บทที่ 6

ผลการทดลอง และ อภิปรายผลการทดลอง

ในบทนี้ จะแสดงขั้นตอนที่จะนำข้อมูลที่วัดได้มาจากการทดลองมาทำการคำนวณ ออกมาเป็นค่าการถ่ายเทความร้อน และ อภิปรายผลการทดลอง เทียบกับ การทดลองที่เกี่ยวกับฮีทไปป์อื่นๆ

6.1 ผลการทดลอง

เมื่อทำการคำนวณ ของทั้งหมดทุก ชุดการทดลอง และนำค่ามาเปรียบเทียบกับค่าการถ่ายเทความร้อน และ Heat Flux ในทางทฤษฎี ซึ่งได้แสดงวิธีการคำนวณ ในภาค ผนวก นำผลทั้งสองมาเปรียบเทียบที่มุมเอียงต่างๆ ได้ผลดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 6.1 แสดงผลการคำนวณของ ฮีทไปป์ที่มีวิกแบบไมโครกรูฟกรูฟ มุมเอียง 3 องศา

Temp.	q(W) in theory	q(W) in experiment	Q(kW/m^2) in theory	Q(kW/m^2) in experiment	% different
60.8	5.37	6.38	108.50	128.00	118.82
65.3	5.28	5.80	106.62	117.28	110.00
68.9	5.23	4.13	105.65	83.49	79.03
74.9	5.10	3.39	103.10	68.43	66.37
79.4	4.98	2.79	100.56	56.32	56.00

ตารางที่ 6.2 แสดงผลการคำนวณของฮีทไปป์ที่มีวิกแบบไมโครกรูฟกรูฟ มุมเอียง 5 องศา

Temp.	q(W) in theory	q(W) in experiment	Q(kW/m2) in theory	Q(kW/m2) in experiment	% different
60.8	0.50	2.22	10.08	44.90	445.26
65.3	0.25	2.01	4.98	40.64	815.97
68.9	0.07	1.70	1.51	34.41	2280.08
74.9	-0.30	1.67	-6.10	33.68	-552.16
79.4	-0.60	1.69	-12.14	34.12	-280.99

ตารางที่ 6.3 แสดงผลการคำนวณของฮีทไปป์ที่มีวิกแบบไมโครกรูฟกรูฟ มุมเอียง 7 องศา

Temp.	q(W) in theory	q(W) in experiment	Q(kW/m2) in theory	Q(kW/m2) in experiment	% different
60.8	-4.34	1.60	-87.68	32.37	-36.92
65.3	-4.74	1.61	-95.70	32.44	-33.89
68.9	-5.06	1.60	-102.34	32.34	-31.60
74.9	-5.64	1.60	-113.90	32.30	-28.36
79.4	-6.15	1.59	-124.36	32.08	-25.80

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.4 แสดงผลการคำนวณของฮีทไปป์ที่มีวิกแบบลวดตาข่าย มุมเอียง 3 องศา

Temp.	q(W) in theory	q(W) in experiment	Q(kW/m2) in theory	Q(kW/m2) in experiment	% different
60.5	108.01	47.50	2182.49	959.86	43.98
65.2	109.57	48.87	2213.95	987.49	44.60
69.8	111.34	49.00	2249.69	990.11	44.01
74.2	113.30	49.67	2289.33	1003.65	43.84
78.8	115.68	51.30	2337.58	1036.59	44.34

ตารางที่ 6.5 แสดงผลการคำนวณของฮีทไปป์ที่มีวิกแบบลวดตาข่าย มุมเอียง 5 องศา

Temp.	q(W) in theory	q(W) in experiment	Q(kW/m2) in theory	Q(kW/m2) in experiment	% different
60.5	103.15	44.99	2084.37	909.09	43.61
65.1	104.53	45.38	2112.17	916.97	43.41
69.9	106.21	46.69	2146.02	943.44	43.96
74.2	107.95	46.99	2181.38	949.50	43.53
78.8	110.14	49.12	2225.46	992.54	44.60

ตารางที่ 6.6 แสดงผลการคำนวณของฮีทไปป์ที่มีวิกแบบลวดตาข่าย มุมเอียง 7 องศา

Temp.	q(W) in theory	q(W) in experiment	Q(kW/m2) in theory	Q(kW/m2) in experiment	% different
60.4	98.29	44.55	1986.17	900.20	45.32
65.1	99.55	44.79	2011.55	905.05	44.99
69.9	101.06	44.57	2041.98	900.52	44.10
74.2	102.64	45.88	2073.89	927.07	44.70
79.0	104.71	47.79	2115.71	965.66	45.64

ตารางที่ 6.7 แสดงผลการคำนวณของฮีทไปป์ที่มีวิกแบบไมโครกรูฟกรูฟใส่ลวดตาข่าย มุมเอียง 3 องศา

Temp.	q(W) in theory	q(W) in experiment	Q(kW/m2) in theory	Q(kW/m2) in experiment	% different
62.3	132.01	30.50	2667.36	616.30	23.11
64.9	133.00	32.85	2687.47	663.76	24.70
69.1	134.79	33.11	2723.64	669.03	24.56
77.8	139.44	34.99	2817.54	707.02	25.09
78.1	139.62	35.91	2821.31	725.61	25.72

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

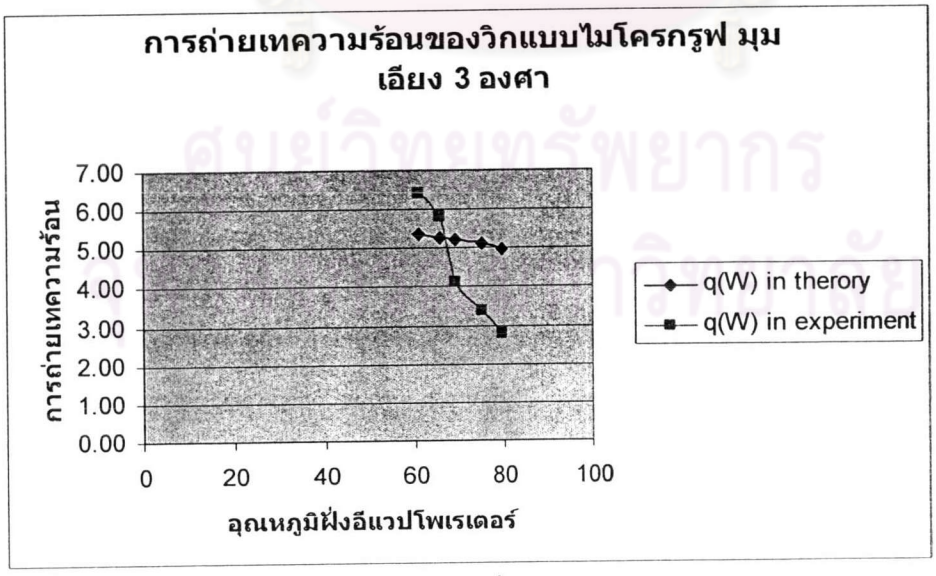
ตารางที่ 6.8 แสดงผลการคำนวณของฮีทไปป์ที่มีวิกแบบไมโครกรูฟกรูฟใส่ลวดตาข่าย มุมเอียง 5 องศา

Temp.	q(W) in theory	q(W) in experiment	Q(kW/m2) in theory	Q(kW/m2) in experiment	% different
62.0	122.09	28.67	2467.05	579.32	23.48
63.9	123.24	31.01	2490.26	626.60	25.16
69.1	124.51	31.94	2515.83	645.30	25.65
74.7	126.89	32.22	2564.02	651.05	25.39
80.9	130.65	33.55	2639.96	677.93	25.68

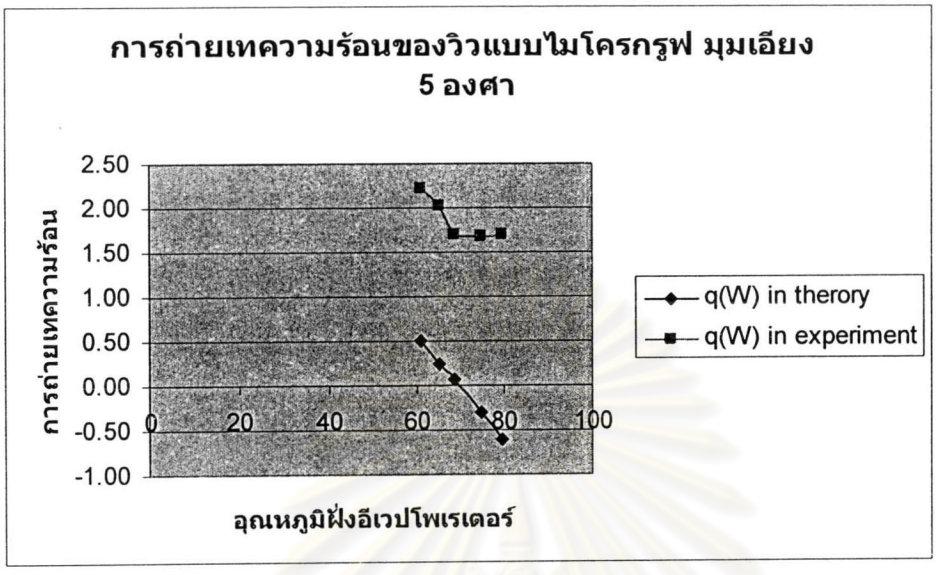
ตารางที่ 6.9 แสดงผลการคำนวณของฮีทไปป์ที่มีวิกแบบไมโครกรูฟกรูฟใส่ลวดตาข่าย มุมเอียง 7 องศา

