การออกแบบแม่พิมพ์ใช้สำหรับการฉีดขึ้นรูปบานพับพลาสติกสองปีกแบบไม่มีสลัก

Mold Design for Injection Molding of Plastic Pinless Butt Hinge

พงศ์เทพ วีระพงศ์[1*], เพลินพิศ บูชาธรรม[2], จุลศิริ ศรีงามผ่อง[1]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องมือและวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10140

โทร 02-4709213 โทรสาร 02-8729080 อีเมลล์ *king_to_great@hotmail.com

[2]สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10140

โทร 02-4708909 อีเมลล์ ploenpit.boo@kmutt.ac.th

Pongtep Weerapong[1*], Ploenpit Buchatham[2], Chulsiri Sringampong[1],

[1]Tool and Materials Engineering Department, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, 14140, Thailand

Tel: 02-4709213, Fax: 02-8729080 *E-mail king_to_great@hotmail.com

[2]Department of Chemistry, Faculty of Science, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, 14140, Thailand

Tel: 02-02-4708909, E-mail: ploenpit.boo@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับการออกแบบแม่พิมพ์สำหรับฉีดขึ้นรูปบานพับพลาสติกสองปีกแบบไม่มีสลัก ขนาดของบานพับที่ออกแบบคือ 100 x 75 x 6.25 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นขนาดของบานพับโลหะสองปีกตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ใช้กันในปัจจุบัน ขนาดความหนาของส่วนที่พับงอเป็นประเด็นหลักที่นำมาศึกษาเพื่อหาขนาดความหนาที่เหมาะสม มีความคงทนและง่ายต่อการพับงอคือ 0.5, 1.0 และ 1.5 มิลลิเมตร และได้ศึกษาการวิเคราะห์การไหลของพลาสติกหลอมเหลวโดยใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ในการลองผิดลองถูก เพื่อการหาตำแหน่งทางเข้าและขนาดทางวิ่งที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการเกิดการต้านทานการไหล การไหลไม่เต็มแม่พิมพ์ และเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเรียงตัวของสายโซ่โมเลกุลของพลาสติก หลังจากนั้นนำผลการวิเคราะห์ที่ได้ไปสร้างแม่พิมพ์จริงเพื่อฉีดขึ้นรูปบานพับพลาสติก โดยพลาสติกที่เลือกใช้ในการฉีดขึ้นรูปบานพับมี 2 เกรด ได้แก่ พอลิโพรพิลีน เกรด RP 440 N และ POLENE 2300 NCA แล้วนำบานพับที่ได้ไปทดสอบการทนต่อการพับงอเพื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงและสังเกตการเปลี่ยนรูปร่างของส่วนที่พับงอ จากการทดสอบพบว่าแม่พิมพ์ที่ใช้ในการฉีดขึ้นรูปบานพับพลาสติกจะต้องออกแบบให้มีทางเข้าแบบด้าน ข้างจำนวน 4 ทาง โดยมีการปรับขนาดทางวิ่งให้มีรูปแบบการไหลอย่างสมดุล สำหรับจำนวนการพับงอพบว่าบานพับพลาสติกที่ออกแบบสามารถพับงอได้มากกว่า 20,000 ครั้งขึ้นไป เมื่อสังเกตการเปลี่ยนรูปของส่วนที่พับงอพบว่าบานพับที่ผลิตจากพอลิพรอพิลีนทั้งสองเกรดคือ POLENE 2300 NCA และเกรด RP 440 N สามารถรักษาสภาพเดิมได้ และพบว่าบานพับที่มีขนาดของส่วนที่พับงอ 0.5 มิลลิเมตร สามารถพับงอได้ง่ายและดีที่สุด

Abstract

This research concerned with mold design for injection molding of plastic pinless butt hinge having dimension of 100 mm x 75 mm x 6.25 mm based on the commercial metal butt hinge standard. Polypropylene grade RP 440N and POLENE 2300 NCA were chosen for this injection molding study. Thickness of the flexible region was the main issue to be considered in which the variable thickness of flexible part was from 0.5, 1.0 to1.5 mm. In addition, the designs were analyzed and simulated by Finite Element Method in order to determine the proper gate location and the runner dimension and injection molding tryouts were also conducted. Due to the increase of fluidity resistance at hinges during molding, several defects such as hesitation effects, short shot or premature failure can occur with the improper selection of gate location. The analytical results were used in mold fabrication and plastic injection molding. It was found that four side gates

systems injection mold with balanced runner were the most appropriate design and gave the most effective processing and qualified products. Plastic pinless butt hinges obtained were found to be resistant to bending more than 20,000 times without any change of the dimension of plastic pinless butt hinge observed. As expected, the easiest use of plastic pinless butt hinges was investigated to be the ones having 0.5 mm thickness of hinges.

