

บทคัดย่อ

เนื้อหาในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วยการศึกษาวิเคราะห์กระบวนการทำละลาย (Melting process) ในหลาย ๆ กรณีโดยเริ่มจากการศึกษากระบวนการทำละลายในระบบหนึ่งมิติ ไปจนถึงกระบวนการทำละลายในระบบสองมิติตามลำดับ โดยเนื้อหาในส่วนแรกจะทำการวิเคราะห์กระบวนการทำละลายในแท่งน้ำแข็ง (Ice slab) และแท่งวัสดุพูนภายในระบบ 1 มิติ ซึ่งใช้เทคนิควิธีการแปรผันระยะกิริตช่วยในการหาคำตอบของตำแหน่งผิวละลาย ส่วนต่อมาเป็น การวิเคราะห์กระบวนการทำละลายในระบบ 2 มิติซึ่งจะประกอบไปด้วยการวิเคราะห์กระบวนการทำละลายเนื่องจากการได้รับแหล่งความร้อนแบบคงที่ (โดยจะทำการศึกษาในส่วนของการนำความร้อนเพียงอย่างเดียว และในส่วนของการพิจารณารวมถึงการไหลวนเนื่องจากการพาความร้อนที่เกิดขึ้นภายในโซนของเหลว) และการวิเคราะห์กระบวนการทำละลายเนื่องจากคลื่นไมโครเวฟ โดยศึกษาถึงผลของการนำความร้อนเพียงอย่างเดียว

ในการพิจารณาการศึกษาผลของการนำความร้อนเพียงอย่างเดียว สำหรับการ ทำละลายเนื่องจากแหล่งความร้อนคงที่นั้นจะเริ่มต้นจากการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ในรูปสมการอนุพันธ์ย่อยซึ่งประกอบไปด้วยสมการการส่งถ่ายความร้อน (Heat Equation) สมการ การเคลื่อนที่ของผิวละลาย (Stafan's Equation) มาใช้ในการแก้ปัญหา ส่วนปัญหาการทำละลาย ด้วยพลังงานจากคลื่นไมโครเวฟนั้นจะนำสมการการส่งถ่ายความร้อนและสมการการเคลื่อนที่ของ ผิวละลาย วิเคราะห์ร่วมกับสมการแมกซ์เวลล์เพื่อแก้ปัญหการทำละลายด้วยพลังงานจาก คลื่นไมโครเวฟ ต่อมาในการพิจารณาผลของการพาความร้อนเนื่องจากเกิดการไหลวนที่เกิดขึ้น ภายในโซนของเหลวจะเริ่มต้นจากการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในรูปสมการอนุพันธ์ย่อย ซึ่งประกอบไปด้วยสมการการถ่ายเทพลังงาน (Heat Equation) สมการโมเมนตัม (Momentum Equation) สมการการเคลื่อนที่ของผิวละลาย (Stafan's Equation) เพื่อใช้สำหรับปัญหา การทำละลายภายในก้อนน้ำแข็งและวัสดุพูนแบบอิมิตัวที่มีขอบเขตเคลื่อนที่ 2 มิติ โดยที่การหาคำตอบของกลุ่มสมการดังที่กล่าวมาทั้งหมดจะอยู่บนพื้นฐานของการใช้เทคนิควิธี ทราบไฟในดิอินเทอร์โพเลชันร่วมกับวิธีการแปลงพิกิตแกนเพื่อแก้ปัญหามุมขอบเขตเคลื่อนที่ใด ๆ

ตัวแปรสำคัญที่ศึกษาในครั้งนี้คือ อิทธิพลของระดับอุณหภูมิ (Temperature Load) และความถี่คลื่นไมโครเวฟที่ป้อนซึ่งมีผลต่ออัตราการทำละลาย ลักษณะการกระจายตัวของ อุณหภูมิรูปทรงของผิวละลาย ตำแหน่งของผิวละลายที่เกิดการเคลื่อนที่และค่าที่เหมาะสมที่นำมา สร้างเป็นโครงสร้างกริดที่มีความเหมาะสมและสามารถนำมาทำนายปรากฏการณ์ได้แม่นยำที่สุด

จากการตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้กับผลงานวิจัยที่ใกล้เคียงพบว่ามีผลสอดคล้องและแม่นยำเป็นอย่างมาก

องค์ความรู้ที่ได้จากการวิเคราะห์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งเป็นความรู้พื้นฐานให้กับงานวิจัยในระดับที่สูงขึ้นและเป็นประโยชน์ต่องานทางวิศวกรรมที่หลากหลาย ซึ่งมีความสำคัญทั้งเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เช่น กระบวนการหลอมและขึ้นรูปวัสดุ กระบวนการหลอมละลายน้ำแข็ง กระบวนการถนอมอาหารและกระบวนการถนอมเนื้อเยื่อต่าง ๆ ทางด้านการแพทย์ เป็นต้น

Abstract

This thesis is mainly to study various melting processes starting from one dimension to two dimensions. The study was first to analyse the one dimensional melting process of ice slab and of porous materials with an application of a grid variation technique. This technique was used to solve for the melting front of material, In the two dimensional studies, the melting process due to a constant heat source, in particular conduction and heat circulation by convection in liquid zone. The melting process from microwave was also considered only the influence of conduction.

As of the only effect of conduction, the mathematical model of the melting process was simulated with the combination of heat equation and Stefan's equation. For the microwave melting process, the Maxwell's equation was included. This model was applied to the melting process that took place in both the unfrozen layer (liquid) and frozen layer (solid)., And in the case of heat circulation from convection in liquid zone, the mathematical model was a combination of heat equation, momentum equation, and Stefan's equation. The two-dimensional model was applied to study the process behavior in ice slab and saturated porous materials with moving boundary. To numerically solve the mathematical model for two dimensional moving boundary materials, transfinite interpolation method and PDE mapping method were used.

Temperature load and microwave frequency were important parameters of the melting process. Due to the effect of heat source (constant temperature or microwave) on melting rate, location of melting front, temperature distribution, the number of grid in the liquid zone was computed to be best suitable to predict this phenomenon. The calculated results were well in line with the analytical data.

In summary, this study yields useful fundamentals and the practical mathematical model for melting process in both one and two dimension. This will lead us to further study that involves various engineering applications such as materials forming process, ice melting process, food preservation process and tissue preservation process.