

## การลดการสูญเสียพลาสติกในระบบป้อนเติมของแม่พิมพ์ฉีด โดยใช้ไฟไนต์เอลิเมนต์ในการวิเคราะห์

### The Reduction of Plastic Loss on Feed System in Injection Moulding by Using Finite Element Analysis

สุรสิทธิ์ โรจนันต์<sup>1\*</sup> เสริฐสิริ กลางเมือง<sup>2</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมกระบวนการขึ้นรูปพอลิเมอร์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลและวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

โทร 02-470-9213 โทรสาร 02-872-9080 \*อีเมล [surasit.roj@kmutt.ac.th](mailto:surasit.roj@kmutt.ac.th)

<sup>2</sup>บริษัทกรู๊ปปไทยพลาสติก จำกัด 173 หมู่ 1 ถ. เทพารักษ์ อ.บางเสาธง จ. สมุทรปราการ 10540

โทร. 02-3176111, 02-3176131-7, อีเมล [setsiri@hotmail.com](mailto:setsiri@hotmail.com)

#### บทคัดย่อ

ปัญหาการขึ้นรูปชิ้นงานพลาสติกโดยวิธีการฉีดนั้น ต้องมีการสิ้นเปลืองวัสดุไปกับระบบป้อนเติม (Feed System) พลาสติก ให้กับ การฉีดขึ้นงานเป็นอย่างมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ต้องการ ลด การสูญเสียวัสดุในระบบป้อนเติมพลาสติก โดยการลดขนาดทางวิ่ง (Runner) แต่ต้องคงตำแหน่งของโพรงแบบ (Cavity) ไว้ตามเดิม ใน การศึกษา ได้ทดลองใช้การจำลองการฉีด (Simulation) โดยใช้ไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element) ประกอบกับเทคนิคการออกแบบ ใช้ในการ แก้ปัญหา ผลการจำลองการฉีดพบว่า ระบบป้อนเติมที่ออกแบบใหม่ สามารถลดน้ำหนักของพลาสติกในระบบป้อนเติมจากระบบเดิมลงได้ถึง 37 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งให้ผลการวิเคราะห์สอดคล้องกับผลการทดลอง ใน การฉีดพลาสติกโดยใช้แม่พิมพ์จริง ๆ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการ ใช้แม่พิมพ์แบบเดิมก่อนการแก้ไข และแม่พิมพ์แบบที่แก้ไขแล้ว นอกจากนั้น ยังได้เสนอทางเลือกใหม่ที่จะลดการสูญเสียลงได้ถึง 61 เปอร์เซ็นต์ หากมีการย้ายตำแหน่งของโพรงแบบด้วย

**คำสำคัญ:** ไฟไนต์เอลิเมนต์ / การวิเคราะห์การไหลของพลาสติก / แม่พิมพ์พลาสติก

#### Abstract

The problem in plastics injection moulding process has lost a lot of plastics in feeding system. Thus, the main objective of this research tries to reduce the plastics loss in the feeding system of the injection moulding process by reducing the runner sizes but fixing the position of the mould cavity. In this study, the simulation by finite element on the plastic injection moulding and the design technique were used to solve this problem. The results of the

injection moulding simulation showed that the new feeding design could reduce the total weight of the plastic part and the feeding system about 37 percent in compare with the previous feeding system. The simulation results were agreed with the experimental results in both before and after mould correction. Moreover, the total weight of plastic part and feeding system can be reduced to 61 percent by changing the position of the mould cavity.

**Keywords:** Finite Element / Plastic Flow Analysis / Plastic Mould

#### 1. บทนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยมีความต้องการผลิตภัณฑ์พลาสติกมากขึ้น เพื่อจำหน่ายในประเทศและ ส่งออกต่างประเทศ ซึ่งแม่พิมพ์ที่ใช้ผลิต บางส่วนก็นำเข้าจากต่างประเทศ บางส่วนก็ผลิตเองในประเทศ ซึ่งถ้า แม่พิมพ์ที่ผลิตในประเทศ มีการออกแบบที่ไม่เหมาะสมมีปัญหาในการ ฉีดขึ้นงานและเกิดของเสียมาก ทำให้ต้นทุนในการผลิตสูง ดังนั้นราคา ขายของสินค้าจึงมีราคาแพงมากขึ้น ทำให้เป็นการเสียเปรียบต่อการ แข่งขันกับชิ้นงานที่ผลิตจากแม่พิมพ์ที่ออกแบบที่เหมาะสม โดยปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบแม่พิมพ์ เช่น การวางตำแหน่งของ gate ซึ่งมีผล ต่อเส้นทางการไหลของพลาสติกที่เข้าไปใน cavity และ ระบบ runner ซึ่งเป็นส่วนที่เชื่อมโยง ระหว่างพลาสติกที่ฉีดจากเครื่องฉีดผ่านระบบป้อน เติมได้แก่ sprue และ ทางวิ่ง (runner) เข้าสู่โพรงแบบ (cavity) โดย ผ่านทางเข้า (gate) เพื่อกระจายพลาสติกเข้าสู่ทุก cavity ในเวลา เดียวกัน และ ภายใต้แรงดันเท่ากัน ขนาดของ runner จะขึ้นอยู่กับ ขนาดของชิ้นงาน แบบของแม่พิมพ์ และ ชนิดของพลาสติกที่ใช้ฉีด การ ผลิตขึ้นงานต้องทำอย่างประหยัดที่สุดเท่าที่จะทำได้โดย runner จะมีผล ต่อปริมาณเศษพลาสติกที่เกิดจากการผลิตและเวลาในการหล่อเย็น ถ้า

