การลดการดีดตัวกลับของเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงพิเศษเกรด JIS-SPFC980Y ในการพับขึ้นรูปตัววี

A spring-back reduction of advanced high strength steel grade JIS-SPFC980Y in V-bending die

ภาสพิรุฬห์ วัชรศรีสำเริง[1] ณัฐชานันท์ อังศุเศรณี[2] และกัณวริช พลูปราชญ์[3]

b.sresomroeng@gmail.com[1], n.angsuseranee@gmail.com[2], pganwarich@yahoo.com[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ใช้ระเบียบวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์ ช่วยจำลองการพับขึ้นรูปตัววี เพื่อศึกษาวิธีการลดปัญหาการดีดตัวกลับของเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงพิเศษในการพับขึ้นรูปตัววีด้วยเทคนิคการอัดกระแทก วัสดุชิ้นงานที่ใช้ศึกษาคือเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงพิเศษเกรด JIS-SPFC980Y การทดลองพับขึ้นรูปตัววีถูกใช้เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของผลการจำลองการพับขึ้นรูปตัววี ผลการศึกษาพบว่าการพับขึ้นรูปตัววีด้วยเทคนิคการอัดกระแทกชิ้นงานช่วยลดปัญหาการดีดตัวกลับของชิ้นงานหลังการพับขึ้นรูปตัววีได้ แต่ต้องใช้แรงในการขึ้นรูปสูง ชิ้นงานที่ได้หลังกระบวนการดังกล่าวมีความหนาลดลงตามระยะการอัดกระแทกที่กำหนด อย่างไรก็ดีการกำหนดระยะการอัดกระแทกที่ไม่เหมาะสมนอกจากแก้ปัญหาการดีดตัวกลับของชิ้นงานหลังการขึ้นรูปไม่ได้แล้ว ชิ้นงานหลังการพับขึ้นรูปตัววีอาจเกิดการดีดตัวไปได้

คำสำคัญ: การดีดตัวกลับ เหล็กกล้าความแข็งแรงสูงพิเศษ การพับขึ้นรูปตัววี

Abstract

This research applied the finite element method (FEM) to simulate V-bending process in order to investigates a spring-back reduction method in V-bending of advanced high strength steel (AHSS) through bottoming technique. The material workpiece is AHSS JIS-SPFC980Y grade. The V-bending experiment was used for checking an accuracy on FEM and the result has shown that, the bottoming technique was able to reduce spring-back problem of workpiece after V-bending but it is required high forming force and also the thickness of workpiece would be decreased as follow as the value of bottoming distance. However to define the invalidate value of bottoming distance, moreover not to solve spring-back problem. It maybe occur spring-go on workpiece after V-bending.

Keywords: Spring-back, Advanced high strength steel, V-bending

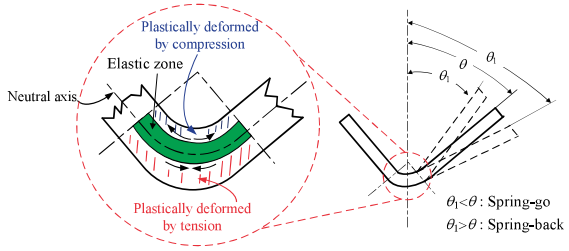
[1] หัวหน้าศูนย์เทคโนโลยีแม่พิมพ์ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องมือและแม่พิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

[2] อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยปทุมธานี

[3] รองศาสตราจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

1. บทนำ

การพับเป็นกระบวนการพื้นฐานที่สำคัญกระบวนการหนึ่งในกระบวนการขึ้นรูปโลหะ ปัญหาสำคัญของกระบวนการนี้คือ รูปทรงของชิ้นงานหลังการขึ้นรูปที่ได้ ไม่เป็นไปตามที่ต้องการหรือที่ได้ออกแบบไว้ เช่น เกิดการดีดตัวกลับ (Spring-back) หรือการดีดตัวไป (Spring-go) ดังรูปที่ 1 โดยการดัดหรือพับโลหะแผ่น เนื้อวัสดุจะเกิดความเค้นขึ้นที่บริเวณรัศมีของการพับ (Bend radius) เท่านั้น บริเวณอื่นจะไม่มีความเค้นเกิดขึ้นเลย โลหะที่ผิวนอกของรัศมีการพับจะถูกดึงยืดออก และเนื้อวัสดุบริเวณดังกล่าวจะเกิดความเค้นดึง (Tensile stress) ส่วนโลหะที่อยู่ผิวด้านในของรัศมีการพับจะเกิดการอัดตัวภายใต้ความเค้นอัด (Compressive stress) ดังนั้น ถ้ามีการฉีกขาดจะเกิดที่ผิวชิ้นงานด้านนอกของรัศมีการพับ แต่ถ้ามีรอยย่น (Wrinkle) จะปรากฏขึ้นที่ผิวด้านในของรัศมีการพับ ความเค้นจะเกิดมากที่สุดที่ผิวชิ้นงานด้านนอกสุดทั้งสองด้านของความหนาของโลหะแผ่น แล้วค่อย ๆ ลดลงเมื่อเข้าใกล้เส้นแกนกลาง (Neutral axis) ดังนั้น บริเวณเส้นแกนกลางจะมีความเค้นเกิดขึ้นต่ำกว่าค่าความเค้นคราก (Yield stress) ของวัสดุชิ้นงานหรืออยู่ในช่วงยืดหยุ่น (Elasticity) เมื่อพันช์เคลื่อนที่ออกจากดายโลหะส่วนนี้จะพยายามดีดตัวกลับสู่รูปทรงเดิม แต่โลหะส่วนที่อยู่ห่างจากเส้นแกนกลางจะมีความเค้นเกิดขึ้นมากเกินค่าความเค้นคราก ทำให้ต้านการกลับสู่รูปทรงเดิม ดังนั้นเมื่อพับโลหะจนเปลี่ยนรูปทรงแล้ว จะยังคงมีเนื้อโลหะบางส่วนอยู่ในสภาวะยืดหยุ่น (Elasticity zone) ปนอยู่ จึงเป็นผลให้เกิดการดีดตัวกลับ ($\theta_1 > \theta$) ของโลหะชิ้นงาน รูปทรงที่ได้ไม่เป็นไปตามองศาของของการพับ สำหรับการดีดตัวไปของชิ้นงานหลังการขึ้นรูป จะเกิดในลักษณะของชิ้นงานที่ได้หลังการพับมีมุมพับที่ได้น้อยกว่ามุมที่ต้องการพับ ($\theta_1 < \theta$) การเกิดการดีดตัวกลับของชิ้นงานหลังการขึ้นรูปเกิดจากหลายปัจจัยเช่น ชนิดของวัสดุ ความหนาของวัสดุ และมุมของการพับ [1]



รูปที่ 1 กลไกการเปลี่ยนรูปบริเวณมุมพับ [1]

ปัจจุบันมีการใช้เหล็กกล้าความแข็งแรงสูง (High strength steel; HSS) และเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงพิเศษ (Advanced high strength steel; AHSS) เป็นวัตถุดิบในการผลิตชิ้นส่วนรับแรงสำหรับยานยนต์ แต่เนื่องจากค่าความแข็งแรงของวัสดุที่เพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้ความสามารถในการขึ้นรูป (Formability) ของวัสดุดังกล่าวมีค่าลดลง พบปัญหาการดีดตัวกลับและดีดตัวไปในกระบวนการพับขึ้นรูปที่รุนแรง เมื่อเปรียบเทียบกับการพับขึ้นรูปวัสดุโลหะที่มีค่าความแข็งแรงต่ำกว่า [2-5]

Bhadpiroon และคณะ [2, 4] ศึกษาการลดปัญหาการดีดตัวกลับของชิ้นงาน HSS โดยการใช้ค่าเคลียแรนซ์ (Clearance) หรือช่องว่างระหว่างพันช์ดายที่มีค่าน้อยความหนาชิ้นงานที่ทำการพับขึ้นรูปตัวยู (U-bending) โดยพบว่าโลหะแผ่นที่มีค่าความแข็งแรงสูงจะเกิดการดีดตัวกลับมากกว่าโลหะแผ่นที่มีความความแข็งแรงต่ำ การใช้ค่าเคลียแรนซ์น้อยกว่าความหนาชิ้นงานสามารถลดปัญหาการเกิดการดีดตัวกลับของชิ้นงานหลังการพับขึ้นรูปตัวยูได้ แต่กรณีที่ใช้แม่พิมพ์ที่มีค่าเคลียแรนซ์น้อยมากไปจะส่งผลให้ชิ้นงานหลังการพับขึ้นรูปตัวยูเกิดการดีดตัวไป ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากค่าความเค้นอัดที่เกิดขึ้นในเนื้อวัสดุบริเวณผิวด้านนอกของผนังชิ้นงาน

Mohammad Ali Farsi และ Behrooz Arezoo [6] ศึกษาตัวแปรของกระบวนการพับขึ้นรูปตัววีที่มีผลต่อปริมาณการดีดตัวกลับ จากการศึกษาพบว่าปริมาณการดีดตัวกลับของชิ้นงานโลหะแผ่นหลังการพับขึ้นรูปตัววีขึ้นอยู่กับความหนาของวัสดุ มุมของพันช์และดาย รัศมีมุมดัดที่พันช์ ความกว้างของดาย และขนาดของรูที่เจาะบนชิ้นงานบริเวณมุมพับ Sutasn Thipprakmas [7-8] ศึกษาการลดปริมาณการดีดตัวกลับของชิ้นงานเหล็ก HSS เกรด JIS-SPFH590 และอะลูมิเนียมเกรด Al1100-0 หลังการพับขึ้นรูปตัววี โดยใช้วิธีการทางไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite element method; FEM) ศึกษากลไกการเกิดการดีดตัวกลับและดีดตัวไป จากการศึกษาพบว่าคอยน์บีด (Coin bead) ช่วยสร้างความเค้นให้แก่ชิ้นงานบริเวณมุมพับและข้างมุมพับ ซึ่งการกำหนดตำแหน่งกดของคอยน์บีดที่เหมาะสมสามารถลดการเกิดการดีดตัวกลับและการดีดตัวไปของชิ้นงานรูปตัววีหลังการพับขึ้นรูปได้ นอกจาก

การศึกษารูปร่างของเครื่องมือและแม่พิมพ์เพื่อแก้ปัญหาคุณภาพรูปทรงของชิ้นงานจากงานวิจัยข้างต้นแล้ว ในระยะหลังมีการใช้อุณหภูมิเข้ามาช่วยในการลดปัญหารูปทรงหลังการพับขึ้นรูปไม่ได้ตามที่ต้องการ [9-12]

จากงานวิจัยที่ผ่านมา การแก้ปัญหาคุณภาพรูปทรงของชิ้นงานโลหะแผ่นหลังการพับขึ้นรูปตัววี สามารถทำได้โดยการออกแบบแม่พิมพ์ให้มีตัวแปรของกระบวนการ เช่นรัศมีพันช์และรัศมีดายให้มีความเหมาะสม การสร้างความเค้นอัดให้แก่ชิ้นงานบริเวณมุมพับด้วยบีด รวมถึงการให้อุณหภูมิแก่ชิ้นงานก่อนและขณะทำการขึ้นรูป แต่ยังไม่มีงานวิจัยใดศึกษาการพับขึ้นรูปตัววีกับวัสดุ AHSS รวมถึงการใช้เทคนิคอัดกระแทก (Bottoming) ชิ้นงาน ซึ่งมีการรายงานผลการวิจัยว่าสามารถลดปัญหาการดีดตัวกลับของชิ้นงานหลังการพับขึ้นรูปตัวยู (U-bending) ได้ [3] ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาการลดการดีดตัวกลับของชิ้นงานหลังการพับขึ้นรูปตัววีด้วยวิธีการอัดกระแทกกับวัสดุ AHSS และใช้การจำลองการพับขึ้นรูปตัววีด้วยระเบียบวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์ศึกษาสภาวะความเค้นที่เกิดบนชิ้นงานหลังการพับขึ้นรูปดังกล่าวเพื่ออธิบายกลไกการลดปัญหาการดีดตัวกลับของวัสดุชิ้นงานหลังการพับขึ้นรูปตัววีด้วยเทคนิคการอัดกระแทกชิ้นงาน

2. การทดลองและการจำลองการพับขึ้นรูปตัววี

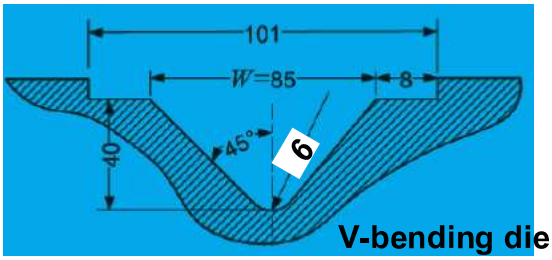
2.1 การทดลองการพับขึ้นรูปตัววี

ชิ้นงาน AHSS เกรด JIS-SPFC980Y ความหนา 2 มิลลิเมตร ขนาดความกว้าง 20 มิลลิเมตร ยาว 100 มิลลิเมตร ถูกใช้ในการศึกษาปัญหาการดีดตัวกลับของชิ้นงานหลังการพับขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์พับขึ้นรูปตัววี โดยมีรัศมีมุมดัดเท่ากับ 6 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นค่าแนะนำที่ทำให้เกิดการดีดตัวกลับน้อยที่สุดสำหรับการพับขึ้นรูปเหล็กกล้าคาร์บอนที่ต้องการมุมดัดเท่ากับ 90° [1]

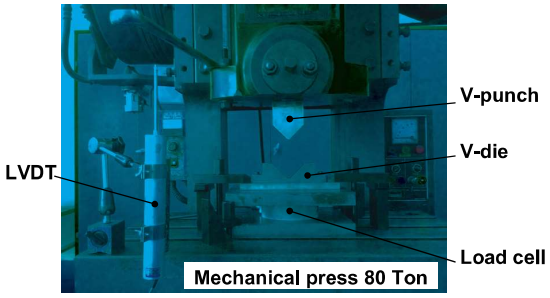
ชิ้นงานวัสดุเกรด JIS-SPCC ที่มีค่าความแข็งแรงดึง (Tensile strength) 311 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร และวัสดุ HSS เกรด JIS-SPFH590 ที่มีค่าความแข็งแรงดึง 612 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร ซึ่งเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงต่ำกว่าวัสดุ AHSS ถูกนำมาพับขึ้นรูปตัววีเพื่อเปรียบเทียบปัญหาการดีดตัวกลับของชิ้นงานหลังการพับขึ้นรูปด้วยเงื่อนไขการทดลองเดียวกันกับชิ้นงานเกรด JIS-SPFC980Y โดยรายละเอียดรูปทรงของแม่พิมพ์ที่ใช้ในการทดลองแสดงในรูปที่ 2

ชุดแม่พิมพ์พับขึ้นรูปตัววีถูกติดตั้งบนเครื่องเพรสแบบแมคคานิกส์ (Mechanical press) ขนาด 80 ตัน แรงและระยะทางที่ใช้ในการพับขึ้นรูปสำหรับการทดลองครั้งนี้ ถูกวัดด้วยโหลดเซลล์ (Load cell) และอุปกรณ์วัดระยะทาง (Linear variable differential transformer; LVDT) ดังรูปที่ 3 ต่อเข้าชุดกับอุปกรณ์ประมวลผลแรงและระยะทาง

ทดลองพับขึ้นรูปตัววีทั้ง 3 วัสดุ จำนวนวัสดุชิ้นงานละ 9 ชิ้น ที่ระยะทางการเคลื่อนที่ของพันช์เท่ากับ 40 มิลลิเมตร (วัดตั้งแต่ปลายพันช์แตะผิวชิ้นงาน) ซึ่งเป็นระยะทางในการพับขึ้นรูปที่พันช์ยังไม่อัดกระแทกชิ้นงาน ผลลักษณะของรูปทรงชิ้นงานที่เกิดขึ้นพิจารณาจากค่าองศาการดีดกลับ ซึ่งวัดโดยใช้เครื่องโปรไฟล์โปรเจคเตอร์ (Profile projector) ผลของแรงกับระยะทางในการพับขึ้นรูปตัววี และองศาการดีดตัวกลับที่ได้จากการทดลองถูกใช้เพื่อตรวจสอบความแม่นยำกับผลการจำลองการพับขึ้นรูปตัววีด้วยวิธีการทางไฟไนต์เอลิเมนต์



รูปที่ 2 รายละเอียดแม่พิมพ์พับขึ้นรูปตัววี



รูปที่ 3 การติดตั้งชุดแม่พิมพ์พับขึ้นรูปตัววี

2.2 การจำลองการพับขึ้นรูปตัววี

การจำลอง (Simulation) การพับขึ้นรูปตัววี เพื่อศึกษาการลดปัญหาการดีดตัวกลับของชิ้นงาน AHSS ด้วยเทคนิควิธีการอัดกระแทกในงานนี้ ใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ด้วยซอฟแวร์ DEFORM 2D มาวิเคราะห์สภาวะความเค้นที่เกิดขึ้นในเนื้อชิ้นงาน โดยจำลองเฉพาะวัสดุเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงพิเศษ เกรด JIS-SPFC980Y แบ่งการจำลองการขึ้นรูปเป็น 5 เงื่อนไขที่ระยะอัดกระแทกชิ้นงานตามร้อยละของความหนาชิ้นงาน (%t) แตกต่างกัน คือ 0%t (ไม่อัดกระแทกชิ้นงาน) 5%t, 10%t, 15%t และ 20%t

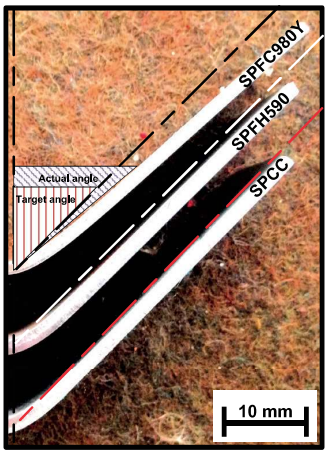
เงื่อนไขของการจำลองการพับขึ้นรูปตัววีถูกกำหนดให้เป็นไปตามการทดลองการพับขึ้นรูปตัววี โดยชิ้นงานเริ่มต้นถูกกำหนดให้มีสมบัติอยู่ในช่วงยืดหยุ่นและเปลี่ยนรูปถาวร หรืออีลาสโต-พลาสติก (Elasto-plastic) กำหนดให้ชิ้นงานมี เมซ (Mesh) เท่ากับ 2,500 เอลิเมนต์ โดยที่บริเวณมุมพับซึ่งเป็นบริเวณที่มีการเปลี่ยนรูปจะกำหนดให้มีความละเอียดของเมซมากกว่าบริเวณอื่นเพื่อความเที่ยงตรงในการพิจารณาสภาวะความเค้นที่เกิดขึ้น พันช์และดายกำหนดให้มีสมบัติเป็นวัตถุแข็งเกร็ง (Rigid body) เนื่องจากไม่พิจารณาการเปลี่ยนรูปชิ้นส่วนดังกล่าว ความเร็วในการเคลื่อนที่ของพันช์กำหนดให้มีค่าเท่ากับการทดลองคือ 10 มิลลิเมตร/วินาที

พฤติกรรมการเปลี่ยนรูปของวัสดุแทนด้วยสมการความเค้นไหล (Flow stress; s) ดังสมการที่ *(1)* เมื่อ σ คือความเครียดจริง (True strain) โดยค่าที่ใช้ป้อนให้กับซอฟแวร์ ได้จากการทดสอบแรงดึง ตามมาตรฐาน ASTM E8 จำนวน 5 ชิ้นทดสอบ และการทดสอบความแข็ง (Hardness testing) ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบ แสดงในตารางที่ 1

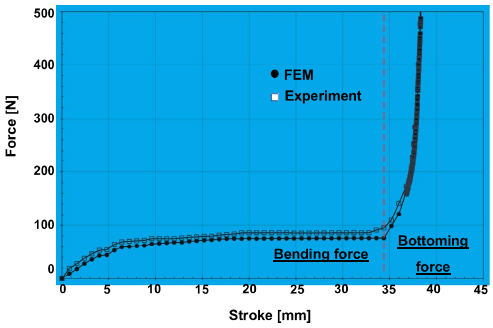
$$\sigma = K\varepsilon^{n} \qquad (1)$$

ตารางที่ 1 สมบัติของวัสดุในการจำลองการพับขึ้นรูป

AHSS JIS-SPFC980Y grade	
Tensile strength [N/mm^2]	1002
Yield strength [N/mm^2]	605
Elongation [%]	16
Elastic modulus [GPa]	206
Poisson's ratio (u)	0.30
Strength coefficient; K	1500
Strain hardening exponent; n	0.12



รูปที่ 4 ชิ้นงานที่ได้จากการทดลองพับขึ้นรูปตัววี



รูปที่ 5 กราฟแรงและระยะทางในการพับขึ้นรูปตัววี

3 ผลการทดลองและจำลองการพับขึ้นรูปตัววี

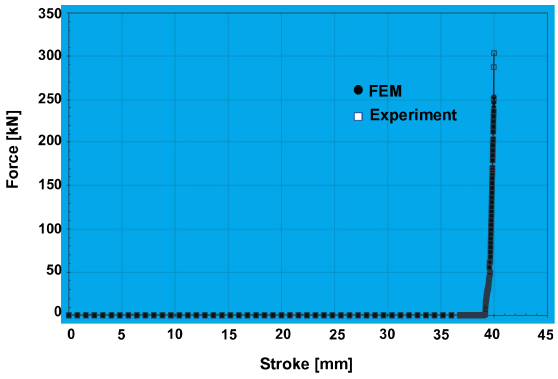
3.1 ผลการทดลองพับขึ้นรูปตัววี

ชิ้นงานที่ได้จากการพับขึ้นรูปตัววีของวัสดุแต่ละเกรดที่ระยะกดเท่าความหนาชิ้นงานทั้ง 9 ชิ้น เมื่อนำมาวัดมุมพับหลังจากการขึ้นรูปด้วยโปรไฟล์โปรเจคเตอร์พบว่าวัสดุเกรด JIS-SPCC, JIS-SPFH590 และ JIS-SPFC980Y มีมุมดีดกลับเฉลี่ยเท่ากับ 0.28°, 1.65°

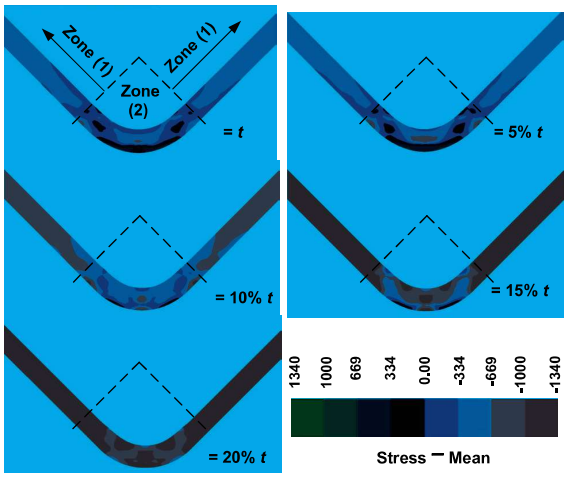
และ 4.45° ตามลำดับ ชิ้นงานที่ได้จากการพับขึ้นรูปตัววีของทั้งสามวัสดุแสดงเปรียบเทียบกันดังรูปที่ 4

3.2 ผลการจำลองการพับขึ้นรูปตัววี

ผลของแรงและระยะทางที่ใช้ในการขึ้นรูป และองศาการดีดตัวกลับของชิ้นงานหลังการพับขึ้นรูปที่ได้จากการทดลอง ถูกนำมาเปรียบเทียบกับการจำลองการพับขึ้นรูปตัววีกรณี 0%*t* เพื่อตรวจสอบว่าโมเดลและสมบัติทางกลของวัสดุที่กำหนดในการจำลองการพับขึ้นรูปตัววีมีความเหมาะสมหรือไม่



รูปที่ 6 การเปรียบเทียบกราฟแรงและระยะทางในการพับขึ้นรูปตัววี กรณี 0%*t* ระหว่างการทดลอง และFEM



รูปที่ 7 สภาวะความเค้นที่เกิดในเนื้อวัสดุชิ้นงาน

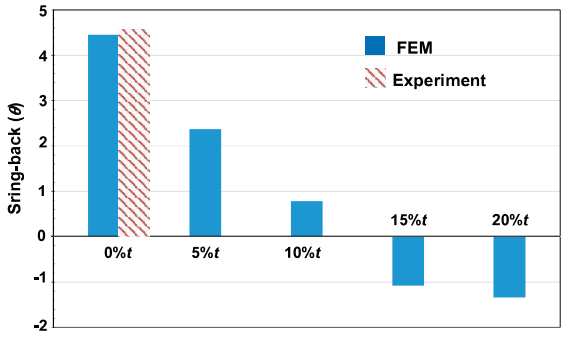
ผลการเปรียบเทียบระยะทางและแรงในการพับขึ้นรูปแสดงเป็นกราฟดังรูปที่ 5 ซึ่งมีลักษณะของกราฟมีแนวโน้มเดียวกัน และองศาการดีดตัวกลับที่ได้จากการจำลองการพับขึ้นรูปตัววีกรณี 0%*t* มีค่าเท่ากับ 4.38° ซึ่งมีค่าแตกต่างจากผลการทดลองอยู่ร้อยละ 1.57 ดังนั้นโมเดลและสมบัติทางกลของวัสดุที่กำหนดในการจำลองการพับขึ้นรูปตัววีจึงมีความเหมาะสมในการใช้เพื่อจำลองการพับขึ้นรูปตัววีครั้งนี้

รูปที่ 5 แสดงแรงที่ใช้ในการพับขึ้นรูปตัววีครั้งนี้แบ่งเป็น 2 ช่วง คือในช่วงระยะการเคลื่อนที่ของพันช์ตั้งแต่ 0 ถึง 34 มิลลิเมตร แรงในช่วงดังกล่าวเป็นแรงที่ใช้เพื่อเอาชนะค่าความแข็งแรงของวัสดุในการพับขึ้นรูปตัววี (Bending force) และเมื่อพันช์ยังคงเคลื่อนที่ต่อชิ้นงานจะถูกพันช์อัดกระแทก (Bottoming) กับดายตั้งแต่ระยะการเคลื่อนที่พันช์เท่ากับ 35 ถึง 40 มิลลิเมตร จึงทำให้แรงเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว แรงอัดกระแทกสูงสุดที่ได้จากการทดลองและการจำลองการพับขึ้นรูปตัววีแสดงในรูปที่ 6

รูปที่ 5 และรูปที่ 6 แสดงให้เห็นว่า ชิ้นงานถูกพันช์อัดกระแทกกับดายตั้งแต่การเคลื่อนที่ของพันช์ที่ระยะ 35 มิลลิเมตร แม้ว่าเป็นการขึ้นรูปกรณี 0%*t* ซึ่งเมื่อพิจารณาสภาวะความเค้นที่เกิดขึ้นในเนื้อวัสดุจากผลการจำลองการพับขึ้นรูปตัววีดังรูปที่ 7 พบว่าเกิดความเค้นอัดขึ้นในเนื้อชิ้นงานบริเวณที่ (1) และเมื่อพันช์เคลื่อนที่จนถึงระยะ 40 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นตำแหน่งสุดท้ายของพันช์ในการพับขึ้นรูปตัววีชิ้นงานกรณี 0%*t* ณ ตำแหน่งนี้ บริเวณที่ (2) หรือมุมพับ สภาวะความเค้นที่เกิดขึ้นจะเป็นไปตามทฤษฎี ดังรูปที่ 1 คือที่ผิวด้านในของมุมพับเกิดความเค้นอัด และที่ผิวด้านนอกของมุมพับเกิดความเค้นดึงขึ้น ในกรณีที่ให้พันช์เคลื่อนที่อัดกระแทกเนื้อวัสดุชิ้นงาน ความเค้นอัดที่เกิดขึ้นในเนื้อวัสดุชิ้นงานจะช่วยลดสภาวะยืดหยุ่นที่บริเวณเส้นแกนกลางของวัสดุชิ้นงาน จึงช่วยลดปัญหาการดีดตัวกลับของชิ้นงานหลังการพับขึ้นรูปได้ ผลการวัดองศาการดีดตัวกลับของชิ้นงานหลังการจำลองการพับขึ้นรูปตัววีด้วยโปรไฟล์โปรเจคเตอร์ดังรูปที่ 8

จากการจำลองการพับขึ้นรูปตัววีด้วยเทคนิคการอัดกระแทกชิ้นงานสามารถลดปริมาณการดีดตัวกลับของชิ้นงานหลังการพับขึ้นรูปตัววีได้ แต่การกด อัดกระแทก

ชิ้นงานด้วยระยะการอัดกระแทกมากเกิน จะทำให้ชิ้นงานเกิดการดีดตัวไป อีกทั้งต้องใช้แรงสูง ชิ้นงานที่ได้จะมีความหนาลดลงจากความหนาชิ้นงานเริ่มต้นทั่วทั้งชิ้นที่โดนอัดกระแทก ดังนั้นกรณีต้องการลดปัญหาการดีดตัวกลับของชิ้นงานหลังการพับขึ้นรูปตัววี ที่ไม่ต้องการลดความหนาชิ้นงานทั่วทั้งแผ่นชิ้นงานที่โดนอัดกระแทก ผู้ออกแบบอาจออกแบบให้พันช์มีบีดอัดกระแทกเฉพาะที่บริเวณมุมพับ เพื่อให้บริเวณดังกล่าวเกิดการเปลี่ยนรูปถาวรให้มากที่สุด เพื่อลดปัญหาการเกิดการดีดตัวกลับของชิ้นงานหลังการพับขึ้นรูป เช่นงานวิจัยที่ผ่านมา [7-8]



รูปที่ 8 ปริมาณการดีดตัวกลับและการดีดตัวไป

4 สรุป

ปัญหาสำคัญในการพับขึ้นรูปตัววีเหล็กกล้าที่มีค่าความแข็งแรงสูงได้แก่ ปัญหาการดีดตัวกลับของชิ้นงานหลังการพับขึ้นรูป จากการทดลองและการจำลองการทำงานการพับขึ้นรูปตัววีในงานวิจัยนี้ สรุปได้ดังนี้

1. การพับขึ้นรูปตัววีด้วยการอัดกระแทกชิ้นงานสามารถลดปริมาณการเกิดการดีดตัวกลับของชิ้นงานหลังขึ้นรูปได้ เนื่องจากวิธีการนี้ เป็นการสร้างความเค้นอัดในเนื้อวัสดุ ทำให้ช่วยลดสภาวะยืดหยุ่นที่บริเวณเส้นแกนกลางของเนื้อวัสดุชิ้นงาน

2. การอัดกระแทกเนื้อวัสดุชิ้นงานเพื่อต้องการลดปัญหาการเกิดการดีดตัวกลับของชิ้นงานหลังการพับขึ้นรูปตัววี จำเป็นต้องใช้แรงในการขึ้นรูปสูง และชิ้นงานที่ได้จะมีความหนาลดลงทั่วทั้งชิ้นงานตามระยะอัดกระแทกที่กำหนด

3. การอัดกระแทกชิ้นงานที่ระยะการกดไม่เหมาะสมส่งผลให้ชิ้นงานเกิดการดีดตัวกลับ และดีดตัวไป

5 กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากกองทุนส่งเสริมงานวิจัยประจำปีงบประมาณ 2559 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ รหัสโครงการหมายเลข 59205003 และขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องมือและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่เอื้อเฟื้อซอฟต์แวร์ในงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] Donald F. Eary and Edward A. Reed, 1974. **Technique of press working sheet metal**, 2nd Edition. Prentice-Hall, Inc.

[2] ภาสพิรุฬห์ ศรีสำเริง, คมกริช ละวรรณวงษ์, วารุณี เปรมานนท์, พงศ์พันธ์ แก้วตาทิพย์ และอนรรฆ ขันธะชวนะ, 2550. **อิทธิพลของเคลียแรนซ์ที่มีผลต่อการดีดตัวกลับในการดัดงอรูปยูเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง**. การประชุมเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 21, 17-19 ตุลาคม 2550, โรงแรมเวลคัม จอมเทียน บีช. ชลบุรี.

[3] P.Kaewtatip, N.Prasitkhetkhan, A.Khantachawana, V.Premanond, R.Hato, B.Sresomroeng and N.Koga, 2008. **Bendability and Forming Behaviour of High Strength Steel in U Bending Operation**. The proceeding of 9th International Conference on Technology of Plasticity, September 7-11, 2008, Hotel Hyundai, Gyeon gju, Korea: 295.

[4] B.Sresomroeng, V Premanond, P.Kaewtatip, A.Khantachawana, N.Koga, 2010. **Investigation of the Influences of Bending Die Clearance on Springback Values of High Strength Steel Using FEM.** International Conference on Materials Processing Technology 2010, January 5-6, 2010, Bangkok, THAILAND.

[5] Bhadpiroon Sresomroeng, Pakorn Chumrum, Jiraporn Sripraserd and Varunee Premanond, 2011. **Sidewall-curl prediction in U-bending process of advanced high strength steel**. The Second TSME International Conference on Mechanical Engineering, 19-21 October, 2011, Krabi, Thailand.

[6] Mohammad Ali Farsi and Behrooz Arezoo, 2011. **Bending Force and Spring-Back in V-Die-Bending of Perforated Sheet-Metal Components**. J. of the Braz. Soc. of Mech. Sci. & Eng: 45-51.

[7] Sutasn Thipprakmas, 2011. **Finite element analysis on the coined-bead mechanism during the V-bending process**. Materials and Design Vol.32: 4909-4917.

[8] Sutasn Thipprakmas, 2013. **Finite element analysis of sided coined-bead technique in precision V-bending process**. Int J Adv Manuf Technol Vol.65: 679-688.

[9] F Ozturk, S Toros, S Kilic, 2009. **Tensile and Spring-Back Behavior of DP600 Advanced High Strength Steel at Warm Temperatures**. JOURNAL OF IRON AND STEEL RESEARCH. INTERNANAL. Vol.16: 41-46.

[10] F. STACHOWICZ, T. TRZEPIECINSKI, T. PIEJA, 2010. **Warm forming of stainless steel sheet**. ARCHIVES OF CIVIL AND MECHANICAL ENGINEERING: 85-94.

[11] Katsuyoshi Ikeuchi and Jun Yanagimoto, 2011. **Valuation method for effects of hot stamping process parameters on product properties using hot forming simulator**. Journal of Materials Processing Technology, Vol.211: 1441-1447.

[12] Ken-ichiro MORI, 2012. **Smart hot stamping of ultra-high strength steel parts**. Trans. Nonferrous Met. Soc. China, Vol.22: 496-503.