# การศึกษาลักษณะเฉพาะของการส่งผ่านความร้อนในท่อเกลียวต่างองศา

# Study of the characteristics of heat transmission in spiral pipes of different degrees

*กฤตยชญ์ ขันธหัตถ์[1] ปรีดา จันทวงษ์[2] และชัยยศ ดำรงกิจโกศล[3*]*

*สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมพลังงาน วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร[1]*

*รองศาสตราจารย์ ดร. วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร[2]*

*ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร[3*]*

*chaiyot.d@cit.kmutnb.ac.t[3]**

**บทคัดย่อ**

การมองหาพลังงานหมุนเวียนหรือพลังงานที่มีประสิทธิภาพในปัจจุบันมีการวิจัยมากมาย จึงได้หาแนวโน้มศึกษาความเป็นไปได้ที่จะหาประสิทธิภาพการพาความร้อนด้วยการส่งผ่านความร้อนด้วยท่อส่งผ่านน้ำร้อน ปัจจุบันการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้าน อุตสาหกรรมมีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว เป็นผลให้การใช้พลังงานเพิ่มขึ้นไปด้วย ดังนั้นการเพิ่มสมรรถนะของ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนให้สูงขึ้น จึงเป็นแนวทางหนึ่ง ที่จะสามารถลดการใช้พลังงาน รวมทั้งลดขนาดน้ำหนัก พื้นที่ในการติดตั้งด้วย งานวิจัยฉบับนี้ได้ศึกษาคุณลักษณะของการถ่ายเทความร้อนและรูปแบบการไหลของน้ำร้อนในท่อเกลียวต่างองศา โดยทำการทดลองที่สภาวะผิวท่อเป็นฟลั๊กซ์คงที่และทำการปรับองศาเกลียวตามองศาที่ต้องการศึกษาลักษณะเฉพาะของการส่งผ่านความร้อนในท่อเกลียว ได้แก่ 30, 60, 90 องศา ในอัตราการไหล 20, 40, 60 ลิตรต่อนาที ที่อุณหภูมิคงที่ 50 องศาเซลเซียส จะเกิดลักษณะการไหล turbulence flow เนื่องจากตัวเลขเรย์โนลด์ เมื่อเกิดการไหลในท่ออยู่ในช่วง Re > 4000 ท่อเกลียวที่มีสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ดีที่สุดได้แก่ท่อเกลียว 30 องศาเมื่อเปรียบเทียบกับองศาอื่นๆ และท่อเปล่าและท่อเกลียว 30 องศา ที่อัตราการไหล อัตราการไหล 20, 40, 60 ลิตรต่อนาทีท่อเกลียว 30 องศา มีสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนมากกว่าท่อเปล่า 48.35%, 101.74%, 109.16%

**คำสำคัญ:** การพาความร้อน, ฟลั๊กซ์คงที่, ลักษณะการไหล, ท่อเกลียว, สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

**Abstract**

Looking for Renewable Energy or Energy Efficiency has lots of research currently which is an inspiration of this research to present about the possible to determine the efficiency of convection heat transfer through a hot water pipe. According to developing in industry rapidly, it causes energy use to increase. Therefore, an increase of performance of heat transfer rises as well, it is the way to reduce energy using including reducing an Installation space as well. This research presents the characteristics of heat transfer and hot water flow patterns in spiral pipes of different degrees. By conducting an experiment in which the pipe surface condition is constant flux and adjusting the spiral angle according to the desired degree to study the characteristics of heat transmission in spiral pipes, including 30, 60, 90 degrees at flow rates of 20, 40, 60 liters per minute at constant temperature 50 degrees Celsius A turbulence flow will occur. Because of the Reynolds number When the flow in the pipe is in the range Re > 4000, the spiral pipe with the best heat transfer coefficient is the spiral pipe. 30 degrees compared to other degrees and empty pipes and 30-degree spiral pipes at flow rates of 20, 40, 60 liters per minute. 30-degree spiral pipes have higher heat transfer coefficients than empty pipes 48.35%, 101.74%, 109.16%

