การออกแบบและทดสอบดิฟฟิวเซอร์ประกอบร่วมกับใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลแบบการไหลผ่านของอากาศตามแนวรัศมี โดยใช้เทคนิควิธีการถ่ายภาพอนุภาค

DESIGN AND TEST OF A DIFFUSER FOR A RADIAL FLOW COMPRESSOR WHEEL USING PARTICLE IMAGE VELOCIMETRY (PIV)

วิชัย สินจักร์, ไพศาล นาพล, พิชัย อัษฎมงคล
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงออกแบบเพื่อหามุมใบครีบของดิฟฟิวเซอร์ที่เหมาะสมสำหรับประกอบร่วมกับใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลแบบการไหลผ่านของอากาศตามแนวรัศมี ในการออกแบบดิฟฟิวเซอร์ได้นำค่ามุมองศาและค่าความเร็วทางออกของใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลชนิดเซ็นตริฟูกอลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 142 มิลลิเมตร เป็นจุดเริ่มต้นของการคำนวณและนำเครื่องมือวัดความเร็วของของไหลโดยใช้เทคนิควิธีการถ่ายภาพอนุภาคแบบ Particle Image Velocimetry (PIV) มาวิเคราะห์พารามิเตอร์การไหลที่ไหลผ่านช่องใบครีบ

การศึกษาได้แบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่งเป็นการออกแบบและคำนวณ ส่วนที่สองเป็นการจัดสร้างและทดสอบอุปกรณ์ ส่วนที่สามเป็นการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลที่ได้จากการคำนวณและการทดสอบ ซึ่งดิฟฟิวเซอร์ที่ได้จัดสร้างขึ้นนั้นมีทั้งหมด 5 มุม คือ 10, 15, 18, 21 และ 25 องศา โดยพื้นที่หน้าตัดทางเข้าของใบครีบมีข้อกำหนดภายใต้เงื่อนไขของขนาดที่เท่ากันและทดสอบกับสภาวะอัตราการไหลของน้ำที่ 23, 36 และ 41 ลิตรต่อนาที

ผลการทดสอบ พบว่ามุมใบครีบของดิฟฟิวเซอร์ที่ 21 องศา ให้ค่าที่ไหลผ่านช่องใบครีบดีที่สุดและไม่เกิดการแยกชั้นการไหล โดยความดันมีค่าสูงสุดที่ 1.442 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร ความเร็วทางออกมีค่าที่ 2.73 เมตรต่อวินาที เส้นการไหลมีลักษณะที่ขนานไปกับพื้นที่หน้าตัดใบครีบ

คำสำคัญ: อนุภาคของของไหล, ดิฟฟิวเซอร์, ใบพัดคอมเพรสเซอร์วีล, เครื่องมือวัดความเร็วของของไหลโดยใช้เทคนิควิธีการถ่ายภาพอนุภาค

Abstract

This research is the aim to design for the appropriate diffuser fin for radial flow compressor wheel. The design parameters are fin angle and outlet velocity of 142 millimeters diameter centrifugal compressor wheel were used as the starting approach in calculation and the Particle Image Velocimetry (PIV) technique was used to analyze the parameter of flow pattern into the diffuser fin.

The studies are divided into three parts. Firstly are the design and calculation. Secondary are creating and test equipment. Thirdly, compare the results between the calculation and experiment by the Particle Image Velocimetry (PIV) technique. In the experiment, the diffuser fin angle are variable from 10, 15, 18, 21 and 25 degrees, the entrance area of each fin was used as the same condition and test via the water flow rate 23, 36 and 41 liter/minute.

The result shows that outlet diffuser fin angle at 21 degrees is the best and not separation result. The pressure at the maximum is 1.442 kN/m^2 and outlet velocity is 2.73 meter per second. And the flow lines are parallel to the cross section fins.

Keywords: Particle, Diffuser, Compressor Wheel, Particle Image Velocimetry (PIV).

บทนำ

ภาคอุตสาหกรรมในปัจจุบันจะได้เห็นถึงความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีของดิฟฟิวเซอร์ที่ทันสมัยโดยมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องซึ่งดิฟฟิวเซอร์เป็นชิ้นส่วนที่สำคัญส่วนหนึ่งของเครื่องยนต์กังหันแก๊สซึ่งติดตั้งระหว่างใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลกับชุดห้องเผาไหม้โดยทำหน้าที่ลดความเร็วและเพิ่มความดันของของไหลในการเผาไหม้ เครื่องยนต์กังหันแก๊สมีการใช้งานอยู่ในกลุ่มอุตสาหกรรมต่างๆ อาทิเช่น อุตสาหกรรมขับเคลื่อนอากาศยานที่ให้ความเร็วสูง อุตสาหกรรมผลิตกระแสไฟฟ้าที่ให้ความเร็วรอบและแรงม้าที่สูง เป็นต้น ดังนั้นในการออกแบบหรือพัฒนาดิฟฟิวเซอร์เพื่อให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพการเผาไหม้เป็นไปได้อย่างสมบูรณ์นั้น และอาจมีปัจจัยที่ทำให้เกิดค่าความสูญเสียพลังงานขึ้นได้ คือ การแยกชั้นการไหล และการสูญเสียเนื่องจากความเสียดทาน ถ้ามุมใบครีบของดิฟฟิวเซอร์มีค่าที่ไม่เหมาะสม [1] Ali Pinarbasi ได้ศึกษาเครื่องอัดอากาศแบบแรงเหวี่ยงที่มีดิฟฟิวเซอร์ประกอบร่วมและทดสอบโดยเครื่องมือวัดแบบขดลวดความร้อนเหนี่ยวนำความเร็วสูง (Hot Wire) [2] วัตถุประสงค์การศึกษาครั้งนี้เพื่อส่งเสริมความเข้าใจทางด้านฟิสิกส์การไหลผ่านของเครื่องอัดอากาศแบบแรงเหวี่ยงที่มีดิฟฟิวเซอร์ประกอบร่วมโดยใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลเป็นแบบแรงเหวี่ยงชนิด Back swept มี 19 ใบครีบ และดิฟฟิวเซอร์เป็นแบบรูปลิ่มชนิดสามเหลี่ยมมุมป้าน มี 16 ใบครีบ [3] การทดสอบได้วัดค่าที่ตำแหน่งช่องว่างใบครีบดิฟฟิวเซอร์และติดตั้งจุดวัดแบบขดลวดความร้อนเหนี่ยวนำทั้งหมด 3 จุด ให้อยู่ในช่องใบครีบเดียวกันเพื่อนำค่าเฉลี่ยของค่าความเร็วมาเป็นจุดตัวแทนของมุมใบครีบสำหรับการกระจายตัวของการไหล ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการออกแบบดิฟฟิวเซอร์ให้มีความเหมาะสมเพื่อหลีกเลี่ยงปัจจัยที่จะทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานขึ้นโดยใช้ค่าความเร็วทางออกและค่ามุมองศาของใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลชนิดเซ็นตริฟูกอลขนาด 142 มิลลิเมตร มาเป็นจุดเริ่มต้นการคำนวณหามุมใบครีบของดิฟฟิวเซอร์ [4] และนำเครื่องมือวัดความเร็วของของไหลโดยใช้เทคนิควิธีการถ่ายภาพอนุภาคแบบ Particle Image Velocimetry (PIV) มาวัดค่าพารามิเตอร์การไหลของน้ำที่ไหลผ่านช่องใบครีบของดิฟฟิวเซอร์ [5]

