สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	4
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 เทอร์โมอิเล็กทริก	5
2.1.1 ปรากฏการณ์ซีเบค	5
2.1.2 ปรากฏการณ์เพลทีเยอร์	6
2.1.3 ปรากฏการณ์ทอมสัน	7
2.1.4 วัสดุเทอร์โมอิเล็กทริก	9
2.2 ท่อความร้อน	11
2.1.1 ท่อความร้อน	11
2.2.2 หลักการทำงานของท่อความร้อน	12
2.2.3 สารทำความเย็น	13
2.2.4 ข้อพิจารณาพื้นฐานในการออกแบบท่อความร้อน	16
2.2.5 การประยุกต์ใช้งานท่อความร้อน	18
2.2.6 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	19
2.3 การถ่ายเทความร้อน	19
2.3.1 สภาวะสม่ำเสมอและไม่สม่ำเสมอ	21
2.3.2 การนำความร้อน	21
2.3.3 การพาความร้อน	23
2.3.4 การแผ่รังสี	25

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย 26

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย 26

3.3 ขั้นตอนการทดลอง 28

3.3.1 การออกแบบลักษณะของฮีทไปป์ 28

3.3.2 ทดสอบความสามารถในการระบายความร้อนของฮีทไปป์ 30

3.3.3 วัดกำลังไฟฟ้าที่ได้เมื่อใช้เตาเป็นแหล่งความร้อน 31

บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 การทดสอบการระบายความร้อนของฮีทไปป์ที่วางตัวในแนวดิ่งและในแนวระดับ 32

4.1.1 ฮีทไปป์แนวระดับ 34

4.1.2 ฮีทไปป์แนวดิ่ง 36

4.1.3 การทดสอบกำลังไฟฟ้าที่ได้จากเทอร์โมอิเล็กทริก 37

4.1.4 แบบจำลองอธิบายการระบายความร้อนของฮีทไปป์ 39

4.1.5 ระบบระบายความร้อนโดยใช้ฮีทไปป์และฮีทซิงค์ 42

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย 48

เอกสารอ้างอิง

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 กำลังไฟฟ้าที่ได้จากการเปลี่ยนความร้อนเหลือทิ้งจากเตาหุ้มต้มเป็นไฟฟ้าโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกโมดูลและแหล่งระบายความร้อนต่างๆ	2
2.1 สารบรรจุทำงานที่ใช้กันและช่วงอุณหภูมิที่ใช้งาน	17
2.2 ตัวอย่างสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (K)	22
3.1 ตารางแสดงคุณสมบัติของเทอร์โมอิเล็กทริกรุ่น TEP1-21456-2.4	27
4.1 ค่าที่วัดได้จากระบบระบายความร้อนโดยใช้ฮีทไปป์	40
4.2 ค่าที่วัดได้จากระบบระบายความร้อนโดยใช้ฮีทไปป์	42
4.3 ค่าที่วัดได้จากระบบระบายความร้อนโดยใช้ฮีทไปป์กับระบบระบายความร้อนโดยใช้ฮีทซิงค์	47

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
1 แผนภาพแสดงกระบวนการเปลี่ยนความร้อนเป็นไฟฟ้าของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล	2
2 กระบวนการจัดเก็บข้อมูลแบบอัตโนมัติของระบบผลิตกำลังไฟฟ้าจากเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล	4
2.1 Thomas Johann Seebeck	5
2.2 ความต่างศักย์ซีเบคและการไหลของกระแสไฟฟ้า	5
2.3 Jean Charles Athanase Peltier	7
2.4 William Thomson (Lord Kelvin)	8
2.5 วงจรเทอร์โมไดนามิกส์ของปรากฏการณ์ทอมสัน (H.J. Goldsmid, 1960)	8
2.6 ส่วนประกอบของเทอร์โมอิเล็กทริกโมดูล	9
2.7 เทอร์โมอิเล็กทริก (a) ขณะทำความเย็น (b) ขณะทำความร้อน	10
2.8 เทอร์โมอิเล็กทริกขณะผลิตไฟฟ้า	11
2.9 โครงสร้าภายในของฮีทไปป์	12
2.10 เปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนในแบบต่างๆ	20
2.11 รูปแบบการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นโดยการนำความร้อน การพาความร้อนและการแผ่รังสี	20
2.12 การนำความร้อนแบบมิติเดียวผ่านผนังราบชั้นดียว	23
2.13 ลักษณะของการพาความ	24
2.14 ลักษณะของการแผ่รังสี	25
3.1 เทอร์โมอิเล็กทริกรุ่น TEP1-21456-2.4	26
3.2 ฮีทไปป์	27
3.3 แผ่นทองแดงและแผ่นอลูมิเนียม	27
3.4 EAD MILL	28
3.5 NI 9201 และ NI 9211	28
3.6 ภาพไอโซเมตริกแสดงลักษณะของฐานทั้งสองด้านของชุดระบายความร้อน	29
3.7 แสดงการกัดชิ้นงานอลูมิเนียมและทองแดง	29
3.8 แสดงลักษณะชิ้นงานอลูมิเนียมและทองแดงเมื่อทำการกัดเสร็จ	30
3.9 แสดงลักษณะของชุดระบายความร้อนเมื่อประกบเข้าด้วยกัน	30

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.1 ฐานของชุดระบายความร้อนโดยใช้อลูมิเนียม	32
4.2 ฐานของชุดระบายความร้อนโดยใช้ทองแดง	32
4.3 ระบบระบายความร้อนโดยใช้ฮีทไปป์	33
4.4 ภาพถ่ายจากกล้องถ่ายภาพความร้อน (IR camera , FLIR)	33
4.5 อุณหภูมิด้านเย็น (T_c) และความต่างอุณหภูมิ (ΔT) เมื่ออุณหภูมิด้านร้อน (T_H) เท่ากับ 200 ˚C	35
4.6 อุณหภูมิด้านเย็น (T_c) และความต่างอุณหภูมิ (ΔT) เมื่ออุณหภูมิด้านร้อน (T_H) เท่ากับ 250 ˚C	35
4.7 อุณหภูมิด้านเย็น (T_c) และความต่างอุณหภูมิ (ΔT) เมื่ออุณหภูมิด้านร้อน (T_H) เท่ากับ 300 ˚C	35
4.8 อุณหภูมิด้านเย็น (T_c) และความต่างอุณหภูมิ (ΔT) เมื่ออุณหภูมิด้านร้อน (T_H) เท่ากับ 200 ˚C	36
4.9 อุณหภูมิด้านเย็น (T_c) และความต่างอุณหภูมิ (ΔT) เมื่ออุณหภูมิด้านร้อน (T_H) เท่ากับ 250 ˚C	36
4.10 อุณหภูมิด้านเย็น (T_c) และความต่างอุณหภูมิ (ΔT) เมื่ออุณหภูมิด้านร้อน (T_H) เท่ากับ 300 ˚C	36
4.11 ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนสำหรับการถ่ายโอนจากพื้นผิวที่ระดับต่างๆ	37
4.12 ความต่างอุณหภูมิ (ΔT) เมื่ออุณหภูมิด้านร้อน (T_H) เท่ากับ 150 ˚C , 200 ˚C และ 230 ˚C	38
4.13 กำลังไฟฟ้า (Power) เมื่ออุณหภูมิด้านร้อน (T_H) เท่ากับ 150 ˚C , 200 ˚C และ 230 ˚C	38
4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของความร้อนและกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเทอร์โมอิเล็กทริก	39
4.15 เปรียบเทียบระหว่างอัตราการไหลของความร้อนกับความต้านทานแบบอนุกรมของระบบไฟฟ้า	41
4.16 แสดงลักษณะของฮีทซิงค์	42
4.17 ระบบระบายความร้อนโดยใช้ฮีทไปป์และฮีทซิงค์	43
4.18 ความต่างอุณหภูมิ (ΔT) เมื่ออุณหภูมิด้านร้อน (T_H) เท่ากับ 150 ˚C	43
4.19 ความต่างอุณหภูมิ (ΔT) เมื่ออุณหภูมิด้านร้อน (T_H) เท่ากับ 200 ˚C	44
4.20 ความต่างอุณหภูมิ (ΔT) เมื่ออุณหภูมิด้านร้อน (T_H) เท่ากับ 230 ˚C	44
4.21 กำลังไฟฟ้า (Power) เมื่ออุณหภูมิด้านร้อน (T_H) เท่ากับ 230 ˚C	45
4.22 กำลังไฟฟ้า (Power) เมื่ออุณหภูมิด้านร้อน (T_H) เท่ากับ 230 ˚C	45
4.23 กำลังไฟฟ้า (Power) เมื่ออุณหภูมิด้านร้อน (T_H) เท่ากับ 230 ˚C	46
4.24 กำลังไฟฟ้า (Power) เมื่ออุณหภูมิด้านร้อน (T_H) เท่ากับ 230 ˚C	46