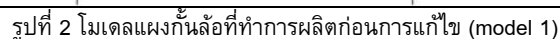
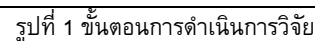
โครงการนี้ เป็นกรณีศึกษาในการใช้ไฟไนต์อีลิเมนต์ มาทำการวิเคราะห์การไหล ซึ่งจะทำให้สามารถช่วยให้การแก้ไข หรือออกแบบแม่พิมพ์ที่มีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น เห็นได้จาก งานวิจัยที่ผ่านมาของ สุรศิษฐ์และสิริพร [1] ได้ใช้ CAE เป็นเครื่องมือในการศึกษาผลของความแตกต่าง ของระดับความดันฉีดต่อช่วงเวลาภายหลังการเติมเต็ม โพรงแบบที่มีต่อชิ้นงานฉีดพลาสติกพอลิโพรพิลีนโดยวิธีไฟไนต์อีลิเมนต์ งานวิจัยของ Li และ Shen [2] ได้ทำการศึกษาและออกแบบ runner แบบสมดุลที่เหมาะสมของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก โดยใช้วิธี Finite Element ขณะที่ Miguel และคณะ [3] ได้ทำการวิจัยออกแบบความหนาของเลนซ์ Polycarbonate โดยใช้ CAE เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ จากงานของ Seow และ Lam [4] ได้ศึกษาการใช้ซอฟต์แวร์ CAE ทำการปรับค่าความหนา ในแต่ละตำแหน่งของชิ้นงานที่ขึ้นรูป โดยกระบวนการฉีดที่ทำให้การไหลของพลาสติกเข้าเต็มในแม่พิมพ์ที่มีความสมดุลมากที่สุด ขณะที่ Chun [5] ได้ศึกษาการนำ CAE มาใช้ในการแก้ปัญหาข้อบกพร่อง Weld Line และ Balance ที่เกิดระหว่างการไหลของพลาสติกเข้าเต็มในแม่พิมพ์ โดยการปรับค่าความหนาชิ้นงาน จากข้อมูลที่ได้กล่าวมาแล้ว จึงเป็นที่ของงานวิจัยนี้ เพื่อที่จะได้ประโยชน์แก่ภาคอุตสาหกรรมในการแก้ปัญหา และเป็นแนวทางในการวิจัยต่อไป

ในการทำวิจัยนี้ ได้ออกแบบขั้นตอนการดำเนินการวิจัย แสดงดังรูปที่ 1 ประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

- ทำการศึกษารายละเอียดเบื้องต้นของชิ้นงานในปัจจุบัน
- ทำการสร้างโมเดลชิ้นงานแพคเกจที่จะทำการวิเคราะห์
- กำหนดขนาด runner และกำหนดตำแหน่ง gate ที่เหมาะสม
- ออกแบบตำแหน่ง gate และ runner มาจำนวน 3 แบบเพื่อเปรียบเทียบกับตำแหน่ง gate และ runner ที่ใช้ในปัจจุบัน
- นำผลการทดลองที่ได้มาเปรียบเทียบกัน
- ทำการแก้ไขแม่พิมพ์ตามผลการทดลอง
- วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

### 3.1 การสร้าง model เพื่อการวิเคราะห์การไหลในแม่พิมพ์ก่อนการแก้ไข (model 1)

เขียนโมเดลชิ้นงานโดยใช้โปรแกรม CAD เป็น Solid Mode จากชิ้นงานที่ทำการผลิตก่อนการแก้ไข (Model 1) ดังในรูปที่ 2 ซึ่งมีขนาดทางวิ่งหลักหนา 13 มิลลิเมตร ทางวิ่งรองหนา 11 มิลลิเมตร ชิ้นงานที่มีรูปร่างเป็นเส้นตรงมีรูปหน้าตัดเป็นรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่วด้านฐานกว้าง 5 มิลลิเมตรด้านสูงมีขนาด 5 มิลลิเมตร ชิ้นงานบริเวณที่มีรูปร่างไม่เป็นเส้นตรงจะมีลักษณะแบนมีความหนา 3 มิลลิเมตร มีทางเข้าทั้งหมด 12 ตำแหน่ง จากนั้นแปลง Solid Mode ที่ได้ไปเป็นไฟล์ STL (Stereolithography files) เพื่อนำไปทำการวิเคราะห์การฉีด



