

# การศึกษาหาอิทธิพลความหนาของ Amorphous Thermoplastics ที่ส่งผลกระทบต่อ ดัชนีการไหล

## Study of the Effect of Flow Capability of Defined Different Thickness of Amorphous Thermoplastics on the Flow Path Ratio

ประสงค์ ก้านแก้ว

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

prasong kankaew

Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bang Sue, Bangkok 10800

Tel : 0-2913-2424 E-mail: Prasong.k@rmutp.ac.th

### บทคัดย่อ

การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกที่ต้องการความเที่ยงตรง แม่นยำและมีประสิทธิภาพในการฉีดวิศวกรผู้ออกแบบแม่พิมพ์ จะต้องกำหนด ขนาด ตำแหน่ง และจำนวนของทางเข้า (gate) ให้เหมาะสมพอดีกับระยะทางการไหลของพลาสติก ในบริเวณของชิ้นงาน เมื่อสร้างแม่พิมพ์ขึ้นมาฉีดชิ้นงานแล้ว จะได้ชิ้นงานที่สมบูรณ์ ตามแบบที่กำหนด งานวิจัยนี้จึงได้ทำการทดลองฉีดพลาสติก เพื่อศึกษาอิทธิพลของความหนาของช่องทางการไหล ที่ส่งผลกระทบต่อดัชนีการไหลโดยพลาสติก ที่ใช้ในการทดลอง เป็นพลาสติกชนิดความหนาแน่นสูง โพลีโพรพิลีน (Polypropylene: PP) การไหลตัวของพลาสติกแบบ Spiral Test ตามมาตรฐาน ASTM : D 3123-94 มีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ความกว้าง 6 มิลลิเมตร ระยะพิท 6 มิลลิเมตร จากการทดลองพบว่า ความหนาของช่องทางการไหล ที่ 0.5,1.0,1.5 และ 2.0 มิลลิเมตร มีอัตราการไหลตัวที่ดีที่สุดที่ความเร็วฉีดร้อยละ 25 ความดันฉีดที่ร้อยละ 30 ได้ระยะทางการไหล 65, 185, 245, และ 311 มิลลิเมตร ตามลำดับ ใช้อุณหภูมิในการหลอมพลาสติก 200°C - 220°C

**คำหลัก** ความหนาของช่องทางการไหล ความเร็วในการฉีด แรงดันฉีด ดัชนีการไหล

### 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 build, they'll get the complete and specified specimen. This research was conducted to study the influence of injection flow channel thickness on affects the flow index. Polypropylene, PP 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 65, 185, 245 and 311 mm, respectively, with the plastic melting temperature between 200°C and 220°C.

**Keywords :** Flow channel thickness, injection speed, injection pressure, flow path ratio

## 1. บทนำ

การฉีดพลาสติกคือ การนำพลาสติกเหลวให้ไหลเข้าไปในแม่พิมพ์โดยใช้เครื่องฉีดพลาสติก ระยะทางการไหลของพลาสติกขึ้นอยู่กับ ความหนืดของพลาสติกแต่ละชนิด แรงดันฉีดที่ใช้ฉีด ความหนาและรูปทรงของช่องทางการไหล อุณหภูมิที่ใช้ในการหลอมพลาสติก ที่กล่าวมาทั้งหมดมีผลต่อการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก [1] ในการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดที่ต้องการความเที่ยงตรงแม่นยำและมีประสิทธิภาพในการฉีด การออกแบบแม่พิมพ์จะต้องกำหนดขนาด ตำแหน่ง และจำนวนของทางเข้า (gate) ให้เหมาะสม พอดีกับระยะทางการไหลของพลาสติกในบริเวณของชิ้นงาน เมื่อสร้างแม่พิมพ์ขึ้นมาฉีดชิ้นงานแล้ว จะได้ชิ้นงานที่สมบูรณ์ตามแบบที่กำหนด [2] เพื่อแก้ปัญหาและอธิบายถึงพฤติกรรมและแนวโน้มของระยะทางการไหล ซึ่งจะช่วยลดเวลาในขั้นตอนของการออกแบบแม่พิมพ์ และความเข้าใจในพฤติกรรมการไหลของพลาสติกในแม่พิมพ์ได้ดียิ่งขึ้น [3] จากทฤษฎีและงานวิจัยพบว่า ความดันฉีดส่งผลต่อระยะทางในการไหลของพลาสติกให้เพิ่มขึ้น และเป็นสัดส่วนกับระยะทางไหล การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิหลอมเหลวของเม็ดพลาสติก 10°C ส่งผลทำให้ระยะทางการไหลเพิ่มขึ้นร้อยละ 6 ด้านอุณหภูมิแม่พิมพ์ส่งผลต่อระยะทางการไหล น้อยที่สุด [4] เพื่อให้เกิดความเข้าใจในปัญหาและวิธีการแก้ปัญหาให้ถูกต้อง จึงทำการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก เพื่อหาดัชนีการไหลของพลาสติก พอลิโพรพิลีน (Polypropylene: PP) แบบก้นหอย (spiral test)