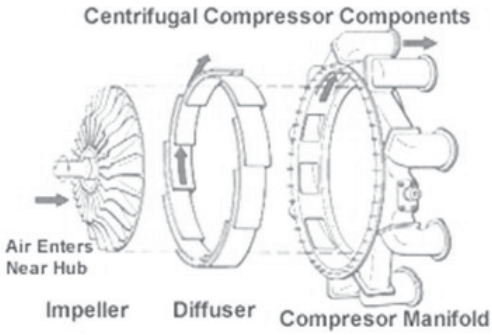
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาการไหลของน้ำที่ไหลผ่านช่องใบครีบของดิฟฟิวเซอร์ที่มีลักษณะของพื้นที่หน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมเพื่อดูผลกระทบที่มีต่อการสูญเสียความดันเนื่องจากความเสียดทานและการแยกชั้นการไหล

2. วิเคราะห์หามุมใบครีบของดิฟฟิวเซอร์จากภาพถ่ายที่ได้จากเครื่องมือวัดความเร็วของของไหลโดยใช้เทคนิควิธีการถ่ายภาพอนุภาคแบบ Particle Image Velocimetry (PIV) ซึ่งเป็นการวัดของสนามความเร็วแบบที่ไม่รบกวนการไหลเพื่อให้ได้มุมใบครีบของดิฟฟิวเซอร์ที่เหมาะสมสำหรับการสร้างใบครีบกระจายอากาศ (Diffuser)

ทฤษฎีและหลักการทำงานที่เกี่ยวข้อง

1. หลักการทำงานของดิฟฟิวเซอร์



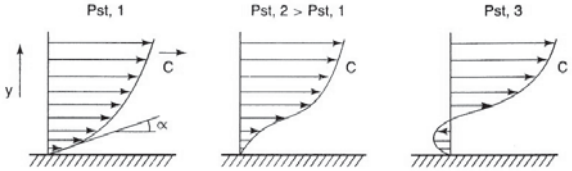
ภาพที่ 1 ลักษณะทิศทางการเคลื่อนที่ของของไหลที่ไหลผ่านชุดอุปกรณ์

ที่มา: Michael. J. Kroes and Thomas. W. Wild. (1994) [1]

ดิฟฟิวเซอร์ ทำหน้าที่เป็นส่วนที่เพิ่มขยายปริมาตรภายในเพื่อลดความเร็วจากการเคลื่อนที่และเพิ่มค่าความดันของอากาศที่มาจากใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลเพื่อไหลไปยังส่วนของใบครีบและเตรียมอากาศก่อนที่จะไหลต่อไปยังส่วนภายในห้องเผาไหม้ด้วยความเร็วของอากาศที่จะผสมกับน้ำมันเชื้อเพลิงที่ช่องทางออก

หลักการทำงาน คือ ส่วนที่จะทำงานร่วมกับใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลเมื่ออากาศไหลผ่านเข้าใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลจะถูกใบพัดเหวี่ยงอากาศให้เคลื่อนที่ไปยังส่วนปลายใบพัดจะเกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางและตัวใบพัดจะหมุนให้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงและเกิดการอัดตัวขึ้นเมื่อแก๊สไหลออกจากปลายใบพัดจะไหลเข้าสู่ส่วนใบครีบโดยเปลี่ยนพลังงานจลน์จากความเร็วปลายใบพัดเป็นความดันสถิตที่สูงขึ้นและอากาศจะถูกอัดตัวแล้วส่งเข้าท่อร่วมอากาศเพื่อเข้าห้องเผาไหม้

2. หลักการการไหลผ่านใบครีบดิฟฟิวเซอร์



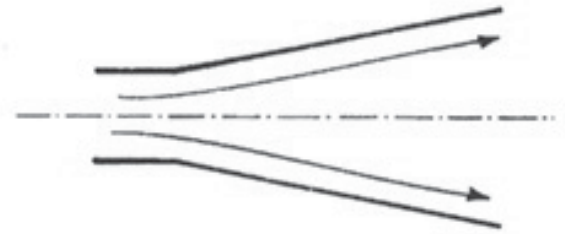
ภาพที่ 2 การกระจายตัวของความเร็วชั้นชิดผิวบริเวณที่เกิดความดันย้อนกลับ

ที่มา: David Gordon Wilson and Theodosios Korakianitis. (1998) [3]

