

คุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของกลุ่มเจ็ทหมุนควงพุ่งชนบนผิวเรียบ

Heat transfer characteristics of multiple impinging jets on a flat surface

ปรัชญา สรรวสินธุ์ ฤกษ์ เรืองพยุหศักดิ์ วรศักดิ์ เหลือมหล่อ สมิทธิ์ เอี่ยมสอาด อาณัติ พิลลา*

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

เลขที่ 140 ถนนเชื่อมสัมพันธ์ แขวงกระทุ่มราย เขตหนองจอก จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10530

*Corresponding author Email: arnut@mut.ac.th

และ พัทธ์ชัย พร้อมไธสง

หน่วยวิจัยถ่ายเทความร้อนและออกแบบอุปกรณ์ทางความร้อน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

เลขที่ 41 ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

Manuscript received June 16, 2022

Revised June 27, 2022

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาเกี่ยวกับคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของกลุ่มเจ็ทหมุนควงพุ่งชนบนผิวเรียบ โดยใช้ท่อบิดเกลียวเป็นกลุ่มเจ็ทหมุนควงพุ่งชน (Swirling impinging jet, SJ) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 9.35 mm ยาว 93.5 mm จำนวน 9 ท่อ ที่เรียงกันเป็น 3 แถว แถวละ 3 ท่อ พุ่งชนตั้งฉากกับพื้นผิวเพื่อจะสร้างการหมุนควงของเจ็ทและยังได้ทำการทดลองกับกลุ่มเจ็ททั่วไป (Conventional impinging jet, CJ) เพื่อเปรียบเทียบอิทธิพลที่เกิดจากระยะห่างระหว่างเจ็ทถึงเจ็ท ($2.0 < S/D < 6.0$) และระยะพิชต์ต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อเจ็ท ($23 < P/D < 93$) ได้ถูกทำการทดสอบจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ากลุ่มเจ็ทหมุนควงพุ่งชนให้อัตราการถ่ายเทความร้อนได้สูงกว่ากลุ่มเจ็ททั่วไป (CJ) เนื่องจากการหมุนควงของท่อบิดเกลียวของกลุ่มเจ็ทหมุนควงพุ่งชน (SJ) มีการขยายตัวของลำเจ็ทเหนี่ยวนำเกิดการผสมผสานกันระหว่างลำเจ็ทมากขึ้นก่อนพุ่งชนพื้นผิว โดยที่ระยะห่างระหว่างเจ็ทถึงพื้นผิวพุ่งชนไม่มาก ($2.0 < L/D < 4.0$) จะส่งผลต่ออิทธิพลการหมุนควงให้เพิ่มสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้น การทดลองนี้ยังพบได้ว่ากลุ่มเจ็ทหมุนควงพุ่งชน (SJ) ช่วยในการ

กระจายตัวของเลขนัสเซลบนพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนสูงขึ้นถึง 21.1% เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มเจ็ททั่วไป (CJ) ที่ระยะห่างระหว่างเจ็ทถึงเจ็ท (S/D) เท่ากับ 2.0 และระยะพิชต์ต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อเจ็ท (P/D) เท่ากับ 23

คำสำคัญ: กลุ่มเจ็ทหมุนควงพุ่งชน, กลุ่มเจ็ททั่วไป, การถ่ายเทความร้อน

ABSTRACT

The objective of the present research is to investigate swirling impinging jets (SJ) heat transfer on the impinged surface under a uniform wall heat flux boundary condition. Swirling impinging jets (SJ) were induced by multiple twisted nozzles which were arranged in 3 rows and 3 columns (3×3). Each nozzle had an inner diameter of 9.35 mm and a length of 93.5 mm. In addition, conventional jet (CJ) were also tested for comparison. Effects of jet spacing of ($2.0 < S/D < 6.0$) and twisted nozzle with pitch ratio of ($23 < P/D < 93$) were examined. Experimental results showed that the SJ gave better heat transfer rate than the CJ since tangential force of SJ enlarged an impinged area. At small jet-to-plate spacing ($2.0 < L/D < 4.0$), the effect of swirling flow on heat transfer enhancement was significant. For the studied range, the swirling

impinging jet (SJ) enhanced Nusselt number up to 21.1% in as compared the conventional impinging jet (CJ) at jet spacing of $S/D = 2.0$ and the lowest pitch ratio of $P/D = 23$.

Keywords: *Swirling impinging jets, Conventional impinging jets, Heat transfer*

1. บทนำ

ในปัจจุบันแหล่งพลังงานเชื้อเพลิงที่ใช้ในปัจจุบันมีสำคัญต่อมนุษย์ในการใช้ชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก ได้แก่ น้ำมันดิบ ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน ปัจจุบันนี้ได้มีการพึ่งพาและอาศัยการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงเหล่านี้มาตั้งแต่อดีตมาจนถึงปัจจุบันนี้ และมีแนวโน้มว่าจะมีความต้องการ การใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงเหล่านี้เพิ่มเป็นจำนวนมากขึ้นทุกขณะและอาจมีความต้องการเพิ่มขึ้นในทุกปีและทุกด้าน โดยกระบวนการถ่ายเทความร้อนมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในภาคอุตสาหกรรมและวิศวกรรม การใช้เจ็ทพุ่งชน (Impinging jet) เป็นเทคนิคในการถ่ายเทความร้อนอีกด้านหนึ่งที่มีการประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ ได้อย่างกว้างขวาง เช่น ระบบระบายความร้อนให้แก่เครื่องจักร การระบายความร้อนในใบพัด กระบวนการอบแห้งในอุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมกระดาษ กระบวนการให้ความร้อนหรือระบายความร้อนของชิ้นส่วนพื้นผิวเฉพาะจุด การระบายความร้อนในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น การเพิ่มประสิทธิภาพของการถ่ายเทความร้อนเป็นทางเลือกอีกวิธีหนึ่งที่สามารถช่วยในการประหยัดพลังงานจึงมีการศึกษาและวิจัยเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีทางการแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อเพิ่มสมรรถนะในการแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นและในทางด้านวิศวกรรมและอุตสาหกรรมจำเป็นต้องมีอุปกรณ์เพื่อช่วยในการถ่ายเทความร้อนจึงมีการคิดและวิจัยเพื่อคิดค้นหาอุปกรณ์เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนให้เหมาะสมกับการใช้งานเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพที่สูงสุด โดยวิธีการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนถูกแบ่งออกเป็น 2 วิธีดังนี้ วิธี Active คือ การใช้วิธีอาศัยพลังงานจากภายนอกเพื่อมากระตุ้นกระบวนการเพิ่มค่าการถ่ายเทความร้อนโดยวิธีการใช้อุปกรณ์ทางกลที่ทำให้เกิดการสั่นและการหมุนที่พื้นผิวให้ของของไหลเกิดการสั่น การใช้แม่เหล็กเพื่อให้ของของไหลเกิดการผสมผสานกัน การฉีดพ่นเพื่อของของไหลเกิดเป็นฝอย การเพิ่มความเร็วของของไหลเพื่อเพิ่มกำลังและแรงดันให้กับ

