

การศึกษาหาอิทธิพลของความหนาที่ส่งผลกระทบต่อระยะทางการไหล ของเทอร์โมพลาสติกกลุ่ม Polyolefin

An Experimental Study of Flow Capability as Defined Different Thickness of Flow Channel of Polyolefin Thermoplastics

สถาพร ชาดาคม¹ สุเทพ บุตรดี² และ สรศักดิ์ วงศ์มณี³

บทคัดย่อ

การขึ้นรูปพลาสติกด้วยกรรมวิธีการฉีด ปัญหาที่พบในขั้นตอนการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกคือ ความสามารถในการไหลตัวของพลาสติกกับความหนาของขนาดช่องทางการไหล ซึ่งขนาดความหนาของช่องทางการไหลที่แตกต่างกันจะส่งผลกระทบต่อระยะทางการไหลไม่เท่ากัน งานวิจัยนี้จึงได้ทำการทดลองฉีดพลาสติกเพื่อศึกษาอิทธิพลของความหนาของช่องทางการไหล อุณหภูมิฉีด และอุณหภูมิแม่พิมพ์ที่ส่งผลกระทบต่อระยะทางในการไหล โดยพลาสติกที่ใช้ในการทดลองเป็นพลาสติกชนิด Polypropylene (PP) ซึ่งเป็นพลาสติกในกลุ่ม Polyolefin จากการทดลองพบว่า การเพิ่มขนาดความหนาของช่องทางการไหล จาก 1 มิลลิเมตร เป็น 2 มิลลิเมตร จะส่งผลกระทบต่อระยะทางการไหลมากกว่าการเพิ่มขนาดความหนา ของช่องทางการไหล จาก 2 มิลลิเมตร เป็น 3 มิลลิเมตร นั่นคือระยะทางไหลเพิ่มขึ้นประมาณ 179 เปอร์เซ็นต์ และ 73 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ การเพิ่มอุณหภูมิหลอมเหลวของเม็ดพลาสติก 10 องศาเซลเซียส จะส่งผลทำให้ระยะทางการไหลเพิ่มขึ้นประมาณ 6 เปอร์เซ็นต์ และระยะทางการไหลจะเพิ่มขึ้นประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิแม่พิมพ์ 10 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ : ความหนาของช่องทางการไหล, อุณหภูมิหลอมเหลว, อุณหภูมิแม่พิมพ์

Abstract

In plastic injection forming the problem is found in the mold design stage that is the capability of plastic flow and the thickness of flow channel. The different thickness of flow channels will affect relative on the different flow distance. This research aims to conduct study the influence of flow channel thickness, the injection temperature and the mold temperature which are resulted the flow distance of the polyolefin group. The test result was found that if the thickness of flow channel is increased from 1 mm to 2 mm, it is resulted in longer distance of flow than the increase from 2 mm to 3 mm - that is, the flow distance increased 179 % and 73 % respectively. The increase of melting temperature of plastic up 10°C is resulted in the increase of flow distance about 6 % and the flow distance increased 2 % when the mold temperature is increased 10°C.

Keywords : flow channel thickness, melting temperature, mold temperature

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล, วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

² รองศาสตราจารย์, ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

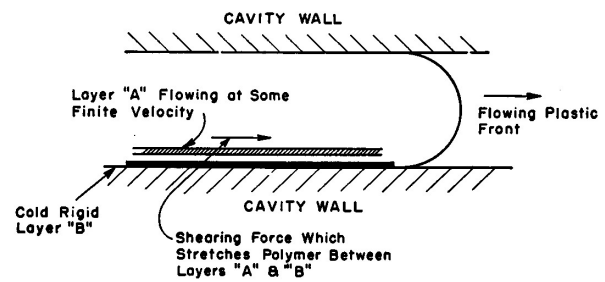
³ วิศวกร, ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล, วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1. บทนำ

