองแบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม ความเร็วทางเข้าโคจรอบ 45 m/s คอมเพรสเซอร์วีลหมุน 94 rad/s

พิจารณาจากตาราง 40 ภาพประกอบ 170 ชุดจำลอง ดิฟฟิวเซอร์ มุมลู่ 15° ความดันที่ทางเข้า -7.940 kN/m² ความดันที่ทางออก 1.283 kN/m², มุมลู่ 18° ความดันที่ทางเข้า -7.133 kN/m² ความดันที่ทางออก 1.480 kN/m², มุมลู่ 21° ความดันที่ทางเข้า -5.645 kN/m² ความดันที่ทางออก 1.567 kN/m², มุมลู่ 24° ความดันที่ทางเข้า -5.018 kN/m² ความดันที่ทางออก 1.400 kN/m² และมุมลู่ 27° ความดันที่ทางเข้า -4.000 kN/m² ความดันที่ทางออก 1.147 kN/m² จากผลการวิเคราะห์พบว่า ชุดจำลอง ดิฟฟิวเซอร์ มุมลู่ออก 21° ความดันที่ทางออกสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 1.567 kN/m²

3. ผลการวิเคราะห์ความดันเฉลี่ยเปรียบเทียบมุมลู่ออกใบครีبدิฟฟิวเซอร์ แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมความเร็วทางเข้าโคจรอบ 51 m/s คอมเพรสเซอร์วีลหมุน 104 rad/s

ตาราง 41 แสดงค่าความดันเฉลี่ยเปรียบเทียบมุมลู่ ชุดจำลองแบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมความเร็วทางเข้าโคจรอบ 51 m/s คอมเพรสเซอร์วีล หมุน 104 rad/s

ระยะจุดวัดระหว่างร่อง (m)	0.0360	0.0386	0.0412	0.0438	0.0464	0.0490	0.0516	0.0542	0.0568	0.0594	0.0620
ความดันเฉลี่ย ใบครีบลู่ออก 15° (kN/m)	-9.914	-7.432	-5.0540	-2.728	-1.111	0.124	1.074	1.647	1.833	1.805	1.610
ความดันเฉลี่ย ใบครีบลู่ออก 18° (kN/m)	-8.879	-7.061	-4.8920	-2.794	-1.311	-0.048	0.764	1.351	1.746	1.973	1.891
ความดันเฉลี่ย ใบครีบลู่ออก 21° (kN/m)	-7.027	-5.927	-4.1970	-2.494	-1.336	-0.315	0.584	1.351	1.806	1.979	2.027
ความดันเฉลี่ย ใบครีบลู่ออก 24° (kN/m)	-6.269	-5.079	-3.8510	-2.566	-1.490	-0.660	0.113	0.789	1.247	1.559	1.832
ความดันเฉลี่ย ใบครีบลู่ออก 27° (kN/m)	-5.055	-3.905	-3.0500	-2.161	-1.485	-0.748	-0.133	0.515	0.938	1.285	1.532



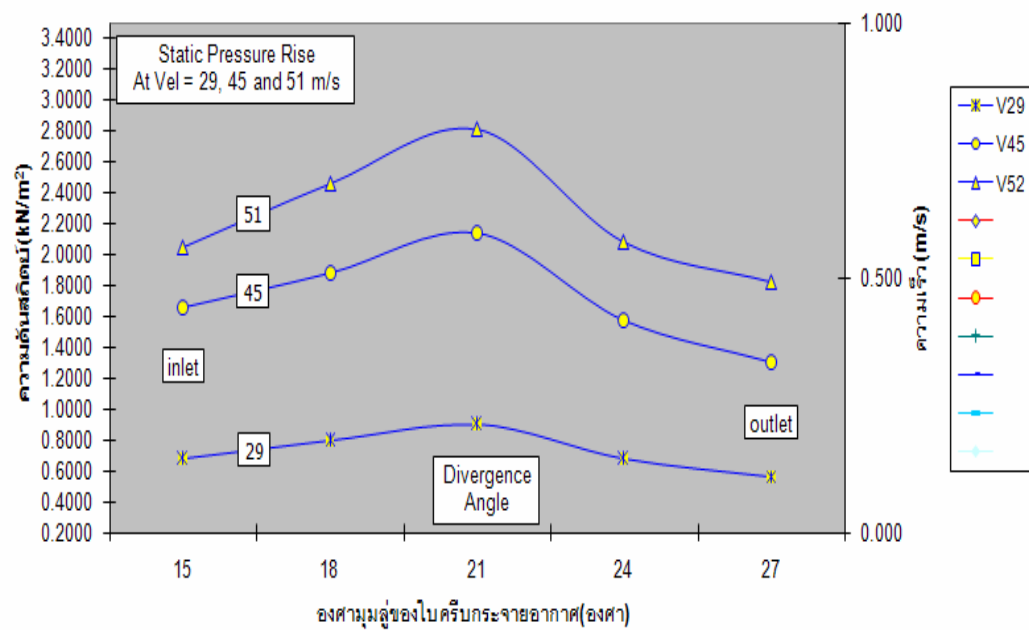
ภาพประกอบ 171 แสดงเส้นความดันเฉลี่ยเปรียบเทียบมุมลู่ออกชุดจำลองแบบแผ่นเรียบ สามเหลี่ยมความเร็วทางเข้าโคจรครบ 51m/s คอมเพรสเซอร์วีลหมุน 104 rad/s

พิจารณาจากตาราง 41 ภาพประกอบ 171 ชุดจำลอง ดิฟฟิวเซอร์ มุมลู่ 15° ความดันที่ทางเข้า -9.914 kN/m^2 ความดันที่ทางออก 1.610 kN/m^2 , มุมลู่ 18° ความดันที่ทางเข้า -8.879 kN/m^2 ความดันที่ทางออก 1.891 kN/m^2 , มุมลู่ 21° ความดันที่ทางเข้า -7.027 kN/m^2 ความดันที่ทางออก 2.027 kN/m^2 , มุมลู่ 24° ความดันที่ทางเข้า -6.269 kN/m^2 ความดันที่ทางออก 1.832 kN/m^2 และมุมลู่ 27° ความดันที่ทางเข้า -5.055 kN/m^2 ความดันที่ทางออก 1.532 kN/m^2 จากผลการวิเคราะห์พบว่า ชุดจำลอง ดิฟฟิวเซอร์มุมลู่ 21° ความดันที่ทางออกสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 2.027 kN/m^2

ผลการวิเคราะห์ความดันเฉลี่ยเปรียบเทียบมุมลู่ใบครีبدิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นครีบตรงและแผ่นเรียบสามเหลี่ยม

ตาราง 42 แสดงค่าความดันเฉลี่ยเปรียบเทียบมุมลู่ใบครีبدิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นครีบตรง

องศาของใบครีبدิฟฟิวเซอร์	15°	18°	21°	24°	27°
ความเร็วลมทางเข้า 29 m/s หมุน 58 rad/s	0.678	0.790	0.898	0.679	0.563
ความเร็วลมทางเข้า 45 m/s หมุน 94 rad/s	1.660	1.880	2.137	1.576	1.298
ความเร็วลมทางเข้า 51 m/s หมุน 104 rad/s	2.045	2.461	2.811	2.080	1.820



ภาพประกอบ 172 แสดงเส้นความดันเฉลี่ยเปรียบเทียบมุมลูตฟีวเซอร์แบบแผ่นครีบตรง

พิจารณาจากตาราง 42 ภาพประกอบ 172 ชุดจำลอง ดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นครีบตรง มุมลูต 21° ความดันที่ทางออกสูงที่สุด

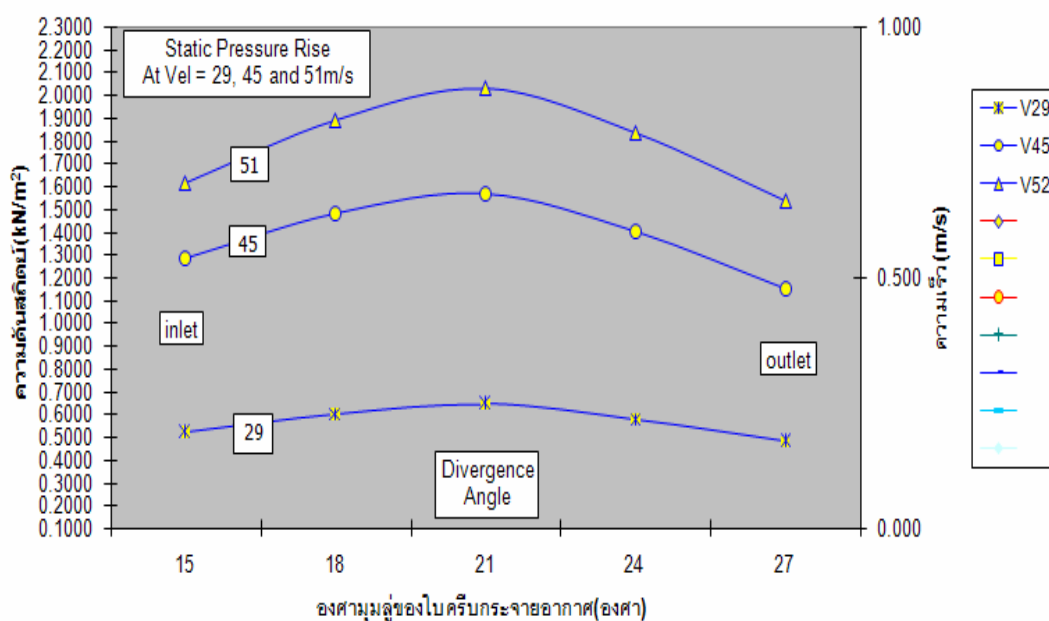
ความเร็วทางเข้าโคจรครบ 29m/sคอมเพรสเซอร์วีลหมุน 58 rad/s ความดัน 0.898 kN/m²

