รหัสโครงการ SUT 7-708-43-12-42

รายงานการวิจัย

การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัสมาใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิก

The Study of Using Eucalyptus Wood Ash in Ceramic Industry

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ
อาจารย์สุธรรม ศรีหล่มสัก
สาขาวิชาวิศวกรรมเซรามิก
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ผู้ร่วมวิจัย
รศ. ดร. จรัสศรี ลอประยูร อ.ดร. วีระยุทธ์ ลอประยูร
อ. สุขเกษม กังวานตระกูล อ. ศิริรัตน์ รัตนจันทร์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2543
ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

พฤษภาคม 2543

กิตติกรรมประกาศ

ในการดำเนินการวิจัยเรื่อง "การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำขี้เถ้ายูคาลิปตัสมาใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิก" นี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2543

ผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณต่อมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่เห็นความสำคัญและให้โอกาสในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

งานวิจัยครั้งนี้ สำเร็จลงได้ด้วยดีด้วยความร่วมมือและสนับสนุนจากหลายฝ่ายดังนี้

1) รองศาสตราจารย์ ดร.จรัสศรี ลอประยูร รองคณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ และอาจารย์ ดร.วีระยุทธ ลอประยูร หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมเซรามิก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีให้คำแนะนำและสนับสนุน ตลอดจนให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยตลอดมา

2) ศาสตราจารย์ ดร.นันทกร บุญเกิด ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา และรองศาสตราจารย์ ดร.ทวิช จิตรสมบูรณ์ หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ให้การสนับสนุนด้วยดีทำให้งานวิจัยดำเนินได้ โดยสะดวกรวดเร็วตามเป้าหมาย

3) อาจารย์พิศ ป้อมสินทรัพย์ ร้านดินเผา ต.ด่านเกวียน อ.โชคชัย จ.นครราชสีมา ให้ความอนุเคราะห์วัตถุดิบ สถานที่ เครื่องมือและ เตาเผาของโรงงาน ตลอดจนให้คำปรึกษาแนวทางในการดำเนินการวิจัย

4) บริษัทธรรมค้ำจุนจำกัด อ.กุมภวาปี จ.อุดรธานี ให้ไม้ยูคาฯ เพื่อลองเผาเก็บเปอร์เซ็นต์ขี้เถ้า

5) คุณวัสยามน สิงห์คะ คุณวิศิษศักดิ์ อินทรผกาวงศ์ คุณรัตนากร ถาวร คุณอุทัย ธรรมสา และคุณจุไลลักษณ์ ชาญชรา นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมเซรามิก สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ช่วยทำการทดลอง เก็บข้อมูล วิเคราะห์ผล และทำรายงาน

6) คณะเจ้าหน้าที่หน่วยพิมพ์ดีดกลาง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ช่วยพิมพ์รายงานวิจัยอย่างรวดเร็วทันใจ

7) คณะเจ้าหน้าที่ศูนย์เครื่องมือฯ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ช่วยทดสอบชิ้นตัวอย่างให้อย่างรวดเร็ว และช่วยจัดหาสิ่งของและเครื่องมือที่ต้องใช้ในงานวิจัยเป็นอย่างดี

8) คุณกรรณิกา ประเสริฐสังข์ คุณปราณี สิทธิคุณ และคุณคุรยา ชาติเงี้ยว ช่วยงานธุรการอย่างรวดเร็ว ทำให้งานวิจัยดำเนินไปได้ สำเร็จตามเวลาที่กำหนด

ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและใคร่ขอแสดงความขอบคุณต่อสถาบันและบุคคลที่กล่าวมาข้างต้น ที่มีส่วนสนับสนุนให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

อาจารย์สุธรรม ศรีหล่มสัก

(หัวหน้าโครงการวิจัย)

พฤษภาคม 2543

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่องนี้มีจุดประสงค์เพื่อนำขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัสมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมเซรามิก โดยเน้นการวิจัยไปที่ การนำไปทำเคลือบสำหรับผลิตภัณฑ์ด่านเกวียน

ทำการวิจัยโดยนำขี้เถ้าไป calcine แล้ววิเคราะห์องค์ประกอบเคมี จากนั้นนำไปผสมกับวัตถุดิบชนิดอื่นเพื่อให้ได้สูตรผสมเป็นเคลือบตามสูตรจากหนังสืออ้างอิง แล้วได้ผสมเคลือบทั้งหมด 311 สูตร ก่อนนำไปเคลือบบนชิ้นตัวอย่างที่ทำขึ้นจากดินด่านเกวียน แล้วคัดเลือกมาเพียง 28 สูตร นำไปเคลือบบนถ้วยแล้วนำไปเผาในเตาฟืนที่ด่านเกวียน

ผลการทดลองสรุปได้ว่า สามารถนำขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัสมาผสมกับวัตถุดิบชนิดอื่นใช้ทำเคลือบของผลิตภัณฑ์ด่านเกวียนได้

หัวข้อเรื่อง **หน้า**

บทที่ 4 วิเคราะห์ผล
ส่วนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัส.. 67
ส่วนที่ 2 เคลือบบนชิ้นตัวอย่าง.. 69
ส่วนที่ 3 เคลือบบนถ้วยตัวอย่าง.. 69
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 81
บรรณานุกรม 82
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก 84
ภาคผนวก ข 87
ภาคผนวก ค 95
ภาคผนวก ง 107
ประวัติผู้วิจัย 109

สารบัญตาราง

ตารางที่ | หน้า

I แสดงองค์ประกอบและสัดส่วนผสมของเคลือบสูตรใหญ่ที่ 6 ซึ่งเป็น Biaxial blending 11

II แสดงองค์ประกอบ A, B และ C ของเคลือบสูตรใหญ่ที่ 1, 2, 3 และ 5 12

III แสดงสัดส่วนผสม A : B : C ในสูตรย่อยๆ ทั้ง 66 สูตรของ Triaxial blending (จาก Reference 1 หน้า 38) 13

IV แสดงสัดส่วนผสม A : B : C : D ในสูตรย่อยๆ ทั้ง 36 สูตรของ Quadraxial blending 14

V แสดงอุณหภูมิสูงสุดและ soaking time ในการเผาชิ้นตัวอย่างเคลือบสูตรใหญ่ที่ 1-6 15

VI แสดงเปอร์เซ็นต์ขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัสที่ได้จากการเผาไม้ท่อนยูคาลิปตัส 19

กI แสดง Technical data sheet ของ Spar glaze 84

กII แสดง Technical data sheet ของ Super Spar No2 85

กIII แสดง Technical data sheet ของ Kaolin-R 325 86

ขI แสดง Peak ของ X-ray ของเนื้อดินปั้นแบบ 2 components 90

ขII แสดง Peak ของ X-ray ของเนื้อดินปั้นแบบ 3 components 92

คI แสดงส่วนผสมของเคลือบสูตรย่อยทั้ง 66 สูตรของเคลือบสูตรใหญ่ที่ 1 95

คII แสดงส่วนผสมของเคลือบสูตรย่อยทั้ง 66 สูตรของเคลือบสูตรใหญ่ที่ 2 98

คIII แสดงส่วนผสมของเคลือบสูตรย่อยทั้ง 66 สูตรของเคลือบสูตรใหญ่ที่ 3 100

คIV แสดงส่วนผสมของเคลือบสูตรย่อยทั้ง 36 สูตรของเคลือบสูตรใหญ่ที่ 4 102

คV แสดงส่วนผสมของเคลือบสูตรย่อยทั้ง 66 สูตรของเคลือบสูตรใหญ่ที่ 5 104

คVI แสดงส่วนผสมของเคลือบสูตรย่อยทั้ง 11 สูตรของเคลือบสูตรใหญ่ที่ 6 106

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 1 แสดงสวนป่ายูคาลิปตัส	2
ภาพที่ 2 แสดงสวนป่ายูคาลิปตัส อายุประมาณ 1 ปี	3
ภาพที่ 3 แสดงสวนป่ายูคาลิปตัส อายุประมาณ 5 ปี	3
ภาพที่ 4 แสดง ใบและผล ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส	4
ภาพที่ 5 แสดงสูตรย่อยทั้ง 66 สูตร ของสูตร Triaxial blending	13
ภาพที่ 6 แสดงสูตรย่อยทั้ง 36 สูตร ของสูตร Quadraxial blending	14
ภาพที่ 7 แสดงถ้วยตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 2 components ที่นำมาเคลือบ	17
ภาพที่ 8 แสดงถ้วยตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 3 components ที่นำมาเคลือบ	18
ภาพที่ 9 แสดง X-ray pattern ของขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัสที่เผาเองจากไม้ท่อน ยูคาลิปตัสที่นำมาจากบริษัทธรรมค้ำจุน จ.อุดรธานี	20
ภาพที่ 10 แสดง X-ray pattern ของขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัสที่ได้รับจาก ร้านดินเผา ต.ด่านเกวียน อ.โชคชัย จ.นครราชสีมา	21
ภาพที่ 11 แสดง X-ray pattern ของขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัสจากร้านดินเผาเทียบกับของขี้เถ้า ไม้ยูคาลิปตัสที่เผาเองจากไม้ท่อนยูคาลิปตัสที่นำจากบริษัทธรรมค้ำจุน	22
ภาพที่ 12 แสดงกราฟ DTA ของขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัสที่เผาเองจากไม้ท่อนยูคาลิปตัส ที่นำมาจากบริษัทธรรมค้ำจุน จ.อุดรธานี	23
ภาพที่ 13 แสดงกราฟ TGA ของขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัสที่เผาเองจากไม้ท่อนยูคาลิปตัส ซึ่งนำมาจากบริษัทธรรมค้ำจุน จ.อุดรธานี	24
ภาพที่ 14 แสดงกราฟ DTA ของขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัสจากร้านดินเผา ต.ด่านเกวียน อ.โชคชัย จ.นครราชสีมา	25
ภาพที่ 15 แสดงกราฟ TGA ของขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัสจากร้านดินเผา ต.ด่านเกวียน อ.โชคชัย จ.นครราชสีมา	26
ภาพที่ 16 เปรียบเทียบผลวิเคราะห์ DTA ของขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัสที่เผาเอง และขี้เถ้าจากร้านดินเผา	27

ภาพที่ หน้า

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 17 แสดงกราฟ DTA และ TGA ของขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัสที่เผาเอง จากไม้ท่อนที่นำมาจากบริษัทธรรมค้ำจุน จ.อุดรธานี	28
ภาพที่ 18 แสดงกราฟ DTA และ TGA ของขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัสที่ได้ จากร้านดินเผา ต.ด่านเกวียน อ.โชคชัย จ.นครราชสีมา	29
ภาพที่ 19 แสดงกราฟ DTA ของขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัสที่ได้จากร้านดินเผา ที่ผ่านการ calcine แล้ว	30
ภาพที่ 20 แสดงกราฟ TGA ของขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัสที่ได้จากร้านดินเผา ที่ผ่านการ calcine แล้ว	31
ภาพที่ 21 แสดงเคลือบสูตรใหญ่ที่ 1 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 2 components	33
ภาพที่ 22 แสดงเคลือบสูตรใหญ่ที่ 1 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 3 components	34
ภาพที่ 23 แสดงเคลือบสูตรใหญ่ที่ 2 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 2 components	35
ภาพที่ 24 แสดงเคลือบสูตรใหญ่ที่ 2 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 3 components	36
ภาพที่ 25 แสดงเคลือบสูตรใหญ่ที่ 3 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 2 components	37
ภาพที่ 26 แสดงเคลือบสูตรใหญ่ที่ 3 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 3 components	38
ภาพที่ 27 แสดงเคลือบสูตรใหญ่ที่ 4 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 2 และ 3 components	39
ภาพที่ 28 แสดงเคลือบสูตรใหญ่ที่ 5 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 2 components	40
ภาพที่ 29 แสดงเคลือบสูตรใหญ่ที่ 5 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 3 components	41
ภาพที่ 30 แสดงเคลือบสูตรใหญ่ที่ 6 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 2 components	42
ภาพที่ 31 แสดงลักษณะของเคลือบสูตรใหญ่ที่ 1 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 2 components เผาเคลือบแบบ Oxidation ในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 1180 องศาเซลเซียส Heating rate 5 องศาเซลเซียส/นาที Soaking time 1ชั่วโมง	43
ภาพที่ 32 แสดงลักษณะเคลือบสูตรใหญ่ที่ 1 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 3 components เผาเคลือบแบบ Oxidation ในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 1180 องศาเซลเซียส Heating rate 5 องศาเซลเซียส/นาที Soaking time 1 ชั่วโมง	44
ภาพที่ 33 แสดงลักษณะของเคลือบสูตรใหญ่ที่ 2 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 2 components เผาเคลือบแบบ Oxidation ในเตาไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 1100 องศาเซลเซียส Heating rate 5 องศาเซลเซียส/นาที Soaking time 1 ชั่วโมง	45

ภาพที่ **หน้า**

ภาพที่ 34 แสดงลักษณะของเคลือบสูตรใหญ่ที่ 2 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 3 components เผาเคลือบแบบ Oxidation ในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 1100 องศาเซลเซียส Heating rate 5 องศาเซลเซียส/นาที Soaking time 1 ชั่วโมง 46
ภาพที่ 35 แสดงลักษณะของเคลือบสูตรใหญ่ที่ 3 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 2 components เผาเคลือบแบบ Oxidation ในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส Heating rate 5 องศาเซลเซียส/นาที Soaking time 1 ชั่วโมง 47
ภาพที่ 36 แสดงลักษณะของเคลือบสูตรใหญ่ที่ 3 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 3 components เผาเคลือบแบบ Oxidation ในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส Heating rate 5 องศาเซลเซียส/นาที Soaking time 1 ชั่วโมง 48
ภาพที่ 37 แสดงลักษณะของเคลือบสูตรใหญ่ที่ 4 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 2 และ 3 components เผาเคลือบแบบ Oxidation ในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 920 องศาเซลเซียส Heating rate 5 องศาเซลเซียส /นาที Soaking time 1 ชั่วโมง 49
ภาพที่ 38 แสดงลักษณะของเคลือบสูตรใหญ่ที่ 5 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 2 components เผาเคลือบแบบ Oxidation ในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส Heating rate 5 องศาเซลเซียส/นาที Soaking time 1 ชั่วโมง 50
ภาพที่ 39 แสดงลักษณะของเคลือบสูตรใหญ่ที่ 5 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 3 components เผาเคลือบแบบ Oxidation ในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส Heating rate 5 องศาเซลเซียส/นาที Soaking time 1 ชั่วโมง 51
ภาพที่ 40 แสดงลักษณะของเคลือบสูตรใหญ่ที่ 6 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 2 components เผาเคลือบแบบ Oxidation ในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส Heating rate 5 องศาเซลเซียส /นาที Soaking time 1 ชั่วโมง 52
ภาพที่ 41 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 2 components เคลือบด้วยสูตรที่ 1/2 (ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 90% : Super Spar 5% : Barium Carbonate 5%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 ^{o}C ในเตาไม้ฟืนแบบค่านเกวียน 53
ภาพที่ 42 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 2 components เคลือบด้วยสูตรที่ 1/35 (ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 30% : Super Spar 5% : Barium Carbonate 5% : Kaolin-R 30% :Milled sand 30%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 ^{o}C ในเตาไม้ฟืนแบบค่านเกวียน 53
ภาพที่ 43 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 2 components เคลือบด้วยสูตรที่ 1/36 (ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 30% : Kaolin-R 35% : Milled sand 35%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 ^{o}C ในเตาไม้ฟืนแบบค่านเกวียน 54

ภาพที่ หน้า

ภาพที่ 44 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 2 components เคลือบด้วยสูตรที่ 1/50 (ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 10% : Super Spar 25% : Barium Carbonate 25% : Kaolin-R 20% : Milled sand 20 %) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบค่านเกวียน 54

ภาพที่ 45 ถ้วยดินเนื้อปั้นแบบ 2 components เคลือบด้วยสูตรที่ 1/53 (ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 10% : Super Spar 10% : Barium Carbonate 10% : Kaolin-R 35% : Milled sand 35%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบค่านเกวียน 55

ภาพที่ 46 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 2 components เคลือบด้วยสูตรที่ 1/58 (Super Spar 40% : Bariam Carbonate 40% : Kaolin-R 10% : Milled sand 10%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบค่านเกวียน 55

ภาพที่ 47 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 3 components เคลือบด้วยสูตรที่ 1/24 (ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 40% : Super Spar 20% : Barium Carbonate 20% : Kaolin-R 10% : Milled sand 10%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบค่านเกวียน 56

ภาพที่ 48 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 3 components เคลือบด้วยสูตรที่ 1/35 (ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 30% : Super Spar 5% : Barium Carbonate 5% : Kaolin-R 30% : Milled sand 30%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบค่านเกวียน 56

ภาพที่ 49 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 3 components เคลือบด้วยสูตรที่ 1/48 (ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 10% : Super Spar 35% : Barium Carbonate 35% : Kaolin-R 10% :Milled sand 10%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบค่านเกวียน 57

ภาพที่ 50 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 3 components เคลือบด้วยสูตรที่ 1/50 (ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 10% : Super Spar 25% : Barium Carbonate 25% : Kaolin-R 20% :Milled sand 20%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบค่านเกวียน 57

ภาพที่ 51 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 2 components เคลือบด้วยสูตรที่ 2/35 (ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 30% : Super Spar 10% : Boric acid 60%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบค่านเกวียน 58

ภาพที่ | หน้า

ภาพที่ 52 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 2 components เคลือบด้วยสูตรที่ 2/39 (ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 20% : Super Spar 60% : Boric acid 20%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบด่านเกวียน 58

ภาพที่ 53 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 2 components เคลือบด้วยสูตรที่ 2/40 (ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 20% : Super Spar 50% : Boric acid 30%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบด่านเกวียน 59

ภาพที่ 54 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 2 components เคลือบด้วยสูตรที่ 2/63 (ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 30% :Boric acid 70%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบด่านเกวียน 59

ภาพที่ 55 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 3 components เคลือบด้วยสูตรที่ 2/54 (ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 10% : Super Spar 10% : Boric acid 80%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบด่านเกวียน 60

ภาพที่ 56 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 3 components เคลือบด้วยสูตรที่ 2/63 (Super Spar 30% :Boric acid 70%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบด่านเกวียน 60

ภาพที่ 57 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 2 components เคลือบด้วยสูตรที่ 3/37 (ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 20% : Spar glaze 80%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบด่านเกวียน 61

ภาพที่ 58 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 2 components เคลือบด้วยสูตรที่ 3/50 (ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 10% : Spar glaze 50% :Talcum 40%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบด่านเกวียน 61

ภาพที่ 59 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 2 components เคลือบด้วยสูตรที่ 3/56 (Spar glaze 100%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบด่านเกวียน 62

ภาพที่ หน้า

ภาพที่ 60 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 3 components เคลือบด้วยสูตรที่ 3/16 62
(ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 50% : Spar glaze 50%)
เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบค่านเกวียน
ภาพที่ 61 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 3 components เคลือบด้วยสูตรที่ 3/26 63
(ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 40% : Spar glaze 20% :Talcum 40%) เผาที่อุณหภูมิ
ประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบค่านเกวียน
ภาพที่ 62 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 2 components เคลือบด้วยสูตรที่ 4/18 63
(ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 30% : Dolomite 20% : Boric acid 50%) เผาที่อุณหภูมิ
ประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบค่านเกวียน
ภาพที่ 63 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 3 components เคลือบด้วยสูตรที่ 4/18 64
(ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 30% : Dolomite 20% : Boric acid 50%) เผาที่อุณหภูมิ
ประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบค่านเกวียน
ภาพที่ 64 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 3 components เคลือบด้วยสูตรที่ 4/30 64
(ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 10% : Dolomite 40% : Boric acid 50%) เผาที่อุณหภูมิ
ประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบค่านเกวียน
ภาพที่ 65 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 2 components เคลือบด้วยสูตรที่ 5/23 65
(ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 40% : Spar glaze 50% : Kaolin-R 10%) เผาที่อุณหภูมิ
ประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบค่านเกวียน
ภาพที่ 66 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 2 components เคลือบด้วยสูตรที่ 5/24 65
(ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 40% : Spar glaze 40% : Kaolin-R 20%) เผาที่อุณหภูมิ
ประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบค่านเกวียน
ภาพที่ 67 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 3 components เคลือบด้วยสูตรที่ 5/44 66
(ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 20% : Spar glaze 10% : Kaolin-R 70%) เผาที่อุณหภูมิ
ประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบค่านเกวียน

ภาพที่ หน้า

ภาพที่ 68 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 3 components เคลือบด้วยสูตรที่ 5/58 (Spar glaze 80%:Kaoline-R 20%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนที่ด่านเกวียน 66
ภาพที่ 69 แสดงบริเวณเคลือบสูตรที่ 1 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 2 components ที่น่าจะนำไปใช้ได้ตามความเห็นของคณะผู้วิจัย 70
ภาพที่ 70 แสดงบริเวณเคลือบสูตรที่ 1 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 3 components ที่น่าจะนำไปใช้ได้ตามความเห็นของคณะผู้วิจัย 71
ภาพที่ 71 แสดงบริเวณเคลือบสูตรที่ 2 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 2 components ที่น่าจะนำไปใช้ได้ตามความเห็นของคณะผู้วิจัย 72
ภาพที่ 72 แสดงบริเวณเคลือบสูตรที่ 2 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 3 components ที่น่าจะนำไปใช้ได้ตามความเห็นของคณะผู้วิจัย 73
ภาพที่ 73 แสดงบริเวณเคลือบสูตรที่ 3 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 2 components ที่น่าจะนำไปใช้ได้ตามความเห็นของคณะผู้วิจัย 74
ภาพที่ 74 แสดงบริเวณเคลือบสูตรที่ 3 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 3 components ที่น่าจะนำไปใช้ได้ตามความเห็นของคณะผู้วิจัย 75
ภาพที่ 75 แสดงบริเวณเคลือบสูตรที่ 4 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 2 components ที่น่าจะนำไปใช้ได้ตามความเห็นของคณะผู้วิจัย 76
ภาพที่ 76 แสดงบริเวณเคลือบสูตรที่ 4 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 3 components ที่น่าจะนำไปใช้ได้ตามความเห็นของคณะผู้วิจัย 77
ภาพที่ 77 แสดงบริเวณเคลือบสูตรที่ 5 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 2 components ที่น่าจะนำไปใช้ได้ตามความเห็นของคณะผู้วิจัย 78
ภาพที่ 78 แสดงบริเวณเคลือบสูตรที่ 5 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 3 components ที่น่าจะนำไปใช้ได้ตามความเห็นของคณะผู้วิจัย 79
ภาพที่ 79 แสดงบริเวณเคลือบสูตรที่ 6 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 2 components ที่น่าจะนำไปใช้ได้ตามความเห็นของคณะผู้วิจัย 80

	หน้า
ภาพที่ ข1 แสดง XRD Spectrum ของเนื้อดินปั้นแบบ 2 components	89
ภาพที่ ข2 แสดง XRD Spectrum ของเนื้อดินปั้นแบบ 3 components	91
ภาพที่ ข3 แสดง Search Match data ของเนื้อดินปั้นชนิด 2 components	93
ภาพที่ ข4 แสดง Search Match data ของเนื้อดินปั้นชนิด 3 components	94
ภาพที่ ง1 แสดง Firing schedule ของการเผาเคลือบถ้วยดินปั้น	107
ภาพที่ ง2 แสดงเตาฟืนแบบด่านเกวียนขณะที่ยังไม่เผาผลิตภัณฑ์	108
ภาพที่ ง3 แสดงเตาฟืนแบบด่านเกวียนขณะที่กำลังเผาผลิตภัณฑ์	108

บทที่ 1

บทนำ

จากข้อมูลการสำรวจของดาวเทียมปี 2536 ประเทศไทยมีพื้นที่ป่าไม้เหลือเพียง 83.45 ล้านไร่ คิดเป็น 26.02 % ของพื้นที่ประเทศ จึงจำเป็นที่จะต้องรักษาป่าเดิมที่มีอยู่และปลูกป่าใหม่เพิ่มเติมขึ้นอีก 13.98 % หรือประมาณ 44.84 ล้านไร่ เพื่อให้ได้พื้นที่ป่าของประเทศครบ 40 % ตามเป้าหมายของคณะกรรมการนโยบายป่าไม้แห่งชาติ ประกอบกับความต้องการใช้ไม้ฟืนและถ่านในครัวเรือนและการอุตสาหกรรมต่างๆ ประมาณ 43 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี ทำให้ขาดแคลนไม้ฟืนและถ่านจำนวนมาก

ทางราชการได้เร่งการส่งเสริมการปลูกไม้โตเร็วเพื่อให้มีไม้ใช้สอยในครัวเรือน และเพื่ออุตสาหกรรมที่จะมีเพิ่มมากขึ้น ไม้ที่ปลูกควรเป็นพันธุ์ไม้ที่มีการเจริญเติบโตเร็ว ปลูกง่าย ทนต่อสภาพแห้งแล้ง สามารถขึ้นได้ในพื้นที่ดินเสื่อมโทรมที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ยูคาลิปตัสเป็นไม้โตเร็วชนิดหนึ่ง ซึ่งมีคุณสมบัติเหมาะสมดังกล่าว มีรูปทรงลำต้นตรงเปลาดีสามารถเจริญเติบโตและตัดฟันเพื่อใช้ประโยชน์ได้ตั้งแต่อายุ 3-5 ปี และยังสามารถแตกหน่อ โดยไม่ต้องปลูกใหม่ได้ด้วย

ยูคาลิปตัส มีมากกว่า 700 ชนิด มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปออสเตรเลียเป็นส่วนใหญ่ ประเทศไทยได้เริ่มนำยูคาลิปตัสชนิดต่างๆ มาทดลองปลูกประมาณปี พ.ศ.2493 แต่ได้มีการทดลองกันจริงๆ เมื่อประมาณปี พ.ศ.2507 ปรากฏว่าไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส (Eucalytus camaldulensis) สามารถเจริญเติบโตได้ในแทบทุกสภาพพื้นที่ และมีอัตราการเจริญเติบโตสูงจึงนิยมปลูกกันมากอย่างแพร่หลาย

ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส สามารถเติบโตได้ในทุกสภาพของดินแทบทุกประเภท ตั้งแต่ในที่ริมน้ำ ที่ราบน้ำท่วมบางระยะในรอบปี แม้แต่ดินที่เป็นทรายและมีความแห้งแล้งติดต่อกันเป็นเวลานาน พื้นที่ดินเลวที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่า 650 มม.ต่อปี รวมทั้งพื้นที่ที่มีดินเค็ม ดินเปรี้ยว แต่จะไม่ทนทานต่อดินที่มีหินปูนสูง

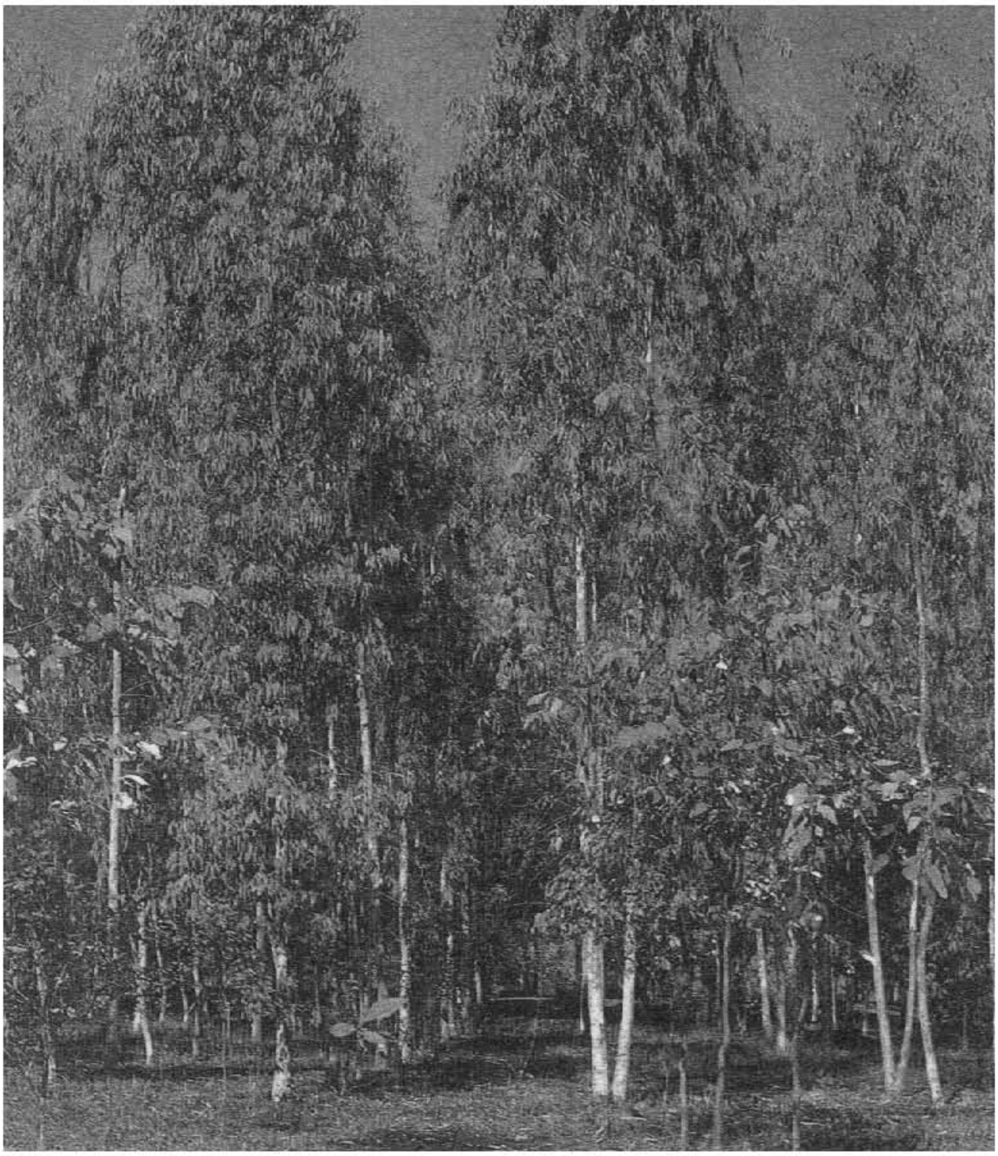
<u>ลำต้น</u> เป็นไม้ขนาดกลางถึงใหญ่ มีความสูง 24-26 เมตร และอาจสูงถึง 50 เมตร เส้นรอบวงประมาณ 1-2 เมตรหรือมากกว่านี้ รูปทรงสูงเปลาตรง มีกิ่งก้านน้อย

<u>ใบ</u> เป็นคู่ตรงข้ามเรียงสลับกัน ลักษณะใบเป็นรูปหอก มีขนาด 2.5-12 X 0.3-0.8 นิ้ว ก้านใบยาว ใบสีเขียวอ่อนทั้งสองด้าน บางครั้งมีสีเทาใบบาง ห้อยลง มองเห็นเส้นใบได้ชัด

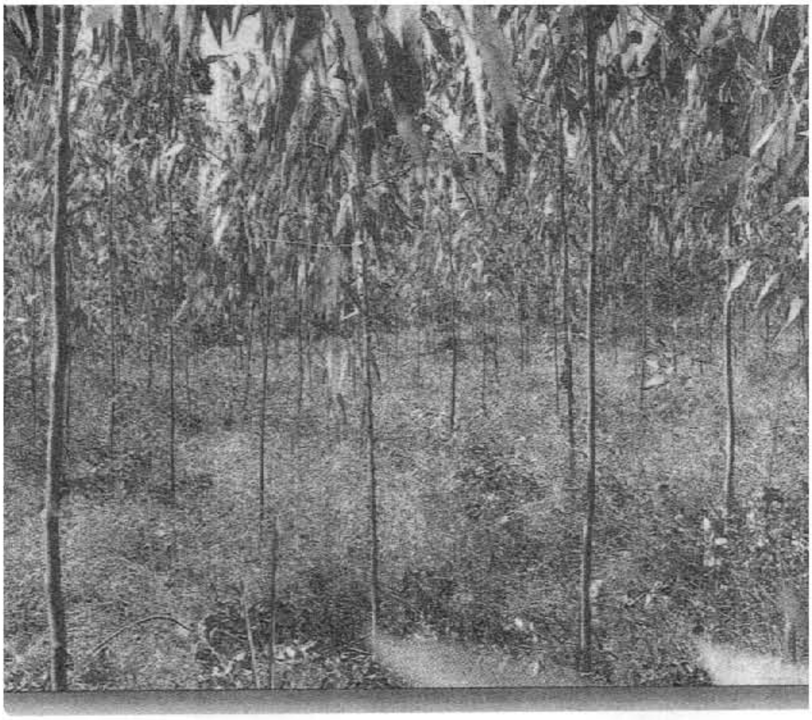
<u>เปลือก</u> มีลักษณะเรียบเป็นมัน มีสีเทาสลับสีขาวและน้ำตาลแดงเป็นบางแห่ง เปลือกนอกหนาประมาณ 1/2 ซม. เมื่อแห้งลอกออกได้ง่าย

<u>เมล็ด</u> มีสีเหลืองขนาดเล็กกว่า 1 มม. 1 กิโลกรัม มีประมาณ 1-200,000 เมล็ด

<u>ช่อดอก</u> เกิดที่ข้อต่อระหว่างกิ่งกับใบ มีก้านดอกเรียวยาว และมีก้านย่อยแยกไปอีก ออกดอกเกือบตลอดปี ขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของต้นไม้บางครั้งมีทั้งดอกตูม ดอกบาน ผลอ่อน และผลแก่ ในกิ่งเดียวกัน ออกดอกปีละ 7-8 เดือน เหมาะกับการเลี้ยงผึ้ง



ภาพที่ 1 แสดงสวนป่ายูคาลิปตัส (จาก Ref 7)



ภาพที่ 2 แสดงสวนป่ายูคาลิปตัส อายุประมาณ 1 ปี (จาก Ref 6)

ภาพที่ 3 แสดงสวนป่ายูคาลิปตัส อายุประมาณ 5 ปี (จาก Ref 6)

ภาพที่ 4 แสดง ใบและผล ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส (จาก Ref 7)

ผล มีลักษณะครึ่งวงกลม หรือรูปถ้วย มีขนาด 0.2-0.3 X 0.2-0.3 นิ้ว ผิวนอกแข็ง เมื่อยังอ่อนอยู่จะมีสีเขียว และจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเมื่อแก่เมื่อผลแก่ปลายผลจะแยกออก ทำให้เมล็ดที่อยู่ภายในร่วงหล่นออกมา

ลักษณะเนื้อไม้ มีแก่นสีน้ำตาล กระพี้สีน้ำตาลอ่อน กระพี้และแก่นสีแตกต่างเห็นได้ชัด ไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส ที่มีอายุมากขึ้นจะมีสีน้ำตาลแดงเข้มกว่าไม้อายุน้อย เนื้อไม้มีลักษณะค่อนข้างละเอียด เสี้ยนสน (Interlocked grain) บางครั้งบิดไปตามแนวลำต้น เนื้อไม้ในสภาพแห้งซึ่งขึ้นอยู่กับอายุของไม้ มีความถ่วงจำเพาะอยู่ระหว่าง 0.6-0.9 g/cm^3 เนื้อไม้แตกตามแนวยาวขนานลำต้นง่ายหลังจากตัดฟัน แต่ถ้าทำให้ถูกหลักวิธีก็สามารถนำมาเลื่อยทำเครื่องเรือนและก่อสร้างได้

ประโยชน์ของไม้ยูคาลิปตัส

ยูคาลิปตัสสามารถนำมาปลูกเป็นสวนป่าเจริญเติบโตดี ให้ผลผลิตสูงเมื่อเปรียบเทียบกับไม้โตเร็วชนิดอื่น ในช่วง 1-2 ปีแรกสามารถปลูกพืชควบเช่น ปลูกละหุ่ง เผือก ถั่วลิสง สับปะรด ข้าว ข้าวโพด ฯลฯ ในพื้นที่สวนป่าแบบไร่นาป่าผสม หรือวนเกษตรในระหว่างแถวของต้นยูคาลิปตัสได้ จากการวิจัยของนักวิชาการพบว่า พืชควบที่ปลูกให้ผลผลิตอยู่ในเกณฑ์ดีและยูคาลิปตัสไม่เป็นพิษเป็นภัยต่อพืชเกษตรที่ปลูกแต่อย่างใด

ประโยชน์ทางตรง สามารถนำไม้ยูคาลิปตัสไปใช้ประโยชน์ทางตรงได้หลายอย่างดังนี้

1. ทำไม้ใช้สอย เฟอร์นิเจอร์ เครื่องเรือน ทำรั้ว ทำคอกปศุสัตว์ ทำเสา ใช้ในการก่อสร้างต่างๆ ไม้ยูคาลิปตัสสามารถนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของอาคารบ้านเรือนได้

2. ทำฟืน เผาถ่าน ถ่านไม้ยูคาลิปตัสใช้เป็นเชื้อเพลิงติดไฟได้ดีและมีขี้เถ้าน้อย จากการทดลองไม้ฟืนยูคาลิปตัสให้พลังงานความร้อน 4,800 แคลอรี่ต่อกรัม ส่วนถ่านไม้ยูคาลิปตัสให้พลังงานความร้อน 7,400 แคลอรี่ต่อกรัม ซึ่งให้ความร้อนใกล้เคียงกับถ่านไม้โกงกาง ซึ่งจัดว่าเป็นถ่านไม้ชั้นดีที่สุด

3. ทำชิ้นไม้สับ ไม้ยูคาลิปตัสเมื่อนำมาแปรรูปและสับทำชิ้นไม้สับสามารถนำไปผลิตแผ่นชิ้นไม้อัด แผ่นใยไม้อัด แผ่นปาร์ติเกิล และแผ่นไม้อัดซีเมนต์ ปัจจุบันได้มีโรงงานผลิตชิ้นไม้สับเพื่อนำส่งไปจำหน่ายให้กับโรงงานเยื่อกระดาษทั้งในประเทศและต่างประเทศ เช่น ประเทศเกาหลี ไต้หวัน และญี่ปุ่น เป็นต้น ซึ่งมีความต้องการสูงมาก

4. ทำเยื่อไม้ ไม้ยูคาลิปตัสสามารถแปรรูปทำเยื่อไม้ยูคาลิปตัส ไม้ท่อนยูคาลิปตัส 4.5 ตัน ผลิตเยื่อไม้ได้ 1 ตัน เยื่อไม้ให้สารพวกเซลลูโลส ซึ่งนำไปใช้ทำเส้นใยเรยอนและทำผ้าแทนเส้นใยฝ้าย และปุยนุ่นได้อีกด้วย และเมื่อนำเส้นใยเรยอน มาปั่นเป็นเส้นด้าย และทอเป็นผ้าได้อีกด้วย

5. ทำกระดาษ จากการประเมินเยื่อไม้ยูคาลิปตัส 1 ตัน ผลิตเยื่อกระดาษได้ประมาณ 1 ตัน เยื่อไม้ยูคาลิปตัสมีคุณสมบัติเด่น คือ มีความฟูสูงและมีความทึบแสง ประกอบกับไฟเบอร์มีความแข็งแรงเหมาะต่อการใช้ทำกระดาษพิมพ์เขียวประเภทต่างๆ ได้

ประโยชน์ทางอ้อม

สามารถนำไม้ยูคาลิปตัสไปใช้ประโยชน์ทางอ้อมได้หลายอย่างดังนี้

1. เห็ด ที่ระบบรากของไม้ยูคาลิปตัสจะมีเชื้อราไมคอร์ไรซ่าชนิดต่างๆ อาศัยอยู่ เป็นตัวช่วยดูดธาตุฟอสฟอรัสให้กับต้นยูคาลิปตัสได้มากขึ้นช่วยให้ต้นไม้เจริญเติบโตดี และปรับปรุงดินเสื่อมให้มีคุณภาพดีขึ้น เมื่อถึงฤดูฝนเชื้อไมคอร์ไรซ่าเหล่านี้ ก็จะแทงดอกเห็ดโผล่เหนือพื้นดิน เพื่อแพร่กระจายพันธุ์ออกไป คนจึงเก็บดอกเห็ดเหล่านี้ไปกินไปขายได้ ในที่สวนป่ายูคาลิปตัสบางแห่งพบว่ามีเห็ดเกิดขึ้นใต้ต้นยูคาลิปตัสมากมายซึ่งเรียกว่า "เห็ดยูคา" ซึ่งมีอยู่หลายชนิด เช่น เห็ดเสม็ด เห็ดไข่ เห็ดระโงกขาว เป็นต้น ซึ่งสามารถรับประทานได้

2. เลี้ยงผึ้ง ดอกของยูคาลิปตัสมีน้ำหวานล่อแมลงมาผสมเกสรและดูดเอาน้ำหวานไปสร้างรวงผึ้ง และไม้ยูคาลิปตัสมีดอกปีละ 7-8 เดือนหรือเกือบตลอดปี ซึ่งผิดกับพันธุ์ไม้ชนิดอื่นๆ ทั่วไปที่มักจะมีดอก 1-2 เดือน/ปี จึงเป็นประโยชน์มากสำหรับเลี้ยงผึ้ง น้ำผึ้งที่ได้จากดอกไม้ยูคาลิปตัสมีรสและคุณภาพดีเหมือนกับน้ำผึ้งที่ได้จากดอกไม้ชนิดอื่นๆ

3. สิ่งแวดล้อม ช่วยทำให้เกิดความสมดุลตามธรรมชาติ เช่น เพิ่มความชุ่มชื้นให้แก่ พื้นที่อันเนื่องจากปริมาณน้ำที่ต้นไม้ยูคาลิปตัสดูดขึ้นไปคายน้ำออกทางใบ เป็นปริมาณกว่า 95 % มีส่วนช่วยทำให้ฝนตก ก่อให้เกิดการหมุนเวียนของ ธาตุอาหารในดิน

4. เศรษฐกิจ ก่อให้เกิดการปลูกสร้างสวนป่าเชิงพาณิชย์อย่างครบวงจร โดยเฉพาะเกษตรกรรายย่อยที่ปลูกยูคาลิปตัส จะมีแหล่งตลาดรองรับผลผลิตอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้เกิดความมั่นคงในอาชีพ และรายได้

5. สังคม สร้างงานในชนบท ทำให้คนมีงานทำ กระจายโรงงานอุตสาหกรรมไปสู่ชนบท

6. ประหยัดเงิน ลดเงินที่จะออกไปต่างประเทศ จากการที่จะต้องสั่งซื้อไม้ท่อนและวัตถุดิบเยื่อกระดาษเข้าประเทศ

7. ช่วยฟื้นฟูพื้นที่ป่าไม้ของชาติ โดยเฉพาะพื้นที่ป่าเพื่อเศรษฐกิจได้มากขึ้นตามเป้าหมายของรัฐบาล

วัตถุประสงค์การวิจัย

การนำไม้ยูคาลิปตัสไปใช้เป็นฟืนป้อนเตาพลังงานของโรงงานต่างๆ เช่น โรงงานอบไม้ โรงงานเผาอิฐ โรงงานโอ่งมังกร โรงงานปลาป่น โรงงานรมยาง โรงงานเส้นก๋วยเตี๋ยว โรงงาน-เครื่องปั้นดินเผา ฯลฯ ทำให้มีขี้เถ้าเป็นเศษวัสดุที่เหลือออกมาจากเตา เป็นภาระแก่ทางโรงงานต้องกำจัดออกไป โครงการนี้จึงเห็นว่าควรที่จะศึกษาความเป็นไปได้ในการนำขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัสมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่อุตสาหกรรม โดยที่ไม่ต้องนำไปทิ้งให้สูญเปล่า เนื่องจากมหาวิทยาลัยตั้งอยู่ในบริเวณจังหวัดนครราชสีมา จึงเน้นศึกษาไปที่การนำขี้เถ้าไม้ยูคาฯ ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาที่บ้านด่านเกวียน อำเภอโชคชัย จังหวัดนครราชสีมา

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ผลจากการศึกษาเรื่องนี้จะได้ประโยชน์ดังต่อไปนี้

1) ได้ใช้ประโยชน์วัสดุจากธรรมชาติสูงสุด

2) ได้แหล่งวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิกราคาถูก

3) ได้ลดปัญหามลภาวะจากการนำขี้เถ้าไปทิ้ง

4) เกษตรกรผู้ปลูกไม้ยูคาลิปตัสอาจจะขายไม้จากสวนของตนได้ราคาสูงขึ้น

หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1) โรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้เศษไม้ยูคาลิปตัสป้อนเตาพลังงาน

2) โรงงานอุตสาหกรรมเซรามิก

3) เกษตรกรผู้ปลูกไม้

บทที่ 2

วิธีดำเนินการวิจัย

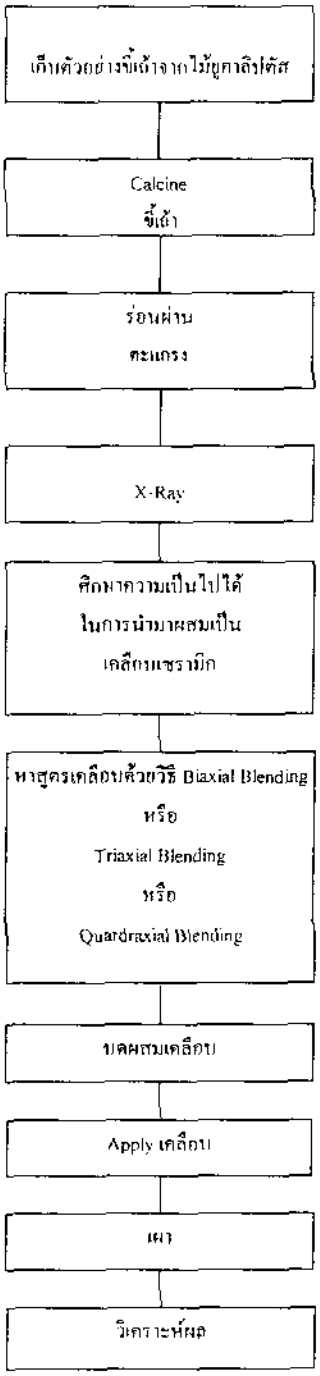
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. เตาเผา (แบบใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง)
2. Pyrometric cone
3. บีกเกอร์
4. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง
5. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
6. เครื่องชั่งแบบสเกลพิกัด 60 kg
7. ตะแกรงร่อน เบอร์ 50 Mesh
8. เตาอบไฟฟ้า
9. เตาเผาไฟฟ้า
10. crucible
11. เครื่องทดสอบ TGA, DTA, XRD
12. extruder
13. กระดาษทรายเบอร์ 100
14. ถาดอลูมิเนียม
15. กระบอกตวง
16. โกร่ง
17. ช้อนตักสาร
18. พู่กัน

วัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. ขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัส
2. Super spar (Potash Feldspar)
3. Spar glaze (Soda Feldspar)
4. Kaolin-R (ดินขาวระนอง)
5. Talcum
6. Barium carbonate
7. Boric oxide

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยแสดงได้ดังแผนภาพต่อไปนี้



แบ่งขั้นตอนการดำเนินการวิจัยออกไปได้ 5 ตอน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

<u>ส่วนที่ 1</u> ศึกษาข้อมูลและเตรียมขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัส

1.1) ศึกษาเปอร์เซ็นต์ขี้เถ้าฯ ที่ได้จากการเผา

1.1.1) เก็บตัวอย่างไม้ท่อนยูคาลิปตัสจากสวนป่าของ บริษัทธรรมค้ำจุน จำกัด มา 137 กก.

1.1.2) เผาไม้ท่อนจากข้อ 1 เพื่อเก็บข้อมูลหาเปอร์เซ็นต์ขี้เถ้าที่ได้จากการเผาไม้ท่อนยูคาลิปตัส ได้ข้อมูลแสดงในตารางที่ VI

1.2) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของขี้เถ้าไม้ยูคาฯ นำขี้เถ้าฯ ไปวิเคราะห์ X-ray diffractometer เพื่อดูองค์ประกอบทางเคมีของขี้เถ้าฯ และเพื่อเป็นการเปรียบเทียบขี้เถ้าไม้ยูคาฯ จากคนละแหล่ง นำขี้เถ้าฯ จากการเผาเองในข้อ 1.1) และขี้เถ้าฯ ที่ได้รับมาจากร้านดินเผา ต. ด่านเกวียน อ.โชคชัย จ. นครราชสีมา ทั้งสองแหล่ง ไป X-ray เทียบกัน ได้ข้อมูลดังภาพที่ 9-11

1.3) Calcine ขี้เถ้าไม้

สาเหตุที่ต้อง calcine ขี้เถ้าฯ ก่อนนำไปใช้ เพราะต้องการกำจัดสารอินทรีย์และสารที่สลายตัวได้ที่เป็นองค์ประกอบของขี้เถ้าฯ ออกไปก่อน เพราะหากปล่อยให้มีสารเหล่านี้อยู่อาจจะให้เกิดตำหนิใน เคลือบได้

1.3.1) นำขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัสจากข้อ 1.1 และจากร้านดินเผา ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Differential thermal analyzer (DTA) และ Thermal gravimatic analyzer (TGA) เพื่อให้ทราบว่าจะต้อง calcine ขี้เถ้าฯ ที่อุณหภูมิเท่าใด ได้ข้อมูลดังภาพที่ 12-18

1.3.2) Calcine ขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัส ด้วยเตาเผาที่ร้านดินเผา จากการศึกษาในข้อ 1.3.1) พบว่าต้อง ใช้ อุณหภูมิในการ calcine ไม่ต่ำกว่า 850 ^{o}C เพื่อสะดวกแก่การนำไปใช้ที่โรงงานเซรามิกที่ด่านเกวียน จึงนำขี้เถ้าไป calcine ในเตาที่เผาผลิตภัณฑ์แบบ “เผาแดง” ของด่านเกวียน

1.3.3) เพื่อให้แน่ใจว่าขี้เถ้าจากข้อ 1.3.2) calcine กำจัดสารอินทรีย์และสารที่สลายตัวได้ดีแล้ว นำขี้เถ้าฯ ที่ calcine แล้วจากข้อ 1.3.2) ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง DTA และ TGA อีกครั้งได้ข้อมูลดังแสดงโดย ภาพที่ 19-20

ส่วนที่ 2 การเตรียมชิ้นงานสำหรับเคลือบ

2.1) เพื่อให้งานวิจัยใกล้เคียงกับสภาพจริงที่ด่านเกวียนมากที่สุด จึงใช้เนื้อดินปั้นที่นำมาขึ้นรูปเป็นชิ้นตัวอย่างสำหรับทดสอบเคลือบแบบที่ใช้อยู่ทั่วไปที่ด่านเกวียน โดยใช้เนื้อดินปั้น 2 สูตร คือ 1) สูตร 2 components ประกอบด้วย ดินเหนียวด่านเกวียน 2 ส่วน กับดินทรายด่านเกวียน 1 ส่วน 2) สูตร 3 components ประกอบด้วย ดินเหนียวด่านเกวียน 60% : ดินทรายด่านเกวียน 20% : และ ดินขาวระนอง 20%(ในที่นี้ใช้ Kaolin-R ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีในภาคผนวก ก)

เพื่อให้ทราบองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อดินปั้นทั้งสองสูตร นำเนื้อดินปั้นทั้งสองสูตรไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง X-ray diffractometer ได้ผลดังภาคผนวก ข นำเนื้อดินปั้นทั้ง 2 สูตร มาเข้าเครื่อง Extruder ผ่านเครื่องหลายๆ รอบเพื่อให้เนื้อดินสม่ำเสมอ โดยแยกทำทีละสูตร

2.2) ขึ้นรูปดินทั้ง 2 สูตร เป็นรูปชิ้นตัวอย่างรูปทรงคล้ายๆ กับกะทะชิ้นเล็กๆ สูตรละ 500 ชิ้น

2.3) ตากชิ้นตัวอย่างให้หมาดๆ จากนั้นอบที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2.4) ขัดแต่งผิวชิ้นงานด้วยกระดาษทรายให้เรียบ

2.5) เผา biscuit ชิ้นตัวอย่างที่อุณหภูมิ 850°C ด้วยเตาไฟฟ้า

ส่วนที่ 3 การเตรียมเคลือบ

3.1) ค้นคว้าข้อมูลจากหนังสือเคลือบ reference ที่ 1-5 และ 8 เลือกสูตรเคลือบที่วัตถุดิบหาง่ายและราคาถูก มา 6 สูตรใหญ่ แบ่งสูตรใหญ่ทั้ง 6 ตามจำนวนองค์ประกอบได้เป็น 3 แบบคือ

1) สูตรแบบ Biaxial blending 2) สูตรแบบ Triaxial blending 3) สูตรแบบ Quadraxial blending

1) สูตรแบบ Biaxial blending คือ สูตรที่ประกอบด้วยองค์ประกอบ 2 ส่วนคือ A และ B ได้แก่ เคลือบสูตรใหญ่ที่ 6 ซึ่งประกอบด้วย ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ เป็น component A และ เนื้อดินปั้นชนิด 2 components ของด่านเกวียนเป็น component B

สูตร Biaxial blending แต่ละสูตรยังแบ่งย่อยต่อไปเป็น 11 สูตรย่อยดังตารางที่ I ดังต่อไปนี้

ตารางที่ I แสดงองค์ประกอบและสัดส่วนผสมของเคลือบสูตรใหญ่ที่ 6 ซึ่งเป็น Biaxial blending

(วัตถุดิบ ↓) (ชิ้นที่ →)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A) ขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัส	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%	0%
B) ดินผสมด่านเกวียน 2:1	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%

2) สูตรแบบ Triaxial blending คือ สูตรที่ประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ส่วน คือ A, B และ C ได้แก่เคลือบสูตรใหญ่ที่ 1, 2, 3 และ 5 องค์ประกอบของสูตรทั้ง 4 แสดงในตารางที่ II แต่ละสูตร Triaxial blending ยังแบ่งย่อย ต่อไปได้อีกเป็น 66 สูตรย่อย ดังภาพที่ 5 แต่ละสูตรย่อยมีสัดส่วนผสม A : B : C ดังแสดงในตารางที่ III

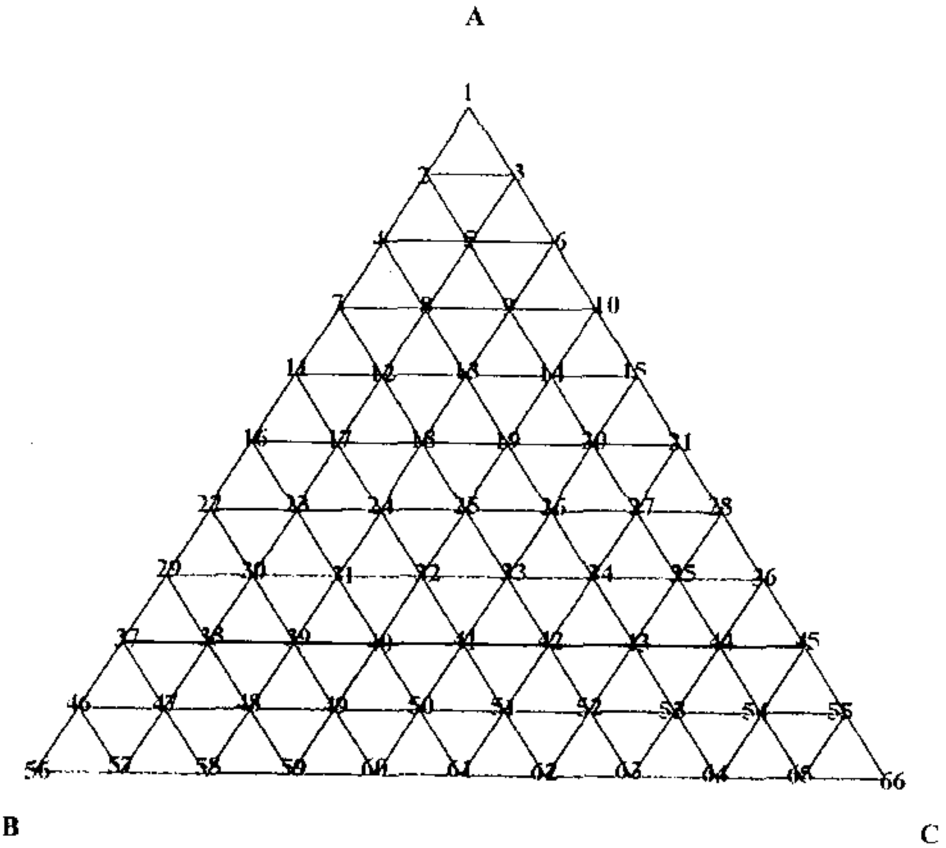
3) สูตรแบบ Quadraxial blending คือ สูตรที่ประกอบด้วยองค์ประกอบ 4 ส่วน คือ A, B, C และ D ได้แก่เคลือบสูตรใหญ่ที่ 4 ซึ่งประกอบด้วย (A) ขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัส (B) Super spar (C) Dolomite และ (D) Boric oxide

สูตรแบบ Quadraxial blending ยังแบ่งย่อย ต่อไปอีกได้เป็น 36 สูตรย่อย ดังแสดงในภาพที่ 6 แต่ตรย่อยมีสัดส่วนผสม A : B : C: D ดังแสดงในตารางที่ IV

ตารางที่ II แสดงองค์ประกอบ A, B และ C ของเคลือบสูตรใหญ่ที่ 1, 2, 3 และ 5

สูตรที่	วัตถุดิบ
1	A: ขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัส
	B: Super spar และ Barium carbonate ผสมในสัดส่วนที่เท่า กัน
	C: ดินขาวระนอง (Kaolin R) และทรายบดละเอียดในสัดส่วนเท่ากัน
2	A: ขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัส
	B: Super spar*
	C: Boric oxide
3	A: ขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัส
	B: Spar glaze*
	C: Talcum
5	A: ขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัส
	B: Spar glaze
	C: Kaolin R

หมายเหตุ Spar glaze* และ Super spar* เป็นชื่อทางการค้าของหินฟันม้า (Feldspar) ที่ซื้อได้จากบริษัท Clay & Mineral รายละเอียดองค์ประกอบทางเคมีของทั้งสองดูได้จากภาคผนวก ก

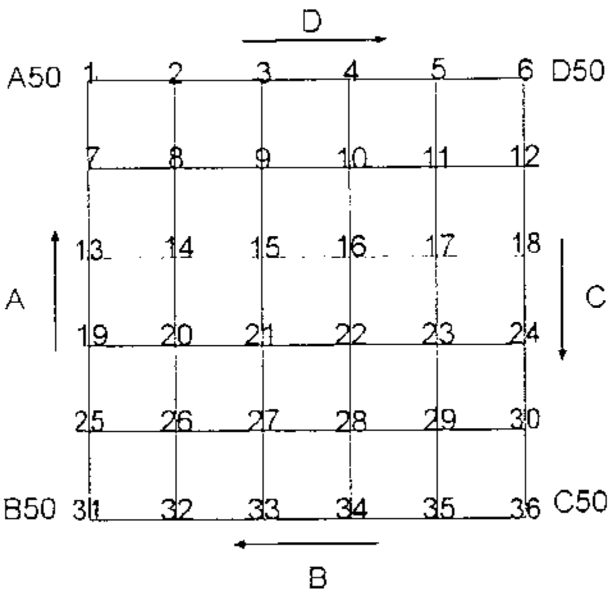


ภาพที่ 5 แสดงสูตรย่อยทั้ง 66 สูตร ของสูตร Triaxial blending

ตารางที่ III แสดงสัดส่วนผสม A : B : C ในสูตรย่อยๆ ทั้ง 66 สูตรของ Triaxial blending

(จาก Reference 1 หน้า 38)

1 A 100	2 A 90 B 10	3 A 90 C 10	4 A 80 B 20	5 A 80 B 10 C 10	6 A 80 C 20	7 A 70 B 30	8 A 70 B 20 C 10	9 A 70 B 10 C 20	10 A 70 C 30	11 A 60 B 40
12 A 60 B 30 C 10	13 A 60 B 20 C 20	14 A 60 B 10 C 30	15 A 60 C 40	16 A 50 B 50	17 A 50 B 40 C 10	18 A 50 B 30 C 20	19 A 50 B 20 C 30	20 A 50 B 10 C 40	21 A 50 C 50	22 A 40 B 60
23 A 40 B 50 C 10	24 A 40 B 40 C 20	25 A 40 B 30 C 30	26 A 40 B 20 C 40	27 A 40 B 10 C 50	28 A 40 C 60	29 A 30 B 70	30 A 30 B 60 C 10	31 A 30 B 50 C 20	32 A 30 B 40 C 30	33 A 30 B 30 C 40
34 A 30 B 20 C 50	35 A 30 B 10 C 60	36 A 30 C 70	37 A 20 B 80	38 A 20 B 70 C 10	39 A 20 B 60 C 20	40 A 20 B 50 C 30	41 A 20 B 40 C 40	42 A 20 B 30 C 50	43 A 20 B 20 C 60	44 A 20 B 10 C 70
45 A 20 C 80	46 A 10 B 90	47 A 10 B 80 C 10	48 A 10 B 70 C 20	49 A 10 B 60 C 30	50 A 10 B 50 C 40	51 A 10 B 40 C 50	52 A 10 B 30 C 60	53 A 10 B 20 C 70	54 A 10 B 10 C 80	55 A 10 C 90
56 B 100	57 B 90 C 10	58 B 80 C 20	59 B 70 C 30	60 B 60 C 40	61 B 50 C 50	62 B 40 C 60	63 B 30 C 70	64 B 20 C 80	65 B 10 C 90	66 C 100



ภาพที่ 6 แสดงสูตรย่อยทั้ง 36 สูตร ของสูตร Quadraxial blending (จาก Reference ที่ 1 หน้า 59)

ตารางที่ IV แสดงสัดส่วนผสม A : B : C : D ในสูตรย่อยๆ ทั้ง 36 สูตรของ Quadraxial blending (จาก Reference 1 หน้า 59)

1 A 50 B 50 100	2 A 50 B 40 D 10 100	3 A 50 B 30 D 20 100	4 A 50 B 20 D 30 100	5 A 50 B 10 D 40 100	6 A 50 D 50 100
7 A 40 B 50 C 10 100	8 A 40 B 40 C 10 D 10 100	9 A 40 B 30 C 10 D 20 100	10 A 40 B 20 C 10 D 30 100	11 A 40 B 10 C 10 D 40 100	12 A 40 C 10 D 50 100
13 A 30 B 50 C 20 100	14 A 30 B 40 C 20 D 10 100	15 A 30 B 30 C 20 D 20 100	16 A 30 B 20 C 20 D 30 100	17 A 30 B 10 C 20 D 40 100	18 A 30 C 20 D 50 100
19 A 20 B 50 C 30 100	20 A 20 B 40 C 30 D 10 100	21 A 20 B 30 C 30 D 20 100	22 A 20 B 20 C 30 D 30 100	23 A 20 B 10 C 30 D 40 100	24 A 20 C 30 D 50 100
25 A 10 B 50 C 40 100	26 A 10 B 40 C 40 D 10 100	27 A 10 B 30 C 40 D 20 100	28 A 10 B 20 C 40 D 30 100	29 A 10 B 10 C 40 D 40 100	30 A 10 C 40 D 50 100
31 B 50 C 50 100	32 B 40 C 50 D 10 100	33 B 30 C 50 D 20 100	34 B 20 C 50 D 30 100	35 B 10 C 50 D 40 100	36 C 50 D 50 100

3.2 คำนวณน้ำหนักวัตถุดิบที่ใช้ผสมกันในแต่ละสูตร เนื่องจากสูตรเคลือบใหญ่ที่ 1, 2, 3 และ 5 ประกอบด้วย 66 สูตรย่อย ; สูตรเคลือบใหญ่ที่ 4 ประกอบด้วย 36 สูตรย่อย และสูตรเคลือบใหญ่ที่ 6 ประกอบด้วย 11 สูตรย่อย รวมทั้งหมดได้เป็น 311 สูตรย่อย ภาคผนวก ค แสดงรายละเอียดส่วนผสมของเคลือบทั้งหมด 6 สูตรใหญ่ ซึ่งแบ่งเป็นสูตรย่อยๆ รวมกันทั้งหมด 311 สูตรย่อย

3.3 ชั่งวัตถุดิบแต่ละสูตรทั้งหมด 311 สูตรย่อย ด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

3.4 บดผสมวัตถุดิบแต่ละสูตรด้วยโกร่ง

ส่วนที่ 4 เคลือบชิ้นตัวอย่าง

4.1 ผสมน้ำลงในผงเคลือบจากข้อ 3.4 ในอัตราส่วน ผงเคลือบ 5 กรัม ต่อน้ำ 7-12 cm^3 ใช้โกร่งบดผสมให้น้ำเข้ากับผงเคลือบให้ดี

4.2 นำชิ้นตัวอย่างที่เตรียมจากเนื้อดินปั้นทั้งสองชนิดคือ ชนิด 2 และ 3 components ซึ่งเผา biscuit แล้วจากข้อ 2.5 มา เช็ดผิวชิ้นตัวอย่างก่อนด้วยฟองน้ำชุบน้ำหมาดๆ

4.3 เมื่อผิวชิ้นตัวอย่างใกล้ๆ จะแห้ง ตักน้ำเคลือบจากข้อ 4.1) เทลงบนผิวชิ้นตัวอย่าง แล้วหมุนชิ้นตัวอย่างไปรอบให้น้ำเคลือบติดผิวชิ้นตัวอย่างอย่างทั่วถึงและเรียบเสมอกัน แล้วตากชิ้นตัวอย่างให้น้ำเคลือบที่เคลือบอยู่แห้ง

4.4 ขูดตบแต่งน้ำเคลือบที่เลอะออกมานอกขอบชิ้นตัวอย่างให้เรียบร้อย

4.5 นำชิ้นตัวอย่างไปเผาในเตาไฟฟ้า โดยใช้ heating rate 5°C ต่อนาที ที่อุณหภูมิสูงสุดและ soaking time ตามตารางที่ V

ตารางที่ V แสดงอุณหภูมิสูงสุดและ soaking time ในการเผาชิ้นตัวอย่างเคลือบสูตรใหญ่ที่ 1-6

สูตรที่	อุณหภูมิสูงสุดที่เผา	เวลาที่รักษาไว้เมื่อถึงอุณหภูมิสูงสุด
1	1180 °C	1 ชั่วโมง
2	1100 °C	1 ชั่วโมง
3	1200 °C	1 ชั่วโมง
4	920 °C	1 ชั่วโมง
5	1200 °C	1 ชั่วโมง
6	1200 °C	1 ชั่วโมง

ได้ผลดังภาพที่ 21-30

4.6 จากเคลือบ 311 สูตรย่อยบนชิ้นตัวอย่าง 622 ชิ้นคัดเลือกชิ้นตัวอย่างที่เผาเคลือบออกมาแล้วมีลักษณะที่ดีออกมา 28 ชิ้น ดังนี้

1) สูตรเคลือบที่ 1 หมายเลขสูตรย่อยที่ 2 เคลือบบนชิ้นตัวอย่างที่ทำจากเนื้อดินปั้นแบบ 2 components
2) สูตรเคลือบที่ 1 หมายเลขสูตรย่อยที่ 35 เคลือบบนชิ้นตัวอย่างที่ทำจากเนื้อดินปั้นแบบ 2 components
3) สูตรเคลือบที่ 1 หมายเลขสูตรย่อยที่ 36 เคลือบบนชิ้นตัวอย่างที่ทำจากเนื้อดินปั้นแบบ 2 components
4) สูตรเคลือบที่ 1 หมายเลขสูตรย่อยที่ 50 เคลือบบนชิ้นตัวอย่างที่ทำจากเนื้อดินปั้นแบบ 2 components
5) สูตรเคลือบที่ 1 หมายเลขสูตรย่อยที่ 53 เคลือบบนชิ้นตัวอย่างที่ทำจากเนื้อดินปั้นแบบ 2 components
6) สูตรเคลือบที่ 1 หมายเลขสูตรย่อยที่ 58 เคลือบบนชิ้นตัวอย่างที่ทำจากเนื้อดินปั้นแบบ 2 components
7) สูตรเคลือบที่ 2 หมายเลขสูตรย่อยที่ 35 เคลือบบนชิ้นตัวอย่างที่ทำจากเนื้อดินปั้นแบบ 2 components
8) สูตรเคลือบที่ 2 หมายเลขสูตรย่อยที่ 39 เคลือบบนชิ้นตัวอย่างที่ทำจากเนื้อดินปั้นแบบ 2 components
9) สูตรเคลือบที่ 2 หมายเลขสูตรย่อยที่ 40 เคลือบบนชิ้นตัวอย่างที่ทำจากเนื้อดินปั้นแบบ 2 components
10) สูตรเคลือบที่ 2 หมายเลขสูตรย่อยที่ 63 เคลือบบนชิ้นตัวอย่างที่ทำจากเนื้อดินปั้นแบบ 2 components
11) สูตรเคลือบที่ 3 หมายเลขสูตรย่อยที่ 37 เคลือบบนชิ้นตัวอย่างที่ทำจากเนื้อดินปั้นแบบ 2 components
12) สูตรเคลือบที่ 3 หมายเลขสูตรย่อยที่ 50 เคลือบบนชิ้นตัวอย่างที่ทำจากเนื้อดินปั้นแบบ 2 components
13) สูตรเคลือบที่ 3 หมายเลขสูตรย่อยที่ 56 เคลือบบนชิ้นตัวอย่างที่ทำจากเนื้อดินปั้นแบบ 2 components
14) สูตรเคลือบที่ 4 หมายเลขสูตรย่อยที่ 18 เคลือบบนชิ้นตัวอย่างที่ทำจากเนื้อดินปั้นแบบ 2 components
15) สูตรเคลือบที่ 5 หมายเลขสูตรย่อยที่ 23 เคลือบบนชิ้นตัวอย่างที่ทำจากเนื้อดินปั้นแบบ 2 components
16) สูตรเคลือบที่ 5 หมายเลขสูตรย่อยที่ 24 เคลือบบนชิ้นตัวอย่างที่ทำจากเนื้อดินปั้นแบบ 2 components
17) สูตรเคลือบที่ 1 หมายเลขสูตรย่อยที่ 24 เคลือบบนชิ้นตัวอย่างที่ทำจากเนื้อดินปั้นแบบ 3 components
18) สูตรเคลือบที่ 1 หมายเลขสูตรย่อยที่ 35 เคลือบบนชิ้นตัวอย่างที่ทำจากเนื้อดินปั้นแบบ 3 components
19) สูตรเคลือบที่ 1 หมายเลขสูตรย่อยที่ 48 เคลือบบนชิ้นตัวอย่างที่ทำจากเนื้อดินปั้นแบบ 3 components
20) สูตรเคลือบที่ 1 หมายเลขสูตรย่อยที่ 50 เคลือบบนชิ้นตัวอย่างที่ทำจากเนื้อดินปั้นแบบ 3 components
21) สูตรเคลือบที่ 2 หมายเลขสูตรย่อยที่ 54 เคลือบบนชิ้นตัวอย่างที่ทำจากเนื้อดินปั้นแบบ 3 components
22) สูตรเคลือบที่ 2 หมายเลขสูตรย่อยที่ 63 เคลือบบนชิ้นตัวอย่างที่ทำจากเนื้อดินปั้นแบบ 3 components
23) สูตรเคลือบที่ 3 หมายเลขสูตรย่อยที่ 16 เคลือบบนชิ้นตัวอย่างที่ทำจากเนื้อดินปั้นแบบ 3 components
24) สูตรเคลือบที่ 3 หมายเลขสูตรย่อยที่ 26 เคลือบบนชิ้นตัวอย่างที่ทำจากเนื้อดินปั้นแบบ 3 components
25) สูตรเคลือบที่ 4 หมายเลขสูตรย่อยที่ 18 เคลือบบนชิ้นตัวอย่างที่ทำจากเนื้อดินปั้นแบบ 3 components
26) สูตรเคลือบที่ 4 หมายเลขสูตรย่อยที่ 30 เคลือบบนชิ้นตัวอย่างที่ทำจากเนื้อดินปั้นแบบ 3 components
27) สูตรเคลือบที่ 5 หมายเลขสูตรย่อยที่ 44 เคลือบบนชิ้นตัวอย่างที่ทำจากเนื้อดินปั้นแบบ 3 components
28) สูตรเคลือบที่ 5 หมายเลขสูตรย่อยที่ 58 เคลือบบนชิ้นตัวอย่างที่ทำจากเนื้อดินปั้นแบบ 3 components

<u>ส่วนที่ 5</u> **เคลือบถ้วยตัวอย่าง**

เพื่อทดสอบความเข้ากันได้ของเคลือบที่คัดเลือกมาข้างต้นใช้ได้กับการเผาโดยเตาเผาที่ด่านเกวียน จึงนำเคลือบที่คัดเลือกมาไปเคลือบบนถ้วยที่ทำจากเนื้อดินปั้นของด่านเกวียนและเผาในเตาฟืนที่ใช้กันแพร่หลายที่ด่านเกวียน ดังมีขั้นตอนตามรายละเอียดดังนี้

5.1) ได้รับถ้วยตัวอย่างที่ขึ้นรูปจากเนื้อดินปั้น 2 แบบ คือแบบ 2 และ 3 components ซึ่งมีส่วนผสมดังที่กล่าวไว้แล้วในตอนที่ 2 มาจากร้านดินเผา ดังภาพที่ 7 และ 8 ถ้วยเหล่านี้ถูกเผา biscuit มาด้วยอุณหภูมิและตารางการเผาเหมือนที่ใช้ “เผาแดง” ที่ใช้กันทั่วไปที่ด่านเกวียน

5.2) คำนวณสูตรเคลือบที่เลือกมาในข้อ 4.6

5.3) ชั่งผสมเคลือบแล้วบดผสมในโกร่งใส่น้ำเข้าไปช่วยในปริมาณที่เหมาะสม

5.4) ใช้ผ้าหมาดๆ เช็ดถ้วยตัวอย่าง แล้วทิ้งไว้สักครู่ จากนั้นนำเคลือบจากข้อ 5.3 เทบนถ้วย

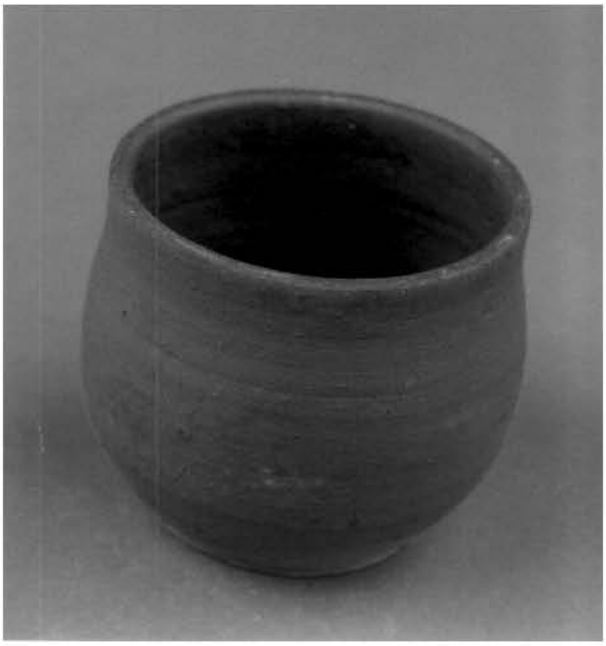
5.5) ปล่อยให้เคลือบแห้ง

5.6) ขูดตบแต่งน้ำเคลือบที่เลอะที่ก้นถ้วยให้เรียบร้อย

5.7) นำถ้วยไปเผาในเตาฟืนที่ร้านดินเผาตาม Firing schedule ในภาพที่ ง1 ภาพที่ ง2-3 แสดงเตาไม้ฟืนแบบด่านเกวียน

5.8) ได้ผลดังแสดงด้วยภาพที่ 41-68

ภาพที่ 7 แสดงถ้วยตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 2 components ที่นำมาเคลือบ



ภาพที่ 8 แสดงถ้วยตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 3 components ที่นำมาเคลือบ

บทที่ 3

ผลการทดลอง

<u>ส่วนที่ 1</u> ข้อมูลเกี่ยวกับขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัส

1.1) เปอร์เซ็นต์ขี้เถ้าจากการเผา ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ VI

ตารางที่ VI แสดงเปอร์เซ็นต์ขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัสที่ได้จากการเผาไม้ท่อนยูคาลิปตัส

น้ำหนักไม้ท่อนยูคาลิปตัสที่นำมาเผา	น้ำหนักถ่านและขี้เถ้าทั้งหมดที่เผาได้	คิดเป็น % เมื่อเทียบกับไม้ท่อน	น้ำหนักขี้เถ้าที่ร่อนผ่านตระแกรง 50 mesh	คิดเป็น % เมื่อเทียบกับไม้ท่อน
137 กิโลกรัม	1542 กรัม	1.13%	1149 กรัม	0.84%

1.2) องค์ประกอบของขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัส

ภาพที่ 9-10 แสดงผลวิเคราะห์ X-ray diffractometer ของขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัส ที่เผาเองจากไม้ท่อนยูคาลิปตัส และที่ได้รับจากร้านดินเผา ตามลำดับ ขี้เถ้าทั้งสองเป็นขี้เถ้าที่ยังไม่ calcine

ภาพที่ 11 เป็นภาพ X-ray pattern ของขี้เถ้าที่เผาเองและที่ได้รับจากร้านดินเผาเทียบกัน

1.3) ผลวิเคราะห์ Differential Thermal Analysis (DTA) และ Thermogravimetric Analysis (TGA) ขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัส

1.3.1 ขี้เถ้าที่ยังไม่ calcine

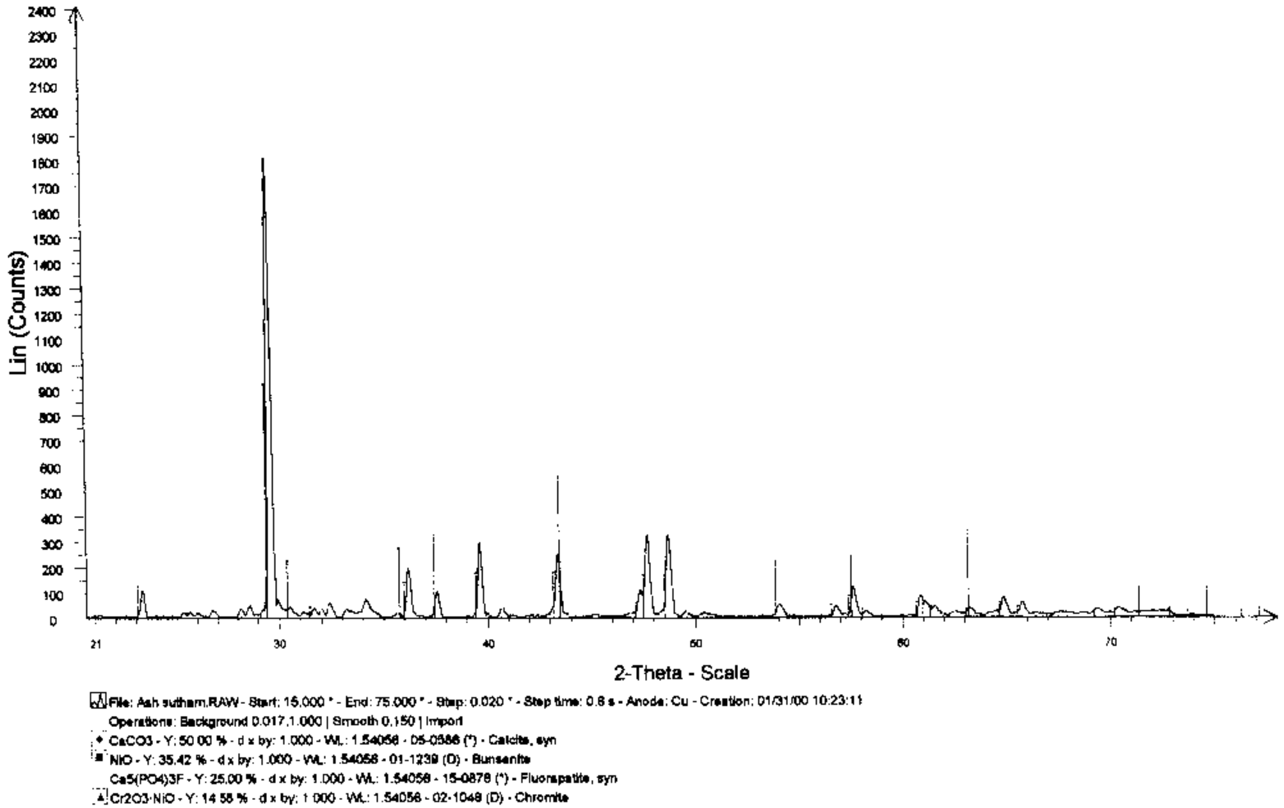
ผลการวิเคราะห์ DTA และ TGA ขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัสที่ได้จากการเผาไม้ท่อนเอง แสดงโดยภาพที่ 12-13 ตามลำดับ ส่วนภาพที่ 14-15 เป็นภาพผลการวิเคราะห์ DTA และ TGA ขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัสที่ได้จากร้านดินเผา วิเคราะห์โดยศูนย์เครื่องมือมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาพที่ 16 แสดงผลวิเคราะห์ DTA ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ ที่ได้จากการเผาเองเทียบกับขี้เถ้าไม้ยูคาไม้ยูคาลิปตัสที่ได้จากร้านดินเผา

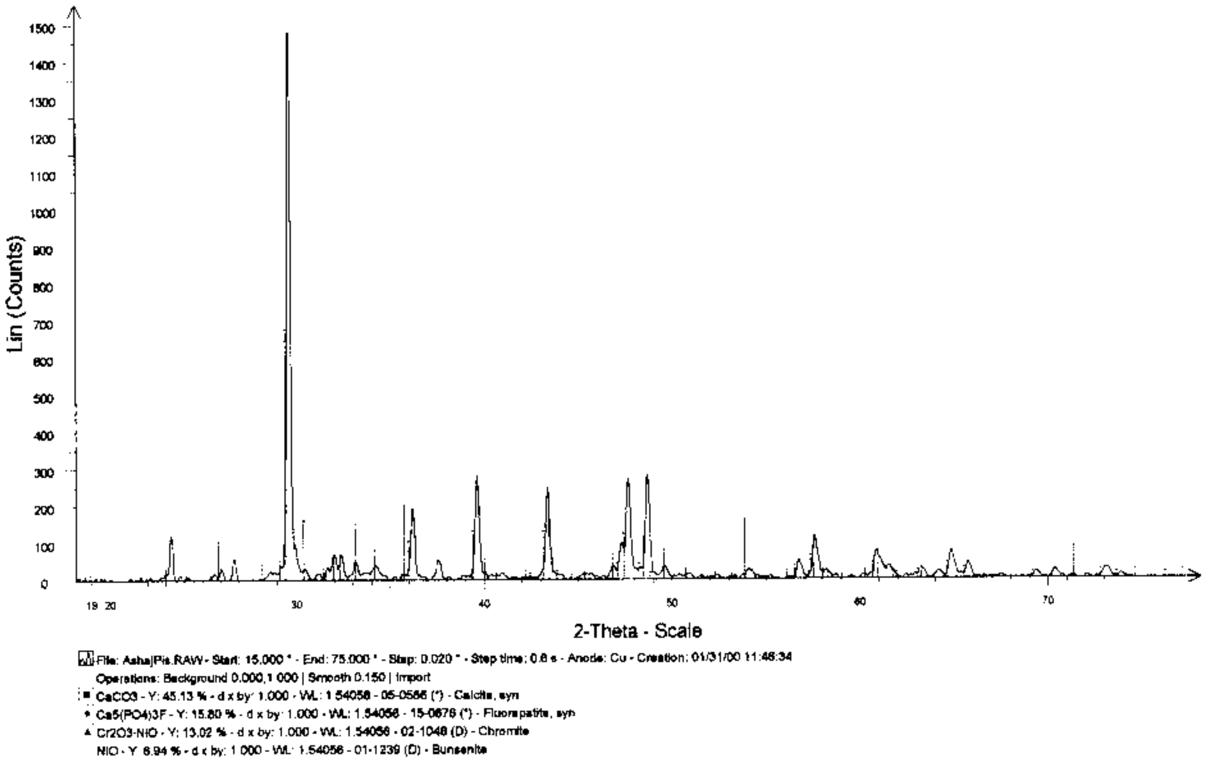
ภาพที่ 17-18 แสดงผล DTA และ TGA ขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัสที่ได้จากการเผาเองและจากร้านดินเผา วิเคราะห์โดยศูนย์เครื่องมือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.3.2 ขี้เถ้าที่ calcine แล้ว

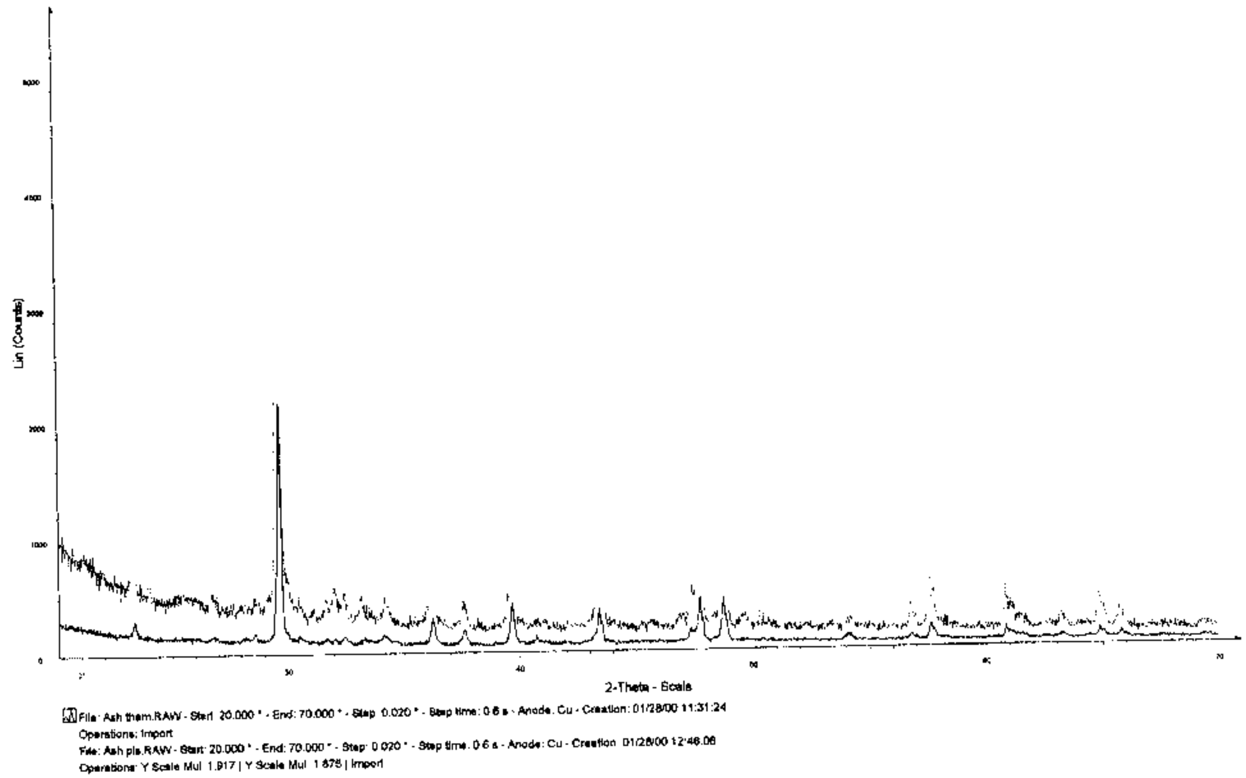
ผลวิเคราะห์ DTA และ TGA ขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัสของขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัสจากร้านดินเผาที่ calcine แล้วแสดงโดยภาพที่ 19-20



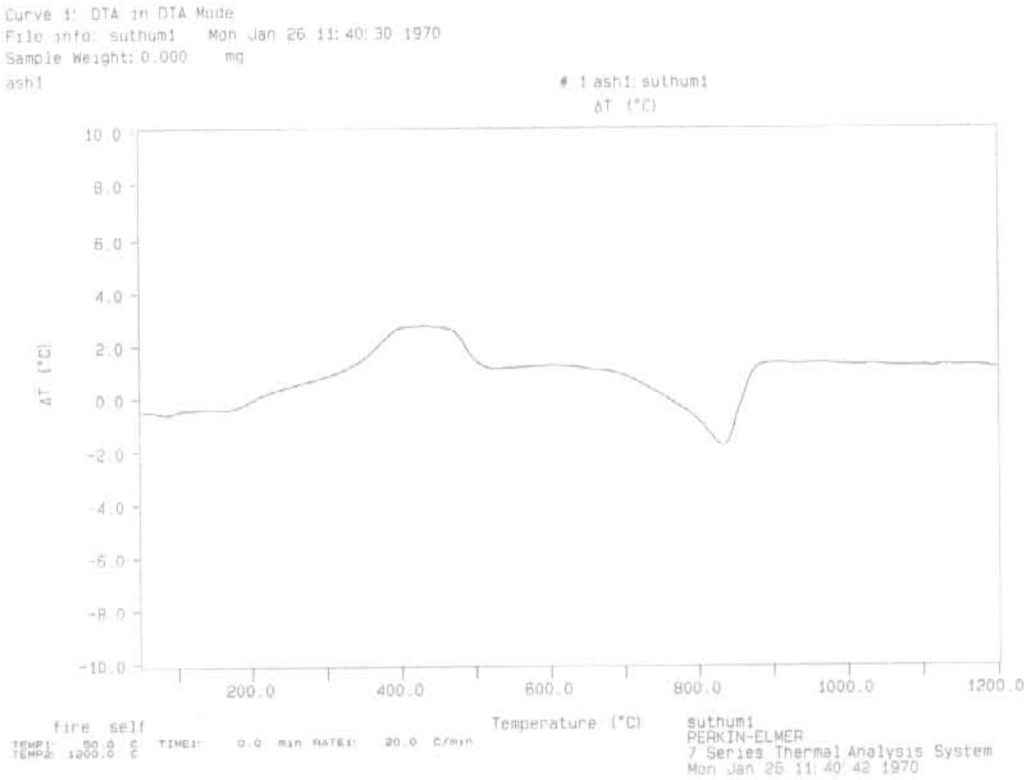
ภาพที่ 9 แสดง X-ray pattern ของขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัสที่เผาเองจากไม้ท่อนยูคาลิปตัส
ที่นำมาจากบริษัทธรรมค้ำจุน จ.อุดรธานี



ภาพที่ 10 แสดง X-ray pattern ของขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัสที่ได้รับจาก ร้านดินเผา ต.ด่านเกวียน อ.โชคชัย จ.นครราชสีมา



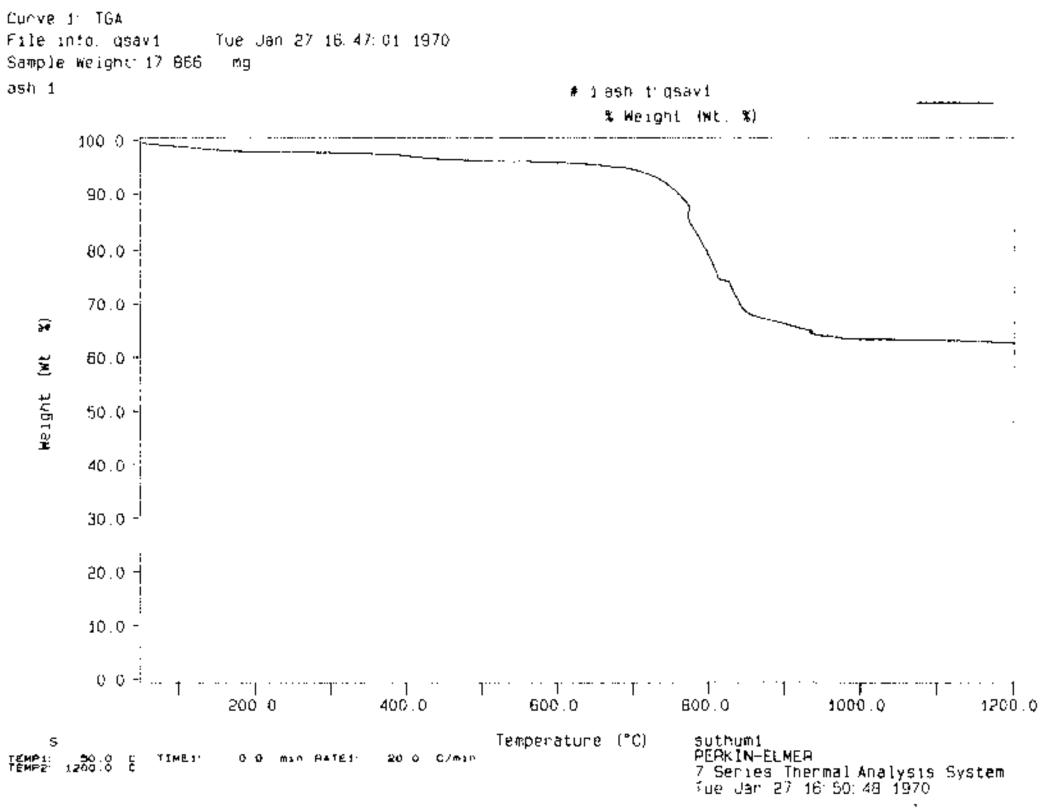
ภาพที่ 11 X-Ray pattern ของขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัสจากร้านดินเผา (เส้นบน) เทียบกับของขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัสที่เผาเองจากไม้ท่อนยูคาลิปตัส ที่ นำมาจากบริษัทธรรมค้ำจุน (เส้นล่าง)



ภาพที่ 12 แสดงกราฟ DTA ของขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัสที่เผาเองจากไม้ท่อนยูคาลิปตัสที่นำมาจากบริษัทธรรมค้ำจุน จ.อุดรธานี

(ขี้เถ้ายังไม่ผ่านการ calcine และบรรยากาศที่ใช้ในการทดสอบเป็น air)

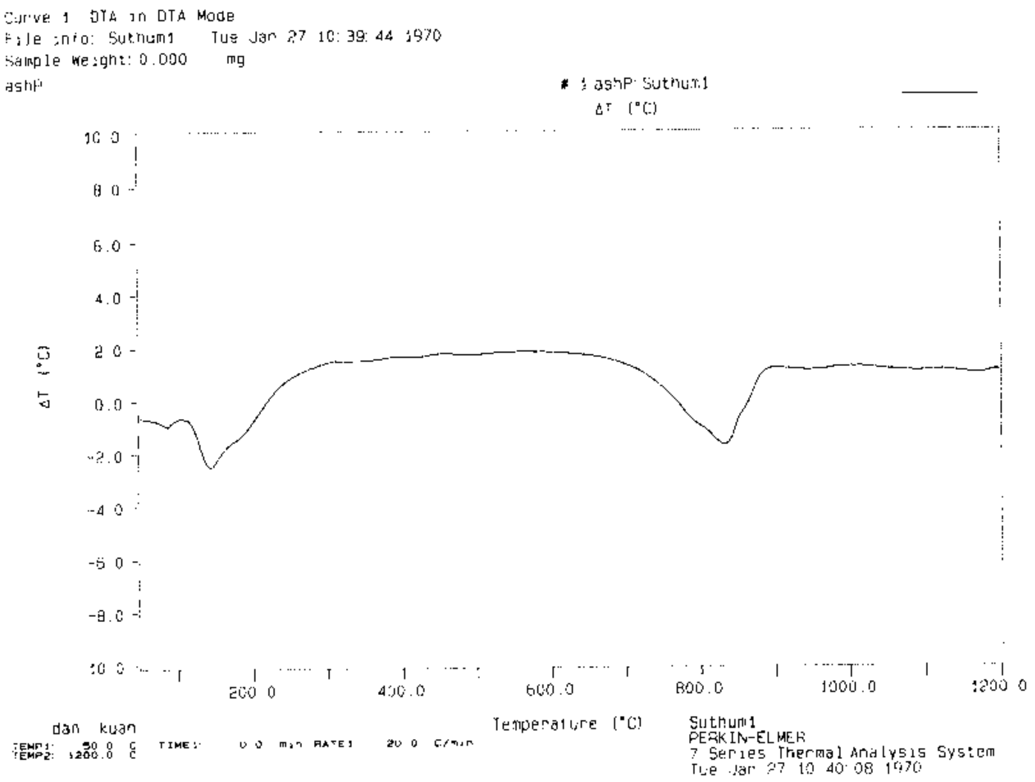
(ทดสอบที่ศูนย์เครื่องมือมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี)



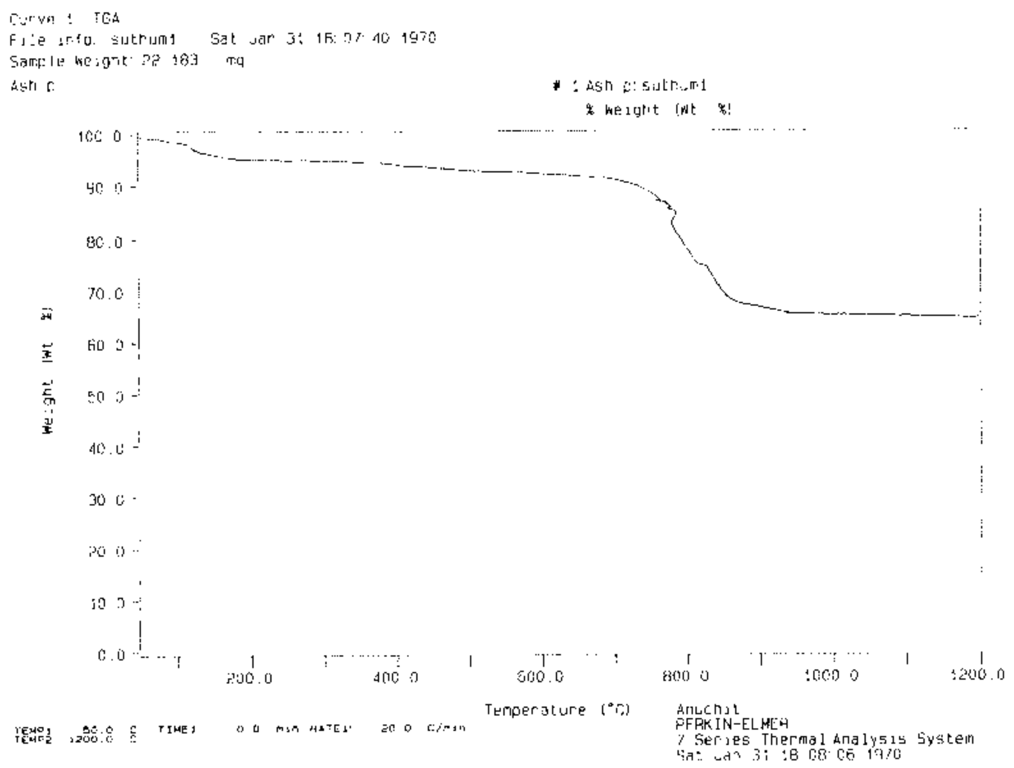
ภาพที่ 13 แสดงกราฟ TGA ของขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัสที่เผาเองจากไม้ท่อนยูคาลิปตัส ซึ่งนำมาจากบริษัทธรรมค้ำจุน จ.อุดรธานี

(ขี้เถ้ายังไม่ผ่านการ calcine และบรรยากาศที่ใช้ในการทดสอบเป็น air)

(ทดสอบที่ศูนย์เครื่องมือมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี)



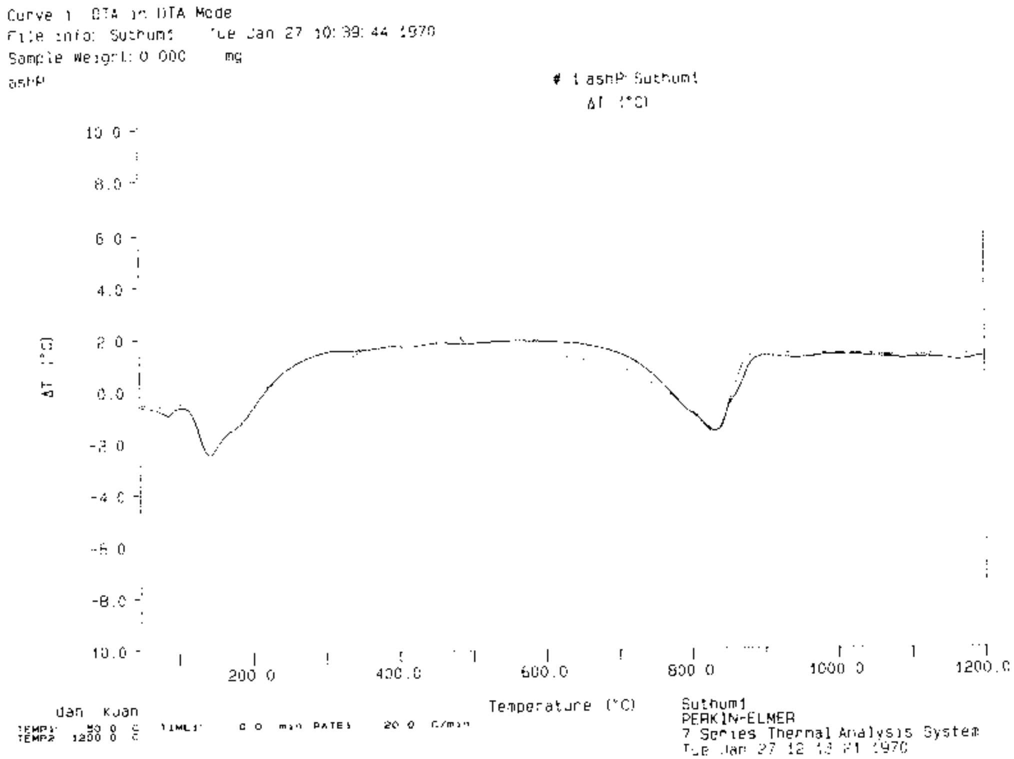
ภาพที่ 14 แสดงกราฟ DTA ของขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัสจากร้านดินเผา ต.ด่านเกวียน อ.โชคชัย
(ขี้เถ้ายังไม่ผ่านการ calcine และบรรยากาศที่ใช้ในการทดสอบเป็น air)
(ทดสอบที่ศูนย์เครื่องมือมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี)



ภาพที่ 15 แสดงกราฟ TGA ของขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัสจากร้านดินเผา ต.ด่านเกวียน อ.โชคชัย จ.นครราชสีมา

(ขี้เถ้ายังไม่ผ่านการ calcine และบรรยากาศที่ใช้ในการทดสอบเป็น air)

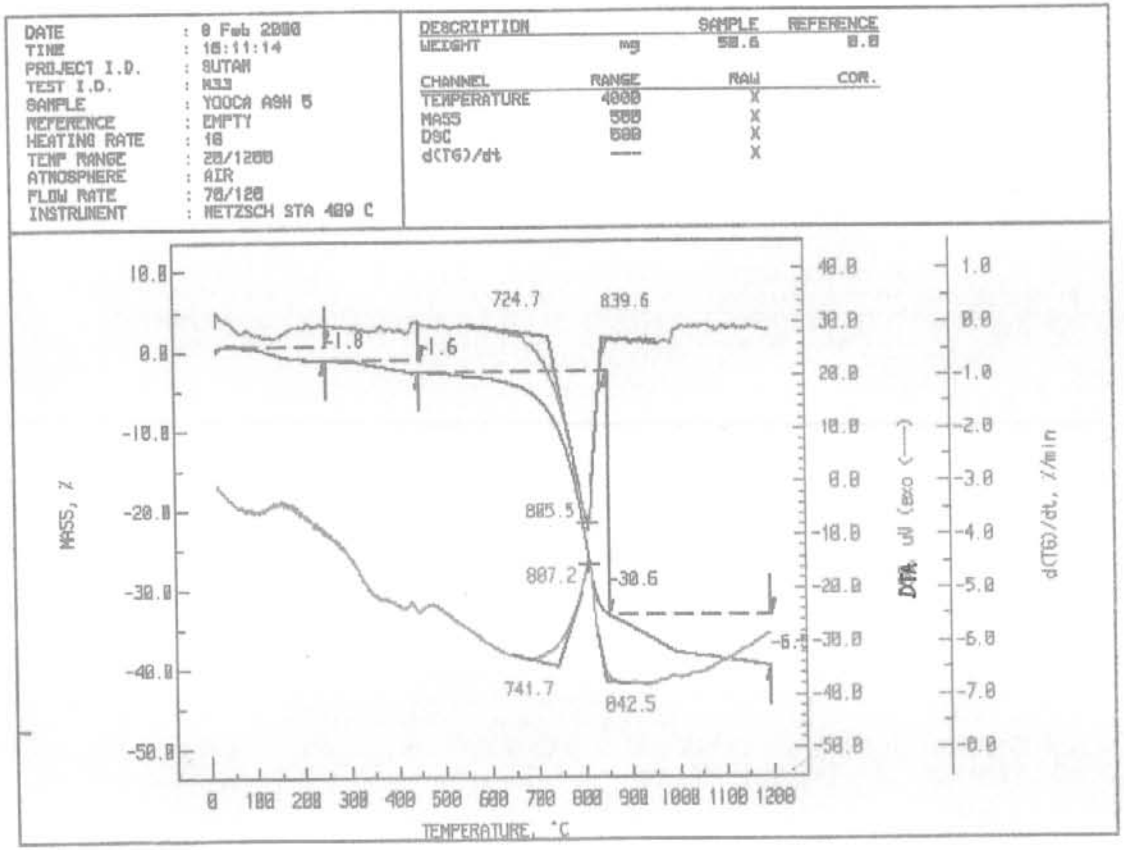
(ทดสอบที่ศูนย์เครื่องมือมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี)



ภาพที่ 16 เปรียบเทียบผลวิเคราะห์ DTA ของขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัสที่เผาเอง (เส้นประ) และขี้เถ้าจากร้านดินเผา (เส้นทึบ)

(ขี้เถ้ายังไม่ผ่านการ calcine และบรรยากาศที่ใช้ในการทดสอบเป็น air)

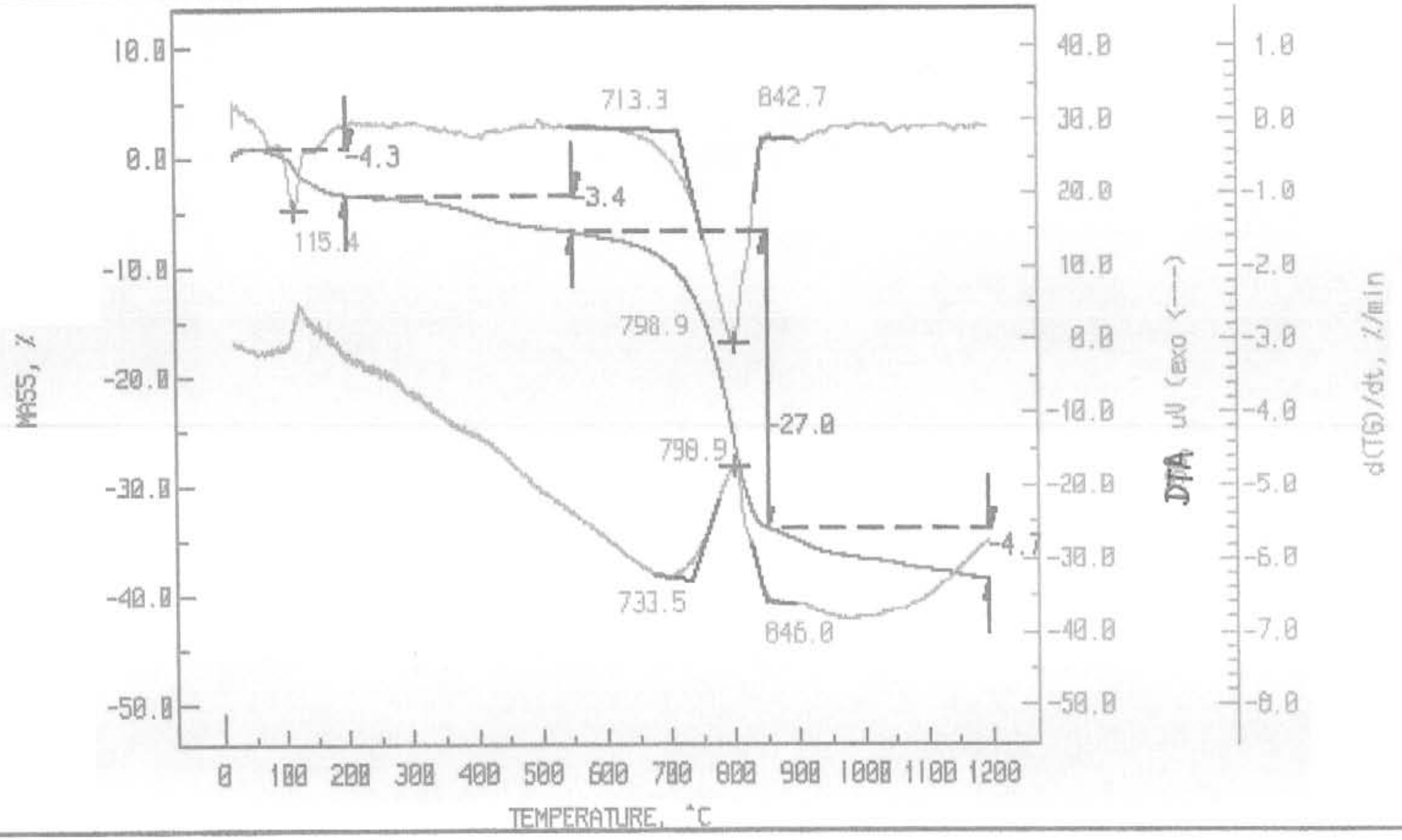
(ทดสอบที่ศูนย์เครื่องมือมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี)



ภาพที่ 17 แสดงกราฟ DTA และ TGA ของขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัสที่เผาเองจากไม้ท่อนที่นำมาจากบริษัทธรรมค้ำจุน จ.อุดรธานี

(ขี้เถ้ายังไม่ผ่านการ calcine และบรรยากาศที่ใช้ในการทดสอบเป็น air)

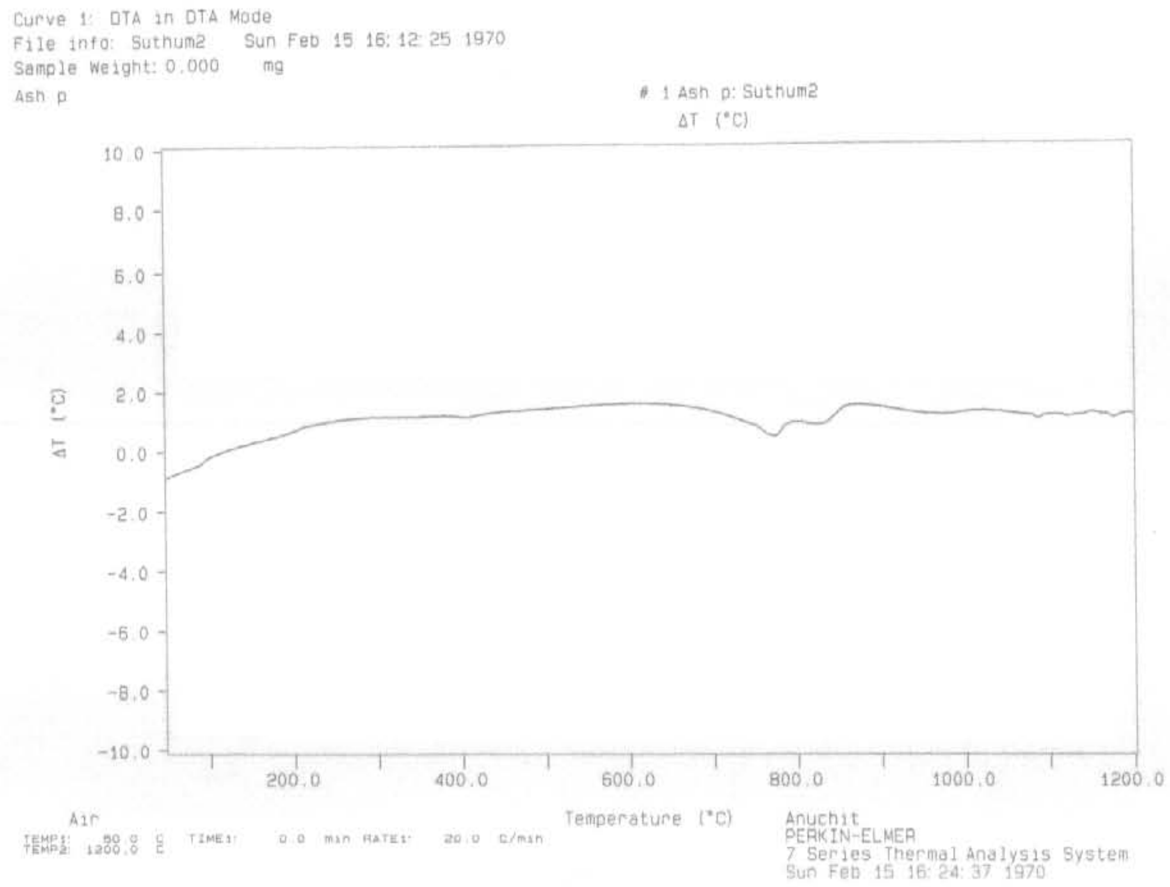
(ทดสอบที่ศูนย์เครื่องมือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)



ภาพที่ 18 แสดงกราฟ DTA และ TGA ของขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัสที่ได้จากร้านดินเผา ต.ด่านเกวียน อ.โชคชัย จ.นครราชสีมา

(ขี้เถ้ายังไม่ผ่านการ calcine และบรรยากาศที่ใช้ในการทดสอบเป็น air)

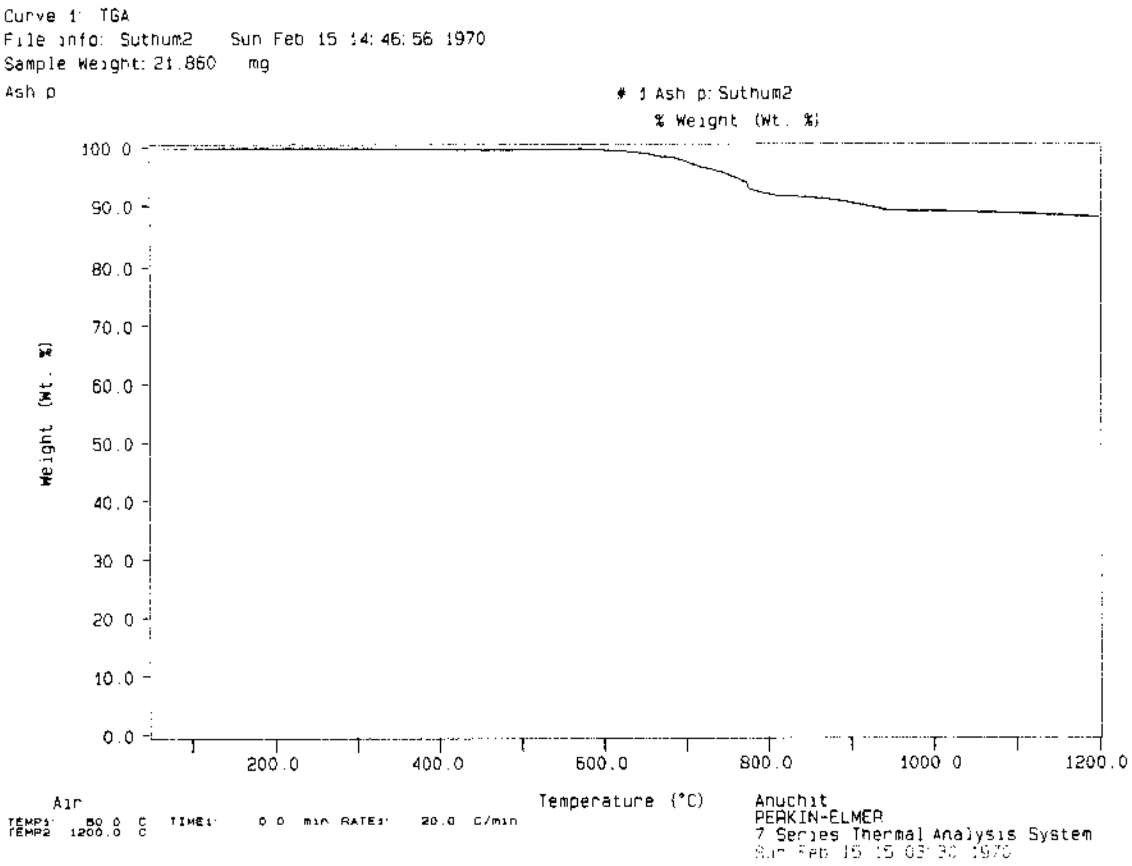
(ทดสอบที่ศูนย์เครื่องมือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)



ภาพที่ 19 แสดงกราฟ DTA ของขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัสที่ได้จากร้านดินเผา ที่ผ่านการ calcine แล้ว

(ทดสอบในบรรยากาศ air)

(ทดสอบที่ศูนย์เครื่องมือมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี)



ภาพที่ 20 แสดงกราฟ TGA ของขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัสที่ได้จากร้านดินเผา ที่ผ่านการ calcine แล้ว

(ทดสอบในบรรยากาศ air)

(ทดสอบที่ศูนย์เครื่องมือมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี)

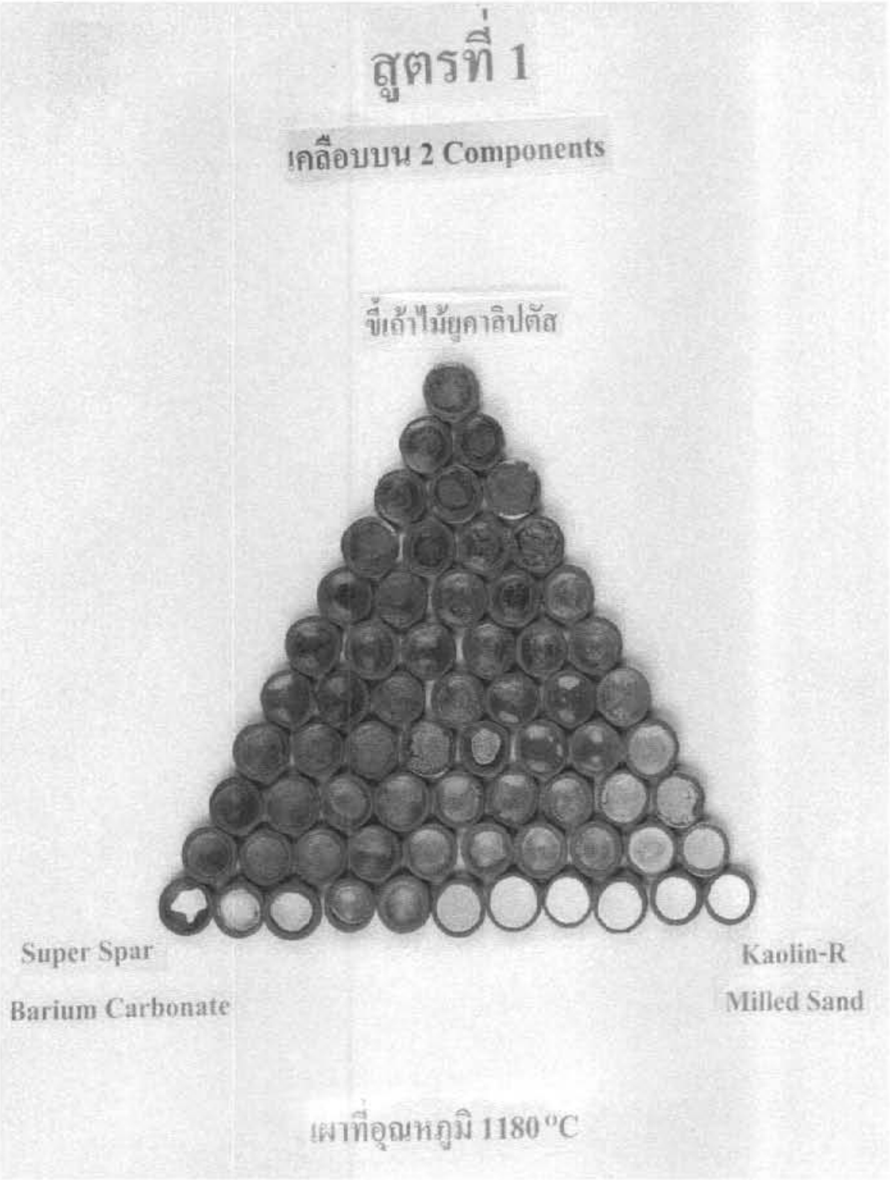
<u>ส่วนที่ 2</u> ผลของเคลือบบนชิ้นตัวอย่าง

ผลของเคลือบที่เผาบนชิ้นตัวอย่าง 6 สูตรใหญ่ 311 สูตรย่อย บนชิ้นตัวอย่างที่ทำจากเนื้อดินปั้น 2 ชนิด แสดงโดยภาพที่ 21-30

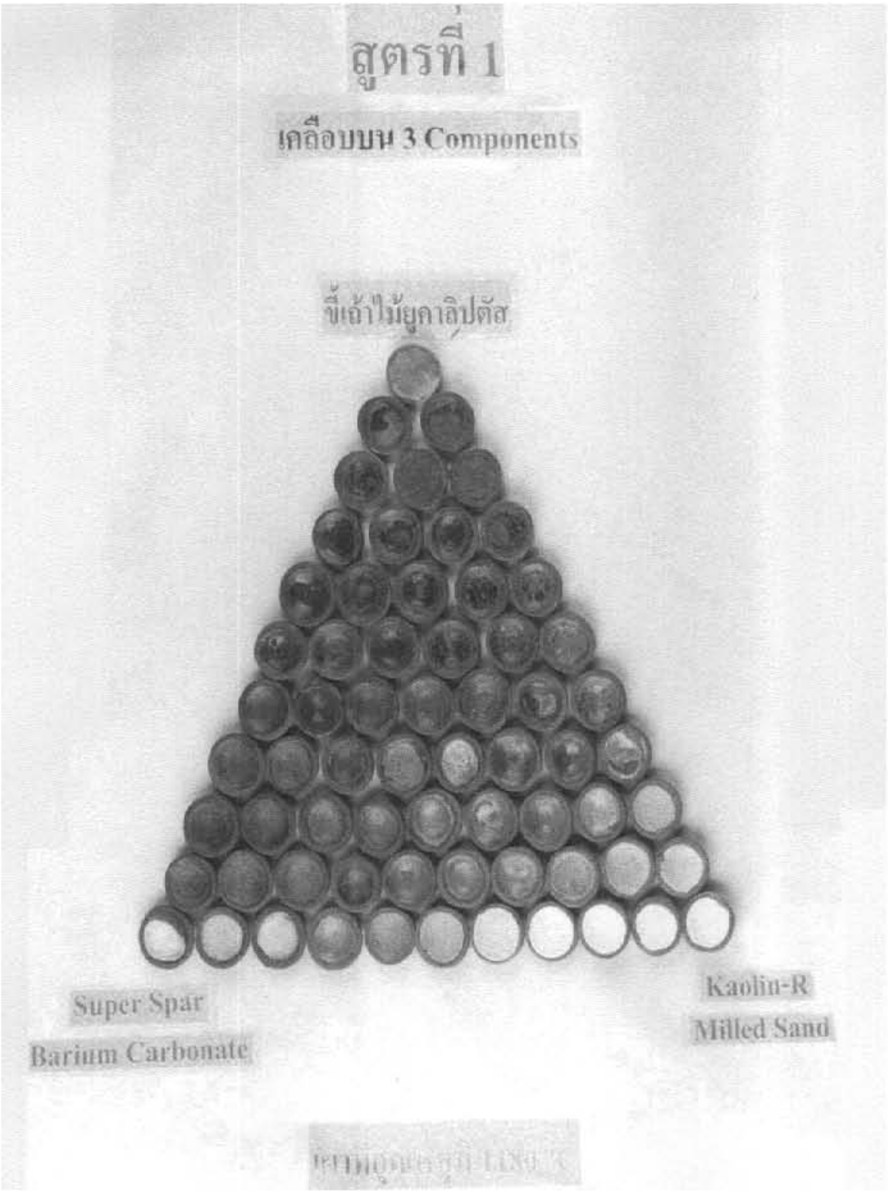
ภาพที่ 31-40 แสดงลักษณะเคลือบที่ปรากฏบนชิ้นตัวอย่างแต่ละสูตร

<u>ส่วนที่ 3</u> ผลของเคลือบบนถ้วยทดสอบ

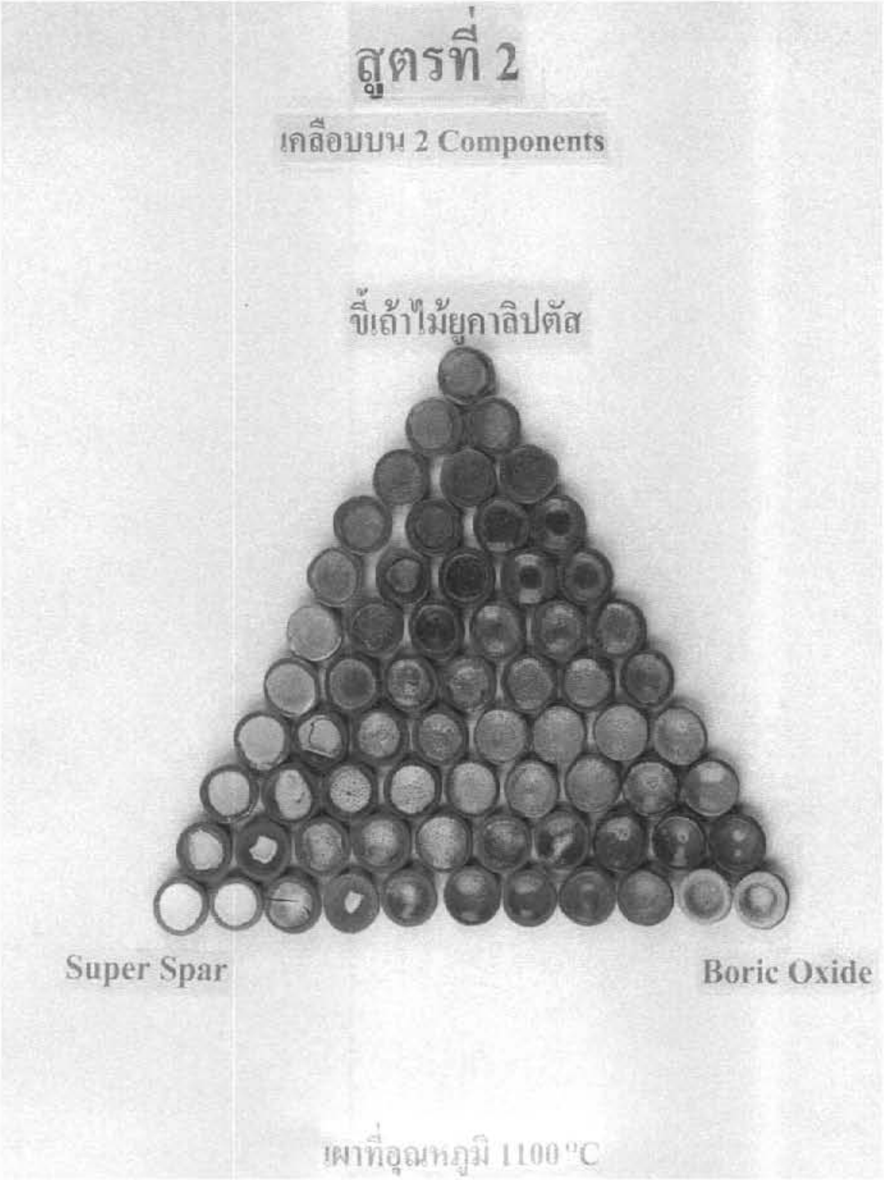
ภาพที่ 41-68 แสดงถ้วยทดสอบเนื้อดินปั้นแบบ 2 และ 3 components ที่เคลือบด้วยเคลือบสูตรต่างๆ



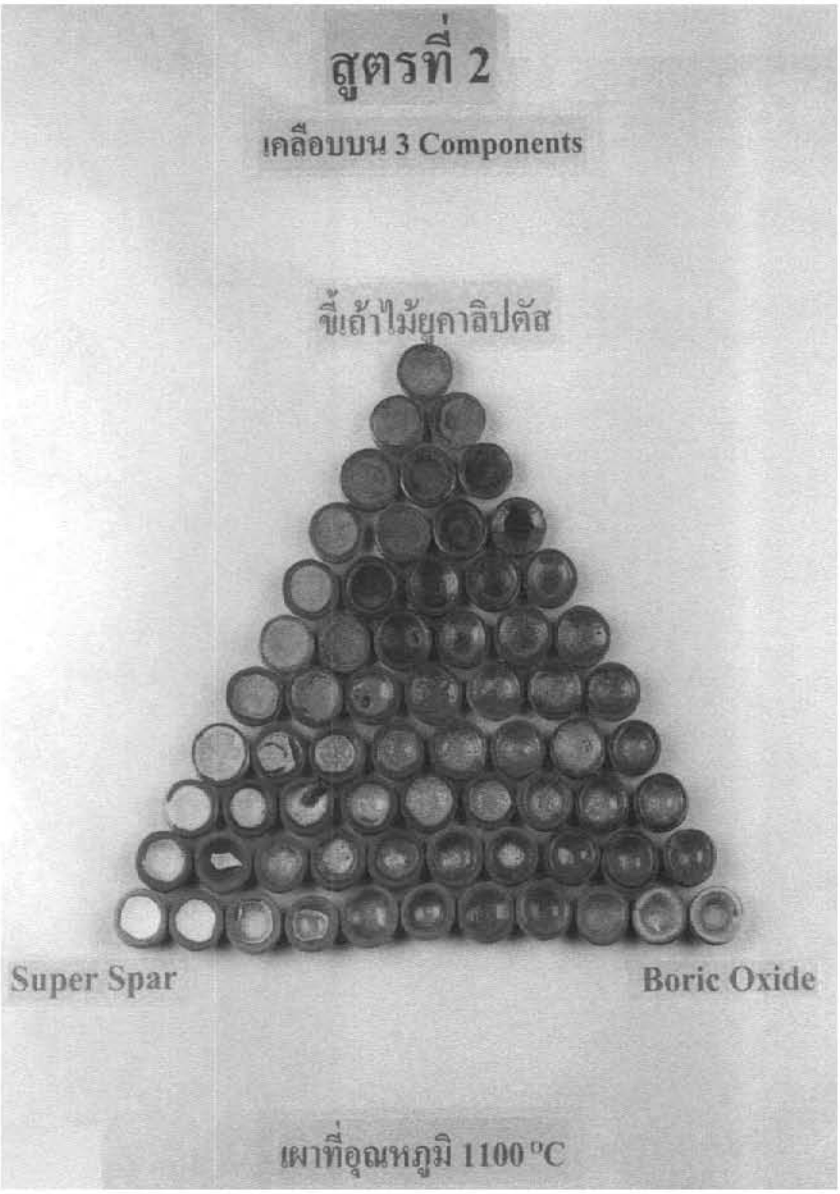
ภาพที่ 21 แสดงเคลือบสูตรใหญ่ที่ 1 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 2 components



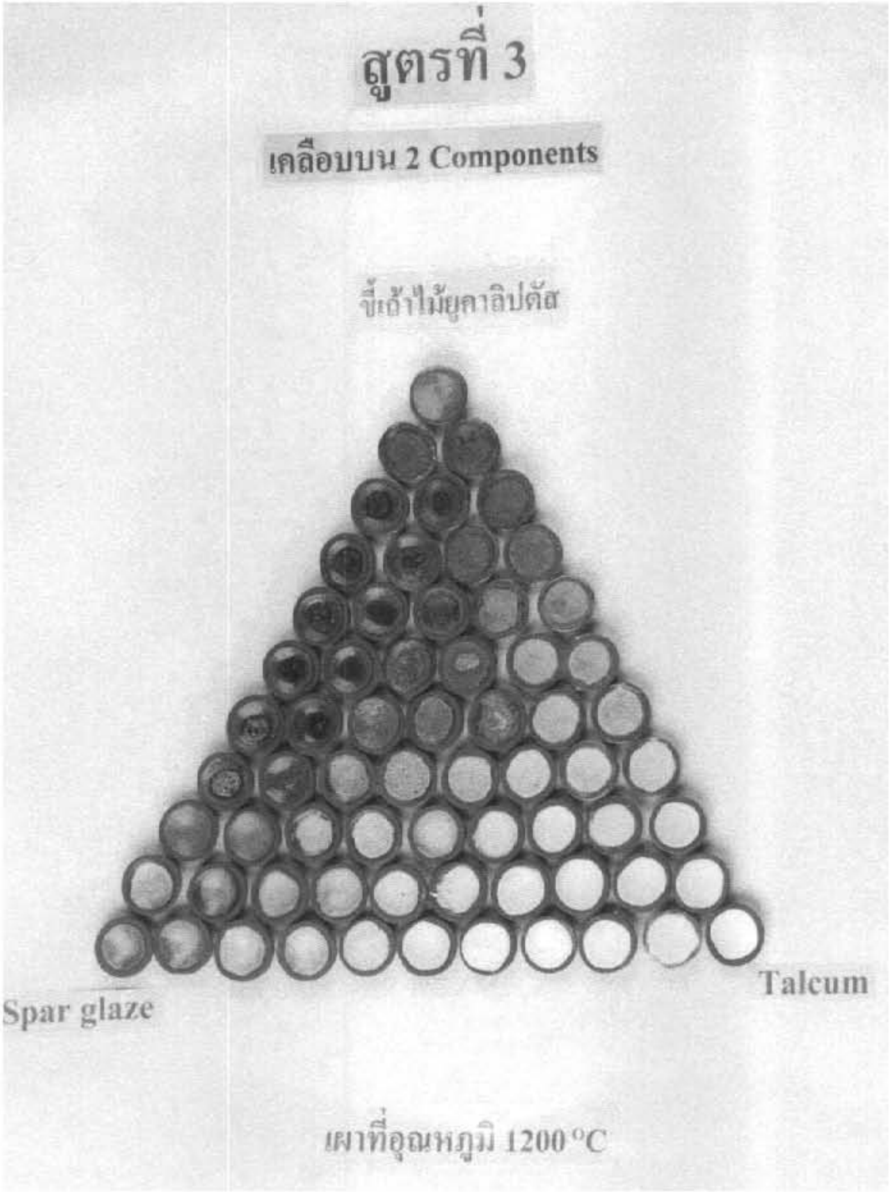
ภาพที่ 22 แสดงเคลือบสูตรใหญ่ที่ 1 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 3 components



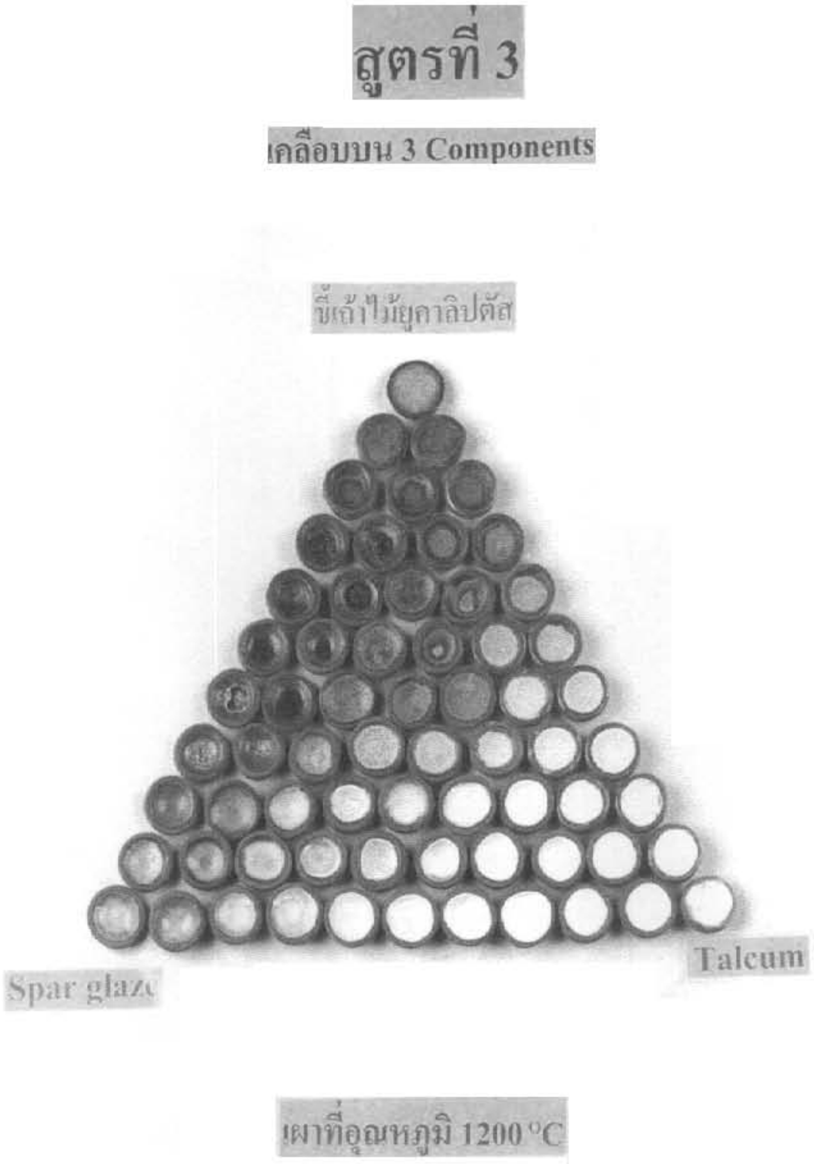
ภาพที่ 23 แสดงเคลือบสูตรใหญ่ที่ 2 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 2 components



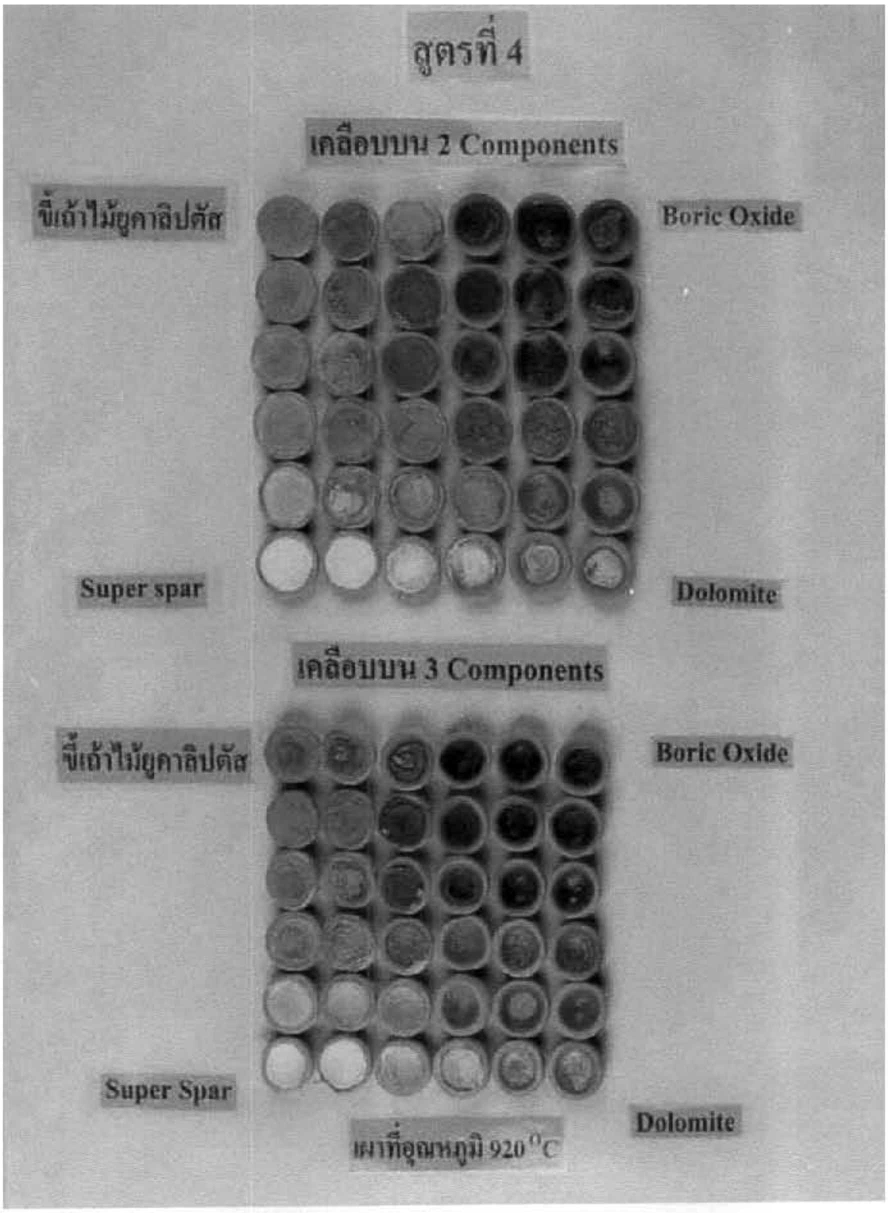
ภาพที่ 24 แสดงเคลือบสูตรใหญ่ที่ 2 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 3 components



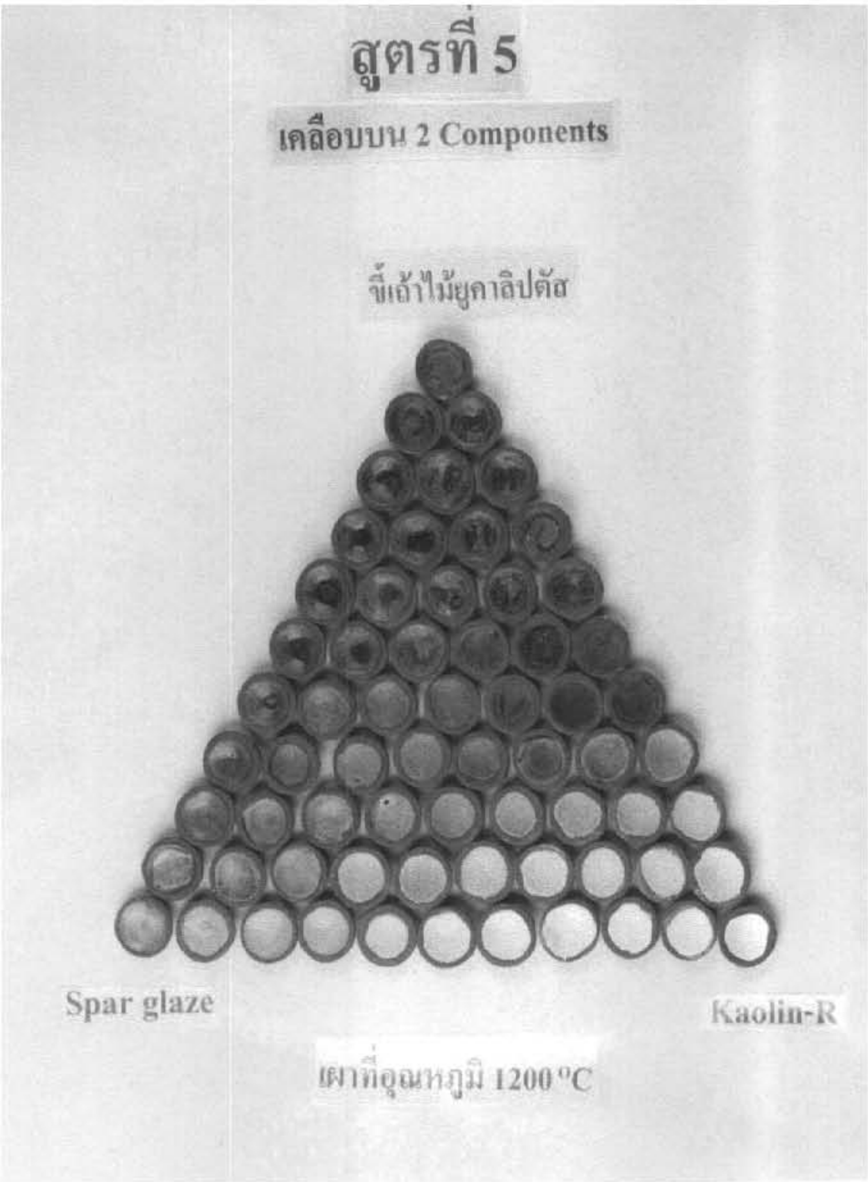
ภาพที่ 25 แสดงเคลือบสูตรใหญ่ที่ 3 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 2 components



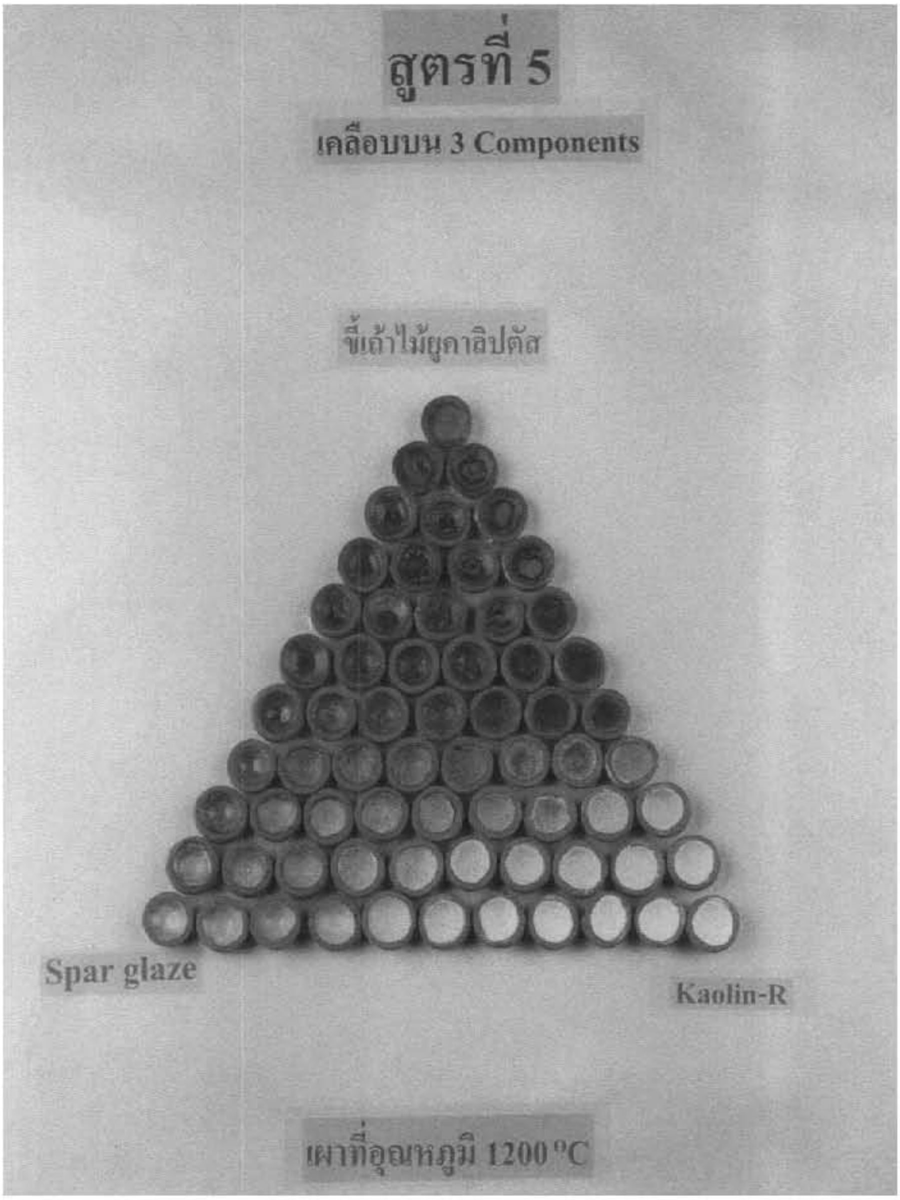
ภาพที่ 26 แสดงเคลือบสูตรใหญ่ที่ 3 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 3 components



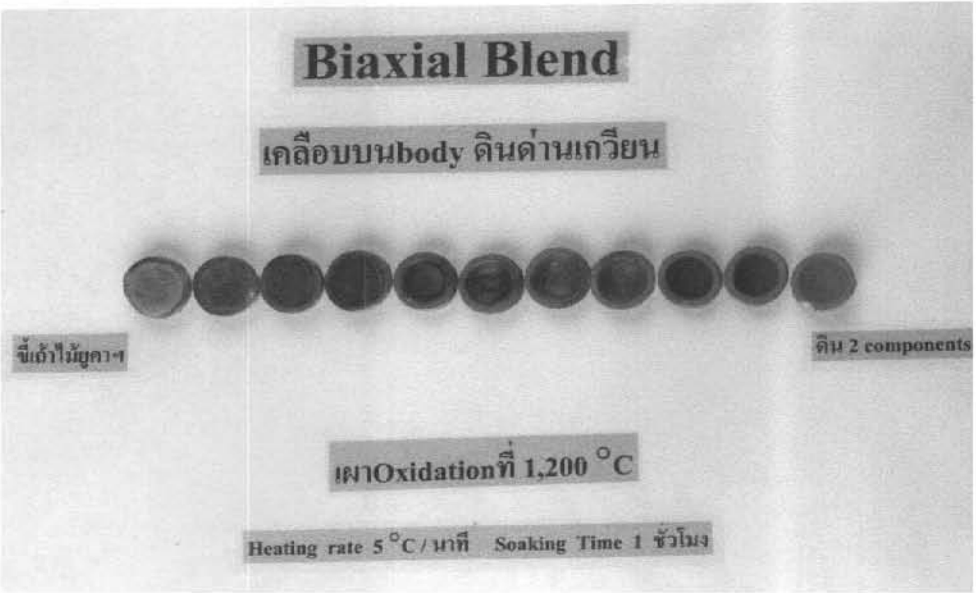
ภาพที่ 27 แสดงเคลือบสูตรใหญ่ที่ 4 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 2 และ 3 components



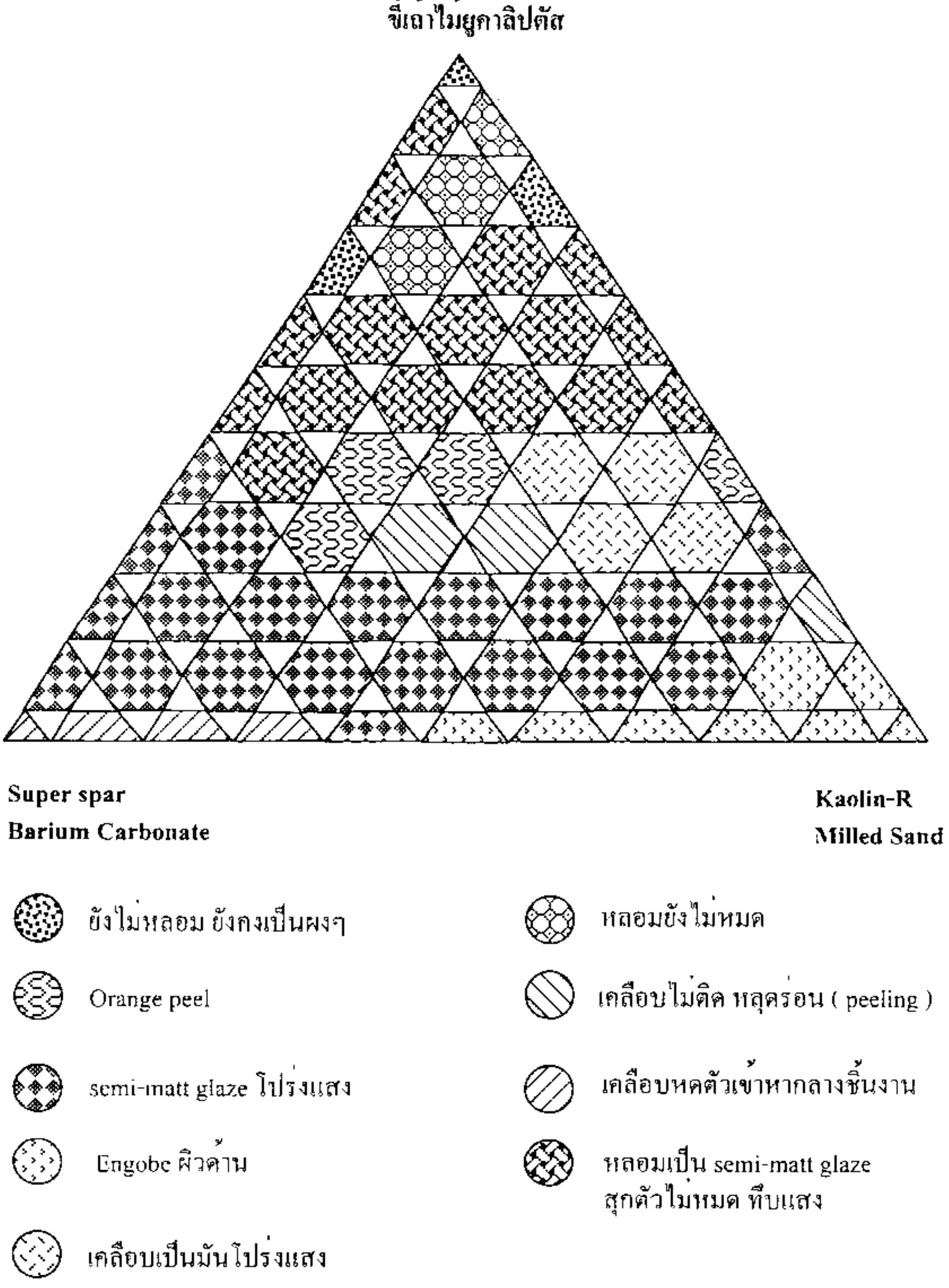
ภาพที่ 28 แสดงเคลือบสูตรใหญ่ที่ 5 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 2 components



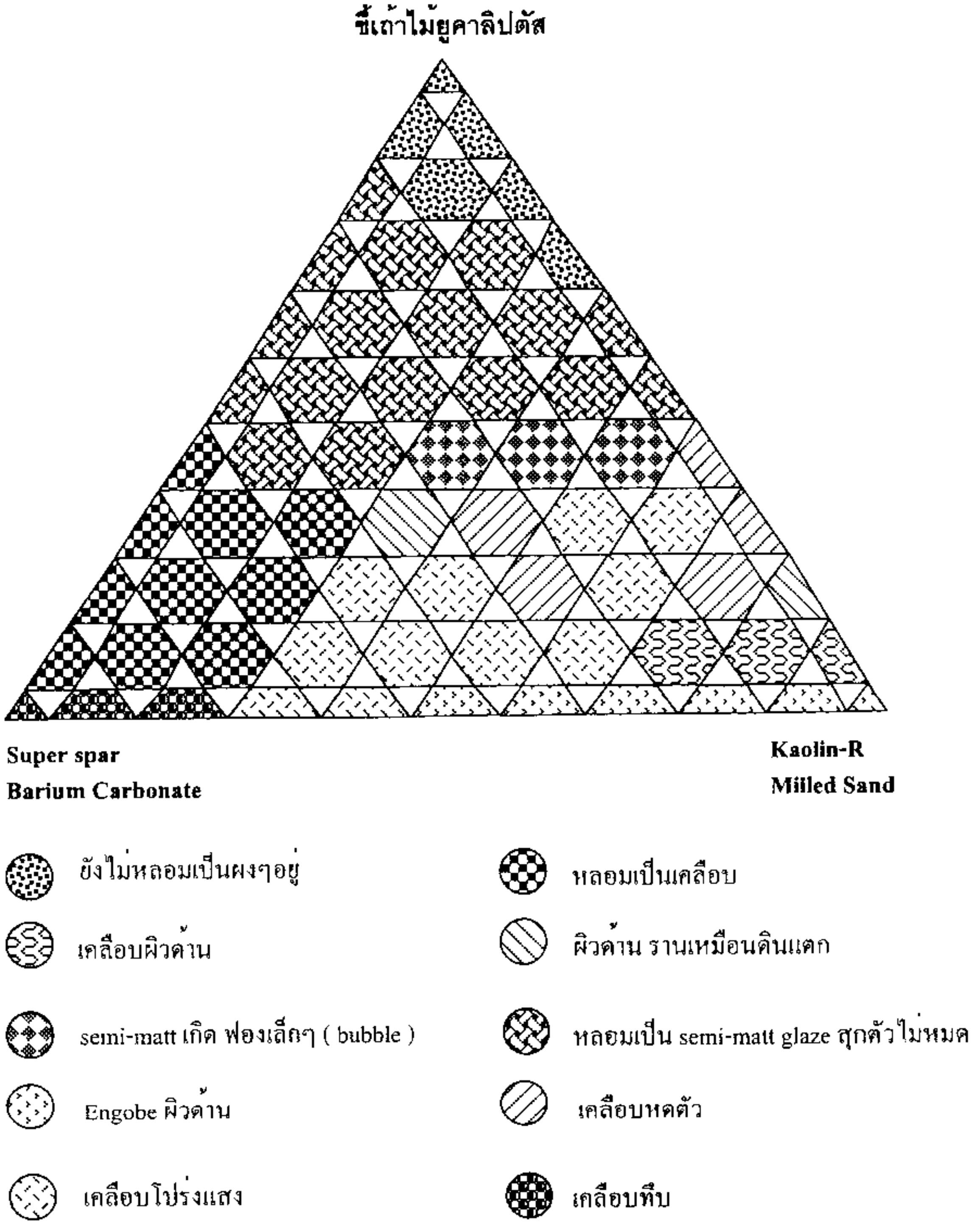
ภาพที่ 29 แสดงเคลือบสูตรใหญ่ที่ 5 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 3 components



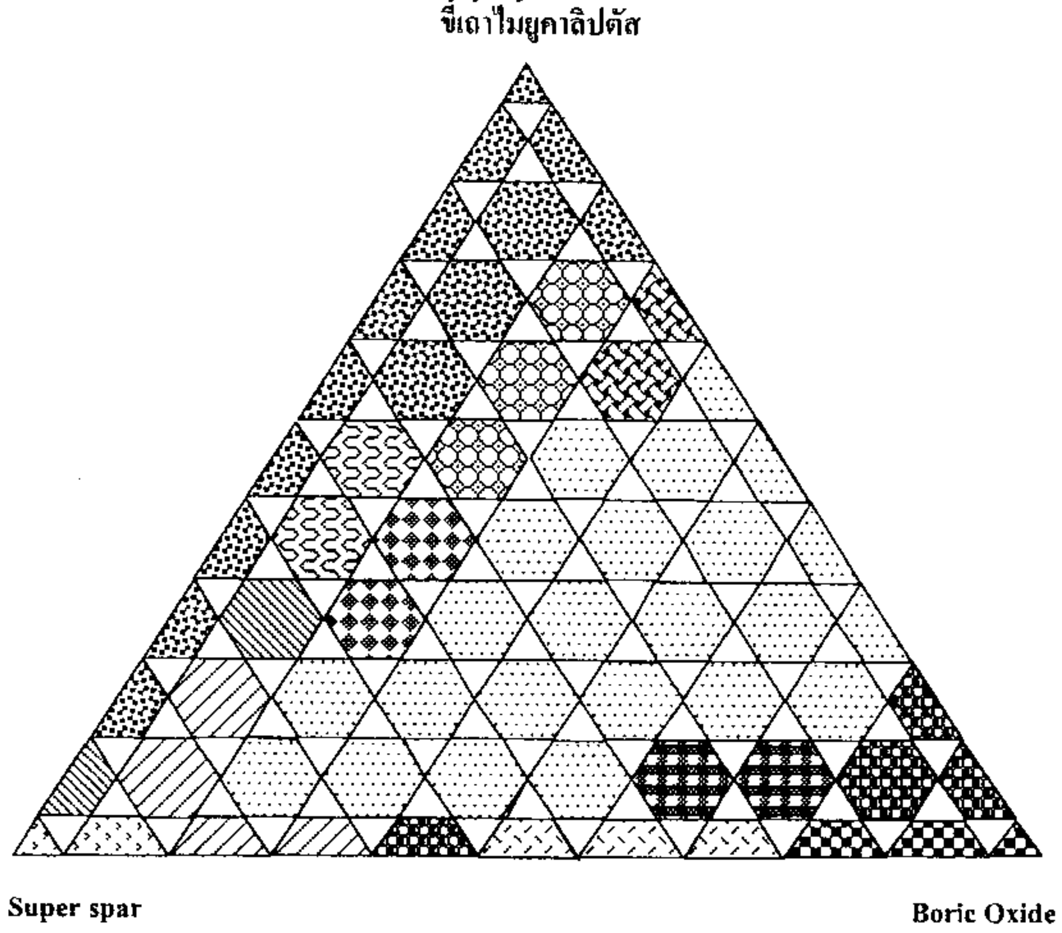
ภาพที่ 30 แสดงเคลือบสูตรใหญ่ที่ 6 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 2 components



ภาพที่ 31 แสดงลักษณะของเคลือบสูตรที่ 1 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 2 components เผาเคลือบแบบ Oxidation ในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 1180 องศาเซลเซียส Heating rate 5 องศาเซลเซียส/นาที Soaking time 1 ชั่วโมง

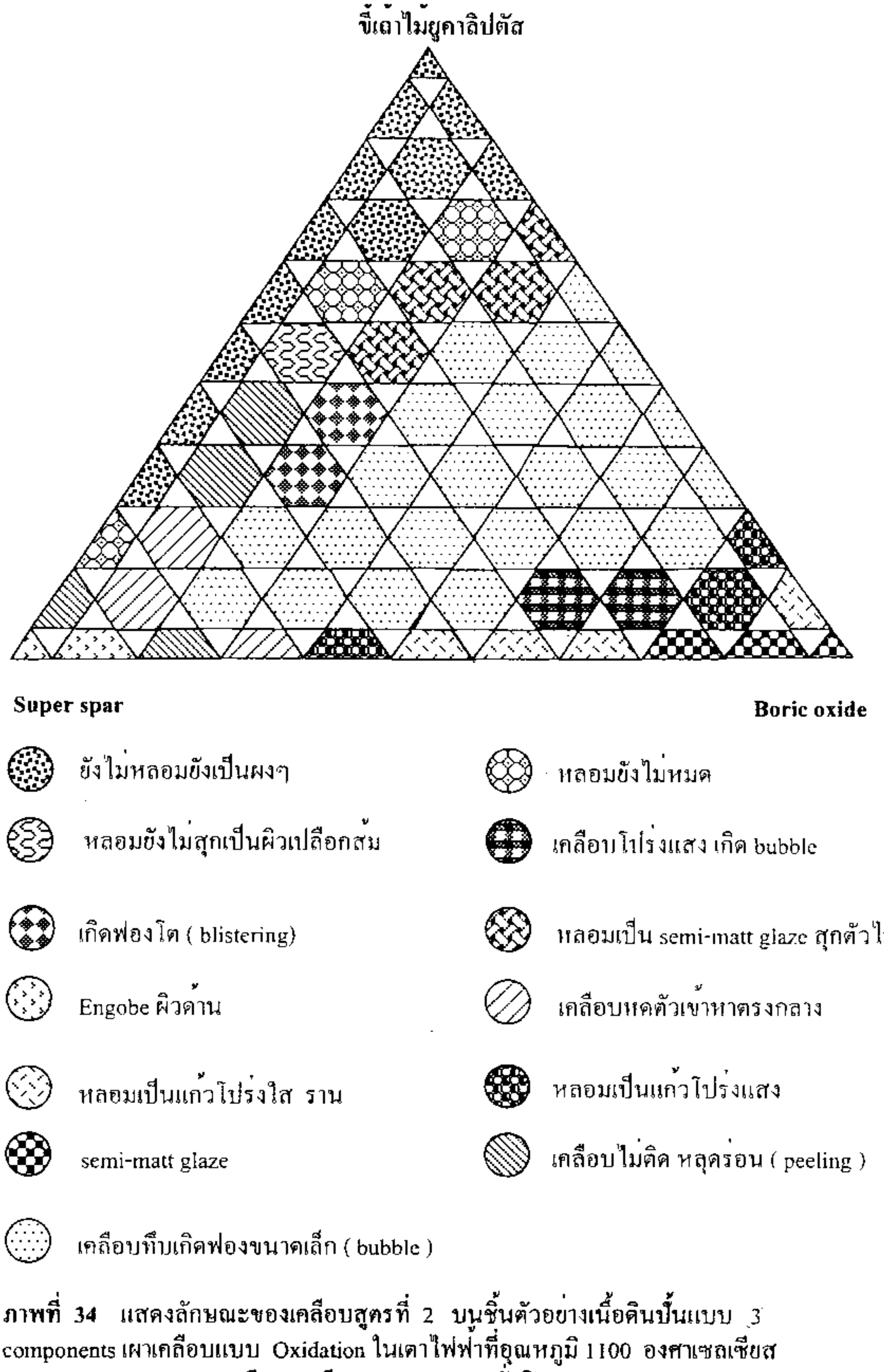


ภาพที่ 32 แสดงลักษณะเคลือบสูตรที่ 1 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 3 components เผาเคลือบแบบ Oxidation ในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 1180 องศาเซลเซียส Heating rate 5 องศาเซลเซียส/นาที Soaking time 1 ชั่วโมง

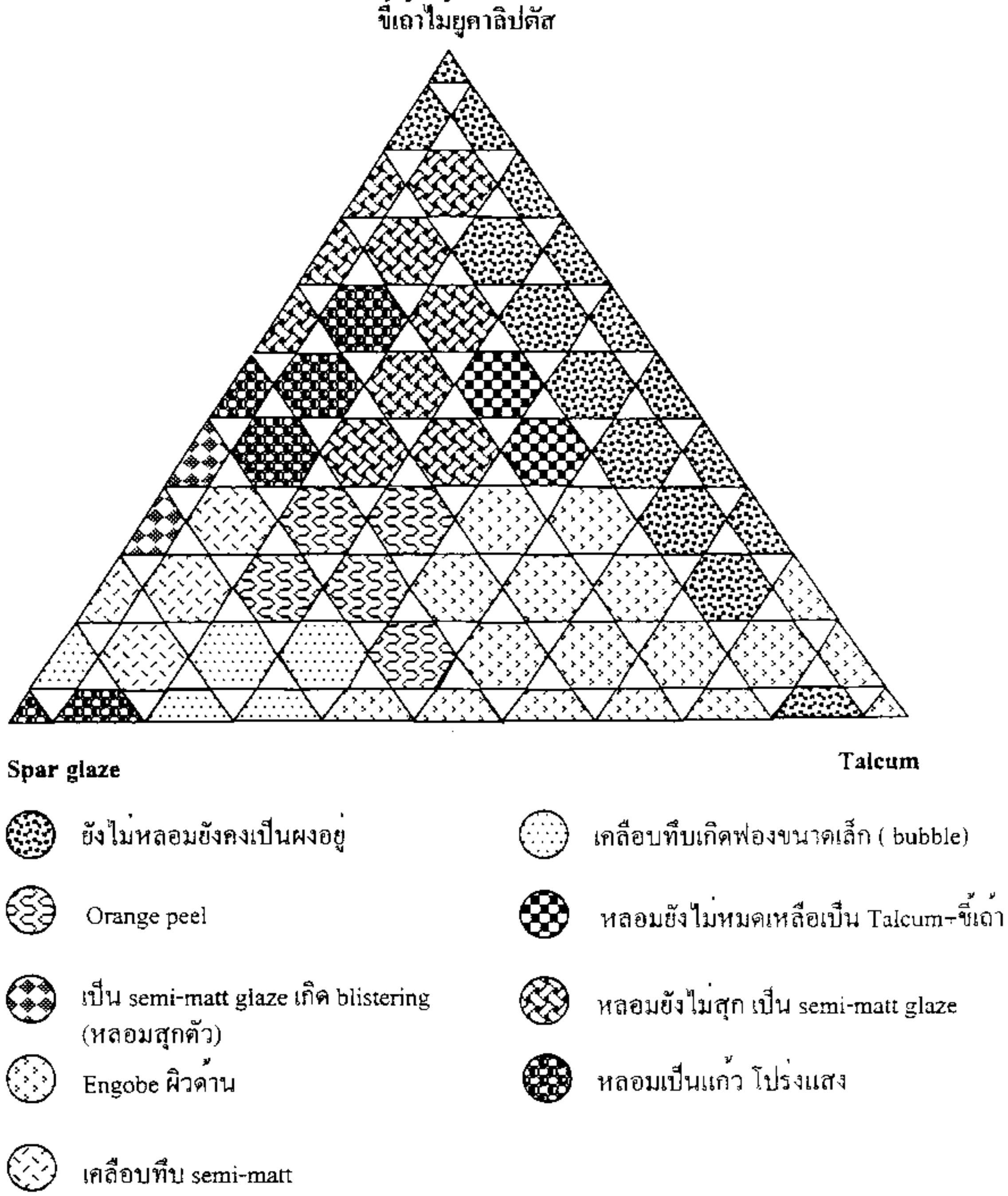


- ยังไม่หลอมยังคงเป็นผงๆอยู่
- หลอมยังไม่หมด
- หลอมยังไม่หมด ส่วนที่หลอมแล้วเป็นผิวส้ม
- เคลือบไม่ติด หลุดร่อน(peeling)
- เกิด blistering(ฟองโต)
- หลอมเป็น semi-matt glaze สุกตัวไม่หมด
- Engobe ผิวด้าน
- เคลือบหดตัวเข้าหากัน
- หลอมเป็นแก้วโปร่งใส ราน
- หลอมเป็นแก้วโปร่งแสง
- semi-matt glaze
- เคลือบโปร่งแสง เกิดฟองเล็ก (bubble)
- เคลือบทึบเกิดฟองเล็กๆ (bubble)

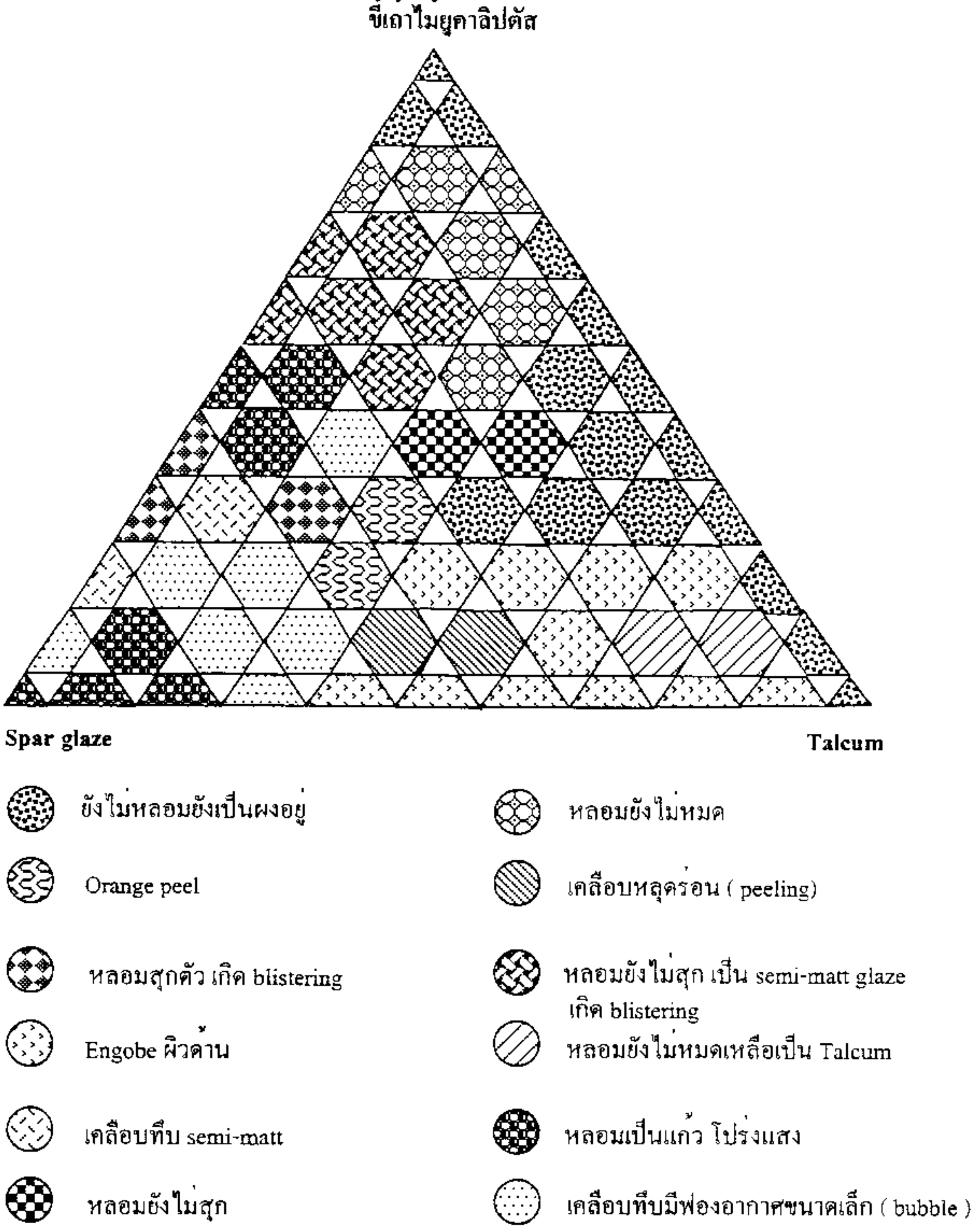
ภาพที่ 33 แสดงลักษณะของเคลือบสูตรที่ 2 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 2 components เผาเคลือบแบบ Oxidation ที่อุณหภูมิ 1100 องศาเซลเซียส Heating rate 5 องศาเซลเซียส/นาที Soaking time 1 ชั่วโมง



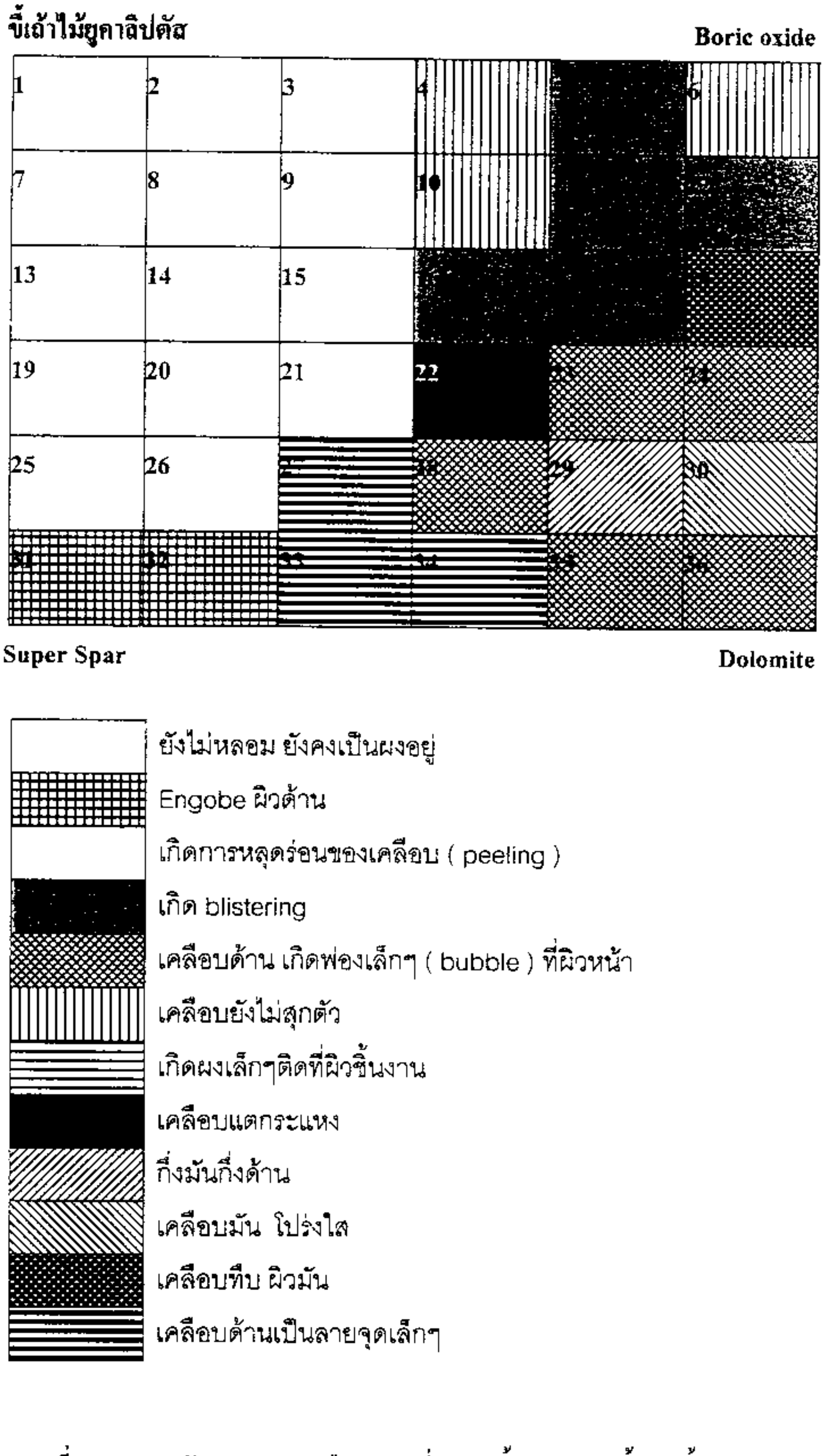
ภาพที่ 34 แสดงลักษณะของเคลือบสูตรที่ 2 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 3 components เผาเคลือบแบบ Oxidation ในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 1100 องศาเซลเซียส Heating rate 5 องศาเซลเซียส/นาที Soaking time 1 ชั่วโมง



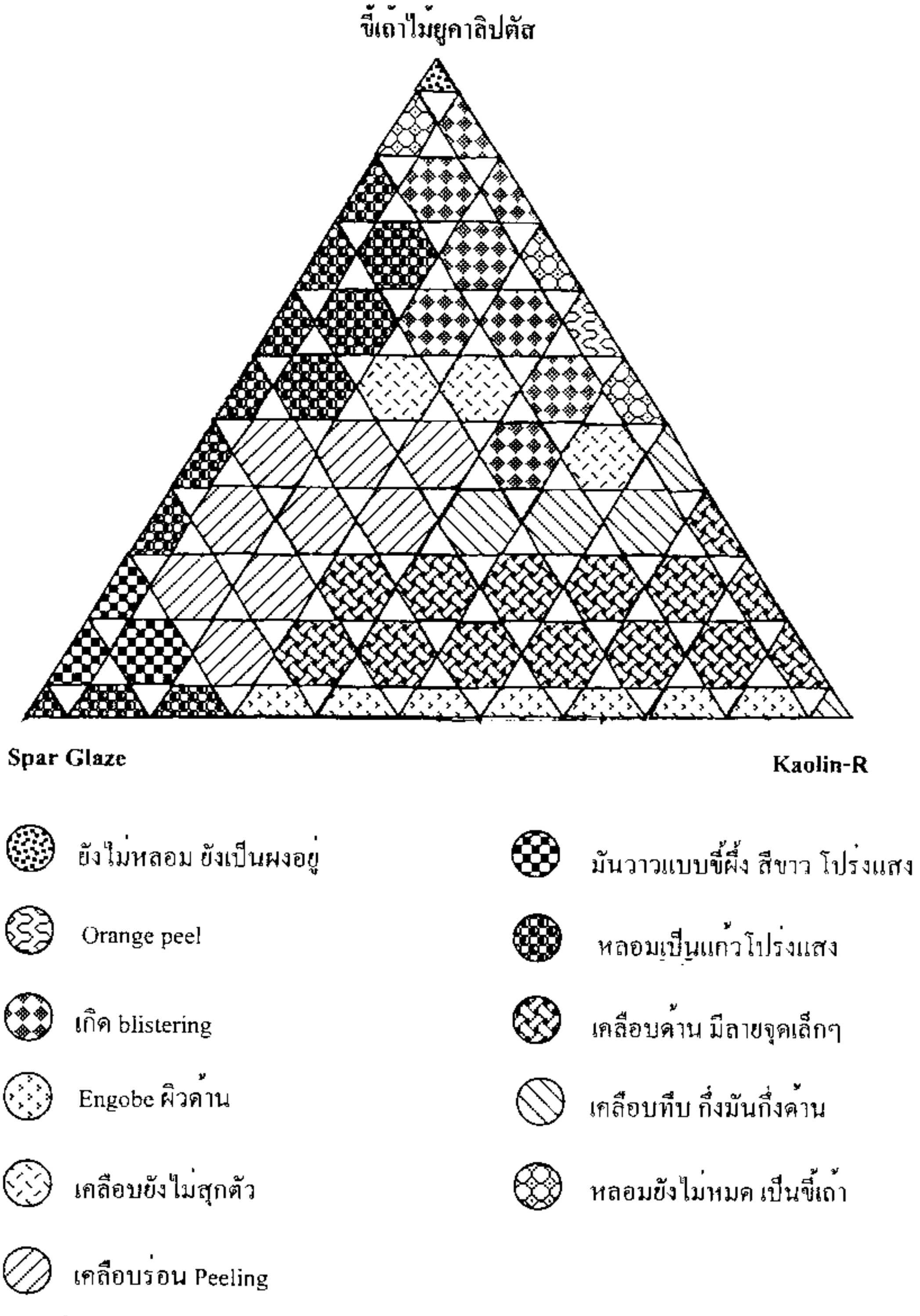
ภาพที่ 35 แสดงลักษณะของเคลือบสูตรที่ 3 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 2 components เผาเคลือบแบบ Oxidation ในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส Heating rate 5 องศาเซลเซียส/นาที Soaking time 1 ชั่วโมง



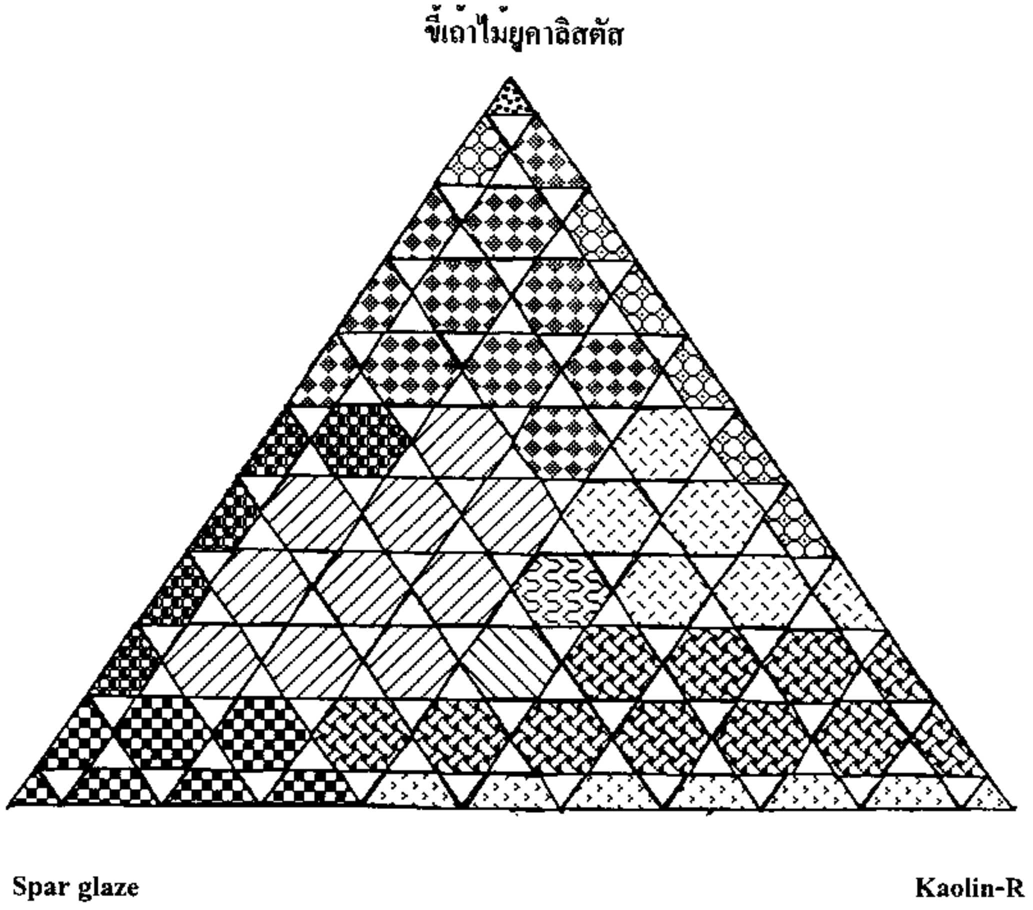
ภาพที่ 36 แสดงลักษณะของเคลือบสูตรที่ 3 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 3 components เผาเคลือบแบบ Oxidation ในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ1200 องศาเซลเซียส Heating rate 5 องศาเซลเซียส/นาที Soaking time 1 ชั่วโมง



ภาพที่ 37 แสดงลักษณะของเคลือบสูตรที่ 4 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 2 และ 3 components เผาเคลือบแบบ Oxidation ในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 920 องศาเซลเซียส Heating rate 5 องศาเซลเซียส / นาที Soaking time 1 ชั่วโมง

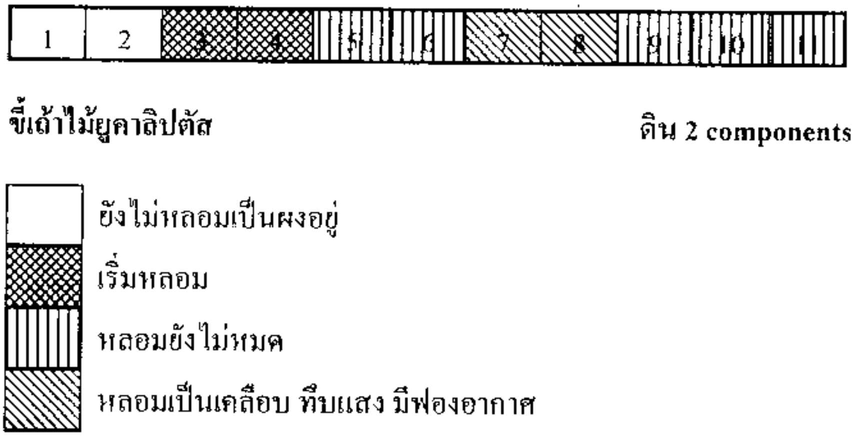


ภาพที่ 38 แสดงลักษณะของเคลือบสูตรที่ 5 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 2 components เผาเคลือบแบบ Oxidation ในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส Heating rate 5 องศาเซลเซียส/นาที Soaking time 1 ชั่วโมง



- ยังไม่หลอมยังเป็นผงอยู่
- หลอมยังไม่หมด เป็นขี้เถ้า
- Orange peel
- มันวาวแบบขี้ผึ้ง สีขาว โปร่งแสง
- เกิด blistering
- เคลือบด้าน มีลายจุดเล็กๆ
- Engobe ผิวด้าน
- semi-matt glaze
- เคลือบยังไม่สุกตัว
- หลอมเป็นแก้วโปร่งแสง
- เคลือบร่อน Peeling

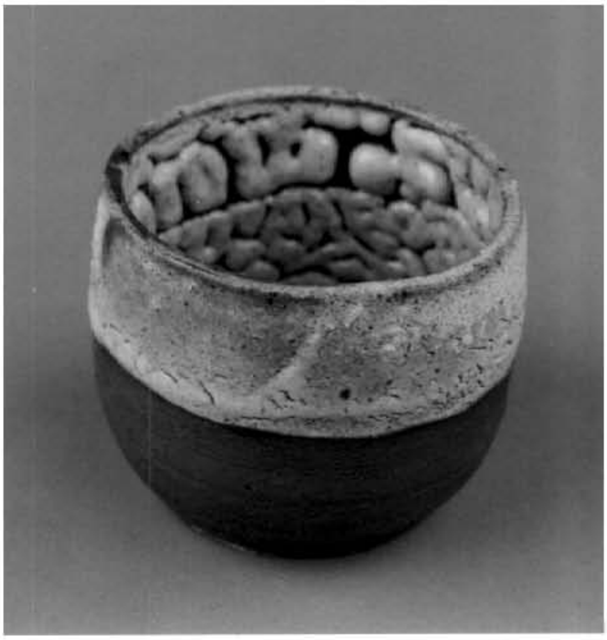
ภาพที่ 39 แสดงลักษณะของเคลือบสูตรที่ 5 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 3 components เผาเคลือบแบบ Oxidation ในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ1200 องศาเซลเซียส Heating rate 5 องศาเซลเซียส/นาที Soaking time 1 ชั่วโมง



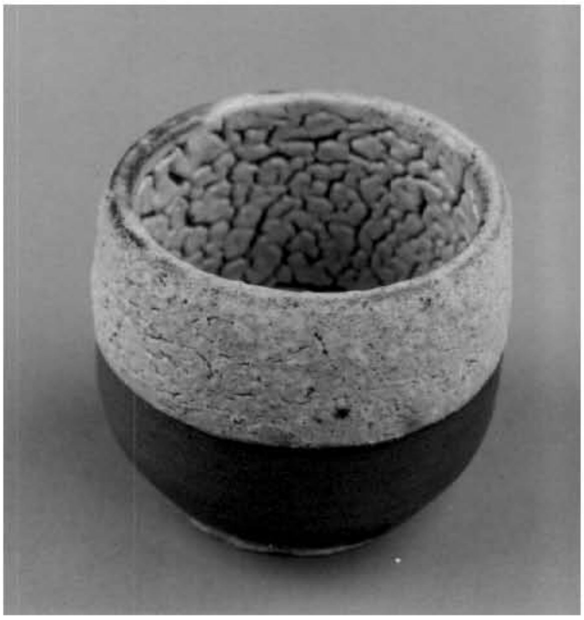
ลำดับที่	ลักษณะ
1	ยังไม่หลอม ยังคงเป็นผงเกือบทั้งหมด
2	ยังไม่หลอม เป็นผงบางส่วน
3	เคลือบเริ่มหลอมที่ขอบ
4	เคลือบเริ่มหลอม แต่มากกว่า No.3
5	ยังเหลือส่วนที่ยังไม่หลอมเกือบทั้งหมด
6	หลอมยังไม่หมด เหลือตรงกลางเล็กน้อย
7	หลอมเป็นเคลือบทึบแสง ผิวมัน มี pore ขนาดเล็กกระจายทั่วผิว
8	หลอมเป็นเคลือบทึบแสง ผิวกึ่งมันกึ่งด้าน มี pore น้อยกว่า No.7
9	ผิวยังหลอมไม่หมด ผิวแตกเหมือนดินแตกระแหงสีน้ำตาล
10	ผิวยังหลอมไม่หมด ผิวแตกแต่น้อยกว่า No.9 ผิวกึ่งมันกึ่งด้าน
11	ผิวยังหลอมไม่หมด ผิวสีส้ม

ภาพที่ 40 แสดงลักษณะของเคลือบสูตรที่ 6 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้นแบบ 2 components เผาเคลือบแบบ Oxidation **ในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ1200 องศาเซลเซียส**
Heating rate 5 องศาเซลเซียส / นาที Soaking time 1 ชั่วโมง

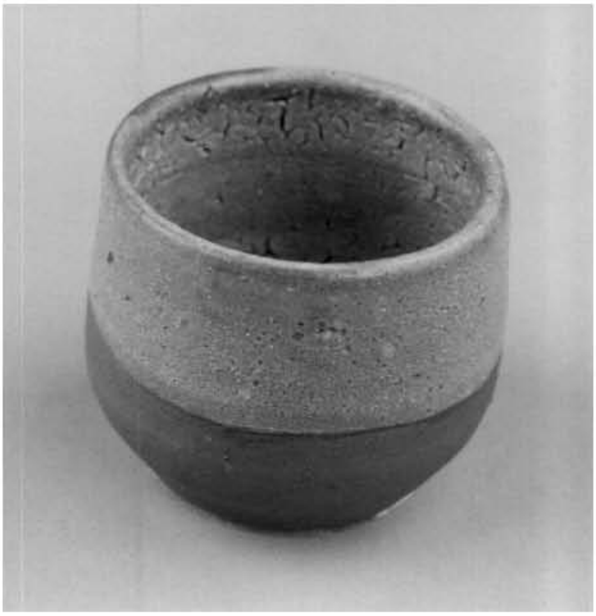
ภาพที่ 41 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 2 components เคลือบด้วยสูตรที่ 1/2 (ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 90% : Super Spar 5% :Barium Carbonate 5%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 ^{0}C ในเตาไม้ฟืนแบบด่านเกวียน



ภาพที่ 42 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 2 components เคลือบด้วยสูตรที่ 1/35 (ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 30% :Super Spar 5% :Barium Carbonate 5% : Kaolin-R 30% : Milled sand 30%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 ^{0}C ในเตาไม้ฟืนแบบด่านเกวียน



ภาพที่ 43 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 2 components เคลือบด้วยสูตรที่ 1/36 (ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 30% : Kaolin-R 35% : Milled sand 35%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบค่านเกวียน

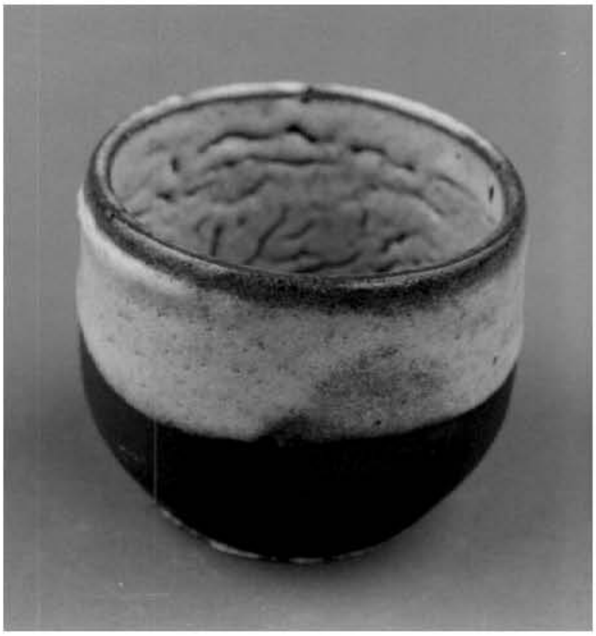


ภาพที่ 44 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 2 components เคลือบด้วยสูตรที่ 1/50 (ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 10% : Super Spar 25% : Barium Carbonate 25% : Kaolin-R 20% : Milled sand 20%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบค่านเกวียน

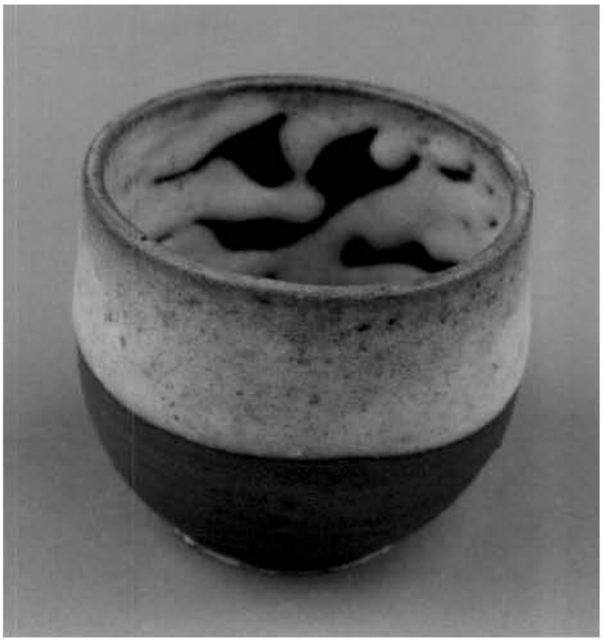
ภาพที่ 45 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 2 components เคลือบด้วยสูตรที่ 1/53 (ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 10% : Super Spar 10% : Barium Carbonate 10% : Kaolin-R 35% : Milled sand 35%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบด่านเกวียน

ภาพที่ 46 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 2 components เคลือบด้วยสูตรที่ 1/58 (Super Spar 40% : Barium Carbonate 40% : Kaolin-R 10% : Milled sand 10%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบด่านเกวียน

ภาพที่ 47 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 3 components เคลือบด้วยสูตรที่ 1/24 (ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 40%: Super Spar 20% : Barium Carbonate 20% : Kaolin-R 10% : Milled sand 10%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบด่านเกวียน



ภาพที่ 48 ถ้วยดินปั้นแบบ 3 components เคลือบด้วยสูตรที่ 1/35 (ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 30% : Super Spar 5% : Barium Carbonate 5% : Kaolin-R 30% : Milled sand 30%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบด่านเกวียน



ภาพที่ 49 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 3 components เคลือบด้วยสูตรที่ 1/48 (ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 10% : Super Spar 35% :Barium Carbonate 35% : Kaolin-R 10% : Milled sand 10%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบด่านเกวียน

ภาพที่ 50 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 3 components เคลือบด้วยสูตรที่ 1/50 (ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 10% : Super Spar 25% : Barium Carbonate 25% : Kaolin-R 20% : Milled sand 20%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบด่านเกวียน

ภาพที่ 51 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 2 components เคลือบด้วยสูตรที่ 2/35 (ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 30% :Super Spar 10%: Boric acid 60%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 ^{0}C ในเตาไม้ฟืนแบบด่านเกวียน

ภาพที่ 52 ถ้วยดินปั้นแบบ 2 components เคลือบด้วยสูตรที่ 2/39 (ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 20% : Super Spar 60% : Boric acid 20%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 ^{0}C ในเตาไม้ฟืนแบบด่านเกวียน

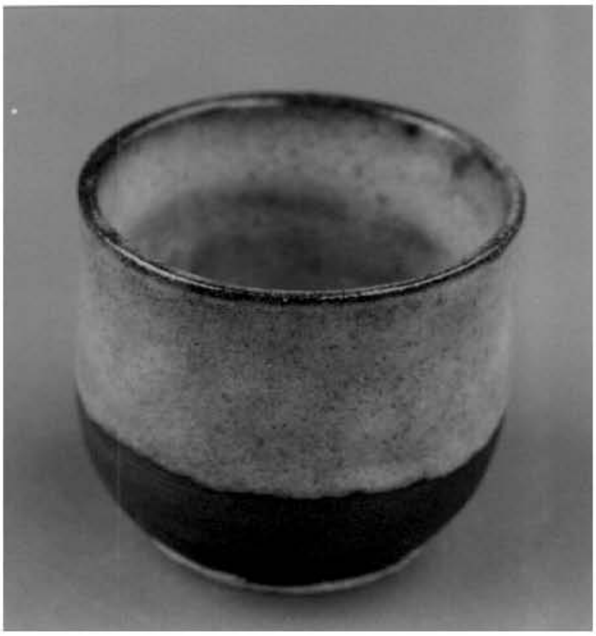
ภาพที่ 53 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 2 components เคลือบด้วยสูตรที่ 2/40 (ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 20% : Super Spar 50% : Boric acid 30%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบด่านเกวียน

ภาพที่ 54 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 2 components เคลือบด้วยสูตรที่ 2/63 (Super Spar 30% : Boric acid 70%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบด่านเกวียน

ภาพที่ 55 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 3 components เคลือบด้วยสูตรที่ 2/54 (ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 10% : Super Spar 10% : Boric acid 80%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบด่านเกวียน

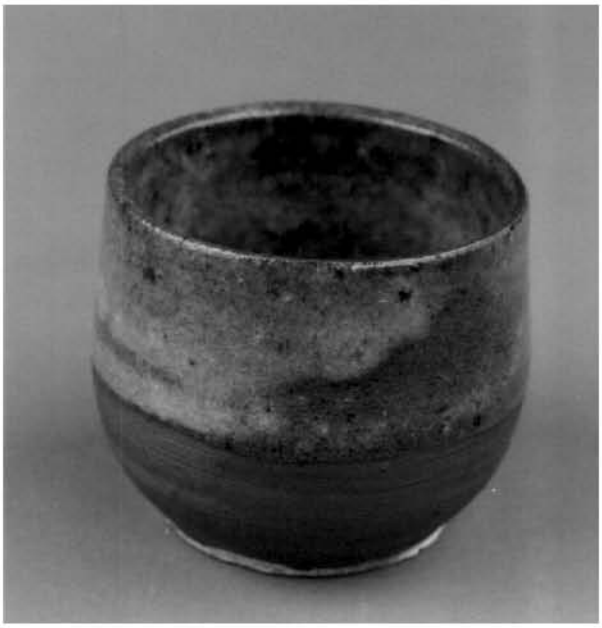
ภาพที่ 56 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 3 components เคลือบด้วยสูตรที่ 2/63 (Super Spar 30% : Boric acid 70%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบด่านเกวียน

ภาพที่ 57 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 2 components เคลือบด้วยสูตรที่ 3/37 (ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 20% : Spar glaze 80%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบด่านเกวียน



ภาพที่ 58 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 2 components เคลือบด้วยสูตรที่ 3/50 (ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 10% : Spar glaze 50% : Talcum 40%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบด่านเกวียน

ภาพที่ 59 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 2 components เคลือบด้วยสูตรที่ 3/56 (Spar glaze 100%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบด่านเกวียน



ภาพที่ 60 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 3 components เคลือบด้วยสูตรที่ 3/16 (ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 50% : Spar glaze 50%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบด่านเกวียน

ภาพที่ 61 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 3 components เคลือบด้วยสูตรที่ 3/26 (ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 40% : Spar glaze 20% :Talcum 40%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบด่านเกวียน

ภาพที่ 62 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 2 components เคลือบด้วยสูตรที่ 4/18 (ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 30% : Dolomite 20% : Boric acid 50%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบด่านเกวียน

ภาพที่ 63 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 3 components เคลือบด้วยสูตรที่ 4/18 (ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 30% : Dolomite 20% : Boric acid 50%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบด่านเกวียน

ภาพที่ 64 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 3 components เคลือบด้วยสูตรที่ 4/30 (ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 10% : Dolomite 40% : Boric acid 50%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบด่านเกวียน

ภาพที่ 65 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 2 components เคลือบด้วยสูตรที่ 5/23 (ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 40% : Spar glaze 50% : Kaolin-R 10%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 ^{0}C ในเตาไม้ฟืนแบบด่านเกวียน

ภาพที่ 66 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 2 components เคลือบด้วยสูตรที่ 5/24 (ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 40% : Spar glaze 40% : Kaolin-R 20%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 ^{0}C ในเตาไม้ฟืนแบบด่านเกวียน

ภาพที่ 67 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 3 components เคลือบด้วยสูตรที่ 5/44 (ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ 20% : Spar glaze 10% : Kaolin-R 70%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบด่านเกวียน

ภาพที่ 68 ถ้วยเนื้อดินปั้นแบบ 3 components เคลือบด้วยสูตรที่ 5/58 (Spar glaze 80% : Kaolin-R 20%) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1200 °C ในเตาไม้ฟืนแบบด่านเกวียน

บทที่ 4

วิเคราะห์ผล

<u>ส่วนที่ 1</u> **ข้อมูลเกี่ยวกับขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัส**

1.1) เปอร์เซ็นต์ขี้เถ้าฯ

จากตารางที่ VI จะเห็นว่าขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัสที่ได้จากการเผาไม้ท่อนมีเปอร์เซ็นต์น้อยมากคือมีเพียง 1.13 % เมื่อนำไปร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 50 mesh จะเหลือไม่ถึง 1%

1.2) องค์ประกอบของขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัส

จากภาพที่ 9และ 10 จะเห็นว่าองค์ประกอบหลักของขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัสคือ Calcium carbonate และจากภาพที่ 11 จะเห็นว่าขี้เถ้าจากไม้ท่อนที่เผาเองกับขี้เถ้าที่ได้จากร้านดินเผามี X-ray pattern เหมือนกัน จึงกล่าวได้ว่าขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัสจากทั้งสองแหล่งมีองค์ประกอบทางเคมีเหมือนกัน

1.3) การเปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับความร้อน

ภาพที่ 12 เป็นกราฟ DTA ของขี้เถ้าไม้ยูคาฯ ที่เผาเอง จากภาพจะเห็นได้ว่าเกิดปฏิกิริยา exothermic reaction ที่อุณหภูมิประมาณ 200-500 ^{o}C อย่างไรก็ตามเมื่อดูภาพที่ 13 กราฟ TGA กลับพบว่าน้ำหนักแทบไม่เปลี่ยนแสดงว่าการเปลี่ยนแปลงที่อุณหภูมิช่วงดังกล่าวอาจจะเป็นการเปลี่ยนแปลง phase ของสารประกอบบางชนิดในขี้เถ้า กลับมาดูภาพที่ 12 จะเห็นว่าเมื่อ heat ขึ้นไปอีกจะเกิดการเปลี่ยนแปลงแบบ endothermic reaction ที่อุณหภูมิประมาณ 700-850 ^{o}C และเมื่อดูภาพที่ 13 ก็จะพบว่าที่ช่วงอุณหภูมิดังกล่าวน้ำหนักของขี้เถ้าลดลงอย่างมาก (ประมาณ 30%) แสดงว่าช่วงอุณหภูมิดังกล่าวสารประกอบบางชนิดในขี้เถ้าฯสลายตัวออกไป

ภาพที่ 14 เป็นกราฟ DTA ของขี้เถ้าไม้ยูคาฯ จากร้านดินเผา จากภาพจะเห็นว่ามีปฏิกิริยา endothermic reaction ที่อุณหภูมิประมาณ 100-300 ^{o}C อย่างไรก็ตามเมื่อดูภาพที่ 15 กราฟ TGA กลับพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักไม่มากแสดงว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดในช่วงดังกล่าวเป็นการเปลี่ยนแปลงไม่สำคัญ ต่อมาตามภาพที่ 14 จะเห็นว่าเกิดจากเปลี่ยนแปลงแบบ endothermic อีกที่อุณหภูมิประมาณ 700-850 ^{o}C และเมื่อดูภาพที่ 15 จะเห็นว่าที่ช่วงอุณหภูมิดังกล่าวมีขี้เถ้ามีน้ำหนักลดลงอย่างมาก (ประมาณ 30%) แสดงว่าช่วงอุณหภูมิดังกล่าวสารประกอบบางชนิดในขี้เถ้าฯ สลายตัวออกไป

ภาพที่ 16 เป็นกราฟ DTA ของขี้เถ้าไม้ยูคาฯ ที่เผาเองเทียบกับขี้เถ้าไม้ยูคาฯ จากร้านดินเผา จะเห็นว่าขี้เถ้าทั้งสองชนิดมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับความร้อนแตกต่างกันเล็กน้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงอุณหภูมิไม่สูง (ไม่เกิน 500 ^{o}C) อย่างไรก็ตามเมื่อที่อุณหภูมิสูงกว่า 500 ^{o}C ขึ้นไปขี้เถ้าทั้งสองชนิดจะมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับความร้อนเหมือนกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะขี้เถ้าทั้งสองชนิดได้จากการเผาไหม้ไม่เหมือนกัน ขี้เถ้าที่เผาเองได้จากการเผาจากไม้ท่อนยูคาฯในเตาเผาขยะที่สร้างขึ้นเอง อุณหภูมิในเตาไม่สูงมาก ขณะที่ขี้เถ้าจากร้านดินเผาได้จากเตาเผาเซรามิกที่มีอุณหภูมิสูงประมาณ 1000 ^{o}C

ภาพที่ 12-16 ที่กล่าวถึงข้างต้นเป็นกราฟ DTA และ TGA ได้จากศูนย์เครื่องมือมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ส่วนภาพที่ 17-18 เป็นกราฟ DTA และ TGA ขี้เถ้าไม้ยูคาฯ ที่เผาเองและจากร้านดินเผา ที่ได้จากศูนย์เครื่องมือจุฬาฯ จะเห็นว่าได้ผลการทดลองยืนยันตรงกับผลการวิเคราะห์จากศูนย์เครื่องมือมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จาก X-ray pattern และกราฟ DTA กับ TGA จะเห็นได้ว่าขี้เถ้าฯ จากทั้งสองแหล่งต่างกันไม่มากประกอบกับขี้เถ้าจากที่เผาเองมีปริมาณน้อย การทดลองในตอนต่อๆ ไปจึงใช้ขี้เถ้าจากร้านดินเผาเพียงอย่างเดียวในการทดลองผสมทำเคลือบ

อนึ่งจากข้อมูล TGA และ DTA จะเห็นว่าขี้เถ้ายังมีสารที่สลายตัวได้ปนอยู่ และสารดังกล่าวจะสลายตัวได้เกือบหมดไปเมื่อถูก heat ถึงประมาณ 850 ^{o}C จึงตัดสินใจที่จะนำขี้เถ้าไม้ยูคาฯ ไป calcine ก่อนที่จะนำไปใช้เป็นส่วนผสมในเคลือบ เพื่อให้เหมาะสมและสะดวก (practical) ที่สุดสำหรับการนำไปใช้ที่ด่านเกวียน จึงเลือก calcine ขี้เถ้าฯ โดยนำไปเผาในเตาไม้ฟืนแบบด่านเกวียนที่ร้านดินเผา โดยเผารวมกับผลิตภัณฑ์ที่เผาแบบ "เผาแดง" ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 1000 ^{o}C

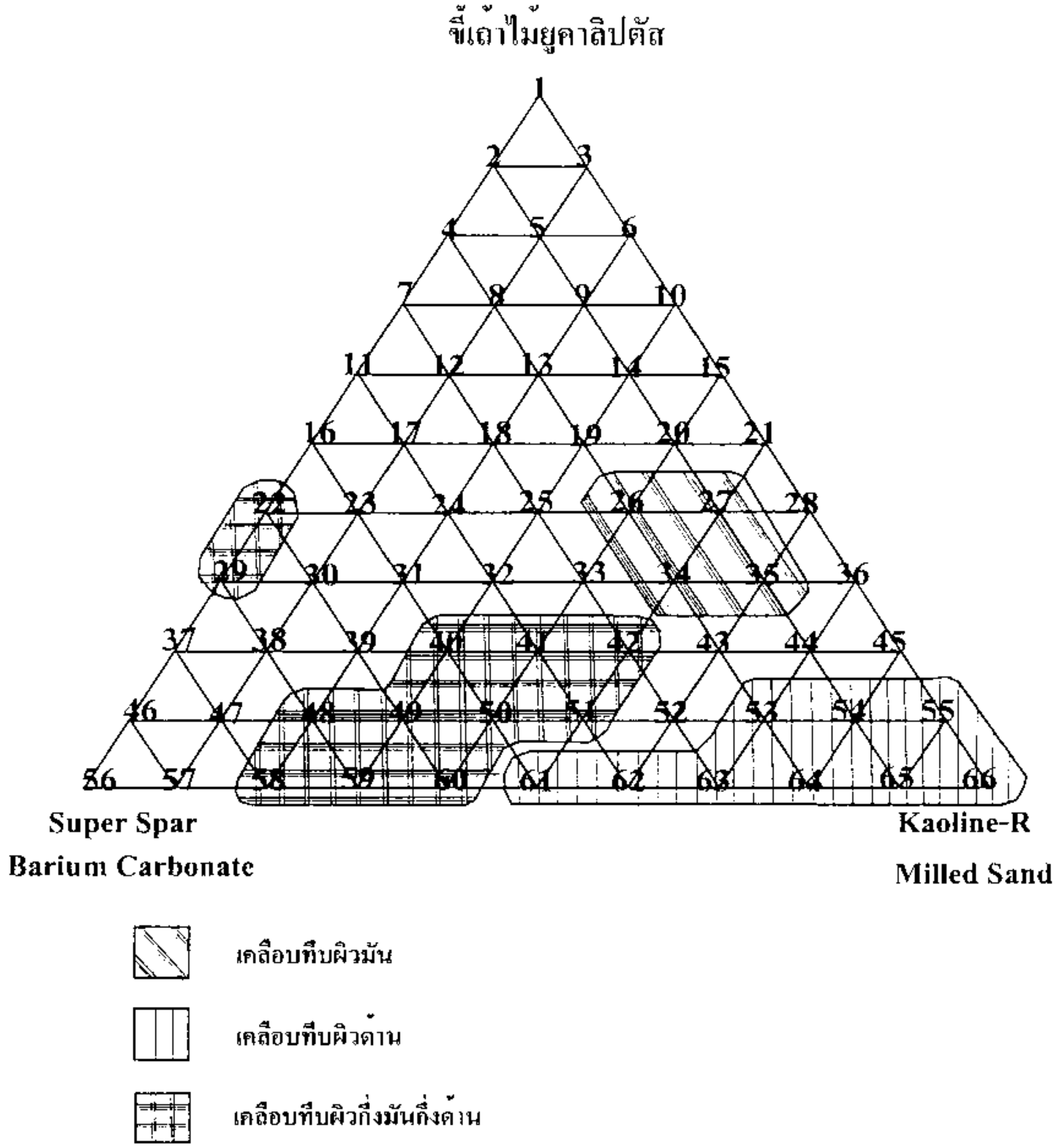
หลังจากนั้นเพื่อให้แน่ใจว่าสารที่สลายตัวได้ในขี้เถ้าฯ ที่ calcine แล้ว ได้สลายออกไปแล้วจริงๆ จึงนำขี้เถ้าฯ ที่ calcine แล้วมาวิเคราะห์ด้วย DTA และ TGA อีกครั้งได้ผลดังภาพที่ 19 และ 20 จากภาพที่ 19 จะเห็นการเปลี่ยนแปลงแบบ endothermic reaction ที่อุณหภูมิประมาณ 700 - 850 ^{o}C เกือบจะหมดไป และจากภาพที่ 20 จะเห็นว่าขี้เถ้าที่ calcine แล้วมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักไม่มาก (ประมาณ 10%)

<u>ส่วนที่ 2</u> เคลือบบนชิ้นตัวอย่าง

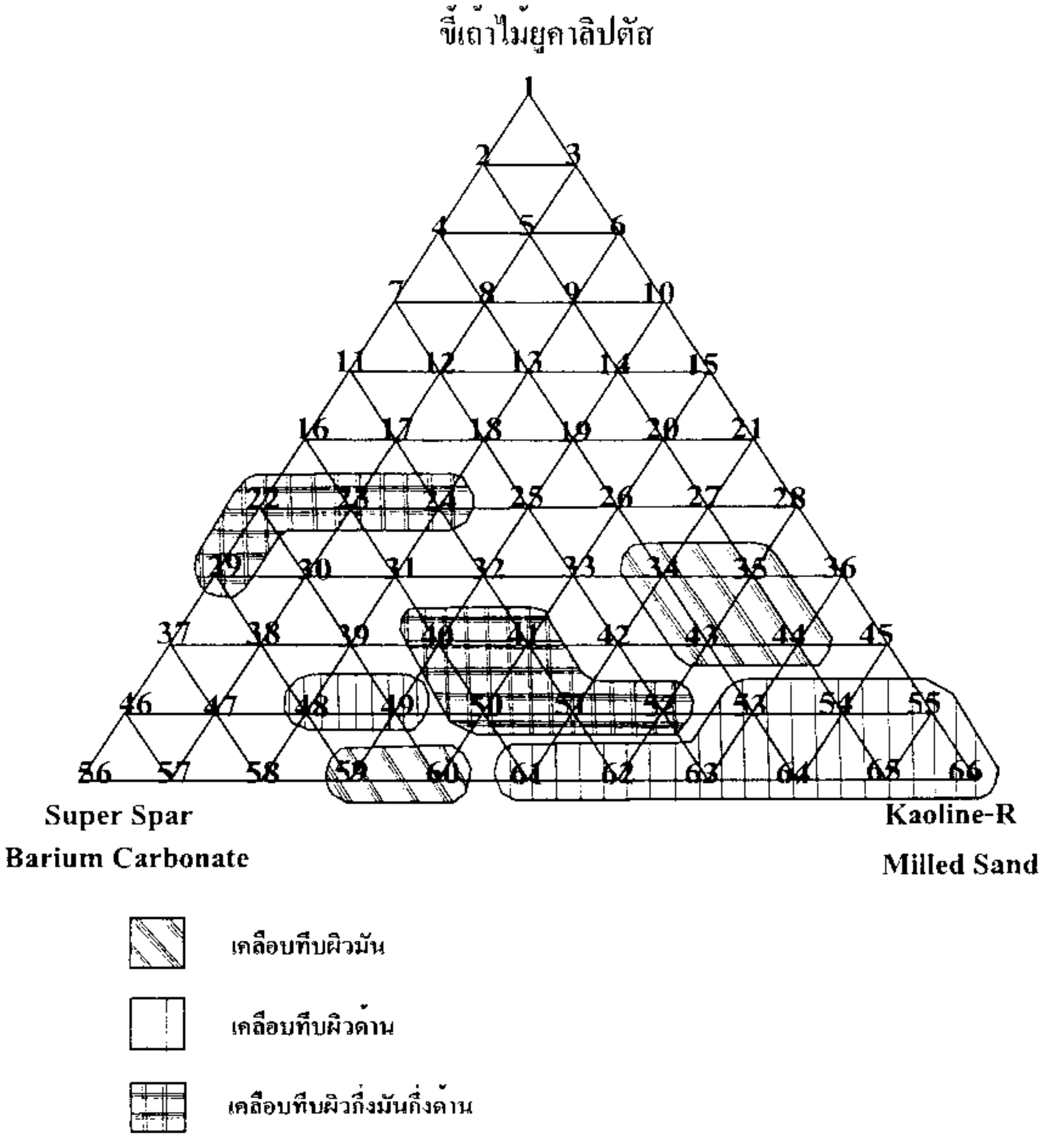
นำขี้เถ้าฯ ที่ calcine แล้วไปชั่งผสมเป็นสูตรเคลือบต่างๆ 6 สูตรใหญ่ 311 สูตรย่อย แล้วนำไปเผาในเตาไฟฟ้าบรรยากาศแบบ oxidation ที่อุณหภูมิต่างๆ ได้ผลดังภาพที่ 21-30 เคลือบที่ได้บนสูตรแต่ละสูตรมีลักษณะต่างๆ ซึ่งแสดงเป็นแผนผังได้ดังภาพที่ 31-40 จากแผนผังจะเห็นว่า โดยส่วนใหญ่แล้วเคลือบบนชิ้นตัวอย่างที่เป็นเนื้อดินปั้นแบบ 2 และ 3 จะได้ผลไม่แตกต่างกันมากนัก อีกประการหนึ่งจะเห็นว่าไม่สามารถใช้ขี้เถ้าฯ ล้วนๆ มาทำเป็นเคลือบได้ เพราะขี้เถ้าจะไม่หลอมแต่จะเหลือเป็นผง ๆ ไม่ติดบนชิ้นงาน แต่หากนำขี้เถ้าฯ ไปผสมกับสารประกอบชนิดอื่นที่ช่วยในการหลอมตัว บางสูตรก็จะได้เคลือบที่มีตำหนิต่างๆ เช่น เป็นฟองขนาดใหญ่ (Blistering), เป็นฟองขนาดเล็ก (Bubble), เคลือบหด(Crawling), เคลือบหลุดลอก (Peeling), หรือเป็นตำหนิคล้ายๆ ผิวส้ม (Orange peel) ฯลฯ แต่บางสูตรจะได้เคลือบที่ดีออกมา เคลือบที่ดีที่ได้มีหลายลักษณะบางสูตรได้เป็นเคลือบโปร่งแสง บางสูตรได้เป็นเคลือบทึบ ผิวของเคลือบก็มีความมันวาวแตกต่างกัน มีตั้งแต่ผิวมัน, ผิวกึ่งมันกึ่งด้าน ไปจนถึงผิวด้าน แผนผังภาพที่ 69-79 แสดงผังภาพบริเวณเคลือบสูตรหมายเลขต่างๆ ที่น่าจะนำไปใช้ได้ตามความเห็นของคณะผู้วิจัย อย่างไรก็ตามการดูว่าสูตรใดน่าจะนำไปใช้ได้ต้องมองในแง่ศิลป์ด้วย นักศิลปะแต่ละคนอาจจะมีความเห็นแตกต่างกันไม่สามารถกำหนดหลักเกณฑ์ตายตัวได้

<u>ส่วนที่ 3</u> เคลือบบนถ้วยตัวอย่าง

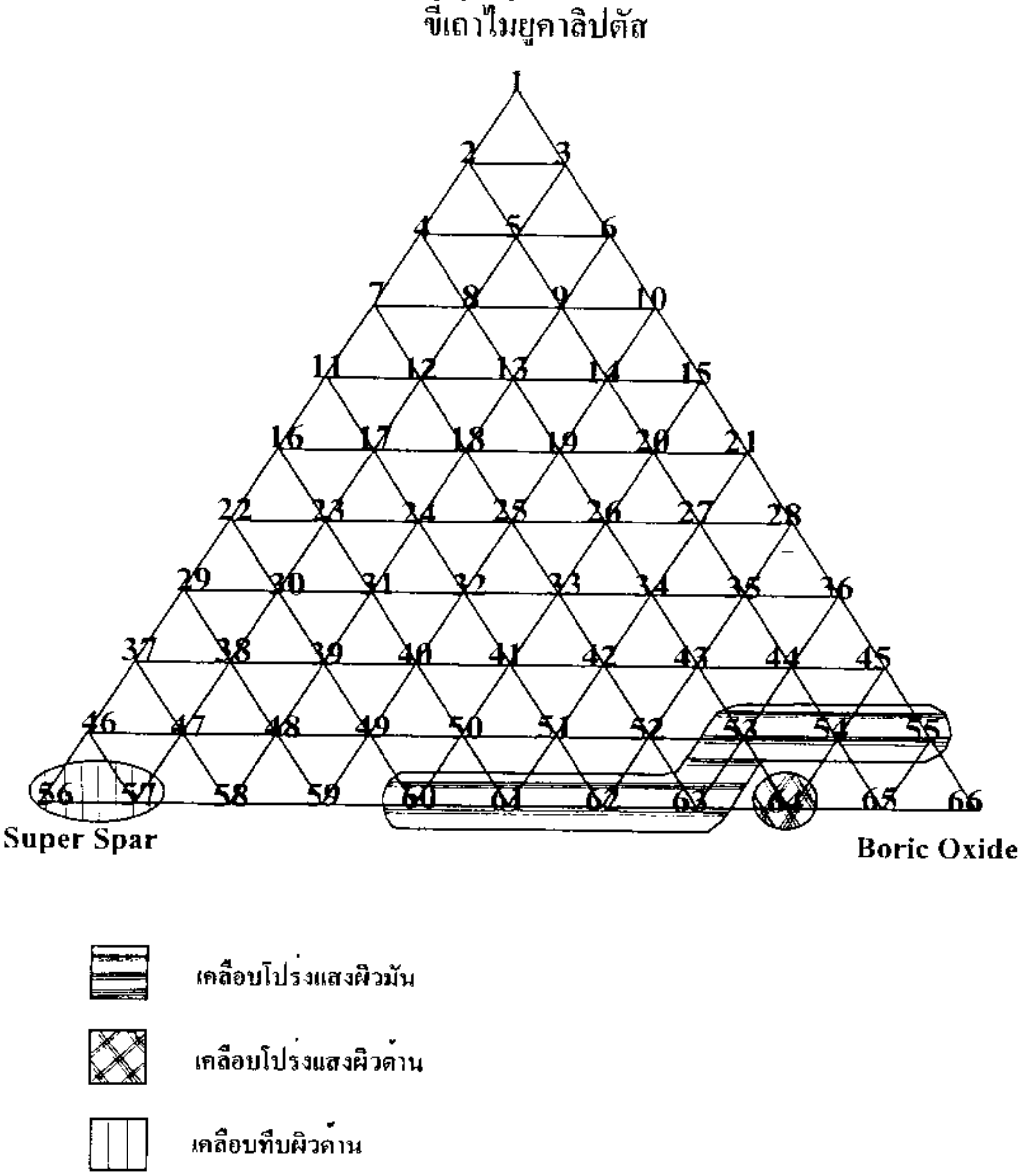
เลือกสูตรเคลือบบางสูตรที่น่าสนใจไปเคลือบบนถ้วยดินปั้นตัวอย่างที่ทำขึ้นจากเนื้อดินปั้นด่านเกวียน แล้วนำไปเผาที่เตาไม้ฟืนแบบด่านเกวียน ได้ผลดังภาพที่ 41-68 จากภาพจะเห็นว่าได้เคลือบที่ใช้ได้ลักษณะแตกต่างกันออกไป แต่อย่างไรก็ตาม ถ้วยตัวอย่างบางใบมีตำหนิแบบเคลือบหด (Crawling) ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะว่า apply เคลือบหนาเกินไป ซึ่งแก้ไขได้โดยใช้ CNC เติมลงไปในสูตรเคลือบ ทำให้ apply เคลือบให้บางกว่านี้ได้



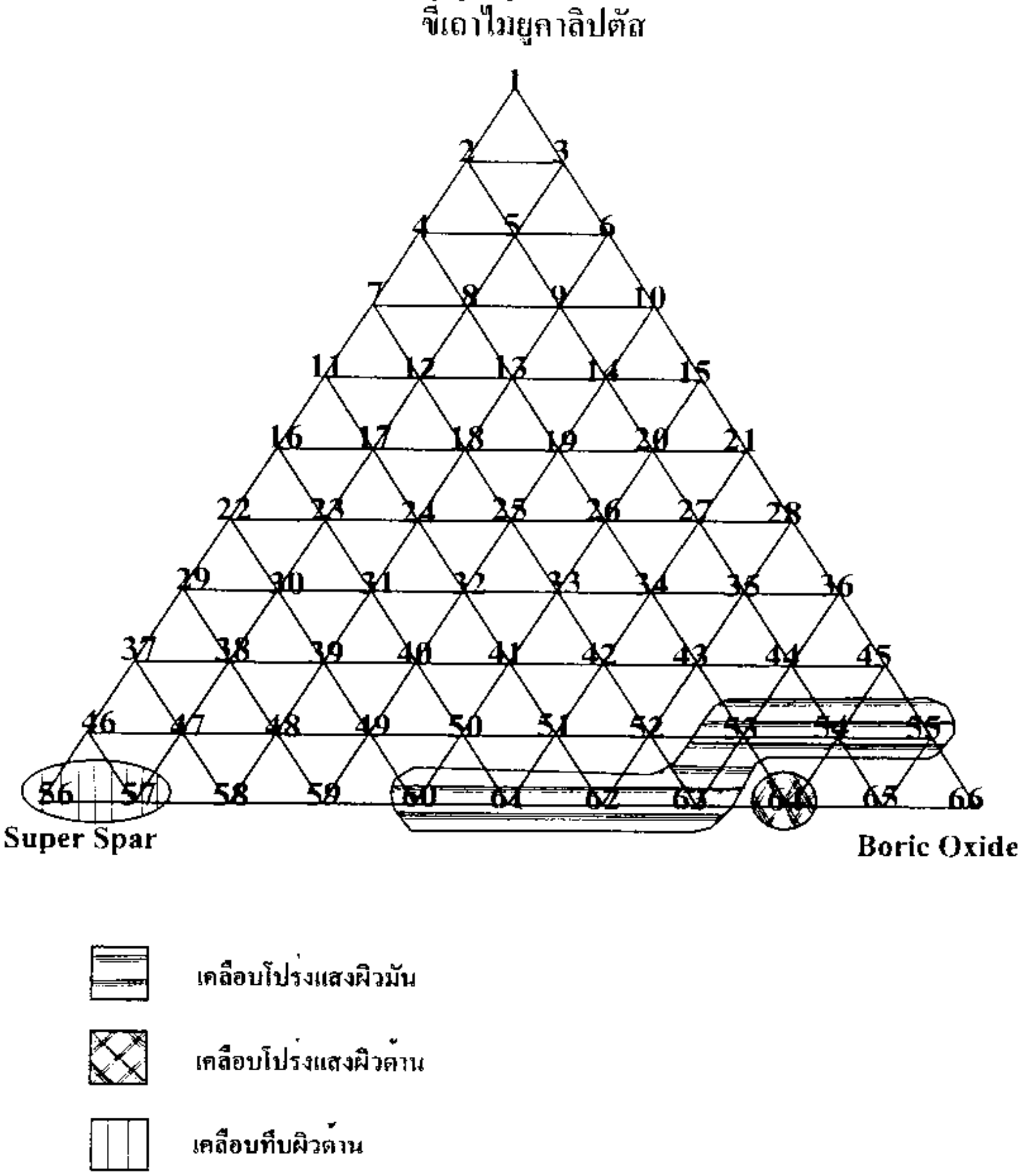
ภาพที่ 69 แสดงบริเวณเคลือบสูตรที่ 1 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้น แบบ 2 components ที่น่าจะนำไปใช้ได้ตามความเห็นของคณะผู้วิจัย



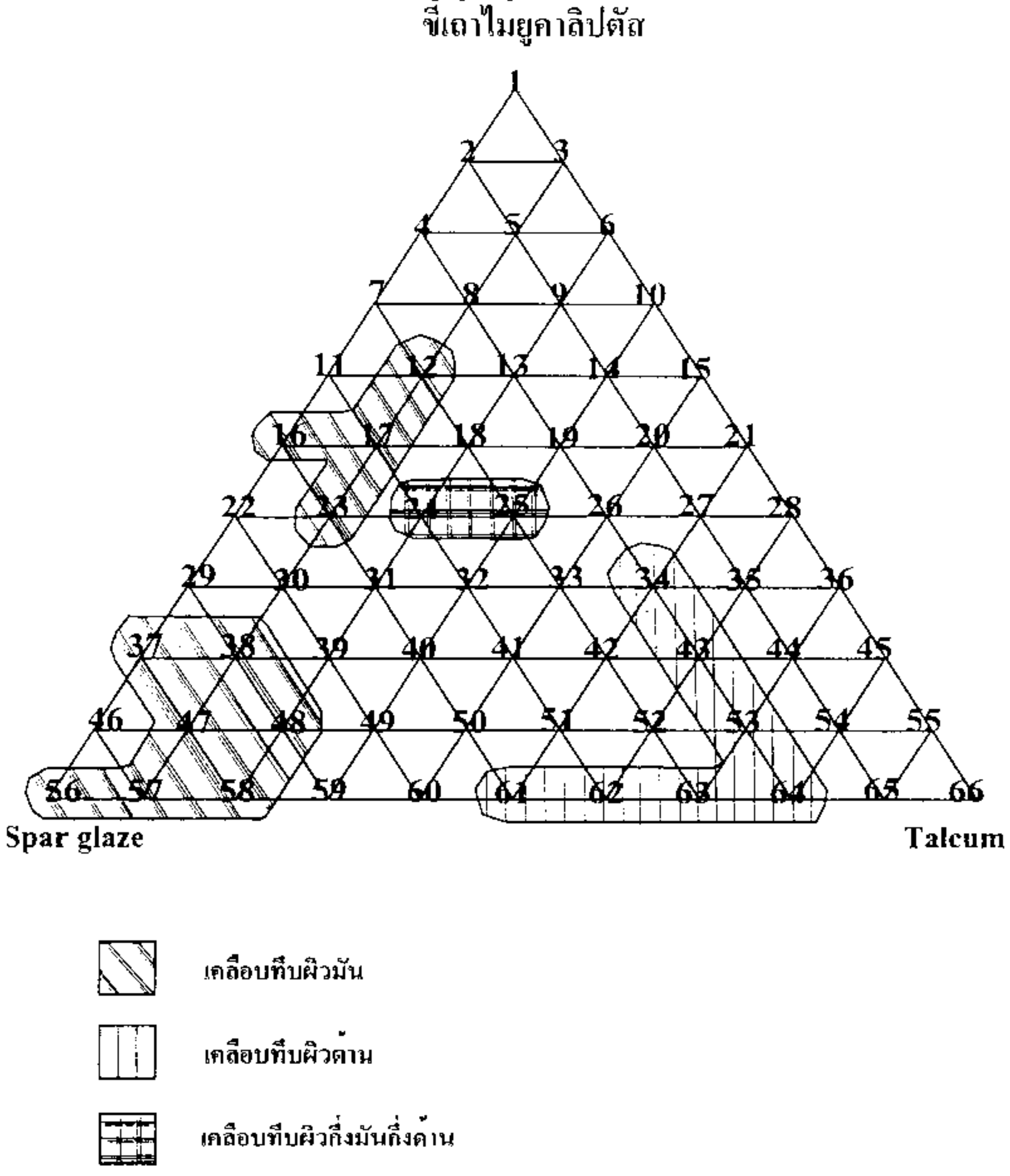
ภาพที่ 70 แสดงบริเวณเคลือบสูตรที่ 1 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้น แบบ 3 components ที่น่าจะนำไปใช้ได้ตามความเห็นของคณะผู้วิจัย



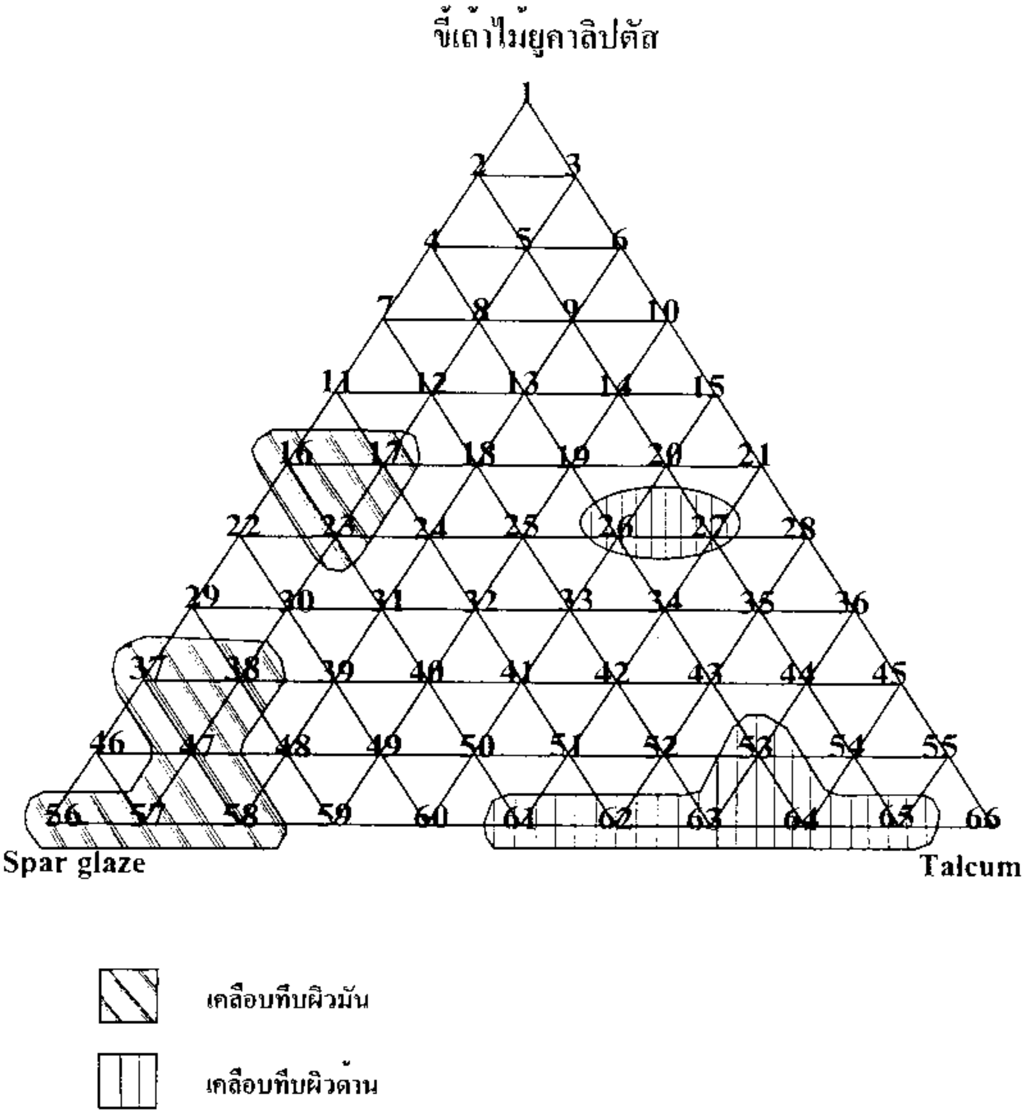
ภาพที่ 71 แสดงบริเวณเคลือบสูตรที่ 2 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้น แบบ 2 components ที่น่าจะนำไปใช้ได้ตามความเห็นของคณะผู้วิจัย



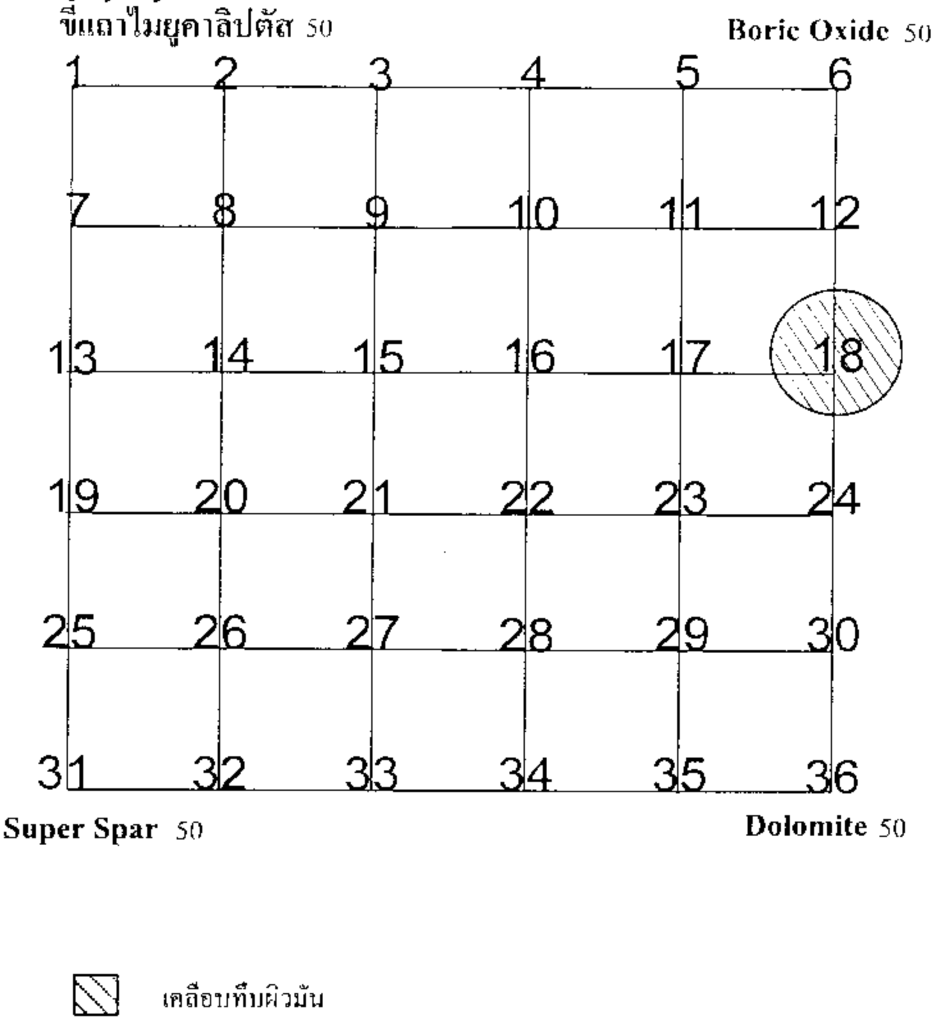
ภาพที่ 72 แสดงบริเวณเคลือบสูตรที่ 2 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้น แบบ 3 components ที่น่าจะนำไปใช้ได้ตามความเห็นของคณะผู้วิจัย



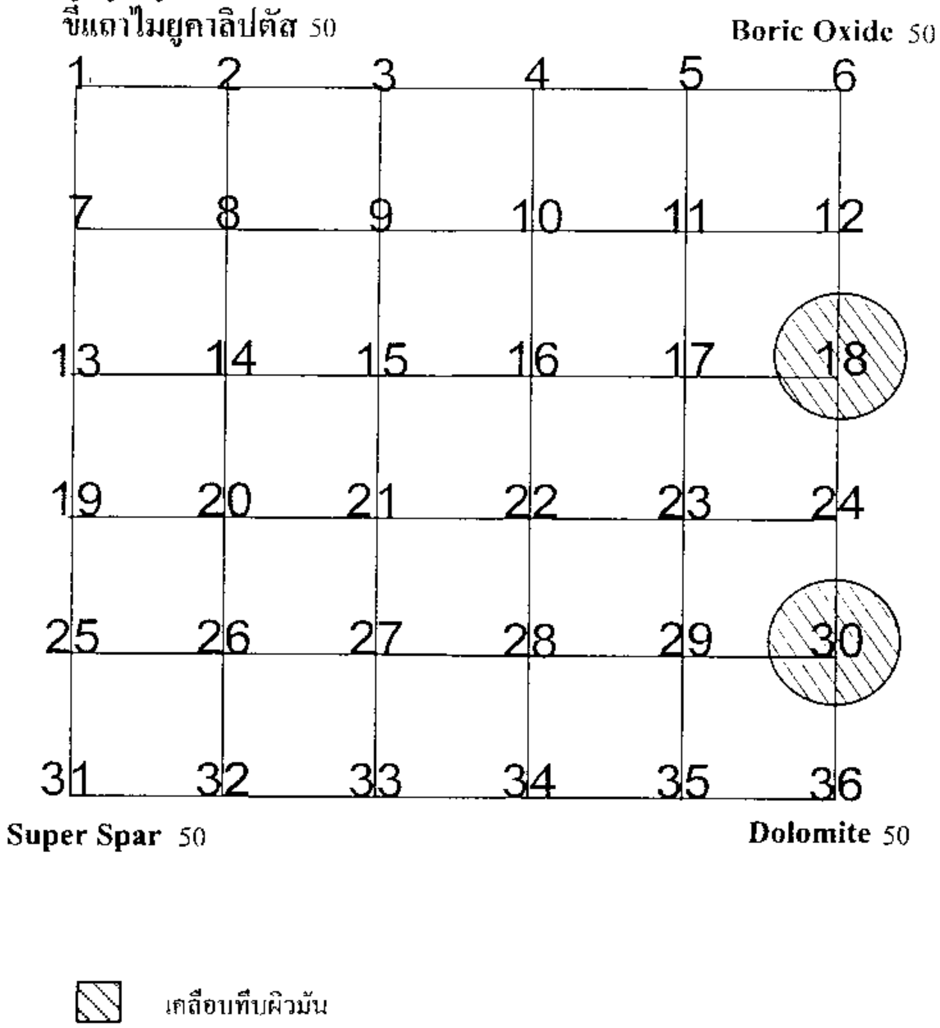
ภาพที่ 73 แสดงบริเวณเคลือบสูตรที่ 3 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้น แบบ 2 components ที่น่าจะนำไปใช้ได้ตามความเห็นของคณะผู้วิจัย



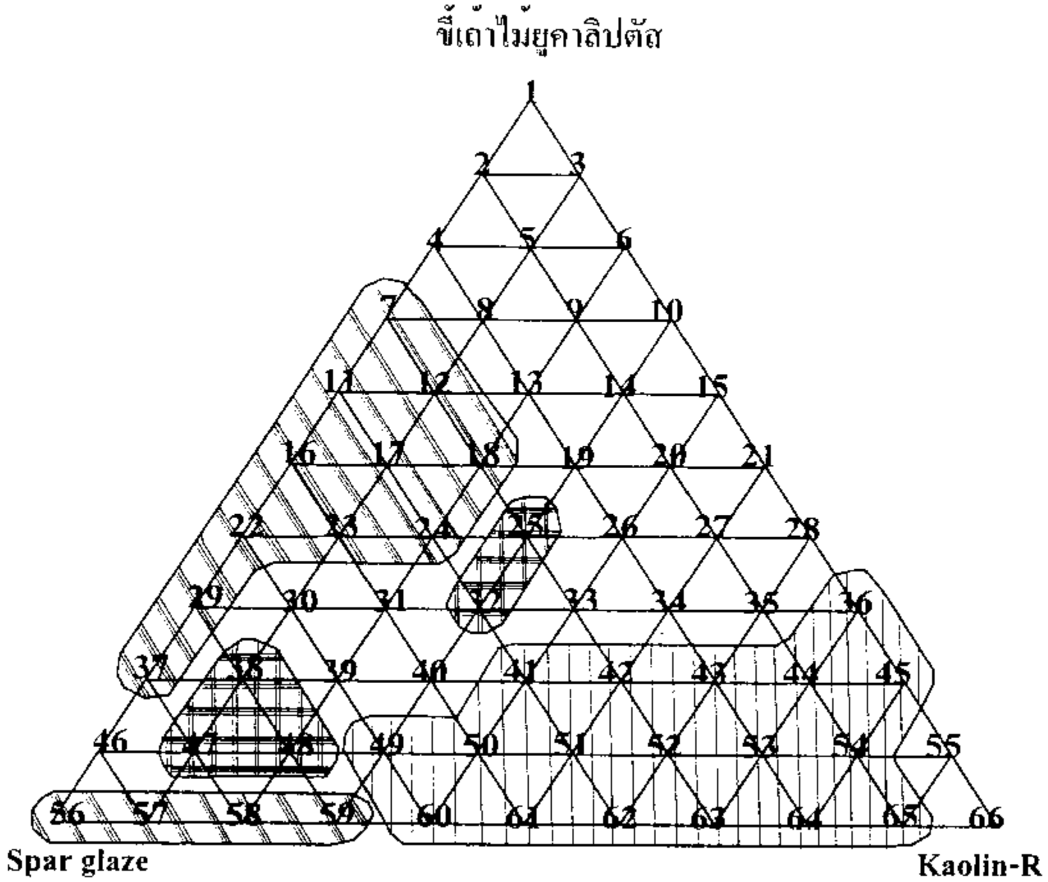
ภาพที่ 74 แสดงบริเวณเคลือบสูตรที่ 3 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้น แบบ 3 components ที่น่าจะนำไปใช้ได้ตามความเห็นของคณะผู้วิจัย



ภาพที่ 75 แสดงบริเวณเคลือบที่ 4 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้น
แบบ 3 components ที่น่าจะนำไปใช้ได้ตามความเห็นของคณะผู้วิจัย



ภาพที่ 76 แสดงบริเวณเคลือบที่ 4 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้น
แบบ 3 components ที่น่าจะนำไปใช้ได้ตามความเห็นของคณะผู้วิจัย

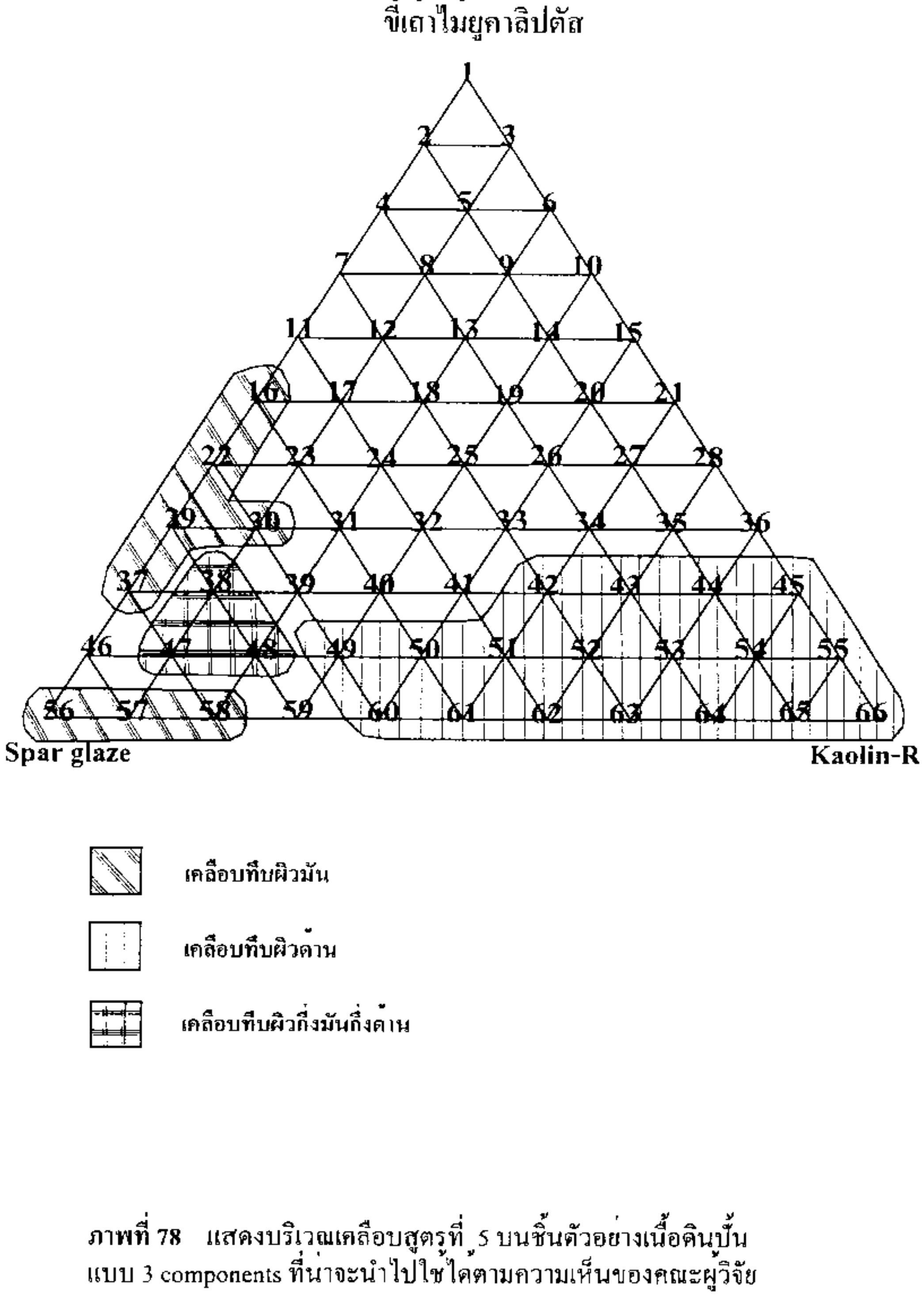


เคลือบทึบผิวมัน

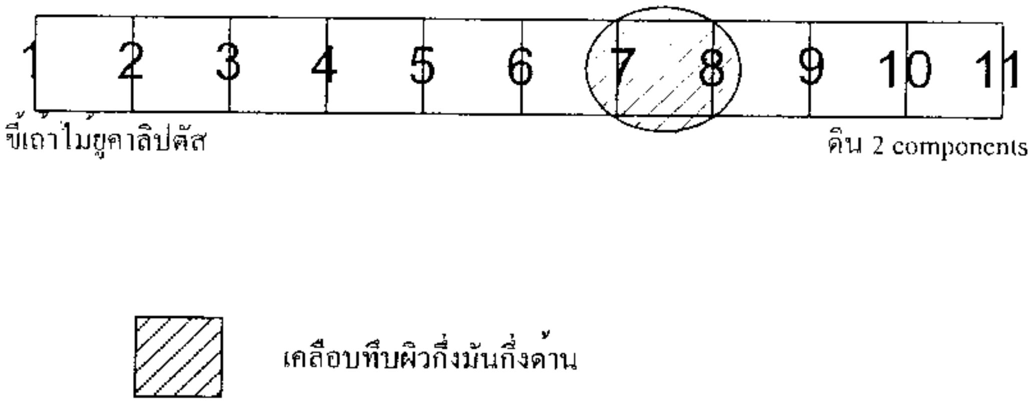
เคลือบทึบผิวด้าน

เคลือบทึบผิวกึ่งมันกึ่งด้าน

ภาพที่ 77 แสดงบริเวณเคลือบสูตรที่ 5 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้น แบบ 2 components ที่น่าจะนำไปใช้ได้ตามความเห็นของคณะผู้วิจัย



ภาพที่ 78 แสดงบริเวณเคลือบสูตรที่ 5 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้น แบบ 3 components ที่น่าจะนำไปใช้ได้ตามความเห็นของคณะผู้วิจัย



ภาพที่ 79 แสดงบริเวณเคลือบสูตรที่ 6 บนชิ้นตัวอย่างเนื้อดินปั้น 2 components ที่น่าจะนำไปใช้ได้ตามความเห็นของคณะผู้วิจัย

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้สรุปได้ว่า สามารถนำขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัสซึ่งเป็นเศษวัสดุจากเตาเผาไปผสมกับวัตถุดิบพื้นๆ ในประเทศ ที่หาได้ง่ายราคาถูก มาทำเป็นเคลือบสำหรับผลิตภัณฑ์ด่านเกวียนได้ โดยนำขี้เถ้าไป calcine ก่อน แล้วนำไปบดผสมกับวัตถุดิบชนิดอื่น แล้วนำไปเคลือบบนผลิตภัณฑ์ที่เผาแดงแบบด่านเกวียนมาแล้ว จากนั้นนำไปเผาด้วยเตาไม้ฟืนของด่านเกวียน ก็จะได้เป็นเคลือบที่มีลักษณะต่าง ๆ ทั้งแบบทึบแสง โปร่งแสง และทั้งที่เป็นเคลือบที่มีผิวมันมาก กึ่งมันกึ่งด้านไปจนถึงผิวด้านก็ได้ แล้วแต่ว่าส่วนผสมของเคลือบเป็นอะไร

ถึงแม้นปัจจุบันผลิตภัณฑ์ด่านเกวียนส่วนใหญ่จะเป็นผลิตภัณฑ์แบบไม่เคลือบ และบางส่วนถึงแม้นจะเคลือบแต่ส่วนใหญ่เป็นเคลือบที่ทำจากสีน้ำ (water base paint) ซึ่งหลุดล่อนได้ง่ายไม่คงทน แต่การนำผลิตภัณฑ์ด่านเกวียนไปเคลือบด้วยเซรามิก ก็จะเป็นการเพิ่มรูปแบบผลิตภัณฑ์ให้หลากหลายขึ้น ทำให้ลูกค้ามีทางเลือกมากขึ้นและเป็นการเพิ่มมูลค่าแก่ผลิตภัณฑ์ได้อีกโสดหนึ่งด้วย

เนื่องจากเคลือบที่ศึกษาจากงานวิจัยเป็นเคลือบสีธรรมชาติเท่านั้น สีสรรจึงไม่สดมากนัก แต่ก็จะรักษาเอกลักษณ์ของด่านเกวียนได้ดี อย่างไรก็ตามหากผู้ประกอบการต้องการสีที่สดๆ ก็อาจจะเติม Oxide ของโลหะบางชนิดปริมาณเล็กน้อยลงไปในสูตรเคลือบในผลงานวิจัยนี้ก็ได้ เช่นเติม Cobalt oxide ลงไปก็จะได้เคลือบสีน้ำเงินสดสวยๆ ออกมา

บรรณานุกรม

1) เสริมศักดิ์ นาคบัว (2536). เคลือบขี้เถ้าพืช. พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัทเจ. ฟิล์ม โปรเซส : กรุงเทพมหานคร

2) ไพจิตร อิงศิริวัฒน์ (2537). รวมสูตรเคลือบเซรามิกส์. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์ : กรุงเทพมหานคร

3) Felix Singer และ W.L. German (1978). Ceramic Glazes. Borax Consolidated Limited : London

4) ปุณณรัตน์ พิชญไพบูลย์ (2538). เครื่องเคลือบดินเผา เทคนิคและวิธีการสร้างสรรค์. พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย : กรุงเทพมหานคร

5) ปรีดา พิมพ์ขาวขำ (2539). เซรามิกส์. พิมพ์ครั้งที่ 4. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย : กรุงเทพมหานคร

6) ส่วนปลูกป่าภาคเอกชน, สำนักส่งเสริมการปลูกป่า, กรมป่าไม้. (2539). ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส. กรุงเทพมหานคร

7) กรมป่าไม้, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ยูคาลิปตัส ปีต้นไม้แห่งชาติ 2528-2531. กรุงเทพมหานคร

8) ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผา ภาคเหนือ, กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม. BASIC GLAZE เคลือบเซรามิกเบื้องต้น. ลำปาง

9) Eddee Chimnakom (1999) Inside Dan Kwean Pottery Village. Benja International Ltd Part : Bangkok

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตาราง กI แสดง Technical data sheet ของ Spar Glaze

(จากบริษัท Clay & Minerals (Thailand) Ltd.)

CHEMICAL ANALYSIS:

SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	LOI
69.7	0.25	17.7	0.16	1.55	0.06	1.22	8.81	0.60

MINERALOGY :

75 % ALBITE 17 % QUARTZ

5 % POORLY CRYSTALLINE MUSCOVITE MICA

3 % ORTHOCLASE

RESIDUE : 7 – 10 % ON 325 MESH

PARTICLE SIZE DISTRIBUTION

20	10	5	2	1	0.5	(μm)
77	51	32	17	10	5	(%CPFT)

This technical information is indicative only.

WD 08/04/97

Clay & Minerals (Thailand) Ltd.

Head Office : 134/7 Moo 5 Bangkadi Industrial Park, Tiwanon Rd., Bangkadi, Amphur Muang, Paturnthani 12000 Thailand.

Tel. 963-7211-8 Fax: 501-2933-4

Office Lampang : 235-237 Super Highway Lampang – Ngao, Suandok, Muang Lampang 52110

Tel : (054) 222-982, 325-241, Fax : (054) 224-425

ตาราง ก II แสดง Technical data sheet ของ Super Spar No. 2 (จากบริษัท Clay & Mineral (Thailand) Ltd.)

Packaging	:	Polypropylene Bag
Physical Properties		
Physical Appearance	:	White Fine Powder
Particle Size Distribution		
200 mesh (75 microns)	:	99 % Pass Minimum
325 mesh (45 microns)	:	90 % Pass Minimum
Ignition Loss (at 1000 C)	:	0.50 % Maximum
Ignition Color (at 1000 C)	:	White
Moisture (at 110 C)	:	1.0 % Maximum

Chemical Analysis

	%
SiO_2	66.66
Al_2O_3	17.83
TiO_2	0.10
Fe_2O_3	0.06
K_2O	11.22
Na_2O	2.41
CaO	0.81
MgO	0.06

Clay & Minerals (Thailand) Ltd.

Head Office : 134/7 Moo 5 Bangkadi Industrial Park, Tiwanon Rd., Bangkadi, Amphur Muang, Patumthani 12000 Thailand.

Tel. 963-7211-8 Fax: 501-2933-4

Office Lampang : 235-237 Super Highway Lampang – Ngao, Suandok, Muang Lampang 52110

Tel : (054) 222-982, 325-241, Fax : (054) 224-425

ตารางที่ กIII แสดง Technical data sheet ของ Kaolin-R 325
จากบริษัท Clay & Minerals (Thailand) จำกัด

KAOLIN-R 325 Sourced in Ranong, Kaolin-R 325 is the result of careful blending to achieve an optimum particle size, low residue and consistent chemical properties. It offers excellent plasticity in moulding processes and is suitable for a wide variety of ceramic applications.

Physical Properties		
Residue on	75 micron	0.10 %
	45 micron	1.34 %
Particle Size Distribution %Cumulative Mass Finer	10 micron	73 %
	2 micron	26 %
	1 micron	20 %
Casting Rate at	5 min.	5.4 mm.
	10 min.	8.3 mm.
Methylene Blue Index		3.8 meq/100g
Soluble Surphate		108 ppm
Linear Drying Shrikage, 110 °c		5.8 %
Modulus of Rupture (Dried at 110 °C)		110 psi
Fired Properties		
Linear Firing Shrikage, 1220 °c		10.85 %
Fired Color (L, a), 1150 °c		91.35, 1.57

Chemical Analysis

SiO_2	Al_2O_3	TiO_2	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	LOI
48.5	36.7	0.07	1.33	0.04	0.09	2.09	0.06	12.06

Mineralogical Analysis

80 %	Medium Disordered Kaolinite	8 %	Orthoclase
10 %	Moderately Crytalline Muscovite Mica	2 %	Quartz

Products are available in shredded form.

**This technical information is indicative only. Any sale is by sample and is governed by our general Conditions of Sale.*

TD-INB-23
WD-BANGI E/DXLS-BF98028

REVISION : 1
DATE : 15/11/99

Clays & Minerals (Thailand) Ltd.
134/7 Moo 5 Bangkadi Industrial Park, Tivanon Rd., Bangkadi, Amphur Muang, Pathumthani 12000 Thailand.
Tel. 963-7211-8 Fax : 963-8250, 501-2934

ภาคผนวก ข

MTEC
National Metal and Materials Technology Center

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
73/1 ถ.พระรามที่ 6 ราชเทวี กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ (662) 644-8150-94 โทรสาร (662) 644 8077
http://www.mtec.or.th

National Metal and Materials Technology Center
National Science and Technology Development Agency
73/1 Rama VI Road, Rajthevee, Bangkok 10400, Thailand
Tel (662) 644 8150-94 Fax (662) 644 8077
http://www.mtec.or.th

MTEC No. 136/43

7 กุมภาพันธ์ 2543

รายงานผลการวิเคราะห์

หัวข้อ	:	**การวิเคราะห์องค์ประกอบของดินโดยใช้เทคนิคการกระเจิงของรังสีเอกซ์**
ตัวอย่างจาก	:	อาจารย์สุธรรม ศรีหล่มสัก สาขาวิชาเทคโนโลยีวัสดุ คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000 โทรศัพท์ (044) 223000 โทรสาร (044) 224220
ทดสอบโดย	:	งานบริการทางเทคนิค ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
วันที่รับตัวอย่าง	:	21 มกราคม 2543
วันที่วิเคราะห์	:	21 มกราคม ถึง 4 กุมภาพันธ์ 2543
ตัวอย่าง	:	มี 2 ตัวอย่าง คือ ดินที่มีส่วนผสม 2 อย่าง และ 3 อย่าง
วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์	:	*เพื่อหาชนิดของส่วนประกอบของดิน*
เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์	:	X-RAY DIFFRACTOMETER, JEOL 3530
สภาวะในการวิเคราะห์	:	Voltage = 30 kV, Current = 30 mA, Step angle (deg) = 0.02, Count time = 1 sec., Target = Cu

ผลการวิเคราะห์ :

รูปแบบของการเลี้ยวเบนของดินทั้งสองตัวอย่าง และตำแหน่งของพีคแสดงไว้ในเอกสารแนบหน้า 1-4 และจาก Search matching เพื่อหาชนิดของสารประกอบที่อยู่ในตัวอย่างทั้งสองชนิด (เอกสารแนบหน้า 5 และ 6 สำหรับตัวอย่างที่มีส่วนผสม 2 และ 3 อย่าง ตามลำดับ) ที่เงื่อนไข 80% agreement มี พบสารที่มีโครงสร้างแบบ quartz ในทั้งสองตัวอย่าง กล่าวอีกนัยหนึ่งคือมีความเป็นไปได้สูงมากที่จะมี quartz ในทั้ง *สองตัวอย่าง และ ที่ 50% agreement พบสารที่มีโครงสร้างคล้ายกับสารประกอบ Neotocite, Halloysite-*10A, Fournanerite, Volkonskoite หรือ Kaolinte ในตัวอย่างดินที่มีส่วนผสม 3 อย่าง ส่วนในตัวอย่างดินที่มีส่วนผสม 2 ชนิด นอกจากจะมีสารประกอบที่มีโครงสร้างแบบ quartz เป็นองค์ประกอบหลักแล้ว ที่

เงื่อนไข 50% agreement พบสารประกอบที่มีโครงสร้างคล้าย Volkonskoite, Neotocite, Fourmarierite หรือ Kaolinite การจะระบุว่าเป็นสารประกอบชนิดใดให้แน่ชัดลงไปนั้นต้องวิเคราะห์เพิ่มเติมว่ามีธาตุใดอยู่ในตัวอย่างบ้าง

เอกสารแนบ

เอกสารแนบที่ 1 XRD Spectrum ของดินที่มีส่วนผสม 2 อย่าง

เอกสารแนบที่ 2 ตารางพีคของเอกสารแนบที่ 1

เอกสารแนบที่ 3 XRD Spectrum ของดินที่มีส่วนผสม 3 อย่าง

เอกสารแนบที่ 4 ตารางพีคของเอกสารแนบที่ 3

เอกสารแนบที่ 5 Search Match data ของดินที่มีส่วนผสม 2 อย่าง

เอกสารแนบที่ 6 Search Match data ของดินที่มีส่วนผสม 3 อย่าง

ทดสอบโดย :

(ดร. ผกามาศ แซ่หว่อง)

นักวิจัย

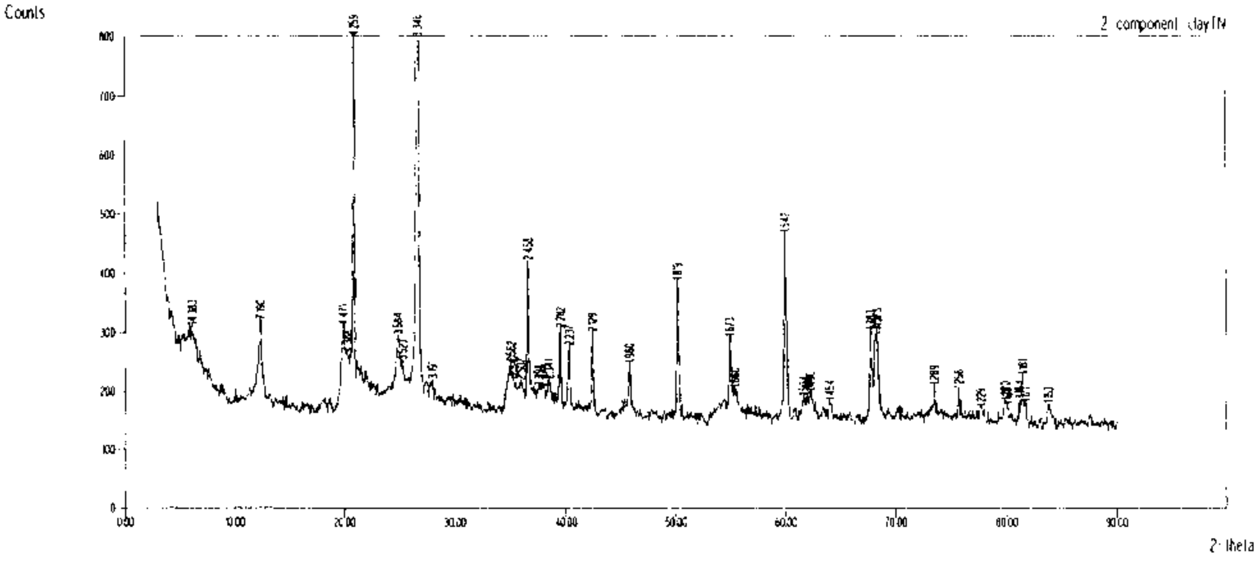
ตรวจสอบโดย :

(ดร. บัญชา ธนบุญสมบัติ)

หัวหน้างานบริการทางเทคนิค

หมายเหตุ

1. ศูนย์ ฯ ไม่อนุญาตให้มีการแก้ไข เพิ่มเติม หรือเปลี่ยนแปลงรายงาน หรือส่วนหนึ่งส่วนใดของรายงาน เว้นแต่จะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร จากศูนย์ ฯ
2. ทางศูนย์ ฯ ไม่สามารถรับผิดชอบต่อความเสียหายใด ๆ ที่จะเกิดขึ้น ไม่ว่าโดยทางตรงหรือทางอ้อม ในกรณีที่นำข้อมูล ผลการวิเคราะห์ ข้อสรุปหรือคำแนะนำฉบับนี้ไปใช้ในการออกแบบ การผลิต หรือเพื่อจุดประสงค์ใดก็ตาม
3. ผลการทดลองเป็นจริงเฉพาะตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น



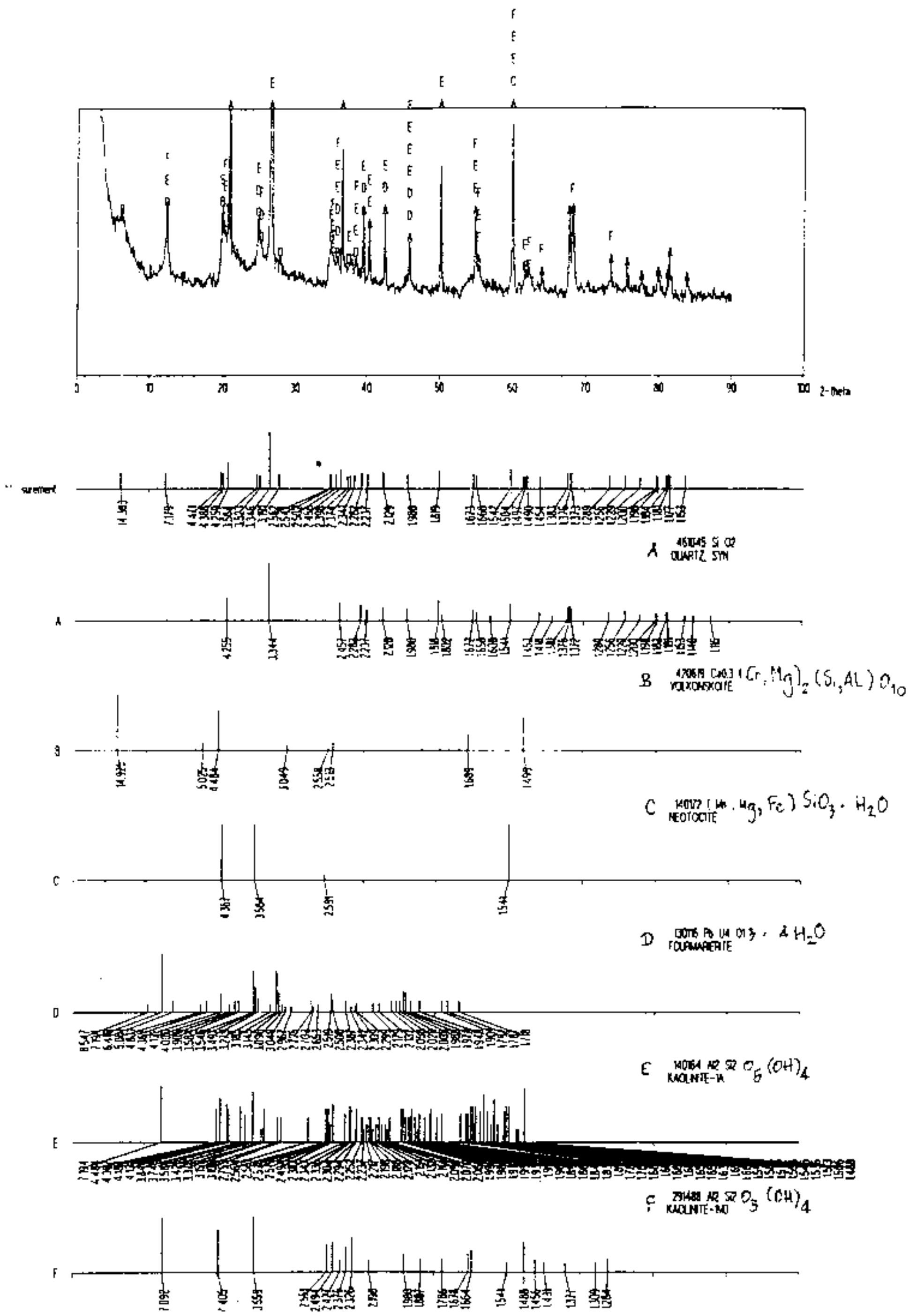
Conditions					
Filename	TNS-2c std	Step angle (deg)	0.020	Scattering slit	1/2 (degree)
Sample name	2 component clay	Count time (sec)	1.00		
Operator name	TN	Voltage (kV)	30.00		
Measurement date	2000/Jan/31	Current (mA)	30.00	Smoothing points	11
Measurement method	Step	Target name	Cu	Smoothing times	1
Measurement axis	2-theta/theta	Divergence slit	1/2 (degree)	2-theta correction angle	0.00
Mode	Ordinary	Receiving slit	0.1(mm)		

Memo TS/ Mixture of 2 components from Suranaree.

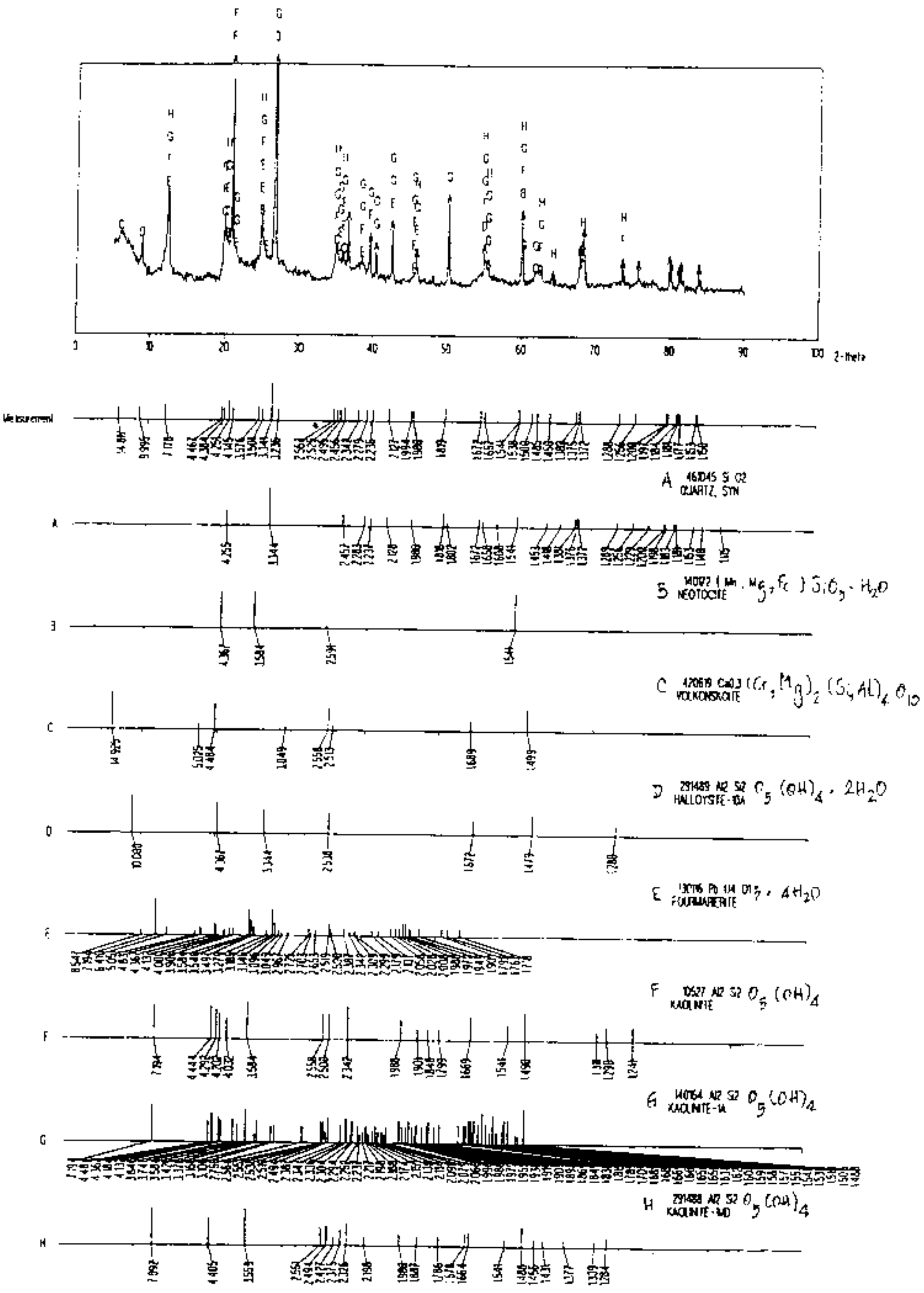
ภาพที่ ข1 แสดง XRD spectrum ของเนื้อดินปั้นแบบ 2 components

ตารางที่ ขI แสดง Peak ของ X-ray ของเนื้อดินปั้นแบบ 2 components

No	2-theta	d-value	INT	I/Io	No	2-theta	d-value	INT	I/Io	No	2-theta	d-value	INT	I/Io
1	6.140	14.38273	314	8	21	50.100	1.81924	390	10					
2	12.300	7.19003	324	8	22	54.870	1.67323	295	7					
3	19.840	4.47128	314	8	23	55.279	1.66042	208	5					
4	20.219	4.38832	258	7	24	59.919	1.54245	471	12					
5	20.840	4.25893	919	23	25	61.619	1.50391	194	5					
6	24.819	3.58442	298	7	26	61.959	1.49647	195	5					
7	25.260	3.52253	254	6	27	62.239	1.49041	201	5					
8	26.620	3.34585	3979	100	28	64.000	1.45358	186	5					
9	27.940	3.19071	222	6	29	67.699	1.38288	307	8					
10	35.000	2.56158	251	6	30	68.159	1.37466	297	7					
11	35.200	2.54748	227	6	31	68.279	1.37254	311	8					
12	35.860	2.50209	221	6	32	73.419	1.28862	213	5					
13	36.520	2.45837	474	11	33	75.619	1.25650	206	5					
14	37.479	2.39764	210	5	34	77.619	1.22904	175	4					
15	37.860	2.37439	210	5	35	79.839	1.20036	186	5					
16	38.419	2.34111	222	6	36	80.059	1.19761	179	4					
17	39.460	2.28172	310	8	37	81.139	1.18437	190	5					
18	40.280	2.23714	279	7	38	81.439	1.18077	230	6					
19	42.420	2.12910	303	8	39	81.720	1.17742	183	5					
20	45.779	1.98039	249	6	40	83.799	1.15342	181	5					



ภาพที่ ข3 แสดง Search match data ของเนื้อดินปั้นแบบ 2 components



ภาพที่ ข4 แสดง Search match data **ของเนื้อดินปั้นแบบ** 3 components

ภาคผนวก ค

สูตรที่ 1

วัตถุดิบที่ใช้

1. ขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัส = A
2. Super spar = B_1
3. Barium Carbonate = B_2
4. Kaolin-R = C_1
5. Milled sand = C_2

Seger Formula

0.14 K_2O 0.6 Al_2O_3 3.76 SiO_2

0.56 CaO

0.30 BaO

ตารางที่ ค1 แสดงส่วนผสมของเคลือบสูตรย่อยทั้ง 66 สูตร ของเคลือบสูตรใหญ่ที่ 1

No.	By %					By weight (gram)				
	A	B_1	B_2	C_1	C_2	A	B_1	B_2	C_1	C_2
1	100	-	-	-	-	5.00	-	-	-	-
2	90	5	5	-	-	4.50	0.25	0.25	-	-
3	90	-	-	5	5	4.5	-	-	0.25	0.25
4	80	10	10	-	-	4.00	0.50	0.50	-	-
5	80	5	5	5	5	4.00	0.25	0.25	0.25	0.25
6	80	-	-	10	10	4.00	-	-	0.50	0.50
7	70	15	15	-	-	3.5	0.75	0.75	-	-
8	70	10	10	5	5	3.5	0.5	0.5	0.25	0.25
9	70	5	5	10	10	3.5	0.25	0.25	0.5	0.5
10	70	-	-	15	15	3.5	-	-	0.75	0.75
11	60	20	20	-	-	3.0	1.0	1.0	-	-
12	60	15	15	5	5	3.0	0.75	0.75	0.25	0.25

No.	By %					By weight (gram)				
13	60	10	10	10	10	3.0	0.5	0.5	0.5	0.5
14	60	5	5	15	15	3.0	0.25	0.25	0.75	0.75
15	60	-	-	20	20	3.0	-	-	1.0	1.0
16	50	25	25	-	-	2.5	1.25	1.25	-	-
17	50	20	20	5	5	2.5	1.0	1.0	0.5	0.5
18	50	15	15	10	10	2.5	0.75	0.75	0.5	0.5
19	50	10	10	15	15	2.5	0.5	0.5	0.75	0.75
20	50	5	5	20	20	2.5	0.25	0.25	1.0	1.0
21	50	-	-	25	25	2.5	-	-	1.25	1.25
22	40	30	30	-	-	2.0	1.5	1.5	-	-
23	40	25	25	5	5	2.0	1.25	1.25	0.25	0.25
24	40	20	20	10	10	2.0	1.0	1.0	0.5	0.5
25	40	15	15	15	15	2.0	0.75	0.75	0.75	0.75
26	40	10	10	20	20	2.0	0.5	0.5	1.0	1.0
27	40	5	5	25	25	2.0	0.25	0.25	1.25	1.25
28	40	-	-	30	30	2.0	-	-	1.5	1.5
29	30	35	35	-	-	1.5	1.75	1.75	-	-
30	30	30	30	5	5	1.5	1.5	1.5	0.25	0.25
31	30	25	25	10	10	1.5	1.25	1.25	0.5	0.5
32	30	20	20	15	15	1.5	1.0	1.0	0.75	0.75
33	30	15	15	20	20	1.5	0.75	0.75	1.0	1.0
34	30	10	10	25	25	1.5	0.5	0.5	1.25	1.25
35	30	5	5	30	30	1.5	0.25	0.25	1.5	1.5
36	30	-	-	35	35	1.5	-	-	1.75	1.75
37	20	40	40	-	-	1.0	2.0	2.0	-	-
38	20	35	35	5	5	1.0	1.75	1.75	0.25	0.25
39	20	30	30	10	10	1.0	1.5	1.5	0.5	0.5
40	20	25	25	15	15	1.0	1.25	1.25	0.75	0.75
41	20	20	20	20	20	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

No.	By %					By weight (gram)				
42	20	15	15	25	25	1.0	0.75	0.75	1.25	1.25
43	20	10	10	30	30	1.0	0.5	0.5	1.5	1.5
44	20	5	5	35	35	1.0	0.25	0.25	1.75	1.75
45	20	-	-	40	40	1.0	-	-	2.0	2.0
46	10	45	45	-	-	0.5	2.25	2.25	-	-
47	10	40	40	5	5	0.5	2.0	2.0	0.25	0.25
48	10	35	35	10	10	0.5	1.75	1.75	0.5	0.5
49	10	30	30	15	15	0.5	1.5	1.5	0.75	0.75
50	10	25	25	20	20	0.5	1.25	1.25	1.0	1.0
51	10	20	20	25	25	0.5	1.0	1.0	1.25	1.25
52	10	15	15	30	30	0.5	0.75	0.75	1.5	1.5
53	10	10	10	35	35	0.5	0.5	0.5	1.75	1.75
54	10	5	5	40	40	0.5	0.25	0.25	2.0	2.0
55	10	-	-	45	45	0.5	-	-	2.25	2.25
56	-	50	50	-	-	-	2.5	2.5	-	-
57	-	45	45	5	5	-	2.25	2.25	0.25	0.25
58	-	40	40	10	10	-	2.0	2.0	0.5	0.5
59	-	35	35	15	15	-	1.75	1.75	0.75	0.75
60	-	30	30	20	20	-	1.5	1.5	1.0	1.0
61	-	25	25	25	25	-	1.25	1.25	1.25	1.25
62	-	20	20	30	30	-	1.0	1.0	1.5	1.5
63	-	15	15	35	35	-	0.75	0.75	1.75	1.75
64	-	10	10	40	40	-	0.5	0.5	2.0	2.0
65	-	5	5	45	45	-	0.25	0.25	2.25	2.25
66	-	-	-	50	50	-	-	-	2.5	2.5

อ้างอิงจาก : Reference 3 หน้า 95 สูตรที่ 19 สำหรับเคลือบที่อุณหภูมิ 1180 ^{o}C

No.	By %			By Weight (gm)			No.	By %			By Weight (gm)		
	A	B	C	A	B	C		A	B	C	A	B	C
41	20	40	40	1.0	2.0	2.0	54	10	10	80	0.5	0.5	4.0
42	20	30	50	1.0	1.5	2.5	55	10	-	90	0.5	-	4.5
43	20	20	60	1.0	1.0	3.0	56	-	100	-	-	5.0	-
44	20	10	70	1.0	0.5	3.5	57	-	90	10	-	4.5	0.5
45	20	-	80	1.0	-	4.0	58	-	80	20	-	4.0	1.0
46	10	90	-	0.5	4.5	-	59	-	70	30	-	3.5	1.5
47	10	80	10	0.5	4.0	0.5	60	-	60	40	-	3.0	2.0
48	10	70	20	0.5	3.5	1.0	61	-	50	50	-	2.5	2.5
49	10	60	30	0.5	3.0	1.5	62	-	40	60	-	2.0	3.0
50	10	50	40	0.5	2.5	2.0	63	-	30	70	-	1.5	3.5
51	10	40	50	0.5	2.0	2.5	64	-	20	80	-	1.0	4.0
52	10	30	60	0.5	1.5	3.0	65	-	10	90	-	0.5	4.5
53	10	20	70	0.5	1.0	3.5	66	-	-	100	-	-	5.0

อ้างอิงจาก : Reference 2 หน้า 155 สูตรที่ 2 สำหรับเคลือบที่อุณหภูมิ 1200-1220 ^{o}C

สูตรที่ 4

วัตถุดิบที่ใช้

1. ขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัส = A
2. Super spar = B
3. Dolomite = C
4. Boric acid = D

Seger Formula

0.15	K_2O				
0.05	MgO	0.80	B_2O_3	0.9	SiO_2
0.80	CaO	0.15	Al_2O_3		

ตารางที่ ค IV แสดงส่วนผสมของเคลือบสูตรย่อยทั้ง 36 สูตร ของเคลือบสูตรใหญ่ที่ 4

No.	By %				By Weight (g)			
	A	B	C	D	A	B	C	D
1	50	50	-	-	2.5	2.5	-	-
2	50	40	-	10	2.5	2.0	-	0.5
3	50	30	-	20	2.5	1.5	-	1.0
4	50	20	-	30	2.5	1.0	-	1.5
5	50	10	-	40	2.5	0.5	-	2.0
6	50	-	-	50	2.5	-	-	2.5
7	40	50	10	-	2.0	2.5	0.5	-
8	40	40	10	10	2.0	2.0	0.5	0.5
9	40	30	10	20	2.0	1.5	0.5	1.0
10	40	20	10	30	2.0	1.0	0.5	1.5
11	40	10	10	40	2.0	0.5	0.5	2.0
12	40	-	10	50	2.0	-	0.5	2.5
13	30	50	20	-	1.5	2.5	1.0	-
14	30	40	20	10	1.5	2.0	1.0	0.5
15	30	30	20	20	1.5	1.5	1.0	1.0
16	30	20	20	30	1.5	1.0	1.0	1.5
17	30	10	20	40	1.5	0.5	1.0	2.0

สูตรที่ 5

วัตถุดิบที่ใช้

1. ขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัส = A
2. Spar glaze = B
3. Kaolin – R = C

Seger Formula ไม่มี

ตารางที่ คV แสดงส่วนผสมของเคลือบสูตรย่อยทั้ง 66 สูตร ของเคลือบสูตรใหญ่ที่ 5

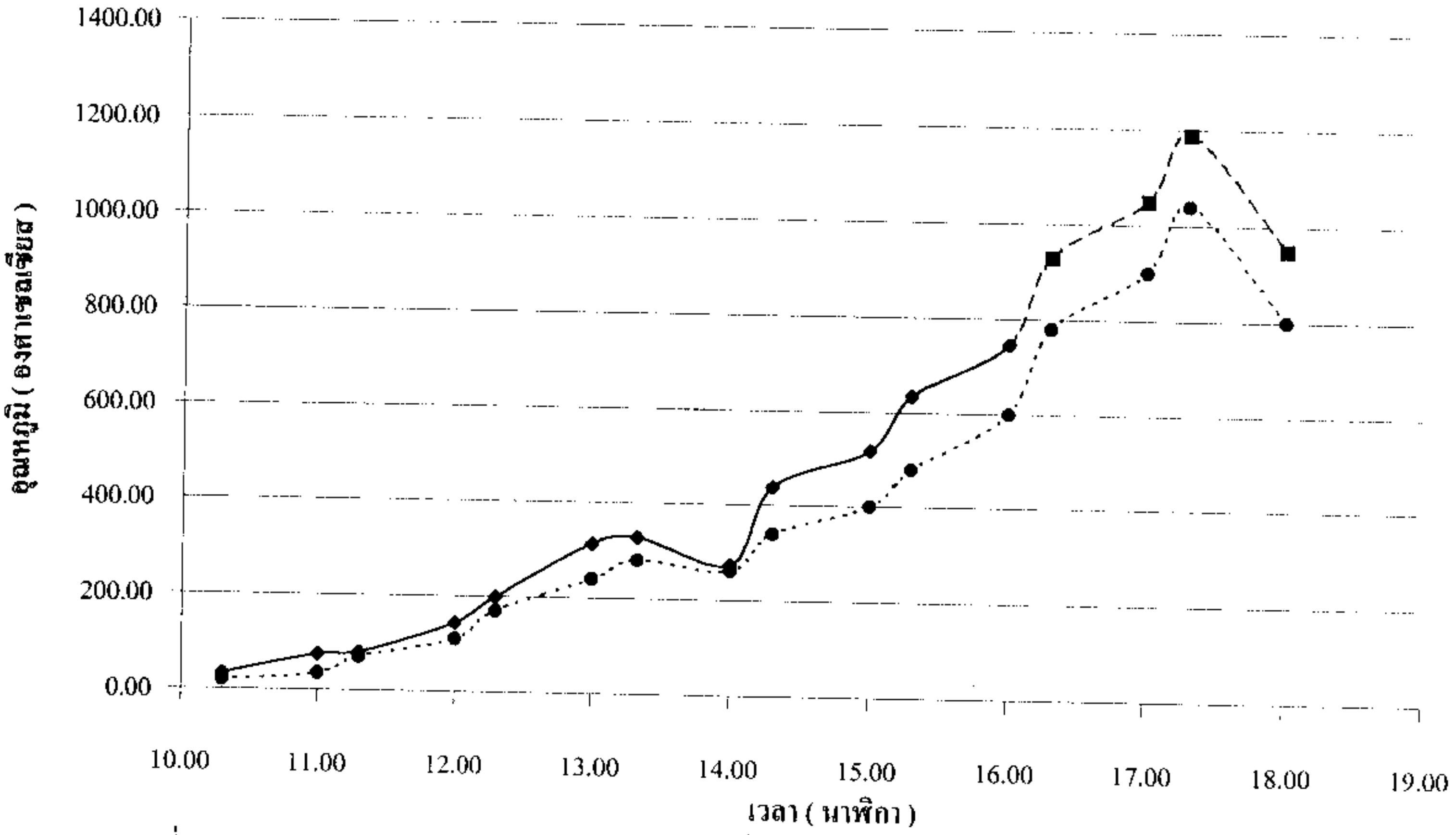
No.	By %			By Weight (g)			No.	By %			By Weight (g)		
	A	B	C	A	B	C		A	B	C	A	B	C
1	100	-	-	5.0	-	-	21	50	-	50	2.5	-	2.5
2	90	10	-	4.5	0.5	-	22	40	60	-	2.0	3.0	-
3	90	-	10	4.5	-	0.5	23	40	50	10	2.0	2.5	0.5
4	80	20	-	4.0	1.0	-	24	40	40	20	2.0	2.0	1.0
5	80	10	10	4.0	0.5	0.5	25	40	30	30	2.0	1.5	1.5
6	80	-	20	4.0	-	1.0	26	40	20	40	2.0	1.0	2.0
7	70	30	-	3.5	1.5	-	27	40	10	50	2.0	0.5	2.5
8	70	20	10	3.5	1.0	0.5	28	40	-	60	2.0	-	3.0
9	70	10	20	3.5	0.5	1.0	29	30	70	-	1.5	3.5	-
10	70	-	30	3.5	-	1.5	30	30	60	10	1.5	3.0	0.5
11	60	40	-	3.0	2.0	-	31	30	50	20	1.5	2.5	1.0
12	60	30	10	3.0	1.5	0.5	32	30	40	30	1.5	2.0	1.5
13	60	20	20	3.0	1.0	1.0	33	30	30	40	1.5	1.5	2.0
14	60	10	30	3.0	0.5	1.5	34	30	20	50	1.5	1.0	2.5
15	60	-	40	3.0	-	2.0	35	30	10	60	1.5	0.5	3.0
16	50	50	-	2.5	2.5	-	36	30	-	70	1.5	-	3.5
17	50	40	10	2.5	2.0	0.5	37	20	80	-	1.0	4.0	-
18	50	30	20	2.5	1.5	1.0	38	20	70	10	1.0	3.5	0.5
19	50	20	30	2.5	1.0	1.5	39	20	60	20	1.0	3.0	1.0
20	50	10	40	2.5	0.5	2.0	40	20	50	30	1.0	2.5	1.5

No.	By %			By Weight (g)			No.	By %			By Weight (g)		
	A	B	C	A	B	C		A	B	C	A	B	C
41	20	40	40	1.0	2.0	2.0	54	10	10	80	0.5	0.5	4.0
42	20	30	50	1.0	1.5	2.5	55	10	-	90	0.5	-	4.5
43	20	20	60	1.0	1.0	3.0	56	-	100	-	-	5.0	-
44	20	10	70	1.0	0.5	3.5	57	-	90	10	-	4.5	0.5
45	20	-	80	1.0	-	4.0	58	-	80	20	-	4.0	1.0
46	10	90	-	0.5	4.5	-	59	-	70	30	-	3.5	1.5
47	10	80	10	0.5	4.0	0.5	60	-	60	40	-	3.0	2.0
48	10	70	20	0.5	3.5	1.0	61	-	50	50	-	2.5	2.5
49	10	60	30	0.5	3.0	1.5	62	-	40	60	-	2.0	3.0
50	10	50	40	0.5	2.5	2.0	63	-	30	70	-	1.5	3.5
51	10	40	50	0.5	2.0	2.5	64	-	20	80	-	1.0	4.0
52	10	30	60	0.5	1.5	3.0	65	-	10	90	-	0.5	4.5
53	10	20	70	0.5	1.0	3.5	66	-	-	100	-	-	5.0

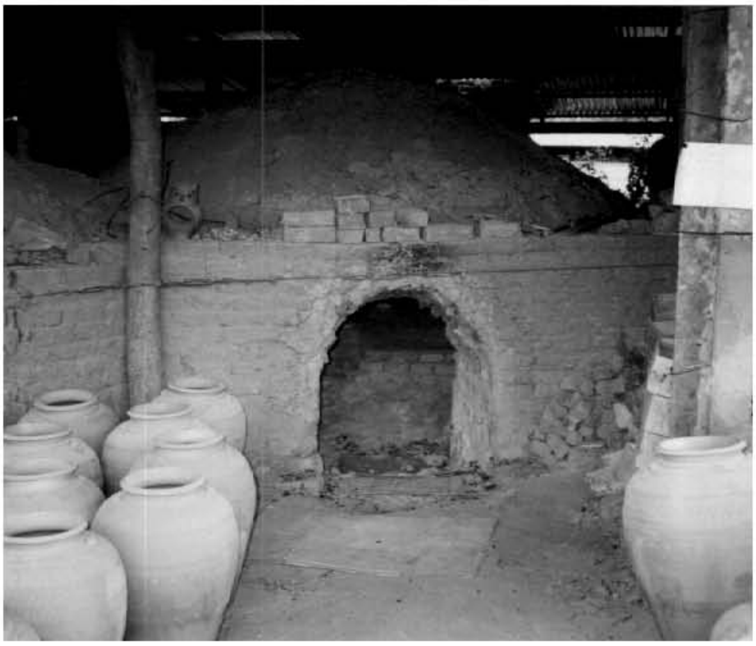
อ้างอิงจาก : Reference 1 ซึ่งใช้วัตถุดิบ คือ ขี้เถ้าพืช, feldspar และดิน ball clay หรือดินขาว

ภาคผนวก ง

บันทึกอุณหภูมิเผาเคลือบ



ภาพที่ ง1 แสดง Firing schedule ของการเผาเคลือบถ้วยดินปั้นเส้นทึบแสดงอุณหภูมิที่อ่านจาก Thermocouple ตัวยาวที่แทงลึกเข้าไปในเตาประมาณ 40 ซม. เส้นประไข่ปลาแสดงอุณหภูมิที่อ่านจากThermocouple ตัวสั้นที่แทงลึกเข้าไปในเตาไม่ถึง 5 ซม. เส้นประรางรถไฟแสดงอุณหภูมิที่คณะผู้วิจัยประมาณว่าควรเป็นอุณหภูมิที่อ่านได้จาก Thermocouple ตัวยาวเนื่องจากค่าที่อ่านจาก Thermocouple ตัวยาวในช่วงท้ายๆเกิดผิดปกติไป



ภาพที่ ง2 แสดงเตาฟืนแบบด่านเกวียนขณะที่ยังไม่เผาผลิตภัณฑ์

ภาพที่ ง3 แสดงเตาฟืนแบบด่านเกวียนขณะที่กำลังเผาผลิตภัณฑ์

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติหัวหน้าโครงการวิจัย

1) ชื่อ-นามสกุล นายสุธรรม ศรีหล่มสัก

2) รหัสประจำตัวนักวิจัยแห่งชาติ -ไม่มี-

3) ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมเซรามิก สำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4) ประวัติการศึกษา

ปีที่จบ	ปริญญา	อักษรย่อ-ชื่อเต็มปริญญา	สาขาวิชา	วิชาเอก	สถาบันการศึกษา	ประเทศ
2526	ตรี	วท.บ.-วิทยาศาสตร์บัณฑิต	วัสดุศาสตร์	เซรามิก	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ไทย
2528	โท	MS Master of Science	Ceramic Engineer	Ceramic	U.of Missouri-Rolla	USA

5) สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ
เซรามิกโดยเฉพาะเนื้อหาทาง Phase diagram และ X-Ray diffraction

6) ประสบการณ์วิจัย

6.1) ที่ทำเสร็จแล้ว

6.1.1) การนำกากลิกไนต์มาใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิก, 2525, วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี

6.1.2) Influence of Oxygen Activity on the Lattice Parameters and Thermal expansion Of Mg and Sr-Doped $LaCrO_3$, 2529, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท

6.2) ที่กำลังดำเนินการ

การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำขี้เถ้าไม้ยูคาลิปตัสมาใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิก

ประวัติที่ปรึกษาโครงการวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล : นางจรัสศรี ลอประยูร

NAME : MRS. CHARUSSRI LORPRAYOON

2. ตำแหน่งปัจจุบัน : รองคณบดี สำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3. ประวัติการศึกษา :

สถาบัน	สาขาวิชา	ปริญญา	ระหว่างปี
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	Chemical tech. (Ceramic Tech.)	วท.บ. เกียรตินิยม (อันดับสอง)	2503 - 2508
Nagoya International Training Center, JAPAN	Ceramic Engineering	Certification	2508 - 2509
Bouwcentrum, Rotterdam, NATHERLANDS	Industrial Quality Instructor	Diploma	2510 - 2511
Mino Yogyo Technical Laboratory, JAPAN	Refractory	Certification	2515 - 2516
Pennsylvania State University, U.S.A.	Ceramic Science	M.S.	2518 - 2520
New York State, College of Ceramics at Alfred University, U.S.A.	Ceramics	Ph.D.	2520-2524

4. ประวัติวิชาชีพ

ตำแหน่งวิชาการ	:	รองศาสตราจารย์
หน่วยงาน	:	สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
สาขาวิชา	:	วิศวกรรมเซรามิก
สถานที่ติดต่อ	:	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
โทรศัพท์	:	(044) 224473
โทรสาร	:	(044) 224165, 224220

5. ประวัติการทำงาน (Work Experience)

2508 - 2517 ศูนย์เครื่องปั้นดินเผา กรมวิทยาศาสตร์ กระทรวงอุตสาหกรรม

- ร่วมสำรวจ เตรียม และทดสอบสมบัติทางเคมี ฟิสิกส์ของ ดินขาว หินฟันม้า หินปูน และหินควอทซ์
- พัฒนาผลิตภัณฑ์ Earthenware, Porcelain และ Bone china จากวัตถุดิบในประเทศ
- ร่วมมือให้การอบรมแก่ผู้สนใจประกอบกิจการรายย่อยเรื่องการทำเซรามิกส์ของศูนย์เครื่องปั้นดินเผาฯ

2518 - 2520 Research assistantship

The Pennsylavania State University

- ทำวิจัยสีชนิดไม่มีพิษสำหรับพลาสติกโดยศึกษาการทำ phase equilibrium *diagram ของ ZnS, MnS และ* $CuInS_2$ *ทำให้ได้สีสำเร็จรูปทดแทนสีเดิมที่มีสาร* พิษเป็นองค์ประกอบ

2521 - 2524 Research assistantship

The New York State, College Ceramics at Alfred university

- ทำวิจัย Calcium-Strontium Phosphate ceramics

2524 - 2539 ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ร่างหลักสูตรระดับปริญญาตรี และโททางเซรามิกส์ สอนวิชาทางเซรามิกส์ภาคบรรยายและปฏิบัติ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาทั่วไป ที่ปรึกษางาน senior projects งานนิพนธ์แก่นิสิต ระดับปริญญาตรีและโท ทั้งในภาควิชา นอกภาควิชา นอกคณะ และนอกมหาวิทยาลัยและเป็นหัวหน้าฝ่ายวิจัยของภาควิชา

6. งานวิจัย (Rerearch)

รายชื่องานวิจัยที่เคยได้รับทุนวิจัยจากหน่วยงาน/องค์กรต่าง ๆ

หน่วยงาน/องค์กร	ระหว่างปี	ชื่อผลงานวิจัย
รัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2529 - 2527	การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างกระดูกสัตว์ที่อุณหภูมิสูง
รัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2529 - 2530	การทำกระดูกเทียมชนิดที่มีความหนาแน่นสูงจากกระดูกสัตว์
Science and Technology Development Board (STDB) กระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ	2530 - 2534	Development of Ferrite Products for Radio and Television Applicances
ทุนวิจัยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) กระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ	2531 - 2534	วัสดุทางการแพทย์และทันตแพทย์:ไฮดรอกซีแอปาไทต์
รัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2534 - 2535	ศึกษากระบวนการขึ้นรูปแกนแม่เหล็กชนิดดีเฟลคชันโยคและคุณลักษณะ
ทุนวิจัยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) กระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ	2536 - 2538	การปรับปรุงสมบัติทางกลของไฮดรอกซีแอปาไทต์จากกระดูกวัวและผลกระทบจากการฝังวัสดุนั้นในสัตว์ทดลอง
ทุนวิจัยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) กระทรวงวิทยาศาสตร์	2541 - 2543	การพัฒนากระบวนการผลิตไฮดรอกซีแอปาไทต์จากกระดูกวัว/ควาย ระยะที่ 1 : การผลิตไฮดรอกซีแอปาไทต์ชนิดรูพรุนและสารในเครือ
ทุนประสบการณ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2527 - 2540	สำหรับการวิจัยต่าง ๆ ของนิสิตปริญญาตรี ประมาณ 20 เรื่อง

ผลงานทางวิชาการ (Publication)

รายชื่อสิ่งตีพิมพ์เกี่ยวกับงานวิจัยที่สำคัญ ๆ

1. Sombuthawee, C., Bonsall, S.B. and Hummel F.A. "Phase Equilibria in the System ZnS-MnS, ZnS-$CuInS_2$ and MnS-$CuInS_2$", J.Solid State Chem. 25, 391-99, 1978.
2. ______________.and Hummel F.A., "Subsolidus Equibria in the System ZnS-MnS-$CuInS_2$" J.Solid State Chem. 30, 125-28, (1979).
3. ______________.Monroe, E.A., "Synthesis of Calcium Fluorapatite Using Ionic Exchange Reactions", J.Dent.Rec. 60 Special Issure A, 346, 1981.
4. __________.Monroe, E.A. and Rausch J.P., "Strengthening of Calcium Hydroxyapatite by Ion Exchange", Biomater.Med. Devices and Artif Org. 9(4) 244-5, 1981 and in Biomedical Engineering I. Recent Development Edited by Subrata Saha, 16-19, Pergamon Press. New York, 1982.
5. Lorprayoon, C., "Phases of Cattle Bones at Elevated Tempaeratures", J.Sci.Soc. Thailand 12, 159-170, 1986.
6. ___________. : "Syntheses of Calcium Hydroxyapatite and Tricalcium Phosphate From Bone Ash" in Ionic Polymers, Ordered Polymers for High Performance Materials, Biomaterials, p.p 329-336. Ed Masao Doyama, Shigeyaki Somiya and Robert P.H. Chang, MRS. Materials Research Society, Pittsburgh, Pennsylvania 1989.
7. Jirasupanun, U., Thongnoi, P., Jinawath, S. and Lorprayoon, C. "Comparative Study of Hydroxyapatite from Different Origins" First International Symposium on Apatite, July 16-17, 1991, Japan, and in Apatite Vol. 1 ed. By H.Aoki, M Akao, N.Nagai and T.Tsuji Japanese Association of Apatite Science 1992.
8. Itiravivong, P.; Lorprayoon, C.; Sukpetch, A.; and Ruruxsiriuorn, S.: A comparative study and clinical application of hydroxyapatite from different origins, 5^{th} International Symposium on Bioceramics in Medicine, November 1992, Japan and in Bioceramics 5, p.p 157-164, 1992.
9. Charussri Lorprayoon, "Sintering of Hydroxyapatite Derived from Cattle bone" in Proceeding of International Union of Material Research Society Internamtional Conference in Asia p.p 116-120, 1993.

10. ____________. "A Not-Well Crystallized Hydroxyapatite Ceramic". Second International Symposium on Apatite in Tokyo July 3-7, 1995, Japan., and in Proceedings of Second International Symposium on Apatite Vol.2 1997 p.p 37-40, ed. By T. Umegaki, H.Momma, N.Akao, A.Ito, M.Chogaki, and S. Nakamura, Japanese Association of Apatite Science 1997.

11. ____________. "Calcium Phosphate Glass-coated Hydroxyapatite". In Biomedical Materials Research in the Far East (III) p.p. 30-31, edited by Xingdong Zhang and Yoshito Ikada. Kobunshi Kankokai, Kyoto, Japan, 1997.

ผลงานอื่น ๆ (เช่น สิทธิบัตร, สิ่งประดิษฐ์)

สิทธิบัตร สหรัฐอเมริกา

1. Hummel, F.A. and Sombuthawee, C., "Zinc Sulfide Based Pigment". U..S. Pat. 4 086, 123 April 25, 1978.

รางวัล

1. รางวัลงานวิจัยดี

   ทุนรัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เรื่อง "Phases of Cattle Bones at Elevated Temperatures." ประจำปี 2532

2. รางวัลงานวิจัยดี ร่วมกับ รศ.น.พ.พิบูลย์ อิทธิระวิวงศ์ และคณะ

   ทุนรัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เรื่อง "โครงการวิจัยวัสดุทางการแพทย์และทันตแพทย์". ประจำปี 2540

R&D Manager, บริษัทสยามอุตสาหกรรมวัสดุทนไฟ – เครือซีเมนต์ไทย (2524-2532)

- Research and Product Development, and Technology Transfer in Refractory Materials and Production

Head of Ceramics Research Group, Central R&D, บริษัทปูนซีเมนต์ไทย จำกัด (2532-2539)

- Development of Ceramic Construction Materials
- Development of New Ceramic Products
- Development of Raw Materials and Processes for Ceramic Industries

7. งานวิจัยที่กำลังดำเนินการ :

- การศึกษาผลของวัตถุดิบและส่วนผสมต่ออัตราการหล่อขึ้นรูปโดยวิธี Slip casting ในอุตสาหกรรมเซรามิก

ประวัติผู้ร่วมวิจัย

1) ชื่อ นายสุขเกษม กังวานตระกูล

2) ตำแหน่ง อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเซรามิก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3) การศึกษา

ปี 2537 ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.เทคโนโลยีการผลิต)
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันราชภัฏพระนคร กรุงเทพฯ ประเทศไทย

ปี 2540 ปริญญาโท วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต วัสดุศาสตร์ (วท.ม. เทคโนโลยีเซรามิก)
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประเทศไทย

4) ความชำนาญพิเศษ

การขึ้นรูปเซรามิกแบบ Advance Processing, วัสดุเชิงประกอบ (Composite Materials), วัสดุโลหะ, และวัสดุ Cutting Tools

5) ประสบการณ์งานวิจัย

5.1 งานวิจัยที่ได้ทำเสร็จแล้ว

1. ผู้ร่วมวิจัย "โครงการการใช้แร่เอิร์ธปรับปรุง เหล็กหล่อกราไฟท์ก้อนกลม"
2. ผู้ร่วมวิจัย "โครงการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตวัสดุฝังใน (implant) สำหรับยึดติดกระดูก
3. นักวิจัย "โครงการการศึกษาสถานภาพของการใช้ Cutting Tools ภายในประเทศ"
4. นักวิจัย "โครงการการศึกษาเทคนิคในการผลิตและทดสอบวัสดุเชิงประกอบสำหรับทดแทนกระดูก"
5. นักวิจัย "โครงการการศึกษาเบื้องต้นการผลิต Cutting Tools ด้วยวิธี HIP
6. นักวิจัย "โครงการการขึ้นรูปวัสดุเชิงประกอบ Al_2O_3 – TiC ด้วยวิธี HIP
7. ผู้ร่วมวิจัย "โครงการการขึ้นรูป Si_3N_4 Ceramic Cutting Tools ด้วยวิธี Hot pressing

5.2 งานวิจัยที่กำลังดำเนินการ

ไม่มี

ประวัติผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ น.ส. ศิริรัตน์ รัตนจันทร์
2. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมเซรามิก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
3. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญาและชื่อเต็ม	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
2538	ปริญญาตรี	วท.บ. วิทยาศาสตรบัณฑิต	เคมีอุตสาหกรรม	เซรามิก	ม.เชียงใหม่	ไทย
2540	ปริญญาโท	วท.ม. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต	วัสดุศาสตร์	เทคโนโลยีเซรามิก	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ไทย

4. สาขาวิชาที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)
   วัสดุทางการแพทย์ (Biomaterials)
   ซิลิเกตวิทยาศาสตร์ (Silicate Science)
   การเตรียมและการสังเคราะห์ผงทางเซรามิก (The Preparation and Synthesis of Ceramic Powder)

5. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ
   5.1 งานวิจัยที่เสร็จแล้ว : ชื่อเรื่อง ปีที่พิมพ์ และสถานภาพในการทำวิจัย
      5.1.1 การศึกษาเคลือบเซรามิกลงบนโลหะทองแดง (2538)
      (ผู้วิจัยในโครงการวิจัยระดับปริญญาตรี)
      5.1.2 การเตรียมสารเตตระแคลเซียมฟอสเฟตจากกระดูกวัวหรือควาย (2540)
      ผู้วิจัยในวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท
   5.2 งานวิจัยที่กำลังดำเนินการ
      5.2.1 การศึกษาสมบัติของดินในจังหวัดนครราชสีมา เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิก (2542 - 2543)
      5.2.2 การศึกษาเบื้องต้นในการเตรียมวัสดุผสมคอนกรีตน้ำหนักเบา จากดินในท้องถิ่น (2542 - 2543)