## วัตถุประสงค์

1. สร้างแม่พิมพ์ฉีดเป็นแบบก้นหอยตามมาตรฐาน ASTM : D 3123-94

2. เพื่อศึกษาหาอิทธิพลความหนาของเทอร์โมพลาสติกพอลิโพรพิลีน (Polypropylene: PP) ที่ส่งผลกระทบต่อดัชนีการไหล

## ขอบเขต

1. สถานที่ทดลองฉีดเป็นแบบเปิด
2. แม่พิมพ์ฉีดเป็นแบบอินเลอร์

3. ความหนาของช่องทางการไหลที่กำหนดขึ้นเป็นความหนา คือ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิเมตรตามลำดับ

4. ใช้สภาวะในการฉีดเหมือนกันทุกครั้งที่ฉีด เปลี่ยนเฉพาะปริมาตรของพลาสติก

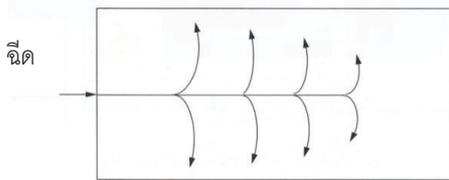
ASTM : D 3123-94 คือมาตรฐานของชิ้นทดสอบมีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าความกว้าง 6 มิลลิเมตร ระยะพิท 6 มิลลิเมตรความหนาของช่องทางการไหลที่กำหนดขึ้นเป็นความหนาของผลิตภัณฑ์ พอลิเอทิลีน ที่ใช้กันคือ 0.5,1.0,1.5 และ 2.0 มิลลิเมตร ตามลำดับ ทำการทดลองฉีดเพื่อหาผลกระทบของตัวแปรที่ส่งผลต่อช่วงการไหลตัวของพลาสติกในแม่พิมพ์ ความหนาของช่องทางการไหลของพลาสติก มีความหนาเปลี่ยนไปจะส่งผลอย่างไรกับความสามารถในการไหลตัวของพลาสติก โดยใช้สภาวะในการฉีดเหมือนกันทุกครั้งที่ฉีด เช่นอุณหภูมิหลอมของพลาสติก อุณหภูมิของแม่พิมพ์ ความเร็วฉีด และอื่นๆ โดยเปลี่ยนเฉพาะปริมาตรของเนื้อพลาสติก แต่ละความหนา หลังจากนั้นวัดระยะทางไหลของแต่ละความหนา เพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบการวางตำแหน่งของทางเข้าน้ำพลาสติกในแม่พิมพ์ฉีด ที่ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์พลาสติกมีขนาดถูกต้องตามแบบที่กำหนด อีกทั้งยังเป็นการประหยัดพลาสติกและลดรอยตำหนิในเรื่องรอยทางเข้า (gate)

### 1.1. การไหลตัวของพลาสติกในแม่พิมพ์ฉีด

เมื่อพลาสติกไหลเข้าไปในแม่พิมพ์ฉีดจะมีลักษณะการไหลเหมือนน้ำพุ กล่าวคือน้ำพุ เมื่อขึ้นไปสูงสุดจนหมดแรง ก็จะตกลงมาแสดงในรูปที่ 1 ส่วนการไหลของพลาสติกเหลวที่เข้าแม่พิมพ์นั้นพลาสติกเหลวครั้งแรก ที่ไหลเข้าไปก่อนจะอยู่ตำแหน่งด้านหน้า เมื่อพลาสติกเหลวครั้งที่สอง ไหลเข้าไปก็จะไปแทนที่พลาสติกครั้งแรก พลาสติกครั้งแรกจะถูกขับเคลื่อนไปอยู่ด้านข้างของผิวแม่พิมพ์ พลาสติกเหลวครั้งที่สามไหลเข้าไปจะไปแทนที่พลาสติกครั้งที่สอง โดยพลาสติกครั้งที่สองจะถูกขับเคลื่อนไปอยู่ด้านข้างของผิวแม่พิมพ์ และอยู่ด้านหน้าของพลาสติกครั้งแรก ซึ่งจะเป็นเช่นนี้ตลอดไป การไหลตัวของพลาสติกเข้าสู่โพรงแบบ ถึงแม้ว่าแม่พิมพ์จะมี ส่วนพลาสติกเหลวที่ไหลเข้าแม่พิมพ์เพิ่มเติม จะเกิดการไหลตามแนว

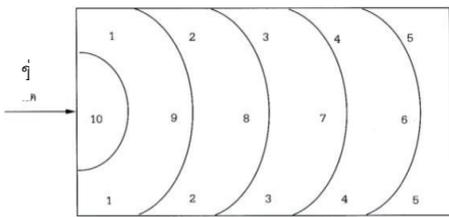
การไหลเท่านั้น คือหยุดการขยับตัวของพลาสติกที่อยู่ในแม่พิมพ์ให้ไปอยู่ด้านข้างของผิวแม่พิมพ์แสดงในรูปที่

2



รูปที่ 1 การไหลของพลาสติกเหลวในแม่พิมพ์ที่เหมือนน้ำพุ

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

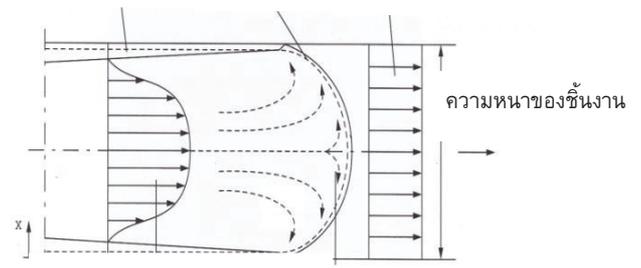


รูปที่ 2 ตำแหน่งการไหลในแม่พิมพ์ที่เหมือนน้ำพุ

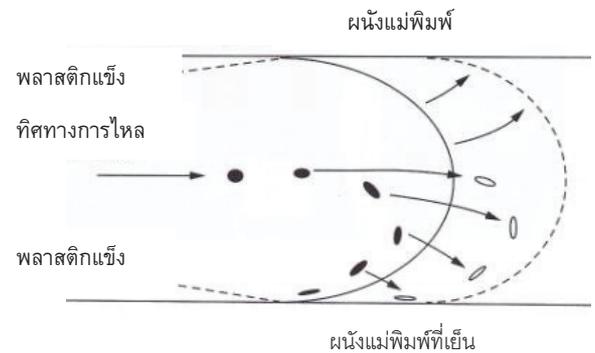
ลักษณะเวกเตอร์ความเร็วในการไหลของพลาสติกเหลวจะเป็นไปตามแสดงในรูปที่ 3 นั่นคือพลาสติกเหลวบริเวณตรงกลางของช่องทางการไหลจะมีความเร็วในการไหลมากที่สุด ส่วนพลาสติกเหลวที่ผิวแม่พิมพ์จะไหลช้าที่สุด เนื่องจากผนังแม่พิมพ์ที่เย็นและเกิดการแข็งตัวของพลาสติก และรูปแบบการไหลของพลาสติกเหลวตรงบริเวณด้านหน้า (flow front) ของการไหลจะมีลักษณะเหมือนน้ำพุ [5] กล่าวคือพลาสติกที่ไหลอยู่ตรงกลางของช่องทางการไหลมีการไหลตัวได้เร็วที่สุดนั้นจะมีการไหลแหวกออกไปด้านข้างที่ผนังแม่พิมพ์ด้วย ดังนั้นพลาสติกที่ตำแหน่งด้านท้ายสุดของการไหล จะมีความเร็วในการไหลที่เท่ากันแสดงในรูปที่ 3 เนื่องจากพลาสติกบริเวณตรงกลางของช่องทางการไหลมีการไหลออกไปทางด้านข้างแทนที่จะไหลพุ่งออกไปข้างหน้าทำให้ความเร็วการไหลลดลง การเย็นตัวของผิวของโพรงแบบ การเกิดชั้นของพลาสติกแข็งที่ผิวของแม่พิมพ์ปรากฏการณ์สำคัญ ที่เป็นสาเหตุให้การไหลแบบนี้ ไม่เหมือนกับการไหลระหว่างแผ่นประกบคู่ขนานนั่นคือ การไหลแบบน้ำพุ (fountain flow) [6]

พลาสติกหลอมเหลวไม่สามารถเข้าถึงผนังของโพรงแบบได้อย่างง่าย ๆ แต่ก็มีแนวโน้มการไหลลงมาจากตรงกลางของทางไหล สู่ผนังของโพรงแบบ ซึ่งการไหลในรูปแบบนี้แสดงในรูปที่ 4 และตลอดระยะเวลาทางการไหลของพลาสติกในแม่พิมพ์จะพบว่าความเร็วในการไหลของพลาสติกบริเวณตรงกลางของช่องทางการไหลจะลดลงเรื่อย ๆ ตลอดพื้นที่หน้าตัดของช่องทางการไหลและลักษณะทางด้านหน้าของช่องทางการไหล [7] แสดงในรูปที่ 5

ชั้นที่เป็นของแข็ง ผิวที่มีความหนืดสูง รูปแบบความเร็วการไหลบริเวณด้านหน้า

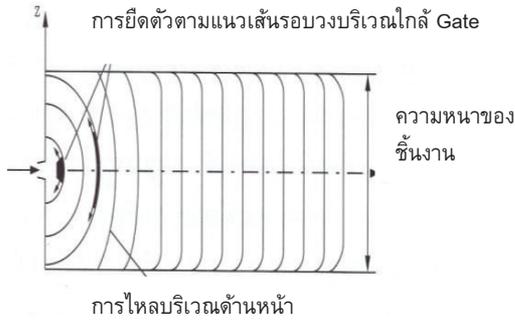


รูปที่ 3 ความเร็วในการไหลของพลาสติก

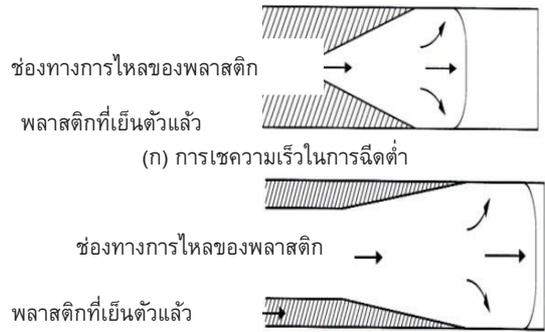


รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งในการไหลบริเวณด้านหน้าของการไหล (flow front)

ความเร็วในการไหลตรงกลางของช่องทางการไหลที่ลดลง ตามระยะทางการไหลที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 5 ความเร็วในการไหล



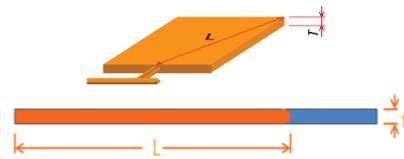
รูปที่ 6 ระยะทางการไหลของพลาสติกในแม่พิมพ์ที่เกิดจากความเร็วในการฉีด

1.2 ระยะทางการไหลของพลาสติก

พลาสติกในแม่พิมพ์ฉีดจะไหลไปได้ระยะทางมากเท่าไรนั้น จะอยู่กับปัจจัยต่างๆเช่น ความหนืดของพลาสติก อุณหภูมิเหลวของพลาสติก อุณหภูมิแม่พิมพ์ ความเร็วฉีด ความดันฉีด เป็นต้น แต่ที่ควรพิจารณามากที่สุดคืออัตราการไหลของพลาสติกเหลวขณะที่ไหลอยู่ในแม่พิมพ์ ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงไปได้ตามปัจจัยต่างๆที่กล่าวมา เพราะพลาสติกที่กำลังไหลอยู่ในแม่พิมพ์นั้นจะเกิดการเย็นตัวไปด้วยเนื่องจากอุณหภูมิที่เย็น ทำให้ช่องทางไหลของพลาสติกเหลวที่มีอยู่จริงลดลงแสดงในรูปที่ 6 (ก) จะพบว่าการใช้ความเร็วฉีดที่สูงกว่าพลาสติกจะไหลได้เป็นระยะทางที่ยาวกว่า เนื่องจากพลาสติกสามารถไหลได้ปริมาณมากกว่า (อัตราการไหลมากกว่า) ไม่ใช่เพราะพลาสติกไหลได้เร็วกว่า ตามความเร็วของสกรูของเครื่องฉีดพลาสติกสาเหตุคือ หากใช้ความเร็วฉีดสูง พลาสติกที่อยู่ในแม่พิมพ์จะมีอุณหภูมิที่สูงกว่า ชั้นของพลาสติกที่เย็นตัวเป็นของแข็งจึงมีความหนาที่น้อยกว่า นั่นคือความหนาของช่องทางไหลของพลาสติกเหลวที่ยังคงมีขนาดความกว้างมากกว่า ทำให้พลาสติกมีอัตราการไหลที่มากกว่า(แต่ความเร็วการไหลอาจลดลงได้) [8] การฉีดภายใต้เงื่อนไข การใช้เวลานัดมากใช้ความเร็วฉีดต่ำและใช้ความดันฉีดสูงจะทำให้เนื้อของพลาสติกเกาะติดผนังมาก การฉีดภายใต้เงื่อนไข การใช้เวลานัดสั้น ใช้ความเร็วฉีดสูงและใช้ความดันฉีดต่ำจะทำให้เนื้อของพลาสติกเกาะติดผนังน้อยแสดงในรูปที่ 6

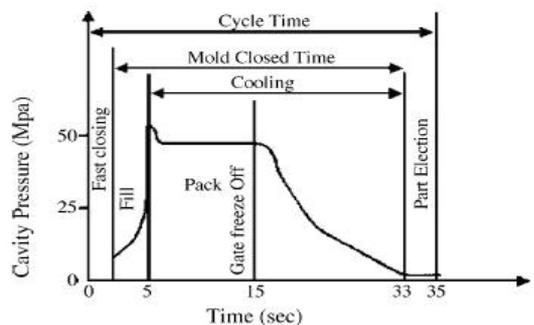
(ข)

การไหลตัวของพลาสติกจะเป็นการไหลที่สัมพันธ์กันระหว่างความหนากับระยะทาง เรียกว่า ดัชนีการไหล (Flow Path Ratio L/T) แสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 ดัชนีการไหล (flow path ratio L/T)

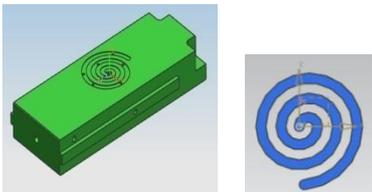
การปรับพารามิเตอร์ของเครื่องฉีด ในการฉีดชั้นงานแสดงในรูปที่ 8 ต้องคำนึงถึงรอบการฉีด เวลาปิดแม่พิมพ์ ระบบหล่อเย็น ระบบปลดชั้นงานตามมาตรฐานที่กำหนด [9-10]



รูปที่ 8 ความดันฉีดที่ใช้ระหว่างการฉีดเข้าแม่พิมพ์ (pressure history during injection moulding [11])

## 2. วิธีการทดลอง

แม่พิมพ์ฉีดพลาสติกที่ใช้ฉีดขึ้นทดลองเป็นแบบก้นหอย (spiral) ตามมาตรฐาน ASTM D3123-94 (ASTM ย่อมาจาก American Society For Testing Materials) พื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าความกว้าง 6 มิลลิเมตร ระยะพิท 6 มิลลิเมตร ความหนาของช่องทางการไหลพลาสติกคือ 0.5, 1, 1.5 และ 2.0 มิลลิเมตร ตามลำดับ แสดงในรูปที่ 9 และเพื่อเป็นการสะดวกในการทดลองฉีดจึงได้ทำการออกแบบแม่พิมพ์ให้สามารถถอดเปลี่ยนความหนาของช่องทางการไหลได้ ตามขอบเขตของการทดลอง ทำการทดลองฉีดเพื่อใช้ในการศึกษาอิทธิพลของความหนา ที่ส่งผลกระทบต่อระยะทางการไหลตัวของพลาสติก



รูปที่ 9 ชิ้นงานฉีดทดสอบเป็นแบบก้นหอย (spiral)

### 2.1 พลาสติกที่ใช้

เป็น พ ล า ส ต ิ ก ข น ิด พ อ ล ิ โพรพิลีน (Polypropylene) ของบริษัท ไออาร์พีซี (มหาชน) จำกัด เกรดของพลาสติกคือ 1100NK Homopolyme LOT 09020242 มีสมบัติแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สมบัติพลาสติกพอลิโพรพิลีนที่ใช้ในการฉีด

รายละเอียด	สมบัติ
1. การไหลตัว (MFR2. 16kg)	: 12.2g/10 min (ASTM D1238)
2. ความหนาแน่น(density)	: 0.85-0.95 g/cm <sup>3</sup>
3. อัตราการหดตัว	: 1.2-1.3 %
4. อุณหภูมิแม่พิมพ์	: Min 30 - Max 50°C
5. อุณหภูมิหลอมละลายของพลาสติก	: Min 200 : Max 240°C
6. อุณหภูมิปลดชิ้นงาน	: 60°C
7. ค่านำความร้อนเฉลี่ยของพลาสติก	: 0.067mm <sup>2</sup> /s

สมบัติของเครื่องฉีดที่ใช้ในการฉีดขึ้นทดสอบ

แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สมบัติของเครื่องฉีด

เครื่องฉีดที่ใช้ (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. น้ำหนักในการฉีด	: 1.5 g/s
6. น้ำหนักที่สามารถฉีดได้	: 80 g
7. ระยะหัวฉีด (nozzle stroke)	: 180 mm
8. แรงกดที่หัวฉีด	: 48 kN
9. ความจุความร้อนของกระบอกฉีด	: 2.835 kW
10. แรงในการปิดล็อกแม่พิมพ์	: 220 kn
11. ระยะในการเปิดแม่พิมพ์	: 400 mm
12. แรงของชุดปลดชิ้นงาน	: 18 kN
13. ระยะเลื่อนของชุดปลดชิ้นงาน	: 80 mm

### 2.2 การออกแบบแม่พิมพ์ฉีด

2.2.1 การคำนวณหาขนาดของรูวิ่ง ของพอลิโพรพิลีน ใช้รูเข้าแบบรูฉีดขนาดทางเข้าด้านหัวฉีดโต 3.5 มม. ด้านชิ้นงานโต 6 มม.พลาสติก พอลิโพรพิลีน เป็น

2.2.2 รูเข้า (gate) พิจารณาเทียบกับน้ำหนักของชิ้นงานที่เหมาะสมขนาดรูเข้าเลือกรูเข้าแบบรูฉีด

### 2.3 การคำนวณหาแรงปิดแม่พิมพ์

แรงปิดแม่พิมพ์ที่ใช้จะต้องมากพอ ที่จะรักษาแม่พิมพ์ให้อยู่ในตำแหน่งปิดสนิท ในระหว่างขั้นตอนการไหลตัวของพลาสติกหลอม และอัดตัวของเนื้อพลาสติกได้จึงต้องมีการคำนวณหาตั้งนี้ แรงปิดแม่พิมพ์ที่ใช้คำนวณหาได้จากค่าความดันของวัสดุ ดังสมการที่ 1

$$F = \left( \frac{AxP}{1,000} \right) \quad (1)$$

เมื่อ F = แรงปิดแม่พิมพ์ (kN)

A = พื้นที่ฉายของชิ้นงาน (cm<sup>2</sup>)

P = ความดันภายในของเบ้าพิมพ์ ใช้วัสดุ พอลิ

โพรพิลีน ได้ค่าแรงดันใน Cavity = 400 kg / cm<sup>2</sup>

$$= \frac{18 \times 400}{100}$$

แรงปิดที่ต้องการ = 72 kN

แรงปิดแม่พิมพ์ควรเพิ่มค่าความปลอดภัยจากเดิมอีกร้อยละ 10

$$= 72 \times 1.1 = 80 \text{ KN}$$

เครื่องที่ใช้ต้องมีแรงดันปิดแม่พิมพ์ไม่น้อยกว่า 80 KN ขึ้นไปจึงจะใช้งานได้ ในการทดลองครั้งนี้เลือกใช้เครื่องฉีด Boy 22 R ขนาด 220 KN

#### 2.4 การหล่อเย็น

การคำนวณเวลาที่ใช้ในการหล่อเย็น (cooling time) ดังสมการที่ 2

$$T_k = \frac{S^2}{\pi^2 \times a_{\text{eff}}} \ln \left[ \frac{4}{\pi} \left( \frac{l_m - l_w}{l_z - l_w} \right) \right] \quad (2)$$

$T_k$  = เวลาที่ใช้ในการหล่อเย็น (cooling time)

$S^2$  = ความหนาของชิ้นงาน ส่วนที่หนาสุด

$a_{\text{eff}}$  = ประสิทธิภาพการนำความร้อนเฉลี่ย

$l_m$  = อุณหภูมิหลอมของพลาสติก

$l_e$  = อุณหภูมิในการปลดชิ้นงานออกจาก

แม่พิมพ์

$l_w$  = อุณหภูมิผนังแม่พิมพ์

$$T_k = \frac{(2 \text{ mm})^2}{\pi^2 \times 0.07 \text{ mm}^2/\text{s}} \ln \left[ \frac{4}{\pi} \left( \frac{220^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C}}{60^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C}} \right) \right]$$

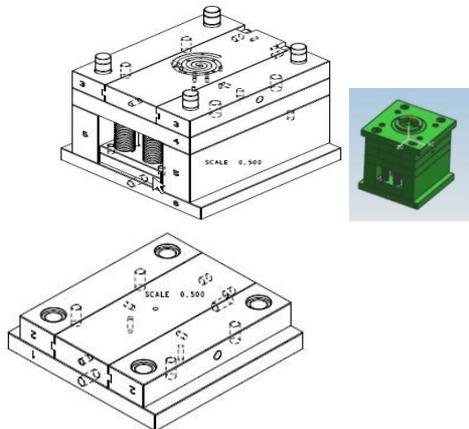
$$= 5.79 \ln 11.43$$

$$= 5.79 \times 2.44 = 14.10 \text{ s}$$

∴ เวลาที่ใช้ในการหล่อเย็น PP ≈ 14 s

#### 2.5 จากตัวแปรที่กำหนด

นำมาออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกเพื่อใช้ฉีดชิ้นทดลองเป็นแบบก้นหอย (spiral) แสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 10 แบบแม่พิมพ์ที่ใช้ในการทดลองฉีด

#### 2.6 ขั้นตอนการสร้างแม่พิมพ์พลาสติก

เมื่อได้ขนาดของ เบ้าแล้วจึงนำชุดแม่พิมพ์ในโปรแกรม Mold Wizard ออกมาใช้ในการวางตำแหน่งของชิ้นงานเพื่อกำหนดขนาดของแม่พิมพ์ ในการร่างแบบต้องคำนึงถึงตำแหน่งการยึด เบ้า ตำแหน่งของสลักปลดชิ้นงาน ตำแหน่งของรูน้ำหล่อเย็นด้วยเพื่อป้องกันการเจาะรูชนกันขึ้นทำให้การสร้างแม่พิมพ์เสียหายได้

การดำเนินงาน

1) ใช้โปรแกรม UNIGRAPHICS NX6 ทำโปรแกรมกัดเบ้าของแม่พิมพ์ เป็นรูปก้นหอย (spiral) ให้ได้ขนาดตามแบบกำหนดแสดงในรูปที่ 11



รูปที่ 11 แสดงภาพการขึ้นรูปชิ้นทดลอง

2) เมื่อขึ้นรูปและปรับแต่งแม่พิมพ์ได้ตามแบบที่กำหนดแล้วนำแม่พิมพ์ประกอบเข้ากับเครื่องฉีดเพื่อทดลองปรับพารามิเตอร์ต่างๆตามตัวแปรที่กำหนดแสดงในรูปที่ 12



รูปที่ 12 แสดงภาพเครื่องฉีดชิ้นทดลอง

#### 2.7 ค่าของตัวแปรไม่คงที่ที่ใช้ในการทดลอง

คือ ความหนาช่องทางไหลมีที่ใช้ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิเมตร มีพื้นที่ หน้าตัดเป็นรูปเหลี่ยมผืนผ้าโค้งเป็นรูปก้นหอย (spiral) เพื่อประหยัดเนื้อที่ในการฉีด ความกว้างของช่องทางไหลเท่ากับ 6 มิลลิเมตร มีระยะพิต 6 มิลลิเมตร ความยาวของช่องทางไหลเท่ากับ 315 เซนติเมตร เงื่อนไขที่ใช้ในการทดลองฉีดแสดงในตารางที่ 3

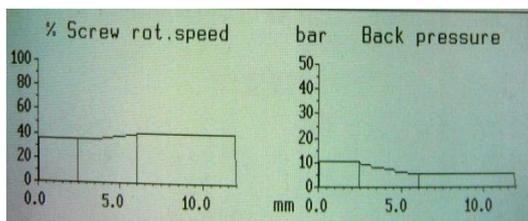
ตารางที่ 3 พารามิเตอร์ในการทดลองฉีด

รายละเอียด	คุณสมบัติ
1. อุณหภูมิหลอมที่ใช้	: 200 - 220°C
2. อุณหภูมิแม่พิมพ์	: 40 °C
3. ความเร็วในการฉีด	: 210 mm/s
4. ความหนาของช่องทางการไหล	: 0.5, 1, 1.5 และ 2.0 mm
5. แรงปิดแม่พิมพ์	: 80 kN



## 2.8 พารามิเตอร์ในการฉีด

จากการปรับฉีดชิ้นงาน ซึ่งจากการทดลองฉีดโดยใช้ ค่าในการฉีดตั้งนี้ความเร็วฉีด 45 เปอร์เซ็นต์ที่ความยาวของสกรู 10 มิลลิเมตร และ 40 เปอร์เซ็นต์ที่ความยาว ของสกรู 12 มิลลิเมตร ความดันฉีด 80 บาร์ ความเร็วฉีด 38 เปอร์เซ็นต์ซึ่งเป็นค่าที่ดีที่สุดในการฉีดชิ้นงานโดยที่ชิ้นงานยังไม่เกิดครีบแล้วเริ่มฉีดซ้ำอีก 10 ครั้งโดยปรับตั้งเครื่องฉีดเป็นแบบอัตโนมัติ (auto) แสดงในรูปที่ 13 เพื่อเก็บตัวอย่างระยะทางไหล จากนั้นนำค่า ของระยะทางไหลมาหาค่าเฉลี่ยทำการทดลองโดยเปลี่ยนตัวแปรการทดลองทีละตัวจนครบทุกตัว ซึ่งจะได้เงื่อนไขในการทดลองทั้งหมดสามเงื่อนไข



รูปที่ 13 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการฉีด

## 3. ผลการทดลอง

ผลการปรับพารามิเตอร์ในการฉีดตามตัวแปรที่กำหนดคือขนาดความหนาของชิ้นทดสอบ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 มิลลิเมตร ตามลำดับได้ชิ้นทดสอบแสดงในรูปที่ 14



รูปที่ 14 ภาพชิ้นทดสอบที่ได้จากการฉีด

1) ใช้จิกตรวจสอบหาระยะทางการไหล (jig-check -flow) ของพลาสติกตามตัวแปรที่กำหนดแสดงในรูปที่ 15



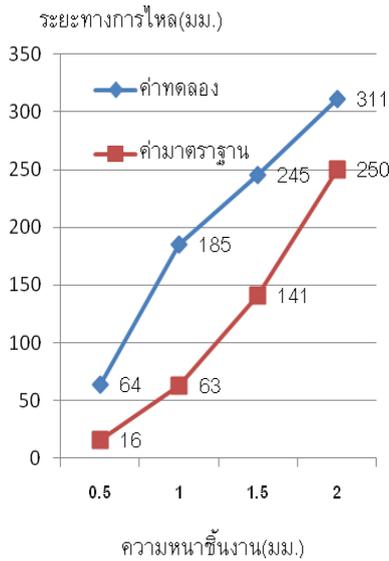
รูปที่ 15 ภาพการวัดชิ้นงาน

2) การทดลองหาระยะทางการไหลของพลาสติกตามตัวแปรที่กำหนด ได้ระยะทางในการไหลแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ระยะทางการไหล กับความหนา

วัสดุ PP	ความหนา/มม.			
	2.0	1.5	1.0	0.5
ค่าที่กำหนด	250	141	63	16
ค่าที่ได้จากการทดสอบ	311	245.7	185.	68.83

3) จากตารางที่ 4 นำมาแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของชั้นทดสอบกับระยะทางการไหลและค่าที่กำหนดจากผู้ผลิตได้ดังรูปที่ 16



รูปที่ 16 การเปรียบเทียบความหนาของช่องทางการไหล

#### 4. การอภิปรายผล

จะเห็นได้ว่าความหนาของช่องทางการไหล จะส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของดัชนีการไหลอย่างชัดเจน เมื่อใช้เงื่อนไขในการทดลองเดียวกันซึ่งจากการทดลองพบว่า การเพิ่มความหนาของช่องทางการไหลให้มีความหนามากขึ้น จะทำให้พลาสติกหลอมมีขนาดของช่องทางการไหลสำหรับพลาสติกหลอมมากขึ้นเช่นกัน ในขณะที่ชั้นของการแข็งตัวของพลาสติกที่บริเวณผนังของช่องทางการไหลยังคงมีอัตราการเย็นตัวที่คงที่พลาสติกหลอมจึงยังคงมีเวลาในการไหลตัวมากขึ้น ก่อนที่ชั้นของการแข็งตัวของผนังของช่องทางการไหลจะแผ่เข้ามาถึงแกนกลาง จนกระทั่งพลาสติกหลอมแข็งตัวจนไม่สามารถไหลตัวต่อไปได้เนื่องจากมีระยะห่างจากผนังถึงแกนกลางของช่องทางการไหลมากขึ้น จากการทดลองเพิ่มความหนาของช่องทางการไหลจาก 0.5 มิลลิเมตร เป็น 1.0 มิลลิเมตร ระยะทางไหลเพิ่มขึ้น ร้อยละ 74.5 มีผลกับระยะทางการไหลมากกว่า การเพิ่มความหนาของช่องทางการไหลจาก 1.0 มิลลิเมตร เป็น 1.5 มิลลิเมตร มีระยะทางไหลเพิ่มขึ้นร้อยละ 47 การเพิ่ม

ความหนาของช่องทางการไหลจาก 1.5 มิลลิเมตร เป็น 2.0 มิลลิเมตร มีระยะทางไหลเพิ่มขึ้นร้อยละ 21

#### 5. สรุป

จากผลการทดลองหาดัชนีการไหลของพลาสติกพีพี (PP) แบบก้นหอย (spiral test) ตามมาตรฐาน ASTM : D 3123-94 ทำให้เราทราบว่าในกรณีการฉีดขึ้นงาน ที่เราไม่สามารถจะเพิ่มจำนวนของทางเข้า (gate) ได้ การเพิ่มความหนาของผนังขึ้นงาน จะช่วยแก้ปัญหาการฉีดขึ้นงานไม่เต็ม (short shot) ได้

#### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้เพราะได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และความร่วมมืออย่างดียิ่งจากคณะ วิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชา วิศวกรรมการผลิตเครื่องมือและแม่พิมพ์จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

#### เอกสารอ้างอิง

- [1] Tim A. Osswald, Lih-Sheng(Tom)Turng and Paul J.Gramann. 2002. Injection molding handbook. Munich Hanser.
- [2] John M. Dealy and Kurt F. Wissbrun. 2002. Melt rheology and its role in plastics processing : theory and applications. New York :1989 VAN NOSTRAND REINHOLD.
- [3] L.W.Seow and Y. C. Lam. 1997. Optimizing flow in plastic injection molding. Journal of Materials Processing Technology 333 – 341.
- [4] สถาพร ซาดาคม. 2549. การศึกษาหา อิทธิพลของความหนาที่ส่งผลกระทบต่อระยะทางการไหลของเทอร์โมพลาสติกกลุ่ม Polyolefin. กรุงเทพมหานคร: วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม.
- [5] John M. Dealy and Kurt F. Wissbrun. 1989. Melt rheology and its role in plastics processing : theory and applications. New York : VAN NOSTRAND REINHOLD.

- [6] Tim A. Osswald, Lih-Sheng(Tom)Turng and Paul J.Gramann. 2002. Injection molding handbook. Munich Hanser.
- [7] Spencer, R. S. and Gilmore, G. D. Residual strains in Injection molded polystyrene. 1950.Modern Plastics. 28, 97 (Dec.1950).
- [8] วิโรจน์ เตชะวิญญูธรรม. 2553. วิศวกรรมการผลิตพลาสติก. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- [9] E. Sachs, E. Wylonis, S. Allen, M. Cima and H. Guo. 2000. Production of injection molding with conformal coolingchannels using the three dimensional printing process. Polym. Eng. Sci. 40 (5) 1232–1247.
- [10] K.W. Delgarno. Layer manufactured production tooling in incorporating conformal heating channels for transfer. 2001. moulding of elastomer compounds, Plastic Rubber Compos. 30 (8) 384–388.
- [11] Anon. Intelligent. 2003. Systems Laboratory. Michigan StateUniversity. [Internet]. 1999. [cited October 30, 2003]. Available from: <http://islnotes.cps.msu.edu>.