

อิทธิพลของการสึกหรอในงานแม่พิมพ์ตัดที่มีผลต่อคุณภาพชิ้นงาน Influences of Blanking Tool Wear on Quality of Blanked Work piece

กุลชาติ จุลเพ็ญ¹, วารุณี เปรมานนท์², พงศ์พันธ์ แก้วตาทิพย์³

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศูนย์กลางสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล¹

ถ.รังสิต -นครนายก ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

โทร. 0-2549-3444 โทรสาร. 0-2549-3442

ภาควิชาเครื่องมือและวัสดุ² ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล³ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

91 ถ.ประชาธิปไตย บางมด ทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140

โทร. 0-2470-9203 โทรสาร. 0-2872-9080, E-mail : kulachart@rit.ac.th¹, varunee.pre@kmutt.ac.th², pongpan.kae@kmutt.ac.th³

Kunlachart Junlapen* Varunee Premanond* Pongpan Keawtatip*

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala Institute of Technology

Khong 6 Thanyaburi Pratuntani, 12110, Thailand Tel. 0-2549-3444 Fax. 0-2549-3442

Department of Tools and Material Engineering, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering,

King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140, Thailand

Tel: 0-2470-9203 Fax: 0-2872-9080, E-mail : kulachart@rit.ac.th¹, varunee.pre@kmutt.ac.th², pongpan.kae@kmutt.ac.th³

บทคัดย่อ

แม่พิมพ์ตัด (Blanking Die) เป็นเครื่องมือที่ใช้ตัดชิ้นงานจำนวนมากๆ การตัดขาดเกิดจากการตัดเฉือนระหว่างคมตัดของพunchและตาย ซึ่งชิ้นงานจะมีรูปร่างตามลักษณะของพunchและตาย เมื่อจำนวนการตัดมากขึ้น คมตัดของพunchและตายจะเกิดการสึกหรอ ซึ่งส่งผลให้ชิ้นงานไม่ได้คุณภาพและอาจทำให้มีการเพิ่มขึ้นตอนการตกแต่งชิ้นงานในการผลิต งานวิจัยชิ้นนี้จึงทำการศึกษอิทธิพลของการสึกหรอที่มีผลต่อขอบตัดของชิ้นงานที่ได้และแรงในการตัด โดยทำการทดลองตัดวัสดุเหล็ก SPCC;JIS (AISI 1005) ที่มีความหนา 2 มม. ตัดชิ้นงานเป็นรูปวงกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มม. และเลือกใช้แรงปัดชิ้นงาน 4.1%ของแรงตัด จำนวนการตัด 8,000 ครั้ง จากนั้นนำชิ้นงานที่ได้จากการตัดมาทำการวัดคุณภาพของขอบตัดชิ้นงาน ซึ่งประกอบด้วยกัน 4 ส่วนคือ ส่วนโค้งมน (Die roll), รอยตัดเฉือน (Shear surface), รอยฉีกขาด (Fracture surface) และส่วนครีบ (Burr) รวมถึงการวัดระยะการแอ่นตัวของชิ้นงานและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงาน จากผลการทดลองที่ได้พบว่าการสึกหรอจะเกิดบริเวณด้านหน้าและด้านข้างของคมตัด ระยะการสึกหรอด้านข้างจะมากกว่าด้านหน้าคมตัด เมื่อพิจารณาคุณภาพชิ้นงานพบว่า การสึกหรอทำให้ระยะส่วนโค้งมน รอยฉีกขาด และครีบบนขอบตัดชิ้นงานสูงขึ้น ส่วนรอยตัดเฉือนมีค่าลดลง ผลการวัดการระยะการแอ่นตัวและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงานจะมีค่ามากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า การสึกหรอทำให้ต้องใช้แรงตัดชิ้นงานเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการสึกหรอทำให้คุณภาพของขอบตัดชิ้นงานแย่ลง และใช้แรงในการตัดที่สูงขึ้นด้วย

คำสำคัญ : การสึกหรอ , งานตัด , คุณภาพของขอบตัดชิ้นงาน

Abstract

Blanking Die is the tool to produce mass production parts. Separation of part is made between cutting edge of punch and die. Increasing the quantity of part produced, will increase high wear volume of punch and die. Consequently, the quality of part are decreased. Additional process to finish the product may be required. This research work aimed to study the influence of punch wear on quality of part parts produced and cutting force required in process. Material to be cut is steel SPCC;JIS (AISI 1005) of 2 mm thick. 8,000 circular blanks of 25 mm in diameter were cut. The blanking conditions when using stripping force of 4.1% of blanking force were investigated. Four major part of cut surface; die roll, shear zone, fracture zone and burr, were recorded. The measurement of flank and face wear were made. The result had shown that die roll, fracture zone and burr were increased while shear zone was decreased with increasing wear. Moreover blanking force was higher when blanking tool wear. It can be concluded that blanking tool wear introduce poor quality of cutting surface and accuracy of part.

Keyword : Wear / Cutting edge / Blanking

1. บทนำ

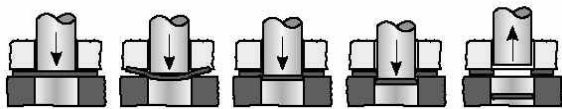
แม่พิมพ์ตัด (Blanking Die) คือเครื่องมือพื้นฐานของงานขึ้นรูปโลหะแผ่น เป็นกระบวนการตัดจากคมตัดของแท่งพunch (Punch) และ

ตาย (Die) โดยจะนำแผ่นเปล่า (Blank) ที่ได้จากการตัดไปใช้งานหรือในกระบวนการผลิตลำดับต่อไป เพราะฉะนั้นจึงจำเป็นต้องได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพสูง เพื่อลดขั้นตอนและต้นทุนในการผลิต ที่ผ่านมามีการค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการสึกหรอของแม่พิมพ์ เช่น ระยะช่องว่างระหว่างฟันซ์และตาย (Clearance)[1] ชนิดของวัสดุทำพิมพ์[2] ชนิดของวัสดุชิ้นงาน[3] รวมทั้งการศึกษาการสึกหรอของแม่พิมพ์ตัด [3,4,5] และการใช้วิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์ทำการวิเคราะห์ตัวแปรต่างๆ เช่น แรงที่กระทำต่อด้านข้างฟันซ์และตาย[6] อย่างไรก็ตามยังไม่มีงานวิจัยใดอธิบายอิทธิพลของการสึกหรอของคมตัดต่อคุณภาพชิ้นงานตัดไว้อย่างชัดเจน งานวิจัยชิ้นนี้จึงทำการออกแบบและทดลองโดยศึกษาอิทธิพลของการสึกหรอของคมตัดฟันซ์ เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของชิ้นงานที่ได้จากการตัด และแรงที่ใช้ในการตัด

2. กรรมวิธีการตัด (Blanking Operation)

2.1 กลไกการตัด (Blanking Mechanism)

Blanking คือกระบวนการตัดเฉือน ซึ่งมีการเปลี่ยนรูปแบบยืดหยุ่น การเปลี่ยนรูปร่างอย่างถาวร และการฉีกขาดอยู่ภายในกระบวนการเดียว การตัดโลหะออกจากกัน เกิดจากการใช้คมตัดของฟันซ์และตายกดลงบนเนื้อโลหะจนเลยจุดความต้านทานแรงดึงสูงสุด (Ultimate Strength) ซึ่งจะทำให้โลหะฉีกขาดออกจากกัน โดยมีขั้นตอนในการตัด (Blanking Process) อยู่ 5 ขั้นตอน [7] แสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงขั้นตอนการตัด [7]

ขั้นตอนที่หนึ่ง : ฟันซ์เลื่อนลงมาสัมผัสกับเนื้อวัสดุชิ้นงาน โดยจะมีแรงกดจากแผ่นปัดชิ้นงานกดแผ่นงานที่ระดับหนึ่ง

ขั้นตอนที่สอง : วัสดุชิ้นงานเกิดการเปลี่ยนรูปในช่วงยืดหยุ่น (Elastic Deformation) มีการดัดตัว (Bending) และพาเนื้อโลหะเข้าไปในช่องว่างของตาย และเกิดการเปลี่ยนรูปร่างอย่างถาวร (Plastic Deformation) เมื่อแรงกดเพิ่มขึ้น

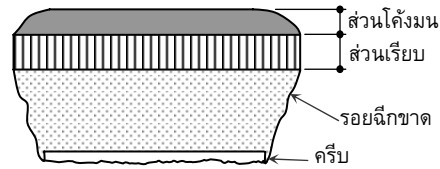
ขั้นตอนที่สาม : วัสดุชิ้นงานถูกตัดเฉือนและเกิดการแตก เมื่อสิ้นสุดขั้นตอนนี้ผิวหน้าของฟันซ์กับตายจะอยู่ในระดับเดียวกัน

ขั้นตอนที่สี่ : ฟันซ์จะดันให้ชิ้นงานทะลุลงไปช่องของตาย หลังจากสิ้นสุดการตัดแล้ว วัสดุบริเวณรูมีการดัดตัวกลับมายังฟันซ์ เนื่องจากการดัดตัวกลับ (Spring back) ของวัสดุส่วนที่เปลี่ยนแปลงรูปร่างในช่วงยืดหยุ่น หรืออาจเกิดจากในบางขณะจะมีการเชื่อมติดกัน (Cold welding) ระหว่างเนื้อวัสดุกับผิวฟันซ์ เช่นเดียวกับด้านนอกของแผ่นมีการดัดตัวกลับมายังช่องบนตาย

ขั้นตอนที่ห้า : การปัดชิ้นงานให้หลุดจากฟันซ์ ความเค้นในแนวเส้นสัมผัสและแนวรัศมีที่เหลือค้างในเนื้อวัสดุทำให้เกิดความเสียหายระหว่างฟันซ์กับผนังรูจะเพิ่มมากขึ้นในขณะที่ฟันซ์ถอยกลับ

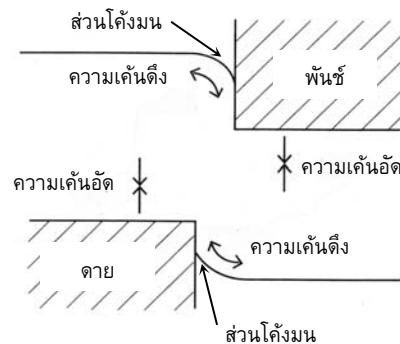
2.2 ขอบชิ้นงานที่ได้จากการตัด (Cutting Edge of Blanks)

ในกรรมวิธีการตัดวัสดุชิ้นงานจะเกิดเปลี่ยนแปลงรูปร่างแบบถาวรในปริมาณสูง จนกระทั่งเกิดการฉีกขาดของวัสดุ โดยทั่วไปลักษณะขอบตัดของชิ้นงานที่ได้จะถูกแบ่งออกเป็น 4 ส่วนคือ ส่วนโค้งมน (Die roll) ส่วนเรียบตรง (Burnish) รอยฉีกขาด (Fracture) และครีป (Burr) ดังแสดงในรูปที่ 2



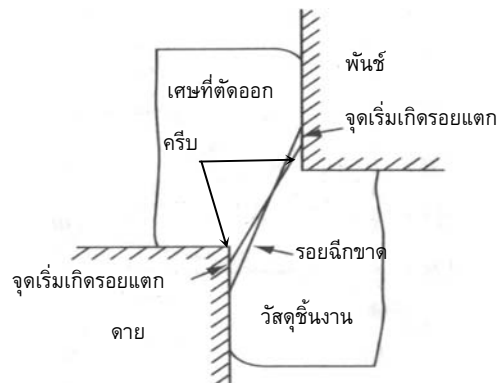
รูปที่ 2 ขอบชิ้นงานที่ได้จากการตัดโดยทั่วไป

สาเหตุการเกิดส่วนโค้งมน เกิดจากฟันซ์เมื่อเริ่มตันทัดชิ้นงานลงไปบนตาย เนื้อชิ้นงานบริเวณใต้ฟันซ์และเหนือตายจะมีความเค้นอัดที่มีค่าสูงมากกระทำ ในขณะที่เนื้อชิ้นงานบริเวณด้านข้างของฟันซ์และตายจะมีความเค้นดึงมากกระทำ ดังรูปที่ 3 ทำให้เนื้อชิ้นงานตรงบริเวณนี้ถูกดึงให้ไหลตามการเคลื่อนที่ของฟันซ์ ก่อให้เกิดส่วนโค้งมนขึ้น



รูปที่ 3 กลไกการเกิดส่วนโค้งมน

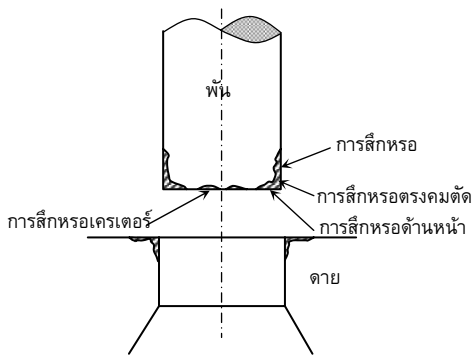
สาเหตุการเกิดครีป ตามที่อธิบายหลักการและขั้นตอนของการตัดไว้ข้างต้น โดยปกติการเริ่มเกิดรอยแตกในเนื้อวัสดุจะไม่ได้เกิดตรงคมตัดพอดี แต่จะเกิดขึ้นเหนือคมตัดเล็กน้อย ดังในรูปที่ 4 เนื่องจากความเค้นดึงจะมีค่าสูงสุดเกิดขึ้นตรงจุดดังกล่าว [8] หลังจากรอยแตกในเนื้อวัสดุจากด้านฟันซ์และตายมาบรรจบกันจะทำให้วัสดุแยกออกจากกัน แต่ส่วนเนื้อวัสดุบริเวณด้านข้างของคมตัดจะยังเหลืออยู่ที่ขอบตัดซึ่งส่วนนี้ก็คือครีปที่เกิดขึ้นนั่นเอง



รูปที่ 4 กลไกการเกิดครีป

2.3 การสึกหรอในงานแม่พิมพ์ตัด (Wear of Blanking Dies)

ในงานตัดโลหะจะเกิดการเสียดสีระหว่างคมตัดของพินซ์กับตาย และแม่พิมพ์อย่างรุนแรง เพราะในการตัดต้องให้แรงผ่านพินซ์กดจนกระทั่งชิ้นงานเกิดการฉีกขาดและแยกออกจากกัน เมื่อทำการตัดอย่างต่อเนื่องเป็นจำนวนครั้งมากๆ จะส่งผลให้เกิดการสึกหรอของคมตัดได้ โดยทั่วไปความเสียหายจากการสึกหรอของผิวแข็งเคลื่อนที่บนผิวแข็งเป็นผลมาจากปฏิกิริยาทางกล ทางเคมี และจากความร้อน ลักษณะและขอบเขตของความเสียหายจะขึ้นอยู่กับโครงสร้างจุลภาคของหน้าผิวสัมผัส โครงสร้างของเนื้อชิ้นงาน ชนิดของวัสดุที่มาสัมผัสกัน การหล่อลื่น การเคลื่อนที่สัมพัทธ์ และแรงกระทำ ณ จุดสัมผัส เมื่อพิจารณาตำแหน่งที่เกิดการสึกหรอบนแม่พิมพ์ตัด จะเกิดการสึกหรอขึ้นที่สี่ตำแหน่งดังแสดงในรูปที่ 5 นั่นคือ



รูปที่ 5 การสึกหรอที่เกิดขึ้นบนพินซ์และตาย

(ก) การสึกหรอด้านข้าง (Flank wear or Side wear) จะเกิดตามแนวยาวของเรื่องมีดตัด หรือเป็นพื้นที่การสึกหรอบริเวณด้านข้างของพินซ์หรือตาย ซึ่งการสึกหรอด้านข้างนี้มีความสำคัญเนื่องจากจะมีผลต่อขนาดชิ้นงานสำเร็จ เพราะถ้าเกิดการสึกหรอที่บริเวณด้านข้างขึ้น จะทำให้ขนาดคมตัดของพินซ์และตายเปลี่ยนไป นั่นคือพินซ์จะมีขนาดเล็กลงในขณะที่ตายมีขนาดใหญ่ขึ้น และจะส่งผลทำให้ค่าเคลียร์เรนซ์ของแม่พิมพ์เปลี่ยนไปด้วย

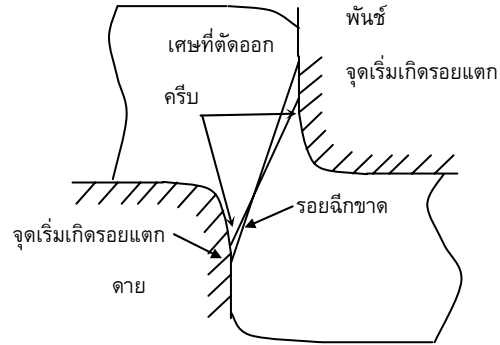
(ข) การสึกหรอตรงคมตัด (Edge wear) จะเกิดขึ้นก่อนการสึกหรอด้านข้าง ซึ่งการสึกหรอตรงคมตัดจะมีผลต่อขนาดของครีป (Burr) บนชิ้นงาน เพราะถ้าคมตัดเกิดการสึกหรอการตัดจะไม่สมบูรณ์และจะทำให้ขนาดของครีปสูงขึ้นเรื่อยๆ เมื่อการสึกหรอเพิ่มมากขึ้น หรือเมื่อทำการตัดไปปริมาณมากๆ นั่นเอง

(ค) การสึกหรอด้านหน้า (Face wear) เกิดจากการที่ผิวด้านหน้าของพินซ์และตายพินซ์กระแทกซ้ำๆ กับชิ้นงาน ซึ่งจะทำให้เกิดความล้าของผิวดังกล่าวขึ้น และจะมีผลมากเมื่อมีการตัดชิ้นงานจำนวนมากๆ

(ง) การสึกหรอครีเตอร์ (Crater wear) เกิดจากกระแทกซ้ำๆ ระหว่างผิวหน้าของพินซ์กับผิวชิ้นงานและเกิดจากการเปลี่ยนรูปแบบยึดหยุ่นของชิ้นงานขณะทำการตัดเฉือน เพราะจะทำให้เกิดการเสียดสีกันระหว่างผิวหน้าของพินซ์กับผิวของชิ้นงาน โดยตำแหน่งที่เกิดการสึกหรอครีเตอร์คือบริเวณขอบของคมตัดวิ่งเข้าสู่จุดศูนย์กลางของพินซ์

โดยทั่วไปจะใช้ขนาดของครีปบนขอบคมตัดของชิ้นงานเป็นตัวบ่งบอกอายุของคมตัด เมื่อจำนวนการตัดมากขึ้น คมตัดจะเกิดการสึกหรอทำให้จุดเริ่มเกิดรอยแยกเคลื่อนขึ้นมา ความสูงของครีปจึงเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 6

ขนาดความสูงของครีปที่เกิดขึ้นเกินค่าที่ยอมรับได้จะต้องนำพินซ์และตายมาทำการเจียระไนใหม่ ปกติคมตัดของพินซ์จะเกิดการสึกมากกว่าคมตัดของตาย เนื่องจากเส้นรอบวงของคมตัดของพินซ์มีขนาดเล็กกว่าตายทำให้พินซ์ที่รับแรงมีขนาดน้อยกว่า ความดันที่เกิดขึ้นจึงมีสูงกว่าที่คมตัดตาย นอกจากนั้นคมตัดของพินซ์จะเสียดสีกับวัสดุชิ้นงานถึงสองรอบต่อการตัดหนึ่งครั้ง นั่นคือตอนกดตัดหนึ่งรอบ และตอนที่พินซ์เคลื่อนที่ขึ้นอีกหนึ่งรอบ

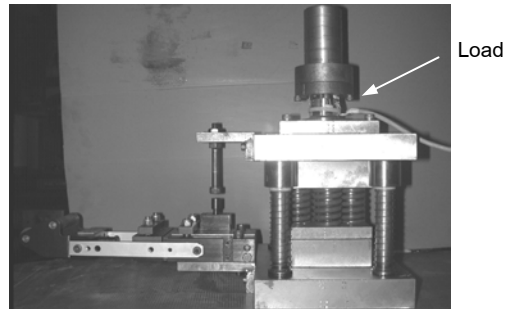


รูปที่ 6 กลไกการเกิดครีปเมื่อพินซ์เกิดการสึกหรอ

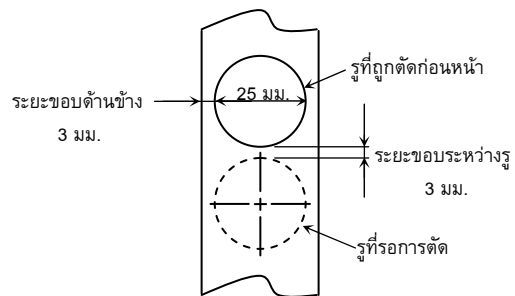
4. วิธีการและเงื่อนไขการทดลอง

4.1 วิธีการและเงื่อนไขการทดลอง

แม่พิมพ์ตัดที่ใช้ในการทดลองนี้ แสดงในรูปที่ 7 ใช้ชุดพินซ์และตาย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มม. ทำจากวัสดุทำแม่พิมพ์ (SKD11; JIS) ชุบแข็งเท่ากับ 60 ± 1 HRC ช่องว่างระหว่างพินซ์และตาย หรือเคลียร์เรนซ์ (Tool Clearance) มีค่าเท่ากับ 0.1 มม. กำหนดแรงปัดชิ้นงานเท่ากับ 4.1% ของแรงตัด จำนวนการตัด 8,000 ชิ้น วัสดุชิ้นงานที่ใช้ในการทดลอง คือ เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (SPCC; JIS) ความหนา 2 มม. กว้าง 31 มม. ระยะขอบระหว่างรูและด้านข้างเท่ากับ 3 มม. ดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 7 ชุดแม่พิมพ์ตัดที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 8 โครงร่างการตัดของแผ่นชิ้นงาน

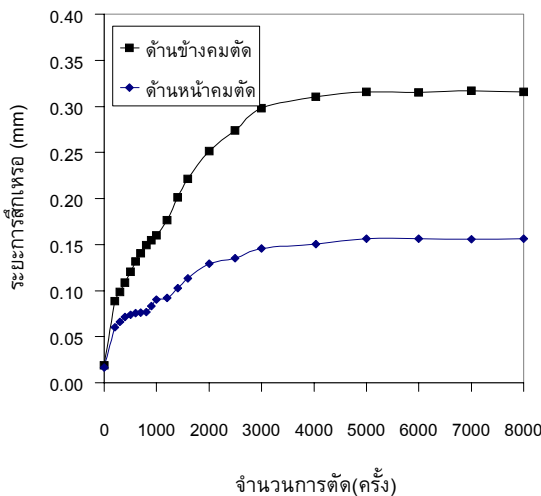
4.2 อุปกรณ์การทดลอง

แม่พิมพ์ตัดชุดนี้ (รูปที่ 7) ทำการทดสอบการตัดด้วยเครื่องปั๊มขึ้นงานแบบเพลาช้อเหียงขนาด 630 กิโลวัตต์ ทำการวัดแรงที่ใช้ในการตัดโดยโหลดเซลล์ (Load Cell) ส่วนระยะการเคลื่อนที่ของแม่พิมพ์ตัวบนหรือพันธจะวัดโดยอุปกรณ์วัดระยะทาง (Linear Variable Differential Transformer ; LVDT) สัญญาณจากโหลดเซลล์และ LVDT จะถูกส่งไปยังอุปกรณ์ขยายสัญญาณและแปลงสัญญาณ (Amplifier and Transducer) เพื่อแสดงผลเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงตัดและระยะทาง (Load-Stroke Diagram) การวัดระยะการสึกหรอจะวัดเฉพาะที่คมตัดพันธด้วยเครื่องวัดความเรียบผิวและวัดระยะการสึกหรอ (Surface roughness and contour measuring device) การตรวจสอบขอบตัดของชิ้นงาน ซึ่งประกอบด้วยการวัดระยะส่วนโค้งมน ส่วนเรียบตรง รอยฉีกขาด และครีบ ใช้กล้องจุลทรรศน์บันทึกภาพในระดับมหภาค และทำการวัดค่าของระยะต่างๆด้วยโปรแกรม Image Pro ส่วนค่าการแอ่นตัวของชิ้นงานใช้ไดอัลเกจเป็นเครื่องมือวัดระยะการแอ่นตัวของชิ้นงาน

5. ผลและการวิเคราะห์

5.1 การสึกหรอของคมตัดพันธ

การสึกหรอในงานแม่พิมพ์ตัดจะแตกต่างจากการสึกหรอของงานทั่วไป คือ การสึกหรอจะไม่เกิดขึ้นที่จุดใดจุดหนึ่ง แต่จะมีการขยายบริเวณการสึกหรอออกไปบริเวณรอบคมตัดตามจำนวนการตัด ซึ่งในการทดลองนี้จะทำการวัดการสึกหรอโดยการวัดระยะการสึกหรอที่เปลี่ยนแปลงจากระยะเดิมเมื่อจำนวนการตัดที่มากขึ้น การวัดระยะการสึกหรอของพันธจะทำการวัดที่บริเวณด้านข้าง และด้านหน้าของคมตัดพันธ โดยการสึกหรอบริเวณด้านข้างพันธจะส่งผลให้ช่องว่างระหว่างพันธและดายกว้างขึ้น ส่วนการสึกหรอบริเวณด้านหน้าพันธจะส่งผลให้ชิ้นงานเกิดการแอ่นตัวมากขึ้น จากการทดลองตัดชิ้นงานไปจำนวน 8,000 ชิ้น พบว่าบริเวณด้านข้างคมตัดพันธมีระยะการสึกหรอเท่ากับ 0.316 มม. และระยะการสึกหรอด้านหน้าเท่ากับ 0.157 มม. ดังรูปที่ 9

