บทที่ 5

สรุปโครงการวิจัยและงานวิจัยต่อเนื่อง

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ทำการพัฒนาระบบ CAD/CAE เพื่อช่วยในการแบบและวิเคราะห์แม่พิมพ์ฉีดอะลูเนียมไดแคสติงโดยได้นำชิ้นงานเครื่องสูบน้ำมันรถยนต์มาเป็นตัวอย่างในการศึกษา ซึ่งทำให้เกิดสิ่งที่ตามมาดังนี้

1) ได้ทำการพัฒนาการออกแบบระบบทางเข้า ระบบระบายความร้อน และระบบนำปลดชิ้นงานของแม่พิมพ์ฉีดอะลูมิเนียมไดแคสติง
2) ได้นำเสนอคุณสมบัติของอะลูมิเนียมที่ทำการฉีดและวัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์
3) ได้สร้างรูปแบบ 3 มิติของชิ้นงานตัวอย่างจากงานเขียนแบบ 2 มิติ
4) ได้ทำการทดสอบโปรแกรม ProCAST ด้วยปัญหาพื้นฐานง่ายๆ เพื่อดูลักษณะทางกายภาพของผลที่เกิดขึ้น
5) ทำการวิเคราะห์หารูปแบบการไหลและการกระจายอุณหภูมิในชิ้นงานตัวอย่าง
6) ได้ทำการเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้จากการออกแบบระบบทางเข้าที่ทางโรงงานออกแบบไว้กับที่ได้ทำการออกแบบใหม่

จากการทำการศึกษานี้สามารถสรุปโครงการวิจัย ข้อเสนอแนะ และงานวิจัยต่อเนื่องได้ดังต่อไปนี้

5.1 <u>สรุปโครงการวิจัยและข้อเสนอแนะ</u>

1. ในบรรดาเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างภาพ 3 มิติ รูปแบบ 3 มิติแบบของแข็ง (solid modeling) เป็นที่นิยมเนื่องจากสามารถสร้างภาพที่มีความถูกต้องและเหมือนของจริงมาก ในแง่ของการออกแบบแล้วสามารถที่จะนำรูปแบบที่ได้มาตัดแบ่งเป็นส่วนๆ เพื่อหาปริมาตรและพื้นที่ผิวในแต่ละส่วนได้และการแก้ไขแบบก็ทำได้โดยง่าย ในส่วนของการวิเคราะห์สามารถนำมาทำการแบ่งเป็นเอลิเมนต์ย่อย ได้โดยตรงแล้วจึงนำรูปแบบดังกล่าวไปทำการวิเคราะห์ปัญหาด้านการไหลและการถ่ายเทความร้อนด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

2. ในการออกแบบและวิเคราะห์แม่พิมพ์โดยทั่วไป ข้อมูลด้านคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ทำการฉีดและใช้ทำแม่พิมพ์มีความจำเป็นอย่างมาก ถ้าข้อมูลได้ที่ไม่ครบถ้วนและถูกต้องแล้วจะทำให้ผลการออกแบบและวิเคราะห์คลาดเคลื่อน ร่วมไปถึงการที่ไม่สามารถจะทำการแก้ไขปัญหานั้นได้เลย

3. กฎการออกแบบที่ได้จากงานวิจัยนี้จะช่วยให้นักออกแบบแม่พิมพ์สามารถนำไปออกแบบแม่พิมพ์ได้อย่างเหมาะสม รวมไปถึงการนำไปอ้างอิงประสบการณ์ที่มีอยู่ได้

4. การวิเคราะห์ปัญหาโดยไม่จำเป็นที่จะต้องสร้างแม่พิมพ์ออกมาก่อน จะช่วยลดค่าใช้จ่ายและรอบเวลาในการออกแบบลงได้

5. ในการวิเคราะห์ปัญหาที่มีรูปร่างซับซ้อนจำเป็นที่จะต้องทำการตรวจสอบกับปัญหาที่มีรูปร่างง่าย เพื่อทำให้เข้าใจลักษณะทางกายภาพที่เกิดขึ้นแล้วจึงนำไปประยุกต์ใช้กับปัญหาจริงที่มีความซับซ้อนมากกว่า

6. ในงานวิจัยนี้ได้ใช้เครื่องสูบน้ำมันรถยนต์เป็นตัวอย่างในการศึกษา แต่กฎและหลักการที่กล่าวมาสามารถนำไปประยุกต์กับชิ้นงานรูปร่างอื่นๆได้ แต่ถ้ารูปร่างที่จะทำการศึกษามีความซับซ้อนมากๆ จะต้องทำการตรวจสอบความสามารถของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ด้วย

5.2 <u>งานวิจัยต่อเนื่อง</u>

1. นำแม่พิมพ์ที่ออกแบบไว้ไปสร้าง

หลังจากที่ได้ออกแบบแม่พิมพ์ใหม่และได้ทำการตรวจสอบด้วยการคำนวณจากคอมพิวเตอร์แล้วก็จำเป็นที่จะต้องสร้างแม่พิมพ์จริงขึ้นมา เพื่อทำการทดลองฉีดจริงตามข้อกำหนดที่ได้คำนวณไว้ โดยจะต้องทำการออกแบบการทดลอง หลังจากนั้นดูผลที่เกิดขึ้นว่าตรงกับที่ได้วิเคราะห์จากการคำนวณก่อนหน้านี้หรือไม่

2. พัฒนาโปรแกรมในการวิเคราะห์ (CAE)

เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรม ProCAST ในการวิเคราะห์ ซึ่งเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปทำให้ไม่เข้าใจหลักการทำงานที่แท้จริง แต่ถ้าได้มีการพัฒนาโปรแกรมที่สามารถทำการวิเคราะห์งานฉีดไดแคสติงขึ้นมา ก็จะทำให้ทราบถึงหลักการและวิธีการทำงานของตัวโปรแกรม และถ้าสามารถพัฒนาอย่างต่อเนื่องก็สามารถนำออกไปจำหน่ายในเชิงธุรกิจได้ ในขั้นตอนแรกควรเริ่มประดิษฐ์ไฟไนต์เอลิเมนต์โปรแกรมกับปัญหา 2 มิติก่อน แล้วจึงพัฒนาเป็น 3 มิติในลำดับต่อมา

3. พัฒนาระบบการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดอะลูมิเนียมไดแคสติงโดยใช้ระบบปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence; AI)

นอกจากจะใช้หลักการทางวิศวกรรมมาช่วยในการออกแบบแล้ว ยังสามารถนำประสบการณ์ของผู้ออกแบบแม่พิมพ์ฉีดอะลูมิเนียมไดแคสติงมาทำเป็นฐานข้อมูล (knowledge base) เพื่อช่วยเป็นทางเลือกในการสร้างแม่พิมพ์ได้อย่างเหมาะสม

5.3 **อุปสรรคที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์**

ในการทำวิทยานิพนธ์จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การออกแบบ และ วิเคราะห์แม่พิมพ์ฉีดอะลูมิเนียมไดแคสติง

5.3.1 การออกแบบแม่พิมพ์ จะนำโปรแกรม CAD (IDEAS) มาสร้างรูปแบบ 3 มิติ และทำการแบ่งรูปร่างดังกล่าวออกเป็นเอลิเมนต์ย่อยๆ (generate mesh)

ก่อนจะเริ่มทำการสร้างรูปแบบ 3 มิตินั้น จะต้องทำการออกแบบระบบทางเข้าก่อน ซึ่งผู้วิจัยต้องมีพื้นฐานด้านงานฉีดอะลูมิเนียมไดแคสติงมากพอสมควร แต่ตอนเริ่มต้นผู้วิจัยไม่มีความรู้เกี่ยวกับงานทางด้านนี้เลย จำเป็นที่จะต้องค้นคว้าหาความรู้จากหนังสือและสอบถามกับผู้ที่มีประสบการณ์เกี่ยวกับงานทางด้านนี้นานพอสมควร(6เดือน) หลังจากนั้นจึงนำเอางานเขียนแบบของชิ้นงานเครื่องสูบน้ำรถยนต์จากทางโรงงานมาสร้างซึ่งมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีความรู้ด้านงานเขียนแบบวิศวกรรม เพื่ออ่านงานเขียนแบบ 2 มิติให้เข้าใจแล้วจึงนำมาวาดเป็นรูปแบบ 3 มิติ ปัญหาที่เกิดขึ้นคือเครื่องมือในการสร้างรูปแบบ 3 มิติมีเพียงคำสั่งเอ็กซ์ทรูด (extrude) และรีโวร์ฟ (revolve) ในกรณีที่ต้องการวาดรูปร่างที่เน้นพื้นที่ผิวจะทำได้ยาก เช่น รูปร่างของระบบทางวิ่งเข้า โดยในการวาดรูปชิ้นงานเครื่องสูบน้ำรถยนต์ใช้เวลาในการวาด 7 วัน และระบบทางเข้าเดิมและที่ออกแบบไว้ใหม่จะใช้เวลาอย่างละ 7 วัน (ในกรณีที่ผู้วาดมีความชำนาญในการใช้โปรแกรมเป็นอย่างดี) ในส่วนของการแบ่งเป็นเอลิเมนต์ย่อยๆ นั้นจะใช้ฟังก์ชันประมาณภายใน (interpolation function) แบบรูปทรงสามเหลี่ยมสี่หน้า (tetrahedral) ในการวิเคราะห์ปัญหาการไหลนั้นทางวิ่งที่น้ำโลหะไหลผ่านจำเป็นที่จะต้องมีจำนวนของเอลิเมนต์อย่างต่ำ 2 เอลิเมนต์ (มีจำนวนโนด 3 โนดขึ้นไปในแต่ละความกว้างของทางเข้า) เนื่องจากบริเวณพื้นผิวของชิ้นงานรวมทั้งระบบทางวิ่งจะต้องกำหนดค่าความเร็วเป็นศูนย์ ถ้าไม่มีโนดตรงกลางจะทำให้ทางเข้าบริเวณนั้นเป็นทางดันทำให้น้ำโลหะไม่สามารถไหลผ่านได้ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องแบ่งชิ้นงานบริเวณดังกล่าวให้มีจำนวนเอลิเมนต์มาก ทำให้ต้องใช้หน่วยความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์สูง ถ้าในกรณีที่ชิ้นงานมีขนาดใหญ่และซับซ้อนจะทำให้คอมพิวเตอร์มีหน่วยความจำไม่เพียงพอ ส่งผลให้เกิดความผิดพลาดขึ้น เช่น หลุดออกจากโปรแกรม แล้วบางครั้งเมื่อทำการเข้าไปเปิดแฟ้มข้อมูลเดิมก็ไม่สามารถที่จะเปิดได้อีก เนื่องจากเกิดไฟล์เงา (shadow file) ขึ้น ซึ่งเป็นข้อผิดพลาดที่ร้ายแรงทำให้เสียเวลาในการสร้างรูปแบบ 3 มิติใหม่ ดังนั้นก่อนที่จำการแบ่งเป็นเอลิเมนต์ย่อย ควรแบ่งขนาดของชิ้นงานออกเป็นพาร์ทิชั่น (partition) เล็กๆ ก่อนที่จะทำการแบ่งเป็นเอลิเมนต์ย่อย โดยเวลาที่ใช้ในการแบ่งเป็นเอลิเมนต์ย่อยสำหรับชิ้นงานเครื่องสูบน้ำมันรถยนต์พร้อมทั้งระบบทางเข้าแบบเดิมและแบบใหม่ใช้เวลาอย่างละ 14 วัน (ในกรณีที่ไม่เกิดข้อผิดพลาดขึ้น เนื่องจากหน่วยความจำไม่พอ)

