สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
2. วัตถุประสงค์การวิจัย	3
3. คำถามการวิจัย / สมมติฐานการวิจัย	4
4. กรอบแนวคิดการวิจัย	4
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง / ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	**6**
1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	6
2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	15
บทที่ 3 ระเบียบวิธีการวิจัย	**18**
1. การสร้างโมเดลจำลองระบบไมโครเวฟร่วมกับระบบพาความร้อนภายในคาวิตี้ท่อนำคลื่นแบบสี่เหลี่ยมโหมดทีอี 10 ด้วยมือและซอฟท์แวร์คอมพิวเตอร์	18
2. ขั้นตอนการสร้างเครื่องต้นแบบ	20
3. การวิเคราะห์ข้อมูล	24
4. การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จำลองพฤติกรรมภายในเครื่องต้นแบบ	25
5. ขั้นตอนการคำนวณระเบียบวิธีเชิงตัวเลขด้วยโปรแกรม	26
บทที่ 4 ผลการวิจัย	**29**
1. การทดลองการทำความร้อนด้วยไมโครเวฟ	29

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2. การทดลองการทำความร้อนด้วยระบบพาความร้อนที่ผิว	31
3. การทดลองการทำความร้อนด้วยไมโครเวฟร่วมกับระบบพาความร้อน	33
4. การเปรียบเทียบการทำความร้อนด้วยไมโครเวฟร่วมกับระบบพาความร้อน และการทำความร้อนด้วยไมโครเวฟเพียงอย่างเดียว	34
5. การวิเคราะห์การทำความร้อนด้วยไมโครเวฟร่วมกับระบบพาความร้อน จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	35
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	42
1. สรุปผลการวิจัย	42
2. อภิปรายผล	43
3. ข้อเสนอแนะ	43
บรรณานุกรม	44
ภาคผนวก	46
ประวัติผู้วิจัย	47

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

1 สมบัติทางกายภาพของวัสดุไดอิเล็กตริกสำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 27

2 สมบัติแม่เหล็กไฟฟ้า สมบัติทางความร้อน และสภาวะการทำความร้อน 28

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่

1-1 โครงสร้างพื้นฐานเครื่องต้นแบบสำหรับระบบไมโครเวฟร่วมกับระบบพาความร้อนภายในคาวิตี้ท่อนำคลื่นแบบสี่เหลี่ยมโหมดทีอี 10 ที่ออกแบบขึ้น 5

2-1 องค์ประกอบพื้นฐานของระบบทำความร้อนด้วยไมโครเวฟ 6

2-2 ระบบทำความร้อนโดยใช้แอพพลิเคเตอร์ลักษณะเรโซแนนซ์โหมดเดียว 7

2-3 การประยุกต์ใช้แอพพลิเคเตอร์แบบมัลติโหมด 8

2-4 การแบ่งกริดของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (grid system configuration) 15

3-1 ตัวอย่างการกำหนดขนาดมาตรฐานท่อนำคลื่น ในการสร้างเครื่องต้นแบบ 18

3-2 โมเดลจำลองในการสร้างเครื่องต้นแบบ แบบแยกชิ้นส่วน 19

3-3 โมเดลจำลองในการสร้างเครื่องต้นแบบ 19

3-4 โมเดลจำลอง ระบบทั้งหมด 20

3-5 รูปชิ้นงานสำหรับประกอบท่อนำคลื่นไมโครเวฟ 21

3-6 ท่อนำคลื่นไมโครเวฟที่ประกอบเสร็จ พร้อมติดตั้งแมกนีตรอน 21

3-7 ระบบทำความร้อนด้วยไมโครเวฟที่สมบูรณ์ 22

3-8 อุปกรณ์ติดตั้งระบบการพาความร้อนที่ผิววัสดุในท่อนำคลื่น 22

3-9 อุปกรณ์เชื่อมต่อลมร้อนไปยังท่อนำคลื่นไมโครเวฟ 23

3-10 เครื่องต้นแบบสำหรับกระบวนการถ่ายเทความร้อนและมวลสารในวัสดุไดอิเล็กตริกโดยใช้พลังงานไมโครเวฟร่วมกับระบบพาความร้อนภายใต้คาวิตี้ท่อนำคลื่นแบบสี่เหลี่ยมโหมดทีอี 10 23

3-11 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิด้วยอินฟราเรดเทอร์โมมิเตอร์ 25

3-12 โดเมนทางฟิสิกส์ 26

3-13 ขั้นตอนการวิเคราะห์ระเบียบวิธีเชิงตัวเลข 27

3-14 ขนาดวัสดุไดอิเล็กตริกในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 28

4-1 อินฟราเรดเทอร์โมมิเตอร์ ของ EXTECH โมเดล 42515 29

4-2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ เมื่อเวลาเปลี่ยนไปภายใต้การทำความร้อนด้วยไมโครเวฟ 30

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่

4-3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งความลึกต่างๆ 30
ภายใต้การทำความร้อนด้วยไมโครเวฟ ที่เวลา 30 และ 60 วินาที
4-4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ เมื่อเวลาเปลี่ยนไป 31
ภายใต้การทำความร้อนด้วยการพาความร้อนที่ผิว
4-5 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งความลึกต่างๆ 32
ภายใต้การทำความร้อนด้วยการพาความร้อนที่ผิว ที่เวลา 30 และ 60 วินาที
4-6 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ เมื่อเวลาเปลี่ยนไป 32
ภายใต้การทำความร้อนด้วยไมโครเวฟร่วมกับการพาความร้อนที่ผิว
4-7 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งความลึกต่างๆ ภายใต้การทำความร้อน 33
ด้วยไมโครเวฟร่วมกับการพาความร้อนที่ผิว ที่เวลา 30 และ 60 วินาที
4-8 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งความลึกต่างๆ 34
ภายใต้การทำความร้อนทั้ง 3 เงื่อนไข ที่เวลา 30 และ 60 วินาที
4-9 การกระจายตัวของสนามไฟฟ้าในกรณีวัสดุสมบัติเชิงขั้วสูง 35
4-10 การกระจายตัวของอุณหภูมิ ($^{\circ}$C) ในกรณีวัสดุสมบัติเชิงขั้วสูง 36
กรณีวัสดุไม่มีการพาความร้อนที่ผิวหน้า ที่เวลา 60 วินาที
4-11 การกระจายตัวของสนามไฟฟ้าในกรณีวัสดุสมบัติเชิงขั้วต่ำ 36
4-12 การกระจายตัวของอุณหภูมิ ($^{\circ}$C) ในกรณีวัสดุสมบัติเชิงขั้วต่ำ 36
กรณีวัสดุไม่มีการพาความร้อนที่ผิวหน้า ที่เวลา 60 วินาที
4-13 การกระจายอุณหภูมิ ($^{\circ}$C) ในกรณีของวัสดุไดอิเล็กตริกสมบัติเชิงขั้วสูง 37
กรณีใช้พลังงานไมโครเวฟอย่างเดียว ที่เวลาการทำความร้อน 300 วินาที
4-14 การกระจายอุณหภูมิ ($^{\circ}$C) ในกรณีของวัสดุไดอิเล็กตริกสมบัติเชิงขั้วสูง 38
กรณีใช้พลังงานไมโครเวฟ ร่วมกับการพาความร้อนด้วยลมร้อนที่ผิวด้านบน
ที่เวลาการทำความร้อน 300 วินาที
4-15 การกระจายอุณหภูมิ ($^{\circ}$C) ในกรณีของวัสดุไดอิเล็กตริกสมบัติเชิงขั้วสูง 38
กรณีใช้พลังงานไมโครเวฟ ร่วมกับการพาความร้อนด้วยลมร้อนที่ผิวด้านล่าง
ที่เวลาการทำความร้อน 300 วินาที

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่

4-16 การกระจายอุณหภูมิ (°C) ในกรณีของวัสดุไดอิเล็กตริกสมบัติเชิงขั้วสูง กรณีใช้พลังงานไมโครเวฟ ร่วมกับการพาความร้อนด้วยลมร้อนที่ผิวด้านบนและล่าง ที่เวลาการทำความร้อน 300 วินาที 38

4-17 การกระจายอุณหภูมิ (°C) ในกรณีของวัสดุไดอิเล็กตริกสมบัติเชิงขั้วต่ำ กรณีใช้พลังงานไมโครเวฟอย่างเดียว ที่เวลาการทำความร้อน 300 วินาที 39

4-18 การกระจายอุณหภูมิ (°C) ในกรณีของวัสดุไดอิเล็กตริกสมบัติเชิงขั้วต่ำ กรณีใช้พลังงานไมโครเวฟ ร่วมกับการพาความร้อนด้วยลมร้อนที่ผิวด้านบน ที่เวลาการทำความร้อน 300 วินาที 39

4-19 การกระจายอุณหภูมิ (°C) ในกรณีของวัสดุไดอิเล็กตริกสมบัติเชิงขั้วต่ำ กรณีใช้พลังงานไมโครเวฟ ร่วมกับการพาความร้อนด้วยลมร้อนที่ผิวด้านล่าง ที่เวลาการทำความร้อน 300 วินาที 39

4-20 การกระจายอุณหภูมิ (°C) ในกรณีของวัสดุไดอิเล็กตริกสมบัติเชิงขั้วต่ำ กรณีใช้พลังงานไมโครเวฟ ร่วมกับการพาความร้อนด้วยลมร้อนที่ผิวด้านบนและล่าง ที่เวลาการทำความร้อน 300 วินาที 40

4-21 การกระจายอุณหภูมิ (°C) ในกรณีของวัสดุไดอิเล็กตริกสมบัติเชิงขั้วสูง กรณีใช้พลังงานไมโครเวฟ ร่วมกับการพาความร้อนด้วยลมร้อนที่ผิวด้านบนและล่าง ที่เวลาการทำความร้อน 600 วินาที 40

4-22 การกระจายอุณหภูมิ (°C) ในกรณีของวัสดุไดอิเล็กตริกสมบัติเชิงขั้วต่ำ กรณีใช้พลังงานไมโครเวฟ ร่วมกับการพาความร้อนด้วยลมร้อนที่ผิวด้านบนและล่าง ที่เวลาการทำความร้อน 600 วินาที 41