

การศึกษาชนิดของเหล็กกล้าเครื่องมือที่มีผลต่อพฤติกรรมการสึกหรอ ของแม่พิมพ์ตัด

The Study of Tool Steel Type on Wear Behavior of Blanking Die

เฉลิมพล คล้ายนิล¹ จินกมล ลุยจันทร์² พิมพมาศ กาละวงศ์³

^{1,2,3} สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกลการออกแบบแม่พิมพ์ คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ อ.หัวหิน จ.ประจวบคีรีขันธ์ 77110

E-mail: chalernpol1@hotmail.com

Chalernpol Klaynil¹ Jinkamon Lujjan² Phimmat Kalawong³

^{1,2,3} Department of Tool and Die Design Engineering, Faculty of Industry and Technology
Rajamangala University of Technology Rattanakosin, Prachuapkhirikhan 77110

E-mail: chalernpol1@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาชนิดของเหล็กกล้าที่มีผลต่อการสึกหรอของแม่พิมพ์ตัด โดยทำการศึกษาการสึกหรอของพunchที่ทำจากวัสดุแตกต่างกัน 4 ชนิด คือเหล็กกล้าเครื่องมือเกรด JIS SKD11, SKS3, SK5 และ SKD61 กำหนดให้มีค่าความแข็งที่แตกต่างกันคือ 58 HRC, 53 HRC, 53 HRC และ 54 HRC ตามลำดับ ใช้อุณหภูมิในการอบคืนตัวเท่ากันที่ 400 องศาเซลเซียส ช่องว่างแม่พิมพ์มีค่าคงที่คือ 8% และทำการตัดเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ AISI1020 ความหนาของชิ้นงาน 1 มิลลิเมตร และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพunch 25 มิลลิเมตร โดยพunchแต่ละชนิดทำการตัดชิ้นงานรวมทั้งสิ้น 6,000 ชิ้น จากการทดลองพบว่าเหล็กกล้าเครื่องมือที่มีอัตราการสึกหรอน้อยที่สุดคือเหล็กกล้า SKD11 รองลงมาคือเหล็ก SKD61, SKS3 และ SK5 ตามลำดับ ทั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าปริมาณคาร์บอนและส่วนผสมทางเคมีที่ผสมอยู่ในเหล็กแต่ละชนิดมีผลต่อการต้านทานการสึกหรอ กล่าวคือเหล็กกล้าเกรด SKD11 มีปริมาณคาร์บอนสูงทำให้อัตราการเกิดคาร์ไบด์สูงในโครงสร้างจุลภาค เป็นผลให้อัตราการสึกหรอเกิดขึ้นน้อยกว่าเหล็กที่มีปริมาณคาร์บอนต่ำ

คำหลัก เหล็กกล้าเครื่องมือ การอบชุบโลหะ การสึกหรอของแม่พิมพ์ตัด

Abstract

The objective of this research was to study tool material on wear behavior in the blanking die. Four punch materials were JIS SKD11, SKS3, SK5 and SKD61 tool steel. Hardness of Punch were 58 HRC, 53 HRC, 53 HRC and 54 HRC respectively. The tempering temperature was at 400°C. Clearance between Punch and die is 8%, AISI1020 carbon steel strip with thickness 1 mm was used as workpiece material. The strip was blanked into circular shapes of 25 mm in diameter. Each punch was used for blanking 6,000 workpiece. From the experiments, JIS SKD11 had the lowest wear rate; the lower is SKD61, SKS3 and SK5 in the followed order. The carbon content and chemical composition affected the wear resistance. SKD11 the higher carbon content increased the amount of carbide compounds in the

microstructure. The wear rate of the material with higher carbon content was lower than the lower carbon content.

