# การศึกษาการดีดตัวหลังการขึ้นรูปแบบบิดตัวภายใต้เงื่อนไขมุมบิดด้านล่างของชิ้นงานที่แตกต่างกัน

# THE STUDY OF SPRINGBACK AFTER A JOG FORMING UNDER CONDITIONS OF DIFFERENT BELOW BEND ANGLE

**สุชุม คุ้มวงศ์ / ดิลก ศรีประไพ**
**มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี**

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการดีดตัวกลับ ในการขึ้นรูปแบบบิดตัวภายใต้เงื่อนไขมุมบิดด้านล่างของชิ้นงานที่แตกต่างกัน โดยการประยุกต์เทคนิคการขึ้นรูป เรลเฟรม ของกระบวนการผลิตตัวชัชซีส(Chassis) ยานยนต์ ทำการดัดขึ้นรูปตัวยูบิดมุมเท่ากับ 14 , 20 , 32 และ 37 องศา รัศมีพันช์และดาย 5 มม. วัสดุที่ใช้คือเหล็กรีดร้อน SAPH 440 ซึ่งมีคุณสมบัติในการดีดตัวกลับสูง มีความหนา 2.3 มม.

จากการทดลองพบว่าแรงที่ใช้ในการดัดงอเพิ่มขึ้นตามองศาการบิดตัวอย่างต่อเนื่อง ร้อยละ 3 การดีดตัวกลับของผนังชิ้นงานมีค่าเพิ่มขึ้นตามเงื่อนไขการบิดตัว ที่ผนังด้านซ้ายและขวาของชิ้นงานมีค่ามุมดีดตัวกลับอยู่ในช่วง ร้อยละ 2.71-3 และ ร้อยละ 5.65-7.85 ผลของการศึกษาการดีดตัวกลับ สามารถเข้าถึงปัญหาการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ และเป็นการให้ความรู้เชิงทฤษฎีอีกด้วย

**คำสำคัญ :** การดีดตัวกลับ, การขึ้นรูปแบบบิดตัว

## ABSTRACT

This research aims to study the springback. After a jog forming under conditions of different below bend angles. The application of techniques for forming a rail frame of the producing processes of Chassis vehicles to U-shaped bends and twist angles equal to 14, 20, 32 and 37 radius degree with Punch and Die of 5 mm. Material is hot-rolled steel “SAPH 440”, which also features a high back flip with a thickness of 2.3 mm.

The research shows that the force used to bend continue to increase for 3% follow the degree of distortion. Spring back of the wall parts have increased by the twisting the conditions. The left and right walls of the parts have the back flip angles in the range of 2.71-3% and 5.65-7.85% of the study. Finally “rebounded back study” can reach to the problems of components motor vehicles production as well as enhance the virtue theoretical knowledge.