ความเร็วทางเข้าโคจรครบ 45m/sคอมเพรสเซอร์วีลหมุน 94 rad/s ความดัน 2.137 kN/m²

ความเร็วทางเข้าโคจรครบ 51m/sคอมเพรสเซอร์วีลหมุน104 rad/s ความดัน 2.811 kN/m²

ตาราง 43 แสดงค่าความดันเฉลี่ยเปรียบเทียบมุมลูตฟีวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม

องศาของลูตฟีวเซอร์	15°	18°	21°	24°	27°
ความเร็วลมทางเข้า 29 m/s หมุน 58 rad/s	0.520	0.602	0.643	0.578	0.478
ความเร็วลมทางเข้า 45 m/s หมุน 94 rad/s	1.282	1.480	1.567	1.400	1.147
ความเร็วลมทางเข้า 51 m/s หมุน 104 rad/s	1.610	1.891	2.027	1.832	1.532



ภาพประกอบ 173 แสดงเส้นความดันเฉลี่ยเปรียบเทียบมุมลูตฟีวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม

พิจารณาจากตาราง 43 ภาพประกอบ 173 ชุดจำลอง ดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นครีตรง มุมลูต 21° ความดันที่ทางออกสูงที่สุด

ความเร็วทางเข้าโครงรอบ 29m/sคอมเพรสเซอร์วีลหมุน 58 rad/s ความดัน 0.643 kN/m²

ความเร็วทางเข้าโครงรอบ 45m/sคอมเพรสเซอร์วีลหมุน 94 rad/s ความดัน 1.567 kN/m²

ความเร็วทางเข้าโครงรอบ 51m/sคอมเพรสเซอร์วีลหมุน104 rad/s ความดัน 2.027 kN/m²

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงวิเคราะห์หามุมลู่ที่เหมาะสมและเปรียบเทียบ ดิฟฟิวเซอร์ 2 แบบ คือแบบแผ่นครีตรงและแบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม โดยใช้การวิเคราะห์การไหลของของไหล ด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข จากการสร้างชุดจำลองประกอบด้วยใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลแบบการไหล ผ่านของอากาศตามแนวรัศมีชนิดเซ็นทรีฟูกอลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 142 มิลลิเมตร, ดิฟฟิวเซอร์ 2 แบบ และโครงครอบ โดยใช้โปรแกรมการคำนวณเชิงตัวเลขทางกลศาสตร์ของไหล วิเคราะห์ถึง ลักษณะของการเคลื่อนที่ ความเร็ว ความดันและความปั่นป่วนของกระแสอากาศ ที่ไหลอยู่ภายใน ช่องทางของใบครี โดยใช้อากาศไหลเข้าโครงครอบ และใบพัดคอมเพรสเซอร์วีล หมุน อากาศจะ ไหลผ่านเข้าช่องใบครีดิฟฟิวเซอร์แล้วไหลออกเข้าห้องเผาไหม้ จากผลการคำนวณมุมลู่ออก 21° เป็นมุมที่เหมาะสม จึงได้สร้างชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์มุมลู่ $15, 18, 21, 24$ และ 27° เพื่อวิเคราะห์ เปรียบเทียบ โดยกำหนดความเร็วลมทางเข้าโครงครอบและใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลหมุน 29 m/s 58 rad/s , 45 m/s 94 rad/s และ 51 m/s 104 rad/s ตามลำดับ

1. สรุปผลการวิจัย

การวิเคราะห์มุมลู่ที่เหมาะสม เพื่อต้องการหาความดันที่ทางออกสูงที่สุด ที่ออกจากมุมลู่ที่ แตกต่างกัน ตามหลักการของดิฟฟิวเซอร์คือเพิ่มแรงดันสถิตและลดความเร็วของอากาศก่อนเข้า ห้องเผาไหม้ ซึ่งผลการวิเคราะห์ได้ผลดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์ชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นครีตรง จากการกำหนดจุดวัด 3 ตำแหน่ง เนื่องจากความเร็วลมที่เข้าทางเข้าแต่ละตำแหน่งจะไม่เท่ากัน ทำให้ความดันที่ทางออก แตกต่างกันด้วย จึงต้องหาค่าความดันเฉลี่ย กำหนดความเร็วทางเข้าโครงครอบ 51 m/s ความเร็ว รอบใบพัดคอมเพรสเซอร์วีล 104 rad/s เท่ากัน ความดันเฉลี่ยที่ทางออกชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบ แผ่นครีตรงมุมลู่ออก 15° ความดันเฉลี่ย 2.045 kN/m^2 , มุมลู่ออก 18° ความดันเฉลี่ย 2.461 kN/m^2 , มุมลู่ออก 21° ความดันเฉลี่ย 2.811 kN/m^2 , มุมลู่ออก 24° ความดันเฉลี่ย 2.080 kN/m^2 และ มุมลู่ออก 27° ความดันเฉลี่ย 1.820 kN/m^2

2. ผลการวิเคราะห์ชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม จากการกำหนดจุดวัด 3 ตำแหน่ง และหาค่าความดันเฉลี่ยตลอดจน กำหนดความเร็วทางเข้าโครงครอบ 51 m/s ความเร็ว รอบใบพัดคอมเพรสเซอร์วีล 104 rad/s เช่นเดียวกัน ความดันเฉลี่ยที่ทางออกชุดจำลองดิฟฟิว เซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมลู่ออก 15° ความดันเฉลี่ย 1.610 kN/m^2 , มุมลู่ออก 18° ความดัน เฉลี่ย 1.891 kN/m^2 , มุมลู่ออก 21° ความดันเฉลี่ย 2.027 kN/m^2 , มุมลู่ออก 24° ความดันเฉลี่ย 1.832 kN/m^2 และมุมลู่ออก 27° ความดันเฉลี่ย 1.532 kN/m^2

3. ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นคريبตรงและแบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม จากผลที่ได้จากการวิเคราะห์เส้นความดันทั้ง 2 แบบ ปรากฏว่า กำหนดความเร็วทางเข้าโคจรครบ 51 m/s ความเร็วรอบใบพัดคอมเพรสเซอร์วีล 104 rad/s เท่ากัน มุมลู่ออกที่ 21° สูงที่สุด โดยที่แบบแผ่นคريبตรงให้ความดันเฉลี่ยที่ทางออก 2.811 kN/m^2 และแบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมให้ความดันเฉลี่ยที่ทางออก 2.027 kN/m^2 ดังนั้น ชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นคريبตรงให้ความดันสูงกว่าแบบสามเหลี่ยม

2. อภิปรายผล

ผลการวิจัยพบว่า ชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นคريبตรงและแบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม มุมลู่ออกที่ 21° ให้ความดันเฉลี่ยที่ทางออกสูงที่สุด สอดคล้องกับค่าที่คำนวณได้ และการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิควิธีการถ่ายภาพอนุภาค ในการเลือกมุมลู่ออกที่เหมาะสมของชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์ทั้ง 2 แบบ ควรเลือกมุมลู่ 21° ไปใช้งาน จากการปรับมุมลู่ $15^\circ, 18^\circ, 21^\circ, 24^\circ$ และ 27° มุมลู่แคบระยะทางของร่องคريبยาว ความดันที่ทางออกจะสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทาน มุมลู่ออกกว้างขึ้นกระแสอากาศจะเริ่มแยกชั้นการไหลที่ทางเข้าดิฟฟิวเซอร์ทำให้สูญเสียความดันที่ทางออก และพบว่าการเพิ่มความเร็วลมทางเข้าโคจรครบและใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลหมุนเร็วขึ้น มุมลู่ที่กว้างกว่าความดันทางออกจะลดลงเมื่อเปรียบเทียบกัน

3. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ข้อเสนอแนะทั่วไป

ในการวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์ เพื่อหามุมลู่ที่เหมาะสม ดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นคريبตรงและแบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม ผู้วิจัยยังเห็นว่า ควรจะนำการวิเคราะห์การไหลของของไหลด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข ไปวิเคราะห์หาค่าดิฟฟิวเซอร์ที่ขนาดและลักษณะแตกต่างกันไป เพื่อนำค่าที่ได้ไปใช้งาน

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ในการวิจัยครั้งต่อไปแนะนำว่า นำการวิเคราะห์การไหลของของไหลด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข ไปวิเคราะห์หาค่าดิฟฟิวเซอร์เพื่อหามุมลู่ออกที่เหมาะสมโดยการให้ใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลหมุนดูดอากาศ เข้าโคจรครบผ่านใบดิฟฟิวเซอร์ เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพจริง

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กิตติ แก้วชาติ. (2551). การออกแบบและสร้างเครื่องยนต์กังหันก๊าซขนาดเล็กโดยมีระบบอัดอากาศและระบบกังหันเป็นแบบการไหลในแนวรัศมี. ปรินซ์นิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ชานันท์ ชัยสุข. (2550). การออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องยนต์กังหันขนาดเล็ก. ปรินซ์นิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- นิเวศน์ ดวงสุภา. (2548). การจำลองการเผาไหม้ในเตาเซรามิกไฟเบอร์โดยใช้การคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมพลังงาน). เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร.
- พิศิษฐ์ นาคประเสริฐ. (2549). การจำลองการไหลของอากาศร้อนในเตาเผาอิฐ โดยใช้การคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมพลังงาน). เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร.
- สิทธิพร ใหญ่ธนายศ. (2547). เครื่องจักรกลของไหล. กรุงเทพฯ: ศูนย์ผลิตตำราเรียนสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- Ali Pinarbasi. (2008). *Experimental Hot wire Measurements in a Centrifugal Compressor with Vaned Diffuser.International*. Journal of Heat and Fluid Flow, from <http://www.sciencedirect.com>.
- David Gordon Wilson; & Theodosios Korakianitis. (1998). *The Design of High-efficiency Turbo Machinery and Gas Turbines*. 2nd ed. New York: United States of America.
- Ernesto Benini; & Stefano Giacometti. (2007). Design, Manufacturing and Operation of a Small Turbojet Engine for Research Purposes. *Applied Energy* . 84: 1102-1116.
- ling J., Wong K.C.; & S. Armfield. (2007). *Numerical investigation of a small gas turbine compressor*. School of Aerospace, from <http://www.sciencedirect.com>
- Hideaki Tamaki; Ji Dai; Hiroshi Yamaguchi; & Takeshi Aizawa. (2004). *Analysis of Effect of Vaned Setting Angle on Vaned Diffuser Performance*. Journal of Turbomachinery, from <http://www.sciencedirect.com>
- Mark P. Wernet. (2000). Application of Digital Particle Imaging Velocimetry to Study both Steady State and Transient Turbo machinery ows. *Journal Optics & Laser Technology* 32 (2000) 497-525, from <http://www.sciencedirect.com>
- Thomas Kamps. (1995). *Model Jet Engines*. Traplet Publications Limited, United Kingdom.

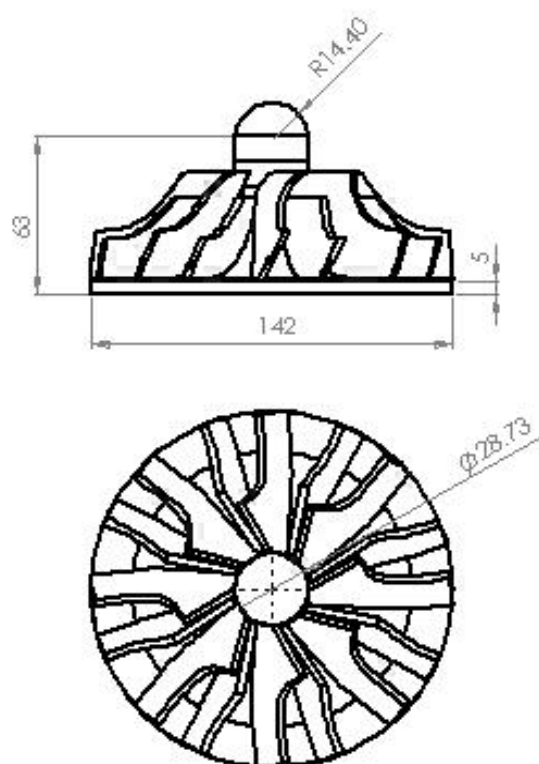
Yunus A. Cengel; & Michael A. Boles. (2002). Thermodynamics an Engineering Approach.
4th ed. New York: McGraw – Hill, Inc.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

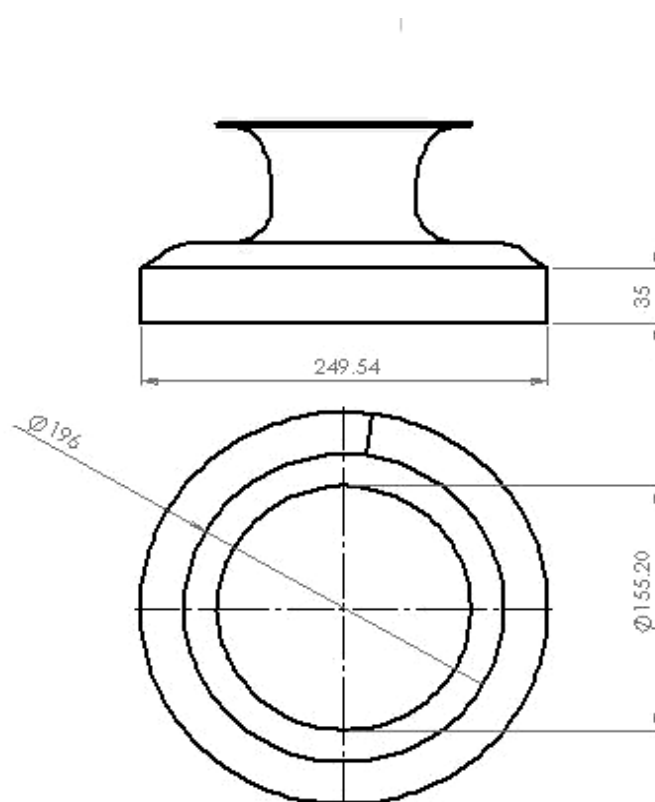
แบบงานส่วนประกอบชุดจำลองดีฟิวเซอร์

1.แบบงานคอมเพรสเซอร์วีล



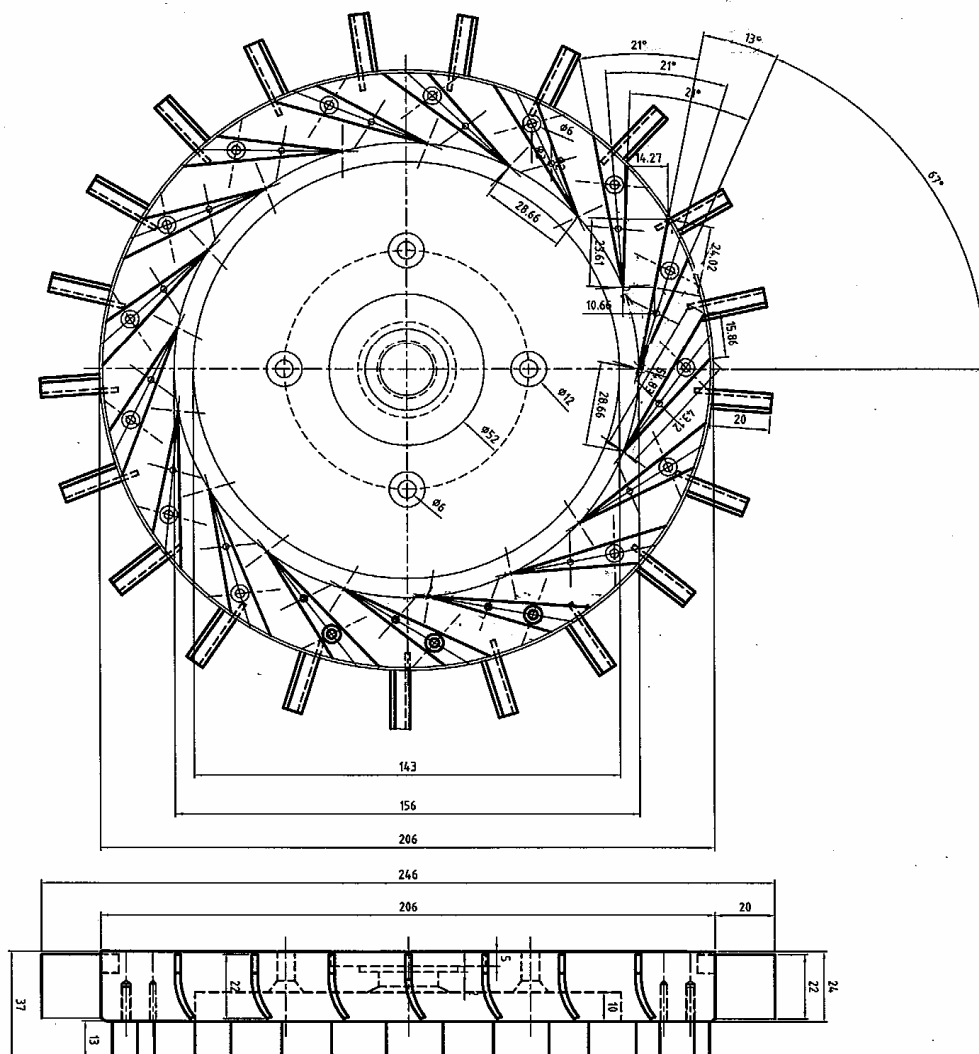
ภาพประกอบ ก.1 แสดงแบบงานแบบงานคอมเพรสเซอร์วีล

