

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	จ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
รายการตาราง	ช
รายการรูปภาพประกอบ	ญ
รายการสัญลักษณ์	ฐ
ประมวลคำศัพท์และคำย่อ	ฑ

บทที่

1. บทนำ	1
1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 สมมุติฐานการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้จากการวิจัย	2
1.5 ขอบเขตการวิจัย	2
1.6 คำนิยามศัพท์เฉพาะ	3
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 เหล็กกล้า	4
2.2 ดอกเจาะ Thermal Drill	5
2.3 กระบวนการเจาะแบบแรงเสียดทาน Friction Drilling	5
2.4 เครื่องกัด	6
2.5 ตัวประกอบที่มีผลต่องานเจาะ	10
2.6 ทฤษฎีและรูปแบบของความเรียบผิว	10
2.7 ประเภทของการตัดจำแนกตามความราบเรียบของผิว	11
2.8 ความขรุขระของพื้นผิว (Surface roughness)	12

สารบัญ (ต่อ)

2.9 การวัดและการตรวจสอบความหยาบผิว16	
2.10 การสึกหรอของเครื่องมือตัด (Tool Wear)	
2.11 ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการใช้งานของเครื่องมือตัด	21
	หน้า
2.12 การกำหนดอายุการใช้งานของเครื่องมือตัด	22
2.13 การตรวจสอบความหยาบละเอียดของผิว	24
2.14 การกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับงานกัด	24
2.15 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	25
3. วิธีการดำเนินงานวิจัย	30
3.1 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	30
3.2 วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	30
3.3 ขั้นตอนการออกแบบการทดลองเบื้องต้น (Pilot Study)	35
3.4 การออกแบบการทดลอง	36
3.5 ขั้นตอนในการดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล	40
3.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์	41
บทที่ 4 ผลและการวิเคราะห์ผลการทดลอง	43
4.1 ผลของการทดลองเบื้องต้น (Pilot Study)	43
4.2 ผลของการทดลอง	47
4.3 ผลการวิเคราะห์การทดลองทางสถิติ	50
บทที่ 5. สรุปผล อภิปรายและข้อเสนอแนะ	59
5.1 สรุปผลการทดลอง	59
5.2 การอภิปรายผลการทดลอง	61

5.3 ข้อเสนอแนะ	64
เอกสารอ้างอิง	65

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก	
ก. ตารางบันทึกผลการทดลอง	68
ข. ตารางวิเคราะห์ข้อมูล	84
ค. รูปภาพประกอบการดำเนินงานวิจัย	89
ประวัติผู้วิจัย	96

รายการตาราง

ตาราง	หน้า
3.1 ค่าส่วนผสมทางเคมีของชิ้นงานทดสอบ	34
3.2 ผลการทดสอบค่าเฉลี่ยความแข็งของชิ้นงานทดสอบ	34
3.3 ตารางการทดลองก่อนการทดลองจริง	35
3.4 แผนการทดลองแสดงค่าพารามิเตอร์ที่ประสิทธิภาพในการเจาะ	37
การทดลองทดสอบจริง	
3.5 การสุ่มเลือกชิ้นงานสำหรับการทดลอง	40
4.1 ค่าความเรียบผิวงานเจาะ (μm) ที่วัดได้จากการทดลองเบื้องต้น (Pilot Study)	44
4.2 ปริมาณน้ำหนักรีดของดอกเจาะที่เพิ่มขึ้นหลังจากทดลองเจาะ(g)ที่วัดได้จากการทดลองเบื้องต้น (Pilot Study)	45

4.3 ข้อมูลค่าเฉลี่ยค่าความเรียบผิวงานเจาะ (μm) ที่วัดได้จากการทดลอง	47
4.4 ปริมาณน้ำหนักรีดของดอกเจาะที่เพิ่มขึ้นหลังจากทดลองเจาะ(g)ที่ชั่งได้หลังจากการทดลอง	48
4.5 แสดงผลการวิเคราะห์ANOVAของค่าตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อความเรียบผิวงานเจาะ (μm)	50
4.6 แสดงผลการวิเคราะห์ANOVAของค่าตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำหนักรีดของดอกเจาะที่เพิ่มขึ้น	55
4.7 ตารางวิเคราะห์ความแตกต่างอัตราพื้นที่ผิวสัมผัสแรงเสียดทาน(FCAR) ที่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำหนักรีดของดอกเจาะ โดยวิธี LSD	56
4.8 ตารางวิเคราะห์ความแตกต่างอัตราความเร็วรอบ (SPEED) ที่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำหนักรีดของดอกเจาะ โดยวิธี LSD	57
5.1 เปรียบเทียบความแข็งแรงของชิ้นงานเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (AISI 1010) อัตราความเร็วรอบที่ 3,000 รอบต่อนาที	63
ก. 1 ตารางบันทึกค่าความแข็งแรงของเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ AISI 1010	69
ก. 2 ตารางบันทึกค่าความเรียบผิวของชิ้นงานที่ใช้ในการทดลองเบื้องต้นของเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ AISI 1010 จำนวน 12 ชิ้น	71
ก. 3 ตารางบันทึกค่าความเรียบผิวของชิ้นงานที่ใช้ในการทดลองของเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ AISI 1010 จำนวน 42 ชิ้น	72

รายการตาราง

ตาราง	หน้า
ก.4 ตารางบันทึกผลการชั่งน้ำหนักดอกเจาะก่อนการทดลองเจาะของเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (AISI 1010)	74
ก.5 ตารางบันทึกผลการชั่งน้ำหนักดอกเจาะหลังการทดลองเจาะของเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (AISI 1010)	77
ก.6 ตารางบันทึกผลผลต่างน้ำหนักของดอกเจาะก่อนและหลังการทดลองเบื้องต้นของเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (AISI 1010)	80
ก.7 ตารางบันทึกผลผลต่างน้ำหนักของดอกเจาะก่อนและหลังการทดลองทดลองเบื้องต้นของเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (AISI 1010) จำนวน 42 ชิ้น	83

รายการรูปภาพประกอบ

รูป	หน้า
2.1 ลักษณะดอกเจาะแบบแรงเสียดทาน Thermal drill	4
2.2 กระบวนการเจาะแบบแรงเสียดทานด้วยดอกเจาะ Thermal Drill	5
2.3 เครื่องกัด	6
2.4 ลักษณะของการกัด	6
2.5 หลักการของเครื่องจักร CNC	7
2.6 หลักการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกล CNC	8
2.7 ตัวอย่างอุปกรณ์จับยึดเครื่องมือตัดสำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีแบบต่างๆ	9
2.8 ปลอกจับ (Collet) เครื่องมือตัดขนาดต่างๆ	9
2.9 ตัวประกอบที่มีอิทธิพลต่อแรงและอุณหภูมิการตัดเฉือน	10
2.10 ลักษณะเส้นขอบของพื้นผิว (Surface profile)	13
2.11 ตัวอย่างการแบ่งเส้นขอบของผิวเป็นส่วนย่อย ๆ	14
2.12 แสดงค่าระหว่างยอดสูงสุดกับก้นร่องต่ำสุด R_t	15
2.13 แสดงค่าระหว่างยอดสูงสุดกับก้นร่องต่ำสุด 5 ค่าแรก R_z	15
2.14 ภาพขยายของผิวชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูป	17
2.15 ภาพแสดงส่วนประกอบของพื้นผิว	17
2.16 การวัดค่าความหยาบ R_t	18
2.17 การวัดค่าความหยาบ R_a	18

2.18 การวัดค่าความหยาบ Rz	19
2.19 แสดงขอบเขตความเรียบผิวงานของกระบวนการการผลิต	19
2.20 เครื่องมือวัดค่าความหยาบผิวงาน	24
3.1 ดอก Thermal drill ขนาด 8 มม.	31
3.2 เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (AISI 1010) วัสดุที่ใช้ในการทดลอง	31
3.3 เครื่องชั่งน้ำหนัก	31
3.4 เครื่องกัด CNC ยี่ห้อ Chevalier รุ่น QP2026 – L	32
3.5 เครื่องลับดอกเจาะ Thermal drill	32
3.6 เครื่องตรวจสอบความเรียบผิว	33

รายการรูปภาพประกอบ (ต่อ)

รูป	หน้า
3.7 ชิ้นงานทดสอบที่ใช้ในการทดสอบหาส่วนผสมทางเคมี	33
3.8 ชิ้นงานทดลอง	40
4.1 กราฟแสดงการแจกแจงของปกติค่าความเรียบผิวของรูเจาะของข้อมูลจากการทดลองเบื้องต้น	45
4.2 กราฟแสดงการแจกแจงของปกติค่าปริมาณน้ำหนักรูที่เพิ่มหลังจากการทดลองเจาะของข้อมูลจากการทดลองเบื้องต้น	46
4.3 กราฟแสดงการแจกแจงของข้อมูลจากการทดลองความเรียบผิวของรูเจาะของข้อมูลจากการทดลอง	48
4.4 กราฟแสดงการแจกแจงของข้อมูลปริมาณน้ำหนักรูของดอกเจาะที่เพิ่มขึ้นหลังจากทดลองเจาะ	49
4.5 แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ส่งผลต่อความเรียบในการใช้ความเร็วรอบที่ 2200 รอบ/นาที	51
4.6 แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ส่งผลต่อความเรียบในการใช้ความเร็ว	52

รอบที่ 2600

รอบ/นาทึ

4.7 แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ส่งผลต่อความเรียบในการใช้ความเร็ว 53

รอบที่ 3000

รอบ/นาทึ

4.8 แสดงแผนภูมิแท่งแสดงความแตกต่างความเร็วรอบต่อความเรียบผิว 54

4.9 แสดงแผนภูมิแท่งแสดงความแตกต่าง อัตราพื้นที่ผิวสัมผัสแรงเสียดทาน 57

ต่อ

ปริมาณ ดอกเจาะที่เพิ่มขึ้นภายหลังการทดลองเจาะ

4.10 แสดงแผนภูมิแท่งแสดงความแตกต่าง อัตราความเร็วรอบ ต่อปริมาณ 58

น้ำหนักรดอก

เจาะที่เพิ่มขึ้นภายหลังการทดลองเจาะ

ค.1 เตรียมชิ้นงานเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ AISI 1010 ขนาด 40x40x2 มิลลิเมตร 90

ค.2 การล้างดอกเจาะด้วยน้ำยา อะซิโตน 90

ค.3 เครื่องกัด ซี เอ็น ซี ใช้ในการเจาะยี่ห้อ Chevalier 91

รุ่น QP2026 – L

ค.4 รูปข้งน้ำหนักรดอกเจาะ Thernal drill 91

ค.5 เจาะชิ้นงานตามเงื่อนไขที่กำหนด 92

ค.6 ดอกเจาะคาร์ไบด์แท่งกลมที่ผ่านการเจาะด้วยแรงเสียดทาน 92

รายการรูปภาพประกอบ (ต่อ)

รูป

ค.7 ชิ้นงานเจาะที่ผ่านการเจาะด้วยแรงเสียดทาน 93

ค.8 เครื่องวัดความเรียบผิวของรูเจาะ 93

ค.9 รอยไหม้ที่เกิดขึ้นบนดอกเจาะและเศษโลหะที่เกาะที่ดอกเจาะ 94

ค 10 การทดสอบความแข็งของชิ้นงานบริเวณขอบชิ้นงาน 94

ค 11 พื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานหลังจากการเจาะแรงเสียดทาน 95

ค 12 ค่าส่วนผสมทางเคมีของเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ AISI 1010 95

รายการสัญลักษณ์

P	=	ฟอสฟอรัส
Co	=	โคบอลต์
Ra	=	ความเรียบผิวที่ได้จากการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต
Rz	=	ความเรียบผิวที่ได้จากการวัดทดสอบเป็นช่วง
Rt	=	ความเรียบผิวที่ได้จากจุดสูงสุดไปถึงจุดต่ำสุดของผิวงาน
%	=	เปอร์เซ็นต์
V	=	ความเร็วตัด
D	=	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง
N	=	ความเร็วรอบ
R	=	จำนวนครั้งในการทดลอง
<i>S.D.</i>	=	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
<i>X</i>	=	ข้อมูลแต่ละจำนวน
$\overline{X}$	=	ค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด
<i>N</i>	=	จำนวนของข้อมูลทั้งหมด
α	=	นัยสำคัญทางสถิติ
P-Value	=	ค่าความน่าจะเป็นทางสถิติ
3^3	=	การออกแบบการทดลองแฟกทอเรียน
C	=	คาร์บอน
N	=	ไนโตรเจน
Cu	=	ทองแดง
Zn	=	สังกะสี
γ	=	เฟสเกรนมา
Si	=	ซิลิคอน

ประมวลคำศัพท์และคำย่อ

CNC Drilling Machine	=	เครื่องเจาะซีเอ็นซี
Friction drilling	=	การเจาะแบบแรงเสียดทาน
Thermal drill	=	ดอกเจาะแบบแรงเสียดทาน
CNC Milling Machine	=	เครื่องกัดซีเอ็นซี
Surface	=	ผิวงาน
Roughness	=	ความหยาบของผิว
Waviness	=	คลื่นของผิวงาน
Pilot Study	=	การศึกษาการทดลองเบื้องต้น
Friction contact area	=	อัตราพื้นที่ผิวสัมผัสแรงเสียดทาน
Drilling Speed	=	ความเร็วรอบหัวจับดอกสว่าน
Feed	=	อัตราป้อน
Hardness Testing Machine	=	เครื่องทดสอบหาค่าความแข็ง
Experiments Research	=	การวิจัยเชิงทดลอง
Main Effect	=	อิทธิพลหลัก
Interaction Effect	=	อิทธิพลร่วม
Dependent Variable	=	ตัวแปรตาม
Independent Variable	=	ตัวแปรอิสระ
AISI 1010	=	เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ

Center region	=	จุดศูนย์กลาง
Conical region	=	ตำแหน่งกรวย
Cylindrical region	=	ตำแหน่งรูปทรงกระบอก
Shoulder region	=	ตำแหน่งบ่า
Shank region	=	ตำแหน่งก้าน
Tool steel	=	เหล็กเครื่องมือ
Accessories	=	อุปกรณ์ช่วยงานอื่น ๆ

ประมวลคำศัพท์และคำย่อ (ต่อ)

Feed Mechanisms	=	กลไกป้อน
HB	=	Brinell Hardness
HV	=	Vickers Hardness
LSD	=	Least Significant Difference
ANOVA	=	Analysis of Variance

