

การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกตามจับไฟฉายแอลอีดี แฮนด์ เฮล เวิร์ค แล็ม Plastic Injection Mold Design and Construction for LED flashlight Handle, Handshel Worklam.

พรเทพ ไทยสวัสดิ์¹, พงศกร อุ๋นสุพรรณ^{2*} และธีรรัช จันทราช³

Porntep Thaisawat¹, Phongsakorn Unsuphan^{2*} and Theerarat Janthalakajorn³

^{1,2,3}สาขาเทคโนโลยีแม่พิมพ์ วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี สถาบันการอาชีวศึกษาภาคกลาง 1 ปทุมธานี 12000

Mold and Die Technology Department, Pathumthani Technical College,

Institute of Vocational Education : Central Region 1, Pathumthani 12000

Received : December 6, 2018 Revised : December 27, 2018 Accepted : March 14, 2019

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกตามจับไฟฉายแอลอีดี แฮนด์ เฮล เวิร์ค แล็ม 2) เพื่อสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกตามจับไฟฉายแอลอีดี แฮนด์ เฮล เวิร์ค แล็ม 3) เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับงานฉีดพลาสติก ABS (AP-102) โดย การพิจารณาประเมินผลการออกแบบและการสร้างโดยผู้เชี่ยวชาญจากบริษัทวิเชียรไดนามิค มีผลประเมินอยู่ ระดับดี มีการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมคือ อุณหภูมิในการฉีดอยู่ที่ 220 องศาเซลเซียส ความดันฉีดของสกรูอยู่ที่ 170 เมกะปาสคาล ความดันย้า 150 เมกะปาสคาลเวลาในการฉีด 1.5 วินาที และใช้เวลาหล่อเย็นที่ 20 วินาที มีความผิดพลาดทางด้านรูปทรงโดยเฉลี่ยดีกว่า 0.18 มม.

คำสำคัญ : ออกแบบแม่พิมพ์, ความดันฉีด

Abstract

The research objectives were: 1) To design plastic injection mold. 2) To construct plastic injection mold. 3) To find the proper parameter for the injection. It has been carried out since the design and construction of 2-Plate Plastic Injection Mold. The evaluation considering of design and construction by experts from Wichian Dynamic Company with evaluation results at good level. The optimum parameters are determined : injection temperature was 220 degrees

*นายพงศกร อุ๋นสุพรรณ

E-mail : korn221018@gmail.com

Celsius, the injection pressure of the screw was 170 MPa., repeated pressure 150 MPa., injection time 1.5 seconds and cooling time was at 20 seconds. The shape error of the average was better than 0.18 mm.

Keywords : Mold Design , Injection pressure

1. บทนำ

พลาสติกเป็นวัสดุสังเคราะห์ที่มนุษย์รู้จักมานานและนำมาใช้ประโยชน์แทนโลหะ ไม้ หรือวัสดุธรรมชาติอื่น ๆ เช่น หล่อเป็นลำเรือและชิ้นส่วนของยานยนต์ ภาชนะและวัสดุ บรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ รวมทั้งอุปกรณ์และเครื่องใช้อื่น ๆ อีกมาก ปัจจุบันพลาสติกมีบทบาทอย่างยิ่งในชีวิตประจำวัน เราจะพบเห็นพลาสติกในรูปของผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย อาทิเช่น แปรงสีฟัน หวี กล่องใส่สบู่ ขวดและกระปุกเครื่องสำอาง เครื่องประดับ ประตูกองน้ำ เสื้อผ้า กระดุม ถังเท้า รองเท้า เครื่องใช้ไฟฟ้า วิทยุ โทรศัพท์ ถ้วย จาน โต๊ะ เก้าอี้ เครื่องตกแต่งบ้าน ชิ้นส่วน รถยนต์และพาหนะอื่น ๆ กระเป๋า เครื่องใช้สำนักงานต่าง ๆ ตลอดจนอุปกรณ์ที่ใช้ทางการแพทย์ พลาสติกเป็นวัสดุที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้นโดยการนำวัตถุดิบที่ได้จากธรรมชาติ เช่น น้ำมันปิโตรเลียมมาแยกเป็นสารประกอบ บริสุทธิ์หลายชนิดซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารประกอบระหว่างคาร์บอน (ถ่าน) กับก๊าซไฮโดรเจน พลาสติกแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ เทอร์โมพลาสติก และเทอร์โมเซตติงพลาสติก (บรรเลง ศรีนิล และชาติรี รัตนวงศ์, 2534) เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) เป็นพลาสติกที่ใช้กันแพร่หลายที่สุดในโลก เมื่อได้รับความร้อนจะอ่อนตัว และเมื่อเย็นลงจะแข็งตัวสามารถเปลี่ยนรูปได้ พลาสติกประเภทนี้