ของของไหลและการใช้เจ็ทที่เป็นของของไหลพุ่งชนพื้นผิวโดยตรงวิธีที่สองคือ Passive เป็นวิธีการที่ไม่ต้องอาศัยพลังงานจากภายนอกเพื่อมากระตุ้น เช่น พลังงานที่ใช้มาจากพลังงานที่สร้างขึ้นมาด้วยตัวเองอันได้แก่ การใช้ผิวที่ได้รับการปรับสภาพแล้ว (Treated surface) การเพิ่มพื้นผิว (Extended surface) และการติดตั้งอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดการไหลแบบหมุนควงหรือแบบปั่นป่วน (Swirl/turbulence flow devices) ซึ่งวิธีที่ได้กล่าวมานี้ส่วนใหญ่จะใช้สำหรับการไหลที่อยู่ในท่อ

จากอดีตจนถึงปัจจุบันได้มีนักวิจัยจำนวนมากได้ทำการศึกษาของการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวโดยที่อาศัยหลักการพุ่งชนของลำเจ็ทเพื่อที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวเพื่อให้ได้ค่าที่สูงขึ้น และยังมีนักวิจัยจำนวนมากได้อาศัยหลักการเพิ่มค่าการไหลหมุนควงของลำเจ็ทเพื่อที่จะเพิ่มระดับการไหลแบบปั่นป่วนให้เกิดขึ้นเพื่อให้เกิดผลกระทบกับพื้นผิวที่เจ็ทพุ่งชน เช่น Lee และคณะ [1] ได้ทำการศึกษาการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวโดยการศึกษาอิทธิพลของลำเจ็ทหมุนควงโดยที่ติดตั้งอุปกรณ์สร้างการหมุนที่เป็นลักษณะเป็นใบพัดโดยที่ติดตั้งทางออกของท่อเจ็ท ซึ่งใบพัดสร้างเงื่อนไขในการหมุนควงมีใบพัดรวมทั้งหมด 8 ใบ ยาว 4 เซนติเมตร โดยที่ใบพัดแต่ละใบจะมีความแตกต่างขององศาของมุมเมื่อเทียบกับแกนเท่ากับ 0° , 15° , 30° และ 45° ตามลำดับ โดยของไหลที่ใช้ในการทดสอบนี้เป็นอากาศที่มีค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์เท่ากับ 23,000 ผลการทดลองจะพบว่ามุมของใบพัดมีผลต่อการหมุนและการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิว ซึ่งผลที่ได้จากการสร้างการไหลแบบหมุนควงแบบใบพัดมีมุม 15° ที่ระยะห่างระหว่างทางออกปากท่อเจ็ทกับพื้นผิวที่พุ่งชน L/D เท่ากับ 2 จะให้ค่าการถ่ายเทความร้อนเฉลี่ยสูงสุดเมื่อเทียบเท่ากับค่าอื่น ๆ Wen และ Jang [2] ได้ทำการศึกษาคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวโดยการศึกษาอิทธิพลของเจ็ทที่ทดสอบบนพื้นผิวโดยที่มีเจ็ทอากาศไหลตั้งฉากพุ่งชนกับพื้นผิวที่มีพลัสความร้อนแบบคงที่ โดยที่ศึกษาผลจากการพุ่งชนของลำเจ็ทที่มีการติดตั้งอุปกรณ์แผ่นปิดกากบาทเพื่อสร้างการหมุนวนและไม่มีการหมุนในการทดลองที่ตัวเลขเรย์โนลด์ 500 ถึง 2700 และมีระยะห่างจากระหว่างปากท่อเจ็ทถึงพื้นผิวพุ่งชนที่ (L/D) อยู่ในช่วง 3 ถึง 16 โดยที่ท่อเจ็ทหมุนควงมีแบบแผ่นปิดธรรมดาและแผ่นปิดกากบาท จากผลการทดลองจะพบว่าท่อเจ็ทที่สอดใส่แผ่นปิดกากบาทจะให้ค่าการถ่ายเทความร้อนที่มากกว่าแผ่นปิดธรรมดาและเจ็ทท่อเปล่า และเมื่อทำการเพิ่ม

ค่าเลขเรย์โนลด์ค่าการถ่ายเทความร้อนยิ่งเพิ่มขึ้นเนื่องจากโมเมนตัมการพุ่งของเจ็ทที่เพิ่มขึ้นตาม Yuan และคณะ [3] ศึกษาผลกระทบของการพุ่งชนของเจ็ทหมุนควงต่อการถ่ายเทความร้อน งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของการไหลหมุนควงที่เกิดจากการสอดใส่แผ่นบิตในท่อเจ็ทที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 3 มิลลิเมตร โดยที่ของไหลที่ใช้คือคาร์บอนไดออกไซด์ใช้การทดลองในช่วงเลขเรย์โนลด์ที่ 7,500 ถึง 28,300 กำหนดระยะห่างระหว่างปากท่อเจ็ทกับพื้นผิวที่เจ็ทพุ่งชนที่ตำแหน่งคงที่เท่ากับ 3 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อเจ็ทจากการทดลองพบว่าจุดรอบนอกตรงกลางที่เจ็ทพุ่งชน ($r/D > 0.37-0.92$) ผลการทดลองให้เจ็ทหมุนควงจะให้ค่าการถ่ายเทความร้อนที่สูงกว่าที่ใช้ท่อเจ็ทเปล่าเนื่องจากการหมุนควงจะเกิดการสร้างกระแสหน้าตัดของเจ็ทให้ใหญ่กว่าท่อเจ็ทเปล่า Bakirci และ Bilen [4] ได้ทำการทดสอบการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวเรียบโดยที่ติดตั้งอุปกรณ์การสร้างการไหลหมุนควงในท่อเจ็ทที่มีลักษณะการสร้างการไหลหมุนควงเป็นแบบแท่งเกลียว 4 ร่อง โดยนำมาเพื่อศึกษาอิทธิพลของแต่ละองศาการไหลหมุนควงตามแนวองศาแท่งเกลียวเท่ากับ 0° , 22.5° , 41° และ 50° ตามลำดับ แล้วศึกษาพฤติกรรมการกระจายตัวของอุณหภูมิและถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวที่ถูกเจ็ทแบบหมุนควงพุ่งชนแบบกลุ่มที่ช่วงการไหลแบบปั่นป่วนที่ค่าเรย์โนลด์เท่ากับ 10,000 ถึง 30,000 และศึกษาผลจากระยะห่างปากท่อเจ็ทถึงพื้นผิวพุ่งชน (L/D) เท่ากับ 6 ถึง 14 ใช้เทคนิคการใช้แผ่นเทอร์โมลิควิดคริสตัลเพื่อทำการการศึกษาพฤติกรรมของการกระจายตัวการถ่ายเทความร้อน ผลการทดลองจะพบว่าการใช้แท่งเกลียวเท่ากับ 50° จะให้ค่าการถ่ายเทความร้อนที่สูงสุด ซึ่งค่าการถ่ายเทความร้อนนี้จะเกิดขึ้นรอบบริเวณศูนย์กลางของเจ็ทพุ่งชน ซึ่งอาจเกิดจากอิทธิพลของของไหลที่แยกออกเป็น 4 ช่องของแท่งเกลียวและยังพบว่าค่าการถ่ายเทความร้อนจะเพิ่มขึ้นเมื่อค่าเลขเรย์โนลด์ที่สูงขึ้น Alekseenko และคณะ [5] ศึกษาพฤติกรรมของลำเจ็ทพุ่งชนแบบหมุนควงแบบใช้เทคนิค PIV โดยที่ศึกษาอิทธิพลของการไหลแบบหมุนควงของท่อเจ็ทแบบหัวกลมที่ติดตั้งอุปกรณ์การสร้างการไหลหมุนควงเพื่อศึกษาผลที่เกิดจากการไหลแบบหมุนควงที่ช่วงตัวเลขการหมุนที่อัตราช่วงเท่ากับ 0 ถึง 1.0 ผลการทดลองจะพบว่าการติดตั้งหัวฉีดที่สร้างการไหลหมุนควงในท่อเจ็ทส่งผลให้การไหลพุ่งชนแบบหมุนควงมีการกระจายในบริเวณที่กว้างขึ้นและมีการเสื่อมสลายของเจ็ทเมื่อเปรียบเทียบกับเจ็ทไหลพุ่งชนที่ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์การไหลแบบหมุนควง มักตาร์ แวหะยี และ ชยุต นันทดุสิต

