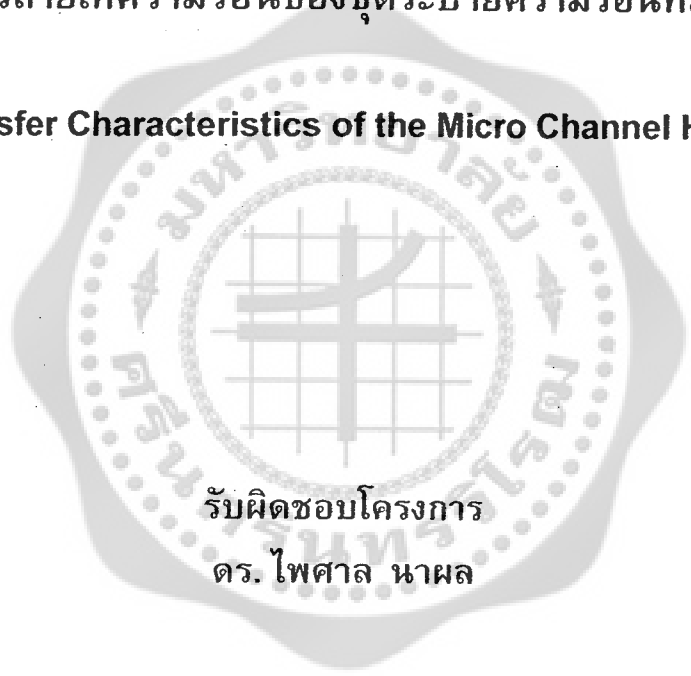


รายงานฉบับสมบูรณ์

งานวิจัยเรื่อง

คุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของชุดระบายความร้อนที่มีช่องขนาดเล็ก

Heat Transfer Characteristics of the Micro Channel Heat Sinks



รับผิดชอบโครงการ
ดร. ไพศาล นามผล

14 ส.ค. 2552

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
อ. องค์กรักษ์ จ. นครนายก

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	3
บทที่ 2 อุปกรณ์การทดลอง	6
บทที่ 3 ผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง	10
บทที่ 4 สรุปและข้อเสนอแนะ	14
References	



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำวิจัย

โลกของงานอุตสาหกรรมปัจจุบัน จะเห็นถึงความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่ทันสมัยและมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบเครื่องมือทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งจะต้องเป็นเครื่องมือที่มีความสามารถในการประมวลผลและมีความแม่นยำสูงมากๆ และที่สำคัญจะต้องมีขนาดเล็กด้วย เพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้าย ซึ่งการที่เครื่องมือเหล่านี้มีลักษณะดังกล่าวนี้ ความร้อนที่เกิดขึ้นในระบบก็ต้องมากขึ้นตาม ดังนั้นระบบเครื่องมือเหล่านี้จะต้องมีระบบระบายความร้อนที่ดี คือสามารถระบายความร้อนออกจากระบบได้อย่างเพียงพอ ซึ่งการที่จะให้ระบบระบายความร้อนสามารถระบายความร้อนได้ดีนั้น สิ่งหนึ่งที่จะทำให้ได้ก็คือการเพิ่มขนาดของอุปกรณ์ระบายความร้อนให้มีพื้นที่มากขึ้น แต่เนื่องจากเครื่องมือเหล่านี้มีขนาดเล็กลง และพื้นที่ในการติดตั้งระบบระบายความร้อนก็ต้องลดลงด้วย นั่นหมายความว่าขนาดของระบบระบายความร้อนของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนต้องมีขนาดเล็กลงด้วย ดังนั้นการที่ขนาดของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีขนาดเล็กลง ไม่ได้หมายความว่าความสามารถในการระบายความร้อนลดลง แต่ในทางตรงกันข้าม ความสามารถในการระบายความร้อนของอุปกรณ์เหล่านี้กลับต้องสูงขึ้น การที่อุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนมีขนาดเล็กลงนั้น ช่องการไหลสำหรับของไหลเพื่อระบายความร้อนนั้นก็ต้องมีขนาดเล็กลง การที่ช่องการไหลมีขนาดเล็กลงนั้น จะมีตัวแปรหนึ่งที่มีผลอย่างมากต่อลักษณะการไหลและการถ่ายเทความร้อน ซึ่งก็คือ แรงดัน ซึ่งแรงดันจะมีผลน้อยมากในกรณีไหลในช่องการไหลขนาดใหญ่ เพราะฉะนั้นการศึกษาถึงพารามิเตอร์ต่างๆ ซึ่งมีความสำคัญทำให้ทราบถึงผลกระทบต่อลักษณะการถ่ายเทความร้อนและการไหลในในชุดระบายความร้อนที่มีช่องขนาดเล็ก (Micro channel heat sink)

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาเชิงทดลองถึงคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนและการไหลในชุดระบายความร้อนที่มีช่องการไหลขนาดเล็ก โดยศึกษาถึงตัวแปรต่างๆ เช่น ความสูงของช่องการไหล ความกว้างของช่องการ ความเข้มข้นความร้อน และอัตราการไหลของสารทำงาน ที่มีต่อความสามารถในการระบายความร้อนของชุดระบายความร้อนที่มีช่องขนาดเล็ก

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- เพื่อศึกษาคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนในช่องการไหลขนาดเล็ก (Micro channel heat sinks)

- เพื่อศึกษาตัวแปรต่างๆ เช่น ความสูงของช่องการไหล, ความเข้มข้นของความร้อน ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

- ทำการศึกษาคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของชุดระบายความร้อนที่มีช่องการไหลขนาดเล็ก (Micro channel heat sinks) ภายใต้สภาวะ Constant heat flux
- เป็นการศึกษาเชิงทดลอง ซึ่งลักษณะของช่องการไหลขนาดเล็กมีดังต่อไปนี้

ลักษณะ	ความสูงของ คืบ	ความหนาของ คืบ	ความกว้าง ของช่องการ ไหล	ขนาดของ Heat sink
แบบที่ 1	1.00 mm	0.20 mm	0.20 mm	40*28*2.00 mm
แบบที่ 2	1.00 mm	0.20 mm	0.30 mm	40*28*2.00 mm
แบบที่ 3	1.50 mm	0.20 mm	0.20 mm	40*28*2.00 mm
แบบที่ 4	1.50 mm	0.20 mm	0.30 mm	40*28*2.00 mm

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย

- ได้ทราบถึงพฤติกรรมต่างๆที่เกิดขึ้นรวมทั้งหลักการการถ่ายเทความร้อนและการไหลในช่องการไหลขนาดเล็ก
- ได้เข้าใจถึงค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน เช่น ความสูงของช่องการไหล, ความเข้มข้นของความร้อน ซึ่งจะนำไปเป็นข้อมูลเบื้องต้น ในการออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน โดยเฉพาะระบบการถ่ายเทความร้อนในเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งต้องการระบบระบายความร้อนที่มีประสิทธิภาพสูง และต้องมีขนาดเล็กด้วย

1.5 การทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการสำรวจเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่ามีนักวิจัยต่างๆ ที่ทำงานเกี่ยวกับช่องการไหลในช่องขนาดเล็ก ซึ่งในส่วนของการศึกษาเชิงทฤษฎีมีต่อไปนี้

Vasudevaiah and Balamurugan [1] ได้ศึกษาเชิงทฤษฎีถึงการพาความร้อนในช่องที่มีขนาดเล็ก โดยใช้ทฤษฎี Continuum ภายใต้สภาวะ Incompressible flow conditions, Qu and Mudawar [2] ได้ศึกษาทั้งการทดลองและทฤษฎีเกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อนในขณะเดือดของน้ำในช่องการไหลขนาดเล็ก ซึ่งพบว่าเมื่อปริมาณไอน้ำมากขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนมีแนวโน้มลดลง และเมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้กับการทดลองพบที่มีความสอดคล้องกัน Barba et al. [3] ได้ทำการศึกษาถึงสมรรถนะ การสูญเสียความดัน การกระจายตัวของอุณหภูมิ และความ

ด้านทางความร้อนของ Polymetric microchannel heat sink, Yang et al. [4] ได้ศึกษาเชิงทฤษฎีเกี่ยวกับการไหลในช่องโค้งที่มีขนาดเล็ก, Kim and Kim [5] ได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการทำนายประสิทธิภาพเชิงความร้อนของ Microchannel heat sink โดยได้ศึกษาถึงผล High-aspect-ratio และ Low-aspect-ratio ที่มีต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนของ Microchannel heat sink, Kulkarni and Das [6] วิเคราะห์ถึงการถ่ายเทความร้อนแบบบังคับและแบบอิสระของ Microchannel electronic processor chips, Chein and Chen [7] ได้ศึกษาทั้งการทดลองและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ถึงความสามารถในการระบายความร้อนของ Microchannel heat sink ที่มี Thermoelectric cooler, Peles et al. [8] ได้วิเคราะห์เชิงทฤษฎีเกี่ยวกับคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนและการสูญเสียความดันของ Micro pin fins heat sink, Gamrat et al. [9] ได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการทำนายการพาความร้อนในขณะที่ไหลแบบราบเรียบใน Microchannel ซึ่งได้ศึกษาถึงผลของลักษณะทางเข้าที่มีต่อความสามารถในการถ่ายเทความร้อน Koo and Kleinstreuer [10, 11] ได้ศึกษาเชิงทฤษฎีเกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อนของ Microchannel heat sink โดยใช้ Nanofluid ในกรณีการไหลแบบราบเรียบ และนอกจากนั้นยังได้ศึกษาถึงผลของความหนืดที่มีต่อการถ่ายเทความร้อนใน Microchannel heat sink, Hetsroni et al. [12] ได้ศึกษาทั้งการทดลองและทฤษฎีเกี่ยวกับการพาความร้อนและการไหลหนึ่งสถานะใน Microchannel heat sink โดยศึกษาทั้งช่วงการไหลแบบราบเรียบและการไหลแบบปั่นป่วน

สำหรับการศึกษาเชิงทดลอง ก็มีนักวิจัยทำการศึกษาเช่นกัน Yue et al. [13] ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาถึงการสูญเสียความดันของการไหลสถานะเดียวและการไหลสองสถานะแบบราบเรียบในช่องการไหลสี่เหลี่ยมขนาดเล็กที่มีรูปร่างเป็นแบบตัว T โดยใช้ N_2 และน้ำเป็นสารทำงาน Chein and Huang [14] ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาถึงสมรรถนะของ Microchannel heat sink โดยใช้ Nanofluid เป็นสารทำงาน ในการระบายความร้อน Shen et al. [15] ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาถึงการพาความร้อนและการไหลหนึ่งสถานะในขณะที่ไหลผ่านช่องการไหลสี่เหลี่ยมขนาดเล็ก โดยได้ศึกษาถึงผลความหนืดของช่องการไหลที่มีต่อคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อน Zhang et al. [16] ได้ทดลองศึกษาเกี่ยวกับการระบายความร้อนของ Electronic package โดยใช้การระบายความร้อนแบบการพาความร้อนแบบหนึ่งสถานะของของเหลวใน Microchannel heat sink

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าการศึกษาเชิงทดลองเกี่ยวกับคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนและการไหลในช่องการไหลขนาดเล็กมีน้อยมากเมื่อเทียบกับการศึกษาเชิงทฤษฎี ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ศึกษาเชิงทำการทดลองเกี่ยวกับคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนและการไหลในชุดระบายความร้อนที่มีช่องการไหลขนาดเล็ก โดยศึกษาถึงพารามิเตอร์ต่าง ๆ เช่น ความสูงของช่องการไหล, ความกว้างของช่องการไหล และความเข้มข้นของความร้อน ที่มีผลต่อคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนและความดันลด

บทที่ 2

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

2.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

อุปกรณ์ในการทดลอง

ในการทดลองจะใช้ชุดช่องทดสอบแบบมีรอยหยัก (Corrugated channel) วางในแนวระนาบในอุโมงค์ลม ซึ่งอุโมงค์ลมทำจาก Acrylic ใส เพื่อให้สามารถมองเห็นลักษณะการไหลขณะไหลผ่านช่องที่มีรอยหยัก ในการทดลองจะใช้อากาศและควันทันเป็นสารทำงาน (Working fluid) โดยที่ช่องทดสอบมีการให้ความร้อน การควบคุมอุณหภูมิของช่องการไหลจะใช้ฮีตเตอร์เป็นตัวควบคุมเพื่อให้ได้อุณหภูมิของน้ำร้อนตามต้องการ ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังต่อไปนี้

- | | |
|--------------------------------------|------------------------------|
| - พัดลม (Fan) | - Mixing devices |
| - Straightener | - ชุดวัดอุณหภูมิทางเข้า |
| - ตำแหน่งวัดความดันทางเข้า | - ตัวทำความร้อนชนิดแผ่น |
| - จนวนกันความร้อน | - ชุดช่องการไหลที่มีรอยหยัก |
| - ตำแหน่งวัดความดันทางออก | - ชุดวัดอุณหภูมิทางออก |
| - Settling means | - Nozzle |
| - ตำแหน่งวัดความดันทางเข้าของ Nozzle | - ตำแหน่งวัดความดันทางออกของ |

Nozzle

2.2 วิธีการทดลอง

การเก็บข้อมูลจากการทดลองเพื่อนำไปวิเคราะห์ผลมีลำดับขั้นตอนในการเก็บดังนี้

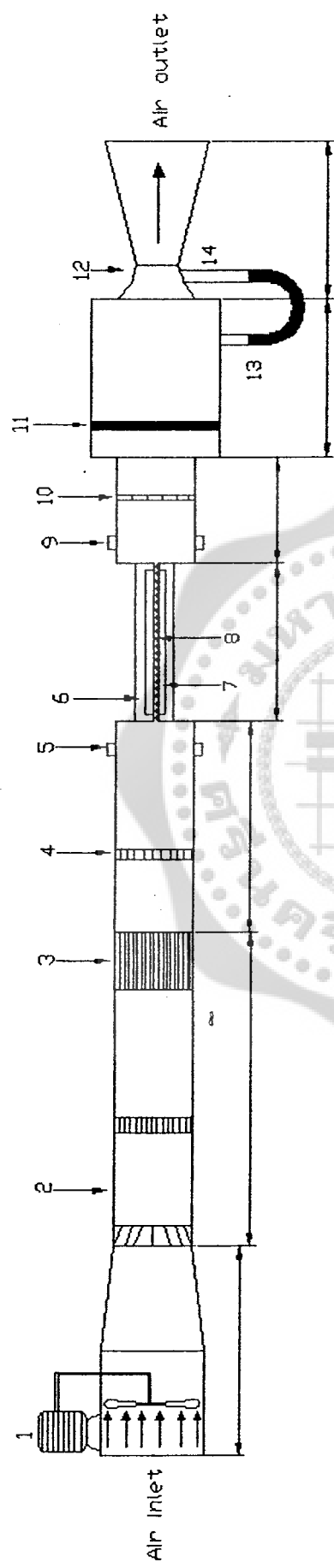
1. ประกอบชุดอุโมงค์ลม
2. ประกอบชุดช่องทดสอบ (Test channel)
3. ติดตั้งระบบควบคุมทางไฟฟ้าทั้งระบบ
4. ติดตั้งระบบเครื่องมือวัดตัวแปรต่างๆ ที่ต้องการ
5. เปิดชุดควบคุมฮีตเตอร์เพื่อควบคุมอุณหภูมิของช่องทดสอบให้คงที่ตลอดช่วงของการเก็บข้อมูล
6. เปิดชุดพัดลมเพื่อให้ลมไหลผ่านช่องทดสอบ ซึ่งต้องใช้อากาศที่มีอุณหภูมิบรรยากาศ ซึ่งหลังจากที่ไหลผ่านช่องทดสอบแล้วอากาศก็ไหลออกสู่บรรยากาศ
7. ปลดปล่อยให้ระบบทำงานจนระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ (Steady state) หลังจากนั้นจึงเก็บข้อมูลตามที่ต้องการ

8. เปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของอากาศที่ไหลผ่านชุดช่องทดสอบพร้อมเก็บข้อมูล
9. ทำตามข้อที่ 2-8 โดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของช่องทดสอบ ช่องทดสอบที่ขนาดต่างๆ กัน

2.3 ผลของตัวแปรอิสระที่ต้องการศึกษา

1. อัตราการไหลของอากาศ
2. ลักษณะของช่องการไหล
3. พลังความร้อน





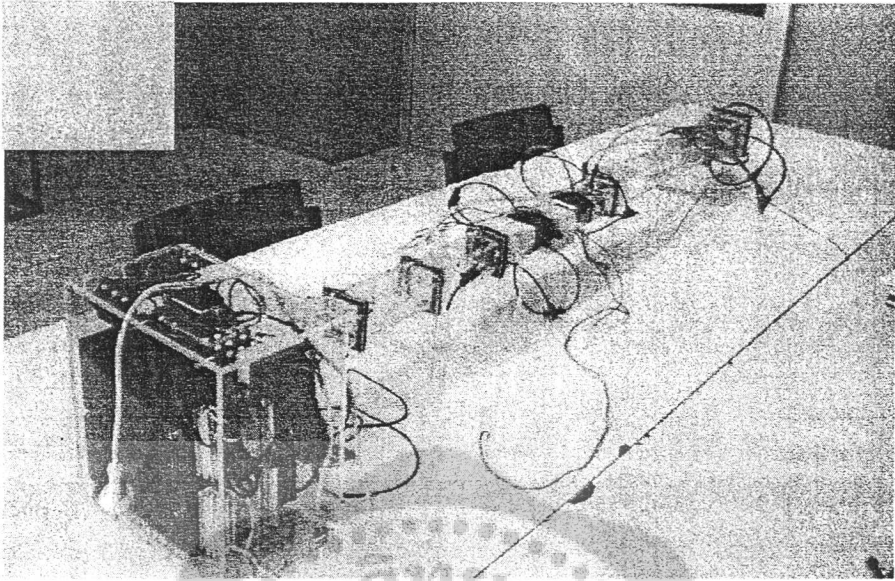
รูปที่ 2.1 แสดงไดอะแกรมของอุปกรณ์การทดลอง

ตาราง 2.1 เงื่อนไขที่ทำการทดลอง

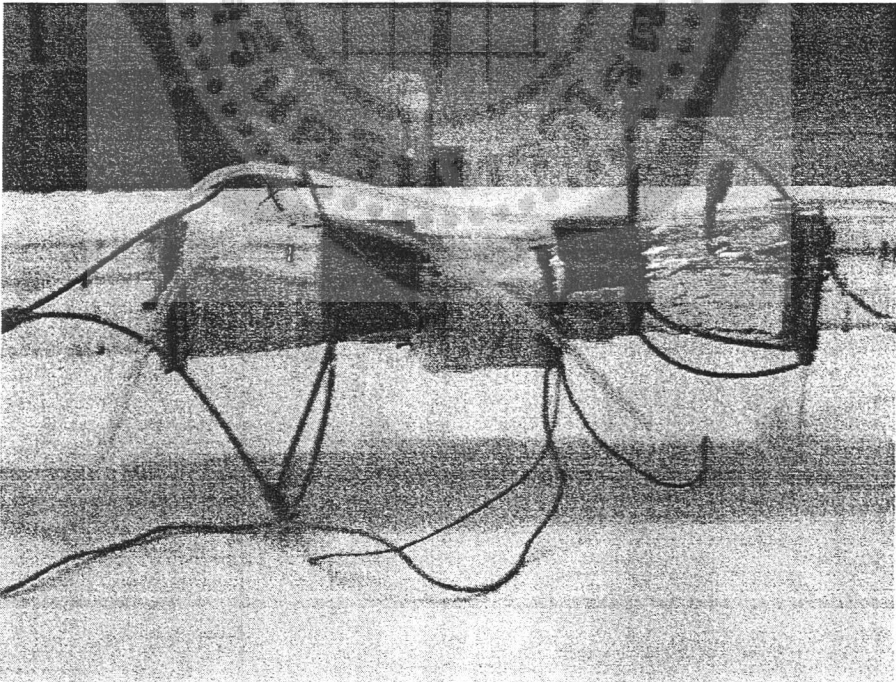
ตัวแปร	ช่วงที่ทดสอบ
อัตราการไหลของอากาศ, m ³ /s	20-25
ฟลักซ์ความร้อน, kW/m ²	45 – 60

ตาราง 2.3 Accuracy and uncertainty of measurements

เครื่องมือ	Accuracy	Uncertainty
Air rotameter (kg/s)	0.2%	± 0.10
Thermocouple type T, Data logger, (°C)	0.1%	± 0.10
Differential pressure transducer	0.02%	± 0.02



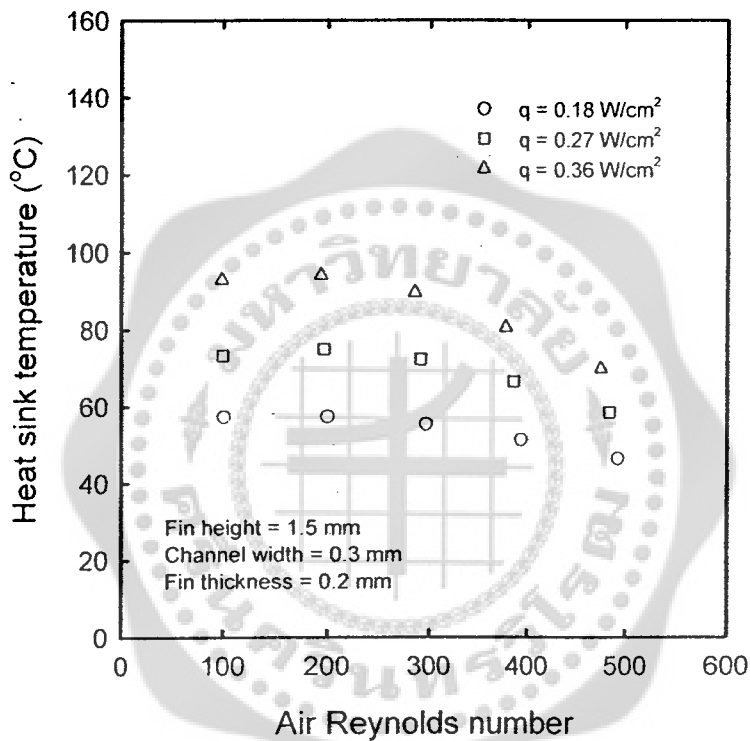
รูปที่ 2.2 แสดงระบบอุปกรณ์การทดลอง



รูปที่ 2.3 แสดงตำแหน่งในการติดตั้งท่อทดสอบ

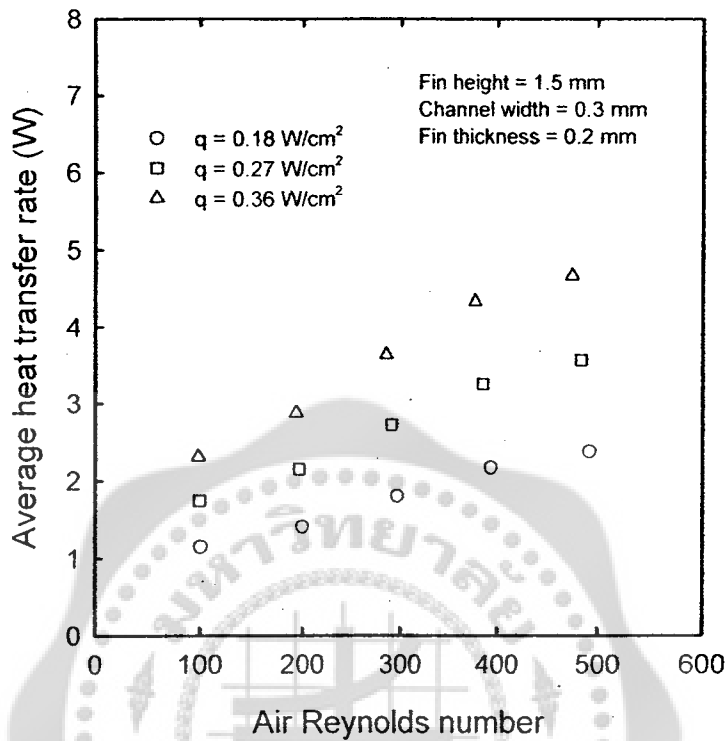
บทที่ 3

ผลและวิเคราะห์ผล



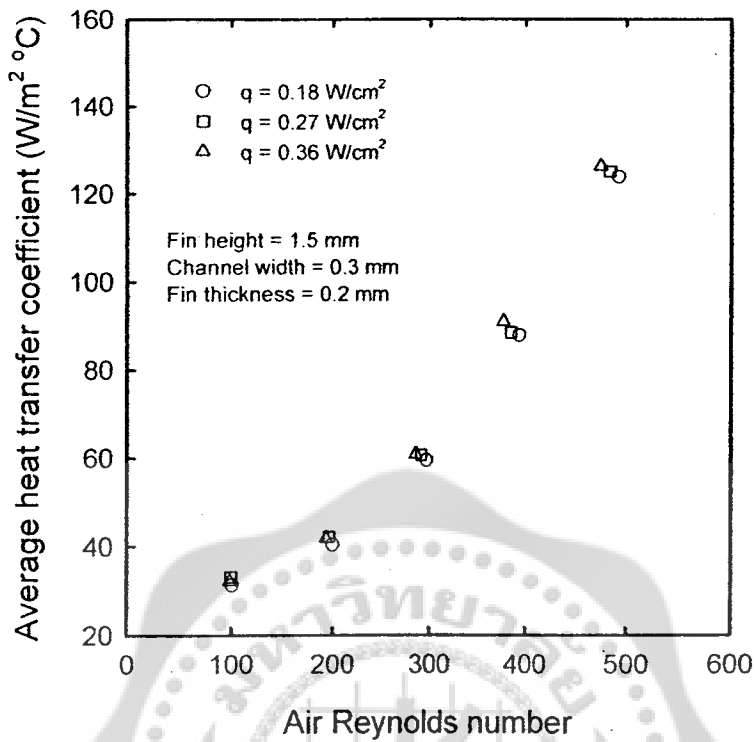
รูปที่ 3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของอากาศกับอุณหภูมิของชุดระบายความร้อน

รูปที่ 3.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ยของชุดระบายความร้อนกับอัตราการไหลของอากาศหล่อเย็นที่ฟลักซ์ความร้อนต่างๆ กัน จากรูปพบว่าเมื่อให้ฟลักซ์ความร้อนคงที่ อุณหภูมิเฉลี่ยของชุดระบายความร้อนมีแนวโน้มลดลง เมื่ออัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากว่าอัตราการระบายความร้อนจากชุดระบายความร้อนไปยังอากาศแปรผันตามอัตราการไหลของอากาศมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงทำให้ อุณหภูมิเฉลี่ยของชุดระบายความร้อนมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่ออัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้น และเมื่อให้อัตราการไหลของอากาศคงที่พบว่า อุณหภูมิของชุดระบายความร้อนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามฟลักซ์ความร้อนที่ให้กับระบบ ดังแสดงในรูป

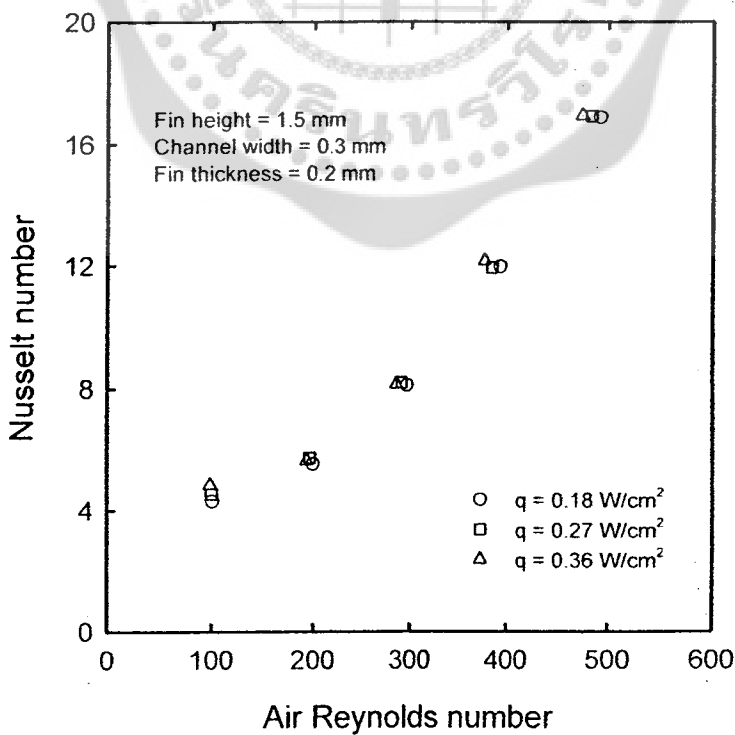


รูปที่ 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของอากาศกับอัตราการระบายความร้อน

รูปที่ 3.2 แสดงการแปรเปลี่ยนของอัตราการถ่ายเทความร้อนเฉลี่ยจากชุดระบายความร้อนไปยังอากาศกับอัตราการไหลของอากาศที่ฟลักซ์ความร้อนต่างๆ กัน จากรูปพบว่า อัตราการระบายความร้อนมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่ออัตราการไหลของอากาศเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนแปรผันตามอัตราการไหลของอากาศที่หล่อเย็น นอกจากนั้นยังพบว่าอัตราการระบายความร้อนไปยังอากาศยังแปรผันตามค่าฟลักซ์ความร้อนที่ให้กับชุดระบายความร้อน

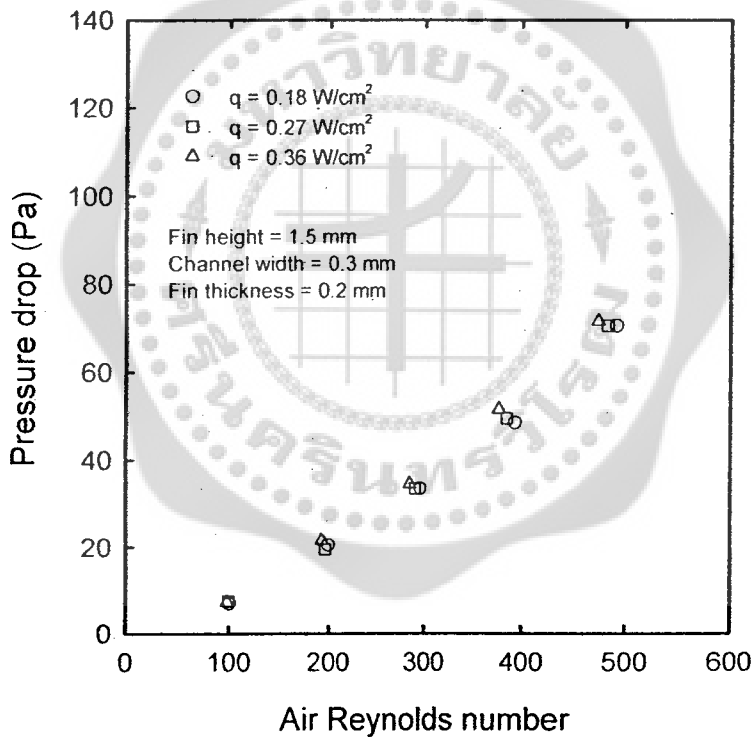


รูปที่ 3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของอากาศกับสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน



รูปที่ 3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของอากาศกับตัวเลขนัสเซล

รูปที่ 3.3 แสดงการแปรเปลี่ยนของค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเฉลี่ยกับอัตราการไหลของอากาศที่ฟลักซ์ความร้อนต่างๆ กัน จากรูปพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเฉลี่ยมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่ออัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ก็เนื่องจากว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนแปรตามอัตราการไหลของอากาศ (รูปที่ 3.2) และเมื่อให้อัตราการไหลของอากาศคงที่พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนมีแนวโน้มมีค่าสูงขึ้นเมื่อฟลักซ์ความร้อนที่ให้กับชุดระบายความร้อนเพิ่มมากขึ้น นอกจากนั้นค่าที่แสดงถึงความสามารถในการถ่ายเทความร้อนของชุดระบายความร้อนสามารถที่จะแสดงให้อยู่ในรูปของตัวเลขนัสเซล (Nusselt number) ดังแสดงรูปที่ 3.4 ซึ่งจากรูปพบว่าแนวโน้มของกราฟมีลักษณะเดียวกันกับแนวโน้มของค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (รูปที่ 3.3) และสามารถอธิบายรูปในลักษณะเดียวกันได้



รูปที่ 3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของอากาศกับความดันตก

รูปที่ 3.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันตกคร่อม (Pressure drop) กับอัตราการไหลของอากาศที่ฟลักซ์ความร้อนต่างๆ กัน จากรูปพบว่าความดันตกคร่อมมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการไหลของอากาศสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากว่าความดันตกคร่อมแปรตามอัตราการไหล ซึ่งสอดคล้องกับกรณีที่เป็นกรไหลในท่อ และเมื่ออัตราการไหลของอากาศคงที่พบว่าผลฟลักซ์ความร้อนมีผลต่อความดันตกคร่อมน้อยมาก ดังแสดงในรูป

บทที่ 4

สรุปและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุป

จากผลการทดลองพบว่าค่าสัมประสิทธิ์ในการถ่ายเทความร้อนเฉลี่ยของชุดระบายความร้อนที่มีช่องการไหลขนาดเล็ก มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการไหลของอากาศและค่าฟลักซ์ความร้อนที่ให้กับระบบมีค่าเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามความดันตกคร่อมก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วย สำหรับชุดอุปกรณ์ระบายความร้อนที่มีขนาดเล็กลงและช่องการไหลก็เล็กลงตามด้วย แต่ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนไม่ลดลง ซึ่งจะเหมาะสำหรับนำไปใช้ในการระบายความร้อนของเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ที่มีพื้นที่ติดตั้งน้อยๆ แต่มีปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นในระบบสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบคอมพิวเตอร์รุ่นใหม่ ๆ ในปัจจุบัน

4.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการถ่ายเทความร้อนในชุดระบายความร้อนที่มีช่องการไหลขนาดเล็กนั้น ยังมีบางประเด็นที่ยังไม่ได้ศึกษา เช่น ผลของคุณสมบัติของสารหล่อเย็นที่ใช้ในการทดลอง ว่าจะใช้เป็นของเหลว หรือของไหลนาโน คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการทำชุดระบายความร้อน ลักษณะของครีบบของชุดระบายความร้อน ซึ่งตัวแปรต่างๆ เหล่านี้สามารถที่ทำการศึกษาต่อไปในอนาคตได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] M. Vasudevaiah, K. Balamurugan, Heat transfr of rarefied gases in a corrugated microchannel, *International Journal of Thermal Science* 40 (2001) 454-468.
- [2] W. Qu, I. Mudawar, Flow boiling heat transfer in two-phase micro-channel heat sinks-II. Annular two-phase flow model, J. Koo, C. Kleinstreuer, Laminar nanofluid flow in microheat-sinks, *International Journal of Heat and Mass Transfer* 46 (2003) 2773-22784.
- [3] A. Barba, B. Musi, M. Spiga, Performance of a polymetric heat sink with circular microchannels, *Applied Thermal Engineering* xxx (2005) xxx-xxx.
- [4] W. Yang, J. Zhang, H. Cheng, The study of flow characteristics of curved microchannel, *Applied Thermal Engineering* 25 (2005) 1894-1907.
- [5] D.K. Kim, S.J. Kim, Averaging approach for microchannel heat sinks subject to the uniform wall temperature condition, *International Journal of Heat and Mass Transfer* xx (2006) xxx-xxx.
- [6] D.P. Kulkarni, D.K. Das, Analytical and numerical studies on microscale heat sinks for electronic applications, *Applied Thermal Engineering* 25 (2005) 2432-2449.
- [7] R. Chein, Y. Chen, Performances of thermoelectric cooler integrated with microchannel heat sinks, *International Journal of Refrigeration* 28 (2005) 828-839.
- [8] Y. Peles, A. Koser, C. Mishra, C.J. Kuo, B. Schneider, Forced convective heat transfer across a pin fin micro heat sink, *International Journal of Heat and Mass Transfer* 48 (2005) 3615-3627.
- [9] G. Gamrat, M.F. Marinnet, D. Asendrych, Conduction and entrance effects on laminar liquid flow heat transfer in rectangular microchannels, *International Journal of Heat and Mass Transfer* 48 (2005) 2943-2954.
- [10] J. Koo, C. Kleinstreuer, Laminar nanofluid flow in microheat-sinks, *International Journal of Heat and Mass Transfer* 48 (2005) 2652-2662.
- [11] J. Koo, C. Kleinstreuer, Analysis of surface roughness effects on heat transfer in micro-conduits, *International Journal of Heat and Mass Transfer* 48 (2005) 2625-2634.
- [12] G. Hetsroni, A.M.E. Pogrebnyak, L.P. Yarin, Heat transfer in micro-channels: Comparison of experiments with theory and numerical results, J. Koo, C.

Kleinstreuer, Laminar nanofluid flow in microheat-sinks, International Journal of Heat and Mass Transfer xxx (2005) xxx-xxx.

- [13] J. Yue, G. Chen, Q. Yuan, Pressure drops of single and two-phase flows through T-type microchannels mixtures, Chemical Engineering Journal 102 (2004) 11-24.
- [14] R. Chein, G. Huang, Analysis of microchannel heat sink performance using nanofluids, Applied Thermal Engineering 25 (2005) 3104-3114.
- [15] S. Shen, J.L. Xu, J.J. Zhou, Y. Chen, Flow and heat transfer in microchannels with rough wall surface, Energy Conversion and Management xxx (2005) xxx-xxx.
- [16] H.Y. Zhang, D. Pinjala, T.N. Wong, K.C. toh, Y.K. Joshi, Single-phase liquid cooled microchannel heat sink for electronic package, Applied Thermal Engineering 25 (2005) 1472-1487.



Curriculum Vitae



ชื่อ-สกุล

นายไพศาล นามผล

Mr. PAISARN NAPHON

สถานที่ติดต่อ:

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์,
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ถ. รังสิต-นครนายก, อ. องครักษ์, จ. นครนายก 26120

โทรศัพท์: 037-322625-35 ext 2065; Fax.: 037-322609

E-mail address paisarnn@swu.ac.th, paisarnnp@yahoo.com

ประวัติการศึกษา:

ระดับ	ชื่อผู้สมัคร	สาขา	มหาวิทยาลัย	ประเทศ	ปี
ปริญญาเอก	วศ.ด.	Mechanical Engineering	King Mongkut's University Technology	Thailand	2004
ปริญญาโท	วศ.ม.	Mechanical Engineering	King Mongkut's University Technology	Thailand	1998
ปริญญาตรี	วศ.บ.	Agricultural Engineering	Khonkean University	Thailand	1995

ประวัติการทำงานและการฝึกอบรม:

1999 to present

Lecturer, Srinakharinwirot University, THAILAND-Lecturer in the Department of Mechanical Engineering, teaching *Thermodynamics I, Thermodynamics II, Heat Transfer, Refrigeration, Power Plant Engineering* to undergraduate students, *Advance Numerical Analysis, Convective Heat Transfer, Advance Thermodynamics* to graduate students.

March 1999

Technology Promotion Institute, THAILAND –*Professional Boiler Inspector Training*

August 2005

Practical Energy Management Training Center, THAILAND,

Train the Trainer

สาขางานวิจัยที่เชี่ยวชาญ:

Applied Thermodynamics, Fluid Mechanics, Heat Exchanger, Enhancement of Heat Transfer

ภาระงานสอน

▪ ระดับปริญญาตรี

- Thermodynamics I
- Thermodynamics II
- Heat Transfer
- Refrigeration
- Power Plant Engineering

▪ ระดับบัณฑิตศึกษา

- Advance Numerical Analysis
- Convective Heat Transfer
- Advance Thermodynamics

งานวิจัยที่กำลังทำ:

เรื่อง	สถานะ
- Application of Ultrasonic Wave in the Extraction of Natural Products	หัวหน้าโครงการ
- Study on Optimization Temperature and Thermal Distribution of Read/Write Head Solder	หัวหน้าโครงการ
- Development of Cooling System of Harddisk Drive Tester	หัวหน้าโครงการ
- Thermal Stability Analysis of Read/Write Head Arms for Hard Disk Drive	หัวหน้าโครงการ
- Heat Transfer and Flow Characteristics in the Wavy Wall Corrugated Channel	หัวหน้าโครงการ
- Closed Loop Liquid Cooling System of the Micro-Channel Heat Sink	หัวหน้าโครงการ
- Heat Transfer Characteristics in the Micro-Pin Fin Heat Sinks	หัวหน้าโครงการ
- Heat Transfer and Flow Characteristics in the V-Corrugated Channel	หัวหน้าโครงการ
- Heat Transfer Characteristics of Nanofluid in the Micro-Channel Heat Sink	หัวหน้าโครงการ
- Enhancement of Thermal Performance Heat Pipe by using Nanofluids	หัวหน้าโครงการ
- Investigation on the Thermal Performance Enhancement of $\text{TiO}_2/\text{R-141b}$ Refrigerant of Heat Pipe	หัวหน้าโครงการ

ผลงานวิจัย:

International Journals:

S. Wongwises, P. Naphon, 1998, Heat-Mass Transfer and Flow Characteristics of Two-Phase Countercurrent Annular Flow in a Vertical Pipe, *International Communications in Heat Mass Transfer*, Vol. 25, pp. 819-829.

S. Wongwises, P. Naphon, 2000, Heat Transfer and Flow Characteristics in Vertical Annular Two-Phase Two-Component Flow, *Thammasat International Journal of Science and Technology*, Vol. 5, No.1, pp. 16-27.

S. Wongwises, W. Duangthongsuk, P. Naphon, 2002, Tube-Side Two-Phase Heat Transfer Coefficients of Refrigerant HFC-134a Flowing Through a Fin-and-Tube Evaporator, *International Communications Heat Mass Transfer*, Vol. 29, pp. 387-400.

P. Naphon, S. Wongwises, 2002, An Experimental Study on the In-Tube Heat Transfer Coefficients in a Spiral-Coil Heat Exchanger, *International Communications Heat Mass Transfer*, Vol. 29, pp. 797-809.

P. Naphon, S. Wongwises, 2003, Investigation of the Performance of a Spiral-Coil Finned Tube Heat Exchanger under Dehumidifying Conditions, *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, Vol. 76, pp. 71-79.

P. Naphon, B. Kongtragool, 2003, Theoretical Study on Heat Transfer Characteristics and Performance of the Flat-Plate Solar Air Heaters, *International Communications Heat Mass Transfer*, Vol. 30, pp. 1125-1136.

P. Naphon, 2005, Effect of Porous Media on the Performance of the Double-Pass Flat-Plate Solar Air Heater, *International Communications Heat Mass Transfer*, Vol. 32, pp. 140-150.

P. Naphon, S. Wongwises, 2005, Heat Transfer Coefficients of a Spirally Coiled Finned Tube Heat Exchanger, *International Communications Heat Mass Transfer*, Vol. 32, pp. 371-385.

- P. Naphon**, S. Wongwises, 2005, A study of the heat transfer Characteristics of a Compact Spiral Coil Heat Exchanger under Wet-Surface Conditions, *Experimental Thermal and Fluid Science*, Vol. 29, pp. 511-521.
- S. Wongwises, **P. Naphon**, 2005, Heat Transfer Characteristics and Performance of a Spirally Coiled Finned Tube Heat Exchanger under Dry-Surface Conditions, *Heat Transfer Engineering*, Vol. 27, No. 1, pp. 25-34.
- S. Wongwises, **P. Naphon**, 2005, Heat Transfer Characteristics and Performance of a Spirally Coiled Heat Exchanger under Sensible Cooling Conditions", *Japan Society of Mechanical Engineering (JSME) International Journal Series B*, Vol. 48, No. 4, pp. 810-819.
- P. Naphon**, 2005, On the Performance and Entropy Generation of the Double-Pass Solar Air Heater with Longitudinal Fins, *Renewable Energy*, Vol. 30, pp. 1345-1357.
- P. Naphon**, 2005, Study on the Heat Transfer Characteristics of an Evaporative Cooling Tower, *International Communications Heat Mass Transfer*, Vol. 32, pp. 1066-1074.
- P. Naphon**, 2006, Study on the Thermal Performance of the Annular Fin under Dry-Surface, Partially Wet-Surface, and Fully Wet-Surface Conditions, *International Communications Heat Mass Transfer*, Vol. 33, pp. 112-121.
- P. Naphon**, P. Sriornrui, 2006, Single-Phase Heat Transfer and Pressure Drop in the Micro-fin Tubes with Coiled Wire Insert, *International Communications Heat Mass Transfer*, Vol. 33, pp. 176-183.
- S. Laohalertdecha, **P. Naphon**, S. Wongwises, 2007, A Review of Electrohydrodynamic Enhancement of Heat Transfer, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 11, pp. 858-876.
- P. Naphon**, 2006, Heat Transfer and Pressure Drop in the Horizontal Double Pipes with and without Twisted Tape Insert, *International Communications Heat Mass Transfer*, Vol. 33, pp. 166-175.
- P. Naphon**, S. Wongwises, 2006, A Review of Heat Transfer and Flow Characteristics in Curved Tubes, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 10, pp. 463-490.
- S. Wongwises, **P. Naphon**, 2006, Thermal Performance of a Spirally Coiled Finned-Tube Heat Exchanger under Wet-Surface Conditions, *Journal of Mechanical Science and Technology*, Vol. 20, pp. 212-226.
- P. Naphon**, 2006, Effect of Coil-Wire Insert on Heat Transfer Enhancement and Pressure Drop of the Horizontal Concentric Tubes, *International Communications Heat Mass Transfer*, Vol. 33, pp. 753-763.
- P. Naphon**, M. Nuchjapo, J. Kurujareon, 2006, Heat Transfer Coefficient and Friction Factor of the Horizontal Double Tubes with Helical Ribs, *Energy Conversion & Management*, Vol. 47, pp. 3031-3044.
- P. Naphon**, 2006, Second Law Analysis on the Heat Transfer of the Horizontal Concentric Tube Heat Exchanger, *International Communication in Heat Mass Transfer*, Vol. 33 pp. 1029-1041.
- P. Naphon**, J. Suwagri, 2007, Effect of Curvature Ratios on the Developments of Heat Transfer and Flow in the Horizontal Spirally Coiled Tube, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol. 50, pp. 444-451.
- P. Naphon**, 2007, Laminar Convective Heat Transfer and Pressure Drop in the Corrugated Channel, *International Communication in Heat Mass Transfer*, Vol. xx, pp. xxx-xxx.
- P. Naphon**, 2007, Thermal Performance and Pressure Drop of the Helical-Coil Heat Exchangers with and without Helically Crimped Fins, *International Communication in Heat Mass Transfer*, Vol. xx, pp. xxx-xxx.
- P. Naphon**, 2007, Heat Transfer Characteristics and Pressure Drop in the Channel with V-Corrugated Upper and Lower Plates, *Energy Conversion and Management*, (in press)

P. Naphon, 2006, Analysis on the Exergy Loss of the Concentric Micro-fin Tube Heat Exchanger, *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, (submitted)

P. Naphon, 2007, Effect of Corrugated Plates in an In-line Arrangement on the Heat Transfer and Flow Developments, *Heat Transfer Engineering*, (in preparation)

International Conferences:

S. Wongwises, P. Naphon, 1998, Flow, Heat and Mass Transfer Characteristics of Two-Phase Countercurrent Annular Flow in a Vertical Pipe, *3rd International Conference on Multiphase Flow, ICMF98*, June 8-12, Lyon, France.

P. Naphon, S. Wongwises, 2003, Experimental and Theoretical Investigation of the Heat Transfer Characteristics and Performance of a Spiral-Coil Heat Exchanger under Dry-Surface Conditions, *2nd International Conference on Heat Transfer, Fluid Mechanics, and Thermodynamics (HEFAT)*, June 24-26, Victoria Falls, Zambia.

P. Naphon, S. Wongwises, 2004, On the Performance of a Spirally Coiled Finned Tube Heat Exchanger under Dry-Surface Conditions, *The 15th International Symposium on Transport Phenomena, ISTP-15*, May 9-13, Bangkok, Thailand.

P. Naphon, S. Tangnikorn, P. Asadamongkon, P. Sriromrui, 2005, Analysis of Heat Transfer Characteristics of the Annular Fin under Partially Wet Surface Conditions, *4th International Conference on Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics (HEFAT)*, 19-22 September 2005, Cairo, Egypt.

สิทธิบัตรที่ยื่นจดกับกรมทรัพย์สินทางปัญญา

“อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อขดเป็นวง” หมายเลขขอรับสิทธิบัตรเลขที่ 070592

“อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสปริง” หมายเลขขอรับสิทธิบัตรเลขที่ 071098

“อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อขดแบบสปริง” หมายเลขขอรับสิทธิบัตรเลขที่ XXXXX

“หม้อประหยัลดพลังงาน” หมายเลขขอรับสิทธิบัตรเลขที่ XXXXX

งานวิจัยที่อ้างอิง (Citations)

S.V. Paras, E.I.P. Drosos, A.J. Karabelas, F. Chopard, Counter-current gas-liquid flow through channels with corrugated walls visual observations of liquid distribution and flooding, *World Conference on Experimental Heat Transfer, Fluid Mechanics & Thermodynamics*, Thessaloniki, Greece, September 24-28, 2001.

M. Feddaoui, A. Mir, E. Belahmidi, Cocurrent turbulent mixed convection heat and mass transfer in falling film of water inside a vertical heated tube, *International Journal of Heat and Mass Transfer* 46 (2003) 3497-3509.

Y. Murai, H. Oiwa, T. Sasaki, K. Kondou, S. Yoshikawa, F. Yamamoto, Backlight imaging tomography for gas-liquid two-phase flow in a helically coiled tube, *Measurement Science & Technology* 16 (2005) 1459-1468.

I. Zahmatkesh, M. Yaghoubi, Studies on thermal performance of electrical heaters by using porous materials, *International Communications in Heat and Mass Transfer* 33 (2006) 259-267.

Y. Murai, S. Yoshikawa, S.I. Toda, M.A. Ishikawa, F. Yamamoto, Structure of air-water two-phase flow in helically coiled tubes, *Nuclear Engineering and Design* 236 (2006) 94-106.

S. Eiamsa-ard, C. Thianpong P. Promvonge, Experimental investigation of heat transfer and flow friction in a circular tube fitted with regularly spaced twisted tape elements, *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 33 (2006) 1225-1233.

M. Hosoz, H.M. Ertunc, H. Bulgurcu, Performance prediction of a cooling tower using artificial neural network, *Energy Conversion and Management* xx (2006) xxx-xxx.

S.W. Wang, S.K. Tyagi, Atul Sharma S.C. Kaushik, Application of solar collectors to control the visible plume from wet cooling towers of a commercial building in Hong Kong: A case study, *Applied Thermal Engineering*, xx (2006) xxx-xxx.

S. Eiamsa-ard, P. Promvonge, Heat transfer characteristics in a tube fitted with helical screw-tape with/without core-rod inserts, *International Communications in Heat and Mass Transfer*, xx (2006) xxx-xxx.

J.K. Tonui, Y. Tripanagnostopoulos, Improved PV/T solar collectors with heat extraction by forced or natural air circulation, *Renewable Energy* 32 (2007) 623-637.

