

บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การทำความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟจะอาศัยคุณสมบัติของการดูดกลืนพลังงานจากคลื่นไมโครเวฟภายในวัสดุหรือโหลด ในทางวิศวกรรมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเรียกว่าวัสดุที่นำมาผ่านกระบวนการนี้ว่าวัสดุไดอิเล็กตริก (Dielectric Materials) ซึ่งวัสดุไดอิเล็กตริกหมายถึงวัสดุที่โครงสร้างพื้นฐานทางจุลภาคที่มีลักษณะเป็นขั้วทางไฟฟ้า (Dipoles) เช่นโมเลกุลของน้ำเป็นต้น ซึ่งอันตรกิริยา (Interaction) ระหว่างวัสดุที่มีขั้วทางไฟฟ้าและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีการสลับเฟสไปมาในวัสดุหลายล้านครั้งต่อวินาที ทำให้เกิดความร้อนขึ้น (Internal Heat Generation) ในวัสดุ ซึ่งตัวอย่างที่สามารถพบได้ในชีวิตประจำวันได้แก่ การอุ่นอาหารโดยใช้ไมโครเวฟ ที่อาหารมีการดูดซับพลังงานจากไมโครเวฟโดยโมเลกุลของน้ำ โมเลกุลของน้ำเหล่านี้จะมีการสั่นและเคลื่อนไหวสลับไปมาหลายล้านครั้ง (ตามความถี่ไมโครเวฟที่ใช้) ทำให้เกิดการเสียดสีกันจนก่อให้เกิดความร้อนขึ้นมาในอาหารที่นำมาผ่านกระบวนการ

เป็นที่ทราบกันดีว่ากระบวนการทำความร้อน (Heating) และกระบวนการถ่ายเทความร้อนและมวลสาร (Heat and Mass Transfer) เช่นกระบวนการอบแห้ง มีความสำคัญมากในยุคอุตสาหกรรม การใช้พลังงานไมโครเวฟเป็นกระบวนการหนึ่งที่สามารถแก้ไขปัญหาในกระบวนการผลิตได้ โดยจะมีหลักการที่แตกต่างจากการให้ความร้อนโดยใช้วิธีธรรมดาทั่วไป (Convective Method) ที่อาศัยกลไกการถ่ายเทความร้อนที่สำคัญคือ การนำความร้อน และการพาความร้อน ซึ่งในการทำความร้อนด้วยไมโครเวฟ ความร้อนที่เกิดขึ้นเกิดจากการเปลี่ยนรูปพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Energy) เป็นพลังงานจลน์ของโมเลกุลภายในวัสดุที่นำมาผ่านกระบวนการดังที่กล่าวมาข้างต้น ดังนั้นความร้อนที่เกิดขึ้นจะเกิดขึ้นภายในวัสดุ ส่งผลให้เกิดการขับเคลื่อนของของไหลภายในวัสดุออกสู่ภายนอก ทำให้วัสดุที่ผ่านกระบวนการสามารถถ่ายเทความร้อนและความชื้นได้อย่างรวดเร็ว ปัจจุบันจึงมีความคิดที่จะประยุกต์ระบบไมโครเวฟเข้ากับกระบวนการอื่นๆ ในอุตสาหกรรม เพื่อทำให้กระบวนการผลิตที่ดีขึ้น อย่างไรก็ตามที่ผ่านมามีกระบวนการอบแห้งด้วยไมโครเวฟยังไม่เป็นที่สนใจมากนัก เป็นเพราะเทคโนโลยีที่มีความซับซ้อนและยังไม่มีงานวิจัยที่รองรับมากนัก

