บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการวิจัยนี้พบว่าชั้นเคลือบด้วยไฟฟ้าบนผิวชิ้นงานที่มีค่าความหยาบผิวต่ำจะมีปริมาณการสึกหรอน้อย ซึ่งปัจจัยการเคลือบที่ส่งผลทำให้ค่าความหยาบผิวของชั้นเคลือบต่ำคือความเข้มข้นของผงโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์สูงคือ 10 และ 12 g/l ดังภาพที่ 5.4 (ข) และใช้ค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าสูงซึ่งในการวิจัยนี้คือ 10 A/dm^2 ดังภาพที่ 5.2 (ข) โดยความหยาบผิวของขั้นเคลือบมีอิทธิพลโดยตรงต่อปริมาณการสึกหรอของชั้นเคลือบ ในขณะที่ปริมาณของ MoS_2 ในชั้นเคลือบไม่ส่งผลอย่างชัดเจนกับปริมาณการสึกหรอของชั้นเคลือบ นั่นคือจุดสัมผัสของชั้นเคลือบกับผิวคู่สัมผัสมีผลต่อการสึกหรอของชั้นเคลือบมากกว่าปริมาณ MoS_2 ในชั้นเคลือบ โดยชั้นผิวเคลือบที่มีความหยาบผิวต่ำมีจุดสัมผัสจำนวนมากช่วยลดความเค้นที่กระทำกับปลาย Asperities ของ Nodule บนผิวชั้นเคลือบทำให้การแตกหักของ Asperities น้อยจึงทำให้การสึกหรอของผิวชั้นเคลือบลงน้อยนั่นเอง

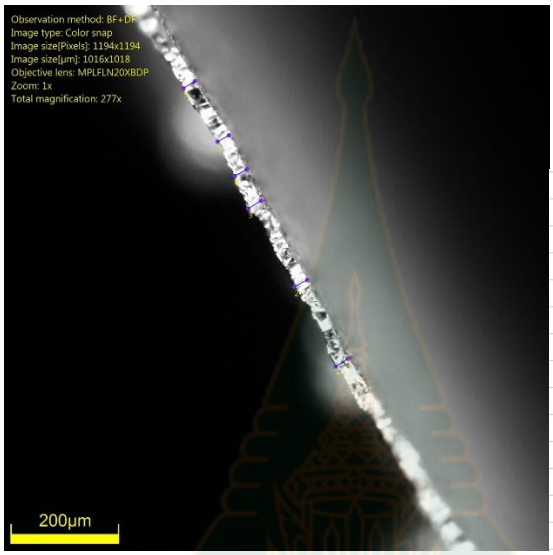
จากการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธีแฟคทอเรียลเพื่อศึกษาอิทธิพลของปัจจัยในการเคลือบด้วยไฟฟ้าทั้งความเข้มข้นของผงโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า รวมถึงอิทธิพลร่วมของทั้งสองปัจจัย ที่มีต่อปริมาณการสึกหรอ พบว่าปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ ส่งผลต่อปริมาณการสึกหรอของชั้นเคลือบอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อทำการหาสภาวะเหมาะสมที่สุดด้วยวิธีทางสถิติ 2^k แฟคทอเรียล พบว่าปัจจัยที่ส่งผลโดยทำให้ปริมาณการสึกหรอของชั้นเคลือบต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญคือ ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าที่สูงที่สุด คือ 10 A/dm^2 จะทำให้ปริมาณการสึกหรอต่ำที่สุดเท่ากับ 0.758 mm^3 ตามสมการการถดถอยที่ได้จากวิธีดังกล่าว ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและส่วนผสมทางเคมี นั่นคือ ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าสูงจะทำให้ความหยาบผิวต่ำทำให้การสึกหรอของชั้นเคลือบน้อยลง ในขณะที่ปริมาณผงโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ในชั้นเคลือบซึ่งแปรผันตามความเข้มข้นของผงโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ไม่ส่งผลต่อการสึกหรอต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นสามารถเลือกใช้ความเข้มข้นของผงโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่มีค่าต่ำสุด (6 g/l) ได้ เป็นการลดความสิ้นเปลืองโดยที่ยังคงส่งผลให้ปริมาณการสึกหรอที่ต่ำสุดเช่นกัน

6.2 ข้อเสนอแนะ

1. การวิจัยขั้นต่อไปควรลดความเข้มข้นของผงโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์เพื่อหาค่าความเข้มข้นดังกล่าวที่มีค่าต่ำที่สุดโดยยังคงส่งผลให้เกิดสภาวะเหมาะสมที่สุดที่ปริมาณการสึกหรอยังคงต่ำที่สุด เพื่อลดความสิ้นเปลืองผงโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์

2. ค่าความแข็งของชั้นเคลือบเป็นอีกหนึ่งสมบัติที่มีผลต่อการสึกหรอของชั้นเคลือบด้วยเช่นกันจึงควรทำการวัดค่าดังกล่าวในการวิจัยขั้นต่อไป อย่างไรก็ตามการวัดค่าความแข็งขึ้นอยู่กับความหนาของชั้นเคลือบ ซึ่งต้องเลือกวิธีการวัดค่าความแข็งของชั้นเคลือบให้เหมาะสม การวัดความ

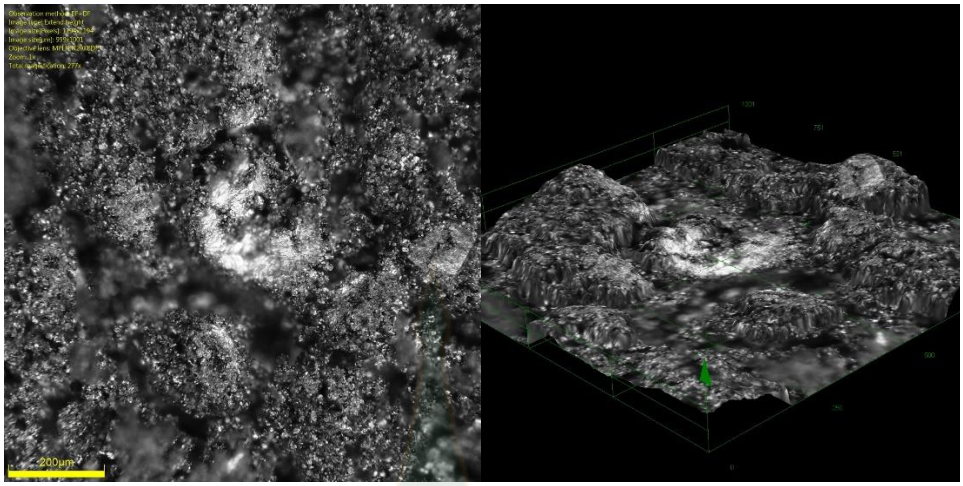
แข็งของชั้นเคลือบดังกล่าวด้วยเครื่องวัดความแข็ง Vicker ไม่เหมาะสมกับชั้นเคลือบดังกล่าว ทั้งนี้เนื่องจากความหนาของชั้นเคลือบดังกล่าวมีความหนาเพียงประมาณ 26 ไมครอน ดังภาพที่ 6.1 แต่เมื่อวัดความแข็งชั้นเคลือบด้วยเครื่องวัดความแข็งดังภาพที่ 6.2 แล้วพบว่ารอยกดมีขนาดใหญ่ถึงประมาณ 200 ไมครอนซึ่งใหญ่กว่าความหนาของชั้นเคลือบมากดังภาพที่ 6.3 อีกทั้งรอยกดดังกล่าวไม่มีความชัดเจนเนื่องจากชิ้นงานเป็นพลาสติกเอบีเอสมีความยืดหยุ่น



Count	5
Average	26.282
Max.	27.956
Min.	24.326
Range	3.63
σ	1.547
3σ	4.641
No.	**Distance[µm]**
1	24.326
2	27.286
3	27.956
4	26.835
5	25.005

ภาพที่ 6.1 แสดงความหนาของชั้นเคลือบผิวนิกเกิลผสมของผงโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์

ภาพที่ 6.2 เครื่องวัดความแข็งยี่ห้อ Innovatest รุ่น Nova 360



ภาพที่ 6.3 รอยกดจากวัดความแข็งด้วยแรงกด 5 kgf ของชั้นเคลือบที่ได้จากค่าความเข้มข้น MoS_2 ในสารละลาย 12 g/l และความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า 10 A/dm^2

จากเหตุผลดังกล่าวจึงควรใช้การวัดความแข็งด้วยเครื่องกดระดับนาโน (Nanoindentation tester) โดยนำชิ้นงานหล่อด้วยเรซินแล้วทำการตัดขวางชิ้นงาน (Cross section) และขัดละเอียด ทำการกดวัดความแข็งบริเวณชั้นความหนาของชั้นเคลือบจะเป็นวิธีการที่เหมาะสม แต่วิธีการดังกล่าวต้องใช้กระบวนการเตรียมชิ้นงานที่ใช้เวลานานและมีความละเอียดสูง ไม่สามารถดำเนินการได้ในระยะเวลาการวิจัยนี้

3. การวิจัยนี้มีแนวทางการทดลองที่อุณหภูมิสูงกว่า 55°C ขึ้นไป เนื่องจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ทำการทดลองตั้งแต่อุณหภูมิห้องจนถึงอุณหภูมิ 50°C แต่จากการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิสูงกว่า 55°C สารละลายอิเล็กโทรไลท์ระเหยเร็วมากจนไม่สามารถดำเนินการทดลองได้ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง จำเป็นต้องสร้างระบบปิดที่ป้องกันการระเหยของสารละลายดังกล่าวทำให้ไม่สามารถดำเนินการได้ทันภายในระยะเวลาการวิจัยที่กำหนด