



## การศึกษาอิทธิพลของมุมเอียงหน้าตายในกระบวนการลากขึ้นรูปลึก

### A Study on Influence Angle of Die Surface in Deep Drawing Process

เชษฐ อุทธิยง<sup>\*</sup> วีรวิชญ์ เลิศนิติจิรโชติ ไชยรัตน์ ปารจะมี สุรนันท์ เทียนทิพย์ และ สุวิช มาเทศน์

สาขาวิชาวิศวกรรมแม่พิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

128 ถนนห้วยแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

Chet Utthiyoung<sup>\*</sup>, Veravit Learntnithirachot, Chairut Prame, Suranut teantip and Suwit Matet

Department of Tool and Die engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna

128 Huay Kaew Road, Muang, Chiang Mai, Thailand, 50300

<sup>\*</sup>ผู้รับผิดชอบบทความ: chet\_tde@hotmail.com เบอร์โทรศัพท์ 053-291-444 ต่อ 2311

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษามุมเอียงหน้าตายของแม่พิมพ์ลากขึ้นรูปลึกเพื่อออกแบบและสร้างแม่พิมพ์โลหะในการลากขึ้นรูปลึก โดยทำการศึกษาแรงในการลากขึ้นรูปลึก ทดสอบความสามารถในการลากขึ้นรูปลึกของวัสดุแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304 สร้างชุดอุปกรณ์วัดแรง และอุปกรณ์วัดระยะ ทำการทดลองเพื่อหาความแตกต่างในการลากขึ้นรูปในแต่ละมุมเอียงของผิวหน้าตาย จากการทดลองพบว่าที่มุมเอียงผิวหน้าตาย 0 องศา 0.5 องศา และ 1.5 องศา สามารถใช้ขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปเท่ากับ 1.9 โดยใช้แรงลากขึ้นรูปสูงสุดที่ 53.98 กิโลนิวตัน ต่างจากมุมเอียงผิวหน้าตาย 2.0 องศา สามารถใช้ขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปได้น้อยที่สุดเท่ากับ 1.8 โดยใช้แรงลากขึ้นรูปสูงสุดที่ 44.58 กิโลนิวตัน ส่วนมุมเอียงหน้าตาย 1.0 องศา สามารถใช้ขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปเท่ากับ 2.1 โดยใช้แรงลากขึ้นรูปสูงสุดที่ 72.14 กิโลนิวตัน ขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปขึ้นอยู่กับมุมเอียงหน้าตายที่เพิ่มขึ้น มุมเอียงหน้าตายที่แตกต่างกันจะใช้แรงในการลากขึ้นรูปแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย

**คำสำคัญ** ขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูป มุมเอียงหน้าตาย แรงในการลากขึ้นรูป

#### Abstract

The research aimed to study the influences of the angle of die surface in deep drawing process. The objective of this work was to design and construct the deep drawing tool. In addition, the deep drawing force and drawability for stainless steel (AISI 304) cups were investigated. Besides, this study had installed the load cell and linear variable displacement transducer apparatus (LVDT). It was found that the limiting drawing ratio of 1.9 could be achieved when using die surface angle of 0, 0.5, and 1.5 degree. The maximum deep drawing force required was 53.98 kN. The experiments with 2 degree die face angle gained the minimum limiting drawing ratio of 1.8 and required the maximum deep drawing force of 44.58 kN. As for, the angle of die surface at 1.0 degree the drawing ratio was 2.1 and the maximum deep drawing force was 72.14 kN. The limit drawing ratio and the maximum deep drawing force had a little influence by changing the die surface angle.

**Keywords;** limiting drawing ratio, angle of die surface, deep drawing force.

#### 1. บทนำ

ในปัจจุบันงานขึ้นรูปโลหะได้ถูกนำมาใช้อย่างมากในอุตสาหกรรมเช่นการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ อุปกรณ์ไฟฟ้า เครื่องใช้ในครัวเรือน ฯลฯ เป็นต้นซึ่งได้มีผู้วิจัยจำนวนมากได้ทำการวิจัยในหัวข้อต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการขึ้นรูปงานโลหะ เช่นการหาความสัมพันธ์ของค่าอัตราส่วนในการลากขึ้นรูป ความหยาบของพื้นผิว สารหล่อลื่นที่ใช้ในงานลากขึ้นรูป ความสัมพันธ์ของแรงที่ใช้ในการขึ้นรูป แรงเสียดทานและสาร

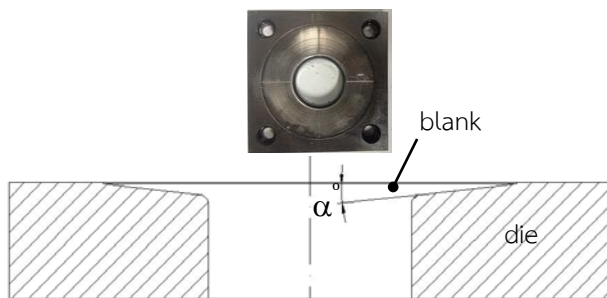
หล่อลื่น เป็นต้น เพื่อที่จะค้นหาเทคนิคและวิธีการใหม่ๆหรือ การปรับแต่งตัวแปรที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในงานขึ้นรูป เพื่อที่จะทำให้งานที่ได้ออกมาดีที่สุด มีผู้ที่ทำการศึกษาค้นคว้าในการลากขึ้นรูปโลหะแผ่น [1] ตัวแปรที่ศึกษาคือ รัศมีพันซ์ รัศมีตาย และแรงกดบนแผ่นจับยึดชิ้นงาน ว่าตัวแปรไหนมีผลต่อแรงในการลากขึ้นรูป รวมถึงการศึกษาลาดเอียงของแผ่นจับยึดชิ้นงาน [2] ตัวแปรหนึ่งที่มีผลต่อการขึ้นรูปชิ้นงานก็คือค่ามุมเอียงของผิวหน้าตาย [3] ซึ่งมันจะส่งผลต่อบริเวณ

ขอบมุมโดยตรงถ้ามีค่ามุมเอียงมีขนาดใหญ่หรือเล็กเกินไปก็อาจทำความเสียหายเกิดขึ้นต่อชิ้นงานได้ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงสนใจค่ามุมเอียงของตายที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานสำหรับชิ้นงานที่นำมาศึกษาก็เป็นวัสดุ เหล็กกล้าไร้สนิมพร้อมสารหล่อลื่นที่เป็นตัวแปรในการขึ้นรูปจากนั้นใช้เครื่องโกลดเซลล์วัดแรงขณะทำการขึ้นรูป ซึ่งผู้วิจัยก็เลือกชิ้นงานรูปถ้วยมาทำการศึกษาเพื่อหาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการกำหนดค่าองศาผิวหน้าตายและสารหล่อลื่นที่ใช้ในการขึ้นรูปมาทำการหาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการลากขึ้นรูปลึก

## 2. วิธีการดำเนินการวิจัย

### 2.1 ชุดแม่พิมพ์ลากขึ้นรูปลึก

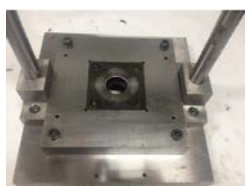
วัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์ในส่วนของพินซ์และตายเป็นเหล็กกล้าเครื่องมือ SKD 11 และทำการชุบแข็ง 60 – 62 HRC และส่วนประกอบอื่นๆ ใช้เหล็กชนิดต่างๆ ตามความเหมาะสม มุมเอียงหน้าผาดาย ( $\alpha$ ) 0 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 องศา ดังรูปที่ 1 ตายมีขนาดความโตรูใน 27.2 มิลลิเมตร และพินซ์มีขนาดความโตนอก 25 มิลลิเมตร รัศมีตาย 2.5 มิลลิเมตร รัศมีพินซ์ [4] 7.6 มิลลิเมตร ชุดแม่พิมพ์ลากขึ้นรูปลึกดังรูปที่ 2 เพื่อใช้ลากขึ้นรูปชิ้นงานเป็นถ้วยกลม



รูปที่ 1 มุมเอียงหน้าผาดาย ( $\alpha$ ) ที่ต่างกัน



(ก) แม่พิมพ์ประกอบพินซ์และตาย



(ข) ลักษณะของตาย

### รูปที่ 2 แม่พิมพ์ลากขึ้นรูปลึกถ้วยกลม

### 2.2 วัสดุชิ้นงานและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ใช้วัสดุชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304 สมบัติทางกลมีค่าความแข็งแรงคราก (yield strength) 275 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ความแข็งแรงดึง (ultimate strength) 620 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร หนา 1 มิลลิเมตร โดยเตรียมชิ้นงานแผ่นเปล่าขนาดตั้งแต่ 45 47.5 50 52.5 55 57.5 และ 60 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3 ทำการทดลองลากขึ้นรูปลึกจำนวน 30 ชิ้นในแต่ละมุมเอียงหน้าผาดาย ใช้สารหล่อลื่น TDN 81 แรงกดบนแผ่นจับยึดชิ้นงานใช้ค่าคงที่ โดยติดตั้งชุดแม่พิมพ์ลากขึ้นรูปและอุปกรณ์วัดแรงกับระยะทาง เข้ากับเครื่องเพรสไฮดรอลิกขนาด 30 ตัน ดังรูปที่ 4 ทำการลากขึ้นรูปถ้วยกลมให้ได้ชิ้นงานสำเร็จไม่มีรอยย่นหรือฉีกขาด บันทึกผลของแรงในการลากขึ้นรูปและอัตราส่วนการลากขึ้นรูป



รูปที่ 3 การเตรียมชิ้นงานแผ่นเปล่าขนาดต่างๆ



รูปที่ 4 การติดตั้งชุดแม่พิมพ์ลากขึ้นรูปและอุปกรณ์วัดแรงกับวัดระยะทาง บนเครื่องเพรสไฮดรอลิก

## 3. ผลการวิจัยและอภิปราย

### 3.1 ลักษณะของชิ้นงานที่ได้จากการลากขึ้นรูปลึก

ทำการทดลองลากขึ้นรูปลึกวัสดุงานเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304 โดยใช้มุมเอียงหน้าผาดายที่มีขนาดต่างกัน โดยตัวอย่างชิ้นงานที่ได้จากการทดลองมุมเอียงหน้าผาดาย 0 องศา ดังรูปที่ 5 ตัวอย่างชิ้นงานที่ได้จากการทดลองมุมเอียงหน้าผาดาย 0.5 องศา ดังรูปที่ 6 ตัวอย่างชิ้นงานที่ได้จากการทดลองมุมเอียงหน้าผาดาย 1 องศา ดังรูปที่ 7 ตัวอย่างชิ้นงานที่ได้จากการทดลองมุมเอียงหน้าผาดาย 1.5 องศา ดังรูปที่ 8 และตัวอย่างชิ้นงานที่ได้จากการทดลองมุมเอียงหน้าผาดาย 2 องศา ดังรูปที่ 9



(ก) อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 1.8



(ข) อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 1.9

รูปที่ 5 ชิ้นงานจากการลากขึ้นรูปมุมเอียงหน้าตาย 0 องศา



(ก) อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 1.8

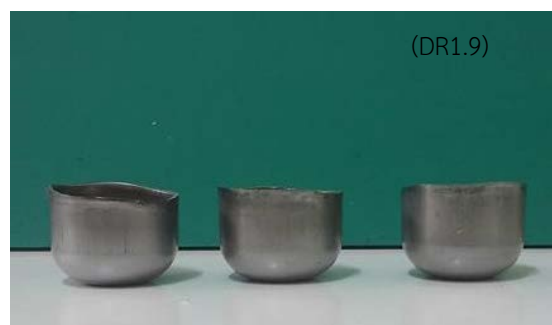


(ข) อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 1.9

รูปที่ 6 ชิ้นงานจากการลากขึ้นรูปมุมเอียงหน้าตาย 0.5 องศา



(ก) อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 1.8



(ข) อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 1.9



(ค) อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 2.0



(ง) อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 2.1

รูปที่ 7 ชิ้นงานจากการลากขึ้นรูปมุมเอียงหน้าตาย 1 องศา

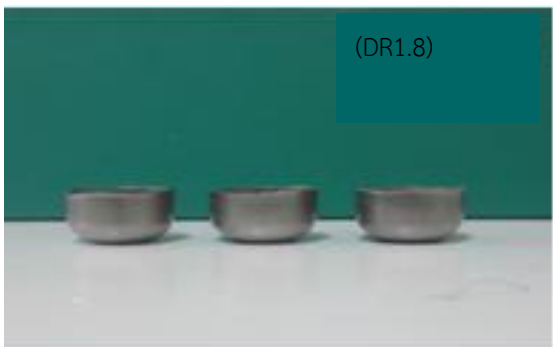


(ก) อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 1.8



(ข) อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 1.9

รูปที่ 8 ชิ้นงานจากการลากขึ้นรูปมุมเอียงหน้าด้าย 1.5 องศา



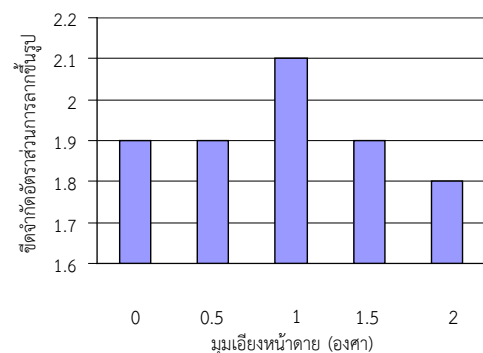
รูปที่ 9 ชิ้นงานจากการลากขึ้นรูปมุมเอียงหน้าด้าย 2 องศา

รูปที่ 5 มุมเอียงหน้าด้าย 0 องศา ชิ้นงานที่ได้จากการลากขึ้นรูปโดยไม่มีการร่อนและการฉีกขาด ทำการทดลองเพื่อให้ได้อัตราส่วนการลากขึ้นรูป (drawing ratio) จะขึ้นรูปได้เมื่อใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแผ่นเปล่า 45 และ 47.5 มิลลิเมตร (อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 1.8 และ 1.9 หรือ DR1.8 และ DR1.9) เมื่อทำการลากขึ้นรูปใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแผ่นเปล่า 50 และ 52.5 มิลลิเมตร (อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 2.0 และ 2.1 หรือ DR2.0 และ DR2.1) ชิ้นงานที่ได้มีการร่อนและการฉีกขาดที่เกิดจากรอยร่น แล้วรอยร่นถูกบีบหรือเปียดจนเกิดการฉีกขาดที่ปากถ้วย รูปที่ 6 มุมเอียงหน้าด้าย 0.5 องศา ชิ้นงานที่ทำทดลองลากขึ้นรูปได้เมื่อใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแผ่นเปล่า 45 และ 47.5 มิลลิเมตร (อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 1.8 และ 1.9 หรือ DR1.8 และ DR1.9) เมื่อใช้ขนาดแผ่นเปล่าที่โตขึ้นชิ้นงานเกิดรอยร่น รูปที่ 7 มุมเอียงหน้าด้าย 1 องศา ชิ้นงานที่สามารถลากขึ้นรูปได้ไปจนถึงการใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแผ่นเปล่า 52.5 มิลลิเมตร (อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 2.1 หรือ DR2.1) รูปที่ 8 เมื่อใช้มุมเอียงหน้าด้าย 1.5 องศา ชิ้นงานที่ทำทดลองลากขึ้นรูปได้เมื่อใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแผ่นเปล่า 45 และ 47.5 มิลลิเมตร (อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 1.8 และ 1.9 หรือ DR1.8 และ DR1.9) เมื่อใช้ขนาดแผ่นเปล่าที่โตขึ้นชิ้นงานเกิดรอยร่น รูปที่ 9 มุมเอียงหน้าด้าย 2 องศา ได้ชิ้นงานที่ลากขึ้นรูปได้เมื่อใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแผ่นเปล่า 45 มิลลิเมตร (อัตราส่วนการลากขึ้น

รูป 1.8 หรือ DR1.8) ที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแผ่นเปล่า 47.5 (อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 1.9 หรือ DR1.9) ชิ้นงานมีการร่อนและการฉีกขาดที่เกิดจากรอยร่นเมื่อใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแผ่นเปล่าที่โตขึ้นไม่สามารถลากขึ้นรูปได้ ชิ้นงานเกิดรอยร่น

3.2 อิทธิพลมุมเอียงหน้าด้ายที่มีผลต่อขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูป

จากการทดลองที่มุมเอียงหน้าด้ายแตกต่างกันทำให้ได้ค่าขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปที่แตกต่างกันด้วย



รูปที่ 10 ขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปที่มุมเอียงหน้าด้าย

จากรูปที่ 10 การศึกษาความแตกต่างของมุมเอียงหน้าด้ายขณะลากขึ้นรูปจะใช้สารหล่อลื่น TDN 81 การลากขึ้นรูปที่มุมเอียงหน้าด้าย 1 องศา ได้ค่าขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปเท่ากับ 2.1 ส่วนมุมเอียงหน้าด้าย 0.5 และ 1.5 องศา ได้ค่าขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูป 1.9 และมุมเอียงหน้าด้าย 2 องศา ได้ค่าขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปเท่ากับ 1.8 มุมเอียงหน้าด้ายที่เกิดขึ้นจะลดการสัมผัสของผิวหน้าด้าย ผิวหน้าของแผ่นจับยึดชิ้นงานและผิวแผ่นเปล่าทำให้ลดการเกาะติดของผิวหน้าขณะทำการลากขึ้นรูป ความลาดเอียงที่เป็นมุมแหลมไปสู่รัศมีดาวยขณะทำการลากขึ้นรูปสารหล่อลื่นจะไหลตามการเคลื่อนที่ของปีกถ้วยทำให้สารหล่อลื่นไหลไปยังรัศมีดาวยช่วยลดความเสียดทานทำให้แรงรวมในการลากขึ้นรูปลดลงทำให้ความเค้นในผนังถ้วยลดลง มีโอกาสลากขึ้น

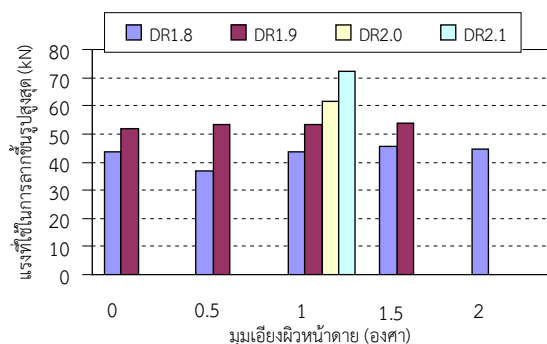




รูปสำเร็จได้มาก จากการทดลองเมื่อมุมเอียงหน้าตายเพิ่มขึ้น ทำให้อัตราส่วนการลากขึ้นรูปสูงขึ้น จนมาถึงได้ขีดจำกัด อัตราส่วนการลากขึ้นรูปเท่ากับ 2.1 ที่มุมเอียงหน้าตาย 1 องศา เมื่อเพิ่มมุมเอียงหน้าตายที่ 1.5 และ 2 องศา จะได้ อัตราส่วนการลากขึ้นรูปลดลงมีค่า 1.9 และ 1.8 ตามลำดับ การลดลงนี้เนื่องจากการดัดและดัดงอของแผ่นเปล่าที่มีขนาดโตขึ้นจะเกิดรอยย่นที่ปากทางเข้ารีตมีด [5] มุมเอียงหน้าตาย 1 องศา ทำให้ได้ขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปสูงสุดเนื่องจากความเค้นดึงในแนวรีตมีดลดลงแต่ทว่าความเค้นอัดตามแนวเส้นรอบวงเพิ่มขึ้นและการลากขึ้นรูปผ่านแรงเสียดทานทำให้แผ่นชิ้นงานถูกลากไปในด้ายง่ายขึ้น [6]

### 3.3 อิทธิพลของมุมเอียงผิวหน้าตายที่มีผลต่อแรงที่ใช้ในการลากขึ้นรูป

ในการทดลองจะได้ชิ้นงานที่ให้อัตราส่วนการลากขึ้นรูป (drawing ratio) ที่แตกต่างกัน ซึ่งแรงในการลากขึ้นรูปเป็นผลรวมจากแรงสี่ส่วน คือหนึ่งแรงในการเอาชนะวัสดุในการเปลี่ยนรูป สองแรงจากการดัดบริเวณรีตมีด สามแรงเสียดทานที่ด้ายกับปีกถ้วยกับแผ่นจับยึดชิ้นงาน และสี่แรงเสียดทานที่ผิวรีตมีด [7]



รูปที่ 11 แรงที่ใช้ในการลากขึ้นรูปสูงสุดเมื่อทำการลากขึ้นรูปมุมเอียงผิวหน้าตายแตกต่างกัน

แรงที่ใช้ในการเปลี่ยนรูปชิ้นงานเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากแผ่นโลหะเริ่มต้นจะถูกกดด้วยรีตมีดและดัดงอเหนือรีตมีดทำให้เกิดการเปลี่ยนรูป แล้วจะถูกทำให้ตรงอีกจนกลายเป็นผนังของถ้วยทรงกระบอก ช่วงที่สองเมื่อชิ้นงานเคลื่อนที่ไหลผ่านรีตมีด แรงจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเมื่อระยะช่วงชักของพินยาวขึ้นแรงกดของพินจะพยายามดึงผนังถ้วยและเอาชนะแรงเสียดทานเพื่อที่จะลากขึ้นรูปได้ลึกขึ้นจนกระทั่งแรงสูงสุดที่ใช้ในการลากขึ้นรูป และช่วงที่สามแรงจะค่อยๆ ลดลง เนื่องจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิ้นงานลดลงสุดท้ายขณะทำการลากขึ้นรูปจนได้ถ้วยสำเร็จแรงจะมีค่าเท่ากับศูนย์ [8] ดังนั้นแรงสูงสุดที่ใช้ในการลากขึ้นรูปเมื่อใช้มุมเอียงผิวหน้าตายที่แตกต่างกัน แสดงในรูปที่ 11 เมื่อพิจารณาการใช้มุมเอียงผิวหน้าตายทั้งห้าค่า ที่อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 1.8 แรงที่ใช้ในการลากขึ้นรูปมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 43.59 ถึง 45.47 กิโลนิวตัน ซึ่งขณะทำการลากขึ้นรูปแรงที่

ทำให้วัสดุในการเปลี่ยนรูปและแรงจากการดัดบริเวณรีตมีดจะมีค่าคงที่เพราะใช้วัสดุชนิดเดียวกันคือเหล็กกล้าไร้สนิมและขนาดแผ่นเปล่าคงที่ ส่วนแรงเสียดทานที่ด้ายกับปีกถ้วยกับแผ่นจับยึดชิ้นงานและแรงเสียดทานที่ผิวรีตมีดที่เกิดขึ้นในการลากขึ้นรูปใช้สารหล่อลื่นคือ TDN 81 ถึงแม้จะใช้มุมเอียงผิวหน้าตายที่ต่างกันก็ยังไม่ทำให้ได้แรงรวมในการลากขึ้นรูปมีความแตกต่างกันเล็กน้อย แต่ถ้ามีมุมเอียงผิวหน้าตายที่มากเกินไปใช้แผ่นเปล่าที่โตขึ้นทำให้เกิดการพับของปีกถ้วยกลายเป็นรอยย่นที่ปีกถ้วย ทำให้ไม่สามารถลากขึ้นรูปได้จากรูปที่ 11 มุมเอียงผิวหน้าตาย 1 องศา เมื่ออัตราส่วนการลากขึ้นรูปมีค่ามากขึ้นจะใช้แรงในการลากขึ้นรูปมากขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากแผ่นเปล่ามีขนาดเพิ่มมากขึ้น ที่อัตราส่วนการลากขึ้นรูปสูงสุด 2.1 จะใช้แรงในการลากขึ้นรูป 72.14 กิโลนิวตัน

## 4. บทสรุป

การทดลองการลากขึ้นรูปลึกโดยใช้มุมเอียงหน้าตายที่ค่าแตกต่างกัน พบว่า ขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปขึ้นอยู่กับมุมเอียงหน้าตายที่เพิ่มขึ้น มุมเอียงหน้าตาย 1 องศาจะได้ค่าขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปสูงสุดเท่ากับ 2.1 เมื่อใช้มุมเอียงหน้าตายที่แตกต่างกันจะใช้แรงในการลากขึ้นรูปแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย

## 5. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณโครงการยกระดับปริญญาโทเป็นงานวิจัยตีพิมพ์งานสร้างสรรค์ และงานบริการวิชาการสู่ชุมชน ประจำปี 2557

## 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Chanachai. V, Chaiwat. T. A study of variable in deep drawing process.(Bachelor thesis). Bangkok. Tools and die engineering. King Mongkut's University of Technology Thonburi; 1997. Thai.
- [2] Thawat. P. A Study on the Influence of blank holder slope on the deep drawing process of stainless steel sheet.(Master thesis). Technology metal forming. King Mongkut's University of Technology Thonburi; 1999. Thai.
- [3] Julsir. S. Basic of engineering sheet metal forming. Bangkok; 1983. Thai.
- [4] Varunee. P, Pongpan. K. Sheet metal forming. Bangkok. Technology promotion association (Thailand-japan); 2008. Thai.
- [5] Gavas M, Izciler M. Effect of blank holder on deep drawing of square cups. Journal of Materials &



- Design. 2007; 28:1641-1646.
- [6] Savas V, Secgin O. (2007). *A new type of deep drawing die desing and experimental results*. Journal of Materials & Design. 2007; 28:1330-1333.
- [7] Schey JA. *Introduction to Manufacturing Process*, McGrawHill; 2000.
- [8] Chet U. *Study on Increase the efficiency of deep drawing process by using lubricants*.(Master thesis). Technology metal forming. King Mongkut's University of Technology Thonburi; 2003. Thai.