

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จุดประสงค์ของงานวิจัยครั้งนี้คือ เพื่อศึกษาผลกระทบจากการเย็นตัวของพอร์ซเลน เฟลด์สปาร์ในสภาวะต่างกัน โดยศึกษาลักษณะและปริมาณผลึกลูไซต์ สัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุ ความร้อนของพอร์ซเลน ค่ากำลังดูดขวาง ลักษณะการเกิดของผลึกลูไซต์ และความทึบแสง

การขึ้นรูปของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ โดยขบวนการซินเทอริง (sintering process) นั้น จำเป็น ต้องเผาพอร์ซเลนในเตาเผา ตามอุณหภูมิที่เหมาะสม ที่กำหนดโดยบริษัทผู้ผลิต จากนั้นจึงปล่อยให้เย็น ตัวลงสู่อุณหภูมิห้องในเตาเผา พอร์ซเลนที่ต่างชนิดกันจะมีระยะเวลาการเย็นตัวลงสู่ระดับอุณหภูมิห้อง ต่างกัน (ดังตารางที่ 4)

การทดลองนี้แบ่งออกเป็น 5 ตอนคือ ตอนที่ I: การทดสอบการกระเจิงของรังสีเอกซเรย์เพื่อ ศึกษาปริมาณลูไซต์ ตอนที่ II: การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อน ตอนที่ III: การ ทดสอบค่ากำลังดูดขวาง ตอนที่ IV: การดูลักษณะโครงสร้างของผลึก และตอนที่ V: การทดสอบค่า ความทึบแสง

และในการทดลองนี้ได้เลือกใช้พอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ที่นิยมใช้ในห้องปฏิบัติการทางทันตกรรมทั่ว ไปในประเทศไทย 4 ชนิด คือ ชนิดโอพอลเลสเซนส์ ชนิดดั้งเดิม ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ และชนิดเจ็ฟลูออ โรอะปาไทต์

ซึ่งเมื่อนำพอร์ซเลนมาเผาตามอุณหภูมิที่กำหนด ผลการทดลองเป็นดังนี้ คือ

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4 ระยะเวลาการเย็นตัวลงสู่ระดับอุณหภูมิห้องในเตาเผาของพอร์ซเลน  
เฟลด์สปาร์ต่างชนิดกัน ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

ชนิดของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์	อุณหภูมิการเผาสูงสุด ( $^{\circ}\text{C}$ )	เวลา
ชนิดโอพอลเลสเซนต์	910	4 ชั่วโมง 22 นาที
ชนิดดั้งเดิม	900	5 ชั่วโมง 10 นาที
ชนิดลูไซต์สังเคราะห์	930	5 ชั่วโมง 20 นาที
ชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์	870	4 ชั่วโมง 14 นาที

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ตอนที่ 1 การทดสอบการกระเจิงของรังสีเอกซเรย์เพื่อศึกษาปริมาณลูไซต์

การเปรียบเทียบผลการทดลองของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเดียวกัน ในภาวะการเย็นตัวลงต่างกัน

### ชนิดที่ 1 พอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนต์

ผลการทดลองในชนิดที่ 1 (กลุ่ม 1F และ 1S) (ตารางที่ 5 และ 6 รูปที่ 42)

ค่าเฉลี่ยร้อยละโดยน้ำหนักของปริมาณลูไซต์ของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนต์ พบว่ากลุ่มภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว (1F = ร้อยละ  $15.825 \pm 1.197$ ) กับกลุ่มภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า (1S = ร้อยละ  $18.750 \pm 2.078$ ) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ )

### ชนิดที่ 2 พอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิม

ผลการทดลองในชนิดที่ 2 (กลุ่ม 2F และ 2S) (ตารางที่ 5 และ 6 รูปที่ 42)

ค่าเฉลี่ยร้อยละโดยน้ำหนักของปริมาณลูไซต์ของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิม พบว่ากลุ่มภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว (2F = ร้อยละ  $20.091 \pm 1.150$ ) กับกลุ่มภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า (2S = ร้อยละ  $19.695 \pm 1.202$ ) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ )

### ชนิดที่ 3 พอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์

ผลการทดลองในชนิดที่ 3 (กลุ่ม 3F และ 3S) (ตารางที่ 5 และ 6 รูปที่ 42)

ค่าเฉลี่ยร้อยละโดยน้ำหนักของปริมาณลูไซต์ของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ พบว่ากลุ่มภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว (3F = ร้อยละ  $20.196 \pm 2.043$ ) กับกลุ่มภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า (3S = ร้อยละ  $21.329 \pm 1.457$ ) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ )

### ชนิดที่ 4 พอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์

ผลการทดลองในชนิดที่ 4 (กลุ่ม 4F และ 4S) (ตารางที่ 5 และ 6 รูปที่ 42)

ค่าเฉลี่ยร้อยละโดยน้ำหนักของปริมาณลูไซต์ของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์ พบว่ากลุ่มภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว (4F = ร้อยละ  $8.278 \pm 1.834$ ) กับกลุ่มภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า (4S = ร้อยละ  $8.373 \pm 2.471$ ) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ )

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละโดยน้ำหนักของปริมาณไนโตรเจนของพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเดียวกัน ในภาวะการเย็นตัวลงต่างกัน

กลุ่ม พอร์ชเลนเฟลด์สปาร์	1		2		3		4	
	F	S	F	S	F	S	F	S
	17.334	21.313	19.415	20.387	21.191	19.748	8.103	9.459
	14.573	15.848	18.493	21.322	17.860	23.610	10.126	6.632
	14.864	20.082	21.312	19.341	18.703	20.613	5.875	9.673
	15.581	18.165	20.273	19.260	23.027	20.965	7.232	11.076
	16.775	18.341	20.961	18.165	20.199	21.710	10.052	5.025
ค่าเฉลี่ย	15.825	18.750	20.091	19.695	20.196	21.329	8.278	8.373
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1.197	2.078	1.150	1.202	2.043	1.457	1.834	2.471

กลุ่ม 1F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 1S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 2F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 2S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 3F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 3S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 4F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจ็ฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 4S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจ็ฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

ตารางที่ 6 ค่าสถิติของค่าเฉลี่ยร้อยละโดยน้ำหนักของปริมาณลูไซต์ของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเดียวกัน ในภาวะการเย็นตัวลงต่างกัน

ค่าเฉลี่ยร้อยละโดยน้ำหนัก ของปริมาณลูไซต์	กลุ่ม	1F	1S	2F	2S	3F	3S	4F	4S
15.825 ± 1.197	1F	-							
18.750 ± 2.078	1S	NS	-						
20.091 ± 1.150	2F	*	NS	-					
19.695 ± 1.202	2S	*	NS	NS	-				
20.196 ± 2.043	3F	*	NS	NS	NS	-			
21.329 ± 1.457	3S	*	NS	NS	NS	NS	-		
8.278 ± 1.834	4F	*	*	*	*	*	*	-	
8.373 ± 2.471	4S	*	*	*	*	*	*	NS	-

\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

NS ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

กลุ่ม 1F คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 1S คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 2F คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

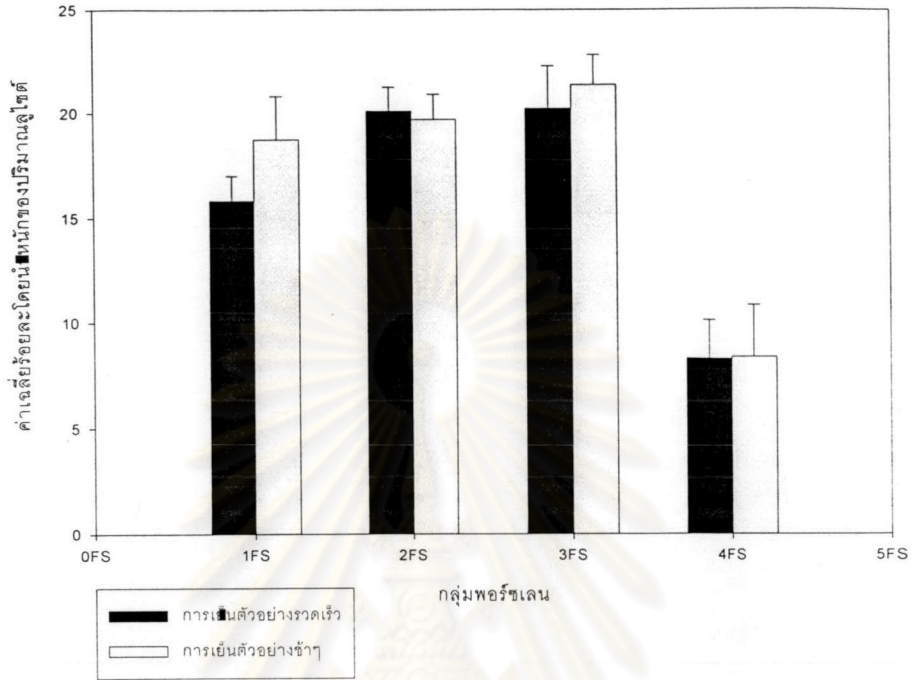
กลุ่ม 2S คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 3F คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 3S คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 4F คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 4S คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า



รูปที่ 42 แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ยร้อยละโดยน้ำหนักของปริมาณลูไซต์ของพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเดียวกัน ในภาวะการฟื้นตัวลงต่างกัน

กลุ่ม 1F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการฟื้นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 1S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการฟื้นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 2F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมในภาวะการฟื้นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 2S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมในภาวะการฟื้นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 3F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ในภาวะการฟื้นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 3S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ในภาวะการฟื้นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 4F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการฟื้นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 4S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการฟื้นตัวลงอย่างช้า

## การเปรียบเทียบผลการทดลองของพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ต่างชนิดกัน ในภาวะการเย็นตัวลงเหมือนกัน

การเปรียบเทียบในกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว (กลุ่ม F) พบว่าค่าเฉลี่ยร้อยละโดยน้ำหนักของผลึกยูไซต์ของกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิม (กลุ่ม 2F = ร้อยละ  $20.091 \pm 1.150$ ) และกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดยูไซต์สังเคราะห์ (กลุ่ม 3F = ร้อยละ  $20.196 \pm 2.043$ ) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) แต่มีปริมาณค่าเฉลี่ยร้อยละโดยน้ำหนักของผลึกยูไซต์มากกว่ากลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนต์ (กลุ่ม 1F = ร้อยละ  $15.825 \pm 1.197$ ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ส่วนกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์ (กลุ่ม 4F = ร้อยละ  $8.278 \pm 1.834$ ) มีปริมาณค่าเฉลี่ยร้อยละโดยน้ำหนักของผลึกยูไซต์น้อยที่สุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) (ดังตารางที่ 7 รูปที่ 43)

การศึกษาในกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า (กลุ่ม S) พบว่าค่าเฉลี่ยร้อยละโดยน้ำหนักของผลึกยูไซต์ของกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดยูไซต์สังเคราะห์ (กลุ่ม 3S = ร้อยละ  $21.329 \pm 1.457$ ) มีปริมาณค่าเฉลี่ยร้อยละโดยน้ำหนักของผลึกยูไซต์มากที่สุด โดยมีกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิม (กลุ่ม 2S = ร้อยละ  $19.695 \pm 1.202$ ) และกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนต์ (กลุ่ม 1S = ร้อยละ  $18.750 \pm 2.078$ ) มีปริมาณค่าเฉลี่ยร้อยละโดยน้ำหนักของผลึกยูไซต์มาก รองลงมาตามลำดับ แต่สามกลุ่มมีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) ส่วนกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์ (กลุ่ม 4S = ร้อยละ  $8.373 \pm 2.471$ ) ให้ปริมาณค่าเฉลี่ยร้อยละโดยน้ำหนักของผลึกยูไซต์น้อยที่สุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) (ตารางที่ 8 รูปที่ 44)

