



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6

The 6th STOU National Research Conference

ผลกระทบของตัวแปรที่มีต่อสมดุลการไหลสำหรับแม่พิมพ์ฉีดหลายเบ้าพิมพ์

โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

Effect of Variable for Flow Balancing in Injection Mold with Multi Cavity by
Using Finite Element Methodเดช กันใจรส (Dech Kunjairod)¹ วิโรจน์ เตชะวิญญูธรรม (Wiroj Techawinyutham)²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลกระทบของตัวแปร (1) ความเร็วฉีด และความดันฉีดที่มีต่อสมดุลการไหลในกระบวนการขึ้นรูปพลาสติกโดยการฉีดพลาสติกเหลวเข้าแม่พิมพ์ที่มีจำนวน 8 เบ้าพิมพ์ ด้วยเหตุที่ว่าแม่พิมพ์มีจำนวนเบ้าพิมพ์มากกว่า 1 เบ้าพิมพ์ (2) ทำให้ปัญหาเกิดขึ้นในช่วงที่พลาสติกเหลวไหลเข้าไปเติมเต็มในแม่พิมพ์ที่ไม่พร้อมกันทำให้ชิ้นงานที่ได้ในแต่ละเบ้าพิมพ์ไม่เหมือนกัน เช่น บางชิ้นเต็มสมบูรณ์แต่บางชิ้นไม่เต็มและบิดเบี้ยว งานวิจัยนี้ได้ทำการจำลองชิ้นงานขนาด 30x60x3 mm วางเรียงกันในแม่พิมพ์จำนวน 8 เบ้าพิมพ์ ศึกษาผลกระทบของความเร็วฉีด และความดันฉีด ที่ค่าต่างๆ กับพลาสติก PP เกรด 1100 NK และพลาสติก PS เกรด GPPS 150 โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ด้วยโปรแกรม Moldex3D มาช่วยวิเคราะห์การไหลเติมเต็มของพลาสติกในงานวิจัยนี้ได้มีการสร้างแม่พิมพ์จริงเพื่อใช้ฉีดเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากโปรแกรม Moldex3D จากการทดลองพบว่าพลาสติก PP มีการไหลเติมเต็มสมดุลที่สุด (3) เมื่อใช้ความเร็วฉีดที่ 28 mm/s และความดันฉีดที่ 15 MPa และพลาสติก PS มีการไหลเติมเต็มสมดุลที่สุดเมื่อใช้ความเร็วฉีดที่ 14 mm/s และความดันฉีดที่ 25 MPa การเปลี่ยนแปลงความเร็วฉีดส่งผลต่อสมดุลการไหลมากกว่าการเปลี่ยนแปลงค่าความดันฉีด การใช้ความเร็วในการฉีดสูง ส่งผลให้เบ้าพิมพ์ที่อยู่ใกล้กับทางเข้าไหลได้มากกว่า เบ้าพิมพ์ที่อยู่ไกลทางเข้า และตรงกันข้ามถ้าใช้ความเร็วฉีดต่ำ ส่งผลให้เบ้าพิมพ์ที่อยู่ใกล้กับทางเข้าไหลได้น้อยกว่าเบ้าพิมพ์ที่อยู่ไกลทางเข้า

คำสำคัญ: สมดุลการไหล เบ้าพิมพ์ ความเร็วฉีด ความดันฉีด

¹ นักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต แขนงวัสดุศาสตร์และกรรมวิธีการผลิต ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ E-mail : dech.kunjairod@gmail.com

² รองศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ E-mail : wrj@kmutnb.ac.th



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6

The 6th STOU National Research Conference

Abstract

This research studied effects of variable (1) injection velocity and injection pressure on the flow balancing in molding process by injecting liquid plastic into a 8-cavity mold. The problem is that when the mold has more than one cavity (2), each cavity will not be filled in simultaneously. These result in incomplete mold filling; some pieces are completed, but some are imperfect and distorted. The experiment included of a (30x60x3 mm) workpiece by placing in the 8-cavity mold in order to study the effect of injection velocity and injection pressure with different variable with PP plastic (1100 NK) and PS plastic (GPPS 150). The researchers, therefore, has created a mold to test injection and compared the results with the methodology of finite element method by using Moldex3D software program. The results from the experiment revealed that the PP plastic had the most flow balance (3) at 28 mm/s injection velocity rate and at 15 MPa injection pressure. As for the PS plastic, it had the most flow balance at 14 mm/s and 25 MPa. In conclusion, the injection velocity rate affected the flow balance more than the change in the injection pressure. Furthermore, it was found that using the high injection velocity resulted in more flow to the cavities at the near entrance. Meanwhile, the low injection velocity resulted in less flow to the near entrance cavities, but better flow to the far ones.

Keywords: Flow balancing, Cavity, Injection velocity, Injection pressure



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6

The 6th STOU National Research Conference

บทนำ

ปัญหาหลักของกระบวนการฉีดแม่พิมพ์ที่มีจำนวนเบ้าพิมพ์ที่มาก คือการที่พลาสติกเหลวมีการไหลเข้าในแม่พิมพ์ที่ไม่พร้อมกัน หรือเรียกว่าไม่มีสมดุลการไหล จึงทำให้ชิ้นงานในแต่ละเบ้าพิมพ์ที่ไม่เหมือนกัน ซึ่งบางชิ้นงานเต็มสมบูรณ์แต่บางชิ้นงานไม่เต็มและบิดตัว ทำให้เกิดการสูญเสียวัตถุดิบในการผลิต และทำให้มีต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้นโดยไม่จำเป็น ซึ่งสาเหตุหลักมาจากการปรับค่าตัวแปรในการฉีดที่ไม่เหมาะสม

ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลกระทบของการปรับใช้ตัวแปร ที่มีต่อสมดุลการไหลโดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มาช่วยในการวิเคราะห์พฤติกรรมการไหล และนำผลสรุปที่ได้ไปใช้เป็นแนวทางในการปรับตัวแปรให้กับเครื่องฉีด เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่สมบูรณ์เหมือนกัน ในทุกๆ เบ้าพิมพ์

ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบการทดลองโดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ด้วยโปรแกรม Moldex3D มาช่วยวิเคราะห์และมีการทดลองฉีดจริงกับแม่พิมพ์บนเครื่องฉีด เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากโปรแกรมว่าถูกต้องและสอดคล้องกันหรือไม่ จำลองชิ้นงานขนาด 30x60x3 mm วางเรียงกัน 8 เบ้าพิมพ์ พลาสติกที่ใช้คือ PP เกรด 1100NK (พลาสติกกลุ่ม Semi – Crystalline) และ PS เกรด GPPS 150 (พลาสติกกลุ่ม Amorphous) จำลองดูพฤติกรรมการไหลเต็มเต็มในแม่พิมพ์ ด้วยโปรแกรม Moldex3D และมีการปรับตัวแปร ความเร็วฉีด และความดันฉีด ที่ค่าต่างๆ และสรุปผลการทดลองออกมาเพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับค่าที่เหมาะสมให้กับเครื่องฉีด

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาดูพฤติกรรมการไหลของพลาสติกที่ความเร็วฉีด และความดันฉีดแบบต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อระยะการไหลในช่วงของการไหลเต็มเต็ม (Filling) ในแต่ละเบ้าพิมพ์ ซึ่งมีอยู่ทั้งหมด 8 เบ้าพิมพ์

ขอบเขตของการวิจัย

1. ออกแบบชิ้นงานสี่เหลี่ยมขนาด 60x30x3 mm วางเรียงกัน 8 เบ้าพิมพ์ในแม่พิมพ์
2. พลาสติกที่ใช้มีรายละเอียดดังนี้
 - 2.1 พลาสติกกลุ่ม Semi – Crystalline ได้แก่ PP
 - 2.2 พลาสติกกลุ่ม Amorphous ได้แก่ PS
3. ใช้ Runner ชนิดวงกลม และใช้ Gate ชนิดสี่เหลี่ยมขนาด 2x1.5x1 mm โดยที่ขนาดของ Runner และ Gate ที่ใช้ในแม่พิมพ์ ได้มาจากการวิเคราะห์สมดุลการไหลด้วยโปรแกรม Moldex3D เพื่อที่จะนำไปใช้ในการทดลองฉีดจริง
4. ศึกษาลักษณะของ ความเร็วฉีด และความดันฉีดแบบต่างๆ ของพลาสติกในช่วงการไหลเต็มเต็ม (Filling) ที่มีผลต่อระยะทางการไหลของพลาสติก

ประโยชน์ของการวิจัย

1. ช่วยให้ช่างทำแม่พิมพ์กับช่างควบคุมเครื่องฉีดเลือกใช้ค่าตัวแปรความเร็วฉีดและความดันฉีดที่เหมาะสม และเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ในการออกแบบและตรวจสอบสมดุลการไหลของแต่ละเบ้าพิมพ์ในแม่พิมพ์ฉีด



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6
The 6th STOU National Research Conference

2. ช่วยลดเวลาในการทดลองฉีด
3. ช่วยลดของเสีย ที่เกิดขึ้นในการทดลองฉีด

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองฉีดชิ้นงานจริง จึงเลือกใช้อุปกรณ์เครื่องมือ ซอฟต์แวร์ และเครื่องจักรดังต่อไปนี้

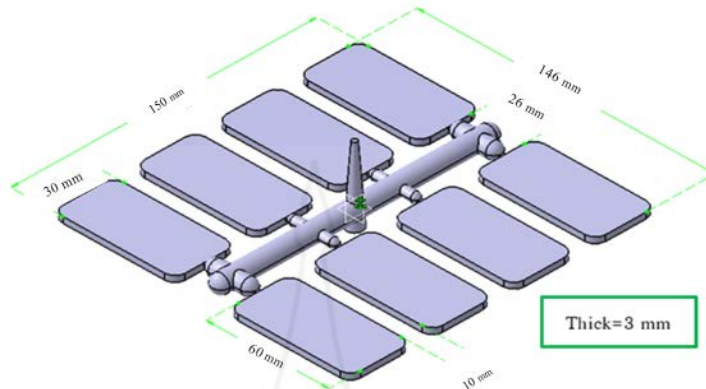
1. โปรแกรม Moldex3D
2. เครื่องฉีดพลาสติกของ ENGEL Model ; ES 200/50 HL เป็นเครื่องฉีดพลาสติกที่ใช้ในการทดลองฉีดมีขนาดแรงบิดแม่พิมพ์สูงสุด 500 kN สกรูฉีดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโต 30 mm
3. แม่พิมพ์ฉีดชิ้นงานเพื่อใช้ในการทดลองฉีดมีอยู่ 2 แม่พิมพ์ คือ
 - 3.1 แม่พิมพ์ที่ใช้สำหรับทดลองฉีดพลาสติก PP
 - 3.2 แม่พิมพ์ที่ใช้สำหรับทดลองฉีดพลาสติก PS
4. พลาสติกที่ใช้ในการทดลองฉีดมี 2 ชนิด คือ
 - 4.1 พลาสติก PP ของ IRPC เกรด 1100 NK
 - 4.2 พลาสติก PS ของ IRPC เกรด GPPS 150
5. เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ความละเอียด 0.02 mm

วิธีทำการวิจัย

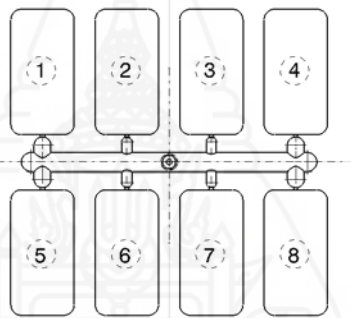
งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองฉีดชิ้นงานจริง เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากการวิเคราะห์จากโปรแกรม Moldex3D มีวิธีการวิจัยดังนี้ ศึกษาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อสมมูลการไหลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทำการออกแบบชิ้นงานทดลองเพื่อใช้ศึกษาตัวแปร โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ด้วยโปรแกรม Moldex3D วิเคราะห์ดูพฤติกรรมการไหลของพลาสติกในแม่พิมพ์ที่ค่าแปร ความเร็วฉีด และความดันฉีดแบบต่างๆ และมีการสร้างแม่พิมพ์โดยมีขนาด และรูปร่างเหมือนกับในโปรแกรม Moldex3D เพื่อใช้สำหรับฉีดจริง เพื่อใช้เปรียบเทียบผลที่ได้จากการใช้โปรแกรม Moldex3D นำผลที่ได้จากการทดลองมาสรุปผล เพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาเรื่องของการไหลที่ไม่สมดุล