1. บทนำ

ปัจจุบันบานพับโลหะแบบสองปีกเป็นบานพับที่นิยมใช้กันมากในการติดตั้งอุปกรณ์ ปัญหาที่เกิดกับบานพับโลหะที่พบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน เช่น การเกิดสนิม เสียงดังที่เกิดจากการเปิดปิดประตู แต่ในบางกรณีปัญหาเหล่านี้ควรจะหลีกเลี่ยง เช่น ในห้องทดลองทางวิทยาศาสตร์ ในโรงพยาบาล ในโรงงานอุตสาหกรรม ในเรือเดินสมุทร และแม้แต่ในอาคารที่พักอาศัย เป็นต้น การนำพลาสติกมาใช้ในการผลิตบานพับแบบสองปีก เป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถช่วยแก้ปัญหาการเกิดสนิม การกันกร่อนจากสารเคมีต่างๆ และลดเสียงดังที่เกิดจากแรงเสียดสีระหว่างการหมุนและยังลดต้นทุนการผลิตได้อีกด้วย

พฤติกรรมการไหลของพลาสติกหลอมเหลวเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องจะพิจารณาในกระบวนการฉีดขึ้นรูปบานพับพลาสติกไม่มีพินแบบสองปีก เนื่องจากลักษณะของบานพับจะมีส่วนที่บางเชื่อมระหว่างส่วนที่หนาทั้งสองด้าน การไหลของพลาสติกจะไหลจากส่วนที่หนาไปยังส่วนที่บางและไหลไปยังส่วนที่หนาอีกด้าน ด้วยลักษณะการไหลเช่นนี้จะทำให้พลาสติกไหลช้าลง เนื่องจากเกิดความต้านทานการไหล (Hesitation effect) เพิ่มขึ้น ด้วยเหตุนี้จะทำให้ความหนืดของพลาสติกเพิ่มขึ้น อาจทำให้การไหลของพลาสติกหลอมเหลวเป็นไปอย่างไม่สมบูรณ์อาจทำให้พลาสติกหลอมเหลวไหลไม่เต็มแม่พิมพ์ (Short shot)

โครงสร้างของการจัดเรียงสายโซ่โมเลกุลก็เป็นสิ่งหนึ่งที่ควรพิจารณา เพราะความแข็งแรงและความทนทานของบานพับเกิดจากการจัดเรียงตัวของสายโซ่โมเลกุลซึ่งควรเป็นระเบียบตามแนวทิศทางการไหล [1] เมื่อพลาสติกหลอมเหลวไหลอย่างไม่สมดุลผ่านส่วนที่พับงอ หรือเกิดรอยเชื่อมประสาน (Weld lines) ของแนวขยายตัวของพลาสติกด้านหน้า จะทำให้บานพับไม่แข็งแรง พลาสติกที่จะนำมาขึ้นรูปเป็นบานพับควรมีลักษณะโครงสร้างแบบกึ่งผลึกเพราะโครงสร้างโมเลกุลมีความสม่ำเสมอและมีความยืดหยุ่นได้ดี เนื่องจากบานพับจะมีการใช้งานมากในส่วนที่พับงอที่ใช้ในการปิดเปิด

การนำโปรแกรมแบบจำลองการไหลมาวิเคราะห์ชิ้นงาน [2, 3] เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตบานพับมีความจำเป็นที่ต้องทราบสภาวะของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการไหลของพลาสติก รูปแบบการไหลของพลาสติกหลอมเหลวที่เกิดขึ้น อีกทั้งจะต้องคำนึงถึงลักษณะของแม่พิมพ์อีกด้วย

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเลือกใช้พลาสติก

การเลือกชนิดของพลาสติกที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับความต้องการนำไปใช้งาน บานพับส่วนใหญ่จะผลิตจากวัสดุที่มีความเหนียวและแข็งแรงสูง เพื่อให้สามารถมีความทนทานต่อการใช้งาน

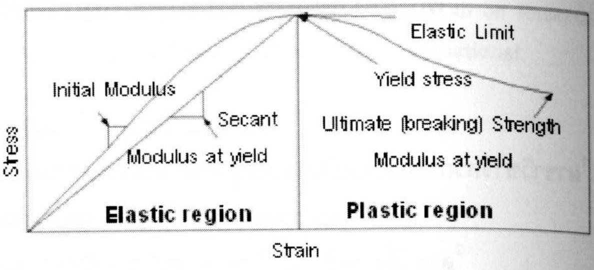


Figure1 Typical stress/strain curve for plastic selection [4]