2. แบบงานโครงกรอบ



ภาพประกอบ ก.2 แสดงแบบงานแบบงานโครงกรอบ

4. แบบงานครีบริดฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม



ภาพประกอบ ก.4 แสดงแบบงานครีบริดฟิวเซอร์แบบเรียบสามเหลี่ยม

ภาคผนวก ข

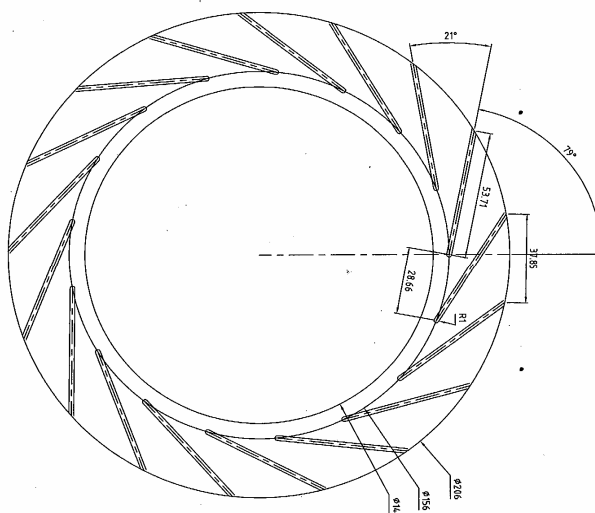
แบบงานมุลู่ครีบทิฟฟิเวอร์

แบบงานมุลู่ครีบดิฟฟิวเซอร์

การสร้างชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์ทั้ง 2 แบบ มีมุลู่ที่ต่างกัันประกอบด้วยมุลู่ 15°, 18°, 21°, 24° และ 27° ตามลำดับ ดังนั้นจึงต้องเขียนแบบงาน เพื่อกำหนดมุลู่ของดิฟฟิวเซอร์ ในการสร้างชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์ตามขนาดของมุลู่ ดังมีรายละเอียดของแบบงานพอสังเขป ดังต่อไปนี้

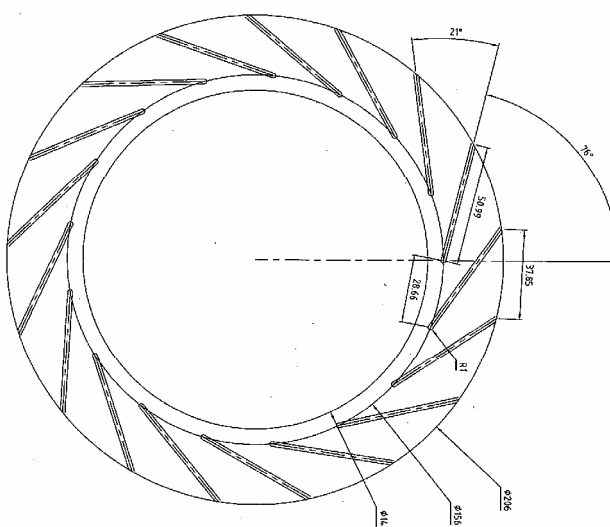
1. แบบงานดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นครีบตรง

1.1 แบบงานดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นครีบตรงมุลู่อก 15°



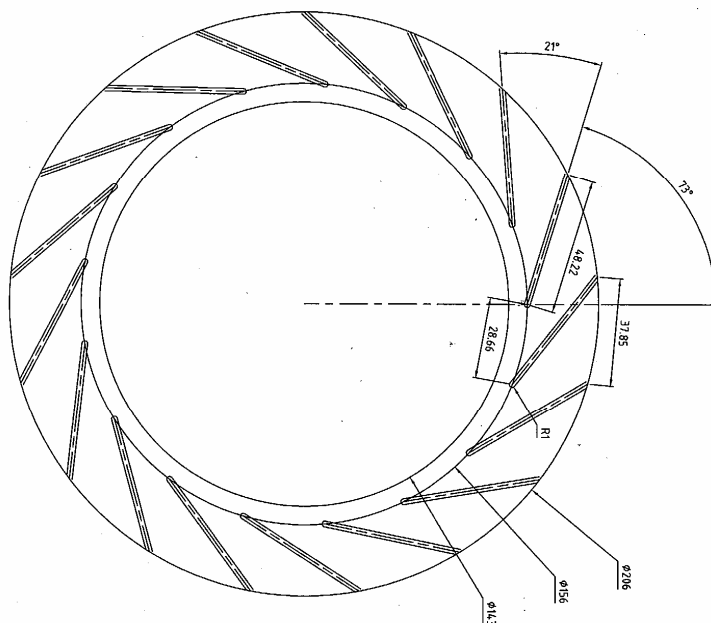
ภาพประกอบ ข.1 แสดงแบบงานดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นครีบตรง มุลู่อก 15°

1.2 แบบงานดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นครีบตรงมุลู่อก 18°



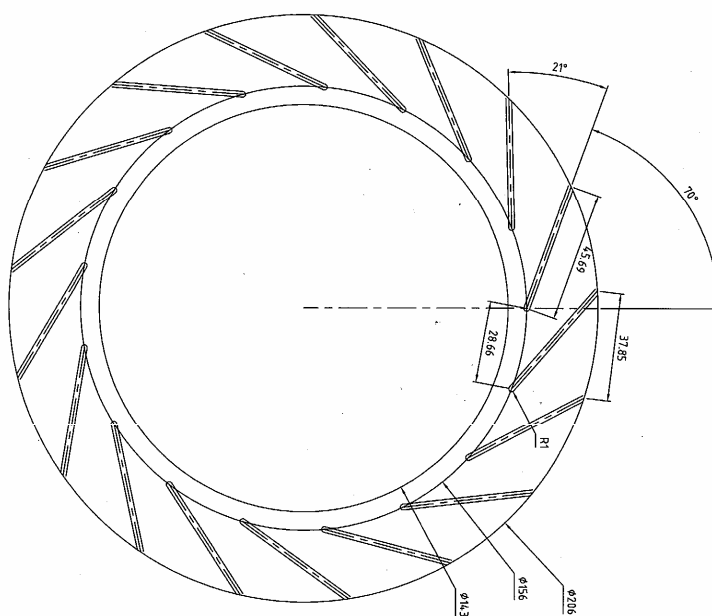
ภาพประกอบ ข.2 แสดงแบบงานดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นครีบตรง มุลู่อก 18°

1.3 แบบงานตีฟิวเซอร์แบบแผ่นครีปตรงมุมลู่ออก 21°



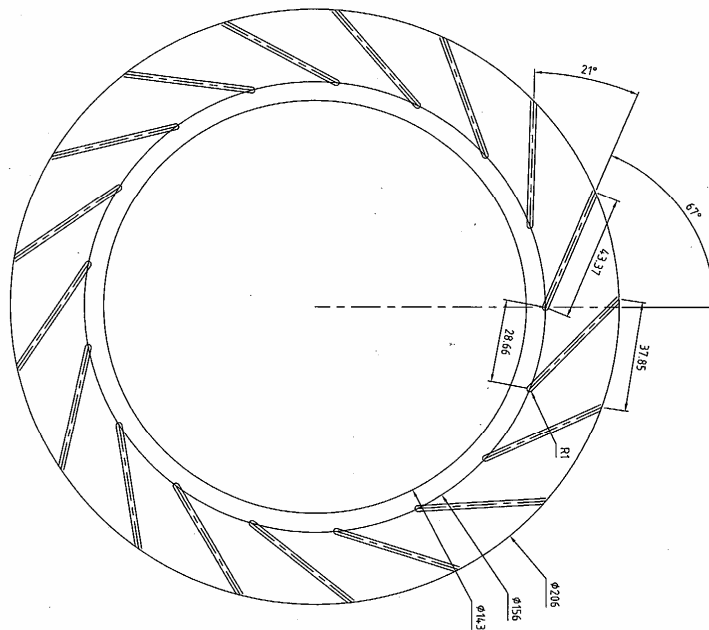
ภาพประกอบ ข.3 แสดงแบบงานตีฟิวเซอร์แบบแผ่นครีปตรง มุมลู่ออก 21°

