ผลของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าต่อปรากฏการณ์การถ่ายโอนในวัสดุพรุน

(วัสดุวิศวกรรมและวัสดุชีวภาพ)

บทคัดย่อ

งานวิจัยโครงการนี้เน้นการวิเคราะห์กระบวนการถ่ายเทความร้อนและมวลภายในวัสดุพรุนที่มีหลายชั้นภายใต้พลังงานสนามแม่เหล็กไฟฟ้าทั้งในเชิงคำนวณและเชิงทดลอง งานวิจัยนี้ได้มีการจำลองร่วมระหว่างการถ่ายเทความร้อน (2มิติ) และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (3มิติ) เพื่อจำลองอันตรกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและวัสดุพรุนที่สภาวะทดสอบแบบต่าง ๆ โดยได้ศึกษาพฤติกรรมของปรากฏการณ์ถ่ายโอนที่เกิดขึ้นภายในวัสดุพรุนบนพื้นฐานโครงสร้างระดับจุลภาค การคำนวณผลเฉลยที่ได้จากสมการควบคุมการถ่ายเทความร้อนและมวลโดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนท์วอลลุม คำนวณผลเฉลยที่ได้จากสมการควบคุมการแพร่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์ไทม์โดเมน นอกจากนี้ยังได้ออกแบบการทดลองเพื่อทำการวัดค่าการซึมผ่านและค่าการซึมผ่านสัมพัทธ์ในวัสดุพรุน ค่าสมบัติทางฟิสิกส์ สมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ สมบัติทางความร้อน และสมบัติไดอิเล็กตริกที่นำมาใช้ในการจำลองปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในแพคเบดของวัสดุพรุนนั้นเป็นค่าได้มาจากการวัดหรือการอ้างอิงจากเอกสารที่เกี่ยวข้องนอกจากนี้งานวิจัยโครงการนี้ยังมีการประยุกต์ศึกษาถึงปัญหาทางด้านชีวกลศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายโอนความร้อนในเนื้อเยื่อมนุษย์ที่มีหลายชั้นภายใต้พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น การศึกษาอิทธิพลของชนิดท่อนำคลื่นที่มีผลต่อการดูดกลืนพลังงานไมโครเวฟ อัตราการดูดกลืนพลังงานจำเพาะ และการกระจายตัวเชิงอุณหภูมิภายในเนื้อเยื่อประเภทต่างๆตับระหว่างการรักษาโรคด้วยพลังงานไมโครเวฟ ในทางทฤษฎีแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีการจำลองร่วมระหว่างการแพร่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการถ่ายเทความร้อนนั้นสามารถหาผลเฉลยโดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนท์อิลิเมนต์แบบสมมาตรรอบแกนได้ นอกจากนี้ยังได้ทำการจำลองอัตราการดูดกลืนพลังงานจำเพาะและอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในแบบจำลองร่างกายมนุษย์ที่มีหลายชั้นภายใต้พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอีกด้วย

คำสำคัญ: แม่เหล็กไฟฟ้า การคำนวณเชิงตัวเลข วัสดุพรุน เนื้อเยื่อ การถ่ายเทความร้อน

Electromagnetic Field Effects on Transport Phenomena in Porous Media

(Engineering Materials and Bio-Tissues)

Abstract

In this project, the analysis of heat and mass transfer in a multi-layered porous materials under conventional energy and electromagnetic energy is investigated numerically and experimentally. The coupled heat transfer (2 D) and electromagnetic wave (3 D) model is developed to simulate the interaction between electromagnetic wave and various kinds of porous samples. The relevant transport mechanisms are analyzed by examining the microstructure and possible transport passages in the porous media. The resulting governing equations are numerically solved with the Finite Volume Method (FVM) for heat and mass transfer model and Finite Difference Time Domain (FDTD) for electromagnetic wave model. An experiment is designed to measure both the intrinsic and the relative permeability of porous media. All the physical, thermodynamic, thermal, transport, and dielectric properties used in the simulation are for porous packed beds and are either from our measurements or from the literature. The other works on this project are concerned to biomechanics problems which related to heat transfer in human tissues (multi-layered tissues) during subjected to electromagnetic energy. Namely, in the problem of microwave ablation process (MWA), the influence of antenna type on microwave power absorbed, SAR and temperature distribution in liver tissue during MWA, are investigated systematically. Theorically, mathematical models based on coupled equations of electromagnetic wave propagation and bioheat equation are solved by using an axisymetric finite element method (FEM). Furthermore, the simulations of the specific absorption rate (SAR) and the temperature increase in the human body (multi-layered tissues) exposed to leakage microwave energy are also done.

Keywords: Electromagnetic, Numerical Method, Porous Media, Tissue, Heat Transfer