5.3.2 การวิเคราะห์แม่พิมพ์ จะนำโปรแกรม CAE (ProCAST) มาวิเคราะห์ชิ้นงานที่ทำการแบ่งเป็นเอลิเมนต์ย่อยๆ แล้ว โดยก่อนที่จะทำการวิเคราห์จะต้องตรวจสอบว่าโปรแกรม ProCAST สามารถเปิดไฟล์ (*.unv) ที่ทำการแบ่งเป็นเอลิเมนต์ย่อยได้หรือไม่ ถ้าไม่ได้จะต้องนำไปทำการแบ่งเป็นเอลิเมนต์ย่อยใหม่ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น เมื่อเปิดไฟล์ได้แล้ว จะต้องทำการตรวจสอบรูปร่างที่ทำการแบ่งเป็นเอลิเมนต์ย่อยว่ามีเอลิเมนต์ใดเกิด เน็คกาทีฟ จาโคเบียน (negative jacobean) และเน็คกาทีฟ แอเรีย (negative area) หรือไม่ ถ้ามีจะต้องทำการแบ่งเป็นเอลิเมนต์ย่อยใหม่ ซึ่งทำให้เสียเวลามาก

อุปสรรคต่อมาก็คือการกำหนดคุณสมบัติให้กับวัสดุที่ใช้ฉีดและใช้ทำแม่พิมพ์ โดยข้อมูลที่จะนำมาบันทึกลงจะต้องมีความถูกต้องและครบถ้วน อุปสรรคต่อมาและสำคัญคือการกำหนดปัญหาขอบเขต (boundary condition) ให้กับชิ้นงานว่ามีกี่ปัญหาและแต่ละปัญหาขอบเขตนั้นมีอะไรบ้างและมีค่าเท่าไร ซึ่งในขั้นตอนนี้จำเป็นที่จะต้องมีความรู้ด้านสภาวะในการฉีด และระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ แล้วทำการกำหนดเงื่อนไขเริ่มต้น (initial condition) แล้วจึงทำการกำหนดค่ารันพารามิเตอร์ (run parameter) ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญ ถ้ากำหนดไม่ถูกต้องจะไม่สามารถรันปัญหาได้หรือถ้าได้ผลเฉลยที่ได้ออกมาจะไม่ถูกต้อง โดยในการกำหนดค่าต่างๆมีความจำเป็นที่จะต้องเข้าใจระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์และระเบียบวิธีเชิงตัวเลข

อุปสรรคสุดท้ายคือระยะเวลาในการดำเนินงาน (run) ซึ่งใช้เวลานานต่อเนื่อง 4 วัน สำหรับปัญหาเครื่องสูบน้ำมันรถยนต์พร้อมระบบทางเข้าที่ออกแบบไว้ใหม่ที่มีเอลิเมนต์จำนวน 196,647 เอลิเมนต์และโนดจำนวน 45,378 โนด ซึ่งถ้ามีข้อผิดพลาดเกี่ยวกับระบบไฟฟ้าจะต้องเริ่มทำการดำเนินงานใหม่ไม่สามารถดำเนินงานต่อจากของเดิมได้ และถ้ามีการกำหนดค่าเริ่มต้น (PreCAST) ผิดพลาดก็จะแสดงผลที่ผิดพลาดออกมา จำเป็นที่จะต้องกำหนดค่าใหม่และดำเนินงานใหม่ ซึ่งทำให้เสียเวลานานมาก ดังนั้นก่อนที่จะทดสอบกับปัญหาจริงควรทดสอบกับปัญหาที่มีรูปร่างง่ายๆ และเข้าใจลักษณะทางกายภาพของรูปร่างเหล่านั้น เพื่อให้ทราบค่าต่างๆที่จะทำการกำหนดในขั้นตอน PreCAST ไม่ว่าจะเป็น คุณสมบัติของวัสดุ ปัญหาขอบเขต และค่ารันพารามิเตอร์

ในการทำงานทุกอย่างย่อมมีอุปสรรคเกิดขึ้นเสมอ เพียงแต่ว่าจะมาก จะน้อย จะยากหรือจะง่าย ขอให้มีความพยายาม อดทนที่จะฟันฝ่าอุปสรรคเหล่านั้นได้ งานที่ทำก็จะประสบความสำเร็จ