

การออกแบบและการผลิตแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกกล่องอเนกประสงค์ชนิดฝาเลื่อน
Design and Manufacture on Plastic Mold for Accessorirs Box with Slide Open

นาย ไพรัช ดังสุรัตน์¹⁾ นายเกียรติศักดิ์ พริ้งสุวรรณ¹⁾ นายดิลก หวังกิจ¹⁾ จุลศิริ ศรีงามผ่อง*²⁾ นายวิเชียร ศรีสวัสดิ์²⁾

- 1) ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องมือและวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- 2) *ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องเครื่องมือและวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 91 ถ.ประชาธิปไตย แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140 โทรศัพท์ 02-4709213 โทรสาร. 02-872-9080 E-mail chulsiri.sri@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

ในการทำโครงการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาขั้นตอนการออกแบบและการผลิตแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นและหาทางแก้ไข ศึกษาเทคนิคต่าง ๆ รวมทั้งความชำนาญตลอดจนหาประสบการณ์ในการผลิตแม่พิมพ์และการนำทฤษฎีที่เรียนมาใช้ในการออกแบบแม่พิมพ์ โดยศึกษาทฤษฎีและขั้นตอนต่าง ๆ ในการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกนี้ ชิ้นงานที่จะผลิตคือ กล่องอเนกประสงค์ชนิดฝาเลื่อน ในการออกแบบและผลิตแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกนี้ มี 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาทฤษฎีการออกแบบแม่พิมพ์ การเลือกชนิดของแม่พิมพ์ การเลือกส่วนประกอบแม่พิมพ์ ตลอดจนวิเคราะห์สภาพเครื่องฉีดพลาสติกที่เหมาะสมสำหรับฉีดชิ้นงานนี้ การออกแบบระบบหล่อเย็น ระบบปลดชิ้นงาน ขั้นตอนที่ 2 เป็นการสร้างแม่พิมพ์ตามแบบที่ออกแบบไว้ ซึ่งในขั้นตอนในการทำงานมีการใช้เครื่องจักรต่าง ๆ ดังนี้ เครื่องกลึง เครื่องกลึง CNC เครื่องกัดไฟฟ้าด้วยเส้นลวด (Wire Cut) เครื่องกัดเซาะโลหะด้วยไฟฟ้า (Electric Discharge machine, EDM) เครื่องกัดโลหะ (Milling) ฯลฯ

เมื่อนำแม่พิมพ์ไปทำการทดลองฉีด โดยเลือกพลาสติกที่ใช้คือ ABS (Acrylonitrile-butadiene-styrene) โดยค่าสภาพการฉีดจากการออกแบบดังนี้ คือ อุณหภูมิหลอมเหลวของพลาสติก 210°C อุณหภูมิของแม่พิมพ์ 20°C อุณหภูมิของชิ้นงานขณะทำการปลดออกจากแม่พิมพ์ 60°C แรงดันที่ใช้ในการฉีด 200 bar แรงประกอบแม่พิมพ์ต่อ cavity 57 ตัน ทำให้ได้ชิ้นงานที่เป็นแบบผิวเรียบสวยงามและพลาสติกไม่แลบ ต้นทุนในการผลิตแม่พิมพ์ 83,200 บาท จุดคุ้มทุนอยู่ที่ปริมาณการผลิต 12,236 ชิ้น

คำสำคัญ การออกแบบและผลิต แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก กล่องอเนกประสงค์ชนิดฝาเลื่อน

ABSTRACT

This thesis is about design and making injection molding. The propose of this thesis is to studied the process about mold design and injection molding. Studied the problems and the way to solve, studied technical and skill about mold making, by studied the theory and procedure in mold making. The work piece is the box accessories with slide open. There are two steps for mold design and mold making. The first step is

studied theory and designed mold, selection mold base, selection the part of mold through analysis suit condition for injection molding, design cooling, design ejection. The second step is mold making that is design in the first step. In mold making uses lathe machine, CNC lathe machine, wire cut machine, EDM machine, milling machine, etc.

When the mold is taken to test. The plastic is used is ABS (Acrylonitrile-Butadiene-Styrene) . The suit condition is melt temperature 210°C, mold temperature 20°C, ejection temperature 60 °C, injection pressure 200 bar, clamping force 57 kN. The work piece is absolutely packing, smooth surface, no flash. The cost of the mould is 83,200 bath break even point is 12,236 pieces.

Keywords Design and Manufacture/Plastic Molds/Accessories Box with Slide Open

1. บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมทางด้านแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกของประเทศไทย มีความสามารถในการสร้างแม่พิมพ์ให้มีประสิทธิภาพในการใช้งานได้สูง ทำให้สามารถลดการนำเข้าแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกจากต่างประเทศลงได้ ดังนั้นเพื่อจะนำเอาความรู้ความสามารถตรงนี้มาใช้ให้เกิดประโยชน์จึงได้มีการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดกล่องอเนกประสงค์ชนิดฝาเลื่อน โดยมีจุดเด่นอยู่ที่ด้านตัวกล่องมีตัวดันเอาไว้สำหรับดันบัตรขึ้นมาเมื่อเลื่อนฝาย่อยทำให้ง่ายต่อการใช้งานมากขึ้นไม่เหมือนกล่องพลาสติกตามท้องตลาดทั่วไป และได้มีการออกแบบให้มีลักษณะที่เมื่อเปิดออกแล้วฝากล่องแล้วไม่หลุดออกจากลำตัวกล่องซึ่งนำไปสู่การออกแบบแม่พิมพ์ที่ค่อนข้างซับซ้อนต่อไปเพราะลักษณะของชิ้นงานมีส่วนที่เป็น undercut ทั้งภายในและภายนอก ประกอบกับทางบริษัท ศรีไทยโมลด์ส จำกัด ได้มีแนวคิดที่จะผลิตชิ้นงานออกมาเพื่อใช้เป็นของชำร่วยใช้แจกเนื่องในโอกาสต่าง ๆ จึงได้มีความร่วมมือเกิดขึ้นระหว่างคณะผู้จัดทำกับทางบริษัท ศรีไทยโมลด์ส จำกัด จัดทำโครงการนี้ขึ้นมา

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อการออกแบบกล่องอเนกประสงค์ชนิดฝาเลื่อนให้มีรูปร่างสวยงามและสะดวกในการพกพา
2. เพื่อออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกกล่องอเนกประสงค์ชนิดฝาเลื่อน

3. เพื่อการศึกษาการออกแบบและการผลิตแม่พิมพ์ในลักษณะการใช้งานจริง
4. เพื่อศึกษาต้นทุนการผลิตและวิเคราะห์จุดคุ้มทุนของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกกล่องอเนกประสงค์ชนิดฝาเลื่อน

3. ขอบเขตการดำเนินงาน

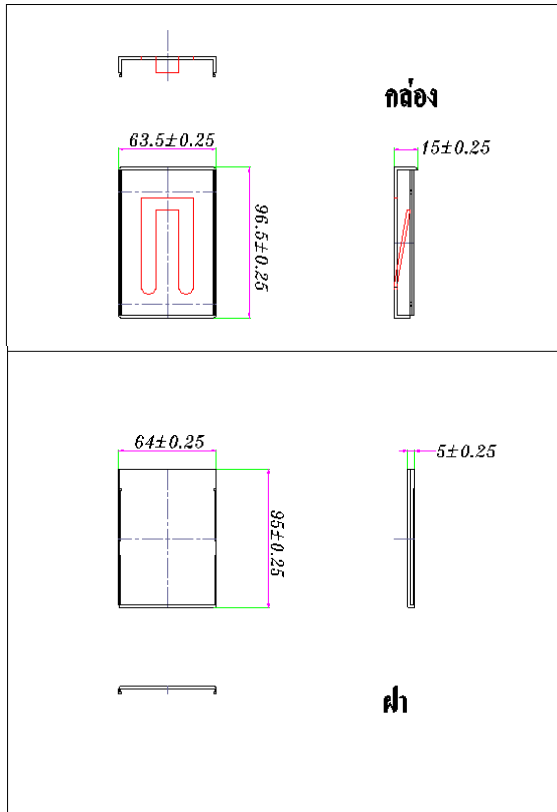
- 3.1 ศึกษาและออกแบบกล่องอเนกประสงค์ชนิดฝาเลื่อน โดยมีขนาดดังนี้
กล่องมีขนาด กว้าง 63.5 มิลลิเมตร ยาว 96.5 มิลลิเมตร สูง 15 มิลลิเมตร ฝามีขนาดกว้าง 64 มิลลิเมตร ยาว 95 มิลลิเมตร สูง 5 มิลลิเมตร
- 3.2 ศึกษาและออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก
- 3.3 ทดสอบการใช้งานแม่พิมพ์
- 3.4 ศึกษาคุณภาพชิ้นงานที่ผลิตได้

4. หลักการที่ใช้ในการออกแบบและผลิต

- 4.1 แนวความคิดในการออกแบบกล่องอเนกประสงค์ชนิดฝาเลื่อน

เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการใช้งานจึงได้มีการออกแบบตัวกล่องให้มีตัวดันบัตรขึ้นมาเพื่อความสะดวกในการใช้งาน และสามารถที่จะพกพาได้สะดวก โดยที่กล่องมีขนาดกว้าง 65 ± 0.25 มิลลิเมตร ยาว 97 ± 0.25 มิลลิเมตร สูง 15 ± 0.25 มิลลิเมตร ฝามีขนาดกว้าง 64 ± 0.25 มิลลิเมตร ยาว 95 ± 0.25 มิลลิเมตร สูง 5

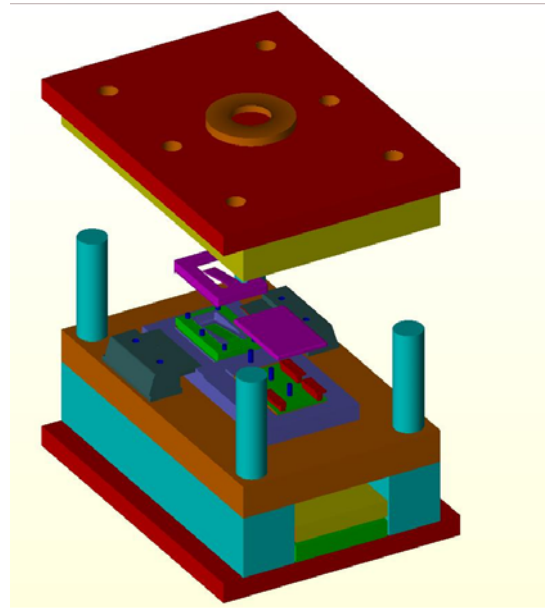
0.25 มิลลิเมตรและมีมุมเพื่อที่จะสามารถทำให้ชิ้นงานปลดได้สะดวก 2 องศา ทั้งฝาและกล่อง ดังแสดงรูปแบบของกล่องและฝาที่ออกแบบดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 รูปแบบของชิ้นงาน

4.2 หลักการที่ใช้ในการออกแบบแม่พิมพ์

ในการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ได้ใช้หลักการออกแบบโดยใช้แม่พิมพ์ชนิด 2 แผ่น และเนื่องจากชิ้นงานที่ได้ออกแบบไว้มี undercut ทั้งภายในและภายนอก ทำให้ต้องออกแบบแม่พิมพ์ให้มีส่วนที่ทำให้สามารถปลดชิ้นงานในส่วนที่เป็น undercut ได้ โดยการ ใช้ slide เพื่อปลดชิ้นงานในส่วน undercut ภายนอก ใช้ angular ejector pin เพื่อปลดชิ้นงานในส่วน undercut ภายใน และใช้เข็มกระทุ้งเพื่อดันชิ้นงานให้หลุดออกจากแม่พิมพ์ ส่วนระบบทางเข้าของน้ำพลาสติกเป็นแบบ top side gate และ submarine gate ดังแสดงรูปแบบของแม่พิมพ์ที่ได้ออกแบบไว้ในรูปที่ 2



รูปที่ 2 รูปแบบของแม่พิมพ์

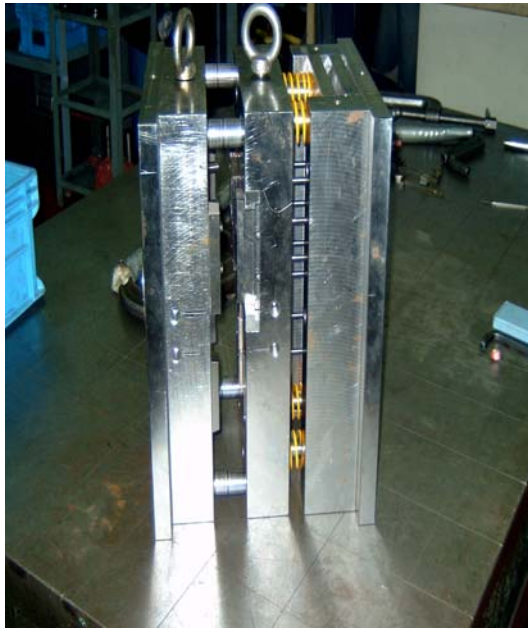
4.3 การผลิตแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

ในการผลิตแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกจะแบ่งส่วนประกอบของแม่พิมพ์เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ ได้แก่

4.3.1 ชั้นส่วนมาตรฐาน ได้แก่ สลัก สลักเกลียว ปลอก นำทาง เข็มกระทุ้ง แผ่นฐานของแม่พิมพ์ สปริง เป็นต้น จำนวน 33 รายการ

4.3.2 ชั้นส่วนที่ต้องผลิตเอง ได้แก่ ตัวเลื่อน อินเสิร์ต แผ่นปลดชิ้นงาน เป็นต้น จำนวน 18 รายการ

หลังจากได้ชิ้นส่วนต่าง ๆ แล้วจะนำชิ้นส่วนมาประกอบเข้าด้วยกันโดยใช้สลักนำและสลักเกลียว เป็นอุปกรณ์ในการนำทางและยึดจับ ส่วนระบบงานสวมที่ใช้ขึ้นอยู่กับชนิดของการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนต่าง ๆ แม่พิมพ์ที่สร้างเสร็จแล้วแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 แม่พิมพ์ฉีดพลาสติกกล่องอเนกประสงค์ชนิด
ฝาเลื่อน

5. อุปกรณ์และวิธีการทดสอบ และการฉีดขึ้นรูป

5.1 อุปกรณ์การทดสอบ

5.1.1 เม็ดพลาสติก ABS จำนวน 5 กิโลกรัม

และ เม็ดพลาสติก PP 1 กิโลกรัม

5.1.2 แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก จำนวน 1 ชุด

5.1.3 เครื่องฉีดพลาสติกขนาด 120 ตัน

จำนวน 1 เครื่อง

5.1.4 เครื่องอบเม็ดพลาสติก จำนวน 1 เครื่อง

5.1.5 ไมโครมิเตอร์ จำนวน 2 ชุด

5.2 วิธีการทดสอบ

ในการทดสอบเพื่อตรวจสอบระบบการใช้งานของ
แม่พิมพ์ โดยทดลองฉีดวัสดุพลาสติกชนิด PP ลงไป
ก่อนปรากฏว่า ระบบกลไกการทำงานของแม่พิมพ์
ทำงานได้ดีไม่มีติดขัด ระบบปลดสามารถปลดชิ้นงานออก
มาได้

5.3 การฉีดขึ้นรูปชิ้นงานจริง

5.3.1 วัตถุประสงค์ของการฉีด

- 1) เพื่อตรวจสอบการใช้งานของแม่พิมพ์
ฉีดพลาสติกในสภาพการใช้งาน
จริง

- 2) เพื่อตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงาน
ที่ได้จากการผลิต

- 3) เพื่อศึกษาเวลาที่ใช้ในการฉีด

5.3.2 การดำเนินการฉีด จะใช้ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง
กับเครื่องฉีดพลาสติก ดังนี้

- 1) อุณหภูมิหลอมเหลวของพลาสติก
 210°C

- 2) อุณหภูมิของแม่พิมพ์ 20°C

- 3) อุณหภูมิของแม่พิมพ์ขณะทำการ
ปลดชิ้นงาน 60°C

- 4) แรงดันที่ใช้ในการฉีด 200 บาร์

- 5) แรงปิดแม่พิมพ์ 57 กิโลนิวตัน

- 6) เวลาที่ใช้ในการฉีด 1 รอบ
20 วินาที

- 7) เวลาในการฉีดย้ำ 8 วินาที

และในการฉีดครั้งนี้ วัสดุที่ใช้จะเป็น ABS
จำนวน 5 กิโลกรัม

6. ผลการทดลองที่อภิปรายผล

6.1 ภายหลังจากการฉีดพลาสติกด้วยวัสดุ ABS
แล้ว พบว่าการฉีดทำได้อย่างสมบูรณ์ การปลด
ชิ้นงานทำได้สะดวก ไม่มีครีบกีดขึ้น

6.2 การศึกษาคุณภาพของชิ้นงานที่ได้จากการฉีด
จะศึกษาเป็น 2 ส่วนคือ

6.2.1 การศึกษาขนาดมิติของชิ้นงาน ได้แก่

1. ความกว้างของกล่องต้องมีขนาด
 63.5 ± 0.25 มิลลิเมตร

2. ความยาวของกล่องต้องมีขนาด
 96.5 ± 0.25 มิลลิเมตร

3. ความสูงของกล่องต้องมีขนาด
 15 ± 0.25 มิลลิเมตร

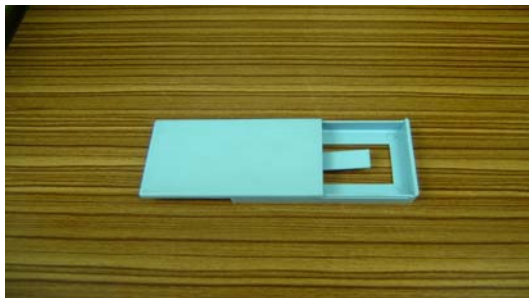
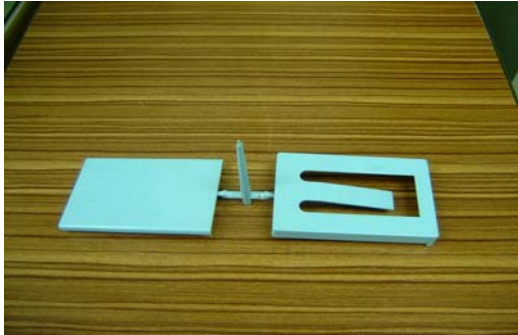
4. ความกว้างของฝากล่องต้องมีขนาด
 64 ± 0.25 มิลลิเมตร

5. ความยาวของฝากล่องต้องมีขนาด
 95 ± 0.25 มิลลิเมตร

6. ความสูงของฝากช่องต้องมีขนาด

5 ± 0.25 มิลลิเมตร

ดังแสดงตำแหน่งตรวจสอบชิ้นงานในรูปที่ 4



รูปที่4 ตำแหน่งการตรวจสอบชิ้นงาน

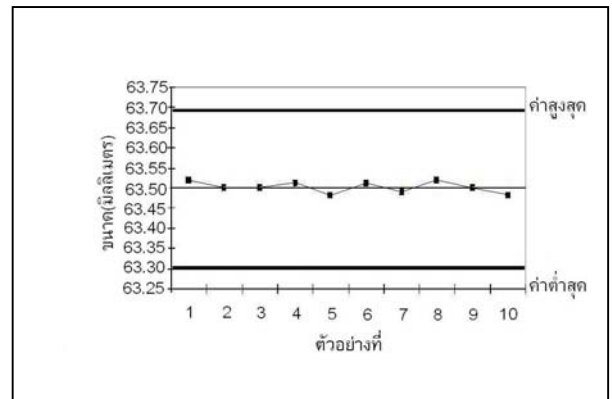
6.2.2 การศึกษารอยตำหนิของชิ้นงาน เพื่อศึกษา
รอยตำหนิที่เกิดขึ้นบนชิ้นงาน ได้แก่ ครีบก การยุบตัว
รอยฝ้าขาว เป็นต้น

6.3 ผลการตรวจสอบ

6.3.1 การตรวจสอบขนาดมิติของชิ้นงาน

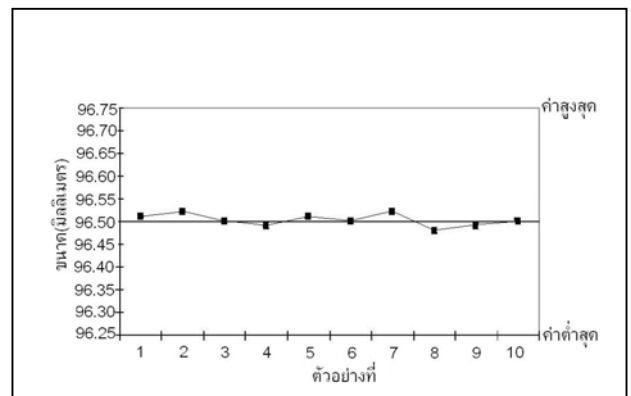
จะหยิบชิ้นงานขึ้นมาตรวจสอบ 10 ชิ้น จากนั้น
ก็วัดขนาดของชิ้นงานทั้ง 10 ชิ้น เพื่อหาจำนวนชิ้นงานที่
จะต้องตรวจสอบที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ผลการตรวจ
สอบจะเป็นดังนี้

1. ความกว้างของกล่อง



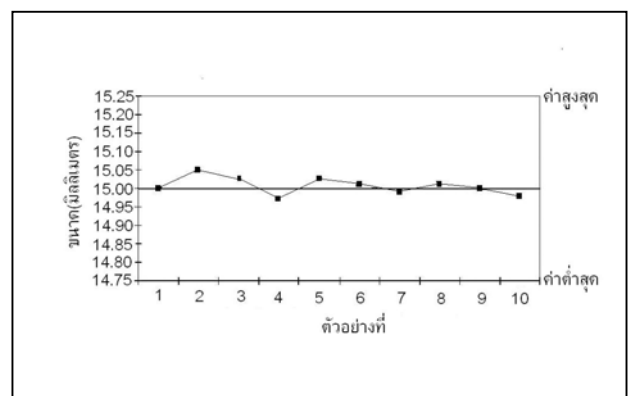
สรุป ขนาดความกว้างของกล่องอยู่ในพิสัยที่กำหนด

2. ความยาวของกล่อง



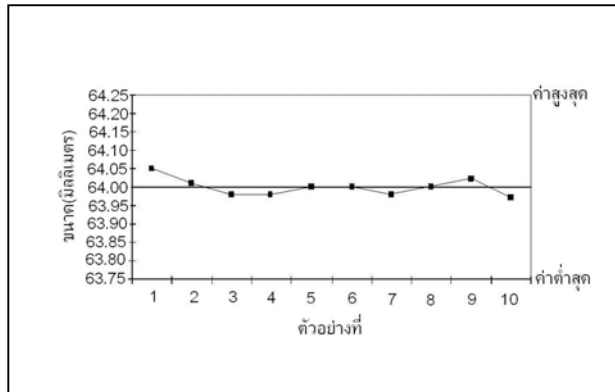
สรุป ขนาดความยาวของกล่องอยู่ในพิสัยที่กำหนด

3. ความสูงของกล่อง



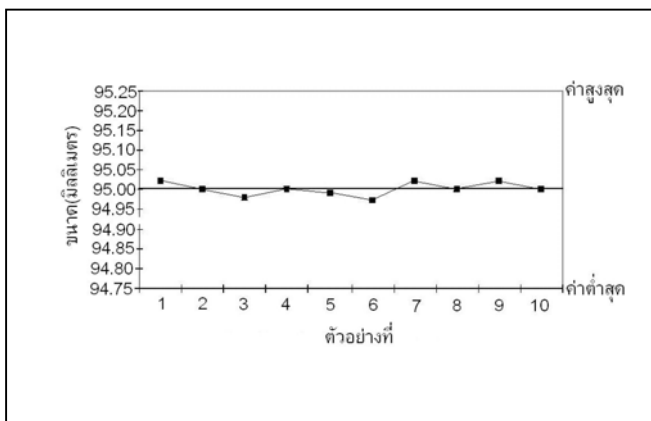
สรุป ขนาดความสูงของกล่องอยู่ในพิสัยที่กำหนด

4. ความกว้างของฝากล่อง



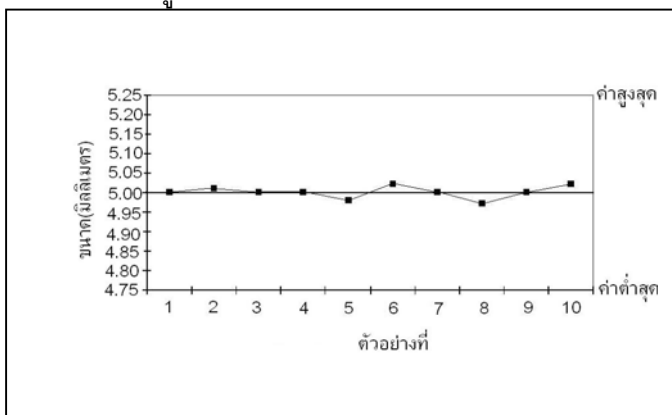
สรุป ขนาดความกว้างของฝากล่องอยู่ในพิสัยที่กำหนด

5. ความยาวของฝากล่อง



สรุป ขนาดความยาวของฝากล่องอยู่ในพิสัยที่กำหนด

6. ความสูงของฝากล่อง



สรุป ขนาดความสูงของฝากล่องอยู่ในพิสัยที่กำหนด

6.3.2 การศึกษารอยตำหนิของชิ้นงาน

พบว่าไม่มีรอยตำหนิเกิดขึ้น

6.4 เวลาที่ใช้ในการผลิต

ในการผลิตชิ้นงานจำนวน 1 ชิ้นจะใช้เวลาในการผลิต 20 วินาที ซึ่งในวันหนึ่งจะผลิตชิ้นงานได้จำนวน 1,000 ชิ้น

7. ต้นทุนในการผลิตจุดคุ้มทุนและผลประโยชน์ ที่ได้

ในการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกกล่องอเนกประสงค์ชนิดฝาเลื่อนจะใช้ต้นทุนในการผลิตแม่พิมพ์ 83,200 บาท ค่าใช้จ่ายในการผลิตชิ้นงาน 3.20 บาท/ชิ้น ราคาขายชิ้นงาน 10 บาท/ชิ้น ดังนั้นจุดคุ้มทุนอยู่ที่ปริมาณการผลิตจำนวน 12,236 ชิ้น หรือผลิตเป็นเวลา 13 วัน

8. สรุป

จากการที่นักศึกษาโครงการนี้ได้ไปฝึกงานภาคฤดูร้อน ปีการศึกษา 2545 ที่บริษัท ศรีไทยโมลด์ส จำกัด ได้เกิดแนวความคิดที่จะผลิตของชำร่วยที่ผลิตจากพลาสติก และได้เห็นชิ้นงานที่บริษัท ศรีไทยโมลด์ส จำกัด เป็นชิ้นส่วนของตู้เย็นที่มีลักษณะเป็นชิ้นส่วน 2 ชิ้น ประกอบกันและเลื่อนไปมาได้ จึงได้เข้าไปปรึกษากับทางผู้จัดการโรงงานและเสนอแนวความคิดที่จะทำกล่องอเนกประสงค์ชนิดฝาเลื่อนขึ้นมา ซึ่งออกแบบมาให้สามารถพกพาได้สะดวกและมีการเพิ่มตัวดันให้สามารถดันบัตรขึ้นมาได้เพื่อเพิ่มความสะดวกในการใช้งานมากขึ้น หลังจากนั้นก็ได้จัดทำโครงการออกแบบและผลิตแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกกล่องอเนกประสงค์ชนิดฝาเลื่อน โดยในโครงการประกอบไปด้วย 1)การศึกษาและออกแบบกล่องอเนกประสงค์ชนิดฝาเลื่อน 2)ศึกษาการออกแบบและผลิตกล่องอเนกประสงค์ชนิดฝาเลื่อน 3)ดำเนินการผลิตแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกกล่องอเนกประสงค์ชนิดฝาเลื่อน 4)ทดสอบการใช้งานของแม่พิมพ์ 5)ศึกษาคุณภาพของชิ้นงานที่ผลิตได้

6)ศึกษาต้นทุนของแม่พิมพ์และจุดคุ้มทุนของแม่พิมพ์ ซึ่งการศึกษาและออกแบบกล่องอเนกประสงค์ชนิดฝาเลื่อนได้ออกแบบให้ตัวกล่องมีขนาด กว้าง 63.5 มิลลิเมตร ยาว 96.5 มิลลิเมตร สูง 15 มิลลิเมตร ฝากล่องมีขนาดกว้าง 64 มิลลิเมตร ยาว 95 มิลลิเมตร สูง 5 มิลลิเมตร มีมุมเอียงเพื่อให้ปลดชิ้นงานได้ง่ายขึ้น 2 องศา ทั้งกล่องและฝากล่อง หลังจากนั้นได้ดำเนินการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก โดยใช้หลักการของการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกชนิด 2 แผ่น ระบบปลดใช้เข็มกระทุ้ง โดยมี slide และ angular ejector pin ช่วยในการปลดชิ้นงานส่วนที่เป็น undercut มีระบบทางเข้าเกจเป็น top side gate และ submarine gate โดยในการผลิตใช้ชิ้นส่วนมาตรฐาน จำนวน 33 ชิ้น และชิ้นส่วนที่ต้องผลิตเอง 18 ชิ้น หลังจากที่ได้ผลิตชิ้นส่วนต่างๆ เสร็จแล้วก็มาสู่การประกอบแม่พิมพ์และนำแม่พิมพ์ไปทดสอบการใช้งานโดยฉีดวัสดุ PP ผลปรากฏว่าแม่พิมพ์ใช้งานได้ดี ชิ้นงานสามารถปลดออกมาได้ และฉีดได้เต็มแบบ จากนั้นนำไปทดสอบกับวัสดุ ABS ซึ่งเป็นวัสดุที่ใช้จริง ผลปรากฏว่าแม่พิมพ์ก็สามารถทำงานได้ดี ชิ้นงานสามารถปลดออกมาได้และคุณภาพของชิ้นงานก็อยู่ในพิสัยที่กำหนดที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ส่วนต้นทุนในการผลิตแม่พิมพ์เท่ากับ 83,200 บาท ค่าใช้จ่ายในการผลิตชิ้นงานต่อชิ้นเท่ากับ 3.20 บาท ราคาขายชิ้นงานต่อชิ้นเท่ากับ 10.00 บาท ดังนั้นจุดคุ้มทุนอยู่ที่ปริมาณการผลิตจำนวน 12,236 ชิ้น หรือต้องผลิตเป็นเวลา 13 วัน นับว่าระยะเวลาการผลิตน้อยมากจึงได้จุดคุ้มทุน ซึ่งนับว่าคุ้มค่าอย่างยิ่ง

9. กิตติกรรมประกาศ

ในการทำโครงการนี้ ผู้ทำโครงการได้รับการสนับสนุนจาก

- 9.1 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงงานอุตสาหกรรมระดับปริญญาตรีประจำปี 2546
- 9.2 บริษัท ศรีไทยโมลด์ส จำกัด 55/1 หมู่ 1 ต.หนองช้างซาก อ.บ้านบึง จ.ชลบุรี 20170

10. เอกสารอ้างอิง

- 10.1 ชาวลิต จิตผลและคณะ (2545) วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรีเรื่องการปรับปรุงแม่พิมพ์พลาสติกฝากระปุกเครื่องสำอางค์ โดยใช้วัสดุ PCTA ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องมือและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- 10.2 ณัฐชัย นักหินลาดและคณะ (2544) วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรีเรื่องแม่พิมพ์พลาสติก ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องมือและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- 10.3 ประยงค์ ตันตระกูล และคณะ (2544) วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรีเรื่องการศึกษาพารามิเตอร์ของเครื่องฉีดพลาสติก ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องมือและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- 10.4 พีระยุทธ นนทสิงห์และคณะ (2542) วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรีเรื่องแม่พิมพ์ฉีดเฟืองพลาสติก ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องมือและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- 10.5 ทรงเกียรติ วิสุทธิ์พิทักษ์กุล (2545) การใช้สถิติเพื่อการปรับปรุงกระบวนการ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย พิมพ์ครั้งที่ 1
- 10.6 Herbert Ree (1995) Mold Engineering Hanser Publishers, Munich
- 10.7 E.Lindner and P.Unger (1992) Gastrow Injection Mold 2nd edition Hanser Publishers, Munich
- 10.8 Georg Menges and Paul Mohren(1991) How to Make Injection Moulds 2nd edition Hanser Publishers, Munich