

## ศึกษาผลกระทบของมุมปากตายในงานไฟน์แบลนก์

### An investigation effect of die angle in fine blanking process

วีระพรรณ กระจับเงิน<sup>1\*</sup> ชาญ ถนัดงาน<sup>2</sup> และ สุรังสี เดชเจริญ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>แผนกเทคนิคการผลิต วิทยาลัยเทคนิคสัตหีบ สัตหีบ ชลบุรี 20250 โทร 0-3823-8398 ต่อ 133 \*อีเมล [veeraphan@gmail.com](mailto:veeraphan@gmail.com)

<sup>2,1</sup>ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

โทร 0-2913-2520 ต่อ 1003<sup>2</sup>, 8208<sup>1</sup> โทรสาร 0-2587-4350 อีเมล [chn@kmitnb.ac.th2](mailto:chn@kmitnb.ac.th2),

[surang@kmitnb.ac.th1](mailto:surang@kmitnb.ac.th1)

Veeraphan Krajubngum<sup>1\*</sup> Charn Thanadngarn<sup>2</sup> and Surangsee Dechjarern<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Production technology, Thai-Austrian technical College, Sattahip, Chonburi, 20250, Thailand,

Tel: 0-3823-8398 Ext: 133, \*E-mail: [veeraphan@gmail.com](mailto:veeraphan@gmail.com)

<sup>2,1</sup>Department of Production Engineering, King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok, Bangsue, Bangkok,

10800, Thailand, Tel: 0-2913-2520 Ext: 1003<sup>2</sup>, 8208<sup>1</sup>, Fax: 0-2587-4350, E-mail: [chn@kmitnb.ac.th2](mailto:chn@kmitnb.ac.th2),

[surang@kmitnb.ac.th1](mailto:surang@kmitnb.ac.th1)

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของ มุมลาดเอียงปากตาย ความลึกมุมลาดเอียงปากตายที่มีผลต่อคุณภาพผิวรอยตัดคุณภาพรูปทรง ในกรรมวิธีการไฟน์แบลนก์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยนำผลการจำลองเชิงตัวเลขที่ได้ไปเปรียบเทียบกับและยืนยันผลการจำลองกับการทดลอง วัสดุชิ้นงานที่ใช้ในการจำลองและทดลองเป็นเหล็กกล้าอะลูมิเนียมตามมาตรฐาน JIS.SP4D P/O มีความหนา 7.2 mm เคลือบเรซินเครื่องมือตัด 0.5 % ของความหนาวัสดุ สำหรับการจำลองใช้มุมลาดเอียงปากตาย 0° ถึง 45° โดยเพิ่มครั้งละ 5° ความลึกมุมลาดเอียงปากตาย 0.5 ถึง 5.0 mm โดยเพิ่มครั้งละ 0.5 mm ตามลำดับ ส่วนการทดลองใช้มุมลาดเอียงปากตาย 45° ความลึกมุมลาดเอียงปากตาย 2.0 mm ชิ้นงานมีการหล่อลิ้นด้วยน้ำมัน Holifa HFF 24

ผลจากการจำลองเชิงตัวเลข ค่าที่ทำให้ความราบเรียบผิวรอยตัดดีสุดคือมุมลาดเอียงปากตาย 45 องศา ที่ความลึกมุมลาดเอียงปากตาย 2 mm โดยได้ค่าความกว้างตาย-โรล 6.117 mm ความลึกตาย-โรล 2.14 mm ความราบเรียบผิวรอยตัดดีสุด  $h_{s1}$  100 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ และ  $h_{s2}$  95.13 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ โดยค่าความผิดพลาดสูงสุดระหว่างผลการจำลองกับผลการทดลองคือ 6.54%

#### Abstract

The objective of this research is to study the effects of the die chamfer angle, the die chamfer depth on the quality of cut edge, the geometrical quality in the fine blanking process by finite element method. The numerical results are then to be compared with the experimental results. In both the simulation and experiment, mild steel JIS.SP4D P/O with 7.2 mm thick, die clearance of 0.5% are used in common. For the simulation, die chamfer angles of 0° to 45° with an increment of 5°, die chamfer depths of 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5 and 5.0 mm are applied. On the other hand, die chamfer angles 45° and die chamfer depth of 2.0 mm. are used for the experiment. Holifa HFF 24 is used as lubricant.

The numerical results show the value is make quality of cut edge very good is die chamfer from 45° and die chamfer depth of 2.0 mm. the value of width die-roll 6.117 mm. depths of die-roll 2.14 mm. and excellent flatness of cut edge  $h_{s1}$  100 % and  $h_{s2}$  95.13 % , the maximum error between the simulation model and the experiment is 6.54 %

## 1. บทนำ

กรรมวิธีการไฟน์แบลนก์ คือ กรรมวิธีการขึ้นรูปโลหะที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว ของ เครื่องจักร และแม่พิมพ์ที่มีระยะช่องว่าง (clearance) เครื่องมือตัดน้อย โดยใช้แรงกดจากวีริง (V-ring) และอีเจกเตอร์พังก์ซ์ (Ejector punch) เพื่อสร้างความเค้นอัดในลักษณะทุกทิศทางให้แก่วัสดุชิ้นงาน ซึ่งจะทำการตัดเฉือนได้ผิวรอยตัดที่ราบเรียบไม่เกิดรอยแตก ด้วยข้อดีของกรรมวิธีดังกล่าว ผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของชิ้นงาน เพื่อให้ได้ขอบตัดเต็มความหนาชิ้นงานไม่มียอยแตก เพราะฉะนั้นจากความต้องการดังกล่าว จึงได้ออกแบบลักษณะปากตายให้มีมุมลาดเอียงเพื่อที่จะศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นกับความเรียบผิวรอยตัด และลักษณะส่วนโค้งมนของชิ้นงาน

การจำลองการขึ้นรูปโลหะด้วยวิธีเชิงตัวเลข โดยกรรมวิธีไฟน์แบลนก์ เป็นลักษณะการจำลองการทำงานที่มีค่าใช้จ่ายน้อย สะดวกรวดเร็ว และสามารถบอกสถานะที่เกิดขึ้นขณะทำการเปลี่ยนรูปหรือตัดเฉือนได้ ซึ่งในการทดลองก็สามารถทำนายได้ แต่จะมีความยุ่งยากและใช้เวลานาน ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการทำสูง จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้นำเอาระเบียบวิธีทางไฟน์แบลนก์ มาช่วยวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการทำนายความเสียหาย และการเปลี่ยนรูปร่างของชิ้นงาน เช่น รอยฉีกขาด รอยเสี้ยน และรูปร่างตายโรลในกรรมวิธีการไฟน์แบลนก์ ผลจากกรรมวิธีทางไฟน์แบลนก์ สอดคล้องกับผลการทดลอง ซึ่งสามารถบ่งชี้ได้ว่ากรรมวิธีทางไฟน์แบลนก์ สามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือเพื่อทำนายความเสียหาย และการเปลี่ยนรูปร่างของชิ้นงานในกรรมวิธีการไฟน์แบลนก์ได้

## 2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 เกณฑ์การแตกหักแบบเหนียว

การหาค่าเกณฑ์การแตกหักเป็นกฎเกณฑ์พื้นฐานในการกำหนดจุดแตกหักที่แท้จริงก่อนที่วัสดุชิ้นงาน จะแยกออกจากกัน โดยการเฝ้าสังเกตการเปลี่ยนรูปของวัสดุจนกระทั่งเกิดการแตกหัก ซึ่งค่าเกณฑ์การแตกหัก ดังกล่าวอาจจะหาค่าได้โดยวิธีการทดสอบการดึง วิธีการทดสอบการกดบนชิ้นงานหรือการวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้อาศัยเกณฑ์การแตกหักแบบเหนียวของ Rice & Tracy มาช่วยในการวิเคราะห์

$$C_{Rice \& Tracy} = \int_0^{\epsilon} e^{\frac{\alpha \sigma_m}{\bar{\sigma}}} d\bar{\epsilon} \quad (1)$$

เมื่อ

$$\begin{aligned} \sigma_m &= \text{ค่าความเค้นเฉลี่ย (Mean Stress)} \\ \alpha &= \text{พารามิเตอร์ปรับแก้} \\ C &= \text{เกณฑ์ความเสียหายของวัสดุ (Fracture Criteria)} \\ \bar{\sigma} &= \text{ความเค้นประสิทธิผล (Effective Stress)} \\ \bar{\epsilon} &= \text{ความเครียดประสิทธิผล (Effective Strain)} \end{aligned}$$

### 2.2 สมบัติทางกลของวัสดุ

การทดสอบหาค่าสมบัติทางกลของวัสดุ ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีทดสอบการดึง โดยวัสดุเป็นเหล็กกล้า ตามมาตรฐาน JIS.SPHD P/O โดยใช้เครื่องทดสอบแรงดึง ซึ่งมีสมบัติทางกลเป็นแบบยืดหยุ่น-พลาสติก วัตถุประสงค์เพื่อทำให้ทราบถึงพฤติกรรมของวัสดุ และสามารถนำมาเขียนแบบโมเดลทางคณิตศาสตร์ของวัสดุ ในรูปของสมการความสัมพันธ์ ระหว่างความเค้นและความเครียดเชิงยกกำลังคือ

$$\bar{\sigma} = K \bar{\epsilon}^n = Y \quad (2)$$

ค่า n คือ เลขยกกำลังของความเครียดเชิง K คือสัมประสิทธิ์ความแข็งแรงของวัสดุ และค่า Y คือความเค้นคราก สำหรับการกำหนดสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการจำลองด้วยระเบียบวิธีไฟน์แบลนก์ โดยจะกำหนด ให้เป็นแบบยืดหยุ่น-พลาสติก จากการทดสอบแรงดึง จะได้ความสัมพันธ์ของสมการความเค้น และความเครียดเชิงยกกำลังดังนี้

$$\bar{\sigma} = 730.76 \bar{\epsilon}^{0.26}$$

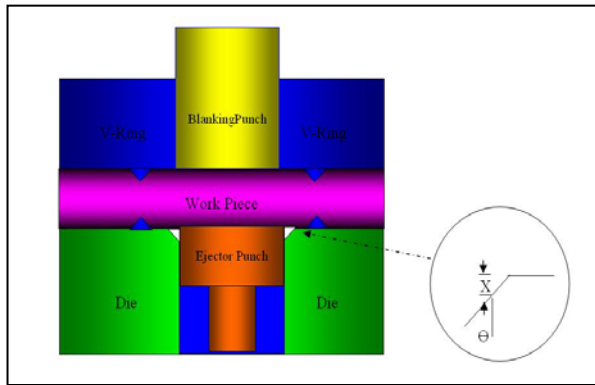
### 2.3 การทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหาย

ในการทดสอบเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายนี้ จะใช้วิธีการกดวงแหวน (Ring Compression Test) โดยจะทำการทดสอบวัสดุ เหล็กกล้า JIS.SPHD P/O ทั้งนี้ก็เพื่อให้ทราบถึงสถานะการกดในกรรมวิธีการไฟน์แบลนก์ว่าค่าของความเสียหายที่เกิดขึ้น มีสัมประสิทธิ์ความเสียหายเกิดขึ้นเท่าใดจากผลการทดสอบการกดวงแหวน เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายของวัสดุชิ้นงานได้ค่า ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายเฉลี่ยเหล็กกล้า JIS.SPHD P/O  $\mu = 0.114$

## 3. กรรมวิธีการจำลองการทำงานทางด้านไฟน์แบลนก์และการทดลอง

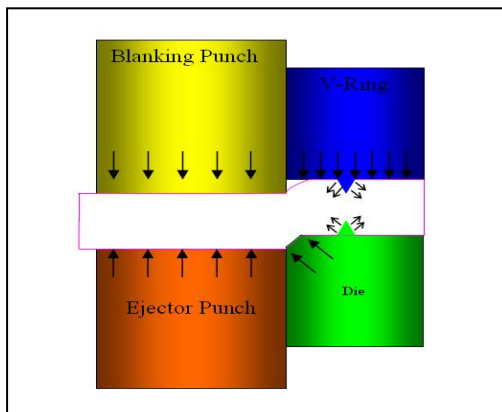
การศึกษาผลของการเอียงมุมปากตายในงานไฟน์แบลนก์ ที่มีผลกระทบต่อผิวรอยตัดและคุณภาพรูปทรงที่ดีของชิ้นงานนั้น มีสิ่งที่ต้องคำนึงถึงเป็นอันดับแรกคือ การออกแบบมุมเอียงปากตายต้องเป็นรูปทรงทางเรขาคณิตเพื่อให้ง่ายต่อการผลิตชิ้นส่วนแม่พิมพ์

โดยการออกแบบต้องยึดหลักการที่จะทำให้ได้มาซึ่งผิวรอยตัดที่เรียบตรงไม่มีรอยแตก หรือตัดได้เต็มความหนา (Full shear) และชิ้นงานมีความราบเรียบสูง (Excellent flatness) เหมือนกับงานไฟนแบลนจ์ทั่วไป ซึ่งจากแนวคิดการออกแบบมุมเอียงปากตายของงานไฟนแบลนจ์ดังกล่าว มีปัจจัยหลักที่ต้องการศึกษา 2 ปัจจัย คือ องค์การในมุมเอียงของปากตาย และความลึกการเอียงมุม ซึ่งปัจจัยทั้ง 2 อย่างจะส่งผลกระทบต่อ แรงกดตัดของแบลนจ์คิงพันซ์ (Blanking punch) แรงกดตัดของวีริง (V-Ring) แรงกดตัดของอีเจ็คเตอร์พันซ์ (Ejector punch) และการตกแต่งผิวสำเร็จบริเวณผิวรอยตัดงานไฟนแบลนจ์ (Burnishing)



ภาพที่ 1 หลักการและแนวคิดการออกแบบมุมเอียงปากตาย

เมื่อมีการเอียงมุมปากตายจะส่งผลกระทบต่อขนาด และทิศทางของแรงกดที่กระทำกับวัสดุชิ้นงาน โดยจะมีผลทำให้วัสดุชิ้นงานมีสมบัติเหมือนกันทุกทิศทาง และเกิดพฤติกรรมการเปลี่ยนรูปแบบถาวรในเนื้อวัสดุ การที่วัสดุชิ้นงานมีสมบัติเหมือนกันทุกทิศทาง จะมีผลกับคุณภาพผิวและคุณภาพรูปทรงของชิ้นงาน ซึ่งงานวิจัยนี้วัสดุชิ้นงานเป็นเหล็กกล้าตามมาตรฐาน JIS.SPHD. P/O



ภาพที่ 2 แสดงแรงกระทำบริเวณปากตาย

### 3.1 การจำลองการไฟนแบลนจ์ด้วยโปรแกรมทางด้านไฟไนต์เอลิเมนต์

โปรแกรม DEFORM สามารถให้ผลการทดลองในรูปแบบการไหลตัวของวัสดุที่แตกต่างกัน โดยใช้พฤติกรรมของวัสดุการจำลองเป็นแบบยืดหยุ่น-พลาสติก (Elasto-Plastic) ตามทฤษฎีของฟอน มิเชส (Von Mises Theory) ในการอธิบายและทำนายผลกระทบที่เกิดขึ้นกับวัสดุ โดยกำหนดแม่พิมพ์ให้เป็นแบบวัสดุแข็งเกร็ง (Rigid) โปรแกรม DEFORM ถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวางและได้ผลดีในอุตสาหกรรมการขึ้นรูปโลหะ โดยสามารถทำนายพฤติกรรมในการไหลตัวของวัสดุและการตกแต่งแม่พิมพ์ ทำนายการสึกหรอของแม่พิมพ์ (Die Wear) ทำนายการแตกหัก การเสียหายของแม่พิมพ์หรือชิ้นงาน ตรวจสอบข้อบกพร่องในการไหลของวัสดุ ตรวจสอบการแตกหักแบบเหนียว ระหว่างกรรมวิธีการผลิต เป็นต้น

### 3.2 การกำหนดเงื่อนไขขอบเขตในการวิจัย

- 3.2.1 วัสดุที่ใช้ในการวิจัย คือ เหล็กกล้าตามมาตรฐาน JIS.SPHD P/O หนา 7.2 mm
- 3.2.2 เคลือบเรซินเครื่องมือตัด 0.5 % ของความหนาวัสดุ
- 3.2.3 มุมคมตัดบริเวณปลายพันซ์ 90°
- 3.2.4 มุมลาดเอียงปากตาย 5° ถึง 45° โดยเพิ่มครั้งละ 5° ความลึกมุมลาดเอียงปากตาย 0.5 ถึง 5.0 mm โดยเพิ่มครั้งละ 0.5 mm ตามลำดับ
- 3.2.5 วัสดุพันซ์-ตายคือเหล็กกล้าเครื่องมือ AISI M2
- 3.2.6 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตาย 62.0 mm
- 3.2.7 ออกแบบโมดูลการจำลองการไฟนแบลนจ์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เพื่อช่วยในการตัดสินใจ
- 3.2.8 จำลองการทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์สำเร็จรูป DEFORM
- 3.2.9 การจำลองตั้งอยู่บนสมมติฐาน แบลนจ์คิงพันซ์ ดายแหวนจิก และ อีเจ็คเตอร์พันซ์ เป็นวัสดุแข็งเกร็งแบบสมมาตรรอบแกนพฤติกรรมการไหลตัวของวัสดุเป็นแบบ ยืดหยุ่นพลาสติก
- 3.2.10 ใช้สารหล่อลื่น Holifa: Fine Blanking Oil HFF 24 เป็นน้ำมันสังเคราะห์ที่ใช้ในงานขึ้นรูปโลหะสำหรับการไฟนแบลนจ์ โดยตรงซึ่งมีสมบัติเหมือนน้ำมันที่ได้จากธรรมชาติแต่มีความหนืดสูง
- 3.2.11 ความเร็วแบลนจ์คิงพันซ์ 40 mm/s ขนาดกำลังเครื่องเพรส 320 ตัน

#### 4. ผลการวิจัยและวิเคราะห์ผล

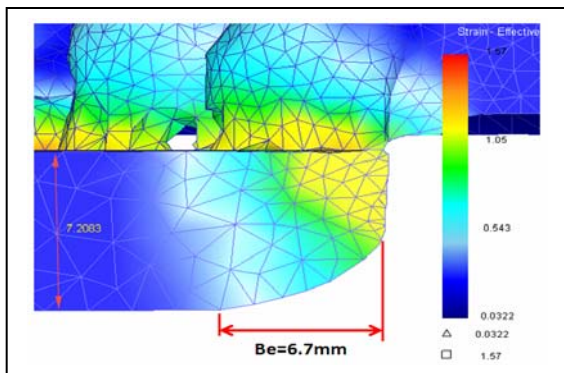
##### 4.1 ผลที่ได้จากการจำลองการทำงานด้วยระเบียบวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์

###### 4.1.1 ผลการทดสอบแรงดึง

ก่อนที่จะนำเอาวัสดุมาทำการทดลอง จำเป็นที่จะต้องนำวัสดุ มาทำการทดสอบหาสมบัติของวัสดุเพื่อหาค่าอ้างอิงที่จะไปใช้ในการทดลองและการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์โดยการทดสอบแรงดึง ซึ่งวัสดุที่ใช้ในการทดสอบนี้คือเหล็กตามมาตรฐาน JIS. SPHD P/O ความหนา 7.2mm ได้ค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุด 554 N/mm<sup>2</sup>

##### 4.2 ผลที่ได้จากการทดลอง

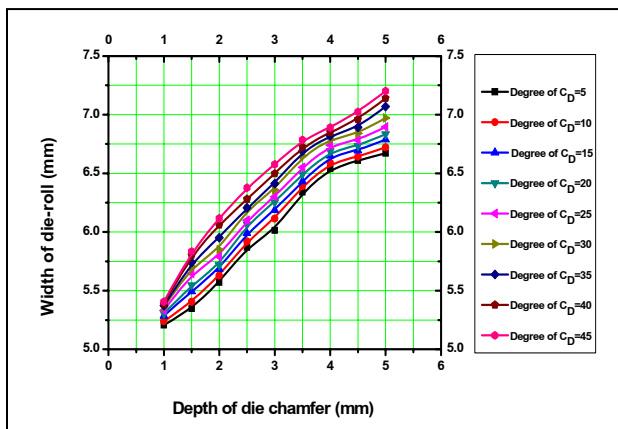
###### 4.2.1 อิทธิพลของมุมปากตายและความลึกมุมปากตายต่อความกว้างตายโรล



ภาพที่ 3 ภาพแสดงการวัดค่าความกว้างตายโรลที่ระยะเอียงมุม

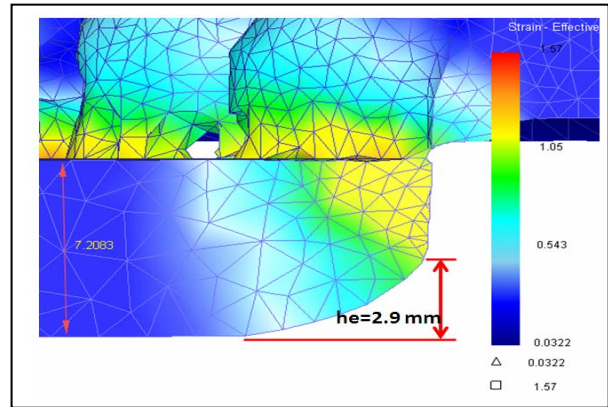
45 องศา ความลึกเอียงมุม 3 mm ของการจำลอง

ภาพที่ 3 จะเป็นภาพที่แสดงวิธีการวัดค่าของความกว้างตายโรลจากการจำลองทำให้ได้ข้อมูล ระหว่างความลึกมุมปากตายกับความกว้างตายโรลมาเพื่อกราฟหาความสัมพันธ์ โดยจะได้ว่าความลึกมุมปากตายมีค่ามากขึ้น ทำให้ความกว้างตายโรลมากขึ้นซึ่งสามารถเขียนกราฟได้ดังนี้



ภาพที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างตายโรลกับความลึกมุมปากตาย

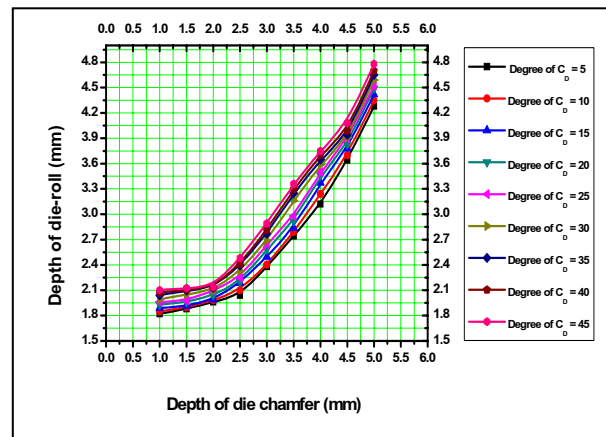
###### 4.2.2 อิทธิพลของมุมปากตายและความลึกมุมปากตายต่อความลึกตายโรล



ภาพที่ 5 ภาพแสดงการวัดค่าความลึกตายโรลที่ระยะเอียงมุม

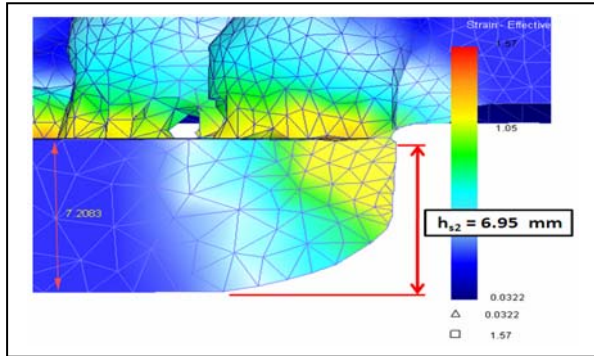
45 องศา ความลึกเอียงมุม 3 mm ของการจำลอง

ภาพที่ 5 เป็นภาพที่แสดงการวัดค่าของความลึกตายโรลจากการจำลอง เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความลึกมุมปากตายกับความลึกตายโรล ความลึกมุมปากตายยิ่งมากจะทำให้ความลึกตายโรลมากตามแต่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงมากกว่าจะเห็นได้จากกราฟดังนี้

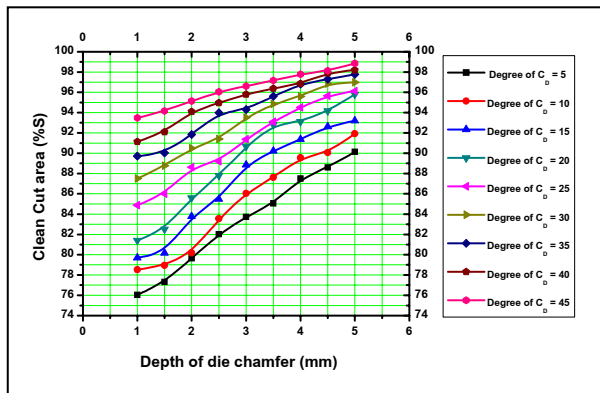


ภาพที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความลึกตายโรลกับความลึกมุมปากตาย

4.2.3 อิทธิพลของมุมปากตายและความลึกมุมปากตายต่อความราบเรียบผิวรอยตัดเฉือน

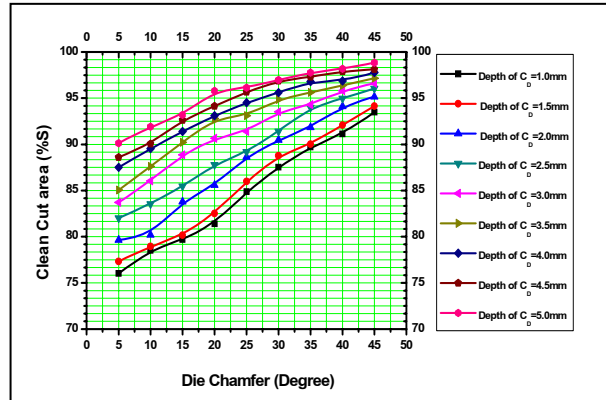


ภาพที่ 7 ภาพแสดงการวัดความราบเรียบผิวที่ระยะเอียงมุม 45 องศา ความลึกเอียงมุม 3 mm ของการจำลองกรรมวิธีการไฟน์แบลنگ์สิ่งที่เป็นมากที่สุดคือ ความราบเรียบผิวรอยตัดเฉือนเพื่อบรรลุดัชนีประสิทธิผลงานวิจัยนี้ จึงให้ความสนใจเกี่ยวกับ ความราบเรียบผิวรอยตัดเฉือนเป็นพิเศษจากการจำลองได้แสดงวิธีการวัดค่าความราบเรียบผิวรอยตัดตั้งภาพที่ 7 พบว่าความลึกมุมปากตาย มีผลต่อความราบเรียบผิวรอยตัดเฉือนมากกว่าความกว้างตายโรล และความลึกตายโรล



ภาพที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความราบเรียบผิวรอยตัดเฉือนกับความลึกมุมปากตาย

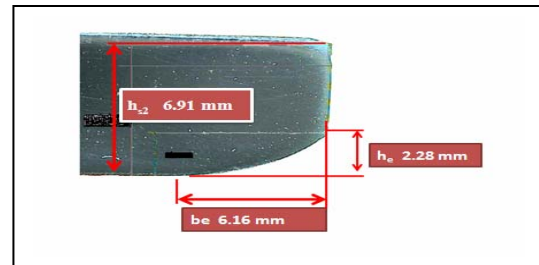
จากกราฟตั้งภาพที่ 8 ความลึกมุมปากตายและมุมเอียงปากตายมีผลต่อความราบเรียบผิวรอยตัดเฉือน ความลึกมุมปากตายมากทำให้ความราบเรียบผิวรอยตัดเฉือนมาก เช่นเดียวกันมุมปากตายมากทำให้ความราบเรียบผิวรอยตัดเฉือนมาก



ภาพที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความราบเรียบผิวรอยตัดเฉือนกับมุมปากตาย

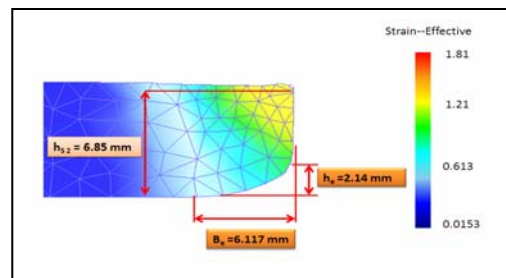
4.3 ขอบตัดของชิ้นงานที่ได้จากกรรมวิธีไฟน์แบลنگ์

ขอบตัดของชิ้นงานที่ได้จากการจำลอง และการทดลอง จะต้องทำการเปรียบเทียบเพื่อที่จะหาเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าความราบเรียบรอยตัดเฉือน ความกว้างตายโรล ความลึกตายโรล เพื่อยืนยันผลการจำลอง



ภาพที่ 10 แสดงการวัดลักษณะรูปทรงชิ้นงานจากการทดลอง

ภาพที่ 10 แสดงให้เห็นถึงภาพขอบตัดของชิ้นงานที่ได้จากการทดลอง โดยพิจารณาคุณภาพของขอบตัดที่มุมปากตาย 45 องศา ความลึกมุมปากตาย 2 mm จะได้ชิ้นงานมีความราบเรียบผิวรอยตัดเฉือน 95.97 เปอร์เซ็นต์ ของความหนาชิ้นงาน เกิดความกว้างตายโรลต่ำสุดที่ 6.16 mm ความลึกตายโรลต่ำสุด 2.28 mm



ภาพที่ 11 แสดงรูปทรงและคุณภาพผิวของชิ้นงานจากการจำลอง

ภาพที่ 11 แสดงลักษณะขอบตัดที่ได้จากการจำลองโดยมีค่าแรงกดรี-ริง 12 ตัน และเคาน์เตอร์พันธ์ 5 ตัน โดยพิจารณาคุณภาพของขอบตัดที่มุมปากตาย 45 องศา ความลึกมุมปากตาย 2 mm จะได้ชิ้นงานมีความราบเรียบผิวรอยตัดเดือน 95.13 เปอร์เซ็นต์ ของความหนาชิ้นงาน เกิดความกว้างตายโรลต่ำสุดที่ 6.118 mm ความลึกตายโรลต่ำสุด 2.14

**ตารางที่ 1** สรุปค่าความผิดพลาดจากการจำลองและการทดลอง

รายละเอียดการวัดค่าต่าง ๆ	ผลลัพธ์ค่าความผิดพลาด (%)
1.ความกว้างตายโรล mm	0.83
2.ความลึกตายโรล mm	6.54
3. ความลาดเอียงภาคตัดขวางผิวรอยตัด W (mm)	0
4. เปอร์เซ็นต์ความราบเรียบผิวรอยตัดเดือน $h_{s1}$ (mm)	0
5.เปอร์เซ็นต์ความราบเรียบผิวรอยตัดเดือน $h_{s2}$ (mm)	0.875

## 5. สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาผลกระทบของมุมปากตายสำหรับ งานไฟน์แบลนจ์โดยการทดลอง และการวิเคราะห์จากการจำลองด้วยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ สามารถสรุปได้ดังนี้

มุมปากตายที่มีผลต่อคุณภาพผิว และคุณภาพรูปทรงที่ได้จากการจำลองดังนี้คือ มุมปากตายมีค่ามากขึ้นซึ่งทำให้ความราบเรียบผิวรอยตัดเดือน และความกว้างตาย-โรลมากขึ้นตามค่าที่ทำให้ความราบเรียบรอยตัดเดือนดีที่สุดคือมุมปากตาย 45 องศา ที่ความลึกมุมปากตาย 2 mm โดยได้ค่าความกว้างตาย-โรล 6.117 mm ความลึกตาย-โรล 2.14 mm ความราบเรียบผิวรอยตัดเดือน  $h_{s1}$  100 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุและ  $h_{s2}$  95.13 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ

ค่าความผิดพลาดระหว่างการทดลองเทียบ กับการจำลอง ดังนี้ความกว้างตายโรล 0.83% ความลึกตายโรล 6.54 % เปอร์เซ็นต์ความราบเรียบผิวรอยตัดเดือน  $h_{s2}$  0.875 % และความลาดเอียงภาคตัดขวาง 0.0 % ผลจากการวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์สอดคล้องกับผลการทดลอง ซึ่งสามารถบ่งชี้ได้ว่ากรรมวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์สามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือ เพื่อทำนายคุณภาพผิวชิ้นงานในกรรมวิธีการไฟน์แบลนจ์

## 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] สุเทพ เขียมชัยภูมิ "การศึกษาไฟน์แบลนจ์แบบไร้แหวนจิก" วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต ภาควิชาวิศวกรรมผลิต บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2548.
- [2] Brokken, Drik. – Eindhoven. Numerical modelling of ductile fracture in blanking. Nederland : Technische Universiteit Eindhoven, 1999.
- [3] Taupin, Etienne, et al. "Material fracture and burr formation in blanking of fem simulations and comparison with experiments." Journal of Material Processing Technology. 59, (1996) : 68-78.
- [4] Gang Fang, Pan Zeng and Lulian Lou. "Finite element simulation of clearance on the forming process." Journal of Materials Processing Technology. 64, (2002) : 209-215.
- [5] ชาญ ถนังงาน. เทคโนโลยีการขึ้นรูปโลหะ. กรุงเทพมหานคร : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2547
- [6] Chen, Z. H., et al. "A Study of Strain Localization in the Fine-Blanking Process Using the Large Deformation Finite Element Method." Journal of Materials Processing Technology. 86, (1999) : 163-197.
- [7] Chen, Z. H., et al. "Numerical Simulation of Fine-Blanking Process Using Mixed Finite Element Method." Journal of Materials Processing Technology. 44, (2002) : 1309-1333.
- [8] Hambli, R. "Finite Element Simulation of Fine Blanking Process Using a Pressure Dependent Damage Model." Journal of Materials Processing Technology. 116, (2001) : 252-264.
- [9] Chan, L. C., et al. "Numerical simulation for fine-blanking-a new approach." Ph.D. Thesis, Department of Industrial and Systems Engineering, Hong Kong Polytechnic University, 2000.
- [10] Chen, Z. H., et al. "An investigation on the formation and propagation of shear band in fine-blanking process." Ph.D. Thesis, Department of Industrial and Systems Engineering, Hong Kong Polytechnic University, 2003.
- [11] Lee, T. C., Chan, L. C. and Cheng, P. F. "Application of the Finite Element Deformation Method in the Fine Blanking Process." Journal of Material Processing Technology. 63, (1997) : 744-749.