โครงสร้างโมเลกุลเป็นโซ่ตรงยาว มีการเชื่อมต่อระหว่างโซ่พอลิเมอร์น้อยมากจึงสามารถหลอมเหลวหรือเมื่อผ่านการอัดแรงมากจะไม่ทำลายโครงสร้างเดิมตัวอย่างพอลิเอทิลีน พอลิโพรพิลีน พอลิสไตรีน มีสมบัติพิเศษคือเมื่อหลอมแล้วสามารถนำมาขึ้นรูปกลับมาใช้ใหม่ได้เทอร์โมเซตติงพลาสติก (Thermosetting plastic) เป็นพลาสติกที่มีสมบัติพิเศษ คือทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและทนปฏิกิริยาเคมีได้ดีเกิดคราบและรอยเปื้อนได้ยาก คงรูปหลังการผ่านความร้อนหรือแรงดันเพียงครั้งเดียว เมื่อเย็นลงจะแข็งมาก ทนความร้อนและความดันไม่อ่อนตัวและเปลี่ยนรูปร่างไม่ได้ แต่ถ้าอุณหภูมิสูงก็จะแตกและไหม้เป็นขี้เถ้า สีดำ พลาสติกประเภทนี้โมเลกุลจะเชื่อมโยงกันเป็นร่างแหจับกันแน่น แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลแข็งแรงมาก จึงไม่สามารถนำมหลอมเหลวได้ กล่าวคือ เกิดการเชื่อมต่อข้ามไปมาระหว่างสายโซ่ของโมเลกุลของโพลิเมอร์ ปัจจุบันบริษัท วิเชียร โปรเกรสซีฟพาร์ท จำกัด เป็นสถานประกอบการมีการจัดทำสินค้าใหม่ประเภทไฟส่องสว่าง และไฟสัญญาณ นั่นคือตัวด้ามไฟฉายซึ่งเป็นส่วนประกอบของตัวไฟส่องสว่าง และไฟสัญญาณ มักมีปัญหาในการผลิต เช่น ชิ้นงานไม่ได้คุณภาพ การยุบตัวของผิวพลาสติกเนื่องจากแรงดันที่ไม่เหมาะสม มีครีบเยอะเนื่องจากใช้แรงดันเกินกว่าแรงที่ใช้ในการปิดแม่พิมพ์ ทำให้มีผลไปสู่ ขั้นตอนของการประกอบชิ้นงานได้เข้าต้องมีการปรับแต่งชิ้นงานจากการฉีดพลาสติกเป็นการเพิ่มขั้นตอนการทำงานเพิ่มคนงานทำให้เกิดต้นทุนในการผลิตเพิ่มมากขึ้นทำให้ระยะเวลาในการผลิตมีมากขึ้นตามไปด้วย ผู้วิจัยจึงเห็นปัญหาที่ควรศึกษาและดำเนินการสร้างแม่พิมพ์สำหรับฉีดพลาสติกเพื่อใช้งานในการผลิตได้มาตรฐานที่กำหนดไว้และมีคุณภาพ ซึ่งมีจำนวนมากและต้องการใช้ระยะเวลาในการผลิตที่รวดเร็ว ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์สำหรับฉีดพลาสติกด้ามจับไฟฉาย แอลอีดี แชนด์ เฮล เวอร์ค แล็ม และทำการศึกษาวิจัยหาค่าพารามิเตอร์ที่เป็นค่ามาตรฐานของแม่พิมพ์พลาสติก เพื่อที่จะได้มีการผลิตที่รวดเร็วยิ่งขึ้น และผลิตได้จำนวนมาก เพื่อให้ได้ขนาดรูปร่าง รูปทรง ที่เท่ากันและเหมือนกันทุกชิ้น ซึ่งแม่พิมพ์จะมีส่วนช่วยในการผลิตชิ้นงานและช่วยลดเวลาของเสีย ที่จะเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ซึ่งจะส่งผล

ทำให้มีต้นทุนที่ต่ำลง และกำไรเพิ่มขึ้นตามลำดับ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ด้ามจับไฟฉาย แอลอีดี แชนด์ เฮล เวอร์ค แล็ม เพื่อให้ชิ้นงานได้คุณภาพและตรงตามความต้องการของท้องตลาด

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกด้ามจับไฟฉาย แอลอีดี แชนด์ เฮล เวอร์ค แล็ม

2.2 เพื่อสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกด้ามจับไฟฉาย แอลอีดี แชนด์ เฮล เวอร์ค แล็ม

2.3 เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับงานฉีดพลาสติก ABS (AP-102)

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 ขอบเขตของการวิจัย

3.1.1 เป็นการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกประเภท 2 เฟลท

3.1.2 เป็นการออกแบบเพื่อใช้กับการฉีดด้วยพลาสติกชนิด ABS (AP-102)

3.1.3 กำหนดให้การฉีด 1 ครั้ง ได้ชิ้นงาน 2 ชิ้น (ด้านหน้า – ด้านหลัง)

3.1.4 ใช้โปรแกรม NX ในการออกแบบ เขียนแบบ และใช้ Moldex 3D ในการจำลองการฉีดและวิเคราะห์การฉีดพลาสติก

3.2 ด้านการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

3.2.1 ดำเนินการสร้างแม่พิมพ์ที่บริษัทวิเชียร โปรเกรสซีฟพาร์ท จำกัด

3.2.2 เป็นการสร้างแม่พิมพ์ด้ามจับไฟฉาย แอลอีดี แชนด์ เฮล เวอร์ค แล็ม

3.3 วิธีดำเนินการวิจัย

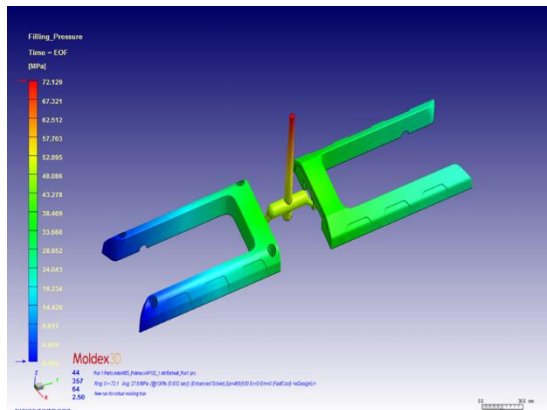
3.3.1 การออกแบบแม่พิมพ์ในการดำเนินงานการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก โดยมีรายละเอียดวิธีการดำเนินงาน ดังนี้

3.3.1.1 จำลองการฉีดพลาสติกและวิเคราะห์การฉีดพลาสติกขึ้นรูป ชิ้นงาน ด้วยโปรแกรม Moldex 3D เพื่อเป็นการกำหนดตำแหน่งทางเข้า (Gate) ทางวิ่ง (Runner) และเป็นที่ศึกษาถึงผลการฉีดพลาสติกเพื่อพยากรณ์ผลที่ได้จากการจำลองการฉีดโดยการกำหนดคุณสมบัติพลาสติกตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของพลาสติก ABS

