

บทที่ 4

ผลการวิจัย

1. ผลการวิจัย

การศึกษานี้ทำเพื่อศึกษาการยึดติดระหว่างพอร์ชเลนและไทเทเนียม ระหว่างกลุ่มควบคุมที่เผาในบรรยากาศปกติกับกลุ่มทดลองที่เผาในบรรยากาศอาร์กอนในระยะต่างๆ กัน จากการทดสอบขึ้นทดลองด้วยการทดสอบชนิดการกดตัด 4 จุดด้วยอัตราความเร็ว 0.1 มิลลิเมตรต่อวินาที จะพบว่าค่าแรงในกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะทางการเคลื่อนที่ของหัวกด (load-displacement curve) จะเพิ่มขึ้นจากศูนย์นิวตันเป็นเส้นตรงในแนวเฉียง (slope) ในช่วงแรกแสดงถึงค่าแรงที่ยังไม่มีผลให้รอยแตกขยายเพิ่มขึ้นจากรอยเริ่มแตก จนกระทั่งค่าแรงคงที่ในขณะที่ระยะทางการเคลื่อนที่ของหัวกดยังคงเพิ่มขึ้นแสดงว่ารอยแตกเริ่มเคลื่อนต่อจากรอยเริ่มแตก จากนั้นค่าแรงจะเริ่มสูงขึ้นเป็นแนวเฉียงอีกครั้งซึ่งแสดงถึงการเคลื่อนของรอยแตกไปถึงแท่งกลมตัวกดคู่ในและเลยต่อออกไปเมื่อยังคงให้แรงต่อไปเรื่อยๆ แรงนั้นอาจทำให้ส่วนพอร์ชเลนแตกหรือส่วนไทเทเนียมโค้งงอไปตามแรงกดนั้น ซึ่งไม่มีผลต่อการหาค่าการยึดติดระหว่างวัสดุทั้งสอง จึงออกแบบการทดสอบให้หยุดการให้แรงก่อนการเกิดสิ่งเหล่านี้ การสังเกตการเคลื่อนที่ของรอยแตกสามารถดูได้จากกราฟที่แสดงค่าแรงและระยะทางของหัวกดบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ของเครื่องทดสอบสากลซึ่งข้อมูลทั้งหมดจะถูกบันทึกไว้ ไม่สามารถใช้วิธีสังเกตจากขึ้นทดลองเนื่องจากรอยแยกด้านข้างชิ้นงานมีขนาดเล็ก

ค่าแรงที่คงที่แต่ทำให้รอยแตกเคลื่อนต่อจากรอยเริ่มแตกจะเห็นเป็นเส้นแนวราบ แสดงถึงรอยแตกมีการเคลื่อนตัวอย่างเสถียร (stable) ข้อมูลดิบของแรงในช่วงที่คงที่นี้จะเป็นส่วนที่นำไปคำนวณค่า G ต่อไป โดยเป็นค่า P ในสมการที่ 3 ซึ่งค่าคงที่ต่างๆ จะคำนวณได้จากสมการที่ 4 และ 5 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า G ของแต่ละกลุ่ม แสดงในตารางที่ 4

จากผลการศึกษาข้างต้นจะพบว่า กลุ่มที่ 1 คือกลุ่มที่เผาชิ้นงานในบรรยากาศปกติทุกขั้นตอนมีค่า G เฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 10.90 ± 2.87 จูลต่อตารางเมตร ส่วนอีก 3 กลุ่มคือกลุ่มที่เผาขึ้นทดลองในบรรยากาศอาร์กอนในระยะต่างๆ กันมีค่า G เฉลี่ยใกล้เคียงกันคือ กลุ่มที่ 2 เผาชิ้นงานในบรรยากาศอาร์กอนถึงระยะชั้นสารยึดมีค่า 15.60 ± 5.02 จูลต่อตารางเมตร กลุ่มที่ 3 เผาชิ้นงานในบรรยากาศอาร์กอนถึงระยะชั้นโอเพกพอร์ชเลนมีค่า 15.67 ± 4.87 จูลต่อตารางเมตร และกลุ่มที่ 4 เผาชิ้นงานในบรรยากาศอาร์กอนถึงระยะชั้นเดนทินพอร์ชเลนมีค่า 15.57 ± 3.59 จูลต่อตารางเมตร

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและขอบเขตข้อมูลของค่า G ของแต่ละกลุ่มการศึกษา

กลุ่มที่	ค่า G เฉลี่ย (J/m ²)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D.)	ช่วงความเชื่อมั่น 95%		ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
			ขอบเขตล่าง	ขอบเขตบน		
1	10.9035	2.87081	8.8498	12.9571	7.65	15.23
2	15.6082	5.02724	12.0119	19.2045	9.70	22.82
3	15.6742	4.87837	12.1844	19.1639	9.77	22.57
4	15.5762	3.59664	13.0033	18.1491	10.52	21.76

2. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูลดิบโดยใช้ Shapiro-Wilk test แล้วพบว่าข้อมูลมีการแจกแจงที่เป็นแบบปกติเนื่องจากทุกกลุ่มมีค่า $p\text{-value} > 0.05$ ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สถิติ Shapiro-Wilk test เพื่อตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูลค่า G

	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.
กลุ่มที่ 1	.875	10	.114
กลุ่มที่ 2	.899	10	.212
กลุ่มที่ 3	.884	10	.146
กลุ่มที่ 4	.941	10	.559

หลังจากนั้นทำการตรวจสอบความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ Levene's test พบว่าข้อมูลมีความแปรปรวนของข้อมูลทุกกลุ่มไม่แตกต่างกันเนื่องจากมีค่า $p\text{-value} > 0.05$ ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 สถิติ Levene’s test เพื่อตรวจสอบความแปรปรวนของข้อมูลค่า *G*

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.761	3	36	0.56

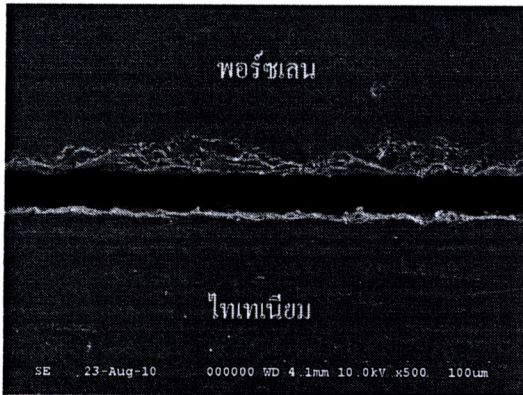
เมื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบค่า *G* เฉลี่ยของแต่ละกลุ่มโดยใช้การทดสอบความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) พบว่าค่า *G* ของแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 5 ดังนั้น จึงไม่ต้องทำการเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Multiple comparisons) แบบบอนเฟอรอนนี (Bonferroni test) เพื่อหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของค่า *G*

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบค่า *G* เฉลี่ย โดยใช้การทดสอบความแปรปรวนทางเดียว

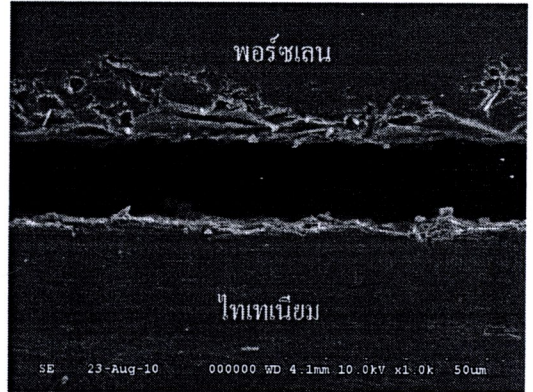
	Sum of squares	Df	Mean square	F	p-value
Between groups	166.856	3	55.619	3.167	0.056
Within groups	632.242	36	17.562		
Total	799.098	39			

3. ผลการตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (scanning electron microscope analysis)

จากการตรวจสอบบริเวณรอยแตกของชิ้นทดลองด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (scanning electron microscope) ด้วยกำลังขยาย 500 และ 1000 เท่า พบว่าลักษณะรอยแตกที่เกิดขึ้นมีลักษณะคล้ายกันทั้ง 4 กลุ่มทดลอง คือรอยแตกเกิดที่บริเวณรอยต่อระหว่างชั้นพอร์ซเลนและไทเทเนียม และจะพบมีพอร์ซเลนเหลือติดอยู่ที่ผิวไทเทเนียมเป็นชั้นบางๆ คล้ายกันทั้ง 4 กลุ่ม ดังแสดงในภาพที่ 13, 14, 15, 16 ตามลำดับ

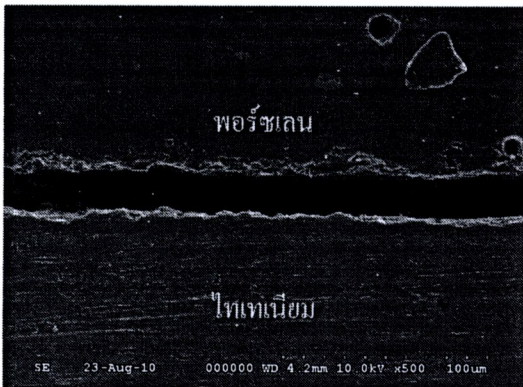


(a)

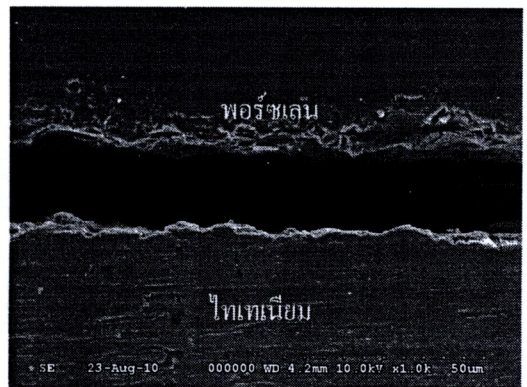


(b)

ภาพที่ 13 บริเวณรอยแยกของชิ้นทดลองกลุ่มที่ 1 กำลังขยาย 500 เท่า (a) และ 1000 เท่า (b)

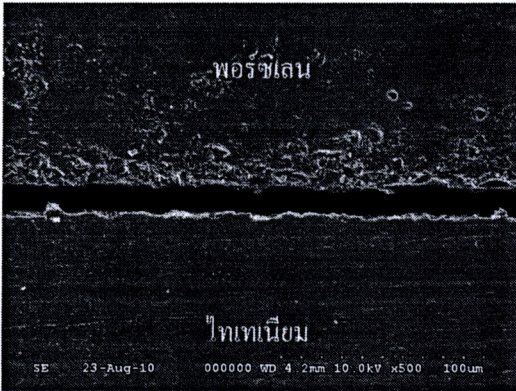


(a)



(b)

ภาพที่ 14 บริเวณรอยแยกของชิ้นทดลองกลุ่มที่ 2 กำลังขยาย 500 เท่า (a) และ 1000 เท่า (b)

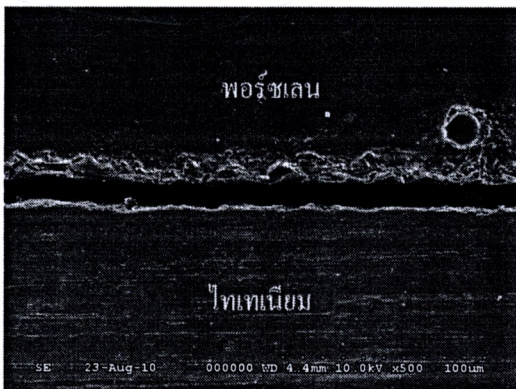


(a)



(b)

ภาพที่ 15 บริเวณรอยแยกของฉันทดลองกลุ่มที่ 3 กำลังขยาย 500 เท่า (a) และ 1000 เท่า (b)



(a)



(b)

ภาพที่ 16 บริเวณรอยแยกของฉันทดลองกลุ่มที่ 4 กำลังขยาย 500 เท่า (a) และ 1000 เท่า (b)