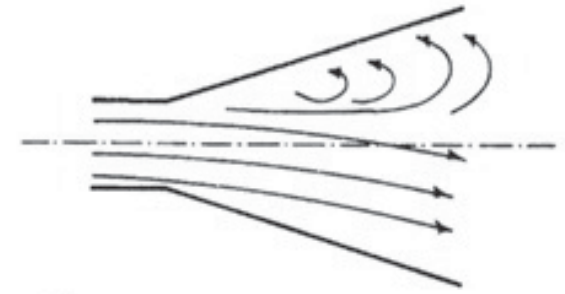
ลักษณะการไหลที่ไหลผ่านใบครีบในทางอุดมคตินั้นเราต้องการให้การไหลมีความราบเรียบโดยไม่มีความดันสูญเสียเกิดขึ้นแต่ในความเป็นจริงการไหลในท่อเมื่อยิ่งไหลในระยะทางที่ไกลมากเพียงใดจะทำให้เกิดความดันสูญเสียมากยิ่งขึ้นโดยเป็นผลมาจากชั้นชิดผิว (Boundary Layer) (ดังภาพที่ 2) เนื่องจากดิฟฟิวเซอร์ทำหน้าที่ลดความเร็วและความดันจะเพิ่มขึ้นตามการเคลื่อนที่ตลอดแนวความยาวใบครีบของดิฟฟิวเซอร์เมื่อความดันเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ โดยทฤษฎีของชั้นชิดผิวซึ่งจะชี้ให้เห็นถึงการกระจายตัวของความเร็วในชั้นชิดผิว โดยความดันมีค่าเพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวาขณะที่ความดันมีค่าเพิ่มขึ้นมุม (α) ของการกระจายตัวของความเร็วจะมีค่าเพิ่มขึ้นและทำให้

ชั้นชิดผิวมีความหนาแน่นของอากาศมากขึ้นและเกิดการไหลย้อนกลับซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่เรียกว่าการแยกชั้นการไหล

(a) Small area ratio: moderate pressure recovery



(b) Moderate area ratio: higher pressure recovery



(c) Higher area ratio: no pressure recovery

ภาพที่ 3 ปัจจัยความเสี่ยงการออกแบบดิฟฟิวเซอร์

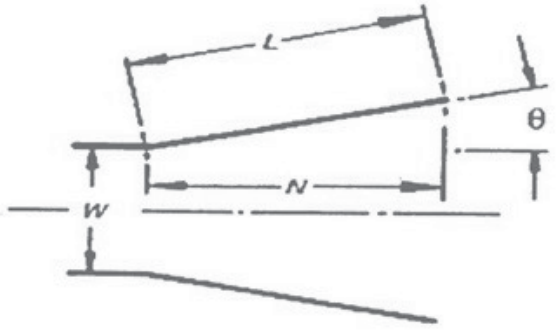
ที่มา: David Gordon Wilson and Theodosios Korakianitis. (1998) [3]

พิจารณาใบครีบที่มีความยาวคงที่แต่มีอัตราส่วนของพื้นที่ปรับค่าได้โดยการดึงผนังแต่ละด้านออกจากกัน (หรือดึงเข้าหากัน) (ดังภาพที่ 3) เมื่อใบครีบที่มีอัตราส่วนพื้นที่หน้าตัดที่มีค่าน้อยๆ จะทำให้ชั้นชิดผิวยังคงติดอยู่กับผนังใบครีบและทำให้ค่า C_{pr} มีค่าปานกลาง (ภาพที่ 3a) ในกรณีการเกิดความดันสูญเสียส่วนใหญ่มาจากการสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานและกรณีที่เราเพิ่มค่าอัตราส่วนพื้นที่หน้าตัดมากขึ้นจนถึงค่าๆ หนึ่งที่ทำให้ขนาดของชั้นชิดผิวเพิ่มขึ้นแต่ก็ยังติดอยู่กับผนังใบครีบจึงไม่มีผลมากนักที่ทำให้ค่า C_{pr} ที่ได้แต่ก็ยังมีค่ามากกว่าเดิม (ภาพที่ 3b) สำหรับค่า C_{pr} นั้นจะมีค่าสูงสุดก็ต่อเมื่อชั้นชิดผิวใกล้จะเกิดการแยกชั้นการไหล ณ ผนังใบครีบถึงอย่างไรก็ตามถ้าอัตราส่วนพื้นที่หนาตัดมีค่าสูงมากๆ อาจก่อให้เกิดการแยกชั้นการไหลเป็นจำนวนมาก (ภาพที่ 3c)

3. สมรรถนะการกระจายตัวของใบครีบดิฟฟิวเซอร์

การกระจายตัวของใบครีบจะต้องสามารถทำให้อากาศมีความดันเพิ่มขึ้นตามที่ต้องการโดยมีความสูญเสียของความดันน้อยที่สุด และมีความเร็วทางออกในช่วงที่เหมาะสมซึ่งปริมาณที่แสดงถึงความสามารถของการกระจายตัวของใบครีบ คือ

3.1 อัตราส่วนพื้นที่หน้าตัด (Area Ratio, AR) ถือว่าเป็นค่าที่สำคัญมากค่าหนึ่งเพราะอัตราส่วนพื้นที่หน้าตัดจะแปรผันกับความเร็วทางออกของใบครีบ



ภาพที่ 4 แสดงถึงระยะของใบครีบของดิฟฟิวเซอร์

ที่มา: Yang, Tah-teh and Nelson, C.D., (1979) [6]

$$AR = \frac{W_2}{W_1}$$

$$= 1+2\frac{L}{W_1}\sin d\theta \text{ ..... (1)}$$

เมื่อ W_1 คือ ขนาดพื้นที่ทางเข้า

W_2 คือ ขนาดพื้นที่ทางออก

N คือ ระยะความยาวของใบครีบ

θ คือ รัศมีมุมเอียงของใบครีบ

AR คือ อัตราส่วนพื้นที่หน้าตัด

L คือ ระยะความยาวของมุมเอียงภายในของผนังใบครีบ

3.2 ค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มของความดัน (Pressure Rise Coefficient, C_{pr})

$$C_{pr} = \frac{P_{st2} - P_{st1}}{\frac{1}{2_1}\rho_1^2}$$

$$= 1-\frac{1}{AR^2} \text{ ..... (2)}$$

เมื่อ $p_{st,1}$ คือ ความดันสถิตทางเข้าใบครีบ

$p_{st,2}$ คือ ความดันสถิตทางออกใบครีบ

3.3 ค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มของความดันทางทฤษฎี ($C_{pr,tl}$) หรือการทดสอบ

$$C_{pr,tl} = 1-\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 \text{ ..... (3)}$$