[6] ได้ทำการศึกษาและวิจัยคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนและการไหลของกลุ่มเจ็ทหมุนควงที่พุ่งชนพื้นผิว ในการทดลองนี้ได้ใช้เจ็ทที่เป็นหัวฉีดแบบท่อยู มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (D) 16.5 mm จำนวน 9 ท่อ ที่เรียงกันเป็น 3 แถว แถวละ 3 ท่อ พุ่งชนตั้งฉากกับพื้นผิว และใช้แผ่นบิตที่มีระยะพิชต์ต่างๆสอดในท่อเจ็ทเพื่อกำเนิดกระแสหมุนควงของเจ็ท สำหรับตัวแปรที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยระยะจากปากทางออกหัวฉีดถึงพื้นผิวพุ่งชน (L/D) เท่ากับ 2, 4, 6 และ 8 ระยะห่างระหว่างเจ็ท (S/D) เท่ากับ 2, 4, 6 และ 8 ระดับของการหมุนควง (Swirl number, Sw) เท่ากับ 0.40, 0.62, 0.78, 0.94 และเจ็ทท่อเปล่า (ไม่ใช่แผ่นบิต) โดยกำหนดให้ค่าเรย์โนลด์ของเจ็ทคงที่ในแต่ละการทดลองเท่ากับ 25,000 (อัตราการไหลของอากาศเท่ากันทุกกรณี) สำหรับการศึกษาการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวได้ใช้แผ่น Temperature sensitive liquid crystal (TLC) วัดการกระจายอุณหภูมิและการกระจายของสัมประสิทธิ์การพาความร้อนบนพื้นผิวที่เจ็ทพุ่งชนด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ภาพ นอกจากนี้ได้ศึกษาพฤติกรรมของการไหลบนพื้นผิวที่เจ็ทพุ่งชนโดยใช้เทคนิคฟิล์มน้ำมัน จากการที่ได้ศึกษาพบว่าการใช้กลุ่มเจ็ทหมุนควงสามารถเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวที่พุ่งชนได้ โดยเฉพาะกรณีที่ระยะจากปากทางออกหัวฉีดถึงพื้นผิวพุ่งชน (L) เท่ากับ 2 และกรณีที่ระยะห่างระหว่างเจ็ท (S) เท่ากับ 2 และ 4 แต่ในกรณีที่ $L > 2$ อัตราการถ่ายเทความร้อนเฉพาะจุดบนพื้นผิวจะลดลงและมีลักษณะที่ไม่เป็นระเบียบเมื่อเทียบกับกรณีของกลุ่มเจ็ทจากท่อเปล่า Yong และคณะ [7] ได้ทำการศึกษาโครงสร้างการไหลและการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวของเจ็ทแบบวงแหวน ซึ่งจะศึกษาอิทธิพลเจ็ทแบบวงแหวนที่ติดตั้งใบพัดเพื่อสร้างการหมุนควงเพื่อเปรียบเทียบกับเจ็ทวงแหวนที่ไม่หมุนควง การทดลองครั้งนี้กำหนดอัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อวงแหวนคงที่เท่ากับ 0.5 และทดลองที่เลขเรย์โนลด์เท่ากับ 7,000 และระยะห่างจากปากท่อเจ็ทถึงพื้นผิวพุ่งชน (H/d) เท่ากับ 0.5, 2.1 และ 4.1 ตามลำดับ ผลการทดลองจะพบว่า เจ็ทที่มีการไหลหมุนควงซึ่งจะทำให้เจ็ทวงแหวนส่งผลทำให้ขนาดของเจ็ทหมุนกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอมากขึ้นจะได้ผลจากการทดลองการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวเรียบจะพบว่าการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นบนแผ่นพุ่งชนเมื่อเปรียบเทียบกับเจ็ทธรรมดาให้ค่ากระจายตัวและการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวให้สูงขึ้นทั่วทั้งพื้นผิว Nuntadusit และคณะ [8] ทำการศึกษาลักษณะการไหลและการถ่ายเทความร้อนของเจ็ทแบบการไหลหมุน

ควงฟุ้งชนพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อน ในการทดสอบได้ ทำการศึกษาการกระจายตัวของการถ่ายเทความร้อนที่ระยะห่างระหว่างปากท่อเจ็ทถึงพื้นผิวฟุ้งชน (Z/d) และศึกษาอิทธิพลที่เกิดขึ้นของอัตราการไหลของหมันควงท่อสอดใส่แผ่นบิตที่ของอัตราส่วนแผ่นบิต (y/W) เท่ากับ 1.52 ถึง 3.64 จากผลการทดลองพบว่า การไหลของหมันควงที่ y/W เท่ากับ 3.64 จะให้ค่าการถ่ายเทความร้อนสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราส่วนแผ่นบิต (y/W) ในลักษณะต่าง ๆ Ortega-Casanova [9] ศึกษาการคำนวณเชิงตัวเลขการถ่ายเทความร้อนของเจ็ทหมันควงฟุ้งชนพื้นผิวที่อุณหภูมิที่คงที่ติดตั้งอุปกรณ์การสร้างการไหลที่หมันควงที่เกิดจากการติดตั้งใบพัดเพื่อที่จะปรับอัตราการไหลของหมันควงการไหลของเจ็ทที่เลขเรย์โนลด์ระหว่าง 7,000 ถึง 20,000 และมีระยะห่างจากปากท่อเจ็ทถึงพื้นผิวเจ็ทฟุ้งชน (H/D) เท่ากับ 5, 10 และ 30 ตามลำดับ การทดลองและวิจัยในครั้งนี้เพื่อศึกษาการทำนายการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวที่เกิดจากผลของการไหลของหมันควงจากการติดตั้งใบพัดสำหรับเงื่อนไขที่ใกล้เคียงกัน Nuntadusit และคณะ [10] ศึกษาการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวด้วยกลุ่มเจ็ทหมันควงฟุ้งชนโดยการสอดใส่แผ่นบิต ซึ่งในแต่ละท่อมีการสอดใส่แผ่นบิตสร้างการไหลของหมันควงที่อัตราส่วน 3×3 ที่อัตราส่วนบิต (y/W) ระยะห่างระหว่างปากท่อเจ็ทถึงพื้นผิวฟุ้งชน (L/D) ที่เลขเรย์โนลด์คงที่เท่ากับ 20,000 ศึกษาอิทธิพลของระยะห่างระหว่างท่อเจ็ทกับท่อเจ็ท (S/D) เท่ากับ 2, 4, 6 และ 8 ตามลำดับ จากผลของการทดลองของการติดตั้งแผ่นบิตเพื่อสร้างการไหลของหมันควงจะให้ค่าของการถ่ายเทความร้อนที่สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มท่อเจ็ทที่ไม่มีการติดตั้งแผ่นบิตและระยะห่างระหว่างท่อเจ็ทกับท่อเจ็ท Kareem และคณะ [11] ทำการศึกษาผลกระทบของลักษณะท่อแบบลอนเกลียวในการถ่ายเทความร้อนโดยพบท่อลอนเกลียวเรียบสามารถเพิ่มการถ่ายเทความร้อนในช่วง 2.4-3.7 เท่าของท่อและประสิทธิภาพการระบายความร้อนที่ดีที่สุดอยู่ในช่วง 1.8-3.4 ของท่อ พบได้ว่าการใช้ท่อแบบลอนเกลียวสามารถจะถ่ายเทความร้อนได้ดีกับความดันที่ต่ำ

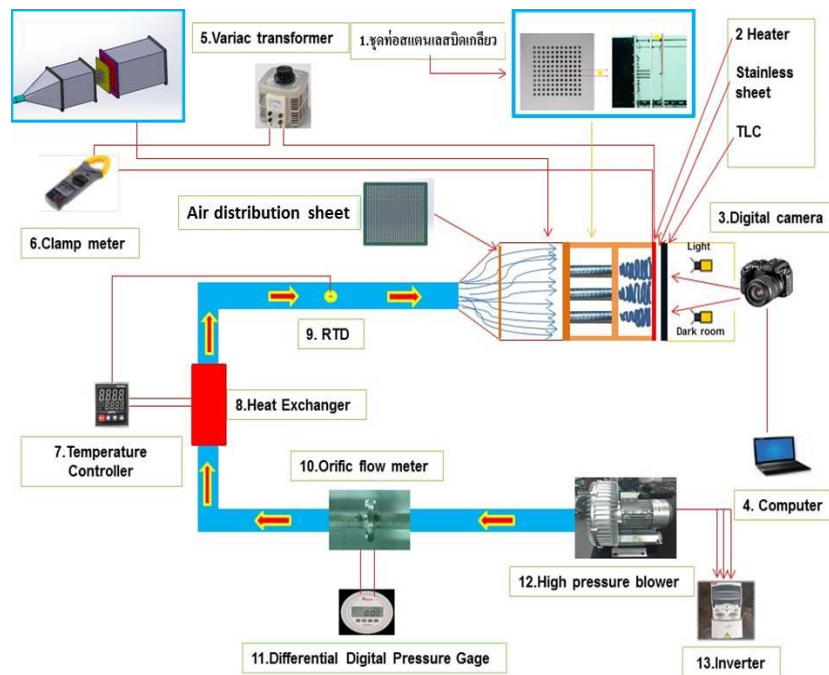
โดยงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นส่วนการทดลองสำหรับการฟุ้งชนของเจ็ทที่มีผลต่อค่าการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวโดยอาศัยเทคนิคของการใช้เทอร์โมลิควิดคริสตัล เพื่อทำการศึกษาดูแปรต่อการกระจายตัวของค่าถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวที่เจ็ทฟุ้งชน โดยออกแบบและปรับปรุงของท่อเจ็ท และใช้อุปกรณ์การสร้างการไหลแบบหมันควงด้วยการใช้ท่อบิตเกลียวซึ่งจะมีความแตกต่างที่การไหลของท่อเจ็ทที่

มีลักษณะการไหลของอากาศแบบหมันควงแบบไม่มีอุปกรณ์สร้างการหมันควงกีดขวางทางไหลของท่อเจ็ทจึงสามารถเพิ่มค่าการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนได้มากยิ่งขึ้น และศึกษาอิทธิพลที่เกิดจากระยะห่างระหว่างปากท่อเจ็ทถึงพื้นผิวที่เจ็ทฟุ้งชน (L/D) ระยะห่างของท่อเจ็ทกับท่อเจ็ท (S/D) ที่เลขเรย์โนลด์คงที่ 25,000 เพื่อศึกษาอิทธิพลที่เกิดจากการหมันควงฟุ้งชนบนพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนของกลุ่มเจ็ทหมันควงฟุ้งชนโดยการสร้างการหมันควงด้วยท่อบิตเกลียวที่ระยะพิตช์ของท่อบิตเกลียวที่ต่างกันเพื่อช่วยสร้างการไหลแบบหมันควงของเจ็ทกลุ่มที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนเพื่อที่จะได้นำมาประยุกต์ใช้กับงานต่าง ๆ ที่เหมาะสมต่อไป