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6
The 6th STOU National Research Conference



ภาพที่ 1 ชิ้นงานที่ใช้ทดลอง



ภาพที่ 2 การกำหนดตำแหน่งเข้าพิมพ์

เข้าพิมพ์ใกล้ทางเข้า คือ เข้าพิมพ์ที่ 2,3,6 และ 7 (FG #01)
เข้าพิมพ์ไกลทางเข้า คือ เข้าพิมพ์ที่ 1,4,5 และ 8 (FG #02)

ผลการวิจัย

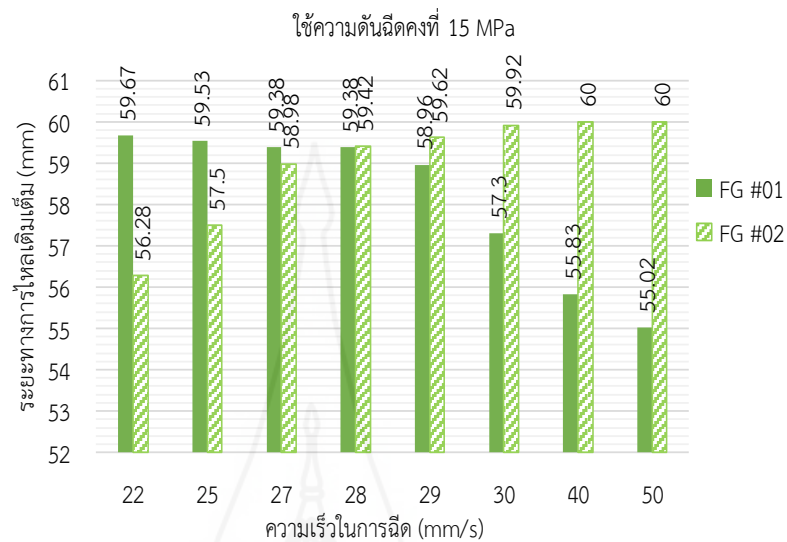
การทดลองนี้ได้นำระบบไฟไนต์เอเลเมนต์โดยใช้โปรแกรม Moldex3D มาช่วยในการจำลองวิเคราะห์ดูพฤติกรรมการไหลตัวในช่วงการไหลเติมเต็มของพลาสติกเหลวในแต่ละเข้าพิมพ์ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วฉีดและความดันฉีด โดยในงานวิจัยนี้จะใช้แม่พิมพ์ที่มีจำนวน 8 เข้าพิมพ์ โดยมีขนาด และรูปร่างตามจริงและเพื่อให้เป็นไปตามการใช้งานได้จริง เพื่อใช้ในการศึกษาดูพฤติกรรมการไหลของพลาสติกเหลว โดยได้มาจากการวิเคราะห์ในโปรแกรม Moldex3D เพื่อหาขนาดของช่องทางการไหล (Runner) ที่เหมาะสมที่ช่วยลดการไหลของพลาสติกเหลวในแต่ละเข้าพิมพ์ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ ความเร็วที่ใช้ในการฉีด และความดันที่ใช้ในการฉีด

1. ผลกระทบของความเร็วฉีด และความดันฉีด ที่มีต่อระยะการไหลเติมเต็มโดยใช้พลาสติก PP

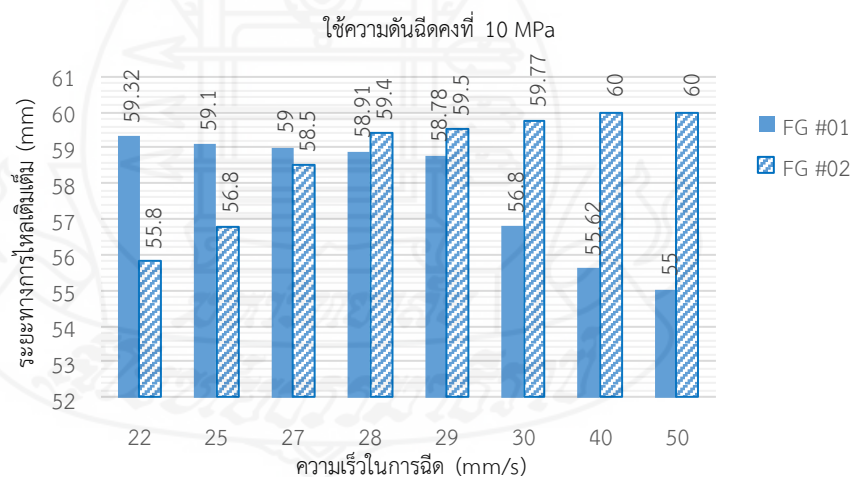
ในการทดลองหาผลกระทบของความเร็วฉีด และความดันฉีด โดยใช้พลาสติก PP มีค่า MFI 12 g/10 MIN ในการฉีด ที่มีต่อระยะการไหลเติมเต็มเพื่อศึกษาดูพฤติกรรมการไหลเติมเต็มในแต่ละเข้าพิมพ์ จะใช้การจำลองการฉีดในโปรแกรม Moldex3D โดยมีการเปลี่ยนใช้ค่า ความเร็วฉีด และความดันฉีด แบบต่างๆ



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6
The 6th STOU National Research Conference



ภาพที่ 3 ระยะทางของการไหลเติมเต็มในบ้ำพิมพ์ ที่ปริมาตรของการฉีด 98% โดยใช้ความดันฉีดคงที่ 15 MPa และที่ความเร็วฉีด ต่างๆ ของ PP มีค่า MFI 12 g/10 MIN โดยโปรแกรม Moldex3D

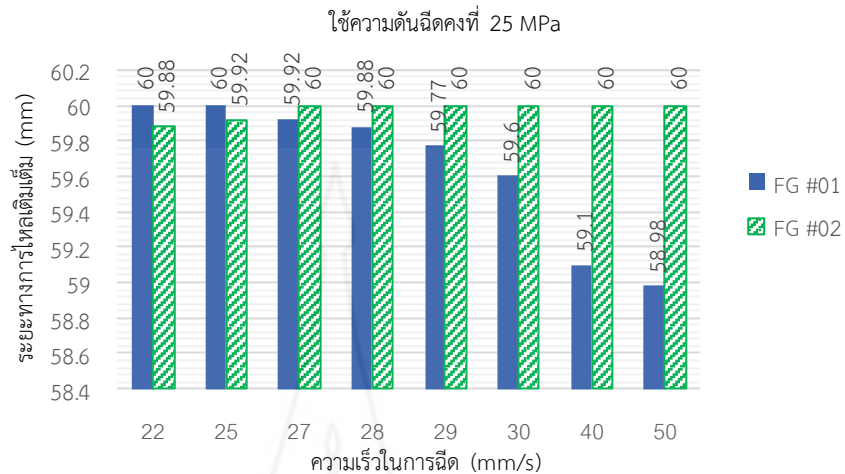


ภาพที่ 4 ระยะทางของการไหลเติมเต็มในบ้ำพิมพ์ ที่ปริมาตรของการฉีด 98% โดยใช้ความดันฉีดคงที่ 10 MPa และที่ความเร็วฉีด ต่างๆ ของ PP มีค่า MFI 12 g/10 MIN โดยโปรแกรม Moldex3D



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6

The 6th STOU National Research Conference



ภาพที่ 5 ระยะทางของการไหลเติมเต็มในเบ้าพิมพ์ ที่ปริมาตรของการฉีด 98% โดยใช้ความดันฉีดคงที่ 25 MPa และที่ความเร็วฉีด ต่างๆ ของ PP มีค่า MFI 12 g/10 MIN โดยโปรแกรม Moldex3D

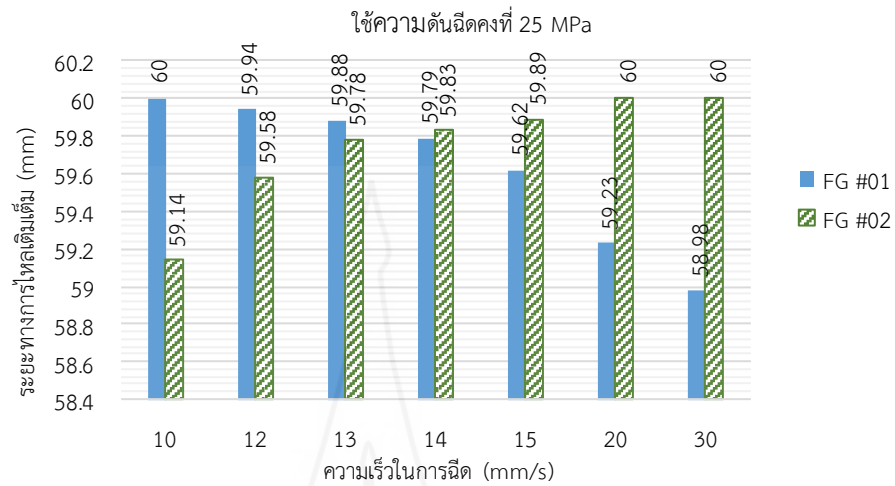
จากภาพที่ 3 คือ กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะทางการไหลเติมเต็มในเบ้าพิมพ์ เมื่อทำการทดลอง โดยใช้การวิเคราะห์โปรแกรม Moldex3D จะเห็นว่าที่ความดันฉีด 15 MPa และที่ความเร็วฉีด 28 mm/s เมื่อดูผลของการฉีดเติมเต็มที่ 98% ของปริมาตรพลาสติกเหลวที่ใช้ในการฉีดทั้งหมด ผลที่ได้คือพลาสติกเหลว มีพฤติกรรมไหลที่สมดุลมากที่สุด คือที่ตำแหน่งใกล้ทางเข้า และที่ตำแหน่งใกล้ทางเข้า มีระยะทางการไหลเติมเต็มในเบ้าพิมพ์ที่ใกล้เคียงกันมากที่สุดคือที่ระยะ 59.38 mm และ 59.42 mm ตามลำดับ และถ้ามีการเปลี่ยนแปลงโดยการใช้ความเร็วฉีดที่ค่าอื่นๆ จะมีผลต่อระยะทางการไหลเติมเต็มในเบ้าพิมพ์ ตามกราฟที่ได้แสดงไว้

2. ผลกระทบของความเร็วฉีด และความดันฉีด ที่มีต่อระยะการไหลเติมเต็มโดยใช้พลาสติก PS

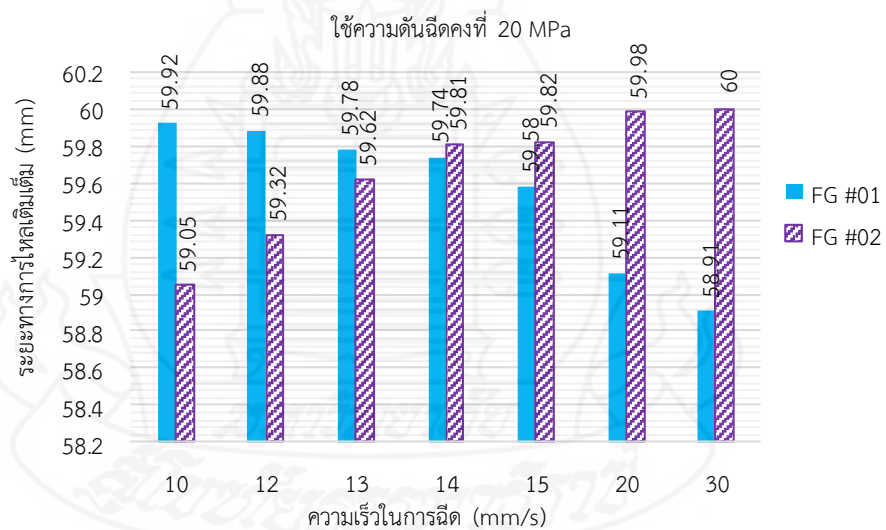
ในการทดลองหาผลกระทบของความเร็วฉีด และความดันฉีด โดยใช้พลาสติก PS มีค่า MFI 7.5 g/10 MIN ในการฉีด ที่มีต่อระยะการไหลเติมเต็มเพื่อศึกษาพฤติกรรมไหลเติมเต็มในแต่ละเบ้าพิมพ์จะทำการจำลองการฉีดในโปรแกรม Moldex3D โดยมีการเปลี่ยนใช้ค่า ความเร็วฉีด และความดันฉีด แบบต่างๆ



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6
The 6th STOU National Research Conference



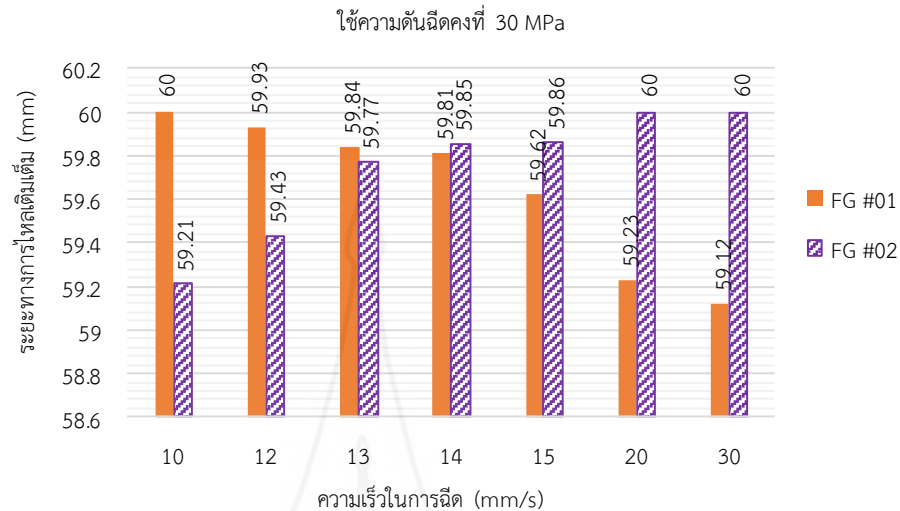
ภาพที่ 6 ระยะทางของการไหลเติมเต็มในเบ้าพิมพ์ ที่ปริมาตรของการฉีด 98% โดยใช้ความดันฉีดคงที่ 25 MPa และที่ความเร็วฉีด ต่างๆ ของ PS มีค่า MFI 7.5 g/10 MIN โดยโปรแกรม Moldex3D



ภาพที่ 7 ระยะทางของการไหลเติมเต็มในเบ้าพิมพ์ ที่ปริมาตรของการฉีด 98% โดยใช้ความดันฉีดคงที่ 20 MPa และที่ความเร็วฉีด ต่างๆ ของ PS มีค่า MFI 7.5 g/10 MIN โดยโปรแกรม Moldex3D



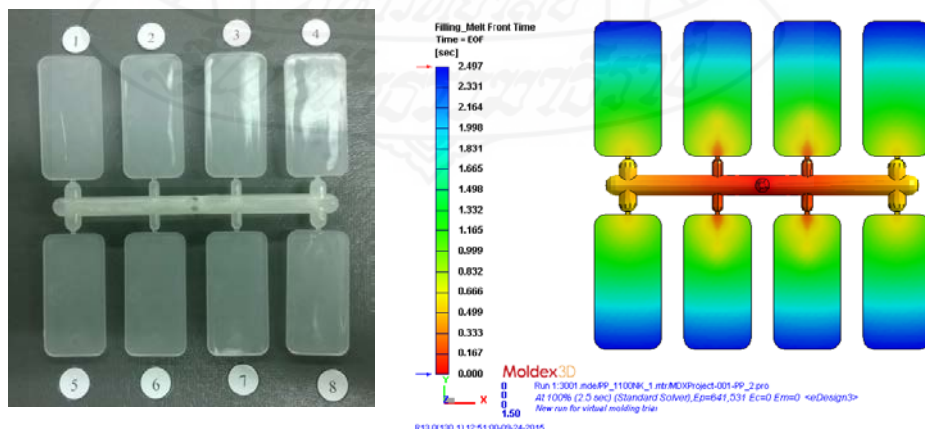
การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6
The 6th STOU National Research Conference



ภาพที่ 8 ระยะทางของการไหลเติมเต็มในเบ้าพิมพ์ ที่ปริมาตรของการฉีด 98% โดยใช้ความดันฉีดคงที่ 30 MPa และที่ความเร็วฉีด ต่างๆ ของ PS มีค่า MFI 7.5 g/10 MIN โดยโปรแกรม Moldex3D

จากภาพที่ 6 คือ กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะทางการไหลเติมเต็มในเบ้าพิมพ์ เมื่อทำการทดลอง โดยใช้การวิเคราะห์ในโปรแกรม Moldex3D จะเห็นได้ว่าที่ความดันฉีด 25 MPa และที่ความเร็วฉีด 14 mm/s เมื่อดูผลของการฉีดเติมเต็มที่ 98% ของปริมาตรพลาสติกเหลวที่ใช้ในการฉีดทั้งหมด ผลที่ได้คือพลาสติกเหลวมีพฤติกรรมไหลที่สมดุลมากที่สุด คือที่ตำแหน่งไกลทางเข้า และที่ตำแหน่งใกล้ทางเข้า มีระยะทางการไหลเติมเต็มในเบ้าพิมพ์ที่ใกล้เคียงกันมากที่สุดคือที่ระยะ 59.79 mm และ 59.83 mm ตามลำดับ และถ้ามีการเปลี่ยนแปลงโดยการที่ใช้ความเร็วฉีดที่ค่าอื่นๆ จะมีผลต่อระยะทางการไหลเติมเต็มในเบ้าพิมพ์ ตามกราฟที่ได้แสดงไว้

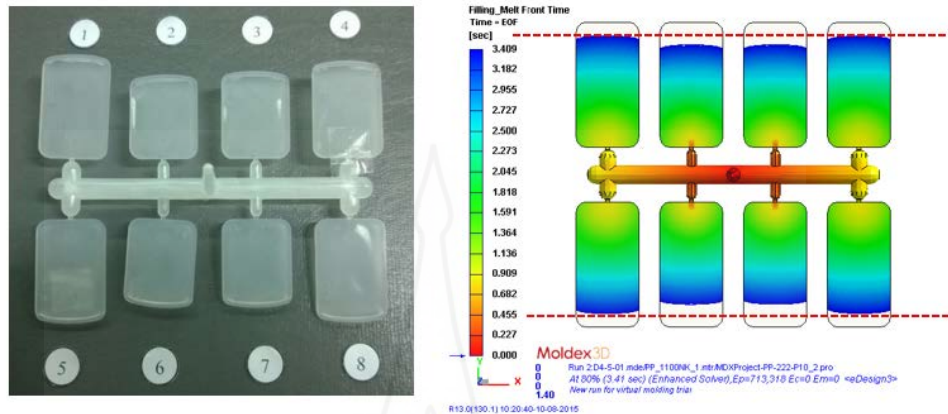
3. การทดลองฉีดจริง เพื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม Modex3D



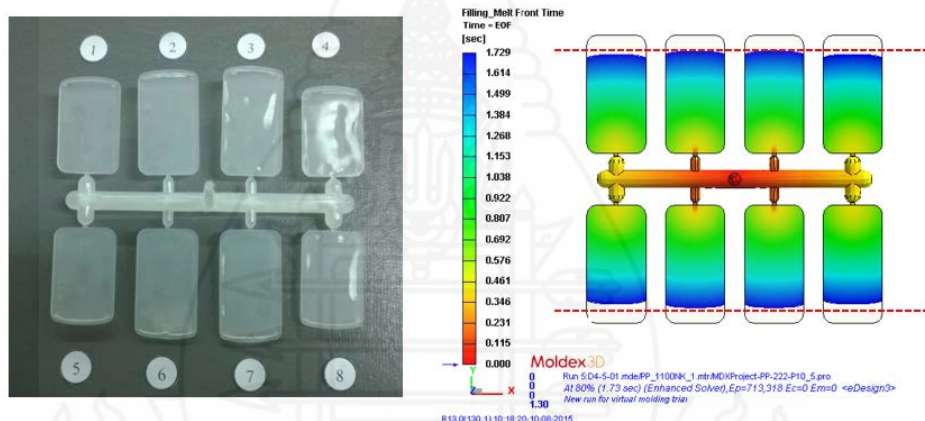
ภาพที่ 9 การฉีดเปรียบเทียบผล ของพลาสติกที่ระยะการฉีด 100%



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6
The 6th STOU National Research Conference



ภาพที่ 10 การฉีดเปรียบเทียบผล ของพลาสติก PP ที่ระยะการฉีด 80% ที่ความเร็วฉีดแบบต่ำ



ภาพที่ 11 การฉีดเปรียบเทียบผล ของพลาสติก PP ที่ระยะการฉีด 80% ที่ความเร็วฉีดแบบสูง

จากภาพที่ 9 ถึง 11 แสดงการฉีดเปรียบเทียบผลที่ได้จากการวิเคราะห์ในโปรแกรม กับการฉีดจริงที่ระยะสกรูถอย 80% ของระยะที่ใช้ในการฉีดทั้งหมด จะเห็นได้ว่าถ้าพิจารณาจากรูปแบบ และแนวโน้มของการไหลในแต่ละเข้าพิมพ์ ระหว่างผลที่ได้จากการทดลองฉีดจริง กับผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Moldex3D พบว่าสอดคล้อง และไปในทิศทางเดียวกัน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า ความเร็วที่ใช้ในการฉีด และความดันที่ใช้ในการฉีด

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์และการทดลองทั้งหมดที่ผ่านมา จะเห็นว่าสามารถใช้การปรับค่าพารามิเตอร์ ความเร็วฉีด และความดันฉีด มาช่วยแก้ไขปัญหของงานฉีดที่มีการไหลที่ไม่สมดุลได้ โดยเฉพาะกับแม่พิมพ์ที่มีหลายๆ เข้าพิมพ์ โดยสามารถแยกสรุปผลกระทบต่อการไหลเพิ่มเติมในแต่ละเข้าพิมพ์ได้ดังนี้



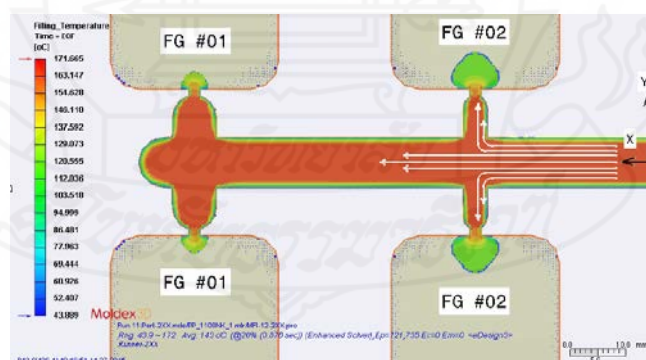
การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6 The 6th STOU National Research Conference

1. ผลกระทบของความเร็วฉีดที่มีผลต่อระยะการไหลเต็มเต็มแต่ละเบ้าพิมพ์ พบว่าจากการทดลองวิเคราะห์โดยมีการกำหนดเงื่อนไขให้ความดันฉีดคงที่ และมีการเปลี่ยนค่าความเร็วฉีดต่างๆ ผลที่ได้ คือ

1.1 ใช้ความเร็วในการฉีดสูง ทำให้พลาสติกเหลวตรงตำแหน่งที่ใกล้ทางเข้าจะไหลเต็มเต็มได้มาก ขณะที่การไหลของพลาสติกเหลวที่ตำแหน่งไกลทางเข้าจะมีระยะการไหลเต็มเต็มน้อยกว่า

1.2 ใช้ความเร็วในการฉีดต่ำ ทำให้พลาสติกเหลวตรงตำแหน่งที่ใกล้ทางเข้าจะไหลเต็มเต็มได้ไม่ดี ขณะที่การไหลของพลาสติกเหลวที่ตำแหน่งไกลทางเข้าจะมีระยะการไหลเต็มเต็มมากขึ้น

สาเหตุที่ผลการทดลองเป็นเช่นนี้เนื่องมาจาก โดยปกติธรรมชาติการไหลของพลาสติกเหลวในช่วงเริ่มต้นของการไหลเต็มเต็มนั้น คือ ในช่วงเริ่มต้นของการไหลไม่ว่าจะใช้ความเร็วในการฉีดที่ค่าเท่าไรก็ตาม ที่ตำแหน่งใกล้ทางเข้าพลาสติกเหลวจะไหลมาถึงก่อน ตำแหน่งไกลทางเข้า เนื่องมาจากที่ตำแหน่งใกล้ทางเข้า พลาสติกเหลวที่ไหลตาม ช่องทางการไหล ยังไม่มีการสูญเสียความดันในระหว่างทางของการไหล เมื่อทำการปรับเปลี่ยนค่าความเร็วในการฉีด โดยใช้ความเร็วในการฉีดที่สูงขึ้นจะทำให้เกิดพฤติกรรมที่ดีขึ้น และใช้เวลาในการฉีดเต็มเต็มที่เร็วขึ้นจนทำให้ที่ตำแหน่งไกลทางเข้ามีการไหลเต็มเต็มไม่ทันกับตำแหน่งใกล้ทางเข้า จนเป็นสาเหตุทำให้เกิดการเสียสมดุลของการไหล และที่ความเร็วในการฉีดเต็มเต็มที่ต่ำ จะใช้เวลาในการฉีดเต็มเต็มที่มาก พลาสติกเหลวจึงมีการไหลอยู่ในช่องทางการไหลที่นานขึ้นทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนไปให้กับผนังของแม่พิมพ์ที่มีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าทำให้พลาสติกเหลวเกิดการแข็งตัวขึ้นที่ตรงบริเวณที่ใกล้กับผนังของแม่พิมพ์ เมื่อเวลาผ่านไป ชั้นการแข็งตัวนี้จะเกิดมีมากขึ้นเรื่อยๆ จนทำให้ช่องทางการไหลของพลาสติกเหลวมีขนาดที่แคบลง จนทำให้ที่ตำแหน่งใกล้ทางเข้าซึ่งมีขนาดของช่องทางการไหลที่แคบอยู่แล้วเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดของช่องทางการไหลที่ตำแหน่งไกลทางเข้า จนทำให้ปริมาณการไหลเต็มเต็มที่ตำแหน่งใกล้ทางเข้าลดลง แต่ว่าที่ตำแหน่งไกลทางเข้ายังคงมีปริมาณการไหลเต็มเต็มที่ดีอยู่ เพราะว่ามีขนาดของช่องทางการไหลที่ใหญ่กว่า ตามภาพที่ 12

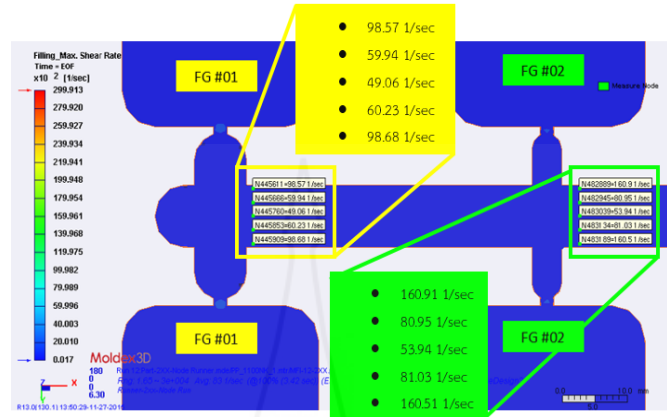


ภาพที่ 12 ลักษณะการไหลเต็มเต็มในแม่พิมพ์

2. ผลกระทบของ อัตราเฉือน ที่เกิดขึ้นในช่วงที่พลาสติกเหลวไหลในแม่พิมพ์ ตามภาพที่ 13 ให้ความหนืดของพลาสติกลดลง (ไหลได้ง่าย) ซึ่งเกิดจากความร้อนที่เพิ่มขึ้นจากแรงเฉือนและความดันที่เกิดจากการไหลของพลาสติกมาช่วยทำให้พลาสติกเหลวมีการไหลที่ดีขึ้น



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6
The 6th STOU National Research Conference



ภาพที่ 13 อัตราเฉือน ที่เกิดขึ้นภายในช่องทางวิ่ง

3. ผลกระทบของความดันฉีดที่มีผลต่อระยะการไหลเต็มเต็มแต่ละเข้าพิมพ์ พบว่าจากการทดลองวิเคราะห์โดยมีการกำหนดเงื่อนไขให้ความเร็วฉีดคงที่ และมีการเปลี่ยนค่าความดันฉีดต่างๆ ผลที่ได้ คือ ถ้าใช้ความดันในการฉีดเพิ่มขึ้นมีผลให้ระยะการเติมเต็มโดยรวมทั้งแม่พิมพ์ ในทุกเข้าพิมพ์มีระยะการไหลเต็มเต็มที่ไกลเพิ่มขึ้น และถ้าใช้ความดันในการฉีดที่ลดลง มีผลให้ระยะการไหลเต็มเต็มโดยรวมทั้งแม่พิมพ์ ในทุกเข้าพิมพ์มีระยะการไหลเต็มเต็มที่สั้นลง ดังนั้นระยะทางของการไหลที่ได้จะเป็นไปตามค่าของความดันฉีดที่ใช้

4. สรุปได้ว่าการใช้ความเร็วในการฉีดจะมีอิทธิพลต่อระยะทางการไหลเพื่อเติมเต็ม มากกว่าการใช้ความดันในการฉีด สำหรับการแก้ไขเรื่องสมดุลการไหล เนื่องจากพลาสติกเหลวเป็นของไหลที่มีความหนืดเปลี่ยนแปลงไปตามอัตราเฉือน มากกว่าความเค้นเฉือน

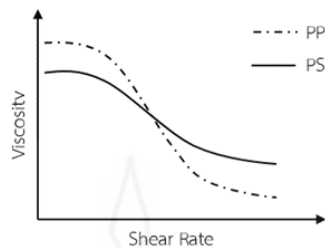
5. ผลกระทบของชนิดพลาสติกที่มีผลต่อระยะทางการไหลเติมเต็ม โดยการทดลองนี้มีการกำหนดเงื่อนไขชนิดของพลาสติกที่ใช้ในการทดลองวิเคราะห์มี 2 ชนิด คือ โพลีโพรพิลีน (Polypropylene; PP) ของ IRPC เกรด 1100 NK และ โพลีสไตรีน (Polystyrene ; PS) ของ IRPC เกรด GP150 ผลที่ได้จากการทดลอง ดังนี้

5.1 จากการทดลองวิเคราะห์ พบว่าพลาสติกทั้ง 2 ชนิด เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าความเร็วในการฉีด จะส่งผลกระทบต่อระยะทางการไหลเติมเต็มที่แตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความดันในการฉีด เนื่องจากว่าพลาสติกทั้ง 2 ชนิดมีโครงสร้างทางโมเลกุลที่แตกต่างกัน คือ PP มีโครงสร้างเป็น Semi – Crystalline และ PS มีโครงสร้างเป็น Amorphous จึงทำให้มีผลต่อพฤติกรรมการไหลเป็นอย่างมาก

5.2 เมื่อพิจารณาจากการเลือกใช้ค่าความเร็วในการฉีดของพลาสติกทั้ง 2 ชนิด พบว่าพลาสติกชนิด PP จะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเร็วที่ใช้การฉีดเป็นอย่างมาก เทียบกับพลาสติกชนิด PS ตามภาพที่ 14 เป็นภาพที่แสดงพฤติกรรมของความหนืด เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราเฉือน จะเห็นได้ว่าความหนืดของพลาสติก PS จะลดลงน้อยกว่า เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของอัตราเฉือน ซึ่งอัตราเฉือนจะแปรผันตรงตามค่าความเร็วที่ใช้ในการฉีด



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6
The 6th STOU National Research Conference



ภาพที่ 14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความหนืด และอัตราเฉือน ของพลาสติก

สาเหตุที่พลาสติก 2 ชนิดมีการไหลที่ต่างกันมาจากอิทธิพลของโครงสร้างความเป็นผลึกของพลาสติก มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ความซับซ้อนของโครงสร้างโมเลกุล

เนื่องจาก PP เป็นพลาสติกในกลุ่ม Semi – Crystalline ซึ่งมีโครงสร้างความเป็นผลึกสูง มีความเป็นระเบียบ และไม่ซับซ้อน จึงไม่ทำให้เกิดขวางการไหลจัดเรียงตัวของโมเลกุล ทำให้ไหลตัวได้ดีกว่า PS ซึ่งเป็นพลาสติกในกลุ่มของ Amorphous

2. อัตราการเย็นตัว

เนื่องจากว่าพลาสติก 2 ชนิดมีคุณสมบัติทางความร้อนที่ต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางความร้อนของพลาสติก PP และ PS

พลาสติก	ค่าความจุความร้อน (Heat Capacity) (J/K)	ค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity) (W/mK)	หมายเหตุ
PP	↑	↓	ทำให้ PP มีอัตราการเย็นตัวช้ากว่า
PS	↓	↑	ทำให้ PS มีอัตราการเย็นตัวเร็วกว่า

ข้อเสนอแนะ

- ควรมีการทำการศึกษ และวิจัยต่อ ในเรื่องของคุณภาพของชิ้นงานฉีดที่ได้เมื่อมีการ Packing และ Holding ในกระบวนการฉีด
- ควรมีการทำการศึกษาต่อ ในเรื่องของการเลือกใช้ความเร็วฉีดแบบหลายๆ ระดับความเร็ว ในช่วงของการฉีดเต็มเต็ม



การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6
The 6th STOU National Research Conference

เอกสารอ้างอิง

- A.özdemir ,O. Uluer and A. Güldas. (2004). *Flow front advancement of molten thermoplastic materials during filling stage of mold cavity*. Polymer Testing, 23, 957-966.
- L.W. Seow and Y.C.Lam. (1997). *Optimizing flow in plastic injection molding*. Journal of Materials Processing Technology, 72, 333-341.
- วิโรจน์ เตชะวิญญูธรรม. (2543). ลักษณะของความดันในแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกที่เหมาะสมที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์พลาสติก. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมการผลิต บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- สรศักดิ์ วงศ์มณี. (2548). การทดลองหาความสามารถในการไหลเมื่อกำหนดความหนาของช่องทางการไหลที่แตกต่างกันของเทอร์โมพลาสติกกลุ่ม Polyolefin. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมการผลิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- บรรเลง ศรีนิล. (2550). *เทคโนโลยีพลาสติก*. พิมพ์ครั้งที่ 20. กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- John P. Beaumont. (1952). *Runner and Gating Design Handbook*. Valley Avenue, Cincinnati, Ohio 45244-3029, USA: Hanser Gardner Publications, Inc.
- Pierre J. Carreau, Daniel C.R. De Kee and Raj P. Chhabra. (1997). *Rheology of Polymeric Systems*. 6600 Cike, Cincinnati, Ohio 45244-4090. USA: Hanser Gardner Publications, Inc.
- วิโรจน์ เตชะวิญญูธรรม. (2557). *วิศวกรรมการฉีดพลาสติก*. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).