วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ฉบับพิเศษ
การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5

การศึกษาหาอิทธิพลความหนาของเทอร์โมพลาสติกแบบ Semi Crystalline ที่ส่งผลกระทบต่อดัชนีไหล

An Experimental Study Flow Capability of Defined Different Thickness of Semi Crystalline Thermoplastics of Flow Path Ratio

ประสงค์ ก้านแก้ว[1*]

[1]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตเครื่องมือและแม่พิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพฯ 10800

บทคัดย่อ

การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกที่ต้องการความเที่ยงตรง แม่นยำและมีประสิทธิภาพในการฉีด วิศวกรผู้ออกแบบแม่พิมพ์ จะต้องกำหนดขนาด ตำแหน่ง และจำนวนของทางเข้า (Gate) ให้เหมาะสม พอดีกับระยะทางการไหลของพลาสติกในบริเวณของชิ้นงาน เมื่อสร้างแม่พิมพ์ขึ้นมาฉีดชิ้นงานแล้วจะได้ชิ้นงานที่สมบูรณ์ ตามแบบที่กำหนด งานวิจัยนี้จึงได้ทำการทดลองฉีดพลาสติก เพื่อศึกษาอิทธิพลของความหนาของช่องทางการไหล ที่ส่งผลต่อดัชนีการไหล โดยพลาสติกที่ใช้ในการทดลองเป็นพลาสติกชนิด โพลิเอทธิลีนความหนาแน่นสูง (High density polyethylene, HDPE) การไหลตัวของพลาสติกแบบ Spiral Test ตามมาตรฐาน ASTM : D 3123-94 มีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมพื้นผ้า ความกว้าง 6 มิลลิเมตร ระยะพิต 6 มิลลิเมตร จากการทดลองพบว่า ความหนาของช่องทางการไหลที่ 0.5,1.0,1.5 และ 2.0 มิลลิเมตร มีอัตราการไหลตัวที่ดีที่สุดที่ความเร็วฉีดร้อยละ 25 ความดันฉีดที่ร้อยละ 30 ได้ระยะทางการไหล 52, 116, 238, และ299 มิลลิเมตร ตามลำดับ ใช้อุณหภูมิในการหลอมพลาสติก190°C-220°C

Abstract

The design of plastic injection mold requires precision and efficiency of the injection. Therefore, mold design engineers need to determine the size, location and number of the gates to fit the length of the plastic flow in the work piece so that when the injection mold is built, they'll get the complete and specified specimen. This research was conducted to study the influence of injection flow channel thickness affects the flow index. Poly ethylene, high density High density polyethylene, HDPE was used in the experiments. The flow of plastic was Spiral Test according to ASTM: D 3123-94 with rectangular cross-sectional area of 6 mm. wide, 6 mm. pitch. It was found that the thickness of the flow channel at 0.5,1.0,1.5 and 2.0 mm. which has the best flow rates at the best injection speed at 25%, the injection pressure at 30%, and the flow distance of 52, 116, 238 and 299 mm, respectively, with the plastic melting temperature between 190°C and 220°C.

คำสำคัญ : ความหนาของช่องทางการไหล ความเร็วในการฉีด แรงดันฉีด HDPE

Keywords : flow channel thickness, injection speed, injection pressure, HDPE

[*]*ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ prasong.k@rmutp.ac.th โทร. 0 2913 2424 ต่อ140,141*

1. บทนำ

การฉีดพลาสติกคือ การนำพลาสติกเหลวให้ไหลเข้าไปในแม่พิมพ์โดยใช้เครื่องฉีดพลาสติก ระยะทางการไหลของพลาสติกขึ้นอยู่กับ ความหนืดของพลาสติกแต่ละชนิด, แรงดันฉีดที่ใช้ฉีด, ความหนาและรูปทรงของช่องทางการไหล, อุณหภูมิที่ใช้ในการหลอมพลาสติก ที่กล่าวมาทั้งหมดมีผลต่อการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ในการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดที่ต้องการความเที่ยงตรงแม่นยำและมีประสิทธิภาพในการฉีด การออกแบบแม่พิมพ์ จะต้องกำหนดขนาด ตำแหน่ง และจำนวนของทางเข้า (Gate) ให้เหมาะสม พอดีกับระยะทางการไหลของพลาสติกในบริเวณของชิ้นงาน เมื่อสร้างแม่พิมพ์ขึ้นมาฉีดชิ้นงานแล้ว จะได้ชิ้นงานที่สมบูรณ์ ตามแบบที่กำหนด เพื่อแก้ปัญหาและอธิบายถึงพฤติกรรมและแนวโน้มของระยะทางการไหล ซึ่งจะช่วยลดเวลาในขั้นตอนของการออกแบบแม่พิมพ์ และความเข้าใจในพฤติกรรมการไหลของพลาสติกในแม่พิมพ์ได้ดียิ่งขึ้น จากทฤษฎีและงานวิจัยพบว่าความดันฉีดส่งผลต่อระยะทางในการไหลของพลาสติกให้เพิ่มขึ้น และเป็นสัดส่วนกับระยะทางไหล การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิหลอมเหลวของเม็ดพลาสติก10°C ส่งผลทำให้ระยะทางการไหลเพิ่มขึ้นร้อยละ 6 ด้านอุณหภูมิแม่พิมพ์ส่งผลต่อระยะทางการไหล น้อยที่สุด เพื่อให้เกิดความเข้าใจในปัญหาและวิธีการแก้ปัญหาให้ถูกต้อง จึงทำการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก เพื่อหาดัชนีการไหลของพลาสติก โพลิเอทธิลีน(HDPE) แบบก้นหอย (Spiral Test) ตามมาตรฐาน

1.1 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาหาอิทธิพลความหนาของเทอร์โมพลาสติกโพลิเอทธิลีนความหนาแน่นสูง (High density polyethylene, HDPE)ที่ส่งผลกระทบต่อดัชนีการไหล

