บทที่ 8

บทสรุป ปัญหาที่พบ และข้อเสนอแนะ

8.1 บทสรุป

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอปัญหาการวิเคราะห์อุณหภูมิของโครงสร้างหล่อเย็นด้วยการพาความร้อนภายใต้สถานะอยู่ตัวและสถานะชั่วครู่ โดยวิเคราะห์ส่วนของแข็งเป็นปัญหาแบบสองมิติและของไหลเป็นปัญหาแบบหนึ่งมิติตามแนวความยาวท่อ การถ่ายเทความร้อนระหว่างของแข็งกับของไหลอยู่ในรูปของการพาความร้อน เพื่อลดความซับซ้อนของปัญหา เวลาที่ใช้ในการประมวลผลของคอมพิวเตอร์และหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ และยังนำเสนอระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ตัวแปรไร้จุดต่อมาใช้ในการทำนายอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในของแข็งและของไหลเนื่องจากให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำกว่าระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์แบบธรรมดา

ในการวิเคราะห์ปัญหาในทางวิศวกรรมใด ๆ สิ่งหนึ่งที่จำเป็นต้องทราบคือ สมการเชิงอนุพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้น ๆ ซึ่งในบทที่ 2 ได้แสดงการประดิษฐ์สมการเชิงอนุพันธ์ซึ่งประกอบไปด้วยสมการเชิงอนุรักษ์พลังงานในของไหลหนึ่งมิติตามแนวความยาวท่อที่มีการการถ่ายเทความร้อนระหว่างของไหลกับของแข็งอยู่ในรูปของการพาความร้อนและสมการเชิงอนุรักษ์พลังงานในของแข็งในรูปของปัญหาสองมิติ ต่อมาในบทที่ 3 ได้อธิบายขั้นตอนทั่วไปของระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ใช้วิธีการถ่วงน้ำหนักเศษตกค้าง ฟังก์ชันการประมาณภายในเอลิเมนต์ตัวแปรไร้จุดต่อ วิธีการประดิษฐ์สมการไฟไนต์เอลิเมนต์ตัวแปรไร้จุดต่อจนกระทั่งอยู่ในรูปของสมการไฟไนต์เอลิเมนต์เมตริกซ์ต่าง ๆ และวิธีการแก้สมการไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับปัญหาภายใต้สถานะชั่วครู่

สมการไฟไนต์เอลิเมนต์ตัวแปรไร้จุดต่อที่ประดิษฐ์ขึ้นในบทที่ 3 นี้ สามารถนำมาประดิษฐ์โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวิเคราะห์อุณหภูมิของโครงสร้างหล่อเย็นด้วยการพาความร้อนโดยใช้ชื่อว่า Nodeless FE รายละเอียดของโปรแกรม ขั้นตอนการทำงาน รวมทั้งลักษณะไฟล์ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาได้ถูกแสดงไว้ในบทที่ 4 ส่วนในบทที่ 5 ได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ประดิษฐ์ขึ้นกับปัญหาการถ่ายเทความร้อนในของไหล การถ่ายเทความร้อนในของแข็ง และการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นระหว่างของไหลกับของแข็งภายใต้สถานะอยู่ตัวและสถานะชั่วครู่ ที่มีผลเฉลยแม่นตรงหรือผลการทดลองเพื่อเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมที่ประดิษฐ์ขึ้น

ในการคำนวณหาผลลัพธ์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีความแม่นยำสูง จำเป็นต้องใช้เอลิเมนต์ขนาดเล็กในบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงของผลลัพธ์สูง แต่หากใช้เอลิเมนต์ขนาดเล็กสม่ำเสมอทั่วทั้งโดเมนของปัญหาแล้ว จะทำให้ต้องใช้หน่วยความจำคอมพิวเตอร์ รวมทั้งเวลาที่ใช้ในการคำนวณมากเกินความจำเป็นและในบางปัญหาอาจไม่สามารถทำได้ หากปัญหาที่ทำการวิเคราะห์มีขนาดใหญ่ ในบทที่ 6 จึงนำหลักการของเทคนิคการปรับขนาดเอลิเมนต์โดยอัตโนมัติมาใช้ประดิษฐ์เป็นโปรแกรม Adaptive เพื่อใช้คำนวณหาขนาดเอลิเมนต์ที่เหมาะสม จากนั้นนำขนาดเอลิเมนต์ที่คำนวณได้ไปเป็นข้อมูลในการสร้างเอลิเมนต์ใหม่ด้วยโปรแกรม FEMESH สุดท้ายในบทที่ 7 ได้ทำการวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้เทคนิคการปรับขนาดเอลิเมนต์โดยอัตโนมัติ พบว่าสามารถให้ผลลัพธ์ที่มีความแม่นยำสูงโดยไม่จำเป็นต้องใช้จำนวนเอลิเมนต์มากเกินความจำเป็น

8.2 ปัญหาที่พบในขณะทำวิทยานิพนธ์

ปัญหาที่พบในขณะทำวิทยานิพนธ์ได้แก่ การศึกษาและทำความเข้าใจระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ตัวแปรไร้จุดต่อที่นำมาใช้กับปัญหาการถ่ายเทความร้อน ซึ่งต้องทำความเข้าใจโดยละเอียดเนื่องจากมีความซับซ้อนและเป็นส่วนสำคัญ เพื่อนำไปประดิษฐ์โปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้อย่างถูกต้อง ในส่วนของเทคนิคการปรับขนาดเอลิเมนต์โดยอัตโนมัติการกำหนดค่าความยาวของเอลิเมนต์ที่น้อยที่สุด h_{min} มีความสำคัญมากต่อความแม่นยำและเวลาที่ใช้ในการคำนวณ การกำหนด h_{min} นี้ยังไม่มีหลักการในกำหนดที่ชัดเจนจึงจำเป็นต้องอาศัยประสบการณ์ของผู้ใช้เอง ซึ่งในกรณีที่กำหนด h_{min} น้อยไปจะทำให้มีเอลิเมนต์ขนาดเล็กจำนวนมากซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการคำนวณ แต่หากกำหนด h_{min} มากไปจะทำให้มีเอลิเมนต์ขนาดใหญ่และส่งผลโดยตรงต่อความแม่นยำในการคำนวณ

8.3 ข้อเสนอแนะ

ในความเป็นจริงค่าคุณสมบัติต่าง ๆ ของวัสดุหรือของของไหลจะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิได้แก่ สัมประสิทธิ์การนำความร้อน ความจุความร้อนจำเพาะ ความหนาแน่นและค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน เพื่อให้การคำนวณหาผลลัพธ์นั้นมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้นจำเป็นต้องรวมผลของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้ลงไปในการวิเคราะห์ ก่อให้เกิดปัญหาแบบไม่เชิงเส้นซึ่งจำเป็นต้องใช้ระเบียบวิธีทำซ้ำ (iteration technique) เช่น ระเบียบวิธีการทำซ้ำของนิวตัน-ราฟสัน (Newton-Raphon iteration) มาใช้ในการหาผลลัพธ์ นอกจากนี้อาจนำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ไปใช้เป็นต้นแบบในการประดิษฐ์โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวิเคราะห์อุณหภูมิของโครงสร้างหล่อเย็นด้วยการพาความร้อน โดยวิเคราะห์ส่วนของแข็งเป็นแบบสามมิติและของไหลเป็นแบบ

หนึ่งมิติตามแนวความยาวท่อ เพื่อนำไปใช้กับงานทางวิศวกรรมที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงได้มากยิ่งขึ้น ซึ่งทำได้ง่ายและสะดวกกว่าเมื่อเทียบกับการวิเคราะห์ในส่วนที่เป็นของไหลแบบสามมิติที่มีความซับซ้อน อีกทั้งยังจำเป็นต้องใช้หน่วยความจำคอมพิวเตอร์และเวลาที่ใช้ในการคำนวณที่ค่อนข้างมาก