

การศึกษาอิทธิพลของรูปทรงครอว์บีตที่มีผลต่อการลากขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยรูปทรงชิ้นงานไม่สมมาตร

A Study of the Influence of Draw Bead Shapes on the Deep Drawing Non-Symmetry

Sheet Metal Process

พิสิษฐ์ ศรีน้อย¹ ศิริชัย ต่อสกุล²

Phisit Srinnoi¹ Sirichai Torsakul²

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตกาฬสินธุ์

ต. กาฬสินธุ์ อ.เมือง จ.กาฬสินธุ์ 46000

²ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

E-mail: sirichai.to@en.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

กรรมวิธีการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยกระบวนการลากขึ้นรูปด้วยดักมีจีดักในการขึ้นรูปอย่างสูงและยังประสบปัญหาในการผลิตอีกมากมาย โดยเฉพาะในส่วนของกระบวนการลากขึ้นรูปแผ่นโลหะรูปทรงไม่สมมาตรที่วัสดุชิ้นงานผนังมีความบางและมีความลึกมาก ๆ ถึงแม้จะมีการควบคุมตัวแปรต่างๆ แต่ก็มีปัญหาในการควบคุมการไหลตัวของโลหะแผ่น โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของรูปทรงครอว์บีตที่มีผลต่อการลากขึ้นรูปโลหะแผ่นชิ้นงานไม่สมมาตร โดยรูปทรงครอว์บีตที่ถูกเลือกใช้ได้แก่ รูปทรงครึ่งวงกลม, รูปทรงสี่เหลี่ยม และ รูปทรงตัววี และวัสดุชิ้นงานที่จะใช้ในการขึ้นรูปได้แก่ แผ่นเหล็กรีดเย็น SPCC-SD, SPCD-SD และ SPCEN ความหนา 1.0 มม. ทำการลากขึ้นรูปลึก ผลจากการศึกษาพบว่าในการลากขึ้นรูปชิ้นงานที่ใช้ครอว์บีตแต่ละรูปทรง ครอว์บีตหน้าตัดครึ่งวงกลมสามารถควบคุมการไหลตัวของโลหะได้ดีกว่าครอว์บีตสามเหลี่ยมและสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่าโดยใช้แรงลากขึ้นรูป 142.15 kN ซึ่งใช้แรงน้อยกว่าครอว์บีตรูปทรงอื่นๆ และพบรอยย่นชิ้นงานเล็กน้อยที่เหล็ก SPCEN จึงสามารถสรุปได้ว่าในส่วนการลากขึ้นรูปลึกชิ้นงานแบบไม่สมมาตรนี้ชนิดของวัสดุที่เหมาะสมกับการนำมาขึ้นรูปมากที่สุดคือเหล็ก SPCEN โดยมีค่า n เลขชี้กำลังการทำให้ความเครียดแข็งอยู่ที่ 0.2116 มากกว่าเหล็กอีกสองชนิดจึงควรเลือกเหล็ก SPCEN ในการขึ้นรูปและควรเลือกใช้กับ

ครอว์บีตรูปทรงหน้าตัดครึ่งวงกลมเนื่องจากมีรัศมีมาก ทำให้ช่วยลดแรงเสียดทานระหว่างแผ่นชิ้นงาน ที่จะไหลเข้าสู่ดัก ทำให้การไหลตัวของเนื้อโลหะสม่ำเสมอที่สุดลดการเสียหายของชิ้นงานได้ดีที่สุด

คำสำคัญ: ครอว์บีต ; การขึ้นรูปลึก ; แรงลากขึ้นรูป ; แรงกดชิ้นงาน

Abstract

Deep drawing sheet metal forming process has high limitation. Many problems are found in the production process, especially in non-symmetry deep drawing sheet metal forming process where the wall thickness of the work piece is very thin and deep. Even variables are controlled; there is still a problem of sheet metal flow. This research aimed to study the influence of draw bead shape on non-symmetry deep drawing sheet metal forming process. Draw bead shapes that were selected included semi-circular shape, rectangular shape and V-shape. Material used in deep drawing process was 1.0 mm thick SPCC-SD, SPCD-SD, and SPCEN Cold Rolled Steel Sheet. The results showed the deep drawing process of each draw bead shape. Semi-circular draw bead shape can control the metal flow better

RECEIVED 7 January, 2013

ACCEPTED 31 March, 2013

than triangular and trapezium draw bead at the drawing force of 142.15 kN. Which use less power draw beads other shapes. Wrinkles were slightly found in SPCEN. This can be concluded that the most suitable material from non-symmetry deep drawing sheet metal forming process is SPCEN with the n exponent indicating the strain hardening at 0.2116, which was higher than the other two materials. Therefore, SPCEN should be used in the deep drawing process and it should be used with semi-circular shape draw bead since higher radius can reduce friction force, between the metal work piece, that ran into die. This constituted the most consistent metal flow which can best reduce the damage occurred to the work piece.

Keyword: Draw bead; Deep drawing; Forming force; Blank holder force

1. บทนำ

ในปัจจุบัน ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่ใช้โลหะแผ่น เป็นส่วนประกอบมีความต้องการทางด้านเทคโนโลยีในการขึ้นรูปโลหะเป็นอย่างสูง [1] การใช้เทคโนโลยีมีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมยานยนต์หรืออุตสาหกรรมครัวเรือนซึ่งเป็นอุตสาหกรรมหลัก การพัฒนากระบวนการขึ้นรูปโลหะจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในการลดต้นทุนการผลิต การพัฒนาผลิตภัณฑ์และการเพิ่มคุณภาพของงาน ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยการลากขึ้นรูปด้วยกลึงเป็นกระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่น โดยใช้แม่พิมพ์ทำการลากขึ้นรูปแผ่นโลหะเข้าไปในแม่พิมพ์ จนได้ชิ้นงานลักษณะรูปทรงด้วย การลากขึ้นรูปด้วยกลึงเป็นกรรมวิธีการขึ้นรูปโลหะแผ่นโดยอาศัยแรงดึงและแรงอัด [2] การลากขึ้นรูปด้วยมีดตัวแปรสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการขึ้นรูปได้แก่ ชนิดของโลหะแผ่น อัตราการลดรูป รัศมีของแม่พิมพ์ตัวผู้ รัศมีของแม่พิมพ์ตัวเมีย แรงกดโลหะแผ่น ความเสียดทาน และสารหล่อลื่น [3-4] การลากขึ้นรูปด้วยกลึงยังคงมี

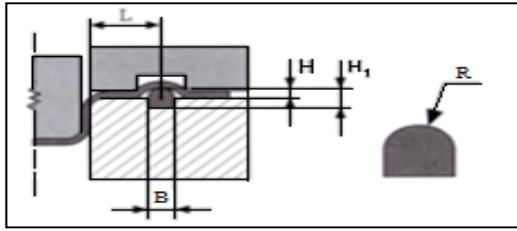
ขีดจำกัดมากมาย โดยเฉพาะการลากขึ้นรูปชิ้นงานที่มีผนังบาง และมีความลึกมาก ๆ ถึงแม้มีการควบคุมตัวแปรต่างๆ ดังได้กล่าวไว้ข้างต้น แต่ก็ประสบปัญหาในการควบคุมการไหลตัวของโลหะแผ่นจึงแนวคิดที่จะติดตั้งอุปกรณ์ ครอว์บีด [2] ในแม่พิมพ์ลากขึ้นรูปด้วยกลึง ซึ่งมีหน้าที่สำหรับควบคุมการไหลตัวของชิ้นงานเข้าสู่แม่พิมพ์ (Draw beads) ควบคุมการไหลของแผ่นโลหะด้วยการดัด (Bending and Unbending) แผ่นโลหะตามรูปทรงของครอว์บีด ระหว่างการลากขึ้นรูปการใช้ครอว์บีดทำให้ต้องเพิ่มแรงในการลากขึ้นรูปชิ้นงานเข้าสู่แม่พิมพ์ซึ่ง ครอว์บีดช่วยลดแรงเหยียบ (Blank holding force)

ได้มีการวิจัยมากมายที่ทำการศึกษาอิทธิพลของครอว์บีด เช่น F.Mehmet ได้วิเคราะห์การไหลตัวของโลหะแผ่นในกระบวนการลากขึ้นรูปด้วยกลึงโลหะแผ่นเป็นต้น แต่งานวิจัยที่กล่าวมานั้นเป็นงานวิจัย ที่ทำการขึ้นรูปด้วยรูปทรงที่มีความสมมาตรกันในแต่ละจุดเท่านั้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จะทำการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยรูปทรงที่ไม่สมมาตรกัน เพื่อเปรียบเทียบถึงอิทธิพลของรูปทรงครอว์บีดที่มีผลต่อการลากขึ้นรูปโลหะแผ่น ที่มีรูปทรงไม่สมมาตร แล้ววิเคราะห์ชิ้นงาน ลักษณะความเสียหายที่เกิดขึ้นบนผิวงาน แรงที่เกิดขึ้นขณะทำการขึ้นรูปกลึงและการเกิดความเค้นความเครียดที่มีต่อชิ้นงานในแต่ละจุดของชิ้นงาน ในกระบวนการลากขึ้นรูป [5-11]

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 หน้าที่ของครอว์บีด

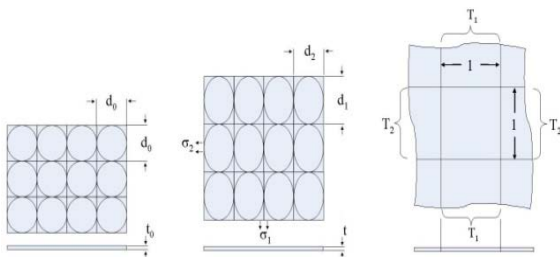
ครอว์บีดมีหน้าที่ควบคุมการไหลตัวของโลหะที่จะไหลเข้าไปในคาน และช่วยป้องกันไม่ให้เกิดรอยยับ ในขณะที่ขึ้นรูป นอกจากนั้นยังช่วยลดแรงกดของแบบลงที่ไฮดรอลิกและตัวรีดโลหะทำให้ความเครียดลดลงเป็นการเพิ่มคุณสมบัติในการขึ้นรูปของโลหะ การติดตั้งครอว์บีดสามารถติดตั้งที่ของแบบลงที่ไฮดรอลิกหรือที่คานก็ได้แต่ปกตินิยมติดตั้งอยู่ที่ของแบบลงที่ไฮดรอลิก และร่องบีดจะอยู่ที่คาน [1] ดังในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ลักษณะของครอว์บีดในแม่พิมพ์ [2]

2.2 การวิเคราะห์กริดวงกลม (Analysis of circle grid)

การเปลี่ยนรูปของโลหะแผ่นในระนาบความเค้น ในขณะที่มีการเปลี่ยนรูปบนระนาบความเครียด (Plane strain) พิจารณา (Workhardening) ของวัสดุ ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้ทฤษฎีสัดส่วนการเปลี่ยนรูป [11-12] ดังในรูปที่ 2.2 ลักษณะที่ยังไม่มีการเปลี่ยนรูปที่ความหนา t_0 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง d_0 หรือตารางขนาด d_0 ดังในรูปที่ 2 (a) ดังนั้นในระหว่างการเปลี่ยนรูปวงกลมจะเปลี่ยนไปเป็นวงรี แกนหลัก (Major) คือ d_1 แกนรอง (Minor) คือ d_2 ถ้าปรับตารางสี่เหลี่ยมให้เข้ากับทิศทางของกริดวงกลม จะกลายเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ดังแสดงในรูปที่ 2 (b) ส่วนความหนา คือ t ตามที่กรณีดังกล่าวแสดงในรูปที่ 2 (c) ความเค้นที่ทำให้เปลี่ยนรูปคือ σ_1 และ σ_2



รูปที่ 2 การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของกริด [13]

ความเครียดเทียบเท่า ความเครียดหลักและความเครียดรองที่เกิดขึ้นจุดศูนย์กลางของกระบวนการเพื่อใช้ในการตรวจสอบกรณีของการเกิดแบบต่างๆ วิเคราะห์ในพื้นที่วิกฤติของชิ้นงานหลักจากการทำการขึ้นรูป และดังในสมการที่ 1 ถึง 4

ค่าความเครียดหลัก (Major strain)

$$\varepsilon_1 = \ln \frac{d_1}{d_0} \quad (1)$$

ค่าความเครียดรอง (Minor strain)

$$\varepsilon_2 = \ln \frac{d_2}{d_0} \quad (2)$$

ค่าความเครียดที่ความหนา (Thickness strain)

$$\varepsilon_3 = \ln \frac{t_2}{t_0} \quad (3)$$

ค่าความเครียดเทียบเท่า (Equivalent strain)

$$\bar{\varepsilon} = \sqrt{\frac{2}{3}(\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \varepsilon_3^2)} \quad (4)$$

2.3 เลขชี้กำลังการทำให้แข็งด้วยความเครียด(Strain Hardening Exponent) n,

คือค่าความชันของเส้นโค้งความเค้นจริงและความเครียดจริง เมื่อมีการพล็อตบนค่าลอการิทึม เป็นการกำหนดโดยขึ้นอยู่กับความเค้นไหล (Flow stress) บริเวณจุดครากบนระดับความเครียด ในวัสดุค่า n มีค่าสูงความเค้นไหลจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเนื่องจากความเครียด ซึ่งควรระวังการกระจายความเครียดที่เพิ่มขึ้นในบริเวณความเครียดและความเค้นไหลที่ต่ำกว่า ค่า n ที่สูงจะเป็นตัวชี้วัดความสามารถในการดึงยืดขึ้นรูปได้ดี โดย สามารถหาค่าความสัมพันธ์ของค่า n ได้ตามสูตร ต่อไปนี้คือ

$$\sigma = K\varepsilon^n \quad (5)$$

ตารางที่ 1 เลขชี้กำลังการทำให้แข็งด้วยความเครียดของโลหะ 3 ชนิด

วัสดุหนา 1 mm.	N
SPCC-SD	0.12
SPCD-SD	0.14
SPCEN	0.2116

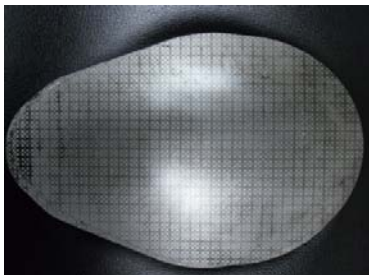
3. วิธีการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ จะทำการศึกษาอิทธิพลของรูปทรงครอว์บีดที่มีผลต่อการลากขึ้นรูปโลหะแผ่น คือ แรงที่ใช้ในการลากขึ้นรูป ค่าความเครียดของชิ้นงานในแต่ละจุดหลังการขึ้นรูป ด้วยเครื่องปั๊มโลหะ ที่มีขนาด 80 ตัน พร้อมทั้งติดตั้งอุปกรณ์วัด

แรง ชนิดวัดแรงกดพร้อมชุดแปลงสัญญาณ ได้มีการเตรียมการในการศึกษาเป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 กระบวนการเตรียมแผ่นขึ้นงานทดสอบ

การเตรียมแผ่นขึ้นงานทดสอบได้มีการเตรียมแผ่นขึ้นงานทดสอบโดยใช้วัสดุ เป็นแผ่นโลหะ ประเภทแผ่นเหล็กกรีดเย็น 3 ชนิดคือ แผ่นเหล็กกรีดเย็น SPCEEN SPCC-SD SPCD-SD ความหนา 1.0 มม. โดยมีการตัดขึ้นรูป ด้วยเครื่องตัดโลหะแผ่น แล้วทำการตีกริดวงกลมโดยใช้กริดเกลือกัดด้วยไฟฟ้า [13-14] เป็นการขูดเกล็ดผิววัสดุทำให้เกิดลายตาราง เพื่อทำการวัดความเครียดที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวหลังจากที่ขึ้นงานได้ผ่านการขึ้นรูป ดังในรูปที่ 3



รูปที่ 3 แผ่นเหล็กที่ผ่านการตีกริดวงกลม

3.2 การสร้างครอว์บีดรูปทรงต่างๆ เพื่อใช้ในการศึกษา

ชุดครอว์บีดในแต่ละชุดจะใช้วัสดุที่ใช้ในการขึ้นรูปคือ วัสดุเหล็กกล้าเครื่องมือ เกรด SKD-11 โดยลักษณะรูปทรงของ ครอว์บีด ที่ใช้ในการศึกษามี 3 ลักษณะ คือ ครอว์บีดรูปทรงแบบครึ่งวงกลม ดังในรูป 4 ครอว์บีดรูปทรงแบบสามเหลี่ยม ดังในรูป 5 และ ครอว์บีดรูปทรงแบบสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่าดังแสดงในรูป 6



รูปที่ 4 ครอว์บีดรูปทรงแบบครึ่งวงกลม



รูปที่ 5 ครอว์บีดรูปทรงแบบสามเหลี่ยม



รูปที่ 6 ครอว์บีดรูปทรงแบบสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า

3.5 คำนวณแรงกดขึ้นงาน (Blank Holder Force)

จากการคำนวณแรงขึ้นรูปลึงตามสมการที่ (2.3) ได้เท่ากับ 104.84 kN และใช้แรงกดขึ้นงานตามสมการที่ (2.4) ได้เท่ากับ 49.69 kN ทำการศึกษาโดยเทียบเป็นขนาดของแรงกดที่ระดับ 50% ของแรงที่ใช้ในการขึ้นรูปได้ดังนี้

จากการคำนวณเทียบได้
$$= \frac{49.69 \times 100}{104.84} = 47.4\%$$
 เป็นค่าของแรงเริ่มต้น ดังนั้น

แรงกดขึ้นงานที่ 50%
$$= \frac{50 \times 104.84}{100} = 52.42 \text{ kN}$$

3.6 สารหล่อลื่น [4]

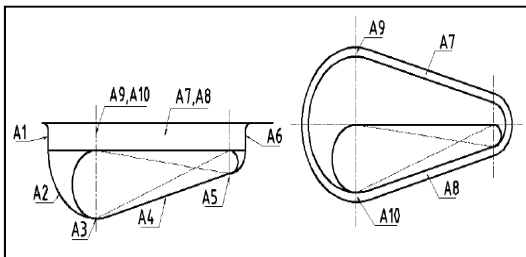
สารหล่อลื่น DRAW 359H ใช้ในงานลากขึ้นรูปเหล็กกล้าไร้สนิมและเหล็กกล้า โดยมี คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ความหนืดที่ 100 องศาฟาเรนไฮต์ หรือ 38 องศาเซลเซียส เท่ากับ 1100 ม.ม.2/วินาที สีนํ้าตาลเหลือง ความถ่วงจำเพาะ 1.28

3.7 การบันทึกข้อมูล

การบันทึกข้อมูลจะใช้อุปกรณ์จัดเก็บสัญญาณ (Mini data logger) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดเก็บข้อมูล พื้นฐานของระบบ ประกอบไปด้วย scanner หรือ multiplexer digital-voltmeter และตัวบันทึกข้อมูล ซึ่งรับ Input ที่เป็นระบบ analog จาก sensor แล้วทำการเปลี่ยนข้อมูลเป็นระบบ digital และเก็บข้อมูลไว้ในหน่วยความจำเพื่อการนำไปใช้ต่อไป

3.8 กำหนดบริเวณจุดที่ตรวจวัดความเครียด

การเปรียบเทียบความรุนแรงของความเครียดโดยการปรับใช้จากสมการความเครียดเทียบเท่า [14-15] ผลการวัดความเครียด จะวัดขนาดของการเปลี่ยนแปลงขนาดตามแนวแกนหลักและแกนรองของกริด ทั้ง 10 จุด นำผลที่ได้ตามการวัดคำนวณหาความเครียดจริงสูงสุด ε_1 ความเครียดจริงต่ำสุด ε_2 และความเครียดจริงในแนวความหนาตามแนวแกนวัด ε_3 ความเครียดเทียบเท่า ดังในรูปที่ 7



รูปที่ 7 บริเวณจุดที่ตรวจวัดความเครียดบนชิ้นงาน [9]

4. ผลการทดลองและวิจารณ์การทดลอง

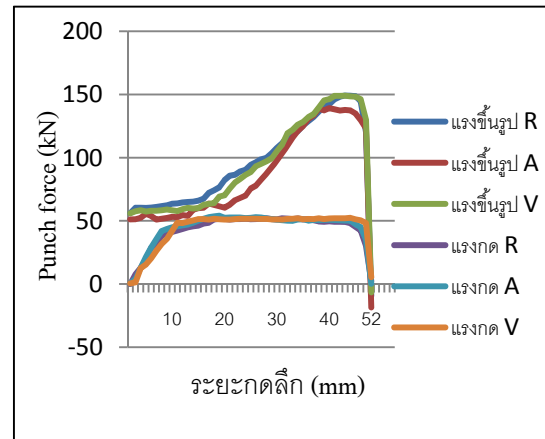
4.1 ชิ้นงานที่ได้หลังการขึ้นรูป

ชิ้นงานที่ได้จากการลากขึ้นรูปภายใต้ปัจจัยรูปทรงของครอว์บีดที่แตกต่างกันคือ ครอว์บีดรูปทรงแบบครึ่งวงกลม ครอว์บีดรูปทรงแบบสามเหลี่ยม และ ครอว์บีดรูปทรงแบบสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า และชนิดของแผ่นโลหะที่แตกต่างกันคือ แผ่นเหล็กกริดเย็น 3 ชนิดคือ แผ่นเหล็กกริดเย็น SPCE-N แผ่นเหล็กกริดเย็น SPCC-SD และแผ่นเหล็กกริดเย็น SPCD-SD ความหนา 1.0 มม.พบว่าหลังการขึ้นรูปชิ้นงานเกินรอยย่นที่บริเวณขอบด้านนอกมากที่สุด และชิ้นงานจะมีแนวโน้มของการเกิดรอยฉีกขาดที่ขอบด้านในส่วนภายในไม่พบรอยฉีกขาดเนื่องจากมีการใช้แรงกดขึ้นงานที่เหมาะสมคือ 50 เปอร์เซ็นต์โดยลักษณะของรอยย่นที่เกิดขึ้นดังในรูปที่ 8

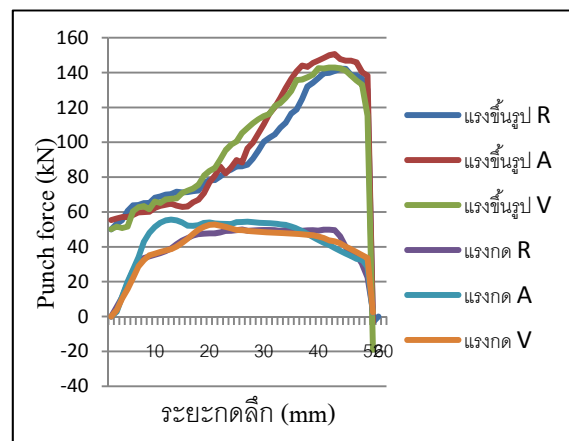


รูปที่ 8 รูปชิ้นงานหลังการขึ้นรูป

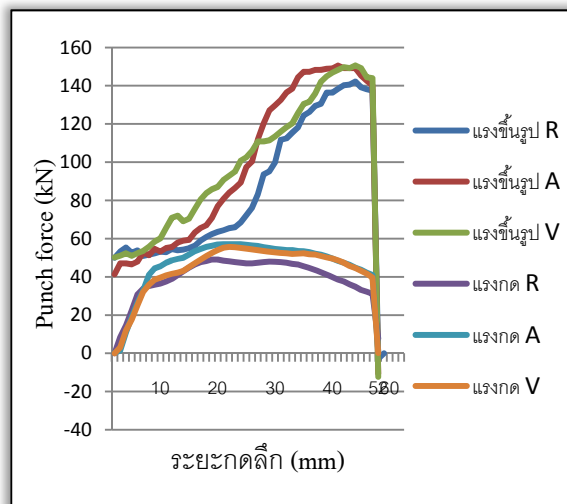
4.2 ผลการทดลองแรงลากขึ้นรูปที่เกิดขึ้นจากความแตกต่างของรูปทรงที่เปลี่ยนแปลงไปของชุดครอว์บีด



รูปที่ 9 กราฟแรงกดขึ้นงานของเหล็ก SPCC-SD กับครอว์บีดทั้ง 3 รูปแบบ



รูปที่ 10 กราฟแรงกดขึ้นงานของเหล็ก SPCD-SD กับครอว์บีดทั้ง 3 รูปแบบ



รูปที่ 11 กราฟแรงกดขึ้นรูป ของเหล็ก SPCE-N กับครอร์บีดทั้ง 3 รูปแบบ

4.2.1 แรงกดขึ้นรูป ของเหล็ก SPCC-SD กับครอร์บีดทั้ง 3 รูปแบบ

จากรูปที่ 9 เป็นกราฟความสัมพันธ์ของแรงลากขึ้นรูปและแรงกดขึ้นรูปต่อระยะกดลึกในการใช้ครอร์บีดแต่ละรูปทรง จะพบว่าแรงลากขึ้นรูปในการใช้ครอร์บีดแบบหน้าตัดสามเหลี่ยม (แรงขึ้นรูป V) มีระดับแรงสูงสุดแต่มีความใกล้เคียงกับครอร์บีดแบบหน้าตัดครึ่งวงกลม (แรงขึ้นรูป R) และครอร์บีดแบบหน้าตัดสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า (แรงขึ้นรูป A) แรงที่ใช้ขึ้นรูปน้อยสุด แต่จะทำให้เกิดรอยยับบริเวณขอบปิกขึ้นงานและผนังด้านข้างของขึ้นงานทั้งครอร์บีด 3 รูปแบบ เนื่องจากค่าความสามารถในการขึ้นรูป (n) ของเหล็ก SPCC-SD น้อยทำให้การไหลของเนื้อโลหะซึ่งมีความเสียดทานผิวขึ้นงานที่สัมผัสกับแผ่นกดขึ้นงาน (Blank holder force) กับคาย (Die) มากขึ้นด้วย

4.2.2 แรงกดขึ้นรูปของเหล็ก SPCD-SD กับครอร์บีดทั้ง 3 รูปแบบ

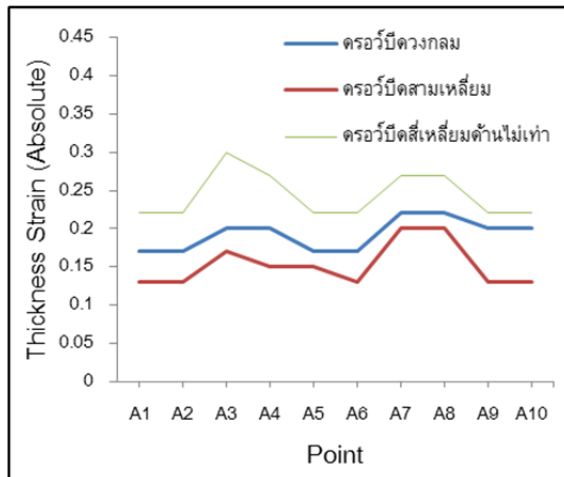
จากรูปที่ 10 เป็นกราฟความสัมพันธ์ของแรงลากขึ้นรูปและแรงกดขึ้นรูปต่อระยะกดลึก ในการใช้ครอร์บีดแต่ละรูปทรง จะพบว่าแรงลากขึ้นรูปในการใช้ครอร์บีดแบบหน้าตัดสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า (แรงขึ้นรูป A) มีระดับแรงสูงสุด แต่แรงขึ้น

รูปของกับครอร์บีดแบบหน้าตัดสามเหลี่ยม (แรงขึ้นรูป V) จะน้อยกว่าเล็กน้อยและครอร์บีดแบบหน้าตัดครึ่งวงกลม(แรงขึ้นรูป R) แรงที่ใช้ขึ้นรูปน้อยสุด เนื่องจากค่าความสามารถในการขึ้นรูป (n) ของเหล็ก SPCD-SD ทำให้การไหลของเนื้อโลหะซึ่งทำให้เกิดความเสียดทานผิวขึ้นงานที่สัมผัสกับแผ่นกดขึ้นงาน กับคาย บ้างเล็กน้อยแต่จะทำให้เกิดรอยยับบริเวณขอบปิกขึ้นงานและผนังด้านข้างของขึ้นงานทั้งครอร์บีด 3 รูปแบบ

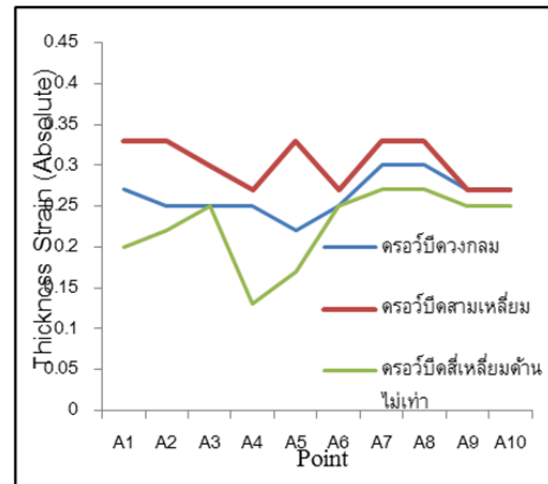
4.2.3 แรงกดขึ้นรูป ของเหล็ก SPCE-N กับครอร์บีดทั้ง 3 รูปแบบ

จากรูปที่ 11 เป็นกราฟความสัมพันธ์ของแรงลากขึ้นรูปและแรงกดขึ้นรูปต่อระยะกดลึก ในการใช้ครอร์บีดแต่ละรูปทรง จะพบว่าแรงลากขึ้นรูปในการใช้ครอร์บีดแบบหน้าตัดสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า (แรงขึ้นรูป A) มีระดับแรงสูงสุด แต่แรงขึ้นรูปของกับครอร์บีดแบบหน้าตัดสามเหลี่ยม (แรงขึ้นรูป V) จะน้อยกว่าเล็กน้อยและครอร์บีดแบบหน้าตัดครึ่งวงกลม (แรงขึ้นรูป R) แรงที่ใช้ขึ้นรูปน้อยสุด เนื่องจากค่าความสามารถของการขึ้นรูปของเหล็ก SPCE-N มีค่า n มากที่สุดทำให้การไหลของเนื้อโลหะดีสุดซึ่งจะลดความเสียดทานผิวขึ้นงานที่สัมผัสกับแผ่นกดขึ้นงาน กับคาย แต่จะทำให้เกิดรอยยับบริเวณขอบปิกขึ้นงานและผนังด้านข้างของขึ้นงานทั้งครอร์บีด 3 รูปแบบบ้างเล็กน้อย

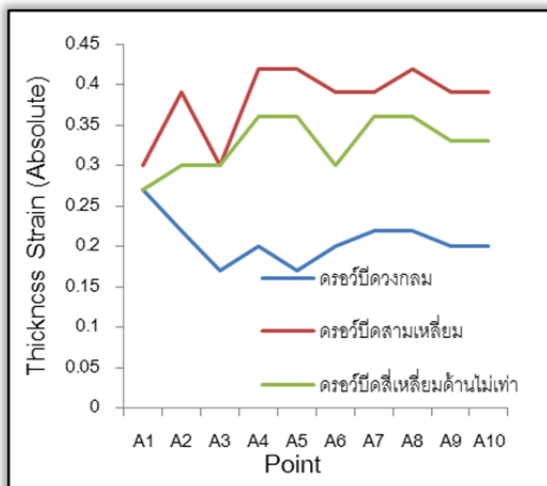
4.3 ค่าความเครียดของขึ้นงานในแต่ละจุดหลังการขึ้นรูปโดยใช้ครอร์บีดรูปทรงที่แตกต่างกัน



รูปที่ 12 กราฟความเครียดแนวความหนาชิ้นงานในแต่ละจุดของเหล็ก SPCC-SD



รูปที่ 14 กราฟความเครียดแนวความหนาชิ้นงานในแต่ละจุดของเหล็ก SPCD-SD



รูปที่ 13 กราฟความเครียดแนวความหนาชิ้นงานในแต่ละจุดของเหล็ก SPEN

4.3.1 ค่าความเครียดชิ้นงานแต่ละจุดในการใช้คอว์บีค

รูปทรง ของเหล็ก SPCC-SD

จากรูปที่ 12 เป็นกราฟความเครียด จากความหนาของชิ้นงานที่เปลี่ยนแปลง ไปในการใช้คอว์บีคแต่ละรูปทรงที่แรงกดชิ้นงาน 50 % จะพบว่าระดับความเครียดในแต่ละจุดมีระดับที่แตกต่างกัน ที่จุด A3, A4, A7 , A8 มีความรุนแรงความเครียดสูงสุดซึ่งเป็นพื้นที่จุดวิกฤติเนื่องจากมีรัศมีในการคอว์บีคน้อยและความสามารถในการขึ้นรูปของโลหะมีค่าต่ำจึงทำให้ชิ้นงานง่ายต่อการบิดงอบริเวณนี้ ในการใช้คอว์บีครูปทรงสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า มีค่าความเครียดสูงสุดในทุกๆ จุด ตรวจสอบส่วนคอว์บีคแบบหน้าตัดสามเหลี่ยม และคอว์บีคแบบหน้าตัดครึ่งวงกลม มีค่าใกล้เคียงกันทำให้ชิ้นงานเกิดรอยขึ้นบริเวณขอบของชิ้นงาน

4.3.2 ค่าความเครียดชิ้นงานแต่ละจุดในการใช้คอว์บีค

แต่รูปทรง ของเหล็ก SPEN

จากรูปที่ 13 เป็นกราฟความเครียด จากความหนาของชิ้นงานที่เปลี่ยนแปลง ไปในการใช้คอว์บีคแต่ละรูปทรงที่แรงกดชิ้นงาน 50 % จะพบว่าระดับความเครียดในแต่ละจุดมีระดับที่แตกต่างกัน ที่คอว์บีคแบบหน้าตัดสามเหลี่ยม (V-bead) มีความรุนแรงความเครียดสูงสุดที่จุด A4 , A5 , A8 จึงทำให้ชิ้นงานบริเวณนั้นง่ายต่อการบิดงอบริเวณนี้ ในการใช้

ดรอว์บีดรูปทรงสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า จะมีความเครียดที่เกิดขึ้นรองลงมา และที่จะเกิดความเครียดค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับดรอว์บีดแบบหน้าตัดครึ่งวงกลม ที่ทำให้การไหลตัวของโลหะสม่ำเสมอที่สุดแต่ชิ้นงานจะเกิดรอยยับบริเวณขอบของชิ้นงานอยู่บ้าง

4.3.3 ค่าความเครียดชิ้นงานแต่ละจุดในการใช้ดรอว์บีดแต่รูปทรง ของเหล็ก SPCE-SD

จากรูปที่ 14 เป็นกราฟความเครียด จากความหนาของชิ้นงานที่เปลี่ยนแปลง ในการใช้ดรอว์บีดแต่ละรูปทรง ที่แรงกดชิ้นงาน 50 % จะพบว่าระดับความเครียดในแต่ละจุดมีระดับที่แตกต่างกัน ที่จุด A7 , A8 ของดรอว์บีดทั้ง 3 รูปทรงมีความรุนแรงความเครียดสูงสุดซึ่งเป็นพื้นที่จุดวิกฤติเนื่องจากมีรัศมีในการดรอว์บีดน้อยและชนิดของแผ่น โลหะมีค่าความสามารถในการขึ้นรูปของโลหะต่ำคือมีค่า n เท่ากับ 0.12 ซึ่งน้อยกว่าแผ่นโลหะชนิดอื่นที่ถูกนำมาทำการทดลอง จึงทำให้ชิ้นงานง่ายต่อการฉีกขาดบริเวณนี้ ในการใช้ดรอว์บีดแบบหน้าตัดสามเหลี่ยม ที่จุด A2 , A3 , A5 จะมีความเครียดที่เกิดขึ้นสูงและจากกราฟแสดงให้เห็นว่าจุดที่ A4 ของแต่ละดรอว์บีดนั้นมีการไหลตัวของโลหะดีที่สุด เมื่อแรงกดชิ้นงานที่สูงขึ้นจะควบคุมการไหลของชิ้นงานเข้าไปในช่องคาย ทำให้มีความเครียดเกิดขึ้นซึ่งทำให้ชิ้นงานเกิดรอยยับบริเวณขอบของชิ้นงานบ้างเล็กน้อย

5. สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองขึ้นรูปแผ่นโลหะด้วยวิธีการลากขึ้นรูป โดยใช้ชุดดรอว์บีด ที่มีรูปทรงที่แตกต่างกัน สามารถสรุปได้ว่าในส่วนการลากขึ้นรูปชิ้นงานแบบไม่สมมาตรนี้ ชนิดของวัสดุที่แตกต่างกัน และชุดดรอว์บีดที่มีรูปทรงที่แตกต่างกันนั้น มีผลต่อแรงที่เกิดขึ้นขณะทำการขึ้นรูปและค่าความเครียดที่เกิดขึ้นในแต่ละจุด ของชิ้นงาน พบว่าแผ่นโลหะทั้งสามชนิดที่นำมาทำการทดลองนั้น ชนิดที่เหมาะสมกับการนำมาขึ้นรูปมากที่สุดคือเหล็ก SPCE-N เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปมากกว่าเหล็ก SPCC-SD และ เหล็ก SPCE-SD เนื่องจากเหล็กSPCE-N มีค่า n เลขชี้กำลังการทำให้แข็งด้วยความเครียดอยู่ที่ 0.2116

มากกว่าเหล็กอีกสองชนิดทำให้ความสามารถของการขึ้นรูปของเหล็ก SPCE-N มีการไหลของเนื้อโลหะดีที่สุดซึ่งจะลดความเสียหายนผิวชิ้นงานที่สัมผัสกับแผ่นกดชิ้นงาน จึงทำให้สามารถขึ้นรูปได้ดีกว่า ควรเลือกเหล็ก SPCE-N ในการขึ้นรูปและควรเลือกใช้กับดรอว์บีดรูปทรงหน้าตัดครึ่งวงกลม เนื่องจากดรอว์บีดมีรัศมีมากจะช่วยลดแรงเสียดทานระหว่างแผ่นชิ้นงานที่จะไหลเข้าสู่ช่องคายทำให้การไหลตัวของเนื้อโลหะสม่ำเสมอที่สุดลดการเสียหายของชิ้นงานได้ดีที่สุด

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และสาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตกาฬสินธุ์ สำหรับอนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์ในงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] ชาญชัย ทรัพย์การ.การออกแบบแม่พิมพ์กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). 2537.
- [2] กิตติภฏ รัตนจันทร์. “ผลกระทบจากดรอว์บีดในการขึ้นรูปโลหะแผ่น.” วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต วิศวกรรมการผลิต บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.2542
- [3] เศรษฐ อุทัยยัง. “การศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการลากขึ้นรูปลึกโดยใช้ สารหล่อลื่น.” วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต เทคโนโลยีการขึ้นรูปโลหะ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2546.
- [4] วีรศักดิ์ กรัยวิเชียร.2544.น้ำมันหล่อลื่น. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ หน้า 1-7.
- [5] N.-M.Wang and V.C.shah. “Drawbead Design and Performance.” Journal of Materials Shaping Technology. Vol.9,pp. 21-26 1991.
- [6] F. Mehmet, An analysis of sheet drawing

Characteristics with drawbead elements, Computational Materials Science Vol.41 (3), 2008, Pages 266-274.

[7] M. Samuel, Influence of drawbead geometry on sheet metal forming, Journal of Materials Processing Technology 122 (2002) 94–103

[8] F. Mehmet, Improving the accuracy of contact-type I drawbead elements in panel, Journal of Materials and Design 30 (2009) Pages 4003–4011

[9] J. Gronostajski, The system for sheet metal forming design of complex parts, Journal of Materials Processing Technology 157-158 (2004) 502–507

[10] P.chabrand, MODELLING DRAWBEADS IN SHEET METAL FORMING, Journal of Mechanic Science Vol 38 No 1 pp 59-77 (1996)

[11] H. Naceur, Optimization of drawbead restraining forces and drawbead design in sheet metal forming process, International Journal of Mechanical Sciences 43 (2001) 2407–2434

[12] Amit Mukund Joshi (B.E Mechanical,A.M.I. Prod. E),STRAIN STUDIES IN SHEET METAL STAMPINGS

[13] สวัสดิ์ โสตามุก. “การทำนายความสามารถในการขึ้นรูปขึ้นส่วนยานยนต์ด้วยแผนภาพ จัดจำกัดการขึ้นรูป.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต วิศวกรรมเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.2550

[14] บุญส่ง จงกลณี. “การศึกษาอิทธิพลของตัวแปรในกระบวนการขึ้นรูปลึกชิ้นงานที่มีรูปทรงไม่สมมาตรต่อสมบัติการขึ้นรูปของเหล็ก SPCC.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต วิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. 2552..

[15] M. Koljima; C. Suda; and Y. Hayashi. “Effectiveness of Flange Holding on The Die Surface With Draw Bead.” The 9th Biennial Congress of the International Deep Drawing Research Group., Sheet Metal Forming and Energy Conservation, Ann Arbor, Michigan, USA