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละโดยน้ำหนักของปริมาณลูไซต์ของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ต่างชนิดกัน ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

พอร์ซเลนเฟลด์สปาร์	1F	2F	3F	4F
	17.334	19.415	21.191	8.103
	14.573	18.493	17.860	10.126
	14.864	21.312	18.703	5.875
	15.581	20.273	23.027	7.232
	16.775	20.961	20.199	10.052
ค่าเฉลี่ย	15.825	20.091	20.196	8.278
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1.197	1.150	2.043	1.834

กลุ่ม 1F คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

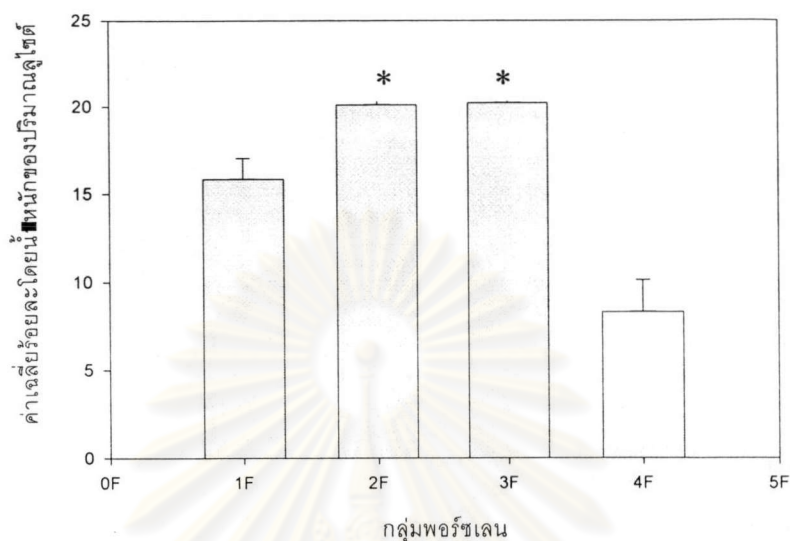
กลุ่ม 2F คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 3F คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 4F คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจ็ฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

— เส้นในแนวระดับแสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )





รูปที่ 43 แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ยร้อยละโดยน้ำหนักของปริมาณลูไซต์ของพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดต่างกัน ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 1F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 2F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 3F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 4F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจ็ฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

\* แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละโดยน้ำหนักของปริมาณจุลินทรีย์ของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ต่างชนิดกัน ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

พอร์ซเลนเฟลด์สปาร์	1S	2S	3S	4S
	21.313	20.387	19.748	9.459
	15.848	21.322	23.610	6.632
	20.082	19.341	20.613	9.673
	18.165	19.260	20.965	11.076
	18.341	18.165	21.710	5.025
ค่าเฉลี่ย	18.750	19.695	21.329	8.373
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	2.078	1.202	1.457	2.471

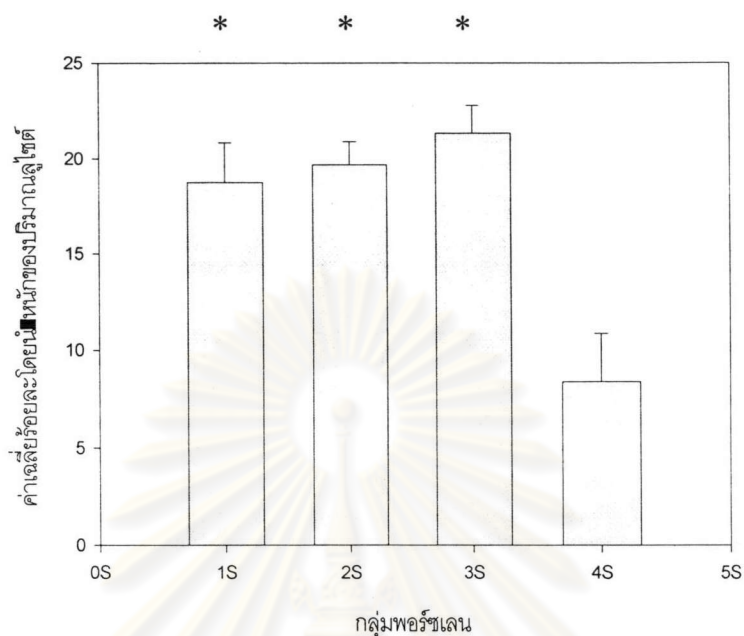
กลุ่ม 1S คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 2S คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 3S คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 4S คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

— เส้นในแนวระดับแสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )



รูปที่ 44 แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ยร้อยละโดยน้ำหนักของปริมาณลูไซต์ของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ต่างชนิดกัน ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 1S คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 2S คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 3S คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 4S คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

\* แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ตอนที่ II การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อน

การเปรียบเทียบผลการทดลองของพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ต่างชนิดกัน ในภาวะการเย็นตัวลงต่างกัน

การศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนของพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ทั้ง 4 ชนิดพบว่า พอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า (กลุ่ม S) ทั้งหมด จะให้ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนมากกว่าพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว (กลุ่ม F) ทั้งหมด โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนแตกต่างกันโดยเฉลี่ยเท่ากับ  $3.05 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{ซ}$  (ดังตารางที่ 9 รูปที่ 45) ดังนี้

ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนของพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนต์พบว่า กลุ่มภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า ( $1S = 15.1 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{ซ}$ ) มีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนมากกว่ากลุ่มภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว ( $1F = 13.0 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{ซ}$ ) เท่ากับ  $2.1 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{ซ}$

ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนของกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมพบว่า กลุ่มภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า ( $2S = 17.3 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{ซ}$ ) มีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนมากกว่ากลุ่มภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว ( $2F = 13.3 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{ซ}$ ) เท่ากับ  $4.0 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{ซ}$

ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนของกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูโซต์สังเคราะห์พบว่า กลุ่มภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า ( $3S = 15.4 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{ซ}$ ) มีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนมากกว่ากลุ่มภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว ( $3F = 12.4 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{ซ}$ ) เท่ากับ  $3.0 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{ซ}$

และค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนของกลุ่มฟลูออโรอะปาไทต์พอร์ชเลนเฟลด์สปาร์พบว่า กลุ่มภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า ( $4S = 15.1 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{ซ}$ ) มีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนมากกว่ากลุ่มภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว ( $4F = 12.0 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{ซ}$ ) เท่ากับ  $3.1 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{ซ}$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อน (ส.ป.ส.) ของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ต่างชนิด ในภาวะการเย็นตัวลงต่างกัน

	1		2		3		4	
	F	S	F	S	F	S	F	S
ค่า ส.ป.ส. ( $10^{-6}/^{\circ}\text{ซ}$ )	13.0	15.1	13.3	17.3	12.4	15.4	12.0	15.1
ผลต่าง ( $10^{-6}/^{\circ}\text{ซ}$ )	+ 2.1		+ 4.0		+ 3.0		+ 3.1	
ค่ามากขึ้นโดยเฉลี่ย ( $10^{-6}/^{\circ}\text{ซ}$ )			+3.05					

กลุ่ม 1F คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 1S คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 2F คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

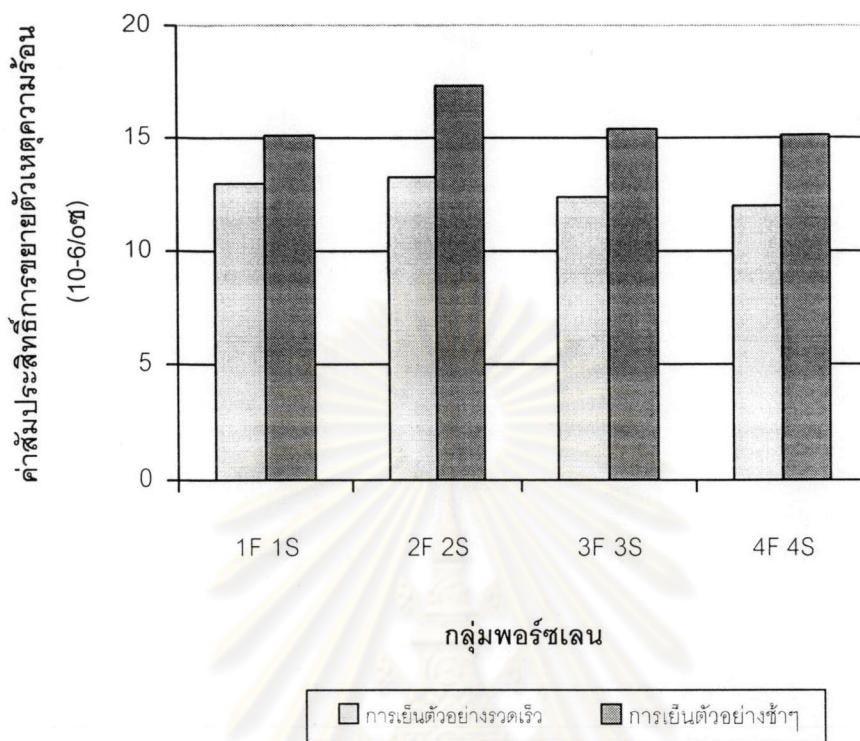
กลุ่ม 2S คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 3F คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 3S คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 4F คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 4S คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า



รูปที่ 45 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนของพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ ในภาวะการเย็นตัวลงต่างกัน

กลุ่ม 1F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 1S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 2F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 2S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 3F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 3S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 4F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจ็ฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 4S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจ็ฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

## การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ต่างชนิด ในภาวะการเย็นตัวต่างกัน กับค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนของโลหะ

ทำการศึกษาโดยเปรียบเทียบ ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนของโลหะ ( $14.1 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C}$ ) กับค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ในภาวะการเย็นตัวลงต่างกัน ถ้าผลลัพธ์ของความแตกต่างมากกว่า 0 มีค่าเป็นบวก (+) คือ positive thermal contraction mismatch แสดงว่า ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนของโลหะมีค่ามากกว่าค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ แต่ถ้าผลลัพธ์ของความแตกต่างน้อยกว่า 0 มีค่าเป็นลบ (-) คือ negative thermal contraction mismatch แสดงว่าค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนของโลหะมีค่าน้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์

ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนของกลุ่มภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็วของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนต์และชนิดดั้งเดิม พบว่ามีค่าผลต่างของสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนเมื่อเปรียบเทียบกับโลหะเป็นบวก เท่ากับ + 1.1 และ + 0.8 ตามลำดับ ส่วนพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์และชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์มีค่าค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับโลหะทำให้ค่าผลต่างของสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนมีค่าเป็นบวกค่อนข้างมากคือ มีค่าผลต่างเท่ากับ + 1.7 และ + 2.1 ตามลำดับ

ในภาวะการเย็นตัวอย่างช้าของพอร์ซเลนทั้ง 4 ชนิด พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนมากกว่าภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว แล้วทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ 2 กลุ่มแรกคือ พอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนต์และชนิดดั้งเดิมมีผลต่างเท่ากับ -1.0 และ -3.2 ตามลำดับ และพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ 2 ชนิดหลังคือ ชนิดลูไซต์สังเคราะห์และชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์มีค่าผลต่างเท่ากับ -1.3 และ -1.0 ตามลำดับ (ตารางที่ 10 รูปที่ 46 และ 47)

ตารางที่ 10 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อน (ส.ป.ส.) ของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ต่างชนิดกัน ในภาวะการเย็นตัวลงต่างกัน กับโลหะ