ปัญหาหนึ่งที่เกิดขึ้นในขั้นตอนของการออกแบบแม่พิมพ์ฉีด คือ ในกรณีที่ชิ้นงานมีขนาดใหญ่ ผู้ที่ทำหน้าที่ออกแบบแม่พิมพ์จะสามารถรู้ได้อย่างไรว่าจะต้องวางตำแหน่ง และจำนวนของทางเข้าของน้ำพลาสติกที่บริเวณใดของชิ้นงานและจำนวนเท่าไร เพื่อจะมั่นใจได้ว่าเมื่อสร้างแม่พิมพ์ขึ้นมาเพื่อฉีดชิ้นงานแล้วจะได้ชิ้นงานที่เต็มแบบ ซึ่งปัญหานี้ก็คืออัตราส่วนระหว่าง ระยะทางในการไหลกับความหนาของชิ้นงาน หากเข้าใจถึงอิทธิพลของความหนาที่ส่งผลต่อระยะทางการไหล จะช่วยให้เรากำหนดตำแหน่งของทางเข้า (Gate) หรือจำนวนของทางเข้าบนชิ้นงานได้อย่างเหมาะสม อุณหภูมิที่ใช้ในการฉีดพลาสติก และอุณหภูมิของแม่พิมพ์ที่ส่งผลต่อระยะทางการไหลเช่นกัน[4] และเพื่อให้เกิดความเข้าใจในปัญหาและอิทธิพลของตัวแปรในการฉีดพลาสติก จึงทำการสร้างแม่พิมพ์ฉีดที่มีรูปร่างแบบก้นหอย (Spiral) ระยะพิต 16 มิลลิเมตร พื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ความหนาของช่องทางการไหล 1, 2 และ 3 มิลลิเมตร ตามลำดับ ทำการทดลองฉีดเพื่อหาผลกระทบของตัวแปรที่ส่งผลต่อช่วงการไหลตัวของพลาสติกในแม่พิมพ์ เพื่อแก้ปัญหาและอธิบายถึงพฤติกรรมหรือแนวโน้มของระยะทางการไหล ซึ่งจะช่วยให้เวลาในขั้นตอนของการออกแบบแม่พิมพ์ และความเข้าใจในพฤติกรรม การไหลของพลาสติกในแม่พิมพ์ได้ดียิ่งขึ้น L.W. Seow and Y.C. Lam [2] ทำการควบคุมการไหลตัวของพลาสติกขณะทำการฉีดเพื่อให้พลาสติกไหลถึงขอบเขตของแม่พิมพ์ในเวลาเท่ากัน โดยการปรับความหนาของชิ้นงานทดลองซึ่งเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งสรุปว่าควรอยู่ในขั้นตอนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ และใช้ร่วมกับโปรแกรมจำลองการไหลสำเร็จรูป จากทฤษฎีและงานวิจัยส่วนใหญ่พบว่า อิทธิพลของแรงดันฉีดส่งผลต่อระยะทางในการไหลของพลาสติกให้เพิ่มขึ้น และเป็นสัดส่วนกับระยะทางไหล ในด้านอุณหภูมิมีการศึกษาพบว่า ในเรื่องของระยะทางไหล อุณหภูมิหลอมของพลาสติก มีความสำคัญกว่าอุณหภูมิของแม่พิมพ์ ผู้วิจัยจึงได้ทำการวิจัยว่า อุณหภูมิหลอมของพลาสติก และอุณหภูมิของแม่พิมพ์ รวมถึงความหนาของช่องทางการไหลของพลาสติก ส่งผลอย่างไรกับความสามารถในการไหลของพลาสติก เพื่อสรุปรูปแบบของผลกระทบของตัวแปรต่อระยะทางไหลที่เกิดขึ้น

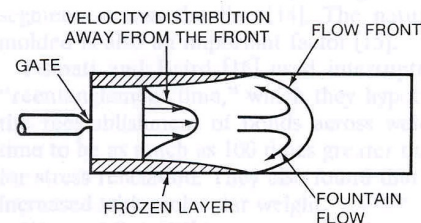
2. การไหลตัวของพลาสติกในแม่พิมพ์ฉีด

การไหลตัวของพลาสติกเข้าสู่โพรงแบบนั้น ถึงแม้ว่าแม่พิมพ์จะมีรูปร่างเป็นเพียงรูปสี่เหลี่ยมธรรมดาที่ไม่เหมาะสมที่จะใช้การอธิบายถึงปรากฏการณ์ ในรูปแบบของการไหลด้วยความดัน (Pressure flow) ระหว่างแผ่นประกบคู่กัน เนื่องจากชั้นของการแข็งตัวของพลาสติกจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วที่บริเวณผนังของโพรงแบบ และพลาสติกหลอมที่อยู่ตรงแกนกลางของทางไหลยังคงมีความหนืดที่ต่ำกว่าชั้นของบริเวณ ที่อยู่ใกล้กับชั้นแข็งตัว [4] รูปที่ 1 แสดงรูปแบบการเย็นตัวของผนังของแม่พิมพ์ (ชั้น B ในรูป) พลาสติกชั้น A จะยังคงเคลื่อนที่ต่อไปถึงแม้ว่าจะเริ่มแข็งตัว ซึ่งมีผลทำให้เกิดแรงเสียดทานที่สูงระหว่างชั้นของการไหล แรงที่เกิดขึ้นนี้จะยืดเนื้อพลาสติกออกตามทิศทางของการไหล ผลที่ได้คือความเครียดจากการแข็งตัว และเราสามารถลดค่าความเครียดที่เกิดขึ้นนี้ได้โดยการเติมเต็มโพรงแบบให้เร็วและใช้อุณหภูมิแม่พิมพ์ที่สูง [5]



