สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ค
กิตติกรรมประกาศ		ง
สารบัญ		จ
รายการตาราง		ซ
รายการรูป		ฌ
บทที่		
1.	**บทนำ**	**1**
1.1	ที่มาความสำคัญและปัญหา	1
1.2	วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3	สมมติฐานของงานวิจัย	3
1.4	ขอบเขตของงานวิจัย	3
1.5	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.6	นิยามศัพท์	4
2.	**เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	**5**
2.1	ประวัติความเป็นมาของกรรมวิธี อีดีเอ็ม	5
2.2	กระบวนการกัดโลหะด้วยไฟฟ้า	7
2.3	ประเภทของเครื่องอีดีเอ็ม	8
2.4	ความต้องการขึ้นรูปด้วยกรรมวิธีอีดีเอ็ม	10
2.5	นิยามละความรู้พื้นฐานของกรรมวิธีอีดีเอ็ม	12
2.6	อิเล็กโทรด (Electrode)	15
2.7	ระบบไดอิเล็คตริก (Dielectric System)	18
2.8	ระบบเซอร์โว (Servo System)	25
2.9	แหล่งจ่ายพลังงาน (Power Supply)	23

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.10 เหล็กกล้าเครื่องมือ (Tool Steels) 28

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 34

3. ขั้นตอนดำเนินการวิจัย 40

3.1 ศึกษาเอกสารตำราและงานวิจัยที่เกี่ยงข้อง 40

3.2 เครื่องมือวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 40

3.3 ขั้นตอนการออกแบบการทดลองขั้นต้น (Pilot Study) 43

3.4 ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง (Experimental Design) 44

3.5 ขั้นตอนดำเนินการทดลอง 47

3.6 การหาค่าผลลัพธ์จากการทดลอง 48

3.7 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ 48

4. ผลการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล 50

4.1 ผลการทดลองเบื้องต้น(Pilot Study) 51

4.2 ผลการดำเนินการทดลอง 52

5. สรุปผลการทดลอง 65

5.1 สรุปผลการทดลอง 65

5.2 อภิปรายผลการทดลอง 66

5.3 ข้อเสนอแนะ 67

เอกสารอ้างอิง 69

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก

ก. ตารางบันทึกผลการทดลอง 73

ข. ตารางวิเคราะห์ผลการทดลอง 78

ค. ผลงานวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่ 83

ประวัติผู้วิจัย **88**

รายการตาราง

ตาราง **หน้า**

2.1 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของเหล็กกล้าเครื่องมือความเร็วสูง 33
2.2 แสดงส่วนผสมทางเคมี เหล็กกล้าเครื่องมือรอบสูง AISI M2 34
3.1 ตารางการออกแบบการทดลองเบื้องต้น 44
3.2 ตารางการออกแบบการทดลอง 45
3.3 แสดงการสุ่มลำดับการทดลองการแปรค่าพารามิเตอร์ 46
3.4 แสดงพารามิเตอร์ที่ปรับตั้งค่าให้คงที่ 46
4.1 แสดงข้อมูลของผลการทดลองเบื้องต้น (Pilot Study) 50
4.2 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) ต่ออัตราการสึกหรอของอิเล็กโทรด 54
4.3 แสดงความแตกต่างของระยะห่างในการสปาร์คที่ส่งผลอัตราการสึกหรอของแท่งอิเล็กโทรด 55
4.4 แสดงความแตกต่างของเวลาดิสชาส์จที่มีอิทธิพลอัตราการสึกหรอของแท่งอิเล็กโทรด 56
4.5 แสดงการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) ต่อเวลาในการสปาร์ค 58
4.6 แสดงการเปรียบเทียบรายคู่ LSD ของค่ากระแสดิสชาร์จ 59
4.7 แสดงการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน(ANOVA) ต่อความหยาบผิว 61
4.8 แสดงการเปรียบเทียบรายคู่ LSD ของค่ากระแสดิสชาร์จ 62
4.9 แสดงการเปรียบเทียบรายคู่ LSD ของระยะห่างในการสปาร์ค (Gap) 63
ก.1 ตารางแสดงแผนการทดลอง 74
ก.2 ตารางแสดงการสุ่มลำดับการทดลองการแปรค่าพารามิเตอร์ 74
ก.3 ตารางแสดงข้อมูลพารามิเตอร์ในการทดลองและผลการทดลอง 75
ข.1 ตารางแสดงความแตกต่างของระยะห่าง ที่มีอิทธิพลต่ออัตราการสึกหรอของอิเล็กโทรด 79
ข.2 ตารางแสดงความแตกต่างของกระแสดิสชาร์จที่มีอิทธิพลต่อเวลาการแปรรูป 80
ข.3 แสดงความแตกต่างของกระแสดิสชาร์จที่มีอิทธิพลต่อความหยาบผิว 81
ข.4 แสดงความแตกต่างของระยะห่างที่มีอิทธิพลต่อความหยาบผิว 82

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
2.1	แสดงหลักการทำงานของกรรมวิธีอีดีเอ็ม	5
2.2	แสดงเครื่องกัดเจาะโลหะด้วยตัวนำไฟฟ้า (Electrical Discharge Machining)	6
2.3	แสดงเครื่องตัดโลหะด้วยไฟฟ้า (Wire Cutting XMachine)	6
2.4	แสดงหลักการทำงานเบื้องต้นของเครื่องอีดีเอ็ม	8
2.5	แสดงเครื่องประเภท C-frame machine	9
2.6	แสดงเครื่องประเภท Console machine	9
2.7	แสดงเครื่องประเภท Portal machine	10
2.8	แสดงขบวนการดิสชาร์จ	13
2.9	แสดงภาพการสปาร์คในแต่ละครั้ง	14
2.10	แสดงการสึกหรอของอิเล็กโทรดที่บริเวณต่าง ๆ	16
2.11	แสดงโอเวอร์คัต	18
2.12	แสดงการไหลของสารไดอิเล็กตริกแบบฉีด	21
2.13	แสดงการไหลของสารไดอิเล็กตริกไหลผ่านกราไฟที่ออกมาที่บริเวณช่องว่าง	21
2.14	แสดงการไหลของสารไดอิเล็กตริกแบบดูด	22
2.15	แสดงการไหลของสารไดอิเล็กตริกด้านข้าง	23
2.16	แสดงการไหลแบบฉีดพร้อมการยกอิเล็กโทรดขึ้น	23
2.17	แสดงการไหลของสารไดอิเล็กตริกโดยอาศัยการขึ้นลงของอิเล็กโทรด	24
2.18	แสดงการเจาะรูอิเล็กโทรดเพื่อระบายแก๊สที่เกิดขึ้น	24
2.19	แสดงการควบคุมการป้อนอิเล็กโทรดโดยใช้โซลินอยด์	26
2.20	แสงดการควบคุมการป้อนอิเล็กโทรดโดยใช้เซอร์โวไฟฟ้า	26
2.21	แสดงการควบคุมการป้อนอิเล็กโทรดโดยการใช้เซอร์โวไฮดรอริก	27
2.22	แสดงไดอะแกรมความสัมพันธ์การปรับตั้งตัวแปรกระบวนการดีดีเอ็ม	28
3.1	แสดงเครื่องกัดเจาะด้วยไฟฟ้า (EDM)	41
3.2	แสดงเครื่องวัดความหยาบผิว (Surfare Roughness)	41
3.3	แสดงเครื่องชั่งน้ำหนัก	41
3.4	แสดงเครื่อง Ultrasonic Cleaner	42

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.5	แสดงชิ้นงานในการทดลอง	42
3.6	แสดงอิเล็กโทรดทองแดง	43
3.7	แสดงการทดลองขึ้นโลหะชิ้นงานลึก 2 มิลลิเมตร	45
4.1	แสดงการแจกแจงแบบปกติอัตราการสึกหรออิเล็คโทรด	51
4.2	แสดงการแจกแจงแบบปกติของเวลาในการสปาร์ค	52
4.3	แสดงการแจกแจงแบบปกติของความหยาบผิว	52
4.4	แสดงการแจกแจงแบบปกติของการสึกหรออิเล็คโทรดของการทดลอง	53
4.5	แสดงระยะห่างของการสปาร์ค	55
4.6	กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราการสึกหรอของอิเล็กโทรดที่เกิดจากการอิทธิพลของเวลาดิสชาส์จ	56
4.7	แสดงการแจกแจงปกติของเวลาในการสปาร์ค	57
4.8	กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเวลาในการสปาร์ค ที่เกิดจากการอิทธิพลของแรงดันไฟฟ้า	59
4.9	แสดงการแจกแจงปกติของความหยาบผิวงาน (Roughness)	60
4.10	กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้าต่อความหยาบผิว	62
4.11	กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะห่างของการสปาร์คต่อค่าเฉลี่ยความหยาบผิว	63
4.12	กราฟแสดงอิทธิพลร่วม (Interaction Plot) แรงดันไฟฟ้ากับเวลาดิสชาส์จต่อความหยาบผิวงาน	64
ค.1	แสดงชิ้นงานทดลองเหล็กเครื่องมือ AISI M 2	74
ค.2	กลึงขึ้นรูปอิเล็กโทรดทองแดงเพื่อใช้ในการทดลองตามขนาดที่กำหนด	74
ค.3	นำอิเล็กโทรดทองแดงที่เตรียมชั่งน้ำหนักก่อนทดลองและจดบันทึก	75
ค.4	ตรวจสอบเครื่องกัดเจาะด้วยไฟฟ้าให้ยุในสภาพพร้อมใช้	75
ค.5	ตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่กำหนดในการเจาะชิ้นงาน	76
ค.6	นำชิ้นงานและอิเล็กโทรดติดตั้งในตำแหน่งที่กำหนด	76
ค.7	เปิดสารไดอิเล็กตริกเข้าถังตามปริมาณที่กำหนดเพื่อเตรียมกัดเจาะ	77
ค.8	แสดงการตรวจสอบความถูกต้องแล้วดำเนินการกัดเจาะพร้อมกับเวลาในการแปรรูป	77
ค.9	ชิ้นงานที่ถูกกัดเจาะตามพารามิเตอร์ที่กำหนด	78

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

ค.10 ชิ้นงานที่ถูกกัดเจาะตามพารามิเตอร์ที่กำหนดนำไปทำความสะอาด 78
ค.11 นำชิ้นงานที่ได้เจียระไนผิวออกแล้วนำไปวัดความหยาบด้วยเครื่องวัดความหยาบผิว 79
ค.12 นำอิเล็กโทรดทองแดงหลังทดลองนำมาทำความสะอาดด้วยเครื่อง Ultrasonic Cleaner 79
ค.13 นำอิเล็กโทรดทองแดงหลังการทดลองนำมาชั่งน้ำหนักและจดบันทึก 80