



การศึกษาชนิดของเหล็กกล้าเครื่องมือที่มีผลต่อพฤติกรรม การสึกหรอของแม่พิมพ์สำหรับการปั๊มเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง Study of Type of Tool Steel on Wear Behavior of Blanking Die for Punching a High Strength Steel

เฉลิมพล คล้ายนิล¹ และ ณัฐศักดิ์ พรพุดศิริ²

Chalermpol Klaynil and Natthasak Pornputsiri

สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมการผลิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

ต.หนองแก อ.หัวหิน จ.ประจวบคีรีขันธ์ 77110

Department of Production Engineering Technology, Rajamangala University of Technology

Rattanakosin, Nongkae, Huahin, Prachuapkhirikhan, 77110

E-mail: chalermpol1@hotmail.com¹, chalerm.pol.kla@rmutr.ac.th¹

Telephone Number: 086-783-6060¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาชนิดของเหล็กกล้าทำพื้นที่มีผลต่อการสึกหรอของแม่พิมพ์ตัดโดยศึกษาการสึกหรอของพื้นที่ที่ทำมาจากวัสดุแตกต่างกัน 4 ชนิด คือเหล็กกล้าเครื่องมือมาตรฐาน JIS SKD11, SKD12, SKS3 และเหล็กกล้า S50C กำหนดให้ค่าความแข็งคือ 60 ± 2 HRC ค่าช่องว่างระหว่างแม่พิมพ์คงที่ 8% ของความหนาชิ้นงานและทำการทดลองตัดเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง JIS G3135 SPFC 440 ความหนา 1.0 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพื้นที่ 25 มิลลิเมตร โดยพื้นที่แต่ละชนิดทำการตัดชิ้นงานรวมทั้งสิ้น 6,000 ชิ้น วัดผลการสึกหรอด้วยกล้องจุลทรรศน์และการชั่งน้ำหนักของพื้นที่ และศึกษาคุณภาพขอบตัดชิ้นงาน จากการทดลองพบว่าพื้นที่ที่มีระยะการสึกหรอน้อยที่สุดคือเหล็กกล้าเครื่องมือ SKD11 รองลงมาคือ SKD12, SKS3 และพื้นที่ที่ทำจากเหล็กกล้า S50C มีค่าการสึกหรอมากที่สุด

คำสำคัญ: เหล็กกล้าเครื่องมือ, การสึกหรอของแม่พิมพ์ตัด, เหล็กกล้าความแข็งแรงสูง

ABSTRACT

The objective of this research was to study the effect of tool material on wear behavior of blanking die. Four punch material: JIS SKD11, SKD12, SKS3 and S50C, were specified for the hardness of 60 ± 2 HRC. Clearance between punch and die was 8% of workpiece thickness. The high strength steel, JIS G3135 SPFC440 steel strip with thickness 1.0 mm was experimented. The strip was blanked into circular shapes of 25 mm in diameter. Each punch was used for blanking 6,000 workpieces. The measurement of wear by weight, flank wear and face wear measurement and cutting edge quality. The result of the experiments found from measuring the wear rate. The SKD11 had the lowest wear rate, SKD12, SKS3 were respectively and S50C had the highest wear.

Keywords: Tool Steel, Wear of blanking die, High strength steel

1. บทนำ

ในปัจจุบันเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง (High Strength Steel) ถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์มากขึ้น แทนเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ ซึ่งการผลิตรถยนต์ให้ประหยัดน้ำมัน (Eco Car) นอกจากจะต้องทำให้รถยนต์มีขนาดลดลงแล้ว ยังต้องออกแบบและเลือกใช้วัสดุที่มีให้มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น ผู้ออกแบบสามารถลดความหนาของชิ้นส่วนลง ส่งผลให้น้ำหนักโดยรวมลดลง และความสามารถในการรับแรงกระแทกได้สูงขึ้น ด้วยการนำเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงมาใช้เสริมในโครงสร้างตัวถัง เพื่อลดการยุบตัวจากแรงกระแทกที่เกิดจากการชน รวมทั้งเสริมความแข็งแรงของโครงสร้างตัวถัง [1] จะเห็นได้ว่าทิศทางการใช้เหล็กแผ่นในอุตสาหกรรมยานยนต์ มีความต้องการใช้เหล็กกล้าความแข็งแรงสูงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตชิ้นส่วน คือความสามารถในการขึ้นรูปโลหะลดต่ำลง แม่พิมพ์เกิดการสึกหรอเร็วขึ้น ซึ่งกระบวนการตัดเฉือนและเจาะวัสดุเป็นกระบวนการที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลาย การบ่มขึ้นรูปส่วนใหญ่เป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยการเปลี่ยนรูอย่างถาวรของวัสดุ ขอบตัดของชิ้นงานจะประกอบด้วยส่วนที่เกิดการเปลี่ยนรูอย่างถาวรและส่วนที่เกิดการตัดเฉือน ซึ่งเกิดขึ้นภายในบริเวณแคบมากๆ คมตัดของแม่พิมพ์จะอยู่ภายใต้เงื่อนไขการทำงานที่รุนแรงโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีชิ้นงานที่ตัดเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงสูง ก็จะเกิดการสึกหรอบนคมตัดอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เมื่อแม่พิมพ์เกิดการสึกหรอจะทำให้ชิ้นงานที่ได้มีคุณภาพขอบตัดที่แย่ง ความเที่ยงตรงของขนาดลดลง และทำให้เกิดครีบ (Burr) บนขอบตัดสูงมากขึ้น จนไม่สามารถนำไปใช้งานได้ [2] ดังนั้นในกรรมวิธีการตัดจึงจำเป็นต้องเลือกวัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์ให้เหมาะสม นั่นคือเหล็กกล้าเครื่องมือ (Tool Steel) ซึ่งสามารถแบ่งได้หลากหลายประเภท และมีคุณสมบัติแตกต่างกันโดย Ömer [3] ได้ศึกษาลักษณะของการสึกหรอจากการเลือกใช้วัสดุทำแม่พิมพ์ที่แตกต่างกัน สำหรับการบ่มขึ้นรูปเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง

จากเหตุผลและปัญหาการสึกหรอของแม่พิมพ์ตัด จะสามารถลดลงได้ ถ้ามีการเลือกวัสดุใช้ทำแม่พิมพ์ที่ถูกต้อง และเหมาะสมกับปริมาณการผลิตในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดของเหล็กกล้าที่มีผลต่อพฤติกรรมการสึกหรอแบบขัดถู (Abrasive Wear) ของแม่พิมพ์ตัด โดยนำเหล็กกล้าที่แตกต่างกัน 4 ชนิด คือมาตรฐาน JIS SKD11, SKD12, SKS3 และ S50C ผ่านกรรมวิธีการอบชุบมาทำเป็น 펀ช์ (Punch) มีความแข็งประมาณ 60 ± 2 HRC แม่พิมพ์ตัดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร และการทดสอบด้วย 펀ช์ดังกล่าวตัดชิ้นงานวัสดุเป็นเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง เกรด SPFC 440 ความหนา 1.0 มิลลิเมตร ที่นิยมใช้ในการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ แล้วทำการบันทึกผลการสึกหรอของแม่พิมพ์ควบคู่กับคุณภาพขอบตัดชิ้นงาน และถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์ เพื่อเปรียบเทียบพฤติกรรมการสึกหรอของแม่พิมพ์ตัดที่ทำจากวัสดุแต่ละชนิด

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาการสึกหรอของแม่พิมพ์ตัดจากการสึกหรอของ 펀ช์แต่ละชนิด ควบคู่กับคุณภาพขอบตัดของชิ้นงาน โดยใช้ 펀ช์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร เลือกใช้วัสดุแตกต่างกัน 4 ชนิด คือเหล็กกล้าเครื่องมือมาตรฐาน JIS SKD11, SKD12, SKS3 และเหล็กกล้า S50C ส่วนคายทำมาจากเหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็น JIS SKD11 โดยทั่วไปรูปแบบการสึกหรอของ 펀ช์และคายจะมีลักษณะคล้ายกันแต่การสึกหรอของ 펀ช์จะเร็วกว่าคาย ในการตัดใช้ช่องว่างแม่พิมพ์คงที่ 8% ของความหนาของชิ้นงาน 펀ช์ที่ใช้ในงานวิจัยจะผ่านการชุบแข็งและอบคืนตัว ให้ได้ค่าต่างๆ ตามที่ได้ออกแบบการทดลองไว้ ดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2 แสดงส่วนผสมทางเคมีของเหล็กกล้าที่ใช้ทำ 펀ช์ทดลอง

ตารางที่ 1 เงื่อนไขการทดลอง

Condition	Types of punches			
	JIS SKD11	JIS SKD12	JIS SKS3	JIS S50C
Hardness (HRC)	60	60	58	58
Cutting speed	35 mm/sec			
Experiments	Room temperature			
Material	JIS G3135:SPFC440 High strength steel			

ตารางที่ 2 ส่วนผสมทางเคมีของเหล็กกล้าที่ใช้ทำพUNCH

ชนิดของเหล็กกล้า	C	Cr	Mo	V	Si	Mn	Ni
JIS SKD11	1.55	12.0	0.70	1.0	0.40	0.60	0.50
JIS SKD12	1.05	5.50	1.40	0.50	0.30	1.0	-
JIS SKS3	0.95	0.6	-	0.1	0.30	1.1	0.25
JIS S50C	0.50	-	-	-	0.40	0.75	-

2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

2.1.1 ชุดแม่พิมพ์ตัดที่ใช้ในการทดลอง

ในการออกแบบและจัดสร้างชุดแม่พิมพ์ตัดสำหรับงานวิจัยนี้ เพื่อให้ได้ข้อมูลต่างๆ ที่ถูกต้องตามจุดประสงค์ และขอบเขตของงานวิจัย จึงได้ออกแบบแม่พิมพ์ที่สามารถถอดเปลี่ยนชุดพUNCH และคายได้อย่างสะดวก เพื่อให้สามารถนำไปตรวจวัดผลต่างๆ ได้ง่าย ซึ่งชุดแม่พิมพ์ที่ใช้ทำการทดลอง ดังรูปที่ 1 ประกอบ ด้วยชุดคายเซ็ท (die set) ชนิดสี่เสา ชุดพUNCH แผ่นปลดชิ้นงาน ชุดสปริง แผ่นยึดพUNCH และคาย เป็นต้น



รูปที่ 1 แม่พิมพ์ตัดที่ใช้ในการทดลอง

2.1.2 ชุดพUNCHและคายมีช่องว่างคมตัด 8% (clearance)

การออกแบบชุดแม่พิมพ์ตัดในงานวิจัยนี้ เป็นการออกแบบเพื่อการตัดแผ่นเปล่า (blanking) เหล็กกล้าความแข็งแรงสูงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร จึงกำหนดขนาดรูของคายไว้คงที่ โดยจะลดขนาดความโตของพUNCHลงตามเปอร์เซ็นต์ความหนาของชิ้นงานที่กำหนด ซึ่งจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 24.84 มิลลิเมตร ในกรณีของการกำหนดค่าช่องว่างคมตัดที่ 8% ของความหนาชิ้นงาน ซึ่งการควบคุมช่องว่างของคมตัดเริ่มต้นตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ การชดเชยขนาดหลังการชุบแข็ง และการชดเชยขนาดเพื่อให้ได้ขนาดตามที่ได้ออกแบบ โดยมีการควบคุมและตรวจสอบขนาด

2.1.3 เครื่องปั๊มโลหะแบบเพลาค้อเหวี่ยง (eccentric press)

เครื่องปั๊มโลหะที่ใช้ในการทดลองแบบเพลาค้อเหวี่ยงรุ่น OCP-60 ขนาด 60 ตันความเร็วในการตัดคงที่เท่ากับ 35 มิลลิเมตรต่อวินาที ดังรูปที่ 2

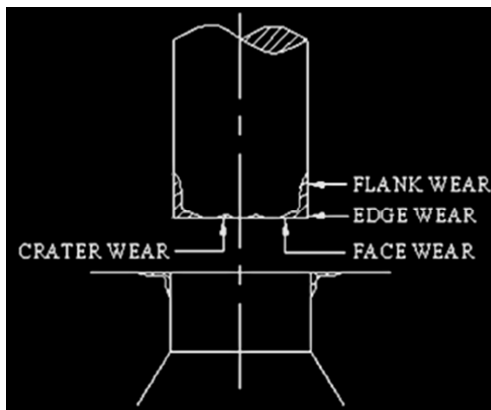


รูปที่ 2 เครื่องปั๊มชิ้นงานแบบเพลาค้อเหวี่ยง

2.2 วิธีการทดลองเพื่อศึกษาการสึกหรอของพินช์

การทดลองตัดชิ้นงานโดยพินช์ที่ทำมาจากเหล็กกล้าแตกต่างกัน 4 ชนิด ซึ่งในการทดลองตัดชิ้นงานด้วยพินช์แต่ละชนิดจะหยุดตัดเป็นช่วงๆ เพื่อถอดพินช์ออกมาวัดผลการสึกหรอ โดยพินช์ที่ใช้เป็นแบบอินเสิร์ท (insert punch) กำหนดจำนวนครั้งในการตัดที่ 100, 300, 500, 700, 900, 1100, 1600, 2100, 2600, 3100, 4000, 5000 และ 6000 โดยทุกครั้งที่หยุดการตัดชิ้นงานเป็นช่วงๆ จะทำการบันทึกผล ดังต่อไปนี้

1. ชั่งน้ำหนักของพินช์ด้วยเครื่องชั่งดิจิทัล Sartorius รุ่น CP224S ค่าความแม่นยำ 0.0001 กรัม เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณหาร้อยละของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเนื่องจากการสึกหรอของพินช์
2. ตรวจสอบลักษณะการสึกหรอด้านข้าง (flank wear) และด้านหน้า (face wear) ของพินช์ที่เกิดขึ้น ดังรูปที่ 3

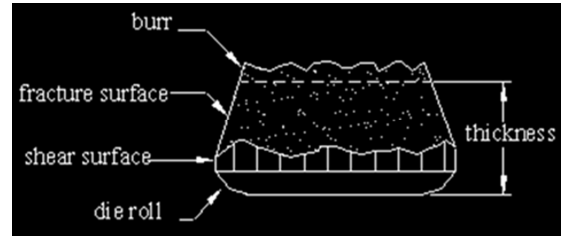


รูปที่ 3 ตำแหน่งการสึกหรอของพินช์ [4]

2.3 การศึกษาลักษณะขอบตัดชิ้นงาน

การทดลองนี้จะทำการตรวจวัดคุณภาพของขอบตัดชิ้นงาน ดังรูปที่ 4 จากการสัณฐานชิ้นงานมา 3 ชิ้น ที่ได้จากการตัดในแต่ละช่วงตั้งแต่ครั้งที่ 100 ถึง 6,000 จากนั้นนำชิ้นงานที่ได้จากการสัณฐานในแต่ละช่วงมาทำการเตรียมชิ้นงานโดยการตัดแบ่งครึ่ง หล่อชิ้นงานด้วยเรซินและขัดด้วยกระดาษทรายละเอียดเรียงเบอร์ เพื่อหาค่าเฉลี่ยความ

สูงของส่วนโค้งมน ระยะตัดเฉียงหรือส่วนเรียบตรง ระยะลักษณะ และกริบ



รูปที่ 4 ลักษณะคุณภาพขอบตัดชิ้นงาน [5]

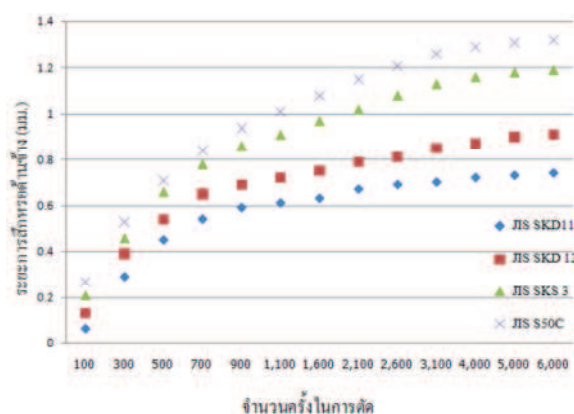
3. ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

3.1 การสึกหรอของพินช์

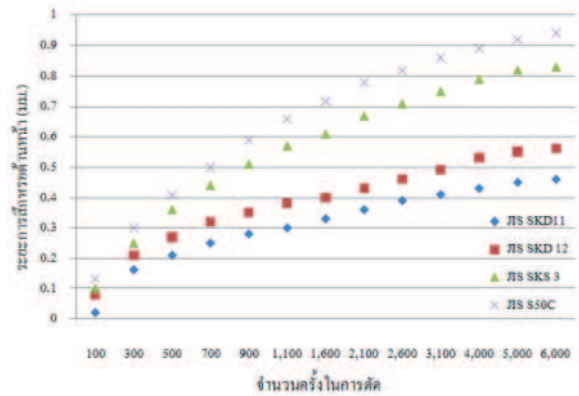
การสึกหรอที่เกิดขึ้นในการปั๊มตัดโลหะ เป็นการสึกหรอในลักษณะเกิดการขีดข่วนหรือขีดสีระหว่างพินช์กับชิ้นงาน โดยปัจจัยที่มีผลต่อการสึกหรอมีสาเหตุจากหลายอย่างเช่น ความแข็งของพินช์ (Hardness) ความเหนียว (Toughness) โดยวิธีที่นำมาใช้ในการต้านทานการสึกหรอคือการเพิ่มความแข็งของพินช์ และในงานวิจัยนี้ได้กำหนดค่าความแข็งของพินช์ให้มีค่าคือ $60 \pm 2\text{HRC}$ และกำหนดให้ใช้วัสดุชนิดเดียวกันในการตัด จำนวนครั้งในการตัด เครื่องปั๊มที่ใช้ในการตัดให้มีกำลังเท่ากัน

การสึกหรอของพินช์แสดงได้ด้วยการลดลงของน้ำหนัก (ร้อยละการลดลงของน้ำหนักเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น) และการวัดระยะการสึกหรอของพินช์ที่บริเวณด้านข้างและด้านหน้าของคมตัด โดยการสึกหรอบริเวณด้านข้างของพินช์จะส่งผลให้เกิดช่องว่างระหว่างพินช์และคายกว้างขึ้น จากการทดลองตัดชิ้นงานจำนวน 6,000 ชิ้น พบว่าการสึกหรอบริเวณด้านข้างคมตัดของพินช์ที่ทำมาจากเหล็กกล้า SKD11 มีระยะการสึกหรอเฉลี่ยคือ 0.57 มิลลิเมตร เกิดการสึกหรอน้อยที่สุด รองลงมาพินช์ที่ทำมาจากเหล็กกล้า SKD12 มีระยะการสึกหรอเฉลี่ยคือ 0.69 มิลลิเมตร พินช์ที่ทำมาจากเหล็กกล้า SKS3 มีระยะการสึกหรอเฉลี่ยคือ 0.89 มิลลิเมตร และพินช์ที่ทำมาจากเหล็กกล้า S50C มีระยะการสึกหรอเฉลี่ยคือ 1.0 มิลลิเมตร

เกิดการสึกหรอด้านข้างมากที่สุด โดยเหล็กกล้า S50C จะมีการสึกหรอของพื้นผิวมากกว่าเหล็กกล้า SKD11 ถึงประมาณ 1.8 เท่า และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 5 และรูปที่ 6 คือเมื่อทดลองตัดชิ้นงานเพิ่มมากขึ้นระยะการสึกหรอด้านข้างและระยะการสึกหรอด้านหน้าของพื้นผิวจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ และเมื่อพิจารณารูปแบบการสึกหรอบริเวณด้านข้างคมตัดพื้นผิว (flank wear) ซึ่งเกิดลักษณะการสึกหรอเป็นแบบขีดข่วน (abrasive wear) [6] ระหว่างผิวของชิ้นงานและผิวของพื้นผิวเมื่อเกิดการเสียดสีกันจึงทำให้ผิวของพื้นผิวเกิดการหลุดได้ ส่งผลต่อระยะการสึกหรอที่แตกต่างกัน ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าระยะการสึกหรอที่เกิดขึ้นด้านข้างของพื้นผิวมีความรุนแรงมากกว่าการสึกหรอที่เกิดขึ้นบริเวณด้านหน้าของพื้นผิว เนื่องจากเกิดการเสียดสีที่รุนแรงบริเวณดังกล่าว [7] และการสึกหรอทั้งสองด้านจะค่อยๆ ลดลงเมื่อจำนวนครั้งในการตัดเพิ่มสูงขึ้น จากการที่ระยะช่องว่างแม่พิมพ์แต่ละตัวถูกขยายใหญ่ขึ้น และคมตัดเกิดการเปลี่ยนรูปร่างเป็นรัศมีจึงเกิดการเสียดสีที่รุนแรงไม่มาก ส่งผลให้การสึกหรอลดลงและเกิดการเปลี่ยนแปลงของขอบตัดชิ้นงานเช่นกัน โดย Lange, K. [8] กล่าวว่าไว้ว่าเมื่อชิ้นงานมีช่องว่างแม่พิมพ์โตขึ้นทำให้ระยะโค้งมนเพิ่มขึ้น ระยะการตัดเฉือนลดลง ระยะการฉีกขาด และครีปที่เกิดขึ้นงานจะมีค่ามากขึ้น



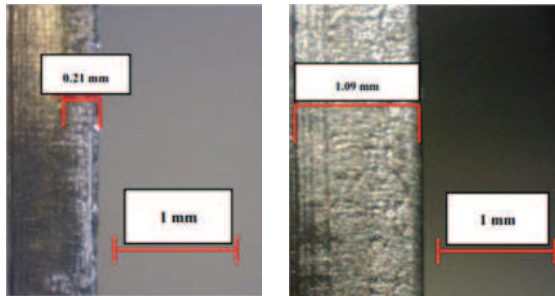
รูปที่ 5 การสึกหรอด้านข้างของพื้นผิวแต่ละชนิด



รูปที่ 6 การสึกหรอด้านหน้าของพื้นผิวแต่ละชนิด

จากผลการทดลองพบว่าการสึกหรอที่เกิดขึ้นแตกต่างกันมีผลมาจากความแข็งระดับจุลภาค ซึ่งขึ้นอยู่กับเฟสของสารประกอบในเนื้อวัสดุ โดยพบว่าความแข็งจุลภาคเกิดจากอิทธิพลของสารประกอบคาร์ไบด์ กล่าวคือสารประกอบคาร์ไบด์ที่กระจายตัวอย่างหนาแน่นและสม่ำเสมอจะทำให้ความแข็งจุลภาคสูงขึ้น จึงทำให้ต้านทานต่อการสึกหรอดีขึ้นด้วย ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pongpan [9] และจากผลงานวิจัยเรื่องนี้ เหล็กกล้าเครื่องมือ SKD11 มีการสึกหรอน้อยกว่า SKD12, SKS3 และเหล็กกล้า S50C ตามลำดับ เป็นเพราะปริมาณคาร์บอนมีค่าแตกต่างกัน กล่าวคือการมีปริมาณคาร์บอนสูงของเหล็กกล้า SKD11 ทำให้เหล็กดังกล่าวมีโอกาสเกิดสารประกอบคาร์ไบด์สูงกว่าเหล็กที่มีปริมาณคาร์บอนต่ำกว่า [9] ส่งผลให้เหล็กกล้าที่มีปริมาณคาร์บอนสูง มีค่าความแข็งจุลภาคสูงกว่าเป็นผลให้ต้านทานต่อการสึกหรอได้ดีกว่า ซึ่งจากผลงานวิจัยในครั้งนี้การสึกหรอของเหล็กกล้าเครื่องมือ SKD11 มีการสึกหรอน้อยที่สุดที่มีปริมาณคาร์บอนประมาณ 1.55% รองลงมาคือเหล็กกล้า SKD12 มีปริมาณคาร์บอน 1.05% เหล็กกล้า SKS3 มีปริมาณคาร์บอน 0.95% และเหล็กกล้า S50C มีปริมาณคาร์บอน 0.5% จะมีการสึกหรอมากที่สุด นอกจากนั้นเหล็กกล้าเครื่องมือ SKD11 ยังมีธาตุอื่นที่สามารถรวมตัวกับคาร์บอนเกิดเป็นสารประกอบคาร์ไบด์ เช่น โครเมียม (Cr) โมลิบดีนัม (Mo) แมงกานีส (Mn)

ในปริมาณสูง และรูปที่ 7 เป็นตัวอย่างภาพถ่ายการสึกหรอ ด้านข้างของฟันซี่เมื่อทำการตัดครั้งที่ 100 และครั้งที่ 6,000



การสึกหรอครั้งที่ 100

การสึกหรอครั้งที่ 6,000

รูปที่ 7 ภาพถ่ายการสึกหรอด้านข้างของฟันซี่

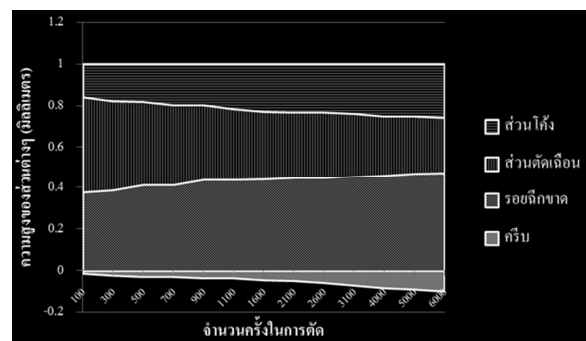
3.2 ผลของน้ำหนักฟันซี่ที่เปลี่ยนแปลง

การเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักของฟันซี่หลังจากการตัดชิ้นงาน จะเห็นได้ว่าการลดลงของน้ำหนักฟันซี่และระยะการสึกหรอทั้งสองมีแนวโน้มคล้ายกันจากผลการทดลองพบว่าค่าการลดลงน้ำหนักของฟันซี่ที่ทำมาจากเหล็กกล้า S50C มีค่าการลดลงของน้ำหนักมากที่สุด เนื่องจากการสึกหรอสูงสุด รองลงมาคือ SKS3, SKD12 และ SKD11 เมื่อเปรียบเทียบค่าน้ำหนักของฟันซี่จากการตัดชิ้นงานชิ้นแรกกับชิ้นสุดท้ายของการทดลอง โดยน้ำหนักของฟันซี่จะลดลงจากการตัดชิ้นงานจำนวนครั้งที่ 1 ถึง 6,000 พบว่าฟันซี่ทั้ง 4 ชนิด คือเหล็กกล้า S50C, SKS3, SKD12 และ SKD11 น้ำหนักของฟันซี่ลดลง 0.0154 กรัม, 0.0090 กรัม, 0.0059 กรัม และ 0.0053 กรัม หรือคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การลดลงของน้ำหนักเมื่อเทียบกับน้ำหนักฟันซี่ก่อนการทดลองคือ 0.0222%, 0.0124%, 0.0084%, 0.0080% ตามลำดับ

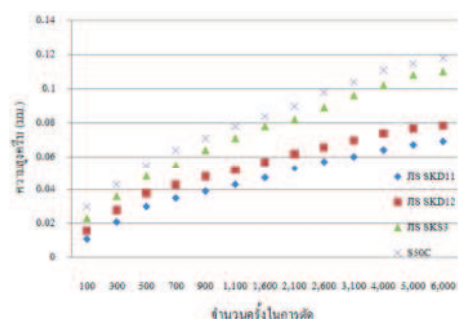
3.3 การศึกษาลักษณะคุณภาพขอบตัดชิ้นงาน

การสึกหรอของฟันซี่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของขอบตัดชิ้นงานในลักษณะเหมือนกันคือส่งผลให้ส่วนโค้งมน (die roll) เพิ่มขึ้น ระยะการตัดเฉือนหรือส่วนเรียบตรงน้อยลง (shear surface) ระยะการฉีกขาด (fracture

surface) เพิ่มขึ้น และครีบ (burr) จะมีขนาดเพิ่มสูงขึ้น ดังรูปที่ 8 โดยการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวของขอบตัดเป็นผลมาจากระยะการสึกหรอที่เกิดขึ้นกับฟันซี่และคาย ทำให้กลไกการตัดที่เกิดขึ้นมีลักษณะคล้ายกับช่องว่างแม่พิมพ์ถูกทำให้ขยายใหญ่ขึ้น [9] โดยปกติขนาดของครีบที่ขอบตัดชิ้นงาน สามารถบ่งบอกอายุการใช้งานของแม่พิมพ์ได้ระดับหนึ่งพบว่าความสูงของครีบมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อจำนวนครั้งในการตัดเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาขนาดของครีบที่ได้จากฟันซี่แต่ละชุด ดังรูปที่ 9 พบว่าฟันซี่ที่ทำจากเหล็กกล้าเครื่องมือ SKD11 มีการสึกหรอน้อยที่สุดสามารถตัดชิ้นงานโดยทำให้เกิดครีบน้อยที่สุด ตามด้วยฟันซี่ที่ทำจากเหล็กกล้า SKD12, SKS3 และฟันซี่ที่ทำจากเหล็กกล้า S50C มีค่าการสึกหรอมากที่สุดจะทำให้ครีบที่ขอบตัดสูงที่สุดโดยค่าเฉลี่ยความสูงของครีบอยู่ที่ 0.045, 0.054, 0.074, 0.082 มิลลิเมตร ตามลำดับ



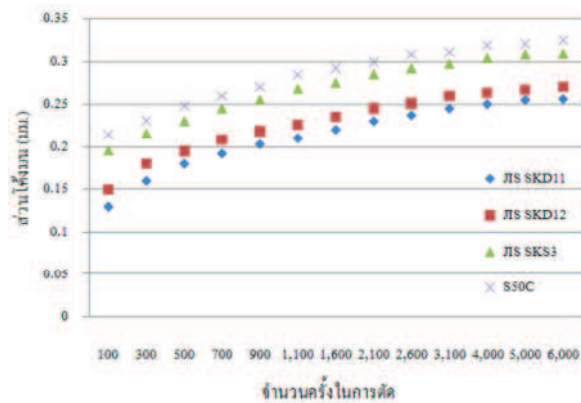
รูปที่ 8 ความสูงส่วนต่างๆ ของชิ้นงานจากฟันซี่ที่ทำมาจากเหล็กกล้า JIS SKD 11



รูปที่ 9 ความสูงของครีบขอบตัดชิ้นงาน

3.3.1 ส่วนโค้งมน

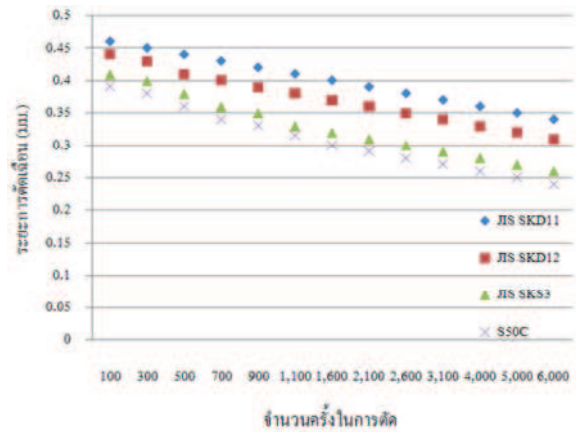
ส่วนโค้งมนเกิดจากการเปลี่ยนแปลงรูปร่างอย่างถาวรของชิ้นงานที่ถูกดึงโดยคมตัดของฟันซ์และคาย จากผลการทดลองพบว่าความสูงของระยะส่วนโค้งมนมีค่ามากขึ้นในจำนวนครั้งที่การตัดที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการสึกหรอของฟันซ์ทำให้การตัดยากขึ้นต้องใช้แรงในการตัดสูง ความเค้นดึงในเนื้อวัสดุมากขึ้น ส่งผลทำให้ส่วนโค้งมนเพิ่มขึ้น และการสึกหรอด้านข้างคมตัดทำให้ระยะช่องว่างระหว่างฟันซ์และคายมากขึ้น ระยะส่วนโค้งมนจึงสูงขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าฟันซ์ที่ทำมาจากเหล็กกล้า SKD11 สามารถตัดชิ้นงานโดยเกิดระยะของส่วนโค้งมนน้อยที่สุด รองลงมาคือ SKD12, SKS3 และ S50C ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 ส่วนโค้งมนของชิ้นงาน

3.3.2 ระยะการตัดเฉือนหรือส่วนเรียบตรง

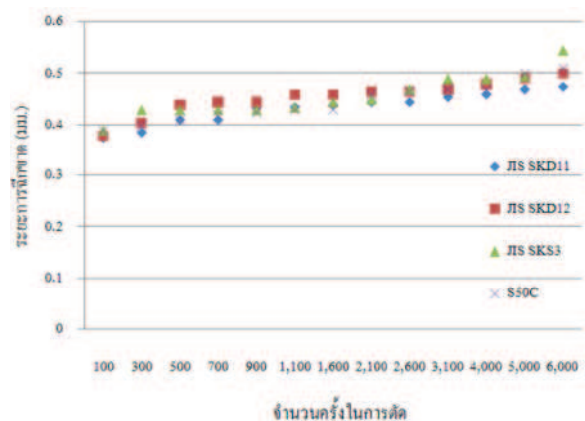
เกิดจากเนื้อวัสดุที่ถูกคมตัดของฟันซ์และคายเฉือนให้กลายเป็นส่วนที่มีผิวเรียบตรง จะเห็นว่าระยะการตัดเฉือนมีค่าลดลง เมื่อจำนวนครั้งที่การตัดที่เพิ่มขึ้น เพราะการสึกหรอทำให้เกิดความเค้นอัดภายในเนื้อวัสดุลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าฟันซ์ที่ทำมาจากเหล็กกล้า SKD11 สามารถตัดชิ้นงานโดยเกิดระยะของการตัดเฉือนมากที่สุด รองลงมาคือ SKD12, SKS3 และ S50C ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 ระยะการตัดเฉือนหรือส่วนเรียบตรงของชิ้นงาน

3.3.3 ระยะการฉีกขาด

เกิดจากการที่ความเค้นในเนื้อวัสดุมีค่าสูงเกินขีดจำกัดที่วัสดุสามารถรับได้ ทำให้เกิดการฉีกขาดออกจากกันก่อนที่จะถูกคมตัดของฟันซ์และคายเฉือน ผลจากการวัดระยะการฉีกขาดที่เกิดบนชิ้นงานที่ได้จากการตัด ดังรูปที่ 12 ผลการทดลองพบว่าระยะการฉีกขาดจะเพิ่มขึ้น เมื่อจำนวนครั้งที่การตัดที่เพิ่มขึ้นนอกจากนี้ฟันซ์ที่ทำมาจากเหล็กกล้า SKS3 สามารถตัดชิ้นงานโดยเกิดระยะของการฉีกขาดมากที่สุด รองลงมาคือ S50C, SKD12, SKD11



รูปที่ 12 ระยะการฉีกขาดของชิ้นงาน

4. สรุปผลการทดลอง

4.1 พันธ์ที่ทำจากเหล็กกล้า SKD11 มีระยะการสึกหรอน้อยที่สุด รองลงมาคือเหล็กกล้า SKD12, SKS3 และพันธ์ที่มีระยะการสึกหรอมากที่สุดคือเหล็กกล้า S50C สำหรับการตัดเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง

4.2 การสึกหรอของพันธ์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของขอบตัดชิ้นงานในลักษณะเหมือนกัน คือส่งผลให้ส่วนโค้งมนเพิ่มขึ้น ระยะการตัดเฉือนหรือส่วนเรียบตรงน้อยลง ระยะการฉีกขาดเพิ่มขึ้น และกริบจะมีขนาดเพิ่มสูงขึ้น

4.3 พันธ์ที่ทำจากเหล็กกล้า SKD11 มีระยะการสึกหรอน้อยที่สุดสามารถตัดชิ้นงานโดยทำให้เกิดกริบน้อยที่สุด รองลงมาคือเหล็กกล้า SKD12, SKS3 และพันธ์ที่

มีระยะการสึกหรอมากที่สุด คือเหล็กกล้า S50C จะทำให้เกิดกริบที่ขอบตัดสูงที่สุด

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับสนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้และขอขอบคุณศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้ห้องปฏิบัติการและเครื่องมือ

เอกสารอ้างอิง

- [1] รัชนิ์ ฮาโตะ และ อรรถณพ เรืองวิเศษ. *ไขข้อสงสัยกระบวนการขึ้นรูป*, สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ, 2551.
- [2] ชาญชัย ทรัพย์ากร และคณะ. *การออกแบบแม่พิมพ์*, สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ, 2542.
- [3] O'mer N.C. Experimental investigations on wear resistance characteristics of alternative die materials for stamping of advanced high-strength steels (AHSS). *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 2009; 49: 897-905.
- [4] Schey, J. A. Tribology in Metalworking, *The American Society for Metals*, USA, 1984; 1-5.
- [5] Charn, T. Instruction of Tool and Die Design. King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok, Bangkok. 1993.
- [6] Bhushan, B. Wear. *In Principles and Application of Tribology*, John Wiley & Son, New York, 1999; 479-535.
- [7] Fang, G., Zeng P. and Lou, L. Finite Element Simulation of the Effect of Clearance on the Forming Quality in the Blanking Process. *Journal of Material Processing Technology*, 2002; 122: 249-254.
- [8] Lange, K. Blanking and Piercing Process. *Handbook of Metal Forming*, McGraw-Hill, New York, 1985: 24.8-24.13
- [9] Pongpan, K., Varunee, P., Ratchanee, P., and Chanyuth, M. Study on the Influences of Types of Tool Steel on Wear Behavior of Blanking Die. *KMUTT Research and Development Journal*, 2005; 169-182.