

738.12
๑๑๕๘๗
ร. 3

การทดลองทำไฟโรเมตริกโคหนายเลข 7, 8 และ 9 จากวัตถุดิบในประเทศ
โดยเปรียบเทียบกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโค

๑๗ พ.ค. 2540

ปริญญานิพนธ์
ของ
แวนีเลียส บินไซคาโอ

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา

มีนาคม 2540

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
๑๓๖๕๐

การทดลองทำไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7, 8 และ 9 จากวัตถุดิบในประเทศ
โดยเปรียบเทียบกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคน

บทคัดย่อ
ของ
แนอี่เลียบส บินไซดาโอะ

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา

มีนาคม 2540

การวิจัยมีจุดมุ่งหมายเพื่อหาอัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7, 8 และ 9 และทดสอบคุณสมบัติของอัตราส่วนผสมโดยเปรียบเทียบการโค้งงอกกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคน ซึ่งอัตราส่วนผสมดังกล่าวได้จากการแปรจำนวนโมลของอลูมินาออกไซด์ และซิลิกาออกไซด์ โดยใช้แผนภาพแกน x, y และให้ทุกอัตราส่วนผสมมีจำนวนโมลของ K_2O และ CaO คงที่ คือ 0.30 และ 0.70 โมลตามลำดับ หลังจากนั้นคำนวณสูตรเซเกอร์ที่ได้เป็นอัตราส่วนผสมร้อยละของวัตถุดิบ โดยใช้วัตถุดิบภายในประเทศจำนวน 4 ชนิด คือ ดินขาวจากอำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย หินฟ้าน้ำและหินเขียวทูนมาจากจังหวัดตาก และหินปูนจากจังหวัดสระบุรี ผลการวิจัยพบว่า

1. อัตราส่วนผสมที่มีการโค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7 มากที่สุด มี 5 อัตราส่วนผสม ได้แก่อัตราส่วนผสมที่ประกอบด้วยจำนวนโมลของ Al_2O_3 / SiO_2 คือ 0.70 / 7.10, 0.78 / 7.30, 0.80 / 7.40, 0.81 / 7.80 และ 0.82 / 7.30

2. อัตราส่วนผสมที่มีการโค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 8 มากที่สุด มี 13 อัตราส่วนผสม ได้แก่อัตราส่วนผสมที่ประกอบด้วยจำนวนโมลของ Al_2O_3 / SiO_2 คือ 0.70 / 8.80, 0.77 / 9.10, 0.78 / 9.10, 0.79 / 8.90, 0.79 / 9.10, 0.79 / 9.20, 0.79 / 9.30, 0.79 / 9.40, 0.80 / 8.60, 0.81 / 9.20, 0.84 / 9.00, 0.84 / 9.30 และ 0.84 / 9.40

3. อัตราส่วนผสมที่มีการโค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 9 มากที่สุด มี 2 อัตราส่วนผสม ได้แก่อัตราส่วนผสมที่ประกอบด้วยจำนวนโมลของ Al_2O_3 / SiO_2 คือ 0.92 / 7.60 และ 0.94 / 7.60

AN EXPERIMENT ON THE PYROMETRIC CONES NO. 7, 8, AND 9 MADE FROM
LOCAL MATERIALS COMPARED TO ORTON STANDARD PYROMETRIC CONES

AN ABSTRACT

BY

WAE LIAS BINSODACH

Presented in partial fulfillment of the requirements for the
Master of Education degree in Industrial Education
at Srinakharinwirot University

March 1997

The purpose of this research was to find appropriate mixtures of local materials for making pyrometric cones No. 7, 8, and 9 and then to compare with Orton standard pyrometric cones. Four local materials were used : kaolin from Wiangpapao, Chiangrai, feldspar and quartz from Tak and limestone from Saraburi.

The results were:

1. Five mixtures with in Al_2O_3 and SiO_2 ratio of 0.70 : 7.10, 0.78 : 7.30, 0.80 : 7.40, 0.81 : 7.80 and 0.82 : 7.30 behaved must similar to that of Orton pyrometric cones No.7

2. Thirteen mixtures with in Al_2O_3 and SiO_2 ratio of 0.70 : 8.80, 0.77 : 9.10, 0.78 : 9.10, 0.79 : 8.90, 0.79 : 9.10, 0.79 : 9.20, 0.79 : 9.30, 0.79 : 9.40, 0.80 : 8.60, 0.81 : 9.20, 0.84 : 9.00, 0.84 : 9.30 and 0.842 : 9.40 behaved must similar to that of Orton pyrometric cones No.8

3. Two mixtures with in Al_2O_3 and SiO_2 ratio of 0.92 : 7.60, and 0.94 : 7.60 behaved must similar to that of Oton pyrometric cones No.9

คณะกรรมการควบคุมและคณะกรรมการสอบได้พิจารณาปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว เห็นควร
รับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

คณะกรรมการควบคุม

.....ประธาน

(ผศ. ไกมล รักษ์วงศ์)

.....กรรมการ

(ดร. ละเอียด รักษ์เผ่า)

.....กรรมการ

(อาจารย์เพ็ญสิทธิ์ โพธิจินดา)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธาน

(ผศ. ไกมล รักษ์วงศ์)

.....กรรมการ

(ดร. ละเอียด รักษ์เผ่า)

.....กรรมการ

(อาจารย์เพ็ญสิทธิ์ โพธิจินดา)

.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(รศ. ทวี พรหมพฤษ)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ดร. ศิริบุภา พูลสุวรรณ)

วันที่ 14 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2540

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จได้ด้วยดีโดยได้รับความช่วยเหลือ และการแนะนำให้คำปรึกษาเป็นอย่างดียิ่งจาก ผศ. ไกมล รักษ์วงศ์ ประธานกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ คร.ละเอียด รักษ์เผ่า และอาจารย์เพ็ญสิทธิ โพธิจินดา กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ รวมทั้ง รศ.ทวี พรหมพฤษ ซึ่งกรุณาร่วมเป็นกรรมการสอบ พร้อมกับให้ข้อเสนอแนะต่าง ๆ เพื่อให้ปริญญานิพนธ์มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในพระคุณเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านและเพื่อนร่วมงาน รวมทั้งผู้ที่ไม่สามารถกล่าวนามได้ทั้งหมด ที่มีส่วนให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนจนกระทั่งปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จได้ด้วยดี

แหวอีเลียส บินโซดาโอะ

สารบัญ

บทที่

หน้า

1 บทนำ

(๒) ภูมิหลัง	1
(๕) <u>จุดมุ่งหมายของการทดลอง</u>	3
(๕) <u>ความสำคัญของการทดลอง</u>	3
ขอบเขตของการทดลอง	4
<u>นิยามศัพท์เฉพาะ</u>	5

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เครื่องวัดอุณหภูมิในอุตสาหกรรมเซรามิกส์	8
ไพโรเมตริกโคน	10
เตาเผาและบรรยากาศในการเผา	16
วัตถุดิบที่ใช้ในการทำไพโรเมตริกโคน	17
สูตรที่ใช้ในการทดลอง	24
การคำนวณหาส่วนผสมของวัตถุดิบจากทฤษฎีเซเกอร์	26
สูตรที่เกี่ยวข้อง	29

(๖) 3 วิธีดำเนินการทดลอง

(๙) / (๕) <u>วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง</u>	34
<u>ตัวแปรที่จะศึกษา</u>	34
เกณฑ์พิจารณาจุดหลอมตัวของไพโรเมตริกโคน	41
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	41
ลำดับขั้นตอนการทดลอง	41
สถานที่และระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง	51

4 ผลการทดลอง

ผลการทดลอง	52
ผลการทดลองตอนที่ 1	53
ผลการทดลองตอนที่ 2	56
ผลการทดลองตอนที่ 3	59
ผลการทดลองตอนที่ 4	61

5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

จุดมุ่งหมายของการทดลอง	75
เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	76
วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง	76
การดำเนินการทดลอง	77
ผลการทดลอง	78
อภิปรายผล	87
ข้อเสนอแนะจากการวิจัย	89
ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในโอกาสต่อไป	90
บรรณานุกรม	91
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	95
ภาคผนวก ข	115
ภาคผนวก ค	119
ภาคผนวก ง	123
ภาคผนวก จ	127
ประวัติย่อของผู้วิจัย	130

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 แสดงผลวิเคราะห์ทางเคมีของดินขาวอำเภอยางชุมน้อย	
จังหวัดเชียงราย (1)	19
2 แสดงผลวิเคราะห์ทางเคมีของดินขาวอำเภอยางชุมน้อย	
จังหวัดเชียงราย (2)	20
3 แสดงผลวิเคราะห์ทางเคมีของหินปูนจังหวัดตาก	21
4 แสดงผลการวิเคราะห์ทางเคมีของหินเขี้ยวหนุมานจังหวัดตาก	23
5 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของหินปูนจังหวัดสระบุรี	24
6 แสดงอัตราส่วนผสมที่บอกจำนวนโมลของออกไซด์ ตามทฤษฎีเซเกอร์	25
7 แสดงออกไซด์ที่มีคุณสมบัติทางเคมีในกลุ่มต่าง ๆ	26
8 แสดงมวลโมเลกุล สูตรโมเลกุล ของวัตถุดิบที่ใช้ผลิตไฟโรเมตริกโคน	27
9 อัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนที่คำนวณได้จากภาพประกอบ 1	36
10 แสดงการโค้งงอของไฟโรเมตริกโคนที่ได้จากการทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับ	
มาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7	53
11 แสดงการโค้งงอของไฟโรเมตริกโคนที่ได้จากการทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับ	
มาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 8	57
12 แสดงการโค้งงอของไฟโรเมตริกโคนที่ได้จากการทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับ	
มาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 9	59
13 แสดงการโค้งงอของไฟโรเมตริกโคนที่ได้จากการทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับ	
มาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7 ของตอนที่ 4	61
14 แสดงการโค้งงอของไฟโรเมตริกโคนที่ได้จากการทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับ	
มาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 8 ของตอนที่ 4	67

15	แสดงการโค้งงอของไฟโรเมตริกโคนที่ได้จากการทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับ มาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 9 ของตอนที่ 4	72
16	อัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนที่คำนวณได้จากภาพประกอบ 20	97
17	อัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนที่คำนวณได้จากภาพประกอบ 21	103
18	อัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนที่คำนวณได้จากภาพประกอบ 22	108
19	ระดับอุณหภูมิของออร์ตันไฟโรเมตริกโคน	124
20	ระดับอุณหภูมิของเซเกอร์ไฟโรเมตริกโคน	125
21	ระดับอุณหภูมิของแฮร์ริสันไฟโรเมตริกโคน	126

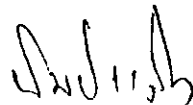
บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 แสดงวิธีการใช้โคนวางเรียงเป็นแถวตามลำดับ	12
2 แสดงการล้มตัวของโคนหลังการเผา ตามอุณหภูมิของโคนหมายเลข 8	
ที่ต้องการ	12
3 แสดงภาพโคนมาตรฐาน	14
4 แสดงแบบพิมพ์โลหะของโคนมาตรฐาน	14
5 แสดงการตั้งโคนและลักษณะของโคนหลังการทดสอบแล้ว	15
6 แสดงตำแหน่งจุดของสูตรส่วนผสม จำนวน 49 ชุด	35
7 แสดงตัวอย่างอัตราส่วนผสมที่เลือกจากการทดลองชุดที่ 1 ในระดับอุณหภูมิ	
ไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7	39
8 แสดงตัวอย่างอัตราส่วนผสมของการทดลองชุดที่ 2 ที่กระจายได้จำนวน 81	
อัตราส่วนผสม	40
9 แผนภูมิแสดงลำดับขั้นการทดลอง	45
10 แผนภูมิแสดงลำดับขั้นการทดลอง ตอนที่ 1	47
11 แผนภูมิแสดงลำดับขั้นการทดลอง ตอนที่ 2	48
12 แผนภูมิแสดงลำดับขั้นการทดลอง ตอนที่ 3	49
13 แผนภูมิแสดงลำดับขั้นการทดลอง ตอนที่ 4	50
14 แสดงการโค้งงอของไฟโรเมตริกโคนที่ได้จากการทดลองตอนที่ 1 เมื่อ	
เปรียบเทียบกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7	81
15 แสดงการโค้งงอของไฟโรเมตริกโคนที่ได้จากการทดลองตอนที่ 2 เมื่อ	
เปรียบเทียบกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 8	82

ภาพประกอบ	หน้า
16 แสดงการโค้งงอของไฟโรเมตริกโคนที่ได้จากการทดลองตอนที่ 3 เมื่อ เปรียบเทียบกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 9	83
17 แสดงการโค้งงอของไฟโรเมตริกโคนที่ได้จากการทดลองตอนที่ 4 เมื่อ เปรียบเทียบกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7	84
18 แสดงการโค้งงอของไฟโรเมตริกโคนที่ได้จากการทดลองตอนที่ 4 เมื่อ เปรียบเทียบกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 8	85
19 แสดงการโค้งงอของไฟโรเมตริกโคนที่ได้จากการทดลองตอนที่ 4 เมื่อ เปรียบเทียบกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 9	86
20 แสดงตำแหน่งสูตรส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนจุดที่ 24 จำนวน 81 จุด ...	97
21 แสดงตำแหน่งสูตรส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนจุดที่ 27 จำนวน 81 จุด ...	102
22 แสดงตำแหน่งสูตรส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนจุดที่ 46 จำนวน 45 จุด ...	107
23 แสดงการโค้งงอหลังการเผาของไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7 โดยเปรียบ เทียบกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคน	116
24 แสดงการโค้งงอหลังการเผาของไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 8 โดยเปรียบ เทียบกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคน	117
25 แสดงการโค้งงอหลังการเผาของไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 9 โดยเปรียบ เทียบกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคน	118
26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผาไฟโร เมตริกโคนหมายเลข 7 บรรยายกาสออกซิเดชัน	120
27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผาไฟโร เมตริกโคนหมายเลข 8 บรรยายกาสออกซิเดชัน	121
28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผาไฟโร เมตริกโคนหมายเลข 9 บรรยายกาสออกซิเดชัน	122

บทที่ 1

บทนำ



ภูมิหลัง

อุตสาหกรรมเซรามิกส์ เป็นอุตสาหกรรมที่มีกระบวนการผลิตที่ต่อเนื่องกันหลาย กระบวนการ เช่น การสรรหาวัตถุดิบ การเตรียมวัตถุดิบ การขึ้นรูป การตกแต่ง ตลอดจน การเผาผลิตภัณฑ์เป็นต้น ในกระบวนการที่กล่าวมานั้น กระบวนการเผาถือได้ว่าเป็นหัวใจสำคัญ ของกระบวนการผลิต (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 134) ซึ่งในกระบวนการเผานี้จะประกอบ ด้วยวิธีการให้อุณหภูมิ การควบคุมบรรยากาศในการเผา การกำหนดและควบคุมอุณหภูมิ การเผาในแต่ละครั้งว่าจะใช้อุณหภูมิเท่าใด การควบคุมอุณหภูมิในการเผาจะต้องมีความแม่นยำ ถูกต้องตามกำหนด ถ้าผิดพลาดในระดับอุณหภูมิก็จะทำให้ผลของการผลิตทั้งกระบวนการเกิดการ เสียหายโดยมิอาจจะแก้ไขได้ ในการตรวจสอบหรือควบคุมอุณหภูมินั้นในอดีตจะมีการวัดและ ควบคุมอุณหภูมิในการเผาผลิตภัณฑ์ โดยใช้วิธีการส่งกระแสของไฟฟ้าในเตาเผา แล้วคาดคะเน อุณหภูมิด้วยสายตาซึ่งผู้ที่ส่งกระแสของไฟได้จะต้องมีประสบการณ์ และความชำนาญ (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 162) เทคโนโลยีการเผาผลิตภัณฑ์ได้มีการวิวัฒนาการตามลำดับ จน กระทั่งมนุษย์สามารถเผาผลิตภัณฑ์จำนวนมากในอุณหภูมิสูง ได้ดีกว่าแต่ก่อน และสามารถควบคุม ความร้อนได้ตามต้องการ โดยใช้เครื่องมือสำหรับวัดอุณหภูมิ มีการสร้างเครื่องมือวัดอุณหภูมิ ขึ้นมาหลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดอาศัยหลักและวิธีการที่แตกต่างกัน เช่น เครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบ เทอร์โมอิเล็กทริกไพโรมิเตอร์ (thermo electric pyrometer) ออปติคอลไพโรมิเตอร์ (optical pyrometer) บูลเลอร์ริง (buller's ring) ไพโรเมตริกบาร์ (pyrometric bars) และไพโรเมตริกโคน (pyrometric cones) เป็นต้น

ไพโรเมตริกโคนหรือที่เรียกว่า โคน (cones) นั้น มีลักษณะเป็นรูปปิรามิด เป็น เครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิสูงสุดภายในเตาเผาที่เป็นอุณหภูมิที่เราต้องการเผา ซึ่งอาศัยหลักการ

หลอมตัวของเนื้อวัตถุดิบ เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน/ เพราะว่าเป็นเครื่องมือ
 วัตถุดิบที่มีราคาถูก ใช้งานและสะดวก ไม่ต้องบำรุงรักษามาก อีกทั้งมีความแม่นยำในการ
 ใช้งาน (ปริศา พิมพ์ขาวฯ. 2535 : 264-265) การวัดอุณหภูมิด้วยไพโรเมตริกโคนใน
 อุตสาหกรรมเซรามิกส์ นอกจากจะประหยัดแล้ว ยังให้ผลเที่ยงตรงต่อเคลือบและเนื้อดิน
 อีกด้วย เพราะจุดศูนย์กลางของเคลือบและเนื้อดินนั้นมักเรียกตามหมายเลขของไพโรเมตริกโคน
 เมื่อไพโรเมตริกโคนหมายเลขนั้นล้มก็หมายถึงเคลือบนั้นสุกตัวพอดี /ไพโรเมตริกโคนมีส่วน
 ผสมที่เป็นองค์ประกอบทางเคมี ซึ่งประกอบด้วย K_2O , CaO , Al_2O_3 และ SiO_2
 เป็นสารประกอบหลัก (Ceramics Engineering. n.d. : 113) จากส่วนผสมของ
 ไพโรเมตริกโคนนี้เป็นส่วนผสมของไพโรเมตริกโคนช่วงหมายเลข 4 ถึง 20 (ที่อุณหภูมิ
 1,186-1,549 องศาเซลเซียส) (The Properties and Uses of Pyrometric
 Cones. 1965 : 9)/ผู้วิจัยมีความเห็นว่าน่าจะผลิตได้จากวัตถุดิบที่มีอยู่ภายในประเทศที่มีสูตร
 ทางเคมีเหมือนกัน วัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิกส์มีมากกระจายอยู่ทั่วภูมิภาคของ
 ประเทศไทย เช่น ดินขาว หินปูน หินขี้เถ้า หินเขี้ยวหินปูนและอื่น ๆ เป็นต้น/ (ศิริชัย
 โพธิ์ตาปะนะ. 2532 : 54) ไพโรเมตริกโคนที่ผลิตเป็นมาตรฐานและนิยมใช้กันมากใน
 ประเทศไทยมีอยู่ 2 ชนิดด้วยกันคือ ออร์ตตันไพโรเมตริกโคน (Orton pyrometric cones)
 เป็นไพโรเมตริกโคนที่ผลิตในอเมริกา และเซเกอร์ไพโรเมตริกโคน (Seger pyrometric
 cones) เป็นไพโรเมตริกโคนที่ผลิตในเยอรมัน/ อย่างไรก็ตามไพโรเมตริกโคนก็ยังเป็น
 เครื่องมือวัดอุณหภูมิที่จำเป็นสำหรับโรงงานขนาดกลางและขนาดเล็กซึ่งมีจำนวนมากกว่า
 ขนาดใหญ่ เนื่องจากประเทศไทยยังไม่มีการผลิตเครื่องมือชนิดนี้ในลักษณะที่เป็นสินค้า
 ไพโรเมตริกโคนจึงยังคงต้องนำเข้าจากต่างประเทศอีกต่อไป (ปริศา พิมพ์ขาวฯ.
 2535 : 265)

/ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจและเห็นว่าน่าจะผลิตขึ้นมาได้ โดยจะผลิตไพโรเมตริก
 โคนหมายเลข 7, 8 และ 9 หรือที่อุณหภูมิ 1,240, 1,263 และ 1,280 องศาเซลเซียส
 ซึ่งเป็นไพโรเมตริกโคนที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป ดังที่ไพจิตร อิงศิริวัฒน์ (2537 : 93) ได้กล่าวว่า
 เคลือบที่เผาในอุณหภูมิสูง มีอุณหภูมิการเผาอยู่ในระหว่าง 1,230-1,300 องศาเซลเซียส/

พิมพ์

หรือถ้าเรียกตามเนื้อดินสามารถเรียกว่าเคลือบสโตนแวร์และเคลือบพอร์ซเลนก็ได้ ในการผลิตครั้งนี้ผู้วิจัยจะศึกษาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับไฟโรเมตริกโคน โดยใช้วัตถุดิบที่มีอยู่ในประเทศ ซึ่งจะช่วยให้ประหยัดต้นทุนและยังป้องกันเงินตราออกนอกประเทศได้อีกด้วย ผลการวิจัยครั้งนี้จะเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการค้นคว้าทดลอง และส่งเสริมการนำวัตถุดิบทางด้านอุตสาหกรรมเซรามิกส์ในประเทศมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด อีกทั้งยังเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาด้านวิชาการเซรามิกส์และผู้ประกอบอุตสาหกรรมเซรามิกส์รวมทั้งยังเป็นการเรียนรู้ในเรื่องของไฟโรเมตริกโคนได้ดียิ่งขึ้น /

จุดมุ่งหมายของการทดลอง

③

1. เพื่อทดลองหาอัตราส่วนผสมระหว่างดินขาว หินฟันม้า หินเจี๋ยวหนุมาน และหินปูน ทำเป็นส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7, 8 และ 9
2. เพื่อทดสอบคุณสมบัติของอัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7, 8 และ 9 โดยเปรียบเทียบกับมาตรฐานของออร์ตันไฟโรเมตริกโคน /

ความสำคัญของการทดลอง

⑤

ผลของการทดลองหาส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนครั้งนี้ จะได้ไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7 , 8 และ 9 ที่มีมาตรฐานเทียบเท่าของต่างประเทศ และสามารถนำไปใช้ให้เป็นประโยชน์ต่อสถานศึกษาและสถานประกอบการเซรามิกส์ได้ /

รับเรื่อง

ขอบเขตของการทดลอง

เพื่อให้การทดลองในครั้งนี้บรรลุจุดมุ่งหมายที่ได้ตั้งไว้ ผู้วิจัยจึงได้กำหนดขอบเขตของการทดลองครั้งนี้ไว้ดังนี้คือ

1. วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

- 1.1 ดินขาว อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย
- 1.2 หินปูนขาว จังหวัดตาก
- 1.3 หินเขี้ยวหมู จังหวัดตาก
- 1.4 หินปูน จังหวัดสระบุรี

2. ตัวแปรที่จะศึกษา

- 2.1 ตัวแปรต้น ได้แก่ อัตราส่วนผสมของวัสดุที่ใช้ทำไฟโรเมตริกโคน
- 2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ลักษณะการโค้งงอของไฟโรเมตริกโคนตัวอย่าง

เมื่อเปรียบเทียบการโค้งงอกับมาตรฐานอัตราต้นไฟโรเมตริกโคน

3. อัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนที่จะนำมาทดลอง ได้จากการอ่านค่าของวัสดุดิบที่คำนวณจากทฤษฎีของเซเกอร์

4. การขึ้นรูปไฟโรเมตริกโคนที่ใช้ในการทดลอง จะใช้วิธีการขึ้นรูปแบบอัด

5. ระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลอง มี 3 ระดับอุณหภูมิตามมาตรฐานอัตราต้น

ไฟโรเมตริกโคน ได้แก่

- 5.1 ระดับอุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส สำหรับไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7
- 5.2 ระดับอุณหภูมิ 1,263 องศาเซลเซียส สำหรับไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 8
- 5.3 ระดับอุณหภูมิ 1,280 องศาเซลเซียส สำหรับไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 9

6. บรรยายภาพในการเผาทดลองครั้งนี้ เป็นบรรยากาศแบบออกซิเดชั่น

7. วัสดุที่ใช้ในการวิจัยทดลองทั้งหมดผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ไฟโรเมตริกโคน หมายถึง เครื่องมือวัดระดับอุณหภูมิ รูปทรงปิรามิด ซึ่งมีขนาดของฐานสามเหลี่ยมยาวด้านละ 17.2 มิลลิเมตร สูง 63.5 มิลลิเมตร เท่ากับขนาดใหญ่ของมาตรฐานของออร์ตันไฟโรเมตริกโคน ที่เตรียมขึ้นจากดินขาวผสมกับหินพัมฟ์ หินเขียวหนุมาน และหินปูน อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบทั้ง 4 ชนิด ได้จากการคำนวณโดยทฤษฎีของเซเกอร์ เพื่อให้ได้ร้อยละของส่วนผสม และนำมาเผาที่อุณหภูมิตามหมายเลขของไฟโรเมตริกโคน ซึ่งการทดลองครั้งนี้ได้ทำไฟโรเมตริกโคน 3 หมายเลข คือ

1.1 ไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7 หรือที่ระดับอุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส

1.2 ไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 8 หรือที่ระดับอุณหภูมิ 1,263 องศาเซลเซียส

1.3 ไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 9 หรือที่ระดับอุณหภูมิ 1,280 องศาเซลเซียส

2. อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้ทำไฟโรเมตริกโคน หมายถึง อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบแต่ละชนิดที่นำมาผสมเข้าด้วยกันเป็นไฟโรเมตริกโคนสำหรับทดลอง ได้แก่ไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7, 8 และ 9 ปริมาณของวัตถุดิบคิดเป็นอัตราส่วนผสมร้อยละโดยน้ำหนัก

3. วัตถุดิบในประเทศ หมายถึง วัตถุดิบที่มีความบริสุทธิ์ที่ใช้ในการค้าทั่วไป (commercial grade) ที่ใช้เป็นส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคน สำหรับการทดลองในครั้งนี้ วัตถุดิบที่ใช้ประกอบด้วย ดินขาวอำเภอยางชุมน้อย จังหวัดศรีสะเกษ หินพัมฟ์จังหวัดตาก หินเขียวหนุมานจังหวัดตาก และหินปูนจังหวัดสระบุรี

4. ดินขาว หมายถึง ดินที่มีองค์ประกอบของแร่เคโอลิไนต์ (kaolinite) เป็นสำคัญ มีแหล่งกำเนิดตามบริเวณที่ราบเชิงเขา อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดศรีสะเกษ

5. หินพัมฟ์ หมายถึง วัตถุดิบที่เป็นสารประกอบของอัลคาไลต์ (alkali) อลูมินาและซิลิกา ที่มีแหล่งกำเนิดอยู่ในบริเวณ อำเภอบ้านตาก จังหวัดตาก

6. หินเขียวหนุมาน หมายถึง วัตถุดิบที่เป็นผลึกของซิลิกา ที่มีแหล่งกำเนิดในจังหวัดตาก

7. ทัศนูปิน หมายถึง วัตถุที่เป็นสารประกอบของอัลเซียมคาร์บอเนต ที่มีแหล่งกำเนิดอยู่ที่จังหวัดสระบุรี

8. ทฤษฎีของเซเกอร์ หมายถึง วิธีการคำนวณเพื่อหาส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนที่แสดงส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนในรูปจำนวนโมลของออกไซด์ ที่มีสภาพเป็นด่าง กลางและกรด ตามที่เซเกอร์ศึกษาขึ้นมา เป็นสูตรบอกร้อยละของส่วนผสม

9. ร้อยละของส่วนผสม หมายถึง ส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนที่แสดงจำนวนของวัตถุดิบคิดเป็นร้อยละของส่วนผสมโดยน้ำหนัก ซึ่งคำนวณได้จากทฤษฎีของเซเกอร์

10. ลักษณะการโค้งงอ หมายถึง คุณสมบัติของไฟโรเมตริกโคนหลังการเผาตามอุณหภูมิที่กำหนดของไฟโรเมตริกโคนหมายเลขต่าง ๆ ซึ่งพิจารณาจากการหลอมตัวของไฟโรเมตริกโคนเมื่อเผาถึงจุดหลอมตัวตามระดับอุณหภูมิของไฟโรเมตริกโคนนั้น ๆ โดยเปรียบเทียบกับการโค้งงอของมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคน

11. มาตรฐานออร์ตัน ไฟโรเมตริกโคน หมายถึง โคขนขนาดใหญ่หมายเลข 7, 8 และ 9 ที่ผลิตขึ้นตามมาตรฐานของออร์ตันไฟโรเมตริกโคนซึ่งมีคุณสมบัติในการใช้งานที่อุณหภูมิ 1,240, 1,263 และ 1,280 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

12. บรรยากาศแบบออกซิเดชัน หมายถึง การเผาที่มีการเผาไหม้หมดจด การสันดาปเป็นไปอย่างสมบูรณ์ ไม่มีกลุ่มควันและเขม่าอยู่ในห้องเผาไหม้ของเตา การเผาแบบออกซิเดชันโดยใช้เตาไฟฟ้า

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. เครื่องวัดอุณหภูมิในอุตสาหกรรมเซรามิกส์
 - 1.1 การวัดอุณหภูมิโดยการเปรียบเทียบสีของไฟ
 - 1.2 แท่งวัดอุณหภูมิ
 - 1.3 เครื่องวัดแบบเทอร์โมอิเล็กทริกไพโรมิเตอร์
 - 1.4 ออปติคอลไพโรมิเตอร์
 - 1.5 บูลเดอร์ริง
2. ไพโรเมตริกโคน
 - 2.1 ที่มาของไพโรเมตริกโคน
 - 2.2 ชนิดของไพโรเมตริกโคน
 - 2.3 ประโยชน์ของไพโรเมตริกโคน
 - 2.4 วิธีการใช้ไพโรเมตริกโคน
 - 2.5 การผลิตไพโรเมตริกโคน
 - 2.6 การทดสอบไพโรเมตริกโคน
 - 2.7 ข้อผิดพลาดของการทดสอบ
3. เตาเผาและบรรยากาศในการเผา
 - 3.1 เตาเผาเซรามิกส์
 - 3.2 บรรยากาศในการเผา

4. วัสดุที่ใช้ในการทดลอง
 - 4.1 ดินขาว
 - 4.2 หินฟันม้า
 - 4.3 หินเขียวทนทาน
 - 4.4 หินปูน
5. สูตรที่ใช้ในการทดลอง
6. การคำนวณหาส่วนผสมของวัสดุจากทฤษฎีเซเกอร์
7. สูตรที่เกี่ยวข้อง

1. เครื่องวัดอุณหภูมิในอุตสาหกรรม เซรามิกส์

ประเภทของเครื่องวัดอุณหภูมิ การวัดอุณหภูมิทางเซรามิกส์มีหลายวิธี ได้แก่

1.1 การวัดอุณหภูมิโดยการเปรียบเทียบสีของสีไฟ / เป็นการวัดอุณหภูมิในการเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ในสมัยแรก ๆ ใช้วิธีการสังเกตสีของสีไฟภายในเตา แล้วคาดคะเนอุณหภูมิด้วยสายตา ซึ่งผู้ที่สังเกตสีของสีไฟได้นั้นจะต้องมีประสบการณ์และความชำนาญพอสมควร โดยดูสีของสีไฟทางช่องดูไฟ (peep hole) แล้วนำมาเปรียบเทียบกับอุณหภูมิในตารางเทียบสี (ทวี พรหมพฤษ. 2523 : 162-163)

1.2 แท่งวัดอุณหภูมิ (pyrometric bars) เครื่องวัดชนิดนี้จะไม่เหมือนกับไพโรเมตริกโคน แต่อาศัยหลักการหลอมตัวของเนื้อดินนั้นบางอย่างเมื่อนำไปเผา ลักษณะของแท่งวัดอุณหภูมิจะเป็นแท่งสี่เหลี่ยมมีหมายเลขกำกับไว้ของแต่ละแท่ง / โดยอุณหภูมิและหมายเลขจะไม่ตรงกับของไพโรเมตริกโคน แต่การใช้จะมีวิธีใช้คล้ายกัน ที่แตกต่างก็คือแท่งวัดอุณหภูมิจะวางนอนเป็นแนวนานบนวัสดุทนไฟ และจะอ่อนตัวแอ่นลงเมื่อได้รับความร้อนถึงอุณหภูมิหลอมตัวของมัน เราอาจจะใช้วัดอุณหภูมิเพียงอันเดียวหรือมากกว่า เหมือนไพโรเมตริกโคนก็ได้ (Singer. 1963 : 936-937)

