

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
รายการตาราง	ช
รายการรูปประกอบ	ฉ
รายการสัญลักษณ์	ฎ
ประมวลคำศัพท์และคำย่อ	ฏ
<b>บทที่</b>	
<b>1. บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง	2
1.4 สมมุติฐานงานวิจัย	2
1.5 ขอบเขตการวิจัย	2
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ	3
1.7 นิยามคำศัพท์เฉพาะ	3
<b>2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>	<b>4</b>
2.1 กระบวนการขึ้นรูปโลหะ(Metal forming Process)	4
2.2 ประเภทของการขึ้นรูปโลหะ	4
2.3 โลหะที่ใช้ในการทดลอง	7
2.4 ขอบตัดของชิ้นงาน	9
2.5 การออกแบบแม่พิมพ์ตัด	13
2.6 การคำนวณหาช่องว่างระหว่างพินซ์และตาย	19

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.7 การคำนวณแรงในการตัด	21
2.8 ตำแหน่งของการสึกหรอของแม่พิมพ์ตัด	26
2.9 การกำหนดขนาดฟันซ์และคาย	27
2.10 เครื่องจักรที่ใช้ในการทดลอง	37
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	37
<b>3. วิธีการดำเนินการวิจัย</b>	<b>41</b>
3.1 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	41
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	42
3.3 วัสดุทำแม่พิมพ์ที่ใช้ในการวิจัย	46
3.4 วัสดุชิ้นงานที่ใช้ในการวิจัย	46
3.5 การบันทึกข้อมูล	46
<b>4. ผลการวิจัย</b>	<b>48</b>
4.1 การสึกหรอของฟันซ์ในการตัดแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม (AISI 304)	48
4.2 การวิเคราะห์คุณภาพของรอยตัดเดือนขอบชิ้นงาน	51
4.3 การวิเคราะห์การสึกหรอของฟันซ์	54
4.4 การวิเคราะห์รูปทรงของชิ้นงาน	58
<b>5. สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ</b>	<b>59</b>
5.1 สรุปผลการทดลองในการสึกหรอของฟันซ์ (punch)	59
5.2 อภิปรายผลการทดลอง	60
5.3 ข้อเสนอแนะ	60
<b>เอกสารอ้างอิง</b>	<b>61</b>

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
<b>ภาคผนวก</b>	
ก. ตารางชั่งน้ำหนัก	63
ข. แบบงานแม่พิมพ์	66
ค. แรงในการตัด	97
<b>ประวัติผู้วิจัย</b>	<b>99</b>

## รายการตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	ระยะเคลือบเรซินที่เหมาะสม และความต้านทานแรงเฉือนของวัสดุชนิดต่าง ๆ	18
2.2	ตารางช่องว่างระหว่างฟันซี่และคายสำหรับวัสดุชนิดต่าง ๆ ต่อข้าง [ไทยเยอรมัน]	28
2.3	ขนาดช่องว่างฟันซี่และคาย (c) แปรผันตามความหนาวัสดุ (t) และความต้านทานแรงเฉือน (Tu)	29
2.4	ความกว้างเอ็นกลางและขอบตาVID 3367 (ค่าแนะนำสำหรับวัสดุเปราะและอ่อนรวมทั้งแทบหมุนกลับให้เพิ่มขึ้น 50%)	34
2.5	การกำหนดความกว้างแถบ	36
ก.1	ตารางการชั่งน้ำหนักฟันซี่รูปทรงกระบอก	64
ก.2	ตารางการชั่งน้ำหนักฟันซี่รูปทรงสี่เหลี่ยม	64
ก.3	ตารางส่วนต่างน้ำหนักฟันซี่รูปทรงกระบอก	64
ก.4	ตารางส่วนต่างน้ำหนักฟันซี่รูปทรงสี่เหลี่ยม	65

## รายการรูปประกอบ

รูป	หน้า	
2.1	กระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่นและกระบวนการขึ้นรูปโลหะก้อน	4
2.2	องค์ประกอบของงานขึ้นรูปโลหะแผ่น	5
2.3	กรรมวิธีการตัดและพฤติกรรมการตัดโลหะแผ่น	6
2.4	ส่วนต่างๆ ของขอบตัดของชิ้นงาน	9
2.5	ความเค้นในเนื้อชิ้นงานระหว่างกระบวนการตัด	11
2.6	กลไกการเกิดส่วนโค้งมนกรณีไม่มีเคลือบเรซิน	11
2.7	กลไกการเกิดส่วนโค้งมนกรณีเคลือบเรซินเป็นบวก	12
2.8	กลไกการเกิดครีบ	12
2.9	ระยะเคลือบเรซินในการตัดแผ่นชิ้นงานกลม	13
2.10	การบรรจบกันของรอยแตกในชิ้นงาน	14
2.11	ขอบตัดที่ได้เมื่อใช้ระยะเคลือบเรซินที่เหมาะสม	14
2.12	ลักษณะการขยายตัวของรอยแตกในชิ้นงานกรณีที่ระยะเคลือบเรซินน้อยเกินไป	15
2.13	ขอบตัดที่ได้เมื่อใช้ระยะเคลือบเรซินน้อยเกินไป	15
2.14	ขอบตัดที่ได้เมื่อใช้ระยะเคลือบเรซินมากเกินไป	16
2.15	ขอบตัดของชิ้นงานที่ได้ในกรณีที่ตำแหน่งของพันธะและคายเยื้องศูนย์กลางกัน	17
2.16	รูปการตัดแผ่นเปล่า	19
2.17	การกำหนด Die ในกรณีที่ตัดแผ่นเปล่า	19
2.18	การตัดเจาะ	20
2.19	การกำหนดขนาดของพันธะในกรณีที่ตัดแผ่นเปล่า	20
2.20	แสดงแนวตัดทำมุม 90 องศา	22
2.21	รูตัดชิ้นงานเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า	23
2.22	รูตัดชิ้นงานเป็นรูปวงกลม	24
2.23	ชิ้นงาน	24
2.24	ชิ้นงาน	25
2.25	การสึกหรอที่เกิดขึ้นบนพันธะและคาย	27
2.26	กระบวนการตัดเฉือน	29
2.27	ชิ้นงาน	31

## รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป	หน้า	
2.28	แบบงานตัด	33
2.29	ขนาดและรูปร่างของฟันซ์และคาย	38
2.30	ค่าระยะการสึกหรอของฟันซ์แม่พิมพ์ตัดวัสดุ JIS S45C	40
3.1	ฟันซ์รูปทรงสี่เหลี่ยมคมตัดตรง คมตัดเฉียง คมตัดบาก	42
3.2	ฟันซ์รูปทรงกระบอกคมตัดตรง คมตัดเฉียง คมตัดบาก	42
3.3	แม่พิมพ์ตัดที่ใช้ฟันซ์รูปทรงกระบอก	43
3.4	แม่พิมพ์ตัดที่ใช้ฟันซ์รูปทรงสี่เหลี่ยม	43
3.5	เครื่องเพรสแบบข้อเหวี่ยง	44
3.6	เครื่องทดสอบความแข็ง	44
3.7	กล้องจุลทรรศน์	45
3.8	เครื่องทดสอบหาส่วนผสมทางเคมี	45
3.9	เครื่องชั่งน้ำหนัก	46
4.1	การเปรียบเทียบการสึกหรอของฟันซ์รูปทรงกระบอกในแต่ละชนิดคมตัด	48
4.2	แผนภูมิเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การสึกหรอของฟันซ์ทรงกระบอก	49
4.3	การเปรียบเทียบการสึกหรอของฟันซ์รูปทรงสี่เหลี่ยมในแต่ละชนิดคมตัด	50
4.4	แผนภูมิเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การสึกหรอของฟันซ์ทรงสี่เหลี่ยม	51
4.5	รูปขอบชิ้นงานตัดเปล่า โดยใช้ฟันซ์รูปทรงสี่เหลี่ยม	52
4.6	รูปขอบชิ้นงานตัดเปล่า โดยใช้ฟันซ์รูปทรงกระบอก	53
4.7	ภาพเปรียบเทียบการสึกหรอด้านหน้าตัดและด้านข้างของฟันซ์รูปทรงกระบอก	54
4.8	ภาพการเปรียบเทียบการสึกหรอด้านหน้าตัดและด้านข้างของฟันซ์รูปทรงสี่เหลี่ยม	56
4.9	รูปทรงขอบชิ้นงานทรงสี่เหลี่ยม	58
4.10	รูปทรงขอบชิ้นงานทรงกระบอก	58

## รายการสัญลักษณ์

$a$	=	ความกว้างขอบ
$b$	=	ความกว้างแถบงาน
$C_c$	=	ระยะเคลือบเร็นซ์
$C$	=	ช่องว่างระหว่างฟันซ์และคาย
$d$	=	ขนาดช่องผ่านคมตัดคาย
$D_p$	=	เส้นผ่าศูนย์กลางฟันซ์
$D_D$	=	เส้นผ่าศูนย์กลางคาย
$D$	=	ขนาดครุคาย
$e$	=	ความกว้างเอ็นกลาง
$f$	=	ระยะป้อน
$F$	=	แรง
$G_{min}$	=	ขนาดต่ำสุดชิ้นงาน
$G_{max}$	=	ขนาดสูงสุดชิ้นงาน
$i$	=	ความกว้างข้างคมตัดด้านข้าง
$l_c$	=	ความยาวระหว่างเอ็นกลาง
$l_a$	=	ความยาวระหว่างขอบ
$L$	=	เส้นความยาวการตัด
$N$	=	นิวตัน
$R$	=	เส้นรอบรูปการตัด
$S$	=	ความต้านทานแรงเฉือน
$t$	=	ความหนาของชิ้นงานที่ตัด
$Ton$	=	ตัน
$t$	=	พิกัดความคาดเคลื่อนของชิ้นงาน
$w$	=	เส้นความกว้างการตัด

## ประมวลคำศัพท์และคำย่อ

Burr	=	ครีป
Blanking Process	=	กระบวนการตัดเนียน
Bending Process	=	กระบวนการพับขึ้นรูปโลหะ
Clearance	=	ช่องว่างระหว่างพื้นซ์
Die	=	แม่พิมพ์ตัวเมีย
Die Roll	=	รอยโค้งมน
Deep Drawing Process	=	กระบวนการลากขึ้นรูป
Estrasniom Process	=	การขึ้นรูปโลหะก้อน
Forging Process	=	การทุบขึ้นรูปโลหะ
Fine Blanking	=	งานตัดละเอียด
Manufacturing Process	=	กระบวนการผลิต
Metal Forging Process	=	งานเปลี่ยนรูปโลหะ
Punch	=	แม่พิมพ์ตัวผู้
Product	=	ผลิตภัณฑ์
Rolling Process	=	กระบวนการรีดขึ้นรูป
Sheet metal forging	=	กระบวนการขึ้นรูปโลหะ