มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

การเปรียบเทียบวัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์ฉีดที่ทำจากอลูมิเนียมเกรด A7075กับเหล็กเกรด P20

Comparison Material Use Make Mold Plastic Aluminum A7075 With Steel P20

ผศ.ประสงค์ ก้านแก้ว

Asst. Prof.Prasong Kankaew

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งในการดำเนินงานของ แผนกวิจัยและฝึกอบรม ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะวิศวกรรมศาสตร์ ได้รับการอุดหนุนงบประมาณในการดำเนินการ

ปี พ.ศ. 2556

ลิขสิทธิ์ของ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะวิศวกรรมศาสตร์

บทคัดย่อ

การเลือกวัสดุทำแม่พิมพ์นอกจากเรื่องราคาวัสดุ ค่าแรงแล้ว ยังมีองค์ประกอบอื่นๆ อีกเช่น การระบายความร้อน ความแข็งแรง ความเงา ทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้โดยไม่แตก ร้าว และการบิดตัวโดยเฉพาะการฉีดหลอดพรีฟอร์ม จากโพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (Polyethylene Terephthalate)PET ต้องใช้เวลาในการอบเม็ดพลาสติก 4-6 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 140-160 องศา และฉีดที่อุณหภูมิ 280-300 องศา ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่สูงมาก ฉีดเข้าแม่พิมพ์ที่อุณหภูมิแม่พิมพ์10-15องศาที่มีความเย็น วัสดุทำแม่พิมพ์ต้องสามารถทนกับการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วได้ ปัจจุบันแม่พิมพ์ที่ใช้ในการขึ้นรูปทำจากเหล็กเกรด P20 ตามมาตรฐาน JIS ในการผลิตหลอดพรีฟอร์มใช้รอบในการผลิตนานเนื่องจากการระบายความร้อนได้ไม่ดี การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ เปรียบเทียบราคา เวลา ที่ใช้ทำแม่พิมพ์ เวลาที่ใช้ในการฉีดพรีฟอร์มที่ทำจากอลูมิเนียม เกรด A7075 กับเหล็ก เกรด P20 การทดลองโดยสร้างแม่พิมพ์ทำจากอลูมิเนียม เกรด A7075 กับเหล็กเกรด P20 ฉีดพรีฟอร์มน้ำหนัก15กรัม ใช้พลาสติกชนิดโพลิเอทิลีนเทเรฟทา เลต (Polyethylene Terephthalate) PET เป่าเข้า แม่พิมพ์เป่า (Blow Mold) ที่ความดันลม 30 – 35 บาร์แบบ Two-Stage เป็นขวดขนาด 350 ML จำนวน 2 ขวด ผลการทดลองการเลือกวัสดุทำแม่พิมพ์ฉีดพรีฟอร์มมีดังนี้ อลูมิเนียม เกรด A7075 มีราคาถูกกว่า 27.04% ราคาแม่พิมพ์ถูกกว่า 23.6% เวลาที่ใช้ในการฉีด(Cycle time) น้อยกว่า 20% ของเหล็กเกรด P20

(ผศ. ประสงค์ ก้านแก้ว)
ผู้วิจัย

Abstract

Material selection for mold making are not only material prices , wages but also there are other factors such as thermal, strength, shine and resistance to temperature changing that caused distortion and cracks. Preform injection molding from Polyethylene Terephthalate (PET) consumes time for drying granulated plastic in 4 – 6 hours at 140 - 160°C and injects at 280 – 300 °C. This is a very high temperature to inject into mold at 10 – 15°C in cool area. The material for mold making must be able to resist to thermal shock. Today molding machines are made of grade P20 steel (Standard JIS) to produce preform that takes long cycle time due to poor cooling. The research aims to compare the pricing time in mold making to preform injection time that made of aluminum - A7075 grade and grade P20 steel. The experiment is to make a mold that made of aluminum A7075 grade and grade P20 steel injects 15 gram preform. The PET is used to blow into a blow mold with pressure at 30 – 35 bar (Two – Stage) that are 2 bottles of 350 ML. The results of material selection for preform mold making showed that aluminum A7075 grade is cheaper 27.04%, the mold price is cheaper 23.6% and consumes less cycle time than grade P20 steel.

Asst.Prof.Prasong KanKaew

Reseacher

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้เป็นส่วนหนึ่งในการดำเนินงานของ แผนกวิจัยและฝึกอบรม ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะวิศวกรรมศาสตร์ ได้รับการอุดหนุนงบประมาณในการดำเนินการ ปี พ.ศ. 2556 ผู้วิจัยขอ ขอบคุณอาจารย์ เจ้าหน้าที่สาขา วิชาเทคโนโลยีการผลิตเครื่องมือและแม่พิมพ์ ที่อนุญาต ให้ใช้เป็นสถานที่เก็บข้อมูลแหล่งค้นคว้างานวิจัยในครั้งนี้ งานฉีดพลาสติกที่ต้องการ การผลิตที่รวดเร็วเพื่อลดต้นทุนในการผลิตส่งมอบสินค้าตรงตามกำหนดเวลา วัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์เป็นสิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณา เพราะส่งผลโดยตรงกับรอบการผลิตชิ้นงาน การเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมในการทำแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องศึกษา เพื่อเป็นข้อมูลในวงการวิชาการ การเรียนการสอนและเผยแพร่สู่ช่างออกแบบแม่พิมพ์

ผศ.ประสงค์ ก้านแก้ว

10 กันยายน 2556

สารบัญ	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
บทนำ	1
1.1 ความสำคัญของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ เช่น การเผยแพร่ในวารสาร จดสิทธิบัตร ฯลฯ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์	2
1.5 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย	3
1.6 วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล	3
1.7 ระยะเวลาดำเนินการ	4
1.8 ผลสำเร็จและความคุ้มค่าของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ	5
เนื้อหาเหตุผลและทฤษฎีที่สำคัญ	6
2.1 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง	6
2.2 เหล็กกล้าชุบผิวแข็งธรรมดาที่ใช้	8
2.3 เหล็กกล้าชุบไนไตรด์พิเศษ (Special Nitriding Steel)	8
2.4 การเลือกใช้วัสดุทำแม่พิมพ์	8
2.5 การเลือกใช้วัดสุทำแม่พิมพ์พลาสติก	10
2.6 อายุการใช้งานของวัสดุที่นำมาทำแม่พิมพ์	14
วิธีการดำเนินงาน	16
3.1 ศึกษาข้อมูล การออกแบบทางด้านขนาดรูปร่างของชิ้นงาน สมบัติของพลาสติกที่ใช้	18
3.2 การออกแบบพรีฟอร์ม	21
3.3 การออกแบบแม่พิมพ์เป่าพลาสติก	27
3.4 ขั้นตอนการสร้างแม่พิมพ์สำหรับใช้กับการทดลอง	28

สารบัญ(ต่อ) หน้า

วิธีการดำเนินงาน(ต่อ)
3.5 ทำการทดลองเป้าขวดพลาสติก 28
3.6 รวบรวมข้อมูลกระบวนการเป่าแม่พิมพ์ 31
3.7 แก้ไขปรับปรุงแม่พิมพ์เป่า 32
ผลการทดลอง 33
4.1 ผลการทดลอง 33
สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ 40
บรรณานุกรม 41
ภาคผนวก ก 42
- แบบแม่พิมพ์ฉีด
ภาคผนวก ข 63
- แบบแม่พิมพ์เป่า

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2-1	ปริมาณชิ้นงานที่สามารถฉีดได้จากวัสดุทำพิมพ์ชนิดต่าง ๆ	8
2-2	สมดุลอลูมิเนียมสังกะสี	13
3-1	กระบวนการดำเนินงานวิจัย	17
3-2	แม่พิมพ์เป่า	19
3-3	พลาสติก PET Resin Grade :N1	19
3-4	การออกแบบพรีฟอร์ม	20
3-5	แม่พิมพ์พร้อมฉีดชิ้นงาน	21
3-6	อัตราส่วนการดึงยืดของขวดขนาดบรรจุ 2 ลิตร	22
3-7	แสดงขั้นตอนการเป่าขวด PET แบบ Two-stage	25
3-8	การขยายตัว	26
3-9	แม่พิมพ์เป่าขวดพลาสติก	27
3-10	ภาพประกอบแม่พิมพ์เป่าขวดพลาสติก	28
3-11	ขึ้นรูปแม่พิมพ์เป่าขวดพลาสติก	28
3-12	แม่พิมพ์พร้อมเป่า	28
3-13	พรีฟอร์ม(Preform) ขนาด15g	29
3-14	กระบวนการอุ่นพรีฟอร์ม(Preform)	29
3-15	การใส่พรีฟอร์ม(Preform) ก่อนเป่า	30
3-16	ความดันลมเป่าและเวลาที่ใช้เป่า	30
3-17	เปิดแม่พิมพ์เป่า	31
3-18	ขวดพลาสติกที่ขึ้นรูปแล้ว	31

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	ค่าอัตราการหดตัวของพลาสติกชนิดต่างๆ	15
3-1	เวลาดำเนินการวิจัย	18
3-2	อัตราส่วนการดึงยืด	23

บทที่1
บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหาที่ทำการวิจัย

ขวดน้ำพลาสติกใส โพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (Polyethylene Terephthalate, PET,) ธรรมดาที่ไม่ธรรมดาขวดพลาสติกชนิด PET เช่น ขวดน้ำดื่ม,ขวดน้ำผลไม้,ขวดเครื่องสำอาง ขวดบรรจุยาและเคมีภัณฑ์ ต่างๆ PET: ขวดเพ็ทนี้จะใสเหนียว ไม่แตกง่ายๆ ทนต่อความดันก๊าซได้สูง ทั้งยังผ่าน FDA (คณะกรรมการอาหารและยา) เรียบร้อยแล้ว ใช้บรรจุน้ำอัดลม,บรรจุอาหาร,สุรา,ยา,เครื่องสำอาง สามารถทนความร้อนได้สูงถึง 95 องศา ขวดน้ำพลาสติกที่เราเห็นจะมีอยู่ 2 แบบ ที่เราเรียกกันว่าขวดแบบใสขวด (PET) และขวดแบบขุ่นขวด(PE) ในการทำวิจัยขอเน้นขวดแบบใสเพราะว่าผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวกับน้ำส่วนใหญ่นิยมนำขวดแบบใสขวด(PET) มาใช้มากกว่าขวดแบบขุ่นขวด(PE) ไม่ว่าจะเป็นเป๊ปซี่ โค๊ก โออิชิ น้ำดื่มตราสิงห์ และอื่น ๆ อีกมาก ต่างก็ใช้ขวดแบบใสทั้งสิ้น เพราะตัวขวดเองจะมีน้ำหนักเบา และดูใสสะอาด กระบวนการผลิตขวดแบบใสขวด(PET) ทำโดยใช้วัสดุที่สามารถขัดเงาได้ดีในการทำแม่พิมพ์ฉีดคือเหล็กเกรด P20 เมื่อเทียบกับอลูมิเนียมเกรด A7075

เพื่อสนับสนุนภาคอุตสาหกรรมการผลิต โดยเฉพาะอุตสาหกรรมการผลิตแม่พิมพ์ฉีดและแม่พิมพ์เป่าที่มีการออกแบบชิ้นงาน (Parts Design) ที่ทันสมัยสวยงามน่าใช้เช่น ขวดน้ำดื่ม,ขวดน้ำผลไม้,ขวดเครื่องสำอาง ,ขวดน้ำมันพืช , ขวดน้ำปลา , และขวดบรรจุยาและเคมีภัณฑ์ต่างๆซึ่งอยู่ในโครงการยุทธศาสตร์การพัฒนาอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ และออกแบบแม่พิมพ์เพื่อ เป่าชิ้นงานให้ได้ขนาดตรงตามแบบที่กำหนด มีน้ำหนักน้อย สวยงามน่าใช้ การสร้างแม่พิมพ์ฉีดและแม่พิมพ์เป่าให้มีความเที่ยงตรง(Precision)รวดเร็วมีการแก้ไขน้อย ต้องใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย CAD/CAM/CAE สำหรับผู้สร้างแม่พิมพ์อย่างมีประสิทธิภาพก่อนที่จะเป่าขึ้นรูป จะต้องทำการขึ้นรูปหลอดพรีฟอร์มจากวัสดุโพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (Polyethylene Terephthalate)PET การเลือกวัสดุทำแม่พิมพ์ฉีดนั้นนอกจากเรื่องระบายความร้อนแล้วยังมีองค์ประกอบอื่นๆอีกมากเช่น ความแข็งแรง ความเงา ทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้โดยไม่แตก ร้าว และบิดตัวโดยเฉพาะการฉีดหลอดพรีฟอร์ม จากโพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (Polyethylene Terephthalate)PETต้องใช้เวลาในการอบเม็ดพลาสติก4-6 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 140-160 องศา และฉีดที่อุณหภูมิ 280-300 องศา ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่สูงมากฉีดเข้าแม่พิมพ์ที่อุณหภูมิแม่พิมพ์10-15องศาที่มีความเย็นวัสดุทำแม่พิมพ์ต้องสามารถทนกับการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วได้ ปัจจุบันแม่พิมพ์ที่ใช้ในการขึ้นรูปทำจากเหล็กเกรด P20 ตามมาตรฐานJIS ผลิตหลอดพรีฟอร์มใช้รอบในการผลิตนานเนื่องจากการระบายความร้อนได้ไม่ดีและวัสดุเกรดอื่นๆที่มีสมบัติใกล้เคียงกัน โดยทั่วไปจะใช้เวลาในการระบายความร้อน 18-22 วินาที ทีอุณหภูมิของน้ำ 18-20 องศา เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพ ปัญหาที่ตามมาคือทำให้เกิดน้ำที่ผิวของแม่พิมพ์เนื่องจากอุณหภูมิที่แตกต่างกัน การทดลองใช้อลูมิเนียม เกรด A7075 ที่มีสมบัติในการถ่ายความร้อนมากกว่าเหล็ก 2-3เท่า แต่มีความแข็งแรงน้อยกว่า ในการทำอินเสริตคอร์และเบ้าซึ่งจะทำให้ระยะเวลาในการหล่อเย็นลดลง

รอบการผลิตลดลงทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ถ้าลดลงได้ 1วินาที่ ต่อหนึ่งรอบการผลิต 1ชม.ลดได้ 3วินาที 1 วัน ลดได้ 72นาที สามารถผลิตชิ้นงานเพิ่มขึ้นได้ 216 ชิ้น ต่อวัน ต่อหนึ่ง คาวิตี้ ทำให้สถานประกอบการในประเทศแข่งขันกับต่างประเทศได้ ประชาชนผู้บริโภคที่ใช้ขวดที่ผลิตจากวัสดุโพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (Polyethylene Terephthalate) PET ขวดน้ำดื่มชนิดใสมีราคาที่ถูกลง ถ้าการวิจัยได้ผลก็จะนำไปต่อยอดเรื่องการลดน้ำหนักของหลอดพรีฟอร์มต่อไป และเพื่อสร้างภูมิคุ้มกันจากการผลิตด้วยตนเองภายในประเทศ ทดแทนการนำเข้าและสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับประเทศไทยในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เปรียบเทียบราคาที่ใช้ทำแม่พิมพ์ฉีดพรีฟอร์มที่ทำจากอลูมิเนียม เกรดA7075 กับเหล็ก เกรด P20
2. เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ทำแม่พิมพ์ฉีดพรีฟอร์มที่ทำจากอลูมิเนียม เกรด A7075 กับเหล็ก เกรด P20
3. เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการฉีดพรีฟอร์มที่แม่พิมพ์ทำจากอลูมิเนียม เกรด A7075 กับเหล็ก เกรด P 20

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. แม่พิมพ์ฉีดหลอดพรีฟอร์มน้ำหนัก15กรัมที่ทำจากอลูมิเนียม เกรด A7075 กับเหล็กเกรด P20
2. ใช้หลอดโพลิเอทิลีนเทเรฟทา เลต (Polyethylene Terephthalate) PET น้ำหนัก 15 กรัม เป่าเข้าแม่พิมพ์เป่า (Blow Mold) ที่ความดันลม 30 – 35 บาร์แบบTwo-Stage
3. แม่พิมพ์เป่า (Blow Mold) เป็นขวดขนาด 350 ML จำนวน 2 ขวดทำจากอลูมิเนียมเกรด A7075
4. ใช้เครื่องฉีด ฉีดพรีฟอร์มก่อนแล้วนำมาเป่า (Two-Stage)

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ เช่น การเผยแพร่ในวารสาร จดสิทธิบัตร ฯลฯ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1.4.1 ผลสำเร็จของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ ประกอบด้วย

1. ลดต้นทุนในการผลิตพรีฟอร์มโพลิเอทิลีนเทเรฟทา เลต (Polyethylene Terephthalate) PET
2. เพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบแม่พิมพ์ฉีด-เป่าพลาสติกจะได้ไม่ต้องทำการทดลองหลายครั้ง แบบลองผิดลองถูก (Trial and Error)
3. เพื่อเป็นข้อมูลในการเลือกใช้วัสดุทำแม่พิมพ์
4. กลุ่มเป้าหมาย เป็น ผู้ผลิตแม่พิมพ์ฉีดพรีฟอร์มฉีดPET ผู้ออกแบบ เป็นการพัฒนาศักยภาพการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก

1.4.2 หน่วยงานที่จะนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. มหาวิทยาลัยสามารถสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกที่มีความเที่ยงตรงได้
2. เป็นต้นแบบให้นักศึกษาได้เรียนรู้และนำไปใช้ในโรงงานสร้างแม่พิมพ์

3. บริษัทสร้างแม่พิมพ์สามารถนำผลการวิจัยไปใช้ในการออกแบบแม่พิมพ์ได้

4. ส่งเสริมสถาบันการศึกษาทำวิจัยด้านแม่พิมพ์

1.5 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

1. นำเสนอในสัมมนาวิชาการ
2. เผยแพร่ในวารสารสมาคมอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ไทย
3. เผยแพร่ในWEB-SITE RUMTP
4. เผยแพร่ในวารสารของมหาวิทยาลัย
5. เผยแพร่ในวารสารพลาสติก

1.6 วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

การเตรียมงานและการวิจัย

1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับ การออกแบบชิ้นทดลองทางด้านขนาดและรูปร่างของชิ้นงาน
2. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับ โปรแกรมการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก Unigraphics
3. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการใช้เครื่องจักรที่ใช้ทำแม่พิมพ์ CAM
4. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการใช้เครื่องฉีดพลาสติก CNC
5. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับสมบัติของพลาสติกที่จะนำมาทดลอง
6. คำนวณค่าต่างๆที่ต้องพิจารณาในการออกแบบแม่พิมพ์ฉีด
7. ออกแบบระบบรูวิ่งและรูเข้า ระบายอากาศหล่อเย็น
8. ออกแบบและเขียนแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกด้วยโปรแกรม Unigraphics
9. แก้ไขปรับปรุงจุดที่บกพร่อง
10. สั่งซื้อวัสดุและอุปกรณ์
11. ดำเนินการสร้างแม่พิมพ์ฉีด
12. ทำการสร้างส่วน Core และCavity
13. ประกอบและตกแต่งแม่พิมพ์พลาสติก
14. ทำการทดลองฉีดพลาสติกและทำการฉีดพลาสติกภายใต้สภาวะต่างๆ
15. แก้ไขปรับปรุงแม่พิมพ์ ต่างๆและเลือกจุดที่เหมาะสม
16. รวบรวมข้อมูลของระบบการฉีดแม่พิมพ์
17. สรุปผลทำรายงานและจัดทำ เอกสารเป็นรูปเล่ม
18. นำเสนอและเผยแพร่

1.7 ระยะเวลาดำเนินการ

ระยะเวลาทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย (ให้ระบุขั้นตอนอย่างละเอียด)

รูปที่9พรีฟอร์ม แม่พิมพ์เป่า ขวด

1. ศึกษาข้อมูล การออกแบบทางด้านขนาดรูปร่างขนาดของชิ้นงาน ใช้เวลาประมาณ 1 เดือน
2. ศึกษาโปรแกรมการออกแบบและออกแบบแม่พิมพ์ฉีดและแม่พิมพ์เป่า ใช้เวลาประมาณ 1เดือน
3. ดำเนินการสร้างแม่พิมพ์ ใช้เวลาประมาณ 3 เดือน
4. ทดลองเป่าเก็บข้อมูล ใช้เวลาประมาณ 1 เดือน
5. รวบรวมข้อมูล และปรับแก้การทดลอง ใช้เวลาประมาณ 1.5 เดือน
6. จัดทำแผนเผยแพร่ ใช้เวลาประมาณ 1 เดือน
7. สรุปผลการวิจัยและรายงาน ใช้เวลาประมาณ 15 วัน

ระยะเวลาโครงการ ประมาณ 1 ปี (ตุลาคม 2555 – กันยายน 2556) (เสนอแผนงานระยะ 1 ปี)

ขั้นตอนการวิจัย	ระยะเวลา 1 ปี											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. ศึกษาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล	←	→										
2. ศึกษา การใช้โปรแกรมและออกแบบแม่พิมพ์		←	→	→								
3. ดำเนินการสร้างแม่พิมพ์ฉีด-เป่า			←	→	→	→						
4. .ทดลองฉีดแก้ไขปรับแก้ เก็บข้อมูล							←	→				
5. รวบรวมข้อมูล และปรับปรุงการทดลอง									←	→		
6.จัดทำแผนเผยแพร่										←	→	
7. สรุปผล ผลการวิจัยรายงาน											←	→

1.8 ผลสำเร็จและความคุ้มค่าของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ

1. ลดต้นทุนในการทำแม่พิมพ์ฉีดพรีฟอร์มให้น้อยลง
2. เป็นข้อมูลในการเลือกวัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์
3. กลุ่มเป้าหมายเป็น ผู้ผลิตแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกผู้ออกแบบ เป็นการพัฒนาศักยภาพการผลิต ผลิตภัณฑ์พลาสติก
4. ลดข้อผิดพลาดในการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกและการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก
5. ส่งเสริมให้ผู้ประกอบการณ์ทางธุรกิจในอุตสาหกรรมเป้าหมายแข่งขันกับต่างประเทศได้

บทที่ 2
เนื้อหาเหตุผลและทฤษฎีที่สำคัญ

ขวด PET (เพท) ที่ใช้บรรจุน้ำ จะใสเหนียว ไม่แตกง่ายๆ ทนต่อความดันก๊าซได้สูง โดยปกติเม็ดพลาสติก PET มักมีความชื้นประมาณ 0.05% จึงต้องอบไล่ความชื้นในเม็ดพลาสติกให้เหลืออยู่ไม่สูงเกิน 0.005% ก่อนถูกทำให้หลอมเพื่อฉีดเป็นพรีฟอร์ม ในขั้นตอนการเปลี่ยนรูปร่างของพรีฟอร์มให้เป็นขวดเริ่มจากการทำให้พรีฟอร์มร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 70 องศา จนพรีฟอร์มเริ่มนิ่ม ก่อนนำเข้าสู่กระบวนการเป่าแบบดึงยืดใน 2 ทิศทาง เพื่อให้ผนังฟรีฟอร์มขยายตัวไปกระทบผนังแม่พิมพ์รูปขวด เมื่อพลาสติกเย็นตัวลงจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นขวดพลาสติกใส การควบคุมปริมาณผลึกในพรีฟอร์ม และขวดเป็นสิ่งสำคัญเพื่อให้ได้ขวดที่มีสมบัติตามต้องการ บริเวณคอและตัวของพรีฟอร์มควรใสและเป็นอสัณฐาน แต่ส่วนที่เป็นจุดที่ฉีดพลาสติกเข้าแม่พิมพ์จะเป็นส่วนที่ขุ่น และมีผลึกแบบ Spherulitic ภายหลังการเป่าแบบดึงยืดต้องทำให้พลาสติกมีปริมาณผลึกสูงสุด เพื่อให้ขวดมีความแข็งแรง การป้องกันการแพร่ผ่านของก๊าซ และทนสารเคมีได้ดี

ขวด PET (เพท) หลังจากขั้นการผลิตแล้ว จะเข้าสู่กระบวนการตรวจสอบคุณภาพ โดยการทดสอบความสามารถในการทนแรงดันของขวด ว่าถูกต้องตรงมาตรฐานที่บริษัทได้กำหนดไว้หรือไม่ ที่สำคัญที่บริเวณเกลียวขวดจะมีเลขบอกตำแหน่งของแม่พิมพ์ และตัวอักษรอีกด้านจะบอกชื่อโรงงานที่ผลิต ทำให้ทราบว่าขวด PET (เพท) นี้ผลิตมาจากที่ไหน

จากความนิยม ทำให้ขวด PET (เพท) เป็นที่ต้องการเพิ่มมากขึ้น และทำให้อัตราการผลิตสูงมากขึ้นด้วย ดูได้จากปริมาณขยะของ กทม. ในปี 2550 มีถึงวันละ 13,550 ตัน เป็นขวด PET (เพท) ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ จากข้อมูลของ กทม.

2.1 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง

อ้างอิงจากรายงานการศึกษาอุตสาหกรรมระหว่างปี 2000-2008 ฉบับล่าสุด พบว่า ขวดน้ำ PET ขนาด 16.9 ออนซ์ แบบใช้ครั้งเดียวทิ้ง (single-serve) มีน้ำหนักเบาลงไปถึง 33% สมาคม International Bottled Water Association (IBWA) แห่งมลรัฐเวอร์จิเนีย ได้รับรายงานการศึกษาขั้นสุดท้ายจากบริษัทที่ปรึกษา Beverage Marketing Corp. (BMC) แห่งมลรัฐนิวยอร์ค และมีผลการศึกษาโดยสรุปดังนี้

- ในปี 2000 ขวดน้ำดื่มพลาสติกที่ผลิตจาก PET มีน้ำหนักเฉลี่ย 19 กรัม และลดลงเหลือ 13 กรัมในปี 2008
- BMC ประเมินว่า ในช่วง 8 ปีที่ทำการศึกษา สามารถลดการใช้เม็ดพลาสติก PET ลงได้ถึง 1.3 พันล้านปอนด์ เมื่อผลิตขวดน้ำให้มีน้ำหนักเบาขึ้น
- ในปี 2008 การผลิตขวดน้ำที่มีน้ำหนักเบา ช่วยลดการใช้เม็ดพลาสติกลงได้ 445 ล้านปอนด์Joseph

Doss ประธานและผู้บริหารระดับสูงแห่ง IBWA ได้กล่าวชมเชยผู้ผลิตที่พยายามทำงานอย่างหนักในการคงคุณภาพของขวดน้ำพลาสติกที่ผลิต ทั้งโครงสร้าง ความสะดวก และความปลอดภัย แม้ว่าจะต้องผลิตขวดที่มีน้ำหนักเบาก็ตาม

จากข้อมูลของสมาคม IBWA พบว่า ในปี 2008 สมาชิกของสมาคมแจ้งว่าขวดน้ำพลาสติกที่วางขายอยู่บนชั้นวางจำหน่ายสินค้ามีน้ำหนักลดลงเหลือน้อยกว่า 10 กรัม

Bill Carteaux ประธานและผู้บริหารระดับสูงแห่ง Society of the Plastics Industry ในมลรัฐวอชิงตัน ได้นำขวดพลาสติกน้ำหนักเบาที่ออกแบบด้วยนวัตกรรมใหม่ ๆ ไปเป็นส่วนหนึ่งในการนำเสนอเกี่ยวกับการพัฒนาอย่างยั่งยืน (Sustainability) ด้วยอุตสาหกรรมการผลิตต้องเผชิญกับความต้องการจากผู้บริโภคที่เริ่มตระหนักในเรื่องความยั่งยืนมากขึ้น ดังนั้น อุตสาหกรรมการผลิตขวดพลาสติก PET ที่สามารถผลิตขวดให้มีน้ำหนักเบาจึงเป็นแม่แบบของการปฏิบัติเพื่อก่อให้เกิดความยั่งยืนนั้น

ชุดแม่พิมพ์(Mold Base) ชิ้นส่วนที่ไม่ได้รับแรงเค้นสูง จะใช้เหล็กเกรดDIN ST 37-2 No. 1.0037 or SEA 1010 (เหล็กหัวแดง), AIAI C 1010 เหล็กเกรดเทียบเท่าที่มีความต้านแรงดึง (Tensile Strength)340-470 N/mm^2 Locating Ring, Spacer, Ejector Plate

ชิ้นส่วนที่ได้รับแรงเค้นสูง จะใช้เหล็กเกรด DIN C 45 W No. 1.730, DIN CK 60 No 1.1221, SEA 1060, JIS S50C ,Cavity Plate ,Core Plate, Core Back Plate

ในกรณีที่เราต้องการใช้แม่พิมพ์ที่ลดการกัดกร่อน ของตะกอนและป้องกันสนิม เราก็สามารถใช้วัสดุที่เป็น Stainless Steel ได้แก่ P20, M300

เพลานำและปลอกนำ(Leader pin Leader Bush) รวมทั้งชิ้นส่วนอื่นๆ ที่ต้องทนต่อการสึกหรอ ควรทำด้วยเหล็กกล้าเกรด DIN 16Mn C5 หมายเลขวัสดุ1.7131, SAE/AUSI 5115 หรือเกรดที่ใกล้เคียง

สลักเอียง(Angle Pin) ทำจากDIN C15 หมายเลขวัสดุ1.0401, SAE/AISI 1015

ปลอกนำฉีด(Sprue Bush) ทำจาก DIN 40 Cr. Mn. Mo 5 หมายเลขวัสดุ 1.2826,AISI H 10 หรือ H 11, JIS SKD 61

คอร์และเบ้า(Mold Insert/Core & Cavity) เหล็กกล้าที่ใช้ทำชิ้นส่วนแม่พิมพ์เหล่านี้ ควรมีสมบัติทั่วไปดังนี้คือ

- มีสมบัติในการตัดปาดผิวและขึ้นรูปได้ โดยเสียค่าใช้จ่ายไม่สูงนัก
- ชุบแข็งแล้วเกิดการเสียรูปได้ โดยเสียค่าใช้จ่ายไม่สูงนัก
- ขัดผิวมันได้ดี
- ทนต่อการสึกหรอและการผุกร่อนได้ดี
- เหล็กกล้าที่ชุบผิวแข็งหรือไนไตรด์ธรรมดา
- ใช้ทำแผ่นแม่พิมพ์ คาวิตี้ และ Core Insert เนื่องจากตัดปาดผิวได้ง่าย ขัดผิวมันได้ดี และผิวชั้นนอกแข็ง ส่วนเนื้อในเหนียวทำให้ทนต่อการสึกหรอได้ดี

2.2 เหล็กกล้าชุบผิวแข็งธรรมดาที่ใช้

DIN 21 Mn Cr5 หมายเลขวัสดุ 1.2161 (AISI และ JIS ไม่มีเหล็กเกรดนี้) เป็นเหล็กที่ ขัดผิวมันและมีสมบัติตัดปาดผิวได้ดี และยังใช้ทำสลักน้ำเลื่อนด้วย

DIN 40 Mn Cr5 หมายเลขวัสดุ1.2311 (AISI และ JIS ไม่มีเหล็กเกรดนี้) เป็นเหล็กกล้าที่ทนต่อการ ผุกร่อน (Corrosion Resistant Steel)

DIN X 42 Cr13 หมายเลขวัสดุ 1.2083, AISI 420 ทนต่อการผุกร่อนได้ดีมาก

DIN X 36 Mo17 หมายเลขวัสดุ 1.2316 (AISI และ JIS ไม่มีเกรดนี้) ทนต่อการผุกร่อนได้ดีกว่า1.2083 ขัดผิวมันได้ดี

DIN X 40 Cr13 หมายเลขวัสดุ1.4034 ใกล้เคียงกับ JIS SUS 420J2 เป็น Martensitic Stainless Steel (ชุบแข็งได้) ทนการผุกร่อนได้ดีมาก ขัดผิวมัน และสามารถชุบแข็งได้ดี

- ชิ้นส่วนแม่พิมพ์ชิ้นเล็กๆ ที่มีความแข็ง 53-58 HRc (ขนาดไม่เกิน 50 มม.)
- ชิ้นส่วนแม่พิมพ์ขนาดกลาง ที่มีความแข็ง 48-53 HRc (ขนาด 50-100 มม.)
- ชิ้นส่วนแม่พิมพ์ขนาดใหญ่ที่มีความแข็ง 30-48 HRc (ขนาดใหญ่กว่า100 มม.)

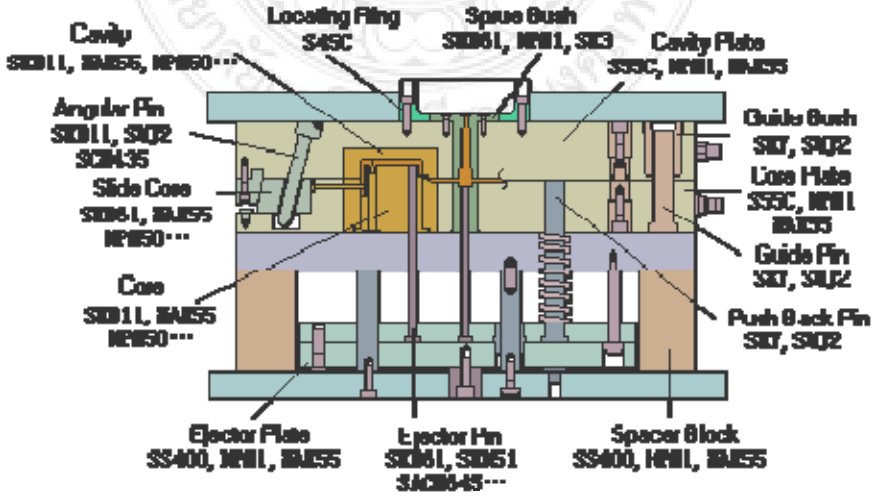
เหล็กกล้าชนิดนี้ชุบไนไตรด์ได้ แต่ความทนการผุกร่อนจะลดลง ความแข็งที่ผิวประมาณ 1000 HV

2.3 เหล็กกล้าชุบไนไตรด์พิเศษ (Special Nitriding Steel)

DIN 34 Cr.AI.Mo5 หมายเลขวัสดุ 1.8507,AISI A355 CI.c ใกล้เคียงกับ JIS SACM 645 เป็นเหล็กกล้าผสมอลูมิเนียมและชุบไนไตรด์ ทนการสึกหรอ ความแข็งที่ผิวประมาณ 750 HV มักจะใช้ทำเครื่องมือ Extrusion ใช้ทำแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกก็ได้

DIN 34 Cr.AI.Ni 7 หมายเลขวัสดุ 1.8550 เป็นเหล็กกล้าผสมอลูมิเนียมและชุบไนไตรด์ มีความแข็งที่ผิวมากว่า 1.8507 คือความแข็งประมาณ 950 HV การใช้งานเช่นเดียวกับ 1.8507

2.4 การเลือกใช้วัสดุทำแม่พิมพ์



ภาพที่ 2-1 วัสดุทำแม่พิมพ์

เหล็กกล้า ทั่วไปจะจัดอยู่ในกลุ่มของเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Steels) โดยมีคาร์บอนสูงสุดไม่เกิน 0.25%โดยน้ำหนัก เป็นเหล็กที่มีราคาถูก ขึ้นรูปได้ง่าย เนื่องจากมีความแข็งต่ำ นอกจากนี้ ยังสามารถทำการเชื่อมได้ดีจึงใช้ทำโครงสร้างทั่วไปของแม่พิมพ์ ในส่วนที่ไม่ต้องการความแข็งแรงมากนัก เกรดที่นิยมใช้งานจะเป็นเกรด SS 400 และ SS410 เหล็กชุบผิวแข็ง (Case Hardening Steels)

เหล็ก ชุบผิวแข็งที่มักใช้ทำแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกได้แก่ เกรด AISI P20 และ P40 (ไม่สามารถเทียบเกรดได้ตาม JIS)นำไปทำการเสริมคาร์บอนที่ผิว (Carburizing) ทำให้แม่พิมพ์มีความแข็งผิวสูงประมาณ 58-62 HRc ส่วนแกนในจะมีความแข็งประมาณ 25-35 HRc สมบัติผิวแข็งแกนเหนียวนี้ จะทำให้แม่พิมพ์ฉีดพลาสติกทนทานต่อการสึกหลอได้ดี และยังคงความเหนียวของแกนใน ทำให้รับแรงอัดและแรงกระแทกได้ดีด้วย ผิวที่แข็งนี้ จะทำให้การขัดเงาแม่พิมพ์ทำได้ดี แต่การนำแม่พิมพ์ไปชุบผิวแข็งจะมีข้อเสียคือหลังการชุบแข็งที่ต้องใช้อุณหภูมิสูงและบังคับให้ชิ้นงานเย็นตัวอย่างรวดเร็วในสารชุบ จะทำให้เกิดการเสียรูป และเปลี่ยนขนาดได้ง่าย ดังนั้น ต้องมีการเผื่อขนาดเพื่อนำมาเจียรนัยตกแต่งภายหลังด้วย

เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง (Medium Carbon Steels) เหล็กกลุ่มนี้ที่มักใช้ ในงานแม่พิมพ์จะเป็นเกรด S45 C หรือ S50 C โดยทั่วไป จะนิยมใช้ทำโครงแม่พิมพ์ เช่น แผ่นประกบหน้า-หลัง ขารอง (Spacer Block) แผ่นรองรับ (Backing Plate หรือ Retaining Plate) นอกจากนี้ เหล็กในกลุ่มนี้ยังสามารถใช้ทำตัวแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกที่ใช้ฉีดชิ้นงานจำนวนไม่มากนัก โดยสามารถขึ้นรูปเป็นแม่พิมพ์ แล้วนำไปชุบเคลือบผิวแข็งฮาร์ดโครมก่อนนำไปใช้งาน นอกจากนี้ ยังสามารถใช้เป็นแผ่นโครงสำหรับใช้เป็นฐานฝัง (Insert) ตัวแม่พิมพ์ได้ ในทางการค้ามักเรียกเหล็กพวกนี้ว่า “เหล็กหัวแดง”เหล็กกล้าคาร์บอนเครื่องมือ (Carbon Tool Steels)

การเลือกใช้วัสดุทำแม่พิมพ์พลาสติก แม่พิมพ์พลาสติกมีอยู่ด้วยกันหลายประเภทตามลักษณะการใช้งาน นอกจากนี้ พลาสติกที่ ฉีด อัด หรือ เป่า เข้าไปในแม่พิมพ์ก็มีความแตกต่างกัน ดังนั้น การเลือกใช้วัสดุ หรือ เหล็ก ให้มีสมบัติถูกต้อง เหมาะสมกับพลาสติกที่ใช้กับแม่พิมพ์ และลักษณะการใช้งานของแม่พิมพ์แต่ละประเภท จึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง สมบัติของวัสดุ หรือ เหล็ก ที่ใช้ทำแม่พิมพ์โดยทั่วไปจะประกอบด้วย

- มีความสามารถในการขึ้นรูปด้วยเครื่องมือกลต่างๆ ได้ดี
- มีการเปลี่ยนรูปน้อยภายหลังการชุบแข็ง
- มีความสามารถในการขัดตกแต่งให้เป็นเงาได้ดี
- มีความทนทานต่อการสึกหรอได้ดี
- มีความทนทานต่อการกัดกร่อนได้ดี
- มีความสามารถในการระบายความร้อนได้ดี

2.5 การเลือกใช้วัสดุทำแม่พิมพ์พลาสติก

โดยแบ่งตามลักษณะการใช้งาน และประเภทของพลาสติกที่ผนังของแม่พิมพ์ต้องสัมผัส โดยทั่วไปสามารถแบ่งออกได้ ดังนี้

2.5.1 เหล็กทำแม่พิมพ์พลาสติก (Plastic Mold Steels)

ก. แม่พิมพ์พลาสติกที่มีจำนวนการผลิตไม่สูงนัก แม่พิมพ์ ฉีด อัดและเป่า ชิ้นงานพลาสติกที่มีจำนวนไม่มากนักจะใช้เหล็กเกรด S45C หรือ S50C แม่พิมพ์ที่ทำจากเหล็กเกรดนี้จะมีราคาถูก นอกจากนี้ ถ้าต้องการเพิ่มความทนทาน และเพิ่มความมันเงาของผิว สามารถนำไปชุบเคลือบผิวแข็งฮาร์ทโครมได้ นอกจากนี้ ยังสามารถใช้อลูมิเนียมผสมทำแม่พิมพ์ชนิดนี้ได้

ข. แม่พิมพ์พลาสติกทีมีจำนวนการผลิตค่อนข้างสูง แม่พิมพ์ที่มีจำนวนการผลิตค่อนข้างสูงจะใช้เหล็กที่ผ่านการชุบแข็งมาแล้ว เกรด AISI P 20, P20+S, P21 (ไม่สามารถเทียบเกรดได้ตาม JIS) ในกรณีที่ต้องการใช้งานที่มีจำนวนการผลิตสูงขึ้น อาจเลือกใช้เหล็กในกลุ่มนี้ที่มีความแข็งในสภาพจำหน่ายประมาณ 40 HRc แต่ความแข็งที่เพิ่มขึ้นจะทำให้การขึ้นรูปแม่พิมพ์ค่อนข้างยาก นอกจากนี้ยังสามารถเลือกใช้เหล็กชุบผิวแข็งมาใช้ก็ได้ แต่ต้องระวังเรื่องการเสียรูป และขนาด ของแม่พิมพ์ ภายหลักการชุบผิวแข็งด้วย

ค. แม่พิมพ์พลาสติกที่มีจำนวนการผลิตที่สูง ในกรณีที่ต้องการให้แม่พิมพ์มีความแข็งแรงทนทาน สามารถผลิตชิ้นงานที่มีจำนวนมากได้และเหล็กที่ผ่านการชุบแข็งมาแล้ว มีความทนทานไม่พอกับจำนวนที่ต้องการผลิต จะใช้เหล็กกล้าผสม ที่สามารถชุบแข็งทั้งชิ้นมาใช้ทำแม่พิมพ์ โดยสามารถใช้ทำแม่พิมพ์ทั้งชิ้น หรือใช้ฝัง (Insert) เฉพาะบริเวณที่ต้องการก็ได้ เกรดที่นิยมใช้ทำแม่พิมพ์ที่ต้องการจำนวนผลิตสูงมีอยู่ด้วยกันหลายเกรดดังนี้

- เหล็กกล้าผสมเครื่องมืองานร้อน เกรด SKD 61 ในแม่พิมพ์ ฉีด อัด และ เป่า ชิ้นงานพลาสติกจะชุบแข็ง และอบคืนตัวให้มีความแข็งใช้งานระหว่าง 46-50 HRc นอกจากนี้ ยังสามารถเพิ่มความทนทานต่อการสึกหรอและการกัดกร่อนได้ด้วยการนำไปเสริม ไนโตรเจนที่ผิว (Nitriding)

- เหล็กกล้าผสมเครื่องมืองานเย็นเกรด SKD 11, SKS 3 และ SKD 12 เหล็กทั้ง 3 เกรดนี้ จะมีคาร์บอนผสมอยู่สูงทำให้เมื่อชุบแข็งแล้วจะมีความแข็งสูง ทนต่อการเสียดสีได้ดี จึงทำให้แม่พิมพ์มีความทนทานสูงสามารถใช้ผลิตชิ้นงานพลาสติกได้จำนวนมาก การใช้งานจะไม่นิยมทำแม่พิมพ์จากเหล็กกลุ่มนี้ทั้งชิ้น แต่จะนิยมใช้ทำแม่พิมพ์แบบฝัง(Insert) ข้อเสียของเหล็กในกลุ่มนี้ ที่จะนำมาทำแม่พิมพ์พลาสติกคือเหล็กกลุ่มนี้จะมีความเปราะและการขัดเงาเหล็กในกลุ่มนี้จะค่อนข้างยากเนื่องจากมีคาร์ไบด์ที่แข็งมากฝังตัวอยู่ในเนื้อเหล็ก

ง. แม่พิมพ์พลาสติกที่ต้องทนต่อการกัดกร่อนของพลาสติกบางประเภท สำหรับแม่พิมพ์ที่ต้องการให้ทนทานต่อการเกิดสนิม หรือ ให้ทนทานต่อการกัดกร่อนของพลาสติกบางประเภท เช่น PVC และ PET พลาสติกประเภทนี้ จะใช้แม่พิมพ์ที่ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม กลุ่มที่สามารถชุบแข็งได้ในเกรด SUS 420 J2 และ SUS 431 สำหรับแม่พิมพ์ที่ต้องการความทนทานสูง จะใช้เหล็กกล้าไร้สนิมเกรด SUS

440 C เนื่องจากมีคาร์บอนสูงกว่าใน 2 เกรดแรก นอกจากนี้ ยังสามารถใช้อลูมิเนียมผสมในกลุ่มที่ใช้ทำแม่พิมพ์ได้ แต่ความทนทานจะต่ำกว่าเหล็กกล้าไร้สนิม

2.5.2 เหล็กกล้าผสมเครื่องมืองานเย็น (Alloy Tool Steel Cold Work)

เหล็กกล้าผสมเครื่องมืองานเย็น ได้ถูกนำมาใช้งานกันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากมีสมบัติที่ดีหลายประการ ทั้งความแข็ง ความเหนียว และทนการกัดกร่อน เหล็กกล้าผสมเครื่องมืองานเย็นสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ชุบแข็งด้วยน้ำมัน กลุ่มที่ชุบแข็งด้วยลมเป่า และกลุ่มที่มีส่วนผสมของคาร์บอนสูง และโครเมียมสูง ดังมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

กลุ่มที่มีธาตุผสมต่ำชุบแข็งด้วยน้ำมัน ที่นิยมใช้กันจะเป็นเกรด JIS SKS 3 และเนื่องจากชุบแข็งด้วยน้ำมัน จึงลดการบิดงอ และลดความเสี่ยงต่อการแตกร้าวขณะชุบแข็งได้ดีกว่าเหล็กกล้าคาร์บอนเครื่อง มือที่ชุบแข็งด้วยน้ำ เหล็กกลุ่มนี้เป็นเหล็กที่มีราคาไม่สูงนัก ใช้ทำเครื่องมือแกะสลักโลหะอ่อน ดอกสว่านเจาะชิ้นงานที่ไม่ใช่เหล็ก ใบตัดโลหะบาง และแม่พิมพ์ปั๊มโลหะที่ใช้ในการขึ้นรูปเย็น ชิ้นงานที่มีจำนวนการผลิตปานกลางถึงค่อนข้างสูง

กลุ่มที่มีธาตุผสมปานกลางชุบแข็งโดยใช้ลมเป่า ที่นิยมใช้จะเป็นเหล็กกล้าผสมเครื่องมืองานเย็นเกรด JIS SKD 12 เนื่องจากเป็นเหล็กชุบลม จึงมีการบิดตัวน้อย ชิ้นงานที่ทำจากเหล็กเกรดนี้ภายหลังการชุบแข็งจะได้ความแข็งลึก มีการเสียรูปน้อย คุณสมบัติทนการเสียดสีสูง ทนแรงกระแทกได้ดีพอใช้ ตัวอย่างชิ้นงาน เช่น เครื่องมือมีคม กรรไกรตัดเหล็ก แม่พิมพ์ปั๊มขึ้นรูปโลหะที่ผลิตได้เป็นจำนวนมาก

กลุ่มที่มีปริมาณคาร์บอนสูง และผสมโครเมียมสูง ในกลุ่มนี้ที่นิยมใช้งานกันมากที่สุดจะเป็นเกรด JIS SKD 11 เนื่องจากมีความเหนียวทนแรงกระแทกได้สูงกว่าเกรดอื่น ๆ ในกลุ่ม สามารถชุบแข็งได้ลึก ชิ้นงานจะมีสมบัติทนการเสียดสีได้สูงมาก แต่สมบัติด้านทนแรงกระแทกจะไม่สูงนัก ตัวอย่างชิ้นงาน เช่น เครื่องมือมีคมที่ใช้กับโลหะและเหล็ก แม่พิมพ์ปั๊มโลหะแผ่น แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก เป็นต้น

เหล็กกล้าผสมเครื่องมืองานร้อน (Alloy Tool Steel Hot Work)

เหล็กกลุ่มนี้จะมีสมบัติที่สามารถใช้งานที่ต้องสัมผัสกับความร้อนได้ดี โดยมีการเปลี่ยนรูปขณะใช้งานน้อย ทนแรงกระแทกได้ดี และมีความต้านทานต่อการอ่อนตัวที่อุณหภูมิสูง เหล็กกลุ่มนี้แบ่งออกเป็นหลายเกรด แต่ที่นิยมใช้ภายในประเทศจะเป็นเกรด JIS SKD 61 เนื่อง จากเหล็กเกรดนี้ มีความเหนียวทนแรงกระแทกได้สูงกว่าเกรดอื่น ๆ ในกลุ่ม มีความต้านทานต่อความร้อนและเย็นสลับกันในขณะที่ขึ้นรูปร้อนชิ้นงาน เช่น การตีขึ้นรูปร้อนชิ้นงานเหล็กกล้าที่ต้องมีการสเปรย์น้ำหล่อเย็น เพื่อไล่สะเก็ดล่อนจากผิวชิ้นงานตัวอย่างการใช้งาน เช่น แม่พิมพ์อัดขึ้นรูปร้อนอลูมิเนียม แม่พิมพ์หล่ออลูมิเนียม แม่พิมพ์ตีขึ้นรูปร้อนเหล็กกล้า (Hot Forging Dies) ชิ้นงานที่ทำจากเหล็กเกรดนี้ สามารถเพิ่มสมบัติทนต่อการเสียดสีได้ ด้วยการนำไปเสริมไนโตรเจนที่ผิว (Nitriding)

เหล็กกล้าเครื่องมือความเร็วสูง (High Speed Tool Steels)

เหล็กในกลุ่มนี้ถูกออกแบบมาเพื่อ ใช้ในงาน กลึง ไส กัด ตัด และ เจาะ ชิ้นงานโลหะด้วยความเร็วสูง ด้วยสมบัติพิเศษที่สามารถรักษาคมตัดได้ขณะใช้งานที่อุณหภูมิสูง เนื่องจากเหล็กในกลุ่มนี้

มีธาตุผสมที่รักษาสมบัติด้านความแข็งทนต่อการ เสียดสี ทนความร้อน และยังคงรักษาความเหนียวไว้ได้ ธาตุผสมที่สำคัญคือ ทังสเตน โมลิบดินั่ม โครเมียม และโคบอลต์ เหล็กกลุ่มนี้ที่นิยมใช้ทำแม่พิมพ์ปั๊มโลหะได้แก่เกรด JIS SKH 51 เป็นส่วนใหญ่ นอกนั้น จะเป็นเกรด JIS SKH 52, SKH 55 และ SKH 59 ที่อาจจะมีใช้งานอยู่บ้างเล็กน้อย ตัวอย่างการใช้งาน เช่น ทำแม่พิมพ์อัดขึ้นรูป แม่พิมพ์ปั๊มโลหะแผ่นที่มีคุณภาพสูง ชิ้นส่วนแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก เป็นต้น

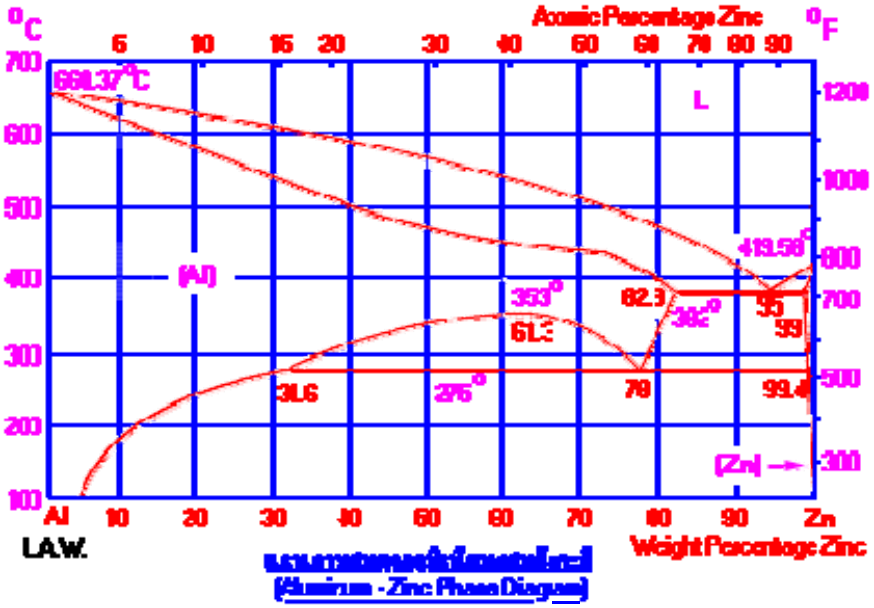
เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steels)

เหล็กกล้าไร้สนิมกลุ่มที่ใช้ทำแม่พิมพ์จะเป็นเหล็กกล้าไร้สนิมกลุ่มมาร์เทนซิติก (Martensitic Stainless Steels) เหล็กกลุ่มนี้ สามารถชุบแข็งได้ เมื่อทำการอบชุบแข็งแล้วจะได้โครงสร้างมาร์เทนไซท์ เหล็กกลุ่มนี้ จะผสมโครเมียมเป็นองค์ประกอบหลักในปริมาณ 11.5-18% แม่เหล็กสามารถดูดติด สามารถขึ้นรูปร้อนได้ถ้าทำการชุบแข็งตามอุณหภูมิและวิธีที่ถูกต้องจะทนต่อการกัดกร่อนและต้านทานการเกิดสนิมได้ดี แต่ถ้าชุบแข็งไม่ถูกต้องอาจทำให้สมบัติด้านนี้ลดลงได้ เนื่องจากถ้าการเย็นตัวในสารชุบช้าเกินไป จะทำให้เกิดคาร์ไบด์ตกผลึกตามขอบเกรน ในบริเวณนี้จะมีโครเมียมต่ำทำให้เกิดสนิมได้ ในการชุบแข็งเหล็กกล้าไร้สนิม สามารถชุบได้ทั้งลม และน้ำมัน ขึ้นอยู่กับความหนาของชิ้นงาน มักนิยมใช้ทำแม่พิมพ์ที่ใช้ฉีดพลาสติกที่มีความกัดกร่อนสูง ดังเช่น พลาสติก PVC เกรดที่นิยมใช้งานจะเป็นเกรด JIS SUS 420J2, 431 และ เกรด 440 C

2.5.3 โลหะผสม (Alloy Metals)วัดสุทำแม่พิมพ์ที่เป็นโลหะผสมที่สำคัญมี ดังต่อไปนี้

อลูมิเนียมผสม (Aluminum Alloy)

อลูมิเนียมผสมที่ใช้ทำแม่พิมพ์ส่วนใหญ่จะเป็นเกรด A7079-61 ข้อดีของการนำอลูมิเนียมมาทำแม่พิมพ์คือ มีความสามารถในการระบายความร้อนได้ดี มีน้ำหนักเบา คือมีน้ำหนักประมาณ 1 ใน 3 ของเหล็ก จึงมักนิยมทำพันซ์โฮลเดอร์ หรือ ดายโฮลเดอร์ ของแม่พิมพ์ขนาดใหญ่ วัตถุประสงค์เพื่อลดน้ำหนักแม่พิมพ์ให้เบาลง นอกจากนี้ อลูมิเนียมยังเป็นโลหะที่สามารถขึ้นรูปด้วยเครื่องมือกลได้ง่ายกว่าเหล็กมาก จึงสามารถประหยัดเวลาในการขึ้นรูปแม่พิมพ์ได้มาก อลูมิเนียมผสมที่ใช้ทำแม่พิมพ์มักจะเป็นเกรด A7079 และชนิดที่คล้าย ๆ กัน สมบัติของอลูมิเนียมเกรดนี้ จะใกล้เคียงกับเหล็กกล้าคาร์บอนเกรด S 50 C สามารถใช้ทำแม่พิมพ์พลาสติก ทั้งแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก และแม่พิมพ์เป่าพลาสติก ที่มีจำนวนการผลิตไม่มากนัก และเนื่องจากอลูมิเนียมผสมนี้ ทนทานต่อการกัดกร่อนจากสารเคมีได้ดี จึงใช้ทำแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก PVCได้



ภาพที่ 2-2 สมดุลอลูมิเนียมสังกะสี

โลหะผสม Beryllium Copper Alloy

จากแผนภาพสมดุลอลูมิเนียมสังกะสี เราจะพบว่า สังกะสี (Zn) มีอุณหภูมิการหลอมละลายต่ำกว่าอลูมิเนียม (Al) คือ อุณหภูมิที่ 419.5°C นอกจากนี้แล้ว สังกะสียังมีโครงสร้างผลึก แบบ Hexagonal ซึ่งแตกต่างจากอลูมิเนียม การผสมสังกะสี 4-8% และแมกนีเซียม 1-3% ในอลูมิเนียม ใช้ในการผลิตอลูมิเนียมผสม ที่แปรรูปเย็น สามารถปฏิบัติการ ทางความร้อนได้ ในกลุ่ม **7XXX** อลูมิเนียมผสมบางกลุ่มถูกพัฒนาสมบัติความแข็งแรงสูงสุด ของพื้นฐาน อลูมิเนียมผสมสังกะสี และแมกนีเซียม ทั้งสองธาตุ มีความสามารถในการละลาย ในสภาวะสารละลายของแข็งสูง นอกจากนี้ การเพิ่มทองแดง 1-2% ลงในกลุ่ม **7XXX** ทำให้มีสมบัติ ด้านความแข็งแรง ของอลูมิเนียมผสมสังกะสี และผสมแมกนีเซียมสูงขึ้น จะนิยมนำไปใช้งานทางด้านการอากาศยาน ที่มีความต้องการ ความแข็งแรงสูง

ความสำเร็จจากการพัฒนาของ อลูมิเนียมผสมสังกะสี และผสมแมกนีเซียม เป็นส่วนสำคัญของกลุ่ม **7XXX** การพัฒนานี้เป็นไปได้ โดยผลของธาตุโครเมียมที่เติม ซึ่งเป็นการปรับปรุงครั้งใหญ่ของความต้านทานการกัดกร่อน ที่เกิดจากการแตกร้าว (Stress-Corrosion Cracking Resistance) ของแผ่นอลูมิเนียม จากอลูมิเนียมผสมสังกะสี และผสมแมกนีเซียม และทองแดงผสม อลูมิเนียมหมายเลข 7075 มี 5.6%สังกะสี , 2.5%แมกนีเซียม , 1.6%ทองแดง และ 0.3%โครเมียม การเปลี่ยนแปลง ความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้น ของ อลูมิเนียมหมายเลข 7075 , 7178 เป็นการพัฒนาในปี ค.ศ. 1951 มีปริมาณธาตุสังกะสี , แมกนีเซียม และ ทองแดงมาก อลูมิเนียมหมายเลข 7001 เป็นการเสนอในปี ค.ศ. 1960 และ มี 7.4%สังกะสี , 3.0%แมกนีเซียม , และ 2.1%ทองแดง

อลูมิเนียมผสมโลหะเกรดพิเศษ (Aluminum Alloys) เป็นโลหะอลูมิเนียมที่ผสมธาตุโลหะชนิดอื่น เพื่อปรับปรุงสมบัติทางด้านความแข็งแรงสมบัติเด่น มีน้ำหนักเบา ตัดกลึงง่าย มีความแข็งแรงสูงนำความร้อนได้ดีการใช้กับงานแม่พิมพ์เป้าอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานชิ้นส่วนเครื่องจักรกล

2024 (บ่มแข็ง , T451) อลูมิเนียมกลุ่มผสมทองแดงจึงมีความแข็งแรงสูง และทนต่อการล้าได้ดี นิยมใช้ทำแม่พิมพ์เป่าพลาสติก หรือแม่พิมพ์ขึ้นรูปพลาสติกในสูญญากาศ แม่พิมพ์รองเท้า ชิ้นส่วนเครื่องจักรกลโครงสร้างเครื่องบินอุปกรณ์จับยึดต่างๆ5052 (รีดแข็ง , H112) อลูมิเนียมกลุ่มผสมแมกนีเซียม สามารถชุบอะโนไดซ์สีได้ดีมาก ให้ผิวสวยงามเมื่อตัดกลึง สามารถใช้งานที่อุณหภูมิติดลบได้ดี นิยมใช้ทำอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน แม่พิมพ์ตัวอย่างภาชนะหรือเครื่องใช้ในอุตสาหกรรมเคมีและอาหาร ท่อไฮดรอลิกส์ หมุดย้ำชิ้นส่วนในยานพาหนะ5083 (รีดแข็ง , H112) อลูมิเนียมกลุ่มผสมแมกนีเซียม สามารถชุบอะโนไดซ์สีได้ดีมาก ให้ผิวสวยงามเมื่อตัดกลึง สามารถใช้งานที่อุณหภูมิติดลบได้ดี นิยมใช้ทำแม่พิมพ์เป่าพลาสติก แม่พิมพ์ขึ้นรูปยางและโฟม อุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน ถังทนแรงดันสูง ตู้คอนเทนเนอร์ ชิ้นส่วนยานพาหนะและอาคาร6061 (บ่มแข็ง , T651) อลูมิเนียมกลุ่มผสมแมกนีเซียมและซิลิกอน ที่สามารถบ่มแข็งได้ จึงมีความแข็งสูงและทนต่อการกัดกร่อนได้ดีเยี่ยม สามารถขัดเงาได้ดีและชุบอะโนไดซ์สีได้ผิวสวยงาม นิยมใช้ทำแม่พิมพ์เป่าพลาสติก แม่พิมพ์ฉีดโฟมและยาง โครงสร้างยานพาหนะและอาคาร หมุดย้ำราวสะพาน7022 (บ่มแข็ง , T651) อลูมิเนียมกลุ่มผสมสังกะสี ที่มีความแข็งแรงสูงมาก ตัดกลึงง่าย สามารถชุบอะโนไดซ์แข็งได้ดี นิยมใช้ทำแม่พิมพ์เป่าขวดพลาสติก แม่พิมพ์ฉีดพลาสติกจำนวนน้อย อุปกรณ์ชิ้นส่วนเครื่องจักรกลแผ่นนำความร้อน7075 (บ่มแข็ง , T651) อลูมิเนียมกลุ่มผสมสังกะสี ที่มีความแข็งแรงสูงที่สุดในกลุ่ม ตัดกลึงง่าย สามารถชุบอะโนไดซ์แข็งได้ดีเยี่ยม นิยมใช้ทำแม่พิมพ์เป่าขวดพลาสติก แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก อุปกรณ์ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล โต๊ะเครื่องมือ แผ่นรองสแตมปิ้ง

© 2008 พลาสติกไทย Joomla 1.5 Templates by vonfio.de

http://aluminiumlearning.com/html/images/phase/Al_Zn.gif

2.6 อายุการใช้งานของวัสดุที่นำมาทำแม่พิมพ์

การส่งของให้ทันตามกำหนดเวลา มักจะเป็นเหตุผลทางการขายที่ไม่ควรปล่อยให้เลยกำหนดเวลาหรือส่งของช้ากว่ากำหนด ถึงแม้ว่าผลกระทบที่เกิดขึ้นจะส่งผลเมื่อเวลาผ่านไปนานพอสมควรแล้วก็ตาม การบำรุงรักษาแบบป้องกันจะช่วยให้เกิดความเชื่อมั่นนี้ได้

ลักษณะและวิธีการจัดการบำรุงรักษาแบบป้องกันจะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขเฉพาะ ซึ่งควรจะมีการวางแผนตามรายละเอียดของข้อมูลทางสถิติเกี่ยวกับข้อบกพร่องจากการใช้งานที่เกิดขึ้น สถิติเกี่ยวกับข้อบกพร่องจะช่วยในการจัดเตรียมข้อมูลเกี่ยวกับชิ้นส่วนใดหรือกลุ่มชิ้นส่วนใดของแม่พิมพ์ที่มักจะเกิดการชำรุดได้ง่าย หรือเกิดการสึกหรอสูง ช่างเทคนิคที่จำเป็นต้องใช้ในการซ่อมตามลักษณะของการชำรุดที่เกิดขึ้น ระยะเวลาและอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการซ่อม และสุดท้ายจะเป็นข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนครั้งในการฉีดจนกระทั่งเกิดการชำรุดขึ้น ถ้าสามารถทำการวิเคราะห์ข้อบกพร่องหรือจุดอ่อนของแม่พิมพ์จากข้อมูลพื้นฐานเหล่านี้ได้ การควบคุมให้เป็นไปตามยุทธวิธีในการบำรุงรักษาแบบป้องกันก็จะสามารถลดเวลาที่ต้องสูญเสียไปจากการหยุดการผลิตได้ ข้อมูลพื้นฐานเหล่านี้จะได้จากการรวบรวมข้อมูลตามช่วงเวลาในการตรวจสอบแม่พิมพ์ที่ใช้งานอยู่ ช่วงเวลาในการตรวจสอบจะขึ้นอยู่กับเงื่อนไข

เฉพาะแห่งในโรงงาน ชนิดและการออกแบบแม่พิมพ์ (เบ้าพิมพ์เดี่ยว , หลายเบ้าพิมพ์ , เบ้าพิมพ์แบบสพลิต , แม่พิมพ์แบบใช้แท่นเลื่อน เป็นต้น) และการเลือกใช้วัสดุทำแม่พิมพ์ ประการหลังนี้จะมีความสำคัญสำหรับการกำหนดอายุการใช้งานของแม่พิมพ์ แม่พิมพ์ที่มีอายุการใช้งานสั้นก็จะต้องมีช่วงเวลาในการตรวจสอบสั้นตามด้วย ตารางที่ 1 เป็นจำนวนชิ้นงานเฉลี่ยที่แม่พิมพ์สามารถผลิตได้ตามชนิดของวัสดุทำแม่พิมพ์ จนถึงช่วงเวลาที่ต้องการตรวจสอบ

ตารางที่ 2-1 ปริมาณชิ้นงานที่สามารถฉีดได้จากวัสดุทำพิมพ์ชนิดต่าง ๆ

วัสดุ		ปริมาณชิ้นงาน
โลหะผสมสังกะสี	หล่อ	100,000
อะลูมิเนียม	หล่อ	100,000
อะลูมิเนียม	รีด	100,000 – 200,000
เบอร์ริลเลี่ยม คอปเปอร์	ชุบผิวแข็ง	250,000 – 500,000
เหล็ก		500,000 – 1,000,000

การตรวจสอบแม่พิมพ์ครั้งสุดท้ายพร้อม ๆ กับการบำรุงรักษาแม่พิมพ์ จะต้องทำให้เสร็จสิ้นก่อนที่จะถอดแม่พิมพ์ลงจากเครื่องฉีด วิธีนี้จะทำให้สามารถทำการบำรุงรักษาและตรวจสอบการทำงานจริงบนเครื่องฉีดได้ และในเวลาเดียวกันก็สามารถตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานฉีด ตลอดจนการจัดเตรียมข้อมูลที่สำคัญเกี่ยวกับสถานะของแม่พิมพ์ได้ด้วย ชิ้นงานฉีดจะแสดงให้เห็นถึงความเสียหายของผิวเบ้าพิมพ์ การเลื่อนเปลี่ยนตำแหน่งของสลักปลด ประสิทธิภาพของทางน้ำหล่อเย็นผิวที่เส้นแบ่งส่วนแม่พิมพ์ เป็นต้น ข้อมูลที่รวบรวมได้จากการประเมินผลของชิ้นงานฉีดจะช่วยในการตัดสินใจเกี่ยวกับสภาพของแม่พิมพ์และยังช่วยในการตัดสินใจเกี่ยวกับงานบำรุงรักษาส่วนใดที่ต้องการกระทำทันที ถ้าไม่มีข้อบกพร่องใด ๆ งานบำรุงรักษาก็จะทำตามปกติตามแผนงานที่วางไว้ และทำการซ่อมหรือเปลี่ยนชิ้นส่วนที่จำเป็นที่ได้จากการประเมินค่าทางสถิติของความบกพร่องที่เกิดขึ้น

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

การดำเนินงานโครงการวิจัย

สามารถแบ่งขั้นตอนต่างๆได้ดังนี้

3.1 ศึกษาข้อมูล การออกแบบทางด้านขนาดรูปร่างของชิ้นงาน สมบัติของพลาสติกที่ใช้

3.2 การออกแบบพรีฟอร์ม

3.3 ขั้นตอนการออกแบบแม่พิมพ์

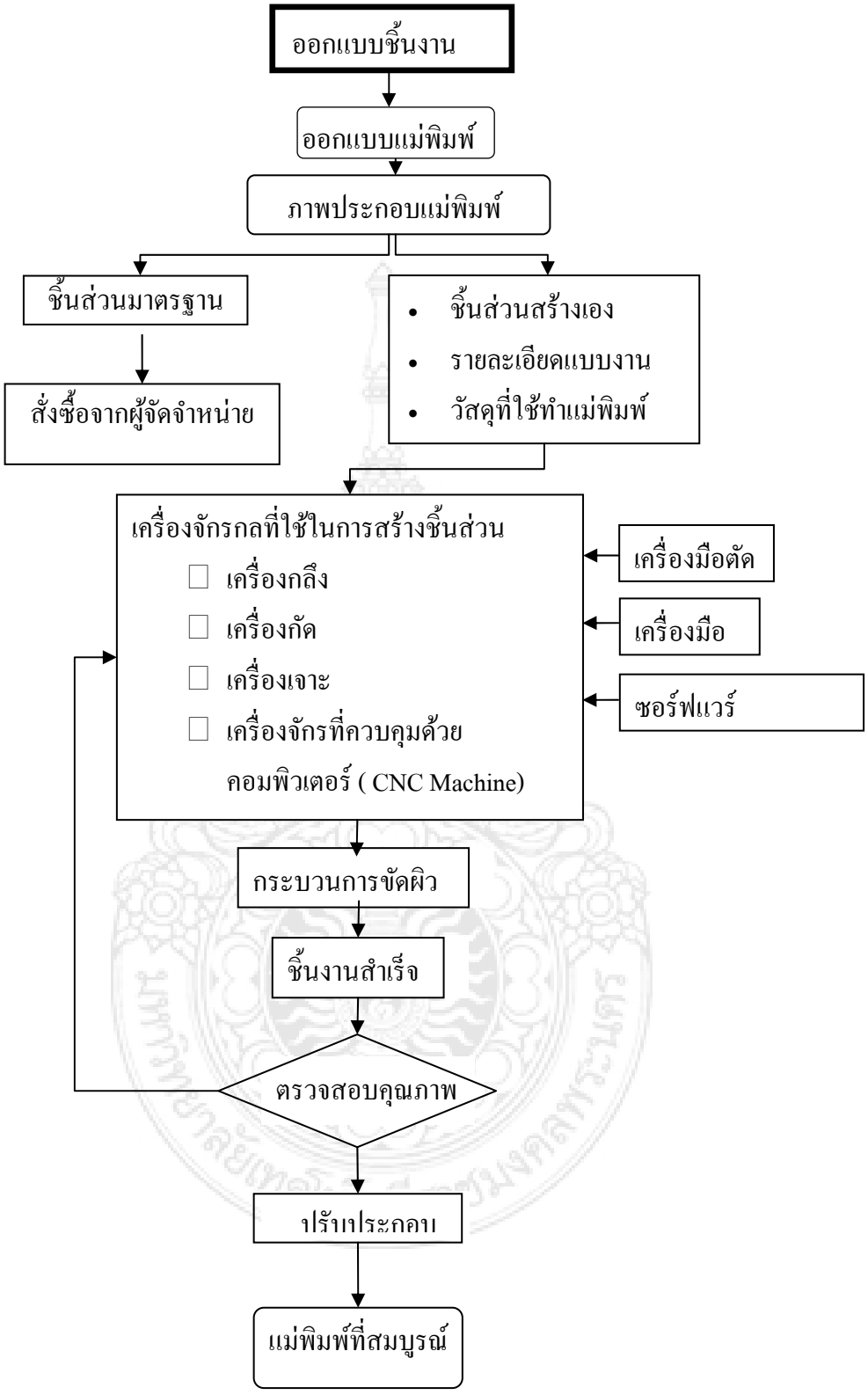
3.4 ขั้นตอนการสร้างแม่พิมพ์

3.5 ทำการทดลอง

3.6 แก้ไขปรับปรุงแม่พิมพ์

3.7 รวบรวมข้อมูลกระบวนการเป่าแม่พิมพ์

กระบวนการและเวลาดำเนินการวิจัย



ภาพที่ 3-1 กระบวนการดำเนินงานวิจัย

ตารางที่ 3-1 เวลาดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษาข้อมูล การออกแบบทางด้านขนาดรูปร่างของชิ้นงาน สมบัติของพลาสติกที่ใช้

ขั้นตอนการวิจัย	ระยะเวลา 1 ปี											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. ศึกษาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล	←	→										
2. ศึกษาการใช้โปรแกรมและออกแบบแม่พิมพ์		←	→	→								
3. ดำเนินการสร้างแม่พิมพ์ฉีดและแม่พิมพ์เป่า			←	→	→	→	→					
4.ทดลองฉีดและเป่า แก้ไขปรับแก้ เก็บข้อมูล							←	→				
5. รวบรวมข้อมูลและปรับปรุงการทดลอง									←	→		
6.จัดทำแผนเผยแพร่										←	→	
7. สรุปผลการวิจัยรายงาน											←	→

ในการทดสอบการหดตัวชิ้นงานเป่าโดยเปรียบเทียบกับแม่พิมพ์ ข้อมูลการหดตัวใช้เพื่อเปรียบเทียบสมบัติของวัสดุ ค่าการหดตัวที่กำหนดมาให้ขึ้นอยู่กับรูปร่างของชิ้นงานมากที่สุด รวมถึงความไม่สลับซับซ้อนของแม่พิมพ์และเงื่อนไขการปฏิบัติงาน

การหดตัวของวัสดุแต่ละชนิดแตกต่างกันทั้งทิศทางการเป่า และขวางทิศทางการเป่าทิศทางการเป่าถูกจัดวางขึ้น เช่นเดียวกันกับระบบการยืดตัวของวัสดุที่หลอมเหลวแล้ว เมื่อทางออกก็คือการเป่าแล้วยืดตัวออกตามแรงลมที่เป่าเข้าแม่พิมพ์

3.1.1 การออกแบบทางด้านขนาดรูปร่างของแม่พิมพ์

ภาพที่ 3-2 แม่พิมพ์เป่า

3.1.2 สมบัติของพลาสติกที่ใช้พลาสติกที่นำมาใช้ในการฉีดพรีฟอร์ม คือ พลาสติก PET Resin Grade :N1

ภาพที่ 3-3 พลาสติก PET Resin Grade :N1

- ชนิดของพลาสติก : PET Resin Grade :N1
- เลขที่ผลิต : 2112G003
- วันที่ผลิต : 14/07/2012
- ความหนาแน่น(Density) : 1.450 g/cm^3
- อัตราการหดตัว : 0.2-0.9%
- อุณหภูมิแม่พิมพ์ : Min 80-Max 120°C
- อุณหภูมิหลอมละลายของพลาสติก : Min 265-Max 290°C
- อุณหภูมิปลดชิ้นงานสูงสุด : 150°C
- อุณหภูมิแตกต่างของอุณหภูมิสารหล่อเย็นที่ทางเข้าและทางออก : 2°C

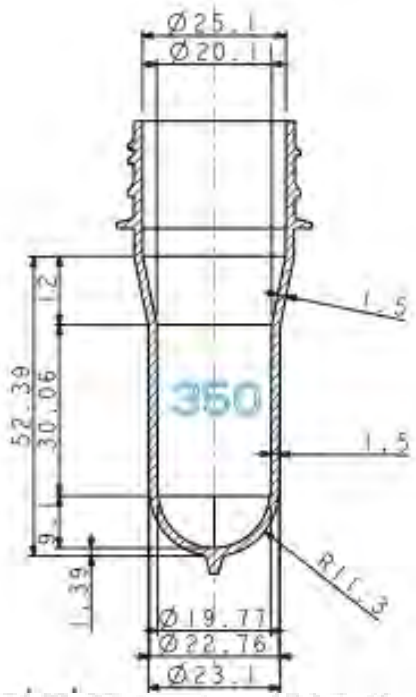
3.1.3 ข้อมูลเครื่องฉีดใช้ Maker = Jetmaster C Serise JM168-C/ES

- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสกรูฉีด (Screw Diameter) : 52 mm
- ความเร็วรอบของสกรูฉีด : 170 rpm
- อัตราการฉีด : 204 cm^3/s

- ความดันฉีดจำเพาะ (Specific Injection Pressure) : 1470kgf/cm^2
- น้ำหนักของชิ้นงานที่สามารถฉีดได้ (Max.Shot Weight) : 396.2 g
- ระยะหัวฉีด (Nozzle Stroke) : 300 mm
- แรงกดที่หัวฉีด(Nozzle Contact Force) : 6 ton
- ความจุความร้อนของกระบอกฉีด (Cylinder Heating Capacity) : 13.3 kW

3.1.4 ระบบ Clamping

- แรงในการปิดล็อคแม่พิมพ์ (Clamping Force) : 168 ton
- ระยะในการเปิดแม่พิมพ์ (Opening Stroke) : 380 mm
- แรงของชุดปลดชิ้นงาน (Ejector Force) : 5.5 ton
- ระยะเลื่อนของชุดปลดชิ้นงาน (Fjector Stroke) : 100 mm
- น้ำหนักของพรีฟอร์ม = 15g



ภาพที่ 3-4 การออกแบบพรีฟอร์ม

ภาพที่ 3-5 แม่พิมพ์พร้อมฉีดชิ้นงาน

3.2 การออกแบบพรีฟอร์ม

1) การวิเคราะห์การจัดเรียงตัวในกระบวนการเป่ายืดภาชนะกลวง กระบวนการเป่ายืดภาชนะกลวงชนิดแรงดึงกระทำสองแกนได้ถูกกล่าวถึงก่อนหน้าแล้ว เพื่อให้มีความเข้าใจมากขึ้นเกี่ยวกับการจัดเรียงตัวโมเลกุลที่จำเป็นต้องเริ่มพิจารณาจากพื้นฐานของกระบวนการเป่ายืด ซึ่งจะขึ้นรูปจากงานฉีดหรืองานอัดรีดก็ได้หลอดพรีฟอร์มที่ใช้ในการผลิตเคียงคู่กับขวดพลาสติกพีอีทีในกระบวนการเป่ายืดจะนำอัตราส่วน 2 ชนิดของหลอดพรีฟอร์มต่อผลิตภัณฑ์ไปใช้ หนึ่งคืออัตราส่วนแนววงแหวน (hoop ratio, H) ซึ่งก็คืออัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางภายในที่กว้างที่สุดของชิ้นงานเป่า D_1 หารด้วยเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของหลอดพรีฟอร์ม D_2 ก่อนที่จะเป่าดังแสดงไว้ดังนี้

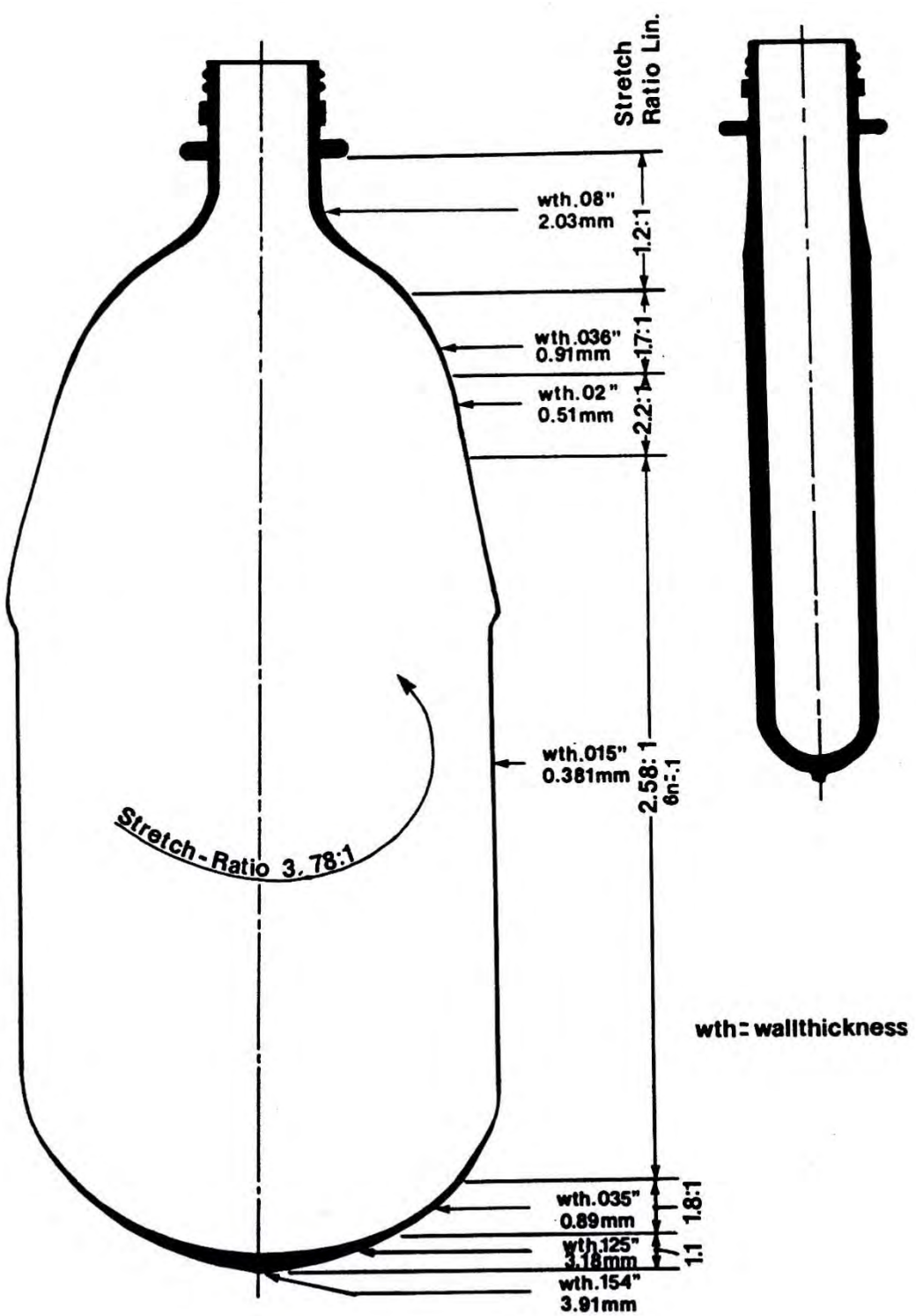
$$\text{Hoop ratio,} \quad H = \frac{D_1}{D_2}$$

อีกชนิดหนึ่งคืออัตราส่วนแนวแกน (Axial ratio , A) ซึ่งก็คืออัตราส่วนระหว่างความยาวที่วัดภายในจากจุดเริ่มต้นของการดึงยืดลงสู่ก้นภาชนะ L_1 หารด้วยความยาวที่วัดภายในจากจุดเริ่มต้นของการดึงยืดลงสู่ก้นหลอดพรีฟอร์ม L_2

$$\text{Axial ratio,} \quad A = \frac{L_1}{L_2}$$

สำหรับอัตราส่วนการพองตัวรวม (Total blow up ratio , BUR) จะเท่ากับอัตราส่วนแนววงแหวนคูณด้วยอัตราส่วนแนวแกน ซึ่งมีค่าดังต่อไปนี้

$$\text{Blow up ratio,} \quad BUR = H \times A = \frac{D_1}{D_2} \times \frac{L_1}{L_2}$$



ภาพที่ 3-6 อัตราส่วนการดึงยืดของขวดขนาดบรรจุ 2 ลิตร
ที่มา (Norman C.Lee,PE1990:120)

3.2.1 ในการออกแบบภาชนะทนความดัน ตัวอย่างเช่น ขวดน้ำอัดลม BUR ควรมีค่า 10 หรือมากกว่าสำหรับตัวอย่างต่อไปนี้จะเลือกขวดที่มีรูปทรงสมดุล ก้นขวดกึ่งทรงกลม (hemispherical ends) มาพิจารณาเพื่อความง่ายต่อความเข้าใจก่อน ก้นขวดรูปทรงกลีบดอกไม้

(petaloid ends) ขวดพีอีที ขนาด 2 ลิตรดังกล่าวนี้จะมี BUR เท่ากับ 10.484 ในขณะที่อัตราส่วนแนววงแหวนจะอยู่ในช่วง 4 ถึง 7 และอัตราส่วนแนวแกนอยู่ในช่วง 1.4 ถึง 2.6 และเป็นความเข้าใจได้ง่ายกว่าอัตราส่วนการจัดเรียงตัวจะแปรผันไปตลอดตามรูปร่างของภาชนะกลวง จะยืนยันให้เห็นถึงอัตราส่วนการดึงยืด (Stretch ratio) ที่เกิดขึ้นจริงในการผลิตขวด พีอีที บรรจุน้ำอัดลมขนาด 2 ลิตร

วัสดุแต่ละชนิดมีอัตราส่วนการดึงยืดโดยธรรมชาติเป็นของตัวเอง ซึ่งจะเป็นอัตราส่วนระหว่างขนาดของวัสดุที่ยังไม่ได้รับแรงดึงยืดกับขนาดของวัสดุที่มีขีดจำกัดของการแตกหัก อัตราส่วนการดึงยืดโดยธรรมชาติพร้อมกับอุณหภูมิที่ใช้ในการจัดเรียงตัวจะแสดงเห็นในตาราง

ตารางที่ 3-2 อัตราส่วนการดึงยืด

Material	Stretch ratio	Orientation Temperature Range F
PET	16/1	195-240
PVC	7/1	210-230
PAN or AN	12/1	240-260
PP	6/1	260-280
Polystrene (Crystal)	12/1	290-320

ที่มา (Norman C.Lee,PE1990:85)

พอลิเอสเตอร์ชนิด พีอีที ซึ่งจัดจำหน่ายโดยบริษัท Dupont ในชื่อของ Mylar จะมีการจัดเรียงตัวทั้งสองแกน เมื่อนำไปผลิตเป็นแผ่นฟิล์มการดึงยืดจะเป็น 4 เท่าในแต่ละทิศทาง ดังนั้นสำหรับ พีอีที จะได้อัตราส่วนการพองตัวรวมดังนี้

$$BUR = H \times A = 4 \times 4 = 16$$

ในการออกแบบกระบวนการเป่ายืดภาชนะกลวงโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับอัตราส่วนการดึงยืดสำหรับวัสดุแต่ละชนิด ผลลัพธ์สามารถตรวจสอบได้จากห้องปฏิบัติการ ตัวอย่างเช่น ทำการอัดขึ้นรูปแผ่นทดสอบจากวัตถุเริ่มต้น พีอีที ซึ่งมีความหนืดอินทรินสิก (intrinsic viscosity , IV) เท่ากับ 0.72 แล้วตัดไปทดสอบมาตรฐาน ASTM เพื่อหาค่าการต้านทานแรงดึงควรมีค่า 6,700 ปอนด์ต่อตารางนิ้วใกล้เคียงกับรายละเอียดจำเพาะที่ผู้ผลิตเรซินให้มา สิ่งนี้คือข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการกำหนดหาค่าการจัดเรียงตัวที่เกิดขึ้นในภาชนะกลวง และถ้าตัดชิ้นงานสี่เหลี่ยมบางออกจากขวดในสองทิศทางทั้งแนววงแหวนและแนวแกน จากนั้นนำชิ้นงานทั้งคู่ไปทดสอบหาความต้านทานแรงดึง บันทึกผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นไว้ ผลลัพธ์ที่ได้เหล่านี้ควรจะเท่ากับอัตราส่วนแนววงแหวนและแนวแกนคูณกับค่าความต้านทานแรงดึงวัตถุดิบตอนเริ่มต้น ดังนั้นสำหรับพลาสติก พี

อีที ชนิด 0.72 IV ถ้ามีอัตราส่วนแนววงแหวน (D_1 / D_2) จากการออกแบบเท่ากับ 5 ก็ควรมีค่าความต้านทานแรงดึง 5 x 6,700 = 33,500 psi ซึ่งผลการทดสอบชิ้นงานตัวอย่างในแนววงแหวนควรใกล้เคียงกับ 33,500 ปอนด์ต่อตารางนิ้วด้วย ถ้าผลการทดสอบไม่อยู่ในช่วงความแตกต่าง 2,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว การคำนวณก็จะแสดงว่าหลอดพรีฟอร์มจะเป็นได้ทั้งร้อนเกินไป (ค่าความต้านทานแรงดึงต่ำ) หรือเย็นเกินไป (แตกหักก่อนขึ้นถึงอุณหภูมิการจัดเรียงตัวที่ต้องการ)

สำหรับค่า BUR จะใช้ประโยชน์ในการกำหนดความหนาของหลอดพรีฟอร์มหรือของขวดได้ด้วย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการเริ่มต้นออกแบบ(BUR = H x A) ในกรณีถ้าความหนาเฉลี่ยที่ต้องการในการผลิตเท่ากับ 0.020 นิ้ว และ BUR มีค่าประมาณ 10 ดังนั้นแล้ว

Desired wall thickness x BUR = 0.020 x 10

= 0.200 นิ้ว

นั่นคือความหนาของผนังหลอดพรีฟอร์มรูปทรงหลักจะเท่ากับ 0.200 นิ้ว และโดยทั่วไปขวดพลาสติก พีอีที ขนาด 2 ลิตรซึ่งมีค่าอัตราส่วนพองตัวเท่ากับ 10.484 ก็จะมีความหนาของผนังหลอดพรีฟอร์มที่รูปทรงหลักเท่ากับ 0.157 นิ้ว ยิ่งปรับตั้งอุณหภูมิของหลอดพรีฟอร์มให้เข้าใกล้อุณหภูมิการจัดเรียงตัวเชิงอุดมคติมากขึ้นเท่าใด ก็จะทำให้ค่าความต้านทานแรงดึงของทั้งทางทฤษฎีและการปฏิบัติจริงใกล้เคียงกันมากขึ้นเท่านั้น สำหรับอัตราส่วนแนวแกน (L_1/L_2) ก็สามารถตรวจสอบได้โดยใช้วิธีเดียวกันกับชิ้นงานซึ่งตัดออกมาตามแนวแกน

อุณหภูมิในการฉีดและเป่า พรีฟอร์ม(Preform)

เวลาที่ฉีด Preform จะใช้อุณหภูมิต่ำเวลาที่เป่าจะใช้อุณหภูมิประมาณ 50 องศา เพราะถ้าเย็นกว่านี้จะเป่าไม่เต็มขวดจะแตก และอุณหภูมิเยอะจะเห็นได้ว่าชิ้นงานจะมีลักษณะเงาเบา

ถ้าต้องการฉีดชิ้นงานที่มีลักษณะใส ควรฉีดที่อุณหภูมิต่ำเพราะเป็นการชื่อคผิว ถ้าอุณหมิสูงชิ้นงานก็จะขุ่น ส่วนมากจะใช้กับพลาสติกที่เป็น Cytraline

ในการเป่าขวดที่มีลักษณะเป็นวงรี หรือ แบน ควรจะเพิ่มอุณหภูมิในการเป่า เพราะถ้าไม่เพิ่มเนื้อพลาสติกที่ไปสัมผัสกับผิวของ Blow Mold ก็จะติดและไม่ไหลในส่วนที่เป่า เข้าไปไม่ถึง ควรเพิ่มอุณหภูมิในการเป่า

มาตรฐานการรับน้ำหนักของขวดจะรับได้เพียง 10 kg

ช่วงก้นของ Preform จะบางกว่าลำตัวอยู่ประมาณ $^1/_2$ mm. หรือ ความหนา $\frac{Preform}{2}$

ในการเป่า Preform ส่วนมากจะเป่าที่อุณหภูมิ 100 – 110 องศา

การสังเกตขวดว่าเป่าจากเครื่อง Two stage หรือ One Stage

-ถ้า Prating line ปากขวดและตัวขวดตรงกันเป็น One Stage

-ถ้า Prating line ปากขวดและตัวขวดไม่ตรงกันเป็น Two Stage

ต้องการฉีด Preform ที่สามารถเบ่งได้เพื่อให้เนื้อพลาสติกเพิ่ม ที่จะสามารถยืดเนื้อออกมาเพื่อให้ขวดเต็มได้สมมาตรจะเป่าขวดที่มีลักษณะแปลกที่ไม่สมมาตรกันได้เช่น ขวดนม ขวดโลออน แต่ Preform จะต้องการอบเนื้อ PET ในการฉีดเนื้อ PET ใช้เวลาในการอบ 4-8 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ150-160 ^{o}C

ในการเป่า PP , PE จะใช้อุณหภูมิเป่าประมาณ 50 องศา

PC , POM จะอยู่ประมาณ 80 องศา อุณหภูมิเป่า

ส่วน PET จะอยู่ประมาณ 110 องศา หรือมากกว่านั้น

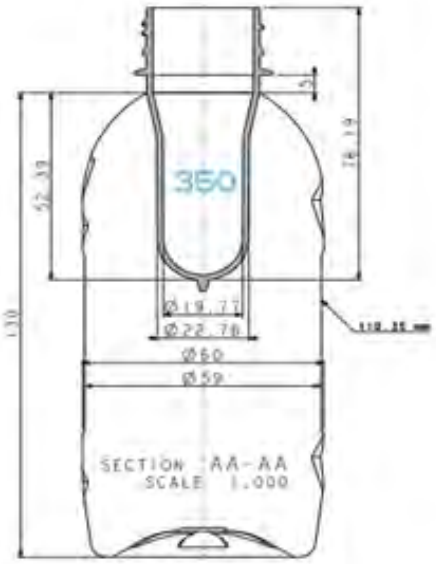
Preform ความหนาช่วงก้นจะน้อยกว่าตัวประมาณ $^{1}/_{2}$เท่าของความหนาช่วงลำตัว Preform เพราะไม่อยากให้ยืดถ้ายืดอาจจะแตกได้

สายน้ำที่ใช้ ใช้สาย PU คือ สายที่ใช้ทั่วไปในโรงงานจะทนความร้อนได้ที่ 80 แต่เราใช้ไม่เกิน 40 องศา

ขั้นตอนการเป่า

ภาพที่ 3-7 แสดงขั้นตอนการเป่าขวด PET แบบ Two-stage

ที่มา(PET planet Publisher GmbH Vol3,2003:46)



ภาพที่ 3-8 การขยายตัว

การคำนวณเกี่ยวกับกระบวนการเป่าขนาดขวด 350 ML แบบ Two-stage

PET อัตราส่วนการขยาย ด้าน Hoop ratio และ Axial ratio จะได้ 4:4 =16

ความหนาของ Preform $= \frac{D_2}{D_1} \times \frac{L_2}{L_1} = \text{BUP} = \frac{T_1}{T_2}$

D1 = ความโตของ Preform

D2 = ความโตของ ชิ้นงาน

Hoop ratio, $H = \frac{D_1}{D_2}$

T1 ความหนาของหลอด Preform

T2 ความหนาของชิ้นงาน

D1 = 22.76 mm.

T1 = 1.5 mm.

L1 = 52.39 mm.

ความหนาของขวดน้ำทั่วไปจะอยู่ประมาณ 0.15-0.5 mm.

Hoop ratio, $H = \frac{D_1}{D_2}$

D1 = 22.76mm.

Hoop ratio, ด้านนอกสูงสุด D2=60/ D1=22.5 = 2.36

D1 = 19.77 mm.

Hoop ratio, ด้านในสูงสุด D2=59/ D1 =19.77 = 2.98

แต่ค่า Blowup ratio ด้าน Hoop ratio ไม่ควรเกิน 4

Axial ratio, $A=\frac{L_1}{L_2}$

L1=52.39 mm.

L2=130 mm.

130/52.39=2.48

แต่ค่า Blowup ratio ด้าน Axial ไม่ควรเกิน 4

จะได้อัตราส่วนการพองตัวรวมดังนี้

Blowup ratio, $BUR = H \times A = \frac{D_1}{D_2} \times \frac{L_1}{L_2}$

$BUR = H \times A = 2.98 \times 2.36 = 7.03$

PET อัตราส่วนการขยาย ด้าน Hoop ratio และ Axial ratio จะได้ 4:4 =16 ไม่ควรเกินนี้

$BUP = \frac{T_1}{T_2}$

$7.03/T1 = T2$

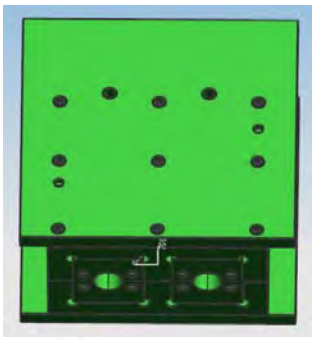
$T2 = 1.5/7.03 = 0.21$ mm.

3.3 การออกแบบแม่พิมพ์เป่าพลาสติก

3.3.1 แม่พิมพ์เป่าขวดพลาสติก

ภาพที่ 3-9 แม่พิมพ์เป่าขวดพลาสติก

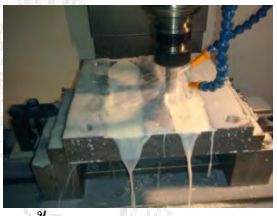
3.3.2 ภาพประกอบแม่พิมพ์เป่าขวดพลาสติก



ภาพที่ 3-10 ภาพประกอบแม่พิมพ์เป่าขวดพลาสติก

3.4 ขั้นตอนการสร้างแม่พิมพ์เป่าขวดพลาสติกสำหรับใช้กับการทดลอง

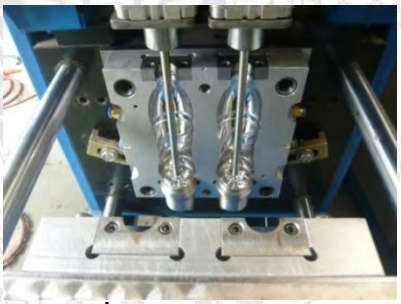
3.4.1 เริ่มกัดขึ้นรูปแม่พิมพ์เป่าขวดพลาสติก



ภาพที่ 3-11 ขึ้นรูปแม่พิมพ์เป่าขวดพลาสติก

3.5 ทำการทดลองเป่าขวดพลาสติก

3.5.1 จับยึดแม่พิมพ์เข้ากับเครื่องเป่า



ภาพที่ 3-12 แม่พิมพ์พร้อมเป่า

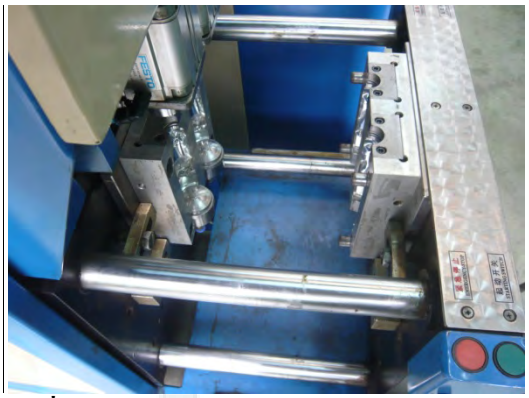
3.5.2 พรีฟอร์ม(Preform) ขนาด15g ที่ใช้สำหรับเป่า

ภาพที่ 3-13 พรีฟอร์ม(Preform) ขนาด15g

3.5.3 อุณหภูมิ พรีฟอร์ม(Preform) ก่อนเป่า

ภาพที่ 3-14 กระบวนการอุ่นพรีฟอร์ม(Preform)

3.5.4 การใส่พรีฟอร์ม(Preform) ก่อนเป่า

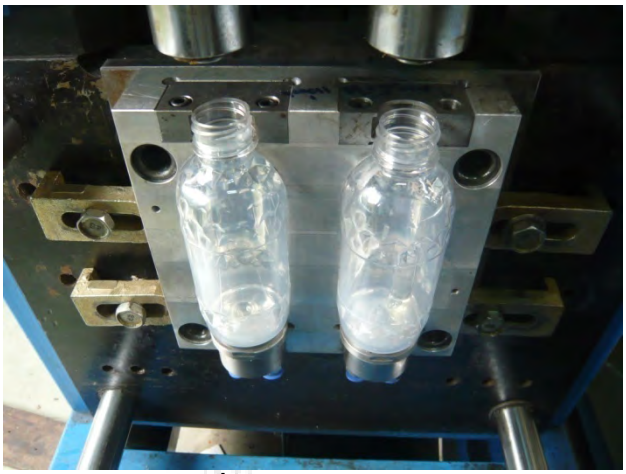


ภาพที่ 3-15 การใส่พรีฟอร์ม(Preform) ก่อนเป่า

3.5.5 ความดันลมที่ใช้ในกระบวนการเป่าขึ้นรูปขวดพลาสติก

ภาพที่ 3-16 ความดันลมเป่าและเวลาที่ใช้เป่า

3.5.6 เป่าเสร็จแล้วเปิดแม่พิมพ์เป่าออก



ภาพที่ 3-17 เปิดแม่พิมพ์เป่า

3.5.7 ขวดพลาสติกที่ขึ้นรูปจาก พรีฟอร์ม(Preform) PET

ภาพที่ 3-18 ขวดพลาสติกที่ขึ้นรูปแล้ว

3.6 รวบรวมข้อมูลของระบบการเป่าแม่พิมพ์

3.6.1 หลอดPreformที่ฉีดออกมาแล้วต้องทิ้งไว้มากกว่า 72 ชั่วโมงก่อนนำมาเป่าขึ้นรูป

3.6.2 อุณหภูมิที่ใช้อุ่นPreform ก่อนเป่าแบ่งเป็น3ช่วง ช่วงคอร์ใช้อุณหภูมิ 110 องศาช่วงกลางใช้อุณหภูมิ 105 องศาช่วงก้นใช้อุณหภูมิ 100 องศา

3.6.3 เวลาที่ใช้อุ่นPreform 2 วินาที

3.6.4 แรงลมที่เป่าจากถัง 30-35 บาร์

3.6.5 เวลาที่ใช้ในการเป่า 12วินาที ต่อ 2ขวด

3.6.6 อุณหภูมิแม่พิมพ์ 35 องศา

3.7 แก้ไขปรับปรุงแม่พิมพ์เป่า

เป่าอย่างไรจึงจะได้ชิ้นงานมีคุณภาพมากที่สุด

ก่อนอื่นเราคงต้องมาทำความรู้จักกันก่อนว่า การหดตัวของพลาสติกนั้น หมายถึงการที่ผลิตภัณฑ์มีขนาดเล็กลงกว่าขนาดของแม่พิมพ์ การหดตัวของชิ้นงานเป่า จะเกิดขึ้นได้ทั้งสองทิศทาง คือตามแนวทิศทางการเป่า และแนวขวางกับทิศทางการเป่า ซึ่งการหดตัวตามแนวทิศทางการเป่า (การไหลของพลาสติก) จะมีน้อยกว่าตามแนวขวางกับทิศทางการเป่า

การเป่าเพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีการหดตัวน้อยที่สุด เราสามารถใช้วิธีการเป่าเพื่อให้ชิ้นงานมีความแข็งแรงสวยงามมีความหนาเท่ากันทุกจุด สิ่งที่จะช่วยในการควบคุมขนาดของชิ้นงานเป่าได้ดีที่สุดก็คือ การเผื่อขนาดของแม่พิมพ์สำหรับการหดตัว โดยขนาดที่จะทำการเผื่อนี้ควรคิดจากค่าอัตราการหดตัวที่มาก จากค่าอัตราการหดตัวที่แจ้งเอาไว้สำหรับพลาสติกแต่ละชนิด

การหดตัวสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ

1. การหดตัวครั้งแรกในแม่พิมพ์ในระหว่างการเป่า (Mold Shrinkage) การหดตัวครั้งแรกในแม่พิมพ์ เราสามารถหาได้โดยการวัดขนาดของชิ้นงานที่เย็นตัวลงแล้วหลังจากถูกปลดออกจากแม่พิมพ์ ซึ่งจะเกิดกับพลาสติกชนิดที่ไม่มีผลึกและมีผลึก

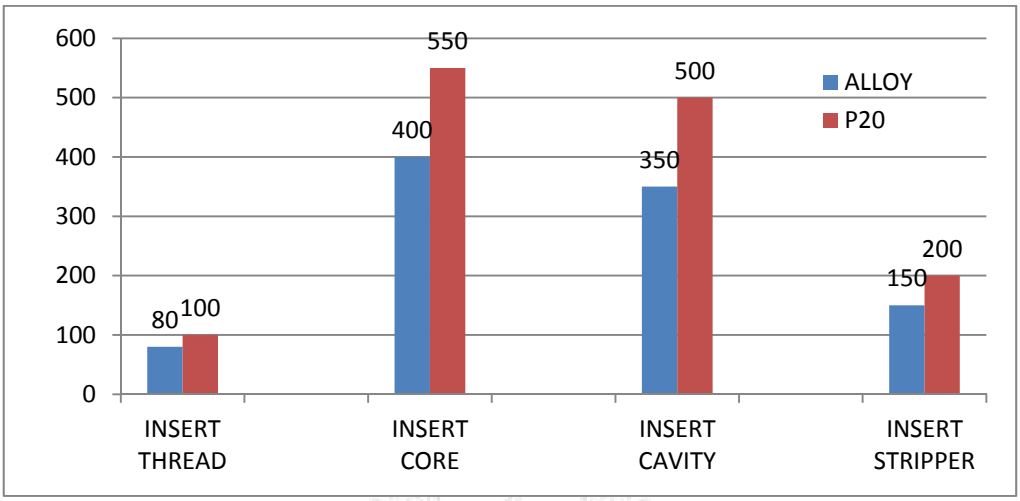
2. การหดตัวภายหลังเนื่องจากการเกาะผลึก(After Shrinkage หรือ Crystalline Shrinkage) การหดตัวภายหลังนี้สามารถหาได้โดยการวัดขนาดของชิ้นงานหลักจากถูกปลดออกจากแม่พิมพ์แล้วเป็นเวลา 72 ชั่วโมง ซึ่งจะเกิดกับพลาสติกชนิดที่มีผลึกเท่านั้น

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลอง

1. เปรียบเทียบราคาที่ใช้ทำแม่พิมพ์ฉีดพรีฟอร์มที่ทำจากอลูมิเนียม เกรดA7075 กับเหล็ก เกรด P20



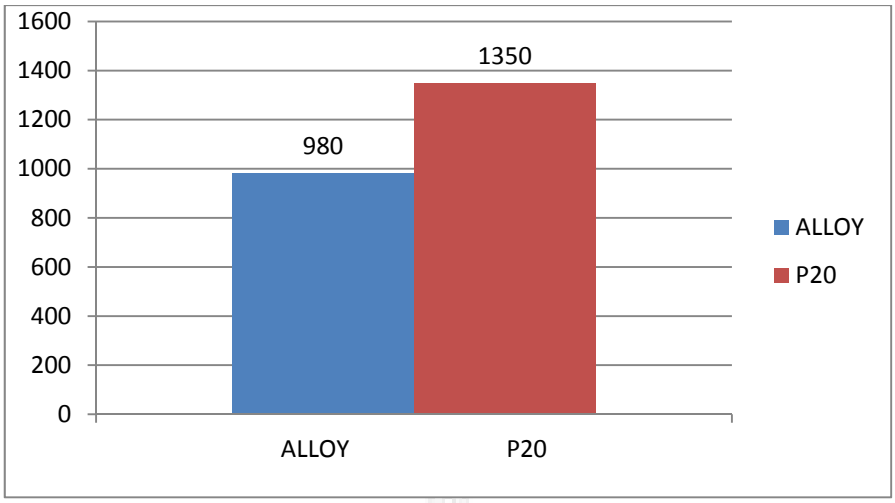
จากกราฟเป็นการเปรียบเทียบราคาของวัสดุในแต่ละชิ้นส่วนของแม่พิมพ์ จะเห็นได้ว่า ราคาของเหล็กเกรด P20 มีราคาแพงกว่าอลูมิเนียม เกรด A7075 ดังนี้

ชิ้นส่วน INSERT THREAD เหล็กเกรด P20 ราคา 100 บาท อลูมิเนียม เกรด A7075 ราคา 80 บาท อลูมิเนียม เกรด A7075 มีราคาถูกกว่า 20 บาท คิดเป็น 20% ของราคาเหล็กเกรด P20

ชิ้นส่วน INSERT CORE เหล็กเกรด P20 ราคา 550 บาท อลูมิเนียม เกรด A7075 ราคา 400 บาท อลูมิเนียม เกรด A7075 มีราคาถูกกว่า 150 บาท คิดเป็น 27.27% ของราคาเหล็กเกรด P20

ชิ้นส่วน INSERT CAVITY เหล็กเกรด P20 ราคา 500 บาท อลูมิเนียม เกรด A7075 ราคา 350 บาท อลูมิเนียม เกรด A7075 มีราคาถูกกว่า 150 บาท คิดเป็น 30% ของราคาเหล็กเกรด P20

ชิ้นส่วน INSERT STRIPPER เหล็กเกรด P20 ราคา 200 บาท อลูมิเนียม เกรด A7075 ราคา 150 บาท อลูมิเนียม เกรด A7075 มีราคาถูกกว่า 50 บาท คิดเป็น 25% ของราคาเหล็กเกรด P20



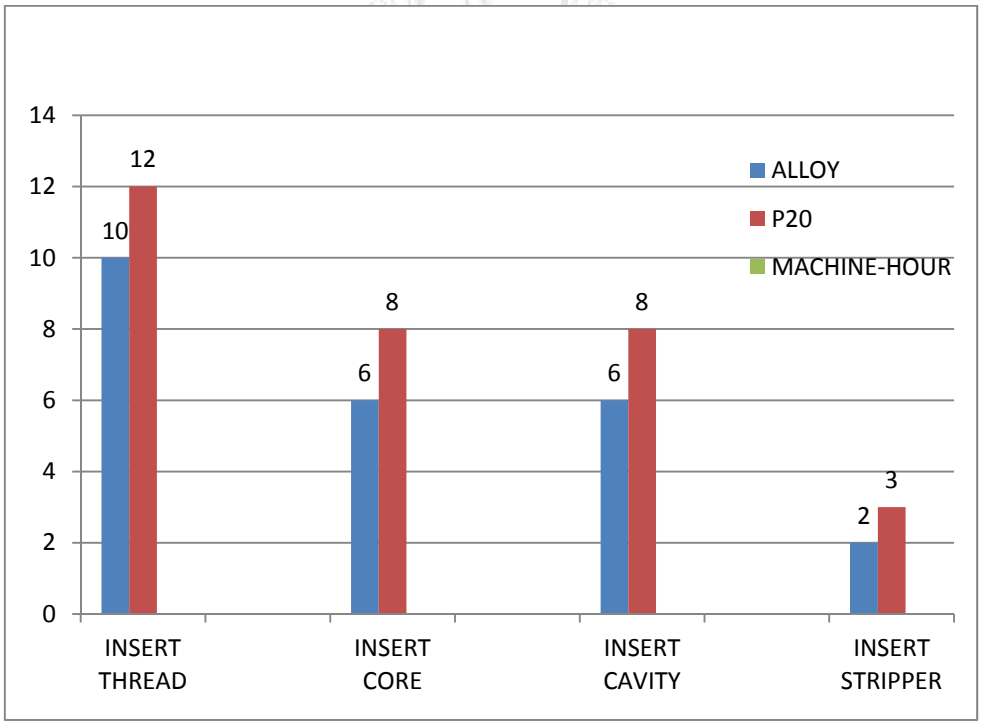
จากกราฟเป็นการนำราคาของชิ้นส่วนทั้งหมดมารวมกัน ได้ดังนี้

ราคาวัสดุทั้งหมดที่ใช้ทำแม่พิมพ์ฉีดพรีฟอร์มที่ทำจากอลูมิเนียม เกรด A 7075 980 บาท

ราคาวัสดุทั้งหมดที่ใช้ทำแม่พิมพ์ฉีดพรีฟอร์มที่ทำจากเหล็ก เกรด P20 1,350 บาท

อลูมิเนียม เกรด A7075 มีราคาถูกกว่า 370 บาท คิดเป็น 27.04% ของราคาเหล็กเกรด P20

2. เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ทำแม่พิมพ์ฉีดพรีฟอร์มที่ทำจากอลูมิเนียม เกรด7075 กับเหล็ก เกรด P20



จากกราฟเป็นการเปรียบเทียบเวลาในการขึ้นรูปชิ้นส่วนของแม่พิมพ์โดยวิธี MACHINE จะเห็นได้ว่าเวลาในการขึ้นของเหล็กเกรด P20 ใช้เวลานานกว่าอลูมิเนียม เกรด 7075 ดังนี้

ชิ้นส่วน INSERT THREAD อลูมิเนียม เกรด A7075 ใช้เวลาในการขึ้นรูป 10 ชั่วโมง

เหล็กเกรด P20 ใช้เวลาในการขึ้นรูป 12 ชั่วโมง

อลูมิเนียมเกรด A7075 ใช้เวลาน้อยกว่า 2 ชั่วโมงคิดเป็น 16.6% ของเวลาในการขึ้นรูปเหล็กเกรด P20

ชิ้นส่วน INSERT CORE อลูมิเนียม เกรด A7075 ใช้เวลาในการขึ้นรูป 6 ชั่วโมง

เหล็กเกรด P20 ใช้เวลาในการขึ้นรูป 8 ชั่วโมง

อลูมิเนียมเกรด A7075 ใช้เวลาน้อยกว่า 2 ชั่วโมงคิดเป็น 25% ของเวลาในการขึ้นรูปเหล็กเกรด P20

ชิ้นส่วน INSERT CAVITY อลูมิเนียม เกรด A7075 ใช้เวลาในการขึ้นรูป 6 ชั่วโมง

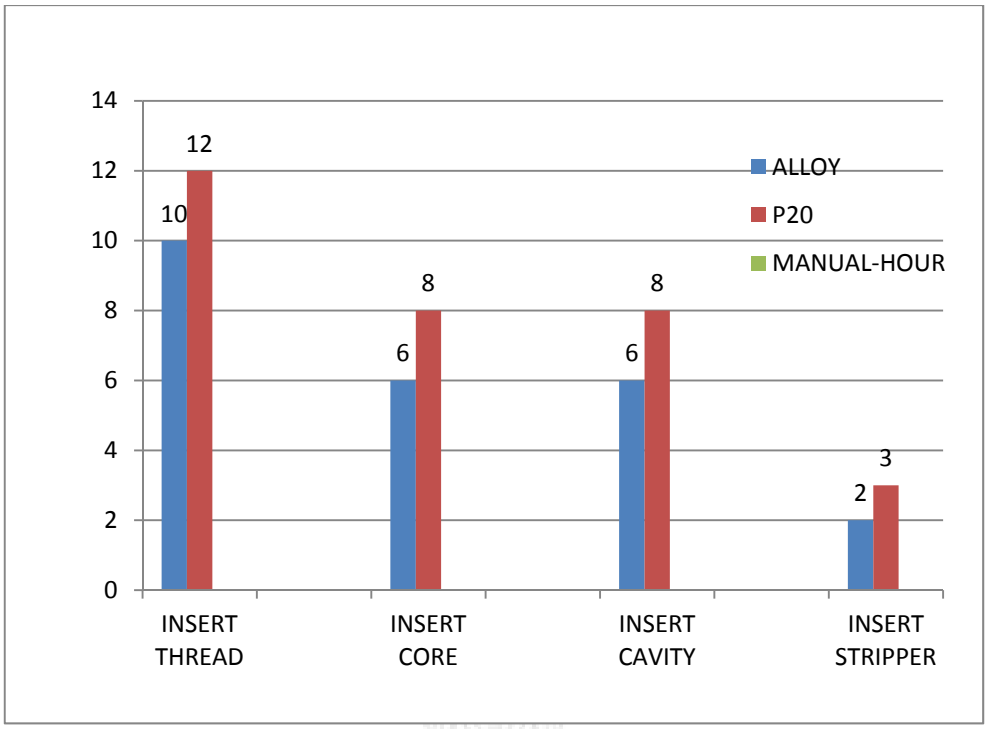
เหล็กเกรด P20 ใช้เวลาในการขึ้นรูป 8 ชั่วโมง

อลูมิเนียมเกรด A7075 ใช้เวลาน้อยกว่า 2 ชั่วโมงคิดเป็น 25% ของเวลาในการขึ้นรูปเหล็กเกรด P20

ชิ้นส่วน INSERT STRIPPER อลูมิเนียม เกรด A7075 ใช้เวลาในการขึ้นรูป 2 ชั่วโมง

เหล็กเกรด P20 ใช้เวลาในการขึ้นรูป 3 ชั่วโมง

อลูมิเนียมเกรด A7075 ใช้เวลาน้อยกว่า 1 ชั่วโมงคิดเป็น 33.3% ของเวลาในการขึ้นรูปเหล็กเกรด P20



จากกราฟเป็นการเปรียบเทียบเวลาในการขึ้นรูปชิ้นส่วนของแม่พิมพ์โดยวิธี MANUAL จะเห็นได้ว่าเวลาในการขึ้นของเหล็กเกรด P20 ใช้เวลานานกว่าอลูมิเนียม เกรด A7075 ดังนี้

ชิ้นส่วน INSERT THREAD อลูมิเนียม เกรด A7075 ใช้เวลาในการขึ้นรูป 10 ชั่วโมง
เหล็กเกรด P20 ใช้เวลาในการขึ้นรูป 12 ชั่วโมง

อลูมิเนียมเกรด A7075 ใช้เวลาน้อยกว่า 2 ชั่วโมงคิดเป็น 16.6% ของเวลาในการขึ้นรูปเหล็กเกรด P20

ชิ้นส่วน INSERT CORE อลูมิเนียม เกรด A7075 ใช้เวลาในการขึ้นรูป 6 ชั่วโมง
เหล็กเกรด P20 ใช้เวลาในการขึ้นรูป 8 ชั่วโมง

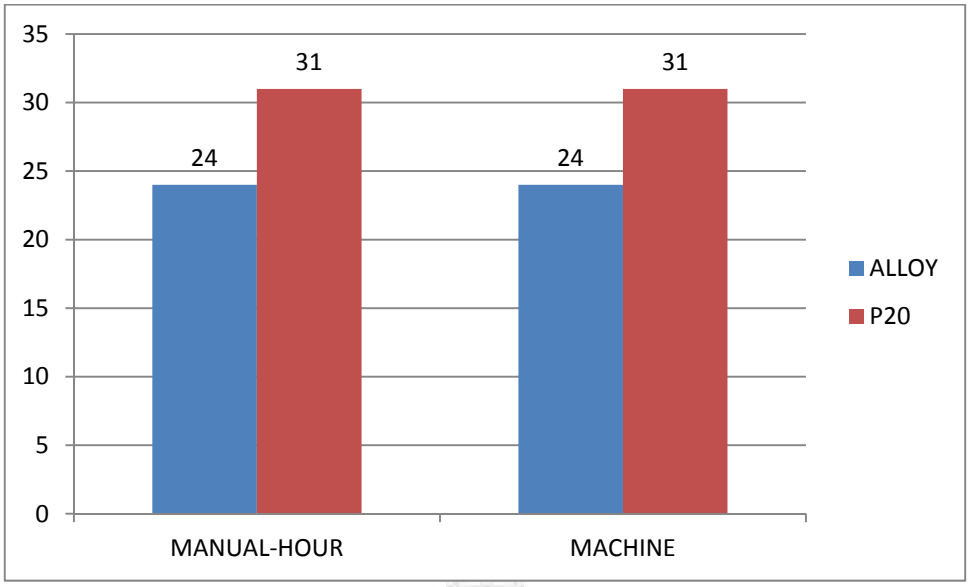
อลูมิเนียมเกรด A7075 ใช้เวลาน้อยกว่า 2 ชั่วโมงคิดเป็น 25% ของเวลาในการขึ้นรูปเหล็กเกรด P20

ชิ้นส่วน INSERT CAVITY อลูมิเนียม เกรด A7075 ใช้เวลาในการขึ้นรูป 6 ชั่วโมง
เหล็กเกรด P20 ใช้เวลาในการขึ้นรูป 8 ชั่วโมง

อลูมิเนียมเกรด A7075 ใช้เวลาน้อยกว่า 2 ชั่วโมงคิดเป็น 25% ของเวลาในการขึ้นรูปเหล็กเกรด P20

ชิ้นส่วน INSERT STRIPPER อลูมิเนียม เกรด A7075 ใช้เวลาในการขึ้นรูป 2 ชั่วโมง
เหล็กเกรด P20 ใช้เวลาในการขึ้นรูป 3 ชั่วโมง

อลูมิเนียมเกรด A7075 ใช้เวลาน้อยกว่า 1 ชั่วโมงคิดเป็น 33.3% ของเวลาในการขึ้นรูปเหล็กเกรด P20

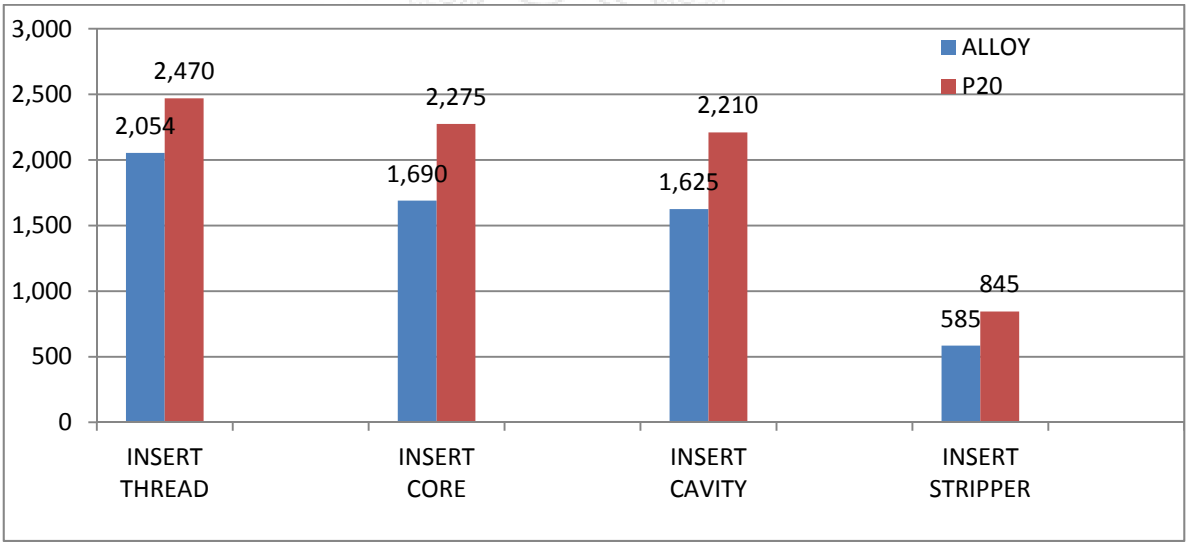


รวมเวลาที่ใช้ทำอินเสริตแม่พิมพ์ฉีดพรีฟอร์มที่ทำจากอลูมิเนียม เกรด A7075 คือ 24 ชั่วโมง

รวมเวลาที่ใช้ทำอินเสริตแม่พิมพ์ฉีดพรีฟอร์มที่ทำจากเหล็ก เกรด P20 คือ 31 ชั่วโมง

อลูมิเนียมเกรด A7075 ใช้เวลาน้อยกว่า 7 ชั่วโมงคิดเป็น 22.5% ของเวลาในการขึ้นรูปเหล็กเกรด P20

ราคาวัสดุรวมกับค่าแรงในการขึ้นรูปมีค่าใช้จ่ายดังนี้



MANUAL-HOUR : 100 บาท/ชม.

MACHINE-HOUR : 50 บาท/ชม.

จากกราฟเป็นการเปรียบเทียบราคาในการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพรีฟอร์ม จะเห็นได้ว่า ราคาของอลูมิเนียม เกรด A7075 มีราคาถูกกว่าเหล็กเกรด P20 ทุกชิ้นส่วนดังนี้

ชิ้นส่วน INSERT THREAD เหล็กเกรด P20 มีค่าใช้จ่ายทั้งหมดอยู่ที่ 2,470 บาท

อลูมิเนียม เกรด A7075 มีค่าใช้จ่ายทั้งหมดอยู่ที่ 2,054 บาท

ราคาต่างกัน 416 บาท คิดเป็น 16.8% ของราคาเหล็กเกรด P20

ชิ้นส่วน INSERT CORE เหล็กเกรด P20 มีค่าใช้จ่ายทั้งหมดอยู่ที่ 2,275 บาท

อลูมิเนียม เกรด A7075 มีค่าใช้จ่ายทั้งหมดอยู่ที่ 1,690 บาท

ราคาต่างกัน 585 บาท คิดเป็น 25.7% ของราคาเหล็กเกรด P20

ชิ้นส่วน INSERT CAVITY เหล็กเกรด P20 มีค่าใช้จ่ายทั้งหมดอยู่ที่ 2,210 บาท

อลูมิเนียม เกรด A7075 มีค่าใช้จ่ายทั้งหมดอยู่ที่ 1,625 บาท

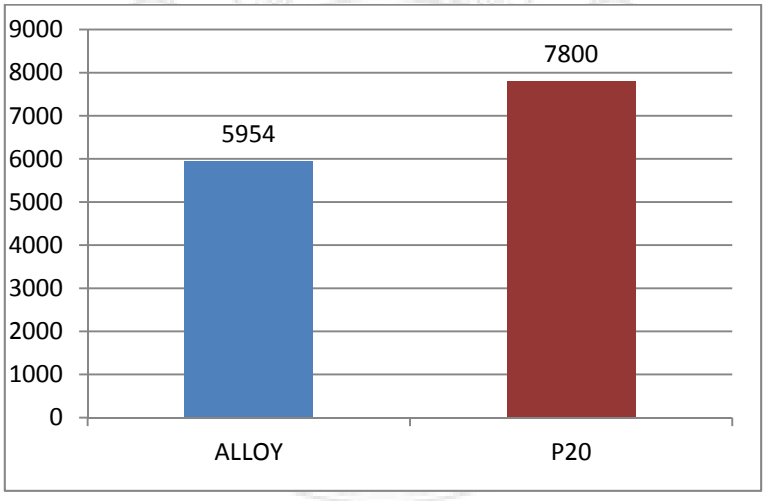
ราคาต่างกัน 585 บาท คิดเป็น 26.4% ของราคาเหล็กเกรด P20

ชิ้นส่วน INSERT STRIPPER เหล็กเกรด P20 มีค่าใช้จ่ายทั้งหมดอยู่ที่ 845 บาท

อลูมิเนียม เกรด A7075 มีค่าใช้จ่ายทั้งหมดอยู่ที่ 585 บาท

ราคาต่างกัน 260 บาท คิดเป็น 30.7% ของราคาเหล็กเกรด P20

ค่าใช้จ่ายในการสร้างชิ้นส่วนแม่พิมพ์ทุกชิ้นมารวมกันจะได้ดังนี้

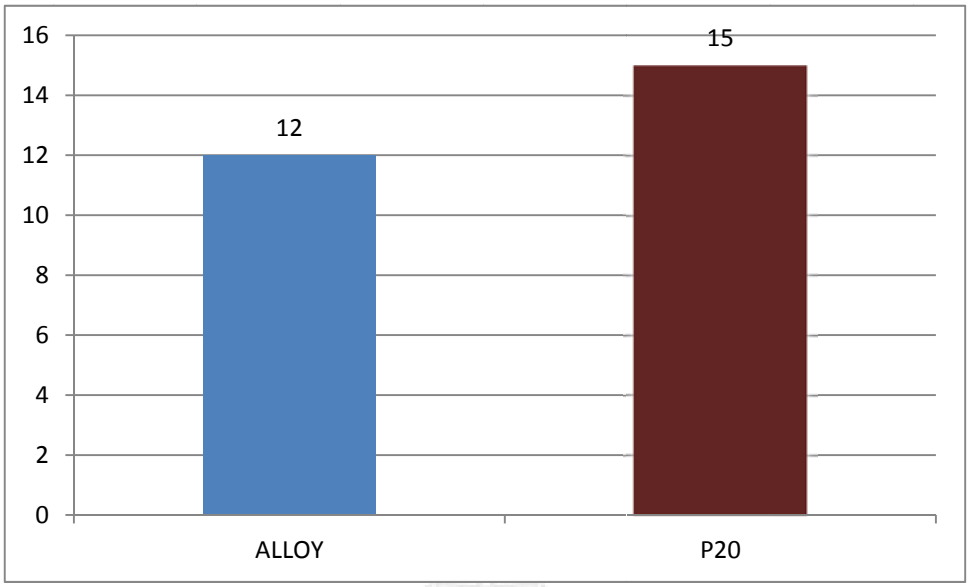


เหล็กเกรด P20 มีค่าใช้จ่ายทั้งหมด 7,800 บาท

อลูมิเนียม เกรด A7075 มีค่าใช้จ่ายทั้งหมด 5,954 บาท

ราคาอลูมิเนียม เกรด A7075ถูกกว่า 260 บาท คิดเป็น 23.6% ของราคาเหล็กเกรด P20

3. เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการฉีดพรีฟอร์มที่แม่พิมพ์ทำจากอลูมิเนียมเกรด A7075กับเหล็กเกรด P20



เวลาที่ใช้ในการฉีด(Cycle time) พรีฟอร์มที่แม่พิมพ์ทำจากอลูมิเนียม เกรด A7075 12 วินาที

เวลาที่ใช้ในการฉีด(Cycle time) พรีฟอร์มที่แม่พิมพ์ทำจากเหล็ก เกรด P20 15 วินาที

ต่างกัน 3 วินาที คิดเป็น 20% ของเวลาที่ใช้ในการฉีด(Cycle time) ของเหล็ก เกรด P20

บทที่ 5

สรุป

การเปรียบเทียบวัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์ฉีดที่ทำจากอลูมิเนียมเกรด A7075 กับ เหล็กเกรด P20 (Comparison Material Use Make Mold Plastic Aluminum A7075 With Steel P20)

จากการทดลอง ตามขอบเขตของโครงการวิจัยแม่พิมพ์ฉีดหลอดพรีฟอร์มขนาด 15 กรัมที่ทำจากอลูมิเนียม เกรด A7075 กับเหล็ก เกรด P20 ใช้ฉีดพรีฟอร์มโพลิเอทิลีนเทเรฟทา เลต (Polyethylene Terephthalate) PET น้ำหนัก 15 กรัม เป่าเข้าแม่พิมพ์เป่า (Blow Mold) ที่ความดันลม 30 – 35 บาร์แบบ Two-Stage แม่พิมพ์เป่า (Blow Mold) เป็นขวดขนาด 350 ML จำนวน 2 ขวดทำจากอลูมิเนียม เกรด A7075 ใช้เครื่องฉีด ฉีดพรีฟอร์ม ก่อนแล้วนำมาเป่า (Two - Stage) พรีฟอร์มที่ฉีดจากแม่พิมพ์ที่ทำจากอลูมิเนียม เกรด A 7075 ผลการทดลองการเลือกวัสดุทำแม่พิมพ์ฉีดพรีฟอร์มมีดังนี้ อลูมิเนียม เกรด A7075 มีราคาถูกกว่า 27.04% ราคาแม่พิมพ์ถูกกว่า 23.6%เวลาที่ใช้ในการฉีด(Cycle time)น้อยกว่า 20% ของเหล็กเกรด P20 และ พรีฟอร์มที่ฉีดจากแม่พิมพ์ที่ทำจากเหล็ก เกรด P20 ไม่มีความแตกต่างกันเมือนำมาเป่า (Blow Mold)แบบสองขั้นตอน (Two-Stage) เป็นขวดขนาด 350 ML จำนวน 2 ขวด

ข้อเสนอแนะ

- ทำการทดลองหาอายุการใช้งานของแม่พิมพ์ที่ทำจากอลูมิเนียม เกรด A7075เปรียบเทียบเหล็กเกรด P20
- เปรียบเทียบกับวัสดุชนิดอื่นๆเพื่อหาวัสดุทำแม่พิมพ์ที่ดีที่สุด

ภาคผนวก ก

แบบแม่พิมพ์ฉีด

ภาคผนวก ก

การวัดขนาดของชิ้นงาน 500,600และ 750 ml

จุดวัดขนาดของขวด500 ml	A	B	C	D
	215.68	60.68	54.22	65.28
	216.22	60.52	54.42	65.14
	215.68	60.82	54.22	65.38
	216.26	60.52	54.48	65.12
	216.28	60.74	54.74	65.36
	216.22	60.22	53.12	65.26
	216.24	60.72	53.94	65.26
	216.24	60.72	53.22	65.24
	216.22	60.52	54.22	65.32
	216.22	60.68	53.22	65.24
	216.22	60.42	53.42	65.34
	215.64	60.42	53.46	65.28
	216.24	60.52	53.22	65.22
	216.26	60.34	53.42	65.26
	216.22	60.52	54.48	65.28
	216.26	60.42	53.64	65.26
	216.62	60.42	53.42	65.28
	216.24	60.82	54.22	65.38
	216.22	60.44	54.22	65.26
	216.28	60.62	53.62	65.36
	216.26	60.34	53.46	65.28
	216.44	60.34	53.62	65.46
	216.68	60.44	53.48	65.66
	216.22	60.56	53.64	65.54
	216.34	60.62	53.34	65.48
	216.48	60.72	53.38	65.46
	216.34	60.54	53.62	65.66
	216.42	60.44	53.22	65.28
	216.36	60.46	53.34	65.64
	216.28	60.66	53.54	65.34
ค่าเฉลี่ย	216.2427	60.54	53.71867	65.344

จุดวัดขนาดของขวด 600 cc	A	B	C	D
	232.34	63.98	56.76	68.78
	232.22	64.14	56.74	68.76
	232.22	64.06	56.52	68.58
	232.22	64.32	56.42	68.64
	232.18	64.22	56.52	68.68
	232.18	64.66	56.54	68.64
	232.42	64.32	56.68	68.82
	232.12	64.22	56.76	68.82
	232.14	64.22	56.72	68.78
	232.42	64.22	56.72	68.72
	232.28	64.28	56.62	68.84
	232.16	64.24	56.72	68.86
	232.52	64.56	56.42	68.52
	232.48	64.52	56.76	68.72
	232.12	64.36	56.72	68.58
	232.22	64.46	56.42	68.74
	232.48	64.32	56.44	68.78
	232.52	64.22	56.68	68.78
	232.22	64.22	56.74	68.84
	232.32	64.42	56.68	68.82
	232.26	64.42	56.46	68.54
	232.42	64.36	56.46	68.42
	232.54	64.52	56.42	68.56
	232.36	64.56	56.64	68.56
	232.46	64.42	56.34	68.68
	232.24	64.56	56.42	68.76
	232.44	64.34	56.42	68.72
	232.32	64.28	56.64	68.64
	232.34	64.36	56.42	68.66
	232.52	64.52	56.64	68.72
ค่าเฉลี่ย	232.3227	64.34333	56.58133	68.69867

จุดวัดขนาดของขวด750 cc	A	B	C	D
	246.58	69.98	61.12	73.26
	246.52	69.86	60.82	73.24
	246.52	69.94	61.08	73.24
	246.64	69.58	61.02	73.32
	246.62	69.86	60.98	73.24
	246.72	69.66	61.04	73.24
	246.62	69.58	60.84	73.24
	246.72	69.54	60.92	73.24
	246.42	69.42	61.08	73.26
	246.76	69.56	61.06	73.28
	247.02	69.46	61.12	73.66
	246.96	69.82	61.06	73.32
	246.98	69.62	61.06	73.62
	246.62	69.82	61.02	73.48
	246.82	69.84	60.84	73.52
	247.02	69.76	60.86	73.52
	246.92	69.38	61.04	73.48
	247.02	69.54	60.96	73.52
	246.84	69.42	61.04	73.32
	246.64	69.36	60.84	73.26
	246.42	69.46	61.06	73.46
	246.52	69.48	61.04	73.44
	246.62	69.48	60.84	73.28
	246.34	69.46	61.06	73.52
	246.64	69.74	60.88	73.44
	246.72	69.54	60.98	73.42
	246.44	69.48	61.08	73.46
	246.62	69.72	61.02	73.66
	246.56	69.56	60.88	73.48
	246.38	69.86	60.98	73.36
ค่าเฉลี่ย	246.674	69.626	60.98733	73.39267

บรรณานุกรม

Crawford, R.J. 2005**. Plastics Engineering**. 3 rd ed. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann.

Griskey, R.G. 1995. **Polymer Process Engineering**. New York: Chapman&Hall

Gruenwald, G. 1998. **Thermoforming : A Plastics Processing Guide**. 2 nd ed. Lancaster : Technomic Publishing Company, Inc.

Hernandez, R.J, Selke, S.E.M. and Culter, J.D. 2000. **Plastic Packaging : Properties, Processing, Applications, and Regulation**. Munich: Carl Hanser Verlag.

Michaeli, W. 1995. **Plastics Processing : An Introduction**. Munich: Carl Hanser Verlag.

Osswald, T.A. 1998. **Polymer Processing Fundamentals**. Munich: Carl Hanser Verlag.

Rao, N.S. and Schumacher, G. 2004. **Design Formulas for Plastics Engineers**. 2 nd ed. Carl Hanser Verlag.

Rosato Donald, V. and Rosato Dominick. V. 1990. **Plastics Processing Data Handbook**. New York: Van Nostrand Reinhold.

Ottmar Brandau. 2003. Vol 3. **Stretch Blow Moulding A Hands-on Guide**. Heidelberg, Germany: PETplanet Publisher GmbH.

David W. Brooks, and Geoff A. Giles. 2002. **PET PACKAGING TECHNOLOGY**. Sheffield: Sheffield Academic Press Ltd.

Norman C. Lee, P.E.1990**. PLASTIC BLOW MOLDING HANDBOOK**.New York: Chapman&Hall

ชวลิต แสงสวัสดิ์. 2551. **กระบวนการผลิตเทอร์โมพลาสติก 2**. พิมพ์ครั้งที่ 1. ปทุมธานี: แผนกเอกสารการพิมพ์ คณะวิศกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บรรเลง ศรนิล. 2537. **เทคโนโลยีพลาสติก**. พิมพ์ครั้งที่9, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น)