รูปที่ 1 การเย็นตัวของผนังของโพรงแบบ

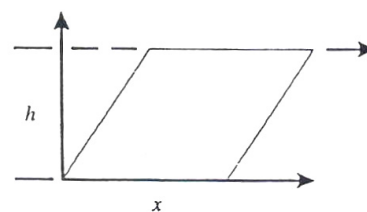
ปรากฏการณ์สำคัญที่เป็นสาเหตุให้การไหลแบบนี้ ไม่เหมือนกับการไหลระหว่างแผ่นประกบคู่กันนั้นคือ การไหลแบบน้ำพุ (Fountain effect) [4, 8] พลาสติกหลอมเหลว ไม่สามารถเข้าถึงผนังของโพรงแบบได้อย่างง่าย ๆ แต่ก็มีแนวโน้มการไหลลงมาจากตรงกลางของทางไหล สู่ผนังของโพรงแบบ ซึ่งการไหลในรูปแบบนี้แสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 การไหลแบบน้ำพุ (Fountain effect)

2.1 การเปลี่ยนแปลงอัตราเร็วและแรงเฉือนในช่องทางการไหล

การไหลแบบราบเรียบ เป็นผลจากพอลิเมอร์หลอมเหลวยังคงแยกตัวเป็นชั้นอย่างเด่นชัด ทว่าการไหลในแม่พิมพ์ ความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่ระหว่างชั้นของพอลิเมอร์แต่ละชั้นและมวลของพอลิเมอร์ในการไหล อัตราของการเปลี่ยนแปลงนี้สามารถบรรยายได้ดังรูปที่ 3 และจากสมการที่ 1

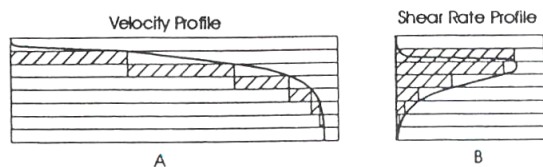


รูปที่ 3 ความสัมพันธ์การเคลื่อนที่ระหว่างชั้นและมวลของพอลิเมอร์ในการไหล

$$\frac{1}{h} \frac{dx}{dt} = \frac{v}{h} = \dot{\gamma} \quad (1)$$

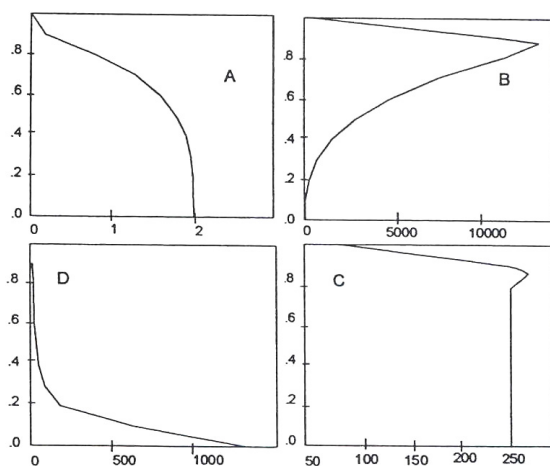
t คือเวลา, v คืออัตราเร็ว, h คือความหนาหรือเส้นผ่านศูนย์กลางของช่องทางการไหลและ x คือระยะทางตามความยาวของช่องทางการไหล โดยทั่วไปอัตราเฉือนจะมีหน่วยเป็น s^{-1}

รูปที่ 4B แสดงแบบแผนรูปร่างอัตราเฉือนที่ถูกแบ่งด้วยจำนวนของชั้นที่แน่นอน อัตราเฉือนจะมีค่าเป็นศูนย์ที่ผนังของช่องทางการไหลและที่ศูนย์กลางของช่องทางการไหล ส่วนอัตราเฉือนที่มากที่สุดโดยทั่วไปพบที่บริเวณถัดเข้ามาจากผนังของช่องทางการไหล



รูปที่ 4 รูปแบบของอัตราเฉือน

แบบแผนรูปร่างของอัตราเฉือน ถูกพัฒนาขึ้นมาจากแบบแผนรูปร่างของอัตราเร็ว (รูปที่ 4A) เส้นแสดงแนวตัดในแบบแผนรูปร่างของอัตราเร็ว แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของอัตราเร็วของแต่ละชั้น ความสัมพันธ์ของอัตราเร็วเหล่านี้ แสดงให้เห็นในรูปของอัตราเฉือนขณะที่พอลิเมอร์กำลังไหลตัวอยู่นั้น ความสัมพันธ์การเคลื่อนที่ของแต่ละชั้นแรงเฉือนที่กระทำบนพอลิเมอร์หลอม จะส่งผลต่อพอลิเมอร์ในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางของความเครียดที่ถูกกระทำ ขณะที่หัวโซ่ของพอลิเมอร์เริ่มถูกจัดเรียง หรือถูกทำให้อยู่แนวเดียวกันกับทิศทางการไหล เหตุการณ์เหล่านี้ จะขัดขวางการเกิดที่ว่างระหว่างอะตอมของพอลิเมอร์ ซึ่งยอมให้อะตอมเคลื่อนย้ายได้อย่างอิสระ มากกว่าความสัมพันธ์ของแต่ละส่วน นี่คือผลกระทบจากการลดความหนืดของการไหลของวัสดุ

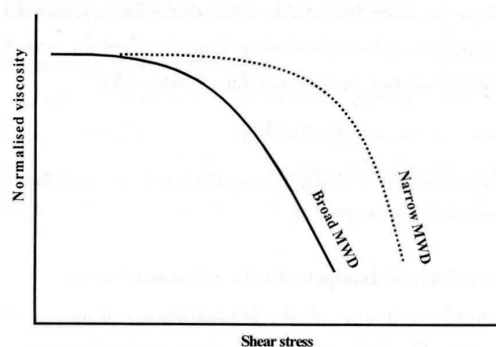


รูปที่ 5 ผลของโปรแกรมซึ่งคำนวณด้วยวิธี Finite Difference

จากรูปที่ 5 เป็นการแสดงผลการคำนวณของโปรแกรมซึ่งคำนวณด้วยวิธี Finite Difference บนเงื่อนไขที่อยู่ภายในการหลอมของพอลิเมอร์ตลอดพื้นที่หน้าตัดของช่องทางการไหล ผลที่ได้จากการวิเคราะห์นั้นตั้งอยู่บนสมมุติฐานที่ว่า ช่องทางการไหลมีความสมมาตรที่เส้นแกนกลางของช่องทางการไหล ตำแหน่งแนวขวางของช่องทางการไหลถูกแสดงในแกน Y

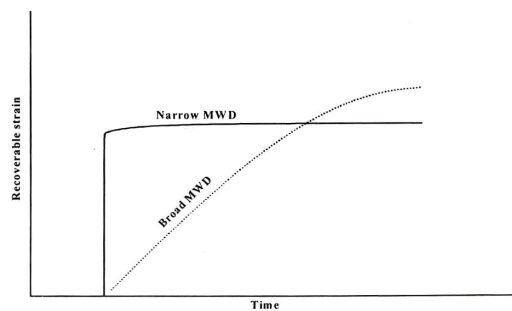
2.2 การกระจายตัวน้ำหนักโมเลกุล

การกระจายตัวของน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight Distribution : MWD) มีผลอย่างมากต่อคุณสมบัติการไหลของพอลิเมอร์ หลอมเหลว ความสัมพันธ์ระหว่าง MWD และความหนืดของพอลิเมอร์ ดังแสดงในรูปที่ 6 ในกรณีของพอลิเมอร์ที่มี MWD ที่แคบ พอลิเมอร์จะมีขนาดสายโซ่โมเลกุลค่อนข้างสม่ำเสมอ และแต่ละสายโซ่โมเลกุลจะรับแรงที่กระทำในปริมาณที่เท่ากันทุกโมเลกุล ในทางตรงกันข้ามในกรณีของ MWD ที่กว้าง โมเลกุลของพอลิเมอร์หลอมเหลวจะมีทั้งขนาดใหญ่และเล็กปนกันอยู่ โดยโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่กว่าจะเป็นเหมือนโครงร่างที่ปกคลุมโมเลกุลที่เล็ก และเป็นส่วนที่รับแรงที่มากกว่า ดังนั้นถ้าเปรียบเทียบพอลิเมอร์ระบบที่มี MWD กว้างกับระบบที่มี MWD ที่แคบ ภายใต้แรงกระทำต่อระบบเท่ากัน จะพบว่าในพอลิเมอร์ระบบที่มี MWD ที่กว้างนั้น โมเลกุลที่มีขนาดใหญ่แต่ละโมเลกุลจะรับแรงที่กระทำในปริมาณที่มากกว่าค่าแรงโดยเฉลี่ย ทำให้เกิดการลดลงของความหนืดเนื่องจากสมบัติความเป็น pseudo-plasticity ก่อนระบบที่มี MWD ที่แคบ หรือในอีกนัยหนึ่งค่าความหนืดของระบบที่มี MWD กว้างจะมีค่าต่ำกว่าของระบบที่มี MWD แคบ ถ้าพิจารณาที่ตำแหน่ง shear stress หรือ shear rate หนึ่งๆ ซึ่งในทางปฏิบัติจะส่งผลให้เราสามารถทำการฉีดขึ้นรูปพอลิเมอร์ที่มี MWD กว้างได้ง่าย และใช้พลังงานต่ำกว่าพอลิเมอร์ในระบบที่มี MWD แคบ



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่าง MWD และความหนืด

ในทางตรงกันข้ามกับความหนืด เนื่องจากในพอลิเมอร์ระบบที่มี MWD กว้างนั้น โมเลกุลที่มีขนาดใหญ่จะเป็น โมเลกุลที่รับแรงกระทำซึ่งมีค่าสูงกว่าแรงโดยเฉลี่ย ดังนั้นเมื่อโมเลกุลได้รับแรงในปริมาณที่สูงก็จะมี การตอบสนองทางอีลาสติกที่สูงเช่นเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 7 จากรูปจะเห็นได้ว่า recoverable strain (ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงการตอบสนองทางอีลาสติกของระบบ) ในระบบพอลิเมอร์ที่มี MWD กว้างจะมีค่าสูงกว่าในระบบพอลิเมอร์ที่มี MWD แคบ และใช้เวลาที่ช้าที่สุดจุดสมดุลของการตอบสนองทางอีลาสติกนานกว่า ระบบพอลิเมอร์ที่มี MWD แคบ เนื่องจากโมเลกุลที่มีขนาดเล็ก จะขัดขวางการเกิดการตอบสนองทางอีลาสติกของระบบ



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่าง Recoverable strain กับเวลา โดยเปรียบเทียบระหว่างระบบพอลิเมอร์ที่กว้างและแคบ

3. วิธีการทดลอง

รูปร่างของแม่พิมพ์ฉีด ที่ใช้ในการทดลองหาความสามารถในการไหลของพลาสติก เป็นแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกที่มีช่องทางไหลเป็นรูปก้นหอย (Spiral) ที่มีความยาวของช่องทางไหล 145 เซนติเมตร ระยะพิท 16 มิลลิเมตร และเพื่อเป็นการสะดวกในการทดลองฉีด จึงได้ทำการออกแบบแม่พิมพ์ ให้สามารถถอดเปลี่ยนความหนาของช่องทางไหลได้ ตามขอบเขตของการทดลองคือ 1,2 และ 3 มิลลิเมตร เพื่อใช้ในการศึกษาอิทธิพลของความหนา ที่ส่งผลต่อระยะทางในการไหลตัวของพลาสติก พลาสติกที่ใช้ในการทดลองเป็นพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน (Polypropylene) ของบริษัท TPI Lot No. 02110591 Grade 1100NK ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

Melt Flow Index ตาม ASTM D1238 = 11 g/10 min

Tensile Strength at Yield ตาม ASTM D638 = 35 N/mm²

Charpy Notched Impact Strength ตาม DIN 53453 = 2.7 mJ/mm²

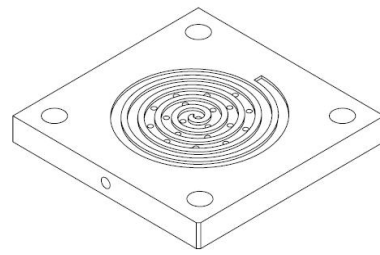
Shear Modulus ตาม DIN 53457 = 720 N/mm²

Ball Indentation Hardness ตาม DIN 53456 = 85 N/mm²

Heat Distortion Temperature ตาม ASTM D648 = 110 °C

ค่าของตัวแปรไม่คงที่ที่ใช้ในการทดลอง ช่องทางไหลมีพื้นที่ หนาตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ความหนาที่ใช้ 1,2 และ 3 มิลลิเมตร ตามลำดับอุณหภูมิของพลาสติกหลอมที่ใช้ทดลองฉีด 240, 230 และ 220 °C อุณหภูมิแม่พิมพ์ 60, 50 และ 40 °C ค่าของตัวแปรคงที่ที่ใช้ในการทดลองความเร็วในการฉีดทำการตั้งค่าไว้ที่ 210 มิลลิเมตรต่อวินาที ความกว้างของช่องทางไหลเท่ากับ 10 มิลลิเมตร ความยาวของช่องทางไหลเท่ากับ 145 เซนติเมตร ทำการหาค่าแรงดันฉีดของกระบอกเพื่อใช้ในการทดลอง โดยการค่อยๆ เพิ่มค่าแรงดันฉีดซึ่งใช้เงื่อนไขในการหาค่าแรงดันฉีดดังนี้

1. อุณหภูมิแม่พิมพ์ 60 °C
2. อุณหภูมิหลอม 240 °C
3. ความเร็วในการฉีด 210 mm/s
4. ความหนาของช่องทางไหล 3 mm
5. แรงกดแม่พิมพ์ 500 kN



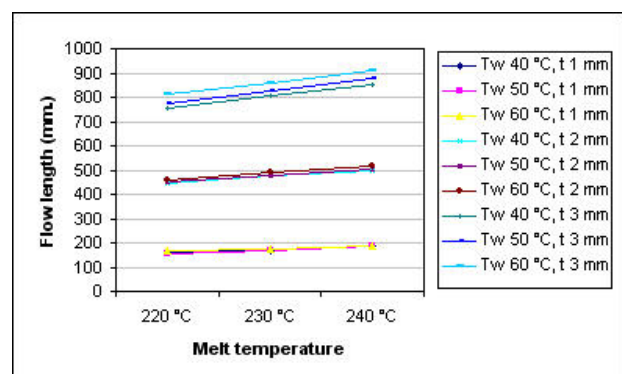
รูปที่ 8 แม่พิมพ์และช่องทางไหลที่ใช้ในการทดลอง

จากนั้นทำการฉีดขึ้นงานทีละชิ้นและค่อยๆ เพิ่มแรงดันฉีดขึ้นไปเรื่อย ๆ ซึ่งจากการทดลองฉีดได้ค่าแรงดันฉีดของกระบอกฉีดอยู่ที่ 450 bar ซึ่งเป็นค่าที่มากที่สุดในการฉีดขึ้นงานโดยที่ชิ้นงานยังไม่เกิดครีบ

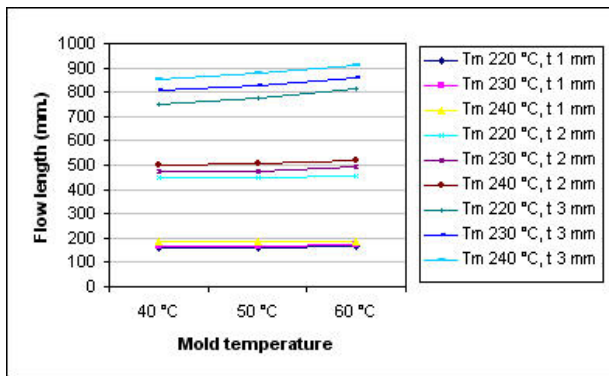
นำค่าของตัวแปรคงที่และตัวแปรไม่คงที่ที่ได้ มาทำการทดลองโดยเปลี่ยนตัวแปรการทดลองทีละตัวจนครบทุกตัว ซึ่งจะได้อะไรในการทดลองทั้งหมด 27 เงื่อนไข โดยแต่ละเงื่อนไขจะทำการทดลองฉีดจนกว่าระยะทางไหลที่ได้จะคงที่ ณ เงื่อนไขการทดลองนั้นๆ แล้วจึงเริ่มฉีดซ้ำอีก 6 ครั้ง เพื่อเก็บตัวอย่างระยะทางไหล จากนั้นนำค่าของระยะทางไหลมาหาค่าเฉลี่ย

ตารางที่ 1 ค่าความยาวของระยะทางในการไหลที่ได้จากการทดลอง

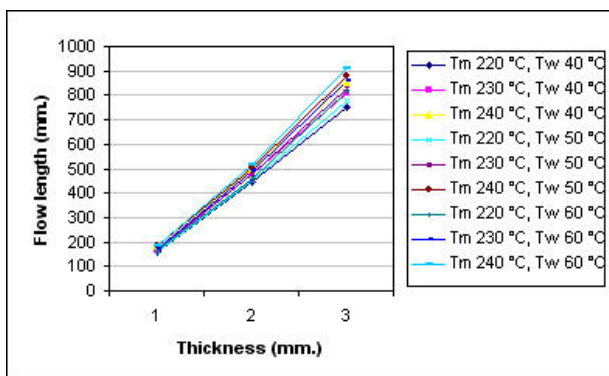
Thickness (mm)	Melt Temperature								
	240 °C			230 °C			220 °C		
	Mold Temperature			Mold Temperature			Mold Temperature		
	60 °C	50 °C	40 °C	60 °C	50 °C	40 °C	60 °C	50 °C	40 °C
1	188	187	184	173	171	167	166	157	162
	187	188	184	171	168	166	166	157	161
	187	187	183	171	170	166	166	158	161
	187	187	185	171	170	165	166	160	161
	188	187	184	171	170	166	165	160	161
	188	187	185	171	170	166	165	153	160
Average	187.5	187.2	184.2	171.3	169.8	166.0	165.7	157.5	161.0
2	519	506	498	490	476	477	457	450	448
	518	505	500	492	476	477	458	450	448
	517	506	500	491	476	477	459	450	447
	517	506	500	493	476	475	458	448	447
	517	507	499	493	476	475	459	449	446
	517	508	500	493	476	475	458	450	445
Average	517.5	506.3	499.5	492.0	476.0	476.0	458.2	449.5	446.8
3	908	883	859	859	830	806	814	776	752
	911	883	858	857	828	808	813	777	748
	905	879	855	857	826	807	813	772	750
	907	875	852	858	826	808	815	775	750
	908	881	853	856	827	806	811	776	760
	907	882	851	855	827	804	812	772	757
Average	907.7	880.5	854.7	857.0	827.3	806.5	813.0	774.7	752.8



รูปที่ 9 ผลการเปรียบเทียบระยะทางในการไหล เมื่อเปลี่ยนอุณหภูมิแม่พิมพ์ กับความหนาของช่องทางการไหล และผลกระทบของอุณหภูมิหลอมที่ส่งผลต่อระยะทางการไหล



รูปที่ 10 ผลการเปรียบเทียบระยะทางในการไหล
เมื่อเปลี่ยนอุณหภูมิหลอมกับความหนาของช่องทางการไหล
และผลกระทบของอุณหภูมิแม่พิมพ์ที่ส่งผลต่อระยะทางการไหล



รูปที่ 11 ผลการเปรียบเทียบระยะทางในการไหล
เมื่อเปลี่ยนอุณหภูมิหลอมกับอุณหภูมิแม่พิมพ์และผลกระทบของ
ความหนาของช่องทางการไหลที่ส่งผลต่อระยะทางการไหล

4. ผลการทดลอง

ซึ่งเห็นได้ว่าความหนาของช่องทางการไหล จะส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของระยะทางการไหลอย่างชัดเจน เมื่อใช้เงื่อนไขในการทดลองเดียวกัน ซึ่งจากการทดลองพบว่า การเพิ่มความหนาของช่องทางการไหลให้มีความหนามากขึ้น จะทำให้พลาสติกหลอมมีขนาดของช่องทางการไหลสำหรับพลาสติกหลอมมากขึ้นเช่นกัน ในขณะที่ชั้นของการแข็งตัวของพลาสติกที่บริเวณผนังของช่องทางการไหลยังคงมีอัตราการเย็นตัวที่คงที่ พลาสติกหลอมจึงยังคงมีเวลาในการไหลตัวมากขึ้น ก่อนที่ชั้นของการแข็งตัวจากผนังของช่องทางการไหลจะแผ่เข้ามาถึงแกนกลาง จนกระทั่งพลาสติกหลอมแข็งตัวจนไม่สามารถไหลตัวต่อไปได้ เนื่องจากมีระยะห่างจากผนังถึงแกนกลางของช่องทางการไหลมากขึ้น จากการทดลองเพิ่มความหนาของช่องทางการไหลจาก 1 มิลลิเมตร เป็น 2 มิลลิเมตร ส่งผลต่อระยะทางการไหลมากกว่า การเพิ่มความหนาของช่องทางการไหลจาก 2 มิลลิเมตร เป็น 3 มิลลิเมตร นั่นคือระยะทางไหลเพิ่มขึ้นประมาณ 179 % และ 73 % ตามลำดับ

ด้านอุณหภูมิหลอมของพลาสติก ยังส่งผลต่อระยะทางการไหลน้อยกว่าความหนาของช่องทางการไหล ระยะทางการไหลจะเพิ่มขึ้นแต่ก็มีข้อจำกัดซึ่งขึ้นอยู่กับความหนาของช่องทางการไหล ซึ่งหากความหนาของช่องทางการไหลมาก การเพิ่มอุณหภูมิหลอมของพลาสติกก็จะส่งผลต่อระยะทางการไหลมากขึ้น โดยการเพิ่มอุณหภูมิหลอมของพลาสติกมีผลทำให้เกิดการสร้างช่องว่าง (Free volume) ระหว่างโมเลกุล โดยเมื่อช่องว่างภายในโมเลกุลนี้มีขนาดใหญ่ขึ้น โมเลกุลก็สามารถที่จะไหลผ่านออกไปได้ง่ายขึ้น ทำให้พอลิเมอร์หลอมเหลวมีความหนืดลดลงนั่นเอง และช่วยลดความเครียดเฉือนระหว่างชั้นการไหลตัวกับชั้นแข็งตัวของพลาสติก ทำให้พลาสติกมีระยะทางไหลมากขึ้น จากการทดลองพบว่า การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิหลอมเหลวของเม็ดพลาสติก 10 °C ส่งผลทำให้ระยะทางการไหลเพิ่มขึ้นประมาณ 6 %

ด้านอุณหภูมิแม่พิมพ์ส่งผลต่อระยะทางการไหล น้อยที่สุด การเพิ่มอุณหภูมิแม่พิมพ์เมื่อใช้ความหนาของช่องทางการไหล 1 มิลลิเมตรแทบจะไม่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของระยะทางการไหลของพลาสติก และเมื่อเพิ่มความหนาของช่องทางการไหลเป็น 3 มิลลิเมตร การเพิ่มขึ้นของระยะทางการไหลของพลาสติกก็ยังน้อยกว่าการเพิ่มอุณหภูมิหลอม การเพิ่มอุณหภูมิแม่พิมพ์ไม่ได้ส่งผลโดยตรง เหมือนกับการเพิ่มอุณหภูมิหลอม ซึ่งส่งผลถึงโมเลกุลของพลาสติกทำให้ความหนืดลดลง แต่มีผลต่อการแข็งตัวของพลาสติกที่บริเวณผนังของช่องทางการไหล โดยจะทำให้การแข็งตัวช้าลงเนื่องจากแม่พิมพ์มีอุณหภูมิสูงขึ้น จากการทดลองพบว่า การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิแม่พิมพ์ 10 °C ส่งผลทำให้ระยะทางการไหลเพิ่มขึ้นประมาณ 2 %

5. สรุป

จากผลการทดลองทำให้เราทราบว่า หากเป็นในกรณีการฉีดขึ้นงานอื่นๆ ที่เราไม่สามารถจะเพิ่มจำนวนของทางเข้า (Gate) บนชิ้นงานและเกิดปัญหาการฉีดขึ้นงานไม่เต็ม (Short Shot) นั้น การเพิ่มความหนาของผนังชิ้นงาน จะช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นนี้ได้ถึงแม้ว่าการเพิ่มอุณหภูมิแม่พิมพ์และอุณหภูมิหลอมจะช่วยเพิ่มระยะทางไหลได้เช่นกัน แต่ก็ส่งผลต่อการเพิ่มของระยะทางไหลน้อยกว่า อีกทั้งการเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นยังมีผลต่อเวลาของวัฏจักรในการฉีดขึ้นงาน (Cycle time) ที่เพิ่มมากขึ้นทำให้ต้นทุนการผลิตชิ้นงานสูงขึ้นตามไปด้วย

เอกสารอ้างอิง

- [1] A. Özdemir, O. Uluer and A. Güldas. Flow front advancement of molten thermoplastic materials during filling stage of a mold cavity. Polymer Testing 23 (2004) 957-966
- [2] L. W. Seow and Y. C. Lam. Optimizing flow in plastic injection molding. Journal of Materials Processing Technology 72 (1997) 333-341
- [3] L. W. Fritch. Plastics Engineering 42. No. 6 (June), p41 (1986).

- [4] John M. Dealy and Kurt F. Wissbrun. Melt rheology and its role in plastics processing : theory and applications. New York : VAN NOSTRAND REINHOLD (1989)
- [5] Spencer, R. S. and Gilmore, G. D. Residual Strains in Injection Molded Polystyrene. Modern Plastics. 28, 97 (Dec.1950)
- [6] Osswald, Tim A. Polymer Processing Fundamentals. Munich Hanser 1998.
- [7] Brydson, J. A. Handbook for plastics processors. Oxford Heinemann 1990.
- [8] Tim A. Osswald, Lih-Sheng(Tom)Turng and Paul J. Gramann. Injection molding handbook. Munich Hanser 2002.
- [9] A Guide to Polyolefin Injection Molding. Available from : <http://www.equistar.com/TechLit/Handbooks%20and%20Manuals/Guide%20to%20Polyolefin%20Injection%20Molding.pdf>
- [10] ณรงค์ฤทธิ์ สมบัติสมภพ และ ชาคริต สิริสิงห. พฤติกรรมการไหลของพอลิเมอร์หลอมเหลวและการนำไปใช้งาน. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2544.