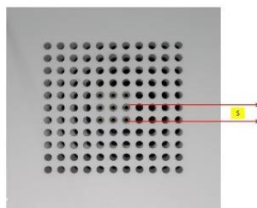
2. อุปกรณ์ในงานวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาผลกระทบที่เกิดจากอิทธิพลของของไหลที่มีต่อการเพิ่มการถ่ายเทความร้อน และในหัวข้อนี้จะอธิบายหลักการทำงานของชุดทดลองและหน้าที่ของอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยจะอธิบายถึงรายละเอียดของกระบวนการวัดค่าของการกระจายตัวการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการวัดค่าการกระจายของอุณหภูมิของพื้นผิวที่แลกเปลี่ยนความร้อนโดยจะอาศัยหลักการการเปลี่ยนสีตามอุณหภูมิของแผ่นเทอร์โมลิควิดคริสตัลที่จะสามารถเปลี่ยนเฉดสีตามอุณหภูมิ เพื่อให้เห็นถึงการกระจายตัวของอุณหภูมิและค่าการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวที่เกิดจากการไหลของหมันควงของเจ็ทฟุ้งชนบนพื้นผิวในลักษณะการจัดเรียงของท่อเจ็ทและระยะห่างจากปากท่อเจ็ทถึงแผ่นพื้นผิวฟุ้งชนในรูปแบบต่างๆ โดยรายละเอียดของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและรายละเอียดของวิธีการทดลองจะถูกแสดงดังรูปที่ 1 และ 2

ชุดท่อเจ็ททำด้วยวัสดุพลาสติกปรี้น 3 มิติขึ้นรูปด้วยเครื่องปรี้น 3D เพื่อสร้างท่อ CJ และท่อ SJ ท่อบิตเกลียว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) และ D_h เท่ากับ 9.35 mm ใช้ความยาวของท่อ 93.5 mm ในการทดลองในครั้งนี้ใช้ท่อเจ็ทบิตเกลียวเพื่อสร้างการไหลแบบหมันควงจำนวน 9 ท่อ โดยที่เรียงเป็นท่อเจ็ทกลุ่มแถวละ 3 X 3 ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในการทดลองจะมีระยะ D คือเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อเจ็ทด้วยที่มีระยะห่างระหว่างท่อ (S/D) เท่ากับ 2, 4 และ 6 ตามลำดับและมีระยะห่างจากปากท่อเจ็ทถึงพื้นผิวเจ็ทฟุ้งชน (L/D) เท่ากับ 1.0



รูปที่ 1 ชุดทดลองการถ่ายเทความร้อน



(ก) ระยะห่างระหว่างท่อเจ็ท



(ข) ระยะห่างระหว่างท่อเจ็ทถึงพื้นผิวพุ่งชน

รูปที่ 2 รูปการณ์ติดตั้งท่อเจ็ท

ชุดพื้นผิวพุ่งชนเป็นบริเวณที่เจ็ทอากาศพุ่งชนประกอบไปด้วยแผ่น TLC Model: LCS-95 ใช้เพื่อแสดงผลการกระจายตัวของอุณหภูมิบนพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนโดยที่อาศัยหลักการเปลี่ยนเฉดสีตามอุณหภูมิของแผ่น TLC เฉดสีเปลี่ยนสีตามที่เจ็ทพุ่งชนบริเวณที่ถูกเจ็ทพุ่งชนเฉดสีอาจแตกต่างกันแล้วแต่ความสามารถใน

การนำพาความร้อนแต่ละเงื่อนไข แผ่น Stainless เพื่อกระจายพลั๊กความร้อนบนพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนที่ถูกถ่ายเทความร้อนจากแผ่นฮีตเตอร์เพื่อให้มีความสม่ำเสมอของการถ่ายเทความร้อนในการทดลองครั้งนี้จะใช้แผ่น Stainless ขนาดความหนา 0.15 mm และแผ่นฮีตเตอร์ Model: KH-1212/10 ขนาด 1440 วัตต์ ซึ่งมีลวดความร้อนแบบบางเท่ากับ 0.254 mm มีขนาดความกว้างและความยาว 300 mm x 300 mm ทำหน้าที่รับกระแสไฟฟ้าที่ป้อนจากหม้อแปลงเพื่อเปลี่ยนพลังงานจากไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนเพื่อศึกษาการถ่ายเทความร้อนของกลุ่มเจ็ทหมุนควงพุ่งชนที่เกิดจากอิทธิพลของท่อปิดเกลียว

3. วิธีการทดลอง

ชุดทดลองการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวด้วยการไหลพุ่งชนของเจ็ทหมุนควง โดยสามารถแยกขั้นตอนการทดลองได้โดยเริ่มต้นด้วยการเปิดเครื่องควบคุมพัดลมแรงดันสูงและเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่ป้อนอากาศไหลเข้าระบบเพื่อที่จะพุ่งชนพื้นผิว การทดลองนี้ใช้อากาศที่ถูกขับด้วยพัดลมแบบแรงหนีศูนย์กลางขนาด 2.2 กิโลวัตต์ โดยมีอินเวอร์เตอร์เป็นตัวควบคุมการหมุนของมอเตอร์ที่ใช้เป็นตัวขับเคลื่อน

เพื่อที่จะมีแรงดันเข้าระบบควบคุมค่าของไหลของอากาศให้ได้ตามเงื่อนไขของการทดลอง ($Re = 25,000$) โดยที่ใช้ออร์ฟิสมิเตอร์เป็นตัววัดค่าความดันตกคร่อมโดยที่มีตัวแสดงค่าเป็นตัวเลขดิจิตอลเพื่อวัดอัตราการไหลที่ได้ทำการสอบเทียบค่าจากชุดวัดความเร็ว (Pitot tube) จากนั้นอากาศจะไหลไปตามท่อเพื่อไปยังท่อชุดแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อทำการเพิ่มอุณหภูมิของอากาศที่จะไหลไปสู่ท่อเจ็ทให้ได้อุณหภูมิที่ 27°C โดยที่มีเซ็นเซอร์ (RTD) ตรวจสอบและจะอ่านค่าอุณหภูมิของของไหลก่อนที่จะไหลเข้าสู่ท่อเจ็ทเพื่อพองชนพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อน โดยตัวเซ็นเซอร์ (RTD) จะถูกต่อเข้ากับชุดควบคุมอุณหภูมิเพื่อทำการตัดต่อกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดเพื่อทำการควบคุมอุณหภูมิอากาศในท่อแลกเปลี่ยนความร้อนในที่นี้อากาศที่ใช้ในการทดลองอากาศของของไหลจะอยู่ที่อุณหภูมิ 27°C ก่อนที่อากาศจะไหลเข้าท่อเจ็ทที่มีลักษณะหมุนเป็นเกลียวก่อนที่จะพองชนในแนวตั้งฉากกับพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนโดยการทดลองในครั้งนี้จะมีการปรับระยะห่างระหว่างของปากทางออกของท่อเจ็ทถึงพื้นผิวตามเงื่อนไขของการทดลองในครั้งนี้ โดยที่ระยะห่างระหว่างปากท่อเจ็ทถึงพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อน (L/D) เท่ากับ 1.0 ระยะห่างระหว่างเจ็ท (S/D) เท่ากับ 2, 4 และ 6 จากนั้นจ่ายกระแสไฟฟ้าโดยที่จะควบคุมการกระแสไฟฟ้าผ่านตัวหม้อแปลงไฟฟ้าแบบปลั๊กซึ่งความร้อนคงที่โดยที่ความร้อนที่ถูกจ่ายให้กับชุดแลกเปลี่ยนความร้อนจะขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในแต่ละช่วงการไหลของของไหลโดยที่สังเกตได้จากแผนที่ปรากฏบนแผ่นเทอร์โมลิควิสต์ลิตที่ติดอยู่อีกด้านของชุดพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนให้มีแผนที่อยู่ในช่วงการใช้งานแผ่นเทอร์โมลิควิสต์ลิตที่ได้ทำการสอบเทียบในห้องที่มีการควบคุมแสงเพื่อใช้ในการสอบเทียบค่า หลังจากนั้นรอให้กระบวนการถ่ายเทความร้อนปกติหรือสภาวะที่คงตัวโดยที่มีวิธีสังเกตจากแผนที่เทอร์โมลิควิสต์ลิตว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงแล้ว ซึ่งจะใช้เวลาในการเข้าสู่สภาวะคงตัวประมาณ 10 ถึง 20 นาที จึงสามารถทำการถ่ายภาพเก็บไว้เพื่อนำไปวิเคราะห์ผลจากโปรแกรม Lab view ในคอมพิวเตอร์ต่อไป ซึ่งจำเป็นต้องจัดแสงไฟในห้องมืดและติดตั้งกล้องดิจิตอลเพื่อเตรียมบันทึกภาพที่ตำแหน่งโหมดการถ่ายภาพคงที่เหมือนกันทุกตัวแปรในการทดลองกำหนดไว้ ทำการบันทึกภาพถ่ายเพื่อเก็บภาพนำไปวิเคราะห์ต่อไป โดยค่าความไม่แน่นอนในการทดลองจะถูกประเมินโดยใช้วิธีการของ Kline และ McClintock ซึ่งค่าความไม่แน่นอนของค่าเลขนัยสำคัญมีค่าเท่ากับ $\pm 5.4\%$ ค่าเลขเรย์โนลด์ส เท่ากับ $\pm 3.1\%$ และอัตราการไหลของมวล เท่ากับ $\pm 2.9\%$

4. ผลจากการทดลอง

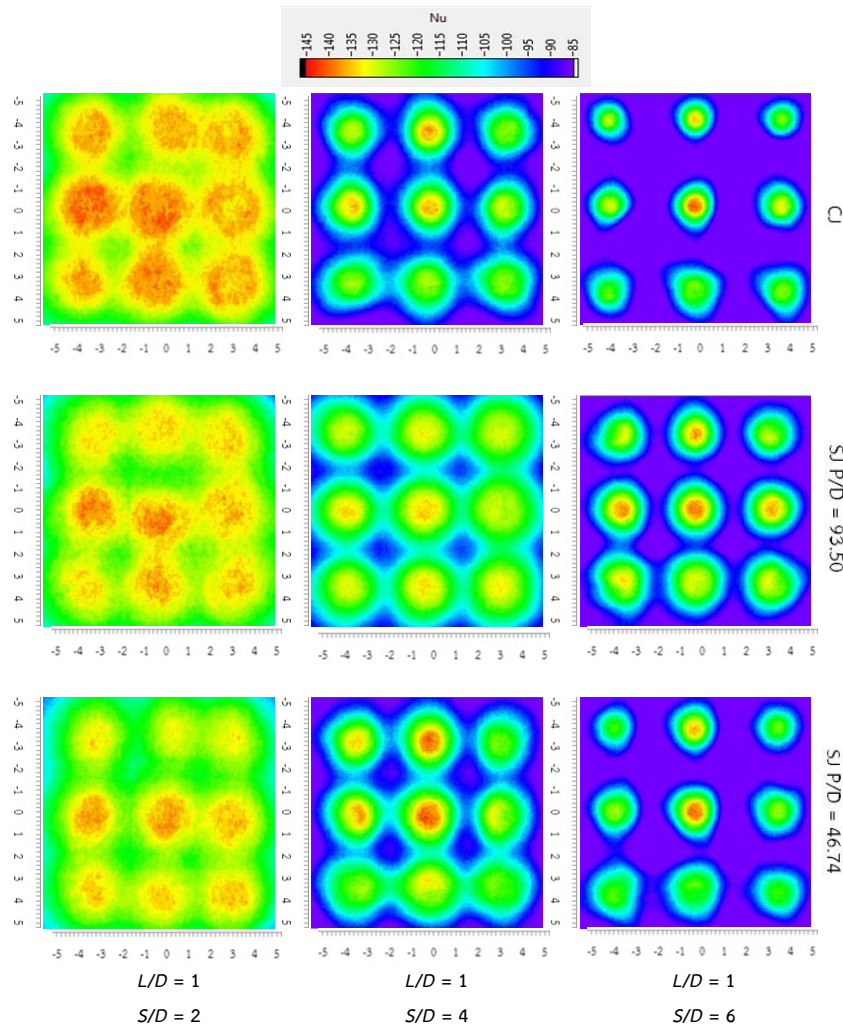
จากอิทธิพลผลของ $S/D = 2$ ที่ระยะ $L/D = 1$ ของกลุ่มเจ็ท CJ และ SJ ที่ $P/D = 93.5, 46.75, 31.16$ และ 23.37 ดังแสดงในรูปที่ 3 และ 4 จากการถ่ายเทความร้อนที่ปรากฏจะเห็นได้ว่าการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากอิทธิพลของท่อปิดเกลียวของกลุ่มเจ็ท SJ (P/D) เท่ากับ 93.5 มีการถ่ายเทความร้อนที่สูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มเจ็ท CJ และ SJ ที่ $46.75, 31.16$ และ 23.37 อันเนื่องมาจากอิทธิพลของท่อปิดหมุนควงของกลุ่มเจ็ทก่อนที่จะเจ็ททั้งสองลำจะพองชนพื้นผิวจะเกิดการผสมผสานกันระหว่างลำเจ็ททั้งสอง (Interaction) มีผลทำให้บริเวณ Potential core ในลำเจ็ทลดลงและระดับความแปรปรวนในเจ็ทจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้การถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวกว้างและสม่ำเสมอ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มเจ็ท CJ กับกลุ่มเจ็ท SJ จากรูปการกระจายตัวของเลขนัยเซลล์บนพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนกลุ่มเจ็ท SJ การถ่ายเทความร้อนจะมีลักษณะสม่ำเสมอมากกว่ากลุ่มเจ็ท CJ เนื่องจากอิทธิพลของท่อปิดเกลียวทำให้เกิดการผสมผสานกันระหว่างลำเจ็ททั้งสองมากขึ้นทำให้ลักษณะการถ่ายเทความร้อนสม่ำเสมอมากขึ้น

