

การจำลองและวิเคราะห์การไหลของพลาสติกในการฉีดขึ้นรูปชิ้นงานรูปดัมเบล สำหรับปฏิบัติการ

วิศวกรรมอุตสาหการ I

Flow Simulation and Analysis of Plastics in Injection Molding of Dumbbell-shaped Parts for Industrial

Engineering Laboratory I

ศศิพรรณ เตชะศรีสุขโข

อ.ดร.จักรพันธ์ อรร่วมพงษ์พันธ์

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โทร. 0-2579-8610 โทรสาร 0-2579-8610 E-mail: fengchar@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเครื่องมือเพื่อช่วยในการจำลองและวิเคราะห์การไหลของพลาสติก ดังนั้นโครงการวิศวกรรมนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเครื่องมือที่ใช้จำลองและวิเคราะห์การไหลในกระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติก โดยการใช้โปรแกรมโมลโฟว์ (Moldflow) ศึกษาการใช้โปรแกรมจากตัวอย่างสาธิตของโปรแกรมโมลโฟว์ และนำชิ้นงานรูปดัมเบลจากปฏิบัติการวิศวกรรมอุตสาหการ I มาทดสอบและวิเคราะห์ผลที่อาจจะเกิดขึ้น รวมทั้งจัดทำเอกสารประกอบการเรียนการฉีดขึ้นรูปชิ้นงานรูปดัมเบล สำหรับปฏิบัติการวิศวกรรมอุตสาหการ I โดยสามารถเรียนรู้การใช้โปรแกรมได้ภายในเวลา 3 ชั่วโมง

คำสำคัญ : โมลโฟว์, คอมพิวเตอร์ช่วยในงานวิศวกรรม, การจำลองการไหล, การฉีดขึ้นรูปพลาสติก, ปฏิบัติการวิศวกรรมอุตสาหการ

Abstract

Many tools for plastic flow simulation and analysis have been recently developed. This engineering project therefore has an objective to study the tool for plastic flow simulation and analysis of injection molding by using a Moldflow program. The project started by studying the program usage from the tutorials and used a dumbbell-shaped part in Industrial Engineering Laboratory I as a testing part. A laboratory sheet of injection molding based on dumbbell-shaped parts was made for Industrial Engineering Laboratory I that could be studied by themselves and finished in 3 hours.

Keywords: Moldflow, Computer-Aided Engineering, Flow Simulation, Plastic Injection Molding, Industrial Engineering Laboratory

1. บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ

ในกระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติกนั้น การออกแบบแม่พิมพ์และผลิตภัณฑ์ต้องอาศัยความรู้และความชำนาญด้านกระบวนการฉีดพลาสติก เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ถูกต้องและแม่นยำ ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเครื่องมือเพื่อช่วยในการจำลองและวิเคราะห์การไหลของพลาสติก ดังนั้นโครงการวิศวกรรมนี้จึงจัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการที่จะจำลองการไหลในกระบวนการขึ้นรูปพลาสติก โดยการใช้โปรแกรมโมลโฟว์ (Moldflow) ช่วยในการจำลองและวิเคราะห์การไหล ซึ่งโปรแกรมโมลโฟว์นี้เป็นซอฟต์แวร์ประเภท CAE (Computer-Aided Engineering) ที่ช่วยในการจำลองและวิเคราะห์การไหลของพลาสติกในกระบวนการขึ้นรูป มีการใช้อย่างแพร่หลายในบริษัทชั้นนำทั่วโลก เช่น โซนี่ (Sony) โตชิบา (Toshiba) แคนนอน (Canon) โตโยต้า (Toyota) นิสสัน (Nissan) บีเอ็มดับเบิลยู (BMW) ฟอร์ด (Ford) โมโตโรลา (Motorola) เฮชพี (HP) โคดัก (Kodak) ซัมซุง (Samsung) และบริษัทอื่นๆ โดยได้นำซอฟต์แวร์โมลโฟว์ใช้ในขั้นตอนการออกแบบชิ้นงานพลาสติก การออกแบบแม่พิมพ์ และการฉีดพลาสติก ทำให้สามารถคำนวณวิเคราะห์การไหลของพลาสติกตรวจสอบคุณภาพ และหาความเหมาะสมในการออกแบบชิ้นงานและแม่พิมพ์ให้ได้คุณภาพสูงสุด โดยที่ต้นทุนการผลิตต่ำสุด โดยสามารถจำลองกระบวนการฉีดพลาสติกที่เกิดขึ้นตั้งแต่ขั้นตอนการฉีด (Filling) การน็อค (Holding) และการเย็นตัว (Cooling) อีกทั้งยังสามารถตรวจสอบปัญหาหลังจากกระบวนการฉีดได้ เช่น ปัญหาการบิดตัว (Warp) ปัญหารอยเชื่อมประสาน (Weld Line) ปัญหาการไหลบนผิวชิ้นงาน (Flow Mark) ปัญหาการหดตัวของชิ้นงาน (Shrinkage)

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อพัฒนาปฏิบัติการฉีดขึ้นรูปในรายวิชา 01206381 ปฏิบัติการวิศวกรรมอุตสาหการ โดยใช้โปรแกรมโมลโฟว์ช่วยในการจำลองและวิเคราะห์การไหลของพลาสติก เพื่อทำให้เกิดความเข้าใจใน

การศึกษา โดยสามารถที่จะศึกษาด้วยตนเองให้เข้าใจได้ภายในเวลา 3 ชั่วโมง

1.3 ขอบเขตของโครงการ

จัดทำเป็นเอกสารประกอบการเรียนปฏิบัติการวิศวกรรมอุตสาหกรรม I เรื่องการจำลองและวิเคราะห์กระบวนการฉีดพลาสติก โดยใช้โปรแกรมแสดงผลการทำงานของเครื่องฉีดพลาสติกในกระบวนการฉีดพลาสติก โดยมีตัวอย่างและแบบฝึกหัดในการใช้โปรแกรมสำหรับปฏิบัติการฉีดขึ้นรูป

1.4 การดำเนินงานปัจจุบัน

ใช้โปรแกรม โมลโฟว์ผ่านตัวอย่างสาธิตของโปรแกรม สามารถสร้างแบบจำลองของชิ้นงานในปฏิบัติการฉีดขึ้นรูปของแม่พิมพ์รูปคัมเบล วิเคราะห์ผลของชิ้นงาน และจัดทำเอกสารประกอบการเรียน

1.5 วิธีการ/ขั้นตอนการดำเนินงาน

โดยเริ่มจากศึกษากระบวนการทำงานของเครื่องฉีดพลาสติก โดยเริ่มตั้งแต่กระบวนการฉีดจนถึงการหล่อเย็น เพื่อจะได้สามารถทราบถึงกระบวนการไหลการฉีดขึ้นรูปแต่ละครั้ง จากนั้นนำชิ้นงานแม่พิมพ์รูปคัมเบลมาศึกษา และนำไปวาดแบบ โดยใช้โปรแกรมโซลิดเวิร์ค และศึกษาการใช้โปรแกรม โมลโฟว์ โดยการทำให้แบบฝึกหัดสาธิตของโปรแกรม เมื่อทราบวิธีการและขั้นตอน จึงเริ่มต้นฝึกการใช้งานจากโปรแกรมการสาธิต และนำผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมมาวิเคราะห์ รวมถึงการหาวิธีแก้ไขปัญหาก็อาจเกิดขึ้นจากการฉีดพลาสติก เมื่อปฏิบัติตามขั้นตอนการดำเนินงานทั้งหมดจนประสบความสำเร็จแล้ว จึงจัดทำเอกสารประกอบการเรียนปฏิบัติการวิศวกรรมอุตสาหกรรม I เรื่องการจำลองและวิเคราะห์ของกระบวนการฉีดพลาสติก แล้วทดลองให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบฝึกหัด เพื่อประเมินผลความเข้าใจของผู้เรียนจากการออกแบบเอกสารประกอบการเรียน

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 กระบวนการฉีดพลาสติก

กระบวนการทั่วไปของการฉีดพลาสติก โดยเริ่มตั้งแต่องค์ประกอบในการฉีดพลาสติก ขั้นตอนพื้นฐานในการฉีดพลาสติก ซึ่งเริ่มตั้งแต่ ช่วงการฉีด ช่วงการเป่ากึ่งหรือช่วงการอัด ช่วงการย้าย ไปจนถึงช่วงการหล่อเย็น

ลักษณะของการไหลพลาสติกที่ดี คือมีลักษณะการไหลเป็นนอนนิวโตเนียนพลาสติก กล่าวคือ เป็นลักษณะการไหลของของไหลที่ไม่เป็นไปตามการสันนิษฐานของนิวตัน คือที่ อุณหภูมิหนึ่งๆ ของไหลมีความหนืดเป็นค่าไม่คงที่ การเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับอัตราเร็วหรือความเร็ว รวมถึงปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของพลาสติก อันได้แก่ อุณหภูมิ ความเร็วการไหล และอัตราเร็วของพลาสติกในแม่พิมพ์ฉีด ความดันในแม่พิมพ์ และปัญหาในงานฉีดพลาสติก พร้อมวิธีแก้ไขปัญหาคือ

2.2 โปรแกรมโซลิดเวิร์ค (Solid Works)

โซลิดเวิร์ค นั้นถูกออกแบบมาให้เป็นโปรแกรม ประเภท CAE จัดว่าเป็นโปรแกรมที่มีเครื่องมือสำหรับช่วยเหลือวิศวกร เป็นโปรแกรมออกแบบ 3 มิติที่ใช้งานง่ายที่สุด มีความสามารถครอบคลุม การเขียนแบบทุกอย่าง มีโปรแกรมเสริมเพิ่มเติมความสามารถที่หลากหลาย และมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องอยู่ตลอดเวลา สามารถเรียนรู้ได้รวดเร็ว ทั้งยังมีกลุ่มผู้ใช้งาน ที่ใหญ่ที่สุดในโลก

สำหรับโครงการนี้ได้ใช้โปรแกรมนี้เพื่อใช้ในการสร้างแบบของชิ้นงานรูปคัมเบล

2.3 โปรแกรมโมลโฟว์ (Moldflow)

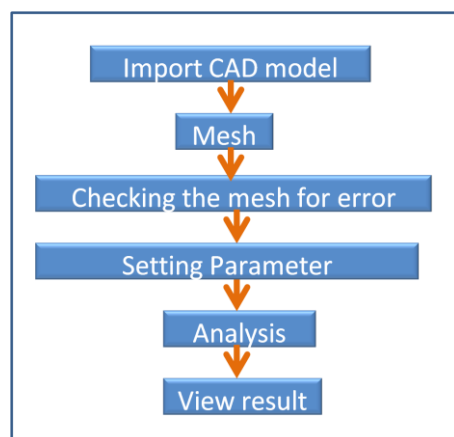
โมลโฟว์ เป็นซอฟต์แวร์ CAE ที่ช่วยในการจำลองและวิเคราะห์ การไหลของพลาสติกสำหรับงานฉีด เหมาะสำหรับการออกแบบชิ้นงานพลาสติก การออกแบบแม่พิมพ์ และการฉีดพลาสติก โดยผู้ใช้สามารถจำลองกระบวนการฉีดพลาสติกที่เกิดขึ้นตั้งแต่ช่วงการฉีด การฉีดขึ้นและการหล่อเย็น รวมถึงสามารถตรวจสอบปัญหาหลังจากกระบวนการฉีดได้

สำหรับโครงการนี้ได้ใช้โปรแกรมนี้เพื่อใช้ในการวิเคราะห์การไหลของชิ้นงานพลาสติกรูปคัมเบล

ในส่วนของประโยชน์ของการใช้โปรแกรมโมลโฟว์นั้น คือสามารถหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการฉีดพลาสติก สามารถช่วยในการเลือกชนิดของพลาสติกได้ ใช้คำนวณความดันที่ต้องใช้ในกระบวนการเพิ่มเติม หาตำแหน่งที่เหมาะสมของเกต ช่วยลดต้นทุนการผลิต ลดปัญหาที่จะเกิดกับชิ้นงานและแม่พิมพ์ และช่วยเพิ่มคุณภาพของสินค้า

3. ขั้นตอนในการทำโครงการวิศวกรรมอุตสาหกรรม

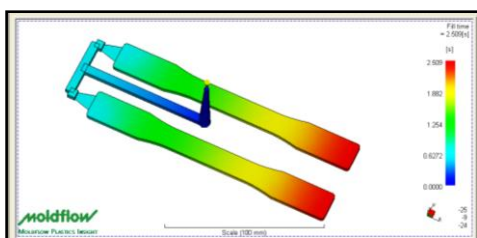
3.1 วิเคราะห์ชิ้นงานจากโปรแกรมโมลโฟว์



รูปที่ 2 ขั้นตอนในการวิเคราะห์ชิ้นงานจากโปรแกรม

เริ่มต้นจากการ Import CAD model คือ การใส่ภาพชิ้นงานที่ได้วาดจากโปรแกรม CAD ในที่นี้ใช้โปรแกรมโซลิดเวิร์ค เมื่อได้ชิ้นงานที่

ต้องการแล้ว เราจะนำชิ้นงาน Mesh คือ การสร้างตาข่าย ขึ้นมาบนชิ้นงาน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป จากนั้นเพื่อความถูกต้องของการวิเคราะห์ ผลลัพธ์ จึงจำเป็นที่จะต้อง Checking the mesh for Error คือ การตรวจสอบชิ้นงานที่จะนำไปทำการวิเคราะห์นั้น มีความผิดพลาดหรือไม่ โดยจะมีคำสั่งในการให้โปรแกรม โมดัลโฟว์ช่วยในการตรวจสอบ ซึ่งการตรวจสอบนั้นก็มียุทธวิธีหลายวิธี โดยดูได้จากโปรแกรม เมื่อชิ้นงาน ถูกต้องแล้วจะทำการ Setting Parameter คือ การป้อนค่าข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็นในการใช้โปรแกรม เช่น ค่าขนาดและลักษณะของขนาดสปริง เกท รันเนอร์ เมื่อกระบวนการเสร็จสิ้น ชิ้นงานนั้นพร้อมที่จะทำการวิเคราะห์ จึงทำการ Analysis คือ กระบวนการวิเคราะห์โดยที่ขึ้นอยู่กับคำสั่งของ โปรแกรม ว่าต้องการวิเคราะห์สิ่งใดบ้าง เช่น เวลาที่ใช้ในการฉีดชิ้นงาน สำหรับชิ้นงานตัวอย่างนี้ ดังรูปที่ 1 พบว่า การฉีดให้พลาสติกไหลเต็ม ชิ้นงานนั้น ใช้เวลา 2.509 วินาที โดย ณ ตำแหน่งต่างๆของสีที่ปรากฏ แสดงถึง ณ เวลาที่พลาสติกเหลวถูกฉีดเข้าไปในโมลด์ ณ ตำแหน่งใดๆ



รูปที่ 1 การวิเคราะห์เวลาที่ใช้ในการฉีดชิ้นงาน

นอกจากนี้ ยังสามารถวิเคราะห์ผลในส่วนอื่นๆ ได้อีกด้วย เช่น ความดันที่ต้องให้กับเครื่องฉีดพลาสติกเพื่อใช้ในการฉีดชิ้นงานหนึ่ง ครั้ง เวลาในการแข็งตัวของชิ้นงาน ค่าความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นบริเวณผิวของชิ้นงาน และอื่นๆอีกมาก จากนั้นจึงนำผลวิเคราะห์ที่ได้ View Result คือ การนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ไปใช้ เพื่อพัฒนาการฉีดพลาสติกต่อไป

3.2 ออกแบบปฏิบัติการรายวิชา ปฏิบัติการวิศวกรรม อุตสาหกรรม (01206481)

สำหรับวัตถุประสงค์ของการทดลองนี้ คือ เพื่อเรียนรู้การใช้โปรแกรม โมดัลโฟว์ ไปประยุกต์กับการใช้เครื่องฉีดพลาสติกในห้องปฏิบัติการวิศวกรรมอุตสาหกรรม เพื่อฝึกทักษะการออกแบบการสร้างทางเดินน้ำพลาสติกของชิ้นงาน และเพื่อสามารถวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นกับชิ้นงานพลาสติก โดยมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง คือ ชิ้นงานรูปดัมเบล จากปฏิบัติการวิศวกรรมอุตสาหกรรม เรื่องการฉีดพลาสติกและเครื่องคอมพิวเตอร์ ในส่วนของซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการทดลองคือ ซอฟต์แวร์ โมดัลโฟว์ โดยกำหนดเวลาในการทดลองให้ 3 ชั่วโมง

เริ่มต้นในส่วนของการสอน โดยการสอนการใช้โปรแกรม ผ่านตัวอย่างสาธิตของโปรแกรม จากนั้นจึงทำแบบฝึกหัดการทดลองของ ชิ้นงานรูปดัมเบล และวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นได้ เพื่อสามารถที่จะเรียนรู้และสามารถประยุกต์ความรู้ที่ได้รับนำไปออกแบบวิเคราะห์ปัญหาของชิ้นงานรูปดัมเบลได้

4. สรุป

จากการทำโครงการวิศวกรรมอุตสาหกรรมนี้ได้ทำการศึกษาโปรแกรม โมดัลโฟว์ เพื่อที่จะสามารถนำความรู้นี้ไปประยุกต์ใช้ได้ ในอุตสาหกรรมการฉีดพลาสติกในรูปแบบต่างๆ โดยการเรียนรู้ผ่านเอกสารประกอบการเรียนปฏิบัติการวิศวกรรมอุตสาหกรรม I เรื่องการจำลองและวิเคราะห์ของกระบวนการฉีดพลาสติก ซึ่งได้ทดลองกับกลุ่มตัวอย่างโดยปฏิบัติได้ตามเป้าหมายคือเรียนรู้ได้ภายใน 3 ชั่วโมง

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ อ.ดร.จักรพันธ์ อร่ามพงษ์พันธ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการเป็นอย่างสูง ที่ช่วยเหลือตั้งแต่การจัดการโครงการ คำปรึกษาที่ดีและข้อเสนอแนะต่างๆ ซึ่งเป็นแนวทางในการทำโครงการ และทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี รวมทั้งขอขอบพระคุณ อ.สุวิวัฒน์ สืบสานกุล ที่ช่วยให้ความรู้เกี่ยวกับการทำรูปแบบโครงการที่ถูกต้อง เพื่อให้เนื้อหาของโครงการสมบูรณ์ และอาจารย์ในภาควิศวกรรมอุตสาหกรรมทุกท่าน รวมทั้งเจ้าหน้าที่ที่ได้ให้ความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาในการทำโครงการนี้

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ คุณ จักรพันธ์ มั่นพิริยะ กรรมการบริหารบริษัท Able Thinking ที่ให้ความช่วยเหลือทำให้โครงการนี้ผ่านพ้นไปด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

วิโรจน์ เตชะวิญญูธรรม, 2553. วิศวกรรมการฉีดพลาสติก. สมาคมส่งเสริม เทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). กรุงเทพฯ. 236 น.

Herbert Rees and Bruce Catoen, 2006. Selecting Injection Molds: weighing cost vs productivity. Hanser Publishers, Munich

Moldflow.สืบค้นเมื่อ 1 กรกฎาคม 2553 จาก <http://www.meshexpress.com>

Jay Shoemaker, 2006. Moldflow Design Guide. Hanser Publishers, Munich

Peter Kennedy, 1995. Flow Analysis of Injection Molds. Hanser Publishers, Munich

Plastic Make Perfect. สืบค้นเมื่อ 5 กรกฎาคม 2553 จาก http://www.precisiontoolanddie.net/pdf/autodesk_insight_2010.pdf

