

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
รายการตาราง	ช
รายการรูปประกอบ	ฉ
รายการสัญลักษณ์	ฎ
ประมวลคำศัพท์และคำย่อ	ฐ
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ความเป็นมา ความสำคัญและปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 สมมุติฐานของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ขอบเขตของงานวิจัย	3
1.6 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา	3
1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 งานกัด	5
2.2 อิทธิพลที่มีต่อการตัดเฉือนโลหะ	12
2.3 วัสดุที่ใช้ผลิตเครื่องมือตัด	15
2.4 การสึกหรอของมีดกัด (Tool Wear)	17
2.5 ข้อกำหนดเกี่ยวกับการสึกหรอคมตัดตามมาตรฐาน ISO 3685 :1993	20
2.6 อายุของมีดกัด (Tool Life)	22
2.7 ความเรียบของผิวงาน	26
2.8 การวัดค่าความหยาบละเอียดของผิวงาน	27

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.9 เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steels)	28
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	34
3. วิธีดำเนินการวิจัย	37
3.1 ศึกษาข้อมูลของงานวิจัย	37
3.2 วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	38
3.3 ชิ้นงานและเครื่องมือตัด	39
3.4 ขั้นตอนในการเตรียมชิ้นงาน	40
3.5 ขั้นตอนการดำเนินการก่อนการทดลอง(Pilot Study)	40
3.6 ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง	41
3.7 ขั้นตอนดำเนินการทดลอง	43
3.8 ขั้นตอนการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล	44
3.9 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	45
4. ผลการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล	47
4.1 ผลการทดลองเบื้องต้น	47
4.2 ผลของการทดลอง	50
4.3 ผลการวิเคราะห์การทดลองทางสถิติ	53
4.4 การตรวจสอบผลการสึกหรอมหาพหุของดอกกัด HSS ชนิด 2 คมตัด ด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Stereo Microscope) กำลังขยาย 10 เท่า หรือ 190 Pixels	60
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	62
5.1 สรุปผลการทดลอง	62
5.2 อภิปรายผลการทดลอง	63
5.3 ข้อเสนอแนะ	65

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	66
ภาคผนวก	
ก. ตารางบันทึกผลการทดลอง	69
ข. ตารางวิเคราะห์ผลข้อมูล	81
ค. ภาพประกอบขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย	92
ง. ผลงานวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่	98
ประวัติผู้วิจัย	112

รายการตาราง

ตาราง	หน้า
3.1 ตารางการทดลองก่อนการทดลองจริง	41
3.2 แผนการทดลองกำหนดให้เงื่อนไขละ 2 Replicates การทดลองซ้ำ	42
3.3 คู่มือชิ้นงานสำหรับการทดลอง	44
4.1 ผลการทดลองเบื้องต้นความเรียบผิวของเหล็กกล้าไร้สนิมกลุ่มออสเทนนิติก (Austenitic Stainless Steels) AISI 316	48
4.2 ผลการทดลองเบื้องต้น การสึกหรอของดอกกัดเหล็กความเร็วรอบสูง (High Speed Steel)	49
4.3 ข้อมูลค่าเฉลี่ยความเรียบผิวงานกัด (Ra) ที่วัดได้จากการทดลอง	51
4.4 ข้อมูลการสึกหรอ ที่วัดได้จากการทดลอง	52
4.5 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA ของค่าตัวแปรที่ส่งผลต่อความเรียบผิวของงานกัด	53
4.6 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA ของค่าตัวแปรที่ส่งผลต่อการสึกหรอของดอกกัด	57
ก.1 แสดงน้ำหนัkdอกกัด (End mill) ก่อนการทดลอง	70
ก.2 แสดงน้ำหนัkdอกกัด (End mill) หลังการทดลอง	72
ก.3 เปรียบเทียบน้ำหนัkdอกกัด (End mill) ก่อนและหลังการทดลอง	74
ก.4 แสดงค่าความเรียบผิวหลังการทดลอง	76
ก.5 ผลการทดลองEnd mill High speed Steel กัด Stainless Austenitic (AIS 316)	78
ข.1 ผลการทดลองเบื้องต้นความเรียบผิวของเหล็กกล้าไร้สนิมกลุ่มออสเทนนิติก (Austenitic Stainless Steels) AISI 316	82
ข.2 ผลการทดลองเบื้องต้นการสึกหรอของดอกกัดเหล็กความเร็วรอบสูง (High Speed Steel)	83
ข.3 ข้อมูลค่าเฉลี่ยความเรียบผิวงานกัด (Ra) ที่วัดได้จากการทดลอง	84
ข.4 ข้อมูลการสึกหรอ ที่วัดได้จากการทดลอง	85
ข.5 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA ของค่าตัวแปรที่ส่งผลต่อความเรียบผิวของงานกัด	86
ข.6 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA ของค่าตัวแปรที่ส่งผลต่อการสึกหรอของดอกกัด	89

รายการรูปประกอบ

รูป	หน้า
2.1 ลักษณะของการกัด	5
2.2 หลักการของเครื่องจักร CNC	6
2.3 หลักการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกล CNC	7
2.4 หลักการของกฎมือขวา	7
2.5 โคออร์ดิเนตของการเคลื่อนที่เชิงเส้นตรง X, Y,Z และการเคลื่อนที่เชิงมุม A,B,C	8
2.6 หลักการของกฎมือขวาในการกำหนดทิศทางบวกของมุม A หมุนรอบแกน X	8
2.7 แนวแกนการเคลื่อนที่เครื่องกัด CNC	9
2.8 ลักษณะการเคลื่อนที่ของโต๊ะงาน และสปีดเดิน ของเครื่องกัด CNC	9
2.9 เครื่องกัด CNC แนวนอน	10
2.10 แนวแกนเครื่องกัด CNC แนวนอน	10
2.11 เอ็นด์มิลล์แบบปลายหน้าตัดตรง	10
2.12 เอ็นด์มิลล์แบบปลายครึ่งวงกลม	10
2.13 ตัวอย่างของเฟรมิลล์ที่สำหรับปาดผิวชิ้นงาน	10
2.14 รูปร่างของมิดคาร์ไบด์ (Carbide)	11
2.15 ตัวอย่างอุปกรณ์จับยึดเครื่องมือตัดสำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีแบบต่าง ๆ	12
2.16 ปลอกจับ (Collet) เครื่องมือตัดขนาดต่าง ๆ	12
2.17 ความเร็วรอบของเพลานงานกัดและงานเจาะ	13
2.18 แสดงลักษณะของการสึกหรอบนผิวหลบ (Flank Wear)	19
2.19 แสดงลักษณะของการสึกหรอบนผิวคาย (Crater Wear)	19
2.20 การสึกหรอที่ปลายมีด (Nose Wear)	20
2.21 แสดงเขตของการสึกหรอตามมาตรฐานสากล (ISO ISO 3685:1993)	21
2.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของพัฒนาการของการสึกหรอบนผิวหลบ (Flank Wear) กับการกำหนดอายุการใช้งานของใบมีด	24
2.23 แสดงการพัฒนาของการสึกหรอ Wear Land , ช่วง A เป็นจุดเริ่มต้น และ ช่วง C เป็นจุดสุดท้ายของการสึกหรอ	25
2.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอายุการใช้งานของใบมีดกับความเร็วตัดที่เปลี่ยนไป เมื่อกำหนด Critical Flank = 0.5 มม.	26

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป	หน้า
2.25 การวัดค่า R_t	27
2.26 การวัดค่า R_a	27
2.27 การวัดค่า R_z	28
2.28 เครื่องมือวัดค่าความหยาบผิวงาน	28
2.29 ตัวอย่างโครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติก เกรด AISI 304L ที่ผ่านการอบอ่อน มีโครงสร้างพื้นฐานเป็นออสเทนนิติกและไม่คูดัดแม่เหล็ก	33
2.30 ตัวอย่างโครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติก เกรด AISI 304	34
3.1 เครื่อง CNC Milling รุ่น T-POW MH1050 HERVY DUTY	37
3.2 เครื่องวัดความเร็วผิว	37
3.3 อุปกรณ์หาขนาดการสึกหรอของคมตัดดอกกัด	38
3.4 วัสดุชิ้นงาน	38
3.5 ดอกกัด	39
3.6 ตัวอย่างอุปกรณ์จับยึดเครื่องมือตัดสำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีแบบต่างๆ	39
4.1 กราฟการทดสอบการแจกแจงปกติค่าความเรียบของผิวงานของการทดลองเบื้องต้น	49
4.2 กราฟการทดสอบการแจกแจงปกติค่าการสึกหรอของการทดลองเบื้องต้น	50
4.3 กราฟการทดสอบการแจกแจงปกติค่าความเรียบของผิวงานของการทดลอง	51
4.4 กราฟการทดสอบการแจกแจงปกติค่าการสึกหรอของการทดลอง	52
4.5 แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ส่งผลต่อความเรียบในการใช้ความเร็วรอบที่ 700 รอบต่อนาที	54
4.6 แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ส่งผลต่อความเรียบในการใช้ความเร็วรอบที่ 750 รอบ/นาที	55
4.7 แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ส่งผลต่อความเรียบในการใช้ความเร็วรอบที่ 800 รอบต่อนาที	56
4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ส่งผลต่อการสึกหรอของดอกกัดในการใช้ความเร็วรอบ 700 รอบ/นาที	58
4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ส่งผลต่อการสึกหรอของดอกกัดในการใช้ความเร็วรอบ 750 รอบ/นาที	58

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป	หน้า
4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ส่งผลต่อการสึกหรอของดอกกัดในการใช้ความเร็วรอบ 800 รอบ/นาที	59
4.11 รูปถ่ายการสึกหรอของดอกกัด HSS ชนิด 2 คมตัด	60
ข.1 กราฟการทดสอบการแจกแจงปกติค่าความเรียบของผิวงานของการทดลองเบื้องต้น	82
ข.2 กราฟการทดสอบการแจกแจงปกติค่าการสึกหรอของการทดลองเบื้องต้น	83
ข.3 กราฟการทดสอบการแจกแจงปกติค่าความเรียบของผิวงานของการทดลอง	84
ข.4 กราฟการทดสอบการแจกแจงปกติค่าการสึกหรอของการทดลอง	85
ข.5 แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ส่งผลต่อความเรียบในการใช้ความเร็วรอบที่ 700 รอบต่อนาที	87
ข.6 แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ส่งผลต่อความเรียบในการใช้ความเร็วรอบที่ 750 รอบต่อนาที	87
ข.7 แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ส่งผลต่อความเรียบในการใช้ความเร็วรอบที่ 800 รอบต่อนาที	88
ข.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ส่งผลต่อการสึกหรอของดอกกัดในการใช้ความเร็วรอบ 700 รอบ/นาที	90
ข.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ส่งผลต่อการสึกหรอของดอกกัดในการใช้ความเร็วรอบ 750 รอบ/นาที	90
ข.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ส่งผลต่อการสึกหรอของดอกกัดในการใช้ความเร็วรอบ 800 รอบ/นาที	91
ค.1 ภาพการชั่งน้ำหนักก่อนและหลังการทดลอง	93
ค.2 เครื่องกัดอัตโนมัติที่ใช้ในการทดลอง	93
ค.3 ภาพการทดลอง	94
ค.4 ภาพการใช้วัดความเรียบผิวงาน	94
ค.5 การถ่ายภาพดูการสึกหรอของดอกกัด	95
ค.6 ตัวอย่างชิ้นงานทดลอง	96
ค.7 ตัวอย่างชิ้นงานทดลอง	97

รายการสัญลักษณ์

d	=	ความลึกในการป้อน
f	=	อัตราป้อน
P-Value	=	ค่าความน่าจะเป็นทางสถิติ
R_c	=	รัศมีปลายเครื่องมือตัด
s	=	ความเร็วตัด
S	=	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
V	=	ความเร็วตัด
x	=	ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง
3σ	=	การออกแบบเชิงแฟกตอเรียล
α	=	นัยสำคัญทางสถิติ
μ	=	ค่าเฉลี่ยของประชากร
ρ	=	แทนการตั้งสมมติฐานทางสถิติ
σ	=	ความแปรปรวนของประชากร
Σ	=	การรวมข้อมูลทางตัวเลข
λ	=	ช่วงความยาวรอยตัด/ช่วงความยาวเศษกลิ้ง
α	=	มุมฟรี
β	=	มุมลิ้ม
γ	=	มุมคาย
δ	=	มุมตัด
n	=	ความเร็วรอบ
s	=	ช่วงป้อนมีด
a	=	ระยะที่เกิดมีดลึก
φ	=	มุมคมตัดด้านข้าง (Side Cutting Edge Angle) องศา
φ_1	=	มุมคมตัดปลายมีด (End Cutting Edge Angle) องศา
R	=	รัศมีปลายคมตัด (มิลลิเมตร)

ประมวลคำศัพท์และคำย่อ

Production Technology	=	เทคโนโลยีงานผลิต
Production Technology	=	เทคโนโลยีงานผลิต
Manufacturing Process	=	กระบวนการผลิต
Emulsifiable or Water Soluble	=	น้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ
Emulsifier	=	สารตัวทำลาย
Tramp Oil	=	น้ำมันปนเปื้อน
Quality of Machine Surfaces	=	คุณภาพผิวงาน
Surface	=	ผิวงาน
Drawing	=	รูปภาพ
Profile	=	รูปทรงผิว
Roughness	=	ความหยาบของผิว
Waviness	=	คลื่นของผิวงาน
Flaw	=	ฟล่อ
Lay	=	เลย์
Built Up Edge	=	BUE
Single Point Radius Tool	=	มีดกลึงปลายมน
Single Point Turning Tool	=	มีดกลึงแบบปลายแหลม
Complex Point Tool	=	มีดกลึงปลายคอมเพล็กซ์
Guard	=	อุปกรณ์ป้องกัน
Shearing Process	=	กระบวนการตัดเฉือน
Friction Process	=	กระบวนการความฝืด
Continuous Chips	=	เศษโลหะต่อเนื่อง
Primary Deformation Zone	=	เขตการแปรรูปหลัก
Secondary Deformation Zone	=	เขตการแปรรูปรอง
Continuous Chips with built-up Edge	=	เศษโลหะต่อเนื่องที่มีการเชื่อมติดที่คมตัด
Critical Size	=	ขนาดวิกฤต
Discontinuous Chip	=	เศษโลหะไม่ต่อเนื่อง
Tool Wear	=	การสึกหรอของเครื่องมือตัด
Rake Face	=	ผิวคาย

ประมวลคำศัพท์และคำย่อ (ต่อ)

Flank	=	ผิวหลบด้านข้าง
Flank Face	=	ผิวหลบด้านข้าง
High Speed Steel	=	เครื่องมือตัดที่เป็นเหล็กโรบสูง
Crater Wear	=	การสึกหรอแบบแอ่งบริเวณผิวคาย
Major Cutting Edge	=	คมตัดหลัก
Parameters	=	ตัวแปร
Cutting Edge Chipping	=	การพอกหน้ามีด
Plastic Deformation	=	การเปลี่ยนรูปร่างจากการหลอมละลาย
Measure of Variability	=	การวัดการกระจายของข้อมูล
Standard Deviation	=	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
Orthogonal	=	รูปแบบในเชิงตั้งฉาก
Experiments Research	=	การวิจัยเชิงทดลอง
Center Lathe for Experimental	=	เครื่องกลึงยืนศูนย์สำหรับการทดลอง
Hardness Testing Machine	=	เครื่องทดสอบหาค่าความแข็ง
Calibrate	=	การสอบเทียบ
Reference Surface	=	ผิวงานอ้างอิงมาตรฐาน
Finish Tool Grinding Machine	=	เครื่องลับมคมมีดขั้นสำเร็จ
Accessories	=	อุปกรณ์ช่วยงานอื่นๆ