สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
รายการตาราง	ซ
รายการรูปประกอบ	ฌ

บทที่

1. บทนำ	**1**
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 สมมุติฐานของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ขอบเขตการวิจัย	2
1.6 แนวทางการดำเนินวิจัย	3
1.7 นิยามศัพท์	3
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	**5**
2.1 งานกัด	5
2.2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเครื่องจักร CNC	6
2.3 วัสดุที่ใช้ผลิตเครื่องมือตัด	21
2.4 มีดกัดและความสึกหรอของมีดกัด	24
2.5 ประเภทของเหล็กกล้าสเตนเลส	27
2.6 เหล็กกล้าสเตนเลส กลุ่มดูเพล็กซ์ (Duplex Stainless Steel)	28
2.7 งานวิจัยที่กี่ยวข้อง	32

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3. วิธีดำเนินการวิจัย **33**

3.1 ศึกษาข้อมูลของงานวิจัย 33

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย 33

3.3 ชิ้นงานและเครื่องมือตัด 35

3.4 ขั้นตอนในการเตรียมงาน 36

3.5 ขั้นตอนการดำเนินการก่อนการทดลอง 37

3.6 ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง 37

3.7 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง 39

3.8 ขั้นตอนการทดลองและเก็บข้อมูล 40

3.9 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 41

4. ผลและการวิเคราะห์ผลการทดลอง **43**

4.1 ผลของการทดลองเบื้องต้น (Pilot Study) 43

4.2 ผลการทดลอง 47

4.3 ผลการวิเคราะห์การทดลองทางสถิติ 50

5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ **57**

5.1 สรุปผลการทดลอง 57

5.2 อภิปรายผลการทดลอง 58

5.3 ข้อเสนอแนะ 59

เอกสารอ้างอิง **60**

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก

ก. ภาพประกอบขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย 62

ข. ตารางบันทึกการทดลอง 68

ค. ผลงานวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่ 80

ประวัติผู้วิจัย **92**

รายการตาราง

ตาราง **หน้า**

3.1	ตารางการทดลองเบื้องต้น	37
3.2	แผนการทลองกำหนดให้เงื่อนไขละ 2 Replicate	38
3.3	สุ่มชิ้นงานสำหรับการทดลอง	40
4.1	ผลการทดลองเบื้องต้นของความเรียบผิว	44
4.2	ผลการทดลองเบื้องต้นของการสึกหรอของดอกกัด	45
4.3	ผลการทดลองความเรียบผิวงานกัด (RA)	47
4.4	ผลการทดลองการสึกหรอของดอกกัด	49
4.5	แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA ของค่าตัวแปรที่ส่งผลต่อความเรียบผิวของงานกัด	51
4.6	ตารางวิเคราะห์ ความแตกต่างรายคู่โดยวิธี LSD ต่อความเรียบของผิวงาน	52
4.7	แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA ของค่าตัวแปรที่ส่งผลต่อการสึกหรอของดอกกัด	53
4.8	ตารางวิเคราะห์ความแตกต่างรายคู่วิธี LSD ต่อการสึกหรอ	54
4.9	สรุปผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความลึกในการป้อนกัดที่ระดับต่างๆ	54
4.10	สรุปผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความลึกในการป้อนกัดที่ระดับต่าง ๆ	56
ข.1	ตารางบันทึกผลของการทดลองการสึกหรอของดอกกัด	69
ข.2	ตารางบันทึกผลของการทดลองความเรียบผิว	71
ข.3	ตารางบันทึกผลของการทดลองการสึกหรอของดอกกัดก่อนและหลังการทดลอง	74
ข.4	ตารางบันทึกผลของการทดลองความเรียบผิวแสดงเป็นค่าเฉลี่ย	77

รายการรูปประกอบ

รูปที่ **หน้า**

2.1 ก งานกัดในแนวนอน 5
2.1 ข งานกัดในแนวตั้ง 6
2.2 หลักการของเครื่องจักร NC/CNC 7
2.3 การควบคุมเครื่องจักรโดยช่างผู้ปฏิบัติงาน 9
2.4 หลักการควบคุมการทำงาน CNC 10
2.5 ลักษณะของชุดควบคุม (CNC Controller) 11
2.6 ลักษณะของแผงวงจรคอนโทรลเลอร์ 11
2.7 ลักษณะของชุดควบคุมโซเวอร์มอเตอร์ 12
2.8 ลักษณะภายนอกของชุดควบคุมคอนโทรลเลอร์ 13
2.9 กลไกการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรกล CNC 13
2.10 ลักษณะของตัวเครื่องจักร 14
2.11 แสดงไดอะแกรมการเปลี่ยนแปลงเวลา – อุณหภูมิ ที่ส่งผลต่อปฏิกิริยาการตกผลึก 31
ของธาตุผสมในเหล็กกล้าสเตนเลสดูเพล็กซ์ 30
3.1 เครื่อง CNC Milling รุ่น T - P0W MH 1050 34
3.2 เครื่องวัดความเรียบของผิวงาน 35
3.3 อุปกรณ์หาขนาดการสึกหรอของคมตัดดอกกัด 35
3.4 วัสดุชิ้นงานทดลอง 34
3.5 ดอกกัด 36
3.6 ตัวอย่างอุปกรณ์จับยึดเครื่องมือตัดสำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีแบบต่างๆ 36
4.1 กราฟการทดสอบการแจกแจงปกติค่าความเรียบของผิวงานของการทดลองเบื้องต้น 45
4.2 กราฟการทดสอบการแจกแจงปกติค่าการสึกหรอของการทดลองเบื้องต้น 47
4.3 กราฟการทดสอบการแจกแจงปกติค่าความเรียบของผิวงานของการทดลอง 48
4.4 กราฟการทดสอบการแจกแจงปกติค่าการสึกหรอของการทดลอง 49

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.5 กราฟแสดงความแตกต่างของระดับความลึก ที่มีอิทธิพลต่อความเรียบของผิวงาน 52
4.6 กราฟแสดงความแตกต่างของระดับความลึก ที่มีอิทธิพลต่อการสึกหรอ 55
4.7 แสดงการสึกหรอของดอกกัด 55
ก.1 เครื่องกัด CNC 63
ก.2 อุปกรณ์จับยึดดอกกัด 63
ก.3 น้ำมันหล่อเย็น HEBAT NICKEL 63
ก.4 ดอกกัด ขนาด 10 มิลลิเมตร แบบ 2 คมตัด 64
ก. 5 ขบวนการกัด 64
ก.6 ชิ้นงานที่ผ่านขบวนการกัด 64
ก.7 เปรียบเทียบชิ้นงานที่ผ่านขบวนการกัด 65
ก.8 การวัดความเรียบผิวของชิ้นงานที่ผ่านขบวนการกัด 65
ก.9 การชั่งน้ำหนักของดอกกัดที่ผ่านขบวนการกัด 65
ก.10 ดอกกัดใน ระดับปกติที่ยังไม่ผ่านกระบวนการกัด 66
ก.11 การสึกหรอของดอกกัดใน ระดับความลึก 0.1 66
ก.12 การสึกหรอของดอกกัดใน ระดับความลึก 0.2 67
ก.13 การสึกหรอของดอกกัดใน ระดับความลึก 0.3 67