

การศึกษาการขยายปีกปากกรูชิ้นงานโลหะแผ่น

โดยการจำลองด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

The Simulation of Sheet Metal on Hole Flanging Process

ระพีพันธ์ อนุจร¹, พิชัย จันทน์มณี² และ อภิวัดน์ มุตตามระ³

^{1,2}ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

³ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

อีเมลล์: ¹rapeephan_anujhon@yahoo.com, ²pichai.j@rmutk.ac.th, ³mapiwat@engr.tu.ac.th

โทร (66)(2)2879645 โทรสาร (66)(2)2879645

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการศึกษาความเหมาะสมการขยายปีกปากกรูชิ้นงานโลหะแผ่น และเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความหนาและความสูงของปีกปากกรูชิ้นงาน โดยการจำลองการขึ้นรูปการขยายปีกปากกรูชิ้นงานด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป AutoForm วัสดุที่ใช้ในการทดลองเป็นวัสดุเหล็กกล้ารีดเย็น (SPCC) และวัสดุอลูมิเนียม โดยใช้พื้นที่ที่มีขนาดลำตัวเท่ากันทั้งหมด แต่จะแตกต่างกันตรงที่ขนาดของรูเจาะนำที่ปลายพื้นที่เริ่มต้นตั้งแต่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5 และ 7.0 มม. และใช้บัททอมตายส์ (Bottom Die) เป็นตัวคงที่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูภายในขนาด 11.5, 12.0 และ 12.5 มม. ผลการศึกษาพบว่า วัสดุอลูมิเนียมมีการยืดตัวได้ดีกว่าวัสดุโลหะแผ่นเหล็กกล้ารีดเย็น และขนาดของรูเจาะนำมีผลต่อความสูงของปีกปากกรู ส่วนระยะช่องว่าง (Clearance) มีผลกับความสูงและความหนาของปีกปากกรูวัสดุโลหะแผ่น ผลการวิเคราะห์การจำลองด้วยโปรแกรมค่าความหนาและค่าความสูงของปีกปากกรู มีความสอดคล้องกับการทดลองด้วยแม่พิมพ์

คำหลัก: การจำลอง, ปีกปากกรู, โลหะแผ่น

Abstract

This paper is the analysis of simulation about hole flanging operation for iron steel sheet and a comparison between changing characteristics of wall thickness and height of flange hole by using program code AUTOFORM, experimental condition consists of material aluminum sheet and cold rolled steel (SPCC) that were punched by dies in constant diameter of all set, pilot piercing punch of diameter 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5 and 7.0 mm respectively, button dies sizes of internal diameter 11.5mm, 12.0mm and 12.5mm respectively. The results were found that aluminum sheet has a good elongation more than cold rolled

steel, the sizes of pilot piercing hole have influence in the height of hole flanging, The clearance are also affected to a height and thinning problem of flanging area. As the results of simulation analyzing with AUTOFORM program have compliance with actual experiments.

Keywords: Simulation, Hole flanging, Sheet metal

1. บทนำ

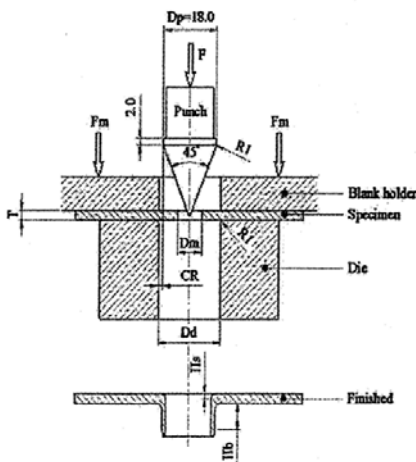
ในสภาวะปัจจุบันกระบวนการผลิตชิ้นส่วนอุตสาหกรรมต่างๆ ด้วยวัสดุโลหะแผ่นทำได้มีอย่างแพร่หลาย สำหรับการผลิตชิ้นส่วนวัสดุโลหะแผ่นเพื่อให้ได้รูปทรงตามที่ต้องการเพื่อที่จะนำไปใช้การประกอบกับชิ้นส่วนอื่นอาจด้วยวิธีการเชื่อมจุด (Spot) หรือการทำเกลียวจับยึดเพื่อนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรมต่อไป กล่าวคือ เมื่อขึ้นส่วนโลหะแผ่นผ่านกระบวนการตัดเจาะรู (Piercing) แล้วจากนั้นนำไปทำการขยายปีกปากกรูเพื่อที่จะนำไปประกอบกับชิ้นส่วนอื่น[1] ส่วนใหญ่มักจะเกิดภาวะขนาดความหนาและขนาดความสูงของปีกปากกรูชิ้นงานมีค่าน้อย หรือมีความบางจนเกินไปส่งผลทำให้การประกอบมีความยากลำบากขึ้น หรือในบางครั้งไม่สามารถนำมาประกอบได้[2] ซึ่งในปัจจุบันปัญหาที่เกิดขึ้นผู้ผลิตได้ทำการออกแบบและทดสอบการขยายปีกปากกรูจากชิ้นงานจริงเพื่อให้ได้ความหนาและความสูงที่เหมาะสมกับชิ้นส่วนนั้นๆ ด้วยการลองผิดลองถูกหลายๆครั้งเป็นผลทำให้เกิดการสูญเสียเวลา และต้นทุนในการผลิตเนื่องจากชิ้นงานที่ทำการทดสอบจะกลายเป็นของเสียที่เกิดขึ้นจากการทดสอบ[3]

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้มีความคิดที่จะทำการจำลองการทดสอบการขยายปีกปากกรู (Hole Flanging) ด้วยโปรแกรมจำลองทางคอมพิวเตอร์กับวัสดุที่ต่างชนิดกัน เพื่อศึกษาความเหมาะสมในการนำข้อมูลไปใช้ในการออกแบบเพื่อเป็นประโยชน์ และให้ผลด้านประสิทธิภาพการผลิตต่อไป

2. ทฤษฎี

2.1 การขยายปึกปากกรู [6-7]

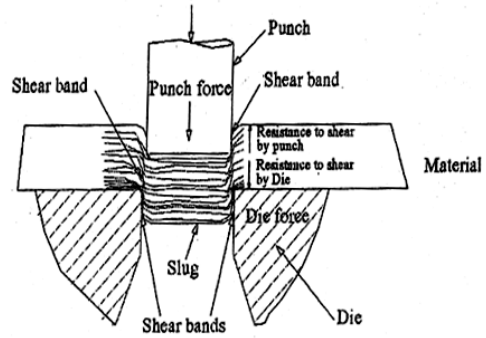
การขยายปึกปากกรูขึ้นงานเพื่อการใช้งานด้านประกอบ ซึ่งต้องนำส่วนที่ยื่นขยายออกของชิ้นงานไปใช้งาน อาจจะใช้วิธีการเชื่อมจุดแล้วประกอบกับชิ้นงานอื่น หรือวิธีทำเกลียวขึ้นงานสำหรับการประกอบจับยึด จากหลักการดังกล่าวจะต้องมีการเจาะรูชิ้นงานก่อนเพื่อให้ได้สัดส่วนขนาดที่เหมาะสม จากนั้นจึงขยายปึกปากกรูโดยเป็นวิธีที่นิยมใช้ซึ่งพิจารณาหลักการการทำงานได้จากรูปที่ 1 สังเกตได้ว่าพื้นที่จะเคลื่อนตัวลงมาขยายรูเจาะ(Dm)โดยมีระยะช่องว่าง(CR)เพื่อช่วยทำให้เกิดการรีดความหนาผนังรูขึ้นงานให้เกิดการยืดออกโดยการรองรับโค้งการไหลวัสดุด้วยรัศมีตายส์ (R1)



รูปที่ 1 แสดงขั้นตอนการขยายปึกปากกรู

2.2 การตัดเจาะ [4-5]

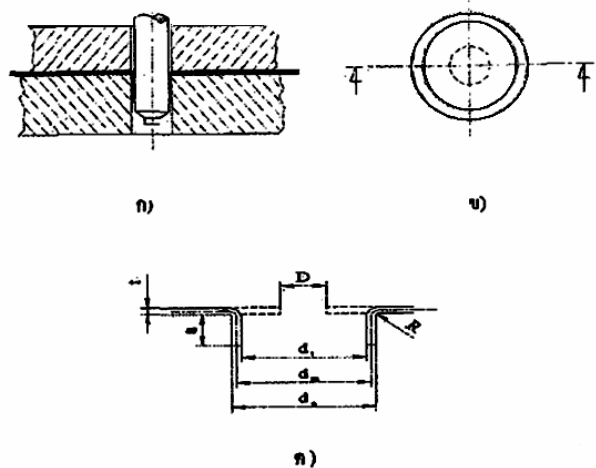
กรรมวิธีการตัดเจาะรูขึ้นงานก่อนการขยายปึกปากกรูจำเป็นต้องอาศัยกลไกของการตัดเฉือนซึ่งเป็นหลักการกัดตัดของชุดแม่พิมพ์ กล่าวคือ เมื่อแท่งพื้นที่(Punch)ดันเข้าไปในตายส์(Die) ซึ่งในตำแหน่งนี้วัสดุจะเริ่มแยกออกจากกัน เป็นผลทำให้เกิดการตัดวัสดุขึ้น ทั้งนี้วัสดุจะสามารถต้านทานการแตกหักได้ที่บริเวณขอบคมตัด(Edge)ของพื้นที่และตายส์ ดังนั้นการตัดเฉือนเกิดขึ้นที่คมของพื้นที่ในขณะเดียวกันแท่งพื้นที่ก็จะกดลงในตายส์ต่อไปอีก ทำให้เกิดการแยกแตกจากกันอีกครั้งหนึ่ง และจะเกิดการตัดเฉือนขึ้นที่คมตัดของตายส์การตัดเฉือนที่เกิดขึ้นทั้งที่พื้นที่และตายส์มีผลทำให้เกิดเป็นแถบโค้ง(Radius Band) และแถบรอยตัดเฉือน(Shear Band) ประมาณ 1/3 จากด้านบนของรูและ 1/3 จากด้านล่างของพื้นที่ ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงการเกิดการตัดเฉือนของวัสดุ

2.3 สัดส่วนการขยายปึกปากกรู [8]

ประการสำคัญอีกอย่างหนึ่งของการขยายปึกปากกรูขึ้นงานโลหะแผ่น คือ ความตรง, และตั้งฉาก ของปึกปากกรูที่ยืดออก ดังนั้นการที่จะทำให้ได้ลักษณะตามความต้องการ ต้องขยายปึกปากกรูจากการตัดเจาะรูขึ้นงานก่อนและจึงขยายปึกปากกรู โดยการกำหนดสัดส่วนของเจาะรูก่อนการขยายปึกปากกรู ดังรายละเอียดแสดงในรูปที่ 3



$R < t$	$R < t$
$h = 0.11 \times d_m$	$h = \frac{d_m - D}{2} + 0.43 - 0.28t$
$d = \sqrt{d_m^2 - 4d_m h}$	$h = \frac{d_m - D}{2} + 0.43 - 0.28t$

รูปที่ 3 แสดงสัดส่วนการออกแบบสำหรับการขยายปึกปากกรูขึ้นงาน

3. วิธีการทดลอง

ในการทดลองด้วยการจำลองการขึ้นรูปขยายปึกปากกรูขึ้นงานโลหะแผ่น จะต้องเริ่มจากการออกแบบสร้างพื้นที่ และตายส์เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการจำลองการขึ้นรูปขยายปึกปากกรู โดยการกำหนดขนาดของพื้นที่ และตายส์ตามขนาดชิ้นส่วนมาตรฐานสำหรับการออกแบบแม่พิมพ์แล้วจึงทำการจำลองการขึ้นรูปขยายปึกปากกรูขึ้นงาน จากนั้นนำผลการจำลองที่ได้มาบันทึกผลเพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป

3.1 การเตรียมการทดลอง

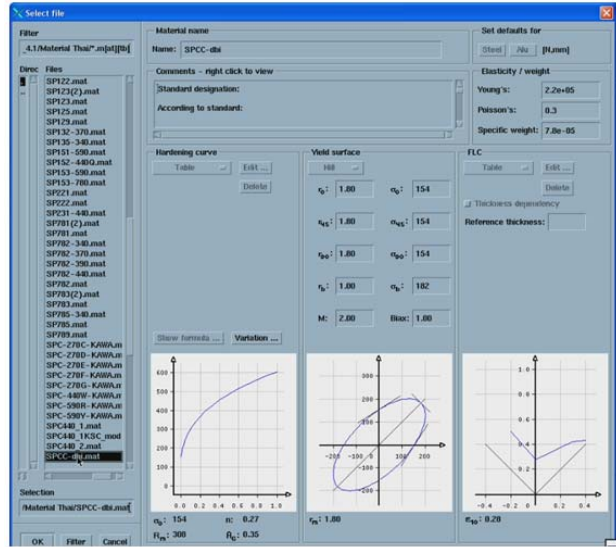
การเตรียมข้อมูลการทดลองโดยการสร้างเครื่องมือ ฟันซ์ และ ดายส์เพื่อใช้ในการจำลองการขึ้นรูปการขยายปึกปากกรู สร้างจาก โปรแกรมUnigraphics Nx3 โดยอ้างอิงจากคู่มือชิ้นส่วนมาตรฐาน สำหรับการออกแบบแม่พิมพ์ขึ้นรูปโลหะ สำหรับการทดลองได้กำหนด วัสดุเหล็กกล้ารีดเย็น spcc และวัสดุอลูมิเนียม โดยกำหนดให้ชุดแม่พิมพ์มีระยะช่องว่าง ที่ขนาด 0.75, 1.0 ,1.25 มม. และขนาดความหนาวัสดุชิ้นงาน 1.0, 1.2, 1.4 มม.



รูปที่ 4 แสดงการออกแบบลักษณะฟันซ์ และดายส์

3.2 ขั้นตอนจำลองการขึ้นรูปขยายปึกปากกรู

- 1) เริ่มต้นด้วยการเปิดโปรแกรม AutoForm4.1.0สำหรับวิเคราะห์ การขึ้นรูปขยายปึกปากกรูวัสดุชิ้นงานโลหะแผ่น
- 2) ใช้คำสั่งGeometry Generator เพื่อ Import ข้อมูลนามสกุล .iges ซึ่งเป็นเครื่องมือในการทดลอง จากนั้นทำการแยกผิวชิ้นงาน ต้นแบบในโปรแกรมการทดลอง
- 3) ใช้คำสั่งการกำหนดความหนาของวัสดุที่ใช้ในการทดลองด้วย ชุดคำสั่ง Process Generator และเลือกรูปแบบการทดลองแบบSingle Action และกำหนดการคำนวณการขึ้นรูปอย่างละเอียดและสมบูรณ์ทุก ขั้นตอนโดยคำสั่ง Increment ซึ่งจะมีขั้นตอนของการขึ้นรูปเป็นแบบ Crash Form
- 4) ใช้คำสั่งการกำหนดขนาดความกว้าง ความยาว ความหนา และ ชนิดของวัสดุทดลองด้วยชุดคำสั่ง Blank จากโปรแกรมการทดลองโดย กำหนดความหนาเท่ากับ 1 มม. กำหนดขนาดชิ้นทดสอบ 40x40 มม. และเลือกชนิดของวัสดุที่ใช้ในการทดลองเป็นวัสดุเหล็กกล้ารีดเย็น SPCC



รูปที่ 5 แสดงคุณสมบัติของวัสดุเหล็กกล้ารีดเย็น SPCC

5) ใช้คำสั่งการระบุประเภทของเครื่องมือฟันซ์ ดายส์ และแพท (Pad) เครื่องมือดายส์เลือก Below คือตำแหน่งDie อยู่ด้านล่าง และ กำหนดการเคลื่อนที่เป็น 0 และทำการเลือกผิวชิ้นงานดายส์ เครื่องมือฟันซ์ เลือกที่ Above คือตำแหน่งฟันซ์อยู่ด้านบน และกำหนดระยะ การเคลื่อนไปที่ -50แล้วทำการเลือกผิวชิ้นงานฟันซ์ เครื่องมือแพทเลือก ที่Above คือตำแหน่งแพทอยู่ด้านบนดายส์ และกำหนดระยะการเคลื่อน ไปที่ -25 และทำการเลือกเครื่องมือแพท

6) ใช้คำสั่งProcessในขั้นตอนของการทดลอง ซึ่งในการขึ้นรูปการ ขยายปึกปากกรูชิ้นงานจะประกอบด้วยขั้นตอนในการขึ้นรูป 3 ขั้นตอน คือ Closing, Cutting และForming ขั้นตอนของการClosing คือเมื่อ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของฟันซ์ และแพท โดยความเร็วเท่ากับ 1 มม/วินาที และระยะเคลื่อนที่ลงมาเท่ากับ 25 ส่วนในขั้นตอนของการ Cutting คือเมื่อฟันซ์เริ่มเคลื่อนที่เข้ากระทำการตัดเจาะรูชิ้นงาน คือการ เลือกส่วนปลายของฟันซ์ เป็นเส้น Curve สำหรับการตัดเจาะรู จะไม่มี การระบุแรงกระทำ และในขั้นตอนของการ Form คือเมื่อฟันซ์ เคลื่อนที่ ลงมาด้วยความเร็วเท่ากับ 1 มม/วินาที และระยะเคลื่อนที่ลงมาเท่ากับ 50 และแพทออกแรงกระทำที่ 1758 นิวตัน

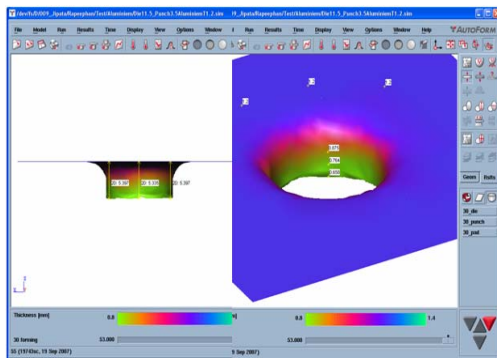
7) เมื่อทำการกำหนดเงื่อนไขต่าง ๆ สำหรับการขึ้นรูปการขยายปึก ปากกรูชิ้นงานเรียบร้อยแล้ว จากนั้นจำลองการขึ้นรูปโดยใช้คำสั่งRun แล้วเลือกคำสั่ง Start Simulation

8) เมื่อโปรแกรมทำการวิเคราะห์การทดลองเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ก็ ทำการตรวจสอบผลของการขึ้นรูปการขยายปึกปากกรู

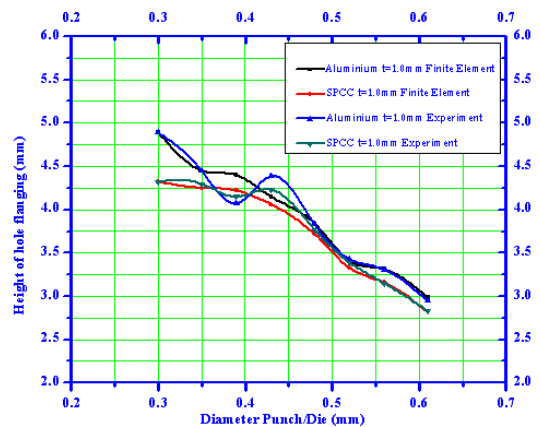
9) ใช้คำสั่ง Results แล้วเลือกที่ FLD ซึ่งจะเป็นการแสดง ใต้โปรแกรมการยึดตัวและการหดตัวของเนื้อวัสดุในแต่ละชนิด

10) บันทึกผลการทดลอง พร้อมวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการ ทดลองในแต่ละเงื่อนไขการทดลอง

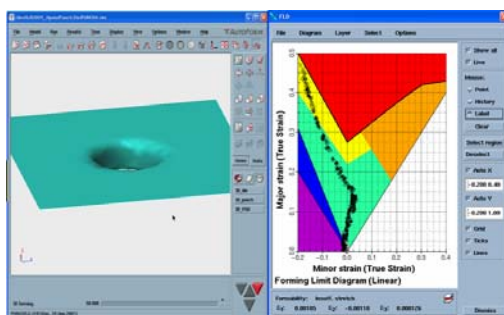
11) อภิปรายและสรุปผลการทดลอง



รูปที่ 6 แสดงผลการจำลองขยายปีกปากกรู



รูปที่ 8 การเปรียบเทียบความสูงจากการจำลองด้วยโปรแกรม และการทดลองด้วยชุดแม่พิมพ์ที่ระยะช่องว่าง 0.75 มม



รูปที่ 7 แสดงลักษณะการยืดตัวและการหดตัวของเนื้อวัสดุ

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบความสูงจากการจำลองด้วยโปรแกรมและการทดลองด้วยชุดแม่พิมพ์ที่ระยะช่องว่าง 1.0 มม.

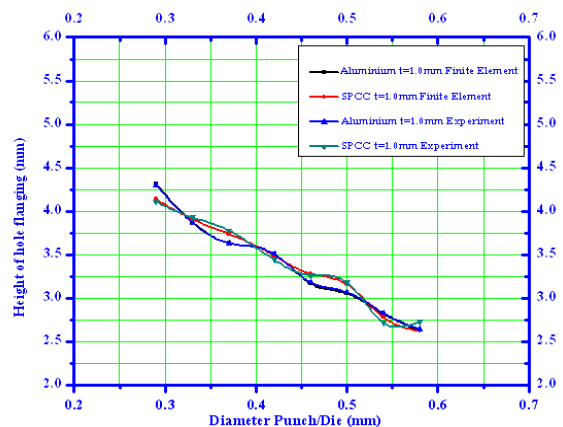
สัดส่วนรูและตายส์	ความหนา 1 มม.			
	Simulation		Experiment	
	AL (h)	SPCC (h)	AL (h)	SPCC (h)
0.29	4.31	4.14	4.30	4.11
0.33	3.88	3.91	3.87	3.93
0.37	3.63	3.74	3.63	3.78
0.42	3.51	3.49	3.51	3.44
0.46	3.17	3.28	3.18	3.26
0.50	3.05	3.16	3.07	3.18
0.54	2.82	2.78	2.83	2.72
0.58	2.63	2.62	2.64	2.73

4. ผลการทดลอง

ในการจำลองการทดสอบการขยายปีกปากกรูชิ้นงานวัสดุโลหะแผ่นด้วยโปรแกรมจำลองทางคอมพิวเตอร์ ระหว่างวัสดุชิ้นงานทดสอบโลหะแผ่นเหล็กกล้ารีดเย็น SPCC กับวัสดุอลูมิเนียม เพื่อศึกษาความเหมาะสมในการนำข้อมูลไปใช้ในการออกแบบเพื่อเป็นประโยชน์ และให้ผลด้านประสิทธิภาพการผลิตต่อไป โดยสามารถแสดงผลการทดลองได้ดังนี้

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบความสูงจากการจำลองด้วยโปรแกรม และการทดลองด้วยชุดแม่พิมพ์แม่พิมพ์ที่ระยะช่องว่าง 0.75 มม.

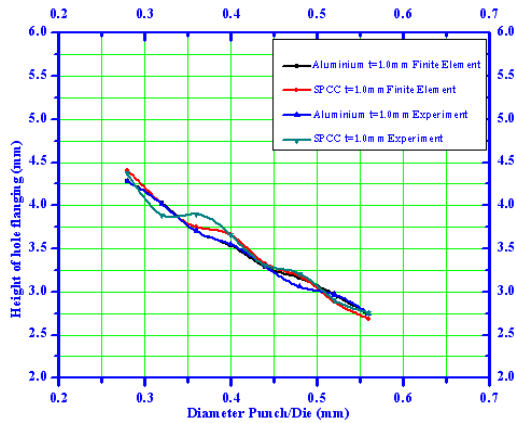
สัดส่วนรูและตายส์	ความหนา 1 มม.			
	Simulation		Experiment	
	AL (h)	SPCC (h)	AL (h)	SPCC (h)
0.30	4.89	4.32	4.89	4.32
0.35	4.45	4.25	4.45	4.30
0.39	4.40	4.22	4.07	4.15
0.43	4.15	4.06	4.39	4.23
0.48	3.84	3.72	3.83	3.77
0.52	3.41	3.33	3.43	3.39
0.56	3.31	3.16	3.31	3.15
0.61	2.99	2.82	2.95	2.83



รูปที่ 9 การเปรียบเทียบความสูงจากการจำลองด้วยโปรแกรมและการทดลองด้วยชุดแม่พิมพ์ที่ระยะช่องว่าง 1.0 มม.

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบความสูงจากการจำลองด้วยโปรแกรมและการทดลองด้วยชุดแม่พิมพ์ที่ระยะช่องว่าง 1.25 มม.

สัดส่วนรูและตายส์	ความหนา 1.0 มม.			
	Simulation		Experiment	
	AL (h)	SPCC (h)	AL (h)	SPCC (h)
0.28	4.28	4.41	4.28	4.38
0.32	4.03	4.02	4.02	3.89
0.36	3.70	3.75	3.70	3.90
0.40	3.54	3.66	3.55	3.66
0.44	3.29	3.33	3.30	3.31
0.48	3.16	3.18	3.06	3.21
0.52	2.97	2.89	2.97	2.91
0.56	2.74	2.69	2.75	2.76

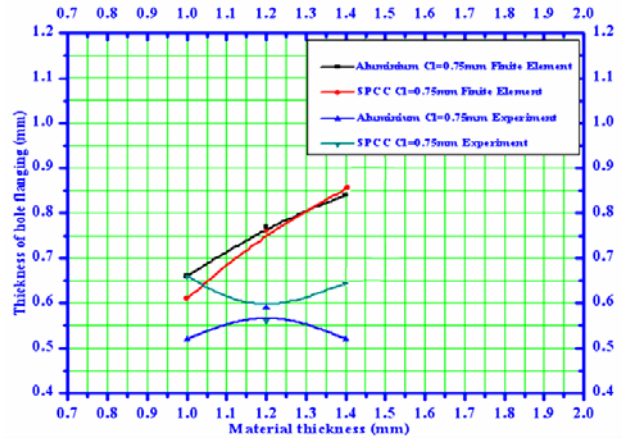


รูปที่ 10 เปรียบเทียบความสูงจากการจำลองด้วยโปรแกรมและการทดลองด้วยแม่พิมพ์ที่ระยะช่องว่าง 1.25 มม.

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบความหนาจากการจำลองด้วยโปรแกรมและการทดลองด้วยชุดแม่พิมพ์ที่ระยะช่องว่าง 0.75 มม.

ความหนา	ระยะช่องว่าง 0.75 มม.			
	Simulation		Experiment	
	SPCC	AL	SPCC	AL
1.0	0.66	0.61	0.52	0.66
1.2	0.77	0.76	0.58	0.48
1.4	0.84	0.90	0.52	-0.69

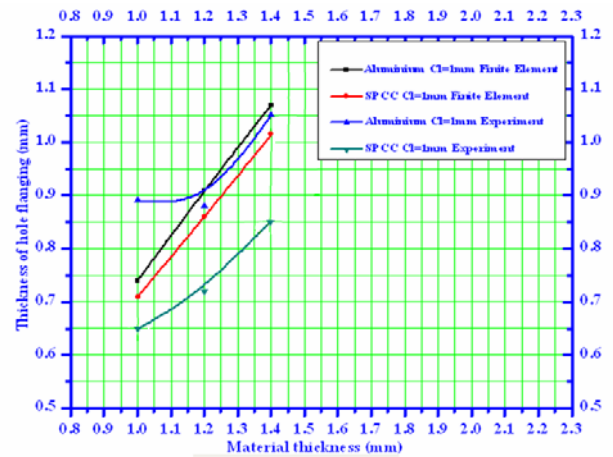
วิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลองจากตารางที่ 3 พิจารณาได้ว่า สัดส่วนขนาดรูเจาะและขนาดตายส์ให้ผลขนาดความสูงมีค่ามาก เมื่อขนาดสัดส่วนรูเจาะกับตายส์มีค่าน้อย ซึ่งเป็นผลมาจากขนาดรูเจาะเล็กสามารถให้ผลด้านความสูงดีกว่าเพราะจำนวนเนื้อวัสดุชิ้นงานที่ถูกตัดออกยังคงเหลือมีจำนวนมากกว่าขนาดรูเจาะที่มีขนาดใหญ่กว่า ทั้งนี้ผลการจำลองและการทดลองมีความสอดคล้องกัน



รูปที่ 11 เปรียบเทียบความหนาจากการจำลองด้วยโปรแกรม และการทดลองด้วยชุดแม่พิมพ์ที่ระยะช่องว่าง 0.75 มม.

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบความหนาจากการจำลองด้วยโปรแกรม และการทดลองด้วยแม่พิมพ์ที่ระยะช่องว่าง 1 มม.

ความหนา	ระยะช่องว่าง 1.0 มม.			
	Simulation		Experiment	
	SPCC	AL	SPCC	AL
1.0	0.74	0.71	0.89	0.65
1.2	0.91	0.86	0.88	0.72
1.4	1.07	1.09	1.05	0.92

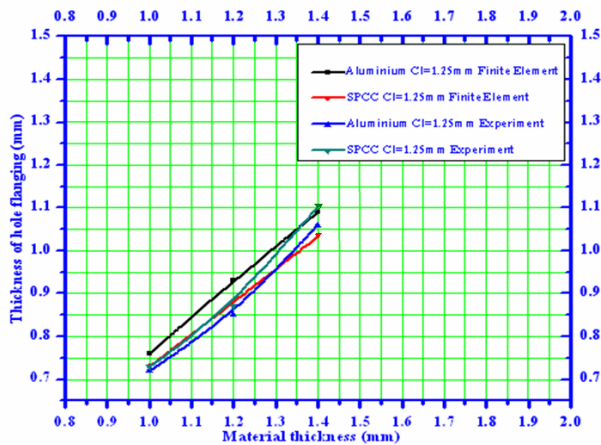


รูปที่ 12 การเปรียบเทียบความหนาจากการจำลองด้วยโปรแกรมด้วยการทดลองชุดแม่พิมพ์ที่ระยะช่องว่าง 1.0 มม.

การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลด้านความหนาชิ้นงานภายหลังการขึ้นรูปขยายปีกปากรูด้วยการจำลอง และการทดลองให้ผลสอดคล้องกัน กล่าวคือผลขนาดความหนาที่มีค่ามากเป็นผลมาจากขนาดช่องว่างมีค่ามากเช่นกัน สืบเนื่องจากความสามารถในการรีดผนังบริเวณปีกปากรูสามารถทำได้น้อย แต่ทั้งนี้ลักษณะเช่น นี้เป็นผลทำให้ปีกปากรูชิ้นงานมีความได้ค่าน้อย

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบความหนาจากการจำลองด้วยโปรแกรม และการทดลองด้วยชุดแม่พิมพ์ที่ระยะช่องว่าง 1.25 มม.

ความหนาของวัสดุ	ระยะช่องว่าง 1.25 มม.			
	Simulation		Experiment	
	SPCC	AL	SPCC	AL
1.0	0.76	0.73	0.72	0.73
1.2	0.93	0.88	0.85	0.87
1.4	1.09	1.11	1.06	1.22



รูปที่ 13 เปรียบเทียบความหนาจากการจำลองโปรแกรมและการทดลองด้วยชุดแม่พิมพ์ที่ระยะช่องว่าง 1.25 มม.

5 สรุปผล

1) ขนาดของรูเจาะนำที่มีขนาดเล็ก จะทำให้ชิ้นงานภายหลังการขยายปึกปากรูมีความยาวของปึกปากรูมากกว่าขนาดของรูเจาะนำที่มีขนาดใหญ่กว่า เนื่องจากพื้นที่บริเวณที่ถูกเจาะรูออกไปนั้นมีน้อยพื้นที่ที่เหลืออยู่จึงมีมากกว่า เมื่อทำการขยายปึกปากรูจะทำให้พื้นที่ส่วนที่เหลือนั้นสามารถขยายปึกปากรูได้สูงกว่า

2) การเลือกใช้ระยะช่องว่าง โดยคิดเป็นสัดส่วนระหว่างพื้นที่กับด้าย คือพื้นที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มม. ด้ายที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12.0 มม. ระยะช่องว่างมีค่าเท่ากับ 1.0 มีความเหมาะสมในการขยายปึกปากรูชิ้นงานนั้นควรเลือกใช้ระยะช่องว่างเท่ากับความหนา หรือใกล้เคียงกับวัสดุที่ใช้ในการทดลอง คือวัสดุหนา 1.0 มม. ระยะช่องว่าง 1.0 มม. เพราะจะทำให้ความหนาของปึกปากรูชิ้นงานมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด แต่ถ้ามีระยะช่องว่าง น้อยจะทำให้ปึกปากรูบางจนเกินไปหรือฉีกขาดได้ เนื่องจากช่องว่างระหว่างพื้นที่และด้ายมีน้อยเมื่อมีการขยายปึกปากรูความหนาของวัสดุมีค่ามากกว่าช่องว่างระหว่างพื้นที่กับด้าย ก็จะทำให้เกิดการรีดผนัง (Ironing) หรือถ้ามีระยะช่องว่างมากเกินไปจะทำให้ปึกปากรูชิ้นงานไม่ได้ฉาก ทำให้ชิ้นงานเกิดการติดกลับภายหลังการขึ้นรูป

3) วัสดุชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบต่างชนิดกันจะให้ผลการทดสอบได้ดีไม่เท่ากัน ซึ่งการทดสอบนี้วัสดุทดสอบที่เป็นอลูมิเนียมจะมีการยึด

ตัวได้ดีกว่าวัสดุทดสอบที่เป็นแผ่นเหล็กเกรดเย็น SPCC เพราะเนื้อของอลูมิเนียมมีความอ่อนมากกว่าวัสดุแผ่นเหล็ก SPCC แต่การเปลี่ยนแปลงความหนาของวัสดุ อลูมิเนียมมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าแผ่นเหล็กเกรดเย็น SPCC เนื่องจากอลูมิเนียมยึดตัวได้ดีกว่าแผ่นเหล็ก SPCC ทำให้ความหนาของปึกปากรูชิ้นงานลดลงไปด้วย

4. ผลการจำลองด้วยโปรแกรมขนาดรูเจาะนำขนาดเล็กจะทำให้ความสูงปึกปากรูมากกว่าขนาดรูเจาะนำขนาดใหญ่ ซึ่งเมื่อเพิ่มขนาดรูเจาะนำให้ใหญ่ขึ้นความสูงของปึกปากรูก็จะลดลงอย่างต่อเนื่องทั้งนี้ผลการจำลองมีความสอดคล้องกับการทดลองด้วยชุดแม่พิมพ์

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ บริษัทไทยซัมมิท อาร์แอนด์ดี เน็กซ์ เทคโนโลยี จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนี้สามารถสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. Toshi Kumaki Hiroyuki Saiki and Yonggang Meng., 1999. Hole Flanging with Ironing of Two Ply Thick Sheet Metals. Journal of Materials Processing Technology 89 – 90, P51 – 57.
2. You–Min Huang and Kuo Hsiung Chien.The, 2001. Formability Limitation of the Hole–Flanging Process. Journal of Material Processing Technology 117, P43 – 51.
3. You–Min Huang and Kuo Hsiung Chien., 2001. Influence of Punch Profile on the Limitation of Formability in the Hole–Flanging Process .Journal of Materials Processing Technology 113, P720 – 724.
4. ชญาชัย ทรัพย์การ, 2538. ประสิทธิ์ สวัสดิ์สรรพ และวิรุฬ ประเสริฐวรพันธ์, การออกแบบแม่พิมพ์. พิมพ์ครั้งที่ 10 กรุงเทพมหานคร. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น)
5. ชญา ถนัดงาน, 2538. คู่มือการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ขนาดเล็ก. กรุงเทพมหานคร. มูลนิธิสถาบันพัฒนาอุตสาหกรรม
6. พิชัย จันทรรัตน์, 2544. การออกแบบแม่พิมพ์โลหะ. เอกสารประกอบการสอนวิชาการออกแบบแม่พิมพ์, กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
7. ชัชวาล อมาตยกุล และนิภาภรณ์ แผลงปัญญา, 2543. การศึกษาอิทธิพลระยะช่องว่างแม่พิมพ์ที่มีผลต่อแรง กรุงเทพมหานคร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
8. นรินทร์ สุขขี, นิตศ คงชานา และพิพัฒน์ เพ็ญขุนทด, 2547. การศึกษาความเหมาะสมในการขยายปึกปากรูชิ้นงานโลหะแผ่น กรุงเทพมหานคร, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพ.