

บทที่ 4 ผลการวิจัย

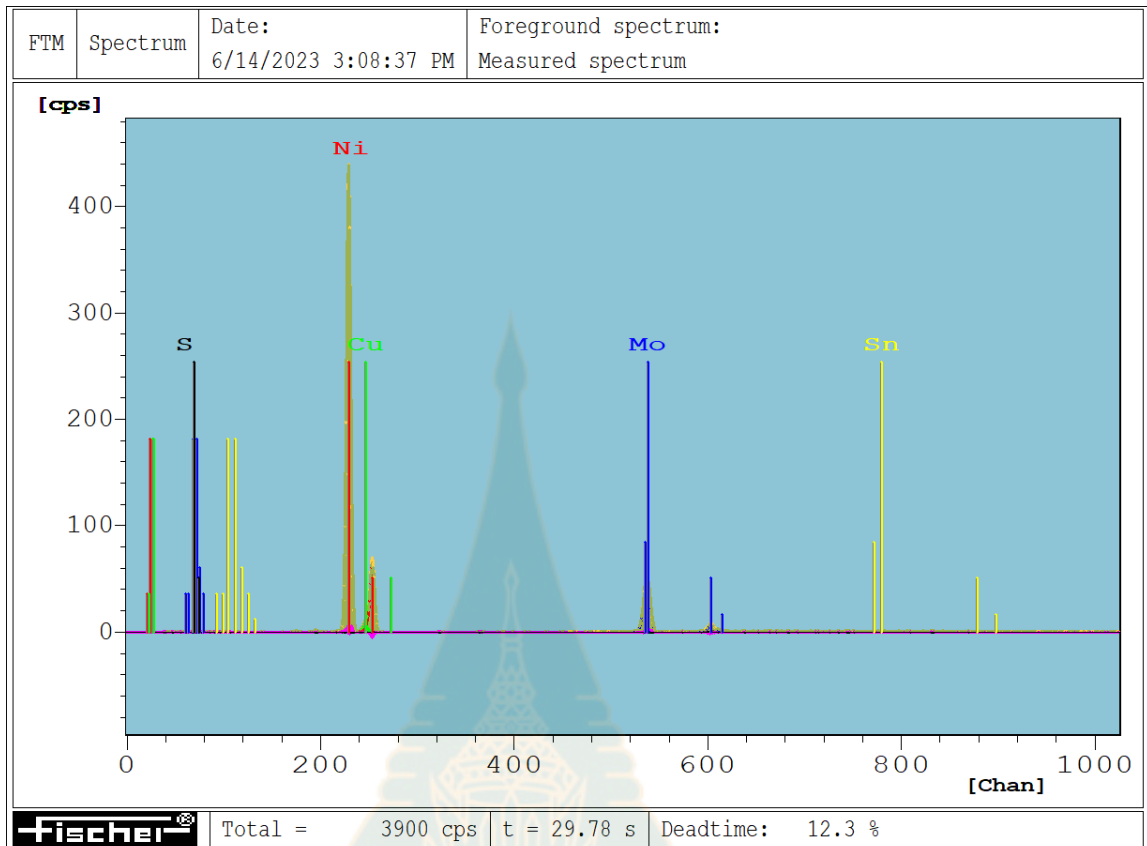
ชิ้นงานที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยวิธีไฟฟ้าจะถูกนำมาวัดค่าส่วนผสมทางเคมี ทดสอบการสึกหรอ และวัดค่าความหยาบผิว ตามลำดับ

4.1 ค่าส่วนผสมทางเคมี

ส่วนผสมทางเคมีที่วัดได้จากเครื่อง XRF จะแสดงผลเป็นร้อยละของธาตุต่าง ๆ ที่พบในชั้นเคลือบบนชิ้นงาน ดังแสดงในภาพที่ 4.1 จากตัวอย่างการแสดงผลดังกล่าวจะพบว่านอกจากโมลิบดีนัมและนิกเกิลแล้วยังมีธาตุอื่น ๆ ได้แก่ ดิบุก เงิน และทองแดงในชั้นเคลือบด้วยซึ่งเกิดจากการกระตุ้นผิวและเคลือบทองแดงจากการเคลือบโดยไม่ใช้ไฟฟ้าเพื่อให้ชิ้นงานมีสภาพนำไฟฟ้าก่อนการเคลือบนิกเกิลกับผงโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์บนผิวชิ้นงานด้วยไฟฟ้า ดังนั้นค่าร้อยละของธาตุดิบุก เงิน และทองแดงจะถูกตัดออกเพื่อพิจารณาเฉพาะค่าร้อยละของนิกเกิล โมลิบดีนัม และซัลเฟอร์ในชั้นเคลือบจากวิธีการเคลือบด้วยไฟฟ้าเท่านั้นโดยนำร้อยละของนิกเกิลลบออกจาก 100 ก็จะได้ค่าร้อยละของโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ ที่อยู่ในชั้นเคลือบด้วยไฟฟ้า ชิ้นงานแต่ละชิ้นงานจะวัดค่าส่วนผสมทางเคมี 5 ตำแหน่งดังภาพที่ 4.2 นำมาหาค่าเฉลี่ยแล้วบันทึกผลในตารางที่ 4.1



(ก)



Legend:
Foreground: Measured spectrum (Yellow)
Scattering spectrum (Green)
Sum of spectra (Blue)
Residual (Magenta)

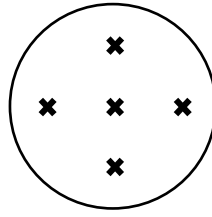
Meas. para. (foreground spectrum):
High voltage = 50 kV (875) Prim. Filter = Al1000
Collimator 1 = 1.00 Dm. Anode current 1000 uA
Meas. distance = -0.08 mm

Results of analysis: (%)

28	Ni	=	79.17
42	Mo	=	4.80
29	Cu	=	0.99
50	Sn	=	0.05
16	S	=	14.99

(ข)

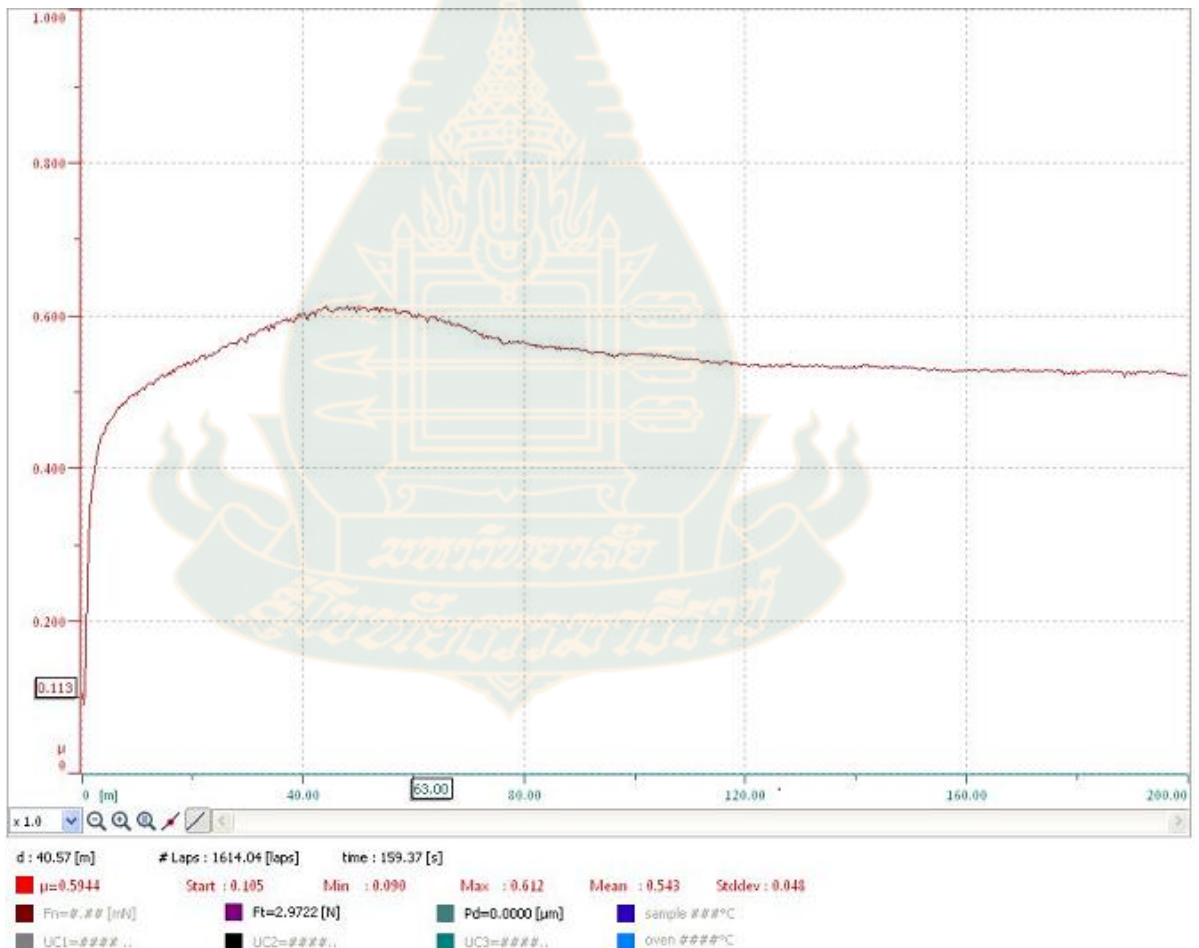
ภาพที่ 4.1 ตัวอย่างการแสดงผลจากเครื่อง XRF (ก) ตำแหน่งของชิ้นงานที่ทำการวัด (ข) ค่าส่วนผสมทางเคมีที่วัดได้ของชิ้นงานที่เคลือบผิวด้วยไฟฟ้าที่ความเข้มข้นของผงโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ 10 g/l และกระแสไฟฟ้า 4 A/dm²



ภาพที่ 4.2 วัดค่าส่วนผสมทางเคมี 5 ตำแหน่งบนผิวชั้นเคลือบของชิ้นงาน

4.2 การทดสอบการสึกหรอ

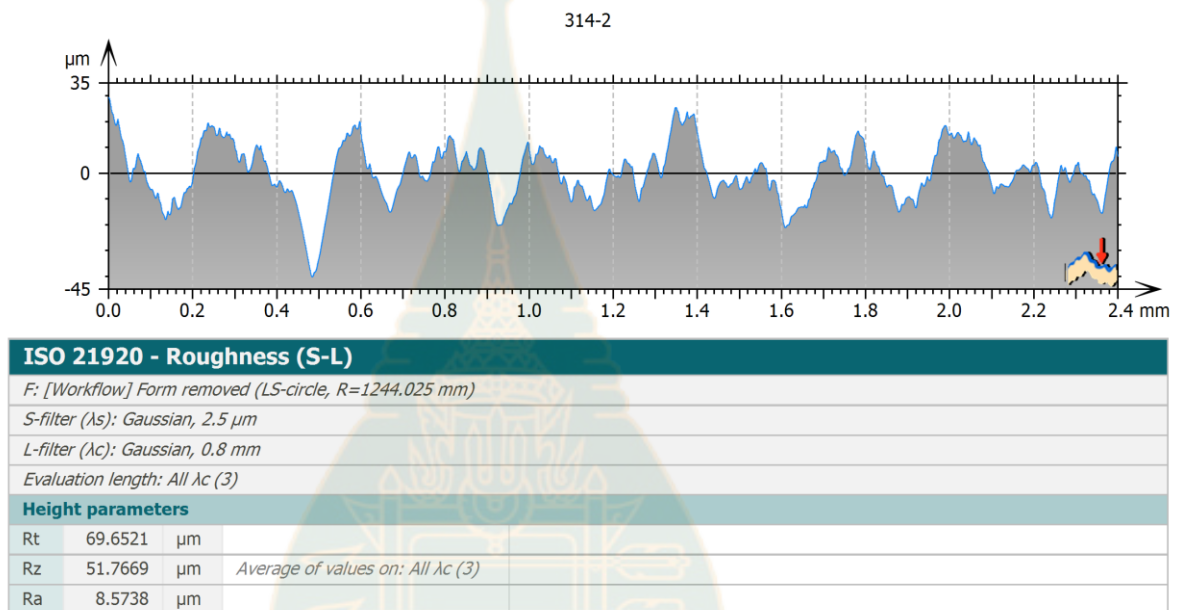
ชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบการสึกหรอด้วยเครื่อง Ball-On-Disc จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายระหว่างผิวเคลือบของชิ้นงานกับลูกบอลอะลูมินาซึ่งแสดงผลทั้งค่าสูงสุด ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยดังภาพที่ 4.3 โดยนำค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ความเสียหายบันทึกในตารางที่ 4.1



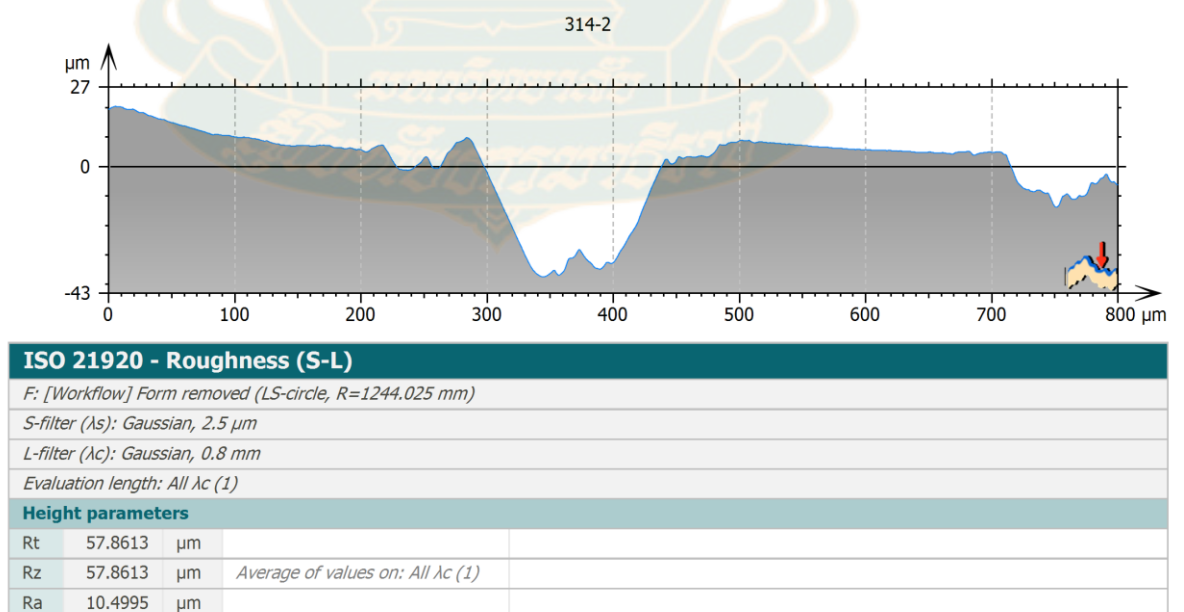
ภาพที่ 4.3 ตัวอย่างการแสดงผลค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายจากเครื่อง Ball-On-Disc ของชิ้นงานที่เคลือบผิวด้วยไฟฟ้าที่ความเข้มข้นของผงโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ 6 g/l และกระแสไฟฟ้า 6 A/dm²

4.3 ค่าความหยาบผิว

ค่าความหยาบผิวที่วัดได้จากเครื่อง Profilometer สามารถวัดค่าความหยาบผิวของชิ้นเคลือบชิ้นงาน ภายในรอยสัก ดังภาพที่ 4.4 นอกจากนี้ยังสามารถหาค่าความลึกและความกว้างของรอยสักที่เกิดจากการทดสอบการสึกหรอด้วยเครื่อง Ball-On-Disc โดยทำการทดสอบวัดรอยสักของชิ้นงาน 3 ครั้งแล้วนำค่าเฉลี่ยบันทึกในตารางที่ 4.1 ซึ่งสามารถนำไปหาค่าปริมาณการสึกหรอ (Volume Loss) ในบทที่ 5 ต่อไป

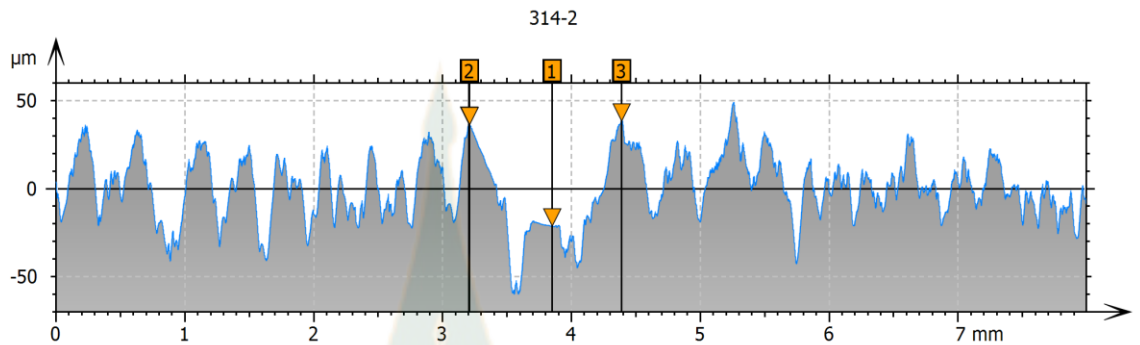


(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.4 ตัวอย่างการวัดค่าความหยาบผิวจากเครื่อง Profilometer (ก) ชั้นเคลือบชิ้นงาน (ข) ภายในรอยสัก ของชิ้นงานที่เคลือบผิวด้วยไฟฟ้าที่ความเข้มข้นของผงโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ 10 g/l และกระแสไฟฟ้า 4 A/dm²



Parameters	Unit	0-1	2-3
Horizontal distance	mm	0.6455	1.1797
Height difference	µm	-57.8085	2.0605
Oblique distance	mm	0.6481	1.1797
Slope	µm/mm	-89.5584	1.7467
Angle	°	-5.1177	0.1001
Mean height	µm	-12.1822	-11.8835
Radius	mm	1.0965	2.4153
LS slope	µm/mm	-98.2145	-1.4121
LS angle	°	-5.6093	-0.0809
Left abscissa	mm	3.2052	3.2096
Right abscissa	mm	3.8506	4.3893
Left height	µm	36.6157	36.3673
Right height	µm	-21.1928	38.4278

ภาพที่ 4.5 การวัดความลึกและความกว้างของรอยสักจากเครื่อง Profilometer ของชิ้นงานที่เคลือบผิวด้วยไฟฟ้าที่ความเข้มข้นของผงโมลิบดีนัมไดซัลไฟด์ 10 g/l และกระแสไฟฟ้า 4 A/dm²

4.4 การบันทึกผลการทดลอง

ค่าที่ได้จากการวัดค่าส่วนผสมทางเคมีจากเครื่อง XRF ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจากเครื่อง Pin-on-disc รวมถึงค่าความเรียบผิว ความลึกและความกว้างของรอยสักซึ่งวัดจากเครื่อง Profilometer บันทึกในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลอง

ปัจจัย		ผลการทดลอง					
ความเข้มข้นผง MoS ₂ ในสารละลายยอเล็กทรอไลต์ (g/l)	ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า (A/dm ²)	ค่าเฉลี่ยของสัดส่วน MoS ₂ กับนิกเกิลในชั้นเคลือบด้วยไฟฟ้า (%MoS ₂ /%Ni)	ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (μ)	ค่าเฉลี่ยของความหยาบผิว (R _a) (μm)		ค่าเฉลี่ยของความลึกของรอยลึก (μm)	ค่าเฉลี่ยของความกว้างของรอยลึก (mm)
				ผิวเคลือบ	รอยลึก		
6	4	5.3/94.7	0.546	14.90	12.27	71.40	2.25
	6	3.3/96.7	0.543	6.96	8.13	23.37	1.11
	8	9.5/90.5	0.541	11.25	13.27	57.25	1.88
	10	15.1/84.9	0.491	14.34	9.33	54.36	1.26
8	4	14.6/85.4	0.376	10.58	9.90	80.78	2.55
	6	16.3/83.7	0.667	8.14	8.07	47.87	1.46
	8	10.4/89.6	0.571	8.49	9.61	41.35	1.42
	10	12.8/87.2	0.586	8.78	6.16	39.60	1.17
10	4	14.3/85.7	0.427	7.54	8.98	65.36	1.63
	6	10.8/89.2	0.453	6.98	10.33	39.85	1.29
	8	17.1/82.9	0.607	6.91	8.28	53.64	1.38
	10	11.0/89.0	0.496	5.17	4.43	25.23	1.28
12	4	8.7/91.3	0.326	12.15	7.98	76.45	1.74
	6	12.5/87.5	0.501	9.53	14.76	76.66	1.66
	8	11.1/88.9	0.624	6.52	6.83	30.53	1.30
	10	17.8/82.2	0.579	10.78	8.68	38.51	1.26