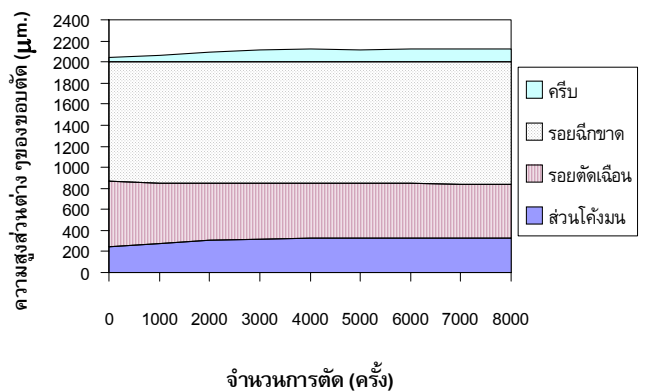


รูปที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะการสึกหรอกับจำนวนการตัด

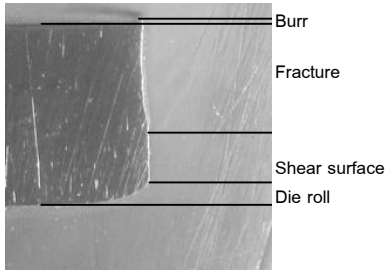
โดยในช่วงการตัดที่จำนวน 1 ถึง 3,000 ครั้ง ระยะการสึกหรอด้านข้างและด้านหน้า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เกิดจากการแตกหักของยอดคิ้ว (Asperity Contact) จากการเคลื่อนที่สัมผัสกันระหว่างพันธกับชิ้นงาน ซึ่งผิวแม่พิมพ์ใหม่จะมีปลายยอดแหลม เมื่อเกิดการเสียดสีขึ้นทำให้ยอดคิ้วสัมผัสหลุดออกเป็นอนุภาคเล็กๆ และอนุภาคที่หลุดออกมาได้รับการเสียดสีทำให้เกิดความร้อนจนเกิดความเครียดแข็งทำให้อนุภาคนั้นมีความแข็งขึ้น สามารถขูดผิวของแม่พิมพ์ให้หลุดออกมาได้ เรียกว่า การสึกหรอจากการขัดถู [3,4,5,9] และในช่วงการตัดที่จำนวน 3,000 ถึง 8,000 ครั้ง ระยะการสึกหรอมีแนวโน้มลดลงจนเกือบคงที่ เกิดจากการเกิดความเครียดแข็ง (Strain Hardening) บริเวณผิวของคมตัด จากการวัดความแข็งบริเวณผิวของคมตัดพันธด้วยเครื่อง Micro Hardness Tester พบว่ามีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นจาก 60 HRC เป็น 69 HRC จึงทำให้มีแรงต้านทานความเค้นสูงการสึกหรอจึงเกิดยากขึ้น

5.2 คุณภาพของขอบตัดชิ้นงาน

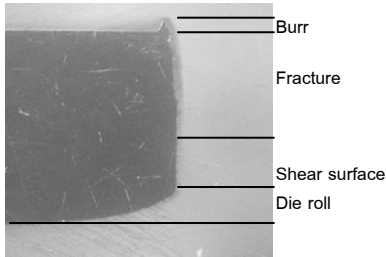
ผลจากการวัดค่าระยะต่างๆ ของขอบตัดชิ้นงานดังรูปที่ 10 พบว่า ส่วนโค้งมนมีค่ามากขึ้นเมื่อพันธเกิดการสึกหรอและมีแนวโน้มเหมือนกับระยะการสึกหรอ เนื่องจากช่วงแรกคมตัดพันธยังไม่สึกหรอ การตัดเฉือนจึงเกิดขึ้นง่าย แต่เมื่อพันธเกิดการสึกหรอทำให้คมตัดเป็นรัศมีโค้งการตัดจึงยากขึ้นทำให้ต้องใช้แรงในการตัดสูง ความเค้นดึงในเนื้อวัสดุจึงมากขึ้นส่งผลให้ส่วนโค้งมนมีระยะมากขึ้น อีกทั้งการสึกหรอด้านข้างคมตัดทำให้ระยะช่องว่างระหว่างพันธและดายมากขึ้น ระยะส่วนโค้งมนจึงมีระยะมากขึ้น ส่วนรอยตัดเฉือนมีค่าลดลงเนื่องจากคมตัดที่เกิดการสึกหรอทำให้เกิดความเค้นอัดภายในเนื้อวัสดุลดลง ระยะการเกิดรอยแตกจึงเร็วขึ้น ทำให้ระยะการตัดเฉือนลดน้อยลง ส่วนรอยฉีกขาดก็คือส่วนที่เหลือจากส่วนโค้งมนและระยะการตัดเฉือนนั่นเอง ทำให้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของระยะการฉีกขาด และความสูงของครีบบมีแนวโน้มเหมือนส่วนโค้งมน ซึ่งช่วงเริ่มต้นการตัดบริเวณคมตัดของแม่พิมพ์ยังไม่มีการสึกหรอ ความสูงของครีบเกิดขึ้นเล็กน้อย เมื่อจำนวนการตัดเพิ่มขึ้นทำให้คมตัดของพันธและดายเกิดการสึกหรอทำให้ลักษณะของคมตัดมีลักษณะโค้งมนเป็นรัศมี ทำให้จุดเริ่มต้นของรอยแตกเปลี่ยนไป เลื่อนสูงขึ้นเหนือรัศมีคมตัดทำให้ครีบบมีระยะสูงขึ้น ดังรูปที่ 11



รูปที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพขอบตัดกับจำนวนการตัด



(ก) ขอบตัดที่ได้จากการตัดครั้งแรก



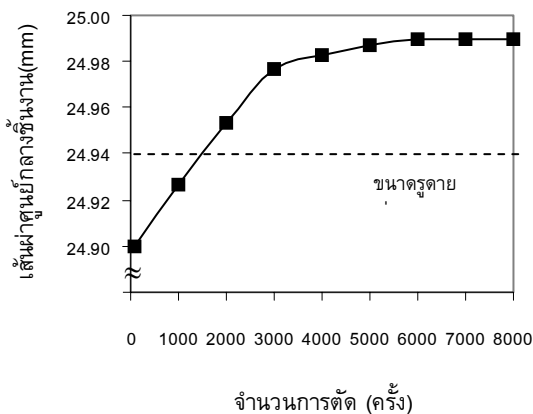
(ข) ขอบตัดที่ได้จากการตัดที่ 8,000 ครั้ง

รูปที่ 11 เปรียบเทียบขอบตัดชิ้นงานที่ได้จากการตัด (100เท่า)

5.3 ความเที่ยงตรงของชิ้นงาน

5.3.1 ความเที่ยงตรงของขนาดชิ้นงาน

ในงานแม่พิมพ์ตัดชิ้นงานจะถูกออกแบบให้มีขนาดเท่ากับรูตาย ซึ่งจากการวัดขนาดรูตายเริ่มต้นมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 24.94 มม. เมื่อนำชิ้นงานจากการตัดที่จำนวนการตัดต่างๆ มาทำการวัดความเที่ยงตรงของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิ้นงาน โดยจะเห็นว่าเมื่อเริ่มต้นทำการตัดชิ้นงานที่ได้มีขนาดเท่ากับ 24.90 ซึ่งมีขนาดเล็กกว่ารูตาย ดังแสดงผลในรูปที่ 12 สาเหตุที่เกิดวิเคราะห์ได้จากการแอ่นตัวของชิ้นงานจนเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างทำให้ชิ้นงานมีลักษณะโค้งคล้ายกันจานหรือก้นถ้วย ชิ้นงานที่ได้จากการตัดเริ่มต้นพบว่ามีการแอ่นตัวดังแสดงในหัวข้อ 5.3.2 ซึ่งความไม่เที่ยงตรงของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงานจะแปรผันตามระยะการแอ่นตัวของชิ้นงาน และเมื่อทำการตัดไปจนถึง 8,000 ครั้ง พบว่าชิ้นงานมีขนาดเพิ่มขึ้นเป็น 24.99 มม. เนื่องจากคมตัดของตายเกิดการสึกหรอทำให้รัศมีของตายเพิ่มขึ้น ทำให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงานเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน

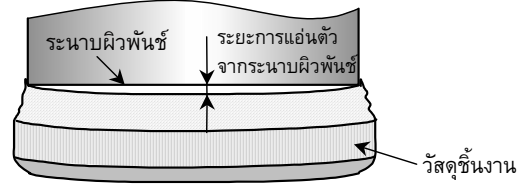


รูปที่ 12 การวัดระยะการแอ่นตัวของชิ้นงาน

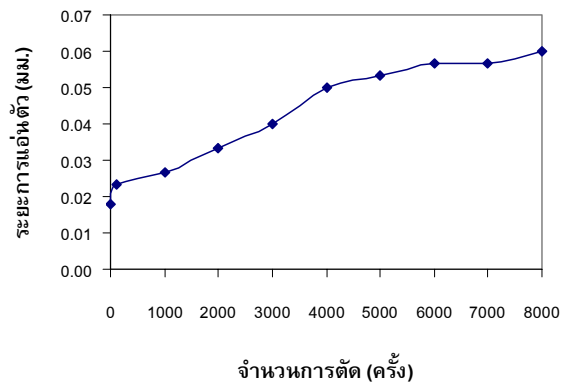
5.3.2 การแอ่นตัวของชิ้นงาน

จากการวัดระยะการแอ่นตัวของชิ้นงาน ดังรูปที่ 13 พบว่าระยะการแอ่นตัวของชิ้นงานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะการสึกหรอของฟันซี่ เนื่องจากคมตัดฟันซี่เมื่อเกิดการสึกหรอทำให้บริเวณคมตัดเกิดความถี่ ทำให้เกิดการตัด (Bending) มาก ชิ้นงานจึงเกิดแอ่นตัวสูง ดังรูปที่

14



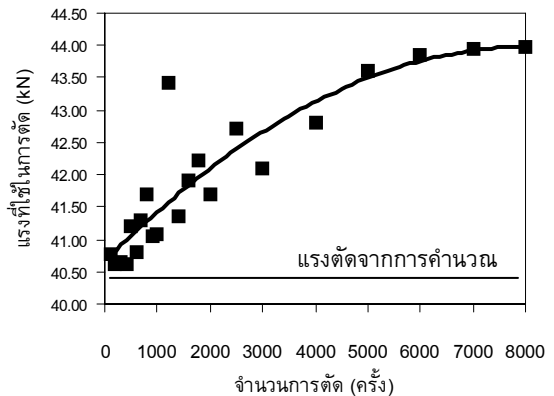
รูปที่ 13 การวัดระยะการแอ่นตัวของชิ้นงาน



รูปที่ 14 แสดงความสัมพันธ์ของระยะการแอ่นตัวของชิ้นงานกับจำนวนการตัด

5.4 แรงที่ใช้ในการตัด

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับจำนวนการตัดดังรูปที่ 15 เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วจะเห็นว่า แรงตัดมีแนวโน้มสูงขึ้นเนื่องจากความคมของฟันซี่เริ่มหายไปจากการสึกหรอ ทำให้การตัดทำได้ยากขึ้น จึงต้องใช้แรงตัดเพิ่มขึ้นสูงในช่วงแรกของการตัด ส่วนในช่วงหลัง แรงตัดเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเนื่องจากการสึกหรอที่เกิดขึ้นเริ่มคงที่จึงใช้แรงตัดคงที่ตามไปด้วย หลังจากเกิดการสึกหรอของคมตัดจนถึงสภาวะเกือบคงที่ โดยใช้แรงตัดที่เพิ่มขึ้น 7.9 %เมื่อเกิดการสึกหรอ จำนวนการตัดที่ 8,000 ครั้ง



รูปที่ 15 แสดงความสัมพันธ์ของแรงตัดกับจำนวนการตัด

6. สรุป

การสึกหรอทำให้คุณภาพชิ้นงานแย่ลง โดยพิจารณาขอบตัดจะพบว่า การสึกหรอจะทำให้ระยะส่วนโค้งมนและความสูงของครีบสูงขึ้น และทำให้ระยะการตัดเฉือนลดลง และเมื่อพิจารณาความเที่ยงตรงของขนาดพบว่า การสึกหรอทำให้เกิดการแอ่นตัวของชิ้นงานและมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้น นอกจากนี้เมื่อพิจารณาแรงในการตัดจะเห็นว่า เมื่อคมตัดเกิดการสึกหรอ จะต้องใช้แรงในการตัดสูงขึ้นด้วยเช่นกัน

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์เทคโนโลยีและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) และคณะวิศวกรรมศาสตร์ ศูนย์กลางสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ที่สนับสนุนทุนในการวิจัยครั้งนี้ รวมทั้งคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ในภาควิชาเครื่องมือและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้ความร่วมมือและคำแนะนำในการทำวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] ณัฐศักดิ์ พรพุดศิริ, รัชนิ ไพบาล, พงศ์พันธ์ แก้วตาทิพย์, วารุณี เปรมานนท์, 2545, "อิทธิพลของช่องว่างระหว่างฟันซ์และตายที่มีผลต่อพฤติกรรมการสึกหรอของแม่พิมพ์ตัด", การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 16, ภูเก็ต, 14-16 ตุลาคม, หน้า 437-441.
- [2] ชาญยูท มะกา, "การศึกษาอิทธิพลของชนิดวัสดุทำแม่พิมพ์ที่มีผลต่อการสึกหรอแม่พิมพ์ตัด"(วิทยานิพนธ์), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2544

[3] วารุณี เปรมานนท์, เกษม เลิศรัตน์, โกสิทธิ์ มงคลภิญโญกุล, 2544, "การศึกษาพฤติกรรมการสึกหรอของแม่พิมพ์ตัดวัสดุที่ทำจากเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง", การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 15, กรุงเทพฯ, 28-30 พฤศจิกายน.

[4] ชินเดช เมธารมณ, "การศึกษาพฤติกรรมการสึกหรอของแม่พิมพ์สำหรับตัดแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม"(วิทยานิพนธ์), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2540.

[5] วัลลภ ภูผา, "การศึกษาการสึกหรอของแม่พิมพ์ตัดที่ใช้งานกับแผ่นวัสดุทองเหลือง"(วิทยานิพนธ์), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2541

[6] พงศ์พันธ์ แก้วตาทิพย์และคณะ, 2543, "การศึกษาแรงที่กระทำต่อด้านข้างฟันซ์-ตายของแม่พิมพ์ตัดโดยใช้ FEM", การประชุมเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลครั้งที่ 14, หน้า 250-256.

[7] Schuler, "Metal Forming Handbook", Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1998.

[8] Donald F. Eary and Edward A. Reed, "Techniques of Pressworking Sheet Metal", Prentice-Hall, Inc., New Jersey 1974.

[9] ปณิตดา นรินาทล้ำพงศ์, ผกา มาศ แซ่หว่าง, วารุณี เปรมานนท์, สุรพล ราชวรัญญ, สิทธิชัย วิโรจน์-นุปถัมภ์ และ Pearce John T.H., 2545, "การสึกหรอ", สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, หน้า 9-36, 122-123.