

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการศึกษา ผลการขัดแต่งที่มีต่อกำลังดัดขวางของเฟลด์สปาทิกและอลูมินัสปอร์ซเลน โดยใช้แรงกดสามจุด หัวกดที่ใช้มีความเร็วของการเคลื่อนที่ (crosshead speed) 0.2 มิลลิเมตรต่อนาที น้ำหนักของหัวกด 5 กิโลนิวตัน ค่าเฉลี่ยกำลังดัดขวางและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอลูมินัสปอร์ซเลน และเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน แสดงไว้ในตารางที่ 1 และ 4 รูปที่ 27 และ 37 ส่วนค่าทางสถิติและความแตกต่างทางสถิติของกลุ่มอลูมินัสปอร์ซเลนและเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน แสดงไว้ในตารางที่ 2 ถึง 3 และ 5 ถึง 6 การวิเคราะห์ด้วยภาพถ่ายของผิวพอร์ซเลนทั้งสองชนิด ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ได้รับการขัดแต่งด้วยวิธีต่างๆ และการเคลือบผิว โดยถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดของตัวแทนในแต่ละกลุ่ม แสดงไว้ในรูปที่ 16-26 และ 28-36

การวิเคราะห์การแตกของซินพอร์ซเลน (fractographic analysis) จำนวน 10 ชิ้น ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด กำลังขยาย 300 เท่า พบว่าจุดกำเนิดของการแตกในซินพอร์ซเลนจะเกิดในบริเวณด้านที่รับแรงดึง (tension side) โดยมีจุดกำเนิดเป็นจุดศูนย์กลางร่วมกันซึ่งอาจเป็นรอยตำหนิที่เกิดขึ้นภายในชิ้นงาน แล้วมีการขยายรอยร้าวออกไปเป็นเส้นแนวรัศมีรอบวงกลม ทิศทางของรอยร้าว (crack propagation) ดูได้จากเส้นแนวรัศมีที่เกิดขึ้น โดยด้านโค้งนูนของวงกลมจะเป็นแนวการเดินทางของรอยร้าว ดังแสดงในรูปที่ 15 ซึ่งเป็นตัวแทนแสดงลักษณะการแตกหักที่เกิดขึ้น



รูปที่ 15 ภาพถ่ายการวิเคราะห์การแตกของซินพอร์ซเลน

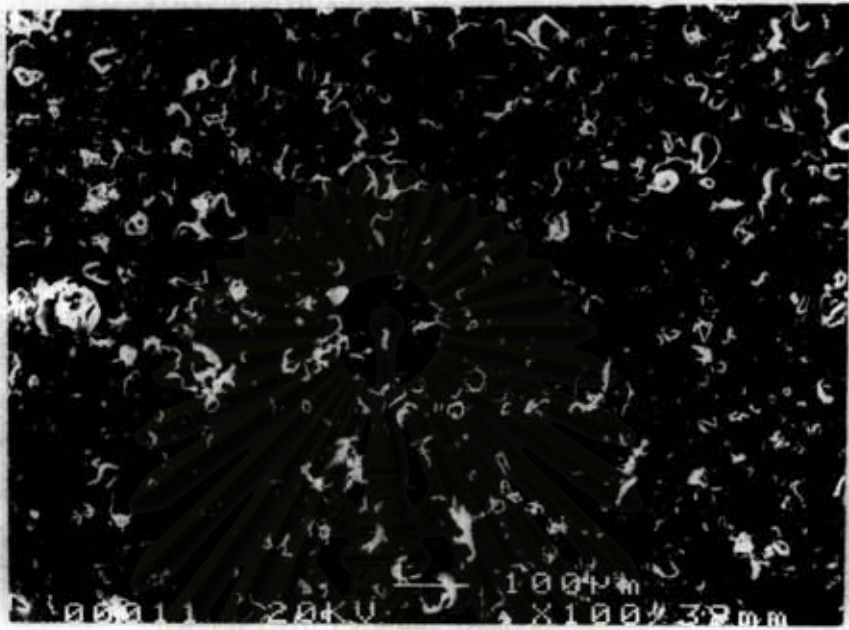
### ก) กำลังตัดขวางของอลูมิเนียมฟอล์ย

จากการศึกษาพบว่าอลูมิเนียมฟอล์ยที่ได้รับการขัดด้วยกระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์เบอร์ 180-1000 (กลุ่มที่ 3) จะมีค่ากำลังตัดขวางสูงที่สุด โดยมีค่ากำลังตัดขวางเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน  $76.71 \pm 10.91$  MPa แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) กับอีก 4 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 4 กลุ่มเคลือบทับ ( $63.67 \pm 11.33$  MPa) กลุ่มที่ 9 ขัดด้วยหัวขัดกระดาษทรายรูปแผ่นกลมตามด้วยหัวขัดผ้าสักหลาดรูปแผ่นกลมที่ฝั่งกากเพชรไว้ภายใน ( $73.34 \pm 8.85$  MPa) กลุ่มที่ 10 ขัดด้วยหัวขัดยางซิลิโคน ตามด้วยครีมกากเพชรขัดฟอล์ย (  $66.93 \pm 8.55$  MPa) และ กลุ่มที่ 11 ขัดด้วยหัวขัดกระดาษทรายรูปแผ่นกลม ตามด้วยครีมกากเพชรขัดฟอล์ย (  $67.24 \pm 6.87$  MPa) ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 1 ถึง 3 และรูปที่ 27

การขัดด้วยหัวขัดกระดาษทรายรูปแผ่นกลมตามด้วยหัวขัดผ้าสักหลาดรูปแผ่นกลมที่ฝั่งกากเพชรไว้ภายใน (กลุ่มที่ 9) จะมีค่ากำลังตัดขวางสูงที่สุดในกลุ่มของชุดขัดด้วยกัน แต่ค่าที่ได้ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับวิธีการขัดอื่นๆ ที่ขัดจนถึงการขัดขั้นละเอียด ในกลุ่มที่ 9 นี้จะมีค่ากำลังตัดขวางเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแตกต่างทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) กับ 5 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม ( $54.66 \pm 3.97$  MPa) กลุ่มที่ 2 กลุ่มเคลือบผิว ( $48.47 \pm 15.41$  MPa) กลุ่มที่ 6 ขัดด้วยหัวขัดยางซิลิโคน ( $56.45 \pm 14.34$  MPa) กลุ่มที่ 7 ขัดด้วยหัวขัดกระดาษทรายรูปแผ่นกลม ( $54.65 \pm 11.75$  MPa) และ กลุ่มที่ 5 กรอด้วยหัวกรอกากเพชรชนิดหยาบและชนิดละเอียด ( $47.77 \pm 6.96$  MPa) ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีค่ากำลังตัดขวางต่ำที่สุด