**Key words:** Springback, jog forming

## บทนำ

ในปัจจุบันนี้ เทคโนโลยีการผลิตชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมยานยนต์ของประเทศไทย มีความเติบโตอย่างรวดเร็ว มีการพัฒนากระบวนการผลิตเพื่อตอบสนองแก่ลูกค้า ทันต่อเวลา และมีประสิทธิภาพสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้เทคโนโลยีการดัดขึ้นรูปโลหะมีบทบาท ในอุตสาหกรรมยานยนต์อย่างกว้างขวาง โดยวิธีการขึ้นรูปโลหะที่แตกต่างกันออกไปตามการออกแบบคุณสมบัติการใช้งาน และลดขั้นตอนการผลิตเพื่อให้ได้ชิ้นงานที่เหมือนกันและมีคุณภาพตรงตามมาตราฐานตามที่กำหนด หลังจากการดัดขึ้นรูปชิ้นส่วนพบว่าชิ้นส่วนมักมีขนาดไม่ตรงตามที่ออกแบบไว้ เกิดจากสมบัติทางกลของโลหะถูกเปลี่ยนรูปแต่มีการยืดหยุ่นกลับหรือมีความเค้นตกค้างในเนื้อวัสดุ และการออกแบบที่ไม่ถูกต้องของแม่พิมพ์ ในบทความนี้ได้นำเสนอปัญหาการดีดตัวกลับ (Springback) ของการผลิตชิ้นส่วนที่ขึ้นรูปด้วยการดัดโดยมุ่งเน้นไปที่การดัดขึ้นรูปแบบบิดตัว (Jog Forming) ของโลหะแผ่น SAPH440 ปัญหาที่เกิดขึ้นบ่อยในการขึ้นรูปโลหะแผ่น คือการดีดตัวกลับของวัสดุ เนื่องจากเกิดความเค้นบริเวณการงอไม่เท่ากันทุกจุดซึ่งหนึ่งในตัวแปรที่มีผลต่อการดีดตัวกลับก็คือ รัศมีของการงอดังช่องว่างแม่พิมพ์ดังนั้นจึงต้องมีการออกแบบแม่พิมพ์ให้เหมาะสม เนื่องจากชิ้นส่วนชัชซิส (Chassis) ที่เป็นชิ้นส่วนช่วงล่างของรถยนต์มีลักษณะเหมือนแหนบหรือสปริง โดยในการขึ้นรูป ชัชซิส เป็นชิ้นส่วนช่วงล่างรถยนต์ ได้เกิดปรากฏการณ์การดีดตัวกลับ หลังการขึ้นรูปแบบบิดตัว เนื่องมาจากในเนื้อโลหะยังมีความยืดหยุ่นเหลืออยู่ ซึ่งการดีดตัวกลับจะทำให้มุมของการดัด (bend angle) ลดลง และรัศมีด้านในของส่วนโค้งของแผ่นโลหะจะมีค่าเพิ่มขึ้น

ในงานวิจัยนี้จะศึกษาพฤติกรรมการดีดตัวกลับ (Spring back) ของโลหะแผ่นหลังการขึ้นรูปแบบบิดตัว ภายใต้เงื่อนไข มุมบิดด้านล่างของ Punch และ Die ที่แตกต่างกันไป

## วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาพฤติกรรมการดีดตัวกลับของโลหะแผ่น SAPH 440 หลังการขึ้นรูปแบบบิดตัว (jog forming) ภายใต้เงื่อนไข มุมบิดด้านล่างของ Punch และ Die ที่แตกต่างกัน

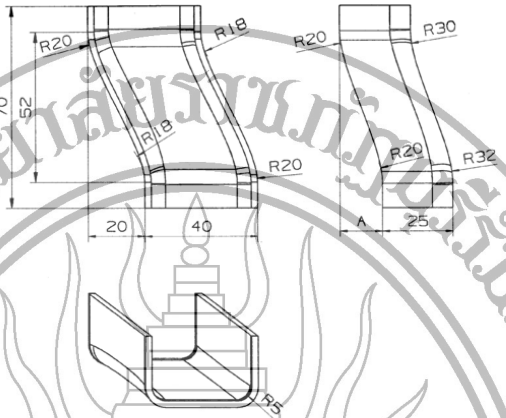
## วิธีการวิจัย

1. การดัดขึ้นรูปตัวยูแบบบิดตัว (Jog Forming) ที่มีลักษณะเปลี่ยนไปตามการบิดตัวด้านล่างของชิ้นงานของโลหะแผ่นรีดร้อน SAPH 440 มีลักษณะตามรูปที่ 2 เพื่อหาคุณสมบัติของวัสดุช่วงยืดหยุ่นบริเวณมุมดัดด้านในโดยใช้วิธีกดพับขึ้นรูปชิ้นงานบริเวณมุมดัดของชิ้นงาน เพื่อเปลี่ยนคุณสมบัติเชิงกลของโลหะจากช่วงยืดหยุ่น (Elastic) เป็นการเปลี่ยนรูปอย่างถาวร (Plastic Deformation)เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์และขอบเขตของงานวิจัยนี้ จำเป็นต้องทำการศึกษาเพื่อเก็บข้อมูลในการวิจัย และทำการทดลองเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาสรุปผลงานวิจัย โดยมีองค์ประกอบในการดำเนินงานวิจัยดังแสดงในภาพ 1

**ภาพ 1** ลำดับขั้นตอนวิธีการทำงานวิจัย

2. ลักษณะชิ้นงานที่ศึกษามีแนวคิดมาจากชัชซีส ของยานยนต์ที่รองรับภาระการบรรทุกของรถ ทั้งภาระสถิต และพลวัตร จึงต้องเป็นโครงสร้างที่มีประสิทธิภาพสูง แต่เนื่องจากชัชซีส มีรูปร่างที่ซับซ้อน จึงทำให้มีข้อจำกัดทางด้านการผลิตเพื่อให้ได้ชิ้นงานคุณภาพสูง ดังนั้น

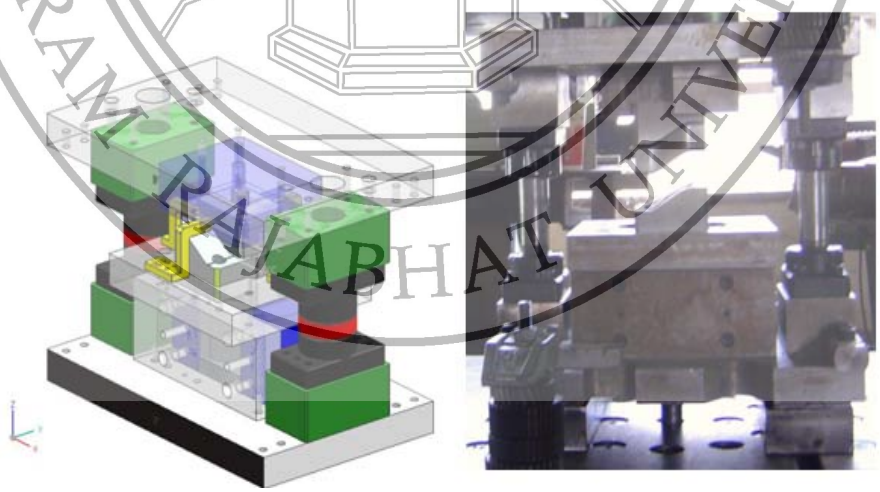
จึงมีแนวทางในการดำเนินการ ศึกษาและวิเคราะห์กระบวนการขึ้นรูปชัชซีส ที่มีองศาแตกต่างกัน ดังภาพ 2




| NO. | Part Name | A(mm) |
|---|---|---|
| 1 | JOG FORMING 14 | 10 |
| 2 | JOG FORMING 20 | 15 |
| 3 | JOG FORMING 32 | 25 |
| 4 | JOG FORMING 37 | 30 |

**ภาพ 2** ขนาดชิ้นงานที่ศึกษา

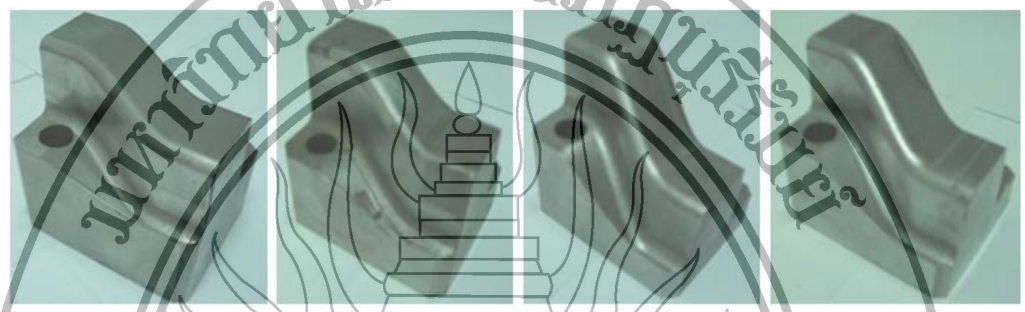
3. ชุดแม่พิมพ์ที่ใช้ในการทดลอง มี Die Height เท่ากับ 340 มิลลิเมตร ออกแบบมาเพื่อใช้งานกับเครื่องเพรสขนาด 150 ตัน แม่พิมพ์ออกแบบให้สามารถเปลี่ยนอินเสริท์ดายได้ดังภาพ 3



ก) ชุดแม่พิมพ์ในแบบจำลองสามมิติ ข) ชุดแม่พิมพ์ในแบบใช้งาน

รูปที่ 3 แม่พิมพ์ที่ใช้ในการทดลอง [1]

4. ชุดอินเสิร์ทพันช์และดาย วัสดุที่ใช้ทำชุดอินเสิร์ทพันช์และดายใช้เหล็กทำพิมพ์ SKD 11 ผ่านการชุบแข็งที่ค่า 60 ± 1 HRC มีทั้งหมด4ชุดโดยมีที่มุมบิดแตกต่างกัน 4 ระดับคือ 14, 20, 32, 37 องศาตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 4



ก) 14 องศา ข) 20 องศา ค) 32 องศา ง) 37 องศา

รูปที่ 4 ชุดอินเสิร์ทพันช์

ก) 14 องศา ข) 20 องศา ค) 32 องศา ง) 37 องศา

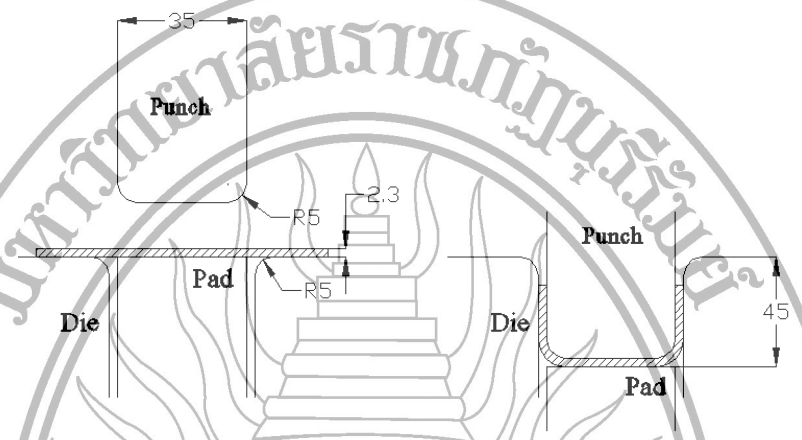
**ภาพ 5** ชุดอินเสิร์ทดาย

5. วัสดุชิ้นงานที่ใช้ในการทดลองทำจากเหล็กรีดร้อน SAPH 440 ความหนา 2.3 มิลลิเมตร โดย ลักษณะแผ่นคลี่ที่ใช้ในการทดสอบได้จากการคลี่ด้วยโปรแกรม DYNAFORM 5.6 ทั้งหมด 4 ชุด ได้แก่แผ่นชิ้นงานทดสอบมุมบิด 14, 20, 32, 37 องศา ดังแสดงในภาพ 6

14 องศา 20 องศา 32 องศา 37 องศา

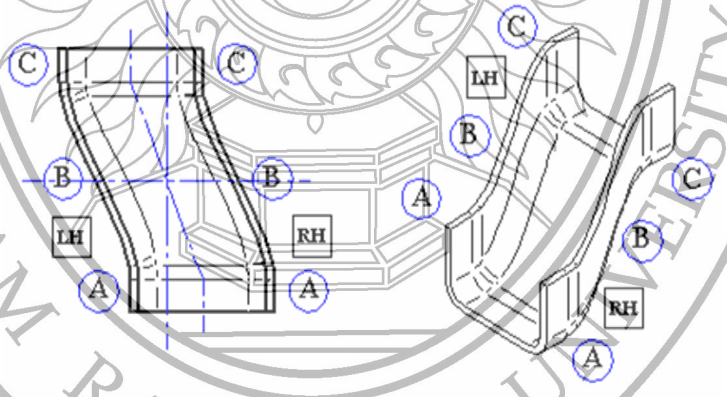
**ภาพ 6** แผ่นชิ้นงานทดสอบ

6. การวิเคราะห์การขึ้นรูป ต้องกำหนดเงื่อนไข โดยเคลื่อนที่พันซ์กดชิ้นงานด้วยความเร็ว 1500 mm/s ลงในดายในระยะ 45 mm ให้แผ่นกดชิ้นงานเคลื่อนที่ลงตามแรงของพันซ์




รูปที่ 7 ลักษณะการวิเคราะการขึ้นรูป [2]

7. การตรวจสอบชิ้นงาน วิธีการตรวจสอบชิ้นงานจะใช้เครื่อง CMM เพื่อหาค่าการดีดตัวกลับของแผ่นโลหะรูป แบบ JOG ดังแสดงในภาพ 8 ภายหลังจากนั้นบันทึกผลการตรวจสอบชิ้นงาน

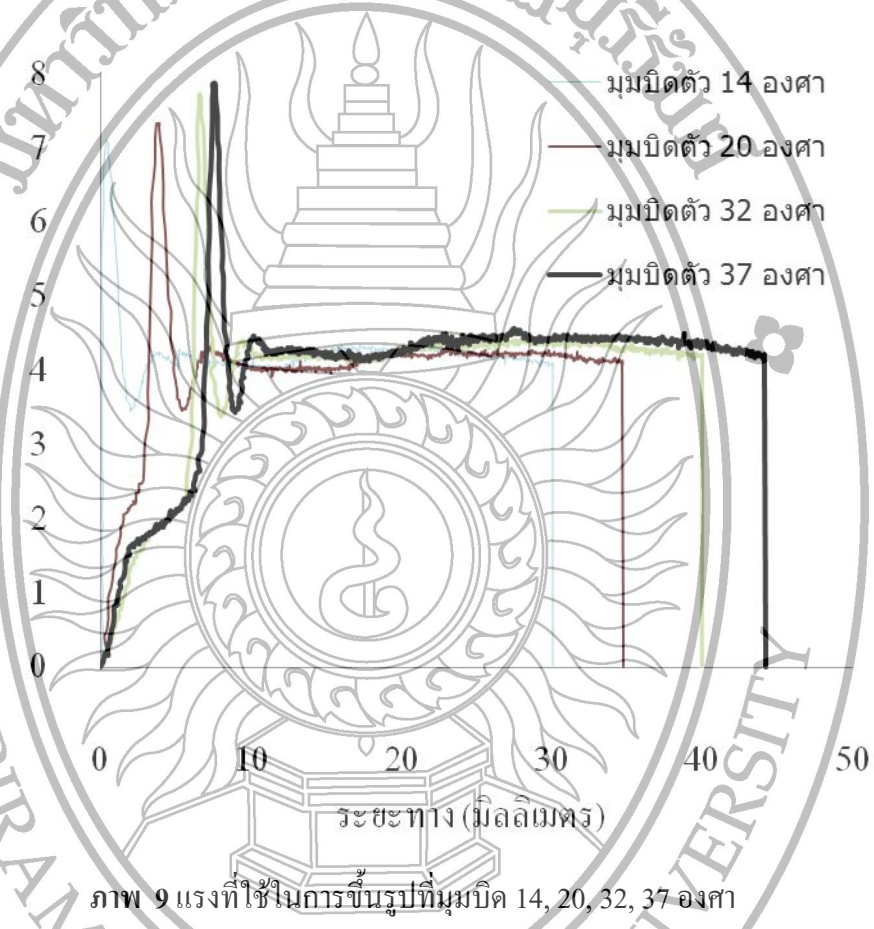



**ภาพ 8** ตำแหน่งจุดที่วัดชิ้นงานข้าง LH กับ RH [1]

## ผลการวิจัย

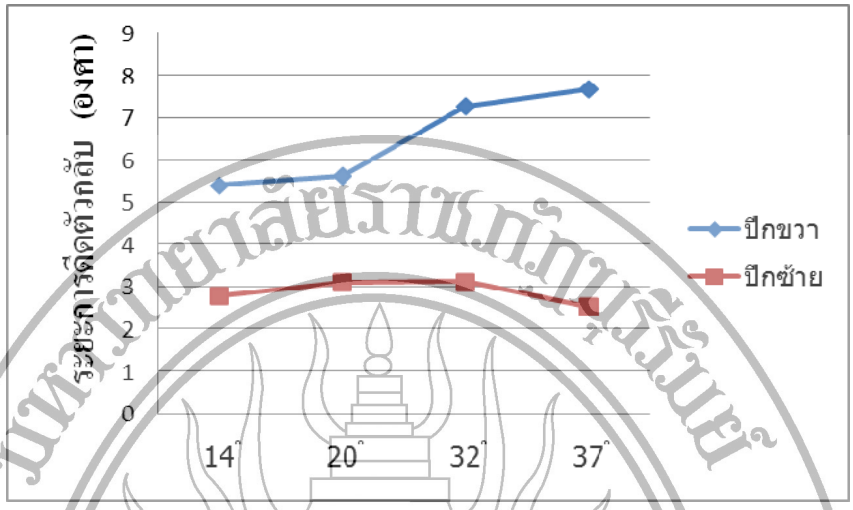
ผลการทดลองการขึ้นรูปแบบบิดตัวต่างระดับของวัสดุชิ้นงานเหล็กเกรด SAPH440 นั้น ได้มีการทดลองโดยใช้ค่าความหนา 2.3 มิลลิเมตร โดยใช้รัศมีในการขึ้นรูปของพันช์คือ 5 มิลลิเมตร และรัศมีดาย คือ 5 มม. ซึ่งจะใช้แรงไม่เกิน 8.05 กิโลนิวตัน ผลการทดลองพบว่าค่าการขึ้นรูปบิดตัวที่เพิ่มขึ้นนั้นจะส่งผลให้แรงที่ใช้ในการขึ้นรูปเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจาก รูปที่ 9 ในการ

ทดลองการขึ้นรูปแบบ Jog Forming นั้นจะใช้เครื่องเพรส 150 ตันใช้ทดลอง โดยที่ตัวเครื่องนั้นจะมีตัววัดแรงติดตั้งกับแท่ง Cushion ภายในซึ่งมีการเชื่อมต่อกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทำให้สามารถทำการวัดแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปได้ ซึ่งผลของแรงนั้นจะแสดงแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปของชิ้นงาน[2] โดยนำค่าที่ได้จากค่าการขึ้นรูปที่มีชิ้นงาน กับ ค่าแรงที่ไม่มีชิ้นงานมาหักลบกัน แสดงดังภาพ 9



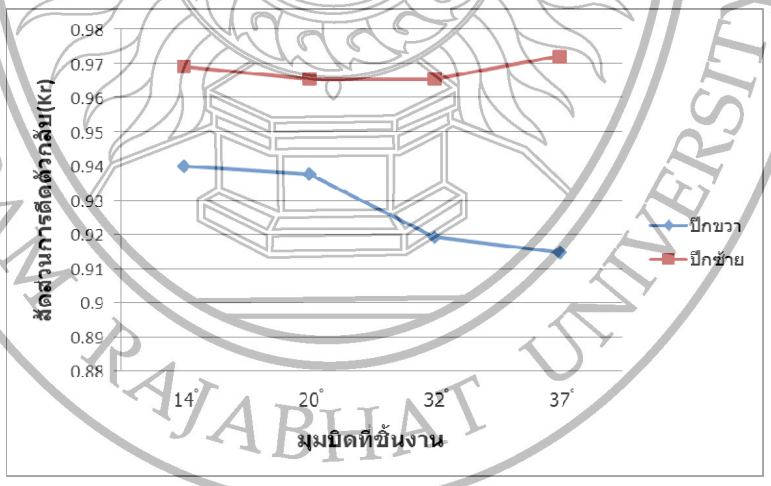

**ภาพ 9** แรงที่ใช้ในการขึ้นรูปที่มุมบิด 14, 20, 32, 37 องศา

เปรียบเทียบมุมบิดที่เกิดการดีดตัวกลับจากมุมบิดที่แตกต่างกันจากการขึ้นรูปจริง จากรูปที่ 10 แสดงค่าการดีดตัวกลับของชิ้นงานจากการทดลองขึ้นรูปชิ้นงานจริงเพื่อดูค่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นเมื่อทำการเปลี่ยนมุมบิดจาก 14, 20, 32 และ 37 องศา ตามลำดับผลที่ได้คือ โดยปีกด้านซ้ายจะมีค่าดีดตัวกลับน้อยกว่าปีกด้านขวาเนื่องมาจากลักษณะการดัดเป็นไปในแนวเอียงทำให้ลักษณะของปีกด้านซ้ายเป็นการดัดไหลออกไปด้านนอกน้อยกว่าปีกทางด้านขวา




**ภาพ 10** องศาการดีดตัวกลับของชิ้นงานมุมบิดด้านข้างที่แตกต่างกัน

สัดส่วนของค่าการดีดตัวกลับ จากรูปที่ 11 ได้แสดงแสดงสัดส่วนของการดีดตัวกลับจากชิ้นงานขึ้นรูปจริงที่ 14, 20, 32 และ 37 องศา ได้ค่าสัดส่วนของการดีดตัวกลับทั้งทางปีกซ้ายเท่ากับและปีกขวาเท่ากับ โดยที่ปีกด้านซ้ายมีสัดส่วนการดีดตัวกลับใกล้สู่ค่าหนึ่งมากกว่าปีกด้านขวา




**ภาพ 11** สัดส่วนของการดีดตัวกลับ

## สรุปผล

จากการทดลองพบว่าแรงที่ใช้ในการดัดงอเพิ่มขึ้นตามองศาการบิดตัวอย่างต่อเนื่องร้อยละ 3 การดีดตัวกลับของผนังชิ้นงานมีค่าเพิ่มขึ้นตามเงื่อนไขการบิดตัว ที่ผนังด้านซ้ายและขวาของชิ้นงานมีค่ามุมดีดตัวกลับอยู่ในช่วง ร้อยละ 2.71-3 และ ร้อยละ 5.65-7.85 ผลของการศึกษาการดีดตัวกลับ สามารถเข้าถึงปัญหาการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ และเป็นการให้ความรู้เชิงทฤษฎีอีกด้วย

## ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เน้นให้ทราบถึงแนวโน้มการดีดกลับของชิ้นงานที่มีลักษณะ 3 มิติ ตัวแปรที่สำคัญสำหรับการขึ้นรูปชิ้นงานให้ได้มุมที่ต้องการตามแบบชิ้นงานที่ต้องการ โดยองค์ความรู้ที่มีอยู่ในงานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้ในการศึกษาและพัฒนางานขึ้นรูปแบบ 3 มิติได้ ซึ่งผู้ทำวิจัยพอที่จะสรุปข้อเสนอแนะสำหรับการที่พัฒนางานวิจัยต่อไปได้ ดังนี้

1 เพื่อความแม่นยำของค่ามุมที่เกิดการดีดกลับควรจะมีการใช้ค่าความหนาที่แตกต่างกันเพื่อสามารถดูแนวโน้มการเกิดการดีดตัวกลับ

2 น่าจะมีการใช้วัสดุต่างชนิดเพื่อการเปรียบเทียบ หรือ ชนิดเดียวกันที่มี High Tensile Strength สูงกว่าหรือต่ำกว่า มาทดสอบเพื่อผลการทดลองที่แตกต่างกัน

## กิตติกรรมประกาศ

1. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

2. สถาบัน ไทย-เยอรมัน

3. บริษัทสามมิตรมอเตอร์สแมนูแฟคเจอริง จำกัด (มหาชน)

## เอกสารอ้างอิง

ธนกฤต ภู่ประดิษฐ์, (2551). **การศึกษาการดีดตัวกลับของเหล็กแผ่นรีดร้อน SAPH440 ภายหลังการขึ้นรูปแบบบิดตัว.** ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการขึ้นรูปโลหะ คณะวิศวกรรมศาสตร์,มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.หน้า 56-57

ชานนท์ สุขตาอยู่, พงศ์พันธ์แก้วตาทิพย์, วารุณี เปรมานนท์,(2547). **แม่พิมพ์โลหะแผ่น,** สมาคมอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ไทย, หน้า 58-60