เป็นที่ทราบกันดีว่ารูปแบบของแอฟพลีเคเตอร์ในระบบไมโครเวฟเชิงพาณิชย์เกือบทั้งหมดเป็นชนิดมัลติโหมด (Multimode Applicators) ซึ่งมีการกระจายตัวของคลื่นและพลังงานภายในภาชนะเมื่อทำการใส่วัสดุทำความร้อนอยู่ภายในค่อนข้างจะซับซ้อน ส่งผลให้ไม่สามารถทำนายพฤติกรรมทางความร้อนภายในวัสดุได้ถูกต้องแม่นยำ และอาจทำให้เกิดความเสียหายต่อวัสดุเนื่องจากวัสดุเกิดการจุดเย็น (Cold Spot) ที่ทำให้วัสดุ ณ ตำแหน่งนั้นไม่เกิดความร้อน และจุดร้อน (Hot Spot) ที่ทำให้วัสดุ ณ ตำแหน่งนั้นไหม้ โดยที่ไม่สามารถระบุตำแหน่งดังกล่าวภายในวัสดุได้อย่างชัดเจน ดังนั้น การศึกษาข้อมูลเชิงพื้นฐานเพื่อลดความซับซ้อนของพฤติกรรมทางความร้อนที่เกิดจากคลื่นแบบมัลติโหมดด้วยการใช้แอฟพลีเคเตอร์แบบโหมดเดียวจึงเป็นสิ่งจำเป็น

โครงการนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาเครื่องต้นแบบสำหรับศึกษาพฤติกรรมที่เกิดขึ้นภายในกระบวนการถ่ายเทความร้อนและมวลสารในวัสดุไดอิเล็กตริกโดยใช้พลังงานไมโครเวฟร่วมกับระบบพาความร้อนภายในภาชนะที่ทนาคคลื่นแบบสี่เหลี่ยมมีลักษณะของคลื่นไมโครเวฟที่เกิดขึ้นเป็นแบบโหมดเดี่ยวชนิด TE₁₀ ส่งผลให้เกิดความเข้าใจกลไกและพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนและมวลสารที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทำความร้อนด้วยไมโครเวฟ และกระบวนการทำความร้อนด้วยไมโครเวฟร่วมกับการพาความร้อนได้อย่างลึกซึ้งยิ่งขึ้น

สำหรับข้อได้เปรียบของระบบที่ประดิษฐ์มานี้เมื่อเทียบกับระบบการให้ความร้อนแบบธรรมดาทั่วไป (Conventional Heating) และกระบวนการให้ความร้อนแบบไมโครเวฟมัลติโหมด (Multimode Microwave Heating) ก็คือ

1. เนื่องจากคลื่นไมโครเวฟสามารถส่งผ่านทะลุเข้าไปในวัสดุที่นำมาผ่านกระบวนการ ส่งผลให้ความร้อนที่เกิดขึ้นจากภายในวัสดุ ทำให้กลไกการถ่ายเทความร้อนในวัสดุแตกต่างจากระบบการนำความร้อนและพาความร้อนอันนำไปสู่การไล่ความชื้นออกจากวัสดุได้อย่างรวดเร็ว

2. เวลาที่ใช้ในกระบวนการเมื่อเทียบกับกระบวนการให้ความร้อนแบบธรรมดามีระยะเวลาสั้นกว่า คือประมาณ หนึ่งในสิบของกระบวนการให้ความร้อนโดยวิธีธรรมดาทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวัสดุขึ้นหนา

3. มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูง กล่าวคือประมาณ 60 – 70 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ใช้กระบวนการให้ความร้อนแบบวิธีธรรมดามีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูง แค่ประมาณ 20 - 30 เปอร์เซ็นต์

4. เนื่องจากไม่มีการปล่อยควันไอเสียออกมาในระหว่างกระบวนการ ทำให้ไม่มีปัญหาเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม

5. เนื่องจากในกระบวนการมีชิ้นส่วนทำงานที่มีลักษณะเคลื่อนไหวมีน้อย ทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง

6. เนื่องจากในกระบวนการมีชิ้นส่วนประกอบที่มีขนาดเล็ก ทำให้ใช้พื้นที่ในการติดตั้งน้อย

7. ผลงานประดิษฐ์นี้จะเน้นการใช้วัสดุที่มีอยู่ภายในประเทศและใช้งบประมาณในการสร้างที่ไม่สูงเกินไป แต่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

8. เนื่องจากเกิดคลื่นแบบโหนดเดียว ส่งผลให้เกิดความเข้าใจกลไกและพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนและมวลสารที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทำความร้อนด้วยไมโครเวฟ และกระบวนการทำความร้อนด้วยไมโครเวฟร่วมกับการพาความร้อนได้อย่างลึกซึ้งยิ่งขึ้น เมื่อเทียบกับคลื่นมัลติโหมด

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. ได้องค์ความรู้ในกระบวนการถ่ายเทความร้อนและมวลสารของวัสดุไดอิเล็กตริกภายใต้พลังงานไมโครเวฟร่วมกับการพาความร้อน

2. สามารถทำความเข้าใจในปรากฏการณ์การถ่ายเทความร้อนและมวลในวัสดุขณะมีการเปลี่ยนสถานะภายใต้พลังงานไมโครเวฟในระดับจุลภาค ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่สำคัญในงานทางวิศวกรรม และสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้งานในทางปฏิบัติหลายสาขา

3. เป็นประโยชน์อย่างสูงในการนำไปพัฒนาการเรียนการสอนทั้งในระดับปริญญาตรี โท และเอกต่อไปในอนาคต

4. สร้างองค์ความรู้ใหม่ที่เป็นพื้นฐานต่อการพัฒนาประเทศ และเพื่อขยายผลงานวิจัยของกลุ่มนักวิจัยไทยให้ครอบคลุมถึงสาขาอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาประเทศและเพื่อเสริมสร้าง

สมรรถนะขีดความสามารถในการแข่งขัน และสร้างเทคโนโลยีเป็นของตัวเองในอนาคตยกระดับงานวิจัยไทยทางด้านเทคโนโลยีไมโครเวฟ ให้เข้าสู่มาตรฐานสากล

3. คำถามการวิจัย / สมมติฐานการวิจัย

โครงการวิจัยนี้เป็นโครงการวิจัยที่พัฒนาเครื่องมือต้นแบบเพื่อศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนและมวลสารภายในวัสดุไดอิเล็กตริกโดยใช้พลังงานไมโครเวฟแบบโหมดเดียว อันนำไปสู่องค์ความรู้พื้นฐานในการออกแบบและพัฒนากระบวนการทำความร้อนด้วยพลังงานไมโครเวฟ การเข้าใจถึงพฤติกรรมทางความร้อนที่เกิดขึ้น และนำข้อมูลไปศึกษาต่อเพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ทำนายปรากฏการณ์ รวมถึงเพื่อนำไปสู่การออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งในเชิงพาณิชย์ต่อไป โดยเริ่มจาก

1. การศึกษาภาพรวมของระบบไมโครเวฟ จัดเตรียมแผนงานสำหรับการออกแบบระบบสำหรับทำให้คลื่นไมโครเวฟในควาวิตีเป็นแบบโหมดเดียวในเบื้องต้น

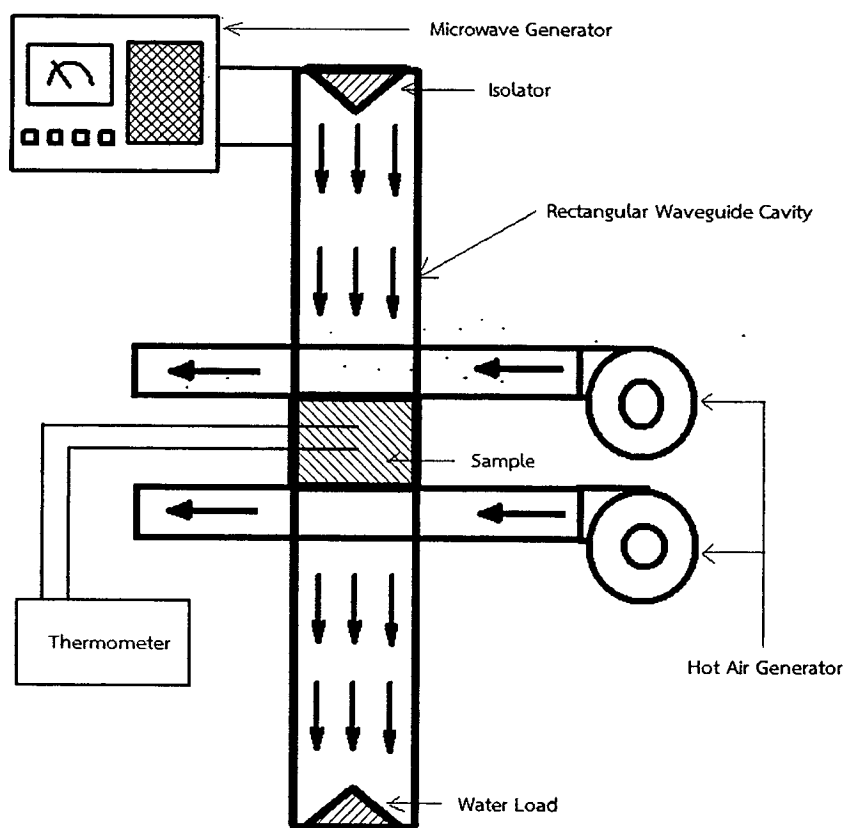
2. การออกแบบจำลองระบบการทำงานในส่วนต่างๆ ที่จำเป็นต่อระบบไมโครเวฟแบบโหมดเดียวทั้งในส่วนแหล่งกำเนิดคลื่นซึ่งใช้แมกนีตรอนที่มีความถี่มาตรฐาน 2.45 GHz, ควาวิตีรูปทรงท่อนำคลื่นแบบสี่เหลี่ยม, ระบบเครื่องมือวัดเพื่อวัดพฤติกรรมทางความร้อน, ระบบการพาความร้อนโดยใช้อากาศพัดผ่านผิวหน้าวัสดุทดสอบ และระบบป้องกันคลื่นรั่วไหล

3. การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบตามแบบแปลนที่ได้ออกแบบไว้ และทำการทดสอบเก็บข้อมูล และประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบ

4. กรอบแนวคิดการวิจัย

โครงการวิจัยนี้เป็นการออกแบบและประดิษฐ์เครื่องต้นแบบสำหรับกระบวนการถ่ายเทความร้อนและมวลสารในวัสดุไดอิเล็กตริกโดยใช้พลังงานไมโครเวฟร่วมกับระบบพาความร้อนภายในควาวิตีท่อนำคลื่นแบบสี่เหลี่ยมโหมดทีอี 10 โดยเครื่องต้นแบบดังกล่าวสร้างขึ้นเพื่อศึกษาถึงอิทธิพลการพาความร้อนที่มีผลต่อการทำความร้อนด้วยไมโครเวฟ โดยมีโครงสร้างพื้นฐานเครื่องต้นแบบดังแสดงในภาพที่ 1-1 และโครงสร้างหลักจะประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้ คือ แหล่งกำเนิดคลื่นไมโครเวฟ (แมกนีตรอน) ควาวิตีสำหรับใส่วัสดุทำความร้อนชนิดท่อนำคลื่นรูปทรงสี่เหลี่ยม (ท่อนำคลื่น

ขนาดพื้นที่หน้าตัดมาตรฐานสำหรับคลื่นไมโครเวฟที่ 2.45 GHz) แหล่งกำเนิดระบบพาความร้อน เชื่อมต่อกับควิตี้ (โบลเวอร์และฮีตเตอร์) ระบบป้องกันคลื่นสะท้อนทางด้านล่างท่อนำคลื่น (ใช้ระบบ น้ำวนเป็นตัวดูดซับ) และระบบวัดผลเก็บข้อมูลที่จำเป็น โดยที่ระบบดังกล่าวจะต้องมีการควบคุมการ รั่วไหลของคลื่นไมโครเวฟให้อยู่ในมาตรฐานที่กำหนด (มาตรฐานสากลกำหนดให้ไม่เกิน 10 mW/cm^2) เพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้งาน



ภาพที่ 1-1 โครงสร้างพื้นฐานเครื่องต้นแบบสำหรับระบบไมโครเวฟร่วมกับระบบพาความร้อน ภายในควิตี้ท่อนำคลื่นแบบสี่เหลี่ยมโหมดทีอี 10 ที่ออกแบบขึ้น