

**การวิเคราะห์เชิงทฤษฎีและทดลองของกระบวนการถ่ายเท
ความร้อนและมวลในวัสดุพรุนภายใต้พลังงานจากไมโครเวฟ**

(Analysis of Heat and Mass Transfer Process in Porous Media during under Microwave Energy)

บทคัดย่อ

กระบวนการทำความร้อนหรือกระบวนการอบแห้งวัสดุพรุนในท่อนำคลื่นโดยใช้ความร้อนจากพลังงานคลื่นไมโครเวฟเป็นสาขางานวิจัยที่เกิดขึ้นใหม่ ซึ่งยังมีการวิจัยกันในวงแคบๆ ดังนั้นเพื่อให้เข้าใจถึงปรากฏการณ์ของการกระจายของกำลังงานที่ดูดซับซึ่งเกิดขึ้นไปพร้อมๆ กันกับการกระจายของอุณหภูมิและความชื้นของวัสดุพรุนในท่อนำคลื่น งานวิจัยนี้จะใช้วิธีผลต่างสืบเนื่องเชิงเวลา (Finite Difference Time Domain: FDTD) เพื่อแก้ระบบสมการแมกเวลล์ในระบบ 3 มิติที่เปลี่ยนไปตามเวลาเพื่อหาการกระจายตัวของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (โหมด TE₁₀) และพลังงานที่ดูดซับ สำหรับแบบจำลอง 2 มิติของกระบวนการถ่ายเทความร้อนและมวลในวัสดุพรุนภายในท่อนำคลื่นรูปทรงสี่เหลี่ยม จะถูกนำมาใช้เพื่อศึกษาปรากฏการณ์การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ความชื้น และความดัน ขณะที่ได้รับพลังงานไมโครเวฟที่กำลังคลื่นและความถี่ของคลื่นที่แตกต่างกัน และขนาดของวัสดุที่แตกต่างกัน ผลที่ได้จากการทำนายจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นี้จะถูกนำมาตรวจสอบความถูกต้องกับผลที่ได้จากการทดลองจริง แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่น่าเสนอนี้สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการคำนวณออกแบบและจำลองสภาวะการทำงานของเครื่องต้นแบบที่จะพัฒนาขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ ในงานวิจัยนี้ ยังขยายผลถึงงานวิจัยประยุกต์ โดยทำการทดลองการอบแห้งวัสดุไดอิเล็กตริก (Cement paste, Mortar และ Concrete) โดยใช้พลังงานคลื่นไมโครเวฟแบบสายพานลำเลียงแบบต่อเนื่อง สิ่งที่สำคัญในงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นที่จะศึกษาถึงปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในกระบวนการอบแห้งภายใต้พลังงานคลื่นไมโครเวฟ ในที่นี้จะศึกษาวิเคราะห์ถึงผลกระทบของพารามิเตอร์ที่สำคัญ เช่น เวลา ขนาดของวัสดุ และระดับของพลังงานคลื่นไมโครเวฟ (จำนวนของแมกนีตรอน (800 W/ 1 แมกนีตรอน) ที่มีผลต่อจลนศาสตร์ของการอบแห้งและคุณสมบัติทางกล

การศึกษาครั้งนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการนำไปประยุกต์ใช้ ในการอบแห้งวัสดุไดอิเล็กตริกด้วยระบบไมโครเวฟในระดับอุตสาหกรรม

คำสำคัญ : พลังงานความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟ, ท่อนำคลื่นรูปทรงสี่เหลี่ยม, ระเบียบวิธีเชิงตัวเลข, วัสดุไดอิเล็กตริก

Abstract

Microwave heating-drying of porous media using a wave guide is a relatively new area of research. In order to gain insight into the phenomena that occur within the wave guide together with the temperature/moisture distributions in the porous media, a detailed knowledge of absorbed power distribution is necessary. In the present paper, a three dimensional Finite Difference Time Domain (FDTD) scheme is used to determine electromagnetic fields (TE₁₀-mode) and absorbed power by solving the transient Maxwell's equations. Two-dimensional heat/mass transport within the porous media located in rectangular wave guide is also considered to evaluate the variations of temperature pressure and moisture with heating time at different frequencies and sample sizes. A predicted result from mathematical model is then validated against experimental results and subsequently used as a tool for efficient computational prototyping. Furthermore, the drying of dielectric materials (cement paste, mortar and concrete) by a continuous microwave belt drier was also investigated experimentally. Most importantly, it focuses on the investigation of drying phenomena under microwave environment. In this analysis, the effect of the irradiation time, sample sizes, and microwave power level (number of magnetrons (800W/1 magnetron)) on overall drying kinetics and mechanical properties were studied.

This study is of great importance from the practical point of view because it shows the possibility of application of microwave drying of dielectric materials on an industrial scale.

Keywords: Microwave Heating, Rectangular Wave Guide, Numerical, Dielectric Materials