Temp.	q(W) in theory	q(W) in experiment	Q(kW/m2) in theory	Q(kW/m2) in experiment	% different
62.0	112.33	27.55	2269.82	556.69	24.53
65.3	113.17	29.91	2286.70	604.37	26.43
70.1	114.58	30.11	2315.34	608.42	26.28
74.9	116.54	30.99	2354.80	626.20	26.59
80.2	118.57	32.14	2395.87	649.43	27.11

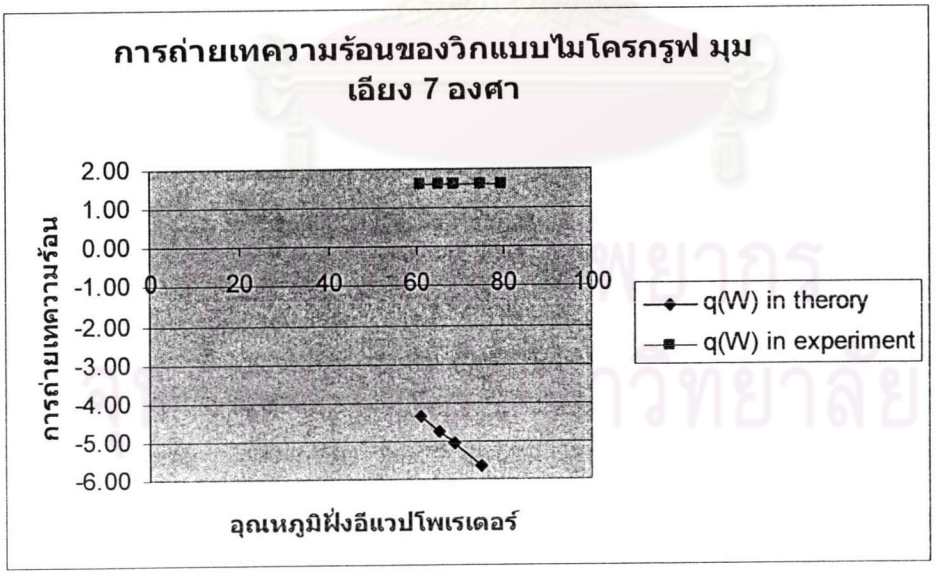
จากตารางที่ 6.1 ถึงตารางที่ 6.9 สามารถนำมาพล็อตกราฟได้ดังต่อไปนี้



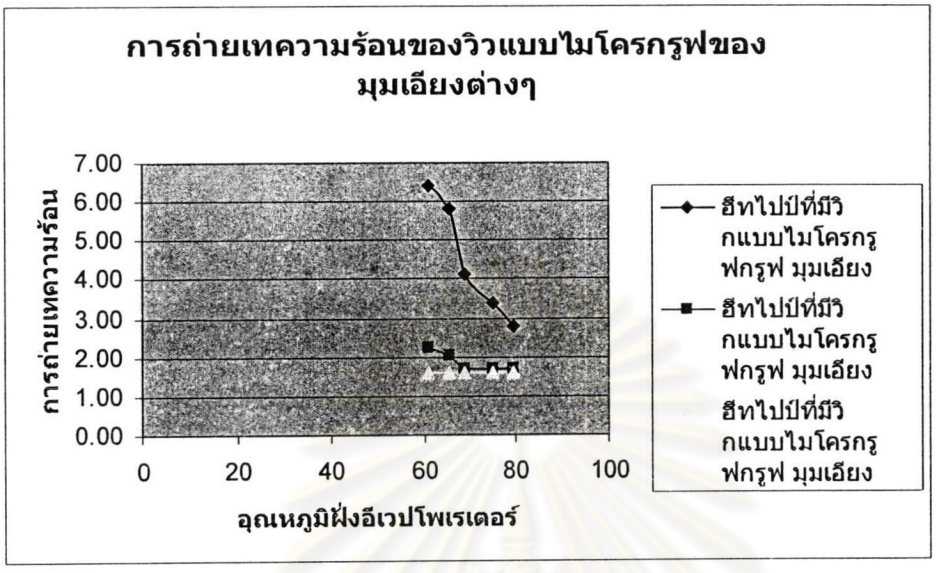
กราฟที่ 6.1 แสดงผลการคำนวณของ ฮีทไปป์ที่มีวิกแบบไมโครกรูฟกรูฟ มุมเอียง 3 องศา



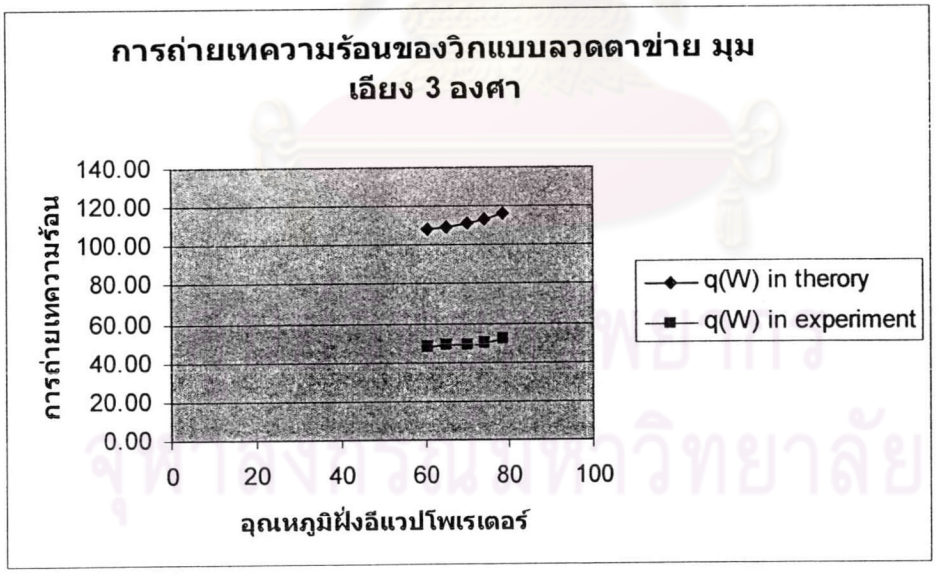
กราฟที่ 6.2 แสดงผลการคำนวณของฮีทไปป์ที่มีวิกแบบไมโครกรูฟกรูฟ มุมเอียง 5 องศา



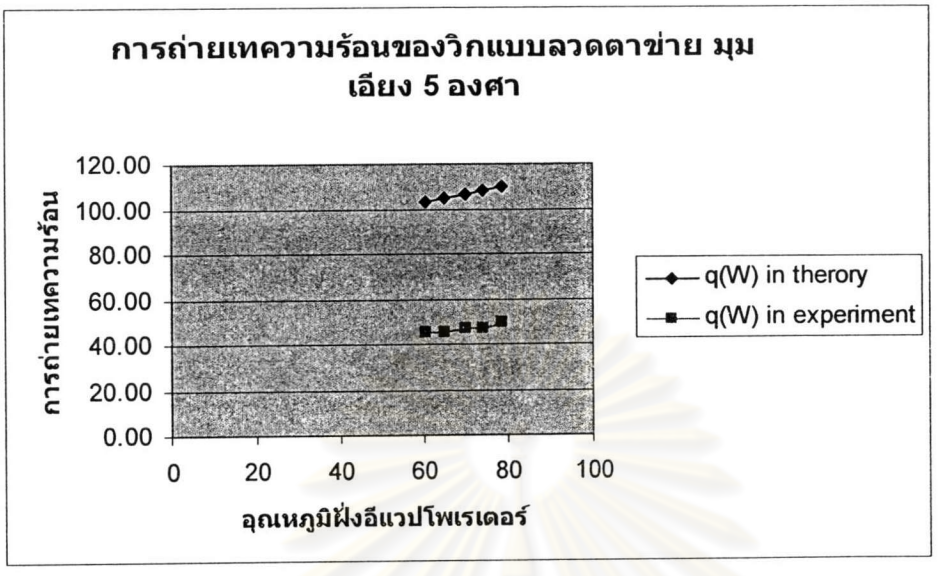
กราฟที่ 6.3 แสดงผลการคำนวณของฮีทไปป์ที่มีวิกแบบไมโครกรูฟกรูฟ มุมเอียง 7 องศา