1.2 ขอบเขต

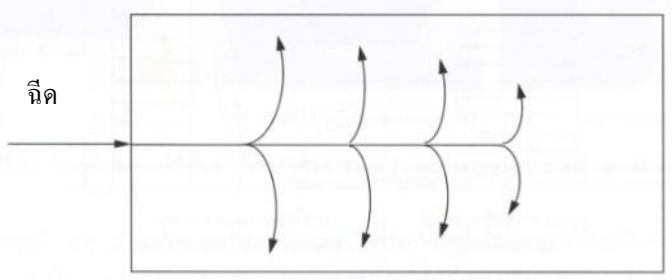
1. แม่พิมพ์ฉีดเป็นแบบก้นหอยตามมาตรฐาน ASTM : D 3123-94
2. พื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมพื้นผ้าความกว้าง 6 มิลลิเมตร ระยะพิต 6 มิลลิเมตร
3. ความหนาของช่องทางการไหลที่กำหนดขึ้นเป็นความหนา ที่ใช้กันคือ 0.5, 1.0,1.5 และ2.0 มิลลิเมตร
4. ใช้สภาวะในการฉีดเหมือนกันทุกครั้งที่ฉีดเปลี่ยนเฉพาะปริมาตรของพลาสติก

ASTM : D 3123-94 คือมาตรฐานของชิ้นทดสอบมีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมพื้นผ้าความกว้าง 6 มิลลิเมตร ระยะพิต 6 มิลลิเมตรความหนาของช่องทางการไหลที่กำหนดขึ้นเป็นความหนาของผลิตภัณฑ์ พอลิเอทิลีนที่ใช้กันคือ 0.5, 1.0,1.5 และ 2.0 มิลลิเมตร ตามลำดับ ทำการทดลองฉีดเพื่อหาผลกระทบของตัวแปรที่ส่งผลต่อช่วงการไหลตัวของพลาสติกในแม่พิมพ์ ความหนาของช่องทางการไหล ของพลาสติก มีความหนาเปลี่ยนไปจะส่งผลอย่างไร กับความสามารถในการไหลตัวของพลาสติก โดยใช้สภาวะในการฉีดเหมือนกันทุกครั้งที่ฉีด เช่นอุณหภูมิหลอมของพลาสติก อุณหภูมิของแม่พิมพ์ ความเร็วฉีด และอื่นๆ โดยเปลี่ยนเฉพาะปริมาตรของเนื้อพลาสติก แต่ละความหนา หลังจากนั้นวัดระยะทางไหลของแต่ละความหนา เพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบการวางตำแหน่งของทางเข้าน้ำพลาสติกในแม่พิมพ์ฉีด ที่ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์พลาสติกมีขนาดถูกต้องตามแบบที่กำหนด อีกทั้งยังเป็นการประหยัดพลาสติกและลดรอยตำหนิในเรื่องรอยทางเข้า (Gate)

1. การไหลตัวของพลาสติกในแม่พิมพ์ฉีด

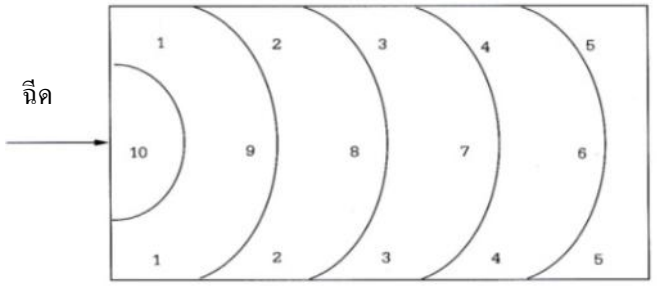
เมื่อพลาสติกไหลเข้าไปในแม่พิมพ์ฉีดจะมีลักษณะการไหลเหมือนน้ำพุ กล่าวคือน้ำพุนั้นเมื่อขึ้นไปสูงสุดจนหมดแรง ก็จะตกลงมาแสดงในรูปที่ 1 ส่วนการไหลของพลาสติกเหลวที่เข้าแม่พิมพ์นั้นพลาสติกเหลวครั้งแรก ที่ไหลเข้าไปก่อนจะอยู่ตำแหน่งด้านหน้า เมื่อพลาสติกเหลวครั้งที่สอง ไหลเข้าไปก็จะไปแทนที่พลาสติกครั้งแรก พลาสติกครั้งแรกจะถูกขับดันไปอยู่ด้านข้างของผิวแม่พิมพ์ พลาสติกเหลวครั้งที่สามไหลเข้าไปจะไปแทนที่พลาสติกครั้งที่สองโดยพลาสติกครั้งที่สองจะถูกขับดันไปอยู่ด้านข้างของผิวแม่พิมพ์ และอยู่ด้านหน้าของพลาสติกครั้งแรก ซึ่งจะเป็นเช่นนี้ตลอดไป การไหลตัวของพลาสติกเข้าสู่โพรงแบบ ถึงแม้ว่าแม่พิมพ์จะมี ส่วนพลาสติดเหลวที่ไหลเข้าแม่พิมพ์เพิ่มเติม จะ

เกิดการไหลตามแนวการไหลเท่านั้น คือหยุดการขับดันพลาสติกที่อยู่ในแม่พิมพ์ให้ไปอยู่ด้านข้างของผิวแม่พิมพ์แสดงในรูปที่ 2



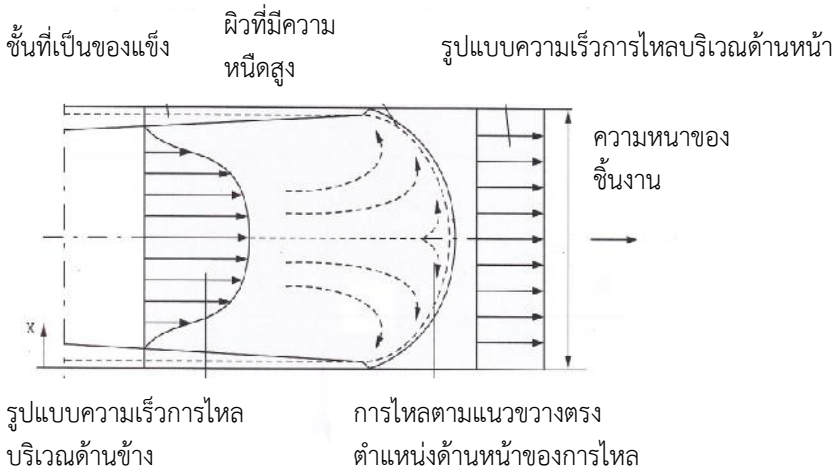
รูปที่ 1 การไหลของพลาสติกเหลวในแม่พิมพ์ที่เหมือนน้ำพุ

ตัวเลข 1-10 ที่แสดงลำดับการไหลของพลาสติกเหลวเข้าแม่พิมพ์ตั้งแต่ครั้งแรก (หมายเลข 1) และพลาสติกเหลวเข้าแม่พิมพ์ครั้งสุดท้าย (หมายเลข10)

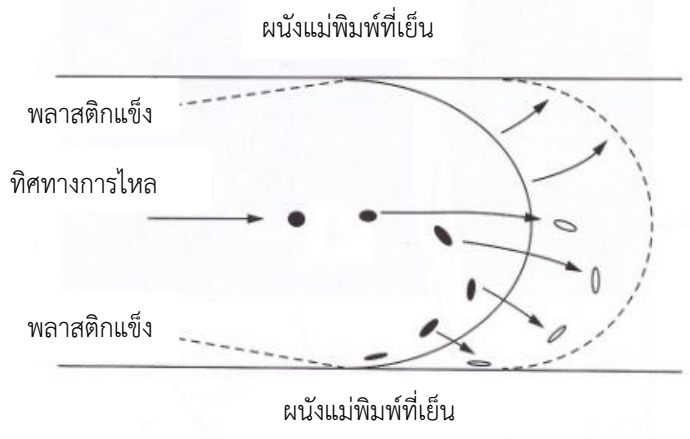


รูปที่ 2 ตำแหน่งการไหลของพลาสติกในแม่พิมพ์

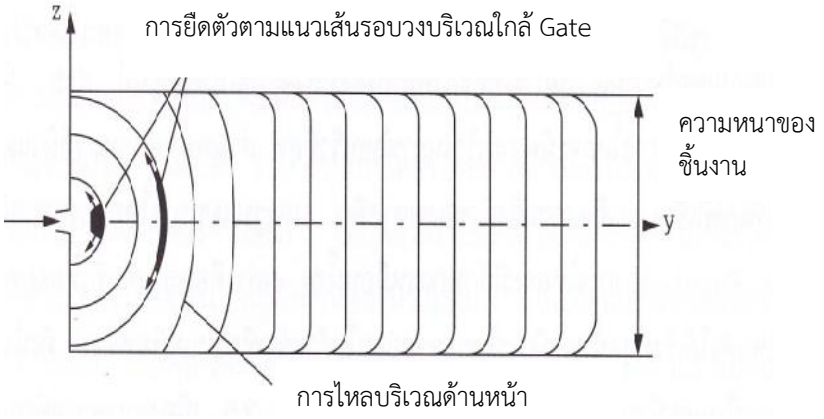
ลักษณะเวกเตอร์ความเร็วในการไหลของพลาสติกเหลวจะเป็นไปตามแสดงในรูปที่ 3 นั่นคือพลาสติกเหลวบริเวณตรงกลางของช่องทางการไหลจะมีความเร็วในการไหลมากที่สุด ส่วนพลาสติกเหลวที่ผิวแม่พิมพ์จะไหลช้าที่สุด เนื่องจากผนังแม่พิมพ์ที่เย็นและเกิดการแข็งตัวของพลาสติก และรูปแบบการไหลของพลาสติกเหลวตรงบริเวณด้านหน้า (Flow Front) ของการไหลจะมีลักษณะเหมือนน้ำพุ กล่าวคือพลาสติกที่ไหลอยู่ตรงกลางของช่องทางการไหลมีการไหลตัวได้เร็วที่สุดนั้นจะมีการไหลแหวกออกไปด้านข้างที่ผนังแม่พิมพ์ด้วย ดังนั้นพลาสติกที่ตำแหน่งด้านท้ายสุดของการไหล จะมีความเร็วในการไหลที่เท่ากันแสดงในรูปที่ 3 เนื่องจากพลาสติกบริเวณตรงกลางของช่องทางการไหลมีการไหลออกไปทางด้านข้างแทนที่จะไหลพุ่งออกไปข้างหน้า ทำให้ความเร็วการไหลลดลง การเย็นตัวที่ผนังของโพรงแบบ การเกิดชั้นของพลาสติกแข็งที่ผิวของแม่พิมพ์ปรากฏการณ์สำคัญ ที่เป็นสาเหตุให้การไหลแบบนี้ ไม่เหมือนกับการไหลระหว่างแผ่นประกบคู่ขนานนั้นคือ การไหลแบบน้ำพุ (Fountain Flow) พลาสติกหลอมเหลวไม่สามารถเข้าถึงผนังของโพรงแบบได้อย่างง่ายๆ แต่ก็มีแนวโน้มการไหลลงมาจากตรงกลางของทางไหล สู่ผนังของโพรงแบบ ซึ่งการไหลในรูปแบบนี้แสดงในรูปที่ 4 และตลอดระยะทางการไหลของพลาสติกในแม่พิมพ์จะพบว่า ความเร็วในการไหลของพลาสติกบริเวณตรงกลางของช่องทางการไหลจะลดลงเรื่อยๆ แสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 3 ความเร็วในการไหลของพลาสติกตลอดพื้นที่หน้าตัดของช่องทางการไหลและลักษณะทางด้านหน้าของช่องทางการไหล



รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งในการไหล บริเวณด้านหน้าของการไหล (Flow Front)

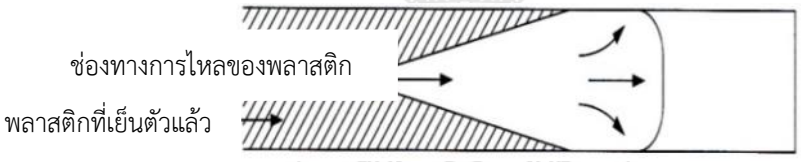


รูปที่ 5 ความเร็วในการไหลตรงกลางของช่องทางการไหลที่ลดลงตามระยะทางการไหลที่เพิ่มขึ้น

2. ระยะทางการไหลของพลาสติก

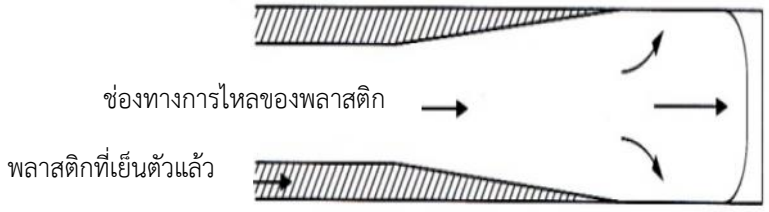
พลาสติกในแม่พิมพ์ฉีดจะไหลไปได้ระยะทางมากหรือน้อยนั้น จะอยู่กับแฟกเตอร์ต่างๆ เช่นความหนืดของพลาสติก อุณหภูมิเหลวของพลาสติก อุณหภูมิแม่พิมพ์ ความเร็วฉีด ความดันฉีด เป็นต้น แต่ทีควรพิจารณามากที่สุดคือ อัตราการไหลของพลาสติกเหลวขณะที่ไหลอยู่ในแม่พิมพ์ ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงไปได้ตามแฟกเตอร์ต่างๆที่กล่าวมา เพราะพลาสติกที่กำลังไหลอยู่ในแม่พิมพ์นั้นจะเกิดการเย็นตัวไปด้วยเนื่องจากอุณภูมิที่เย็น ทำให้ช่องทางการไหลของพลาสติกเหลวที่มีอยู่จริงลดลงแสดงในรูปที่ 6 (ก) (ข) จะพบว่าการใช้ความเร็วฉีดที่สูงกว่าพลาสติกจะไหลได้เป็นระยะทางที่ยาวกว่า เนื่องจากพลาสติกสามารถไหลได้ปริมาณมากกว่า (อัตราการไหลมากกว่า) ไม่ใช่เพราะพลาสติกไหลได้เร็วกว่า ตามความเร็วของสกรูของเครื่องฉีดพลาสติกสาเหตุคือ หากใช้ความเร็วฉีดสูง พลาสติกที่อยู่ในแม่พิมพ์จะมีอุณหภูมิที่สูงกว่า ชั้นของพลาสติกที่เย็นตัวเป็นของแข็ง จึงมีความหนาที่น้อยกว่า นั่นคือความหนาของช่องทางการไหลของพลาสติกเหลว ที่ยังคงมีขนาดความกว้างมากกว่า ทำให้พลาสติกมีอัตราการไหลที่มากกว่า(แต่ความเร็วการไหลอาจลดลงได้)

การฉีดภายใต้เงื่อนไข การใช้เวลาฉีดมากใช้ความเร็วฉีดต่ำและใช้ความดันฉีดสูงจะทำให้เนื้อของ พลาสติเกาะติดผนังมาก



(ก) การใช้ความเร็วในการฉีดต่ำ

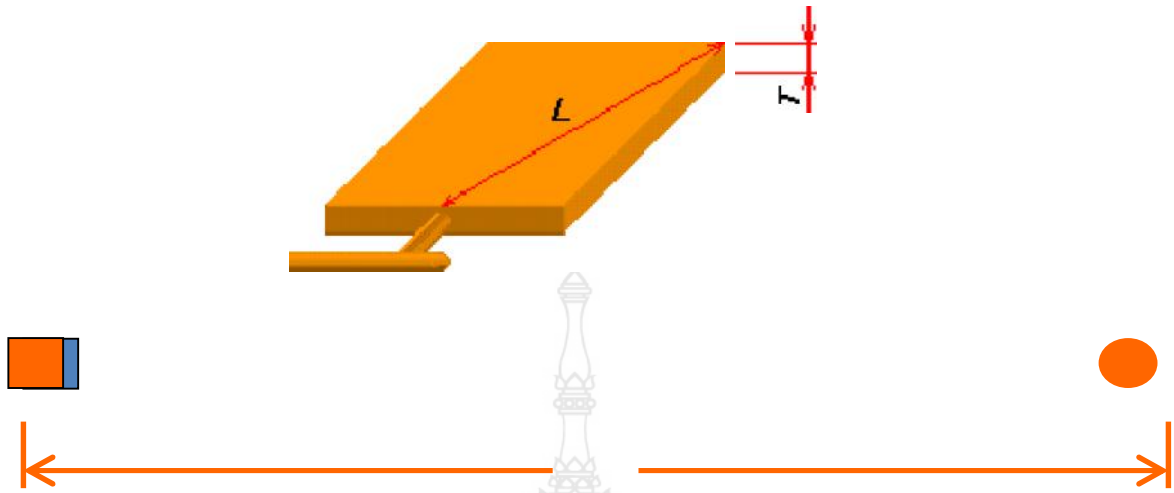
การฉีดภายใต้เงื่อนไข การใช้เวลาฉีดสั้น ใช้ความเร็วฉีดสูงและใช้ความดันฉีดต่ำจะทำให้เนื้อของพลาสติกเกาะติดผนังน้อย



(ข) การใช้ความเร็วในการฉีดสูง

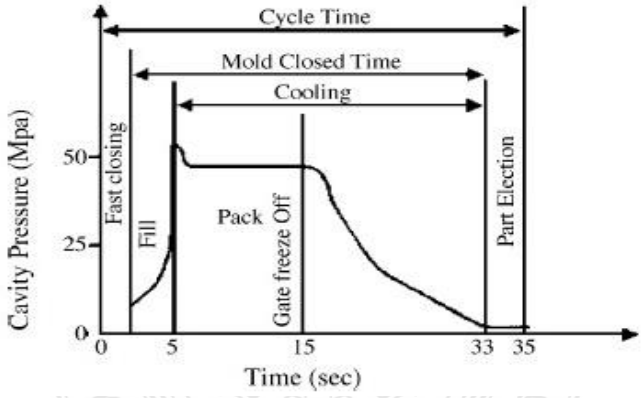
รูปที่ 6 ระยะทางการไหลของพลาสติกในแม่พิมพ์ที่เกิดจากความเร็วในการฉีด

การไหลตัวของพลาสติกจะเป็นการไหลที่สัมพันธ์กันระหว่างความหนากับระยะทาง เรียกว่าดัชนีการไหล (Flow Path Ratio L/T) แสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 ดัชนีการไหล (Flow Path Ratio L/T)

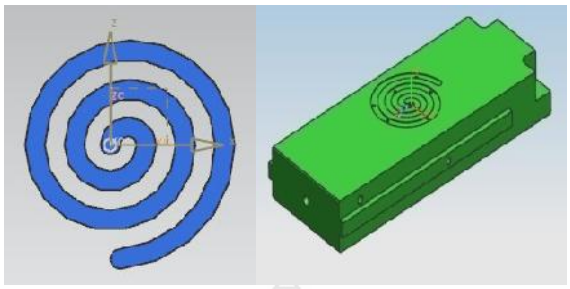
การปรับพารามิเตอร์ของเครื่องฉีดในการฉีดชิ้นงานต้องคำนึงถึง ความดันฉีด ความเร็วในการฉีด เวลาในการเปิด-ปิดแม่พิมพ์ เวลาที่ใช้ในการหล่อเย็นเวลาในการปลดชิ้นงานทั้งหมดที่กล่าวมาเรียกว่ารอบการฉีด(Cycle Time) แสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 ความดันฉีดที่ใช้ระหว่างการฉีดเข้าแม่พิม

2. วิธีการทดลอง

แม่พิมพ์ฉีดพลาสติกที่ใช้ฉีดชิ้นทดลองเป็นแบบก้นหอย (Spiral) ตามมาตรฐาน ASTM D3123-94 (ASTM ย่อมาจาก American Society For Testing Materials) แสดงในรูปที่ 9 และเพื่อเป็นการสะดวกในการทดลองฉีด จึงได้ทำการออกแบบแม่พิมพ์ ให้สามารถถอดเปลี่ยนความหนาของช่องทางไหลได้ ตามขอบเขตของการทดลองทำการทดลองฉีดเพื่อใช้ในการศึกษาอิทธิพลของความหนา ที่ส่งผลต่อระยะทางในการไหลตัวของพลาสติกพลาสติก ที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 9 ชิ้นงานฉีดทดสอบ เป็นแบบก้นหอย

2.1 พลาสติกที่ใช้ในการทดลอง

เป็นพลาสติกชนิดโพลิเอทธิลีนความหนาแน่นสูง (High density polyethylene, HDPE) ของบริษัท ไออาร์พีซี จำกัด (มหาชน) จำกัด เกรด GA800 เลขที่ผลิต :0110408109 มีสมบัติแสดงในตารางที่ 1 และสมบัติของเครื่องฉีดแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 สมบัติพลาสติกพอลิเอทธิลีน(HDPE)

พอลิเอทิลีน(HDPE) มีสมบัติดังนี้
1. การไหลตัว 220/10 : g/10min 17.0 (ASTM D1238)
2. ความหนาแน่น (Density) : 1.05 g/cm^3
3. อัตราการหดตัว : 0.5%
4. อุณหภูมิแม่พิมพ์ : Min 60- Max 80^{o}C
5. อุณหภูมิหลอมละลาย : Min220 - Max260^{o}C
6. อุณหภูมิปลดชิ้นงาน : 80 -120^{o}C
7. ค่านำความร้อนเฉลี่ย : 0.082 mm^2/s

ตารางที่ 2 สมบัติของเครื่องฉีด

ข้อมูลเครื่องฉีดที่ใช้ (Technical data) Boy 22 M
1. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสกรูฉีด : 18 mm
2. ความเร็วรอบของสกรูฉีด : 185 rpm
3. สกรู L/D ratio : 22 : 1
4. ความดันฉีดจำเพาะ : 2587 bar
5. ความเร็วในการฉีด : 1.5 g/s
6. น้ำหนักสาสมารถฉีดได้ : 80 g
7. ระยะหัวฉีด (Nozzle Stroke) : 180 mm
8. แรงกดที่หัวฉีด : 4.8 t
9. ความจุความร้อนของกระบอกฉีด : 2.835 kW
10. แรงในการปิดล็อคแม่พิมพ์ : 22 t
11. ระยะในการเปิดแม่พิมพ์ : 400 mm
12. แรงของชุดปลดชิ้นงาน : 1.8 t
13. ระยะเลื่อนของชุดปลดชิ้นงาน : 80 mm

2.2 การออกแบบแม่พิมพ์ฉีด

การคำนวณหาขนาดของรูวิ่ง ของ HDPE ใช้รูเข้าแบบรูฉีดขนาดทางเข้าด้านหัวฉีดโต 3.5มม.ด้านชิ้นงานโต 6 มม.พลาสติก พอลิเอทธิลีนเป็นแบบ Semi Crytalline ปริมาณการฉีด = 19 g รูเข้า (Gate) พิจารณาเทียบ กับน้ำหนัก ของชิ้นงานที่เหมาะสมขนาดรูเข้าเลือกรูเข้าแบบรูฉีด

2.2.1 การคำนวณหาแรงปิดแม่พิมพ์แรงปิดแม่พิมพ์ที่ใช้จะต้องมากเพียงพอ ที่จะรักษาแม่พิมพ์ให้อยู่ในตำแหน่งปิดสนิท ในระหว่างขั้นตอนการไหลตัวของพลาสติกหลอม และอัดตัวของเนื้อพลาสติกได้จึงต้องมีการคำนวณหาดังนี้แรงปิดแม่พิมพ์ที่ใช้คำนวณหาได้จากค่าความดันของวัสดุ

$$F = \left(\frac{A \, x \, P}{1,000} \right) \tag{1}$$

เมื่อ F = แรงปิดแม่พิมพ์ (t)

A = พื้นที่ฉายของชิ้นงาน (cm^2)

P = ความดันภายในของเบ้าพิมพ์ ใช้วัสดุ HDPE ได้ค่าแรงดันในCavity = 400 kg / cm^2

$$= \frac{18 \times 400}{1,000}$$

แรงปิดที่ต้องการ = 7.2 t

แรงปิดแม่พิมพ์ควรเพิ่มค่าความปลอดภัยจากเดิมอีก 10 %

$$= 7.2 \times 1.1 \quad = 8 \ \mathbf{t}$$

เครื่องที่ใช้ต้องที่มีแรงดันปิดแม่พิมพ์ไม่น้อยกว่า 8 Ton ขึ้นไปจึงจะใช้งานได้ ในการทดลองครั้งนี้เลือกใช้เครื่องฉีด Boy 22 R ขนาด 22 Ton

2.2.2 การคำนวณเวลาที่ใช้ในการหล่อเย็น (Cooling time)

$$T_k = \frac{(s)^2}{\pi^2 \times a_{eff}{}^2/s} \ln\left[\frac{4}{\pi} \left(\frac{\ell_M - \ell_W}{\ell_E - \ell_W} \right) \right] \tag{2}$$

T_k = เวลาที่ใช้ในการหล่อเย็น (Cooling time)

$(s)^2$ = ความหนาของชิ้นงาน ส่วนที่หนาสุด = 2 mm

a_{eff} = ประสิทธิภาพการนำความร้อนเฉลี่ย = 0.08 mm^2/s

ℓ_M = อุณหภูมิหลอมของพลาสติก = 240 °C

ℓ_E = อุณหภูมิในการปลดชิ้นงาน = 95 °C

ℓ_W = อุณหภูมิมิผนังแม่พิมพ์ = 70 °C

$$T_k = \frac{(2mm)^2}{\pi^2 \times 0.08 mm^2/s} \ln\left[\frac{4}{\pi} \left(\frac{240°C - 70°C}{95°C - 70°C} \right) \right]$$

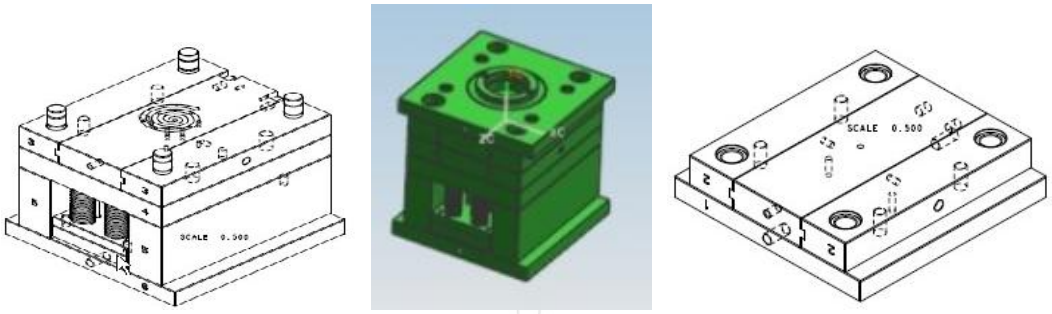
$$= 5.070 \ln 8.636$$

$$= 5.070 \times 2.15 \quad = \quad 10.93 \text{ s}$$

$\therefore$ เวลาที่ใช้ในการหล่อเย็น HDPE $\approx$ 11 s

2.3 จากตัวแปรที่กำหนด

นำมาออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกเพื่อใช้ฉีดชิ้นทดลองเป็นแบบก้นหอย (Spiral) แสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 10 แบบแม่พิมพ์ที่ใช้ในการทดลองฉีด

2.4 ขั้นตอนการสร้างแม่พิมพ์พลาสติก

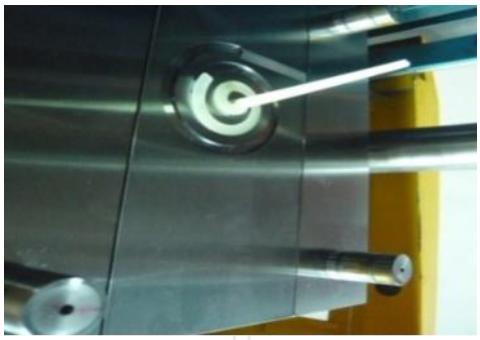
เมื่อได้ขนาดของ เบ้าแล้วจึงนำชุดแม่พิมพ์ในโปรแกรม Mold Wizard ออกมาใช้ในการวางตำแหน่งของชิ้นงานเพื่อกำหนดขนาดของแม่พิมพ์ ในการร่างแบบต้องคำนึงถึงตำแหน่งการยึด เบ้า ตำแหน่งของสลักปลดชิ้นงาน ตำแหน่งของรูน้ำหล่อเย็นด้วยเพื่อป้องกันการเจาะรูชนกันขึ้น ทำให้การสร้างแม่พิมพ์เสียหายได้

การดำเนินงาน

1. ใช้โปรแกรม UNIGRAPHICS NX6 ทำโปรแกรมกัดเบ้าของแม่พิมพ์ เป็นรูปก้นหอย(Spiral)ให้ได้ขนาดตามแบบกำหนดแสดงในรูปที่ 11

รูปที่ 11 แสดงภาพการขึ้นรูปชิ้นทดสอบ

2. เมื่อขึ้นรูปและปรับแต่งแม่พิมพ์ได้ตามแบบที่กำหนดแล้ว นำแม่พิมพ์ประกอบเข้ากับเครื่องฉีดเพื่อทดลองปรับพารามิเตอร์ต่างๆ ตามตัวแปรที่กำหนดแสดงในรูปที่ 12



รูปที่ 12 แสดงภาพฉีดชิ้นทดสอบ

2.5 ค่าของตัวแปรไม่คงที่

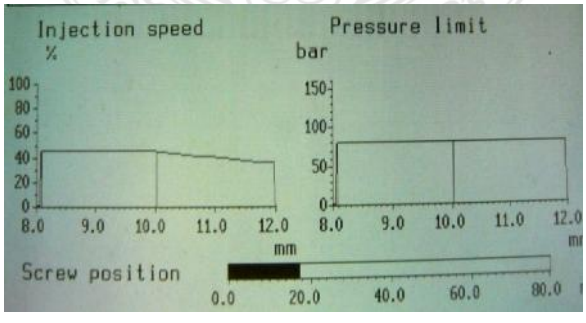
ที่ใช้ในการทดลองคือ ความหนาช่องทางไหลมีที่ใช้ 0.5,1.0,1.5 และ 2.0 มิลลิเมตร มีพื้นที่ หน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าโค้งวนเป็นรูปก้นหอย (Spiral) เพื่อประหยัดเนื้อที่ในการฉีด ความกว้างของช่องทางไหลเท่ากับ 6 มิลลิเมตร มีระยะพิต 6 มิลลิเมตร ความยาวของช่องทางไหลเท่ากับ 300 เซนติเมตรเงื่อนไขที่ใช้ในการทดลองฉีดแสดงในตาราง

ตารางที่ 3

พารามิเตอร์ในการทดลองฉีด	
1. อุณหภูมิหลอมที่ใช้	240 °C
2. อุณหภูมิแม่พิมพ์	70 °C
3. ความเร็วในการฉีด	210 mm/s
4. ความหนาของช่องทางการไหล	0.5, 1.0, 1.5, 2.0 mm
5. แรงปิดแม่พิมพ์	80 kn

2.6 ปรับพารามิเตอร์ในการฉีด

จากการปรับฉีดชิ้นงาน ซึ่งจากการทดลองฉีดได้ค่าในการฉีดแสดงในรูปที่ 13 ซึ่งเป็นค่าที่ดีสุดในการฉีดชิ้นงานโดยที่ชิ้นงานยังไม่เกิดครีบแล้วเริ่มฉีดซ้ำอีก 10 ครั้งโดยปรับตั้งเครื่องฉีดเป็นแบบอัตโนมัติ (Auto) เพื่อเก็บตัวอย่างระยะทางไหล จากนั้นนำค่าของระยะทางไหลมาหาค่าเฉลี่ย ทำการทดลองโดยเปลี่ยนตัวแปรการทดลองทีละตัวจนครบทุกตัว ซึ่งจะได้เงื่อนไขในการทดลองทั้งหมด สามเงื่อนไข



รูปที่ 13 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการฉีด

2.7 ใช้จิ๊กตรวจสอบหาระยะทางการไหล (Jig-Check –Flow) ของพลาสติกตามตัวแปรที่กำหนดแสดงในรูปที่ 14

รูปที่ 14 ภาพการวัดชิ้นงาน

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

ตามตัวแปรที่กำหนดคือขนาดความหนาของชิ้นทดสอบ 0.5,1.0,1.5 และ 2.0 มิลลิเมตร ตามลำดับ ได้ชิ้นทดสอบแสดงในรูปที่ 15

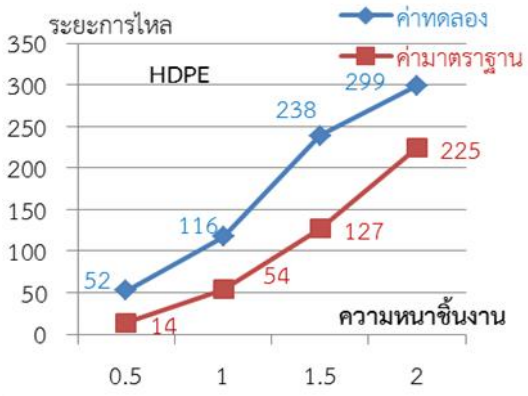
รูปที่ 15 ภาพชิ้นทดสอบที่ได้จากการฉีด

3.1 ผลของการวัดหาระยะทางการไหล ของพลาสติกได้ค่าความยาวของระยะทางในการไหลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ระยะทางการไหลที่ความหนาต่างๆ

วัสดุ	ความหนา/ม.ม.			
	2.0	1.5	1.0	0.5
ค่าที่กำหนด	225	127	54	14
ค่าทดสอบ	299	238	116	52

ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของชิ้นทดสอบกับระยะทางการไหลได้แสดงในรูปที่ 16 โดยทั่วไปจะใช้ค่า Flow Parth Ratio 80-150 ของ HDPE



รูปที่ 16 เปรียบเทียบระยะทางการไหล

จะเห็นได้ว่าความหนาของช่องทางการไหล จะส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของดัชนีการไหลอย่างชัดเจน เมื่อใช้เงื่อนไขในการทดลองเดียวกัน ซึ่งจากการทดลองพบว่า การเพิ่มความหนาของช่องทางการไหลให้มีความหนามากขึ้น จะทำให้พลาสติกหลอมมีขนาดของช่องทางไหลสำหรับพลาสติกหลอมมากขึ้น เช่นกัน ในขณะที่ชั้นของการแข็งตัวของพลาสติกที่บริเวณผนังของช่องทางการไหลยัง คงมีอัตราการเย็นตัวที่คงที่พลาสติกหลอมจึงยังคงมีเวลาในการไหลตัวมากขึ้น ก่อนที่ชั้นของการแข็งตัวจากผนังของช่องทางการไหลจะแผ่เข้ามาถึงแกนกลาง จนกระทั่งพลาสติกหลอมแข็งตัวจนไม่สามารถไหลตัวต่อไปได้ เนื่องจากมีระยะห่างจากผนังถึงแกนกลางของช่องทางการไหลมากขึ้น จากการทดลองเพิ่มความหนาของช่องทางการไหลจาก 0.5 มิลลิเมตร เป็น 1.0 มิลลิเมตรระยะทางไหลเพิ่มขึ้นประมาณ 123 % ส่งผลต่อระยะทางการไหลมากกว่า การเพิ่มความหนาของช่องทางการไหลจาก 1.0 มิลลิเมตร เป็น 1.5 มิลลิเมตร

ระยะทางไหลเพิ่มขึ้นประมาณ 105 % การเพิ่มความหนาของช่องทางการไหลจาก 1.5 มิลลิเมตร เป็น 2.0 มิลลิเมตร ระยะทางไหลเพิ่มขึ้นประมาณ 25% ด้านอุณหภูมิหลอมของพลาสติก ยังส่งผลต่อระยะทางการไหลน้อยกว่าความหนาของช่องทางการไหล ระยะทางการไหลจะเพิ่มขึ้นแต่ก็มีข้อจำกัดซึ่งขึ้นอยู่กับความหนาของช่องทางการไหล ซึ่งหากความหนาของช่องทางการไหลมาก การเพิ่มอุณหภูมิหลอมของพลาสติกก็จะส่งผลต่อระยะทางการไหลมากเช่นกัน โดยการเพิ่มอุณหภูมิหลอมของพลาสติกมีผลทำให้เกิดการสร้างช่องว่าง ระหว่างโมเลกุล โดยเมื่อช่องว่างภายในโมเลกุลนี้มีขนาดใหญ่ขึ้น โมเลกุลก็สามารถที่จะไหลผ่านออกไปได้ง่ายขึ้น ทำให้พอลิเมอร์ หลอมเหลวมีความหนืดลดลงนั่นเอง และช่วยลดความเครียดเฉือนระหว่างชั้นการไหลตัวกับชั้นแข็งตัวของพลาสติก ทำให้พลาสติกมีระยะทางไหลมากขึ้น

4. สรุป

จากผลการทดลองหาดัชนีการไหลของพลาสติกพอลิเอทธิลีน(HDPE)แบบก้นหอย (Spiral Test) ตามมาตรฐาน ASTM : D 3123-94 ทำให้เราทราบว่าในกรณีการฉีดชิ้นงาน ที่เราไม่สามารถจะเพิ่มจำนวนของทางเข้า (Gate) ได้ การเพิ่มความหนาของผนังชิ้นงาน จะช่วยแก้ปัญหาการฉีดชิ้นงานไม่เต็ม (Short Shot) ได้ดีกว่าการเพิ่มอุณหภูมิแม่พิมพ์และอุณหภูมิหลอมเพราะมีผลกับระยะทางไหลน้อย อีกทั้งการเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นยังมีผลต่อการเสื่อมสภาพของพลาสติก และทำให้เวลาของวัฏจักรในการฉีดชิ้นงาน (Cycle Time)เพิ่มมากขึ้นทำให้ต้นทุนการผลิตชิ้นงานสูงขึ้นตามไปด้วย

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร สถานที่ทดลอง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาเทคโนโลยีการผลิตเครื่องมือและแม่พิมพ์จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

6. เอกสารอ้างอิง

Tim A. Osswald, Lih-Sheng (Tom) Turng and Paul J.Gramann. 2002**. Injection molding hand book.** Munich Hanser.

John M. Dealy and Kurt F. Wissbrun. 1989. **Melt rheology andits role in plastics processing** : **theory an dapplications.** New York : VAN NOSTRAND REINHOLD.

L.W. Seowand Y. C. Lam. 1997. **Optimizing flow in plasticinjection molding**. Journal of Materials Processing Technology 72

สถาพร ชาตาคม และคณะ 2549**. การศึกษาหาอิทธิพลของความหนาที่ส่งผลกระทบต่อระยะทางการไหลของเทอร์โมพลาสติกกลุ่ม Polyolefin**. กรุงเทพมหานคร : วิทยาลัยเทคโนโลยีอุสาหกรรม.

John M. Dealy and Kurt F. Wissbrun. 1989. **Melt rheology andits role in plastics processin**g : theory and applications.New York : VAN NOSTRAND REINHOLD.

Tim A. Osswald, Lih-Sheng(Tom)Turng and Paul J.Gramann. 2002**. Injection molding hand book.** Munich Hanser.

Spencer, R. S. and Gilmore, G. D. 1950 **Residual Strains in Injection Molded Polystyrene**. Modern Plastics.

วิโรจน์ เตชะวิญญูธรรม. 2553. **วิศวกรรมการฉีดพลาสติก.** กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

E. Sachs, et al., 2000. **Production of injection molding with conformal cooling channels using the three dimensional printing process**, Polym. Eng.

K.W. Delgarno, 2001. **Layer manufactured production tooling incorporatingconformal heating channels for transfer moulding of elastomer compounds**, Plastic Rubber Compos.

Brydson J.A. 1999. **Plastic Materials** 7th Ed(Butterworth)

ณรงค์ฤทธิ์ สมบัติสมภพ และ ชาคริต สิริสิงห์. 2544. **พฤติกรรมการไหลของพอลิเมอร์หลอมเหลวและการนำไปใช้งานกรุงเทพมหานคร** : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.