Ltem name	Ltem data
Material type	Thermoplastic
Generic name	ABS
Supplier	IRPC
Trade name	Polimaxx AP102:
MFI	MFI(220,10)=21 g/10min
Fiber percent	0.00 (%)
Melt temperature range	190 - 240°C
Mold temperature range	40 - 80°C
Ejection temperature	92°C
Freeze temperature	112°C

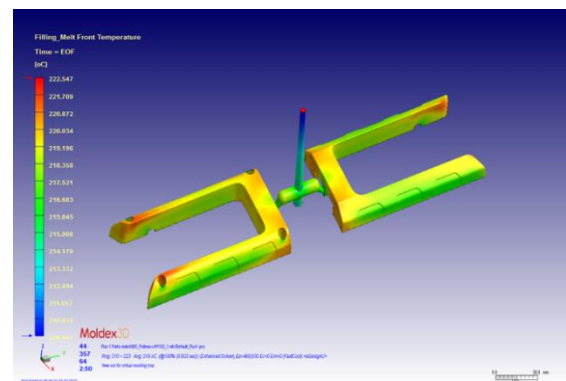
3.3.2 วิเคราะห์การไหลของพลาสติกด้วยโปรแกรม Moldex3D Filling Melt Front Time จากการวิเคราะห์ของโปรแกรมได้เวลา Filling Melt Front Time ออกมาเท่ากับ 0.91 วินาที จากรูปจะสังเกตเห็น zone ของแถบสีแล้วมีการไล่แถบสีที่ใกล้เคียงกัน โดยมีการเติมเต็มครบทั้ง 2 ชิ้นส่วนที่เติมเข้าสู่จะอยู่บริเวณส่วนปลายของชิ้นงานแต่ละชิ้นเวลาในการเติมเต็มใกล้เคียงกันมากหรือเรียกว่าเกิดการ Balance Flow. (สถาพร ชาตาคม, 2549).



ภาพที่ 1 ภาพแสดง Filling Melt Front Time

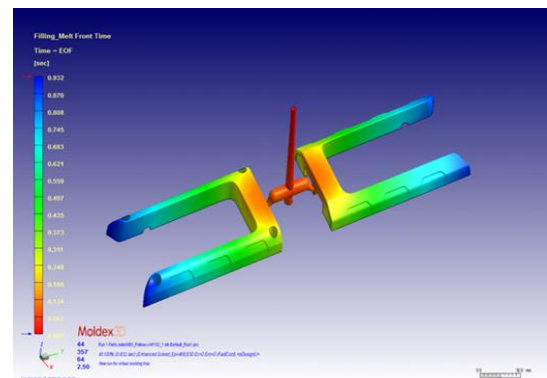
Filling Melt Front Temperature (อุณหภูมิที่ผิวชิ้นงาน) จากผลการวิเคราะห์อุณหภูมิที่ชิ้นงานหลังการฉีดในภาพที่ 3-2 โดยสังเกตจากแถบสีของช่วงที่อุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุด ซึ่งมีความเหมาะสม เพราะอุณหภูมิไม่แตกต่างกันมาก และจากผลวิเคราะห์ชิ้นงานแต่ละชิ้นจะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 209.981-222.547°C โดยส่วนใหญ่อุณหภูมิจะใกล้เคียงกันซึ่งไม่เกินอุณหภูมิ

การเสื่อมสภาพของพลาสติก ABS (วิโรจน์ เตชะวิญญูธรรม. 2553)



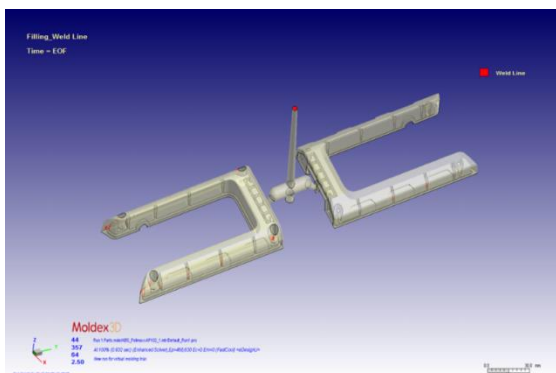
ภาพที่ 2 ภาพแสดง Filling Melt Front Temperature

Filling Pressure จากผลการวิเคราะห์ความดันที่ชิ้นงานหลังการฉีด ดังภาพที่ 3-3 โดยสังเกตจากแถบสีของช่วงที่ความดันต่ำสุด = 0 MPa และสูงสุด = 72.129 MPa ซึ่งมีความเหมาะสม เพราะความดันสูงเกินไปไม่เกินความดันที่เครื่องฉีดนั้นฉีดได้คือ 210 MPa



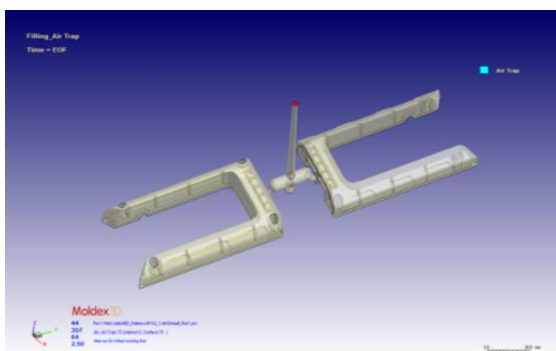
ภาพที่ 3 ภาพแสดง Filling Pressure

Welding Line จากผลวิเคราะห์จะเห็นได้ว่าตำแหน่ง Welding Line ที่เกิดขึ้นอยู่ตรงบริเวณที่พลาสติกยังมีอุณหภูมิที่ยังหลอมเหลวอยู่โดยที่ PMMA มีอุณหภูมิหลอมเหลว 209.981-222.547°C ทำให้ Welding Line ที่เกิดขึ้นนั้นมีการประสานตัวที่ดีทำให้บริเวณที่เกิด Welding Line นั้นมีความแข็งแรงดังภาพที่ 4



