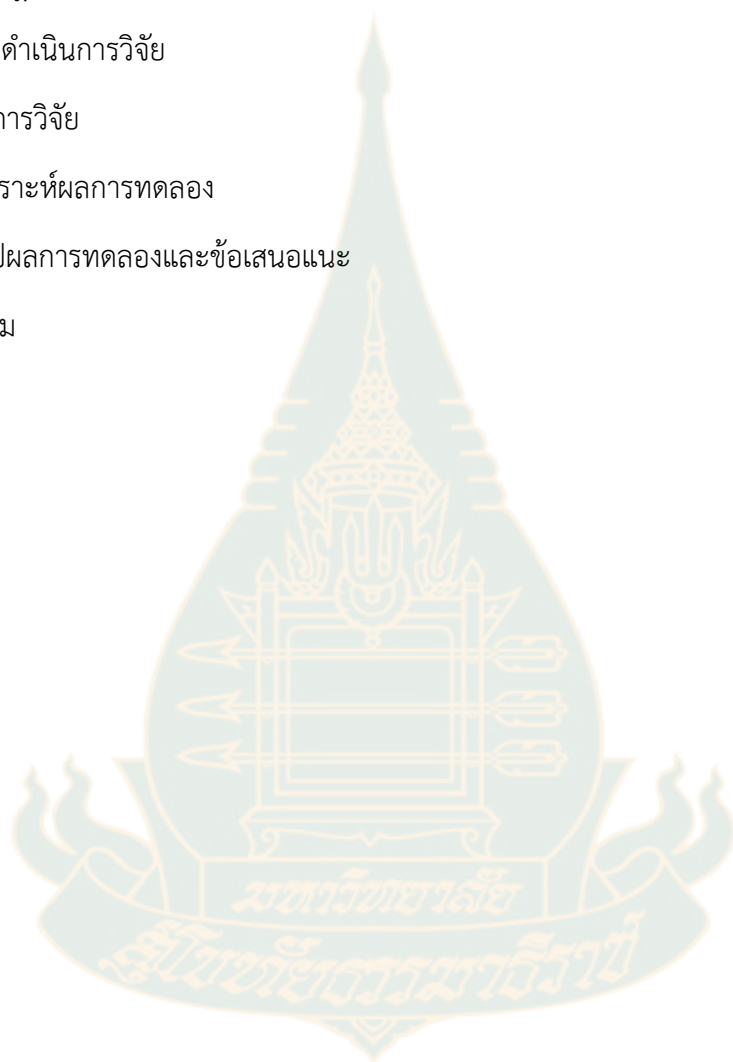


สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย	7
บทที่ 4 ผลการวิจัย	16
บทที่ 5 วิเคราะห์ผลการทดลอง	22
บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	35
บรรณานุกรม	38



สารบัญตาราง

ตารางที่ 3.1	ค่าปริมาณผงโมลิบดินัมไดซัลไฟด์และค่ากระแสไฟฟ้า	11
ตารางที่ 4.1	ผลการทดลอง	20
ตารางที่ 5.1	ลักษณะของพื้นผิวชั้นเคลือบ	21
ตารางที่ 5.2	ปริมาณการสึกหรอของผิวเคลือบจากการทดสอบด้วยเครื่อง Ball-On-Disc	26
ตารางที่ 5.3	ปริมาณการสึกหรอของผิวเคลือบจากการทดสอบด้วยเครื่อง Ball-On-Disc จากการวัดความกว้างของรอยสึกทั้ง 3 ค่าของแต่ละชิ้นงาน	29



สารบัญภาพ

ภาพที่ 2.1	กระบวนการเคลือบผิวด้วยไฟฟ้า	3
ภาพที่ 2.2	โครงสร้างของชั้นเคลือบนิกเกิลร่วมกับโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์	4
ภาพที่ 2.3	การเตรียมผิวด้วยวิธีดั้งเดิม	5
ภาพที่ 2.4	การเตรียมผิวโดยปราศจากโครเมียมและพลาตาเดียม	5
ภาพที่ 3.1	ชิ้นงานพอลิเมอร์ประเภทเอปียูเรเทนขึ้นรูปด้วยวิธีการพิมพ์ 3 มิติต่อเชื่อมกับสายไฟฟ้า	7
ภาพที่ 3.2	การกัดกรดชิ้นงานในสารละลายที่ผสมจาก CrO_3 กับ H_2SO_4	8
ภาพที่ 3.3	การกระตุ้นผิวครั้งที่ 1 ในสารละลายที่ผสมจาก $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ กับ HCl	8
ภาพที่ 3.4	การกระตุ้นผิวครั้งที่ 2 ในสารละลายที่ผสมจาก AgNO_3 แอมโมเนีย และโปตัสเซียมโซเดียม	9
ภาพที่ 3.5	การเคลือบทองแดงด้วยวิธีไม่ใช้ไฟฟ้า ในสารละลายที่ผสมจาก CuSO_4 NaOH โปตัสเซียมโซเดียมตาเตรท และฟอมาลดีไฮด์	10
ภาพที่ 3.6	(ก) ชิ้นงานที่ผ่านการเคลือบทองแดงด้วยวิธีไม่ใช้ไฟฟ้า (ข) ชิ้นงานที่ผ่านการล้าง และเป่าแห้ง	10
ภาพที่ 3.7	การตรวจสอบการนำไฟฟ้าของชิ้นงานด้วยการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า	11
ภาพที่ 3.8	(ก) การต่อชิ้นงานกับเครื่องจ่ายกระแสไฟฟ้า (ข) การต่อขั้วคาโทดและขั้วแอโนด	12
ภาพที่ 3.9	(ก) เครื่องทดสอบการสึกหรอ Ball-On-Disc (ข) การสัมผัสของลูกบอลและชิ้นงาน ระหว่างการทดสอบ	13
ภาพที่ 3.10	เครื่อง XRF	13
ภาพที่ 3.11	(ก) เครื่อง Profilometer (ข) การสัมผัสของปลายเข็มกับผิวชิ้นงาน เพื่อวัดค่าความขรุขระ	14
ภาพที่ 3.12	กล้องจุลทรรศน์แสง	15
ภาพที่ 4.1	ตัวอย่างการแสดงผลจากเครื่อง XRF (ก) ตำแหน่งของชิ้นงานที่ทำการวัด (ข) ค่าส่วนผสมทางเคมีที่วัดได้ของชิ้นงานที่เคลือบผิวด้วยไฟฟ้าที่ความเข้มข้นของ ผงโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ 10 g/l และกระแสไฟฟ้า 4 A/dm ²	16
ภาพที่ 4.2	วัดค่าส่วนผสมทางเคมี 5 ตำแหน่งบนผิวชั้นเคลือบของชิ้นงาน	17

ภาพที่ 4.3 ตัวอย่างการแสดงผลค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจากเครื่อง Ball-On-Disc ของชิ้นงานที่เคลือบผิวด้วยไฟฟ้าที่ความเข้มข้นของผงโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ 6 g/l และ กระแสไฟฟ้า 6 A/dm ²	17
ภาพที่ 4.4 ตัวอย่างการวัดค่าความหยาบผิวจากเครื่อง Profilometer (ก) ชั้นเคลือบชิ้นงาน (ข) ภายในรอยสัก ของชิ้นงานที่เคลือบผิวด้วยไฟฟ้าที่ความเข้มข้นของผงโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ 10 g/l และกระแสไฟฟ้า 4 A/dm ²	19
ภาพที่ 4.5 การวัดความลึกและความกว้างของรอยสักจากเครื่อง Profilometer ของชิ้นงานที่เคลือบผิวด้วยไฟฟ้าที่ความเข้มข้นของผงโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ 10 g/l และ กระแสไฟฟ้า 4 A/dm ²	20
ภาพที่ 5.1 ลักษณะพื้นผิวและรอยการเสียดสีจากการทดสอบด้วยวิธี Ball-On-Disk	24
ภาพที่ 5.2 ค่าความหยาบผิว (ก) ผิวเคลือบชิ้นงาน (ข) ภายในรอยสัก	25
ภาพที่ 5.3 ปริมาณร้อยละโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ในชั้นเคลือบด้วยไฟฟ้า	26
ภาพที่ 5.4 ปริมาณการสึกหรอจากการทดสอบด้วยเครื่อง Ball-On-Disc สัมพันธ์กับ (ก) ปริมาณผงโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ ในชั้นเคลือบ (ข) ความหยาบผิวของชั้นเคลือบ	28
ภาพที่ 5.5 ปริมาณการสึกหรอจากการทดสอบด้วยเครื่อง Ball-On-Disc สัมพันธ์กับ (ก) ปริมาณผงโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ ในชั้นเคลือบ (ข) ความหยาบผิวของชั้นเคลือบ	29
ภาพที่ 5.6 การพิจารณาปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณการสึกหรอของชั้นเคลือบ	30
ภาพที่ 5.7 กราฟความสัมพันธ์ของปัจจัยความเข้มข้นของผงโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ในสารละลาย ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า และปริมาณการสึกหรอของชั้นเคลือบ	32
ภาพที่ 5.8 การพิจารณาปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณการสึกหรอของชั้นเคลือบ	33
ภาพที่ 5.9 พิจารณาผลของปัจจัยด้านความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าที่มีต่อปริมาณการสึกหรอต่ำสุดของชั้นเคลือบ	34
ภาพที่ 6.1 แสดงความหนาของชั้นเคลือบผิวที่เกิดผลสมของผงโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์	36
ภาพที่ 6.2 เครื่องวัดความแข็งยี่ห้อ Innovatest รุ่น Nova 360	36
ภาพที่ 6.3 รอยกดจากวัดความแข็งด้วยแรงกด 5 kgf ของชั้นเคลือบที่ได้จากค่าความเข้มข้น MoS ₂ ในสารละลาย 12 g/l และความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า 10 A/dm ²	