

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

เป้าหมายของการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คือ ทำการพัฒนาวิธีผลต่างสี่บเนื่อง (finite difference method) ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของระเบียบวิธีเชิงตัวเลขมาประยุกต์ใช้ร่วมกับเทคนิควิธีการแปลงพิกัดแกนสำหรับปัญหาการเปลี่ยนแปลงเฟสเนื่องจากการทำละลายและนอกจากนี้ยังได้นำวิธีการทรานซ์ไฟไนต์ อินเทอร์โพลชัน (Transfinite Interpolation) มาร่วมใช้ในการสร้างกริดเริ่มต้นสำหรับปัญหาการทำละลายในระบบ 2 มิติอีกด้วย โดยที่รูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นจะสามารถทำนายลักษณะรูปร่างและลักษณะการเคลื่อนตัวของผิวละลายได้ เนื่องจากการแก้ปัญหาค่าการเกิดการเปลี่ยนแปลงเฟสหรือการเคลื่อนตัวของผิวละลายนั้นเป็นปัญหาที่มีนักวิจัยให้ความสนใจเป็นพิเศษ เนื่องจากมีความซับซ้อนที่เกี่ยวข้องกันระหว่างความไม่เป็นเชิงเส้นของเงื่อนไขขอบเขต และตำแหน่งของผิวรอยต่อระหว่างเฟสจึงทำให้ไม่สามารถทำนายตำแหน่งการเคลื่อนตัวของผิวรอยต่อระหว่างเฟสได้เพียงจากการคาดคะเน เหมือนในระบบปัญหาเชิงเส้น นอกจากนี้ปัญหาการเปลี่ยนแปลงเฟสยังมีความสำคัญมากกับปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เช่น การละลายของก้อนน้ำแข็งในมหาสมุทร การหลอมละลายในกระบวนการขึ้นรูปโลหะ กระบวนการแปรรูปและถนอมอาหารหรือการถนอมเนื้อเยื่อต่าง ๆ ในด้านการแพทย์และยังมีตัวอย่างอื่น ๆ อีกมากในการอธิบายถึงความสำคัญของการเปลี่ยนแปลงเฟสทั้งในกรณีของการทำละลายและการแข็งตัว การที่เราสามารถทำความเข้าใจกลไกของการเปลี่ยนแปลงในปรากฏการณ์ต่าง ๆ เหล่านี้จะช่วยให้เราสามารถออกแบบหรือพัฒนาปรับปรุงกระบวนการที่เกี่ยวข้องให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

จากรายงานการวิจัยภายในประเทศที่ผ่านมาจะพบว่างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการถ่ายเทความร้อนและมวลสารในวัสดุพูนนั้นยังไม่เป็นที่แพร่หลาย เนื่องจากมีความซับซ้อนในปรากฏการณ์สูงและต้องอาศัยความรู้จากหลายสาขาวิชา เช่น ความรู้ด้านการถ่ายเทความร้อนและมวลสาร กลศาสตร์ของไหลและระเบียบวิธีเชิงตัวเลขขั้นสูงเพื่อใช้ในการประดิษฐ์โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ทำนายหรือหาคำตอบที่มีความไม่เชิงเส้นสูง สำหรับรายงานวิจัยในต่างประเทศนั้นได้เริ่มให้ความสนใจและมีการทำการวิจัยซึ่งจำกัดอยู่ในระดับวัสดุพูนแบบอิมิตัว

ทั้งในระดับหนึ่งมิติและสองมิติ ซึ่งส่วนมากจะใช้วิธีผลต่างสี่เหลี่ยมในการช่วยวิเคราะห์กระบวนการที่เกิดขึ้นทั้งการกระจายอุณหภูมิและการศึกษาการเคลื่อนตัวของขอบเขต (Moving Boundary) สำหรับสมมติฐานของโดเมนที่เป็นระบบ 1 มิติ ส่วนในกรณีของโดเมนที่เป็นระบบ 2 มิติ นั้นจะเห็นได้ว่าขอบเขตที่เคลื่อนที่นั้นจะมีลักษณะเป็นเส้นโค้งซึ่งโดยทั่วไปมักจะใช้วิธีแปลงพิกัดแกนซึ่งเป็นวิธีทางสมการเชิงอนุพันธ์ในการแก้ปัญหา ดังนั้นสำหรับในงานวิจัยในครั้งนี้ซึ่งทำการแก้ปัญหาในระบบ 2 มิติจึงได้นำเอาวิธีทรานซ์ไฟไนต์ อินเทอร์พอลชันและวิธีการแปลงพิกัดแกน (PDE Mapping Method) มาช่วยในการวิเคราะห์และประยุกต์ใช้ในการดัดแปลงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อให้การวิเคราะห์ในเชิงทฤษฎีของระเบียบวิธีเชิงตัวเลขมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

ถ้าพูดถึงวิธีแปลงพิกัดแกนแล้วจะเป็นวิธีที่นิยมสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ทางวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์หรือวิธีไฟไนต์ดิฟเฟอเรนซ์ (สำหรับงานวิจัยชิ้นนี้จะใช้วิธีไฟไนต์ดิฟเฟอเรนซ์) ซึ่งมักจะใช้กับโดเมนที่มีรูปร่างไม่คงที่ และโดยเฉพาะกับโดเมนที่มีการเปลี่ยนแปลงของรูปร่างอย่างไม่คงที่ไปตามเวลาด้วยแล้วนั้นเราสามารถนำวิธีทรานซ์ไฟไนต์ อินเทอร์พอลชันมาช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการวิเคราะห์นี้ได้ เนื่องจากวิธีนี้เป็นวิธีทางพีชคณิตซึ่งจะทำให้เกิดความเป็นอิสระของตัวแปรหรือพารามิเตอร์ที่แฝงอยู่ในสมการเชิงอนุพันธ์ จึงทำให้เพิ่มสามารถทำการสร้างกริดเริ่มต้นที่มีลักษณะเดียวกันกับวิธีแปลงพิกัดแกนได้ง่ายขึ้นกว่าเดิมอีกด้วย

โดยทั่วไปแล้ววัสดุที่เกี่ยวข้องกับงานทางวิศวกรรมนั้น ส่วนใหญ่จะเป็นวัสดุพหุรูปตัวอย่างเช่น ดินและคอนกรีต เซรามิก ฉนวนความร้อนหรือเนื้อเยื่อต่าง ๆ รวมถึงอาหารและผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ด้วยเหตุผลนี้ถ้าหากนักวิจัยภายในประเทศได้รับการสนับสนุนและมีการศึกษาอย่างเป็นระบบแล้ว ภายในอนาคตจะช่วยให้ประเทศไทยมีองค์ความรู้เป็นของตัวเอง และสามารถพัฒนาผลผลิตของประเทศชาติให้มีมูลค่าสูงขึ้นโดยไม่ต้องพึ่งต่างชาติอีกด้วย

ชำนาญกานท์หอสมุด

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยมีรายละเอียดดังนี้

1. สามารถทำความเข้าใจปรากฏการณ์การถ่ายเทความร้อนและมวลสารของกระบวนการทำละลายซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเฟสและเกิดการเคลื่อนตัวของขอบเขตสำหรับในกรณีศึกษาต่าง ๆ
2. สามารถสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และแบบจำลองเชิงตัวเลขที่สามารถทำนายผลการเคลื่อนตัวของขอบเขตที่เป็นรูปร่างใด ๆ ที่เป็นเทคนิคใหม่
3. สร้างองค์ความรู้ใหม่ให้เป็นพื้นฐานในการพัฒนางานวิจัยและนักวิจัยใหม่ ๆ ในอนาคต

สำนักหอสมุด

1.3 ระเบียบวิธีวิจัย

เป็นงานวิจัยพื้นฐานที่ศึกษาความรู้ในเชิงลึก โดยเน้นการศึกษาในเชิงทฤษฎีโดยอาศัยระเบียบวิธีเชิงตัวเลขขั้นสูง ซึ่งในการศึกษาจะทำการแบ่งกรณีศึกษาออกเป็นสามกรณีใหญ่ ๆ ได้แก่ 1. การศึกษากระบวนการทำลายเนื่องจากแหล่งความร้อนคงที่ในระบบหนึ่งมิติ 2. การศึกษากระบวนการทำลายเนื่องจากแหล่งความร้อนคงที่ในระบบสองมิติ และ 3. การศึกษากระบวนการทำลายเนื่องจากพลังงานจากคลื่นไมโครเวฟในระบบสองมิติ เริ่มต้นจากการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์กระบวนการทำลายในวัสดุพูนแบบอิมิตัว ซึ่งในกรณีของกระบวนการทำลายเนื่องจากแหล่งความร้อนคงที่ทั้งในระบบหนึ่งและสองมิตินั้นจะทำการศึกษาอิทธิพลของพลาสมาความร้อนหรือพลังงานที่ป้อน, รูปร่างและลักษณะการเคลื่อนตัวของขอบเขตผิวละลาย ตลอดจนอัตราการเคลื่อนที่ของผิวละลาย ส่วนในกรณีของกระบวนการทำลายด้วยพลังงานจากคลื่นไมโครเวฟนั้นจะทำการศึกษาถึงลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิ การดูดซับของพลังงานไมโครเวฟ ตำแหน่งของผิวละลายที่เกิดการเคลื่อนที่และผลจากการดูดซับคลื่นที่เกิดการสะท้อนกลับมายังวัสดุที่พิจารณาจนเกิดการสั่นพ้อง (Resonance) ของคลื่นภายในวัสดุทดสอบและลักษณะการเรียงตัวของโครงสร้างของชิ้นวัสดุทดสอบที่แตกต่างกันโดยจะทำการเปรียบเทียบที่ค่าความถี่คลื่นไมโครเวฟที่แตกต่างกันและเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่มีการเพิ่มปริมาณการสะท้อนกลับของคลื่นเนื่องจากการมีแผ่นโลหะรองรับที่ตำแหน่งด้านล่างของวัสดุทดสอบ

ความรู้ที่ได้จะก่อให้เกิดความเข้าใจถึงองค์ความรู้พื้นฐานในกระบวนการถ่ายเทความร้อนและมวลสารในวัสดุพูนชนิดอิมิตัวของกระบวนการทำลาย ส่วนแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นจะเป็นประโยชน์ในการทำนายปรากฏการณ์ดังกล่าว เนื่องจากมีความถูกต้องและแม่นยำสูงขึ้นอันมาจากวิธีการใหม่ที่นำมาประยุกต์ใช้ทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายในการออกแบบสร้างอุปกรณ์ทดลองจริงในทางปฏิบัติ นอกจากนี้ความรู้และความเข้าใจจากการศึกษานี้สามารถนำไปใช้ประยุกต์ออกแบบและสร้างอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องให้มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งจะส่งผลถึงความสามารถในการแข่งขันเชิงเทคโนโลยีของประเทศ

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตของเนื้อหาภายในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วยการวิเคราะห์กระบวนการทำละลาย (Melting process) ในหลาย ๆ กรณี โดยเริ่มต้นจากการวิเคราะห์กระบวนการทำละลายในแท่งน้ำแข็ง (Ice slab) และแท่งวัสดุพูนภายในระบบ 1 มิติ ซึ่งใช้เทคนิควิธีการแปรผันระยะกริดช่วยในการหาคำตอบของตำแหน่งผิวละลาย

สำหรับการวิเคราะห์กระบวนการทำละลายในระบบ 2 มิติ นั้นจะประกอบไปด้วยการวิเคราะห์กระบวนการทำละลายเนื่องจากการได้รับแหล่งความร้อนแบบคงที่และกระบวนการทำละลายจากคลื่นไมโครเวฟ โดยกรณีศึกษาทั้งสองนี้อยู่บนพื้นฐานของการใช้เทคนิควิธีทรานซ์ไฟไนต์อินเทอร์พอลชันร่วมกับวิธีการแปลงพิกัดแกนเพื่อแก้ปัญหาขอบเขตเคลื่อนที่ใด ๆ โดยการศึกษาจะพิจารณาผลของการนำความร้อนอันเนื่องมาจากการส่งผ่านความร้อนจากบริเวณที่ถูกทำละลายไปยังบริเวณที่ไม่ถูกทำละลาย และผลของการพาความร้อนเนื่องจากเกิดการไหลวนที่เกิดขึ้นภายในไซนของเหลวที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงเฟสของวัสดุ

กรณีการศึกษาค้นคว้าผลของการนำความร้อนเพียงอย่างเดียวจะเริ่มต้นจากการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในรูปสมการอนุพันธ์ย่อยซึ่งประกอบไปด้วยสมการการถ่ายเทพลังงาน (Heat Equation) สมการการเคลื่อนที่ของผิวละลาย (Stafan's Equation) เพื่อใช้สำหรับแก้ปัญหาคำตอบเนื่องจากการนำความร้อนคงที่ ที่มีขอบเขตเคลื่อนที่ 2 มิติและนำกลุ่มสมการดังกล่าววิเคราะห์ร่วมกับสมการแมกซ์เวลล์เพื่อแก้ปัญหาคำตอบเนื่องจากการนำความร้อนด้วยพลังงานจากคลื่นไมโครเวฟ

ในส่วนกรณีการผลของการพาความร้อนเนื่องจากการไหลวนที่เกิดขึ้นภายในไซนของเหลว จะเริ่มต้นจากการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในรูปสมการอนุพันธ์ย่อยซึ่งประกอบไปด้วยสมการการถ่ายเทพลังงาน (Heat Equation) สมการโมเมนตัม (Momentum Equation) สมการการเคลื่อนที่ของผิวละลาย (Stafan's Equation) เพื่อใช้สำหรับปัญหาคำตอบเนื่องจากการนำความร้อนภายในก้อนน้ำแข็งและวัสดุพูนแบบอิมเมอร์ที่มีขอบเขตเคลื่อนที่ 2 มิติ โดยที่การหาคำตอบของกลุ่มสมการดังกล่าวใช้วิธีไฟไนต์วอลุ่มร่วมกับวิธีแปลงพิกัดแกน

สำหรับความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์จะถูกตรวจสอบกับผลที่ได้จากผลเฉลยแม่นยำตรงและผลลัพธ์ของงานวิจัยที่ใกล้เคียงกัน ส่วนตัวแปรที่สำคัญที่ศึกษาครั้งนี้คืออิทธิพลของระดับอุณหภูมิและความร้อนที่ป้อนซึ่งมีผลต่ออัตราการทำละลายของน้ำแข็ง ลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิและรูปร่างของผิวละลาย รวมถึงลักษณะการไหลวนในไซนของเหลว