ลักษณะการไหลและการถ่ายเทความร้อนในช่องการไหลที่ติดตั้งแถวของพิน

Flow and Heat Transfer Characteristics installed with row of pins in Flow Channel

<u>ปฐมพร นะระโต</u>¹, ภาสกร เวสสะโกศล¹ , มักตาร์ แวหะยี¹ และ ชยุต นันทดุสิต¹*

¹ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ ตำบลคอหงส์ จังหวัดสงขลา 90112 *ติดต่อ: E-mail chayut@me.psu.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ 074-28-7035, เบอร์โทรสาร 074 -55-8830

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อศึกษาลักษณะการไหลและการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวที่ติดตั้งแถวของพินภายใน อุโมงค์ลมหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า ลักษณะของพินเป็นแบบทรงกระบอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง D = 10 mm จำนวน 9 ดัว ดิดตั้งเรียงเป็นแบบแถว โดยแนวของแถวตั้งฉากกับทิศทางการไหลภายในอุโมงค์ลม ความสูงของพิน (H) และ ระยะห่างระหว่างพิน (S) กำหนดให้คงที่ H/D = 2 และ S/D = 2 ตามลำดับ ในงานวิจัยได้ศึกษาผลของมุมเอียงระหว่างแกน ของพินต่อด้วยพื้นผิวที่ติดตั้งที่อยู่ในช่วง θ = -30°, -45°, -60°, 30°, 45°, 60° และ 90° สำหรับตัวเลขเรยโนลด์ของการไหล ภายในอุโมงค์ลมกำหนดให้คงที่ Re = 3,500 การวัดการกระจายอุณหภูมิบนพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนได้ใช้แผ่นเทอร์โม โครมิกลิกควิดคริสตัล และคำนวณการกระจายตัวของค่านัสเซิลต์นัมเบอร์โดยใช้เทคนิคการประมวลภาพ นอกจากนี้ได้ ศึกษาลักษณะการไหลภายในอุโมงค์ลมโดยใช้โปรแกรมทางพลศาสตร์ของไหล ANSYS Ver.13 (Fluent) จากผลการ ทดลองพบว่า มุมเอียงของการติดดั้งพินที่อยู่ในช่วงแคบให้อัตราการถ่ายเทความร้อนสูงกว่ากรณีมุมเอียงที่อยู่ในช่วงกว้าง โดยที่เงื่อนไข θ = 30° ให้อัตราการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวสูงสุด

คำหลัก: ลักษณะการไหล, การถ่ายเทความร้อน, มุมของพินที่กระทำต่อพื้นผิว

Abstract

The aim of this research is to study flow and heat transfer characteristics on an internal surface of rectangular wind tunnel by mounting row of pins. 9 of cylinder pins which have diameter of D = 10 mm were mounted with inline arrangement. The centerline of pin row was normal to flow direction inside wind tunnel. The pin height (H) and pin-to-pin distance (S) were fixed at H/D = 2 and S/D = 2, respectively. In this work, the effects of inclination angle between pin centerline to mounted surface were investigated in the range of $\theta = -30^{\circ}$, -45° , -60° , 30° , 45° , 60° and 90° . The Reynolds number of internal flow was fixed at Re = 3,500. The temperature distributions on the heat transfer surface were measured by using Thermochromic Liquid Crystal sheet (TLCs), and Nusselt number distributions were evaluated by using image processing technique. In addition, the internal flow was studied by using computational fluid dynamics with ANSYS Ver.13 (Fluent). The results show that the heat transfer for the case of mounting pins with small angle is higher than the one with large angle. The heat transfer for the case of $\theta = 30^{\circ}$ was the highest.

Keywords: Flow characteristics, Heat transfer, Angle of Pin

1. บทนำ

กลุ่มพินถูกใช้ในการเพิ่มการระบายความร้อนใน ใบกังหันแก๊สและอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์เป็นส่วนใหญ่ เนื่องด้วยการติดตั้งกลุ่มพินในช่องการไหลช่วยเพิ่มความ ป^{ั้}นป่วนของการไหลทำให้สามารถเพิ่มการถ่ายเทความ ร้อนบนพื้นผิวที่ติดตั้งกลุ่มพิน พินที่ใช้กันจะแบ่งตาม อัตราส่วนความสูงพินต่อเส้นผ่านศูนย์กลางพิน (H/D) โดย ที่ความสูงของพินต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพินอยู่ การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 29 **MG-NETT2018** 30 มิถุนายน - 2 กรกฎาคม 2558 จังหวัดนครราชสีมา

TSF-15



รูปที่ 1 แสดงรูปแบบของเส้นทางการไหลใกล้กับผนังที่ ดิดพินของพินทรงกระบอกกลม [4]

2.ชุดทดลองและวิธีการทดลอง 2.1 โมเดลและตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง

จากรูปที่ 2 เป็นภาพถ่ายของพินอะคริลิกจริงที่ ใช้ในการทดลองโดยติดตั้งบนแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อน ในอุโมงค์ลมโดยที่การติดตั้งพินจะวางตัวเป็นแนวเส้นตรง จำนวน 9 ตัวในแนวขวางการไหลดังแสดงในรูปที่ 3 การ ติดตั้งจะวางในระยะ 6.75D จากความยาวของพื้นผิว แลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งระยะห่างระหว่างพินต่อเส้นผ่าน ศูนย์กลางพินเท่ากับ 2 (S/D=2) และความสูงพินต่อขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางพินเท่ากับ 2 (H/D=2) เช่นกัน ในส่วน มุมของพินที่กระทำต่อพื้นผิวติดตั้ง (θ) เท่ากับ \pm 30°, \pm 45°, \pm 60° และ 90° สำหรับแผ่นแลกเปลี่ยน ความร้อนมีขนาด 18D X 27D โดยที่ D =10 mm ซึ่งเป็น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพินที่ใช้ในการทดลอง ในรูปที่ 3 ด้านล่างเห็นเป็นกรอบสี่เหลี่ยมเล็กคือพื้นผิวที่ใช้ตัดผลมา วิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิว

2.2 ชุดทดลอง

ในรูปที่ 4 เป็นอุโมงค์ลมที่ใช้ในการทดลองสำหรับ การศึกษาลักษณะการไหลและการถ่ายเทความร้อนในช่อง การไหลโดยการติดตั้งพินบนพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อน จากรูปอุโมงค์ลมมีหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดความกว้าง 300 mm สำหรับความสูงของอุโมงค์ลมสูง 32 mm ความ ยาวของอุโมงค์ลมแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ (1) ส่วน ทางเข้าอุโมงค์ลมก่อนเข้าสู่ส่วนทดสอบจะออกแบบให้มี ความยาวเพียงพอต่อการไหลที่เป็นการพัฒนาตัวเต็มที่ แล้ว (Fully develop flow) โดยติดตั้ง Pitot tube เพื่อใช้

ระหว่าง 0.5 ถึง 4 จะถูกใช้ในการระบายความร้อนในใบ กังหันแก๊ส [1] พินที่มีความสูงต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง พินมากกว่า 8 จัดเป็นพินแบบยาวถูกใช้ในการผลิตพวก เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนโดยการถ่ายเทความร้อน ของพินแบบยาวครอบคลุมทั้งพื้นผิวพินและพื้นผิวที่ติดตั้ง พิน [2] และพินแบบสั้นที่มีอัตราส่วนความสูงพินต่อขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางพินน้อยกว่า 0.5 ถูกใช้ในเครื่อง แลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่นครีบในบางประเภทซึ่งการ ไหลผ่านพินจะช่วยสร้างความป^{ั้}นป่วนในการไหลส่งผลต่อ การระบายความร้อนบนพื้นผิว [3]

กลไกการถ่ายเทความร้อนของพินแบ่งออกเป็น สองส่วนคือ การเพิ่มสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนบน พื้นผิวที่ติดตั้งพินและการเพิ่มพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน

พินเป็นส่วนที่ยื่นออกมาจากพื้นผิวเพื่อขวางการ ใหลซึ่งส่วนใหญ่การวางขวางจะตั้งฉากกับการไหลทำให้ การถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวที่ติดตั้งพินเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ เกิดการพัฒนาระบบระบายความร้อนขึ้นโดยการใช้พิน การไหลของอากาศผ่านพินทำให้เกิดความป[ั]นป่วนขึ้น ส่งผลต่อการพัฒนาของชั้นขอบเขตค่อนข้างมากทำให้เกิด การไหลแบบเวค (wake) เกิดขึ้นในด้านกระแสการไหล ก่อนชนพิน (upstream) คือความเร็วของกระแสการไหล แบบเวคจะต่ำกว่ากระแสการใหลบริเวณรอบๆโดยที่การ ใหลแบบเวคด้านกระแสการใหลก่อนชนพินมีผลต่อการ ใหลและสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนในด้านกระแสการ กระแสการใหลที่ไหล ใหลหลังชนพิน (downstream) ตัดพินทรงกระบอกโดยทั่วไปจะเกิดลักษณะการไหลแบบ เวคทั้งด้านกระแสก่อนชนพินและหลังชนพินซึ่งการหมุน ้วนรูปเกือกม้าห่อหุ้มรอบ ๆพินหลังการไหลผ่านพิน การ หมุนวนด้านหลังพินส่งผลให้เกิดการไหลแบบแยกตัวขึ้น (separate flow) เป็นผลต่อการรบกวนการไหลอย่างมาก ้เกิดเป็นการไหลแบบปั้นป่วนส่งผลให้การถ่ายเทความร้อน บริเวณพื้นผิวที่ติดตั้งพินมีค่าสูง ดังแสดงในรูปที่ 1