1.4 แบบงานตีฟิวเซอร์แบบแผ่นครีปตรงมุมลู่ออก 24°



ภาพประกอบ ข.4 แสดงแบบงานตีฟิวเซอร์แบบแผ่นครีปตรง มุมลู่ออก 24°

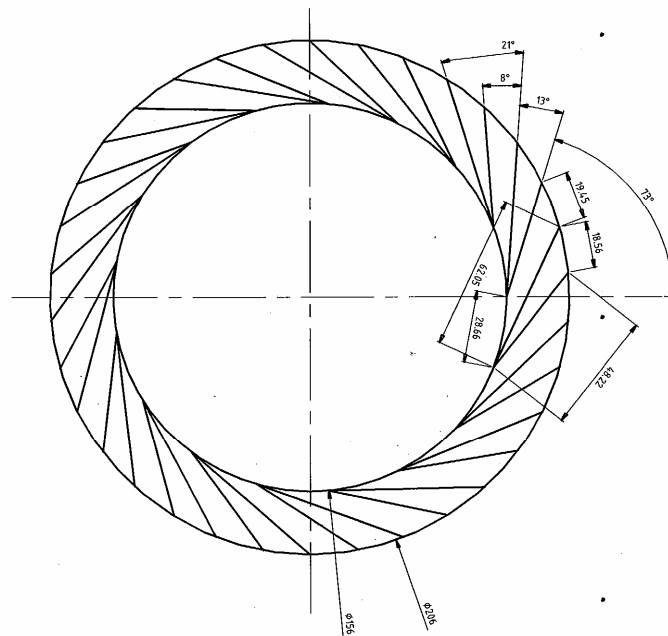
1.5 แบบงานตีฟิวเซอร์แบบแผ่นครึ่งตรงมุมลู่ออก 27°



ภาพประกอบ ข.5 แสดงแบบงานตีฟิวเซอร์แบบแผ่นครึ่งตรง มุมลู่ออก 27°

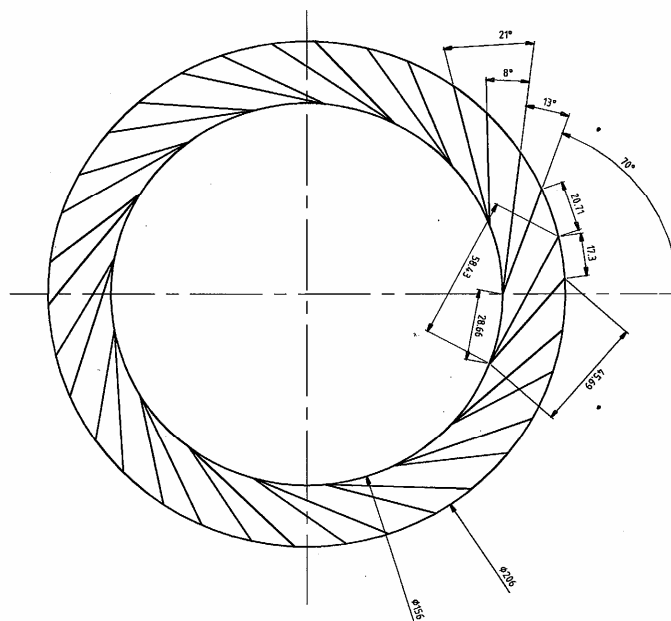
2. แบบงานตีฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม

2.1 แบบงานตีฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมลู่ออก 15°



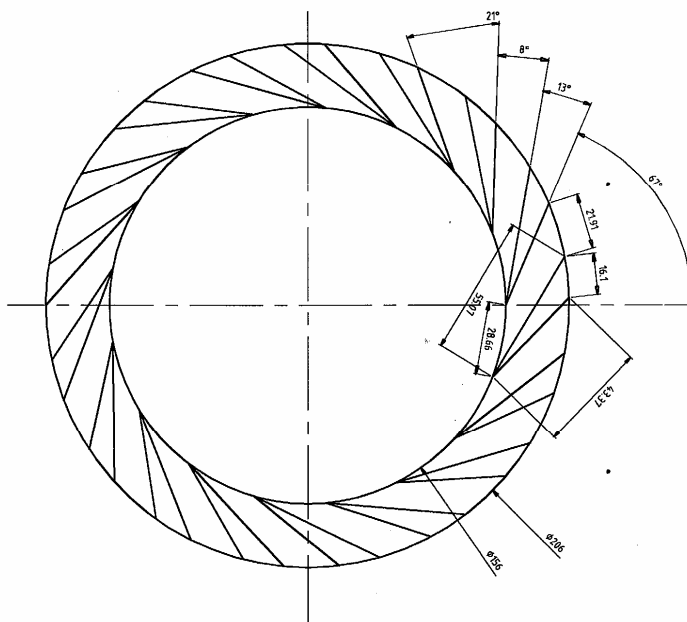
ภาพประกอบ ข.6 แสดงแบบงานตีฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม มุมลู่ออก 15°

2.2 แบบงานตีฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมลู่ออก 18°



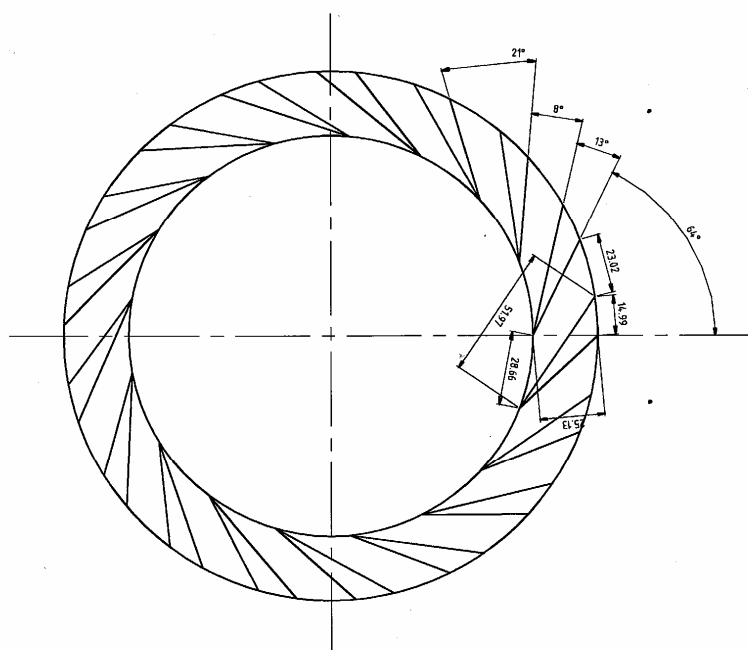
ภาพประกอบ ข.7 แสดงแบบงานตีฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม มุมลู่ออก 18°

2.3 แบบงานตีฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมลู่ออก 21°



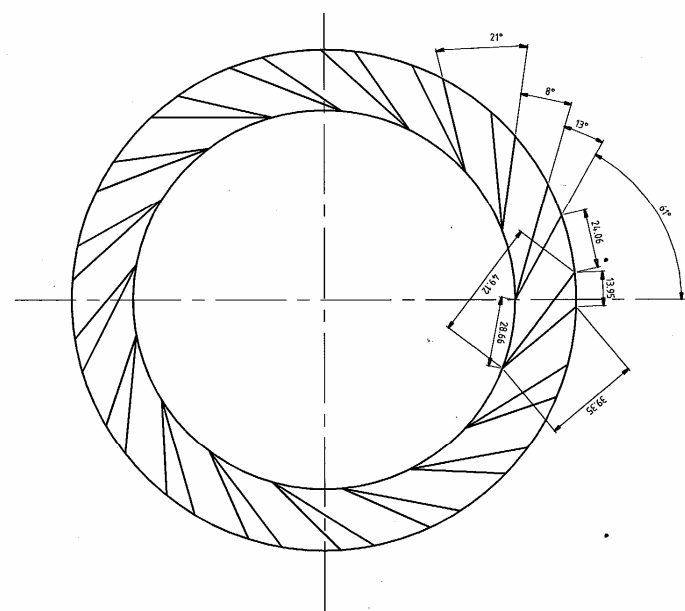
ภาพประกอบ ข.8 แสดงแบบงานตีฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม มุมลู่ออก 21°

2.4 แบบงานตีฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมลู่ออก 24°



ภาพประกอบ ข.9 แสดงแบบงานตีฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม มุมลู่ออก 24°