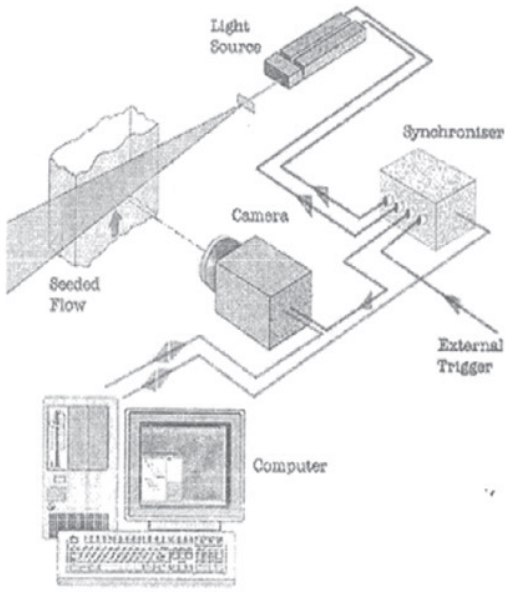
เมื่อ V_1 คือ ความเร็วด้านทางเข้าใบครีบ

V_2 คือ ความเร็วด้านทางออกใบครีบ

3.4 ประสิทธิภาพของการกระจายตัวของใบครีบ (Diffuser Effectiveness,η_{df})

$$\eta_{df} = \frac{C_{pr}}{C_{pr,tl}} \text{ ..... (4)}$$

4. หลักการทำงานพื้นฐานของเครื่องมือวัดความเร็วของของไหลโดยใช้เทคนิควิธีการถ่ายภาพอนุภาคแบบ Particle Image Velocimetry (PIV)



ภาพที่ 5 เครื่องมือวัดความเร็วของของไหลโดยใช้เทคนิควิธีการถ่ายภาพอนุภาคแบบ Particle Image Velocimetry (PIV)
ที่มา: ไกรสิทธิ์ มหิวรรณ, ร.อ. (2544) [4]

Particle Image Velocimetry หรือเรียกว่า PIV คือการวัดความเร็วของของไหลโดยใช้เทคนิควิธีการถ่ายภาพของอนุภาคเป็นการวัดความเร็วของไหลโดยการใช้ภาพของอนุภาคที่แขวนตัวอยู่ในของของไหล ซึ่งการเคลื่อนที่ของของไหลที่จะทำการวัดจะถูกใส่อนุภาคเล็กๆ ที่เหมาะสมลงไปจำนวนหนึ่งซึ่งอนุภาคนี้จะต้องสามารถสะท้อนแสงได้ดีเมื่อถูกแผ่นลำแสงอนุภาคเหล่านี้จะต้องสามารถเคลื่อนที่ตามของไหลได้อย่างเที่ยงตรง หรือเรียกได้ว่าเป็นอนุภาคที่มีความถี่ในการตอบสนองสูง (High Frequency Response) เมื่อของไหลมีการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่โดยอาศัยเทคนิควิธีการถ่ายภาพสองภาพต่อเนื่องกันด้วยความเร็วสูง ซึ่งภายในลำของของไหลนั้นจะต้องมีอนุภาคซึ่งถือเป็นตัวแทนของลำของของไหลอยู่ในปริมาณที่พอเหมาะและการวัดความเร็วของของไหลนั้นก็สามารถทำได้ด้วยการวัดการเคลื่อนที่ของอนุภาคในลำของของไหลซึ่งจะสะท้อนแสงเลเซอร์ที่เราส่องเข้าไปในลำของของไหลเมื่อได้ภาพถ่ายสองภาพที่ต่อเนื่องกันมาแล้วภาพถ่ายทั้งสองภาพจะถูกนำมาประมวลผลด้วยเทคนิค Cross Correlation Algorithm โดยการแบ่งเป็นพื้นที่ย่อยๆ ซึ่งเรียกว่า Interrogation Region แล้วทำการหาค่าของ Cross Correlation Function ในแต่ละ Interrogation Region ย่อยๆ นั้นมาประกอบกันทำให้ได้สนามเวคเตอร์ (Vector Field) ของพื้นที่หน้าตัดลำของของไหล

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

1. การดำเนินการวิจัย เพื่อให้มีขอบเขตที่ชัดเจนของมุมใบครีบเริ่มต้นจึงได้แบ่งการทำงานออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ

1.1 ออกแบบและคำนวณ

1.1.1 กำหนดใช้ใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลชนิดเซ็นติฟูกอลมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 142 มิลลิเมตร

1.1.2 ใช้ค่ามุมองศาของใบพัดคอมเพรสเซอร์วีลและค่าความเร็วทางออกเป็นจุดอ้างอิงเริ่มต้นของการคำนวณ

1.2 สร้างอุปกรณ์โดยชิ้นส่วนใบครีบเป็นรูปทรงแท่งสี่เหลี่ยมผืนผ้าและวัสดุทำจากพลาสติกอะคริลิกใส

1.3 ทดสอบดิฟฟิวเซอร์

1.3.1 ใช้น้ำเป็นของไหลในการทดสอบ

1.3.2 ใช้สารไทเทเนียมไดออกไซด์ขนาด 3 ไมครอน เพื่อเป็นอนุภาคติดตามการไหล

1.3.3 ใช้เครื่องมือวัดความเร็วของของไหลโดยใช้เทคนิควิธีการถ่ายภาพอนุภาคแบบ Particle Image Velocimetry (PIV) เพื่อวัดค่าพารามิเตอร์การไหลของน้ำที่ไหลผ่านช่องใบครีบ

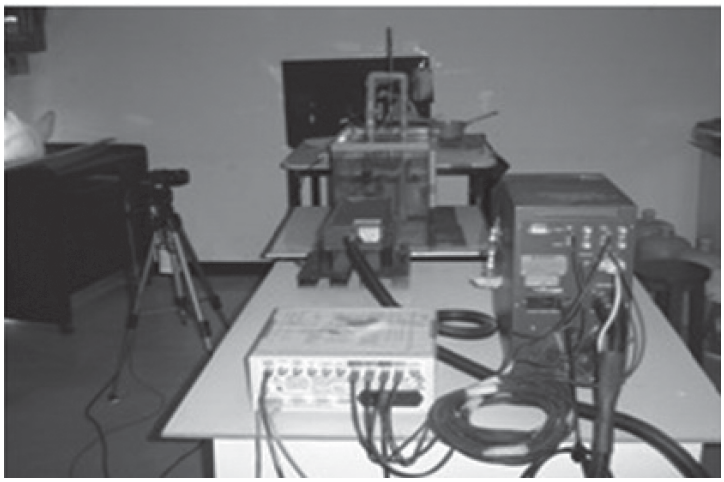
1.3.4 ใช้เครื่องมือวัดชนิด U-Tube Monometer วัดค่าความดันด้านทางเข้าและทางออก

1.4 สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

1.4.1 เปรียบเทียบผลระหว่างค่าการคำนวณกับค่าผลการทดสอบ

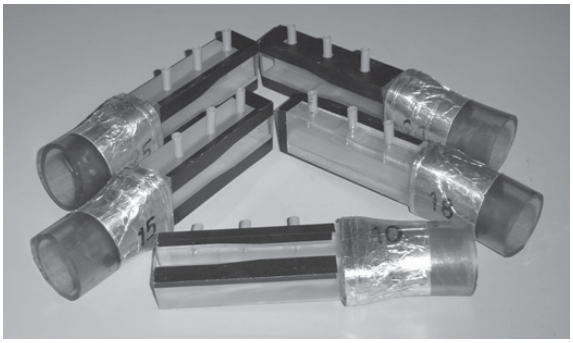
2 อุปกรณ์การทดสอบ

2.1 เครื่องมือวัดความเร็วของของไหลโดยใช้เทคนิควิธีการถ่ายภาพอนุภาคแบบ Particle Image Velocimetry (PIV) (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 6 เครื่องมือวัดความเร็วของของไหล โดยใช้เทคนิควิธีการถ่ายภาพอนุภาคแบบ Particle Image Velocimetry (PIV)

2.2 ตู้กระจกบรรจุน้ำ 60 ลิตร	จำนวน 1 ชุด
2.3 เครื่องสูบน้ำ	จำนวน 1 ชุด
2.4 นาฬิกาจับเวลา	จำนวน 1 ชุด
2.5 น้ำ	จำนวน 50 ลิตร
2.6 ถังน้ำ ขนาด 20 ลิตร	จำนวน 1 ถัง
2.7 วาล์วน้ำ ขนาด 3/4 นิ้ว	จำนวน 2 ชุด
2.8 ท่อน้ำ PVC ขนาด 3/4 นิ้ว	ยาว 2 เมตร
2.9 สารไทเทเนียมไดออกไซค์	ขนาด 3 ไมครอน
2.10 สายยางใส ขนาด 3 มิลลิเมตร	ยาว 1 เมตร
2.11 U-Tube Monometer	จำนวน 1 ชุด
2.12 ใบครีบดิฟฟิวเซอร์	จำนวน 5 ชุด



ภาพที่ 7 ลักษณะของใบครีบดิฟฟิวเซอร์

3 ขั้นตอนการทดสอบ

3.1 เงื่อนไขการทดสอบการไหลของน้ำที่ไหลผ่านช่องใบครีบโดยมีข้อกำหนดการทดสอบให้อยู่ภายใต้เงื่อนไขที่เหมือนกันเพื่อให้มีขอบเขตที่ชัดเจนดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1.1 ขนาดพื้นที่หน้าตัดทางเข้าของใบครีบที่เท่ากัน

3.1.2 สภาวะอัตราการไหลของน้ำป้อนเข้าเริ่มต้นที่เท่ากัน คือ 23, 36 และ 41 ลิตรต่อนาที

3.1.3 ใบครีบที่ใช้ในการทดสอบมีทั้งหมด 5 มุม คือ 10, 15, 18, 21 และ 25 องศา

3.2 การติดตั้งระบบและอุปกรณ์การทดสอบ

3.2.1 โต๊ะวางอุปกรณ์ทดสอบ

3.2.2 เครื่องคอมพิวเตอร์ประมวลผล

3.2.3 ชุด Synchronizer

3.2.4 ชุดกำเนิดลำแสงเลเซอร์

3.2.5 กล้องถ่ายภาพดิจิตอล

3.2.6 ชุดอุปกรณ์วัดความดัน (U-Tube Monometer)

3.2.7 ใบครีบของดิฟฟิวเซอร์

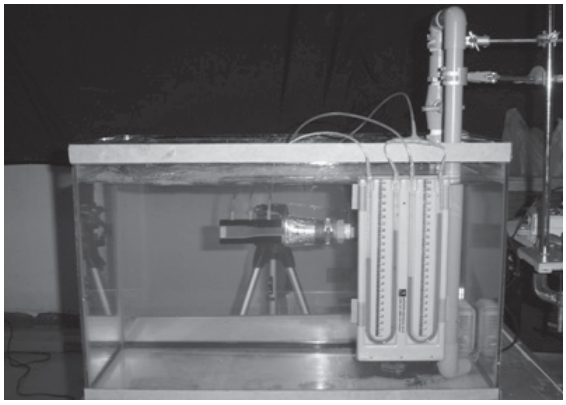
3.2.8 เครื่องสูบน้ำ

3.2.9 วาล์วควบคุมน้ำป้อนเข้า

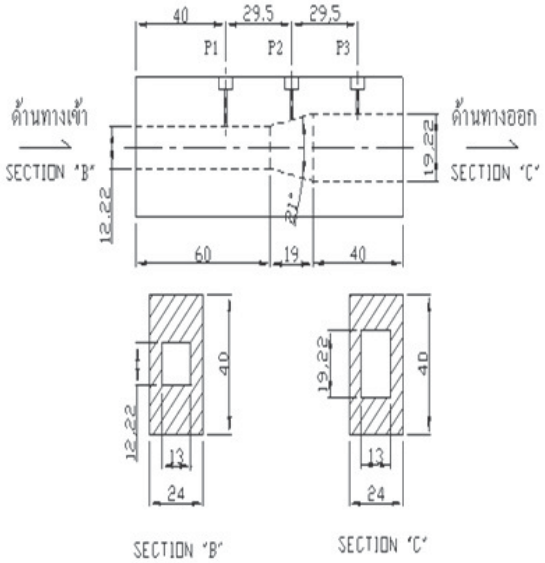
3.2.10 ท่อส่งน้ำเข้าและออกระบบ

3.2.11 ตู้กระจกเก็บน้ำ

3.3 วัดความดันของน้ำที่ไหลผ่านช่องใบครีบ



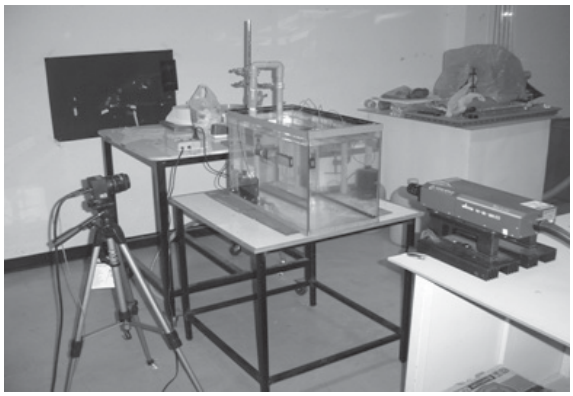
ภาพที่ 8 การติดตั้งอุปกรณ์เครื่องมือวัดความดัน



ภาพที่ 9 แสดงตำแหน่งของจุดวัดค่าความดัน

การวัดความดันที่ทางเข้าและทางออกของใบครีบกำหนดเลือกใช้เครื่องมือวัดชนิด U-Tube Monometer ซึ่งตำแหน่งของการวัดจะทำการเจาะรูขนาดเล็กมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร โดยแบ่งตำแหน่งของจุดวัดออกเป็น 3 จุด ซึ่งมีระยะความห่างต่อจุดวัดจากด้านทางเข้าถึงจุดวัดที่ 1 มีค่าเท่ากับ 40 มิลลิเมตร จากจุดที่ 1 ถึง 2 มีค่าเท่ากับ 29.5 มิลลิเมตร และจุดที่ 2 ถึง 3 มีค่าเท่ากับ 29.5 มิลลิเมตร ตามลำดับดังแสดงในภาพที่ 9

3.4 วัดการไหลของน้ำที่ไหลผ่านช่องใบครีบของดิฟฟิวเซอร์ด้วยเครื่องมือวัดความเร็วของของไหลโดยใช้เทคนิควิธีการถ่ายภาพอนุภาคแบบ Particle Image Velocimetry (PIV)



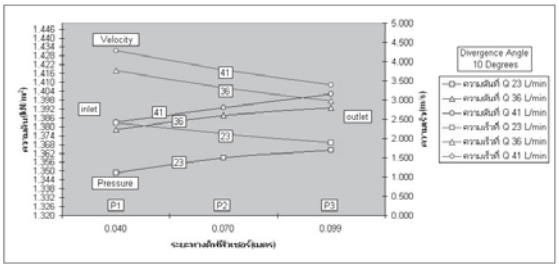
ภาพที่ 10 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบและเครื่องมือวัด

การทดสอบทำการถ่ายภาพการเคลื่อนที่ของของไหลที่ไหลผ่านช่องใบครีบของดิฟฟิวเซอร์ โดยมีจำนวนคู่เฟรมค่าการยิงลำแสงเลเซอร์ที่ต่างกัน โดยค่า Sequence Setup เริ่ม Start Number ที่ 0 ถึง Number of Captures ที่ 15, 20, 25, 30 และ 35 เฟรม เพื่อต้องการตรวจหาค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดซึ่งผลที่ออกมามีความแตกต่างกันไม่ถึง 5 เปอร์เซ็นต์ สรุปได้ว่าการถ่ายภาพอนุภาคการเคลื่อนที่ของของไหลที่ 25 เฟรม ซึ่งมีความเหมาะสมสำหรับใช้ในการทดสอบ

ผลการวิจัย

1. ผลการทดสอบมุมใบครีบของดิฟฟิวเซอร์ที่ 10 องศา

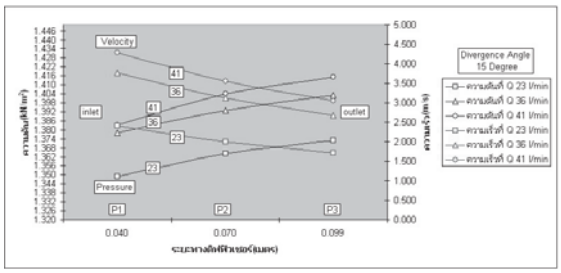
เมื่อทดสอบกับสภาวะอัตราการไหลของน้ำที่ 23, 36 และ 41 ลิตรต่อนาที ซึ่งเห็นได้ว่าการเพิ่มขึ้นของความดันมีค่าที่แคบๆ ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากมุมใบครีบมีขนาดของพื้นที่หน้าตัดช่วงการขยายตัวที่แคบและระยะทางการไหลที่ยาวซึ่งมีผลทำให้เกิดการสูญเสียความดันเนื่องจากความเสียดทานขณะที่ไหลผ่านช่องใบครีบ



ภาพที่ 14 ความสัมพันธ์ของเส้นความเร็วกับเส้นความดันของมุมใบครีบที่ 10 องศา ทดสอบกับสภาวะอัตราการไหลของน้ำที่ 23, 36 และ 41 ลิตรต่อนาที

2. ผลการทดสอบมุมใบครีบของดิฟฟิวเซอร์ที่ 15 องศา

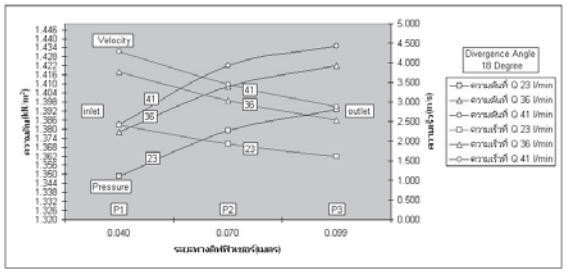
เมื่อทดสอบกับสภาวะอัตราการไหลของน้ำที่ 23, 36 และ 41 ลิตรต่อนาที ซึ่งเห็นได้ว่าความเร็วของน้ำที่ลดลงและการเพิ่มขึ้นของความดันนั้นทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากการขยายเพิ่มขนาดของพื้นที่หน้าตัดที่มากขึ้นโดยมีผลให้การสูญเสียของความดันมีการลดลงจากความเสียดทานของความหนืดขณะไหลซึ่งผลของความดันที่เพิ่มขึ้นนั้นมีค่าที่แคบๆ เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดสอบกรณีของมุมใบครีบที่ผ่านมา



ภาพที่ 12 ความสัมพันธ์ของเส้นความเร็วกับเส้นความดันของมุมใบครีบที่ 15 องศา ทดสอบกับสภาวะอัตราการไหลของน้ำที่ 23, 36 และ 41 ลิตรต่อนาที

3. ผลการทดสอบมุมใบครีบของดิฟฟิวเซอร์ที่ 18 องศา

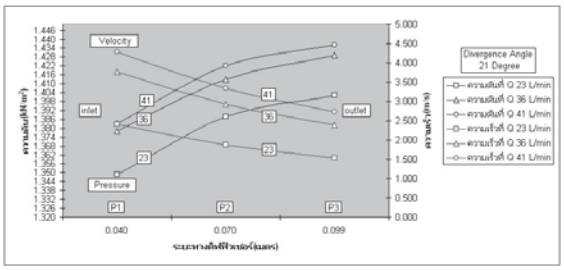
เมื่อทดสอบกับสภาวะอัตราการไหลของน้ำที่ 23, 36 และ 41 ลิตรต่อนาที ซึ่งเห็นได้ว่าความดันมีการเพิ่มขึ้นค่อนข้างสูงโดยเส้นกราฟทั้งสองมีลักษณะของการขยายบานออกที่เป็นเส้นโค้งและยังคาดได้ว่าแนวโน้มการไหลของน้ำน่าจะมีระยะเส้นทางไหลที่สั้นลงเมื่อเทียบกับการทดสอบกรณีของมุมใบครีบที่ผ่านมาทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากการขยายเพิ่มขนาดของพื้นที่หน้าตัดที่มากขึ้นทำให้ความเสียดทานของความหนืดขณะไหลผ่านใบครีบลดลง



ภาพที่ 13 ความสัมพันธ์ของเส้นความเร็วกับเส้นความดันของมุมใบครีบที่ 18 องศา ทดสอบกับสภาวะอัตราการไหลของน้ำที่ 23, 36 และ 41 ลิตรต่อนาที

4. ผลการทดสอบมุมใบครีบของดิฟฟิวเซอร์ที่ 21 องศา

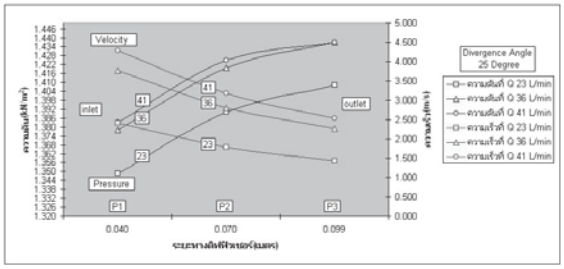
ซึ่งเห็นได้ว่าถึงจะเพิ่มสภาวะอัตราการไหลของน้ำที่มากขึ้นแต่ความดันที่เกิดขึ้นภายในช่องใบครีบก็ยังคงมีค่าที่ใกล้เคียงกันคือ 23, 36 และ 41 ลิตรต่อนาที และไม่ทำให้ความดันเกิดเพิ่มขึ้นได้อีกแต่เป็นเพียงการพยุงตัวของความดันให้คงอยู่ได้อย่างนี้ตลอดจนถึงปลายทางออกของใบครีบ ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากการขยายเพิ่มขนาดของพื้นที่หน้าตัดที่มากขึ้นจนถึงจุดสูงสุดของมุมใบครีบที่การไหลของน้ำนั้นจะสามารถขยายตัวต่อไปได้อีกแม้ว่าจะมีการขยายเพิ่มขนาดของพื้นที่หน้าตัดที่มากกว่านี้ก็ไม่เป็นผลดีต่อการทำงานของดิฟฟิวเซอร์



ภาพที่ 14 ความสัมพันธ์ของเส้นความเร็วกับเส้นความดันของมุมใบครีบที่ 21 องศา ทดสอบกับสภาวะอัตราการไหลของน้ำที่ 23, 36 และ 41 ลิตรต่อนาที

5. ผลการทดสอบมุมใบครีบของดิฟฟิวเซอร์ที่ 25 องศา

เมื่อทดสอบกับสภาวะอัตราการไหลของน้ำที่ 23, 36 และ 41 ลิตรต่อนาที ซึ่งเห็นได้ว่าแนวโน้มของความดันที่เกิดขึ้นภายในช่องใบครีบมีการลดลงที่คล้ายคลึงกันและคาดได้ว่าการไหลของน้ำอาจเกิดการแยกชั้นการไหลขึ้นในช่วงการขยายตัวถึงจะเพิ่มสภาวะอัตราการไหลของน้ำและพื้นที่หน้าตัดที่มากขึ้นก็ไม่มีผลที่จะทำให้ความดันมีค่าเพิ่มขึ้นได้ ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากการขยายเพิ่มขนาดพื้นที่หน้าตัดที่มากขึ้นจนเกินจุดสูงสุดที่การไหลของน้ำนั้นจะสามารถขยายตัวออกด้านข้างได้จึงทำให้ความเร็วและความดันมีการลดลงซึ่งไม่เป็นผลดีต่อการทำงานของดิฟฟิวเซอร์ถ้าจะนำค่ามุมใบครีบดังกล่าวไปใช้งาน

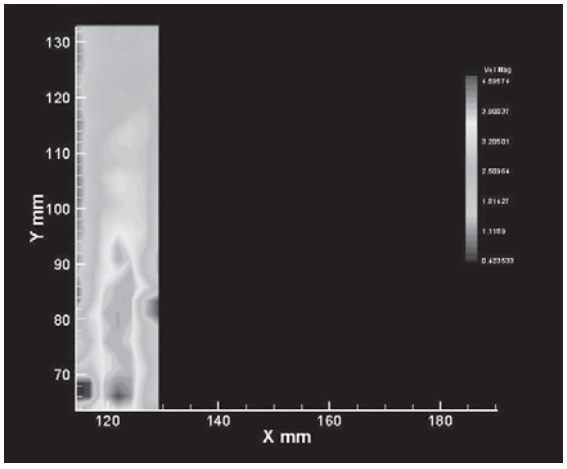


ภาพที่ 15 ความสัมพันธ์ของเส้นความเร็วกับเส้นความดันของมุมใบครีบที่ 25 องศา ทดสอบกับสภาวะอัตราการไหลของน้ำที่ 23, 36 และ 41 ลิตรต่อนาที

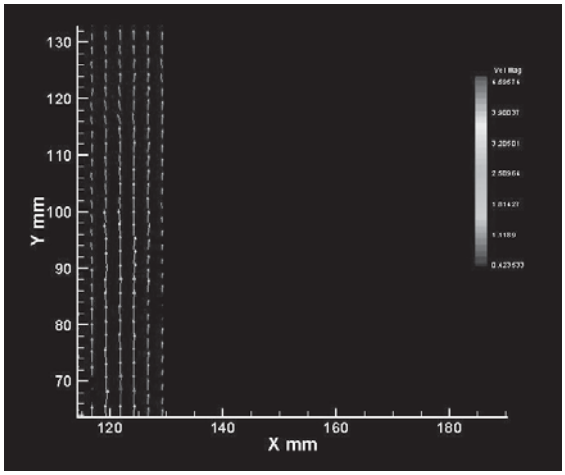
สรุปและอภิปรายผล

สรุปผลการทดสอบ

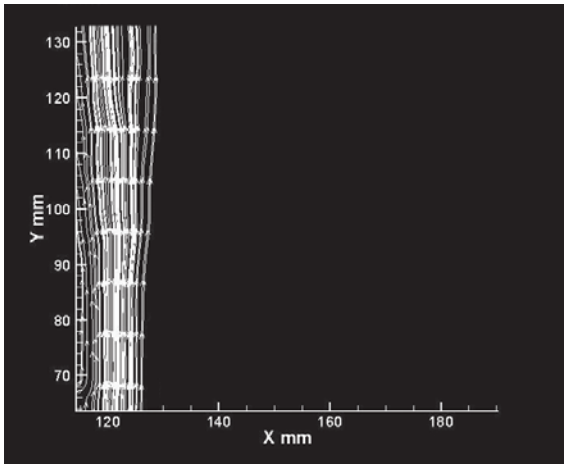
พบว่ามุมใบครีบของดิฟฟิวเซอร์ที่ 21 องศา ให้ค่าที่ไหลผ่านช่องใบครีบดีที่สุดและไม่เกิดการแยกชั้นการไหลโดยความดันมีค่าสูงสุดที่ 1.442 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร ความเร็วทางออกมีค่า 2.73 เมตรต่อวินาที เส้นการไหลมีลักษณะขนานไปกับพื้นที่หน้าตัดใบครีบ



ภาพที่ 16 ค่าคอนทัวร์การไหลของมุมใบครีบที่ 21 องศา



ภาพที่ 17 ค่าเวกเตอร์การไหลของมุมใบครีบที่ 21 องศา



ภาพที่ 18 ค่าเส้นการไหลของมุมใบครีบที่ 21 องศา

อภิปรายผลการวิจัย

การทดสอบมุมใบครีบของดิฟฟิวเซอร์ในครั้งนี้ พบว่าพื้นที่หน้าตัดทางเข้าทางออกและสภาวะอัตราการไหลของน้ำมีผลต่อค่าความดันและค่าความเร็วที่เกิดขึ้นภายในช่องใบครีบและการทดสอบในงานวิจัยครั้งนี้ได้จำลองใช้ค่าสภาวะอัตราการไหลของน้ำเพียง 3 สภาวะ จึงเป็นเหตุผลหนึ่งของพารามิเตอร์การไหลที่ควรศึกษาต่อไปในอนาคตเพิ่มเติม คือ

1. ออกแบบและจัดสร้างใบครีบของดิฟฟิวเซอร์ให้มีขนาดที่ใหญ่ขึ้น

2. เพิ่มสภาวะอัตราการไหลและแรงดันน้ำให้มากขึ้นเพื่อให้ได้ค่าพารามิเตอร์ที่ใกล้เคียงกับสภาวะการนำไปใช้งานจริง

เอกสารอ้างอิง

[1] Michael, J. Kroes and Thomas, W. Wild. (1994). *Aircraft Power plants*. United Kingdom.

[2] Thomas Kamps. (1995). *Model Jet Engines.* Traplet Publications Limited, United Kingdom.

[3] David Gordon Wilson, Theodosios Korakianitis. (1998). *The Design of High-efficiency Turbo Machinery and Gas Turbines*. 2nd Ed. United States of America.

[4] ไกรสิทธิ์ มหิวรรณ, ร.อ. (2544). การวัดความเร็วของของไหลโดยใช้เทคนิควิธีการภาพถ่ายของอนุภาค, *วารสารโรงเรียนนายเรือ.* 1 (4): 23-29.

[5] Ali Pinarbasi. (2008). *Experimental Hot wire Measurements in a Centrifugal Compressor with Vaned Diffuser*. International Journal of Heat and Fluid Flow, (2008), 1-15, From Journal homepage: http://www.elsevier.com/locate/ijhff

[6] Yang, Tah-teh and Nelson, C.D., (1979). *Griffith diffusers.* Journal of Fluids Engineering, 101: 473-477, From http://www.sciencedirect.com