จากการทบทวนเอกสารพบว่าการไหลของ อากาศผ่านพินตรงวางตั้งฉากกับพื้นผิวยังมีลักษณะการ ไหลแบบหมุนวนแบบเวคด้านหลังพินอยู่จึงมีแนวคิดที่จะ กำจัดการไหลหมุนวนแบบเวคของอากาศด้านหลังพินด้วย การติดตั้งพินทำมุมต่าง ๆกับพื้นผิวซึ่งการกำจัดการไหล หมุนวนแบบเวคด้านหลังพินจะช่วยให้การถ่ายเทความ ร้อนบนพื้นผิวเพิ่มขึ้น การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 29 MC-NETT2015 30 มิถุนายน - 2 กรกฎาคม 2558 จังหวัดนครราชสีมา

> สำหรับการกระจายอุณหภูมิบนพื้นผิวทำการวัด โดยใช้แผ่น TLC ที่ติดบนแผ่นสเตนเลสด้านตรงข้ามที่ ติดตั้งพิน ซึ่งแผ่น TLC ที่จะเลือกใช้ที่คุณสมบัติในการ แสดงการเปลี่ยนแปลงสีจากสีแดง สีเหลือง สีเขียว สีน้ำ เงิน เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ก่อนใช้แผ่น TLC จะต้องทำการ สอบเทียบอุณหภูมิกับสีที่ปรากฏก่อนใช้ในการทดลอง ใน การสอบเทียบอุณหภูมิจะใช้กล้องดิจิตอลบันทึกภาพสีของ แผ่น TLC ที่อุณหภูมิจ่าง ๆและใช้วิธีทาง Image Processing เพื่อเปลี่ยนข้อมูลสีที่ปรากฏเป็นข้อมูล ส่วนประกอบของสี R, G, B และจากนั้นแปลงเป็นความ

เข้มของสี (Hue) สอบเทียบกับผลของอุณหภูมิ สำหรับอัตราการเกิดความร้อนในแผ่นสเตนเลสสา มารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

$$\dot{Q}_{input} = I^2 R$$
 (1)

ในที่นี้ I คือกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับแผ่นสเตนเลส และ R คือค่าความต้านทานไฟฟ้าของแผ่นสเตนเลส

จากนั้นจะใช้การไหลของอากาศที่มีอุณหภูมิเท่ากับ อุณหภูมิห้องผ่านพินที่ติดตั้งบนพื้นผิวแผ่นสเตนเลสเพื่อ ทำการระบายความร้อน โดยสามารถคำนวณค่า สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเฉพาะจุดบนพื้นผิว (h) ได้จากสมการที่ (2)

$$h = \frac{\dot{Q}_{input} - \dot{Q}_{losses}}{A(T_{ttc} - T_{a})}$$
(2)

Q_{input} คือ อัตราการเกิดความร้อนในแผ่นสเตนเลสจากการ จ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าแผ่นสเตนเลส, Q_{bsses} คือ อัตราการ สูญเสียความร้อนที่เกิดจากการแผ่รังสีและการพาความ ร้อนแบบธรรมชาติบนผนังด้านหลังของแผ่นสเตนเลสที่ติด แผ่น Thermochromic liquid crystal, A คือ พื้นที่ของ พื้นผิวถ่ายเทความร้อน, T_{tc} คือ อุณหภูมิของเส้นแถบสีที่ ปรากฏบนแผ่น Thermochromic liquid crystals และ _T คือ อุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าอุโมงค์ถม

จากนั้นสามารถคำนวณค่านัสเซิลต์นัมเบอร์ (Nusselt number, Nu) บนพื้นผิวได้จากสมการที่ (3)

TSF-15

สำหรับวัดความเร็วของกระแสการไหล (2) ส่วนของส่วน ทดสอบจะออกแบบให้ผนังอุโมงค์ลมสามารถติดตั้งพินบน ้พื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนโดยการจ่ายความร้อนเข้า พื้นผิวเพื่อดูผลของการกระจายตัวของความร้อนบนพื้นผิว จากผลการติดพิน และ (3) ส่วนของอุโมงค์ลมหลังส่วน ทดสอบจะต่อเข้ากับออริพิสเพื่อวัดอัตราการใหลของ อากาศเข้าอุโมงค์ลม ซึ่งในการทดลองจะควบคุมอัตราการ ใหลของอากาศให้เท่ากันในทุกกรณีและคงที่ค่าตัวเลขเรย์ โนลด์ไว้ที่ 3,500 ด้วยความเร็วสูงสุดก่อนผ่านส่วนทดสอบ เท่ากับ 5.43 m/s ในส่วนของการเดินเครื่องทดลองจะปรับ ความถี่ของโบล์เวอร์ให้ได้ความเร็วสูงสุดของอากาศที่ไหล เข้าอุโมงค์ลมก่อนผ่านส่วนทดสอบตามที่ตั้งไว้คือ 5.43 จากนั้นอากาศก็ไหลผ่านพินที่ติดตั้งไว้บนพื้นผิว m/s แลกเปลี่ยนความร้อนซึ่งเป็นแผ่นสเตนเลสแบบบางมี ความหนาเพียง 0.03 mm โดยการจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่าน แผ่นสเตนเลสทำให้เกิดความร้อนขึ้นและอีกด้านของ แผ่นสเตนเลสติดแผ่นเทอร์โมโครมิกลิกควิดคริสตัส (Thermochromic Liquid Crystal) ซึ่งมีคุณสมบัติเปลี่ยนสี ตามอุณหภูมิเมื่ออากาศไหลผ่านทำให้มีการถ่ายเทความ ร้อนบนพื้นผิวเกิดการเปลี่ยนสีที่แผ่น TLC จากนั้นรอ ระบบรันคงตัวแล้วบันทึกภาพสีที่เกิดบนแผ่น TLC เพื่อ ้นำไปวิเคราะห์ผลของการถ่ายเทความร้อนต่อไป ในการ ทดลองนี้จะคงที่อุณหภูมิของอากาศทางเข้าอุโมงค์ลมไว้ที่ 25°C และกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้แผ่นสเตนเลสที่ 28A

2.3 การศึกษาการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวโดยใช้ แผ่นเทอร์โมโครมิกลิกควิดคริสตัล

จากรูปที่ 4 แสดงรายละเอียดของผนังสำหรับวัด สัมประสิทธิ์การพาความร้อนซึ่งอีกด้านจะติดพินเอาไว้ อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวัดการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิว ประกอบด้วย แผ่นสเตนเลสบางที่มีความหนา 0.03 mm สำหรับใช้เป็นพื้นผิวที่ติดตั้งพินและผนังอุโมงค์ลมที่ทำ จากแผ่นอะคริลิกหนา 15 mm ที่บริเวณตรงกลางจะเจาะ ช่องหน้าต่างสำหรับวัดอุณหภูมิและใช้การขึงแผ่นสเตน เลสให้เรียบตึงด้วยแท่งทองแดงแบน ในการทดลองจะจ่าย กระแสไฟฟ้าผ่านแท่งทองแดงเพื่อให้กระแสไฟฟ้าไหล ผ่านแผ่นสเตนเลสได้อย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งพื้นผิว จากนั้น จะทำการวัดกระแสไฟฟ้าและความต้านทานไฟฟ้า เพื่อที่จะคำนวณกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับแผ่นสเตนเลสซึ่ง สามารถคำนวณหาฟลักซ์ความร้อนที่เกิดขึ้นบนพื้นผิว การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 29 MC NETT2015 30 มิถุนายน - 2 กรกฎาคม 2558 จังหวัดนครราชสีมา

$$N_{u} = \frac{hD}{k}$$
(3)

ในที่นี้ D คือเส้นผ่านศูนย์กลางของพิน และ k คือค่าการ นำความร้อนของอากาศ ส่วนตัวเลขเรย์โนลด์ของการไหล ในอุโมงค์ลมแสดงดังสมการที่ (4) คำนวณจากความเร็วที่ ตำแหน่งกลางของช่องการไหลและขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลางพิน

$$Re = \frac{V_{Max}D}{V}$$
(4)







รูปที่ 3 แสดงรูปแบบของโมเดลพินและตำแหน่งการ ติดตั้งพินบนพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อน



รูปที่ 4 แสดงรูปแบบชุดทดลองในการศึกษาลักษณะการไหลและการถ่ายเทความร้อนในช่องการไหลโดยการติดตั้งพิน

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 29 **MG-NETT2015** 30 มิถุนายน - 2 กรกฎาคม 2558 จังหวัดนครราชสีมา

TSF-15

2.4 การจำลองพฤติกรรมการไหลของอากาศผ่านพิน ที่ติดตั้งบนพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยโปรแกรม ทางพลศาสตร์ของไหล

การสร้างแบบจำลองพฤติกรรมการไหลของ อากาศผ่านพินที่ติดตั้งบนพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนใน อุโมงค์ลมโดยใช้โปรแกรมทางพลศาสตร์ของไหล ANSYS Ver.13 (Fluent) โดยออกแบบพินที่ติดตั้งทำมุมกับพื้นผิว แลกเปลี่ยนความร้อนเฉพาะมุม 30°, 45°, 60° และ 90° ตามมุมที่ติดตั้งบนพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งขนาด ของอุโมงค์ลมที่ใช้ในการจำลองมีขนาดเท่ากับการทดลอง

ในการจำลองการไหลเป็นการไหลแบบคงตัว (Steady flow) ใน 3 มิติ ไม่พิจารณาผลของการถ่ายเท ความร้อน ใช้โมเดลความปั้นป่วน Shear Stress Transport K- (Ω) วิธีการคำนวณได้กำหนดอัลกอริทึมแบบ SIMPLE (Semi-Implicit Method for Pressure-Linked Equation) เงื่อนไขการหยุดประมวลผลที่ค่าความ ผิดพลาด (Residuals) เท่ากับ 10⁻⁴ ในทุกคุณสมบัติ ยกเว้นค่าคุณสมบัติการอนุรักษ์มวล (Continuity) อยู่ที่ 10⁻⁵

3.ผลการทดลอง 3.1ผลของการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวแลกเปลี่ยน ความร้อนด้วยการติดตั้งพินในมุมกระทำต่าง ๆ

จากรูปที่ 5 เป็นผลของการกระจายตัวของ ้ค่านัสเซิลต์บนพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยผลของการ ้ติดตั้งพินหนึ่งแถวในแนวขวางการไหลทำมุมกับพื้นผิว แลกเปลี่ยนความร้อนและคงที่ค่าของตัวเลขเรย์โนลด์ไว้ที่ 3,500 ด้วยความเร็วสูงสุดในช่องการไหล 5.43 m/s พบว่า มุมที่พินกระทำต่อพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนเท่ากับ 30°,45° และ 60°ให้ผลของการถ่ายเทความร้อนบน พื้นผิวที่สูงกว่าพินที่ทำมุม 90° ในด้านกระแสการไหลหลัง ้ผ่านพิน (downstream) ซึ่งผลของการถ่ายเทความร้อนที่ สูงขึ้นเนื่องด้วยผลของมุมกระทำต่อพื้นผิวที่แคบลงย่อม ส่งผลต่อการรบกวนการใหลอย่างมากเกิดการใหลแบบ ป^{ั้}นปวนด้านหลังพินมากขึ้นและผลของมุมกระทำต่อ ้พื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนที่แคบลงช่วยลดการไหลหมุน วนแบบเวคด้านหลังพินซึ่งจะเห็นได้ชัดในกรณีของมุม กระทำต่อพื้นผิวเท่ากับ 90° ยังมีการไหลหมุนวนเล็กๆ ้ด้านหลังพินเนื่องด้วยค่าตัวเลขนัสเซิลต์ที่ต่ำกว่าบริเวณ ข้างเคียง ดังนั้นผลของมุมพินที่กระทำต่อพื้นผิว

แลกเปลี่ยนความร้อนย่อมส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อน อย่างเห็นได้ชัด ส่วนมุมที่พินกระทำต่อพื้นผิวแลกเปลี่ยน ความร้อนเท่ากับ -30°, -45° และ -60°ให้ผลของการ ถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวโดยรวมที่ต่ำกว่าพินทำมุม 90° กับพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนในด้านกระแสการไหลหลัง ้ผ่านพิน ซึ่งผลของการถ่ายเทความร้อนไม่ได้เพิ่มสงขึ้น ด้วยมุมกระทำต่อพื้นผิวในด้านลบที่แคบลงให้ผลที่ แตกต่างกับผลของมุมพินในมุมด้านบวก เนื่องด้วยผลของ มุมพินในมุมด้านลบที่แคบลงไม่ช่วยให้การไหลเกิดความ ปั้นป่วนที่เพิ่มขึ้นย่อมส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อนที่ น้อยลง ดังนั้นผลของมุมพินในด้านบวกด้วยมุมที่แคบลง ส่งผลต่อการสร้างความปั่นปวนที่เพิ่มขึ้นและทำให้การ ถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนเพิ่มขึ้น ซึ่งผลของค่านัสเซิลต์ได้มาจากการคำนวณการกระจายตัว ของสัมประสิทธิ์การพาความร้อนบนพื้นผิวเป็นผลต่างของ อุณหภูมิบนพื้นผิวกับอุณหภูมิของอากาศโดยที่อุณหภูมิ บนพื้นผิวแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งเป็นผลของอุณหภูมิที่กระจาย ตัวบนพื้นผิวด้วยการติดตั้งพินเอียงทำมุม 30° กับพื้นผิว แลกเปลี่ยนความร้อน

ผลของค่านัสเซิลต์ที่กระจายตัวบนพื้นผิว แลกเปลี่ยนความร้อนจากการติดตั้งพินแถวเดียวในแนว ขวางการไหลด้วยมุมกระทำต่อพื้นผิวแลกเปลี่ยนความ ร้อนที่ต่างกันโดยคงที่ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ไว้ที่ 3,500 ด้วย ความเร็วสูงสุดในช่องการไหลเท่ากับ 5.43 m/s ดังแสดง ในรูปที่ 7 และตัดผลการกระจายตัวของตัวเลขนัสเซิลต์บน พื้นผิวที่ Y/D=0,2 และ -2 จากผลการทดลองที่ Y/D=0 พบว่าการกระจายตัวของค่านัสเซิลต์จะสูงสุดสำหรับพินที่ ทำมุมกับพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนเท่ากับ 30° และ 45° ให้ค่าตัวเลขนัสเซิลต์อยู่ที่ 15.2 ที่ระยะห่างจากจุด ์ศูนย์กลางพินออกมา 1.5D และ 1.3D ตามลำดับ ซึ่ง เกิดขึ้นสูงในด้านกระแสการไหลหลังผ่านพิน ในส่วนกรณี ของพินที่ทำมุม 90° กับพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนให้ค่า ตัวเลขนัสเซิลต์สูงสุดอยู่ที่ 11 ที่ระยะห่างจากจุด ศูนย์กลางพินออกมา 1.8D ในด้านกระแสการไหลหลัง ผ่านพินแต่เป็นกรณีที่ให้ค่าการกระจายตัวของตัวเลข นัสเซิลต์ต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีมุมอื่นๆที่ใช้ใน การทดลองและจากกราฟได้แสดงบริเวณที่เป็นพื้นผิว ใต้พินให้เห็นโดยเส้นกราฟที่ขาดออกจากกันแบ่งออกเป็น การกระจายตัวของตัวเลขนัสเซิลต์ก่อนกระแสการไหล

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 29 MC-NETT2015 30 มิถุนายน - 2 กรกฎาคม 2558 จังหวัดนครราชสีมา

้ตัวเลขนัสเซิลต์บนพื้นผิวที่ Y/D=0.2 และ -2 จากผลการ ทดลองที่ Y/D=0 พบว่าการกระจายตัวของค่านัสเซิลต์จะ สูงสุดสำหรับพินที่ทำมุมกับพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อน เท่ากับ 90° ให้ค่าตัวเลขนัสเซิลต์อยู่ที่ 11.2 ที่ระยะห่าง จากจุดศูนย์กลางพินออกมา 1.8D ซึ่งเกิดขึ้นสูงในด้าน กระแสการใหลหลังผ่านพิน ในส่วนกรณีของพินที่ทำมุม -30° กับพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนให้ค่าตัวเลขนัสเซิลต์ สูงสุดอยู่ที่ 8.2 ที่ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางพินออกมา 3.58D ในด้านกระแสการไหลหลังผ่านพินแต่เป็นกรณีที่ให้ ้ค่าการกระจายตัวของตัวเลขนัสเซิลต์ต่ำที่สุดเมื่อ เปรียบเทียบกับกรณีมุมอื่นๆที่ใช้ในการทดลอง

ในกรณีของ Y/D = 2 พบว่าการกระจายตัวของ ค่านัสเซิลต์จะสูงสุดสำหรับพินที่ทำมุมกับพื้นผิว แลกเปลี่ยนความร้อนเท่ากับ 90° และ -60° ให้ค่าตัวเลข นัสเซิลต์อยู่ที่ 11.2 ที่ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางพินออก มา 1.7D และ 2.4D ตามลำดับ ซึ่งเกิดขึ้นสูงในด้านกระแส การไหลหลังผ่านพิน ในส่วนกรณีของพินที่ทำมุม -30° กับ พื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนให้ค่าตัวเลขนัสเซิลต์สูงสุดอยู่ ที่ 8 ที่ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางพินออกมา 2.9D ในด้าน กระแสการใหลหลังผ่านพินแต่เป็นกรณีที่ให้ค่าการ กระจายตัวของตัวเลขนัสเซิลต์ต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ กรณีมุมอื่นๆที่ใช้ในการทดลอง

และในกรณีสุดท้าย Y/D = -2 พบว่าการกระจาย ตัวของค่านัสเซิลต์จะสูงสุดสำหรับพินที่ทำมุมกับพื้นผิว แลกเปลี่ยนความร้อนเท่ากับ 90° และ -60° ให้ค่าตัวเลข นัสเซิลต์อยู่ที่ 11 ที่ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางพินออกมา 2D และ 2.3D ตามลำดับ ซึ่งเกิดขึ้นสูงในด้านกระแสการ ไหลหลังผ่านพิน ในส่วนกรณีของพินที่ทำมุม -30° กับ พื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนให้ค่าตัวเลขนัสเซิลต์สูงสุดอยู่ ที่ 8.4 ที่ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางพินออกมา 3.25D ใน ้ด้านกระแสการไหลหลังผ่านพินแต่เป็นกรณีที่ให้ค่าการ กระจายตัวของตัวเลขนัสเซิลต์ด่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ กรณีมุมอื่นๆที่ใช้ในการทดลอง

จากผลการกระจายตัวของตัวเลขนัสเซิลต์บน ้พื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยมุมของพินในด้านลบทำ ให้พบว่าผลของมุมลบที่ลดลงที่กระทำต่อพื้นผิว แลกเปลี่ยนความร้อนของพินไม่ส่งผลต่อการเพิ่มการ ถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวที่ติดตั้งพินเมื่อเทียบกับกรณี มุมพินเท่ากับมุม 90° และเมื่อเทียบกับกรณีการติดพินใน

TSF-15

ผ่านพิน (upstream) และการกระจายตัวของตัวเลข ็นัสเซิลต์หลังกระแสการไหลผ่านพิน (downstream) ซึ่งจะ ไม่คิดการกระจายตัวของตัวเลขนัสเซิลต์ใต้พื้นผิวพิน

ในกรณี Y/D = 2 พบว่าการกระจายตัวของ ้ค่านัสเซิลต์จะสูงสุดสำหรับพินที่ทำมุมกับพื้นผิว แลกเปลี่ยนความร้อนเท่ากับ 30[°] และ 60[°] ให้ค่าตัวเลข นัสเซิลต์อยู่ที่ 15.4 ที่ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางพินออก ีมา 1.3D และ 1.2D ตามลำดับ ซึ่งเกิดขึ้นสูงในด้านกระแส การไหลหลังผ่านพิน ในส่วนกรณีของพินที่ทำมุม 90° กับ พื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนให้ค่าตัวเลขนัสเซิลต์สูงสุดอยู่ ที่ 11 ที่ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางพินออกมา 1.8D ใน ้ด้านกระแสการไหลหลังผ่านพินแต่เป็นกรณีที่ให้ค่าการ กระจายตัวของตัวเลขนัสเซิลต์ด่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ กรณีมุมอื่นๆที่ใช้ในการทดลอง

และในกรณีสุดท้าย Y/D = -2 พบว่าการกระจาย ตัวของค่านัสเซิลต์จะสูงสุดสำหรับพินที่ทำมุมกับพื้นผิว แลกเปลี่ยนความร้อนเท่ากับ 30° และ 60° ให้ค่าตัวเลข นัสเซิลต์อยู่ที่ 15.4 ที่ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางพินออก มา 1.1D ซึ่งเกิดขึ้นสูงในด้านกระแสการไหลหลังผ่านพิน ในส่วนกรณีของพินที่ทำมุม 90° กับพื้นผิวแลกเปลี่ยน ความร้อนให้ค่าตัวเลขนัสเซิลต์สูงสุดอยู่ที่ 10.8 ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางพินออกมา 2D ในด้านกระแส การไหลหลังผ่านพินแต่เป็นกรณีที่ให้ค่าการกระจายตัว ของตัวเลขนัสเซิลต์ต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีมุม อื่นๆที่ใช้ในการทดลอง

จากผลการกระจายตัวของตัวเลขนัสเซิลต์บน พื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนทำให้พบว่าผลของมุมที่ กระทำต่อพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนของพินมีผลต่อการ เพิ่มการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวที่ติดตั้งพินซึ่งผลของ มุมพินที่กระทำต่อพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนมีค่ามุมที่ แคบลงในด้านมุมบวกให้ผลของการถ่ายเทความร้อนบน พื้นผิวเฉลี่ยที่ดีขึ้นเมื่อเทียบกับมุมกระทำในด้านบวกที่ กว้างขึ้น

ผลของค่านัสเซิลต์ที่กระจายตัวบนพื้นผิว แลกเปลี่ยนความร้อนจากการติดตั้งพินแถวเดียวในแนว ขวางการใหลด้วยมุมกระทำต่อพื้นผิวแลกเปลี่ยนความ ้ร้อนที่ต่างกันในด้านมุมลบ โดยคงที่ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ไว้ ที่ 3,500 ด้วยความเร็วสูงสุดในช่องการไหลเท่ากับ 5.43 m/s ดังแสดงในรูปที่ 8 และตัดผลการกระจายตัวของ

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 29 **NG** 30 มิถุนายน - 2 กรกฎาคม 2558 จังหวัดนครราชสีมา

TSF-15

มุมบวกที่น้อยพบว่าผลของการลดมุมของพินในด้านลบไม่ ส่งผลต่อการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิว 3.2ผลของค่าหัสเซิลต์เฉลี่ยบหพื้นผิวแลกเปลี่ยน ความร้อน

ผลของค่านัสเซิลต์เฉลี่ยบนพื้นผิวแลกเปลี่ยน ความร้อนในแนวขวางการไหลออกไปตามระยะ X/D ด้วย ผลของการติดตั้งพินหนึ่งแถวในแนวขวางการไหลทำมุม กับพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนและคงที่ค่าของตัวเลขเรย์ โนลด์ไว้ที่ 3,500 ด้วยความเร็วสูงสุดในช่องการไหล 5.43 m/s ซึ่งไม่คิดผลของการถ่ายเทความร้อนใต้พื้นผิวพิน พบว่าการกระจายตัวของค่านัสเซิลต์เฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นสูง เมื่อติดตั้งพินทำมุมเอียงน้อยกว่า 90° ในด้านมุมบวกและ มุมของพินเอียงเป็นมุม 30° ให้ผลการกระจายตัวของ ค่านัสเซิลต์เฉลี่ยสูงที่สุดเมื่อเทียบกับการติดตั้งพินทำมุม 90° กับพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อน ในส่วนของการติดตั้ง พินมุมเอียงในด้านมุมลบที่เป็นมุมน้อยกว่า 90° ไม่ส่งผล ให้ค่านัสเซิลต์เฉลี่ยบนพื้นผิวสูงขึ้นเลยดังแสดงในรูปที่ 9

ผลของเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของค่านัสเซิลต์ เฉลี่ยบนพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนในด้านขวางการไหล เทียบกับการติดตั้งพินทำมุม 90° กับพื้นผิวแลกเปลี่ยน ความร้อน คิดที่ค่านัสเซิลต์เฉลี่ยสูงสุดของในแต่ละกรณี พบว่าผลของการติดตั้งพินมุมเอียง 30°, 45° และ 60° ส่งผลให้ค่านัสเซิลต์เฉลี่ยสูงสุดเพิ่มขึ้นเป็น 32.33%, 26.83% และ 21.46% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับการติดตั้ง พินทำมุม 90° กับพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนซึ่งแสดงผล ในรูปที่ 11

3.3 ผลการจำลองการไหลด้วยการติดตั้งพินมุมต่าง ๆ

จากผลการจำลองการไหลของอากาศในช่องการ ไหลที่ติดตั้งพินทำมุมกับพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนใน มุมต่าง ๆ โดยการคงที่ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ของการไหลไว้ที่ 3,500 ด้วยความเร็วสูงสุดในช่องการไหลก่อนเข้าส่วน ทดสอบเท่ากับ 5.43 m/s ซึ่งมีค่าเท่ากับการทดลอง จาก การจำลองการไหลพบว่าผลของการติดตั้งพินที่ทำมุมกับ พื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยมุมที่แคบย่อมส่งผลต่อ การลดลงของการไหลหมุนวนด้านหลังพินจึงส่งผลให้การ ถ่ายเทความร้อนมีค่าสูงดังจะเห็นได้จากผลของการ ทดลองซึ่งในที่นี้มุมพินเท่ากับ 30° ส่งผลให้การไหลของ อากาศด้านหลังพินไม่มีการหมุนวนเลยเมื่อเทียบกับ มุมพิน 90° ที่มีการไหลหมุนวนแบบเวคด้านหลังพินย่อม ส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อนต่ำกว่ากรณีมุมอื่นๆดังแสดง ในรูปที่ 10

IETT2015



รูปที่ 5 แสดงผลการกระจายตัวของตัวเลขนัสเซิลต์ในแต่ ละตำแหน่งบนพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยการติดพิน ในด้านมุมบวกต่างๆ



รูปที่ 6 แสดงผลการกระจายตัวของอุณหภูมิบนพื้นผิว แลกเปลี่ยนความร้อนด้วยการติดพินมุมเอียง 30°





รูปที่ 11 แสดงผลของเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของ ค่านัสเซิลด์เฉลี่ยบนพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนเทียบกับ การติดตั้งพินมุม 90°

4.สรุปผลการทดลอง

(1) ผลของมุมพินที่กระทำต่อพื้นผิวแลกเปลี่ยน ความร้อนมีผลต่อการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวและย่อม ส่งผลต่อการรบกวนการใหลช่วยเพิ่มความปั้นป่วนของ กระแสการไหลในด้านกระแสการไหลหลังผ่านพิน (downstream)

(2) ผลของมุมพินที่แคบลงในด้านมุมบวกจาก การทดลองส่งผลให้การถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิว โดยรวมเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับมุมพิน 90° แต่ผลของมุมพิน ที่แคบลงในด้านมุมลบไม่ได้ช่วยให้การถ่ายเทความร้อน บนพื้นผิวเพิ่มขึ้นเลย

(3) ผลของมุมพินที่ลดลงในด้านมุมบวกช่วยลด การไหลหมุนวนแบบเวคด้านหลังพินซึ่งส่งผลต่อการ ถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวที่ดีขึ้น ดังแสดงในผลการ จำลองการไหล และพินทำมุมเอียงกับพื้นผิวแลกเปลี่ยน ความร้อนเป็นมุม 30° ส่งผลให้ค่านัสเซิลต์เฉลี่ยสูงสุด เพิ่มขึ้นเป็น 32.33% เมื่อเทียบกับการติดตั้งพินบนพื้นผิว แลกเปลี่ยนความร้อนเป็นมุม 90°

เอกสารอ้างอิง

Lau, S. C., Kim, Y.S., and Han, J. C. (1985),"Effects of Fin Configuration and Entrance Length on Local Endwall Heat/Mass Transfer in a Pin Fin Channel", ASME Paper No. 85-Wa/HT-62
Zukauskas, A. A. (1972), "Heat Transfer from Tube in Cross Flow", adv.in Heat Transfer, Vol.8, pp. 116-133.

[3] Webb, R. L. (1980), "Air-Side Heat Transfer in Finned Tube Heat Exchangers", Heat Transfer Engineering, Vol. 1, pp. 33-49.

[4] Chyu, and Natarajan.(1996), "Heat Transfer on the Base Surface of Three-Dimensional Protruding Elements".International Journal of Heat and Mass Transfer,vol.39, No.14, pp. 2925-2935.

[5] Wang, F., Zhang, J., and Wang, S. (2012) "Investigation on flow and heat transfer characteristicc in rectangular channel with dropshaped pin fins", Propulsion and Power Research,Vol 1, No.1, pp.64-70.

[6] Chyu, M.K. (1990), "Heat Transfer and Pressure Drop for Short Pin-Fin Arrays with Pin-Endwall Fillet." ASME Journal of Heat Transfer, vol. 112, Nov., pp. 926-932.