จากรูปที่ 1 เป็นสมบัติทางฟิสิกส์ที่ใช้ในการพิจารณาเลือกชนิดของพลาสติกที่จะนำมาฉีดขึ้นรูปเป็นบานพับ ในการออกแบบบานพับ ควรมีระยะที่บานพับสามารถยืดตัวได้มากที่สุด (Maximum strain) อยู่ในช่วงอีลาสติก (Elastic region) ซึ่งเป็นช่วงที่พลาสติกสามารถคืนตัวได้หลังจากสิ้นสุดการพับงอ หากการพับงอของบานพับพลาสติกมีระยะยืดตัวอยู่ในช่วงพลาสติก (Plastic region) ซึ่งเป็นช่วงที่มีการเปลี่ยนรูปอย่างถาวร และจะมีความคงทนต่อการพับงอต่ำ[4] จากสมบัติทางฟิสิกส์ดังกล่าวจะนำมาประกอบการพิจารณากับตารางสมบัติทางฟิสิกส์ของพลาสติกชนิดต่างๆ เพื่อเลือกพลาสติกที่มีความเหมาะสมสำหรับฉีดขึ้นรูปบานพับ

Table1 Physicals properties of each material [5]

Type of Plastic	Flexural Modulus (GPa)	Max. Tensile Strength (MPa)	Tensile Modulus (GPa)	Max. Elongation at yield (%)
POM	2.6-2.8	69	2.8-3.6	25-75
PA6,6	1.2-2.8	59-87	2.6-3.3	60-300
PC	2.1-2.4	59-62	2.2-2.3	90-115
PP	1.2-1.7	33-38	1.1-1.5	30->200
HDPE	0.6-1.0	37	0.7-1.0	500-100
LDPE	0.007-0.2	6-17	0.1- 0.2	80-725
PVC	2.6-4.0	38-55	2.4-2.7	2-10

จากตารางที่ 1 แสดงสมบัติทางของพลาสติกชนิดต่างๆ ที่ใช้เป็นหลักในการพิจารณาเลือกชนิดของพลาสติกที่ใช้ในการฉีดขึ้นรูปเป็นบานพับ ได้แก่ ระยะยืดออกสูงสุด ค่าโมดูลัส ค่าแรงดึงสูงสุด เมื่อพิจารณาค่าการยืดตัวสูงสุดและความแข็งแรง พบว่าพอลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง (HDPE) และ พอลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นต่ำ (LDPE) มีสมบัติด้อยกว่าพอลิพรอพีลีน (PP) และพอลิเอไมด์ (PA-6,6)

และพอลิคาร์บอเนต (PC) ส่วนพอลิคาร์บอเนต แม้มีความเหมาะสมด้านสมบัติเชิงกล แต่เมื่อพิจารณาโครงสร้างโมเลกุล พอลิคาร์บอเนตมีการจัดเรียงตัวแบบอสัณฐาน (Crystalline structure) ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการนำไปผลิตเป็นบานพับ ส่วนพอลิเอไมด์ (PA-6,6) มีราคาสูง ดังนั้นการวิจัยนี้จึงเลือกใช้พอลิพรอพิลีนในการนำไปผลิตบานพับ เพราะพอลิพรอพิลีนเป็นเทอร์โมพลาสติกพลาสติกที่มีราคาค่อนข้างถูก มีสมบัติเด่นเฉพาะตัวคือ มีการจัดเรียงตัวแบบกึ่งผลึก มีความถ่วงจำเพาะต่ำ อุณหภูมิบิดตัวสูง มีความทนทานต่อสารเคมีดี จึงเหมาะการนำมาใช้ในการผลิตบานพับ

สำหรับงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้คือ พอลิพรอพิลีน 2 เกรด คือ Polypropylene เกรด Moplen RP440N และ Polypropylene เกรด POLENE 2300 NCA สมบัติของพอลิพรอพิลีนทั้ง 2 เกรดเปรียบเทียบกัน ดังแสดงในตารางที่ 2

Table 2 Characteristics of RP 440 N and POLENE 2300 NCA Polypropylene [6-7]

Material properties	RP 440 N	POLENE 2300 NCA
Melt flow rate(dg/min)	11	10
Tensile Strength at Yield (n/mm^2)	33	30
Flexural modulus (MPa)	1400	1450
Elongation at yield (%)	11	17

2.2 การออกแบบบานพับพลาสติก

ผู้วิจัยได้ออกแบบบานพับพลาสติกสองปีกแบบไม่มีสลักโดยใช้ซอฟแวร์ CAD ให้มีขนาดกว้าง x ยาว x หนา เท่ากับ 75 x 100 x 6.25 มิลลิเมตร ซึ่งกำหนดให้ความหนาของบานพับพลาสติกส่วนที่เป็นปีกเท่ากับ 6.25 มิลลิเมตรซึ่งเท่ากับความหนาของบานพับพลาสติกที่มีผู้ผลิตในต่างประเทศ และความหนาในส่วนที่พับงอ (T) มีขนาดต่างกันคือ 0.5, 1.0 และ 1.5 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 2 นำบานพับพลาสติกที่ได้จากการขึ้นรูปไปทดสอบการพับงอเพื่อหาขนาดของส่วนที่พับงอที่เหมาะสมเพียงขนาดเดียว นอกจากนี้ความกว้างและความยาวของชิ้นงาน ตำแหน่ง ขนาด และจำนวนรูสกรูเป็นไปตามแบบของบานพับสองปีกตามมาตรฐานของผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.759-2531 ก่อนที่จะนำชิ้นงานที่ได้ไปวิเคราะห์จะต้องใช้การเมทชิ้นงานเพื่อให้เกิดการวิเคราะห์ที่แม่นยำมากที่สุด ดังรูปที่ 3

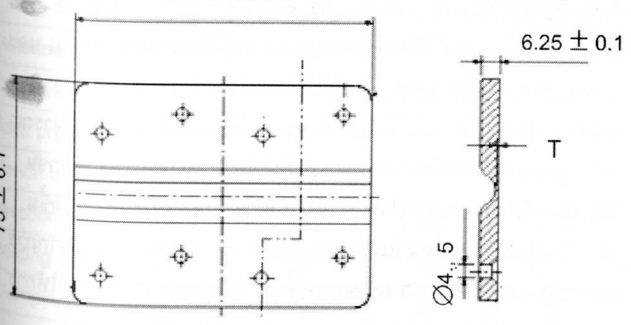


Figure 2 Geometry of Plastic pinless butt hinge

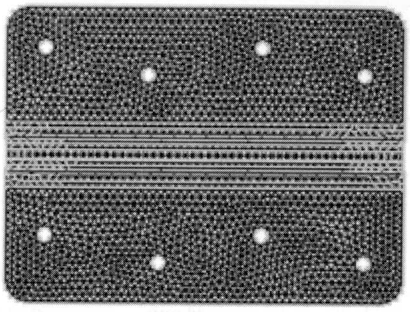
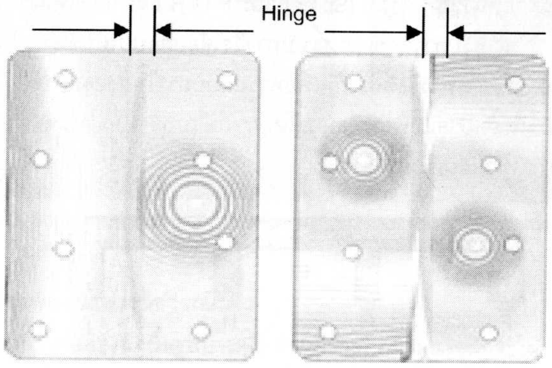


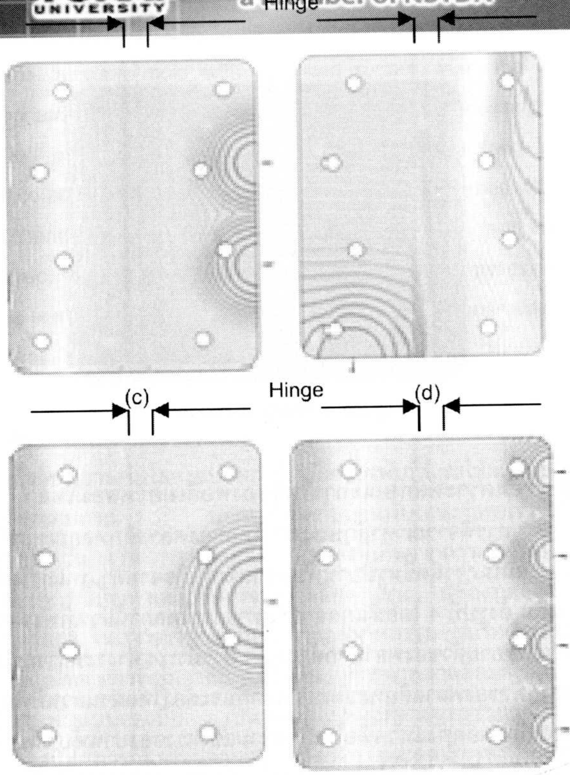
Figure 3 Analysis model

2.3 การวิเคราะห์ลักษณะการไหลของพอลิเมอร์หลอมเหลว

การพิจารณาหาลักษณะการไหลของพลาสติกหลอมเหลวที่เหมาะสมในการฉีดขึ้นรูปบานพับพลาสติกที่เกิดจากตำแหน่งทางเข้าที่ต่างกัน ดังรูปที่ 4 โดยสังเกตจากทิศทางการไหลผ่านส่วนที่พับงอและแนวการขยายตัวของพลาสติกด้านหน้า ควรมีระยะห่างระหว่างแนวการขยายตัวของพลาสติกหลอมเหลวเท่ากันจะต้องไหลผ่านส่วนที่พับงอพร้อมกันตลอดทั้งแนว เพื่อให้เกิดความแข็งแรงของบานพับ เนื่องจากการจัดเรียงตัวของสายโซ่โมเลกุลจะจัดตัวตามแนวทิศทางการไหลของพลาสติกหลอมเหลวดังนั้นตำแหน่งทางเข้าที่เหมาะสมคือ รูป f ส่วนรูป a-e เกิดการต้านทานการไหลในส่วนที่พับงอ สังเกตได้จากแนวการขยายตัวของพลาสติกด้านหน้า พบว่าแนวการขยายตัวของพลาสติกหลอมเหลวอยู่ชิดกันเนื่องพลาสติกไหลถึงส่วนที่บางซึ่งเป็นบริเวณที่มีการต้านทานการไหลสูงกว่าทำให้เกิดการชะลอการไหลเพื่อรอให้ชิ้นงานในส่วนที่หนากว่าถูกเติมเต็มก่อนเพราะบริเวณที่มีความหนามากกว่ามีความต้านทานการไหลต่ำกว่า มักจะเกิดเมื่อมีการเติมพลาสติกหลอมเหลวเข้าสู่ชิ้นงานที่มีความหนาไปบางไปหนา [8] หลังจากนั้นออกแบบระบบทางวิ่งที่มีการเติมพลาสติกหลอมเหลวอย่างสมดุลโดยแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อพิจารณาในการออกแม่พิมพ์



(a) (b)

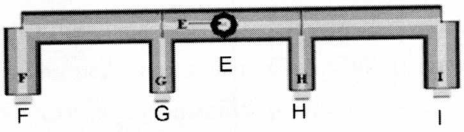


(e) (f)

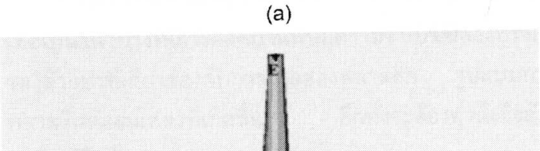
Figure 4 Predicted flow front for each gate location

2.4 การออกแบบและการวิเคราะห์การไหลของระบบทางวิ่ง

การหารูปแบบการไหลที่สมดุลโดยสามารถพิจารณาได้จากแนวการขยายตัวของพลาสติกด้านหน้า เพื่อให้ได้ขนาดของทางวิ่งที่เหมาะสมที่สุด การทดสอบจะใช้ตำแหน่งทางเข้าที่เหมาะสมที่ผ่านการทดสอบมาแล้วข้างต้น และตำแหน่งของทางเข้าและทางวิ่งที่แตกต่างกันดังรูปที่ 5 กระบวนการจะเสร็จสิ้นเมื่อรูปแบบการเติมได้เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ โดยกำหนดให้ A B C และ D แทนตำแหน่งของทางเข้า E แทนตำแหน่งของทางฉีด (Sprue) และ F G H I แทนตำแหน่งของทางวิ่ง สำหรับการออกแบบระบบทางวิ่งได้ออกแบบให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของทางวิ่งที่ต่างกันเพื่อหารูปแบบการไหลของพลาสติกหลอมเหลวเข้าสู่แม่พิมพ์ที่สมดุลโดยการใช้แบบจำลองการไหลด้วยวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์ดังรูปที่ 6



(a)



(b)

Figure 5 Runner system (a) top and (b) side view

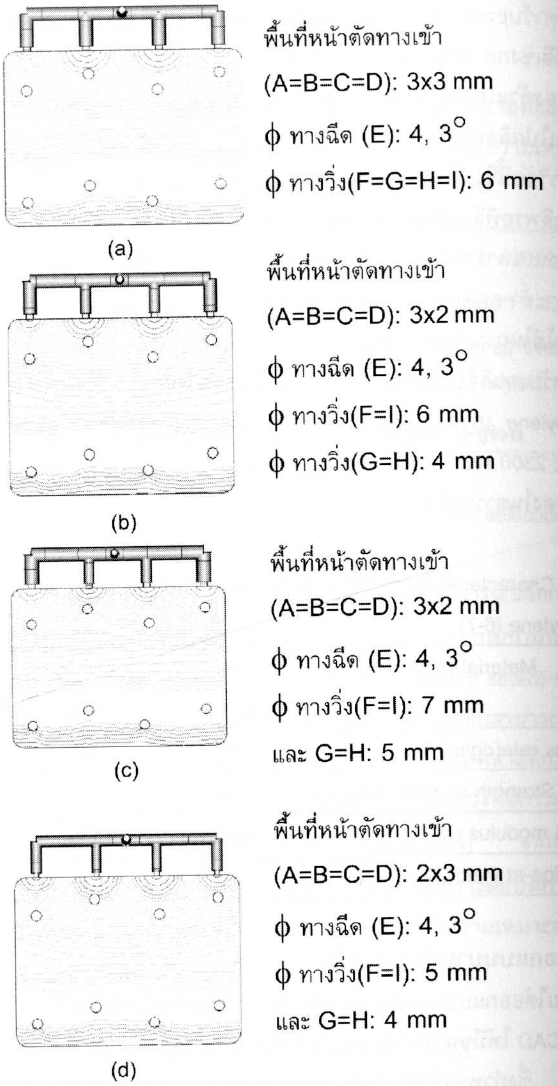


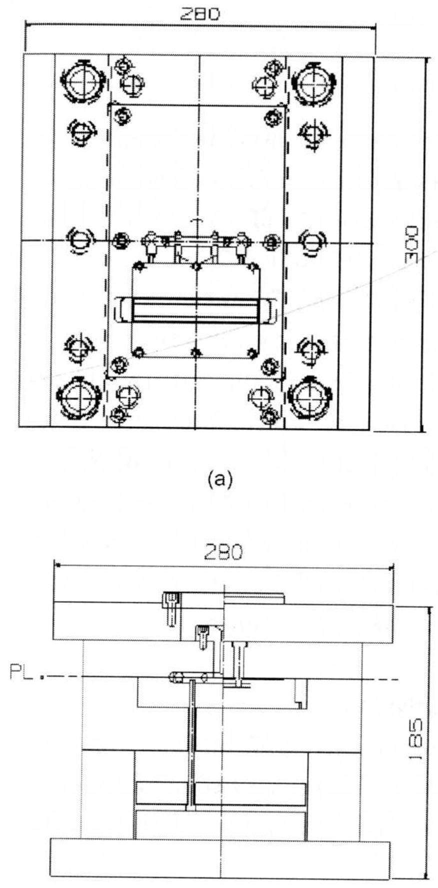
Figure 6 Predicted flow front for each runner system

จากการวิเคราะห์การไหลของพลาสติกหลอมเหลวด้วยแบบจำลองการไหล ผลปรากฏว่าระบบทางวิ่งในแบบ C มีรูปแบบการไหลที่สมบูรณ์ที่สุด เนื่องจากแนวการขยายตัวของพลาสติกด้านหน้ามีการไหลอยู่ในระดับเดียวกัน จึงเลือกขนาดตามการออกแบบแบบ C มาทำการออกทางวิ่งในการออกแบบแม่พิมพ์

2.5 การออกแบบแม่พิมพ์และการฉีดขึ้นรูปบานพับพลาสติก

จากรูปที่ 7 แสดงแม่พิมพ์ที่ได้ออกแบบซึ่งเป็นแม่พิมพ์แบบสองแผ่น ประกอบด้วยหนึ่งคาวิตี้ โดยใช้ตำแหน่งทางเข้า ขนาดทางวิ่ง จากผลการวิเคราะห์ข้างต้น ขนาดแม่พิมพ์เท่ากับ 300 x 280 x 185 มิลลิเมตร เครื่องฉีดที่ใช้ในการทดลองมีค่าแรงปิดแม่พิมพ์ 50 ตัน และค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการฉีดขึ้นรูปดังแสดงในตารางที่ 3 และ 4 จากผลการศึกษาออกแบบโดยนำการนำซอฟแวร์ Moldflow [9] และพิจารณาสมบัติของพลาสติกที่ใช้ทำมาพิจารณาทดลองฉีดบานพับพลาสติกจนได้ชิ้นงานที่มีความสมบูรณ์ทำให้ได้บานพับพลาสติกที่ผ่านการฉีดขึ้นรูป มีความแข็งแรงในส่วนที่พับงอและมีอายุการใช้งานนานได้จากการทำการพับงอบานพับ 2-3 ครั้งขณะที่ชิ้นงานยังอุ่นอยู่เพราะจะทำให้การ

จัดเรียงตัวของสายโซ่โมเลกุลดีกว่าเดิมและบานพับจะมีสมบัติดียิ่งๆขึ้นไป [4]



(a)

[Unit: mm] (b)

Figure 7 The simplified geometry of the cavity mold designed (a) top and (b) side view.

Table 3 Parameters set-up of RP 440N injection molding machine

Parameters	Thickness of flex region		
	0.5 mm	1.0 mm	1.5 mm
Melt Temperature (°C)	240	240	240
Mold temperature (°C)	50	50	50
Diameter screw(mm)	28.8- 41.59	29-41.8	29.3-42.3
Barrel temperature(°C)	240,240, 240,240	240,240, 240,240	240,240, 240,240
Metering stroke(mm)	58.7	59.8	61.46
Cushion(mm)	5	5	5
Back pressure (bar)	10	10	10
Switch over(mm)	17.6	17.79	18.44
Injection pressure (bar)	86	76	72.8
Holding pressure (bar)	72.7	60	58.3
Clamping force(ton)	19	19	19
Demold temperature(°C)	97	97	97

Table 4 Parameters set-up of POLENE 2300 NCA injection molding machine

Parameters	Thickness of flex region		
	0.5	1.0	1.5
Melt Temperature (°C)	220	220	220
Mold temperature (°C)	40	40	40
Diameter screw(mm)	28.8-41.59	29-41.8	29.3-42.3
Barrel temperature (°C)	215,215 215,215	215,215 215,215	215,215 215,215
Metering stroke(mm)	58.7	59.8	61.46
Cushion(mm)	5	5	5
Back pressure (bar)	10	10	10
Switch over (mm)	17.6	17.79	18.44
Injection pressure (bar)	12.8	11	10.5
Holding pressure (bar)	10.5	8.8	8.5
Demold temperature(°C)	115	115	115

2.6 การทดสอบบานพับ

เมื่อฉีดขึ้นรูปบานพับพลาสติกได้เป็นชิ้นงานที่สมบูรณ์แล้วจะต้องนำชิ้นงานที่ได้ไปทดสอบการพับงอด้วยเครื่องทดสอบการพับงอก่อนนำไปใช้งาน เครื่องทดสอบการพับงอดังรูปที่ 8 นี้ประกอบด้วย มอเตอร์ 1/4 แรงม้า ความเร็วรอบ 1,450 รอบต่อนาที เกียร์บล็อกทดรอบความเร็วมอเตอร์ที่อัตรา 1:60 สามารถทดสอบชิ้นงานได้ 24 รอบต่อนาที•มุมที่ใช้ในการทดสอบการปิดเปิดบานพับคือ 70 ± 5 องศา [10]

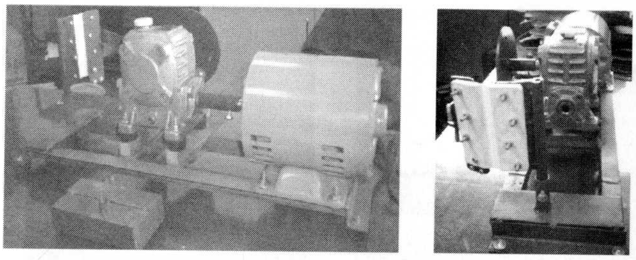


Figure 8 Schematics of plastic pinless butt hinge testing machine

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

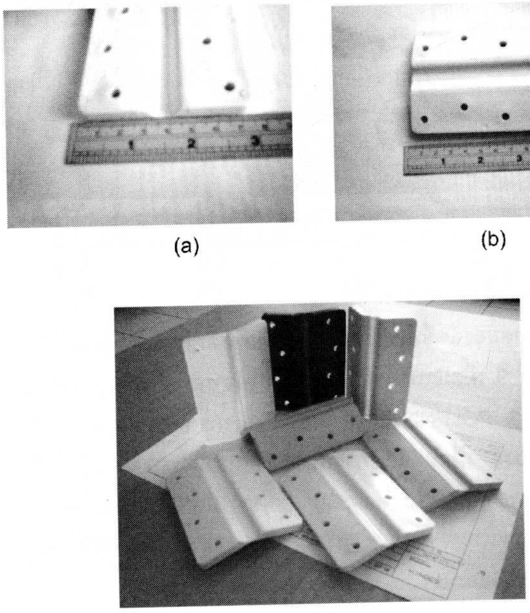
จากการทดลองฉีดขึ้นรูปบานพับด้วยพลาสติกทั้งสองชนิดจะได้ชิ้นงานดังรูปที่ 9 เมื่อนำบานพับพลาสติกที่ได้จากการฉีดขึ้นรูปจากพอลิพรอพิลีนเกรด POLENE 2300 NCA และเกรด RP 440 N ไปทดสอบการพับงอ เมื่อทดสอบการพับงอมากกว่า 20,000 ครั้งขึ้นไป พบว่าบานพับพลาสติกมีสมบัติและขนาดรูปร่างไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมโดยมีการพิจารณาระยะเวลาของ1รอบการผลิตของพลาสติกทั้งสองเกรดดังตารางที่ 5และ 6

Table 5 Processing condition of RP 440 N Pinless Butt Hinge having different flex thickness

Processing condition	Flex region thickness of Hinge		
	0.5 mm	1.0 mm	1.5 mm
Injection time (Sec)	0.7	0.7	0.7
Holding time (Sec)	10	10	10
Cooling time (Sec)	65	65	65
Mold-open time (Sec)	2	2	2
Mold-close time (Sec)	2	2	2
Demolding time (Sec)	0.5	0.5	0.5
Cycle time (Sec)	80.2	80.2	80.2

Table 6 Processing condition of POLENE 2300 NCA Pinless Butt hinge having different flex thickness

Processing condition	Flex region thickness of Hinge		
	0.5 mm	1.0 mm	1.5 mm
Injection time (Sec)	0.6	0.6	0.6
Holding time (Sec)	8.25	8.25	8.25
Cooling time (Sec)	44.2	44.2	44.2
Mold-open time (Sec)	2	2	2
Mold-close time (Sec)	2	2	2
Demolding time (Sec)	0.5	0.5	0.5
Cycle time (Sec)	57.5	57.5	57.5



(a) (b)

(c)

Figure 9 Hinges obtained by injection molding tryouts: (a) and (b) Dimensions of injection molding pinless butt hinge. (c) Series of injection molding pinless butt hinge.

4. สรุป

จากผลการศึกษาพบว่าแม่พิมพ์ที่มีความเหมาะสมในการฉีดขึ้นรูปบานพับพลาสติกจะต้องออกแบบให้มีทางเข้าแบบด้านข้างจำนวน 4 ทางและมีการปรับขนาดทางวิ่งให้มีรูปแบบการไหลอย่างสมดุลหลังจากนั้นนำไปออกแบบและสร้างแม่พิมพ์จริง ระยะเวลาของ 1 รอบการผลิตบานพับพลาสติกที่ผลิตจากพอลิพรอพิลีนเกรด RP 440 Nจากตารางที่ 5 ใช้เวลามากกว่า POLENE 2300 NCAจากตารางที่ 6 ท่ากับ 29.75 วินาทีสำหรับจำนวนครั้งของการพับงอพบว่าบานพับพลาสติกที่ทำจากพอลิพรอพิลีนทั้งสองเกรด สามารถพับงอมากกว่า 20,000 ครั้ง เมื่อสังเกตการเปลี่ยนรูปของส่วนที่พับงอพบว่าบานพับที่ผลิตจากพอลิพรอพิลีนเกรด POLENE 2300 NCA และเกรด RP 440 N พบว่าขนาดรูปร่างไม่เปลี่ยนแปลงสภาพไปจากเดิม เมื่อเปรียบเทียบความง่ายในการพับงอพบว่าบานพับที่มีขนาดความหนาของส่วนที่พับงอ 0.5 มิลลิเมตร สามารถพับได้ง่ายและดีที่สุด

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บริษัทไทยซัมมิท โมล แมนูแฟคเจอริ่ง จำกัด สำหรับการให้ความอนุเคราะห์ในการใช้งานซอฟแวร์Moldflow มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีสำหรับทุนสนันสนุนการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] Beaumont, J.P., Nagel, R. and Sherman, R., 2002, Successful injection molding: process, design and simulation, Hanser, Munich, p.89.

[2] Kim, H.S., Son, J.S. and Im, Y.T.,2003, Gate location design in injection molding of an automobile junction box with integral hinges, Journal of material processing technology, Vol.140, No. 1, pp. 110-115.

[3] Brannon P.J., 2000, The effects of mold filling on living hinge performance, ANTEC 2000 Conference proceeding (373) vol.3, pp. 3074-3078.

[4] Paul A. Tres, 2002,http://engr.bd.psu.edu/pkoch/ (accessed on November 2006).

[5] จินตมัย สุวรรณประทีป, 2547, การทดสอบสมบัติทางกลของพลาสติก, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ, หน้า 53-55

[6] Product data of RP 440 N PP, 2006, http://www.hmcpolymer.com/products/random_/RP440N.pdf (accessed on August 2006).

[7] Product data of POLENE 2300 NCA http://www.irpc.co.th/Product/PP/PP_BLOCK/2300NCA.html (accessed on July 2006).

[8] Beaumont P. John, 2004, Runner and gating design handbook, Hanser Gardner Publication Inc., Munich, pp 45-47.

[9] Moldflow Corporation, 2003, Moldflow User Manual Release 4.0, Massachusetts: USA, Moldflow Pty.

[10] Thai Industrial Standards Institute, 2549, http://www.tisi.go.th/standard/catalog.html (accessed July 2006)