

การปรับปรุงแม่พิมพ์ต่อเนื่องเพื่อผลิตตัวลอคฝาหม้อหุงข้าวไฟฟ้า

โชคชัย ศรีมงคล ถาวร ปอจง ทรงวุฒิ ไชยธรรม และ วารุณี เปรมานนท์*
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องมือและวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
E-mail : varunee.pre@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงแม่พิมพ์ต่อเนื่องเพื่อผลิตตัวลอคฝาหม้อหุงข้าวไฟฟ้าซึ่งทำจากวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิมเกรดเฟอริติก (SUS430) ความหนา 1.2 มิลลิเมตร ให้ได้ขนาดความสูงตามที่ต้องการ โดยไม่ต้องผ่านขั้นตอนของการแก้ไข จากการวิเคราะห์ปัญหาพบว่ามีสาเหตุมาจากการติดตัวกลับของโลหะในแต่ละขั้นตอนของการขึ้นรูป โดยทำการศึกษาผลของการติดตัวกลับและทำการปรับปรุงแม่พิมพ์โดยทำการออกแบบแม่พิมพ์และสร้างแม่พิมพ์โดยอาศัยหลักการทางวิศวกรรมเข้ามาช่วยในการออกแบบในขั้นตอนในการดัดขึ้นรูปทำให้สามารถแก้ปัญหาการติดตัวกลับของชิ้นงานได้

คำสำคัญ : การดัด, การติดตัวกลับ, แม่พิมพ์ต่อเนื่อง, งานปั๊ม
Keywords: Bending, Springback, Progressive die, Stamping.

บทนำ

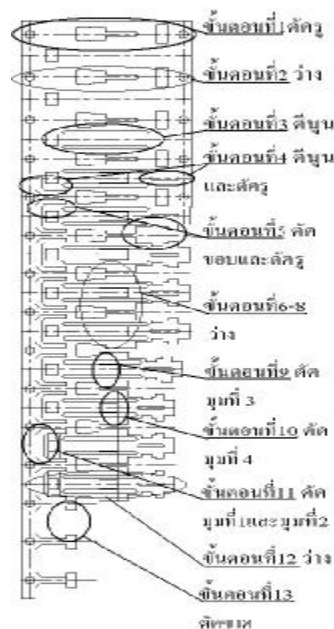
โครงการนี้ได้จัดทำขึ้นโดยมีบริษัท บุญส่งพาณิชย์ จำกัด ให้ความสนับสนุนการเข้าทำงานวิจัย โดยจะเข้าทำการปรับปรุงแม่พิมพ์ต่อเนื่องที่ใช้ในการขึ้นรูปตัวลอคฝาหม้อหุงข้าวไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 1 ในการผลิตตัวลอคฝาหม้อหุงข้าวไฟฟ้าซึ่งจะมีปัญหาในส่วนของขั้นตอนการดัดขึ้นรูปเนื่องมาจากการติดตัวกลับของชิ้นงานหลังจากการขึ้นรูป ทำให้ชิ้นงานตัวลอคฝาหม้อหุงข้าวไฟฟ้าไม่ได้ขนาดตามพิกัดที่ต้องการ จึงทำให้เกิดโครงการวิจัยนี้ขึ้นมา เพื่อทำการวิเคราะห์ปัญหาที่มีผลต่อการดัดขึ้นรูปของชิ้นงานตัวลอคฝาหม้อหุงข้าวไฟฟ้า โดยจะทำการออกแบบแม่พิมพ์เพื่อทำการทดลองการดัดขึ้นรูป และทำการเก็บข้อมูลผลจากการทดลองเพื่อนำไปเป็นข้อมูลพื้นฐานในการปรับปรุงแม่พิมพ์ที่มีลักษณะต่อไปนี้



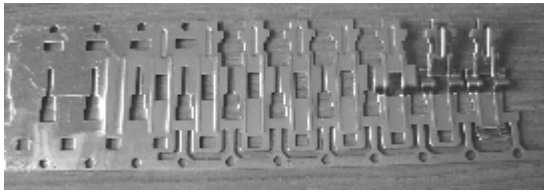
รูปที่ 1 ชิ้นงานตัวลอคฝาหม้อหุงข้าวไฟฟ้า

1. การวิเคราะห์สภาพปัญหาเบื้องต้น

แม่พิมพ์ที่ใช้ในการผลิตตัวลอคฝาหม้อหุงข้าวไฟฟ้าเป็นแบบแม่พิมพ์ต่อเนื่อง (Progressive die) ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานทั้งหมด 13 ขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 2 และรูปที่ 3

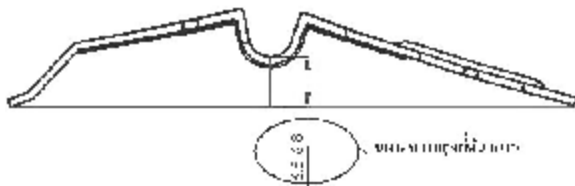


รูปที่ 2 แสดงขั้นตอนการทำงานทั้ง 13 ขั้นตอน



รูปที่ 3 แสดงชิ้นงานที่ทำขึ้นรูปจริงทั้ง 13 ขั้นตอน

จากการเก็บข้อมูลการผลิตตัวล้อคฝามือหุงข้าวไฟฟ้า พบว่าชิ้นงานที่ทำการผลิตได้มีขนาดความสูงไม่ตรงตามพิกัดที่ต้องการ ซึ่งขนาดความสูงที่ต้องการมีขนาดอยู่ที่ 6.5 ถึง 6.8 มิลลิเมตรที่ตำแหน่งตามที่แสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงความสูงของชิ้นงานที่ต้องการ

สาเหตุเบื้องต้นที่ทำให้ไม่ได้ขนาดความสูงที่ต้องการคือแบบชิ้นงานที่ใช้อยู่กำหนดขนาดไม่ถูกต้อง จึงทำการแก้ไขในส่วนของแบบชิ้นงาน หลังจากนั้นทำการตรวจสอบแม่พิมพ์ที่ใช้ในการผลิต หลังจากทำการตรวจสอบพบว่าแม่พิมพ์ไม่สามารถทำการผลิตชิ้นงานให้มีขนาดที่ต้องการได้ แต่ขนาดที่แม่พิมพ์สามารถทำการผลิตได้จะมีขนาดความสูงอยู่ที่ประมาณ 7.42 มิลลิเมตรดังแสดงในรูปที่ 5



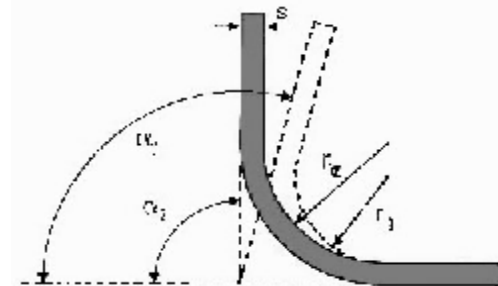
รูปที่ 5 แสดงความสูงของชิ้นงานที่ได้จากแม่พิมพ์เดิม

ปัจจุบันการแก้ปัญหาดังกล่าวจะทำโดยการนำชิ้นงานที่ได้ไปทำการกดเพื่อลดขนาดความสูงอีก 1 ขั้นตอนเพื่อให้ได้ความสูงตามที่ต้องการ

จากการวิเคราะห์ปัญหาพบว่าความสูงที่ไม่ได้ขนาดเกิดเนื่องมาจากกลไกการติดตัวกลับของชิ้นงานที่เกิดจากกรรมวิธีการดัดขึ้นรูป ซึ่งเกิดในขั้นตอนที่ 9 , 10 และ 11 ดังแสดงในรูปที่ 2 ดังนั้นจึงนำเอากรรมวิธีการดัดมากกว่าความต้องการ (Overbending) มาใช้ในการแก้ปัญหาการติดตัวกลับของชิ้นงาน

2.ทฤษฎีการแก้ปัญหการติดตัวกลับด้วยวิธีดัดอมากกว่าความต้องการ (Overbending)

เมื่อมีการออกแบบบดายในการดัดตั้งแสดงลักษณะการติดตัวกลับในรูปที่ 6 ต้องคำนึงถึงการเกิดการติดตัวกลับ (Springback) ด้วยโดยค่ามุมดัดที่ตาย (α_1) ที่เปลี่ยนไปจะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุและอัตราส่วนระหว่างรัศมีการงอกับความหนาของวัสดุ (r/s) โดยจะหาค่าคงที่ของการติดตัวกลับ (Springback factor: K_R) มุมและรัศมีที่เปลี่ยนไปได้จากสมการที่ 1 และสมการที่ 2 (Schuler, 1998)



รูปที่ 6 แสดงการติดตัวกลับของชิ้นงาน

$$K_R = \frac{\alpha_2}{\alpha_1} = \frac{r_{i1} + 0.5s}{r_{i2} + 0.5s} \quad (1)$$

α_1 = มุมตายก่อนการติดตัวกลับ (องศา)

α_2 = มุมที่ชิ้นงานหลังติดตัวกลับ (องศา)

S = ความหนาของวัสดุ (มม)

r_{i1} = รัศมีภายในของในดวยวัสดุ (มม)

r_{i2} = รัศมีภายในของชิ้นงาน (มม)

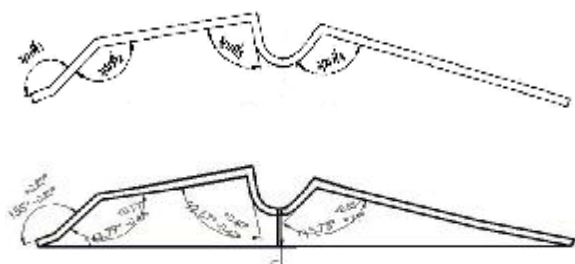
$$r_{i1} = \frac{r_{i2}}{1 + \frac{r_{i2} \times \sigma_u}{s \times E}} \quad (2)$$

σ_u = ค่าความแข็งแรงดึงสูงสุดของวัสดุ (นิวตัน/มม²)

E = ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของวัสดุ (นิวตัน/มม²)

3.แนวทางการปรับปรุงแม่พิมพ์

จะทำการออกแบบและรัศมีของพื้นที่และตายที่ใช้ในการตัดชั้นตอนที่ 9,10 และ 11ใหม่ตามทฤษฎีการแก้ปัญหาการติดตัวกลับ ซึ่งชั้นตอนที่ 9 จะเป็นการตัดมุมที่ 3 ชั้นตอนที่10 จะเป็นการตัดมุมที่ 4 และชั้นตอนที่ 11 จะเป็นการตัดมุมที่1 และมุมที่2 ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 แสดงมุมของชิ้นงานที่ทำการออกแบบ

โดยจะทำการหามุมที่จะทำการตัดจากการหาค่าคงที่ของการติดตัวกลับของชิ้นงาน โดยพิจารณาจากมุมของชิ้นงานที่ถูกตัดกับมุมที่ใช้ในการตัดของแม่พิมพ์ชุดเดิมมาหาค่าคงที่ของการติดตัวกลับของชิ้นงาน ซึ่งได้ค่า K_R เท่ากับ 0.89 สำหรับชิ้นงานนี้เพื่อที่จะนำไปทำการออกแบบแม่พิมพ์ โดยมุมที่ได้จากการออกแบบแสดงไว้ในตารางที่ 1

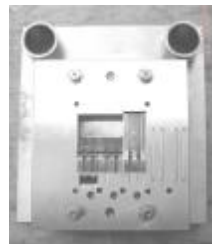
ตารางที่ 1 มุมและรัศมีของแม่พิมพ์จากการออกแบบ

มุมที่ชิ้นงาน	มุมที่การตัด (องศา)	รัศมี (มม)
มุมที่ 1	28.1	0.49
มุมที่ 2	40.68	0.49
มุมที่ 3	92.57	3.24
มุมที่ 4	107.8	1.69

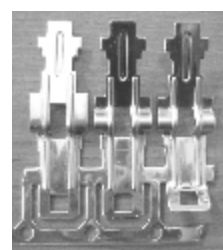
4. การดำเนินงาน

ทำการสร้างแม่พิมพ์ตัดขึ้นรูป ตามมุมและรัศมีที่ได้ออกแบบไว้ในตารางที่ 1 ซึ่งแม่พิมพ์ที่ได้จะเป็นแม่พิมพ์แบบต่อเนื่อง(Progressive die) จะทำการตัดขึ้นรูปทีละ

ชั้นตอนคือชั้นตอนที่ 9, 10 และ11 ดังแสดงในรูปที่ 9 ในการตัดขึ้นรูปชิ้นงานจะใช้แผ่นชิ้นงานทดสอบ ซึ่งได้มาจากแผ่นชิ้นงานที่ทำการตัดขึ้นรูปมาจากบริษัทดังแสดงในรูปที่ 10 จะทำการตัดขึ้นรูปโดยเครื่องปั๊มไฮดรอลิก (Hydraulic Press) และทำการตรวจสอบขนาดความสูงโดยใช้เวอร์เนียวัดความสูง (Vernier Height Gauge) และวัดขนาดมุมต่างด้วยเครื่องวัดโปรไฟล์โปรเจกเตอร์ (Profile Projector)



รูปที่ 9 แสดงแม่พิมพ์ตัดชุดบนและชุดล่าง (ชั้นตอนที่ 9 ,10 และ11)

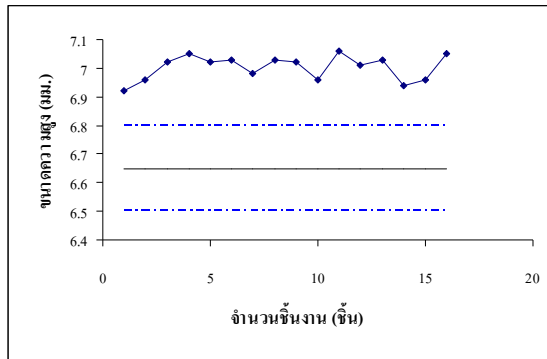


รูปที่ 10 แสดงชิ้นงานทดสอบและขั้นตอนการตัด

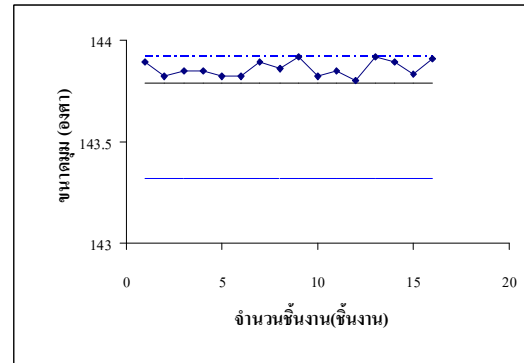
5. ผลการดำเนินงาน

5.1 การศึกษาขนาดความสูงของชิ้นงาน

ผลการวัดความสูงของชิ้นงานที่ทำการตัดขึ้นรูปชิ้นงาน เมื่อทำการเปรียบเทียบกับพิกัดขนาดความสูงของชิ้นงานตามรูปที่ 4 ดังนั้นแสดงว่าขนาดความสูงของชิ้นงานไม่อยู่ในพิกัดที่ต้องการดังแสดงในรูปที่ 11



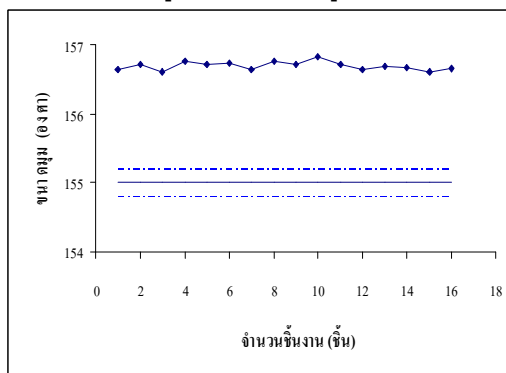
รูปที่ 11 ค่าความสูงของชิ้นงานที่ก่อนหน้าตรวจสอบ



รูปที่ 13 แสดงค่าขนาดมมที่ 2

5.2 ผลของการวัดขนาดมมที่ 1

ผลการวัดขนาดของมมที่ 1 ของชิ้นงานที่ทำการตัด ขึ้นรูปพบว่าชิ้นงานมีมมไม่อยู่ในช่วงพิกตควบคุมที่ต้องการดังแสดงในรูปที่ 12 ดังนั้นแสดงว่าขนาดของมมที่ 1 ของการตัดขึ้นรูปมีผลต่อความสูงของชิ้นงาน



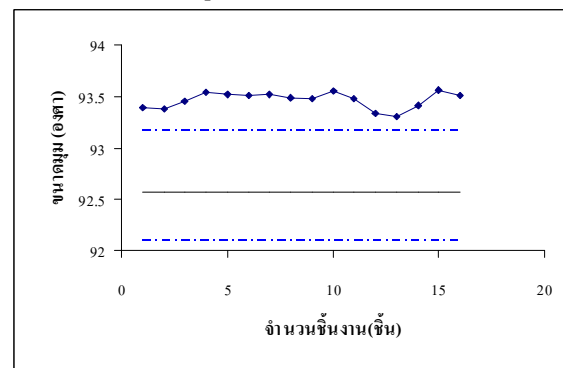
รูปที่ 12 แสดงค่าขนาดของมมที่ 1

5.3 ผลของการวัดขนาดมมที่ 2

ผลการวัดขนาดของมมที่ 2 ของชิ้นงานที่ทำการตัด ขึ้นรูปพบว่าชิ้นงานมีมมอยู่ในช่วงพิกตควบคุมที่ต้องการดังแสดงในรูปที่ 13

5.4 ผลของการวัดขนาดมมที่ 3

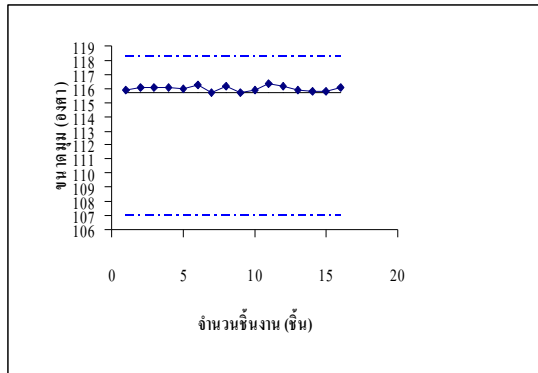
ผลการวัดขนาดของมมที่ 3 ของชิ้นงานที่ทำการตัด ขึ้นรูปพบว่าชิ้นงานมีมมไม่อยู่ในช่วงพิกตควบคุมที่ต้องการดังแสดงในรูปที่ 14



รูปที่ 14 แสดงค่าขนาดมมที่ 3

5.5 ผลของการวัดขนาดมมที่ 4

ผลการวัดขนาดของมมที่ 2 ของชิ้นงานที่ทำการตัด ขึ้นรูปพบว่าชิ้นงานมีมมอยู่ในช่วงพิกตควบคุมที่ต้องการดังแสดงในรูปที่ 15



รูปที่ 15 แสดงค่าขนาดม้วนที่ 4

5.6 การปรับปรุงแม่พิมพ์ครั้งที่ 2

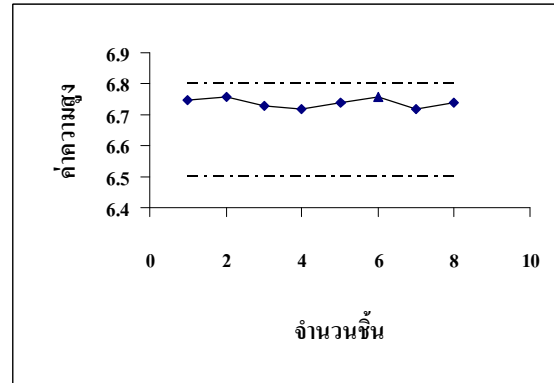
จากผลการทดลองจะเห็นว่าขนาดความสูงที่ได้ไม่อยู่ในช่วงที่สามารถย้อมรับได้และยังพบว่าม้วนที่ 1 และม้วนที่ 3 ไม่อยู่ในช่วงพิกัดควบคุมที่ต้องการ จึงได้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุโดยทำการวัดขนาดของแม่พิมพ์ที่ผลิตขึ้น พบว่าเกิดความผิดพลาดในการผลิตไม่ได้ตามแบบที่ต้องการ โดยในส่วนของปัญหาที่เกิดขึ้นม้วนที่ 1 จะส่งผลกระทบต่อความสูงของชิ้นงานเนื่องจากม้วนที่ได้จากชิ้นงานมีขนาดมากกว่าขนาดที่ต้องการจึงทำให้ความสูงของชิ้นงานมีค่ามากขึ้นตามไปด้วย ในส่วนของม้วนที่ 3 ของชิ้นงานจะมีผลกระทบต่อความสูงของชิ้นงานน้อยกว่าม้วนที่ 1 โดยม้วนที่ 3 ของชิ้นงานมีขนาดม้วนมากกว่าขนาดม้วนที่ทำการออกแบบไว้มีผลทำให้ความสูงของชิ้นงานลดลง

ตารางที่ 2 แสดงม้วนการเปรียบเทียบม้วน

ม้วน	ม้วนการวัด (องศา)	ขนาดม้วนพื้นที่ทำการออกแบบ (องศา)	ขนาดม้วนพื้นที่ได้จากการผลิต (องศา)
ม้วนที่ 1	28.1	151.9	152.69
ม้วนที่ 2	40.68	139.32	139.5
ม้วนที่ 3	92.57	92.57	92.74
ม้วนที่ 4	107.82	107.79	107.79

ในส่วนของการแก้ไข จะทำการแก้ไขในส่วนของม้วนที่ 1 ขึ้นใหม่ให้ได้ขนาดตามที่ทำการออกแบบไว้โดยจะแสดงขนาดที่ตารางที่ 2

ผลของขนาดความสูงของชิ้นงานที่ได้หลังจากทำการแก้ไข โดยมีขนาดความสูงแสดงในรูปที่ 16



รูปที่ 16 แสดงขนาดความสูงของชิ้นงานที่ได้จากการแก้ไข โดยมีช่วงพิกัดควบคุม 6.5-6.8 มม

6.อภิปรายผลผลการดำเนินงาน

จากผลการทดลอง มีขนาดของความสูงของชิ้นงานที่ได้จากการทดลองไม่อยู่ในช่วงขนาดพิกัดที่ต้องการในส่วนของการผิดพลาดเนื่องจากมีผลกระทบมาจากม้วนที่ 1 และม้วนที่ 3 ของชิ้นงานที่ได้จากการตัดมีขนาดม้วนไม่อยู่ในพิกัดควบคุมเนื่องมาจากขนาดของม้วน ตัวพื้นที่และตายที่ใช้ในการตัดมีขนาดผิดพลาดเมื่อเทียบกับขนาดที่ได้ทำการออกแบบ เนื่องมาจากขนาดความเที่ยงตรงของเครื่องจักรที่ใช้ในการตัดพื้นที่และตาย ทำให้ส่งผลต่อขนาดความสูงของชิ้นงานที่ต้องการดังนั้นจึงได้มีการแก้ไขในส่วนของปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อที่จะได้ขนาดความสูงของชิ้นงานตามค่าพิกัดที่ต้องการ

7.สรุปผลการดำเนินงาน

ผลจากการออกแบบแม่พิมพ์และสร้างแม่พิมพ์เพื่อปรับปรุงตัวล้อคฝามือหุงข้าว โดยการนำทฤษฎีการตัดตัวกลับเข้ามาร่วมพิจารณาในการออกแบบแม่พิมพ์สามารถช่วยในการแก้ปัญหาการตัดตัวกลับด้วยวิธีตัดงอมมากกว่าความต้องการ (Overbending) สามารถช่วยแก้ปัญหาการตัดตัวกลับของตัวล้อคฝามือหุงข้าวได้ โดยค่าความสูงอยู่ในช่วงพิกัดที่กำหนดทำให้สามารถช่วยลดขั้นตอนการนำไปทำการกดลดความสูงได้

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เพราะได้รับความกรุณาเอื้อเฟื้อจากบุคคลต่างๆในการให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษาในข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการทำวิทยานิพนธ์นี้ และอำนวยความสะดวกในการทำงานตลอดจนการให้ทุนในการสนับสนุนการจัดทำวิทยานิพนธ์ ซึ่งมีดังนี้

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงการอุตสาหกรรมสำหรับปริญญาตรี ประจำปี 2546 ที่ให้การสนับสนุนทุนในการทำวิทยานิพนธ์

คุณถาวร แดงรุ่งโรจน์ กรรมการผู้จัดการบริษัทบุญส่งพีริชชีน ชัพพราย จำกัด ช่วยให้ความสะดวกในการเข้าไปทำโครงการ

เอกสารอ้างอิง

- จิตติมา มณีกอบกุลวงศ์ และ รุ่งนภา แดงรุ่งโรจน์
, 2544, อิทธิพลของการกระด้างตัวกลับของ
ชิ้นงานในการดัดงอขึ้นรูป, วิทยานิพนธ์ปริญญา
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรม
เครื่องมือและวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
จุลศิริ ศรีงามผ่อง, 2541, วิศวกรรมงานแม่พิมพ์ขึ้น
รูปโลหะแผ่นเบื้องต้น, พิมพ์ครั้งที่ 8, กรุงเทพฯ,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, หน้า 4.1 – 5.17
Eary,D.F.,and Reed, E.A.,1958, Techniques of
Pressworking Sheet Metal ,New Jersey:Prentice
Hall, INC, Engle Wood Cliffs, pp.56-75
Schuler, G., 1998 ,Metal Forming Handbook,
Springer, New York, pp. 366-388.
Suchy, I.,1998,Handbook of Die Design, McGraw-
Hill, New York, pp.8.1-8.43.
Japanese Standards Association ,2001,JIS
Handbook , pp.127-132.