การวิเคราะห์ด้วยภาพถ่ายของผิวฟอล์ย โดยถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (กำลังขยาย 100 เท่า) บนพื้นผิวที่ไม่ได้รับการขัดแต่ใดๆ ในกลุ่มที่ 1 จะมีลักษณะของความขรุขระของพื้นผิวซึ่งเกิดขึ้นในขณะเตรียมชิ้นงาน มีฟองอากาศกระจายอยู่ทั่วไปขนาดเล็กบ้างใหญ่บ้าง รอยตำหนิที่ผิวจะเกิดขึ้นโดยทั่วไป มีลักษณะค่อนข้างตื้นไม่เป็นแอ่งลึก ความขรุขระที่เกิดขึ้นมีลักษณะคล้ายปะการัง การหลอมตัวของผิวบางส่วนเชื่อมเข้าด้วยกัน แต่บางส่วนเชื่อมเข้าด้วยกันไม่สมบูรณ์ เหลือเป็นรอยขรุขระ มีช่องว่างและซอกมุมขนาดต่างๆ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 16

ส่วนภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (กำลังขยาย 100 เท่า) ในกลุ่มเคลือบผิว (กลุ่มที่ 2) แสดงไว้ในรูปที่ 17 จะเห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงโดยที่ผิวของฟอล์ยจะเรียบขึ้นเนื่องจากมีการหลอมรวมกันของอนุภาคบางส่วนเกิดขึ้น พื้นผิวมีความขรุขระน้อยกว่าในกลุ่มที่ 1 พบฟองอากาศกระจายอยู่ทั่วไป อนุภาคมีการเชื่อมกันมากขึ้นกว่าในกลุ่มที่ 1 แต่ยังไม่สมบูรณ์ เหลือเป็นรอยขรุขระและช่องว่าง



รูปที่ 16 ภาพถ่ายของผิวอลูมิเนียมฟอสฟอรัสเลน กลุ่มควบคุม



รูปที่ 17 ภาพถ่ายของผิวอลูมิเนียมฟอสฟอรัสเลน กลุ่มที่ 2 (กลุ่มเคลือบผิว)

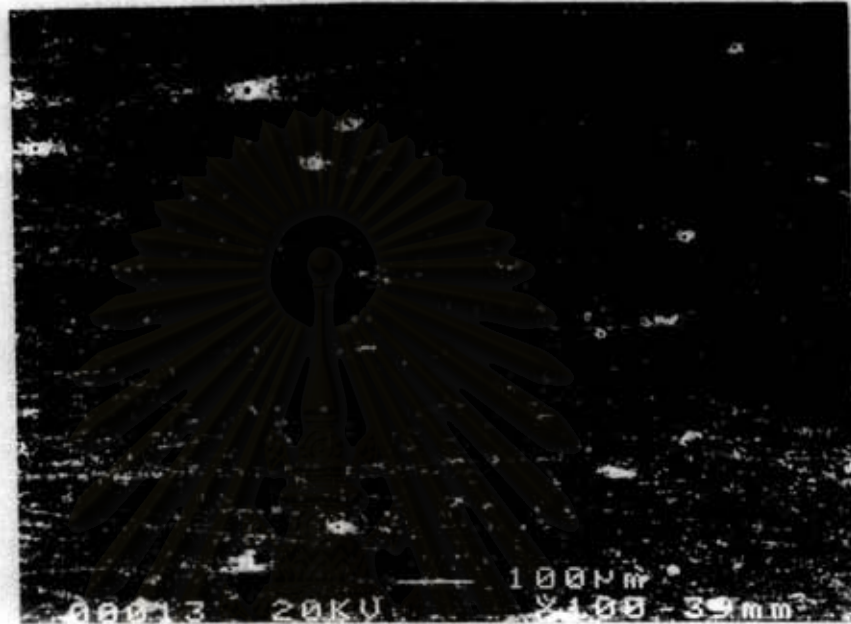
ในกลุ่มที่ได้รับการขัดด้วยกระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์เบอร์ 180-1000 (กลุ่มที่ 3) เมื่อดูจากภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (กำลังขยาย 100 เท่า) รูปที่ 18 พื้นผิวมีความเรียบมากกว่าในกลุ่มที่ 1 และ 2 มาก พบว่าพื้นผิวมีรอยเป็นแนวของการขัดสีค่อนข้างดี พื้นผิวค่อนข้างเรียบจนแทบไม่พบเลย และความขรุขระที่เคยปรากฏบนพื้นผิวถูกขัดจนเรียบขึ้น ไม่พบรอยร้าวเกิดขึ้น แต่ยังคงร่องรอยของการขัดสีที่เกิดขึ้นจากการขัดด้วยกระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์เอาไว้ จะเห็นว่ามีความเรียบมากขึ้นและมีความเรียบใกล้เคียงกับกลุ่มเคลือบทับ (กลุ่มที่ 4) ที่มีความเรียบมากกว่า พบเพียงร่องอากาศเล็กๆ หลงเหลืออยู่ภายใน ดังรูปที่ 19

พื้นผิวที่กรอด้วยหัวกรอกกากเพชรชนิดหยาบและชนิดละเอียด (กลุ่มที่ 5) แสดงไว้ในรูปที่ 20 จะเห็นว่ามีความขรุขระของพื้นผิวมากที่สุด โดยพบร่องเป็นจำนวนมากตามพื้นผิวซึ่งขนานกับทิศทางการกรอ ร่องลึก และรอยขีดข่วนสังเกตได้ชัดเจน มีร่องอากาศกระจายอยู่ทั่วไป รูปร่างไม่แน่นอน รอยขีดข่วนที่เห็นมีความหยาบและขนาดใหญ่มากกว่าในกลุ่มที่ 1 จะเห็นว่าเมื่อผิวพอร์ซเลนถูกกรอจะทำให้เกิดรอยร้าวบนพื้นผิวจำนวนมากขึ้น เป็นแนวตามการเคลื่อนที่ของหัวกรอ

ส่วนกลุ่มที่ขัดด้วยหัวขัดยางซิลิโคน (กลุ่มที่ 6) และหัวขัดกระดาษทรายรูปแผ่นกลม (กลุ่มที่ 7) แสดงไว้ในรูปที่ 21-22 กลุ่มที่ขัดด้วยหัวขัดยางซิลิโคน (กลุ่มที่ 6) พบมีผิวขรุขระกระจายอยู่ทั่วไป รอยขีดที่เกิดขึ้นมีลักษณะเป็นแนวยาวขนานไปทั่วพื้นผิว มีลักษณะเป็นคลื่น แต่มีความลึกไม่มาก รอยทางตามการเคลื่อนที่ของหัวกรอยังไม่หมดไป พบร่องอากาศขนาดเล็กกระจายอยู่บนพื้นผิวของชิ้นงาน ความขรุขระที่พบจะน้อยกว่าในกลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม กลุ่มที่ 2 กลุ่มเคลือบผิว และ กลุ่มที่ 5 กรอด้วยหัวกรอกกากเพชรชนิดหยาบและชนิดละเอียด ส่วนกลุ่มที่ขัดด้วยหัวขัดกระดาษทรายรูปแผ่นกลม (กลุ่มที่ 7) พบมีผิวขรุขระเล็กน้อย เป็นบางบริเวณกระจายโดยทั่วไป รอยขีดที่เกิดขึ้นมีลักษณะเป็นคลื่นขนานไปทั่วทั้งพื้นผิว แต่เป็นคลื่นถี่และตื้นกว่าที่พบในกลุ่มที่ขัดด้วยหัวขัดยางซิลิโคน พบร่องอากาศขนาดเล็กจำนวนเล็กน้อยกระจายอยู่ทั่วไป

รูปที่ 23-26 แสดงการขัดด้วยหัวขัดยางซิลิโคน ตามด้วยหัวขัดผ้าสักหลาดรูปแผ่นกลมที่ฝังกากเพชรไว้ภายใน (กลุ่มที่ 8) ขัดด้วยหัวขัดกระดาษทรายรูปแผ่นกลมตามด้วยหัวขัดผ้าสักหลาดรูปแผ่นกลมที่ฝังกากเพชรไว้ภายใน (กลุ่มที่ 9) ขัดด้วยหัวขัดยางซิลิโคน ตามด้วยครีมกากเพชรขัดพอร์ซเลน (กลุ่มที่ 10) ขัดด้วยหัวขัดกระดาษทรายรูปแผ่นกลม ตามด้วยครีมกากเพชรขัดพอร์ซเลน (กลุ่มที่ 11) โดยจะเห็นว่าความขรุขระบนพื้นผิวปรากฏอยู่เพียงเล็กน้อยและพบรอยขีดเป็นแนวยาวขนานไปโดยทั่วทั้งพื้นผิว มีรอยขีดเป็นทางยาว แต่มีความลึกไม่มากนัก พบร่องอากาศขนาดเล็กกระจายอยู่บนพื้นผิว และมีความเรียบมากกว่าในกลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม กลุ่มที่ 2 กลุ่มเคลือบผิว กลุ่มที่ 5 กรอด้วยหัวกรอกกากเพชรชนิดหยาบและชนิดละเอียด กลุ่มที่ 6 ขัดด้วยหัวขัดยางซิลิโคน และกลุ่มที่ 7 ขัดด้วยหัวขัดกระดาษทรายรูปแผ่นกลม โดยในกลุ่มที่ 10 ที่ขัด

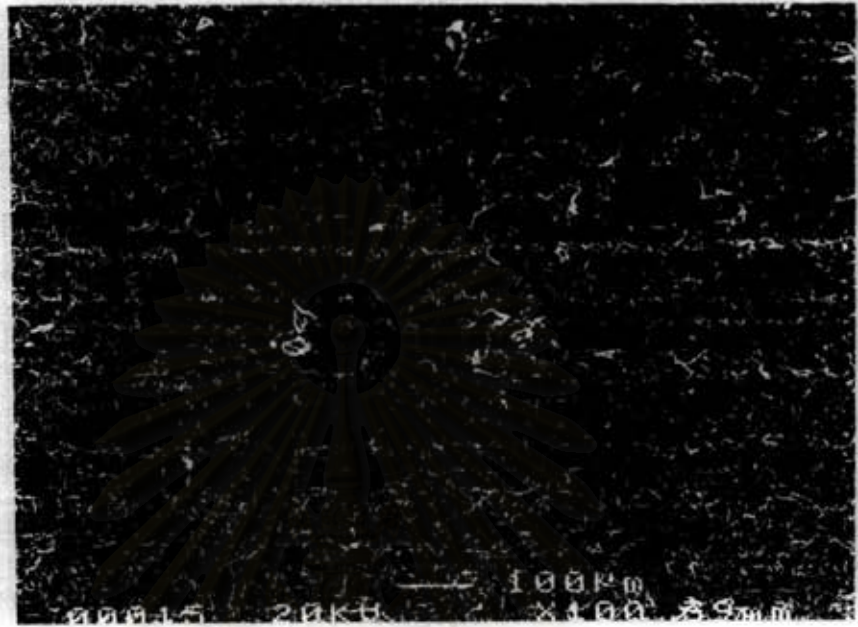
ด้วยหัวตัดยางซิลิโคน ตามด้วยครีมกากเพชรขัดพอร์ซเลน จะมีความเรียบมากที่สุดในกลุ่มของชุดขัดด้วยกัน  
(กลุ่มที่ 6-11)



รูปที่ 18 ภาพถ่ายของฝิวอลูมินัสปอร์ซเลน กลุ่มที่ 3 (ขัดด้วยกระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์)



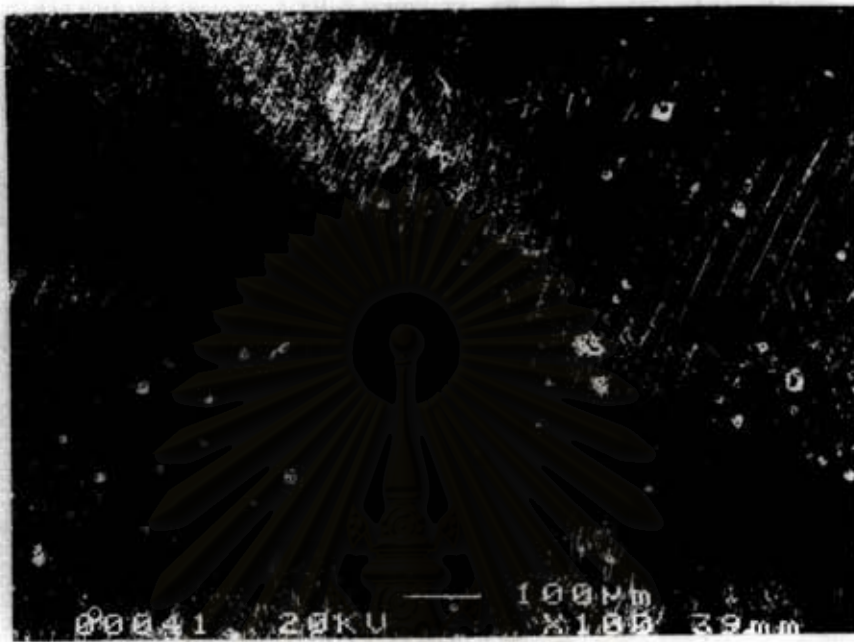
รูปที่ 19 ภาพถ่ายของฝิวอลูมินัสปอร์ซเลน กลุ่มที่ 4 (เคลือบทับ)



รูปที่ 20 ภาพถ่ายของผิวอลูมิเนียมฟอสฟอรัสเลน กลุ่มที่ 5 (กรอด้วยหัวกรอกกากเพชร)



รูปที่ 21 ภาพถ่ายของผิวอลูมิเนียมฟอสฟอรัสเลน กลุ่มที่ 6 (ขัดด้วยชุดขัดยางซิลิโคน)



รูปที่ 22 ภาพถ่ายของผิวอลูมิเนียมฟลูออไรด์ กลุ่มที่ 7  
(ขัดด้วยชุดขัดกระดาษทรายรูปแผ่นกลม)



รูปที่ 23 ภาพถ่ายของผิวอลูมิเนียมฟลูออไรด์ กลุ่มที่ 8  
(ขัดด้วยชุดขัดยางซิลิโคนร่วมกับหัวผ้าสักหลาดฝั่กกาทเพอร์ไว้ภายใน)

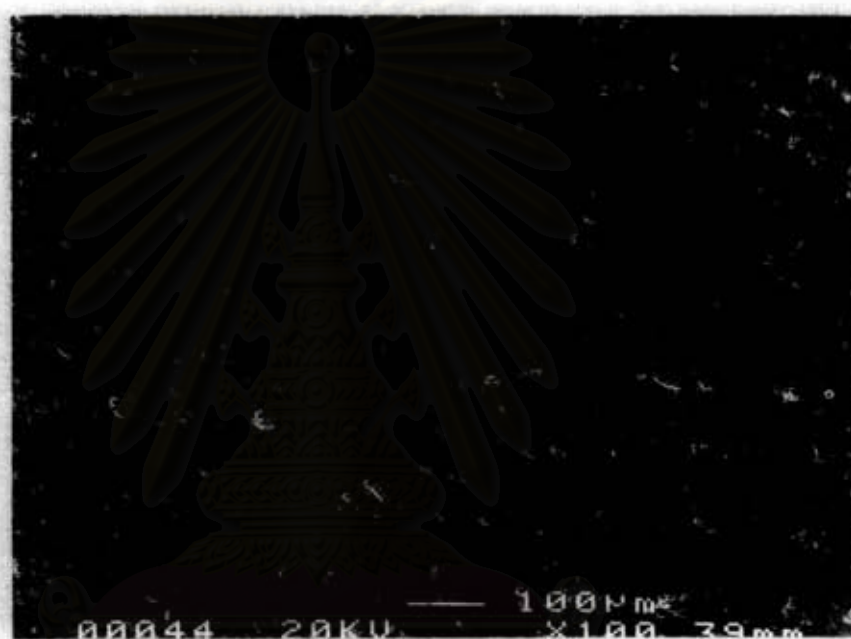


รูปที่ 24 ภาพถ่ายของผิวอลูมิเนียมฟอสเฟต กลุ่มที่ 9  
(ขัดด้วยหัวขัดกระดาษทรายรูปแผ่นกลมตามด้วยหัวขัดผ้าสักหลาดรูปแผ่นกลมที่ฝังกากเพชรไว้ภายใน)



รูปที่ 25 ภาพถ่ายของผิวอลูมิเนียมฟอสเฟต กลุ่มที่ 10  
(ขัดด้วยหัวขัดยางซิลิโคน ตามด้วยครีมกากเพชรขัดฟอสเฟต)





รูปที่ 26 ภาพถ่ายของผิวยอลูมินัสฟลูออโรสเลน กลุ่มที่ 11  
 (ตัดด้วยหัวขัดกระดาษทรายรูปแผ่นกลม ตามด้วยครีมกากเพชรขัดฟลูออโรสเลน)

ศูนย์วิจัยและพัฒนา  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1 แสดงค่ากำลังดัดขวางของอลูมิเนียมฟอยล์เลน ที่ได้รับการขัดแบบต่าง ๆ และการเคลือบผิว (เรียงข้อมูลจากน้อยไปมาก)

สภาวะที่ หมายเลข	กำลังดัดขวาง (MPa)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	29.24	18.82	56.36	45.46	34.19	29.66	32.12	43.80	57.84	54.05	54.33
2	32.97	19.88	58.33	45.99	38.17	30.66	43.23	48.77	62.04	57.13	56.55
3	34.85	29.61	67.02	51.88	39.76	39.91	43.30	52.85	63.05	57.23	56.69
4	42.82	33.43	68.68	53.82	42.33	48.35	45.23	53.30	64.81	57.25	62.81
5	47.30	44.43	69.44	56.07	43.83	51.89	48.76	58.83	65.09	60.60	65.72
6	52.30	51.38	73.24	56.12	44.13	53.82	51.90	59.06	65.98	64.67	66.60
7	52.82	54.02	73.98	56.14	46.80	54.73	53.38	59.08	72.08	64.83	66.68
8	56.88	54.67	78.61	69.33	48.28	56.16	53.60	60.72	72.21	66.83	67.87
9	60.53	55.35	78.97	71.04	50.14	60.05	53.78	64.29	73.27	67.82	69.21
10	61.07	55.46	82.07	71.72	51.80	65.06	54.55	65.38	76.10	68.49	70.55
11	67.08	55.53	85.43	73.54	52.69	66.19	55.46	67.13	76.62	70.35	71.42
12	68.12	58.17	86.06	73.94	55.39	66.28	59.30	68.15	80.52	74.37	72.83
13	70.58	58.65	89.37	74.70	55.46	68.74	61.08	70.01	81.08	78.93	74.02
14	71.05	65.95	90.92	76.01	56.67	75.71	75.75	75.59	86.53	79.99	75.25
15	71.32	71.71	92.17	79.36	56.90	79.51	78.36	81.85	87.95	81.49	78.13
ค่าเฉลี่ย	54.60	48.47	76.71	63.67	47.77	56.45	54.65	61.92	73.34	66.93	67.24
ค่า S.D.	13.97	15.41	10.91	11.33	6.96	14.34	11.75	9.72	8.85	8.55	6.87

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2 แสดงค่าทางสถิติของกลุ่มอลูมิเนียมฟอร์ชเลน โดยใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทิศทางเดียว

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F ratio	F prob.
Between Group	8	13363.8909	1336.3891	10.0340	.0000
Within Group	154	20510.7366	133.1866		
Total	164	33874.6275			

ตารางที่ 3 แสดงความแตกต่างระหว่างกลุ่มต่าง ๆ ของอลูมิเนียมฟอร์ชเลน

Mean	กลุ่ม	5	2	7	1	6	8	4	10	11	9	3
47.76	5											
48.47	2	NS										
54.65	7	NS	NS									
54.66	1	NS	NS	NS								
56.45	6	NS	NS	NS	NS							
61.92	8	*	NS	NS	NS	NS						
63.67	4	*	*	NS	NS	NS	NS					
66.93	10	*	*	NS	NS	NS	NS	NS				
67.24	11	*	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS			
72.34	9	*	*	*	*	*	NS	NS	NS	NS		
76.71	3	*	*	*	*	*	*	NS	NS	NS	NS	

\* = significantly different at  $p \leq 0.05$

NS = non significantly

กลุ่มที่ 1 = sintered

กลุ่มที่ 7 = polished with sofLex

กลุ่มที่ 2 = self-glazed

กลุ่มที่ 8 = polished with shofu kit and dia-finish

กลุ่มที่ 3 = polished with SiC paper

กลุ่มที่ 9 = polished with sofLex and dia-finish

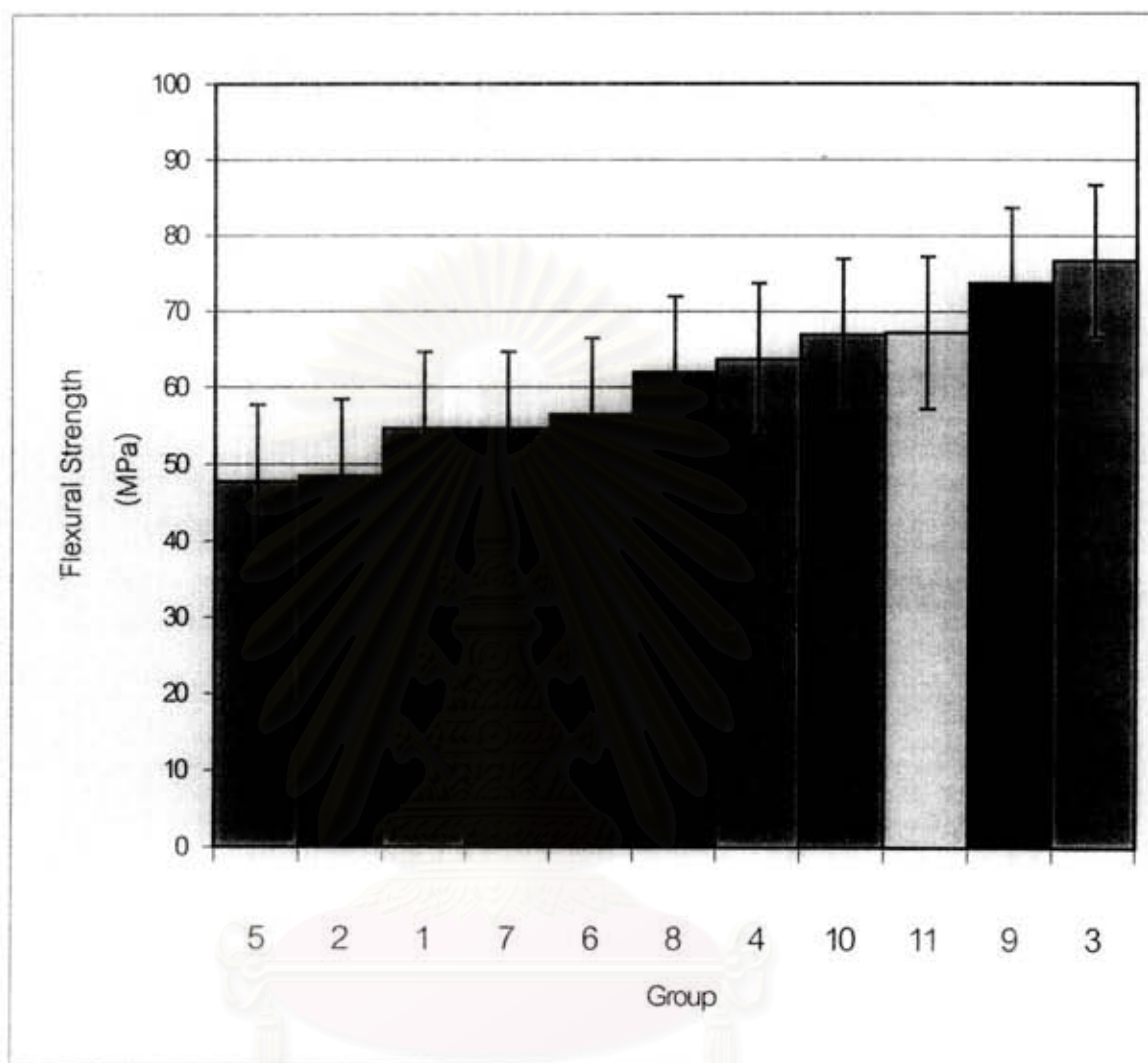
กลุ่มที่ 4 = overglazed

กลุ่มที่ 10 = polished with shofu kit and diamond paste

กลุ่มที่ 5 = course and fine diamond bur

กลุ่มที่ 11 = polished with sofLex and diamond paste

กลุ่มที่ 6 = polished with shofu kit



รูปที่ 27 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยกำลังดัดขวางของอลูมินัสนำพอร์ซเลน

กลุ่มที่ 1 = sintered

กลุ่มที่ 2 = self-glazed

กลุ่มที่ 3 = polished with SiC paper

กลุ่มที่ 4 = overglazed

กลุ่มที่ 5 = course and fine diamond bur

กลุ่มที่ 6 = polished with shofu kit

กลุ่มที่ 7 = polished with sofLex

กลุ่มที่ 8 = polished with shofu kit and dia-finish

กลุ่มที่ 9 = polished with sofLex and dia-finish

กลุ่มที่ 10 = polished with shofu kit and diamond paste

กลุ่มที่ 11 = polished with sofLex and diamond paste

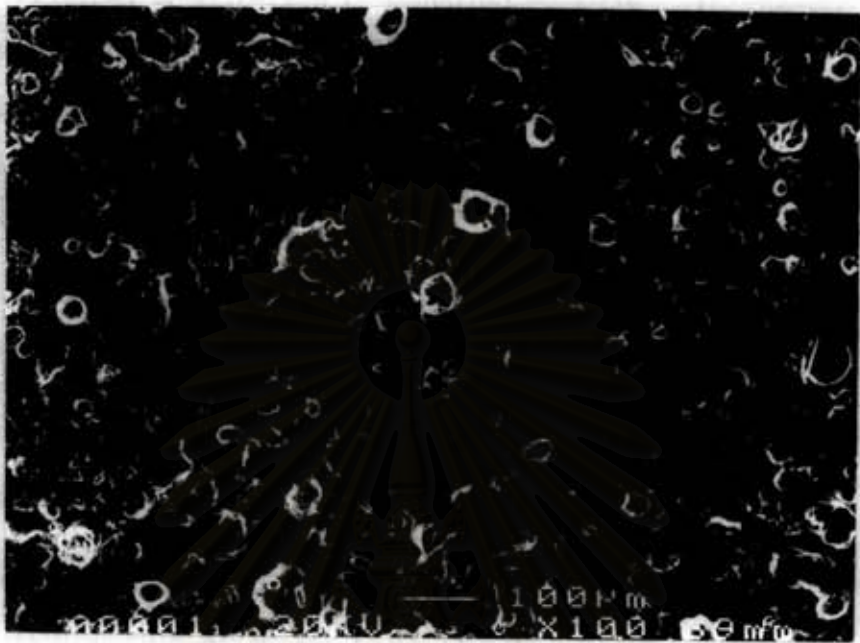
ข) กำลังดัดขวางของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน

เฟลด์สปาทิกพอร์ซเลนที่ได้รับการเคลือบทับ (กลุ่มที่ 4) จะมีค่าเฉลี่ยกำลังดัดขวางสูงที่สุด ( $83.48 \pm 19$  MPa) ซึ่งแตกต่างทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) กับกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนในกลุ่มควบคุม (กลุ่มที่ 1) เป็นกลุ่มที่มีค่ากำลังดัดขวางต่ำที่สุด ( $42.90 \pm 17.64$  MPa) แต่ค่าที่ได้ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) กับในกลุ่มที่ 2 กลุ่มเคลือบผิว ( $53.77 \pm 6.20$  MPa) กลุ่มที่ 5 ที่กรอด้วยหัวกรอากาเพชรชนิดหยาบและชนิดละเอียด ( $48.32 \pm 8.42$  MPa) และกลุ่มที่ 8 ขัดด้วยหัวขัดยางซิลิโคน ตามด้วยครีมกากเพชรขัดพอร์ซเลน ( $56.28 \pm 8.16$  MPa)

การขัดด้วยหัวขัดกระดาษทรายรูปแผ่นกลมตามด้วยหัวขัดผ้าสักหลาดรูปแผ่นกลมที่ฝั่งกากเพชรไว้ภายใน (กลุ่มที่ 9) จะมีค่ากำลังดัดขวางสูงที่สุดในกลุ่มของชุดขัดด้วยกัน ( $64.33 \pm 7.24$  MPa) ค่าที่ได้ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) กับวิธีการขัดอื่นๆ ที่ขัดจนถึงการขัดชั้นละเอียด แต่จะมีค่ากำลังดัดขวางแตกต่างทางสถิติกับ กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม ( $42.90 \pm 17.64$  MPa) และ กลุ่มที่ 5 ที่กรอด้วยหัวกรอากาเพชรชนิดหยาบและชนิดละเอียด ( $48.32 \pm 8.42$  MPa)

ภาพถ่ายของผิวพอร์ซเลนจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (กำลังขยาย 100 เท่า) ในแต่ละกลุ่มทดลองแสดงไว้ในรูปที่ 28-36 ภาพถ่ายของกลุ่มควบคุมบนพื้นผิวที่ไม่ได้รับการขัดแต่งใดๆ ในกลุ่มที่ 1 รอยตำหนิที่ผิวจะเกิดขึ้นโดยทั่วไป มีลักษณะค่อนข้างตื้นไม่เป็นแอ่งลึก พื้นผิวที่ขรุขระคล้ายปะการัง มีฟองอากาศกระจายอยู่ทั่วไป ฟองอากาศมีขนาดใหญ่กว่าที่พบใน อลูมินัสพอร์ซเลนเล็กน้อย อนุภาคบางส่วนมีการเชื่อมเข้าด้วยกันแต่บางส่วนเชื่อมเข้าด้วยกันไม่สมบูรณ์ แสดงให้เห็นลักษณะเริ่มแรกของพื้นผิวที่มีความขรุขระซึ่งเกิดขึ้นในขณะเตรียมชิ้นงาน ดังรูปที่ 28

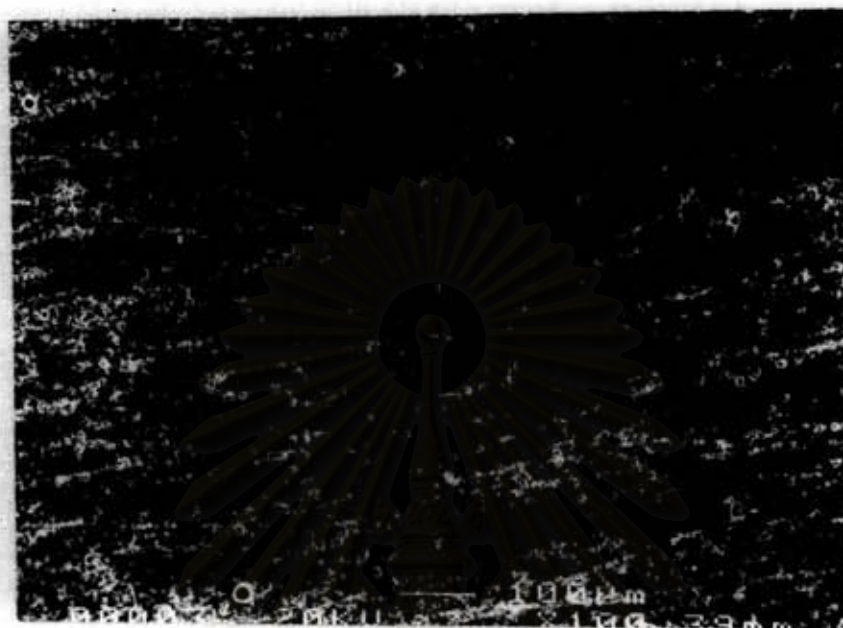
สำหรับภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (กำลังขยาย 100 เท่า) ในกลุ่มเคลือบผิว (กลุ่มที่ 2) พบพื้นผิวขรุขระน้อยกว่าในกลุ่มที่ 1 เช่นเดียวกับในอลูมินัสพอร์ซเลน พบมีการเชื่อมกันของอนุภาคที่กระจายอยู่ แต่ยังมีบางส่วนที่ไม่สมบูรณ์ พบฟองอากาศกระจายอยู่ทั่วไป แต่มีขนาดเล็กกว่าที่พบในกลุ่มที่ 1 จะเห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงโดยที่ผิวของพอร์ซเลนจะเรียบขึ้น ดังแสดงไว้ในรูปที่ 29 ในกลุ่มที่ได้รับการขัดด้วยกระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์เบอร์ 180-1000 (กลุ่มที่ 3) จะเห็นว่ามีความเรียบมากขึ้น ปรากฏแนวที่ เกิดขึ้นจากการขัดสีด้วยกระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์อย่างชัดเจน ฟองอากาศลดน้อยลงจนแทบไม่พบดังรูปที่ 30 ซึ่งมีความเรียบใกล้เคียงกับกลุ่มเคลือบทับ (กลุ่มที่ 4) ดังรูปที่ 31 ซึ่งพบฟองอากาศหลงเหลืออยู่ในเนื้อของพอร์ซเลนน้อยมาก มีการหลอมรวมกันของอนุภาคภายในเนื้อพอร์ซเลนมากขึ้นกว่ากลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม และในกลุ่มที่ 2 กลุ่มเคลือบผิว



รูปที่ 28 ภาพถ่ายของผิวเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน กลุ่มควบคุม



รูปที่ 29 ภาพถ่ายของผิวเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน กลุ่มที่ 2 (เคลือบผิว)



รูปที่ 30 ภาพถ่ายของผิวเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน กลุ่มที่ 3  
(ขัดด้วยกระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์)



รูปที่ 31 ภาพถ่ายของผิวเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน กลุ่มที่ 4 (เคลือบทับ)

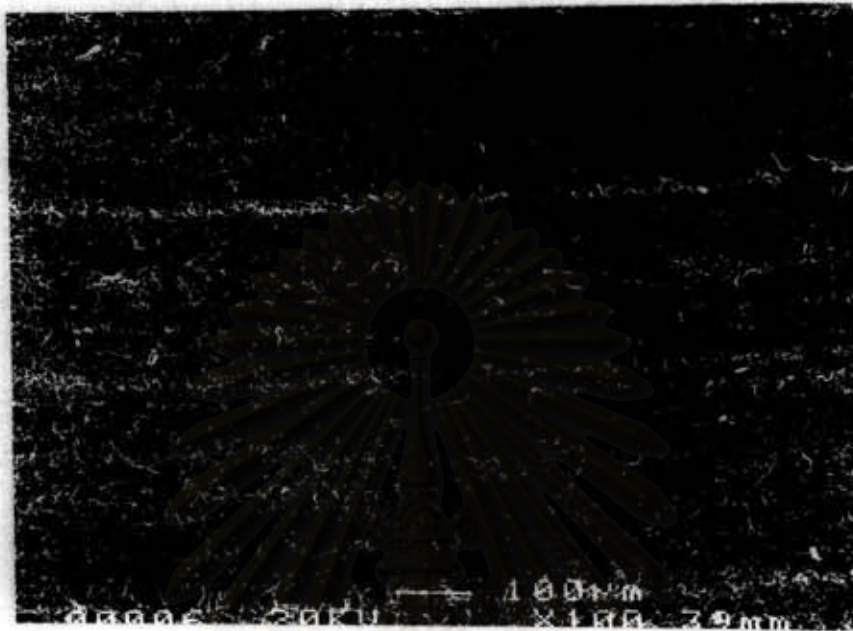
ในกลุ่มที่กรอด้วยหัวกรอกากเพชรชนิดหยาบและชนิดละเอียด (กลุ่มที่ 5) พื้นผิวมีความขรุขระมากที่สุดเช่นเดียวกับในกลุ่มมินัสเปอร์ชเลน รอยขีดข่วนที่เห็นมีความหยาบและขนาดใหญ่มากกว่าในกลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม พบช่องว่างและร่องลึก รอยขีดข่วนสังเกตได้ชัดเจน เป็นแนวตามการเคลื่อนที่ของหัวกรอ มีฟองอากาศกระจายอยู่ทั่วไป รูปร่างไม่แน่นอน ดังรูปที่ 32

ส่วนการขัดด้วยชุดขัดชนิดต่างๆทั้ง 4 กลุ่มคือ ขัดด้วยหัวขัดยางซิลิโคน ตามด้วยหัวขัดผ้าสักหลาดรูปแผ่นกลมที่ฝั่งกากเพชรไว้ภายใน (กลุ่มที่ 8) ขัดด้วยหัวขัดกระดาษทรายรูปแผ่นกลมตามด้วยหัวขัดผ้าสักหลาดรูปแผ่นกลมที่ฝั่งกากเพชรไว้ภายใน (กลุ่มที่ 9) ขัดด้วยหัวขัดยางซิลิโคน ตามด้วยครีมกากเพชรขัดพอร์ชเลน (กลุ่มที่ 10) ขัดด้วยหัวขัดกระดาษทรายรูปแผ่นกลม ตามด้วยครีมกากเพชรขัดพอร์ชเลน (กลุ่มที่ 11) จะพบว่าพื้นผิวมีความเรียบมากขึ้นกว่าที่พบในกลุ่มที่ 5 ที่กรอด้วยหัวกรอกากเพชรชนิดหยาบและชนิดละเอียด โดยความเรียบที่ปรากฏจะมีลักษณะใกล้เคียงกัน พบรอยขีดข่วนเป็นร่องไม่ลึก ลักษณะเป็นคลื่น พบฟองอากาศบ้างเล็กน้อยและพบเศษหัวกรอตกค้างอยู่บ้าง ความขรุขระที่สังเกตได้จะน้อยกว่าในกลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม กลุ่มที่ 2 กลุ่มเคลือบผิว และกลุ่มที่ 5 ที่กรอด้วยหัวกรอกากเพชรชนิดหยาบและชนิดละเอียด ดังรูปที่ 33-36 ตามลำดับ โดยในกลุ่มที่ 11 ที่ขัดด้วยหัวขัดกระดาษทรายรูปแผ่นกลมตามด้วยครีมกากเพชรขัดพอร์ชเลน จะมีความเรียบมากที่สุดในกลุ่มของชุดขัดด้วยกัน (กลุ่มที่ 8-11)



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รูปที่ 32 ภาพถ่ายของผิวเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน กลุ่มที่ 5  
(กรอด้วยหัวกรอกากเพชร)



รูปที่ 33 ภาพถ่ายของผิวเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน กลุ่มที่ 8  
(ขัดด้วยหัวขัดยางซิลิโคน ตามด้วยหัวขัดผ้าสักหลาดรูปแผ่นกลมที่ฝั่งกากเพชรไว้ภายใน)



รูปที่ 34 ภาพถ่ายของผิวเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน กลุ่มที่ 9  
(ชัดด้วยหัวขั้วกระดาศทรายรูปแผ่นกลมตามด้วยหัวขั้วผ้าสักหลาดรูปแผ่นกลมที่ฝังกากเพชรไว้ภายใน)



รูปที่ 35 ภาพถ่ายของผิวเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน กลุ่มที่ 10  
(ชัดด้วยหัวขั้วยางซิลิโคน ตามด้วยครีมกากเพชรขั้วพอร์ซเลน)



รูปที่ 36 ภาพถ่ายของผิวเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน กลุ่มที่ 11  
(ตัดด้วยหัวขัดกระดาษทรายรูปแผ่นกลม ตามด้วยครีมกากเพชรขัดพอร์ซเลน)

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4 แสดงค่ากำลังดัดขวางของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน ที่ได้รับการขัดแบบต่างๆ (เรียงจากน้อยไปมาก)

สภาวะที่ หมายเลข	กำลังดัดขวาง (MPa)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	2.58	41.15	40.55	48.57	28.71	-	-	37.52	50.55	39.88	37.14
2	25.13	45.35	46.32	60.97	40.24	-	-	53.66	54.36	43.23	51.14
3	26.75	49.63	46.34	63.45	41.44	-	-	54.63	56.42	46.73	51.46
4	29.96	50.30	47.29	68.56	42.02	-	-	55.47	58.53	48.80	52.63
5	31.35	51.47	52.13	80.18	42.97	-	-	55.82	60.00	56.28	53.60
6	34.10	51.56	52.48	80.35	44.55	-	-	58.95	63.34	56.36	55.92
7	43.45	52.14	53.81	80.63	47.54	-	-	60.76	64.28	56.90	57.20
8	43.66	52.63	57.71	81.90	49.12	-	-	61.34	65.03	57.96	59.64
9	47.71	53.50	57.73	83.63	49.81	-	-	63.66	65.22	58.27	62.39
10	50.31	54.63	58.22	89.49	50.99	-	-	65.55	66.91	58.73	62.96
11	53.17	55.21	64.86	89.58	54.24	-	-	66.95	67.57	59.01	64.32
12	55.13	59.99	66.18	89.99	55.00	-	-	70.60	68.01	59.48	69.88
13	61.65	61.51	69.71	97.29	56.19	-	-	71.81	73.44	66.76	71.81
14	67.21	62.73	70.76	108.17	58.62	-	-	72.70	73.45	67.82	80.72
15	71.38	64.77	70.99	129.50	63.37	-	-	72.86	77.88	68.05	85.01
ค่าเฉลี่ย	42.90	53.77	57.01	83.48	48.32	-	-	61.49	64.33	56.28	61.06
ค่า S.D.	17.64	6.20	9.46	19.00	8.42	-	-	9.14	7.24	8.16	11.84

ตารางที่ 5 แสดงค่าทางสถิติของกลุ่มเฟลด์สแปติคพอร์ซเลน โดยใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทิศทางเดียว

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F ratio	F prob.
Between Group	8	15741.7689	1967.7211	13.6171	.0000
Within Group	126	18207.4384	144.5035		
Total	134	33949.2072			

ตารางที่ 6 แสดงความแตกต่างระหว่างกลุ่มต่าง ๆ ของเฟลด์สแปติคพอร์ซเลน

Mean	กลุ่ม	1	5	2	8	3	9	6	7	4
42.90	1									
48.32	5	NS								
53.77	2	NS	NS							
56.28	10	NS	NS	NS						
57.00	3	*	NS	NS	NS					
61.05	11	*	NS	NS	NS	NS				
61.48	8	*	NS	NS	NS	NS	NS			
64.33	9	*	*	NS	NS	NS	NS	NS		
83.48	4	*	*	*	*	*	*	*	*	*

\* = significantly different at  $p \leq 0.05$

NS = non significantly

กลุ่มที่ 1 = sintered

กลุ่มที่ 7 = -

กลุ่มที่ 2 = self-glazed

กลุ่มที่ 8 = polished with shofu kit and dia-finish

กลุ่มที่ 3 = polished with SiC paper

กลุ่มที่ 9 = polished with sofLex and dia-finish

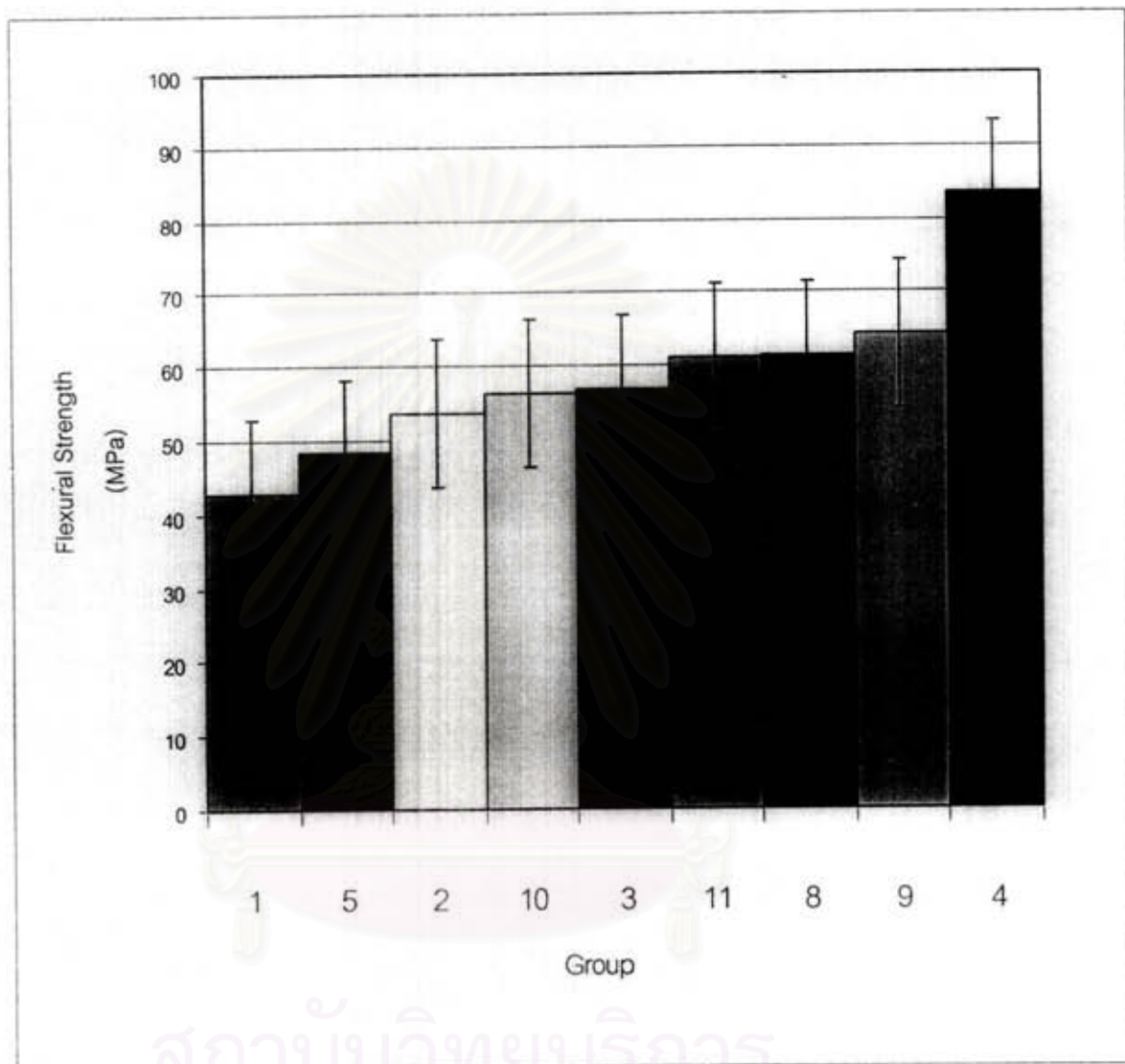
กลุ่มที่ 4 = overglazed

กลุ่มที่ 10 = polished with shofu kit and diamond paste

กลุ่มที่ 5 = coarse and fine diamond bur

กลุ่มที่ 11 = polished with sofLex and diamond paste

กลุ่มที่ 6 = -



รูปที่ 37 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยกำลังดัดขวางของเฟลด์สปาทิกพอร์ซเลน

กลุ่มที่ 1 = sintered

กลุ่มที่ 2 = self-glazed

กลุ่มที่ 3 = polished with SiC paper

กลุ่มที่ 4 = overglazed

กลุ่มที่ 5 = coarse and fine diamond bur

กลุ่มที่ 6 = -

กลุ่มที่ 7 = -

กลุ่มที่ 8 = polished with shofu kit and dia-finish

กลุ่มที่ 9 = polished with sofLex and dia-finish

กลุ่มที่ 10 = polished with shofu kit and diamond paste

กลุ่มที่ 11 = polished with sofLex and diamond paste