บทที่ 1

บทนำ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อุตสาหกรรมที่เป็นพื้นฐานสำคัญของอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์คือการผลิตชิ้นส่วนที่เป็นอะลูมิเนียม เนื่องจากมีน้ำหนักเบาและยังสามารถนำกลับมาหลอมใหม่ได้ ตลอดจนปัจจุบันยังมีการมุ่งเน้นถึงปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม

กระบวนการผลิตชิ้นส่วนอะลูมิเนียมมีหลายวิธีด้วยกันแต่ที่นิยมมากที่สุดคือการหล่อ เนื่องจากสามารถทำเป็นรูปร่างต่างๆ ได้หลายรูปแบบตลอดจนรูปร่างที่ซับซ้อน ซึ่งกระบวนการหล่ออะลูมิเนียมที่นิยมวิธีหนึ่งคือกระบวนการผลิตแบบไดแคสติง (die casting process) ข้อดีของกระบวนการนี้คือ เวลาในการผลิตต่อชิ้น ต้นทุนผันแปรต่อชิ้นต่ำ และ ความถูกต้องสูง ส่วนข้อเสียของกระบวนการนี้คือการลงทุนแรกเริ่มจะสูงเพราะต้องอาศัยเครื่องฉีดความดันสูง อุปกรณ์การหล่อหลอม และ ที่สำคัญก็คือแม่พิมพ์ซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้งานออกมามีความถูกต้องและแม่นยำสูง

1.1 <u>ความเป็นมาของปัญหา</u>

เทคโนโลยีการออกแบบพิมพ์ส่วนใหญ่จะตั้งอยู่บนพื้นฐานของประสบการณ์และความชำนาญของผู้ออกแบบแม่พิมพ์ ซึ่งถ้าความรู้ของผู้ออกแบบคนนั้นผิดก็จะมาตกอยู่ที่แม่พิมพ์ที่ออกแบบมา

ถึงแม้ปัจจุบันจะมีเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงและมีโปรแกรม CAD ที่ดีมาช่วยในการออกแบบ แต่ผู้ออกแบบแม่พิมพ์ส่วนใหญ่ก็ไม่ได้ใช้ประโยชน์จากโปรแกรมเหล่านี้อย่างเต็มที่ นอกจากจะนำมาวาดเป็นภาพ 2 มิติ เพียงเพื่อบรรลุแค่ให้เป็นเอกสารสำหรับจัดเก็บให้ดูง่ายและเป็นระเบียบมากขึ้น

ในการใช้ภาพ 3 มิติมาช่วยเป็นฐานข้อมูลในการออกแบบ จะช่วยให้ผู้ออกแบบได้เห็นภาพที่เหมือนจริงมากกว่าภาพ 2 มิติ และ จะเป็นประโยชน์อย่างมากในทางคณิตศาสตร์เพื่อคำนวณหาค่าต่างๆ เช่น พื้นที่ผิว ปริมาตร และอื่นๆ นอกจากนี้ยังมาช่วยงานในการวิเคราะห์ เพื่อคำนวณหาเส้นทางการไหลและการถ่ายเทความร้อนของชิ้นงานสู่แม่พิมพ์

ดังนั้นระบบ CAD/CAE (Computer Aided Design / Computer Aided Engineering) จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะมาช่วยให้นักออกแบบแม่พิมพ์ฉีดไดแคสติง ออกแบบและวิเคราะห์แม่พิมพ์ได้อย่างมีหลักการ สะดวก และ รวดเร็ว โดยไม่ต้องทำการกัดแม่พิมพ์ออกมาจริงๆ ซึ่งต้องใช้ค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมาก

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อพัฒนาวิธีการออกแบบและวิเคราะห์แม่พิมพ์ฉีดอะลูมิเนียมไดแคสติง โดยใช้ระบบ CAD/CAE

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 การออกแบบ

ศึกษาในส่วนของการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดอะลูมิเนียมไดแคสติงกับชิ้นงานตัวอย่างในที่นี้คือเครื่องสูบน้ำมันในรถยนต์ โดยใช้โปรแกรม CAD ออกแบบในรูปแบบของภาพ 3 มิติ (3D modeling) ซึ่งมีข้อกำหนดในการออกแบบดังนี้

ก. ชิ้นงานมีความเหมาะสมในการออกแบบ และไม่สามารถทำการแก้ไขแบบได้

ข. วัสดุที่ใช้ทำการฉีด คือ อะลูมิเนียมอัลลอยด์ 380 (Aluminum Alloy 380)

ค. วัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์ คือ เหล็กกล้างานร้อน H 13 ในระบบ AISI

ง. ทำการออกแบบเฉพาะ ระบบการไหล ระบบระบายความร้อน และระบบนำปลดชิ้นงาน ซึ่งมีลักษณะดังนี้

ง.1 ระบบการไหล จุดประสงค์ของการออกแบบก็เพื่อให้ทราบถึง ขนาด รูปร่าง และตำแหน่งของ ทางเข้า (gate) ทางวิ่ง (runner) และรูฉีด (biscuit) โดยใช้วิธีการของ NADCA (North American Die Casting Association)

ง.2 ระบบระบายความร้อน จะพิจารณาปริมาณน้ำที่ทำการสเปรย์ เพื่อลดอุณหภูมิของแม่พิมพ์หลังทำการฉีด ขนาดและตำแหน่งของเส้นทางน้ำไหล (waterlines) โดยจะใช้วิธีการของ SDCE (Society of Die Casting Engineer)

ง.3 ระบบนำปลดชิ้นงาน เพื่อหาจำนวนและตำแหน่งของหมุดแทง (ejector pin)

1.3..2 การวิเคราะห์

ก. วิเคราะห์การไหลของอะลูมิเนียมเหลวในแม่พิมพ์

ข. วิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนออกจากชิ้นงาน

ค. สภาวะในการฉีดมีความเหมาะสมสำหรับระบบทางเข้าแบบหนึ่งๆ

ง. ทำการเปรียบเทียบแม่พิมพ์ที่ทำการออกแบบไว้กับแม่พิมพ์เดิม

ซึ่งก่อนที่จะเริ่มทำการวิเคราะห์งานจริงจะทำการทดสอบกับปัญหาพื้นฐานเพื่อดูลักษณะทางกายภาพ

1.4 **ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย**

1. ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องและหลักการพื้นฐาน
2. เก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ
3. สร้างรูปแบบสามมิติของชิ้นงาน
4. ออกแบบแม่พิมพ์
5. สร้างรูปแบบสามมิติของแม่พิมพ์ที่ทำการออกแบบไว้
6. สร้างรูปแบบสามมิติของแม่พิมพ์ดั้งเดิม
7. ทดสอบกับปัญหาพื้นฐาน
8. วิเคราะห์แม่พิมพ์
9. ทำการสรุปและข้อเสนอแนะ
10. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.5 **ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1. เป็นแนวทางเพื่อให้ผู้ออกแบบแม่พิมพ์ฉีดอะลูมิเนียมไดแคสติงรุ่นใหม่สามารถออกแบบแม่พิมพ์ได้อย่างเหมาะสม และผู้ที่มีประสบการณ์ในการออกแบบแม่พิมพ์อยู่แล้วก็สามารถนำหลักการและเทคนิคต่างๆ ไปสนับสนุนหรืออ้างอิงประสบการณ์ของพวกเขาได้
2. ลดระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการสร้างแม่พิมพ์

1.6 **ปริทัศน์วรรณกรรม**

โฆษิต สุขก้องวารี (2541)

ได้ศึกษาเรื่อง อิทธิพลของอุณหภูมิต่อโฟลว์ไลน์และโคลด์ชัตในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมแบบได-แคสติง

การวิจัยได้ศึกษาการหาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อโฟลว์ไลน์และโคลด์ชัตในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมแบบไดแคสติง จากการศึกษาปัจจัยที่คาดว่าน่าจะมีผลต่ออุณหภูมิของแม่พิมพ์ซึ่งมีผลต่อการเกิดโฟลว์ไลน์และโคลด์ชัต มาทำการออกแบบการทดลอง ซึ่งปัจจัยดังกล่าวได้แก่ อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นแม่พิมพ์ และเวลาการพ่นน้ำหล่อลื่นหน้าแม่พิมพ์ ซึ่งเมื่อได้ทำการทดลองแบบฟิกซ์เอฟเฟก (fixed effects model) และวิเคราะห์ความแปรปรวนแล้วพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อโฟลว์ไลน์และโคลด์ชัต คือ อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นแม่พิมพ์ เวลาการพ่นน้ำหล่อลื่นหน้าแม่-พิมพ์ และอิทธิพลร่วมของปัจจัยหลักทั้งสอง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิของแม่พิมพ์คือ อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นแม่พิมพ์ เวลาการพ่นน้ำหล่อลื่นหน้าแม่พิมพ์ และ

อิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยหลักทั้งสอง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 โดยที่อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นแม่พิมพ์จะทำให้อุณหภูมิของแม่พิมพ์คงที่ และเวลาการพ่นน้ำหล่อลื่นหน้าแม่พิมพ์จะทำให้อุณหภูมิของแม่พิมพ์เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โดยอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นแม่พิมพ์ที่เหมาะสมคือ 6.7-7.2 ลิตร/นาที และเวลาการพ่นน้ำหล่อลื่นหน้าแม่พิมพ์ที่เหมาะสมคือ 2 วินาที และอุณหภูมิของแม่พิมพ์ภายหลังการพ่นน้ำหล่อลื่นที่เหมาะสมคือ 131-140 องศาเซลเซียส โดยชิ้นงานที่ได้จะมีความแข็งอยู่ที่104 BHN และมีโครงสร้างยูเทคติกที่ละเอียด

สุชาติ ชีวสาธน์ (2540)

ได้ศึกษาเรื่อง ผลกระทบของปัจจัยการควบคุมที่มีต่อคุณสมบัติของอะลูมิเนียมในการฉีดแบบได-แคสติง

การวิจัยได้ศึกษาในเรื่องการทำงานของเครื่องฉีดในเรื่องระยะการเคลื่อนที่ของลูกสูบในช่วงการเคลื่อนที่ช้า(S1) ความเร็วในการเคลื่อนที่ในช่วงการเคลื่อนที่ช้า(V1) ความเร็วในช่วงการเคลื่อนที่เร็ว(V2) ความดันในการฉีดในช่วงการแข็งตัวของชิ้นงาน(P3) ไม่มีผลต่อความแข็งของผิวงานและโครงสร้างทางจุลภาค และความแข็งที่ผิวจะสัมพันธ์กับความละเอียดของโครงสร้างทางจุลภาค อัตราการเย็นตัวของชิ้นงานจะส่งผลกระทบถึงโครงสร้างได้ ถ้ามีอัตราการเย็นตัวที่มากพอก็จะทำให้ได้โครงสร้างทางจุลภาคที่มีความละเอียดและมีแนวโน้มที่จะทำให้คุณภาพของงานที่ต้องทำการปาดผิวในระยะไม่ลึกมากมีโพรงอากาศน้อยลง ซึ่งทำได้โดยเพิ่มอัตราการหล่อเย็น

F.Shen, J.M.Khodadadi, S.J.Pien and X.K.Lan(1994)

ได้ศึกษาเรื่อง Mathematical and Physical Modeling Studies of Molten Aluminum Flow in a Tundish

การไหลของน้ำอะลูมิเนียมในทางวิ่ง ในงานหล่อแบบต่อเนื่อง นั้นมีทั้งแบบราบเรียบและหมุนวน ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของชิ้นงานหล่อที่ได้ ซึ่งผู้เขียนได้ทำการวิเคราะห์การไหลแบบ 3 มิติ โดยใช้ไฟไนต์อิลิเมนต์ ใช้ Laser Dopper ทำการวัด โดยเฉพาะการไหลแบบหมุนวนจะเกิดใกล้กับหัวจ่ายน้ำอะลูมิเนียม จุดที่เป็นทางออก และด้านหลังของวัตถุที่ขวางทางไหล ผลที่ได้คือสมการคณิตศาสตร์และภาพจำลองของเวกเตอร์ความเร็วแสดงพฤติกรรมการไหล

J. A. Sekhar, G. J. Abbaschian and R. Mehrabian (1979)

ได้ศึกษาเรื่อง Effect of Pressure on Metal-Die Heat Transfer Coefficient during Solidification

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิจัยนี้ได้ทำการรวมเอาทฤษฎีและการทดลองมาศึกษาผลของความดันที่ให้เข้าไปกับการเคลือบผิวแม่พิมพ์ว่ามีผลต่อสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (heat transfer coefficient) ระหว่างอะลูมิเนียม-ซิลิกอน อัลลอยด์ที่ระดับยูเทคติก (eutectic) กับแม่พิมพ์ที่ทำจากเหล็ก H13 การทดลองได้ทำการฝังเทอร์โมคอปเปิล (thermocouples) ที่ใต้ผิวของแม่พิมพ์ในระดับที่แตกต่างกัน และได้ใช้โปรแกรมคำนวณสำหรับปัญหาในหนึ่งมิติเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับผลการทดลอง ผลลัพธ์ที่ได้ออกมาเมื่อทำการให้แรงดัน 19.6×10^7 ปาสคาล (Pa) ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้นจาก 3.4×10^3 วัตต์/ต.ร.เมตร/เคลวิล ($W/m^2/K$) เป็น 5.25×10^4 วัตต์/ต.ร.เมตร/เคลวิล ($W/m^2/K$) และผลกระทบของความแตกต่างระหว่างพื้นผิวที่เคลือบก็ถูกนำมาพิจารณาด้วย

J. Hu, E. R. G. Eckert, and R. J. Goldstein (1992)

ได้ศึกษาเรื่อง Numerical Simulation of Flows, Heat Transfer and Solidification in Pressure Die Casting

ได้ทำการศึกษาถึงการจำลองพฤติกรรมของน้ำโลหะเหลวเมื่อถูกฉีดเป็นละออง (jet) เข้าสู่โพรงแบบ (cavity) โดยได้เสนอรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อแทนพฤติกรรมการไหล การถ่ายเทความร้อน (heat transfer) และการแข็งตัวของงานฉีดไดแคสติง กับรูปร่างปัญหาทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าแผ่นบางโดยมีอัตราส่วนของความยาวของด้านยาวต่อความหนาเป็น 0.1 และปัญหาการถ่ายเทความร้อนกับการแข็งตัวจะถูกแก้ร่วมกัน การแก้สมการเชิงอนุพันธ์ที่ได้จากปัญหาทั้งสามนั้นจะใช้ระเบียบวิธีเชิงตัวเลข (numerical method) ในการหาผลเฉลยโดยประมาณ ผลลัพธ์ที่ได้ออกมาจะอยู่ในรูปของการกระจายตัวของ ความเร็ว ความดัน ปริมาตรส่วนที่เป็นของเหลว และอุณหภูมิในชิ้นงานตัวอย่าง

Jonathan Papai and Carroll Molbley (1991)

ได้ศึกษาเรื่อง Die Thermal Fields and Heat Fluxes During Die Casting of 380 Aluminum Alloy in H-13 Steel Dies

การวิจัยได้ทำการศึกษาวิธีการที่ใช้ในการวัดค่าสนามความร้อน (รวมถึงอุณหภูมิระหว่างโพรงแบบในเหล็ก H-13 ที่ใช้ทำแม่พิมพ์กับอะลูมิเนียม 380 ที่ใช้หล่อชิ้นงาน) ระเบียบวิธีเชิงตัวเลข (numerical method) ได้นำประยุกต์ใช้กับข้อมูลของค่าสนามความร้อน (thermal field) เพื่อใช้พิจารณาหาการไหลของปริมาณความร้อน (heat flux) ที่ระหว่างผิวแม่พิมพ์กับชิ้นงาน ผลของการเลือกตัวแปรที่ใช้ในการทดลองซึ่งรวมเอาอุณหภูมิฉีด ตำแหน่งของชิ้นงานในแม่พิมพ์ ความดัน และ สารหล่อเย็นที่ใช้ในการฉีดพ่นบนผิวหน้าแม่พิมพ์ ถูกนำมาพิจารณาด้วย

Khin Maung Myint (1994)

ได้ศึกษาเรื่อง A Computer Aided Design Methodology for Die Casting Dies: A Case Study

การวิจัยได้ทำการศึกษาการออกแบบแม่พิมพ์อะลูมิเนียมไดแคสติง โดยการพัฒนานำเอาระบบ CAD มาช่วยในการออกแบบ ซึ่งทำการยกตัวอย่างชิ้นงานมาสร้างแบบจำลองในรูปแบบของ 3 มิติ และนำเสนอขบวนการในการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่เมื่อนำระบบ CAD เข้ามาช่วย สุดท้ายจะทำการออกแบบระบบการไหล ระบบระบายความร้อน ระบบนำปลดชิ้นงาน แต่จะมุ่งเน้นในเรื่องของของการออกแบบระบบระบายความร้อน ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ก็คือ ได้ทราบถึงคุณสมบัติของวัสดุที่ทำการฉีด คุณลักษณะขององค์ประกอบของแม่พิมพ์ วิธีการในการออกแบบใหม่ และนำหลักการทางวิศวกรรมเครื่องกลมาช่วยในการออกแบบ

M. R. Barone and E. Kock (1993)

ได้ศึกษาเรื่อง A Method for Analysing the Effect of Flow on Heat Transfer in Die Casting

การวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาวิธีการใหม่เพื่อพิจารณาผลของการไหลของความร้อนในแม่-พิมพ์ขณะฉีดภายใต้เงื่อนไขที่ว่าชิ้นงานมีขนาดบางเมื่อเปรียบเทียบกับความยาวในทุกๆด้าน โดยไม่มีการจำกัดรูปร่างของชิ้นงาน คำถามที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับธรรมชาติและนัยสำคัญของการถ่ายเทความร้อน (heat transfer) ขณะไหลเข้าสู่โพรงแบบได้ทำการอธิบาย โดยการวิเคราะห์จากการคำนวณจากแม่พิมพ์ที่มีรูปร่างสองมิติ ผลลัพธ์ที่ได้แสดงถึงผลของการไหลสามารถเป็นจุดวิกฤตเมื่อเวลาในการเติมเต็มนาน ในขณะที่ชิ้นงานมีขนาดบางหรือคุณสมบัติที่เป็นตัวนำความร้อนของสารหล่อเย็นแม่พิมพ์สูง

Pal Schmidt (1993)

ได้ศึกษาเรื่อง Heat Transfer during Filling in Die Casting Processes

การวิจัยได้ทำการศึกษาถึงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (heat transfer Coefficient, *h*) ระหว่างการเติม โดยทำการวัดที่ระดับพื้นผิวที่แตกต่างกัน ว่าค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน มีผลกระทบอย่างมากกับการเกิดรูพรุน (porosity) ที่เกิดขึ้นบนชิ้นงาน โดยค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจะขึ้นอยู่กับความเร็วในการไหล อุณหภูมิของแม่พิมพ์ และ วัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์

Rajesh Jain (1994)

ได้ศึกษาเรื่อง A 2-D Transient Thermal Analysis of Pressure Die Casting

การวิจัยนี้ทำการเสนอวิธีในการวิเคราะห์การระบายความร้อนของงานฉีดอะลูมิเนียมไดแคสติงว่ามีการระบายปริมาณความร้อนมากไปเท่าไร ด้วยเวลาเท่าไร จึงทำให้ทราบถึงอัตราในการระบายความร้อนผ่านผิวหน้าของโพรงแบบแม่พิมพ์ ทั้งหมดนี้จะใช้ระเบียบวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์เข้ามาวิเคราะห์ในรูปแบบของ 2 มิติ

S. Hong, D. G. Backman, and R. Mehrabian (1979)

ได้ศึกษาเรื่อง Heat Transfer Coefficient in Aluminum Alloy Die Casting

การวิจัยได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์การไหลของความร้อน (heat flow) ในขณะทำการหล่อชิ้นงานอะลูมิเนียมไดแคสติง โดยได้ทำการทดลองจากชิ้นงานรูปร่างสี่เหลี่ยมง่ายๆและมีทางเข้าเป็นแบบใบพัด (Fan Gate) ทำการใส่เทอร์โมคอปเปิ้ล (thermocouples) ที่ตำแหน่งต่างๆใต้พื้นผิวของแม่พิมพ์ และนำค่าที่ได้มาทำการพล็อตเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการคำนวณ เพื่อพิจารณาหาสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (heat transfer coefficient, *h*) ระหว่างพื้นผิวของแม่พิมพ์ที่ทำจากเหล็ก H-13 และ อะลูมิเนียม A380

Takateru Umeda

ได้ศึกษาเรื่อง Heat, Mass and Microstructure Simulation of Continuous Casting

การวิจัยได้ทำการศึกษาว่าพฤติกรรมของการแข็งตัวและรูปร่างของชิ้นงานมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการแข็งตัว โดยพิจารณาการดึงความร้อนในแม่พิมพ์เป็นอันดับแรก เพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับสภาวะที่จำเป็นที่จะนำไปสู่การเพิ่มขึ้นของความเร็วของขบวนการหล่อ การไหลของน้ำโลหะเหลวในแม่พิมพ์ถูกพิจารณาเป็นอันดับสอง โดยทำการเปรียบเทียบผลกระทบของการไหลต่อการแข็งตัวภายใต้ความเร็วที่คงที่และรูปร่างที่ง่าย ที่ได้จากการคำนวณกับผลที่ได้จากการทดลอง สุดท้ายทำการพิจารณาผลของโครงสร้างทางโลหะวิทยาและการเกิดเฟสที่มีสาเหตุมาจากการแข็งตัว