2.5 แบบงานตีฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมลู่ออก 27°



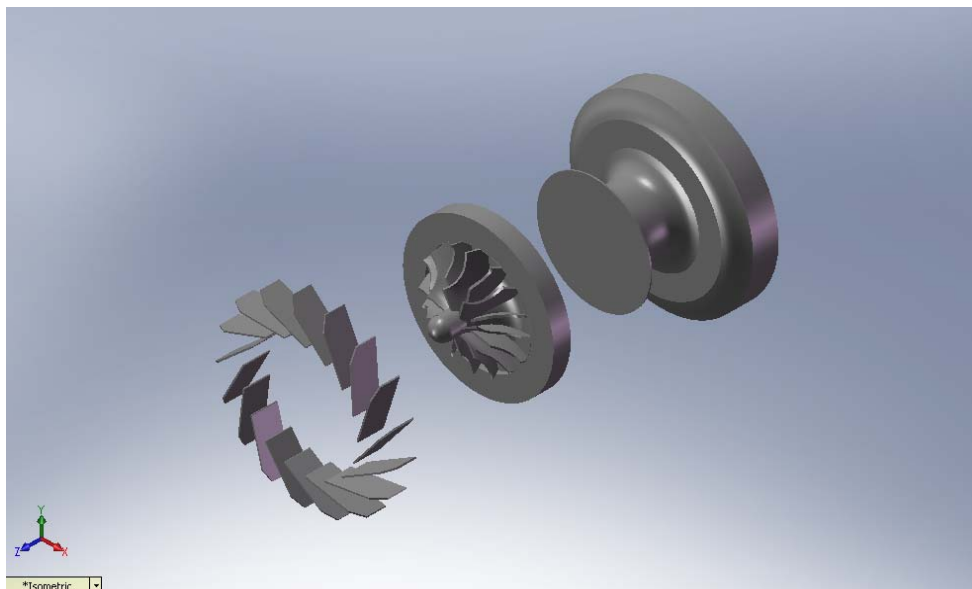
ภาพประกอบ ข.10 แสดงแบบงานตีฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม มุมลู่ออก 27°

ภาคผนวก ค

การประกอบชุดจำลองดีพีวีเออร์ดีพีวีเออร์

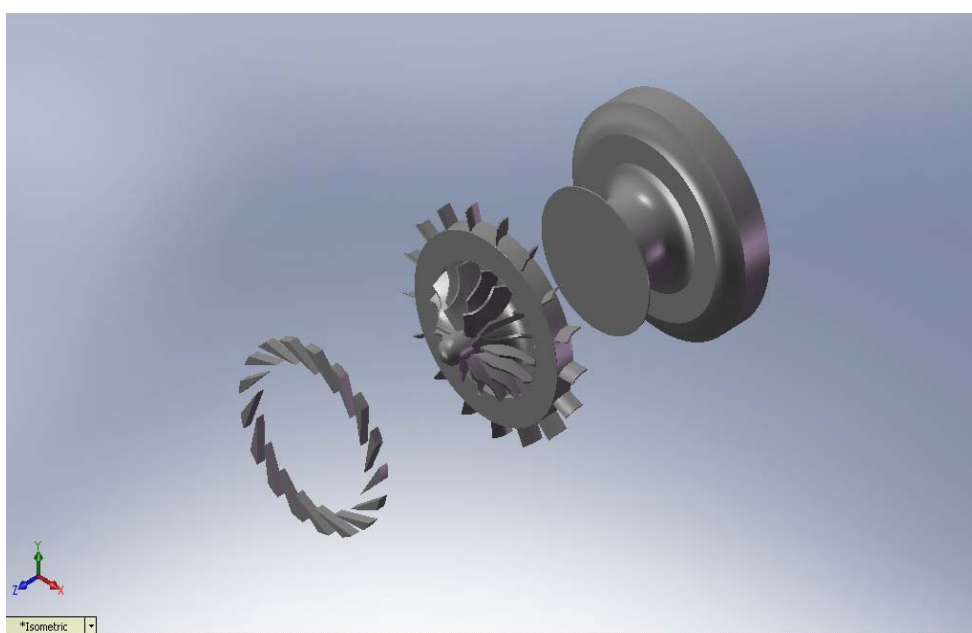
การประกอบชุดจำลองดีฟฟิวเซอร์ดีฟฟิวเซอร์

1. การประกอบชุดจำลองดีฟฟิวเซอร์แบบแผ่นครึ่งตรง



ภาพประกอบ ค.1 แสดงการประกอบชุดจำลองดีฟฟิวเซอร์แบบแผ่นครึ่งตรง

2. การประกอบชุดจำลองดีฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม



ภาพประกอบ ค.2 แสดงการประกอบชุดจำลองดีฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม

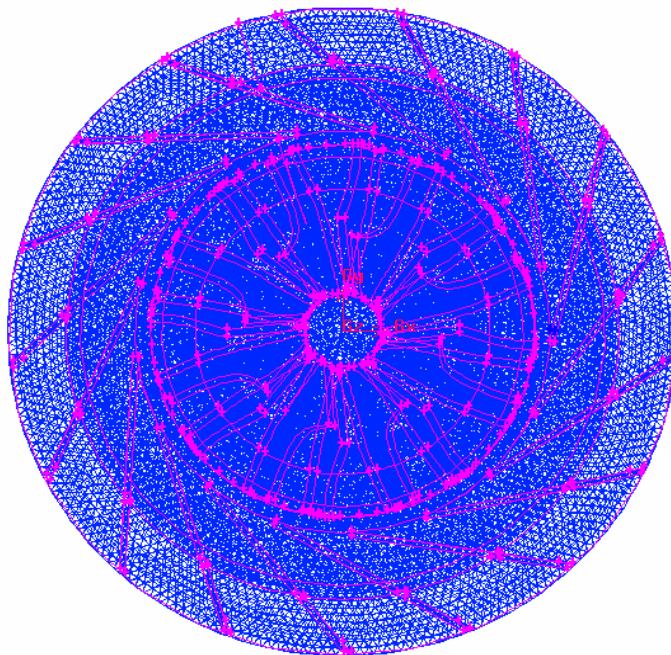
ภาคผนวก ง

รูปการตีกริดชุดจำลองดีฟไฟเซอร์

รูปการตีกริดชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์

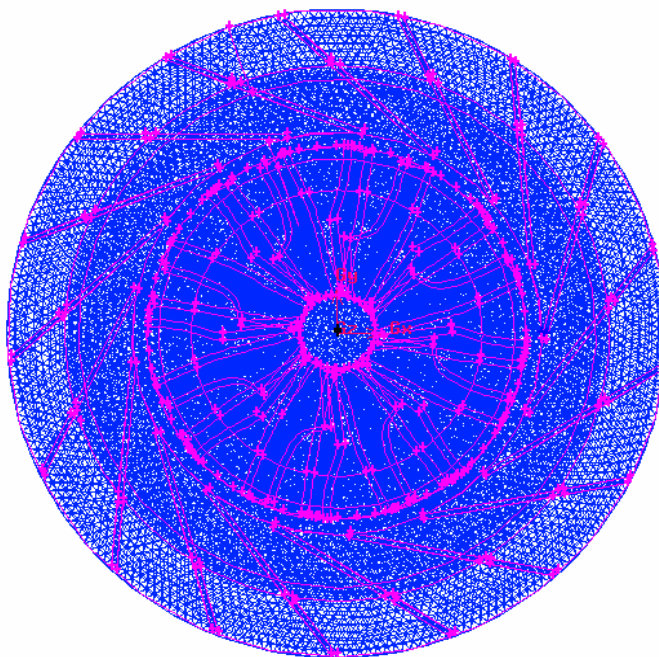
1. ชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบตรง

1.1 ชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบตรงมุมลู่ออก 15°



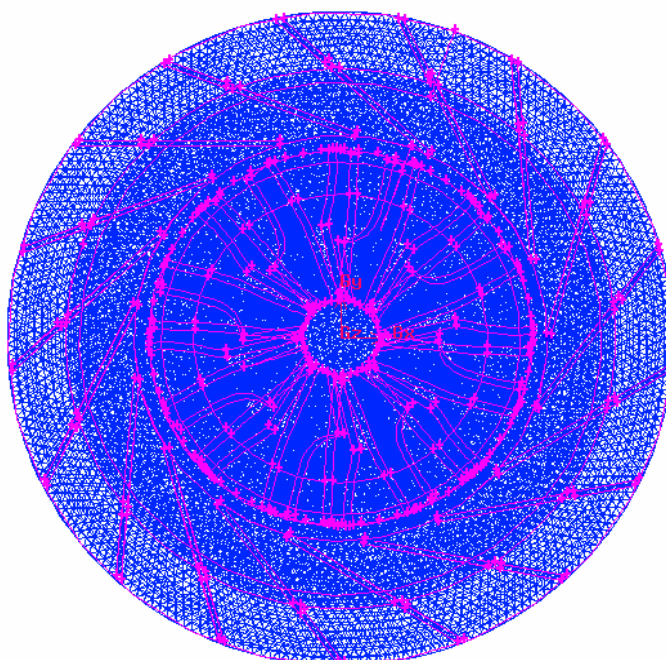
ภาพประกอบ ง.1 แสดงชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบตรงมุมลู่ออก 15°

1.2 ชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบตรงมุมลู่ออก 18°



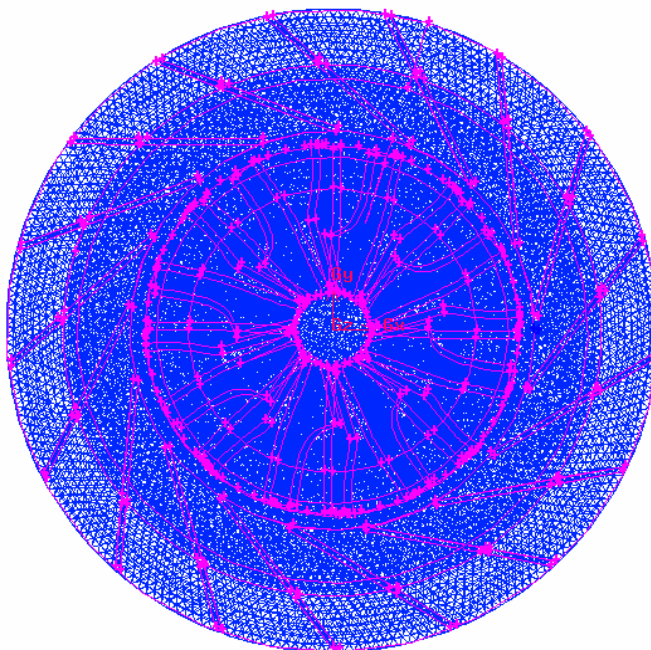
ภาพประกอบ ง.2 แสดงชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบตรงมุมลู่ออก 18°

1.3 ชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบตรงมุมลู่ออก 21°



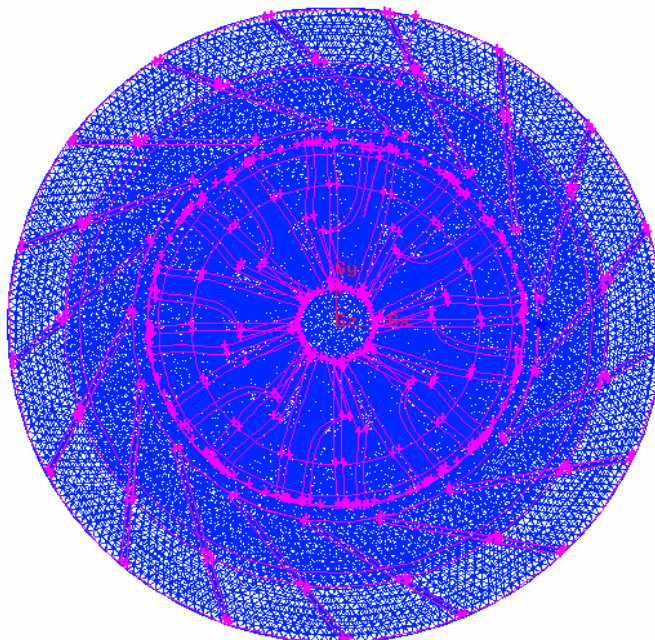
ภาพประกอบ ง.3 แสดงชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบตรงมุมลู่ออก 21°

1.4 ชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นครึ่งตรงมุมลู่ออก 24°



ภาพประกอบ ง.4 แสดงชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นครึ่งตรงมุมลู่ออก 24°

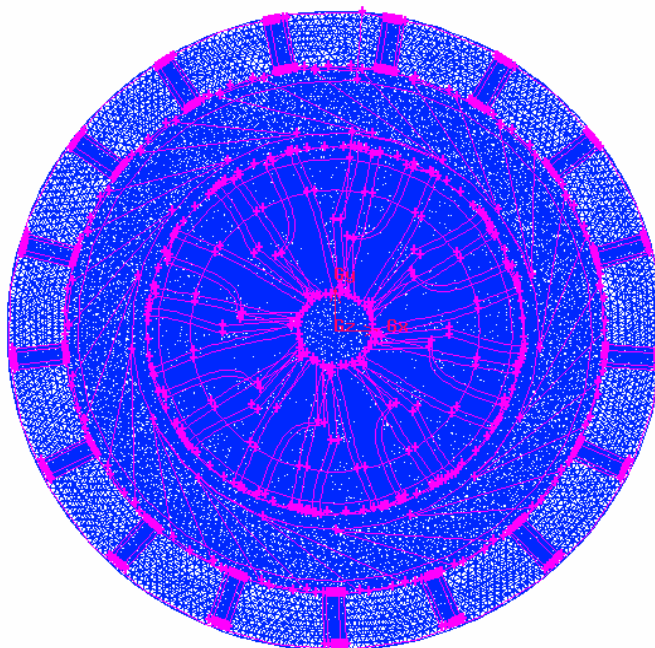
1.5 ชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นครึ่งตรงมุมลู่ออก 27°



ภาพประกอบ ง.5 แสดงชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นครึ่งตรงมุมลู่ออก 27°

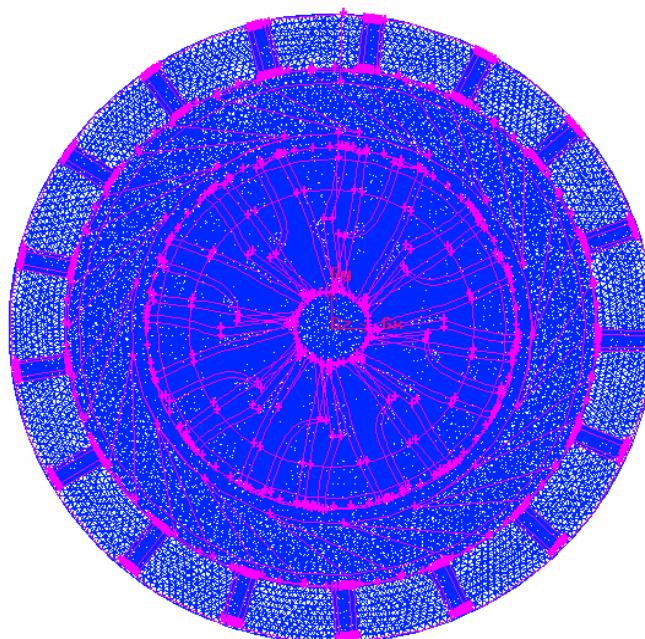
2. ชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยม

2.1 ชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมลู่ออก 15°



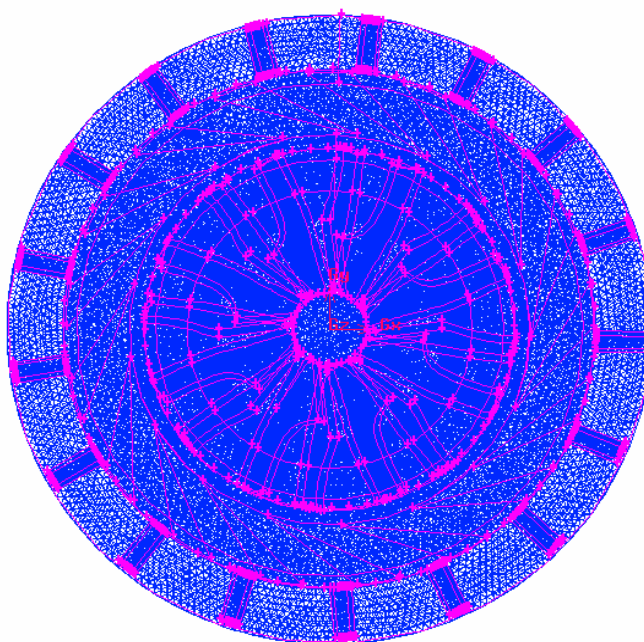
ภาพประกอบ ง.6 แสดงชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมลู่ออก 15°

