

สารบัญ

หน้า

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

บทที่

1. บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้จากการวิจัย	2
1.4 สมมุติฐานการวิจัย	2
1.5 ขอบเขตการวิจัย	2
1.6 คำนิยามศัพท์เฉพาะ	3
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 กระบวนการเจาะแบบแรงเสียดทาน	4
2.2 ดอกเจาะแบบแรงเสียดทาน (Thermal Drill)	5
2.3 วัสดุที่ใช้ผลิตเครื่องมือตัด	6
2.4 อะลูมิเนียมและโลหะผสมของอะลูมิเนียม	9
2.5 เครื่องจักรกล ซีเอ็นซี	13
2.6 ความหยาบละเอียดของผิวงาน	16
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	21

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3. วิธีการดำเนินงานวิจัย	25
3.1 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	25
3.2 วัสดุและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	25
3.3 ขั้นตอนการออกแบบการทดลองเบื้องต้น	29
3.4 การออกแบบการทดลอง	31
3.5 ขั้นตอนการดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล	34
3.6 การหาค่าผลลัพธ์จากการทดลอง	38
3.9 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์	38
4. ผลและการวิเคราะห์ผลการทดลอง	40
4.1 ผลการทดลองเบื้องต้น (Pilot Study)	40
4.2 ผลของการทดลอง	44
4.3 ผลการวิเคราะห์การทดลองทางสถิติ	47
5. สรุปผล อภิปรายและข้อเสนอแนะ	57
5.1 สรุปผลการทดลอง	57
5.2 อภิปรายผลการทดลอง	58
5.3 ข้อเสนอแนะ	61
เอกสารอ้างอิง	62

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก

ก. ตารางบันทึกผลการทดลอง	65
ข. ตารางวิเคราะห์ผลข้อมูล	81
ค. ภาพประกอบขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย	85
ง. ผลงานวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่	92

ประวัติผู้วิจัย

103

รายการตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 สัญลักษณ์ที่ใช้แทนอะลูมิเนียมขึ้นรูปเย็นและอะลูมิเนียมขึ้นรูปเย็นผสม	10
2.2 ตารางแสดงส่วนผสมทางเคมีของอะลูมิเนียมผสม AA 2024	12
2.3 แสดงค่าและชั้นความหยาบของผิวงาน ตามมาตรฐานของ ISO1302 –1978	19
2.4 แสดงขอบเขตความเรียบผิวงานของกระบวนการการผลิต	20
3.1 แผนการทดลองเบื้องต้นตามเงื่อนไข	31
3.2 แผนการทดลองแสดงค่าพารามิเตอร์ที่ประสิทธิภาพในการเจาะจากการทดสอบจริง	32
3.3 ตารางสุ่มชิ้นงานสำหรับการทดลอง	35
3.4 ตารางแสดงส่วนผสมทางเคมีของอะลูมิเนียมผสม AA2024 ที่ได้จากการทดสอบ	36
3.5 ผลการทดสอบหาค่าเฉลี่ยความแข็งของชิ้นงานทดลอง	37
4.1 ค่าความเรียบผิวงานเจาะ (μm) ที่วัดได้จากการทดลองเบื้องต้น (Pilot Study)	41
4.2 ค่าปริมาณน้ำหนักของดอกเจาะที่เพิ่มขึ้นหลังจากทดลองเจาะ (g) ที่วัดได้จากการทดลองเบื้องต้น(Pilot Study)	42
4.3 ข้อมูลค่าเฉลี่ยค่าความเรียบผิวงานเจาะ (μm)ที่วัดได้จากการทดลอง	44
4.4 ค่าปริมาณน้ำหนักของดอกเจาะที่เพิ่มขึ้นหลังจากทดลองเจาะ (g) ที่ชั่งได้หลังจากการทดลอง	46
4.5 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA ของค่าตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อความเรียบ ผิวงานเจาะ(μm)	47
4.6 ตารางวิเคราะห์ความแตกต่างอัตราป้อนที่มีอิทธิพลต่อความเรียบผิวงาน โดยวิธี LSD	49
4.7 สรุปผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอัตราป้อนที่ระดับต่าง ๆ	49
4.8 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA ของค่าตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำหนัก ของดอกเจาะที่เพิ่มขึ้น	51
4.9 ตารางวิเคราะห์ความแตกต่างอัตราพื้นที่ผิวสัมผัสแรงเสียดทาน(FCAR)ที่มีอิทธิพล ต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำหนักของดอกเจาะ โดยวิธี LSD	53
4.10 สรุปผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอัตราพื้นที่ผิวสัมผัสแรงเสียดทาน ที่ระดับต่าง ๆ	54

4.11	ตารางวิเคราะห์ความแตกต่างความเร็วรอบ(Speed)ที่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำหนักรากของดอกเงาะ โดยวิธี LSD	55
------	---	----

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า	
4.12	สรุปผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความเร็วรอบที่ระดับต่างๆ	56
ก.1	ตารางบันทึกค่าความแข็งแรงของอะลูมิเนียมผสม AA2024	66
ก.2	ตารางบันทึกค่าความเรียบผิวของชิ้นงานที่ใช้ในการทดลองเบื้องต้นของอะลูมิเนียมผสม AA2024 จำนวน 12 ชิ้น	69
ก.3	ตารางบันทึกค่าความเรียบผิวของชิ้นงานที่ใช้ในการทดลองเบื้องต้นของอะลูมิเนียมผสม AA2024 จำนวน 42 ชิ้น	70
ก.4	ตารางบันทึกผลการชั่งน้ำหนักดอกเงาะก่อนการทดลองเงาะของอะลูมิเนียมผสม AA2024	72
ก.5	ตารางบันทึกผลการชั่งน้ำหนักดอกเงาะหลังการทดลองเงาะของอะลูมิเนียมผสม AA2024	75
ก.6	ตารางบันทึกผล ผลต่างน้ำหนักของดอกเงาะก่อนและหลังการทดลองเบื้องต้นของอะลูมิเนียมผสม AA2024 จำนวน 12 ชิ้น	78
ก.7	ตารางบันทึกผล ผลต่างน้ำหนักของดอกเงาะก่อนและหลังการทดลองเบื้องต้นของอะลูมิเนียมผสม AA2024 จำนวน 42 ชิ้น	79
ข.1	ตารางวิเคราะห์ ANOVA ของค่าตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อความเรียบผิวงานเงาะ	82
ข.2	ตารางวิเคราะห์ความแตกต่างอัตราป้อนที่มีอิทธิพลต่อความเรียบผิวงานโดยวิธี LSD	82
ข.3	แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA ของค่าตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำหนักรากของดอกเงาะที่เพิ่มขึ้น	83
ข.4	ตารางวิเคราะห์ความแตกต่างอัตราพื้นที่ผิวสัมผัสแรงเสียดทาน(FCAR)ที่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำหนักรากของดอกเงาะ โดยวิธี LSD	83
ข.5	ความแตกต่างความเร็วรอบ (Speed) ที่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำหนักรากของดอกเงาะ	84

รายการรูปประกอบ

รูป	หน้า
2.1 กระบวนการเจาะแบบแรงเสียดทานด้วยดอกเจาะ Thermal Drill	4
2.2 ส่วนประกอบของดอกเจาะแบบแรงเสียดทาน Thermal drill	5
2.3 เปรียบเทียบค่าความแข็งของวัสดุเครื่องมือตัด	8
2.4 เครื่องเจาะซีเอ็นซี (CNC Drilling Machine)	14
2.5 เครื่องกัดซีเอ็นซี (CNC Milling Machine)	15
2.6 เครื่องแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ (Machining Center)	16
2.7 ส่วนต่าง ๆ ของความหยาบละเอียดของผิวงาน	17
2.8 แสดงค่าวัดจากจุดสูงสุดถึงจุดต่ำสุดของผิวงาน	18
2.9 แสดงพื้นที่ยอดแหลมของคลื่นเหนือเส้นกึ่งกลางและใต้เส้นกึ่งกลาง	18
2.10 แสดงการวัดทดสอบเป็นช่วงเท่า ๆ กัน	19
2.11 เครื่องมือวัดค่าความหยาบผิวงาน	21
3.1 เครื่องกัดซีเอ็นซีเครื่องหมายการค้า CHEVAIR รุ่น QP2026-L	26
3.2 เครื่องลับดอกสว่าน	26
3.3 เครื่องซั่งน้ำหนัก	27
3.4 เครื่องวัดความเรียบผิวงาน	27
3.5 เครื่องทดสอบความแข็ง	28
3.6 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง	28
3.7 High Speed Steel (HSS) แท่งกลม	29
3.8 ชิ้นงานทดลอง	35
3.9 แสดงตำแหน่งทดสอบค่าความแข็งของอะลูมิเนียมผสม AA2024	36
3.10 อัตราส่วนพื้นที่ผิวสัมผัสแรงเสียดทาน ดอกเจาะ High Speed Steel(HSS)แท่งกลม	37
4.1 กราฟแสดงการแจกแจงปกติของค่าความเรียบผิวของรูเจาะของข้อมูลจากการทดลองเบื้องต้น	42
4.2 กราฟแสดงการแจกแจงปกติของค่าปริมาณน้ำหนักรูของดอกเจาะที่เพิ่มขึ้นของข้อมูลจากการทดลองเบื้องต้น	44

4.3	กราฟแสดงการแจกแจงปกติ ของค่าความเรียบผิวของรูเจาะของข้อมูลจากการทดลอง	45
-----	---	----

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป		หน้า
4.4	กราฟแสดงการแจกแจงปกติของค่าข้อมูลปริมาณน้ำหนักรูของดอกเจาะที่เพิ่มขึ้นจากการทดลองเจาะ	47
4.5	แผนภูมิแท่งแสดงความแตกต่าง อัตราป้อนต่อความเรียบผิว	50
4.6	ชิ้นงานทดลองภายหลังการเจาะ	50
4.7	รูเจาะที่มีความเรียบผิวหยาบที่สุด $Ra = 1.831 \mu m$	51
4.8	รูเจาะที่มีความเรียบผิวเรียบที่สุด $Ra = 0.332 \mu m$	51
4.9	แผนภูมิแท่งแสดงความแตกต่างอัตราพื้นที่ผิวสัมผัสแรงเสียดทานต่อปริมาณน้ำหนักรูของดอกเจาะที่เพิ่มขึ้นภายหลังการทดลองเจาะ	54
4.10	แสดงแผนภูมิแท่งแสดงความแตกต่างความเร็วรอบต่อปริมาณน้ำหนักรูของดอกเจาะที่เพิ่มขึ้นภายหลังการทดลองเจาะ	56
4.11	ดอก HSS ขนาด 8 มม. ก่อนเจาะวัสดุ	56
4.12	ดอก HSS ขนาด 8 มม. หลังเจาะวัสดุ	56
ก.1	แสดงตำแหน่งทดสอบค่าความแข็งของอะลูมิเนียมผสม AA2024	66
ค.1	เตรียมชิ้นงานทดลอง อะลูมิเนียมผสม AA 2024 ขนาด กว้าง 40 มม. ยาว 40 มม.หนา 2 มิลลิเมตร จำนวน 54 ชิ้น	86
ค.2	นำชิ้นงานทดลองไปทดสอบหาค่าความแข็งแบบวิกเกอร์ส (HV)	86
ค.3	ทดสอบหาส่วนผสมทางเคมี	87
ค.4	ชิ้นงานที่ผ่านการหาส่วนผสมทางเคมี	87
ค.5	เตรียมดอกเจาะ High Speed Steel (HSS) แท่งกลม เกรด 1900 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร ด้วยการลับเป็นรูปกรวยมุม 30 องศา และลับพื้นที่ผิวสัมผัสแรงเสียดทานที่ 50 % ,75% และ 100%	88
ค.6	ชั่งน้ำหนักดอกเจาะก่อนการทดลอง	88
ค.7	เจาะชิ้นงานตามที่ได้ออกแบบการทดลองไว้	89
ค.8	วัดความเรียบผิวของรูเจาะ	89
ค.9	ตำแหน่งที่วัดความเรียบผิว	90

ค.10	ซั้งน้ำหนักหลังการทดลอง	90
ค.11	ชิ้นงานทดลองภายหลังการเจาะ	91

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป		หน้า
ค.12	รูเจาะที่มีความเรียบผิวหยาบสุด	91
ค.13	รูเจาะที่มีความเรียบผิวเรียบสุด	91
ค.14	ดอก HSS ขนาด 8 มม. ก่อนเจาะวัสดุ	91
ค.15	ดอก HSS ขนาด 8 มม. หลังเจาะวัสดุ	91

รายการสัญลักษณ์

x	=	การเคลื่อนที่ไปทางซ้ายและขวามือของเครื่องซีเอ็นซี
y	=	การเคลื่อนที่เข้าและออกของเครื่องซีเอ็นซี
z	=	การเคลื่อนที่ขึ้นและลงของเพลาหัวเครื่องซีเอ็นซี
Mo	=	โมลิบดีนัม
Cr	=	โครเมียม
W	=	ทังสแตน
V	=	วานาเดียม
B	=	โบรอน
Ni	=	นิกเกิล
Ta	=	เทนทาลัม
WC	=	ทังสแตนคาร์ไบด์
WC-Co	=	ทังสแตนโคบอลท์
Mn	=	แมงกานีส
Co	=	โคบอลต์
Ru	=	รูเทเนียม
Os	=	ออสเมียม
Rf	=	รัฟเทอร์ฟอร์เดียม
C	=	คาร์บอน
N	=	ไนโตรเจน
Cu	=	ทองแดง
Zn	=	สังกะสี
Au	=	ทอง
α	=	เฟสแอลฟา
γ	=	เฟสเกรมม่า
N	=	ไนโตรเจน
Si	=	ซิลิคอน
Al	=	อะลูมิเนียม

Be = เบริลเลียม

รายการสัญลักษณ์ (ต่อ)

P	=	ฟอสฟอรัส
Zr	=	เซอร์โคเนียม
Nb	=	ไนโอเนียม
Co	=	โคบอลต์
FeS	=	เหล็กซัลไฟด์
Ra	=	ความเรียบผิวที่ได้จากการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต
Rz	=	ความเรียบผิวที่ได้จากการวัดทดสอบเป็นช่วง
Rt	=	ความเรียบผิวที่ได้จากจุดสูงสุดไปถึงจุดต่ำสุดของผิวงาน
%	=	เปอร์เซ็นต์
V	=	ความเร็วตัด
D	=	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง
N	=	ความเร็วรอบ
R	=	จำนวนครั้งในการทดลอง
S.D.	=	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
X	=	ข้อมูลแต่ละจำนวน
$\overline{X}$	=	ค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด
N	=	จำนวนของข้อมูลทั้งหมด
α	=	นัยสำคัญทางสถิติ
P-Value	=	ค่าความน่าจะเป็นทางสถิติ
Σ	=	การรวมข้อมูลทางตัวเลข
3^3	=	การออกแบบการทดลองแฟกทอเรียน

ประมวลคำศัพท์และคำย่อ

Driling	=	งานเจาะ
Hole	=	รูเจาะ
Counter Bore	=	งานขยายปากรู
High Speed Steel	=	เหล็กกล้ารอบสูง
Friction drilling	=	การเจาะแบบแรงเสียดทาน
Thermal drill	=	ดอกเจาะแบบแรงเสียดทาน
Friction contact area	=	อัตราพื้นที่ผิวสัมผัสแรงเสียดทาน
Dilling Speed	=	ความเร็วรอบหัวจับดอกสว่าน
Feed	=	อัตราป้อน
Center region	=	จุดศูนย์กลาง
Conical region	=	ตำแหน่งกรวย
Cylindrical region	=	ตำแหน่งรูปทรงกระบอก
Shoulder region	=	ตำแหน่งบ่า
Shank region	=	ตำแหน่งก้าน
Tool Materials	=	วัสดุเครื่องมือ
Carbon Steel and row	=	เหล็กเครื่องมือคาร์บอนต่ำ
Medium Alloy Steel	=	เหล็กกล้าผสมปานกลาง
Tool Steel	=	เหล็กเครื่องมือ
Tempering	=	การอบคืนตัว
Cast Cobalt Alloy	=	โคบอลต์หล่อผสม
Cermeted	=	เซอร์เมท
Ceramics	=	เซรามิก
Diamond	=	เพชร
Temper desingnation	=	ข้อกำหนดกรรมวิธีทางความร้อน
Asfabricated	=	สภาพการเพิ่มความแข็งแรงจากความเครียด
Strain hardened	=	สภาพที่ผ่านการอบอ่อน
Specitic strength	=	ความแข็งแรงจำเพาะ

Wrought Aluminium	=	อะลูมิเนียมขึ้นรูปเย็น
Wrought Aluminium Alloy	=	อะลูมิเนียมขึ้นรูปเย็นผสม

ประมวลคำศัพท์และคำย่อ (ต่อ)

Copper	=	ทองแดง
Manganese	=	แมงกานีส
Silicon	=	ซิลิกอน
Zinc	=	สังกะสี
Other Element	=	ธาตุอื่นๆ
Unused Series	=	ยังไม่มีใช้
Solution Treatment	=	การอบละลาย
Quenching	=	ชุบ
Precipitation	=	ตกตะกอน
Ageing Hardening	=	กระบวนการอบบ่ม
Storage Vassels	=	ถังบรรจุแก๊ส
CNC Drilling Machine	=	เครื่องเจาะซีเอ็นซี
Spindle Head	=	เพลาค้ำเครื่อง
Table	=	โต๊ะงาน
Feed Mechanisms	=	กลไกป้อน
CNC Milling Machine	=	เครื่องกัดซีเอ็นซี
Surface	=	ผิวงาน
Profile	=	รูปทรงผิว
Roughness	=	ความหยาบของผิว
Waviness	=	คลื่นของผิวงาน
Flaw	=	ความผิดปกติของผิวงาน
Pilot Study	=	การศึกษาการทดลองเบื้องต้น
Millimeter Per Revolution	=	มิลลิเมตร/รอบ
Millimeter Per Minute	=	มิลลิเมตร/นาที
Experiments Research	=	การวิจัยเชิงทดลอง
Surface Roughness Testing Machine	=	เครื่องวัดความเรียบผิวงาน
Hardness Testing Machine	=	เครื่องทดสอบหาค่าความแข็ง

Accessories	=	อุปกรณ์ช่วยงานอื่น ๆ
Main Effect	=	อิทธิพลหลัก

ประมวลคำศัพท์และคำย่อ (ต่อ)

Interaction Effect	=	อิทธิพลร่วม
Dependent Variable	=	ตัวแปรตาม
Independent Variable	=	ตัวแปรอิสระ
AA2024	=	อะลูมิเนียมผสมทองแดง
CNC	=	Computer Numerical Control
CBN	=	Cubic Boron Nitride
HB	=	Brinell Hardness
HV	=	Vickers Hardness
ANOVA	=	Analysis of Variance
PSI	=	Pound Per Square Inch
FCC	=	Face Centered Cubic
BCC	=	Body Centered Cubic
LSD	=	Least Significant Difference