ME-NETT23
The 23rd Conference of the Mechanical Engineering Network of Thailand

TSF

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 23
4 – 7 พฤศจิกายน 2552 จังหวัดเชียงใหม่

การศึกษาอิทธิพลของสนามแม่เหล็กต่อการถ่ายเทความร้อน

A Study Influence of Magnet Fields on Heat Transfer

ธนาพล สุขชนะ

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยปทุมธานี อ.เมือง จ.ปทุมธานี 12000
ติดต่อ: โทรศัพท์: (662) 9756999 ต่อ 166, โทรสาร: (662) 9796728
E-mail : ton0019@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้ ทำการศึกษาอิทธิพลของสนามแม่เหล็กที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน โดยออกแบบอุปกรณ์ทดลองให้น้ำเย็นไหลในท่อสี่เหลี่ยมขนาด 6.35x15.87 มิลลิเมตร ให้ความร้อนแบบฟลักซ์ความร้อนคงที่ด้วยฮีทเตอร์ไฟฟ้า และใช้แม่เหล็กถาวรในการทดลอง โดยทดลองที่ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ของน้ำเย็นระหว่าง 300-900 อุณหภูมิน้ำเย็นเข้าเท่ากับ 20 , 25 , 30 องศาเซลเซียส และฟลักซ์ความร้อนเท่ากับ 4-12 กิโลวิตต์ต่อตารางเมตร โดยผลที่ได้จะเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ที่ไม่ใช้สนามแม่เหล็ก ภายใต้เงื่อนไขการทดลองเดียวกัน จากการทดลองพบว่า สนามแม่เหล็กมีผลทำให้ อัตราการถ่ายเทความร้อน สัมประสิทธิ์การพาความร้อน และค่าตัวเลขนัสเซลท์สูงขึ้น ในขณะเดียวกันสนามแม่เหล็กมีผลทำให้ความดันตกคร่อมภายในท่อสูงขึ้นด้วย

คำหลัก: การถ่ายเทความร้อน/สนามแม่เหล็ก/ความร้อน/แม่เหล็ก

Abstract

This paper presents a study influence of magnet fields on heat transfer. The assembly parts of apparatus set are 6.35x15.87 mm inner tube, electric heater and magnet. The experiments are done for Reynolds number and heat flux in the range of 300 – 900 and 4.0-12.0 kW/m^2, respectively. The inlet temperatures are 20, 25, 30 ^{O}C for cold water are tested. The results are compared with the smooth tube. It shows the magnet fields has influence to heat transfer, heat transfer coefficient, heat transfer rate and Nusselts number are higher than the without magnet fields. However, the pressure drops are also increased.

Keywords: Heat Transfer/Magnet Fields/Heat/Magnet

1. บทนำ

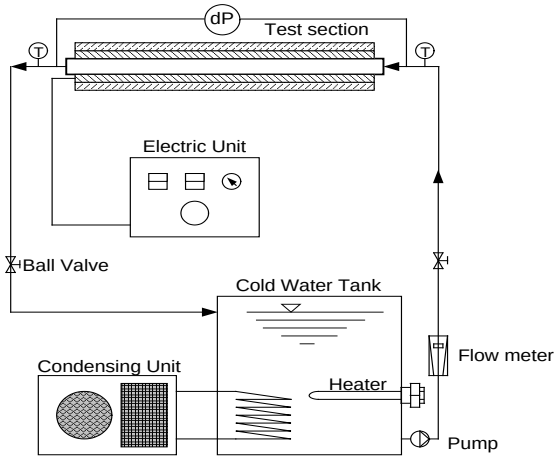
การระบายความร้อนในอุปกรณ์คอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ด้านอิเล็กทรอนิกส์ ได้มีการพัฒนานำเอาของเหลว เข้ามาเป็นสารตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนกันอย่างกว้างขวาง เพื่อรักษาอุณหภูมิในการทำงานของอุปกรณ์ และยืดอายุการใช้งาน ซึ่งมีการออกแบบสร้างกันในรูปแบบต่างๆ เช่น ท่อแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat pipe) ชุดระบายความร้อน ซีพียูด้วยน้ำ ในการทำงานของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนในคอมพิวเตอร์ จะทำงานอยู่ท่ามกลางสนามแม่

เหล็ก และการไหลของของไหลในการระบายความร้อนมักเป็นการไหลแบบราบเรียบ เพื่อใช้พลังงานในการช่วยระบายความร้อนให้น้อยที่สุด และมีเสียงน้อยที่สุด ซึ่งมีผู้ที่ทำการศึกษาการเพิ่มการแลกเปลี่ยนความร้อน การระบายความร้อนในคอมพิวเตอร์ด้วยของเหลว และสนามแม่เหล็กต่อการระบายความร้อน เช่น วีรวัฒน์ ยิ่งยง [1] ศึกษาเรื่องการศึกษาเกี่ยวกับคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนด้วยการฉีดกระทบในซีพียูของพีซี, เศรษฐา กลางชาติ [2] การศึกษาเชิงตัวเลขเกี่ยวกับคุณลักษณะของการถ่ายเทความร้อนและการไหลในซีพียูของคอมพิวเตอร์ , อับดุลลา ซาฮายารี และมามุด ปาคไชร์ (Abdullah Shahryari & Mahmood Pakshir) [3] ทำการศึกษาเรื่องอิทธิพลของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าต่อการแลกเปลี่ยนความร้อนของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อคู่ จากผลการทดลองพบว่าสนามแม่ เหล็กไฟฟ้าช่วยให้การถ่ายเทความร้อนดีขึ้น นาผล และวิริยะศาสตร์ (P. Naphon, S. Wiriyasart) [4] การถ่ายเทความร้อนของชุดระบายความร้อนที่มีครีบขนาดเล็กโดยใช้ของเหลวที่มีและไม่มีเธอร์โมอิเล็กตริกสำหรับซีพียูของคอมพิวเตอร์ , ไพศาล นาผล (P. Naphon) [5] ศึกษาเรื่องการถ่ายเทความร้อนและความดันลดช่วงการไหลแบบราบเรียบในช่องขนานเซาะร่อง ในการศึกษาวิจัยของบุคคลที่ได้กล่าวมาผลการศึกษาที่ได้สามารถทำให้ความสามารถของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนของอุปกรณ์สูงขึ้น ซึ่งการออกแบบการทดลอง ด้วยวิธีการต่างๆ ช่วยให้มีผลกับการถ่ายเทความร้อนของอุปกรณ์ ในการศึกษาครั้งนี้ จะพิจารณาการถ่ายเทความร้อนของอุปกรณ์แลก เปลี่ยนความร้อนแบบท่อคู่ที่ไหลผ่านสนามแม่เหล็ก เพื่อศึกษาผลของสนามแม่เหล็กถาวรต่อการถ่ายเทความร้อน

2. อุปกรณ์การทดลอง

2.1 วงจรการทดลอง

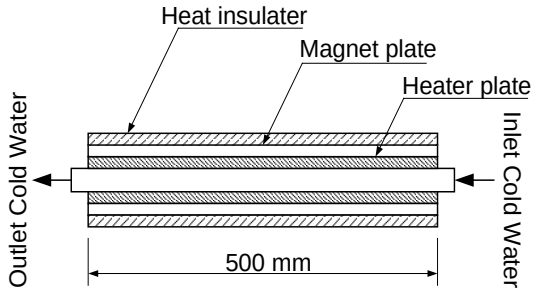
อุปกรณ์การทดลอง รูปที่ 1 ประกอบด้วย ชุดทำน้ำเย็น (Cold Water Unit) ทำหน้าที่เป็นแหล่งน้ำเย็นให้กับชุดทดลองทำความเย็นด้วยระบบทำความเย็น R-22 ควบคุมอุณหภูมิด้วยฮีทเตอร์สามารถปรับอุณหภูมิให้คงที่ได้ตลอดเวลาในการทดลอง ควบคุมอัตราการไหลของน้ำเย็นด้วยปั๊มและโรตามิเตอร์ ชุดทดลอง (Test section) เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้ในการทดลองกำหนดให้ช่วงทำการทดลองยาว 500 มิลลิเมตร โดยให้ความร้อนด้วยฮีทเตอร์ไฟฟ้า ประกบด้วยแม่เหล็กและหุ้มด้วยฉนวนกันความร้อน ชุดควบคุมกระแสไฟฟ้า (Electric Unit) เป็นอุปกรณ์สำหรับควบคุมการทำงานของฮีทเตอร์ไฟฟ้าและวัดค่ากำลังไฟฟ้าในการทดลอง การควบคุมกำลังไฟฟ้าควบคุมด้วยดีมเมอร์ (Dimmer)



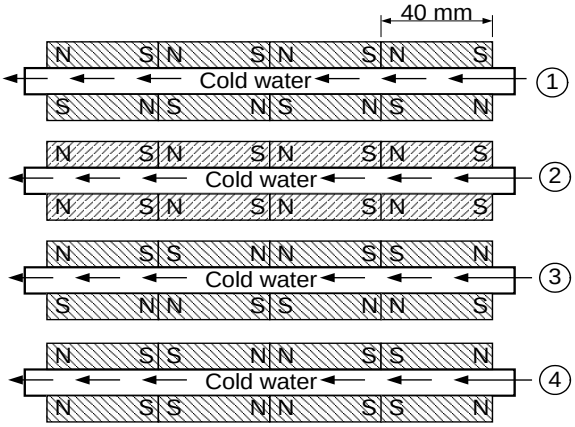
รูปที่ 1 ไดอะแกรมของอุปกรณ์ทดลอง

2.2 ชุดทดลอง

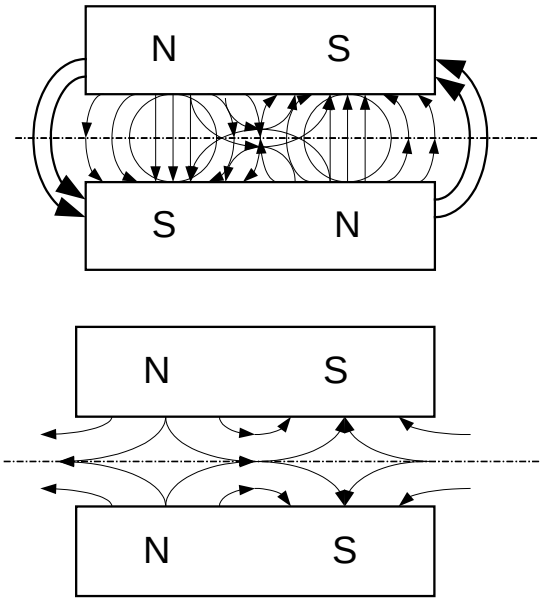
ในชุดทดลองรูปที่ 2 ประกอบด้วย ท่อสี่เหลี่ยมขนาด 6.35x15.87 มิลลิเมตร เป็นท่อสำหรับให้น้ำเย็นไหลภายในความยาวในการทดลองเท่ากับ 500 มิลลิเมตร ให้ความร้อนแบบคงที่ด้วยฮีทเตอร์ไฟฟ้าด้วยปริมาณความร้อนเท่ากับ 4.0, 8.0 และ 12.0 kW/m^2 ประกบด้วยแม่เหล็ก ที่ใช้เป็นเงื่อนไขในการทดลองดังรูปที่ 3 แม่เหล็กที่ใช้เป็นแม่เหล็กถาวรขนาดกว้าง 20 มิลลิเมตร ยาว 40 มิลลิเมตร หนา 20 มิลลิเมตร ชั้นนอกสุดหุ้มด้วยฉนวนกันความร้อน วัดอุณหภูมิน้ำเย็น 3 ตำแหน่ง และอุณหภูมิผิวท่อ 3 ตำแหน่ง ด้วย ค่าตัวเลข เรย์โนลด์ของน้ำเย็นระหว่าง 300-900



รูปที่ 2 ไดอะแกรมของ Test section



รูปที่ 3 ลักษณะการประกบแม่เหล็กในการทดลอง



รูปที่ 4 เส้นแรงแม่เหล็กขั้วต่างกัน และขั้วเหมือนกัน

จากรูปที่ 4 การประกบแม่เหล็กขั้วต่างกันจะทำให้เกิดแรงดูดระหว่างแม่เหล็กต่างขั้วกันเส้นแรงแม่เหล็กจะมีลักษณะเป็นตาข่าย ในการทดลองจะทำให้ของไหล ไหลตั้งฉากกับเส้นแรงแม่เหล็ก และเมื่อเปลี่ยนขั้วแม่เหล็กเป็นขั้วเหมือนกันจะเกิดการผลักกันของแม่เหล็กทำให้ดูเหมือนช่องทางการไหลของของไหลเล็กลง

2.3 การทดลอง

ในการทดลองปรับกำลังไฟฟ้าให้ได้ 3 ระดับ 4.0, 8.0 และ 12.0 kW/m^2 ควบคุมอุณหภูมิน้ำเย็น 3 ระดับ คือ 20 , 25 และ 30^{O}C ควบคุมให้น้ำเย็นไหลในท่อด้วยอัตราการไหล 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, และ0.35 ลิตรต่อนาที จะได้ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ระหว่าง 300-900 โดยเงื่อนไขการวางของขั้วแม่เหล็กตามรูปที่ 3 ซึ่งมี 4 เงื่อนไขด้วยกันเพื่อทดสอบว่าเส้นแรงแม่เหล็กต่างกันให้ผลต่างกันหรือไม่ วัดและบันทึกอุณหภูมิด้วย Data Logger วัดความดันตกคร่อมด้วย Different Pressure Transducer และวัดกำลังไฟฟ้าด้วย Clamp meter

3. การคำนวณผลการทดลอง

จากผลการทดลองสามารถพิจารณาการถ่ายเทความร้อนเนื่องจากอิทธิพลของสนามแม่เหล็กได้จากสมการต่างๆ ดังต่อไปนี้

การจำแนกลักษณะการไหลของของไหลภายในท่อจะพิจารณาจากเลขเรย์โนลด์ (Reynolds number, Re) จากสมการ

$$\mathrm{Re} = \frac{\rho V D_h}{\mu} \qquad (1)$$

$$D_h = \frac{4A}{P} \qquad (2)$$

โดยที่

Re = ค่า Reynolds number

ρ = ความหนาแน่นของของไหล, kg/m^3

D_h = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไฮดรอลิกส์, m

V = ความเร็วเฉลี่ยของของไหล, m/s

μ = ความหนืดสัมบูรณ์ของของไหล, kg/m.s

A = พื้นที่หน้าตัดของท่อสี่เหลี่ยม, m^2

P = ความยาวเส้นรอบรูปท่อสี่เหลี่ยม, m

ตัวประกอบความเสียดทาน (Friction factor, f) สามารถพิจารณาได้จากความดันลดในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนดังสมการ

$$f = \frac{2\Delta P D_h}{\rho L V^2} \quad (3)$$

โดยที่

f = ตัวประกอบความเสียดทาน

ΔP = ความดันตกคร่อมของของไหล, Pa

L = ความยาวของช่วงทดสอบ, m

การถ่ายเทความร้อนในส่วนของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสามารถพิจารณาได้จากสมการดังนี้

$$Q_w = m_w C_{p,w}(T_{w,out} - T_{w,in}) \quad (4)$$

$$Q_{heater} = V.I \quad (5)$$

$$Q_{ave} = \left(\frac{Q_w + Q_{heater}}{2}\right) \quad (6)$$

$$h = \frac{Q_{ave}}{A_s(T_{s,ave} - T_{w,ave})} \quad (7)$$

โดยที่

Q_w = อัตราการถ่ายเทความร้อนที่น้ำได้รับ, W

Q_{heater} = อัตราการถ่ายเทความร้อนของฮีทเตอร์, W

Q_{ave} = อัตราการถ่ายเทความร้อนเฉลี่ย, W

m_w = อัตราการไหลของน้ำเย็น, kg/s

$C_{p,w}$ = ค่าความร้อนจำเพาะของของไหล, kJ/kg.K

$T_{w,out}$ = อุณหภูมิน้ำเย็นออก, K

$T_{w,in}$ = อุณหภูมิน้ำเย็นเข้า, K

V = แรงเคลื่อนไฟฟ้า, V

I = กระแสไฟฟ้า, A

h = สัมประสิทธิ์การพาความร้อน, w/m^2.K

A_s = พื้นที่ผิวการถ่ายเทความร้อน, m^2

$T_{s,ave}$ = อุณหภูมิเฉลี่ยผนังถ่ายเทความร้อน, K

$T_{w,ave}$ = อุณหภูมิเฉลี่ยของของไหล, K

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจะพิจารณาอยู่ในรูปของตัวเลขนัสเซลท์ (Nusselt number, Nu)

$$Nu = \frac{hD_h}{k} \quad (8)$$

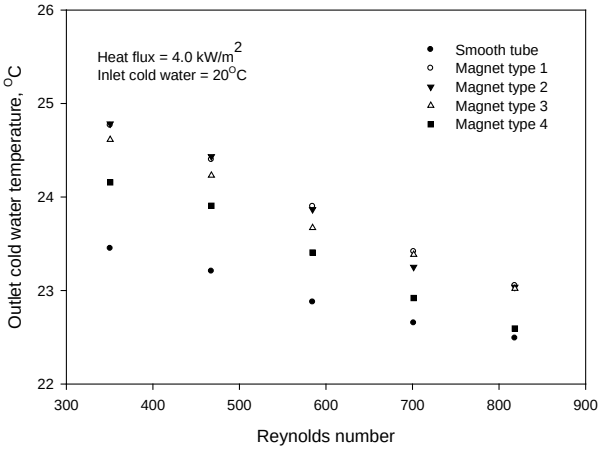
โดยที่

Nu = ค่าตัวเลข Nusselt

k = สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (W/m.K)

4. ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

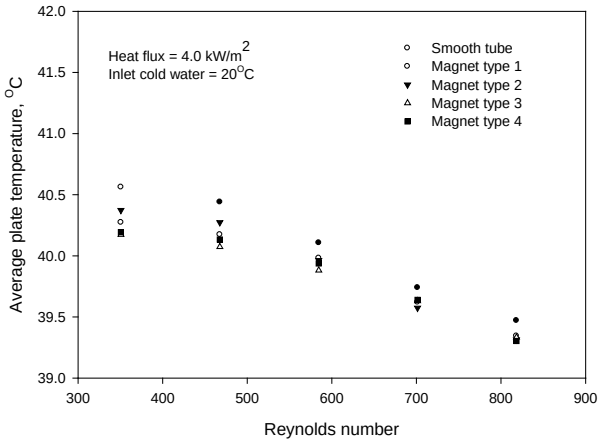
ผลการทดลอง สามารถแสดงในรูปความสัมพันธ์ของค่าต่างๆ ที่ได้จากการทดลอง และการคำนวณผลการทดลองได้ดังนี้



รูปที่ 5 แสดงอุณหภูมิทางออกของน้ำเย็น

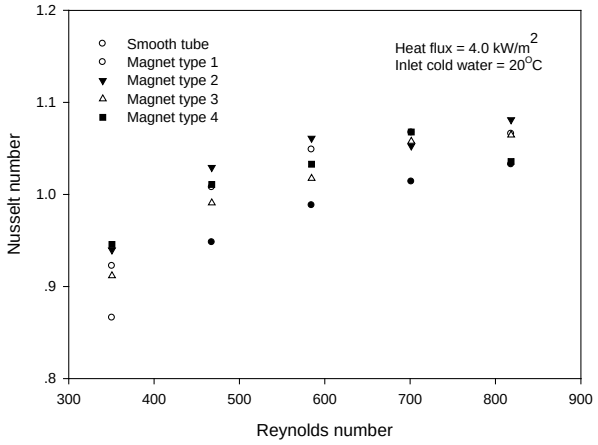
รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิทางออกของน้ำเย็นกับอัตราการไหลต่างๆ และเปรียบเทียบกับการประกบแม่เหล็กทั้ง 4 แบบ จากผลการทดลองพบว่าน้ำเย็นที่ไหลออกจากท่อที่มีแม่เหล็กประกบ

ด้านข้างมีอุณหภูมิสูงกว่าท่อเรียบ และเมื่ออัตราการไหลสูงขึ้นอุณหภูมิทางออกของน้ำเย็นจะต่ำลง



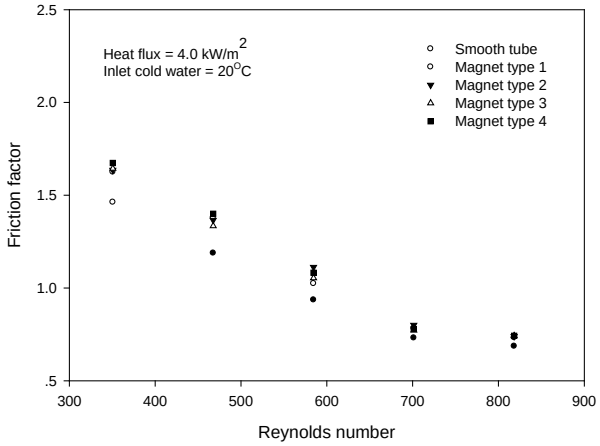
รูปที่ 6 แสดงอุณหภูมิผิวท่อเฉลี่ย

รูปที่ 6 แสดงอุณหภูมิผิวท่อเฉลี่ยของท่อเรียบและท่อที่ประกบแม่เหล็กทั้ง 4 แบบ จะเห็นได้ว่าเมื่อประกบแม่เหล็กเข้ากับผิวท่ออุณหภูมิผิวท่อที่มีแม่เหล็กจะต่ำกว่าท่อเรียบ และลดลงตามอัตราการไหลของน้ำเย็น



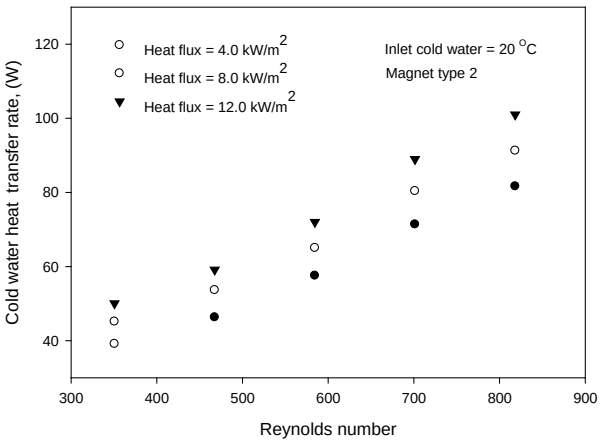
รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Nu กับ Re

จากรูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวเลขนัสเซลท์ กับ ค่าตัวเลขเรโนลด์สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (8) จากกราฟแสดงให้เห็นว่าเมื่ออุปกรณ์ทดลองมีสนามแม่เหล็กจะทำให้ค่าตัวเลขนัสเซลท์เพิ่มมากขึ้น โดยสนามแม่เหล็กแต่ละแบบให้ผลใกล้เคียงกัน มีค่าแตกต่างจากท่อเรียบในลักษณะคงที่ และเริ่มลดลงเมื่ออัตราการไหลของของไหลสูงขึ้น



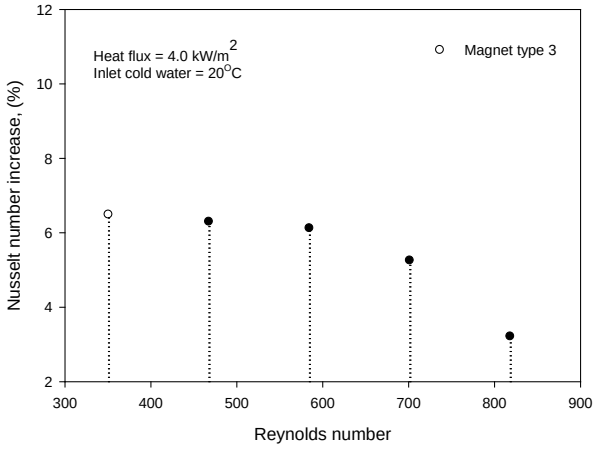
รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า f กับ Re

จากรูปที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบความเสียดทานตามสมการที่ (3) กับค่าตัวเลขเรย์โนลด์ ของลักษณะการประกอบแม่เหล็กแบบต่างๆ และท่อเรียบ จะเห็นว่าที่ความเร็วของของไหลต่ำตัวประกอบความเสียดทานจะแตกต่างกัน และเมื่อความเร็วในการไหลของของไหลสูงขึ้น ตัวประกอบความเสียดทานจะแตกต่างกันน้อยลง



รูปที่ 9 ผลของ Q_w กับ Re

จากรูปที่ 9 แสดงผลของค่าการถ่ายเทความร้อนที่สัมพันธ์กับค่าฟลักซ์ความร้อนและอัตราการไหลของน้ำเย็น ซึ่ง Q_w และ Q_{heater} สามารถคำนวณได้จากสมการ (4),(5) จะเห็นว่า อัตราการถ่ายเทความร้อนของอุปกรณ์ทดลองเป็นไปตามอัตราการไหล และฟลักซ์ความร้อน โดยถ่ายเทความร้อนได้ดีเมื่ออัตราการไหล และฟลักซ์ความร้อนสูงขึ้น



รูปที่ 10 ลักษณะการเพิ่มขึ้นของ Nu

จากรูปที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของค่าตัวเลขนัสเซลท์ กับค่าตัวเลขเรโนลด์ จะเห็นได้ว่าเมื่อค่าตัวเลขเรโนลด์สูงขึ้น เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของค่าตัวเลขนัสเซลท์จะลดลง แสดงให้เห็นว่าสนามแม่เหล็ก มีผลทำให้การแลกเปลี่ยนความร้อนของอุปกรณ์สูงขึ้นในช่วงอัตราการไหลต่ำ และจะมีผลต่ออุปกรณ์ลดลงเมื่ออัตราการไหลของของไหลสูงขึ้น

5. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่าสนามแม่เหล็กถาวรที่ใช้ในการทดลองมีอิทธิพล ต่อการถ่ายเทความร้อนของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนโดยสามารถช่วยให้ การแลกเปลี่ยนความร้อนสูงขึ้นเฉลี่ยประมาณ 6.5 % การประกบแม่เหล็กแต่ละแบบมีผลต่อการแลกเปลี่ยนความร้อนเพียงเล็กน้อย สนามแม่เหล็กมีผลทำให้สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสูงขึ้นในช่วงที่ของไหลมีค่าตัวเลขเรโนลด์ต่ำ และจะมีอิทธิพลน้อยลงเมื่อค่าตัวเลขเรโนลด์สูงขึ้น แสดงว่าเส้นแรงแม่เหล็กที่มีการดึงดูด และการผลักกัน ช่วยทำให้เกิดการสั่นสะเทือน ของโมเลกุลของของไหลเมื่อไหลผ่านสนามแม่เหล็กจึงเกิดการเคลื่อนที่ของโมเลกุลอย่างไม่เป็นระเบียบตามลักษณะการไหลแบบราบเรียบ จึงสามารถทำให้เกิดการสัมผัสกันระหว่างโมเลกุลของของไหลกับผิวท่อได้มากขึ้น แต่เมื่อความเร็วในการไหลสูงขึ้นโมเลกุลของไหลสามารถไหลผ่านโดยสนามแม่เหล็กมีอิทธิพลน้อยลงเนื่องจากเมื่อความเร็วสูงขึ้นโมเลกุลเริ่มมีการเคลื่อนที่อย่างไม่เป็นระเบียบมากขึ้น จึงทำให้เห็นผลของสนามแม่เหล็กน้อยลง

6. เอกสารอ้างอิง

[1] วีรวัฒน์ ยิ่งยง. (2552). ศึกษาเรื่องการศึกษาเกี่ยวกับคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนด้วยการฉีดกระทบในซีพียูของพีซี, การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 5

[2] เศรษฐา กลางชาติ. (2552). การศึกษาเชิงตัวเลขเกี่ยวกับคุณลักษณะของการถ่ายเทความร้อนและการไหลในซีพียูของคอมพิวเตอร์, การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 5

[3] Abdullah Shahryari & Mahmood Pakshir. (2008). Influence of a modulated electromagnetic field on fouling in double-pipe heat exchanger, International Journal of Materials Processing technology, Vol. 203, 2008, pp. 389-395.

[4] P. Naphon & S. Wiriyasart. (2009). Liquid cooling in the mini-rectangular fin heat sink with and without thermoelectric for CPU, In International Communications in Heat and Mass Transfer, (2009) pp. 166-171.

[5] P. Naphon. (2007). Laminar Convective Heat Transfer and Pressure Drop in the Corrugated Channel, International Communication in Heat Mass Transfer, Vol. 34, 2007, pp. 62-71.