2.2 ชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมลู่ออก 18°



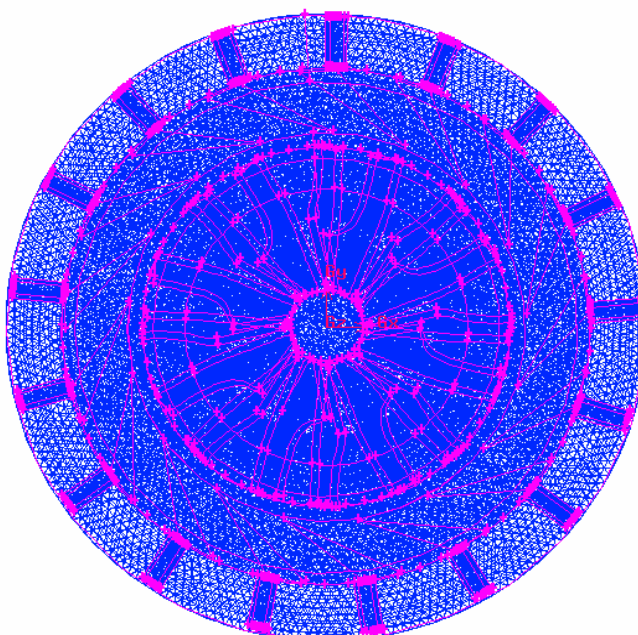
ภาพประกอบ ง.7 แสดงชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมลู่ออก 18°

2.3 ชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมฉอก 21°



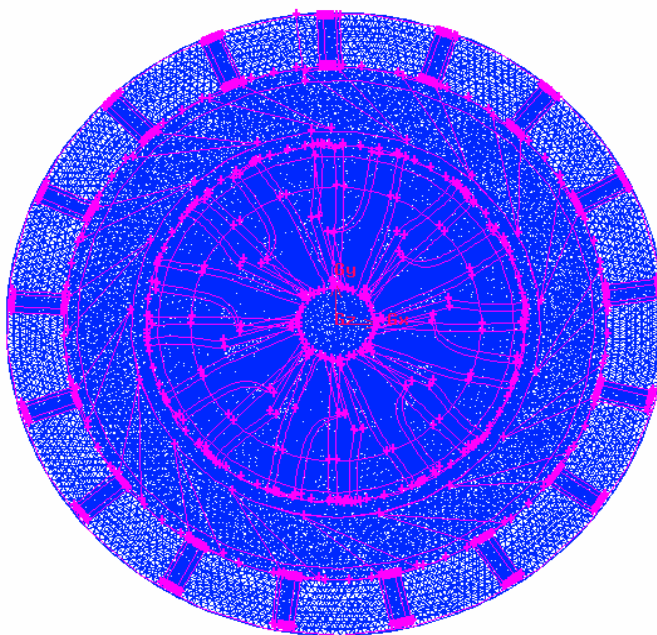
ภาพประกอบ ง.8 แสดงชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมฉอก 21°

2.4 ชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมฉอก 24°



ภาพประกอบ ง.9 แสดงชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมฉอก 24°

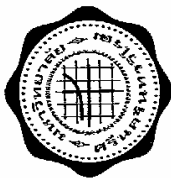
2.5 ชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมฉั่วออก 27°



ภาพประกอบ ง.10 แสดงชุดจำลองดิฟฟิวเซอร์แบบแผ่นเรียบสามเหลี่ยมมุมฉั่วออก 27°

ภาคผนวก จ

ใบประกาศเกียรติคุณผลงานวิจัย



มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ขอมอบใบประกาศเกียรติคุณไว้อเพื่อแสดงว่า

สันติสุข ศรีเกิน และคณะ

นำเสนอผลงานวิจัยเรื่อง “ การศึกษาคุนลักษณะการไหลของแก๊สในดีฟฟ้าเซอร์ของไมโครแกสทอร์ไบน์
โดยใช้การวิเคราะห์การไหลของไหลของระเบียบวิธีเชิงตัวเลข”

ในงานประชุมศรีนครินทรวิโรฒวิชาการครั้งที่ ๔ วันที่ ๒๙ - ๓๐ มกราคม ๒๕๕๓
ณ อาคารวิจัยและการศึกษาดูงานเนื่องๆ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ศาสตราจารย์ ดร.วิญญู ตั้งเจริญ

อธิการบดี

รองศาสตราจารย์ ดร.วิภากร อนุพันธ์พิสิษฐ์

ประธานจัดงานประชุมศรีนครินทรวิโรฒวิชาการ

ภาคผนวก จ

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
U_1	ความเร็วของใบพัดที่ทางเข้า	m/s
U_2	ความเร็วของใบพัดที่ทางออก	m/s
N	ความเร็วรอบของใบพัด	rpm
D_1	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัดที่ทางเข้า	mm
D_2	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัดที่ทางออก	mm
C_x	ความเร็วของอากาศในทิศทางความเร็วของใบพัด	m/s
σ_s	ค่าองค์ประกอบการลื่นไถล (Slip factor)	-
C_r	ความเร็วของอากาศที่ไหลออกมีองค์ประกอบตามแนวรัศมี	m/s
b_{com}	ความสูงของครีบบใบพัด	mm
Q	อัตราการไหล	m ³ /min
A	พื้นที่หน้าตัด	m ²
ρ	ความหนาแน่นของของไหล	Kg/m ³
C_u	ความเร็วสมบูรณ์ของอากาศ	m/s
C_{com}	ความเร็วของอากาศที่ไหลออกจากใบพัด	m/s
α	มุมทิศทางของอากาศที่ไหลออกจากใบพัด	Degree
Z	จำนวนครีบบของใบพัด	Fin
E	ค่าพลังงานที่ถ่ายเทให้แก่อากาศในเชิงทฤษฎี	J
ψ	ค่าตัวประกอบกำลังงาน (Power input factor)	-
h	ค่าเอนทาลปี	kJ/kg
W	พลังงานที่ถ่ายเทของเครื่องอัดอากาศ	J
η_{com}	ประสิทธิภาพในการไหลผ่านใบพัด	%
T	อุณหภูมิของอากาศ	K
k	ค่าคงที่ของอัตราส่วนความร้อนจำเพาะของอากาศ	-
R	ค่าคงที่ของอากาศ	J/kg K
P	ความดันของของไหล	KPa
Δh	ค่าความต่างของเอนทาลปี	kJ/kg
M	ค่าตัวเลขมัคนัมเบอร์ของอากาศที่ไหลออกจากใบพัด	-

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
M	ค่าตัวเลขมัคนัมเบอร์ของอากาศที่ไหลออกจากใบพัด	-
C_a	ความเร็วของเสียงในอากาศที่ปลายใบพัด	m/s
L_1	ความยาวของใบครีบ	mm
L_2	ความยาวของใบครีบ	mm
A_1	พื้นที่หน้าตัดของใบครีบที่ทางเข้า	m^2
A_2	พื้นที่หน้าตัดของใบครีบที่ทางออก	m^2
θ	มุมรัศมีของใบครีบ	Degree
AR	อัตราส่วนพื้นที่หน้าตัดของใบครีบ (Area Ratio)	-
C_{Pr}	ค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มความดัน	-
$P_{st,1}$	ความดันสถิตยทางเข้า	kN/m^2
$P_{st,2}$	ความดันสถิตยทางออก	kN/m^2
$C_{pr,tl}$	ค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มความดันทางทฤษฎี	-
U_3	ความเร็วของดิฟฟิวเซอร์ที่ทางเข้า	m/s
U_4	ความเร็วของดิฟฟิวเซอร์ที่ทางออก	m/s
C_{diff}	ความเร็วที่ช่องใบครีบของดิฟฟิวเซอร์	m/s
r_2	รัศมีของใบพัดที่ทางออก	mm
r_3	รัศมีของใบครีบดิฟฟิวเซอร์ที่ทางเข้า	mm
R_e	เลขเรย์โนลด์นัมเบอร์กำหนดแบบการไหล	-
D_h	เส้นผ่านศูนย์กลางไฮดรอลิกส์ (Hydraulic Diameter)	mm
a	ความกว้างของพื้นที่หน้าตัดใบครีบ	mm
b	ความยาวของพื้นที่หน้าตัดใบครีบ	mm
V	ความเร็วเฉลี่ยของการไหลในท่อ	m/s
D	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อ	mm
μ	ความหนืดสัมบูรณ์ของของไหลในท่อ	$N.s/m^2$
U	ความหนืดจลน์ของของไหล	m^2/s

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	สันติสุข ศรีเกิน
วันเดือนปีเกิด	28 ตุลาคม 2499
สถานที่เกิด	จังหวัดขอนแก่น
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ ถนนเวียงแก้ว ตำบลศรีภูมิ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2516	มัธยมศึกษาตอนต้น จาก โรงเรียนสารคามพิทยาคม จังหวัดมหาสารคาม
พ.ศ. 2520	มัธยมศึกษาตอนปลายสายอาชีพ แผนกช่างกลโรงงาน จาก วิทยาลัยอาชีวศึกษาเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่
พ.ศ. 2522	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง แผนกวิชาช่างกลโรงงาน จาก วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาเขตเทคนิคภาคพายัพจังหวัดเชียงใหม่
พ.ศ. 2527	ครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล จาก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
พ.ศ. 2537	ครุศาสตรบัณฑิต สาขาเครื่องกล จาก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
พ.ศ. 2553	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