**Keywords**: Heat transfer, Constant flux, Characteristics of Flow, spiral pipe, heat transfer coefficien

**บทนำ**

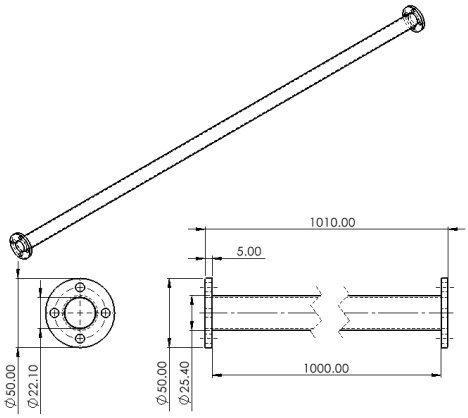
อุปกรณ์ด้านการถ่ายเทความร้อนเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญมากทั้งในภาคอุตสาหกรรมและเกษตรกรรมด้วยปัญหาด้านพลังงานในปัจจุบันที่มีแนวโน้มการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้นและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งการพัฒนาอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพสูงนั้นสามารถทำงานได้เทียบเท่าหรือสูงกว่าเดิมโดยที่ใช้พลังงานลดลงจึงเป็นที่สนใจกันอย่างแพร่หลายและยังมีนโยบายจากทางภาครัฐสนับสนุนเพื่อแก้ปัญหาด้านพลังงานในอนาคต ซึ่งการพัฒนาประสิทธิภาพท่อส่งผ่านความร้อนจะช่วยลดการใช้พลังงานของเครื่องจักรและลดการปล่อยความร้อนสู่บรรยากาศดังนั้นผู้จัดทำได้ศึกษาบทความวิจัยต่างๆเกี่ยวกับการส่งผ่านความร้อนภายในท่อและการ จำแนกงานวิจัยออกเป็นสองส่วน ดังเช่นงานวิจัยเกี่ยวกับการเรียนรู้เชิงลึกสำหรับการส่งผ่านความร้อนภายในท่อและงานวิจัยเกี่ยวกับการการทดลองหาผลลัพธ์ภายในท่อ ในปี 2557 วิทูรย์ ชิงถ้วยทองและคณะ กล่าวถึงการเพิ่มประสิทธิภาพ การถ่ายเทความร้อนในรูปแบบของเลข นัสเซิลท์ (Nusselt Number) เป็นการศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของท่อกลมด้วยการใส่ครีบรูปตัววี และตุลาคมในปี 2557 เดียวกันนริทร์ กุลนภาดลและคณะ กล่าวถึงการเพิ่มสมรรถนะความร้อนในท่อแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยแผ่นกั้นรูปตัวยู งานวิจัยต่อมา ในปี 2559 อุทัย ผ่องรัศมีและคณะ กล่าวถึงการศึกษาอัตราส่วนแผ่นบิดภายในท่อต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน เป็นการศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนที่ประกอบด้วยตัวแปรต่างๆ อาทิเช่น เลขเรย์โนลด์ เลขนัซเซิลท์ ตัวประกอบความเสียดทาน สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ความดันตกคร่อม และสมรรถนะทางความร้อน งานวิจัยที่กล่าวข้างต้นไม่สามารถใช้กับเงื่อนไขของผู้จัดทำได้เพราะการใช้วัสดุและการตั้งค่าเงื่อนไขไม่เหมือนกัน ทั้งนี้ผู้จัดทำต้องสร้างเงื่อนไขขึ้นมาใหม่ พร้อมด้วยทำการจำลองจากเงื่อนไขที่สร้างเอง ดังนั้นมีข้อจำกัดเรื่องใช้ฐานข้อมูลด้วยเงื่อนไขใหม่กลุ่มตัวอย่างที่ค่อนข้างน้อยผู้ศึกษาได้มีความคิดเสนอ การส่งผ่านความร้อนในท่อเกลียวต่างองศา โดยประยุกต์ใช้การออกแบบภายในท่อที่แตกต่างเพื่อหาผลลัพธ์ โดยแบบจำลองสำหรับการส่งผ่านความร้อนที่เลือกนำมาใช้ประกอบด้วยการจำลองท่อเปล่าความยาว 1 เมตรวัสดุเป็นสเตนเลส SUS316 และท่อเกลียวต่างองศา ภายในท่อสตนเลสมีพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนซึ่งมีตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ เลขเรย์โนลด์ เลขนัสเซิลท์ ตัวประกอบ ความเสียดทาน ความเร็ว ความดันตกคร่อมและสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ซึ่งท่อยาว 1 เมตร โดยมีเงื่อนไขการทดลองเดียวกันโดยทำการทดลองที่สภาวะผิวท่อเป็นฟลั๊กซ์คงที่และทำการปรับองศาเกลียวตามองศาที่ต้องการศึกษาลักษณะเฉพาะของการส่งผ่านความร้อนในท่อเกลียว ได้แก่ 30, 60, 90 องศา ในอัตราการไหล 20, 40, 60 ลิตรต่อนาที ที่อุณหภูมิคงที่ 50 องศาเซลเซียส จะเกิดลักษณะการไหล turbulence flow เนื่องจากตัวเลขเรย์โนลด์ เมื่อเกิดการไหลในท่ออยู่ในช่วง Re > 4000 ท่อเกลียวที่มีสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ดีที่สุดได้แก่ ท่อเกลียว 30 องศา เมื่อเปรียบเทียบกับองศาอื่นๆและท่อเปล่าและท่อเกลียว 30 องศา ที่อัตราการไหล อัตราการไหล 20, 40, 60 ลิตรต่อนาทีท่อเกลียว 30 องศา มีสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนมากกว่าท่อเปล่า 48.35%, 101.74%, 109.16%

**วิธีดำเนินการวิจัย**

การวิจัยนี้เริ่มด้วยการศึกษาข้อมูลการออกแบบที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบการส่งผ่านความร้อนในท่อที่มีลักษณะคล้ายๆกันเพื่อนำมาอ้างอิงถึงการออกแบบเกลียวในรูปแบบที่เป็นองศาการออกแบบด้วยการขึ้นรูปสามมิติและทำการตั้งค่าการจำลองต่างๆด้วยการเซตค่าในโปรแกรมการจำลองสามมิติ การออกแบบสร้างจากโปรแกรมออกแบบสามมิติและเงื่อนไขการกำหนดขอบเขตเพื่อเปรียบเทียบการไหลแบบธรรมดาและการไหลด้วยวัสดุเหมือนกัน ขนาดท่อ ความยาวและอุณหภูมิเท่ากัน โดยที่องศาของเกลียวภายในและอัตราการไหลที่แตกต่างกันตามเงื่อนไขที่ผู้ศึกษาต้องการศึกษา

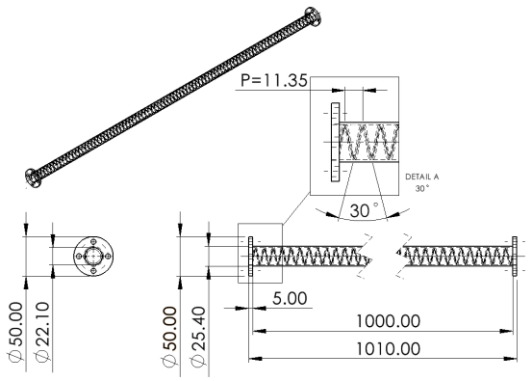
**ขั้นตอนในการทำการทดลอง**

1 .ทำการออกแบบท่อเปล่าขนาด OD = 25.4mm., ID = 22.1mm., L = 1000 mm.

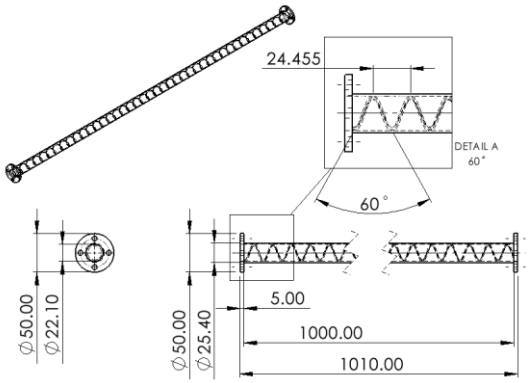



ภาพที่ 1 การออกแบบท่อเปล่า

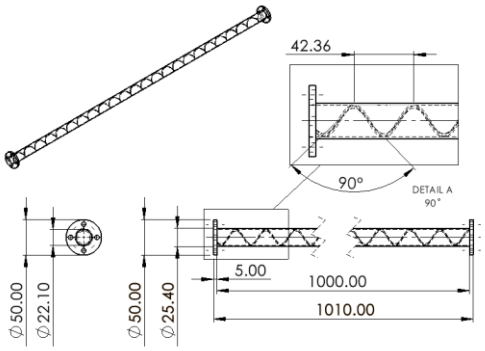
2. ทำการออกแบบเกลียวพันรอบภายในท่อ 30, 60, 90 ตามลำดับ ขนาด OD = 25.4mm., ID = 22.1mm., L = 1000 mm.




ภาพที่ 2 ท่อเกลียว 30 องศา



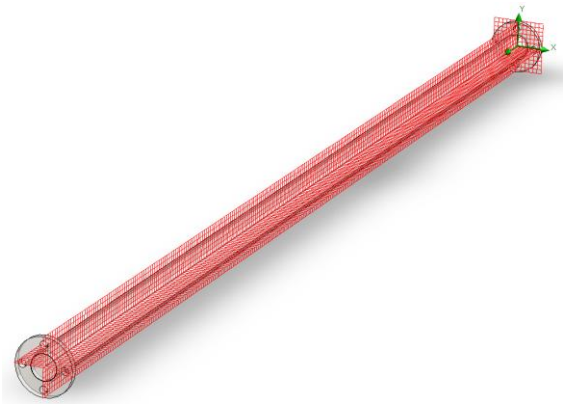

ภาพที่ 3 ท่อเกลียว 60 องศา



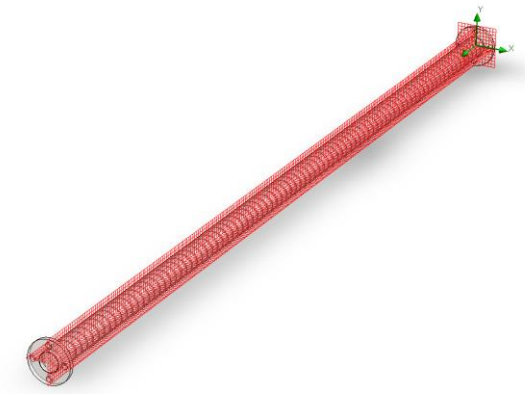

ภาพที่ 4 ท่อเกลียว 90 องศา

3. ตั้งค่าเงื่อนไขการก่อนการจำลอง วัสดุเป็นสเตนเลส SUS316 (ASTM) ที่มีอัตราการไหล 20, 40, 60 L/min อุณหภูมิน้ำขาเข้า 50°C โดยทำการทดลองที่สภาวะผิวท่อเป็นฟลั๊กซ์คงที่ความหยาบผิว 0.3 $\mu m$ โดยที่ที่อัตราการไหล 20, 40, 60 ลิตรต่อนาที และความละเอียดในการจำลอง

4.ตั้งค่าความละเอียดของการจำลอง ความละเอียด mesh 5

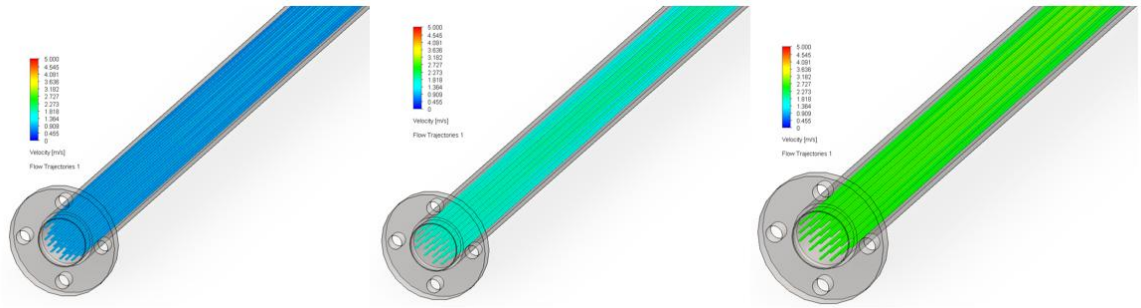


ภาพที่ 5 ความละเอียดท่อเปล่า mesh5

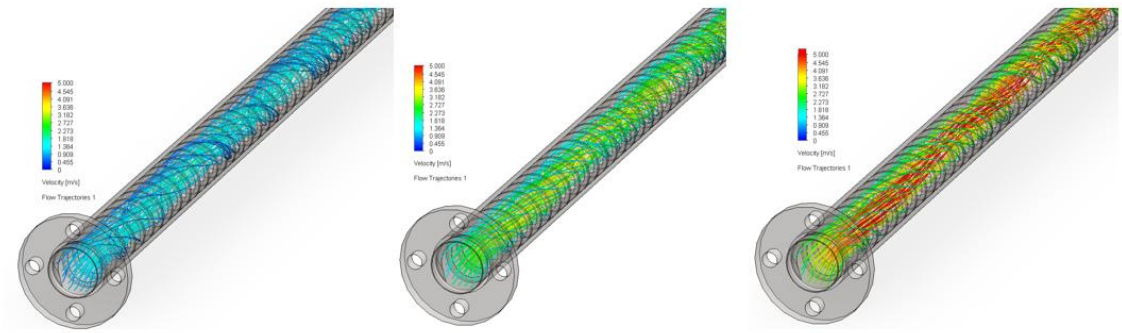


ภาพที่ 6 ความละเอียดท่อเกลียว 30องศา mesh5

5. ทำการจำลองด้วยโปรแกรมการจำลองการไหลแบบสามมิติตามเงื่อนไขที่ความละเอียด mesh 5



ภาพที่ 7 ท่อเปล่า อัตราการไหล 20, 40, 60 L/min mesh 5 ตามลำดับ



ภาพที่ 8 ท่อเกลียว 30 องศา อัตราการไหล 20, 40, 60 L/min mesh 5 ตามลำดับ

6. บันทึกผลการจำลองจากโปรแกรมการจำลองตัวแปรต่างๆจากผลการจำลอง

7. เปรียบเทียบผลลัพธ์ความละเอียดการจำลองและจัดทำตารางเปรียบเทียบข้อมูลการจำลองและจัดทำกราฟแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล

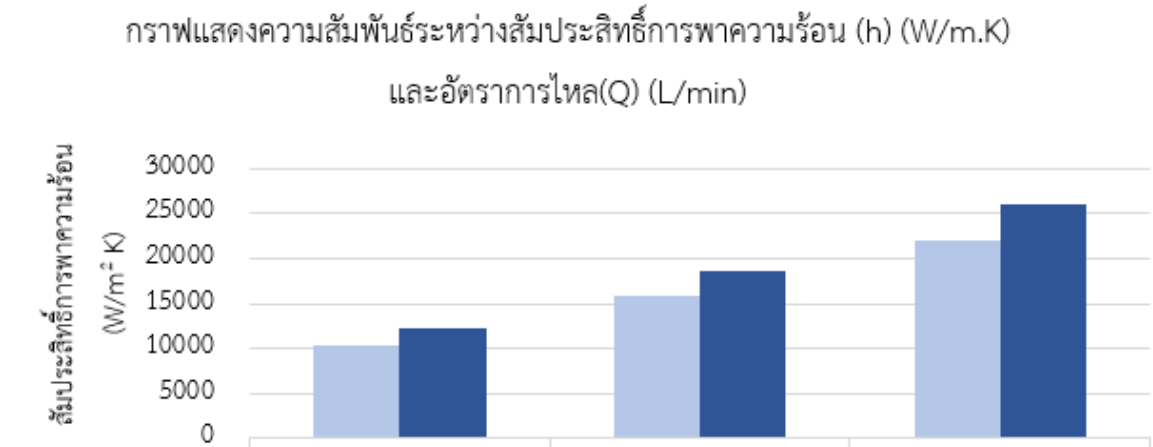
8. สรุปผลการจำลอง

**ผลการจำลอง**

**ตารางที่ 1** ตารางแสดงผลการจำลองและผลลัพธ์การหาประสิทธิภาพด้วยการเปรียบเทียบตามเงื่อนไข

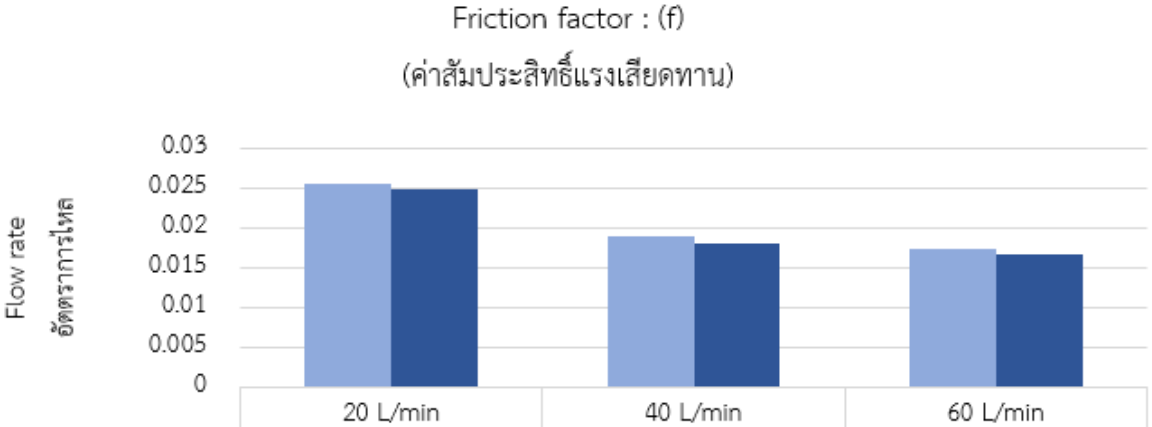
| Flowrate<br>อัตตราการไหล | ท่อเปล่า | | | ท่อเกลียว 30 องศา | | | Unit |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 20 | 40 | 60 | 20 | 40 | 60 | l/min |
| Fluid density : (p)<br>(ความหนาแน่นของของไหล) | 987.45 | 987.45 | 987.45 | 987.45 | 987.45 | 987.45 | $kg/m^3$ |
| Velocity : (V)<br>(ความเร็วในการไหล) | 0.8732 | 1.7464 | 2.6196 | 1.0573 | 2.1494 | 3.2388 | m/s |
| Diameter : (D)<br>(ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ) | 0.0221 | 0.0221 | 0.0221 | 0.0221 | 0.0221 | 0.0221 | m |
| Dynamic Vecocity : (u)<br>(ความเร็วไดนามิก) | 0.0005 | 0.0005 | 0.0005 | 0.0005 | 0.0005 | 0.0005 | Pa·s |
| Convection Coefficient : (h)<br>(สัมประสิทธิ์การพาความร้อน) | 10378 | 15794 | 21933 | 12338 | 18683 | 26061 | W/m·K |
| Reynolds Number : (Re)<br>(ตัวเลขเรย์โนลด์) | 38110 | 76222 | 114332 | 46148 | 93813 | 141356 | - |
| Friction factor : (f)<br>(ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน) | 0.0255 | 0.0188 | 0.0173 | 0.0249 | 0.0181 | 0.0166 | $kg/m^3$ |
| Prandtl number : (Pr)<br>(เลขพรันด์เทิล | **3.61** | **3.61** | **3.61** | **3.61** | **3.61** | **3.61** | - |
| Nusselt Number : (Nu)<br>(ตัวเลขนัสเซิล) | 400.633 | 610.065 | 847.335 | 476.301 | 721.734 | 1006.880 | - |

กราฟแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลจากการจำลอง



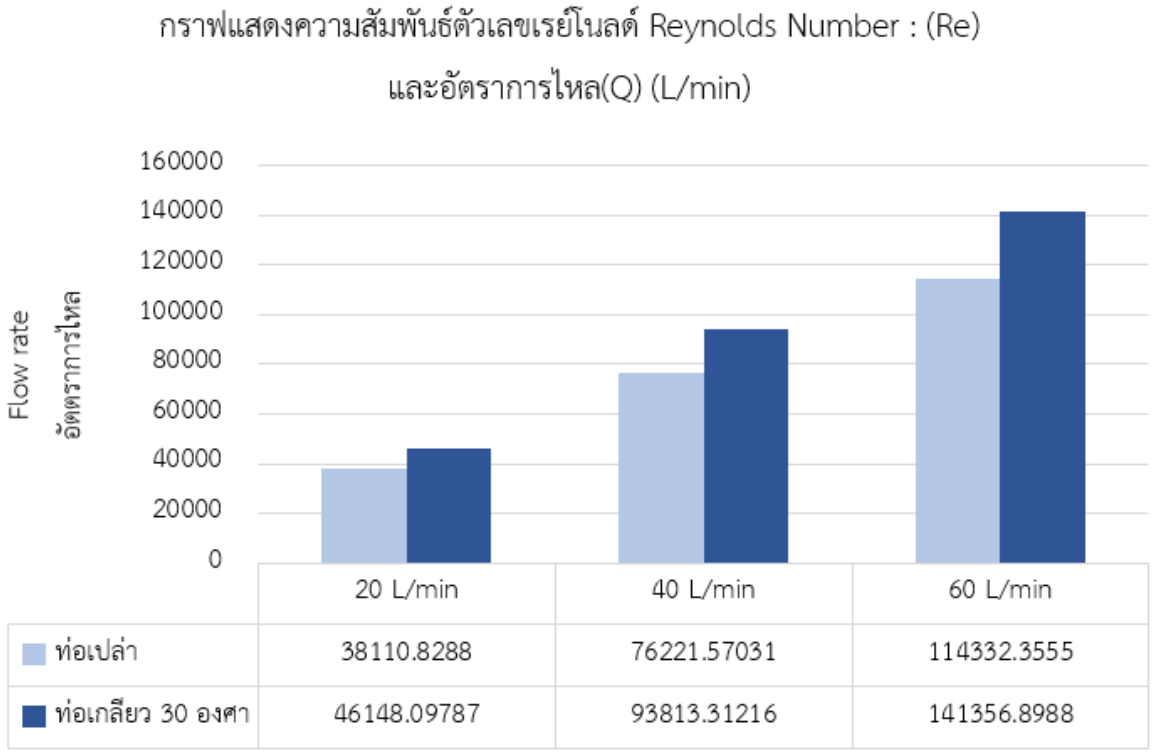

| อัตราการไหล (L/min) | 20 | 40 | 60 |
|---|---|---|---|
| ท่อเปล่า | 10378.48009 | 15793.91706 | 21933.30993 |
| ท่อเกลียว 30 องศา | 12337.97494 | 18683.44334 | 26061.28447 |

ภาพที่ 9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การพาความร้อน (h) กับอัตราการไหลของท่อเปล่าเปรียบเทียบกับท่อเกลียว 30 องศา

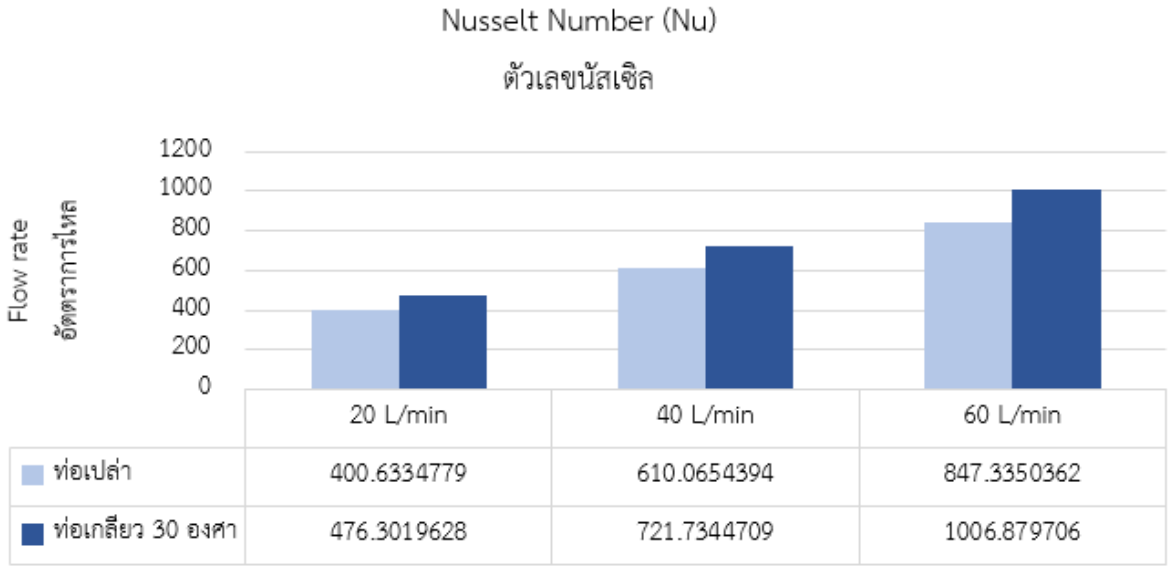



| | 20 L/min | 40 L/min | 60 L/min |
|---|---|---|---|
| ท่อเปล่า | 0.025554668 | 0.018879842 | 0.017336844 |
| ท่อเกลียว 30 องศา | 0.024934288 | 0.018064955 | 0.016603692 |

ภาพที่ 10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน (f) กับอัตราการไหลของท่อเปล่าเปรียบเทียบกับท่อเกลียว 30 องศา




ภาพที่ 11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวเลขเรย์โนลด (Re) กับอัตราการไหลของท่อเปล่าเปรียบเทียบกับท่อเกลียว 30 องศา




ภาพที่ 12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวเลขนัซเซิล (Nu) กับอัตราการไหลของท่อเปล่าเปรียบเทียบกับท่อเกลียว 30 องศา

ตารางที่ 2 ตารางเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างตัวเลขเรย์โนลด์และตัวเลขนัสเซิล

| Flowrate | ท่อเปล่า | | | ท่อเกลียว 30 องศา | | | Unit |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| อัตตราการไหล | 20 | 40 | 60 | 20 | 40 | 60 | l/min |
| Reynolds Number : (Re) | 38110 | 76222 | 114332 | 46148 | 93813 | 141356 | - |
| Nusselt Number : (Nu) | 400.633 | 610.065 | 847.335 | 476.301 | 721.734 | 1006.880 | - |
| ลักษณะการการไหล | Turbulent Flow | | | Turbulent Flow | | | - |

เมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างตัวเลขเรย์โนลด์และตัวเลขนัสเซิลแล้วความสัมพันธ์เชิงประจักษ์ (empirical correlation) สำหรับการไหลภายในท่อที่มีลักษณะการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent Flow) ที่มีความยุ่งเหยิงจึงมีความสัมพันธ์กัน

การทดสอบ Relative error (%) จากตัวเลขเรย์โนลด (Re) ด้วยทฤษฎีจากคุณสมบัติน้ำอนุณหภูมิขาเข้า 50°C ($\rho$ = 988 kg/m³, $\mu$ = 5.5×10$^{-4}$ Pa·s) และมีความเร็วในการไหล (V) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (D) ตามตารางแสดงผลการจำลองตารางที่ 1 และเปรียบเทียบผลลัพท์การจำลองด้วยโปรแกรมการจำลองตามตารางแสดงผลการจำลองตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 3 ตารางทดสอบ Relative Error (%) จากตัวเลขเรย์โนลด (Re)

| Flowrate | ท่อเปล่า | | | ท่อเกลียว 30 องศา | | | Unit |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| อัตตราการไหล | 20 | 40 | 60 | 20 | 40 | 60 | l/min |
| Reynolds Number : (Re) (ตัวเลขเรย์โนลด์จากการคำนวนทฤษฎี) | 34665 | 69330 | 103996 | 41976 | 85331 | 128577 | - |
| Reynolds Number : (Re) (ตัวเลขเรย์โนลด์จากผลการจำลอง) | 38110 | 76222 | 114332 | 46148 | 93813 | 141356 | - |
| Relative Error (%) | 9.94 | 9.94 | 9.94 | 9.94 | 9.94 | 9.94 | (%) |

**สรุปผลการจำลอง**

ท่อเกลียวต่างองศาที่ 30 องศา ประสิทธิภาพดีที่สุดโดยสรุปผลการจำลองตามข้อมูลและการเตรียมข้อมูลภาพที่นำมาใช้ทดสอบในการวิจัยนี้การจำลองท่อเปล่าเปรียบเทียบกับท่อเกลียว 30 องศา มีสัมประสิทธิ์ภาพการถ่ายเทความร้อนด้วยการพาความร้อนมากกว่าท่อเปล่าที่ดีที่สุด เมื่อเกิดการไหลที่ท่อตามอัตราการไหล 20, 40, 60 ลิตรต่อนาที มีผลลัพธ์ตัวแปรที่เปลี่ยนไปอย่างเห็นได้ชัดได้แก่ ความเร็วในการไหล (V), สัมประสิทธิ์การพาความร้อน (h), ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน (f), ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเรย์โนลด (Re) และตัวเลขนัซเซิล (Nu) มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นสัมพันธ์กันกับอัตราการไหลรวมถึงลักษณะการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent Flow) และมีค่า Relative error 9.94% ของตัวเลขเรย์โนลด์ในแต่ละอัตรา

**ข้อเสนอแนะ**

จากการทดลองการการส่งผ่านความร้อนในท่อเกลียวต่างองศา ถ้าหากนำไปพัฒนาต่อยอดในอนาคต ควรปรับปรุงให้มีความละเอียดในระดับสูง โดยที่ตัวแบบจำลองต้องไม่เกิดการแกว่งของและความผิดพลาดของข้อมูลเมื่อเทียบกับทฤษฎีการคำนวณตัวแปรต่างๆ เพื่อนำไปพัฒนาการออกแบบเพื่อใช้จริง

**กิตติกรรมประกาศ**

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยความอุตสาหะของผู้ทำวิจัย ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ชัยยศ ดำรงกิจโกศล และ รศ.ดร.ปรีดา จันทวงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ให้คำชี้แนะและผลักดันงานวิจัยนี้จนสำเร็จและขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ศ.ดร.โจเซฟ เคดารี และ ศ.ดร.จงจิตร์ หิรัญลาภ ที่กรุณาให้คำแนะนำด้านวิชาการและการแก้ไขปัญหาต่างๆ จนงานวิจัยเล่มนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

**เอกสารอ้างอิง**

Yodthanong Sangjanya. (2017). A Preliminary Study of Thermoelectric Power Generation from Waste Heat of Split-Type Air Conditioners. Master's Thesis in Engineering, Department of Power Engineering Technology. Graduate School, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

Chettha Rattanaphan. (2018). Development of a prototype miniature thermoelectric generator for electricity generation from solar thermal energy combined with thermal energy storage. Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang.

Wasin Paiboon. (2018). The Potential of Electricity Generation from Thermoelectric Modules Using Solar Energy. Master of Engineering Thesis. Thermal Technology Program. Faculty of Energy, Environment and Materials. King Mongkut's University of Technology Thonburi.

A Study of Heat Transfer Behaviour Due to Ratio of Twisted Tape inside the Pipe.The Sci J of Phetchaburi Rajabhat University. 2016. 13(1): 45-52

Edis Osmanbasic. (2019). Challenges of Making Solar Energy Economical https://www.engineering.com/challenges-of-making-solar-energy-economical/