

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 23
4 – 7 พฤศจิกายน 2552 จังหวัดเชียงใหม่

การเพิ่มคุณภาพผิวงานตัดโดยกระบวนการตัดเซฟต์นกลับ
Eliminating crack and burr using reciprocating shaving process

วิริยากร พานิชวงษ์¹, ธนพร หมอกพรม¹, มุจลินท์ ชินวิถิ¹ และ สุทัศน์ ทิพย์ปัทมาศ^{2*}

¹ นักศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องมือและวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

² ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องมือและวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

*ผู้ติดต่อ: sutasn.thi@kmutt.ac.th, 02- 4709218 , 02-8729080

บทคัดย่อ

ในกระบวนการตัดโลหะแผ่นทั่วไป ผิวงานตัดจะเกิดรอยแตกและครีบซึ่งจะเป็นอันตรายต่อผู้ใช้งาน การขจัดรอยแตกและครีบที่เกิดขึ้นสามารถทำได้โดยจะต้องนำชิ้นงานไปผ่านผ่านกระบวนการแมชชีน เช่น การเจียรใน แต่จะเป็นการเพิ่มเวลาและต้นทุนในการทำงาน จากปัญหาดังกล่าวกระบวนการตัดเซฟต์นกลับได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อขจัดรอยแตกและครีบ โดยในงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์เข้ามาเป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์และได้ทำการทดลองเพื่อยืนยันผลการจำลอง จากการจำลองพบว่าการประยุกต์ใช้กระบวนการตัดเซฟต์นกลับสามารถขจัดรอยแตกและครีบได้ แต่อย่างไรก็ตามจะต้องทำภายใต้การกำหนดเงื่อนไขการทำงานของปัจจัยต่างๆ ที่เหมาะสม เช่น เคลียร์แลนด์การตัดเฉือน ระยะตัดเซฟต์น เคลียร์แลนด์การตัดเซฟต์น และ ระยะฟันซ์สโตรกของการตัดเซฟต์นครั้งแรก โดยชิ้นงานที่มีส่วนโค้งมนบริเวณด้านบนและด้านล่างและส่วนเรียบตรงบริเวณตรงกลางและทำการทดลองเพื่อยืนยันผลการทดลอง

คำหลัก: การตัดเฉือน / การตัดเซฟต์น / ไฟไนต์เอลิเมนต์ / อลูมิเนียม / การตัดเซฟต์นแบบด้นกลับ

Abstract

In the sheet metal cutting process, the conventional blanking process generally generate the crack and burr on the cut surface. These crack and burr could injure the operators, especially for the kitchenware and sanitary were. Nowadays, to eliminate crack and burr, the blanked part must be machined such as milling and grinding. This solving method increase the production cost and time. Therefore, the reciprocating shaving process is proposed to eliminate crack and burr. In this study, the finite element method (FEM) is used as a tool to reduce the production cost and time in the trail and error procedure. As a result, the FEM results are agreed with the experimental results. Therefore, with the suitable working process parameters such as shearing clearance, shaving allowance, shaving clearance and shearing stroke, the reciprocating shaving process could be used to produce the smooth cut surface without crack and burr.

Keywords: Blanking / Shaving / Finite element method / Aluminum / Reciprocating shaving

1. บทนำ

ในกระบวนการตัดโลหะแผ่นโดยทั่วไปแล้ว บริเวณผิวงานตัดจะเกิดรอยแตกและครีบ [1, 2] ซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้ใช้งาน นอกจากนี้ในปัจจุบัน ความต้องการคุณภาพชิ้นงานที่ดี มีเพิ่มมากขึ้น ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่ต้องการขจัดรอยแตกและครีบที่เกิดขึ้น โดยการนำชิ้นงานไปผ่านกระบวนการแมชชีน เช่น กระบวนการเจียรไน [1, 2] แต่จะเป็นการเพิ่มเวลาและต้นทุนในการผลิต งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาความเป็นไปได้ของการประยุกต์ใช้กระบวนการตัดเซฟตันกลับเพื่อขจัดรอยแตก และครีบ โดยใช้วิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์มาเป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์และทำการทดลอง เพื่อทำการเปรียบเทียบผลการจำลองจากการจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ ทำให้ทราบว่าการประยุกต์ใช้กระบวนการตัดเซฟตันกลับสามารถขจัดรอยแตกและครีบได้ แต่อย่างไรก็ตามจะต้องมีการกำหนดเงื่อนไขการทำงานต่างๆ ที่เหมาะสม เช่น เคลียร์แลนซ์รอยตัดเฉือน ระยะตัดเซฟ เคลียร์แลนซ์การตัดเซฟ และระยะพินซ์สโตรกของการตัดเซฟครั้งแรก เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีส่วนโค้งมนบริเวณผิวด้านบนและด้านล่าง และส่วนเรียบตรงบริเวณตรงกลางและทำการทดลองเพื่อยืนยันผลการทดลอง

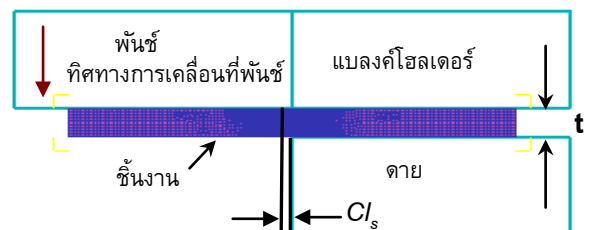
2 การจำลองและการทดลอง

2.1 การจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์

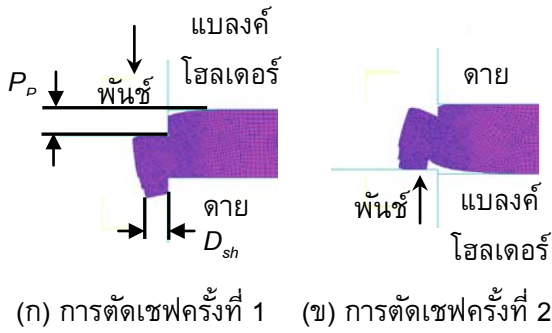
ในงานวิจัยนี้โปรแกรมเชิงพาณิชย์ DEFORM 2D ได้ถูกนำมา เพื่อช่วยในการจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยใช้แบบจำลองการตัดเฉือน และตัดเซฟแบบความเครียดระนาบ วัสดุชิ้นงานคือ อลูมิเนียม (A1100-O) ถูกกำหนดเป็นชนิด อีลาสโตพลาสติก ด้วยจำนวนเอลิเมนต์ประมาณ 4000 เอลิเมนต์ พินซ์ตาย และแบลงค์โฮลเดอร์กำหนดเป็นชนิดวัสดุแข็งเกร็ง ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สมบัติวัสดุและเงื่อนไขการจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์

สมการการไหลของวัสดุ (Flow curve)	$\bar{\sigma} = C\bar{\epsilon}^n \dot{\bar{\epsilon}}^m + y$ C = 153.5 MPa, n = 0.2 m = 0 และ y = 88 MPa
ค่ามอดูลัสของการยืดหยุ่น	210,000 MPa
ปัวซองส์เรโซ	0.3
สมการการแตกหักวิกฤต	Normalized C&L $\int \bar{\epsilon} \frac{\sigma^*}{\bar{\sigma}} d\bar{\epsilon}$
ค่าการแตกหักวิกฤต	1.26
อีเลเมนต์	4,000
รูปแบบการจำลอง	ความเครียดระนาบ
วัสดุชิ้นงาน	อีลาสโตพลาสติก
ขนาดชิ้นงานทดสอบ (มม.)	กว้าง 35, ยาว 40, หนา 3
พินซ์ตาย และแบลงค์โฮลเดอร์	วัตถุแข็งเกร็ง
เคลียร์แรนซ์ในการตัดเฉือน (Cl_s)	0, 1, 3 และ 5%t
เคลียร์แรนซ์ในการตัดเซฟ (Cl_{sh})	0%t
ระยะตัดเซฟ (D_{sh})	0, 0.1, 0.3 และ 0.5 มม.
รัศมีพินซ์และรัศมีตาย	0.01 มม.



รูปที่ 1 แบบจำลองกระบวนการตัดเฉือน



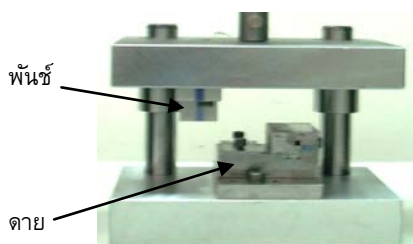
(ก) การตัดเซฟครั้งที่ 1 (ข) การตัดเซฟครั้งที่ 2

รูปที่ 2 แบบจำลองกระบวนการตัดเซฟแบบด้นกลับ

รูปที่ 1 แสดงแบบจำลองกระบวนการตัดเซฟ โดยจะใช้ระยะเคลียร์แลนซ์การตัดเซฟ (Cl_s) 0 1 3 และ 5 %t และรูปที่ 2 แสดงแบบจำลองกระบวนการตัดเซฟด้นกลับ ซึ่งมีกำหนดระยะเคลียร์แลนซ์การตัดเซฟ (Cl_{sh}) 0 %t และระยะตัดเซฟ (D_{sh}) 0.3 มม. โดยในขั้นตอนการตัดเซฟ จะทำการตัดเซฟชิ้นงานลงตามระยะพินซ์สโตรกที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 2(ก) และจึงทำการตัดเซฟส่วนทิศทางกับการตัดเซฟครั้งแรก ดังแสดงในรูปที่ 2(ข) สมบัติวัสดุได้จากการทดสอบแรงดึง และสมการการแตกหักจะอ้างอิงจากงานวิจัยในอดีต [3] โดยค่าการแตกหักวิกฤต ได้จากการทำการจำลองการตัดเซฟ เปรียบเทียบกับการทดลองของตัดแบลงค์ [3, 4]

2.2 การทดลอง

นำผลที่ได้จากการจำลองมาทำการยืนยันผล โดยการทดลองด้วยแม่พิมพ์ตัด ดังแสดงในรูปที่ 3 และทำการเก็บข้อมูลแรงที่ได้จากการทดลอง จากนั้นนำผลที่ได้จากการทดลอง มาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการจำลอง



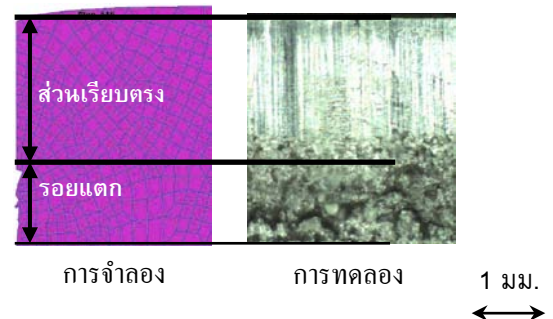
รูปที่ 3 แม่พิมพ์ที่ใช้ในการทดลอง

3. ผลการจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ ผลการทดลอง และวิเคราะห์ผล

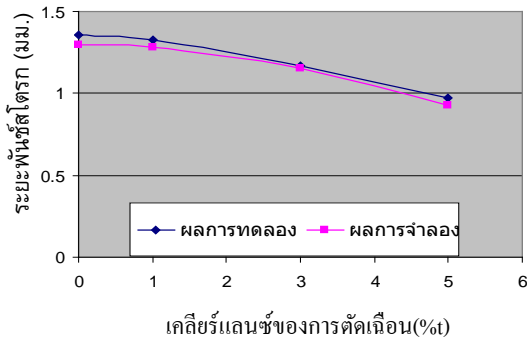
3.1 ผลการตัดเซฟ

รูปที่ 4 แสดงตัวอย่างการตัดเซฟที่ได้จากการจำลองเปรียบเทียบกับผลการทดลอง ที่ระยะเคลียร์แลนซ์ 1%t จากผลการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์และการทดลอง จะได้ว่าที่บริเวณผิวงานตัดจะเกิดส่วนโค้งมนส่วนเรียบตรง และรอยแตกขึ้น โดยจะเกิดส่วนโค้งมนส่วนเรียบตรง และรอยแตก ของการจำลองและการทดลองคือ 0.20 มม และ 0.15 มม 1.30 มม และ1.27 มม และ 1.50 มม และ 1.58 มม ตามลำดับ ซึ่งจะมีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างประมาณ 25% 2% และ 5% ตามลำดับ เมื่อระยะเคลียร์แลนซ์เพิ่มขึ้นส่วนเรียบตรงที่ได้จะลดลง จึงส่งผลกระทบต่อระยะการกินลึกของพินซ์สโตรกที่ได้ โดยระยะพินซ์สโตรกจะลดลงเมื่อระยะเคลียร์แลนซ์การตัดชิ้นงานลดลง ดังแสดงในรูปที่ 5 รูปที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบแรงที่ใช้ในการตัดเซฟของการจำลองและการทดลอง จะได้ว่าแรงจากการทดลองและแรงจากการจำลองมีค่าใกล้เคียงกัน และมีค่าความแตกต่างผิดพลาดประมาณ 4.5%

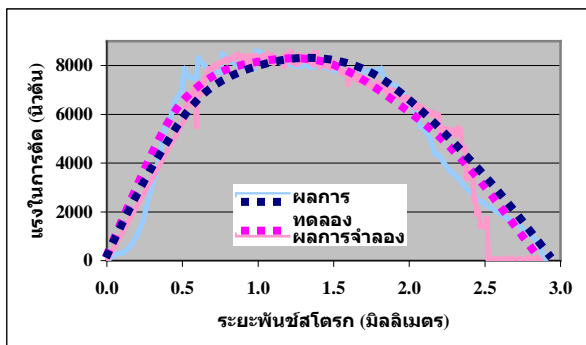
จากผลการจำลองและผลการทดลอง จะพบว่าผลของลักษณะผิวงานตัดที่ได้ใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ผลของแรงที่ได้จากการจำลอง ให้ผลที่สอดคล้องกับการทดลอง ซึ่งผลทั้งหมดนี้สอดคล้องอย่างดีมากกับทฤษฎีการตัดเซฟ [1, 2, 3]



รูปที่ 4 การเปรียบเทียบผิวงานตัดที่ได้จากการจำลองและการทดลองการตัดเซฟ (Cl_s 1%t)



รูปที่ 5 การเปรียบเทียบส่วนเรียบตรงจากการจำลอง และการทดลองจากการตัดเฉือน

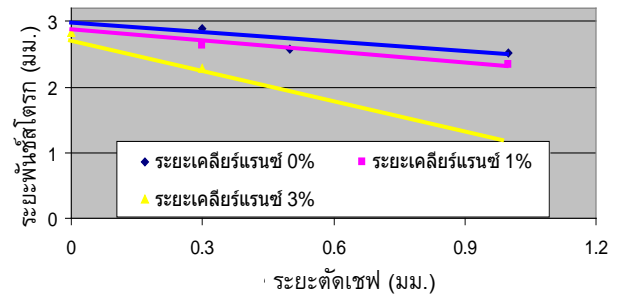


รูปที่ 6 การเปรียบเทียบแรงจากการจำลองและการทดลองในการตัดเฉือน (Cl_s %t)

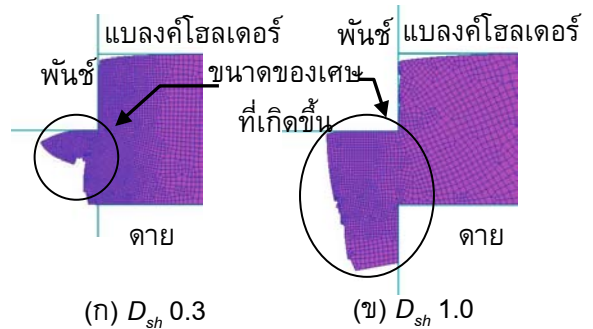
3.2 ผลการตัดเฉพ

3.2.1 ผลการตัดเฉพครั้งที่ 1

รูปที่ 7 แสดงระยะพินซ์โตรกที่มากที่สุดก่อนการเกิดการแตกหักของการตัดเฉพครั้งที่ 1 จากการจำลองได้ว่า เมื่อระยะตัดเฉพเพิ่มมากขึ้นระยะพินซ์โตรกที่มากที่สุดจะมีค่าลดลง เนื่องจากที่ระยะตัดเฉพที่มีขนาดเล็กจะทำให้เนื้อที่เกิดเป็นเศษน้อย ดังแสดงในรูปที่ 8(ก) จึงมีลักษณะคล้ายกระบวนการไสจึงทำให้ผิวตัดที่ได้มีส่วนเรียบตรงมาก และที่ระยะตัดเฉพที่มากจะทำให้ลักษณะการตัดเฉพเข้าใกล้สู่ลักษณะของกระบวนการตัดเฉพมากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 8(ข) ดังนั้นจึงทำให้ส่วนเรียบตรงที่ได้มีน้อยลง



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะตัดเฉพและระยะพินซ์โตรกที่มากที่สุด ในการตัดเฉพครั้งที่ 1

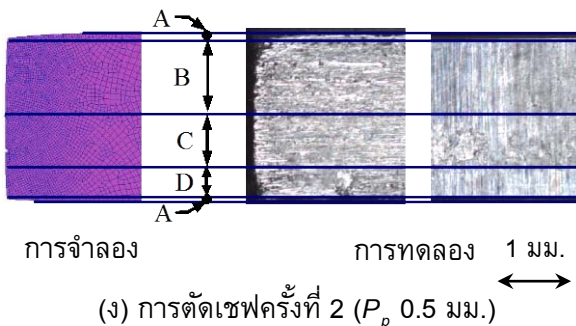
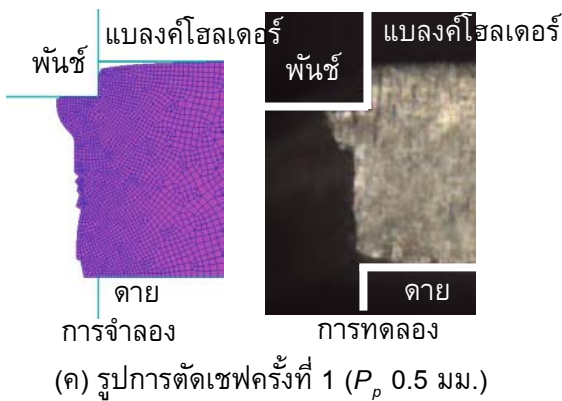
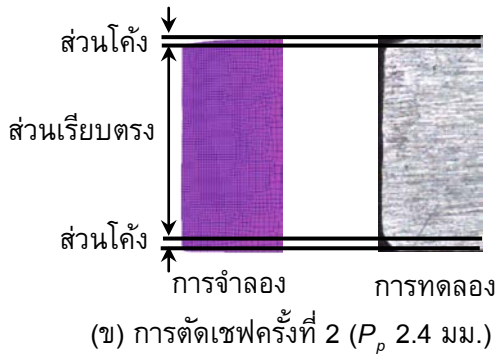
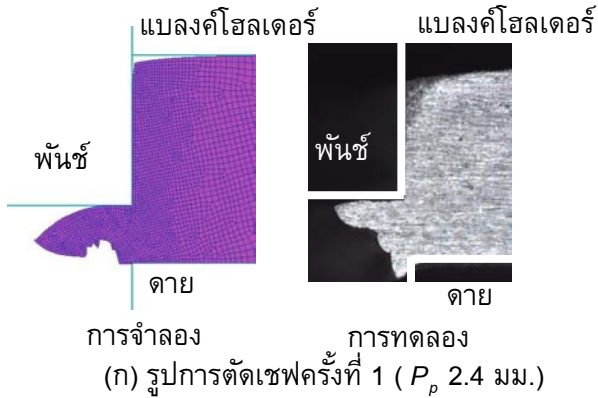


รูปที่ 8 ลักษณะของเศษที่เกิดขึ้นจากการตัดเฉพครั้งที่ 1

3.2.2 การตัดเฉพครั้งที่ 2

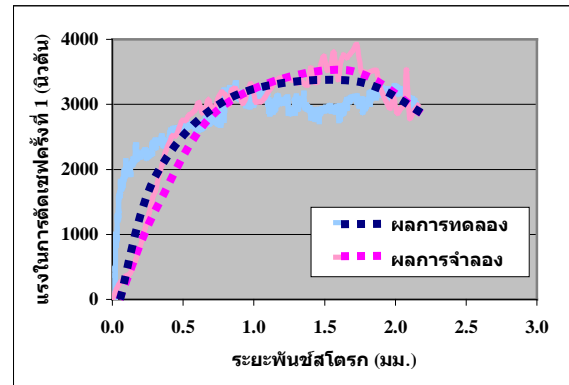
หลังจากการตัดเฉพครั้งที่ 1 นำชิ้นงานมาทำการตัดเฉพครั้งที่ 2 ในทิศทางสวนทางกับการตัดเฉพครั้งแรกจนชิ้นงานขาดออกจากกัน

รูปที่ 9 แสดงตัวอย่างการจำลองเปรียบเทียบกับการทดลอง ของกรณีที่ประสบความสำเร็จของการตัดเฉพแบบด้นกลับ โดยใช้ระยะพินซ์โตรกการตัดเฉพครั้งที่ 1 ที่ 2.4 มม. ดังแสดงในรูปที่ 9(ก) จากนั้นทำการตัดเฉพครั้งที่ 2 ซึ่งจะได้ชิ้นงานที่ประสบความสำเร็จ โดยจะเกิดส่วนโค้งมนบริเวณผิวด้านบนและด้านล่าง และบริเวณตรงกลางจะเกิดส่วนเรียบตรงโดยปราศจากรอยแตก ดังแสดงในรูปที่ 9(ข) รูปที่ 9(ค) แสดงตัวอย่างการเปรียบเทียบผลการจำลองทางและผลการทดลอง ของกรณีที่ไม่ประสบความสำเร็จ โดยใช้ระยะพินซ์โตรกการตัดเฉพครั้งที่ 1 ที่ 0.5 มม จากผลที่ได้จะพบว่า แม้ว่าจะเกิดส่วนโค้งมนบริเวณผิวด้านบนและด้านล่าง แต่ก็เกิดรอยแตกขึ้นบริเวณผิวด้านตัดของชิ้นงานแสดงในรูปที่ 9(ง)



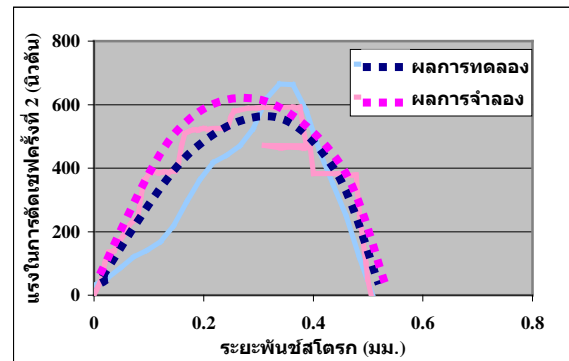
A: ส่วนโค้งมน, B: ส่วนเรียบตรง, C: รอยแตก, D: ส่วนเรียบตรงที่สอง
รูปที่ 9 การตัดเซฟแบบดันกลับที่ประสบความสำเร็จและไม่ประสบความสำเร็จ (Cl_s 1%, Cl_{sh} 0%, D_{sh} 0.3 มม.)

รูปที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบแรงที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการตัดเซฟระหว่างการจำลองและการทดลอง โดยรูปที่ 10 (ก) แสดงแรงที่เกิดขึ้นในการตัดเซฟครั้งที่ 1 จะได้ว่าแรงที่ได้จากการจำลองจะมีค่าใกล้เคียงกับแรงที่ได้แรงจากการทดลอง โดยมีค่าความแตกต่างประมาณ 12.5% และรูปที่ 10 (ข) แสดงแรงที่เกิดขึ้นในการตัดเซฟครั้งที่ 2 ของระยะพินซ์สโตรกการตัดเซฟครั้งที่ 1 ที่ 2.4 มม. จะได้ว่าแรงจากการทดลองและแรงจากการจำลองมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าความแตกต่างประมาณ 12.8%



(ก) การตัดเซฟครั้งที่ 1

(Cl_s : 1%, Cl_{sh} : 0%, D_{sh} : 0.3 mm, P_p : 2.4mm)



(ข) การตัดเซฟครั้งที่ 2

(Cl_s : 1%, Cl_{sh} : 0%, D_{sh} : 0.3 mm, P_p : 2.4 mm)

รูปที่ 10 การเปรียบเทียบแรงที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการตัดเซฟ

จากผลที่ได้จากขั้นตอนการตัดเซฟ จะได้ว่า ความสัมพันธ์ของระยะพิงซ์สโตรกที่มากที่สุดก่อนการเกิดการแตกหักของการตัดเซฟครั้งที่ 1 ระยะตัดเซฟ และเคลียร์แรนซ์ของการตัดเฉือน สอดคล้องกับงานวิจัยในอดีต [3] นอกจากนี้ผลของการตัดเซฟที่ได้จากการจำลองสอดคล้องเป็นอย่างดี กับผลการทดลอง ทั้งลักษณะผิวงานตัดที่ได้และแรงที่เกิดขึ้น ในการตัดเซฟของทั้งการตัดเซฟครั้งที่ 1 และการตัดเซฟครั้งที่ 2 ซึ่งผลทั้งหมดนี้แสดงให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้กระบวนการตัดเซฟต้นกลับ สามารถทำการผลิตผิวงานตัดที่มีส่วนโค้งมนทั้งผิวด้านบนและด้านล่าง โดยที่บริเวณตรงกลางจะเกิดส่วนเรียบตรงที่ไม่มีรอยแตก

4. สรุปผลการทดลอง

จากการแก้ไขปัญหารอยแตกและครีบที่เกิดขึ้นบนผิวงานตัด โดยการประยุกต์ใช้กระบวนการตัดเซฟต้นกลับ ด้วยการจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์และการทดลอง พบว่าผลการจำลองที่ได้ให้ผลสอดคล้องกับการทดลองทั้งลักษณะของผิวงานที่ตัดได้ และแรงที่เกิดขึ้นทั้งขั้นตอนการตัดเฉือน และการตัดเซฟ ดังนั้นกระบวนการตัดเซฟต้นกลับจึงสามารถประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตผิวงานตัด ที่ปราศจากรอยแตกและครีบได้ โดยจะได้ชิ้นงานที่มีส่วนโค้งมนบริเวณผิวด้านบนและด้านล่าง และส่วนเรียบตรงบริเวณตรงกลาง แต่อย่างไรก็ตามกระบวนการดังกล่าวนี้จะประสบความสำเร็จ ก็ต่อเมื่อต้องมีการกำหนดเงื่อนไขการทำงานต่างๆ ที่เหมาะสม เช่น เคลียร์แรนซ์ของการตัดเฉือน เคลียร์แรนซ์ของการตัดเซฟ ระยะการตัดเซฟ และระยะพิงซ์สโตรกของการตัดเซฟครั้งที่ 1 นอกจากนี้จากผลการจำลองที่ให้ผลสอดคล้องกับการทดลอง ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการนำโปรแกรมทางไฟไนต์เอลิเมนต์เข้ามาช่วยวิเคราะห์ก่อนทำงานจริง

5. กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำโครงการครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนจาก กอง ทุนสนับสนุนการวิจัยฝ่ายอุตสาหกรรมโครงการ

โครงการอุตสาหกรรมและวิจัย สำหรับปริญญาตรี 2551

บริษัท ศรีสหวัฒน์กิจ จำกัด ที่ให้ความร่วมมือและสนับสนุนเครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานที่ในการทำโครงการ

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Schuler. Metal forming handbook. Berlin, Heidelberg, New York: 306 Springer-Verlag; 1998.
- [2] Lange K. Handbook of metal forming. New York: McGraw-Hill 308 Inc.
- [3] Murakawa M., Thippakmas, s. and Jin, M (2003), 'Investigation of the relationship between shaved surface and shaving allowance', *Journal of the Japan Society for Technology of Plasticity*, Vol.44-543, pp 53-57. (In Japanese)
- [4] Thipprakmas, s., Rojananan, s. and Paramaputi P.(2008), 'An investigation of step taper-shaped punch in piercing process using finite element method', *Journal of materials Processing Technology*, Vol. 197, pp.132-139.