การกำหนดเงื่อนไขการฉีดฝากล่องพลาสติก LDPE ที่เหมาะสมด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

Optimization of injection conditions for LDPE box cover by using FEM method

พีรากร ขาวสอาด[1*] และ ดิลก ศรีประไพ[1]

Perakorn Kaosaard[1*] and Dilok sripapai[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการออกแบบทางเข้า และระบบหล่อเย็นในงานฉีดฝากล่องพลาสติกผิวสำเร็จแบบกระจก วัสดุ LDPE - C 150 Y ซึ่งเป็นวัสดุที่ใช้ในงานอัดรีด เริ่มจากการทดลองศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นจากแม่พิมพ์เก่า ได้แก่ ปัญหาชิ้นงานบิดตัว และผิวสำเร็จ หลังจากนั้นจึงหาแนวทางแก้ไขโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ Moldex3D รุ่น R 14.0 เป็นเครื่องมือในการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพงานฉีด ได้แก่ ระบบหล่อเย็น ขนาดทางเข้า อุณหภูมิฉีด และเวลาฉีด ผลจากการวิเคราะห์ด้วยซอฟท์แวร์ พบว่าระบบหล่อเย็นเดิมของแม่พิมพ์มีการระบายความร้อนที่ไม่สมดุล และค่าอัตราเฉือนของวัสดุสูงเกินค่ากำหนด จึงไม่สามารถผลิตงานที่มีคุณภาพได้ ดังนั้นจึงทำการปรับปัจจัยต่างๆ เพื่อให้อัตราเฉือนของวัสดุลดลง ได้แก่ ขนาดทางเข้า อุณหภูมิฉีด และเวลาฉีด จากการทดลองฉีดเสมือนด้วยซอฟท์แวร์พบว่าการสภาวะการฉีดที่เหมาะสม คือ ขนาดทางเข้า 1.0 mm อุณหภูมิฉีด 230 °C และเวลาฉีด 4.5 sec ทำให้ค่าอัตราเฉือนของวัสดุลดลงต่ำกว่า 40,000 1/sec ซึ่งเป็นค่ากำหนดของวัสดุ LDPE - C 150 Y เมื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปทดสอบการฉีดจริง พบว่าได้ผลสำเร็จตามการพยากรณ์

คำสำคัญ : ฉีดขึ้นรูปพลาสติก ไฟไนต์เอลิเมนต์ ระบบหล่อเย็น อัตราเฉือน

Abstract

This research aims to study design of gate and cooling system for mirror surface plastic injection using LDPE-C150Y, which is extrusion grade material. The research started with investigation problems occurred with molds such as shear and surface. Corrective solution was determined using computerize software, Moldex 3D version R14.0. Conditions affect injection quality were determined including cooling system, gate dimension, injection time and temperature. Result from the software indicates that poor injection quality caused from non-optimal heat exchanging of cooling system and share rate higher than acceptable limit. Various injection conditions including gate dimension, temperature and time of injection were adjusted and input into the software. Software stimulated proper injection condition of 1.0 mm gate dimension, 230 °C injection temperature and 4.5 sec. The stimulation provides result of share rate less than 40,000 l/sec which is within the acceptable limit of LDPE-C 150 Y. Those stimulated conditions were validated. Actual injection quality is found to meet the stimulation result.

Keywords : Plastic Injection molding; FEM; Cooling system; shear rate

[1] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพ ทุ่งครุ 10140

[1] Faculty of Engineer, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thung Khru District, Bangkok 10140, Thailand

* Corresponding author . E-mail: pe_acmilan@hotmail.com

บทนำ

ปัจจุบันกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมต้องการความรวดเร็วในการผลิต ลดพลังงาน และชิ้นงานที่มีน้ำหนักเบา ซึ่งพลาสติกได้เปรียบวัสดุอื่น เนื่องจากมีความหนาแน่นต่ำทำให้น้ำหนักเบา มีความแข็งแรงพอที่จะทดแทนโลหะได้ในบางงาน และสามารถผลิตชิ้นงานจำนวนมากภายในเวลาอันสั้นโดยวิธีฉีดขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ และเครื่องฉีดพลาสติก แม้ชิ้นงานมีความซับซ้อน เนื่องจากการฉีดขึ้นรูปพลาสติกอยู่ในสภาวะของเหลวจึงสามารถไหลตัวไปยังส่วนต่างๆ ภายในโพรงแม่พิมพ์ ซึ่งออกแบบไว้ โดยความละเอียดของชิ้นงานขึ้นอยู่ที่การออกแบบระบบแม่พิมพ์ ความละเอียดเครื่องจักรที่ใช้สร้างแม่พิมพ์ ความละเอียดการปรับประกอบแม่พิมพ์ ความละเอียดเครื่องฉีดขึ้นรูปพลาสติก และการปรับสภาวะการฉีด

การออกแบบแม่พิมพ์ [1-4] เป็นองค์ประกอบหนึ่งในการฉีดขึ้นรูปที่สำคัญ เพราะส่งผลถึงอัตราการผลิตและปัญหาที่เกิดขึ้นขณะผลิต การผลิตชิ้นส่วนพลาสติกด้วยแม่พิมพ์ 3 เพลส มีข้อดี คือ เป็นแม่พิมพ์แบบทางวิ่งเย็น ซึ่งสามารถผลิตชิ้นงานจำนวนมาก โดยที่ชิ้นงานแต่ละชิ้นมีตำแหน่งทางเข้าทางด้านบนของชิ้นงานในตำแหน่งเดียวกันมีทำให้ทุกชิ้นงานการไหลของพลาสติกเหลวอย่างสมมาตร ช่วยลดปัญหารอยประสาน อั้นอากาศ รอยไหม้ อีกทั้งช่วยลดกระบวนการผลิต [5] คือ การแยกชิ้นงานออกจากทางวิ่ง เนื่องจากแม่พิมพ์ 3 เพลส จะแยกชิ้นงานอัตโนมัติในขั้นตอนการปลดชิ้นงาน แต่ก็มีข้อเสีย คือ ต้องใช้วัสดุทำแม่พิมพ์มากกว่าส่งผลให้แม่พิมพ์มีราคาสูง

บริษัท ศตวรรษพลาสติก จำกัด เป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนรถจักรยานยนต์ และผลิตเครื่องใช้ในครัวเรือน มีความต้องการผลิตฝากล่องบรรจุภัณฑ์ด้วยวัสดุผสม LDPE 90% และ HDPE 10% ซึ่งแม่พิมพ์ชุดนี้เป็นการนำแม่พิมพ์เก่ามาปรับปรุงเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ เพื่อลดต้นทุนด้านวัสดุทำแม่พิมพ์ และเพิ่มมูลค่าให้แก่แม่พิมพ์เก่าที่เลิกใช้งานแล้ว โดยพบปัญหาเมื่อผลิตชิ้นงานใหม่ คือ ชิ้นงานบิดตัว และผิวงานด้าน ซึ่งไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของชิ้นงานใหม่ที่ต้องการชิ้นงานที่มีผิวสำเร็จแบบผิวกระจก ราบไม่บิดงอ ในงานวิจัยนี้จึงใช้ทฤษฎีทางงานฉีดขึ้นรูปพลาสติกกรองปัญหาที่เกิดขึ้นว่าเกิดจากสาเหตุใด จากนั้นวิเคราะห์ปัญหาด้วยโปรแกรม Moldex 3D เพื่อหาสาเหตุที่แท้จริง รวมทั้งการปรับตัวแปรต่างๆ เพื่อให้สามารถผลิตชิ้นงานตามข้อกำหนดของบริษัทได้

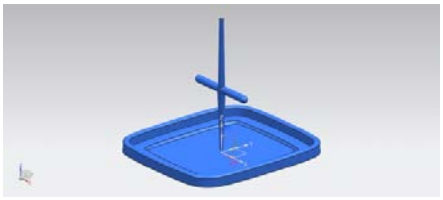


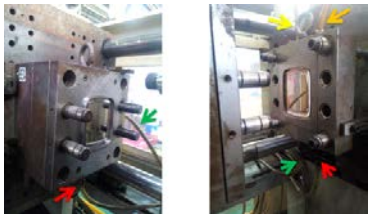
Figure 1 แบบ 3D ของชิ้นงานฝากล่อง และทางวิ่ง

วิธีการศึกษา

- สำรวจหน้างานเพื่อศึกษาปัญหาเดิมที่เกิดขึ้นเมื่อนำมาผลิตชิ้นงานใหม่
- วิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นโดยกรองสาเหตุของปัญหาด้วยทฤษฎีทางงานฉีดขึ้นรูปพลาสติก
- ใช้โปรแกรม Moldex 3D สำหรับวิเคราะห์งานฉีดขึ้นรูปพลาสติกเพื่อยืนยันสาเหตุของปัญหา
- ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อสาเหตุของการเกิดปัญหา และปรับตัวแปรต่างๆ เพื่อให้สามารถผลิตชิ้นงานตามที่บริษัทกำหนด ตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ ระบบหล่อเย็นสำหรับปัญหาชิ้นงานบิดตัว ขนาดทางเข้า อุณหภูมิฉีด และเวลาฉีดสำหรับปัญหาไม่สามารถผลิตชิ้นงานที่มีผิวสำเร็จแบบผิวกระจก ด้วยโปรแกรม Moldex 3D

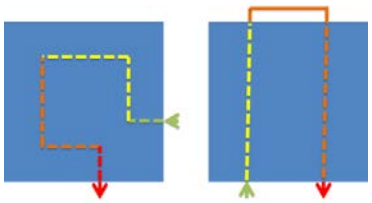
การสำรวจหน้างาน

ฝากล่องมีขนาดชิ้นงาน 12.4 cm * 11.2 cm * 9.7 mm ความหนาชิ้นงาน 1.5 mm จากทดลองด้วยพลาสติกผสม LDPE เกรด C150Y จากบริษัท PETLIN ในปริมาณ 90% และ HDPE เกรด V1160 จากบริษัท POLIMAX ในปริมาณ 10% ฉีดขึ้นรูปด้วยเครื่องฉีดพลาสติกรุ่น Toshiba EC 100C ซึ่งแม่พิมพ์มีการเจาะรูเลี้ยงน้ำหล่อเย็นแม่พิมพ์ด้าน Core 1 รู โดยลูกศรสีเขียว คือ ตำแหน่งน้ำไหลเข้าสู่แม่พิมพ์ ลูกศรสีแดง คือ ตำแหน่งน้ำไหลออกจากแม่พิมพ์ แม่พิมพ์ด้าน Cavity มีการเจาะรูเลี้ยงน้ำหล่อเย็นแม่พิมพ์ 2 รู โดยลูกศรสีเขียว คือ ตำแหน่งน้ำไหลเข้าสู่แม่พิมพ์ ลูกศรสีเหลือง คือ ตำแหน่งน้ำไหลออกจากแม่พิมพ์เพื่อวนเข้ารูถัดไป ลูกศรสีส้ม คือ ตำแหน่งน้ำไหลเข้าสู่แม่พิมพ์จุดที่ 2 ลูกศรสีแดง คือ ตำแหน่งน้ำไหลออกจากแม่พิมพ์ ดัง (Figure 2) เมื่อพิจารณาการไหลของน้ำหล่อเย็นจากหน้าแม่พิมพ์สามารถเขียนไดอะแกรมดัง (Figure 3)



● (ข)

Figure 2 แม่พิมพ์ฝากล่อง (ก) ด้าน Cavity (ข) ด้าน Core



(ก) (ข)

Figure 3 ไดอะแกรมการไหลของน้ำหล่อเย็น (ก) ด้าน Core (ข) ด้าน Cavity เมื่อพิจารณาจากหน้าแม่พิมพ์

(ก) (ข) (ค) (ง)

Figure 4 ชิ้นงาน (ก) ปัญหาผิวถลอกเมื่อฉีดที่อุณหภูมิต่ำ (ข) การบิดงอเมื่อฉีดที่อุณหภูมิต่ำ (ค) ผิวเงาฉีดที่อุณหภูมิ 250˚C (ง) การบิดงอที่อุณหภูมิ 250˚C

ปัญหาปัจจุบันพบว่าชิ้นงานเกิดการบิด และชิ้นงานมีผิวด้าน คล้ายชิ้นงานถลอกจากการใช้งานดัง (Figure 4ก) เมื่อฉีดที่อุณหภูมิสูงพบว่ารอยที่เกิดขึ้นหายไปดัง (Figure 4 ค) จึงคาดว่าเกิดจาก Shear rat สูงเกินค่ากำหนด [5] ส่งผลให้ผิวของพลาสติกเหลวฉีก และแสดงผลออกมาที่ชิ้นงานเกิดผิวด้าน คล้ายชิ้นงานถลอกจากการใช้งาน หากเป็นกรณีเกิดในกระบวนการอัดรีดจะเรียกว่า shark skin ซึ่งการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิฉีดทำให้รอยถลอกหายไป เพราะค่า Shear rat ลดลง เนื่องจากความหนืดของพลาสติกเหลวลดลงสามารถไหลตัวได้ง่ายกว่าการฉีดที่อุณหภูมิต่ำ

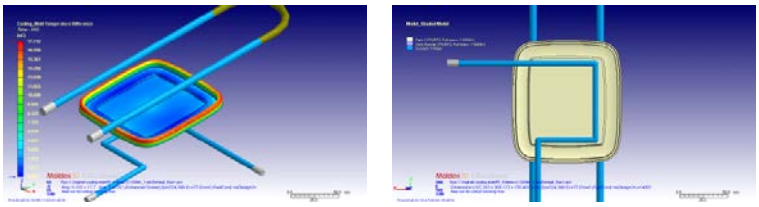
วัสดุผสมใช้พลาสติก LDPE เกรด C150Y จากบริษัท PETLIN ในปริมาณ 90% และ HDPE เกรด V1160 จากบริษัท POLIMAX ในปริมาณ 10% มีการใช้ผลิตสินค้าอื่นๆ ภายในบริษัทอยู่แล้ว แต่สินค้าทั้งหมดเป็นการผลิตแบบผสมสีชนิดทึบแสง หรือผลิตแบบ In Mold Label จึงไม่พบปัญหาดังกล่าว เมื่อตรวจสอบเพิ่มเติมพบว่าพลาสติก LDPE เกรด C150Y จากบริษัท PETLIN เป็นวัสดุในกะบวนการอัดรีดมีค่า MFI 5 g/10 min ซึ่งค่า MFI หรือ Melt Flow Index [6] คือ ความสามารถในการไหลของพลาสติกหลอมเหลว หากมีค่า MFI สูงหมายถึงพลาสติกเหลวสามารถไหลตัวได้ง่าย ในงานฉีดพลาสติกทั่วไปวัสดุจะมีค่า MFI มากกว่า 10 g/10 min

การบิดตัวของชิ้นงานเกิดจากระบบหล่อเย็นที่ไม่สมมาตรระหว่างด้าน Core และ Cavity ส่งผลทำให้อุณหภูมิบนชิ้นงานไม่สมมาตรด้วย ส่วนการฉลอกของผิวชิ้นงานเกิดจากค่า Sher rat มากกว่าค่ากำหนดของวัสดุ

วิเคราะห์ปัญหาการบิดตัวของชิ้นงาน

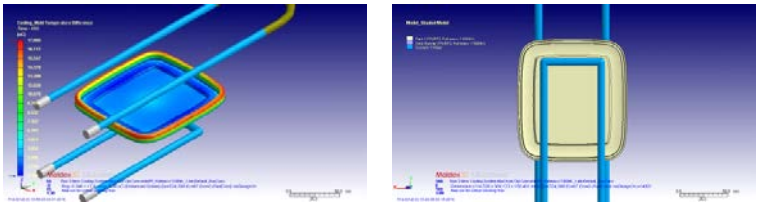
การบิดตัวของชิ้นงานเกิดได้จากหลายสาเหตุ [7] ได้แก่ การเลือกใช้วัสดุ ความหนาของชิ้นงานที่ไม่เท่ากัน ตำแหน่งทางเข้า สภาวะการฉีด และระบบหล่อเย็น ในกรณีนี้การบิดตัวเกิดจากระบบหล่อเย็นที่ไม่สมมาตร [8,9] ทำให้การระบายความร้อนในแม่พิมพ์ไม่สมมาตรด้วย ส่งผลถึงการหดตัวของพลาสติกที่ไม่เท่ากัน

งานวิจัยนี้ศึกษาระบบหล่อเย็นเดิมเพื่อเป็นการเปรียบเทียบกับชิ้นงานจริง จากนั้นออกแบบระบบหล่อเย็นใหม่เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น โดยออกแบบโดยใช้แนวรูน้ำหล่อเย็นเดิมเป็นแนวอ้างอิงเพื่อให้สามารถแก้ไขแม่พิมพ์จริงตามผลการศึกษาได้



● (ข)

Figure 5 ระบบหล่อเย็นเดิม (ก) การวางระบบหล่อเย็น (ข) ระบบหล่อเย็นเมื่อพิจารณาจากใต้ชิ้นงาน

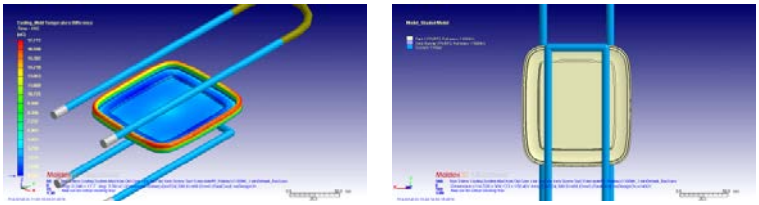


(ก) (ข)

Figure 6 การปรับระบบหล่อเย็นครั้งที่ 1 (ก) การวางระบบหล่อเย็น (ข) ระบบหล่อเย็นเมื่อพิจารณาจากใต้ชิ้นงาน

การวิเคราะห์ครั้งแรกเพื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ และปัญหาที่เกิดขึ้นว่าเป็นไปในทางเดียวกัน โดยระบบหล่อเย็นเดิมมีลักษณะดัง (Figure 5) ตำแหน่ง และขนาดรูเป็นไปตามระบบหล่อเย็นจริงของแม่พิมพ์

การวิเคราะห์ครั้งที่ 2 เป็นการปรับระบบหล่อเย็นครั้งที่ 1 เพื่อให้อุณหภูมิของชิ้นงานมีความสมมาตร โดยเปลี่ยนตำแหน่ง และเส้นทางการไหลของระบบหล่อเย็นด้าน Core ซึ่งแนวเชื่อมต่อระบบหล่อเย็นยังอยู่ในชิ้นงาน โดยภายหลังการปรับระบบหล่อเย็นครั้งที่ 1 มีลักษณะดัง (Figure 6)



(ก) (ข)

Figure 7 การปรับระบบหล่อเย็นครั้งที่ 2 (ก) การวางระบบหล่อเย็น (ข) ระบบหล่อเย็นเมื่อพิจารณาจากใต้ชิ้นงาน

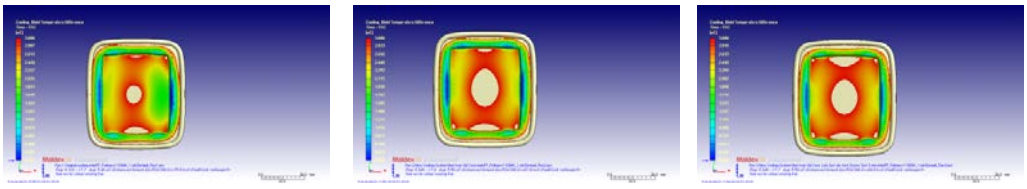
การวิเคราะห์ครั้งที่ 3 เป็นการปรับระบบหล่อเย็นครั้งที่ 2 เพื่อให้อุณหภูมิของชิ้นงานมีความสมมาตรขึ้น โดยขยับตำแหน่งการเชื่อมต่อของระบบหล่อเย็น ซึ่งแนวเชื่อมต่อเกือบจะพ้นชิ้นงาน โดยการปรับระบบหล่อเย็นครั้งที่ 2 มีลักษณะดัง (Figure 7)

วิเคราะห์ปัญหาชิ้นงานมีผิวด้านจาก shear rat

ในการศึกษาต้องใช้ข้อมูลวัสดุเทียบเคียง เนื่องจากฐานข้อมูลวัสดุของโปรแกรม Moldex3D ไม่มีวัสดุ LDPE ซึ่งมีค่า MFI 5 g/10 min เริ่มศึกษาผลจากปัจจัยที่ต่างๆที่มีผลต่อค่า shear rat ได้แก่ ขนาดของทางเข้าตั้งแต่ 0.5 – 1.7 mm [6-8, 10], อุณหภูมิฉีดตั้งแต่ 200 - 250 ˚C [7] และเวลาฉีด

ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิชิ้นงานซึ่งเกิดปัญหาการบิดตัว



(ก) (ข) (ค)

Figure 8 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างอุณหภูมิบนชิ้นงาน (ก) ระบบหล่อเย็นเดิม (ข) การปรับระบบหล่อเย็นครั้งที่ 1 (ค) การปรับระบบหล่อเย็นครั้งที่ 2

ผลการวิเคราะห์ระบบหล่อเย็นเดิมใน (Figure 8 ก) พบว่า ในแต่ละบริเวณของชิ้นงานมีความแตกต่างของความร้อนในลักษณะที่ไม่สมมาตร [7-9] ทำให้เกิดการบิดตัวของชิ้นงาน เนื่องจากระบบหล่อเย็นด้าน Core และ Cavity ไหลคนละแนว อีกทั้งรูหล่อเย็นด้าน Core และ Cavity มีขนาดไม่เท่ากัน โดยด้าน Core มีรูหล่อเย็นขนาด 6 mm และ Cavity มีรูหล่อเย็นขนาด 8 mm ตลอดจนความห่างจากเส้นผ่านศูนย์กลางรูหล่อเย็นถึงชิ้นงานไม่เท่ากัน ซึ่งด้าน core เส้นผ่านศูนย์กลางรูหล่อเย็นห่างจากชิ้นงาน 40 cm และด้าน Cavity เส้นผ่านศูนย์กลางรูหล่อเย็น

ห่างจากชิ้นงาน 29 cm ซึ่งจากงานวิจัยของ V. Senkerik และคณะ [4] รวมทั้งทฤษฎีการออกแบบของ J. Shoemaker และ J. P. Beaumont [7, 8] พบว่าระบบหล่อเย็นมีผลต่อการเสียรูปของชิ้นงาน

เมื่อเปลี่ยนระบบหล่อเย็นครั้งที่ 1 ด้าน Core ออกแบบการไหลของน้ำหล่อเย็นอยู่ในแนวเดียวกับด้าน Cavity และขยายขนาดรูหล่อเย็นจากเดิม 6 mm เป็น 8 mm พบว่า ในแต่ละบริเวณของชิ้นงานมีความแตกต่างของความร้อนในลักษณะที่สมมาตรมากกว่าแบบเดิมดัง (Figure 8 ข) แต่ยังคงมีความไม่สมมาตรระหว่างด้านบน และด้านล่าง เนื่องจากแนวเชื่อมต่อระบบหล่อเย็นด้าน Core อยู่ในบริเวณชิ้นงานส่วนบน

การเปลี่ยนระบบหล่อเย็นครั้งที่ 2 อ้างอิงระบบหล่อเย็นครั้งที่ 1 โดยขยับแนวเชื่อมต่อของระบบหล่อเย็นเพื่อให้พ้นแนวชิ้นงาน ซึ่งไม่สามารถขยับแนวเชื่อมต่อของระบบหล่อเย็นมากกว่านี้ เพราะว่าจะใกล้รูสกรูยึด insert ไม่สะดวกในการแก้ไขแม่พิมพ์ พบว่าในแต่ละบริเวณของชิ้นงานมีความแตกต่างของความร้อนในลักษณะที่สมมาตรมากกว่าการทดลองเปลี่ยนระบบหล่อเย็นครั้งที่ 1 ดัง (Figure 8 ค)

ระบบหล่อเย็นที่ดี คือ มีความแตกต่างของความร้อนในลักษณะที่สมมาตร และสามารถระบายความร้อนออกจากชิ้นงานได้เร็ว ส่งผลดีต่อการผลิตได้แก่ ลดปัญหาชิ้นงานโก่งงอ หรือบิดตัวเสียรูป และมีรอบการผลิตชิ้นงานสั้น

ผลการวิเคราะห์ปัญหาชิ้นงานมีผิวด้านจาก shear rat

ผลของขนาดทางเข้าต่อค่า shear rat

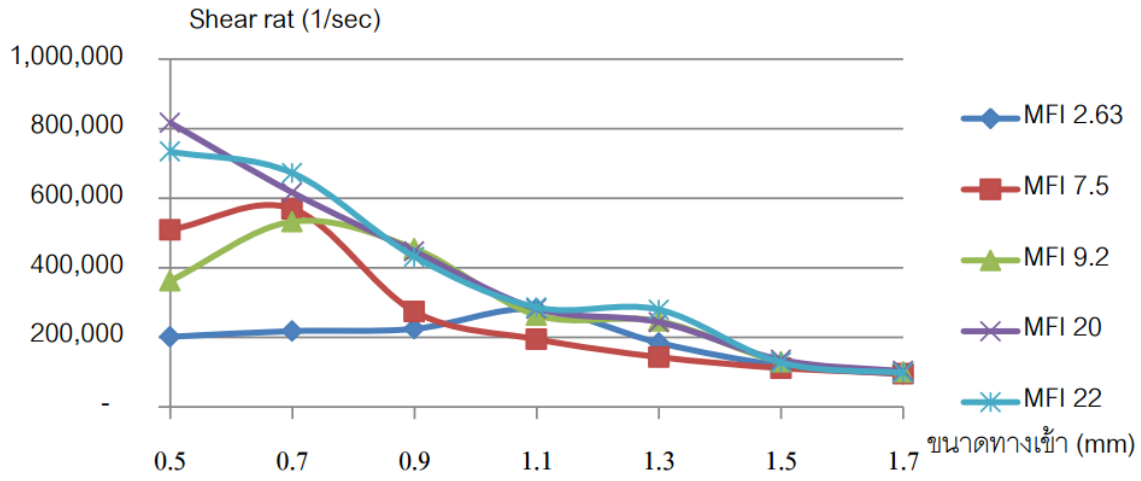


Figure 9 ผลของขนาดทางเข้าต่อค่า shear rat ที่ค่า MFI ต่างกัน

ในการศึกษาต้องใช้ข้อมูลวัสดุเทียบเคียง เนื่องจากฐานข้อมูลวัสดุของโปรแกรม Moldex3D ไม่มีวัสดุ LDPE ซึ่งมีค่า MFI 5 g/10 min โดยใช้สภาวะควบคุม คือ อุณหภูมิฉีด 210 °C เวลาฉีด 0.6 sec. เพื่อศึกษาตัวแปร ได้แก่ ผลของค่า MFI และ ขนาดทางเข้า ซึ่งผลการวิเคราะห์โดยศึกษาค่า shear rat กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทางเข้า ตั้งแต่ขนาด 0.5 – 1.7 mm ของพลาสติก LDPE ที่มีค่า MFI แตกต่างกัน พบว่าพลาสติก LDPE ที่มีค่า MFI น้อยกว่า 10 g/10 min ไม่สามารถฉีดงานเต็มด้วยทางเข้าที่มีขนาดเล็กกว่า 0.7 mm ซึ่งทุกค่า MFI กราฟ shear rat เกือบจะมีค่าเดียวกัน เมื่อทางเข้ามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 1.5 mm ดัง (Figure 9) โดย shear rat ของพลาสติกจะมีค่าระหว่าง 40,000 – 100,000 1/sec สำหรับพลาสติกชนิด LDPE มีค่า shear rat มีค่าอยู่ที่ 40,000 1/sec [7,9] ในการฉีดขึ้นรูปหากค่า shear rat เกินค่ากำหนดของพลาสติกชนิดนั้น จะทำให้พลาสติกเกิดความเสียหาย ซึ่งสำหรับชิ้นงานที่ศึกษาแสดงความเสียหายออกมาในรูปของรอยถลอกบนผิวชิ้นงาน

อย่างไรก็ตามผลจากการวิเคราะห์ยังมีค่า shear rat มากกว่า 40,000 1/sec ซึ่งเกินค่ากำหนดของพลาสติกชนิด LDPE ดังนั้นปัจจัยที่จะศึกษาต่อ คือ ผลของอุณหภูมิฉีดต่อค่า shear rat โดยศึกษาอุณหภูมิฉีดของพลาสติกชนิด LDPE ค่า MFI 7.5 g/10 min ขนาดทางเข้า 0.9 - 1.1 mm เนื่องด้วยสภาวะดังกล่าวมีอัตราการลดลงของค่า shear rat มาก และเข้าใกล้ค่ากำหนดของพลาสติกชนิด LDPE ด้วยอุณหภูมิฉีด 210 - 250 ˚C

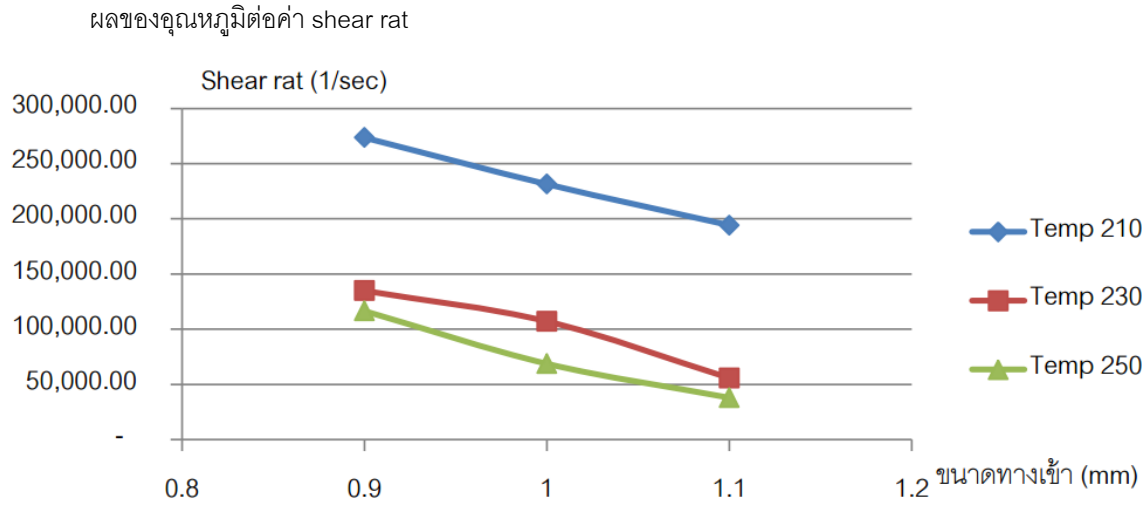


Figure 10 ผลของอุณหภูมิต่อค่า shear rat

จากผลการวิเคราะห์ดัง (Figure 10) โดยใช้สภาวะควบคุม คือ เวลาฉีด 0.6 sec. และค่า MFI 7.5 g/ 10 min เมื่อหาสภาวะที่เหมาะสมได้แล้ว จะวิเคราะห์ซ้ำโดยเปลี่ยนเป็นวัสดุค่า MFI 2.63 g/ 10 min ด้วยสภาวะเดียวกันกับค่า MFI 7.5 g/ 10 min เพื่อหาสภาวะเหมาะสมสำหรับวัสดุ LDPE C150Y ค่า MFI 5 g/ 10 min . ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ ขนาดทางเข้า 0.9 – 1.1 mm. และอุณหภูมิฉีด ผลการศึกษาอุณหภูมิฉีดพบว่า อุณหภูมิฉีดเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า shear rat ลดลง เพราะที่อุณหภูมิสูงจะส่งผลให้พลาสติกมีความหนืดลดลงสามารถไหลตัวได้ง่าย [11] ซึ่งผลวิเคราะห์ที่ได้ยังเกินค่ากำหนด แต่มีแนวโน้มเข้าสู่ค่ากำหนดมากขึ้น ดังนั้นปัจจัยที่จะศึกษาต่อ คือ ผลของเวลาฉีดต่อค่า shear rat ที่เหมาะสมด้วยสภาวะอุณหภูมิ 230 ˚C ซึ่งเป็นอุณหภูมิสูงสุดที่ฐานข้อมูลในการวิเคราะห์กำหนดไว้ของพลาสติกชนิด LDPE ค่า MFI 7.5 g/10 min ขนาดทางเข้า 0.9 - 1.1 mm การขึ้นรูปที่อุณหภูมิสูงเกินอุณหภูมิกำหนดของวัสดุนั้น จะส่งผลให้สมบัติเชิงกลของชิ้นงานลดลงเนื่องจากโครงสร้างของโพลีเมอร์จะถูกทำลาย [12, 13]

ผลของเวลาฉีดต่อค่า shear rat

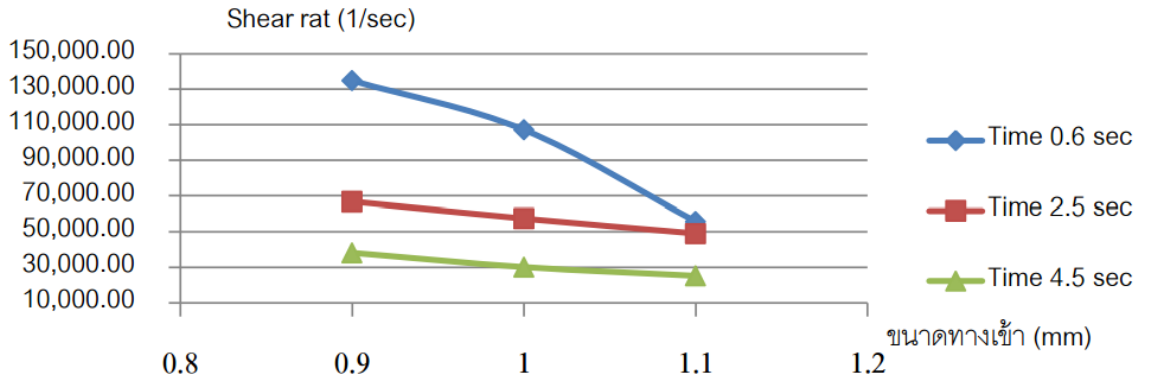


Figure 11 ผลของเวลาฉีดค่า shear rat

จากผลการวิเคราะห์ เมื่อเวลาการฉีดเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า shear rat สามารถลดลงได้ต่ำกว่าค่ากำหนดของวัสดุ ดัง (Figure 11) เพราะสายโซ่ของโพลีเมอร์มีเวลาในการจัดเรียงตัวให้อยู่ในทิศทางการไหลโดยใช้สภาวะควบคุม คืออุณหภูมิ 230 ˚C และขนาดทางเข้า 0.9 – 1.1 mm. เพื่อศึกษาตัวแปร ได้แก่ ขนาดทางเข้า 0.9 – 1.1 mm. และเวลาฉีด

ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับวัสดุ LDPE C150Y

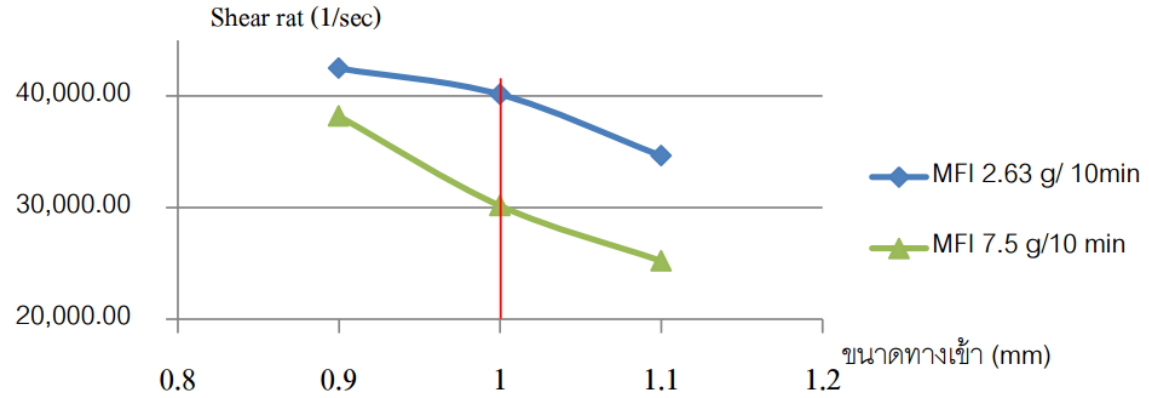


Figure 12 ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับวัสดุ LDPE C150Y

จากฐานข้อมูลในโปรแกรม Moldex ไม่วัสดุ LDPE C150Y ค่า MFI 5 g/10 min จึงต้องใช้ค่าใกล้เคียงจากฐานข้อมูลมีค่า MFI ใกล้เคียง คือ 2.63 และ 7.5 g/10 min นำมาวิเคราะห์และสร้างเป็นกราฟเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับวัสดุ LDPE C150Y ดัง (Figure 12) ด้วยอุณหภูมิฉีด 230 ˚C เวลาฉีด 4.5 sec พบว่าทางเข้าขนาด 1.0 mm มีค่า shear rate อยู่ในค่าที่กำหนด คือ น้อยกว่า 40,000 1/sec ทั้งกรณี LDPE ที่มีค่า MFI 2.63 และ 7.5 g/10 min ดังนั้น LDPE C150Y ค่า MFI 5 g/10 min จะมีค่า shear rate น้อยกว่า 40,000 1/sec ด้วย

อภิปรายผล

ผลจากการวิเคราะห์ด้วยโปรมแกรม Moldex 3D พบว่าขนาดทางเข้าที่ใหญ่ขึ้น อุณหภูมิฉีดให้สูงขึ้น และเวลาฉีดที่นานทำให้ค่า shear rat ลดลง แต่อุณหภูมิฉีดที่สูงส่งผลถึงการหล่อเย็นที่ต้องใช้เวลานานขึ้นเพื่อลดอุณหภูมิชิ้นงานก่อนปลด โดยเฉพาะถ้าระบบหล่อเย็นที่ทำให้อุณหภูมิของชิ้นงานไม่สมดุลจะทำให้เกิดปัญหา ชิ้นงานโก่ง หรือแอ่น หากอุณหภูมิแม่พิมพ์แตกต่างมากในแต่ละจุดของชิ้นงานจะเกิดปัญหาบิดงอ การใช้อุณหภูมิสูงในการฉีดขึ้นรูปส่งผลถึงสมบัติเชิงกลของชิ้นงานที่ลดลง เพราะโครงสร้างของโพลีเมอร์จะถูกทำลาย [12, 13]

สรุป

ปัญหาชิ้นงานบิดงอเกิดจากระบบหล่อเย็นเดิมของแม่พิมพ์มีการระบายความร้อนที่ไม่สมดุล จึงต้องออกแบบระบบหล่อเย็นแม่พิมพ์ใหม่เพื่อให้การระบายความร้อนออกจากชิ้นงานมีความสมดุลเพื่อให้ได้ชิ้นงานราบไม่บิดงอ

ปัญหาชิ้นงานมีผิวด้าน คล้ายชิ้นงานถลอกเนื่องจากการใช้งาน เกิดจากเกจที่มีขนาดเล็ก ส่งผลให้ค่า Shear rat สูงเกินค่ากำหนด จึงขยายขนาดเกจเพิ่ม แล้วปรับสภาวะฉีดเพื่อให้ค่า shear rat ลดลงต่ำกว่าค่ากำหนดของวัสดุ ผลจากการวิเคราะห์ พบว่า สภาวะที่เหมาะสม คือ ขนาดทางเข้า 1.0 mm อุณหภูมิฉีด 230 ˚C เวลาฉีด 4.5 sec

การใช้โปรแกรมวิเคราะห์ช่วยให้ลดเวลา และวัสดุที่จะต้องใช้ในการทดลองเพื่อหาแนวทางแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] Rahul Vashisht and Arjun Kapil, Analyzing Effects of Different Gates on Component and Molding Parameters, International Journal of Current Engineering and Technology, Aug 2014, Vol.4, Available online 01 No.4, p. 2352-2359

[2] Mohd. Rizwan Hamsin, Azuddin Mamat and Aznijar Ahmad-Yazid, Design and Analysis Of Multi-Cavity Traditional and H-branch ing runners for Plastic Injection Mold, Jourmal – The instiution of engineers, Malaysia, June 2009, Vol.71, No.2, p.22-35

[3] Vikas B J and Chandra Kumar R M, Influence of feeding system in injection moulding for lower washer of a bearing, International Journal of Research in Engineering and Technology, Aug-2013, Volume: 02, Issue 08

[4] V. Senkerik, M. Stanek, M. Manas, D. Manas, A. Skrobak and J. Navratil, Gate Location and Cooling System Optimization, International journal of mathematics and computer in simulation, 2012, Volume 6, Issue 6, p. 396-399

[5] Peter J., 2009, The mould design guide book, 1 Sted., Hanser Gardner, Cincinnati, pp. 354, 357, 359

[6] Sam The Kop, http://intel-core2-intel.blogspot.com/2009/01/mfi.html [28 มีนาคม 2559]

[7] Jay Shoemaker, 2006, Moldflow Design guide, 1 Sted., Hanser Gardner, Cincinnati, pp. 11-12, 17,22, 35, 53, 106, 111, 122, 125-126, 153-145, 164-165, 168-169, 181-183, 190

[8] John P. Beaumont, 2008, Runner and gating design handbook, 1 Sted., Smithers Rapra Technology Limited, United Kingdom, pp. 53, 58-59, 142-143, 148, 244-245

[9] Arburg, 2005, Mould and process engineering, 1 Sted., ARBURG GmbH + Co KG, Germany, pp. 35-37

[10] J. Harry D. and Wayne I. P., 1987, Plastic mold engineering handbook, 4thed., Van Nostrand Reinhold, New York, pp. 414-415, 419

[11] Basheer A. S., Tariq A.-F., Fares A. S., Rabeh E.,The effect of polymer concentration and temperature on the rheological behavior of metallocene linear low density polyethylene (mLLDPE) solutions, Journal of King Saud University – Engineering Sciences, 2011, Vol.23, p. 9–14

[12] Ümit T., http://www.slideshare.net/zenziyan/thermal-degradation-of-pmma [4 พฤษภาคม 2559]

[13] Gulfam H., http://www.slideshare.net/e_gulfam/recycling-degradation-of-polymers [5 พฤษภาคม 2559]