จากอิทธิพลผลของ $S/D = 4$ ที่ระยะ $L/D = 1$ ของกลุ่มเจ็ท CJ และ SJ ได้แสดงดังในรูปที่ 3 และ 4 การถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากอิทธิพลของท่อปิดเกลียวของกลุ่มเจ็ท SJ ที่ $P/D = 93.5$ มีการถ่ายเทความร้อนที่สูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มเจ็ท CJ และ SJ ที่ $P/D = 46.75, 31.16, 23.37$ อันเนื่องมาจากอิทธิพลของท่อปิดเกลียวหมุนควง $P/D = 93.5$ ที่ระยะห่างระหว่างลำเจ็ทที่มากขึ้นจะเกิดการชนของเจ็ทจากลำเจ็ทที่อยู่ติดกัน แล้วเกิดการไหลแบบหมุนวนระหว่างลำเจ็ท ซึ่งการไหลนี้จะมีผลต่อความปั่นป่วนและการลดลงของบริเวณ Potential core ในลำเจ็ททำให้การถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวที่กว้างขึ้นและสม่ำเสมอ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มเจ็ท CJ กับ กลุ่มเจ็ท SJ การกระจายตัวของเลขนัยเซลล์บนพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนกลุ่มเจ็ท SJ การถ่ายเทความร้อนจะมีลักษณะสม่ำเสมอและกว้างกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มเจ็ท CJ เนื่องจากอิทธิพลของท่อปิดเกลียวทำให้เกิดการผสมผสานกันระหว่างลำเจ็ททั้งสองมากขึ้น ทำให้ลักษณะการถ่ายเทความร้อนสม่ำเสมอและกว้างขึ้น

จากอิทธิพลผลของ $S/D = 6$ ที่ระยะ $L/D = 1$ ของกลุ่มเจ็ท CJ และ SJ ได้แสดงดังในรูปที่ 3 และ 4 การถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากอิทธิพลของท่อปิดเกลียวของ SJ ที่ $P/D = 93.5$ มีการถ่ายเทความร้อน

ร้อนที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มเจ็ท CJ และ SJ ที่ $P/D = 46.75$, 31.16 , 23.37 อันเนื่องมาจากอิทธิพลของท่อปิดเกลียวที่ $P/D = 93.5$ หมุนควงของกลุ่มเจ็ทที่ระยะห่างระหว่างลำเจ็ทที่มากขึ้นแต่ด้วยอิทธิพลท่อปิดเกลียวทำให้เกิดการขยายตัวของลำเจ็ทก่อนเกิดการชนของเจ็ทผนังจากลำเจ็ทที่อยู่ติดกัน แล้วเกิดการไหลแบบหมุนวน ในระหว่างลำเจ็ท ซึ่งการไหลนี้จะมีผลต่อระดับความ

ปั่นป่วนและการลดลงให้การถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวที่กว้างขึ้น แต่เนื่องจากระยะห่างระหว่างเจ็ท (S/D) มากขึ้นการถ่ายเทความร้อนไม่สม่ำเสมอเมื่อเปรียบเทียบกับระยะ S/D ที่น้อยกว่าและจะมีลักษณะการถ่ายเทความร้อนลดลงระหว่างเจ็ทถึงเจ็ท

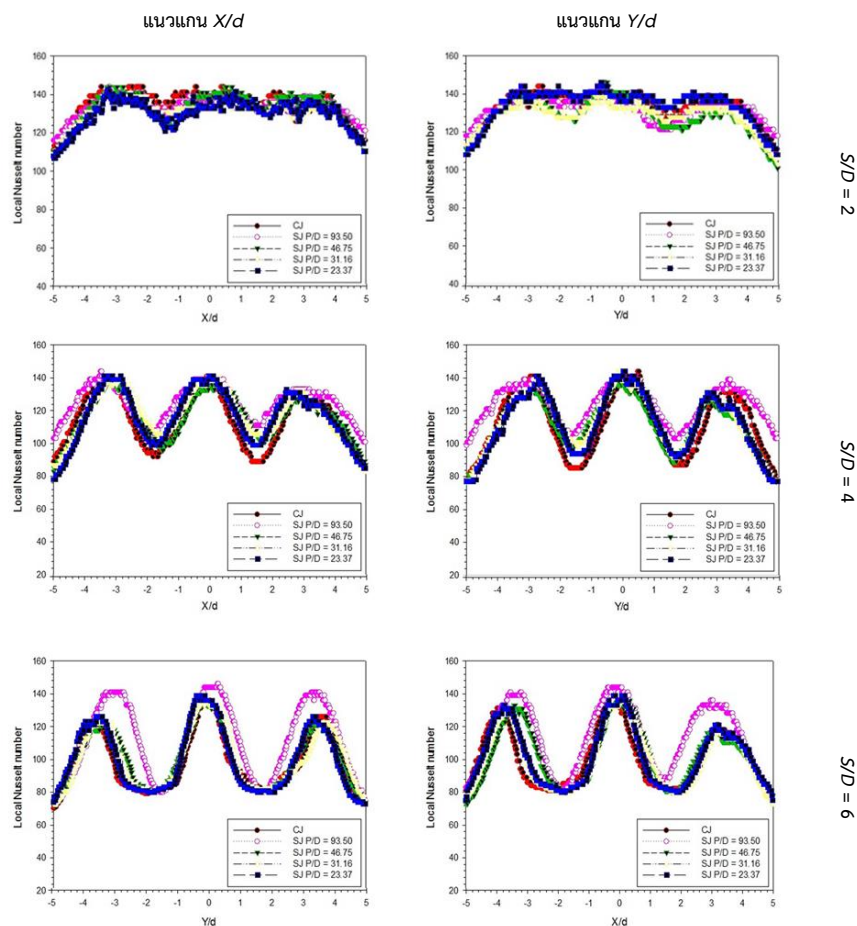


รูปที่ 3 การกระจายตัวของเลขนัสเซลท์บนพื้นผิวแลกลเปลี่ยนความร้อนของกลุ่มเจ็ทพุ่งชน

5. สรุปผลการทดลอง

จากผลที่ได้ทำการทดลองการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวกลุ่มเจ็ทหมุนควงพุ่งชนแลกเปลี่ยนความร้อนบนพื้นผิวแบบการไหลของกลุ่มเจ็ทหมุนควงพุ่งชน CJ และ SJ ที่ P/D เท่ากับ 93.5, 46.75, 31.16 และ 23.37 ตามลำดับ โดยศึกษาอิทธิพลของการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนโดยใช้เทคนิคและหลักการเปลี่ยนเฉดสีของแผ่น (TLC) เพื่อศึกษาการถ่ายเทความร้อนในเงื่อนไขต่างๆ รวมถึงอิทธิพลที่เกิดขึ้นของการหมุนควงของท่อเจ็ทบิดเกลียวบิดที่ขนาดความยาวของท่อ (L) = 93.5 mm และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D_n) = 9.35 mm จำนวน 9 ท่อเรียงกัน 3 แถว แถวละ 3 ท่อ ภายใต้เงื่อนไขของการทดลองที่เลขเรย์โนลด์ 25,000 คงที่

ระยะห่างจากท่อเจ็ทถึงท่อเจ็ท (S/D) เท่ากับ 2, 4 และ 6 และระยะห่างจากปากท่อถึงพื้นผิวพุ่งชน (L/D) เท่ากับ 1.0 โดยพบได้ว่าจากอิทธิพลของท่อระยะห่างระหว่างท่อเจ็ทถึงท่อเจ็ท (S/D) เท่ากับ 2, 4 และ 6 ของกลุ่มเจ็ท CJ และ SJ ที่ P/D เท่ากับ 93.5, 46.75, 31.16 และ 23.37 ที่ระยะ S/D น้อย เลขนัสเซลล์ของกลุ่มเจ็ท SJ มากกว่ากลุ่มเจ็ท CJ เนื่องจากเกิดการผสมผสานระหว่างลำเจ็ททั้งสองกับการหมุนควงของเจ็ทจากอิทธิพลของท่อบิดเกลียวที่สร้างความปั่นป่วนและดึงอากาศรอบๆ เจ็ทเข้ามาร่วมช่วยเพิ่มการไหลของอากาศทำให้สามารถถ่ายเทความร้อนได้มากและสม่ำเสมอ แต่เมื่อระยะ S/D มากขึ้นการถ่ายเทความร้อนระหว่างท่อเจ็ทถึงท่อเจ็ทจะลดลง ตามลำดับ



รูปที่ 4 การกระจายตัวของค่าการถ่ายเทความร้อนของกลุ่มเจ็ทพุ่งชนตามแนวแกนนอน (X/d) และแกนตั้ง (Y/d)

เอกสารอ้างอิง

- [1] D.H. Lee, S.Y. Won, Y.T. Kim and Y.S. Chung, "Turbulent heat transfer from a flat surface to a swirling round impinging jet", *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 45, pp. 223-227, 2002.
- [2] M.Y. Wen and K.J. Jang, "An impingement cooling on a flat surface by using circular jet with longitudinal swirling strips", *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 46, pp. 4657-4667, 2003.
- [3] Z.X. Yuan, Y.Y. Chen and J.F. Ma, "Swing effect of jet impingent on heat transfer from a flat surface to CO₂ stream", *Experimental Thermal and Fluid Science*, vol. 31, pp. 55-60, 2006.
- [4] K. Bakirci and K. Bilen, "Visualization of heat transfer for impinging swirl flow", *Experimental Thermal and Fluid Science*, vol. 32, pp. 182-191, 2007.
- [5] H.M. Hofmann, M. Kind and H. Martin, "Measurement on steady state heat transfer and flow structure and new correlation for heat and mass transfer in submerged impinging jets", *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 50, pp. 3957-3965, 2007.
- [6] M.M. Wea-Hayee, C. Nuntadusit and A. Boonjitradul, "Heat transfer enhancement on surface using array of impinging swirl jets", *The 22nd Conference on Mechanical Engineering Network of Thailand*, Thammasat University on October 15-17, 2008.
- [7] H.Q. Yong, T. Kim, T.J. Lu and K. Ichimmiya, "Flow structure, wall pressure and heat transfer of impinging annular jet with/without steady swirling", *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 50, pp. 1199-1206, 2011.
- [8] C. Nuntadusit, M. Wea-Hayee, A. Bunyajitradulya and S. Eiamsaard, "Visualization of flow and heat transfer characteristics for swirling impinging jet", *International Communication in Heat and Mass Transfer*, vol. 38, pp. 990-1001, 2011.
- [9] J. Ortega-Casanova, "CFD and correlations of the heat transfer from wall at constant temperature to an impinging swirling jet", *International Journal of Heat and mass transfer*, vol. 55, pp. 5836-5845, 2012.
- [10] C. Nuntadusit, M. Wea-hayee, A. Bunyajitradulya and S. Eiamsaard, "Heat transfer enhancement by multiple swirling impinging jet with twister-tape swirl generator", *International Communication in Heat and Mass Transfer*, vol. 39, pp. 102-107, 2012.
- [11] Z.S. Kareem, S. Abdullah, T.M. Lazim, M.N. Mohd Jaafar and A.F. Abdul Wahid, "Heat transfer enhancement in three-start spirally corrugated tube: Experimental and numerical study", *Chemical Engineering Science*, vol. 134, pp. 746-757, 2015.



ผศ.ดร.ปรัชญา สรรวสินธุ์ สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ในปี พ.ศ. 2548 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมเครื่องกลในปี พ.ศ.2554 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และปริญญาเอกสาขาวิศวกรรมเครื่องกลในปี พ.ศ.2562 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร



ผศ.ดร.กฤษณ์ เรืองพยุหศักดิ์ สำเร็จการศึกษา ระดับปริญญาเอกสาขาวิศวกรรมเครื่องกลจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร เริ่มทำงานที่ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานครในปี พ.ศ. 2541 มีความสนใจงานวิจัยในเรื่องเทคนิคการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนโดยใช้อุปกรณ์สร้างการไหลปั่นป่วนในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนและงานทางด้านของไหลและความร้อน



นายวสุวรรค์ เหลือมหล่อ จบการศึกษาวិทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยีเครื่องกล มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร พ.ศ. 2552 และวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ปัจจุบันทำงานเป็นวิศวกรที่ Technical Facility Manager Crazy Factory Trading Co., Ltd.



รศ.ดร.สมิทธิ์ เอี่ยมสอาด สำเร็จการศึกษา ระดับปริญญาเอกสาขาวิศวกรรมเครื่องกลจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เริ่มทำงานที่ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานครในปี พ.ศ. 2539 มีความสนใจงานวิจัยในเรื่องเทคนิคการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนโดยใช้อุปกรณ์สร้างการไหลหมุนควง งานทางด้านของไหลและความร้อน และงานด้านเทคนิค

visualization ต่างๆ



ผศ.ดร.อานัติ พิล่า สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอกสาขาวิศวกรรมเครื่องกลจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เริ่มทำงานที่ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานครในปี พ.ศ. 2549 มีความสนใจงานวิจัยในเรื่องเทคนิคการเพิ่มการถ่ายเทความร้อน เทคโนโลยีและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้ง และงานที่เกี่ยวข้องกับความร้อนและของไหล



ผศ.ดร.พิทักษ์ พร้อมไธสง สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมเครื่องกลในปี พ.ศ. 2554 ระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมเครื่องกล พ.ศ. 2557 และระดับปริญญาเอก สาขาวิศวกรรมเครื่องกล พ.ศ. 2560 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มีความสนใจงานวิจัยในเรื่อง Computational Fluid Dynamics และการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน