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

TFS-017274

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 23
4 – 7 พฤศจิกายน 2552 จังหวัดเชียงใหม่

การศึกษาเชิงทดลองของการระบายความร้อนของของไหลนาโนในระบบผสมระหว่าง Jet-impingement กับ Micro-channel

Experimental investigation of Heat transfer using Nanofluid with Jet-impingement / Micro-channel cooling scheme

ชยุต มิ่งขวัญชยุต[1] และ สุรชัย สนิทใจ[1,*]

ห้องปฏิบัติการอุณหพลศาสตร์และการถ่ายเทความร้อน
[1] ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140
* ติดต่อ: โทรศัพท์: (02) 4709109, โทรสาร: (02) 4709109,
E-mail:poppelonie@hotmail.com และ surachai.san@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันอัตราความร้อนที่ต้องการระบายออกจากอุปกรณ์อิเลคทรอนิกส์มีค่าสูงขึ้นอย่างมาก จึงจำเป็นจะต้องเพิ่มความสามารถในการถ่ายเทความร้อนให้กับระบบระบายความร้อนของอุปกรณ์เหล่านี้ ระบบผสมระหว่าง Jet-impingement กับ Micro-channel เป็นระบบที่ได้ถูกออกแบบขึ้น เพื่อเพิ่มความสามารถในการระบายความร้อนในอุปกรณ์อิเลคทรอนิกส์ โดยให้สารทำงานไหลพุ่งชนผิวร้อน (Jet-impingement) ด้วยลำของเหลวแบบบังคับผ่านด้วยหัวฉีดขนาดเล็กแล้วไหลผ่านช่องขนาดเล็ก (Micro-channel) โดยงานวิจัยนี้มุ่งศึกษาถึงการส่งเสริมการถ่ายเทความร้อนโดยใช้ของไหลนาโนเป็นสารทำงานในระบบผสมระหว่าง Jet-impingement กับ Micro-channel ซึ่งของไหลนาโนที่ใช้เป็นของผสมระหว่างน้ำกับอนุภาคของไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) ที่มีขนาดอนุภาค 21 nm ที่ความเข้มข้นต่างๆกัน ดังนี้ 10 mg/l, 50 mg/l และ 100 mg/l ตามลำดับ โดยทดสอบที่อัตราการระบายความร้อน 40 W/cm^2 ที่อัตราการไหลของสารทำงาน 0.8 l/min, 1.0 l/min, 1.2 l/min, 1.4 l/min, 1.6 l/min และ 1.8 l/min ตามลำดับ ในการทดสอบได้ทำการวัดอุณหภูมิของของไหลที่เข้าพุ่งชนแผ่นทดสอบและอุณหภูมิที่ผิวทดสอบ เพื่อคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของระบบ จากผลการทดลองพบว่า สารทำงานที่เป็นของไหลนาโนสามารถเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของระบบได้มากกว่าสารทำงานที่เป็นน้ำ และเพิ่มมากสุดที่เท่ากับ 4.59 % ที่ความเข้มข้น 100 mg/l และอัตราการไหล 1.8 l/min

คำสำคัญ: Jet-impingement /Micro-channel/ของไหลนาโน/สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

Abstract

These days , the work power requirement for electronic or power devices has been greatly increased .In this regard, well-powered cooling systems are also required to meet these challenges in parallel. In this study, the cooling scheme; the jet-impingement and the micro-channel flow are suggested as two effective solutions. The Jet-impingement of used liquid produces a large amount of heat transfer coefficients in the impingement zone, while the Micro-channel can help remove heat flux by processing heat convection via the direction of fluid flow . According to experimental works, the convective heat transfer of " Nanofluid " consisting of distilled water with TiO_2 (Nanoparticles) at 10 mg/l, 50 mg/l and 100 mg/l, were designed to flow through the hybrid scheme between the Jet-impingement at 40W/cm^2 then to the Micro-channel cooling at specified flow-rate at 0.8 l/min, 1.0 l/min, 1.2 l/min, 1.4 l/min, 1.6 l/min and 1.8 l/min, respectively. The Experimental result indicates that the best convective heat transfer coefficient of nanofluid is at 4.59 percent and happens conditionally in the mixing of TiO_2 100 mg per 1 liters of distilled water with the flow rate , 1.8 l/min.

Keywords*:* Jet-impingement/Micro-channel/Nanofluid/Heat transfer coefficient

1. บทนำ

การระบายความร้อนออกจากอุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์ ที่ต้องการอัตราการระบายความร้อนที่สูงนั้นมีความยุ่งยากรวมทั้งสูญเสียพลังงานมากขึ้น จึงจำเป็นจะต้องใช้เทคโนโลยีที่สูงขึ้น วิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงในการระบายความร้อนออกจากอุปกรณ์เหล่านี้ คือการใช้การพุ่งชนของสารทำงาน (Jet-impingement cooling) และ การใช้สารทำงานไหลผ่านช่องขนาดเล็ก (Micro-channel cooling) งานวิจัยนี้จึงได้มีการนำ เอาข้อดีของทั้งสองวิธีการมาใช้ประโยชน์ร่ว มกัน เรียกว่า ระบบผสมระหว่าง Jet-impingement กับ Micro-channel

การระบายความร้อนโดยการพุ่งชนของสารทำงาน (Jet-impingement cooling) นั้นมีข้อดีคือให้การระบายความร้อนในอัตราที่สูงมากในบริเวณที่สารทำงานพุ่งชน ถ้าต้องการระบายความร้อนในพื้นที่กว้าง จำเป็นต้องใช้หัวฉีดของไหล (Jet nozzle) แบบมีหลายหัวก็จะทำให้การระบายความร้อนในอัตราที่สูงในบริเวณกว้าง แต่มีข้อด้อยที่การไหลของสารทำงานจากหัวฉีดแบบหลายหัวนั้นอาจเกิดการขัดขวางการไหลของสารทำงานที่ทางออกได้ทำให้จุดที่มีการเกิดการไหลติดขัดมีอุณหภูมิสูงได้ และต้องใช้อัตราการไหลที่สูง ส่วน การระบายความร้อนโดยใช้สารทำงานไหลผ่านช่องขนาดเล็ก (Micro-channel cooling) นั้นสามารถระบายความร้อนได้ในอัตราที่สูง เช่นเดียวกับกา ระบายความร้อนโดยใช้การระบายความร้อนของสารทำงานพุ่งชน แต่ใช้อัตราการไหลที่ต่ำกว่าและมีความกะทัดรัดของอุปกรณ์สูง แต่ระบบนี้มีข้อด้อยเกี่ยวกับการที่อุณหภูมิของสารทำงานจะมีค่าเพิ่มขึ้นมากตามทิศทางการไหลของสารทำงานและมีความดันตกคร่อมสูง ทำให้ระบบระบายความร้อนต้องใช้พลังงานสูง [1]

ดังนั้นเพื่อลดการใช้พลังงานและส่งเสริมการถ่ายเทความร้อน อันจะทำให้ระบบระบายความร้อนมีขนาดกะทัดรัดและประหยัดพลังงาน งานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาถึงการประยุกต์ใช้เป็นระบบผสมของการระบายความร้อนโดยใช้สารพุ่งชนของสารทำงานและการระบายความร้อนโดยใช้สารทำงานไหลผ่าน

ช่องขนาดเล็ก และลดข้อด้อยของทั้งสองระบบ นอกจากนี้เพื่อเพิ่มสมรรถนะของการระบายความร้อน สารทำงานชนิดใหม่ถูกนำมาใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ คือของไหลนาโน ซึ่งของไหลนาโนนี้มีข้อดีคือการนำความร้อนที่สูง (High thermal conductivity) โดยที่ของไหลนาโนนี้สามารถผลิตได้จากการใช้อนุภาคของผงโลหะที่มีขนาดระดับนาโนเมตรผสมลงไปในของไหลทำงาน

การวิจัยทางด้านการถ่ายเทความร้อนของระบบผสมระหว่าง Jet-impingement กับ Micro-channel ได้เริ่มขึ้นโดย Sung และ Mudawar [2] ได้การศึกษาประสิทธิภาพในการนำข้อดีของ การระบายความร้อนโดยการพุ่งชน (Jet-impingement cooling) และการไหลผ่านช่องขนาดเล็ก (Micro-channel cooling) ของสารทำงาน โดยได้ทำการวัดอุณหภูมิที่ผิวร้อนโดยใช้ระบบ Jet-impingement กับ Micro-channel แบบใหม่ที่สร้างขึ้นเป็นอุปกรณ์การระบายความร้อนและใช้ ของไหล PF-5052 เป็นสารทำงาน ซึ่งอุณหภูมิที่ผิวร้อนที่ได้นั้นสอดคล้องผลการคำนวนด้วยจาก k-ε turbulent model คือมีการกระจายของอุณหภูมิที่ผิวร้อนใกล้เคียงแบบจำลองโดยบริเวณผิวร้อนที่มีการพุ่งชนของสารทำงานจะมีอุณหภูมิจะต่ำที่สุดและอุณหภูมิจะสูงขึ้นไปตามทิศทางการไหลที่สารทำงานไหลออกจากระบบ ซึ่งเกิดจากได้รับอิทธิพลของกระแสไหลวนของสารทำงานบริเวณที่มีการพุ่งชนของสารทำงาน และทำการใช้ k-ε turbulent model ในการจำลองผลโดยใช้น้ำเป็นสารทำงาน ในการปรับปรุงระบบให้มีประสิทธิภาพมากกว่าเดิม ผลการวิเคราะห์พบว่าเมื่อลดความกว้างของ Jet และลดความสูงของ Channel จะทำให้อุณหภูมิที่ผิวร้อนมีค่าต่ำลง

Sung และ Mudawar [3] ได้ทำการทดลองและศึกษาลักษณะการระบายความร้อนของ ระบบผสม Jet-impingement กับ Micro-channel ในลักษณะที่มีการเดือดของสารทำงาน (PF 5020) โดยทำการทดลองเพื่อหาค่าฟลักซ์ความร้อนวิกฤติของระบบ โดยพบว่าเมื่อมีการเพิ่มอัตราการไหลและเพิ่มค่า Subcooling ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ในการถ่ายเทความร้อนสูงขึ้นเป็นผลให้ ค่าฟลักซ์ความร้อนวิกฤตจะมีค่าสูงขึ้น นอกจากนี้ยังนำผลการทดลองที่ได้เปรียบเทียบกับแบบจำลองที่ใช้ทำนายค่าฟลักซ์ความร้อนวิกฤติของระบบ Jet – impingement และระบบ Micro-channel พบว่าผลการทดลองสอดคล้องกับแบบจำลองที่ใช้ทำนายค่าฟลักซ์ความร้อนวิกฤติของระบบ Jet – impingement มีความสอดคล้องมากกว่าระบบ Micro-channel เนื่องจากระบบ Jet – impingement มีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อนในระบบผสม Jet-impingement กับ Micro-channel มากกว่าระบบ Micro-channel

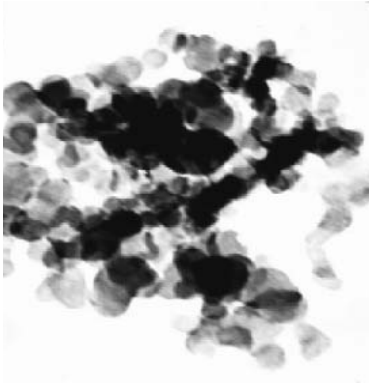
สำหรับการวิจัยด้านของไหลนาโนนี้ได้เริ่มขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1995 โดยการศึกษาของ Choi [4] โดยพบว่าค่าการนำความร้อนของของไหลนาโนนั้นมีค่าสูงกว่าสารเบื้องต้นมาก และคาดว่าน่าจะนำมาประยุกต์ใช้ในการระบายความร้อนได้ ต่อมาได้มีการศึกษาเพิ่มเติมโดย Choi และคณะ [5] และ Eastman และคณะ [6] โดยพบว่าเพียงเติม 1% โดยปริมาตรของอนุภาคระดับนาโนเมตรของทองแดงหรือท่อคาร์บอนนาโนในglycol และ น้ำมัน สามารถเพิ่มค่าการนำความร้อนได้ถึง 40% และ 150% ตามลำดับ

สำหรับการประยุกต์ใช้ของไหลนาโนสำหรับ ระบบผสมระหว่าง Jet-impingement กับ Micro-channel นั้นยังไม่มีผู้ที่ทำการศึกษาโดยใช้ของไหลนาเป็นสารทำงานแต่มี งานวิจัย ที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มความสามารถในการพาความร้อนของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนดังนี้

Duangthongsuk และ Wongwises [7] ได้ทำการศึกษาการถ่ายเทความร้อน โดย ใช้ของไหลนาโน (น้ำ+TiO_2) ที่ความเข้มข้น 0.2 %โดยปริมาตร เป็นสารทำงาน พบว่าของไหลนาโนทำให้ระบบมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสูงขึ้นจากสารทำงานเดิมที่เป็นน้ำ อีกทั้งวัดความดันตกคร่อมของของไหลนาโนเป็นสารทำงานพบว่ามีความดันตกคร่อมเพิ่มขึ้นน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำ

ในงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของ ระบบผสมระหว่าง Jet-

impingement กับ Micro-channel โดยใช้ของไหลนาโนเป็นสารทำงาน (น้ำกลั่น+TiO_2) ที่ความเข้มข้นและภาระความร้อนต่างๆ สำหรับภาพถ่ายของอนุภาคไทเทเนียมไดออกไซด์ขนาด 21นาโนเมตร ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ ซึ่งถ่ายภาพแบบ TEM micrograph โดยแสดงในรูปที่1



รูปที่ 1 แสดง TEM micrograph TiO_2(21 nm) [8]

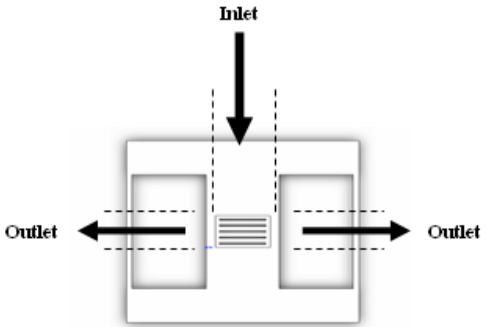
2. อุปกรณ์สำหรับการทดลอง

การทดลองนี้ได้ทำการศึกษาความสามารถในการถ่ายเทความร้อนของของไหลนาโนเป็นสารทำงาน โดยใช้ระบบ Jet-impingement กับ Micro-channel เป็นอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อน โดยของไหลที่เป็นสารทำงานจะไหลเข้าสู่ระบบทางด้านบนและออกจากระบบทางด้านข้างทั้งสองด้าน ดังรูปที่ 2

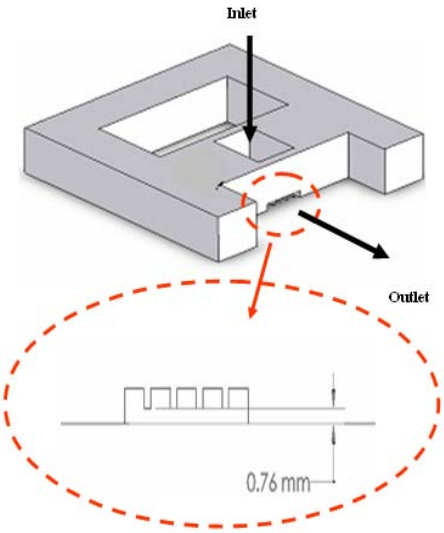
รูปที่ 3 แสดงทิศทางของของไหลที่ไหลเข้าสู่ระบบทางด้านบนโดยระบบจะทำหน้าที่เป็นหัวฉีดทำให้ของไหลพุ่งชนผิวร้อนและระบบจะทำหน้าที่เป็นช่องขนาดเล็กแล้วไหลออกทางด้านข้างเมื่อของไหลไหลออกจากผิวร้อน โดยหัวฉีดอยู่ห่างผิวร้อน 0.76 มิลลิเมตร

รูปที่ 4 แสดงส่วนที่ให้ความร้อนแก่ระบบเพื่อให้ของไหลในระบบ Jet-impingement กับ Micro-channel ดังรูปที่ 3 ได้รับความร้อน อีกทั้งแสดงตำแหน่งการติดตั้งเทอร์โมคับเปิ้ลใต้ผิวร้อน 3 ตำแหน่งคือบริเวณตรงกลางผิวร้อนและระยะห่างจากกลาง 0.5 มิลลิเมตร 0.75 มิลลิเมตรตามลำดับโดยมีฮีทเตอร์ที่ให้ความร้อนกับระบบดังรูป ซึ่งเทอร์โมคับเปิ้ลใต้ผิวร้อนใช้วัดอุณหภูมิที่ผิวร้อนเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

รูปที่ 5 แสดงขนาดของระบบผสมระหว่าง Jet-impingement กับ Micro-channel โดยหัวฉีดมีความกว้าง 0.49 มิลลิเมตร ยาว 12.72 มิลลิเมตร และช่องขนาดเล็กมีความกว้าง 1.59 มิลลิเมตร ยาว 20 มิลลิเมตร สูง 1.78 มิลลิเมตร



รูปที่ 2 ทิศทางของของไหลในระบบผสมระหว่าง Jet-impingement กับ Micro-channel



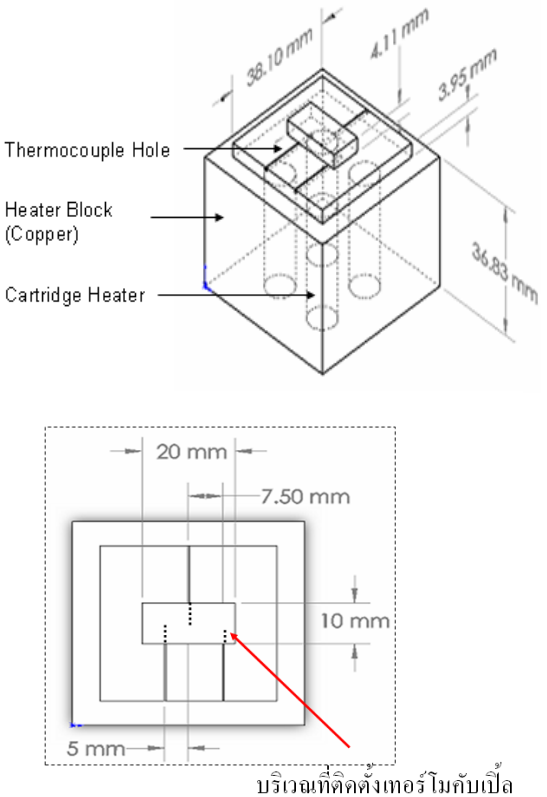
รูปที่ 3 แสดงระยะผิวร้อนกับหัวฉีด

สำหรับชุดทด ลองประกอบด้วย ระบบผสม Jet-impingement กับ Micro-channel ระบบควบคุมการไหลของสารทำงานที่ใช้ในการทดสอบโดยสารทำงาน

ด้วยแรงดันจากแก๊สไนโตรเจน โดยมีอุปกรณ์วัดอัตราการไหลคือ Ki-FR4000 ในการทดลองนี้ใช้ฮีตเตอร์แบบแท่ง เป็นแหล่งกำเนิดความร้อน ให้ซึ่งสามารถให้ความร้อนในอัตราสูงสุดถึง 200 W โดย ใช้ไฟฟ้ากระแส
ตรงที่ป้อนจาก DC Power Supply (HY3200) เมื่อสารทำงานที่ได้รับความร้อนจากการทดลองจะถูกระบายความร้อนด้วยหม้อน้ำ (Radiator)

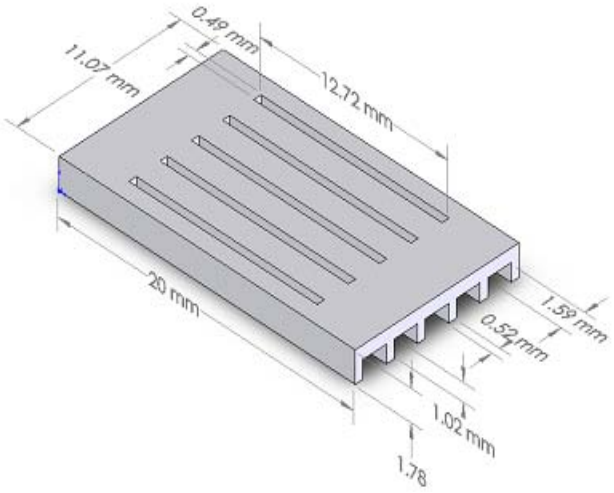
ในส่วนของการวัดอุณหภูมิจะใช้เทอร์โมคับเปิลชนิด T ซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำ (± 0.1 °C) และใช้อุปกรณ์บันทึกข้อมูล (NI –DAQ9211) โดยมีคอมพิวเตอร์เพื่อการจัดเก็บข้อมูล

ดังรูปที่ 6 ของไหลที่ใช้ในการทดลองสามารถไหลได้ด้วยแรงดันจากแก๊สไนโตรเจน ซึ่งแก๊สไนโตรเจนที่ไหลออกจากถังเก็บไนโตรเจนถูกควบคุมด้วยตัวควบคุมความดัน (Pressure Regulator) โดยที่อัตราการไหลจะถูกควบคุมด้วยความดันของแก๊สไนโตรเจน



รูปที่ 4 การติดตั้งเทอร์โมคัปเปิ้ลที่วัดอุณหภูมิบริเวณผิวร้อน

ของไหลนาโนที่ใช้ในการทดลองเป็นของผสมระหว่างน้ำกลั่นกับอนุภาคไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) ขนาดอนุภาค 21 นาโนเมตร ที่ความเข้มข้นต่างๆกัน 10 mg/l, 50 mg/l และ 100 mg/l ตามลำดับ

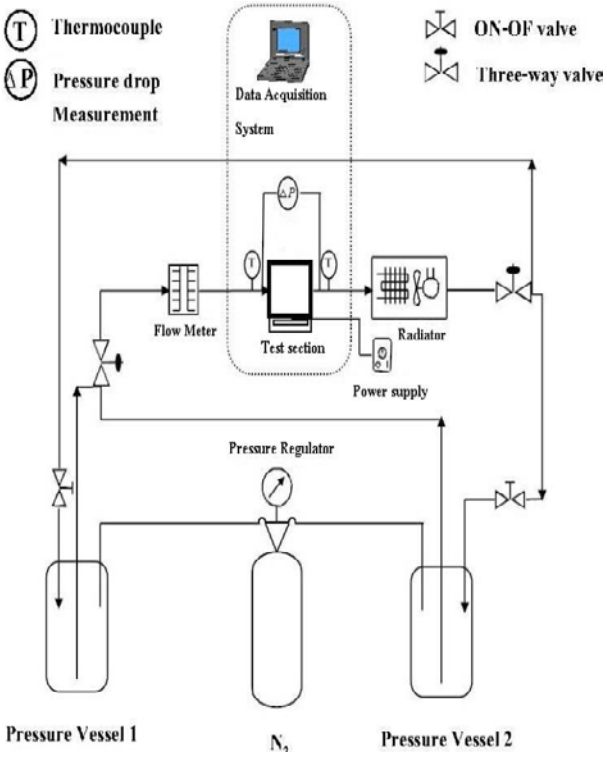


รูปที่ 5 ขนาดของระบบผสมระหว่าง Jet-impingement กับ Micro-channel

3.วิธีการทดลอง

วิธีการทดลองมีดังนี้ เปิดระบบของไหลที่เป็นสารทำงานในระบบและปรับอัตราการไหลให้ได้ตามที่ต้องการโดยเริ่มต้นที่อัตราการไหล 0.8 l/min หลังจากนั้นให้กระแสไฟฟ้ากับฮีตเตอร์ โดยทำงานที่อัตราการให้ความร้อน 80 W ทำการบันทึกอุณหภูมิของสารทำงานก่อนเข้าและออกจากระบบผสมระหว่าง Jet-impingement กับ Micro-channel และบริเวณใต้ผิวร้อนจนกระทั่งระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ นำค่าอุณหภูมิที่ผิวร้อน ณ ที่ตำแหน่งต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 4 และอัตราความร้อนที่ป้อนจาก Power supply ไปหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน จากนั้นทำการเพิ่มอัตราการไหลของสารทำงานเป็น 1.0 l/min, 1.2 l/min, 1.4 l/min, 1.6 l/min และ 1.8 l/min ตามลำดับ

โดยค่าสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนของระบบสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1)



รูปที่ 6 ระบบการไหลของของไหลและอุปกรณ์ต่างๆที่ติดตั้งในระบบ

$$h = \frac{q''_{eff}}{(T_s - T_{in})} \qquad (1)$$

q''_{eff} = ฟลักซ์ความร้อนที่ผิวร้อนจากฮีตเตอร์ (W/m^2)

T_s = อุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวทดสอบ (^oC)

T_{in} = อุณหภูมิของสารทำงานก่อนชนผิวร้อน (^oC)

h = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน $\left(W/m^{2o}C\right)$

โดยที่

s คือ ผิวทดสอบ

in คือ ทางเข้า

4.ผลการทดลอง

การทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนของระบบผสมระหว่าง Jet-impingement กับ Micro-channel โดยให้อัตราการถ่ายเทความร้อน 40 W/cm^2 ที่อัตราการไหล 0.8 l/min, 1.0 l/min, 1.2 l/min, 1.4 l/min, 1.6 l/min และ 1.8 l/min ตามลำดับ โดยที่แต่ละอัตราการไหลนั้น ได้ทำการหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของของไหลนาโน (น้ำกลั่น+TiO_2) และเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของสารทำงานต่างๆ กันคือ น้ำกลั่นและของไหลนาโนที่ความเข้มข้น 10 mg/l, 50 mg/l และ 100 mg/l ตามลำดับ โดยได้ผลการทดลองดังนี้

อัตราการไหล (l/min)	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (W/m^{2o}C)	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่เพิ่มขึ้น (%)
0.8	7350.207	-
1.0	7732.843	-
1.2	8148.454	-
1.4	8608.274	-
1.6	9098.58	-
1.8	9359.802	-

ตารางที่1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของระบบโดยมีน้ำกลั่นเป็นสารทำงาน

อัตราการไหล (l/min)	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (W/m^{2o}C)	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่เพิ่มขึ้น (%)
0.8	7387.32	0.5023901
1.0	7785.021	0.670236283
1.2	8284.653	1.643987564
1.4	8686.497	0.900512628
1.6	9156.409	0.631575628
1.8	9454.507	1.001688066

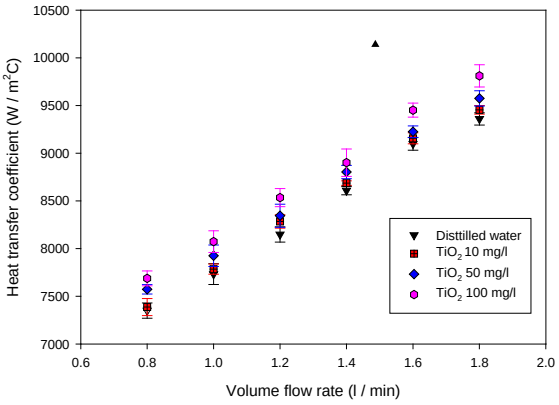
ตารางที่2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของระบบโดยใช้ของไหลนาโน (น้ำกลั่น +TiO_2 ความเข้มข้น 10 mg/l) เป็นสารทำงาน

อัตราการไหล (l/min)	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ($W/m^2{}^oC$)	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่เพิ่มขึ้น (%)
0.8	7573.302	2.94580958
1.0	7925.221	2.427418343
1.2	8344.521	2.349650291
1.4	8802.854	2.210421773
1.6	9225.345	1.374102656
1.8	9575.076	2.248268418

ตารางที่3 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของระบบโดยใช้ของไหลนาโน (น้ำกลั่น +TiO_2 ความเข้มข้น 50 mg/l) เป็นสารทำงาน

อัตราการไหล (l/min)	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ($W/m^2{}^oC$)	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่เพิ่มขึ้น (%)
0.8	7688.366	4.398320201
1.0	8073.51	4.219566333
1.2	8534.413	4.52238701
1.4	8900.765	3.286135651
1.6	9451.624	3.735279144
1.8	9810.978	4.59868357

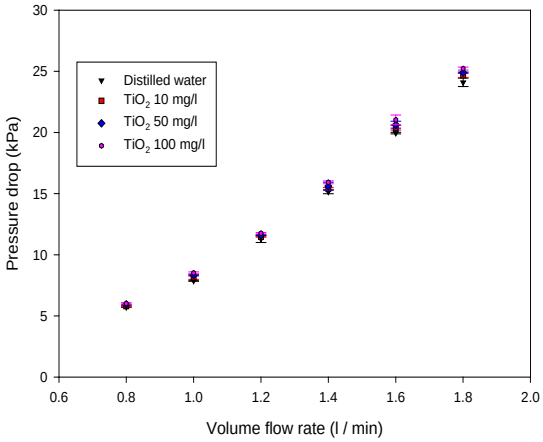
ตารางที่4 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของระบบโดยใช้ของไหลนาโน (น้ำกลั่น +TiO_2 ความเข้มข้น 100 mg/l) เป็นสารทำงาน



รูปที่ 7 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนระหว่างของของไหลนาโนกับน้ำกลั่น

จากรูปที่ 7 จะเห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนของของสารทำงานที่เป็นของไหลนาโน จะมีค่ามากกว่าค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของสารทำงานที่เป็นน้ำกลั่นในทุกความเข้มข้น โดยของไหลนาโนที่มีความเข้มข้นสูงมีผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจะมีค่าสูงขึ้น และเมื่อมีการเพิ่มอัตราการไหล ค่าสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้น เนื่องจากอิทธิพลของกระแสไหลวนของสารทำงาน โดยเมื่อสารทำงานที่มีอัตราการไหลสูงขึ้นกระแสไหลวนที่เกิดจากการพุ่งชนของสารทำงานที่ถูกหัวฉีดนำพามากระทำต่อผิวร้อนจะอยู่ใกล้ผิวร้อนมากกว่าของสารทำงานที่มีอัตราการไหลต่ำกว่า ทำให้ชั้นขอบขอบเขตความร้อนบางกว่าเป็นผลให้มีการถ่ายเทความร้อนที่ดีกว่า [3]

นอกจากนี้ยังได้ทำการวัดความดันตกคร่อมของระบบผสมระหว่าง Jet-impingement กับ Micro-channel โดยได้ผลดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 แสดงความดันตกคร่อมในระบบผสมระหว่าง Jet-impingement กับ Micro-channel ที่ทำการทดลอง

เมื่อทำการวัดความดันตกคร่อมของระบบผสมระหว่าง Jet-impingement กับ Micro-channel ของของไหลนาโนเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำกลั่น พบว่ามีความดันตกคร่อมจะมีค่ามากขึ้นเมื่ออัตราการไหลและความเข้มข้นสูงขึ้น โดยความดันตกคร่อมจะมีค่ามากที่สุดที่อัตรการไหล 1.8 l/min ในของไหลนาโทุกความเข้มโดยมีค่ามากที่สุดที่ความเข้มข้น 100 mg/l คือ 25.22 kPa ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับความดันตกคร่อมที่ได้จากน้ำกลั่นมีค่าใกล้เคียงกัน

5.สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของระบบผสมระหว่าง Jet-impingement กับ Micro-channel ที่ใช้ของไหลนาโนเป็นสารทำงานนั้นสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับสารทำงานที่เป็นน้ำกลั่นโดยมีค่าเพิ่มขึ้นมากที่สุด 4.9% ที่อัตราการไหล 1.8 l/min และความเข้มข้น 100 mg/l

ทั้งนี้เนื่องจากของไหลนาโนมีค่าการนำความร้อนสูงกว่าน้ำกลั่น เป็นผลให้ค่าความต้านทานความร้อนบริเวณขอบเขตชั้นความร้อนที่มีการพุ่งชนโดยของไหลที่ออกมาจากหัวฉีดและค่าความต้านทานความความร้อนบริเวณช่องขนาดเล็กของระบบ ผสมระหว่าง Jet-impingement กับ Micro-channel ลดลงเป็นผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของของไหลนาโนสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำกลั่น

6.กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ที่ให้การสนับสนุนทุนในการวิจัย

7.เอกสารอ้างอิง

1. D. Y. Lee and K. Vafai, ”Comparative analysis of jet impingement and micro-channel cooling for hight heat flux applications,” Journal of Heat and Mass transfer, Vol.42(1999),pp.1555--1568.
2. M. K. Sung and I. Mudawar ,”Correiation of critical heat flux in hybrid jet-impingement/micro-channel cooling scheme,” int. J. of Heat and Mass Transfer, Vol. 49(2006), pp. 2663-2672.
3. M. K. Sungand and I. Mudawar, ”Experimental and numerical investigation of single phase heat transfer using a hybrid jet-impingement/micro-channel scheme,” Journal of Heat and Mass Transfer Vol. 49(2006), pp. 628-694.
4. S. U. S. Choi, Z.G. Zhang, W. Yu, F. E. Lockwood, and E. A. Grulke, 2001, “Anomalous Thermal Conductivity Enhancement in Nano-tube Suspensions,” Appl. Phys. Lett., 79, pp. 2252–2254.
5. S. U. S. Choi, 1995, “Enhancing Thermal Conductivity of Fluids with Nanoparticles,” Developments and Applications of Non-Newtonian Flows, eds. D. A. Siginer and H. P. Wang, The American Society of Mechanical Engineers, New York, FED-Vol. 231/MD-Vol. 66, pp. 99–105.

6. J. A. Eastman, S.U.S. Choi, S. Li, W. Yu, and L. J. Thompson, “Anomalously Increased Effective Thermal Conductivities of Ethylene Glycol-Based Nano-Fluids Containing Copper Nano-Particles,” Appl. Phys. Lett., 78,pp. 718–720.S.U.S. Choi, Enhancing thermal conductivity of fluids with nanoparticles,231,ASME,FED, 1995
7. W. Duangthongsuk and S. Wongwises, ”Heat transfer enhancement and pressure drop characteristics of TiO_2-water nanofluid in a double- tube counter flow heat exchanger,” Journal of Heat and Mass transfer, Vol.52(2009), pp. 2059-2067
8. J. Liqiang, S. Xiaojun, X. Baifu, W. Baiqi, C. Weimin, and F. Hongganga, “The preparation and characterization of La doped TiO_2nanoparticles and their photocatalytic activity,” Journal of Solid State Chemistry, Vol. 177 (2004), pp. 3375–3382.