Keywords: Tool Steel, Heat Treatment, Wear of Blanking Dies

1. บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมต่าง ๆ ในประเทศไทย มีการพัฒนาทางด้านระบบการผลิตให้มีความทันสมัย เพื่อให้สินค้ามีคุณภาพสูงอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล เป็นต้น ซึ่งจำเป็นต้องมีกรรมวิธีการขึ้นรูปด้วยการตัดโลหะแผ่นโดยใช้แม่พิมพ์ (Blanking Die) แม่พิมพ์ตัดที่ดีจะทำให้ได้แผ่นเปล่า (Blank) ที่มีคุณภาพหรือมีขนาดเที่ยงตรง โดยจะไม่สร้างปัญหาต่อกรรมวิธีการผลิตลำดับถัดไป ในกรรมวิธีการตัดเป็นการทำงาน โดยต้องให้ความเค้นกับชิ้นงานที่มีค่าสูงพอที่จะทำให้ชิ้นงานขาดออกจากกันได้ ดังนั้นความเค้นที่กระทำต่อแม่พิมพ์ตัดก็จะมีค่าสูงมากเช่นเดียวกัน ซึ่งส่งผลการสึกหรอของแม่พิมพ์เป็นปัญหาที่สำคัญในกระบวนการผลิต [1] เพราะเมื่อแม่พิมพ์เกิดการสึกหรอจะทำให้ชิ้นงานที่ได้มีคุณภาพขอบตัดที่แยลง ความเที่ยงตรงของขนาดลดลง และทำให้เกิดครีบ (Burr) บนขอบตัดซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการสูงขึ้น ดังนั้นในกรรมวิธีการตัดจึงจำเป็นต้องเลือกวัสดุที่ใช้ในการทำแม่พิมพ์ให้เหมาะสม นั่นคือเหล็กกล้าเครื่องมือซึ่งสามารถแบ่งได้หลากหลายประเภทตามกรรมวิธีการอบชุบ และมีคุณสมบัติแตกต่างกัน

จากเหตุผลและปัญหาการสึกหรอของแม่พิมพ์ตัดซึ่งมักอยู่ในรูปแบบการขีดข่วน (Abrasive Wear) และอาจมีรูปแบบยึดติดปนกัน (Adhesive Wear) อยู่ด้วยนั้น [2] จะสามารถลดลงได้ถ้ามีการเลือกวัสดุใช้ทำแม่พิมพ์ที่ถูกต้องและเหมาะสม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการศึกษาอิทธิพลของชนิดเหล็กกล้าเครื่องมือที่มีผลต่อพฤติกรรมการสึกหรอของแม่พิมพ์ตัด โดยนำเหล็กกล้าเครื่องมือที่แตกต่างกัน 4 ชนิด คือ มาตรฐาน (JIS) SKD11, SK5, SKS3 และ SKD61 ผ่านกรรมวิธีการอบชุบ (Hardening and Tempering) มาทำเป็น 펀ช์ (Punch) ของแม่พิมพ์ตัดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร และการทดลองด้วย 펀ช์ดังกล่าวตัดชิ้นงานเหล็กกล้าแผ่น AISI1020 ความหนา 1.0 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นเหล็กกล้าที่นิยมใช้ทำชิ้นส่วนรถยนต์

แล้วทำการบันทึกผลการสึกหรอของแม่พิมพ์ควบคู่กับคุณภาพขอบตัดของชิ้นงาน และถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์ เพื่อเปรียบเทียบพฤติกรรมการสึกหรอของแม่พิมพ์ตัดที่ทำจากวัสดุแต่ละชนิด จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาไปประยุกต์ใช้กับวัสดุใช้งานจริง และพัฒนาวัสดุทำชิ้นส่วนแม่พิมพ์ให้ได้คุณสมบัติที่เหมาะสมกับงานแต่ละประเภท

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาการสึกหรอของแม่พิมพ์ตัด จากการสึกหรอของ 펀ช์เท่านั้น ควบคู่กับคุณภาพขอบตัดของชิ้นงาน โดยใช้ 펀ช์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 25 มิลลิเมตร ซึ่งทำมาจากวัสดุชนิดต่าง ๆ 4 ชนิด คือ เหล็กกล้าเครื่องมือ SKD11, SKS3, SK5 และ SKD61 ดังแสดงในตารางที่ 1 ส่วนตาย (Die) จะทำมาจากเหล็กกล้าเครื่องมือ SKD11 เหมือนกันทั้ง 4 ชิ้น เนื่องจากโดยทั่วไปรูปแบบการสึกหรอของ 펀ช์และตายจะมีลักษณะคล้ายกันแต่การสึกหรอของ 펀ช์จะเร็วกว่าตาย ในการตัดใช้ช่องว่างของแม่พิมพ์ (CL) คงที่ 8% ของความหนาชิ้นงาน ฟันช์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะผ่านการชุบแข็ง และอบคืนตัวให้ได้ค่าความแข็งตามที่ได้ออกแบบการทดลองไว้

ตารางที่ 1 แสดงเหล็กกล้าเครื่องมือชนิดต่างๆ

เหล็กกล้า	กรรมวิธีการอบชุบ
JIS SK5	ชุบแข็งด้วยน้ำ
JIS SKS3	ชุบแข็งด้วยน้ำมัน
JIS SKD11	ประเภทคาร์บอนสูงและโครเมียมสูง
JIS SKD61	เหล็กกล้าเครื่องมืองานร้อน

การบันทึกผลข้อมูลหลังจากทำการตัดชิ้นงานเป็นช่วงๆ โดยจะกำหนดจำนวนครั้งในการตัดที่ 100, 300, 500, 700, 900, 1,100, 1,600, 2,100, 2,600, 3,100, 4,000, 5,000, และ 6,000 แล้วทำการบันทึกผลข้อมูล การสึกหรอทางด้านข้างและด้านหน้า จากนั้นทำ

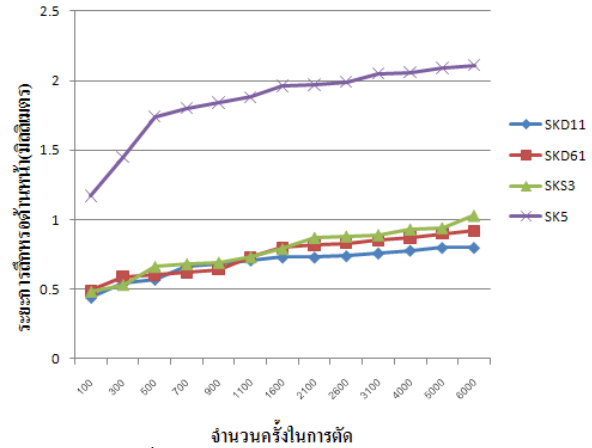
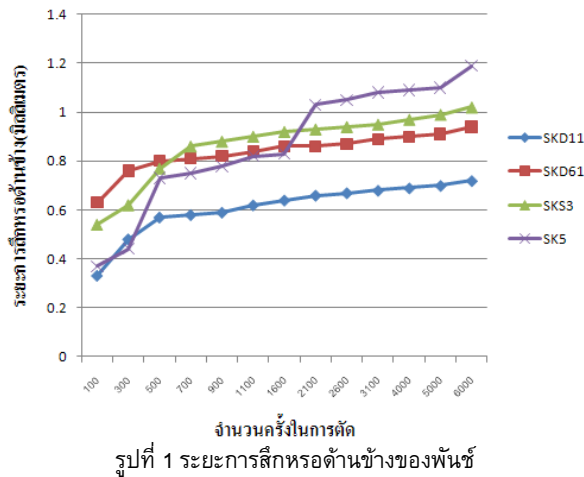
การสุ่มชิ้นงาน 3 ชิ้นที่ได้จากการตัดในแต่ละช่วง ตั้งแต่ครั้งที่ 100 ถึง 6,000 และหาค่าเฉลี่ยความสูงของส่วนโค้งมน ส่วนเรียบตรง รอยฉีกขาด และครีบก้น ขณะที่เงื่อนไขอื่นๆ กำหนดไว้ดังต่อไปนี้

- ทำการทดลองตัดชิ้นงานด้วยเครื่องเพรสแบบเพลลาข้อเหวี่ยง ขนาด 60 ตัน
- แผ่นสไตรป์มีขนาดความกว้าง 28 มิลลิเมตร
- ความเร็วในการตัดคงที่เท่ากับ 30 มิลลิเมตรต่อวินาที
- กล้องจุลทรรศน์สำหรับวัดการสึกหรอของฟันซ์และคุณภาพขอบตัดของชิ้นงาน แบบส่องแสง Optical Microscope
- ไม่ใช้สารหล่อลื่นในการตัด

3. ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

3.1 การสึกหรอของฟันซ์

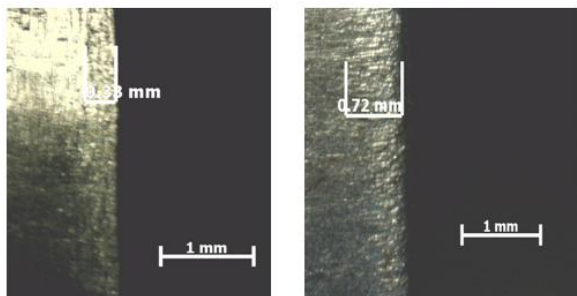
การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะการสึกหรอทางด้านข้าง (Flank Wear) และระยะการสึกหรอด้านหน้า (Face Wear) กับจำนวนครั้งในการตัด



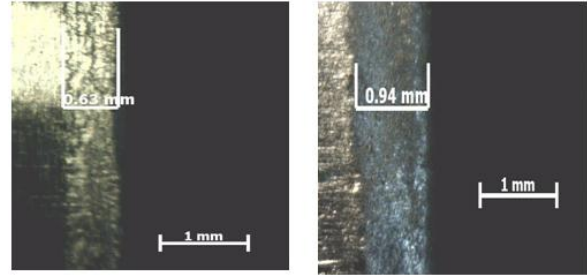
ผลการศึกษาพบว่าระยะของการสึกหรอทางด้านข้าง (Flank Wear) และด้านหน้า (Face Wear) มีแนวโน้มในทิศทางเดียวกันเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 1 และรูปที่ 2 พบว่าในช่วงแรกของการตัด การสึกหรอทางด้านข้างและด้านหน้าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่เมื่อจำนวนในการตัดเพิ่มมากขึ้นจะทำให้การสึกหรอเกิดขึ้นในอัตราช้าลง ซึ่งจากกราฟดังกล่าวพบว่าการสึกหรอที่เกิดขึ้นด้านข้างของฟันซ์มีความรุนแรงมากกว่าการสึกหรอที่เกิดขึ้นบริเวณด้านหน้าของฟันซ์ เมื่อเกิดการเสียดสีกันระหว่างผิวฟันซ์กับแผ่นโลหะทำให้ผิวของฟันซ์ถูกตัดเฉือนหลุดออกมาในลักษณะอนุภาคเล็กๆ การสึกหรอทั้งสองด้านจะค่อยๆ ลดอัตราช้าลงเมื่อจำนวนครั้งในการตัดเพิ่มขึ้น และเมื่อทำการตัดชิ้นงานช่วงหลังพบว่าชุดแม่พิมพ์ตัดมีการสึกหรอเกือบคงที่ จากการที่ระยะช่องว่างแม่พิมพ์แต่ละตัวถูกขยายใหญ่ขึ้น และคมตัดเกิดการเปลี่ยนรูปร่างเป็นรีตมีจึงเกิดการเสียดสีที่รุนแรงไม่มาก พบว่าส่งผลให้การสึกหรอที่ผิวมีอัตราลดลง เมื่อเกิดการสึกหรอมากขึ้น [3]

เมื่อสังเกตจากผลการทดลองพบว่าฟันซ์ที่มีการสึกหรอมากที่สุดเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยคือฟันซ์ที่ทำจากเหล็กกล้าเครื่องมือ SK5, SKS3, SKD61 และ SKD11 ตามลำดับ โดยที่เหล็กกล้าทั้งสี่ชนิดได้ถูกนำมาอบคืนตัวที่ 400 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ความแข็งอยู่ในระดับที่ต่างกันคือ 53 ±2HRC, 53 ±2HRC, 54 ±2HRC และ 58 ±2HRC ตามลำดับ จากที่กล่าวมาแล้วนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Maeda และคณะ [4] ซึ่งทำความแข็งระดับมหภาคของฟันซ์เท่ากัน

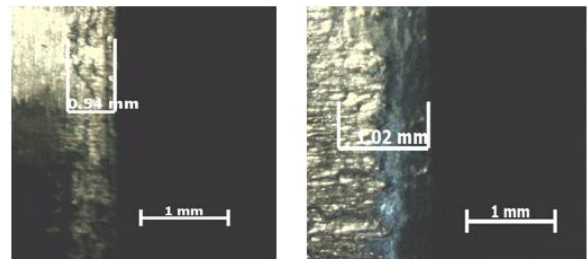
แต่พบว่าความแข็งจุลภาค (Micro Hardness) มีค่าแตกต่างกัน โดยพบว่าความแข็งจุลภาคเกิดจากอิทธิพลของสารประกอบคาร์ไบด์ (Carbide) กล่าวคือคาร์ไบด์ที่กระจายตัวอย่างหนาแน่นและสม่ำเสมอจะทำให้ค่าความแข็งจุลภาคสูงขึ้น จึงทำให้ความต้านทานการสึกหรอดีขึ้นด้วย ซึ่งปรากฏการณ์ดังกล่าวจะสามารถนำมาอธิบายผลที่ได้จากการวิจัยเรื่องนี้ได้ นั่นคือการที่เหล็กกล้า SKD11 มีการสึกหรอน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับเหล็ก SKD61, SKS3 และ SK5 โดยสามารถอธิบายได้ด้วยปริมาณคาร์บอนที่แตกต่างกันของเหล็กแต่ละชนิด กล่าวคือการมีปริมาณคาร์บอนสูงของเหล็กกล้าเครื่องมือ SKD11 ทำให้เหล็กดังกล่าวมีโอกาสเกิดโครงสร้างคาร์ไบด์สูงกว่า จากเหล็กที่มีปริมาณคาร์ไบด์สูง ทำให้การกระจายตัวหนาแน่นมากกว่าเหล็กที่มีปริมาณคาร์บอนต่ำ โครงสร้างจุลภาคของเหล็กที่มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนสูงกว่า จึงมีค่าความแข็งจุลภาคสูงกว่า แสดงให้เห็นว่าเหล็กที่มีปริมาณคาร์บอนสูงกว่าจะส่งผลทำให้มีความทนทานต่อการสึกหรอดีกว่าเหล็กที่มีปริมาณคาร์บอนต่ำกว่า [4] จากการสึกหรอของเหล็กกล้าเครื่องมือ SKD11 ซึ่งมีปริมาณคาร์บอนร้อยละ 1.5 จะเกิดการสึกหรอน้อยสุด การสึกหรอรองลงมาคือเหล็กกล้า SKD61 มีคาร์บอนประมาณ 0.4 เหล็ก SKS3 มีคาร์บอนประมาณ 0.9-1.05 และเหล็ก SK5 ซึ่งมีคาร์บอนประมาณ 1.0 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้นเหล็กกล้า SKD11 ยังมีธาตุโครเมียม (Cr) ในปริมาณสูงที่สามารถรวมตัวกับคาร์บอนเกิดสารประกอบคาร์ไบด์ที่มีความแข็งเพิ่มสูงขึ้นอีก จึงทำให้เกิดการสึกหรอน้อยที่สุด



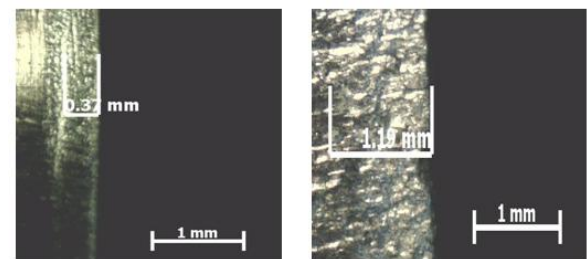
รูปที่ 3 แสดงภาพถ่ายการสึกหรอด้านข้างของฟันซี่ที่ทำจากเหล็กกล้าเครื่องมือ JIS SKD11



รูปที่ 4 แสดงภาพถ่ายการสึกหรอด้านข้างของฟันซี่ที่ทำจากเหล็กกล้าเครื่องมือ JIS SKD61



รูปที่ 5 แสดงภาพถ่ายการสึกหรอด้านข้างของฟันซี่ที่ทำจากเหล็กกล้าเครื่องมือ JIS SKS3



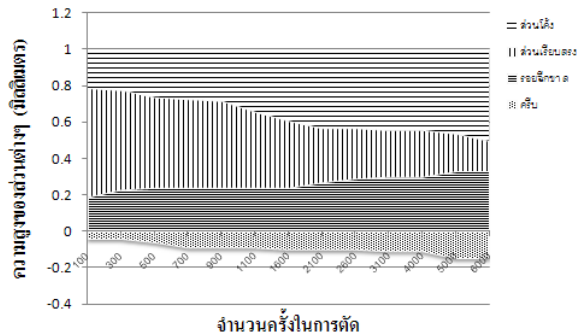
รูปที่ 6 แสดงภาพถ่ายการสึกหรอด้านข้างของฟันซี่ที่ทำจากเหล็กกล้าเครื่องมือ JIS SK5

จากรูปที่ 3, 4, 5 และรูปที่ 6 แสดงภาพถ่ายการสึกหรอด้านข้างของฟันซี่ที่ทำจากเหล็กกล้าเครื่องมือ แต่ละชนิด เพื่อเปรียบเทียบให้เห็นสภาพของคมตัดเมื่อทำการตัดชิ้นงานเป็นจำนวน 100 และ 6,000 ครั้ง ปรากฏว่าเมื่อทำการตัดชิ้นงานเป็นจำนวน 6,000 ครั้ง จากรูปแสดงให้เห็นถึงระยะการสึกหรอด้านข้างของฟันซี่แต่ละชนิดที่เกิดขึ้นอย่างชัดเจน

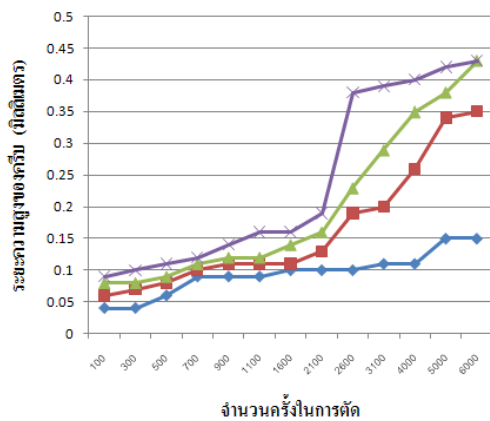
3.2 ลักษณะคุณภาพขอบตัดของชิ้นงาน

เมื่อนำส่วนต่างๆ ของชิ้นงานที่ทำการวัดได้มาเปรียบเทียบในกราฟเดียวกัน พบว่าชิ้นงานที่ได้จากการตัดโดยฟันซี่ทั้ง 4 ชนิดมีการเปลี่ยนแปลงของขอบตัด

ในลักษณะเหมือนกัน คือมีระยะโค้งมนเพิ่มขึ้น ระยะการตัดเฉือนลดลง ระยะการฉีกขาดเพิ่มขึ้น และครีบกึ่งที่เกิดขึ้น มีความสูงเพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 7 ซึ่งเป็นขอบตัดของชิ้นงานที่ได้จากการตัด โดยใช้พินซ์เหล็กกล้าเครื่องมือ SKD11



รูปที่ 7 แสดงความสูงของส่วนต่างๆ ของชิ้นงานที่ได้จากพินซ์เหล็กกล้าเครื่องมือ JIS SKD11



รูปที่ 8 แสดงความสูงของครีบกึ่ง

ผลการวัดความสูงของครีบกึ่งที่เกิดขึ้นงานที่ได้จากการตัดโดยใช้พินซ์ที่ทำจากวัสดุที่แตกต่างกัน 4 ชนิด ดังแสดงในรูปที่ 8 ผลการทดลองพบว่าความสูงของครีบกึ่งจะเพิ่มขึ้น ในจำนวนการตัดที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าพินซ์ที่ทำมาจากเหล็กกล้า SKD11 มีการสึกหรอน้อยที่สุด สามารถตัดชิ้นงานโดยทำให้เกิดครีบกึ่งน้อยที่สุดด้วยรองลงมาคือเหล็กกล้า SKD61, SKS3 และ SK5 ตามลำดับ โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยความสูงครีบกึ่ง ที่ได้จากการตัดตั้งแต่ครั้งที่ 100 ถึง 6,000 ซึ่งพินซ์ที่ทำด้วยเหล็กกล้าเครื่องมือ SKD11 มีค่าเฉลี่ยความสูงครีบกึ่งคือ 0.09 มิลลิเมตร ตามด้วยพินซ์ที่ทำจากเหล็กกล้า SKD61 มีค่าเฉลี่ยคือ 0.16 มิลลิเมตร พินซ์ที่ทำจากเหล็กกล้า SKS3 มีค่าเฉลี่ยคือ 0.19 มิลลิเมตร และพินซ์ที่ทำจากเหล็กกล้า SK5 มีค่าเฉลี่ยคือ 0.23 มิลลิเมตร

4. สรุปผลการทดลอง

4.1 จากการทดลองเพื่อศึกษาการสึกหรอที่เกิดขึ้นกับวัสดุทำพินซ์ของเหล็กกล้าเครื่องมือชนิดต่างๆ พบว่าเหล็กกล้า SKD11 มีความทนทานต่อการสึกหรอมากที่สุด รองมาคือเหล็กกล้า SKD61, SKS3 และเหล็กที่มีอัตราการสึกหรอมากที่สุดคือเหล็กกล้า SK5

4.2 อัตราการสึกหรอที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของขอบตัดชิ้นงานในลักษณะเหมือนกัน คือมีระยะโค้งมนเพิ่มขึ้น ระยะการตัดเฉือนลดลง ระยะการฉีกขาดเพิ่มขึ้น และครีบกึ่งมีขนาดใหญ่ขึ้น

ข้อเสนอแนะ

การทดลองครั้งต่อไปควรที่จะมีการวัดแรงในการตัดด้วยเพื่อให้เห็นผลของแรงที่มีต่อการสึกหรอในแต่ละช่วงของการสึกหรอ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับสนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ สัญญาเลขที่ A-15/2555 คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Maiti, S.K., et al, 2000, "Assessment of Influences of Some Process Parameter on Sheet Metal Blanking", Journal of Material Processing Technology, Vol. 102, pp. 249-256.
- [2] Nilsson, 1984, "Punching in Stainless Steel Plate", Uddeholm Tooling AB, Research and Development, Sweden.
- [3] Fang, N., et al, 2002, Finite Element Simulation of the Effect of Clearance on the Forming Quality in the Blanking Process, Journal of Material Processing Technology, Vol. 122, pp. 249-25
- [4] Maeda, T. and Aoki, I., 1974, Journal of Faculty of Engineering, University of Tokyo, Vol. 32, pp. 443-475.