

อิทธิพลของแรงปลดชิ้นงานในงานแม่พิมพ์ตัดที่มีผลต่อคุณภาพชิ้นงาน

Influence of Stripping Force on Blanking Process

กุลชาติ จุลเพ็ญ¹ วารุณี เปรมานนท์² พงศ์พันธ์ แก้วตาทิพย์³
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

91 ถ.ประชาธิปไตย แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

โทร 0-24709209 โทรสาร 0-28729080

E-mail: kulachart@rit.ac.th¹, varunee.pre@kmutt.ac.th², pongpan.kae@kmutt.ac.th³

Kullachart Junlapen Varunee Premanond Pongpan Kaewtatip

Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi.

91 Pracha-u-tid Rd, Bangmod Tungkru Bangkok 10140 Thailand

Tel 0-24709209 Fax 0-28729080

E-mail: kulachart@rit.ac.th, varunee.pre@kmutt.ac.th, pongpan.kae@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

แผ่นปลดชิ้นงาน (Stripper plate) ในงานแม่พิมพ์ตัด (Blanking process) มีหน้าที่หลักในการกดยึดชิ้นงานขณะตัดและปลดแผ่นชิ้นงานให้หลุดจากพUNCH อย่างไรก็ตามการกำหนดแรงปลดแผ่นชิ้นงานยังมีผลต่อคุณภาพขอบตัดของชิ้นงานที่ได้จากการตัดและอายุการใช้งานของแม่พิมพ์ตัด งานวิจัยชิ้นนี้ทำการศึกษาอิทธิพลของแรงปลดชิ้นงานที่มีผลต่อขอบตัดของชิ้นงานที่ได้และแรงในการตัด โดยทำการทดลองตัดวัสดุเหล็ก SPCC;JIS (AISI 1005) มีความหนา 2 มม. ตัดชิ้นงานเป็นรูปวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มม. และศึกษาแรงปลดชิ้นงานที่ 5 ระดับ คือไม่มีแรงปลดชิ้นงาน แรงปลดชิ้นงาน 4.1%, 9.9%, 21.7% และ 45.5% ของแรงตัด จากนั้นนำชิ้นงานที่ได้จากการตัดที่ระดับแรงปลดชิ้นงานต่างๆ มาทำการวัดคุณภาพของขอบตัดชิ้นงาน ซึ่งประกอบด้วย 4 ส่วนคือ ส่วนโค้งมน (Die roll), รอยตัดเฉือนหรือส่วนเรียบตรง (Shear surface or Burnish), รอยฉีกขาด (Fracture surface) และส่วนครีบ (Burr) รวมถึงการวัดระยะการแอ่นตัวของชิ้นงาน จากผลการทดลองที่ได้พบว่าระยะส่วนโค้งมน รอยฉีกขาดและครีบบนขอบตัดชิ้นงานมากที่สุดเมื่อไม่มีแรงปลดชิ้นงาน รองลงมาคือ ที่แรงปลดชิ้นงาน 4.1% ส่วนแรงปลดชิ้นงาน 9.9%, 21.7% และ 45.5% มีค่าระยะของส่วนโค้งมนใกล้เคียงกัน ผลการวัดการแอ่นตัวของชิ้นงานจะมีแนวโน้มคล้ายกับระยะของส่วนโค้งมน ส่วนรอยตัดเฉือนมีค่ามากที่สุดที่แรงปลดชิ้นงาน 45.5% รองลงมาคือแรงปลดชิ้นงาน 21.7%, 9.9%, 4.1% และไม่มีแรงปลดชิ้นงาน ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่าแรงตัดชิ้นงานจะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้แรงปลดชิ้นงานสูงขึ้น และกรณีที่ไม่มีแรงปลดชิ้นงานจะใช้แรงในการตัดน้อยที่สุด ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าแรงปลดชิ้นงานที่น้อยกว่า 5% ของแรงตัด ทำให้คุณภาพของขอบตัดชิ้นงานต่ำ และค่าแรงปลด

ชิ้นงานที่เพิ่มขึ้นมากกว่า 5-50% ของแรงตัดแทบจะไม่มีผลต่อคุณภาพของขอบตัด

คำสำคัญ : แรงปลดชิ้นงาน / ขอบตัดชิ้นงาน / แม่พิมพ์ตัด

Abstract

In blanking process, the major concern on designing stripper plate is to determine high enough force to hold the strip while blanking and get off the strip from punch when completed. However, stripping force has also influenced the quality of part produced and tool life. This work studied on the effect of stripping force on the quality of part produced and blanking force. Material to be cut is steel SPCC;JIS (AISI 1005) of 2 mm thick. Circular blanks of 25 mm in diameter were cut. The blanking conditions when using stripping force of 0%, 4.1%, 9.9%, 21.7% and 45.5% of blanking force were investigated. The quality of cut surface consists of die roll, shear zone, fracture zone and burr were recorded. The results had shown that die roll, fracture zone and burr were largest and shear zone was smallest when using tool without stripping force (0% of blanking force). Die roll, fracture zone and burr were smaller and shear zone was larger when using higher amount of stripping force. However, at certain value of stripping force almost no change was found on the quality of cut surface. The part distortion was found high when using small stripping force. The blanking force was higher when using tool

with higher stripping force. It can be concluded that the small amount of stripping force less than 5% of blanking force introduce bad quality of cutting surface and accuracy of part while stripping force of higher than 5-20% of blanking force has smaller effect on quality of part produced.

Keyword : Stripping force / Cutting edge / Blanking

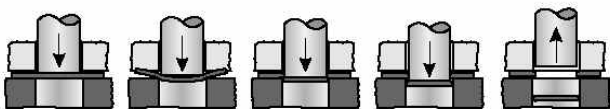
1. บทนำ

แม่พิมพ์ตัด (Blanking Die) คือเครื่องมือพื้นฐานของงานขึ้นรูปโลหะแผ่น เป็นกระบวนการตัดจากคมตัดของแท่งพunch (Punch) และตาย (Die) โดยจะนำแผ่นเปล่า (Blank) ที่ได้จากการตัดไปใช้งานหรือในกระบวนการผลิตลำดับต่อไป เพราะฉะนั้นจึงจำเป็นต้องได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพสูง เพื่อลดขั้นตอนและต้นทุนในการผลิต ที่ผ่านมามีการค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อชิ้นงานและแม่พิมพ์ต่างๆ เช่น ระยะช่องว่างระหว่างพunchและตาย (Clearance)[1] ชนิดของวัสดุทำพิมพ์[2] ชนิดของวัสดุชิ้นงาน[3] รวมทั้งการศึกษาการสึกหรอของแม่พิมพ์ตัด [3,4,5] และการใช้วิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์ทำการวิเคราะห์หัวตัวแปรต่างๆ เช่น แรงที่กระทำต่อด้านข้างพunchและตาย[6] อย่างไรก็ตามยังไม่มีงานวิจัยใดอธิบายอิทธิพลของแรงปลดชิ้นงานต่อคุณภาพชิ้นงานตัดไว้อย่างชัดเจน งานวิจัยชิ้นนี้จึงทำการออกแบบและทดลองโดยศึกษาอิทธิพลของแรงปลดชิ้นงานระหว่าง 0-50% ของแรงตัด เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของชิ้นงานที่ได้จากการตัด แรงในการตัด และสามารถเลือกใช้แรงปลดชิ้นงานที่เหมาะสมได้

2. กรรมวิธีการตัด (Blanking Operation)

2.1 กลไกการตัด (Blanking Mechanism)

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



ขั้นตอนที่ 1 ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนที่ 3 ขั้นตอนที่ 4 ขั้นตอนที่ 5
รูปที่ 1 แสดงขั้นตอนการตัด [7]

ขั้นตอนที่หนึ่ง : พunchเคลื่อนลงมาสัมผัสกับเนื้อวัสดุชิ้นงาน โดยจะมีแรงกดจากแผ่นปลดชิ้นงานกดแผ่นงานที่ระดับหนึ่ง

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

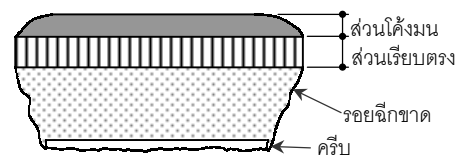
ขั้นตอนที่สาม : วัสดุชิ้นงานถูกตัดเฉือนและเกิดการแตก เมื่อสิ้นสุดขั้นตอนนี้ผิวหน้าของพunchกับตายจะอยู่ในระดับเดียวกัน

ขั้นตอนที่สี่ : พunchจะดันให้ชิ้นงานทะลุลงไปในช่องของตาย หลังจากสิ้นสุดการตัดแล้ว วัสดุบริเวณรูมีการดัดตัวกลับมายังพunch เนื่องจากการดัดตัวกลับ (Spring back) ของวัสดุส่วนที่เปลี่ยนแปลงรูปร่างในช่วงยืดหยุ่น หรืออาจเกิดจากในบางขณะจะมีการเชื่อมติดกัน (Cold welding) ระหว่างเนื้อวัสดุกับผิวพunch เช่นเดียวกับด้านนอกของแผ่นมีการดัดตัวกลับมายังช่องบนตาย

ขั้นตอนที่ห้า : การปลดชิ้นงานให้หลุดจากพunch ความเค้นในแนวเส้นสัมผัสและแนวรัศมีที่เหลือค้างในเนื้อวัสดุทำให้เกิดความเสียหายระหว่างพunchกับผนังรูจะเพิ่มมากขึ้นในขณะที่พunchถอยกลับ

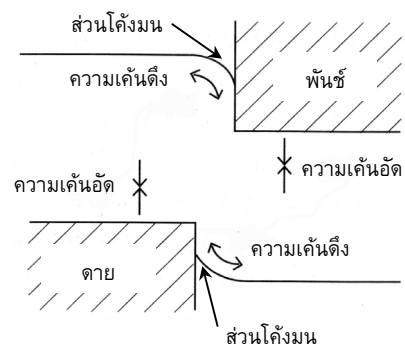
2.2 ขอบชิ้นงานที่ได้จากการตัด (Cutting Edge)

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



รูปที่ 2 ขอบชิ้นงานที่ได้จากการตัดโดยทั่วไป

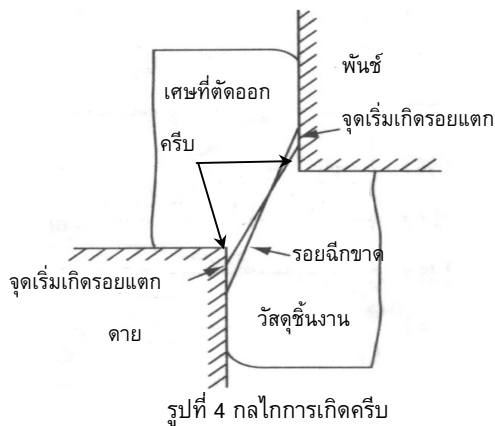
สาเหตุการเกิดส่วนโค้งมน เกิดจากพunchเมื่อเริ่มต้นกดชิ้นงานลงไปในตาย เนื้อชิ้นงานบริเวณใต้พunchและเหนือตายจะมีความเค้นอัดที่มีค่าสูงมากกระทำ ในขณะที่เนื้อชิ้นงานบริเวณด้านข้างของพunchและตายจะมีความเค้นดึงมากกระทำ ดังรูปที่ 3 ทำให้เนื้อชิ้นงานตรงบริเวณนี้ถูกดึงให้ไหลตามการเคลื่อนที่ของพunch ก่อให้เกิดส่วนโค้งมนขึ้น



รูปที่ 3 กลไกการเกิดส่วนโค้งมน

สาเหตุการเกิดครีป ตามที่อธิบายหลักการและขั้นตอนของการตัดไว้ข้างต้น โดยปกติการเริ่มเกิดรอยแตกในเนื้อวัสดุจะไม่ได้เกิดตรงคมตัดพอดี แต่จะเกิดขึ้นเหนือคมตัดเล็กน้อย ดังในรูปที่ 4 เนื่องจากความเค้นดึงจะมีค่าสูงสุดเกิดขึ้นตรงจุดดังกล่าว [8] หลังจากรอยแตกในเนื้อวัสดุจากด้านพunchและตายมาบรรจบกันจะทำให้วัสดุแยกออกจากกัน

แต่ส่วนเนื้อวัสดุบริเวณด้านข้างของคมตัดจะยังเหลืออยู่ที่ขอบตัดซึ่งส่วนนี้ก็คือครีปที่เกิดขึ้นนั่นเอง



รูปที่ 4 กลไกการเกิดครีป

3 การวิเคราะห์แรงที่กระทำต่อพันธ์และดาย [6]

เมื่อพันธ์และดายของแม่พิมพ์ตัดกันเข้าไปในเนื้อชิ้นงาน จะเกิดแรงกระทำต่อพันธ์และดายขึ้น ถ้าพิจารณาแรงที่กระทำต่อพันธ์จะประกอบด้วยแรงที่ชิ้นงานกระทำต่อต้านล่างของพันธ์ (p), แรงเสียดทานระหว่างชิ้นงานกับพันธ์ที่กระทำต่อต้านหน้าของพันธ์ (μp) โดยมีทิศทางเข้าหรือออกจากศูนย์กลางพันธ์ ขึ้นอยู่กับการไหลตัวของเนื้อวัสดุ, แรงที่ชิ้นงานกระทำต่อต้านข้างของพันธ์ (f), แรงเสียดทานระหว่างชิ้นงานกับพันธ์ที่กระทำต่อต้านข้างของพันธ์ (μf) และแรงปลดชิ้นงาน (f_s) สามารถเขียนแสดงได้ดังรูปที่ 5

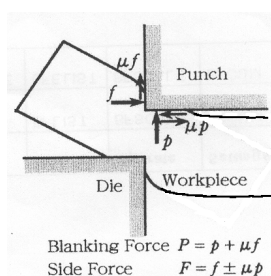
ดังนั้นถ้ารวมแรงทั้งหมดที่กระทำต่อต้านล่างของพันธ์เข้าด้วยกันจะได้ว่าแรงนี้ ก็คือแรงตัด (Shearing Force, F_B) ซึ่ง

$$F_B = p + \mu f \quad (1)$$

ในทำนองเดียวกันถ้ารวมแรงทั้งหมดที่กระทำต่อต้านข้างของพันธ์ (Side Force, F) ก็จะได้

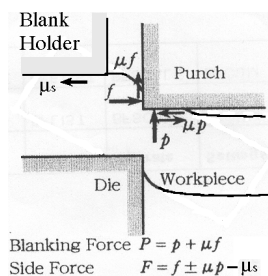
$$F = f \pm \mu p \quad (2)$$

ส่วนแรงที่กระทำต่อดายก็สามารถวิเคราะห์ได้ในทำนองเดียวกัน นั่นคือจะประกอบไปด้วยแรงสองทิศทาง คือ แรงตัดและแรงที่กระทำต่อต้านข้างของดาย ตามรูปที่ 5 ก.



Blanking Force $P = p + \mu f$
Side Force $F = f \pm \mu p$

ก. ไม่มีแรงปลดชิ้นงาน



Blanking Force $P = p + \mu f$
Side Force $F = f \pm \mu p - \mu s$

ข. มีแรงปลดชิ้นงาน

รูปที่ 5 แรงที่กระทำต่อพันธ์ของแม่พิมพ์ตัด [6]

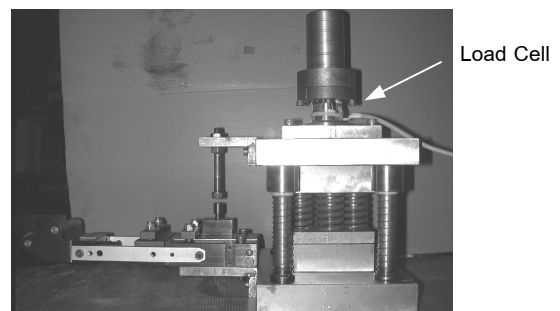
ถ้ามีแรงปลดชิ้นงานมากดแผ่นชิ้นงานจะมีแรงเสียดทานเกิดขึ้นบริเวณผิวหน้าแผ่นปลดชิ้นงานกับชิ้นงาน (μs) ตามรูปที่ 5 ข. ซึ่งจะมีแรงทั้งหมดที่กระทำต่อต้านข้างของพันธ์ดังนี้

$$F = f \pm \mu p - \mu s \quad (3)$$

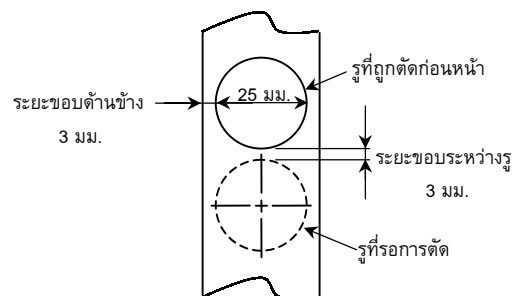
4. วิธีการและเงื่อนไขการทดลอง

4.1 วิธีการและเงื่อนไขการทดลอง

แม่พิมพ์ตัดที่ใช้ในการทดลองนี้ แสดงในรูปที่ 6 ใช้ชุดพันธ์และดาย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มม. ทำจากวัสดุทำแม่พิมพ์ (SKD11; JIS) ชุบแข็งเท่ากับ 60 ± 1 HRC ช่องว่างระหว่างพันธ์และดาย หรือ เคลียร์แรนซ์ (Tool Clearance) มีค่าเท่ากับ 0.1 มม. จำนวน 5 ชุด กำหนดแรงปลดชิ้นงาน 5 ระดับ คือ ไม่มีแรงปลดชิ้นงาน 4.1% 9.9% 21.7% และ 45.5% ของแรงตัด ตามลำดับ จำนวนการตัดตัวอย่างละ 10 ชิ้น วัสดุชิ้นงานที่ใช้ในการทดลอง คือ เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (SPCC; JIS) ความหนา 2 มม. กว้าง 31 มม. ระยะขอบระหว่างรูและด้านข้างเท่ากับ 3 มม. ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 6 ชุดแม่พิมพ์ตัดที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 7 โครงสร้างการตัดของแผ่นชิ้นงาน

4.2 อุปกรณ์การทดลอง

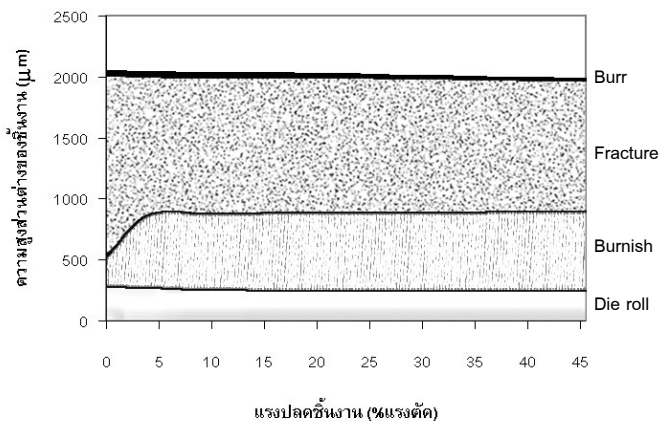
แม่พิมพ์ตัดชุดนี้ (รูปที่ 6) ทำการทดสอบการตัดด้วยเครื่องปั๊มชิ้นงานแบบเพลลาข้อเหวี่ยงขนาด 630 กิโลวัตต์ ทำการวัดแรงที่ใช้ในการตัดโดยโหลดเซลล์ (Load Cell) ส่วนระยะการเคลื่อนที่ของแม่พิมพ์ตัวบนหรือพันธ์จะวัดโดยอุปกรณ์วัดระยะทาง (Linear Variable Differential Transformer ; LVDT) สัญญาณจากโหลดเซลล์และ LVDT จะถูกส่งไปยังอุปกรณ์ขยายสัญญาณและแปลงสัญญาณ (Amplifier and Transducer) เพื่อแสดงผลเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงตัด

และระยะทาง (Load-Stroke Diagram) การตรวจสอบขอบตัดของชิ้นงาน ซึ่งประกอบด้วยการวัดระยะส่วนโค้งมน ส่วนเรียบตรง รอยฉีกขาด และครีบ ใช้กล้องจุลทรรศน์บันทึกภาพในระดับมหภาค และทำการวัดค่าของระยะต่างๆด้วยโปรแกรม Image Pro ส่วนค่าการแอ่นตัวของชิ้นงานใช้ไดอัลเกจเป็นเครื่องมือวัดระยะการแอ่นตัวของชิ้นงาน

5. ผลและการวิเคราะห์

5.1 คุณภาพของขอบตัดชิ้นงาน

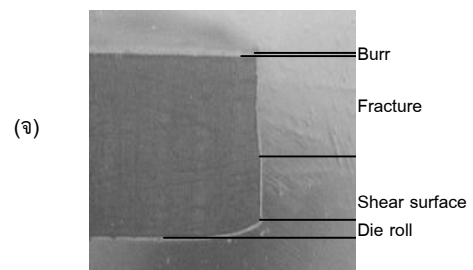
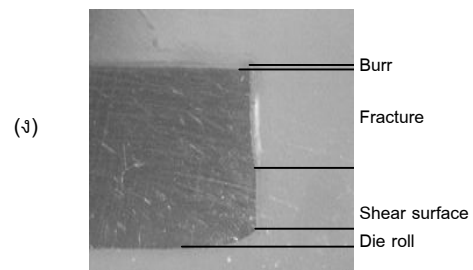
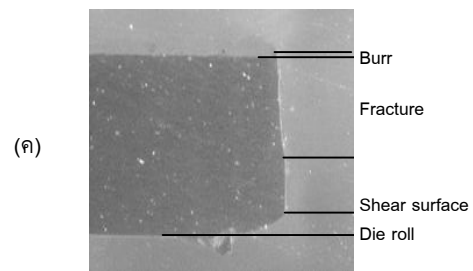
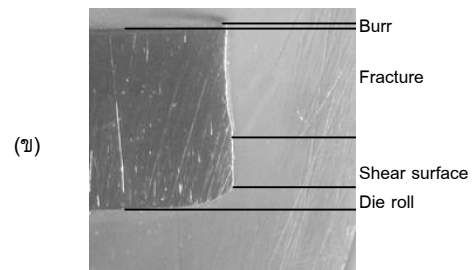
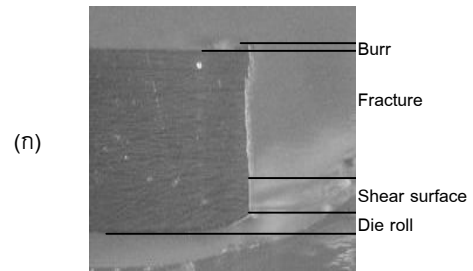
ผลจากการวัดค่าระยะต่างๆ ของขอบตัดชิ้นงานพบว่า ส่วนโค้งมนมีค่ามากที่สุด เมื่อไม่มีแรงปลดชิ้นงาน และมีค่าลดลงประมาณ 10% เมื่อใช้แรงปลดชิ้นงาน ส่วนเรียบตรงหรือ shear surface มีความกว้างประมาณ 1/3 ของความหนาชิ้นงาน และลดลงประมาณ 60% เมื่อไม่ใช้แรงปลดชิ้นงาน ส่วนฉีกขาดและความสูงของครีบ มีแนวโน้มเหมือนส่วนโค้งมน และค่าแรงปลดชิ้นงานที่เพิ่มขึ้นมากกว่า 5-45.5% ของแรงตัดแทบจะไม่มีผลต่อคุณภาพของขอบตัด ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของขอบตัดกับแรงปลดชิ้นงาน

จากทฤษฎีตามที่กล่าวข้างต้น สามารถนำมาอธิบายผลการทดลองได้ว่าการเกิดส่วนโค้งมนเมื่อทำการตัดโดยไม่มีแรงกดแผ่นชิ้นงาน พันซ์เริ่มต้นกดชิ้นงานลงไปในตาย ทำให้เนื้อชิ้นงานตรงบริเวณนี้ถูกดึงให้ไหลตามการเคลื่อนที่ของพันธซ์มากกว่ามีแรงปลดชิ้นงาน เพราะว่า นอกจากแผ่นปลดชิ้นงานจะมีหน้าที่ปลดชิ้นงานให้หลุดจากพันธซ์ในจังหวะถอยกลับแล้ว ยังช่วยกดแผ่นชิ้นงานโดยเฉพาะบริเวณรอบขอบตัดในจังหวะที่พันธซ์กดลงมาตัดชิ้นงานอีกด้วย ซึ่งจะทำให้เกิดแรงเสียดทานระหว่างแผ่นปลดชิ้นงานกับผิวชิ้นงาน ช่วยให้การไหลตัวของเนื้อชิ้นงานเป็นไปได้อย่างดี และเมื่อใช้แรงปลดชิ้นงานมากขึ้น ทำให้มีแรงต้านทานแรงดึงมากมีผลทำให้ส่วนโค้งมนมีขนาดเล็กลงตามไปด้วย การเกิดบริเวณส่วนเรียบตรงส่วนใหญ่จะเห็นผลชัดเจนเมื่อใช้ระยะเคลื่อนที่แรนซ์ที่น้อยลงเนื่องจากมุมแนวฉีกขาดที่สูงชันมากเกินไป ทำให้เกิดการแตกซ้าง แต่ในการทดลองนี้ใช้ระยะเคลื่อนที่แรนซ์คงที่ เพราะฉะนั้นจึงเกิดจากแรงปลดชิ้นงานที่กดลงบนแผ่นชิ้นงาน ทำให้เกิดความเค้นอัดในเนื้อวัสดุมากขึ้น จึงมีความต้านทานแรงดึงสูงขึ้น การแตกจึงเกิดขึ้นซ้ำทำให้ส่วนเรียบตรงมีขนาดกว้างขึ้น หลังจากนั้นจึงเกิดการแตกหรือฉีกขาด ซึ่งความกว้างของรอยแตกหากนำไปรวมกับส่วนโค้งมนและส่วนเรียบตรงแล้ว จะเท่ากับความหนาของชิ้นงานนั่นเอง ส่วน

ความสูงของครีบขึ้นอยู่กับมุมการฉีกขาด หากมุมของแนวการแตกชันหรือกว้างขึ้น จะทำให้แนวการแตกเกิดสูงกว่าเหนือคมตัดมาก ส่งผลให้ส่วนครีบสูงขึ้น หากชิ้นงานมีส่วนเรียบตรงมากจะทำให้มุมการแตกแคบลง ทำให้รอยแตกใกล้เคียงบริเวณคมตัด ส่วนครีบก็จะน้อยลง



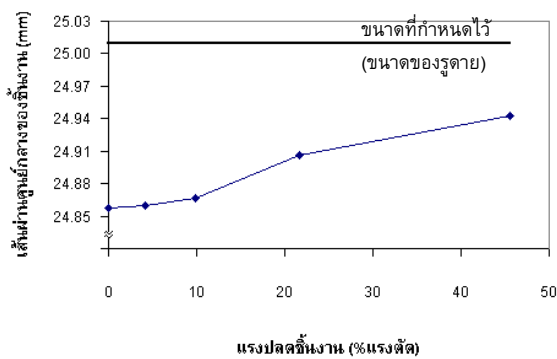
รูปที่ 9 ขอบตัดชิ้นงานที่ได้จากแรงปลดชิ้นงานต่างๆ (100 เท่า)

- ก. ไม่มีแรงปลดชิ้นงาน
- ข. แรงปลดชิ้นงาน 4.1%ของแรงตัด
- ค. แรงปลดชิ้นงาน 9.9%ของแรงตัด
- ง. แรงปลดชิ้นงาน 21.7%ของแรงตัด
- จ. แรงปลดชิ้นงาน 45.5%ของแรงตัด

5.2 ความเที่ยงตรงของชิ้นงาน

5.2.1 ความเที่ยงตรงของขนาดชิ้นงาน

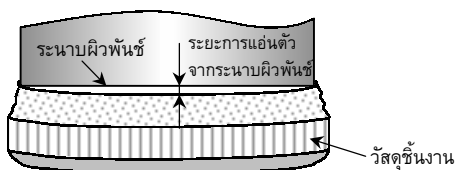
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูตายจากการตรวจสอบ ได้ขนาด 25.01 มม. ความเบี่ยงเบนที่ได้จากการนำแผ่นชิ้นงานที่ได้จากการตัดมาทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง พบว่าชิ้นงานที่ได้จากแม่พิมพ์ที่ใช้แรงปลดชิ้นงานสูงสุดคือ 45.5% ของแรงตัดมีขนาดใกล้เคียงกับขนาดของรูตายมากที่สุด เท่ากับ 24.943 มม. และชิ้นงานจะมีขนาดเล็กลงเท่ากับ 24.907, 24.867, 24.860 และ 24.857 มม. เมื่อใช้แรงปลดชิ้นงานน้อยลงตามลำดับ ดังแสดงผลในรูปที่ 10 สาเหตุที่เกิดวิเคราะห์ได้จากการแอ่นตัวของชิ้นงานจนเกิดการเปลี่ยนรูปแบบถาวร ทำให้ชิ้นงานมีลักษณะโค้งคล้ายกันจนหรือกันด้วย ชิ้นงานที่ได้จากแม่พิมพ์ที่ใช้แรงปลดสูงพบว่ามีการแอ่นตัวน้อยกว่าดังแสดงในหัวข้อ 5.2.2 ซึ่งความไม่เที่ยงตรงของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงานจะแปรผันตามระยะการแอ่นตัวของชิ้นงาน



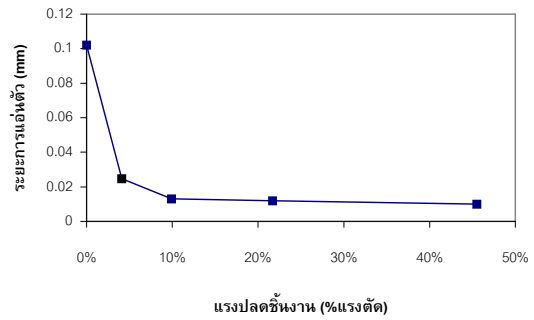
รูปที่ 10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของขนาดชิ้นงานกับแรงปลดชิ้นงาน

5.2.2 ระยะการแอ่นตัวของชิ้นงาน

ในการตัดทั่วไป ชิ้นงานที่ถูกตัดขาดซึ่งเป็นส่วนที่อยู่ใต้พิมพ์มักจะเกิดการแอ่นตัว เนื่องจากวัสดุในส่วนที่ขาดออกไม่ถูกรองรับหรือยึดไว้ในขณะตัด ดังนั้นวัสดุส่วนดังกล่าวจะเกิดการแอ่นตัวไม่สัมพันธ์กับผิวด้านหน้าของพิมพ์ทั่วทั้งผิว ระยะการแอ่นตัววัดที่ตำแหน่งที่ชิ้นงานห่างออกจากพิมพ์มากที่สุดดังแสดงในรูปที่ 11 ซึ่งการเปลี่ยนรูปนี้ในบางครั้งจะเป็นการเปลี่ยนรูปแบบถาวร จากการทดลองพบว่า การตัดเมื่อไม่มีแรงปลดชิ้นงาน มีระยะการแอ่นตัวของชิ้นงานมากที่สุดเท่ากับ 0.102 มม. เมื่อมีแรงปลดชิ้นงานมากขึ้น ระยะการแอ่นตัวของชิ้นงานมีค่าเท่ากับ 0.018, 0.013, 0.012 และ 0.01 มม. ตามลำดับ ดังรูปที่ 12



รูปที่ 11 ระยะการแอ่นตัวของชิ้นงาน

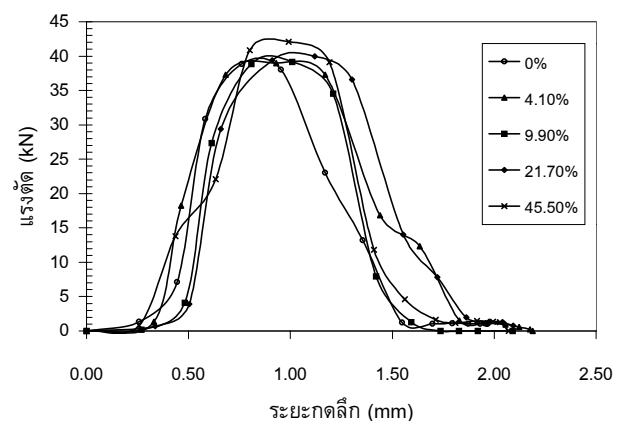


รูปที่ 12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของระยะแอ่นตัวกับแรงปลดชิ้นงาน

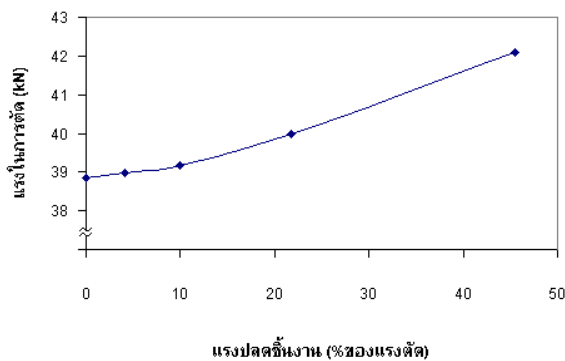
จากกลไกการตัด เมื่อพิมพ์เริ่มต้นกดชิ้นงานลงไปในตาย ชิ้นงานจะเกิดการตัดตัวและพาเนื้อชิ้นงานเข้าไปในช่องว่างของตาย เมื่อไม่มีแรงกดชิ้นงาน จะทำให้เนื้อชิ้นงานไหลเข้าไปได้มาก ทำให้ชิ้นงานมีการแอ่นตัวมากขึ้น เมื่อมีแผ่นปลดชิ้นงานมากกดขอบชิ้นงานไว้ด้วยแรงระดับหนึ่ง แรงนั้นจะช่วยต้านทานการไหลตัวของเนื้อชิ้นงานได้ การแอ่นตัวก็จะเกิดขึ้นน้อยลง ซึ่งแรงปลดชิ้นงานที่สูงขึ้นจะทำให้ความต้านทานแรงดึงเนื้อชิ้นงานสูงขึ้น

5.3 แรงที่ใช้ในการตัด

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะกลัดดังรูปที่ 13 เริ่มพิจารณาในช่วงก่อนเกิดความเสียหายหรือรอยแตก เมื่อเทียบแรงตัดจะเห็นได้ว่า แม่พิมพ์ตัดที่ใช้แรงปลดชิ้นงาน 45.5% ของแรงตัด จะใช้แรงตัดมากที่สุด รองลงมาคือ 21.7%, 9.9%, 4.1% และไม่มีแรงปลดชิ้นงาน ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 14 เนื่องจากพิมพ์มีพื้นที่ในการกดตัดสัมผัสกับส่วนที่เรียบตรงมากกว่าแม่พิมพ์ชุดอื่น ซึ่งทำให้เกิดแรงเสียดทานบริเวณด้านข้างพิมพ์มากขึ้น จึงต้องใช้แรงตัดเพื่อที่จะเอาชนะแรงเสียดทานที่สูงขึ้น



รูปที่ 13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงกับระยะกลัด



รูปที่ 14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงตัดกับแรงปลดขึ้นงาน

เมื่อพิจารณาในช่วงหลังจากการเกิดรอยแตกในชิ้นงานแล้ว จะเห็นว่าความเร็วในการลดลงของแรงของแม่พิมพ์ที่ไม่มีแรงปลดขึ้นงาน และแรงปลดขึ้นงาน 4.1% ของแรงตัด นั้นจะช้ากว่าแม่พิมพ์ชุดอื่น เนื่องจากแม่พิมพ์ดังกล่าวยังมีแรงที่กระทำต่อต้านข้างพื่นอยู่ คือจะมีแรงดัดตัวกลับของขอบรูปตัดกระทำต่อต้านข้างพื่นทำให้เกิดแรงเสียดทานสูง ซึ่งแรงเสียดทานที่กระทำต่อต้านข้างพื่นนี้อาจส่งผลให้เกิดการสึกหรอของแม่พิมพ์ หรือสามารถทำนายอัตราการเกิดการสึกหรอ เพื่อดูอายุการใช้งานของแม่พิมพ์ได้

6. สรุป

เมื่อไม่มีแรงปลดขึ้นงานจะให้คุณภาพของชิ้นงานต่ำที่สุด การเพิ่มแรงปลดขึ้นงานจะช่วยให้คุณภาพของชิ้นงานดีขึ้น อย่างไรก็ตามการเพิ่มแรงปลดขึ้นงานเกินกว่า 4.1% ของแรงตัดทำให้คุณภาพของขอบตัดดีขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แรงปลดขึ้นงานที่มากกว่า 10% ของแรงตัดทำให้เกิดการแอ่นตัวของชิ้นงานต่ำ และการเพิ่มแรงปลดขึ้นงานช่วยเพิ่มความเที่ยงตรงทางด้านขนาดของชิ้นงานที่ผลิตได้ แต่เมื่อพิจารณาแรงในการตัดจะเห็นว่าเมื่อใช้แรงปลดขึ้นงานสูงขึ้น จะต้องใช้แรงในการตัดสูงขึ้นด้วยเช่นกัน

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์เทคโนโลยีและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) และคณะวิศวกรรมศาสตร์ ศูนย์กลางสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ที่สนับสนุนทุนในการวิจัยครั้งนี้ รวมทั้งคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ในภาควิชาเครื่องมือและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้ความร่วมมือและคำแนะนำในการทำวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] ณัฐศักดิ์ พรพูนศิริ, รัชณี ไพศาล, พงศ์พันธ์ แก้วตาทิพย์, วารุณี เปรมานนท์, 2545, "อิทธิพลของช่องว่างระหว่างพื่นและตายที่มีผลต่อพฤติกรรมการสึกหรอของแม่พิมพ์ตัด", การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 16, ภูเก็ต, 14-16 ตุลาคม, หน้า 437-441.
- [2] ชานูยยุทธ มะกา, "การศึกษาคืออิทธิพลของชนิดวัสดุทำแม่พิมพ์ที่มีผลต่อการสึกหรอแม่พิมพ์ตัด"(วิทยานิพนธ์), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2544
- [3] วารุณี เปรมานนท์, เกษม เลิศรัตน์, โกสิทธิ์ มงคลภิญโญกุล, 2544, "การศึกษาคือพฤติกรรมการสึกหรอของแม่พิมพ์ตัดวัสดุที่ทำจากเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง", การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 15, กรุงเทพฯ, 28-30 พฤศจิกายน.
- [4] ชินเดช เมธารมณ, "การศึกษาคือพฤติกรรมการสึกหรอของแม่พิมพ์สำหรับตัดแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม"(วิทยานิพนธ์), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2540.
- [5] วิมลภา ภูผา, "การศึกษาคือการสึกหรอของแม่พิมพ์ตัดที่ใช้ร่วมกับแผ่นวัสดุทองเหลือง"(วิทยานิพนธ์), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2541
- [6] พงศ์พันธ์ แก้วตาทิพย์และคณะ, 2543, "การศึกษาแรงที่กระทำต่อต้านข้างพื่น-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.