	โลหะ	1F	1S	2F	2S	3F	3S	4F	4S
ค่า ส.ป.ส. ( $10^{-6}/^{\circ}\text{ซ}$ )	14.1	13.0	15.1	13.3	17.3	12.4	15.4	12.0	15.1
ผลต่างของค่าส.ป.ส. ( $10^{-6}/^{\circ}\text{ซ}$ )	0.0	+1.1	-1.0	+0.8	-3.2	+1.7	-1.3	+2.1	-1.0

โลหะ คือ โลหะผสมไร้สกุล ที่มีส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็นนิกเกิลและโครเมียม

กลุ่ม 1F คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 1S คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 2F คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 2S คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 3F คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

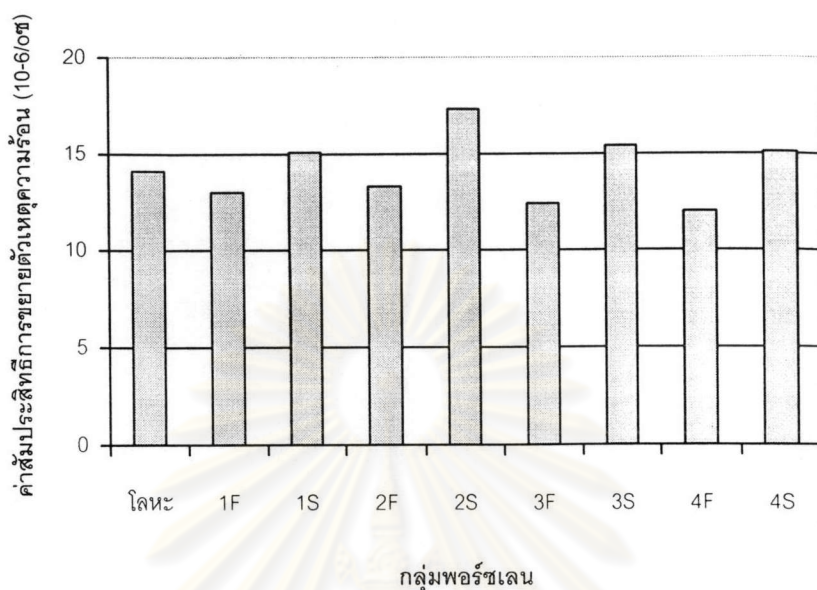
กลุ่ม 3S คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 4F คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 4S คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

- ค่าผลต่างเป็นบวก (+) แสดงว่า ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนของโลหะมีค่ามากกว่าค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์
- ค่าผลต่างเป็นลบ (-) แสดงว่า ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนของโลหะมีค่าน้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์





รูปที่ 46 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนของพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดต่างกัน ในสภาวะการเย็นตัวลงต่างกัน กับโลหะ โลหะ คือ โลหะผสมไร้สกุล ที่มีส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็นนิกเกิลและโครเมียม

กลุ่ม 1F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในสภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 1S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในสภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 2F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมในสภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

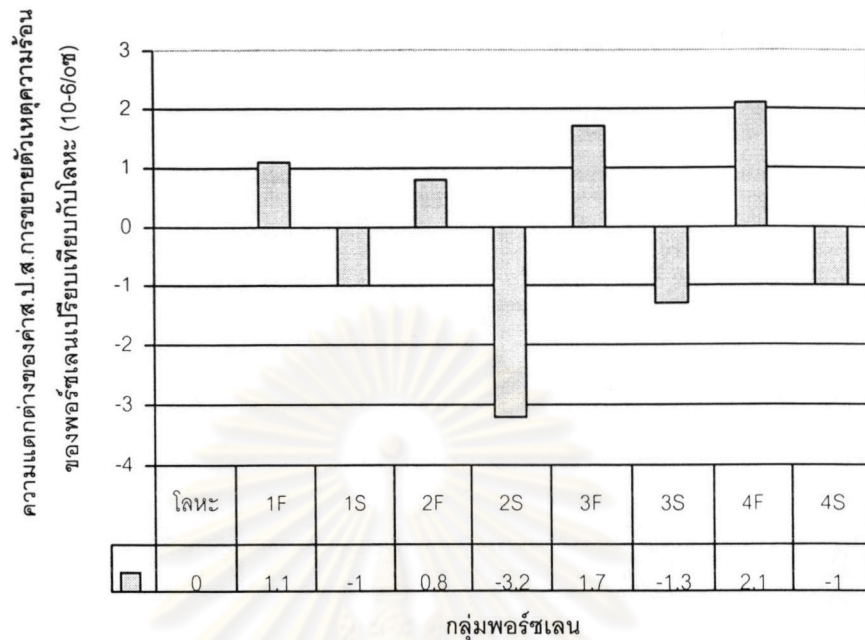
กลุ่ม 2S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมในสภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 3F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ในสภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 3S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ในสภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 4F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์ในสภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 4S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์ในสภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า



รูปที่ 47 แผนภูมิแท่งแสดงความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ต่างชนิดกัน ในสภาวะการเย็นตัวลงต่างกัน กับโลหะ โลหะ คือ โลหะผสมไร้สกุล ที่มีส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็นนิกเกิลและโครเมียม

กลุ่ม 1F คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 1S คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 2F คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 2S คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 3F คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 3S คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 4F คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 4S คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

- ค่าผลต่างเป็นบวก (+) แสดงว่า ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนของโลหะมีค่ามากกว่าค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์
- ค่าผลต่างเป็นลบ (-) แสดงว่า ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนของโลหะมีค่าน้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อนของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์

### ตอนที่ III การทดสอบค่ากำลังดัดขวาง

การเปรียบเทียบผลการทดลองของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเดียวกัน ในภาวะการเย็นตัวต่างกัน

ชนิดที่ 1 พอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนส์

ผลการทดลองในชนิดที่ 1 (กลุ่ม 1F และ 1S) (ตารางที่ 11 และ 12 รูปที่ 48)

ค่ากำลังดัดขวางของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนส์ พบว่ากลุ่มภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว (1F =  $120.308 \pm 26.734$  MPa) มีค่ากำลังดัดขวางมากกว่ากลุ่มภาวะการเย็นตัวอย่างช้า (1S =  $97.257 \pm 26.794$  MPa) แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ชนิดที่ 2 พอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิม

ผลการทดลองในชนิดที่ 2 (กลุ่ม 2F และ 2S) (ตารางที่ 11 และ 12 รูปที่ 48)

ค่ากำลังดัดขวางของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิม พบว่าภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว (2F =  $113.466 \pm 23.980$  MPa) มีค่ากำลังดัดขวางมากกว่ากลุ่มภาวะการเย็นตัวอย่างช้า (2S =  $93.581 \pm 15.056$  MPa) แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ชนิดที่ 3 พอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์

ผลการทดลองในชนิดที่ 3 (กลุ่ม 3F และ 3S) (ตารางที่ 11 และ 12 รูปที่ 48)

ค่ากำลังดัดขวางของกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ พบว่าภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว (3F =  $117.089 \pm 28.878$  MPa) มีค่ากำลังดัดขวางมากกว่ากลุ่มภาวะการเย็นตัวอย่างช้า (3S =  $127.342 \pm 39.175$  MPa) แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

กลุ่มที่ 4 พอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์

ผลการทดลองในกลุ่มที่ 4 (กลุ่ม 4F และ 4S) (ตารางที่ 11 และ 12 รูปที่ 48)

ค่ากำลังดัดขวางของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์ พบว่ากลุ่มภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว (4F =  $110.940 \pm 28.988$  MPa) มีค่ากำลังดัดขวางมากกว่ากลุ่มภาวะการเย็นตัวอย่างช้า (4S =  $122.397 \pm 20.504$  MPa) แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยกำลังตัดขวาง (Mpa) ของพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเดียวกัน ในภาวะการเย็นตัวลงต่างกัน

	1F	1S	2F	2S	3F	3S	4F	4S
	116.635	129.509	125.410	89.436	147.890	132.549	96.723	134.138
	179.115	90.658	134.493	95.000	122.171	113.264	143.258	126.620
	127.764	82.552	132.163	90.026	86.000	111.251	65.578	107.596
	87.365	132.721	94.387	88.610	97.133	72.537	155.907	112.842
	109.844	83.338	88.415	83.041	109.359	150.348	115.095	101.713
	120.691	98.200	107.478	109.143	113.661	124.297	129.981	100.729
	106.110	90.297	76.864	73.896	184.382	202.469	94.895	104.443
	103.733	135.926	156.252	83.790	105.493	99.041	130.321	152.422
	150.111	69.320	107.015	95.475	102.014	174.181	99.888	156.714
	101.715	60.046	112.187	127.394	102.783	93.481	77.754	126.748
ค่าเฉลี่ย	120.308	97.257	113.466	93.581	117.089	127.342	110.940	122.397
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	26.734	26.794	23.980	15.056	28.878	39.175	28.988	20.504

โลหะ คือ โลหะผสมไร้สกรู ที่มีส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็นนิเกิลและโครเมียม

กลุ่ม 1F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 1S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 2F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 2S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 3F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 3S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 4F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจ็ฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 4S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจ็ฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

ตารางที่ 12 ค่าสถิติของค่าเฉลี่ยกำลังดัดขวางของพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเดียวกัน ในภาวะการเย็นตัวลงต่างกัน

ค่าเฉลี่ยกำลังดัดขวาง (Mpa)	กลุ่ม	1F	1S	2F	2S	3F	3S	4F	4S
120.308±26.734	1F	-							
97.257±26.794	1S	NS	-						
113.466±23.980	2F	NS	NS	-					
93.581±15.056	2S	NS	NS	NS	-				
117.089±28.878	3F	NS	NS	NS	NS	-			
127.342±39.175	3S	NS	NS	NS	NS	NS	-		
110.940±28.988	4F	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-	
122.397±20.504	4S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-

NS ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ )

กลุ่ม 1F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 1S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 2F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

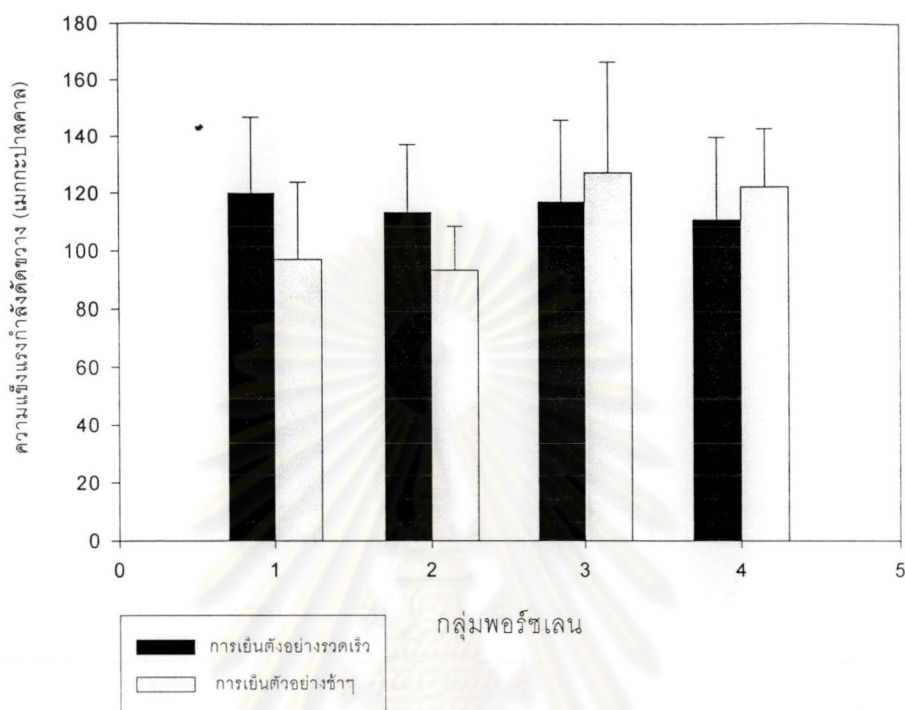
กลุ่ม 2S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 3F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 3S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 4F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 4S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า



รูปที่ 48 แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ยกำลังกล้ามเนื้อดัดขวางของพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิตเดียวกัน ในภาวะการยืนตัวลงต่างกัน

กลุ่ม 1F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิตโอพอลเลสเซนตีในภาวะการยืนตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 1S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิตโอพอลเลสเซนตีในภาวะการยืนตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 2F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิตดั้งเดิมในภาวะการยืนตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 2S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิตดั้งเดิมในภาวะการยืนตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 3F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิตลูไซต์สังเคราะห์ในภาวะการยืนตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 3S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิตลูไซต์สังเคราะห์ในภาวะการยืนตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 4F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิตเจ็ฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการยืนตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 4S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิตเจ็ฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการยืนตัวลงอย่างช้า

### การเปรียบเทียบผลการทดลองพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ต่างชนิดกัน ในภาวะการเย็นตัวลงแบบเดียวกัน

การศึกษาค่ากำลังดัดขวางของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว (กลุ่ม F) พบว่าพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ทั้ง 4 ชนิดนั้น มีค่ากำลังดัดขวางไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) โดยที่พอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนต์ (1F =  $120.308 \pm 26.734$  MPa) มีค่ากำลังดัดขวางมากที่สุด รองลงมาคือ ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ (3F =  $117.089 \pm 28.878$  MPa) ชนิดดั้งเดิม (2F =  $113.4666 \pm 23.980$ ) และชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์ (4F =  $110.940 \pm 28.988$  MPa) มีค่ารองลงมาตามลำดับ (ตารางที่ 13 รูปที่ 49)

และการศึกษาค่ากำลังดัดขวางของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ในภาวะการเย็นตัวอย่างช้า (กลุ่ม S) มีลักษณะเช่นเดียวกันคือ พอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ทั้ง 4 ชนิดนั้น มีค่ากำลังดัดขวางไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) โดยที่พอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์มีค่ากำลังดัดขวางมากกว่าที่สุด (3S =  $127.342 \pm 39.175$  MPa) รองลงมาคือ ชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์ (4S =  $122.397 \pm 20.504$  MPa) ชนิดโอพอลเลสเซนต์ (1S =  $97.257 \pm 26.794$  MPa) ชนิดดั้งเดิม (2S =  $93.581 \pm 15.056$  MPa) มีค่ารองลงมาตามลำดับ (ตารางที่ 14 รูปที่ 50)

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ยกำลังดัดขวาง (Mpa) ของพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ต่างชนิด ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว แสดงความไม่มีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ในทุกกลุ่ม

	1F	2F	3F	4F
	116.635	125.410	147.890	96.723
	179.115	134.493	122.171	143.258
	127.764	132.163	86.000	65.578
	87.365	94.387	97.133	155.907
	109.844	88.415	109.359	115.095
	120.691	107.478	113.661	129.981
	106.110	76.864	184.382	94.895
	103.733	156.252	105.493	130.321
	150.111	107.015	102.014	99.888
	101.715	112.187	102.783	77.754
ค่าเฉลี่ย	120.308	113.466	117.089	110.940
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	26.734	23.980	28.878	28.988

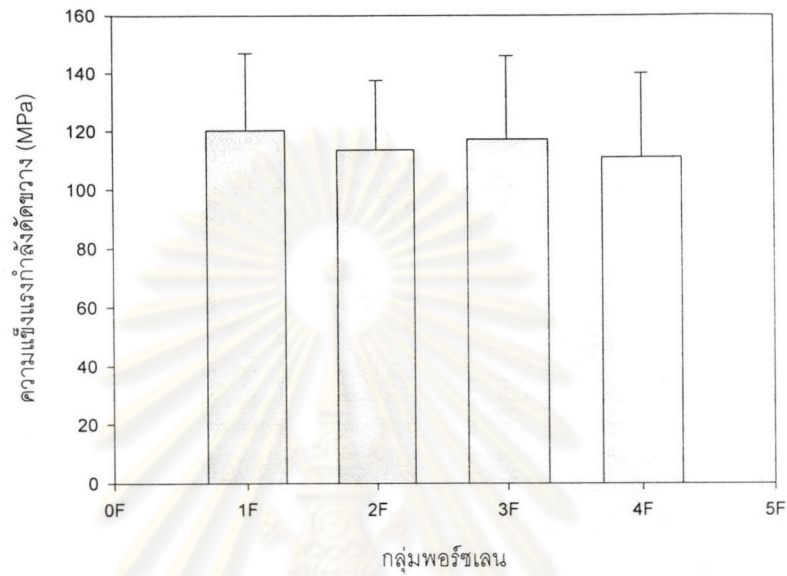
กลุ่ม 1F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 2F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 3F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 4F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจ็ฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว





รูปที่ 49 แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ยกำลังดัดขวางของพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ตต่างชนิดกัน ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว แสดงความไม่มีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ในทุกกลุ่ม

กลุ่ม 1F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโพลิลเลสเซนตีในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 2F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 3F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 4F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ยกำลังดัดขวาง (Mpa) ของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ต่างชนิดกัน ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ในทุกกลุ่ม

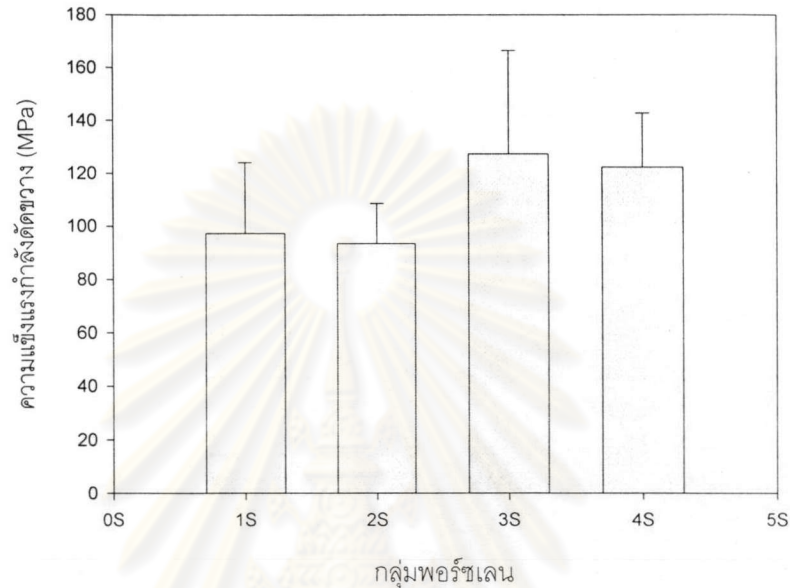
	1S	2S	3S	4S
	129.509	89.436	132.549	134.138
	90.658	95.000	113.264	126.620
	82.552	90.026	111.251	107.596
	132.721	88.610	72.537	112.842
	83.338	83.041	150.348	101.713
	98.200	109.143	124.297	100.729
	90.297	73.896	202.469	104.443
	135.926	83.790	99.041	152.422
	69.320	95.475	174.181	156.714
	60.046	127.394	93.481	126.748
ค่าเฉลี่ย	97.257	93.581	127.342	122.397
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	26.794	15.056	39.175	20.504

กลุ่ม 1S คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 2S คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 3S คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 4S คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจ็ฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า



รูปที่ 50 แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ยกำลังดัดขวางของพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดกัน ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ในทุกกลุ่ม

กลุ่ม 1S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 2S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 3S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูโซด์สังเคราะห์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 4S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจ็ฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ตอนที่ IV การดูลักษณะการเกิดของผลึกด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

พอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนส์

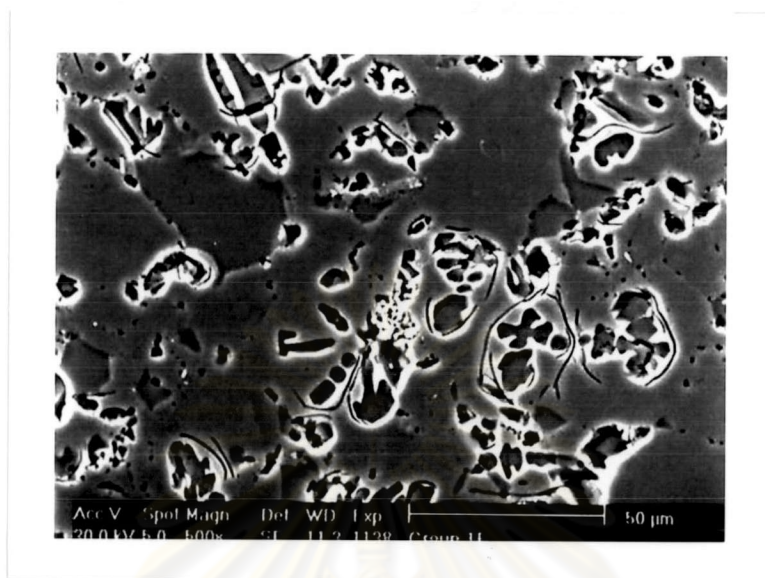
### กลุ่มภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว (กลุ่ม 1F)

จากการศึกษาทางภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่มีกำลังขยายขนาด 500 เท่า แสดงการเกิดของผลึกลูไซต์กระจายตัวอยู่ทั่วไปภายในแก้วเมตริกซ์ และยังพบมีการเกิดของรอยแตกขนาดเล็กอยู่ภายใน และรอบๆ ของผลึกลูไซต์ (รูป 51 และ 52) และเมื่อส่องดูด้วยกำลังขยายที่มากขึ้นคือ ขนาด 1500 เท่า พบลักษณะการเกิดของผลึกลูไซต์เป็นลายขนานที่ชัดเจน (รูป 53)

### กลุ่มภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า (กลุ่ม 1S)

เมื่อส่องดูด้วยกำลังขยาย 384 เท่าและ 500 เท่า พบการเกิดของผลึกลูไซต์ที่มีขนาดใหญ่กว่ากลุ่มที่ทำให้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งกระจายตัวอยู่ทั่วไปภายในแก้วเมตริกซ์ (รูป 54 และ 55 ตามลำดับ) และในบางบริเวณเมื่อส่องดูด้วยกำลังขยาย 500 เท่า พบผลึกลูไซต์ที่มีขนาดใหญ่มาก (รูปที่ 56) แล้วถ้าดูด้วยกำลังขยายที่มากขึ้นเป็น 1500 เท่า พบรอยแตกขนาดเล็กเป็นจำนวนมากอยู่ภายในผลึกลูไซต์ (รูป 57) และถ้าเพิ่มกำลังขยายขึ้นไปอีกเป็นขนาด 2000 เท่า (รูป 58) จะพบลักษณะของผลึกลูไซต์เป็นลายขนานไขว้ไปมาจำนวนมาก

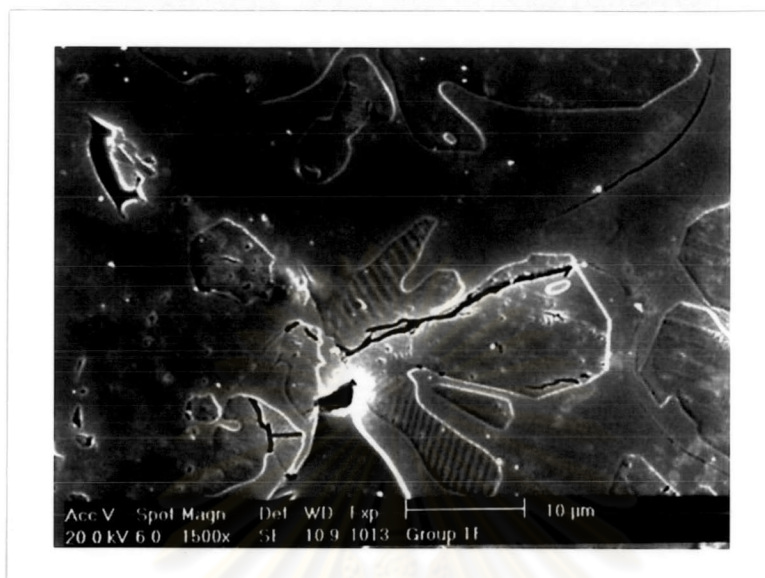
ศูนย์วิทยพัชกร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



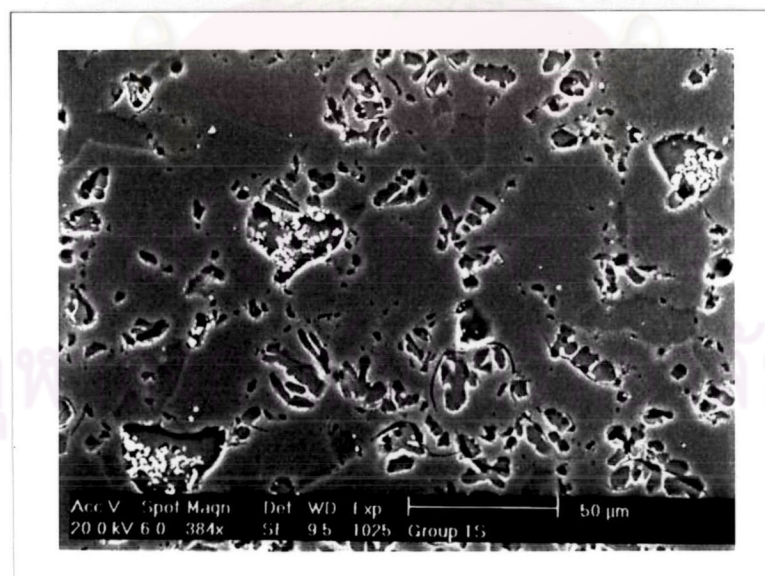
รูปที่ 51 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว ด้วยกำลังขยายขนาด 500 เท่า



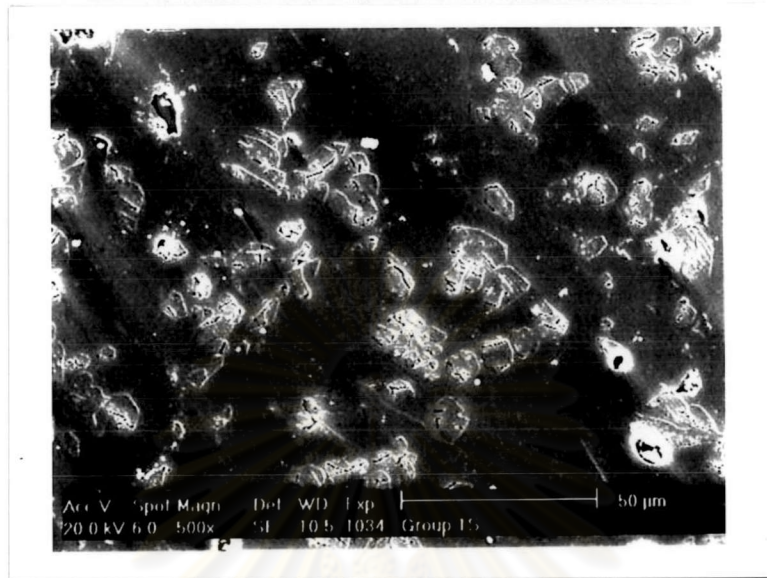
รูปที่ 52 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว ด้วยกำลังขยายขนาด 500 เท่า



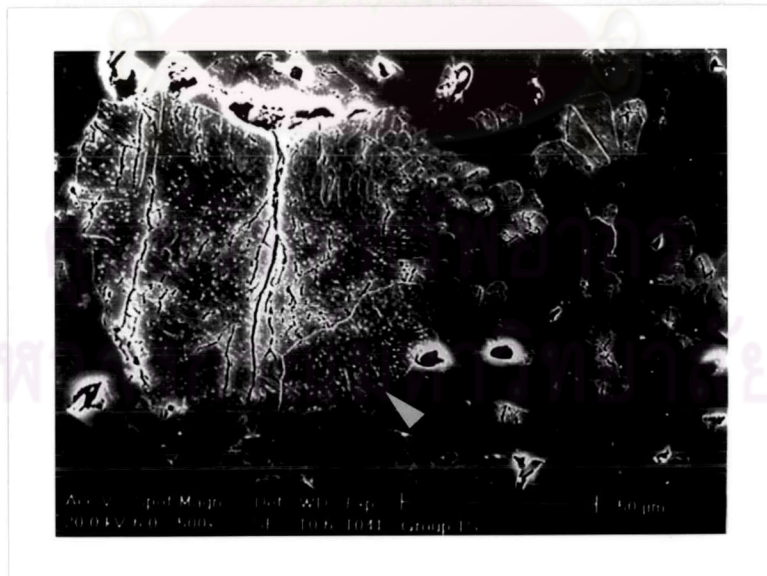
รูปที่ 53 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว ด้วยกำลังขยายขนาด 1500 เท่า



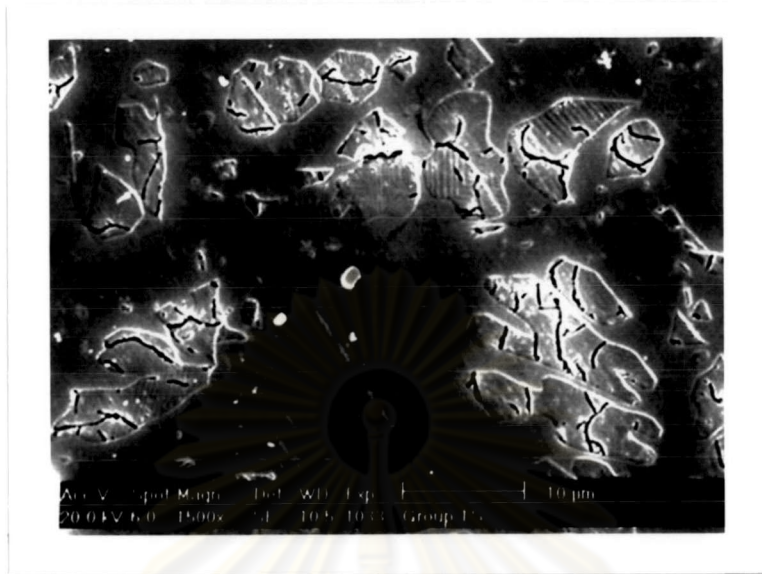
รูปที่ 54 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า ด้วยกำลังขยายขนาด 384 เท่า



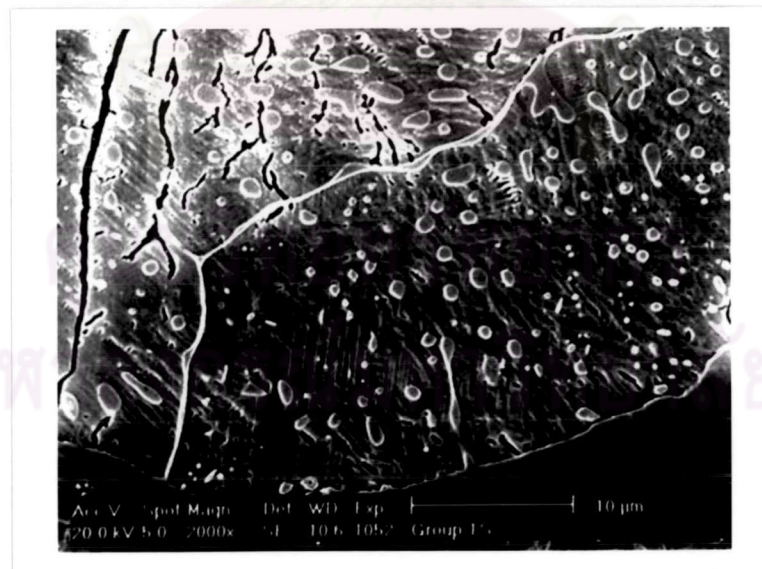
รูปที่ 55 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า ด้วยกำลังขยายขนาด 500 เท่า



รูปที่ 56 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า ด้วยกำลังขยายขนาด 500 เท่า ลูกศรชี้ เหลืองแสดงผลึกลูไซต์ที่มีขนาดใหญ่มาก



รูปที่ 57 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า ด้วยกำลังขยายขนาด 1500 เท่า แสดงรอยแตกจำนวนมาก



รูปที่ 58 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า ด้วยกำลังขยายขนาด 2000 เท่า แสดงรอยขนาบไขว้ไปมาในผลึกลูไซต์



### พอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิม

#### กลุ่มภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว (กลุ่ม 2F)

จากภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่มีกำลังขยายขนาด 500 เท่า พบผลึกลูไซต์ขนาดเล็ก มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3 ไมครอน กระจายตัวอยู่ทั่วไปภายในแก้วเมตริกซ์ (รูป 59) และการแพร่กระจายของผลึกลูไซต์ มีลักษณะสม่ำเสมอโดยทั่วไป และไม่พบรอยแตกขนาดเล็กภายในพอร์ซเลน (รูป 59 และ 60)

#### กลุ่มภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า (กลุ่ม 2S)

ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่มีกำลังขยาย 500 เท่าเท่ากัน พบว่าผลึกลูไซต์มีขนาดใหญ่กว่า กลุ่มที่ทำให้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว (รูป 61) และเมื่อส่องดูด้วยกำลังขยายขนาด 1000 เท่า พบว่าผลึกลูไซต์มีขนาดใหญ่ประมาณ 8 ไมครอน (รูป 62) ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่ากลุ่มภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็วกระจายอยู่ทั่วไป และไม่พบรอยแตกขนาดเล็ก

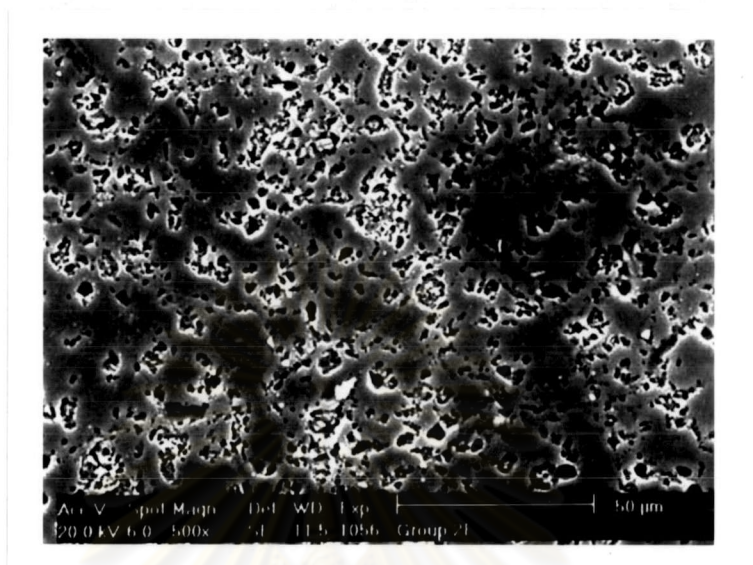
### พอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์

#### กลุ่มภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว (กลุ่ม 3F)

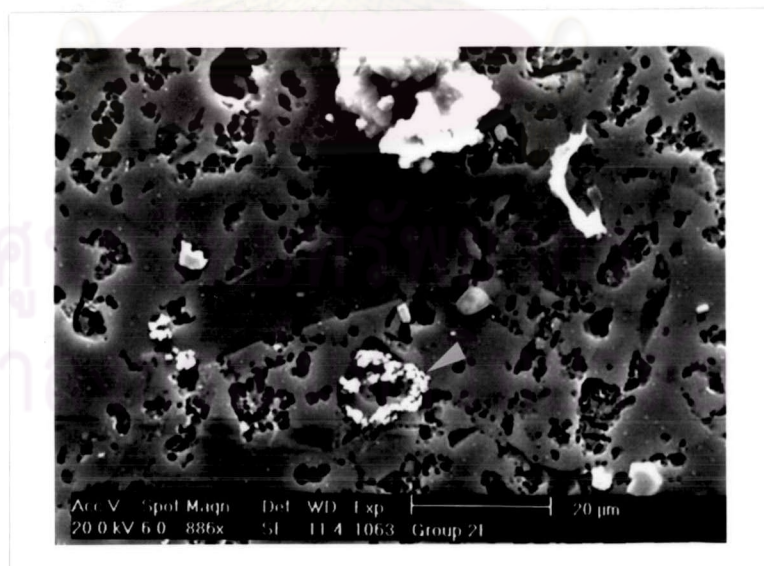
จากภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่มีกำลังขยาย 250 เท่า พบการเกิดของผลึกลูไซต์มีขนาดประมาณ 20 ไมครอน และผลึกมีลักษณะเป็นลายขนานจำนวนมากกระจายตัวสม่ำเสมอทั่วไปภายในแก้วเมตริกซ์ (รูป 63)

#### กลุ่มภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า (กลุ่ม 3S)

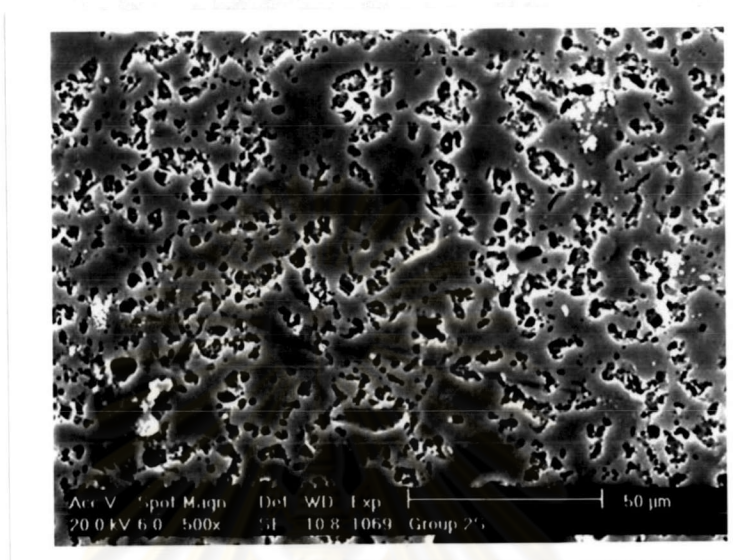
จากภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่มีกำลังขยายขนาด 250 เท่าเท่ากัน พบว่า กลุ่มภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้ามีขนาดของผลึกใหญ่กว่ากลุ่มที่ทำให้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว ผลึกมีขนาดประมาณ 40 ไมครอน (รูป 64) และถ้าเพิ่มกำลังขยายเป็น 500 เท่า (รูป 65) พบว่าผลึกลูไซต์จะมีลักษณะเป็นลายขนานไขว้กันไปมาจำนวนมาก



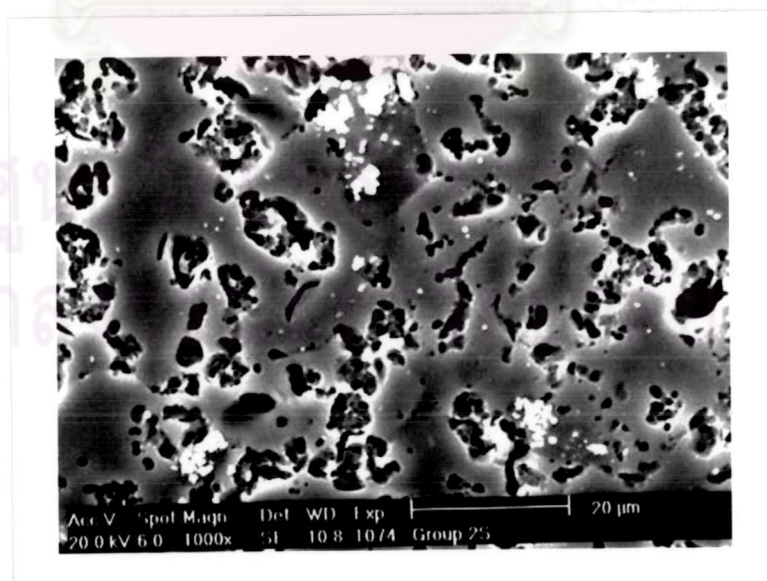
รูปที่ 59 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว ด้วยกำลังขยายขนาด 500 เท่า



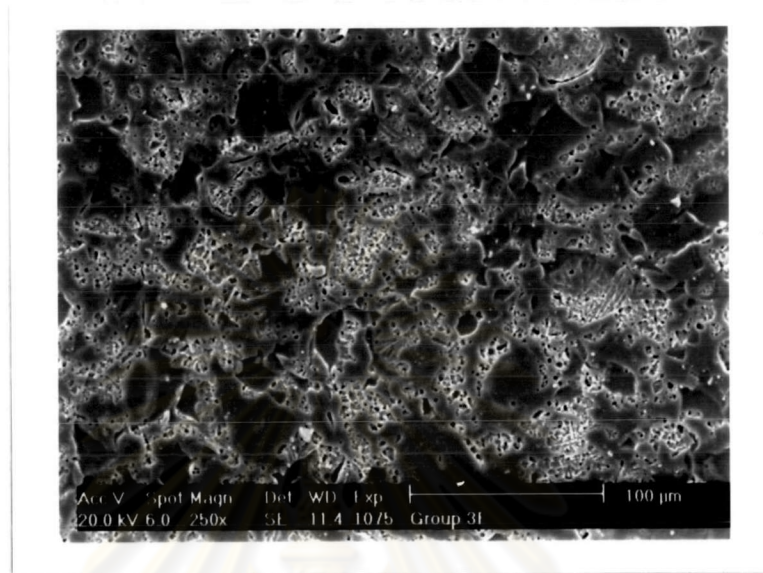
รูปที่ 60 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว ด้วยกำลังขยายขนาด 886 เท่า ลูกศรชี้เหลืองแสดงผลึกไฮต์



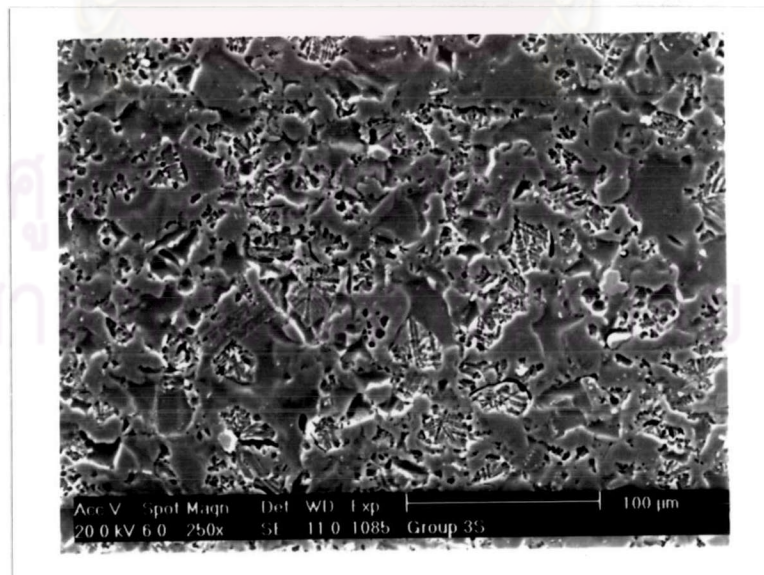
รูปที่ 61 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า ด้วยกำลังขยายขนาด 500 เท่า



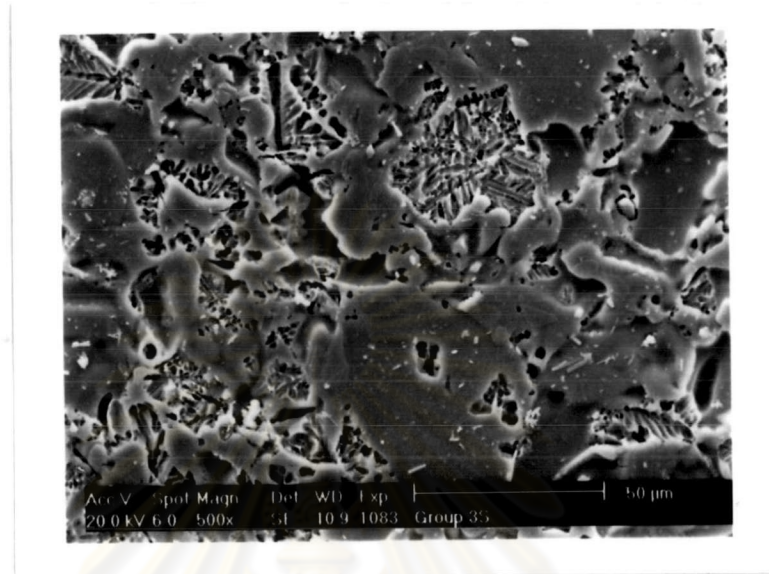
รูปที่ 62 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า ด้วยกำลังขยายขนาด 1000 เท่า



รูปที่ 63 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของพอร์ซเลน  
เฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว ด้วยกำลังขยาย 250 เท่า



รูปที่ 64 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของกลุ่มพอร์ซเลน  
เฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า ด้วยกำลังขยาย 250 เท่า



รูปที่ 65 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของพอร์ซเลน  
เฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า ด้วยกำลังขยาย 500 เท่า

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### พอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์

#### กลุ่มภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว (กลุ่ม 4F)

จากภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของพอร์ชเลนกลุ่มนี้มีลักษณะแตกต่างจากกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ทั้ง 3 ชนิดแรกที่กล่าวมาแล้วข้างต้นอย่างชัดเจน

พบว่า ภาพถ่ายที่มีกำลังขยายขนาด 438 เท่า แสดงการเกิดของผลึก 2 ชนิดคือ ผลึกขนาดเล็กซึ่งมีจำนวนมากว่า อยู่รวมกันเป็นกลุ่มใหญ่คือ ผลึกฟลูออโรอะปาไทต์ และผลึกที่มีขนาดใหญ่ แต่มีจำนวนน้อยกว่ากระจายตัวอยู่ทั่วไปคือ ผลึกลูไซต์ (รูป 66)

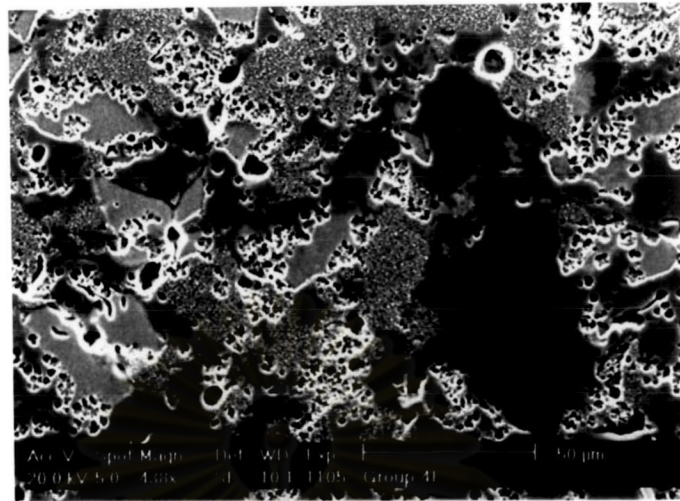
และเมื่อใช้กำลังขยายขนาดใหญ่ขึ้นคือ 1750 เท่า พบว่าผลึกขนาดเล็กนั้นมีลักษณะรูปร่างเป็นแท่งคล้ายเข็มคือ ผลึกฟลูออโรอะปาไทต์ ส่วนผลึกที่มีขนาดใหญ่มีลักษณะเป็นลายขนานคือ ผลึกลูไซต์ (รูป 67) แล้วเมื่อเพิ่มกำลังขยายเป็น 7000 เท่า (รูป 68) ส่องดูบริเวณผลึกฟลูออโรอะปาไทต์ พบว่ามี ความกว้างและความยาวประมาณ  $0.5 \times 2.5$  ไมครอน ตามลำดับ มีลักษณะคล้ายแท่งเข็ม

#### กลุ่มภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า (กลุ่ม 4S)

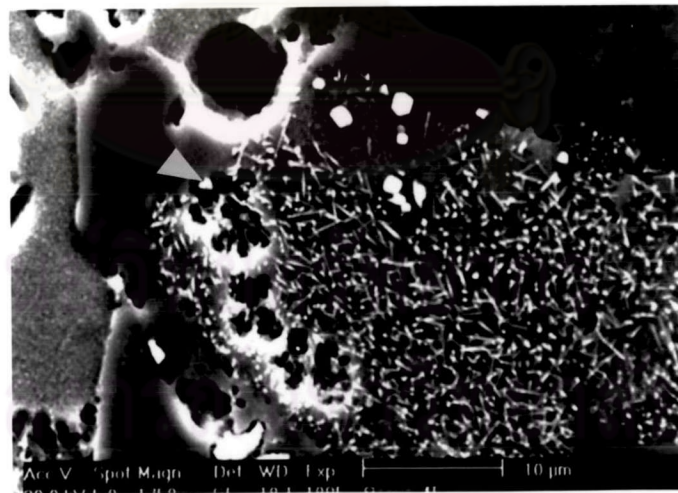
จากภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่มีกำลังขยายขนาด 1000 เท่า และ 2000 เท่าตามลำดับ พบว่าเกิดเป็นผลึก 2 ชนิดเช่นเดียวกันคือ ผลึกที่มีขนาดเล็กมีลักษณะคล้ายแท่งเข็มคือ ผลึกฟลูออโรอะปาไทต์ และผลึกขนาดใหญ่ที่มีลักษณะเป็นลายขนานคือ ผลึกลูไซต์ แต่ ปริมาณของผลึกทั้ง 2 ชนิด มีจำนวนหนาแน่นมากกว่าและผลึกลูไซต์มีขนาดใหญ่กว่ากลุ่มภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว (รูป 69 และ 70)

และเมื่อเพิ่มกำลังขยายเป็น 4000 เท่า ส่องดูบริเวณกลุ่มของผลึกฟลูออโรอะปาไทต์ พบว่าอยู่รวมกลุ่มกันอย่างหนาแน่นมาก (รูป 71)

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



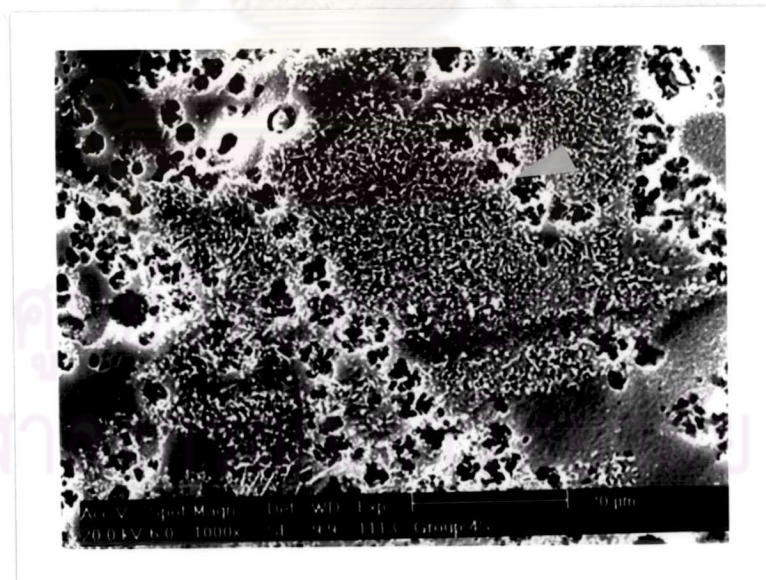
รูปที่ 66 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ ชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว ด้วยกำลังขยายขนาด 438 เท่า



รูปที่ 67 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ ชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว ด้วยกำลังขยายขนาด 1750 เท่า ลูกศรชี้เหลืองแสดงผลึกลูไซต์ ส่วนผลึกขนาดเล็กสีขาวที่มีลักษณะรูปร่างคล้ายแท่งเข็มคือ ผลึกฟลูออโรอะปาไทต์



รูปที่ 68 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ ชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว ด้วยกำลังขยายขนาด 7000 เท่า

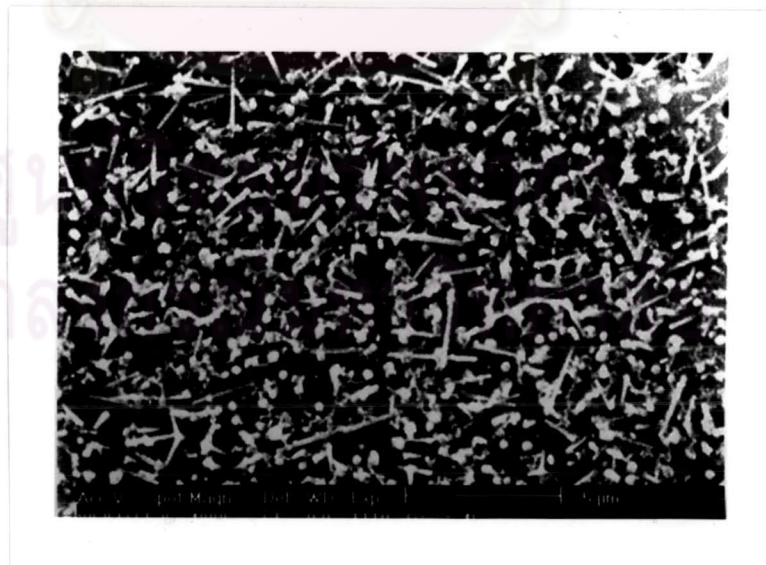


รูปที่ 69 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ ชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า ด้วยกำลังขยายขนาด 1000 เท่า ลูกศรชี้เหลืองแสดงผลึกลูไซต์ ส่วนผลึกขนาดเล็กสีขาวที่มีลักษณะรูปร่างคล้ายแท่งเข็มคือ ผลึกฟลูออโรอะปาไทต์





รูปที่ 70 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า ด้วยกำลังขยายขนาด 2000 เท่า ลูกศรชี้เหลืองแสดงผลึกยูไซต์ ส่วนผลึกขนาดเล็กสีขาวที่มีลักษณะรูปร่างคล้ายแท่งเข็มคือผลึกฟลูออโรอะปาไทต์



รูปที่ 71 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า ด้วยกำลังขยายขนาด 4000 เท่า

## ตอนที่ V: การทดสอบค่าความทึบแสง

การเปรียบเทียบผลการทดลองของพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเดียวกัน ในภาวะการเย็นตัวต่างกัน

ชนิดที่ 1 พอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนส์

ผลการทดลองในชนิดที่ 1 (กลุ่ม 1F และ 1S) (ตารางที่ 15 และ 16 รูปที่ 72)

ค่าความทึบแสงของพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนส์ พบว่ากลุ่มภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว (1F = ร้อยละ  $86.366 \pm 1.649$ ) มีค่าความทึบแสงใกล้เคียงกับกลุ่มภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า (1S = ร้อยละ  $84.953 \pm 2.124$ ) และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ชนิดที่ 2 พอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิม

ผลการทดลองในชนิดที่ 2 (กลุ่ม 2F และ 2S) (ตารางที่ 15 และ 16 รูปที่ 72)

ค่าความทึบแสงของพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิม พบว่ากลุ่มภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว (2F = ร้อยละ  $91.212 \pm 0.721$ ) มีค่าความทึบแสงใกล้เคียงกับกลุ่มภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า (2S = ร้อยละ  $90.695 \pm 1.043$ ) และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ชนิดที่ 3 พอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูโซต์สังเคราะห์

ผลการทดลองในชนิดที่ 3 (กลุ่ม 3F และ 3S) (ตารางที่ 15 และ 16 รูปที่ 72)

ค่าความทึบแสงของพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูโซต์สังเคราะห์ พบว่ากลุ่มภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว (3F = ร้อยละ  $72.818 \pm 1.134$ ) มีค่าความทึบแสงใกล้เคียงกับกลุ่มภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า (3S = ร้อยละ  $71.828 \pm 1.194$ ) และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ชนิดที่ 4 พอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์

ผลการทดลองในชนิดที่ 4 (กลุ่ม 4F และ 4S) (ตารางที่ 15 และ 16 รูปที่ 72)

ค่าความทึบแสงของพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์ พบว่ากลุ่มภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า (4S = ร้อยละ  $87.390 \pm 1.015$ ) มีค่าความทึบแสงใกล้เคียงกับกลุ่มภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว (4F = ร้อยละ  $87.345 \pm 1.345$ ) เล็กน้อย และไม่มีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตารางที่ 15 ค่าความทึบแสง (ร้อยละ) ของพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเดียวกัน ในภาวะการเย็นตัวลงต่างกัน

	1F	1S	2F	2S	3F	3S	4F	4S
	86.63	84.28	91.09	90.21	71.62	70.91	87.25	87.52
	85.60	84.88	90.05	90.20	73.93	73.22	86.40	88.60
	84.46	85.33	91.15	90.26	73.39	72.94	88.59	86.96
	86.60	87.25	92.15	90.68	74.28	70.65	84.62	86.99
	89.03	83.00	91.90	91.17	71.90	71.75	87.54	86.43
	86.27	89.91	92.06	90.63	73.61	72.01	88.67	86.34
	84.84	84.04	91.76	92.96	71.43	72.65	87.19	88.60
	88.15	83.73	90.63	90.36	72.13	73.25	89.01	88.21
	84.13	83.32	90.66	91.51	74.07	71.12	88.01	85.87
	87.95	83.79	90.67	88.97	71.82	69.78	86.17	88.38
ค่าเฉลี่ย	86.366	84.953	91.212	90.695	72.818	71.828	87.345	87.390
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1.649	2.124	0.721	1.043	1.134	1.194	1.345	1.015

กลุ่ม 1F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 1S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 2F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 2S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 3F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 3S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 4F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 4S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

ตารางที่ 16 ค่าสถิติของค่าเฉลี่ยความถี่แสงของพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเดียวกัน ในภาวะการเย็นตัวลงต่างกัน

ค่าเฉลี่ยความถี่แสง	กลุ่ม	1F	1S	2F	2S	3F	3S	4F	4S
86.366 ± 1.649	1F	-							
84.953 ± 2.124	1S	NS	-						
91.212 ± 0.721	2F	*	*	-					
90.695 ± 1.043	2S	*	*	NS	-				
72.818 ± 1.134	3F	*	*	*	*	-			
71.828 ± 1.194	3S	*	*	*	*	NS	-		
87.345 ± 1.345	4F	NS	*	*	*	*	*	-	
87.390 ± 1.015	4S	NS	*	*	*	*	*	NS	-

\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

NS ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

กลุ่ม 1F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 1S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 2F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

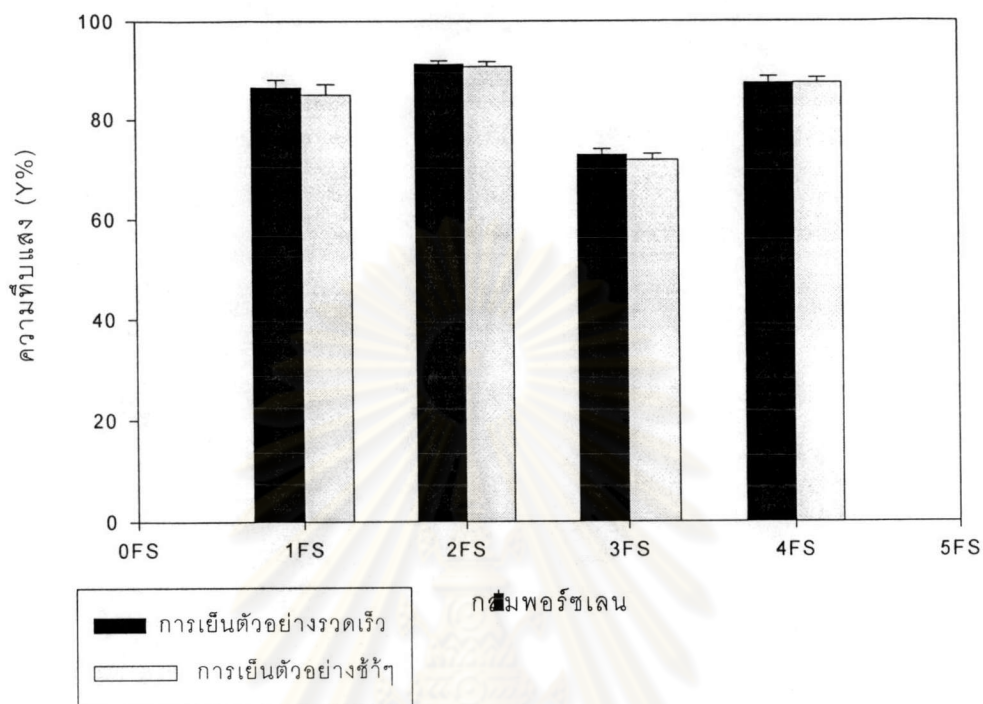
กลุ่ม 2S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 3F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 3S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 4F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจ็ฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 4S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจ็ฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า



รูปที่ 72 แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ยความทึบแสงของพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเดียวกัน ในภาวะการยื่นตัวอย่างต่างกัน

กลุ่ม 1F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการยื่นตัวอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 1S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการยื่นตัวอย่างช้า

กลุ่ม 2F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมในภาวะการยื่นตัวอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 2S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมในภาวะการยื่นตัวอย่างช้า

กลุ่ม 3F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ในภาวะการยื่นตัวอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 3S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ในภาวะการยื่นตัวอย่างช้า

กลุ่ม 4F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการยื่นตัวอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 4S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการยื่นตัวอย่างช้า

## การเปรียบเทียบผลการทดลองของพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ต่างชนิดกัน ในภาวะการเย็นตัวลงเหมือนกัน

พอร์ชเลนเฟลด์สปาร์กลุ่มภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว (กลุ่ม F) พบว่าค่าความทึบแสงของพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิม (2F = ร้อยละ  $91.212 \pm 0.721$ ) มีค่าความทึบแสงมากที่สุด รองลงมาคือ ชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์ (4F = ร้อยละ  $87.345 \pm 1.345$ ) ชนิดโอพอลเลสเซนต์ (1F = ร้อยละ  $86.366 \pm 1.649$ ) และชนิดลูไซต์สังเคราะห์ (3F = ร้อยละ  $72.818 \pm 1.134$ ) มีค่ารองลงมาตามลำดับ และผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่ามีเพียงความสัมพันธ์ระหว่างพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์ (4F = ร้อยละ  $87.345 \pm 1.345$ ) และชนิดโอพอลเลสเซนต์ (1F = ร้อยละ  $86.366 \pm 1.649$ ) ที่มีค่าความทึบแสงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) และพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์มีค่าความโปร่งแสงมากที่สุด อย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) (ตารางที่ 17 และ 18 รูปที่ 73)

ส่วนพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์กลุ่มภาวะการเย็นตัวอย่างช้า (กลุ่ม S) พบว่าพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิม (2S = ร้อยละ  $90.695 \pm 1.043$ ) มีค่าความทึบแสงมากกว่าที่สุด รองลงมาคือ ชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์ (4S = ร้อยละ  $87.390 \pm 1.015$ ) ชนิดโอพอลเลสเซนต์ (1S = ร้อยละ  $84.953 \pm 2.124$ ) ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ (3S = ร้อยละ  $71.828 \pm 1.194$ ) มีค่ารองลงมาตามลำดับ และยังพบว่ามีลักษณะการเรียงตามลำดับเหมือนกับกลุ่มภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว และผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่าพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ทั้ง 4 ชนิด มีค่าความทึบแสงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) และพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์มีค่าความโปร่งแสงมากที่สุด อย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) (ตารางที่ 19 และ 20 รูปที่ 74)

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 17 ค่าเฉลี่ยความทึบแสง (ร้อยละ) ของพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ต่างชนิดกัน ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

	1F	2F	3F	4F
	86.603	91.09	71.62	87.25
	85.60	90.05	73.93	86.40
	84.46	91.15	73.39	88.59
	86.60	92.15	74.28	84.62
	89.03	91.90	71.90	87.54
	86.27	92.06	73.61	88.67
	84.84	91.76	71.43	87.19
	88.15	90.63	72.13	89.01
	84.13	90.66	74.07	88.01
	87.95	90.67	71.82	86.17
ค่าเฉลี่ย	86.366	91.212	72.818	87.345
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1.649	0.721	1.134	1.345

กลุ่ม 1F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 2F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 3F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 4F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจ็ฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

ตารางที่ 18 ค่าสถิติของค่าเฉลี่ยความถี่แสงของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ต่างชนิดกัน ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม	1F	2F	3F	4F
1F	-			
2F	*	-		
3F	*	*	-	
4F	NS	*	*	-

\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

NS ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

กลุ่ม 1F คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

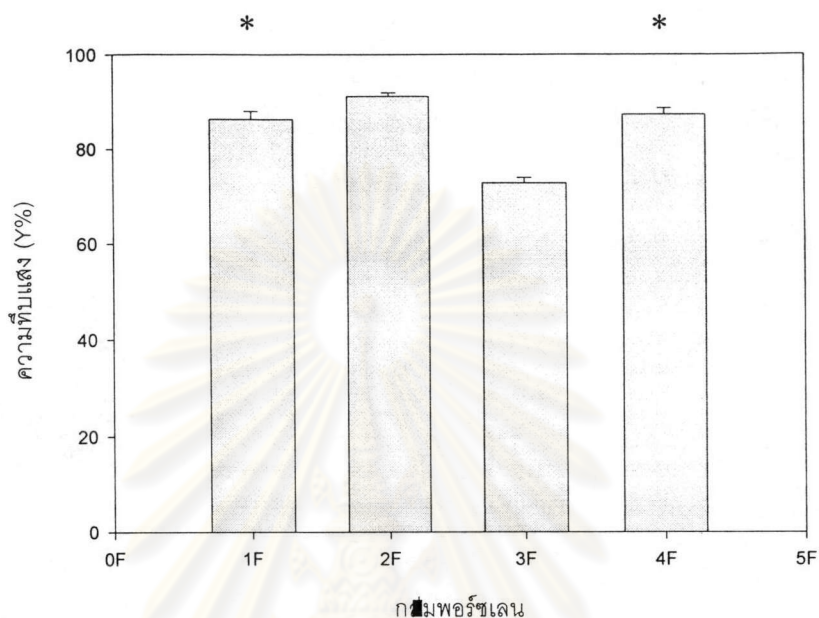
กลุ่ม 2F คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 3F คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 4F คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รูปที่ 73 แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ยความทึบแสงของพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ต่างชนิดกัน ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 1F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 2F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 3F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูโซต์สังเคราะห์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

กลุ่ม 4F คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

\* แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตารางที่ 19 ค่าเฉลี่ยความทึบแสง (ร้อยละ) ของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ต่างชนิดกัน ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

	1S	2S	3S	4S
	84.28	90.21	70.91	87.52
	84.88	90.20	73.22	88.60
	85.33	90.26	72.94	86.96
	87.25	90.68	70.65	86.99
	83.00	91.17	71.75	86.43
	89.91	90.63	72.01	86.34
	84.04	92.96	72.65	88.60
	83.73	90.36	73.25	88.21
	83.32	91.51	71.12	85.87
	83.79	88.97	69.78	88.38
ค่าเฉลี่ย	84.953	90.695	71.828	87.390
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	2.124	1.043	1.194	1.015

กลุ่ม 1S คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 2S คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 3S คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 4S คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจ็ฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

ตารางที่ 20 ค่าสถิติของค่าความถี่แสงของพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ต่างชนิดกัน ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม	1S	2S	3S	4S
1S	-			
2S	*	-		
3S	*	*	-	
4S	*	*	*	-

\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

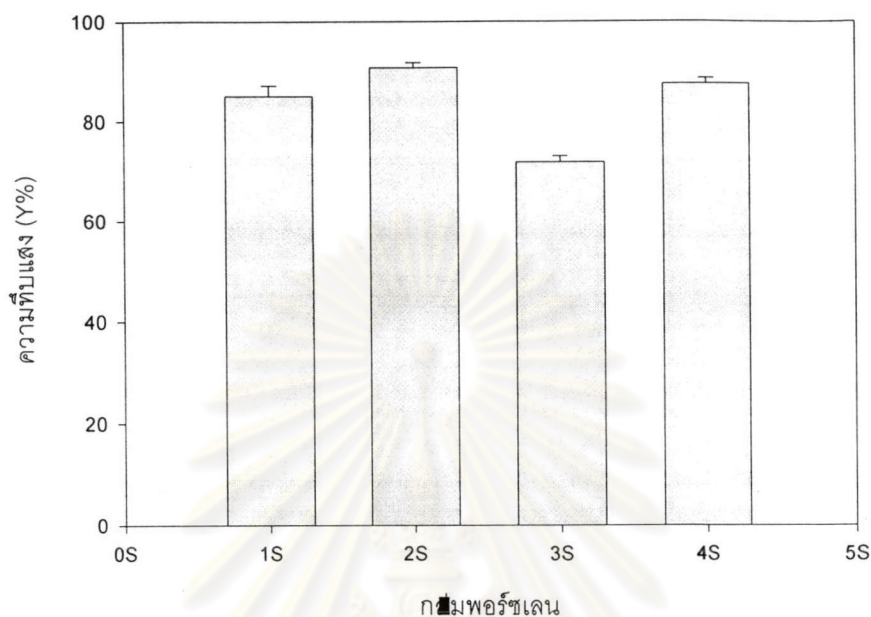
กลุ่ม 1S คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 2S คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 3S คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูไซต์สังเคราะห์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 4S คือกลุ่มพอร์ซเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจือฟลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 74 แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ยความทึบแสงของพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ต่างชนิดกัน ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 1S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดโอพอลเลสเซนตีในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 2S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดดั้งเดิมในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 3S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดลูโซต์สังเคราะห์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

กลุ่ม 4S คือกลุ่มพอร์ชเลนเฟลด์สปาร์ชนิดเจ็พลูออโรอะปาไทต์ในภาวะการเย็นตัวลงอย่างช้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย