

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
รายการตาราง	ช
รายการรูปประกอบ	ฉ
รายการสัญลักษณ์	ฐ
ประมวลศัพท์และคำย่อ	ฑ
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 สมมติฐานของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ขอบเขตการวิจัย	2
1.6 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา	3
1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 งานขึ้นรูปโลหะ Stamping die	4
2.2 งานตัด Shearing	6
2.3 ทฤษฎีการตัด Principle Cutting	7
2.4 ขอบชิ้นงานที่ได้จากการตัด	16
2.5 การเตรียมแผ่นงานในการผลิต	18
2.6 วัสดุที่ใช้ในการผลิต พันธ์ และ ดาย	23
2.7 การเจียรระโนคมตัดที่ พันธ์ และ ดาย	23
2.8 การชุบพันธ์ และ ดาย	24

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.9 การอบคืนตัว Tempering	25
2.10 แม่พิมพ์ตัดแผ่นเปล่า Blanking	26
2.11 ส่วนประกอบของแม่พิมพ์ตัด	27
2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	32
3. วิธีดำเนินการวิจัย	33
3.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลของงานวิจัย	33
3.2 เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในงานทดลอง	33
3.3 การทดลองเบื้องต้น Pilot study	36
3.4 ขั้นตอนดำเนินการทดลอง	37
4. ผลงานวิจัย	39
4.1 ผลการทดลองการสึกหรอของพันธ์ในการตัดเฉือนชิ้นงาน	39
4.2 การวิเคราะห์ขอบตัดเฉือนของชิ้นงานเหล็กกล้าคาร์บอน S10C	43
4.3 การวิเคราะห์รูปทรงของชิ้นงานเหล็กกล้าคาร์บอน S10C ที่ผ่านการตัดเฉือน	52
5. สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ	57
5.1 สรุปผลการสึกหรอของ พันธ์	57
5.2 สรุปผลขอบตัดชิ้นงานเหล็กกล้าคาร์บอน S10 C	57
5.3 สรุปผลรูปทรงของชิ้นงาน	58
5.4 อภิปรายผล	58
5.5 สรุปผลนำไปประยุกต์ใช้	59
5.6 ประโยชน์ที่ได้จากงานวิจัยนี้	59

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	60
ภาคผนวก	
ก. ตารางข้อมูล	62
ข. รูปภาพประกอบ	66
ค. แบบงานแม่พิมพ์	73
ประวัติผู้วิจัย	104

รายการตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 ตารางช่องว่างระหว่างฟันซ์ และ คาย สำหรับวัสดุชนิดต่าง ๆ	10
2.2 ตารางแสดงระยะเพื่อขอบงานในการตัด	20
3.1 ตารางการทดลองเบื้องต้น Pilot Study	37
4.1 ตารางแสดงการยกตัวของชิ้นงานรูปทรงกลมและรูปทรงสี่เหลี่ยม	55
ก.1 ตารางแสดงผลัพธ์การชั่งน้ำหนักของฟันซ์	63
ก.2 ตารางแสดงการทดสอบความแข็งของฟันซ์ และ คาย ด้วยเครื่อง Hardness Tester	63
ก.3 ตารางทดสอบหาส่วนผสมของเหล็กกล้าคาร์บอน S10C	63
ก.4 ตารางทดสอบหาส่วนผสมของฟันซ์	64
ก.5 ตารางทดสอบหาส่วนผสมของคายน รูปทรงกลม	64
ก.6 ตารางทดสอบหาส่วนผสมของคายน รูปทรงสี่เหลี่ยม	64
ก.7 ตารางแสดงผลัพธ์การวัดขนาดของชิ้นงาน	65

รายการรูปประกอบ

รูป	หน้า
2.1 แม่พิมพ์เดี่ยว	5
2.2 แม่พิมพ์ผสม	5
2.3 แม่พิมพ์ต่อเนื่อง	5
2.4 กระบวนการตัดเนื้อรูปแบบต่าง ๆ	6
2.5 การตัดแบบ Blanking	6
2.6 การตัดแบบ Piercing	7
2.7 แสดง พันธ์ และ คาย	7
2.8 ทิศทางของแรงที่กระทำต่อชิ้นงาน	7
2.9 แสดงช่องว่างระหว่างคมตัดพันธ์ และ คาย	8
2.10 แสดงการตัด	9
2.11 ช่องว่างระหว่าง พันธ์ และ คาย	9
2.12 ผล Clearance ระหว่าง พันธ์ และ คาย	9
2.13 การตัดแผ่นเปล่า	11
2.14 การกำหนดคาย ในกรณีตัดแผ่นเปล่า	11
2.15 การตัดเจาะ	11
2.16 การกำหนดขนาดพันธ์ ในกรณีตัดแผ่นเปล่า	11
2.17 แสดงแนวตัดทำมุม 90 องศา	12
2.18 รูตัดชิ้นงานเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า	14
2.19 รูตัดชิ้นงานเป็นรูปวงกลม	14
2.20 ชิ้นงาน	15
2.21 ชิ้นงาน	16
2.22 ขอบชิ้นงานที่ได้จากการตัดทั่วไป	17
2.23 กลไกการเกิดรอยโค้งมน	18
2.24 การกำหนดลักษณะงานผลิต	19
2.25 ทำการผลิตแถวเดียว	19
2.26 ชิ้นงานแถวเดียว $B = D + 2.b$	19

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป	หน้า
2.27 การหาระยะเลื่อนแผ่นงาน	20
2.28 พื้นที่ของชิ้นงาน	21
2.29 รูปชิ้นงาน	22
2.30 การวางการผลิตแบบแถวเดียว	22
2.31 กรรมวิธีการทำ Hardening	25
2.32 ชิ้นงานที่ได้มาจากแม่พิมพ์ตัดแผ่นเปล่า	26
2.33 แม่พิมพ์ตัดแผ่นเปล่า	26
2.34 ชิ้นงานที่ผ่านการบีบอัด	27
2.35 รูปร่างของชุด Die Set	27
2.36 Die Block	28
2.37 Blanking Punch	29
2.38 Piercing Punch	29
2.39 แผ่นยึด Punch	29
2.40 ลักษณะของสลักนำ Pilots	30
2.41 ลักษณะของ Back Gage	30
2.42 Finger Stop	30
2.43 Automatic Stop	31
2.44 Stripper Plate	31
3.1 เครื่อง Press แบบค้อม้า	33
3.2 เครื่องทดสอบความแข็ง	34
3.3 ก่อจตุรทรรศน์แบบแสง	34
3.4 เครื่องทดสอบหาส่วนผสมทางเคมี	35
3.5 ชุดแม่พิมพ์ตัดชิ้นงานรูปทรงกลมและรูปทรงสี่เหลี่ยม	35
3.6 เครื่องชั่งน้ำหนัก	35
3.7 ลักษณะของรูปทรงคมตัดพันซ์	36
3.8 เวอร์เนียร์ไฮเกจ	36
4.1 กราฟแสดงการสึกหรอของพันซ์ รูปทรงกลม	39

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป		หน้า
4.2	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การสึกหรอของพันธูรูปทรงกลม	40
4.3	แสดงการสึกหรอของพันธูรูปทรงสี่เหลี่ยม	41
4.4	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การสึกหรอของพันธูรูปทรงสี่เหลี่ยม	42
4.5	กราฟแสดงการเปรียบเทียบการสึกหรอของพันธู	42
4.6	กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การสึกหรอของพันธูรูปทรงกลมและ รูปทรงสี่เหลี่ยม	43
4.7	ขอบตัดเดือนชิ้นงานของพันธูรูปทรงกลมคมตัดตรง	44
4.8	ขอบตัดเดือนชิ้นงานของพันธูรูปทรงกลมคมตัดเฉียง	45
4.9	ขอบตัดเดือนชิ้นงานของพันธูรูปทรงกลมคมตัดหัวบาก	46
4.10	แสดงรอยตัดเดือนของชิ้นงานรูปทรงกลมที่ 400 ชิ้น	47
4.11	ขอบตัดเดือนชิ้นงานของพันธูรูปทรงสี่เหลี่ยมคมตัดตรง	47
4.12	ขอบตัดเดือนชิ้นงานของพันธูรูปทรงสี่เหลี่ยมคมตัดเฉียง	48
4.13	ขอบตัดเดือนชิ้นงานของพันธูรูปทรงสี่เหลี่ยมคมตัดหัวบาก	49
4.14	แสดงรอยตัดเดือนของชิ้นงานรูปทรงสี่เหลี่ยมที่ 400 ชิ้น	51
4.15	แสดงรอบตัดเดือนของชิ้นงานรูปทรงกลมและรูปทรงสี่เหลี่ยมที่ 400 ชิ้น	51
4.16	แสดงรูปทรงของชิ้นงานที่ผ่านการตัดเดือนด้วยพันธูรูปทรงกลมคมตัดตรง	52
4.17	แสดงรูปทรงของชิ้นงานที่ผ่านการตัดเดือนด้วยพันธูรูปทรงกลมคมตัดเฉียง	53
4.18	แสดงรูปทรงของชิ้นงานที่ผ่านการตัดเดือนด้วยพันธูรูปทรงกลมคมตัดหัวบาก	53
4.19	แสดงรูปทรงของชิ้นงานที่ผ่านการตัดเดือนด้วยพันธูรูปทรงสี่เหลี่ยมคมตัดตรง	53
4.20	แสดงรูปทรงของชิ้นงานที่ผ่านการตัดเดือนด้วยพันธูรูปทรงสี่เหลี่ยมคมตัดเฉียง	54
4.21	แสดงรูปทรงของชิ้นงานที่ผ่านการตัดเดือนด้วยพันธูรูปทรงสี่เหลี่ยมคมตัดหัวบาก	55
4.22	ชิ้นงานรูปทรงกลมและสี่เหลี่ยมที่ผ่านการตัดเดือนที่ 400 ชิ้น	55
ข.1	การซั้งน้ำหนักรของ พันธูรูปทรงกลม	67
ข.2	การซั้งน้ำหนักรของพันธูรูปทรงสี่เหลี่ยม	67
ข.3	ชุดแม่พิมพ์	68
ข.4	ประกอบชุดแม่พิมพ์รูปทรงกลมเข้ากับเครื่อง Press	68
ข.5	ประกอบชุดแม่พิมพ์รูปทรงสี่เหลี่ยมเข้ากับเครื่อง Press	68
ข.6	ทดลองตัดเดือนชิ้นงานรูปทรงกลม	69

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป	หน้า
ข.7 ทดลองตัดเนื้อชิ้นงานรูปทรงสี่เหลี่ยม	69
ข.8 เจียรระไนลับคมตัด คาย	69
ข.9 ล้างพันธด้วยกรดอซิโตน	70
ข.10 ทดสอบหาส่วนผสมของ คาย	70
ข.11 ทดสอบหาส่วนผสมของเหล็กกล้าคาร์บอน S10C	70
ข.12 ทดสอบหาความแข็งของคายนบนเครื่องทดสอบความแข็ง	71
ข.13 ทดสอบหาความแข็งพันธ บนเครื่องทดสอบความแข็ง	71
ข.14 ตรวจสอบขอบตัดของชิ้นงานด้วยกล้องจุลทรรศน์	71
ข.15 ทดสอบหาส่วนผสมของพันธ	72
ข.16 วัดขนาดความหนาชิ้นงานรูปทรงกลม	72
ข.17 วัดขนาดความหนาชิ้นงานรูปทรงสี่เหลี่ยม	72

รายการสัญลักษณ์

D	=	ขนาดของรู คาย
C	=	ช่องว่างระหว่าง พันซ์ และ คาย
F	=	แรง
S	=	ความต้านแรงเฉือน (กิโลกรัมต่อตารางมิลลิเมตร)
R	=	เส้นรอบรูปการตัด (มิลลิเมตร)
t	=	ความหนาของชิ้นงานที่ตัด (มิลลิเมตร)
W	=	เส้นความกว้างของการตัด (มิลลิเมตร)
L	=	เส้นความยาวของการตัด (มิลลิเมตร)
B	=	ความกว้างของแผ่นงาน
b	=	ระยะเพื่อขอบงาน
D	=	ด้านยาวที่สุดของชิ้นงานที่จะผลิต
V	=	ระยะของแผ่นงานแต่ละครั้ง
L	=	ด้านความกว้างของชิ้นงาน
Zw	=	จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ต่อความยาวของแผ่นงาน
Ls	=	ความยาวของแผ่นชิ้นงาน
n	=	ประสิทธิภาพในการใช้พื้นที่ของแผ่นวัตถุดิบ
Ap	=	พื้นที่ของชิ้นงานที่ผลิตได้ใน 1 แผ่นงาน
As	=	พื้นที่ของแผ่นงาน
R	=	จำนวนแถวในการวางตำแหน่งในการผลิต

ประมวลคำศัพท์

Cutting Die	= แม่พิมพ์ตัด
Punch	= รูปทรงของคมตัดที่มีพื้นที่หน้าตัดตามรูปทรงของชิ้นงานมีความยาวจะถูกจับยึดติดกับแม่พิมพ์ด้านบนของแม่พิมพ์จะใช้งานร่วมกับ คาย
Die	= อุปกรณ์ที่เป็นคมตัดชิ้นงานที่อยู่ด้านล่างของแม่พิมพ์ ถูกจับยึดอยู่กับที่มีลักษณะเป็นรูตารางของชิ้นงานใช้ร่วมกับ พันซ์
Shear Force	= แรงกระทำในทิศทางตั้งฉากกับชิ้นงานเป็นแรงที่พยายามทำให้ชิ้นงานขาดออกจากกัน
Clearance	= ระยะช่องว่างระหว่าง พันซ์ และ คาย
Shear Strength	= ความต้านทานแรงเฉือน
Blanking	= ชิ้นงานที่ผ่านการตัดออกเป็นชิ้นเอาไปใช้งาน
Blanking Process	= กระบวนการตัดเฉือน
Bending Process	= กระบวนการขึ้นรูป
Forging Process	= กระบวนการทุบขึ้นรูป
Extrusion Process	= กระบวนการอัดขึ้นรูป
Single Die	= แม่พิมพ์เดี่ยว
Strip	= ขนาดของแผ่นงาน
Progressive Die	= แม่พิมพ์ต่อเนื่อง
Blanking Die	= แม่พิมพ์ตัดแผ่นเปล่า
Shearing Die	= แม่พิมพ์ตัดเฉือน
Pressing Die	= แม่พิมพ์เจาะ
Shearing	= งานตัด
Trimming Die	= แม่พิมพ์ตัดขอบ
Piercing	= การเจาะรู

ประมวลคำศัพท์ (ต่อ)

Piercing Cutting	= ทฤษฎีการตัด
Shear Stress	= ความเค้นเฉือน
Elastic Deformation	= ชี้นงานเกิดการเปลี่ยนรูปในช่วงการยืดหยุ่น
Burr	= ครีบ
Penetration	= การกดลึก
Edge Radius	= ขอบโค้งมน
Cut band	= รอยตัดเฉือน
Fracture	= รอยฉีกขาด
Tool Steel	= เหล็กเครื่องมือ
Martensite	= โครงสร้างเหล็ก Martensite
Bainite	= โครงสร้างเหล็ก Bainite
Austenite	= โครงสร้างเหล็ก
Shank	= ด้าม
Punch Holder Upper Shoe	= ตัวยึด พันช์
Die Holder or Lower Shoe	= ตัวยึด ดาย
Punch Plate	= แผ่น พันช์
Fig Stripper	= สตรีปเปอร์ตายตัว
Pilots	= สลักตัวนำ
Finger Stop	= ตัวกำหนดตำแหน่ง
Automatic Stop	= ตัวกำหนดตำแหน่งของแผ่นสตรีปเมื่อผ่านมาถึงจุดสุดท้าย