

การศึกษาการติดตัวกลับของแผ่นเชื่อมพ่วงในกระบวนการดึง - ดัด

The Study for Springback of the of Tailor- Welded Strips
in Draw–Bending Process

สมพงษ์ เชื้อพระคา^{1*} และ ดิลก ศรีประไพ^{2*}

¹คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตพระนครเหนือ

1381 ถ.พิบูลสงคราม แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

โทร. 0-2913-2424 โทรสาร 0-2913-2424 # 116 Email: pong_92@yahoo.com

²ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องมือ และวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

91 ถ.ประชาธิปไตย แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

โทร. 0-2470-9219 โทรสาร 0-2872-9080 Email: dilok.sri@kmutt.ac.th

Sompong Chueaprakha^{1*} and Dilok Sriprapai^{2*}

¹Faculty of Engineering, Rajamangla University of Technology Phra Nakhon

1381 Piboonsongkham Rd., Bangchuea, Bangkok 10800 Tel : 0-2913-2424 Fax : 0-2913-2424 # 116

²Department of Tool and Materials Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology

Thonburi 91 Pracha-utid Rd., Bangmod, Tungkr, Bangkok 10140

Tel : 0-2470-9219 Fax : 0-2872-9080 Email: dilok.sri@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการติดตัวกลับของแผ่นเชื่อมพ่วงในกระบวนการดึง-ดัด โดยที่แผ่นเชื่อมพ่วงทำขึ้นจากเหล็กแผ่นรีดเย็น มาตรฐาน SPC 440 ขนาดความหนา 0.8, 1.2, 1.4 และ 1.6 มม. แล้วนำมาเชื่อมด้วยกรรมวิธีเลเซอร์ ชนิดเชื่อมแบบคาร์บอนไดออกไซด์ CO₂ ที่ ความหนา 0.8t x 1.2t, 0.8t x 1.4t, 0.8t x 1.6t, 1.2t x 1.4t, 1.2t x 1.6 และ 1.4t x 1.6t โดยแบ่งขึ้นทดสอบออกเป็น 2 แบบ คือ 1. แนวเชื่อมตาม เส้นกึ่งกลางของชิ้นทดสอบในด้านความกว้าง และ 2. แนวเชื่อมตามเส้นกึ่งกลางของชิ้นทดสอบในด้านความยาว และทำการเปรียบเทียบอิทธิของ การเกิดการติดตัวกลับ กับตำแหน่งแนวเชื่อม โดยในการทดลองเลือกใช้ รัศมีพันซ์ 2, 4, 6 และ 8 มม. และรัศมีตาย 4 มม. แล้วเลือกบางกรณีจาก การทดลองจริงมาทำการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ด้วยโปรแกรม PAM – STAMP

ผลจากการทดลอง พบว่า ในกรณีแนวเชื่อมตามความยาวของชิ้นงาน (longitudinally welded strips) การติดตัวกลับของชิ้นงานจะมีค่า อยู่ระหว่างโลหะแผ่นหนาและแผ่นบางซึ่งเป็นไปตามกฎการผสม (Rule of Mixture) ส่วนในกรณีแนวเชื่อมตรงกลางชิ้นงาน (Centrally welded strips) การติดตัวกลับจะมีแนวโน้มลดลง โดยสังเกตในด้านที่บาง เมื่อเปรียบเทียบกับด้านที่ความหนาเท่ากันแผ่นชิ้นทดสอบที่ไม่ได้เชื่อม ส่วนใน ด้านที่ความหนามากกว่าจะมีการติดตัวกลับเหมือนกับความหนาเดียวกันที่แผ่นชิ้นทดสอบที่ไม่ได้เชื่อม

คำสำคัญ: การติดตัวกลับ; แผ่นเชื่อมพ่วง; ตำแหน่งรอยเชื่อม; ขบวนการดึง-ดัด

Abstract

This research aims to study, the tailor-welded strips in draw-bending processing. The two sheets metal in the welding process was done according to standard SPC 440 with thickness of 0.8 mm, 1.2 mm, 1.4 mm and 1.6 mm respectively. Then these two sheets were welded by using laser weld carbondioxide of 0.8t x 1.2t, 0.8t x 1.4t, 0.8t x 1.6t, 1.2t x 1.4t, 1.2t x 1.6 and 1.4t x 1.6t to investigate by dividing into two different welded strips, one was welded along the centerline of the strip-width and the other was welded long the centerline of the strip-length. Then they were adopted to compare the effect of weld-line locations on the springback. Four

punch profile and die profile radius of 2, 4, 6 and 8 mm., were used. Some selected cases from experiments were simulated using a commercial finite element program, PAM-STAMP

The results revealed that in case of the longitudinally weld strips, springback was generated depending on the properties of thick ress of material according to rule of mixture. And, in case of the centrally weld strips, a significant reduction of the springbanck was reduced which was obviously seen in the thinner side when compared with the same thickness of non-welded strip. On the other hand, the springback of the thicker side was similar to the one of the same thickness which was non-welded strips.

Keywords: Springback; Tailor-welded strips; Weld-line location; Draw-bending processing

1. บทนำ

ปัจจุบัน อุตสาหกรรมทางการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ มีการเจริญเติบโตขึ้นอย่างมากในประเทศไทย พร้อมกับปัญหาวิกฤตการณ์ทางด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการที่จะทำให้รถยนต์มีน้ำหนักน้อยลง เพื่อประหยัดน้ำมัน แต่ยังคงความแข็งแรงของโครงสร้างเหมือนเดิมหรือดีกว่า ด้วยการเลือกใช้วัสดุต่างๆหลายชนิด เช่น อลูมิเนียม และวัสดุผสมอื่นๆ แต่โลหะในกลุ่มเหล็กก็ยังเป็นทางเลือกที่น่าสนใจเพราะเนื่องด้วยความสามารถในการขึ้นรูป การเชื่อม การนำกลับมาใช้ใหม่ และราคาถูก ดังนั้นวิธีการที่จะสามารถลดต้นทุนการผลิต จึงมีการที่นำกรรมวิธีการเชื่อมเลเซอร์ชนิดคาร์บอนไดออกไซด์ CO₂ ของวัสดุสองชนิดเข้าด้วยกันโดยที่ความหนาบางต่างกัน จึงเป็นทางเลือกที่ดีในงานขึ้นรูปโลหะ โดยเฉพาะงานขึ้นรูปตัวถังรถยนต์ วัสดุนี้เรียกว่า แผ่นเชื่อมพ่วง (Tailor weld blank; TWB)

การใช้โลหะแผ่นบางมาทดแทนแผ่นหนานั้นต้องคำนึงถึงระดับความแข็งแรงกล่าวคือ ควรมีระดับเดียวกัน แต่ความแข็งตึง (Stiffness) อาจมีค่าน้อยลงได้และค่า(Stiffness) ก็จะส่งผลให้การบิดตัวกลับของเหล็กของเหล็ออกมาไม่เท่ากันด้วย แต่ในการนี้สามารถใช้การวิเคราะห์และทำนายผลได้ด้วยซอฟต์แวร์ไฟไนต์เอลิเมนต์ เข้าช่วยเหลือ ในขั้นตอนการออกแบบผลิตภัณฑ์ซึ่งสามารถเลือกได้ทั้งระดับความหนา-บาง ของโลหะแผ่น และ หรือ เลือกตามระดับความแข็งแรงก็ได้ เพื่อลดขั้นตอนการลองผิดลองถูกได้

2. การดำเนินการ

2.1 กฎการผสม

กฎการผสมเป็นกฎเกณฑ์ที่ใช้ในการคำนวณและการพยากรณ์สมบัติของโลหะแผ่นเชื่อมพ่วงได้อย่างง่าย โดยปกติแล้วสมการตั้งต้นที่ใช้ในกฎนี้จะเป็นไปตามกฎความแข็งเครียด (Hardening law) ของวัสดุแต่ละชั้นที่นำมาเชื่อมต่อกัน ตามสมการ ลูควิค-ฮอลโลมอน (Ludwick-Hollomon) ดังสมการที่ 1 และ 2

$$\sigma_1 = K_1 \varepsilon_1^n \quad (1)$$

$$\sigma_2 = K_2 \varepsilon_2^n \quad (2)$$

เมื่อ K และ n เป็นสัมประสิทธิ์ความแข็งแรง และเอกซโปเนนท์ความแข็งเครียด (Strain hardening exponent) หรือค่า n (n-value) ส่วนเลขกำกับ 1 และ 2 หมายถึงวัสดุชั้นที่ 1 และ ชั้นที่ 2 ตามลำดับ และถ้ากฎการผสมนี้เป็นจริงก็จะทำให้การะการขึ้นรูปของโลหะแผ่นเชื่อมพ่วง P เป็นไปตามสมการที่ 3

$$P = \sigma_1 A_1 + \sigma_2 A_2 + \bar{\sigma}_w A_w \quad (3)$$

เมื่อ A_1 , A_2 และ A_w เป็นพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานเชื่อมชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 ตามลำดับ ดังนั้นพฤติกรรมความแข็งเครียดของแผ่นเชื่อมจึงแปรเปลี่ยนตามแนวเชื่อม ซึ่งทำให้ความสามารถในการรับความเค้นจึงกลายเป็นความเค้นเฉลี่ย σ_w

สมมติให้ความเครียดมีค่าคงที่ตลอดชิ้นงานเชื่อม ดังสมการที่ 4

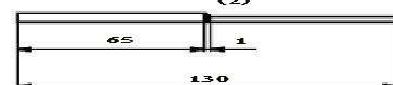
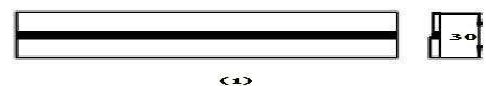
$$\varepsilon_w = \varepsilon_1 = \varepsilon_2 \quad (4)$$

แทนค่าสมการที่ 1 และ 2 ก็จะสามารถเขียนสมการความเค้นเฉลี่ยได้ดังสมการที่ 5

$$\sigma_w = \frac{P - (K_1 \varepsilon_w^n) A_1 - (K_2 \varepsilon_w^n) A_2}{A_w} \quad (5)$$

2.2 วิธีการทดลองมีดังนี้

- 1) ชิ้นงานเป็นแผ่นเรียบใช้เหล็ก SPC 440 ขนาด 0.8 ,1.2, 1.4 และ 1.6 มม.ซึ่งมีขนาดความกว้าง 30 มม. และขนาดความยาว 130 มม. และแผ่นเชื่อมพ่วงที่มีขนาด 0.8t x 1.2t, 0.8t x 1.4t , 0.8t x 1.6t, 1.2t x 1.4t, 1.2t x 1.6 และ 1.4t x 1.6t ทิศทางแนวเชื่อม 2 ทาง ตามรูปที่ 1
- 2) หลังจากนั้นก็นำไปขึ้นรูปที่เครื่องทดสอบ Universal Sheet Metal Testing Machineขนาด 350 KN ดังรูปที่ 2
- 3) ใช้ไฟไนต์เอลิเมนต์เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูล
- 4) ทำการวัดองศาการบิดตัวกลับที่เครื่องวัดโปรไฟล์โปรเจ็คเตอร์ ดังรูปที่ 3
- 5) ทำการเปรียบเทียบชิ้นงานที่เป็นแผ่นเรียบที่ขนาดความหนาเท่ากับกับแผ่นเชื่อมพ่วงและเปรียบเทียบกับกรณีวิเคราะห์ด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์



รูปที่ 1 แสดงทิศทางแนวเชื่อม
(1) ทิศทางแนวเชื่อมตามยาวชิ้นงาน
(2) ทิศทางแนวเชื่อมตามความกว้างชิ้นงาน

AMM097



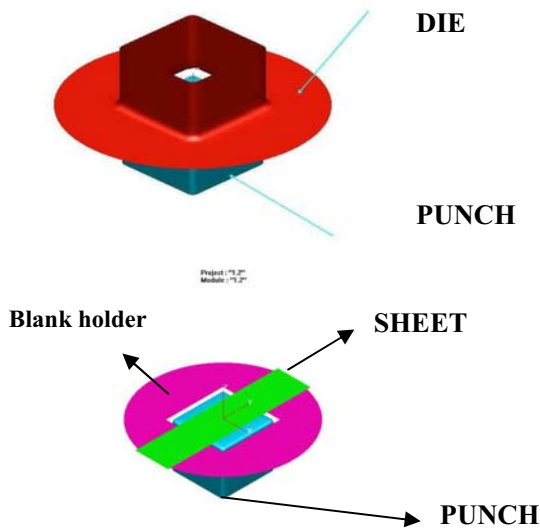
ก) เครื่องทดสอบ
 ข) องค์ประกอบของพินซ์และคาย

รูปที่ 2 เครื่องทดสอบ Universal Sheet Metal Testing Machine ขนาด 350 KN



รูปที่ 3 เครื่องวัดโปรไฟล์โปรเจ็คเตอร์

2.3 แบบจำลองที่ใช้ในไฟไนต์เอลิเมนต์และคุณสมบัติของวัสดุ



รูปที่ 4 แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์

ตารางที่ 1 สมบัติของวัสดุ SPC440

	ขนาด (มม.)			
	0.8	1.2	1.4	1.6
UTS (MPa)	473.093	470	464.54	418.767
Y (Mpa)	31207.79	28072.66	26635.46	24651.46
% Elongation	32.53	33.47	34.4	38.2

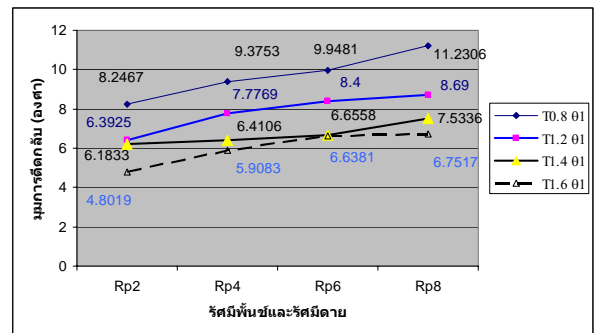
ตารางที่ 1 สมบัติของวัสดุ SPC440 (ต่อ)

	ขนาด (มม.)			
	0.8/1.2	0.8/1.4	1.2/1.4	1.4/1.6
UTS (MPa)	497.285	469.307	529.869	544.196
Y (Mpa)	16941.89	8624.957	19362.55	19859.21
% Elongation	14.59	15.4	19.2	19.62

*UTS = Ultimate Tensile Strength, Y = Yong's Modulus

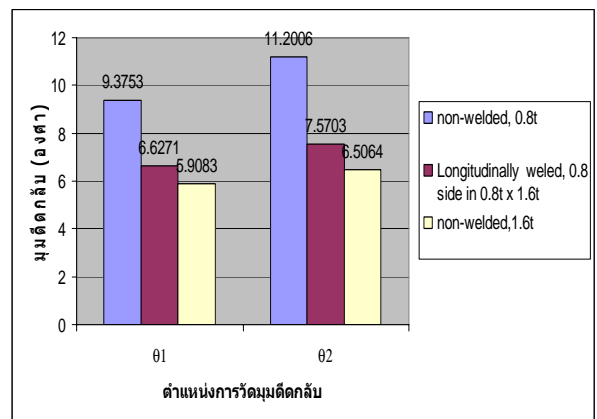
3. ผลการทดลอง

1. การติดตัวกลับจะแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อลดขนาดความหนาของชิ้นงานและเมื่อเพิ่มรัศมีพินซ์มากขึ้นดังรูปที่ 1



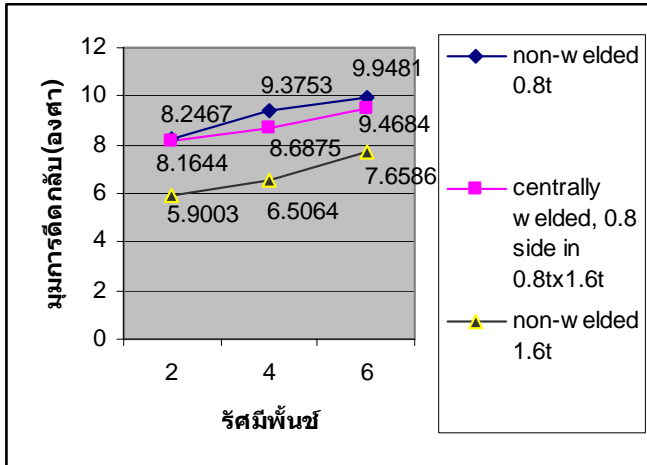
รูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ของขนาดความหนาชิ้นงานและรัศมีพินซ์ที่มีผลต่อการติดตัวกลับ

2. ในกรณีแนวเชื่อมตามความยาวของชิ้นงาน (longitudinally welded strips) การติดตัวกลับของชิ้นงานจะมีค่าอยู่ระหว่างโลหะแผ่นหนาและแผ่นบางซึ่งเป็นไปตามกฎการผสม (Rule of Mixture) ตามรูปที่ 2



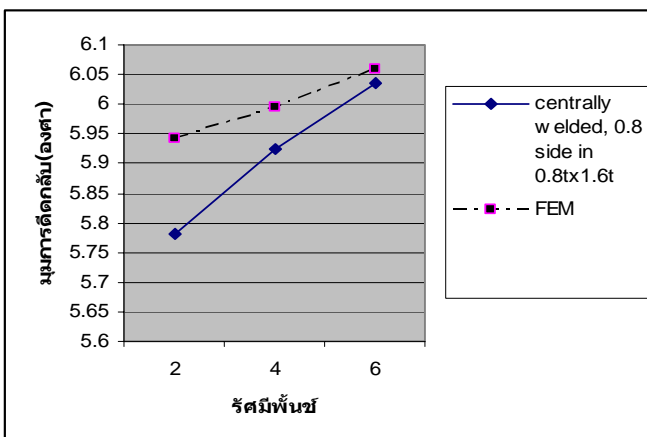
รูปที่ 2 แสดงการติดตัวกลับของชิ้นงานขนาด 0.8 มม. ที่ไม่ได้เชื่อม กับ แนวเชื่อมตามความยาวของชิ้นงาน ด้านความหนา 0.8 มม.

3. ในกรณีแนวเชื่อมตรงกลางชิ้นงาน (Centrally welded strips) การติดตัวกลับจะมีแนวโน้มลดลงโดยสังเกตในด้านที่บาง เมื่อเปรียบเทียบกับด้านที่ความหนาเท่ากันในแผ่นชิ้นทดสอบที่ไม่ได้เชื่อม ส่วนในด้านที่ความหนามากกว่าจะมีการติดตัวกลับเหมือนกับความหนาเดียวกันที่แผ่นชิ้นทดสอบที่ไม่ได้เชื่อม ตามรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงการติดตัวกลับของชิ้นงานขนาด 0.8 มม. ที่ไม่ได้เชื่อม กับ แนวเชื่อมตรงกลางชิ้นงานด้านความหนา 0.8 มม.

4. ผลจากการวิเคราะห์ด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์ คือการติดตัวกลับในกรณีแนวเชื่อมตามความยาวของชิ้นงาน (longitudinally welded strips) การติดตัวกลับของชิ้นงานจะเหมือนกับด้านที่หนากว่าในแผ่นที่ไม่ได้เชื่อม และในกรณีแนวเชื่อมตรงกลางชิ้นงาน (Centrally welded strips) การติดตัวกลับเกือบจะเหมือนกับด้านที่หนากว่าแผ่นที่ไม่ได้เชื่อมเพราะว่าในการวิเคราะห์เราไม่ได้คิดบริเวณ (HAZ) เข้าไปด้วย



รูปที่ 4 การเปรียบเทียบการขึ้นรูปจริงกับการวิเคราะห์ด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์

6. เอกสารอ้างอิง

[1]. Brain Taylor, "Metal Handbook Ninth Edition Volume 14 Forming and Forging" pp.877-897.
 [2]. Lange,K. 1985. Handbook of Metal Forming. McGraw-Hill USA.
 [3]. Rowe, G.W., 1991, Finite-Element Plasticity and Metal Forming Analysis, Cambridge University Press, New York, pp. 25-134.
 [4]. Mielnink,E.D. 1991. Metalworking Science and Engineering. McGraw-Hill,Inc. USA.
 [5]. S.H. Chang, J.M. Shin, Y.M Heo and D.G. Seo, "Springback characteristics of the tailor-welded strips in U-bending", Journal of Materials Processing Technology, [Electronic], 130-131, pp. 14-19, Available : Elsevier/Science Direct [2002].
 [6]. Y.H. Heo, Y.H. Choi, H.Y. Kim, D.G. Seo, " Characteristics of weld line movements for the deep wawing with drawbeads of tailor-weled blank ", Journal of Materials Processing Technology, [Electronic], 111, (2001) pp. 164-169.