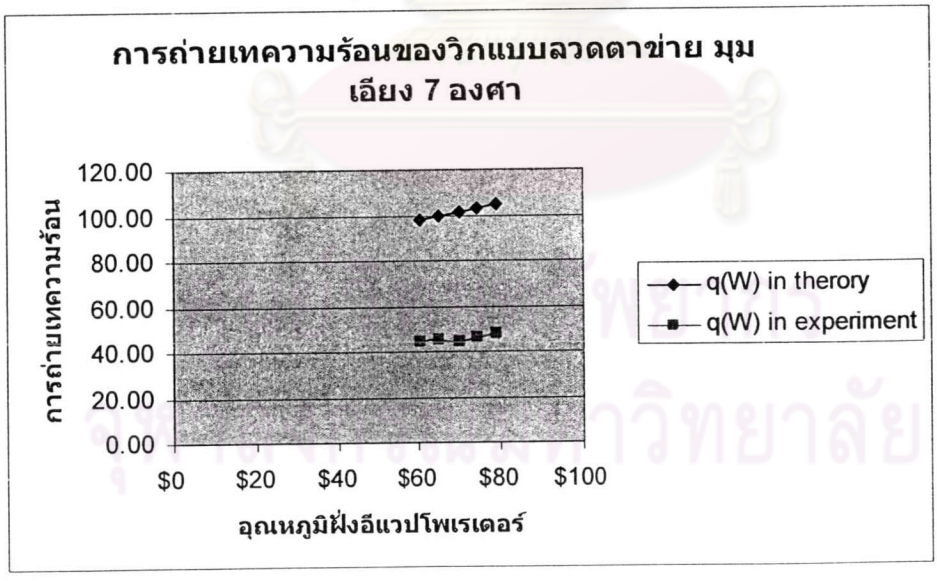
กราฟที่ 6.4 แสดงผลการถ่ายเทความร้อนของฮีทไปป์ที่มีวิกแบบไมโครกรูฟของมุมเอียงต่างๆ



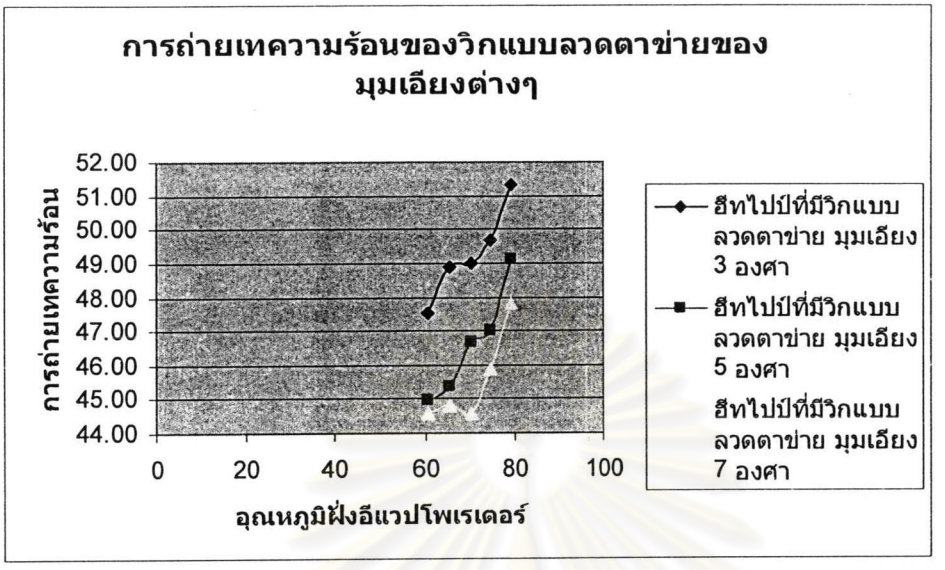
กราฟที่ 6.5 แสดงผลการคำนวณของฮีทไปป์ที่มีวิกแบบลวดตาข่าย มุมเอียง 3 องศา



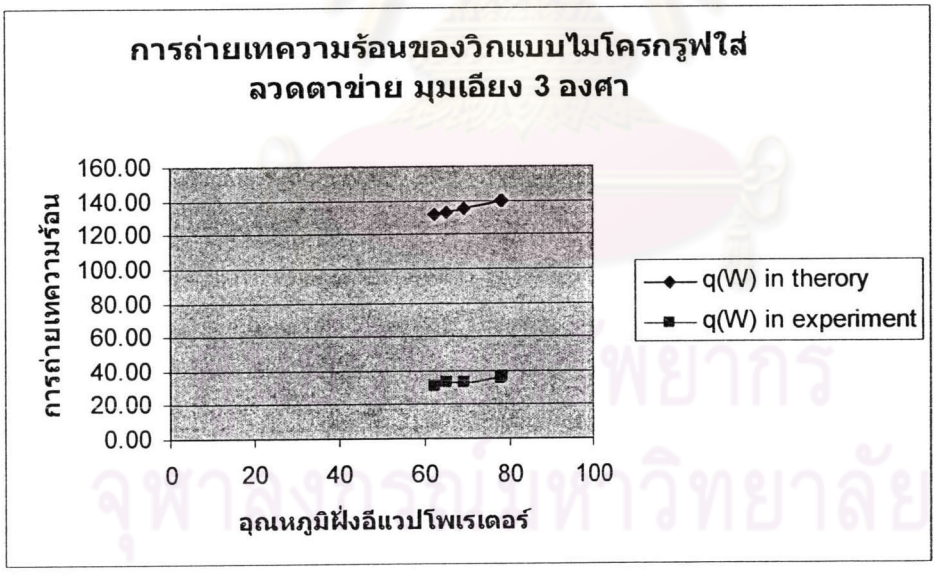
กราฟที่ 6.6 แสดงผลการคำนวณของฮีทไปป์ที่มีวิกแบบลวดตาข่าย มุมเอียง 5 องศา



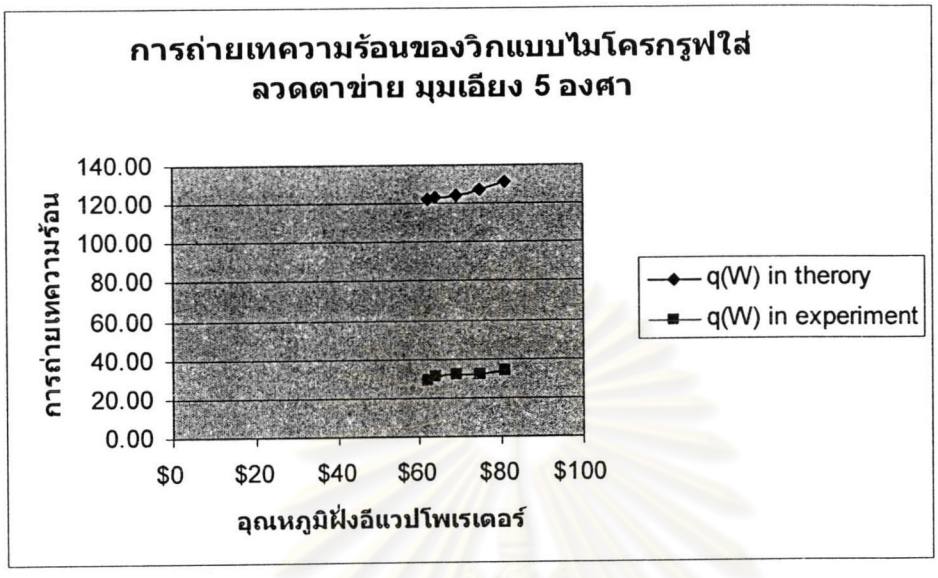
กราฟที่ 6.7 แสดงผลการคำนวณของฮีทไปป์ที่มีวิกแบบลวดตาข่าย มุมเอียง 7 องศา



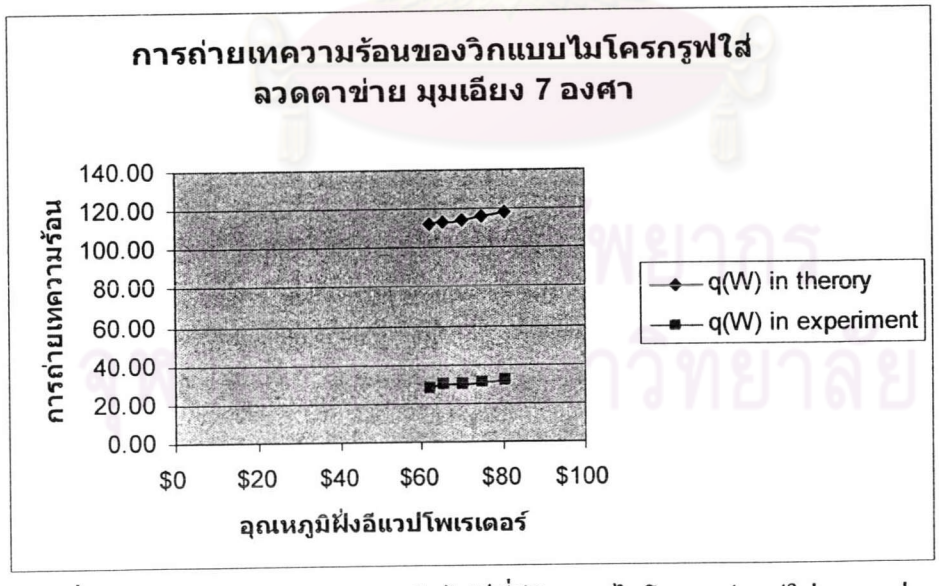
กราฟที่ 6.8 แสดงผลการถ่ายเทความร้อนของฮีทไปป์ที่มีวิกแบบลวดตาข่ายของมุมเอียงต่างๆ



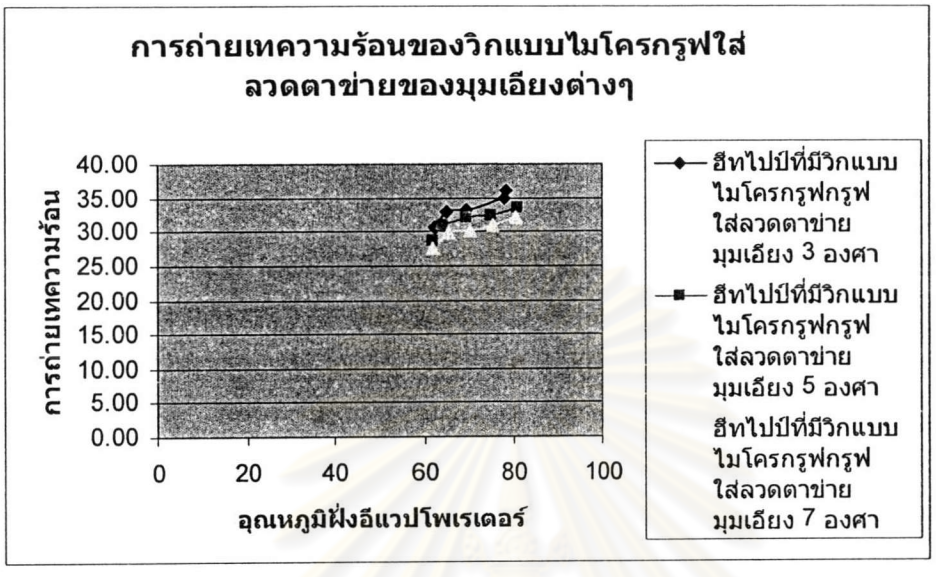
กราฟที่ 6.9 แสดงผลการคำนวณของฮีทไปป์ที่มีวิกแบบไมโครกรูฟกรูฟใส่ลวดตาข่าย มุมเอียง 3 องศา



กราฟที่ 6.10 แสดงผลการคำนวณของฮีทไปป์ที่มีวิกแบบไมโครกรูฟกรูฟใส่ลวดตาข่าย มุมเอียง 5 องศา



กราฟที่ 6.11 แสดงผลการคำนวณของฮีทไปป์ที่มีวิกแบบไมโครกรูฟกรูฟใส่ลวดตาข่าย มุมเอียง 7 องศา



กราฟที่ 6.12 แสดงผลการถ่ายเทความร้อนของฮีทไปป์ที่มีวิกแบบไมโครกรูฟใส่ลวดตาข่ายของมุมเอียงต่างๆ

6.2 อภิปรายผลการทดลอง

จากผลการทดลอง เมื่อนำมาคำนวณ เป็น ค่าการถ่ายเทความร้อน และ Heat Flux ซึ่งเมื่อดูจากตารางสรุปในหัวข้อที่แล้ว สามารถอภิปราย ได้ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

- จากกราฟที่ 6.1 – 6.3 ชุดทดลองที่มีวิกแบบไมโครกรูฟ นั้น สามารถถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่าทฤษฎี เล็กน้อย อาจเนื่องมาจากการกำหนดค่า พารามิเตอร์ ต่างๆ ไม่ถูกต้อง เช่น ร่องของกรูฟ อาจมีรูปร่างต่างจากสูตรที่คำนวณมาก เนื่องจาก เราสมมุติให้ร่องกรูฟ มีลักษณะเป็นร่องสี่เหลี่ยม แต่ความจริงร่องของท่อนั้น มีลักษณะเกือบๆจะสี่เหลี่ยม แล้วปลายมุ้มแหลม มีผลทำให้เกิดค่าการถ่ายเทความร้อนไม่ตรงกับทางทฤษฎี อย่างไรก็ดี การออกแบบฮีทไปป์ที่ใช้วิกแบบกรูฟนั้น สามารถประยุกต์ใช้กับ งานที่ต้องการถ่ายเทความร้อนในแนวด้านแรงโน้มถ่วง ในปริมาณการถ่ายเทความร้อนไม่มากนักได้
- จากกราฟที่ 6.1 – 6.3 เห็นได้ชัดว่า ช่วงที่ทางทฤษฎี ไม่สามารถถ่ายเทความร้อนได้ แต่ ในการทดลอง สามารถถ่ายเทความร้อน ได้เล็กน้อย ในอัตราการถ่ายเทความร้อนข้อนข้างคงที่ ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจาก การนำความร้อนของตัวท่อเอง
- จากกราฟที่ 6.4 – 6.6 ชุดทดลองที่มีวิกเป็นแบบ ลวดตาข่ายนั้น ถึงแม้ว่าความสามารถการถ่ายเทความร้อนที่เกินขึ้นจริงจะ มีค่าน้อยกว่าตามทฤษฎีอยู่มาก ในการหาค่าการถ่ายเทความร้อนในทาง

ทฤษฎีนั้น มีค่าคงที่มากมายซึ่งไม่มีผู้ใด สามารถ กำหนดค่าที่ถูกต้องได้ ค่าที่ได้เป็นค่าที่ประมาณจากสมมุติฐาน เช่น ค่า ϵ , $f_l \mathrm{Re}_l$ และ ค่าคงที่ k ต่างๆ เป็นต้น อีกทั้งลวดตาข่ายอาจไม่สัมผัสกับผนังท่อตลอดความยาว แต่ก็ยังมีค่าการถ่ายเทความร้อนมากกว่าท่อความร้อนที่ใช้ วิกแบบไมโครกรูฟ หลายเท่า การเลือกค่าคงที่ต่างๆที่ตรงกับการใช้งานจริงมากยิ่งขึ้น จะสามารถทำนายอัตราการถ่ายเทความร้อนได้แม่นยำยิ่งขึ้น

- จากกราฟที่ 6.7 – 6.9 ชุดทดลองที่ที่มีวิกแบบไมโครกรูฟใส่ลวดตาข่าย สามารถถ่ายเทความร้อนได้มากกว่าแบบที่ใช้ วิกแบบกรูฟเพียงอย่างเดียวก็จริง แต่ ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนน้อยกว่าแบบที่ใช้วิกแบบลวดตาข่ายอย่างเดียว ทั้งนี้ ผลของการถ่ายเทความร้อนน่าจะมีเหตุผลประการเดียวกับชุดทดสอบแบบลวดตาข่ายอย่างเดียว รวมกับ สำหรับชุดการทดลองนี้ การถ่ายเทความร้อนที่ได้สูงขึ้น เป็นผลมาจาก การที่ของไหลทำงานซึมอยู่ที่ลวดตาข่าย ช่วยส่งผลให้ กรูฟเป็นร่องปิด จะทำให้มีแรงคาปิลารี่สูงขึ้น แต่ความเป็นจริง ของไหลทำงานอาจซึมลวดตาข่ายไม่เต็ม จึงไม่สามารถทำให้กรูฟ ทำงานเป็นแบบร่องปิดได้ การถ่ายเทความร้อนจึงไม่มากนัก ซึ่ง การผลิตท่อความร้อนชนิดนี้นั้น ต้นทุนสูงกว่า ด้วย ดังนั้น ควรเลือกใช้ท่อความร้อนที่มีวิกแบบไมโครกรูฟ หรือ แบบลวดตาข่าย จะดีกว่า
- ชุดทดสอบแต่ละชุด มีส่วน ที่เป็นส่วน แอเดียแบติกอยู่ช่วงความยาวหนึ่ง เพื่อที่ว่า การใช้งานจริงช่วงที่ต้องการถ่ายเทความร้อน หรือนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่นั้น จะมีการใช้ระยะทางช่วงหนึ่ง การลดระยะช่วงแอเดียแบติก จะทำให้ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนดีขึ้น
- ในการทดสอบ ผู้ทดสอบพยายาม ลดความสูญเสีย ในช่วงแดเดียแบติก โดยใส่ฉนวนฝอยๆใส่เข้าไป ถ้าหากหาวิธีที่จะลดความสูญเสียที่จุดนี้ได้มากขึ้น จะส่งผลให้ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนดีขึ้น
- เมื่อทำการเทียบผลการทดลองทั้งสามชุด สามารถ สรุปได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 6.10 เปรียบเทียบผลการทดลองต่างๆ

ผู้ทดสอบ	วัสดุทำท่อ	วิก	ของไหลทำงาน	ความยาว	การถ่ายเทความร้อนสูงสุด	Heat Flux สูงสุด
ณิวัฒนา อัศวารักษ์	ทองแดง	ไมโครกรูฟ	เมทานอล	19 ม.ม.	6.38 W	128 kW/m^2
ณิวัฒนา อัศวารักษ์	ทองแดง	ลวดตาข่าย	เมทานอล	19 ม.ม.	51.3 W	1036.59 kW/m^2
ณิวัฒนา อัศวารักษ์	ทองแดง	ไมโครกรูฟและลวดตาข่าย	เมทานอล	19 ม.ม.	35.91 W	725.61 kW/m^2

- เมื่อทำการเปรียบเทียบผลการวิจัยฉบับนี้ กับผลการวิจัยอื่นๆ พบว่า ค่าการถ่ายเทความร้อน น้อยกว่า เพราะ ขนาดของท่อฮีทไปป์ที่ทำการทดลอง มีขนาดเล็กกว่ามาก แต่เมื่อ เทียบ เป็น Heat Flux แล้ว จะพบว่า ค่าHeat Flux ที่ได้มีค่ามาก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย