

การปรับปรุงแม่พิมพ์ผลิตชิ้นงานบารองรับลูกปืนเพื่อเพิ่มผลผลิต

Productivity Improvements on Die for Manufacturing Shoulder Support a Ball-Bearing

จรรณ ชัยวรรณรัตน์¹⁾ ราม ลมสูงเนิน¹⁾ ศิริกุล พิพัฒน์สุทธิกุล¹⁾ เกษม เลิศรัตน์²⁾ จุลศิริ ศรีงามผ่อง²⁾

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

บทคัดย่อ

ในการทำโครงการปรับปรุงแม่พิมพ์ผลิตชิ้นงานบารองรับลูกปืนเพื่อเพิ่มผลผลิต ซึ่งเป็นแนวความคิดที่คณะผู้จัดทำโครงการได้ไปฝึกงานภาคฤดูร้อน ปี 2546 ที่ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอส พี ชัตเตอร์ส พบเห็นปัญหาในกรรมวิธีการขึ้นรูปชิ้นงานบารองรับลูกปืน มีของเสียเกิดขึ้น 20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเกิดจากการขึ้นรูปชิ้นงานเป็นกระเปาะตรงกลางท่อน เนื้อโลหะปรีนเข้าด้านในของท่อน และกระเปาะตรงกลางท่อนไม่ได้อยู่ในแนวระดับเดียวกันจึงได้ออกแบบและผลิตแม่พิมพ์ขึ้นใหม่ โดยการทำชุดตายเป็นสองซีกปิดและเปิดได้ และทำโพรงแบบเป็นกระเปาะตรงกลางด้านใน เพื่อให้ใส่ชิ้นงานขึ้นรูปและใส่เพลลาทดที่ปลายชิ้นงานเพื่อป้องกันเนื้อชิ้นงานนูน จากนั้นใช้เพลลาทดที่ปลายชิ้นงานเพื่อให้ชิ้นงานขึ้นรูปตามโพรงแบบที่ทำไว้ ผลจากการขึ้นรูปชิ้นงาน ชิ้นงานได้ขนาดตามที่กำหนดและไม่มีรอยตำหนิที่ผิวด้านนอก สามารถผลิตชิ้นงานได้โดยไม่มีของเสียเลย ต้นทุนในการผลิตแม่พิมพ์เป็นจำนวนเงิน 42,372 บาท และมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ปริมาณการผลิต 22,560 ชิ้น เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการผลิตแบบเก่า สามารถทำกำไรเพิ่มขึ้นได้เดือนละ 74,800 บาท

คำสำคัญ การเพิ่มผลผลิต การปรับปรุง แม่พิมพ์ ชิ้นงานบารองรับลูกปืน

Abstract

This project aims to improve the productivity on die for manufacturing shoulder parts support a ball-bearing. Therefore, the author had an experiment in summer semester the academy year of 2003 at SP. Shutter partnership ltd. From experiment, found more problem in case of its had wasted around 20 percentages appeared at the middle of a bulge cause of the metal was reversed and a bulge wasn't leveling. And then, the author created a newly design of productivity on die for manufacturing shoulder parts. And designed for two patters with each split into double side and dig on the middle bulge.

As the result, start of productivity on die for manufacturing shoulder parts found all are on specification with no fault at the surface. The newly have the ability to work without any waste.

The cost in used about 42,372 bath and covered a cost of it at 22,560 sets. In addition, when compared cost between the old method and the new one found the new method could saving for 74,800 bath for a month.

Keyword Productivity, Improvement, Die, Shoulder Support a Ball-Bearing

1. บทนำ

สืบเนื่องจากการที่นักศึกษาได้ไปฝึกงานภาคฤดูร้อนปีการศึกษา 2545 ที่บริษัท เอส พี ชัตเตอร์ส นักศึกษาได้ฝึกงานเกี่ยวกับการออกแบบและผลิตแม่พิมพ์ขึ้นรูปชิ้นส่วนประตุม้วน ซึ่งนักศึกษาได้เห็นชิ้นส่วนประตุม้วน ซึ่งเป็นท่อกลมตีขึ้นให้เป็นกระเปาะตรงกลางถูกใช้เป็นการรองรับลูกปืนของประตุม้วน มีปัญหาในการผลิตโดยจะมีรอยตำหนิที่เกิดจากเนื้อท่อในส่วนที่ตีขึ้นจะปริแตกด้านใน นอกจากนั้นกระเปาะตรงกลางท่อที่ตีขึ้นขึ้นมากก็ไม่อยู่ในแนวระดับเดียวกัน มีผลทำให้ไม่สามารถสวมเข้ากับเพลลาได้ กรรมวิธีการผลิตชิ้นงานรองรับลูกปืนจะประกอบด้วย ตัดท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางนอก 47.42 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางใน 44.84 มิลลิเมตร หนา 1.29 มิลลิเมตร สูง 44.92 มิลลิเมตร มาทำการรีดขึ้นรูปให้เหลือท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางนอก 46.30 มิลลิเมตร และเส้นผ่าศูนย์กลางใน 43.3 มิลลิเมตร หนา 1.50 มิลลิเมตร สูง 46 มิลลิเมตร หลังจากนั้นจะขึ้นรูปให้ท่อเป็นกระเปาะเพื่อให้สามารถประกอบลูกปืนเข้าไปได้ เมื่อขึ้นรูปแล้วจะได้ท่อที่ทำเป็นบอลลูนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางนอก 46.30 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางใน 43.30 มิลลิเมตร มีความหนา 1.5 มิลลิเมตร และสูง 43.12 มิลลิเมตร ซึ่งในขั้นตอนของกรรมวิธีการตีขึ้นรูปชิ้นงานเป็นกระเปาะ จะมีชิ้นงานเสียจำนวน 20 เปอร์เซ็นต์ โรงงานผลิตชิ้นงานวันละ 2,000 ชิ้น สามารถขายได้ชิ้นละ 4.00 บาท ซึ่งจะทำให้เสียรายได้ไปวันละ 1,600 บาท

2. วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อลดจำนวนของเสียในการผลิตชิ้นงานบารองรับลูกปืน
- 2.2 เพื่อลดต้นทุนในการผลิตชิ้นงานบารองรับลูกปืน

3 แนวทางการแก้ไข

ในการปรับปรุงแม่พิมพ์ขึ้นรูปชิ้นงานเป็นกระเปาะจะดำเนินการศึกษาการปรับปรุงโดยอาศัยข้อมูลจากตำรา Die Methods [1] Manual of Instruction

for Die Design [2] และ Handbook of Die Design [3] ส่วนสิทธิบัตรที่เกี่ยวข้องกับการผลิตบารองรับลูกปืนโดยใช้แม่พิมพ์ตีขึ้นรูปยังไม่มีคนขอเนื่องจากเป็นชิ้นงานที่ผลิตได้โดยทั่วไป สำหรับแนวทางการแก้ปัญหาจะทำการออกแบบแม่พิมพ์ตีขึ้นรูปชิ้นงานเพื่อตีขึ้นให้เป็นกระเปาะตรงกลางใหม่โดยอาศัยหลักการของการทำแม่พิมพ์ชุดตายเป็นสองซีกปิดและเปิดได้และทำโพรงแบบเป็นกระเปาะข้างในจากนั้นจะใส่ชิ้นงานเข้าไปในแม่พิมพ์ชุดนี้และใส่เพลลา ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในของชิ้นงานจากนั้นจะใช้พื้นที่ตีขึ้นที่หัวชิ้นงานเพื่อให้ชิ้นงานไหลไปตามโพรงแบบที่ตาย จากนั้นจะดึงเพลลาที่สวมอยู่ออกทั้งพร้อมเปิดแม่พิมพ์นำชิ้นงานออกมา

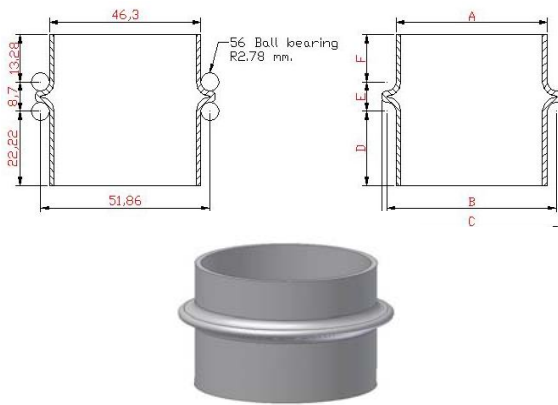
4. ขอบเขตการดำเนินงาน

- 4.1 ออกแบบและผลิตแม่พิมพ์ตีขึ้นรูป จำนวน 1 ชุด
- 4.2 การทดสอบการใช้งานของแม่พิมพ์ และปรับปรุงแม่พิมพ์
- 4.3 ศึกษาเวลาที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานต่อชิ้นและศึกษาขนาดของชิ้นงานที่ผลิตได้ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ รวมไปถึงศึกษารอยตำหนิที่เกิดขึ้นบนชิ้นงาน
- 4.4 วิเคราะห์ผลที่เกิดขึ้นจากการตีขึ้นรูปชิ้นงาน
- 4.5 คำนวณหาต้นทุนการผลิตแม่พิมพ์และจุดคุ้มทุนของแม่พิมพ์ปรับปรุงแก้ไข

5. การออกแบบและผลิตแม่พิมพ์ตีขึ้นรูป

5.1 รูปแบบของชิ้นงานที่ต้องผลิต

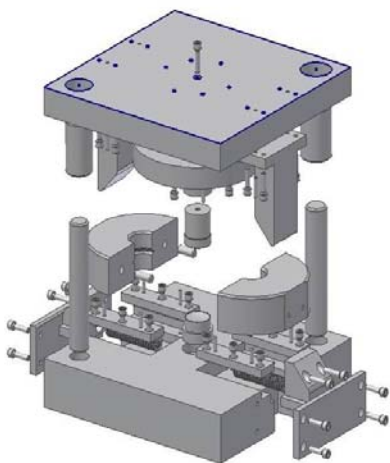
รูปแบบของชิ้นงานที่ต้องผลิตได้แสดงไว้ในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แบบของชิ้นงานที่ต้องผลิต

5.2 การออกแบบแม่พิมพ์

ในการออกแบบแม่พิมพ์ ได้ดำเนินการออกแบบแม่พิมพ์ขึ้นรูปชิ้นงานเพื่อตียนให้เป็นกระเปาะตรงกลางใหม่โดยอาศัยหลักการของการทำแม่พิมพ์ที่มีชุดตายเป็นสองซีกปิดและเปิดได้และทำโครงแบบเป็นกระเปาะข้างใน จากนั้นจะใส่ชิ้นงานเข้าไปในแม่พิมพ์ชุดนี้ แล้วใส่เพลาลูกกลิ้งที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงานลงไป จากนั้นจึงใช้พันธึนที่ตียนที่หัวชิ้นงานเพื่อให้ชิ้นงานไหลไปตามโครงแบบที่ตาย หลังจากนั้นจะดึงเพลาลูกกลิ้งออกมาพร้อมทั้งเปิดแม่พิมพ์นำชิ้นงานออกมา



รูปที่ 2 แม่พิมพ์ที่ออกแบบเสร็จแล้ว

5.3 การผลิตแม่พิมพ์

ในการผลิตแม่พิมพ์จะใช้ชิ้นส่วนมาตรฐาน

จำนวน 10 ชิ้น และมีชิ้นส่วนที่ผลิตขึ้นเองจำนวน 10 ชิ้น สำหรับชิ้นส่วนมาตรฐานบางชิ้นส่วนและชิ้นส่วนที่ผลิตขึ้นเองจะนำมาทำการกัดโดยใช้เครื่อง CNC หลังจากที่ได้ชิ้นส่วนทุกชิ้นแล้วก็จะนำมาประกอบเข้าด้วยกัน จะได้แม่พิมพ์ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 แม่พิมพ์ที่ผลิตขึ้น

5.4 การทดลองบ่มขึ้นรูปและปรับปรุงแม่พิมพ์

ในการทดลองบ่มขึ้นรูป ปรากฏว่ามีปัญหาเกิดขึ้นที่ชิ้นงานคือ รอยเชื่อมตะเข็บต่อและครีบกาวที่เกิดจากการตัดต่อมีผลทำให้ชิ้นงานที่ได้จากการขึ้นรูปเกิดเป็นรอยเสียดสีที่ด้านข้างของชิ้นงาน ทำให้ชิ้นงานไม่ได้นขนาดตามต้องการ ดังนั้นจึงต้องทำการตะโปนชิ้นงานที่จะนำมาขึ้นรูปให้เรียบร่อยก่อน

5.5 การบ่มขึ้นรูปจริง

ในการบ่มขึ้นรูปชิ้นงานจริง ได้ทำการติดตั้งแม่พิมพ์บนเครื่องบ่มโลหะ จากนั้นก็ทำการปรับระยะชักของเครื่องบ่มโลหะให้ได้ความสูงในระดับของแม่พิมพ์ในตำแหน่งเปิดและปิด และเคลื่อนที่แม่พิมพ์ตัวบนลงมาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการใช้งาน เมื่อปรับแม่พิมพ์เสร็จแล้วก็ดำเนินการบ่มขึ้นรูปชิ้นงานจริง

6. การศึกษาเวลาที่ใช้ในการบ่มขึ้นรูปของชิ้นงานและคุณภาพของชิ้นงาน

6.1 เวลาที่ใช้ในการบ่มขึ้นรูปของชิ้นงาน

ในการบ่มขึ้นงานจะใช้เวลา 10 วินาทีต่อชิ้นที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

6.2 การศึกษาคุณภาพของชิ้นงาน

6.2.1 การหารัศมีความโค้งของชิ้นงาน

ขนาดที่ยอมให้ผิดพลาด $2.78^{\pm 0.2}$ มิลลิเมตร

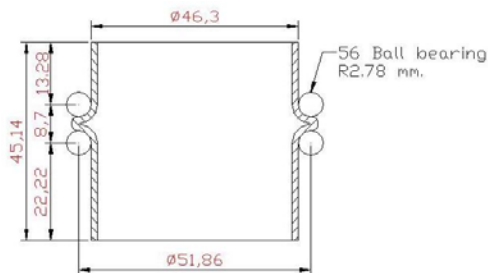
6.2.2 การหาขนาดระยะห่างเส้นผ่านศูนย์กลางกลางของลูกปืนที่ตำแหน่งกระเปาะชิ้นงาน

ขนาดที่ยอมให้ผิดพลาด $8.7^{\pm 0.2}$ มิลลิเมตร

6.2.3 การหาขนาดความสูงของชิ้นงานจากฐานล่างของชิ้นงานถึงตำแหน่งของจุดศูนย์กลางของลูกปืนตัวล่างขนาดที่ยอมให้ผิดพลาด $22.22^{\pm 0.2}$ มิลลิเมตร

6.2.4 การหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูในของชิ้นงานขนาดที่ยอมให้ผิดพลาด $43.3^{\pm 0.2}$ มิลลิเมตร

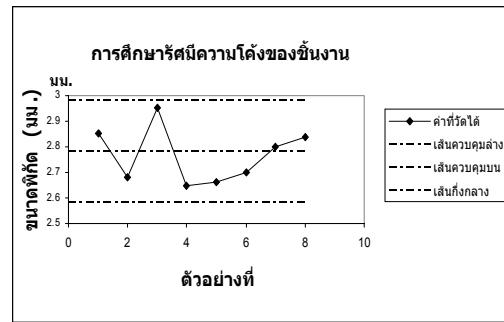
6.2.5 การศึกษารอยตำหนิ ซึ่งได้แก่ การศึกษาผิวนอกของชิ้นงานตรงบริเวณที่รองรับลูกปืน



รูปที่ 4 รูปชิ้นงานที่ทำการตรวจสอบ

6.3 ผลที่ได้จากการศึกษาคุณภาพของชิ้นงาน

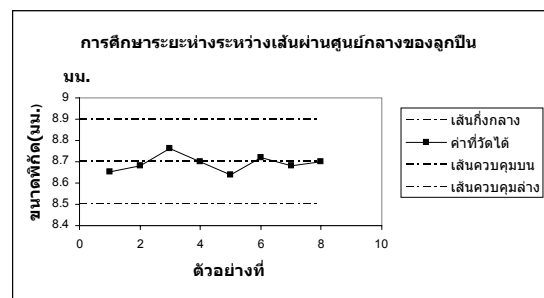
6.3.1 การศึกษารัศมีความโค้งของชิ้นงาน



รูปที่ 5 ขนาดรัศมีความโค้งของชิ้นงาน

สรุปผล : ชิ้นงานที่ผลิตได้มีรัศมีความโค้งของชิ้นงานอยู่ในขนาดที่ยอมรับได้

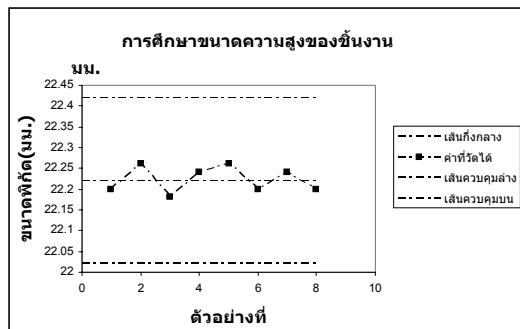
6.3.2 การศึกษาระยะห่างระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางกลางของลูกปืนที่ตำแหน่งกระเปาะชิ้นงาน



รูปที่ 6 ระยะห่างระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางกลางของลูกปืนที่ตำแหน่งกระเปาะชิ้นงาน

สรุปผล : การศึกษาระยะห่างระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางกลางของลูกปืนที่ตำแหน่งกระเปาะชิ้นงานอยู่ในขนาดที่ยอมรับได้

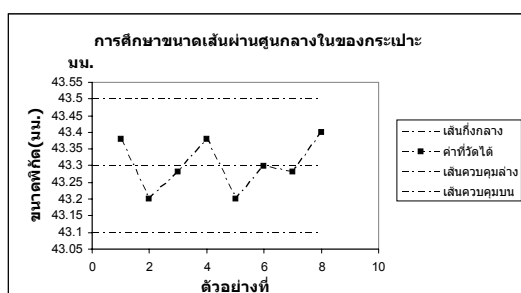
6.3.3 การศึกษาขนาดความสูงของชิ้นงานจากฐานล่างของชิ้นงานถึงตำแหน่งของจุดศูนย์กลางของลูกปืนตัวล่าง



รูปที่ 7 ขนาดความสูงของชิ้นงานจากฐานล่างของชิ้นงาน ถึงตำแหน่งจุดศูนย์กลางของลูกปืนตัวล่าง

สรุปผล : การศึกษาขนาดความสูงของชิ้นงานจากฐานล่างของชิ้นงานถึงตำแหน่ง ของจุดศูนย์กลางของลูกปืนตัวล่าง อยู่ในขนาดที่ยอมรับ

6.3.4 การศึกษาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูในของชิ้นงาน



รูปที่ 8 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูในของชิ้นงาน

สรุปผล : การศึกษาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูในของชิ้นงานอยู่ในขนาดที่ยอมรับได้

6.3.5 การศึกษารอยตำหนิ

ได้หยิบชิ้นงานขึ้นมาตรวจสอบพินิจจำนวน 10 ชิ้น ไม่พบรอยตำหนิที่ผิวนอกของชิ้นงานตรงตำแหน่งที่รองรับลูกปืน

7. ต้นทุนการผลิตแม่พิมพ์ จุดคุ้มทุน และประโยชน์ที่ได้รับ

ในการผลิตแม่พิมพ์ผลิตชิ้นงานปารองรับลูกปืน เพื่อเพิ่มผลผลิตมีต้นทุนการผลิตแม่พิมพ์ 42,372 บาท ต้นทุนที่ใช้ในการผลิตชิ้นงาน 2.34 บาทต่อชิ้น ราคาขายชิ้นงาน 4 บาทต่อชิ้น ดังนั้น จุดคุ้มทุนอยู่ที่ปริมาณการผลิต 22,560 ชิ้น ผลิตได้วันละ 2,880 ชิ้น จะใช้เวลาในการผลิต 35 วัน ส่วนประโยชน์ที่ได้รับเมื่อเปรียบเทียบกับการผลิตแม่พิมพ์ตัวเก่า ใช้เวลาในการผลิตเดือนละ 93,600 ชิ้นแต่มีของเสียเกิดขึ้น 20 เปอร์เซนต์ ดังนั้น จะขายได้เป็นเงิน 299,520 บาทต่อเดือน ส่วนแม่พิมพ์ตัวใหม่ สามารถผลิตได้โดยไม่มีของเสียเลย คือผลิตได้เดือนละ 74,880 ชิ้น ขายได้เป็นจำนวนเงิน 299,520 บาทต่อเดือน เมื่อเปรียบเทียบแล้วสามารถทำกำไรเพิ่มขึ้นได้เดือนละ 74,880 บาท

8. สรุป

จากการที่นักศึกษาได้ไปฝึกงานภาคฤดูร้อนปีการศึกษา 2545 ที่ ห้างหุ้นส่วน เอส พี ชัตเตอร์ นักศึกษาได้พบเห็นปัญหาชิ้นส่วนประตุม้วนที่เรียกว่าปารองรับลูกปืนมีปัญหาในการผลิต โดยจะมีรอยตำหนิเกิดขึ้นจากการขึ้นรูปโดยเนื้อโลหะจะนูนเข้าด้านในของท่อตรงบริเวณกระเปาะตรงกลางท่อที่ตีย่นทำให้ไม่สามารถนำท่อนั้นไปสวมกับเพลลาได้ นอกจากนั้นกระเปาะตรงกลางท่อก็ไม่อยู่ในแนวระดับเดียวกัน โดยมีของเสียเกิดขึ้น จำนวน 20 เปอร์เซนต์ ดังนั้นจึงได้หาวิธีการในการแก้ปัญหา โดยการออกแบบและผลิตแม่พิมพ์ปารองรับลูกปืนขึ้นมาใหม่โดยอาศัยหลักการของการทำแม่พิมพ์ชุดตายเป็นสองซีกปิดและเปิดได้ และทำโพรงแบบเป็นกระเปาะตรงกลางด้านใน จากนั้นก็จะใส่ชิ้นงานและเพลลาซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในของชิ้นงานเข้าไปในแม่พิมพ์ชุดนี้ และใช้พันธิตย่นที่หัวชิ้นงานเพื่อให้ชิ้นงานไหลไปตามโพรงแบบที่ตาย จากนั้นจะดึงเพลลาที่สวมอยู่ออกพร้อมทั้งเปิดแม่พิมพ์เพื่อนำชิ้นงานออกมา เมื่อออกแบบแม่พิมพ์เสร็จก็ได้ทำการสร้างแม่พิมพ์และทดสอบการใช้งานของแม่พิมพ์ ปรากฏว่ามีปัญหาเกิดขึ้นที่ชิ้นงานคือ

ครีปของชิ้นงานที่ถูกตัดและรอยตะเข็บที่ได้จากการเชื่อมที่ชิ้นงานเพื่อทำเป็นท่อ ทำให้ชิ้นงานที่ขึ้นรูปแล้วมีรอยเสียดสีที่ด้านข้างของชิ้นงาน จึงแก้ปัญหาโดยการใช้ตะไบถูครีป และรอยเชื่อมที่ตะเข็บชิ้นงานไม่ให้หลุดออกมา ในการขึ้นรูปชิ้นงานใช้เวลาในการขึ้นรูป 10 วินาทีต่อชิ้นที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ส่วนการศึกษาคุณภาพของชิ้นงาน โดยการวัดขนาดของชิ้นงานที่ 4 ตำแหน่ง พบว่าขนาดของชิ้นงานที่ได้จากการขึ้นรูปมีขนาดที่ยอมรับได้ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ และไม่มีรอยตำหนิเกิดขึ้นบนชิ้นงาน สำหรับต้นทุนในการผลิตแม่พิมพ์ จะเสียค่าใช้จ่าย 42,372 บาท ต้นทุนในการผลิตชิ้นงาน 2.34 บาทต่อชิ้น ราคาขายชิ้นงานชิ้นละ 4 บาท จุดคุ้มทุนของชิ้นงานอยู่ที่ปริมาณการผลิต 22,560 ชิ้น สามารถผลิตชิ้นงานได้วันละ 2,880 ชิ้น ซึ่งต้องใช้เวลาในการผลิต 35 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับแม่พิมพ์ตัวเก่า ถ้าใช้แม่พิมพ์ตัวใหม่ผลิตชิ้นงาน จะไม่มีของเสียเลย สามารถทำกำไรเพิ่มขึ้นได้เดือนละ 74,800 บาท

9. กิตติกรรมประกาศ

ในการทำโครงการนี้ ผู้ทำโครงการได้รับทุนอุดหนุนจาก

- 9.1 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงการอุตสาหกรรมสำหรับปริญญาตรี ประจำปี 2546
- 9.2 ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอส. พี. ซัตเตอร์ส 112/6,8 ซอยวิสุทธิจิตต์ ถนนเอกชัย จอมทอง กรุงเทพฯ 10150

10. เอกสารอ้างอิง

- 10.1 ครรชิต หวานเงิน ธวัชชัย ถนอมรูป เอกวิทย์ พรหมอิทธิ (2544) การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์เจาะรูด้านข้าง(Side Cam Die) ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องมือและวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

- 10.2 จุลศิริ ศรีงามผ่อง (2541) วิศวกรรมงานแม่พิมพ์ขึ้นรูปโลหะเบื้องต้น พิมพ์ครั้งที่ 8 งานเอกสารและการพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต กรุงเทพฯ
- 10.3 ชาญชัย ทรัพย์การ ประสิทธิ์ สวัสดิธรรม, วิรุฬห์ ประเสริฐวรรณ (2545) การออกแบบแม่พิมพ์ สยามส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น) กรุงเทพฯ
- 10.4 ธนรัตน์ แต้วพัฒนา มณฑล แสงประไพพิทย (2546) กรรมวิธีการผลิต ซีเอ็ดดูเคชั่น กรุงเทพฯ
- 10.5 บริษัทอินเตอร์ทูลเทคโนโลยี จำกัด (2544) ชิ้นส่วนมาตรฐานแม่พิมพ์ปั๊มโลหะ
- 10.6 รศ.บรรเลง ศรีนิล ผศ.ประเสริฐ ก้วยสมบูรณ์ (2524) ตารางงานโลหะ หน้า 124-164
- 10.7 Danicl B.Dallas, (1976) Tool & Manufacturing Engineers Handbook, 3rd, McGraw-Hill, New York, PP.15-78
- 10.8 Ferdinand P. Beer, Johnston E. Russell, John T. Dewolf, (2001) Mechanics of Meterial, 3rd, McGraw-Hill, New York, PP. 462-464
- 10.9 Wick.Charles, Johe T. Benedict, Raymond F. Veilleux (1984) Tool and Manufecturing Engineers Handbook, 4th, Society of Manufacturing Engineers, Michigan, PP 7-8