บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย

การทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของการเคลือบผิวชิ้นงานเอบีเอสด้วยนิกเกิลร่วมกับผงโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์จากกระบวนการเคลือบผิวด้วยไฟฟ้าเพื่อศึกษาความต้านทานการสึกหรอดำเนินตามขั้นตอนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

3.1 ชิ้นงานที่ใช้ในการทดลอง

ชิ้นงานที่ใช้ในการทดลองเป็นวัสดุพอลิเมอร์ประเภทเอบีเอส ซึ่งขึ้นรูปด้วยกระบวนการพิมพ์ 3 มิติ โดยใช้เส้นพอลิเมอร์เอบีเอสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.75 mm อุณหภูมิขณะพิมพ์ 200°C ความเร็ว 60 mm/s พิมพ์เป็นรูปร่างแผ่นวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 inch ความหนา 1 cm แล้วนำไปขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 1200 และเชื่อมต่อกับสายไฟด้วยกาวเงิน ดังภาพที่ 3.1

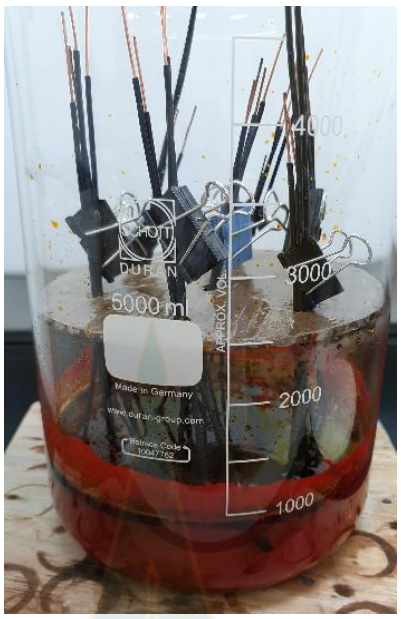
ภาพที่ 3.1 ชิ้นงานพอลิเมอร์ประเภทเอบีเอสขึ้นรูปด้วยวิธีการพิมพ์ 3 มิติต่อเชื่อมกับสายไฟฟ้า

3.2 การเคลือบผิวชิ้นงานด้วยวิธีไม่ใช้ไฟฟ้า (Electroless Plating)

เนื่องจากชิ้นงานเป็นวัสดุพอลิเมอร์ประเภทเอบีเอสซึ่งไม่นำไฟฟ้า จึงจำเป็นต้องทำให้ผิวชิ้นงานมีสภาพนำไฟฟ้าก่อนนำไปเคลือบผิวด้วยไฟฟ้า โดยนำชิ้นงานดังกล่าวไปเคลือบผิวด้วยวิธีไม่ใช้ไฟฟ้าดังนี้

3.2.1 การกัดกรด (Aging)

นำชิ้นงานจุ่มในสารละลายที่ผสมจากสารละลาย CrO_3 ความเข้มข้น 420 g/l กับ H_2SO_4 (s.g. 1.84) 98%w/w ปริมาณ 380 cc ต่อสารละลายทั้งหมด 1,000 cc เป็นเวลาประมาณ 10 นาที ที่อุณหภูมิ 65°C ดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 การกัดกรดชิ้นงานในสารละลายที่ผสมจาก CrO_3 กับ H_2SO_4

3.2.2 การกระตุ้นผิวครั้งที่ 1 (Sensitizing)

นำชิ้นงานที่ผ่านการกัดกรดมาทำการกระตุ้นผิวเพื่อให้ผิวชิ้นงานมีความไวต่อการเกิดปฏิกิริยา โดยนำชิ้นงานที่ผ่านการกัดกรดจุ่มในสารละลายที่ผสมจากสารละลาย $SnCl_2{\cdot}2H_2O$ ความเข้มข้น 10 g/l กับ HCl (s.g. 1.18) 35.4%w/w ปริมาณ 40 cc ต่อสารละลายทั้งหมด 1,000 cc เป็นเวลาประมาณ 3 นาที ที่อุณหภูมิ 25°C ดังภาพที่ 3.3

ภาพที่ 3.3 การกระตุ้นผิวครั้งที่ 1 ในสารละลายที่ผสมจาก $SnCl_2{\cdot}2H_2O$ กับ HCl

3.2.3 การกระตุ้นผิวครั้งที่ 2 (Activating)

นำชิ้นงานที่ผ่านการกระตุ้นผิวครั้งที่ 1 มาทำการกระตุ้นผิวครั้งที่ 2 เพื่อให้ผิวชิ้นงานมีความไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มมากยิ่งขึ้น โดยนำชิ้นงานที่ผ่านการกระตุ้นผิวครั้งที่ 1 จุ่มในสารละลาย 2 ชนิด ได้แก่

สารละลายชนิดที่ 1 เป็นสารละลายที่ผสมจากสารละลาย $AgNO_3$ ความเข้มข้น 50 g/l กับแอมโมเนียโดยผสมแอมโมเนียจนสารละลายมีความใส

สารละลายชนิดที่ 2 เป็นสารละลายโปตัสเซียมโซเดียมตาเตรทความเข้มข้น 0.4 g/cc

นำสารละลายทั้ง 2 ชนิดมาผสมกันโดยใช้สารละลายชนิดที่ 1 กับชนิดที่ 2 เป็นสัดส่วน 3 ต่อ 1 แล้วนำชิ้นงานที่ผ่านการกระตุ้นผิวครั้งที่ 1 มาจุ่มในสารละลายนี้เป็นเวลาประมาณ 3 นาที ที่อุณหภูมิ 25°C ดังภาพที่ 3.4

ภาพที่ 3.4 การกระตุ้นผิวครั้งที่ 2 ในสารละลายที่ผสมจาก $AgNO_3$ แอมโมเนีย และโปตัสเซียมโซเดียมตาเตรท

3.2.4 การเคลือบทองแดงด้วยวิธีไม่ใช้ไฟฟ้า (Copper Electroless Plating)

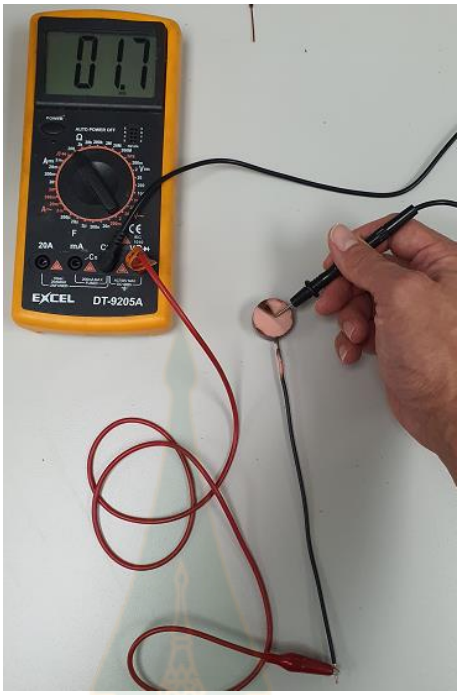
นำชิ้นงานที่ผ่านการกระตุ้นผิวครั้งที่ 2 แล้วมาเคลือบทองแดงด้วยวิธีไม่ใช้ไฟฟ้าโดยจุ่มชิ้นงานดังกล่าวในสารละลายที่ผสมจาก $CuSO_4$ ปริมาณ 7 g NaOH ปริมาณ 7 g โปตัสเซียมโซเดียมตาเตรท 40 g ฟอมาลดีไฮด์ (37%) 30 cc โดยผสมสารทั้งหมดนี้ในน้ำกลั่น 1,000 cc แล้วนำชิ้นงานที่ผ่านการกระตุ้นผิวครั้งที่ 2 แล้วมาจุ่มในสารละลายดังกล่าวนี้เป็นเวลาประมาณ 15 นาที ที่อุณหภูมิ 25°C ดังภาพที่ 3.5

ภาพที่ 3.5 การเคลือบทองแดงด้วยวิธีไม่ใช้ไฟฟ้า ในสารละลายที่ผสมจาก $CuSO_4$ NaOH โปตัสเซียมโซเดียมตาเตรท และฟอมาลดีไฮด์

ชิ้นงานที่ได้จากการเคลือบผิวชิ้นงานด้วยวิธีไม่ใช้ไฟฟ้าจะมีผิวเคลือบด้วยทองแดงดังภาพที่ 3.6 ทำให้ชิ้นงานนำไฟฟ้าได้โดยตรวจสอบการนำไฟฟ้าด้วยการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าด้วยเครื่องมัลติมิเตอร์ ดังภาพที่ 3.7 ซึ่งสามารถนำไปเคลือบผิวด้วยไฟฟ้าได้ต่อไป

(ก) (ข)

ภาพที่ 3.6 (ก) ชิ้นงานที่ผ่านการเคลือบทองแดงด้วยวิธีไม่ใช้ไฟฟ้า (ข) ชิ้นงานที่ผ่านการล้างและเป่าแห้ง



ภาพที่ 3.7 การตรวจสอบการนำไฟฟ้าของชิ้นงานด้วยการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า

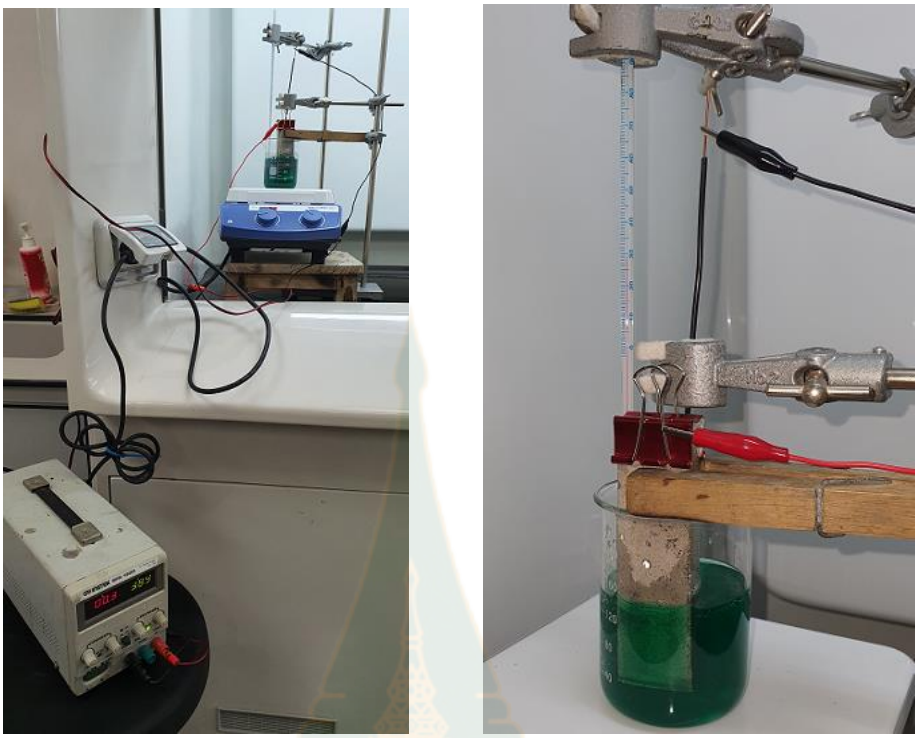
3.3 การเคลือบผิวชิ้นงานด้วยไฟฟ้า (Electroplating)

ชิ้นงานที่ผ่านการเคลือบผิวชิ้นงานด้วยวิธีไม่ใช้ไฟฟ้าสามารถนำไฟฟ้าได้ ชิ้นงานดังกล่าวจะถูกนำมาเคลือบผิวชิ้นงานด้วยไฟฟ้าโดยจุ่มชิ้นงานในสารละลายที่ผสมจาก $NiSO_4$ ปริมาณ 250 g $NiCl_2$ ปริมาณ 60 g $B(OH)_3$ ปริมาณ 45 g และขัณฑสกร (Saccharine) 4 g โดยผสมสารทั้งหมดนี้ในน้ำกลั่น 1,000 cc และทำการเคลือบชิ้นงานด้วยไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 55°C ใช้เวลาในการเคลือบผิว 1 ชั่วโมง โดยทำการใส่ผง MoS_2 ลงในสารละลายดังกล่าวเพื่อให้เกิดการเคลือบผิวด้วยนิกเกิลและผง MoS_2 บนผิวชิ้นงาน โดยทำการปรับค่าปริมาณผงโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ และค่ากระแสไฟฟ้าดังตารางที่ 3.1 และทำการกวนด้วยความเร็วรอบ 180 รอบต่อนาทีด้วยแท่งแม่เหล็กและเครื่องกวนแม่เหล็ก (Magnetic Stirrer) โดยผง MoS_2 มีขนาดอนุภาค 3 μm ที่ปริมาณ 99%

ตารางที่ 3.1 ค่าปริมาณผง MoS_2 และค่ากระแสไฟฟ้า

ปัจจัย	ปริมาณ			
ความเข้มข้นผงโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ (g/l)	6	8	10	12
ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าไฟฟ้า (A/dm^2)	4	6	8	10

ชิ้นงานต่อกับเครื่องจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ขั้วคาโทดส่วนขั้วอาโนดต่อกับแท่งนิกเกิลบริสุทธิ์ดังภาพที่ 3.8

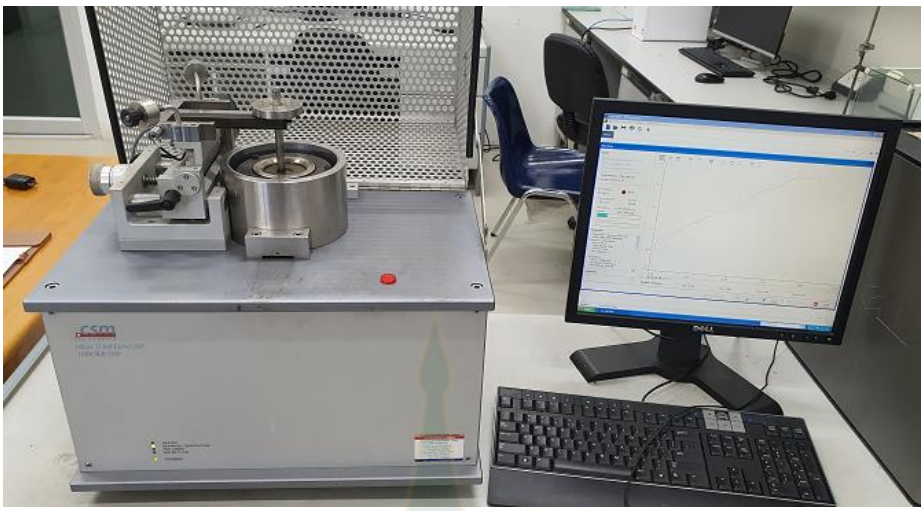


(ก) (ข)

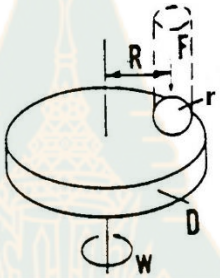
ภาพที่ 3.8 (ก) การต่อชิ้นงานกับเครื่องจ่ายกระแสไฟฟ้า (ข) การต่อขั้วคาโทดและขั้วอาโนด

3.4 การทดสอบการสึกหรอ

ชิ้นงานที่ผ่านเคลือบผิวด้วยไฟฟ้าจะถูกนำไปทดสอบการสึกหรอด้วยเครื่อง Ball-On-Disc ยี่ห้อ CSM Tribometer ตามมาตรฐานการทดสอบการสึกหรอ ASTM G99-95a [12] ดังภาพที่ 3.9 โดยใช้ภาระแรงกด 5 N ความเร็ว 25 cm/s ระยะทาง 200 m เส้นผ่านศูนย์กลางรอยสึก 8 mm (Wear Track Diameter) และใช้ลูกบอลอะลูมิน่าเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm เป็นตัวกดบนชั้นเคลือบของชิ้นงาน



(ก)

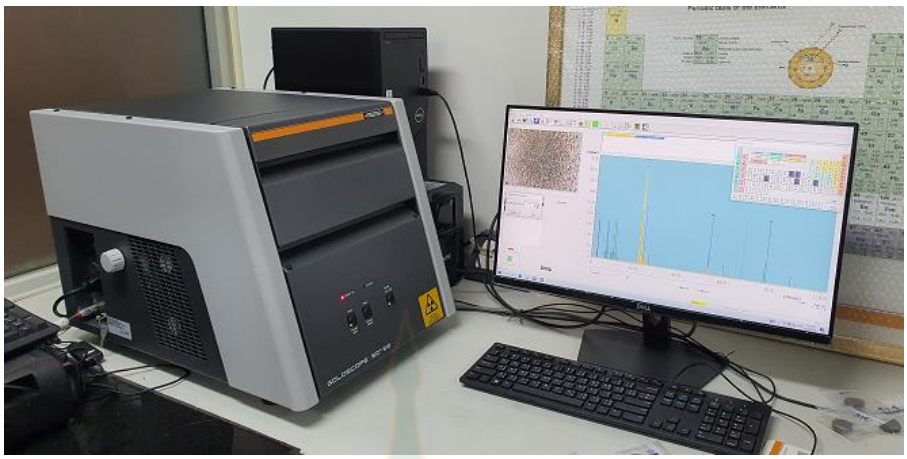


(ข)

ภาพที่ 3.9 (ก) เครื่องทดสอบการสึกหรอ Ball-On-Disc (ข) การสัมผัสของลูกบอลและชิ้นงานระหว่างการทดสอบ [12]

3.5 การวัดค่าส่วนผสมทางเคมีของชั้นเคลือบ

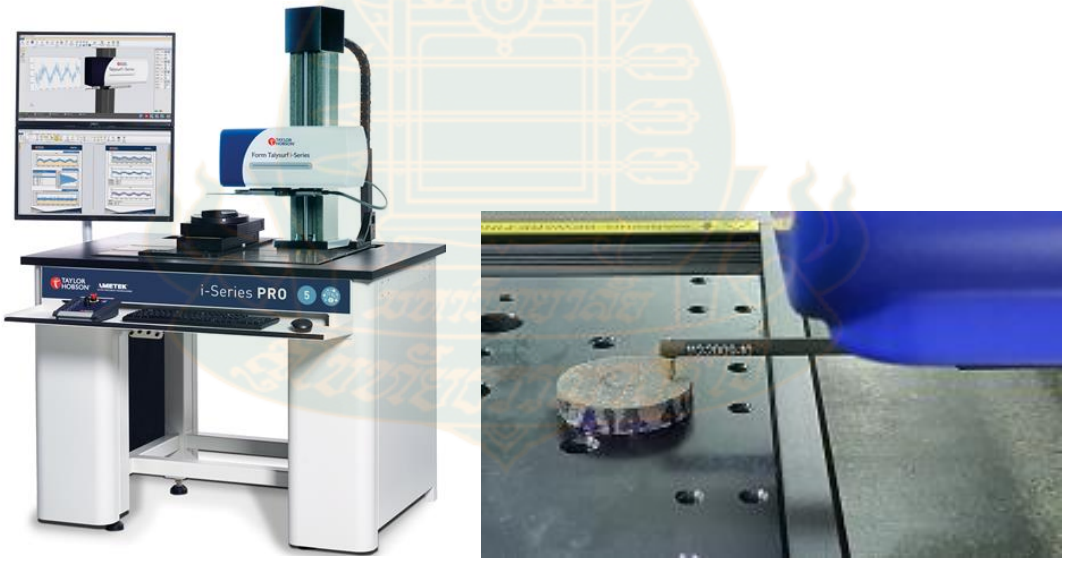
ชั้นผิวเคลือบบนชิ้นงานจะถูกนำมาวัดค่าส่วนผสมทางเคมีโดยเครื่อง XRF (X-ray Fluorescence) ยี่ห้อ Fischer รุ่น Goldscope SD510 ดังภาพที่ 3.10



ภาพที่ 3.10 เครื่อง XRF

3.6 การวัดค่าความขรุขระของชั้นเคลือบ

ชั้นผิวเคลือบบนชิ้นงานจะถูกนำมาวัดค่าความหยาบผิว รวมถึงความลึกและความกว้างของรอยการสึกหรอจากการทดสอบด้วยเครื่อง Ball-On-Disc โดยเครื่อง Profilometer ยี่ห้อ Taylor Hobson รุ่น Form Talysurf i-Series PRO ดังภาพที่ 3.11

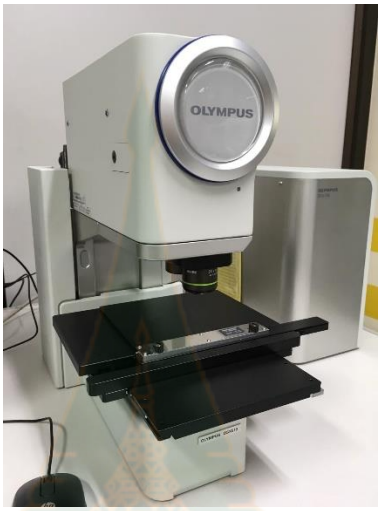


(ก) (ข)

ภาพที่ 3.11 (ก) เครื่อง Profilometer (ข) การสัมผัสของปลายเข็มกับผิวชิ้นงานเพื่อวัดค่าความขรุขระ

3.7 การถ่ายภาพพื้นผิวชั้นเคลือบของชิ้นงาน

การถ่ายภาพพื้นผิวชั้นเคลือบเพื่อพิจารณาสภาพพื้นผิวและการกระจายตัวของ MoS2 ด้วยกล้องจุลทรรศน์แสงยี่ห้อ Olympus รุ่น DSX500 ดังภาพที่ 3.12



ภาพที่ 3.12 กล้องจุลทรรศน์แสง