1.3 เครื่องวัดแบบเทอร์โมอิเล็กทริกไฟโรมิเตอร์ (thermo electric pyrometer) เป็นเครื่องมือที่อาศัยหลักการเกิดกระแสไฟฟ้า โดยเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้า ประกอบด้วยเทอร์โมคัปเปิล (thermocouple) ทำจากโลหะสองชนิดที่ต่างกันโดยเชื่อมปลายให้ติดกันเรียกว่า หัวต่ออุณหภูมิหรือหัวต่อใช้วัดอุณหภูมิ (hot junction) เมื่อได้รับความร้อนทำให้เกิดกระแสไฟบอกค่าอุณหภูมิเป็นมิลลิโวลต์ (milivolts) และแปลงค่าเป็นองศาเซลเซียสหรือฟาเรนไฮต์โดยการเปรียบเทียบ (ทวิ พรหมพฤษ. 2523 : 163-164) เครื่องวัดอุณหภูมิชนิดนี้จึงมีความสะดวก และเที่ยงตรงในการใช้งาน แต่เครื่องวัดชนิดนี้จะมีราคาแพง

1.4 ออปติคอลไฟโรมิเตอร์ (optical pyrometer) เป็นเครื่องมือที่สร้างขึ้นโดยอาศัยหลักการเปรียบเทียบความเข้มของแสงสว่างหรือของสีไฟภายในเตากับไส้หลอดที่อยู่ภายในเครื่องมือ เครื่องวัดชนิดนี้ประกอบด้วยเลนส์สำหรับดูไฟ ซึ่งมีแบตเตอรี่ (battery) ทำให้ไส้หลอดร้อนแดง จะแดงมากหรือน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับการควบคุมกระแสไฟ การใช้เลนส์ส่องดูแสงภายในเตา เลนส์จะทำหน้าที่รวมแสงเป็นเส้น ซึ่งจะปรากฏให้เห็นใกล้ ๆ กับไส้หลอด ทำให้เราสามารถเปรียบเทียบสีให้เหมือนกันได้ โดยปรับกระแสไฟในแบตเตอรี่ให้ใกล้เคียงกัน สามารถอ่านค่าอุณหภูมิได้ทันที นับว่าเป็นเครื่องมือที่มีความสะดวกมาก ข้อเสียของเครื่องมือชนิดนี้ คือ มีขีดความสามารถวัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 900 องศาเซลเซียส ขึ้นไป (ทวิ พรหมพฤษ. 2523 : 165)

1.5 บูลเลอร์ริง (buller's ring) เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิภายในเตามีลักษณะเป็นวงกลมรูปวงแหวน ทำจากเนื้อดินเผา อาศัยหลักการหดตัวของวัตถุติดเมื่อได้รับความร้อนขณะเผา โดยอัตราส่วนผสมของวัตถุติดที่ต่างกันเมื่อเผาที่อุณหภูมิต่างกัน จะเกิดการหดตัวต่างกัน เครื่องวัดชนิดนี้จะตั้งบนแท่นใกล้กับผลิตภัณฑ์ที่เผาในเตา บูลเลอร์ริงนี้จะหดตัวเมื่อเผาไปนาน ๆ ซึ่งจะสัมพันธ์กันระหว่างเวลาและอุณหภูมิที่เผา จากนั้นจะนำบูลเลอร์ริงที่เผาออกมา วัดค่าการหดตัวเป็นองศา และเทียบเป็นอุณหภูมิจากตารางแต่ละชนิดของบูลเลอร์ริง บูลเลอร์ริงนี้ขณะยังไม่ได้เผา เป็นรูปวงแหวนกลมเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 63 มิลลิเมตร มีความหนา 8 มิลลิเมตร ตรงกลางเป็นรูกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 22 มิลลิเมตร ช่วงอุณหภูมิ

การเผาของบลูเลอร์ริงมีให้เลือกตั้งแต่ อุณหภูมิ 960 - 1,440 องศาเซลเซียส ซึ่งมีหลายชนิด เช่นการเผาเซรามิกส์ประเภทสัณฐาน มักจะใช้บลูเลอร์ริงหมายเลข 27 ลักษณะของบลูเลอร์ริงก่อนเผาจะออกสีเขียวอ่อน (Fournier. 1973 : 35)

2. ไฟโรเมตริกโคน

2.1 ที่มาของไฟโรเมตริกโคน/ไฟโรเมตริกโคนหรือที่เรียกสั้น ๆ ว่า โคน นั้นเป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เพราะราคาถูก ประหยัดค่าใช้จ่าย ใช้งานง่ายและสะดวก มีความแม่นยำ ไม่ต้องบำรุงรักษามาก มีลักษณะเป็นรูปปิรามิด (ปริศา พิมพ์ขาวฯ. 2535 : 264) ถูกคิดค้นครั้งแรกโดยนักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน ชื่อ ดร.เฮร์แมน เซเกอร์ (Dr.Herman Seger) ปี ค.ศ.1885 (Hamer and Hamer. 1986 : 74) จึงเรียกว่าเซเกอร์โคน (Seger cone) เพื่อเป็นเกียรติแก่ดร.เซเกอร์ อักษรย่อ SK จึงเป็นสัญลักษณ์หรือตราของโคน ส่วน ออร์ตันโคน (Orton cone) เป็นโคนชนิดเดียวกันกับเซเกอร์โคน แต่ใช้ในอเมริกา ผลิตโดย เอ็ดเวิร์ด ออร์ตัน จูเนียร์ (Edward Orton Jr.) ใช้วัดอุณหภูมิตั้งแต่ 585-2,015 องศาเซลเซียส นั่นคือที่ไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 022 ถึงหมายเลข 42

2.2 ชนิดของไฟโรเมตริกโคน ไฟโรเมตริกโคนที่นิยมใช้กันอยู่มี 2 ชนิด คือ เซเกอร์โคน และออร์ตันโคน ซึ่งไฟโรเมตริกโคนทั้งสองชนิดมีส่วนผสมของ ดิน หินผงม้า หินเขียวทอมนาน และออกไซด์ของโลหะประเภทต่าง ๆ บดผสมกันตามอัตราส่วนที่แตกต่างกันไป ตามหมายเลขของไฟโรเมตริกโคนนั้น ๆ แล้วจึงนำอัตราส่วนผสมที่ได้มาอัดขึ้นรูปเป็นไฟโรเมตริกโคนคล้ายปิรามิด (ปริศา พิมพ์ขาวฯ. 2535 : 263) นอกจากนี้ ออร์ตัน (The Properties and Uses of Pyrometric Cones. 1965 : 7-8) ได้กล่าวว่าไฟโรเมตริกโคนมีด้วยกัน 2 ขนาดคือ ขนาดใหญ่มีความยาว 63.5 มิลลิเมตร และขนาดเล็กมีความยาว 28.6 มิลลิเมตร

2.3 ประโยชน์ของไพโรเมตริกโคน / ไพโรเมตริกโคนมีประโยชน์อย่างยิ่ง
ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ดังต่อไปนี้คือ (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 169)

2.3.1 บอกระดับอุณหภูมิขณะที่ผลิตภัณฑ์ใกล้ถึงจุดสุกตัว

2.3.2 สามารถบอกอุณหภูมิได้เกือบทุกส่วนของเตาเผา

2.3.3 ใช้เป็นเครื่องส่งเคตบรรยากาติในเตาเผา โดยการพิจารณาสีของ

ไพโรเมตริกโคนหลังการเผา

2.3.4 ใช้ตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือวัดอุณหภูมิชนิดอื่น ๆ

2.3.5 ใช้หาความทนไฟของวัตถุที่แน่นอน เรียกว่า P.C.E. ซึ่งย่อมาจาก

Pyrometric Cone Equivalent /

2.4 วิธีการใช้ไพโรเมตริกโคน โดยทั่วไปนิยมใช้ไพโรเมตริกโคนปักลงบนแผ่น
อลูมินาซีเมนต์ผสมกับดิน / หรือใช้ดินทนไฟอื่น ๆ ซึ่งนั้นเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้าหนาประมาณ 8
มิลลิเมตร ปักให้ไพโรเมตริกโคนเอียงทำมุม 82 องศา โคนขนาดใหญ่ให้ปักลึก 3 ถึง 4
มิลลิเมตรโดยประมาณ (ปรีดา พิมพ์ขาวชา. 2535 : 263) นอกจากนี้ ทวี พรหมพฤกษ์
(2523 : 168) ยังได้กล่าวว่า การเผาแต่ละครั้งควรตั้งวางไพโรเมตริกโคน 3 ตัว เช่น
ถ้าต้องการเผาในอุณหภูมิตามไพโรเมตริกโคนหมายเลข 8 ให้วางไพโรเมตริกโคนหมายเลข
7, 8 และ 9 ตามลำดับ วางเรียงเป็นแถว ลักษณะการโค้งงอของไพโรเมตริกโคนเมื่อเผา
ถึงอุณหภูมิที่ต้องการแล้ว จะเริ่มมีการโค้งงอตามตำแหน่งต่าง ๆ ซึ่งมักนิยมอ่านตามเข็มนาฬิกา
เช่น 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 นาฬิกา นั่นคือส่วนปลายของไพโรเมตริกโคนจะโค้งงอมาที่
ฐานรองผลิตภัณฑ์ (shelf) วิธีการใช้และวางไพโรเมตริกโคน ดูจากภาพประกอบ 1 และ 2

การวางไฟโรเมตริกโคนภายในเตา ต้องวางในที่สามารถมองเห็นได้สะดวก ไฟโรเมตริกโคนแต่ละตัวจะสามารถทนความร้อนที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน ดังนั้นเมื่อเผาอุณหภูมิถึง จุดหลอมตัว (melting point) ของไฟโรเมตริกโคนตัวใดแล้ว ไฟโรเมตริกโคนนั้นจะ โค้งงอ มาที่ฐานรองจากตัวอย่างตามภาพประกอบ 2 ไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 8 เป็นไฟโรเมตริกโคน ที่สามารถหลอมในอุณหภูมิที่ต้องการ โดยสามารถพิจารณาจากการ โค้งงอของ ไฟโรเมตริกโคน นอกจากนี้การใช้ไฟโรเมตริกโคนวัดค่าอุณหภูมิให้ถูกต้องนั้น ขึ้นอยู่กับเชื้อเพลิงและบรรยากาศ ในการเผาไฟโรเมตริกโคนจะใช้ได้ดีกับเตาไฟฟ้า ซึ่งมีบรรยากาศการเผาแบบออกซิเดชัน (oxidation firing) ไฟโรเมตริกโคนที่ใช้จะ ไม่มีผลกระทบต่อการโค้งงอ แต่ใน บรรยากาศแบบรีดักชัน(reduction firing) เกิดการเผาไหม้หรือการสันดาปไม่สมบูรณ์ ความชื้นจะไปเกาะ ไฟโรเมตริกโคน อาจทำให้การลึ้มหรือโค้งงอผิดไป ห้ามชักกว่าปกติก็ได้

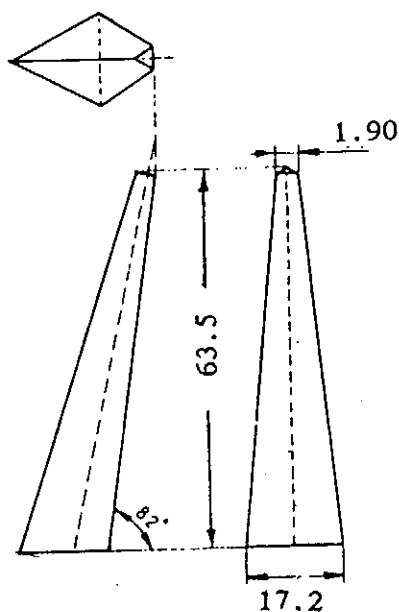
2.5 การผลิตไฟโรเมตริกโคน ไฟโรเมตริกโคนทำมาจากวัตถุดิบที่ใช้ทำเนื้อดินเหนียว และน้ำเคลือบ เช่น ดินขาว หินฟันม้า หินเขียวหุมนาน และอลูมินา (alumina) หรือถ้าเป็น ไฟโรเมตริกโคนไฟฟ้าอาจผสมฟลักซ์ (flux) อื่น ๆ ลงไปหลายตัว เพื่อให้มีจุดหลอมตัวต่ำลง ซึ่งการผลิตไฟโรเมตริกโคนมีกระบวนการดังนี้ (กระทรวงอุตสาหกรรม. 2528 : 2)

2.5.1 นำดินขาวที่เป็นส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนมาเผาที่อุณหภูมิ 925-980 องศาเซลเซียสไม่ต่ำกว่า 30 นาที

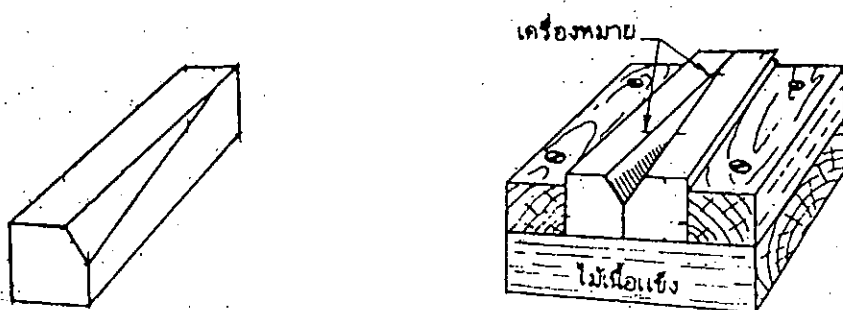
2.5.2 บดและกรองวัตถุดิบผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช (mesh)

2.5.3 ชั่งวัตถุดิบตามอัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคน ผสมกับน้ำและตัวประสานประเภทสารอินทรีย์ที่ไม่มีด่างเจือปน ประเภทกาว เช่น เดกซ์ตริน (dextrin) กาว (glue) กัมพราคาแคช (gum tragacath) เป็นต้น

2.5.4 นำส่วนผสมขึ้นรูปด้วยวิธีอัดลงในแบบพิมพ์โลหะ เป็นไฟโรเมตริกโคน ตัวอย่าง ตามภาพประกอบ 3



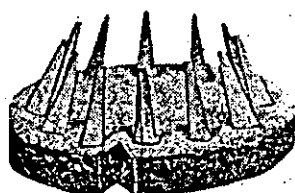
ภาพประกอบ 3 แสดงภาพไฟโรเมตริกโคนมาตรฐาน (กระทรวงอุตสาหกรรม. 2528 : 3)



ภาพประกอบ 4 แสดงแบบพิมพ์โลหะของไฟโรเมตริกโคนมาตรฐาน (กระทรวงอุตสาหกรรม.

2528 : 4)

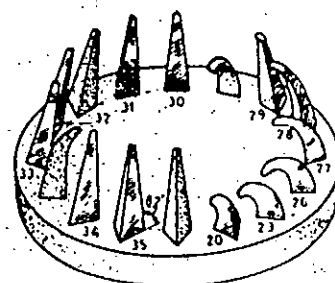
/ 2.6 การทดสอบไฟโรเมตริกโคน หลังจากทำไฟโรเมตริกโคนตัวอย่างเสร็จต้องทำการทดสอบไฟโรเมตริกโคน/โดยนำไฟโรเมตริกโคนตั้งเป็นรูปวงกลม วางไฟโรเมตริกโคนหันหน้าเข้าหากัน ตามภาพประกอบ 5 (1) หรือถ้าเผาเตาไฟฟ้า สามารถที่จะหันหน้าออกได้ตามภาพประกอบ 5 (2) หลังตั้งไฟโรเมตริกโคนตามที่กำหนดแล้วนำไปเผาในบรรยากาศแบบออกซิเคชัน/ โดยใช้อัตราการเพิ่มอุณหภูมิประมาณ 150 องศาเซลเซียสต่อชั่วโมงโดยเฉลี่ย โดยใช้เทอร์โมคัปเปิ้ลในการวัดอุณหภูมิ หลังจากการเผาให้พิจารณาการโค้งงอของมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนกับไฟโรเมตริกโคนตัวอย่าง (กระทรวงอุตสาหกรรม. 2528 : 5)



(1)



(2)



(3)

ภาพประกอบ 5 แสดงการตั้งไฟโรเมตริกโคนและลักษณะการโค้งงอของไฟโรเมตริกโคนหลังจากทดสอบแล้ว

การพิจารณาการโค้งงอของมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนกับไฟโรเมตริกโคนตัวอย่าง มีหลักการพิจารณา 2 แบบคือ

2.6.1 พิจารณาการโค้งงอหรืออ่อนตัวของ ไฟโรเมตริก โคนตัวอย่างเทียบกับ มาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริก โคนที่ใกล้เคียงที่สุด

2.6.2 กรณีที่การอ่อนตัวโค้งงอของ ไฟโรเมตริก โคนตัวอย่างอยู่ระหว่างกลาง ของไฟโรเมตริก โคนมาตรฐานหมายเลขหนึ่งกับอีกหมายเลขหนึ่งให้ทดสอบซ้ำ

/ 2.7 ข้อผิดพลาดของการทดสอบ ข้อผิดพลาดของการทดสอบอาจเกิดจากสาเหตุ
2 กรณี ดังนี้คือ (ปริศา พิมพ์ขาวชา. 2535 : 265-267)

/ 2.7.1 ไฟโรเมตริก โคนโค้งงอในลักษณะที่ผิด สาเหตุอาจเนื่องมาจากส่วนผสม ของฐานที่ใช้ปักไฟโรเมตริก โคนไม่ถูกต้อง / หรือตั้งไฟโรเมตริก โคนในตำแหน่งที่ไม่ถูกต้อง ฐานสำหรับปักไฟโรเมตริก โคนบิดเบี้ยวในขณะที่ทำการเผา ซึ่งการเอนหรือการหดรัดตัวของฐาน จะต้องไม่กันติดกับไฟโรเมตริก โคน หรือสาเหตุอาจเนื่องมาจากการปักไฟโรเมตริก โคน ไม่ถูกต้องก็ได้

/ 2.7.2 เกิดจากการเผา นั่นคือ หากเผาเร็วมากเกินไปสารพวกคาร์บอน (carbon) ไม่สามารถเผาไหม้หมดไปก่อน ไฟโรเมตริก โคนเกิดปฏิกิริยารวมตัวของอนุภาคทำให้ไฟโรเมตริก โคนบวมตัวหรือพองตัวระหว่างการเผาทำให้การโค้งงอของไฟโรเมตริก โคนจะช้ากว่าปกติและถ้าหากเผาช้าเกินไปก็จะทำให้ไฟโรเมตริก โคนโค้งงอเร็วก่อนอุณหภูมิที่เราต้องการ จะเกิดการเผาจะต้องเผาให้เป็นไปตามอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ (heating rate) ซึ่งอุณหภูมิในเตาเผาควรเพิ่มขึ้น 150 องศาเซลเซียสต่อชั่วโมงโดยเฉลี่ย

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความประสงค์จะทดลองทำไฟโรเมตริก โคนขนาดใหญ่เพื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริก โคน โดยในการทดสอบให้ใช้เทอร์โมอิเล็กทริกไฟโรมิเตอร์ในการวัดอัตราการเพิ่มอุณหภูมิซึ่งกำหนดให้อัตราการเพิ่มอุณหภูมิเท่ากับ 150 องศาเซลเซียสต่อ ชั่วโมง โดยเฉลี่ย

/ 3. เตาเผาและบรรยากาศในการเผา /

3.1 เตาเผาเซรามิกส์ เตาเผาที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์มีหลายชนิด

แต่/เตาเผาสำหรับการเผาเพื่อผลิตไฟโรเมตริกโคนโดยทั่วไปจะใช้เพียงเตาแก๊ส และเตาไฟฟ้า/เท่านั้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงขอเสนอรายละเอียดของข้อมูลเฉพาะเตาแก๊ส และเตาไฟฟ้าดังต่อไปนี้ (ทวี พรหมพฤกษ์. 2525 : 1,2,11)

3.1.1 เตาแก๊ส เป็นเตาที่สามารถเผาได้ในอุณหภูมิสูง และการเผาจะค่อนข้างสะอาด สามารถเผาได้ทั้งบรรยากาศแบบออกซิเดชันและแบบรีดักชัน

3.1.2 เตาไฟฟ้า มีความสะดวกสบายในการใช้งาน เพราะสามารถควบคุมการเผาได้ง่าย เผาได้ในอุณหภูมิสูงและเร่งอุณหภูมิให้เพิ่มขึ้น ช้าหรือเร็วได้ตามต้องการ ไม่มีเปลวไฟเพราะใช้ขดลวดต้านทานในการเปลี่ยนกระแสไฟฟ้าให้เป็นความร้อน ไม่มีควัน ทำให้เผาได้อย่างสะอาดที่สุด และสามารถเผาได้เฉพาะบรรยากาศแบบออกซิเดชันเท่านั้น

3.2 บรรยากาศในการเผา มี 2 แบบ คือ

3.2.1 บรรยากาศแบบออกซิเดชัน เป็นการเผาที่มีการสันดาปเป็นไปอย่างสมบูรณ์ การเผาไหม้หมดจดไม่มีกลุ่มควันและเขม่าอยู่ในห้องเผาไหม้ของเตา เพราะออกซิเจน (oxygen) และเชื้อเพลิงที่ใช้มีความเหมาะสมกันดี เตาเผาที่สามารถเผาบรรยากาศออกซิเดชันได้ดีที่สุดคือเตาไฟฟ้า

3.2.2 บรรยากาศแบบรีดักชัน เป็นการเผาที่มีการสันดาปไม่สมบูรณ์ โดยมีออกซิเจนที่ใช้ในการเผาน้อยกว่าปกติ ทำให้การเผาไหม้ไม่หมดจด จะกระทำได้โดยใช้เตาเผาชนิดที่ใช้น้ำมัน แก๊ส และหินเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้

ในการผลิตไฟโรเมตริกโคนดังที่กล่าวมาข้างต้นแล้วว่า จะต้องใช้การเผาแบบออกซิเดชันเท่านั้นและจำเป็นต้องควบคุมการเพิ่มของอุณหภูมิอย่างรัดกุม ดังนั้นเพื่อให้บรรยากาศการเผาเป็นแบบออกซิเดชันอย่างสมบูรณ์แบบ และสามารถควบคุมอุณหภูมิได้อย่างถูกต้องตามต้องการ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้เตาไฟฟ้าสำหรับการทดลอง

/ 4. วัตถุดิบที่ใช้ในการทำไฟโรเมตริกโคน /

/ 4.1 ดินขาว / (kaolin หรือ china clay) เป็นดินที่มีสีขาวทั้งในธรรมชาติและ

หลังเผา เป็นสารประกอบของอลูมินา (alumina) และซิลิกา (silica) สูตรทางเคมีของดินขาวคือ $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ อาจเขียนเป็น $(\text{OH})_4\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O})_5$ (นิมิตร ศรีปรารักษ์. 2530 : 8) มีจุดหลอมตัว 1,785 องศาเซลเซียส ความแข็ง 2.0-2.5 ความถ่วงจำเพาะ 2.6 ลักษณะสีขาวหรือสีขาวหม่น มีความเหนียวต่ำ ทดตัวน้อยทนความร้อนได้สูง และมีความบริสุทธิ์สูง (อุบลศรี ชัยนาม และ เขียวลักษณ์ นิสสภ. 2526 : 45) องค์ประกอบทางเคมีของดินขาว ประกอบด้วยซิลิการ้อยละ 46 อลูมินาร้อยละ 40 และน้ำร้อยละ 15 (จุมพล คีนดัก และ คนอื่น ๆ . 2521 : 4)

คุณสมบัติของดินขาว สำหรับอุตสาหกรรมเซรามิกส์ มีดังต่อไปนี้ (กรมทรัพยากรธรณี. 2529)

4.1.1 เพิ่มความทนไฟ

4.1.2 ให้อลูมินาและซิลิกา

4.1.3 มีความบริสุทธิ์สูงกว่าดินดำ จึงใช้ทำผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความขาวและความโปร่งแสง

4.1.4 เป็นตัวปิดเกาะในส่วนผสมของเคลือบ

4.1.5 ช่วยให้อุณหภูมิที่หดตัวน้อยลง เมื่อเทียบกับการใช้ดินดำ

แหล่งดินขาวในประเทศไทยที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ มีหลายแหล่ง เช่น ดินขาวจังหวัดลำปาง ดินขาวจังหวัดระนอง ดินขาวจังหวัดนครราชสีมา และดินขาวจังหวัดเชียงราย เป็นต้น (นิมิตร ศรีปรารักษ์. 2530 : 7) ในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้ดินขาวเป็นวัตถุดิบหนึ่งในอัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคน เพราะดินขาวให้อลูมินาและซิลิกา อีกทั้งช่วยให้ไฟโรเมตริกโคนทนความร้อนได้ในอุณหภูมิสูงตามต้องการได้ มีความบริสุทธิ์สูง ทดตัวหลังเผาน้อย และมีความขาวหลังเผา แหล่งที่ผู้วิจัยเลือกใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อการทดลอง คือ ดินขาวเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย ซึ่งมีผลวิเคราะห์ทางเคมีตามตาราง 1 และ 2

ตาราง 1 แสดงผลวิเคราะห์ทางเคมีของดินขาวอำเภอเวียงป่าเป้าจังหวัดเชียงราย (1)

ส่วนประกอบ	ปริมาณ ร้อยละ*	ปริมาณ ร้อยละ**
SiO ₂	49.90	49.20
Al ₂ O ₃	34.53	32.00
Fe ₂ O ₃	2.86	5.50
TiO ₂	0.47	—
MgO	0.25	0.90
CaO	0.09	0.59
K ₂ O	1.27	0.40
Na ₂ O	0.05	0.60
L.O.I.	11.16	10.50

ที่มา - นิมิตร ศรีปรารักษ์ (2530 : 100)

** สำนักงานทรัพยากรธรณีเขต 3 เชียงใหม่, 2529.

ตาราง 2 แสดงผลวิเคราะห์ทางเคมีของดินขาวอำเภอยางชุมน้อย จังหวัดศรีสะเกษ (2)

สารประกอบ	ปริมาณ
Abrasiveness (Valley clay abrasiveness tester), mg	214.3
Brightness (Elrepho, 457 nm), %	45.0
Silica (SiO_2), %	52.1
Alumina (Al_2O_3), %	30.2
Iron oxide (Fe_2O_3)	2.0

ที่มา : กรมวิทยาศาสตร์บริการ, มกราคม 2531.

4.2 หินฟันม้า (feldspar) เกิดจากการแปรสภาพของหินแกรนิต (granite) เป็นสารประกอบของอลูมินา ซิลิกา และอัลคาไลน์ (alkali) หรืออัลคาไลน์เอิร์ธ (alkaline earths) หินฟันม้าที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ได้แก่ (พิทักษ์ หาญวนิช. 2524 : 80-88)

4.2.1 หินฟันม้าชนิดโปแตส (potash feldspar or orthoclase) มีสูตรทางเคมีคือ $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ จุดหลอมตัวที่ 1,220 องศาเซลเซียส

4.2.2 หินฟันม้าชนิดโซดา (soda feldspar or albite) มีสูตรทางเคมีคือ $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ จุดหลอมตัวที่ 1,100 องศาเซลเซียส

4.2.3 หินฟันม้าชนิดแคลเซียม (calcium feldspar or anorthite) มีสูตรทางเคมีคือ $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ จุดหลอมตัวที่ 1,552 องศาเซลเซียส

ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ใช้หินฟันม้าชนิดโปแตสและหินฟันม้าชนิดโซดาในส่วนผสมของเนื้อดินปั้น และน้ำเคลือบ โดยหินฟันม้าชนิดโซดาจะทำให้จุดหลอมต่ำกว่า ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้

หินฟันม้าทำหน้าที่เป็นตัวหลอมละลาย (flux) ซึ่งจะช่วยลดจุดสุกตัวและช่วยให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดแก้วขึ้น นอกจากนี้ตัวมันเองยังมีคุณสมบัติเคลือบผิวผลิตภัณฑ์ได้ ที่เรียกเคลือบเฟลสปาร์ (feldspathic glaze) และยังทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรง และ โปรงแสงอีกด้วย

แหล่งหินฟันม้าในประเทศไทยพบกระจายอยู่มากมายหลายแห่ง เช่น ที่จังหวัดตาก จังหวัดกาญจนบุรี จังหวัดราชบุรี จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดชลบุรี เป็นต้น (นิมิตร ศรีปรารงค์.2530 : 6) ในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้หินฟันม้าจากแหล่งจังหวัดตาก ซึ่งเป็นหินฟันม้าชนิดโปแตส ทั้งนี้เพราะให้โปแตสเซียม อลูมินา และซิลิกา รวมทั้งหินฟันม้าช่วยให้ไฟโรเมตริกโค่นหลอมละลายในอุณหภูมิที่ต้องการ ซึ่งมีผลวิเคราะห์ทางเคมีตามตาราง 3

ตาราง 3 แสดงผลวิเคราะห์ทางเคมีของหินฟันม้าจังหวัดตาก

ส่วนประกอบ	ปริมาณ ร้อยละ *	ปริมาณ ร้อยละ **
SiO ₂	67.58	65.00
Al ₂ O ₃	18.18	18.60
Fe ₂ O ₃	0.42	0.31
TiO ₂	0.01	-
CaO	0.38	1.00
MgO	0.01	0.08
Na ₂ O	2.29	3.80
K ₂ O	9.52	10.00
L.O.I.	0.32	0.19

* ที่มา - นิมิตร ศรีปรารงค์ (2530 : 100)

** สัจจิตร พิตรากุล (2528 : 263)

4.3 หินเขียวทึบ (quartz) เป็นสารประกอบออกไซด์ของซิลิกอน (silicon) ที่เรียกว่าซิลิกา (silica) มีสูตรทางเคมีคือ SiO_2 เกิดในธรรมชาติเป็นรูปผลึกที่มีความบริสุทธิ์สูงถึงร้อยละ 99 มีความแข็งประมาณ 7 ความถ่วงจำเพาะ 2.7 มีจุดหลอมตัวที่อุณหภูมิ ประมาณ 1,728 องศาเซลเซียส ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ใช้หินเขียวทึบผสมในเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบ โดยหินเขียวทึบจะช่วยลดสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนของเนื้อดินปั้น นอกจากนี้ยังช่วยลดการหดตัว ป้องกันการบิดเบี้ยวของผลิตภัณฑ์ ส่วนในเคลือบจะเป็นตัวหลักในการทำให้เกิดแก้ว เพิ่มจุดหลอมละลายของเคลือบให้สูงขึ้น ลดการไหล (fluidity) ของเคลือบที่จุดหลอมละลายทำให้เกิดความมันวาว และเพิ่มความคงทนต่อการกัดกร่อนของสารละลาย (นิมิตร ศรีปรารักษ์. 2530 : 8)

แหล่งที่พบหินเขียวทึบในประเทศไทย เช่น ที่จังหวัดจันทบุรี จังหวัดราชบุรี จังหวัดกาญจนบุรี และจังหวัดตาก เป็นต้น นอกจากนี้ทรายทะเลหลายแห่งในประเทศไทย ซึ่งมีส่วนประกอบทางเคมีของซิลิกาในเปอร์เซ็นต์ที่สูง เช่น ทรายจังหวัดระยองและจังหวัดสงขลา ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้หินเขียวทึบจังหวัดตากเป็นวัตถุดิบในอัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคน ทั้งนี้เพราะหินเขียวทึบให้ซิลิกา และยังช่วยให้ไฟโรเมตริกโคนทนอุณหภูมิตามต้องการ ป้องกันการบิดเบี้ยว รวมทั้งลดสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนของไฟโรเมตริกโคน ซึ่งหินเขียวทึบ จังหวัดตาก ซึ่งมีผลวิเคราะห์ทางเคมีตามตาราง 4

ตาราง 4 แสดงผลการวิเคราะห์ทางเคมีของหินเขียวหนุมานจังหวัดตาก

ส่วนประกอบ	ปริมาณ ร้อยละ [*]	ปริมาณ ร้อยละ ^{**}
SiO ₂	98.33	98.90
Al ₂ O ₃	0.58	0.80
Fe ₂ O ₃	0.42	0.10
TiO ₂	0.01	—
CaO	0.03	0.05
MgO	0.004	0.90
Na ₂ O	0.04	—
K ₂ O	0.15	—
L.O.I.	0.11	0.05

* นิมิตร ศรีปรารค์ (2530 : 100)

** อุบลศรี ทรวงทรง (2531 : 10)

4.4 หินปูน (whiting or lime stone) เป็นสารประกอบของแคลเซียมคาร์บอเนต (calcium carbonate) มีสูตรทางเคมีคือ CaCO₃ เมื่อนำมาเผาที่อุณหภูมิประมาณ 825 องศาเซลเซียส ก็จะสลายตัวให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (carbondioxide) และแคลเซียมออกไซด์ (calcium oxide) ความถ่วงจำเพาะประมาณ 2.7 มีความแข็ง 2.3 (โกลม รักษวงศ์. 2531 : 48) หินปูนใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ โดยมากนิยมใช้เป็น ส่วนผสมของน้ำเคลือบ ส่วนในเนื้อดินปั้นใช้น้อย เพราะจะทำให้ดินยุบตัวได้ เนื่องจากหินปูนมีคุณสมบัติช่วยลดจุดสุกตัว และมีช่วงการเผาสั้น ในเคลือบหินปูนจะช่วยให้เคลือบมีความแข็งแรง มีความต้านทานต่อการกัดกร่อนของกรดและทำให้เคลือบมีจุดสุกตัวต่ำลง

ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยใช้หินปูนเพราะเป็นวัตถุดิบที่ให้ออกไซด์ประเภทต่าง คือ แคลเซียมออกไซด์ แหล่งที่ผู้วิจัยใช้คือหินปูน จากจังหวัดสระบุรี เป็นวัตถุดิบที่ได้มาตรฐานและหาง่ายในท้องตลาดราคาถูก ซึ่งมีผลวิเคราะห์ทางเคมีตามตาราง 5

ตาราง 5 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของหินปูน จังหวัดสระบุรี

ส่วนประกอบ	ปริมาณ ร้อยละ
	98.50 Min.
(AsCaO)	55.19 Min.
MgCO ₃	0.40 Max.
Al ₂ O ₃	0.20 Max.
SiO ₂	0.20 Max.
Fe ₂ O ₃	0.02 Max.
As	Nil
Pb	Nil

ที่มา : บริษัท สุรินทร์ออมย่า เคมีคอล (ประเทศไทย) จำกัด, มิถุนายน 2537.

5. สูตรที่ใช้ในการทดลอง

ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำทฤษฎีมาใช้ในการคำนวณของวัตถุดิบ 2 แบบ คือ

4.1 บอกส่วนผสม (batch formula) แสดงถึงน้ำหนักของวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคน

4.2 บอกจำนวนโมลของออกไซด์ (Seger formula or empirical formula)

แสดงส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนในรูปของจำนวนโมลของออกไซด์ (oxide) ที่มีสภาพเป็นต่าง กลาง และกรด ตามที่เซเกอร์ (Seger) ศึกษาขึ้นมา การแสดงอัตราส่วนผสมจำนวนโมลของออกไซด์ที่เป็นองค์ประกอบของวัตถุดิบสามารถเขียนได้ตามตาราง 6

ตาราง 6 แสดงอัตราส่วนผสมที่บอกจำนวนโมลของออกไซด์ตามทฤษฎีเซเกอร์

RO R ₂ O	x R ₂ O ₃	y RO ₂
1 โมล	x โมล	y โมล

การเขียนสูตรด้วยทฤษฎีเซเกอร์จะเขียนเป็น 3 กลุ่ม คือ

RO, R₂O เป็นออกไซด์ที่มีสมบัติเป็นด่าง (basic group) มีคุณสมบัติคือ ช่วยลดอุณหภูมิของเนื้อดินปั้นและเคลือบ ทำให้จุดสุกตัวต่ำลง นับเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเคลือบ ในการเขียนเป็นสูตรเซเกอร์นี้ผลรวมของออกไซด์กลุ่มนี้เท่ากับ 1 โมล เสมอ

R₂O₃ เป็นออกไซด์ที่มีสมบัติเป็นกลาง (intermediate group) ช่วยให้เนื้อดินปั้นและเคลือบมีความแข็งแกร่งเป็นตัวทนไฟ (refractory) ช่วยทำให้เคลือบไม่ไหลตัวมาก กลุ่มนี้จะมีจำนวนโมลเท่ากับ x ซึ่งมีค่าระหว่าง 0.1-1.0 โมลโดยจะเป็นจำนวนโมลของออกไซด์ของอลูมินา (Al₂O₃)

RO₂ เป็นออกไซด์ที่มีสมบัติเป็นกรด (acid group) ในสูตรจะเป็นการกำหนดจำนวนโมลของซิลิกา (SiO₂) เท่ากับ y โมล ทำหน้าที่เป็นตัวทำให้เกิดแก้วทำให้เคลือบมันวาวโดยค่าของ y อยู่ในช่วง 1.0-13.0 ที่ใช้กันในทางปฏิบัติ

x และ y เป็นค่าใด ๆ

ตัวอย่างออกไซด์ที่มีสมบัติทางเคมีในกลุ่มต่าง ๆ แสดงตามตาราง 7

(กษมา ขันทราช. 2531 : 5)

ตาราง 7 แสดงออกไซด์ที่มีคุณสมบัติทางเคมีในกลุ่มต่าง ๆ

RO R ₂ O fluxing agent (base)	R ₂ O ₃ refractory element (neutrals)	RO ₂ glass formers (acids)
CaO		SiO ₂
MgO	Al ₂ O ₃	TiO ₂
BaO	Cr ₂ O ₃	ZrO ₂
ZnO	Fe ₂ O ₃	
FeO	Sb ₂ O ₃	
MnO		
PbO	B ₂ O ₃	
Li ₂ O		
Na ₂ O		
K ₂ O		

6. การคำนวณหาส่วนผสมของวัตถุดิบจากทฤษฎีเซเกอร์

การคำนวณหาส่วนผสมของวัตถุดิบจากทฤษฎีเซเกอร์/เป็นการคำนวณเพื่อหาส่วนผสม

ของไฟโรเมตริกโคน โดยถือว่าวัตถุดิบบริสุทธิ์ ซึ่งมีจำนวนโมเลกุลและสูตรโมเลกุลของวัตถุดิบที่ใช้ผลิตไฟโรเมตริกโคน(ตามตาราง 8 และมีวิธีการคำนวณดังที่จะกล่าวต่อไป

ตาราง 8 แสดงมวลโมเลกุล สูตรโมเลกุลของวัตถุดิบที่ใช้ผลิตไฟโรเมตริกโคน
(Hamer and Hamer. 1986 : 358-363)

วัตถุดิบ	มวลโมเลกุล	สูตรโมเลกุล
ดินขาว	258.20	$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$
หินฟันม้า	556.80	$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$
หินเขียวทูนาน	60.10	SiO_2
หินปูน	100.10	$CaCO_3$

ตัวอย่าง กำหนดให้ไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7 ของเซเกอร์ดังนี้คือ

0.30 K_2O 0.70 Al_2O_3 7.00 SiO_2
0.70 CaO

ในการเลือกวัตถุดิบมาใช้เพื่อเปลี่ยนจากสูตรเซเกอร์เป็นสูตรส่วนผสมมีเทคนิคการนำวัตถุดิบมาใช้นี้คือ (สُرคักดี โกลิพันธ์. 2534 : 54)

1. ถ้ามีฟลักพวกอัลคาไลน์ (Na_2O หรือ K_2O) อยู่ด้วยพยายามใช้ในรูปแบบของหินฟันม้าชนิดโซดา (soda feldspar) หรือหินฟันม้าชนิดโปแตส (potash feldspar) ให้มากที่สุด เพราะวัตถุดิบชนิดนี้ราคาถูก ไม่ละลายน้ำและใช้ทำเป็นส่วนผสมของเคลือบหรือเนื้อดินได้ดี
2. ออกไซด์อื่น ๆ ส่วนมากนิยมใช้ในรูปแบบของคาร์บอเนต เช่น แคลเซียมคาร์บอเนต

(CaCO_3) แมกนีเซียมคาร์บอเนต (MgCO_3) แบเรียมคาร์บอเนต (BaCO_3) เป็นต้น เพราะมีราคาถูกลงกว่าออกไซด์บริสุทธิ์ แต่เมื่อผ่านการเผาจนแตกตัวแล้วก็จะให้ผลเหมือนกัน

3. ถ้าในสูตรมีอลูมินาออกไซด์และซิลิกาออกไซด์อยู่ ให้ใช้ในรูปแบบของดิน (clay) ที่เหลือจึงใช้ออกไซด์เดี่ยว ๆ ซึ่งส่วนประกอบของดิน นอกจากจะให้อลูมินาออกไซด์และซิลิกาออกไซด์แล้ว ยังช่วยเป็นตัวยึดเกาะอีกด้วย (binder)

4. เวลาวางรูปแบบในการคำนวณ พยายามวางให้ซิลิกาออกไซด์ อยู่หลังสุดและ รองสุดท้ายควรจะเป็นอลูมินาออกไซด์ เวลาคิดควรใช้ซิลิกาออกไซด์ในรูปแบบของสารประกอบอื่น เลี่ยงก่อน เช่น ดิน หินพันม้า เป็นต้น ที่เหลือจึงใช้หินเขียวทงม่าน หรือ ฟลินท์ (flint) ในสูตรโดยทั่วไปจะต้องมีซิลิกาในปริมาณค่อนข้างมาก เพราะซิลิกาเป็นตัวทำให้เกิดแก้ว

5. ส่วนประกอบของวัตถุดิบที่เป็นน้ำไม่ต้องนำมาคิด เพราะเวลาเผาแล้วน้ำจะระเหยไปหมด และ ไม่มีผลต่อส่วนผสม เช่น สูตรของดิน คือ $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ เวลานำมาคิดเราใช้เพียง $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$

วิธีการคำนวณ เริ่มจากการหาจำนวนโมลของวัตถุดิบแต่ละตัวที่เลือกใช้โดย

0.30 K_2O ได้จากหินพันม้า นั่นคือ

0.30 โมลของหินพันม้ามี K_2O 0.30 โมล, Al_2O_3 0.30 โมล
 SiO_2 $0.30 \times 6 = 1.80$ โมล

0.70 Al_2O_3 ได้จากหินพันม้า 0.30 โมล

ที่เหลือได้จากดินขาว $0.70 - 0.30 = 0.40$ โมล

7.00 SiO_2 มีในหินพันม้า 1.80 โมล

มีในดินขาว $0.40 \times 2 = 0.80$ โมล

ที่เหลือได้จากหินเขียวทงม่าน $7.00 - 1.80 - 0.80 = 4.40$ โมล

0.70 CaO ได้จากการแตกตัวของหินปูน (CaCO_3) เมื่อเผาที่อุณหภูมิ 825°C
 ซึ่งต้องใช้หินปูน 0.70 โมล ($\text{CaCO}_3 \xrightarrow{825^\circ\text{C}} \text{CaO} + \text{CO}_2 \uparrow$)

หลังจากนั้นเปลี่ยนจากโมลของวัตถุดิบที่ได้เป็นน้ำหนักของวัตถุดิบ โดยนำมวลโมเลกุลตามตาราง 8 ไปคูณจำนวนโมลของวัตถุดิบที่ได้คือ

หินฟอสเฟต	$0.30 \times 556.80 = 167.04$
ดินขาว	$0.40 \times 258.20 = 103.28$
หินเชื้อเพลิง	$4.40 \times 60.10 = 264.44$
หินปูน	$0.70 \times 100.10 = 70.07$

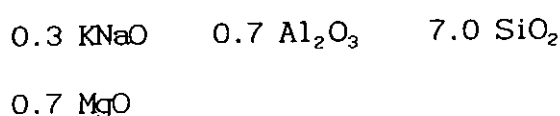
แล้วจึงเทียบอัตราส่วนเป็นส่วนผสมร้อยละ จะได้อัตราส่วนผสมไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7 ดังนี้คือ

หินฟอสเฟต จังหวัดตาก	= 27.62 %
ดินขาว เวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย	= 17.08 %
หินเชื้อเพลิง จังหวัดตาก	= 43.72 %
หินปูน จังหวัดสระบุรี	= 11.58 %

7. สูตรที่เกี่ยวข้อง

ปรีดา พิมพ์ขาวฯ (2535 : 248) ได้เสนอส่วนผสมทางเคมีของไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 010 ถึงหมายเลข 28 ไว้ในรูปสูตรเซเกอร์/ ซึ่งผู้วิจัยขอนำเสนอเฉพาะสูตรของไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7, 8 และ 9 ดังต่อไปนี้

ไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7 มีส่วนผสมทางเคมีดังนี้คือ



ไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 8 มีส่วนผสมทางเคมีดังนี้คือ

0.3 KNaO 0.8 Al₂O₃ 8.0 SiO₂

0.7 MgO

ไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 9 มีส่วนผสมทางเคมีดังนี้คือ

0.3 KNaO 0.9 Al₂O₃ 9.0 SiO₂

0.7 MgO

ซึ่งไฟโรเมตริกโคนแต่ละหมายเลขดังกล่าวจะใช้วัดอุณหภูมิโดยพิจารณาการโค้งงอที่อุณหภูมิ ดังต่อไปนี้

ไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7 หรือที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส

ไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 8 หรือที่อุณหภูมิ 1,250 องศาเซลเซียส

ไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 9 หรือที่อุณหภูมิ 1,280 องศาเซลเซียส

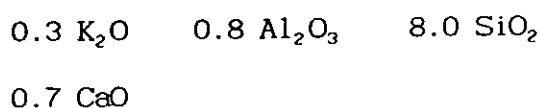
สถาบันวิจัยอุตสาหกรรมเกียวโต มิวินิลิปอล (Kyoto municipal industrial research institute) (Ceramics engineering. n.d. : 310) ได้เสนอส่วนผสมทางเคมีของไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 022 ถึงหมายเลข 42 ไว้ในรูปของสูตรเซเกอร์เช่นเดียวกัน ซึ่งผู้วิจัยขอเสนอเฉพาะสูตรของไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7, 8 และ 9 ดังต่อไปนี้

ไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7 มีส่วนผสมทางเคมีดังนี้คือ

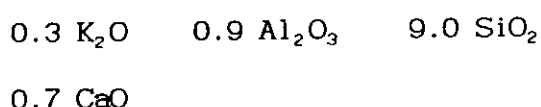
0.3 K₂O 0.7 Al₂O₃ 7.0 SiO₂

0.7 CaO

ไฟโรเมตริกโค่นหมายเลข 8 มีส่วนผสมทางเคมีดังนี้คือ



ไฟโรเมตริกโค่นหมายเลข 9 มีส่วนผสมทางเคมีดังนี้คือ



ซึ่งไฟโรเมตริกโค่นแต่ละหมายเลขดังกล่าวจะ ใช้วัดอุณหภูมิโดยพิจารณาการ โค้งงอที่อุณหภูมิเดียวกับของปริศา พิมพ์ขาวดำ ดังต่อไปนี้

ไฟโรเมตริกโค่นหมายเลข 7	หรือที่อุณหภูมิ	1,230	องศาเซลเซียส
ไฟโรเมตริกโค่นหมายเลข 8	หรือที่อุณหภูมิ	1,250	องศาเซลเซียส
ไฟโรเมตริกโค่นหมายเลข 9	หรือที่อุณหภูมิ	1,280	องศาเซลเซียส

จากเอกสารและงานวิจัยจะ เห็นได้ว่าจำนวนโมลของอลูมินาและจำนวนโมลของซิลิกาของทั้ง 2 ท่าน ที่ได้เสนอไว้มีค่าเท่ากันนั่นคือ

ไฟโรเมตริกโค่นหมายเลข 7	มีอลูมินา 0.7 โมล และมีซิลิกา 7 โมล
ไฟโรเมตริกโค่นหมายเลข 8	มีอลูมินา 0.8 โมล และมีซิลิกา 8 โมล
ไฟโรเมตริกโค่นหมายเลข 9	มีอลูมินา 0.9 โมล และมีซิลิกา 9 โมล

แสดงให้เห็นว่า อัตราส่วนระหว่างอลูมินากับซิลิกาเท่ากับ 1:10 แต่จะแตกต่างกันที่ ออกไซด์ในกลุ่มต่างที่ผู้วิจัยแต่ละท่านเลือกใช้ ซึ่งสถาบันวิจัยอุตสาหกรรมเกี่ยวโต มิวนิลปอล ใช้โปแตสเซียมออกไซด์ (K_2O) จำนวน 0.3 โมลที่ได้จากหินพื้นม้าชนิดโปแตสและแคลเซียมออกไซด์ (CaO) จำนวน 0.7 โมล ที่ได้จากหินปูน ส่วนปริศา พิมพ์ขาวดำ ใช้แร่ อะนอโรไคลาส (anorthoclase or feldspar mixed) มีสูตรทางเคมี คือ

$\text{KNaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ จึงใช้ KNaO จำนวน 0.3 โมลเช่นเดียวกัน ที่ได้จากหินฟันม้าชนิดคามาดิอะ (kamado feldspar) และแมกนีเซียมออกไซด์อีกจำนวน 0.7 โมล ที่ได้จากแมกนีเซียมคาร์บอเนต (MgCO_3) หรือแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)

เมื่อพิจารณาจะพบว่าหินฟันม้าชนิดโปแตส (ราคา 5 บาทต่อกิโลกรัม) ซึ่งมีราคาถูกกว่าหินฟันม้าชนิดคามาดิอะ (ราคา 14 บาทต่อกิโลกรัม) และหินปูนก็มีราคาถูกกว่าแมกนีเซียมคาร์บอเนตและแมกนีเซียมออกไซด์เช่นเดียวกัน (หินปูนราคา 2.50 บาทต่อกิโลกรัม แมกนีเซียมคาร์บอเนตราคา 35 บาทต่อกิโลกรัม และแมกนีเซียมออกไซด์ราคา 45 บาทต่อกิโลกรัม) (บริษัท เซอร์นิคอนเตอร์เนชั่นแนล จำกัด, สิงหาคม 2538.)

จากวัตถุดิบที่ใช้แตกต่างกัน แต่ผลของการทดลองที่ไพโรเมตริกโคนหมายเลขเดียวกัน ให้ผลการทดลองเหมือนกัน โดยพิจารณาจากอุณหภูมิใช้งานที่ไพโรเมตริกโคนล้ม ซึ่งเหตุผลดังกล่าวข้างต้นทำให้ผู้วิจัยกำหนดสูตรส่วนผสมทางเคมีในรูปสูตรเซเกอร์ของไพโรเมตริกโคนหมายเลข 7, 8 และ 9 ที่ต้องการโดยการเพิ่มและลดจำนวนโมลของ Al_2O_3 และ SiO_2 ของสูตรที่ได้เสนอข้างต้น โดยจำนวนโมลของ Al_2O_3 เพิ่มและลดเท่ากับ 0.05 โมล ส่วนจำนวนของ SiO_2 เพิ่มและลดเท่ากับ 0.5 โมล นั่นคือ

โคนหมายเลข 7 ทำการทดลองที่ $\text{Al}_2\text{O}_3 = 0.65, 0.70$ และ 0.75 โมล ตามลำดับ SiO_2 ที่ $6.50, 7.00$ และ 7.50 โมล ตามลำดับ

โคนหมายเลข 8 ทำการทดลองที่ $\text{Al}_2\text{O}_3 = 0.75, 0.80$ และ 0.85 โมล ตามลำดับ SiO_2 ที่ $7.50, 8.00$ และ 8.50 โมล ตามลำดับ

โคนหมายเลข 9 ทำการทดลองที่ $\text{Al}_2\text{O}_3 = 0.85, 0.90$ และ 0.95 โมล ตามลำดับ SiO_2 ที่ $8.50, 9.00$ และ 9.50 โมล ตามลำดับ

จึงสรุปได้เป็นสูตรเซเกอร์ของไพโรเมตริกโคนหมายเลข 7, 8 และ 9 ที่ใช้ใน

การทดลองดังนี้ คือ

0.3 K_2O	0.65–0.95 Al_2O_3	6.50–9.50 SiO_2
0.7 CaO		

วิธีดำเนินการทดลอง

การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อให้ได้ไฟโรเมตริกโคนที่ผลิตจากวัตถุดิบภายในประเทศ จากอัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนระหว่างดินขาวผสมกับหินฟันม้า หินเขียว หินปูน และหินปูน โดยใช้ทฤษฎีของเซเกอร์ในการคำนวณหาอัตราส่วนผสม การทดลองครั้งนี้ได้กำหนดรายละเอียดตามหัวข้อดังนี้ คือ

1. วัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัยทดลอง
2. ตัวแปรที่จะศึกษา
3. เกณฑ์การพิจารณาจุดหลอมตัวของไฟโรเมตริกโคน
4. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง
5. ลำดับขั้นตอนการทดลอง
6. สถานที่และระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

1. วัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัยทดลอง ประกอบด้วยวัตถุดิบ 4 ชนิด คือ

- 1.1 ดินขาว
- 1.2 หินฟันม้า
- 1.3 หินเขียวหยาบ
- 1.4 หินปูน

2. ตัวแปรที่จะศึกษา ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดตัวแปรดังนี้

2.1 ตัวแปรต้น ได้แก่อัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคน ในการทดลอง

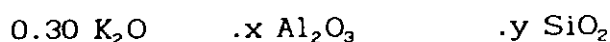
แบ่งอัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนออกเป็น 2 ชุด คือ

2.1.1 การทดลองชุดที่ 1 ได้จากการสุ่มอย่างมีระบบห่างกันจุดละ 0.05

ไมล บนแกน x ซึ่งเป็นค่าของอลูมินาออกไซด์ และห่างกันจุดละ 0.5 ไมล บนแกน y ซึ่งเป็น

หน้า 11/12

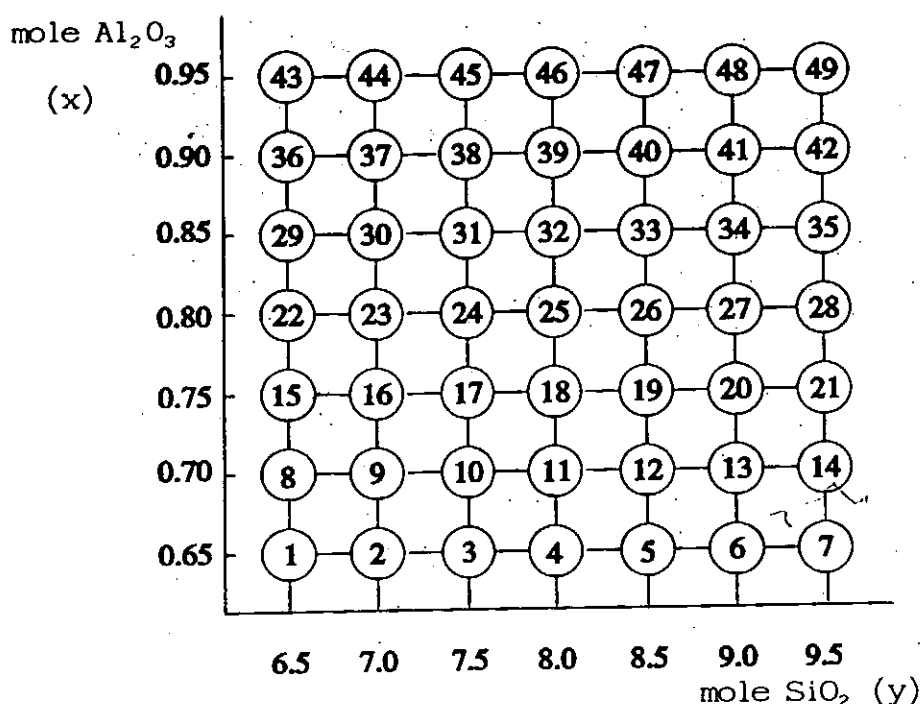
ค่าของซิลิกาออกไซด์ จากการคำนวณตามทฤษฎีของเซเกอร์ โดยกำหนดค่าของ K_2O และ CaO เป็นค่าคงที่คือ $0.3 K_2O$ และ $0.7 CaO$ จะได้จำนวน 49 จุด แต่ละจุดจะประกอบไปด้วยอัตราส่วนผสมของดินขาวอำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย หินพื้นน้ำจังหวัดตาก หินเขียวหนองมนจังหวัดตาก และหินปูนจังหวัดสระบุรี ซึ่งวัตถุดิบแต่ละชนิดจะมีค่าแปรเปลี่ยนไปตามตำแหน่งที่ตั้งของจุด x และจุด y ตามทฤษฎีเซเกอร์ / ดังภาพประกอบ 6 อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่ได้จากการคำนวณจะมีค่าเป็นร้อยละ โดยน้ำหนัก ซึ่งแต่ละจุดจะมีอัตราส่วนผสมตามตาราง 9 การทดลองซึ่งมีสูตรตามทฤษฎีเซเกอร์ เป็นดังนี้



โดยมี Al_2O_3 อยู่ระหว่าง 0.65 - 0.95 โมล

SiO_2 อยู่ระหว่าง 6.50 - 9.50 โมล

แต่ละจุดอ่านจำนวนโมลของอลูมินาออกไซด์และซิลิกาออกไซด์ตามภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 แสดงตำแหน่งจุดของสูตรส่วนผสมจำนวน 49 จุด

ตาราง 9 อัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริก โคนที่คำนวณได้จากภาพประกอบ 6

จุดที่	Al_2O_3 (x)	SiO_2 (y)	สัดส่วน $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$	หินพื้นผิว ร้อยละ	หินปูน ร้อยละ	ดินขาว ร้อยละ	หินเขียวทึบ ร้อยละ
1	0.65	6.50	1/10	29.41	12.34	15.91	42.33
2	0.65	7.00	1/10.76	27.94	11.72	15.11	45.23
3	0.65	7.50	1/11.53	26.60	11.16	14.39	47.85
4	0.65	8.00	1/12.30	25.38	10.65	13.13	50.23
5	0.65	8.50	1/13.70	24.27	10.18	13.73	52.41
6	0.65	9.00	1/13.84	23.26	9.76	12.58	54.40
7	0.65	9.50	1/14.61	22.32	9.37	12.08	56.23
8	0.70	6.50	1/9.28	29.06	12.19	17.97	40.78
9	0.70	7.00	1/10	27.62	11.58	17.08	43.72
10	0.70	7.50	1/10.71	26.31	11.04	16.27	46.39
11	0.70	8.00	1/11.42	25.12	10.54	15.53	48.81
12	0.70	8.50	1/12.14	24.04	10.08	14.86	51.02
13	0.70	9.00	1/12.85	23.04	9.66	14.24	53.05
14	0.70	9.50	1/13.57	22.12	9.28	13.68	54.92
15	0.75	6.50	1/8.66	28.72	12.05	19.97	39.26
16	0.75	7.00	1/9.33	27.31	11.45	18.99	42.25
17	0.75	7.50	1/10	26.03	10.92	18.10	44.95
18	0.75	8.00	1/10.66	24.86	10.43	17.29	47.41
19	0.75	8.50	1/11.33	23.80	9.98	16.55	49.66
20	0.75	9.00	1/12	22.82	9.57	15.87	51.73

ตาราง 9 (ต่อ)

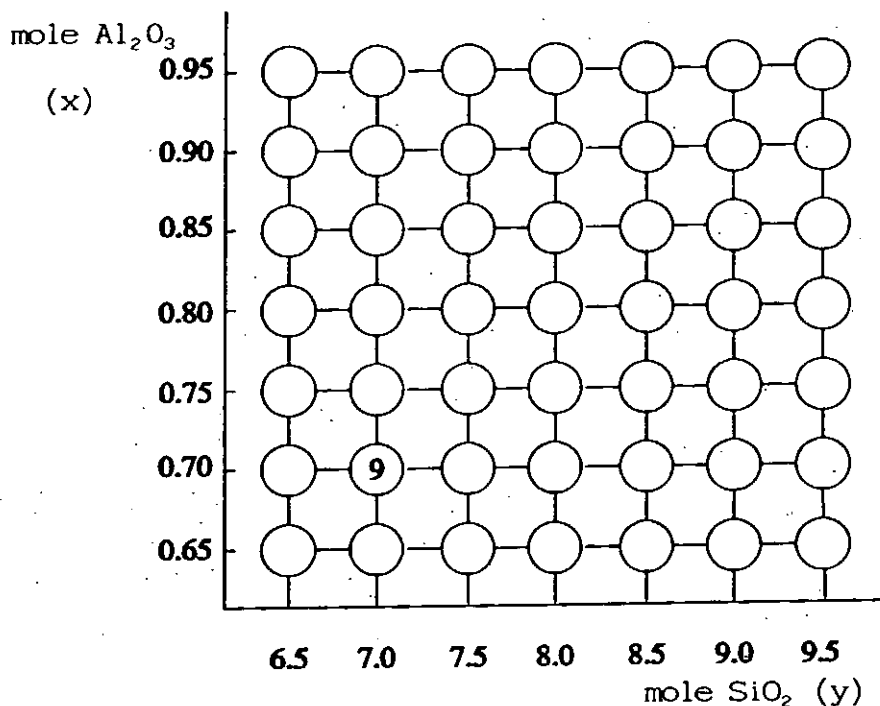
จุดที่	Al_2O_3 (x)	SiO_2 (y)	สัดส่วน Al_2O_3/SiO_2	หินพื้นผ้า ร้อยละ	หินปูน ร้อยละ	ดินขาว ร้อยละ	หินเขียวทนมาน ร้อยละ
21	0.75	9.50	1/12.66	21.92	9.20	15.25	53.63
22	0.80	6.50	1/8.12	28.38	11.90	21.93	37.78
23	0.80	7.00	1/8.75	27.00	11.33	20.87	40.80
24	0.80	7.50	1/9.37	25.75	10.80	19.90	43.55
25	0.80	8.00	1/10	24.61	10.32	19.02	46.04
26	0.80	8.50	1/10.62	23.57	9.89	18.21	48.33
27	0.80	9.00	1/11.25	22.61	9.48	17.47	50.43
28	0.80	9.50	1/11.87	21.73	9.11	16.79	52.37
29	0.85	6.50	1/7.64	28.05	11.77	23.85	36.33
30	0.85	7.00	1/8.23	26.70	11.20	22.70	39.39
31	0.85	7.50	1/8.82	25.48	10.69	21.66	42.17
32	0.85	8.00	1/9.41	24.36	10.22	20.71	44.70
33	0.85	8.50	1/10	23.34	9.79	19.84	47.03
34	0.85	9.00	1/10.58	22.40	9.40	19.04	49.16
35	0.85	9.50	1/11.17	21.53	9.03	18.31	51.13
36	0.90	6.50	1/7.22	27.73	11.63	25.72	34.92
37	0.90	7.00	1/7.77	26.41	11.08	24.50	38.01
38	0.90	7.50	1/8.33	25.21	10.58	23.38	40.82
39	0.90	8.00	1/8.88	24.12	10.12	22.37	43.39
40	0.90	8.50	1/9.44	23.12	9.70	21.44	45.75

พิมพ์

ตาราง 9 (ต่อ)

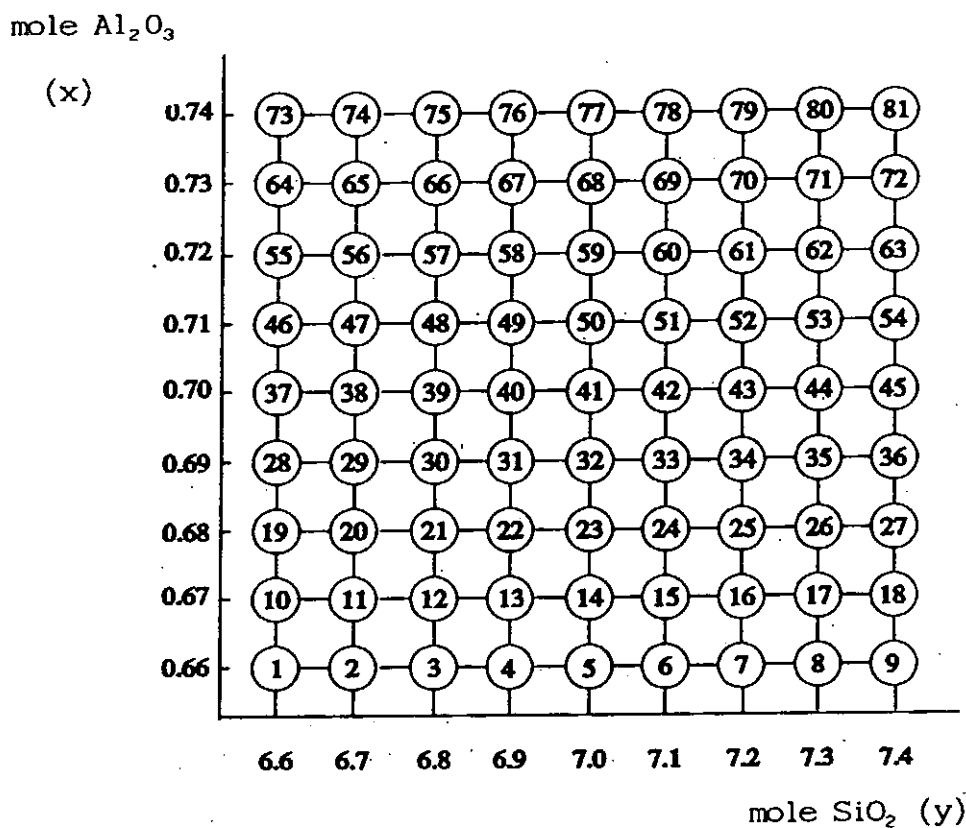
จุดที่	Al_2O_3 (x)	SiO_2 (y)	สัดส่วน Al_2O_3/SiO_2	หินพื้นผิว ร้อยละ	หินปูน ร้อยละ	ดินขาว ร้อยละ	หินเจียวทฤษฎาน ร้อยละ
41	0.90	9.00	1/10	22.19	9.31	20.58	47.91
42	0.90	9.50	1/10.55	21.34	8.95	19.79	49.91
43	0.95	6.50	1/6.84	27.42	11.50	27.55	33.54
44	0.95	7.00	1/7.36	26.13	10.96	26.25	36.66
45	0.95	7.50	1/7.89	24.95	10.47	25.07	39.51
46	0.95	8.00	1/8.42	23.88	10.02	24.00	42.10
47	0.95	8.50	1/8.94	22.90	9.61	23.01	44.49
48	0.95	9.00	1/9.47	21.99	9.23	22.10	46.69
49	0.95	9.50	1/10	21.16	8.87	21.26	48.71

2.1.2 การทดลองชุดที่ 2 ได้จากการเลือกอัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนที่ดีที่สุดจากการทดลองของชุดที่ 1 ในแต่ละระดับอุณหภูมิ โดยพิจารณาจากการโค้งงอของไฟโรเมตริกโคนเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคน แล้วจึงนำอัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนมากระจายโดยละเอียดบริเวณจุดที่เลือกได้จากทฤษฎีเซเกอร์ จากผลการทดลองชุดที่ 1 สมมติให้จุดที่ 9 เป็นจุดที่ดีที่สุดของไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7 นั่นคือ ไฟโรเมตริกโคนจุดที่ 9 มีการโค้งงอในลักษณะ ใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7 ที่สุด/จึงนำอัตราส่วนผสมในจุดที่ 9 มากระจาย ดังภาพประกอบ 7 และภาพประกอบ 8



ภาพประกอบ 7 แสดงตัวอย่างอัตราส่วนผสมที่เลือกได้จากการทดลองของชุดที่ 1 ในระดับอุณหภูมิไพโรเมตริกโคณหภูมิเลข 7 (1,240 องศาเซลเซียส)

จากภาพประกอบ 7 แสดงว่าจุดที่ 9 ซึ่งเป็นจุดที่มีการโค้งงอในลักษณะ โกลีเคียงกับมาตรฐานออร์ตันไพโรเมตริกโคณหภูมิเลข 7 ที่สุด ซึ่งเลือกได้จากผลการทดลองชุดที่ 1 แล้วจึงนำมากระจายพื้นที่ของแกน x และแกน y ที่จะคำนวณหาอัตราส่วนผสมของไพโรเมตริกโคณหภูมิของการทดลองชุดที่ 2 ซึ่งจะให้ช่วงห่างแต่ละช่วงในแกน x และแกน y ให้มีค่าต่างกันเพียง 0.01 โมล บนแกน x และห่าง 0.10 โมล บนแกน y จะได้อัตราส่วนผสมของไพโรเมตริกโคณหภูมิเลข 7 จำนวน 81 อัตราส่วนผสม ของไพโรเมตริกโคณหภูมิเลข 8 จำนวน 81 อัตราส่วนผสม และของไพโรเมตริกโคอุณหภูมิเลข 9 จำนวน 81 อัตราส่วนผสม ตามภาพประกอบ 8 ซึ่งเป็นอัตราส่วนผสมของไพโรเมตริกโคอุณหภูมิเลข 7 ตามการทดลองชุดที่ 1 คือ จุดที่ 9 เมื่อนำมากระจายโดยละเอียดจำนวน 81 จุด อัตราส่วนผสมจุดที่ 9 คือจุดที่ 41 ของการทดลองในชุดที่ 2 นั้นเอง



ภาพประกอบ 8 แสดงตัวอย่างอัตราส่วนผสมของการทดลองชุดที่ 2 ที่กระจายได้จำนวน 81 อัตราส่วนผสม

ภาพประกอบ

2.1.3 ระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลอง จะ ได้จากการแบ่งช่วงอุณหภูมิ ตามไพโรเมตริกโคนหมายเลข 7, 8 และ 9 ตามมาตรฐานออร์ตันไพโรเมตริกโคน คือ

ไพโรเมตริกโคน หมายเลข 7 หรือระดับอุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส

ไพโรเมตริกโคน หมายเลข 8 หรือระดับอุณหภูมิ 1,263 องศาเซลเซียส

ไพโรเมตริกโคน หมายเลข 9 หรือระดับอุณหภูมิ 1,280 องศาเซลเซียส

2.1.4 บรรยายการเผาในการทดลองครั้งนี้ เป็นการเผาใน

บรรยากาศแบบออกซิเดชัน

ตอนที่ 2 เป็นการทดลองชุดที่ 1 ครั้งที่ 2 โดยการทดลองไฟโรเมตริกโคนที่ยังไม่หลอมตัวหรือล้มในการทดลองเผาครั้งที่ 1 มาทดลองเผาในระดับอุณหภูมิของไฟโรเมตริกโคนตัวอย่างที่มีการไค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 8 มากที่สุด

ตอนที่ 3 เป็นการทดลองชุดที่ 1 ครั้งที่ 3 โดยการทดลองไฟโรเมตริกโคนที่ยังไม่หลอมตัวหรือล้มในการทดลองเผาครั้งที่ 2 มาทดลองเผาในระดับอุณหภูมิของไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 9 หรืออุณหภูมิ 1,280 องศาเซลเซียส เพื่อหาอัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนตัวอย่างที่มีการไค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 9 มากที่สุด

ตอนที่ 4 เป็นการทดลองชุดที่ 2 เพื่อหาอัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7, 8 และ 9 จากการกระจายอัตราส่วนผสมที่เลือกได้จากการทดลองชุดที่ 1 ครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 และนำมาเผาตามอุณหภูมิของไฟโรเมตริกโคนหมายเลขนั้น ๆ เพื่อเลือกอัตราส่วนผสมที่มีการไค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนที่สุด

5/

ตอนที่ 1 เป็นการทดลองชุดที่ 1 ครั้งที่ 1 มีลำดับการทดลองดังนี้

1. เตรียมวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง
2. นำวัตถุดิบที่เป็นดินขาวมาเผาที่อุณหภูมิ 925-980 องศาเซลเซียส ไม่น้อยกว่า 30 นาที
3. ชั่งวัตถุดิบตามอัตราส่วนผสมของการทดลองชุดที่ 1 ที่คำนวณได้จากทฤษฎีของเซเกอร์ ตามตาราง 1 ซึ่งมีจำนวน 49 จุด โดยซึ่งอัตราส่วนผสมจุดละ 100 กรัม เพื่อนำไปทำไฟโรเมตริกโคนตัวอย่างสำหรับทดลองส่วนผสมละ 3 ตัว สำหรับการทดลองในระดับอุณหภูมิของไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7, 8 และ 9 ตามมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคน
4. นำวัตถุดิบที่ชั่งไว้ไปบดด้วยโม่โรตารีไฟฟ้า 20 นาที
5. นำส่วนผสมที่บดแล้วผสมกับน้ำและตัวประสาน (กาว) คลุกเคล้าให้เข้ากันนำไปขึ้นรูปด้วยวิธีอัดลงในแบบพิมพ์โลหะ เป็นไฟโรเมตริกโคนตัวอย่างเขียนหมายเลขของส่วนผสมด้วยสีได้เคลือบกากับไว้

6. นำไฟโรเมตริกโคนตัวอย่างจำนวน 1 ชุด (49 ตัว) ทดลองเผาครั้งที่ 1 /

ที่ระดับอุณหภูมิของไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7 หรือที่อุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส ตามมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคน โดยเผาในเตาเผาไฟฟ้าบรรยากาศแบบออกซิเดชัน

7. เลือกอัตราส่วนผสมที่มีการโค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7 มากที่สุด

ตอนที่ 2 เป็นการทดลองในชุดที่ 1 ครั้งที่ 2 มีลำดับการทดลองดังนี้

1. นำไฟโรเมตริกโคนที่ยังไม่หลอมตัวหรือล้มในการทดลองเผาครั้งที่ 1

2. พิจารณาการโค้งงอของไฟโรเมตริกโคนจากการทดลองชุดที่ 1 ครั้งที่ 2 เพื่อเลือกอัตราส่วนผสมที่มีการโค้งงอน้อยกว่าการโค้งงอของมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7

3. นำไฟโรเมตริกโคนตามอัตราส่วนผสมที่เลือกไว้มาทดลองเผาครั้งที่ 2

ที่ระดับอุณหภูมิของไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 8 ตามมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคน โดยการใช้เตาไฟฟ้าเผาในบรรยากาศแบบออกซิเดชัน

4. เลือกอัตราส่วนผสมที่มีการโค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 8 มากที่สุด

ตอนที่ 3 เป็นการทดลองในชุดที่ 1 ครั้งที่ 3 มีลำดับขั้นการทดลองดังนี้

1. นำไฟโรเมตริกโคนที่ยังไม่หลอมตัวหรือโค้งงอในการทดลองเผาครั้งที่ 2

2. พิจารณาการโค้งงอของไฟโรเมตริกโคนจากการทดลองชุดที่ 1 ครั้งที่ 3

เพื่อเลือกอัตราส่วนผสมที่มีการโค้งงอน้อยกว่าการโค้งงอของมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 8

3. นำไฟโรเมตริกโคนตามอัตราส่วนผสมที่เลือกไว้มาทดลองเผาครั้งที่ 3 ที่

ระดับอุณหภูมิของไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 9 ตามมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคน โดยการใช้เตาไฟฟ้าเผาในบรรยากาศแบบออกซิเดชัน

4. เลือกอัตราส่วนผสมที่มีการโค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโร

5 มีนาคม 2561

2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ลักษณะการโค้งงอของไฟโรเมตริกโคนตัวอย่าง เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนของแต่ละหมายเลข /

3. เกณฑ์การพิจารณาการโค้งงอของไฟโรเมตริกโคน ในการทดลองครั้งนี้จะ ใช้ ลักษณะการโค้งงอเป็นเกณฑ์การเปรียบเทียบไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7, 8 และ 9 ที่ได้จากการทดลองกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคน

4. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ประกอบด้วย

4.1 เตาไฟฟ้าชนิดที่ใช้เผาในอุณหภูมิสูง

4.2 เครื่องมือวัดอุณหภูมิในเตาเผาชนิดเทอร์โมอิเล็กทริกไฟโรมิเตอร์

4.3 เครื่องชั่งไฟฟ้าแบบดิจิทัล มีทศนิยม

4.4 แบบพิมพ์ไฟโรเมตริกโคนชนิดโลหะ สำหรับทำไฟโรเมตริกโคนตัวอย่างใช้

ในการทดลอง

4.5 ไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7, 8 และ 9 ของมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริก

โคน

4.6 โกร่งบดไฟฟ้า

4.7 สีได้เคลือบ

4.8 ภูกัน

4.9 ตะแกรงขนาด 80 เมช

5. ลำดับขั้นตอนการทดลอง ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัย ได้แบ่งลำดับขั้นตอนการทดลองออกเป็น 4 ตอน คือ /

ตอนที่ 1 เป็นการทดลองชุดที่ 1 ครั้งที่ 1 เพื่อหาอัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนตัวอย่างที่มีการโค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7 หรือที่อุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียสมากที่สุด

เมตริกโหนดหมายเลข 9 มากที่สุด

ตอนที่ 4 เป็นการทดลองในชุดที่ 2 มีลำดับขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. นำอัตราส่วนผสมที่เลือกไว้ในแต่ละระดับอุณหภูมิของการทดลองชุดที่ 1 มากระจายหาอัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริก โหนดโดยละเอียดอีกครั้งหนึ่งตามทฤษฎีของ เซเกอร์ โดยให้ช่วงห่างจุดละ 0.01 ไมล์ บนแกน x ซึ่งเป็นค่าของอลูมินาออกไซด์ และช่วงห่างจุดละ 0.10 ไมล์บนแกน y ซึ่งเป็นค่าของซิลิกาออกไซด์ (ดูการกระจายหาอัตราส่วนผสม ชุดที่ 2 ตามภาพประกอบ 8)

2. ซึ่งวัตถุดิบตามอัตราส่วนผสมไฟโรเมตริก โหนดของการทดลองชุดที่ 2 ที่กระจายได้ในแต่ละระดับอุณหภูมิ จำนวนระดับอุณหภูมิละ 81 จุด ซึ่งอัตราส่วนผสมของการทดลองชุดที่ 2 จะมีจำนวนทั้งหมด 243 ส่วนผสมโดยซึ่งอัตราส่วนผสมละ 100 กรัม แล้วนำไปทดสอบตามลำดับขั้นเหมือนการทดลองชุดที่ 1 ดังนี้คือ

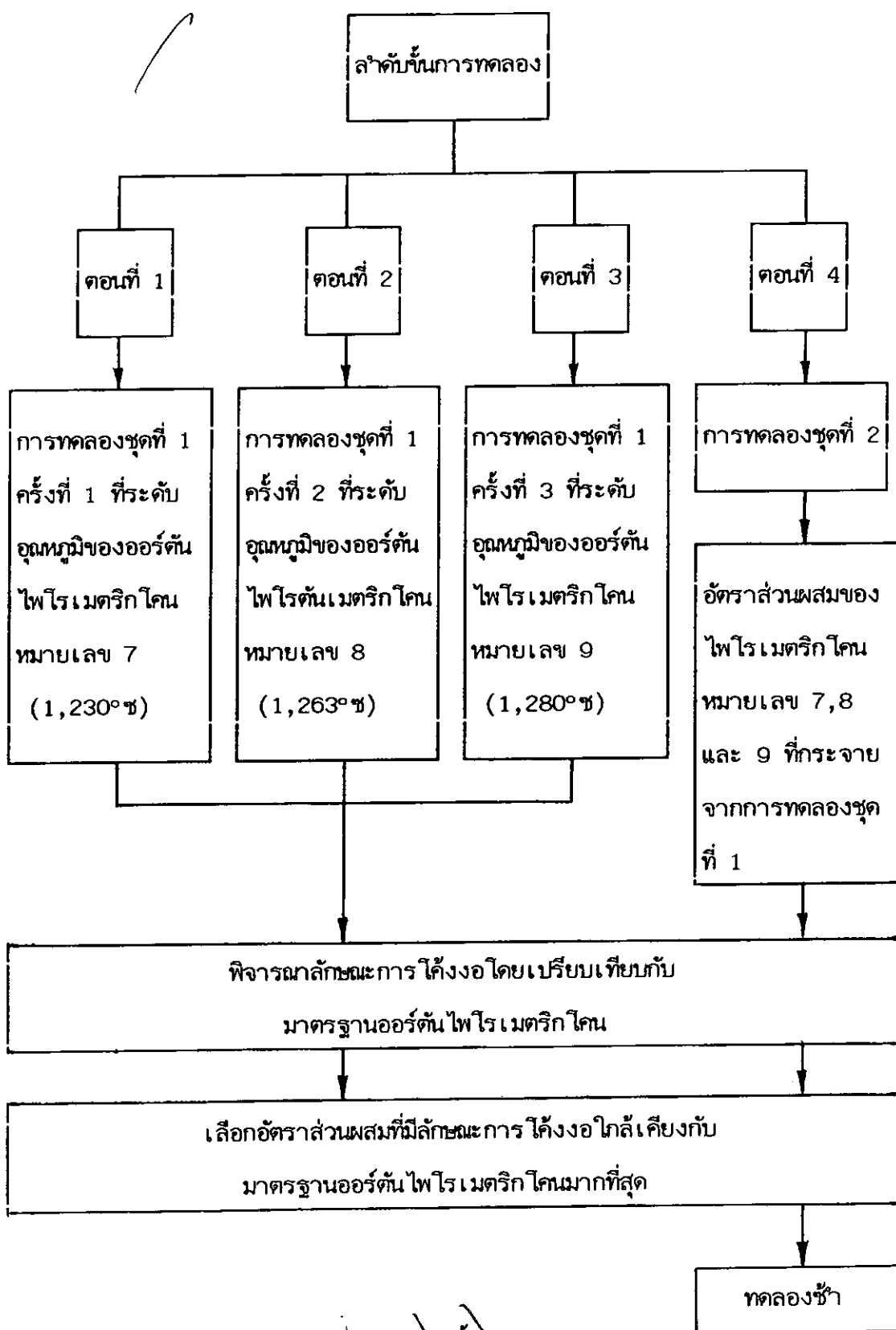
2.1 นำวัตถุดิบที่ชั่งไว้ไปบดด้วยโม่ร่อนไฟฟ้า

2.2 นำส่วนผสมที่บดแล้วผสมกับน้ำและตัวประสาน (กาว) คลุกเคล้าให้เข้ากันนำไปขึ้นรูปด้วยวิธีอัดลงในแบบพิมพ์โลหะที่เตรียมไว้ส่วนผสมละ 2 ตัว เขียนหมายเลขและรหัสกำกับไว้ของแต่ละระดับอุณหภูมิ.

2.3 นำไฟโรเมตริก โหนดตัวอย่างของแต่ละระดับอุณหภูมิไปเผาทดสอบในแต่ละระดับอุณหภูมิ เช่น ไฟโรเมตริก โหนดหมายเลข 7 เผาทดลองที่ระดับอุณหภูมิไฟโรเมตริก โหนดหมายเลข 7 ตามมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริก โหนด โดยใช้บรรยากาศการเผาแบบออกซิเดชันในเตาไฟฟ้า

2.4 เลือกอัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริก โหนดตัวอย่างที่มีการโค้งงอใกล้เคียงที่สุดกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริก โหนดหมายเลข 7, 8 และ 9 มาทดลองเผาอีกครั้งเพื่อทดสอบความเที่ยงตรง

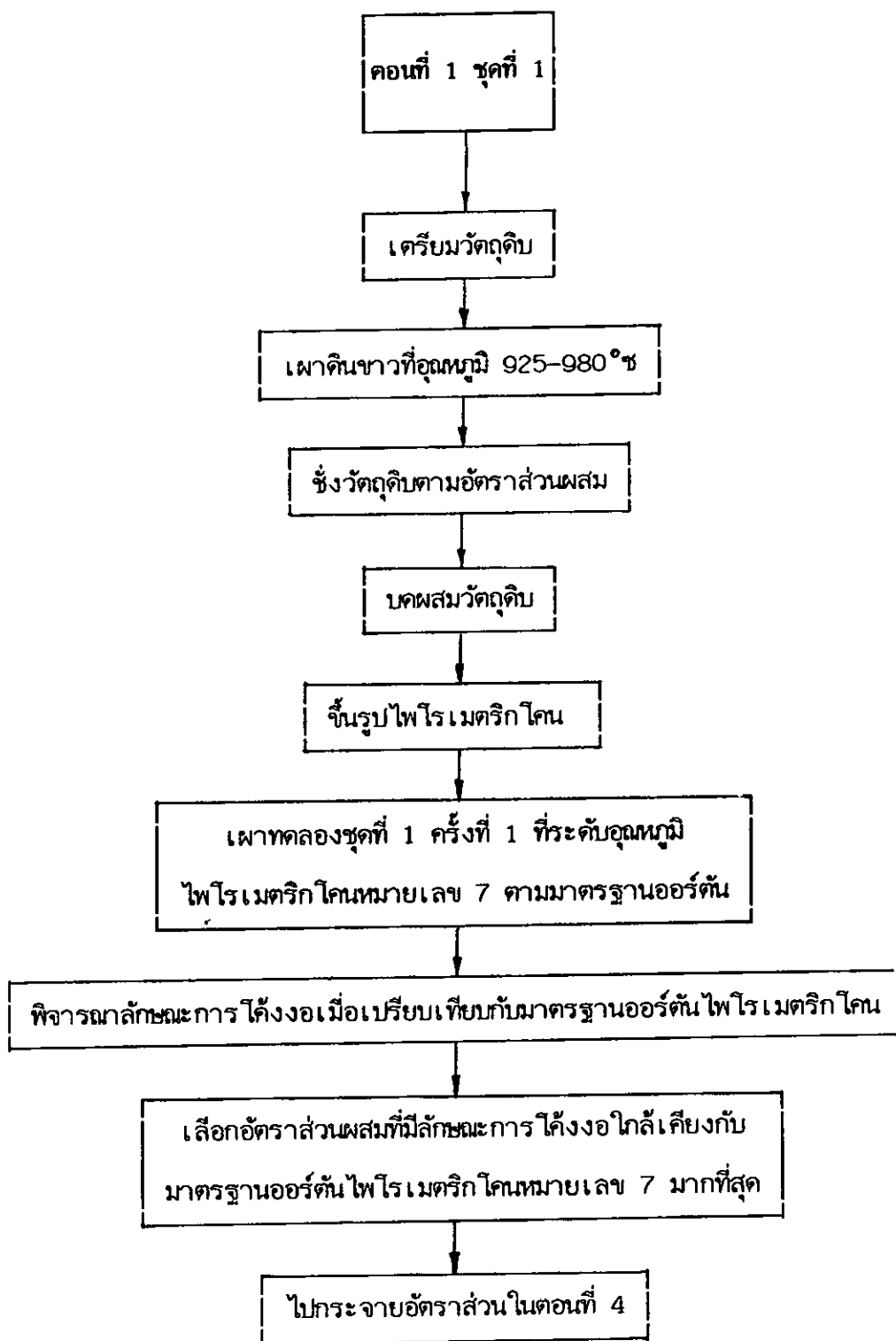
ลำดับขั้นตอนการทดลองครั้งนี้ สรุปได้เป็น 4 ตอนดังภาพประกอบ 9



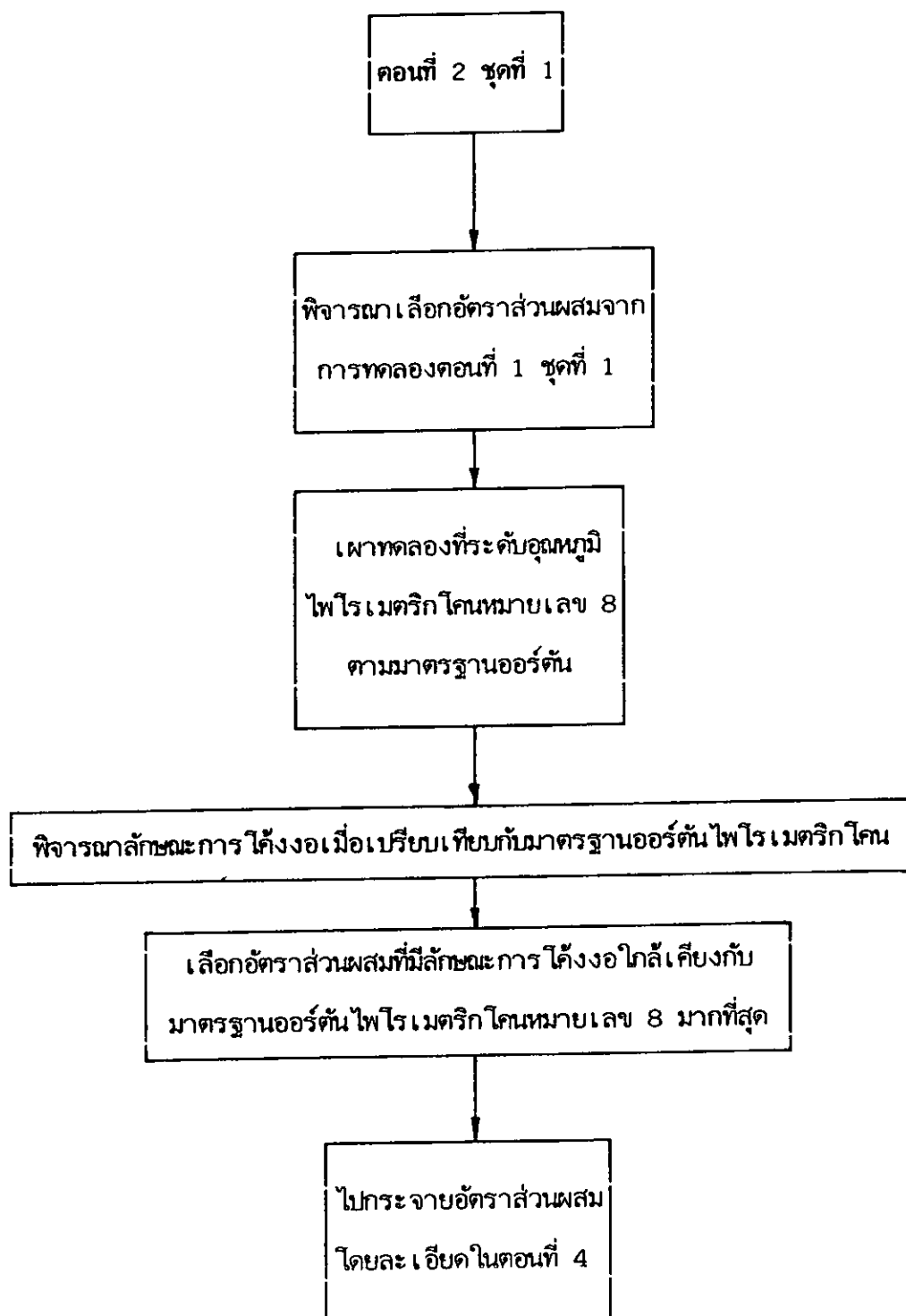
ภาพประกอบ 9- แผนภูมิแสดงลำดับขั้นตอนการทดลอง

จากภาพประกอบ 9 ตอนที่ 1 เป็นการทดลองชุดที่ 1 ครั้งที่ 1 เพื่อให้ได้อัตราส่วนผสมที่มีลักษณะการโค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7 มากที่สุด ตอนที่ 2 เป็นการทดลองชุดที่ 1 ครั้งที่ 2 เพื่อให้ได้อัตราส่วนผสมที่มีการโค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 8 มากที่สุด ตอนที่ 3 เป็นการทดลองชุดที่ 1 ครั้งที่ 3 เพื่อให้ได้อัตราส่วนผสมที่มีลักษณะการโค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 9 มากที่สุด ซึ่งจะนำผลของไฟโรเมตริกโคนแต่ละหมายเลขไปกระจายหาอัตราส่วนผสมโดยละเอียดอีกครั้งหนึ่งของการทดลองชุดที่ 2

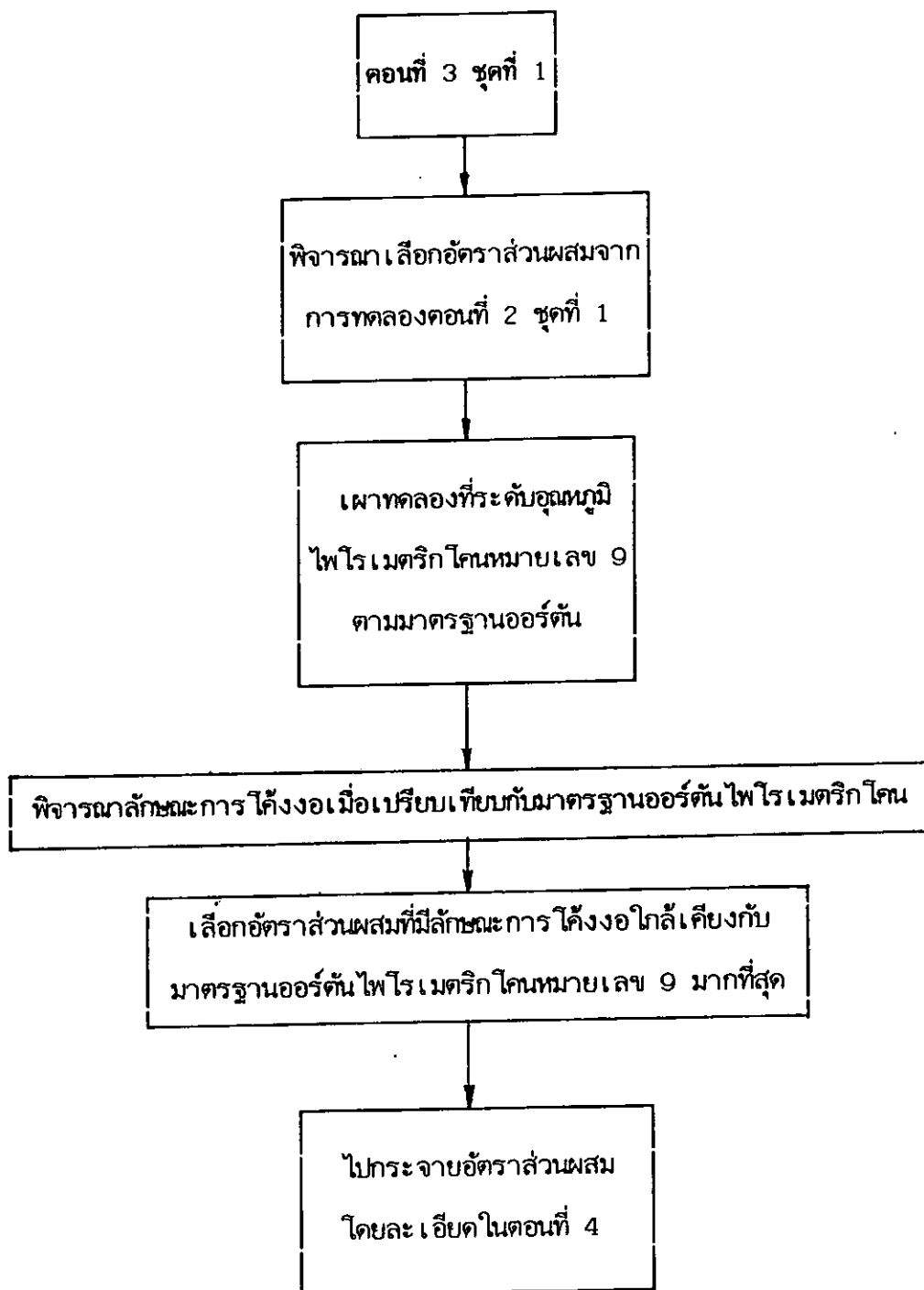
ตอนที่ 4 เป็นการชุดที่ 2 ที่กระจายจากการทดลองชุดที่ 1 เพื่อให้ได้อัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7, 8 และ 9 ที่มีคุณสมบัติในการใช้งานเทียบเท่ากับมาตรฐานของออร์ตันไฟโรเมตริกโคน ทดสอบซ้ำอีกครั้งหนึ่งในตอนที่ 4 เพื่อหาความเที่ยงตรงและแน่นอน ในแต่ละตอนแสดงลำดับขั้นตอนดังภาพประกอบ 10, 11, 12 และ 13



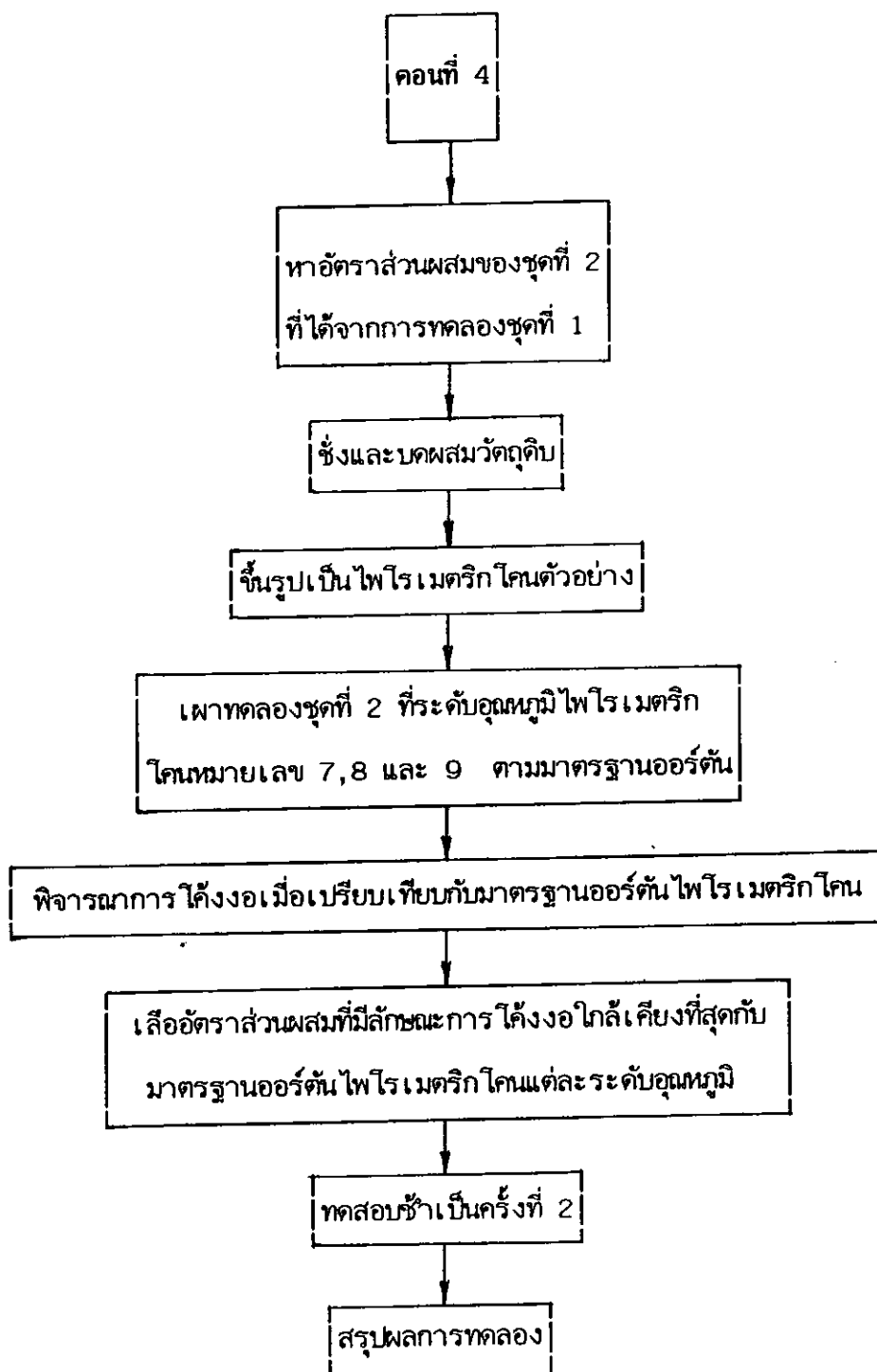
ภาพประกอบ 10 แผนภูมิแสดงลำดับขั้นตอนการทดลองตอนที่ 1



ภาพประกอบ 11 แผนภูมิแสดงลำดับขั้นตอนการทดลองตอนที่ 2



ภาพประกอบ 12 แผนภูมิแสดงลำดับขั้นตอนการทดลองตอนที่ 3



ภาพประกอบ 13 แผนภูมิแสดงลำดับขั้นตอนการทดลอง ตอนที่ 4

6. สถานที่และระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้

6.1 สถานที่ในการทดลองครั้งนี้ ใช้สถานที่สำหรับการวิจัยทดลอง 2 แห่ง
ด้วยกันคือ

6.1.1 ห้องปฏิบัติการของโปรแกรมวิชาเซรามิกส์ ภาควิชาหัตถศึกษาและ
อุตสาหกรรมศิลป์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏลำปาง อ.เมือง จ.ลำปาง
รหัส 52100

6.1.2 ห้องปฏิบัติการภาควิชาเครื่องปั้นดินเผา คณะอุตสาหกรรมศึกษา
สถาบันราชภัฏพระนคร ถนนแจ้งวัฒนะ เขตบางเขน กรุงเทพฯ รหัส 10220

6.2 ระยะเวลาที่ใช้ทำการทดลอง

6.2.1 ดำเนินการทดลองตอนที่ 1,2 และ 3 เป็นเวลา 2 เดือน เริ่ม
ตั้งแต่เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2539 ถึงเดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2539

6.2.2 ดำเนินการทดลองตอนที่ 3 ใช้เวลา 2 เดือน ตั้งแต่เดือน
ธันวาคม พ.ศ.2539 ถึงเดือน มกราคม พ.ศ.2540

ผลการทดลอง

/ การทดลองทำไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7, 8 และ 9 จากวัตถุดิบในประเทศ โดยเปรียบเทียบกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคน แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ขั้นตอนคือ

ตอนที่ 1 เป็นการทดลองชุดที่ 1 ครั้งที่ 1 เพื่อหาอัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนตัวอย่างที่มีคุณสมบัติในการใช้งานใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7 หรือที่อุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส มากที่สุด

ตอนที่ 2 เป็นการทดลองชุดที่ 1 ครั้งที่ 2 โดยการทดลองไฟโรเมตริกโคนที่ยังไม่หลอมตัวและ ค้างงอในการทดลองเผาครั้งที่ 1 มาทดลองเผาในระดับอุณหภูมิของไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 8 หรืออุณหภูมิ 1,263 องศาเซลเซียส เพื่อหาอัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนตัวอย่างที่มีคุณสมบัติในการใช้งานใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคน หมายเลข 8 มากที่สุด

ตอนที่ 3 เป็นการทดลองชุดที่ 1 ครั้งที่ 3 โดยการทดลองไฟโรเมตริกโคนที่ยังไม่หลอมตัวและ ค้างงอในการทดลองเผาครั้งที่ 2 มาทดลองเผาในระดับอุณหภูมิของไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 9 หรืออุณหภูมิ 1,280 องศาเซลเซียส เพื่อหาอัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนตัวอย่างที่มีคุณสมบัติในการใช้งานใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 9 มากที่สุด

ตอนที่ 4 เป็นการทดลองชุดที่ 2 เพื่อหาอัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7, 8 และ 9 จากการกระจายอัตราส่วนผสมที่เลือกได้จากการทดลองชุดที่ 1 ครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 และนำมาเผาตามอุณหภูมิของไฟโรเมตริกโคนหมายเลขนั้น ๆ เพื่อเลือกอัตราส่วนผสมที่มีคุณสมบัติในการใช้งานใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนมากที่สุด

ผลการทดลอง

ผลการทดลองตอนที่ 1 เมื่อนำอัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริก โคนที่ได้จากการอ่านจำนวนไมลของออลูมินาออกไซด์ และซิลิกาออกไซด์ จากแกน x และแกน y และนำมาคำนวณตามทฤษฎีของเซเกอร์ โดยแต่ละจุดประกอบด้วยอัตราส่วนผสมของ ดินขาวอำเภอบึงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย หินฟันม้าและหินเขียวหุ่มนานจังหวัดตาก และหินปูนจังหวัดสระบุรี ได้จำนวน 49 จุดมาเผาในระดับอุณหภูมิของไฟโรเมตริก โคนหมายเลข 7 (1,240 องศาเซลเซียส) ผลการทดลองเมื่อพิจารณาการโค้งงอของไฟโรเมตริก โคนเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน ออร์ตันไฟโรเมตริก โคนหมายเลข 7 ดังแสดงไว้ตามตาราง 10

ตาราง 10 แสดงการโค้งงอของไฟโรเมตริก โคนที่ได้จากการทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริก โคนหมายเลข 7 (1,240 องศาเซลเซียส)

จุดที่	การ โค้งงอเมื่อเปรียบเทียบกับ โคนมาตรฐาน			
	มากกว่า	ใกล้เคียงที่สุด	น้อยกว่า	ไม่ได้โค้งงอ
1	/			
2	/			
3	/			
4	/			
5	/			
6	/			
7	/			
8	/			

ตาราง 10 (ต่อ)

จุดที่	การโค้งงอเมื่อเปรียบเทียบกับโคนมาตรฐาน			
	มากกว่า	ใกล้เคียงที่สุด	น้อยกว่า	ไม่ได้โค้งงอ
9	/			
10	/			
11	/			
12	/			
13	/			
14			/	
15	/			
16	/			
17			/	
18			/	
19			/	
20			/	
21				/
22	/			
23	/			
24		/		
25			/	
26			/	
27			/	

ตาราง 10 (ต่อ)

จุดที่	การโค้งงอเมื่อเปรียบเทียบกับโหนดมาตรฐาน			
	มากกว่า	ใกล้เคียงที่สุด	น้อยกว่า	ไม่ได้โค้งงอ
28				/
29			/	
30			/	
31			/	
32				/
33				/
34				/
35				/
36				/
37				/
38				/
39				/
40				/
41				/
42				/
43				/
44				/
45				/

ตาราง 10 (ต่อ)

จุดที่	การโค้งงอเมื่อเปรียบเทียบกับโคนมาตรฐาน			
	มากกว่า	ใกล้เคียงที่สุด	น้อยกว่า	ไม่ได้โค้งงอ
46				/
47				/
48				/
49				/

จากตาราง 10 / พบว่าอัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนจุดที่ 1-13, 15, 16, 22 และ 23 มีการโค้งงอมากกว่ามาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7 ส่วนที่จุด 14, 17-20, 25-27, 29-31 มีการโค้งงอน้อยกว่ามาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7 และจุดที่ไม่โค้งงอได้แก่ จุดที่ 21, 28, 32-49 โดยพบว่าจุดที่ 24 มีการโค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7 ซึ่งเป็นอัตราส่วนผสมที่จะนำไปใช้ในการทดลองตอนที่ 4 /

/ ผลการทดลองตอนที่ 2 เมื่อนำอัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนที่ไม่ได้โค้งงอโค้งงอน้อยกว่า และ โค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7 ที่ได้จากการทดลองตอนที่ 1 มาเผาในระดับอุณหภูมิของไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 8 (1,263 องศาเซลเซียส) / ผลการทดลองเมื่อพิจารณาการโค้งงอของไฟโรเมตริกโคนเปรียบเทียบกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 8 แสดงไว้ตามตาราง 11

ตาราง 11 แสดงการโค้งงอของไฟโรเมตริกโคนที่ได้จากการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบกับ
มาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 8 (1,263 องศาเซลเซียส)

จุดที่	การโค้งงอเมื่อเปรียบเทียบกับโคนมาตรฐาน			
	มากกว่า	ใกล้เคียงที่สุด	น้อยกว่า	ไม่ได้โค้งงอ
14	/			
17	/			
18			/	
19	/			
20	/			
21				/
24	/			
25			/	
26			/	
27		/		
28			/	
29			/	
30			/	
31	/			
32			/	
33			/	
34			/	
35			/	

ตาราง 11 (ต่อ)

จุดที่	การโค้งงอเมื่อเปรียบเทียบกับโคนมาตรฐาน			
	มากกว่า	เท่ากัน	น้อยกว่า	ไม่ได้โค้งงอ
36				/
37				/
38				/
39				/
40				/
41			/	
42				/
43				/
44				/
45				/
46				/
47				/
48				/
49				/

จากตาราง 11 พบว่าอัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนจุดที่ 14, 17, 19, 20, 24 และ 31 มีการโค้งงอมากกว่ามาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 8 ส่วนจุดที่ 18, 25, 26, 28-30, 32-35 และ 41 มีการโค้งงอน้อยกว่ามาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 8 และจุดที่ไม่ได้โค้งงอได้แก่จุดที่ 21, 36-40, 42-49 นอกจากนี้พบว่าจุดที่จุดที่ 27 มีการ

ไค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 8 ซึ่งเป็นอัตราส่วนผสมที่นำไปใช้ในการทดลองตอนที่ 4

ผลการทดลองตอนที่ 3 เมื่อนำอัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนที่ไม่ไค้งงอ ไค้งงอน้อยกว่า และ ไค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 8 ที่ได้จากการทดลองตอนที่ 2 มาเผาในระดับอุณหภูมิของไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 9 (1,280 องศาเซลเซียส) ผลการทดลองเมื่อพิจารณาการไค้งงอของไฟโรเมตริกโคน เปรียบเทียบกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 9 แสดงไว้ตามตาราง 12

ตาราง 12 แสดงการไค้งงอของไฟโรเมตริกโคนที่ได้จากการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 9 (1,280 องศาเซลเซียส)

จุดที่	การไค้งงอเมื่อเปรียบเทียบกับโคนมาตรฐาน			
	มากกว่า	ใกล้เคียงที่สุด	น้อยกว่า	ไม่ได้ไค้งงอ
18	/			
21	/			
25	/			
26	/			
27	/			
28	/			
29	/			
30	/			
32	/			

ตาราง 12 (ต่อ)

จุดที่	การโค้งงอเมื่อเปรียบเทียบกับโคนมาตรฐาน			
	มากกว่า	ใกล้เคียงที่สุด	น้อยกว่า	ไม่ได้โค้งงอ
33	/			
34	/			
35	/			
36	/			
37	/			
38	/			
39	/			
40	/			
41	/			
42	/			
43	/			
44	/			
45			/	
46		/		
47	/			
48			/	
49			/	

จากตาราง 12 พบว่าอัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนจุดที่ 18,21,25-44 และจุดที่ 47 มีการไค้งงมากกว่ามาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 9 และจุดที่มีการไค้งงน้อยกว่ามาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 9 ได้แก่จุดที่ 45,48 และ 49 ส่วนจุดที่ 46 มีการไค้งงใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 9 ซึ่งเป็นอัตราส่วนผสมที่นำไปใช้ในการทดลองตอนที่ 4 /

/ ผลการทดลองตอนที่ 4 เมื่อนำอัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนที่มีการไค้งงใกล้เคียงกับมาตรฐานไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7, 8 และ 9 / จากการทดลองตอนที่ 1,2 และ 3 มากระจายบนแกน x และ แกน y จะได้อัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7 จำนวน 81 อัตราส่วนผสม อัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 8 จำนวน 81 อัตราส่วนผสม และอัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 9 จำนวน 45 / อัตราส่วนผสม นำมาเผาในระดับอุณหภูมิของไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7, 8 และ 9 ผลการทดลองเมื่อพิจารณาการไค้งงของไฟโรเมตริกโคนเปรียบเทียบกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคน ดังแสดงไว้ตามตาราง 13, 14 และ 15 ตามลำดับ

ตาราง 13 แสดงการไค้งงของไฟโรเมตริกโคนที่ได้จากการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7 (1,240 องศาเซลเซียส)

จุดที่	การไค้งงเมื่อเปรียบเทียบกับโคนมาตรฐาน			
	มากกว่า	ใกล้เคียงที่สุด	น้อยกว่า	ไม่ได้ไค้งง
1			/	
2			/	
3			/	

ตาราง 13 (ต่อ)

จุดที่	การโค้งงอเมื่อเปรียบเทียบกับโศณมาตรฐาน			
	มากกว่า	ใกล้เคียงที่สุด	น้อยกว่า	ไม่ได้โค้งงอ
4			/	
5	/			
6			/	
7			/	
8			/	
9				/
10		/		
11	/			
12	/			
13	/			
14	/			
15			/	
16	/			
17			/	
18			/	
19	/			
20	/			
21		/		
22			/	

ตาราง 13 (ต่อ)

จุดที่	การ โค้งงอเมื่อเปรียบเทียบกับโคนมาตรฐาน			
	มากกว่า	ใกล้เคียงที่สุด	น้อยกว่า	ไม่ได้โค้งงอ
23				/
24			/	
25			/	
26	/			
27	/			
28	/			
29			/	
30	/			
31	/			
32	/			
33	/			
34	/			
35			/	
36	/			
37	/			
38	/			
39	/			
40		/		
41	/			

ตาราง 13 (ต่อ)

จุดที่	การโค้งงอเมื่อเปรียบเทียบกับโหนดมาตรฐาน			
	มากกว่า	ใกล้เคียงที่สุด	น้อยกว่า	ไม่ได้โค้งงอ
42	/			
43	/			
44	/			
45			/	
46	/			
47	/			
48			/	
49	/			
50	/			
51	/			
52	/			
53		/		
54			/	
55	/			
56			/	
57		/		
58			/	
59	/			
60	/			

ตาราง 13 (ต่อ)

จุดที่	การโค้งงอเมื่อเปรียบเทียบกับโศณมาตรฐาน			
	มากกว่า	ใกล้เคียงที่สุด	น้อยกว่า	ไม่ได้โค้งงอ
61	/			
62	/			
63			/	
64	/			
65			/	
66	/			
67	/			
68			/	
69	/			
70	/			
71			/	
72			/	
73				/
74				/
75				/
76			/	
77			/	
78				/
79			/	

ตาราง 13 (ต่อ)

จุดที่	การโค้งงอเมื่อเปรียบเทียบกับโคนมาตรฐาน			
	มากกว่า	ใกล้เคียงที่สุด	น้อยกว่า	ไม่ได้โค้งงอ
80				/
81			/	

จากตาราง 13 พบว่าอัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนจุดที่ 10, 21, 40, 53 และ 57 มีการโค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7 ส่วนจุดที่ 5, 11-14, 16, 19, 20, 26-28, 30-34, 36-39, 41-44, 46, 47, 49-52, 55, 59-62, 64, 66, 67, 69 และจุดที่ 70 มีการโค้งงอมากกว่ามาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7 และจุดที่มีการโค้งงอน้อยกว่ามาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7 คือจุดที่ 1-4, 6-8, 15, 17, 18, 22, 24, 25, 29, 35, 45, 48, 54, 56, 58, 63, 65, 68, 71, 72, 76, 77, 79 และจุดที่ 81 นอกจากนี้พบว่าอัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนจำนวน 7 จุด ที่ไม่ได้โค้งงอ ซึ่งได้แก่จุดที่ 9, 23, 73-75, 78 และจุดที่ 80

ตาราง 14 แสดงการโค้งงอของไฟโรเมตริกโคนที่ได้จากการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบกับ
มาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 8 (1,263 องศาเซลเซียส)

จุดที่	การโค้งงอเมื่อเปรียบเทียบกับโคนมาตรฐาน			
	มากกว่า	ใกล้เคียงที่สุด	น้อยกว่า	ไม่ได้โค้งงอ
1	/			
2	/			
3	/			
4			/	
5	/			
6	/			
7			/	
8	/			
9			/	
10	/			
11			/	
12		/		
13	/			
14	/			
15		/		
16			/	
17			/	

ตาราง 14 (ต่อ)

จุดที่	การโค้งงอเมื่อเปรียบเทียบกับโคมาตรฐาน			
	มากกว่า	ใกล้เคียงที่สุด	น้อยกว่า	ไม่ได้โค้งงอ
18	/			
19	/			
20	/			
21	/			
22	/			
23	/			
24		/		
25	/			
26	/			
27	/			
28	/			
29			/	
30	/			
31		/		
32	/			
33		/		
34		/		
35		/		

ตาราง 14 (ต่อ)

จุดที่	การโค้งงอเมื่อเปรียบเทียบกับโคมาตรฐาน			
	มากกว่า	ใกล้เคียงที่สุด	น้อยกว่า	ไม่ได้โค้งงอ
36		/		
37		/		
38	/			
39	/			
40	/			
41			/	
42	/			
43	/			
44	/			
45	/			
46	/			
47	/			
48	/			
49	/			
50	/			
51	/			
52		/		
53	/			

ตาราง 14 (ต่อ)

จุดที่	การโค้งงอเมื่อเปรียบเทียบกับโคนมาตรฐาน			
	มากกว่า	ใกล้เคียงที่สุด	น้อยกว่า	ไม่ได้โค้งงอ
54	/			
55	/			
56	/			
57	/			
58	/			
59	/			
60	/			
61	/			
62			/	
63			/	
64	/			
65	/			
66	/			
67	/			
68	/			
69	/			
70	/			
71	/			

ตาราง 14 (ต่อ)

จุดที่	การโค้งงอเมื่อเปรียบเทียบกับโคนมาตรฐาน			
	มากกว่า	ใกล้เคียงที่สุด	น้อยกว่า	ไม่ได้โค้งงอ
72			/	
73	/			
74	/			
75	/			
76	/			
77		/		
78	/			
79	/			
80		/		
81		/		

จากตาราง 14 พบว่า อัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนจุดที่ 12, 15, 24, 31, 33-37, 52, 77, 80 และ 81 มีการโค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 8 ส่วนจุดที่ 1-3, 5, 6, 8, 10, 13, 14, 18-23, 25-28, 30, 32, 38-40, 42-51, 53-61, 64-71, 73-76, 78 และ จุดที่ 79 มีการโค้งงอมากกว่ามาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 8 และจุดที่มีการโค้งงอน้อยกว่ามาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 8 คือ จุดที่ 4, 7, 9, 11, 16, 17, 29, 41, 62, 63 และ 72

ตาราง 15 แสดงการโค้งงอของไฟโรเมตริกโคนที่ได้จากการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบกับ
มาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 9 (1,280 องศาเซลเซียส)

จุดที่	การโค้งงอเมื่อเปรียบเทียบกับโคนมาตรฐาน			
	มากกว่า	ใกล้เคียงที่สุด	น้อยกว่า	ไม่ได้โค้งงอ
1	/			
2			/	
3			/	
4			/	
5			/	
6	/			
7			/	
8			/	
9	/			
10		/		
11			/	
12			/	
13			/	
14			/	
15			/	
16	/			
17			/	

ตาราง 15 (ต่อ)

จุดที่	การโค้งงอเมื่อเปรียบเทียบกับโคมาตรฐาน			
	มากกว่า	ใกล้เคียงที่สุด	น้อยกว่า	ไม่ได้โค้งงอ
18			/	
19			/	
20			/	
21			/	
22			/	
23			/	
24			/	
25				/
26			/	
27			/	
28		/		
29	/			
30			/	
31			/	
32			/	
33			/	
34			/	
35	/			

ตาราง 15 (ต่อ)

จุดที่	การโค้งงอเมื่อเปรียบเทียบกับโคนมาตรฐาน			
	มากกว่า	ใกล้เคียงที่สุด	น้อยกว่า	ไม่ได้โค้งงอ
36			/	
37			/	
38				/
39			/	
40			/	
41	/			
42	/			
43	/			
44	/			
45				/

จากตาราง 15 พบว่า อัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนจุดที่ 10 และ 28 มีการโค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 9 ส่วนจุดที่ 1, 6, 9, 16, 29, 35 และ 41-44 มีการโค้งงอมากกว่ามาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 9 และจุดที่มีการโค้งงอน้อยกว่ามาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 9 คือ จุดที่ 2-5, 7, 8, 11-15, 17-24, 26, 27, 30-34, 36, 37, 39 และ จุดที่ 40 นอกจากนี้พบว่า อัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนจำนวน 3 จุด ที่ไม่ได้โค้งงอ ซึ่งได้แก่ จุดที่ 25, 38 และจุดที่ 45

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการทดลองทำไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7, 8 และ 9 จากวัตถุดิบภายในประเทศ โดยเปรียบเทียบกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคน

จุดมุ่งหมายของการทดลอง

การทดลองมีจุดมุ่งหมายเพื่อหาอัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7, 8 และ 9 จากส่วนผสมระหว่างดินขาว หินฟันม้า หินเขียวทงมาน และหินปูน และทดสอบคุณสมบัติของอัตราส่วนผสมดังกล่าวโดยเปรียบเทียบกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนซึ่งการทดลองแบ่งออกเป็น 4 ตอนคือ

ตอนที่ 1 ใช้แผนภาพแกน x, y หาจำนวนโมลของอลูมินาออกไซด์ ได้จำนวน 49 จุด โดยให้จำนวนโมลของ K_2O และ CaO เป็นค่าคงที่ หลังจากนั้นนำมาคำนวณเปลี่ยนเป็นอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบเป็นร้อยละ โดยน้ำหนักซึ่งใช้วัตถุดิบ 4 ชนิดคือ หินฟันม้า หินปูน ดินขาว และหินเขียวทงมาน นำอัตราส่วนผสมดังกล่าวมาทดลองเผาที่ระดับอุณหภูมิของไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7 (1,240 องศาเซลเซียส) หลังเผาเปรียบเทียบการโค้งงอของไฟโรเมตริกโคนกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคน เลือกอัตราส่วนผสมที่ไม่โค้งงอ มีการโค้งงอน้อยกว่า และมีการโค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนนำไปทดลองตอนที่ 2

ตอนที่ 2 นำอัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนที่ไม่โค้งงอ โค้งงอน้อยกว่า และมีการโค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนจากการทดลองตอนที่ 1 มาเผาที่ระดับอุณหภูมิของไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 8 (1,263 องศาเซลเซียส) หลังเผาเปรียบเทียบการโค้งงอของไฟโรเมตริกโคนกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคน เลือกอัตราส่วนผสมที่ไม่โค้งงอ มีการโค้งงอน้อยกว่า และมีการโค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคน

นำไปทดลองในตอนที่ 3

ตอนที่ 3 นำอัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนที่ไม่ได้งอ มีการโค้งงอน้อยกว่า และมีการโค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนจากการทดลองตอนที่ 2 มาเผา ที่ระดับอุณหภูมิของไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 9 (1,280 องศาเซลเซียส) หลังเผาเปรียบเทียบการโค้งงอของไฟโรเมตริกโคนกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7, 8 และ 9 มากที่สุดจากการทดลองตอนที่ 1, 2 และ 3 มากกระจายจำนวนโมลของอลูมินาออกไซด์ และซิลิกาออกไซด์ นำอัตราส่วนผสมที่คำนวณได้มาเผาที่ระดับอุณหภูมิของไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7, 8 และ 9 เพื่อเลือกอัตราส่วนผสมที่มีการโค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนที่สุด

ตอนที่ 4 เลือกอัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนที่มีการโค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคน /

/ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยเตาไฟฟ้า เครื่องมือวัดอุณหภูมิชนิดเทอร์โมอิเล็กทริกไฟโรมิเตอร์ เครื่องชั่งไฟฟ้า แบบพิมพ์โลหะสำหรับขึ้นรูปไฟโรเมตริกโคน โกร่งบดไฟฟ้า ภู่กัน ตะแกรงขนาด 80 เมช และไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7, 8 และ 9 ของมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคน /

/ วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ประกอบด้วย ดินขาวอำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย หินปูนจังหวัดสระบุรี หินพัมผาและหินเขียวทมนานจังหวัดตาก /

/ การคำนวณการทดลอง

/ การทดลองครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 4 ตอน / โดยแต่ละตอนมีลำดับขั้นตอนการทดลองดังนี้คือ
การทดลองตอนที่ 1 มีลำดับการทดลองคือ /

- / 1. นำหินขาวมาเผาที่ระดับอุณหภูมิ 925-980 องศาเซลเซียส
2. ชั่งวัตถุดิบตามอัตราส่วนผสม
3. บดอัตราส่วนผสมด้วยโม่ร่อนไฟฟ้า
4. ผสมน้ำและตัวประสานในอัตราส่วนผสม นำไปอัดลงในแบบพิมพ์โลหะ
5. เผาที่ระดับอุณหภูมิของไฟโรเมตริก โคนหมายเลข 7 (1,240 องศาเซลเซียส)

บรรายากาออกซิเจน โดยเตาไฟฟ้า

6. พิจารณาการโค้งงอของไฟโรเมตริก โคนโดยเปรียบเทียบกับมาตรฐานออร์ตัน
 ไฟโรเมตริก โคนหมายเลข 7

7. เลือกอัตราส่วนผสมที่มีการโค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริก
 โคนหมายเลข 7 มากที่สุดเพื่อใช้ในการทดลองตอนที่ 4 /

การทดลองตอนที่ 2 มีลำดับการทดลองคือ /

1. นำอัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริก โคนที่ไม่โค้งงอ ที่มีการโค้งงอน้อยกว่า
 และมีการโค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริก โคนหมายเลข 7 จากการทดลอง
 ตอนที่ 1 มาเผาที่ระดับอุณหภูมิของไฟโรเมตริก โคนหมายเลข 8 (1,263 องศาเซลเซียส)

2. พิจารณาการโค้งงอของไฟโรเมตริก โคน เปรียบเทียบกับมาตรฐานออร์ตัน
 ไฟโรเมตริก โคนหมายเลข 8

3. เลือกอัตราส่วนผสมที่มีการโค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริก
 โคนหมายเลข 8 มากที่สุดเพื่อใช้ในการทดลองตอนที่ 4

การทดลองตอนที่ 3 มีลำดับการทดลองคือ

1. นำอัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริก โคนที่ไม่โค้งงอ ที่มีการโค้งงอน้อยกว่า
 และมีการโค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริก โคนหมายเลข 8 จากการทดลอง

ตอนที่ 2 มาเผาที่ระดับอุณหภูมิของไพโรเมตริกโคนหมายเลข 9 (1,280 องศาเซลเซียส) บรรยากาสออกซิเจน โดยเตาไฟฟ้า

2. พิจารณาการโค้งงอของไพโรเมตริกโคน เปรียบเทียบกับมาตรฐานออร์ตัน ไพโรเมตริกโคนหมายเลข 9

3. เลือกอัตราส่วนผสมที่มีการโค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไพโรเมตริกโคนหมายเลข 9 มากที่สุด เพื่อใช้ในการทดลองตอนที่ 4

การทดลองตอนที่ 4 มีลำดับขั้นตอนการทดลองคือ

1. นำอัตราส่วนผสมที่มีการโค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไพโรเมตริกโคนหมายเลข 7, 8 และ 9 ที่เลือกไว้จากการทดลองตอนที่ 1, 2 และ 3 มากระจายจำนวนโมลของอลูมินาออกไซด์ และซิลิกาออกไซด์ คำนวณเปลี่ยนเป็นอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบเป็นร้อยละ โดยน้ำหนัก

2. ชั่งวัตถุดิบตามอัตราส่วนผสม

3. บดอัตราส่วนผสมด้วยโกร่งบดไฟฟ้า ผสมน้ำและตัวประสาน

4. นำไปอัดลงในแบบพิมพ์โลหะ

5. เผาที่ระดับอุณหภูมิของไพโรเมตริกโคนหมายเลข 7, 8 และ 9 ในบรรยากาสออกซิเจน โดยใช้เตาไฟฟ้า

6. พิจารณาการโค้งงอของไพโรเมตริกโคนหมายเลข 7, 8 และ 9

ผลการทดลอง

๑) ไม่ค่อยพบ - หน้า 86

จากการทดลอง ได้ผลการทดลองในแต่ละตอนดังต่อไปนี้

ผลการทดลองตอนที่ 1 เมื่อนำส่วนผสมของไพโรเมตริกโคนจำนวน 49 จุด ในแต่ละจุดประกอบด้วยส่วนผสมของดินขาว หินปูน หินพั่มม้าและหินเขียวหนุมาน มาเผาในระดับอุณหภูมิของไพโรเมตริกโคนหมายเลข 7 (1,240 องศาเซลเซียส) ผลการทดลองพบว่าอัตราส่วนผสมของไพโรเมตริกโคนที่มีการโค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไพโรเมตริกโคนมากที่สุด

คือจุดที่ 24 ประกอบด้วย $0.3 \text{ K}_2\text{O}$, 0.7 CaO , $0.8 \text{ Al}_2\text{O}_3$ และ 7.5 SiO_2 หรือ ประกอบด้วยส่วนผสมของหินพัมฟ์รียละ 25.75 หินปูนรียละ 10.80 ดินขาวรียละ 19.90 และหินเขียวทมนรียละ 43.55 นอกจากนี้พบว่าม้อตราส่วนผสมของไฟโรเมตริก โคนจำนวน 17 จุดที่มีการโค้งงอมากกว่ามาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริก โคน อีก 11 จุด มีการโค้งงอน้อยกว่ามาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริก โคน และที่ไม่โค้งงออีกจำนวน 20 จุด

ผลการทดลองตอนที่ 2 เมื่อนำอตราส่วนผสมของไฟโรเมตริก โคนที่ไม่โค้งงอ มีการโค้งงอน้อยกว่า และมีการโค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริก โคนหมายเลข 7 จำนวน 32 จุด จากการทดลองตอนที่ 1 มาเผาในระดับอุณหภูมิของไฟโรเมตริก โคนหมายเลข 8 (1,263 องศาเซลเซียส) ผลการทดลองพบว่าอตราส่วนผสมของไฟโรเมตริก โคนที่มีการโค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริก โคนหมายเลข 8 มากที่สุดคือจุดที่ 27 ประกอบด้วย $0.3 \text{ K}_2\text{O}$, 0.7 CaO , $0.8 \text{ Al}_2\text{O}_3$ และ 9.0 SiO_2 หรือ ประกอบด้วยส่วนผสมของหินพัมฟ์รียละ 22.61 หินปูนรียละ 9.48 ดินขาวรียละ 17.47 และหินเขียวทมนรียละ 50.43 นอกจากนี้พบว่าม้อตราส่วนผสมของไฟโรเมตริก โคนจำนวน 6 จุดที่มีการโค้งงอมากกว่ามาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริก โคน อีก 11 จุด มีการโค้งงอน้อยกว่ามาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริก โคน และที่ไม่โค้งงออีกจำนวน 14 จุด

ผลการทดลองตอนที่ 3 เมื่อนำอตราส่วนผสมของไฟโรเมตริก โคนที่ไม่โค้งงอ มีการโค้งงอน้อยกว่า และมีการโค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริก โคนหมายเลข 8 จำนวน 26 จุดจากการทดลองตอนที่ 2 มาเผาในระดับอุณหภูมิของไฟโรเมตริก โคนหมายเลข 9 (1,280 องศาเซลเซียส) ผลการทดลองพบว่าอตราส่วนผสมของไฟโรเมตริก โคนที่มีการโค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริก โคนหมายเลข 9 มากที่สุดคือจุดที่ 46 ประกอบด้วย $0.3 \text{ K}_2\text{O}$, 0.7 CaO , $0.95 \text{ Al}_2\text{O}_3$ และ 8.00 SiO_2 หรือประกอบด้วยส่วนผสมของหินพัมฟ์รียละ 23.88 หินปูนรียละ 10.02 ดินขาวรียละ 24.00 และหินเขียวทมนรียละ 42.10 นอกจากนี้พบว่าม้อตราส่วนผสมของไฟโรเมตริก โคนจำนวน 22 จุดที่มีการโค้งงอมากกว่ามาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริก โคน อีก 3 จุดมีการโค้งงอน้อยกว่ามาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริก โคน

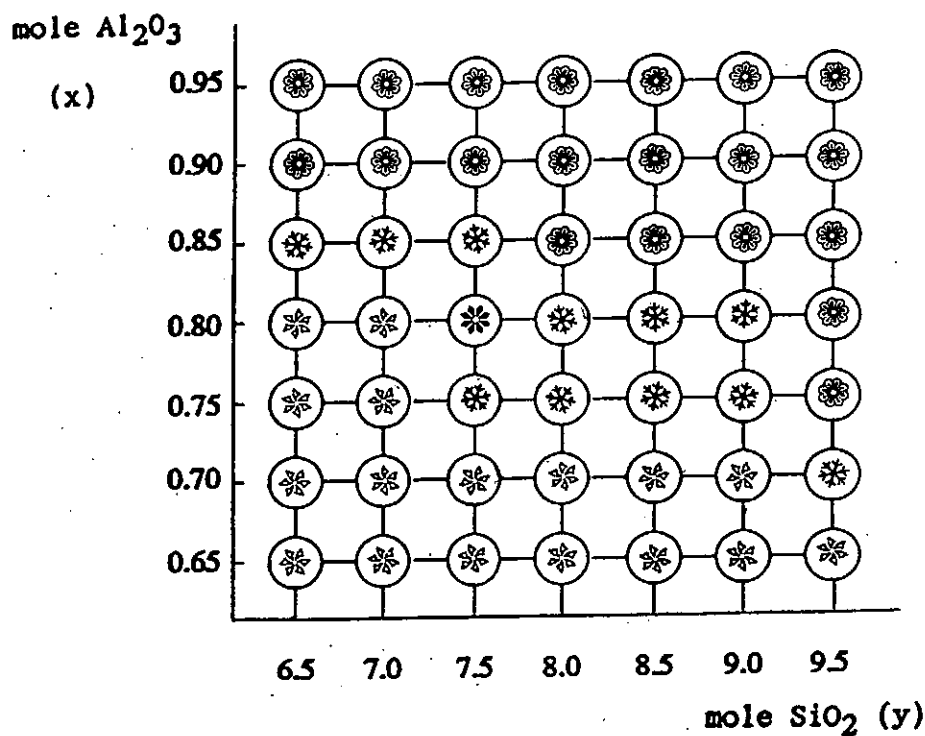
ผลการทดลองตอนที่ 4 เมื่อนำอัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนที่มีการไค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7, 8 และ 9 จากการทดลองตอนที่ 1, 2 และ 3 มากระจายจำนวนโมลของอลูมินาออกไซด์ และซิลิกาออกไซด์ ได้อัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7 จำนวน 81 จุด อัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 8 จำนวน 81 จุด และอัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 9 จำนวน 45 จุด นำมาเผาในระดับอุณหภูมิของไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7, 8 และ 9 ผลการทดลองพบว่า

1. อัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนที่มีการไค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7 มากที่สุดมีจำนวน 5 จุด ซึ่งได้แก่จุดที่ 10, 21, 40, 53 และ 57 ประกอบด้วยจำนวนโมลของอลูมินาออกไซด์ 0.77, 0.78, 0.80, 0.81 และ 0.82 โมล ตามลำดับ ซิลิกาออกไซด์ 7.10, 7.30, 7.40, 7.80 และ 7.30 โมล ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่ามีอัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนจำนวน 40 จุดที่มีการไค้งงอมากกว่ามาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคน อีก 29 จุดที่มีการไค้งงอน้อยกว่ามาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคน ส่วนอีก 7 จุดไม่ไค้งงอ

2. อัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนที่มีการไค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 8 มากที่สุดมีจำนวน 13 จุด ได้แก่จุดที่ 12, 15, 24, 31, 33-37, 52, 77, 80 และ จุดที่ 81 แต่ละจุดประกอบด้วยจำนวนโมลของอลูมินาออกไซด์ 0.77, 0.77, 0.78, 0.79, 0.79, 0.79, 0.79, 0.79, 0.80, 0.81, 0.84, 0.84 และ 0.84 โมล ตามลำดับ ซิลิกาออกไซด์ 8.80, 9.10, 9.10, 8.90, 9.10, 9.20, 9.30, 9.40, 8.60, 9.20, 9.00, 9.30 และ 9.40 ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่ามีอัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนจำนวน 57 จุดที่มีการไค้งงอมากกว่ามาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคน อีก 11 จุดที่มีการไค้งงอน้อยกว่ามาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคน

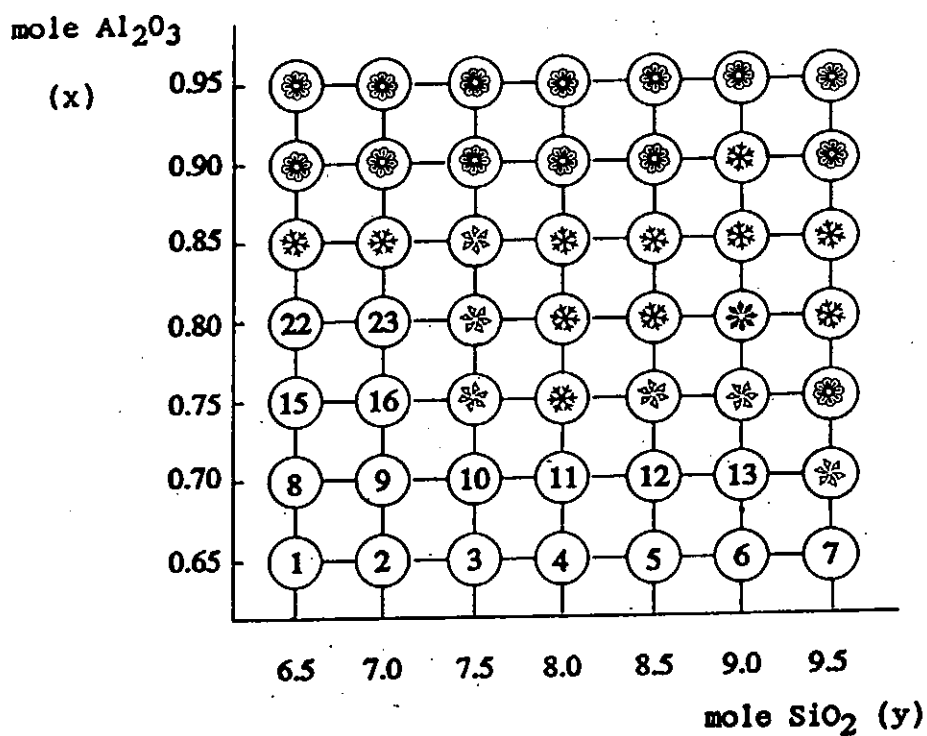
3. อัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนที่มีการไค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 9 มากที่สุดมีจำนวน 2 จุด ซึ่งได้แก่จุดที่ 10 และ 28 ซึ่งประกอบด้วยจำนวนโมลของอลูมินาออกไซด์ 0.92 และ 0.94 โมล ตามลำดับ ซิลิกาออกไซด์ 7.60 และ 7.60 โมล ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่ามีอัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนจำนวน 10 จุด

ที่มีการโค้งงอมากกว่ามาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคน อีก 30 จุดที่มีการโค้งงอน้อยกว่า
มาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคน ส่วนอีกจำนวน 3 จุดไม่โค้งงอ



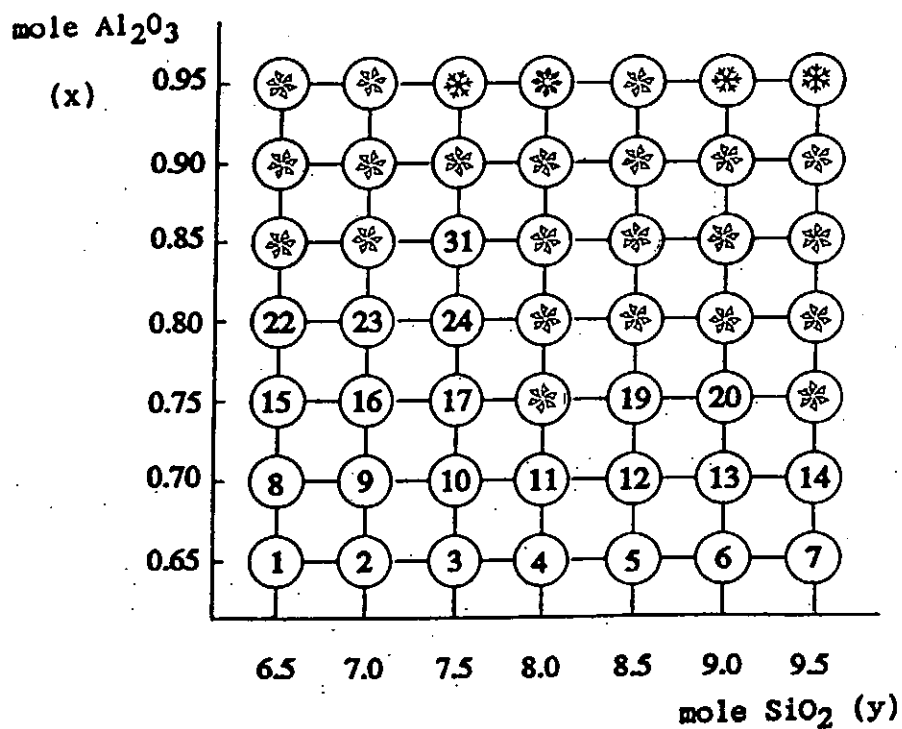
- ⊗ หมายถึง โค้งงอมากกว่ามาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคน
- ⊛ หมายถึง โค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนที่สุด
- ⊙ หมายถึง โค้งงอน้อยกว่ามาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคน
- ⊕ หมายถึง ไม่โค้งงอ

ภาพประกอบ 14 แสดงการโค้งงอของไฟโรเมตริกโคนที่ได้จากการทดลองตอนที่ 1 เมื่อ
เปรียบเทียบกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7 (1,240 องศาเซลเซียส)



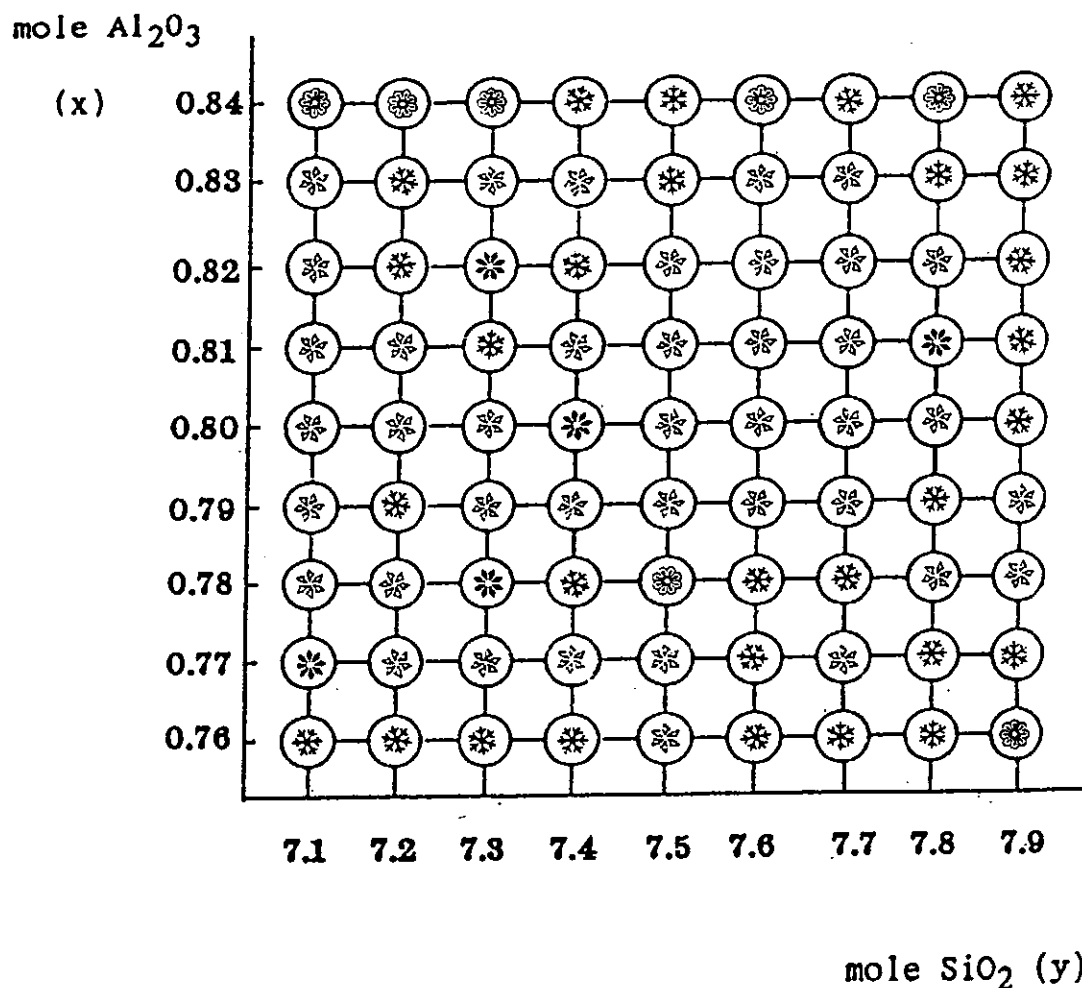
- ⊗ หมายถึง โค้งงอมากกว่ามาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคน
- ✱ หมายถึง โค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนที่สุด
- ⊙ หมายถึง โค้งงอน้อยกว่ามาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคน
- ⊗ หมายถึง ไม่โค้งงอ
- หมายถึง ไม่ใช้ในการทดลอง

ภาพประกอบ 15 แสดงการโค้งงอของไฟโรเมตริกโคนที่ได้จากการทดลองตอนที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 8 (1,263 องศาเซลเซียส)



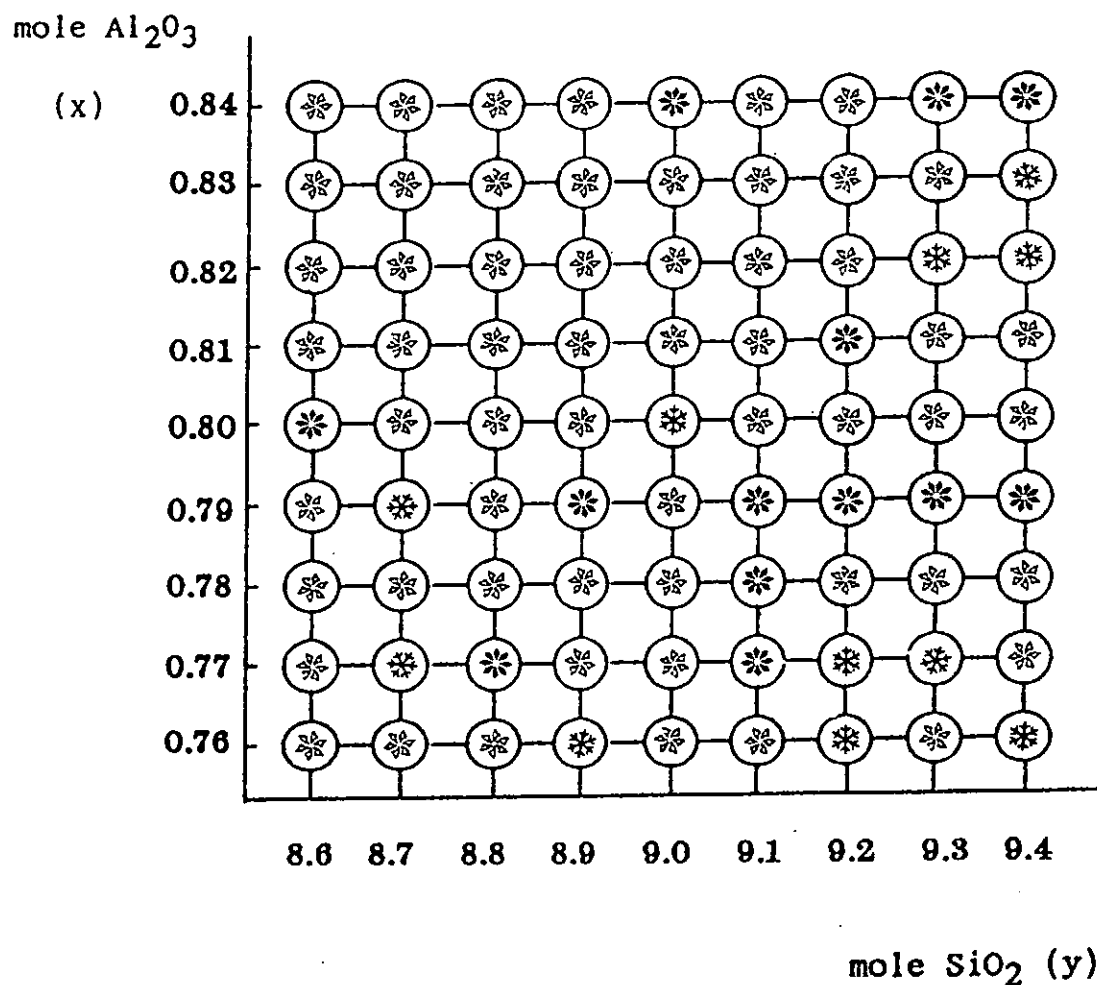
- ⊗ หมายถึง โค้งงอมากกว่ามาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริก โคน
- ✱ หมายถึง โค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริก โคนที่สุด
- ✿ หมายถึง โค้งงอน้อยกว่ามาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริก โคน
- ⊙ หมายถึง ไม่โค้งงอ
- หมายถึง ไม่ใช้ในการทดลอง

ภาพประกอบ 16 แสดงการโค้งงอของไฟโรเมตริก โคนที่ได้จากการทดลองตอนที่ 3 เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริก โคนหมายเลข 9 (1,280 องศาเซลเซียส)



-  หมายถึง ไค้งงมากกว่ามาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคน
-  หมายถึง ไค้งงใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนที่สุด
-  หมายถึง ไค้งงน้อยกว่ามาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคน
-  หมายถึง ไม่ไค้งง

ภาพประกอบ 17 แสดงการไค้งงของไฟโรเมตริกโคนที่ได้จากการทดลองตอนที่ 4 เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7 (1,240 องศาเซลเซียส)

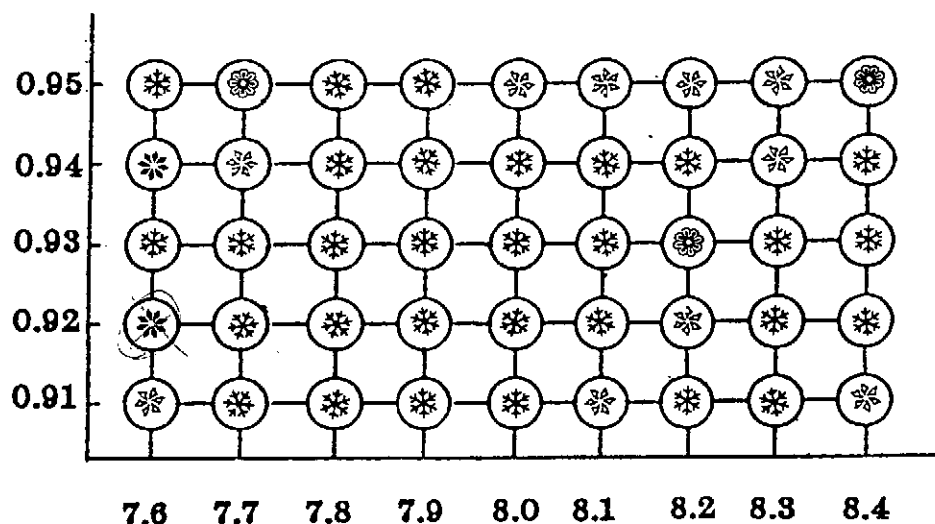


-  หมายถึง โค้งงอมากกว่ามาตรฐานออร์ตันไพโรเมตริกโคน
-  หมายถึง โค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไพโรเมตริกโคนที่สุด
-  หมายถึง โค้งงอน้อยกว่ามาตรฐานออร์ตันไพโรเมตริกโคน
-  หมายถึง ไม่โค้งงอ

ภาพประกอบ 18 แสดงการโค้งงอของไพโรเมตริกโคนที่ได้จากการทดลองตอนที่ 4 เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานออร์ตันไพโรเมตริกโคนหมายเลข 8 (1,263 องศาเซลเซียส)

mole Al_2O_3

(x)

mole SiO_2 (y)

หมายถึง ไค้งงมากกว่ามาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคน



หมายถึง ไค้งงใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนที่สุด



หมายถึง ไค้งงน้อยกว่ามาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคน



หมายถึง ไม่ไค้งง

ภาพประกอบ 19 แสดงการไค้งงของไฟโรเมตริกโคนที่ได้จากการทดลองตอนที่ 4 เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 9 (1,280 องศาเซลเซียส)

อภิปรายผล

จากการทดลองทำไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7 ,8 และ 9 จากวัตถุดิบภายในประเทศโดยการเปรียบเทียบกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคน การอภิปรายผลการทดลองมีดังนี้/

1. เมื่อพิจารณาถึงชนิดและปริมาณของวัตถุดิบที่มีในส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนพบว่า ชนิดและปริมาณของวัตถุดิบมีผลต่อลักษณะการโค้งงอของไฟโรเมตริกโคนหลังเผา ทั้งนี้เพราะวัตถุดิบที่ใช้มีคุณสมบัติหนึ่ง ที่มีผลต่อการโค้งงอของไฟโรเมตริกโคนมากที่สุดคือคุณสมบัติด้านจุดหลอมละลาย หรือจุดสุกตัว เพราะคุณสมบัติของวัตถุดิบประการนี้จะมีผลต่อการโค้งงอของไฟโรเมตริกโคนโดยตรง นั่นคือหากมีวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติลดจุดสุกตัวหรือลดจุดหลอมละลายอยู่ปริมาณมาก จะทำให้ไฟโรเมตริกโคนโค้งงอได้ที่อุณหภูมิต่ำลงหรือที่อุณหภูมิเดียวกันก็จะโค้งงอได้มากกว่า ซึ่งวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติลดจุดสุกตัวที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ได้แก่หินพันม้า และหินปูน ส่วนดินขาวและหินเขียวทูลุมนามีคุณสมบัติในทางตรงกันข้าม คือช่วยเพิ่มจุดหลอมละลายหรือเพิ่มความทนไฟ ดังนั้นหากไฟโรเมตริกโคนอัตราส่วนผสมใดมีส่วนผสมของหินพันม้าและหินปูนปริมาณมากกว่า ก็จะมีแนวโน้มจะเกิดการโค้งงอมากกว่าในอุณหภูมิเดียวกันแต่ถ้ามีดินขาวและหินเขียวทูลุมนามากกว่าก็จะมีแนวโน้มว่าจะเกิดการโค้งงอน้อยกว่าอัตราส่วนผสมอื่นในอุณหภูมิเดียวกัน/ ดังเช่นหากเปรียบเทียบผลการทดลองของอัตราส่วนผสมในแนวนอนเดียวกันของแผนภาพแกน x, y ของการทดลองตอนใดตอนหนึ่งจะพบว่าอัตราส่วนผสมด้านซ้ายมือจะมีการโค้งงอของไฟโรเมตริกโคนมากกว่าอัตราส่วนผสมด้านขวามือ ทั้งนี้เนื่องจากอัตราส่วนผสมจากซ้ายมือไปขวามือจะประกมอบด้วย หินพันม้าและหินปูนปริมาณลดลง ส่วนหินเขียวทูลุมนามีปริมาณเพิ่มขึ้น แม้ดินขาวจะลดลงก็ตาม เช่นเดียวกันหากพิจารณาอัตราส่วนผสมด้านล่างของแผนภาพแกน x, y เปรียบเทียบกับอัตราส่วนผสมด้านบนของแผนภาพแกน x, y ในแนวตั้งเดียวกัน จะพบว่า อัตราส่วนผสมด้านล่างจะมีการโค้งงอของไฟโรเมตริกโคนมากกว่าอัตราส่วนผสมด้านบน ทั้งนี้เนื่องจาก อัตราส่วนผสมจากด้านล่างไปด้านบนนั้นจะมีหินพันม้า และหินปูนปริมาณลดลง ส่วนดินขาวมีปริมาณเพิ่มขึ้น แม้หินเขียวทูลุมนจะลดลงก็ตาม

2. จากการทดลอง อัตราส่วนผสมของ ไพโรเมตริก โคนที่มีการ ไค้งงอใกล้เคียงกับ มาตรฐานออร์ตัน ไพโรเมตริก โคนหมายเลข 7 มากที่สุด มีจำนวน 5 อัตราส่วนผสม ซึ่งแต่ละ อัตราส่วนผสมมีสัดส่วน Al_2O_3 / SiO_2 คือ 1/8.90 , 1/9.22 , 1/9.25 , 1/9.36 และ 1/9.63 ส่วนอัตราส่วนผสมที่มีการ ไค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตัน ไพโรเมตริก โคน หมายเลข 8 มากที่สุดมีจำนวน 13 อัตราส่วนผสม ซึ่งแต่ละอัตราส่วนผสมมีสัดส่วนของ Al_2O_3 / SiO_2 คือ 1/10.71, 1/10.75, 1/11.07, 1/11.19, 1/11.27, 1/11.36, 1/11.43, 1/11.52, 1/11.65, 1/11.67, 1/11.77, 1/11.82 และ 1/11.90 และ อัตราส่วนผสมที่มีการ ไค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตัน ไพโรเมตริก โคนหมายเลข 9 มากที่สุด มีจำนวน 2 อัตราส่วนผสม/แต่ละอัตราส่วนผสมมีสัดส่วนของ Al_2O_3 / SiO_2 คือ 1/8.08 และ 1/8.26

3. จากการทดลอง อัตราส่วนผสมที่มีการ ไค้งงอของ ไพโรเมตริก โคนใกล้เคียงกับ มาตรฐานออร์ตัน ไพโรเมตริก โคนมากที่สุดจากการทดลองตอนที่ 1, 2 และตอนที่ 3/ที่ถูกเลือก มากระจายจำนวนโมลของ Al_2O_3 และ SiO_2 เพื่อใช้ในการทดลองตอนที่ 4 หลังเผาพบว่า อัตราส่วนผสมจากการทดลองตอนที่ 4 ที่มีสัดส่วนของ Al_2O_3 / SiO_2 และมีจำนวนร้อยละ ของวัตถุดิบเท่ากัน มีการ ไค้งงอของ ไพโรเมตริก โคนแตกต่างกัน เช่น จากการทดลองตอนที่ 1 จุดที่ 24 มีการ ไค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตัน ไพโรเมตริก โคนหมายเลข 7 มากที่สุด แต่ ในการทดลองตอนที่ 4 จุดที่ 41 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมเดียวกันกับจุดที่ 24 กลับมีการ ไค้งงอมากกว่ามาตรฐานออร์ตัน ไพโรเมตริก โคนหมายเลข 7 หรือ จากการทดลองตอนที่ 2 จุดที่ 27 มีการ ไค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตัน ไพโรเมตริก โคนหมายเลข 8 มากที่สุด แต่ในการ ทดลองตอนที่ 4 จุดที่ 41 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมเดียวกับจุดที่ 27 มีการ ไค้งงอน้อยกว่ามาตรฐาน ออร์ตัน ไพโรเมตริก โคนหมายเลข 8 เช่นเดียวกันกับจุดที่ 41 ของการทดลองตอนที่ 4 ที่มี อัตราส่วนผสมเดียวกันกับจุดที่ 46 ของการทดลองทดลองตอนที่ 3 แต่มีการ ไค้งงอมากกว่า มาตรฐานออร์ตัน ไพโรเมตริก โคนหมายเลข 9

ผลการทดลองดังกล่าวข้างต้นอาจมีสาเหตุเนื่องมาจาก

3.1 ระยะห่างจากขดลวดความร้อนที่อยู่ผนังด้านในของเตากับ ไพโรเมตริก โคนมี

ความไม่สม่ำเสมอและแตกต่างกัน ซึ่งแม้อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิจะถูกควบคุมให้คงที่ คือ 150 องศาเซลเซียสต่อชั่วโมง การวางตั้งโหนดในการเผาจะถูกจัดวางให้เป็นรูปร่างกลม แต่เนื่องจากการทดลองมีการเผาอัตราส่วนผสมจำนวนมากต่อการเผาหนึ่งครั้ง การจัดวางในเตาเผาจะประกอบด้วยชั้นวางหลายชั้นและแต่ละชั้นมีการวางไฟโรเมตริกโหนดรูปร่างกลมหลายวงที่มีรัศมีความห่างจากขดลวดต่างกัน ดังนั้น อัตราการรับความร้อนของไฟโรเมตริกโหนดแต่ละอันในเตาเผาครั้งเดียวกันอาจมีความแตกต่างกัน หรืออัตราส่วนผสมเดียวกันที่เผาต่างกัน ก็มีโอกาสที่จะได้รับความร้อนในอัตราที่ต่างกัน จึงเป็นสาเหตุของการโค้งงอที่ไม่สม่ำเสมอของไฟโรเมตริกโหนดได้

3.2 การโค้งงอที่ผิดปกติของไฟโรเมตริกโหนดอาจเนื่องมาจากฐานปากของไฟโรเมตริกโหนดที่เกิดการหดตัวและบิดเบี้ยวขณะเผา หรือการหดตัวของฐานปากไฟโรเมตริกโหนดไม่สอดคล้องกับตัวไฟโรเมตริกโหนดก็ได้ (ปริศา พิมพ์ขาว 2535 : 265-267)

3.3 การขึ้นรูปไฟโรเมตริกโหนดในการทดลองใช้วิธีการอัดด้วยแรงคนลงในพิมพ์โลหะ ซึ่งอาจมีผลทำให้ความหนาแน่นของวัตถุดิบในแท่งไฟโรเมตริกโหนดไม่สม่ำเสมอในแท่งเดียวกัน หรือต่างแท่งกันแม้มีอัตราส่วนผสมเดียวกันก็ตาม ซึ่งความหนาแน่นของวัตถุดิบนี้มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาขณะได้รับความร้อน การหลอมและการโค้งงอของไฟโรเมตริกโหนดที่ไม่สม่ำเสมอ

ข้อ เสนอแนะจากการวิจัย

จากข้อค้นพบที่ได้จะเป็นประโยชน์ต่อสถานศึกษาและสถานประกอบการเซรามิกส์ นอกจากนี้อีกข้อค้นพบสามารถใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับผู้ประกอบการและผู้สนใจที่ต้องการนำไปพัฒนาใช้ ทั้งนี้ข้อค้นพบนี้จะเป็นประโยชน์อย่างเต็มที่เมื่อมีการทดสอบซ้ำในอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมกับการใช้งาน ทั้งนี้เนื่องจากวัตถุดิบที่แตกต่างกัน เครื่องมือ อุปกรณ์ที่แตกต่างกันอาจทำให้ผลการทดลองแตกต่างกันได้

/ ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในโอกาสต่อไป

1. ควรทดลองโดยใช้วัตถุดิบภายในประเทศแหล่งอื่น ๆ เพื่อให้ได้ไฟโรเมตริกโคนจากวัตถุดิบภายในประเทศที่มีคุณสมบัติดีและเหมาะสมที่สุด
2. การทดลองในโอกาสต่อไปควรใช้เตาประเภทที่มีฐานหมุนได้รอบตัวเพื่อที่จะทำให้ไฟโรเมตริกโคนได้รับความร้อนทั่วถึง
3. ควรทดสอบอัตราเร่งเฉลี่ยของการเผาที่แตกต่างกับการทดลองครั้งนี้ เพื่อที่จะได้เปรียบข้อมูลใหม่เพิ่ม

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กษมา ขันทราช. เกลือสีแดงเหล็กสำหรับผลิตภัณฑ์สโตนแวร์. วิทยานิพนธ์ วท.ม. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2531. ถ่ายเอกสาร.
- โกมล รักษ์วงศ์. วัตถุดิบที่ใช้ในงานเครื่องปั้นดินเผาและเนื้อดินปั้น. ภาควิชาเครื่องปั้นดินเผา คณะอุตสาหกรรมศึกษา วิทยาลัยครูพระนคร, 2531.
- จุมพล คีนตัก และคนอื่น ๆ . " ดิน," เอกสารเศรษฐกิจธรณีวิทยา. กองเศรษฐกิจธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี. (19) : 4; 2521.
- เซอร์นิกอินเตอร์เนชันแนล, บริษัท. เอกสารเสนอราคาสินค้า. สิงหาคม 2538.
- ทวี พรหมพฤกษ์. เครื่องเคลือบดินเผาเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์, 2523.
- . เตาและการเผา. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : จงเจริญการพิมพ์, 2525.
- นิมิตร ศรีปรารักษ์. เคมีของน้ำเคลือบทองแดงอุณหภูมิคำ. วิทยานิพนธ์ วท.ม. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2530. ถ่ายเอกสาร.
- ปริศนา พิมพ์ขาวชา. เซรามิกส์. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.
- พิทักษ์ หาญจวนิช. " เฟลสปาร์ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์, " ข่าวสารการธรณี. 6(26) : 80-88; มิถุนายน 2524.
- ไพจิตร อังศิริวัฒน์. รวมสูตรเคลือบเซรามิกส์. กรุงเทพฯ : โอ.เอส. พรินต์ติ้งเฮาส์, 3537.
- วิทยาศาสตร์บริการ, กรม. รายงานการตรวจวิเคราะห์ ทดสอบดินขาว. ลงวันที่ 20 มกราคม 2531.
- ศิริชัย โพธิ์ตาณะ. " สถานภาพอุตสาหกรรมเซรามิกส์กับการส่งออกของประเทศไทย," ผู้ส่งออก. 2(43) : 54; พฤษภาคม 2532.
- สุจิตร์ พิตรากุล. แหล่งแร่และแร่ในอุตสาหกรรม. ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2528. อัดสำเนา.

สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. น้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ :

ไทยวัฒนาพานิช, 2534.

สุรินทร์ออมย่า เคมิคอล (ประเทศไทย), บริษัท. เอกสารข้อมูลทางเทคนิค ผลวิเคราะห์

และคุณสมบัติต่างๆ ของแคลเซียมคาร์บอเนต. ลงวันที่ 20 มิถุนายน 2537.

ทรัพยากรธรณีเขต 3 เชียงใหม่, สำนักงาน . ดินขาวและดินเหนียวค่าสำหรับอุตสาหกรรม

ภาคเหนือ. กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม, 2529.

อุตสาหกรรม, กระทรวง. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีทดสอบวัสดุทนไฟ. มอก.

558 เล่ม 3-2528.

อุบลศรี ชัยนาม และเขาวลัษณ์ นิสสก. คุณลักษณะของแร่ตามมาตรฐานการใช้งานและ

มาตรฐานการซื้อขายในตลาดแร่. กรุงเทพฯ : ชมรมสหกรณ์การเกษตรแห่ง

ประเทศไทย, 2526.

อุบลศรี ทรวงทอง. การศึกษาเคลือบโครเมียมสีแดง สำหรับผลิตภัณฑ์สโตนแวร์โดยใช้

วัตถุดิบในภาคเหนือของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ วท.ม. เชียงใหม่ :

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2531. ถ่ายเอกสาร.

Ceramics Engineering. Nagoya International Training Center,

Japan International Cooperation Agency, n.d.

The Properties and Uses of Pyrometric Cones. Columbus,

Ohio : Orton Standard Pyrometric Cones, 1965.

Fournier, Robert. Illustrated Dictionary of Practical Pottery.

New York : Van Nostrand Rienhold Company, 1973.

Hamer, Frank and Janet. The Potter's Dictionary of Materials and

Techniques. 2 nd ed. London: A C Black (Publishers) Ltd, 1986.

Singer, Felix and Sonja S. Singer. Industrial Ceramics. London :

Champan and Hall Ltd. 1963.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

อัตราส่วนผสมของ ไพรเมมริก โคนที่ใช้ในการทดลองชุดที่ 2

การทดลองชุดที่ 2 เป็นการทดลองที่ได้เลือกจากการทดลองชุดที่ 1 ซึ่งเป็นจุดที่ดีที่สุดของไฟโรเมตริกโคน หมายเลข 7,8 และ 9 ในระดับอุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส ตามลำดับ มากระจายตามพื้นที่ของแกน x และแกน y ที่จะคำนวณหาอัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคน การทดลองชุดที่ 2 ซึ่งจะให้ช่วงห่างแต่ละช่วงในแกน x และแกน y ให้มีค่าต่างกันเพียง 0.01 ไมล บนแกน x และห่าง 0.01 ไมล บนแกน y จะใช้อัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7 จำนวน 81 อัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 8 จำนวน 81 อัตราส่วนผสม และของไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 9 จำนวน 45 อัตราส่วนผสมตามภาพประกอบ 20, 21 และ 22 อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่ได้จากการคำนวณจะมีค่าเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก ซึ่งแต่ละจุดจะมีอัตราส่วนผสมตามตาราง 19,20 และ 21 จากผลการทดลองของชุดที่ 1 ตอนที่ 1 ในระดับอุณหภูมิของไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7 จากผลการทดลองชุดที่ 24 เป็นจุดที่ดีที่สุดของไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7 นั่นคือไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 24 มีการโค้งงอในลักษณะ ใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7 ที่สุด นำอัตราส่วนผสมในจุดที่ 24 มากระจายตามทฤษฎีเซเกอร์ เป็นดังนี้

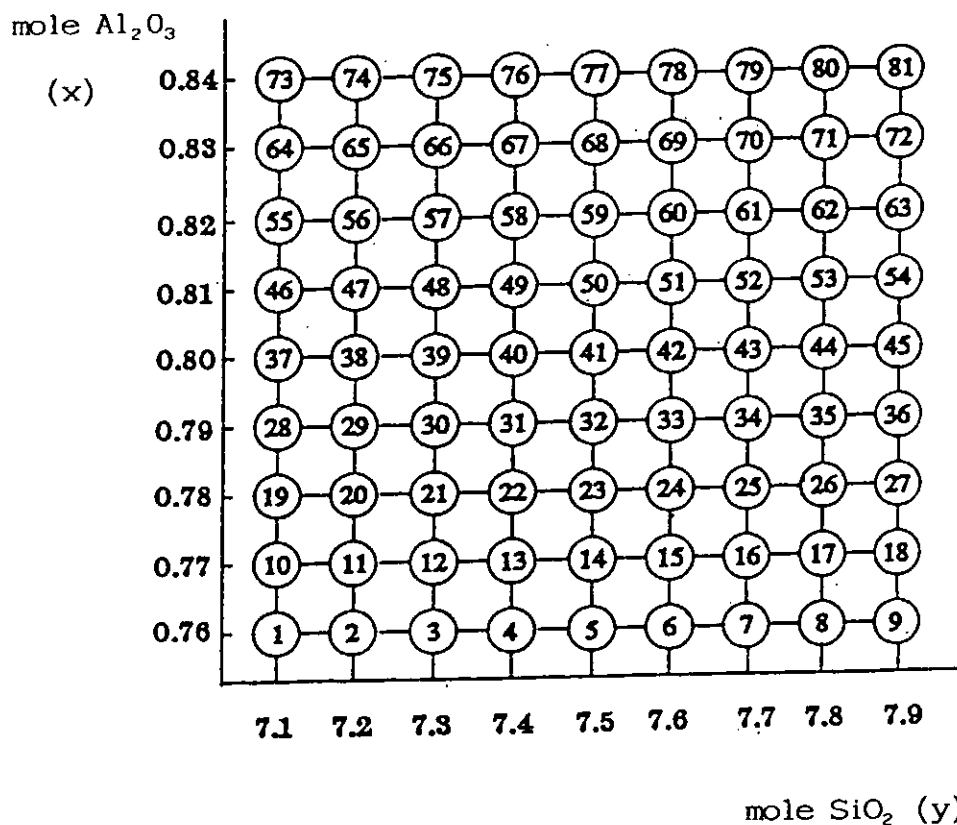
0.30 K_2O .x Al_2O_3 .y SiO_2

0.70 CaO

โดยมี Al_2O_3 อยู่ระหว่าง 0.76 – 0.84 ไมล

SiO_2 อยู่ระหว่าง 7.10 – 7.90 ไมล

แต่ละจุดอ่านจำนวนไมลของอลูมินาออกไซด์ตามภาพประกอบ 20 และแต่ละจุดจะมีอัตราส่วนผสมตามตาราง 16



ภาพประกอบ 20 แสดงตำแหน่งสูตรส่วนผสมของไพโรเมตริกโคนจุดที่ 24 จำนวน 81 จุด

ตาราง 16 อัตราส่วนผสมของไพโรเมตริกโคนที่คำนวณได้จากภาพประกอบ 20

จุดที่	Al_2O_3 (x)	SiO_2 (y)	สัดส่วน $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$	หินพื้นม้า ร้อยละ	หินปูน ร้อยละ	ดินขาว ร้อยละ	หินเขียวทนมาน ร้อยละ
1	0.76	7.10	1/9.34	26.98	11.32	19.18	42.52
2	0.76	7.20	1/9.47	26.72	11.21	18.99	43.07
3	0.76	7.30	1/9.60	26.47	11.10	18.81	43.62
4	0.76	7.40	1/9.74	26.22	11.00	18.63	44.15
5	0.76	7.50	1/9.87	25.97	10.90	18.46	44.67

ตาราง 16 (ต่อ)

จุดที่	Al_2O_3 (x)	SiO_2 (y)	สัดส่วน Al_2O_3/SiO_2	หินพื้นม้า ร้อยละ	หินปูน ร้อยละ	ดินขาว ร้อยละ	หินเขียวทนมาน ร้อยละ
6	0.76	7.60	1/10	25.73	10.79	18.29	45.18
7	0.76	7.70	1/10.13	25.50	10.70	18.12	45.68
8	0.76	7.80	1/10.26	25.26	10.60	17.96	46.18
9	0.76	7.90	1/10.39	25.04	10.50	17.79	46.66
10	0.77	7.10	1/9.22	26.92	11.29	19.55	42.23
11	0.77	7.20	1/9.35	26.66	11.18	19.36	42.79
12	0.77	7.30	1/9.48	26.41	11.08	19.18	43.33
13	0.77	7.40	1/9.61	26.16	10.98	19.00	43.86
14	0.77	7.50	1/9.74	25.92	10.87	18.82	44.39
15	0.77	7.60	1/9.87	25.68	10.77	18.65	44.90
16	0.77	7.70	1/10	25.44	10.67	18.48	45.41
17	0.77	7.80	1/10.13	25.21	10.58	18.13	45.90
18	0.77	7.90	1/10.26	24.99	10.48	18.14	46.39
19	0.78	7.10	1/9.10	26.86	11.27	19.92	41.95
20	0.78	7.20	1/9.23	26.61	11.16	19.73	42.50
21	0.78	7.30	1/9.36	26.35	11.05	19.54	43.05
22	0.78	7.40	1/9.49	26.11	10.95	19.36	43.58
23	0.78	7.50	1/9.61	25.86	10.85	19.18	44.11
24	0.78	7.60	1/9.74	25.62	10.75	19.00	44.62
25	0.78	7.70	1/9.87	25.39	10.65	18.83	45.13

ตาราง 16 (ต่อ)

จุดที่	Al_2O_3 (x)	SiO_2 (y)	สัดส่วน Al_2O_3/SiO_2	หินพื้นผ้า ร้อยละ	หินปูน ร้อยละ	ดินขาว ร้อยละ	หินเขียวทนนาน ร้อยละ
26	0.78	7.80	1/10	25.16	10.55	18.66	45.63
27	0.78	7.90	1/10.13	24.94	10.46	18.49	46.11
28	0.79	7.10	1/8.99	26.80	11.24	20.29	41.66
29	0.79	7.20	1/9.11	26.55	11.14	20.21	42.22
30	0.79	7.30	1/9.24	26.30	11.03	19.91	42.76
31	0.79	7.40	1/9.37	26.05	10.93	19.72	43.30
32	0.79	7.50	1/9.49	25.80	10.83	19.54	43.83
33	0.79	7.60	1/9.62	25.57	10.73	19.39	44.34
34	0.79	7.70	1/9.758	25.34	10.63	19.18	44.85
35	0.79	7.80	1/9.87	25.11	10.53	19.01	45.35
36	0.79	7.90	1/10	24.88	10.44	18.88	45.84
37	0.80	7.10	1/8.87	26.74	11.22	20.66	41.38
38	0.80	7.20	1/9	26.49	11.11	20.46	41.93
39	0.80	7.30	1/9.12	26.24	11.01	20.27	42.48
40	0.80	7.40	1/9.25	25.99	10.90	20.08	43.02
41	0.80	7.50	1/9.37	25.75	10.80	19.90	43.55
42	0.80	7.60	1/9.5	25.52	10.70	19.71	44.07
43	0.80	7.70	1/9.62	25.28	10.61	19.53	44.58
44	0.80	7.80	1/9.75	25.06	10.51	19.36	45.08
45	0.80	7.90	1/9.87	24.83	10.42	19.18	45.57

ตาราง 16 (ต่อ)

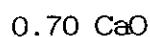
จุดที่	Al_2O_3 (x)	SiO_2 (y)	สัดส่วน Al_2O_3/SiO_2	หินพื้น ร้อยละ	หินปูน ร้อยละ	ดินขาว ร้อยละ	หินเขียวทน ร้อยละ
46	0.81	7.10	1/8.76	26.69	11.19	21.03	41.09
47	0.81	7.20	1/8.89	26.43	11.09	20.83	41.65
48	0.81	7.30	1/9.01	26.18	10.98	20.63	42.20
49	0.81	7.40	1/9.14	25.94	10.88	20.44	42.74
50	0.81	7.50	1/9.26	25.70	10.78	20.25	43.27
51	0.81	7.60	1/9.38	25.46	10.68	20.07	43.79
52	0.81	7.70	1/9.51	25.23	10.58	19.88	44.30
*53	0.81	7.80	1/9.63	25.00	10.49	19.70	44.80
54	0.81	7.90	1/9.75	24.78	10.40	19.53	45.29
55	0.82	7.10	1/8.66	26.63	11.17	21.39	40.81
56	0.82	7.20	1/8.78	26.37	11.06	21.19	41.37
*57	0.82	7.30	1/8.90	26.13	10.96	20.99	41.92
58	0.82	7.40	1/9.02	25.88	10.86	20.80	42.46
59	0.82	7.50	1/9.15	25.64	10.76	20.60	43.00
60	0.82	7.60	1/9.27	25.41	10.66	20.42	43.51
61	0.82	7.70	1/9.39	25.18	10.56	20.23	44.93
62	0.82	7.80	1/9.51	24.95	10.47	20.24	44.53
63	0.82	7.90	1/9.63	24.73	10.37	19.87	45.02
64	0.83	7.10	1/8.55	26.57	11.14	21.76	40.53
65	0.83	7.20	1/8.67	26.32	11.04	21.55	41.09

ตาราง 16 (ต่อ)

จุดที่	Al_2O_3 (x)	SiO_2 (y)	สัดส่วน Al_2O_3/SiO_2	หินพื้นม้า ร้อยละ	หินปูน ร้อยละ	ดินขาว ร้อยละ	หินเขียวทึบ ร้อยละ
66	0.83	7.30	1/8.79	26.07	10.94	21.35	41.64
67	0.83	7.40	1/8.92	25.83	10.83	21.15	42.19
68	0.83	7.50	1/9.04	25.60	10.73	20.95	42.72
69	0.83	7.60	1/9.16	25.36	10.64	20.76	43.24
70	0.83	7.70	1/9.28	25.13	10.54	20.58	43.75
71	0.83	7.80	1/9.40	24.90	10.45	20.39	44.26
72	0.83	7.90	1/9.52	24.68	10.35	20.21	44.75
73	0.84	7.10	1/8.45	26.51	11.12	22.12	40.25
74	0.84	7.20	1/8.57	26.26	11.01	21.91	40.82
75	0.84	7.30	1/8.69	26.01	10.91	21.70	41.37
76	0.84	7.40	1/8.81	25.77	10.81	21.50	41.91
77	0.84	7.50	1/8.93	25.54	10.71	21.31	42.44
78	0.84	7.60	1/9.05	25.30	10.61	21.11	42.97
79	0.84	7.70	1/9.17	25.08	10.52	20.92	43.48
80	0.84	7.80	1/9.29	24.85	10.42	20.73	43.99
81	0.84	7.90	1/9.40	24.63	10.33	20.55	44.49

จากผลการทดลองของชุดที่ 1 ตอนที่ 2 ในระดับอุณหภูมิของไพโรเมตริกไคโนหมายเลข 8 จากผลการทดลองจุดที่ 27 เป็นจุดที่ดีที่สุดของไพโรเมตริกไคโนหมายเลข 8 นั่นคือไพโร

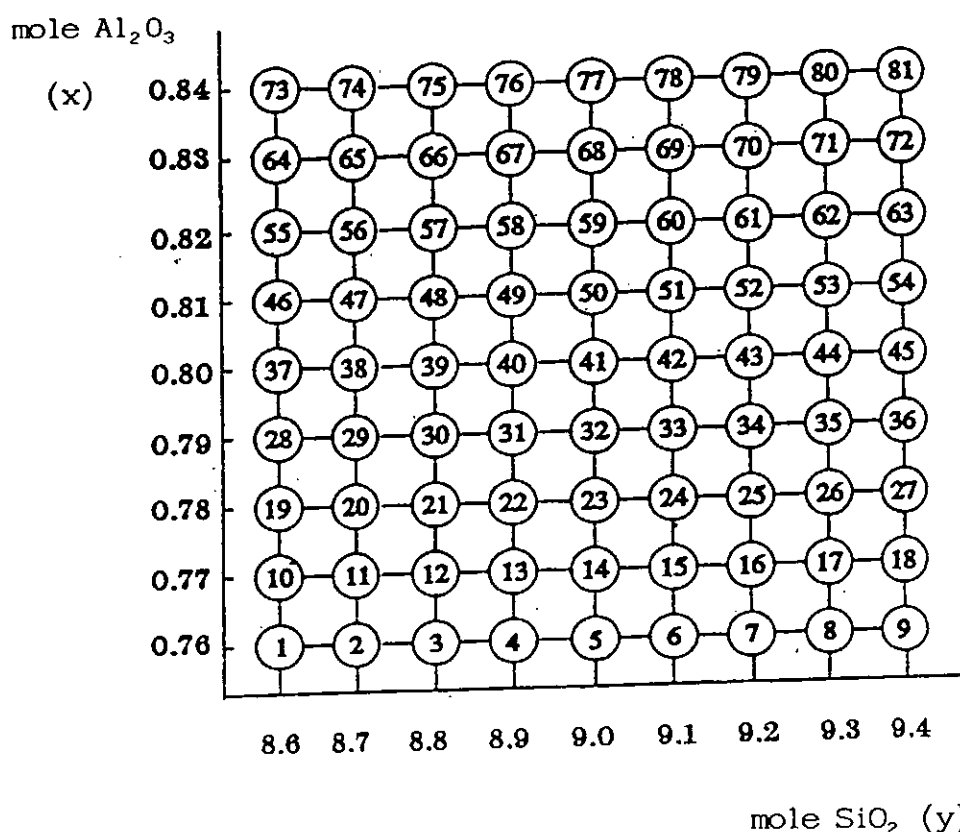
ไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 27 มีการโค้งงอในลักษณะใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 8 ที่สุด นำอัตราส่วนผสมในจุดที่ 27 มากระจายตามทฤษฎีเซเกอร์เป็นดังนี้



โดยมี Al_2O_3 อยู่ระหว่าง 0.76–0.84 โมล

SiO_2 อยู่ระหว่าง 8.60–9.40 โมล

แต่ละจุดอ่านจำนวนโมลของอลูมินาออกไซด์และซิลิกาออกไซด์ตามภาพประกอบ 21 และแต่ละจุดจะมีอัตราส่วนผสมตามตาราง 17



ภาพประกอบ 21 แสดงตำแหน่งสูตรส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนจุดที่ 27 จำนวน 81 จุด

ตาราง 17 อัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนที่คำนวณได้จากภาพประกอบ 21

จุดที่	Al_2O_3 (x)	SiO_2 (y)	สัดส่วน $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$	หินพื้นม้า ร้อยละ	หินปูน ร้อยละ	ดินขาว ร้อยละ	หินเขียวทนมาน ร้อยละ
1	0.76	8.60	1/11.32	23.55	9.88	16.74	49.93
2	0.76	8.70	1/11.45	23.35	9.80	16.60	50.25
3	0.76	8.80	1/11.58	23.16	9.71	16.47	50.66
4	0.76	8.90	1/11.71	22.97	9.64	16.32	51.07
5	0.76	9.00	1/11.82	22.78	9.56	16.19	51.47
6	0.76	9.10	1/11.97	22.60	9.48	16.06	51.86
7	0.76	9.20	1/12.10	22.41	9.40	15.93	52.25
8	0.76	9.30	1/12.24	22.23	9.33	15.80	52.64
9	0.76	9.40	1/12.37	22.06	9.25	15.68	53.01
10	0.77	8.60	1/11.17	23.51	9.86	17.07	49.56
11	0.77	8.70	1/11.30	23.31	9.87	16.93	49.98
12	0.77	8.80	1/11.43	23.12	9.70	16.77	50.40
13	0.77	8.90	1/11.56	22.93	9.62	16.65	50.80
14	0.77	9.00	1/11.69	22.74	9.54	16.51	51.21
15	0.77	9.10	1/11.82	22.55	9.46	16.38	51.61
16	0.77	9.20	1/11.95	22.37	9.38	16.25	52.00
17	0.77	9.30	1/12.08	22.19	9.31	16.12	52.38
18	0.77	9.40	1/12.21	22.01	9.24	15.99	52.76
19	0.78	8.60	1/11.03	23.46	9.84	17.40	49.30
20	0.78	8.70	1/11.15	23.20	9.73	17.20	49.57

ตาราง 17 (ต่อ)

จุดที่	Al_2O_3 (x)	SiO_2 (y)	สัดส่วน $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$	หินพื้นผ้า ร้อยละ	หินปูน ร้อยละ	ดินขาว ร้อยละ	หินเขียวทมูมาน ร้อยละ
21	0.78	8.80	1/11.28	23.07	9.68	17.11	50.14
22	0.78	8.90	1/11.41	22.88	9.60	16.97	50.55
23	0.78	9.00	1/11.54	22.70	9.52	16.83	50.95
*24	0.78	9.10	1/11.67	22.51	9.44	16.69	51.35
25	0.78	9.20	1/11.79	22.33	9.37	16.56	51.74
26	0.78	9.30	1/11.92	22.15	9.29	16.43	52.13
27	0.78	9.40	1/12.05	21.80	9.21	16.29	52.50
28	0.79	9.60	1/10.89	23.42	9.82	17.73	49.03
29	0.79	8.70	1/11.01	23.22	9.74	17.58	49.46
30	0.79	8.80	1/11.14	23.03	9.66	17.43	49.88
*31	0.79	8.90	1/11.27	22.84	9.58	17.29	50.29
*32	0.79	9.00	1/11.39	22.65	9.50	17.15	50.70
*33	0.79	9.10	1/11.52	22.47	9.43	17.01	51.09
*34	0.79	9.20	1/11.65	22.29	9.35	16.87	51.49
*35	0.79	9.30	1/11.77	22.11	9.28	16.74	51.87
*36	0.79	9.40	1/11.90	21.94	9.20	16.61	52.25
*37	0.80	8.60	1/10.75	23.37	9.80	18.06	48.77
38	0.80	8.70	1/10.87	23.18	9.72	17.90	49.20
39	0.80	8.80	1/11	22.99	9.64	17.76	49.61
40	0.80	8.90	1/11.12	22.80	9.56	17.61	50.03

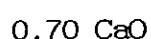
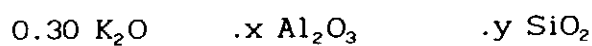
ตาราง 17 (ต่อ)

จุดที่	Al_2O_3 (x)	SiO_2 (y)	สัดส่วน $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$	หินพื้นผ้า ร้อยละ	หินปูน ร้อยละ	ดินขาว ร้อยละ	หินเขียวทนมาน ร้อยละ
41	0.80	9.00	1/11.25	22.61	9.48	17.48	50.43
42	0.80	9.10	1/11.37	22.43	9.41	17.33	50.83
43	0.80	9.20	1/11.50	22.25	9.33	17.19	51.23
44	0.80	9.30	1/11.62	22.07	9.26	17.05	51.62
45	0.80	9.40	1/11.75	21.90	9.19	16.92	51.99
46	0.81	8.60	1/10.62	23.33	9.78	18.38	48.51
47	0.81	8.70	1/10.74	23.13	9.70	18.23	48.94
48	0.81	8.80	1/10.86	22.94	9.62	18.08	49.36
49	0.81	8.90	1/10.99	22.75	9.54	17.93	49.77
50	0.81	9.00	1/11.11	22.57	9.47	17.78	50.18
51	0.81	9.10	1/11.23	22.39	9.39	17.64	50.58
52	0.81	9.20	1/11.36	22.21	9.32	17.50	50.97
53	0.81	9.30	1/11.48	22.03	9.24	17.36	51.37
54	0.81	9.40	1/11.60	21.86	9.17	17.22	51.75
55	0.82	8.60	1/10.49	23.28	9.77	18.70	48.25
56	0.82	8.70	1/10.61	23.09	9.68	18.55	48.68
57	0.82	8.80	1/10.73	22.90	9.60	18.40	49.10
58	0.82	8.90	1/10.85	22.71	9.53	18.24	49.52
59	0.82	9.00	1/10.98	22.53	9.45	18.10	49.92
60	0.82	9.10	1/10.10	22.35	9.37	17.95	50.33
61	0.82	9.20	1/11.21	22.17	9.30	17.81	50.72

ตาราง 17 (ต่อ)

จุดที่	Al_2O_3 (x)	SiO_2 (y)	สัดส่วน Al_2O_3/SiO_2	หินพื้นผ้า ร้อยละ	หินปูน ร้อยละ	ดินขาว ร้อยละ	หินเขียวทงม่าน ร้อยละ
62	0.82	9.30	1/11.34	21.99	9.23	17.67	51.11
63	0.82	9.40	1/11.46	21.82	9.15	17.53	51.50
64	0.83	8.60	1/10.36	23.24	9.75	19.03	47.98
65	0.83	8.70	1/10.48	23.04	9.67	18.87	48.42
66	0.83	8.80	1/10.60	22.85	9.59	18.72	48.84
67	0.83	8.90	1/10.72	22.67	9.51	18.56	49.26
68	0.83	9.00	1/10.84	22.48	9.43	18.41	49.67
69	0.83	9.10	1/10.96	22.30	9.36	18.26	50.07
70	0.83	9.20	1/11.08	22.13	9.28	18.12	50.47
71	0.83	9.30	1/11.20	21.95	9.21	17.98	50.86
72	0.83	9.40	1/11.32	21.60	9.10	17.77	51.04
73	0.84	8.60	1/10.24	23.19	9.73	19.35	47.73
74	0.84	8.70	1/10.36	23.00	9.65	19.19	48.16
75	0.84	8.80	1/10.48	22.81	9.57	19.03	48.59
76	0.84	8.90	1/10.59	22.63	9.49	18.88	49.00
77	0.84	9.00	1/10.71	22.44	9.41	18.73	49.42
78	0.84	9.10	1/10.83	22.26	9.34	18.58	49.82
79	0.84	9.20	1/10.95	22.09	9.26	18.43	50.22
80	0.84	9.30	1/11.07	21.91	9.19	18.28	50.61
81	0.84	9.40	1/11.19	21.74	9.12	18.14	51.00

จากผลการทดลองของชุดที่ 1 ตอนที่ 3 ในระดับอุณหภูมิของไพโรเมตริกโค่นหมายเลข 9 จากผลการทดลองชุดที่ 46 เป็นจุดที่ดีที่สุดของไพโรเมตริกโค่นหมายเลข 9 นั่นคือไพโรเมตริกโค่นหมายเลข 46 มีการโค้งงอในลักษณะ ไกล่เคียงกับมาตรฐานออร์ตันไพโรเมตริกโค่นหมายเลข 9 ที่สุด นำอัตราส่วนผสมในจุดที่ 46 มากระจายตามทฤษฎีเซเกอร์ เป็นดังนี้



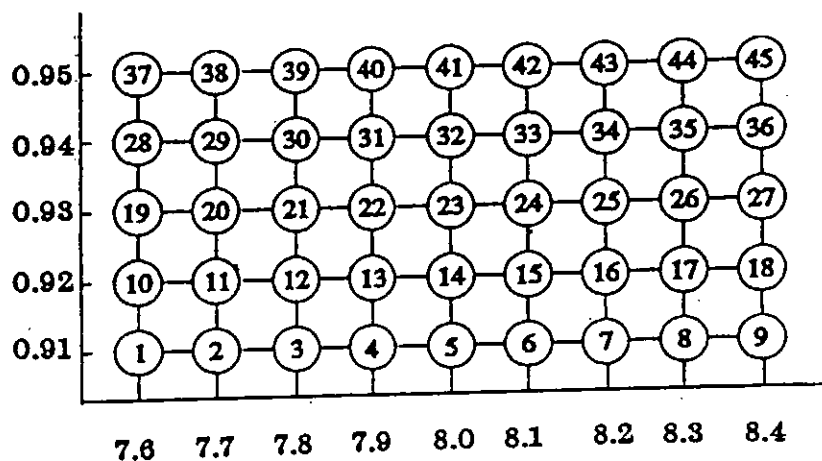
โดยมี Al_2O_3 อยู่ระหว่าง 0.91–0.95 โมล

SiO_2 อยู่ระหว่าง 7.60–8.40 โมล

แต่ละจุดอ่านจำนวนโมลของอลูมินาออกไซด์และซิลิกาออกไซด์ ตามภาพประกอบ 22 และแต่ละจุดจะมีอัตราส่วนผสมตามตาราง 18

mole Al_2O_3

(x)



mole SiO_2 (y)

ภาพประกอบ 22 แสดงตำแหน่งสูตรส่วนผสมของไพโรเมตริกโค่นจุดที่ 46 จำนวน 45 จุด

ตาราง 18 อัตราส่วนผสมของไฟโรเมตริกโคนที่คำนวณได้จากภาพประกอบ 22

จุดที่	Al_2O_3 (x)	SiO_2 (y)	สัดส่วน $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$	หินฟลักซ์ ร้อยละ	หินปูน ร้อยละ	ดินขาว ร้อยละ	หินเขียวทึบ ร้อยละ
1	0.91	7.60	1/8.35	24.94	10.46	23.51	41.09
2	0.91	7.70	1/8.46	24.72	10.36	23.30	41.61
3	0.91	7.80	1/8.57	24.50	10.28	23.09	42.13
4	0.91	7.90	1/8.68	24.28	10.19	22.89	42.64
5	0.91	8.00	1/8.79	24.07	10.10	22.69	43.14
6	0.91	8.10	1/8.90	23.87	10.01	22.50	43.62
7	0.91	8.20	1/9.01	23.66	9.93	22.30	44.10
8	0.91	8.30	1/9.12	23.46	9.84	22.12	44.58
9	0.91	8.40	1/9.23	23.27	9.76	21.93	45.04
10	0.92	7.60	1/8.26	24.89	10.44	23.84	40.83
11	0.92	7.70	1/8.37	24.67	10.35	23.63	41.35
12	0.92	7.80	1/8.48	24.45	10.26	23.42	41.87
13	0.92	7.90	1/8.59	24.24	10.17	23.22	42.37
14	0.92	8.00	1/8.70	24.03	10.07	23.02	41.58
15	0.92	8.10	1/8.80	23.82	9.99	22.82	43.37
16	0.92	8.20	1/8.91	23.62	9.91	22.62	43.85
17	0.92	8.30	1/9.02	23.42	9.82	22.43	44.32
18	0.92	8.40	1/9.13	23.22	9.74	22.25	44.79
19	0.93	7.60	1/8.17	24.84	10.42	24.17	40.57
20	0.93	7.70	1/8.28	24.62	10.33	23.96	41.09

ตาราง 18 (ต่อ)

จุดที่	Al_2O_3 (x)	SiO_2 (y)	สัดส่วน Al_2O_3/SiO_2	หินพื้นผ้า ร้อยละ	หินปูน ร้อยละ	ดินขาว ร้อยละ	หินเขี้ยวหนูมาน ร้อยละ
21	0.93	7.80	1/8.39	24.40	10.24	23.75	41.61
22	0.93	7.90	1/8.49	24.19	10.15	23.54	42.12
23	0.93	8.00	1/8.60	23.98	10.06	23.34	42.62
24	0.93	8.10	1/8.71	23.77	9.97	23.14	43.11
25	0.93	8.20	1/8.82	23.57	9.89	22.95	43.59
26	0.93	8.30	1/8.92	23.37	9.80	22.75	44.07
27	0.93	8.40	1/9.03	23.18	9.72	22.56	44.53
28	0.94	7.60	1/8.08	24.78	10.40	24.51	40.31
29	0.94	7.70	1/8.19	24.57	10.31	24.29	40.83
30	0.94	7.80	1/8.30	24.36	10.21	24.08	41.35
31	0.94	7.90	1/8.40	24.14	10.13	23.87	41.86
32	0.94	8.00	1/8.51	23.93	10.04	23.67	42.36
33	0.94	8.10	1/8.62	23.73	9.95	23.46	42.86
34	0.94	8.20	1/8.72	23.53	9.87	23.26	43.34
35	0.94	8.30	1/8.83	23.33	9.79	23.07	43.81
36	0.94	8.40	1/8.94	23.13	9.71	22.88	44.28
37	0.95	7.60	1/8	24.73	10.38	24.84	40.05
38	0.95	7.70	1/8.10	24.52	10.28	24.62	40.58
39	0.95	7.80	1/8.21	24.30	10.19	24.41	41.10
40	0.95	7.90	1/8.31	24.09	10.11	24.19	41.61

ตาราง 18 (ต่อ)

จุดที่	Al_2O_3 (x)	SiO_2 (y)	สัดส่วน $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$	หินพื้นม้า ร้อยละ	หินปูน ร้อยละ	ดินขาว ร้อยละ	หินเขียวทนมาน ร้อยละ
41	0.95	8.00	1/8.42	23.88	10.02	24.00	42.10
42	0.95	8.10	1/8.53	23.68	9.93	23.78	42.60
43	0.95	8.20	1/8.63	23.48	9.85	23.58	43.09
44	0.95	8.30	1/8.74	23.28	9.77	23.39	43.56
45	0.95	8.40	1/8.84	23.09	9.69	23.19	44.03

ส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้เป็นอัตราส่วนผสมในการทำไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 7 (1,240 องศาเซลเซียส) ที่มีการโค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์ไฟโรเมตริกโคน มีดังนี้

อัตราส่วนผสมที่ 1 (จุดที่ 10)

หินพื้นม้า ร้อยละ 26.92

หินปูน ร้อยละ 11.29

ดินขาว ร้อยละ 19.55

หินเขียวทนมาน ร้อยละ 42.23

อัตราส่วนผสมที่ 2 (จุดที่ 21)

หินพื้นม้า ร้อยละ 26.35

หินปูน ร้อยละ 11.05

ดินขาว ร้อยละ 19.54

หินเขียวทนมาน ร้อยละ 43.05

อัตราส่วนผสมที่ 3 (จุดที่ 40)

หินพื้นม้า	ร้อยละ	25.99
หินปูน	ร้อยละ	10.90
ดินขาว	ร้อยละ	20.08
หินเขียวทนมาน	ร้อยละ	43.02

อัตราส่วนผสมที่ 4 (จุดที่ 53)

หินพื้นม้า	ร้อยละ	25.00
หินปูน	ร้อยละ	10.49
ดินขาว	ร้อยละ	19.70
หินเขียวทนมาน	ร้อยละ	44.80

อัตราส่วนผสมที่ 5 (จุดที่ 57)

หินพื้นม้า	ร้อยละ	26.13
หินปูน	ร้อยละ	10.96
ดินขาว	ร้อยละ	20.99
หินเขียวทนมาน	ร้อยละ	41.92

ส่วนผสมของวัสดุดิบที่ใช้เป็นอัตราส่วนผสมในการทำไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 8 (1,263 องค์าเซลเซียส) ที่มีการโค้งงอใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์โไฟโรเมตริกโคน มีดังนี้

อัตราส่วนผสมที่ 1 (จุดที่ 12)

หินพื้นม้า	ร้อยละ	23.12
หินปูน	ร้อยละ	9.70
ดินขาว	ร้อยละ	16.77
หินเขียวทนมาน	ร้อยละ	50.04

อัตราส่วนผสมที่ 2 (จุดที่ 15)

หินพื้นม้า ร้อยละ 22.55

หินปูน ร้อยละ 9.46

ดินขาว ร้อยละ 16.38

หินเขียวทนมาน ร้อยละ 51.61

อัตราส่วนผสมที่ 3 (จุดที่ 24)

หินพื้นม้า ร้อยละ 22.51

หินปูน ร้อยละ 9.44

ดินขาว ร้อยละ 16.69

หินเขียวทนมาน ร้อยละ 51.35

อัตราส่วนผสมที่ 4 (จุดที่ 31)

หินพื้นม้า ร้อยละ 22.84

หินปูน ร้อยละ 9.58

ดินขาว ร้อยละ 17.29

หินเขียวทนมาน ร้อยละ 50.29

อัตราส่วนผสมที่ 5 (จุดที่ 33)

หินพื้นม้า ร้อยละ 22.47

หินปูน ร้อยละ 9.43

ดินขาว ร้อยละ 17.01

หินเขียวทนมาน ร้อยละ 51.09

อัตราส่วนผสมที่ 6 (จุดที่ 34)

หินพื้นม้า ร้อยละ 22.29

หินปูน ร้อยละ 9.35

ดินขาว ร้อยละ 16.87

หินเขียวทนมาน ร้อยละ 51.49

อัตราส่วนผสมที่ 7 (จุดที่ 35)

หินพัมผ้ำ ร้อยละ 22.11

หินปูน ร้อยละ 9.28

ดินขาว ร้อยละ 16.74

หินเขียวทนมาน ร้อยละ 51.87

อัตราส่วนผสมที่ 8 (จุดที่ 36)

หินพัมผ้ำ ร้อยละ 21.94

หินปูน ร้อยละ 9.20

ดินขาว ร้อยละ 16.61

หินเขียวทนมาน ร้อยละ 52.25

อัตราส่วนผสมที่ 9 (จุดที่ 37)

หินพัมผ้ำ ร้อยละ 23.37

หินปูน ร้อยละ 9.80

ดินขาว ร้อยละ 18.06

หินเขียวทนมาน ร้อยละ 48.77

อัตราส่วนผสมที่ 10 (จุดที่ 52)

หินพัมผ้ำ ร้อยละ 22.21

หินปูน ร้อยละ 9.32

ดินขาว ร้อยละ 17.50

หินเขียวทนมาน ร้อยละ 50.97

อัตราส่วนผสมที่ 11 (จุดที่ 77)

หินพัมผ้ำ ร้อยละ 22.44

หินปูน ร้อยละ 9.41

ดินขาว ร้อยละ 18.73

หินเขียวทนมาน ร้อยละ 49.42

อัตราส่วนผสมที่ 12 (จุดที่ 80)

หินพื้นม้า	ร้อยละ 21.91
หินปูน	ร้อยละ 9.19
ดินขาว	ร้อยละ 18.28
หินเฌียวทนมาน	ร้อยละ 50.61

อัตราส่วนผสมที่ 13 (จุดที่ 81)

หินพื้นม้า	ร้อยละ 21.74
หินปูน	ร้อยละ 9.12
ดินขาว	ร้อยละ 18.14
หินเฌียวทนมาน	ร้อยละ 51.00

ส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้เป็นอัตราส่วนผสมในการทำไฟโรเมตริกโคนหมายเลข 9 (1,280 องศาเซลเซียส) ที่มีคาร์ไบด์สูงใกล้เคียงกับมาตรฐานออร์โไฟโรเมตริกโคน มีดังนี้

อัตราส่วนผสมที่ 1 (จุดที่ 10)

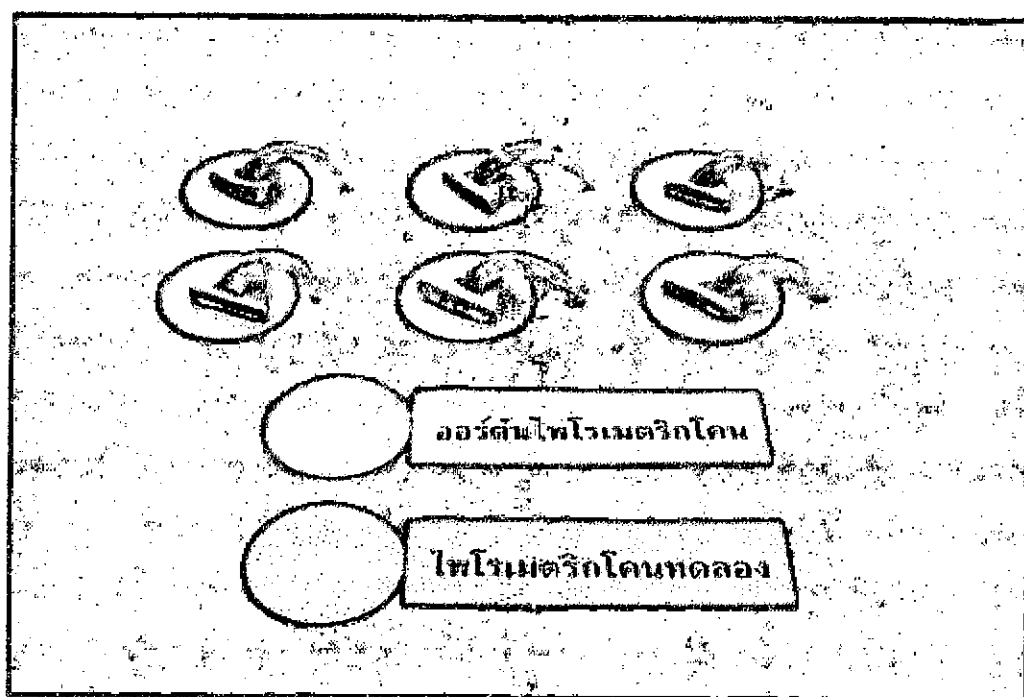
หินพื้นม้า	ร้อยละ 24.89
หินปูน	ร้อยละ 10.44
ดินขาว	ร้อยละ 23.84
หินเฌียวทนมาน	ร้อยละ 40.83

อัตราส่วนผสมที่ 2 (จุดที่ 28)

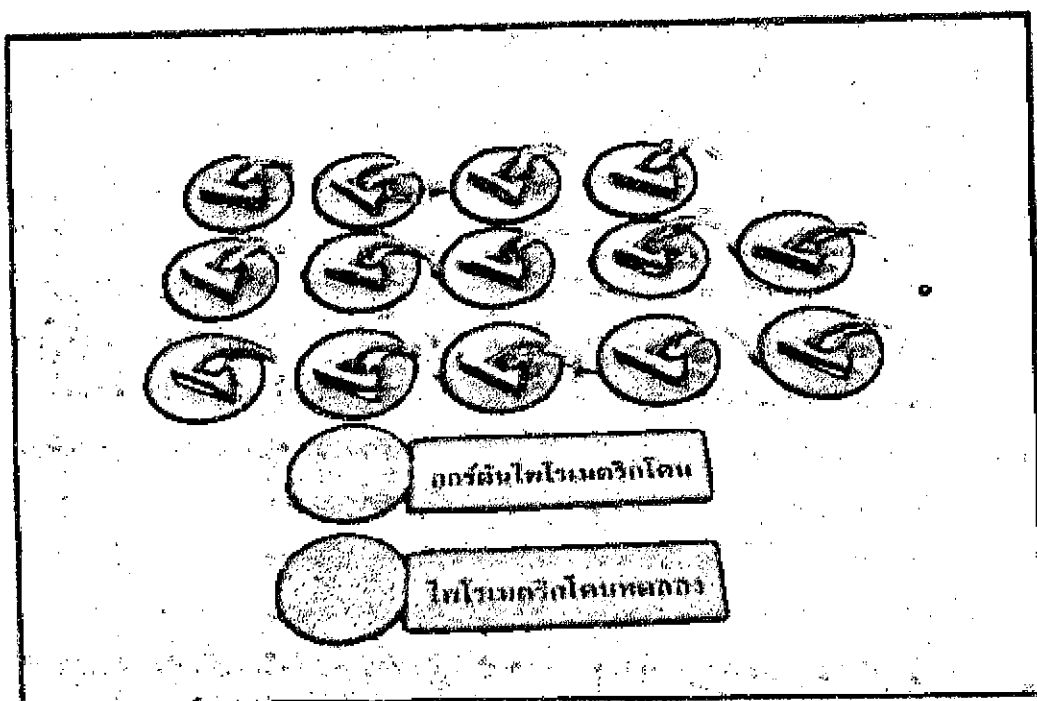
หินพื้นม้า	ร้อยละ 24.78
หินปูน	ร้อยละ 10.40
ดินขาว	ร้อยละ 24.51
หินเฌียวทนมาน	ร้อยละ 40.31

ภาคผนวก ข

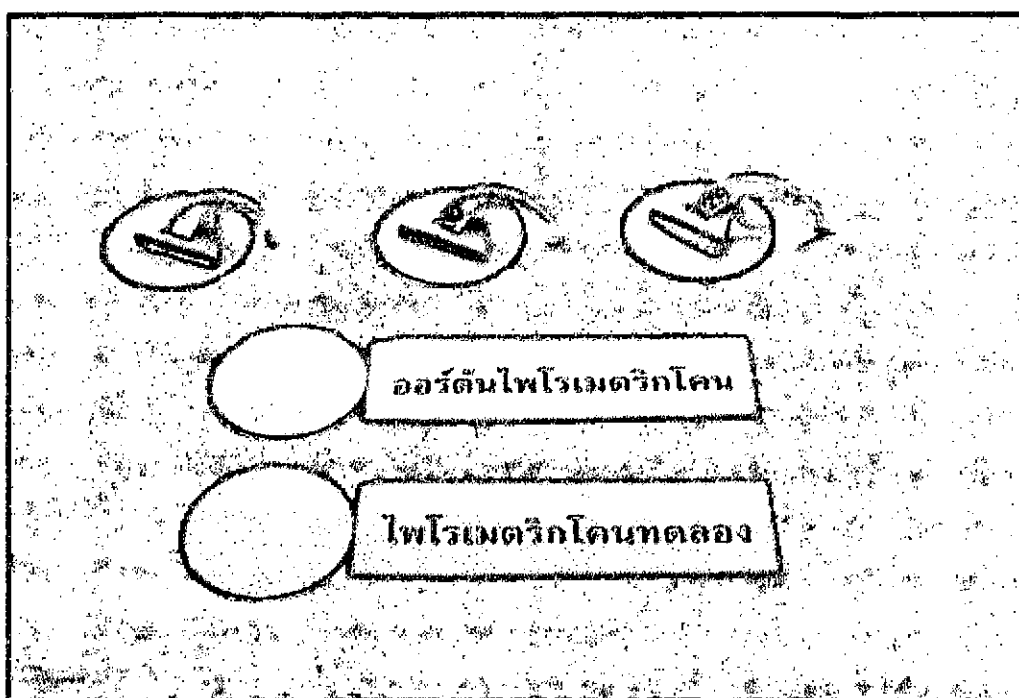
ภาพไฟโร มตริก โคนจากการทดลอง



ภาพประกอบ 23 แสดงการโค้งงอหลังการเผาของไพโรเมตริกโคน หมายเลข 7
โดยเปรียบเทียบกับมาตรฐานออร์ตันไพโรเมตริกโคน



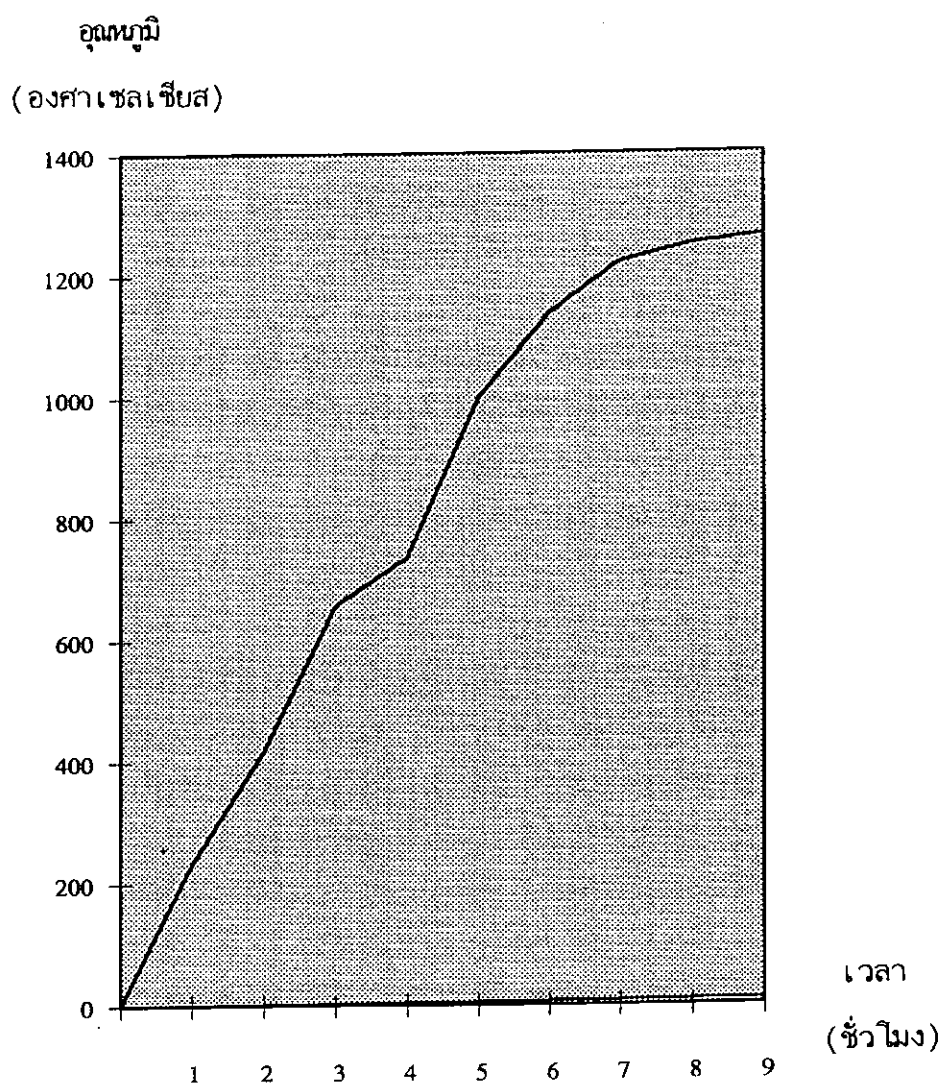
ภาพประกอบ 24 แสดงการโค้งงอหลังการเผาของไฟโรเมตริกโคน หมายเลข 8
โดยเปรียบเทียบกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคน



ภาพประกอบ 25 แสดงการโค้งงอหลังการเผาของไฟโรเมตริกโคน หมายเลข 9
โดยเปรียบเทียบกับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกโคน

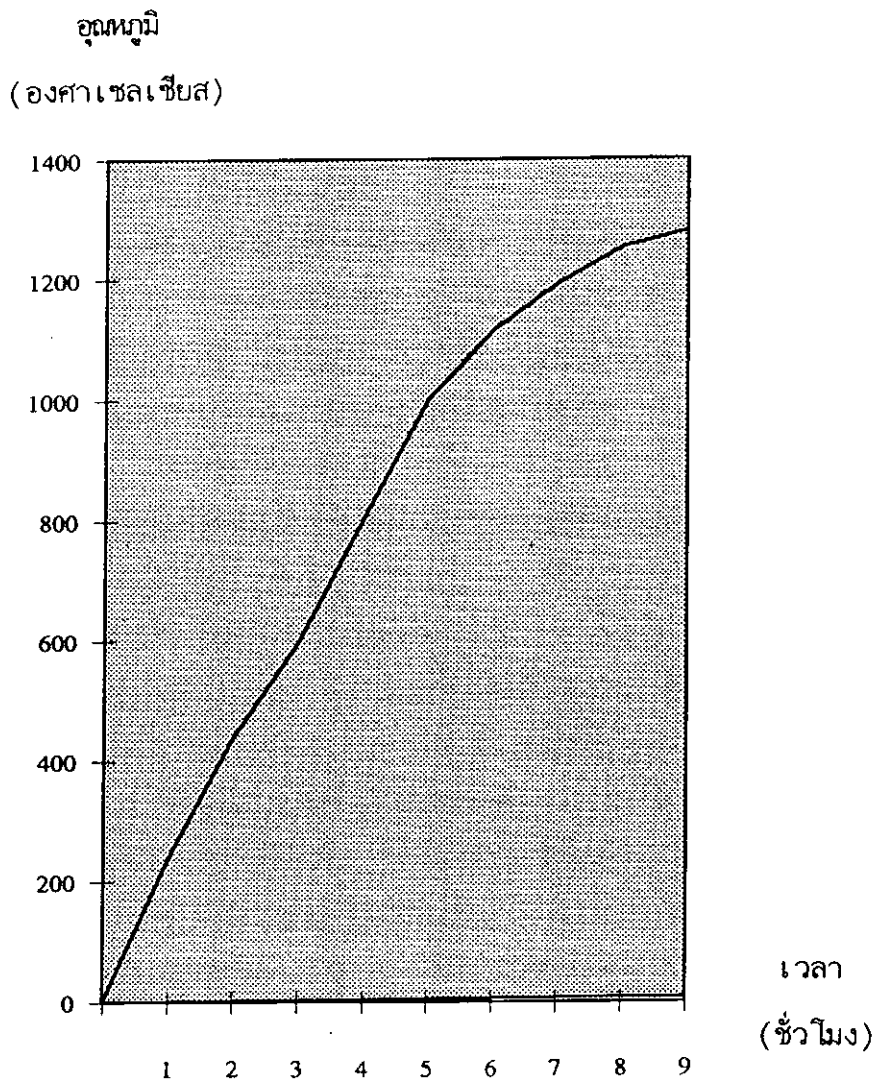
ภาคผนวก ค

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผา



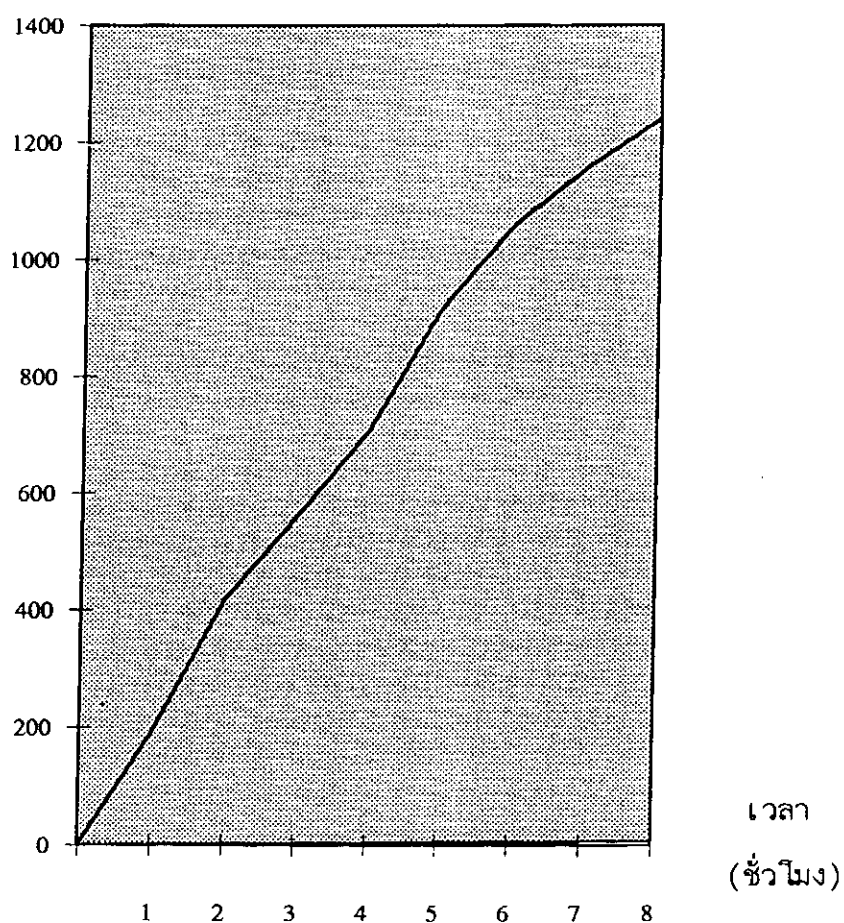
ภาพประกอบ 26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและ เวลาที่ใช้ในการเผา

ไพโรเมตริกโคน หมายเลข 7



ภาพประกอบ 27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผา
ไพโรเมตริกโคน หมายเลข 8

อุณหภูมิ
(องศาเซลเซียส)



ภาพประกอบ 28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผา

ไพโรเมตริกโคน หมายเลข 9

ภาคผนวก ง

ตารางแสดงระดับอุณหภูมิของไฟโร มคริกโคน

Orton pyrometric cones
(The Edward Orton Jr Ceramic Foundation, Westerville, Ohio)

Cone no.	Large cones; squalling temperatures when heated at:				Large cones; squalling temperatures when heated at:			
	60°C/hr	108°F/hr	150°C/hr	270°F/hr	Cone no.	60°C/hr	108°F/hr	150°C/hr
022	576°	1069°	586°	1086°	04	1050	1922	1060
021	602	1116	614	1137	03	1086	1987	1101
020	625	1157	635	1175	02	1101	2014	1120
019	668	1234	683	1261	01	1117	2043	1137
018	696	1285	717	1323	1	1136	2077	1154
017	727	1341	747	1377	2	1142	2088	1162
016	764	1407	792	1458	3	1152	2106	1168
015	790	1454	804	1479	4	1168	2134	1186
014	834	1533	838	1540	5	1177	2151	1196
013	836°	1537°	861°	1582°	6	1201	2194	1222
012	856°	1573°	872°	1602°	7	1215	2219	1240
011	872°	1602°	883°	1621°	8	1236	2257	1263
010	880°	1616°	890°	1634°	9	1260	2300	1280
09	915	1679	923	1693	10	1285	2345	1305
08	945	1733	955	1751	11	1294	2361	1315
07	973	1783	984	1803	12	1306	2383	1326
06	991	1816	999	1830	13	1321	2410	1346
05	1031	1888	1046	1915	14	1388	2530	1366

1 The temperature equivalents shown for the large cones may be used as a guideline for determining deformation temperatures of self-supporting cones. However the self-supporting cones may deform at approximately 2°C higher than the large cones depending on the mounting height of the large cones.

2 *These temperatures are approximate. They were not determined at the National Bureau of Standards.

ตาราง 19 ระดับอุณหภูมิของออร์ตัน ไพโรเมตริก โคน

Harrison pyrometric cones
(Potterycrafts Ltd, Stoke-on-Trent, England)

Cone no.	Squating temperatures when heated at 150°C/hr (270° F/hr)		Cone no.	Squating temperatures when heated at 150°C/hr (270° F/hr)	
	°C	°F		°C	°F
018	720	1328	04C	1090	1994
017	770	1418	04D	1100	2012
016	795	1463	03	1115	2039
015	805	1481	02	1125	2057
014	830	1526	01	1145	2093
013	860	1580	1	1160	2120
012	885	1625	2	1165	2129
010	910	1670	3	1170	2138
09	930	1706	4	1190	2174
08	950	1742	5	1205	2201
07	990	1814	6	1230	2246
06	1015	1859	7	1250	2282
05	1040	1904	8	1260	2300
04	1060	1940	9	1285	2345
04A	1070	1958	10	1305	2381
04B	1080	1976	11	1325	2417

ตาราง 21 ระดับอุณหภูมิของแฮร์ริสันไฟโร เมตริก โคน

ภาคผนวก จ

หนังสือขอความอนุเคราะห์

ที่ ทม 1007/ ๒๖๖



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๑ มกราคม ๒๕๓๙

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์

เรียน อธิการบดีสถาบันราชภัฏลำปาง

บัณฑิตวิทยาลัย ขอรับรองว่า นายวชิรเสก บินโรคาอะ เป็นนิสิตระดับปริญญาโท
วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

นิสิตผู้มีความประสงค์จะมาติดต่อขอความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เพื่อทำปริญญานิพนธ์
เรื่อง การทดลองทำไฟโรเมตริกคอนหมายเลข 7.8 และ 9 จากวัตถุดิบในประเทศโดยเปรียบเทียบ
กับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกคอน

ทั้งนี้อยู่ในความควบคุมดูแลของ

ผศ.โกล รักษ์วงศ์

ประธาน

ดร.ละเอียด รักษ์เผ่า

กรรมการ

อ.เพ็ญสิทธิ์ โพธิ์จินดา

กรรมการ

สิ่งที่นิสิตขอความอนุเคราะห์ คือ ขอใช้ห้องปฏิบัติการเซรามิกส์ของสถาบันราชภัฏลำปาง ในการทดลอง
ทำไฟโรเมตริกคอนหมายเลข 7.8 และ 9 ในระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ - มีนาคม ๒๕๓๙ เพื่อการทำ
ปริญญานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะกรุณาให้ความร่วมมือในครั้งนี้ และขอขอบคุณในความ
ช่วยเหลืออนุเคราะห์ใด ๆ ที่ท่านจะโปรดให้แก่นิสิตผู้นี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นางสาวศิริกษา พูลสุวรรณ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ปฏิบัติราชการแทนอธิการบดี

บัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 2584119



ที่ ทม 1007/ 0644

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๑ มกราคม 2539

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์

เรียน อธิการบดีสถาบันราชภัฏพระนคร

บัณฑิตวิทยาลัย ขอรับรองว่า นายแหวีเลียส ปันธดาโอะ เป็นนิสิตระดับปริญญาโท
วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

นิสิตผู้นี้มีความประสงค์จะมาติดต่อขอความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เพื่อทำปริญญานิพนธ์
เรื่อง การทดลองทำไฟโรเมตริกคอนหมายเลข 7,8 และ 9 จากวัตถุดิบในประเทศโดยเปรียบเทียบ
กับมาตรฐานออร์ตันไฟโรเมตริกคอน

ทั้งนี้อยู่บนความควบคุมดูแลของ

ศส.โกมล รักษ์วงศ์

ประธาน

ดร.ละเอียด รักษ์เผ่า

กรรมการ

อ.เพ็ญสิทธิ์ โพธิ์จินดา

กรรมการ

สิ่งที่นิสิตฯขอความอนุเคราะห์ คือ ขอใช้ห้องปฏิบัติการเซรามิกส์ ในระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ - มีนาคม
2539 เพื่อเป็นข้อมูลทดลองงานวิจัยในการทำปริญญานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะกรุณาให้ความร่วมมือในครั้งนี้ และขอขอบคุณในความ
ช่วยเหลืออนุเคราะห์ใด ๆ ที่ท่านจะโปรดฯให้แก่ นิสิตผู้นี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นางสาวศิริยุภา พูลสุวรรณ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ปฏิบัติราชการแทนอธิการบดี

บัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 2584119

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ นายแวฮ์เลียส ชื่อสกุล บินไซดาโอ๊ะ
 เกิดวันที่ 25 เดือนมิถุนายน พุทธศักราช 2503
 สถานที่เกิด ตำบลอาเนาะรู อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี
 ที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 54 ถนนยะกัง 1 อำเภอเมือง
 จังหวัดนราธิวาส 96000

ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน อาจารย์ 1 ระดับ 4
 สถานที่ทำงานปัจจุบัน ภาควิชาหัตถศึกษาและอุตสาหกรรมศิลป์
 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
 สถาบันราชภัฏลำปาง
 อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52100

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2521	มัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนนราธิวาส
พ.ศ. 2524	ประกาศนียบัตรวิชาการศึกษาชั้นสูง จากวิทยาลัยครูยะลา
พ.ศ. 2528	ครุศาสตรบัณฑิต สาขาเครื่องปั้นดินเผา จากวิทยาลัยครู พระนคร กรุงเทพมหานคร
พ.ศ. 2540	การศึกษามหาบัณฑิต เอกอุตสาหกรรมศึกษา จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร