

การปรับปรุงคุณภาพของขอบรูด้วยการกดอัดเพื่อเพิ่มความสามารถในการขึ้นรูปของขอบรู

จิราพร ศรีประเสริฐ^{1*} และ วารุณี เปรมานนท์²

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

* Corresponding Author: jiraporn.sri@kmutt.ac.th

¹ นักวิจัย ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องมือและวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์

² รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องมือและวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์

ข้อมูลบทความ

บทคัดย่อ

ประวัติบทความ :

รับเพื่อพิจารณา : 8 กุมภาพันธ์ 2561

แก้ไข : 14 กันยายน 2561

ตอบรับ : 7 พฤศจิกายน 2561

คำสำคัญ :

การกดอัด / การขึ้นรูปของขอบรู /

การทดสอบการขยายตัวของขอบรู /

การปรับปรุงคุณภาพ

ของขอบรู / การแตก /

การเจาะรูด้วยแม่พิมพ์ /

ค่าขีดจำกัดอัตราส่วนการขยายตัว

ของรู

เหล็กแผ่น JIS-SPCC มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมขึ้นรูปขึ้นส่วนยานยนต์ เนื่องจากมีความสามารถในการขึ้นรูปที่ดี แต่มักพบปัญหาการขึ้นรูปคือเกิดการแตกในบริเวณที่ขึ้นรูปเป็นขอบรู และในบริเวณที่มีการพับแบบดิ่งยึด ทั้งนี้นิยมใช้การทดสอบการขยายตัวของรูในการประเมินการแตกของขอบรูในการขึ้นรูปเหล็กแผ่นจากการทดสอบเบื้องต้นพบว่า การขึ้นรูปของขอบรูที่เจาะด้วยแม่พิมพ์ส่งผลให้ความสามารถในการขยายตัวไม่ดีเท่ากับการเจาะรูด้วยวิธี Drill & Reamer และ Wire EDM เนื่องจากขอบรูเจาะที่ได้จะมีลักษณะเฉพาะที่ไม่ได้มีผิวเรียบเสมอกันตลอดทั้งความหนาขึ้นงานเหมือนกับการเจาะด้วยวิธี Drill & Reamer และ Wire EDM โดยในการเจาะรูด้วยแม่พิมพ์การวางชิ้นงานแบบหงายครีบขึ้น (วางด้านที่มีครีบไว้ฝั่งตรงข้ามกับพันธ) จะทำให้มีความสามารถในการขยายตัวของรูไม่ดีเท่าการวางชิ้นงานแบบคว่ำครีบลง (วางด้านที่มีครีบไว้ฝั่งเดียวกับพันธ) เมื่อทำการปรับปรุงคุณภาพของขอบรูโดยการกดอัดขอบรู พบว่า ความสามารถในการขยายตัวของรูสูงขึ้น การกดอัดทำให้ครีบและบริเวณของส่วนแตกหักลดลงหรือหายไป

Hole Flangeability Improvement in Sheared Edge with Compression

Jiraporn Sripraserd^{1*} and Varunee Premanond²

King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangmod, Thungkru, Bangkok 10140

* Corresponding Author: jiraporn.sri@kmutt.ac.th

¹ Researcher, Department of Tool and Materials Engineering, Faculty of Engineering.

² Associate Professor, Department of Tool and Materials Engineering, Faculty of Engineering.

Article Info

Abstract

Article History:

Received: February 8, 2018

Revised: September 14, 2018

Accepted: November 7, 2018

Keywords:

Compression / Fracture /

Hole Expansion Test /

Hole Flange / Improvement

of Sheared edge /

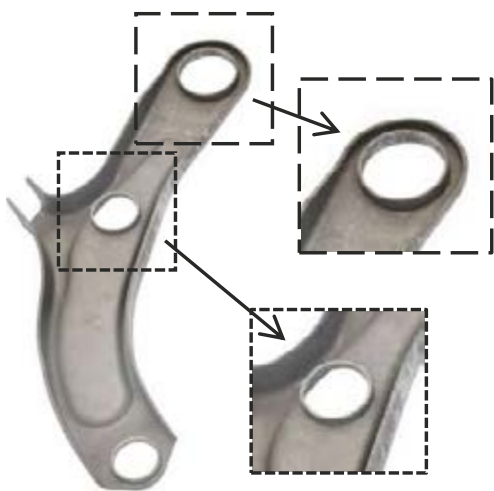
Limiting Hole Expansion Ratio /

Piercing

JIS-SPCC steels have widely been utilized in the automotive industry due to their good formability. Such steels nevertheless suffer two most well-known problems, namely, fracture in stretch bending and edge cracking in flanging. A hole expansion (or hole flanging) test has commonly been used to evaluate edge cracking in flanging of a steel sheet. Our results here illustrated that the limiting hole expansion ratio of a hole produced by piercing was lower than that produced by the Drill & Reamer or the wire EDM method. This is due to the specific geometry on the cutting edge as a result of piercing, which was not as straight as that on the cutting edge as a result of the use of the Drill & Reamer or the wire EDM method. In addition, the orientation of burr in the test was noted to exhibit an effect on the hole flangeability; burr up (setting burr on the opposite side with no contact to the punch) resulted in a lower hole expansion ratio limit than burr down. Regarding the means to improve the quality of sheared edge by compression, as the compression depth increased, the limiting hole expansion ratio increased. Compression decreased or even eliminated the height of burr and fracture.

1. บทนำ

การขึ้นรูปขอบรู เป็นกระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่นที่สำคัญ กระบวนการหนึ่ง ใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมขึ้นรูปขึ้นส่วนยานยนต์ และอุตสาหกรรมอื่น ตัวอย่างขึ้นส่วนยานยนต์ที่มีการขึ้นรูปขอบรู แสดงในรูปที่ 1 ในกระบวนการขึ้นรูปขอบรู เหล็กแผ่นจะถูกเจาะรูก่อน แล้วจึงนำไปขึ้นรูปขอบรูซึ่งการเจาะรูขึ้นงานเหล็กแผ่นที่มีการผลิตจำนวนมากโดยทั่วไปนิยมใช้แม่พิมพ์ปั๊มตัด แต่อย่างไรก็ตามอาจมีการใช้กระบวนการอื่น เช่น การตัดด้วยลวด (Wire EDM) การกัด (Milling) และเลเซอร์ เป็นต้น ในกรณีที่เป็นการทดลองแม่พิมพ์ (Tryout)



รูปที่ 1 ขึ้นส่วนยานยนต์ที่มีการขึ้นรูปขอบรู [1]

งานวิจัยหลายชิ้นที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าคุณภาพของขอบรูเจาะ มีอิทธิพลต่อการแตกที่ขอบรูในกระบวนการขึ้นรูปขอบรูอย่างมีนัยสำคัญ รูเจาะจาก Milling และเลเซอร์ จะทำให้มีความสามารถในการขยายตัวของรูมากกว่ารูเจาะจากแม่พิมพ์ และความสามารถในการขยายตัวของรูจะลดลงเมื่อวัสดุขึ้นงานมีค่าความแข็งแรงดึงสูงสุดเพิ่มขึ้น [2] การปรับปรุงคุณภาพของขอบรูเจาะโดยการทำให้ผิวของขอบรูเจาะมีผิวที่เรียบขึ้น จะช่วยเพิ่มความสามารถในการขึ้นรูปขอบรูได้ [3] รูปร่างของพื้นที่ที่ใช้ขึ้นรูปขอบรูก็มีอิทธิพลต่อความหนาของชิ้นงานที่ได้ โดยพื้นที่ทรงกรวยจะทำให้ขอบรูที่ขึ้นรูปได้มีความหนามากกว่าพื้นที่ทรงกลมและพื้นที่ทรงกระบอก [4]

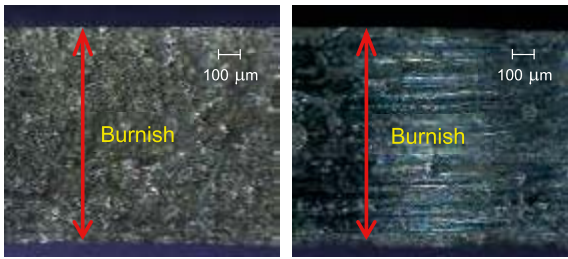
งานวิจัยนี้จะประเมินความสามารถในการขึ้นรูปขอบรู (Hole flangeability) โดยใช้การทดสอบการขยายตัวของรู (Hole Expansion Test, HE) ตามมาตรฐาน ISO/TS 16630-2003 โดยจะทำการปรับปรุงคุณภาพของขอบรูด้วยการกัดอัดด้วยพื้นที่มีมุมเอียง

2. การทดสอบ

2.1 การเจาะรู

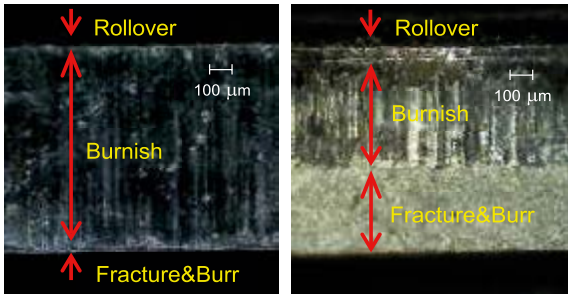
วัสดุขึ้นงานเหล็กแผ่น SPCC หนา 1 มิลลิเมตร ถูกเตรียมให้เป็นชิ้นงานสำหรับทดสอบ ขนาดกว้าง 100 มิลลิเมตร ยาว 100 มิลลิเมตร และเจาะรูขนาด 10 มิลลิเมตร ที่กึ่งกลางชิ้นงาน โดยในงานวิจัยนี้เตรียมรูเจาะจาก 3 กรณี ที่แตกต่างกัน ได้แก่ การตัดด้วยลวด การเจาะและคว้านรูเรียบ (Drill & reamer) และการเจาะรูด้วยแม่พิมพ์ (Piercing)

ในการตัดด้วยวิธี Wire EDM และ Drill & Reamer จะมีขอบตัดที่เหมือนกันตลอดความหนาชิ้นงาน แต่ในการเจาะรูด้วยแม่พิมพ์ จะทำให้ได้ขอบรูที่มีลักษณะเฉพาะประกอบด้วย 4 ส่วน ตามทิศทางการเจาะคือ ส่วนโค้งมน (Rollover) ส่วนเรียบตรง (Burnish) ส่วนแตกหัก (Fracture) และครีบ (Burr) ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยในการเจาะรูด้วยแม่พิมพ์ สามารถกำหนดคุณภาพของขอบรูเจาะได้ด้วยการกำหนดช่องว่างระหว่างพื้นที่และตาย (Clearance, CL) ซึ่งจะส่งผลให้ขอบตัดมีระยะของส่วนต่างๆ ที่แตกต่างกัน ในการเจาะรูเพื่อให้ได้รูเจาะที่ขึ้นงานขนาด 10 มิลลิเมตร ได้กำหนดขนาดของพื้นที่เจาะคงที่ที่ 10 มิลลิเมตร และปรับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของตายตามขนาดช่องว่างแม่พิมพ์ที่กำหนด โดยขนาดช่องว่างแม่พิมพ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ 2% และ 15% ของความหนาชิ้นงาน รูปที่ 3 แสดงระยะของส่วนต่างๆ ของขอบรูที่ได้จากการเจาะด้วยแม่พิมพ์ที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งการเจาะที่ใช้ช่องว่างแม่พิมพ์ 15% ของความหนาชิ้นงานทำให้ได้ขอบรูที่มีส่วนเรียบตรงน้อยที่สุดคือ 64.4% ของความหนาชิ้นงาน



ก) Wire EDM

ข) Drill & Reamer



ค) Piercing, Cl = 2%T

ง) Piercing, Cl = 15%T

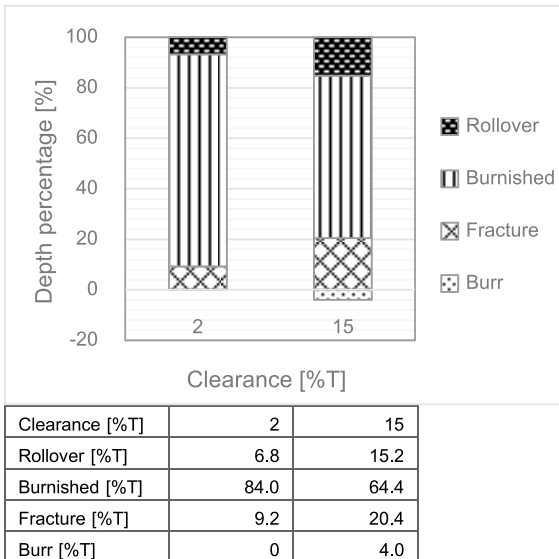
รูปที่ 2 ภาพขยายผิวของรูเจาะ (200X) บนแผ่นชิ้นงานเหล็ก SPCC

2.2 การทดสอบ Hole expansion

ความสามารถในการขึ้นรูปขอบรู จะประเมินด้วยการทดสอบ Hole expansion รูเจาะขนาด 10 มิลลิเมตร จะถูกพันซ์ทรงกรวยที่มีมุม (θ) 60 องศา ดันขึ้นรูปจนเกิดการขยายตัวอย่างสม่ำเสมอในแนวเส้นรอบวงจนเกิดรอยแตกที่บริเวณขอบรู ขนาดรูที่ขยายออกได้มากที่สุดก่อนเกิดรอยแตก จะถูกนำมาคิดเป็นค่าขีดจำกัดอัตราส่วนการขยายตัวของรู (Limiting Hole Expansion Ratio, LHER) ตามสมการที่ 1

$$LHER[\%] = \frac{(d_f - d_0)}{d_0} \times 100 \quad (1)$$

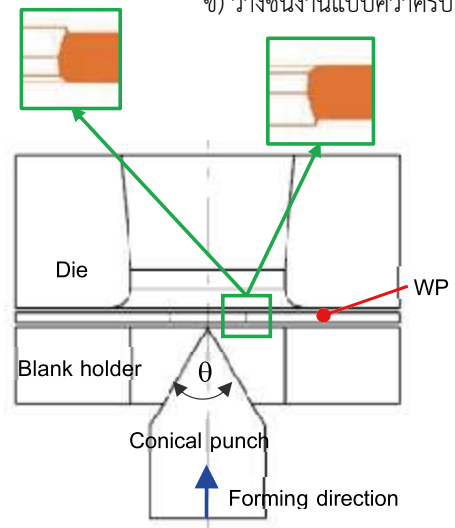
โดยที่ d_f คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูที่ถูกขยายมากที่สุดก่อนแตก และ d_0 คือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูเจาะเริ่มต้น ชิ้นงานที่ผ่านการเจาะรูด้วยแม่พิมพ์ที่มีผิวของขอบรูไม่สม่ำเสมอหมดทั้งความหนา จะมีการวางชิ้นงานทดสอบ 2 รูปแบบคือ แบบหงายครีบบน และคว่ำครีบลง ดังแสดงในรูปที่ 4 เงื่อนไขในการทดสอบแสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 3 ระยะเวลาของส่วนต่างๆ ของขอบรู ที่ได้จากการเจาะด้วยแม่พิมพ์

ก) วางชิ้นงานแบบหงายครีบบน

ข) วางชิ้นงานแบบคว่ำครีบลง



รูปที่ 4 เครื่องมือทดสอบ Hole expansion

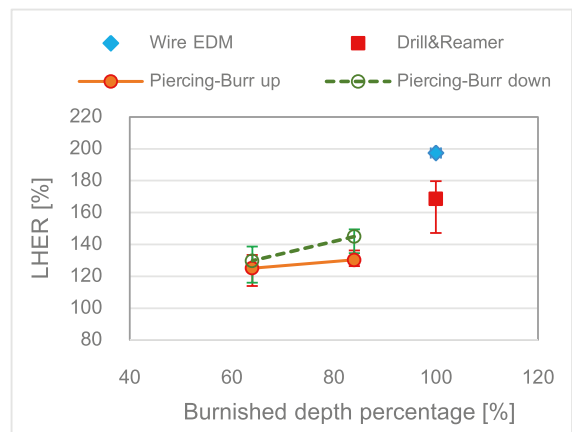
ตารางที่ 1 เงื่อนไขในการทดสอบการขยายตัวของรู

Specimen	
Dimension [mm]	100 x 100
Thickness [mm]	1
Hole diameter [mm]	10
Quantity	5
Hole expansion test	
Die diameter [mm]	40
Die radius [mm]	5
Punch diameter [mm]	30
Punch geometry	Conical with $\theta=60^\circ$
Punch speed [mm/s]	28
Blank holder force [kN]	50

3. ผลการทดสอบค่าขีดจำกัดอัตราส่วนการขยายตัวของรู

เมื่อทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะส่วนเรียบตรงของขอบรู (Burnished depth percentage) กับค่าขีดจำกัดอัตราส่วนการขยายตัวของรู (LHER) ดังแสดงในรูปที่ 5 พบว่าเมื่อขอบรูมีส่วนเรียบตรงมาก จะทำให้ความสามารถในการขยายตัวของรูดีมากขึ้น โดยการเจาะรูด้วยวิธี Wire EDM ที่มีผิวของขอบรูที่เรียบสม่ำเสมอ ไม่มีทิศทาง จะมีค่า LHER ที่สูงที่สุดโดยไม่เกิดการแตกที่ขอบรูดังแสดงในรูปที่ 6 ส่วนการเจาะด้วยวิธี Drill & Reamer นั้น แม้จะมีขอบรูที่เรียบสม่ำเสมอตลอดทั้งความหนาชิ้นงาน แต่ผิวของขอบรูมีแนวของทิศทางการตัดเฉือนจากเครื่องมือเจาะอย่างชัดเจน ทำให้มีค่า LHER ที่ลดลงมา และมีความแตกต่างของข้อมูลค่อนข้างมาก กรณีการเจาะรูด้วยแม่พิมพ์ การเจาะรูโดยใช้ช่องว่างแม่พิมพ์ 2% ของความหนาชิ้นงาน ที่มีส่วนเรียบตรงที่มากกว่า จะทำให้มีค่า LHER ที่มากกว่าการเจาะรูโดยใช้ช่องว่างแม่พิมพ์ 15% ของความหนาชิ้นงาน และการทดสอบโดยการวางชิ้นงานแบบคว่ำครีบลง จะช่วยให้มีความสามารถในการขยายตัวของรูมากกว่าการวางชิ้นงานแบบหงายครีบบน โดยรูปที่ 6 แสดงให้เห็นว่าทั้งการวางชิ้นงานแบบหงายครีบบนและคว่ำครีบลงต่างก็เริ่มเกิดการรอยแตกเล็กๆ บริเวณรอบขอบรูฝั่งที่เป็นส่วนแตกหักและครีบบน เมื่อพันซ์

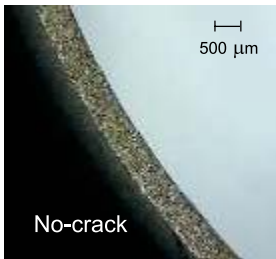
ต้นชิ้นรูขอบรูอย่างต่อเนื่อง ชิ้นงานจะเกิดการขยายตัวอย่างสม่ำเสมอในแนวเส้นรอบวง ทำให้เกิดความเค้นแรงดึงสูงที่บริเวณขอบรูด้านนอก เมื่อวางชิ้นงานแบบหงายครีบบน ขอบรูด้านนอกสุดที่เป็นครีบบนและส่วนแตกหักซึ่งมีผิวที่ไม่เรียบและมีความเค้นแรงดึงตกค้างอยู่ในเนื้อวัสดุซึ่งเป็นผลมาจากการเจาะรูด้วยแม่พิมพ์ [5] จะเป็นส่วนที่ทำให้เกิดการรอยแตกได้ง่ายกว่าการวางชิ้นงานแบบคว่ำครีบลง ซึ่งขอบรูด้านนอกสุดเป็นส่วนโค้งมนและส่วนตัดเฉือนที่มีผิวเรียบและมีความเค้นแรงอัดตกค้างอยู่ในเนื้อวัสดุ เมื่อทดสอบ Hole expansion จึงเกิดการแตกที่ขอบรูช้ากว่า



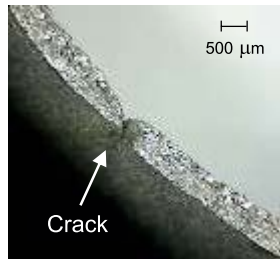
รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนเรียบตรงของขอบรูกับค่าขีดจำกัดอัตราส่วนการขยายตัวของรู



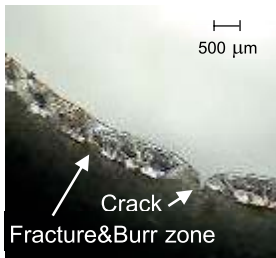
ก) Edge of flanged hole



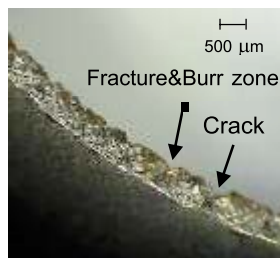
ข) Wire EDM



ค) Drill & Reamer



ง) Piercing, Burr up (Cl = 15%T)



จ) Piercing, Burr down (Cl = 15%T)

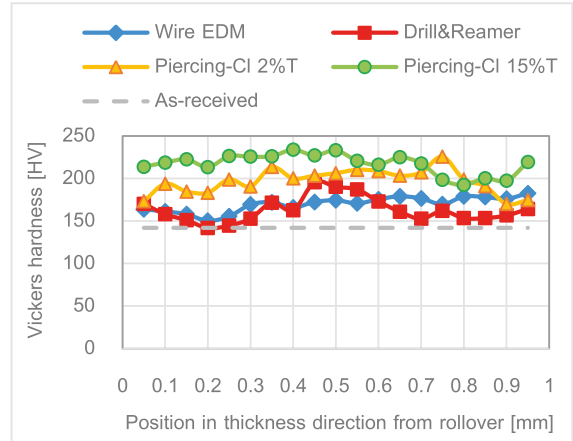
รูปที่ 6 ขอบรูหลังการทดสอบ Hole expansion

3.1 อิทธิพลของกระบวนการเจาะรูที่มีต่อความแข็งแรงบริเวณขอบรูเจาะ

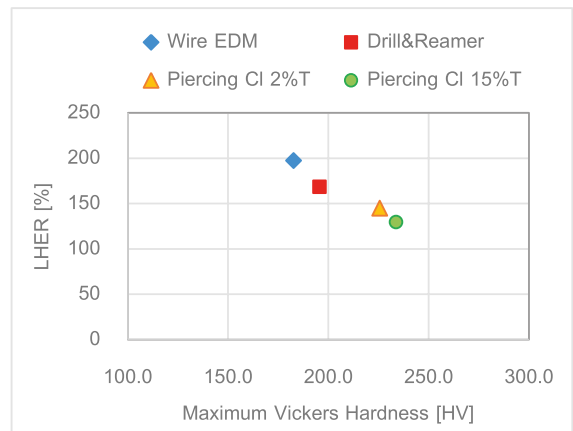
การกระจายตัวของความแข็งแรงที่บริเวณขอบรูเจาะแสดงในรูปที่ 7 โดยทำการวัดความแข็งแรงแบบจุลภาค (Vickers microhardness) เริ่มวัดจากขอบตัดด้านที่เป็นส่วนโค้งมนห่างจากขอบชิ้นงาน 0.05 มิลลิเมตร และแต่ละจุดห่างกัน 0.05 มิลลิเมตร

การเจาะรูด้วยวิธี Wire EDM และ Drill & Reamer นั้นทำให้ความแข็งแรงที่ผิวของขอบรูเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับความแข็งแรงของชิ้นงานเริ่มต้นในขณะที่การตัดเจาะด้วยแม่พิมพ์

ทำให้ได้ขอบรูที่มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นมากกว่าจากอิทธิพลของ Work hardening ของกระบวนการตัดเฉือน ซึ่งทำให้พบว่าเมื่อขอบรูมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น มีแนวโน้มทำให้ค่าขีดจำกัดอัตราส่วนการขยายตัวของขอบรูลดลง ดังแสดงในรูปที่ 8 และค่าความแข็งแรงของขอบรูจะมากขึ้นเมื่อเจาะรูโดยใช้ช่องว่างแม่พิมพ์ที่ใหญ่ขึ้น



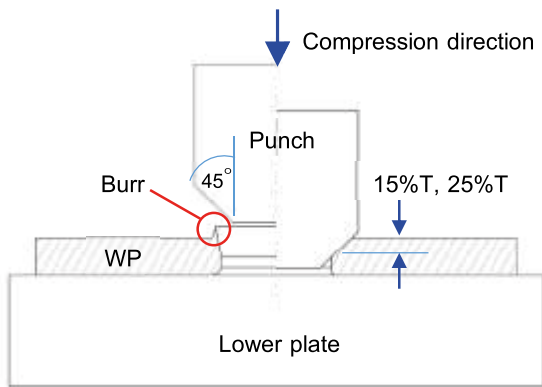
รูปที่ 7 การกระจายตัวของความแข็งแรงบริเวณขอบรูเจาะ



รูปที่ 8 อิทธิพลของความแข็งแรงของขอบรูเจาะที่มีต่อค่าขีดจำกัดอัตราส่วนการขยายตัวของขอบรู

4. การปรับปรุงคุณภาพของขอบรูที่ได้จาก การเจาะด้วยแม่พิมพ์

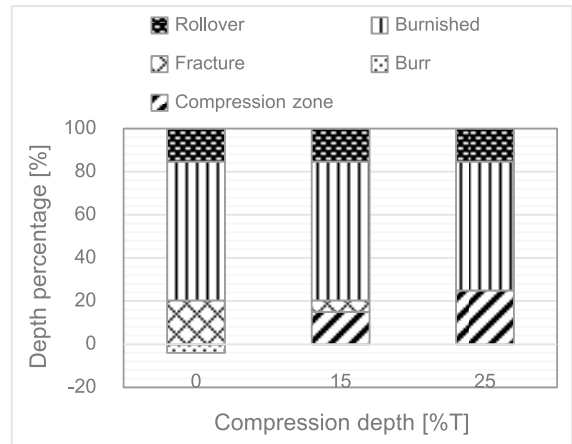
จากผลการทดสอบ Hole expansion เบื้องต้น การแตกของขอบรูจะเกิดขึ้นง่ายเมื่อวางชิ้นงานทดสอบแบบหงายครึ่งขึ้น โดยบริเวณดังกล่าวมีผิวที่ไม่เรียบและมีความเค้นแรงตั้งตักค้างอยู่ในเนื้อวัสดุที่มีผลมาจากกระบวนการก่อนหน้า จึงได้ทำการกัดด้วยฟันซ์ที่มีมุมเอียง 45 องศา (รูปที่ 9) ที่ขอบรูด้านที่เป็นครึ่งและส่วนแตกหักเป็นระยะ 15% และ 25% ของความหนาชิ้นงาน เพื่อทำให้ผิวเรียบและทำให้เกิดความเค้นแรงอัดภายในเนื้อวัสดุชิ้นงาน



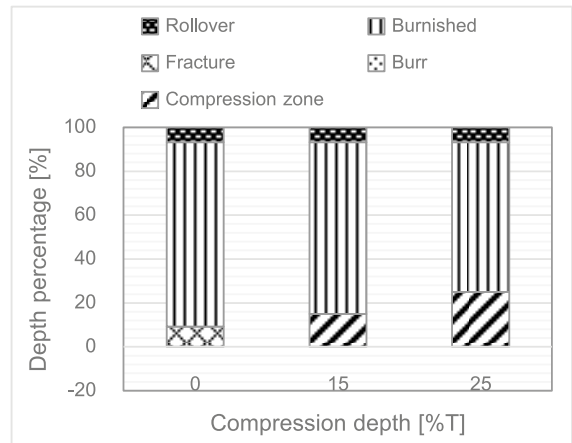
รูปที่ 9 การกัดขอบรูเจาะ

เมื่อกัดรูเจาะที่ได้จากการตัดโดยใช้ช่องว่างแม่พิมพ์ 15% ของความหนาชิ้นงาน ทำให้ได้ขอบรูดังแสดงในรูปที่ 10 การกัดเป็นระยะ 15% ของความหนาชิ้นงาน จะมีผลทำให้กัดตัดบริเวณที่เป็นครึ่งและส่วนแตกหักบางส่วน และการกัดเป็นระยะ 25% ของความหนาชิ้นงาน จะมีผลทำให้กัดตัดตัดบริเวณที่เป็นครึ่งส่วนแตกหักทั้งหมด และส่วนเรียบตรงบางส่วนคิดเป็นอัตราส่วนระยะกัดต่อระยะของส่วนแตกหัก (Ratio of depth of compression per fracture) เท่ากับ 0.74 และ 1.23 ตามลำดับ

เมื่อกัดรูเจาะที่ได้จากการตัดโดยใช้ช่องว่างแม่พิมพ์ 2% ของความหนาชิ้นงาน ทำให้ได้ขอบรูดังแสดงในรูปที่ 11 การกัดเป็นระยะ 15% และ 25% ของความหนาชิ้นงาน จะมีผลทำให้กัดตัดบริเวณที่เป็นครึ่งส่วนแตกหักทั้งหมด และส่วนเรียบตรงบางส่วน ซึ่งจะทำให้ขอบรูมีระยะที่เป็นส่วนเรียบตรงน้อยลงคิดเป็นอัตราส่วนระยะกัดต่อระยะของส่วนแตกหัก เท่ากับ 1.63 และ 2.72 ตามลำดับ



รูปที่ 10 ระยะเฉลี่ยหลังกัดตัดของส่วนต่างๆ ของขอบรูที่เจาะด้วยแม่พิมพ์ที่ใช้ช่องว่างแม่พิมพ์ 15%T

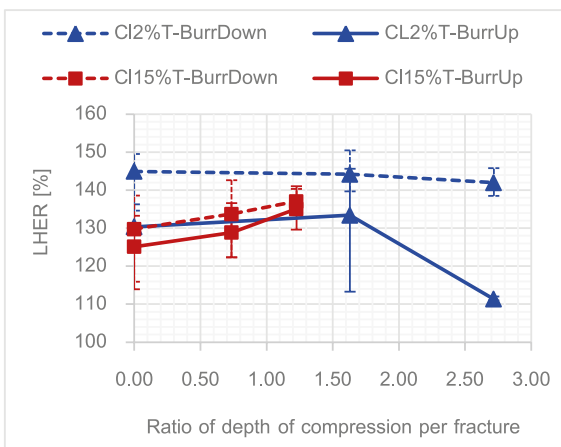


รูปที่ 11 ระยะเฉลี่ยหลังกัดตัดของส่วนต่างๆ ของขอบรูที่เจาะด้วยแม่พิมพ์ที่ใช้ช่องว่างแม่พิมพ์ 2%T

4.1 อิทธิพลของอัตราส่วนระยะกัดที่มีผลต่อค่าขีดจำกัดอัตราส่วนการขยายตัวของรู

รูปที่ 12 แสดงความสัมพันธ์ของอัตราส่วนระยะกัดต่อระยะของส่วนแตกหัก กับค่าขีดจำกัดอัตราส่วนการขยายตัวของรู ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าในกรณีรูเจาะที่ใช้ช่องว่างแม่พิมพ์ 15% ของความหนาชิ้นงาน (กรณีที่มีค่า LHER น้อยที่สุดในการทดสอบเบื้องต้น) เมื่ออัตราส่วนระยะกัดมากขึ้น จะส่งผลให้ความสามารถในการขยายตัวของรูเพิ่มมากขึ้น ทั้งการวางชิ้นงานแบบคว่ำครีบบ และหงายครีบบ และมีค่า LHER มากสุดที่อัตราส่วนระยะกัดต่อระยะของส่วนแตกหักเท่ากับ 1.23 (กัดอัดเป็นระยะ 25% ของความหนาชิ้นงาน) ทั้งนี้เนื่องมาจากระยะที่ทำให้การกัดอัด กัดอัดทับบริเวณที่เป็นครีบบ และส่วนแตกหักทั้งหมด ทำให้ขอบรูบริเวณนั้นมีผิวที่เรียบมากขึ้นและการกัดอัดทำให้เกิดความเค้นแรงอัดภายในเนื้อวัสดุชิ้นงานซึ่งการวางชิ้นงานแบบคว่ำครีบบก็ยังคงทำให้ความสามารถในการขยายตัวของรูตีมากกว่า

ในกรณีรูเจาะที่ใช้ช่องว่างแม่พิมพ์ 2% ของความหนาชิ้นงาน การกัดอัดส่วนใหญ่ไม่ได้ช่วยเพิ่มความสามารถในการขยายตัวของรู เนื่องจากรูเจาะที่ใช้ช่องว่างแม่พิมพ์ 2% ของความหนาชิ้นงาน มีขอบรูที่มีส่วนเรียบตรงมากอยู่แล้ว เมื่อกัดอัดด้วยระยะที่มากขึ้น จะทำให้ส่วนเรียบตรงของขอบรูเหลือน้อยลง (ดังแสดงในรูปที่ 11) ซึ่งอัตราส่วนระยะกัดอัด 1.63 และวางชิ้นงานทดสอบแบบหงายครีบบเป็นกรณีเดียวที่ทำให้มีค่า LHER สูงขึ้น



รูปที่ 12 ค่าขีดจำกัดอัตราส่วนการขยายตัวของรูที่มีการปรับปรุงคุณภาพขอบรูด้วยการกัดอัด

5. สรุปผลการทดสอบ

จากผลการทดสอบพบว่า การเจาะรูด้วยแม่พิมพ์จะทำให้มีความสามารถในการขยายตัวของรูน้อยกว่าการเจาะด้วยวิธี Wire EDM และ Drill & Reamer ซึ่งอาจเป็นสาเหตุของการขึ้นรูปได้ในขั้นตอนของการทดลองแม่พิมพ์ (Tryout) ที่ใช้การเจาะรูด้วยวิธีอื่น เช่น Wire EDM ก่อนนำไปขึ้นรูปของรู แต่ไม่สามารถขึ้นรูปสำเร็จได้ในขั้นตอนการผลิตจริง (Production) ที่ใช้แม่พิมพ์ในการเจาะรู

อย่างไรก็ตามแม่พิมพ์ก็ยังคงเป็นเครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการผลิตที่ต้องการชิ้นงานจำนวนมาก มีอัตราการผลิตสูง การปรับปรุงคุณภาพขอบรูโดยการกัดอัดด้วยแม่พิมพ์จากการศึกษานี้ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ค่าขีดจำกัดอัตราส่วนการขยายตัวของขอบรูจะลดลงเมื่อความแข็งของขอบรูเจาะมีค่าเพิ่มมากขึ้น
2. ค่าความแข็งของขอบรูจะมากขึ้นเมื่อเจาะรูโดยใช้ช่องว่างแม่พิมพ์ที่ใหญ่ขึ้น และช่องว่างแม่พิมพ์ที่ใหญ่ทำให้ได้ขอบรูที่มีขนาดของส่วนเรียบตรงน้อย
3. การวางชิ้นงานแบบคว่ำครีบบ (วางชิ้นงานด้านที่มีครีบบไว้ฝั่งเดียวกับพันธ) จะช่วยให้มีความสามารถในการขยายตัวของรูมากกว่าการวางชิ้นงานแบบหงายครีบบขึ้น (การวางชิ้นงานด้านที่มีครีบบไว้ฝั่งตรงข้ามพันธ)
4. การกัดอัดขอบรูที่ทำให้ครีบบและส่วนแตกหักลดลงหรือหายไปจะช่วยเพิ่มความสามารถในการขยายตัวของรูได้ดีขึ้น และการกัดอัดขอบรูทับครีบบ ส่วนแตกหัก และส่วนเรียบตรงบางส่วน ด้วยอัตราส่วนระยะกัดต่อระยะของส่วนแตกหักที่มากกว่า 1.63 ทำให้ความสามารถในการขยายตัวของรูแยลง
5. กรณีต้องขึ้นรูปขอบรูที่มีการวางชิ้นงานด้านที่มีครีบบไว้ฝั่งตรงข้ามพันธ สามารถใช้ชิ้นงานที่เจาะรูโดยใช้ช่องว่างแม่พิมพ์ 15%T และปรับปรุงคุณภาพขอบรูโดยการกัดอัดด้วยแม่พิมพ์เป็นระยะ 15-25% ของความหนาชิ้นงาน จะทำให้อัตราส่วนการขยายตัวของรูเพิ่มขึ้นเทียบเท่ากับการขึ้นรูปชิ้นงานที่เจาะรูโดยใช้ช่องว่างแม่พิมพ์ 2%T

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นายคุณวิทย์ วงศ์ไตรรัตน์ นายนิธิพงศ์ อินทศิริ และนางสาวพิชามณูช กอกอบลาภ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องมือและวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ช่วยเก็บผลการทดลอง

7. เอกสารอ้างอิง

1. Taizhou Huangyan Dian MOULD CO.,LTD, 2014, Metal Auto Parts Stamping Die [Online], Available: <http://www.xuhuimould.com/metal-auto-parts-stamping-die> [10 November 2015].

2. Watanabe, K., Tachibana, M., Koyanagi, K. and Motomura, K., 2006, "Simple Prediction Method for the Edged Fracture of Steel Sheet during Vehicle Collision (1st report)," *LS-DYNA Anwenderforum*, Ulm, pp. 9-14.

3. Mori, K., Abe, Y. and Suzui, Y., 2010, "Improvement of Stretch Flangeability of Ultra High Strength Steel Sheet by Smoothing of Sheared Edge," *Journal of Materials Processing Technology*, 210 (4), pp. 653-659.

4. Fracz, W., Stachowicz, F. and Trzepiecinski, T., 2012, "Investigations of Thickness Distribution in Hole Expanding of Thin Steel Sheets," *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 12 (3), pp. 279-283.

5. Lemiale, V., Chambert, J. and Picart, P., 2009, "Description of Numerical Techniques with the Aim of Predicting the Sheet Metal Blanking Process by FEM Simulation," *Journal of Materials Processing Technology*, 209, pp. 2723-2734.