ทำการวิเคราะห์การไหลของพลาสติก (model 1) ในแม่พิมพ์ฉีด ก่อนการแก้ไขโดยวิธีการทางไฟไนต์เอลิเมนต์ ด้วยโปรแกรม CADMOULD เพื่อดูลักษณะการไหลของว่ามีความสมดุลกันหรือไม่ เพื่อหาแนวทางแก้ไขแม่พิมพ์ต่อไป

### 3.3 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์การไหลแสดงดังในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์การไหล

|                         |      |
|-------------------------|------|
| พลาสติกที่ใช้ในการฉีด   | HDPE |
| เวลาในการฉีด (วินาที)   | 2    |
| อุณหภูมิพลาสติกฉีด (°C) | 210  |
| อุณหภูมิแม่พิมพ์ (°C)   | 40   |

### 3.4 ทำการคำนวณขนาดทางวิ่ง (runner) ที่เหมาะสม

คำนวณขนาดของทางวิ่งโดยใช้วิธีการของ Stank [6] เมื่อ

S = ความหนาของชิ้นงาน (มม.)

D' = เส้นผ่าศูนย์กลางของ runner (มม.)

G = น้ำหนักของชิ้นงาน (กรัม)

L = ระยะทางไกลสุดที่พลาสติกไหล (มม.)

$f_L$  = ค่าแก้ไข (Correction Factor)

จาก

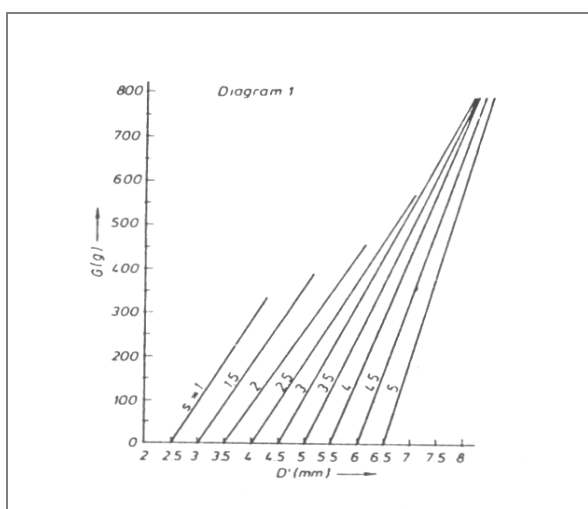
น้ำหนักชิ้นงาน (G) เท่ากับ 190.6 กรัม ความหนาชิ้นงาน (S) เท่ากับ 3.5 มม. ความยาวของ runner ที่เข้าไป cavity เดียวเท่ากับ 270 มม. จากแผนภูมิในรูปที่ 3 จะได้ D' เท่ากับ 5.7 มม. เมื่อ L เท่ากับ 270 มม. จากแผนภูมิในรูปที่ 4 จะได้  $f_L$  เท่ากับ 1.45 ขนาด runner ที่ต้องแก้ไข D จะเท่ากับ [7]

$$D = D' \times f_L \quad (1)$$

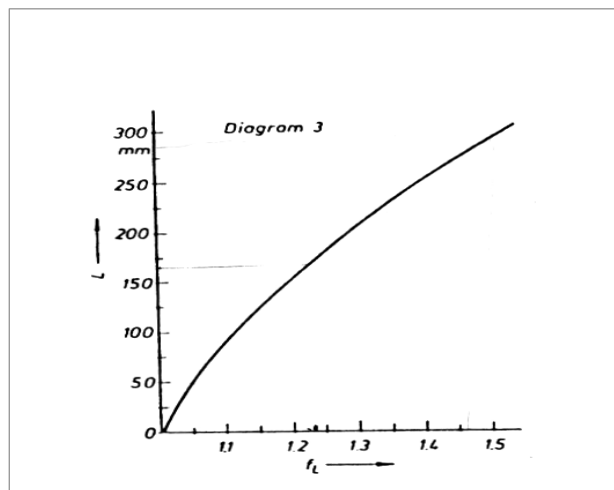
$$D = 5.7 \times 1.45$$

$$= 8 \text{ มม.}$$

ขนาด runner ที่เลือกใช้เส้นผ่าศูนย์กลางควรมีเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 8 มม.