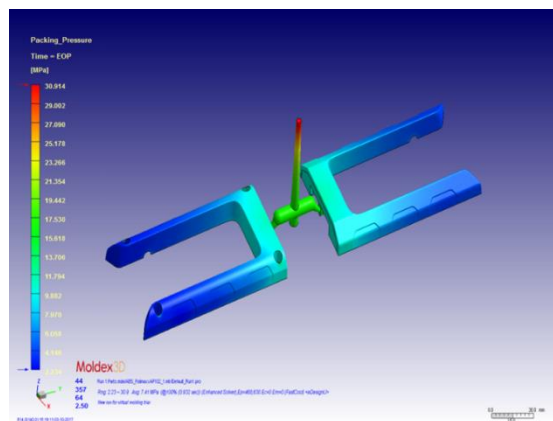
ภาพที่ 4 ภาพแสดงตำแหน่ง Welding Line

Air Tarp จากผลวิเคราะห์จะแสดงถึงตำแหน่ง Air Tarp ที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานในตำแหน่งต่าง ๆ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการสร้าง Air Venting ในแม่พิมพ์



ภาพที่ 5 ภาพแสดง Air Tarp

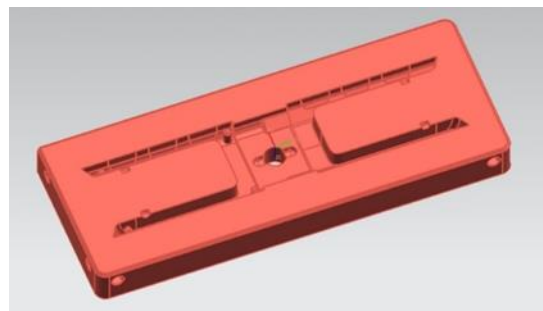
Packing Pressure จากผลการวิเคราะห์ความดันที่ชิ้นงานหลังการฉีด ดังภาพที่ 6 โดยสังเกตจากแถบสีของช่วงที่ความดันต่ำสุด = 2.234 MPa และสูงสุด = 30.914 MPa ซึ่งมีความเหมาะสม เพราะความดันสูงสุดนั้นไม่เกินความดันที่เครื่องฉีดนั้นฉีดได้คือ 210 Mpa



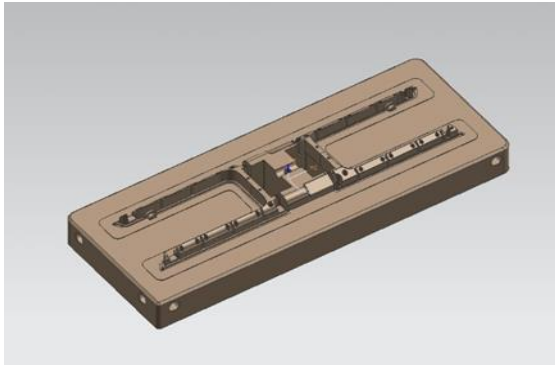
ภาพที่ 6 ภาพแสดง Packing Pressure

3.3.3 ใช้โปรแกรม Unigraphics NX เพื่อช่วยในการออกแบบชิ้นส่วน 3D Solid Model ในขั้นตอนการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกตามไฟฉายของไฟส่องสว่างและไฟสัญญาณ (LED HAND HELD WORK LAMP) ในการวิจัยผู้วิจัยได้เลือกใช้แม่พิมพ์แบบ Two Plate Mold ในการออกแบบแม่พิมพ์

3.3.3.1 กำหนดตำแหน่งของ Core และ Cavity แล้วนำไปทำการจำลองการฉีดจากนั้นทำการเปลี่ยนตำแหน่งชิ้นงานขนาดและความยาวรูปร่าง, รูปร่างจำลอง การฉีดเพื่อหาค่าที่เหมาะสมแล้วนำรูปในการวางชิ้นงานในครั้งนี้ไปใช้ในการวางแบบแม่พิมพ์ (พสุ โลหารชุน, 2529)

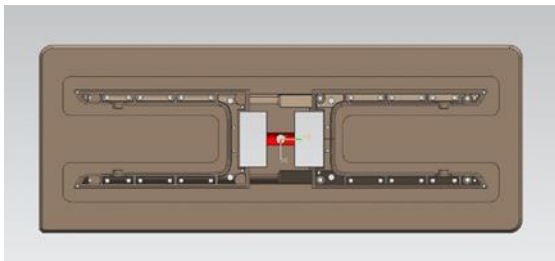


ภาพที่ 7 ภาพแสดงการกำหนดตำแหน่งของ Cavity



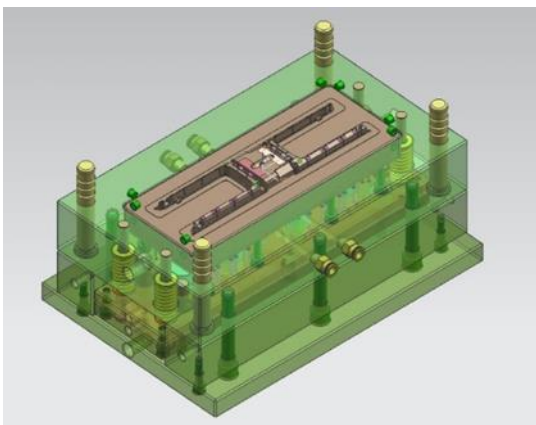
ภาพที่ 8 ภาพแสดงการกำหนดตำแหน่งของ Core

3.3.3.2 ออกแบบระบบรูวิ่งรูเข้าและระยะรูฉีดยาในการวางตำแหน่งรูเข้าให้เข้าบริเวณที่มีความหนามากที่สุด เพื่อควบคุมให้ปริมาตรพลาสติกไหลเข้าโมลด์เต็มพร้อมกัน



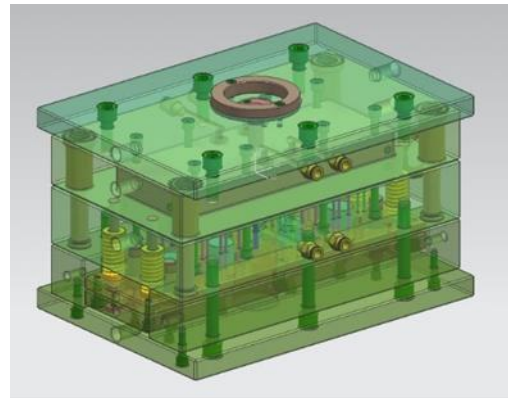
ภาพที่ 9 ภาพแสดงการวาง รูวิ่ง รูเข้า

3.3.3.3 ทำการกำหนดตำแหน่งการปลดชิ้นงานว่าควรจะใช้จำนวนของ Ejector pin ช่วยในการปลดชิ้นงานโดยที่ต้องสามารถปลดชิ้นงานได้โดยที่ไม่ทำให้ชิ้นงานเกิดรอยในการปลดและไม่ติดขัดต่อการทำงานของแม่พิมพ์โดยที่ทำการกำหนดให้เหมาะสมกับงานแม่พิมพ์ที่ต้องการความแข็งแรง



ภาพที่ 10 ภาพแสดงการกำหนดตำแหน่งการปลดชิ้นงาน

3.3.3.4 ทำการกำหนดขนาดและวางตำแหน่งของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ทุกชิ้นแล้วก็นำเอาชิ้นส่วนที่ได้ออกแบบเสร็จแล้วมาทำการประกอบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ทั้งหมดดูความถูกต้องตามการออกแบบที่ได้กำหนดไว้ โดยได้ออกแบบให้แม่พิมพ์มีขนาด 276x396 mm. จากนั้นก็ทำการเขียนแบบแม่พิมพ์ แล้วทำการตรวจดูให้ถูกต้องทั้งหมด



ภาพที่ 11 ภาพแสดงการประกอบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ทั้งหมด

โดยการออกแบบแต่ละชิ้นส่วนของแม่พิมพ์พร้อมกับการเขียนแบบภาพประกอบและการทำแบบสั่งงานในการจัดทำแม่พิมพ์นำแบบแม่พิมพ์ฯ ที่ได้ออกแบบไว้ให้กับผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของ Drawing ก่อนนำไปสั่งงาน

3.3.4 สร้างและประกอบแม่พิมพ์พลาสติกเป็นการสร้างชิ้นส่วนต่าง ๆ ตามที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งในการแม่พิมพ์จะมีขบวนการสร้างหลายขั้นตอน เช่น การมิลลิ่ง การเจาะ การรีมเมอร์ การ CNC หลังจากขั้นตอนนี้จะเป็นการปรับประกอบชิ้นส่วนเพื่อให้ประกอบได้ตามแบบและจะมีการ Fitting หน้าประกอบของแม่พิมพ์ แม่พิมพ์ฉีดแบบ 2 แผ่น (Two-Plate Injection Mold) ที่สร้างเป็นแม่พิมพ์แบบ 2 แผ่น เพราะลักษณะของงานปราศจากร่องหรือบ่า มีเส้นแบ่งส่วนแม่พิมพ์เพียงเส้นเดียว หรือมีช่องเปิดสำหรับปลดชิ้นงาน แกนรูวิ่งและแกนรูฉีดเพียงช่องเดียวเท่านั้นจนสามารถทำงานได้ตามที่ต้องการชุดแม่พิมพ์ประกอบด้วยชิ้นส่วนดังต่อไปนี้

3.3.4.1 ชุดแม่พิมพ์ประกอบด้วยชิ้นส่วนดังต่อไปนี้

3.3.4.2 แหวนบังคับศูนย์ (Locating Ring)

3.3.4.3 ปลอกรูฉีด (Spure Bush)

- 3.3.4.4 แผ่นยึดแม่พิมพ์ด้านบนอยู่กับที่ (Top Plate)
- 3.3.4.5 แผ่นแม่พิมพ์ด้านบนอยู่กับที่ (Cavity Plate)
- 3.3.4.6 แผ่นแม่พิมพ์ด้านล่างเคลื่อนที่ (Core Plate)
- 3.3.4.7 แท่งรอง (Spacer Block)
- 3.3.4.8 แผ่นดันปลด (Ejector Plate)
- 3.3.4.9 แผ่นยึดสลักปลด (Support Ejector Plate)
- 3.3.4.10 แผ่นยึดแม่พิมพ์ด้านล่างเคลื่อนที่ (Bottom Plate)
- 3.3.5 ทดลองฉีดชิ้นงานและหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการทดลองการฉีดแม่พิมพ์พลาสติกด้วยไฟฉายของไฟส่องสว่างและไฟสัญญาณ (LED HAND HELD WORK LAMP) ใช้เครื่องฉีดยี่ห้อ HAITIAN MA 3800

มีแรงปิด 3800 KN. ระยะเปิดแม่พิมพ์ 700 mm. และจะต้องตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องฉีดตามผลวิเคราะห์การไหลของพลาสติกของผลที่วิเคราะห์ได้ เพื่อทำการทดลองฉีดและหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม โดยกำหนดให้ในการฉีด 1 ครั้งจะต้องทำการสูมตัวอย่าง หลังจากการปรับค่าพารามิเตอร์นั้นและทำการฉีดไปแล้ว 5 Shot เพื่อให้ค่าพารามิเตอร์ที่ปรับไว้คงที่แล้วนับ Shot ที่ 6 เป็น Shot ที่ 1 ทำการฉีดไปจำนวน 20 Shot และในการสูมตัวอย่างให้หีบชิ้นงาน 1 ชิ้นในทุก ๆ 5 shot

3.3.6 ตรวจสอบชิ้นงานที่ฉีดได้ ตรวจสอบโดย QC ตรวจสอบชิ้นงานด้วยสายตา เช่น ชิ้นงานฉีดเต็ม ชิ้นงานไม่ยุบ ไม่บิด ไม่เสียรูป ไม่มีเส้นวิ่ง ไม่เป็นรอย ถ้าผ่านการตรวจจาก QC ถือว่าชิ้นงานสมบูรณ์

3.3.7 แผนการทดลองในการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการฉีด

ตารางที่ 2 การหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

รายการ	ค่าเริ่มแรก	ค่าที่เปลี่ยนไป					ค่าที่เหมาะสม	ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์โดย Moldex 3D
		1	2	3	4	5		
อุณหภูมิฉีด (°C)	200							210
ความดันฉีดของสกรู (MPa)	140							155
เวลาในการฉีด (s)	0.5							0.91
ความดันฉีดท้ายของสกรู (MPa)	120							155
เวลาในการฉีดท้าย (s)	2							4.91
เวลาในการหล่อเย็น	12							12.90
น้ำหนักชิ้นงาน (cc)	30							38

3.3.8. การสรุปผลการหาค่าพารามิเตอร์ในการฉีดที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากการตรวจสอบโดย QC ตรวจสอบชิ้นงานด้วยสายตา เช่น ชิ้นงานฉีดเต็ม ชิ้นงานไม่ยุบ ไม่บิด ไม่เสียรูป ไม่มีเส้นวิ่ง ไม่เป็นรอย ถ้าผ่านการตรวจจาก QC ถือว่าชิ้นงานสมบูรณ์

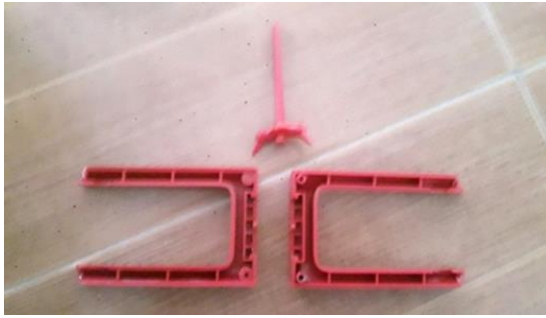
4. ผลการวิจัย

หลังจากทำการสร้างแม่พิมพ์เสร็จเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปที่จะทำคือการทดลองการฉีดและบันทึกค่าพารามิเตอร์ในการฉีด แล้วนำค่าต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลองมาสรุปผลหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมและ

นำชิ้นงานมาตรวจสอบและเปรียบเทียบต่อไปต่อไปสามารถกำหนดเป็นข้อต่าง ๆ ได้ดังนี้

4.1 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการฉีด

ในการทดลองการฉีดชิ้นงานด้วยไฟฉายของไฟส่องสว่าง และไฟสัญญาณ (LED HAND HELD WORK LAMP) ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม กำหนดให้ในการฉีด 1 ครั้งจะต้องทำการสูมตัวอย่างหลังจากการปรับค่าพารามิเตอร์นั้นและทำการฉีดไปแล้ว 5 Shot เพื่อให้ค่าพารามิเตอร์ที่ปรับไว้คงที่แล้วนับ Shot ที่ 6 เป็น Shot ที่ 1 ทำการฉีดไปจำนวน 20 Shot และในการสูมตัวอย่างให้หีบชิ้นงาน 1 ชิ้นในทุก ๆ 5 shot โดยเป็นการเก็บตัวอย่างในการฉีด



ภาพที่ 12 ภาพแสดงชิ้นงานที่ฉีดได้ในค่าพารามิเตอร์ครั้งที่ 1

การบันทึกค่าพารามิเตอร์ในการทดลองฉีดชิ้นงาน เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการฉีด การหาค่าพารามิเตอร์เริ่มต้น

1. อุณหภูมิฉีด 205°C
2. ความดันฉีดของสกรู 140 MPa
3. เวลาในการฉีด 0.5 s
4. ความดันฉีดย้ำ 120 MPa
5. เวลาในการฉีดย้ำ 2 s
6. เวลาในการหล่อเย็น 12



ภาพที่ 13 ภาพแสดงชิ้นงานที่ฉีดได้ในค่าพารามิเตอร์ค่าที่เปลี่ยนไปที่ 3

การหาค่าพารามิเตอร์สำหรับทดลองการฉีดครั้งที่ 3

1. อุณหภูมิฉีด 210°C
2. ความดันฉีดของสกรู 145 MPa
3. เวลาในการฉีด 1 s
4. ความดันฉีดย้ำ 125 MPa

ตารางที่ 3 แสดงการตรวจสอบขนาดชิ้นงาน (FRONT)

จุดตรวจ	ชิ้นที่							$\bar{X}$	S.D.
	DIMENSION	1	2	3	4	5	6		
1	42.60	42.43	42.50	42.21	42.16	42.40	42.47	42.40	0.16
2	112.20	111.95	112.00	112.15	112.22	111.90	112.03	112.06	0.13
3	62.50	62.40	62.45	62.38	62.40	62.42	62.48	62.43	0.04
4	7.30	7.16	7.20	7.18	7.19	7.15	7.24	7.20	0.05

5. เวลาในการฉีดย้ำ 3 s
6. เวลาในการหล่อเย็น 16 s
7. น้ำหนักชิ้นงาน 34 cc

จากการทดลองฉีดในค่าพารามิเตอร์ครั้งที่ 3 จะเห็นได้ว่ารูปร่างชิ้นงานไม่เต็ม แต่ความสมบูรณ์ของชิ้นงานมีมากขึ้น แสดงว่าการแก้ปัญหาได้ถูกวิธี



ภาพที่ 14 ภาพแสดงชิ้นงานที่ฉีดได้ในค่าพารามิเตอร์ค่าที่เปลี่ยนไปที่ 5

การหาค่าพารามิเตอร์สำหรับทดลองการฉีดครั้งที่ 5

1. อุณหภูมิฉีด 220°C
2. ความดันฉีดของสกรู 170 MPa
3. เวลาในการฉีด 1.5 s
4. ความดันฉีดย้ำ 150 MPa
5. เวลาในการฉีดย้ำ 5 s
6. เวลาในการหล่อเย็น 20 s
7. น้ำหนักชิ้นงาน 38 cc

จากการทดลองฉีดในค่าพารามิเตอร์ ครั้งที่ 5 จะเห็นได้ว่ารูปร่างของชิ้นงานมีความสมบูรณ์ ไม่มีจุดบกพร่อง แสดงว่าได้แก้ปัญหาได้ถูกวิธี จึงใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ 6 เป็นค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

4.2 แสดงค่าขนาดที่วัดได้จริง

ชิ้นงานที่นำมาตรวจสอบขนาดเป็นชิ้นงานที่ได้จากการปรับพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด

ตารางที่ 3 แสดงการตรวจสอบขนาดชิ้นงาน (FRONT) (ต่อ)

จุดตรวจ	ชั้นที่							$\bar{X}$	S.D.
	DIMENSION	1	2	3	4	5	6		
5	1.00	1.03	1.00	1.04	1.12	1.05	1.10	1.05	0.05
6	2.60	2.54	2.50	2.62	2.59	2.53	2.62	2.57	0.05
7	15.00	15.00	15.00	15.18	15.11	15.05	15.18	15.07	0.08
8	94.00	93.80	93.90	94.10	94.15	93.95	93.85	93.96	0.13
9	30.30	30.30	30.30	30.22	30.36	30.28	30.36	30.30	0.05
10	34.60	34.90	34.95	34.98	34.99	34.88	34.86	34.88	0.13
รวม								40.19	0.04

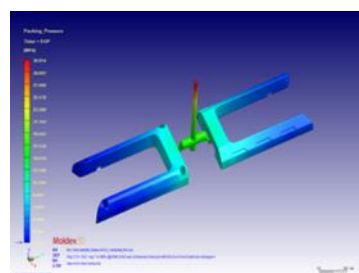
ตารางที่ 4 แสดงการตรวจสอบขนาดชิ้นงาน (READ)

จุดตรวจ	ชั้นที่							$\bar{X}$	S.D.
	DIMENSION	1	2	3	4	5	6		
1	42.70	42.00	42.10	42.76	42.56	42.13	42.14	42.34	0.32
2	62.50	61.70	61.80	62.30	62.13	61.68	61.70	61.97	0.34
3	Ø2.8	2.70	2.75	2.71	2.75	2.74	2.80	2.74	0.04
4	112.20	112.00	112.11	111.95	111.67	111.95	112.20	113.15	3.00
5	30.30	30.30	30.25	30.31	30.30	30.28	20.10	28.83	3.85
6	34.60	34.81	34.80	34.62	34.61	34.80	34.64	34.70	0.10
7	2.30	2.30	2.30	2.38	2.39	2.37	2.32	2.34	0.04
8	7.30	7.20	7.10	7.17	7.20	7.22	7.15	7.19	0.06
9	52.00	31.30	31.35	52.01	51.95	31.34	31.45	40.20	11.03
10	Ø5.2	5.30	5.30	5.20	5.15	5.35	5.38	5.23	0.03
11	14.00	14.00	14.00	14.00	14.03	13.98	14.08	13.80	0.12
12	94.00	94.20	94.10	94.00	94.00	94.21	94.11	94.09	0.09
รวม								37.22	3.24

5. สรุปผลการวิจัย

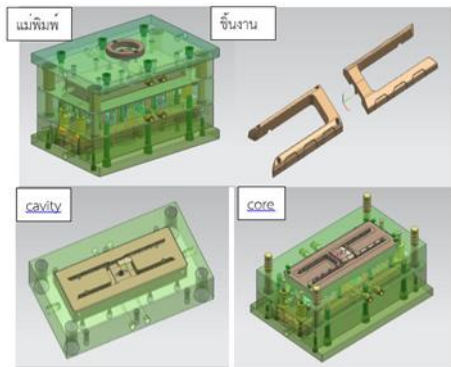
จากการที่ได้ศึกษาและดำเนินงานทำให้ทราบถึงลักษณะวิธีการทำงานของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ตลอดจนเทคนิคการดำเนินงานทำให้ได้ความรู้เพิ่มเติม และยังสามารถหาวิธีการแก้ปัญหาต่าง ๆ ซึ่งสามารถที่จะพอสรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะได้ดังนี้ คือ

5.1 การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกด้วยโปรแกรม 3D สรุปลงได้ว่าค่าพารามิเตอร์ที่ 6 เป็นค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมรูปร่างของชิ้นงานมีความสมบูรณ์



ภาพที่ 15 ภาพแสดงผลการจำลองการฉีดด้วยโปรแกรม Moldex 3D

5.2 สามารถสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกด้วยโปรแกรม 3D สรุปลงได้ว่าค่าพารามิเตอร์ที่ 6 เป็นค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมรูปร่างของชิ้นงานมีความสมบูรณ์



ภาพที่ 16 ภาพแสดงผลการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

5.3 ค่าพารามิเตอร์ในการฉีดที่เหมาะสมในการทดลอง การฉีดชิ้นงานของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกพอร์น – แบ็คของ แอลอีดีแฟรชไลท์ เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการฉีด ซึ่งจะเป็นค่าที่มีการยอมรับชิ้นงานและจะนำค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมไปใช้ในการตั้งค่าพารามิเตอร์แรกในการฉีดครั้งต่อไปจะมีค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ดังนี้

ตารางที่ 5 แสดงการหาค่าพารามิเตอร์ในการฉีดที่เหมาะสม

รายการ	ค่าเริ่มแรก	ค่าที่เปลี่ยนไป					ค่าที่เหมาะสม	ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ โดย Moldex 3D
		1	2	3	4	5		
อุณหภูมิฉีด ($^{\circ}\text{C}$)	200	205		210		220	220	210
ความดันฉีดของสกรู (MPa)	140		145		170		170	155
เวลาในการฉีด (s)	0.5			1	1.5		1.5	0.91
ความดันฉีดท้ายของสกรู (MPa)	120		125			150	150	155
เวลาในการฉีดท้าย (s)	2		3		5		5	4.91
เวลาในการหล่อเย็น	12			16	20		20	12.90
น้ำหนักชิ้นงาน (cc)	30		34		36	38	37	38



ภาพที่ 15 ภาพแสดงชิ้นงานที่ได้จากการฉีดด้วยค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

การตรวจสอบแม่พิมพ์		
MOLD NAME: SWING ARM	CUSTOMER NAME :	
TYPE OF MOLD	☒ TWO PLATE ☐ SLIDE ☐ THREE PLATE ☐ NO SLIDE	
การตรวจสอบการออกแบบแม่พิมพ์		
รายการตรวจสอบ	การตรวจเช็ค	แนะนำ
	ผ่าน	ไม่ผ่าน
การออกแบบ PL	☒	
การออกแบบ GATE	☒	
การออกแบบ RUNNER	☒	
การออกแบบระบบปิดชิ้นงาน	☒	
การออกแบบระบบหล่อเย็น	☒	
(ปรเมศ ใจธรรม) ผู้ออกแบบ		(ปรเมศ ใจธรรม) ผู้ตรวจสอบ

ภาพที่ 16 ภาพแสดงการตรวจสอบการออกแบบแม่พิมพ์

6. อภิปรายผลการวิจัย

จากการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกโดยใช้โปรแกรม Unigraphics NX และได้ทดลองการจำลองสถานการณ์การฉีดพลาสติกโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์การไหลเพื่อกำหนดค่าเบื้องต้น เมื่อทำการออกแบบแล้วเพื่อก่อนที่จะลงมือสร้างได้ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านแม่พิมพ์พลาสติกจากสถานประกอบการช่วยในการให้คำแนะนำในการออกแบบ

จากการให้ผู้เชี่ยวชาญได้ตรวจสอบจากการออกแบบโดยให้ความเห็นในการออกแบบว่าผ่าน สามารถที่จะผลิตและนำไปใช้งานได้จริง

เมื่อทำการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกเสร็จแล้วโดยผลิตจากเครื่องจักรเครื่องมือกลและเครื่องจักรอัตโนมัติตามแบบที่ออกแบบก็ดำเนินการทดลองการฉีด

ขึ้นรูปพลาสติกโดยนำค่าที่ได้จากการวิเคราะห์การไหลนำไปเป็นค่าเริ่มต้นโดยใช้พลาสติกประเภท ABS ในการฉีดอุณหภูมิฉีด 205°C ความดันฉีดของสกรู 140 MPa เวลาในการฉีด 0.5 s ความดันฉีดย้ำ 120 MPa เวลาในการฉีดย้ำ 2 s เวลาในการหล่อเย็น 12 s จากการฉีดโดยตั้งค่าตามโปรแกรมจะพบว่าชิ้นงานที่ได้จะไม่เต็มชิ้นงานที่เรียกว่า Short shot ที่ตัวชิ้นงานจึงต้องมีการเพิ่มค่าต่าง ๆ โดยทำการฉีดถึงครั้งที่ 5 โดยได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการฉีดพลาสติก คือ อุณหภูมิฉีด 220°C ความดันฉีดของสกรู 170 MPa เวลาในการฉีด 1.5 s ความดันฉีดย้ำ 150 MPa เวลาในการฉีดย้ำ 5 s เวลาในการหล่อเย็น 20 s จะเห็นค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมดังกล่าวจะได้ชิ้นงานที่สมบูรณ์ ขั้นตอนต่อไปเป็นการวิเคราะห์หาค่าความผิดพลาดทางด้านรูปทรงและได้ทำการวัดหาค่าจากชิ้นงานดังตารางที่ 3 จะพบค่าค่าความผิดพลาดทางด้านรูปทรงจะมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่า 0.18 มม. เป็นไปตามที่กำหนดของความต้องการของผู้ผลิต

7. ข้อเสนอแนะ

ในปัจจุบันจะมีเทคโนโลยีที่ช่วยในการออกแบบแม่พิมพ์แต่ก็ต้องอาศัยผู้มีประสบการณ์ในการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ที่ให้ตามความต้องการซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งคือ ความชำนาญในการใช้โปรแกรมในการออกแบบและสร้างความรู้ความชำนาญในการใช้เครื่องจักรในการผลิตและความรู้ทักษะในการออกแบบแม่พิมพ์สิ่งที่น่าสนใจในการพัฒนาครั้งต่อไปคือการทดลองการฉีดโดยใช้พลาสติก 2 ชนิดมาผสมแล้วทำการฉีดขึ้นรูปชิ้นงาน

8. เอกสารอ้างอิง

- บรรเลง ศรีนิล และชาตรี รัตนวงศ์. (2534).
คู่มือออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก. กรุงเทพฯ:
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- พสุ โลหารชุน. (2529). การออกแบบการสร้างแม่พิมพ์
ฉีดพลาสติก. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุม
สหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- วิโรจน์ เตชะวิญญูธรรม. (2553). วิศวกรรมการฉีด
พลาสติก. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริม
เทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- สถาพร ชาดาคม. (2549). การศึกษาหาอิทธิพล
ของความหนาที่ส่งผลกระทบต่อระยะทาง
การไหลของเทอร์โมพลาสติกกลุ่ม Polyolefin.
กรุงเทพฯ: วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม.