มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

ศึกษาการหดตัวของพลาสติกโพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต ที่ใช้กับแม่พิมพ์เป่า

Study the Shrinkage of Plastic Polyethylene Terephthalate (PET) Used with Make Blow Mold

ผศ.ประสงค์ ก้านแก้ว

Asst. Prof.Prasong Kankaew

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งในการดำเนินงานของ แผนกวิจัยและฝึกอบรม

ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะวิศวกรรมศาสตร์

ได้รับการอุดหนุนงบประมาณในการดำเนินการ

ปี พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ของ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะวิศวกรรมศาสตร์

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการหดตัวของพลาสติกโพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต ที่ใช้กับแม่พิมพ์เป่าแบบสองขั้นตอน(Two stages) กำหนดให้การหดตัว(Shrinkage) ของชิ้นงานเพื่อทำการออกแบบแม่พิมพ์ แกน Z = 1% แกน X,Y = 2.5% ได้ผลการทดลองดังนี้

1.การหดตัว(Shrinkage)ตามแนวยาวของชิ้นงาน(แกนZ)= 0.85 % แตกต่างจากค่ากำหนดให้การหดตัว(Shrinkage) ของชิ้นงานเพื่อทำแม่พิมพ์ แกน Z= 1- 0.85 = 0.15 %

2.การหดตัว(Shrinkage)ตามแนวขวางของชิ้นงาน (แกนX,Y)= 1.83 % แตกต่างจากค่ากำหนดให้การหดตัว(Shrinkage) ของชิ้นงานเพื่อทำแม่พิมพ์ แกน X,Y =2.5-1.83 = 0.67%

(ผศ. ประสงค์ ก้านแก้ว)

ผู้วิจัย

Abstract

This research aims to study the shrinkage of plastic polyethylene Terephthalate used with the make blow mold in 2 stages. The shrinkage of work piece was determined in order to design the mold ; Z axis = 1% , X,Y axis = 2.5% .

The testing results were as follow.

1. Horizontal shrinkage(Z axis) was 0.85% which differed from the determined shrinkage(1%) at 0.15%
2. Vertical shrinkage(X,Y axis) was 1.83% that is 0.67% which differed from the determined shrinkage(2.5%) at 0.67%

Asst.Prof.Prasong KanKaew

Reseacher

สารบัญ	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	2
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	4
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ เช่น การเผยแพร่ในวารสาร จดสิทธิบัตร ฯลฯ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์	5
1.5 ผลสำเร็จและความคุ้มค่าของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ	5
เนื้อหาเหตุผลและทฤษฎีที่สำคัญ	6
2.1 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง	8
2.2 พลาสติกที่ใช้ในการเป่าขวดพลาสติก	10
2.3 กระบวนการเป่าขึ้นรูปแบบพื้นฐาน	22
2.4 การผลิตภาชนะกลวงด้วยวิธีอัดยืดเป่า (Compression-Stretch Blow Molding : CSBM)	27
2.5 การเลือกใช้วัสดุทำแม่พิมพ์เป่า	28
วิธีการดำเนินงาน	37
3.1 ศึกษาข้อมูลการออกแบบทางด้านขนาดรูปร่างของชิ้นงาน สมบัติของพลาสติกที่ใช้	39
3.2 การคำนวณค่าต่างๆที่ใช้ในการออกแบบ	41
3.3 ขั้นตอนการออกแบบแม่พิมพ์เป่า	54
3.4 ขั้นตอนการสร้างแม่พิมพ์เป่า	55
3.5 ทำการทดลองเป่า	55
3.6 แก้ไขปรับปรุงแม่พิมพ์เป่า	58
3.7 รวบรวมข้อมูลกระบวนการเป่าแม่พิมพ์	58

สารบัญ(ต่อ) หน้า

ผลการทดลอง 60
4.1 สรุปผลทดลอง 60
สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ 65
บรรณานุกรม 67
ภาคผนวก ก 68
- การวัดขนาดชิ้นงาน 500, 600 และ 750 ml 69
ภาคผนวก ข 72
- ขวดขนาด 500,600 และ 750 ml 73
ภาคผนวก ค 75
- แบบแม่พิมพ์ 76

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1-1	แม่พิมพ์เป่า	2
1-2	เม็ดพลาสติกPET	4
2-1	การเชื่อมโยงในอุตสาหกรรมแม่พิมพ์	7
2-2	กลุ่มเครือข่ายของอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ (Mold and Die Cluster)	8
2-3	เม็ด PET	10
2-4	โครงสร้างเครื่องมืออุปกรณ์ในการผลิตขวดน้ำพลาสติกใส PET	12
2-5	พรีฟอร์ม(Preform) PET ใช้ในการเป่า	12
2-6	กระบวนการขึ้นรูปเป่าขวด PET	13
2-7	กระบวนการขึ้นรูปขวด PETขั้นตอนสุดท้าย	13
2-8	ผลิตภัณฑ์พลาสติก	13
2-9	โพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (Polyethylene Terephthalate) PETบรรจุน้ำใส	14
2-10	โพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (Polyethylene Terephthalate) PETบรรจุน้ำสี	15
2-11	โพลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง	15
2-12	HDPE	15
2-13	โพลิไวนิลคลอไรด์ (polyvinylchloride, PVC)	16
2-14	โพลิไวนิลคลอไรด์ (polyvinylchloride, PVC)	16
2-15	โพลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE)	17
2-16	โพลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE)	17
2-17	โพลิโพรพิลีน (polypropylene, PP)	18
2-18	โพลิโพรพิลีน (polypropylene, PP)	18
2-19	โพลิสไตรีน (polystyrene, PS)	19
2-20	โพลิสไตรีน (polystyrene, PS)	19
2-21	พลาสติกชนิดอื่นๆ	20
2-22	แสดงตัวอย่าง พรีฟอร์ม(Preform)	23
2-23	แสดงกระบวนการฉีดเป่าขึ้นรูป พรีฟอร์ม(Preform)	23

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่		หน้า
2-24	กระบวนการเป่าสำหรับการขึ้นรูปแบบฉีดเป่า	24
2-25	การเป่าโดยไม่ยืด	25
2-26	พรีฟอร์ม(Preform)	26
2-27	การเป่าโดยการยืดพร้อมกับการเป่า	26
2-28	แสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากการขึ้นรูปโดยการเป่าแบบต่างๆ	27
2-29	แสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการขึ้นรูปโดยการเป่าPETและกรรมวิธีCSBM	28
2-30	30 แผนภาพสมดุลอลูมิเนียมสังกะสี	31
2-31	โครงสร้างจุลภาค อลูมิเนียม หมายเลข 7079-T6	32
2-32	โครงสร้างจุลภาค อลูมิเนียม หมายเลข 7079-T6	33
3-1	กระบวนการดำเนินงานวิจัย	38
3-2	การออกแบบ	40
3-3	พลาสติก PET Resin Grade :N1	40
3-4	พรีฟอร์ม(Preform)	42
3-5	อัตราส่วนการดึงยืดของขวดขนาดบรรจุ 2 ลิตร	45
3-6	การขยายตัว	49
3-7	แสดงขั้นตอนการเป่าขวด PET แบบ Two-stage	50
3-8	แม่พิมพ์เป่าขวดพลาสติก	54
3-9	ภาพประกอบแม่พิมพ์เป่าขวดพลาสติก	54
3-10	ขึ้นรูปแม่พิมพ์เป่าขวดพลาสติก	55
3-11	ขึ้นรูปแม่พิมพ์เป่าขวดพลาสติก	55
3-12	แม่พิมพ์เป่าที่ขึ้นรูปเสร็จแล้ว	55
3-13	แม่พิมพ์พร้อมเป่า	55
3-14	พรีฟอร์ม(Preform) ขนาด 19 g	56
3-15	กระบวนการอุ่นพรีฟอร์ม(Preform)	56
3-16	การใส่พรีฟอร์ม(Preform) ก่อนเป่า	57

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3-17	ความดันลมเป่าและเวลาที่ใช้เป่า	57
3-18	เปิดแม่พิมพ์เป่า	58
3-19	ขวดพลาสติกที่ขึ้นรูปแล้ว	58
4-1	แสดงจุดตรวจสอบขนาดขวด 500 ml	61
4-2	แสดงจุดตรวจสอบขนาดขวด 600 ml	62
4-3	แสดงจุดตรวจสอบขนาดขวด 750 ml	63

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1-1	ค่าอัตราการหดตัวของพลาสติกชนิดต่างๆ	3
2-1	แสดงความหนาแน่นของพลาสติก	21
2-2	สมบัติทางการผลิตและการใช้งาน (Technic properties)	35
2-3	สมบัติทางฟิสิกส์ (Physical properties)	35
2-4	สมบัติทางกล (Mechanical properties)	36
2-5	การเลือกใช้อลูมิเนียมสำหรับอุตสาหกรรมขึ้นรูปพลาสติก	36
3-1	เวลาดำเนินการวิจัย	39
3-2	อัตราส่วนการดึงยืด	46
3-3	แฟกเตอร์ที่มีอิทธิพลต่อการหดตัว	59
4-1	แสดงการตรวจสอบขนาดชิ้นงานขวด 500 ml	61
4-2	แสดงการตรวจสอบขนาดชิ้นงานขวด 600 ml	62
4-3	แสดงการตรวจสอบขนาดชิ้นงานขวด 750 ml	63
4-4	ตารางเปรียบเทียบค่าหดตัวของพลาสติก	64

บทที่1

บทนำ

เพื่อสนับสนุนภาคอุตสาหกรรมการผลิต โดยเฉพาะอุตสาหกรรมการผลิตแม่พิมพ์เป่าที่มีการออกแบบชิ้นงาน(Parts Design) ที่ทันสมัยสวยงามน่าใช้เช่น ขวดน้ำดื่ม, ขวดน้ำผลไม้, ขวดเครื่องสำอาง, ขวดน้ำมันพืช, ขวดน้ำปลา, ขวดน้ำอัดลม, ขวดบรรจุยาและเคมีภัณฑ์ต่างๆสามารถเพิ่มสีได้ตามใจชอบจึงเป็นที่นิยมกันอย่าวรวดเร็ว ขวดที่กล่าวมาทั้งหมดนี้จะเกิดขึ้นไม่ได้ถ้าไม่มีแม่พิมพ์ ซึ่งอยู่ในโครงการยุทธศาสตร์การพัฒนาอุตสาหกรรมแม่พิมพ์และออกแบบแม่พิมพ์เพื่อเป่าชิ้นงานให้ได้ขนาดตรงตามแบบที่กำหนด มีน้ำหนักน้อยสวยงามน่าใช้ การสร้างแม่พิมพ์เป่าที่มีความเที่ยงตรง(Precision) โดยใช้เทคโนโลยี CAD/CAM/CAE สำหรับผู้สร้างแม่พิมพ์อย่างมีประสิทธิภาพ และเพื่อสร้างภูมิคุ้มกันจากการผลิตด้วยตนเองภายในประเทศทดแทนการนำเข้าและสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับประเทศไทยในอนาคต

อ้างอิงจากรายงานการศึกษาอุตสาหกรรมระหว่างปี 2000-2008 พบว่าขวดน้ำ PET ขนาด 16.9 ออนซ์ แบบใช้ครั้งเดียวทิ้ง(Single-Serve) มีน้ำหนักเบาลงไปถึง 33% สมาคม International Bottled Water Association (IBWA) แห่งมลรัฐเวอร์จิเนีย ได้รับรายงานการศึกษาขั้นสุดท้ายจากบริษัทที่ปรึกษา Beverage Marketing Corp. (BMC) แห่งมลรัฐนิวยอร์ก และมีผลการศึกษาโดยสรุปดังนี้

- ในปี 2000 ขวดน้ำดื่มพลาสติกที่ผลิตจาก PET มีน้ำหนักเฉลี่ย 19 กรัม และลดลงเหลือ 13 กรัม ในปี 2008
- BMC ประเมินว่าในช่วง 8 ปีที่ทำการศึกษา สามารถลดการใช้เม็ดพลาสติก PET ลงได้ถึง 1.3 พันล้านปอนด์ เมื่อผลิตขวดน้ำให้มีน้ำหนักเบาขึ้น
- ในปี 2008 การผลิตขวดน้ำที่มีน้ำหนักเบาช่วยลดการใช้เม็ดพลาสติกลงได้ 445 ล้านปอนด์

Joseph Doss ประธานและผู้บริหารระดับสูงแห่ง IBWA ได้กล่าวชมเชยผู้ผลิตที่พยายามทำงานอย่างหนักในการคงคุณภาพของขวดน้ำพลาสติกที่ผลิต ทั้งโครงสร้าง ความสะดวกและความปลอดภัยแม้ว่าจะต้องผลิตขวดที่มีน้ำหนักเบาก็ตาม จากข้อมูลของสมาคม IBWA พบว่าในปี 2008 สมาชิกของสมาคมแจ้งว่าขวดน้ำพลาสติกที่วางขายอยู่บนชั้นวางจำหน่ายสินค้ามีน้ำหนักลดลงเหลือน้อยกว่า 10 กรัม

Bill Carteaux ประธานและผู้บริหารระดับสูงแห่ง Society of the Plastics Industry ในมลรัฐวอชิงตัน ได้นำขวดพลาสติกน้ำหนักเบาที่ออกแบบด้วยนวัตกรรมใหม่ ๆ ไปเป็นส่วนหนึ่งในการ

นำเสนอเกี่ยวกับการพัฒนาอย่างยั่งยืน(Sustainability) ด้วยอุตสาหกรรมการผลิตต้องเผชิญกับความต้องการจากผู้บริโภคที่เริ่มตระหนักในเรื่องความยั่งยืนมากขึ้น ดังนั้น อุตสาหกรรมการผลิตขวดพลาสติก PET ที่สามารถผลิตขวดให้มีน้ำหนักเบา จึงเป็นแม่แบบของการปฏิบัติเพื่อก่อให้เกิดความยั่งยืน

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

การผลิตขวดน้ำพลาสติกใส โพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต(Polyethylene Terephthalate) PET สามารถวิเคราะห์การหดตัว(Shrinkage) ของพลาสติกแต่ละเกรดจากผลกระทบต่างๆในกระบวนการผลิตและสามารถแสดงค่าการหดตัวจริงในแนวเส้นตรง ซึ่งไม่ขึ้นอยู่กับการบิดตัว การหดตัวในแนวเส้นตรงมีความสำคัญมากในการเผื่อระยะการหดตัวในการทำแม่พิมพ์ เพื่อที่จะได้ชิ้นงานที่มีขนาดอยู่ภายในค่าความคลาดเคลื่อน(Tolerance) ที่ต้องการ

อัตราการหดตัวของพลาสติกที่กำหนดไว้ในคู่มือของบริษัทผู้ผลิต ได้มาจากผลของชิ้นงานทดสอบภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดเฉพาะ แต่ในทางปฏิบัติเมื่อนำมาใช้ในโรงงานผลิตค่าการหดตัวที่เกิดขึ้นไม่ได้ขึ้นอยู่กับขนาดและรูปทรงหน้าตัดของชิ้นงานเท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับสภาวะของเครื่องเป่าพลาสติกที่ใช้ในขณะนั้นด้วยสภาพแวดล้อม สภาพอากาศและอื่นๆ ดังนั้น ค่าการหดตัวที่กำหนดไว้ในตารางกับค่าการหดตัวที่เกิดขึ้นจริงจึงมีค่าแตกต่างกัน การทดสอบจะต้องมีแม่พิมพ์ที่กำหนดเหมือนกับการเป่าชิ้นงานจริงทุกอย่าง เพื่อให้ได้ค่าการหดตัวที่ถูกต้องพร้อมที่จะใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบแม่พิมพ์เป่าครั้งต่อไปได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

ภาพที่ 1-1 แม่พิมพ์เป่า

ตารางที่ 1-1 ค่าอัตราการหดตัวของพลาสติกชนิดต่างๆ

ชนิดของวัสดุ	อัตราการหดตัว ม.ม/ม.ม(นิ้ว/นิ้ว)	อัตราการหดตัว (%)
ABS		
Hight impact	0.005-0.007	0.5-0.7
Heat resistant	0.004-0.005	0.4-0.5
Acetal	0.020-0.035	2.0-3.5
Cellulos acetate		
Hard		
Soft	0.002-0.005	0.2-0.5
Nylon	0.002-0.005	0.2-0.5
Type 6-6		
Type 6	0.010-0.025	1.0-2.5
Type 6-10	0.007-0.015	0.7-1.5
Type 12	0.010-0.025	1.0-2.5
Polyethylene	0.008-0.020	0.8-2.0
Low density		
High density	0.015-0.035	1.5-3.5
Polypropylene	0.015-0.030	1.5-3.0
Polyethylene Terephthalate,(PET)	0.002-0.0090	0.20-0.90

หมายเหตุ: อัตราการหดตัวค่าน้อยใช้สำหรับชิ้นงานที่มีความหนา=17.78มิลลิเมตรหรือน้อยกว่า

วัสดุที่ใช้ในการทดสอบคือ PET

ภาพที่ 1-2 เม็ดพลาสติกPET

ปัจจัยหลักในการเป่าพลาสติกชนิดโพลิเอทิลีนเทเรฟทเลต(Polyethylene Terephthalate) PET มีอยู่ 4 ข้อได้แก่

1. อุณภูมิของหลอดพรีฟอร์ม (Preform) ก่อนเป่า
2. ความดันลมที่ใช้ในการเป่า
3. อุณหภูมิของแม่พิมพ์เป่า
4. คุณภาพของหลอดพรีฟอร์ม (Pre-form) ที่มาจากการฉีด

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.เพื่อหาค่าการหดตัวของพลาสติก(Shrinkage) โพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต(Polyethylene Terephthalate) PET ที่กำหนดกับการทำแม่พิมพ์เป่า(Blow Mold) เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่ใช้ในการออกแบบแม่พิมพ์

2. เพื่อผลิต ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ความเที่ยงตรงได้ (Precision)

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.ใช้หลอดโพลิเอทิลีนเทเรฟทา เลต (Polyethylene Terephthalate) PETขนาด19กรัม เป่าเข้าแม่พิมพ์เป่า (Blow Mold) ที่ความดัน35บาร์แบบTwo-Stage

2. แม่พิมพ์เป่า (Blow Mold) เป็นขวดขนาด500ML จำนวน2ขวด

3. แม่พิมพ์เป่า (Blow Mold) เป็นขวดขนาด600ML จำนวน2ขวด

4. แม่พิมพ์เป่า (Blow Mold) เป็นขวดขนาด750ML จำนวน2ขวด

5. ใช้กับเครื่องเป่าแบบฉีดพรีฟอร์มก่อนแล้วนำมาเป่า (Two- Stage) มีแม่พิมพ์2ขวดอยู่ในเครื่อง

6. ใช้น้ำเป็นตัวควบคุมอุณหภูมิของแม่พิมพ์ที่ 30- 35°c

Terephthalate) PET ที่ได้จากการทดลองไม่แตกต่างจากค่าที่ผู้ผลิตกำหนด

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ เช่น การเผยแพร่ในวารสาร จดสิทธิบัตร ฯลฯ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลสำเร็จของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ ประกอบด้วย

1. มีบริษัทที่สร้างแม่พิมพ์เป่าพลาสติกความเที่ยงตรง(Precision) เพิ่มขึ้น
2. มหาวิทยาลัยได้บุคลากรที่มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องงานวิจัย
3. ลดการสูญเสียจากการลองผิดลองถูก (Trial and Error) ในการทำแม่พิมพ์เป่า
4. ยกระดับมาตรฐานในวงการอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ให้สูงขึ้น
5. ลดการนำเข้าแม่พิมพ์เป่าพลาสติกความเที่ยงตรง (Precision) จากต่างประเทศ
6. เพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกชนิดเป่าที่มีน้ำหนักเบาและบาง
7. ดำเนินการขอจดสิทธิบัตรและเผยแพร่

1.5 ผลสำเร็จและความคุ้มค่าของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ

1. ส่งเสริมให้เกิดการคิดค้นและการนำผลที่ได้จากการทำงานวิจัยไปใช้ในอุตสาหกรรม
2. ส่งเสริมและพัฒนาการออกแบบขวดที่มีน้ำหนักเบาลดต้นทุนการผลิต
3. กลุ่มเป้าหมายเป็นผู้ผลิตแม่พิมพ์เป่าขวดพลาสติกPETผู้ออกแบบ เป็นการพัฒนาศักยภาพการผลิต ผลิตภัณฑ์พลาสติกชนิดเป่า
4. ลดข้อผิดพลาดในการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกและการออกแบบแม่พิมพ์เป่าพลาสติก
5. ส่งเสริมให้ผู้ประกอบการณ์ทางธุรกิจในอุตสาหกรรมเป้าหมาย แข่งขันกับต่างประเทศได้

บทที่2
เนื้อหาเหตุผลและทฤษฎีที่สำคัญ

โครงการวิจัย

2.1 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง

2.2 พลาสติกที่ใช้ในการเป่าขวดพลาสติก

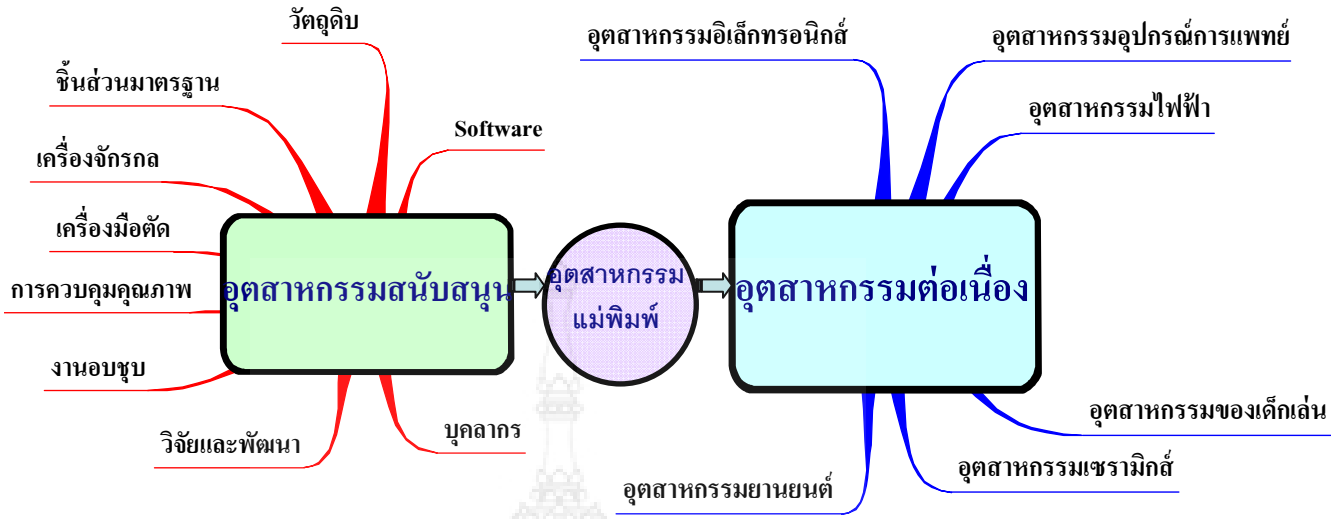
2.3 กระบวนการเป่าขึ้นรูปแบบพื้นฐาน

2.4 การผลิตภาชนะกลวงด้วยวิธีอัดยืดเป่า (Compression-Stretch Blow Molding : CSBM)

2.5 การเลือกใช้วัดสุทำแม่พิมพ์เป่า

การพัฒนาเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมของประเทศในปัจจุบันได้ให้ความสำคัญ กับการกำหนดยุทธศาสตร์อุตสาหกรรมอย่างเป็นขั้นตอนและต่อเนื่อง เพื่อให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงกติกาการค้าใหม่ของโลก ดังนั้นอุตสาหกรรมเป้าหมายที่ต้องแข่งขันในตลาดโลก เช่น อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมสิ่งทอ เป็นต้น จำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้เกิดความเข้มแข็งเพื่อรองรับตลาดที่กำลังเติบโตอย่างรวดเร็ว

ในการผลิตสินค้าที่พบเห็นในชีวิตประจำวันเช่น รถยนต์ อุปกรณ์สื่อสาร เครื่องอุปโภค-บริโภคและอุปกรณ์ทางการแพทย์ เป็นต้น ต้องได้รับการยอมรับด้านคุณภาพและมาตรฐานของสินค้านั้น ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยเครื่องมืออุปกรณ์ และสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆในการผลิตโดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการผลิต ทั้งนี้กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมทั่วไปจะประกอบด้วย ผู้ป้อนวัตถุดิบ ผู้ดำเนินการผลิต ผู้นำสินค้าไปใช้เมื่อนำรูปแบบการผลิตมาใช้กับการดำเนินงานในอุตสาหกรรมแม่พิมพ์แล้วจะได้กระบวนการดังใน ภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2-1 การเชื่อมโยงในอุตสาหกรรมแม่พิมพ์

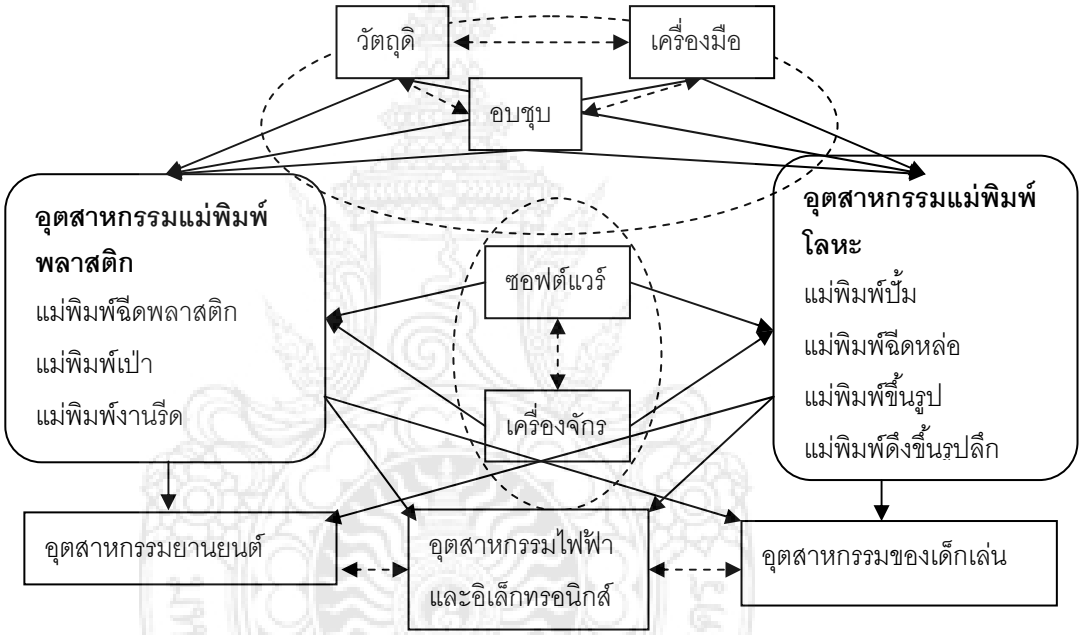
จากภาพที่ 2.1 จะเห็นว่าอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ต้องอาศัยปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องเข้าร่วมกิจกรรมเพื่อสร้างผลผลิตออกสู่ตลาดต่อไป

กลุ่มเครือข่ายของอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ (Mold and Die Cluster)

ในช่วงระยะเวลา 10-15 ปีที่ผ่านมาอุตสาหกรรมแม่พิมพ์มีการดำเนินธุรกิจตามลำพังขึ้นอยู่กับการทำธุรกิจกับกลุ่มลูกค้าเดิมๆ ยังขาดการเชื่อมโยงที่เข้มแข็งทั้งด้าน การผลิต การส่งมอบ การให้บริการหลังการขายและการจัดการที่มีประสิทธิภาพ เมื่อเกิดการดำเนินธุรกิจรูปแบบใหม่ อย่างเช่นการจัดการโซ่อุปทาน ที่สามารถทำให้การกระจายตัวและการเป็นเอกเทศของสถานประกอบการแม่พิมพ์ได้เกิดการรวมตัวอย่างเป็นระบบมากยิ่งขึ้น ซึ่งการรวมกลุ่มเพื่อให้เกิดเอกภาพของโซ่อุปทานได้นั้น สถานประกอบการที่เข้าร่วมต้องมีแนวคิดในการบริหารจัดการองค์การที่พร้อมจะให้เกิดการแลกเปลี่ยนทรัพยากรที่มีอยู่ ทั้งนี้การจัดการโซ่อุปทานมีเป้าหมายในการให้เกิดความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างสมาชิกที่เข้าร่วมโครงข่าย มีการแลกเปลี่ยนข่าวสารข้อมูลระหว่างกันเพื่อให้การตอบสนองของผู้นำแม่พิมพ์ไปใช้ดีขึ้นและรวดเร็วขึ้น

จากรูปที่ 2.2 เป็นการดำเนินธุรกิจของกลุ่มอุตสาหกรรมสนับสนุนที่มีต่ออุตสาหกรรมแม่พิมพ์และอุตสาหกรรมต่อเนื่อง สำหรับการประสานเครือข่ายให้เกิดความเข้มแข็งในอุตสาหกรรมแม่พิมพ์นี้ จะอยู่ที่การรวมกลุ่มของอุตสาหกรรมสนับสนุนที่ต้องสร้างเครือข่ายภายในของตนเองให้มีเสถียรภาพเป็นอันดับแรก จะเห็นว่าการรวมกลุ่มเครือข่ายของ วัตถุดิบ การอบชุบและเครื่องมือตัด สามารถรวมตัวกันเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลที่ตนเองมีอยู่ในกับสมาชิกในกลุ่มข้อมูล

ดังกล่าวนี้อาจเป็นข้อมูลทางด้านเทคโนโลยีหรือสิ่งที่ลูกค้าต้องการให้ทำการศึกษา เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ร่วมกันทางด้านการค้นคว้าศึกษาหรือวิเคราะห์ เพื่อให้เกิดการสร้างสิ่งใหม่หรือเหมาะสมกับงานที่ลูกค้าต้องการ ทางด้านเครื่องจักรและซอฟต์แวร์เป็นอีกกลุ่มหนึ่งที่สามารถรวมเป็นเครือข่ายได้เช่นเดียวกัน เนื่องจากในปัจจุบันการนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาใช้ในกระบวนการผลิตจำเป็นต้องอาศัยความรู้ความชำนาญเฉพาะด้านมาใช้ในการปฏิบัติงาน ดังนั้นเมื่อนำทั้งสองกลุ่มมาร่วมกันจะทำให้อุตสาหกรรมแม่พิมพ์ได้รับประโยชน์สูงสุด



ภาพที่ 2-2 กลุ่มเครือข่ายของอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ (Mold and Die Cluster)

2.1 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง

นายกสมาคมอุตสาหกรรมพลาสติกไทยกล่าวว่า ขณะนี้ผู้ประกอบการได้ตั้งคณะทำงานด้านอุตสาหกรรมพลาสติกเพื่อเตรียมพร้อมจัดตั้งสถาบันพลาสติก เพื่อพัฒนาอุตสาหกรรมพลาสติกของไทยอย่างครบวงจร ตั้งแต่การเก็บรวบรวมการผลิต การนำเข้า-ส่งออก ตลอดจนพัฒนาศักยภาพของผู้ประกอบการและเพิ่มคุณภาพสินค้าให้แข่งขันกับตลาดโลกได้อย่างเท่าเทียม การจัดตั้งในช่วงแรกจะใช้ทุนประเดิม 5 ล้านบาท เอกชนจะเป็นผู้ลงขันค่าใช้จ่ายทั้งหมด และจะเป็นแกนนำหลักในการทำงาน เพื่อผลักดันนโยบายต่างๆให้ประสบความสำเร็จเป็นรูปธรรม ในอนาคตจะหารือกับสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม(สศอ.) ให้ร่วมกันจัดตั้งเป็นหน่วยงานอิสระภายใต้การ

กำกับดูแล โดยขณะนี้สมาคมฯพลาสติกและสศอ. ได้ทำงานร่วมกันอย่างต่อเนื่องมาระยะหนึ่งแล้ว ปัจจุบันได้จัดตั้งสถาบันพลาสติกได้เป็นที่เรียบร้อยแล้ว สำหรับภาพรวมอุตสาหกรรมพลาสติกนั้นปี 2550 ที่ผ่านมามีการส่งออกประมาณ 7 หมื่นล้านบาท แต่นำเข้าวัตถุดิบถึง 9 หมื่นล้านบาท เมื่อจัดตั้งสถาบันพลาสติกคาดว่ามียุทธศาสตร์การทำงานที่จะช่วยลดปริมาณการนำเข้าได้อย่างน้อย 20% ปัจจุบันสินค้าพลาสติกสำคัญที่มีการส่งออกได้แก่ ถุงพลาสติก ฟิล์ม และของใช้ต่างๆส่งออกไปยังญี่ปุ่น 20-30% สหรัฐ 10% ที่เหลือเป็นสหภาพยุโรป (อียู) ตะวันออกกลาง และอาเซียน คู่แข่งสำคัญของไทย คือ จีน เวียดนาม ที่มีค่าแรงถูกกว่าแต่สินค้าของไทยมีคุณภาพสูงกว่า นสพ.โพสต์ทูเดย์ประจำวันที่ 25 มกราคม 2551นายสมศักดิ์ นายกสมาคมอุตสาหกรรมพลาสติก

การค้าเม็ดพลาสติกของไทยในตลาดโลก

จากการขยายกำลังการผลิตอย่างต่อเนื่องในช่วงที่ผ่านมาส่งผลให้เม็ดพลาสติกของไทยมีมากเกินกว่าความต้องการภายในประเทศ ผู้ประกอบการจึงส่งออกมากขึ้น โดยตั้งแต่ปี 2548 เป็นต้นมาไทยมีการส่งออกเม็ดพลาสติกในแต่ละปีมากกว่า 3 ล้านตัน หรือคิดเป็นสัดส่วนประมาณครึ่งหนึ่งของปริมาณการผลิตเม็ดพลาสติกทั้งหมด ทั้งนี้ เม็ดพลาสติกที่ไทยส่งออกมากที่สุด 5 อันดับแรก ได้แก่ โพลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE) โพลิไวนิลคลอไรด์ (PVC) โพลิคาร์บอเนต (PC) โพลิเอสเตอร์/พีอีที(Polyester/ PET) โพลิโพรพิลีน(PP) โดยมีตลาดส่งออกหลักคือ จีน(รวมฮ่องกง) และประเทศอื่นๆ ในภูมิภาคเอเชีย อาทิ เวียดนาม มาเลเซีย และอินโดนีเซีย กสิกรไทย, บจก.

ขวดพลาสติก PET เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่ากระป๋องอลูมิเนียมหรือขวดแก้ว

ขวดพลาสติก PET เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่ากระป๋องอลูมิเนียมหรือขวดแก้ว โดยใช้พลังงานในการผลิตต่ำกว่าก่อให้เกิดขยะน้อยกว่า และยังปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณที่น้อยกว่าด้วย Franklin Associates ทำการศึกษาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนตาย (Cradle to Grave) ให้กับสมาคม PET Resin Association (PETRA) โดยเปรียบเทียบการใช้พลังงานโดยรวม ปริมาณขยะ และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อปริมาณน้ำอัดลม 100,000 ออนซ์ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ 3 ประเภท ได้แก่ขวดน้ำอัดลมที่ทำจาก PET ขนาด 20 ออนซ์ ขวดแก้วขนาด 8 ออนซ์ และกระป๋องอลูมิเนียมขนาด 12 ออนซ์ พบว่า ขวด PET แสดงค่าที่น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุอีก 2 ชนิดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกจากขวดพลาสติก PET น้อยกว่ากระป๋องอลูมิเนียมและขวดแก้วอยู่ 59% และ 77% ตามลำดับ เห็นได้จากขวดพลาสติก PET ปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นจำนวน 1,125 ปอนด์คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Carbon dioxide equivalent) ขณะที่กระป๋องอลูมิเนียมและขวดแก้วให้ค่า 2,766 และ 4,949 ปอนด์คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าตามลำดับพลังงานที่ใช้สำหรับขวดพลาสติก PET โดยรวมคิดเป็น 11 ล้าน BTU ต่อน้ำอัดลม 100,000 ออนซ์ ส่วนกระป๋อง

อลูมิเนียมและขวดแก้วใช้พลังงานถึง 16 และ 26.6 ล้านBTU ตามลำดับปริมาณขยะจากขวดพลาสติก PET ทั้งหมดคิดเป็น 302 ปอนด์ (เทียบเท่า 0.67 ลูกบาศก์หลา) ขณะที่ขยะจากกระป๋องอลูมิเนียมและขวดแก้วมีมากถึง 767 (0.95 ลูกบาศก์หลา) และ 4,457 (2.14 ลูกบาศก์หลา) ปอนด์ตามลำดับ

หมายเหตุ: Cradle to Grave คือการศึกษาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนตายโดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้รวมถึงของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม เพื่อที่จะหาวิธีในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

เรียบเรียงโดยสถาบันปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย

อ้างอิงจาก: Plastemart

2.2 พลาสติกที่ใช้ในการเป่าขวดพลาสติก

PET คือ โพลีเอาทิลีนเทเรฟทาแลต(Poly-Ethylene Terphthalate) หรือที่รู้จักกันโดยทั่วไปว่าโพลีเอสเตอร์ ทั้งๆที่จริงแล้วโพลีเอสเตอร์เป็นชื่อเรียกประเภทของโพลิเมอร์ที่มีหมู่แอสเตอร์เป็นองค์ประกอบหลักในสายโซ่โมเลกุลซึ่งมีอยู่หลายชนิด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของสารตั้งต้นประเภทกรดไดคาร์บอกซิลิกและไดออลที่ใช้เป็นหลักสำคัญในการผลิต PET เริ่มขึ้นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2513 เป็นต้นมา ความต้องการบรรจุภัณฑ์ขนาดใหญ่ที่มีน้ำหนักเบา และไม่แตกง่ายสำหรับใช้บรรจุเครื่องดื่มอัดลมต่างๆได้ผลิตเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งจากสมบัติเด่นของ PET ที่มีความใสคล้ายแก้ว จึงทำให้ PET เป็นวัสดุที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ดังกล่าว อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพในการผลิตกรดเทเรฟทาลิกบริสุทธิ์ (Purified Terephthalic Acid : PAT) และเอลีน-ไกลคอล(Ethylene Glycol : EG) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของ PET ในช่วงแรกๆนั้นอยู่ในระดับที่ต่ำทำให้การผลิต PET ไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด อย่างไรก็ดีปัญหาต่างๆ เหล่านี้ก็ได้หมดไปในปัจจุบันเนื่องจากการพัฒนาของกระบวนการผลิตที่มีความก้าวหน้าเป็นอย่างมาก ทำให้มั่นใจให้ได้ว่าปริมาณการผลิต PET จะเพียงพอต่อความต้องการในอุตสาหกรรม

ภาพที่ 2-3 เม็ด PET

PET ที่ใช้เป็นวัตถุดิบทั่วไปในอุตสาหกรรมการผลิตขวดพลาสติกมีหลายเกรด เช่นเกรดโฮโมโพลิเมอร์ สังเคราะห์จากการใช้สารเอทธิลีน ไกลคอล และเทเรฟธาลิก แอซิดเป็นสารตั้งต้นเท่านั้น เป็นเกรดที่มีปริมาณผลึกและจุดหลอมเหลวสูง และเกรดโคโพลิเมอร์ซึ่งในการสังเคราะห์มีการใช้โมโนเมอร์ตัวอื่นร่วมด้วยเช่น ไอโซแพทธาลิก แอซิด 1.5% ทำให้โพลิเมอร์มีปริมาณผลึกและจุดหลอมเหลวต่ำลง แต่มีความใสเพิ่มขึ้น ในการผลิตขวด PET ส่วนใหญ่จะใช้ชนิดที่เป็นเกรดโคโพลิเมอร์ เนื่องจากสามารถฉีดขึ้นรูปเป็นพรีฟอร์มได้ง่าย เมื่อผ่านเข้าสู่ขั้นตอนการเป่าและดึงยืดจะได้ขวด PET ที่มีความเหนียว ใส และทนแรงกระแทกได้ดี อย่างไรก็ตามผู้ผลิตควรเลือกเกรดที่เหมาะสมกับชนิดของเครื่องดื่มหรือผลิตภัณฑ์ที่ต้องการบรรจุด้วย

ขวดน้ำพลาสติกใส โพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (Polyethylene Terephthalate, PET,) ธรรมดาที่ไม่ธรรมดาขวดพลาสติกชนิด PET เช่น ขวดน้ำดื่ม, ขวดน้ำผลไม้ , ขวดเครื่องสำอาง และขวดบรรจุยาและเคมีภัณฑ์ต่าง PET: ขวดเพทนี้จะใสเหนียว ไม่แตกง่ายๆ ทนต่อความดันก๊าซได้สูงทั้งยังผ่าน FDA(คณะกรรมการอาหารและยา)เรียบร้อยแล้ว ใช้บรรจุน้ำอัดลม,บรรจุอาหาร,สุรา,ยา,เครื่องสำอาง สามารถทนความร้อนในอุณหภูมิได้สูงถึง 95 องศาเซลเซียส ขวดน้ำพลาสติกที่เราเห็นจะมีอยู่ 2 แบบ ที่เราเรียกกันว่าขวดแบบใสและขวดแบบขุ่น ในการทำวิจัยขอเน้นขวดแบบใสเพราะว่าผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวกับน้ำส่วนใหญ่นิยมนำขวดแบบใสมาใช้มากกว่าขวดแบบขุ่น ไม่ว่าจะเป็น เป๊ปซี่ โค๊ก โออิชิ น้ำดื่มตราสิงห์ และอื่นๆอีกมากต่างก็ใช้ขวดแบบใสทั้งสิ้น เพราะตัวขวดเองจะมีน้ำหนักเบาและดูสะอาด

ขวดแบบใสมีอีกชื่อว่าขวด PET (เพท) ย่อมาจาก Poly Ethylene Terephthalate(โพลีเอทธิ-ลีนเทเรฟทาเลต) มีขบวนการผลิตดังนี้ เริ่มจากการนำเม็ด PET(เพท) มาอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 160-180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7-8 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับชนิดและความชื้นของเม็ด PET (เพท) โดยปกติเม็ดพลาสติก PET มักมีความชื้นประมาณ 0.05% จึงต้องอบไล่ความชื้นในเม็ดพลาสติกให้เหลืออยู่ไม่สูงเกิน 0.005% ก่อนถูกทำให้หลอมเพื่อฉีดเป็นพรีฟอร์ม ในขั้นตอนการเปลี่ยนรูปร่างของพรีฟอร์มให้เป็นขวด เริ่มจากทำให้พรีฟอร์มร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 100-110 องศาเซลเซียส จนพรีฟอร์มเริ่มนิ่มก่อนนำเข้าสู่กระบวนการเป่าแบบดึงยืดใน 2 ทิศทาง เพื่อให้ผนังฟรีฟอร์มขยายตัวไปกระทบผนังแม่พิมพ์รูปขวด เมื่อพลาสติกเย็นตัวลงจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นขวดพลาสติกใส การควบคุมปริมาณผลึกในพรีฟอร์มและขวดเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อให้ได้ขวดที่มีสมบัติตามต้องการ บริเวณคอและตัวของพรีฟอร์มควรใสและเป็นอสัณฐาน แต่ส่วนที่เป็นจุดที่ฉีดพลาสติกเข้าแม่พิมพ์จะเป็นส่วนที่ขุ่นและมีผลึกแบบ Spherulitic ภายหลังการเป่าแบบดึงยืดต้องทำให้พลาสติกมีปริมาณผลึกสูงสุด เพื่อให้ขวดมีความแข็งแรง การป้องกันการแพร่ผ่านของก๊าซ และทนสารเคมีได้ดี

ขวด PET (เพท) หลังจากขั้นการผลิตแล้ว จะเข้าสู่กระบวนการตรวจสอบคุณภาพโดยการทดสอบความสามารถในการทนแรงดันของขวด ว่าถูกต้องตรงมาตรฐานที่บริษัทแม่ได้กำหนดไว้หรือไม่ ที่สำคัญที่บริเวณเกลียวขวดจะมีเลขบอกตำแหน่งของแม่พิมพ์และตัวอักษรอีกด้านจะบอกชื่อโรงงานที่ผลิต ทำให้ทราบว่าขวด PET(เพท) นี้ผลิตมาจากที่ไหน

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

กระบวนการผลิตขวดลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (Polyethylene Terephthalate) PET ประกอบด้วย

1.ปั๊มลมและถังเก็บลมความดันสูง(35-40บาร์)

2.ชุดกรองอากาศ

3.ชุดเป่าแม่พิมพ์เป่า

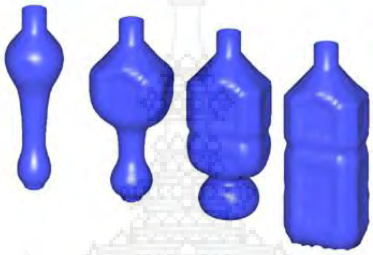
4.หลอด Preform

5.แม่พิมพ์เป่าขวด ขวดทีเป่าเสร็จแล้ว

ภาพที่ 2-4 โครงสร้างเครื่องมืออุปกรณ์ในการผลิตขวดน้ำพลาสติกใส PET

ภาพที่ 2-5 พรีฟอร์ม(Preform) PET ใช้ในการเป่า

ภาพที่ 2-6 กระบวนการขึ้นรูปเป้าขวด PET



ภาพที่ 2-7 กระบวนการขึ้นรูปขวด PET ขั้นตอนสุดท้าย

2.2.1 พลาสติกรอบตัวเรา

พลาสติกเป็นวัสดุที่ทุกๆคนคุ้นเคยมักพบเห็นโดยทั่วไปในรูปของกล่อง ขวดหรือถุงสำหรับบรรจุขนม เครื่องดื่มหรือของใช้ต่างๆเราจับต้องและใช้พลาสติกอยู่ทุกวัน เคยสังเกตหรือไม่ว่าพลาสติกที่ใช้ทำขวดใส่น้ำอัดลมมีลักษณะอย่างไร

ภาพที่ 2-8 ผลิตภัณฑ์พลาสติก

การที่เราจะเป็นนักวิทยาศาสตร์ที่ดีนั้น นอกจากจะรักการอ่านและตั้งใจเรียนแล้วมักต้องมีลักษณะเฉพาะตัวบางประการเช่นเป็นคนช่างสังเกต ขี้สงสัยและเป็นนักทดลองด้วยง สิ่งที่ได้รู้หรือได้ฟังมาอาจยังไม่สามารถทำให้เชื่อได้ นอกจากจะได้เห็นหรือได้สัมผัสด้วยตัวเอง ตรงกับ

สุภาษิตไทยที่ว่า สิบปากว่าไม่เท่าตาเห็น สิบตาเห็นไม่เท่ามือคลำ การเป็นคนช่างสังเกต และขี้สงสัย อาจเกิดขึ้นได้ทุกที่และตลอดเวลา เพื่อนำไปสู่การสร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆให้เกิดขึ้น วัสดุที่อยู่รอบๆตัวเราเช่นกล่องพลาสติก เชือก กาวหรือแม้แต่หนังยางรัดของที่หาได้ง่ายและราคาไม่แพง สามารถนำมาใช้เป็นอุปกรณ์สำหรับการทดลองได้เป็นอย่างดีอย่างเช่น หากบอกว่าพลาสติกนะหนักจมน้ำด้วย ใครจะเชื่อบ้าง ลองอ่านบทความนี้เพื่อทำความรู้จักกับพลาสติกกันก่อน แล้วในตอนท้ายจะมีการทดลองง่ายๆที่ใครๆก็ทำได้ และยังทำให้เรารู้ว่าที่เราเคยเข้าใจว่าพลาสติกเบาและลอยน้ำนั้นไม่จริงเสมอไป

พลาสติกเป็นวัสดุที่ทุกๆคนคุ้นเคยมักพบเห็นโดยทั่วไปในรูปของกล่อง ขวดหรือถุงสำหรับบรรจุขนม เครื่องดื่ม หรือของใช้ต่างๆเราจับต้องและใช้พลาสติกอยู่ทุกวัน เคยสังเกตหรือไม่ว่าพลาสติกที่ใช้ทำขวดใส่น้ำอัดลมมีลักษณะใสและเหนียว แตกต่างจากขวดแป้งฝุ่น ยาสระผมมักมีสีสัน ทึบแสงและค่อนข้างนิ่ม หรือกล่องพลาสติกสำหรับเก็บเทปเพลง คุกกี้หรือของแห้งที่มีสมบัติแข็ง ใส แต่แตกง่ายไม่เหมาะที่จะนำมาบรรจุน้ำดื่มหรือยาสระผมเพราะอาจลื่นตกแตกได้ ความจริงแล้วพลาสติกที่เราใช้กันอยู่ทุกวันนี้มีมากมายหลายชนิดและมีสมบัติแตกต่างกัน เราลองเก็บรวบรวมขวดหรือกล่องพลาสติกที่เราไม่ใช้แล้วมาทดลองแยกชนิด เพื่อเปรียบเทียบสมบัติและการใช้งาน ให้สังเกตที่ก้นของภาชนะพลาสติกส่วนใหญ่ที่เราใช้อยู่เป็นประจำจะเห็นสัญญาลักษณ์ตัวเลข 1-7 ที่อยู่ภายในสามเหลี่ยม ตัวเลขเหล่านี้ช่วยให้เราแยกชนิดพลาสติกได้ง่ายขึ้น

1.โพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (polyethylene terephthalate, PET)

ภาพที่ 2-9 โพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (Polyethylene Terephthalate) PETบรรจุน้ำใส

PET เป็นพลาสติกที่ค่อนข้างแข็งและเหนียวไม่เปราะแตกง่าย และส่วนใหญ่จะใสทำให้มองเห็นความใสของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอยู่ภายใน จึงนิยมใช้บรรจุน้ำดื่ม น้ำมันพืช และเครื่องสำอาง นอกจากนี้ ขวด PET ยังมีสมบัติป้องกันการแพร่ผ่านของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดี จึงนิยมใช้ทำเป็นภาชนะบรรจุน้ำอัดลม

ภาพที่ 2-10 โพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (Polyethylene Terephthalate) PETบรรจุน้ำสี

2. โพลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (high density polyethylene, HDPE)

ภาพที่ 2-11 โพลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง

HDPE เป็นพลาสติกที่ค่อนข้างนิ่มแต่เหนียวไม่แตกง่าย ส่วนใหญ่ทำให้มีสีสันสวยงาม ราคาถูกขึ้นรูปได้ง่ายทนสารเคมี จึงนิยมใช้ทำบรรจุภัณฑ์สำหรับน้ำยาทำความสะอาด แชมพูสระผม แป้งเด็กและถุงหูหิ้ว นอกจากนี้ภาชนะที่ทำจาก HDPE ยังมีสมบัติป้องกันการแพร่ผ่านของ ความ ชื้นได้ดี จึงใช้เป็นขวดบรรจุนม เพื่อยืดอายุของนมให้นานขึ้น

ภาพที่ 2-12 HDPE

HDPE สามารถนำกลับมารีไซเคิลเพื่อผลิตขวดใส่น้ำยาซักผ้า แท่งไม้เทียมเพื่อใช้ทำรั้ว ศาลา หรือม้านั่งในสวน

3. โพลิไวนิลคลอไรด์ (polyvinylchloride, PVC)

ภาพที่ 2-13 โพลิไวนิลคลอไรด์ (polyvinylchloride, PVC)

PVC เป็นพลาสติกที่มีสมบัติที่หลากหลาย มีทั้งแข็งเช่นท่อน้ำประปา PVC และนิ่มเช่นสายยางใสแบบนิ่มและแผ่นฟิล์มสำหรับห่ออาหาร สามารถทำให้มีสีสันสวยงามได้จากสมบัติที่หลากหลายของ PVC นี้เอง ทำให้เรานิยมนำมาทำม่านในห้องอาบน้ำ แผ่นกระเบื้องยาง แผ่นพลาสติกปูโต๊ะ ขวดใส่แชมพูสระผม นอกจากนี้เรายังนิยมใช้ PVC ทำวัสดุอื่นๆเช่นประตู หน้าต่าง วงกบและหนังเทียม

ภาพที่ 2-14 โพลิไวนิลคลอไรด์ (polyvinylchloride, PVC)

PVC สามารถนำกลับมารีไซเคิล เพื่อผลิตท่อน้ำประปาสำหรับการเกษตร กรวยจราจร และเฟอร์นิเจอร์หรือม้านั่งพลาสติก

4. โพลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE)

ภาพที่ 2-15 โพลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE)

LDPE เป็นพลาสติกนิ่ม สามารถยืดตัวได้ดีในระดับหนึ่ง มีความใส นิยมนำมาทำเป็นฟิล์มสำหรับห่ออาหาร ห่อของ และถุงเย็นสำหรับบรรจุอาหารและถุงใส่ขนมปัง นอกจากนี้ยังนำมาใช้ผลิตขวดที่มีลักษณะนิ่ม ที่ต้องการให้บีบได้ง่าย เช่นขวดบรรจุสารละลาย ขวดบรรจุซอส เป็นต้น

ภาพที่ 2-16 โพลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE)

LDPE สามารถนำกลับมารีไซเคิลใช้ใหม่ได้ โดยใช้ผลิตเป็นถุงดำสำหรับใส่ขยะ ถุงหูหิ้ว หรือถังขยะ

5. โพลิโพรพิลีน (polypropylene, PP)

ภาพที่2-17 โพลิโพรพิลีน (polypropylene, PP)

PP เป็นพลาสติกที่แข็ง เหนียวทนต่อแรงกระแทกได้ดี ทนต่อสารเคมี ความร้อน และน้ำมัน ทำให้มีสีสันสวยงามได้ ส่วนใหญ่นิยมนำมาทำภาชนะบรรจุอาหาร เช่นถุง กล่อง ชาม จาน ถัง ตะกร้า หรือกระบอกสำหรับใส่น้ำแช่เย็น หลอดดูดน้ำเป็นต้น

ภาพที่ 2-18 โพลิโพรพิลีน (polypropylene, PP)

PP สามารถนำกลับมารีไซเคิลใช้ใหม่ได้โดยนิยมผลิตเป็นกล่องแบตเตอรี่รถยนต์ ชิ้นส่วนรถยนต์เช่นกันชน กรวยสำหรับเติมน้ำมัน

6. โพลิสไตรีน (polystyrene, PS)

ภาพที่ 2-19 โพลิสไตรีน (polystyrene, PS)

PS เป็นพลาสติกแข็ง ใส แต่เปราะและแตกง่าย ราคาถูก นิยมนำมาทำเป็นภาชนะบรรจุของใช้เช่น เทปเพลง สำลีหรือของแห้งเช่น หมูแผ่น หมูหยองและคุกกี้ พลาสติกประเภทนี้นิยมนำมาใช้ทำภาชนะหรือถาดโฟมสำหรับบรรจุอาหาร นอกจากนี้ยังนำมาใช้เป็นโฟมกันกระแทกขณะขนส่งสินค้า ซึ่งเป็นโฟมมีน้ำหนักที่เบามากเนื่องจากประกอบด้วยพลาสติก PS 2-5% เท่านั้น ส่วนที่เหลือเป็นอากาศที่แทรกอยู่ในช่องว่าง

ภาพที่ 2-20 โพลิสไตรีน (polystyrene, PS)

PS สามารถนำกลับมารีไซเคิลใช้ใหม่ได้โดยนิยมผลิตไม้แขวนเสื้อ กล่องวีดีโอ ไม้บรรทัด หรือของใช้อื่นๆ

ภาพที่ 2-21 พลาสติกชนิดอื่นๆ

อาจมีคนช่างสงสัยบางคน สงสัยว่าทำไมเราต้องมีตัวเลขเพื่อช่วยแยกชนิดพลาสติกออกเป็นประเภทต่างๆ คำตอบคือผลิตภัณฑ์พลาสติกเหล่านี้เมื่อใช้เสร็จแล้วสามารถนำกลับมารีไซเคิล หรือหลอมเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ใช้ใหม่ได้ การแยกชนิดพลาสติกต่างๆออกจากกัน จะทำให้ได้พลาสติกรีไซเคิลที่มีคุณภาพดี เป็นการประหยัดทรัพยากรธรรมชาติ เพราะวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตพลาสติกเหล่านี้ล้วนได้มาจากผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมและกาซธรรมชาติทั้งสิ้น และช่วยลดปริมาณขยะที่จะถูกนำไปฝัง หรือเผาด้วย

คนช่างสังเกตอาจสังเกตเห็นว่ากล่องหรือขวดพลาสติกบางชิ้นไม่มีสัญลักษณ์ตัวเลขอย่างที่กล่าวไว้ในตอนต้น แล้วจะรู้ได้อย่างไรว่าพลาสติกเหล่านั้นเป็นพลาสติกประเภทไหน เราสามารถแยกชนิดของพลาสติก โดยอาศัยหลักการง่ายๆที่ว่าพลาสติกต่างชนิดกันมีความหนาแน่นแตกต่างกันตามที่แสดงไว้ในตารางข้างล่าง

ตารางที่ 2-1 แสดงความหนาแน่นของพลาสติก

พลาสติก	สัญลักษณ์	จุดหลอมเหลว (^{o}C)	ความหนาแน่น
PET		250-260	1.38-1.39
HDPE		130	0.95-0.97
PVC		75-90	1.15-1.35
LDPE		110	0.92-0.94
PP		160-170	0.90-0.91
PS		70-115	1.05-1.07

แหล่งอ้างอิง วิชาการ.คอม

2.3 กระบวนการเป่าขึ้นรูปแบบพื้นฐาน

การบวนการเป่าขึ้นรูป(Blow Molding) เป็นกระบวนการที่ใช้ในการผลิตขวดและบรรจุภัณฑ์อื่นๆที่มีความกลวงโดยเริ่มจากการผลิตหลอดพาริสัน(Parison) หรือที่เรียกกันในวงการอุตสาหกรรมว่าพรีฟอร์ม(Perform) ไม่ว่าจากการอัดดันออกจากหัวดายรูปวงกลมเป็นท่อพลาสติกเหลวหรือจากการฉีดขึ้นรูป หลังจากนั้นจึงนำพรีฟอร์มไปทำการเป่าขึ้นรูปให้มีรูปทรงตามกำหนด โดยแม่แบบต่อไปกระบวนการเป่าขึ้นรูปสามารถแบ่งตามลักษณะขั้นตอนการขึ้นรูปได้ออกเป็น 2 แบบ คือการผลิตแบบหนึ่งขั้นตอนและการผลิตแบบสองขั้นตอนในการผลิตแบบหนึ่งขั้นตอน จะเป็นกระบวนการต่อเนื่องตั้งแต่การผลิตพรีฟอร์มและการขึ้นรูปพรีฟอร์มภายในแม่แบบ ในขณะที่การผลิตแบบสองขั้นตอนจะมีการแบ่งแยกชัดเจนระหว่างการผลิตพรีฟอร์มและการขึ้นรูปพรีฟอร์ม

กระบวนแบบหนึ่งหรือสองขั้นตอนและมีข้อดีและข้อด้อยต่างกันไป โดยในกระบวนการแบบหนึ่งขั้นตอนนั้น มีต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่า ต้องมีจำนวนหัวฉีดเท่ากับจำนวนแม่แบบ เหมาะสมกับการผลิตในปริมาณน้อยหรือปานกลาง สามารถผลิตได้ทั้งขวดน้ำและบรรจุภัณฑ์ที่มีปากกว้างเหมาะสมสำหรับผลิตบรรจุภัณฑ์ที่มีภาคตัดขวางเป็นรูปวงรีหรือสี่เหลี่ยม และเนื่องจากพรีฟอร์มถูกนำไปเป่าขึ้นรูปต่อในทันที ทำให้สามารถประหยัดพลังงานเนื่องจากการสูญเสียความร้อนของพรีฟอร์มไม่มากนัก ทำให้ปัญหาที่เกิดจากการที่พรีฟอร์มดูดความชื้นเกิดขึ้นได้น้อย และบรรจุภัณฑ์ที่ได้ก็มีปัญหาเนื่องจากรอยขูดขีดน้อย สำหรับกระบวนการแบบสองขั้นตอนนั้นเนื่องจากกระบวนการแบ่งออกเป็นสองส่วนอย่างชัดเจน ทำให้ค่าการลงทุนในส่วนของเครื่องจักรสูง ทำให้ต้นทุนการผลิตสำหรับบรรจุภัณฑ์ปากกว้างสูง เนื่องจากต้องใช้พรีฟอร์มและแม่แบบขนาดใหญ่ มีการสูญเสียพลังงานความร้อนเนื่องจากการเย็นตัวของพรีฟอร์ม ต้องออกแบบให้พรีฟอร์มมีบ่าวงแหวนรอบคอขวดเพื่อใช้ในการจับยึดขณะเป่า อย่างไรก็ดี การแบ่งขั้นตอนออกเป็นสองขั้นตอนนี่เอง ทำให้มีความยืดหยุ่นในการผลิตสูง เหมาะสำหรับปริมาณการผลิตที่สูง สามารถที่จะแยกผลิตเฉพาะส่วนได้จึงทำให้เกิดธุรกิจขึ้นรูปพรีฟอร์มและธุรกิจเป่าขึ้นรูปขวดแยกกันต่างหากเหล่านี้ เป็นต้น

นอกจากจะแบ่งกระบวนการเป่าขึ้นรูปพื้นฐานออกเป็นสองแบบดังที่ได้กล่าวไปข้างต้น ยังสามารถแบ่งเป็นสามประเภทใหญ่ๆ คือ

1. กระบวนการดันเป่าขึ้นรูป (Extrusion Blow Molding)
2. กระบวนการฉีดเป่าขึ้นรูป (Injection Blow Molding)
3. กระบวนการยืดเป่าขึ้นรูป (Stretch Blow Molding)

โดยที่กระบวนการยืดเป่าขึ้นรูปยังสามารถแบ่งย่อยออกเป็นกระบวนการดันยืดเป่าขึ้นรูปและกระบวนการฉีดเป่าขึ้นรูป

หัวฉีดชนิดนี้สามารถปรับแต่งความหนาของผลิตภัณฑ์ได้ดังภาพที่ 2-22 โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้เรียกว่าพรีฟอร์มซึ่งมีลักษณะเป็นท่อกลวงของโพลีเมอร์

ภาพที่ 2-22 แสดงตัวอย่างพรีฟอร์ม(Preform)

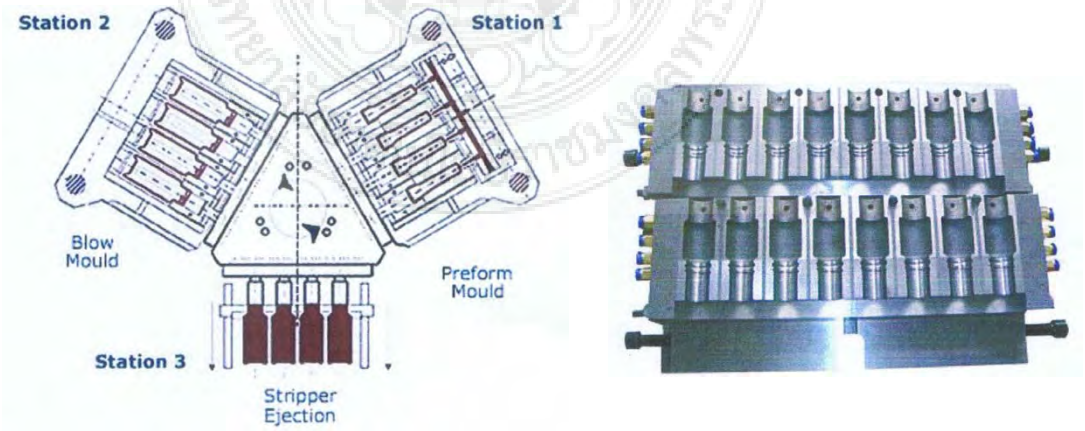
2.3.1 กระบวนการดันเป่าขึ้นรูป

พรีฟอร์ม จะถูกเป่าภายในแม่แบบ โดยหัวเป่าจะถูกใส่ที่หัวของแม่แบบและพรีฟอร์ม หลังจากนั้นจึงทำการเป่าซึ่งได้ภาชนะที่มีลักษณะกลวง เช่น ขวดน้ำ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับการออกแบบ

การทำให้เย็นและถอดแบบ การทำให้เย็นเป็นการทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเสถียรภาพโดย การหล่อเย็นนี้จะทำหลังจากการเป่าขึ้นรูปเรียบร้อยแล้ว

กระบวนการฉีดเป่าขึ้นรูป

หลักการของเทคนิคการฉีดเป่าขึ้นรูป มีลักษณะเหมือนกับการดันเป่าขึ้นรูป แต่โพลิเมอร์เหลวจะถูกฉีดเข้าสู่แม่แบบเพื่อทำการเตรียมพรีฟอร์ม ซึ่งแสดงดังภาพที่ 2-23 เทคนิคนี้มีข้อดี คือ สามารถควบคุมความหนาและพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่า



ภาพที่ 2-23 แสดงกระบวนการฉีดเป่าขึ้นรูปพรีฟอร์ม(Preform)

2.3.2 กระบวนการยืดเป้าขึ้นรูป

เพื่อจะผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีสมบัติเชิงกลที่ดี ปลายกระบอกหัวเป่าจึงถูกออกแบบเป็นพิเศษ คือ สามารถยืดออกและทำการเป่า สิ่งที่ทำให้เกิดเป็นสมบัติเชิงกลที่เรียกว่า Biaxial Property กระบวนการผลิตโดยเทคนิคกระบวนการยืดเป่าขึ้นรูปแสดงในภาพที่ 2-24 มีรายละเอียดแต่ละขั้นตอนดังนี้

1.PET จะถูกอบแห้งเพื่อกำจัดความชื้น

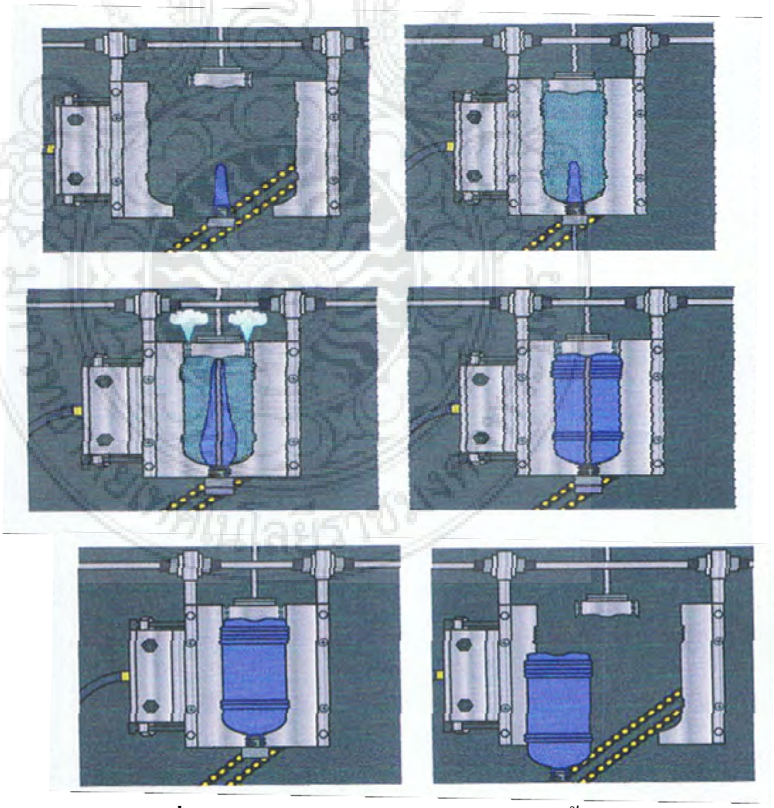
2.PET จะถูกอัดและหลอมเหลวโดยเครื่องอัดรีด (Fxtrusion Screw)หรือเครื่องฉีด (Injection Screw)

3.พรีฟอร์มถูกผลิตขึ้นโดยเครื่องฉีด (Injection) หรือเครื่องอัดรีด(Extrusion)

4.พรีฟอร์มถูกให้ความร้อนเพื่อเตรียมทำการเป่า

5.พรีฟอร์มร้อนจะถูกยืดและเป่าขึ้นรูปทันทีทำให้เกิดการเรียงตัวของผลึกส่งผลให้ความแข็งแรงของ PET เพิ่มขึ้น

6.ถอดแม่แบบ



ภาพที่ 2-24 กระบวนการเป่าสำหรับการขึ้นรูปแบบฉีดเป่า

2.3.2.1 กระบวนการเป่าสำหรับการขึ้นรูปแบบฉีดเป่าสามารถจำแนกได้ 3 กรณี คือ

1. การเป่าโดยไม่มีการยืด

ในกรณีนี้โดยในระหว่างกระบวนการผลิตพรีฟอร์มจะไม่ถูกทำให้ยืดออกตามแนวยาวแต่จะถูกเป่าในทิศทางรัศมีและพรีฟอร์มจะเสียรูปทรงในลักษณะที่เป็นลูกโป่ง และถูกเป่าจนเต็มแม่แบบ ซึ่งทิศทางการยืดของลูกโป่งจะถูกบังคับโดยแม่แบบ และจะพบว่าในกรณีนี้จะก่อให้เกิดความไม่เท่ากันของความหนาโดยทางด้านก้นขวดจะมีความบางและคอขวดจะมีความหนามากกว่า

ภาพที่ 2-25 การเป่าโดยไม่ยืด

2. การเป่าโดยยืดและเป่าตามลำดับ

ในกรณีนี้ โดยจะพบว่าเกิดการหดในแนวรัศมี และเมื่อสิ้นสุดการยืด ความยาวทั้งหมดของพรีฟอร์มจะมีค่ามากกว่า 2 เท่า ของความยาวเดิม และในขั้นตอนการเป่าลูกโป่งจะเกิดขึ้นด้านบนและด้านล่างของขวดทำให้เกิดการซ้อนทับกันของการไหลของโพลิเมอร์ในขั้นตอนสุดท้ายและเป็นผลให้เกิดข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่ารอยการไหล

ภาพที่ 2-26 พรีฟอร์ม(Preform)

ภาพที่ 2-27 การเป่าโดยการยืดพร้อมกับการเป่า

3. การเป่าโดยการยืดพร้อมกับการเป่า

สำหรับกรณีนี้ โดยพรีฟอร์มจะถูกยืดออกในระดับหนึ่ง และอากาศจะถูกเป่าเข้าสู่พรีฟอร์ม พร้อมกับเพิ่มการยืด การเป่าแบบนี้ทำให้เกิดลูกโป่งที่บริเวณด้านบนของขวดและการขยายตัวลงด้านล่าง ซึ่งการเกิดลูกโป่งด้านล่างจะช้ากว่าด้านบนทำให้ไม่เกิดลูกโป่ง 2 ลูก เหมือนในกรณียืดแล้วจึงเป่า ส่งผลให้การสูญเสียรูปร่างเกิดจากด้านบนและถูกไล่ลงสู่ด้านล่าง ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีผิวเรียบและแข็งแรงกว่า

2.4 การผลิตภาชนะกลวงด้วยวิธีอัดยืดเป่า (Compression-Stretch Blow Molding : CSBM)

ทางเลือกใหม่ในการผลิตบรรจุภัณฑ์จาก PET คือการผลิตภาชนะกลวงด้วยวิธีอัดเป่ายืด (CSBM) เทคโนโลยีนี้ถูกพัฒนาขึ้นโดย Dr.Ernery I.Valvi เพื่อใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์ที่มีการเรียงตัวของโมเลกุลจาก PET สำหรับบรรจุเบียร์และเครื่องดื่มที่มีคาร์บอนเนต พบว่าภาชนะดังกล่าวสามารถใช้ทดแทนภาชนะอลูมิเนียมได้เป็นอย่างดี

ข้อดีของกระบวนการ CSBM ก็คือเป็นกระบวนการที่ใช้สภาวะในการผลิตที่ไม่รุนแรงเหมือนกับวิธีฉีดเป่า (Injection Blow Molding) กระบวนการ CSBM ใช้อุณหภูมิและความดันในกระบวนการผลิตที่ต่ำกว่า นอกจากนี้ยังมีค่าแรงเฉือน (Shear Stress) ต่ำกว่าด้วย จึงทำให้ PET เกิดการสลายตัวเนื่องจากความร้อนน้อยลง และไม่เกิดอะซิตัลดิไฮด์(Acetaldehyde) ซึ่งเป็นผลิตผลจากการสลายตัวของ PET ส่งผลให้สมบัติของผลิตภัณฑ์ดีขึ้น เช่น ความใส โดยปกติผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการ CSBM จะมีสมบัติเชิงกลใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่ฉีดจากกระบวนการฉีดขึ้นรูป

กระบวนการ CSBM สามารถผลิตชิ้นงานที่มีความหลากหลายทั้งในด้านขนาดและรูปร่าง เช่น ขวดคอแคบ หรือ ขวดปากกว้าง กระปุกหรือกระป๋อง นอกจากนี้บรรจุภัณฑ์ที่มีผนังหลายชั้นของ PET รีไซเคิลอยู่ (ซึ่งเป็นการประหยัดในด้านราคาของวัตถุดิบ) ก็สามารถผลิตได้โดยเริ่มต้นด้วยวิธีอัดรีดแบบร่วม (Co-Injection Molding) โดยข้อดีของการมีชั้นป้องกันการแพร่ของบรรจุกับโมโนเมอร์ที่หลงเหลือจากกระบวนการผลิต ซึ่งจะมีผลต่อรสชาติของเครื่องดื่มนั้นๆ

อุณหภูมิสำหรับการอุ่นพัด PET จะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิกลาสทรานซิชั่น (ประมาณ 100-110 องศาเซลเซียส) ของ PET ซึ่งจะทำให้พัดอ่อนตัวและง่ายต่อการอัดเพื่อขึ้นรูปเป็นพรีฟอร์ม ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้ในการขึ้นรูปเป็นพรีฟอร์ม นี้จะต่ำกว่าในกรณีการผลิตพรีฟอร์มด้วยกระบวนการฉีดขึ้นรูป

อุณหภูมิในขั้นตอนการยืดเป่าขึ้นรูป (Stretch Blow Molding) สำหรับ PET นั้นอยู่ที่ประมาณ 100 องศาเซลเซียส ซึ่งใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่ใช้ในขั้นตอนการอัดขึ้นรูป ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องมีขั้นตอนการอุ่นพรีฟอร์ม อีกครั้งเหมือนในกรณีการผลิตแบบสองขั้นตอนซึ่งในกระบวนการนี้ พรีฟอร์มจะเคลื่อนที่เข้าสู่หน่วยยืดเป่าขึ้นรูป ในขณะที่ยังมีอุณหภูมิสูงอยู่ ดังนั้นกระบวนการ CSBM จึงเป็นกระบวนการที่ให้ทั้งการประหยัดพลังงานและเวลาในการผลิต

ภาพที่ 2-28 แสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากการขึ้นรูปโดยการเป่าแบบต่างๆ

ภาพที่ 2-29 แสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการขึ้นรูปโดยการเป่าPETและกรรมวิธีCSBM

2.5 การเลือกใช้วัสดุงทำแม่พิมพ์พลาสติก

โดยแบ่งตามลักษณะการใช้งานและประเภทของพลาสติกที่ผนังของแม่พิมพ์ต้องสัมผัส โดยทั่วไปสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

2.5.1 เหล็กทำแม่พิมพ์พลาสติก (Plastic Mold Steels)

ก. แม่พิมพ์พลาสติกที่มีจำนวนการผลิตไม่สูงนัก แม่พิมพ์ ฉีด อัด และเป่าชิ้นงาน จะใช้เหล็กเกรด S 45 C หรือ S 50 C แม่พิมพ์ที่ทำจากเหล็กเกรดนี้จะมีราคาถูก นอกจากนี้ถ้าต้องการเพิ่มความทนทานและเพิ่มความมันเงาของผิว สามารถนำไปชุบเคลือบผิวแข็งฮาร์ทโครมได้ นอกจากนี้ ยังสามารถใช้อลูมิเนียมผสมทำแม่พิมพ์ชนิดนี้ได้

ข. แม่พิมพ์พลาสติกทีมีจำนวนการผลิตค่อนข้างสูง แม่พิมพ์ที่มีจำนวนการผลิตค่อนข้างสูง จะใช้เหล็กที่ผ่านการชุบแข็งมาแล้ว เกรด AISI P 20, P20+S, P21 (ไม่สามารถเทียบเกรดได้ตาม JIS) ในกรณีที่ต้องการใช้งานที่มีจำนวนการผลิตสูงขึ้น อาจเลือกใช้เหล็กในกลุ่มนี้ที่มีความแข็งในสภาพจำหน่ายประมาณ 40 HRC แต่ความแข็งที่เพิ่มขึ้นจะทำให้การขึ้นรูปแม่พิมพ์ค่อนข้างยาก นอกจากนี้ยังสามารถเลือกใช้เหล็กชุบผิวแข็งมาใช้ก็ได้ แต่ต้องระวังเรื่องการเสียรูป และขนาดของแม่พิมพ์ ภายหลังการชุบผิวแข็งด้วย

ค. แม่พิมพ์พลาสติกที่มีจำนวนการผลิตสูง ในกรณีที่ต้องการให้แม่พิมพ์มีความทนทานสามารถผลิตชิ้นงานที่มีจำนวนมากได้ และเหล็กที่ผ่านการชุบแข็งมาแล้วมีความทนทานไม่พอกับจำนวนที่ต้องการผลิต จะใช้เหล็กกล้าผสมที่สามารถชุบแข็งทั้งชิ้นมาใช้ทำแม่พิมพ์ โดยสามารถใช้ทำแม่พิมพ์ทั้งชิ้นหรือใช้ฝัง(Insert) เฉพาะบริเวณที่ต้องการก็ได้ เกรดที่นิยมใช้ทำแม่พิมพ์ที่ต้องการจำนวนผลิตสูงมีอยู่ด้วยกันหลายเกรด ดังนี้

- เหล็กกล้าผสมเครื่องมืองานร้อน เกรด SKD 61 ในแม่พิมพ์ ฉีด อัด และเป่าชิ้นงานพลาสติกจะชุบแข็ง และอบคืนตัวให้มีความแข็งใช้งานระหว่าง 46-50 HRC นอกจากนี้ ยังสามารถเพิ่มความทนทานต่อการสึกหรอและการกัดกร่อนได้ด้วยการนำไปเสริมไนโตรเจนที่ผิว (Nitriding)

- เหล็กกล้าผสมเครื่องมืองานเย็นเกรด SKD 11, SKS 3 และ SKD 12 เหล็กทั้ง 3 เกรดนี้ จะมีคาร์บอนผสมอยู่สูง ทำให้เมื่อชุบแข็งแล้วจะมีความแข็งสูง ทนต่อการเสียดสีได้ดี จึงทำให้แม่พิมพ์มีความทนทานสูง สามารถใช้ผลิตชิ้นงานพลาสติกได้จำนวนมาก การใช้งานจะไม่นิยมทำแม่พิมพ์จากเหล็กกลุ่มนี้ทั้งชิ้น แต่จะนิยมใช้ทำแม่พิมพ์แบบฝัง (Insert) ข้อเสียของเหล็กในกลุ่มนี้ที่จะนำมาทำแม่พิมพ์พลาสติกคือ เหล็กกลุ่มนี้จะมีความเปราะ และการขัดเงาเหล็กในกลุ่มนี้จะค่อนข้างยากเนื่องจากมีคาร์ไบด์ที่แข็งมากฝังตัวอยู่ในเนื้อเหล็ก

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 ความเหนียวและทนการกัดกร่อน เหล็กกล้าผสมเครื่องมืองานเย็นสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ชุบแข็งด้วยน้ำมัน กลุ่มที่ชุบแข็งด้วยลมเป่า และกลุ่มที่มีส่วนผสมของคาร์บอนสูง และโครเมียมสูง ดังมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

- กลุ่มที่มีธาตุผสมต่ำชุบแข็งด้วยน้ำมัน ที่นิยมใช้กันจะเป็นเกรด JIS SKS 3 และเนื่องจากชุบแข็งด้วยน้ำมัน จึงลดการบิดงอ และลดความเสี่ยงต่อการแตกร้าวขณะชุบแข็งได้ดีกว่าเหล็กกล้าคาร์บอนเครื่องมือที่ชุบแข็งด้วยน้ำ เหล็กกลุ่มนี้เป็นเหล็กที่มีราคาไม่สูงนัก ใช้ทำเครื่องมือแกะสลักโลหะอ่อน ดอกสว่านเจาะชิ้นงานที่ไม่ใช่เหล็ก ใบตัดโลหะบาง และแม่พิมพ์ปั๊มโลหะที่ใช้ในการขึ้นรูปเย็น ชิ้นงานที่มีจำนวนการผลิตปานกลางถึงค่อนข้างสูง

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

- กลุ่มที่มีปริมาณคาร์บอนสูง และผสมโครเมียมสูง ในกลุ่มนี้ที่นิยมใช้งานกันมากที่สุดจะเป็นเกรด JIS SKD 11 เนื่องจากมีความเหนียวทนแรงกระแทกได้สูงกว่าเกรดอื่นๆในกลุ่ม สามารถชุบแข็งได้ลึก ชิ้นงานจะมีสมบัติทนการเสียดสีได้สูงมาก แต่สมบัติด้านทนแรงกระแทก

จะไม่สูงนัก ตัวอย่างชิ้นงาน เช่น เครื่องมือมีคมที่ใช้กับโลหะและเหล็ก แม่พิมพ์ปั๊มโลหะแผ่น แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก เป็นต้น

2.5.3 เหล็กกล้าผสมเครื่องมืองานร้อน (Alloy Tool Steel Hot Work)

เหล็กกลุ่มนี้จะมีสมบัติที่สามารถใช้งานที่ต้องสัมผัสกับความร้อนได้ดี โดยมีการเปลี่ยนรูปขณะใช้งานน้อย ทนแรงกระแทกได้ดี และมีความต้านทานต่อการอ่อนตัวที่อุณหภูมิสูง เหล็กกลุ่มนี้แบ่งออกเป็นหลายเกรด แต่ที่นิยมใช้ภายในประเทศจะเป็นเกรด JIS SKD 61 เนื่องจากเหล็กเกรดนี้มีความเหนียวทนแรงกระแทกได้สูงกว่าเกรดอื่นๆในกลุ่ม มีความต้านทานต่อความร้อนและเย็นสลับกัน ในขณะที่ขึ้นรูปร้อนชิ้นงาน เช่น การตีขึ้นรูปร้อนชิ้นงานเหล็กกล้าที่ต้องมีการสเปรย์น้ำหล่อเย็น เพื่อไล่สะเก็ดล่อนจากผิวชิ้นงาน ตัวอย่างการใช้งาน เช่น แม่พิมพ์อัดขึ้นรูปร้อนอลูมิเนียม แม่พิมพ์หล่ออลูมิเนียม แม่พิมพ์ตีขึ้นรูปร้อนเหล็กกล้า(Hot Forging Dies) ชิ้นงานที่ทำจากเหล็กเกรดนี้ สามารถเพิ่มสมบัติทนต่อการเสียดสีได้ ด้วยการนำไปเสริมไนโตรเจนที่ผิว (Nitriding) เหล็กกล้าเครื่องมือความเร็วสูง (High Speed Tool Steels)

เหล็ก ในกลุ่มนี้ถูกออกแบบมาเพื่อ ใช้ในงาน กลึง ไส กัด ตัด และ เจาะ ชิ้นงานโลหะด้วยความเร็วสูง ด้วยสมบัติพิเศษที่สามารถรักษาคมตัดได้ขณะใช้งานที่อุณหภูมิสูง เนื่องจากเหล็กในกลุ่มนี้มีธาตุผสมที่รักษาสมบัติด้านความแข็งทนต่อการ 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

2.5.4 เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steels)

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

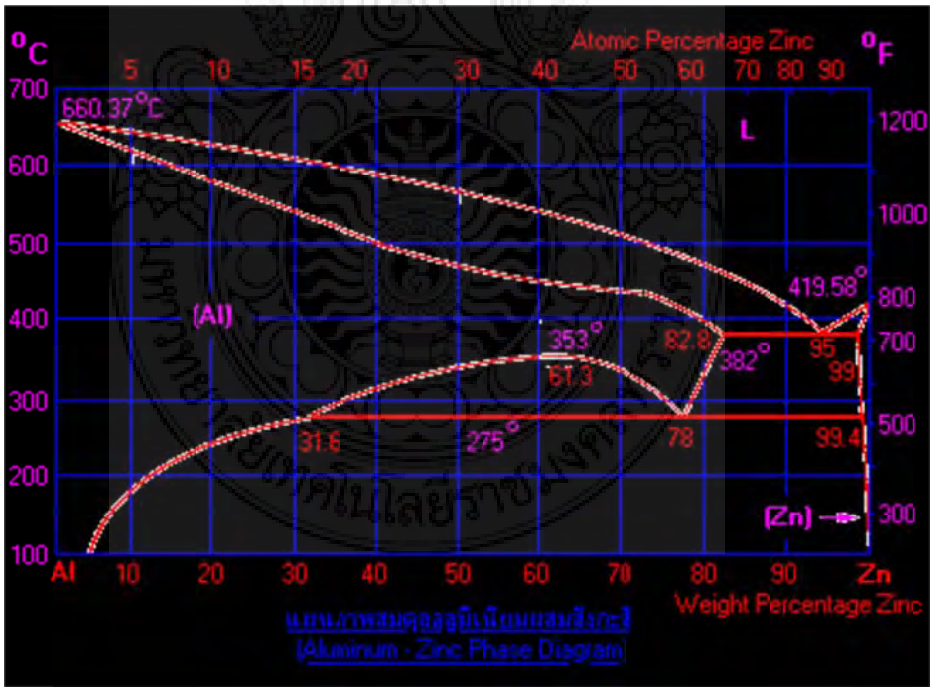
2.5.5 โลหะผสม (Alloy Metals)

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 และชนิดที่คล้ายๆกัน คุณสมบัติของอลูมิเนียมเกรดนี้ จะใกล้เคียงกับเหล็กกล้าคาร์บอนเกรด S 50 C สามารถใช้ทำแม่พิมพ์พลาสติก ทั้งแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก และแม่พิมพ์เป่าพลาสติก ที่มีจำนวนการผลิตไม่มากนัก และเนื่องจากอลูมิเนียมผสมนี้ทนทานต่อการกัดกร่อนจากสารเคมีได้ดี จึงใช้ทำแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก PVC ได้

- โลหะผสม Beryllium Copper Alloy



ภาพที่ 2-30 แผนภาพสมดุลอลูมิเนียมสังกะสี

จากแผนภาพสมดุลอลูมิเนียมสังกะสี เราจะพบว่า **สังกะสี (Zn)** มีอุณหภูมิการหลอมละลายต่ำกว่า อลูมิเนียม (Al) คือ อุณหภูมิที่ 419.5°C นอกจากนี้แล้ว สังกะสียังมีโครงสร้างผลึก แบบ Hexagonal ซึ่งแตกต่างจากอลูมิเนียม การผสมสังกะสี 4-8% และแมกนีเซียม 1-3% ในอลูมิเนียม ใช้ในการผลิตอลูมิเนียมผสม ที่แปรรูปเย็น สามารถปฏิบัติการ ทางความร้อนได้ ในกลุ่ม **7XXX** อลูมิเนียมผสมบางกลุ่ม ถูกพัฒนาสมบัติความแข็งแรงสูงสุดของพื้นฐานอลูมิเนียมผสมสังกะสี และแมกนีเซียมทั้งสองธาตุ มีความสามารถในการละลายในสภาวะสารละลายของแข็งสูง นอกจากนี้ การเพิ่มทองแดง 1-2% ลงในกลุ่ม **7XXX** ทำให้มีสมบัติด้านความแข็งแรงของอลูมิเนียมผสมสังกะสี และผสมแมกนีเซียมสูงขึ้น จะนิยมนำไปใช้งานทางด้านการอากาศยาน ที่มีความต้องการความแข็งแรงสูง

อ้างอิง 2008 พลาสติกไทยJoomla 1.5 Templates by vonfio.de

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

ความสำเร็จจากการพัฒนาของ อลูมิเนียมผสมสังกะสี และผสมแมกนีเซียม เป็นส่วนสำคัญของกลุ่ม **7XXX** การพัฒนานี้เป็นไปได้ โดยผลของธาตุโครเมียมที่เติม ซึ่งเป็นการปรับปรุงครั้งใหญ่ ของความต้านทานการกัดกร่อน 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 การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้นของอลูมิเนียมหมายเลข 7075 , 7178 เป็นการพัฒนาในปี ค.ศ. 1951 มีปริมาณธาตุ สังกะสี , แมกนีเซียม และ ทองแดงมาก อลูมิเนียมหมายเลข 7001 เป็นการเสนอในปี ค.ศ. 1960 และ มี 7.4%สังกะสี , 3.0%แมกนีเซียม , และ 2.1%ทองแดง ภาพโครงสร้างจุลภาค อลูมิเนียม หมายเลข 7079-T6 ผ่านการเอจจิ่งเทียม และ ทุบขึ้นรูป มีการรีดลดขนาด 70% เกรนมีทิศทาง ตามแรงที่กระทำ จากการทุบ ขึ้นรูป

ภาพที่ 2-31 โครงสร้างจุลภาค อลูมิเนียม หมายเลข 7079-T6

ภาพ โครงสร้างจุลภาค อลูมิเนียม หมายเลข 7079-T6 ผ่านการเอจจิ่งเทียม และ ทุบขึ้นรูปลดขนาด 85% โดยทำการ ทุบขึ้นรูป ที่อุณหภูมิสูง ทำให้มี ความเค้นตกค้างน้อย

ภาพที่ 2-32 โครงสร้างจุลภาค อลูมิเนียม หมายเลข 7079-T6

อลูมิเนียมผสมสังกะสีและผสมแมกนีเซียม แปรรูปเย็น สามารถเพิ่มความแข็งแรงโดยการทำเอจจิ่ง หลังจากปฏิบัติการทางให้ความร้อนและการลดอุณหภูมิ ลำดับในการทำเอจจิ่งของอลูมิเนียมผสมสังกะสีและผสมแมกนีเซียมเป็นที่รู้จักทั่วไปคือ ลำดับการเอจจิ่งAl-Zn สามารถจัดรูปแบบดังนี้

Supersaturated Solid Solution GP Zone $(MgAl_2)'$ $(MgAl_2)$

1.กรรมวิธีการผลิตอลูมิเนียม

2.มาตรฐานอลูมิเนียม

3.การชุบแข็งอลูมิเนียม

นิยาม เป็นโลหะอลูมิเนียมที่ผสมธาตุโลหะชนิดอื่น เพื่อปรับปรุงสมบัติทางด้านความแข็งแรงสมบัติเด่น มีน้ำหนักเบา ตัดกลึงง่าย มีความแข็งแรงสูง นำความร้อนได้ดี

การใช้งานแม่พิมพ์เป่าพลาสติก อุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล

2024 (บ่มแข็ง , T451) อลูมิเนียมกลุ่มผสมทองแดงจึงมีความแข็งแรงสูง และทนต่อการล้าได้ดี นิยมใช้ทำแม่พิมพ์เป่าพลาสติก หรือแม่พิมพ์ขึ้นรูปพลาสติกในสูญญากาศ แม่พิมพ์รองเท้า ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล โครงสร้างเครื่องบินอุปกรณ์จับยึดต่างๆ

5052 (รีดแข็ง , H112) อลูมิเนียมกลุ่มผสมแมกนีเซียม สามารถชุบอะโนไดซ์สีได้ดีมาก ให้ผิวสวยงามเมื่อตัดกลึงสามารถใช้งานที่อุณหภูมิติดลบได้ดี นิยมใช้ทำอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานแม่พิมพ์ตัวอย่างภาชนะหรือเครื่องใช้ในอุตสาหกรรมเคมีและอาหาร ท่อไฮดรอลิก หมุดย้ำชิ้นส่วนในยานพาหนะและอาคาร

5083 (รีดแข็ง , H112) อลูมิเนียมกลุ่มผสมแมกนีเซียม สามารถชุบอะโนไดซ์สีได้ดีมาก ให้ผิวสวยงามเมื่อตัดกลึง สามารถใช้งานที่อุณหภูมิติดลบได้ดี นิยมใช้ทำแม่พิมพ์เป่าพลาสติก แม่พิมพ์ขึ้นรูปยางและโฟม อุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน ถังทนแรงดันสูง ตู้คอนเทนเนอร์ ชิ้นส่วนยานพาหนะและอาคาร

6061 (บ่มแข็ง , T651) อลูมิเนียมกลุ่มผสมแมกนีเซียม และซิลิกอน ที่สามารถบ่มแข็งได้ จึงมีความแข็งสูงและทนต่อการกัดกร่อนได้ดีเยี่ยม สามารถขัดเงาได้ดีและชุบอะโนไดซ์สีได้ผิว

สวยงาม นิยมใช้ทำแม่พิมพ์เป่าพลาสติก แม่พิมพ์ฉีดโฟมและยาง โครงสร้างยานพาหนะและอาคาร หมุดย้ำราวสะพาน

7022 (บ่มแข็ง , T651) อลูมิเนียมกลุ่มผสมสังกะสี ที่มีความแข็งแรงสูงมาก ตัดกลึงง่าย สามารถชุบอะโนไดซ์แข็งได้ดี นิยมใช้ทำแม่พิมพ์เป่าขวดพลาสติก แม่พิมพ์ฉีดพลาสติกจำนวนน้อย อุปกรณ์ชิ้นส่วนเครื่องจักรกลแผ่นนำความร้อน

7075 (บ่มแข็ง , T651) อลูมิเนียมกลุ่มผสมสังกะสี ที่มีความแข็งแรงสูงที่สุดในกลุ่ม ตัดกลึงง่าย สามารถชุบอะโนไดซ์แข็งได้ดีเยี่ยม นิยมใช้ทำแม่พิมพ์เป่าขวดพลาสติก แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก อุปกรณ์ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล โต๊ะเครื่องมือ แผ่นรองสแตมปิ้ง

1. กรรมวิธีการผลิตอลูมิเนียม

ขึ้นอยู่กับรูปแบบผลิตภัณฑ์ เช่น กรรมวิธีถลุงแร่อลูมิเนียม กรรมวิธีหลอมอลูมิเนียม(อินกอท) กรรมวิธีหลอมอลูมิเนียมผสม (บิลเลท)กรรมวิธีขึ้นรูปผลิตอลูมิเนียม

- เทหล่ออลูมิเนียม
- ฟอสชิ่ง (ประเภทท่อ แท่ง)
- รีดขึ้นรูป (อลูมิเนียมเส้นหน้าตัด รูปทรงกรวง และไม่กรวง)
- อลูมิเนียมแผ่น ฟรอยท์

2. มาตรฐานอลูมิเนียม

ขึ้นอยู่กับ ลักษณะชีรี่หรือส่วนผสม กรรมวิธีการขึ้นรูป เช่น แมตชีน หรือ บีบอัด ฉีด หรือ เทหล่อ มาตรฐานที่ใช้ส่วนใหญ่คือ TIS DIN JIS

3. การชุบแข็งอลูมิเนียม อลูมิเนียมไม่สามารถใช้กระบวนการชุบแข็งได้ แต่จะใช้วิธีเปลี่ยนโครงสร้างด้วยกรรมวิธี

- อบแข็ง
- อโนไดรฟ หรือการชุบผิว

เกรดอลูมิเนียม

7075 (บ่มแข็ง , T651) อลูมิเนียมกลุ่มผสมสังกะสี ที่มีความแข็งแรงสูงที่สุดในกลุ่ม ตัดกลึงง่าย สามารถชุบอะโนไดซ์แข็งได้ดีเยี่ยม นิยมใช้ทำแม่พิมพ์เป่าขวดพลาสติก แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก อุปกรณ์ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล โต๊ะเครื่องมือ แผ่นรองสแตมปิ้ง

ข้อมูล http://www.thaitechno.net/productdetails.php?id=19561&uid=35710[/url]

การเปรียบเทียบสมบัติของโลหะผสมอลูมิเนียม

(COMPARISON OF ALUMINIUM ALLOYS PROPERTIES)

- **ตารางที่ 2-2** สมบัติทางการผลิตและการใช้งาน (Technic properties)

Grade	Atmosheric Corrosion Resistance		Anodisability		Weldability		Cold Eork -ability (forming)	Machin -ability (brightness)
	Normal	Marine	Hard	Bright	TIG/MIG	Brazing		
AA 2024	C	D	B	C	A	B	D	B
AA 5052	A	A	A	B	B	B	A	A
AA 5083	A	A	A	C	A	A	B	A
AA 6061	A	B	A	C	B	B	D	A
AA 7072	C	D	A	C	D	C	D	B
AA 7075	C	D	A	C	D	C	D	B

- **ตารางที่ 2-3** สมบัติทางฟิสิกส์ (Physical properties)

Grade	Melting range (GC)	Coefficient of Thermal Expansion (µm/m.K)	Thermal Conductivity (W/m.K)	Specific Heat (J/kggC)	Electrical Conductivity (m/Ω.mm2)
AA 2024	500-638	23.2	120	920	16-19
AA 5052	605-650	23.8	138	945	19-21
AA 5083	580-640	23.8	120	945	16-18
AA 6061	575-650	23.6	167	940	24-26
AA 7072	485-640	23.6	165	890	18-22
AA 7075	475-630	23.6	130	915	17-21

- **ตารางที่ 2-4** สมบัติทางกล (Mechanical properties)

Grade	Yield Strength (N/mm2)	Tensile Strength (N/mm2)	Elongation (min. %)	Hardness (HB)	Young's Modulus (GPa)
AA 2024	270-440	420-550	10	120	73
AA 5052	80-150	180-230	14	48	70
AA 5083	110-200	270-350	12	70	71
AA 6061	260-350	300-370	8	95	69
AA 7072	400-500	470-550	7	145	71.5
AA 7075	450-620	510-650	7	150	72

การเปรียบเทียบการใช้งานแม่พิมพ์พลาสติก

- **ตารางที่ 2-5** การเลือกใช้อลูมิเนียมสำหรับอุตสาหกรรมขึ้นรูปพลาสติก

อุตสาหกรรม	ชนิดพลาสติก	เกรดของอลูมิเนียม
ฉีดพลาสติก	PE,PP,PS,ABS	AA 2024 , AA7022 , AA7075
เป่าพลาสติก	PE, PET	AA 6061 , AA 5083
หล่อพลาสติก	PE, PP	AA 6061 , AA 7022 , AA 7075
ไฟเบอร์กลาส	FRP	AA 7022 , AA 7075 , AA 2024

อ้างอิง WebPage Assisted Instruction for Aluminiumภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหการคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี© 2000 The WebPage Assisted Instruction for Aluminium. All rights reserved.

บทที่3

วิธีการดำเนินงาน

การดำเนินงานโครงการวิจัย

สามารถแบ่งขั้นตอนต่างๆได้ดังนี้

3.1 ศึกษาข้อมูล การออกแบบทางด้านขนาดรูปร่างของชิ้นงาน สมบัติของพลาสติกที่ใช้

3.2 การคำนวณค่าต่างๆที่ใช้ในการออกแบบ

3.3 ขั้นตอนการออกแบบแม่พิมพ์เป่า

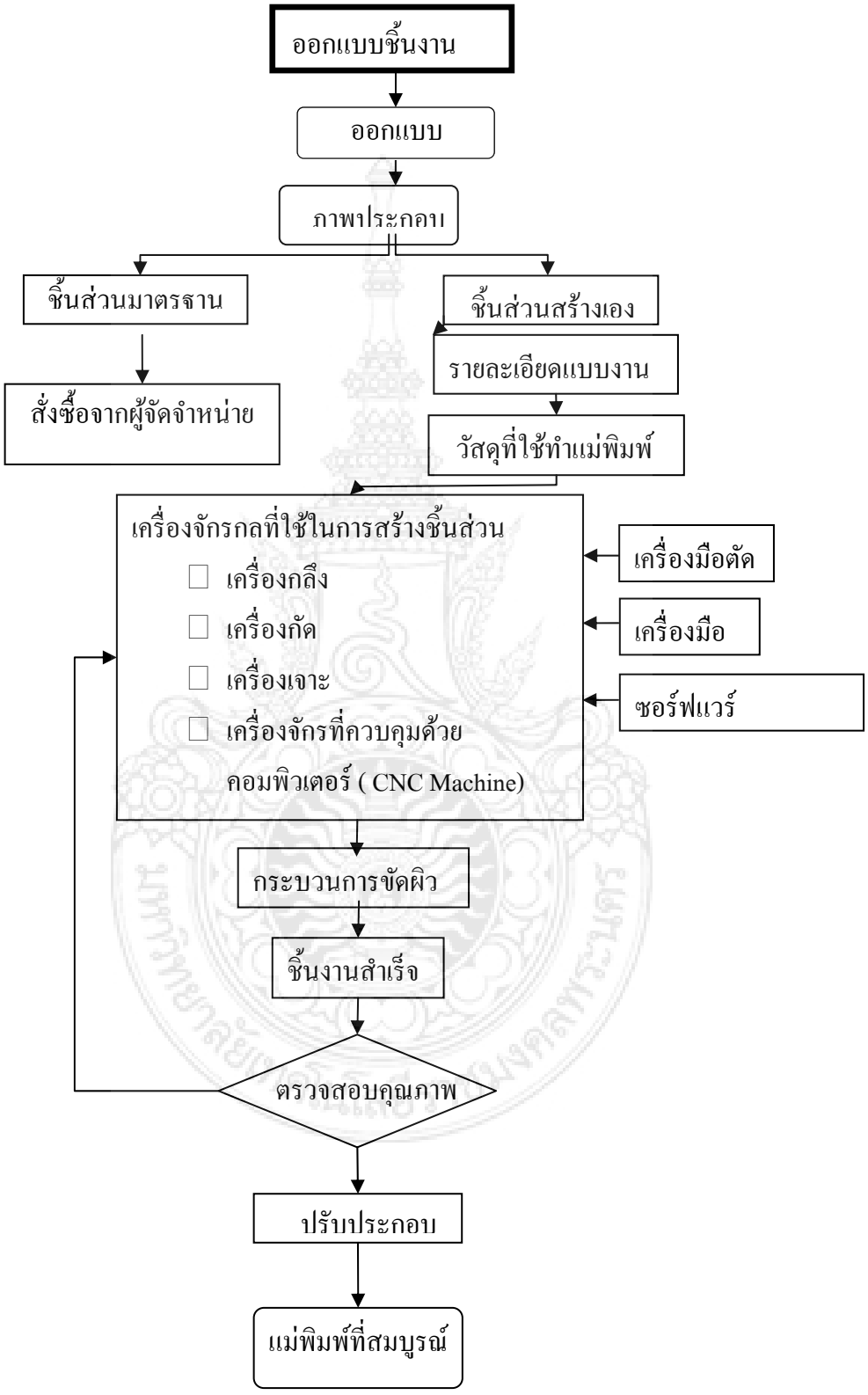
3.4 ขั้นตอนการสร้างแม่พิมพ์เป่า

3.5 ทำการทดลองเป่า

3.6 แก้ไขปรับปรุงแม่พิมพ์เป่า

3.7 รวบรวมข้อมูลกระบวนการเป่าแม่พิมพ์

กระบวนการและเวลาดำเนินการวิจัย



ภาพที่ 3-1 กระบวนการดำเนินงานวิจัย

ตารางที่ 3-1 เวลาดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการวิจัย	ระยะเวลา 1 ปี											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. ศึกษาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล												
2. ศึกษาการใช้โปรแกรมและออกแบบแม่พิมพ์												
3. ดำเนินการสร้างแม่พิมพ์เป่า												
4. .ทดลองฉีดแก้ไขปรับแก้ เก็บข้อมูล												
5. รวบรวมข้อมูลและปรับปรุงการทดลอง												
6.จัดทำแผนเผยแพร่												
7. สรุปผลการวิจัยรายงาน												

3.1 ศึกษาข้อมูล การออกแบบทางด้านขนาดรูปร่างของชิ้นงาน สมบัติของพลาสติกที่ใช้

ในการทดสอบการหดตัวชิ้นงานเป่าโดยเปรียบเทียบกับแม่พิมพ์ ข้อมูลการหดตัวใช้เพื่อเปรียบเทียบสมบัติของวัสดุ ค่าการหดตัวที่กำหนดมาให้ขึ้นอยู่กับรูปร่างของชิ้นงานมากที่สุด ความไม่สลับซับซ้อนของแม่พิมพ์และเงื่อนไขการปฏิบัติงาน

การหดตัวของวัสดุแต่ละชนิดแตกต่างกันทั้งทิศทางการเป่า และขวางทิศทางการเป่าทิศทางการเป่าถูกจัดวางขึ้น เช่นเดียวกันกับระบบการยืดตัวของวัสดุที่หลอมเหลวแล้ว เมื่อทางออกก็คือการเป่าแล้วยืดตัวออกตามแรงลมที่เป่าเข้าแม่พิมพ์

3.1.1 การออกแบบทางด้านขนาดรูปร่างของชิ้นงาน

ภาพที่ 3-2 การออกแบบ

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

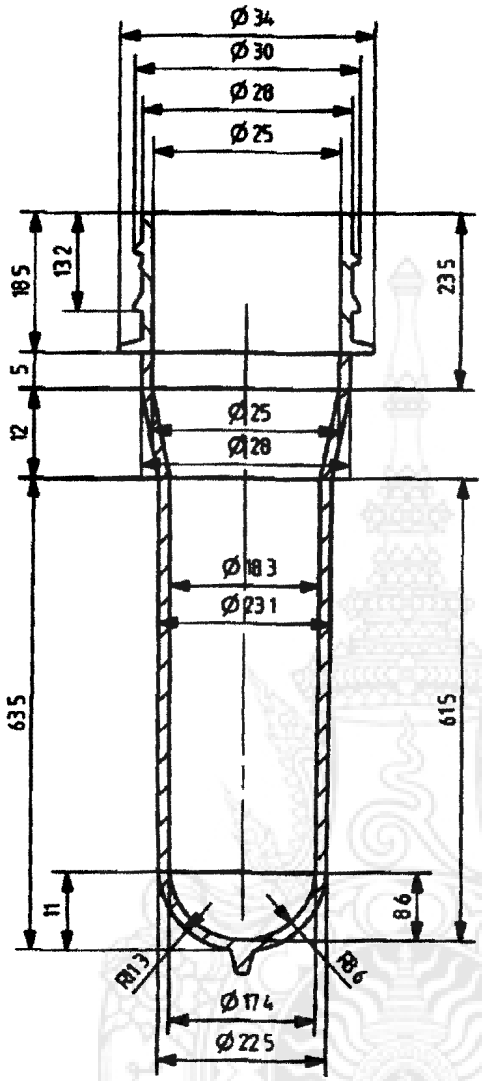
- น้ำหนักของชิ้นงานที่สามารถฉีดได้ (Max.Shot Weight) : 396.2 g
- ระยะหัวฉีด (Nozzle Stroke) : 300 mm
- แรงกดที่หัวฉีด(Nozzle Contact Force) : 6 ton
- ความจุความร้อนของกระบอกฉีด (Cylinder Heating Capacity) : 13.3 kW

3.1.4ระบบ Clamping

- แรงในการปิดล็อคแม่พิมพ์ (Clamping Force) : 168 ton
- ระยะในการเปิดแม่พิมพ์ (Opening Stroke) : 380 mm
- แรงของชุดปลดชิ้นงาน (Ejector Force) : 5.5 ton
- ระยะเลื่อนของชุดปลดชิ้นงาน (Fjector Stroke) : 100 mm
- น้ำหนักของพรีฟอร์ม = 19g

3.2 การคำนวณค่าต่างๆที่ใช้ในการออกแบบ

ความหนาของ Preform จะอยู่ประมาณ 2.3 - 4 มม. ส่วนมากจะใช้ที่ประมาณ 2.7-3.3 มม. เพราะเป่าขึ้นรูปได้ง่าย



ภาพที่ 3-4 พรีฟอร์ม(Preform)

ความหนาของ พรีฟอร์ม(Preform) ที่ใช้ในที่นี้ 2.4 มม.

PET อัตราส่วนการขยาย ด้านละ Hoob Ratio และ Axial Ratio จะได้ 4:4 =16

PP อัตราส่วนการขยาย ด้านละ Hoob Ratio และ Axial Ratio จะได้ 4:2 = 18

PC อัตราส่วนการขยาย ด้านละ 3 x 2 = 6

PES เท่ากับ PC คือ ด้าน Diameter ได้ 3 เท่า ของ Diameter Preform และความยาวยืดได้เพียง 2 เท่าของความยาว

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

$$= \frac{60}{28} \text{ x } \frac{150}{L_1} = 16$$

$$= 2.14 \text{ x } \frac{150}{L_1} = 16$$

แต่ค่า BUP ด้าน Axial Ratio ไม่เกิน 4 จึงได้

$$2.14 \text{ x } \frac{150}{4} \quad L = 80.25 \text{ mm.}$$

ถ้าคอขวด 28 เอาค่า Hoob มาคูณ เช่น 28 x 4 =112 ต้องเป่า ขวดไม่เกิน112 mm.

หา T2 โดยใช้ความหนา Preform = 3 mm.

$$T2 = \frac{3}{16}$$

= 0.1873 mm.

มาตรฐานการรับน้ำหนักของขวดจะรับได้เพียง 10 kg

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

ในการเป่า Preform ส่วนมากจะเป่าที่อุณหภูมิ 100 – 110 องศา

การสังเกตขวดว่าเป่าจากเครื่อง Two stretch หรือ one Stretch

-ถ้า prating line ปากขวดและตัวขวดตรงกันเป็น One Stretch

-ถ้า prating line ปากขวดและตัวขวดไม่ตรงกันเป็น Two Stretch

ต้องการฉีด preform ที่สามารถเบ่งได้เพื่อให้เนื้อพลาสติกเพิ่ม ที่จะสามารถยืดเนื้อออกมาเพื่อให้ขวดเต็มได้สมมาตรจะเป่าขวดที่มีลักษณะแปลกที่ไม่สมมาตรกันได้เช่น ขวดนม ขวดโลออน แต่ Preform จะต้องการอบเนื้อ PET ในการฉีดเนื้อ PET ใช้เวลาในการอบ 4-8 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ150-160°C

3.2.1 กระบวนการเป่าภาชนะกลวง

1) การวิเคราะห์การจัดเรียงตัวในกระบวนการเป่ายืดภาชนะกลวง กระบวนการเป่ายืดภาชนะกลวงชนิดแรงดึงกระทำสองแกนได้ถูกกล่าวถึงก่อนหน้าแล้ว เพื่อให้มีความเข้าใจมากขึ้นเกี่ยวกับการจัดเรียงตัวโมเลกุลก็จำเป็นต้องเริ่มพิจารณาจากพื้นฐานของกระบวนการเป่ายืด ซึ่งจะขึ้นรูปจากงานฉีดหรืองานอัดรีดก็ได้หลอดพรีฟอร์มที่ใช้ในการผลิตเดียงคู่กับขวดพลาสติก พีอีที

ในกระบวนการเป่ายืดจะนำอัตราส่วน 2 ชนิดของหลอดพรีฟอร์มต่อผลิตภัณฑ์ไปใช้หนึ่งคืออัตราส่วนแนววงแหวน (hoop ratio, H) ซึ่งก็คืออัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางภายในที่กว้างที่สุดของชิ้นงานเป่า D_1 หารด้วยเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของหลอดพรีฟอร์ม D_2 ก่อนที่จะเป่าดังแสดงไว้ดังนี้

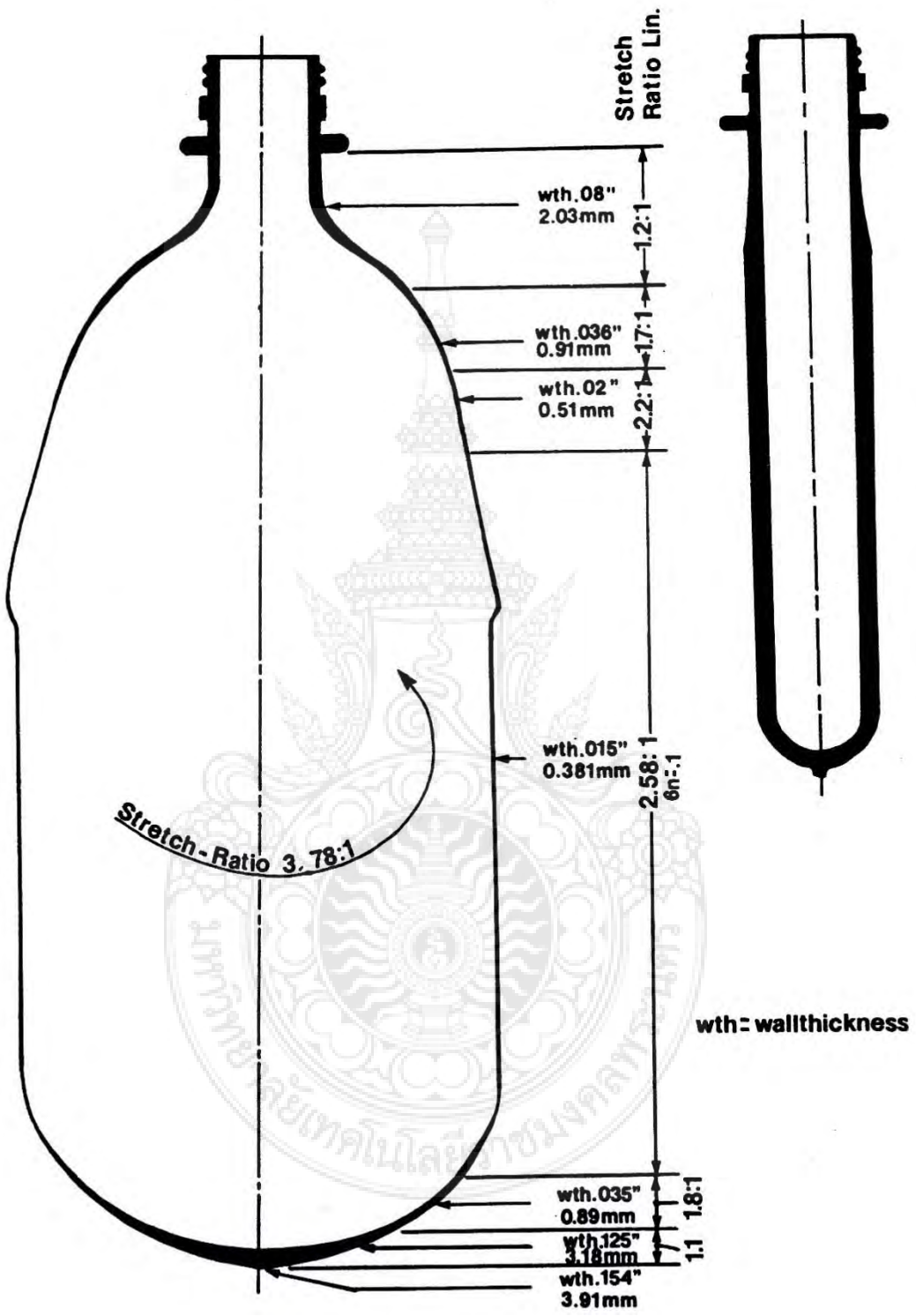
Hoop ratio, $H = \frac{D_1}{D_2}$

อีกชนิดหนึ่งคืออัตราส่วนแนวแกน (Axial ratio , A) ซึ่งก็คืออัตราส่วนระหว่างความยาวที่วัดภายในจากจุดเริ่มต้นของการดึงยืดลงสู่ก้นภาชนะ L_1 หารด้วยความยาวที่วัดภายในจากจุดเริ่มต้นของการดึงยืดลงสู่ก้นหลอดพรีฟอร์ม L_2

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

สำหรับอัตราส่วนการพองตัวรวม (Total blow up ratio , BUR) จะเท่ากับอัตราส่วนแนววงแหวนคูณด้วยอัตราส่วนแนวแกน ซึ่งมีค่าดังต่อไปนี้

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



ภาพที่ 3-5 อัตราส่วนการดึงยืดของขวดขนาดบรรจุ 2 ลิตร

ที่มา (Norman C.Lee,PE1990:120)

ในการออกแบบภาชนะทนความดันตัวอย่างเช่น 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 ซึ่งจะเป็นอัตราส่วนระหว่างขนาดของวัสดุที่ยังไม่ได้รับแรงดึงยืดกับขนาดของวัสดุที่มีขีดจำกัดของการแตกหักอัตราส่วนการดึงยืดโดยธรรมชาติพร้อมกับอุณหภูมิที่ใช้ในการจัดเรียงตัวจะแสดงเห็นในตาราง

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 ปอนด์ต่อ

ตารางนิ้วใกล้เคียงกับรายละเอียดจำเพาะที่ผู้ผลิตเรซินให้มา สิ่งนี้คือข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการกำหนดหาค่าการจัดเรียงตัวที่เกิดขึ้นในภาชนะกลวง และถ้าตัดชิ้นงานสี่เหลี่ยมบางออกจากขวดในสองทิศทางทั้งแนววงแหวนและแนวแกน จากนั้นนำชิ้นงานทั้งคู่ไปทดสอบหาความต้านทานแรงดึง บันทึกผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นไว้ ผลลัพธ์ที่ได้เหล่านี้ควรจะเท่ากับอัตราส่วนแนววงแหวนและแนวแกนคูณกับค่าความต้านทานแรงดึงวัตถุดิบตอนเริ่มต้น ดังนั้นสำหรับพลาสติก พีอีที 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

1) การประมาณค่าอัตราการผลิตและความดันลมเป่าของกระบวนการเป่าอัดรีด

ดังกล่าวมาก่อนหน้านี้ เมื่อพอลิเมอร์ไหลออกจากดายก็จะเกิดการบวมตัวการไหลคืนตัวของการเปลี่ยนแปลงยืดหยุ่นในพอลิเมอร์หลอม ดังต่อไปนี้

$B_{SH} = B_{ST}^2$

โดยที่ B_{SH} = การบวมตัวของความหนาของหลอดพาริสัน (h_1/h_2)

B_{ST} = การบวมตัวของเส้นผ่านศูนย์กลางของหลอดพาริสัน (D_1/D_2)

ดังนั้น $h_1 = h_d \ (B_{ST})$

เมื่อ D_d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของดาย

D_t คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของหลอดพาริสัน

D_m คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของแม่พิมพ์เป่า

h_d คือ ขนาดของร่องคาย

h_1 คือ ความหนาของหลอดพาริสัน

h คือ ความหนาของภาชนะเป่ากลวง

และ $h = B_{ST}^3 \, h_d \left[\frac{D_d}{D_m}\right]$

และเมื่อความเค้นสูงสุดในการเป่าหลอดพาริสันก็คือความเค้นแนววงแหวน ดังนั้น

$$Q = \frac{PD_m}{2h}$$

โดยให้ p คือค่าความดันลมที่ใช้ในการเป่าหลอดพาริสัน

นอกจากความสัมพันธ์สมการ แล้วการบวมตัวยังหาได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนการบวมตัวกับความเครียดเฉือนคืนตัว (recoverable shear strain , Yr)

อุณหภูมิในการฉีดและเป่า พรีฟอร์ม(Preform)

เวลาที่ฉีด preform จะใช้อุณหภูมิต่ำเวลาที่เป่าจะใช้อุณหภูมิประมาณ 50 องศา เพราะถ้าเย็นกว่านี้จะเป่าไม่เต็มขวดจะแตก และอุณหภูมิเยอะจะเห็นได้ว่าชิ้นงานจะมีลักษณะเงาเบา

ถ้าต้องการฉีดชิ้นงานที่มีลักษณะใส ควรฉีดที่อุณหภูมิต่ำเพราะเป็นการช็อคผิว ถ้าอุณหมิสูงชิ้นงานก็จะขุ่น ส่วนมากจะใช้กับพลาสติกที่เป็น Cytraline

ในการเป่าขวดที่มีลักษณะเป็นวงรี หรือ แบน ควรจะเพิ่มอุณหภูมิในการเป่า เพราะถ้าไม่เพิ่มเนื้อพลาสติกที่ไปสัมผัสกับผิวของ Blow Mold ก็จะติดและไม่ไหลในส่วนที่เป่า เข้าไปไม่ถึง ควรเพิ่มอุณหภูมิในการเป่า

ในการเป่า PP , PE จะใช้อุณหภูมิเป่าประมาณ 50 องศา

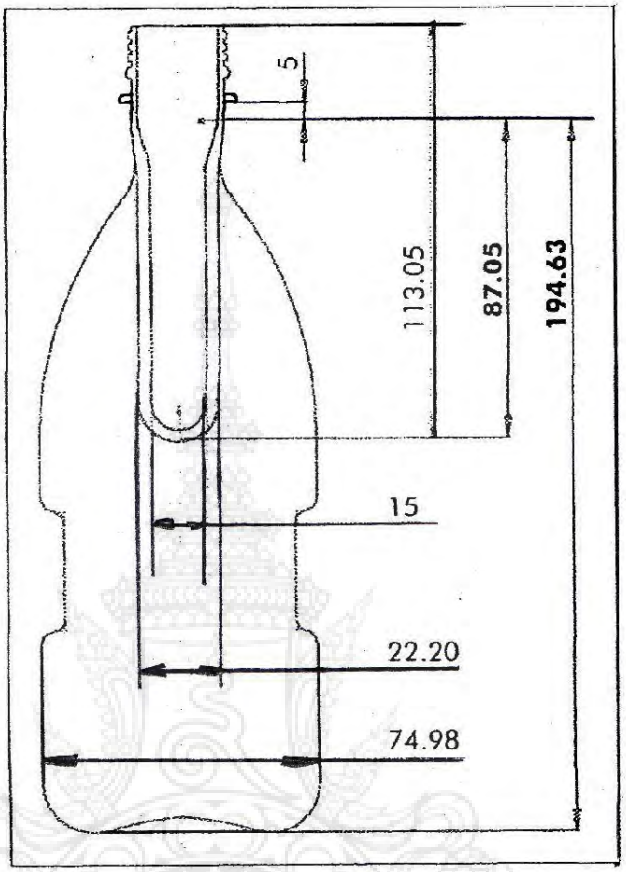
PC , POM จะอยู่ประมาณ 80 องศา อุณหภูมิเป่า

ส่วน PET จะอยู่ประมาณ 110 องศา หรือมากกว่านั้น

Preform ความหนาช่วงก้นจะน้อยกว่าตัวประมาณ $^1/_2$เท่าของความหนาช่วงลำตัว Preform เพราะไม่อยากให้ยืดถ้ายืดอาจจะแตกได้

สายน้ำที่ใช้ ใช้สาย PU คือ สายที่ใช้ทั่วไปในโรงงานจะทนความร้อนได้ที่ 80 แต่เราใช้ไม่เกิน 40 องศา

สายน้ำมันร้อน ใช้ PA สายจริงจะทนได้ 110 – 120 องศา แต่เราใช้แต่ 80 องศา เพราะเป็นนอุณหภูมิน้ำมัน ไม่เกินที่ เพราะถ้าเกินนี้จะใช้กับสายชนิดพิเศษ



ภาพที่ 3-6 การขยายตัว

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

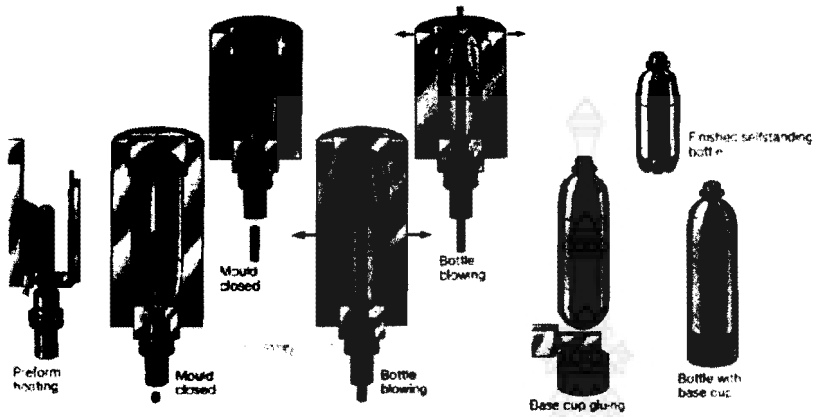
การขยายตัวโตนอกสูงสุด(Outside hoop stretch ratio) 7498/22.2 =3.38

การขยายตัวในสูงสุด(inside hoop stretch ratio) 74.58/15 =4.97

การขยายตัวตามแนวแกน(Axial stretch ratio) 194.63/87.0 5=2.23

การขยายตัวรวม(Blow up ratio) 4.97x2.3 =11.08

ขั้นตอนการเป่า



ภาพที่ 3-7 แสดงขั้นตอนการเป่าขวด PET แบบ Two-stage

การคำนวณเกี่ยวกับกระบวนการเป่าขนาดขวด 500 ML แบบ Two-stage

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

ความหนาของ Preform = $\frac{D_2}{D_1}$ x $\frac{L_2}{L_1}$ = 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 = 22.5 mm.

T1 = 2.4 mm.

L1 = 75.5 mm.

ความหนาของขวดน้ำทั่วไปจะอยู่ประมาณ 0.15-0.5 mm.

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

D1 = 22.5mm.

Hoop ratio, ด้านนอกสูงสุด D2=65/ D1=22.5 =2.88

D1 = 17.4mm.

Hoop ratio, ด้านในสูงสุด D2=62/ D1=17.4 =3.56

แต่ค่า Blowup ratio ด้าน Hoop ratio ไม่ควรเกิน 4

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

L1=75.5mm.

L2=194.5mm.

194.5/75.5=2.57

แต่ค่า Blowup ratio ด้าน Axial ไม่ควรเกิน 4

จะได้อัตราส่วนการพองตัวรวมดังนี้

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

$BUR = H \times A = 3.56 \times 2.57 = 9.14$

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

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

9.14/T1=T2

T2 = 2.4/9.14= 0.26mm.

การคำนวณเกี่ยวกับกระบวนการเป่าขนาดขวด 600 ML แบบ Two-stage

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

ความหนาของ Pre form $= \frac{D_2}{D_1} \times \frac{L_2}{L_1} = BUP = \frac{T_1}{T_2}$

D1= ความโตของ Preform

D2= ความโตของ ชิ้นงาน

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

T1 ความหนาของหลอด Preform

T2 ความหนาของชิ้นงาน

D1=22.5mm.

T1=2.4mm.

L1=75.5mm.

ความหนาของขวดน้ำทั่วไปจะอยู่ประมาณ 0.15-0.5 mm.

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

D1=22.5mm.

Hoop ratio, ด้านนอกสูงสุด D2=67/ D1=22.5 =2.98

D1=17.4mm.

Hoop ratio, ด้านในสูงสุด D2=57/ D1=17.4 =3.27

แต่ค่า Blowup ratio ด้าน Hoop ratio ไม่ควรเกิน 4

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

L1=75.5mm.

L2=209mm.

209/75.5=2.76

แต่ค่า Blowup ratio ด้าน Axial ไม่ควรเกิน 4

จะได้อัตราส่วนการพองตัวรวมดังนี้

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

$BUR = H \times A = 3.27 \times 2.76 = 9.025$

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

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

9.025/T1=T2

T2 = 2.4/9.025= 0.265mm.

การคำนวณเกี่ยวกับกระบวนการเป่าขนาดขวด 750 ML แบบ Two-stage

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

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

D1=ความโตของ Preform

D2=ความโตของ ชิ้นงาน

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

T1 ความหนาของหลอด Preform

T2 ความหนาของชิ้นงาน

D1=22.5mm.

T1=2.4mm.

L1=75.5mm.

ความหนาของขวดน้ำทั่วไปจะอยู่ประมาณ 0.1-0.5 mm.

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

D1=22.5mm.

Hoop ratio, ด้านนอกสูงสุด D2=71/ D1=22.5 =3.15

D1=17.4mm

Hoop ratio, ด้านในสูงสุด D2=62/ D1=17.4 =3.56

แต่ค่า Blowup ratio ด้าน Hoop ratio ไม่ควรเกิน 4

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

L1=75.5mm.

L2=224mm.

224/75.5=2.96

แต่ค่า Blowup ratio ด้าน Axial ไม่ควรเกิน 4

จะได้อัตราส่วนการพองตัวรวมดังนี้

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

$BUR = H \times A = 3.56 \times 2.96 = 10.56$

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

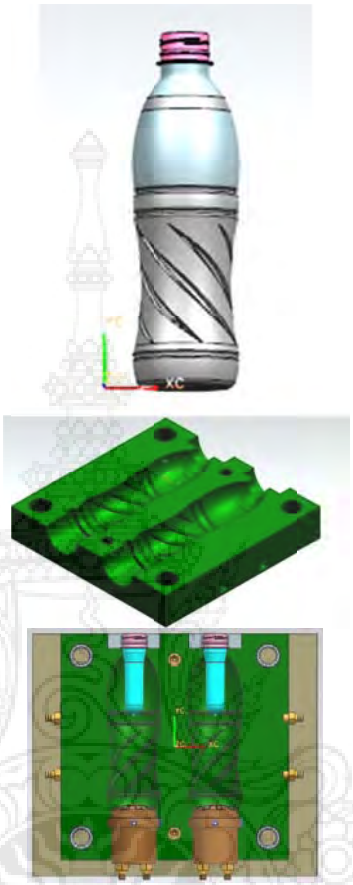
$BUP = \frac{T_1}{T_2}$

9.025/T1=T2

T2 = 2.4/10.56= 0.22mm

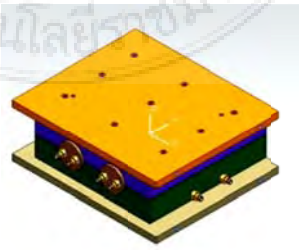
3.3 การออกแบบแม่พิมพ์เป่าพลาสติก

3.3.1 แม่พิมพ์เป่าขวดพลาสติก



ภาพที่ 3-8 แม่พิมพ์เป่าขวดพลาสติก

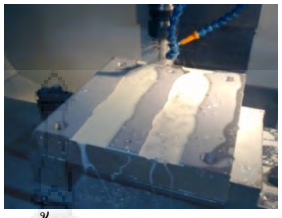
3.3.2 ภาพประกอบแม่พิมพ์เป่าขวดพลาสติก



ภาพที่ 3-9 ภาพประกอบแม่พิมพ์เป่าขวดพลาสติก

3.4 ขั้นตอนการสร้างแม่พิมพ์เป่าขวดพลาสติกสำหรับใช้กับการทดลอง

3.4.1เริ่มกัดขึ้นรูปแม่พิมพ์เป่าขวดพลาสติก



ภาพที่ 3-10 ขึ้นรูปแม่พิมพ์เป่าขวดพลาสติก

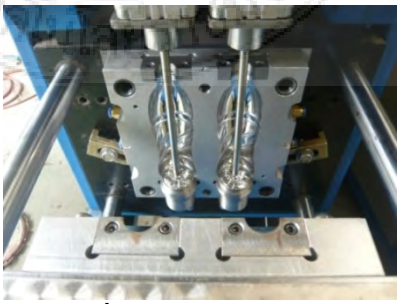
ภาพที่ 3-11 ขึ้นรูปแม่พิมพ์เป่าขวดพลาสติก

3.4.2แม่พิมพ์เป่าที่ขึ้นรูปเสร็จแล้ว

ภาพที่ 3-12 แม่พิมพ์เป่าที่ขึ้นรูปเสร็จแล้ว

3.5 ทำการทดลองเป่าขวดพลาสติก

3.5.1 จับยึดแม่พิมพ์เข้ากับเครื่องเป่า



ภาพที่ 3-13 แม่พิมพ์พร้อมเป่า

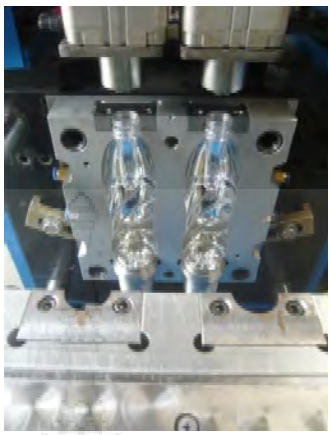
3.5.2 พรีฟอร์ม(Preform) ขนาด19g ที่ใช้สำหรับเป่า

ภาพที่ 3-14 พรีฟอร์ม(Preform) ขนาด19g

3.5.3 อุณหภูมิ พรีฟอร์ม(Preform) ก่อนเป่า

ภาพที่ 3-15 กระบวนการอุ่นพรีฟอร์ม(Preform)

3.5.4 การใส่พรีฟอร์ม(Preform) ก่อนเป่า



ภาพที่ 3-16 การใส่พรีฟอร์ม(Preform) ก่อนเป่า

3.5.5 ความดันลมที่ใช้ในกระบวนการเป่าขึ้นรูปขวดพลาสติก

ภาพที่ 3-17 ความดันลมเป่าและเวลาที่ใช้เป่า

3.5.6 เป่าเสร็จแล้วเปิดแม่พิมพ์เป่าออก

ภาพที่ 3-18 เปิดแม่พิมพ์เป่า

3.5.7 ขวดพลาสติกที่ขึ้นรูปจาก พรีฟอร์ม(Preform) PET

ภาพที่ 3-19 ขวดพลาสติกที่ขึ้นรูปแล้ว

3.6 แก้ไขปรับปรุงแม่พิมพ์เป่า

3.7 รวบรวมข้อมูลของระบบการเป่าแม่พิมพ์

3.7.1 หลอดPreformที่ฉีดออกมาแล้วต้องทิ้งไว้มากกว่า 72 ชั่วโมงก่อนนำมาเป่าขึ้นรูป

3.7.2 อุณหภูมิที่ใช้อุ่นPreform ก่อนเป่าแบ่งเป็น3ช่วง ช่วงคอร์ใช้อุณหภูมิ 110 องศาช่วงกลางใช้อุณหภูมิ 105 องศาช่วงก้นใช้อุณหภูมิ 100 องศา

3.7.3 เวลาที่ใช้อุ่นPreform 2 วินาที

3.7.4 แรงลมที่เป่าจากถัง 30-35 บาร์

3.7.5 เวลาที่ใช้ในการเป่า 12วินาที ต่อ 2ขวด

3.7.6 อุณหภูมิแม่พิมพ์ 35 องศา

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

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นว่า การหดตัวนั้นเป็นการเปรียบเทียบขนาดของชิ้นงานกับขนาดของแม่พิมพ์ โดยส่วนใหญ่เราจะคิดหรือกล่าวถึงกันในลักษณะของอัตราส่วนการหดตัวมากกว่า

ตารางที่ 3-3 แฟกเตอร์ที่มีอิทธิพลต่อการหดตัว

พารามิเตอร์ที่เพิ่มขึ้น	การหดตัว
เวลาและความดันย้ำ	-
อุณหภูมิพลาสติกเหลว	+
อุณหภูมิแม่พิมพ์	+
ความหนา	+
การไหลตัว (MFI)	-

บทที่ 4

ผลการทดลอง

โครงการวิจัย

4.1 สรุปผลทดลอง

หลังจากการตรวจสอบขนาดของชิ้นงานแล้ว พบว่าขนาดของชิ้นงานยังมีความคลาดเคลื่อนจากชิ้นงานที่ออกแบบไว้ ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นหลังจากการฉีดชิ้นงานพลาสติกนั้นอาจเกิดมาจากการปรับตั้งค่าที่ใช้ในการฉีด การทำแม่พิมพ์ และสมบัติของพลาสติกที่ใช้ในการฉีด

สำหรับด้านขนาดบรรจุรูปทรงและการใช้งาน สามารถบรรจุน้ำได้ตามขนาดที่กำหนดคือ 500ml,600mlและ750ml ตามลำดับรูปทรงดูจากสายตาไม่มีความแตกต่างแต่เมื่อจับดูจะมีความรู้สึกว่ามีความหนาบางแตกต่างกันอาจเนื่องมาจากใช้หลอดพรีฟอร์มที่มีขนาดเดียวกันคือ 19 กรัมเป่าทั้งสามขนาดจึงทำให้ขวดขนาด 500ml มีความหนามากที่สุด รองลงมาคือขนาด 600ml และ 750ml ตามลำดับ ส่วนการใช้งานสามารถใช้งานประกอบเข้ากับฝาปิดได้เป็นอย่างดีไม่มีการรั่วซึมสามารถใช้งานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.1.1 การกำหนดจุดตรวจสอบขนาด

ในการตรวจสอบขนาดของขวดจะแบ่งขวดออกเป็น 4 ส่วนคือ

1.ส่วนที่เป็นคอร์ขวด

2.ส่วนที่เป็นลำตัวขวด

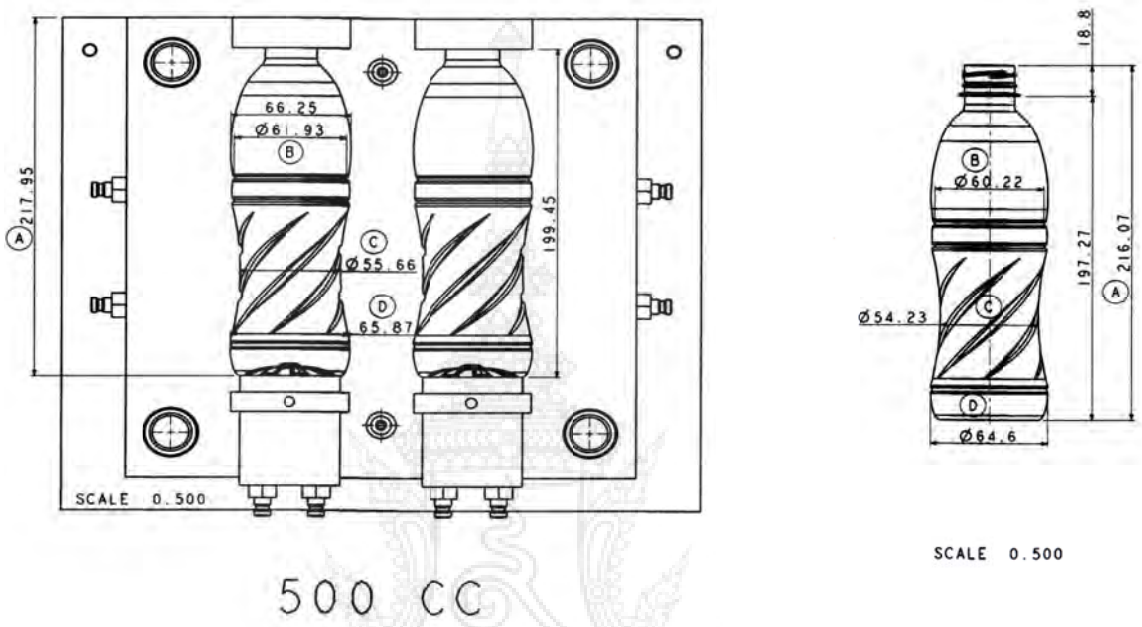
3.ส่วนที่เป็นก้นขวด

4.ส่วนที่เป็นความสูงของขวด

กำหนดให้การหดตัว(Shrinkage) ของชิ้นงานเพื่อทำแม่พิมพ์ แกน Z= 1% แกนX,Y =2.5% ได้ผลการทดลองดังนี้

4.1.2 การกำหนดจุดตรวจสอบขนาด

ในการตรวจสอบขนาดของขวดจะตรวจสอบบริเวณที่เป็นส่วนที่ใหญ่ที่สุดส่วนที่เล็กที่สุดและส่วนที่ยาวที่สุดโดยกำหนดดังรูป



ภาพที่ 4-1 แสดงจุดตรวจสอบขนาดชิ้นงานขวด500ml

ตารางที่ 4-1 แสดงการตรวจสอบขนาดระหว่างแม่พิมพ์กับชิ้นงานขวดขนาด500ml

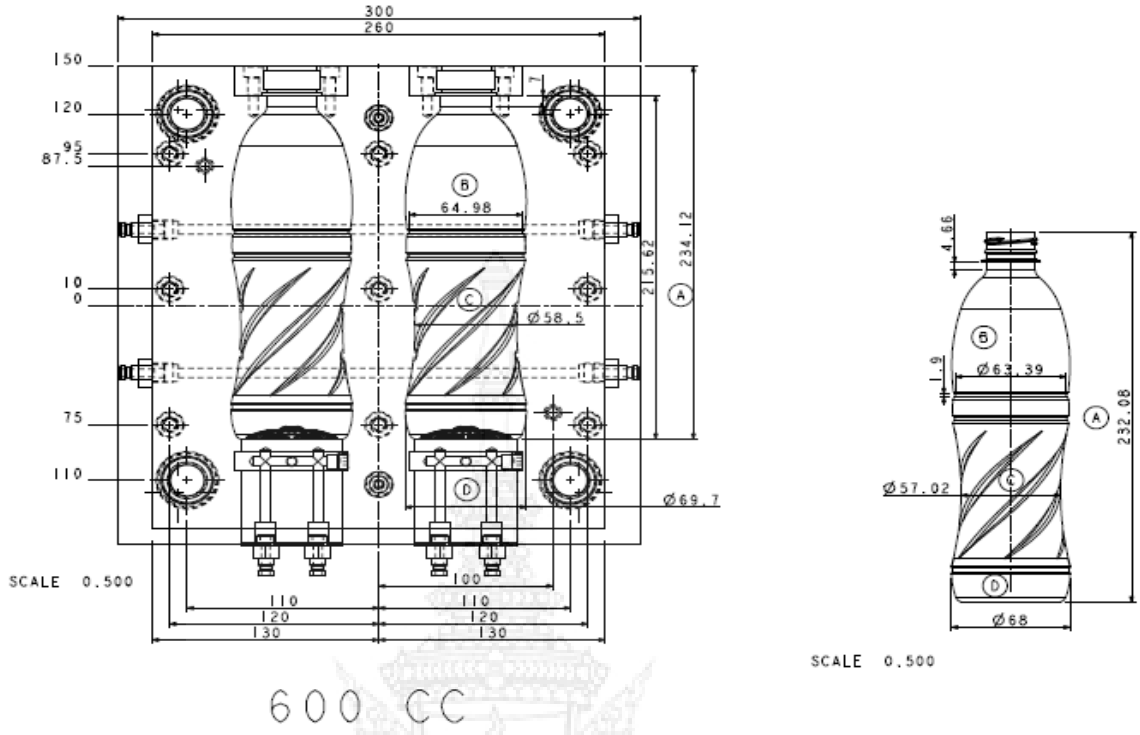
จุด	ขนาดแม่พิมพ์ (mm)	ขนาดชิ้นงานหลังการเป่า(mm)	ค่าความคลาดเคลื่อน (mm)	ค่าความคลาดเคลื่อน / ขนาดชิ้นงานหลังการฉีด
A	217.95	216.24	1.71	0.007
B	61.93	60.54	1.39	0.023
C	55.66	53.71	1.95	0.036
D	65.87	65.34	0.53	0.008
รวม				0.074

เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (MAPE) $= \left[(1/n) \sum_{t=1}^{n} \left| \frac{\text{ค่าความคลาดเคลื่อน}}{\text{ขนาดชิ้นงานหลังการฉีด}} \right| \right] \times 100$

$= [(1/4) \times 0.074] \times 100$

$= 1.85\%$

ชิ้นงานเป่าขวดขนาด500MLมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 1.85 %



ภาพที่ 4-2 แสดงจุดตรวจสอบขนาดชิ้นงานขวด600ml

ตารางที่ 4-2 แสดงการตรวจสอบขนาดระหว่างแม่พิมพ์กับชิ้นงานขวดขนาด600ml

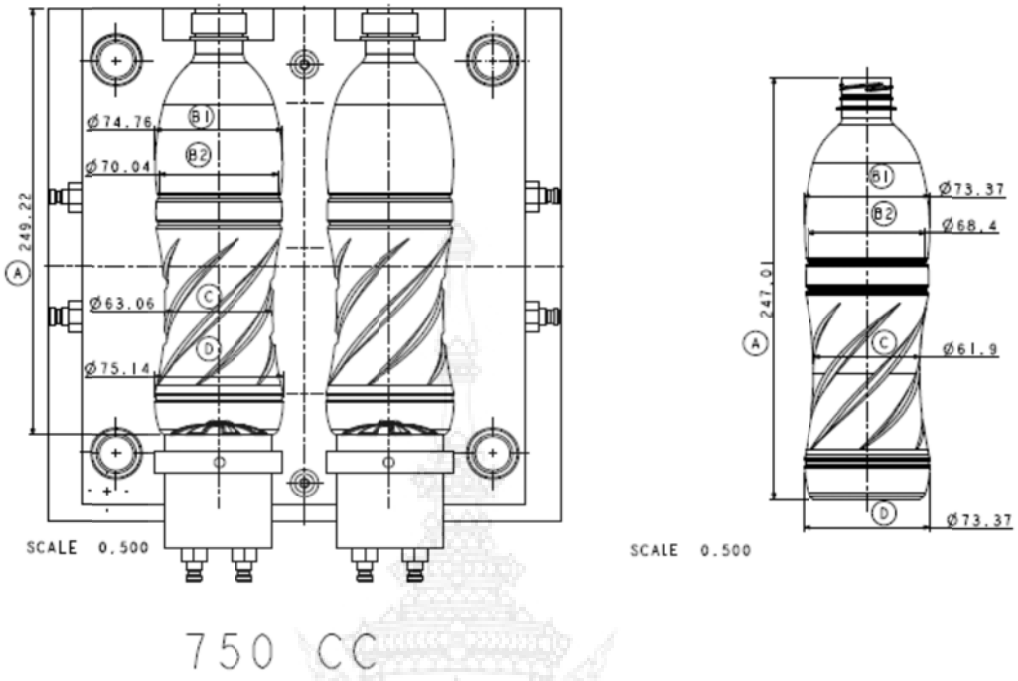
จุด	ขนาดชิ้นงานที่ออกแบบ(mm)	ขนาดชิ้นงานหลังการเป่า(mm)	ค่าความคลาดเคลื่อน(mm)	ค่าความคลาดเคลื่อน / ขนาดชิ้นงานหลังการฉีด
1	234.12	232.32	1.80	0.007
2	64.98	64.34	0.64	0.009
3	58.50	56.58	1.92	0.033
4	69.70	68.69	1.01	0.014
รวม				0.063

เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (MAPE)= $\left[(1/n) \sum_{t=1}^{n} \left| \frac{\text{ค่าความคลาดเคลื่อน}}{\text{ขนาดชิ้นงานหลังการฉีด}} \right| \right] \times 100$

$= [(1/4) \times 0.063] \times 100$

$= 0.825\%$

ชิ้นงานเป่าขวดขนาด600MIมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 1.57 %



ภาพที่ 4-3 แสดงจุดตรวจสอบขนาดชิ้นงานขวด750ml

ตารางที่ 4-3 แสดงการตรวจสอบขนาดระหว่างแม่พิมพ์กับชิ้นงานขวดขนาด750ml

จุด	ขนาดชิ้นงานที่ออกแบบ(mm)	ขนาดชิ้นงานหลังการฉีด(mm)	ค่าความคลาดเคลื่อน(mm)	ค่าความคลาดเคลื่อน / ขนาดชิ้นงานหลังการฉีด
1	249.20	246.67	2.53	0.010
2	70.04	69.62	0.42	0.006
3	63.06	60.98	2.08	0.034
4	75.14	73.39	1.75	0.023
รวม				0.073

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (MAPE)} = \left[(1/n) \sum_{t=1}^{n} \left| \frac{\text{ค่าความคลาดเคลื่อน}}{\text{ขนาดชิ้นงานหลังการฉีด}} \right| \right] \times 100$$

$$= [(1/4) \times 0.0.073] \times 100$$

ชิ้นงานเป้าขวดขนาด750Ml มีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย = 1.82 %

ตารางที่ 4-4 แสดงการตรวจสอบขนาดระหว่างแม่พิมพ์กับชิ้นงานและแม่พิมพ์กับแบบงาน

S ขวด	AM	AD	AP	S (Z)	BM	BD	BP	S,XY (%)	CM	CD	CP	S,XY (%)	DM	DD	DP	S,XY (%)	SUM (T)
500 ml	217.95	216.07	216.24	0.870 0.790 CAL	61.93	60.22	60.54	2.839 2.296 CAL	55.66	54.23	53.71	2.636 3.630 CAL	65.87	64.60	65.34	1.965 0.811 CAL	2.358
600 ml	234.12	231.10	232.32	1.306 0.774	64.98	63.40	64.34	2.492 0.994 CAL	58.50	57.02	56..58	2.595 3.393 CAL	69.70	68.00	68.69	2.5 1.470 CAL	2.238
750 ml	249.22	247.01	246.67	0.894 1..033 CAL	70.04	68.40	69.62	2.397 0.603 CAL	63.06	61.90	60.98	1.873 3.410 CAL	75.14	73.37	73.39	2.412 2.384 CAL	2.176

จาก สูตร อัตราการหดตัว=(ขนาดของแม่พิมพ์-ขนาดของชิ้นงาน)/ขนาดของชิ้นงานX100

AM= ขนาดของแม่พิมพ์ (Mold)

AD= ขนาดของแบบ (Drawing)สีเหลือง

AP= ขนาดของชิ้นงานสำเร็จสีฟ้า

S=ค่าการหดตัว(Shrinkage)

XY=แนวการวัดตามขวาง

Z=แนวการวัดตามยาว

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

ชื่อเรื่อง (ภาษาไทย) ศึกษาการหดตัวของพลาสติกโพลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต ที่ใช้กับแม่พิมพ์เป่า

(ภาษาอังกฤษ) Study the Shrinkage of Plastic Polyethylene Terephthalate (PET)Used with Make Blow Mold

ผลการดำเนินงาน

หาค่าการหดตัว(Shrinkage) ของขวดขนาด 500 ML

1.เปรียบเทียบขนาดของแม่พิมพ์เป่ากับขนาดของชิ้นงานหลังเป่า

1.1 การหดตัว(Shrinkage)ตามแนวยาวของชิ้นงาน(แกนZ)=0.79%

1.2 การหดตัว(Shrinkage)ตามแนวขวางของชิ้นงาน(แกนX,Y)=1.00%

ค่าการหดตัว(Shrinkage) ของขวดขนาด 600 ML

1.เปรียบเทียบขนาดของแม่พิมพ์เป่ากับขนาดของชิ้นงานหลังเป่า

1.1 การหดตัว(Shrinkage)ตามแนวยาวของชิ้นงาน(แกนZ)=0.77%

1.2 การหดตัว(Shrinkage)ตามแนวขวางของชิ้นงาน(แกนX,Y)=2.53%

ค่าการหดตัว(Shrinkage)ของขวดขนาด750Ml

1.เปรียบเทียบขนาดของแม่พิมพ์เป่ากับขนาดของชิ้นงานหลังเป่า

1.1 การหดตัว(Shrinkage)ตามแนวยาวของชิ้นงาน(แกนZ)=1.0%

1.2 การหดตัว(Shrinkage)ตามแนวขวางของชิ้นงาน(แกนX,Y)=1.97%

สรุปผลการทดลอง

1.การหดตัว(Shrinkage)ตามแนวยาวของชิ้นงาน(แกนZ)= 0.85 %

2.การหดตัว(Shrinkage)ตามแนวขวางของชิ้นงาน (แกนX,Y)= 1.83 %

แตกต่างจากค่ากำหนดให้การหดตัว(Shrinkage) ของชิ้นงานเพื่อทำแม่พิมพ์

แกน Z= 1- 0.85=0.15 %

แตกต่างจากค่ากำหนดให้การหดตัว(Shrinkage) ของชิ้นงานเพื่อทำแม่พิมพ์

แกน X,Y =2.5-1.83=0.67%

ข้อเสนอแนะ

1.ผลการทดลองหาค่าหดตัว(Shrinkage)ที่ได้เป็นการทดลองจากแม่พิมพ์อลูมิเนียมเกรด5083จึงทำให้ไม่ทราบว่าแม่พิมพ์ที่ทำจากวัสดุอื่นๆจะได้ค่าการหดตัว(Shrinkage)อย่างที่ทดลองหรือไม่ต้องมีการทดลองทำแม่พิมพ์จากวัสดุอื่นๆต่อไป

2.การทดลองครั้งนี้ใช้ชิ้นงานเป็นขวดกลมครั้งต่อไปควรเปลี่ยนเป็นเหลี่ยมหรือรูปทรงอื่น ผลการทดลองที่แตกต่างจากค่าที่กำหนดให้ กับการทดลองอาจมาจาก

-ความชำนาญในการทดลอง

-เครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมีค่าความละเอียดน้อยไป

-เครื่องมือวัดควรเป็นเครื่องมือที่ใช้ขยายภาพแล้วเทียบค่าจะให้ค่าที่เที่ยงตรงมากกว่า

-ควรมีการปรับปรุงในการทดลองครั้งต่อไป

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.

Throne, J.L. 1996. **Technology of Thermoforming**. Munich: Carl Hanser Verlag

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

ภาคผนวก ก

การวัดขนาดของชิ้นงาน 500,600และ 750 ml

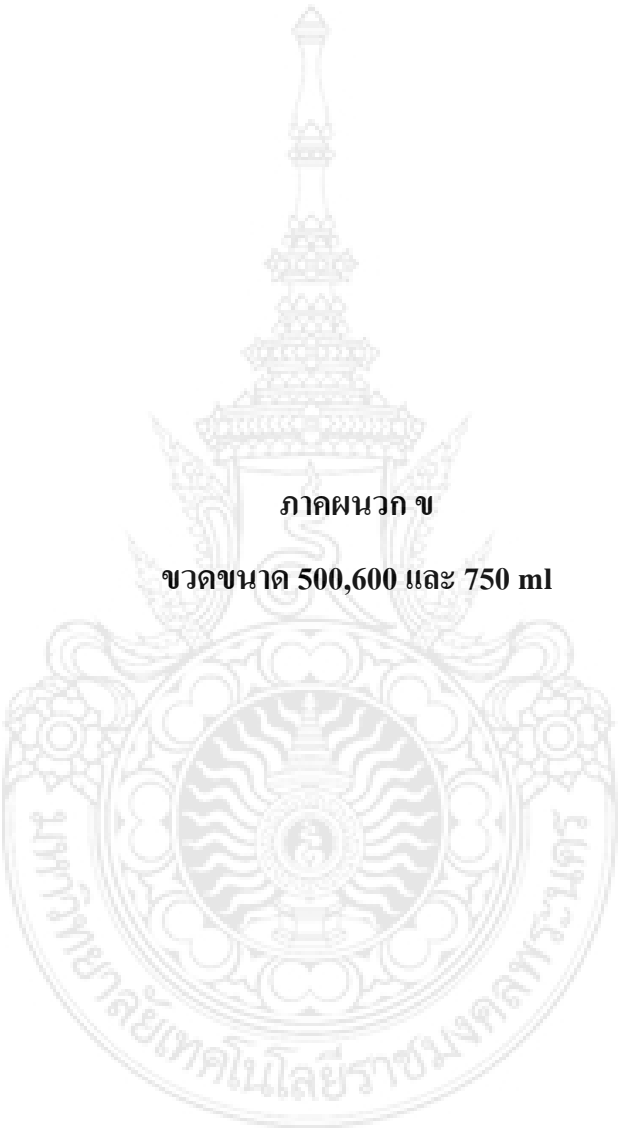
ภาคผนวก ก

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



ภาคผนวก ข

ขวดขนาด 500,600 และ 750 ml

ภาคผนวก ข

ขวดขนาด 500,600 และ 750 ml

ขวดขนาด 500 ml

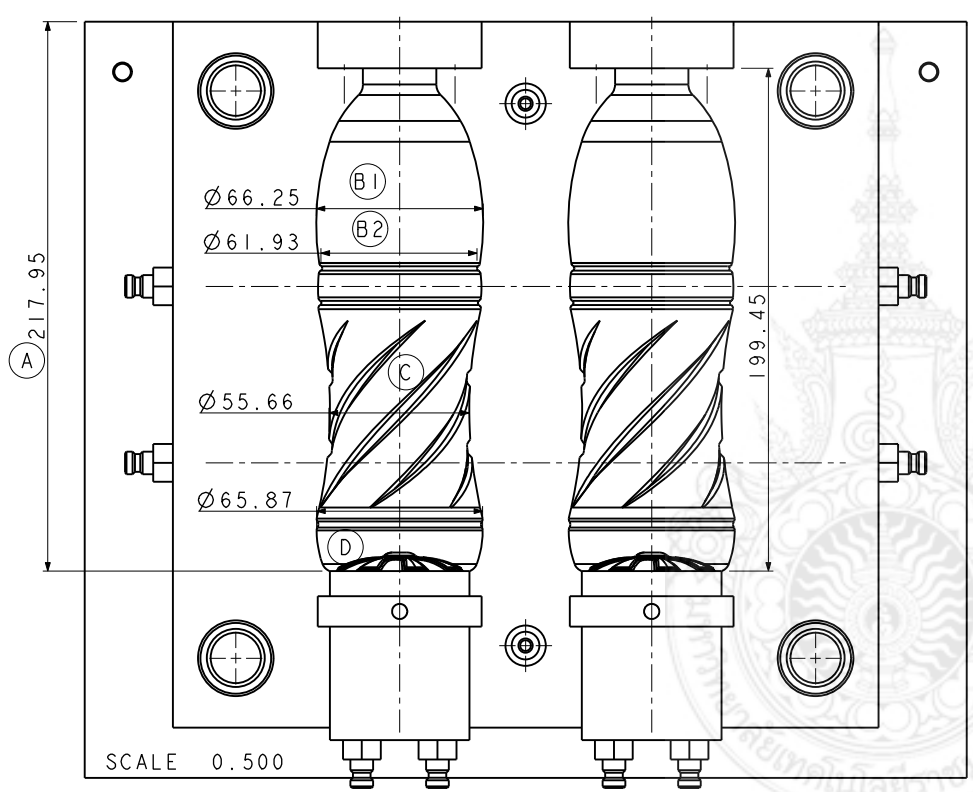
ขวดขนาด 600 ml

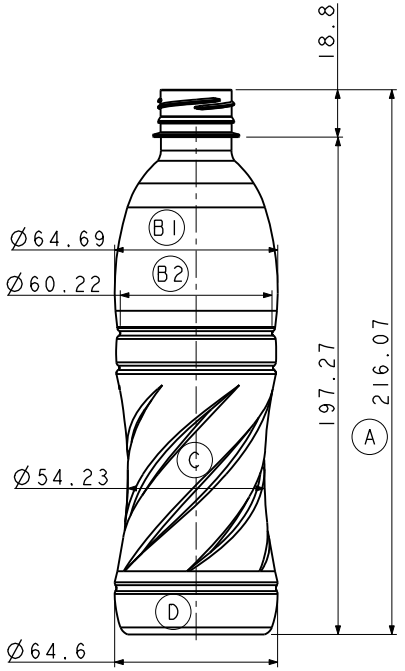
ขวดขนาด 750 ml

ภาคผนวก ค

แบบแม่พิมพ์

REVISION		
REV-0	17-Sep-12	ORIGINAL



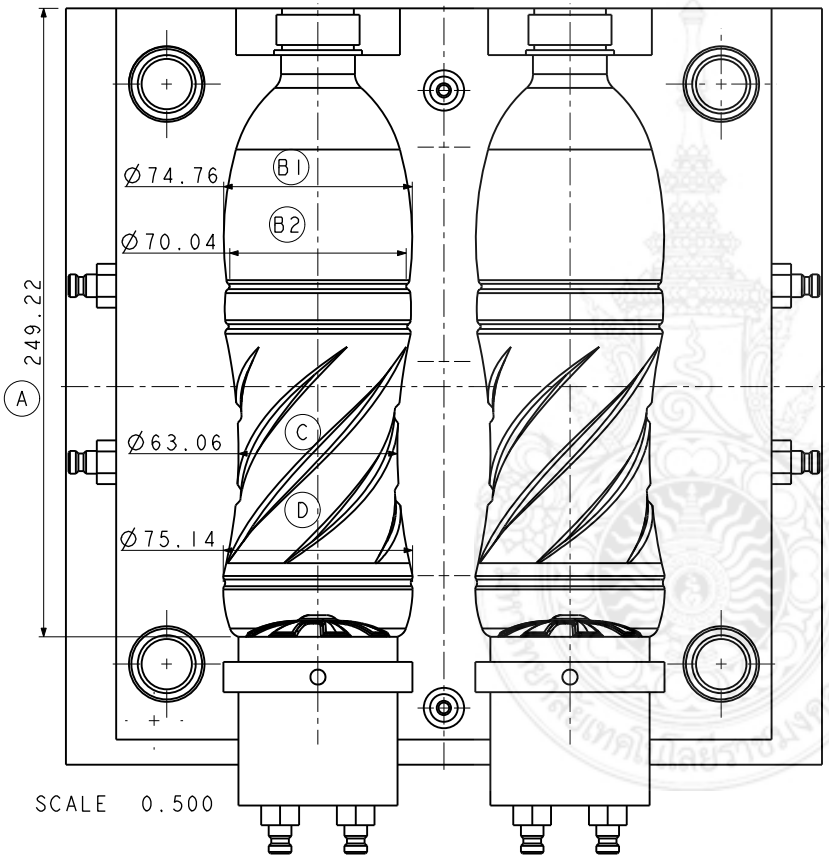


SCALE 0.500

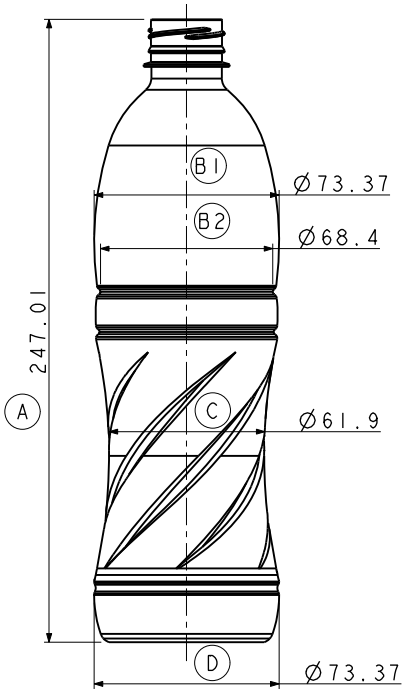
500 CC

PROJECT	SHRINKAGE BLOW MOLD				DRAW NO.	DRW0001
PART NAME	M-BOTTLE-500	TYPE	ASSEM		DRAWN	C.SURAPONG
CLIENT	ENGINEERING DEPT.	SHEET	1	1	CHECKED	
SUPPLIER	GMD Manufacturing.	UNIT	MM.		APPROVED	
GMD MANUFACTURING CO.,LTD.					DATE	17-Sep-12

REVISION		
REV-0	06-Sep-12	ORIGINAL



SCALE 0.500

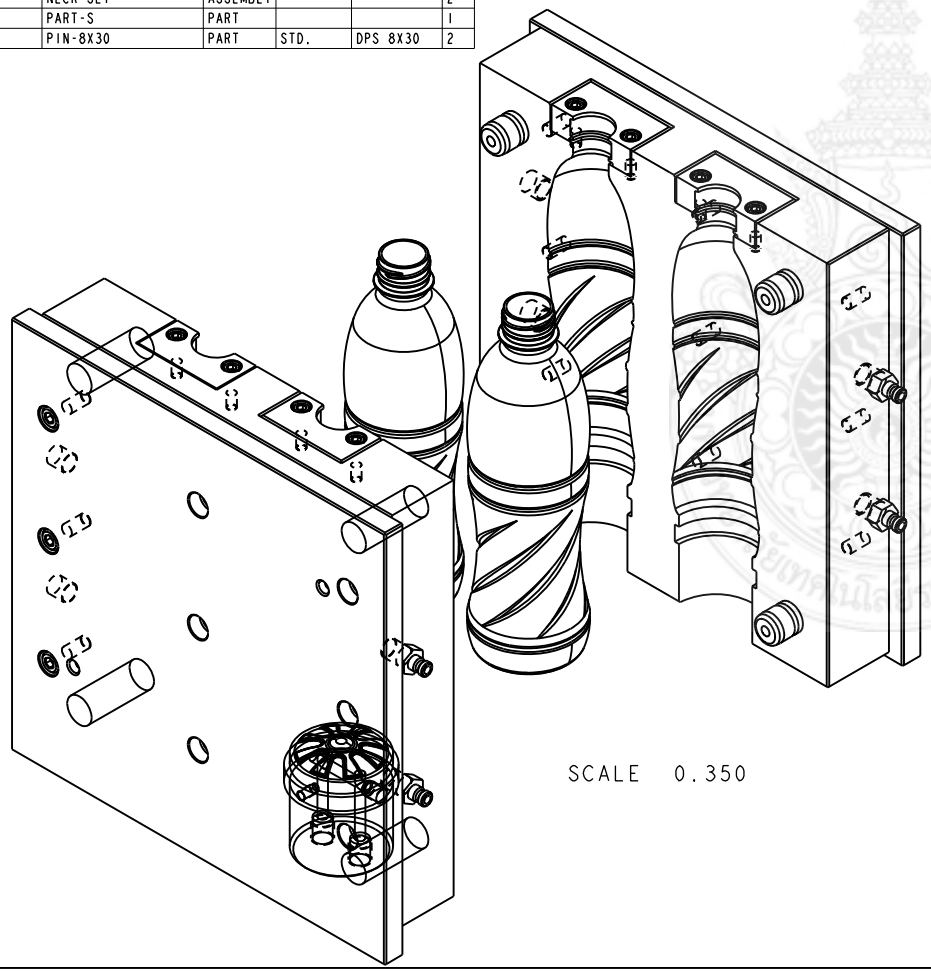


SCALE 0.500

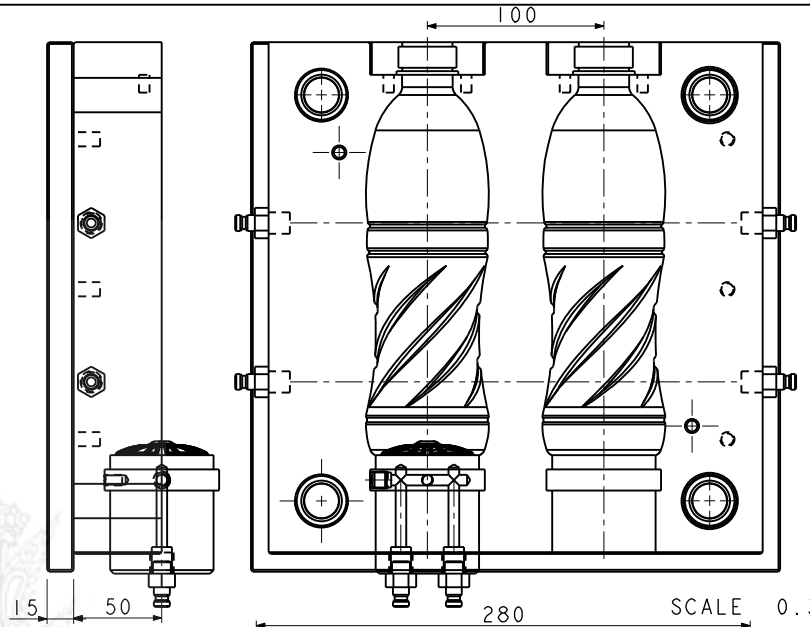
750 CC

PROJECT	SHRINKAGE BLOW MOLD					DRAW NO.	DRW0001
PART NAME	ASM0001	TYPE	ASSEM			DRAWN	C.SURAPONG
CLIENT	ENGINEERIND DEPT.	SHEET	1	1		CHECKED	
SUPPLIER	GMD Manufact.	UNIT	MM.			APPROVED	
GMD MANUFACTURING CO.,LTD.						DATE	06-Sep-12

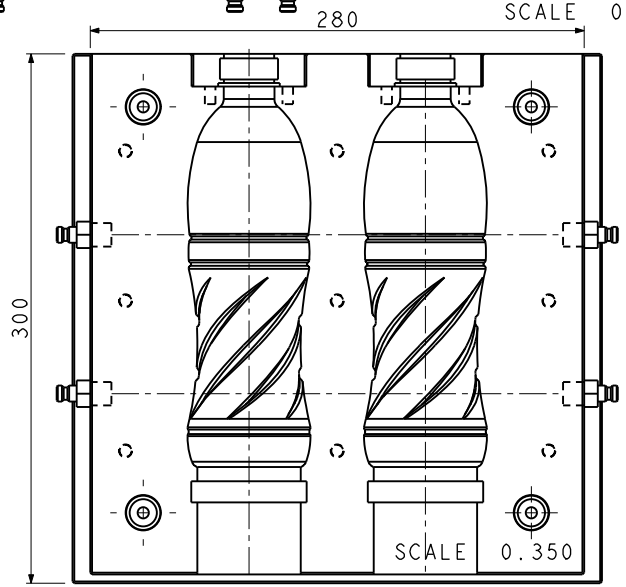
BLOW-MOLD-PET						
ITEM	COMPONENT NAME	SUB COMPONENT NAME	TYPE	MATERIAL	SIZE	QTY
1	CAVITY-A-600CC		ASSEMBLY			1
		BLACK_PLATE-A1	PART	S50C	300x300x15	1
		BOTTOM-SET	ASSEMBLY			2
		CAVITY-PL-BUSH-600	PART	A-5083	290x280x50	1
		FITTING	PART			4
		GUIDE_BUSH	PART	STD.	GPA-20x50	4
		M8X20	PART	STD.	SHCS M8X20	9
		NECK-SET	ASSEMBLY			2
		PIN-8X30	PART	STD.	DPS 8X30	2
2	CAVITY-G-600CC		ASSEMBLY			1
		BLACK_PLATE-A1	PART	S50C	300x300x15	1
		BODY-1	PART			1
		CAVITY-PL-GUIDE-600	PART			1
		FITTING	PART			4
		GUIDE_PIN	PART			4
		M8X20	PART	STD.	SHCS M8X20	9
		NECK-SET	ASSEMBLY			2
		PART-S	PART			1
		PIN-8X30	PART	STD.	DPS 8X30	2



SCALE 0.350

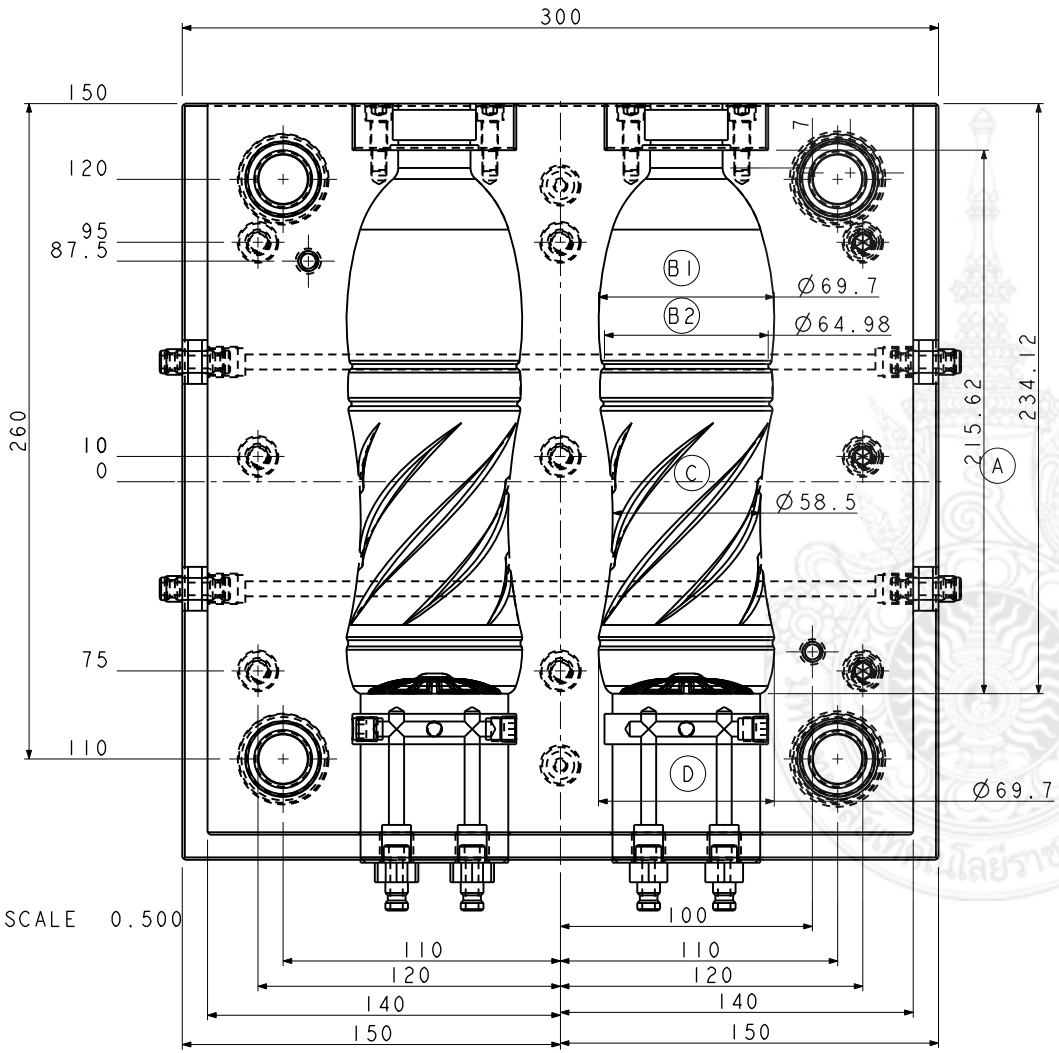


SCALE 0.350



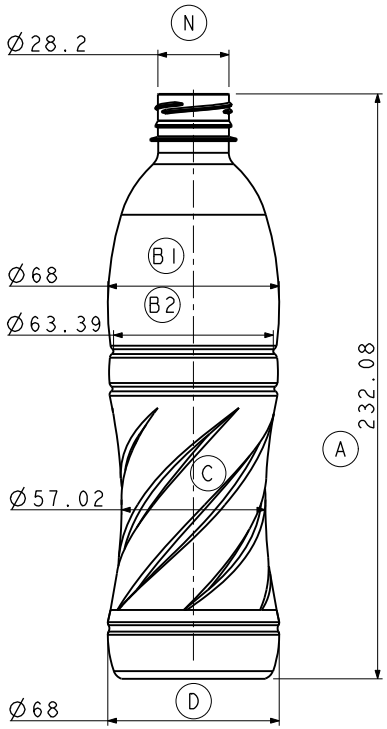
PROJECT	SHRINKAGE BLOW MOLD					DRAW NO.	GMD-008-06
PART NAME	BLOW-MOLD-PET	TYPE	ASSEM			DRAWN	C.SURAPONG
CLIENT	ENGINEERING DEPT.	SHEET	1	8		CHECKED	
SUPPLIER	GMD Manufact.	UNIT	MM.			APPROVED	
GMD MANUFACTURING CO.,LTD.						DATE	17-Sep-12

ASSEMBLY_MOLD_600						
ITEM	COMPONENT NAME	SUB COMPONENT NAME	TYPE	MATERIAL	SIZE	QTY
1	ASM0001		ASSEMBLY			1
		BLACK_PLATE-A1	PART	S50C	300x300x15	2
		BOTTOM-600	PART	2316	Ø65x75	4
		CAVITY-A-600CC	ASSEMBLY			1
		CAVITY-B-600CC	ASSEMBLY			1
		FITTING	PART			8
		GUIDE_BUSH	PART	STD.	GPA-20x50	4
		NECK	ASSEMBLY			4
		PREFORM	ASSEMBLY			2
		SCREW_PLUG1-8	PART			4
		TAPPER_PIN_B	PART			2



SCALE 0.500

600 CC

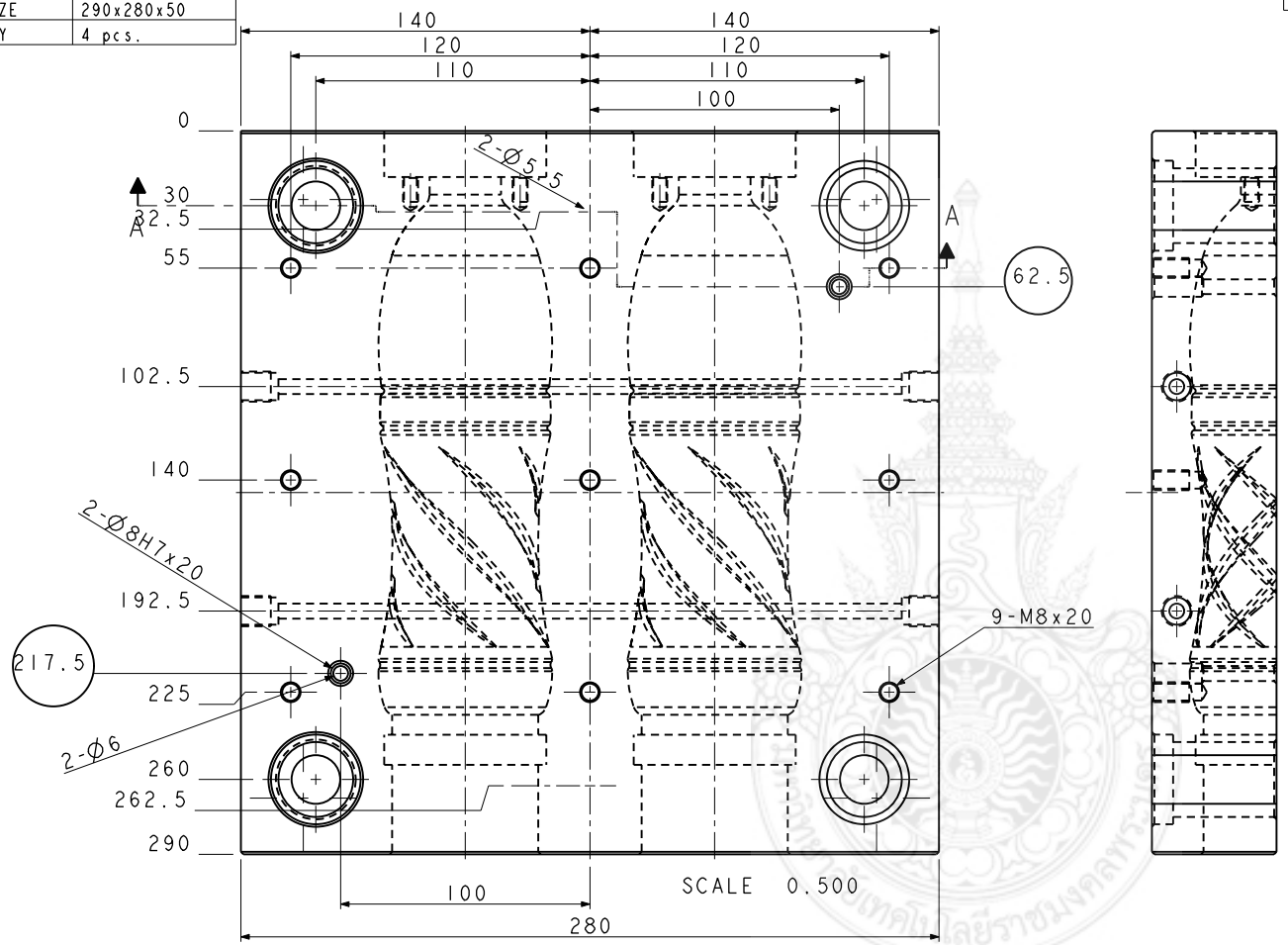


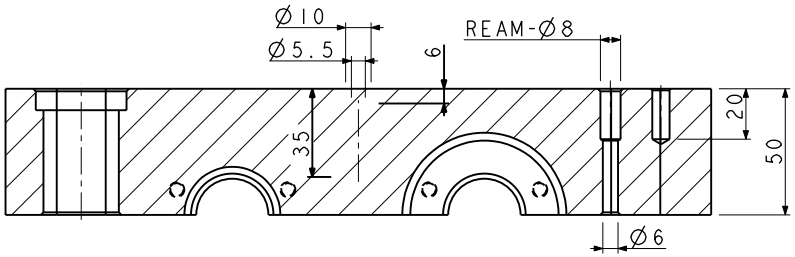
SCALE 0.500

PROJECT	SHRINKAGE BLOW MOLD				DRAW NO.	GMD-008-06
PART NAME	ASM0001	TYPE	ASSEM		DRAWN	C.SURAPONG
CLIENT	ENGINEERING DEPT.	SHEET	2	8	CHECKED	
SUPPLIER	GMD Manufact.	UNIT	MM.		APPROVED	
GMD MANUFACTURING CO.,LTD.					DATE	20-Jun-12

MATERIAL	A-5083
SIZE	290x280x50
QTY	4 pcs.

REVISION		
REV-0	20-Jun-12	ORIGINAL



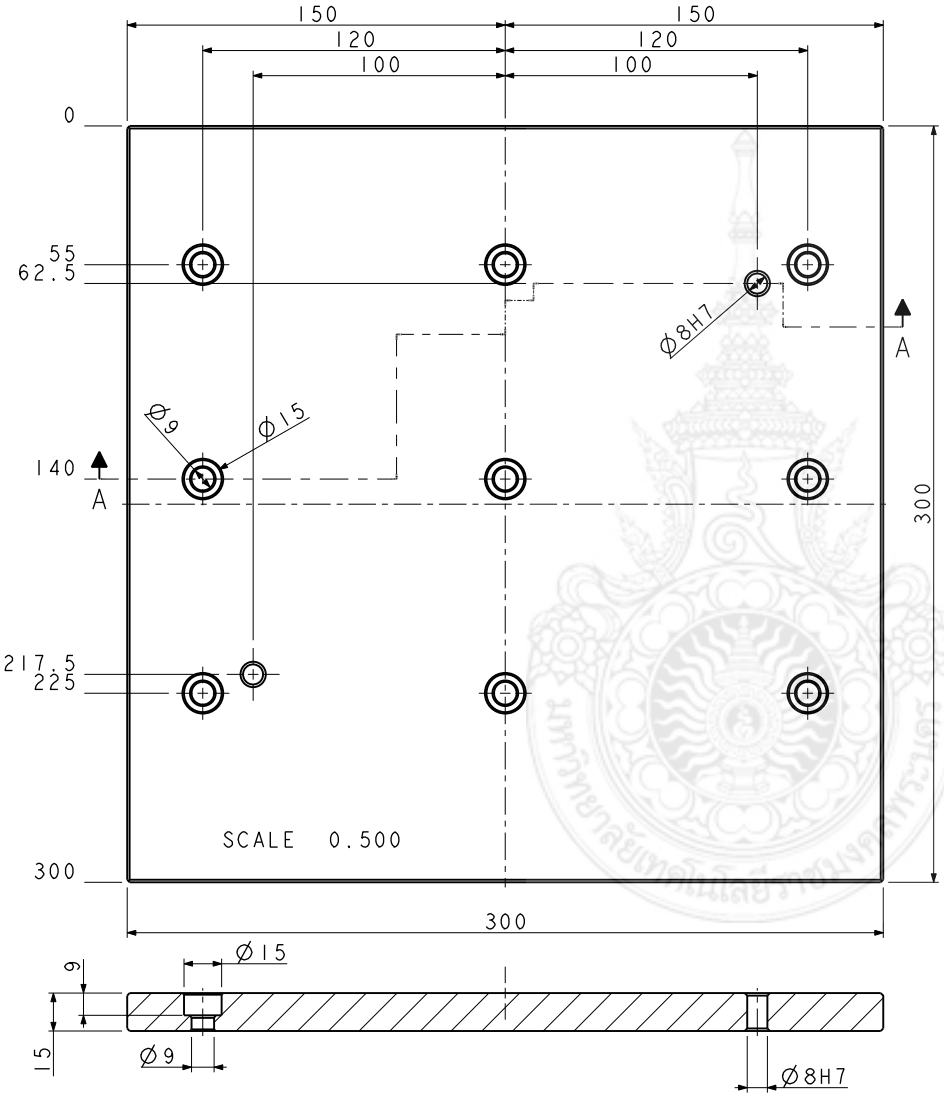


SECTION A-A

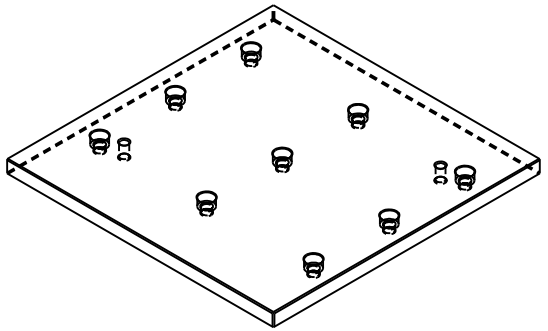
PROJECT	SHRINKAGE BLOW MOLD				DRAW NO.	GMD-008-06
PART NAME	CAVITY-PL-BUSH-600	TYPE	PART		DRAWN	C.SURAPONG
CLIENT	ENGINEERING DEPT.	SHEET	3	8	CHECKED	
SUPPLIER	GMD Manufact.	UNIT	MM.		APPROVED	
GMD MANUFACTURING CO.,LTD.					DATE	20-Jun-12

MATERIAL	S50C
SIZE	300x300x15
QTY	2 pcs.

REVISION		
REV-0	17-Sep-12	ORIGINAL



SECTION A-A

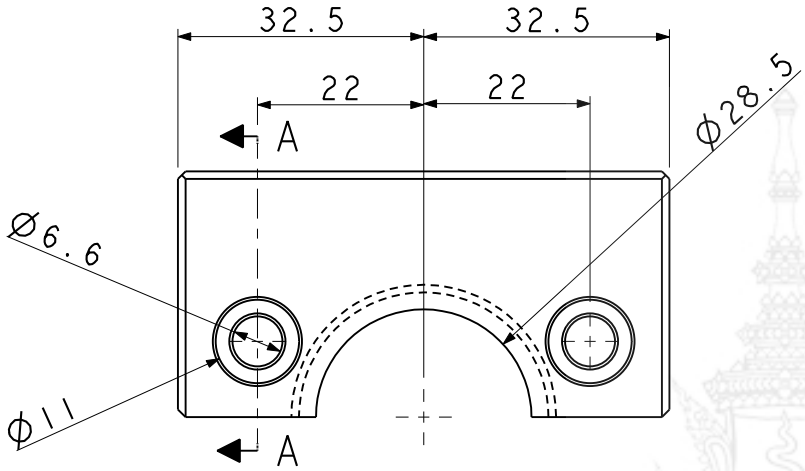


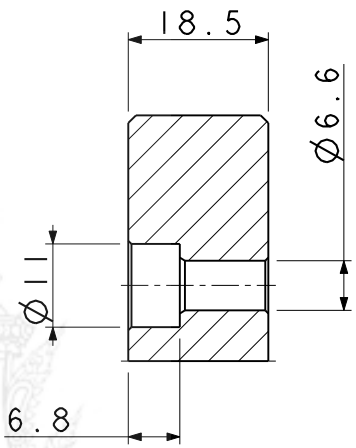
SCALE 0.250

PROJECT	SHRINKAGE BLOW MOLD				DRAW NO.	GMD-008-06
PART NAME	BLACK_PLATE-A1	TYPE	PART		DRAWN	C.SURAPONG
CLIENT	ENGINEERING DEPT.	SHEET	4	8	CHECKED	
SUPPLIER	GMD Manufact.	UNIT	MM.		APPROVED	
GMD MANUFACTURING CO.,LTD.					DATE	17-Sep-12

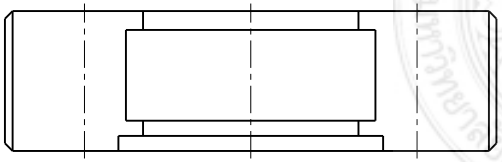
MATERIAL	S50C
SIZE	65x32.5x18

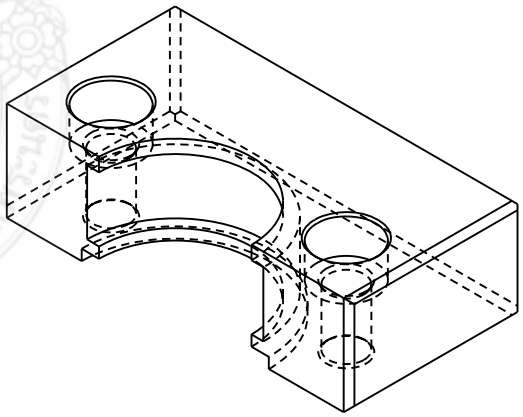
REVISION		
REV-0	17-Sep-12	ORIGINAL





SECTION A-A

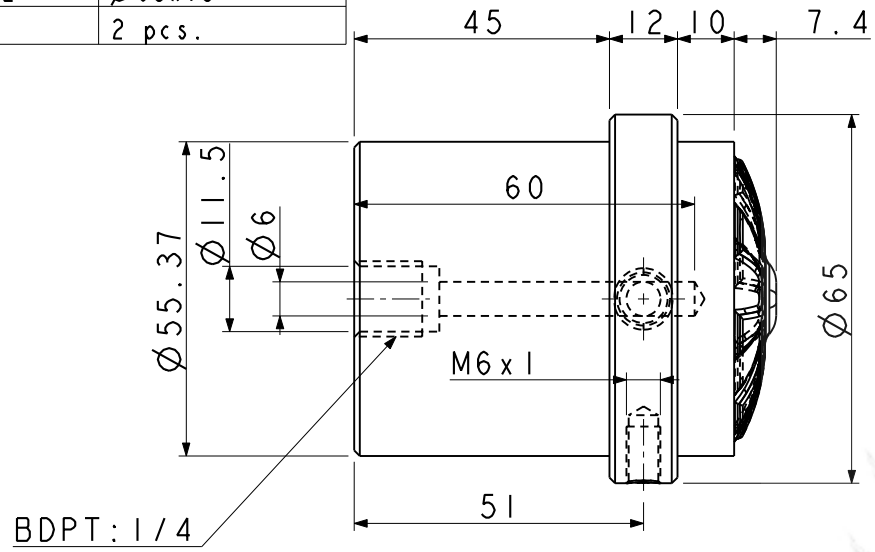


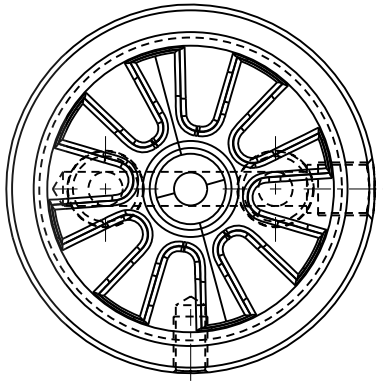


PROJECT	SHRINKAGE BLOW MOLD				DRAW NO.	GMD-008-06
PART NAME	NECK-PL	TYPE	PART		DRAWN	C.SURAPONG
CLIENT	ENGINEERING DEPT.	SHEET	5	8	CHECKED	
SUPPLIER	GMD Manufact.	UNIT	MM.		APPROVED	
GMD MANUFACTURING CO.,LTD.					DATE	17-Sep-12

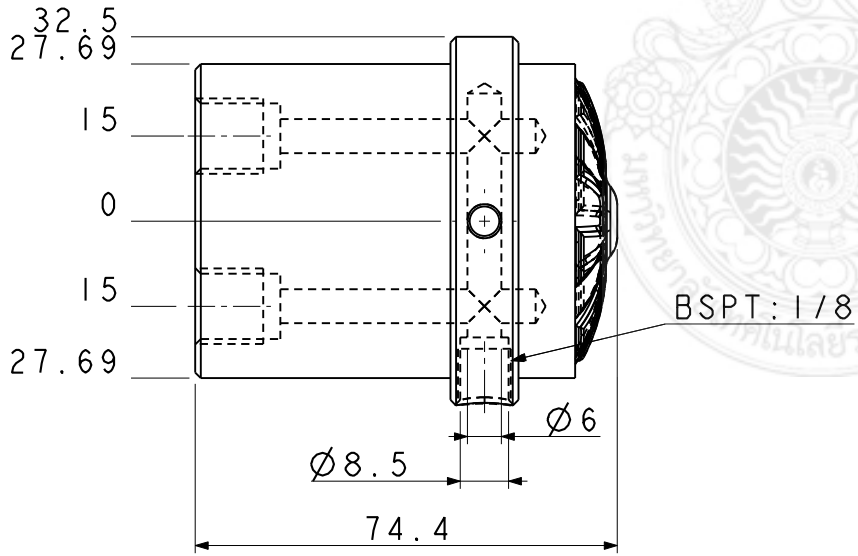
MATERIAL	2316
SIZE	Ø65x75
QTY	2 pcs.

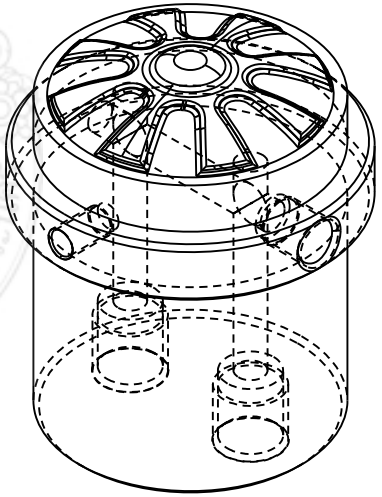
REVISION		
REV-0	17-Sep-12	ORIGINAL





SCALE 0.750

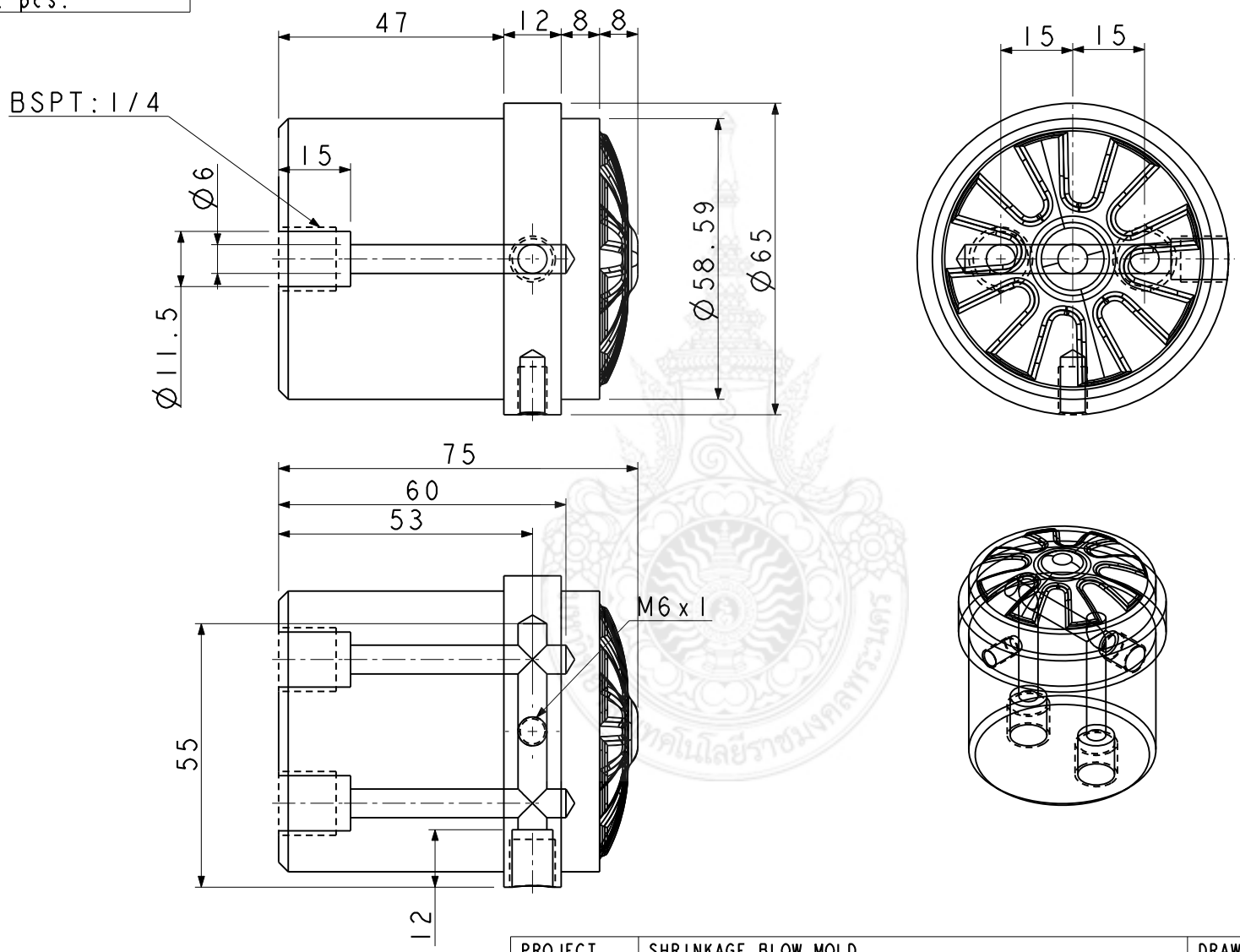




PROJECT	SHRINKAGE BLOW MOLD					DRAW NO.	GMD-008-06
PART NAME	BOTTOM-500	TYPE	PART			DRAWN	C.SURAPONG
CLIENT	ENGINEERING DEPT.	SHEET	6	8		CHECKED	
SUPPLIER	GND Manufact.	UNIT	MM.			APPROVED	
GMD MANUFACTURING CO.,LTD.						DATE	17-Sep-12

MATERIAL	2316
SIZE	Ø65x75
QTY	2 pcs.

REVISION		
REV-0	17-Sep-12	ORIGINAL

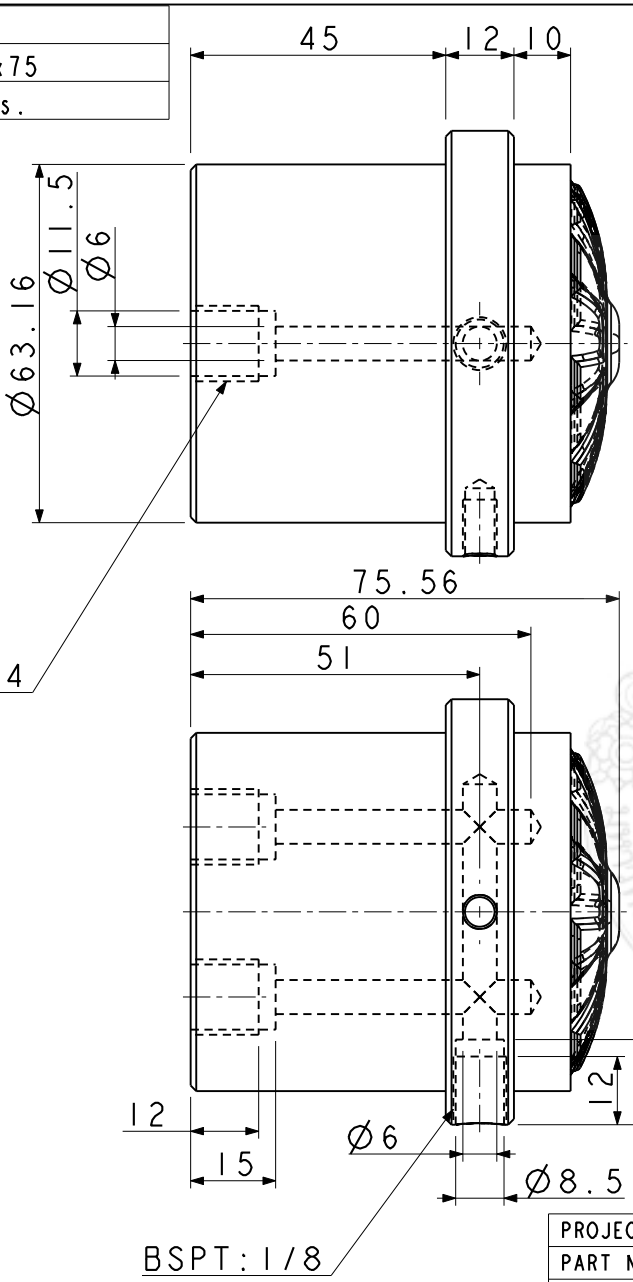


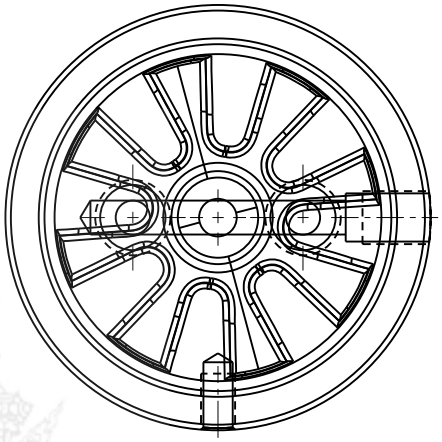
SCALE 0.750

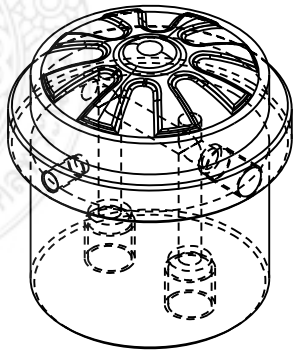
PROJECT	SHRINKAGE BLOW MOLD				DRAW NO.	GMD-008-06
PART NAME	BOTTOM-600	TYPE	PART		DRAWN	C.SURAPONG
CLIENT	ENGINEERING DEPT.	SHEET	7	8	CHECKED	
SUPPLIER	GMD Manufact.	UNIT	MM.		APPROVED	
GMD MANUFACTURING CO.,LTD.					DATE	17-Sep-12

MATERIAL	2316
SIZE	Ø65x75
QTY	2 pcs.

REVISION		
REV-0	17-Sep-12	ORIGINAL







SCALE 0.750

PROJECT	SHRINKAGE BLOW MOLD					DRAW NO.	GMD-008-06
PART NAME	BOTTOM-750	TYPE	PART			DRAWN	C.SURAPONG
CLIENT	ENGINEERING DEPT.	SHEET	8	8		CHECKED	
SUPPLIER	GMD Manufact.	UNIT	MM.			APPROVED	
GMD MANUFACTURING CO.,LTD.						DATE	17-Sep-12