รูปที่ 3 แผนภูมิสำหรับหาค่า D' ของ stank [7]



รูปที่ 4 แผนภูมิสำหรับหาค่า  $f_L$  ของ stank [7]

### 3.5 การหาแรงปิดแม่พิมพ์ (clamping force)

การหาแรงปิดแม่พิมพ์ (clamping force) เพื่อหาค่าของเครื่องฉีดพลาสติกที่เหมาะสม และตรวจสอบว่าเครื่องฉีดที่ใช้มีขนาดเหมาะสมหรือไม่หาได้จาก

$$F = A \times P \quad (2)$$

เมื่อ F = แรงปิดแม่พิมพ์

A = พื้นที่ภาพฉายของชิ้นงาน

P = ความดันเฉลี่ยภายใน Cavity ของแม่พิมพ์

พื้นที่ภาพฉายของชิ้นงานเท่ากับ 938.65 cm<sup>2</sup> ความดันเฉลี่ยภายใน cavity ของพลาสติก HDPE เท่ากับ 300 kgf/cm<sup>2</sup> จะได้แรงปิดแม่พิมพ์เมื่อใช้ค่า safety Factor เท่ากับ 20% เท่ากับ 337 ตัน ปัจจุบันใช้เครื่องฉีดพลาสติกยี่ห้อ Kawagushi ขนาด 450 ตัน จึงมีแรง clamp เพียงพอในการปิดแม่พิมพ์

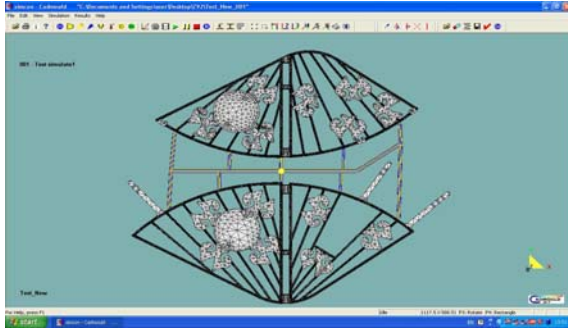
### 3.6 การสร้างโมเดลสำหรับการวิเคราะห์การไหลเพื่อใช้แก้ไขแม่พิมพ์

ได้ทำการสร้างโมเดลขึ้นอีก 3 แบบเพื่อใช้ทำการวิเคราะห์สำหรับแก้ไขแม่พิมพ์โดยการแก้ไขดูแนวโน้มจากผลของการวิเคราะห์โมเดลที่ 1 (model 1) ได้ทำการลดขนาด runner เป็น 8 มม. จัดวางทางเข้าใหม่ให้วางในตำแหน่งที่คาดว่าจะทำให้เกิดสมดุลของการไหล โดยตำแหน่งของโครงแบบยังคงอยู่ที่เดิมเหมือนโมเดลที่ 1 คือ

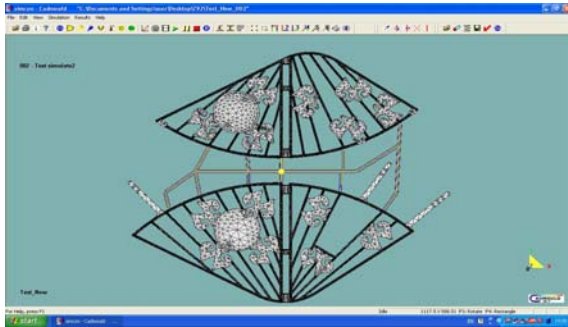
- โมเดลแบบที่ 2 (model 2) มีลักษณะดังรูปที่ 5 ซึ่งขนาด Runner จะมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 มม. และมีตำแหน่งทางเข้า 10 ตำแหน่งโดยตัดทางวิ่งที่อยู่ใกล้สปรูออกด้านละ 1 ทางวิ่ง เลื่อนตำแหน่งของสปรูมาไว้ที่กึ่งกลาง runner ระหว่างแผงบนและล่าง

- โมเดลแบบที่ 3 (model 3) มีลักษณะดังรูปที่ 6 ซึ่งขนาด runner จะมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 มม. และมีตำแหน่งทางเข้า 11 ตำแหน่ง

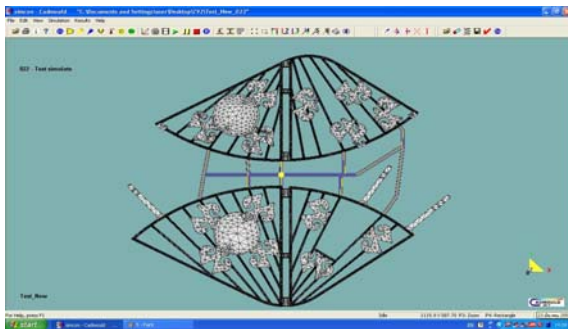
- โมเดลแบบที่ 4 (model 2) มีลักษณะดังรูปที่ 7 ซึ่งขนาด runner จะมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 มม. และมีตำแหน่งทางเข้า 10 ตำแหน่ง



รูปที่ 5 โมเดลแบบที่ 2 (model 2)



รูปที่ 6 โมเดลแบบที่ 3 (model 3)



รูปที่ 7 โมเดลแบบที่ 4 (model 4)

#### 4. ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

ผลการวิเคราะห์การจำลองการฉีดโดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ของโมเดล 1, 2, 3, และ 4 สามารถเปรียบเทียบได้ดังนี้

##### 4.1 ผลการวิเคราะห์แรงปิดแม่พิมพ์ (Clamping Force)

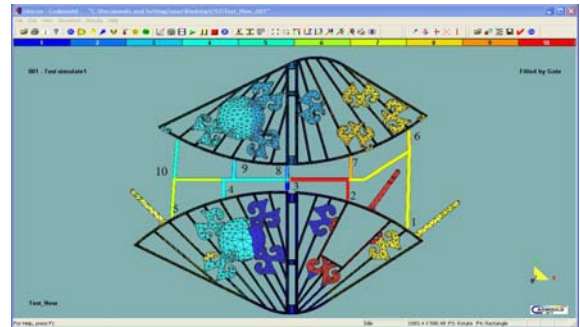
จากผลการวิเคราะห์จากโมเดล 2, 3, 4 จะพบว่าค่า Clamping Force ของโมเดลแบบที่ 2 มีค่าน้อยที่สุดคือ 10995.453 kN ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่า Clamping Force แบบปัจจุบัน (model 1) มากที่สุด ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ Clamping force

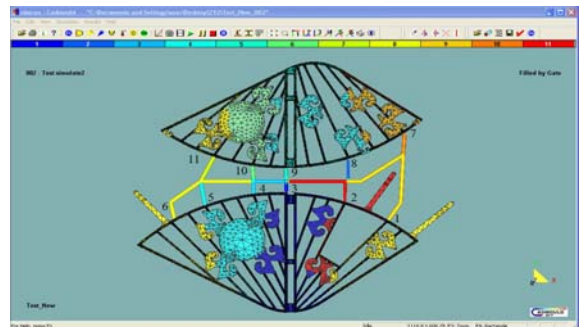
| ปัจจัย             | แบบที่ 1<br>(ปัจจุบัน) | แบบที่ 2 | แบบที่ 3 | แบบที่ 4 |
|--------------------|------------------------|----------|----------|----------|
| แรงปิดแม่พิมพ์(kN) | 10597                  | 10995    | 11011    | 11857    |

##### 4.2 ผลการวิเคราะห์ Fill by gate

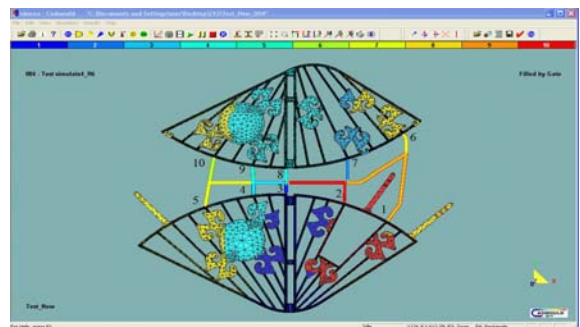
Fill by gate คือการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Cadmould ทำให้ทราบถึงทิศทางการไหลของพอลิเมอร์ของแต่ละ gate ที่เข้าไปในชิ้นงานซึ่งดูจากสัดส่วนการไหล โดยจะแสดงเป็นสีที่ไหลเข้าไปในโพรงแบบตามสีของทางวิ่ง ของแต่ละ gate ในโมเดล 2, 3, และ 4 ผลการวิเคราะห์ Fill by gate แสดงดังรูปที่ 8 ถึง รูปที่ 10



รูปที่ 8 ผลการวิเคราะห์ Fill by gate ของโมเดลแบบที่ 2



รูปที่ 9 ผลการวิเคราะห์ Fill by gate ของโมเดลแบบที่ 3



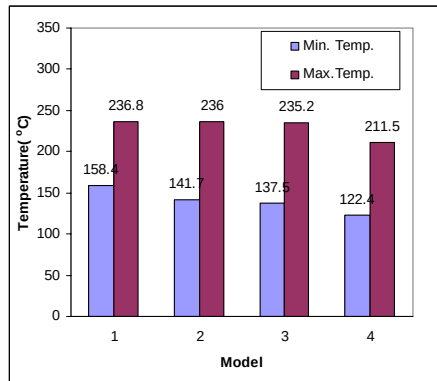
รูปที่ 10 ผลการวิเคราะห์ Fill by gate ของโมเดลแบบที่ 4

ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Cadmould พบว่าโมเดลที่ 2 มีการไหลที่สมดุลที่สุดคือ gate ที่ 1, 2, 3, 4, 5 มีสัดส่วนการไหลที่ใกล้เคียงกันและทางเข้าที่ 6, 7, 8, 9, 10 มีสัดส่วนการไหลที่ใกล้เคียงกัน ดังจะเห็นได้จากรูปที่ 8 แต่โพรงแบบชิ้นงานด้านบนจะเต็มเร็วกว่าโพรงแบบชิ้นงานด้านล่างเนื่องจากมีขนาดโพรงแบบเล็กกว่า

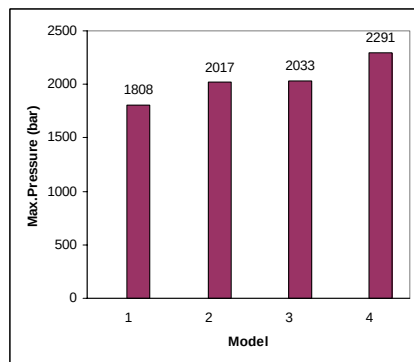
##### 4.3 ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิและแรงดัน ของพลาสติกในแม่พิมพ์

ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Cadmould ของแม่พิมพ์แฟงกันล้อในโมเดลทั้ง 4 แบบได้ผลการเปรียบเทียบดังรูปที่ 11 และ รูปที่ 12

ซึ่งจะเห็นว่าโมเดลแบบที่ 2 และ 3 มีค่าอุณหภูมิสูงสุดของพลาสติกในโพรงแบบและแรงดันฉีดสูงสุดใกล้เคียงกันในขณะที่ โมเดลที่ 4 จะมีอุณหภูมิของพลาสติกในโพรงแบบต่ำกว่าแสดงให้เห็นแนวโน้มที่อาจจะไหลไม่เต็มแบบและต้องใช้แรงดันฉีดสูงกว่า



รูปที่ 11 ผลของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในโมเดลทั้ง 4 แบบ



รูปที่ 12 ผลของแรงดันฉีดที่เกิดขึ้นในโมเดลทั้ง 4 แบบ

#### 4.4 สรุปผลการวิเคราะห์โมเดลทั้ง 4 แบบ

ซึ่งผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Cadmould สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สรุปผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Cadmould

|                        | แบบที่ 1<br>(Original) | แบบที่ 2 | แบบที่ 3 | แบบที่ 4 |
|------------------------|------------------------|----------|----------|----------|
| แรงบิดแม่พิมพ์<br>(kN) | 10597                  | 10995    | 11011    | 11857    |
| อุณหภูมิ (°C)          |                        |          |          |          |
| สูงสุด                 | 236.8                  | 236.0    | 235.2    | 211.5    |
| ต่ำสุด                 | 158.4                  | 141.7    | 137.5    | 138.1    |
| จำนวน gate             | 12                     | 10       | 11       | 10       |
| เวลาฉีด(sec)           | 2.155                  | 2.132    | 2.130    | 2.117    |
| น้ำหนักรวม(g)          | 77.0                   | 50.5     | 49.5     | 43.8     |

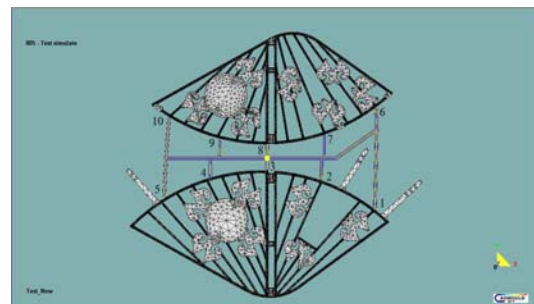
โดยการให้คะแนนจะให้คะแนน โดยเรียงลำดับที่ดีที่สุดไปถึงลำดับที่แย่ที่สุด แล้วให้คะแนนตามลำดับ จากคะแนนมากที่สุดไปหาคะแนนน้อยสุด ลำดับที่ดีที่สุดเป็นลำดับที่ 1 คะแนนเท่ากับ 3 ลำดับที่ 2

คะแนนเท่ากับ 2 ลำดับที่ 3 คะแนนเท่ากับ 1 และให้ความสำคัญกับแรงบิดแม่พิมพ์ การสมดุลการไหล อุณหภูมิและแรงดันโดยให้คะแนนเพิ่มเป็นอีก 1 ผลของการให้คะแนนแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบโดยการถ่วงคะแนน

|                        | แบบที่ 2 | แบบที่ 3 | แบบที่ 4 |
|------------------------|----------|----------|----------|
| แรงบิดแม่พิมพ์ได้ลำดับ | 1        | 2        | 3        |
| คะแนนที่ได้            | 3+1      | 2        | 1        |
| Fill by gate ได้ลำดับ  | 1        | 2        | 3        |
| คะแนนที่ได้            | 3        | 2        | 1        |
| อุณหภูมิได้ลำดับ       | 1        | 2        | 3        |
| คะแนนที่ได้            | 3+1      | 2        | 1        |
| ความดันได้ลำดับ        | 1        | 2        | 3        |
| คะแนนที่ได้            | 3+1      | 3+1      | 1        |
| จำนวน gate ได้ลำดับ    | 1        | 2        | 3        |
| คะแนนที่ได้            | 3+1      | 2        | 3+1      |
| เวลาฉีด ได้ลำดับ       | 3        | 2        | 1        |
| คะแนนที่ได้            | 1        | 2        | 3        |
| รวม                    | 19       | 14       | 11       |

ซึ่งจะพบว่าแบบที่ได้คะแนนสูงสุดและเหมาะสมในการนำไปแก้ไขแม่พิมพ์คือแบบที่ 2 เพราะมีการไหลที่สมดุลดีที่สุด มีน้ำหนักแตกต่างจากแบบอื่นๆไม่มากนัก จำนวนทางเข้าน้อย จากนั้นนำแบบที่ 2 คือค่าที่ได้คะแนนมากที่สุดมาลด runner ลงซึ่งจะได้ชิ้นงานตาม โมเดลแบบที่ 5 ซึ่งจะทำให้การลดขนาด runner จุดที่ 7, 9 ลงจาก 8 มม. เป็น 6 มม. ดังเห็นได้จากรูปที่ 13



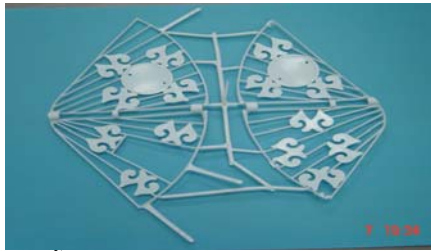
รูปที่ 13 ลักษณะ runner และตำแหน่ง gate ของโมเดล แบบที่ 5

จากการจำลองการฉีด พบว่าสามารถลดน้ำหนักลงได้อีกเล็กน้อย ขณะที่ผลทั่วไปกลับไม่แตกต่างจากเดิมยกเว้นการแก้ลดขนาดทางเข้าหมายเลข 7 และ 9 จาก 8 มิลลิเมตร เป็น 6 มิลลิเมตร จะส่งผลให้ชิ้นงานด้านบนและด้านล่างไหลเต็มแบบในเวลาใกล้เคียงกันเป็นการลดการเกิด Over packing ในชิ้นงานด้านบนลงไปได้ ผลการจำลองการฉีดแสดงดังในตารางที่ 5 โดยเมื่อนำผลที่ได้ไปทำการแก้ไขแม่พิมพ์แล้วพบว่า สามารถฉีดได้เต็มชิ้นงานทั้งด้านบนและด้านล่างในเวลาใกล้เคียงกัน รูปชิ้นงานฉีดจริงได้แสดงการเปรียบเทียบชิ้นงานก่อนแก้ไขแม่พิมพ์ดังในรูปที่ 14 และหลังจากการแก้ไขแม่พิมพ์ในรูปที่ 15





รูปที่ 14 ชิ้นงานก่อนการแก้ไขแม่พิมพ์ (โมเดล 1)

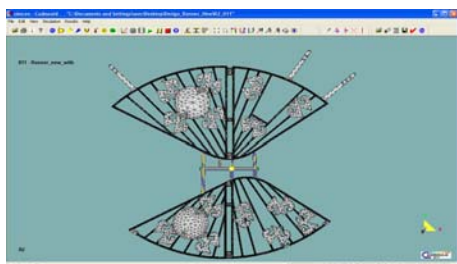


รูปที่ 15 ชิ้นงานภายหลังการแก้ไขแม่พิมพ์ตามโมเดลที่ 5

ตารางที่ 5 สรุปผลการจำลองการฉีดของโมเดลที่ 5

|                     | แบบที่ 2 | แบบที่ 5 |
|---------------------|----------|----------|
| แรงปิดแม่พิมพ์ (kN) | 10995    | 10649.37 |
| อุณหภูมิ (°C)       |          |          |
| สูงสุด              | 236      | 236.9    |
| ต่ำสุด              | 141.7    | 142.9    |
| ความดัน (bar)       | 2017     | 2010.2   |
| จำนวน gate          | 10       | 10       |
| เวลานี้ด (sec)      | 2.132    | 2.121    |
| ปริมาตร(g)          | 50.5     | 49       |

หากทำการวางตำแหน่งชิ้นงานใหม่ โดยการวางกลับด้านกับแบบเดิม ให้ปลายของแผงกันล้อด้านแคบหันเข้าหากัน แล้วจึงวาง runner และ gate จะได้โมเดลแบบที่ 6 ดังในรูปที่ 14 ซึ่งสามารถลดน้ำหนักลงได้จากโมเดลที่ 1 ถึง 30.3 กรัม



รูปที่ 16 ลักษณะ runner และตำแหน่ง gate ของโมเดลแบบที่ 6

## 5. สรุปผล

ผลการแก้ไขแม่พิมพ์ โดยการวิเคราะห์ด้วยไฟไนท์อีลิเมนต์ก่อน จะทำให้สามารถลดขนาดของ runner จากเดิมเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มม. เป็นขนาด 8 มม. และจำนวน gate จากเดิม 12 จุด เป็น 10 จุด ทำให้สามารถลดน้ำหนัก runner ของชิ้นงานแผงกันล้อก่อนแก้ไข จากเดิม

ชิ้นงานรวมระบบป้อนเติมก่อนแก้ไขหนัก 79.9 กรัม หลังแก้ไข ชิ้นงานรวมระบบป้อนเติมหนักเท่ากับ 50.6 กรัม สามารถลดน้ำหนักลงได้ 29.3 กรัม หรือคิดเป็นลดลงได้ร้อยละ 36.67 ทำให้ลดปริมาณพลาสติกที่ใช้ผลิตลงได้มาก โดยสามารถลดต้นทุนการผลิตได้เมื่อคิดราคาเม็ดพลาสติก HDPE ที่ 55 บาทต่อกิโลกรัมจะสามารถลดต้นทุนลงได้ 1.61 บาทต่อ 1 วัฏจักรการฉีด และหากจัดวางชิ้นงานใหม่ตามโมเดลในแบบที่ 6 จะสามารถลดน้ำหนักชิ้นงานรวมระบบป้อนเติมลงได้ถึง 30.3 กรัม หรือคิดเป็นลดลงได้ร้อยละ 61.32 ที่เดียว แต่การแก้ไขตามโมเดลที่ 6 จะต้องทำการกัด cavity ใหม่ทั้งสองข้างซึ่งยุ่งยากกว่าการแก้ไขในแบบที่ 5 ที่แก้ไขเฉพาะ runner และ gate เท่านั้น

## 6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และ บริษัท กรุงไทยพลาสติก จำกัด ที่ให้การสนับสนุนเครื่องมือ และอุปกรณ์ การทำวิจัยในครั้งนี้

## 7. เอกสารอ้างอิง

1. สุรติษฐ์ ไรจนันต์ สิริพร ไรจนันต์ 2550 "ผลของความแตกต่างของระดับความดันฉีดต่อช่วงเวลาภายหลังการเติมเต็มโพรแบบที่มีต่อชิ้นงานฉีดพลาสติกพอลิโพรพิลีนโดยวิธีไฟไนท์อีลิเมนต์" การประชุมวิชาการชาวจังหวัดวิศวกรรมอุตสาหกรรม โรงแรมรอยัลภูเก็ต ซิตี้ ครั้งที่ 16 วันที่ 24-26 ตุลาคม อ. เมือง ภูเก็ต หน้า 134.
2. Li, C.S. and Shen, Y.K., 1995, "Optimum Design of Runner System Balancing in injection molding", International Communication in Heat and Mass Transfer, Vol.22, pp 179-188.
3. Miguel, P., Juan, B. and Julio, B., 2003, "Limiting thickness estimation in polycarbonate lenses injection using CAE tools", Journal of Materials Processing Technology, pp 438-441.
4. Seow, L.W. and Lam, Y.C., 1996, "Optimizing Flow in plastic injection molding", Material Processing Technology [Electronic, Vol.72, pp.333-341.
5. Chun D.W., 1999, "Cavity filling of injection molding simulation: bubble and weld line formation", Material Processing Technology [Electronic], Vol.89-90, pp.177-181.
6. Stank, H.-D, 1970, Requirements of the sprue, its Fuction, Design of the Injection Molded part, sprue and Gate Problems in Injection Molding (G) series Ingenieurwissen VDI-Verlag, Düsseldorf.
7. Menges, G. and Mohren, P., 1986, How to Make Injection Molds, HANSER Publishers, Munich, Vienna, New York.