

อิทธิพลของสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่มีผลต่อคุณภาพของชิ้นงานตัดโลหะ แผ่นด้วยระเบียบวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์

The Effect of Friction Coefficient on Workpiece Quality in Metal Blanking Process by Finite Element Method

วิศิษฐ อ่อนประสงค์,¹ บพิต บุปผโชติ^{2*} และ ออรูมา ลาสุนนท์³

Wisit Onprasong,¹ Bopit Bubphachot^{2*} and On-Uma Lasunon³

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่มีผลต่อคุณภาพของชิ้นงานตัดโลหะแผ่นด้วยระเบียบวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์ (finite element method, FEM) โดยสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของแม่พิมพ์กับชิ้นงานเป็นองค์ประกอบสำคัญอย่างหนึ่งที่ชะลอการสึกหรอของแม่พิมพ์โดยเฉพาะพUNCH และตาย (die) จึงทำให้มีผลต่อคุณภาพของชิ้นงานตามมา โดยได้จำลองวัสดุชิ้นงานที่นำมาใช้ในการขึ้นรูปด้วยกระบวนการตัดโลหะแผ่น 3 ชนิดคือ อะลูมิเนียม เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง และเหล็กกล้าไร้สนิม ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ความหนา 1 มิลลิเมตร ส่วนวัสดุที่ทำแม่พิมพ์ชุดพUNCH และตาย เป็นเหล็กเครื่องมือ (SKD 11) โดยระเบียบวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์กำหนดรูปทรงของพUNCH และตายเป็นรูปทรงกระบอกสมมาตรรอบแกนซึ่งพUNCH มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 9.5 มิลลิเมตร รัศมีคมตัด 0.2 มิลลิเมตร รูตายมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร รัศมีคมตัด 0.2 มิลลิเมตร ระยะช่องว่างของเครื่องมือตัดโลหะแผ่นกำหนดเป็นร้อยละ 5 ของความหนาวัสดุชิ้นงาน ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานมี 3 ระดับคือ 0.05 0.10 และ 0.15 แผ่นปลัดชิ้นงานเป็นวัสดุเกร็ง (rigid body) และแบ่งเอลิเมนต์ออกเป็นรูปสี่เหลี่ยม จากการวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยระเบียบวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์ตามเงื่อนไขข้างต้นพบว่า 1) ความเค้นเป็นตัวแปรสำคัญอย่างหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพของชิ้นงานตัดโลหะแผ่นซึ่งจะแปรผันตามชนิดของวัสดุ 2) ถาลดสัมประสิทธิ์ความเสียดทานลงจะส่งผลให้ความเค้นลดลงตามไปด้วยทำให้คุณภาพของชิ้นงานตัดโลหะแผ่นดีขึ้น 3) วัสดุที่นำมาเป็นชิ้นงานตัดโลหะแผ่น ถ้ามีความแข็งมาก ในขณะตัดโลหะแผ่นก็จะเกิดความเค้นสูง ความเสียดทานก็จะสูงตาม ทำให้คุณภาพของชิ้นงานลดลง 4) สัมประสิทธิ์ความเสียดทานมีผลต่อความเร็วในการตัดชิ้นงานโลหะแผ่น ถ้าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานน้อย ความเร็วในการตัดชิ้นงานโลหะแผ่นก็สูง และ 5) เหล็กกล้าไร้สนิม จะเกิดความเสียดทานระหว่างวัสดุเครื่องมือและวัสดุชิ้นงานสูงกว่า

¹นิสิตปริญญาโท, ²ผู้ช่วยศาสตราจารย์, หน่วยวิจัยการออกแบบท่อความร้อนและเครื่องมือทางความร้อน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

³อาจารย์, หน่วยวิจัยวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

¹M.Eng student, ²Assistant Professor, Heat Pipe and Thermal Tools Design Research Unit (HTDR), Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Mahasarakham 44150, Thailand.

³Lecturer, Manufacturing Engineering Research Unit, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Mahasarakham 44150, Thailand

*Corresponding : Bopit bubphachot Heat Pipe and Thermal Tools Design Research Unit (HTDR), Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Mahasarakham 44150, Thailand.

E-mail : bopit.b@msu.ac.th

วัสดุชิ้นงานที่เป็น เหล็กกล้าคาร์บอน และ อะลูมิเนียม ตำแหน่งที่เกิดสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสูงคือด้านข้างของชุด 펀ช์ ดังนั้นบริเวณดังกล่าวของวัสดุเครื่องมือ ควรผ่านกระบวนการชุบแข็งเป็นพิเศษ

คำสำคัญ: สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน, ความเค้น, คุณภาพของชิ้นงาน

Abstract

This research studies the influence of the coefficient of friction on the quality of cut sheet metal work piece by finite element method (FEM). The friction coefficient of mold and workpiece are important factors which slow down the wearing out of the mold, especially the punch and die. This also affects the quality of the work piece. The work pieces used in the forming by sheet metal cutting process are modeled. Those 3 types of sheet metals are aluminum, carbon steel and stainless steel with diameter of 10 mm. and thickness of 1 mm. The material used to make the punch and die is tool steel (SKD11). The punch and die in FEM are fixed as the symmetry cylindrical shapes. The diameter and corner radius of the punch are 9.5 and 0.2 mm, respectively. In addition, the diameter and corner radius of the die are 10 and 0.2 mm, respectively. The gap of cutting machine is defined as 5 percent of the thickness of workpiece. The friction coefficient has 3 levels which are 0.05, 0.10 and 0.15. The stripper plate is the rigid body with the rectangular elements. The experimental results of the FEM indicated that: 1) stress is an important variable which affects the quality of work piece, and depends to the types of workpiece material. 2) If the coefficient of friction is reduced, it will also decrease stress. This increases the quality of work piece. 3) If the workpiece material has high hardness, the high stress will be occurred during blanking process. This also causes high friction and reduces the quality of work piece. 4) The coefficient of friction affects the speed in the sheet metal cutting. If the coefficient of friction is low, the speed will be high. 5) Stainless steel has more friction between the tool and workpiece than carbon steel and aluminum. High friction coefficient occurs beside the punch. Therefore, this area of the punch should have extra heat treatment.

Key words: The coefficient of friction, stress, workpiece quality

บทนำ

กรรมวิธีการตัดโลหะโดยใช้แม่พิมพ์ตัด เป็นกรรมวิธีขึ้นรูปโลหะแผ่นที่มีความสำคัญอย่างมากต่องานอุตสาหกรรม¹ เพราะสามารถตัดแผ่นชิ้นงานที่เป็นแผ่นเปล่า² เพื่อเตรียมเข้าสู่กระบวนการผลิตต่อไปหรือสามารถทำเป็นชิ้นงานสำเร็จส่งให้ลูกค้าก็ได้ ซึ่งกระบวนการตัดที่ดีจะส่งผลให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพสม่ำเสมอ^{3,4} ปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้เป็นสิ่งที่มีส่วนช่วยให้ต้นทุนการผลิตลดลง รวมถึงลดเวลาส่งมอบให้กับลูกค้า⁵

กรรมวิธีการตัดโลหะแผ่นโดยใช้แม่พิมพ์ จึงเป็นหนึ่งในกรรมวิธีหลักที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ เช่น ผลิตชิ้นส่วนเครื่องปรับอากาศ, ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์, ผลิตชิ้นส่วนเครื่องใช้ในครัวเรือน และผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น⁶ ในกรรมวิธีการตัดเป็นการทำงานโดยต้องให้ความเค้นกับชิ้นงานที่มีค่าสูงพอที่จะทำให้ชิ้นงานขาดออกจากกันได้ ดังนั้นความเค้นที่กระทำต่อแม่พิมพ์ก็จะมีค่าสูงมากเช่นเดียวกัน⁷ เป็นปัญหาที่สำคัญใน

กระบวนการตัดของแม่พิมพ์ ไม่ว่าจะป็นอายุการใช้งานของแม่พิมพ์ลดลง ชิ้นงานที่ได้มีคุณภาพ ขอบตัดที่ไม่ดี เกิดครีบสูงเกินความต้องการ รวมถึงความเที่ยงตรงของขนาดชิ้นงานลดลงตามไปด้วย ที่ผ่านมามีงานวิจัยที่มุ่งทั้งศึกษาจากการทดลองจริงและการจำลองโดยใช้โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์^{8,9} ซึ่งส่วนใหญ่จะศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ในกรรมวิธีการตัด¹⁰ ไม่ว่าจะตัวแปรที่มีผลต่อคุณภาพขอบตัดของชิ้นงานที่ได้¹¹ ช่องว่างระหว่างพินซ์และตาย¹² การสึกหรอของแม่พิมพ์ตัด^{13,14} ความแข็งของแม่พิมพ์ที่ทำจากวัสดุต่างชนิด^{15,16} ซึ่งงานวิจัยที่ผ่านมามีพบว่ามีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่มีผลต่อคุณภาพของชิ้นงานตัดโลหะ ยังไม่ได้ชี้บ่งถึงพฤติกรรมของความเค้นและพฤติกรรมของความเครียดที่ส่งผลต่อคุณภาพผิวของชิ้นงานที่ผ่านกรรมวิธีการตัดของแม่พิมพ์ตัดอย่างชัดเจน ด้วยเหตุนี้การใช้คอมพิวเตอร์โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับวิเคราะห์กรรมวิธีการตัดโลหะของแม่พิมพ์ได้เป็นวิธีที่นิยมกันมากในสภาวะการปฏิบัติงานสำหรับการผลิตที่ต้องแข่งขันกับเวลา แข่งขันกับต้นทุนที่เพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ ทั้งนี้ยังคงรักษาไว้ซึ่งคุณภาพของผลิตภัณฑ์ของแม่พิมพ์ที่ผลิตได้ โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ ยังช่วยลดเวลาในการออกแบบสำหรับผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่เป็นอุปกรณ์หลักของแม่พิมพ์เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานและยังช่วยพยากรณ์เพื่อให้ได้ข้อมูลสำหรับการตัดสินใจก่อนดำเนินการสร้างแม่พิมพ์จริง ดังนั้นการศึกษาอิทธิพลของสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่มีผลต่อคุณภาพของชิ้นงานตัดโลหะด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมความเค้นและพฤติกรรมความเครียดที่จะเกิดขึ้นสูงสุดอันจะส่งผลต่อคุณภาพผิวของชิ้นงานในแม่พิมพ์ จึงเป็นแนวทางสำคัญสำหรับผู้ประกอบการที่จะช่วยตัดสินใจก่อนดำเนินการผลิตแม่พิมพ์และพัฒนาศักยภาพอุตสาหกรรมการผลิตแม่พิมพ์ต่อไป

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่ต้องการศึกษาอิทธิพลของสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่มีผลต่อ

คุณภาพของชิ้นงานตัดโลหะด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ที่แสดงผลพฤติกรรมความเค้นในวัสดุชิ้นงานแต่ละชนิดและแต่ละตำแหน่งของชิ้นงานที่ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานแตกต่างกัน รวมถึงพฤติกรรมการเสียดรูปหรือความเครียดที่เกิดขึ้นสูงสุดของวัสดุชิ้นงานที่ส่งผลจากการใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานต่างกัน ศึกษาพฤติกรรมของแรงที่ใช้ในกระบวนการตัดโลหะด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์และเพื่อเป็นแนวทางยืนยันความแม่นยำตรงระหว่างผลจากการใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์กับงานวิจัยที่ผ่านมามีการทดลองตัดชิ้นงานด้วยแม่พิมพ์จริง

วิธีดำเนินการศึกษา

การศึกษาอิทธิพลสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่มีผลต่อคุณภาพของชิ้นงานตัดโลหะ ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยใช้โปรแกรม Marc Mentat 2008r1 เป็นโปรแกรมที่ถูกใช้ในเชิงของงานวิจัยซึ่งสามารถให้ผลการทดลองถึงพฤติกรรมทางกลของวัสดุแบบยืดหยุ่น¹⁷ (Elasto-Plastic) ตามทฤษฎีของ Equivalent Von Mises Stress และ Equivalent of Plastic Strain สำหรับการอธิบายและทำนายผลที่เกิดขึ้นในกระบวนการตัดโลหะแผ่น ก่อนศึกษาตามหัวข้อข้างต้น ได้วางแผนดำเนินงานดังต่อไปนี้

1. ศึกษาการใช้โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับงานขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยกรรมวิธีกระบวนการตัด
2. กำหนดเงื่อนไขขอบเขตในการวิจัยและสร้างแบบจำลองโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ ดังต่อไปนี้
 - 2.1 วัสดุที่นำมาใช้ทำเป็นชุดพินซ์และชุดตายตามเงื่อนไขของแบบจำลองเป็นวัสดุเครื่องมือตัด SKD11
 - 2.2 วัสดุชิ้นงานกำหนดเงื่อนไขให้เป็นสามลักษณะคือวัสดุ อลูมิเนียม, เหล็กกล้าไร้สนิม, เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง โดยวัสดุชิ้นงานทั้งหมดมีขนาดความหนา 1 มิลลิเมตร
 - 2.3 ชุดพินซ์และตายของแม่พิมพ์ซึ่งกำหนดให้เป็นวัสดุเหล็กเครื่องมือ (SKD11) มีขนาดเส้นผ่าน

ศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ไม่รวมค่าช่องว่างของแม่พิมพ์ตามเงื่อนไขดังนี้คือวัสดุ อลูมิเนียม, เหล็กกล้าไร้สนิมและเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง มีค่าเป็น 5% ของความหนาวัสดุชิ้นงานตามลำดับคมตัดของฟันซ์และตายเป็นมุมฉาก 90 องศา

2.4 ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของวัสดุชิ้นงานทั้งหมดกำหนดให้แต่ละวัสดุมีค่าในช่วงที่เท่ากัน ดังนี้คือ 0.05, 0.10 และ 0.15 ตามลำดับ

3. สร้างแบบจำลองของแม่พิมพ์ตัดโดยใช้โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ Marc Mentat 2008r1 โดยระบุพิกัดต่าง ๆ ตามเงื่อนไขที่จะศึกษาและกำหนดตำแหน่งที่จะบันทึกข้อมูลเพื่อทำการศึกษาคือตำแหน่งที่ชิ้นงานสัมผัสกับคมตัดมุมฉากฟันซ์ตำแหน่งซึ่งห่างจากคมตัดมุมฉากของฟันซ์ที่ระยะ 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1 มิลลิเมตร ตามลำดับ

4. เปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลพฤติกรรมความเค้นโดยใช้ทฤษฎี Equivalent Von Mises Stress ที่เกิดขึ้นในกรรมวิธีการตัดโลหะของวัสดุชิ้นงาน อลูมิเนียม, เหล็กกล้าไร้สนิมและเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง

5. เปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลพฤติกรรมการเสียรูปหรือความเครียดที่เกิดขึ้นโดยใช้ทฤษฎี Equivalent of Plastic Strain และพฤติกรรมของแรงที่ใช้ในกรรมวิธีการตัดของวัสดุชิ้นงานและ อลูมิเนียม, เหล็กกล้าไร้สนิมและเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง

6. สร้างแม่พิมพ์ตัดโลหะแผ่นโดยใช้เงื่อนไขจากแบบจำลองที่วัสดุชิ้นงานเป็นเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลางและวัสดุเหล็กเครื่องมือ (SKD11) เพื่อยืนยันความแม่นยำตรงผลการตัดแผ่นชิ้นงานจริงกับการจำลองด้วยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการทดลอง

1. คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะติดตั้งโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ของ Marc. Mentact 2008r1

2. กำหนดสมบัติทางของวัสดุชิ้นงานและวัสดุเครื่องมือตัดที่ใช้ทำฟันซ์, ตายและชิ้นงานเป็นวัสดุเหล็กเกรดตามมาตรฐาน JIS คือ วัสดุชิ้นงาน อลูมิเนียม, เหล็กกล้าไร้สนิมและเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง และวัสดุเหล็กเครื่องมือ (SKD11) ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Material property of specimens

Specimens	Young' modulus (MPa)	Poisson's ratio	Friction coefficient
Al 1100	74,500	0.33	0.05, 0.1, 0.15
SUS 304	180,000	0.305	
S45C	206,000	0.33	
SKD 11	208,000	0.3	

3. เงื่อนไขการออกแบบจำลองของแม่พิมพ์ตัดในโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ที่เป็นชิ้นส่วนหลักจะประกอบไปด้วยชุดฟันซ์และตายซึ่งกำหนดให้เป็นวัสดุ เหล็กเครื่องมือ (SKD11) และวัสดุชิ้นงานกำหนดให้เป็นวัสดุอลูมิเนียม, เหล็กกล้าไร้สนิมและเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง แผ่นปลดชิ้นงาน (Stripper plate) ดังแสดงตามภาพประกอบ Figure 2

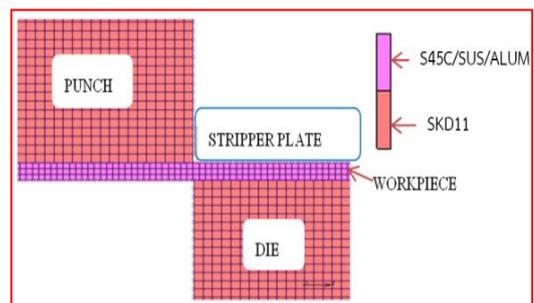


Figure 2 Model setup of punch, die and workpiece

4. กำหนดพิกัดแบบจำลองของโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ซึ่งให้ชุดฟันซ์และตายมีขนาดเส้นศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ไม่รวมค่าช่องว่างของแม่พิมพ์ ช่องว่างระหว่างฟันซ์และตายกำหนดตามเงื่อนไขของวัสดุชิ้นงานคือวัสดุอลูมิเนียม, เหล็กกล้าไร้สนิม, เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง มีค่าเป็น 6%,

8% และ 10% ของความหนาวัสดุชิ้นงานตามลำดับ แผ่นปลดชิ้นงาน ดังแสดงตามภาพประกอบ Figure 3

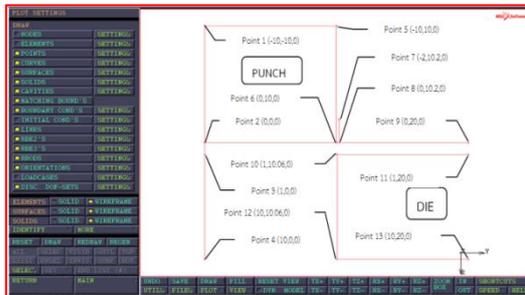


Figure 3 Position of FEM simulation

5. บริเวณที่ใช้บันทึกข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ผลการทดลองจะกำหนดที่วัสดุชิ้นงานซึ่งตำแหน่งที่กำหนดคือบริเวณตำแหน่งผิวของชิ้นงานสัมผัสกับคมตัดมุมฉากของพื้นที่ ตำแหน่งซึ่งห่างจากคมตัดมุมฉากของพื้นที่ที่ระยะ 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1 มิลลิเมตร ตามลำดับดังแสดงตามภาพประกอบ Figure 4

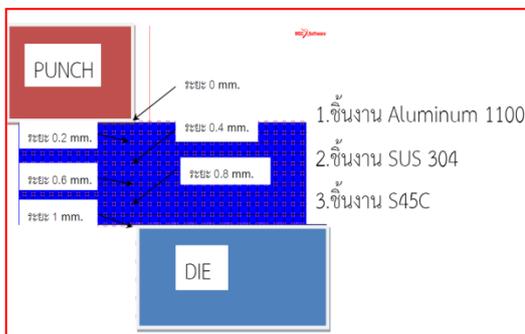


Figure 4 Position recorded on testing

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

จากการศึกษาอิทธิพลของสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่มีผลต่อคุณภาพของชิ้นงานตัดโลหะ ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์พบว่าจาก Figure 5 และ Graph 1 แสดงการเปรียบเทียบพฤติกรรมความเค้นที่เกิดขึ้นในวัสดุชิ้นงานอลูมิเนียมเหนียวโดยสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่ 0.15 และ 0.30 เกิด

ความเค้นสูงสุดเหมือนกันคือมีค่าประมาณ 129.154 MPa เป็นบริเวณตำแหน่งซึ่งห่างจากคมตัดมุมฉากของพื้นที่ที่ระยะ 0.4 มิลลิเมตร โดยเกิดขึ้นใน Increment Steps ที่ 99 ลักษณะของแถบสีจะเป็นโทนสีเหลืองและแนวโน้มของเส้นกราฟจะไปในทิศทางเดียวกัน ส่วนค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่ 0.10 จะมีขนาดของความเค้นที่เกิดขึ้นต่ำลงมาดังแสดงตามภาพประกอบ Figure 5 และ Figure 6

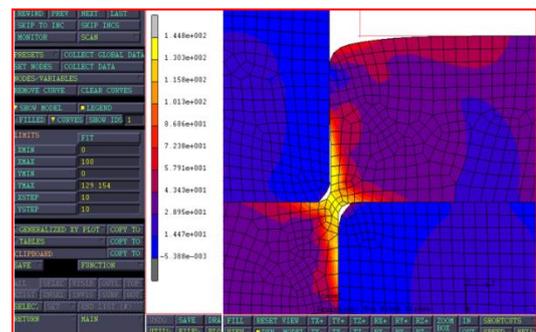


Figure 5 Simulation result of Al 1100

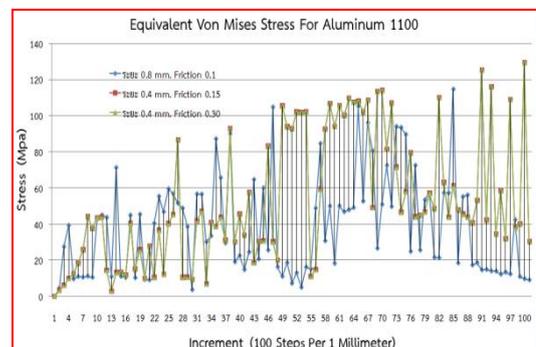


Figure 6 Stress occurred in Al 1100

จาก Figure 5 และ Graph 2 แสดงการเปรียบเทียบพฤติกรรมความเค้นที่เกิดขึ้นในวัสดุชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิมโดยสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่ 0.10, 0.15 และ 0.30 เกิดความเค้นสูงสุดเหมือนกันคือมีค่าประมาณ 586.898 MPa เป็นบริเวณตำแหน่งซึ่งห่างจากคมตัดมุมฉากของพื้นที่ที่ระยะ 1 มิลลิเมตร โดยเกิดขึ้นใน Increment Steps ที่ 74 ลักษณะของแถบสีจะเป็นโทนสีเหลือง

และแนวโน้มของเส้นกราฟจะไปในทิศทางเดียวกัน
ดังแสดงตามภาพประกอบ Figure 7 และ Figure 8

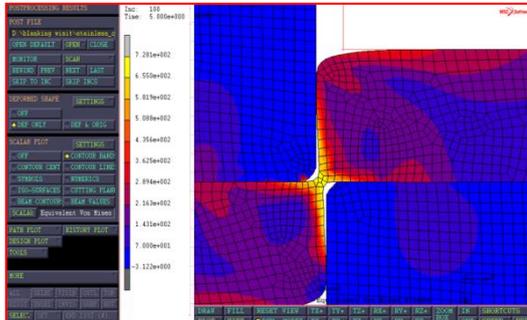


Figure 7 Simulation result of SUS 304

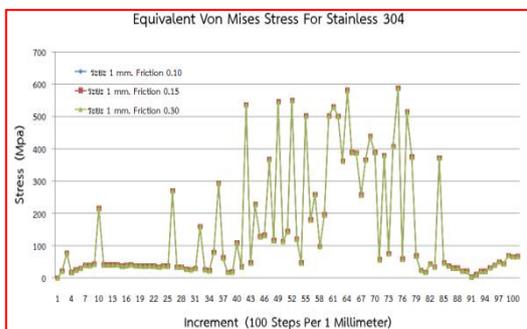


Figure 8 Stress occurred in SUS 304

จาก Figure 9 และ Figure 10 แสดงการเปรียบเทียบพฤติกรรมความเค้นที่เกิดขึ้นในวัสดุชิ้นงานเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง โดยสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่ 0.10, 0.15 และ 0.30 เกิดความเค้นสูงสุดเหมือนกันคือมีค่าประมาณ 1,299.39 MPa. บริเวณตำแหน่งที่ชิ้นงานสัมผัสกับคมตัดมุมฉากของพื้นที่หรือตำแหน่งซึ่งห่างจากคมตัดมุมฉากของพื้นที่ที่ระยะ 0 มิลลิเมตร โดยเกิดขึ้นใน Increment Steps ที่ 65 ลักษณะของแถบสีจะเป็นโทนสีเหลือง ดังแสดงตามภาพประกอบ Figure 9 และ Figure 10

จาก Figure 11 แสดงการเปรียบเทียบพฤติกรรมความเค้นที่เกิดขึ้นในวัสดุชิ้นงานทั้งสามชนิดซึ่งประกอบด้วยอลูมิเนียม, เหล็กกล้าไร้สนิมและเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง จะพบว่าวัสดุชิ้นงานที่เกิดความเค้นสูงสุดจะเป็นเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง มีค่าประมาณ 1,299.39 MPa. และวัสดุ

ชิ้นงานที่มีค่าความเค้นต่ำลงมาจะเป็นเหล็กกล้าไร้สนิมและ อลูมิเนียมตามลำดับ ดังแสดงตามภาพประกอบ Figure 11

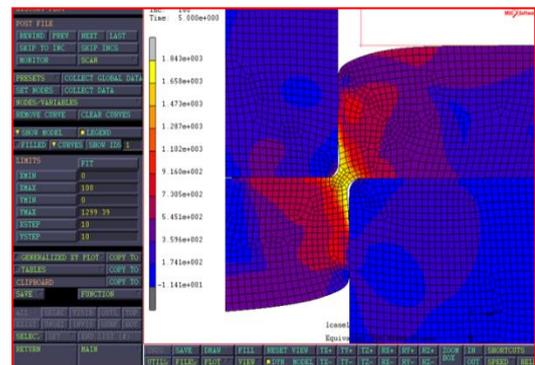


Figure 9 Simulation result of SUS 304

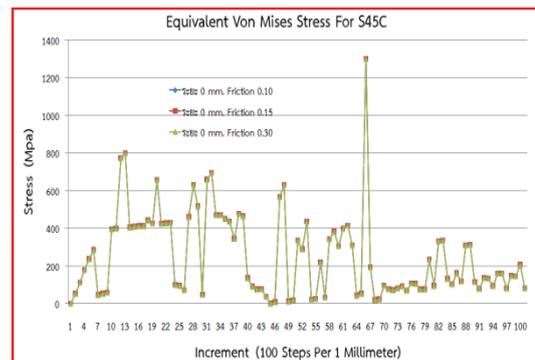


Figure 10 Stress occurred in S45C

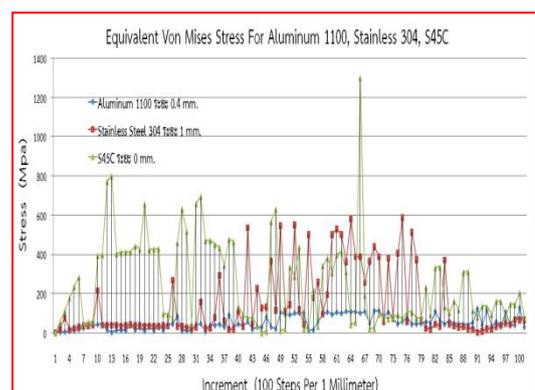


Figure 11 Von Mises Stress comparisons of Al1100, SUS304 and S45C

จากการเปรียบเทียบพฤติกรรมของแรงตัดที่ใช้ในกรรมวิธีการขึ้นรูปของวัสดุชิ้นงานทั้งสามชนิดโดยมีการกำหนดเงื่อนไขสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่

แตกต่างกัน จะเห็นได้ว่าขนาดของแรงที่ใช้ในกระบวนการตัดมีค่าแตกต่างกัน แต่ที่คล้ายกันคือแนวโน้มขนาดของแรงตัดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเริ่มต้นและจะค่อย ๆ ลดลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งสิ้นสุดกระบวนการตัดของแม่พิมพ์ โดยสังเกตได้จากค่าความชันของกราฟในช่วงแรกจะมีค่ามากเหมือนกันของทั้งสามวัสดุชิ้นงาน จากนั้นขนาดของแรงจะค่อย ๆ ลดลงจนกระทั่งสิ้นสุดกระบวนการตัด ทั้งนี้วัสดุอลูมิเนียมจะใช้แรงสูงสุดในกระบวนการตัดประมาณ 3.04 กิโลนิวตัน เกิดขึ้นใน Increment Steps ที่ 28 หรือช่วงความหนาของวัสดุชิ้นงาน 0.28 มิลลิเมตร ห่างจากคมตัดมุมฉากของพื้นที่ วัสดุชิ้นงาน เหล็กกล้าไร้สนิมจะใช้แรงสูงสุดในกระบวนการตัดมีค่าประมาณ 17.38 กิโลนิวตัน เกิดขึ้นใน Increment Steps ที่ 29 หรืออยู่ที่ช่วงความหนาของวัสดุชิ้นงานประมาณ 0.29 มิลลิเมตร ห่างจากคมตัดมุมฉากของพื้นที่ วัสดุชิ้นงาน เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง จะต้องใช้แรงสูงสุดในกระบวนการตัดโดยมีค่าประมาณ 33.915 กิโลนิวตัน เกิดขึ้นใน Increment Steps ที่ 35 หรืออยู่ที่ช่วงความหนาของวัสดุชิ้นงานประมาณ 0.35 มิลลิเมตร จากคมตัดมุมฉากของพื้นที่ ซึ่งจากแรงที่ใช้ในกระบวนการตัดที่เกิดขึ้นสูงสุดจะอยู่ในช่วงไม่เกิน 50 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุชิ้นงานนั้นหมายถึงวัสดุชิ้นงานจะเริ่มขาดออกจากกันหลังจากที่ผ่านพื้นที่ช่วงที่ต้องใช้แรงตัดสูงสุดไปแล้วดังแสดงตามภาพประกอบ Figure 12

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยระเบียบวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์ตามเงื่อนไขข้างต้นพบว่า 1. ความเค้นเป็นตัวแปรสำคัญอย่างหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพของชิ้นงานตัดโลหะแผ่นซึ่งจะแปรผันตามชนิดของวัสดุ 2. ถ้าลดสัมประสิทธิ์ความเสียหายจะส่งผลให้ความเค้นลดลงตามไปด้วยทำให้คุณภาพของชิ้นงานตัดโลหะแผ่นดีขึ้น 3. วัสดุที่

นำมาเป็นชิ้นงานตัดโลหะแผ่น ถ้ามีความแข็งมากในขณะที่ตัดโลหะแผ่นก็จะเกิดความเค้นสูง ความเสียหายก็จะสูงตาม ทำให้คุณภาพของชิ้นงานลดลง 4. สัมประสิทธิ์ความเสียหายมีผลต่อความเร็วในการตัดโลหะแผ่น ถ้าสัมประสิทธิ์ความเสียหายน้อย ความเร็วในการตัดโลหะแผ่นก็สูง และ 5. เหล็กกล้าไร้สนิม จะเกิดความเสียหายระหว่างวัสดุเครื่องมือและวัสดุชิ้นงานสูงกว่าวัสดุเครื่องมือที่ใช้ เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง และอลูมิเนียม ตำแหน่งที่เกิดสัมประสิทธิ์ความเสียหายสูงคือด้านข้างของชุดพื้นที่ ดังนั้นบริเวณดังกล่าวของวัสดุเครื่องมือ ควรผ่านกระบวนการชุบแข็งเป็นพิเศษ

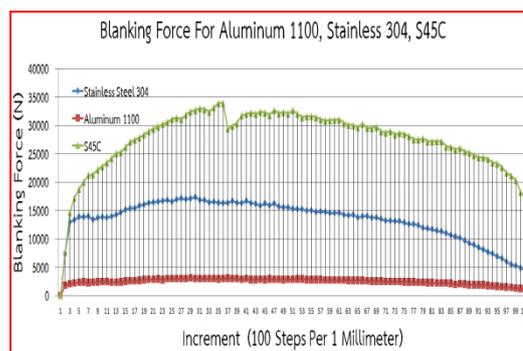


Figure 12 Blanking force comparisons of Al 1100, SUS 304 and S45C

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ กองส่งเสริมการวิจัยและบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยมหาสารคามที่ให้ทุนสนับสนุนและ ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ MSC. Mentat 2008r ในการดำเนินการศึกษาในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. ณัฐศักดิ์ พรพุกศิริ, รัชนิ ไพบาล, พงษ์พันธ์ แก้วตาทิพย์ และ วารุณี เปรมานนท์. อิทธิพลของช่องว่างระหว่างพินซ์และตายที่มีผลต่อพฤติกรรมการสึกหรอของแม่พิมพ์ตัด. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 16, จังหวัดภูเก็ต, 14-16 ตุลาคม 2545; หน้า 437 – 441.
2. วารุณี เปรมานนท์, อรจิรา เตียววณิช. งานขึ้นรูปโลหะ เล่ม 2 วัสดุทำแม่พิมพ์และชิ้นงาน. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2554.
3. ชินเดช เมธารมณ. การศึกษาพฤติกรรมการสึกหรอ ของแม่พิมพ์สำหรับตัดแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม. วิทยานิพนธ์: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2540.
4. ชาญยุทธ มะกา. การศึกษาอิทธิพลของชนิดวัสดุทำแม่พิมพ์ที่มีผลต่อการสึกหรอแม่พิมพ์ตัด. วิทยานิพนธ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2544.
5. วารุณี เปรมานนท์, พงษ์พันธ์ แก้วตาทิพย์ งานขึ้นรูปโลหะ เล่ม 1 แม่พิมพ์โลหะแผ่น. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2552.
6. สุรวุฒิ ยะนิล, ซาญ ถนัดงาน และ ศิริศักดิ์ หามูญชูวงศ์. การวิเคราะห์หาแรงในการไฟน์แบลนก์ โดยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2546.
7. พงศ์พันธ์ แก้วตาทิพย์ และ คณະ. การศึกษาแรงที่กระทำต่อต้านข้างพินซ์-ตายของแม่พิมพ์ตัดโดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์. การประชุมเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกล ครั้งที่ 14, 2543; หน้า 250-256.
8. Fang, N. et al. Finite Element Simulation of the Effect of Clearance on the Forming Quality in the blanking Process. Journal of Material Processing Technology 2020;122: 249-254.
9. Maiti, S.K., et al. Assessment of Influences of Some Process Parameter on Sheet Metal Blanking. Journal of Material Processing Technology 2000;102: 249-256.
10. กุลชาติ จุลเพ็ญ, วารุณี เปรมานนท์, พงศ์พันธ์ แก้วตาทิพย์. อิทธิพลของการสึกหรอในงานแม่พิมพ์ตัดที่มีผลต่อคุณภาพชิ้นงาน. การประชุมเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 18 จังหวัดขอนแก่น 18-20 ตุลาคม 2547.
11. วัลลภ ภูผา. การศึกษาการสึกหรอของแม่พิมพ์ตัดที่ใช้งานกับแผ่นวัสดุทองเหลือง. วิทยานิพนธ์: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2541.
12. โกสิทธิ์ มงคลภิญโญกุล, "การศึกษากฎการสึกหรอของแม่พิมพ์ตัดวัสดุที่ทำจากเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง", รายงานการประชุมเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 15, 28-30 พฤศจิกายน 2544; หน้า MM 156-159.
13. Nilsson, B. Punching in Stainless Steel Plate. Uddehlo Tooling AB, Research and Development, Sweden; 1984. p. 1-9.
14. Koji, K. and Koshi, A. Wear Mechanisms. Modern Tribology Handbook, Mc Graw-Hill New York; 1999. p. 273-299.
15. Luo, S. Y. Studies on The Wear Condition and The Sheared Edges in Punching. Journal of Wear, Vol. 1997;28:81-90.
16. Bhushan, B. Wear. Principles and Application of Tribology, John Wily & Son, New York; 1999. p. 475-535.
17. Bhushan, B. and Gupta, B.K. Friction Wear and Lubricant. Handbook of Tribology, New York, Mc Graw-Hill; 1991. p. (2.26)-(2.28).