

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
รายการตาราง	ช
รายการรูปประกอบ	ญ
รายการสัญลักษณ์	ฐ
ประมวลคำศัพท์และคำย่อ	ฒ

บทที่

1. บทนำ	1
1.1 ที่มาความสำคัญและปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 สมมติฐานของงานวิจัย	2
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
1.6 นิยามศัพท์	2
2. เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ลักษณะดอกเจาะ	4
2.2 ส่วนประกอบของดอกเจาะ(Friction drilling tool)	5
2.3 อลูมิเนียม	8
2.4 อลูมิเนียมผสม (A6061)	9
2.5 คุณภาพผิวงาน	11
2.6 ทฤษฎีและรูปแบบของความเรียบผิว	13
2.7 ความขรุขระของพื้นผิว (Surface roughness)	14
2.8 การวัดและการตรวจสอบความหยาบผิว	18

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.9 การสึกหรอของเครื่องมือตัด (Tool Wear)	22
2.10 สาเหตุของการสึกหรอของดอกสว่าน	23
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	24
3. วิธีการดำเนินการวิจัย	29
3.1 ศึกษาเอกสารตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	29
3.2 เครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์ ที่ใช้ในการทดลอง	29
3.3 การเตรียมชิ้นงาน	29
3.4 ขั้นตอนการออกแบบทดลองเบื้องต้น (Pilot Study)	34
3.5 การออกแบบทดลอง (Experimental Design)	36
3.6 ขั้นตอนดำเนินการทดลอง	38
3.7 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์	39
4. ผลการดำเนินการทดลอง	41
4.1 ผลการทดลองเบื้องต้น	41
4.2 ผลการดำเนินการทดลอง	42
4.3 ผลการดำเนินการทดลองของน้ำหนักที่เพิ่มของดอกเจาะหลังเจาะ ของอลูมิเนียมผสม A6061	44
4.4 ผลการดำเนินการทดลองเบื้องต้น	51
4.5 ผลการดำเนินการหาค่าความเรียบผิวรูเจาะ	52
5. สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ	58
5.1 สรุปผลการทดลอง	58
5.2 การอภิปรายผลการทดลอง	59
5.3 ข้อเสนอแนะ	62
เอกสารอ้างอิง	63

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก	
ก. ตารางบันทึกผลการทดลอง	68
ข. ตารางวิเคราะห์ผลข้อมูล	79
ค. ภาพประกอบขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย	85
ประวัติผู้วิจัย	100

รายการตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 ตารางแสดงคุณสมบัติทางกลของอลูมิเนียมผสม A6061 (Mechanical Properties)	11
3.1 ค่าส่วนผสมเคมีของชิ้นงานทดสอบ	34
3.2 ตารางแสดงตัวอย่างค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ทดสอบหาประสิทธิภาพในกระบวนการ เจาะแบบแรงเสียดทาน	35
3.3 ตารางออกแบบการทดลอง	37
3.4 แสดงการสุ่มลำดับการทดลองการแปรค่าพารามิเตอร์	37
4.1 แสดงข้อมูลของผลการทดลองเบื้องต้น(Pilot Study)ของปริมาณน้ำหนัที่เพิ่มขึ้น หลังเจาะ (g) ของดอกเจาะ	42
4.2 แสดงข้อมูลของผลการทดลองของปริมาณน้ำหนัที่เพิ่มขึ้นหลังเจาะ (g) ของดอกเจาะ	43
4.3 ตารางแสดงผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มน้ำหนัก ดอกเจาะหลังเจาะอลูมิเนียมผสม A6061	45
4.4 ตารางวิเคราะห์ความแตกต่างอัตราป้อนที่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มน้ำหนักดอกเจาะหลังเจาะ	46
4.5 สรุปผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอัตราป้อนที่ระดับต่างๆ	46
4.6 ตารางวิเคราะห์ความแตกต่างความเร็วรอบที่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มน้ำหนักดอกเจาะหลังเจาะ	47
4.7 สรุปการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความเร็วรอบที่ระดับต่าง ๆ	47
4.8 แสดงข้อมูลของค่าความเรียบผิวรูเจาะจากการทดลองเบื้องต้น (Pilot Study)	50
4.9 แสดงข้อมูลของค่าความเรียบผิวของรูเจาะของอลูมิเนียมผสม A6061	51
4.10 ตารางแสดงการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) ของค่าตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อ ความเรียบผิวรูเจาะ	53
4.11 ตารางวิเคราะห์ความแตกต่างพื้นที่ผิวสัมผัสที่มีอิทธิพลต่อความเรียบผิวงาน	56
4.12 สรุปผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอัตราส่วนพื้นที่สัมผัสที่ระดับต่างๆ	56
ก.1 ตารางบันทึกผลการซึ้มน้ำหนักดอกเจาะก่อนการทดลองเจาะของอะลูมิเนียมผสม A6061	69
ก.2 ตารางบันทึกผลการซึ้มน้ำหนักดอกเจาะหลังเจาะของอะลูมิเนียมผสม A6061	71
ก.3 ตารางบันทึกผลผลต่างน้ำหนักของดอกเจาะก่อนและหลังการทดลองทดลองเบื้องต้น ของอะลูมิเนียมผสม A6061 จำนวน 12 ชิ้น	73

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
ก.4 ตารางบันทึกผลผลต่างน้ำหนักของดอกเจาะก่อนและหลังการเจาะของอะลูมิเนียมผสม A6061 จำนวน 42 ชิ้น	74
ก.5 ตารางบันทึกค่าความเรียบผิวของอะลูมิเนียมผสม A6061 ที่ใช้ในการทดลองเบื้องต้น	76
ข.1 แสดงการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของค่าตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มน้ำหนัก ดอกเจาะหลังเจาะอะลูมิเนียมผสม A6061	80
ข.2 ตารางวิเคราะห์ความแตกต่างอัตราป้อนที่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มน้ำหนักดอกเจาะหลังเจาะ อะลูมิเนียมผสม A6061	81
ข.3 ตารางวิเคราะห์ความแตกต่างความเร็วรอบที่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มน้ำหนักดอกเจาะ หลังเจาะอะลูมิเนียมผสม A6061	82
ข.4 ตารางแสดงการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) ของค่าตัวแปรที่มีอิทธิพล ต่อความเรียบผิวรูเจาะ	83
ข.5 ตารางแสดงความแตกต่างพื้นที่ผิวสัมผัสที่มีอิทธิพลต่อความเรียบผิวรูเจาะ	84

รายการรูปประกอบ

รูป	หน้า
2.1 ส่วนประกอบดอกเจาะแบบแรงเสียดทาน Friction drilling tool	4
2.2 รูปขั้นตอนกระบวนการเจาะแบบแรงเสียดทาน	5
2.3 รูปการจับชิ้นงานและดอกเจาะ	6
2.4 รูปการหมุนเจาะชิ้นงาน	6
2.5 รูปภาพการออกแบบดอกเจาะ	7
2.6 รูปภาพการวัดส่วนต่างของดอกเจาะ	7
2.7 ภาพสามมิติผิวงานหลังการตัดเฉือนและภาพด้านข้างผิวงาน	12
2.8 ภาพแสดงลักษณะเส้นขอบของพื้นผิว	15
2.9 ตัวอย่างการแบ่งเส้นขอบของผิวเป็นส่วนย่อย ๆ	16
2.10 แสดงค่าระหว่างยอดสูงสุดกับก้นร่องต่ำสุด	17
2.11 ค่าเฉลี่ย Ra ความขรุขระของพื้นผิวในกระบวนการผลิต	18
2.12 ภาพขยายของผิวชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูป	19
2.13 ภาพแสดงส่วนประกอบของพื้นผิว	19
2.14 การวัดค่าความหยาบ Rt	20
2.15 การวัดค่าความหยาบ Ra	21
2.16 การวัดความหยาบ Rz	21
2.17 แสดงขอบเขตความเรียบผิวงานของกระบวนการผลิต	22
3.1 เครื่องกัด CNC Face Milling	29
3.2 เครื่องวัดความหยาบผิว (Surface Roughness)	30
3.3 เครื่องชั่งน้ำหนัก	31
3.4 แสดงขนาดชิ้นงานในการทดลอง	31
3.5 รูปชิ้นงานจริงในการทดลอง	32
3.6 แสดงลักษณะรูปร่างดอกเจาะ	32
3.7 แสดงรูปร่างดอกเจาะจริง	33
3.8 อัตราส่วนพื้นที่สัมผัสแรงเสียดทาน	33

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป	หน้า
3.9 แสดงกระบวนการเจาะแบบแรงเสียดทานของอลูมิเนียม A6061	36
4.1 กราฟแสดงการแจกแจงแบบปกติของน้ำหนักร่องเจาะที่เพิ่มขึ้นหลังเจาะ	43
4.2 กราฟแสดงการแจกแจงแบบปกติของน้ำหนักร่องเจาะที่เพิ่มหลังเจาะ อลูมิเนียมผสม A6061	44
4.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความเร็วรอบที่ส่งผลต่อการเพิ่มน้ำหนักร่องเจาะหลัง การเจาะชิ้นงาน	48
4.4 ลักษณะรูปร่างดอกเจาะก่อนเจาะ	48
4.5 ลักษณะรูปร่างดอกเจาะหลังเจาะ	48
4.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความเร็วรอบที่ส่งผลต่อการเพิ่มน้ำหนักร่องเจาะ หลังการเจาะชิ้นงาน	49
4.7 กราฟแสดงการแจกแจงแบบปกติของความเรียบผิวของรูเจาะเบื้องต้น	50
4.8 กราฟแสดงการแจกแจงแบบปกติของความเรียบผิวของรูเจาะ	52
4.9 กราฟแสดงอิทธิพลร่วมอัตราป้อนและอัตราส่วนพื้นที่สัมผัสที่มีผลต่อความเรียบผิวรู เจาะอลูมิเนียมผสม A6061	54
4.10 อัตราส่วนพื้นที่สัมผัส 50% อัตราป้อน 56 มิลลิเมตร/นาทีที่ค่าความเรียบผิวรูเจาะต่ำสุด เฉลี่ย Ra 2.53 μm	54
4.11 กราฟแสดงอิทธิพลร่วมความเร็วรอบและอัตราป้อนที่มีผลต่อความเรียบผิวรูเจาะ อลูมิเนียมผสม A6061	55
4.12 ความเร็วรอบ 3600 รอบ/นาที ที่อัตราป้อน 145 มิลลิเมตร/นาที ค่าความเรียบผิวรูเจาะ สูงสุดเฉลี่ย Ra 1.95 μm	55
4.13 ตารางแสดงการเปรียบเทียบอัตราส่วนพื้นที่สัมผัสที่มีอิทธิพลต่อความเรียบผิวรูเจาะ	57
ค.1 เตรียมชิ้นงานอลูมิเนียมผสม A6061 ขนาด 40x40x3 มิลลิเมตร	86
ค.2 ลับดอกเจาะ Hss.มม 90 องศา อัตราส่วนพื้นที่สัมผัส 50%,75%,100%	86
ค.3 ชั่งน้ำหนักร่องเจาะก่อนการทดลอง	87
ค.4 ทดสอบส่วนทางผสมเคมี	87
ค.5 เลือกค่าความเร็วตัด อัตราป้อนจากตาราง Cutting data gun drills ของ Sandvik	88

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป	หน้า
ค.6	จับชิ้นงานและดอกเจาะ Hss. แท่งกลมทดลองเจาะอัตราส่วนพื้นที่สัมผัส 50%, 75%, 100%
ค.7	ทดสอบเจาะเบื้องต้น (Pilot Study)
ค.8	ชิ้นงานอลูมิเนียมผสม A6061 หลังการเจาะ
ค.9	ตั้งค่าพารามิเตอร์ตามการทดลองตามเงื่อนไข
ค.10	เจาะชิ้นงานตามการทดลองตามเงื่อนไข
ค.11	วัดค่าความเรียบผิวรูเจาะ
ค.12	ชิ้นงานหักดอกเจาะหลังการทดลอง

รายการสัญลักษณ์

Mo	=	โมลิบดีนัม
Cr	=	โครเมียม
W	=	ทังสแตน
V	=	วานาเดียม
B	=	โบรอน
Ni	=	นิกเกิล
Ta	=	เทนทาลัม
WC	=	ทังสแตนคาร์ไบด์
WC-Co	=	ทังสแตน โคบอลต์
Mn	=	แมงกานีส
Co	=	โคบอลต์
Ru	=	รูเทเนียม
Os	=	ออสเมียม
Rf	=	รัทเทอร์ฟอร์เดียม
C	=	คาร์บอน
N	=	ไนโตรเจน
Cu	=	ทองแดง
Zn	=	สังกะสี
Au	=	ทอง
α	=	เฟสแอลฟา
γ	=	เฟสแกรมม่า
N	=	ไนโตรเจน
Si	=	ซิลิคอน
Al	=	อะลูมิเนียม
Be	=	เบริลเลียม

รายการสัญลักษณ์ (ต่อ)

Mg	=	แมกนีเซียม
Ti	=	ไททาเนียม
Nb	=	ไนโอเบียม
Co	=	โคบอลต์
Fe	=	เหล็ก
Ra	=	ความเรียบผิวที่ได้จากการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต
Rz	=	ความเรียบผิวที่ได้จากการวัดทดสอบเป็นช่วง
Rt	=	ความเรียบผิวที่ได้จากจุดสูงสุดไปยังถึงจุดต่ำสุดของผิวงาน
%	=	เปอร์เซ็นต์
V	=	ความเร็วตัด
D	=	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง
N	=	ความเร็วรอบ
R	=	จำนวนครั้งในการทดลอง
<i>S.D.</i>	=	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
<i>X</i>	=	ข้อมูลแต่ละจำนวน
$\bar{X}$	=	ค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด
<i>N</i>	=	จำนวนของข้อมูลทั้งหมด
α	=	นัยสำคัญทางสถิติ
P-Value	=	ค่าความน่าจะเป็นทางสถิติ
Σ	=	การรวมข้อมูลทางตัวเลข
3^3	=	การออกแบบการทดลองแฟกทอเรียน

ประมวลคำศัพท์และคำย่อ

High Speed Steel	=	เหล็กกล้ารอบสูง
Carbon Steel	=	เหล็กเครื่องมือคาร์บอนธรรมดา
Carbide Tip	=	โลหะแข็ง
Cutting Speed	=	ความเร็วตัด
Feed Rate	=	อัตราป้อน
Pilot Study	=	การศึกษาการทดลองเบื้องต้น
Milling	=	งานกัด
Milling Machines	=	เครื่องกัด
Plain Milling Machine	=	เครื่องกัดแนวนอน
Vertical Milling Machine	=	เครื่องกัดเพลาตั้ง
Feed Axes	=	แนวแกนป้อน
Ball Screw	=	เกลียวบอลสกรู
Measuring Systems	=	ระบบวัดขนาด
Direct Measurement	=	การวัดตำแหน่งโดยตรง
Indirect Measurement	=	การวัดตำแหน่งทางอ้อม
Absolute Coordinate	=	การวัดตำแหน่งแบบสัมบูรณ์
Incremental Coordinate	=	การวัดตำแหน่งแบบต่อเนื่อง
Tool Changers	=	ชุดเปลี่ยนเครื่องมือตัด
Tool Turrets	=	แบบเทอเร็ตยึดเครื่องมือ
Tool Magazines	=	แบบแม็กกาซีนยึดเครื่องมือ
Work Spindle	=	เพลางาน
Workpiece holding devices	=	อุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน
Rigidity	=	ความแข็งแรง
Inches Per Tooth	=	นิ้ว/ฟัน
Millimeters Per Tooth	=	มิลลิเมตร/ฟัน
Inches Per Revolution	=	นิ้ว/รอบ
Millimeter Per Revolution	=	มิลลิเมตร/รอบ
Inches Per Minute	=	นิ้ว/นาที
Millimeter Per Minute	=	มิลลิเมตร/นาที

ประมวลคำศัพท์และคำย่อ (ต่อ)

Depth of Cut	=	ความลึกหรือความกว้างของการตัด Tool
Materials	=	วัสดุที่นำมาผลิตเป็นเครื่องมือตัด
Carbon steels	=	เหล็กกล้าคาร์บอน
Low Carbon steels	=	เหล็กกล้าคาร์บอนผสมต่ำ
Medium alloy steels	=	เหล็กกล้าผสมปานกลาง
Tool steel	=	เหล็กเครื่องมือ
Cast Cobalt Alloys	=	โคบอลต์หล่อผสม
Hardenability	=	การชุบแข็ง
Austenitic steel	=	เหล็กกล้าออสเทนนิติก
Austenitic stainless steel	=	เหล็กกล้าสแตนเลสออสเทนนิติก
Surface	=	ผิวงาน
Profile	=	รูปทรงผิว
Roughness	=	ความหยาบของผิว
Waviness	=	คลื่นของผิวงาน
Flaw	=	ความผิดปกติของผิวงาน
Experiments Research	=	การวิจัยเชิงทดลอง
Surface Roughness Testing Machine	=	เครื่องวัดความเรียบผิวงาน
Accessories	=	อุปกรณ์ช่วยงานอื่น ๆ
HSS. 1900	=	เหล็กไฮสปีดสตีล เกรด 1900
Main Effect	=	อิทธิพลหลัก
Interaction Effect	=	อิทธิพลร่วม
Regression Technique	=	เทคนิคการถดถอยพหุคูณ
Dependent Variable	=	ตัวแปรตาม
Independent Variable	=	ตัวแปรอิสระ
A6061	=	อลูมิเนียมผสมแมกนีเซียมและซิลิกอน

ประมวลคำศัพท์และคำย่อ (ต่อ)

ANOVA	=	Analysis of Variance
PSI	=	Pound Per Square Inch
FCC	=	Face Centered Cubic
BCC	=	Body Centered Cubic
LSD	=	Least Significant Difference