

666.43

ก 214 ก

ร.3

การพัฒนาเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็กเพื่อใช้ในการเรียนการสอน
วิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องเซรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ปริญญานิพนธ์

ของ

ทวีพล จูฑะพล

ร. 9 เม.ย. 2542

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

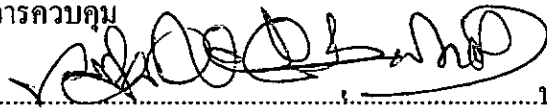
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาคุณวุฒิปบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา

สิงหาคม 2541

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

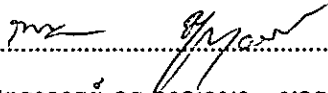
คณะกรรมการควบคุมและคณะกรรมการสอบได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว
เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาคุณวุฒิปบัณฑิต
สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

คณะกรรมการควบคุม



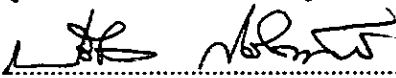
ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์)



กรรมการ

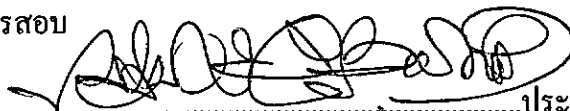
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา ชุกรวงศ์)



กรรมการ

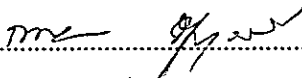
(รองศาสตราจารย์ ดร.เปรี๊ญ กิจรัตน์ภร)

คณะกรรมการสอบ



ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์)



กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา ชุกรวงศ์)



กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.เปรี๊ญ กิจรัตน์ภร)



กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

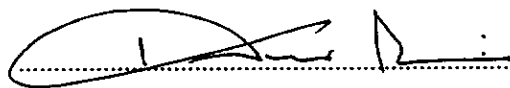
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมสรร วงษ์อยู่น้อย)



กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรศักดิ์ วัฒนเสถ์)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษาคุณวุฒิปบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ



คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

วันที่ 31 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2541

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรพงษ์ เจริญพิทย์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา ชูวงศ์ รองศาสตราจารย์ ดร.เป็รื่อง กิจรัตน์กร รองศาสตราจารย์ ดร.สุรัชย์ สิกขาบัณฑิต และผู้ช่วยศาสตราจารย์ โกมล รักษ์วงศ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ตลอดทั้งการแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ อย่างดียิ่ง อันส่งผลให้บรรลุถึงความสำเร็จในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ขอขอบพระคุณ อาจารย์ สมศักดิ์ ขวาลาวัณย์ และ อาจารย์ พนมศักดิ์ สุวิสุทธิ ในการอนุเคราะห์ให้ใช้สถานที่ และอุปกรณ์ ในการศึกษาทดสอบงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์เซรามิกส์ในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เกษม พฤษะวัน ในการอนุเคราะห์ให้ใช้เครื่องมือ ในการทดสอบคุณสมบัติของดินเพื่อประกอบงานวิจัย

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการ คณาจารย์โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัยและโรงเรียนผู้ใหญ่วสวนกุหลาบวิทยาลัยทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในระหว่างดำเนินการทดลองสอนอย่างดียิ่ง และขอขอบใจนักเรียนโรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย นักศึกษาผู้ใหญ่โรงเรียนผู้ใหญ่วสวนกุหลาบวิทยาลัย ที่ได้ให้ความร่วมมือในการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณเพื่อนนิสิตระดับปริญญาเอก สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ปีการศึกษา 2537 ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ รวมถึงอาจารย์วรรณวิภา จุฑะพล และเด็กชาย จุฑาพล จุฑะพล ที่ได้คอยเป็นกำลังให้แก่ผู้วิจัยตลอดมา

คุณค่าและประโยชน์ใด ๆ ที่อาจมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องสักการะบูชาต่อพระคุณของบิดา มารดา และครูอาจารย์ทุกท่าน ผู้วางรากฐานทางการศึกษาให้กับผู้วิจัยจนสำเร็จดังความประสงค์

ทวีพล จุฑะพล

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	5
ความสำคัญของการวิจัย.....	6
ขอบเขตของการวิจัย.....	6
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	9
สมมติฐานการวิจัย.....	11
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	13
เอกสารที่เกี่ยวข้องกับเซรามิกส์และเครื่องปั้นดินเผา.....	15
เอกสารที่เกี่ยวข้องกับเตาเผา.....	23
เอกสารที่เกี่ยวข้องกับวัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์เซรามิกส์.....	62
เอกสารที่เกี่ยวข้องกับเนื้อดินปั้น.....	68
เอกสารที่เกี่ยวข้องกับเคลือบ.....	83
เอกสารที่เกี่ยวข้องกับชุดการสอน.....	99
เอกสารที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์.....	107
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ.....	135
เตาเผา.....	135
เนื้อดินปั้น.....	136
เคลือบซีเถ้า.....	140
ชุดการสอน.....	143
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	145
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	153
ตอนที่ 1 การสร้างและพัฒนาเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก (เตาไฟฟ้า).....	153
วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....	153
สถานที่และระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง.....	153
การดำเนินการทดลอง.....	155
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	160

ตอนที่ 2 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปน.....	162
การทดลองคุณสมบัติของเนื้อดินปน.....	162
วัตถุดิบ อุปกรณ์และเครื่องมือ.....	167
สถานที่และระยะเวลาในการทดลอง.....	167
การดำเนินการทดลอง.....	168
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	170
ตอนที่ 3 การศึกษาสูตรเคลือบซีเมนต์ที่เหมาะสม.....	172
การศึกษาสูตรเคลือบซีเมนต์ที่เหมาะสม.....	172
วัตถุดิบอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	174
สถานที่และระยะเวลาในการทดลอง.....	175
การดำเนินการทดลอง.....	175
ตอนที่ 4 การศึกษาทดลองการเปลี่ยนแปลงระดับระดับความอ่อนแก่ของสี.....	176
การศึกษาทดลอง.....	176
สถานที่และระยะเวลาในการทดลอง.....	176
การดำเนินการทดลอง.....	176
ตอนที่ 5 การทดลองสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพเรื่องเซรามิกส์.....	
ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย.....	178
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	178
เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....	178
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....	179
แบบแผนการวิจัย.....	185
สถานที่และระยะเวลาในการทดลอง.....	186
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	189
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	192
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก (เตาไฟฟ้า).....	193
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปน.....	200
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสูตรเคลือบซีเมนต์ที่เหมาะสม.....	205
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการทดลองการเปลี่ยนแปลงระดับความอ่อนแก่ของสี.....	207
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการทดลองสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องเซรามิกส์.....	210

บทที่	หน้า
5 สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ.....	216
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	216
ตอนที่ 1 การสร้างและพัฒนาเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก.....	218
ตอนที่ 2 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้น.....	218
ตอนที่ 3 การศึกษาเคลือบซีเมนต์ที่ไม่เหมาะสม.....	220
ตอนที่ 4 การศึกษาทดลองการเปลี่ยนแปลงระดับความอ่อนแก่ของสี.....	220
ตอนที่ 5 การทดลองสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องเซรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย.....	221
อภิปรายผล.....	225
ข้อเสนอแนะ.....	233
บรรณานุกรม.....	237
ภาคผนวก.....	249
ภาคผนวก ก.....	250
ภาคผนวก ข.....	256
ภาคผนวก ค.....	295
ภาคผนวก ง.....	309
ภาคผนวก จ.....	504
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	521

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 ตัวอย่างและผลิตภัณฑ์ของแอควานซ์เซรามิกส์.....	21
2 แสดงคุณสมบัติและประโยชน์ในการใช้งานของแอควานซ์เซรามิกส์.....	22
3 แสดงการแบ่งประเภทตามคุณสมบัติทางเคมีของวัสดุทนไฟ.....	43
4 แสดงการแบ่งประเภทตามคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุทนไฟ.....	43
5 แสดงอิฐโคโลไมต์แบ่งชนิดตามวัสดุและระบบตัวประสาน.....	48
6 แสดงคุณลักษณะของอิฐทนไฟทั้งหมด.....	49
7 แสดงหมายเลขของโคนและอุณหภูมิที่โคนสัมผัสกับส่วนผสมทางเคมีของโคน.....	54
8 แสดงผลการวิเคราะห์ทางเคมีของวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง.....	66
9 แสดงสารประกอบทางเคมีของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์.....	70
10 แสดงระยะในการเผาและช่วงอุณหภูมิ.....	73
11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดสุกตัวหรืออุณหภูมิสูงสุดของการเผาผลิตภัณฑ์ กับเปอร์เซ็นต์ของแก้วมูไลต์และหินควอทซ์ที่เกิดขึ้นในเนื้อผลิตภัณฑ์.....	78
12 แสดงการแบ่งกลุ่มวัตถุดิบในสูตรเคลือบออกเป็น 3 กลุ่ม.....	86
13 ตัวอย่างสูตรเคลือบอุณหภูมิต่ำ 1,100 องศาเซลเซียส.....	87
14 ตัวอย่างสูตรเคลือบอุณหภูมิสูง 1,250 องศาเซลเซียส.....	88
15 แสดงการทดลองเคลือบซีเมนต์ไม้เผาที่อุณหภูมิ 1,230 - 1,250 องศาเซลเซียส.....	94
16 แสดงการเปรียบเทียบผลวิเคราะห์ทางเคมีของซีเมนต์ไม้และซีเมนต์ฟิชบางชนิด.....	95
17 ตัวอย่างการใช้สารสีในเคลือบ.....	98
18 แสดงอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ที่ใช้ได้ผลเมื่อเผาที่อุณหภูมิ 1,225 - 1,250 องศาเซลเซียส.....	137
19 แสดงผลการทดลองหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์เผาที่อุณหภูมิ 1,280 องศาเซลเซียส.....	138
20 แสดงส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ที่ผลิตขึ้นในประเทศต่าง ๆ.....	139
21 แสดงอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์เผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส.....	140
22 แสดงผลการเผาเคลือบแก้วเบา.....	141
23 แสดงสัดส่วนซีเมนต์ฟิชที่คัปบว.....	141
24 แสดงผลการปรับปรุงสีเคลือบแก้วเบาหมายเลข 29 ด้วยการเติมออกไซด์ของโลหะ.....	142
25 แสดงสัดส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ผสมในเนื้อดินปั้นแหล่งดินหมายเลข 1.....	164

ตาราง	หน้า
26 แสดงสัดส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ผสมในเนื้อดินปั้นแหล่งดินหมายเลข 2.....	165
27 แสดงสัดส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ผสมในเนื้อดินปั้นแหล่งดินหมายเลข 3.....	166
28 แสดงสัดส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ผสมในเคลือบขี้เถ้าไม้.....	174
29 แสดงสัดส่วนเคลือบขี้เถ้าไม้ผสมสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) กับแต่ละแหล่งดิน.....	177
30 แสดงหน่วยการสอนเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องเซรามิกส์.....	180
31 แบบแผนการวิจัยสำหรับตัวแปรด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย.....	185
32 แบบแผนการวิจัยตัวแปรด้านทักษะทั้ง 3 ด้าน.....	186
33 แสดงเวลา/อุณหภูมิพื้นผิวภายนอกด้าน Cold Face.....	193
34 การวิเคราะห์ด้านกายภาพทั่วไปของเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก.....	194
35 การวิเคราะห์ด้านการใช้งานของเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก.....	195
36 การวิเคราะห์ด้านการบำรุงรักษาของเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก.....	196
37 การวิเคราะห์ด้านสมรรถนะในการเผาของเตาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก.....	197
38 การวิเคราะห์ความเหมาะสมของเตาเผาที่ได้รับการพัฒนา (ที่สร้างขึ้น).....	198
39 การวิเคราะห์สมรรถนะของเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก.....	199
40 การจัดลำดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ที่มีต่อสมรรถนะของ เตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก.....	200
41 ผลการทดลองเนื้อดินภายหลังการเผาจากแหล่งดินหมายเลข 1 (ดินด่านเกวียน).....	201
42 ผลการทดลองเนื้อดินภายหลังการเผาจากแหล่งดินหมายเลข 2 (ดินสามโคก).....	202
43 ผลการทดลองเนื้อดินภายหลังการเผาจากแหล่งดินหมายเลข 3 (ดินสุราษฎร์).....	203
44 ผลการทดลองเคลือบขี้เถ้า ไม้กับเนื้อดินปั้นหมายเลข 1 (ดินด่านเกวียน).....	205
45 ผลการทดลองเคลือบขี้เถ้า ไม้กับเนื้อดินปั้นหมายเลข 2 (ดินสามโคก).....	206
46 ผลการทดลองเคลือบขี้เถ้า ไม้กับเนื้อดินปั้นหมายเลข 3 (ดินสุราษฎร์).....	206
47 ผลการเคลือบขี้เถ้าไม้สูตรที่ 1.5, 2.5 และ 3.5 กับสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) โคบอลต์ออกไซด์ (CoO) กับเนื้อดินปั้นหมายเลข 1, 2 และ 3.....	208
48 ผลการเคลือบขี้เถ้าไม้สูตรที่ 1.5, 2.5 และ 3.5 กับสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) โครมิกออกไซด์ (Cr ₂ O ₃) กับเนื้อดินปั้นหมายเลข 1, 2 และ 3.....	209
49 ผลการเคลือบขี้เถ้าไม้สูตรที่ 1.5, 2.5 และ 3.5 กับสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃) กับเนื้อดินปั้นหมายเลข 1, 2 และ 3.....	210
50 แสดงการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยก่อนและหลัง การทดลองสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาค เรื่องเซรามิกส์.....	212

51	แสดงการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยระหว่างนักเรียน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายกับนักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย.....	213
52	แสดงวิเคราะห์การเรียนรู้ด้านทักษะพิสัย (ทักษะปฏิบัติการทดลอง) ระหว่าง กลุ่มผู้เรียนภายหลังการเรียนในแต่ละหน่วยการสอน.....	213
53	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับตัวแปรผลการเรียนด้านจิตพิสัย (เจตคติทาง วิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์).....	214
54	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับตัวแปรผลการเรียนด้านความคิดสร้างสรรค์ ทางวิทยาศาสตร์.....	215
55	แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) หน่วยที่ 1.....	296
56	แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) หน่วยที่ 2.....	297
57	แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) หน่วยที่ 3.....	298
58	แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) หน่วยที่ 4.....	299
59	แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย หน่วยที่ 1 ถึง 4 และผลรวม จำนวน 80 ข้อ.....	300
60	แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน.....	302
61	แสดงค่าคะแนนสูงสุดและต่ำสุด.....	305
62	แสดงการหาประสิทธิภาพชุดการสอนหลังการเรียนตามเกณฑ์ 80/80 (ตัวแรก).....	306
63	แสดงการหาประสิทธิภาพชุดการสอนหลังการเรียนตามเกณฑ์ 80/80 (ตัวหลัง).....	307

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 แสดงโครงสร้างของเตาเผาเซรามิกส์	24
2 แสดงทิศทางการร้อนขึ้น	26
3 แสดงทิศทางการร้อนลง	26
4 แสดงลักษณะรูปแบบของเตาแก๊ส	27
5 แสดงลักษณะรูปแบบของเตาไฟฟ้า	27
6 แสดงการจัดทิศทางเดินของลมร้อน	36
7 แสดงความหนาของผนังเตา	52
8 แสดงวิธีการวางโคนและการล้อมของโคน	55
9 แสดงการวัดอุณหภูมิ Pyrometer และ Thermocouple	56
10 การติดตั้ง Thermocouple	58
11 แสดงวงจรไฟฟ้าขั้วเดียว (Single Phase)	61
12 แสดงวงจรไฟฟ้าสามขั้ว (Three Phase) เตาอุณหภูมิสูง	61
13 ตารางสามเหลี่ยมแสดงสัดส่วนของเนื้อดินปั้น	70
14 แสดงการกดน้ำหนักลงบนแท่งทดลองด้วยเครื่องมือทดสอบความแข็งแรง	80
15 แสดงการทำเครื่องหมายไว้ที่แท่งทดลอง	81
16 แผนภูมิแสดงลำดับขั้นตอนการผลิตชุดการสอน	104
17 ตารางสามเหลี่ยมแสดงขอบเขตของสูตรส่วนผสมเนื้อดินปั้น	163
18 แสดงจำนวนสูตรส่วนผสมของเนื้อดินปั้น จำนวน 18 จุด	163
19 แสดงเครื่องหมายที่ปรากฏบนแท่งทดลอง	169
20 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการทดลอง และการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน ทั้ง 3 แหล่ง	170
21 ตารางสามเหลี่ยมแสดงขอบเขตของสูตรเคลือบซีเมนต์	172
22 แสดงจำนวนสูตรส่วนผสมของเคลือบซีเมนต์จำนวน 10 จุด	173
23 แสดงรายละเอียดส่วนประกอบของเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก	261
24 กราฟแสดงความสัมพันธ์และระยะเวลาในการเผาเพื่อวัดอุณหภูมิด้าน Cold Face ของเซรามิกส์ไฟเบอร์	274
25 กราฟแสดงความสัมพันธ์และระยะเวลาในการเผาเพื่อวัดอุณหภูมิด้าน Cold Face ของกระเบื้องแผ่นเรียบ	275

ภาพประกอบ

หน้า

26	กราฟแสดงความสัมพันธ์และระยะเวลาในการเผาเพื่อวัดอุณหภูมิด้าน Cold Face ของกระเบื้องแผ่นเรียบแทรกด้วยทราย.....	276
27	กราฟแสดงความสัมพันธ์และระยะเวลาในการเผาเพื่อวัดอุณหภูมิด้าน Cold Face ของแผ่นอิฐดินเผาด้านเกวียน.....	277
28	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผาทดสอบประสิทธิภาพของเตาเผาในบรรยากาศแบบออกซิเดชั่น.....	278
29	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผาเคลือบที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศแบบออกซิเดชั่น.....	279
30	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผาเคลือบที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศแบบออกซิเดชั่น.....	280
31	แสดงขนาดและรูปด้านของเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก.....	282
32	ลักษณะของอิฐทนไฟที่ใช้สร้างเตาเผา.....	283
33	แสดงโครงสร้างของฝาเตาชนิดเปิดบน (Top Loading).....	284
34	แสดงโครงสร้างของตัวเตาและผนังเตา.....	285
35	แสดงการติดตั้งฉนวนกันความร้อนและแผ่นโลหะปิดภายนอก.....	286
36	แสดงการติดตั้งวัดความร้อนแบบขงเดียว (Single Phase).....	287
37	แสดงการทำคลวดความร้อนและการคำนวณคลวด.....	288
38	แท่งทดสอบเนื้อดินปั้นหมายเลข 1 (ดินด้านเกวียน) จำนวน 18 สูตร เผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส.....	289
39	แท่งทดสอบเนื้อดินปั้นหมายเลข 1 (ดินสามโคก) จำนวน 18 สูตร เผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส.....	290
40	แท่งทดสอบเนื้อดินปั้นหมายเลข 1 (ดินสุราษฎร์) จำนวน 18 สูตร เผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส.....	291
41	แสดงผลการเผาแผ่นทดสอบเนื้อดินปั้นที่ผ่านการคัดเลือกจากแหล่งดินหมายเลข 1, 2 และ 3.....	292
42	แสดงผลการเคลือบสีเข้าไม้บนแผ่นทดสอบที่ผ่านการคัดเลือกจากแหล่งดินหมายเลข 1, 2 และ 3.....	293
43	แสดงผลการเคลือบสีเข้าไม้ผสมสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) จำนวน 3 ชนิด ชนิดละ 5 ระดับ.....	294

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การศึกษาเป็นภารกิจได้ทั้งแห่งรัฐ และของปัจเจกชนโดยไม่คำนึงว่าจะอยู่ในลักษณะใด การศึกษาย่อมเป็นไปเพื่อการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้มีคุณภาพอันพึงประสงค์ ในส่วนที่เป็นภารกิจแห่งรัฐ มักมีเอกสารแถลงเจตนารมณ์เพื่อกำหนดสมรรถภาพของบุคคล อันเป็นความคาดหวังในการจัดการศึกษาที่รัฐมุ่งดำเนินการ ดังเช่นการกำหนดความสามารถของผู้ได้รับการศึกษาในระดับพื้นฐานว่าจะต้องเป็นผู้อ่านออก (Reading) เขียนได้ (Writing) และคิดคำนวณเบื้องต้นได้ (Arithmetics) เป็นต้น (ฉันทะพงษ์ เจริญพิทย. 2538 : 30-31) ในการศึกษาที่นับเป็นภารกิจของปัจเจกชนนั้น บุคคลจักต้องพัฒนาตนเองเพื่อให้บรรลุซึ่งการมีคุณลักษณะต่างๆ โดยอาศัยกระบวนการทางการศึกษา ทั้งอย่างเป็นทางการและไม่เป็นทางการ (ฉันทะพงษ์ เจริญพิทย. 2538 : 1) ในการดำเนินการศึกษาเพื่อให้เกิดสัมฤทธิ์ผลโดยนัยดังกล่าวย่อมต้องอาศัยปัจจัยหลายประการประกอบกัน กล่าวคือปัจจัยด้านเศรษฐกิจ ด้านสังคม ด้านการเมือง ด้านวัฒนธรรมและความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (พนัส หันนาคินทร์. 2534 : 3-4)

ดังที่กล่าวมาปัจจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี นับเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ หรือวิทยาศาสตร์ศึกษา ซึ่งเป็นการศึกษาที่มุ่งพัฒนาบุคคลให้เรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างชาญฉลาดด้วยสติปัญญา รู้จักเลือกสรรเทคโนโลยีที่สอดคล้องกับวัฒนธรรมและสิ่งแวดล้อม (แผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2535-2539. 2535 : 15) นั่นเอง

ในปัจจุบันการจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีปณิธานที่จะพัฒนาบุคคลให้บรรลุสมรรถวิสัยทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Scientific and Technological Literacy) ซึ่งประกอบด้วยคุณลักษณะ 3 ประการคือ (1) มีความรู้และทักษะเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตลอดจนบริบทที่จะนำความรู้และทักษะดังกล่าวไปใช้ (2) รู้จักใช้ทักษะอย่างมีวิจารณญาณและสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหา ตลอดจนการตัดสินใจเพื่อปรับปรุงคุณภาพชีวิต รวมถึงการรู้จักตอบสนองความต้องการพื้นฐานของมนุษย์ (3) มีความชื่นชมในสันติภาพและความปลอดภัย รู้จักใช้ชีวิตในสิ่งแวดล้อมอย่างเหมาะสมและแสวงหาความรู้ประสบการณ์เพื่อ

พัฒนาตนเอง (ฉันทะพงษ์ เจริญพิทย์. 2539 : 160) ซึ่งความมีสมรรถวิสัยทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีดังที่กล่าวมานั้นเป็นเป้าหมายสำคัญของการจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ของไทยในปัจจุบันนี้ด้วย ดังจะเห็นได้จากการที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้ระบุไว้ในเอกสารประกอบการประชุมปฏิบัติการเพื่อเตรียมวิทยากรแกนนำ ว่าจุดประสงค์ของการสอนวิทยาศาสตร์มีขอบเขตครอบคลุมคุณลักษณะสำคัญ 4 ประการคือ ด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย ด้านทักษะพิสัยและด้านความสามารถพิเศษ กล่าวคือด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) หมายถึง พัฒนาการด้านสติปัญญาและความคิด ซึ่งประกอบด้วยการรู้หลักการพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ มีกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Process of Science) ทิศวิเคราะห์และแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สื่อความหมายและความสามารถตัดสินใจเลือกใช้ข้อมูลได้อย่างเหมาะสม ด้านจิตพิสัย (Affective Domain) หมายถึง การพัฒนาด้านความนึกคิด ความสนใจ ค่านิยม ความซาบซึ้ง การปรับตัว และเจตคติต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วยเจตคติทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งนิสัยทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Habit of Mind) ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) หมายถึง การพัฒนาทักษะที่เกี่ยวกับการใช้วิธีต่าง ๆ เช่น การเคลื่อนไหว การลงมือทำงาน การทำการทดลอง รวมทั้งทักษะในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการวางแผนและเลือกวิธีในการทดลอง การลงมือปฏิบัติการทดลอง การใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในการทดลองและด้านความสามารถพิเศษ ได้แก่ ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และการสื่อสาร ซึ่งความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถด้านหนึ่งของสติปัญญา มีลักษณะเป็นการคิดหลายทิศทาง ซึ่งประกอบด้วยความคิดริเริ่ม ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออ ส่วนด้านการสื่อสารเป็นความสามารถในการใช้ภาษาการรวบรวมเรียบเรียงริเริ่ม ประเมิน และสรุปเรื่องสั้น ๆ แล้วสื่อสารความรู้ความคิดให้ผู้อ่านเข้าใจได้ถูกต้องและชัดเจน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2531 : 1-2) โดย อนุวรรตน์ตามประเภทของจุดประสงค์ดังกล่าว สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้กำหนดจุดประสงค์หลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายไว้ 6 ประการคือ (1) เพื่อให้มีความเข้าใจในหลักการและทฤษฎีพื้นฐานของวิทยาศาสตร์ (2) เพื่อให้มีความเข้าใจในลักษณะขอบเขตและข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์ (3) เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (4) เพื่อให้มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (5) เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน (6) เพื่อให้ นำความรู้ความเข้าใจในเรื่องของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิตอย่างมีคุณค่า

สำหรับการจัดการศึกษานั้นแม้จะมีลักษณะเป็นองค์รวม แต่ในเชิงการจัดการอาจพิจารณาแยกได้เป็นการศึกษาที่เป็นทางการ (Formal Education) และการศึกษาที่ไม่เป็นทางการ (Informal

Education) การจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ หรือวิทยาศาสตร์ศึกษา ก็จัดอยู่ในวิสัยเดียวกัน ในกรณีของประเทศไทยกล่าวได้ว่า โดยทางปฏิบัติรัฐได้จัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ในลักษณะที่เป็นทางการ ได้บรรจุวิชาวิทยาศาสตร์ไว้ในระดับต่าง ๆ กล่าวคือ จัดวิชาวิทยาศาสตร์ไว้เป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตในหลักสูตรประถมศึกษาและจัดแยกเป็นวิชาวิทยาศาสตร์ไว้เป็นวิชาเฉพาะในหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น มัธยมศึกษาตอนปลาย ประกาศนียบัตรวิชาชีพและในหลักสูตรระดับอุดมศึกษา ในส่วนของการศึกษาอย่างไม่เป็นทางการมีการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ไว้ในหลักสูตรของกรมการศึกษานอกโรงเรียนด้วยเช่นกัน

สำหรับวิชาวิทยาศาสตร์เชรามิกส์ในส่วนของการศึกษาอย่างเป็นทางการพบว่าในปัจจุบันนี้ได้บรรจุเนื้อหาวิชาดังกล่าวไว้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และที่มีการจัดการศึกษาเนื้อหาวิชาเชรามิกส์ในลักษณะวิชาเลือกของการจัดการศึกษานอกโรงเรียนได้อีกด้วย

การศึกษาวิชาเชรามิกส์นั้นในทางทฤษฎีอาจมีได้ 2 แนวทางคือ การศึกษาในแนววิทยาศาสตร์ (Ceramics Science) และการศึกษาในแนวศิลปะ (Ceramics Art) ในแนววิทยาศาสตร์เป็นการศึกษาที่เน้นหนักในด้านการค้นคว้า สำรวจ วิจัย วิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับวัตถุดิบ แหล่งวัตถุดิบ และคุณสมบัติต่าง ๆ รวมถึงด้านกรรมวิธีและเทคนิคต่าง ๆ ที่ช่วยให้การผลิตเร็วขึ้น มีคุณภาพดียิ่งขึ้น ตลอดจนการศึกษาเกี่ยวกับเครื่องมือ เครื่องจักรและการใช้เครื่องมือที่จะเอื้ออำนวยต่อผลผลิตอย่างสมบูรณ์ ส่วนในแนวศิลปะ เน้นการศึกษาทางด้านคุณค่า ความงามทางสุนทรียภาพที่ก่อประโยชน์ในการใช้สอยที่เกิดจากรูปทรง สีลวดลายต่าง ๆ ตลอดจนการตกแต่งลวดลายให้ผสมกลมกลืนกัน (ทวี พรหมพฤษย์. 2523 : 1-2)

อย่างไรก็ตามด้วยเหตุที่เนื้อหาวิชาเชรามิกส์ได้รับการผนวกไว้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ ซึ่งเป็นวิชาเลือกของหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 ซึ่งมีขอบเขตจำกัดหลายประการ เช่น การขาดแคลนอุปกรณ์โดยเฉพาะเตาเผาอุณหภูมิสูง เนื้อหาการสอน จึงทำให้การสอนวิชาเชรามิกส์เป็นไปตามแนวศิลปะมากกว่าในแนววิทยาศาสตร์ อันเป็นผลสืบเนื่องให้นักเรียนไม่ค่อยสนใจเรียน การเรียนการสอนโดยภาพรวมไม่บรรลุเป้าหมาย (สสวท. 2529 : 7-22) ซึ่งการสอนเนื้อหาวิชาเชรามิกส์ตามแนววิทยาศาสตร์นั้น ในหลักสูตรดังกล่าวยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร ทั้งนี้เนื่องจากสาเหตุหลายประการ เช่น ผู้สอนขาดความเข้าใจในหลักสูตร เนื้อหา และวิธีสอนด้วยการจัดให้มีเตาเผาอุณหภูมิสูงที่เหมาะสมและสามารถนำไปใช้อย่างสะดวก ประกอบกับการจัดให้มีชุดการสอนเนื้อหาวิชาเชรามิกส์ในแนววิทยาศาสตร์ ที่ครูสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางการสอนได้อย่างถูกต้องวิธี

โดยทั่วไปกล่าวได้ว่าเตาเผาที่ใช้ในการเรียนการสอนวิชาเชรามิกส์ เป็นอุปกรณ์ให้ความร้อน ที่ต้องมีการออกแบบให้ถูกต้องตามหลักวิชาการ สามารถให้อุณหภูมิสูง ประหยัดปลอดภัย

และมีขนาดเหมาะสม โดยมีหลายชนิดตามลักษณะการใช้เชื้อเพลิงคือ (1) เตาเผาชนิดใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง (2) เตาเผาชนิดใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง (3) เตาเผาชนิดใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิง (4) เตาเผาชนิดใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง (5) เตาเผาที่ใช้พลังงานไฟฟ้า ดังนั้นเตาเผาจึงเป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นและสำคัญอย่างยิ่งที่จะช่วยให้การเผามีคุณภาพดี (ทวี พรหมพฤกษ์. 2525 : บทนำ) ในจำนวนเตาเผาทั้ง 5 ชนิดที่กล่าวมาข้างต้น เตาเผาผลิตภัณฑ์ที่มีผู้ให้ความสนใจเป็นอย่างมาก ได้แก่ เตาเผาไฟฟ้า เนื่องจากผู้ใช้มีความสะดวกสบาย ควบคุมได้ง่าย มีความปลอดภัยสูง ค่าใช้จ่ายไม่สิ้นเปลืองมากนักและได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี เตาเผาไฟฟ้าที่นิยมใช้ในปัจจุบันมีหลายขนาดสามารถเผาได้อุณหภูมิสูง มักนิยมสร้างเป็นเตาเผาแบบกลม (ทรงกระบอก) แบบหกเหลี่ยม แบบสี่เหลี่ยม ซึ่งมีทั้งชนิดปิดด้านบนและเปิดด้านบน มีความจุตั้งแต่หนึ่งลูกบาศก์ฟุตจนถึงหลายลูกบาศก์ฟุต ใช้กับไฟฟ้าชนิด 1 ขก และ 3 ขก ใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้า 220 โวลต์ และ 380 โวลต์ ซึ่งเตาเผาไฟฟ้ายังใช้เผาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่การเผาดิบและเผาเคลือบได้อีกด้วย (ทวี พรหมพฤกษ์. 2525 : 63) ดังนั้นเตาเผาไฟฟ้าจะเป็นอุปกรณ์หลักที่สามารถนำมาใช้ในการเรียนการสอนเนื้อหาวิชาเซรามิกส์ตามแนววิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งหากมีการสร้างและพัฒนาเตาเผาประเภทเตาเผาที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อนำมาใช้ประกอบการเรียนการสอน จะทำให้การสอนบรรลุตามวัตถุประสงค์ได้ดียิ่งขึ้น

ในส่วนของผู้สอนนั้นในปัจจุบัน พบว่าครูผู้สอนยังใช้เทคนิควิธีการสอนแบบเดิม โดยเน้นเนื้อหาวิชาการมาก ไม่เห็นความสำคัญของการจัดกิจกรรมให้สัมพันธ์กับเนื้อหาวิชาที่สอน เพื่อให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอน รวมทั้งการค้นคว้าหาวิธีสอนใหม่ ๆ การใช้สื่อการสอนและแหล่งความรู้อื่น ๆ มาเพิ่มเติมให้ทันต่อเหตุการณ์ในยุคปัจจุบัน (พิจิตร รัตกุล. 2534 : 6-7) ซึ่งปัญหาดังกล่าวอาจบรรเทาลงได้ด้วยการแก้ไขที่เหมาะสม การใช้ชุดการสอน (Instructional Package) จะเป็นวิธีการลดปัญหานี้ได้ทางหนึ่ง เนื่องจากชุดการสอนเป็นวิธีจัดการเรียนการสอนที่ใช้สื่อประสมสำเร็จรูป ซึ่งช่วยให้ครูดำเนินการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพเท่าเทียมกันในมาตรฐานเดียวกัน และยังทำให้ประหยัดเวลาในการเตรียมการสอน ทำให้การสอนเรื่องนั้น ๆ บรรลุวัตถุประสงค์และจุดมุ่งหมายอย่างมีประสิทธิภาพ (เสาวณีย์ ลิกขาพันธ์. 2528 : 291)

จากสภาพการณ์ดังกล่าวมา ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็กที่ใช้พลังงานไฟฟ้าและใช้วัสดุทดแทนที่มีในท้องถิ่น ตลอดจนสร้างชุดการสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพในเนื้อหาเรื่องเซรามิกส์ ให้เป็นไปตามแนววิทยาศาสตร์ เพื่อใช้ประโยชน์จากเตาเผาและชุดการสอนที่ได้รับการตรวจสอบคุณภาพ แล้วนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องเซรามิกส์อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ความมุ่งหมายของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ มีความมุ่งหมายดังต่อไปนี้

1. เพื่อสร้างเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก โดยใช้วัสดุอุปกรณ์บางส่วนภายในประเทศให้มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1.1 คุณสมบัติพื้นฐานของเตาเผา

1.1.1 สามารถเผาได้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 1200 องศาเซลเซียส

1.1.2 สามารถใช้กับแรงเคลื่อนไฟฟ้า 220 โวลต์ ใช้กระแสไฟไม่เกิน 25 แอมป์

1.1.3 มีปริมาตรภายในไม่เกิน 1 ลูกบาศก์ฟุต

1.2 คุณสมบัติด้านสมรรถนะของเตาเผา

1.2.1 ด้านกายภาพทั่วไป

1.2.2 ด้านการใช้งาน

1.2.3 ด้านการบำรุงรักษา

1.2.4 ด้านสมรรถนะในการเผา

1.2.5 ด้านความเหมาะสมของเตาที่ได้รับการพัฒนา (ที่สร้างขึ้น)

2. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นด้านความหดตัวของเนื้อดินปั้น ความดูดซึมน้ำและความแข็งแรงของเนื้อดิน (ภายหลังการเผา) จากแหล่งดิน 3 แหล่งคือ ดินด่านเกวียน ดินสามโคก และดินสุราษฎร์ ตามสูตรแผนภาพไตรศุลยภาค (Triaxial Diagram)

3. เพื่อศึกษาสูตรเคลือบสีเผาไหม้ที่เหมาะสมในด้าน ลักษณะของเคลือบ ลักษณะของผิวเคลือบ และลักษณะของสีในเคลือบ ที่เคลือบบนเนื้อดินปั้นจาก 3 แหล่ง (ดินด่านเกวียน ดินสามโคก และดินสุราษฎร์) ตามสูตรแผนภาพไตรศุลยภาค (Triaxial Diagram)

4. เพื่อศึกษาทดลองการเปลี่ยนแปลงระดับความอ่อนแก่ของสี โดยการผสมปริมาณของสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) 3 ชนิดคือ โคบอลต์ออกไซด์ (CoO) โครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3) และเฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) ในสูตรเคลือบสีเผาไหม้ ที่เคลือบบนเนื้อดินปั้นจาก 3 แหล่ง (ดินด่านเกวียน ดินสามโคก และดินสุราษฎร์) ให้เหมาะสมกับการเคลือบผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท

5. เพื่อทดลองสอนนิสิตวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องเซรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้ชุดการสอนที่สร้างขึ้น

ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ทำให้ได้ผลผลิตทางการศึกษา 5 ประการคือ

1. ได้เตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็กที่ใช้วัสดุบางส่วนภายในประเทศเพื่อความเหมาะสม และใช้เป็นต้นแบบเพื่อใช้ในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องเซรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
2. ได้ผลการทดสอบทางกายภาพของเนื้อดินปั้น จากแหล่งดิน 3 แหล่ง (ดินด่านเกวียน ดินสามโคก และดินสุราษฎร์)
3. ได้ผลการทดลองเคลือบสีเผาไม้ที่เหมาะสม ซึ่งเคลือบบนเนื้อดินปั้นจาก 3 แหล่ง (ดินด่านเกวียน ดินสามโคก และดินสุราษฎร์)
4. ได้ผลระดับความอ่อนแก่ของเคลือบสีเผาไม้ที่ผ่านการเค็มสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) 3 ชนิด คือ โคบอลต์ออกไซด์ (CoO) โครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3) และเฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) บนเนื้อดินปั้นจาก 3 แหล่ง
5. ได้ชุดการสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องเซรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

โดยผลการศึกษาดังกล่าวข้างต้นจะเป็นประโยชน์ต่อครูผู้สอน ต่อการพัฒนาระบบ การสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องเซรามิกส์ ดังนี้

1. เป็นแนวทางแก่ครูและผู้เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องเซรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ในการพิจารณาสร้างและพัฒนาเตาเผาไฟฟ้าขึ้นใช้ในชั้นเรียนเพื่อประกอบการเรียนการสอน
2. เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนในการพัฒนาระบบการเรียนการสอนในแนววิทยาศาสตร์เซรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มี 5 ตอน โดยแต่ละตอนมีขอบเขตดังนี้

1. การสร้างเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็กประเภทเตาไฟฟ้า ที่ได้ออกแบบถูกต้องตามหลักวิชาการ และที่เหมาะสมสำหรับห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีคุณสมบัติเหมาะสม 4 ประการคือ

1.1 อุณหภูมิในการเผา สามารถเผาได้สูงกว่า 1200 องศาเซลเซียส

1.2 เตาเผาที่สร้างขึ้นสามารถใช้ได้กับแรงเคลื่อนไฟฟ้า 220 โวลต์ และใช้กระแสไฟไม่เกิน 25 แอมป์

1.3 มีขนาดปริมาตรภายในไม่เกิน 1 ลูกบาศก์ฟุต

1.4 ใช้วัสดุอุปกรณ์บางส่วนที่ผลิตได้ภายในประเทศ โดยจัดหาอุปกรณ์บางส่วนที่จำเป็นจากต่างประเทศ ทำการประกอบและสร้างขึ้นเอง โดยมีคุณภาพทัดเทียม แต่มีราคาถูกกว่าของต่างประเทศ ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์

1.5 ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาออกแบบเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็กเป็นเตาไฟฟ้าที่สร้างขึ้นและทดลองใช้โดยเกณฑ์มาตรฐาน ได้รับการปรับปรุงแก้ไขรับรองจากผู้เชี่ยวชาญใช้เวลาประมาณ 3 เดือน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2539

2. การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้น

ตัวอย่างแหล่งดินที่นำมาใช้ในการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นได้จากแหล่งวัตถุดิบ 3 แหล่งคือ ดินด่านเกวียน อำเภอโชคชัย จังหวัดนครราชสีมา ดินสามโคก อำเภอสามโคก จังหวัดปทุมธานี และดินสุราษฎร์ อำเภอนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยมีส่วนผสมหลักประกอบด้วย ดินตัวอย่าง แร่หินเขียวหุนมาน (Quartz) และดินขาว (Kaolin) เป็นวัตถุดิบหลักที่ใช้ผสมในเนื้อดินปั้น โดยทำการทดลองตามสูตรแผนภาพไตรดวลภาค (Triaxial Diagram) ของฮอปเปอร์ (Hopper, 1984) โดยทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ (หลังการเผา) ดังนี้

2.1 ความหดตัวของเนื้อดินปั้น

2.2 ความดูดซึมน้ำของเนื้อดินปั้น

2.3 ความแข็งแรงของเนื้อดินปั้น

3. การศึกษาสูตรเคลือบสีได้ไม้ที่เหมาะสม

ตัวอย่างสีได้ไม้ที่นำมาใช้ในการศึกษาได้จากสีได้ของไม้ยาง โดยผ่านกระบวนการทำให้สีได้ไม้มีความบริสุทธิ์ โดยมีส่วนผสมหลักประกอบด้วย สีได้ไม้ (Ash) โพแทสเซิลด์สปาร์ (Potash Feldspar) และดินขาว (Kaolin) เป็นวัตถุดิบหลักที่ใช้ผสมในสูตรเคลือบสีได้ โดยทำการทดลองตามสูตรแผนภาพไตรดวลภาค (Triaxial Diagram) โดยวิเคราะห์ความเหมาะสมดังนี้

3.1 ลักษณะของเคลือบสี

3.2 ลักษณะของผิวเคลือบเรียบ

3.3 ลักษณะของสีในเคลือบทั่วทั้งแผ่น

4. การศึกษาทดลองการเปลี่ยนแปลงระดับความอ่อนแก่ของสี โดยการเติมสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) ในเคลือบสีได้ไม้

ตัวอย่างในการศึกษาทดลองการเปลี่ยนแปลงระดับความอ่อนแก่ของสี โดยการเติมสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) ในเคลือบสีได้ไม้ ประกอบด้วย สูตรเคลือบสีได้ไม้ที่เหมาะสม

ซึ่งผ่านเกณฑ์การวิเคราะห์แล้ว จำนวน 1 สูตร นำมาศึกษาทดลองเติมสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) ซึ่งประกอบด้วยโคบอลต์ออกไซด์ (CoO) โครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3) และเฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) ตามปริมาณ คิดเป็นร้อยละ (5 ระดับ) โดยทำการทดลองเคลือบลงบนแผ่นทดสอบจากแหล่งดิน ทั้ง 3 แหล่ง

5. การทดลองสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพเรื่องเซรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยชุดการสอนที่สร้างขึ้น

5.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการทดลองสอนคือ ผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย และโรงเรียนผู้ใหญ่วิทยาลัย กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2540 ส่วนกลุ่มตัวอย่างได้แก่ ผู้เรียน ที่เลือกจากกลุ่มประชากร โดยการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 30 คน โดยจำแนกเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 17 คน และนักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 13 คน

5.2 ตัวแปรที่ศึกษา

5.2.1 ตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย (ความรู้ ความจำ ความเข้าใจและการนำไปใช้) ด้านทักษะพิสัย (ทักษะปฏิบัติการทดลอง) ด้านจิตพิสัย (เจตคติทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์) ด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

5.2.2 ตัวแปรอิสระ สำหรับตัวแปรตาม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านทักษะพิสัย ใช้ตัวแปรอิสระ 2 ตัวคือ ช่วงเวลาทดลองสอน (แยกเป็นก่อนทดลองสอนและหลังทดลองสอน) และประเภทของผู้เรียน (แยกเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และนักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย) ส่วนตัวแปรอิสระสำหรับตัวแปรตามอีก 3 ตัวแปรคือ ด้านทักษะพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ประเภทของผู้เรียนตามผลการเรียน

5.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย

5.3.1 ชุดการสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพเรื่องเซรามิกส์ ที่สร้างขึ้น มีจำนวน 4 หน่วยการสอน คือ (1) ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เซรามิกส์ และการเตรียมดิน (2) เตาเผาและการเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน (3) ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับน้ำเคลือบ การเตรียมน้ำเคลือบและการเผาเคลือบ (4) การออกแบบความคิดสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

5.3.2 เครื่องมือวัดผลการเรียนรู้

5.3.2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย (ความรู้ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้)

5.3.2.2 แบบประเมินผลการเรียน ด้านทักษะพิสัย (ทักษะปฏิบัติการทดลอง)

5.3.2.3 แบบประเมินวัดผลการเรียน ด้านจิตพิสัย (เจตคติทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์)

5.3.2.4 แบบประเมินวัดผลการเรียน ด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

5.3.3 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองสอน ใช้เวลาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2540 ทำการทดลองสอน 4 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 9 คาบ คาบละ 50 นาที (ภาคทฤษฎี 3 คาบ ภาคปฏิบัติ 6 คาบ รวมทั้งหมด 36 คาบ ต่อ 1 กลุ่ม (คือกลุ่มนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และนักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย)

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. เตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก หมายถึง เตาเผาเซรามิกส์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้า โดยผู้วิจัยสร้างขึ้นมีคุณสมบัติครอบคลุม 4 ด้านคือ (1) สามารถตั้งอุณหภูมิได้เหมาะสมตามการใช้งานและเผาได้อุณหภูมิสูงถึง 1200 องศาเซลเซียส (2) สามารถใช้ได้กับแรงเคลื่อนไฟฟ้า 220 โวลต์ (Single Phase) ใช้กระแสไฟไม่เกิน 25 แอมป์ (3) ปริมาตรภายในไม่เกิน 2 ลูกบาศก์ฟุต (4) ราคาถูกลงกว่าของต่างประเทศประมาณร้อยละ 40

2. ดินจากแหล่งดินตัวอย่าง หมายถึง วัตถุคืบจากแหล่งดิน 3 แหล่ง ได้แก่ (1) ดินด่านเกวียน อำเภอโชคชัย จังหวัดนครราชสีมา (2) ดินสามโคก อำเภอสามโคก จังหวัดปทุมธานี (3) ดินราษฎร์ อำเภอนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยอาศัยส่วนผสมหลักประกอบด้วยแร่หินเขียวหนุมาน (Quartz) และดินขาวลำปาง (Kaolin) เป็นวัตถุดิบใช้ผสมในเนื้อดินปั้น โดยทดลองตามสูตรแผนภาพไตรดุลยภาพ (Triaxial Diagram) ของฮอปเปอร์ (Hopper. 1984)

3. เนื้อดินปั้น หมายถึง (1) เนื้อดินปั้นที่เตรียมขึ้นจากดินด่านเกวียนผสมกับหินเขียวหนุมานและดินขาว (2) ดินสามโคกผสมกับหินเขียวหนุมานและดินขาว (3) ดินคำราษฎร์ผสมกับหินเขียวหนุมานและดินขาว โดยอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิด ตามจุดบนแผนภาพไตรดุลยภาพ (Triaxial Diagram) ขึ้นรูปเป็นแท่งทดสอบ ทำการเผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส

4. แผนภาพไตรดุลยภาพ (Triaxial Diagram) หมายถึงแผนผังตารางสามเหลี่ยมด้านเท่าที่ใช้คำนวณหาอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้ทำเนื้อดินปั้น โดยใช้แหล่งดิน 3 แหล่งคือ ดินด่านเกวียน ดินสามโคก และดินสุราษฎร์ เป็นวัตถุดิบของแต่ละแหล่งผสมกับหินเขียวหนุมาน (Quartz) กับดินขาว (Kaolin)

5. การเผาแบบออกซิเดชัน (Oxidation Firing) หมายถึงการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ปราศจากกลุ่มควันและเขม่า โดยที่ออกซิเจนทำปฏิกิริยากับในการเผาไหม้โดยใช้เตาไฟฟ้าในการเผา

6. ความหดตัวของดิน (Total Shrinkage) หมายถึงร้อยละของการหดตัวของเนื้อดินปั้นที่ทำแท่งทดสอบเมื่อปล่อยให้แห้งตามปกติ และหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส

7. ความดูดซึมน้ำ (Water Absorption) หมายถึง เปอร์เซนต์ของน้ำที่สามารถแทรกอยู่ในเนื้อดินแท่งทดสอบหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส

8. ความแข็งแรงของเนื้อดินปั้น (Modulus of Rupture) หมายถึงค่าของความทนทานต่อแรงกดของเนื้อดินแท่งทดสอบหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส โดยใช้เครื่องมือทดสอบความแข็งแรงของวัสดุ ค่าที่วัดจะมีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

9. เคลือบซีเมนต์หมายถึง การเคลือบโดยใช้วัตถุดิบที่ได้จากขี้เถ้าไม้ยางที่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ โดยใช้ส่วนผสมของขี้เถ้าไม้ผสมกับหินฟันม้า (Potash Feldspar) และดินขาว (Kaolin) โดยอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิด ตามจุดบนแผนภาพไตรดุลยภาพ (Triaxial Diagram)

10. สารให้สี หมายถึง ออกไซด์ของโลหะที่ใช้ผสมกับเคลือบซีเมนต์ ซึ่งประกอบด้วย โคบอลต์ออกไซด์ (CoO) โครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3) และเฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) โดยศึกษาถึงความเหมาะสมของสารให้สีแต่ละระดับต่อเนื้อดินหลังการเผาจากแหล่งดินตัวอย่างทั้ง 3 แหล่งดิน โดยศึกษาได้จากความสมบูรณ์ของการเคลือบหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส ได้แก่ ลักษณะของเคลือบสี ผิวเรียบทุกส่วน

11. ชุติการสอน หมายถึง ชุติการสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องเซรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นประกอบด้วย 4 หน่วยการสอน คือ (1) ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เซรามิกส์และการเตรียมดิน (2) เตาเผาและการเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน (3) ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับน้ำเคลือบ การเตรียมน้ำเคลือบและการเผาเคลือบ (4) การออกแบบความคิดสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

12. ผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย หมายถึง ผลการเรียนรู้ความรู้ความจำ ความเข้าใจ และการนำไปใช้ตามกรอบความคิดของคลอปเฟอร์ (Klopfer, 1971) ในการวิจัยครั้งนี้จะวัดผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย โดยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

13. ผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัย หมายถึง ผลการเรียนรู้ความสามารถในการปฏิบัติ การทดลองเพื่อศึกษาหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เซรามิกส์ โดยใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์การทดลองอย่างถูกต้องตามกรอบความคิดของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในการวิจัยครั้งนี้จะวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัยด้วยแบบสังเกตพฤติกรรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

14. ผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัย หมายถึง ผลการเรียนรู้เจตคติทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ตามกรอบความคิดของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ในการวิจัยครั้งนี้จะวัดผลการเรียนด้านจิตพิสัยด้วยแบบสังเกตพฤติกรรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

15. ผลการเรียนด้านความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ผลการเรียนด้านความคิดสร้างสรรค์ โดยก่อให้เกิดความคิดในสิ่งแปลกใหม่ หรือปรับปรุงเปลี่ยนแปลง โดยอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์ ตามกรอบความคิดของสมปัญญา ศรีภคานนท์ ในการวิจัยครั้งนี้จะวัดผลการเรียนด้านความคิดสร้างสรรค์ โดยใช้แบบสังเกตความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เชรามิกส์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

16. วิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ หมายถึง วิชาวิทยาศาสตร์ที่กำหนดขึ้นตามหลักสูตรการศึกษาในระบบโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุงปี พ.ศ. 2533) และหลักสูตรการศึกษานอกโรงเรียน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2530 ที่มีจุดมุ่งหมายให้ผู้เรียนเข้าใจปัญหาและความก้าวหน้า ตลอดจนการแก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวันได้ โดยมีเนื้อหาวิชาเกี่ยวข้องกับเชรามิกส์

17. วิทยาศาสตร์เชรามิกส์ หมายถึง การศึกษาที่ครอบคลุมเกี่ยวกับวัตถุดิบจำพวกดิน น้ำเคลือบ การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพโดยรวมถึงการศึกษาการใช้เครื่องมือ และอุปกรณ์ ด้านเชรามิกส์อย่างเพียงพอเหมาะสมกับวุฒิภาวะและความสามารถของผู้เรียน

18. ประสิทธิภาพชุดการสอน หมายถึง เกณฑ์กำหนดเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ จากเกณฑ์ 80/80 จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

คะแนน 80 ตัวแรก หมายถึง คะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด เมื่อคิดเป็นร้อยละแล้วได้ 80 หรือสูงกว่า

คะแนน 80 ตัวหลัง หมายถึง ร้อยละ 80 ของกลุ่มตัวอย่างที่ทำข้อสอบข้อหนึ่ง ๆ เป็นรายชื่อได้ถูกต้อง

สมมติฐานการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้กำหนดสมมติฐานตามขั้นตอนการวิจัยดังนี้

1. เตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็กและพัฒนาที่สร้างขึ้น มีคุณสมบัติพื้นฐานตามเกณฑ์ที่กำหนดและมีคุณสมบัติด้านสมรรถนะอยู่ในระดับพอใช้ทุกด้าน

2. เนื้อดินปั้นทั้ง 3 แหล่ง (ดินค่านเกวียน ดินสามโคก และดินสุราษฎร์) มีคุณสมบัติทางกายภาพ (หลังการเผา) ด้านความหดตัว ความดูดซึมน้ำและความแข็งแรงของเนื้อดิน ตามสูตรแผนภาพไตรดัลยภาค (Triaxial Diagram)

3. มีสูตรเคลือบที่เข้าไม้อย่างน้อย 1 สูตรเคลือบ ที่มีความเหมาะสมในด้านลักษณะของเคลือบ ลักษณะของผิวเคลือบ และลักษณะของสีในเคลือบ ตามสูตรแผนภาพไตรดัลยภาค (Triaxial Diagram)

4. การผสมปริมาณของสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) 3 ชนิดคือ โคบอลต์ออกไซด์ (CoO) โครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3) และเฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) ในสูตรเคลือบสีได้ไม้ที่เคลือบบนเนื้อดินปั้น (ดินค่านเกวียน ดินสามโคก และดินสุราษฎร์) ให้ระดับความอ่อนแก่ของสีและลักษณะของเคลือบแตกต่างกันตามปริมาณของสารให้สีที่ใช้ในเคลือบสีได้ไม้

5. การทดลองสอนโดยใช้ชุดการสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องเซรามิกส์ ซึ่งชุดการสอนที่สร้างขึ้นให้ผลดังนี้

5.1 ผู้เรียนแต่ละกลุ่ม (นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และนักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ก่อนการเรียนและหลังเรียน) ด้านพุทธิพิสัย สูงขึ้น

5.2 ผู้เรียนที่เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กับนักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย ไม่แตกต่างกัน

5.3 ผู้เรียนที่เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กับนักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีผลการเรียนด้านทักษะพิสัย (ทักษะปฏิบัติการทดลอง) ไม่แตกต่างกัน

5.4 ผู้เรียนที่เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กับนักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีผลการเรียนด้านจิตพิสัย (เจตคติทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์) ไม่แตกต่างกัน

5.5 ผู้เรียนที่เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กับนักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีผลการเรียนด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ไม่แตกต่างกัน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับจากเอกสาร ตำราและงานวิจัย ซึ่งจะเป็นประโยชน์และทำให้การวิจัยครั้งนี้บรรลุตามจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ โดยแยกหัวข้อดังต่อไปนี้

1. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับเซรามิกส์และเครื่องปั้นดินเผา

ความหมายของเซรามิกส์

ประวัติความเป็นมาของเซรามิกส์และเครื่องปั้นดินเผา

การจำแนกผลิตภัณฑ์เซรามิกส์และเครื่องปั้นดินเผา

ชนิดของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

แอควานซ์เซรามิกส์

2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับเตาเผา

ชนิดของเตาเผา

เตาไฟฟ้า

วัสดุในการสร้างเตาเผา

วัสดุทนไฟ

ฉนวนกันความร้อน

การวัดอุณหภูมิภายในเตาเผาและเครื่องวัดอุณหภูมิ

สวดความร้อน

วงจรไฟฟ้า

3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับวัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

วัตถุดิบที่มีความเหนียว

วัตถุดิบที่ไม่มีความเหนียว

4. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับเนื้อดินปั้น

ความหมายของดิน

เนื้อดินปั้น

การเตรียมเนื้อดินปั้น

การเผาผลิทธิกัณฑ์

อิทธิพลของความร้อนที่มีต่อเนื้อดินปั้นและวัตถุดิบในเนื้อดินปั้น

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน

5. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับเคลือบ

การจำแนกชนิดของเคลือบ

วัตถุประสงค์ในการเคลือบ

การแบ่งกลุ่มวัตถุดิบในสูตรเคลือบ

การอ่านสูตรเคลือบ

คุณสมบัติของวัตถุดิบในน้ำยาเคลือบ

เคลือบซีเถ้า

สารให้สี

6. เอกสารที่เกี่ยวกับชุดการสอน

ความหมายของชุดการสอน

คุณค่าของชุดการสอน

ประเภทและองค์ประกอบของชุดการสอน

ขั้นตอนการผลิตชุดการสอน

การใช้ชุดการสอน

ขั้นตอนการใช้ชุดการสอน

การหาประสิทธิภาพของชุดการสอน

7. เอกสารเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

ด้านพุทธิพิสัย

ด้านทักษะพิสัย

เจตคติทางวิทยาศาสตร์

เจตคติต่อวิทยาศาสตร์

ด้านจิตพิสัย

ด้านความคิดสร้างสรรค์

การวัดผลและประเมินผลการเรียนการสอน

8 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เตาเผา

เนื้อดินปั้น

เคลือบซีเถ้า

ลีของเคลือบ

ชุดการสอน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับเซรามิกส์และเครื่องปั้นดินเผา

ความหมายของเซรามิกส์ (Ceramics)

ในสมัยแรก ๆ เป็นที่เข้าใจกันว่าคำว่าเซรามิกส์ (Ceramics) หมายถึงศิลปะที่เกี่ยวข้องกับเครื่องปั้นดินเผา ต่อมาได้มีการใช้ในความหมายกว้างมากขึ้นคือรวมถึงอุตสาหกรรมทั้งหลายที่ใช้สารประกอบพวกซิลิเกต (Silicate Compounds) ในการผลิตผลิตภัณฑ์ คำว่า เซรามิกส์ สืบต้นตอมาจากภาษากรีก "เครรามอส" (Karamos) และมีรากศัพท์มาจากภาษาสันสกฤต ซึ่งมีความหมายว่า เเผา ปัจจุบัน "เซรามิก" มีความหมาย 2 ประการ คือ ประการแรกหมายถึง ผลิตภัณฑ์ซึ่งกรรมวิธีการผลิตต้องผ่านการเผาที่อุณหภูมิสูง ส่วนความหมายประการที่สอง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ ซึ่งส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดหรือส่วนใหญ่ ผลิตจากวัตถุดิบที่มีอยู่ตามธรรมชาติบนเปลือกโลก วิชาเซรามิกส์ เป็นวิชาที่ประกอบด้วยศิลปะ และวิทยาศาสตร์ของการผลิต และสารอนินทรีย์ และเป็นโลหะ ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ได้แก่ เครื่องปั้นดินเผา ปอร์สเลน วัตถุทนไฟ วัสดุก่อสร้างที่เป็นดินเผา วัสดุฉนวน โลหะเคลือบ ซีเมนต์ แก้ว วัสดุที่ใช้ในงานเกี่ยวข้องกับแม่เหล็กไฟฟ้า เพอร์โร-อิเล็กทริก ผลึกเดี่ยว ๆ เป็นต้น (ปริดา พิมพ์ขาวจำ. 2532 : 1)

ดังนั้นคำว่าเซรามิกส์ จึงหมายถึงการนำเอาสารอนินทรีย์ (Inorganic Compounds) ที่เป็นพวกอโลหะ ซึ่งได้แก่ หินและดินที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติใช้เป็นวัตถุดิบหลัก ซึ่งผ่านกระบวนการในการผลิตโดยอาศัยความร้อนสูง จนได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความแข็งแรง ทนทานและเหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์ตามความต้องการ

ประวัติความเป็นมาของเซรามิกส์และเครื่องปั้นดินเผา

เซรามิกส์และเครื่องปั้นดินเผาเป็นผลิตภัณฑ์ที่สำคัญอย่างหนึ่งที่มนุษย์ได้คิดค้น และสร้างขึ้นมาเพื่อประโยชน์ใช้สอยในชีวิตประจำวัน เช่น ถ้วย ชาม จาน ถ่มน้ำ กระถาง เป็นต้น เช่นเดียวกันกับมนุษย์รู้จักการคิดค้นเครื่องมือเครื่องใช้หรือภาชนะสำหรับใช้สอย ตั้งแต่สมัยยุคหินและยุคสำริด แต่การทำเครื่องปั้นดินเผาต้องอาศัยความรู้ สติปัญญาและความสามารถมากพอสมควรที่จะนำเอาทรัพยากรธรรมชาติหรือวัตถุดิบมาทำให้เป็นรูปร่าง แล้วใช้เทคนิคในการเผาให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความคงทนและแข็งแรง

เครื่องปั้นดินเผาชิ้นแรกในประวัติศาสตร์ พบว่าชนชาติอียิปต์ที่อาศัยอยู่บริเวณลุ่มแม่น้ำไนล์ เป็นคนค้นพบขึ้นและความรู้ในเรื่องนี้ ได้แพร่ขยายไปยังประเทศต่าง ๆ ในแถบประเทศตะวันตกและตะวันออก เข้าทางเปอร์เซีย จนกระทั่งมาถึงประเทศจีน ซึ่งก็ได้เจริญรุ่งเรืองในจีนเป็นอย่างมาก สำหรับเครื่องปั้นดินเผาของประเทศไทยชนิดไม่เคลือบ ได้ขุดพบในบริเวณบ้านเก่า อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี มีอายุประมาณ 4000 ปี และในระยะต่อมาได้มีการขุดอีกแห่งหนึ่งที่บ้านเชียง อำเภอหนองหาน จังหวัดอุดรธานี เป็นเครื่องปั้นดินเผาชนิดไม่เคลือบ มีอายุเก่าแก่มาก โดยมีการเขียนลวดลายลงบนผลิตภัณฑ์ด้วยดินลูกรังละลายน้ำเป็นสีแดง ซึ่งมีอายุประมาณ 7000 ปี

ต่อมาในสมัยสุโขทัย พ่อขุนรามคำแหง ได้นำช่างจากประเทศจีนมาสอนช่างไทยให้ที่เมืองสุโขทัย และทำการผลิตเครื่องปั้นดินเผาชนิดเคลือบและไม่เคลือบที่รู้จักกันคือ เครื่องสังคโลก ในยุคนี้จึงมีความเจริญรุ่งเรืองมาก โดยปัจจุบันยังพบซากปรักหักพังของเตาเผาและชิ้นส่วนของเครื่องสังคโลกที่กรุงเก่า จังหวัดสุโขทัยและที่อำเภอศรีสัชนาลัย ซึ่งการทำเครื่องปั้นดินเผาในปัจจุบันยังมีอยู่เกือบทั่วไปตามชนบท โดยทำเป็นลักษณะของอุตสาหกรรมในครอบครัว (อนันตภักดิ์, 2538 : 52-53) หลังจากสุโขทัยตกเป็นส่วนหนึ่งของอยุธยาแล้ว การทำสังคโลกชมเขาหลงเหลือแต่เครื่องปั้นดินเผาชนิดหยาบ ๆ เช่น โอ่ง ไห หม้อข้าวหม้อแกง ฯลฯ แต่มีการซื้อผลิตภัณฑ์มาใช้เป็นส่วนใหญ่โดยซื้อจากจีน ญี่ปุ่น หรือให้ช่างไทยออกแบบแล้วส่งไปทำในเมืองจีน จนกระทั่งสมัยรัตนโกสินทร์ โดยเฉพาะสมัยรัชกาลที่ 3 ผลิตภัณฑ์ที่ส่งจากเมืองจีนลดลง มีการสร้างเตาเผากระเบื้องมุงหลังคาที่จะนำมาใช้ในการทำนุบำรุงวัดมากขึ้น แต่ไม่มีการเผาภาชนะอื่น ๆ เนื่องจากระบอบนั้นภาชนะของจีนหาง่ายและถูกกว่า เมื่อถึงรัชกาลที่ 4 การทำกระเบื้องลดลงให้มีการสั่งทำภาชนะชนิดปอร์สเลนจากจีนเข้ามามากขึ้น และมีการจัดประกวดแข่งขันเครื่องโต๊ะกันภายในรัชกาลนี้ด้วย ในสมัยรัชกาลที่ 5 ได้สั่งภาชนะปอร์สเลนเข้ามาเพิ่มขึ้นกว่าเดิม (กรมประชาสัมพันธ์, 2531 : 47-48) สำหรับการทำเครื่องปั้นดินเผาในชั้นโรงงานอุตสาหกรรม ได้เริ่มขึ้นตั้งแต่หลังเปลี่ยนแปลงการปกครอง พ.ศ. 2475 โดยมีการสำรวจแหล่งวัตถุดิบและส่งคนไปศึกษาดูงานทำเครื่องปั้นดินเผาที่ญี่ปุ่นและสหรัฐอเมริกา ทำให้เกิดการผลิตเครื่องปั้นดินเผาในโรงงานอุตสาหกรรมทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ และระยะต่อมา ได้มีการนำเอาเทคโนโลยีสมัยใหม่จากประเทศที่พัฒนาแล้วในตะวันตกและตะวันออก มาทำการผลิต สิ่งของเครื่องใช้เพื่อจำหน่ายภายในประเทศและส่งต่างประเทศ จนปัจจุบันอุตสาหกรรมเซรามิกส์ของประเทศไทยได้เจริญรุดหน้าขึ้นเรื่อย ๆ (อนันตภักดิ์, 2538 : 52-53)

การศึกษาด้านเซรามิกส์และเครื่องปั้นดินเผาแยกเป็นแนวทางการศึกษาได้ 2 แนวทางคือ

1. การศึกษาในแนวทางวิทยาศาสตร์ (Ceramics Science) หมายถึงการศึกษาที่เน้นหนักในทางการค้นคว้า สำรวจ วิจัย วิเคราะห์หาข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับวัตถุดิบ แหล่งวัตถุดิบ ปริมาณของวัตถุดิบ และคุณสมบัติต่าง ๆ รวมทั้งด้านกรรมวิธีและเทคนิคต่าง ๆ ที่ช่วยในการผลิตให้

รวดเร็ว มีคุณภาพดียิ่งขึ้น ตลอดจนการศึกษาเกี่ยวกับระบบเครื่องมือ เครื่องจักร และการใช้เครื่องมือที่จะเอื้ออำนวยผลผลิตอย่างสมบูรณ์แบบรวดเร็วเพียงพอกับความต้องการ

2. การศึกษาในแนวทางด้านศิลปะ (Ceramics Art) การศึกษาในทางแขนงนี้ หมายถึง การศึกษานั่นคุณค่าในทางสุนทรียภาพ อันได้แก่ ความงาม อันก่อให้เกิดประโยชน์ในทางใช้สอย ด้วยความงามที่เกิดจากรูปทรง สีสรรต่าง ๆ ตลอดจนการตกแต่งลวดลายให้ผสมผสานกลมกลืน เข้าด้วยกัน อันเป็นศิลปวัฒนธรรมเพื่อดึงดูดใจผู้ซื้อ นับว่ามีความสำคัญไม่น้อยเช่นกัน โดยเฉพาะ การศึกษาส่วนใหญ่จะเน้นหนักในด้านการออกแบบ (Design) และการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม สอนองประโยชน์ผู้ใช้เพื่อจะได้เป็นที่ต้องตาต้องใจแก่คนทั้งหลาย (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 1-2)

การจำแนกผลิตภัณฑ์เซรามิกส์และเครื่องปั้นดินเผา

ทวี พรหมพฤกษ์ (2523 : 15) ได้จำแนกออกเป็น 3 ประเภทคือ

1. ผลิตภัณฑ์ประเภทเอิร์ทเทนแวร์ (Earthenware) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ใช้เนื้อดินเป็นส่วนใหญ่เป็นดินเหนียวธรรมดา ส่วนมากนิยมใช้ดินท้องถิ่นขึ้นรูปเป็นภาชนะต่าง ๆ เช่นหม้อดิน กระถาง ดันไม้ โอ่งดิน อิฐก่อสร้าง ผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีการพรุนตัวสามารถดูดซึมน้ำได้เนื้อผลิตภัณฑ์หนาหยาบ สีเนื้อดินเป็นสีน้ำตาล สีเทาอ่อนออกเหลือง เวลาเคาะเสียงจะไม่กังวานเหมือนผลิตภัณฑ์ชนิดอื่น ๆ ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้จะมีทั้งชนิดเคลือบและไม่เคลือบ อุณหภูมิที่ใช้เผา 1050 - 1190 องศาเซลเซียส

2. ผลิตภัณฑ์ประเภทสโตนแวร์ (Stoneware) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ใช้เนื้อดินปั้นที่มีลักษณะคล้ายเอิร์ทเทนแวร์ แต่ต้องมีส่วนผสมของดินทนไฟ (Fire Clay) อยู่ด้วย และซิลิกาสูง เนื่องจากผลิตภัณฑ์ประเภทนี้เนื้อหยาบ แน่น และมีความแข็งแกร่งมาก เผาถึงจุดสุกตัว (Vitreous Ware) น้ำและของเหลว ไม่สามารถไหลซึมผ่านได้ ผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ชนิดที่เตรียมดินจากธรรมชาติ นำมาปั้นโดยตรงก็มีเช่น ผลิตภัณฑ์ โอ่งราชบุรี ศิลาลพบุรีใหม่ ผลิตภัณฑ์สังคโลก เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีชนิดที่เตรียมในห้อมปฏิบัติการเองอีกด้วย ผลิตภัณฑ์สโตนแวร์นิยมนำมาทำภาชนะใส่อาหาร งาน ชาม ถ้วยกาแฟ เขยือกน้ำ แจกัน ที่เขียนรูป เครื่องประดับ เป็นภาชนะค่อนข้างหนา เนื้อแน่น ทึบแสง มีลักษณะ เนื้อหยาบ อุณหภูมิที่ใช้เผาผลิตภัณฑ์ 1200 - 1390 องศาเซลเซียส

3. ผลิตภัณฑ์ประเภทปอร์สเลน (Porcelainware) หมายถึง ผลิตภัณฑ์เตรียมขึ้นเป็นพิเศษ ส่วนผสมของเนื้อดินปั้นประกอบไปด้วยหินเขี้ยวหนุมาน (Quartz) หินฟันม้า (Feldspar) ดินขาว (Kaolin) ดินเหนียว (Ball Clay) และวัตถุดิบอื่น ๆ อีกตามสัดส่วนที่เหมาะสม สิ่งสำคัญคือโปร่งแสง (Translucent) เผาในอุณหภูมิตั้งแต่ 1250 องศาเซลเซียสขึ้นไป เมื่อเผาถึงจุดสุกตัวมีความแข็งแกร่ง น้ำและของเหลวไม่สามารถไหลซึมผ่านได้ เนื้อละเอียดและแข็งแกร่ง มีลักษณะเหมือนแก้ว (Glass)

ผลิตภัณฑ์ชนิดปอร์สเลนแบ่งตามอุณหภูมิในการเผา คือแบบปอร์สเลนไฟต่ำ (Soft Porcelain) เผาในอุณหภูมิประมาณ 1210 - 1285 องศาเซลเซียส นิยมนำไปทำภาชนะใส่อาหาร (Table Ware) และงานประเภทด้านศิลปะ (Art Ware) และแบบปอร์สเลนไฟสูง (Hard Porcelain) เผาในอุณหภูมิ 1310-1430 องศาเซลเซียส ความแข็งแรงเป็นพิเศษ นิยมนำไปทำผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องฉนวนไฟฟ้า อุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น หัวเทียน รถยนต์ ลูกถ้วยไฟฟ้า ภาชนะทดลองทางเคมี

ชนิดของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

อนันตศักดิ์ โชติมงคล (2538 : 53-55) ได้กล่าวว่า เซรามิกส์ (Ceramics) จัดเป็นวัสดุกลุ่มใหญ่ 1 ใน 4 ของกลุ่มวัสดุที่มีอยู่ในโลก ได้แก่ โลหะ (Metal) พอลิเมอร์ (Polymer) วัสดุประสาน (Composite Materials) และเซรามิกส์ (Ceramics) โดยพบอยู่ทั่วไปและมีประโยชน์อย่างกว้างขวาง โดยมีคุณสมบัติพิเศษคือ ไม่เป็นสนิม แข็งแรง เป็นทั้งฉนวนไฟฟ้าและกึ่งตัวนำไฟฟ้า (Semiconductor) นอกจากนั้นยังสามารถทนต่อความร้อนสูง ทนต่อการกัดกร่อนจากสารเคมี และทนต่อแรงขีดข่วน โดยผลิตภัณฑ์เซรามิกส์อาจแบ่งออกได้ดังนี้

1. เครื่องปั้นดินเผา (Pottery) ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้จะพบในชีวิตประจำวัน โดยจะมีเนื้อผลิตภัณฑ์ประกอบด้วยส่วนผสมแบบ Triaxial Composition คือมีดิน (Clay), ทราย (Silica) และหินฟีนมา (Feldspar) เป็นองค์ประกอบหลักผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนี้คือ

1.1 เครื่องสุขภัณฑ์ (Sanitary Ware) ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในห้องครัว และห้องน้ำ เช่น โถส้วม อ่างล้างหน้า อ่างน้ำในห้องครัว ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้จะมีการดูดซึมน้ำต่ำ และมีความแข็งแรงสูง

1.2 เครื่องถ้วยชาม (Table Ware) ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ที่มีความแข็งแรงสูง เป็นเนื้อปอร์ซเลน (Porcelain) หรือเนื้อสโตนแวร์ (Stoneware) กับที่มีความแข็งแรงน้อย การดูดซึมน้ำสูง เนื้อเป็นเอิร์ทเทนแวร์ (Earthenware)

1.3 กระเบื้อง (Tiles) ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้กับงานก่อสร้าง ใช้เป็นวัสดุตกแต่งเพื่อความสวยงาม เช่น กระเบื้องผนัง กระเบื้องปูพื้น กระเบื้องโมเสก และกระเบื้องหลังคา

1.4 อิฐก่อสร้าง (Bricks) ใช้เป็นวัสดุสำหรับก่อผนัง และกำแพงในงานก่อสร้าง

1.5 ท่อดินเผา (Sewer Pipe) ใช้เป็นท่อระบายน้ำและท่อร้อยสายไฟฟ้า และโทรศัพท์

1.6 เครื่องประดับ (Novelty) ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องประดับบ้าน เช่น แจกัน เครื่องประดับ เป็นต้น

2. ผลิตภัณฑ์ประเภทวัตถุทนไฟ (Refractories) เป็นผลิตภัณฑ์ประเภทที่มีคุณสมบัติพิเศษ สามารถทนความร้อนได้สูงกว่า 1580 องศาเซลเซียสขึ้นไป มีความแข็งแรง เป็นฉนวน

ทนทานต่อการกัดกร่อนได้ดี จึงเป็นวัสดุที่สำคัญในการทำเตาเผา ทำเตาหลอมเหล็กหรือใช้ห่อหุ้มอากาศยานที่ต้องทนทานต่อแรงเสียดสี โดยผลิตภัณฑ์วัสดุทนไฟจำแนกออกได้เป็น 3 ประเภทด้วยกันคือ

2.1 ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติเป็นกรด (Acidic Refractories) วัสดุทนไฟชนิดนี้ ได้แก่ อิฐทนไฟ ที่มีเปอร์เซ็นต์ของซิลิกาสูง เช่น Silica Brick หรืออิฐทนไฟที่ได้จากดินทนไฟธรรมดา

2.2 ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติเป็นกลาง (Neutral Refractories) วัสดุทนไฟประเภทนี้ ได้แก่ อิฐทนไฟที่ทำมาจากแร่กรัง บอกไซต์ (Bauxite) หรือพวกที่มีเปอร์เซ็นต์ของอลูมินาสูง Silicon Carbide (SiC), Chrome (Cr_2O_3) และอลูมินา เป็นต้น

2.3 ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติเป็นเบส (Basic Refractories) ได้แก่ Magnesite Brick (MgO), Dolomite Brick, Calcite Brick, Chrome Magnesite Brick และอื่น ๆ

3. แก้ว (Glass) จัดเป็นผลิตภัณฑ์ทางเซรามิกส์ เพราะเป็นการนำเอาสารอนินทรีย์ชนิดอโลหะได้แก่ หินทราย มาเป็นวัตถุดิบหลักและผ่านกระบวนการผลิตที่ใช้ความร้อนสูง ทำให้เกิดการหลอมละลาย แล้วปล่อยให้เย็นตัวอย่างรวดเร็ว เกิดเป็นแก้วขึ้น ซึ่งแก้วมีอยู่หลายชนิดโดยจำแนกตามวัตถุดิบที่ใช้ เช่น เครื่องแก้วที่ใช้ในครัวเรือน ขวด กระบอก เลนส์ จำแนกตามกรรมวิธีการผลิตโดยวิธีเป่า หรือรีด หรือลอยออกมาเป็นกระจกแผ่น เป็นต้น

4. ซีเมนต์ (Cement) เป็นวัสดุใช้ในการก่อสร้าง สามารถใช้หล่อฉาบ มีความแข็งแรงหลังการแข็งตัว โดยมีส่วนประกอบที่ใช้กันอยู่เป็นชนิด Portland Cement คือมีส่วนผสมของหินปูนหรือดินมาร์ล ดินควอตซ์และหิน นำมาบดผสมกันแล้วเผาด้วยเตาชนิดหมุนได้ ที่อุณหภูมิประมาณ 1500 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นทำให้เย็นกลายเป็นปูนเม็ด แล้วนำมาบดอีกครั้งหนึ่ง

5. โลหะเคลือบ (Enamel) เซรามิกส์ชนิดนี้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำยาเคลือบทางเซรามิกเคลือบบนผิวโลหะ แล้วนำไปเผาเพื่อความสวยงามและความคงทนในการใช้งาน โดยนำเอาสารเคลือบผิวเหล่านี้มาใช้กับโลหะต่าง ๆ เช่น เหล็ก ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ชนิดนี้คือ เครื่องสุขภัณฑ์โลหะเคลือบ เครื่องใช้ในครัวเรือน

6. ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ขัดหรือตัด (Abrasive) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการขัด ตัด ตกแต่งผิวหรือกลึงงานโลหะ ซึ่งทำมาจากวัตถุดิบที่มีความแข็งมาก บางชนิดมีอยู่ในธรรมชาติ เช่น หินทราย เพชร หรือ วัตถุดิบที่สังเคราะห์ขึ้น เช่น Silicon Carbide, Alumina, Tungsten Carbide, Silicon Nitride และ Boron Nitride ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ เช่น กระดาษทราย แผ่นตัดอิฐ ไขมีดกลึง และไสโลหะ เป็นต้น

7. ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในงานไฟฟ้า (Electrical Ceramics) เป็นผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ประเภทฉนวนไฟฟ้า หัวเทียนเครื่องยนต์ และที่ใช้กับไฟฟ้าแรงสูง เช่น Bushing เป็นต้น

8. ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Ceramics) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้เป็น

ชิ้นส่วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น เครื่องรับวิทยุ โทรทัศน์และคอมพิวเตอร์ ได้แก่ I.C.Substrate, Capacitor, Resistor, แม่เหล็ก (Ferrite) และ Piezoelectrics (ใช้ทำเครื่องอัลตราซาวด์)

9. ผลิตภัณฑ์ Fine Ceramics ผลิตภัณฑ์นี้จัดอยู่ในกลุ่มที่ใช้เทคโนโลยีในขั้นสูง โดยส่วนใหญ่จะถูกนำมาใช้ทางด้านงานวิศวกรรม (Engineering Ceramics) เช่น Rotor ใน Gas Turbine ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล นอกจากนั้นยังใช้เป็นชิ้นส่วนของมนุษย์ (Bio Ceramics) เช่น กระดูกเทียม ฟันปลอม ซึ่งผลิตภัณฑ์ทางด้าน Fine Ceramics ในอนาคตจะมีบทบาทในการทดแทนโลหะมากขึ้น

แอควานซ์เซรามิกส์

ภักพงศ์ ถาวรพานิช (2529 : 13-18) ได้กล่าวถึง แอควานซ์เซรามิกส์ ว่าเป็นเซรามิกที่ทำได้จากการสังเคราะห์ให้มีความบริสุทธิ์สูง จำพวกออกไซด์ ไนไตรด์ หรือคาร์ไบด์ของโลหะ เช่น ซิลิกอนคาร์ไบด์ (SiC) ซิลิกอนไนไตรด์ (Si_3N_4) เซอร์โคเนียมออกไซด์ (ZrO_2) และไทเทเนียมคาร์ไบด์ (TiC) นำมาขึ้นรูปและเผาในขั้นตอนการเผาดังกล่าวต้องมีการควบคุมอุณหภูมิ และบรรยากาศอย่างละเอียด เพื่อให้ได้ปฏิกิริยาตามที่ต้องการ ซึ่งซิลิกอนคาร์ไบด์และเซอร์โคเนียมออกไซด์ มีจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 2600 ถึง 2700 องศาเซลเซียส โดยแอควานซ์เซรามิกส์ก็มีคุณสมบัติคือ มีความแข็งแรง ทนต่อความร้อน ทนต่อการสึกกร่อนและทนต่อการกัดกร่อนได้ดี โดยนำไปเป็นส่วนประกอบของเครื่องมือกล เครื่องยนต์ อุปกรณ์เกี่ยวกับไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ เสน่ห์ เตาปฏิกิริยาปรมาณู และฟันเทียม ตัวอย่างของแอควานซ์เซรามิกส์และการใช้งานแสดงไว้ในตาราง 1

ตาราง 1 ตัวอย่างและผลิตภัณฑ์ของแอควานซ์เซรามิกส์

งาน	ผลิตภัณฑ์	นิวเซรามิก
เครื่องมือกล	- เครื่องมือสำหรับขัดโลหะ - วัสดุที่ทนต่อการสึกหรอ - ฉนวนความร้อน	Al_2O_3 , TiC, TiN อื่น ๆ Al_2O_3 , ZrO_2 SiC , Si_3N_4 , Al_2O_3 อื่น ๆ
เครื่องยนต์	- เครื่องยนต์กังหันก๊าซ - เครื่องยนต์ดีเซล	SiC , Si_3N_4 ZrO_2
ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์	- วัสดุที่ใช้ทำฉนวน - เฟอโรอิเล็กทริก - สารตัวนำไฟฟ้า - บอร์ดไอซี - วัสดุสารกึ่งตัวนำ	Al_2O_3 , BeO, MgO $BaTiO_3$, $SrTiO_3$ Al_2O_3 , ZrO_2 Al_2O_3 , SiC $BaTiO_3$, SiC, ZnO, Bi_2O_3 , V_2O_5 และพวกออกไซด์ของโลหะทรานซิชัน
แสง, ความร้อน	- เส้นทนความร้อน - ตัวแผ่รังสีอินฟราเรด	Y_2O_3 , Al_2O_3 ZrO_2 , TiO_2
เคมี	- เซนเซอร์ชนิดก๊าซ - เซนเซอร์วัดความชื้น	ZnO, Fe_2O_3 , SnO_2 $MgCr_2O_4$ - TiO_2
นิวเคลียร์	- เชื้อเพลิงนิวเคลียร์ - วัสดุหุ้มเชื้อเพลิง - วัสดุกักกัมมันตรังสี	UO_2 , UO_2 - PuO_2 SiC , B_4C SiC , Al_2O_3 , B_4C
อวัยวะเทียม	- กระดูกเทียม, ฟันเทียม	Al_2O_3 , $Ca_3(OH)(PO_4)_3$

ตาราง 2 แสดงคุณสมบัติและประโยชน์ในการใช้งานของแอควานซ์เซรามิกส์

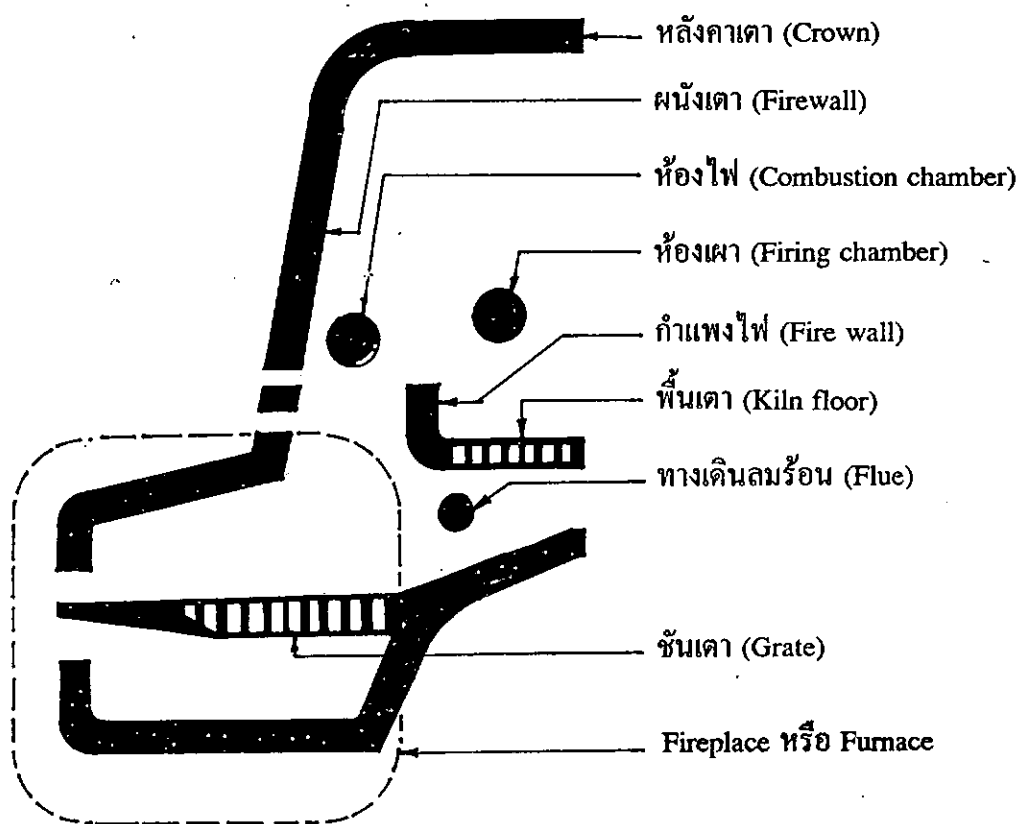
ประเภทของการใช้งาน	คุณสมบัติ	การใช้งาน
นิวเคลียร์	ต้านทานการแผ่รังสี, ทนความร้อน, ให้ความแข็งแรงในอุณหภูมิสูง ๆ	ใช้หุ้มท่อเชื้อเพลิงนิวเคลียร์, ใช้เป็นวัสดุควบคุมปฏิกิริยา, เป็นส่วนประกอบของเตาปฏิกรณ์
จักววิทยา	สารรวมแสง, สารเรืองแสง, สารโปร่งแสง	เลเซอร์ไดโอด, Light Emitting Diode (LED.) ภาชนะโปร่งแสง ซึ่งทนความร้อน, สายเคเบิลสื่อสารทางแสง
ไฟฟ้า, แม่เหล็ก	ฉนวนไฟฟ้า, ตัวนำไฟฟ้า, สารกึ่งตัวนำ, ผลึกซึ่งตอบสนองต่อกระแสไฟฟ้า, แม่เหล็ก	ชิ้นผลึกในการทำแผงวงจรรวม (IC), ตัวทำความร้อน, ตัวตรวจจับแบบวาริสเตอร์, ตัวกรองความถี่แบบพิโซอิเล็กทริก, หน่วยความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์
ชีววิทยา, เคมี	ความสามารถเข้ากันได้ในร่างกาย, การดูดซึมโดยสารตัวเร่ง, ความต้านทานการสึกกร่อน	ฟันและกระดูกเทียม, ตัวแลกเปลี่ยนความร้อน, อุปกรณ์เจาะสำรวจในงานสำรวจพลังงานความร้อนใต้พิภพ, อุปกรณ์ทางเคมี
เครื่องกล	มีความแข็งแรงสูง, ต้านทานการสึกกร่อน, มีการขยายตัวน้อย, มีสารหล่อลื่น	เครื่องมือ และแบบ, สารขัดสี, ใบพัดเทอร์ไบน์, สารหล่อลื่นแบบแข็ง, ชิ้นส่วนอุปกรณ์ละเอียด
ความร้อน	ทนต่อความร้อนสูง, ฉนวนความร้อน, กักความร้อน การนำความร้อน	ใช้ทำผนังเตาหลอมอุณหภูมิสูงระดับอุตสาหกรรมใช้ทำขั้วไฟฟ้า, ตัวดูดซับความร้อนสำหรับชิ้นส่วนทางอิเล็กทรอนิกส์

จากคุณสมบัติของแอควานซ์เซรามิกส์ที่มีอย่างกว้างขวาง จึงยังคงมีการวิจัยและพัฒนา ค้นคว้าหาคุณสมบัติให้เหมาะสมกับการประยุกต์เพื่อการใช้งานให้มากขึ้นต่อไป

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับเตาเผา

เตาเผา (Kiln) เป็นเครื่องมือที่ให้ความร้อน ควบคุมความร้อน การกระจายความร้อน ซึ่งจะต้องมีการศึกษาและออกแบบให้ถูกหลักวิชาการ สามารถเผาให้อุณหภูมิ รวมทั้งประหยัด และปลอดภัย เตาเผาจึงเป็นเครื่องมือที่จำเป็นและสำคัญอย่างยิ่งที่จะช่วยให้การเผาเครื่องปั้นดินเผา มีคุณภาพดี (ทวี พรหมพฤกษ์. 2525 : บทนำ)

อำพน วัฒนรังสรรค์ (2540 : 128-132) ได้กล่าวถึงเตาเผาเซรามิกส์ว่าจัดอยู่ในขั้นตอนของการผลิตอันดับท้ายสุด เพราะผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ผ่านขั้นตอนการผลิตอย่างดี อาจประสบความล้มเหลวลงได้ ทำให้เตาเผามีบทบาทที่สำคัญยิ่งในกระบวนการผลิต ประกอบกับมนุษย์ได้รู้จักทำผลิตภัณฑ์ทางเซรามิกส์มาเป็นเวลาช้านานหลายพันปีแล้ว เริ่มต้นด้วยการกองสุมของผลิตภัณฑ์ที่จะเผาบนพื้นดิน และวิวัฒนาการมาโดยอาศัยธรรมชาติเป็นเครื่องช่วยในการเผา คือ ใช้เป็นที่ปกปิด กำบังความร้อนเพื่อให้การเผาเป็นไปได้เร็วขึ้น ตลอดจนเรียนรู้ถึงการสร้างเตาเผาแบบง่าย ๆ ขึ้นมาใช้เป็นครั้งแรกของวิวัฒนาการ เตาเผาที่เกิดขึ้นในช่วงนี้อาศัยการสร้างส่วนที่ใช้วางของที่จะเผาให้พื้นโปร่งและสร้างกำแพงเตาขึ้นมารอบๆ สามารถใช้เป็นเตาเผาได้ ซึ่งเตาแบบนี้จะให้เชื้อเพลิงจากทางด้านล่างของเตาและความร้อนผ่านขึ้น เรียกว่า เตาเผาแบบทางเดินลมร้อนผ่านขึ้น (Up Draught Kiln) จะพบว่าเตาเผาที่เกิดขึ้นในระยะแรกจะยังไม่มีส่วนที่เป็นหลังคาเตาเลย ซึ่งต่อมาจึงได้รู้จักการสร้างหลังคาเตาแบบชั่วคราวขึ้น ด้วยการใช้ดินดิบ (ดินที่ยังไม่ได้ถูกเผาเป็นอิฐมาก่อน) ก่อเป็นหลังคาแบบชั่วคราวและก่อเป็นเสาขึ้นไว้ เตาลักษณะนี้มักเผาได้อุณหภูมิ ที่ไม่สูงนัก ต่อมาได้รู้จักการทำเตาเผาที่มีหลังคาแบบถาวรขึ้นใช้นับเป็นวิวัฒนาการอีกขั้นหนึ่ง จากหลักฐานทางประวัติศาสตร์ค้นพบว่าเตาแบบนี้เริ่มเกิดขึ้นเมื่อประมาณ 4500-4000 ปีก่อนคริสตกาล

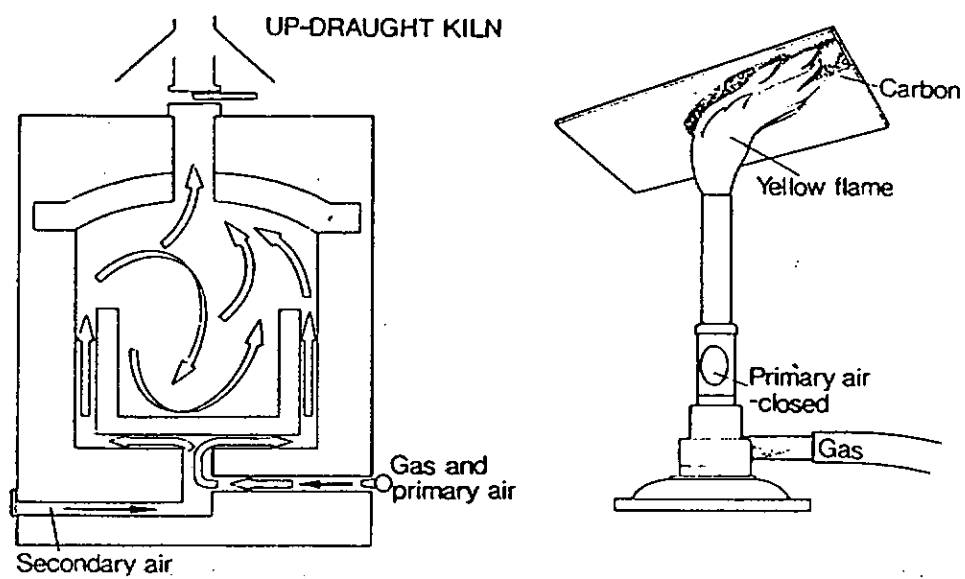


ภาพประกอบ 1 แสดงโครงสร้างของเตาเผาเซรามิกส์

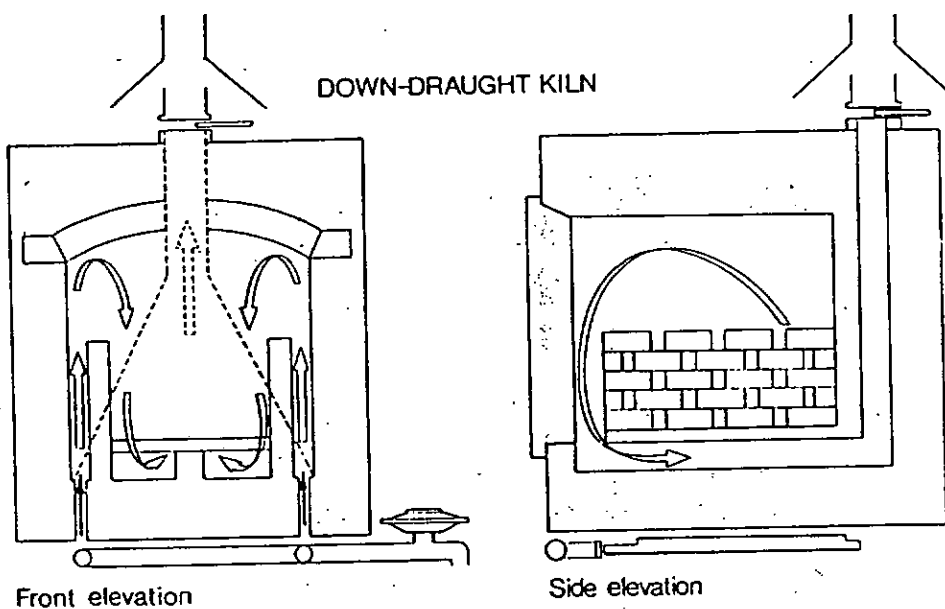
ชนิดของเตาเผา การจำแนกชนิดของเตาเผาทำได้หลายวิธี เช่น จำแนกตามวิธีการเผา ทางเดินของเปลวไฟ ลักษณะของเปลวไฟ ชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้เผา เป็นต้น ซึ่งพอสรุปได้โดยย่อ ดังนี้ (กรมวิทยาศาสตร์. 2513 : 97-98)

1. จำแนกตามวิธีการเผา ได้แก่
 - 1.1 เตาเผาแบบไม่ต่อเนื่อง (Uncontinuous Kiln)
 - 1.2 เตาเผาแบบกึ่งต่อเนื่อง (Semi-continuous Kiln)
 - 1.3 เตาเผาแบบต่อเนื่อง (Continuous Kiln)

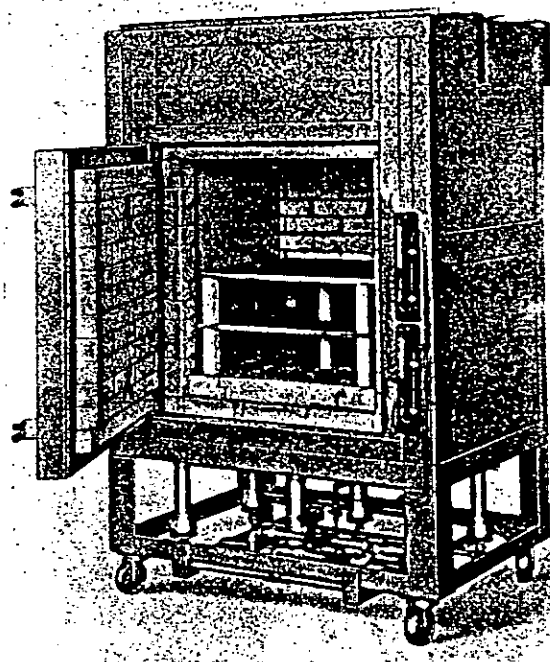
2. จำแนกตามลักษณะทางเดินของลมร้อน
 - 2.1 เตาเผาแบบทางเดินลมร้อนในแนวนอน (Horizontal Draught Kiln)
 - 2.2 เตาเผาแบบทางเดินลมร้อนขึ้น (Up Draught Kiln)
 - 2.3 เตาเผาแบบทางเดินลมร้อนลง (Down Draught Kiln)
3. จำแนกตามลักษณะของเปลวไฟ
 - 3.1 เตาเผาเปลวไฟสัมผัส (Direct Firing Kiln)
 - 3.2 เตาเผาแบบกึ่งป้องกันเปลวไฟ (Semi Muffle Kiln)
 - 3.3 เตาเผาแบบเตापิด (Muffle Kiln)
4. จำแนกตามลักษณะของเชื้อเพลิง
 - 4.1 เตาฟืน (Wood Firing Kiln)
 - 4.2 เตาถ่านหิน (Coal Firing Kiln)
 - 4.3 เตาน้ำมัน (Oil Firing Kiln)
 - 4.4 เตาแก๊ส (Gas Firing Kiln)
 - 4.5 เตาไฟฟ้า (Electric Firing Kiln)
5. จำแนกตามลักษณะของผลิตภัณฑ์
 - 5.1 เตาเผาคุกกี้ (Biscuit Kiln)
 - 5.2 เตาเผาผลิตภัณฑ์สำเร็จ (Glost Kiln)
 - 5.3 เตาเผาเคลือบ (Glazing Kiln)
 - 5.4 เตาเผาสี (Decorating Kiln)
6. จำแนกตามรูปลักษณะของเตาเผา
 - 6.1 เตากลม (Round Kiln)
 - 6.2 เตาสี่เหลี่ยม (Rectangular Kiln)
 - 6.3 เตาแนวราบ (Horizontal Kiln)
 - 6.4 เตาอุโมงค์ (Tunnel Kiln)
 - 6.5 เตาวงแหวน (Ring Kiln)



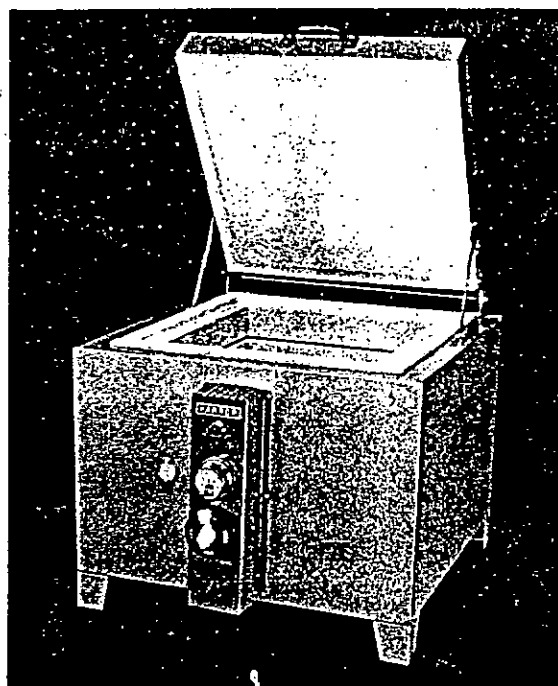
ภาพประกอบ 2 แสดงทิศทางการร้อนขึ้น



ภาพประกอบ 3 แสดงทิศทางการร้อนลง



ภาพประกอบ 4 แสดงรูปแบบลักษณะของเตาแก๊ส



ภาพประกอบ 5 แสดงรูปแบบลักษณะของเตาไฟฟ้า

เตาเผาที่ใช้เผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์และเครื่องปั้นดินเผามีมากมายหลายชนิด ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ดังนั้นในการผลิตแต่ละประเภทควรเลือกใช้เตาเผาให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์นั้น ๆ เพื่อผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดีและตรงตามความต้องการ ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะเผาผลิตภัณฑ์ทดลองด้วยเตาไฟฟ้า เนื่องจากเป็นเตาเผาที่นิยมใช้ในสถานศึกษา จึงขอกล่าวรายละเอียดของเตาไฟฟ้าดังนี้

เตาไฟฟ้า เป็นเตาเผาผลิตภัณฑ์ที่มีผู้สนใจกันมาก โดยเฉพาะในงานอุตสาหกรรมเซรามิกส์เครื่องปั้นดินเผา เนื่องจากผู้ใช้งานมีความสะดวกสบายคุมได้ง่าย มีความปลอดภัยสูง ค่าใช้จ่ายไม่สิ้นเปลืองมากนัก และได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี เตาไฟฟ้าที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมีหลายแบบและหลายขนาด สามารถเผาได้ในอุณหภูมิสูง มักนิยมสร้างเป็นเตาแบบกลม แบบหกเหลี่ยม แบบสี่เหลี่ยม ซึ่งมีทั้งชนิดเปิดบน เปิดด้านหน้า มีความจุตั้งแต่หนึ่งลูกบาศก์ฟุต จนถึงหลายลูกบาศก์ฟุต ใช้ไฟฟ้าทั้งชนิด Single Phase และ Three Phase ใช้กระแสไฟฟ้าชนิด 220 และ 380 โวลต์ เตาไฟฟ้าใช้เผาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่การเผาดิบ การเผาเคลือบ และยังใช้สำหรับเผาสีชนิดบนเคลือบได้อีกด้วย (ทวี พรหมพฤกษ์. 2525 : 63)

การทำงานของเตาไฟฟ้าจะให้พลังงานความร้อน ภายหลังจากการไหลของกระแสไฟฟ้าในขดลวดความต้านทาน (Heating Element) ที่ติดตั้งอยู่รอบผนังภายในเตา ซึ่งทำด้วยอิฐทนไฟ และฉนวนกันความร้อน เมื่อกระแสไหลผ่านขดลวดความต้านทานถึงนานหลายชั่วโมง ความร้อนก็จะสะสมเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงอุณหภูมิสูงสุดตามความต้องการ การควบคุมอุณหภูมิจะใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ (Pyrometer) ที่ติดตั้งไว้กับตัวเตา หรืออาจใช้ท่อนวัดไฟ (Pyrometric Cone) วางไว้ด้านในเตาเผาก็ได้เช่นเดียวกัน บรรยากาศในเตาเผาไฟฟ้านี้จะเป็นแบบออกซิเดชั่นเพียงอย่างเดียว เราอาจจำแนกเตาเผาไฟฟ้าได้ดังนี้

1. เตาเผาที่ใช้ความร้อนไม่เกินอุณหภูมิ 1100 องศาเซลเซียส

ภายในเตาเผาใช้ขดลวด Nickel-Chromium หรือบางทีเรียก Nichrome เป็นตัวให้ความร้อน ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้ในการเผาดิบ เผาเคลือบไฟคำ หรือการเผาตกแต่งเท่านั้น เพราะถ้าเผาอุณหภูมิที่สูงกว่านี้ ลวดอาจจะขาดได้เนื่องจากทนความร้อนไม่สูงมากนัก โดยปกติลวด Nichrome นี้จะเผาได้อุณหภูมิสูงสุดเพียง 1090 องศาเซลเซียส

2. เตาเผาที่ใช้ความร้อนอุณหภูมิสูง

เป็นเตาเผาที่ให้ความร้อนจากแท่งความร้อน ซึ่งทำจาก Silicon Carbide เรียกว่าแท่ง Global ซึ่งจะให้ความร้อนได้ถึงอุณหภูมิ 1538 องศาเซลเซียส หรืออาจจะถึง 1600 องศาเซลเซียส เตาเผาที่ใช้อุณหภูมิสูงชนิดนี้ส่วนใหญ่เผาประเภท High Fire Porcelain อาจจะเป็น Electrical Insulator หรือเผาทดลองวิจัยต่าง ๆ เหล่านี้เป็นต้น โดยปกติแล้วการเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้น

ดินเผาทั่วไป มักจะเผาที่อุณหภูมิไม่สูงมากนัก อาจจะทำลงมาถึงเล็กน้อย เช่น ประมาณ 1250 - 1280 องศาเซลเซียส ดังนั้นเตาเผาที่ใช้ Heating ชนิดเป็นแท่งจึงมีน้อย มักจะเปลี่ยนมาใช้ประเภทที่ใช้ ขดลวด Kanthal Wire ที่เรียกว่าชนิด A-1 ซึ่งจะมีโลหะผสมโครเมียม (Chromium) อลูมิเนียม (Aluminum) เหล็ก (Iron) และโคบอลต์ (Cobalt) เนื่องจากราคาถูกกว่ากันมากและ Kanthal Wire ก็สามารถให้ความร้อนได้ถึงอุณหภูมิประมาณ 1375 องศาเซลเซียส และไม่ทำปฏิกิริยากับกำมะถัน จึงนับว่ามีความเหมาะสมเป็นอย่างดี

ข้อดีของเตาเผาไฟฟ้า

1. ใช้อุณหภูมิต่ำเสมอ
2. การควบคุมการเผา และควบคุมอุณหภูมิได้สะดวก
3. เป็นเตาเผาที่สะอาดที่สุด เพราะไม่มีเปลวไฟ ไม่มีควันหรือเขม่า
4. สามารถติดตั้งและเคลื่อนย้ายไปได้ง่าย ทั้งตั้งเตาได้ทุกสถานที่
5. บรรยากาศภายในเตาเป็นแบบ Oxidizing Atmosphere จึงไม่ทำให้ผิวเคลือบ หรือสีเคลือบเปลี่ยนแปลง เพราะไม่มีปฏิกิริยากับเคลือบ (ทวี พรหมพฤษย์. 2525 : 64-65)

การทำงานของเตาเผาไฟฟ้า

เตาไฟฟ้า ให้พลังงานความร้อนจากการไหลผ่านของกระแสไฟฟ้าในขดลวดต้านทาน ซึ่งขดลวดต้านทานนี้จะมีค่าต้านทานสูง และสามารถให้ความร้อนได้ที่อุณหภูมิสูงมาก ความร้อน ที่ได้นี้เราสามารถวัดอุณหภูมิได้ด้วย Pyrometer โดยการต่อสาย Thermocouple ไว้ภายในเตา เมื่อ Thermocouple ได้รับความร้อนก็จะเกิดการขยายตัว ทำให้เกิดค่าความต้านทานที่ต่างกัน ดังนั้นปลายอีกด้านหนึ่งของ Thermocouple จึงต่อไว้กับ Meter ซึ่งมี Scale จะบอกค่าอุณหภูมิความร้อนภายในเตา ฉะนั้นเราจะทราบอุณหภูมิได้ทุกระยะในขณะที่ทำการเผา

ส่วนความร้อนที่ได้จากขดลวดภายในเตาไฟฟ้านั้น จะพบว่าเตาไฟฟ้าไม่มีปล่องระบายความร้อน ทั้งนี้เนื่องจากความร้อนภายในเตาไม่มีเปลวไฟและไม่มีควัน จึงไม่ต้องให้มีทางระบาย เพียงแต่มีช่องเล็ก ๆ สำหรับให้แก๊สออกมาบ้าง หรือสำหรับมองดูสีไฟและผลิตภัณฑ์เท่านั้น ลักษณะการเผาของเตาไฟฟ้านี้ไม่มีควัน เรียกภาวะการเผาใหม่นี้ว่า Oxidizing Condition ลวดความร้อนจะอยู่ในร่องของอิฐทนไฟ หรือในผนังเตาภายในโดยรอบเตา

การถ่ายเทพลังงานความร้อนของเตาเผาไฟฟ้า

เตาไฟฟ้าเป็นเตาที่ให้พลังงานความร้อนโดยการแผ่รังสีความร้อน (Radiant Heat) ออกมาจากขดลวดไฟฟ้า (Electric Element or Heater) ขดลวดนี้จะเป็นขดลวดที่มีความต้านทานกระแสไฟฟ้าคือ เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดต้านทานก็จะทำให้เกิดพลังงานความร้อน ปริมาณความร้อนจะมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับชนิดของขดลวด และอุปกรณ์โครงสร้างของเตา โดยเฉพาะอิฐ

ทนไฟชนิดเบร และฉนวนป้องกันความร้อน (Insulating Brick and Insulation Board)

อุปกรณ์ที่สำคัญของเตาเผาไฟฟ้า

1. โครงสร้างของเตาไฟฟ้า นิยมใช้เหล็กฉากเป็นโครงและมีเหล็กแผ่นกรอบเตา โดยตัวเตาจะมีหลายรูปลักษณะ เช่น สี่เหลี่ยม หกเหลี่ยม วงกลม ส่วนประตูเปิด จะมีทั้งแบบ ปิด-เปิดด้านหน้า (Front Loading) และปิด-เปิดด้านบน (Top Loading) แต่ถ้าเป็นเตาที่เผาอุณหภูมิ มาก ๆ เช่น 1500 องศาเซลเซียสขึ้นไป จะใช้แผ่นแอสเบสทอสชนิดแข็งหุ้มตัวเตา ซึ่งจะได้ผลดี
2. อิฐทนไฟ ในเตาไฟฟ้าจะใช้อิฐทนไฟชนิดเบร (Insulating Firebrick) เพราะเป็นอิฐ ที่ทนความร้อนได้สูง มีน้ำหนักเบรและยังเป็นฉนวนป้องกันความร้อนไปในตัว ซึ่งจะทำให้ไม่ต้อง สูญเสียเชื้อเพลิงในการเผาแต่ละครั้ง เพราะผนังเตาไม่เปลืองความร้อนและมีความหนาที่ไม่มาก จึงทำให้ความร้อนภายในเตาขึ้นได้เร็วและเย็นลงได้เร็วด้วย
3. ฉนวนกันความร้อน ฉนวนนี้จะเป็นตัวป้องกันความร้อนมิให้ความร้อนไหลผ่าน ตัวเตาออกไป และยังคงเป็นสารที่ทนต่อความร้อนได้ดี เป็นตัวนำความร้อนที่เลวทนต่อการ กระทบความร้อนเย็นได้ดี ไม่ยุ่ยตัวง่าย ง่ายต่อการประกอบ น้ำหนักเบา มีหลายลักษณะ เช่น เป็นแผ่น เป็นเชือก ชนิดฟอง ชนิดท่อหุ้ม แต่ที่นิยมใช้กับเตาไฟฟ้าจะใช้ชนิดแผ่นมากกว่า
4. วงจรไฟฟ้า ในการสร้างเตาควรทราบกำลังไฟที่แน่นอนว่าเป็นชนิดสองขั้ว (Single Phase) หรือแบบสามขั้ว (Three Phase) จำนวนช่องขดลวดภายในเตา ใช้จำนวนเท่าใด เพื่อสร้าง วงจรไฟฟ้าได้ถูกต้อง
5. เครื่องวัดอุณหภูมิ นิยมใช้เครื่องวัดแบบ Pyrometer และใช้โคน (Cone) หรืออาจ มีมากกว่านี้ เช่น สวิทช์ตั้งเวลาสำหรับอุณหภูมิในช่วงแรกของการเผา สำหรับยีนอุณหภูมิ และเพิ่มอัตรากระแสไฟฟ้า รวมถึงสวิทช์อัตโนมัติสำหรับตัดไฟเมื่อถึงอุณหภูมิหรือตามโปรแกรม ที่ตั้งไว้
6. สวิทช์ไฟ ใช้เป็นตัวปิด-เปิดไฟ ควรใช้ขนาดไม่ต่ำกว่า 20 แอมป์
7. สายไฟฟ้าทนความร้อน สายไฟชนิดนี้มีฉนวนป้องกันความร้อนหุ้มอยู่ใช้ต่อจาก ขดลวดภายในเตากับสายไฟภายนอกหรือการตัดวงจรของขดลวด ทั้งนี้เพื่อป้องกันความร้อนที่ อาจเกิดขึ้นได้ จากขดลวดหรือจากเตาที่จะทำลายฉนวนหุ้มสายไฟแบบธรรมดา
8. ข้อต่อสาย เป็นชนิดทองแดงเพื่อความคงทนต่อความร้อนได้มากยิ่งขึ้น
9. ท่อฉนวนไฟฟ้า เป็นหลอดที่ทำจากสารที่เป็นฉนวนไฟฟ้า เช่น วัสดุทนไฟ หรือ ดินทนไฟ ใช้เป็นหลอดให้ปลายของขดลวดภายในเตาออกมาต่อกับสายไฟชนิดทนความร้อนได้ ไม่สัมผัสกับโครงสร้างของเตาที่เป็นเหล็ก เพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นจากกระแสไฟฟ้าได้
10. ชั้นรองเตา ชั้นหรือแผ่นรองเตานี้ทำหน้าที่รองผลิตภัณฑ์ ขณะที่เผาในเตา ทำจาก

วัตถุนไฟ ทนความร้อนได้สูง มีความแข็งแรง รับน้ำหนักได้ดี ไม่บิดเบี้ยวหรือทรุดตัวขณะทำการเผา ที่นิยมนี 2 ชนิดคือ

10.1 คอร์ดีไรต์ (Cordierite) ใช้เผาที่อุณหภูมิไม่เกิน 1230 องศาเซลเซียส

10. 2 ซิลิกอนคาร์ไบด์ (Silicon Carbide) ใช้เผาที่อุณหภูมิสูงกว่าคอร์ดีไรต์ ซึ่งมีราคาแพงและใช้ได้คงทนกว่า

11. ขารองใช้เป็นขารองของแผ่นรองผลิตภัณฑ์ เพื่อเผาได้หลายๆ ชั้นจนเต็มเตา ขารองนี้ต้องเป็นวัตถุนความร้อนได้สูง และรับน้ำหนักได้สูงเช่นเดียวกับแผ่นรอง

12. ช่องคูไฟ นิยมเจาะในช่องกลางเตาและช่วงบนของตัวเตาเพื่อเวลาเผาจะได้มองเห็นภายในเตาว่ามีปัญหาอะไร และยังสามารถมองสีไฟขดลวดและ โคนที่ตั้งสำหรับวัตถุนหุ้ด้วยช่องคูไฟ มักจะเป็นแผ่นโลหะที่ปิด-เปิดได้หรืออาจเป็นแท่งอิฐทนไฟ สำหรับอุดไว้ก็ได้

13. สวิทช์ปลอดภัย เป็นอุปกรณ์ใช้ป้องกันสำหรับกรณีที่เกิดกระแสไฟฟ้าเกิดการไหลผิดปกติ โดยเฉพาะการลัดวงจร สวิทช์จะเกิดกระแสไฟทันที

14. ลวดความร้อน ที่นิยมใช้คือแคนทาล (Kanthal) และซิลิกอนคาร์ไบด์ (Silicon Carbide)

ขดลวดที่นิยมใช้กับเตาไฟฟ้ามีดังนี้

ขดลวดนิโครม (Nichrome) เป็นโลหะผสมชนิดแรกที่ถูกนำมาใช้ในการทำเตาไฟฟ้าเพื่อใช้กับงานเผาอุณหภูมิไม่เกิน 1050 องศาเซลเซียส ในการเผาจึงต้องระวังไม่เผาเกินอุณหภูมินี้ เพราะขดลวดจะหลอมละลายก่อน เนื่องจากขดลวดทำจากโลหะผสมระหว่างนิกเกิลกับโครเมียม (Nikel-Chromium Alloy) ในปริมาณ 80% นิกเกิล 20% โครเมียม แต่ถ้าใช้ส่วนผสมในปริมาณ 65% นิกเกิล, 15% โครเมียม และ 20% เหล็ก จะเผาได้เพียงอุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส เท่านั้น แต่ถ้าต้องการอุณหภูมิที่สูงกว่า 2 ชนิดนี้ จะต้องเป็นโลหะผสมระหว่าง เหล็ก, โครเมียม, อลูมิเนียมและโคบอลต์

ขดลวดแคนทาล (Kanthal) เป็นโลหะผสมระหว่าง 37.5% โครเมียม 7.5% อลูมิเนียม และ 55% เหล็ก หรือ 2-3% โคบอลต์, 4-6% อลูมิเนียม, 22-25% โครเมียม สามารถเผาได้ถึง 1375 องศาเซลเซียส

ข้อเปรียบเทียบระหว่างการใช้ลวดนิโครมกับลวดแคนทาล

ลวดนิโครม เมื่อใช้กับน้ำเกลือที่ไม่มีตะกั่ว เมื่อเผาอุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส จะมีอายุการใช้งาน 5-10 ปี เมื่อเผาอุณหภูมิ 1050 องศาเซลเซียส จะใช้งานได้ 2-4 ปี ถ้าใช้น้ำเกลือที่มีตะกั่วจะมีอายุใช้งานเพียง 9-12 เดือน ที่อุณหภูมิเดียวกัน

ลวดแกนทึบ จะมีอายุใช้งานประมาณ 2 ปี เมื่อเผาที่อุณหภูมิ 1250 องศาเซลเซียส ลวดแกนทึบบางครั้งอาจใช้แบบ Ribbon แทนได้ โลหะผสมที่ทำเป็นขดลวดจะขดเป็นเส้นกลม เดินไปตามผนังด้านข้างของอิฐทนไฟ โดยอาจฝังไว้ในร่องหรืออาจห้อยไว้ โดยมีแท่งความร้อน ร้อยอยู่ตรง กลาง หรืออาจจะใส่ช่องทนไฟพิเศษที่สร้างขึ้นก็ได้

แท่งทนความร้อนชนิดซิลิคอนคาร์ไบด์ (Silicon Carbide) สำหรับเผาที่อุณหภูมิ สูง ๆ แหล่งพลังงานความร้อนชนิดนี้ทำจาก Silicon Carbide (Carborundum) Rods สำหรับชนิด การเผาแบบต่อเนื่องทั่ว ๆ ไป จะทนความร้อนได้ถึง 1400 องศาเซลเซียส แต่ในกรณี สำหรับงานพิเศษ จะทนได้ถึง 1575 องศาเซลเซียส แท่งทนความร้อนชนิดนี้มีข้อยุ่งยากในการใช้ มากกว่าชนิดขดลวดความต้านทานอื่น ๆ ปลายข้างหนึ่งจะต้องต่อเข้ากับขั้วสายไฟฟ้า ซึ่งไม่สามารถจะต่อกันได้โดยตรง เพราะมีความร้อนมากเกินไป ดังนั้นปลายทั้งสองข้างของแท่งทน ความร้อนนี้จึงต้องมีช่องของซิลิคอนอิสระต่อเข้าไว้ การทำด้วยวิธีการนี้ จะแก้ปัญหาให้ดีขึ้น เพราะจะทำให้ปลายทั้งสองมีความร้อนน้อยมาก ในขณะที่ทำการเตรียมคาร์ไบด์ Crusilite จะอยู่ใน สภาพที่ไม่แข็งตัว ก็จะเอาด้วยโลหะมาหุ้มปลายทั้งสองข้างเป็นโลหะ ซึ่งสามารถต่อเข้าสายไฟได้

โมลิบดีนัม ซิลิไซด์ (Molybdenum Silicide) เป็นแหล่งพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้น เมื่อปี ค.ศ. 1958 โดยทำจากโมลิบดีนัม ซิลิไซด์ ซึ่งสามารถใช้พลังงานความร้อนที่สูงมาก เป็นเส้น ลวดเล็ก ๆ สร้างพิเศษสำหรับเป็นเตาในห้องทดลองซึ่งสามารถเผาได้ถึง 1650 องศาเซลเซียส ลวดชนิดนี้ควรอย่างยิ่งที่จะเผาในสภาวะออกซิได แต่ก็สามารถเผาในภาวะรีดิวซ์ได้เช่นกัน

คาร์โบรันคัมกับกรานูลาร์ คาร์บอน (Carborundum with Granular Carbon) เป็น ลวดอีกชนิดหนึ่งที่มีใช้โลหะ โดยจะประกอบขึ้นด้วยคาร์โบรันคัม เป็นรูปร่างยาว ๆ แล้วปิดทับ ด้วย Granular Carbon ปลายทั้งสองข้างต่อเข้าสายไฟได้และนำมาติดกับผนังวัตถุทนไฟ

สเตบิลิไซด์เซอร์โคเนีย (Stabilized Zirconia) แหล่งพลังงานความร้อน ชนิดนี้นิยมใช้กับเตาถลุง เพราะสามารถเผาได้ถึง 2000 องศาเซลเซียส

มอลเทน ทิน อิเล็กโทรด (Molten Tin Electrode) โดยปกติดีบุกจะหลอมละลายที่ อุณหภูมิ 231 องศาเซลเซียส และจะไม่เดือดจนกระทั่งอุณหภูมิ 2300 องศาเซลเซียส จึงทำให้เป็น สภาพของเหลวอยู่ได้นาน สามารถแสดงคุณสมบัติในการคงทนต่อการกัดสัได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิ 2100 องศาเซลเซียส เมื่อนำแหล่งพลังงานความร้อนมาใช้อาจจะเผาได้ถึง 1500 องศาเซลเซียส

ในการควบคุมความร้อนของเตาไฟฟ้านี้จะควบคุมโดยจำนวนเส้นของขดลวดความร้อน ซึ่งเป็นตัวที่สามารถจะเพิ่มหรือลดพลังงานความร้อนภายในเตาได้ ตั้งแต่เริ่มเผาจะต้องป้องกันมิให้ อากาศไหลผ่านเข้าไปในเตาได้ และบรรยากาศภายในเตาจะสะอาดบริสุทธิ์ ไม่มีเขม่าควัน ซึ่งเป็น สภาวะออกซิไดซิง (Oxidizing Atmosphere) จากจุดนี้เองเป็นจุดที่น่าสนใจมากสำหรับเตาไฟฟ้า

ในการเผาอุณหภูมิสูง ๆ แต่ไม่สามารถเผาในสภาวะรีดิวซิง (Reducing Atmosphere) สำหรับการเผาแบบรีดักชันนั้นจะทำได้โดยใส่สารที่เป็นคาร์บอนหรือถ่าน เข้าไปในห้องเผา (Chamber of the Kiln) หรือภายในเตา ในขณะที่ทำการเผาและพอจะกระทำได้ โดยใส่ตรงบริเวณข้างเตา (อำพน วัฒนรังสรรค์. 2531 : 35-41)

ส่วนประกอบของเตาเผา

ทวี พรหมพุกษ์ (2525 : 15-17) ได้กล่าวถึงส่วนประกอบที่สำคัญที่ทำให้เตาเผามีประสิทธิภาพในการทำงานโดยอาศัยหลักการดังต่อไปนี้

1. ห้องเผา (Firing Chamber) โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ
 - 1.1 ส่วนบน (Top Part)
 - 1.2 ส่วนกลาง (Middle Part)
 - 1.3 ส่วนล่าง (Bottom Part)
2. ผนังเตา (Fire Wall) โดยปกติผนังเตาจะก่อด้วยอิฐ 2 ชั้น ทำหน้าที่ควบคุมความร้อนอิฐผนังภายในเตา (Lining) จะใช้อิฐทนไฟที่มีคุณภาพดี ในลักษณะของเตาไฟฟ้าหรือเตาแก๊สจะใช้อิฐทนไฟชนิดเบา (Insulating Brick) ภายนอกจะถูกหุ้มด้วยอิฐทนไฟธรรมดาหรืออิฐที่ใช้ในการก่อสร้างทดแทนได้ ส่วนเตาเผาที่ใช้เผาในอุณหภูมิสูง และอาจหุ้มฉนวนทนความร้อนอีกชั้นหนึ่ง
3. พื้นเตา (Floor) ทำหน้าที่รับน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ภายในเตาสมัยโบราณ โดยเฉพาะเตาที่สร้างบนพื้นดิน เช่น เตาสมัยสุโขทัย เตาจีน นิยมใช้ทราย (Silica) รองพื้นเตา เพื่อป้องกันน้ำเคลือบไหลติดพื้นเตา ซึ่งในปัจจุบันเตาได้มีการพัฒนาและเปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะเตาชนิดทางลมร้อนลง (Down Draught Kiln) ต้องออกแบบให้พื้นเตามีช่องระบายลมร้อนลง มีลักษณะคล้ายตารางหมากรุกในส่วนของพื้นตัว ส่วนเตาชนิดทางลมร้อนขึ้น (Up Draught Kiln) จะต้องเจาะพื้นพื้นเตาให้ความร้อนขึ้นได้สะดวก เตาชนิดทางลมร้อนขึ้น ควรสร้างตะกลับ (Checker Walk) หลายชั้น ช่วยให้ความร้อนสม่ำเสมอทั่วทั้งเตา
4. ปล่องไฟ (Chimney) เตาที่ใช้เชื้อเพลิงประเภทฟืน แก๊ส น้ำมัน ถ่าน ต้องออกแบบเตาให้มีปล่องไฟ เพื่อช่วยให้การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเป็นไปได้ดี โดยเฉพาะเตาเผาที่ใช้พื้นปล่องไฟจะมีขนาดใหญ่ ส่วนเตาแก๊สและเตาน้ำมันจะมีขนาดเล็กกว่า แต่เตาไฟฟ้าจะไม่มีปล่องไฟเหมือนกับเตาชนิดอื่น
5. กำแพงไฟ (Fire Wall) โดยเฉพาะเตาแก๊สและเตาน้ำมัน กำแพงไฟจะอยู่ภายในเตาเพื่อเป็นตัวป้องกันไม่ให้เปลวไฟที่ออกจากหัวพ่นจะสัมผัสกำแพงไฟ ซึ่งอิฐทนไฟที่ใช้ก่อกำแพงไฟต้องเป็นอิฐทนไฟที่มีคุณภาพดี
6. หัวพ่น (Burner) มีทั้งชนิดที่ใช้แก๊สและน้ำมัน หัวพ่นที่ใช้กับน้ำมันชนิดที่ใช้พัดลม มีทั้งชนิดในตัวและแยกต่างหาก สำหรับในโรงงานอุตสาหกรรมสามารถใช้ในการเผาให้ติดต่อกัน

ตลอดเวลา ส่วนหัวพ่นแก๊ส นิยมใช้หัวพ่นแบบ Venturi ใช้อากาศปรับได้ในตัว

7. หลังคาเตา (Crown) เตาเผาขนาดใหญ่หลังคาเตาจะมีการออกแบบให้โค้ง (Arch) ทำให้มีการทรงตัวดีเนื่องจากมีความร้อนสูง แต่มีจุดอ่อนในโอกาสของการพังทลายได้ จึงนิยมออกแบบภายในเตาขนาดใหญ่ มีหลังคาโค้ง การเรียงอิฐต้องใช้เทคนิคสูงเกี่ยวกับการหดตัวและการขยายตัวของอิฐเป็นสำคัญ

8. ประตูเตา (Door) ทำหน้าที่เปิดปิด ในการบรรจุของเข้าและออกจากเตา เตาชนิดที่ใช้รถบรรจุของเข้าเตา (Kiln Car) มีการออกแบบประตูติดกับตัวรถ ออกแบบติดกับตัวเตา ซึ่งประตูเตาจะมีการเจาะช่อง (Peep Hole) ไว้สองระดับ เพื่อการสังเกตสีของไฟ ส่วนเตาไฟฟ้าประตูของเตาจะเป็นฝาเตาโดยฝาเตาต้องป้องกันความร้อนไม่ให้รั่วได้ สำหรับเตาพื้น เตาจีน ประตูเตาจะบังไม่ให้ความร้อนออก

9. รถบรรทุกผลิตภัณฑ์ (Kiln Car) ส่วนใหญ่จะเป็นเตาที่ใช้ น้ำมัน แก๊สและไฟฟ้า โดยการออกแบบเตาชนิดที่ใช้รถบรรทุกผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผา เช่น Shuttle Kiln, Tunnel Kiln รถบรรทุกผลิตภัณฑ์มีส่วนประกอบที่สำคัญคือส่วนบน (Car Top) และส่วนป้องกันความร้อน (Sand Seal)

10. แผ่นบังค้ำความร้อน (Damper) ส่วนใหญ่เป็นเตาแก๊สและเตาน้ำมันจะมีแผ่นบังค้ำความร้อนจะอยู่ในช่วงที่ความร้อนจะไหลขึ้นสู่ปล่อง ทำหน้าที่คอยบังค้ำไม่ให้ความร้อนไหลเร็วจนเกินไป

11. เครื่องวัดอุณหภูมิ (Pyrometer) เป็นเครื่องมือบอกความร้อนภายในเตาโดยบอกเป็นองศาเซลเซียส และองศาฟาเรนไฮต์ บางชนิดบอกเป็นตัวเลข จนกระทั่งเป็นระบบอัตโนมัติ บางชนิดเป็นการเทียบสี (Optical Pyrometer Cone) ชนิดที่ใช้วัดอุณหภูมิเข้าเผาในเตาเรียกว่า Pyrometric Cone

12. ช่องดูไฟ (Fire Hole) ในการออกแบบเตาทุกชนิดจะต้องมีช่องดูไฟ มักเจาะไว้ 3 ระดับ เพื่อใช้เปรียบเทียบสีของไฟ ใช้ดู Cone ในการเผา ซึ่งในเตาไฟฟ้าสามารถทำหน้าที่ระบายแก๊สด้วย

13. อุปกรณ์เตา (Kiln Furniture) โดยเตาทุกชนิดจะต้องมีอุปกรณ์โดยเฉพาะชั้นรองเพื่อวางผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผาเคลือบโดยมี 2 ชนิดคือ Silicon Carbide และ Cordierite เตาบางชนิดใช้หีบทนไฟ (Sagger) ซึ่งจะใช้กับเตาพื้น

อำพน วัฒนรังสรรค์ (2540 : 129-132) ได้กล่าวถึงส่วนประกอบของเตาเผาเซรามิกส์ โดยได้แยกส่วนสำคัญดังต่อไปนี้

1. ส่วนที่เป็นแหล่งกำเนิดความร้อน (Fireplace & Combustion Chamber) เป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งประกอบด้วยห้องไฟ (Fireplace) ถ้าเป็นเตาเผาที่ใช้เชื้อเพลิง ถ่านหินหรือฟืนจะต้องอาศัยชั้นเตา (Grate) เข้าช่วยให้เกิดการสันดาปที่ดีได้ หากเป็นเตาน้ำมันหรือเตาแก๊ส ไม่จำเป็นต้อง

อาศัยชั้นเตา ส่วนพื้นห้องไฟจะเป็นเพียงพื้นดิน (Solid Floor) ถัดจากส่วนนี้เข้าสู่ภายในเตาติดต่อกับห้องเผา (Firing Chamber) เป็นส่วนของห้องที่ช่วยให้เกิดการสันดาป ระหว่างเชื้อเพลิงที่ยังเผาไหม้ไม่สมบูรณ์กับอากาศอีกที่เรียกว่าห้องการสันดาป (Combustion Chamber) จะมีช่องลมเย็นหรืออุณหภูมิลดลงผ่านเข้าห้องนี้ ช่วยให้เกิดการสันดาปดีขึ้น ผนังด้านข้างเตาส่วนท้ายสุดของห้องจะเปิดเข้าสู่ภายในบริเวณเตาที่มีลักษณะคล้ายถึงเปิดขึ้น จึงเรียกว่า Bag ทุค Bag จะเป็นกำแพงไฟ (Bag Wall) กันไฟจากห้องไฟไม่ให้สัมผัสกับของที่เผาอีกที กำแพงที่สร้างขึ้นอาจสูงหรือต่ำก็ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ที่เผา

2. ห้องเผาผลิตภัณฑ์ (Firing Chamber) เป็นส่วนที่ใช้วางผลิตภัณฑ์ในการเผาพื้นเตาอาจสร้างเป็นพื้นดินหรือพื้นโปร่ง เตาเผาแบบความร้อนผ่านขึ้นจะออกแบบให้เป็นพื้นโปร่งเพื่อเป็นทางผ่านของลมร้อนลงสู่หลังคาเตา และปล่องไฟในที่สุด ในเตาเผาสมัยใหม่ ส่วนนี้จะถูกออกแบบเปลี่ยนเป็นรถเตา (Kiln Car) เพื่อประโยชน์ในการบรรทุกของการจัด Load ภายนอกเตาได้ (สำหรับเตาเหลี่ยม) ทำให้ระยะการนำของเข้าออกจากเตาได้เร็วขึ้น ทำให้จำนวนรอบในการเผามากขึ้น เตาแบบนี้จึงถูกเรียกว่าเตาแบบกระสวย (Shuttle Kiln) จัดเป็นเตาเผาแบบไม่ต่อเนื่องที่ได้วิวัฒนาการมา

3. ส่วนที่เป็นผนังเตาและหลังคาเตา (Kiln Wall and Roof) จัดเป็นส่วนที่ปกปิดและเก็บความร้อนให้อยู่ภายในเตาได้นานที่สุดในการก่อสร้าง ถ้าเตามีขนาดใหญ่มา ๆ จะต้องมีการเว้นให้อิฐได้ขยายตัวได้ (Expansion Joint) เป็นตอนๆ ไป การก่อสร้างผนังเตาเผาใช้อิฐ 3 ประเภท คือ ผนังด้านในสุดของเตาจะใช้อิฐทนไฟ (Refractory Bricks) ผนังส่วนนอกใช้อิฐมอญ (Common Bricks) ส่วนระหว่างกลางของสองชั้นอิฐ จะใช้อิฐฉนวนความร้อน (Insulating Bricks) เพื่อเป็นตัวป้องกันความร้อนไม่ให้ผ่านออกสู่ผนังนอกเตา ซึ่งในปัจจุบันนี้มีการนำเอาวัสดุทนไฟมาสร้างเตาเผาเซรามิกส์ ได้มีวิวัฒนาการมากขึ้น ส่วนที่เป็นอิฐทนไฟ (Refractory Brick) ได้เปลี่ยนมาใช้อิฐทนไฟแบบฉนวนความร้อน (Insulating Fire Bricks หรือ I.F.B.) แทน เพื่อทำหน้าที่กันไม่ให้ความร้อนผ่านออกจากเตามากนัก ทำให้เตาเผาที่สร้างโดยวิธีนี้สามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้มากขึ้น และส่วนที่เป็นหลังคาเตาใช้อิฐทนไฟแบบ I.F.B. ต้องออกแบบโค้งของหลังคาเตาให้ถูกต้องตามชนิดวัสดุที่ใช้เพื่อให้มีความแข็งแรงและความคงทนต่อการใช้งานได้ดีอีกด้วย

4. ทางเดินลมร้อน (Flue) เป็นช่องทางเชื่อมระหว่างส่วนห้องไฟกับห้องเผาระหว่างที่ช่องไฟเดินอยู่ใต้พื้นเตา (Kiln Floor) จะมีช่องเปิดสู่ภายในเตา (Floor Opening) เป็นตอน ๆ ไปเพื่อกระจายความร้อนให้สู่ทุกบริเวณเตาอย่างดีที่สุด โดยเฉพาะเตาเผาที่มีขนาดใหญ่เป็นสิ่งจำเป็นมาก เพื่อให้เกิดการเผาที่มีอุณหภูมิสม่ำเสมอที่เตา

5. ปล่องไฟ (Chimney) มีหน้าที่ทำให้เกิดกระแสลมผ่านสู่เตา และออกทางปล่องโดยอาศัยความแตกต่างระหว่างความดันอากาศภายในเตากับส่วนยอดของปล่อง กระแสลมร้อนที่ผ่าน

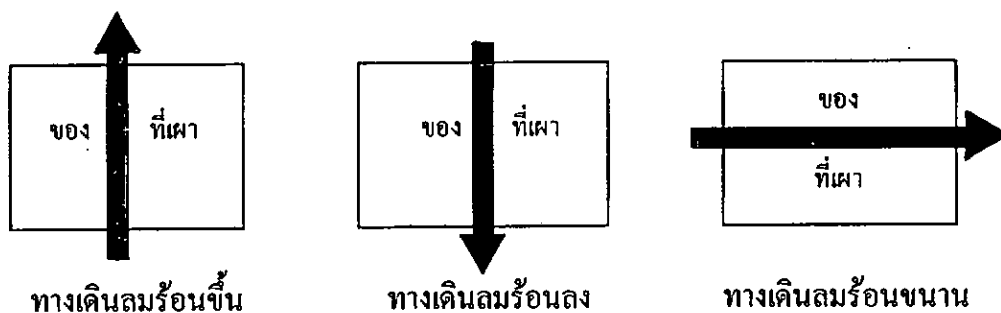
เตา เรียกว่า Draught นอกจากเหตุผลดังกล่าวแล้ว ความร้อนภายในเตาที่สูงขึ้นจะเป็นส่วนช่วยให้ Draught ดีตามไปด้วย ผลคือทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ดีขึ้นได้

จากการจำแนกชนิดของเตาเผาอาจทำได้โดยพิจารณาถึงเหตุผลต่าง ๆ มาประกอบ เช่น ลักษณะรูปร่างของเตา (เตาเหลี่ยม, เตากลม, เตาทุเรียง) เชื้อเพลิงที่ใช้ (เตาแก๊ส, เตาน้ำมัน, เตาไฟฟ้า) วิธีการใช้งาน (เตาเผาแบบต่อเนื่อง, เตาเผาแบบไม่ต่อเนื่อง) วิธีการให้ความร้อน (เตาหมuffle, เตาเผาโดยตรง) ชนิดของผลิตภัณฑ์ที่เผา (Biscuit Firing Kiln, Glost Kiln) วิธีการเดินของกระแสลม (Up draught kiln, Down draught kiln, Horizontal draught kiln) เป็นต้น

วิธีการจำแนกเตาเผาเซรามิกส์ อาจใช้เหตุผลอย่างใดอย่างหนึ่งประกอบขึ้นมาเพื่อการพิจารณาและอาจจำแนกได้โดยวิธีนี้คือ

1. Single Kiln Up Draught Kiln
 Down Draught Kiln
 Horizontal Draught Kiln
2. Connected Kiln Up Draught Kiln
 Down Draught Kiln
 Horizontal Draught Kiln
3. Special Kiln Tunnel Kiln
 Muffle Kiln
 Temporary Kiln

เตาแบบ Connected Kiln คือเตาที่นำเตาแบบ Single Kiln มาต่อกันเป็นอนุกรม (Series) เพื่อผลในการใช้ความร้อนให้เกิดประโยชน์ยิ่งขึ้น วิธีการนี้ช่วยให้เกิดการประหยัดเชื้อเพลิงในการเผาได้ ส่วนการจำแนกเตาเผาตามระบบทางเดินลมร้อนแบ่งได้ 3 ชนิดคือ



ภาพประกอบ 6 แสดงการจัดทิศทางเดินของลมร้อน

1. เตาแบบทางเดินลมร้อนผ่านขึ้น (Up Draught Kiln) เตาชนิดนี้ ความร้อนจะผ่านจากพื้นเตาส่วนล่างหรือผนังเตาด้านล่างผ่านช่องเปิดพื้นเตาเข้าสู่ห้องเผา และผ่านผลิตภัณฑ์ที่วางเผาสู่หลังคาเตาและออกไปทางปล่องในที่สุด เตาแบบนี้จะมีช่องทางเดินลมร้อน ภายในเตาสั้น ไม่ช่วยในการประหยัดเชื้อเพลิงเท่าที่ควร ลักษณะโครงสร้างของเตามีทั้งแบบเตากลมและเตาเหลี่ยม เตากลม เป็นเตาที่นิยมใช้เผาเครื่องปั้นดินเผา (Pottery) มากกว่าเตาเหลี่ยม ซึ่งนิยมเผาพวกอิฐต่าง ๆ เตากลมจะมีรูปร่างต่าง ๆ กันออกไป เช่น เป็นแบบปล่องไฟเรียก Stack Oven เป็นแนวนวด เรียก Hovel Oven หรือ Skelton Oven ซึ่งจัดเป็นเตาที่นิยมใช้ทาง Pottery เป็นอย่างมาก จัดว่าเป็นการออกแบบที่ค่อนข้างจะสมบูรณ์ยิ่ง ส่วนเตาอีกแบบคล้ายเตา Muffle ที่ใช้เผากระเบื้องเคลือบหลังคา โดยเฉพาะในชนบท แต่จะมีปล่องสูงขึ้นไปเรียกว่า Cupola Oven เตาเผาแบบทางเดินลมร้อนผ่านขึ้นเหล่านี้เหมาะ สะดวกและง่ายต่อการสร้าง ดันทุนถูก เมื่อชำรุดสามารถซ่อมสร้างได้ง่าย สะดวกต่อการใช้ และสามารถปรับและสร้างได้ทุกขนาดของกำลังการผลิต แต่มีข้อเสียเล็กน้อยที่เปลืองเชื้อเพลิงในการใช้งานมากกว่าเตาชนิดอื่น ๆ

2. เตาเผาแบบทางเดินลมร้อนผ่านลง (Down Draught Kiln) เป็นเตาที่ดัดแปลงมาจากชนิดแรก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ความร้อนได้คงอยู่ภายในเตาเผาานานยิ่งขึ้น กล่าวคือความร้อนจะเดินผ่านขึ้นทางด้านผนังเตาสู่หลังคา และวกอ้อมลงสู่เบื้องล่างของเตา โดยผ่านผลิตภัณฑ์ที่ตั้งเผาลงสู่ช่องเปิดที่พื้นเตา ผ่านท่อความร้อนออกสู่ปล่อง ซึ่งจะช่วยให้ประหยัดเชื้อเพลิงเพราะความร้อนสามารถอยู่ภายในเตาได้นานกว่าเตาชนิดแรก เตาชนิดนี้มีทั้งแบบเตาชนิดกลมและชนิดเหลี่ยม การออกแบบพื้นเตามักใช้เทคนิคในทางที่จะหาวิธีการปิดกั้นมิให้ความร้อนหนีผ่านออกจากเตาทางด้านล่างได้มาก โดยวิธีการสร้างเป็นพื้นเตาโปร่ง อาจมีหนึ่งหรือสองชั้นก็ได้ ขึ้นอยู่กับการป้องกันความสูญเสียความร้อนมากน้อย วิธีนี้จะทำให้อุณหภูมิภายในเตาสม่ำเสมอ ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิช่องบนและล่างมักมีอยู่เสมอ โดยช่องบนจะมีอุณหภูมิสูงกว่าช่องล่างของเตา นักเซรามิกมักจะมีวิธีการปรับให้ใกล้เคียงกันได้ โดยเตากลมแบบ Down Draught Kiln ถูกนำมาใช้เผาอิฐทนไฟ

3. เตาเผาแบบทางเดินลมร้อนขนาน (Horizontal Draught Kiln) เตาชนิดนี้ความร้อนจะผ่านในแนวนานกับพื้นเตาผ่านช่องที่วางเผาออกสู่ภายนอกเตาทางปล่อง โดยลักษณะที่ความร้อนวิ่งขนานกับพื้นเตาจึงสามารถสร้างเตาเผาให้ยาวเท่าไรก็ได้ ความยาวยิ่งมากจะก่อให้เกิดการประหยัดเชื้อเพลิงขึ้นตามส่วน เนื่องจากความร้อนที่เดินทางผ่านของที่เผ่าจะไป Preheat ส่วนอื่น ๆ ของเตาให้สูงขึ้น จึงเป็นการใช้ความร้อนให้เป็นประโยชน์ นิยมใช้ในการเผาอิฐโดยเตามีความยาว อาจยาวถึง 80 เมตร เรียกว่าเตาจีน ในการเผาจะใส่ฟืนไล่ไปตลอดความยาวเตาจนกว่าจะเสร็จ การเผาจึงเป็นเตาที่ประหยัดกว่าเตาแบบทางเดินลมร้อนขนานแบบอื่น ๆ

เตาเผาที่กล่าวมาเป็นเตาเผาแบบไม่ต่อเนื่อง (Intermittent) หรือ Periodic Kiln นิยมในอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดกลางเพราะให้ผลผลิตไม่มากเช่น เตาอุโมงค์ (Tunnel Kiln) ซึ่งเป็นเตาเผาที่มีวิวัฒนาการสูงมาก โดยการออกแบบก่อสร้างค่อนข้างสมบูรณ์ โดยนำเอาความร้อนที่สูญเสียจากเตาทางด้านต่าง ๆ กลับมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด และเป็นเตาที่มีกำลังผลิตสูง โดยเตาแบบนี้แบ่งออกเป็นสามช่วงของการเผาคือช่วง Preheating Zone เป็นบริเวณที่ใช้อุ่นเตาและเผาไถ่น้ำและสารพวกไฮโดรคาร์บอน รวมถึงแก๊สต่าง ๆ ที่ติดมาบางส่วนกับผลิตภัณฑ์ให้หมดไปช่วงที่สองเป็นช่วง Heating Zone ก็ช่วงที่เป็นการเผาจริง ส่วนในช่วงสุดท้ายเป็นช่วง Cooling Zone

การเลือกใช้เตาเผาเซรามิกส์ ซึ่งนอกเหนือจากเหตุผลด้านการประหยัดเชื้อเพลิงและความสามารถของเตาที่จะใช้ในการผลิต ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพแล้ว การเลือกใช้เตาเผายังต้องคำนึงถึงคือ

1. เชื้อเพลิงที่จะนำมาใช้ในการผลิต ซึ่งอาจเป็นได้ทั้งไฟฟ้า น้ำมัน และแก๊ส หรือสิ่งอื่นใดก็ตาม ควรคำนึงถึงปริมาณการใช้ในอนาคตว่าหายากหรือง่ายหรือเพียงพอกับความต้องการหรือไม่

2. ชนิดของเตา จะต้องคำนึงถึงความเหมาะสมในการเลือกใช้เตาเผาแบบต่อเนื่อง หรือ ชั่วคราว การใช้เตาอุโมงค์แบบต่อเนื่อง แม้จะช่วยให้ต้นทุนการผลิตต่ำก็ตาม จะต้องมีการตรวจสอบลักษณะความเหมาะสมและความพร้อมด้วย

3. ด้านระบบการเผาและอัตราการให้อุณหภูมิภายในเตาจะต้องตรวจสอบชนิด ขนาดของผลิตภัณฑ์ แล้วนำมาพิจารณาเลือกใช้เตา

4. ความสามารถในการใช้เตา โดยขีดหุ่นได้มากน้อยเพียงใด ความต้องการในการผลิต โดยเตาสามารถเปลี่ยนแปลงปริมาณการผลิตได้กว้างพอสมควร

5. ความคงทนของเตาต่ออายุการใช้งาน โดยพิจารณาจากส่วนประกอบ เช่น โครงสร้างของเตา อุปกรณ์เตา และสิ่งอื่น ๆ

6. ความสะดวกและง่ายต่อการก่อสร้าง วิธีการใช้ควรไม่ยุ่งยาก นอกจากนี้วิธีการควบคุมเตาเผา อาจควบคุมด้วยคนหรือเครื่องมืออัตโนมัติเพื่อการใช้งานของเตาให้ได้อุณหภูมิตามต้องการได้ ระบบการควบคุมควรเลือกใช้ให้ดีพอ ไม่ยุ่งยากต่อการใช้งาน ต่อการใช้งาน การควบคุมรวมถึงเครื่องวัดอุณหภูมิ และเครื่องควบคุมการเผาเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้อาศัยหลักการสร้างเตาเผาโดยทำการสร้างและพัฒนาเตาเผาอุณหภูมิสูงที่ใช้พลังงานไฟฟ้าขนาดความจุภายในไม่เกิน 2 ลูกบาศก์ฟุต การเปิด-ปิดใช้แบบชนิดเปิดด้านบน (Top Loading) ผนังของเตาเผาใช้อิฐทนไฟประเภทไฮดรอลิก (High Alumina) บรรยากาศในการเผาไหม้เป็นแบบชนิดเผาไหม้แบบสมบูรณ์ (Oxidizing Atmosphere) และใช้ประกอบการทดลองสอนร่วมกับชุดการสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

วัสดุในการสร้างเตาเผา (Kiln Construction Materials and Methods)

อำพน วัฒนรังสรรค์ (2531 : 23-29) ได้กล่าวถึงการสร้างเตาเผาในเบื้องต้นจะต้องทำการเลือกวัสดุในการสร้างเตาเผาต่อการเลือกวัสดุแต่ละอย่าง แต่ละชนิด ที่มีข้อดีและข้อเสียในตัวเอง ดังนั้นการกำหนดวัสดุต้องคำนึงถึง เรื่องอุณหภูมิที่ต้องการเผาภายในเตา อัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ และอุณหภูมิสูงสุดที่เตาสามารถเผาได้ ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิการเผาตามปกติ ความคงทนต่อการชูด่วนต่อสิ่งต่างๆ เช่น ไอ ควัน ไอน้ำ จีโลหะและบรรยากาศในการเผาในสภาวะ Oxidizing or Reducing Atmosphere และสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ จำเป็นต้องทราบ ว่าวัสดุแต่ละชนิด นอกจากจะมีคุณสมบัติอย่างใดอย่างหนึ่ง ตามที่ต้องการแล้วยังต้องมีคุณสมบัติอื่น ๆ อีกด้วย ดังนั้นในการสร้างเตาให้มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน และมีประสิทธิภาพดีนั้นจำเป็นต้องเลือกวัสดุแต่ละอย่างประกอบกัน

วัสดุต่าง ๆ ที่จะคำนึงถึงอย่างแรกสุดคือวัตถุดิบไฟ ได้แก่ อิฐทนไฟ (Refractory Brick) อิฐฉนวน (Insulating Brick) และอิฐธรรมดา (Common Brick) พร้อมกับขนาดและรูปทรงของอิฐแต่ละประเภท และสิ่งที่ขาดไม่ได้คือ Mortars, Ramming Mixture and Concrete ซึ่งในการสร้างเตาเผาทางเซรามิกส์ควรที่จะได้นำความรู้ทางคุณสมบัติต่าง ๆ ดังนี้

1. ความคงทนของวัตถุดิบไฟ (Refractoriness in Service) เป็นวัตถุดิบไฟที่ใช้จะต้องไม่แปรสภาพหรือเสื่อมสภาพ เมื่อเผาถึงจุดสุดตัวหนือเมื่อเย็นตัวในอุณหภูมิในช่วงนี้ไว้ให้นาน หรือทำการเผาที่อุณหภูมินั้นหลาย ๆ ครั้ง พร้อมกับการบรรจุผลิตภัณฑ์เข้าเผาพร้อมกันด้วย วัตถุดิบไฟเหล่านี้ยังคงสภาพเดิมอยู่หรือไม่มีการเปลี่ยนแปลงขนาด รูปร่าง โดยเฉพาะการหดตัวต้องไม่มีอีก ในขณะที่ยวกันอัตราการขยายตัว เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในเตาจะต้องรู้ค่าที่แน่นอนเพื่อการเผื่อรอยต่อของอิฐทนไฟให้ขยายตัวได้พอดี เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว เป็นองค์ประกอบที่สำคัญมาก เพราะวัตถุดิบไฟนอกจากจะทนความร้อนได้สูงมากแล้ว จะต้องไม่แตกร้าวเมื่อทำให้เย็นหรือร้อนโดยทันที โดยเฉพาะกับเตาชนิด Short Cycle Periodic Kiln ซึ่งคุณภาพของความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็วของวัตถุดิบไฟนี้ จะบอกมาในรูปของ Excellent, Good, Fair, etc.

2. ความคงทนต่อการชูด่วนและการกระทบ (Abrasion and Impingement Resistance) เนื่องจากส่วนต่าง ๆ ของเตาจะได้รับการชูด่วนหรือการกระทบที่แตกต่างกันออกไปขณะทำการเผา เช่น ในช่วงใส่เชื้อเพลิง พวกของแข็ง ฝุ่นของพวกขี้เถ้า ฝุ่นหรือไอระเหย และสิ่งอื่น ๆ วัสดุที่นำมาใช้ต้องมีความคงทนต่อสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ได้ดี

3. ความคงทนต่อขี้โลหะ ไอและควัน (Resistance to Slag Fumes, etc.) โดยวัตถุดิบที่ใช้ทำวัตถุดิบไฟ อาจมาจากสารเคมีในกลุ่มกรด กลางหรือด่างก็ได้ ขึ้นอยู่กับงานที่ต้องการให้มันคงทนต่อสภาพใด แต่ตามปกติมักนิยมทำให้มีคุณสมบัติที่สามารถคงทนได้ไม่น้อยกว่าสองชนิด

สำหรับเตาเผาเซรามิกส์ จำเป็นต้องทราบว่าจะเกิดที่ลักษณะทำการเผาทั้งจากเชื้อเพลิงและผลิตภัณฑ์ว่าวัตถุดิบไฟจะต้องทนต่อสารอะไรบ้าง โดยเฉพาะแก๊ส กำมะถันกับไอน้ำจากผลิตภัณฑ์ ไอ ควีน ที่ออกมาจากน้ำเคลือบ โอระเหยของตะกั่ว ไอของโซเดียมคลอไรด์

4. คุณสมบัติของโครงสร้างในการสร้างเตา (Constructional Properties) ซึ่งโครงสร้างของเตาเผา นั้น ควรคำนึงถึงความทนต่อการเปลี่ยนอุณหภูมิทั้งร้อนและเย็นโดยไม่เสียรูป พิกัดน้ำหนักของเตา การหดตัว การขยายตัว ลักษณะของสื่อกระแสความร้อนและชนิดความร้อนเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อช่วยการตัดสินใจในการกำหนดความหนาบางของผนังและกรรมวิธีในการก่อสร้างเตา ตามโครงสร้างที่ออกแบบไว้

ตัวประสานสำหรับวัตถุดิบไฟ (Refractory Mortars) ซึ่งตัวประสานสำหรับวัตถุดิบไฟสามารถใช้ได้หลายกรณี เช่น โดยการทา การหยด การสเปรย์ การอุด ปะหรือในกรณีอื่น ๆ สิ่งเหล่านี้สำคัญมากสำหรับการก่อสร้างเตาชนิดต่าง ๆ ตัวประสานจำเป็นต้องเลือกให้เหมาะสมหรือเป็นชนิดเดียวกันกับวัตถุดิบไฟที่เลือกใช้ ซึ่งเรื่องนี้ Wilhem Miehre ได้เสนอแนะไว้ดังนี้คือ

1. วัตถุดิบไฟ มีความหมายว่าจะต้องเป็นสารที่สามารถทนความร้อนได้ไม่ต่ำกว่า Cone 26 (1580 องศาเซลเซียส) ดังนั้นตัวประสานที่นำมาใช้ส่วนประกอบบางส่วนจะหลอมละลายกลายเป็นส่วนที่จะช่วยประสานวัตถุดิบไฟสองชิ้นให้ติดกัน หรือเป็นเนื้อเดียวกัน ลักษณะของตัวประสานนี้จะเรียกกันว่า ตัวประสานด้วยความร้อน (Thermoadhesives)

2. ตัวประสานวัตถุดิบไฟ จะเป็นส่วนผสมที่ยังไม่ผ่านการเผามาก่อนหรือเรียกว่า Raw Ceramic Bodies ซึ่งประกอบด้วยวัตถุที่เป็นตัวทำให้เกิดความเหนียว เมื่อผสมกับน้ำและส่วนที่เป็นสารที่ไม่มีความเหนียวหรือดินเชื้อ (Grog) นั้นเอง ส่วนผสมเหล่านี้จะแข็งตัวและกลายเป็นตัวช่วยยึดประสานด้วยวิธีการผ่านความร้อนธรรมดา ณ ตำแหน่งที่อยู่สุดท้ายนั่นเอง

ตัวประสานสำหรับวัตถุดิบไฟนี้ จะใช้ในการทำโครงสร้างของเตาในรูปของการใช้เป็นตัวประสานระหว่างอิฐทนไฟด้วยกันและเป็นตัวประสาน (Seal) ระหว่างอิฐทนไฟกับผนังด้านนอก ขณะเดียวกันผิวของวัตถุดิบไฟที่จะประสานกันนี้ก็นิยมที่จะทำให้ขรุขระ เพื่อเวลาใช้ตัวประสานจะยึดเกาะติดกันได้ดีกว่าผิวเรียบ และเป็นตัวป้องกันไม่ให้ความร้อนไหลผ่านแนวประสานนี้ ซึ่งความหนาของตัวประสานนี้ควรไม่เกิน 1 มิลลิเมตร คุณสมบัติของตัวประสานนี้ถึงแม้จะไม่มี ความเหนียว แต่ขณะนำมาประสานจะเป็นสารที่มีความเหนียวด้วยการผสมกับน้ำ ซึ่งจะได้ส่วนผสมที่สะดวกต่อการใช้งานหรือกับเครื่องมือปฏิบัติงาน และเมื่อตัวประสานนี้แห้งจะต้องไม่มีการแตกร้าวหรือแยกออกจากวัตถุดิบไฟ ในขณะที่เดียวกันเมื่อทำการเผาจะต้องไม่หดตัวมากเกินไปหรือต้องไม่หลอมละลายออกมา คุณสมบัติทั่วไปของตัวประสานที่นำมาใช้โดยเฉพาะในเรื่องของส่วนผสมและความทนไฟจะต้องเหมือนกันและคล้ายคลึงกับวัตถุดิบไฟมากที่สุด และคุณสมบัติในการขยายตัวจะต้องเท่ากันตลอดช่วงเวลาของการเผา

2.1 Thermoadhesives เป็นวัสดุที่ใช้ในกรณีคล้าย ๆ กับตัวประสาน (Mortars) แต่ส่วนผสมจะมีตัวหลอมละลายมากกว่า ดังนั้นจึงหลอมละลายขณะใช้งาน จึงนำไปใช้ซ่อมในกรณีที่ใช้วัตถุทนไฟเกิดการแตกร้าวหรือหลุดออกมาหรือในกรณีอื่น ๆ

2.2 Ramming Mixtures เป็นตัวประสานที่ใช้สำหรับเตา Monolithic Kiln and Furnance Linings โดยจะใช้แทนที่ส่วนที่ต้องใช้วัตถุทนไฟ รูปร่างพิเศษ ที่ยุ่งยากเกินไปหรือไม่มีผู้ผลิตรูปร่างนั้นไว้ เช่น ส่วนโค้งต่าง ๆ ซึ่งจะใช้ซ่อมส่วนที่เสียหายของวัตถุทนไฟ ไม่ว่าจะมีความรูปร่างอย่างไร โดยไม่จำเป็นต้องรู้ส่วนที่เสียหายนั้นหรือส่วนประกอบข้างเคียงออกด้วย ขณะทำการซ่อมแซมส่วนผลิตของสารนี้ต้องพิจารณาความทนไฟเมื่ออุณหภูมิสูงสุด การหดตัว จุดหลอมละลาย ความพูนตัว ความแข็งแรงทางกายภาพ ความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ อย่างรวดเร็ว ความคงทนต่อไอ คาร์บอนและซีโลส โดยจะประกอบขึ้นด้วยดินเชื้อและดิน หรือเป็นพวก Aluminous Cement โดยสิ่งเหล่านี้จะตัวประสานพวกซิลิโคนเป็นส่วนผสมตัวดินเชื้อ ซึ่งดินเชื้อควรมีขนาดอยู่ในช่วง 0-30 มิลลิเมตร เพื่อให้มีแรงยึดประสานที่ดีด้วยการเติมดินเข้าไปเพื่อให้มีความทนไฟสูงสุด จะไม่ใช่พวกตัวลดจุดหลอมละลาย ซึ่งโครงสร้างของตัวประสานชนิดนี้จะต้องคำนึงถึงเรื่องความหนาที่ทำได้เพราะจะเกิดการขยายตัว และในการเผาครั้งแรกเมื่อซ่อมด้วยตัวประสานนี้ ควรทำการเผาอย่างช้า ๆ และเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ

2.3 Refractory Coatings and Rendering ตัวประสานชนิดนี้สามารถทาหรือพ่นบนพื้นผิวร้อนหรือเย็นก็ได้ เพื่อเป็นตัวป้องกันซีโลสหรือจากการขัดสีและเพื่อป้องกันรอยเชื่อมประสานไว้ ซึ่งสารเหล่านี้ประกอบด้วยตัวประสานวัตถุทนไฟ โดยทำให้มีขนาดเล็กมากเพื่อให้สามารถทำการพ่นได้และส่วนผสมที่มีความเหนียวที่ได้จากดินจะใช้น้อยลง เพื่อป้องกันการหดตัว ซึ่งในกรณีที่ใช้ตัวประสานชนิดนี้ พ่นลงพื้นที่ร้อน ควรเติมสารที่หลอมละลายง่ายด้วย การใช้สารเคลือบในเตา ก่อนที่จะใช้งานเป็นการป้องกันและยืดอายุการใช้งานของเตาให้นานขึ้น

วัตถุทนไฟ (Refractories)

หลังการออกแบบเตานั้นประกอบด้วยวัสดุต่าง ๆ โดยผ่านการคัดเลือกให้เหมาะสม เช่น High Refractory Bricks ใช้เฉพาะในส่วนที่ร้อนจัดและพวก Abrasion Resistance Dense Bricks ใช้ในส่วนที่คงทนต่อการสึกกร่อนอย่างมากหรือ Common Building Bricks จะใช้กรุผนังนอกเตาเท่านั้น นอกจากนั้นยังพิจารณาถึงคุณสมบัติทางกายภาพของปฏิกิริยาทางเคมี เช่น วัตถุทนไฟที่ต่างชนิด จะมีปฏิกิริยาซึ่งกันและกัน เมื่ออุณหภูมิภายในเตาสูงขึ้น

เอส คับบลิว สวैन (S.W. Swain) ได้กล่าวว่าในการเลือกวัสดุทนไฟเพื่อการสร้างเตา ควรที่จะใช้ให้เหมาะสมกับหน้าที่และตำแหน่ง ดังนี้

1. ส่วนที่ต้องถูกความร้อนโดยตรง ให้ใช้วัตถุทนไฟที่มีคุณภาพที่สุด

2. ส่วนที่ดูการเสียดสีหรือขูดข่วนให้ใช้วัตถุนไฟที่มีความคงทนต่อการขูดข่วน เช่น อิฐทนไฟชนิดแข็ง(Harder Firebrick) ซึ่งอาจมีคุณสมบัติทางด้านทนความร้อนต่ำก็ได้ ถ้าจำเป็น ต้องใช้กับอุณหภูมิสูง สามารถใช้อิฐชนิด Silicon Carbide or Fused Alumina

3. ส่วนที่ต้องสัมผัสกับซีโลหะ จะต้องเป็นวัตถุนไฟที่มีความสะอาด เมื่อต้องสัมผัสกับซีโลหะหรือพวกสารลดจุดหลอมละลาย โดยไม่มีสารเหล่านี้ติดค้างหลงเหลืออยู่เลย ควรใช้วัตถุนไฟที่มีความหนาแน่นมาก ๆ เช่น Densebricks แต่ต้องคำนึงถึงว่าวัตถุนไฟนั้นจะต้องมีส่วนประกอบทางเคมีที่ต่างไปจากของที่จะเผาหรือหลอม

4. ความคงทนต่อการหลอมละลายหรือความคงทนต่อความร้อนของวัตถุนไฟที่นำมาใช้ จึงต้องมีความคงทนมากกว่าวัตถุที่จะนำมาเผา

5. การร่อนหลุดของวัตถุนไฟเนื่องจากแรงกดอัด ซึ่งจะมีลักษณะเป็นแผ่นบางเล็กๆ และมักจะเกิดลึกลงไปตามด้านกว้างของวัตถุนไฟ โดยมีแนวเข้าไปหาจุดศูนย์กลาง ลักษณะนี้ มักมีสาเหตุมาจากกรรมวิธีการสร้างเตา มากกว่าที่จะเกิดจากตัววัตถุนไฟเอง จุดที่พบมักมาจากรอยเชื่อมหรือรอยต่อแคบเกินไป ทำให้วัตถุนไฟไม่สามารถขยายตัวได้เต็มที่เมื่อได้รับความร้อน

6. การร่อนหลุดของโครงสร้างของวัตถุนไฟ เนื่องมาจากผิวหน้าของวัตถุนไฟเกิดการหลอมละลายจากตัวลดจุดหลอมละลายหรือจากซีโลหะ และเมื่อเกิดการหดตัวก็จะเกิดแรงดึงขึ้นภายใน จนกระทั่งหลุดกระเทาะออกมา

7. การหลุดร่อนจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ เมื่อวัตถุนไฟถูกเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว และอย่างกะทันหัน จะเกิดการแตกร้าวทันที มักจะเกิดกับส่วนบนของรถเคา (Kiln Car) ซึ่งเป็นส่วนที่มีแรงกดทับอยู่ตลอดเวลา

8. ความแข็งแรงและความแน่น วัสดุที่มีความคงทนไฟสูงเมื่อต้องรับแรงอัดมาก ๆ จะต้องเริ่มเผาด้วยความร้อนที่ต่ำและเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ในขณะที่เดียวกันการทำให้เย็นตัวต้องลดลงอย่างช้า ๆ เช่นกัน

9. การแยกตัวออก เมื่อปฏิกิริยาทางเคมีของวัสดุทนไฟถูก Reducing วัสดุทนไฟจะกลายเป็นฝุ่นแห้งหมดความแข็งแรงไป

วัสดุทนไฟ

พิชญ์ ผลนิษัรค์มี (2536 : 17-36) ได้กล่าวถึง วัสดุทนไฟ คือ สารอโลหะไม่มีรูปร่างแน่นอน จะอ่อนตัวหรือหลอมละลายที่อุณหภูมิสูง อาจจัดแบ่งเป็นวัสดุความร้อนสูงและเซรามิกทนไฟ หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นวัสดุไม่เหมือนโลหะ ใช้ทำโครงสร้างและเคลือบเผาต่าง ๆ ในอุตสาหกรรมใช้ความร้อนที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 1000 องศาเซลเซียส ซึ่งมีคำจำกัดความที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิตามมาตรฐานดังนี้

- 1. มาตรฐานอุตสาหกรรมเยอรมัน (DIN) ได้กำหนดวัสดุทนไฟต้องมีอุณหภูมิสูงกว่า 1580 องศาเซลเซียส (SK26)
- 2. มาตรฐานอุตสาหกรรมสหรัฐอเมริกา (ASTM) ได้กำหนดวัสดุทนไฟต้องมีอุณหภูมิสูงกว่า 1430 องศาเซลเซียส (F.C.E. เบอร์ 15 กรวยวัดความร้อนสมดุลของวัสดุทนไฟ ASTM C 24-79)

ตาราง 3 แสดงการแบ่งประเภทตามคุณสมบัติทางเคมีของวัสดุทนไฟ

ประเภท	ชนิดคุณภาพ	ส่วนประกอบหลักทางเคมี
กรด (Acid)	Silica, Semi-Silica	SiO ₂
	Pyrophyllite, Chamotte	SiO ₂ · Al ₂ O ₃
	(Fireclay), Zircon	ZrO ₂ · SiO ₂
	Silicon Carbide	SiC
กลาง (Neutral)	High Alumina	Al ₂ O ₃ · SiO ₂
	Chrome	Cr ₂ O ₃ · Al ₂ O ₃ · MgO · FeO
	Spinel	Al ₂ O ₃ · MgO
	Carbon (Graphite)	C
เบส (Base)	Forsterite	MgO · SiO ₂
	Chrome-Magnesia	MgO · Cr ₂ O ₃ · Al ₂ O ₃ · FeO
	Magnesia	MgO
	Dolomite	MgO · CaO

ตาราง 4 แสดงการแบ่งประเภทตามคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุทนไฟ

ประเภท	สภาพ
ก้อนอิฐ (รูปร่างแน่นอน)	อิฐทนไฟ (อิฐเผา อิฐไม่เผา อิฐหลอมด้วยไฟฟ้าอื่น ๆ) อิฐชนวนไฟ
ปูนหล่อ (รูปร่างเฉพาะ)	วัสดุทนไฟขึ้นรูปได้ วัสดุทนไฟหล่อได้ วัสดุทำพื้น วัสดุทนไฟไร้พันธะ (วัสดุที่พ่นโดยการยิง)
ปูนทนไฟ (วัสดุประสานอิฐทนไฟ)	ปูนที่แข็งด้วยความร้อน ปูนที่แข็งด้วยลม

ข้อสังเกต ปูนทนไฟเป็นประเภทปูนหล่อ แต่มีความแตกต่างในการใช้และมีมากมายหลายชนิด แยกตามประเภทของปูน

คุณสมบัติของอิฐทนไฟประเภทต่าง ๆ

1. อิฐซิลิกา (Silica) อิฐซิลิกา เป็นวัสดุทนไฟประเภทกรดที่ทำมาจากควอทซ์หรือหิน Siliceous เป็นวัตถุดิบหลักและเติมน้ำปูน (Slaked Lime) เข้าไป การใช้อิฐซิลิกาในอุตสาหกรรมผลิตเหล็กหล่อ ๆ ถูกแทนที่โดยอิฐประเภทต่าง เนื่องจากการผลิตเหล็กกล้าโดยการเป่าออกซิเจนเพื่อเพิ่มอุณหภูมิได้ถูกพัฒนาขึ้นเมื่อหลายปีที่ผ่านมา ปัจจุบันส่วนใหญ่มีการใช้สำหรับเตาอบ Coke เตา Open Hearth อิฐกัน (Checker) Hot Stove เตาหลอม Electric Arc ขนาดเล็ก อย่างเตาหลอมแก้ว และอื่น ๆ

มาตรฐานอุตสาหกรรมญี่ปุ่นได้แบ่งอิฐซิลิกาเป็น 3 ชนิดตาม JIS-R 2303 และใน 3 ชนิดนี้ที่เหมาะสมกับเตาอบ Coke เป็นไปตาม JIS-R 2401

ลักษณะเด่นของอิฐซิลิกา มีดังนี้

1.1 การขยายตัวและหดตัวมีมากในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 200 - 700 องศาเซลเซียส เมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นไปจะมีการขยายตัวและหดตัวน้อยมาก ดังนั้นการใช้อิฐซิลิกาจึงไม่เหมาะสมกับเตาที่มีการขึ้นลงของอุณหภูมิที่รุนแรง อย่างไรก็ตามเตาที่ใช้อุณหภูมิสูงกว่า 760 องศาเซลเซียส การขยายตัวและหดตัวมีน้อยมากจึงเหมาะสมกับเตาอบ Coke และอื่น ๆ

1.2 อิฐซิลิกามีลักษณะเด่นด้านความทนไฟสูงภายใต้การรับน้ำหนัก แต่จะพังทลายทันทีเมื่อเริ่มอ่อนตัว

1.3 อิฐซิลิกาแตกร้าวและกระเทาะได้ง่ายในช่วงอุณหภูมิต่ำซึ่งมีการขึ้นลงตลอดเวลา แต่อย่างไรก็ตามเมื่อใช้งานที่อุณหภูมิสูงจะมีความต้านทานการกระเทาะแตกได้ดีและมีความแข็งแรงเชิงกลสูง

1.4 อิฐซิลิกามีความด่างจำเพาะน้อย แต่การนำความร้อนสูง เมื่อเปรียบเทียบกับอิฐชนิดอื่น

2. อิฐไฟรเคลย์ (Fireclay) ส่วนใหญ่อิฐไฟรเคลย์ใช้ในอุตสาหกรรมเตาเผา (Kiln) และเตาหลอม (Furnace) ทุกชนิด รวมถึงเตา Blast, Hot Stove เตาอบ Coke อิฐรองการหล่อสำหรับอุตสาหกรรมเหล็กกล้า เตาหมุน (Rotary Kiln) เตา Shaft และอื่น ๆ สำหรับอุตสาหกรรมซีเมนต์และหินปูน อิฐไฟรเคลย์ มีมากมายหลายชนิดและคุณภาพ วัสดุหลักที่ใช้ทำอิฐไฟรเคลย์คือ Kaolinite ดังนั้นระหว่างการอบ Fireclay จะคายผลึกน้ำออกมาจึงเป็นเหตุให้น้ำหนักลดลงประมาณ 10-15% มีการหดตัวและแตก ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงปรากฏการณ์ดังกล่าว จึงต้องผสม Chamotte เผา ดังนั้นอิฐไฟรเคลย์จึงถูกเรียกว่าอิฐชามอตต์ (Chamotte) ด้วยมาตรฐานอุตสาหกรรม

ญี่ปุ่นแบ่งคุณภาพอิฐไฟร์เคลย์ออกเป็น 12 ชนิด ตาม JIS-R 2304 และโดยทั่วไปความทนไฟของอิฐต่ำกว่าค่า SK34 เรียกว่า อิฐไฟร์เคลย์

ลักษณะเด่นของอิฐไฟร์เคลย์ มีดังนี้

- 2.1 การขยายตัวตามความร้อนและการนำความร้อนมีน้อย
- 2.2 คุณภาพมีมากมายหลายชนิด (ทั้งส่วนประกอบและคุณสมบัติ)
- 2.3 การผลิตทำได้ง่าย
- 2.4 มีความคงทนต่อสภาพการกะเทาะแตก การขูดขีด การกัดกร่อนและอื่น ๆ

ดังนั้นจึงสามารถใช้ได้อย่างเหมาะสมกับสภาพการใช้งาน

2.5 ด้วยเหตุที่มีสภาพเป็นกรดจึงถูกทำลายได้ง่ายจากตะกรันที่เป็นด่างในอุณหภูมิสูง

3. อิฐไฮอะลูมินา (High Alumina) อิฐไฮอะลูมินา เป็นวัสดุทนไฟในกลุ่มที่มีส่วนประกอบของ $Al_2O_3 \cdot SiO_2$ โดยมี Al_2O_3 มากกว่า 50% มีความทนไฟเกินค่า SK35 มาตรฐานอุตสาหกรรมญี่ปุ่นได้แบ่งอิฐไฮอะลูมินาออกเป็น 6 ชนิด ตาม JIS-R 2305 การอบอิฐที่ขึ้นรูปแล้วถูกแทนที่โดยอิฐหลอมหล่อที่ผ่านการหลอมในเตา Herreut Electric แล้วขึ้นในรูปในแม่พิมพ์หล่อทำให้โครงสร้างของ Corundum ($OC - Al_2O_3$) ละเอียดและ Mullite มีลักษณะเป็นเข็มแหลมคมทำให้มีคุณสมบัติทนการสึกกร่อนสูง ความทนไฟสูงภายใต้การรับน้ำหนัก คุณสมบัติทนการกัดกร่อนดีและมีอัตราการนำความร้อนเหมาะสม ในทางตรงกันข้าม ด้วยเหตุที่โครงสร้างละเอียดจึงมีจุดอ่อนในการใช้งานที่อุณหภูมิขึ้นลงไม่คงที่ ส่วนใหญ่อิฐหล่อหลอมใช้กับอ่างเตาหลอมแล้วและเตาทำสะอาดโลหะที่ไม่ใช่เหล็กและอื่น ๆ วัตถุประสงค์ใช้ทำอิฐไฮอะลูมินาและอิฐเผา มีมากมายหลากหลายชนิดและคุณภาพกล่าวโดยทั่วไป Al_2O_3 ต้องมีปริมาณมาก ความทนไฟสูง และมีความถ่วงจำเพาะมาก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องให้ความสนใจมากในการเลือกวัสดุสภาพการผลิตและอื่น ๆ ให้ตรงกับการใช้งาน

ลักษณะเด่นของอิฐไฮอะลูมินาเผามีดังนี้

- 3.1 ความทนไฟสูง
- 3.2 ความต้านทานตะกรันชนิดต่าง ๆ (สารเคมีเป็นกลาง ความเหนียวมากเทียบเท่าหลอมเหลว) มาก และมีความมั่นคงในการใช้งาน
- 3.3 การนำความร้อนสูงกว่าอิฐไฟร์เคลย์ และการนำความร้อนเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนการเพิ่มของ Al_2O_3

อิฐไฮอะลูมินา ใช้สำหรับก่อผนัง หลังคาและส่วนอื่น ๆ ของ Rotary Kiln, Shaft Kiln หม้อน้ำเตาทำความร้อน เตาหลอมโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก ได้ดีเหมือนกับบริเวณที่ร้อนของเตาเผาและเตาหลอมชนิดอื่น ๆ

4. อีซูโครม (Chrome) อีซูโครมจัดเป็นวัสดุทนไฟประเภทกลาง (Neutral) ชนิดหนึ่ง คล้ายกับอีซูและค่าง สำหรับเตาหลอมเหล็กกล้าอื่นๆ เพื่อมุ่งหวังในการป้องกันปฏิกิริยาทั้ง 2 อย่าง ซึ่งกันและกัน นอกจากนั้นยังมีการใช้งานที่กันเตา Open Hearth หรือเตาทำความร้อน หรือใช้สำหรับหน้าสัมผัสสะเก็ด (Slag) แท่งเหล็กกล้าหล่อ (Billet Ingot) ด้านล่างเตาอบ (Preheating Furnace) แต่อย่างไรก็ตามเวลาที่ผ่านเคียวจะไม่ปรากฏการใช้อีซูโครมบริสุทธิ์ เนื่องจากการพัฒนา ที่นำทิ้งของอีซูโครม-แมกนีเซียและแมกนีเซียโครม ในการปรับปรุงชนิดของอีซูโครมเดิมอีซูโครม มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและไม่ทนต่อการเพิ่มอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว ไม่ทนต่อแรงกด ที่อุณหภูมิสูงและมีความทนไฟน้อยภายใต้การรับน้ำหนัก จุดอ่อนมากที่สุดคือ การดูดซึมเหล็ก ออกไซด์ ถึงจุดหนึ่งที่อุณหภูมิสูงจะเกิดการปริแตกอย่างน่าประหลาด

5. อีซูแมกนีเซีย (Magnesia) อีซูแมกนีเซีย เป็นวัสดุทนไฟประเภทค่าง เช่นเดียวกับอีซู โดโลไมต์ คือมีความแข็งแรงเมื่อปะทะกับโลหะหลอมเหลว ตะกรันประเภทค่างและอื่น ๆ จึงถูก ใช้เหมือนกับวัสดุทนไฟสำหรับเตาผลิตเหล็กกล้าขั้นพื้นฐานและอื่น ๆ วัสดุหลักที่ใช้ในการทำอีซู แมกนีเซีย คือ ปูนแมกนีเซียเผาแล้ว (Magnesia Clinker) ของแมกนีเซีย น้ำทะเล (Sea Water Magnesia) ที่ได้มาจากน้ำทะเลหรือแมกนีไซด์ธรรมชาติ มาตรฐานอุตสาหกรรมญี่ปุ่นได้แบ่งอีซู แมกนีเซีย เป็น 6 ชนิดตาม JIS-R 2302 คือแบบอีซูเผา 3 ชนิด และอีซูไม่เผา 3 ชนิด

ลักษณะเด่นของอีซูแมกนีเซีย มีดังนี้

5.1 ความทนไฟสูงและความทนไฟสูงภายใต้การรับน้ำหนัก แต่ความแข็งแรงเชิงกลต่ำเล็กน้อยที่อุณหภูมิสูง

5.2 ความต้านทานตะกรันประเภทค่างสูงมาก

5.3 การเพิ่มหรือลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วเป็นจุดอ่อนทำให้ความต้านทานการปริแตกได้น้อย

5.4 การขยายตัวตามความร้อนและการนำความร้อนสูง

5.5 ไม่คงทนต่อไอน้ำ

ด้วยสาเหตุที่ความต้านทานตะกรันประเภทค่างสูงมาก วัสดุทนไฟแมกนีเซียจึงสามารถนำไปใช้งานได้กว้างมาก รวมถึงการใช้ก่อเป็นผนังและส่วนสำคัญที่มีการเสียดสีมากในเตา Open Heath เตาหลอม Electric Arc ชุด LD Converter และเตาถลุงโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก เช่น ทองแดง นิกเกิล ตะกั่ว และอื่น ๆ อย่างไรก็ตามเนื่องจากมีความต้านทานการแตกร้าวน้อยและการขยายตัวตามความร้อนมาก วัสดุทนไฟแมกนีเซียได้พัฒนามาเป็นอีซูแมกนีเซีย-โครม (อีซู Chro-Mag หรือ Mag-Chro) โดยการเติมโครไมต์ (Chromite) เพื่อปรับปรุงจุดอ่อน ผลก็คือความต้องการใช้อีซูแมกนีเซียได้ลดลง

6. อีซูโครม-แมกนีเซีย (Chrome-Magnesia) อีซูโครม-แมกนีเซีย เป็นอีซูชนิดที่ใช้

โครไมต์และปูนแมกนีเซียมเป็นหลักและได้มีการวิจัยเพื่อปรับปรุงแก้ไขจุดอ่อนต่าง ๆ ของอิฐโครมและอิฐแมกนีเซียม การแบ่งคุณลักษณะมีดังนี้ มาตรฐานอุตสาหกรรมญี่ปุ่นได้กำหนดคุณภาพตาม JIS-R2306 คือ ถ้ามี MgO มากกว่า 50% เรียกว่าอิฐ Mag-Chro และถ้ามี MgO น้อยกว่า 50% เรียกว่าอิฐ Chro-mag รวมทั้งมีการแบ่งแยกอิฐโครม-แมกนีเซียมออกเป็น 10 ชนิด

คุณสมบัติของอิฐโครม-แมกนีเซียม มีหลากหลายตามอัตราส่วนผสมของโครไมต์และปูนแมกนีเซียม จึงไม่ยากที่จะกำหนดให้ชัดเจน ยกตัวอย่าง เช่น ถ้ามีปริมาณแมกนีเซียม (MgO) มาก ความทนไฟภายใต้การรับน้ำหนัก และความคงทนต่อตะกรันประเภทต่างก็มีมาก อย่างไรก็ตาม ความต้านทานการแตกร้าวจะต่ำกว่าอิฐแมกนีเซียมหรืออิฐโครม เพราะส่วนผสมของโครไมต์โดยทั่วไปแล้ว อิฐโครม-แมกนีเซียม ถูกพัฒนาขึ้นมาใช้เป็นตัวสำหรับเตาหลอม Open Hearth อย่างไรก็ตามขอบข่ายการใช้งานได้ขยายครอบคลุมไปถึงส่วนสำคัญของเตา และเตาหลอมที่ใช้ในอุตสาหกรรมมากมายหลายชนิด เช่น เตาหลอม Electric Arc เตาหลอมสำหรับทำความสะอาดโลหะที่ไม่ใช่เหล็กเตาเผาซีเมนต์แบบหมุน เตาเผาปูนขาวและอื่น ๆ ซึ่งถูกกำหนดให้ใช้ในสภาพอุณหภูมิสูง ยังมีชนิดคุณภาพที่ใช้กับเตาหลอมเหล็กกล้าแบบพื้นฐานเป็นอิฐไม่เผาครอบด้วยโลหะและอิฐเผา ส่วนเตาหลอมโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก เตาเผาซีเมนต์แบบหมุน เตาเผาปูนขาว และอื่น ๆ ใช้อิฐเผา แนวทางการเพิ่มกำลังการผลิตของเตาหลอมอยู่ในสภาพการใช้รูปแบบประหยัด เนื่องจากคุณภาพที่สูงขึ้นของอิฐ Mag-Chro เกรตที่นิยมใช้จะมี MgO ประมาณ 60-80% อันดับแรก โครงสร้างของอิฐเผาเกาะตัวกันคือ แบบฝังตัว (Matrix) บนซิลิกาเป็นหลัก เพราะการใช้ปูนแมกนีเซียม ซึ่งเป็นวัสดุแมกนีไซด์ที่ได้จากธรรมชาติ ดังนั้นสภาพการใช้งานได้เน้นที่การเพิ่มอุณหภูมิให้สูง แต่ความคงทนของอิฐได้ลดลง จึงได้มีการเริ่มใช้ปูนแมกนีเซียมน้ำทะเลที่มีความบริสุทธิ์สูงกว่ามาใช้ในการผลิตอิฐเพื่อปรับปรุงความแข็งแรงภายใต้ความร้อนสูง

ลักษณะเด่นของอิฐโครม-แมกนีเซียม มีดังนี้

- 6.1 ความทนไฟสูง
- 6.2 ความทนไฟภายใต้การรับน้ำหนักสูง
- 6.3 การขยายตัวตามความร้อน การนำความร้อนและความถ่วงจำเพาะมาก
- 6.4 การต้านทานตะกรันประเภทกรดมีมาก

7. อิฐโดโลไมต์ (Dolomite) อิฐโดโลไมต์ได้นำมาใช้ในชุด Thomas Converter เป็นเวลานาน แต่อย่างไรก็ตามตั้งแต่มีการใช้ชุด LD Converter ซึ่งเป็นกระบวนการผลิตเหล็กกล้าแบบใหม่ หลังจากสงครามโลกครั้งที่สอง อิฐโดโลไมต์ได้รับความสำเร็จอย่างรวดเร็วในส่วนของ การพัฒนาเตาชนิดนี้อย่างชัดเจน ฉะนั้นการผลิตอิฐโดโลไมต์หลายชนิดได้รับการพัฒนาขึ้นและเมื่อไม่นานนี้อิฐโดโลไมต์ก็ถูกแทนที่โดยอิฐแมกนีเซียคาร์บอน

ตาราง 5 แสดงอิฐโคโลไมต์แบ่งชนิดตามวัสดุและระบบตัวประสาน

วัสดุ	ปูน (Clinker)	ตัวประสาน	อิฐ
โคโลไมต์ธรรมชาติ	กึ่งถาวร	น้ำมันดิน (Tar)	น้ำมันดินโคโลไมต์ (Tar Dolomite)
		เซรามิกส์	โคโลไมต์กึ่งถาวร
	ถาวร	น้ำมันดิน (Tar)	
		เซรามิกส์	โคโลไมต์ถาวร
โคโลไมต์ประดิษฐ์	กึ่งถาวร	น้ำมันดิน (Tar)	น้ำมันดินโคโลไมต์ประดิษฐ์
		เซรามิกส์	โคโลไมต์ประดิษฐ์ผ่านการเผา
	ถาวร	น้ำมันดิน (Tar)	
		เซรามิกส์	

คุณสมบัติของอิฐโคโลไมต์สามารถพิจารณาความแตกต่างตามคุณสมบัติปูนและชนิดตัวประสานที่ใช้ ทั้งที่เผาหรือไม่เผา และ/หรือที่มีน้ำมันดินหรือไม่มี

ลักษณะเด่นของอิฐโคโลไมต์ มีดังนี้

7.1 คุณสมบัติด้านทานตะกรันดีมากในบรรยากาศสดออกซิเจน

7.2 คุณสมบัติด้านทานการแตกร้าวได้ดีถ้าใช้น้ำมันดินมาก

7.3 การนำความร้อนต่ำกว่าอิฐประเภทต่างอื่น ๆ

7.4 รูปร่างและขนาดไม่เสถียรในส่วนของอิฐไม่เผา

อิฐโคโลไมต์มีข้อเสียดังนี้

การต้านทานน้ำซึมได้น้อย เกิดความเสียหายมากในการหลอมในบรรยากาศเพิ่มออกซิเจน

8. อิฐแมกนีเซียคาร์บอน (Magnesia Carbon) อิฐแมกนีเซียคาร์บอนได้ปรับปรุงขึ้นขึ้นจากอิฐแมกนีเซียตั้งแต่ปี พ.ศ. 2518 โดยการแทนที่บางส่วนของปูนแมกนีเซียด้วยคาร์บอน คาร์บอนเป็นวัสดุละลายได้ยากจากตะกรัน และ/หรือเหล็กกล้าเหลวจึงเป็นวัสดุทนไฟดีมาก ไม่มีการสั่นคัปกับออกซิเจน ดังนั้นคาร์บอนที่ใช้แทนที่เข้าไปมีประโยชน์เหนือคุณลักษณะของคาร์บอนและเป็นอิฐที่ไม่ต้องเผา ตัวประสานที่ใช้ได้จากวัสดุที่มาจากสิ่งมีชีวิตเป็นการเฉพาะ

ตาราง 6 แสดงคุณลักษณะของอิฐทนไฟทั้งหมด

อิฐ	ประเภท	ถพ.	การขยายตัวตาม ความร้อน	ความทนไฟภายใต้ การรับน้ำหนัก	การแตกร้าว	การนำความร้อน
1. ซิลิกา	กรด	น้อย	สูง	ปานกลาง	ง่าย	ต่ำ
2. ไฟร์เคลย์	กรด	ปานกลาง	ต่ำ	ต่ำ	ยาก	ต่ำ
3. ไฮอะลูมินา	กลาง	มาก	ต่ำ	ปานกลาง	ยาก	ปานกลาง
4. โครม	กลาง	มาก	สูง	ต่ำ	ยาก	ปานกลาง
5. แมกนีเซีย	ด่าง	มาก	สูง	สูง	ง่าย	สูง
6. โครม-แมกนีเซีย	ด่าง	มาก	สูง	สูง	ยากมาก	ปานกลาง
7. โดโลไมต์	ด่าง	มาก	ปานกลาง	สูง	ยาก	ต่ำ
8. แมกนีเซียคาร์บอน	ด่าง	มาก	ปานกลาง	สูง	ปานกลาง	ต่ำ

ดังนั้นการเลือกอิฐทนไฟให้เหมาะสมกับการใช้งาน จะช่วยให้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลาในการก่อเตา มีผลให้คุณภาพของเตามีความเหมาะสมกับการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ทางด้านเซรามิกส์ได้อย่างเหมาะสม

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้อาศัยหลักการสร้างเตาเผาและการเลือกใช้อิฐทนไฟประเภทไฮอะลูมินา (High Alumina) ที่เป็นอิฐทนไฟ ที่ผลิตภายในประเทศเพื่อใช้ก่อภายในเตาไฟฟ้าที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

ฉนวนกันความร้อน

กรมวิทยาศาสตร์บริการ (2527 : 19) ได้ให้ความหมายของฉนวนกันความร้อนหมายถึงวัสดุที่ใช้ป้องกันความร้อนจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งเพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ กัน เช่น ในอุตสาหกรรมใช้ปกป้องพลังงานความร้อนไม่ให้สูญหายไป หรือเพื่อควบคุมอุณหภูมิในอุณหภูมิต่ำกว่า 0 - 2200 องศาเซลเซียส ในที่อุณหภูมิสูงเช่น ในเตาเผา เตาถลุงแร่ใช้ฉนวนกันความร้อนที่ทำจากโคอะตอมไมท์ผสมกับวัตถุประสานแล้วอัดเป็นก้อนหรือทำเป็นท่อ หรือใช้โคอะตอมไมท์ร่วมกับแคลเซียมซิลิเกต โดยจัดเรียงกันเป็นชั้น ในที่ที่อุณหภูมิต่ำลงมา เช่น ในเตาอบ หม้อน้ำ ท่อไอน้ำ ใช้แคลเซียมซิลิเกต หรือใยแร่อัดเป็นก้อน หรือใช้ใยแร่มาปูทำเป็นผืนอ่อน (Blanket) ก็ได้

ภคินัย ทองทิพย์พร (2535 : 109) ได้ให้ความหมายของฉนวนว่าเป็นวัสดุป้องกันมิให้ความร้อนไหลผ่านจากด้านหนึ่งไปสู่อีกด้านหนึ่งได้สะดวก โดยจะต้องเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา มีรูพรุนในลักษณะของฟองอากาศเล็ก ๆ จำนวนมาก เพราะฟองอากาศมีคุณสมบัติในการต้านการนำความร้อนได้ดีและสภาพการต้านการนำความร้อนหรือฉนวนของวัสดุแต่ละชนิดจะมีความสามารถต้านการนำความร้อนได้ดีเท่าใดนั้น ดูได้จากค่าสภาพการนำความร้อน (Thermal Conductivity) มี

หน่วยเป็นวัตต์ต่อองศาเซลเซียส กล่าวคือสภาพการนำความร้อนของฉนวนใดมีค่าน้อย แสดงให้ทราบถึงความเป็นตัวต้านทาน การนำความร้อนได้ดีหรือเป็นฉนวนความร้อนที่ดี

ฉนวนป้องกันความร้อน (Insulation of Kiln) ซึ่งเป็นฉนวนป้องกันความร้อนสำหรับเตาเผามีจุดประสงค์เพื่อลดการสูญเสียเชื้อเพลิงในทุกกระบวนการ ซึ่งความร้อนจำนวนมากจะไหลออกจากเตาไหลผ่านผนังเตาทุก ๆ ด้าน โดยเฉพาะผนังเตาที่ทำจากอิฐก่อสร้างธรรมดาหรือเตาก่อด้วยปูนธรรมดา ทำให้ความร้อนแพร่ออกได้โดยง่าย แต่คุณสมบัติของฉนวนป้องกันความร้อนเมื่อนำมาใช้ร่วมในการทำโครงสร้างของเตาจะช่วยป้องกันให้ความร้อนไหลออกน้อยที่สุดดีกว่าการปล่อยทิ้งไปจำนวนมากเช่น ในกรณีของเตาอุโมงค์ซึ่งเป็นระบบเตาต่อเนื่อง เมื่อใช้ฉนวนป้องกันความร้อนแล้วอิฐด้านในของเตาจะดูดกลืนความร้อนบางส่วนไว้เท่านั้น และจุดดูดกลืนเอาไว้ปริมาณเดิมไม่มีการดูดกลืนความร้อนเพิ่มขึ้น ซึ่งก็จะทำให้ไม่สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงหรือสูญเสียความร้อนออกไปมากเกินไปจนความจำเป็น ยิ่งกว่านั้นอุณหภูมิของโครงสร้างของเตาที่ดูดกลืนความร้อนไว้ นั้น ก็จะมีปริมาณคงที่เช่นเดียวกัน ดังนั้นไม่ว่าเตาจะมีขนาดใหญ่ขึ้นอีกเท่าใดก็ตาม เราสามารถเพิ่มฉนวนป้องกันความร้อนเพื่อลดการสูญเสียของความร้อนที่จะสูญเสียออก ดังนั้นจุดสำคัญของโครงสร้างเตาอุโมงค์ คือ ประสิทธิภาพของฉนวนป้องกันความร้อน แต่ในกรณีของเตาชนิดไม่ต่อเนื่อง (Intermittent Kiln) จะมีองค์ประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนคือประการแรก ความร้อนจะสูญเสียไปโดยการถ่ายเทความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน ประการที่สอง ความร้อนที่สูญเสียไปจะทั้งสูญเสียตลอดไปทั้งกระบวนการเผาการป้องกันการสูญเสียความร้อนนี้ทำได้โดยเพิ่มฉนวนป้องกันให้มากขึ้นตามที่โครงสร้างของเตาต้องการเพื่อการประหยัดเชื้อเพลิง ไม่มีการนำฉนวนมาใช้ จนกระทั่งมีการค้นพบและเผยแพร่ของวัสดุทนไฟประเภทฉนวนความร้อน คุณสมบัติของฉนวนป้องกันความร้อน ไม่เพียงลดการสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิงเท่านั้นและช่วยรักษาอุณหภูมิภายในเตาให้มีระดับความต้องการได้อย่างปกติและยังสามารถช่วยให้เตามีประสิทธิภาพในการทำงานได้ใกล้เคียงกับคุณภาพของเตามากยิ่งขึ้น

คุณสมบัติของฉนวนป้องกันความร้อนที่พื้นที่วางเตาเผาโดยปกติจะทำด้วยคอนกรีตเพราะจะเป็นตัวนำความร้อนได้ดีกว่าอิฐและพื้นดิน ความร้อนที่สูญเสียออกมาสู่พื้นจะได้รับการดูดกลืนเอาไว้ จะทำการเผาไหม้ดินที่อยู่ด้านล่างของพื้นซีเมนต์ จะทำให้เกิดการหดตัวและพื้นทรุด ส่งผลให้ชั้นวางทรุดตามมาด้วย ดังนั้นการสร้างพื้นเตาควรใช้ฉนวนป้องกันความร้อนคอนกรีต (Insulating Concrete) เททับชั้นหนึ่งแล้วจึงสร้างพื้นเตา (อำพน วัฒนรังสรรค์. 2531 : 29-31)

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้อาศัยหลักการสร้างเตาเผาที่ใช้พลังงานไฟฟ้าโดยใช้ฉนวนกันความร้อนภายนอกของเตาเผาเพื่อศึกษาหาวัสดุทดแทน โดยการเปรียบเทียบกับวัสดุกันความร้อนมาตรฐานคือ เซรามิกไฟเบอร์ (Ceramic Fiber) กับวัสดุที่สามารถจัดสร้างและวัสดุสำเร็จรูป 3 ประเภท เพื่อหาความเหมาะสมต่อการจัดสร้างได้ในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา ซึ่งประกอบด้วย

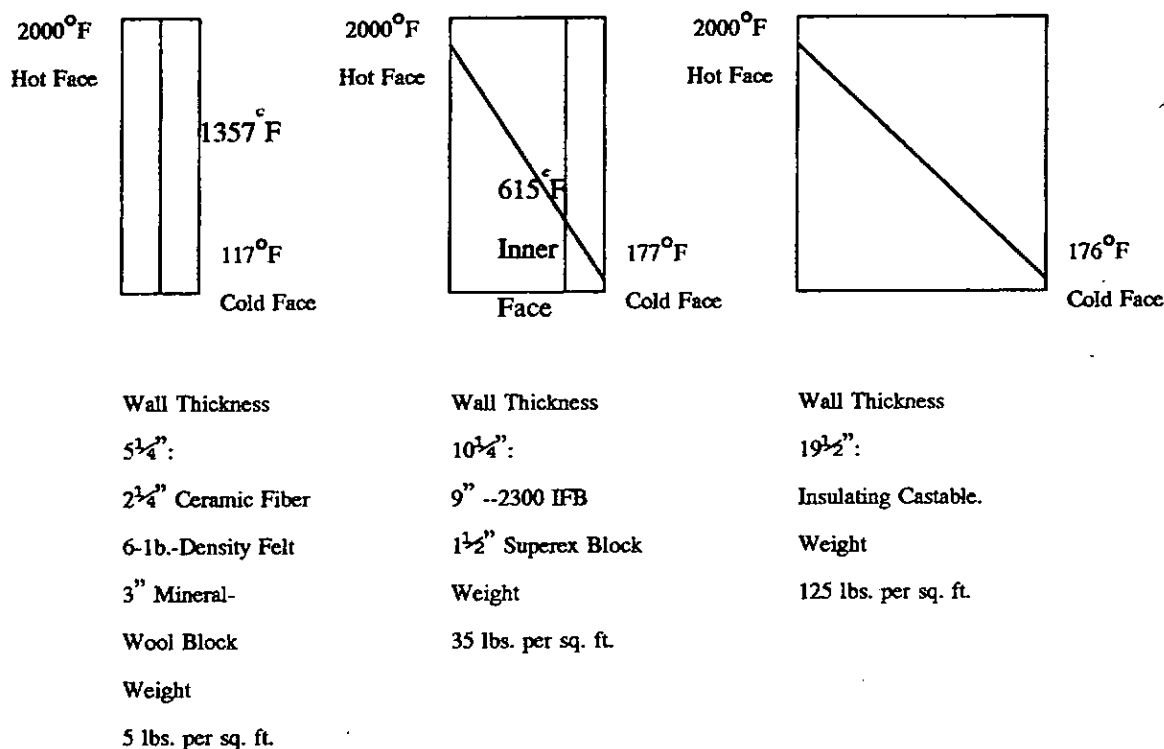
1. อิฐดินเผาห่อถัง (ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ดินเผาด่านเกวียน)
2. กระเบื้องแผ่นเรียบ
3. กระเบื้องแผ่นเรียบสอตแทรกด้วยทรายระหว่างกระเบื้องแผ่นเรียบ

เซรามิกไฟเบอร์ (Ceramic Fiber)

อำพน วัฒนรังสรรค์ (2540 : 155-157) ได้กล่าวถึงเซรามิกไฟเบอร์ (Ceramic Fiber) ว่าเป็นวัสดุทนไฟประเภทที่มีน้ำหนักเบาที่สุด มีคุณลักษณะเป็นตัวนำความร้อนที่เร็วและเป็นฉนวนความร้อนที่ดีมาก สามารถเก็บอมความร้อนไว้ในตัวเองได้น้อย และทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ขึ้นลงเร็วได้ดีโดยไม่แตกสลายอีกด้วย ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้ทำให้เซรามิกไฟเบอร์สามารถใช้อำนวยต่ออุตสาหกรรมเซรามิกส์ โดยจะถูกนำไปเป็นส่วนด้านนอกที่ติดความร้อนสูง จึงต้องทำด้วยเซรามิกไฟเบอร์ที่มีความทนไฟสูงตามไปด้วย Blanket ที่มีความหนาแน่นต่ำ ความแข็งแรงจะต่ำตาม มักจะนำไปปูเหมือน Insulating Brick ที่ติดด้าน Cold Face ซึ่งความหนาแน่นทำขึ้นในช่วง 3-6 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต ในขณะที่ IFB (Insulating Fire Brick) มีความหนาแน่นถึง 30 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต ขนาดความกว้างของ Blanket อยู่ในช่วง 24, 28 นิ้ว ยาว 24 ฟุต ความหนาแน่นระหว่าง $\frac{1}{4}$ - 2 นิ้ว ถ้านำ Blanket ไปวัดให้มีความหนาแน่นมากขึ้นจะเป็นแผ่นคล้ายกระเบื้องสี่เหลี่ยมขนาดต่าง ๆ เรียกว่า Board มีความหนาแน่น 15-20 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต จึงมีความแข็งแรงมาก มักใช้บุทับผิวนอกของ Blanket ด้านที่ติดกับความร้อนสูงอีกที ช่วยป้องกันการหลุดร่วงของเส้นใย เมื่อมีการใช้งานๆ หรือใช้ในส่วนองเตาที่ต้องรับสภาพการเคลื่อนตัวเร็วของอากาศที่มีความร้อนสูงได้ดี ซึ่งการนำความร้อนของเซรามิกไฟเบอร์แบบ Blanket ไม่เหมือนกับอิฐทนไฟ เพราะเมื่อนำ Blanket มาวัดให้ผิวแน่นขึ้นจะทำให้สัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำลงไปอีก

คุณสมบัติของเซรามิกไฟเบอร์

1. มีน้ำหนักน้อยกว่า IFB ประมาณ 6 เท่าตัว เมื่อนำมาใช้ทำเตาเผาจะช่วยลดน้ำหนักของโครงสร้างของเตาเผาให้เบาขึ้น สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก ลดพื้นที่ในการก่อสร้างเตาและไม่ต้องลงพื้นฐานเตาให้แน่นหนาเหมือนฐานเตาที่ใช้อิฐทนไฟประเภทอื่น เนื่องจากลดความหนาของผนังเตาได้มาก



ภาพประกอบ 7 แสดงความหนาของผนังเตา

2. มีค่าสัมประสิทธิ์ การนำความร้อนต่ำกว่า IFB มาก เป็นการป้องกันมิให้ความร้อนถูกนำพาออกจากผนังเตามาก จึงทำให้เกิดการประหยัดและทำให้อุณหภูมิภายในเตาสม่ำเสมอพร้อมกับลดเวลาในการเผาผลาญด้วย

3. เซรามิกไฟเบอร์มีความหนาแน่นน้อย และปริมาณความร้อนที่ถูกเก็บโดยวัตถุทนไฟต่าง ๆ มีค่าแปรโดยตรงกับความหนาแน่น ดังนั้นเซรามิกไฟเบอร์จึงสามารถเก็บความร้อนได้น้อยที่สุด ทำให้ไม่สูญเสียความร้อน ช่วยให้เกิดการประหยัดเชื้อเพลิง

4. ทนต่อสภาพการขึ้นลงเร็วของอุณหภูมิได้ดีโดยไม่ทำให้เกิดการเสียหาย

5. มีความคงทนดีที่อุณหภูมิสูง ๆ โดยไม่ถูกเผาไหม้สูญหายและทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี HF , H_3PO_4 และค่าแอมป์ ๆ

6. สามารถเก็บเสียงได้ดี

7. เป็นวัสดุค่อนข้างนิ่ม สามารถตัดได้ง่าย สะดวกต่อการติดตั้ง สามารถอัดขึ้นรูปได้ตามต้องการโดยไม่เกิดความเสียหาย

8. เมื่อถูกน้ำ, น้ำมัน, ไอร้อน (Steam) ไม่ทำให้เกิดการเสียหาย

จากคุณสมบัติดังกล่าวเป็นคุณสมบัติของเซรามิกไฟเบอร์และเตาที่ติดตั้งด้วยเซรามิกไฟเบอร์ สามารถนำไปใช้ได้ทันทีโดยไม่ต้องอุ่นเตา ส่วนข้อจำกัดที่ต้องระวังคือ

1. ต้องระวังเกี่ยวกับความเสียหายที่อาจเกิดจากการกระทบกระแทกผิววัสดุโดยตรง เพราะจะทำให้บุบสลายได้ง่ายกว่าอิฐทนไฟ

2. ส่วนของเตาที่มีความเร็วของแก๊สผ่านผิวเซรามิกไฟเบอร์เกิน 30 ฟุตต่อนาที ไม่ควร บดด้วย Blanket หรือถ้าใช้ควรรหา Board ปิดทับเพิ่มอีกชั้นหนึ่ง

จากที่กล่าวมาเซรามิกสไฟเบอร์เป็นวัสดุทนไฟที่ดีมาก ไม่เพียงแต่ช่วยให้เกิดการประหยัด ในการใช้เชื้อเพลิง และช่วยให้เกิดผลผลิตที่มีราคาถูกและมีคุณภาพสูงขึ้นด้วย

การวัดอุณหภูมิภายในเตาเผาและเครื่องวัดอุณหภูมิ

1. การวัดอุณหภูมิภายในเตาเผา สามารถทำการวัดได้หลายแบบ คือ

1.1 การวัดอุณหภูมิด้วยตา โดยใช้วิธีดูสีของไฟโดยประมาณ

1.2 การวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)

1.3 การวัดอุณหภูมิด้วยออปติคัลไพโรมิเตอร์ (Optical Pyrometer)

1.4 การวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกไพโรมิเตอร์ (Thermo Electric Pyrometer)

1.5 การวัดอุณหภูมิด้วยไพโรเมตริกโคน (Pyrometric Cone)

เครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบไพโรเมตริกโคนหรือที่เรียกกันสั้นๆ ว่าโคน ถ้ามีตัวช่วยหลอม ละลายน้อยจุดสุดท้ายก็จะสูงขึ้น โดยมีลักษณะเป็นรูปปิรามิดยอดแหลมฐานสามเหลี่ยมที่ใช้กันมี อยู่ 2 ชนิด คือ เซกเกอร์โคน (Segger Cone) และออร์ตันโคน (Orton Cone)

เซกเกอร์โคน เป็นโคนที่นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันเป็นผู้คิดค้นขึ้นเป็นคนแรก ซึ่งเป็น ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผา เซกเกอร์โคนมีสัญลักษณ์เป็นอักษร ย่อว่า SK ซึ่งย่อมาจากชื่อของผู้คิดค้น คือ ดร.เซกเกอร์ เคเกล (Dr.Segger Kegel) ส่วนออร์ตันโคน เป็นโคนชนิดเดียวกันกับเซกเกอร์โคน แต่ผลิตขึ้นใช้กันในประเทศอเมริกา (ปรีดา พิมพ์ขาวจำ. 2532 : 246-247)

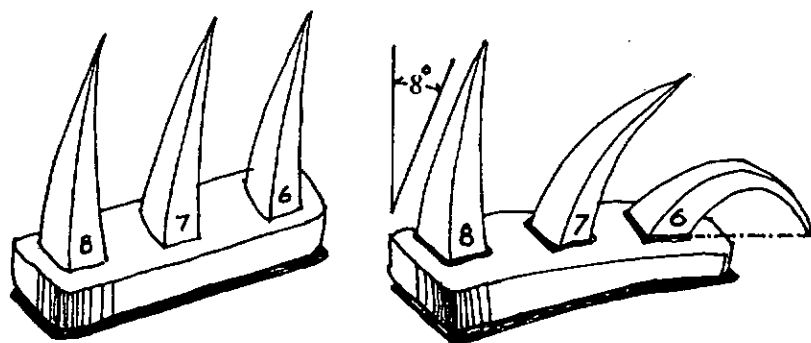
ตาราง 7 แสดงหมายเลขของโคนและอุณหภูมิที่โคนล้ม กับส่วนผสมทางเคมีของโคน

SK หมายเลข	อุณหภูมิที่โคนล้ม องศาเซลเซียส	ส่วนผสมทางเคมีของโคน					
		KNaO	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₃	B ₂ O ₃
010	900	0.394	0.388	0.313	0.423	2.262	0.65
09	920	0.344	0.335	0.311	0.468	3.087	0.671
08	940	0.317	0.469	0.314	0.543	2.692	0.559
07	960	0.311	0.391	0.293	0.554	2.984	0.521
06	980	0.316	0.407	0.277	0.561	3.197	0.493
05	1,000	0.315	0.428	0.257	0.571	3.467	0.475
6	1,200	0.311	0.685	0.013	0.693	6.801	0.026
7	1,230	0.3	0.7	-	0.7	7	-
8	1,250	0.3	0.7	-	0.8	8	-
9	1,280	0.3	0.7	-	0.9	9	-
10	1,300	0.3	0.7	-	1.0	10	-
26	1,580	0.3	0.7	-	7.2	72	-
27	1,610	0.3	0.7	-	2.0	200	-
28	1,630	-	-	-	1	10	-

(ปริศา พิมพ์ขาวจำ. 2532 : 248)

จากตาราง 7 SK 010-05 ช่วงหนึ่งมีอุณหภูมิระหว่าง 900-1,000 องศาเซลเซียส (1,672-1,832 องศาฟาเรนไฮต์) เป็นช่วงอุณหภูมิที่ใช้เผากระเบื้องประดับและกระเบื้องมุงหลังคาในจังหวัดชลบุรี จันทบุรี และตราบุรี ช่วงที่สอง SK 6-SK 10 คือ ช่วงอุณหภูมิระหว่าง 1,200-1,300 องศาเซลเซียส เป็นช่วงอุณหภูมิของการเผาถ้วย จาน ชาม และผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ชนิดอื่น เช่น โรงงานในจังหวัดลำปาง ช่วงที่สาม SK 26-SK 28 เป็นช่วงอุณหภูมิที่มีความสำคัญมากในการทดสอบวัสดุทนไฟ ใช้วัดความทนไฟของผลิตภัณฑ์ทนไฟจากโรงงานที่ผลิตวัสดุทนไฟ

การวางโคน เป็นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งของการใช้โคน ถ้าวางไม่ถูกต้องของอุณหภูมิอาจเปลี่ยนแปลงได้ การวางโคนต้องมีฐานที่สร้างขึ้นด้วยเนื้อดินปั้น (Cone Plaque) ที่มีความทนไฟสูง การเผาแต่ละครั้งต้องวางโคน 3 ตัว เช่น โคนหมายเลข 6, 7 และ 8 ตามลำดับ โคนแต่ละตัวต้องหันหน้าด้านแนบทำมุมกับฐานประมาณ 82 องศา แต่ละตัววางเรียงเป็นแถวตามลำดับ ดังภาพประกอบ 8



ภาพประกอบ 8 แสดงวิธีการวางโคนและการลัดของโคน
(ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 160)

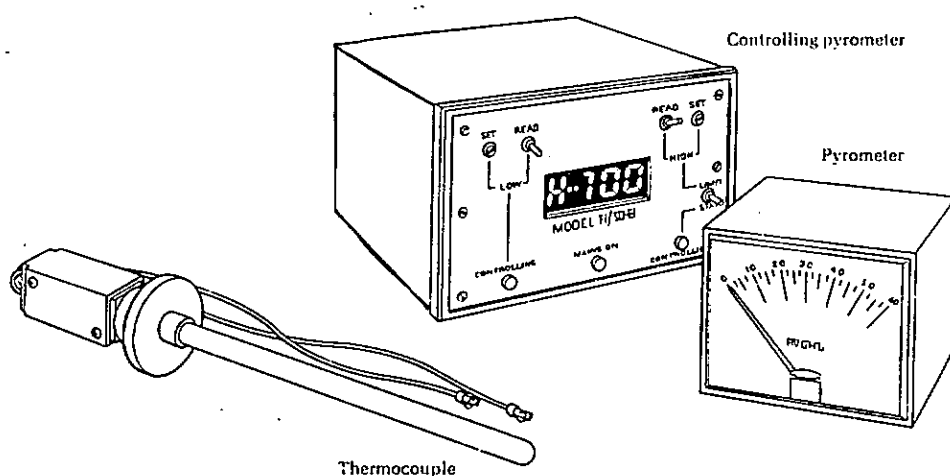
การวางโคนภายในเตาเผาจะต้องวางในตำแหน่งที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจน โคนแต่ละตัว ต้องมีความสามารถทนความร้อนได้ในจุดต่าง ๆ กัน เมื่อเผาถึงจุดสุดท้าย (Vitrify) ของโคนตัวใดแล้ว โคนนั้นจะลัดลงมาติดที่ฐานรอง จากตัวอย่างในภาพประกอบ 8 ระดับอุณหภูมิที่ต้องการคือโคนหมายเลข 7 ฉะนั้นจึงต้องวางโคน 3 ตัว คือ โคนหมายเลข 6, 7 และ 8 ตามลำดับ โดยให้โคนหมายเลขที่ต้องการนั้นอยู่ในตำแหน่งกลางเมื่อเผาถึงอุณหภูมิใกล้เคียงที่ต้องการ โคนหมายเลข 6 จะเริ่มโค้งงอ เป็นการเตือนให้เราทราบและใช้ความระมัดระวังคอยดู ต่อจากนั้นให้เผาจนกระทั่งโคนหมายเลข 7 โค้งงอ แต่โคนหมายเลข 8 ยังไม่โค้งงอจึงปิดเตา แสดงว่าเราเผาได้ถึงระดับอุณหภูมิที่ต้องการพอดีแต่ถ้าปล่อยให้โคนหมายเลข 8 โค้งงอ แสดงว่าเราเผาอุณหภูมิสูงเกินกว่าที่ต้องการ โคนใช้บอกอุณหภูมิภายในเตาเผาได้เกือบทุกวัน นอกจากนี้ยังใช้หาความทนไฟของวัสดุดินเหนียวด้วย

การวัดอุณหภูมิด้วยโคนในอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผา นอกจากประหยัดได้ผลที่เที่ยงตรงต่อเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบ ซึ่งจุดสุดท้ายของเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบมักจะเรียกตามหมายเลขของโคน เมื่อโคนหมายเลขนั้นลัดก็หมายถึง เนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบสุดท้ายพอดี

เครื่องวัดอุณหภูมิ (Pyrometer)

ทวี พรหมพฤกษ์ (2525 : 107) ได้กล่าวถึง เครื่องวัดอุณหภูมิที่อาศัยหลักการ การเกิดกระแสไฟฟ้าจากความร้อน (Thermoelectric Pyrometer) โดยนำเอาโลหะสองชนิดที่ต่างกันมาเชื่อมปลายให้ติดกันเรียกว่า Hot Junction แต่โลหะทั้งสองจะต้องมีคุณสมบัติแตกต่างกันใส่ในเตาให้ได้รับความร้อน เรียกว่า Thermocouple ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งต่อเข้ากับเครื่องวัดอุณหภูมิ (Indicator) โดยเข็มจะเป็นตัวชี้จากอัตราความร้อนมากน้อยของกระแสไฟฟ้า มีตัวเลขเทียบอุณหภูมิเป็นองศาเซลเซียส และฟาเรนไฮต์ ปลายโลหะที่ต่อไปยังหน้าปิด เรียกว่า Cold Junction ซึ่ง Thermocouple ที่วัดอุณหภูมิสูง ๆ จะมีเครื่องป้องกันทำด้วยวัสดุทนไฟป้องกันอีกชั้นหนึ่ง

อำพน วัฒนรังสรรค์ (2531 : 3-4) ได้กล่าวถึงเครื่องวัดอุณหภูมิเริ่มนำมาใช้ในด้านอุตสาหกรรมเซรามิกส์ โดยผู้คิดประดิษฐ์ขึ้นคือ ซีแพค (Seebeck) ในปี ค.ศ. 1821 โดยใช้ลวด 2 สาย ทำด้วยทองแดง และเหล็กนำมาเชื่อมกับที่ปลายข้างหนึ่ง ส่วนปลายนี้จะเสียบเข้าไปในเตา เมื่อได้รับความร้อนจะถ่ายความร้อนมาตามลวดตะกั่ว (Leadwire) ซึ่งต่อเข้ากับ Galvanometer ซึ่งจะมีเข็มบ่งชี้ตามตัวเลขที่หน้าปัด ซึ่ง Thermocouple ที่เข้าไปภายในเตาจะใส่เข้าไปในกระบอกที่ทำด้วย Porcelain



ภาพประกอบ 9 แสดงอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ Pyrometer และ Thermocouple

โลหะที่นำมาใช้เป็นสื่อให้เกิดกระแสไฟฟ้าเมื่อได้รับความร้อน

1. Copper - Nickel สามารถวัดได้อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส
2. Chromel - Nickel สามารถวัดได้อุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียส
3. Chromel - Alumel โดย Chromel จะเป็นลวดโลหะผสมของ Nickel 90 เปอร์เซ็นต์ และ Chromium 10 เปอร์เซ็นต์ ส่วน Alumel จะเป็นลวดโลหะผสมของ Nickel 94 เปอร์เซ็นต์ Aluminum 2 เปอร์เซ็นต์ Manganese 3 เปอร์เซ็นต์ และ Silicon 1 เปอร์เซ็นต์ สามารถวัดได้อุณหภูมิ 1300 องศาเซลเซียส
4. Platinum 87 - Rhodium 13 สามารถวัดได้อุณหภูมิสูงถึง 1500 องศาเซลเซียส
5. Platinum 70 - Rhodium 30 สามารถวัดได้อุณหภูมิสูงถึง 1800 องศาเซลเซียส

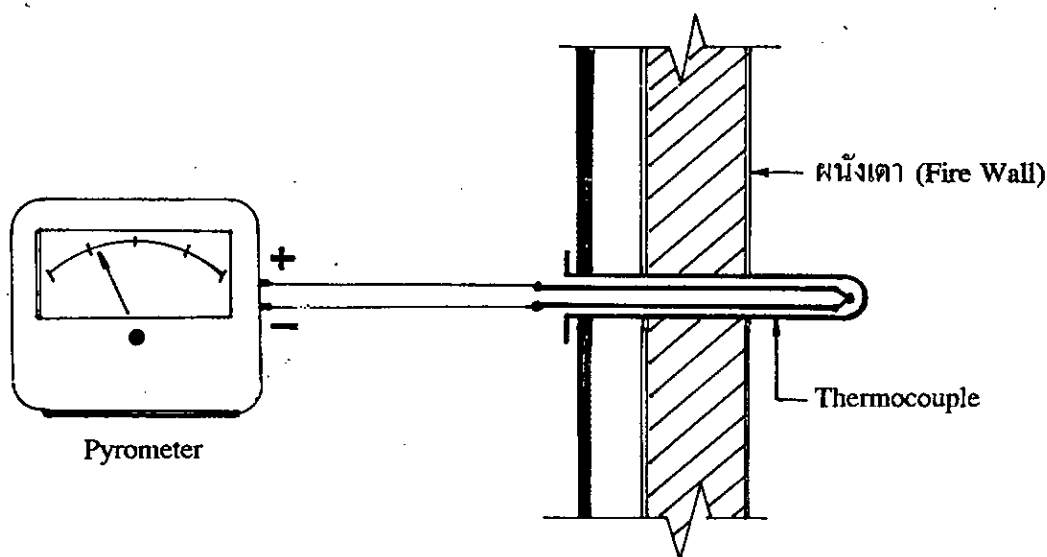
สำหรับการเผาในอุณหภูมิมาก ๆ จะใช้ Optical Pyrometer โดยอาศัยหลักการแผ่รังสีความร้อน แล้ววัดด้วยแสง ซึ่งไม่จำเป็นจะต้องเอาเครื่องมือหรือส่วนใดส่วนหนึ่งเข้าไปในเตาเลย

บรรจบ สุขจิต (2536 : 82-86) ได้กล่าวถึง Thermoelectric Effect ได้ถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือสำหรับวัดอุณหภูมิตั้งแต่ปี ค.ศ. 1821 เมื่อ ที เจ ซีเบค (T.J. Seebeck) ได้พบปรากฏการณ์

ของไฟฟ้าอุณหภูมิ (Thermoelectricity) พบว่าในวงจรไฟฟ้าที่ประกอบขึ้นจากตัวนำต่างชนิดกัน นำปลายทั้งสองข้างมาเชื่อมต่อกันแล้วทำให้รอยต่อทั้งสองข้างมีอุณหภูมิต่างกัน จะมีกระแสไหลในวงจรไฟฟ้านี้ และในปี ค.ศ. 1834 เจ ซี เพลเทียร์ (J.C. Peltier) ได้พบว่าเมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านรอยต่อของโลหะต่างชนิดกันสองอย่าง รอยต่อนี้จะดูดซึมความร้อน การค้นพบทั้งสองนำไปสู่การใช้ Thermocouple ที่แปลงอุณหภูมิเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า ซึ่งการคัดเลือกความเหมาะสมของ Thermocouple เพื่อให้ได้ผลตามต้องการ ควรพิจารณาดังนี้

1. ย่านการวัดอุณหภูมิที่ต้องการ
 2. ชนิดของ Thermocouple เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน
 3. ในระบบความร้อนมีกำลังเพียงพอหรือไม่
 4. ขนาดของ Thermocouple ที่อาจทำให้เกิดความผิดพลาด
 5. ความลึกของ Thermocouple ที่อาจทำให้เกิดความผิดพลาด
 6. ระบบความร้อนเป็นแบบคงที่หรือเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา
 7. ธรรมชาติของบรรยากาศ เช่น ออกซิไดซิง, เชื้อเพลิง หรือสุญญากาศ
 8. ความถูกต้องตามแบบ ต้องมีการสอบเทียบเป็นพิเศษ
- การติดตั้ง Thermocouple ควรคำนึงถึง

1. Capacitive Coupling การ Coupling ของสนามไฟฟ้าเข้าสู่สายที่ต่อจาก Thermocouple ในท่อร้อยสายไฟที่ร้อยกับสายไฟ A.C. ทำให้เกิดสัญญาณรบกวนในแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ได้จาก Thermocouple แก้ไขโดยการ Shield สายสัญญาณแยกต่างหากจากสาย A.C. และต่อ Shield ลงดิน
2. Magnetic Fields เป็นสัญญาณรบกวนสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เหนี่ยวนำเข้าสู่วงจร Thermocouple ด้วยการบิดสายให้เป็นเกลียวเชือก (Twist)
3. Cross Talk เกิดขึ้นเมื่อสัญญาณที่เหนี่ยวนำจากคู่สายที่ชิดกัน เมื่อสัญญาณ A.C. หรือ Pulsating D.C. ส่งเข้ามาจะมีการเหนี่ยวนำเข้ามารบกวน แก้ไขได้โดย Shield สายแยกแต่ละคู่ออกจากกัน



ภาพประกอบ 10 การติดตั้ง Thermocouple

การทดสอบทางไฟฟ้าของ Thermocouple เพื่อความถูกต้อง มีการทดสอบทางไฟฟ้า 3 ประการ คือ

1. Loop Test เป็นการวัดความต้านทานของสายร่วมกับตัว Thermocouple ด้วยโห์มมิเตอร์ ทั้งทางด้านตรงไปและย้อนกลับหลังจากที่ถอดสาย Thermocouple จากตัวอ่านแล้ว หากความต้านทานเปลี่ยนไปอย่างเห็นได้ชัด จากค่าที่เคยวัดขณะยังใหม่อยู่ (ในอุณหภูมิเดียวกัน) อาจเกิดจากสายฉนวนหรือเสื่อมคุณภาพที่ข้างใดข้างหนึ่งของ Thermocouple หากส่วนหัวของ Thermocouple หมุน อาจทำให้ขาดหรือลัดวงจรที่ใดที่หนึ่งตามช่วงความยาวของ Element อาจทำให้เกิดการอ่านที่คลาดเคลื่อน

2. Insulation Test ซึ่ง Thermocouple แบบ MIMS (Mineral-Insulated Metal-Sheathed) ที่ Element ไม่ได้ต่อลงดินที่เปลือกนอก สามารถตรวจสอบความต้านทานระหว่าง Element กับเปลือกนอกด้วยโห์มมิเตอร์ หากความต้านทานลดลงมากกว่าปกติมากกว่า 2 เท่า แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ที่สายของ Element จะลัดวงจรบางส่วนขึ้นเนื่องจากความสกปรกภายในเปลือกนอกหรือความชื้นที่ขั้วได้

3. Polarity and Integrity Test ก่อนนำ Thermocouple เข้าไปในจุดใช้งานเครื่องเป่าลมร้อน จะเป็นเครื่องมือทดสอบโดยปล่อยลมร้อนที่ละน้อยที่ปลายสุดของ Thermocouple เพื่อสังเกตทิศทางการอ่านบนมิเตอร์ หากเป่าลมร้อนแล้วเข็มชี้กลับทิศทางแสดงให้เห็นว่าการต่อสายสลับกัน

ลวดความร้อน

อาพน วัฒนรังสรรค์ (2531 : 38-41) ได้จำแนกชนิดของลวดความร้อนที่เป็นลวดความต้านทานที่ใช้กับเตาไฟฟ้ามีดังนี้

1. Nichrome
2. Kanthal
3. Silicon Carbide
4. Molydenum Silicide
5. Carborundum with Granular Carbon
6. Stabilised Zirconia
7. Molten Tin Electrode

1. Nichrome เป็นโลหะชนิดแรกที่นำมาใช้ในการทำลวดความร้อนในเตาไฟฟ้าชนิดแรก เพื่อใช้ในอุณหภูมิ 1050 องศาเซลเซียส ในการเผาจึงต้องระมัดระวังไม่เผาให้เกินอุณหภูมินี้ เพราะจะทำให้ลวดหลอมละลายก่อน ซึ่งลวดนิโครมนี้ทำมาจากโลหะผสมระหว่างนิกเกิลกับโครเมียม (Nickel-Chromium Alloy) โดยมีปริมาณของนิกเกิล ร้อยละ 80 และโครเมียม ร้อยละ 20 จะเผาได้อุณหภูมิประมาณ 900 องศาเซลเซียส หากต้องการเผาในอุณหภูมิที่สูงกว่านี้จะต้องเป็นโลหะผสมระหว่าง Iron, Chromium, Aluminium และ Cobalt ซึ่งลวดนิโครมเมื่อใช้กับน้ำเกลือที่ไม่มีตะกั่ว เผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส จะมีอายุการใช้งานประมาณ 5-10 ปี ถ้าเผาในอุณหภูมิ 1050 องศาเซลเซียส จะมีอายุการใช้งาน 2-4 ปี แต่ถ้าใช้กับน้ำเกลือที่มีตะกั่ว อายุการใช้งานได้เพียง 9-12 เดือน ที่อุณหภูมิเดียวกัน

2. Kanthal เป็นโลหะผสมระหว่างโครเมียม (Chromium) ร้อยละ 37.5 อลูมิเนียม (Aluminium) ร้อยละ 70.5 เหล็ก (Iron) หรือโคบอลต์ (Cobalt) ร้อยละ 2-3 สามารถเผาได้อุณหภูมิสูงถึง 1300 องศาเซลเซียส ลวดแกนทังจะมีอายุการใช้งานประมาณ 2 ปี เมื่อเผาที่อุณหภูมิ 1250 องศาเซลเซียส ในบางครั้งอาจใช้ชนิด Ribbon แทนที่ไดร์ หรืออาจใช้ลวดเส้นกลมเดินไปตามผนังด้านข้างของอิฐทนไฟ โดยฝังไว้ในร่องหรือห้อยไว้โดยมีแท่งความร้อนตรงกลางหรือใส่ในช่องทนไฟที่สร้างขึ้นเป็นพิเศษได้

3. Silicon Carbide สำหรับเผาที่อุณหภูมิสูง ๆ แหล่งพลังงานความร้อนชนิดนี้ทำจาก Silicon Carbide (Carborundum) Rods สำหรับการเผาแบบต่อเนื่อง จะทนความร้อนได้ถึง 1400 องศาเซลเซียส แต่ในกรณีพิเศษจะทนได้ถึง 1575 องศาเซลเซียส แต่แท่งความร้อนชนิดนี้โดยปลายข้างหนึ่งจะต้องต่อเข้ากับขั้วสายไฟ ซึ่งไม่สามารถต่อกันได้โดยตรงเพราะมีความร้อนสูงมาก ดังนั้นปลายทั้งสองข้างของแท่งทนความร้อนนี้จะต้องมีช่องของซิลิกอนอิสระต่อเข้าไป ซึ่งจะทำ

ให้ปลายทั้งสองมีความร้อนน้อยมาก และเมื่อถูกนำมาใช้ในเตาอุณหภูมิ 1300 - 1350 องศาเซลเซียส จะสามารถใช้ได้ 2 - 4 เดือน

4. Molybdenum Silicide เป็นแหล่งพลังงานความร้อนที่ได้คิดสร้างเมื่อ ค.ศ. 1958 โดยทำจากโมลิบดีนัม ซิลิไซด์ สามารถให้ความร้อนได้สูงมาก โดยขดลวดเส้นเล็กสามารถสร้างขึ้นมาใช้เป็นพิเศษสำหรับงานในห้องทดลอง ให้ความร้อนในการเผาได้ถึง 1650 องศาเซลเซียส ซึ่งโมลิบดีนัม ซิลิไซด์นี้เป็นองค์ประกอบสำคัญของการทำลวดแคลท์ชนิดพิเศษเพื่อการเผาผลิตภัณฑ์จำพวกเซอร์เมท (Cermets) โดยลวดชนิดนี้จะประกอบด้วยซิลิก้ากับโลหะอื่น ๆ และวัตถุดิบทางเซรามิกส์ สามารถเผาได้ถึง 1600 องศาเซลเซียส

5. Carborundum with Granular Carbon เป็นลวดชนิดนี้ประกอบขึ้นด้วยคาร์โบรันดัม ลักษณะอย่างยาว ๆ แล้วปิดทับด้วย Granular Carbon ปลายทั้งสองข้างสามารถต่อเข้ากับสายไฟฟ้าได้เลย แล้วจึงนำมาติดกับผนังข้างของวัตถุทนไฟ

6. Stabilised Zirconia เป็นแหล่งพลังงานความร้อนที่นิยมใช้กับเตาลง เพราะสามารถเผาได้ถึง 2000 องศาเซลเซียส โดยวัสดุประกอบด้วย

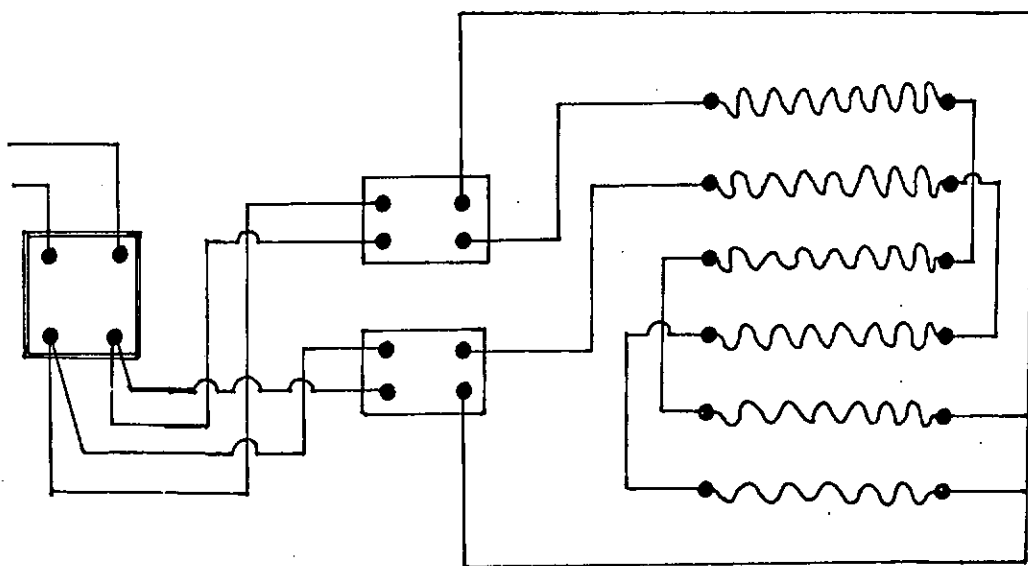
ZrO ₂	94.10	เปอร์เซ็นต์
CaO	4.96	เปอร์เซ็นต์
Fe ₂ O ₃	0.52	เปอร์เซ็นต์
TiO ₂	0.22	เปอร์เซ็นต์
SiO ₂	0.20	เปอร์เซ็นต์

7. Molten Tin Electrode ตามปกติมันจะหลอมละลายที่อุณหภูมิ 231 องศาเซลเซียส แต่จะไม่เดือดจนกระทั่งอุณหภูมิ 2300 องศาเซลเซียส จึงจำเป็นต้องให้มีสภาพเป็นของเหลวอยู่ภายใน เมื่อนำแหล่งพลังงานความร้อนนี้มาใช้ สามารถให้ความร้อนได้ถึง 1500 องศาเซลเซียส ในการควบคุมความร้อนจะควบคุมโดยใช้จำนวนของขดลวดความร้อน ซึ่งเป็นตัวที่สามารถเพิ่มหรือลดพลังงานความร้อนภายในเตาได้ แต่จะต้องป้องกันไม่ให้อากาศไหลผ่านเข้าไปในเตาได้ บรรยากาศภายในเตาเผาจะบริสุทธิ์ในบรรยากาศการเผาไหม้แบบสมบูรณ (Oxidizing Atmosphere) ได้ดี

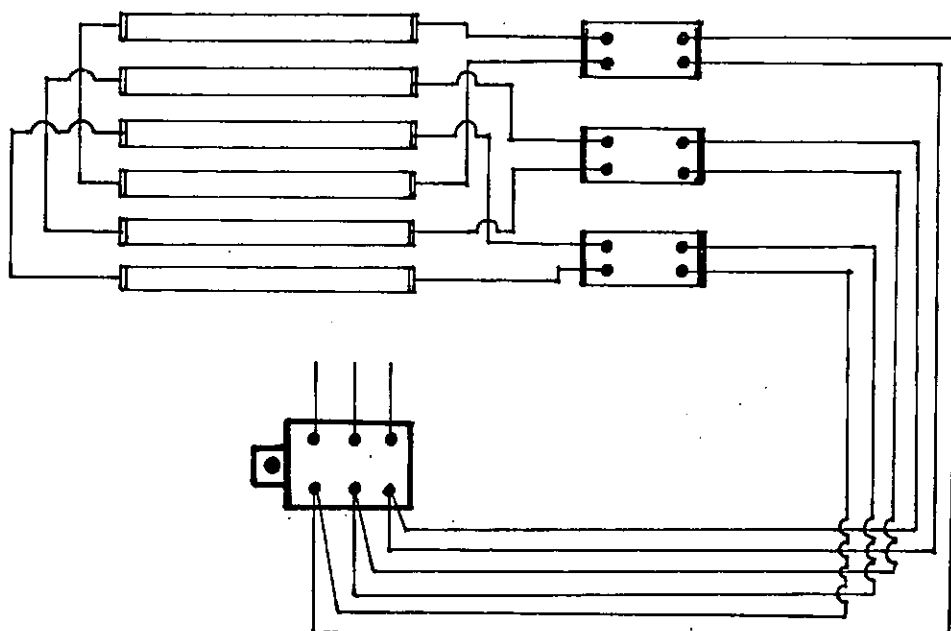
วงจรไฟฟ้า

ทวี พรหมพุกย์ (2525 : 67-70) ได้กล่าวถึงวงจรไฟฟ้าว่ามีความสำคัญมาก โดยมี ความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทราบข้อมูลเกี่ยวกับกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมว่าจะใช้แบบยอกเดียว (Single Phase) หรือสามยอก (Three Phase) ซึ่งวงจรไฟฟ้าจากเตาเผาไฟฟ้าชนิดที่เผาในอุณหภูมิสูง (High Temperature) ซึ่งได้ผลดีโดยใช้ลวดแกนทลชนิด A-1 ซึ่งสามารถเผาได้อุณหภูมิสูงถึง 1375

องศาเซลเซียส โดยมีขนาดต่าง ๆ ตั้งแต่ 1.30 มิลลิเมตร 2.00 มิลลิเมตร และ 2.50 มิลลิเมตร ซึ่งการใช้ลวดแกนลัดต้องเหมาะสมกับขนาดของเตาด้วย เช่น เตาเผาขนาด 8 ลูกบาศก์เมตร จะใช้ ลวดขนาดความโต 1.50 - 2.00 มิลลิเมตร เป็นต้น



ภาพประกอบ 11 แสดงวงจรไฟฟ้าขั้วเดียว (Single Phase)



ภาพประกอบ 12 แสดงวงจรไฟฟ้าสามขั้ว (Three Phase) เตาอุณหภูมิสูง

จากเอกสารที่เกี่ยวข้องกับเตาเผา (เตาไฟฟ้า) ที่กล่าวถึงจะเห็นได้ว่ามีส่วนประกอบที่สำคัญคือ วัสดุในการสร้างเตาฉนวนกันความร้อน เครื่องวัดอุณหภูมิ ขดลวดความร้อนและวงจรไฟฟ้า จากส่วนประกอบเหล่านี้มีส่วนที่เกี่ยวข้องอยู่ในการวิจัยโดยการใช้วัสดุทดแทนในการทดลองคือ กระเบื้องแผ่นเรียบ กระเบื้องแผ่นเรียบสอดแทรกด้วยทรายหยาบ และแผ่นดินเผาท้องถิ่น ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ การใช้วัสดุทดแทนเป็นความมุ่งหมายประการหนึ่งของผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาเพื่อทดแทนฉนวนกันความร้อนเซรามิกไฟเบอร์ (Ceramic Fiber) ประกอบการสร้างเตาเผาอุณหภูมิสูง โดยผ่านการตรวจสอบและประเมินสมรรถนะโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเซรามิกส์ต่อไป สืบเนื่องจากเจตนารมณ์ดังกล่าวจึงได้กำหนดสมมติฐานของการวิจัยในส่วนนี้ว่า “เตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็กที่สร้างขึ้นมีคุณสมบัติพื้นฐานตามเกณฑ์ที่กำหนด และมีคุณสมบัติด้านสมรรถนะอยู่ในระดับพอใช้ทุกด้าน”

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับวัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

วัตถุดิบที่มีความเหนียว

วัตถุดิบที่มีความเหนียว ได้แก่ ดินชนิดต่าง ๆ นับเป็นวัตถุดิบที่มีความสำคัญมากในการทำเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ ที่ใช้ทำภาชนะใส่อาหาร (Table Ware) เครื่องสุขภัณฑ์ (Sanitary Ware) กระเบื้อง (Tiles) และอุปกรณ์ฉนวนไฟฟ้า (Insulators) เป็นต้น ดินเป็นสารประกอบของอลูมิเนียมซิลิเกต (Aluminium Silicate) ที่มีสูตรทางเคมี คือ $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ในแร่ดินธรรมชาติจะมีสารประกอบอื่น ๆ ปะปนอยู่มากมายที่เป็นสาเหตุทำให้ดินไม่บริสุทธิ์ สารเหล่านี้ ได้แก่ ไมกา (Mica) เหล็ก (Iron Oxide) เฮมาไทต์ (Hematite) และฟลูออไรต์ (Fluorite) เป็นต้น ดินเกิดจากการแปรสภาพของหินฟันม้า โดยการผุพังเปลี่ยนสภาพเป็นดินหรือการสลายตัวโดยการกระทำของน้ำและสภาวะอากาศเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติที่ต่อเนื่องกัน ตลอดเวลาปฏิกิริยาการแปรสภาพของหินฟันม้าที่กลายเป็นดิน เรียกว่าปฏิกิริยา เกโอลินไนเซชัน (Kaolinzation) ดินแบ่งตามการเกิดออกเป็น 2 ชนิด คือ ดินที่เกิดในที่ราบสูงและที่ราบต่ำ (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 58)

1. ดินที่เกิดในที่ราบสูง (Primary Clay) ได้แก่ ดินขาว (Kaolin) เป็นผลิตภัณฑ์บริสุทธิ์มีส่วนประกอบทางเคมีคือ $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ มีสีจางหรือจางหม่น มีความเหนียวน้อย หดตัวน้อย มีความแกร่งก่อนการเผาไหม้ ยุ่ยตัวได้ง่าย ทนความร้อนได้สูงและมีความบริสุทธิ์สูง โดยดินขาวไม่สามารถขึ้นรูปได้โดยลำพัง ต้องนำไปผสมกับวัตถุดิบหรือดินชนิดอื่น ซึ่งแหล่งดินขาวที่พบในประเทศไทย ได้แก่ ดินขาวลำปาง ดินขาวระนอง และดินขาวยะลา เป็นต้น

ในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกดินขาวเป็นวัตถุดิบที่ใช้กับเนื้อดินปั้นจากแหล่งดินตัวอย่างทั้ง 3 แหล่ง เพราะดินขาวสามารถช่วยลดความเหนียว ลดการหดตัว เพิ่มความทนไฟและ

เพิ่มความแข็งแกร่งหลังการเผาได้ดี ดินขาวที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกดินขาวลำปาง เนื่องจากเป็นดินขาวที่มีความบริสุทธิ์ค่อนข้างสูง

2. ดินที่เกิดในที่ราบต่ำ (Secondary Clay) เป็นดินที่เกิดจากการเคลื่อนตัวของดินขาวที่ไหลเคลื่อนไปทับถมกันในที่ราบต่ำเป็นเวลานานนับพันปี เนื้อดินมีความละเอียด เหนียวดี พบในธรรมชาติจะมีสีเทา สีดำ เนื่องจากมีสารอินทรีย์เจือปนอยู่ เนื้อดินจึงมีความบริสุทธิ์ต่ำ (Norton. 1952 : 18) ดินที่เกิดในที่ราบต่ำมีหลายชนิด ได้แก่

2.1 ดินเหนียว (Ball Clay) เป็นดินที่มีลักษณะตรงข้ามกับดินขาว โดยมีเปอร์เซ็นต์ของเหล็กค่อนข้างสูง ทนความร้อนได้สูงถึง 1,300 องศาเซลเซียส (2,282 องศาฟาเรนไฮต์) เนื้อดินละเอียด มีความเหนียวดีมาก พบในธรรมชาติ จะมีสีเทา สีดำ ไม่สามารถขึ้นรูปได้โดยลำพัง ต้องนำไปผสมกับวัตถุดิบหรือดินชนิดอื่น เมื่อนำไปเผาแล้วให้สีขาวและหดตัวมากกว่าดินขาวจึงนิยมใช้สำหรับเพิ่มความเหนียวให้แก่เนื้อดินปั้น นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้แก่เนื้อดินปั้นก่อนเข้าเตาเผา และช่วยทำให้เนื้อดินปั้นหลังการเผาเนื้อแน่นเป็นเนื้อเดียวกันตลอด

2.2 ดินสโตนแวร์ (Stoneware Clay) เป็นดินค่อนข้างเหนียว สามารถขึ้นรูปได้โดยลำพัง สามารถทนความร้อนได้สูงถึง 1,300 องศาเซลเซียส ดินสโตนแวร์ที่พบในธรรมชาติจะมีสีเทาอ่อน เทาแก่ หรือน้ำตาลเข้ม บางครั้งเรียกว่าดินทนไฟ (Fire Clay) ใช้ทำหีบทนไฟ (Sagger) ที่ใช้สำหรับป้องกันเปลวไฟไปสัมผัสกับผลิตภัณฑ์โดยตรง

2.3 ดินเอิร์ทเทนแวร์ (Earthenware Clay) เป็นดินที่พบโดยทั่วไปตามธรรมชาติมีส่วนผสมของเหล็กและค่าสูง เช่น แอลคาไลและแอลคาไลเอิร์ท ทนความร้อนได้สูงถึง 1,100 องศาเซลเซียส โดยทั่วไปมีสีน้ำตาลอ่อน น้ำตาลแก่และเทาแก่ มีความเหนียวดีมาก เมื่อนำไปขึ้นรูปจะต้องใช้ทรายหรือใช้ดินเชื้อ (Grog) ผสมเพื่อป้องกันการแตกร้าวหรือบิดงอ ใช้ทำผลิตภัณฑ์ประเภทกระถางต้นไม้ หม้อดิน เป็นต้น ดินเอิร์ทเทนแวร์ใช้ผสมในเนื้อดินปั้นช่วยลดจุดสุกตัวของเนื้อดิน และช่วยทำให้เนื้อดินมีสีเข้มขึ้น ดินชนิดนี้ที่พบในธรรมชาติ ได้แก่ ดินปากเกร็ด เป็นต้น (ทวี พรหมพุกภัย. 2523 : 58-62)

วัตถุดิบที่ไม่มีความเหนียว

วัตถุดิบที่ไม่มีความเหนียว ได้แก่ หินชนิดต่างๆ ซึ่งมีความสำคัญในการผสมเนื้อดินปั้นมีมากมายหลายชนิด ได้แก่

1. หินเขียวหนุมาน (Quartz) เป็นสารที่เกิดจากการตกผลึกของซิลิกาที่ให้ซิลิกาสูงถึงร้อยละ 99 นับว่ามีความบริสุทธิ์สูงมาก มีความแข็งประมาณ 7 ความถ่วงจำเพาะ 2.7 มีจุดหลอมละลายที่อุณหภูมิ 1,728 องศาเซลเซียส (3,140 องศาฟาเรนไฮต์) ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์จะใช้หินเขียวหนุมานผสมเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบ เพราะหินเขียวหนุมานจะทำหน้าที่เป็นโครงสร้างให้

แก่เนื้อดินปั้น ลดการหดตัวและป้องกันการบิดเบี้ยวของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนสภาพเป็นแก้วได้ ทำให้เนื้อดิน มีความแข็งแรงและโปร่งใสขึ้น แต่ถ้าใส่มากเกินไปจะทำให้ความเหนียวลดลง และเพิ่มความขยายตัว มีผลต่อการแตกร้าวเสียหายได้ใช้ผสมในน้ำเคลือบจะทำให้เคลือบมีความแข็งแรงเป็นแก้วเป็นมัน และทนต่อการกัดกร่อนได้ดี แต่ถ้าใส่มากเกินไปจะทำให้ทนไฟสูงเช่นกัน

วัตถุดิบที่ให้ซิลิกาสูงและสามารถนำมาใช้แทนหินควอทซ์ได้ ได้แก่ กรวด (Granite) หินทราย (Sandstone) ทราย (Sand) แต่ความสะอาดสีอาจไม่เท่ากับหินเขียวหนุมานที่พบได้แก่ หินเขียวหนุมานจันทบุรี หินเขียวหนุมานระยองและหินเขียวหนุมานสงขลา เป็นต้น แต่ผู้วิจัยได้เลือกใช้เฉพาะแหล่งหินเขียวหนุมานจันทบุรี เนื่องจากมีคุณภาพดี เหมาะสมกับการทดลองผสมในเนื้อดินปั้น

2. หินฟีนมา (Feldspar) เป็นวัตถุดิบสำคัญใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบ ทำหน้าที่เป็นตัวหลอมละลายในอุณหภูมิสูง ช่วยละลายวัตถุดิบอื่นให้มีอุณหภูมิในการเผาต่ำลง หินฟีนมาเป็นสารประกอบของ แอลคาไลน์อลูมิเนียมซิลิเกต (Alkaline Aluminium Silicate) ซึ่งเกิดจากการแปรสภาพของหินแกรนิต มีลักษณะทั่วไปทึบแสง พบในธรรมชาติมีทั้งสีขาวและสีชมพู หินฟีนมาที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผา โดยทั่วไปมี 3 ชนิดคือ

2.1 หินฟีนมาชนิดโพแทส (Potass Feldspar) มีสูตรทางเคมีคือ $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ เป็นหินฟีนมาที่มีสารประกอบโพแทสเซียมอลูมิเนียมซิลิเกต (Potassium Aluminium Silicate) มีจุดหลอมละลายประมาณ 1200 - 1250 องศาเซลเซียส ใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบได้ดี

2.2 หินฟีนมาชนิดโซดา (Soda Feldspar) ได้แก่ หินอัลไบท์ (Albite) มีสูตรทางเคมีคือ $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ เป็นหินฟีนมาที่มีสารประกอบของ โซเดียมอลูมิเนียมซิลิเกต (Sodium Aluminium Silicate) เป็นผลึกสีเทาหรือสีขาวขุ่น ใช้ผสมในน้ำเคลือบไฟสูง เพื่อช่วยลดอุณหภูมิ หินฟีนมาชนิดนี้ช่วยทำให้อุณหภูมิของเคลือบต่ำกว่าหินฟีนมาชนิดโพแทส

2.3 หินฟีนมาชนิดแคลเซียม (Calcium Feldspar) ได้แก่ หินโลมสปาร์ เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นเนื่องจากหินฟีนมามีแอลคาไลน์ เช่น โพแทสเซียม โซเดียม และแคลเซียม เป็นสารประกอบที่จะช่วยลดอุณหภูมิให้แก่เนื้อดินปั้น

3. หินปูน (Limestone or Whiting) เป็นวัตถุดิบที่ใช้มากในอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผา นิยมใช้เป็นส่วนผสมในน้ำเคลือบ ส่วนในเนื้อดินปั้นใช้น้อยมากเพราะถ้าใส่มากเกินไปจะเกิดผลเสีย ทำให้เนื้อดินยุบตัวเนื่องจากหินปูนทำหน้าที่เป็นตัวช่วยลดจุดหลอมละลาย หินปูนเป็นสารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium Carbonate) มีสูตรทางเคมีคือ $CaCO_3$ หินปูนมีความแข็งแรง 2.3 ความถ่วงจำเพาะ 2.7 ใช้ผสมในน้ำเคลือบจะช่วยทำให้เคลือบมีความแข็งแรง และเป็นตัวช่วยลดอุณหภูมิในเคลือบไฟสูง ช่วยให้เคลือบมีความคงทนต่อกรด เป็นวัตถุดิบที่สามารถ

ทนความร้อนได้สูง หากไม่นำไปผสมกับวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติเป็นกรดและกลาง

4. ทัลค์หรือแทลคัม (Talc or Talcum) เป็นสารประกอบของแมกนีเซียม ซิลิเกต (Magnesium Silicate) มีสูตรทางเคมีคือ $3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ มีความแข็ง 2 ความถ่วงจำเพาะ 2.8 มีจุดหลอมละลายที่อุณหภูมิ 1,490 องศาเซลเซียส มีการหดตัวน้อยมาก ใช้ผสมในเนื้อดินปั้นจะช่วยให้เนื้อดินมีความคงทนต่อการหดขยายตัว และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็วได้ดีและเป็นตัวช่วยในการหลอมละลายและมีคุณสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้า ช่วยป้องกันการร้าว (Crazing) ให้แก่เคลือบ ซึ่งเกิดจากการขยายตัวเมื่อขึ้น นิยมใช้เป็นส่วนผสมในการทำกระเบื้อง บุผนังใช้ในปริมาณเล็กน้อย จะช่วยเพิ่มความหนาแน่นให้แก่เนื้อดินปั้นเมื่อเผาแล้ว แต่ถ้าใช้ในปริมาณมากจะทำให้เนื้อดินมีความทนไฟต่ำ และมีความเหนียวลดลงยากแก่การขึ้นรูป แทลคัมมีส่วนประกอบทางเคมีดังนี้

ซิลิกา	ร้อยละ 63.50
แมกนีเซียม	ร้อยละ 31.70
น้ำ	ร้อยละ 4.80 (ทวี พรหมพฤษย์. 2523 : 62 - 65)

ในการทดลองครั้งนี้ได้ศึกษาวัตถุดิบที่ใช้ทำเนื้อดินปั้นประเภทที่มีความเหนียว และไม่มี ความเหนียวดังกล่าวข้างต้น เป็นข้อมูลสำหรับผู้วิจัยในการคัดเลือกเพื่อใช้ในการทดลองเพื่อหาความเหมาะสมกับแหล่งดินตัวอย่างทั้ง 3 แหล่ง วัตถุดิบที่เลือกใช้ประกอบด้วย

1. ดินขาวลำปาง เป็นดินขาวที่มีแหล่งกำเนิดอยู่บริเวณเขาปางคำ ตำบลบ้านสา อำเภอแจ้ห่ม จังหวัดลำปาง อยู่ทางทิศตะวันออกของเส้นทางหลวง ลำปาง-แจ้ห่ม ตรงหลักกิโลเมตรที่ 26 ที่เกิดจากการผุพังสลายตัวของหินฟันม้า ในหินภูเขาไฟ (Liperite) เนื่องจากสามารถลดความเหนียว ลดการหดตัว เพิ่มความทนไฟและเพิ่มความแข็งแรง หลังการเผาได้ดี อีกทั้งดินขาวลำปาง มีปริมาณสำรองมาก คุณภาพดี (กรมวิทยาศาสตร์. 2514 : 2.38)

2. หินเขียวหนุมาน เป็นหินเขียวหนุมานที่มีแหล่งกำเนิดอยู่ในบริเวณเขาหินแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี อยู่หลักกิโลเมตรที่ 323.5 ถนนสุขุมวิท เลี้ยวซ้ายมือเข้าไปประมาณ 2 กิโลเมตร มีทั้งชนิดสีขาวและสีชมพู ใช้สำหรับเป็นโครงสร้างให้กับเนื้อดินปั้นลดการหดตัวและการบิดตัวของผลิตภัณฑ์ ทำให้เนื้อดินมีความแข็งแรงและทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ดี อีกทั้งมีปริมาณสำรองมาก คุณภาพดี (กรมวิทยาศาสตร์. 2514 : 2.48)

3. ดินด่านเกวียน เป็นดินที่มีแหล่งกำเนิดตามธรรมชาติในทุ่งท้องนา ในท้องที่บ้านด่านเกวียน ตำบลด่านเกวียน อำเภอโชคชัย จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งต้องเปิดหน้าดินลึกประมาณ 1 เมตร แหล่งดินนี้มีความเหนียว ส่วนประกอบของดินมีปริมาณของเหล็กและแอลกะไลน์สูง

4. ดินสามโคก เป็นดินที่มีแหล่งกำเนิดตามธรรมชาติในทุ่งท้องนาในท้องที่ ตำบลสามโคก อำเภอสามโคก จังหวัดปทุมธานี ซึ่งต้องเปิดหน้าดินลึกประมาณ 1 เมตร แหล่งดินนี้มี

ความเหนียว ส่วนประกอบของดินมีปริมาณของเหล็กและแอลคาไลน์สูง

5. ดินคำสุราษฎร์ เป็นดินที่มีแหล่งกำเนิดตามธรรมชาติในท้องที่ ตำบลบ้านส้อง อำเภอนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี เป็นลักษณะดินเหนียวดำ โดยเปิดหน้าดินลึกประมาณ 1 เมตร

6. หินพื้นน้ำราชบุรี เป็นหินพื้นน้ำที่มีแหล่งกำเนิดอยู่ในบริเวณเขาสวนผึ้ง อำเภोजอมบึง จังหวัดราชบุรี หินพื้นน้ำแหล่งนี้มีความบริสุทธิ์สูง มีคุณภาพดี เป็นหินพื้นน้ำชนิดโปแตสเฟลด์สปาร์ (กรมวิทยาศาสตร์. 2514 : 2.46)

จากการศึกษาแหล่งวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้สามารถสรุปเป็นผลการวิเคราะห์ทางเคมีของวัตถุดิบแต่ละแหล่งได้ ดังตาราง 8 เพื่อใช้เปรียบเทียบวิเคราะห์ทางเคมีของเนื้อดินปั้น

ตาราง 8 แสดงผลการวิเคราะห์ทางเคมีของวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง (มีหน่วยเป็นร้อยละ)

วัตถุดิบ	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	L.I.O
ดินขาวลำปาง	51.2	36.4	1.4	1.1	2.1	2.5		5.3
หินเขียวหนุมานจันทบุรี	98.90	0.80	0.10	0.05	0.09	-	-	0.05
หินพื้นน้ำราชบุรี	65.20	20.40	1.00	1.70	-	6.70	1.50	1.50

ความหมายของดิน

ดิน (Clay) หมายถึง วัตถุที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ซึ่งมีเนื้อละเอียด มีความเหนียวเมื่อเปียกน้ำ แข็งและแกร่งเมื่อแห้ง โดยปกติดินประกอบด้วยแร่ดิน (Clay Minerals) ที่มีขนาดเม็ดแร่เล็กละเอียดปนกับสารอินทรีย์ และแร่ชนิดอื่นที่ไม่ใช่แร่ดิน (จุมพล คีนดัก และคนอื่นๆ. 2521 : 4) ดินเป็นสารประกอบของอลูมิเนียมซิลิเกต ในแร่ธรรมชาติจะมีสารประกอบอื่นๆ ปะปนอยู่มากมาย ที่เป็นสาเหตุทำให้ดินไม่บริสุทธิ์ สารประกอบเหล่านี้ ได้แก่ ควอตซ์ (Quartz) ไมกา (Mica) เหล็กออกไซด์ (Iron Oxide) เฮมาไทต์ (Hematite) ฟลูออไรต์ (Fluorite) มัสโคไวต์ (Muscovite) เป็นต้น ดินจะเกิดจากการแปรสภาพของหินพื้นน้ำ ซึ่งเป็นหินแกรนิตชนิดหนึ่งเกิดการผุพังเปลี่ยนสภาพเป็นดินเนื่องจากความชื้น ปฏิกิริยานี้เรียกว่าเคโอลิไนเซชัน (Kaolinization) (โกลล รักษ์วงศ์. 2531 : 3) ดิน คือ สารประกอบไฮดรอสอลูมินัมซิลิเกต (Hydrous Aluminum Silicate) มีส่วนประกอบและโครงสร้างของผลึกแน่นอน เมื่อผสมกับน้ำจะทำให้เกิดความเหนียวขึ้น และสามารถปั้นให้เป็นรูปต่าง ๆ ได้ ถ้าปล่อยให้แห้งจะยังคงรักษารูปร่างเดิมไว้ มีความแข็งแรงดีขึ้น แต่ค่อนข้างเปราะ ถ้าเผาแล้วจะทำให้แข็งแรงมากขึ้น และผสมกับน้ำจะไม่ทำให้ความเหนียวกลับคืนมาอีก (ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา. 2529 : 20) ดินเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ โดยเฉพาะภาชนะรองรับอาหาร เครื่องสุขภัณฑ์

กระเบื้องและอื่น ๆ ดินมีหลายชนิดแตกต่างกันไป อาจจะแตกต่างกันในเรื่องสีหรือต่างกันในเรื่องโครงสร้าง รวมทั้งต่างกันในเรื่องคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี เป็นต้นว่า มีความเหนียวต่างกัน มีปริมาณซิลิกาต่างกัน (ปรีดา พิมพ์ขาวจำ. 2532 : 41)

ประเภทของดิน ดินสามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้ (จุมพล กิ่งตัก และคณะ. 2521 : 17)

1. จำแนกประเภทตามประโยชน์การใช้ ได้แก่

- 1.1 ดินขาว (Kaolin) ใช้ทำเคลือบกระดาช ทำวัตถุทนไฟ ทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์
- 1.2 ดินเหนียว (Ball Clay) ใช้ทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์
- 1.3 ดินทนไฟ (Fire Clay) ใช้ทำผลิตภัณฑ์ทนไฟและผลิตภัณฑ์เซรามิกส์
- 1.4 เบนโทไนต์ (Bentonite) ใช้ทำโคลนเจาะ ทำเบ้าหลอม
- 1.5 ฟูลเลอร์เอิร์ธ (Fuller's Earth) ใช้ดูดซับฟอกสี
- 1.6 ดินชนิดอื่น ๆ รวมทั้งหินดินดาน ใช้ทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ ปูนซีเมนต์ เป็นต้น

2. จำแนกประเภทตามลักษณะการเกิด ได้แก่

2.1 แบบเกิดแล้วอยู่กับที่ เป็นดินที่เกิดจากการผุพัง หรือการเปลี่ยนแปลงสภาพของแร่และหินจากความชื้น

2.2 แบบที่ถูกพัฒนาไปจากแหล่งกำเนิด เป็นดินที่เกิดแบบเดียวกับแบบที่ 2.1

แต่ถูกพัดพาออกจากต้นกำเนิดเดิมโดยสายน้ำ ธารน้ำแข็ง เป็นต้น

2.3 แบบที่ได้จากการที่น้ำแร่ไปแทนที่ในหิน

ซิงเกอร์ (Singer. 1963 : 26) แบ่งประเภทของดินไว้ดังนี้

1. ดินขาวหลังจากการเผาแล้ว (White-Burning Clays)
 - 1.1 ดินขาว (Kaolin)
 - 1.2 ดินเหนียว (Ball Clay)
2. ดินทนไฟ (Refractory Clays)
 - 2.1 ดินที่มีส่วนประกอบซิลิกาสูง
 - 2.2 ดินที่มีส่วนประกอบอลูมินาสูง
3. ดินที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์ทางก่อสร้าง (Heavy Clay-Products Clays)
4. ดินสโตนแวร์ (Stoneware Clay)

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับเนื้อดินปั้น

เนื้อดินปั้น หมายถึงดินที่เตรียมขึ้นตามธรรมชาติหรือดินที่นำไปผสมกับวัตถุดิบชนิดอื่น ให้เนื้อดินมีคุณสมบัติตามต้องการ เช่น เพิ่มความเหนียวให้แก่เนื้อดินปั้น เพิ่มความหนาแน่นใน อุณหภูมิที่ต้องการเผา เพิ่มความโปร่งแสงให้กับเนื้อดินหลังการเผา (Rhodes. 1973 : 24) เพื่อให้ ทนต่อสภาพการใช้งาน เช่น ทนต่อกรดและด่าง ทนต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ (Thermal Shock) ให้มีความพรุนตัวหรือไม่มีความพรุนตัว เป็นต้น การทำเนื้อดินปั้นแต่ละชนิดจึงใช้วัตถุดิบ ที่แตกต่างกัน เพื่อให้ได้คุณสมบัติตามต้องการ (โกมล รักษ์วงศ์. 2531 : 127)

เนื้อดินปั้นอาจแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ เนื้อดินปั้นที่มีดินเป็นส่วนผสม ซึ่งได้แก่ เนื้อดินปั้นชนิดสโตนแวร์ที่อาจมีดินล้วน ๆ แต่ส่วนมากจะมีวัตถุดิบอื่นผสมอยู่ด้วยและเนื้อดินปั้น ที่ไม่มีดินเป็นส่วนผสม ซึ่งอาจมีเนื้อวัตถุดิบชนิดเดียวกันหรือหลายชนิดผสมกัน (ปริศา พิมพ์ขาวบำ. 2532 : 83)

เนื้อดินปั้นสโตนแวร์

เนื้อดินปั้นสโตนแวร์ มีลักษณะคล้ายอิฐทนไฟ แต่เผาในอุณหภูมิสูงไม่ต่ำกว่า 1,200 องศาเซลเซียส วัตถุดิบที่ใช้ต้องมีความทนไฟสูงและมีความเหนียว เนื้อดินปั้นอาจเตรียมจากดิน เหนียวที่ขุดมาตามธรรมชาติ แล้วนำไปปั่นโดยตรง โดยไม่ต้องผสมวัตถุดิบอื่นผลิตภัณฑ์ที่ทำจาก ดินธรรมชาตินี้ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์โอ่งราชบุรี ผลิตภัณฑ์ศิลาลาดเลียงใหม่ และผลิตภัณฑ์บ้านด่าน เกวียน นครราชสีมา เป็นต้น เนื้อดินปั้นอีกชนิดหนึ่งเตรียมโดยใช้ดินผสมกับวัตถุดิบชนิดอื่น ๆ เช่น หินฟันม้า และหินควอทซ์ นำมาผสมในอัตราส่วนที่เหมาะสมผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเนื้อดินปั้นที่ เตรียมขึ้นใหม่นี้ ได้แก่ ภาชนะใส่อาหาร จาน ชาม ถ้วยกาแฟ เขยือกน้ำ และเครื่องประดับ เป็นต้น (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 17) เนื้อดินปั้นสโตนแวร์เมื่อผ่านการเผาในอุณหภูมิสูงแล้ว เนื้อผลิตภัณฑ์ที่อาจจะมีสีต่าง ๆ กันขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมเนื้อดินปั้นมีความเหนียวสูง ขณะที่ยังไม่ผ่านการเผาจะแข็งแรงไม่เปราะแตกหักง่ายเพราะใช้ส่วนผสมสูง แต่มีโอกาสบิดเบี้ยว ได้ง่าย จำเป็นต้องใช้ดินเชื้อ (Grog) หรือทรายเป็นส่วนผสมเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและป้องกันการ บิดเบี้ยว ซึ่งมีส่วนประกอบทางเคมีภัณฑ์ดังนี้ $RO\ 0.33-7$, Al_2O_3 , $4.0-4.4\ SiO_2$ (โกมล รักษ์วงศ์. 2531 : 147) เนื้อดินปั้นสโตนแวร์ที่ใช้กับงานห้องทดลอง เครื่องถ้วยชามเป็นเนื้อดินปั้นที่ เรียกว่าไฟน์สโตนแวร์ (Fine Stoneware) จะใช้ส่วนผสมของเนื้อดินปั้นดังนี้ (Singer. 1963 : 433)

ดิน (Clay)	ร้อยละ 30 ถึง 70
หินฟันม้า (Feldspar)	ร้อยละ 5 ถึง 25
หินควอทซ์ (Quartz)	ร้อยละ 30 ถึง 60

หรืออาจจะใช้ดินเชื้อผสมเข้าไปด้วยก็ได้ เนื้อดินปั้นสโตนแวร์จะต้องเผาในอุณหภูมิสูง มีความแข็งแรง มีความดูดซึมน้ำได้น้อยมาก ทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ดี คุณสมบัติทางกายภาพที่พบได้แก่ ความเหนียว (Plasticity) มีความเหนียวมาก ความหดตัวก่อนเผา (Drying Shrinkage) ร้อยละ 5 ความหดตัวหลังจากเผา (Firing Shrinkage) ร้อยละ 8 มีความพรุนตัว (Porosity) ร้อยละ 5 เมื่อผลิตภัณฑ์หลังการเผามีสีเทา (Norton. 1952 : 127) อุณหภูมิในการเผาอยู่ระหว่าง 1,240 ถึง 1,315 องศาเซลเซียส เผาถึงจุดสุกตัวมีคุณสมบัติ คือ เนื้อแน่น แข็งแรง ทึบแสง น้ำไม่สามารถซึมผ่านได้ มีลักษณะคล้ายหิน สีของเนื้อผลิตภัณฑ์หลังการเผาจะมีสีครีม สีนําคาล ไปจนถึงสีดำ ซึ่งขึ้นอยู่กับออกไซด์ของโลหะที่ผสมในเนื้อดิน กับบรรยากาศในการเผาว่าเป็นการเผาแบบออกซิเดชันหรือเผาแบบรีดักชัน (Chappel. 1979 : 17) ดินที่พบตามธรรมชาติอาจเรียกว่าดินสโตนแวร์ได้ ถ้าสามารถทนต่อความร้อนได้สูงถึง 1,200 องศาเซลเซียสขึ้นไป และเมื่อผ่านการเผาแล้วเนื้อผลิตภัณฑ์ที่ได้จะต้องมีความแข็งแรง เนื้อแน่น มีสีต่าง ๆ คือสีครีม นําคาลอ่อน เทา ไปจนถึงดำ เพราะว่ามีธาตุเหล็กผสมอยู่และบรรยากาศในการเผา ดินสโตนแวร์ควรมีคุณสมบัติ ดังต่อไปนี้ (Rhodes. 1959 : 43)

1. มีความเหนียวพอที่จะนำมาขึ้นรูปด้วยแป้นหมุนได้ และสามารถขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ชิ้นใหญ่ ๆ แล้วทรงตัวอยู่ได้
2. ความหดตัวก่อนการเผาไม่เกินร้อยละ 10 ไม่บิดเบี้ยวหรือแตกร้าวขณะผลิตภัณฑ์แห้งหรือกำลังเผา และความหดตัวหลังการเผาไม่เกินร้อยละ 15
3. ไม่มีสิ่งเจือปนพวกแอลคาไลน์ (Alkaline) และอินทรีย์สาร
4. การดูดซึมน้ำ (Water Absorption) ไม่เกินร้อยละ 1 ถึง 5
5. สีของเนื้อผลิตภัณฑ์เมื่อเผาแบบออกซิเดชันจะมีสีเหลืองอ่อน แต่เมื่อเผาแบบรีดักชันจะมีสีส้มหรือนําคาล

จากการศึกษาเอกสารตำราและงานวิจัยเกี่ยวกับเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น จึงพอสรุปได้ว่าเนื้อดินปั้นสโตนแวร์มีลักษณะดังต่อไปนี้

1. เป็นเนื้อดินปั้นที่อาจจะได้มาจากดินตามธรรมชาติหรือได้จากการเตรียมเนื้อดินปั้นขึ้นมาใหม่ ด้วยส่วนผสมของวัตถุดิบ 3 ชนิด คือ ดิน หินฟันม้า และหินควอทซ์ ในอัตราส่วนที่เหมาะสม
2. สามารถทนความร้อนได้สูง อุณหภูมิตั้งแต่ 1,200 องศาเซลเซียสขึ้นไป
3. ความหดตัวก่อนการเผาอยู่ระหว่างร้อยละ 5 ถึง 10 และความหดตัวหลังการเผาอยู่ระหว่างร้อยละ 8 ถึง 15
4. การดูดซึมน้ำอยู่ระหว่างร้อยละ 0.5 ถึง 1
5. เนื้อผลิตภัณฑ์เมื่อผ่านการเผาถึงจุดสุกตัว จะมีเนื้อแน่น แข็งแรง ทึบแสง น้ำไม่

สามารถซึมผ่านได้ เมื่อเคาะฟิงเสียงจะดังกังวาน

6. สีของเนื้อผลิตภัณฑ์จะไม่ขาว แต่จะมีสีแตกต่างกันออกไป ซึ่งขึ้นอยู่กับแร่ธาตุ ที่ผสมอยู่ในเนื้อดิน และบรรยากาศในการเผาผลิตภัณฑ์

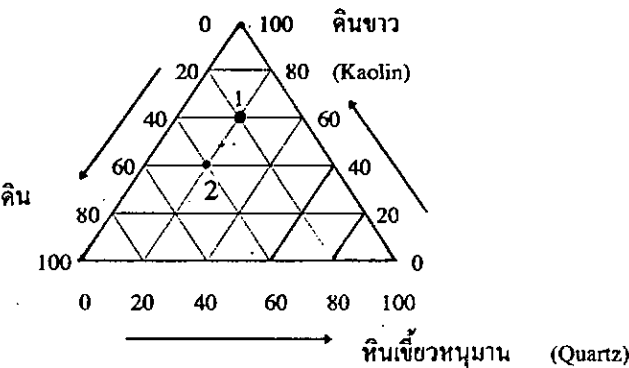
คุณสมบัติของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ทั้ง 6 ประการดังที่กล่าวมาข้างต้นนี้ ผู้วิจัยจะใช้เป็นเกณฑ์ในการกำหนดและวัดตัวแปรหรือผลในการวิจัยครั้งนี้

ตาราง 9 แสดงสารประกอบทางเคมีของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ (มีหน่วยเป็นร้อยละ)

สูตร	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
1	65.62	27.94	1.60	1.25	1.33	0.39	1.42
2	74.00	22.04	2.00	0.60	0.17		1.06
3	74.60	19.00	4.25	0.62			1.30
4	74.30	19.50	3.90	0.50	0.80		0.50
5	67.40	29.00	2.00	0.60			0.60

(โกลด์ รักษ์วงศ์. 2531 : 147)

การกล่าวถึงส่วนผสมเนื้อดินปั้นที่ผู้วิจัยจะใช้ในการหาสัดส่วนของวัตถุดิบในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้วัตถุดิบ ซึ่งประกอบไปด้วย ดินจากแหล่งดินตัวอย่าง หินเขียวหนุมาน และหินฟันม้า โดยแสดงส่วนผสมของเนื้อดินปั้นด้วยตารางรูปสามเหลี่ยมด้านเท่า ดังภาพประกอบ 13



ภาพประกอบ 13 ตารางสามเหลี่ยมแสดงสัดส่วนของเนื้อดินปั้น

จากตารางสามเหลี่ยมที่มุมสามเหลี่ยมจะเป็นจำนวนหนึ่งร้อยละของวัตถุดิบที่วิ่งนำด้วยลูกศร ซึ่งทุก ๆ จุดในพื้นที่สามเหลี่ยม หมายถึง ส่วนผสมของเนื้อดินปั้นหนึ่งส่วนผสม ตัวอย่างเช่น

ที่จุด 1 เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้น ซึ่งประกอบด้วย ดินร้อยละ 20 หินเขียวหनुมาน ร้อยละ 20 และดินขาว ร้อยละ 60 จุดที่ 2 ดินร้อยละ 40 หินเขียวหनुมานร้อยละ 20 และดินขาว ร้อยละ 40 เป็นต้น

การเตรียมเนื้อดินปั้น

การเตรียมเนื้อดินปั้น หมายถึง การผสมดินกับวัตถุดิบชนิดอื่นโดยมีเป้าหมายที่แน่นอนว่าจะทำผลิตภัณฑ์ชนิดใด เพื่อให้เนื้อดินปั้นมีคุณสมบัติตามต้องการ (ทวี พรหมพฤษย์. 2523 : 37) ในทางปฏิบัติเรารู้กันว่า การเตรียมเนื้อดินปั้นเป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญอย่างยิ่ง สำหรับการทำให้ผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผา ซึ่งจะต้องวางหลักการอันแน่นอนว่าจะทำผลิตภัณฑ์ประเภทใด ชนิดใด และจะปรับปรุงคุณสมบัติอย่างไรจึงจะเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่จะทำ ดังนั้นผู้ที่เตรียมเนื้อดินปั้นจึงจำเป็นจะต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับคุณสมบัติทางด้านกายภาพของดิน และคุณสมบัติของวัตถุดิบที่จะใช้ผสมทำเนื้อดินปั้น ตลอดจนวัตถุประสงค์ของการเตรียมเนื้อดินปั้น

วัตถุประสงค์ของการเตรียมเนื้อดินปั้น โดยทั่วไปมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อเปลี่ยนแปลงสี หรือพื้นผิวภายหลังการเผา
2. เพื่อเปลี่ยนแปลงความเหนียวของเนื้อดินปั้น ให้มีความเหนียวเพิ่มมากขึ้นหรือ

ลดน้อยลง

3. เพื่อลดการหดตัวของเนื้อดินปั้นหรือเพื่อพัฒนาให้เนื้อดินปั้นมีการบิดงอหรือ

แตกร้าวน้อยที่สุด

4. เพื่อเปลี่ยนแปลงระดับอุณหภูมิในการเผาของเนื้อดินปั้น ให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นหรือต่ำลงหรือเพื่อเพิ่มความหนาแน่นของเนื้อดินในระดับอุณหภูมิที่ต้องการเผา

5. เพื่อเปลี่ยนแปลงเนื้อดินให้เหมาะสมกับวิธีการขึ้นรูป และน้ำเคลือบที่ใช้เคลือบ

ผลิตภัณฑ์ (Rhodes. 1973 : 27)

การเตรียมเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ เริ่มด้วยการตั้งข้อกำหนดที่เกี่ยวกับเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ ที่ต้องการจะทำ เช่น

1. ต้องการนำเนื้อดินปั้นไปทำผลิตภัณฑ์ประเภทใด
2. ผลิตภัณฑ์จะมีการหดตัวได้เท่าไร
3. ผลิตภัณฑ์จะมีความสามารถในการดูดซึมน้ำได้เท่าไร
4. ต้องการให้เนื้อของผลิตภัณฑ์มีสีอะไร
5. ต้องการให้เนื้อผลิตภัณฑ์มีความละเอียดหรือหยาบ (Rhodes. 1973 : 29)

การเผาโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาที่สำเร็จสวยงาม และมีคุณภาพนั้นจะเป็นด้วยการออกแบบ หรือการตกแต่งลวดลายก็ดี จะต้องผ่านกระบวนการเผา (Firing Process) การเผา

ครั้งแรกเรียกว่าการเผาดิบ (Biscuit Firing) การเผาครั้งที่สอง เรียกว่าการเผาเคลือบ (Glost Firing) ส่วนการเผาครั้งที่สามเป็นการเผาเพื่อการตกแต่งลวดลายให้สวยงาม (Decorating Firing) โดยใช้สีบนเคลือบ (On Glaze) เขียนลวดลายแล้วนำเข้าเตาเผา มีสีต่าง ๆ ของไทยเราเรียกว่าเคลือบเบญจรงค์ ส่วนผลิตภัณฑ์ที่มีการเผาครั้งเดียวและมีการเคลือบด้วย (One Firing) นั้นก็มีผู้นิยมทำเช่นกัน เป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายได้ดี (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 152)

ช่วงระยะเวลาเผาเนื้อดินป็นนั้นทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและฟิสิกส์ดังนี้

1. Dehydration Period แบ่งเป็น 2 ระยะ

1.1 Mechanical Dehydration หรือ Water Smoking เริ่มตั้งแต่อุณหภูมิ 20-150 องศาเซลเซียส ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นคือ น้ำที่ผสมในดินจะเริ่มระเหยออกมาเห็นเป็นควันลอยขึ้นจนกว่าจะแห้งสนิทและไม่มีน้ำค้างกล้วเหลืออีก ดินจะมีสภาพแข็งกว่าเดิม ถ้าหยุดให้ความร้อนและนำดินนั้นมาผสมกับน้ำอีกครั้งหนึ่ง ดินจะอ่อนและมีความเหนียวเหมือนเดิม

1.2 Chemical Dehydration หรือ Chemical Water Smoking เริ่มตั้งแต่อุณหภูมิ 150-600 องศาเซลเซียส ถ้าให้ความร้อนแก่ดินต่อระยะแรกอนุภาคของดินจะแตกและส่วนที่เป็นน้ำของโมเลกุลจะระเหยออกไป เหลือดินในรูปของ Mata Kaolin ($Al_2O_3 \cdot SiO_2$) ถ้าหยุดเผาแล้วนำดินไปผสมกับน้ำอีกครั้งหนึ่ง ดินจะยังคงแข็งและไม่มีความเหนียวอีกต่อไป

2. Oxidation Period เริ่มตั้งแต่อุณหภูมิ 350 - 950 องศาเซลเซียส สิ่งต่าง ๆ ที่ปะปนมากับดิน เช่น เศษไม้ ใบหญ้า จะถูกเผาไหม้ให้หมดไป นอกจากนี้เศษแร่ต่าง ๆ เช่น พวกคาร์บอนेटซัลไฟด์และซัลเฟตจะแตกตัวออกด้วยในระยะนี้คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดินจะเปลี่ยนเกี่ยวกับน้ำหนักขนาด สี และความพรุนตัว

3. Vitrification Period เริ่มตั้งแต่ 900 องศาเซลเซียส ขึ้นไป Vitrification คือระยะหนึ่งของการเผาซึ่งประกอบด้วย

3.1 ส่วนผสมในเนื้อดินบางชนิดเริ่มหลอมละลาย

3.2 ส่วนที่หลอมละลายจะพยายามละลายส่วนที่ไม่หลอมให้เป็นเนื้อเดียวกัน

3.3 ส่วนที่ละลายจะไหลไปตามช่องว่าง ทำให้เนื้อดินแน่นทึบขึ้น

3.4 ถ้าหากมีส่วนผสมและอุณหภูมิที่เหมาะสม อาจเกิดการตกผลึกใหม่ในเนื้อดินได้ ทั้งนี้เพราะอลูมินาและซิลิกาในเนื้อดินจะรวมตัวกันเป็น Mullite ($3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$) มีลักษณะเป็นผลึกรูปเข็ม ทำให้ดินมีความแข็งแกร่งเพิ่มขึ้น ถ้าเนื้อดินมีส่วนที่หลอมละลายมากเกินไปจะทำให้เนื้อดินยุบตัวลงได้

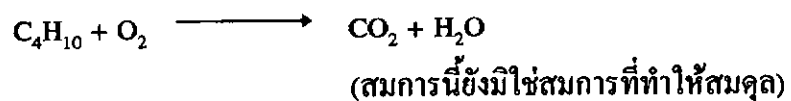
ตาราง 10 แสดงระยะในการเผาและช่วงอุณหภูมิ

คุณสมบัติที่ เปลี่ยนไป	ระยะในการเผาและช่วงอุณหภูมิ		
	องศาเซลเซียส		
	Dehydration 20-600 องศาเซลเซียส	Oxidation 350-950 องศาเซลเซียส	Vitrification 900 องศาเซลเซียสขึ้นไป
สี	สีอ่อนลง	1. ดินที่มีเหล็กจะมี สีเข้มขึ้น 2. ดินที่มี Carbonaceous Matter จะมีสีอ่อนลง	สีเข้มขึ้น สีเข้มขึ้น
ความพรุนตัว	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น	ลดลง
การหดตัว	เพิ่มขึ้น	ขยายตัวเล็กน้อย	เพิ่มขึ้น
น้ำหนัก	ลดลง	ลดลง	เกือบคงที่
ความแข็งแรง	เพิ่ม	ลดลงเล็กน้อย	เพิ่ม

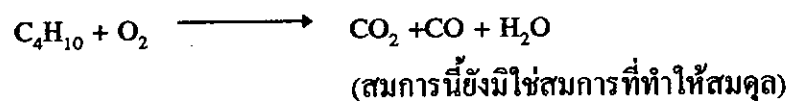
(กรมวิทยาศาสตร์. 2514 : 4-5)

บรรยากาศที่ใช้เผา การเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ในเตาเผาแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ

1. เเผาแบบออกซิเดชัน (Oxidation Firing) เป็นการเผาที่ปล่อยให้อากาศหรือออกซิเจนเข้าร่วมตัวกับเชื้อเพลิงเกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ เช่น เชื้อเพลิงที่เป็นแก๊ส



2. เเผาแบบรีดักชัน (Reduction Firing) คือการเผาให้มีเชื้อเพลิงสูงภายในเตา จะทำให้อากาศเข้าไปในเตาเผาน้อยกว่าและมีผลในการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์



(มนัส จำอ้อน. 2527 : 18)

สิ่งที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์เซรามิกส์เมื่อนำไปเผาขึ้นอยู่กับสิ่งเหล่านี้ คือ

1. บรรยากาศในเตาเผา การเผาในเตาเผาที่มีบรรยากาศแตกต่างกันจะทำให้สีเครื่องปั้นดินเผามีสีเกิดขึ้นแตกต่างกัน ในการเผาเครื่องปั้นดินเผาจะมีการเผา 2 แบบคือการเผาแบบรีดักชัน ออกซิเดชัน การเผาจะเป็นบรรยากาศประเภทใดนั้นขึ้นอยู่กับประเภทของเตาเผาและเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผา ซึ่งการเผาแบบรีดักชัน จะทำให้เกิดสีขึ้นได้ สีที่เกิดขึ้นแก่ผลิตภัณฑ์จะเปลี่ยนแปลงไปกับบรรยากาศของการเผา การเผาแบบนี้จะต้องใช้เตาเผาชนิดต่าง ๆ ดังนี้ เตาน้ำมัน เตาแก๊ส เตาฟืน เตาถ่าน เตาพวกนี้จะเผาแบบรีดักชันได้ดี จะทำให้เกิดสีและเปลี่ยนแปลงสีได้ เช่น การเผา Copper Oxide เเผาในบรรยากาศรีดักชัน จะเกิดเป็นสีแดงได้ ถ้าเผาแบบ ออกซิเดชัน จะได้สีเขียว ไข่กา และ Ferric Oxide (Fe_2O_3) เเผาในบรรยากาศรีดักชันจะเกิดสีเขียวได้ ถ้าเผาแบบออกซิเดชัน จะได้สีน้ำตาล

2. อุณหภูมิในการเผา การเผาในอุณหภูมิที่แตกต่างกันย่อมจะทำให้สีของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน หรืออาจจะเกิดสีขึ้นมาใหม่ หรืออาจจะทำให้สีบางสีจางหายไป สาเหตุจากอุณหภูมิในการเผา แตกต่างกันมีดังนี้

2.1 การเผาเคลือบไฟต่ำและการเผาเคลือบไฟสูงใช้สีชนิดเดียวกันและอัตราส่วนที่ใช้เท่ากัน ย่อมจะได้สีไม่เหมือนกัน โดยปกติทั่ว ๆ ไปเคลือบไฟต่ำกว่าจะให้สีที่เข้มกว่าเคลือบไฟสูง

2.2 การเผาผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเคลือบชนิดเดียวกันและเนื้อดินปั้นชนิดเดียวกัน ในเมื่อเผาในอุณหภูมิที่แตกต่างกันจะเกิดสีที่แตกต่างกัน

3. สีของผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาก็เกิดสีขึ้นได้ เพราะส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้ผสม ทำน้ำเคลือบและเนื้อดินปั้นเช่น วัตถุดิบที่มีความบริสุทธิ์น้อยจะทำให้เกิดสีขึ้น สารที่เจือปนอยู่ในวัตถุดิบจะมีสารพวกออกไซด์เช่น แมงกานีสออกไซด์หรือสารอื่นๆ เมื่อผ่านการเผาแล้วจะเกิดสีขึ้น

นอกจากนี้ก็ยังขึ้นอยู่กับส่วนผสมของวัตถุดิบที่แตกต่างกันจะทำให้สีของเคลือบไม่เหมือนกัน เช่น น้ำยาเคลือบขี้เถ้าไม่เหมือนกันคือ ใช้ไม้ต่างชนิดกันก็จะเกิดสีไม่เหมือนกัน

สีที่เกิดขึ้นได้เพราะส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่มีส่วนผสมของสารพวกเหล็กออกไซด์ แมงกานีสออกไซด์ แหล่งดินแต่ละแหล่งที่มีในธรรมชาติจะทำให้เครื่องปั้นดินเผามีสีแตกต่างกันออกไป ถ้าดินแหล่งใดมีความบริสุทธิ์สูงผลิตภัณฑ์ที่เผาออกมาจะได้สีขาว เหมาะสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ White Ware ได้ดี ถ้าหากดินที่มีความบริสุทธิ์ต่ำผลิตภัณฑ์ที่เผาออกมาจะมีสีคล้ำ สีน้ำตาล

4. สีที่เกิดขึ้นกับเครื่องปั้นดินเผา เนื่องมาจากการใช้ออกไซด์โลหะผสมเข้าไปในน้ำเคลือบ และเนื้อดินปั้น หรือทำเป็นสีสำเร็จรูป (Stain) โดยที่นำเอาออกไซด์และโลหะมาผสมกับออกไซด์

ของโลหะชนิดอื่น ๆ หรือนำมาทำปฏิกิริยากับพวกสารซิลิเกตอลูมินะต บอแรกซ์และสารประกอบของตะกั่วนำไปเผาที่อุณหภูมิสูง ให้ทำปฏิกิริยากันจะได้สารประกอบที่มีสีออกมา (โกลด์ รักษ์วงศ์. 2529 : 158-165)

การเผาผลิตภัณฑ์

การเผาผลิตภัณฑ์ (Firing) เป็นขั้นตอนสุดท้ายของขบวนการผลิตเครื่องปั้นดินเผา ซึ่งนับว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุด ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะดีหรือไม่เพียงใดจะสวยงามมากน้อยเพียงใดหรือมีคุณค่ามากน้อยเท่าใดก็จะขึ้นอยู่กับขั้นตอนการเผาผลิตภัณฑ์นี้ทั้งสิ้น การเผาผลิตภัณฑ์แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้คือการเผาดิบ (Biscuit Firing) และการเผาเคลือบ (Glost Firing) (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 152)

1. การเผาดิบ หมายถึงการนำผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาที่ปั้นแต่งและผึ่งให้แห้งดีแล้วมาทำการเผา เพื่อให้คงรูปร่างอยู่ได้และป้องกันการเสียหายในการนำไปดำเนินการขั้นต่อไป การเผาดิบ อาจทำได้ 2 วิธี (ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา. 2529 : 154) ดังนี้

1.1 เผาดิบที่อุณหภูมิสูงแล้วเผาเคลือบอุณหภูมิต่ำ ในกรณีที่ใช้น้ำเคลือบที่มีจุลหุลอมละลายต่ำ จำเป็นต้องใช้วิธีนี้เพื่อให้เนื้อดินปั้นมีความแข็งแรง อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับประเภทของผลิตภัณฑ์

1.2 เผาดิบที่อุณหภูมิต่ำแล้วเผาเคลือบอุณหภูมิสูง อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาประมาณ 700 ถึง 800 องศาเซลเซียส

การจัดเรียงผลิตภัณฑ์เข้าเผาดิบ ควรจะเอาผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ หรือน้ำหนักมากไว้ด้านล่าง แล้วนำผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเล็กหรือน้ำหนักเบาวางซ้อนไว้ด้านบน เพื่อเป็นการป้องกันการเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้ การเผาดิบในระยะแรกจำเป็นต้องเพิ่มอุณหภูมิขึ้นอย่างช้า ๆ ไม่ควรเร่งไฟให้ร้อนเร็วเกินไป ถ้าผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในเตาไม่แห้งสนิทเมื่อได้รับความร้อนมาก น้ำที่อยู่ในเนื้อผลิตภัณฑ์นั้นจะแตกระเบิดได้ ฉะนั้นการเผาในระยะแรกจึงต้องให้ความร้อนเพียงเล็กน้อยเพื่ออบไล่ไอน้ำออกจากผลิตภัณฑ์เสียก่อน สำหรับเตาเผาขนาดเล็กอย่างน้อยภายในระยะเวลา 3 ชั่วโมงแรก อุณหภูมิในเตาไม่ควรเกิน 200 องศาเซลเซียส แล้วจึงค่อย ๆ เร่งไฟเพิ่มความร้อนให้อุณหภูมิสูงขึ้น แต่ไม่ควรสูงเกิน 150 องศาเซลเซียสต่อชั่วโมง เมื่อเผาจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการแล้วจึงค่อย ๆ ลดความร้อนภายในเตาให้เย็นลงทีละน้อย จนกระทั่งอุณหภูมิไม่เกิน 150 องศาเซลเซียส จึงสามารถนำผลิตภัณฑ์ออกจากเตาได้

2. การเผาเกลือ หมายถึง การเผาผลิตภัณฑ์ที่อาจจะตกแต่งสีแล้วหรือไม่ได้ตกแต่งสีก็ได้ แต่ได้ชุบเกลือแล้ว และจะเผาเพื่อให้ น้ำเกลือละลายจับผิวผลิตภัณฑ์เป็นมันแวววาวคล้ายแก้ว หรือบางชนิดอาจจะเป็นเคลือบด้านก็ได้ การเผาเกลือเป็นการเผาขั้นสุดท้าย จะได้ผลเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จที่ใช้ได้ การเผาขั้นนี้จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งและจะต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ มิฉะนั้นจะเสียหายได้ง่ายที่สุด (ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา. 2529 : 156)

การเผาเกลือ ไม่ว่าจะเป็นเคลือบชนิดไฟดำหรือไฟสูงก็ตาม จะต้องเผาให้ได้อุณหภูมิตามข้อกำหนดของน้ำเกลือแต่ละชนิด มิฉะนั้นการเผาจะเกิดการเสียหายได้ เช่น การเผาที่ไฟเกิน ย่อมทำให้น้ำเกลือไหลมากอาจจะติดพื้นเตา หรือชั้นรองผลิตภัณฑ์ยากแก่การนำผลิตภัณฑ์ออกจากเตา ทำให้เสียหายได้ และการเผาที่อุณหภูมิไม่ถึงจะทำให้เกลือไม่สุก เกิดความดำมันแวววาวเท่าที่ควร (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 155)

การจัดเรียงผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผาเกลือ ต้องวางให้ได้ระดับจะช่วยลดการบิดเบี้ยวได้ ผลิตภัณฑ์ประเภททรงสูงภายในกลาง ไม่ควรไว้ในจุดที่จะถูกเปลวไฟได้ เพื่อป้องกันการบิดเบี้ยว ชุบตัวหรือสุกไม่สม่ำเสมอ การเผาเกลือควรเร่งไฟเพิ่มอุณหภูมิอย่างช้า ๆ ไม่ควรสูงเกิน 100 องศาเซลเซียสต่อชั่วโมง โดยเฉพาะในช่วงที่เกลือจะเริ่มหลอมละลายจะช่วยให้เกลือเป็นมันและไม่มีฟอง เมื่อเผาเกลือเสร็จแล้วปล่อยให้อุณหภูมิลดลงอย่างช้า ๆ จนกระทั่งอุณหภูมิภายในเตาไม่เกิน 150 องศาเซลเซียส จึงนำผลิตภัณฑ์ออกจากเตาเผาได้ มิฉะนั้นเกลืออาจจะรานหรือแตกเสียหายได้

อิทธิพลของความร้อนที่มีต่อเนื้อดินปั้นและวัตถุดิบในเนื้อดินปั้น

เนื้อดินปั้นจะประกอบด้วย ดิน หินและแร่ ซึ่งจะต้องผ่านขั้นตอนการเผาทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของเนื้อดิน เมื่อเผาถึงจุดสุกตัวแล้วจะมีเนื้อเป็นแก้วเกิดขึ้นภายใน โดยการเผา สามารถแยกได้หลายขั้นตอนตามอุณหภูมิ และปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นมีดังนี้

1. การอบแห้งที่สมบูรณ์ เป็นการจัดการความชื้นที่อยู่ภายในผิวของอนุภาคในเนื้อดินปั้นที่หลงเหลือ หลังจากปล่อยหรือการอบให้แห้ง ซึ่งน้ำจะเริ่มระเหยตั้งแต่อุณหภูมิ 100 - 150 องศาเซลเซียส จนแห้งสนิทที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส น้ำนอกโมเลกุลจะระเหยออกไปหมด (ดินจะมีน้ำอยู่ 2 ชนิด คือ น้ำในโมเลกุล ได้แก่ น้ำที่เป็นโครงสร้างของโมเลกุลของดินและน้ำนอกโมเลกุล ซึ่งทำให้ดินเกิดความเหนียว) การเผาในช่วงนี้ถ้าหยุดการเผาแล้วยังสามารถนำดินไปผสมน้ำทำให้ดินยุ่ยตัวและความเหนียวเหมือนเดิม

2. การเผาไหม้พวกอินทรีย์สารและการขจัดน้ำในดิน ดินทุกชนิดจะมีอินทรีย์สารเจือปนอยู่ในรูปของลิกไนท์เสมอ อินทรีย์สารเหล่านี้จะเกิดการเผาไหม้รวมตัวกับออกซิเจนตั้งแต่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส (372 องศาฟาเรนไฮต์) และเมื่อถึงอุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส (838 องศาฟาเรนไฮต์) ดินจะเริ่มสูญเสียน้ำในโครงสร้างโมเลกุล ทำให้เกิดความแข็งและไม่สามารถยุ่ยตัวได้อีก โครงสร้างของผลึกจะเปลี่ยนไปเป็นเมตะเคโอลิน (Metakaolin) ที่มีโครงสร้างจาก $Al_2O_3 \cdot SiO_2 \cdot 2H_2O$ เปลี่ยนเป็น $Al_2O_3 \cdot SiO_2$ ที่ทำให้เกิดการหดตัวและมีรูพรุนเกิดภายในโครงสร้าง หลังจากนั้นจะค่อย ๆ ลดลงเนื่องจากการเรียงตัวใหม่ของอะตอมในหนึ่งหน่วย จนกระทั่งอุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส โมเลกุลของน้ำจึงถูกขจัดออกไปหมด เมื่ออุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส จะเกิดการประสานเนื้ออนุภาคเข้าด้วยกัน การพรุนตัวจะลดลงไป หากดำเนินการเผาต่อไปอนุภาคของคาร์บอนและซัลเฟตจะสลายตัวออก สีของดินจะเปลี่ยนไป น้ำหนักลดลง และขนาดเล็กลงด้วย

3. การเปลี่ยนแปลงของหินเขียวหนุมาน ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงของซิลิกาในช่วงอุณหภูมิ 560-580 องศาเซลเซียส (1,043 - 1,080 องศาฟาเรนไฮต์) ทำให้เกิดการขยายตัวออกและมีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งมีส่วนทำให้เกิดลักษณะการขยายตัวเช่นกัน และหลังจากนั้นจะหดตัวลงไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงจุดสุดท้าย การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า ควอร์ซอินเวนชัน (Quartz Invention) และที่อุณหภูมิ 980 องศาเซลเซียส (1,825 องศาฟาเรนไฮต์) ในเนื้อดินจะมีการจัดเรียงตัวขึ้นใหม่เกิดเป็นผลึกรูปเข็ม (Spinal) เป็นมูลโลหะขนาดเล็ก

4. การเกิดแก้ว หินฟืนม้าเมื่อเผาถึงอุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส จะมีแก้วเกิดขึ้น แก้วนี้จะเกิดตามบริเวณรอบอนุภาคของหินฟืนม้าซึ่งผสมกับเนื้อดิน นอกจากนี้แก้วอาจเกิดจากการหลอมตัวของไมก้า ซึ่งเจือปนมากับดิน เมื่อเผาสูงขึ้นไปอีกปริมาณจะมากขึ้น หินฟืนม้าจะหลอมบริเวณที่มีขอบพร่อง เช่น รอยแตกร้าว ดังนั้นหินฟืนม้าส่วนที่เป็นของแข็งก็จะเล็กลงเมื่ออุณหภูมิสูงมากขึ้นหินฟืนม้าจะหลอมตัวหมดเกิดเป็นแก้วขึ้นในเนื้อดิน ซึ่งตามทฤษฎีที่จะเกิดแก้วคือ อุณหภูมิ 1,550 องศาเซลเซียส (2,888 องศาฟาเรนไฮต์) แต่ที่เป็นเช่นนี้เพราะมีสิ่งสกปรกเจือปนอยู่ในเนื้อดินป็น เช่นการแพร่ตัวของพวกแอลคาไลน์ การละลายของดินและหินเขียวหนุมานในเนื้อแก้วจะขึ้นอยู่กับขนาดของดินและหินควอร์ซ ซึ่งถ้ามีขนาดเล็กก็อาจละลายได้หมด เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นตามรายละเอียดในตาราง 11

ตาราง 11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจุดสุกตัวหรืออุณหภูมิสูงสุดของการเผาผลิตภัณฑ์กับเปอร์เซ็นต์ของแก๊ว มูลโลที่และหินควอท์ที่เกิดขึ้นในเนื้อผลิตภัณฑ์

อุณหภูมิ องศาเซลเซียส	เปอร์เซ็นต์ ของแก๊ว	เปอร์เซ็นต์ของมูลโลที่	เปอร์เซ็นต์ของ หินควอท์
1,200	56	19	25
1,300	62	22	16
1,400	68	22	10

(ปริศา พิมพ์ขาวจำ. 2532 : 270)

จากตาราง 11 แสดงให้เห็นว่าเนื้อดินปั้นเมื่อถูกเผาในอุณหภูมิที่สูงขึ้นปริมาณของแก๊วที่เกิดขึ้นจะมากขึ้นไปด้วย และกลับทำให้ปริมาณของหินควอท์ที่หลงเหลืออยู่ลดน้อยลง

5. การเกิดมูลโลที่ มูลโลที่มีผลึกรูปเข็มเกิดขึ้นได้ 2 กรณีคือ

5.1 มูลโลที่ที่เกิดจากการแยกผลึกออกมาจากดิน ซึ่งมีขนาดของผลึกเล็กมาก

5.2 มูลโลที่ที่เกิดจากการตกผลึกออกมาของหินฟันม้าหรือหินเขี้ยวหนุมาน มูลโลที่จะละลายได้ดีในเนื้อแก๊วที่มีซิลิกาสูง

การเกิดผลึกรูปเข็มของมูลโลที่ในเนื้อดินปั้น จะมีส่วนช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรง ผลึกรูปเข็มนี้จะฝังตัวอยู่ในเนื้อแก๊ว ทำตัวเปรียบเสมือนเหล็กเส้นในคอนกรีตเสริมเหล็ก ดังนั้นการพัฒนามูลโลที่ให้เกิดขึ้นในเนื้อผลิตภัณฑ์จึงเป็นสิ่งจำเป็น แอลคาไลน์จะช่วยให้มูลโลที่สลายตัวเป็นอลูมินาและแก๊วได้ที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส ขึ้นไป ปฏิกริยาจะช้าลงหรือหยุดได้ เมื่อมีซิลิกามากเกินไป

6. การหดตัวทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อแน่น ความพรุนตัวของผลิตภัณฑ์มีน้อยที่สุดระหว่างอุณหภูมิ 1,100 - 1,200 องศาเซลเซียส และจะมีค่ามากขึ้นเนื่องจากการขยายตัวของรูพรุน รูพรุนนี้เกิดจากก๊าซซึ่งมาจากน้ำ คาร์บอนเตและซัลเฟตหรือเกิดจากการเผาไหม้ของคาร์บอนรูพรุนที่กล่าวนี้อาจจะซ่อนตัวอยู่ในเนื้อของผลิตภัณฑ์ ไม่เชื่อมต่อกับภายนอก ส่วนรูพรุนอีกชนิดหนึ่งเกิดจากพวกฟองอากาศที่ถูกกักอยู่ในผลิตภัณฑ์ที่ปั้นเสร็จใหม่ ๆ และเชื่อมต่อกับภายนอกได้ ในระหว่างการเผาไม่อาจเชื่อมโยงรูพรุนเหล่านี้ให้ปิดสนิทได้ แต่สามารถลดรูพรุนชนิดนี้ลงได้ด้วยการควบคุมสภาวะการเผาให้ช้าลง ซึ่งจะทำให้เนื้อแก๊วที่เกิดขึ้นประสานตัวเป็นเนื้อเดียวกัน และ

เกิดความตึงผิวของเนื้อแก้วที่พยายามทำตัวให้มีพื้นผิวน้อยที่สุดจนทำให้เกิดมีความดันภายใน และทำให้ก๊าซที่อยู่ในรูปฟองเชื่อมโงงถึงด้านนอกถูกขจัดออกมาได้ง่าย โดยการเคลื่อนตัวออกมาตามรูปฟองที่มีระบบคล้ายหลอดที่เป็นรูเข็มเล็ก ๆ ส่วนก๊าซที่ซ่อนอยู่ในเนื้อผลิตภัณฑ์จะถูกขจัดออกมาโดยการแพร่ออกมาทางเนื้อแก้วเท่านั้น

7. การเสีรูประหว่างทำการเผา เนื้อผลิตภัณฑ์ที่จะเป็นแก้วคือเนื้อผลิตภัณฑ์ที่มีเปอร์เซ็นต์เนื้อแก้วสูง มีแนวโน้มจะเสีรูปได้ง่ายระหว่างทำการเผาที่จุดสุกตัว ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากน้ำหนักตัวของผลิตภัณฑ์เอง การแก้ปัญหาโดยการรองรับผลิตภัณฑ์ให้ดีกว่าก่อนนำเข้าเตาเผา การยุบตัวของผลิตภัณฑ์เป็นลักษณะการเคลื่อนตัวของของที่มีความเหนียว ซึ่งเกิดจากการย้อนตัวของเนื้อแก้ว เป็นการยากที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีรูปฟองน้อยและมีความแข็งแรงสูง ฉะนั้นการแก้ปัญหาคือการสูญเสียระหว่างการเผาที่ดีที่สุด คือ การรองรับผลิตภัณฑ์ที่ดี (ปริดา พิมพ์ขาวจำ. 2532 : 267-275)

การทดลองครั้งนี้จะต้องเผาเนื้อดินปั้นที่อยู่ในชั้นการเผาผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ จึงต้องให้ความร้อนอย่างช้า ๆ ในช่วงแรก เพื่อให้อินทรีย์สารถูกเผาไหม้หมดไป และในช่วงอุณหภูมิ 560 - 580 องศาเซลเซียส เป็นช่วงที่หินเขียวหุนมาบขยายตัว อาจทำให้ผลิตภัณฑ์แตกได้ นอกจากนี้การให้ความร้อนอย่างช้า ๆ ก่อนถึงระดับอุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส จะช่วยให้ก๊าซที่อยู่ในรูปฟองและในเนื้อผลิตภัณฑ์ถูกขจัดออกไปได้หมด การบดวัตถุดิบให้มีขนาดเล็กจะช่วยให้การละลายของดินและหินควอร์ตซ์ดีขึ้นด้วย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยในการสุกตัวของเนื้อดินปั้น ดังนั้นการศึกษาถึงองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อการสุกตัวของเนื้อดินปั้น จึงเป็นสิ่งจำเป็น

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของดิน

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของดินซึ่งเป็นวัตถุดิบมีความสำคัญมาก ทำให้สามารถจำแนกชนิดของดินว่าเหมาะที่จะทำผลิตภัณฑ์เซรามิกชนิดไหนชนิดที่มีเนื้อสีขาวหรือชนิดที่มีสีอื่น ๆ หรือทำผลิตภัณฑ์ทนไฟ ซึ่งมีคุณสมบัติที่จะต้องทดสอบดังต่อไปนี้ (จุมพล คีนดัก และคณะ. 2521 : 80 - 87)

1. ความแข็งแรงของดิน (Modulus of Rupture) ความแข็งแรงของดินเป็นคุณสมบัติที่แสดงถึงความทนทานต่อแรงกระทบหรือแรงกดที่กระทำต่อดินที่ขึ้นรูปแล้วดิน ที่มีความแข็งแรงเมื่อแห้งจะไม่เปราะแตกง่าย สามารถเคลื่อนย้ายได้โดยสะดวก โดยทั่วไปดินที่มีความเหนียวมากจะมีความแข็งแรงมาก เมื่อขึ้นรูปและผึ่งให้แห้ง โดยสากลถือว่าดินจะต้องมีค่าความแข็งแรงตั้งแต่ 20 ถึง 1,500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือ 9.1 ถึง 682 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

1.1 วิธีทดสอบความแข็งแรงของดิน

1.1.1 นำดินที่นวดผสมแล้วมาปั้นเป็นแท่งทดลองด้วยวิธีการอัดลงในแบบพิมพ์ที่มีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีความยาว กว้างและหนา ตามที่กำหนดให้

1.1.2 นำแท่งทดลองไปฝังให้แห้ง แล้วนำไปอบให้แห้งสนิทที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส

1.1.3 นำแท่งทดลองไปอัดให้หักโดยเครื่องมือทดสอบ (ดังภาพประกอบ 14)

1.1.4 จดแรงกดที่ทำให้แท่งทดลองหัก แล้วนำไปคำนวณหาค่าความแข็งแรงจากสูตรดังต่อไปนี้ (Singer. 1963 : 337)

$$R = \frac{l 3w}{2b^2}$$

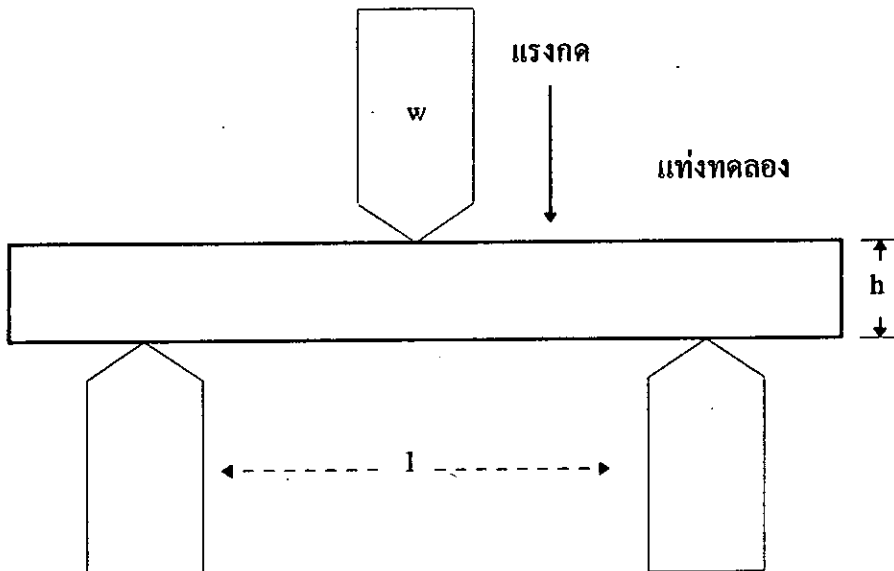
โดย R = ค่าความแข็งแรงของดิน (ก.ก./ซ.ม.²)

w = แรงกดที่ทำให้แท่งทดลองหัก (ก.ก.)

l = ระยะห่างของแท่นรองรับแท่งทดลอง (ซ.ม.)

b = ความกว้างของแท่งทดลอง (ซ.ม.)

h = ความหนาของแท่งทดลอง (ซ.ม.)

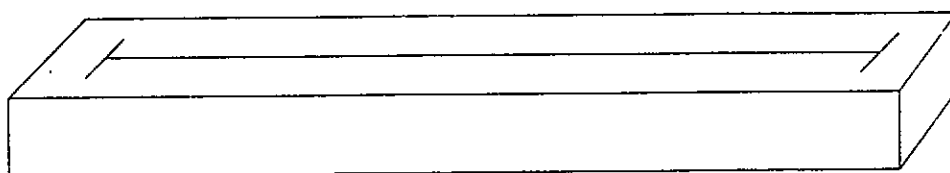


ภาพประกอบ 14 แสดงการกดน้ำหนักลงบนแท่งทดลองด้วยเครื่องมือทดสอบความแข็งแรง

2. ความหดตัว (Total Shrinkage) คุณสมบัติเกี่ยวกับการหดตัวของดินมีความสำคัญ เพราะในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ ๆ ถ้าดินมีการหดตัวมากก็จำเป็นที่จะต้องให้ดินนั้นแห้งอย่างช้า ๆ และแห้งอย่างสม่ำเสมอทั่วเนื้อผลิตภัณฑ์ สาเหตุที่ดินหดตัวก็เนื่องมาจากน้ำที่อยู่รอบ ๆ เนื้อดินระเหยออกไป ทำให้เนื้อดินเข้ามาติดกันจึงเกิดการหดตัว โดยปกติแล้วดินที่มีความละเอียดและเหนียวย่อมมีการหดตัวมากกว่าดินหยาบ การหดตัวของดินมีอยู่ 2 ระยะด้วยกัน คือ หดตัวหลังจากการผึ่งให้แห้ง (Drying Shrinkage) และการหดตัวหลังจากการเผา (Firing Shrinkage) เปอร์เซ็นต์การหดตัวหลังจากการเผามีความสำคัญในการเผาผลิตภัณฑ์มาก เพราะถ้าดินมีเปอร์เซ็นต์การหดตัวสูง จำเป็นจะต้องเผาผลิตภัณฑ์อย่างช้าและควบคุมอุณหภูมิให้มีความสม่ำเสมอ มิฉะนั้นผลิตภัณฑ์จะเกิดการบิดเบี้ยวหรือแตกเสียหายได้ นอกจากนี้การทดสอบหาเปอร์เซ็นต์การหดตัวของดินทั้งก่อนเผาและหลังจากเผาแล้ว ยังเป็นประโยชน์ต่อการขยายแบบเพื่อจะให้ผลิตภัณฑ์มีขนาดตามที่ต้องการได้อีกด้วย

2.1 วิธีทดสอบความหดตัวของดิน

2.1.1 นำดินที่เตรียมไว้ทำเป็นแท่งทดลองเช่นเดียวกับการทดสอบความแข็งแรงของดิน แล้วทำเครื่องหมายตามด้านยาว โดยวัดจากริมของแท่งทดลองเข้ามาด้านละเท่า ๆ กัน แล้วขีดทำเครื่องหมายไว้ดังภาพประกอบ 15



ภาพประกอบ 15 แสดงการทำเครื่องหมายไว้ที่แท่งทดลอง

2.1.2 นำแท่งดินไปผึ่งให้แห้งแล้ววัดความยาวฉบับที่กไว้

2.1.3 นำแท่งดินไปเผาที่อุณหภูมิตามต้องการ

2.1.4 วัดความยาวของแท่งทดลองหลังจากเผาแล้วฉบับที่กไว้

2.1.5 นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความหดตัวของดิน โดยใช้สูตรดังต่อไปนี้ (Rhodes. 1972 : 200)

$$\text{เปอร์เซ็นต์การหดตัวของดินแห้ง} = \frac{\text{ความยาวของดินเปียก} - \text{ความยาวของดินแห้ง}}{\text{ความยาวของดินเปียก}} \times 100$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์การหดตัวของดินเผาแล้ว} = \frac{\text{ความยาวของดินแห้ง} - \text{ความยาวของดินที่เผาแล้ว}}{\text{ความยาวของดินแห้ง}} \times 100$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์การหดตัวของดิน} = \frac{\text{ความยาวของดินเปียก} - \text{ความยาวของดินที่เผาแล้ว}}{\text{ความยาวของดินเปียก}} \times 100$$

ความดูดซึมน้ำ (Water Absorption) การทดสอบหาเปอร์เซ็นต์ความดูดซึมน้ำจะทำให้ทราบถึงความแตกต่างของดิน ดินที่มีความดูดซึมน้ำสูงจะมีจุดหลอมละลายสูง ทำให้สามารถเลือกดินที่มีความเหมาะสมต่อการผลิตเครื่องปั้นดินเผาชนิดต่าง ๆ

3. วิธีทดสอบความดูดซึมน้ำ

3.1 นำแท่งทดลองที่ผ่านการเผาแล้วมาชั่งน้ำหนักแล้วจบบันทึกลงไว้

3.2 นำแท่งทดลองไปต้มในน้ำร้อนจนกระทั่งน้ำเดือด จึงเริ่มจับเวลาแล้วต้มในน้ำเดือดต่อไปอีก 2 ชั่วโมง หยุดให้ความร้อนแก่หม้อต้ม

3.3 ทิ้งแท่งทดลองไว้ในหม้อต้มอีก 24 ชั่วโมง

3.4 นำแท่งทดลองมาเช็ดน้ำออกด้วยผ้า แล้วนำมาชั่งน้ำหนักจบบันทึกลงไว้แล้วนำข้อมูลไปคำนวณด้วยสูตรดังต่อไปนี้ (Rhodes. 1972 : 200)

$$A = \frac{w - D}{D} \times 100$$

โดย A = เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ

w = น้ำหนักดินที่อิ่มตัว

D = น้ำหนักดินที่แห้ง

จากเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการศึกษาด้านคุณสมบัติของเนื้อดินปั้นจากแหล่งต่าง ๆ ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าวจะได้ผลแตกต่างกันออกไป ในด้านของผลการศึกษาที่ผู้วิจัยทำการศึกษาระทำต่อ 3 แหล่งคือ ดินด่านเกวียน ดินสามโคก และดินสุราษฎร์ เพื่อนำผลการวิจัยใช้ประกอบการเรียนการสอนเชิงปฏิบัติการในวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องเซรามิกส์ ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ได้ตั้งสมมติฐานไว้ว่า

“เนื้อดินปั้น ทั้ง 3 แหล่ง (ดินด่านเกวียน ดินสามโคก และดินสุราษฎร์) มีคุณสมบัติทางกายภาพ (หลังการเผา) ด้านความหดตัว ความดูดซึมน้ำ และความแข็งแรงของเนื้อดิน ตามสูตรแผนภาพ ไตรศูลยภาพ (Triaxial Diagram)”

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับเคลือบ

เคลือบเป็นวัสดุที่มีลักษณะเหมือนแก้วบางๆ บนผิวผลิตภัณฑ์เซรามิกอย่างต่อเนื่อง เกิดขึ้นโดยการที่ส่วนผสมของสารประกอบซิลิเกตหลอมเหลว และบีบอัดแน่นอยู่บนผิวผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ (ปริดา พิมพ์ขาวจำ. 2530 : 1) สารประกอบของซิลิเกตรวมตัวกับสารประกอบอย่างอื่น ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นกรด เป็นด่างและเป็นกรดที่เป็นตัวช่วยหลอมละลาย ซึ่งเราเรียกว่า ฟลักซ์ (Flux) (โกมล รักษ์วงศ์. 2531 : 62) อาจจะมีออกไซด์ของโลหะผสมลงไปด้วยเพื่อทำให้เกิดสี และเกิดความทึบในเคลือบ เมื่อเผาส่วนผสมของน้ำเคลือบถึงอุณหภูมิที่ทำให้หลอมละลายแล้ว (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. 2531 : 1)

การจำแนกชนิดของเคลือบ

น้ำเคลือบที่ใช้เคลือบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผามีหลายชนิดด้วยกัน ซึ่งตั้งเกณฑ์ขึ้นมา เพื่อแบ่งหรือจำแนกชนิดของน้ำเคลือบนั้นมีอยู่หลายเกณฑ์ด้วยกันดังต่อไปนี้ (โกมล รักษ์วงศ์. 2531 : 63 - 65)

1. แบ่งตามวัตถุดิบที่ใช้ผสมน้ำเคลือบ หมายถึง ถ้าหากใช้อัตราส่วนของวัตถุดิบประเภทใดผสมในเคลือบมากก็จะเรียกชื่อน้ำเคลือบตามวัตถุดิบนั้น ๆ เช่น เคลือบเกลือ เคลือบขี้เถ้า เคลือบตะกั่ว เคลือบบอแรกซ์ และเคลือบเฟลด์สปาร์ เป็นต้น

2. แบ่งตามชนิดของผลิตภัณฑ์ที่นำไปเคลือบ หมายถึง น้ำเคลือบที่ใช้เคลือบผลิตภัณฑ์ประเภทใดก็จะเรียกชื่อน้ำเคลือบตามผลิตภัณฑ์ประเภทนั้น ๆ เช่น เคลือบเอิเทนแวร์ เคลือบสโตนแวร์ และเคลือบปอร์สเลน เป็นต้น

3. แบ่งตามอุณหภูมิที่ใช้เผาเคลือบ ซึ่งจะแบ่งออกได้ 3 ประเภท ดังนี้คือ

3.1 เคลือบไฟสูง ใช้อุณหภูมิในการเผา 1,230 ถึง 1,360 องศาเซลเซียส

3.2 เคลือบไฟกลาง ใช้อุณหภูมิในการเผา 1,000 ถึง 1,230 องศาเซลเซียส

3.3 เคลือบไฟต่ำ ใช้อุณหภูมิในการเผาไม่เกิน 1,000 องศาเซลเซียส

4. แบ่งตามหลักของ Kerl และ Brogniat ซึ่งแบ่งประเภทของน้ำเคลือบไว้ 3 ประเภท

ดังนี้

4.1 เคลือบตะกั่ว เป็นน้ำเคลือบที่มีส่วนผสมของตะกั่ว

4.2 เคลือบไม่มีตะกั่ว เป็นน้ำเคลือบที่ไม่มีตะกั่วผสม

4.3 เคลือบเกลือ เป็นน้ำเคลือบที่ใช้เกลือแกงเผาให้ไอของเกลือระเหยไปเกาะติดกับผิวผลิตภัณฑ์ โดยที่เกิดจากไอของโซเดียมไปเกาะติดกับผิวผลิตภัณฑ์และทำปฏิกิริยากับซิลิกาและอลูมินา ในเนื้อดินปั้นก็จะกลายเป็นเคลือบ

5. แบ่งตามลักษณะที่มองเห็นด้วยตาหรือตามลักษณะผิวของเคลือบ สามารถแบ่งได้ดังนี้

5.1 เคลือบใส

5.2 เคลือบทึบ

5.3 เคลือบผลึก

5.4 เคลือบด้าน

5.5 เคลือบประกายนุก

ศุรศักดิ์ โกสพิพันธ์ (2531 : 27-28) ได้แบ่งชนิดของเคลือบที่ใช้เคลือบผลิตภัณฑ์ดินเผา ดังนี้

1. แบ่งตามวัตถุดิบที่ใช้ ได้แก่

1.1 เคลือบตะกั่ว (Lead Glazes)

1.2 เคลือบเกลือ (Salt Glazes)

1.3 เคลือบบอแรกซ์ (Borosilicate Glazes)

1.4 เคลือบขี้เถ้า (Ash Glazes)

1.5 เคลือบเฟลด์สปาร์ (Feldspar Glazes)

2. แบ่งตามลักษณะที่มองเห็น หรือตามลักษณะของผิวเคลือบ ได้แก่

2.1 เคลือบใส (Clear Glazes)

2.2 เคลือบทึบ (Opaque Glazes)

2.3 เคลือบผลึก (Crystalline Glazes)

2.4 เคลือบด้าน (Mat Glazes)

2.5 เคลือบราน (Crackle Glazes)

2.6 เคลือบสี (Color glazes)

2.7 เคลือบมันหรือเคลือบนุก (Luster Glazes)

3. แบ่งตามชนิดของผลิตภัณฑ์ที่นำไปเคลือบ ได้แก่

3.1 เคลือบปอร์สเลน (Porcelain Glazes)

3.2 เคลือบบอนไชนา (Bonechina Glazes)

3.3 เคลือบเอิร์ทเทนแวร์ (Earthenware Glazes)

3.4 เคลือบสโตนแวร์ (Stoneware Glazes)

4. แบ่งตามกรรมวิธีการผลิต ได้แก่
 - 4.1 เคลือบดิบ (Raw Glazes)
 - 4.2 เคลือบฟริต (Frit Glazes)
5. แบ่งตามความทนไฟ
 - 5.1 เคลือบไฟสูง (High Temperature Glazes)
 - 5.2 เคลือบไฟปานกลาง (Moderate Temperature Glazes)
 - 5.3 เคลือบไฟต่ำ (Low Temperature Glazes)
6. แบ่งตามสถานที่มาของน้ำเคลือบ หรือผู้ทำน้ำเคลือบนั้น ๆ ได้แก่
 - 6.1 เคลือบอัลบานี (Albany Slip Glazes)
 - 6.2 เคลือบซีเปอร์ ปอร์ซเลน (Seper Porcelain Glaze)
7. แบ่งตามแนวคิดของนักเซรามิกส์ 2 ท่าน คือ Kerl กับ Brogniart ได้แก่
 - 7.1 เคลือบตะกั่ว (Lead Glazes)
 - 7.2 เคลือบไม่มีตะกั่ว (Less Lead Glazes or Earth Glazes)
 - 7.3 เคลือบเกลือ (Salt Glazes)
8. แบ่งตามหลักวิชาการที่ตั้งขึ้นโดยนักวิชาการทางเซรามิกส์ ซึ่งแบ่งไว้ดังนี้
 - 8.1 เคลือบที่ไม่มีตะกั่ว (Less Lead Glazes)
 - 8.2 เคลือบตะกั่ว (Lead Glazes)
 - 8.3 เคลือบฟริต (Frit Glazes)

วัตถุประสงค์ในการเคลือบ

ทวี พรหมพฤษ (2523 : 95) ได้กล่าวถึงการนำผลิตภัณฑ์เข้าเคลือบ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณค่า มีคุณสมบัติทนต่อกรดและด่าง นอกจากนี้ยังมีความแข็งแรงและคงทนถาวร โดยการเคลือบ มีวัตถุประสงค์คือ

1. เพื่อป้องกันผลิตภัณฑ์ไม่ให้ของเหลวและแก๊สไหลผ่านได้
2. เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรง ทนทานต่อการกัดกร่อน
3. เพื่อให้ผลิตภัณฑ์เกลี้ยงเกลา สะอาดและง่ายต่อการทำความสะอาด
4. เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความสวยงาม นำใช้และปิดบังผิวดินได้ดี
5. เพื่อเพิ่มความต้านทานต่อการกระแทกและการเสียดสี

การแบ่งกลุ่มวัตถุดิบในสูตรเคลือบ

ตามกฎของเซเกอร์ นักเคมีชาวเยอรมันผู้ซึ่งจำแนกวัตถุดิบในการเตรียมน้ำยาเคลือบออกเป็น 3 กลุ่มคือ

1. วัตถุดิบที่มีสมบัติเป็นด่าง (Alkali หรือ Base Group) คือวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติเป็นตัวหลอมละลายในเคลือบ ช่วยลดอุณหภูมิการเผาให้ต่ำลง ทำให้น้ำยาเคลือบหลอมละลายเร็วขึ้น และเพิ่มการไหลตัวของเคลือบทำให้เคลือบมีผิวเรียบ

2. วัตถุดิบที่มีสมบัติเป็นตัวกลาง (Moderate Group) มีคุณสมบัติช่วยให้เคลือบมีความหนืดไม่ไหลหลุดออกจากผิวผลิตภัณฑ์ขณะหลอมละลายและลดการแตกรานของน้ำยาเคลือบ

3. วัตถุดิบที่มีสมบัติเป็นกรด (Acid Group) มีคุณสมบัติเป็นตัวทนไฟในน้ำยาเคลือบเพิ่มจุดหลอมละลายทำให้น้ำยาเคลือบมีความแข็งแกร่งทนทานต่อรอยขีดข่วนและแรงกระแทก เป็นวัตถุดิบที่สามารถทนต่อฤทธิ์กรดหรือด่างได้ดี (ไพจิตร อิงศิริวัฒน์. 2537 : 7-)

ตาราง 12 แสดงการแบ่งกลุ่มวัตถุดิบในสูตรเคลือบออกเป็น 3 กลุ่ม

กลุ่มที่มีคุณสมบัติเป็นด่าง	กลุ่มที่มีคุณสมบัติเป็นตัวกลาง	กลุ่มที่มีคุณสมบัติเป็นกรด
PbO , 2PbCO_3 BaO , BaCO_3 CaO , CaCO_3 K_2O Na_2O Li_2O , Li_2CO_3 MgO , MgCO_3 SrO , SrCO_3 ZnO	Al_2O_3	SiO_2

วัตถุดิบเฉพาะซิลิกาเพียงอย่างเดียว ก็สามารถจะหลอมละลายเป็นแก้วทำน้ำยาเคลือบได้ แต่เนื่องจากซิลิกาเป็นวัตถุดิบที่มีจุดหลอมละลายสูงถึง 1,713 องศาเซลเซียส ดังนั้นในการเตรียมน้ำยาเคลือบจึงต้องใส่วัตถุดิบที่ช่วยลดอุณหภูมิในการหลอมละลายของซิลิกาลง และเพื่อให้อยู่ในอุณหภูมิเดียวกันกับเนื้อดินที่เผาแล้วสุกตัวพอดี การที่นำวัตถุดิบในการเตรียมเคลือบตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป มาผสมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสม แล้วสามารถลดจุดหลอมละลายได้แก้วในอุณหภูมิต่ำลง มีศัพท์ทางเทคนิคเรียกว่า Eutectic Point ในการเผาเคลือบโดยปกติดินและเคลือบ

ต้องสุกตัวพร้อมกันและมีความสัมพันธ์กันดี ทั้งอัตราส่วนการขยายตัวและการหดตัวหลังการเผา เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ โดยปกติเคลือบจะหดตัวมากกว่าดินเล็กน้อย เพื่อผิวเคลือบจะรัดเนื้อผลิตภัณฑ์ไว้เป็นการเพิ่มความแข็งแรงให้กับตัวผลิตภัณฑ์

น้ำยาเคลือบเมื่อโดนเผาผ่านความร้อนที่อุณหภูมิสูง วัตถุดิบที่เป็นตัวหลอมละลายหรือค้างในน้ำยาเคลือบจะเริ่มหลอมละลายก่อนโดยโมเลกุลของค้างที่กระจายอยู่รอบ ๆ โมเลกุลของซิลิกาซึ่งเป็นวัตถุดิบทนไฟ ทำให้โมเลกุลของซิลิกาค่อย ๆ หลอมละลายตามส่วนวัตถุดิบตัวกลาง คือ อะลูมินาหรือดินก็จะหลอมละลายอย่างช้า ๆ ในอุณหภูมิสูงด้วย ดินมีคุณสมบัติเพิ่มความหนืดในเคลือบ ทำให้ชั้นของน้ำยาเคลือบสามารถเกาะติดอยู่บนผิวผลิตภัณฑ์โดยไม่ไหลย้อยลงมาขณะที่เผาถึงจุดหลอมละลาย

การอ่านสูตรเคลือบ

ในการแบ่งวัตถุดิบในการเตรียมน้ำยาเคลือบเป็น 3 กลุ่มนี้ มักเขียนโดยการแบ่งตาราง วัตถุดิบเป็น 3 ช่อง กลุ่มแรกคือค้าง กลุ่มที่สองเป็นกลางและกลุ่มที่สามเป็นกรด โดยเขียนวัตถุดิบตามสัญลักษณ์ทางเคมี โดยมีตัวเลขนำหน้าโมเลกุลของวัตถุดิบที่ใช้นำหน้าสัญลักษณ์ กลุ่มแรก วัตถุดิบที่เป็นค้างหรือตัวหลอมละลายนี้ ถ้ารวมน้ำหนักโมเลกุลทั้งหมดแล้ว จะต้องมียกเท่ากับ 1.00 เสมอ ซึ่งเป็นกฎของสูตรเคลือบอุณหภูมิสูงก็ตามใช้กฎเดียวกันหมด ดังจะได้ยกตัวอย่างสูตรเคลือบเป็นโมเลกุลของวัตถุดิบ หรือเรียกว่า Empirical Formula สักสองตัวอย่าง เพื่ออธิบายโดยละเอียดต่อไป

ตาราง 13 ตัวอย่างสูตรเคลือบอุณหภูมิต่ำ 1,100 องศาเซลเซียส

ค้าง	กลาง	กรด
0.5 PbO		
0.2 K ₂ O	0.3 Al ₂ O ₃	2.5 SiO ₂
0.2 Na ₂ O	0.25 B ₂ O ₃	
0.1 CaO		
รวม 1.00		

1. สูตรเคลือบอุณหภูมิต่ำ Earthenware 1,100 องศาเซลเซียส

ในสูตรเคลือบอุณหภูมิต่ำทุกชนิด กลุ่มค้าง : กลุ่มกรด = 1:2 หรือ 1:2.5 คือกลุ่มที่ 1 : กลุ่มที่ 3 มีค่า 1:2-2.5 น้ำยาเคลือบมีจุดหลอมละลายต่ำเริ่มจาก 800 - 1,100 องศาเซลเซียส ในกลุ่ม

ค่าของเคลือบอุณหภูมิต่ำ มีตะกั่ว PbO หรือบอแรกซ์ B₂O₃ ในกลุ่มกลางเป็นวัตถุดิบหลัก ซึ่งใช้เตรียมเคลือบอุณหภูมิต่ำ ถ้าเห็นสัญลักษณ์ของวัตถุดิบ 2 ตัวนี้ และค่าของซิลิกาในกลุ่มกรดต่ำประมาณ 2.5 โมเลกุลก็สามารถสันนิษฐานได้ทันทีว่า เป็นสูตรเคลือบที่เผาในอุณหภูมิต่ำแน่นอน

ตาราง 14 ตัวอย่างสูตรเคลือบอุณหภูมิสูง 1,250 องศาเซลเซียส

ค่า	กลาง	กรด
0.5 CaO	0.6 Al ₂ O ₃	5.0 SiO ₂
0.2 MgO		
0.3 ZnO		
รวม 1.00		

2. ตัวอย่างสูตรเคลือบอุณหภูมิสูง สโตนแวร์ 1,250 องศาเซลเซียส

ในสูตรเคลือบอุณหภูมิสโตนแวร์และปอร์ซเลน ค่า : กรด = 1 : 4 ขึ้นไปจนถึง 1 : 6 - 7 โมเลกุล (ตามตัวอย่างด้านบน ค่าซิลิกา = 5 โมเลกุล) ถ้ากรดเพิ่มขึ้น อุณหภูมิความทนไฟของเคลือบจะสูงขึ้นด้วย และในสูตรเคลือบอุณหภูมิสูงมักไม่ใช้ตะกั่วหรือบอแรกซ์เป็นส่วนประกอบ ถ้ามีก็จะน้อยมาก 0.01 - 0.03 โมเลกุลเท่านั้นและไม่ปรากฏบ่อยนัก นอกจากนั้นเราสามารถจะทราบว่าเป็นเคลือบใส หรือเคลือบด้าน โดยการอ่านค่า ตัวกลาง : กรด ถ้าสัดส่วนอะลูมินาต่อซิลิกามีค่า เท่ากับ 1 : 7 ถึง 1 : 12 โดยประมาณจะได้เคลือบใสในตัวอย่างข้างบน อะลูมินา 0.6 โมเลกุล : ซิลิกา 5.0 โมเลกุล (5.0 ÷ 0.6) เท่ากับ 1 : 8.3 ดังนั้นเราสามารถสันนิษฐานได้ว่าสูตรข้างบนนี้เป็นเคลือบใส ถ้ามีค่า 1 : 3 - 1 : 6 เป็นเคลือบด้านและ 1 : 15 - 20 เป็นเคลือบผลึก ถ้าเป็นเคลือบทึบจะมีวัตถุดิบทำสีทึบเพิ่มเช่น คีบูกออกไซด์ เซอร์โคเนียมซิลิเกต หรือ โทเทเนียมไดออกไซด์

ในสูตรเคลือบอุณหภูมิปานกลาง 1,150 - 1,200 องศาเซลเซียส ในกลุ่มวัตถุดิบที่เป็นค่าหรือตัวหลอมละลาย มักใช้ซิงค์ออกไซด์ หรือสตรอนเชียมคาร์บอเนต เป็นค่าหลัก และประกอบด้วยค่าตัวอื่น ๆ อีกเช่น ลิเทียม แบริยม โซดาหรือโพแทส และหินปูน การใช้วัตถุดิบที่เป็นค่าหลายตัว เกิน 4 ตัวขึ้นไป สามารถจึงจุดหลอมละลายให้อุณหภูมิลดลงได้ดีกว่าการใช้ค่า เพียงตัวใดตัวหนึ่งเท่านั้น ดังนั้นในสูตรเคลือบอุณหภูมิปานกลางที่ไม่ใส่ฟrit หรือ Raw Glaze มักมีวัตถุดิบที่เป็นตัวหลอมละลายหลายตัวที่เดียว เช่น 4-5 ตัวรวมกันอยู่ในสูตรเคลือบ และมีค่าซิลิกาประมาณ 4 - 4.5 โมเลกุล แต่ในที่นี้ไม่ได้ยกตัวอย่าง สูตรให้เห็นชัดเจน

จากสูตรที่เขียนวัตถุดิบเป็นโมเลกุลนี้ ถ้าจะคำนวณหาค่าวัตถุดิบเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จะต้องแทนค่าน้ำหนักโมเลกุลของธาตุต่าง ๆ ลงไปตามคู่มือตารางธาตุ และหาน้ำหนักรวมสูตรแล้วจึงคำนวณน้ำหนักวัตถุดิบทุกตัวออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์

คุณสมบัติของวัตถุดิบในน้ำยาเคลือบ

สารตะกั่ว (PbO) จุดหลอมละลาย 770 - 1,120 องศาเซลเซียส ทำหน้าที่เป็นตัวหลอมละลายที่ให้แก้วในอุณหภูมิต่ำ 900 - 1,120 องศาเซลเซียส ถ้าเผาในอุณหภูมิสูงเกิน 1,180 องศาเซลเซียส สารตะกั่วจะระเหยกกลายเป็นไอ ตะกั่วเป็นสารพิษ ไม่ควรใช้ตะกั่วโดยตรงในการเตรียมเคลือบ ควรนำตะกั่วมาหลอมกับซิลิกาให้เป็นฟริตเสียก่อน $PbO + 2SiO_2$ ได้ ฟริตของตะกั่ว (Lead Disilicate Frit) โดยเคลือบตะกั่วทุกชนิด ต้องเผาแบบสันดาปสมบูรณ์ ไม่มีควันถ้าเผาผิดพลาด เชื้อเพลิงสันดาปไม่เต็มที่ เมื่อเคลือบตะกั่วโดนควันจะกลายเป็นสีดำถ้า สารที่ให้ตะกั่วได้แก่

- ตะกั่วแดง (Pb_3O_4)
- ตะกั่วขาว ($2PbCO_3$)

บอแรกซ์ (Borax) $Na_2 \cdot 2B_2O_3 \cdot 10H_2O$ จุดหลอมละลาย 741 องศาเซลเซียส ทำหน้าที่หลอมละลาย ให้แก้วในอุณหภูมิต่ำ 900 - 1,100 องศาเซลเซียส เป็นด่างที่ให้โซเดียม และบอริกออกไซด์อยู่รวมกันเป็นสารละลายนี้ได้ จึงนิยมนำมาหลอมเป็นฟริตก่อนใช้เคลือบผลิตภัณฑ์ $Na_2 \cdot 2B_2O_3 \cdot 3SiO_2$ คือบอโรซิลิเกตฟริต สามารถใช้ทำเคลือบสีฟ้าสคิสได้ สคิส โดยใส่สนิมทองแดง 3 - 4% ในฟริตแล้วเผาที่อุณหภูมิต่ำ 900 - 1,100 องศาเซลเซียส ที่เผาอุณหภูมิต่ำทุกชนิดไม่นิยมนำมาใส่อาหารเพราะกรดในอาหาร เช่น น้ำสมสาชูและกรดซิตริก สามารถกัดเคลือบได้ และสารเป็นพิษจะถูกทำลายปนมากับกรดในอาหาร

ฟริต (Frit) และการใช้เคลือบฟริต ฟริตคือวัตถุดิบที่ใช้เตรียมเคลือบอุณหภูมิต่ำ ซึ่งทำจากวัตถุดิบที่เป็นพิษหรือวัตถุดิบที่ละลายน้ำได้ นำมาเผาหลอมรวมกับซิลิกาซึ่งเป็นแก้ว ทำให้วัตถุดิบที่หลอมตัวเป็นแก้วมีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ และไม่ดูดซึมเข้าทางผิวหน้า ลดความเป็นพิษลง ฟริตถูกนำมาบดให้ละเอียดในรูปผงเคลือบสำเร็จรูปก่อนนำมาใช้เป็นน้ำยาเคลือบอุณหภูมิต่ำ นิยมเตรียมจากวัตถุดิบ ตะกั่ว และบอแรกซ์ หรือจากส่วนผสมของทั้งสองอย่างรวมกัน

$Pb_3O_4 + 2SiO_2$ เผาที่ 1,130 องศาเซลเซียส บดเป็นผงละเอียด (Lead Disilicate Frit)

$Na_2O \cdot 2B_2O_3 + 3SiO_2$ เผาที่ 1,180 องศาเซลเซียส บดเป็นผงละเอียด (Borosilicate Frit)

$Pb_3O_4 + Na_2O \cdot 2B_2O_3 + 5SiO_2$ เผาที่ 1,180 องศาเซลเซียส บดเป็นผงละเอียด (Lead

Borosilicate Frit)

ฟritนิยมนำมาใช้ผสมในน้ำยาเคลือบอุณหภูมิต่ำประมาณ 80-100% โดยน้ำหนักเนื่องจากในเคลือบฟritมีส่วนผสมของซิลิกา และอะลูมินาอยู่บ้างแล้วจึงใช้เป็นเคลือบสำเร็จรูป อุณหภูมิต่ำแต่ได้เคลือบอุณหภูมิปานกลาง 1,150 - 1,200 องศาเซลเซียส ใช้ฟritในปริมาณน้อยลง เพื่อลดอุณหภูมิการหลอมละลายของเคลือบโดยใช้ในปริมาณ 20-40% ร่วมกับวัตถุดิบตัวหลอมละลายอื่นๆ ในสูตรเคลือบ ส่วนในเคลือบอุณหภูมิสูง โดยปกติไม่ใช้ฟritเป็นส่วนประกอบใช้วัตถุดิบ (Raw Material) ทั้งหมด แต่ในเคลือบอุณหภูมิบางชนิดที่ต้องการสีพิเศษหรือมีปฏิกิริยาแปลกจากธรรมดา (Special Effect) จะใช้ฟritในสูตรเคลือบด้วยในปริมาณไม่เกิน 5%

ซิงค์ออกไซด์ (ZnO) เป็นวัตถุดิบที่มีจุดหลอมละลายสูง หลอมละลายได้แก่ที่ 1,800 องศาเซลเซียส สังกะสี (Zinc) เป็นค่าที่นิยมใช้ในเคลือบอุณหภูมิปานกลางถึงอุณหภูมิสูง 1,150 - 1,250 องศาเซลเซียส โดยใช้ร่วมกับค่าตัวอื่น ๆ เช่น หินปูน โซดาเฟลด์สปาร์ ฯลฯ ถ้าใช้ค่าเฉพาะสังกะสีเพียงตัวเดียว เคลือบจะไม่ยอมหลอมละลาย เคลือบสีที่มีสังกะสีถ้านำมาใช้เขียนเป็นสีได้เคลือบ สีเขียว สีเหลือง สีน้ำตาล จะซีดลงและสีเขียวจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลด้วย แต่เคลือบสังกะสีจะทำให้สีน้ำเงินมีสีสดมากขึ้น

แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) เป็นวัตถุดิบที่มีจุดหลอมละลายสูงมาก 2,800 องศาเซลเซียส จัดเป็นวัตถุดิบทนไฟ แต่มีคุณสมบัติเป็นค่า หรือตัวหลอมละลายในเคลือบอุณหภูมิสูง 1,250 องศาเซลเซียส ขึ้นไปถึง 1,300 องศาเซลเซียส แมกนีเซียมไม่ได้ใช้เป็นตัวหลอมละลายหลักในสูตรเคลือบใช้ ในปริมาณน้อยมาก จาก 1-10% ถ้าใช้ปริมาณมากเคลือบจะทนไฟสูง และเกิดเป็นเคลือบกึ่งด้าน (Semi Matt) วัตถุดิบที่ให้แมกนีเซียม ได้แก่

- ทัลคัม (Talcum) หรือ แมกนีเซียมซิลิเกต ($3MgO \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$)
- โดโลไมต์ (Dolomite) หรือ แคลเซียมแมกนีเซียมคาร์บอเนต $CaCO_3 \cdot MgCO_3$)
- แมกนีเซียมคาร์บอเนต ($MgCO_3$)

ลิเทียมออกไซด์ (Li_2O) เป็นวัตถุดิบที่มีจุดหลอมละลายให้แก้วในอุณหภูมิ 1,150 องศาเซลเซียส มีคุณสมบัติเป็นตัวหลอมละลายที่ดีในเคลือบอุณหภูมิปานกลาง และอุณหภูมิสูง 1,150 - 1,230 องศาเซลเซียส ลิเทียมมีราคาแพงจึงไม่นิยมใช้ในเคลือบอุตสาหกรรม เหมาะสำหรับการทำเคลือบในปริมาณไม่มาก ลิเทียมมีคุณสมบัติเป็นตัวเร่งสีเคลือบด้วย เคลือบที่มีสีพิเศษต่าง ๆ เช่น สีฟ้าหรือสีชมพู จะต้องใส่ลิเทียมในปริมาณ 5-10% ในสูตร วัตถุดิบที่ให้ลิเทียมได้แก่

- ลิเทียมคาร์บอเนต (Li_2CO_3)
- ลิเทียมเฟลด์สปาร์ หรือเลปีโดไลต์ ($LiF \cdot Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$)

สตรอนเชียมออกไซด์ (SrO_2) เป็นวัตถุดิบที่มีจุดหลอมละลายที่ 2,430 องศาเซลเซียส มีคุณสมบัติเป็นค่า ใช้ในเคลือบอุณหภูมิปานกลาง 1,150 - 1,200 องศาเซลเซียส ซึ่งโดยปกติจะใช้ไม่เกินร้อยละ 30% ในสูตรเคลือบอุณหภูมิการเผาปานกลาง โดยใช้ร่วมกับค่าตัวอื่น ๆ ด้วย

เช่น โซดาเฟลด์สปาร์ จึงคัดออกไซด์ แบเรียมคาร์บอเนต ใช้ร่วมกันหลาย ๆ อย่าง เพื่อลดอุณหภูมิในการหลอมละลายได้ดีกว่าใช้เพียงลำพังตัวเดียว สตรอนเชียม มีราคาแพง จึงไม่นิยมใช้ทำเคลือบอุตสาหกรรมที่ใช้เคลือบปริมาณมาก วัตถุดิบที่ให้สตรอนเชียม ได้แก่ สตรอนเชียมคาร์บอเนต (SrCO_3)

แบเรียมคาร์บอเนต (BaCO_3) เป็นวัตถุดิบที่มีจุดหลอมละลายที่ 1,923 องศาเซลเซียส มีคุณสมบัติเป็นตัวหลอมละลายที่อุณหภูมิปานกลางถึงอุณหภูมิสูง 1,180 - 1,250 องศาเซลเซียส โดยปกติแล้ว แบเรียมไม่ใช่ตัวหลอมละลายหลัก จึงใช้เป็นตัวเร่งตัวหนึ่งในการหลอมละลายของเคลือบ แต่ใช้ในปริมาณเพียงเล็กน้อย 5-8% ถ้าใช้เกินกว่านั้น ก็ไม่ทำให้เคลือบ ละลายเร็วขึ้น ถ้าใช้เกิน 20% ขึ้นไปในเคลือบ มักจะให้สีด้านแทน เคลือบที่มีปริมาณของแบเรียมสูง ถ้าเผาเกินอุณหภูมิไปเล็กน้อย 20 - 30 องศาเซลเซียส จะเกิดตำหนิเป็นฟองบนผิวเคลือบ หรือเคลือบเคঁค ฟองปุด ๆ จึงต้องระวังในการเผาเป็นพิเศษ โดยเผาดำกว่าอุณหภูมิเดิมสัก 20 - 30 องศาเซลเซียส แล้วแช่เวลาที่อุณหภูมิสูงสุดไว้ 10 นาที เคลือบจะมีคุณภาพดี ไม่เกิดตำหนิเป็นฟองหลังการเผา

แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) แคลเซียมคาร์บอเนตหรือหินปูนเป็นวัตถุดิบที่มีจุดหลอมละลายสูง 2,500 องศาเซลเซียส มีคุณสมบัติเป็นตัวหลอมละลายหลักในเคลือบอุณหภูมิสูง 1,250 - 1,300 องศาเซลเซียส สามารถใช้เพียงอย่างเดียวในสูตรเคลือบ เพื่อเป็นตัวหลอมละลาย แต่โดยปกติจะใช้คู่กับโซดา หรือโพแทสในเฟลด์สปาร์ด้วยปริมาณที่ใช้ 15-25% ในเคลือบอุณหภูมิสูง ช่วยให้ น้ำยาเคลือบมีความแข็งแรง วัตถุดิบที่ให้แคลเซียมได้แก่

หินปูนสีขาว (Whiting) แคลไซต์ (CaCO_3) หินปูนสีเทา Grey Limestone

เฟลด์สปาร์ ($\text{KNaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$) เฟลด์สปาร์หรือหินฟันม้า เป็นวัตถุดิบที่มีจุดหลอมละลาย 1,180 - 1,200 องศาเซลเซียส มีคุณสมบัติเป็นเคลือบได้ตามธรรมชาติ มีความเป็นด่างกลางและกรด อยู่ครบในส่วนประกอบของเคลือบเคมีหรือเคลือบหินที่เราใช้กันอยู่ในปัจจุบันก็คือเคลือบหินฟันม้าที่เป็นวัตถุดิบหลักในสูตรเคลือบ มีตั้งแต่ 40-60% ในสูตรเคลือบอุณหภูมิสูงเกือบทุกชนิด ถ้าใช้โพแทสเฟลด์สปาร์เพียงอย่างเดียว ทำเคลือบจะต้องเผาดังอุณหภูมิ 1,400 องศาเซลเซียส จึงจะได้เคลือบใส ดังนั้นเพื่อเป็นการลดอุณหภูมิในการหลอมละลายได้ดี และได้เคลือบใส จึงต้องใช้เฟลด์สปาร์ร่วมกับตัวหลอมละลายตัวอื่น ๆ ด้วย เฟลด์สปาร์ที่นิยมใช้ในสูตรเคลือบมี 2 ชนิดคือ

โพแทสเฟลด์สปาร์ ($\text{KNaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$)

โซดาเฟลด์สปาร์ ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$)

บางสูตรใช้โซดา บางสูตรใช้โพแทส ต้องระวังในการใช้ไม่เช่นนั้นจะไม่ได้สีเคลือบตามสูตรที่ต้องการ

เนฟเฟลีนไซยาไนต์ ($K_2O \cdot 3Na_2O \cdot 4Al_2O_3 \cdot 9SiO_2$) เป็นเฟลด์สปาร์ที่มีตัวหลอมละลายในปริมาณมากกว่าเฟลด์สปาร์ธรรมดาจึงมีจุดหลอมละลายต่ำ 1,100-1,200 องศาเซลเซียส แล้วแต่แหล่งที่ขุดได้ เหมาะสำหรับการทำเคลือบหิน เพราะสามารถใช้เป็นวัตถุดิบหลักได้ทันที 70-80% ในสูตรเคลือบ

อะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) จุดหลอมละลาย 2,050 องศาเซลเซียส มีคุณสมบัติเป็นตัวกลางทำให้เคลือบหนืดเกาะติดผิวหินได้ดี ไม่ไหลจากตัวผลิตภัณฑ์ขณะเผาถึงจุดสุกตัวหลอมละลาย ช่วยให้เคลือบคืบที่ยังไม่ได้เผามีความแข็งแรง สามารถเกาะติดผิวผลิตภัณฑ์ได้แน่นไม่หลุดเป็นฝุ่นติดมือ ขณะที่จับหรือทำให้เคลือบมีคำหยาบได้ง่าย โดยใช้ดินขาวเป็นวัตถุดิบที่มีอะลูมินาอยู่ในเคลือบ เกือบทุกชนิด โดยมีดินขาวอยู่ประมาณ 10% ในสูตร เพื่อช่วยให้เคลือบลอยตัวไม่ตกตะกอน กันดั้ง และช่วยให้เคลือบไม่หลุดเป็นฝุ่นและคุณสมบัติเป็นตัวหนืดในขณะที่จะเคลือบหลอมละลาย

วัตถุดิบที่ให้อะลูมินา ได้แก่ ดินขาว $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$

อะลูมินาไฮดรอกไซด์ $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$

ซิลิกา (SiO_2) มีจุดหลอมละลาย 1,750 องศาเซลเซียส เป็นทรายแก้ว หรือหินแก้วผลึกของแร่ควอตซ์ มีความแข็งแรง 7 ทำให้บดละเอียดได้ยาก มีคุณสมบัติเป็นกรด ทำหน้าที่เป็นตัวทนไฟ ลดการไหลตัวของน้ำเคลือบ ทำให้ผิวเคลือบมีความแข็งแรงทนต่อการรอยขีดข่วน ทนแรงกระแทก ทนฤทธิ์กรดและด่างได้ดี ในเคลือบอุณหภูมิสูงทุกชนิดมีปริมาณของซิลิกาในสูตร 25-30%

วัตถุดิบที่ให้ซิลิกา ได้แก่ ควอตซ์ (Quartz) ฟลินท์ (Flint) ซิลิกา ทรายแก้วบริสุทธิ์ และเฟลด์สปาร์ทุกชนิด

เคลือบขี้เถ้า

เคลือบชนิดนี้จัดว่าเป็นเคลือบที่มีราคาถูกเช่นกัน คือเราใช้สิ่งของที่ไม่มีประโยชน์แล้วมาใช้ให้เกิดประโยชน์ขึ้นมา เช่น ขี้เถ้าแกลบจากโรงสี ขี้เถ้าจากเตาหุงต้มอาหารในเรือนจำในหน่วยทหาร หรือในโรงเรียนประจำ ขี้เถ้าจากเตาเคี่ยวน้ำตาลมะพร้าว หรือน้ำตาลโตนด หรือขี้เถ้าจากการเผาขี้เลื่อย ขี้กบจากโรงเลื่อยหรือโรงงานเฟอร์นิเจอร์ หรือจากการเผาฟางข้าว ดินฮ้อ หญ้าคา เปลือกถั่วลิสง ใบหูกวาง หรือผักตบชวา เป็นต้น ขี้เถ้าของพืชเหล่านี้ล้วนแล้วแต่นำไปใช้ผสมทำน้ำเคลือบได้ทั้งนั้น ถ้าเรารู้จักที่จะนำมาใช้ (เสริมศักดิ์ นาคบัว. 2523 : 31-46) ถึงแม้ว่าขี้เถ้าแต่ละชนิดจะมีผลทำให้เคลือบแตกต่างกันก็ตาม แต่ถ้านำขี้เถ้ามาวิเคราะห์แล้วจะเห็นว่ามีส่วนผสมไม่แตกต่างกันมากนัก มีตัวที่ทำให้เกิดแก้ว คือซิลิกา (Silica) และตัวช่วยหลอมละลาย (Fluxing Agent) เช่น Lime, Potash และ Magnesia นอกจากนั้นยังมีตัวที่ทำให้เกิดความหนืดและทนไฟคือ อะลูมินา (Alumina) และตัวที่ทำให้เกิดสี คือเหล็ก จำนวนมากน้อยต่างกันไปตามแต่ละ

ชนิดของพืช ดังนั้นเมื่อเพียงแต่นำขี้เถ้าพืชมาผสมกับดิน (ซึ่งถ้าวิเคราะห์ออกมาแล้วส่วนมากก็จะมี Silica, Alumina, Calcium, Magnesium, Sodium, Potassium, Ferric Oxide และอื่นๆ มากน้อยแล้วแต่ชนิดของดินและพืชที่นำมาทำขี้เถ้า) ในสัดส่วนที่เหมาะสมและเผาที่อุณหภูมิพอดีก็จะเกิดเป็นน้ำเคลือบขึ้นได้ แต่ความจริงน้ำเคลือบขี้เถ้านี้เราอาจจะปรุงแต่งให้เกิดเป็นสีต่าง ๆ ได้โดยเติมวัตถุคัลเลอร์ให้สีชนิดอื่นเข้าไป

คุณสมบัติของขี้เถ้า

ขี้เถ้าจากพืชทุกชนิดมีส่วนประกอบของไฮโดรเจนและคาร์บอน เมื่อถูกเผาไหม้หมดไป ขี้เถ้าจะเหลือเพียงปริมาณเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งเป็นส่วนที่ทนไฟ สารเหล่านี้จะคงเหลืออยู่ในกองขี้เถ้าจากพืช ซึ่งประกอบด้วยธาตุ 6 ตัวหลัก ซึ่งใช้ในสูตรเคลือบคือ ค่างพวกหินปูน แมกนีเซียม โพแทสเซียม โซดา ในปริมาณมากและมีส่วนประกอบของอะลูมินาและซิลิกาเล็กน้อย เคลือบขี้เถ้าจึงเผาให้หลอมละลายในอุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส ได้ง่าย เนื่องจากมีค่างหลัก ที่เป็นตัวหลอมละลายอย่างรุนแรง (ไพจิตร อิงศิริวัฒน์. 152-154)

ขี้เถ้าไม้เนื้อแข็งหรือไม้ยืนต้น เผารีดักชันแล้วจะได้สีเขียวอ่อนก่อนข้างใส ส่วนขี้เถ้าพืชล้มลุกจำพวกขงข้าวโพด ถั่วเขียวหรือไม้ไผ่ก็สามารถให้ขี้เถ้าได้ แต่มีสีขุ่น ทั้งนี้ต้องทดลองเอาเศษขี้เถ้าใส่ถ้วยทดสอบ ทดลองเผาพร้อมกับผลิตภัณฑ์ในเตาแก๊สหรือเตาไฟฟ้า จะเห็นผลการทดลองหลังเผาได้ชัดเจน โรงงานทั่วไปที่ยังใช้พืชเผาเตาเช่นที่จังหวัดราชบุรี โรงงานทำโอ่งนิยมใช้ขี้เถ้าที่ได้จากการเผา เพื่อใช้ในการเตรียมเคลือบโอ่งมังกร

การเตรียมขี้เถ้าหรือการล้างขี้เถ้า

ขี้เถ้าไม้เมื่อได้มาแล้วให้เทใส่ถังกวนกับน้ำ 2-3 ครั้ง เทน้ำตอนบนที่มีเศษวัสดุและก้อนถ่านเล็ก ๆ ทั้ง 2 ครั้ง ต้องกวนแรง ๆ เพื่อเอาเกลือหรือค่างที่มีความเค็มในขี้เถ้าทิ้งไปบ้าง เมื่อน้ำขี้เถ้าเริ่มใส น้ำหายเค็มกรองน้ำเถ้าผ่านตะแกรงเบอร์ 60 วางขี้เถ้าให้ตกตะกอน รินน้ำตอนบนทิ้ง นำขี้เถ้าไปผึ่งแดดให้แห้ง ใส่ภาชนะมีฝาปิดเก็บไว้ เขียนชื่อติดให้ชัดเจน เมื่อจะใช้ ควรใช้ขี้เถ้าที่เตรียมแล้วหรือผ่านการล้างแล้ว นำมาชั่งตามอัตราส่วน ขี้เถ้าที่ไม่ได้ผ่านการล้างเมื่อนำมาใส่เคลือบจะกัดมือเนื่องจากมีค่าง (Caustic) ของโซดาอยู่มาก ทำให้เป็นอันตรายต่อผิวหนังได้

การเตรียมเคลือบขี้เถ้า

ขี้เถ้านิยมเตรียมเป็นเคลือบในสองลักษณะคือ

1. เคลือบเตรียมจากขี้เถ้า 90-100%
2. ใช้ขี้เถ้าเป็นส่วนประกอบของเคลือบไม่เกิน 30-40%

วิธีใช้เคลือบซีเมนต์

เคลือบซีเมนต์ไม้ 90-100% เมื่อเตรียมหรือล้างเรียบร้อยแล้วและบดผสมน้ำแล้วมัก ใช้พ่นบนตัวผลิตภัณฑ์โดยตรง เคลือบซีเมนต์มีคุณสมบัติไหลตัวรุนแรงเมื่อถึงจุดหลอมละลาย ผลิตภัณฑ์ที่เคลือบด้วยเคลือบซีเมนต์มักจะเคลือบหนาประมาณ 2-3 มม. ตอนส่วนบน ส่วนตอนล่างเคลือบบางๆ หรือเว้นไว้เมื่อเคลือบเผาดังอุณหภูมิหลอมละลายเคลือบจะไหลย่อยลงมาเป็นเส้น ๆ

ซีเมนต์ไม้เมื่อเผาแล้วมีสีจืดหรือสีขุ่นไม่สวยงาม จึงไม่เหมาะที่จะนำไปทำเคลือบใสคุณภาพดี เนื่องจากมีมลทินเป็นสีจาง ๆ เคลือบซีเมนต์จึงนิยมใช้ในสีธรรมชาติ สีเขียวอ่อน ๆ หรือนำไปทำเคลือบสี โดยเติมแร่เหล็กออกไซด์ครบรวมกับซีเมนต์ก่อนใช้ 4-6% ทำให้ซีเมนต์มีสีเขียวเข้มขึ้นจนถึงสีเขียวเข้มในบรรยากาศการเผารีดักชัน ส่วนในการเผออกซิเดชันจะได้สีเหลืองไหม้มน้ำตาลไหลเป็นเส้น ถ้าต้องการทดลองเคลือบซีเมนต์สามารถทดลองใช้สัดส่วนของแร่เหล็กจาก 1-10% ทำตัวอย่างสีไว้ดูหรือถ้าชอบสีน้ำเงินที่ใช้โคบอลต์ออกไซด์ 1-2% ถ้าเคลือบไหลมากอาจเติมดินเพิ่ม 10% ในเคลือบซีเมนต์ได้

การทดลองเคลือบซีเมนต์อย่างง่าย

เคลือบซีเมนต์เผาในอุณหภูมิ 1,230 - 1,250 องศาเซลเซียส (RF) โดยใช้ซีเมนต์ชนิดใดก็ได้ผสมกับดินขาว ดินเหนียว ดินดำหรือดินแดงตามอัตราส่วน (Line Blend) หักการผสมวัตถุดิบ 2 ชนิด เข้าหากัน จากตัวอย่างในตารางนำไปเผาทดลองจะได้เคลือบซีเมนต์ที่เราต้องการ

ตาราง 15 แสดงส่วนผสมการทดลองเคลือบซีเมนต์ไม้ เผาที่ 1,230 - 1,250 องศาเซลเซียส

ตารางส่วนผสมการทดลองเคลือบซีเมนต์อย่างง่าย						
วัตถุดิบ	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5	สูตร 6
ซีเมนต์	100	90	80	70	60	50
ดิน	0	10	20	30	40	50

การเลือกใช้ซีเมนต์ในสูตรเคลือบ

ซีเมนต์ไม้ทั่วไป (Common Wood-Ash) ซีเมนต์ไม้เนื้อแข็งหรือซีเมนต์ไม้ย่นตันจะมีปริมาณของค่าคงค่อนข้างสูง สามารถนำไปทำเคลือบชนิดไหลย่อยเป็นเส้นได้ แต่ซีเมนต์จากแกลบและฟางข้าวมีปริมาณของซิลิกาอยู่สูง หากนำไปใช้ทำเคลือบโดยลำพังเคลือบจะทนไฟเกินไปไม่หลอมละลายจึงนิยมใช้ซีเมนต์จากแกลบและฟางข้าวในสูตรเคลือบแทนควอร์ตซ์หรือซิลิกา

ตาราง 16 แสดงเปรียบเทียบผลวิเคราะห์ทางเคมีของขี้เถ้าไม้และขี้เถ้าพืชบางชนิด

ผลวิเคราะห์ทางเคมีของขี้เถ้าไม้และขี้เถ้าพืชบางชนิด (เปอร์เซ็นต์)									
ชนิดของขี้เถ้า	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	MnO
ขี้เถ้าไม้ทั่วไป (Common Ash)	30.99	8.91	3.04	22.42	3.33	3.91	2.33	1.91	1.26
	(Sanders)								
ขี้เถ้าไม้สน (Pine Ash)	24.39	9.71	3.41	39.73	4.45	8.98	3.77	2.78	2.74
	(Sanders)								
ขี้เถ้าฟางข้าว (Rice Straw)	82.18	1.36	0.42	3.69	1.35	2.48	0.36	0.68	0.0
	(Cardew)								
ขี้เถ้าแกลบ (Rice Husk)	96.00	1.00	0.01	0.48	0.22	0.90	0.26	0.02	0.19
	(Cardew)								
ขี้เถ้าไม้ไผ่ (Bamboo Ash)	86.40	0.0	0.40	0.30	0.0	4.80	0.0	0.0	0.0
	(Sanders)								
ขี้เถ้าตบจาก (Thatching Grass)	76.96	5.42	1.06	6.14	3.76	2.55	0.22	1.58	0.67
	(Cardew)								

จากเอกสารที่กล่าวถึงเคลือบขี้เถ้า จะเห็นว่าได้มีการศึกษาเรื่องนี้โดยปรากฏผลของการศึกษาถึงคุณสมบัติของเคลือบขี้เถ้าไม้แต่ละชนิด ซึ่งสามารถจัดกระทำได้อย่างหลากหลาย อย่างไรก็ตามจากผลการศึกษาค้นคว้าเหล่านั้นสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางสำหรับการวิจัย เคลือบขี้เถ้าไม้ (จากไม้ยาง) โดยผลของการศึกษาของเคลือบ สามารถนำไปใช้ในการปฏิบัติการทดลองสอนวิชา วิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพเรื่องเซรามิกส์ จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงกำหนดความมุ่งหมายที่จะศึกษาสูตรเคลือบขี้เถ้าไม้ที่เหมาะสมโดยได้ตั้งสมมติฐานการวิจัยไว้ว่า “มีสูตรเคลือบขี้เถ้าไม้อย่างน้อย 1 สูตรเคลือบ ที่มีความเหมาะสมในด้านลักษณะของเคลือบ ลักษณะของเคลือบและลักษณะของสีในเคลือบ ตามสูตรแผนภาพไตรดุลยภาพ (Triaxial Diagram)

สารให้สี

สีต่างๆ ในน้ำเคลือบเกิดได้จากการผสมออกไซด์ของโลหะที่มีคุณสมบัติในการให้สีลงในส่วนผสม หรือได้จากการผสมพวกผงสำเร็จรูป สรศักดิ์ โกสิยพันธ์ (2531 : 16-19) กล่าวถึงรายละเอียดของสารให้สีดังต่อไปนี้

พลวงออกไซด์ (Antimony Oxide) ใช้ในรูปของแอนทิโมนีออกไซด์ (Sb₂O₃) จะให้สีเหลืองและสีส้มแก่เคลือบเมื่อใช้ร่วมกับเหล็กออกไซด์หรือตะกั่วออกไซด์ ถ้าใช้เดี่ยว ๆ จะไม่ให้สีหรือสีไม่แจ่มชัด ใช้กันประมาณร้อยละ 3-5

โครมิกออกไซด์ (Chromic Oxide) เป็นตัวให้สีเข้มตัวหนึ่ง (Strong Colorant) ถ้าใช้ในเคลือบไฟต่ำกว่า Cone 010 จะให้สีแดงสดใส แต่ถ้าใช้ในเคลือบไฟสูงจะให้สีเขียวและจะให้สีน้ำตาล ถ้ามีเปอร์เซ็นต์ของสังกะสีออกไซด์ปนอยู่ด้วย ใช้กันประมาณร้อยละ 2-5 ที่ให้อยู่ในรูปของโครเมียมคาร์บอเนต ($\text{Cr}_2(\text{CO}_3)_3$) โพแทสเซียมไดโครเมต ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) และเหล็กโครเมต (FeCrO_4)

ถ้าใช้ในเคลือบตะกั่วที่มีอะลูมินาและซิลิกาน้อย ๆ เเผาที่อุณหภูมิ Cone 012-010 จะได้สีแดงเข้ม (Vermillion Red) ถ้าเผาที่อุณหภูมิ Cone 06 จะได้สีน้ำตาล และจะได้สีเขียวเมื่อเผาที่ Cone 02 แต่ถ้าใช้เป็นส่วนผสมในการทำสีได้เคลือบ โดยให้มีส่วนผสมของดินบุกออกไซด์ผสมอยู่ด้วย และเผา Calcine ที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส จะได้สีชมพูจนถึงแดง และถ้ามีสังกะสีออกไซด์ปนอยู่ด้วยจะได้สีน้ำตาล

โคบอลต์ออกไซด์ (Cobalt Oxide) เป็นสารที่ให้สีเข้มที่สุด (Strongest Colorant) ใช้ในเคลือบประมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ จะให้สีน้ำเงินและไม่ควรใช้เกิน 3 เปอร์เซ็นต์ เพราะถ้าใช้มากจะทำหน้าที่เป็นตัวทนไฟและราคาก็แพงมากด้วย ถ้าใช้ร่วมกับ Rutile และเผาที่อุณหภูมิสูงจะให้สีเขียว และเมื่อใช้ร่วมกับแมงกานีสออกไซด์กับเหล็กออกไซด์จะให้สีดำที่ใช้กัน มักอยู่ในรูปของโคบอลต์คาร์บอเนต (CoCO_3) และโคบอลต์ออกไซด์ (CoO)

ทองแดงออกไซด์ (Copper Oxide) ที่ใช้กันมักเป็นทองแดงออกไซด์สีดำ (Black Copper Oxide or Cupric Oxide) สูตรทางเคมีคือ CuO ทองแดงออกไซด์สีแดง (Red Copper Oxide or Cuprous Oxide) สูตรทางเคมีคือ Cu_2O และในรูปทองแดงคาร์บอเนต (Copper Carbonate) สูตรทางเคมีคือ CuCO_3

ทองแดงออกไซด์เป็นสารสำคัญตัวหนึ่งที่ทำให้สีเขียวในเคลือบ ถ้าเผาในภาวะมีอากาศมากเกินไป (Oxidizing) และใช้ในเคลือบตะกั่ว ร้อยละ 1-6 จะได้สีเขียวแอปเปิลหรือสีเขียว ใบหญ้า ถ้าใช้น้ำเคลือบแอลคาไลน์ (Alkaline Glazes) ที่มีโซเดียมออกไซด์สูง ๆ มีอะลูมินาต่ำ ๆ และไม่มีตะกั่วหรือสังกะสีออกไซด์ปนอยู่ เเผาในสภาวะที่มีควั่นหรือมีอากาศน้อย ๆ (Reducing) จะได้สีแดง (Copper Red) ซึ่งใช้กันไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์จึงจะได้ผลดี และถ้ามีดินบุกออกไซด์อยู่ด้วยจะดียิ่งขึ้น ทองแดงออกไซด์นี้ถ้าใช้เกิน 6 เปอร์เซ็นต์ จะทำหน้าที่เป็นตัวช่วยหลอมละลาย (Flux) เล็กน้อย

เหล็กออกไซด์ (Iron Oxide) เป็นสารให้สีที่ดี ถ้าใช้ในเนื้อดินจะได้สีในโทนแดงเรื่อ ๆ ถ้าใช้ในเคลือบที่มีแคลเซียมอยู่ด้วยจะให้สีเหลืองจนถึงสีเนื้อ ที่ใช้กันคือออกไซด์เหล็กสีแดง (Red Iron Oxide) สูตรทางเคมี คือ Fe_2O_3 และออกไซด์เหล็กสีดำ (Black Iron Oxide) สูตรทางเคมีคือ Fe_3O_4 ซึ่งถ้าใช้ในเคลือบทั่ว ๆ ไปจะให้สีน้ำตาลแดงเลือนจนจนถึงสีแดงน้ำตาล โดยใช้กันประมาณร้อยละ 5-10

ถ้าใช้ในเคลือบตะกั่ว 8 เปอร์เซ็นต์จะได้สีแดงดำ (Dark Red) แต่ถ้าใช้มากเกินไปอาจจะได้เคลือบที่มีลักษณะเป็นผลึกเล็ก ๆ เป็นจุดได้เคลือบเป็นสีทองและได้สีม่วง (Purple Red) กับสีเกล็ดทองเล็ก ๆ (Gold Fleck) แต่ถ้าเผาในสภาวะอากาศน้อย (Reduction) เหล็กออกไซด์จะให้สีเขียวแบบชิลาดล (Pale Green of Celadon) หรือสีเขียวปนเทา (Grey Green)

แมงกานีสไดออกไซด์ (Manganese Dioxide) สูตรทางเคมีคือ MnO_2 หรือแมงกานีสคาร์บอเนต (Manganese Carbonate) สูตรทางเคมี คือ $MnCO_3$ ใช้ประมาณร้อยละ 5-10 จะให้สีม่วงถึงสีน้ำตาล แต่ถ้าใช้ปริมาณมากเกินไปจะมีผลทำให้ผิวเคลือบเกิดตำหนิเป็นฟองอากาศ ถ้าใช้ในเคลือบแอลคาไลน์ (Alkaline Glazes) จะได้สีม่วง ถ้าใช้ร่วมกับทองแดงออกไซด์หรือโคบอลต์ออกไซด์จะได้สีดำ แต่ถ้าใช้ในเคลือบที่มีออกไซด์ของเหล็กสูงจะได้เคลือบที่มันวาว (Luster)

นิกเกิลออกไซด์ (Nickel Oxide) ที่ใช้กันมักอยู่ในรูปของออกไซด์ที่มีสีเขียว (Green Nickel Oxide) สูตรทางเคมีคือ NiO และออกไซด์ที่มีสีดำ (Black Nickel Oxide) สูตรทางเคมีคือ Ni_2O_3 และอีกตัวหนึ่ง คือนิกเกิลคาร์บอเนต (Nickel Carbonate) สูตรทางเคมี คือ $NiCO_3$ ซึ่งนิยมใช้น้อยกว่า 2 ตัวแรก ถ้าใช้ประมาณ 2-5 เปอร์เซ็นต์ ในเคลือบที่มีแมกนีเซีย (Magnesia) จะให้สีเขียว เคลือบที่มีแบเรียม (Barium) จะให้สีน้ำตาล เคลือบที่มีหินปูนอยู่ด้วย (Lime) จะให้สีน้ำตาลแดง และถ้าใช้กับสังกะสีออกไซด์ (Zinc Oxide) จะให้สีน้ำเงิน สีเหล่านี้จะไม่ค่อยสดใส โดยทั่วไปใช้นิกเกิลออกไซด์เป็นตัวช่วยให้สีของออกไซด์ตัวอื่นมีสีจางหรืออ่อนลง หรือเปลี่ยนแปลงไป นอกจากนี้ยังใช้นิกเกิลออกไซด์ร้อยละ 5-10 ในเคลือบบางอย่างเพื่อให้เกิดการตกผลึก นิกเกิลออกไซด์นี้ไม่นิยมใช้ในเคลือบไฟดำ

ไทเทเนียมไดออกไซด์ (Titanium Dioxide) สูตรทางเคมี คือ TiO_2 ใช้ 3-5 เปอร์เซ็นต์ จะให้สีน้ำตาลแดง (Red Brown) ในเคลือบและจะให้สีพิเศษถ้าใช้ร่วมกับออกไซด์ของทองแดงหรือออกไซด์ของโคบอลต์ ยูเรเนียมออกไซด์ (Uranium Oxide) ใช้ประมาณร้อยละ 5-8 จะได้สีส้มแกมแดง (Orange Red) จนถึงเหลืองมะนาว (Lemon Yellow) ถ้าใช้กับเคลือบตะกั่วจะได้สีแดงใช้กับเคลือบแอลคาไลน์จะได้สีเหลือง ถ้าใช้กับดีบุก (Tin) และเซอร์โคเนียมออกไซด์ (Zirconium oxide) จะได้สีจากเหลืองอร่ามไปจนถึงสีส้มและสีแดงสด ส่วนยูเรเนียมที่ใช้กันอยู่ในรูปของ Black Uranium Oxide (UO_2) และ Sodium Uranate ($Na_2O \cdot UO_3$) ซึ่งมักจะใช้ได้ดีในอุณหภูมิสูง ๆ แต่สีจะไม่คงที่ในการเผาที่มีอากาศน้อย (Reduction)

สีของเคลือบนอกจากจะได้จากการเติมออกไซด์ที่ให้สีดังที่กล่าวมาแล้ว อาจจะได้จากการใช้ออกไซด์ที่ให้สีตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปมาผสมกัน เพื่อให้ได้สีที่แตกต่างออกไปได้หลาย ๆ สี ทั้งนี้สีในเคลือบยังขึ้นอยู่กับส่วนผสมของเคลือบ อุณหภูมิ ตลอดจนสภาวะในการเผาและจำนวนของสารให้สีที่ใช้ด้วย

ตาราง 17 ตัวอย่างการใช้สารสีในเคลือบ (Guide to use of colorants)

สี (Color)	ออกไซด์ (Oxide of)	เปอร์เซ็นต์ (Percentage)	อุณหภูมิ (Temperature)	บรรยากาศ ในการเผา
ดำ (Black)	Cobalt	1-2	อุณหภูมิ	ทุกบรรยากาศ
	Manganese	2-4		
	Cobalt	1		
	Iron	8	อุณหภูมิ	ทุกบรรยากาศ
	Manganese	3		
น้ำเงิน (Blue)	Cobalt	1/2 - 1	อุณหภูมิ	ทุกบรรยากาศ
	Turquoise Copper (Alkaline Flux)	3 - 5	ต่ำ	Oxidizing
	State Blue Nickel (with Zinc)	1 - 3	ต่ำ	Oxidizing
น้ำตาล (Brown)	Rutile	5	ทุกอุณหภูมิ	Reducing
	Chromium (with MgO), (ZnO)	2 - 5	ต่ำ	ทุกบรรยากาศ
	Iron	3 - 7	ทุกอุณหภูมิ	Oxidizing
	Manganese	5	ทุกอุณหภูมิ	ทุกบรรยากาศ
	Nickel (with Zinc)	2 - 4	ทุกอุณหภูมิ	ทุกบรรยากาศ
เขียว (Green)	Copper	1 - 5	ทุกอุณหภูมิ	Oxidizing
	Iron	1 - 4	ทุกอุณหภูมิ	Reducing
	Nickel	3 - 5	ต่ำ	Oxidizing
แดง (Red)	Chrome-Tin Pink	5	ทุกอุณหภูมิ	Oxidizing
	Coral Chromium (with high PbO)	5	ต่ำ	Oxidizing
	Purple Manganese, (with KNaO)	4 - 6	ทุกอุณหภูมิ	Oxidizing
	Copper	1	ทุกอุณหภูมิ	Reducing
	Iron (high SiO ₂), (KNaO, CaO)	2 - 5	ต่ำ	Oxidizing
น้ำตาลแดง (Tan)	Iron	2	ทุกอุณหภูมิ	ทุกบรรยากาศ
	Manganese	2	ทุกอุณหภูมิ	ทุกบรรยากาศ
	Rutile	2	ทุกอุณหภูมิ	ทุกบรรยากาศ
เหลือง (Yellow)	Antimony	5	ต่ำ	Oxidizing
	Uranium (with Alkaline Glaze)	5 - 8	ทุกอุณหภูมิ	Oxidizing
	Tin Vanadium Stain	4 - 6	ทุกอุณหภูมิ	ทุกบรรยากาศ

จากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับสารให้สีนั้นจะพบได้ว่า สารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) มีคุณสมบัติในการให้สีที่แตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับชนิดของสารให้สี บรรยากาศในการเผา อุณหภูมิในการเผาและปริมาณของสารให้สีด้วย จากคุณสมบัติดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้นำสารให้สี ประกอบด้วย โคบอลต์ออกไซด์ (CoO) โครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3) และเฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) ใช้ประกอบการทดลองกับเคลือบซีเมนต์บนแผ่นทดสอบจากแหล่งดิน 3 แหล่ง เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับความอ่อนแก่ ผู้วิจัยจึงได้ตั้งสมมติฐานไว้ว่า การผสมปริมาณของสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) 3 ชนิด โคบอลต์ออกไซด์ (CoO) โครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3) และเฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) ในสูตรเคลือบซีเมนต์ที่เคลือบบนเนื้อดินปั้น (ดินด่านเกวียน ดินสามโคกและดินสุราษฎร์) ให้ระดับความอ่อนแก่ของสี และลักษณะของเคลือบ แตกต่างกันตามปริมาณของสารให้สีที่ใช้ในเคลือบซีเมนต์

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับชุดการสอน

ความหมายของชุดการสอน

เสาวณีย์ สิกขามันฑิต (2528 : 291) อธิบายความหมายของชุดการสอนไว้ว่าชุดการสอนเป็นระบบสื่อประสมสำเร็จรูป ช่วยให้ครูดำเนินการสอนที่มีคุณภาพเท่าเทียมกันอยู่ในมาตรฐานเดียวกันและยังทำให้ประหยัดเวลาในการเตรียมการสอนทำให้การสอนเรื่องนั้น ๆ บรรลุวัตถุประสงค์เดียวกัน ด้วยวิธีเดียวกัน และช่วยให้การเรียนการสอนบรรลุตามจุดมุ่งหมายอย่างมีประสิทธิภาพ

บุญเกื้อ ควรวาเวช (2530 : 67) ให้ความหมายของชุดการสอนว่าเป็นสื่อการสอนชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นชุดของสื่อประสม (Multi-Media) หมายถึง การใช้สื่อการสอนตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปรวมกัน เพื่อให้ผู้เรียนได้รับความรู้ตามที่ต้องการ สื่อที่นำมาใช้ร่วมกันนี้จะช่วยเสริมประสบการณ์ซึ่งกันและกันตามลำดับขั้นที่จัดเอาไว้ ที่จัดขึ้นสำหรับหน่วยการเรียนรู้ ตามหัวข้อเนื้อหาและประสบการณ์ของแต่ละหน่วย ที่ต้องการจะให้ผู้เรียนได้รับ โดยจัดเอาไว้เป็นชุด ๆ บรรจุอยู่ในซองหรือกระเป๋า แล้วแต่ผู้สร้างจะทำขึ้น

สุวัฒน์ วรานุสาสน์ (2536 : 139) กล่าวว่า ชุดการสอนเป็นวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ประกอบด้วยจุดมุ่งหมาย เนื้อหาและวัสดุอุปกรณ์ ตลอดจนกิจกรรมต่าง ๆ ที่รวบรวมไว้เป็นระเบียบในกล่องการสอน เพื่อให้ผู้เรียนได้ศึกษาจากประสบการณ์ทั้งหมดนี้ ชุดการสอนสามารถช่วยแก้ปัญหาในเรื่องเด็กเรียนช้า ใช้ฝึกฝนด้านอาชีพ หรือใช้ในการศึกษาผู้ใหญ่

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่าชุดการสอน หมายถึง สื่อประสมสำเร็จรูปที่มีการรวบรวม กิจกรรม และสื่อการสอนเข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบ เพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายของการสอนอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

คุณค่าของชุดการสอน

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2523 : 121) ได้กล่าวถึงคุณค่าของชุดการสอนไว้ดังนี้

1. ช่วยให้ผู้สอนถ่ายทอดเนื้อหา และประสบการณ์ที่สลับซับซ้อนและมีลักษณะเป็นนามธรรมสูง ซึ่งผู้สอนไม่สามารถถ่ายทอดด้วยการบรรยายได้ดี
2. ช่วยสร้างความสนใจของนักเรียนต่อสิ่งที่กำลังศึกษา เพราะชุดการสอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนของตนเองและสังคม
3. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็น ฝึกการตัดสินใจแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง
4. ช่วยสร้างความพร้อมและความมั่นใจแก่ผู้สอน

ประหยัด จิระวรพงศ์ (2529 : 246) ได้กล่าวถึงคุณค่าของชุดการสอนไว้ดังนี้

1. ช่วยให้ผู้สอนและผู้เรียนมีความมั่นใจในการดำเนินการเรียนการสอน เพราะลดเวลาในการเตรียมล่วงหน้า
2. ช่วยแก้ปัญหาในกรณีขาดแคลนครู
3. สามารถถ่ายทอดประสบการณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
4. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนศึกษาด้วยตนเอง และมีส่วนร่วมในกิจกรรมอย่างแท้จริงจากชุดการสอนรายบุคคลและชุดการสอนแบบกลุ่มกิจกรรม
5. ช่วยสนับสนุนการจัดการศึกษานอกระบบ เพราะชุดการสอนเอื้อต่อการใช้ทั้งในแง่เวลาและสถานที่
6. สิ่งอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้มีมากที่บูรณาการเป็นอย่างดี จึงทำให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

กล่าวโดยสรุปได้ว่าชุดการสอนมีคุณค่าหลายประการ ช่วยทำให้ครูมีความสะดวกอย่างยิ่งในการสอนมีแบบอย่างที่เป็นมาตรฐาน สามารถทำการสอนด้วยความมั่นใจ เกิดประสิทธิภาพอย่างเชื่อถือได้ ช่วยแก้ปัญหาการสอน ทำให้การสอนมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ประเภทและองค์ประกอบของชุดการสอน

สุวัจน์ วรานุสาสน์ (2536 : 140) กล่าวว่า ประเภทของชุดการสอนแบ่งตามลักษณะการใช้ได้ 3 ประเภท ดังนี้

1. ชุดการสอนรายบุคคลหรือชุดการเรียนด้วยตนเองหรือบทเรียนโมดูล (Self Instructional

Package or Learning Package or Instructional Media)

2. ชุดการสอนสำหรับการเรียนเป็นกลุ่มย่อย ซึ่งจะจัดประสบการณ์ต่าง ๆ ที่ผู้เรียนจะต้องประกอบกิจกรรมเป็นกลุ่มตามบัตรคำสั่ง โดยที่จัดเป็นแบบศูนย์การเรียนรู้ (Learning Center)

3. ชุดการสอนประกอบคำบรรยายของครู (Instructional Package) เป็นกล่องกิจกรรมสำหรับช่วยครูผู้สอนในการสอนกลุ่มใหญ่ให้ผู้เรียนได้ประสบการณ์พร้อมๆ กันตามเวลาที่กำหนด

บุญชม ศรีสะอาด (2528 : 169-170) ได้แบ่งองค์ประกอบของชุดการสอนเป็น 4 ประการ ดังนี้

1. คู่มือการใช้ชุดการสอน เป็นคู่มือที่จัดขึ้นเพื่อให้ใช้ชุดการสอนศึกษาและปฏิบัติตาม เพื่อให้บรรลุผลอย่างมีประสิทธิภาพ อาจประกอบด้วย แผนการสอน สิ่งที่ต้องเตรียมก่อนสอน บทบาทของผู้เรียน และการจัดชั้นเรียนในการสอนที่มุ่งใช้กับกลุ่มย่อย เช่น ในศูนย์การเรียนรู้

2. บัตรงาน เป็นบัตรที่มีคำสั่งว่าจะให้ผู้เรียนปฏิบัติอะไรบ้าง โดยระบุกิจกรรมตามลำดับขั้นตอนของการเรียน

3. แบบทดสอบวัดผลความก้าวหน้าของผู้เรียน เป็นแบบทดสอบที่ใช้สำรวจตรวจสอบว่าหลังจากเรียนชุดการเรียนจบแล้ว ผู้เรียนเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้หรือไม่

4. สื่อการเรียนต่าง ๆ เป็นสื่อสำหรับผู้เรียนได้ศึกษามีหลายชนิดประกอบกัน อาจเป็นประเภทสิ่งพิมพ์ เช่น บทความ เนื้อหาเฉพาะเรื่อง จุลสาร บทเรียนโปรแกรม หรือประเภทโสตทัศนูปกรณ์ เช่น รูปภาพ แผนภูมิต่าง ๆ เทปบันทึกเสียง फिल्मสตริป สไลด์ ของจริง เป็นต้น ส่วนประกอบข้างต้นนี้จะบรรจุในกล่องหรือซอง จัดเอาไว้เป็นหมวดเพื่อสะดวกในการใช้ นิยมแยกเป็นส่วน ๆ ดังนี้

1. รายละเอียดเกี่ยวกับวิชาและหน่วยการสอน
2. รายละเอียดเกี่ยวกับผู้เรียน
3. เวลา จำนวนชั่วโมง
4. วัตถุประสงค์ทั่วไป
5. วัตถุประสงค์เฉพาะ
6. เนื้อหาวิชาและประสบการณ์
7. กิจกรรมและสื่อการสอนประกอบวิธีสอน
8. การประเมินผล วัดผล การทดสอบก่อนและหลังเรียน

ขั้นตอนการผลิตชุดการสอน

ชัยยงค์ พรหมวงศ์(2523 : 123) ได้แบ่งขั้นตอนในการผลิตชุดการสอนที่สำคัญ 10 ขั้นตอนคือ

1. กำหนดหมวดหมู่ เนื้อหาและประสบการณ์ อาจกำหนดเป็นหมวดวิชาหรือบูรณาการเป็นแบบสหวิทยาการตามที่เห็นว่าเหมาะสม
2. กำหนดหน่วยการสอน แบ่งเนื้อหาวิชาออกเป็นหน่วยการสอนโดยประมาณ เนื้อหาวิชาที่จะให้ครูสามารถถ่ายทอดความรู้แก่นักเรียนได้ในหนึ่งสัปดาห์หรือหนึ่งครั้ง
3. กำหนดหัวเรื่อง หรือหน่วยการสอนย่อยให้สอดคล้องสัมพันธ์กับเวลาที่ครูสามารถถ่ายทอดความรู้แก่ผู้เรียนได้ ผู้สอนจะต้องถามตัวเองว่าในการสอนแต่ละหน่วย/งานควรให้ประสบการณ์แก่ผู้เรียนอะไรบ้าง แล้วกำหนดออกมาเป็น 4-6 หัวเรื่อง
4. กำหนดคอนเทนต์และหลักการให้สอดคล้องกับหน่วยงานและหัวเรื่อง โดยสรุปรวมนแนวคิด สารและหลักเกณฑ์ที่สำคัญไว้ เพื่อเป็นแนวทางกำหนดเนื้อหาการสอนให้สอดคล้องกัน
5. กำหนดวัตถุประสงค์ ให้สอดคล้องกับหัวเรื่อง โดยคิดเป็นจุดประสงค์ทั่วไปก่อน แล้วจึงเขียนเป็นเชิงพฤติกรรมที่ต้องมีเงื่อนไข และเกณฑ์การเปลี่ยนพฤติกรรมไว้ทุกครั้ง
6. กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ซึ่งจะเป็นแนวทางการเลือก และการผลิตสื่อการสอน "กิจกรรมการเรียนรู้" หมายถึง กิจกรรมทุกอย่างที่ผู้เรียนปฏิบัติ เช่น การอ่านบัตรคำสั่ง ตอบคำถาม เขียนภาพ ทำการทดลองทางวิทยาศาสตร์ เล่นเกม เป็นต้น
7. กำหนดแบบประเมินผลต้องประเมินให้ตรงกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยใช้แบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์ เพื่อให้ผู้สอนทราบว่าหลังจากผ่านกิจกรรมเรียบร้อยแล้ว นักเรียนได้เปลี่ยนพฤติกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่
8. เลือกและผลิตสื่อการสอน วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการที่ครูใช้ถือเป็นสื่อการสอนทั้งสิ้น เมื่อผลิตสื่อการสอนของแต่ละหัวเรื่องแล้วก็จัดสื่อการสอนเหล่านั้นไว้เป็นหมวดหมู่ในกล่องที่เตรียมไว้ ก่อนนำไปทดลองหาประสิทธิภาพ
9. หาประสิทธิภาพชุดการสอน เพื่อเป็นการประกันว่าชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพในการสอน ผู้สร้างจำเป็นต้องกำหนดเกณฑ์ล่วงหน้า โดยคำนึงถึงหลักการที่ว่า การเรียนรู้เป็นกระบวนการเพื่อช่วยให้เปลี่ยนพฤติกรรมของผู้เรียนบรรลุผล
10. การใช้ชุดการสอน ชุดการสอนที่ได้ปรับปรุงแล้ว และมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้แล้วสามารถนำไปสอน ผู้เรียนได้ ตามประเภทและระดับการศึกษาโดยกำหนดขั้นตอนการใช้ดังนี้

10.1 ทดสอบก่อนเรียนเพื่อดูพฤติกรรมเบื้องต้นอันเป็นพื้นฐานการเรียนรู้ของ

ผู้เรียน

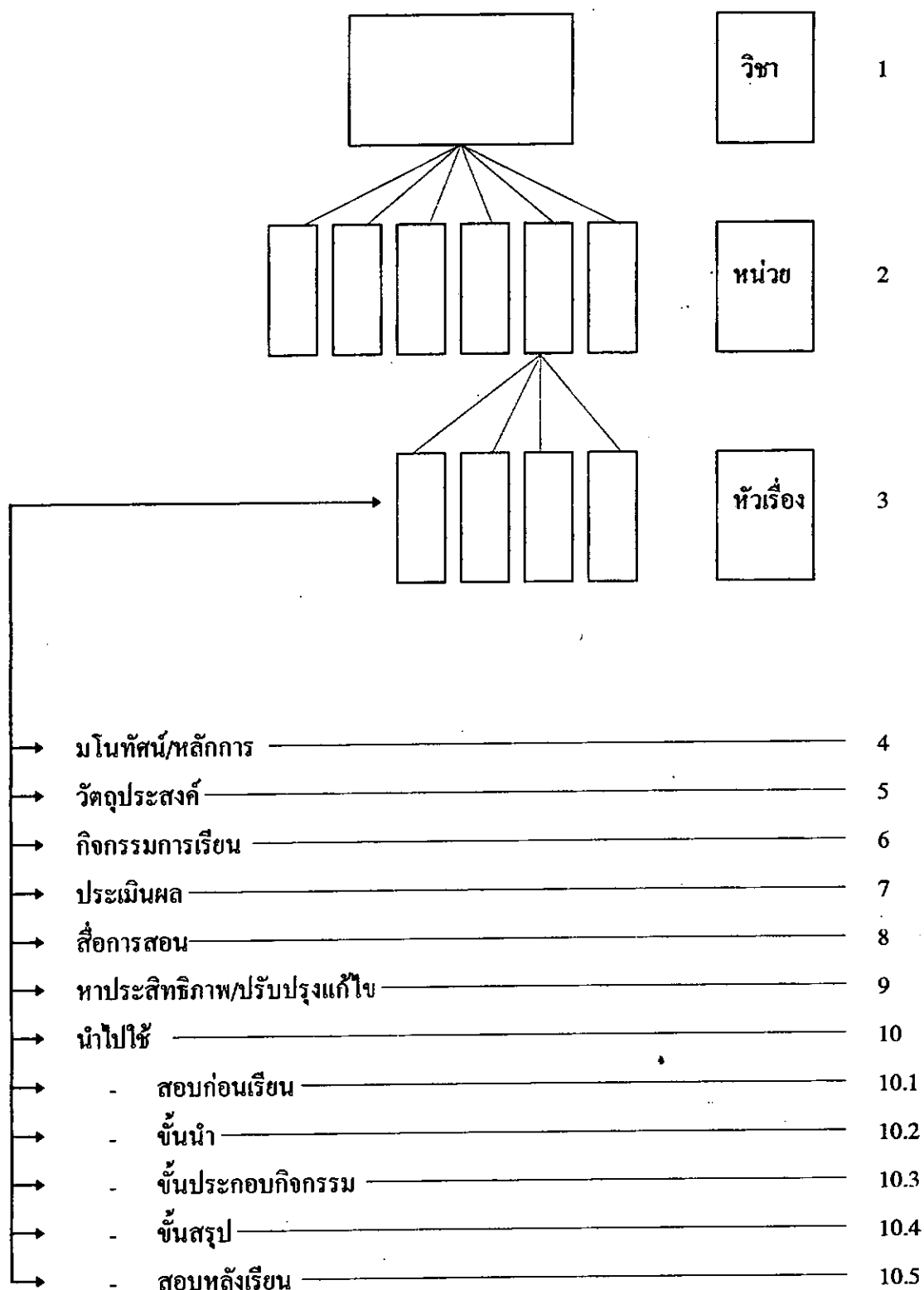
10.2 ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ทั้งนี้เนื่องจากการนำเข้าสู่บทเรียนเป็นการสร้างแรงจูงใจให้ผู้เรียนกระตือรือร้น มีความต้องการที่จะเรียน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเทคนิคของผู้สอนด้วยในการนำเข้าสู่บทเรียนให้น่าสนใจ

10.3 ขั้นประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ ครูต้องอธิบายให้นักเรียนเข้าใจในการทำกิจกรรม ก่อนลงมือทำกิจกรรม

10.4 ขั้นสรุปผลการสอนหรือสรุปบทเรียน ครูนำในการสรุปบทเรียน ซึ่งอาจทำได้โดยการถามหรือให้นักเรียนเล่าสรุปความเข้าใจ หรือกิจกรรมอื่นใดที่ทำให้แน่ใจว่านักเรียนได้เรียนรู้ ความคิดรวบยอดหรือหลักการที่สำคัญของหน่วยที่สอน

10.5 ทดสอบหลังเรียน เป็นการประเมินผลการเรียนโดยทำข้อสอบอีกครั้งหนึ่ง เพื่อประเมินว่านักเรียนบรรลุตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่ เพื่อจะได้ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของนักเรียนในกรณีที่ไม่ผ่านจุดประสงค์ที่กำหนดข้อใดข้อหนึ่ง ถ้านักเรียนผ่านจุดประสงค์หมดทุกข้อก็ให้เรียนก้าวหน้าต่อไป

ทั้งนี้สามารถสรุปเป็นแผนภูมิผังภาพประกอบดังนี้



ภาพประกอบ 16 แผนภูมิแสดงลำดับขั้นการผลิตชุดการสอน
(ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2523 : 125)

การใช้ชุดการสอน

การใช้ชุดการสอนจะประสบผลสำเร็จก็ต่อเมื่อได้มีการจัดสภาพแวดล้อมของห้องเรียนที่เอื้ออำนวยต่อการเรียนรู้ ซึ่งควรคำนึงถึงดังต่อไปนี้คือ (วิชัย วงษ์ใหญ่, 2525 : 192)

1. ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนอย่างแท้จริง
2. ให้นักเรียนมีโอกาสดำเนินการกระทำทันทีจากกิจกรรมการเรียนการสอน
3. มีการเสริมแรงนักเรียนจากประสบการณ์ที่เป็นความสำเร็จอย่างถูกต้องตามขั้นตอนของการเรียนรู้
4. คอยชี้แนะแนวทางตามขั้นตอนในการเรียนรู้ตามทิศทางที่ครูได้วิเคราะห์และกำหนดความสามารถพื้นฐานของนักเรียน

ขั้นตอนการใช้ชุดการสอน

รุ่งทิพา จักรกร (2527 : 91 - 92) ได้กล่าวว่า ขั้นตอนการใช้ชุดการสอนมีดังนี้คือ

1. การทดสอบก่อนเรียนเพื่อวัดพฤติกรรมเบื้องต้น อันเป็นพื้นฐานการเรียนรู้ของผู้เรียน
2. ชี้นำเข้าสู่บทเรียน ทั้งนี้เนื่องจากการนำเข้าสู่บทเรียนเป็นการสร้างแรงจูงใจให้ผู้เรียนกระตือรือร้น มีความต้องการที่จะเรียน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเทคนิคของผู้สอนด้วยในการนำเข้าสู่บทเรียน ให้น่าสนใจ
3. ชี้นำประกอบกิจกรรม ครูต้องอธิบายให้นักเรียนเข้าใจในการทำกิจกรรมก่อนลงมือทำกิจกรรม
4. สรุปบทเรียน ชี้นำในการสรุปบทเรียน ซึ่งอาจทำได้โดยการถามหรือให้นักเรียนเล่าสรุปความเข้าใจหรือกิจกรรมอื่นใดที่ทำให้แน่ใจว่านักเรียนได้เรียนรู้ ความคิดรวบยอดหรือหลักการตามที่กำหนด
5. ประเมินผลการเรียน โดยทำข้อสอบอีกครั้งหนึ่ง เพื่อประเมินดูว่านักเรียนบรรลุตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่ เพื่อจะได้ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของนักเรียนในกรณีที่ไม่ผ่านจุดประสงค์ที่กำหนดข้อใดข้อหนึ่ง ถ้านักเรียนผ่านจุดประสงค์หมดทุกข้อให้เรียนก้าวหน้าต่อไป

การหาประสิทธิภาพของชุดการสอน

การหาประสิทธิภาพของชุดการสอน หมายถึง การนำชุดการสอนไปทดลองใช้ (Try Out) คือนำไปทดลองใช้ตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ เพื่อนำข้อมูลมาปรับปรุง แล้วนำไปทดลองจริง (Trial Run)

ประสิทธิภาพของชุดการสอนเป็นเกณฑ์ที่ผู้สอนคาดหมายว่าผู้เรียนจะเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม เป็นที่พึงพอใจ โดยถือว่าชุดการสอนที่มีประสิทธิภาพนั้นจะต้องเป็นไปตามเกณฑ์

มาตรฐานที่ต้องใช้ 80/80 หมายความว่า จำนวนนักเรียนตั้งแต่ร้อยละ 80 ขึ้นไป มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80

การที่จะกำหนดเกณฑ์มาตรฐานให้มีค่าเท่าใดนั้นให้ผู้สอนเป็นผู้พิจารณาตามความพอใจ โดยปกติเนื้อหาที่เป็นความรู้ความจำมักจะตั้งไว้ 80/80, 85/85 หรือ 90/90 ส่วนเนื้อหาที่เป็นทักษะหรือเจตคติศึกษาอาจตั้งไว้ต่ำกว่านี้ เช่น 75/75 เป็นต้น

การยอมรับหรือไม่ยอมรับประสิทธิภาพของชุดการสอน

อิทธิพร ศรียมก (2525 : 246 - 252) กล่าวว่า เมื่อทดลองสอน โดยใช้ชุดการสอนแล้วก็สามารถหาประสิทธิภาพชุดการสอนได้ แล้วนำประสิทธิภาพของชุดการสอนที่หาได้ไปเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้เพื่อดูว่า เราจะยอมรับประสิทธิภาพหรือไม่ การยอมรับประสิทธิภาพให้ถือว่าค่าแปรปรวน 2.5-5 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพของชุดการสอนไม่ควรต่ำกว่าเกณฑ์ 5 เปอร์เซ็นต์ แต่โดยปกติเราจะกำหนดไว้ 2.5 เปอร์เซ็นต์ ถ้าตั้งเกณฑ์ประสิทธิภาพไว้ 90/90 เมื่อเรานำชุดการสอนไปทดลองสอน ปรากฏว่าชุดการสอนนั้นมีประสิทธิภาพ 87.5/87.5 เราก็สามารถยอมรับได้ว่า ชุดการสอนนั้นมีประสิทธิภาพ

การยอมรับประสิทธิภาพของชุดการสอนมี 3 ระดับคือ

1. สูงกว่าเกณฑ์
2. เท่าเกณฑ์
3. ต่ำกว่าเกณฑ์ แต่ยอมรับได้ว่ามีประสิทธิภาพ

ความจำเป็นที่จะต้องการประสิทธิภาพของชุดการสอน

อิทธิพร ศรียมก (2525 : 246 - 252) ได้ให้เหตุผลหลายประการ ซึ่งอาจสรุปได้คือ

1. เพื่อความมั่นใจว่าชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีคุณค่า
2. เพื่อความแน่ใจว่าชุดการสอนนั้นสามารถทำให้การเรียนการสอนบรรลุวัตถุประสงค์ได้อย่างแท้จริง

3. ถ้าจะผลิตชุดการสอนออกมาเป็นจำนวนมาก การทดสอบหาประสิทธิภาพจะเป็นหลักประกันว่าผลิตออกมาแล้วใช้ได้ มิฉะนั้นจะเสียเงิน เสียแรง เสียเวลาเปล่า เพราะผลิตออกมาแล้วใช้ประโยชน์อะไรไม่ได้

เอกสารเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2538 : 1-2) ได้กำหนดความมุ่งหมายของการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ไว้เพื่อพัฒนาผู้เรียนทุก ๆ ด้าน ทั้งด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย ทักษะพิสัย และนำกระบวนการต่าง ๆ ไปใช้ในการดำรงชีวิต ซึ่งจุดประสงค์หลักที่มุ่งให้นักเรียนได้พัฒนาในด้านต่อไปนี้

1. รู้หลักการพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์
2. มีกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Process of Science)
3. คิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. สื่อความหมายและสามารถตัดสินใจเลือกใช้ข้อมูลได้อย่างเหมาะสม
5. นำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในชีวิต
6. มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

จากจุดประสงค์ดังกล่าว เมื่อเทียบกับเบนจามิน เอส บลูม (Benjamin S. Bloom) ได้เสนอผลการเรียนรู้ของนักเรียนควรครอบคลุม 3 ด้านคือ

ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) หมายถึง พัฒนาการด้านสติปัญญาและความคิด ซึ่งประกอบด้วย รู้หลักการพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ มีกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Process of Science) คิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สื่อความหมายและสามารถตัดสินใจเลือกใช้ข้อมูลได้อย่างเหมาะสม

ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) หมายถึง การพัฒนาทักษะที่เกี่ยวกับการใช้ อวัยวะต่าง ๆ เช่น การเคลื่อนไหว การลงมือทำงาน การทำการทดลอง รวมทั้งทักษะในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับการวางแผนและเลือกวิธีการในการทดลอง การลงมือปฏิบัติ การทดลอง การใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในการทดลอง

ด้านจิตพิสัย (Affective Domain) หมายถึง การพัฒนาด้านความนึกคิด ความสนใจ ความซาบซึ้ง การปรับตัวและเจตคติต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วยเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ รวมทั้งมีนิสัยทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Habits of Mind)

ด้านพุทธิพิสัย

การเรียนการสอนด้านพุทธิพิสัยสำหรับวิชาวิทยาศาสตร์ ได้กำหนดพฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ของการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาของประเทศไทยในปัจจุบันนี้ ได้มาจากแนวความคิดของคลอปเฟอร์ (Klopfer) ซึ่งได้จำแนกไว้ดังนี้ (ธงชัย ชิวปรีชา วรรณศิลป์ ฐปพนม และปรีชาญ เดชศรี. 2526 : 238-255)

1. ความรู้ความจำ

- 1.1 ความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง
- 1.2 ความรู้เกี่ยวกับศัพท์วิทยาศาสตร์
- 1.3 ความรู้เกี่ยวกับมโนคติทางวิทยาศาสตร์
- 1.4 ความรู้เกี่ยวกับข้อตกลง
- 1.5 ความรู้เกี่ยวกับลำดับขั้นและแนวโน้ม
- 1.6 ความรู้เกี่ยวกับการแยกประเภทและเกณฑ์
- 1.7 ความรู้เกี่ยวกับเทคนิคและวิธีการทางวิทยาศาสตร์
- 1.8 ความรู้เกี่ยวกับหลักการและกฎทางวิทยาศาสตร์
- 1.9 ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีและแนวความคิดที่สำคัญ

2. ความเข้าใจ

- 2.1 ความสามารถในการระบุหรือบ่งชี้ความรู้ เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่
- 2.2 ความสามารถในการแปลความรู้ จากสัญลักษณ์หนึ่งไปสู่อีกสัญลักษณ์หนึ่ง

3. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

- 3.1 การสังเกตและการวัด
- 3.2 การมองเห็นปัญหาและการหาวิธีการที่ใช้วิธีการแก้ปัญหา
- 3.3 การแปลความหมายของข้อมูล
- 3.4 การสร้างการทดสอบและการปรับปรุงแบบจำลองเชิงทฤษฎี
- 3.5 การใช้เครื่องมือและการดำเนินการทดลอง

4. การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

- 4.1 การนำความรู้ไปแก้ปัญหาใหม่ในวิชาวิทยาศาสตร์สาขาเดียวกัน
- 4.2 การนำความรู้ไปแก้ปัญหาใหม่ในวิชาวิทยาศาสตร์ต่างสาขากัน
- 4.3 การนำความรู้ไปแก้ปัญหาใหม่ที่นอกเหนือจากวิทยาศาสตร์

5. ธรรมชาติและเจตคติทางวิทยาศาสตร์

พฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ข้างต้นมีความสอดคล้องกับแนวความคิดของเบนจามิน เอส บลูม (Benjamin S. Bloom) ซึ่งได้จำแนกไว้ 5 ประเภท ดังนี้คือ (ทบวงมหาวิทยาลัย. 2525 : 182-185)

1. พฤติกรรมด้านความรู้ความเข้าใจ หมายถึง พฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนในด้านความสามารถในการจดจำ อธิบายและให้เหตุผลเกี่ยวกับคำศัพท์ ข้อเท็จจริง แนวความคิด กระบวนการ หลักการและทฤษฎีต่าง ๆ ซึ่งมีรายละเอียดครอบคลุมพฤติกรรมหลายประการ เช่น ความรู้เกี่ยวกับคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ ความรู้เกี่ยวกับการจำแนกประเภทและหมวดหมู่ ความรู้

เกี่ยวกับหลักเกณฑ์ ความรู้เกี่ยวกับหลักการและแนวคิดสรุป ฯลฯ

2. พฤติกรรมด้านการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงพฤติกรรมการเรียนรู้ในด้านความสามารถในการสังเกต การวัด การมองเห็นปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ตลอดจนการสร้างการทดสอบและแก้ไขแบบจำลองทางทฤษฎี ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ชั้น ดังรายละเอียดของพฤติกรรมต่อไปนี้

2.1 พฤติกรรมด้านการสืบเสาะหาความรู้ชั้น 1 : การสังเกตและการวัด เช่น การสังเกตวัตถุ และปรากฏการณ์ต่าง ๆ การบรรยาย การสังเกตด้วยภาษาที่เหมาะสม ฯลฯ

2.2 พฤติกรรมด้านการสืบเสาะหาความรู้ชั้น 2 : การมองเห็นปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา เช่น การมองเห็นปัญหาต่าง ๆ การตั้งสมมติฐาน ฯลฯ

2.3 พฤติกรรมด้านการสืบเสาะหาความรู้ชั้น 3 : การตีความหมายของข้อมูลและลงข้อสรุป เช่น การจัดกระทำกับข้อมูลที่ได้จากการทดลอง การบันทึกข้อมูล ฯลฯ

2.4 พฤติกรรมด้านการสืบเสาะหาความรู้ชั้น 4 : การสร้างการทดสอบและแก้ไขแบบจำลองทางทฤษฎี เช่น การมองเห็นความจำเป็นที่จะต้องมีแบบจำลองทางทฤษฎี การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลองทางทฤษฎี

3. พฤติกรรมด้านการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ หมายถึง พฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนในด้านความสามารถที่จะใช้ความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาในชีวิตประจำวันซึ่งมีพฤติกรรมดังต่อไปนี้คือ การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาใหม่ๆ ที่เกิดขึ้นในวิชาวิทยาศาสตร์สาขาเดียวกัน สาขาอื่น ๆ และที่เกิดขึ้นนอกเหนือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

4. พฤติกรรมด้านเจตคติและความสนใจ หมายถึง พฤติกรรมการเรียนรู้ทางด้านความรู้สึกและอารมณ์ ซึ่งมีขอบเขตกว้างขวางรวมความสนใจและเจตคติ ซึ่งมีรายละเอียดครอบคลุมพฤติกรรมดังต่อไปนี้ เช่น การมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์และนักวิทยาศาสตร์ การยอมรับ การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นแนวทางของการคิด การเกิดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ฯลฯ

5. พฤติกรรมด้านทักษะปฏิบัติการ หมายถึงพฤติกรรมการเรียนรู้ในด้านความสามารถที่จะใช้มือปฏิบัติการ ซึ่งมีพฤติกรรมดังต่อไปนี้คือการพัฒนาทักษะการใช้เครื่องมือปฏิบัติการทั่วไป การใช้เทคนิคปฏิบัติการด้วยความระมัดระวังและให้เกิดความปลอดภัย

จากพฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ของการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นนี้ จะเป็นแนวทางให้ครูนำไปใช้ในการวางแผนการเรียนการสอนและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน แต่โดยทั่วไปในการประเมินผลจะใช้การทดสอบข้อเขียนเป็นหลัก ซึ่งจะวัดได้เฉพาะพฤติกรรมความรู้ความเข้าใจ การสืบเสาะหาความรู้ และการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้เท่านั้น (ทบวงมหาวิทยาลัย. 2525 : 187) ผู้วิจัยจึงสร้างแบบทดสอบวัดผล

สัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อประเมินความสามารถในการเรียนรู้เนื้อหาสาระวิชา วิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องเซรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ของนักเรียน 3 ด้าน คือ

1. ด้านความรู้ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้มาแล้ว
2. ด้านความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการจำแนกความรู้ โดยการแปลความหมาย แล้วเปรียบเทียบ หรือผสมผสานสิ่งใหม่ที่พบเห็นกับประสบการณ์เดิม
3. ด้านการนำความรู้ไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ที่ได้เรียนมาแล้วไป ใช้ในสถานการณ์ใหม่ ซึ่งแตกต่างไปจากที่เคยเรียนรู้มาแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำไปใช้ใน ชีวิตประจำวัน

ด้านทักษะพิสัย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2538 : 2) ได้ให้ความหมายด้าน ทักษะพิสัย หมายถึง การพัฒนาทักษะที่เกี่ยวกับอวัยวะต่างๆ เช่น การเคลื่อนไหว การลงมือทำงาน การทำการทดลอง รวมทั้งทักษะในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับการวางแผนและ เลือกรูปวิธีการในการทดลอง ลงมือปฏิบัติการทดลอง การใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในการทดลอง โดย ทักษะพิสัยจะประกอบด้วย

1. ทักษะทางปัญญา (Intellectual Skills) ซึ่งจะควบคุมการปฏิบัติการให้เป็นไปอย่าง ราบรื่นและถูกต้อง รวมทั้งช่วยให้การแก้ปัญหาเป็นไปได้อย่างเหมาะสม
2. ทักษะปฏิบัติ (Manual Skills) คือความสามารถในการลงมือกระทำหรือปฏิบัติการ ทดลองเพื่อหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยการใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์การทดลองต่าง ๆ อย่าง ถูกต้องตามเทคนิควิธี

กิจกรรมการเรียนการสอนที่ก่อให้เกิดทักษะปฏิบัติ

1. การเข้าใจปัญหาและประเด็นที่จะศึกษาทดลอง ตลอดจนแนวทางในการหาคำตอบ ที่สอดคล้องกับปัญหาหรือสมมติฐาน
2. การออกแบบการทดลอง การวางแผนเพื่อแก้ปัญหา
3. การจัดเครื่องมือและอุปกรณ์ เพื่อใช้ในการทดลองและวิธีการแก้ปัญหาที่อาจเกิดขึ้น กับอุปกรณ์หรือเครื่องมือเพื่อช่วยให้การทดลองดำเนินไปได้ตามเป้าหมาย
4. การปฏิบัติการทดลอง การสังเกต การวัดและบันทึกผลจากการทดลองเพื่อใช้ในการ ตอบปัญหาที่ตั้งไว้ก่อนการทดลอง
5. การวิเคราะห์ผลและแปลผลเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปและการตอบปัญหาที่ได้กำหนดไว้ก่อน จากการปฏิบัติการทดลองและข้อสรุปที่ได้นี้จะช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาแนวคิดใหม่ๆ เพิ่มขึ้น และ จะเห็นได้ว่าการทำปฏิบัติการ นอกจากจะพัฒนาในด้านทักษะปฏิบัติแล้วยังได้พัฒนาทักษะอื่นๆด้วย

โดยสรุปแล้วทักษะพิสัย หมายถึงทักษะที่ประกอบด้วยทักษะทางปัญญาและทักษะปฏิบัติ เพื่อให้เกิดความชำนาญ ความถูกต้อง และความคล่องแคล่วต่อการใช้อุปกรณ์ เครื่องมือ โดยอาศัย เทคนิควิธีการดำเนินการทดลองที่มีประสิทธิภาพและปลอดภัย ซึ่งหมายรวมถึง การบันทึกและการรายงานผลของการทดลองอย่างมีคุณภาพ

ทักษะปฏิบัติการทดลอง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2523 : 1) ได้ให้ความหมายของ ทักษะภาคปฏิบัติไว้ว่า “ทักษะภาคปฏิบัติหมายถึงความชำนาญในการใช้เครื่องมือทดลอง การหยิบจับอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง มีเทคนิคในการทดลอง ทำการทดลองด้วยความคล่องแคล่ว มีความละเอียดรอบคอบและคำนึงถึงความปลอดภัยของตนเองและผู้อื่น”

ซันด์ และโทรวบริดจ์ (Sund and Trowbridge. 1967 : 86-107) กล่าวถึงทักษะใน กิจกรรมการทดลองที่ควรพัฒนาและฝึกฝน ได้แก่

1. ความเข้าใจในจุดประสงค์ของการทดลอง
2. การใช้เครื่องมือ
3. การวัดและการคำนวณ
4. การเขียนรายงานการทดลอง
5. การเก็บรวบรวมข้อมูลและจดบันทึกข้อมูลได้อย่างถูกต้อง
6. ความเข้าใจในโครงสร้างและการอ่านกราฟ
7. การอธิบายปรากฏการณ์อย่างง่าย
8. การสาธิตการใช้เครื่องมืออย่างถูกวิธี
9. การทำความสะอาดและรักษาเครื่องมือ

โดยสรุปแล้ว ทักษะปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การปฏิบัติได้โดยความชำนาญ ความถูกต้องและความคล่องแคล่วต่อการใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ อย่างมีเทคนิคในการดำเนินการทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพภายใต้พื้นฐานของความปลอดภัย รวมถึงการบันทึกผลรายงานผลการทดลองอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

ด้านจิตพิสัย

การเรียนการสอนด้านจิตพิสัยสำหรับวิชาวิทยาศาสตร์ ได้กำหนดพฤติกรรมการเรียนรู้ ที่พึงประสงค์ของการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายของประเทศไทย ในปัจจุบันประกอบด้วยเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2538 : 28)

เจตคติทางวิทยาศาสตร์

เจตคติทางวิทยาศาสตร์เป็นจุดมุ่งหมายสำคัญประการหนึ่งของหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ ได้มีผู้ให้ความหมายของเจตคติทางวิทยาศาสตร์ไว้หลายท่าน ดังนี้

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ ทบวงมหาวิทยาลัย (2525 : 55) ได้ให้ความหมายไว้ว่าเจตคติทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการอย่างหนึ่งที่กำหนดการแสดงพฤติกรรมของนักวิทยาศาสตร์ในกระบวนการแสวงหาความรู้

อำนาจ รุ่งรัศมี (2525 : 12) ได้ให้ความหมายไว้ว่า เจตคติทางวิทยาศาสตร์เป็นปัจจัยที่ทำให้ให้นักวิทยาศาสตร์สามารถใช้กระบวนการแสวงหาความรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ฉวีวรรณ กินาวงศ์ (2527 : 24) ได้ให้ความหมายไว้ว่า เป็นความรู้สึกรู้สึกของบุคคลที่มีต่อเหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในทางที่มีเหตุผล ไม่มโนง่าย รวมทั้งความกระตือรือร้นที่จะตรวจสอบหาข้อเท็จจริง ความเชื่อมั่น เหตุผล และความมีใจกว้างพอที่จะเปลี่ยนแปลงและยอมรับความจริงใหม่ ๆ

อุษา คำประกอบ (2530 : 45) ได้ให้ความหมายไว้ว่า เจตคติทางวิทยาศาสตร์เป็นความรู้สึก แนวโน้มการกระทำหรือแนวทางการเลือกกระทำของบุคคลที่เอื้อต่อการเสาะแสวงหาความรู้

พิเชษฐ์ จับจิตต์ (2534 : 26) ได้ให้ความหมายไว้ว่า เจตคติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง คุณลักษณะนิสัยของบุคคลที่เอื้ออำนวยต่อการสืบเสาะหาความรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากแนวคิดต่างๆ ที่กล่าวมาพอสรุปได้ว่าเจตคติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการแสวงหาความรู้ในแนวทางที่นักวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยคุณสมบัติเฉพาะตัวของบุคคลที่จะเอื้ออำนวยต่อการสืบเสาะหาความรู้

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ (ทบวงมหาวิทยาลัย. 2525 : 55) ได้แบ่งเจตคติที่เกิดขึ้นเป็น 2 ลักษณะ คือ

1. เจตคติทางบวก เป็นความพร้อมที่จะตอบสนองในลักษณะของความพึงพอใจและเห็นด้วย อาจทำให้บุคคลอยากกระทำ อยากได้ หรืออยากใกล้ชิดสิ่งนั้น

2. เจตคติทางลบ เป็นความพร้อมที่จะตอบสนองในลักษณะของความไม่พึงพอใจไม่เห็นด้วย อาจทำให้บุคคลไม่อยากกระทำ ไม่อยากได้ หรือไม่อยากใกล้ชิดสิ่งนั้น

เจตคติทางวิทยาศาสตร์ดังกล่าวอาจเป็นไปได้ทั้งทางบวกและทางลบ ดังนี้

เจตคติทางบวก	เจตคติทางลบ
1. กฎเกณฑ์ทฤษฎีและหลักการต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์นั้นเป็นเพียงการประมาณที่ใกล้ความจริง และอาจเปลี่ยนแปลงได้	1. กฎเกณฑ์ ทฤษฎี และหลักเกณฑ์ต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์นั้นเปลี่ยนแปลงไม่ได้
2. การอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติในทางวิทยาศาสตร์ ต้องอาศัยการสังเกต ทดลอง เป็นพื้นฐาน ซึ่งบางครั้งก็ไม่สามารถอธิบายได้	2. การอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติในทางวิทยาศาสตร์นั้น อยู่ในวิสัยที่จะทำได้ทุกเมื่อ ดังนั้นจึงสามารถให้คำตอบที่ถูกต้องได้ทั้งหมด
3. ผู้ดำเนินกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์นั้นต้องมีความซื่อสัตย์ทางปัญญา โดยถือผลการสังเกต ทดลองตามที่เกิดขึ้นโดยปราศจากอคติ ซึ่งไม่จำเป็นต้องสอดคล้องกับความเปลี่ยนแปลง ความคิดเห็นเมื่อมีหลักฐานเพียงพอ	3. ผู้ดำเนินกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์จะต้องปฏิบัติให้สอดคล้องกับผู้อื่น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทราบความคิดเห็นของนักวิทยาศาสตร์คนอื่น ๆ และข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์
4. กิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ที่จะก่อให้เกิดความคิดใหม่ ๆ เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ คุณค่าสำคัญจึงอยู่ที่การสร้างทฤษฎี	4. กิจกรรมทางวิทยาศาสตร์มุ่งพัฒนาเทคโนโลยี คุณค่าสำคัญจึงอยู่ที่การประยุกต์ทฤษฎี
5. ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์จะมามากขึ้น ถ้าได้รับการสนับสนุนจากคนทั่วไป อันที่จริง คนทั่วไปสามารถเข้าใจวิทยาศาสตร์ได้ ดังนั้นจึงควรให้เขาตระหนักถึงลักษณะและกระบวนการวิทยาศาสตร์	5. ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์จะมามากขึ้น เพียงใดหรือไม่ นั่น ไม่จำเป็นต้องได้รับการสนับสนุนจากคนทั่วไป อันที่จริงคนทั่วไปไม่สามารถเข้าใจวิทยาศาสตร์ ดังนั้นจึงไม่จำเป็นที่จะต้องให้เขาตระหนักถึงลักษณะและกระบวนการวิทยาศาสตร์
6. การเป็นนักวิทยาศาสตร์ที่ดี หรือการทำงานที่ต้องใช้ความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ดี เป็นที่น่าสนใจและมีคุณค่าต่อชีวิต ดังนั้นการทำงานด้านวิทยาศาสตร์จึงเป็นสิ่งที่พึงปรารถนา	6. การเป็นนักวิทยาศาสตร์ที่ดี หรือการทำงานที่ดี เป็นที่น่าเบื่อหน่าย งานที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เหมาะสำหรับคนที่มีสติปัญญาสูง ซึ่งมีความเต็มใจที่จะสละเวลาส่วนใหญ่เพื่องานนั้น

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่าเจตคติที่เกิดจากการใช้ความรู้ในแนวทางวิทยาศาสตร์ และที่เกิดจากความรู้สึกสามารถแบ่งออกได้ 2 ทาง คือทางบวก และทางลบ โดยทางบวกจะเป็นลักษณะของการแสดงออกในทางที่พึงพอใจ เห็นด้วย หรือพร้อมที่จะปฏิบัติด้วยความเต็มใจ ส่วนเจตคติทางลบจะเป็นลักษณะของการแสดงออกในลักษณะที่ไม่พึงพอใจ ไม่เห็นด้วยหรือคัดค้านไม่ร่วมมือ

ลักษณะของบุคคลที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์

นักวิทยาศาสตร์ศึกษาหลายท่านกล่าวถึงลักษณะของบุคคลที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

คอสโลว์ และเนย์ (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2524 : 31-34 ; อ้างอิงมาจาก Kozlow and Nay. n.d.) ได้กำหนดโครงสร้างของเจตคติทางวิทยาศาสตร์ว่าครอบคลุมคุณลักษณะ 6 ประการคือ

1. การใคร่ครวญไตร่ตรอง
2. การมีขอบเขตในการใช้ข้อตัดสิน
3. การยึดถือในประจักษ์พยาน
4. ความซื่อตรง
5. ความเป็นปรนัย
6. ความเต็มใจที่จะเปลี่ยนแปลงความคิดเห็น

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอน และผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ (ทบวงมหาวิทยาลัย. 2525 : 233) ได้กล่าวถึงลักษณะของผู้มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. ความละเอียดถี่ถ้วน และความมานะบากบั่นในการสังเกตหรือทดลอง
2. การไม่เชื่อถืออะไอย่างง่าย ๆ โดยปราศจากข้อมูลสนับสนุนอย่างเพียงพอ
3. การมีใจกว้างยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นด้วยใจเป็นธรรม โดยไม่ยึดมั่นใจความคิดของตนฝ่ายเดียว

คิดของตนฝ่ายเดียว

4. ความรับผิดชอบ และความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่นได้เป็นอย่างดี
5. ความกระตือรือร้นที่จะค้นคว้าหาความรู้ให้กว้างขวางยิ่งขึ้น
6. ความซื่อสัตย์สุจริตทั้งในการคิดและการกระทำ และคอยตรวจสอบผลที่ได้รับเสมอ
7. การยอมรับการเปลี่ยนแปลงและความก้าวหน้าใหม่ ๆ ที่มีคุณค่าต่อการดำรงชีวิต

พิเชษฐ จัปจิตต์ (2534 : 29) ได้กล่าวถึงคุณลักษณะของบุคคลที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์จะต้องประกอบด้วยคุณลักษณะที่สำคัญคือ

1. มีเหตุผล
2. มีใจกว้าง
3. มีความกระตือรือร้นต่อการค้นคว้าหาความรู้

4. มีความละเอียดถี่ถ้วน
5. มีความรับผิดชอบ
6. ไม่เชื่อถือสิ่งที่มลายและไร้เหตุผล

จากแนวคิดต่างๆ สามารถสรุปได้ว่าคุณลักษณะของบุคคลที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์จะประกอบด้วยคุณลักษณะสำคัญดังนี้คือ เป็นคนที่มีเหตุผล มีใจกว้างและเป็นกลาง มีความกระตือรือร้น มีความอดทนต่อการแสวงหาความรู้ มีความรอบคอบและละเอียดถี่ถ้วน มีความซื่อสัตย์ สุจริต และมีคุณธรรม

แนวทางการพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์

การปลูกฝังเจตคติทางวิทยาศาสตร์ให้เกิดขึ้นในตัวนักเรียนนั้นเป็นหน้าที่โดยตรงของผู้สอน แนวทางในการดำเนินการและพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์นั้น มีผู้เสนอไว้หลายท่าน ดังต่อไปนี้

ฉวีวรรณ กินวาศ (2527 : 25) เสนอว่าเจตคติทางวิทยาศาสตร์ส่วนมากจะเกิดจากการที่เด็กได้เรียนรู้เรื่องราวของวิทยาศาสตร์ และเกิดจากการที่เขาได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ อย่างจริงจัง และประสบความสำเร็จเป็นอย่างดี การดำเนินการเรียนหรือการแก้ปัญหาด้วยวิธีวิทยาศาสตร์เป็นการสร้างให้นักเรียนมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ ทบวงมหาวิทยาลัย (2525 : 57-58) ได้กล่าวถึงแนวทางในการพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่าในหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์พุทธศักราช 2521 และ 2524 มีการกำหนดจุดประสงค์ที่ตรงกันข้อหนึ่งว่า “เพื่อให้เกิดเจตคติที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์” เพราะฉะนั้นจึงเป็นหน้าที่โดยตรงของครูวิทยาศาสตร์ที่จะต้องพยายามปลูกฝังให้นักเรียนเป็นผู้มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ การพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนมีแนวทางปฏิบัติได้ดังต่อไปนี้

1. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกประสบการณ์เพื่อการเรียนรู้อย่างเต็มที่โดยเน้นวิธีการเรียนรู้จากการทดลองให้นักเรียนมีโอกาใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะช่วยพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ไปได้ในเวลาเดียวกัน

2. การมอบหมายให้ทำกิจกรรมการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะทุกการทดลองควรให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม เพื่อฝึกการทำงานร่วมกับผู้อื่น ฝึกความคิดเห็นของผู้อื่น ฝึกความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย และในขณะที่นักเรียนทำการทดลองนั้นครูต้องคอยดูแลหรือให้ความช่วยเหลือบางอย่าง และได้สังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในขณะนั้นด้วย

3. การใช้คำถามหรือการสร้างสถานการณ์เป็นการช่วยกระตุ้นให้นักเรียนสามารถสร้างเจตคติทางวิทยาศาสตร์ได้ดี เช่น ขณะที่นักเรียนเรียนเรื่องการลำเลียงในสิ่งมีชีวิตในหัวข้อที่ว่า

ทำไมจึงต้องมีการย่อยอาหาร ในบทเรียนนี้ครูควรตั้งคำถามถามนักเรียนว่า

3.1 ทำไมแพทย์จึงแนะนำให้คนไข้กินอาหารอ่อน เช่น ข้าวต้ม โจ๊ก

3.2 นักเรียนเคยเห็นแพทย์ให้กลูโคสทางเส้นเลือดกับคนไข้ไหม ทำไมจึงต้องทำเช่นนั้น

4. ในขณะทำการสอนควรนำหลักจิตวิทยาการศึกษามาใช้ในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อให้ นักเรียนได้ฝึกประสบการณ์หลาย ๆ ด้าน หรือฝึกประสาทสัมผัสหลาย ๆ ทาง ได้แก่กิจกรรมที่มิ การเคลื่อนไหว สถานการณ์ที่แปลกใหม่เพื่อเร้าใจให้นักเรียนอยากรู้ อยากเห็น การให้ความสนใจใ ของครู ฯลฯ เหล่านี้จะเป็นพลังสำคัญส่วนหนึ่งต่อการพัฒนาเจตคติได้

5. ในการสอนแต่ละครั้งพยายามสอดแทรกลักษณะของเจตคติแต่ละลักษณะความ เหมาะสมของเนื้อหาบทเรียน และวัยของนักเรียนกับให้มีการพัฒนาเจตคตินั้น ๆ ด้วย

6. นำตัวอย่างที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ซึ่งเป็นปัญหาสังคม เช่น ปัญหาการจราจร ติดขัดในกรุงเทพฯ แล้วให้นักเรียนช่วยกันคิดเพื่อหาทางแก้ปัญหาดังกล่าวจากการตั้งข้อสังเกต ของนักเรียนเอง หรือนักเรียนอาจจะประมวลจากประกาศของทางราชการ หรือจากสื่อมวลชนก็ได้ เพื่อฝึกแนวคิดของนักเรียน ครูควรเสนอกระบวนการแก้ปัญหา ได้แก่

6.1 กำหนดตัวปัญหา

6.2 ตั้งสมมติฐานหลาย ๆ ข้อเพื่อหาคำตอบ

6.3 ทำการทดลอง

6.4 รวบรวมข้อมูล

6.5 จัดกระทำและตีความหมายข้อมูล

6.6 สรุป

หลังจากได้มีการสรุปเรื่องนี้แล้ว ครูควรอภิปรายเพื่อชี้ให้นักเรียนเห็นว่าขั้นตอนจะมี ลักษณะของเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนสามารถนำไปพัฒนากับตนเองได้

7. เสนอแนะแบบอย่างของผู้มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนอาจศึกษา หรือ เลียนแบบ อย่างได้ เช่น นักวิทยาศาสตร์ ครู บิดา มารดา เป็นต้น

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า การพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ต่อนักเรียนผู้สอนควรเปิด โอกาสให้นักเรียนได้ใช้วิธีการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ในแนวทางต่าง ๆ รวมถึงการทำงานเป็น กลุ่ม การแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิดระหว่างกัน เพื่อเป็นการพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ต่อไป

เจตคติต่อวิทยาศาสตร์

เจตคติต่อวิทยาศาสตร์เป็นจุดมุ่งหมายสำคัญประการหนึ่งของหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ มีผู้ให้ความหมายของเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2538 : 30) ได้ให้ความหมายว่า เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดเห็นความรู้สึกรักของนักเรียนที่มีต่อวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่นและความประหยัด

คุณลักษณะและพฤติกรรมบ่งชี้ของบุคคลที่มีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2538 : 29-30) ได้กำหนด คุณลักษณะของบุคคลที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1. มีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์

- 1.1 พอใจในประสบการณ์การเรียนรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์
- 1.2 ศรัทธาและซาบซึ้งในผลงานทางวิทยาศาสตร์
- 1.3 เห็นคุณค่าและประโยชน์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- 1.4 ตระหนักในคุณและโทษของการใช้เทคโนโลยี
- 1.5 เรียนหรือเข้าร่วมกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์อย่างสนุกสนาน
- 1.6 เลือกใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการคิดและปฏิบัติ
- 1.7 ตั้งใจเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
- 1.8 ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรม
- 1.9 ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยใคร่ครวญ ไตร่ตรองถึงผลดี และผลเสีย

2. มีความสามารถในการทำงานกับผู้อื่น

- 2.1 เห็นคุณค่าของการทำงานร่วมกับผู้อื่น
- 2.2 เต็มใจที่จะทำงานร่วมกับผู้อื่น
- 2.3 ประพฤติและปฏิบัติตนตามข้อตกลงของกลุ่ม
- 2.4 เห็นแก่ประโยชน์ส่วนรวมมากกว่าประโยชน์ส่วนตัว
- 2.5 รู้จักบทบาทของตนที่ได้รับมอบหมายจากกลุ่ม
- 2.6 รู้จักขอความร่วมมือกับผู้อื่น

3. ความประหยัด

- 3.1 รักษาซ่อมแซมสิ่งที่ชำรุดให้ใช้ได้
- 3.2 เห็นคุณค่าและใช้วัสดุอุปกรณ์อย่างประหยัด
- 3.3 เห็นคุณค่าของวัสดุเหลือใช้และรู้จักเลือกใช้
- 3.4 ใช้สารหรือวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ในปริมาณที่เหมาะสมและประหยัด

จากแนวคิดต่าง ๆ พอสรุปได้ว่าคุณลักษณะของบุคคลที่มีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์จะประกอบด้วยภาระหนักและเล็งเห็นคุณค่าของความรู้ในด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมถึงพร้อมที่จะทำงานร่วมกันกับผู้อื่นด้วยความเต็มใจ โดยคำนึงถึงผลประโยชน์ของส่วนรวมเป็นหลักประกอบกับการเห็นคุณค่าประโยชน์ของทรัพยากรและการใช้อย่างคุ้มค่า

ด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

อนันต์ จันทรกี (2525 : 3) กล่าวว่าความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงความสามารถในการคิดค้นสิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ ทางวิทยาศาสตร์ สามารถค้นคว้า ทดลองและแสวงหาคำตอบหลาย ๆ วิธี ซึ่งคุณลักษณะนี้ได้จากการสังเกตพฤติกรรม ตรวจรายงานหรือโครงการวิทยาศาสตร์หรือคะแนนจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ทัศนีย์ บุญเดิม (2526 : 3) ได้นิยามความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ว่า หมายถึงการแสดงความคิดริเริ่ม ความคิดริเริ่ม และความคล่องในการคิดแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ โดยอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเน้นทักษะในการตั้งสมมติฐานและทักษะในการออกแบบการทดลองและการวางแผนในการทดลอง

ปรีชา กันตตรง (2534 : 36) ได้กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงความสามารถทางสมองที่ทำให้เกิดการคิดแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้หลายแนวทาง และสำเร็จไปด้วยดี กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ อันจะก่อให้เกิดผลผลิตทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นประโยชน์และมีคุณค่าต่อสังคม ซึ่งจะเป็นส่วนผลักดันให้โลกเจริญก้าวหน้าต่อไป

สมปัญญา ศรีภคานนท์ (2535 : 65) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการแสดงความคิดได้หลาย ๆ แบบ เป็นการคิดที่จะก่อให้เกิดสิ่งแปลก ๆ ใหม่ ๆ หรือเป็นความสามารถในการปรับปรุง ดัดแปลงสิ่งที่มีอยู่เดิมให้มีรูปแบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าเดิม และเป็นความคิดที่ไม่ซ้ำกับผู้อื่น ในการคิดจะใช้ความรู้พื้นฐานและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งความสามารถนี้ประกอบด้วย ความคล่องในการคิด ความคิดริเริ่ม และความคิดริเริ่ม ที่ใช้ในการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบต่าง ๆ

เขมิกาญจน์ ทองมา (2540 : 72) ได้กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะก่อให้เกิดการพัฒนาด้านสติปัญญา การแก้ปัญหา และการค้นหาความรู้ใหม่อย่างมีประสิทธิภาพ

พิลท์ซ และซันด์ (Piltz and Sund. 1974 : 4) ได้กล่าวถึง ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ว่า เป็นแนวทางการคิดและการกระทำเพื่อแก้ปัญหา โดยใช้หลักการและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลผลิตของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ นอกจากจะเน้นความคิดริเริ่มในด้าน

ความคิดแล้ว ยังเน้นถึงการคิดริเริ่มในการพัฒนาความคิดเพื่อให้ได้ ซึ่งผลผลิต ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์นั้นเน้นความใหม่และความคิดปะทะทั้งสองประการพร้อมกัน นอกจากนี้ความสามารถที่จำเป็นของบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ยังแบ่งออกเป็น 4 ลักษณะคือ

1. ความสามารถในการจดจำปัญหา
2. ความสามารถในการผลิตความคิดใหม่
3. ความสามารถในการจัดระเบียบความคิด
4. ความสามารถในการประเมินผล

จากความหมายที่กล่าวมา พอสรุปได้ว่าความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ศักยภาพของตัวบุคคลในการที่จะสร้างสรรค์ความคิดใหม่ ๆ อันเกิดจากการใฝ่หาความรู้ นำมาสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ หรือปรับปรุงของเดิมให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ประกอบกันกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ประกอบด้วย ความคล่องในการคิด ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม นำมาแก้ปัญหาได้

การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้นำเสนอหลักสูตร รูปแบบวิธีการเรียนการสอนเพื่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ดังนี้

พิลท์ซ และ ซันด์ (Piltz and Sund. 1974 : 220-221) ได้เสนอหลักการสร้างหลักสูตรวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

1. ความสามารถในการสร้างสรรค์มีอยู่ในเด็กทุกคน แต่มีการแสดงออกที่แตกต่างกัน เด็กควรมีโอกาสได้แสดงถึงความแตกต่างของแต่ละคนออกมาในรูปของกิจกรรมวิทยาศาสตร์เพื่อเป็นการตอบสนองในทางสร้างสรรค์

2. ควรจัดกิจกรรมการสืบเสาะ ซึ่งประกอบด้วยจินตนาการ การริเริ่ม การตั้งสมมติฐาน การทดสอบสมมติฐาน การค้นพบปัญหา การตัดสินใจ และการสื่อความหมายไว้ในหลักสูตร

3. อุปกรณ์การสอนในหลักสูตรควรมีลักษณะในทางสร้างสรรค์มาก ๆ เพราะจะกระตุ้นให้ครูและนักเรียนเกิดการสร้างสรรค์มากยิ่งขึ้น ควรเตรียมอุปกรณ์การสอน เพื่อกระตุ้นในการเรียนรู้ปัญหา และจุดมุ่งหมายทั่วไปของหลักสูตรวิทยาศาสตร์ ควรมีการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมใหม่ ๆ ที่ต้องใช้อุปกรณ์การสอนช่วยในการสอนวิทยาศาสตร์ การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมนี้จะทำให้นักเรียนเกิดความสนใจและประสบผลสำเร็จในการศึกษา

4. ครูควรได้รับการสนับสนุนให้คิดแปลงและออกแบบอุปกรณ์การสอนใหม่ ๆ ครูควรรู้จักคิดแปลงและปรับปรุงหลักสูตรโดยเฉพาะครูวิทยาศาสตร์ ควรสนใจปรับปรุงหลักสูตรให้เป็นไปในทางสร้างสรรค์มากยิ่งขึ้น

5. เราสามารถนำการสอนแบบทีม (Team Teaching) มาใช้ในการสอน การประเมินผล และการออกแบบอุปกรณ์การสอน การสอนวิธีนี้มีประโยชน์เพราะครูหลายคนจะช่วยกันผลิตอุปกรณ์การสอน

แอนเดอร์สัน (วิสุทธิ ตรีเงิน. 2534 ; อ้างอิงมาจาก Anderson. 1970 : 103-104) ได้ให้ข้อเสนอแนะด้านวิธีการสอนเพื่อให้ครูใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ดังนี้

1. ให้นักเรียนได้แสดงความคิดริเริ่ม รู้จักการแก้ปัญหาด้วยการทดลองและการตัดสินใจด้วยตนเอง ครูควรให้คำชมเชยเมื่อเด็กมีความคิดริเริ่ม

2. ใช้วิธีการสอนแบบระดมพลังสมอง (Brainstorming) ซึ่งถือเป็นจุดสุดยอดของการคิด

3. ใช้วิธีสร้างสถานการณ์ขึ้นมาอย่างหนึ่ง แล้วชักชวนให้นักเรียนช่วยกันคิดเพื่อให้ได้คำตอบ

4. ให้ความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ และให้ความช่วยเหลือตามสมควรในการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง และภายหลังการศึกษาค้นคว้ามาแล้วควรให้เด็กได้เสนอผลงานของเขาด้วย

5. ส่งเสริมให้เด็กสนใจและแสดงออกในศิลปะ ดนตรี การอ่าน ภูมิศาสตร์ ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะเป็นแรงจูงใจให้เกิดการสร้างสรรคทั่ว ๆ ไป และมีผลให้เกิดการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้

6. ความคิดสร้างสรรค์ที่สมบูรณ์มีความสัมพันธ์กับประสบการณ์เดิมหลาย ๆ อย่าง ดังนั้นครูควรใช้วิธีการเตรียมประสบการณ์หลาย ๆ อย่างเท่าที่จะทำได้ หรือให้โอกาสเด็กได้สร้างประสบการณ์และสร้างความคิดใหม่ ๆ หลาย ๆ อย่างด้วยตนเอง

กล่าวโดยสรุปได้ว่า แนวทางการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ต้องอาศัยปัจจัยความร่วมมือจากหลายฝ่าย โดยอาศัยหลักสูตร กิจกรรมการเรียนการสอนที่อยู่ในรูปแบบของการสร้างสรรค์ รวมถึงวิธีการเรียน คุณลักษณะของผู้สอน บรรยากาศภายในห้องเรียน การฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการแก้ปัญหาเพื่อการปรับปรุงพัฒนาให้ดีขึ้น เป็นต้น

การวัดผลและประเมินผลการเรียนการสอน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2538 : บทนำ) ได้ระบุถึงการวัดผลและประเมินผลเป็นขั้นตอนหนึ่งในกระบวนการเรียนการสอน ทำให้ผู้เรียนและผู้สอนได้ทราบผลการเรียนและการสอน เป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับว่าการเรียนการสอนได้ผลตรงตามจุดประสงค์หรือไม่ เพียงใด จะต้องแก้ไขปรับปรุงอย่างไร การวัดผลและประเมินผลเป็นกิจกรรมคนละขั้นตอน แต่กระทำต่อเนื่องกัน กล่าวคือ

การวัดผล เป็นการวัดความรู้ความสามารถหรือวัดผลของการเรียนการสอน โดยใช้วิธีการหรือเครื่องมือ ผลที่ได้จากการวัดจะนำไปใช้ในการประเมินผล

การประเมินผล เป็นการนำข้อมูลจากการวัดผลมาพิจารณาและลงข้อสรุปเพื่อตัดสินผล การเรียนเป็นรายบุคคลหรือเพื่อประเมินผล การเรียนการสอนโดยรวมผลจากการประเมินอาจเป็น การตัดสินได้ ตกหรือเป็นระดับคะแนน หรือ ผ่าน-ไม่ผ่าน หรือได้ผลตรงตามจุดประสงค์ ไม่ตรง ตามจุดประสงค์ ซึ่งในการวางแผนจัดการเรียนการสอนจึงจำเป็นต้องกระทำควบคู่กันไปกับการ วัดผลและประเมินผล โดยมีแผนดำเนินการอย่างต่อเนื่อง แล้วนำผลการวัดและประเมินในแต่ละ ช่วง มาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงและพัฒนาการเรียนการสอนอย่างสม่ำเสมอ ทั้งในส่วนของ นักเรียนและครู โดยการวัดผลและประเมินผล ประกอบด้วย การวัดเพื่อปรับปรุงการเรียนการสอน (Formative Evaluation) และเพื่อตัดสินผลการเรียน (Summative Evaluation)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2538 : 43-44) ได้กำหนดการ ประเมินผลเพื่อนำมาใช้ในการศึกษาพฤติกรรมพื้นฐานของนักเรียน โดยการวางแผนการสอน ปรับปรุงการเรียนของนักเรียนให้บรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้และปรับปรุงการสอนให้มีประสิทธิผล จึงควรประเมินเป็นระยะได้แก่

1. การประเมินผลก่อนเรียน
2. การประเมินผลระหว่างเรียน
3. การประเมินผลหลังเรียน

การประเมินผลก่อนเรียนเป็นการประเมินเพื่อ

1. วินิจฉัยความรู้พื้นฐานและทักษะที่จำเป็นของนักเรียนก่อนเรียนเรื่องใหม่
2. จัดกลุ่มนักเรียนเพื่อให้สามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ง่ายและเหมาะสมกับแต่ละกลุ่ม
3. วางแผนการสอนให้เหมาะสมกับความรู้ความสามารถพื้นฐานของนักเรียน

การประเมินผลระหว่างเรียนเป็นการประเมินเพื่อปรับปรุงและพัฒนา

1. การเรียนของนักเรียนแต่ละคน
2. การสอนของครู

การประเมินผลหลังเรียน เป็นการประเมินเพื่อสรุปผลรวบยอดหลังจากที่เรียนจบหน่วย หรือจบภาคเรียน โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อ

1. ตัดสินผลการเรียนว่านักเรียนมีความรู้ความสามารถเพียงใด ควรได้ระดับคะแนน ระดับใด
2. เป็นข้อมูลให้แก่ฝ่ายแนะแนวสำหรับประกอบการให้คำแนะนำแก่นักเรียน
3. เป็นข้อมูลของนักเรียนและครูก่อนเริ่มการเรียนการสอนรายวิชาใหม่หรือเริ่ม ปีการศึกษาใหม่

การใช้ประโยชน์จากการประเมิน

หลังจากการวัดผลแล้วก็จะมีการประมวลผลขั้นสุดท้ายเป็นผลการสอน ซึ่งจะอยู่ในรูปของคะแนน และจะต้องถูกนำมาแปลผลเพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับความสามารถของนักเรียนและประสิทธิภาพของการสอนของครู

การใช้ผลการสอนเพื่อพิจารณาความสามารถของนักเรียนทำได้ โดยนำผลการสอบของนักเรียนแต่ละคนมาเปรียบเทียบกับคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งกลุ่ม และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานกับอีกวิธีหนึ่งโดยนำผลการสอบของนักเรียนแต่ละคนมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ขั้นต่ำ ซึ่งวิธีหลังนี้จะใช้ได้กับแบบทดสอบที่วัดตามจุดประสงค์การเรียนรู้เท่านั้น โดยครูนำผลการสอบของนักเรียนแต่ละคนมาพิจารณาว่านักเรียนคนใดสอบไม่ผ่านจุดประสงค์ใดและจุดประสงค์หนึ่ง ๆ มีนักเรียนสอบไม่ผ่านกี่คน เพื่อจะได้วางแผนการสอนซ่อมเสริมได้ถูกต้องและเหมาะสม

สำหรับการใช้ผลการสอบเพื่อพิจารณาคุณภาพการสอนนั้น พิจารณาได้จากร้อยละของจำนวนนักเรียนที่สามารถสอบผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้สูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้มาก หรือน้อยเพียงใด ซึ่งจะเป็นภาพสะท้อนถึงคุณภาพในด้านการสอนของครูเป็นอย่างดี

การนำผลการสอบมาใช้ในการกำหนดระดับผลการเรียนของนักเรียน ทำได้โดยนำร้อยละของคะแนนระหว่างภาคเรียนกับปลายภาคเรียนรวมตัวกันตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้โดยกลุ่มโรงเรียน แล้วนำผลรวมที่ได้ไปเทียบเป็นระดับคะแนน

นอกจากจะใช้ผลการสอบเพื่อปรับปรุงการเรียนการสอนและตัดสินผลการเรียนของนักเรียนแล้ว ผลการสอบยังช่วยให้มองเห็นภาพรวมของผลสัมฤทธิ์ด้านการเรียนของนักเรียนอีกด้วย โดยหลังการสอบแต่ละครั้งควรนำคะแนนของนักเรียนมาหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วสรุปผลการสอบของนักเรียนกลุ่มนี้เป็นแผนภาพ Profile จาก Profile นี้จะบอกให้ทราบว่านักเรียนกลุ่มส่วนใหญ่ได้คะแนนอยู่ในระดับต่ำ เท่ากับหรือสูงกว่าคะแนนเฉลี่ย และการกระจายคะแนนของนักเรียนกลุ่มนี้เป็นอย่างไร

การเรียนการสอนกับการวัดผลและประเมินผลมีความสำคัญเท่าเทียมกัน และจะต้องมีความสอดคล้องกัน กล่าวคือการเรียนการสอนมุ่งหวังให้ผู้เรียนมีพัฒนาการครบทั้ง 3 ด้านคือ ด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย ในส่วนของการวัดผลและประเมินผลจึงจำเป็นต้องวัดและประเมินให้ครอบคลุมทั้ง 3 ด้าน โดยใช้เครื่องมือวัดที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2538 : 2) ได้กำหนดจุดประสงค์ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เมื่อเทียบกับเบญจามิน เอส บลูม (Benjamin S. Bloom) ซึ่งได้เสนอว่าผลการเรียนรู้ของนักเรียนควรครอบคลุม 4 ด้านคือ

1. ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) หมายถึง พัฒนาการด้านสติปัญญาและความคิด ซึ่งประกอบด้วย รู้หลักการพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ มีกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Process of

Science) คิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สื่อความหมายและความสามารถตัดสินใจเลือกใช้ข้อมูลได้อย่างเหมาะสม

2. ด้านจิตพิสัย (Affective Domain) หมายถึง การพัฒนาด้านความนึกคิด ความสนใจ ค่านิยม ความซาบซึ้ง การปรับตัว และเจตคติต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วย เจตคติทางวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ รวมทั้งมีนิสัยทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Habits of Mind)

3. ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) หมายถึง การพัฒนาทักษะที่เกี่ยวข้องกับการใช้อวัยวะต่าง ๆ เช่น การเคลื่อนไหว การลงมือทำงาน การทำการทดลอง รวมทั้งทักษะในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับการวางแผนและเลือกวิธีการทดลอง การลงมือปฏิบัติการทดลอง การใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในการทดลอง

4. ด้านความคิดสร้างสรรค์ (Creative Domain) หมายถึง ความสามารถในการออกแบบ ค้นคิดประดิษฐ์กรรมในรูปแบบใหม่ ๆ โดยอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสามารถค้นคว้าทดลอง ประดิษฐ์ในหลากหลายวิธีการ ซึ่งคุณลักษณะนี้ได้จากการสังเกตพฤติกรรมและผลงานของประดิษฐ์กรรมทางวิทยาศาสตร์

การวัดผลและประเมินผลการเรียนการเรียนด้านพุทธิพิสัย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2538 : 3-16) ได้กำหนดการวัดผลและประเมินผลวิชาวิทยาศาสตร์ ตามแนวความคิดของคลอปเฟอร์ (Klopfer, 1971) ได้จำแนกระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านสติปัญญาหรือความรู้ความคิดเป็น 4 ลำดับชั้นดังนี้

ความรู้ความจำ

ความเข้าใจ

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

1. ความรู้ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้มาแล้วเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ศัพท์ นิยาม มโนคติ ข้อตกลง การจัดประเภท เทคนิควิธีการ หลักการ กฎ ทฤษฎี และแนวคิดที่สำคัญ ๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์.

นักเรียนที่มีความสามารถในด้านนี้จะแสดงออกโดยสามารถให้คำจำกัดความหรือนิยามเล่าเหตุการณ์ จดบันทึก เรียกชื่อ อ่านสัญลักษณ์ และระลึกถึงข้อสรุปได้

การวัดพฤติกรรมด้านความรู้ความจำ ลักษณะของข้อสอบจะถามให้นักเรียนระลึกถึงเรื่องราวหรือความรู้ต่าง ๆ ที่ได้เรียนมาแล้ว โดยทั่วไปการวัดผลครั้งหนึ่งถามเกี่ยวกับความรู้ความจำ ไม่เกินร้อยละยี่สิบ ของข้อสอบทั้งหมด

2. ความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการอธิบาย แปลความ ตีความ สร้างข้อสรุป ขยายความ

นักเรียนที่มีความสามารถในด้านนี้จะแสดงออก โดยสามารถเปรียบเทียบแสดงความสัมพันธ์ อธิบาย ชี้แจง จำแนก จัดเข้าหมวดหมู่ ยกตัวอย่าง ให้เหตุผล จับใจความ เขียนภาพประกอบ ตัดสิน เลือก แสดงความคิดเห็น จัดเรียงลำดับ อ่านกราฟ แผนภูมิและแผนภาพได้

พฤติกรรมความเข้าใจแบ่งได้ 3 ระดับคือ

1. ความสามารถอธิบายความรู้ต่าง ๆ ได้ด้วยตนเอง
2. ความสามารถจำแนกหรือระบุความรู้ได้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปหรือสถานการณ์ใหม่
3. ความสามารถแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปสู่อีกสัญลักษณ์หนึ่ง

การวัดพฤติกรรมความเข้าใจ สัญลักษณ์ของข้อสอบจะถามให้นักเรียนอธิบายหรือบรรยายความรู้ต่าง ๆ ด้วยคำพูดของตนเองหรือให้ระบุข้อเท็จจริง มโนคติ หลักการ กฎหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้หรือให้แปลความหมายสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งอาจอยู่ในรูปของข้อความ สัญลักษณ์ รูปภาพหรือแผนภาพ

3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้สำหรับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยดังนี้

3.1 การสังเกตและการจัด ประกอบด้วย การสังเกตสิ่งของและปรากฏการณ์ต่าง ๆ การบรรยายสิ่งของที่สังเกตได้ โดยใช้ภาษาที่เหมาะสม การวัดสิ่งของและการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ การเลือกเครื่องมือวัดที่เหมาะสม การประมาณค่าจากการวัดและการยอมรับขีดจำกัดของความถูกต้องของเครื่องมือเครื่องใช้

3.2 การมองเห็นปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา ประกอบด้วย การมองเห็นปัญหาการตั้งสมมติฐาน การเลือกทดสอบสมมติฐานที่เหมาะสม การออกแบบการทดลองที่เหมาะสมสำหรับทดสอบสมมติฐาน

3.3 การตีความหมายข้อมูลและการสรุป ประกอบด้วย การจัดกระทำกับข้อมูลที่ได้จากการทดลอง การนำเสนอข้อมูล การแปลความหมายของข้อมูลที่ได้จากการทดลองและการสังเกตต่าง ๆ การตีความและการขยายความจากข้อมูล การประเมินสมมติฐานภายใต้ขอบเขตของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง การสร้างข้อสรุป กฎหรือหลักการที่เหมาะสมอย่างมีเหตุผลตามความสัมพันธ์ที่พบ

3.4 การสร้าง การทดสอบและการปรับปรุงแบบจำลอง ประกอบด้วย การตระหนักถึงความจำเป็นและประโยชน์ของแบบจำลอง การสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปกับปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม การระบุปรากฏการณ์และหลักการต่าง ๆ ที่สามารถอธิบายได้ด้วยแบบจำลอง การสร้างสมมติฐานใหญ่ๆ จากแบบจำลอง การแปลความหมาย

และประเมินผลการทดลอง เพื่อตรวจสอบแบบจำลอง การปรับปรุงแก้ไขหรือเพิ่มเติมแบบจำลอง

4. การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการผสมผสานความรู้และนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ

ข้อสอบวัดพฤติกรรมด้านการนำไปใช้ส่วนใหญ่จะมีลักษณะแบบสถานการณ์ใหม่ๆ หรือปัญหาใหม่มาให้ให้นักเรียนแก้ปัญหา ซึ่งนักเรียนจะต้องมีความเข้าใจในแนวคิดหลักที่เกี่ยวกับปัญหาหรือสถานการณ์ รวมทั้งต้องใช้ความสามารถระดับสูง ซึ่งประกอบด้วยการวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินค่า ตลอดจนใช้ยุทธวิธีต่าง ๆ ในการแก้ปัญหานั้น

การประเมินผลการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ด้วยข้อสอบแบบเลือกตอบ ไม่สามารถวัดความสามารถที่แท้จริงของนักเรียนได้ ครูควรประเมินจากการปฏิบัติกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ เช่น การทำโครงงานวิทยาศาสตร์ กิจกรรมการแก้ปัญหา

ดังนั้นการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนได้รับทั้งเนื้อหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จะต้องวัดผลทั้งสองส่วน และเพื่อความสะดวกในการประเมิน ผู้วิจัยจึงได้นำการจำแนกพฤติกรรมในการวัดผลวิชาวิทยาศาสตร์ (ประวิตร ชูศิลป์. 2524 : 21-31) เพื่อนำไปสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สำหรับเป็นเกณฑ์วัดผลว่า นักเรียนได้เรียนรู้ไปมากน้อยหรือลึกซึ้งเพียงใด 3 พฤติกรรม ดังนี้คือ

1. ความรู้ ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้ไปแล้วเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด หลักการ กฎ และทฤษฎี
2. ความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการจำแนกความรู้ได้ เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่ และความสามารถในการแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปยังอีกสัญลักษณ์หนึ่ง
3. การนำความรู้ไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้และวิธีการต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่หรือจากที่แตกต่างไปจากที่เคยเรียนรู้มาแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งคือการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

การวัดผลและประเมินผลการเรียนการสอนด้านทักษะพิสัย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2538 : 18-19) ได้กำหนดการวัดผลและประเมินผลการเรียนการสอนด้านทักษะว่าเป็นพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ความสามารถในการปฏิบัติงานได้อย่างคล่องแคล่ว ชำนิชำนาญและแสดงออกได้อย่างอัตโนมัติ ซึ่งในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ทักษะพิสัยจะประกอบด้วย

ทักษะทางปัญญา (Intellectual Skills) ซึ่งจะควบคุมการปฏิบัติภาคให้เป็นไปอย่างราบรื่น และถูกต้อง รวมทั้งช่วยในการแก้ปัญหาเป็นไปได้อย่างเหมาะสม

ทักษะปฏิบัติ (Manual Skills) คือความสามารถในการลงมือกระทำหรือปฏิบัติการทดลอง

เพื่อศึกษาหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยการใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์การทดลองต่าง ๆ อย่างถูกต้องตามเทคนิควิธี เช่น การใช้อุปกรณ์ในการชั่ง ตวง วัด ทดสอบ ตรวจสอบ ฯลฯ

กิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ก่อให้เกิดทักษะปฏิบัติคือ การทำการปฏิบัติ ซึ่งนักเรียนจะได้รับการพัฒนาในด้านต่อไปนี้

1. การเข้าใจปัญหาและประเด็นที่จะศึกษาทดลอง ตลอดจนแนวทางในการหาคำตอบที่สอดคล้องกับปัญหาหรือสมมติฐานนั้น
2. การออกแบบการทดลอง การวางแผนเพื่อแก้ปัญหา
3. การจัดเครื่องมือและอุปกรณ์เพื่อใช้ในการทดลอง และวิธีการแก้ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นกับอุปกรณ์หรือเครื่องมือเพื่อช่วยให้การทดลองดำเนินไปได้ตามเป้าหมาย
4. การปฏิบัติการทดลอง การสังเกต การวัดและบันทึกผลจากการทดลองเพื่อใช้ในการตอบปัญหาที่ตั้งไว้ก่อนการทดลอง

5. การวิเคราะห์ผลและแปลผลข้อมูล เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปและการตอบปัญหาที่กำหนดไว้ก่อน จากการปฏิบัติการทดลองและข้อสรุปที่ได้จะช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาแนวคิดใหม่ๆ เพิ่มเติม และจะเห็นได้ว่าการทำปฏิบัติการ นอกจากจะพัฒนาในด้านทักษะปฏิบัติยังพัฒนาทักษะอื่นๆ ด้วย

การวัดผลด้านปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ นับว่ามีความสำคัญเท่าเทียมกับด้านอื่น ๆ แต่โดยปกติมักไม่ค่อยมีการวัดผลด้านนี้ สืบเนื่องมาจากในชั้นเรียนมีนักเรียนจำนวนมากไม่สามารถวัดเป็นรายบุคคลได้ ดังนั้นการวัดผลนักเรียนเป็นแบบกลุ่มด้วยแบบสังเกตหรือเลือกเฉพาะทักษะที่สำคัญ เมื่อประเมินผลตลอดภาคเรียนจะต้องครอบคลุมทักษะปฏิบัติที่กำหนดไว้ในจุดประสงค์ได้ทั้งหมด

โกวิท ประวาลพุกษ์ และสมศักดิ์ สินธุเวชชัย (2523 : 106-109) ได้เสนอแนะแนวทางในการวัดผลด้านการปฏิบัติไว้ว่า มีสิ่งที่จะต้องวัด 2 ประการ คือ

1. ความสามารถในการปฏิบัติงานกับการวัดพฤติกรรมของนักเรียน โดยใช้วิธีการสังเกต และมีเครื่องมือในการสังเกตคือแบบสำรวจรายการ (Check List) หรือมาตราส่วนประเมิน (Rating Scale) จะช่วยให้การสังเกตสะดวกและมีความเที่ยง
2. ความสามารถและทักษะเกี่ยวกับการปฏิบัติงาน คือ วิธีการปฏิบัติงาน (Procedure) ซึ่งได้แก่วิธีการ ทักษะและเทคนิคในการใช้เครื่องมือทดลองและวัดผลงาน โดยการนำผลงานที่ได้มาตรวจให้คะแนน

สสวท. โดยสาขาวิจัยและประเมินผล (2524 : 27-31) ได้เสนอแนวทางปฏิบัติในการวัดผลปฏิบัติการในการทดลองวิชาวิทยาศาสตร์ว่าเป็นการวัดทักษะด้านการปฏิบัติการทดลองที่อาจจัดได้ดังนี้คือ

ทักษะที่มองเห็นได้ระหว่างที่นักเรียนปฏิบัติการทดลอง ได้แก่

1. ทักษะทางปฏิบัติ เป็นทักษะเกี่ยวกับการหยิบจับอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในการทดลอง
2. การสังเกต ได้แก่ การสังเกตเพื่อหารายละเอียดหรือเปรียบเทียบและการสังเกตผลของการทดลอง
3. การดำเนินการทดลอง ได้แก่ ความสามารถในการปฏิบัติการตามวิธีการที่บอกไว้ในแบบเรียน และสามารถวางแผนปฏิบัติการทดลองได้อย่างเหมาะสม

ในการวัดผลปฏิบัติการทดลอง ครูจะต้องวัดผลการปฏิบัติของนักเรียนไปพร้อมกับการสอน นักเรียนแต่ละคนอาจทำกิจกรรมต่าง ๆ ในเวลาเดียวกัน นักเรียนทำการทดลองเป็นกลุ่มและนักเรียนในชั้นเรียนมีมาก ผู้สอนอาจสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนได้ไม่ทั่วถึง ดังนั้นจึงควรวัดทักษะอย่างเดียวหลาย ๆ ครั้ง เพราะการทดลองแต่ละครั้งจะเกิดโอกาสให้นักเรียนฝึกทักษะต่าง ๆ ได้มากน้อยต่างกันและควรให้นักเรียนได้มีโอกาสฝึกทักษะต่าง ๆ ให้ครบ นอกจากการวัดผลขณะเรียนปฏิบัติการทดลองตามบทเรียนแล้ว ผู้สอนอาจกำหนดการทดลองขึ้นใหม่เพื่อวัดผลเพิ่มเติมด้วยก็ได้ ในการให้คะแนนปฏิบัตินั้น สสวท. ได้เสนอแนะไว้ว่า ครูอาจบันทึกผลของการสังเกตในตาราง ดังตัวอย่าง

การประเมินผลโดยใช้มาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) และแบบสำรวจรายการ (Check List) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2524 : 62) ได้นำเสนอรูปแบบแนวทางปฏิบัติในด้านการประเมินผลทักษะปฏิบัติการทดลองในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ได้ดังนี้

การประเมินผลโดยใช้มาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scales) และแบบสำรวจรายการ (Check List) นั้น สสวท. (2524 : 62) ได้เสนอแนวปฏิบัติในการประเมินผลทักษะภาคปฏิบัติในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1. พิจารณานี้เนื้อหาว่าในแต่ละการทดลองมีทักษะอะไรบ้าง
2. จัดทำตารางซึ่งประกอบด้วยชนิดของทักษะในแต่ละการทดลอง รวมทั้งรายชื่อของนักเรียนที่ต้องประเมินผล ตารางควรมี 3 ประเภท เพื่อความสะดวกในการใช้ดังนี้
 - 2.1 ตารางซึ่งประกอบด้วยชื่อการทดลองและทักษะต่าง ๆ ที่ต้องการวัด
 - 2.2 ตารางชื่อใช้บันทึกทักษะต่าง ๆ ของนักเรียนแต่ละคนซึ่งจัดเฉพาะการทดลองหนึ่งๆ และครูจะนำเข้าไปในชั้นเรียน เช่น

รายนามนักเรียน	ทักษะ			
	เทอร์โมมิเตอร์	การใช้ตาชั่ง	การใช้ตะเกียงแอลกอฮอล์	อื่น ๆ
1				
2				
.				
.				
16				

1. เขียนรายนามนักเรียนที่ต้องการจัดวัดทักษะ ครูจะทำได้ประมาณ 16 คนเท่านั้น เพราะอยู่ในขอบเขตที่ครูจะสังเกตได้ชัด ส่วนนักเรียนที่เหลือให้ประเมินในการทดลองต่อไป ครูควรประเมินผลทักษะภาคปฏิบัติของนักเรียนทุกคน
2. เขียนทักษะสำหรับการทดลองนั้นลงในช่องทักษะ
3. แบบประเมินผลนั้น เมื่อครูสังเกตแล้วอาจจะเครื่องหมาย
 - สำหรับนักเรียนที่ปฏิบัติได้ถูกต้อง
 - สำหรับนักเรียนที่ควรได้รับการแก้ไขในทักษะนั้น ๆ
- 2.3 ตารางเรียน ซึ่งประกอบด้วยรายนามนักเรียนทั้งชั้น และทักษะทั้งหมดที่ต้องการประเมินผลตลอดทั้งปีหรือตลอด 1 ปี

เมื่อจบการประเมินผลทักษะภาคปฏิบัติของนักเรียนแต่ละครั้งแล้ว ให้นำผลมากรอกลงในตารางรวมนี้ เพื่อประโยชน์ 2 ประการ คือ

1. ใช้เปรียบเทียบว่านักเรียนคนใดควรจะได้รับปฐกษะอะไรบ้าง เพื่อครูจะได้วางแผนให้คะแนนนำเมื่อมีการสอนกันไปได้ทันทั่วถึง

2. ครูจะพบอีกว่านักเรียนคนใดทำการทดลองน้อยครั้งกว่าคนอื่น ๆ หรือไม่เคยทำการทดลองเลย ซึ่งจะได้แก้ไขทันทั่วถึง โดยกำหนดให้นักเรียนคนนั้นแลกเปลี่ยนหน้าที่กับสมาชิกคนอื่น ๆ ในกลุ่ม

ความแตกต่างระหว่างมาตราส่วนประเมินค่ากับแบบสำรวจรายการนั้น สุนันท์ สังข์อ่อง และบริบูรณ์สุข บัญชรเวกุล (เอกสารประกอบการสอนวิทยาศาสตร์. 2525 : 32) ได้กล่าวไว้ สรุปได้ว่ามาตราส่วนประเมินค่าประกอบด้วยรายละเอียดของพฤติกรรมที่ต้องสังเกต และมีมาตราส่วนแสดงระดับคะแนนและคุณภาพของพฤติกรรมที่สังเกตได้ ส่วนแบบสำรวจรายการนั้นจะช่วยในด้านการตัดสินผลของการปฏิบัติว่าถูกหรือผิด (Yes-No Judgement) เป็นการประเมินว่านักเรียนได้ทำกิจกรรมนั้นถูกต้องหรือไม่ โดยผู้สังเกตต้องกำหนดกิจกรรมที่ต้องสังเกตไว้ในตาราง

เมื่อกล่าวโดยสรุปแล้วการวัดผลด้านทักษะพิสัย ทักษะปฏิบัติการทดลองวิชาวิทยาศาสตร์ มีความจำเป็นและสำคัญต่อครูผู้สอน โดยที่ครูผู้สอนจะต้องมีความชัดเจนต่อการวัดผลความก้าวหน้าด้านทักษะปฏิบัติการทดลองอย่างเหมาะสม มีประสิทธิภาพ โดยวัดได้ตรงจุดมุ่งหมาย มีหลักการเหมาะสม รวมถึงการให้คะแนนที่ง่ายต่อการปฏิบัติ ได้ผลเที่ยงตรง สามารถระบุถึงพัฒนาการด้านทักษะปฏิบัติการทดลองในวิชาวิทยาศาสตร์ โดยอาศัยแบบสังเกตในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพเรื่องเซรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยยึดรูปแบบของ สสวท.

การวัดผลและประเมินผลการเรียนการสอนด้านจิตพิสัย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2538 : 28-30) ได้กำหนดการวัดผลและประเมินผลการเรียนการสอนด้านจิตพิสัยที่ประเมินได้ 2 ส่วน คือเจตคติทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ซึ่งในทางปฏิบัติการประเมินจิตพิสัยทำได้ยากด้วยแบบทดสอบชนิดเขียนตอบ เพราะความรู้สึกเป็นสิ่งที่อยู่ภายใน การประเมินจิตพิสัยจึงควรประเมินจากพฤติกรรม/ลักษณะบ่งชี้ให้นักเรียนแสดงออกมาในระยะเวลายาวนานพอสมควรและประเมินอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งสามารถพิจารณาลักษณะบ่งชี้หรือพฤติกรรมดังต่อไปนี้

คุณลักษณะและพฤติกรรมบ่งชี้ที่ต้องปลูกฝังให้เกิดกับนักเรียนในการเรียนวิทยาศาสตร์
เจตคติทางวิทยาศาสตร์

1. ความอยากรู้อยากเห็น

1.1 ยอมรับว่าการทดลองค้นคว้าจะใช้เป็นวิธีในการแก้ปัญหาได้
 1.2 มีความใส่ใจและพอใจใคร่จะสืบเสาะแสวงหาความรู้ในสถานการณ์ และปัญหา
 ใหม่ ๆ อยู่เสมอ

- 1.3 มีความกระตือรือร้นต่อกิจกรรมและเรื่องต่าง ๆ
- 1.4 ชอบทดลองค้นคว้า
- 1.5 ชอบสนทนาซักถาม ฟัง อ่าน เพื่อให้ได้รับความรู้เพิ่มขึ้น
2. ความรับผิดชอบและความพยายาม
 - 2.1 ยอมรับผลการกระทำของตนเองทั้งที่เป็นผลดีและผลเสีย
 - 2.2 เห็นคุณค่าของความรับผิดชอบและความเพียรพยายามว่าเป็นสิ่งที่ควรปฏิบัติ
 - 2.3 ทำงานที่ได้รับมอบหมายให้สมบูรณ์ตามกำหนดและตรงต่อเวลา
 - 2.4 เว้นการกระทำอันเป็นผลเสียหยาตต่อส่วนรวม
 - 2.5 ทำงานเต็มความสามารถ
 - 2.6 ดำเนินการแก้ปัญหาจนกว่าจะได้รับคำตอบ
 - 2.7 ไม่ทอดทิ้งในการทำงาน เมื่อมีอุปสรรคหรือล้มเหลว
 - 2.8 มีความอดทนแม้การดำเนินการแก้ปัญหาจะยุ่งยากและใช้เวลา

3. ความมีเหตุผล

- 3.1 ยอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลมาสนับสนุนอย่างเพียงพอ
- 3.2 เห็นคุณค่าในการใช้เหตุผลในเรื่องต่าง ๆ
- 3.3 พยายามอธิบายสิ่งต่าง ๆ ในแง่เหตุและผล ไม่เชื่อโชคลางหรือคำทำนายที่ไม่
สามารถอธิบายตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้
- 3.4 อธิบายหรือแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล
- 3.5 หาความสัมพันธ์ของเหตุและผลที่เกิดขึ้น
- 3.6 ตรวจสอบความถูกต้องหรือความสมเหตุสมผลของแนวความคิดต่างๆ กับแหล่ง
ข้อมูลที่เชื่อถือได้

3.7 เสาะแสวงหาหลักฐาน/ข้อมูลจากการสังเกตหรือการทดลองเพื่อสนับสนุนคำ
อธิบาย

- 3.8 รวบรวมข้อมูลอย่างเพียงพอก่อนจะลงข้อสรุปเรื่องราวต่าง ๆ

4. ความมีระเบียบและรอบคอบ

- 4.1 ยอมรับความมีระเบียบและรอบคอบเป็นสิ่งที่มีความจำเป็น
- 4.2 เห็นคุณค่าของความมีระเบียบรอบคอบ
- 4.3 นำวิธีการหลาย ๆ วิธี มาตรวจสอบผลหรือวิธีการทดลอง

- 4.4 มีการใคร่ครวญ ไตร่ตรอง พินิจพิเคราะห์
- 4.5 มีความละเอียดถี่ถ้วนในการทำงาน
- 4.6 มีการวางแผนการทำงานและจัดระบบการทำงาน
- 4.7 ตรวจสอบความเรียบร้อยหรือคุณภาพของเครื่องมือก่อนทำงานทดลอง
- 4.8 ทำงานอย่างมีระเบียบเรียบร้อย
- 5. ความซื่อสัตย์
 - 5.1 เสนอความจริงถึงแม้จะเป็นเหตุผลที่แตกต่างจากผู้อื่น
 - 5.2 เห็นคุณค่าของการเสนอข้อมูลตามความเป็นจริง
 - 5.3 บันทึกผลหรือข้อมูลตามความเป็นจริงและไม่ใช้ความคิดเห็นของตนเองไป

เกี่ยวข้อง

- 5.4 ไม่แอบอ้างผลงานของผู้อื่นว่าเป็นผลงานของตนเอง
- 6. ความใจกว้าง
 - 6.1 รับฟังคำวิพากษ์วิจารณ์ข้อโต้แย้งหรือข้อคิดเห็นที่มีเหตุผลของผู้อื่น
 - 6.2 ไม่ยึดมั่นในความคิดเห็นของตนเองและยอมรับการเปลี่ยนแปลง
 - 6.3 รับฟังความคิดเห็นที่ตัวเองยังไม่เข้าใจและพร้อมที่จะทำความเข้าใจ
 - 6.4 ยอมพิจารณาข้อมูลหรือความคิดที่ยังสรุปแน่นอนไม่ได้ และพร้อมที่จะหาข้อมูล

เพิ่มเติม

เจตคติต่อวิทยาศาสตร์

- 7. มีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์
 - 7.1 พอใจในประสบการณ์การเรียนรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์
 - 7.2 ศรัทธาและซาบซึ้งในผลงานทางวิทยาศาสตร์
 - 7.3 เห็นคุณค่าและประโยชน์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
 - 7.4 ตระหนักในคุณและโทษของการใช้เทคโนโลยี
 - 7.5 เรียนหรือเข้าร่วมกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์อย่างสนุกสนาน
 - 7.6 เลือกใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการคิดและปฏิบัติ
 - 7.7 ตั้งใจเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
 - 7.8 ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรม
 - 7.9 ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยใคร่ครวญไตร่ตรองถึงผลดีและ

ผลเสีย

- 8. ความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น
 - 8.1 เห็นคุณค่าของการทำงานร่วมกับผู้อื่น

- 8.2 เต็มใจที่จะทำงานร่วมกับผู้อื่น
- 8.3 ประพฤติและปฏิบัติตนตามข้อตกลงของกลุ่ม
- 8.4 เห็นแก่ประโยชน์ส่วนรวมมากกว่าประโยชน์ส่วนตัว
- 8.5 รู้จักบทบาทของคนที่ได้รับมอบหมายจากกลุ่ม
- 8.6 รู้จักขอความร่วมมือและให้ความร่วมมือกับผู้อื่น

9. ความประหยัด

- 9.1 รักษาซ่อมแซมสิ่งที่ชำรุดให้ใช้ได้
- 9.2 เห็นคุณค่าและใช้วัสดุอุปกรณ์อย่างประหยัด
- 9.3 เห็นคุณค่าของวัสดุเหลือใช้และรู้จักเลือกใช้
- 9.4 ใช้สารหรือวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ในปริมาณที่เหมาะสมและประหยัด

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมินด้านจิตพิสัย (เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์) ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพเรื่องเซรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยอาศัยแนวทางการประเมินด้วยแบบสังเกตโดยยึดรูปแบบของ สสวท.

การวัดผลและประเมินผลการเรียนการสอนด้านความคิดสร้างสรรค์

การวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สามารถวัดได้หลายวิธีแล้วแต่ความเหมาะสมของแต่ละวัตถุประสงค์ ของการวัดเพื่อหาคำตอบดังนี้

อารี รังสินันท์ (2532 ก : 167) กล่าวว่าแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์เป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งในการวัดความคิดสร้างสรรค์ที่เป็นระบบ ซึ่งอาจใช้ควบคู่กับแบบสำรวจพฤติกรรมหรือแบบสังเกตพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์ จะยิ่งช่วยให้ได้ข้อมูลใกล้เคียงและถูกต้องตรงกับความ เป็นจริงมากขึ้น แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์จะสร้างขึ้นจากผลการวิจัยเกี่ยวกับธรรมชาติของความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งเนื้อหาของแบบทดสอบมีทั้งภาษาและรูปภาพที่ใช้เป็นสื่อเพื่อเร้าให้เด็กได้แสดงออกในเชิงความคิดสร้างสรรค์

แบบทดสอบที่นิยมใช้กันมากและเป็นการเริ่มต้นให้มีการศึกษากันอย่างกว้างขวาง คือแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของกิลฟอร์ด (Guilford) และแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance (อารี รังสินันท์. 2532 : 173)

ดังนั้นการสร้างแบบทดสอบเพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะ จึงได้เกิดขึ้น แต่การวัดความคิดสร้างสรรค์นั้นเป็นเรื่องยาก ดังที่ Torrance (ทัศนีย์ พุกษชลธาร. 2517 : 19 ; อ้างอิงมาจาก Torrance. 1965) กล่าวว่า การแสดงความคิดสร้างสรรค์นั้นไม่จำเป็นต้องถึงขั้นสูงสุด คือการตั้งทฤษฎีใหม่หรือการประดิษฐ์คิดค้นสิ่งแปลก ๆ ใหม่ ๆ เสมอไป แต่เป็นความสามารถในการคิดแก้ปัญหาได้อย่างลึกซึ้ง นอกเหนือไปจากลำดับการคิดอย่างปกติ สามารถ

คิดได้หลายแง่หลายมุมผสมผสานกันจนได้ผลผลิตใหม่ที่ถูกต้องสมบูรณ์กว่า โดยใช้องค์ประกอบร่วมที่สำคัญ 3 ด้าน คือแรงจูงใจ ความสามารถ และทักษะ ซึ่งผลผลิตทางความคิดสร้างสรรค์อาจเป็นเพียงขั้นใดขั้นหนึ่ง 5 ขั้น ต่อไปนี้

1. เป็นผลผลิตที่แสดงความคิดริเริ่มอย่างอิสระโดยไม่คำนึงถึงคุณภาพของงาน
2. เป็นผลผลิตที่อาศัยทักษะบางอย่าง
3. ได้สิ่งประดิษฐ์ใหม่ที่ไม่ซ้ำแบบใคร
4. ได้สิ่งประดิษฐ์โดยปรับปรุงมาจากขั้นที่ 3
5. เป็นผลผลิตที่แสดงผลงานจากความคิดที่เป็นนามธรรมระดับสูง หรือการค้นพบ

หลักการ หรือทฤษฎี

นอกจากการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยอาศัยแบบทดสอบซึ่งนิยมกัน ก็ยังมีการวัดความคิดสร้างสรรค์โดยวัดจากผลงานดังนี้

แนวคิดในการวัดความคิดสร้างสรรค์โดยตัดสินจากคุณภาพของผลงานที่สร้างออกมาได้นักจิตวิทยาพยายามทำบ้างแล้ว แต่พบว่ามีปัญหาในการสร้างเกณฑ์ ซาฟโร (Freeman, Butcher and Christic. 1971 : 117 ; citing Shapiro. n.d.) ศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยตัดสินจากผลงานที่ได้รับการยอมรับ เช่น บทความในวารสาร หรือบทกวีจากสำนักพิมพ์ต่าง ๆ การจดทะเบียนลิขสิทธิ์สิ่งประดิษฐ์ ซึ่งดูเหมือนจะเป็นการง่ายที่จะกำหนดความสำคัญของผลงานแต่ละประเภท แต่เกณฑ์เหล่านี้มีความแตกต่างกันทางด้านคุณภาพของวารสารแต่ละสำนักพิมพ์ อีกทั้งนักวิทยาศาสตร์บางคนก็ไม่สนใจที่จะจดทะเบียนลิขสิทธิ์ผลงานของตน แฮมมิล (Hamill. 1982 : 730 A) เห็นว่ายังไม่มีเกณฑ์ในการประเมิน “ผลผลิตที่แสดงถึงความคิดสร้างสรรค์ของผู้สร้าง” ที่เป็นมาตรฐาน แม้ว่านักจิตวิทยาส่วนใหญ่มีความเห็นตรงกันว่าควรตัดสินจากเกณฑ์ความใหม่ (Newness) และใช้ประโยชน์ (Useful) แต่ก็ยังมีปัญหาว่าควรจะใช้เกณฑ์ทางสังคมหรือตัวผู้สร้างเองตัดสิน ถ้าใช้เกณฑ์ทางสังคม งานของนิวตัน ไอสไตน์ ปิกัสโซ ก็อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ แต่ถ้าวัดความคิดสร้างสรรค์ในนักเรียนชั้นประถม สมมติว่านักเรียนชั้นประถมสามารถคิดสูตรการจัดประเภท (Combination) ได้เหมือนนักสถิติที่มีชื่อเสียงในวัยเด็กเช่นกัน ถ้าพิจารณาจากเกณฑ์ความใหม่ งานของเด็กคนนี้ไม่มีความใหม่เลย เพราะมีคนคิดมาก่อนแล้ว แต่เมื่อเทียบกับเด็กวัยเดียวกัน เขามีความคิดสร้างสรรค์สูงกว่ามาก ดังนั้นในทัศนะของแฮมมิลและนักจิตวิทยาส่วนใหญ่เห็นว่าควรพิจารณาความคิดสร้างสรรค์จากความสามารถของเขาเมื่อเทียบกับคนอื่นที่มีวัยความรู้และประสบการณ์ใกล้เคียงกัน

ยัง (Young. 1970 : 77-87) ได้พยายามเสนอเกณฑ์ในการประเมินผลงานโดยจำแนกว่าจะต้องมีลักษณะแปลกใหม่ (Newness) และมีคุณค่า (Value Serve) จำแนกเป็นลักษณะย่อยดังนี้ ใหม่ในฐานะเป็นต้นคิด (New as Original) ใหม่จากกลุ่มอ้างอิง (New as Statistically in Frequency)

ใหม่ในลักษณะที่แตกต่างจากแนวทางทั่วไป (New as a Change from the Regular Way) ใหม่ในฐานะสร้างขึ้นใหม่ (New as Renovated)

ส่วนคุณค่าประเมินจาก 2 ลักษณะ คือคุณค่าต่อผู้สร้าง (Value to The Creator) และคุณค่าต่อคนอื่น (Value to Others) แม้ว่า ยัง (Young) จะได้เสนอเกณฑ์ในการประเมินขึ้นมา แต่ก็ยังเป็นเกณฑ์ของเขาเอง ไม่ได้สังเคราะห์มาจากการวิจัยอื่น ๆ จึงเกิดปัญหาว่านักจิตวิทยาคนอื่นจะยอมรับเกณฑ์นี้หรือไม่และเกณฑ์นี้มีความครอบคลุมหรือไม่ นอกจากนี้เกณฑ์ไม่ชัดเจนเพียงพอที่จะสร้างมาตรฐานประเมินที่จะนำไปใช้ในการทำวิจัยได้

จากเอกสารดังกล่าวในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพเรื่องเซรามิกส์ ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลตามความมุ่งหมายข้อที่ 1, 2, 3 และ 4 มาประยุกต์ เพื่อจัดสร้างชุดการสอนเพื่อใช้ทดลองสอน โดยได้ตั้งสมมติฐานการวิจัยไว้ว่า “การทดลองสอนโดยใช้ชุดการสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องเซรามิกส์” ซึ่งชุดการสอนที่สร้างขึ้นให้ผลดังนี้

1. ผู้เรียนแต่ละกลุ่ม (นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และนักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ก่อนเรียนและหลังเรียน) ด้านพุทธิพิสัยสูงขึ้น
2. ผู้เรียนที่เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กับนักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย ไม่แตกต่างกัน
3. ผู้เรียนที่เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กับนักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีผลการเรียนด้านทักษะพิสัย (ทักษะปฏิบัติการทดลอง ไม่แตกต่างกัน)
4. ผู้เรียนที่เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กับนักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีผลการเรียนด้านจิตพิสัย (เจตคติทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์) ไม่แตกต่างกัน
5. ผู้เรียนที่เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กับนักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีผลการเรียนด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ไม่แตกต่างกัน

เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เตาเผา

นิตยา จุฑาภรณ์ (2525 : 4) ได้ศึกษาเตาเผาชนิดห้องปฏิบัติการสองห้องและได้จำแนกชนิดวัสดุที่ใช้ทำเตาเผาไว้ดังนี้

1. โคลน (Mud)
2. เซรามิกส์ (Ceramics)
3. โลหะ (Metal)

4. อิฐ, ซีเมนต์, เหล็ก (Brick, Cement, Steel)

5. เหล็ก, เซรามิกส์ (Steel, Ceramics)

วัสดุดังกล่าวเหล่านี้ในปัจจุบันต่างก็ถูกนำมาใช้ในการทำเตาเผา การที่จะเลือกวัสดุใดทำเตาเผานั้น ก็ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิภายในเตาเป็นสำคัญ

คลอซ และสุลิลาทู (Claus and Sulilatu. 1983 : 89-103) ได้ศึกษาและเปรียบเทียบเตาเผา 3 ชนิด ที่สร้างด้วยวัสดุต่างกันคือ ดินเหนียว อิฐและโลหะ พบว่าในสภาวะการทดสอบที่เหมือนกัน เตาที่ถูกทดสอบจะมีสภาพแตกต่างกัน คือ เตาที่ทำจากดินเหนียวจะมีประสิทธิภาพร้อยละ 18-22 เตาที่ทำจากอิฐจะมีประสิทธิภาพร้อยละ 15-23 สำหรับเตาที่ทำจากโลหะจะมีประสิทธิภาพร้อยละ 25-30 ถ้าพิจารณาการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง พบว่าจะมีการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเตาดินเหนียว แต่สำหรับเตาอิฐจะมีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ที่สุดและยังเสนอแนะว่าควรมีฉนวนหุ้มผนังเตา ทั้งนี้เพื่อให้เตามีประสิทธิภาพในการเผาไหม้สูงขึ้น

เนื้อดินปั้น

โกมล รัชวงศ์ (ม.ป.ป. : 3) ได้ทดลองหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ สำหรับขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อ ผลการทดลองพบว่าอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ที่ใช้ได้ผล เมื่อเผาที่อุณหภูมิ 1,225 องศาเซลเซียส (2,282 องศาฟาเรนไฮต์) มีอัตราส่วนผสมดังต่อไปนี้คือ

ดินขาวลำปาง	ร้อยละ 25.8
ดินขาวระนอง	ร้อยละ 19.2
ดินเหนียวแม่ทານ	ร้อยละ 14.3
ดินเขี้ยวหนุมานจันทบุรี	ร้อยละ 30.0
หินฟีนม้าราชนบุรี	ร้อยละ 10.7
โซเดียมซิลิเกต	ร้อยละ 0.3

ผลการทดลองคุณสมบัติทางฟิสิกส์หลังการเผา คือมีการดูดซึมน้ำร้อยละ 0.1 การหดตัวร้อยละ 13.8 เมื่อเผาในบรรยากาศแบบออกซิเดชันจะมีสีขาวเหลืองและเมื่อเผาในบรรยากาศแบบรีดักชันจะมีสีขาว แสดงว่าบรรยากาศในการเผาจะมีผลต่อสีของเนื้อดินปั้น

ทวี พรหมพฤกษ์ (2523 : 82) ได้พบอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ ที่ใช้ได้ผลดี เมื่อเผาในอุณหภูมิ 1,225 - 1,250 องศาเซลเซียส และเนื้อดินปั้นที่เผาแล้วดูดซึมน้ำได้ไม่เกินร้อยละ 3 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น ดังตาราง 18 แสดงว่าอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นแตกต่างกันตามวัตถุดิบที่ใช้ผสม

ตาราง 18 แสดงอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ที่ใช้ได้ผลเมื่อเผาในอุณหภูมิ
1,225 - 1,250 องศาเซลเซียส

เนื้อดินปั้น หมายเลข	ดิน สโตนแวร์	ดินขาว	หินฟันม้า	หินแก้ว	ดินทนไฟ	ดินเหนียว ขาว	ดินแดง	รวม
1	80	10	-	-	-	-	10	100
2	75	-	-	-	-	-	15	100
3	40	20	-	10	10	-	20	100
4	30	10	-	-	-	30	30	100
5	-	5	40	15	10	30	-	100
6	20	25	20	20	-	-	15	100

สมศักดิ์ วงศ์ศิริกุล (2534 : 92-94) ได้ศึกษาวิเคราะห์ผลการทดลองเนื้อดิน จังหวัดกำแพงเพชร และเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ โดยพบว่าคุณสมบัติทางกายภาพของดินเหนียวจังหวัดกำแพงเพชร พบว่าดินเหนียวทั้ง 5 แห่ง เมื่อผ่านการเผาแล้วอยู่ระหว่างร้อยละ 1.07 ถึง 1.13 ซึ่งเป็นคุณสมบัติของเนื้อดินที่สามารถนำไปสร้างส่วนผสมเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ได้ ทั้งนี้สอดคล้องกับนอร์ตัน (Norton. 1952 : 127) ซึ่งกล่าวว่า เนื้อดินปั้นสโตนแวร์ควรมีความหดตัวหลังการเผาไม่เกินร้อยละ 15 และมีความดูดซึมน้ำไม่เกินร้อยละ 5 นอกจากนี้ยังพบว่าเนื้อดินทั้ง 5 แห่งสามารถทนไฟได้ที่อุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส สีของเนื้อดินเป็นสีน้ำตาลแดง ถึงสีน้ำตาลดำในบรรยากาศแบบออกซิเดชัน และเป็นสีน้ำตาลถึงสีน้ำตาลดำในบรรยากาศแบบรีดักชัน ทั้งนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาของ แชปเปล (Chappel. 1979 : 17) ได้สรุปได้ว่าเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ใช้อุณหภูมิในการเผาอยู่ระหว่าง 1,240 ถึง 1,315 องศาเซลเซียส สีของเนื้อดินหลังการเผามีสีครีมสีน้ำตาล ไปจนถึงสีดำ ซึ่งขึ้นอยู่กับออกไซด์ของโลหะที่ผสมอยู่ในเนื้อดิน และบรรยากาศในการเผาว่าเป็นแบบออกซิเดชัน หรือรีดักชัน

ประนอม มานะกิจ (2536 : 58-59) ได้ศึกษาวิเคราะห์ผลการทดลองเนื้อดินเหนียวท้องถิ่นในจังหวัดนครสวรรค์ และเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ ทั้งระยะก่อนการเผาและหลังการเผาพบว่าการหดตัวก่อนการเผาร้อยละ 8 และหดตัวหลังการเผาร้อยละ 13 การดูดซึมน้ำหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส ร้อยละ 2.5 และทนไฟได้ ซึ่งมีสีน้ำตาลเข้ม

โรดส์ (Rhodes. 1959 : 60-61) ได้ทดลองหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ที่ใช้ขึ้นรูปได้ง่าย มีเนื้อละเอียด มีสีขาว และสามารถดัดแปลงให้มีเนื้อหยาบได้ง่าย จากการทดลองพบว่าอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ที่เผาในอุณหภูมิ 1,280 องศาเซลเซียส ที่ใช้ได้ดีมี

อัตราส่วนผสมดังตาราง 19 ผลการทดลองพบว่าเนื้อดินปั้นสามารถดูดซึมน้ำได้ร้อยละ 1-5 และมีการหดตัวหลังการเผาร้อยละ 11-12.5 สีของเนื้อดินปั้นขึ้นอยู่กับบรรยากาศในการเผา คือเผาในบรรยากาศแบบออกซิเดชันเนื้อดินจะมีสีเทา เผาในบรรยากาศแบบรีดักชันเนื้อดินจะมีสีน้ำตาล แสดงว่าเนื้อดินปั้นมีอัตราส่วนผสมแตกต่างกันตามชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ และเมื่อเผาในอุณหภูมิเดียวกันย่อมมีผลให้คุณสมบัติทางฟิสิกส์หลังการเผาต่างกัน นอกจากนี้บรรยากาศที่ใช้ในการเผามีผลต่อสีของเนื้อดินปั้นด้วย ดังตาราง 19

ตาราง 19 แสดงผลการทดลองหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์เผาที่อุณหภูมิ 1,280 องศาเซลเซียส

วัตถุดิบ	1	2	3	4	5	6
ดินสโตนแวร์	-	60	-	-	15	45
ดินขาว	-	25	-	30	-	-
ดินเหนียวขาว	20	30	30	15	20	15
ดินเอร์ทเรนแวร์	-	10	10	5	-	-
ดินทนไฟ	-	15	40	-	-	-
ซิลิกา	10	10	10	15	15	15
หินฟีนมา	10	10	10	20	20	10

เผาแบบออกซิเดชัน	เทาย่อน	เทา	เทา	น้ำตาล-เทา	เทาเทา	
เผาแบบรีดักชัน	น้ำตาลอ่อน	เทา-น้ำตาล	น้ำตาล	น้ำตาล	น้ำตาล	น้ำตาล
เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	5.0
เปอร์เซ็นต์การหดตัว	11.5	12.5	12.5	12.0	12.0	11.0

(Rhodes. 1959 : 61)

ซิงเกอร์ (Singer. 1963 : 431) ได้ทำการวิเคราะห์หาส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ที่ทำขึ้นในประเทศต่าง ๆ เช่น ประเทศอังกฤษ จีน ญี่ปุ่น เป็นต้น และจากการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่า ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ที่ผลิตขึ้นในแต่ละประเทศนั้นได้ผลการวิเคราะห์ดังตาราง 20

ตาราง 20 แสดงส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ที่ผลิตขึ้นในประเทศต่าง ๆ

แหล่งที่ผลิต	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
Altrom	65.62	27.94	1.60	1.25	1.33	0.39	1.42
Vauxhall	74.00	22.04	2.00	0.60	0.17		1.60
Helsingborg	74.60	19.00	4.25	0.62			1.30
Vosonlien	74.30	19.50	3.90	0.50	0.80		0.50
Baltimore	67.40	29.00	2.00	0.60			0.60
Wedgewood	66.49	216.00	6.12	1.04	0.15		0.20
China	62.00	22.00	14.00	0.50			1.00
Japan, Grey	71.29	21.07	1.25	2.82	1.98	1.03	0.44
Japan, Brown	73.68	10.20	4.37	0.70	0.32	1.14	0.32

(Singer. 1963 : 431)

จากตาราง 20 สรุปได้ว่าเนื้อดินปั้นสโตนแวร์โดยทั่วไปจะมีส่วนประกอบทางเคมีดังนี้คือ

ซิลิกา	ระหว่างร้อยละ	35 - 75
อลูมินา	ระหว่างร้อยละ	19 - 41
เหล็กออกไซด์	ระหว่างร้อยละ	1 - 16
แคลเซียมออกไซด์	ระหว่างร้อยละ	0 - 3
แมกนีเซียมออกไซด์	ระหว่างร้อยละ	0 - 2
แอลคาไลน์	ระหว่างร้อยละ	0.2

ซากิน (Zakin. 1981 : 44) ได้ทดลองหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ที่เผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส พบว่าอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นประกอบไปด้วย วัตถุดิบที่เป็นดินร้อยละ 90 อีกร้อยละ 10 เป็นวัตถุดิบชนิดอื่น อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่ใช้ได้ผลดีมีอัตราส่วนผสมตามตาราง 21 แสดงว่าอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นย่อมแตกต่างกันตามชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ ซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็นดินถึงร้อยละ 90

ตาราง 21 แสดงอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์เผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส

เนื้อดินปั้น หมายเลข	ดินแดง	ดิน สโตนแวร์	ดินขาว	ดินเหนียว	ดินทนไฟ	ฟลิ่ง	ฟลด์สปาร์
1	45	-	33	12	-	10	-
2	10	70	-	-	10	5	5
3	25	40	20	5	-	-	5

(Zakin. 1981 : 44)

เนื้อดินปั้นสโตนแวร์ โดยทั่วไปจะมีคุณสมบัติทางกายภาพคือ ความเหนียวของเนื้อดินปั้นจะสามารถขึ้นรูปด้วยมือหรือเป็นหมุนได้ การหดตัวของเนื้อดินปั้นก่อนการเผาจะหดตัวประมาณร้อยละ 8-12 การหดตัวของเนื้อดินปั้นหลังการเผาจะหดตัวประมาณร้อยละ 13-20 และการดูดซึมน้ำของเนื้อดินปั้นจะสามารถดูดซึมน้ำได้ประมาณร้อยละ 1 - 6 แต่สำหรับผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ประเภทภาชนะใส่อาหารที่ถือเป็นมาตรฐานคือจะมีการดูดซึมน้ำประมาณร้อยละ 2-3 นั่นคือเนื้อดินปั้นสโตนแวร์จะมีจุดสุกตัวที่อุณหภูมิประมาณ 1,200-1,300 องศาเซลเซียส

การเผาผลิตภัณฑ์จนถึงจุดสุกตัวจะมีผลให้ผลิตภัณฑ์เสีรูปร่างได้ง่าย การเผาผลิตภัณฑ์ที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความพรุนตัวน้อยที่สุด จะต้องเผากำจัดก๊าซซึ่งจะมาจากน้ำ ชัลเฟตและคาร์บอนेट ที่ซ่อนอยู่ภายในเนื้อของผลิตภัณฑ์ออกให้หมดในระดับอุณหภูมิต่ำประมาณ 1,100 องศาเซลเซียส อัตราการเผาโดยปกติทั่วไปจะใช้อัตราเร่งประมาณ 120-150 องศาเซลเซียสต่อชั่วโมง และใช้ระยะเวลาในการเผาประมาณ 6-8 ชั่วโมง เผาเคลือบประมาณ 8-10 ชั่วโมง

เคลือบจีเถ้า

รวีวรรณ จันทร์จริยากุล (2530 : 51) ได้ทำการทดลองนำเคลือบเถ้าเบา (จากลิกไนต์) หินฟืนม้าและดินล้าปางเป็นวัตถุดิบของน้ำเคลือบ สร้างอัตราส่วนผสมของเคลือบ โดยใช้ระบบ Triaxial diagram ได้สูตรน้ำเคลือบเถ้าเบาทั้งหมด 66 สูตร นำมาทดสอบกับเนื้อดินปั้นที่ประกอบด้วย ดินคำแมริม ร้อยละ 80 ดินขาวล้าปาง ร้อยละ 20 เผาที่อุณหภูมิ 1,260 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศเผาไหม้แบบสมบูรณ์ (Oxidation Firing) ได้ผลการทดลองดังนี้

ตาราง 22 แสดงผลการเผาเกลือบดเก่า

สูตรเกลือหมายเลข	ผลการเผาเกลือที่อุณหภูมิ 1,280 องศาเซลเซียส (OF)
1-9, 12, 13	เกลือด้าน สีน้ำตาลแกมเหลือง สีไม่สม่ำเสมอ หดตัวเล็กน้อย
10, 14, 15, 34, 35	เกลือด้าน สีน้ำตาลเข้ม ผิวเรียบ
11, 18, 19	เกลือด้าน สีน้ำตาลดำ เกลือบไหลตัวมาก
16, 17, 22	เกลือหีบ สีดำ-น้ำตาลดำ ผิวมัน เกลือบไหลตัวมาก
23, 24, 25, 26	ผิวเกลือไม่สมบูรณ์
29, 30, 31, 32, 33	
20, 21	เกลือหีบ สีน้ำตาลเข้ม ผิวเรียบ เกลือบสมบูรณ์
27, 28	เกลือหีบ สีน้ำตาล ผิวเกลือไม่เรียบ
36, 42, 43, 44, 45	เกลือด้าน สีน้ำตาล ผิวไม่เรียบมีรอยแตกที่ผิว
37, 38, 39, 40, 41	เกลือใส สีน้ำตาล-น้ำตาลแกมดำ ไหลตัวมาก ผิวเกลือไม่สมบูรณ์
149, 50, 51, 52, 53	เกลือด้าน สีน้ำตาลอมส้ม น้ำตาลอมเหลือง ผิวเกลือไม่เรียบ มีรูเข็ม มีรอยแตก
54, 55	เกลือด้าน สีเขียวอมเทา ผิวไม่เรียบ มีรอยแตก
56, 57, 58	เกลือใส สีขาว-ครีมอ่อน ผิวเรียบ เกลือบรานตัว
59, 60, 61, 62, 63	เกลือด้าน สีขาวขุ่น-สีครีมอ่อน-เทาอมฟ้า
64, 65, 66	เกลือไม่สุกตัว มีรอยแตกในเนื้อเกลือ

สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์ (2531 : 33) ได้ทำการวิจัยสัดส่วนของเกลือขี้เถ้าจากผักตบชวา โดยสัดส่วนที่ใช้ทดลองและได้ผลดีที่สุดที่อุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส ดังตาราง 23

ตาราง 23 แสดงสัดส่วนของเกลือขี้เถ้าผักตบชวา

ขี้เถ้าผักตบชวา	ดินขาวนาทวีวาส	โพแทสเซิลด์สปาร์	สีที่เกิด
40	10	50	น้ำตาลดำ มีจุดเขียวหม่นแทรก
30	20	50	น้ำตาลดำ มีจุดน้ำตาลปนแดงแทรก
30	10	60	น้ำตาลเข้ม มีจุดเหลืองหม่นแทรก
25	15	60	น้ำตาลไหม้
15	15	70	น้ำตาลอ่อน มีจุดน้ำตาลเข้มแทรก

ผลการทดลองของการเคลือบสีเถ้าผักตบชวาจะให้สีจากสีน้ำตาลอ่อนจนถึงน้ำตาลดำ
เหมาะสำหรับเคลือบผลิตภัณฑ์ทางด้านศิลปะ (Artware)

สีของเคลือบ

โกมล รักษ์วงศ์ (2529 : 158-171) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การสร้างบทเรียนโมดูล เรื่องงาน
ทำสีเซรามิกส์สำเร็จรูป ตามหลักสูตรสภาการศึกษา พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง) โดย
ได้ผลการวิจัยว่า สีสำเร็จรูปที่ใช้ในงานเครื่องปั้นดินเผาเป็นสีที่ทำมาจากวัตถุดิบอนินทรีย์สาร
(Inorganic Matters) ซึ่งประกอบด้วยแร่ธาตุมากมายหลายชนิดด้วยกัน แร่ธาตุเหล่านี้จะอยู่ในสภาพ
ออกไซด์ของโลหะชนิดต่าง ๆ โดยให้โลหะออกไซด์ทำปฏิกิริยากับสาร Aluminate Silicate และ
Borate ที่อุณหภูมิสูง จะได้สารประกอบที่มีสีต่าง ๆ ขึ้นมา เช่น เกิดจากบรรยากาศภายในเตาเผา
ส่วนผสมของน้ำเคลือบและอุณหภูมิที่เผาแตกต่างกัน

รวีวรรณ จันทร์จริยากุล (2530 : 72-74) ได้ทำการวิจัยน้ำเคลือบหมายเลข 29 มาปรับปรุง
สีของเคลือบด้วยการเติมออกไซด์ของโลหะที่ให้สีประกอบด้วย NiO , CuO , CoO , MnO_2 และ
 Fe_2O_3 ในช่วงเข้มข้น 1-5 เปอร์เซ็นต์ และเติมออกไซด์ของโลหะที่ไม่ให้สี เช่น ZnO , TiO_2 และ
 CaCO_3 ในช่วงเข้มข้น 2-10 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองปรากฏว่าออกไซด์ของโลหะสามารถให้สี
ของเคลือบเถ้าเบาเกิดการเปลี่ยนแปลงได้น้อยมาก คือ เปลี่ยนจากสีน้ำตาลเข้ม เป็นน้ำตาลแดง,
น้ำตาลดำ, น้ำตาลใส เทาและสีดำ ดังนี้

ตาราง 24 แสดงผลการปรับปรุงสีเคลือบเถ้าเบาหมายเลข 29 ด้วยการเติมออกไซด์ของโลหะ

สูตรเคลือบหมายเลข		ผลการเผาเคลือบที่อุณหภูมิ 1,280 องศาเซลเซียส (OF)
Fe_2O_3	1-3%	เคลือบทึบ สีน้ำตาลเกือบดำ มีผลึกเล็ก ๆ สีดำเทา ผิวเรียบ
NiO	1-5%	เคลือบทึบ สีน้ำตาลเข้ม ผิวเรียบ สีเคลือบเสมอ
ZnO	2-6%	เคลือบทึบ สีน้ำตาลดำ-เคลือบใส สีน้ำตาลดำ ผิวเรียบมันวาว
CaCO_3	2-10%	เคลือบทึบ สีน้ำตาลเข้ม-เคลือบใส สีน้ำตาล ผิวเรียบมันวาว
MnO_2	0.5-2.0%	เคลือบทึบ สีน้ำตาลเข้ม ผิวเรียบ สีเคลือบเสมอ
CoO	0.5-2.0%	เคลือบทึบ มันวาว สีดำมันวาว ผิวเรียบ สีเคลือบสม่ำเสมอ
CuO	0.5-2.0%	เคลือบทึบ สีน้ำตาลเข้มเกือบดำ ผิวเรียบ มันวาว
TiO_2	3-10%	เคลือบทึบ สีน้ำตาลเข้ม-น้ำตาลอมเขียว-อมเหลือง ผิวไม่เรียบ มีรูเข็ม

ผลการเปลี่ยนแปลงสีเคลือบเงาที่เดิมออกไซด์ของโลหะที่ให้สีในช่วงร้อยละ 1.5 ลงในเคลือบเงาหมายเลข 29 ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีน้อยมาก แม้ว่าจะเพิ่มออกไซด์ของโลหะปริมาณสูงถึงร้อยละ 15 ผลปรากฏว่าออกไซด์เหล่านี้ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงสีของเคลือบเงาได้มากนัก

ชุดการสอน

วันชัย ชัยชมชื่น (2528 : 32) ได้ทำการวิจัยเพื่อสร้างชุดการสอนวิชาทฤษฎีช่างเบื้องต้น เรื่องคอกส่วและงานเจาะ นำไปทดลองกับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 ประเภทช่างอุตสาหกรรม ผลการวิจัยปรากฏว่าชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ ภาคทฤษฎี 84.19/83.24 ในภาคปฏิบัติ 94.21/93.66 สูงกว่าเกณฑ์กำหนด 80/80 คะแนน สอบก่อนเรียนและหลังเรียนมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.01

เผด็จ แสนเกษม (2529 : 78) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การสร้างชุดสาธิตการทดลอง สำหรับ วัดสมรรถนะเครื่องยนต์เล็ก เพื่อใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาเขตพระนครเหนือ จำนวน 24 คน ซึ่งผลของการวิจัย ปรากฏว่าชุดสาธิตการทดลองที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้เป็นสื่อการเรียนการสอน งานทดลอง เครื่องกล โดยทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการทดลองสูงกว่าก่อน ดำเนินการทดลองด้วยความเชื่อมั่น 99% และจากการตอบแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิและ นักศึกษามีความเห็นตรงกันว่า ชุดสาธิตทดลองนี้เหมาะสมที่จะไว้เป็นสื่อการเรียนการสอนวิชา งานทดลองเครื่องกล

มณีนันท์ แสนศักดิ์ (2530 : 59) ได้ทำการสร้างชุดการสอนที่มีประสิทธิภาพ วิชาสังคมศึกษา ส 101 ประเทศเรา เรื่อง “โครงสร้างของสังคมไทยและวัฒนธรรมในการดำรงชีพ” ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 มีความมุ่งหมายเพื่อสร้างชุดการสอนที่มีประสิทธิภาพวิชาสังคมศึกษา ส 101 และการศึกษาความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียนโดยใช้ชุดการสอน ตลอดจนศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อชุดการสอน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 100 คน โดยการสุ่มอย่างง่าย ผลการศึกษาค้นคว้าพบว่าชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพสูงตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 คะแนนทดสอบหลังเรียนสูงกว่าคะแนนทดสอบก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อชุดการสอนอยู่ในระดับมีความเหมาะสมมาก

สิงห์คาน แสนยากุล (2531 : 40) ได้ทำการวิจัยเพื่อสร้างชุดการสอน วิชาการหล่อโลหะ เรื่องการหล่อเหวี่ยง ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา

แล้วนำไปทดลองใช้กับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ปีที่ 2 แผนกช่างกลโรงงาน และแผนกช่างเชื่อมโลหะ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครเหนือ จำนวน 50 คน ผลปรากฏว่าชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 88.72/83.68 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 80/80 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญและนักศึกษากลุ่มตัวอย่างต่อชุดการสอนอยู่ในเกณฑ์ดีถึงดีมาก

นพดล เวชวิฐาน (2532 : 35) ได้ทำการวิจัย การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอน เรื่องระบบฉีดน้ำมันอิเล็กทรอนิกส์ รหัส ขอย. 9314 หลักสูตรวิชาช่างยนต์ ระดับประกาศนียบัตร พุทธศักราช 2530 ของกรมอาชีวศึกษา แล้วนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 23 คน ซึ่งเป็นนักศึกษาแผนกช่างยนต์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 3 ของวิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี ผลการวิจัยปรากฏว่าชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 89.84/78.98 ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 ตัวหลังที่กำหนดไว้ 80/80 เล็กน้อย แต่ไม่แตกต่างจากเกณฑ์กำหนดที่ระดับความเชื่อมั่น 99% และผลจากการสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียนมีความแตกต่างกันจริง แสดงว่ากลุ่มตัวอย่างมีความรู้สูงขึ้นจริงเมื่อเรียนด้วยชุดการสอนที่สร้างขึ้น

คำนิง ทองเกตุ (2534 : 37) ได้ทำการวิจัยเพื่อสร้างชุดการสอน เรื่องเครื่องยนต์สันดาป ภายใน ประเภทจุดระเบิดด้วยการอัดอากาศตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ จำนวน 25 คน ผลปรากฏว่าชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 73.40/70.33 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 70/70 แสดงว่าชุดการสอนที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้สอนกับกลุ่มประชากรได้อย่างมีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้น และมีความก้าวหน้าในการเรียนรู้เพิ่มขึ้น

ชูชัย บุญมา (2535 : 82) ได้ทำการวิจัยเพื่อสร้างชุดการสอน เรื่องการเขียนแบบด้วยปากกาเขียนแบบมาตรฐาน หลักสูตรช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ปีที่ 1 จำนวน 40 คน ผลปรากฏว่าชุดการสอนภาคทฤษฎีมีประสิทธิภาพ 86.97/88.59 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 และภาคปฏิบัติมีประสิทธิภาพ 85.89/85.16 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% แสดงว่าชุดการสอนดังกล่าวทำให้ผู้เรียนมีความรู้ความสามารถทางด้านทฤษฎี และปฏิบัติทางการเขียนแบบเพิ่มขึ้น

แมคโคลแมน (McColeman. 1974 : 109-A) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างชุดการสอน กับความชอบในการเรียนสังคมศึกษาของนักศึกษาระดับ 9 จำนวน 24 ห้องเรียน โดยแบ่งนักศึกษออกเป็นกลุ่มควบคุม 1 กลุ่ม และกลุ่มทดลอง 2 กลุ่ม กลุ่มทดลองแยกเป็นกลุ่มที่เรียนด้วยชุดการสอนและเรียนด้วยชุดการสอนประกอบการอภิปรายกลุ่มย่อย ผลการวิจัยพบว่าความชอบในการเรียนวิชาสังคมศึกษาของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และในกลุ่มทดลอง นักศึกษา ชอบเรียนแบบใช้ชุดการสอนประกอบการอภิปรายกลุ่มย่อยมากกว่า

สโตน (Stone. 1975 : 609-A) ได้ทำการวิจัยเรื่องผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้ชุด

การสอนตามเอกัตภาพวิชาคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับ 7 ระดับ 8 จากนักเรียนจำนวน 341 คน โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็นกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ผลการวิจัยสรุปได้ว่า นักเรียนระดับ 7 มีความรู้ทางวิชาการแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ แต่กลุ่มทดลองมีประสบการณ์มากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับระดับ 8 ประสบการณ์ของกลุ่มควบคุมมากกว่ากลุ่มทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนความรู้ทางวิชาการแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

โอลเซน (Olsen, 1975 : 4992-A) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับผลการใช้ชุดการสอนในการศึกษาแผนใหม่ที่ใช้เป็นโครงสร้างเริ่มทดลองในเขตคานาวา จุดมุ่งหมายเพื่อหารายละเอียดเกี่ยวกับโปรแกรมการศึกษาใหม่ ของโรงเรียนประถมศึกษาที่อยู่ในและนอกโครงการของเขตคานาวา นลรัฐเวอร์จิเนียตะวันตก โดยให้ครูที่อยู่ในโรงเรียนในโครงการใช้ชุดการสอนที่ท้องถิ่นต้องการ แต่ครูโรงเรียนนอกเขตโครงการไม่ใช้ชุดการสอนเหล่านั้น ผลการวิจัยปรากฏว่า การศึกษาโดยใช้ชุดการสอนนั้นให้ผลดีกว่าการสอนโดยไม่ใช้ชุดการสอน

จากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดการสอน สรุปได้ว่าการใช้ชุดการสอนประกอบการสอน สามารถเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของการเรียนรู้ให้บรรลุวัตถุประสงค์ได้และสามารถปรับระดับของการเรียนรู้เพื่อประโยชน์ในการเรียนการสอน ทั้งทางภาคทฤษฎีและปฏิบัติ ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยได้นำแนวทางการสร้างชุดการสอนวิชาวิทยาศาสตร์เชรามิกส์ โดยประกอบด้วยคู่มือครู คู่มือนักเรียน วัสดุอุปกรณ์ สื่อการเรียนการสอน รวมถึงแบบทดสอบที่ใช้ประกอบการวิจัยครั้งนี้

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. ด้านพุทธิพิสัย (ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์)

ธีระชัย นนทิภักดิ์ (2530 : 72-74) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบที่มีผลสัมฤทธิ์ทางทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จังหวัดอุดรธานี จำนวน 882 คน ผลการศึกษาพบว่าองค์ประกอบที่มีผลต่อการพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์คือ ลักษณะของการจัดห้องเรียน เจตคติทางวิทยาศาสตร์ วิธีสอนให้นักเรียนด้วยตนเองมากที่สุด

กันยารัตน์ ฤทธิ์บำรุง (2531 : 83) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนโดยการฝึกอภิปรายแก้ปัญหาร่วมกันทั้งห้องเป็นกลุ่มย่อยและแก้ปัญหาเป็นรายบุคคล ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่มีการฝึกอภิปราย แก้ปัญหาร่วมกันทั้งห้องกับฝึกอภิปรายแก้ปัญหาเป็นกลุ่มย่อยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

บุษยาณี ปุจฉาการ (2533 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดราชาธิวาส กรุงเทพมหานคร ปีการศึกษา 2533 จำนวน 100 คน กลุ่มทดลอง 50 คน ได้รับการสอนโดยใช้แบบฝึกการตั้งสมมติฐานและการออกแบบการทดลอง กลุ่มควบคุม 50 คน ได้รับการสอนตามคู่มือครู พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เบญจมาศ สันประเสริฐ (2533 : 81) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้แบบฝึกทักษะทางการทดลองกับของนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครู ผลการศึกษาพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้แบบฝึกทักษะการทดลองกับของนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เดวิส (Davis. 1976 : 4164-A) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนแบบสืบเสาะค้นพบที่ใช้การชี้แนะแนวทาง (Guided - Inquiry Discovery Approach) กับการสอนแบบครูบอกความรู้ตามตำรา (Expository - Text Approach) ที่ส่งผลต่อสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย จำนวน 103 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 51 คน ซึ่งได้รับการสอนแบบสืบเสาะค้นพบที่ใช้การชี้แนะแนวทางกลุ่มควบคุม 52 คน ได้รับการสอนแบบครูบอกความรู้ตามตำรา ผลการทดลองปรากฏว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. ด้านจิตพิสัย (เจตคติทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์)

2.1 เจตคติทางวิทยาศาสตร์

ฉวีรุทพงษ์ เจริญพิทย์ (2524 : 98-105) ได้ศึกษาจริยธรรม และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ของนิสิตวิทยาศาสตร์ศึกษาผลทางด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ พบว่านิสิตวิทยาศาสตร์ศึกษา จะมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับสามัญ ยกเว้นเรื่องการมีขอบเขตในการตัดสินใจอยู่ในระดับไม่พึงปรารถนา และนิสิตวิทยาศาสตร์ศึกษามีเจตคติทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าค่าปกติสถานทั้ง 6 ประการ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับจริยธรรมในระดับปานกลาง

ประทวน อ่อนไสว (2527 : 69) ได้ศึกษาผลการทดลองสอนวิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้บทเรียนโมดูลกับการสอนแบบ สสวท. ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลปรากฏว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้บทเรียนโมดูลกับการสอนแบบ สสวท. แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นักเรียนทั้งสองกลุ่มมีพัฒนาการของเจตคติทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการสอนโดยใช้บทเรียนโมดูลกับนักเรียนที่เรียนด้วยการสอนแบบ สสวท. แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ นักเรียนที่เรียนด้วยการ

สอนโดยใช้บทเรียนโมดูล มีเจตคติต่อการสอนโดยใช้บทเรียน โมดูลเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
 เสียงม วิไลนุวัฒน์ (2527 : 74) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการ
 ทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยม
 ศึกษาปีที่ 3 พบว่าเจตคติทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์ทางบวกกับทักษะกระบวนการทาง
 วิทยาศาสตร์ที่ระดับ .01

พิเชษฐ จับจิตต์ (2534 : 95) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของ
 นักเรียนที่มีการเจริญสมาก่อนเริ่มเรียนกับนักเรียนที่ไม่มีการเจริญสมาก่อนเริ่มเรียน พบความ
 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในด้านความมีเหตุผล แต่ไม่พบความแตกต่างในด้าน
 ความละเอียดถี่ถ้วน และความมานะบากบั่น ด้านความใจกว้าง ด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่น ด้าน
 ความกระตือรือร้นและด้านความซื่อสัตย์

บิลเลห์ และซาคาไรเคส (Billeh and Zarkhariades. 1975 : 157-161) ได้ศึกษา
 เปรียบเทียบเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างนักเรียนระดับมัธยมศึกษา กับนักศึกษามหาวิทยาลัย
 และครูวิทยาศาสตร์ ศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างเจตคติทางวิทยาศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการ
 เรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ผู้วิจัยได้สร้างแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์
 ตามวิธีของเทอร์สโตน (Thurstone) โดยสร้างข้อความทั้งเชิงนิเสธ และเชิงนิมาน จำนวน 36 ข้อ
 ไปทำการทดสอบ ผลปรากฏว่านักเรียนระดับมัธยมศึกษา กับนักศึกษามหาวิทยาลัย มีเจตคติทาง
 วิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับ
 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

2.2 เจตคติต่อวิทยาศาสตร์

กิตติศักดิ์ เสมารธรรมานนท์ (2531 : 77) ได้ศึกษาเจตคติต่อการสอนวิชาวิทยาศาสตร์
 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มที่เรียนด้วยการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้บทเรียน
 โปรแกรมสไลด์-เทปประกอบสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการสอนตามคู่มือครู อย่างมีนัยสำคัญ
 ทางสถิติที่ระดับ .01

พนิดา ภิสัชเพ็ญ (2534 : 77) ได้ศึกษาถึงผลการเปรียบเทียบเจตคติต่อการเรียน
 การสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้กลุ่มประชากร
 จำนวน 66 คน ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดการสอนมินิคอร์สมีเจตคติต่อ
 การเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน และด้านสื่อการ
 สอน แตกต่างจากนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ $P < .005$) ยกเว้น
 ด้านการนำความรู้ไปใช้แตกต่างกัน เรื่องคุณค่าอาหาร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ $P < .025$)

อัญชลี เลาเหลิชัย (2537 : 79) ได้ศึกษาเจตคติต่อการสอนวิชาวิทยาศาสตร์

พาณิชยกรรม เรื่องคุณค่าอาหาร ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ปีที่ 2 โดยใช้กลุ่มประชากร 80 คน พบว่านักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้เทคนิคการประชาสัมพันธ์สูงกว่าการสอนตามคู่มือครู อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. ด้านทักษะพิสัย

ทักษะปฏิบัติการทดลอง

อุษณีย์ วิเศษพานิช (2524) ได้ศึกษาผลของจำนวนนักเรียนในกลุ่มทดลองวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีต่อทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 2 กลุ่มตัวอย่างประชากรระดับละ 72 คน แบ่งกลุ่มทำการทดลองเป็น 2, 4 และ 6 คน เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล คือตารางแบบประเมินทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ แล้วนำผลมาวิเคราะห์ และทดสอบความมีนัยสำคัญด้วย t-test ผลการวิจัย พบว่า

1. ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่ม 6 คน แตกต่างจากนักเรียนกลุ่ม 4 คน และกลุ่ม 2 คน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ยกเว้นนักเรียนกลุ่ม 2 คน กับกลุ่ม 4 คน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

2. ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่ม 2 คน แตกต่างจากกลุ่ม 4 คน และกลุ่ม 6 คน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ยกเว้นนักเรียนกลุ่ม 4 คน และกลุ่ม 6 คน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ยกเว้นนักเรียนกลุ่ม 4 คน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ศรีสุวรรณ เดชอุดม (2528 : 60) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับทักษะภาคปฏิบัติวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัชรวิทยา จังหวัดกำแพงเพชร โดยใช้กลุ่มตัวอย่างประชากร จำนวน 262 คน และผู้วิจัยกับผู้ช่วยผู้วิจัยซึ่งเป็นครูวิทยาศาสตร์ได้ใช้แบบสังเกตพฤติกรรมด้านทักษะภาคปฏิบัติวิชาวิทยาศาสตร์ สังเกต และบันทึกทักษะภาคปฏิบัติวิชาวิทยาศาสตร์ ขณะนักเรียนปฏิบัติการทดลอง รวม 7 ทักษะ แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ ผลการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนที่มีทักษะภาคปฏิบัติวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวนร้อยละ 47.48 โดยจำนวนนักเรียนที่มีทักษะภาคปฏิบัติวิชาวิทยาศาสตร์ถูกต้องในแต่ละห้องเรียนดังนี้ ห้องมัธยมศึกษาปีที่ 1/1 ร้อยละ 46.42 มัธยมศึกษาปีที่ 1/2 ร้อยละ 44.28 มัธยมศึกษาปีที่ 1/3 ร้อยละ 41.42 มัธยมศึกษาปีที่ 1/4 ร้อยละ 55.0 มัธยมศึกษาปีที่ 1/5 ร้อยละ 42.14 มัธยมศึกษาปีที่ 1/6 ร้อยละ 50.71 มัธยมศึกษาปีที่ 1/7 ร้อยละ 52.14

2. นักเรียนมีทักษะภาคปฏิบัติวิชาวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าเกณฑ์ที่คาดหวัง ได้แก่ ทักษะการใช้เครื่องชั่ง ทักษะการใช้ตะเกียง ทักษะการใช้ช้อนตักสาร ทักษะการใช้หลอดจีดยา ทักษะการใช้หลอดหยดและทักษะการคนสาร ส่วนทักษะการจับเวลานั้นนักเรียนมีคะแนน

อยู่ในเกณฑ์สูงกว่าที่คาดหวัง คืออยู่ในระดับเกณฑ์พอใจ

3. การสอนแบบสาธิตทักษะการใช้อุปกรณ์ก่อนการทดลองทุกครั้งกับการสอนแบบทดลอง จะทำให้ผลของคะแนนทักษะภาคปฏิบัติวิชาวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.05

เบญจมาศ สันประเสริฐ (2533 : 85) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบความคิดวิจารณ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้แบบฝึกทักษะการทดลอง ผลการศึกษาพบว่าความคิดวิจารณ์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้แบบฝึกทักษะ การทดลองหลังการสอนสูงกว่าการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

รชนี บุญเรือง (2535 : 118) ได้ศึกษาความสามารถในด้านทักษะปฏิบัติการทดลองวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนโดยการประยุกต์กิจกรรมกลุ่มควบคุมคุณภาพกับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูของ สสวท. แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

บีสลิย์ (Beasley. 1979 : 528-529) ได้ศึกษาผลของการฝึกทักษะภาคปฏิบัติ โดยวิธีปฏิบัติจริงและวิธีการติดต่อการทำปฏิบัติการทดลองเคมีของนักเรียนวิชาเคมีพื้นฐานเพื่อศึกษา

1. ผลของการฝึกทักษะด้วยการปฏิบัติการทดลองอย่างเดียว
2. ผลของการฝึกทักษะด้วยการคิดอย่างเดียว
3. ผลของการฝึกทักษะการปฏิบัติการทดลองและการคิดร่วมกัน

แบ่งนักศึกษาออกเป็น 4 กลุ่มคือ กลุ่มควบคุม 1 กลุ่มควบคุม 3 กลุ่มการประเมินผลปฏิบัติการทดลองใช้เกณฑ์ในการประเมิน 2 เกณฑ์ คือ ความถูกต้องแม่นยำ (Accuracy) และความคงที่แน่นอน (Precision) โดยใช้วิธีการสังเกตพฤติกรรมของนักศึกษาระหว่างการทดลองทำการสังเกต 3 สัปดาห์ แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาความแปรปรวนผลการวิจัยพบว่า

1. ทักษะภาคปฏิบัติของนักศึกษาที่ได้รับการฝึกทักษะแบบต่าง ๆ ทั้ง 3 กลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

2. นักศึกษาที่ได้รับการฝึกทักษะภาคปฏิบัติการทดลองแตกต่างจากกลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึก อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งแสดงว่าการได้ฝึกทักษะในการปฏิบัติการทดลองทำให้มีเทคนิคการทดลองถูกต้องแม่นยำ

โกเฮล (Goel. 1981 : 646) ได้ศึกษาผลของการทราบวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของการทดลองต่อการมีทักษะภาคปฏิบัติ และต่อทักษะการคิดของนักเรียนที่เรียนฟิสิกส์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา

1. ความสัมพันธ์ระหว่างการเปิดเผยวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของการทดลองกับการมีทักษะภาคปฏิบัติในการทดลองของนักเรียน

2. ความแตกต่างของระดับการมีทักษะภาคปฏิบัติในการทดลองระหว่างกลุ่มที่ทราบวัตถุประสงค์กับกลุ่มที่ไม่ทราบวัตถุประสงค์

3. ความแตกต่างของทักษะการคิดของนักเรียนที่ทราบวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับนักเรียนที่ไม่ทราบวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาในกรุงเทพฯ จำนวน 28 โรงเรียน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง 14 โรงเรียน กลุ่มควบคุม 14 โรงเรียน กลุ่มทดลองที่ทราบวัตถุประสงค์มี 3 ประเภท คือ

1. ทราบวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมการทดลอง 1 วัน ก่อนทำการทดลอง
2. ได้อ่านและทำความเข้าใจวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมการทดลองมาแล้วอย่างดี
3. มีความรู้ในเรื่องที่ทำการกำหนดมาก่อนแล้ว และหลังจากการทดลองเสร็จสิ้นแล้วสามารถทดสอบได้ว่าบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมทำการทดลองเดียวกัน หลังจากนั้นประเมินผลทักษะภาคปฏิบัติในการทดลองและพัฒนาการคิด นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนผลการวิจัยพบว่า

1. ทักษะภาคปฏิบัติในการทดลองของนักเรียนที่ทราบวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมแตกต่างจากนักเรียนที่ไม่ทราบวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

2. ทักษะการคิดของนักเรียนที่ทราบวัตถุประสงค์พฤติกรรมแตกต่างจากนักเรียนที่ไม่ทราบวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

4. ด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

บรรจงลักษณ์ แจ่มพุ่ม (2533 : 97) ได้ศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่สอนโดยใช้ชุดการเรียนรู้ด้วยตนเองฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ พบว่าความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มที่เรียนด้วยชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ แตกต่างจากการสอนตามคู่มือครูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

พัฒนานุสรณ์ สถาพรวงศ์ (2533 : 142) ได้พัฒนารูปแบบการสอนเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา โดยใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ที่เบสเมอร์ และเทรฟฟินเจอร์ พัฒนาขึ้นมาวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนพบว่าสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ในมิติการคิด มโนทัศน์การเพาะความคิด และมโนทัศน์ความสมเหตุสมผลตามศาสตร์ได้

กัมปนาท วัชรธนาคม (2534 : ก-ข) เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์

ทางวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนชายและนักเรียนหญิง ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่าความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สูงกว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชายและนักเรียนหญิงไม่แตกต่างกัน ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความสัมพันธ์กันทางบวก

ชูเกียรติ บุญชนะนันท์ (2534 : ก-ข) เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนชายและนักเรียนหญิง ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่าความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สูงกว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชายและนักเรียนหญิงไม่แตกต่างกัน และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความสัมพันธ์กันทางบวก

คณิง สายแก้ว (2535 : 1-2) เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของเด็กปฐมวัยที่ได้รับการจัดประสบการณ์ โดยใช้กิจกรรมมุ่งเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการจัดประสบการณ์โดยใช้กิจกรรมตามแผนการจัดประสบการณ์ของสำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ พบว่าเด็กปฐมวัยที่ได้รับการจัดประสบการณ์โดยใช้กิจกรรมมุ่งเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีความคิดสร้างสรรค์ในด้านความคิดคล่องแคล่ว ความคิดริเริ่มความละเอียดลออ สูงกว่าเด็กปฐมวัยที่ได้รับการจัดประสบการณ์โดยการใช้กิจกรรมตามแผนการจัดประสบการณ์ของคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ

สมปัญญา ศรีภคานนท์ (2535 : 116) ได้ศึกษาความสามารถในการสร้างสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้ชุดกิจกรรมการสร้างสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์กับชุดกิจกรรม การซ่อมแปลงสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์ พบว่าบทเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมสร้างสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์และที่เรียนกับชุดกิจกรรมซ่อมแปลงสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์ มีความสามารถในการสร้างสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เจนกาญจน์ ทองมา (2540 : 103) ได้เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยฝึกสร้างเกมวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์กับการเรียนการสอนตามแนวของ สสวท. พบว่า

1. นักเรียนที่ได้รับการสอนฝึกสร้างเกมวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนวการสอนของ สสวท. มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ แตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญที่ระดับ .01

2. นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยฝึกสร้างเกมวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนวการสอนของ สสวท. มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ด้านความคิดในการคิด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยฝึกสร้างเกมวิทยาศาสตร์กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนวการสอนของ สสวท. มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ด้านความคิดความคิดยืดหยุ่น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4. นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยฝึกสร้างเกมวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนวการสอนของ สสวท. มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ด้านความคิดริเริ่มไม่แตกต่างกัน

ฟาร์เนส และมิโคส (ฮารี รังสินันท์. 2532 : 105-106 ; อ้างอิงมาจาก Farnes and Meedos. n.d.) ได้ทดลองใช้วิธีระดมสมองในการหาวิธีแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์โดยให้ทุกคนพูดถึงวิธีการแก้ปัญหา ซึ่งใช้วิธีศึกษาทดลองเปรียบเทียบโดยให้กลุ่มที่หนึ่งใช้วิธีระดมสมองก็ให้ทุกคนพูดเท่าที่คิดออกมาไม่จำเป็นต้องเป็นวิธีการแก้ปัญหาที่ดีและเกี่ยวข้อง ให้พูดเท่าที่มีความคิดที่ดีและมีความสัมพันธ์กับเรื่องพบว่าเป็นระยะเวลาเท่าที่กลุ่มที่ใช้วิธีระดมสมอง มีความคิดแก้ปัญหามาก และได้ผลสูงกว่าอีกกลุ่มหนึ่ง

จากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย ทักษะพิสัย และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและพฤติกรรมในแต่ละด้านสามารถวัดเพื่อศึกษาพัฒนาการของผู้เรียนได้ ซึ่งผลการเรียนสามารถนำมาปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสมกับความแตกต่างระหว่างกลุ่มและบุคคลได้ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอน ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยได้นำแนวทางการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้ง 4 ด้าน เพื่อนำไปใช้ในช่วงของการทดลองสอนประกอบการวิจัยครั้งนี้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้แบ่งการดำเนินการออกเป็น 5 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การสร้างและพัฒนาเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็กโดยใช้วัสดุอุปกรณ์บางส่วนภายในประเทศ

ตอนที่ 2 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้น

ตอนที่ 3 การศึกษาสูตรเคลือบสีเผาไหม้ที่เหมาะสมที่เคลือบบนเนื้อดินปั้นจาก 3 แหล่ง

ตอนที่ 4 การศึกษาทดลองการเปลี่ยนแปลงระดับค่าความอ่อนแก่ของสีโดยการผสมปริมาณของสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) 3 ชนิด ในสูตรเคลือบสีเผาไหม้ที่เคลือบบนเนื้อดินปั้นจาก 3 แหล่ง

ตอนที่ 5 การทดลองสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องเซรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้ชุดการสอนที่สร้างขึ้น

แต่ละตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 การสร้างและพัฒนาเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก โดยใช้วัสดุอุปกรณ์บางส่วนภายในประเทศ

ในตอนนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดเกี่ยวกับวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองสถานที่ ระยะเวลาในการทดลอง และการวิเคราะห์ข้อมูล

1. วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

การวิจัยในตอนนี้ใช้วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือ (1.1)

วัสดุ (1.2) อุปกรณ์และเครื่องมือ

1.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลองมี 28 รายการดังต่อไปนี้

1.1.1 เหล็กฉาก ขนาด $1\frac{1}{2}$ นิ้วหนา $\frac{1}{8}$ นิ้ว จำนวน 1 เส้น (6 เมตร)

1.1.2 เหล็กแผ่น ขนาด 47 x 47 ซม. หนา 1 มม. จำนวน 1 แผ่น

1.1.3 เหล็กตัวยู ขนาด 1 นิ้ว x 2 นิ้ว หนา 3 มม. จำนวน 1 เส้น

1.1.4 เหล็กตัวยู ขนาด 1 นิ้ว x $1\frac{1}{2}$ นิ้ว หนา 3 มม. จำนวน 1 เส้น

- 1.1.5 เหล็กตัวยู ขนาด $\frac{1}{4}$ นิ้ว x 1 นิ้ว หนา 3 มม. จำนวน 1 เส้น
- 1.1.6 ลูกล้อยเหล็ก เส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว จำนวน 4 ล้อ
- 1.1.7 แผ่นอลูมิเนียม ขนาด 44 x 52 ซม. จำนวน 5 แผ่น
- 1.1.8 อิฐทนไฟชนิดไฮดรอลิมน้ำ ขนาด 6.5 x 11.5 x 23 ซม. จำนวน 60 ก้อน
- 1.1.9 มือจับ จำนวน 1 อัน
- 1.1.10 ตะขอสปริงล็อกฝา จำนวน 2 ชุด
- 1.1.11 โช้คส้อมยึดฝา ยาว 40 ซม. จำนวน 2 เส้น
- 1.1.12 น็อตร้อย ขนาด $\frac{1}{4}$ นิ้ว จำนวน 2 ชุด
- 1.1.13 หมุดย้ำเส้นผ่าศูนย์กลาง $\frac{1}{3}$ นิ้ว ยาว $\frac{1}{4}$ นิ้ว จำนวน 60 ตัว
- 1.1.14 ลวดเชื่อมไฟฟ้า ขนาด 2.6 มม. จำนวน 1 ก่อ่ง
- 1.1.15 กระดาษทรายหยาบ จำนวน 1 โหล
- 1.1.16 ลวดความร้อนชนิด Kanthal Wire A1 จำนวน 1 กิโลกรัม
- 1.1.17 ท่อร้อยฉนวนเซรามิกส์ จำนวน 60 อัน
- 1.1.18 สายไฟทนความร้อน ยาว 1 เมตร
- 1.1.19 Speed bolt จำนวน 8 อัน
- 1.1.20 สวิตซ์ตัดไฟอัตโนมัติขนาด 30 แอมป์ จำนวน 1 อัน
- 1.1.21 Pyrometer อุณหภูมิ 30 แอมป์ จำนวน 1 อัน
- 1.1.22 Thermocouple ชนิด Chromel-Alumel 1 ชุด
- 1.1.23 สีกันสนิม จำนวน 2 กระป๋อง
- 1.1.24 สีสทนความร้อน จำนวน 4 กระป๋อง
- 1.1.25 สกรูเกลียวปล่อย ขนาด $\frac{1}{2}$ นิ้ว จำนวน 4 โหล
- 1.1.26 เซรามิก ไฟเบอร์ (Ceramic Fiber) จำนวน 1 ม้วน
- 1.1.27 กระเบื้องแผ่นเรียบ หนา 4 มิลลิเมตร 1 แผ่น (4 x 8 ฟุต)
- 1.1.28 ทรายหยาบ จำนวน 1 ลูกบาศก์ฟุต
- 1.2 อุปกรณ์และเครื่องมือมี 14 รายการคือ
 - 1.2.1 เครื่องเชื่อมไฟฟ้าพร้อมอุปกรณ์ จำนวน 1 ชุด
 - 1.2.2 สว่านแท่นเจาะ จำนวน 1 แท่น
 - 1.2.3 สว่านมือพร้อมอุปกรณ์ จำนวน 1 ชุด
 - 1.2.4 หัวเจียรนัยทรงกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง $\frac{3}{4}$ นิ้ว จำนวน 1 หัว

1.2.5 หัวเจียร์นัยทรงกระบอก เส้นผ่าศูนย์กลาง $\frac{1}{2}$ นิ้ว ยาว $\frac{3}{4}$ นิ้ว จำนวน 1 หัว

1.2.6 เครื่องเจียร์นัยมือถือ จำนวน 1 เครื่อง

1.2.7 เครื่องวัดอุณหภูมิ Pyrometer Thermocouple จำนวน 1 ชุด

1.2.8 เลื่อยตัดเหล็ก จำนวน 1 อัน

1.2.9 ฉากวัดมุม จำนวน 1 อัน

1.2.10 คีมล็อก จำนวน 1 อัน

1.2.11 ไชควง จำนวน 1 อัน

1.2.12 คลิปเมตร ยาว 2 เมตร จำนวน 1 อัน

1.2.13 ขอบขีด จำนวน 1 อัน

1.2.14 สะพานไฟ ขนาด 60 แอมป์ จำนวน 1 ชุด

2. สถานที่และระยะเวลาในการทดลอง

การวิจัยในขั้นตอนนี้ ใช้สถานที่ในการทดลองดังนี้

2.1 โรงฝึกงาน ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร กรุงเทพมหานคร

2.2 สาขาวิชาเซรามิกส์ ภาควิชาทัศนศิลป์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร กรุงเทพมหานคร

โดยใช้เวลาในการทดลองตั้งแต่เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2539 ถึงเดือน มีนาคม พ.ศ. 2540 รวมเวลา 6 เดือน

3. การดำเนินการทดลอง

ผู้วิจัยได้แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ขั้น ดังนี้คือ ขั้นที่ 1 การศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับเตาเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ (เตาไฟฟ้า) เพื่อการออกแบบ ขั้นที่ 2 การสร้างเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็กและศึกษาข้อมูลของเตาเผาที่สร้างขึ้น ขั้นที่ 3 การพัฒนาวัสดุทดแทนประเภทฉนวนกันความร้อน โดยเปรียบเทียบกับวัสดุทนไฟมาตรฐานคือเซรามิกไฟเบอร์ (Ceramic Fiber) และขั้นที่ 4 การทดสอบหาประสิทธิภาพและประเมินสมรรถนะของเตาเผาที่ได้รับการพัฒนาแล้ว โดยให้เหมาะสมกับการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องเซรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีรายละเอียดแต่ละขั้นดังนี้

ขั้นที่ 1 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก (เตาไฟฟ้า) เพื่อการออกแบบ โดยศึกษาในหัวข้อดังนี้

1. ศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในการเรียนการสอน
2. ศึกษารายละเอียดของเตาเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์และส่วนประกอบ

ของเตาเพื่อจัดหาวัสดุอุปกรณ์ที่เหมาะสมเพื่อนำมาทำผลิตภัณฑ์

3. ออกแบบชิ้นส่วนอุปกรณ์ให้ถูกต้องเหมาะสมโดยผ่านการตรวจสอบความถูกต้องทางเทคนิคและวิชาการจากผู้เชี่ยวชาญ

4. เขียนแบบรายละเอียดของเตาเผาอุณหภูมิขนาดเล็ก โดยผ่านการแก้ไขจุดบกพร่องต่าง ๆ โดยระบุถึงวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างและพัฒนา เป็นลักษณะของรายละเอียดประกอบภาพและภาพแยกชิ้นของโครงสร้างเตารูปทรงสี่เหลี่ยม ขนาดกว้าง 54 เซนติเมตร สูง 59 เซนติเมตร ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1 โครงสร้างภายนอกของเตา ใช้โครงสร้างเหล็กฉากขนาด $1 \frac{1}{2}$ นิ้วหนา $\frac{1}{8}$ นิ้ว เป็นวัสดุครอบยึดโครงสร้างกับอิฐทนไฟ มีฝาปิดด้านบน (Top Loading) ครอบอิฐทนไฟด้วยเหล็กตัวยูขนาด 3×2 นิ้ว และผนังติดตั้งวัสดุประเภทฉนวนกันความร้อนยึดด้วยเหล็กตัวยู ขนาด $1 \frac{1}{2}$ นิ้ว ร่องภายในกว้าง $\frac{3}{4}$ นิ้ว มีปริมาตรภายใน 1 ลูกบาศก์ฟุต พื้นด้านในปูด้วยเหล็กแผ่นขนาด 47×47 ซม. หนา 1 มม. ยึดติดโครงสร้างโดยการเชื่อมจุด การยึดโครงสร้างของเหล็กทั้งหมดยึดด้วยการเชื่อมไฟฟ้า

4.2 อิฐทนไฟภายในพื้นเตา ผนังเตา และฝาเตาใช้อิฐทนไฟชนิดเบาระเภทไฮโดรลูมินา (High Alumina) ที่ผลิตขึ้นภายในประเทศ อิฐบริเวณผนังเตาทำการเจาะร่องเพื่อวางขดลวดความร้อนเส้นผ่าศูนย์กลาง $\frac{3}{4}$ นิ้ว อิฐทนไฟบริเวณฝาเตาใช้การเจาะร่องเข้าลิ้นเพื่อยึดอิฐให้เข้ากันประกอบกับฝาเตา

4.3 ลูกถ้วยเหล็กยึดต่อโครงสร้างด้านล่างด้วยการเชื่อมไฟฟ้าทั้ง 4 มุมของเตาเผา

4.4 ส่วนฝาเตายึดติดเตาด้วยการใช้น็อตขนาด $\frac{1}{4}$ นิ้ว เป็นลักษณะของการเปิดบน (Top Loading) พร้อมกับรั้งด้วยโซ่ยาว 40 ซม. และติดตั้งตะขอสปริงล็อกฝา 2 ชุด

4.5 ลวดความร้อนเป็นขดลวดความต้านทานไฟฟ้าชนิด แคนทัล (Kanthal Wire) ชนิด A1 เส้นผ่าศูนย์กลาง 2 มม. ระยะห่างด้านนอกของขดลวด 12 มม. ระยะห่างต่อขด 6 มม. ซึ่งผ่านการคำนวณอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ (แสดงการคำนวณในภาคผนวก ข.)

4.6 ท่อฉนวนไฟฟ้าเป็นบล็อกเซรามิกส์เส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร จำนวน 60 อัน ใช้ร้อยลวดความร้อน ในส่วนที่อยู่ภายนอกอิฐทนไฟ เพื่อป้องกันความร้อนไม่ให้สัมผัสกับโครงเตาและป้องกันการสูญเสียความร้อน

4.7 Speed Bolt เป็นอุปกรณ์รัดลวดความร้อนกับสายไฟทนความร้อน โดยสอดสายไฟประกบกับลวดความร้อน ขันให้แน่น

4.8 สายไฟทนความร้อน เป็นอุปกรณ์ชนิดทนความร้อนสูง ฉนวนเป็นวัสดุทนความร้อน หุ้มสายไฟให้เกิดความปลอดภัยสูง

4.9 สวิตช์ (Switch) ใช้ขนาดทนกระแสไฟได้ถึง 30 แอมป์ และเป็นชนิดตัดไฟได้อัตโนมัติในกรณีกระแสไฟเกิน เพื่อป้องกันอุปกรณ์ส่วนอื่นชำรุด

ขั้นที่ 2 การสร้างเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็กและการประกอบเข้าด้วยกัน ในขั้นที่ 2 นี้ มีขั้นตอนการสร้างตามลำดับ (สามารถศึกษาเพิ่มเติมได้ในรายการประกอบแบบของภาคผนวก ข.) ดังนี้

1. ตัดเหล็กขนาดต่าง ๆ ตามรายการประกอบแบบที่ได้ทำการออกแบบไว้อย่างถูกต้อง
2. เชื้อเพลิงอิฐทนไฟเพื่อทำการติดตั้งลดความร้อน พร้อมทั้งการเจาะรูสอดลดความร้อน จำนวน 8 รู ตามรายการประกอบแบบ
3. เชื้อเพลิงอิฐทนไฟในลักษณะการเข้าลิ้นเพื่อใช้ประกอบกับส่วนฝาของเตา
4. ติดลดทนความร้อน ให้มีระยะห่างด้านนอก 12 มม. ระยะห่าง 9 มม. ยาวรวมทั้งหมด 1.50 เมตร จำนวน 4 ชุด
5. เชื่อมโครงสร้างของตัวเตา โครงสร้างฝา โครงสร้างช่องใส่ฉนวนกันความร้อนมาตรฐานและฉนวนประเภทวัสดุทดแทนที่ทำการสร้างขึ้น รวมถึงการติดตั้งล้อเหล็ก 4 ล้อ
6. เชื่อมแผ่นเหล็กขนาด 47 x 47 ซม.หนา 1 มม. บริเวณส่วนพื้นเตาแล้วทำการทาสีกันสนิม
7. เรียงอิฐทนไฟที่พื้นเตาและด้านผนังเตายึดอิฐทนไฟแต่ละก้อนด้วย Mortar แล้วเชื่อมเหล็กฉาก ปิดขอบอิฐด้านบนสุดทั้ง 4 ด้าน
8. ประกอบอิฐทนไฟบริเวณฝาเตาโดยการเข้าลิ้น แล้วเชื่อมประกบปิดให้แน่นหนา
9. ประกอบฝาเตาเข้ากับเตาเผาโดยสวมน็อตยึด จำนวน 2 จุด
10. เชื่อมโซ่ยึดฝาเตาเข้ากับตัวเตา
11. ติดตั้งตะขอสปริงล็อกฝาเตา
12. ประกอบฉนวนกันความร้อนมาตรฐาน (Ceramic Fiber) ที่ส่วนฝาและด้านข้างจำนวน 1 ด้าน ด้านที่เหลือติดตั้งวัสดุทนความร้อน ที่ใช้ทำการทดลองจำนวน 3 ชนิด
13. ยึดแผ่นอลูมิเนียม ในส่วนที่ประกบติดฉนวนกันความร้อนมาตรฐาน Ceramic Fiber โดยใช้หมุดย้ำ

14. ประกอบลวดความร้อนทั้ง 4 ชุด ในร่องด้านในของอิฐทนความร้อน
15. ประกอบลวดความร้อนยึดติดกับสายไฟด้วย Speed Bolt และต่อสายไฟเข้ากับสวิตช์ขนาด 30 แอมป์ หลังจากนั้นต่อสายไฟออกจากสวิตช์ทั้ง 2 เส้น
16. ปิดส่วนของสายไฟต่าง ๆ ด้วยกล่องสี่เหลี่ยมโลหะ ภายในด้วย Ceramic Fiber
17. ติดตั้ง Thermocouple เข้ากับ Pyrometer
18. ตรวจสอบความเรียบร้อยของสภาพเตาเผาระบบไฟ รวมถึงระบบการวัดอุณหภูมิ และความแข็งแรงของโครงสร้างเตาเผา
19. ทดลองการทำงานของเตาเผาที่ใช้ ทดสอบสมรรถภาพการทำงานของเตาเผา และอุณหภูมิความร้อนที่ได้สร้างขึ้น แล้วเปรียบเทียบคุณสมบัติเฉพาะตัวของวัสดุแต่ละชนิด เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์
20. ทดลองการทำงานของเตาเผาอีกครั้งจนแน่ใจว่าไม่พบจุดบกพร่องใด ๆ

ขั้นที่ 3 การพัฒนาวัสดุทดแทนประเภทฉนวนกันความร้อนโดยเปรียบเทียบฉนวนกันความร้อนมาตรฐานคือ เซรามิกไฟเบอร์ (Ceramic Fiber)

1. ทดสอบคุณสมบัติของวัสดุทดแทนประเภทฉนวนกันความร้อน ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้
 - 1.1 แผ่นฉนวนกันความร้อนมาตรฐาน เซรามิกไฟเบอร์ (Ceramic Fiber) ยึดติดด้านข้างผนังเตา เพื่อเป็นวัสดุสอบเทียบมาตรฐาน
 - 1.2 กระเบื้องแผ่นเรียบ ความหนา 4 มิลลิเมตร จำนวน 4 แผ่น วางซ้อนกันในแนวตั้งยึดติดด้านข้างผนังเตาเพื่อสอบเทียบ
 - 1.3 กระเบื้องแผ่นเรียบ ความหนา 4 มิลลิเมตร จำนวน 2 แผ่น ระหว่างแผ่นแทรกด้วยทรายหยาบปริมาตร 1472 ลูกบาศก์เซนติเมตร ยึดติดด้านข้างผนังเตาเพื่อสอบเทียบ
 - 1.4 แผ่นอิฐดินเผาต้านเคียวิน (ดินทองถิ่น) ผสมทรายร้อยละ 20 เเผที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส มีความหนา 15 มิลลิเมตร ยึดติดด้านข้างผนังเตาเพื่อสอบเทียบ
2. ทดสอบการใช้งานโดยเผาค้อนเนื้อให้ได้อุณหภูมิที่เหมาะสมกับการทดลองที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส ถึง 1200 องศาเซลเซียส
3. การวิเคราะห์ข้อมูลวัสดุทดแทนประเภทฉนวนกันความร้อน เมื่อทำการเปรียบเทียบกับวัสดุทนความร้อนประเภทเซรามิกไฟเบอร์ (Ceramic Fiber) โดยใช้เวลาในการทดลองเผาอุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส เวลา 6 ชั่วโมง แล้ววัดอุณหภูมิพื้นผิวยานอก(Cold Face

Temperature) อุณหภูมิด้านใน (Hot Face Temperature) ได้ 290 องศาเซลเซียส ทั้ง 4 ด้าน โดยวัดทุก ๆ 1 ชั่วโมง เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เพื่อวัดอุณหภูมิในแต่ละกรณี คือ

3.1 วัดอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกของเซรามิกไฟเบอร์ (Ceramic Fiber)

3.2 วัดอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกของกระเบื้องแผ่นเรียบ

3.3 วัดอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกของกระเบื้องแผ่นเรียบระหว่งแผ่น

แทรกด้วยทรายหยาบ

3.4 วัดอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกของแผ่นอิฐดินเผาด้านเกวียน (ดิน

ท้องถิ่น)

ขั้นที่ 4 การทดสอบหาประสิทธิภาพและประเมินสมรรถนะของเตาเผาที่ได้รับการพัฒนาแล้ว ให้เหมาะสมกับการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องเซรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (ดูได้จากภาคผนวก ก.) มีรายละเอียดดังนี้

4.1 สมรรถนะที่ใช้ประเมิน

ด้านที่ 1 กายภาพทั่วไป

ด้านที่ 2 การใช้งาน

ด้านที่ 3 การบำรุงรักษา

ด้านที่ 4 สมรรถนะในการเผา

ด้านที่ 5 ความเหมาะสมของเตาเผาที่ได้รับการพัฒนา (ที่สร้างขึ้น)

แต่ละด้านประเมินโดยใช้ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านเซรามิกส์โดย

จำแนกเป็น 5 ระดับ คือ

5 หมายถึง เตาเผาที่สร้างขึ้น มีสมรรถนะ “ในระดับดีมาก”

4 หมายถึง เตาเผาที่สร้างขึ้น มีสมรรถนะ “ในระดับดี”

3 หมายถึง เตาเผาที่สร้างขึ้น มีสมรรถนะ “ในระดับพอใช้”

2 หมายถึง เตาเผาที่สร้างขึ้น มีสมรรถนะ “ในระดับควรปรับปรุง”

1 หมายถึง เตาเผาที่สร้างขึ้น มีสมรรถนะ “ในระดับยังใช้ไม่ได้”

นอกจากนั้นยังใช้ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญซึ่งบันทึกเป็นข้อความประกอบการประเมินอีกด้วย

ผู้เชี่ยวชาญดังกล่าวมีจำนวน 5 ท่าน ดังนี้

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ โกมล รัชวงศ์ จากภาควิชาเครื่องปั้นดินเผา คณะอุตสาหกรรมศึกษา สถาบันราชภัฏพระนคร

2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เวนิช สุวรรณโมลี จากภาควิชาเครื่องเคลือบดินเผา คณะมัณฑนศิลป์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เกษม พุกกะวัน จากภาควิชาเทคโนโลยีวัสดุ
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

4. อาจารย์ สมศักดิ์ ขวาลาวัณย์ และอาจารย์ พนมศักดิ์ สุวิสุทธิ จากสาขาวิชา
เซรามิกส์ ภาควิชาทัศนศิลป์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและพัฒนาเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก
ผู้วิจัยได้แยกการวิเคราะห์ดังนี้

4.1 วิเคราะห์วัสดุทดแทนประเภทฉนวนกันความร้อน การวิเคราะห์ในส่วนนี้เป็นการ
การวิเคราะห์วัสดุทดแทน 3 ประเภทคือ กระเบื้องแผ่นเรียบ จำนวน 4 แผ่นซ้อนกัน กระเบื้องแผ่น
เรียบแทรกด้วยทรายหยาบ และแผ่นอิฐดินเผา โดยเปรียบเทียบกับแผ่นเซรามิกไฟเบอร์ (Ceramic
Fiber) ที่ใช้เป็นมาตรฐานโดยวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับเวลา (ชั่วโมง/อุณหภูมิพื้นผิวภายนอกด้าน
Cold Face) แล้วจัดลำดับที่ของความเหมาะสมของการใช้ทดแทน โดยลำดับที่ 1 แทนข้อมูลของ
เซรามิกไฟเบอร์ที่ใช้เป็นมาตรฐาน ส่วนวัสดุทดแทนที่เหลือจัดเรียงลำดับตามความสามารถในการ
กันความร้อนที่สามารถทดแทนเป็นลำดับที่ 2, 3 และ 4 เป็นไปตามลำดับ

4.2 วิเคราะห์เพื่อประเมินสมรรถนะของเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก การวิเคราะห์
ในส่วนนี้แยกกระทำเป็น 2 กรณีคือ

กรณีที่ 1 ใช้วิธีการคำนวณค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานจากความเห็น
ของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ที่เป็นผู้ประเมินสมรรถนะของเตาเผาฯ ตามแบบประเมินที่กำหนดให้
ซึ่งในแบบประเมินดังกล่าว กำหนดให้มีการประเมินสมรรถนะของเตาเผาในด้านต่าง ๆ 5 ด้าน คือ
ด้านกายภาพทั่วไป ด้านการใช้งาน ด้านการบำรุงรักษา ด้านสมรรถนะในการเผา และด้านความ
เหมาะสมของเตาเผาที่ได้รับการพัฒนา (ที่สร้างขึ้น) ในแต่ละด้านมีประเด็นให้พิจารณาเป็นรายชื่อ
ซึ่งแต่ละข้อกำหนดเกณฑ์ในการประเมินเป็น 5, 4, 3, 2 และ 1 ซึ่งหมายถึง เตาเผาที่สร้างขึ้นมี
สมรรถนะในระดับ ดีมาก ดี พอใช้ ควรปรับปรุง และยังใช้ไม่ได้ ตามลำดับ

กรณีที่ 2 ใช้วิธีประมวลความคิดเห็นที่มีต่อสมรรถนะของเตาเผาฯ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญ
ทั้ง 5 ท่าน บันทึกข้อความที่เป็นอิสระ โดยนำเสนอเป็นลำดับที่จากสูงไปต่ำ ตามปริมาณความถี่ของ
ข้อรายการที่มีสาระซ้ำกัน

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. หาค่าสถิติพื้นฐาน

1.1 หาค่าเฉลี่ย (Mean) ของคะแนนโดยใช้สูตร (McCall. 1970 : 39)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ย

ΣX แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N แทน จำนวนคนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

1.2 หาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (McCall. 1970 : 54)

$$S.D. = \sqrt{\frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

X แทน ข้อมูลแต่ละจำนวน

N แทน จำนวนคนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

การนำเสนอการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินสมรรถนะแยกกระทำเป็น 2 ลักษณะดังนี้

1. เสนอเป็นการบรรยายเกี่ยวกับสมรรถนะทั้ง 5 ด้าน ของเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก ตารางแปลความหมายเกี่ยวกับข้อมูลที่เป็นการประเมินสมรรถนะของผู้เชี่ยวชาญด้านเซรามิกส์แล้ว คำนวณค่าเฉลี่ย และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วแปลความหมายโดยกำหนดเกณฑ์ในการแปล ความหมายของข้อมูลดังนี้

คะแนนเฉลี่ยระหว่าง	แปลความหมาย
4.50 - 5.00	ดีมาก
3.50 - 4.49	ดี
2.50 - 3.49	พอใช้
1.50 - 2.49	ควรปรับปรุง
1.00 - 1.49	ยังใช้ไม่ได้

2. ส่วนข้อมูลจากแบบสอบถามปลายเปิดแสดงความคิดเห็นอิสระ โดยผู้วิจัยนำข้อ เสนอแนะแต่ละข้อมารวบรวมจัดเรียงลำดับเป็นข้อ ๆ จากความถี่ของผู้ตอบมากที่สุด ไปจนถึงน้อย ที่สุด ตามลำดับ

ตอนที่ 2 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้น

มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสูตรส่วนผสมระหว่างดิน (จากแหล่งดินตัวอย่าง) จำนวน 3 แหล่งดิน กับหินเขียวหนุมาน (Quartz) และดินขาว (Kaolin) โดยใช้แผนภาพไตรดุลยภาพ (Triaxial Diagram) ของฮอปเปอร์ (Hopper. 1984 : 63-65) เพื่อหาสูตรส่วนผสมของเนื้อดินปั้น

เพื่อทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพภายหลังการเผาด้านความหดตัว ความดูดซึมน้ำ และความแข็งแรงของเนื้อดินปั้น ซึ่งการทดลองครั้งนี้ได้กำหนดรายละเอียดตามหัวข้อดังนี้

1. การทดลองคุณสมบัติของเนื้อดินปั้น

1.1 แหล่งดินที่ใช้ในการทดลอง ใช้ดินจาก 3 แหล่งดินคือ

1.1.1 แหล่งดินหมายเลข 1 ได้แก่ ดินด่านเกวียน อำเภอโชคชัย จังหวัดนครราชสีมา

1.1.2 แหล่งดินหมายเลข 2 ได้แก่ ดินสามโคก อำเภอสามโคก จังหวัดปทุมธานี

1.1.3 แหล่งดินหมายเลข 3 ได้แก่ ดินสุราษฎร์ อำเภอนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี

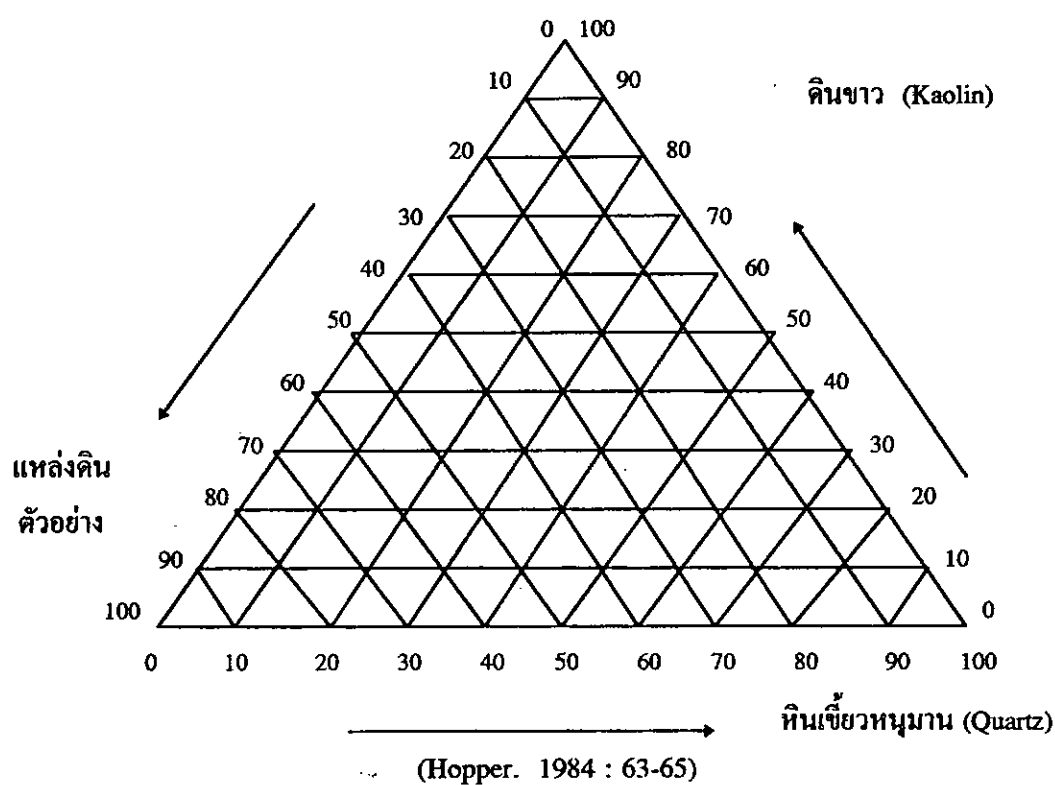
1.2 สูตรส่วนผสมจากแหล่งดินตัวอย่างมีดังนี้

1.2.1 แหล่งดินหมายเลข 1 ผสมกับหินเขียวหนุมานและดินขาว จำนวน 18 ตัวอย่าง หรือ 18 สูตรส่วนผสม

1.2.2 แหล่งดินหมายเลข 2 ผสมกับหินเขียวหนุมานและดินขาว จำนวน 18 ตัวอย่าง หรือ 18 สูตรส่วนผสม

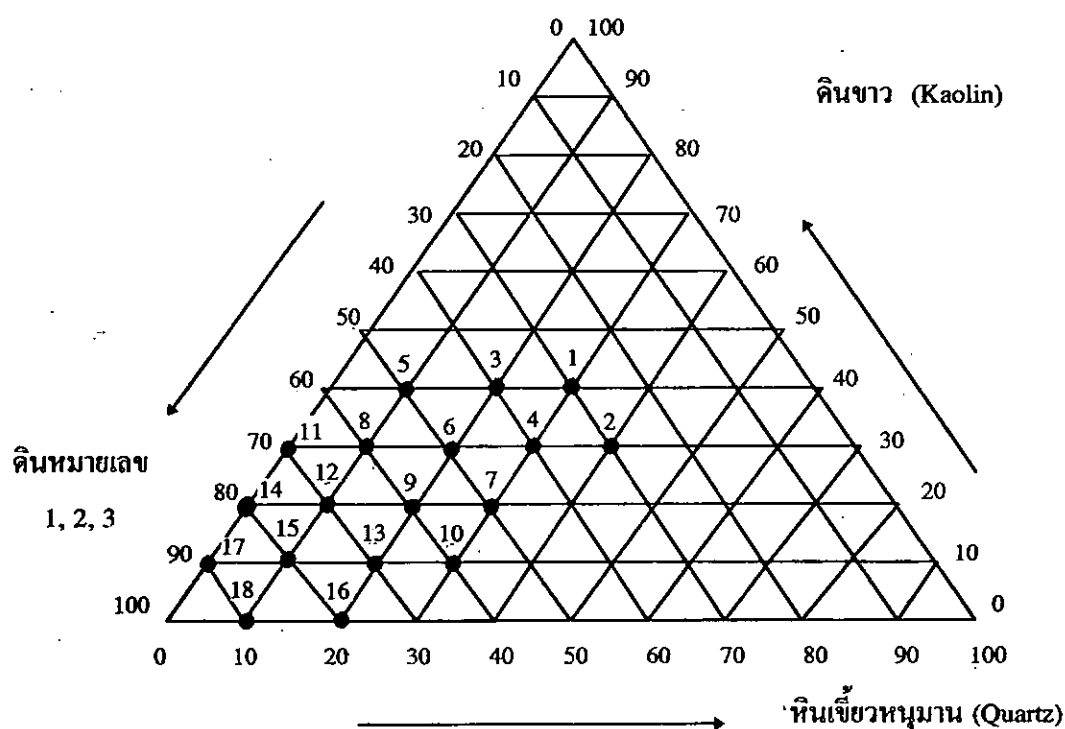
1.2.3 แหล่งดินหมายเลข 3 ผสมกับหินเขียวหนุมานและดินขาว จำนวน 18 ตัวอย่าง หรือ 18 สูตรส่วนผสม

1.3 สูตรส่วนผสมจากตัวอย่างแหล่งดินได้มา โดยการเขียนตารางสามเหลี่ยมไตร-
คูลยภาค (Triaxial Diagram) เพื่อหาขอบเขตส่วนผสมของส่วนผสมของดินจากแหล่งดินทั้ง 3
หมายเลข หมายเลขละ 18 สูตร โดยมีดินจากแหล่งดินตัวอย่างเป็นหลักตั้งแต่ร้อยละ 30 - 90 เป็น
ต้นไป ในลักษณะเดียวกันโดยประกอบด้วย ดินตัวอย่าง หินเขียวหนุมานและดินขาว ดังภาพ
ประกอบ 17



ภาพประกอบ 17 ตารางสามเหลี่ยมแสดงขอบเขตของสูตรส่วนผสมเนื้อดินปั้น

โดยอาศัยวิธีการดังกล่าวได้เลือกสูตรส่วนผสมของเนื้อดินปั้นขึ้น 18 สูตร ดังภาพประกอบ 18



ภาพประกอบ 18 แสดงจำนวนสูตรส่วนผสมของเนื้อดินปั้น จำนวน 18 จุด

สูตรส่วนผสมของเนื้อดินปั้นทั้ง 54 สูตร สามารถสรุปออกมาเป็นสัดส่วนของวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมในเนื้อดินปั้น จากทั้ง 3 แหล่ง ดังตาราง 25, 26 และ 27

ตาราง 25 แสดงสัดส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ผสมในเนื้อดินปั้น แหล่งดินหมายเลข 1

สูตรที่	วัตถุดิบที่ใช้ผสมคิดเป็นร้อยละ		
	ดินหมายเลข 1	หินเขียวหनुมาน	ดินขาว
1.1	30	30	40
1.2	30	40	30
1.3	40	20	40
1.4	40	30	30
1.5	50	10	40
1.6	50	20	30
1.7	50	30	20
1.8	60	10	30
1.9	60	20	20
1.10	60	30	10
1.11	70	-	30
1.12	70	10	20
1.13	70	20	10
1.14	80	-	20
1.15	80	10	10
1.16	80	20	-
1.17	90	-	10
1.18	90	10	-

ตาราง 26 แสดงสัดส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ผสมในเนื้อดินปั้น แหล่งดินหมายเลข 2

สูตรที่	วัตถุดิบที่ใช้ผสมคิดเป็นร้อยละ		
	ดินหมายเลข 2	หินเขียวหनुมาน	ดินขาว
2.1	30	30	40
2.2	30	40	30
2.3	40	20	40
2.4	40	30	30
2.5	50	10	40
2.6	50	20	30
2.7	50	30	20
2.8	60	10	30
2.9	60	20	20
2.10	60	30	10
2.11	70	-	30
2.12	70	10	20
2.13	70	20	10
2.14	80	-	20
2.15	80	10	10
2.16	80	20	-
2.17	90	-	10
2.18	90	10	-

ตาราง 27 แสดงสัดส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ผสมในเนื้อดินปั้น แหล่งดินหมายเลข 3

สูตรที่	วัตถุดิบที่ใช้ผสมคิดเป็นร้อยละ		
	ดินหมายเลข 3	หินเขียวหนุมาน	ดินขาว
3.1	30	30	40
3.2	30	40	30
3.3	40	20	40
3.4	40	30	30
3.5	50	10	40
3.6	50	20	30
3.7	50	30	20
3.8	60	10	30
3.9	60	20	20
3.10	60	30	10
3.11	70	-	30
3.12	70	10	20
3.13	70	20	10
3.14	80	-	20
3.15	80	10	10
3.16	80	20	-
3.17	90	-	10
3.18	90	10	-

การกำหนดคุณสมบัติที่ใช้ในการทดลองเนื้อดินปั้น

1. บรรยากาศในการเผาเป็นแบบเผาให้สมบูรณ์ (Oxidation Firing) โดยใช้เตาเผาไฟฟ้า
2. อุณหภูมิ ในการทดลองเผาชิ้นงานทดสอบใช้อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส
3. การหัดตัวของเนื้อดินปั้นหลังการเผาอยู่ระหว่างร้อยละ 13-20
4. การดูดซึมน้ำของเนื้อดินปั้นหลังการเผา จะดูดซึมน้ำได้ระหว่างร้อยละ 0-3
5. ความแข็งแรงของเนื้อดินปั้นหลังการเผา ควรมีค่าความแข็งแรง ตั้งแต่ 9.1 - 682

กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

2. วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ

2.1 วัสดุ มี 5 รายการคือ

- 2.1.1 ดินหมายเลข 1 ดินด่านเกวียน
- 2.1.2 ดินหมายเลข 2 ดินสามโคก
- 2.1.3 ดินหมายเลข 3 ดินสุราษฎร์
- 2.1.4 หินเขียวหนุมาน (Quartz)
- 2.1.5 ดินขาว (Kaolin)

2.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ มี 13 รายการคือ

- 2.2.1 เตาเผาอุณหภูมิสูงชนิดเตาไฟฟ้า
- 2.2.2 เครื่องชั่งชนิดละเอียด (มีหน่วยเป็นกรัมและมิลลิกรัม)
- 2.2.3 เครื่องทดสอบความแข็งแรงของวัสดุ
- 2.2.4 เตาต้มน้ำ
- 2.2.5 หม้อต้มน้ำ
- 2.2.6 เวอร์เนียแคลิเปอร์
- 2.2.7 ตะแกรงร่อน ขนาด 80 และ 100 เมช. (Mesh)
- 2.2.8 กระบอกตวง
- 2.2.9 เกรียง
- 2.2.10 แบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์สำหรับทำขึ้นทดลอง
- 2.2.11 แผ่นกระโละดิน
- 2.2.12 โกร่งบดสารเคมี
- 2.2.13 อ่างพลาสติก

3. สถานที่และระยะเวลาในการทดลอง

สถานที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยใช้สถานที่ในการทดลอง 3 แห่ง ดังนี้

3.1 โรงฝึกงาน ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ซอยสุขุมวิท 23 ถนนสุขุมวิท เขตคลองเตย กรุงเทพมหานคร ซึ่งผู้วิจัยใช้ในการสร้างและพัฒนาเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็กในบางส่วน

3.2 โรงฝึกงานสาขาวิชาเซรามิกส์ ภาควิชาทัศนศิลป์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ซอยสุขุมวิท 23 ถนนสุขุมวิท เขตคลองเตย กรุงเทพมหานคร ซึ่งผู้วิจัยใช้ในการสร้างและประกอบเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก รวมถึงการทดลองใช้งาน และประเมินสมรรถนะของเตาเผาโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน

3.3 ห้องทดลองสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย ถนนศรีเพชร แขวงวังบูรพาภิรมย์ เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร ซึ่งผู้วิจัยใช้ในการทดลองสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องเซรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

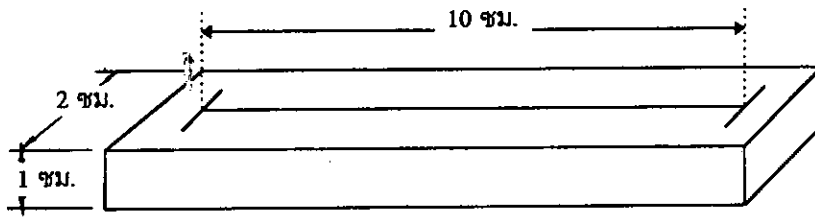
ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

การทดลองใช้เวลาตั้งแต่เดือน มกราคม พ.ศ. 2540 ถึงเดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2540 เป็นเวลา 5 เดือน

4. การดำเนินการทดลอง

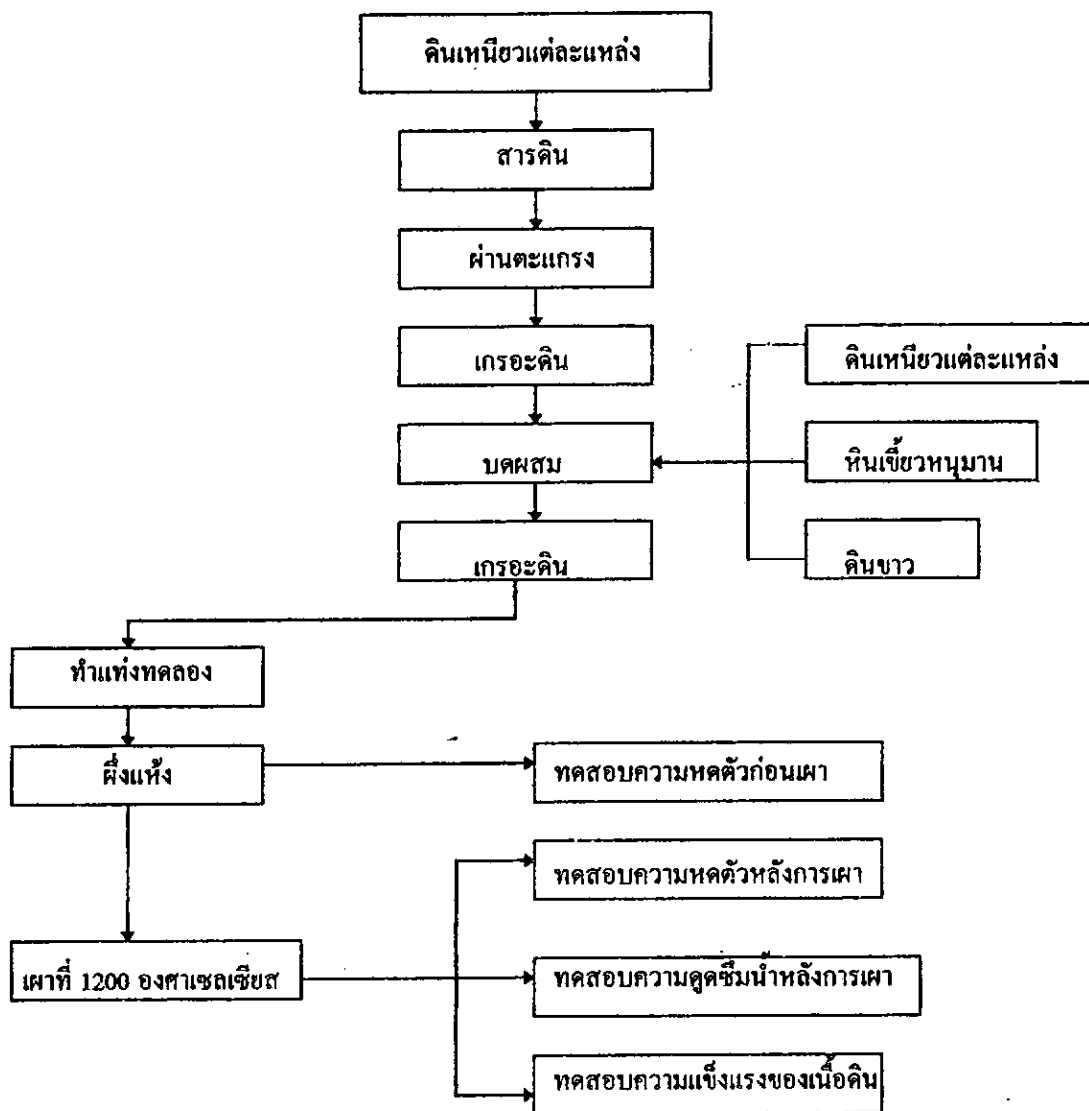
ในการทดลองได้มีการดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. นำดินแต่ละแหล่งมาใส่ลงในภาชนะพลาสติก แล้วใส่น้ำหมักดินไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง เพื่อให้ดินละลายแยกออกจากกัน จนกระทั่งกลายเป็นดินเหลว
2. นำน้ำดินที่หมักไว้มาผ่านการล้างเพื่อกำจัดเศษหญ้า วัชพืช และสิ่งเจือปนอื่น ๆ ออกไป โดยทำการกรองผ่านตะแกรงร่อนขนาด 80 เมช
3. นำดินที่ผ่านตะแกรงแล้วใส่ลงในโถรงบดสารเคมี โดยแยกบดทีละแหล่ง ใช้เวลาในการบดแต่ละครั้งประมาณ 30 นาที
4. นำดินที่ได้มาทำการเกรอะบนแผ่นปูนพลาสติกให้แห้ง แล้วทำการบดละเอียดด้วยโถรงอีกครึ่งหนึ่ง
5. นำดินที่ผ่านการบดแล้วแต่ละแหล่งไปผสมกับหินเขียวหนุมาน และดินขาวตามสูตรที่ได้สุ่มจากตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า แหล่งดินละ 18 สูตร สูตรละประมาณ 500 กรัม แล้วบรรจุลงในถุงพลาสติก
6. นำส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่ผสมไว้แล้วแต่ละสูตรเข้าเครื่องบดผสมสูตรละ 3 ชั่วโมง แล้วนำไปเกรอะบนแผ่นปูนพลาสติกให้หมาดตัว จนสามารถอัดขึ้นรูปได้
7. นำเนื้อดินปั้นมาทำแท่งทดลองโดยนำอัดลงในแบบพิมพ์ปูนพลาสติก โดยทำสูตรละ 4 แท่ง รวมทั้งหมด 216 แท่ง



ภาพประกอบ 19 แสดงเครื่องหมายที่ปรากฏบนแท่งทดลอง

8. นำแท่งทดลองทั้งหมดมาเขียนรหัสของแต่ละสูตรที่ด้านหลังของแท่งทดลอง แล้วปล่อยให้แห้งสนิท
9. นำแท่งทดลองจำนวนสูตรละ 3 แท่ง มาหาค่าเฉลี่ยความหดตัวของเนื้อดินปั้น เมื่อแห้ง (ก่อนการเผา)
10. นำแท่งทดลองทั้งหมด 216 แท่ง ไปเผาในบรรยากาศแบบสุมบูรณ์ (Oxidation Firing) โดยใช้เตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส
11. นำแท่งทดลอง จำนวนสูตรละ 3 แท่ง มาหาค่าเฉลี่ยความหดตัวของเนื้อดินปั้น หลังการเผา
12. นำแท่งทดลอง จำนวนสูตรละ 3 แท่ง มาหาค่าเฉลี่ยความดูดซึมน้ำของเนื้อดินปั้น
13. นำแท่งทดลอง จำนวนสูตรละ 3 แท่ง มาหาค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของวัสดุโดยผ่านเครื่องทดสอบมาตรฐาน
14. คัดเลือกสูตรของเนื้อดินปั้นที่ผ่านการทดสอบที่ได้ผลดีที่สุด เพื่อสรุปผลการทดลองของแต่ละแหล่งดิน



ภาพประกอบ 20 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการทดลองและการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของดินทั้ง 3 แหล่ง

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของดิน จากแหล่งดินทั้ง 3 แหล่ง โดยแบ่งออกเป็น 2 ระยะ

1. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพก่อนการเผาได้มีการวิเคราะห์ด้านความหดตัวของเนื้อดิน โดยการวัดความยาวของแท่งทดลองเมื่อหมาดตัวหลังการถอดออกจากแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์เปรียบเทียบกับแท่งทดลองเมื่อแห้งสนิท แล้วคำนวณหาความหดตัว

2. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพหลังการเผา ได้มีการวิเคราะห์แท่งทดลองหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส ทั้ง 3 ด้านคือ

2.1 ความหดรัด วิเคราะห์โดยการวัดความยาวของแท่งทดลองเมื่อหดรัดตัวหลังจากถอดออกจากแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ เปรียบเทียบกับแท่งทดลองเมื่อผ่านการเผาแล้ว

2.2 ความดูดซึมน้ำ วิเคราะห์โดยการชั่งน้ำหนักของแท่งทดลองแต่ละชิ้นแล้วจดบันทึกไว้ จากนั้นนำชิ้นทดลองไปต้มในน้ำเดือดนาน 2 ชั่วโมง แล้วทิ้งไว้ในหม้อต้มอีก 24 ชั่วโมง จากนั้นนำชิ้นทดลองมาเช็ดให้แห้ง ชั่งน้ำหนักของชิ้นทดลองอีกครั้ง แล้วจดบันทึกไว้ แล้วนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ

2.3 ความแข็งแรงของเนื้อดิน วิเคราะห์โดยการนำไปเข้าเครื่องทดสอบมาตรฐาน โดยใช้แรงกดจนกระทั่งทำให้ชิ้นงานหัก แล้วคำนวณหาความแข็งแรงของเนื้อดินโดยมีหน่วยเป็น กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

สูตรที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การหาความหดรัดของดิน (Rhodes. 1972 : 200)

$$\text{เปอร์เซ็นต์การหดรัดของดินเมื่อแห้ง} = \frac{\text{ความยาวของดินเปียก} - \text{ความยาวของดินแห้ง}}{\text{ความยาวของดินเปียก}} \times 100$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์การหดรัดของดินเมื่อเผาแล้ว} = \frac{\text{ความยาวของดินแห้ง} - \text{ความยาวของดินเผาแล้ว}}{\text{ความยาวของดินแห้ง}} \times 100$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์การหดรัดของดิน} = \frac{\text{ความยาวของดินเปียก} - \text{ความยาวของดินเผาแล้ว}}{\text{ความยาวของดินเปียก}} \times 100$$

2. การหาความดูดซึมน้ำ (Rhodes. 1972 : 200)

$$A = \frac{W - D}{D} \times 100$$

โดย A = เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ

W = น้ำหนักดินที่อิ่มตัว

D = น้ำหนักดินที่แห้ง

3. การหาความแข็งแรงของดิน (Rhodes. 1972 : 200)

$$R = \frac{3Wl}{2bh^2}$$

โดย R = ค่าความแข็งแรงของดิน (ก.ก./ซ.ม.²)

W = น้ำหนักที่กดลงจนแท่งทดลองหัก (ก.ก.)

l = ระยะห่างของแท่นรองรับแท่งทดลอง (ซ.ม.)

b = ความกว้างของแท่งทดลอง (ซ.ม.)

h = ความหนาของแท่งทดลอง (ซ.ม.)

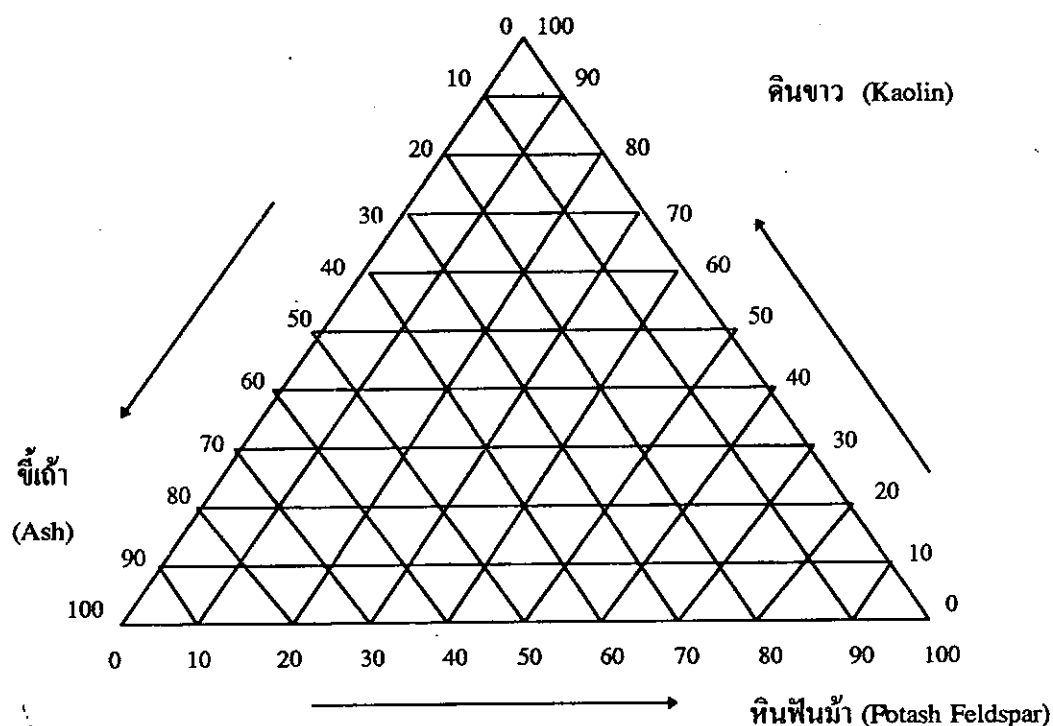
ตอนที่ 8 การศึกษาสูตรเคลือบซีเถ้าไม้ที่เหมาะสมที่เคลือบบนเนื้อดินปั้นจาก 3 แหล่ง ในตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสูตรเคลือบซีเถ้าไม้ที่เหมาะสมระหว่างซีเถ้าไม้ (Ash) กับโพแทสเฟลด์สปาร์ (Potash Feldspar) และดินขาว (Kaolin) เป็นวัตถุดิบหลัก โดยใช้แผนภาพไตรดวลภาค (Triaxial Diagram) ของฮอปเปอร์ (Hopper, 1984 : 63-65) เพื่อหาสูตรเคลือบซีเถ้าไม้ที่เหมาะสม โดยวิเคราะห์ความเหมาะสมคือ ลักษณะของเคลือบ ลักษณะของผิวเคลือบ และลักษณะของสีในเคลือบ ซึ่งผลของความเหมาะสมของเคลือบซีเถ้าไม้จำนวน 1 สูตรเคลือบ โดยการทดลองครั้งนี้ ได้กำหนดรายละเอียดตามหัวข้อดังนี้

1. การศึกษาสูตรเคลือบซีเถ้าไม้ที่เหมาะสม

1.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองมี 3 รายการดังนี้

- 1.1.1 ซีเถ้าไม้ (Ash) จากไม้ยาง
- 1.1.2 หินฟันม้า (Potash Feldspar)
- 1.1.3 ดินขาว (Kaolin)

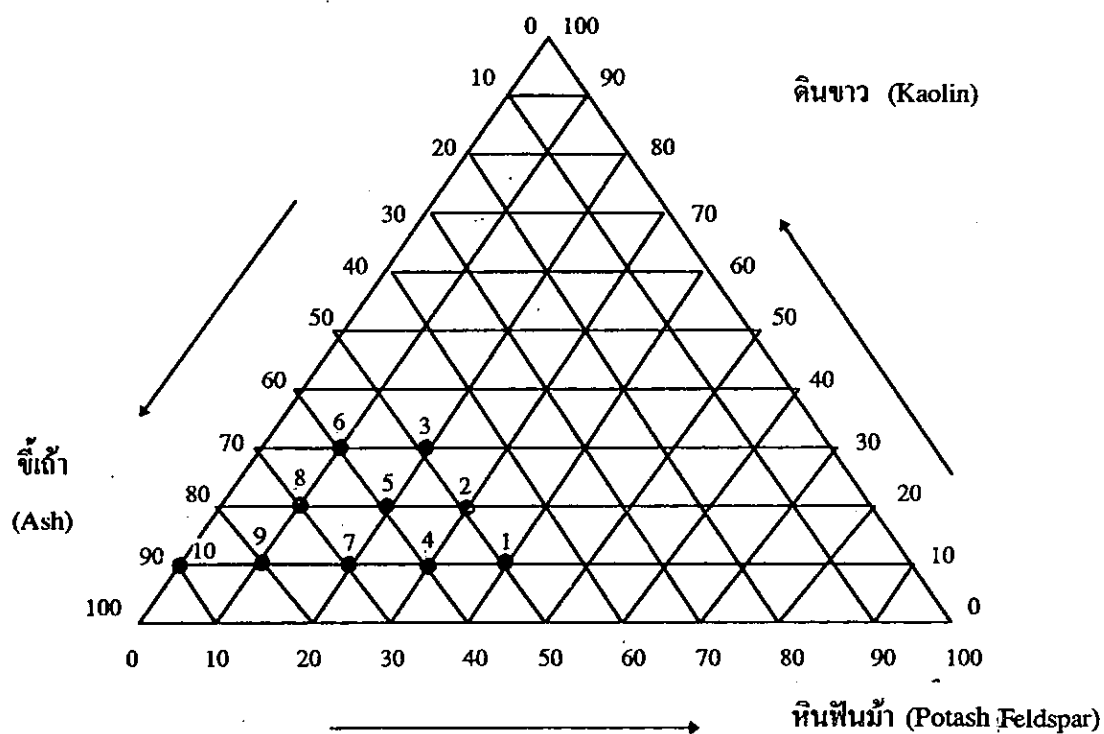
1.2 สูตรส่วนผสมของเคลือบซีเถ้าไม้ ได้มาด้วยการเขียนตารางสามเหลี่ยมไตรดวลภาค (Triaxial Diagram) เพื่อหาขอบเขตของส่วนผสมของซีเถ้าไม้กับหินฟันม้าและดินขาว ดังภาพประกอบ 21



(Hopper, 1984 : 63-65)

ภาพประกอบ 21 ตารางสามเหลี่ยมแสดงขอบเขตของสูตรเคลือบซีเถ้าไม้

1.3 การกำหนดสูตรส่วนผสมของเคลือบซีเมนต์ จำนวน 10 สูตร ดังภาพประกอบ 22



ภาพประกอบ 22 แสดงจำนวนสูตรส่วนผสมเคลือบซีเมนต์ จำนวน 10 จุด

สูตรส่วนผสมของเคลือบจี๊ด้าไม้ทั้ง 10 สูตร สามารถสรุปออกมาเป็นสัดส่วนของ
วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมในเคลือบจี๊ด้าไม้ ดังตาราง 28

ตาราง 28 แสดงสัดส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ผสมในเคลือบจี๊ด้าไม้

สูตรที่	วัตถุดิบที่ใช้ผสมคิดเป็นร้อยละ		
	จี๊ด้าไม้	หินฟันม้า	ดินขาว
1	50	40	10
2	50	30	20
3	50	20	30
4	60	30	10
5	60	20	20
6	60	10	30
7	70	20	10
8	70	10	20
9	80	10	10
10	90	-	10

การกำหนดคุณสมบัติที่ใช้ในการทดลองเคลือบจี๊ด้าไม้

ในการทดลองเคลือบจี๊ด้าไม้ครั้งนี้ใช้บรรยากาศในการเผาเป็นแบบเผาไหม้สมบูรณ์
(Oxidation Firing) โดยใช้เตาเผาไฟฟ้า อุณหภูมิในการทดลองเผาเคลือบชิ้นงานทดสอบใช้อุณหภูมิ
1200 องศาเซลเซียส โดยมีเกณฑ์ดังนี้

1. ลักษณะของเคลือบใส
 2. ลักษณะของผิวเคลือบเรียบ
 3. ลักษณะของสีในเคลือบทุกส่วน
2. วัตถุดิบ อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง
- 2.1 วัตถุดิบ มี 6 รายการคือ
- 2.1.1 ดินหมายเลข 1 (ที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือก 1 สูตร) จำนวน 10 แผ่น
 - 2.1.2 ดินหมายเลข 2 (ที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือก 1 สูตร) จำนวน 10 แผ่น
 - 2.1.3 ดินหมายเลข 3 (ที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือก 1 สูตร) จำนวน 10 แผ่น

2.1.4 จี้อาไม (Ash)

2.1.5 หินฟันม้า (Potash Feldspar)

2.1.6 ดินขาว (Kaolin)

2.2 อุปกรณ์และเครื่องมือในการทดลอง ใช้ชุดเดียวกันกับการทดลองคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้น

3. สถานที่และระยะเวลาในการทดลอง

สถานที่ในการทดลองใช้สถานที่เดียวกันกับการทดลองคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้น โดยทำการทดลองในเดือนเมษายน ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2540 เป็นเวลา 2 เดือน โดยมีการดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

4. การดำเนินการทดลอง

4.1 นำแท่งทดสอบเนื้อดินปั้น หมายเลข 1, 2 และ 3 ที่ผ่านเกณฑ์การเลือกด้านคุณสมบัติทางกายภาพ มาทำทดสอบเคลือบจี้อาไม ขนาด 2.5 x 2.5 เซนติเมตร แหล่งดินละ 10 สูตร ดังนี้

4.1.1 แผ่นทดสอบเนื้อดินปั้นหมายเลข 1 จำนวน 10 แผ่น

4.1.2 แผ่นทดสอบเนื้อดินปั้นหมายเลข 2 จำนวน 10 แผ่น

4.1.3 แผ่นทดสอบเนื้อดินปั้นหมายเลข 3 จำนวน 10 แผ่น

4.2 นำจี้อาไมมาล้างด้วยน้ำสะอาด 2 ครั้ง ทิ้งให้ตกตะกอนไว้ 24 ชั่วโมง แล้วคูลน้ำและเศษวัสดุที่ไม่ต้องการออก

4.3 นำไปกระะบนแผ่นปูนพลาสติกอร์ให้แห้ง

4.4 นำจี้อาไมที่กระะแห้งแล้วนำไปบดด้วยโกร่งให้ละเอียด

4.5 นำจี้อาไมมาผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช (Mesh)

4.6 นำจี้อาไมผสมกับหินฟันม้าและดินขาวตามสูตรที่ได้จากตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า จำนวน 10 สูตร

4.7 นำจี้อาไมไปเคลือบบนแผ่นทดสอบให้มีความหนา 1.5 มม. ดังนี้

4.7.1 เคลือบบนแผ่นทดสอบหมายเลข 1 จำนวน 10 สูตร รวม 10 แผ่น

4.7.2 เคลือบบนแผ่นทดสอบหมายเลข 2 จำนวน 10 สูตร รวม 10 แผ่น

4.7.3 เคลือบบนแผ่นทดสอบหมายเลข 3 จำนวน 10 สูตร รวม 10 แผ่น

4.8 นำแผ่นทดสอบทั้งหมดมาเขียนรหัสของแต่ละสูตรที่ด้านหลังของแผ่นทดสอบด้วยสีให้เคลือบ ปลออยให้สนิท

4.9 นำแผ่นทดสอบที่ผ่านการเคลือบทั้งหมดเข้าเผาเคลือบ ในบรรยากาศสมบูรณ์ (Oxidation Firing) ด้วยเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส

4.10 นำแผ่นทดสอบที่ผ่านการคัดเลือกตามเกณฑ์ที่กำหนดคือ ลักษณะของเคลือบ ลักษณะของผิวเคลือบ ลักษณะของสีในเคลือบ ไปทดลองการเปลี่ยนแปลงระดับค่าความอ่อนแก่ของสี ในตอนที่ 4 ต่อไป

ตอนที่ 4 การศึกษาทดลองการเปลี่ยนแปลงระดับความอ่อนแก่ของสี โดยการผสมปริมาณของสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) 3 ชนิด ในสูตรเคลือบซีเมนต์ที่เคลือบบนเนื้อดินปั้น จาก 3 แหล่ง

ในตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทดลองการเปลี่ยนแปลงระดับความอ่อนแก่ของสีโดยการผสมปริมาณของสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) 3 ชนิดคือ โคบอลต์ออกไซด์ (CoO) โครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3) และเฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) ที่เคลือบบนเนื้อดินปั้น หมายเลข 1, 2 และ 3 โดยการทดลองครั้งนี้ได้กำหนดรายละเอียดตามหัวข้อดังนี้

1. การศึกษาทดลอง

1.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลองมี 6 รายการดังต่อไปนี้

- 1.1.1 ซีเมนต์ (Ash) จากไม้ยาง
- 1.1.2 หินฟันม้า (Potash Feldspar)
- 1.1.3 ดินขาว (Kaolin)
- 1.1.4 สารให้สีโคบอลต์ออกไซด์ (CoO)
- 1.1.5 สารให้สีโครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3)
- 1.1.6 สารให้สีเฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)

1.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ ใช้ชุดเดียวกันกับการทดลองคุณสมบัติของเนื้อดินปั้น

2. สถานที่และระยะเวลาในการทดลอง

สถานที่ในการทดลอง ใช้สถานที่เดียวกันกับการทดลองคุณสมบัติของเนื้อดินปั้น และทำการทดลองในเดือนเมษายน พ.ศ. 2541 ถึงเดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2540 เป็นเวลา 2 เดือน โดยมีการดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

3. การดำเนินการทดลอง

3.1 นำดินหมายเลข 1, 2 และ 3 ที่ผ่านการคัดเลือกแหล่งละ 1 สูตรดิน มาทำแผ่นดินทดสอบการเคลือบซีเมนต์ดังนี้

3.1.1 แผ่นทดสอบดินหมายเลข 1 เคลือบซีเมนต์ผสมสารให้สีโคบอลต์ออกไซด์ (CoO) จำนวน 5 แผ่น

3.1.2 แผ่นทดสอบดินหมายเลข 1 เคลือบซีเมนต์ผสมสารให้สีโครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3) จำนวน 5 แผ่น

3.1.3 แผ่นทดสอบดินหมายเลข 3 เคลือบซีเมนต์ผสมสารให้สีเฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)

3.2 นำแผ่นทดสอบที่ผ่านการเผาเคลือบแล้วในชุดของแต่ละแหล่งดินมาทำการคัดเลือกตามคุณสมบัติของเคลือบซีเมนต์ โดยคัดเลือกจาก 3 แหล่งดิน แหล่งดินละ 1 ชิ้น รวม 3 ชิ้น เพื่อสรุปสูตรที่ได้มาทำการทดสอบผสมสารให้สี

3.3 นำสูตรเคลือบซีเมนต์ที่ได้จากการทดลองในข้อ 10 มาทำการผสมสารให้สี ประกอบด้วย โคบอลต์ออกไซด์ (CoO), โครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3), เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3), โดยมีสัดส่วนความแตกต่างออกเป็นแต่ละระดับ ดังตาราง 29

ตาราง 29 แสดงสัดส่วนเคลือบซีเมนต์ผสมสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) กับแต่ละแหล่งดิน

แหล่งดิน	สารให้สี		
	โคบอลต์ออกไซด์ (CoO) ร้อยละ	โครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3) ร้อยละ	เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) ร้อยละ
ดินหมายเลข 1	0.2	1	1
	0.4	2	2
	0.6	3	3
	0.8	4	4
	1.0	5	5
ดินหมายเลข 2	0.2	1	1
	0.4	2	2
	0.6	3	3
	0.8	4	4
	1.0	5	5
ดินหมายเลข 3	0.2	1	1
	0.4	2	2
	0.6	3	3
	0.8	4	4
	1.0	5	5

4. นำแผ่นทดสอบที่เคลือบซีเมนต์ผสมสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) ในบรรยากาศเผาไหม้แบบสมบูรณ์ (Oxidation Firing) ด้วยเตาเผาไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส

5. แสดงผลของการเคลื่อนขี้นี้เข้าไม่ผสมกับสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) ที่มีผลต่อแหล่งดินแต่ละหมายเลข

ตอนที่ 5 การทดลองสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องเซรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้ชุดการสอนที่สร้างขึ้น

ในขั้นตอนของการทดลองสอนนี้ เป็นการนำเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็กที่สร้างขึ้น รวมทั้งสูตรของเนื้อดินปั้นไปทำการทดลองใช้ โดยทดลองสอนกับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่มีสถานภาพต่างกัน 2 กลุ่มคือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและนักศึกษาผู้ใหญ่ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีความมุ่งหมายเพื่อนำผลของการทดลองสอนด้วยชุดการสอนมาพิจารณาว่า ก่อนและหลังการทดลองสอน ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในแต่ละบทเพิ่มขึ้นหรือไม่ และเพื่อพิจารณาว่าการนำเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก สูตรส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและสูตรส่วนผสมน้ำเคลือบเฟลด์สปาร์ (สูตรสำเร็จรูป) ไปใช้ทดลองสอนกับผู้เรียนทั้ง 2 กลุ่มดังกล่าวข้างต้น จะมีผลการเรียนด้านทักษะพิสัย จิตพิสัยและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ทัดเทียมกันหรือไม่

ในการทดลองสอนนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการทดลองสอนเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2540 และนักศึกษาผู้ใหญ่ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนผู้ใหญ่สวนกุหลาบวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2540

1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองสอนเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2540 ได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 17 คน และนักศึกษาผู้ใหญ่ โรงเรียนผู้ใหญ่สวนกุหลาบวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2540 ได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 13 คน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองสอน

2.1 ชุดการสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องเซรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 1 ชุด 4 หน่วยการเรียนรู้

2.2 แผนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องเซรามิกส์ โดยประกอบด้วยเนื้อหา จำนวน 4 เรื่องคือ

2.2.1 แผนการสอนเรื่องความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เซรามิกส์และการเตรียมดิน

2.2.2 แผนการสอนเรื่องเตาเผาและการเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน

2.2.3 แผนการสอนเรื่องความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับน้ำเคลือบ การเตรียมน้ำเคลือบและการเผาเคลือบ

2.2.4 แผนการสอนเรื่องการออกแบบความคิดสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

2.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย (ความรู้ความจำ, ความเข้าใจ และการนำไปใช้)

2.4 แบบประเมินผลด้านจิตพิสัย (เจตคติทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์)

2.5 แบบประเมินผลด้านทักษะพิสัย (ทักษะปฏิบัติการทดลอง)

2.6 แบบประเมินผลด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองสอน

ในขั้นตอนการทดลองสอนผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือ ชุดการสอนและเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ โดยเครื่องมือแต่ละประเภทดังกล่าวมีขั้นตอนการสร้างดังต่อไปนี้

1. การสร้างชุดการสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องเซรามิกส์

ชุดการสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องเซรามิกส์ ประกอบด้วย แผนการสอนและคู่มือครู โดยแผนการสอนแยกออกเป็น 4 เรื่อง ส่วนคู่มือครู มีเพียง 1 ชุด และใช้อธิบายการใช้แผนการสอนทั้ง 4 เรื่อง

1. ศึกษากระบวนการสร้างชุดการสอนจากเอกสาร ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดเนื้อหาภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ รวมถึงรูปแบบกิจกรรมการเรียนการสอน

2. ศึกษาหลักสูตร คู่มือครู หนังสือเรียนและหนังสืออ่านประกอบที่เกี่ยวข้องกับวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพเรื่องเซรามิกส์ ตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2533) และหลักสูตรการศึกษานอกโรงเรียน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2530 เนื้อหาและกำหนดหน่วยการสอน

3. สร้างชุดการสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องเซรามิกส์ โดยกำหนดเนื้อหาและกำหนดหน่วยการสอน รวมทั้งกำหนดเนื้อหาการสอน สื่อการสอน เวลาที่ใช้ในการเรียนการสอน จำนวน 4 หน่วย ดังตาราง 30

ตาราง 30 แสดงหน่วยการสอน เนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องเซรามิกส์

หน่วยที่	หัวข้อเนื้อหา	จำนวนคาบ		สื่อที่ใช้
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ	
1	ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ วิทยาศาสตร์ เซรามิกส์และการเตรียมดิน	3	6	ใบความรู้ ใบงาน สไลด์ ประกอบคำ บรรยาย แผ่นใส ของจริง
2	เตาเผาและการเผาผลิตภัณฑ์ เซรามิกส์ การทดสอบคุณสมบัติ ทางกายภาพของเนื้อดิน	3	6	ใบความรู้ ใบงาน เตาเผา วัตถุดิบไฟ ตัวอย่างของจริง
3	ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับน้ำเคลือบ การเตรียมน้ำเคลือบและการเผา เคลือบ	3	6	ใบความรู้ ใบงาน ของจริง สไลด์ประกอบคำบรรยาย แผ่นใส
4	การออกแบบความคิดสร้างสรรค์ ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์	3	6	ใบความรู้ ใบงาน ของจริง แม่พิมพ์ สไลด์ประกอบ คำบรรยาย
	รวมจำนวนคาบ	12	24	

4. ชุดการสอนแต่ละหน่วยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นประกอบด้วย

4.1 คู่มือครู

4.2 เนื้อหา

4.3 แผนการสอน

4.4 สื่อการเรียนการสอน

4.5 การประเมินผล

5. นำชุดการสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา
กิจกรรม สื่อการสอน และการประเมินผล ประกอบด้วย รศ.ดร.สุรัชย์ ลิกขาบัณฑิต ผศ.โกมล
รักษ่วงศ์ ผศ.พิลาศ เกื้อมี ผศ.พัลลภ พิริยะสุวรรณค์ อาจารย์สมศักดิ์ กุหาสวรรค์เวช

6. นำชุดการสอนที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับผู้เรียนที่ยังไม่เคยเรียนวิชา
จำนวน 3 คน เพื่อหาข้อบกพร่องและนำมาปรับปรุงแก้ไขก่อนทำการทดลองจริง

7. นำชุดการสอนที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ที่ประกอบด้วย นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 17 คน และนักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 13 คน แล้วนำมารวบรวมผลเพื่อวิเคราะห์ ดังรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

7.1 ปฐมนิเทศนักเรียน เพื่อชี้แจงวิธีการเรียนด้วยชุดการสอน

7.2 ทำการทดสอบก่อนการเรียนกับกลุ่มตัวอย่าง

7.3 ประกอบกิจกรรมการเรียนการสอน โดยผู้สอนอธิบายให้นักเรียนเข้าใจในการทำกิจกรรมก่อนลงมือประกอบกิจกรรม ซึ่งมีคำแนะนำขั้นตอนในการประกอบกิจกรรมภายในคู่มือครู โดยกิจกรรมการเรียนการสอนของแต่ละหน่วย จะแตกต่างกันออกไปตามลักษณะของเนื้อหา

7.4 สรุปบทเรียน เป็นการสรุปความเข้าใจและพฤติกรรมของนักเรียนว่าเป็นไปตามจุดประสงค์หรือไม่

7.5 ทำการทดสอบหลังเรียน ผู้วิจัยได้นำเอาแบบทดสอบฉบับเดิมมาดำเนินการทดสอบเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้านพุทธิพิสัย เพื่อประเมินว่าการเรียนด้วยชุดการสอน ทำให้นักเรียนบรรลุวัตถุประสงค์หรือไม่

การสร้างเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้

เครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มี 4 ประเภทคือ

1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย (ความรู้ ความจำ ความเข้าใจ และการนำไปใช้)

2. แบบประเมินผลการเรียนด้านทักษะพิสัย (ทักษะปฏิบัติการทดลอง)

3. แบบประเมินผลการเรียนด้านจิตพิสัย (เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์)

4. แบบประเมินผลการเรียนด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ในการสร้างเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้แต่ละประเภท ผู้วิจัยดำเนินการดังนี้

1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย

1.1 ศึกษาเอกสารวิธีการสร้างข้อสอบ การวัดผลและประเมินผล

1.2 วิเคราะห์เนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ วิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่อง เซรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มาสร้างข้อสอบแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก โดยวัดพฤติกรรม ทั้ง 3 ด้าน คือ

1.2.1 ด้านความรู้ความจำ

1.2.2 ด้านความเข้าใจ

1.2.3 ด้านการนำไปใช้

1.3 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ จำนวน 80 ข้อ

1.4 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยที่ได้มาปรับปรุงด้านเนื้อหา โดย ผศ.โกมล รักษ์วงศ์ ตรวจสอบลักษณะการใช้คำถาม ตัวเลือกความสอดคล้องกับจุดประสงค์กับพฤติกรรมที่ต้องการวัด

1.5 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยไปทดสอบกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่โรงเรียนวัดน้อยในและโรงเรียนรัตนานิเบศร์ ที่เคยเรียนวิชาเชรามีิกส์แล้วจำนวน 44 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

1.6 นำผลการสอบมาตรวจให้คะแนนโดยมีเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละข้อ คือ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดหรือ เว้นไม่ตอบ หรือตอบเกิน 1 ตัวเลือก ได้ 0 คะแนน

1.7 นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ของค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบเป็นรายข้อ ของกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำหาค่า P_H และ P_L เลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่าย (p) ระหว่าง .20 - .80 มีค่าอำนาจจำแนก (r) .20 ขึ้นไป (Ferguson. 1976 : 428) จำนวน 80 ข้อ โดยแบ่งเป็นด้านความรู้ความจำ ความเข้าใจและการนำไปใช้

1.7.1 ด้านความรู้ความจำ จำนวน 20 ข้อ

1.7.2 ด้านความเข้าใจ จำนวน 20 ข้อ

1.7.3 ด้านการนำไปใช้ จำนวน 40 ข้อ

1.8 นำข้อสอบที่คัดเลือกไว้แล้วมาหาค่าความเชื่อมั่นแบบคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) โดยใช้สูตร KR-20 (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2531 : 168) ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.90 ค่าความยาก (p) มีค่าเท่ากับ 0.57 ค่าอำนาจจำแนก (r) เท่ากับ 0.39 และค่าดัชนีความสอดคล้อง (IoC) เท่ากับ 0.92

1.9 นำแบบทดสอบไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

2. แบบประเมินผลการเรียนด้านทักษะพิสัย (ทักษะปฏิบัติการทดลอง)

2.1 ศึกษาตำรา แบบเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ คู่มือครู และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับลักษณะภาคปฏิบัติ เทคนิคการทดลองและการวัดผล

2.2 วิเคราะห์การทดลองในแบบเรียนวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาเชรามีิกส์ว่ามีทักษะปฏิบัติอย่างไร

2.3 ศึกษาการวัดผลและประเมินผลภาคปฏิบัติของ สสวท. และ อาร์ เอส เคมปา (R.S. Kempa)

2.4 สร้างแบบสังเกตพฤติกรรมของผู้ปฏิบัติการทดลองเกี่ยวกับเทคนิคการทดลอง

(Experimental Technique) การดำเนินการทดลอง (Procedure) ความคล่องแคล่วในการปฏิบัติการ (Manual Dexterity) ความเป็นระเบียบเรียบร้อย (Neatness)

2.5 ลักษณะของแบบสังเกตพฤติกรรมเป็นแบบสำรวจรายการ (Check List)

2.6 นำแบบสังเกตให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบข้อความของแบบสำรวจ พฤติกรรมด้านทักษะพิสัย (ทักษะปฏิบัติการทดลอง) แล้วนำไปปรับปรุงแก้ไข

2.7 นำไปประเมินผลการเรียนด้านทักษะพิสัยโดยแบบสังเกตกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย และโรงเรียนผู้ใหญ่วิทยาลัย จำนวน 30 คน

2.8 นำผลที่ได้จากการสังเกตพฤติกรรมมารวมคะแนน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน แต่ละรายการคือ เทคนิคการทดลอง ความคล่องแคล่วในการทดลอง ความสะดวกและความเป็นระเบียบ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน 3 ระดับคือ ดี ได้ 3 คะแนน พอใช้ได้ 2 คะแนน และควรปรับปรุงได้ 1 คะแนน โดยครอบคลุมพฤติกรรม รวม 3 ด้านคือ

2.8.1 ด้านเทคนิคการทดลอง 3 ระดับ คือ ดี พอใช้ และควรปรับปรุง

2.8.2 ด้านความคล่องแคล่ว 3 ระดับ คือ ดี พอใช้ และควรปรับปรุง

2.8.3 ด้านความสะอาดและความเป็นระเบียบ 3 ระดับ คือ ดี พอใช้และควรปรับปรุง

2.9 นำคะแนนที่ได้มาคำนวณค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าความแปรปรวน (S^2) แล้วทำการทดสอบสมมติฐานด้วย Independent t-test ระหว่างนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายกับนักศึกษาครูใหญ่ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

3. แบบประเมินผลการเรียนด้านจิตพิสัย (เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์)

3.1 ศึกษาเอกสาร ตำราเรียนทางวิทยาศาสตร์ คู่มือครู และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเจตคติทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

3.2 ศึกษาการวัดผลและประเมินผลด้านจิตพิสัยของ สสวท.

3.3 สร้างแบบสังเกตพฤติกรรมด้านจิตพิสัย (เจตคติทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์)

3.4 ลักษณะของแบบสังเกตพฤติกรรมเป็นแบบสำรวจรายการ (Check List) โดยมีเกณฑ์การพิจารณาจากพฤติกรรม/ลักษณะบ่งชี้ของแต่ละคุณลักษณะว่านักเรียนมีคุณลักษณะนั้นอยู่ใน 3 ระดับคือ ดี ได้ 3 คะแนน พอใช้ได้ 2 คะแนน และยังต้องปรับปรุงได้ 1 คะแนน (ในการประเมินแต่ละครั้ง ไม่จำเป็นต้องประเมินครบทุกคุณลักษณะ ซึ่งนักเรียนแต่ละคนควรได้รับการประเมินอย่างน้อย 2-3 ครั้ง)

3.5. นำแบบสังเกตให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน (รายนามปรากฏอยู่ในภาคผนวก ก.) ตรวจสอบข้อความของแบบสำรวจวัดพฤติกรรมด้านจิตพิสัย (เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์) แล้วนำไปปรับปรุงแก้ไข

3.6 นำไปประเมินผลการเรียนด้านจิตพิสัย โดยแบบสังเกตกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย และโรงเรียนผู้ใหญ่วินิจฉัยกุลวิทยาลัย จำนวน 30 คน

3.7 นำผลที่ได้จากการสังเกตด้านจิตพิสัย มารวบรวมคะแนนโดยมีเกณฑ์การให้คะแนนในรายการ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ 6 ด้าน และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน รวมทั้งหมด 9 ด้าน ดังนี้

3.7.1 ด้านความอยากรู้อยากเห็น

3.7.2 ด้านความรับผิดชอบและเพียรพยายาม

3.7.3 ด้านความมีเหตุผล

3.7.4 ด้านความมีระเบียบและรอบคอบ

3.7.5 ด้านความซื่อสัตย์

3.7.6 ด้านความใจกว้าง

3.7.7 ด้านมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

3.7.8 ด้านความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น

3.7.9 ด้านความประหยัด

3.8 นำคะแนนที่ได้มาคำนวณค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าความแปรปรวน (S^2) แล้วทำการทดสอบสมมติฐานด้วย Independent t-test ระหว่างนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายกับนักศึกษาครูใหญ่ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

4. แบบประเมินผลการเรียนด้านความคิดสร้างสรรค์ (ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์)

4.1 ศึกษาเอกสารแบบประเมินผลด้านความคิดสร้างสรรค์และงานวิจัยทางด้านความคิดสร้างสรรค์ ของ ศรีศก้า เจริญยศ (2533) ; สมปัญญา ศรีภักดานนท์ (2535)

4.2 ผู้วิจัยนำแบบประเมินของ สมปัญญา ศรีภักดานนท์ มาพิจารณาปรับปรุงตามเกณฑ์ที่ได้เขียนนิยามปฏิบัติการ ไว้โดยความเห็นชอบของกรรมการผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

4.3 สร้างรายละเอียดพฤติกรรมที่จะประเมินประกอบด้วยแบบประเมิน 1 ชุด เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) แบบตัวเลขให้ค่าตัวเลข 3 ระดับคือ

4.3.1 ค่าคะแนน 3 หมายถึง ความสามารถสูงหรือคุณภาพดี

4.3.2 ค่าคะแนน 2 หมายถึง ความสามารถปานกลางหรือคุณภาพปานกลาง

4.3.3 คำคะแนน 1 หมายถึง ความสามารถต่ำหรือคุณภาพต่ำ

โดยครอบคลุมพฤติกรรมทั้ง 3 ด้านคือ การวางแผน การปฏิบัติงาน และคุณภาพ ประสิทธิภาพของการเสนอผลงาน

4.4 นำแบบประเมินที่สร้างขึ้นไปให้กรรมการผู้ควบคุมปริญญาบัตร ตรวจสอบ แล้วนำมาปรับปรุง

4.5 นำแบบประเมินไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และ นักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้ร่วมกับกิจกรรมการเรียนการสอน

4.8 นำคะแนนที่ได้มาคำนวณค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าความแปรปรวน (S^2) แล้วทำการทดสอบสมมติฐานด้วย Independent t-test ระหว่างนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายกับนักศึกษา ครูใหญ่ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบแผนการวิจัยดังนี้

1. สำหรับตัวแปรด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้านพุทธิพิสัย แบบแผนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคือ Pretest - Posttest Control Group Design (Cambel. 1963 : 13) ซึ่งแบบแผนนี้ใช้ทั้งหมด 4 ช่วง แต่ละช่วงสำหรับเนื้อหาในแต่ละหน่วยการสอน ทั้ง 4 หน่วย

ตาราง 31 แบบแผนการวิจัยสำหรับตัวแปรด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย

กลุ่ม	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
RE ₁	T ₁	-	T ₂
RE ₂	T ₁	-	T ₂

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลองสอน

R	แทน การสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง
E ₁	แทน กลุ่มทดลองที่ 1
E ₂	แทน กลุ่มทดลองที่ 2
T ₁	แทน การทดสอบก่อนสอน (Pretest)
T ₂	แทน การทดสอบหลังสอน (Posttest)
X ₁	แทน การสอนโดยใช้ชุดการสอน

2. สำหรับตัวแปรด้านทักษะพิสัย (ทักษะปฏิบัติการทดลอง) ด้านจิตพิสัย (เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์) และด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ แบบแผนการวิจัยที่ใช้คือ Posttest-Only Control Group Design (Cambel. 1963 : 25) ในการวัดผลของทักษะด้าน ทักษะพิสัย จิตพิสัย และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ได้แยกวิเคราะห์ข้อมูลตามทักษะแต่ละทักษะ ที่วัดในแต่ละช่วงของการทดลองสอน

ตาราง 32 แบบแผนการวิจัยตัวแปรด้านทักษะทั้ง 3 ด้าน

กลุ่ม	ทดลอง	สอบหลัง
RE ₁	X ₁	T ₂
RE ₂	X ₁	T ₂

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลองสอน

- R แทน การสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง
 E₁ แทน กลุ่มทดลองที่ 1
 E₂ แทน กลุ่มทดลองที่ 2
 T₂ แทน การทดสอบหลังสอน (Posttest)
 X₁ แทน การสอนโดยใช้ชุดการสอน

4. สถานที่และระยะเวลาในการทดลอง

4.1 สถานที่ในการทดลองสอน ได้แก่ โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย กรุงเทพฯ และโรงเรียนผู้ใหญ่วิทยาลัย (สถานที่เดียวกัน)

4.2 ระยะเวลาในการทดลองสอน

การทดลองสอนกระทำการในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2540 โดย

4.2.1 ระยะเวลาในการทดลองสอน สำหรับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้านพุทธิพิสัย ได้แยกเป็น 4 ช่วง ตามหน่วยการสอนที่ใช้ทดลองสอนดังนี้

4.2.1.1 หน่วยการสอนที่ 1 เรื่องความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เชาวมิกส์ และการเตรียมดิน ใช้ช่วงเวลาทดลองสอนภาคทฤษฎี 3 คาบ และภาคปฏิบัติ 6 คาบ (ภาคทฤษฎีในวันศุกร์ที่ 4 กรกฎาคม พ.ศ. 2540 และภาคปฏิบัติในวันเสาร์ที่ 5 กรกฎาคม พ.ศ. 2540)

4.2.1.2 หน่วยการสอนที่ 2 เรื่องเตาเผาและการเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน ใช้ช่วงเวลาทดลองสอนภาคทฤษฎี 3 คาบ และภาคปฏิบัติ 6 คาบ (ภาคทฤษฎีในวันศุกร์ที่ 11 กรกฎาคม พ.ศ. 2540 และภาคปฏิบัติ ในวันเสาร์ที่ 12 กรกฎาคม พ.ศ. 2540)

4.2.1.3 หน่วยการสอนที่ 3 เรื่องความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับน้ำเคลือบ การเตรียมน้ำเคลือบและการเผาเคลือบ ใช้ช่วงเวลาทดลองสอนภาคทฤษฎี 3 คาบ และภาคปฏิบัติ 6 คาบ (ภาคทฤษฎีในวันศุกร์ที่ 18 กรกฎาคม พ.ศ.2540 และภาคปฏิบัติในวันเสาร์ที่ 19 กรกฎาคม พ.ศ. 2540)

4.2.1.4 หน่วยการสอนที่ 4 เรื่องการออกแบบความคิดสร้างสรรค์ ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ ใช้ช่วงเวลาทดลองสอนภาคทฤษฎี 3 คาบ และภาคปฏิบัติ 6 คาบ (ภาคทฤษฎี ในวันศุกร์ที่ 25 กรกฎาคม พ.ศ. 2540 และภาคปฏิบัติในวันเสาร์ที่ 26 กรกฎาคม พ.ศ. 2540)

4.2.2 ระยะเวลาในการทดลองสอน สำหรับตัวแปรด้านทักษะพิสัย จิตพิสัย และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

4.2.2.1 ด้านทักษะพิสัย (ทักษะปฏิบัติการทดลอง) ทำการวัดผลหลังการเรียนในหน่วยการสอนที่ 1, 2, 3 และ 4

4.2.2.2 ด้านจิตพิสัย (เจตคติทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์) และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ทำการวัดผลหลังการเรียนในหน่วยการสอนที่ 4

การทดลองสอน ครั้งที่ 1

1. ทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยก่อนการทดลองสอนในหน่วยการสอนที่ 1

2. ทดลองสอนหน่วยการสอนที่ 1 เรื่องความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เซรามิกส์ และการเตรียมดิน

3. ทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย หลังการทดลองสอนในหน่วยการสอนที่ 1

4. การประเมินผลด้านทักษะพิสัย (ทักษะปฏิบัติการทดลอง) ด้านเทคนิคการทดลอง ความคล่องแคล่วในการทดลอง ความสะอาดและความเป็นระเบียบ โดยครอบคลุมถึงการชั่ง วัดตวง การบดผสมวัตถุดิบ การกรองดิน การนวดดิน การทำแท่งทดสอบ การผึ่งให้แห้ง การทดสอบความหดตัวของเนื้อดิน (ก่อนเผา) และบันทึกผลการทดลอง

การทดลองสอน ครั้งที่ 2

1. ทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยก่อนการทดลองสอนในหน่วยการสอนที่ 2

2. ทดลองสอนหน่วยการสอนที่ 2 เรื่องเตาเผาและการเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์
การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน

3. ทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย หลังการทดลองสอนในหน่วย
การสอนที่ 2

4. ประเมินผลด้านทักษะพิสัย (ทักษะปฏิบัติการทดลอง) ด้านเทคนิคการทดลอง ความ
คล่องแคล่วในการทดลอง ความสะอาดและความเป็นระเบียบ โดยครอบคลุมถึงการทดลองผสม
วัตถุดิบตามสูตรเนื้อดินปั้น การทำแท่งทดสอบ การเผาดิบ การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ
เช่น ทดสอบความหดตัวของเนื้อดิน ทดสอบความดูดซึมน้ำ (หลังการเผา) ทดสอบความแข็งแรง
ของเนื้อดิน (หลังการเผา) และบันทึกผลการทดลอง

การทดลองสอน ครั้งที่ 3

1. ทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยก่อนการทดลองสอนในหน่วย
การสอนที่ 3

2. ทดลองสอนหน่วยการสอนที่ 3 เรื่องความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับน้ำเคลือบ การเตรียม
น้ำเคลือบและการเผาเคลือบ

3. ทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย หลังการทดลองสอนในหน่วย
การสอนที่ 3

4. ประเมินผลด้านทักษะพิสัย (ทักษะปฏิบัติการทดลอง) ด้านเทคนิคการทดลอง ความ
คล่องแคล่วในการทดลอง ความสะอาดและความเป็นระเบียบ โดยครอบคลุมถึงการเตรียมน้ำเคลือบ
ทดลองเคลือบชิ้นงานทดลองด้วยน้ำเคลือบเพลด์สปาร์ หรือน้ำเคลือบซีเมนต์ ทดลองเผาเคลือบด้วย
เตาเผาอุณหภูมิสูง และบันทึกผลการทดลอง

การทดลองสอน ครั้งที่ 4

1. ทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยก่อนการทดลองสอนในหน่วย
การสอนที่ 4

2. ทดลองสอนหน่วยการสอนที่ 4 เรื่องการออกแบบความคิดสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์
เซรามิกส์

3. ทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย หลังการทดลองสอนในหน่วย
การสอนที่ 4

4. ประเมินผลด้านทักษะพิสัย (ทักษะปฏิบัติการทดลอง) ด้านเทคนิคการทดลอง ความ
คล่องแคล่วในการทดลอง ความสะอาดและความเป็นระเบียบ โดยครอบคลุมถึงการทดลองขึ้นรูป
ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ ทดลองใช้เครื่องมือในการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ ทดลองสร้างสรรค์สีในน้ำ
เคลือบโดยใช้สารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) ทดลองเผาเคลือบผลิตภัณฑ์และบันทึกผลการทดลอง

5. ประเมินผลด้านจิตพิสัย (เจตคติทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์) และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เมื่อทดลองสอนครบทั้ง 4 หน่วยการสอนแล้ว ทำการวัดรวมทั้ง 4 ด้าน ในการทดลองสอนในครั้งที่ 4 โดยในการวัดทักษะต่าง ๆ ได้มีการวัดมาตามลำดับ ซึ่งในแต่ละครั้งมิได้วัดทักษะอย่างใดอย่างหนึ่งเพียงอย่างเดียวทั้งหมด

6. นำผลของข้อมูลที่ได้จากการสอบวัดตัวแปรตามต่าง ๆ ไปวิเคราะห์ผลต่อไป

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้กำหนดสถิติที่ใช้ในการวิจัยดังนี้

1. ค่าระดับความยาก (Ferguson. 1976 : 428)

$$P = \frac{R_H - R_L}{N}$$

เมื่อ P แทน ระดับความยาก

R_H แทน จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง

R_L แทน จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

N แทน จำนวนผู้ตอบทั้งหมด (กลุ่มสูงและกลุ่มต่ำรวมกัน)

2. ค่าอำนาจจำแนก (Ferguson. 1976 : 420)

$$r = \frac{R_H - R_L}{N_H}$$

เมื่อ r แทน ค่าอำนาจจำแนก

R_H แทน จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง

R_L แทน จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

N_H แทน จำนวนผู้ตอบทั้งหมดในกลุ่มสูง

3. ค่าเฉลี่ย (mean) (McCall. 1970 : 39)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ	$\bar{X}$	แทน คะแนนเฉลี่ย
	$\sum X$	แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	N	แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

4. ค่าความแปรปรวน (McCall. 1970 : 54)

$$s^2 = \frac{N \sum x^2 - (\sum x)^2}{N(N-1)}$$

เมื่อ	s^2	แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนน
	$\sum x$	แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	$\sum x^2$	แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสองทั้งหมด
	N	แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

5. ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ใช้สูตร คูเดอร์ ริชาร์ดสัน (KR 20)
(Ferguson. 1976 : 428)

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1} \left(1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right)$$

เมื่อ	r_{tt}	แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
	n	แทน จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบ
	p	แทน สัดส่วนของคนทำถูกในข้อหนึ่ง ๆ $\frac{\text{จำนวนคนที่ทำถูก}}{\text{จำนวนคนทั้งหมด}}$
	q	แทน สัดส่วนของคนทำผิดในข้อหนึ่ง ๆ หรือ $1-p$
	S_t^2	แทน คะแนนความแปรปรวนของแบบทดสอบ

6. ค่าดัชนีความสอดคล้อง (บุญเจ็ด ภิญโญนันต์พงษ์. 2527 : 69)

$$IoC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ	IoC	แทน	ดัชนีความสอดคล้อง
	ΣR	แทน	ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด
	N	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

7. การทดสอบสมมติฐานใช้ t-test แบบข้อมูลเป็นอิสระ (Independent t-test)
(McCall. 1970 : 209)

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

$$d = n_1 + n_2 - 2$$

เมื่อ	t	แทน	ค่าที่ใช้พิจารณาใน t - distribution
	$\bar{X}$	แทน	คะแนนเฉลี่ยของแต่ละกลุ่ม
	S^2	แทน	ค่าความแปรปรวนในแต่ละกลุ่ม
	n	แทน	จำนวนผู้เรียนในแต่ละกลุ่ม

8. การหาประสิทธิภาพชุดการสอน

$$E_1 = \frac{\bar{X}}{A} \times 100$$

เมื่อ	E_1	แทน	ประสิทธิภาพของผลลัพธ์รวม
	$\bar{X}$	แทน	คะแนนสอบหลังเรียนโดยเฉลี่ยของผู้เรียนทั้งหมด
	A	แทน	คะแนนเต็มของการสอบหลังเรียน

$$E_2 = \frac{\bar{X}}{B} \times 100$$

เมื่อ	E_2	แทน	ประสิทธิภาพของผลลัพธ์รวม
	$\bar{X}$	แทน	คะแนนสอบหลังเรียนของข้อสอบที่ทำถูกต้องเป็นรายข้อ
	B	แทน	คะแนนเต็มของการสอบหลังเรียน

(เสาวณีย์ สิกขบัณฑิต. 2526 : 56)

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้แยกเสนอตามขั้นตอนการวิจัยดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก (เตาไฟฟ้า)
2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้น
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสูตรเคลือบสีได้ไม้ที่เหมาะสมที่เคลือบบนเนื้อดินปั้นจาก

3 แหล่ง

4. ผลการศึกษากการทดลองการเปลี่ยนแปลงระดับความอ่อนแก่ของสี โดยการผสมปริมาณของสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) 3 ชนิด ในสูตรเคลือบสีได้ไม้ที่เคลือบบนเนื้อดินปั้นจาก 3 แหล่ง

5. ผลการทดลองสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพเรื่องเซรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยชุดการสอนที่สร้างขึ้น แต่ละตอนมีรายละเอียดดังนี้

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่น่าสนใจมีสาระสำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นผลการวิเคราะห์ข้อมูลวัสดุทดแทนประเภทนวนกันความร้อน ที่อุณหภูมิสูงสุด 1200 องศาเซลเซียส ที่เวลา 6 ชั่วโมง เพื่อใช้ทดแทนเซรามิก ไฟเบอร์ (Ceramic Fiber) ซึ่งเป็นวัสดุทนความร้อนมาตรฐาน เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับวัสดุที่นำมาใช้ศึกษาเพื่อการทดแทนมี 3 ชนิด คือ กระเบื้องแผ่นเรียบ กระเบื้องแผ่นเรียบ (แทรกด้วยทราย) และแผ่นอิฐดินเผา ผลการศึกษาในส่วนนี้ได้แสดงไว้ในตาราง 33 และสาระสำคัญในส่วนหลังคือผลการประเมินสมรรถนะของเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก (เตาไฟฟ้า) โดยครอบคลุมผลการประเมินทั้ง 5 ด้าน คือ ด้านกายภาพทั่วไป ด้านการใช้งาน ด้านการบำรุงรักษา ด้านสมรรถนะในการเผา และด้านความเหมาะสมของเตาเผาที่ได้รับการพัฒนา (ที่สร้างขึ้น) ซึ่งผลการศึกษาในส่วนนี้ แสดงไว้ในตาราง 33-40

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก (เตาไฟฟ้า)

1.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลวัสดุทดแทนประเภทนวนกันความร้อนที่อุณหภูมิสูงสุด 1200 องศาเซลเซียส ที่เวลา 6 ชั่วโมง

ตาราง 33 แสดงเวลา/อุณหภูมิพื้นผิวภายนอก ด้าน Cold Face

วัสดุ	เวลา (ชั่วโมง) / องศาเซลเซียส						ลำดับ ที่	แปล ความ
	1 ชม.	2 ชม.	3 ชม.	4 ชม.	5 ชม.	6 ชม.		
1. เซรามิกไฟเบอร์	30° ซ.	38° ซ.	40° ซ.	42° ซ.	54° ซ.	57° ซ.	1	ดีมาก
2. กระเบื้องแผ่นเรียบ	44° ซ.	63° ซ.	74° ซ.	83° ซ.	87° ซ.	91° ซ.	2	พอใช้
3. กระเบื้องแผ่นเรียบ (แทรกด้วยทราย)	48° ซ.	73° ซ.	115° ซ.	130° ซ.	142° ซ.	149° ซ.	4	ใช้ไม่ได้
4. แผ่นอิฐดินเผา	42° ซ.	56° ซ.	70° ซ.	84° ซ.	88° ซ.	95° ซ.	3	พอใช้

จากตาราง 33 สามารถวิเคราะห์วัสดุทดแทนประเภทฉนวนกันความร้อนที่วัดได้จากผนังด้าน Cold Face คือ เซรามิกส ไฟเบอร์ สามารถกันความร้อนได้ในระดับดีมาก กระเบื้องแผ่นเรียบสามารถกันความร้อนได้ในระดับพอใช้ แผ่นอิฐดินเผาสามารถกันความร้อนได้ในระดับพอใช้ และกระเบื้องแผ่นเรียบ (แทรกด้วยทราย) ไม่สามารถกันความร้อนได้โดยอยู่ในระดับใช้ไม่ได้

1.2 ผลการประเมินสมรรถนะของเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก (เตาไฟฟ้า)

การประเมินสมรรถนะของเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก (เตาไฟฟ้า) นี้ ผู้เชี่ยวชาญประเมินสมรรถนะ 5 ด้าน คือ ด้านกายภาพทั่วไป ด้านการใช้งาน ด้านการบำรุงรักษา ด้านสมรรถนะในการเผา และด้านความเหมาะสมของเตาที่ได้รับการพัฒนา (ที่สร้างขึ้น) จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน อยู่ในระดับดี แสดงว่าเตาเผาที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้และทำการทดลองสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องเซรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งมีรายละเอียดผลการวิเคราะห์ทั้ง 5 ด้าน ดังตาราง 34-40 คือ

ตาราง 34 การวิเคราะห์ด้านกายภาพทั่วไปของเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก

รายละเอียดสมรรถนะ	$\bar{X}$	S.D.	แปลความ
1. ด้านกายภาพทั่วไป			
1.1 เตาเผามีขนาดเหมาะสมกับการใช้สอนปฏิบัติการทดลองเผาในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (ไม่เกิน 10 คน)	3.40	0.55	พอใช้
1.2 อุปกรณ์และชิ้นส่วนที่นำมาใช้สร้างเตาเผาไม่ยุ่งยาก ไม่ซับซ้อน	4.00	0.71	ดี
1.3 ความแข็งแรงของโครงสร้างเหล็กเมื่อพิจารณาจากรายละเอียดประกอบแบบต่อการใช้งานและการสอน	4.40	0.55	ดี
1.4 การยึดเกาะระหว่างโครงสร้างเหล็กกับอิฐทนไฟ มีการยึดเกาะกันแข็งแรงและแน่นหนา	3.60	0.55	ดี
1.5 การเคลื่อนย้ายเตาเผา (ที่ประกอบด้วยล้อเลื่อน) ในแนวระนาบเพื่อการเรียนการสอนมีความสะดวก	4.20	0.45	ดี
รวม	3.92	0.56	ดี

จากตาราง 34 สามารถวิเคราะห์ด้านกายภาพของเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็กตามรายละเอียดสมรรถนะดังนี้

1. เตาเผามีขนาดเหมาะสมกับการใช้งานปฏิบัติการทดลองเผาในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (ไม่เกิน 10 คน) อยู่ในระดับ พอใช้ คือมีค่าเฉลี่ย 3.40

2. อุปกรณ์และชิ้นส่วนที่นำมาใช้สร้างเตาเผาไม่ยุ่งยาก ไม่ซับซ้อน อยู่ในระดับดี คือมีค่าเฉลี่ย 4.00

3. ความแข็งแรงของโครงสร้างเหล็ก เมื่อพิจารณาจากรายละเอียดประกอบแบบต่อการใช้งานและการสอนอยู่ในระดับ ดี คือมีค่าเฉลี่ย 4.40

4. การยึดเกาะระหว่างโครงสร้างเหล็กกับอิฐทนไฟ มีการยึดเกาะกันแข็งแรง และแน่นหนา อยู่ในระดับ ดี คือมีค่าเฉลี่ย 3.60

5. การเคลื่อนย้ายเตาเผา (ที่ประกอบด้วยล้อเลื่อน) ในแนวระนาบเพื่อการเรียนการสอนมีความสะดวก อยู่ในระดับ ดี คือมีค่าเฉลี่ย 4.20

เมื่อทราบค่าเฉลี่ยในแต่ละหัวข้อแล้ว นำค่าเฉลี่ยเหล่านั้นไปคำนวณหาค่าเฉลี่ยเพื่อเป็นตัวแทนของลักษณะด้านกายภาพทั่วไป จึงสามารถสรุปได้ว่าด้านกายภาพทั่วไปอยู่ในระดับ ดี คือมีค่าเฉลี่ย 3.92

ตาราง 35 การวิเคราะห์ด้านการใช้งานของเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก

รายละเอียดสมรรถนะ	$\bar{X}$	S.D.	แปลความ
2. ด้านการใช้งาน			
2.1 การนำชิ้นงานหรือผลิตภัณฑ์ (ที่ใช้ทดลองเผา) เข้าและออกจากเตามีความสะดวก	4.20	0.45	ดี
2.2 ผู้เรียนเพียงคนเดียว สามารถใช้งานและควบคุมการเผาด้วย เตาเผานี้ได้	4.40	0.55	ดี
2.3 ขนาดความจุ 1 x 1 x 1 ฟุตของเตาเป็นขนาดที่พอเหมาะที่จะใช้เผา (ผลิตภัณฑ์) ให้ได้อุณหภูมิสูงตามที่กำหนด (1200 องศาเซลเซียส)	4.40	0.55	ดี
2.4 อุณหภูมิของห้องเผาเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ตามกำหนด โดยไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์เสียหาย	4.20	0.45	ดี
2.5 การหยุดการปฏิบัติงานของเตาสามารถทำได้โดยง่าย โดยปรับสวิตช์มาที่ตำแหน่ง “OFF” เมื่อได้อุณหภูมิตามที่กำหนด (เมื่อดูจากหน้าปัดของเครื่องวัดอุณหภูมิ)	4.00	0.00	ดี
รวม	4.24	0.40	ดี

จากตาราง 35 สามารถวิเคราะห์ด้านการใช้งานของเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็กตามรายละเอียดสมรรถนะดังนี้

1. การนำชิ้นงานหรือผลิตภัณฑ์ (ที่ใช้ทดลองเผา) เข้าและออกจากเตา มีความสะดวกอยู่ในระดับดี คือมีค่าเฉลี่ย 4.20

2. ผู้เรียนเพียงคนเดียวสามารถใช้งานและควบคุมการเผาด้วยเตาเผานี้ได้ อยู่ในระดับดี คือมีค่าเฉลี่ย 4.40

3. ขนาดความจุ 1 x 1 x 1 ฟุต ของเตาเป็นขนาดที่พอเหมาะที่จะใช้เผา (ผลิตภัณฑ์) ให้ได้อุณหภูมิสูงตามที่กำหนด (1200 องศาเซลเซียส) อยู่ในระดับ ดี คือมีค่าเฉลี่ย 4.40

4. อุณหภูมิของห้องเผาเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ตามกำหนดโดยไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์เสียหาย อยู่ในระดับ ดี คือมีค่าเฉลี่ย 4.20

5. การหยุดการปฏิบัติงานของเตา สามารถทำได้โดยง่ายโดยปรับสวิตช์มาที่ตำแหน่ง “OFF” เมื่อได้อุณหภูมิตามที่กำหนด (เมื่อดูจากหน้าปัดของเครื่องวัดอุณหภูมิ) อยู่ในระดับ ดี คือมีค่าเฉลี่ย 4.00

เมื่อทราบค่าเฉลี่ยในแต่ละหัวข้อแล้ว นำค่าเฉลี่ยเหล่านั้นไปคำนวณหาค่าเฉลี่ยเพื่อเป็นตัวแทนของลักษณะด้านการใช้งาน จึงสามารถสรุปได้ว่าด้านการใช้งานอยู่ในระดับ ดี คือ มีค่าเฉลี่ย 4.24

ตาราง 36 การวิเคราะห์ด้านการบำรุงรักษาของเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก

รายละเอียดสมรรถนะ	$\bar{X}$	S.D.	แปลความ
3. ด้านการบำรุงรักษา			
3.1 การตรวจสอบสภาพโดยทั่วไปของเตาด้านความปลอดภัย กระทำได้โดยง่าย	3.40	0.55	พอใช้
3.2 การซ่อมแซมลดความร้อน สามารถกระทำได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อเนื่องกับส่วนประกอบอื่นของเตา	3.20	0.45	พอใช้
3.3 การซ่อมแซมอิฐทนไฟ สามารถกระทำได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อเนื่องกับส่วนประกอบอื่นของเตา	4.20	0.45	ดี
3.4 การซ่อมแซมฉนวนกันความร้อน สามารถกระทำได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อเนื่องกับส่วนประกอบอื่นของเตา	4.20	0.45	ดี
3.5 ระบบไฟสามารถตรวจสอบเพื่อค้นหาจุดบกพร่องและซ่อมแซมได้โดยสะดวก	4.20	0.45	ดี
รวม	3.84	0.47	ดี

จากตาราง 36 สามารถวิเคราะห์ด้านการบำรุงรักษาของเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็กตามรายละเอียดสมรรถนะดังนี้

1. การตรวจสอบสภาพโดยทั่วไปของเตาด้านความปลอดภัย กระทำได้โดยง่ายอยู่ในระดับ พอใช้ คือมีค่าเฉลี่ย 3.40
2. การซ่อมแซมลดความร้อน สามารถกระทำได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อเนื่องกับส่วนประกอบอื่นของเตาอยู่ในระดับพอใช้คือ มีค่าเฉลี่ย 3.20
3. การซ่อมแซมอิฐทนไฟ สามารถกระทำได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อเนื่องกับส่วนประกอบอื่นของเตาอยู่ในระดับ ดี คือมีค่าเฉลี่ย 4.20
4. การซ่อมแซมฉนวนกันความร้อน สามารถกระทำได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อเนื่องกับส่วนประกอบอื่นของเตาอยู่ในระดับ ดี คือมีค่าเฉลี่ย 4.20

5. ระบบไฟสามารถตรวจสอบเพื่อค้นหาจุดบกพร่องและซ่อมแซมได้โดยสะดวกอยู่ในระดับ ดี ก็มียาค่าเฉลี่ย 4.20

เมื่อทราบค่าเฉลี่ยในแต่ละหัวข้อแล้ว นำค่าเฉลี่ยเหล่านั้นไปคำนวณหาค่าเฉลี่ยเพื่อเป็นตัวแทนของลักษณะด้านการบำรุงรักษา จึงสามารถสรุปได้ว่าด้านการบำรุงรักษาอยู่ในระดับ ดี ก็มียาค่าเฉลี่ย 3.84

ตาราง 37 การวิเคราะห์ด้านสมรรถนะในการเผาของเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก

รายละเอียดสมรรถนะ	$\bar{X}$	S.D.	แปลความ
4. ด้านสมรรถนะในการเผา			
4.1 สามารถเผาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิสูงได้ถึง 1200 องศาเซลเซียส	3.80	0.45	ดี
4.2 สามารถเผาผลิตภัณฑ์ให้ได้คุณภาพทั้งการเผาดิบและการเผาเคลือบได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด	3.40	0.55	พอใช้
4.3 เตาเผาสามารถกระจายความร้อนให้มีอุณหภูมิสม่ำเสมอได้อย่างทั่วถึง (ในบริเวณห้องเผา)	4.00	0.00	ดี
4.4 เตาเผาสามารถคายความร้อนหลังจากยุติการเผาเข้าเข้าสู่อุณหภูมิปกติได้ตามเวลาที่กำหนด(12 ชั่วโมง)	3.60	0.55	ดี
4.5 ความร้อนที่แผ่ออกมาภายนอกเตาในระหว่างการเผา ไม่เป็นอันตรายต่อผู้สอนและผู้เรียน	3.80	0.45	ดี
รวม	3.72	5.44	ดี

จากตาราง 37 สามารถวิเคราะห์ด้านสมรรถนะในการเผาของเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก ตามรายละเอียดสมรรถนะดังนี้

1. สามารถเผาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิสูงได้ถึง 1200 องศาเซลเซียส อยู่ในระดับดี ก็มียาค่าเฉลี่ย 3.80
2. สามารถเผาผลิตภัณฑ์ให้ได้คุณภาพ ทั้งการเผาดิบและการเผาเคลือบได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด อยู่ในระดับพอใช้ ก็มียาค่าเฉลี่ย 3.40
3. เตาเผาสามารถกระจายความร้อนให้มีอุณหภูมิสม่ำเสมอได้อย่างทั่วถึง(ในบริเวณห้องเผา) อยู่ในระดับ ดี ก็มียาค่าเฉลี่ย 4.00
4. เตาเผาสามารถคายความร้อนหลังจากการยุติการเผา เข้าสู่อุณหภูมิปกติได้ตามเวลาที่

กำหนด (12 ชั่วโมง) อยู่ในระดับดี คือมีค่าเฉลี่ย 3.60

5. ความร้อนที่แผ่ออกมาภายนอกเตา ในระหว่างการเผาไม้เป็นอันตรายต่อผู้สอนและผู้เรียน อยู่ในระดับ ดี คือมีค่าเฉลี่ย 3.80

เมื่อทราบค่าเฉลี่ยในแต่ละหัวข้อแล้ว นำค่าเฉลี่ยเหล่านั้นไปคำนวณหาค่าเฉลี่ยเพื่อเป็นตัวแทนของลักษณะด้านสมรรถนะในการเผา จึงสามารถสรุปได้ว่าด้านสมรรถนะในการเผาอยู่ในระดับ ดี คือมีค่าเฉลี่ย 3.72

ตาราง 38 การวิเคราะห์ความเหมาะสมของเตาที่ได้รับการพัฒนา (ที่สร้างขึ้น)

รายละเอียดสมรรถนะ	$\bar{X}$	S.D.	แปลความ
5. ความเหมาะสมของเตาที่ได้รับการพัฒนา (ที่สร้างขึ้น)			
5.1 จนวนกันความร้อนที่ได้พัฒนาเพื่อทดแทนสามารถใช้งานได้	3.20	0.45	พอใช้
5.2 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ สามารถใช้ทดแทนได้ เมื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์วัดอุณหภูมิมาตรฐานสามารถวัดได้	2.20	0.45	ต้องปรับปรุง
5.3 ขดลวดความร้อนสามารถใช้กับแรงเคลื่อนไฟฟ้า 220 โวลท์ และให้พลังงานความร้อนได้ถึง 1200 องศาเซลเซียส เพื่อการเผาผลิตภัณฑ์ได้ตามเวลาที่กำหนด	4.80	0.45	ดีมาก
5.4 ชิ้นส่วนอุปกรณ์ทดแทนและวัสดุในการสร้างรวมถึงบางส่วนที่ผลิตได้ภายในประเทศ สามารถหาได้ง่าย	3.20	0.45	พอใช้
5.5 สถานศึกษาระดับโรงเรียนมัธยม ผู้สอนสามารถประกอบตามรายการประกอบแบบเพื่อเป็นอุปกรณ์ทดแทนในการสอนวิทยาศาสตร์เซรามิกส์ได้	4.40	0.55	ดี
รวม	3.56	0.47	ดี

จากตาราง 38 สามารถวิเคราะห์ด้านความเหมาะสมของเตาที่ได้รับการพัฒนา (ที่สร้างขึ้น) ตามรายละเอียดสมรรถนะดังนี้

1. จนวนกันความร้อนที่ได้พัฒนาเพื่อทดแทน สามารถใช้ได้อยู่ในระดับพอใช้ คือมีค่าเฉลี่ย 3.20

2. อุปกรณ์วัดอุณหภูมิสามารถใช้ทดแทนได้เมื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์วัดอุณหภูมิมาตรฐาน สามารถวัดได้ อยู่ในระดับ ต้องปรับปรุง คือมีค่าเฉลี่ย 2.20

3. ขดลวดความร้อนสามารถใช้กับแรงเคลื่อนไฟฟ้า 220 โวลต์ และให้พลังงานความร้อนได้ถึง 1200 องศาเซลเซียส เพื่อการเผาผลิภัณฑ์ได้ตามเวลาที่กำหนดอยู่ในระดับดีมาก คือมีค่าเฉลี่ย 4.80

4. ชิ้นส่วนอุปกรณ์ทดแทน และวัสดุในการสร้าง รวมถึงบางส่วนที่ผลิตได้ภายในประเทศ สามารถหาได้ง่ายอยู่ในระดับ พอใช้ คือมีค่าเฉลี่ย 3.20

5. สถานศึกษาระดับโรงเรียนมัธยม ผู้สอนสามารถประกอบตามรายการประกอบแบบ เพื่อเป็นอุปกรณ์ทดแทนในการสอนวิทยาศาสตร์ เชรามิกส์ได้ อยู่ในระดับดี คือมีค่าเฉลี่ย 4.40

เมื่อทราบค่าเฉลี่ยในแต่ละข้อแล้วนำค่าเฉลี่ยเหล่านั้น ไปคำนวณหาค่าเฉลี่ยเพื่อเป็นตัวแทนของลักษณะด้านความเหมาะสมของเตาที่ได้รับการพัฒนา (ที่สร้างขึ้น) จึงสามารถสรุปได้ว่าด้านความเหมาะสมของเตาที่ได้รับการพัฒนา (ที่สร้างขึ้น) อยู่ในระดับดี คือมีค่าเฉลี่ย 3.68

ตาราง 39 การวิเคราะห์สมรรถนะของเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก

รายละเอียดสมรรถนะ	$\bar{X}$	S.D.	แปลความ
1. ด้านกายภาพทั่วไป	3.92	0.56	ดี
2. ด้านการใช้งาน	4.24	0.40	ดี
3. ด้านการบำรุงรักษา	3.84	0.47	ดี
4. ด้านสมรรถนะในการเผา	3.72	0.40	ดี
5. ด้านความเหมาะสมของเตาที่ได้รับการพัฒนา(ที่สร้างขึ้น)	3.56	0.47	ดี
รวม	3.86	0.46	ดี

จากตาราง 39 สามารถวิเคราะห์สมรรถนะของเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็กได้ดังนี้

ผลรวมค่าเฉลี่ยสมรรถนะด้านกายภาพทั่วไปเท่ากับ 3.92 ด้านการใช้งาน 4.24 ด้านการบำรุงรักษา 3.84 ด้านสมรรถนะในการเผา 3.72 ด้านความเหมาะสมของเตาเผาที่ได้รับการพัฒนา (ที่สร้างขึ้น) 3.86 รวมค่าเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 3.88 โดยมีจำนวนสมรรถนะทั้งหมด 5 ด้าน จากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดหาค่าเฉลี่ยจึงสามารถสรุปได้ว่า สมรรถนะของเตาเผาอุณหภูมิขนาดเล็กอยู่ในระดับดี

ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อเตาเผา (ที่สร้างขึ้น)

สำหรับข้อมูลจากคำถามปลายเปิดเพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระเกี่ยวกับสมรรถนะของเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก ผู้วิจัยได้นำข้อเสนอแนะมารวบรวมเรียงลำดับเป็นรายชื่อ จากข้อที่มีผู้เชี่ยวชาญตอบมากที่สุดไปจนถึงข้อที่ผู้เชี่ยวชาญตอบน้อยที่สุดดังนี้

ตาราง 40 การจัดลำดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ที่มีต่อสมรรถนะของเตาเผา
อุณหภูมิสูงขนาดเล็ก

ลำดับที่	ความคิดเห็น	จำนวนผู้แสดงความคิดเห็น
1.	ควรมีผนังครอบฉนวนกันความร้อนบริเวณส่วนภายนอก ของเตาเผาทุกด้าน	5
2.	ฉนวนกันความร้อนที่สร้างจากกระเบื้องแผ่นเรียบแตกหักด้วย ทราย ไม่สามารถใช้ได้	4
3.	ควรทาหรือพ่นสีกันความร้อนภายนอกในส่วนที่เป็นโลหะ	3
4.	ควรติดตั้งอุปกรณ์ยึดฝาเตาให้แน่นหนาเพื่อป้องกันการ รั่วไหลของความร้อน	2
5.	ควรมีวัสดุหุ้มสายไฟบริเวณส่วนที่ออกจากกล่องสวิทช์ ควบคุม เพื่อป้องกันอันตราย	2
6.	ควรติดตั้ง Pyrometer ให้อยู่ในตำแหน่งที่สามารถสังเกต ได้โดยง่าย	2
7.	ควรมีป้ายคำแนะนำคุณลักษณะของเตาเผาว่าใช้กับแรง เคลื่อน 220 โวลต์ และกระแสไฟฟ้าใช้ 25 แอมป์	1

จากตาราง 40 แสดงให้เห็นถึงลำดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่เสนอแนะในการ
ปรับปรุงและพัฒนาเตาเผาอุณหภูมิสูงเพิ่มขึ้น ตามลำดับ (เพียง 3 ลำดับแรก) ความถี่จากมากไป
หาน้อยคือ ควรมีผนังครอบฉนวนกันความร้อนบริเวณส่วนภายนอกของเตาเผาทุกด้าน ฉนวนกัน
ความร้อนที่สร้างจากกระเบื้องแผ่นเรียบแตกหักด้วยทรายไม่สามารถใช้ได้ และควรทาสีกันความ
ร้อนภายนอกในส่วนที่เป็นโลหะ

1.3 เตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็กที่สร้างขึ้นราคาถูกกว่าของต่างประเทศ ร้อยละ 44
(ดูรายละเอียดได้ในภาคผนวก ง.)

2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลคุณสมบัติของกายภาพทางเนื้อดินปั้น

การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้คุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นจาก
อัตราส่วนผสมจากแหล่งดินตัวอย่าง จำนวน 3 แหล่ง ประกอบด้วย

1. ดินหมายเลข 1 (ดินด่านเกวียน) หินเขียวหนุมาน และดินขาว จำนวน 18 สูตร
2. ดินหมายเลข 2 (ดินสามโคก) หินเขียวหนุมาน และดินขาว จำนวน 18 สูตร
3. ดินหมายเลข 3 (ดินสุราษฎร์) หินเขียวหนุมาน และดินขาว จำนวน 18 สูตร

ผลการทดลอง เมื่อเผาขึ้นทดลองจากแหล่งดินทั้ง 3 หมายเลข เเผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชัน ผลการทดลองแสดงรายละเอียดตามตาราง 41 ถึง 43

ตาราง 41 ผลการทดลองเนื้อดินปั้นภายหลังการเผาจากแหล่งดินหมายเลข 1 (ดินด่านเกวียน)

สูตรที่	ความหดตัว (ร้อยละ)	ความดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)	ความแข็งแรง (กก/ซม ²)
1.1	9.50	15.36	147.30
1.2	8.00	17.10	195.82
1.3	12.00	14.02	129.02
1.4	11.00	12.75	228.52
1.5	14.50	4.68	193.01
1.6	13.00	5.46	191.84
1.7	11.00	9.26	193.59
1.8	15.00	1.54	227.23
1.9	13.00	5.32	227.93
1.10	12.00	7.42	239.30
1.11	17	0.04	159.49
1.12	15.5	1.43	281.48
1.13	14.5	2.95	190.55
1.14	18	10.71	223.13
1.15	15	0.49	214.80
1.16	14	2.69	188.44
1.17	17	0.14	313.01
1.18	15	0.65	186.80

จากตาราง 41 แสดงให้เห็นผลการทดลองจากแหล่งดินหมายเลข 1 เเผาในอุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชันแสดงได้ดังนี้

เนื้อดินปั้นที่มีความหดตัวร้อยละ 13 ขึ้นไป ได้แก่ สูตรที่ 1.5, 1.8, 1.11, 1.12, 1.13, 1.14, 1.15, 1.16, 1.17 และ 1.18 ความหดตัวมากที่สุดคือ สูตรที่ 1.14 ความหดตัวน้อยที่สุดคือ สูตรที่ 1.2

เนื้อดินปั้นที่มีความดูดซึมน้ำร้อยละ 0-3 ได้แก่ สูตรที่ 1.8, 1.11, 1.12, 1.13, 1.15, 1.16 1.17 และ 1.18 ความดูดซึมน้ำมากที่สุดคือ สูตรที่ 1.14 ความดูดซึมน้ำน้อยที่สุดคือสูตรที่ 1.11

เนื้อดินปั้นที่มีความแข็งแรงตั้งแต่ 9.1 - 682 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สามารถใช้ได้ทุกสูตร ตั้งแต่สูตรที่ 1.1 ถึง 1.18 ความแข็งแรงมากที่สุดคือสูตรที่ 1.12 ความแข็งแรงน้อยที่สุดคือ สูตรที่ 1.3

ตาราง 42 ผลการทดลองเนื้อดินปั้นภายหลังการเผาจากแหล่งดินหมายเลข 2 (ดินสามโลก)

สูตรที่	ความหดตัว (ร้อยละ)	ความดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)	ความแข็งแรง (กก/ซม ²)
2.1	11.00	11.82	219.73
2.2	10.00	13.58	170.51
2.3	12.50	8.70	256.05
2.4	12.00	10.92	264.18
2.5	15.50	4.49	236.37
2.6	12.50	6.56	219.14
2.7	12.00	8.38	186.45
2.8	15.00	3.79	245.04
2.9	12.00	3.24	283.59
2.10	12.00	7.28	193.59
2.11	15.50	0.04	264.96
2.12	15.00	1.84	202.73
2.13	15.00	3.54	202.38
2.14	15.00	10.90	254.65
2.15	12.50	0.71	225.12
2.16	13.00	2.84	230.98
2.17	16.00	0.05	174.14
2.18	13.50	0.60	216.45

จากตาราง 42 แสดงให้เห็นผลการทดลองจากแหล่งดินหมายเลข 2 เผาในอุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชัน แสดงได้ดังนี้

เนื้อดินปั้นที่มีความหดรัดร้อยละ 13 ขึ้นไป ได้แก่สูตรที่ 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 2.10, 2.11, 2.12, 2.13, 2.14, 2.15, 2.16, 2.17 และ 2.18 ความหดรัดมากที่สุดคือ สูตรที่ 2.17 ความหดรัดน้อยที่สุดคือสูตร 2.2

เนื้อดินปั้นที่มีความดูดซึมน้ำร้อยละ 0-3 ได้แก่สูตรที่ 2.11, 2.12, 2.15, 2.16, 2.17 และ 2.18 ความดูดซึมน้ำมากที่สุดคือ สูตรที่ 2.2 ความดูดซึมน้ำน้อยที่สุดคือ สูตรที่ 2.11

เนื้อดินปั้นที่มีความแข็งแรงตั้งแต่ 9.1-682 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สามารถใช้ได้ทุกสูตร ตั้งแต่สูตรที่ 2.1 ถึง 2.18 ความแข็งแรงมากที่สุดคือ สูตรที่ 2.11 และความแข็งแรงน้อยที่สุดคือ สูตรที่ 2.2

ตาราง 43 ผลการทดลองเนื้อดินปั้นภายหลังการเผาจากแหล่งดินหมายเลข 3 (ดินสุราษฎร์)

สูตรที่	ความหดรัด (ร้อยละ)	ความดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)	ความแข็งแรง (กก/ซม ²)
3.1	12.00	10.80	182.11
3.2	10.00	10.49	151.17
3.3	13.00	10.85	181.88
3.4	12.00	10.26	199.22
3.5	16.00	6.16	141.80
3.6	14.50	4.31	190.42
3.7	13.00	6.58	204.73
3.8	16.00	1.77	231.33
3.9	15.00	6.73	184.10
3.10	13.00	6.40	200.39
3.11	17.50	0.04	236.02
3.12	16.00	2.39	193.36
3.13	15.00	4.85	154.80
3.14	17.00	10.87	103.83
3.15	15.00	7.86	97.97
3.16	13.50	9.05	180.94
3.17	15.00	0.75	145.78
3.18	15.00	0.96	145.78

จากตาราง 43 แสดงให้เห็นผลการทดลองจากแหล่งดินหมายเลข 3 เตาในอุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชัน แสดงได้ดังนี้

เนื้อดินปั้นที่มีความหดร้อยละ 13 ขึ้นไป ได้แก่สูตรที่ 3.3, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10, 3.11, 3.12, 3.13, 3.14, 3.15, 3.16, 3.17 และ 3.18 ความหดร้อยละมากที่สุดคือ สูตรที่ 3.11 ความหดร้อยละน้อยที่สุดคือสูตร 3.2

เนื้อดินปั้นที่มีความดูดซึมน้ำร้อยละ 0-3 ได้แก่สูตรที่ 3.8, 3.11, 3.12, 3.17 และ 3.18 ความดูดซึมน้ำมากที่สุดคือ สูตรที่ 3.14 ความดูดซึมน้ำน้อยที่สุดคือ สูตรที่ 3.11

เนื้อดินปั้นที่มีความแข็งแรงตั้งแต่ 9.1-682 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สามารถใช้ได้ทุกสูตร ตั้งแต่สูตรที่ 3.1 ถึง 3.18 ความแข็งแรงมากที่สุดคือ สูตรที่ 3.11 และความแข็งแรงน้อยที่สุดคือ สูตรที่ 3.15

เกณฑ์การตัดสินความเป็นเนื้อดินปั้น

1. ความหดร้อยของเนื้อดินปั้นภายหลังการเผาอยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 13 ถึง 20
2. ความดูดซึมน้ำของเนื้อดินปั้นจะดูดซึมน้ำได้ในช่วงร้อยละ 0-3
3. ความแข็งแรงของเนื้อดินปั้นภายหลังการเผาอยู่ในเกณฑ์ 9.1-682 กิโลกรัมต่อตาราง

เซนติเมตร

จากผลการทดลองเนื้อดินปั้นทั้ง 3 แหล่งดิน ผู้วิจัยได้คัดเลือกจุดที่เหมาะสมที่สุดเพื่อนำไปทดลองการเคลือบสีได้ดังนี้คือ

1. ดินหมายเลข 1 (ดินค่านเกวียน) ผู้วิจัยเลือกเนื้อดินปั้นสูตรที่ 1.11 เนื่องจากเนื้อดินมีการหดร้อยในเกณฑ์ความหดร้อยร้อยละ 13-20 คือหดร้อยร้อยละ 17 ความดูดซึมน้ำอยู่ในช่วงร้อยละ 0-3 คือ ดูดซึมน้ำได้น้อยเพียงร้อยละ 0.04 และความแข็งแรงของเนื้อดิน สามารถใช้ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด

2. ดินหมายเลข 2 (ดินสามโคก) ผู้วิจัยเลือกเนื้อดินปั้นสูตรที่ 2.11 เนื่องจากเนื้อดินมีการหดร้อยในเกณฑ์ความหดร้อยร้อยละ 13-20 คือหดร้อยร้อยละ 15.50 ความดูดซึมน้ำอยู่ในช่วงร้อยละ 0-3 คือ ดูดซึมน้ำได้น้อยเพียงร้อยละ 0.04 และความแข็งแรงของเนื้อดิน สามารถใช้ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด

3. ดินหมายเลข 3 (ดินสุราษฎร์) ผู้วิจัยเลือกเนื้อดินปั้นสูตรที่ 3.11 เนื่องจากเนื้อดินมีการหดร้อยอยู่ในเกณฑ์ความหดร้อยร้อยละ 13-20 คือหดร้อยร้อยละ 17.50 ความดูดซึมน้ำอยู่ในช่วงร้อยละ 0-3 คือดูดซึมน้ำได้น้อยเพียงร้อยละ 0.04 และความแข็งแรงของเนื้อดิน สามารถใช้ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด

3. ผลการทดลองเคลือบซีเมนต์

การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ให้ได้คุณสมบัติที่เหมาะสมของเคลือบซีเมนต์จากสูตรอัตราส่วนผสมประกอบด้วย ซีเมนต์ (Ash) หินเขียวหนุมาน (Quartz) และดินขาว (Kaolin) ทำการเคลือบลงบนแผ่นทดสอบบนแหล่งดิน 3 แหล่ง ที่ผ่านการทดสอบทางกายภาพจำนวนแหล่งละ 10 สูตร ประกอบด้วย

- 1. เคลือบซีเมนต์บนแผ่นทดสอบเนื้อดินปั้น สูตรที่ 1.11 (ดินด่านเกวียน) จำนวน 10 สูตร
- 2. เคลือบซีเมนต์บนแผ่นทดสอบเนื้อดินปั้น สูตรที่ 2.11 (ดินสามโคก) จำนวน 10 สูตร
- 3. เคลือบซีเมนต์บนแผ่นทดสอบเนื้อดินปั้น สูตรที่ 3.11 (ดินสุราษฎร์) จำนวน 10 สูตร

เกณฑ์การตัดสินเคลือบซีเมนต์

- 1. ลักษณะของเคลือบ “ใส”
- 2. ลักษณะของผิวเคลือบ “เรียบ”
- 3. ลักษณะของสีในเคลือบ “สีอ่อนใสในทุกส่วน”

ผลการทดลองเคลือบซีเมนต์เมื่อเผาเคลือบบนแผ่นทดสอบกับเนื้อดินปั้นที่ผ่านการคัดเลือกจาก 3 แหล่งดิน ในบรรยากาศการเผาแบบออกซิเคชั่น ที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส ดังรายละเอียดตามตาราง 44

ตาราง 44 ผลการทดลองเคลือบซีเมนต์กับเนื้อดินปั้นหมายเลข 1 (ดินด่านเกวียน)

สูตรที่	ลักษณะของเคลือบ		
1.1	เคลือบด้าน	ผิวหยาบ	สีเขียวเข้มแกมน้ำตาลบางส่วน
1.2	เคลือบด้าน	ผิวหยาบ	สีเขียวเข้มแกมน้ำตาลบางส่วน
1.3	เคลือบใส	ผิวเรียบ	สีเขียวใสแกมน้ำตาลทุกส่วน
1.4	เคลือบด้าน	ผิวหยาบ	สีเขียวเข้มแกมน้ำตาลบางส่วน
1.5	เคลือบใส	ผิวเรียบ	สีเขียวใสแกมน้ำตาลทุกส่วน
1.6	เคลือบกึ่งด้านกึ่งใส	ผิวไม่เรียบ	สีเขียวอ่อนชุ่มทุกส่วน
1.7	เคลือบกึ่งด้านกึ่งใส	ผิวไม่เรียบ	สีเขียวอ่อนชุ่มบางส่วน มีฟลัก
1.8	เคลือบกึ่งด้านกึ่งใส	ผิวไม่เรียบ	สีเขียวอ่อนชุ่มบางส่วน มีฟลัก
1.9	เคลือบกึ่งด้านกึ่งใส	ผิวไม่เรียบ	สีเขียวอ่อนชุ่มบางส่วน มีฟลัก
1.10	เคลือบกึ่งด้านกึ่งใส	ผิวไม่เรียบ	สีเขียวอ่อนชุ่มบางส่วน มีฟลัก

จากตาราง 44 แสดงให้เห็นผลการทดลองเคลือบซีเมนต์จากเนื้อดินปั้นหมายเลข 1 (ดินค่านเกวียน) ผู้วิจัยเลือกสูตรเคลือบซีเมนต์สูตรที่ 1.5 เนื่องจากลักษณะของเคลือบสีมีผิวเรียบ และสีเขียวใสแกมน้ำตาลทุกส่วน

ตาราง 45 ผลการทดลองเคลือบซีเมนต์กับเนื้อดินปั้นหมายเลข 2 (ดินค่านเกวียน)

สูตรที่	ลักษณะของเคลือบ		
2.1	เคลือบด้าน	ผิวหยาบ	สีเขียวขุ่นแกมน้ำตาลบางส่วน
2.2	เคลือบด้าน	ผิวหยาบ	สีเขียวขุ่นแกมน้ำตาลบางส่วน
2.3	เคลือบใส	ผิวเรียบ	สีเขียวใสแกมน้ำตาลทุกส่วน
2.4	เคลือบด้าน	ผิวหยาบ	สีเขียวขุ่นแกมน้ำตาลบางส่วน
2.5	เคลือบใส	ผิวเรียบ	สีเขียวใสแกมน้ำตาลทุกส่วน
2.6	เคลือบกึ่งด้านกึ่งใส	ผิวไม่เรียบ	สีเขียวอ่อนขุ่นทุกส่วน
2.7	เคลือบกึ่งด้านกึ่งใส	ผิวไม่เรียบ	สีเขียวอ่อนขุ่นบางส่วน มีผลึก
2.8	เคลือบกึ่งด้านกึ่งใส	ผิวไม่เรียบ	สีเขียวอ่อนขุ่นบางส่วน มีผลึก
2.9	เคลือบกึ่งด้านกึ่งใส	ผิวไม่เรียบ	สีเขียวอ่อนขุ่นบางส่วน มีผลึก
2.10	เคลือบกึ่งด้านกึ่งใส	ผิวไม่เรียบ	สีเขียวอ่อนขุ่นบางส่วน มีผลึก

จากตาราง 45 แสดงให้เห็นผลการทดลองเคลือบซีเมนต์จากเนื้อดินปั้นหมายเลข 2 (ดินสามโคก) ผู้วิจัยเลือกสูตรเคลือบซีเมนต์สูตรที่ 2.5 เนื่องจากลักษณะของเคลือบสีมีผิวเรียบ สีเขียวใสแกมน้ำตาลทุกส่วน

ตาราง 46 ผลการทดลองเคลือบซีเมนต์กับเนื้อดินปั้นหมายเลข 3 (ดินสุราษฎร์)

สูตรที่	ลักษณะของเคลือบ		
3.1	เคลือบด้าน	ผิวหยาบ	สีเขียวช่นแถมน้ำตาลบางส่วน
3.2	เคลือบด้าน	ผิวหยาบ	สีเขียวช่นแถมน้ำตาลบางส่วน
3.3	เคลือบใส	ผิวเรียบ	สีเขียวใสแถมน้ำตาลทุกส่วน
3.4	เคลือบด้าน	ผิวหยาบ	สีเขียวช่นแถมน้ำตาลบางส่วน
3.5	เคลือบใส	ผิวเรียบ	สีเขียวใสแถมน้ำตาลทุกส่วน
3.6	เคลือบกึ่งด้านกึ่งใส	ผิวไม่เรียบ	สีเขียวอ่อนช่นทุกส่วน
3.7	เคลือบกึ่งด้านกึ่งใส	ผิวไม่เรียบ	สีเขียวอ่อนช่นบางส่วน มีผลึก
3.8	เคลือบกึ่งด้านกึ่งใส	ผิวไม่เรียบ	สีเขียวอ่อนช่นบางส่วน มีผลึก
3.9	เคลือบกึ่งด้านกึ่งใส	ผิวไม่เรียบ	สีเขียวอ่อนช่นบางส่วน มีผลึก
3.10	เคลือบกึ่งด้านกึ่งใส	ผิวไม่เรียบ	สีเขียวอ่อนช่นบางส่วน มีผลึก

จากตาราง 46 แสดงให้เห็นผลการทดลองเคลือบซีเมนต์จากเนื้อดินปั้นหมายเลข 3 (ดินสุราษฎร์) ผู้วิจัยเลือกสูตรเคลือบซีเมนต์สูตรที่ 3.5 เนื่องจากลักษณะของผิวเคลือบใสมีผิวเรียบ สีเขียวใสแถมน้ำตาลทุกส่วน

4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการทดลองการเปลี่ยนแปลงระดับความอ่อนแก่ของสี

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการทดลองการเปลี่ยนแปลงระดับความอ่อนแก่ของสี โดยการผสมปริมาณของสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) 3 ชนิด ในสูตรเคลือบซีเมนต์ที่เคลือบบนเนื้อดินปั้น โดยนำผลของการเคลือบซีเมนต์ จากผลการวิเคราะห์ในข้อที่ 3 มาผสมกับสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) 3 ชนิด ประกอบด้วย โคบอลต์ออกไซด์ (CoO) โครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3) และเฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) โดยให้ปริมาณสัดส่วนในการผสมกับเคลือบซีเมนต์ออกเป็น 5 สัดส่วนต่อการเคลือบลงบนแผ่นดินเผาทดลอง 1 แผ่น ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลนี้เป็นการทดลองเพื่อให้เห็นความแตกต่างในระดับของสีเพื่อการเลือกใช้ให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ต่อไป ดังตาราง 47-49

ตาราง 47 ผลการเคลือบซีเมนต์กับสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ)
โคบอลต์ออกไซด์ (CoO) กับเนื้อดินปั้นหมายเลข 1, 2 และ 3

สารให้สี (ออกไซด์ ของโลหะ)	สัดส่วน (ร้อยละ)	เนื้อดินปั้น หมายเลข 1 (ดินด่านเกวียน)	เนื้อดินปั้น หมายเลข 2 (ดินสามโคก)	เนื้อดินปั้น หมายเลข 3 (ดินสุราษฎร์)
CoO	.2	สีน้ำเงินแกมเทา (น้อยมาก) ผิวด้าน	สีน้ำเงินอ่อนแกมเทา บางส่วน ผิวด้าน	สีฟ้าอ่อนแกมเทา บางส่วน ผิวด้าน
CoO	.4	สีน้ำเงินอ่อนแกมเทา บางส่วน ผิวด้าน	สีน้ำเงินอ่อนแกมเทา บางส่วน ผิวด้าน	สีฟ้าอ่อน บางส่วน ผิวด้าน
CoO	.6	สีน้ำเงินแกมดำ ทุกส่วน ผิวมัน	สีน้ำเงินแกมเทา บางส่วน ผิวมันถึงด้าน	สีน้ำเงิน บางส่วน ผิวมันถึงด้าน
CoO	.8	สีน้ำเงินแกมดำ ทุกส่วน ผิวมัน	สีน้ำเงินแกมดำ ทุกส่วน ผิวมัน	สีน้ำเงิน ทุกส่วน ผิวมัน
CoO	1.0	สีน้ำเงินแกมดำ ทุกส่วน ผิวมัน	สีน้ำเงินแกมดำ ทุกส่วน ผิวมัน	สีน้ำเงินเข้ม ทุกส่วน ผิวมัน

จากตาราง 47 แสดงผลของการเคลือบซีเมนต์กับสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) ใน
แต่ละระดับ โดยสามารถเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่จะทำการผลิต

ตาราง 48 ผลการเคลือบซีเมนต์ด้วย สไตรที่ 1.5, 2.5 และ 3.5 กับสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) โครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3) กับเนื้อดินปั้นหมายเลข 1, 2 และ 3

สารให้สี (ออกไซด์ ของโลหะ)	สัดส่วน (ร้อยละ)	เนื้อดินปั้น หมายเลข 1 (ดินค่านเกวียน)	เนื้อดินปั้น หมายเลข 2 (ดินสามโคก)	เนื้อดินปั้น หมายเลข 3 (ดินสุราษฎร์)
Cr_2O_3	1	สีเขียวจุดบางส่วน ผิวเรียบมัน ผิวราน	สีเขียวแกมน้ำตาล บางส่วน ผิวมันกึ่งด้าน	สีเขียวอ่อนใส ผิวมัน ผิวราน
Cr_2O_3	2	สีเขียวจุดบางส่วน ผิวมันเรียบ ผิวราน	สีเขียวแกมน้ำตาล บางส่วน ผิวมันกึ่งด้าน	สีเขียวอ่อนใส ผิวมัน ผิวราน
Cr_2O_3	3	สีเขียวจุดบางส่วน ผิวมันเรียบ ผิวราน	สีเขียวแกมน้ำตาล บางส่วน ผิวมัน	สีเขียวอ่อนใส ผิวมัน ผิวราน
Cr_2O_3	4	สีเขียวจุดบางส่วน ผิวมันเรียบ ผิวราน	สีเขียวแกมน้ำตาล ทุกส่วน ผิวมัน	สีเขียวอ่อนใส ผิวมัน ผิวราน
Cr_2O_3	5	สีเขียวทุกส่วน ผิวมันเรียบ ผิวราน	สีเขียว ผิวมัน ผิวรานเล็กน้อย	สีเขียวใส ผิวมัน ผิวราน

จากตาราง 48 แสดงผลของการเคลือบซีเมนต์ด้วยสไตรที่ 1.5, 2.5 และ 3.5 กับสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) ในแต่ละระดับ โดยสามารถเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่จะทำการผลิต

ตาราง 49 ผลการเคลือบซีเมนต์ด้วยสูตรที่ 1.5, 2.5 และ 3.5 กับสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) เฟอริกออกไซด์ (Fe_2O_3) กับเนื้อดินปั้นหมายเลข 1, 2 และ 3

สารให้สี (ออกไซด์ ของโลหะ)	สัดส่วน (ร้อยละ)	เนื้อดินปั้น หมายเลข 1 (ดินด่านเกวียน)	เนื้อดินปั้น หมายเลข 2 (ดินสามโลก)	เนื้อดินปั้น หมายเลข 3 (ดินสุราษฎร์)
Fe_2O_3	1	สีน้ำตาลอ่อน ผิวมัน	สีน้ำตาลอ่อน ผิวมัน	สีน้ำตาลอ่อน ผิวมันกึ่งด้าน
Fe_2O_3	2	สีน้ำตาล ผิวมัน	สีน้ำตาล ผิวมัน	สีน้ำตาล ผิวด้าน
Fe_2O_3	3	สีน้ำตาล ผิวมันกึ่งด้าน	สีน้ำตาล ผิวมันกึ่งด้าน มีตำหนิรุเข็ม	สีน้ำตาล ผิวด้าน
Fe_2O_3	4	สีน้ำตาล ผิวมันกึ่งด้าน	สีน้ำตาล ผิวมันกึ่งด้าน มีตำหนิรุเข็ม	สีน้ำตาล ผิวด้าน
Fe_2O_3	5	สีน้ำตาล ผิวมันกึ่งด้าน	สีน้ำตาล ผิวมันกึ่งด้าน มีตำหนิรุเข็ม	สีน้ำตาล ผิวด้าน

จากตาราง 49 แสดงผลของการเคลือบซีเมนต์ด้วยสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) ในแต่ละระดับ โดยสามารถเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่จะทำการผลิต

5. ผลการวิเคราะห์การทดลองสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพเรื่องเซรามิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้ชุดการสอนที่สร้างขึ้น

ผลการวิเคราะห์การทดลองสอนนี้ได้แยกวิเคราะห์ตามตัวแปรตาม (ผลการเรียน) ที่ศึกษาดังนี้

1. ตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย (ความรู้ความจำ ความเข้าใจและการนำไปใช้) ยังได้แยกวิเคราะห์ออกเป็น 2 กรณีคือ

1.1 การวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยก่อนและหลังการทดลองสอน

1.2 การวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยระหว่างนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายกับนักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

2. ตัวแปรผลการเรียนด้านทักษะพิสัย (ทักษะปฏิบัติการทดลอง)

การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับตัวแปรผลการเรียนด้านทักษะพิสัย การเปรียบเทียบผลการเรียนระหว่างนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กับนักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

3. ตัวแปรผลการเรียนด้านจิตพิสัย (เจตคติทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์)

การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับตัวแปรผลการเรียนด้านจิตพิสัย การเปรียบเทียบผลการเรียนระหว่างนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และนักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

4. ตัวแปรผลการเรียนด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับตัวแปรผลการเรียนด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ กระทำเฉพาะกรณีการเปรียบเทียบผลการเรียนระหว่างนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และนักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตัวแปรผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย (ความรู้ ความจำ ความเข้าใจและการนำไปใช้)

1.1 ผลการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยก่อนและหลังการทดลองสอน เมื่อนำชุดการสอนที่สร้างขึ้นไปใช้ทดลองสอนกับผู้เรียนทั้ง 4 หน่วย การสอน กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และนักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยการใช้การทดสอบค่า t และ Dependent สำหรับแต่ละกรณีแสดงไว้ดังตาราง 50

ตาราง 50 แสดงการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยก่อนและหลังการทดลองสอน สำหรับแต่ละหน่วยการสอน แจกแจงตามกลุ่มผู้เรียน

หน่วยที่	กลุ่ม	n	ก่อนเรียน		หลังเรียน		สถิติจำคู่เปรียบเทียบ			ผลการทดสอบ		
			$\bar{X}$	S^2	$\bar{X}$	S^2	$\bar{X}$	S.D.	$SE_{\bar{X}}$	t	df	p
1	นักเรียน	17	9.71	4.97	16.65	0.74	6.94	2.44	.59	11.75	16	.000
	นักศึกษา	13	8.23	7.52	16.92	1.24	8.69	1.89	.52	16.60	12	.000
2	นักเรียน	17	10.82	4.03	16.59	1.26	5.76	1.99	.48	11.97	16	.000
	นักศึกษา	13	10.08	7.24	16.77	0.69	6.69	2.43	.67	9.94	12	.000
3	นักเรียน	17	9.12	8.98	18.65	0.37	9.53	3.13	.76	12.57	16	.000
	นักศึกษา	13	11.15	5.51	16.69	1.07	5.54	2.30	.64	8.70	12	.000
4	นักเรียน	17	10.00	9.25	16.88	1.23	6.88	2.87	.70	9.89	16	.000
	นักศึกษา	13	10.77	8.69	17.31	1.57	6.54	2.40	.67	9.81	12	.000

จากตาราง 50 สรุปได้ว่าเมื่อนำชุดการสอนไปทดลองสอนกับผู้เรียน ปรากฏว่าผู้เรียนแต่ละกลุ่มคือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายกับนักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย ภายหลังการทดลองสอน สูงกว่าก่อนการทดลองสอนทั้ง 4 หน่วยการสอน ($p < .05$) ซึ่งแสดงว่าชุดการศึกษาดังกล่าวสามารถนำไปใช้สอนผู้เรียนทั้ง 2 กลุ่ม ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้ง 4 หน่วยการสอน

1.2 ผลการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยระหว่างนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายกับนักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ผลปรากฏว่าเมื่อนำชุดการสอนที่สร้างขึ้น ไปใช้ ทดลองสอนกับผู้เรียนทั้ง 4 หน่วยการสอน กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและนักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยการใช้การทดสอบค่า t แบบ Independent สำหรับแต่ละกรณีแสดงไว้ดังตาราง 51

ตาราง 51 แสดงการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยระหว่างนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายกับนักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

หน่วยการสอนที่	นักเรียน			นักศึกษาผู้ใหญ่			df	t	p
	n	$\bar{X}$	S^2	n	$\bar{X}$	S^2			
1	17	16.65	0.74	13	16.92	1.24	28	0.77	.440
2	17	16.59	1.26	13	16.77	0.69	28	0.49	.592
3	17	18.65	0.37	13	16.69	1.07	28	6.50	.031
4	17	16.88	1.23	13	17.31	1.57	28	0.98	.404

จากตาราง 51 สรุปได้ว่าเมื่อนำชุดการสอนไปทดลองสอนกับผู้เรียน ปรากฏว่าหน่วยที่ 1 2 และ 4 ผู้เรียนทั้ง 2 กลุ่ม มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยไม่แตกต่างกัน ($p > .05$) แต่ในหน่วยการสอนที่ 3 ผู้เรียนทั้ง 2 กลุ่ม มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยแตกต่างกัน ($p < .05$)

2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับตัวแปรผลการเรียนด้านทักษะพิสัย (ทักษะปฏิบัติการทดลอง)

ผลปรากฏว่า เมื่อนำชุดการสอนที่สร้างขึ้นไปใช้ทดลองสอนกับผู้เรียนทั้ง 4 หน่วยการสอนกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และนักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยการทดสอบค่า t แบบ Independent สำหรับแต่ละกรณี แสดงไว้ดังตาราง 52

ตาราง 52 แสดงการวิเคราะห์ผลการเรียนด้านทักษะพิสัย (ทักษะปฏิบัติการทดลอง) ระหว่างกลุ่มผู้เรียนภายหลังการเรียน ในแต่ละหน่วยการสอน

หน่วยการสอนที่	1		2		3		4	
	นักเรียน	นักศึกษา	นักเรียน	นักศึกษา	นักเรียน	นักศึกษา	นักเรียน	นักศึกษา
n	17	13	17	13	17	13	17	13
$\bar{X}$	6.35	6.46	6.71	6.77	7.18	7.38	7.24	7.46
S^2	2.24	2.93	1.72	2.69	2.28	1.59	1.69	1.77
t	0.18		0.12		0.40		0.47	
p	.366		.127		.677		.398	

สมมติฐานในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้กำหนดสมมติฐานตามขั้นตอนการวิจัยดังนี้

1. เตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็กที่สร้างและพัฒนาขึ้น มีคุณสมบัติพื้นฐานตามเกณฑ์ที่กำหนดและมีคุณสมบัติด้านสมรรถนะอยู่ในระดับพอใช้ทุกด้าน
2. เนื้อดินปั้นทั้ง 3 แหล่ง (ดินด่านเกวียน ดินสามโลก และดินสุราษฎร์) มีคุณสมบัติทางกายภาพ (หลังการเผา) ด้านความหดตัว ความดูดซึมน้ำและความแข็งแรงของเนื้อดิน ตามสูตรแผนภาพไตรศลยภาค (Triaxial Diagram)
3. มีสูตรเคลือบซีเมนต์เข้าไม้อย่างน้อย 1 สูตรเคลือบ ที่มีความเหมาะสมในด้านลักษณะของเคลือบ ลักษณะของผิวเคลือบ และลักษณะของสีในเคลือบ ตามสูตรแผนภาพไตรศลยภาค (Triaxial Diagram)
4. การผสมปริมาณของสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) 3 ชนิดคือ โคบอลต์ออกไซด์ (CoO) โครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3) และเฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) ในสูตรเคลือบซีเมนต์เข้าไม้ที่เคลือบบนเนื้อดินปั้นจาก 3 แหล่ง (ดินด่านเกวียน ดินสามโลก และดินสุราษฎร์) ให้ระดับความอ่อนแก่ของสี และลักษณะของเคลือบแตกต่างกันตามปริมาณของสารให้สีที่ใช้ในเคลือบซีเมนต์เข้าไม้
5. การทดลองสอนโดยใช้ชุดการสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพเรื่องเซรามิกส์ ซึ่งชุดการสอนที่สร้างขึ้นให้ผลดังนี้
 - 5.1 ผู้เรียนแต่ละกลุ่ม (นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และนักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ก่อนเรียนและหลังเรียน) ด้านพุทธิพิสัยสูงขึ้น
 - 5.2 ผู้เรียนที่เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายกับนักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย ไม่แตกต่างกัน
 - 5.3 ผู้เรียนที่เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายกับนักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีผลการเรียนด้านทักษะพิสัย (ทักษะปฏิบัติการทดลอง) ไม่แตกต่างกัน
 - 5.4 ผู้เรียนที่เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กับนักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีผลการเรียนด้านจิตพิสัย (เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์) ไม่แตกต่างกัน
 - 5.5 ผู้เรียนที่เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายกับนักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีผลการเรียนด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ไม่แตกต่างกัน

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้แบ่งการดำเนินการเป็น 5 ตอน ตามความมุ่งหมายของการวิจัยแต่ละตอน มีการดำเนินการโดยสรุปดังนี้

1. การสร้างและพัฒนาเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก (เตาไฟฟ้า)

วิธีดำเนินการวิจัย

การสร้างและพัฒนาเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก ประกอบด้วย

- 1.1 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก (เตาไฟฟ้า) เพื่อการออกแบบ
- 1.2 ดำเนินการสร้างเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็กและการประกอบเข้าด้วยกัน
- 1.3 การพัฒนาวัสดุทดแทนประเภทฉนวนกันความร้อน โดยเปรียบเทียบกับฉนวน

กันความร้อนมาตรฐานเซรามิกไฟเบอร์ (Ceramic Fiber)

- 1.4 การทดสอบหาประสิทธิภาพและสมรรถนะของเตาเผาที่ได้รับการพัฒนาแล้ว
- 1.5 ตรวจสอบและประเมินสมรรถนะโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน
- 1.6 ปรับปรุงสมรรถนะตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ
- 1.7 นำผลไปวิเคราะห์

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลของวัสดุทดแทนประเภทฉนวนกันความร้อน
2. การวิเคราะห์ข้อมูลสมรรถนะของเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก

2. การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้น จาก 3 แหล่งดิน

เนื้อดินปั้น

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 กลุ่ม

ดังนี้

1. แหล่งดินหมายเลข 1 (ดินด่านเกวียน) ผสมหินเขียวหนุมาน และดินขาว จำนวน 18 ตัวอย่าง หรือ 18 สูตรส่วนผสม โดยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง
2. แหล่งดินหมายเลข 2 (ดินสามโคก) ผสมหินเขียวหนุมาน และดินขาว จำนวน 18 ตัวอย่าง หรือ 18 สูตรส่วนผสม โดยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง
3. แหล่งดินหมายเลข 3 (ดินสุราษฎร์) ผสมหินเขียวหนุมาน และดินขาว จำนวน 18 ตัวอย่าง หรือ 18 สูตรส่วนผสม โดยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการตามการทดลองคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้น (ก่อนการเผา)

1. ล้างดินเหนียวในแต่ละแหล่ง
2. นำมาผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช
3. บดด้วยเครื่องบดผสม
4. นำดินแต่ละแหล่งผ่านตะแกรงขนาด 100 เมตร
5. ทำการกระโละดินบนแผ่นปูนพลาสติก
6. นำดินแต่ละแหล่งมาทำแท่งทดลองเพื่อใช้ในการทดสอบดังนี้
 - 6.1 ดินหมายเลข 1 จำนวน 18 สูตร จำนวน 72 แท่ง
 - 6.2 ดินหมายเลข 2 จำนวน 18 สูตร จำนวน 72 แท่ง
 - 6.3 ดินหมายเลข 3 จำนวน 18 สูตร จำนวน 72 แท่ง
7. วัดขนาดและเขียนรหัสสูตรดินด้านหลังแท่งทดลอง
8. ผึ่งแท่งทดลองให้แห้ง
9. วัดความหดรัดตัวของเนื้อดินก่อนการเผาทุกสูตร

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นหลังการเผา

1. นำแท่งทดลองที่แห้งทำการเผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศ

การเผาแบบออกซิเดชั่น

2. ทดสอบความหดรัดตัวของเนื้อดินหลังการเผาทุกสูตร
3. ทดสอบความดูดซึมน้ำของเนื้อดินหลังการเผาทุกสูตร
4. ทดสอบความแข็งของเนื้อดินหลังการเผาทุกสูตร
5. นำผลไปวิเคราะห์

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ด้านคือ

1. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นจากแหล่งดินด้านเดียวกัน

ทั้งก่อนการเผาและหลังการเผา

2. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นจากแหล่งดินสามโคก

ทั้งก่อนการเผาและหลังการเผา

3. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นจากแหล่งดินสุราษฎร์

ทั้งก่อนการเผาและหลังการเผา

2. การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้น จาก 3 แหล่งดิน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. นำแท่งทดสอบเนื้อดินปั้น หมายเลข 1, 2 และ 3 ที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกด้านคุณสมบัติทางกายภาพ มาทำแผ่นทดสอบเคลือบซีเมนต์ 2.5 x 2.5 เซนติเมตร แหล่งดินละ 10 สูตร

1.1 แผ่นทดสอบเนื้อดินปั้นหมายเลข 1 จำนวน 10 แผ่น

1.2 แผ่นทดสอบเนื้อดินปั้นหมายเลข 2 จำนวน 10 แผ่น

1.3 แผ่นทดสอบเนื้อดินปั้นหมายเลข 3 จำนวน 10 แผ่น

2. นำซีเมนต์ไปผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์

3. นำซีเมนต์ผสมกับหินฟ้าน้ำและดินขาวตามสูตรแผนภาพไตรศลยภาค (Triaxial Diagram) จำนวน 10 สูตร ต่อ 1 แหล่งดิน

4. นำเคลือบซีเมนต์ที่ได้ตามสูตรไปเคลือบบนแผ่นทดสอบ

4.1 เคลือบบนแผ่นทดสอบหมายเลข 1 จำนวน 10 สูตร รวม 10 แผ่น

4.2 เคลือบบนแผ่นทดสอบหมายเลข 2 จำนวน 10 สูตร รวม 10 แผ่น

4.3 เคลือบบนแผ่นทดสอบหมายเลข 3 จำนวน 10 สูตร รวม 10 แผ่น

5. นำแผ่นทดสอบเคลือบทั้งหมดทำการเผาเคลือบที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศสุมบูรณ์ (Oxidation Firing)

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำแผ่นทดสอบมาทำการวิเคราะห์ตามเกณฑ์กำหนดคือลักษณะของเคลือบ ลักษณะของผิวเคลือบ ลักษณะของสีในเคลือบ ไปทดลองการเปลี่ยนแปลงระดับค่าความอ่อนแก่ของสีในตอนต่อไป

4. การศึกษาทดลองการเปลี่ยนแปลงระดับความอ่อนแก่ของสีโดยการผสมปริมาณของสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) 3 ชนิด

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการตามการทดลองตามลำดับดังนี้

1. นำซีเมนต์มาล้างด้วยน้ำสะอาด 2 ครั้ง ทิ้งให้ตกตะกอน 24 ชั่วโมง

2. นำไปกรองบนแผ่นปูนพลาสติกให้แห้ง

3. นำซีเมนต์ที่กรองแห้งไปบดให้ด้วยโกร่งให้ละเอียด

4. นำซีเมนต์มาผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช

5. นำซีเมนต์ผสมกับหินฟ้าน้ำและดินขาว จำนวน 10 สูตร

6. นำส่วนผสมขี้เถ้าไม้ไปเคลือบบนแผ่นทดสอบกับแหล่งดินที่ถูกคัดเลือกแล้ว
จำนวน 3 แหล่ง ทดสอบเคลือบ แหล่งดินละ 10 สูตร
7. นำแผ่นทดสอบมาเขียนรหัสหลังแผ่นทดสอบ
8. นำแผ่นทดสอบทำการเผาเคลือบที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศ
แบบออกซิเดชั่น
9. นำแผ่นทดสอบที่ผ่านการเผาเคลือบมาคัดเลือกสูตรเคลือบขี้เถ้าที่เหมาะสมกับ 3
แหล่งดิน
10. นำสูตรเคลือบขี้เถ้าไม้ที่ผ่านการคัดเลือกมาพัฒนาความเหมาะสมโดยผสมกับ
สารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) 3 ชนิดคือ โคบอลต์ออกไซด์ (CoO) โครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3)
และเฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) จำนวนสูตรละ 5 ระดับ

11. นำผลไปวิเคราะห์

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ความเหมาะสมของสูตรเคลือบขี้เถ้าไม้กับเนื้อดินปั้นจากแหล่งดิน
ด่านเกวียน เมื่อผสมกับสารให้สีโคบอลต์ออกไซด์ (CoO) โครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3) และเฟอร์ริก
ออกไซด์ (Fe_2O_3)
2. การวิเคราะห์ความเหมาะสมของสูตรเคลือบขี้เถ้าไม้กับเนื้อดินปั้นจากแหล่งดิน
สามโลก เมื่อผสมกับสารให้สีโคบอลต์ออกไซด์ (CoO) โครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3) และเฟอร์ริก
ออกไซด์ (Fe_2O_3)
3. การวิเคราะห์ความเหมาะสมของสูตรเคลือบขี้เถ้าไม้กับเนื้อดินปั้นจากแหล่งดิน
สุราษฎร์ เมื่อผสมกับสารให้สีโคบอลต์ออกไซด์ (CoO) โครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3) และเฟอร์ริก
ออกไซด์ (Fe_2O_3)

5. การทดลองสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพเรื่องเซรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษา ตอนปลาย โดยใช้ชุดการสอนที่สร้างขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์และปรับปรุงแบบทดสอบคือ นักเรียนระดับ
มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนรัตนานิเบศร์ อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี และนักเรียนระดับมัธยม
ศึกษาตอนปลาย โรงเรียนวัดน้อยใน เขตตลิ่งชัน กรุงเทพมหานคร ที่เคยเรียนเนื้อหาวิชาเซรามิกส์
มาแล้ว จำนวน 44 คน
2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพชุดการสอนสำหรับปรับปรุง
แก้ไขคือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย เขตพระนคร

กรุงเทพมหานคร ปีการศึกษา 2540 ซึ่งยังไม่เคยเรียนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพเรื่องเซรามิกส์มาก่อน จำนวน 5 คน

3. ทำการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เพื่อใช้ในการหาประสิทธิภาพของชุดการสอนเพื่อหาเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 80/80 กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 17 คน และนักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนผู้ใหญ่สวนกุหลาบวิทยาลัย เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร จำนวน 13 คน

4. ดำเนินการสอนโดยผู้วิจัยเป็นผู้สอนเองทั้ง 2 กลุ่ม โดยทำตามแผนการสอนในเนื้อหาเดียวกัน มีจุดประสงค์การเรียนรู้เช่นเดียวกัน และระยะเวลาในการสอนเท่ากับ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ จำนวน 36 คาบ คาบละ 50 นาที (ภาคทฤษฎี 12 คาบ ภาคปฏิบัติ 24 คาบ)

5. เมื่อสิ้นสุดการทดลองสอนในแต่ละสัปดาห์ ผู้วิจัยทำการทดสอบหลังการเรียนกับนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพเรื่องเซรามิกส์ และแบบประเมินผลการเรียนโดยการสังเกตดังต่อไปนี้

5.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย (ความรู้ความเข้าใจ และการนำไปใช้) วิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องเซรามิกส์

5.2 แบบประเมินผลด้านทักษะพิสัย (ทักษะปฏิบัติการทดลอง)

5.3 แบบประเมินด้านจิตพิสัย (เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์) โดยทำการประเมินในครั้งสุดท้ายเพียงครั้งเดียว

5.4 แบบประเมินผลด้านความคิดสร้างสรรค์ โดยทำการประเมินครั้งสุดท้ายเพียงครั้งเดียว

6. นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยก่อนและหลังการทดลองสอน คือค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าความแปรปรวน (S^2) ทดสอบสมมติฐานด้วย Dependent t-test

2. วิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยระหว่างกลุ่มนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายกับนักศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย คือค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าแปรปรวน (S^2) ทดสอบสมมติฐานด้วย Independent t-test

3. การวิเคราะห์ผลการเรียนด้านทักษะพิสัยระหว่างกลุ่มผู้เรียนภายหลังการเรียนในแต่ละหน่วยการสอนคือค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าความแปรปรวน (S^2) ทดสอบสมมติฐานด้วย Independent t-test

4. การวิเคราะห์ผลการเรียนด้านจิตพิสัยระหว่างกลุ่มผู้เรียนทั้ง 2 กลุ่ม คือค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าความแปรปรวน (S^2) ทดสอบสมมติฐานด้วย Independent t-test

5. การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับตัวแปรผลการเรียนด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ระหว่างผู้เรียนทั้ง 2 กลุ่ม คือค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าความแปรปรวน (S^2) ทดสอบสมมติฐานด้วย Independent t-test

6. วิเคราะห์หาประสิทธิภาพชุดการสอนตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ของตัวแรกคือคะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด เมื่อคิดเป็นร้อยละ 80 หรือสูงกว่า 80 ตัวหลังคือ ร้อยละ 80 ของกลุ่มตัวอย่างที่ทำข้อสอบข้อหนึ่ง ๆ เป็นรายข้อได้ถูกต้อง

สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้มีการแจกแจงได้ 6 ประการคือ

1. ผลการสร้างและพัฒนาเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก

1.1 ผลการวิเคราะห์วัสดุทดแทนประเภทฉนวนกันความร้อนที่วัดได้จากผนังด้าน Cold Face คือเซรามิกไฟเบอร์ สามารถกันความร้อนได้ในระดับดีมาก สามารถวัดอุณหภูมิพื้นผิวได้ 57 องศาเซลเซียส กระเบื้องแผ่นเรียบ (วัสดุทดแทน) สามารถกันความร้อนได้ในระดับพอใช้ สามารถวัดอุณหภูมิพื้นผิวได้ 91 องศาเซลเซียส แผ่นอิฐดินเผา (ด้านเกวียน) สามารถกันความร้อนได้ในระดับพอใช้ สามารถวัดอุณหภูมิพื้นผิวได้ 95 องศาเซลเซียส ส่วนกระเบื้องแผ่นเรียบ (แทรกด้วยทราย) ไม่สามารถนำมาใช้ได้ เพราะวัดอุณหภูมิพื้นผิวได้ 149 องศาเซลเซียส

1.2 ผลการวิเคราะห์สมรรถนะของเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก ด้านกายภาพทั่วไปอยู่ในระดับดี ด้านการใช้งานอยู่ในระดับดี ด้านการบำรุงรักษาอยู่ในระดับดี ด้านสมรรถนะในการเผาอยู่ในระดับดี และด้านความเหมาะสมของเตาที่ได้รับการพัฒนา (ที่สร้างขึ้น) อยู่ในระดับดี

2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นจากแหล่งดินทั้ง 3 แหล่ง หลังการเผาปรากฏผลดังนี้

2.1 การทดสอบทางกายภาพของเนื้อดินปั้นจากแหล่งดินด้านเกวียน หลังการเผาปรากฏว่าด้านความหดตัว สูตรที่ 1.14 มีความหดตัวมากที่สุด คือร้อยละ 18 ดินสูตรที่ 1.2 มีความหดตัวน้อยที่สุดคือร้อยละ 8 ด้านความดูดซึมน้ำ ดินสูตรที่ 1.2 มีความดูดซึมน้ำมากที่สุด คือร้อยละ 17.10 ดินสูตรที่ 1.11 มีความดูดซึมน้ำน้อยที่สุดคือร้อยละ 0.04 ด้านความแข็งแรง ดินสูตรที่ 1.17 มีความแข็งแรงมากที่สุดคือ 313.01 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ดินสูตรที่ 1.3 มีความแข็งแรงน้อยที่สุดคือ 129.02 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

2.2 การทดสอบทางกายภาพของเนื้อดินปั้นจากแหล่งดินสามโคก หลังการเผาปรากฏว่าด้านความหดตัว สูตรที่ 2.17 มีความหดตัวมากที่สุดคือร้อยละ 16 ดินสูตรที่ 2.2 มีความหดตัวน้อยที่สุดคือร้อยละ 10 ด้านความดูดซึมน้ำ ดินสูตรที่ 2.2 มีความดูดซึมน้ำมากที่สุด คือ

ร้อยละ 13.58 ดินสูตรที่ 2.11 มีความดูดซึมน้ำน้อยที่สุดคือ ร้อยละ 0.04 ด้านความแข็งแรง ดินสูตรที่ 2.9 มีความแข็งแรงมากที่สุดคือ 283.59 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ดินสูตรที่ 2.2 มีความแข็งแรงน้อยที่สุดคือ 170.51 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

2.3 การทดสอบทางกายภาพของเนื้อดินปั้นจากแหล่งดินสุราษฎร์ หลังการเผา ปรากฏว่าด้านความหดตัวสูตรที่ 3.11 มีความหดตัวมากที่สุดคือร้อยละ 17.50 ดินสูตรที่ 3.2 มีความหดตัวน้อยที่สุดคือร้อยละ 10 ด้านความดูดซึมน้ำ ดินสูตรที่ 3.14 มีความดูดซึมน้ำมากที่สุดคือร้อยละ 10.87 ดินสูตรที่ 3.11 มีความดูดซึมน้ำน้อยที่สุดคือร้อยละ 0.04 ความแข็งแรง ดินสูตรที่ 3.11 มีความแข็งแรงมากที่สุดคือ 236.02 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ดินสูตรที่ 3.15 มีความแข็งแรงน้อยที่สุด คือ 97.97 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

3. ผลการศึกษาสูตรเคลือบซีเมนต์ที่เหมาะสมในด้านลักษณะของเคลือบ ลักษณะของผิวเคลือบ และลักษณะของสีในเคลือบกับ 3 แหล่งดินดังนี้

3.1 เคลือบซีเมนต์สูตรที่ 1.5 กับเนื้อดินปั้นหมายเลข 1 (ดินด่านเกวียน) มีผลให้ลักษณะของเคลือบใส ผิวเคลือบเรียบและสีเขียวใสแกมน้ำตาลทุกส่วน

3.2 เคลือบซีเมนต์สูตรที่ 2.5 กับเนื้อดินปั้นหมายเลข 2 (ดินสามโคก) มีผลให้ลักษณะของเคลือบใส ผิวเคลือบเรียบและสีเขียวใสแกมน้ำตาลทุกส่วน

3.3 เคลือบซีเมนต์สูตรที่ 3.5 กับเนื้อดินปั้นหมายเลข 3 (ดินสุราษฎร์) มีผลให้ลักษณะของเคลือบใส ผิวเคลือบเรียบและสีเขียวใสแกมน้ำตาลทุกส่วน

4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ความเหมาะสมของสูตรเคลือบซีเมนต์ ไม้กับเนื้อดินปั้นจากแหล่งดินทั้ง 3 แหล่งคือแหล่งดินหมายเลข 1 (ดินด่านเกวียน) ดินหมายเลข 2 (ดินสามโคก) และแหล่งดินหมายเลข 3 (ดินสุราษฎร์) เมื่อผสมกับสารให้สีโคบอลต์ออกไซด์ (CoO) โครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3) และเฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) แสดงผลการวิเคราะห์เฉพาะสูตรเคลือบซีเมนต์ที่เหมาะสมที่สุด ที่ใช้เพื่อการผสมกับสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) เท่านั้น ส่วนลักษณะของสีที่ได้จากการเคลือบสามารถคัดเลือกได้ตามความเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์

4.1 ผลการเคลือบซีเมนต์ ไม้กับสารให้สีโคบอลต์ออกไซด์ (CoO) บนแหล่งดินทั้ง 3 แหล่ง ปรากฏสีน้ำเงินอ่อนแก่จำนวน 5 ระดับ แต่มีความแตกต่างกันน้อย

4.2 ผลการเคลือบซีเมนต์ ไม้กับสารให้สีโครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3) บนแหล่งดินทั้ง 3 แหล่ง ปรากฏสีเขียวอ่อนแก่จำนวน 5 ระดับ แต่มีความแตกต่างค่อนข้างน้อย

4.3 ผลการเคลือบซีเมนต์ ไม้กับสารให้สีเฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) บนแหล่งดินทั้ง 3 แหล่ง ปรากฏสีน้ำตาลอ่อนแก่ จำนวน 5 ระดับ แต่มีความแตกต่างกันอย่างมาก

5. ผลการทดลองสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องเซรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้ชุดการสอนที่สร้างขึ้น สรุปผลการเรียนออก 5 ประการคือ

5.1 ผู้เรียนแต่ละกลุ่ม (กลุ่มนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และนักศึกษาผู้ใหญ่ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยสูงกว่าก่อนการทดลองสอน ทั้ง 4 หน่วยการสอน

5.2 ผู้เรียนที่เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และนักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยไม่แตกต่างกัน ในหน่วยการสอนที่ 1 (เรื่องความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เชรามิกส์และการเตรียมดิน) และหน่วยการสอนที่ 2 (เรื่องเตาเผาและการเผาผลิตภัณฑ์เชรามิกส์ การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน) แต่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย แตกต่างกัน ในหน่วยการสอนที่ 3 (ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับน้ำเคลือบ การเตรียมน้ำเคลือบและการเผาเคลือบ) และในหน่วยการสอนที่ 4 (เรื่องการออกแบบความคิดสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เชรามิกส์)

5.3 ผู้เรียนที่เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กับนักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัย (ทักษะปฏิบัติการทดลอง) ไม่แตกต่างกัน ทั้ง 4 หน่วยการสอน

5.4 ผู้เรียนที่เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กับนักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัย (เจตคติทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์) ไม่แตกต่างกัน (ตลอดช่วงการทดลองสอน)

5.5 ผู้เรียนที่เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กับนักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีผลการเรียนรู้ด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ไม่แตกต่างกัน (ตลอดช่วงการทดลองสอน)

6. ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดการสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องเชรามิกส์ ได้สูงกว่าเกณฑ์ 80/80 คือ ชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 85.38/85.17

อภิปรายผล

การอภิปรายผลการวิจัยได้จัดลำดับการอภิปรายผล ออกเป็น 5 ตอน คือ

ตอนที่ 1 อภิปรายผลเกี่ยวกับการสร้างและพัฒนาเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก

มีความมุ่งหมายเพื่อสร้างและพัฒนาเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก (เตาไฟฟ้า) โดยใช้วัสดุภายในประเทศบางส่วน ให้มีคุณสมบัติครอบคลุมถึงศักยภาพในระดับที่โรงเรียนมัธยมศึกษาสามารถจัดสร้างขึ้นได้จากรูปแบบ ลำดับขั้นการสร้าง และตัวอย่างที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้เพื่อใช้เป็นอุปกรณ์และสื่อการเรียนการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพเรื่องเชรามิกส์ รวมถึง

วัสดุกันความร้อนที่สามารถจัดหาได้สะดวกภายในประเทศ และราคาถูก โดยผ่านการทดสอบเปรียบเทียบกับวัสดุกันความร้อนมาตรฐาน ซึ่งได้ผลการวิจัยและอภิปรายผลดังนี้

ประการที่ 1 วัสดุที่ใช้ในการสร้างและประกอบเข้ากับผนังของเตาเผามีการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวด้าน Cold Face ของแต่ละชนิดกับวัสดุกันความร้อนมาตรฐานคือเซรามิกไฟเบอร์ (Ceramic Fiber) โดยในการวิจัยครั้งนี้ใช้วัสดุกันความร้อนที่สร้างขึ้นเพียง 3 ชนิดเท่านั้น ซึ่งผลการวิจัยปรากฏว่ากระเบื้องแผ่นเรียบขนาดความหนา 4 มิลลิเมตร วางซ้อนกันในแนวตั้ง จำนวน 4 แผ่น สามารถกันความร้อนได้ในระดับพอใช้เมื่อเปรียบเทียบกับเซรามิกไฟเบอร์ (Ceramic Fiber) และสอดคล้องกับการประเมินสมรรถนะเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็กจากผู้เชี่ยวชาญด้านเซรามิกส์ จำนวน 5 ท่าน อยู่ในระดับพอใช้

ประการที่ 2 อุปกรณ์ที่ใช้วัดอุณหภูมิภายในเตาเผา ผู้วิจัยทดลองใช้เครื่องวัดอุณหภูมิคำ ที่มีส่วนวัดอุณหภูมิที่ทำด้วย Copper-Nickel สามารถวัดอุณหภูมิได้ไม่เกิน 500 องศาเซลเซียส โดยอาศัยการวัดด้วยการแผ่รังสีความร้อนกับสัดส่วนของระยะห่างจากระยะด้าน Hot Face เปรียบเทียบกับ Thermocouple ที่ทำด้วย Chromel - Alumel ซึ่งสามารถวัดอุณหภูมิสูงถึง 1300 องศาเซลเซียส โดยวัดอุณหภูมิได้จากภายในเตาเผาโดยตรง เพราะอาจทำให้เกิดความเสียหายต่อผลิตภัณฑ์และเตาเผาได้ และสอดคล้องกับการประเมินการประเมินผลของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน อยู่ในระดับที่ต้องปรับปรุง แสดงว่าเตาเผาที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้และทำการทดลองสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องเซรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายได้

ตอนที่ 2 การอภิปรายผลเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นจากแหล่งดินตัวอย่างจำนวน 3 แหล่ง คือ ดินด่านเกวียน ดินสามโคก และดินสุรัสวดี

การวิจัยนี้มีความมุ่งหมายเพื่อวิเคราะห์ถึงคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นจากแหล่งดินตัวอย่างจำนวน 3 แหล่ง เมื่อผสมกับหินเขียวหนุมาน (Quartz) และดินขาว (Kaolin) เพื่อหาสูตรที่เหมาะสมแหล่งละ 1 สูตร ซึ่งได้ผลการวิจัยและอภิปรายผลดังนี้

ประการที่ 1 คุณสมบัติทางกายภาพของดินด่านเกวียนจากผลของการวิเคราะห์พบว่าสูตรที่ 1.11 เมื่อผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส บรรยากาศในการเผาแบบออกซิเดชันมีความหดตัวร้อยละ 17 และมีความดูดซึมน้ำร้อยละ 0.04 ซึ่งเป็นคุณสมบัติทางกายภาพที่เหมาะสมของเนื้อดินปั้น และสอดคล้องกับ เคนนี่ (Kenny. 1949 : 158) ที่กล่าวว่าเนื้อดินปั้นควรมีความหดตัวหลังการเผาไม่เกินร้อยละ 20 และมีความดูดซึมน้ำไม่เกินร้อยละ 3

ประการที่ 2 คุณสมบัติทางกายภาพของดินสามโคก จากผลการวิเคราะห์พบว่าดินสูตรที่ 2.11 (ดินสามโคก ร้อยละ 70 ดินขาว ร้อยละ 30) เมื่อผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส บรรยากาศในการเผาแบบออกซิเดชันมีความหดตัวร้อยละ 15.50 และมีความดูดซึมน้ำร้อยละ 0.04

ซึ่งเป็นคุณสมบัติทางกายภาพที่เหมาะสมของเนื้อดินปั้น และสอดคล้องกับ เคนนี่ (Kenny. 1949 : 158)

ประการที่ 3 คุณสมบัติทางกายภาพของดินสุราษฎร์ จากผลการวิเคราะห์พบว่าดินสูตรที่ 3.11 (ดินสุราษฎร์ ร้อยละ 70 ดินขาว ร้อยละ 30) เมื่อผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส บรรยากาศในการเผาแบบออกซิเดชันมีความหดรัดร้อยละ 17.50 และมีความดูดซึมน้ำร้อยละ 0.04 ซึ่งเป็นคุณสมบัติทางกายภาพที่เหมาะสมของเนื้อดินปั้น และสอดคล้องกับ เคนนี่ (Kenny. 1949 : 158) จากผลการทดลองพบว่าดินทั้ง 3 แห่ง มีความเหมาะสมในทางกายภาพ หากผสมด้วย ดินขาว ร้อยละ 30

ตอนที่ 3 การอภิปรายผลเกี่ยวกับสูตรเคลือบสีเข้าไม้ที่เหมาะสมที่เคลือบบนเนื้อดินปั้น 3 แห่ง (ดินด่านเกวียน ดินสามโคก และดินสุราษฎร์) ซึ่งผลการวิจัยและอภิปรายผลดังนี้

ประการที่ 1 ความเหมาะสมของเคลือบสีเข้าไม้กับเนื้อดินด่านเกวียนสูตรที่ 1.11 จากการวิเคราะห์พบว่าสูตรที่ 1.5 (สีเข้าไม้ ร้อยละ 60 หินฟันม้า ร้อยละ 20 และดินขาว ร้อยละ 20) มีความเหมาะสมโดยมีลักษณะของเคลือบใส ผิวเรียบ มีสีเขียวใสแกมน้ำตาลเล็กน้อยทุกส่วน

ประการที่ 2 ความเหมาะสมของเคลือบสีเข้าไม้กับเนื้อดินสามโคก สูตรที่ 2.11 จากการวิเคราะห์พบว่าสูตรที่ 2.5 (สีเข้าไม้ ร้อยละ 60 หินฟันม้า ร้อยละ 20 และดินขาว ร้อยละ 20) มีความเหมาะสมโดยมีลักษณะของเคลือบใส ผิวเรียบ มีสีเขียวใสเล็กน้อยทุกส่วน

ประการที่ 3 ความเหมาะสมของเคลือบสีเข้าไม้กับเนื้อดินสุราษฎร์ สูตรที่ 3.11 จากการวิเคราะห์พบว่าสูตรที่ 3.5 (สีเข้าไม้ ร้อยละ 60 หินฟันม้า ร้อยละ 20 และดินขาว ร้อยละ 20) มีความเหมาะสม โดยมีลักษณะของเคลือบใส ผิวเรียบ มีสีเขียวใสแกมน้ำตาลเล็กน้อยทุกส่วน

ข้อสังเกตในการทดลอง

เนื้อดินปั้นในบางจุดของแหล่งดินทั้ง 3 แห่ง ในบางจุดไม่ได้ผ่านเกณฑ์การตัดสินความเป็นเนื้อดินปั้นที่ได้กำหนดในการวิจัยครั้งนี้ มิได้หมายความว่าเนื้อดินเหล่านั้นจะนำไปใช้ในงานด้านอื่นไม่ได้ แต่เนื้อดินปั้นเหล่านั้นอาจเหมาะกับการขึ้นรูปและทำผลิตภัณฑ์อื่นที่นอกเหนือจากเกณฑ์ที่กำหนด เช่น เนื้อดินปั้นที่เผาในอุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส และเนื้อดินปั้น มีความดูดซึมน้ำไม่เกินร้อยละ 3 ตามหลักการของ เคนนี่ (Kenny. 1945 : 150) ซึ่งจากการทดลองพบว่าเนื้อดินปั้นบางหมายเลขที่อยู่ในเกณฑ์ เช่น แหล่งดินหมายเลข 1 (ดินด่านเกวียน) ได้แก่สูตรที่ 1.8, 1.11, 1.12, 1.13, 1.15, 1.16, 1.17 และ 1.18 แหล่งดินหมายเลข 2 (ดินสามโคก) ได้แก่สูตรที่ 2.11, 2.12, 2.15, 2.16, 2.17 และ 2.18 จากแหล่งดินหมายเลข 3 (ดินสุราษฎร์) ได้แก่ สูตรที่ 3.8, 3.11, 3.12, 3.17 และ 3.18 ส่วนด้านความหดรัดไม่เกินร้อยละ 20 และด้านความแข็งแรงตั้งแต่ 9.1 ถึง 682 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร สามารถใช้ได้ทุกสูตร ผลการทดลอง

พบว่าดินทั้ง 3 แหล่ง หากผสมด้วยการเคลือบขี้เถ้าไม้ ร้อยละ 60 หินฟืนม้า ร้อยละ 20 และ ดินขาว ร้อยละ 20 จะให้ลักษณะของเคลือบสี ผิวเรียบ แต่จะได้สีแตกต่างกันขึ้นกับสารประกอบ ของดินแต่ละแหล่ง

ตอนที่ 4 การอภิปรายผลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงระดับความอ่อนแก่ของสีโดยการ ผสมปริมาณของสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) 3 ชนิดคือ โคบอลต์ออกไซด์ (CoO) โครมิก ออกไซด์ (Cr_2O_3) และเฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) กับ 3 แหล่งดิน เปรียบเทียบบรรยากาศแบบ สมบูรณ์ (Oxidation Firing) ผลการวิจัยและอภิปรายผล ตามลำดับ ดังนี้

ประการที่ 1 ความเหมาะสมของเคลือบขี้เถ้าไม้กับหินฟืนม้า (Potash Feldspar) และ ดินขาว (Kaolin) จำนวน 1 สูตรเคลือบ โคบอลต์ออกไซด์ (CoO) ตั้งแต่ร้อยละ 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 จะได้ระดับของสีน้ำเงินสีอ่อนไปจนถึงสีแก่ จำนวน 5 ระดับ แต่ที่มีความแตกต่าง ของระดับสีน้อยมาก ซึ่งสอดคล้องกับ รวีวรรณ จันทร์จรียากุล (2530 : 88) ที่กล่าวว่าการเติม ออกไซด์ของโลหะ (สารให้สี) ตั้งแต่ร้อยละ 1 ถึง 5 พบว่าเคลือบมีความมันวาว แต่ไม่สามารถ เปลี่ยนแปลงระดับสีของเคลือบได้มากนัก

ประการที่ 2 ความเหมาะสมของเคลือบขี้เถ้าไม้กับหินฟืนม้า (Potash Feldspar) และ ดินขาว (Kaolin) จำนวน 1 สูตรเคลือบ ผสมโครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3) ตั้งแต่ร้อยละ 1, 2, 3, 4 และ 5 จะได้ระดับของสีเขียวจากสีอ่อนไปจนถึงสีแก่ จำนวน 5 ระดับ แต่มีความแตกต่างของ ระดับสีน้อยมาก ซึ่งสอดคล้องกับ รวีวรรณ จันทร์จรียากุล (2530 : 88) ที่กล่าวว่าการเติม ออกไซด์ของโลหะ (สารให้สี) ตั้งแต่ร้อยละ 1 ถึง 5 พบว่าเคลือบมีความมันวาว แต่ไม่สามารถ เปลี่ยนแปลงระดับสีของเคลือบได้มากนัก

ประการที่ 3 ความเหมาะสมของเคลือบขี้เถ้าไม้กับหินฟืนม้า (Potash Feldspar) และ ดินขาว (Kaolin) จำนวน 1 สูตรเคลือบ ผสมเฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) ตั้งแต่ร้อยละ 1, 2, 3, 4 และ 5 จะได้ระดับของสีน้ำตาล แต่มีความแตกต่างของระดับสีน้อยมาก ซึ่งสอดคล้องกับ รวีวรรณ จันทร์จรียากุล (2530 : 88) ที่กล่าวว่าการเติมออกไซด์ของโลหะ (สารให้สี) ตั้งแต่ร้อยละ 1 ถึง 5 พบว่าเคลือบมีความมันวาว แต่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงระดับสีของเคลือบได้มากนัก

ตอนที่ 5 การอภิปรายผลเกี่ยวกับการทดลองสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องเชรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยชุดการสอนที่สร้างขึ้น ผลการวิจัยและอภิปรายผล ตามลำดับดังนี้

ประการที่ 1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย (ความรู้ความจำ ความเข้าใจและ การนำไปใช้) ก่อนและหลังการทดลองสอนโดยใช้ชุดการสอนกับกลุ่มผู้เรียนแต่ละกลุ่ม คือนักเรียน

ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และนักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ภายหลังการสอนสูงกว่าก่อนการทดลองสอนทั้ง 4 หน่วยการสอน นั้นแสดงว่า ชุดการสอนดังกล่าวสามารถใช้กับกลุ่มผู้เรียนทั้ง 2 กลุ่ม ได้อย่างมีประสิทธิภาพได้สูงกว่าเกณฑ์คือ 85.38/85.17

ประการที่ 2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย (ความรู้ความจำ ความเข้าใจและการนำไปใช้) ระหว่างนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายกับนักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยชุดการสอนที่สร้างขึ้น ปรากฏว่าหน่วยการสอนที่ 1 2 และ 4 ผู้เรียนทั้ง 2 กลุ่มมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย ไม่แตกต่างกัน แต่ในหน่วยการสอนที่ 3 ผู้เรียนทั้ง 2 กลุ่มมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย แตกต่างกัน

ประการที่ 3 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัย (ทักษะปฏิบัติการทดลอง) เป็นผลการวิจัยที่ได้จากการสังเกตพฤติกรรม/ลักษณะบ่งชี้ ในภาคปฏิบัติของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และนักศึกษาผู้ใหญ่ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยประเมินจากการสังเกตของครูผู้สอน ครอบคลุมถึงด้านเทคนิคการทดลอง ความคล่องแคล่วในการทดลอง ความสะอาดและความเป็นระเบียบ ซึ่งผลการวิจัยพบว่าไม่แตกต่างกัน (โดยกลุ่มนักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีค่าเฉลี่ยสูงกว่านักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายเล็กน้อย) อาจเป็นเพราะเหตุผลดังนี้

1. การเรียนการสอน เป็นการสอนที่ให้ผู้เรียนได้คิดเอง ปฏิบัติเอง ด้วยการฝึกทักษะปฏิบัติการทดลองให้เหมาะสมกับการทดลองของแต่ละกิจกรรมด้วยตนเอง ทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะปฏิบัติการทดลองได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ของจอห์น ดิวอี้ กล่าวว่าการเรียนรู้จะเกิดได้ดีต้องเกิดจากการเรียนที่เกิดจากการปฏิบัติ และสอดคล้องกับปรัชญาการศึกษาเชิงปฏิบัติ ซึ่งมักนิยมเรียนด้วยการจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมนั้น ๆ ด้วยตนเองจะทำให้เกิดการเรียนรู้ได้ดีและแสดงพฤติกรรมในด้านปฏิบัติ ทำให้มีทักษะในการปฏิบัติกิจกรรมทำให้มองภาพรวมเป็นรูปธรรม ซึ่งเป็นการจัดกระทำด้วยระบบความคิดของตนเอง คิดอย่างอิสระและแสดงออกมาเป็นพฤติกรรมที่ปฏิบัติได้จริง

2. การเรียนการสอนที่ให้มีภาคปฏิบัติการทดลองประกอบกับแบบบันทึกผลของการทดลองได้ถูกจัดสร้างไว้ในหน่วยการเรียนที่มีขั้นตอนของการทดลองอย่างเป็นลำดับขั้นของการศึกษาหาความรู้อย่างถูกต้อง ซึ่งทุกคนสามารถหาได้ตามอิสระในสถานการณ์ใหม่ ๆ ที่ไม่ซ้ำกัน โดยมีการเร้าความสนใจทำให้เกิดความอยากรู้อยากเห็น กระตือรือร้นในการเรียน การสร้างความพอใจและแรงจูงใจแก่ผู้เรียน ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่ดีและสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ของธอร์นไคด์ ในเรื่องกฎแห่งการฝึกหัด (สุจริต เพียรชอบ และสายใจ อินทรมรรย. 2522 : 52-62) ที่กล่าวว่า สิ่งใดก็ตามที่มีการฝึกหัดหรือกระทำบ่อย ๆ ย่อมจะทำให้ผู้ฝึกมีความคล่องตัว และสามารถทำได้ดียิ่งขึ้น

จากเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้ผลการเรียนด้านจิตพิสัยที่ได้จากการสังเกตจากครูผู้สอนกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และนักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ไม่แตกต่างกัน

ประการที่ 4 ผลการเรียนด้านจิตพิสัย (เจตคติทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์) เป็นผลการวิจัยที่ได้จากการสังเกตพฤติกรรม/ลักษณะบ่งชี้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และนักศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ผู้วิจัยแสดงออกในระยะเวลาหนึ่งอย่างสม่ำเสมอ ประกอบด้วย ความอยากรู้อยากเห็น ความรับผิดชอบและเพียรพยายาม ความมีเหตุผล ความมีระเบียบและรอบคอบ ความซื่อสัตย์ ความใจกว้าง มีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น และความประหยัด ซึ่งผลการวิจัยพบว่าผู้เรียนทั้ง 2 กลุ่ม มีผลการเรียนด้านจิตพิสัย ไม่แตกต่างกัน อาจเป็นเพราะเหตุผลดังนี้

1. เจตคติทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องของจิตใจในการที่จะทำให้เกิดขึ้นในตัวนักเรียนแต่ละคนนั้นจะต้องใช้เวลา และปัจจัยหลายประการที่เอื้ออำนวยโดยสอดคล้องกัน ซึ่งสอดคล้องกับ ประกิจ รัตนสุวรรณ (2525 : 326) ที่กล่าวว่า การสร้างเจตคติต้องใช้เวลาและความพยายามสำหรับการจัดสิ่งแวดล้อมและประสบการณ์ และกฤษณา ศักดิ์ศรี (2531 : 185-188) ที่กล่าวว่าบุคคลจะมีเจตคติต่อสิ่งใดเกิดขึ้นได้ จะต้องใช้ประสบการณ์หรือการเรียนรู้ที่ยาวนาน แต่เนื่องจากระยะเวลาในการทดลองสอนครั้งนี้ใช้เวลาเพียง 4 สัปดาห์ จำนวน 36 คาบ ซึ่งระยะเวลานี้อาจเป็นสาเหตุให้การสังเกตในบางด้าน ไม่อยู่ในระดับที่จะพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ในบางด้านได้

2. การปฏิบัติกิจกรรมของทั้งสองกลุ่ม ได้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ฝึกการทำงานร่วมกันกับผู้อื่น ฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ได้ปฏิบัติการทดลอง อภิปรายผลการทดลองและสรุปผลการทดลองร่วมกัน ซึ่งเป็นการเอื้ออำนวยต่อการเกิดเจตคติทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ในทุก ๆ ด้าน โดยกิจกรรมการเรียนส่งเสริมให้มีการทำงานร่วมกัน ซึ่งจะเป็นการพัฒนาด้านสติปัญญา อารมณ์ และส่งเสริมให้มีความคิดเป็นเหตุเป็นผล ที่ทำให้มีการพัฒนาเจตคติของบุคคลได้ (ทบทวนมหาวิทยาลัย. 2525 : 54) เช่นเดียวกับข้อเสนอของ คลัสเมียร์ (สุนันท์ สังข์อ่อง. 2523 : 340 ; อ้างอิงมาจาก Klausmeir. n.d.) ที่กล่าวว่าครูสามารถใช้วิธีการที่จะพัฒนาให้นักเรียนให้เกิดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ได้หลายวิธี เช่น เปิดโอกาสให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่มและฝึกปฏิบัติจริง ประกอบกับการชี้ให้นักเรียนเห็นลักษณะของเจตคติที่สามารถพัฒนาให้เกิดขึ้นได้ในตัวนักเรียน ขณะปฏิบัติกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการเรียน

จากสาเหตุดังกล่าว จึงทำให้ผลการเรียนด้านจิตพิสัย (เจตคติทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์) ที่ได้จากการสังเกตของครูผู้สอนกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และนักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ไม่แตกต่างกัน

ประการที่ 5 ผลการเรียนรู้ด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นผลการวิจัยที่ได้จากการสังเกตรายการพฤติกรรมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และนักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยประเมินจากการสังเกตของครูผู้สอน ครอบคลุมถึงพฤติกรรมด้านการวางแผน การปฏิบัติงาน คุณภาพ ประสิทธิภาพและการเสนองาน ซึ่งผลการวิจัยพบว่าไม่แตกต่างกัน (โดยกลุ่มตัวอย่างนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีค่าเฉลี่ยสูงกว่านักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายเล็กน้อย) อาจเป็นเพราะเหตุผลดังนี้

1. การเรียนการสอนโดยชุดการสอน ที่เน้นให้มีการปฏิบัติกิจกรรมได้อย่างอิสระ ปฏิบัติตามความสามารถ นักเรียนมีโอกาสแสดงความคิดของตนเองโดยผ่านกระบวนการศึกษามาอย่างถูกต้อง ทั้งทางภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ ทำให้นักเรียนได้มีโอกาสแสดงความคิดใหม่ ๆ รูปแบบใหม่ ๆ ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นส่วนหนึ่งที่ส่งเสริมให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างอิสระ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ วรณรักษ์ ชัยชาญกุล (2526) ที่สร้างแบบฝึกความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ให้เสรีภาพในการคิดคำตอบที่มีการประเมินกับไม่มีการประเมินผลการวิจัยพบว่าการให้เสรีภาพในการคิดจะมีการประเมินผลหรือไม่ ก็สามารถทำให้ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์พัฒนาขึ้นได้โดยไม่มีความแตกต่างกัน

2. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ที่ส่งเสริมให้ได้บุคคลที่สามารถออกแบบ สร้าง ปรับปรุง และพัฒนาให้เกิดประโยชน์เหมาะสมต่อสิ่งประดิษฐ์ออกแบบได้ อย่างมีคุณภาพ โดยคำนึงถึงความแปลกใหม่ของรูปแบบและวัสดุ ความเหมาะสมในการใช้และดัดแปลงสามารถนำมาใช้ได้จนบรรลุขั้นที่ได้ผลผลิตออกมา ประกอบด้วย ความสวยงาม แข็งแรง ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าการประเมินความคิดสร้างสรรค์ โดยอาศัยแบบสังเกตรายการพฤติกรรม ได้ประเมินในสิ่งที่นักเรียนแสดงออกถึงกระบวนการคิดที่จะทำให้สามารถสร้างความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ มีความสัมพันธ์กันและสอดคล้องกับ สุชีพ ศรีประเคน (2533) ที่พบว่าความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ด้านการนำไปใช้ ซึ่งพฤติกรรมด้านการนำไปใช้เป็นพฤติกรรมทางการสร้างสรรค์ทางทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน เป็นการศึกษาที่จะนำไปสู่การประดิษฐ์ที่มีประโยชน์ต่อมวลมนุษยชาติ

จากเหตุผลดังกล่าว จึงทำให้ผลการเรียนรู้ด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสังเกตจากครูผู้สอน กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และนักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ประการที่ 6 ผลการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนา ชุดการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ภายภาพชีวภาพ เรื่องเซรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 โดยเกณฑ์ 80 ตัวแรก คือคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด เมื่อคิดร้อยละแล้วได้ 80 คะแนนหรือมากกว่า คะแนน 80 ตัวหลัง คือร้อยละ 80 ของ

กลุ่มตัวอย่างที่ทำข้อสอบข้อหนึ่ง ๆ เป็นรายข้อ ได้ถูกต้องโดยได้ผลการวิจัยดังนี้

ผลของประสิทธิภาพของชุดการสอนตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ปรากฏผลจากการทดสอบ ปรากฏว่าได้สูงกว่าเกณฑ์คือ 85.38/85.17 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเหตุผลดังนี้

1. อาจเป็นเพราะว่าชุดการสอน วิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพเรื่องเซรามิกส์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มิได้มีการสอนอย่างแพร่หลายในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในเชิงของการเรียนรู้ ที่ผู้เรียนจะได้รับ และสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายจึงเป็นสาเหตุให้ผู้เรียนมีเหตุจูงใจให้สนใจประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ และผลของคะแนนเฉลี่ยวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยก่อนการเรียน และหลังการเรียน มีความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยคะแนนแตกต่างกันจริง แสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มมีความรู้สูงขึ้นจริง เมื่อเรียนด้วยชุดการสอนที่สร้างขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ สิงห์คาน แสนยากุล (2531 : 40) ได้ทำการวิจัยเพื่อสร้างชุดการสอนวิชาการหล่อโลหะ เรื่องการหล่อเหรียญ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา ผลปรากฏว่าชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 88.72/83.68 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 80/80 และนอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ ศรศักดิ์ ลัทธิกุล (2531 : 36) ได้ทำการวิจัยเรื่องการสร้างชุดการสอนวิชาการตกแต่งผิวสำเร็จ เรื่องชุบเคลือบผิวโลหะด้วยไฟฟ้า ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง แผนกโลหะ วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา พุทธศักราช 2528 แล้วนำไปทดลองใช้กับนักศึกษา วิชาเกษตรพระนครเหนือ ปีการศึกษา 2531 จำนวน 30 คน ผลการวิจัยปรากฏว่าชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 88.50/83.13 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมีความแตกต่างกัน

2. อาจเป็นเพราะว่าชุดการสอนที่ประกอบด้วยภาคทฤษฎีและปฏิบัติ ทำให้ผู้เรียนมีความสนใจใฝ่รู้ โดยอาศัยกิจกรรมการเรียนการสอนกับการวิเคราะห์ผลของการทดลองด้วยตนเอง ทำให้เกิดความคงทนในการเรียนรู้จึงมีลักษณะของการช่วยๆให้ผู้เรียนอยากรู้ อยากเห็น ซึ่งสถานการณ์นั้นครูเป็นผู้จัดกิจกรรมเพื่อนำไปสู่ความสำเร็จในการค้นคว้าด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับจิตวิทยาการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ของ ชันด์ (สวัมภ์ นิยมคำ. 2517 : 15 ; อ้างอิงจาก Sund. 1967) กล่าวว่าในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์นักเรียนจะเรียนรู้ได้ดีที่สุดก็ต่อเมื่อนักเรียนได้เกี่ยวข้องกับโดยตรงกับการค้นคว้าหาความรู้ โดยการจัดกิจกรรมที่นำไปสู่ความสำเร็จในการค้นคว้า และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ความคิดของตนเองให้มากที่สุด

ข้อเสนอแนะ

การสร้างและพัฒนาเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก (เตาไฟฟ้า)

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 ในการศึกษาคุณสมบัติของเตาเผาอุณหภูมิสูง ควรมีรายละเอียด ข้อบ่งชี้ถึง คุณลักษณะของเตาเผาที่ได้สร้างและพัฒนาขึ้น เพื่อประกอบกับการใช้งานและสะดวกต่อครูผู้สอน และนักเรียนสามารถใช้งานได้อย่างถูกต้องปลอดภัย

1.2 ผนังด้านนอกของเตาเผาทุกด้านควรมีวัสดุป้องกันความร้อนจากฉนวนอีกชั้นหนึ่ง โดยอาจทำด้วยแผ่นอลูมิเนียม ยึดครอบผนังทั้งหมดทุกด้านเพื่อป้องกันอันตรายอันอาจเกิดกับครูผู้สอนและนักเรียนได้

1.3 เพื่อความสะดวกต่อการใช้งานประกอบการเรียนการสอนควรมีการติดตั้งสวิทช์อัตโนมัติ เมื่ออุณหภูมิภายในเตาเผา ได้อุณหภูมิตามที่กำหนด

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการศึกษาถึงการสร้างเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็กที่ใช้พลังงานไฟฟ้าที่มีขนาดของห้องเผาให้มีขนาดเล็กกว่า 1 ลูกบาศก์ฟุตเพื่อใช้กับกลุ่มทดลองขนาดเล็กและให้เหมาะสมกับการทดลองในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายได้

2.2 ควรมีการศึกษาถึงการสร้างเตาเผาที่มีการเปิดด้านหน้า (Front Loading) เพื่อความสะดวกในการนำชิ้นงานทดสอบหรือผลิตภัณฑ์ที่จะทำการเผาเข้าออกได้อย่างสะดวกปลอดภัย

2.3 ควรมีการศึกษาถึงวัสดุกันความร้อนในหลาย ๆ ประเภท ที่นอกเหนือจากการวิจัยในครั้งนี้ เพื่อสามารถเป็นตัวเลือกที่หลากหลายและเหมาะสมกับความสามารถในการสร้างได้เอง ของโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้น

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 การนำผลการทดลองนี้ไปใช้ในการทำเนื้อดินปั้น เผาที่ระดับอุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศการเผาแบบออกซิเดชั่น ควรมีการทดลองหาส่วนผสมอีกครั้งเพื่อ ความเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ในการนำเนื้อดินปั้นไปใช้ทำผลิตภัณฑ์

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรนำผลการทดลองนี้ไปเผาที่ระดับอุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศแบบไม่สมบูรณ์ (Reduction Firing)

2.2 ควรศึกษาอัตราส่วนของดินในแหล่งดินต่าง ๆ รวมถึงแหล่งดินในท้องถิ่น

ซึ่งจะทำให้ได้สูตรดินที่หลากหลาย โดยอาศัยการหาสูตรของอัตราส่วนของเนื้อดินตามตารางสามเหลี่ยมไตรศุลยภาค (Triaxial Diagram) ให้ละเอียดมากกว่านี้

2.2 ควรมีการศึกษาถึงระดับอุณหภูมิที่มีผลต่อเนื้อดินปั้นในระดับต่าง ๆ รวมถึงความทนไฟของเนื้อดินในแต่ละแหล่ง เพื่อความเหมาะสมต่อการนำไปทำผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสมกับความต้องการ

การศึกษาสูตรเคลือบซีเมนต์ที่เหมาะสม

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 การนำผลของเคลือบซีเมนต์มาใช้งาน ควรมีการทดลองหาความเหมาะสมของซีเมนต์ ควรหาจุดในการหาสูตรส่วนผสมเคลือบซีเมนต์ให้มากกว่า 10 จุด โดยขยายจากดินสูตรที่ 1.5, 2.5 และ 3.5 ให้ละเอียดยิ่งขึ้น

2. ข้อเสนอในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการศึกษาซีเมนต์ชนิดอื่น ๆ อีก เพื่อให้มีความหลากหลายชนิดเคลือบซีเมนต์

2.2 ควรมีการศึกษาทดลอง เผาในบรรยากาศไม่สมบูรณ์ (Reduction Firing)

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับค่าความอ่อนแก่ของสีโดยการผสมปริมาณของสารให้สี

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 การนำผลของการทดลองเคลือบซีเมนต์เผาที่ระดับอุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศการเผาแบบออกซิเดชัน ควรมีการทดลองหาส่วนผสมอีกครั้ง รวมถึงการทดลองหาอัตราส่วนผสมของสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) ให้มีระดับความถี่ห่างให้มากกว่านี้เพื่อความเหมาะสมของสูตรเคลือบต่อไป

2. ข้อเสนอในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการทดลองผสมสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) ที่มีผลต่อเนื้อดินปั้นในแหล่งต่าง ๆ รวมถึงระดับความแตกต่างของระดับสีด้วย

2.2 ควรศึกษาถึงประเภทของเคลือบซีเมนต์จากไม้ชนิดต่าง ๆ หรือซีเมนต์จากวัสดุอื่น ๆ เพื่อหาความแตกต่างของเคลือบให้ได้ผลถึงความแตกต่างให้มากยิ่งขึ้น

2.3 ควรศึกษาถึงชนิดของสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) ที่ผสมกับเคลือบซีเมนต์ ซึ่งจะทำให้เกิดสีต่าง ๆ มากกว่าการวิจัยในครั้งนี้เพื่อความเหมาะสมต่อไป

การทดลองสอนโดยใช้ชุดการสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพเรื่องเซรามิกส์

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 การสร้างชุดการสอนควรจะได้พิจารณาเลือกรูปแบบของการสร้างให้เหมาะสมกับพื้นฐานของผู้เรียนและลักษณะของเนื้อหาในรายวิชา ตลอดจนควรมีกิจกรรมให้เหมาะสมกับเนื้อหาและเวลาที่ใช้สอน

1.2 การสร้างชุดการสอน ควรจะได้มีการจัดสร้างโดยอยู่ในโครงการของกลุ่มโรงเรียน ซึ่งอาศัยการวางแผนร่วมกัน กำหนดขั้นตอนร่วมกัน รวมถึงการจัดหางบประมาณและวัสดุอุปกรณ์ในการสร้างชุดการสอน รวมทั้งการติดตามประเมินผลเพื่อแก้ไขปรับปรุงชุดการสอน วิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องเซรามิกส์ ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

1.3 การเรียนโดยใช้ชุดการสอน สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย (ความรู้ความจำ ความเข้าใจและการนำไปใช้) ของนักเรียนได้สูงขึ้นโดยผู้เรียนจะต้องได้รับการปฐมนิเทศอย่างเข้าใจ จะทำให้การเรียนรู้ของผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์ของการเรียนได้

1.4 การปฏิบัติการทดลองตามใบงาน มุ่งให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการทางด้านทักษะพิสัย โดยการทดลองตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนควรมีความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการเรียนการสอน ดังนั้นก่อนดำเนินการสอน ครูควรมีตัวอย่างของวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ ผลึกภัณฑ์ที่ได้จากการทดลอง และผลึกภัณฑ์สำเร็จรูปและจำเป็นต้องมีความซื่อสัตย์ต่อการทดลองต่อตนเองในด้านของการทดลอง ผลการทดลองที่มีความอดทนและมีความรับผิดชอบ เพื่อให้นักเรียนได้เข้าใจวิธีการเรียนอย่างถูกต้อง

1.7 การเกิดเจตคติทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ เป็นสิ่งที่สามารถพัฒนาให้สูงขึ้นในตัวผู้เรียนได้ โดยใช้วิธีการสอนในลักษณะอื่นได้อีก โดยเน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมอย่างแท้จริงและฝึกการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะส่งผลให้การพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ในด้านต่าง ๆ ของนักเรียนได้ ดังนั้นการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ครูควรให้ความสำคัญต่อการพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์โดยควบคู่ไปกับพัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เสมอ

1.6 การประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ควรมีการสร้างแบบทดสอบกลุ่มงาน เพื่อนำไปใช้กับการเรียนการสอนเพื่อใช้วัดได้ทุกระยะทำให้การประเมินมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น รวมถึงแบบประเมินในการออกแบบความคิดสร้างสรรค์ผลงานที่ได้จากการประดิษฐ์คิดค้นของผู้เรียนเพื่อศึกษาการคิดแบบวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

2. ข้อเสนอในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรนำชุดการสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพเรื่องเซรามิกส์ ไปทำการทดลอง นักเรียนที่เรียนทางสายวิทยาศาสตร์กลุ่มอื่น หรือในโรงเรียนอื่นด้วย เพื่อพัฒนาและปรับปรุงให้ชุดการสอนมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

2.2 ควรมีการวิจัยค้นคว้าความเหมาะสมของสื่อ ที่ใช้ในชุดการสอนวิชากายภาพชีวภาพเรื่องเซรามิกส์ ให้หลากหลาย เพื่อหาประสิทธิภาพและเปรียบเทียบความคงทนต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน

2.3 ควรมีการศึกษาถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย (ความรู้ความจำ ความเข้าใจและการนำไปใช้) กับตัวแปรอื่น ๆ เช่น นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียน เพศที่ต่างกัน ที่เรียนโดยใช้ชุดการสอน

2.4 ควรมีการศึกษาถึงผลการเรียนด้วยทักษะพิสัย (ทักษะปฏิบัติการทดลอง) กับการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้ชุดการสอน ประกอบกับสื่อที่หลากหลายมากกว่าที่ปรากฏในการวิจัยครั้งนี้ แล้วฝึกให้นักเรียนฝึกจับประเด็นปัญหาและการแก้ปัญหา

2.5 ควรมีการศึกษาผลการเรียนด้านจิตพิสัย (เจตคติทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์) ในด้านต่าง ๆ ทั้ง 9 ด้าน โดยแยกศึกษารายละเอียดในแต่ละด้าน รวมถึงรูปแบบการวัดผลประเมินผลที่แตกต่างจากการวิจัยในครั้งนี้เพื่อพัฒนาชุดการสอนให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

2.6 ควรมีการศึกษาผลการเรียนด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ที่เป็นแบบสังเกตพฤติกรรมในหลาย ๆ ด้าน

2.7 ควรมีการศึกษากับกลุ่มตัวอย่างที่มีความสนใจทางด้านวิทยาศาสตร์เซรามิกส์ที่ต่างกัน เช่น ในกลุ่มเพศที่ต่างกัน เป็นต้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กฤษณา ศักดิ์ศรี. จิตวิทยาการศึกษา. กรุงเทพฯ : นิยมวิทยา (แผนกการพิมพ์), 2530.
- กันขารัตน์ ฤทธิ์บำรุง. การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนโดยการฝึกอภิปรายร่วมกันทั้งห้อง เป็นกลุ่มย่อยและแก้ปัญหาเป็นรายบุคคล. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2531. อัดสำเนา.
- กัมปนาท วัชรนาคม. การศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในเขตการศึกษา 11. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2534. อัดสำเนา.
- กิตติศักดิ์ เสมารธรรมานนท์. การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้บทเรียนโปรแกรมสไลด์-แอปประกอบกับที่เรียนด้วยการสอนตามหนังสือคู่มือครู. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2531. อัดสำเนา.
- โกมล รักษ์วงศ์. การสร้างบทเรียนโมดูลเรื่องงานทำสีเซรามิกส์สำเร็จรูป ตามหลักสูตรสภาการศึกษาคุรุ พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง). วิทยานิพนธ์ คอ.ม. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2529. อัดสำเนา.
- _____. งานทำสีสำเร็จรูป. กรุงเทพฯ : วิทยาลัยครูพระนคร, 2531.
- _____. วัตถุดิบที่ใช้ในงานเครื่องปั้นดินเผาและเนื้อดินนั้น. นนทบุรี : สำนักพิมพ์โรงเรียนมารดานุเคราะห์, 2531.
- โกวิท ประวาทพฤกษ์ และสมศักดิ์ สันธุระเวชย์. การประเมินผลในชั้นเรียน. กรุงเทพฯ : วัฒนาพานิช, 2523.
- เขมิกาญจน์ ทองมา. การศึกษาผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยฝึกสร้างเกมวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์กับการสอนตามแนวของ สสวท. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2540. อัดสำเนา.
- คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, สำนักงาน. "แผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติ ฉบับที่ 7 2535-2539, จุลสารการศึกษา" 5(4) : เมษายน 2535.

- คณิง สายแก้ว. “ความคิดสร้างสรรค์ของเด็กปฐมวัยที่ได้รับการจัดประสบการณ์ของสำนัก
คณะกรรมการ การประถมศึกษาแห่งชาติ,” เอกสารการประชุมทางวิชาการเรื่องการวิจัย
ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา ครั้งที่ 7 (เล่มที่ 1). หน้า 1-3. กรุงเทพฯ : ชมรมผู้สนใจงาน
วิจัยทางการศึกษา, 2535.
- คำนิง ทองเกตุ. การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนเรื่องเครื่องยนต์สันดาปภายใน
ประเภทจุดระเบิดด้วยการอัดอากาศ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต.
วิทยานิพนธ์ คอ.ม. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2535.
อัครสำเนา.
- ชุมพล คีนดัก และคนอื่น ๆ. คิน. กรุงเทพฯ : กองเสริมฐธณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี, 2521.
- ฉวีวรรณ กีนางค์. เอกสารประกอบคำบรรยายวิทยาศาสตร์สำหรับครูประถม. พิษณุโลก :
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พิษณุโลก, 2527.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์. เอกสารการสอนชุดวิชาเทคโนโลยีและสื่อการศึกษา เล่ม 1. กรุงเทพฯ :
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2523.
- ชูเกียรติ บุญเกนันท. การศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถม
ศึกษาปีที่ 5 และชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในเขตการศึกษา 10. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม.
ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2534. อัครสำเนา.
- ชูชัย บุญมา. การสร้างชุดการสอนวิชาการเขียนและอ่านแบบเครื่องกล 1 เรื่องการเขียนแบบ
ด้วยปากกาเขียนแบบมาตรฐาน ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง. วิทยานิพนธ์
คอ.ม. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2534. อัครสำเนา.
- ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. รายงานการวิจัยเรื่องจริยธรรมและเจตคติวิทยาศาสตร์ของนิสิต
วิทยาศาสตร์ศึกษา. พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พิษณุโลก, 2524.
- _____. เอกสารประกอบการสอนวิชาภูมิปัญญาทางวิทยาศาสตร์กับสังคมไทย (กว.751).
กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2538.
- _____. ทางเลือกในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์แนวคิดและปฏิบัติ.
กรุงเทพฯ : ดวงกมลการพิมพ์, 2539.
- ทวี พรหมพฤกษ์. วิชาเรื่องเคลื่อนดินเขาเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : ภาควิชาช่างปั้นดินเผา คณะวิชา
อุตสาหกรรมศิลป์ วิทยาลัยครูพระนคร บางเขน, 2523.
- _____. “เตาและการเผา.” เอกสารนิเทศการศึกษา ฉบับที่ 245. กรุงเทพฯ : จงเจริญการพิมพ์,
2525.
- ทัศนีย์ บุญเดิม. “ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์,” วิทยาศาสตร์. 37(1) : 32-33 ;
มกราคม 2526.

- ธงชัย ชิวปรีชา ณรงค์ศิลป์ รูปพนม และปรีชาญ เดชศรี. “การวัดและการประเมินผลการเรียนการสอนวิทยานิพนธ์,” ในเอกสารการสอนชุดวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 8-15. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, ยูไนเตคโปรดักชั่น, 2526.
- จิระชัย นนพิภักดิ์. องค์ประกอบบางประการที่มีอิทธิพลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จังหวัดอุดรธานี. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2530. อัดสำเนา.
- นพดล เวชวิฐาน. การสร้างชุดการสอนเรื่องระบบนิวตันน้ำมันอิเล็กทรอิกส์. วิทยานิพนธ์ กอ.ม. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2532. อัดสำเนา.
- นิตยา จุฑาภรณ์. การศึกษาเตาเผาชนิดห้องปฏิบัติการสองห้อง. วิทยานิพนธ์ วท.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2525. อัดสำเนา.
- บรรจงลักษณ์ แจ่มพุ่ม. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่สอนโดยใช้ชุดการเรียนด้วยตนเองเพื่อฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการกับการสอนตามคู่มือครู สสวท. ปริญญาโท ศศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2533. อัดสำเนา.
- บรรจบ สุขชาติ. “การสอบเทียบมาตรฐานเทอร์โมคัปเปิล,” วารสารเทคโนโลยี. 19(109) : มิถุนายน 2536.
- บุญเกื้อ ควรวาเวช. นวัตกรรมการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : ภาควิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางเขน, 2530.
- บุญชม ศรีสะอาด และคนอื่น ๆ. การวัดผลและประเมินผลทางการศึกษา. มหาสารคาม : โรงพิมพ์ปริดาการพิมพ์, 2528.
- บุญเชิด ภิญโญนันต์พงศ์. การทดสอบแบบอิงเกณฑ์ : แนวคิดและวิธีการ. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเคียนสโตร์, 2527.
- บุษยาณี ปุจฉาการ. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้แบบฝึกหัดการตั้งสมมติฐาน และออกแบบการทดลองกับการสอนตามคู่มือครู. ปริญญาโท ศศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2533. อัดสำเนา.
- เบญจมาศ สันประเสริฐ. การศึกษาผลการสอนที่ใช้แบบฝึกทักษะการทดลองที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความคิดวิจารณ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. ปริญญาโท ศศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2533. อัดสำเนา.

- ประกิจ รัตนสุวรรณ. การวัดผลและประเมินผลทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2525.
- ประชาสัมพันธ์, กรม. "ความหมายและความเป็นมาของเชรามิกส์," วารสารเสนาสนเทศ. 12 ; มีนาคม 2531.
- ประทวน อ่อนไสว. ผลการทดลองสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้บทเรียนโมดูลกับการสอนแบบ สสวท. ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. ปรียญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2527. อัดสำเนา.
- ประนอม มานะกิจ. การทดลองเนื้อคินปั้นจังหวัดนครสวรรค์เพื่อใช้ในงานเครื่องปั้นดินเผา ประเภทสโตนแวร์. ปรียญานิพนธ์ กศ.ม. พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2536. อัดสำเนา.
- ประวิตร ชูศิลป์. หลักการประเมินผลวิชาวิทยาศาสตร์แผนใหม่. กรุงเทพฯ : หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมการฝึกหัดครู, 2524.
- ประยัด จิระวรพงศ์. เทคนิคการฝึกอบรมเทคโนโลยีทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : บุรพาสาน, 2529.
- ปรีชา กันตรง. ผลการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีการฝึกหัดหัวเรื่องโครงการวิทยาศาสตร์ที่มีต่อ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาวิทยาศาสตร์ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. ปรียญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2534. อัดสำเนา.
- ปรีดา พิมพ์ขาวจำ. เคลือบเซรามิกส์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : อักษรเจริญพิมพ์, 2530. _____ เซรามิกส์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2532.
- เผด็จ แสนเกษม. การสร้างชุดสาธิตทดลองสำหรับวัดสมรรถนะเครื่องขนาดเล็กเพื่อเป็นสื่อ การเรียนการสอน ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง แผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัย เทคโนโลยีและอาชีวศึกษา.พ.ศ. 2527. วิทยานิพนธ์ คอ.ม. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2529. อัดสำเนา.
- พนัส หันนาคิน. หลักการบริหารโรงเรียน. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์วัฒนาพานิช, 2524.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2530. _____ วิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : ฟิงเกอร์ปรีนแอนดมีเคีย จำกัด, 2535.

- พนิดา ภิธัชเพ็ญ. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ โดยใช้ชุดการสอนมินิคอร์สกับการสอนตามคู่มือครู. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2534. อัดสำเนา.
- พัฒนานุสรณ์ สถาพรวงศ์. การพัฒนารูปแบบการสอนเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา. วิทยานิพนธ์ ค.ค. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2532. อัดสำเนา.
- พิเชฏฐ์ จัปจิตต์. การศึกษากผลการเจริญสมารถก่อนเริ่มเรียนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนแบบพุทธวิธีแสงอรียสังตามแนวพระพุทธวิธี. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2530. อัดสำเนา.
- พิฑูร ผลพนิชร์ศรี. "วัสดุทนไฟ," วารสารข่าวสารการรรณี. 38(8) สิงหาคม 2536.
- ไพจิตร อิงศิริวัฒน์. รวมสูตรเคลือบเซรามิกส์. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 2537.
- ภคณัย ทองทิอัมพร. "ฉนวนกันความร้อน," วารสารวิทยาศาสตร์. 46(2) : มีนาคม - เมษายน 2535.
- ภักพงศ์ ถาวรพานิช. "แอควานซ์เซรามิกส์," วารสารเทคโนโลยี. 7(2) : มิถุนายน 2529.
- มณีรัตน์ แสนศักดิ์. การสร้างชุดการสอนที่มีประสิทธิภาพวิชาสังคมศึกษา ส 101 ประเทศของเรา เรื่อง "โครงสร้างของสังคมไทยและวัฒนธรรมในการดำรงชีพ" ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม, 2530. อัดสำเนา.
- มนัส จำอ้อน. การศึกษาน้ำเคลือบผลึก. วิทยานิพนธ์ วท.ม. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2527. อัดสำเนา.
- มหาวิทยาลัย, ทบวง. ชุดการเรียนการสอนสำหรับครูวิทยาศาสตร์ เล่ม 1. ม.ป.ป., 2525.
- _____. ชุดการเรียนการสอนสำหรับครูวิทยาศาสตร์ เล่ม 2. กรุงเทพฯ : ทบวงมหาวิทยาลัย, 2525. อัดสำเนา.
- _____. ชุดการเรียนการสอนสำหรับครูวิทยาศาสตร์ เล่ม 3. กรุงเทพฯ : ทบวงมหาวิทยาลัย, 2525. อัดสำเนา.
- รวิวรรณ จันทรจิรายกุล. น้ำเคลือบเถ้าเาสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา. วิทยานิพนธ์ วท.ม. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2530. อัดสำเนา.

- รัชณี บุญเรือง. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ทักษะปฏิบัติและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่สอนโดยการประยุกต์กิจกรรมกลุ่มควบคุมคุณภาพกับการสอนตามคู่มือครู สสวท. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2535. อัดสำเนา.
- รุ่งทิพา จักรกร. วิธีสอนทั่วไป. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์รุ่งเรืองธรรม, 2527.
- วรรณรักษ์ ชัยชาญกุล. การศึกษาเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้แบบฝึกที่ให้เสรีภาพ ในการหาคำตอบที่มีการประเมินผลกับไม่ประเมินผล. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2526. อัดสำเนา.
- วันชัย ชัยชนชื่น. การสร้างชุดการสอนวิชา ทฤษฎีข้างเบื้องต้น เรื่องดอกสว่านและงานเจาะระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ประเภทช่างอุตสาหกรรม. วิทยานิพนธ์ คอ.ม. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2528. อัดสำเนา.
- วิชัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา, ศูนย์. เทคโนโลยีเซรามิกส์เบื้องต้น. กรุงเทพฯ : องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก, 2529.
- วิชัย วงษ์ใหญ่. การพัฒนาหลักสูตรและการสอน มิตินใหม่. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์นเรศวร การพิมพ์, 2525.
- วิสุทธิ ตรีเงิน. ผลของกิจกรรมพื้นฐานทางเทคโนโลยีที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2524. อัดสำเนา.
- วิทยาศาสตร์, กรม. เอกสารทางวิชาการเครื่องปั้นดินเผา ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : กรมวิทยาศาสตร์, 2513.
- _____. เอกสารทางวิชาการเครื่องปั้นดินเผา ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : กรมวิทยาศาสตร์, 2514.
- _____. “ฉนวนกันความร้อน,” วารสารข่าวกรมวิทยาศาสตร์บริการ. 107 มกราคม 2528.
- ศรศักดิ์ ลัทธிகถ. การสร้างชุดการสอนวิชาการตกแต่งผิวสำเร็จ เรื่องการชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้าระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง. วิทยานิพนธ์ คอ.ม. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2531. อัดสำเนา.
- ศรีผกา เจริญยศ. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยใช้บทเรียนโมดูลกับการสอนตามคู่มือครู. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2533. อัดสำเนา.

ศรีสุวรรณ เดชอุดม. ทักษะการปฏิบัติวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่

โรงเรียนวชิรวิทยา จังหวัดกำแพงเพชร. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์, 2528. อัดสำเนา.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา. เทคโนโลยีเซรามิกส์เบื้องต้น. กรุงเทพฯ :

องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก, 2529.

สมปัญญา ศรีภคานนท์. การศึกษาความสามารถในการสร้างสิ่งประดิษฐ์และความคิด

สร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรม
สร้างสิ่งประดิษฐ์กับชุดกิจกรรมซ่อมแปลงสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์. วิทยานิพนธ์
ศศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2535. อัดสำเนา.

สมศักดิ์ วังศิริกุล. การทดลองเนื้อดินจังหวัดกำแพงเพชร เพื่อใช้ในงานเครื่องปั้นดินเผาประเภท

สโตนแวร์. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประสานมิตร, 2534. อัดสำเนา.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. การสร้างเครื่องมือวัดทักษะในการปฏิบัติ

การทดลองของนักเรียนหลักสูตรวิทยาศาสตร์กายภาพ ปีการศึกษา 2523. กรุงเทพฯ :
สาขาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ, 2523.

_____. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : สาขาวิจัยและประเมินผล, 2524.

อัดสำเนา.

_____. เอกสารประกอบการสอน วิชาวิทยาศาสตร์. สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป, 2526.

_____. รายงานการติดตามผลการใช้หลักสูตรวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษา
ตอนปลายสายสามัญ ปีการศึกษา 2527 โดยการเยี่ยมโรงเรียน. รายงานการวิจัยอันดับที่
24/2529 กรุงเทพฯ : สาขาวิจัยและประเมินผล, 2529. อัดสำเนา.

_____. เอกสารสำหรับครู เรื่องรวมจุดประสงค์การเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ.

กรุงเทพฯ : 2531.

_____. แผนระยะยาวเพื่อส่งเสริมการจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และ

เทคโนโลยี (พ.ศ. 2535-2539). กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์การศาสนา, 2533.

_____. เอกสารประกอบการประชุมปฏิบัติการเพื่อเตรียมวิทยากรแกนนำเรื่อง การวัดและ

ประเมินผลวิชาวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : 2538.

สิงห์คาน แสนยากุล. การสร้างชุดการสอนวิชาการสอนวิชางานหล่อโลหะ 1 เรื่องการหล่อเหรียญ

ตามหลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง. วิทยานิพนธ์ คอ.ม. กรุงเทพฯ : สถาบัน
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2531. อัดสำเนา.

สุจริต เพียรชอบ และสายใจ อินทร์พรชัย. วิธีสอนภาษาไทยระดับมัธยมศึกษา. กรุงเทพฯ :
ไทยวัฒนาพานิช, 2522.

สุรศักดิ์ โกสยพันธ์. น้ำเกลือเครื่องปั้นดินเผา. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช, 2531.

สุนันท์ สังข์อ่อง. "ทัศนคติเชิงวิทยาศาสตร์," วารสารวิทยาศาสตร์. 34(4) : 337-345 เมษายน
2523.

สุนันท์ สังข์อ่อง และบริบูรณ์สุข บัญชรเวกุล. เอกสารประกอบการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ
: ภาควิชาการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2525. อัดสำเนา.

สุวัฒน์ วราณาสวน. เทคโนโลยีและนวัตกรรมทางการสอนอุตสาหกรรมศึกษา. พิมพ์โลก :
ภาควิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยนครสวรรค์, 2536.

สุวัฒน์ นิยมคำ. การสอนวิทยาศาสตร์แบบพัฒนาความคิด. กรุงเทพฯ : วัฒนาพานิช, 2517.
อัดสำเนา.

เสริมศักดิ์ นาคบัว. "เคลือบจีเจ้าฟ้า." วารสารวิทยาศาสตร์ ; ธันวาคม 2523.

เสงี่ยม วิไลวัฒน์. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทาง
วิทยาศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปริญญานิพนธ์
กศ.ม. กรุงเทพฯ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2527. อัดสำเนา.

เสาวณีย์ ลิกขานันท์. เทคโนโลยีการศึกษา. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2528.

_____. หน่วยการเรียนรู้การสอน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
และวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2526.

อชิพร ศรียมก. "การประเมินผลสื่อการสอน," ใน เอกสารการสอนชุดวิชาสื่อการสอนระดับ
มัธยมศึกษา เล่ม 3 หน่วยที่ 11-15. หน้า 207-254. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสุโขทัย
ธรรมาธิราช, 2525.

อัญชลี เลาเหลิศจัย. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการสอนวิชา
วิทยาศาสตร์พัฒนกรรมของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพที่ได้รับการสอนโดย
ใช้เทคนิคการประชาสัมพันธ์กับการสอนตามคู่มือครู. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ
: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2537. อัดสำเนา.

อนันต์ จันทร์ทวี. "โครงการพัฒนาและส่งเสริมผู้มีปรีชาญาณทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี"
วิทยาราย. 7 : 3-10 ; พฤษภาคม - สิงหาคม 2525.

อนันต์ ศรีโสภ. หลักการวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : วัฒนาพานิช, 2521.

อนันต์ภักดี โชติมงคล. "คุณรู้จักเซรามิกส์ดีแค่ไหน," วารสารเซรามิกส์. 1 ; มกราคม-เมษายน
2538.

- อารี รังสินันท์. ความคิดสร้างสรรค์. พิมพ์ครั้งที่ 3, กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ ข้าวฟ่าง, 2532 ก.
- อริพร ศรียมก. "การประเมินผลสื่อการสอน," ในเอกสารการสอนชุดวิชาสื่อการสอนระดับมัธยมศึกษา เล่ม 3 หน่วยที่ 11-15. หน้า 207-254. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2525.
- อุษณีย์ วิเศษพานิช. ผลของจำนวนนักเรียนในกลุ่มทดลองวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีต่อทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2524. อัดสำเนา.
- อุษา คำประกอบ. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ด้านความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้ชุดการเรียนด้วยตนเองกับการสอนตามคู่มือครู. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2530. อัดสำเนา.
- อำพน วัฒนรังสรรค์. "เตาเผาเซรามิกส์," เอกสารประกอบการสัมมนาทางวิชาการ. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) 2-16 กันยายน 2531.
- _____. เอกสารการอบรมเชิงวิชาการเซรามิกส์. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวัสดุศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.
- อำนาจ รุ่งรัศมี. การสอนวิทยาศาสตร์แบบก้าวหน้า. มหาสารคาม : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม, 2525.
- Beasley, Warren Fredrick. "The Effect of Physical and Mental Practice of Psychomotor Skill on chemistry student Laboratory Performance," Dissertation Abstracts International. 39 : 5428-5436-A ; March, 1979.
- Billeh, Victor Y. and George A. Zakhariades. "The Development and Application of a Scale for Measuring Scientific Attitude," Science Education. 59(2) : 155-156; April-June, 1975.
- Butcher, H.J. "Recent Research into Creativity and Divergent Thinking in Great Britain," Journal of Research and Development in Education 4 : 109-111 ; 1971.
- Campbell, Donald T. and Julian C. Stanley. Experimental and Quasi-Experimental Design for Research. Chicago : Rand McNally College Publishing Company, 1963.
- Chappel, James. The Potter's Complete Book of Clay and Glaze. New York : Watson Guptill Publication, 1979.

- Claus, J. and W.F. Sulilatu. "A Comparison of the Performance of Three Woodstove," Wood Heat for Cooking. p.89-103. Bauhalore : Indian Academy of Sciences, 1983.
- Davis, Maynard. "The Effecttiveness of a Guided - Inquiry Discovery Approach in an Elementary School Science Curriculum," Dissertation Abstracts International. 39 (7) : 4164-A ; January, 1976.
- Fan, Chung-Teh. Item Analysis Table. Princeton, New Jersey : Educational Testing Service, 1952.
- Ferguson, George A. Statistical Anylysis in Psychology & Education. New York : 260 McGraw-Hill Book Co., 1976.
- Freeman, Butcher and Christie. Creativity : a Selective Review of Research. 2nd ed. Society for Research into Higher Education Ltd., 1971.
- Goel, Ved Parkash. "The Effect of Preinstructional Disclasure of Laboratory Behavioral Objectives on Student Aquisition of Psychomotor and Related Cognitive Skills Among High School Physics Students," Dissertation Abstrats International. 42 : 646-A ; 1981.
- Hammil, William. "A Comparative Analysis and Consequent Synthesis of Selected Contemporary Psychological Concepts of Creativity and Their Implication for Education," Dissertation Abstrats International. 43 : 730A ; September, 1982.
- Hopper, Robin. The Ceramic Spectrum. Pensylvania : Chilton Book Company, 1984.
- Kenny, John B. The Complete of Pottery Making. New York : Chilton Book Company, 1949.
- McCall, Robert B. Fundamental Statistics for Psychology. New York : Hgrcourt, Brace & World, Inc., 1970.
- McColeman, James Wesley. "Relationship Between the Use of Learning Activity Packages, Group Activities and the Preference of Students Toward the Social Studies Course," Dissertation Abstrats International. 36 : 109-A ; July, 1974.
- Norton, F.H. Element of Ceramics. California : Addison Wesley Publishing Company. Inc., 1952.

- Rhodes, Daniel. Stoneware and Porcelain the Art of High-fired Pottery. New York : Chilton Book Company, 1959.
- _____. Clay and Glazes for the Potter. New York : Chilton Book Company, 1972.
- _____. Clay and Glazes for the Potter. London : Pitman Publishing, 1973.
- Piltz, A. and B.R. Sund. Creative Teaching of Science in the Elementary School. (2nd ed.) Boston Allyn and Bacon, Inc., 1974.
- Olsen, Johannes I. "The Effect of Learning on the continuous Progress Education Pilot Program in the Kanawha Country, West Virginia School," Dissertation Abstrats International. 35 (8) : 4992-A; February, 1975.
- Olsen, Frederick L. The Kiln Book : Materials, Specifications & Construction. 2nd ed. Pennsylvania : Chilton Book Co., 1983.
- Singer, Sonja S. Industrial Ceramics. New York : Chemical Publishing Co., 1963.
- Stone, Jam Lenious. "The Effect of Individualized Learning Activity Package in Mathematic on the Academic Achievement of Seven and Eight Grade Student in the Demopolis City School," Dissertation Abstrats International. 36 : 609-A ; August, 1975 .
- Sund, Robert B. and Leslei W. Trowbridge. Teaching Science by Inquiry in the Secondary School. Ohio : Columbus, Ohio Charles E. Merrel Publishing Co., 1967.
- Young, G. J. "What is Creativity," The Journal of Creative Behavior. 19 : 77-87; 1970.
- Zakin, Richard. Electric Klin Ceramics a Potter's Guide to Clays and Glazes. New York : Chilton Book, 1981.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการประเมินสมรรถนะเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก
รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจชุดการสอน

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการประเมินสมรรถนะเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ โกมล รักษ์วงศ์ ภาควิชาเครื่องปั้นดินเผา
คณะอุตสาหกรรมศึกษา สถาบันราชภัฏพระนคร
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เวนิช สุวรรณโมลี ภาควิชาเครื่องเคลือบดินเผา
คณะมัณฑนศิลป์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เกษม พดกษะวัน ภาควิชาเทคโนโลยีวัสดุ
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
4. อาจารย์ สมศักดิ์ ขวาลาวัณย์
5. อาจารย์ พนมศักดิ์ สุวิสุทธิ ภาควิชาทัศนศิลป์
คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบการสอน

1. รองศาสตราจารย์ ดร.สุรัชย์ ลิกขานันท์จิต
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พิลาศ เกื้อมี ภาควิชาเทคโนโลยีการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ โกมล รักษ์วงศ์ ภาควิชาเครื่องปั้นดินเผา
คณะอุตสาหกรรมศึกษา สถาบันราชภัฏพระนคร
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พัลลภ พิริยะสุวรรณ ภาควิชาครุศาสตร์เทคโนโลยี
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
5. อาจารย์ สมศักดิ์ คูหาสวรรค์เวช ภาควิชา
คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ

บัณฑิตวิทยาลัย มศว, ประสานมิตร โทร. 268

ที่

ทม 1007/ 1812

วันที่

๖ กุมภาพันธ์ 2540

เรื่อง

ขอความอนุเคราะห์

เรียน คณะศึกษาศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย ขอรับรองว่า นายทวีพล จุฑะพล เป็นนิสิตระดับปริญญาเอก

สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

นิสิตผู้มีความประสงค์จะมาติดต่อขอความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เพื่อทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก เพื่อใช้ในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ ชีวภาพเรื่อง เซรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ทั้งนี้อยู่ในความควบคุมของ

รศ.ดร.ฉัตรพงษ์ เจริญพิทย์

ประธาน

ผศ.ดร.กาญจนา ชูครูวงศ์

กรรมการ

รศ.ดร.เปื้อง กิจรัตน์ภร

กรรมการ

สิ่งที่นิสิตขอความอนุเคราะห์ คือ ขอเชิญ รศ.ดร.สุรัชย์ ลิกขาบัณฑิต และ ผศ.พิลาศ เกื้อมี เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบชุดการสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่อง เซรามิกส์

บัณฑิตวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะกรุณาให้ความร่วมมือในครั้งนี้ และขอขอบคุณในความช่วยเหลืออนุเคราะห์ใด ๆ ที่ท่านจะโปรดให้แก่นิสิตผู้ด้วย

My new

(นางสาวศิริยุภา พูลสุวรรณ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ที่ ทม 1007/ 1๖๕



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๒๕ กุมภาพันธ์ 2540

เรื่อง ขออนุญาตเผยแพร่

เรียน คณบดีคณะอุตสาหกรรมศึกษา สถาบันราชภัฏพระนคร

บัณฑิตวิทยาลัย ขอรับรองว่า นายทวีพล จูฑะพล เป็นนิสิตระดับปริญญาเอก
สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

นิสิตผู้มีความประสงค์จะมาติดต่อขอความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เพื่อทำวิทยานิพนธ์
เรื่อง การพัฒนาเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก เพื่อใช้ในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ
ชีวภาพเรื่อง เซรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
ทั้งนี้อยู่ในความควบคุมของ

รศ.ดร.ฉัตรพงษ์ เจริญพิทย

ประธาน

ผศ.ดร.กาญจนา ชูศรีวงศ์

กรรมการ

รศ.ดร.เปื้อน กิจรัตน์ภร

กรรมการ

สิ่งที่นิสิตขอความอนุเคราะห์ คือ ขอเชิญ ผศ.โกล รักษ์วงศ์ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและ
ประเมินสมรรถนะเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก

บัณฑิตวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะกรุณาให้ความร่วมมือในครั้งนี้ และขอขอบคุณในความ
ช่วยเหลืออนุเคราะห์ใด ๆ ที่ท่านจะโปรดทำแก่นิสิตผู้นี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นางสาวศิริยุภา พูลสุวรรณ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 2584119

ที่ ทม 1007/1831



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๒๑ กุมภาพันธ์ 2540

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์

เรียน คณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

บัณฑิตวิทยาลัย ขอรับรองว่า นายทวีพล จูชะพล เป็นนิสิตระดับปริญญาเอก
สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

นิสิตผู้มีความประสงค์จะมาติดต่อขอความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เพื่อทำปริญญานิพนธ์
เรื่อง การพัฒนาเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก เพื่อใช้ในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ
ชีวภาพเรื่อง เซรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
ทั้งนี้อยู่ในความควบคุมของ

รศ.ดร.ฉัตรพงษ์ เจริญพิทย

ประธาน

ผศ.ดร.กาญจนา ชูศรีวงศ์

กรรมการ

รศ.ดร.เปรี๊ยะ กิจรัตน์นร

กรรมการ

สิ่งที่นิสิตขอความอนุเคราะห์ คือ ขอเชิญ ผศ.พัลลภ หิรัญสุรวงศ์ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบชุด
การสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่อง เซรามิกส์

บัณฑิตวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะกรุณาให้ความร่วมมือในครั้งนี้ และขอขอบคุณในความ
ช่วยเหลืออนุเคราะห์ใด ๆ ที่ท่านจะโปรดให้แก่นิสิตผู้นี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นางสาวศิริยุภา พูลสุวรรณ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 2584119

ที่ ทม 1007/ ๖๔๑



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๑๑ มิถุนายน 2540

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย ขอรับรองว่า นายทวีพล จูทะพล เป็นนิสิตระดับปริญญาเอก
สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

นิสิตผู้มีความประสงค์จะมาติดต่อขอความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เพื่อทำวิทยานิพนธ์
เรื่อง การพัฒนาเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก เพื่อใช้ในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ
ชีวภาพ เรื่อง เซรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ทั้งนี้อยู่ในความควบคุมของ

รศ.ดร.ฉันทพงษ์ เจริญพิทย

ประธาน

ผศ.ดร.กาญจนา ชูศรีวงศ์

กรรมการ

รศ.ดร.เปรี๊ยะ กิจรัตน์ภร

กรรมการ

สิ่งที่นิสิตขอความอนุเคราะห์ คือ ขอทดลองสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพเรื่อง เซรามิกส์
กับนักเรียน ม.4-6 จำนวน 20 คน ในระหว่างเดือนกรกฎาคม 2540 เพื่อเป็นข้อมูลในการทำ
วิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะกรุณาให้ความร่วมมือในครั้งนี้ และขอขอบคุณในความ
ช่วยเหลืออนุเคราะห์ใด ๆ ที่ท่านจะโปรดให้แก่นิสิตผู้นี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นางสาวศิริภา พูลสุวรรณ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 2584119

ภาคผนวก ข.

**คู่มือการใช้เตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก
แบบประเมินสมรรถนะเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก
การสร้างและพัฒนาเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก**

คู่มือ

การใช้เตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก

คำนำ

คู่มือ การใช้เตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็กฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวก และทำความเข้าใจกับชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเตาเผา รวมถึงการใช้งาน ทั้งยังอธิบายให้เห็นถึงการทำงานของเตาเผาอย่างละเอียด โดยผู้จัดทำได้ให้คำอธิบายในจุดต่างๆเพื่อสื่อให้เห็นถึงการทำงานอย่างถูกต้อง และสอดคล้องกับระบบต่าง ๆ ในเตาเผา เพื่อการใช้งานอย่างถูกต้องตามลำดับขั้นและเกิดความปลอดภัย นอกจากนี้ยังได้อธิบายถึงการบำรุงรักษาอย่างถูกต้อง

ผู้วิจัยหวังว่าคู่มือฉบับนี้จะมีส่วนที่ทำให้ท่านสามารถใช้เตาเผาได้เป็นอย่างดี

ทวีพล จูฑะพล

สารบัญ

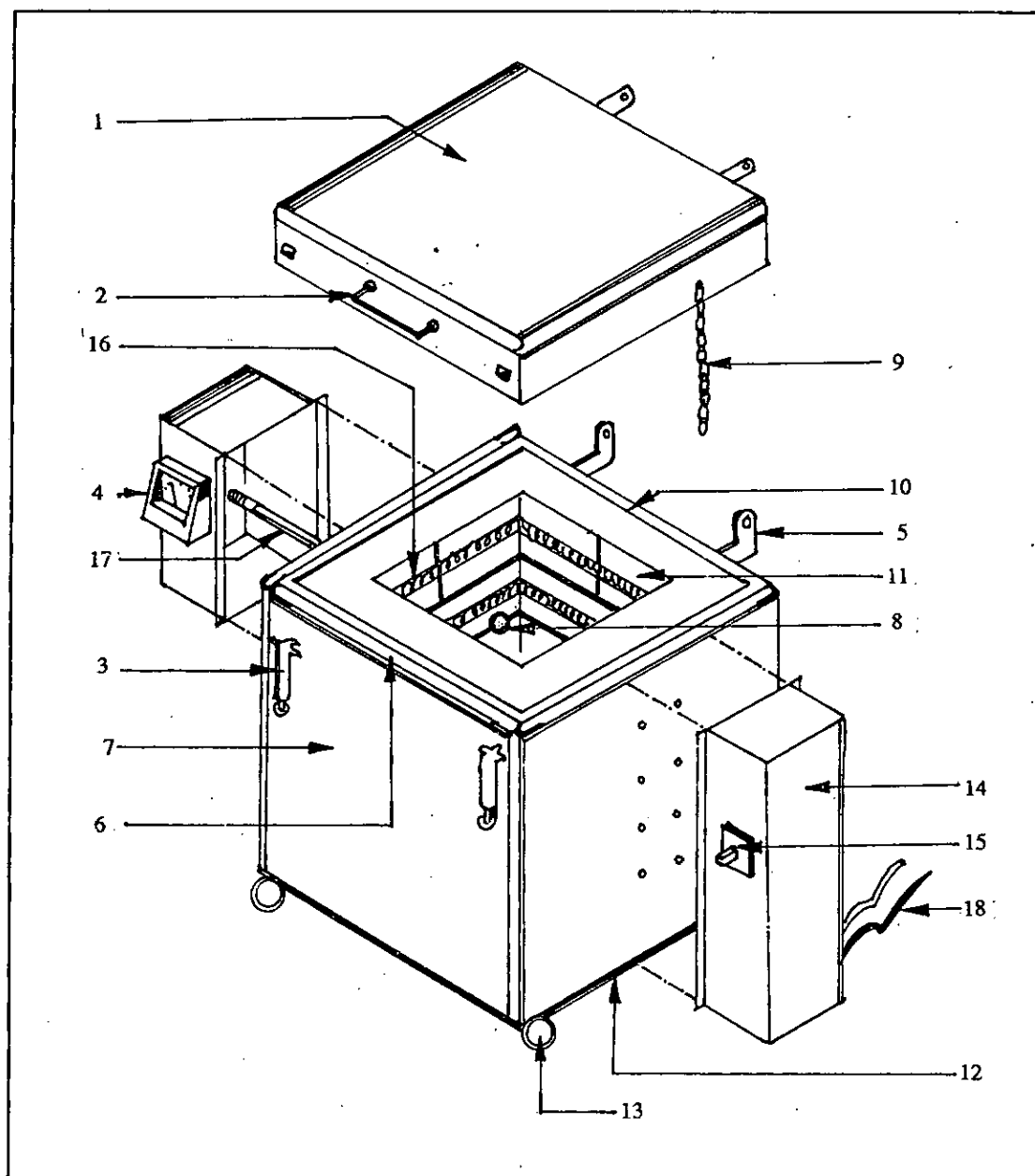
	หน้า
คุณลักษณะเฉพาะของเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก.....	260
ส่วนประกอบของเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก.....	261
ส่วนประกอบและการปฏิบัติงาน.....	262
อุปกรณ์ร่วมปฏิบัติงาน.....	263
ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติของเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก.....	263
การบำรุงรักษา.....	264
ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน.....	264

เตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็กได้ถูกสร้างและพัฒนาขึ้น เพื่อให้เหมาะกับการใช้ในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพเรื่องเซรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยศักยภาพของโรงเรียนสามารถนำผลการวิจัยนำไปสร้างเป็นอุปกรณ์การสอนได้ ซึ่งเป็นเตาเผาขนาดความจุภายในห้องเผาปริมาตร 1 ลูกบาศก์ฟุต การออกแบบสามารถทำให้การใช้เตาเผาได้อย่างไม่ซับซ้อน ผู้เรียนเพียง 1 คน สามารถใช้เตาเผานี้ได้อย่างปลอดภัย จึงเป็นอุปกรณ์การสอนที่เน้นให้นักเรียนสามารถใช้เตาเผาในสถานศึกษาหรือห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม

คุณลักษณะเฉพาะของเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก

ชื่อ	เตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก
ชนิด	เตาเผาที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นแหล่งจ่ายพลังงาน
ขนาด	ปริมาตรภายใน 1 ลูกบาศก์ฟุต
แรงเคลื่อนไฟฟ้า	220 โวลท์
กระแสไฟฟ้า	25 แอมป์
การนำไปใช้	1. ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ 2. โรงฝึกงานของสถานศึกษา
อื่น ๆ	สามารถเคลื่อนย้ายไปปฏิบัติงานในที่ต่าง ๆ ได้

ส่วนประกอบของเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก



ภาพประกอบ 23 แสดงรายละเอียดส่วนประกอบของเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก

1. ฝาเตา	7. แผ่นโลหะปิดฉนวน	13. ลูกล้อ
2. มือจับฝาเตา	8. ช่องระบายแก๊ส	14. ตู้แผงสวิตช์
3. ขอยึดฝาเตา	9. ไขควง	15. สวิตช์ 30 แอมป์
4. หน้าปัดบอกอุณหภูมิ	10. โครงสร้างเตา	16. สวดความร้อน
5. บานพับฝาเตา	11. อิฐทนไฟ	17. เทอร์โมคัปเปิล
6. จนวนกันความร้อน	12. แผ่นเหล็กรองรับเตา	18. สายไฟ 220 โวลท์

ส่วนประกอบและการปฏิบัติงาน

1. ฝาเตา เป็นฝาที่มีการเปิดชนิดเปิดบน (Top Loading) ขณะเปิดควรระมัดระวังเพราะมีน้ำหนักมาก โครงสร้างของฝาประกอบด้วยอิฐทนไฟเกาะกันด้วยการเข้าลิ้น
2. มือจับฝาเตา เป็นส่วนประกอบยึดติดฝาเตาขณะทำการเผา ห้ามยกฝาเตาขึ้น เพราะอาจทำให้เกิดอันตรายได้
3. ข้อยึดฝาเตา เป็นลักษณะของตะขอภายในประกอบด้วยสปริงเพื่อการยึดฝาเตาให้แนบสนิทกับส่วนบนของตัวเตาเพื่อป้องกันความร้อนภายในเตารั่วไหลออกมา
4. หน้าปิดบอกอุณหภูมิ ทำหน้าที่บอกอุณหภูมิภายในเตาเผาซึ่งสามารถบอกอุณหภูมิเป็นองศาเซลเซียสและองศาฟาเรนไฮต์
5. บานพับฝาเตา เป็นส่วนที่ยึดฝาเตากับโครงสร้างของเตาโดยติดตั้งอยู่ด้านหลังของเตา ยึดติดกันเป็นลักษณะของจุดหมุนร้อยด้วยน๊อตเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 3/8 นิ้ว
6. ฉนวนกันความร้อน ทำหน้าที่ป้องกันความร้อนที่แผ่ออกมาจากอิฐทนไฟด้าน Cold Face เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนและป้องกันอันตรายอันจะเกิดขึ้นกับผู้ปฏิบัติงาน
7. แผ่นโลหะปิดฉนวน ทำหน้าที่ป้องกันความร้อนที่แผ่ออกมาจากฉนวนกันความร้อนด้าน Cold Face อีกชั้นหนึ่งเพื่อป้องกันอันตรายอันจะเกิดขึ้นกับผู้ปฏิบัติงานและป้องกันการแตกหรือหลุดร่วงของฉนวนอีกครั้งหนึ่ง
8. ช่องระบายแก๊ส เป็นช่องขนาดเล็กเพื่อระบายแก๊สและความชื้นในขณะที่ทำการเผา ผลิตภัณฑ์ ทำให้ลดความเสียหายของผลิตภัณฑ์
9. ไขควง ทำหน้าที่ยึดฝาเตากับโครงสร้างของเตาเพื่ออำนวยความสะดวกในการเปิดและปิดฝาเตา
10. โครงสร้างเตา เป็นเหล็กฉากขนาด 1 1/2 นิ้ว ทำหน้าที่เป็นกรอบโครงสร้างยึดอิฐทนไฟ โดยเฉพาะตัวเตาเพื่อป้องกันการเคลื่อนตัวของอิฐไม่ให้ชำรุดเสียหาย
11. อิฐทนไฟเป็นอิฐ High Alumina ขนาด 6.5 x 11.5 x 23 เซนติเมตร ทำหน้าที่ป้องกันความร้อนด้าน Hot Face ไม่ให้รั่วไหลออกมามากจนเกินไป นอกจากนั้นยังทำหน้าที่ติดตั้งขดลวดความร้อนภายในเตาอีกด้วย
12. แผ่นเหล็กรองพื้นเตา เป็นแผ่นเหล็กมีความหนา 1 มิลลิเมตร โดยยึดอยู่กับโครงสร้างของเตา ซึ่งอยู่ด้านล่างสุดทำหน้าที่รองรับอิฐทนไฟในส่วนของพื้นเตาทั้งหมด
13. ลูกล่อ เป็นส่วนที่อยู่ล่างสุดของเตาโดยทำหน้าที่รองรับน้ำหนักของเตาทั้งหมด ลักษณะทางกายภาพเป็นล่อเหล็ก สามารถหมุนได้รอบตัวและเคลื่อนย้ายได้โดยสะดวก
14. ตู้แผงสวิทช์ เป็นส่วนที่อยู่ด้านข้างของเตาทำหน้าที่เป็นจุดรวมของลวดความร้อนกับสายไฟและสวิทช์

15. สวิตช์ 30 แอมป์ เป็นสะพานไฟที่ใช้ต่อกับสายไฟทนความร้อนและสายไฟ 220 โวลท์ ซึ่งเป็นชนิดแบบ Single Phase

16. ลวดความร้อน เป็นลวด Kanthal Wire - A ขนาดความโคของลวดขนาด 2 มิลลิเมตร ทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานทำให้เกิดความร้อนภายในเตาเผา

17. เทอร์โมคัปเปิล เป็นโลหะ 2 ชนิดเชื่อมปลายติดต่อกันโดยทำด้วย Chromel-Alumel สอดอยู่ภายในท่อเซรามิกส์ แต่ต่อสายไฟเข้ากับหน้าปัดบอกอุณหภูมิ ทำหน้าที่วัดอุณหภูมิภายในเตาเผา

18. สายไฟ 220 โวลท์ เป็นสายทองแดงหุ้มฉนวนที่ต่อเข้ากับสายเมน (Main) โดยยึดติดกับสวิตช์

อุปกรณ์ร่วมปฏิบัติงาน

1. ชั้นวาง (Shelf) เป็นแผ่นสำหรับรองผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผา เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีหลายขนาด ซึ่งทำด้วยวัสดุทนไฟได้สูง และรองรับน้ำหนักผลิตภัณฑ์ได้ดี มีขนาดต่าง ๆ ตามความเหมาะสมของเตา โดยชนิดที่ทำด้วยซิลิกอนคาร์ไบด์ (Silicon Carbide) สามารถทนความร้อนได้สูง และคอร์เดียไรท์ (Cordierite) สามารถทนอุณหภูมิได้ต่ำกว่าแผ่นซิลิกอนคาร์ไบด์

2. ขาตั้ง (Posts) เป็นขารองรับชั้นในกรณีของการเผาเคลือบ สามารถรับน้ำหนักได้มาก และทนความร้อนสูง โดยเป็นลักษณะของแท่งสี่เหลี่ยมตัน

3. ขาตั้งผลิตภัณฑ์ (Stits) ทำด้วยวัสดุทนไฟ มีขนาดและรูปร่างต่าง ๆ ในส่วนปลายขาตั้ง ออกแบบให้แหลมเพื่อสัมผัสผิวผลิตภัณฑ์เพียงเล็กน้อย หลังการเผาเคลือบแล้วจะได้ไม่มีตำหนิ

ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานของเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก

1. จัดเตรียมเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็กและอุปกรณ์อื่น ๆ
2. ตรวจสอบความสมบูรณ์ของเตา อุปกรณ์วัดอุณหภูมิและระบบไฟฟ้า
3. นำชิ้นงานทดลองหรือผลิตภัณฑ์วางลงในเตาเผา (ในกรณีการเผาดิบ สามารถวางซ้อนกันได้ ส่วนกรณีการเผาเคลือบจำเป็นต้องใช้ชั้นวางและขาตั้ง)
4. ปิดฝาเตาเผาอย่างระมัดระวัง
5. นำขอเตายึดฝาเตา
6. เปิดสวิตช์ไฟตำแหน่ง "ON"
7. สังเกตหน้าปัดบอกอุณหภูมิเมื่อได้อุณหภูมิที่กำหนดให้ขึ้นไฟ 15 นาที แล้วปิดสวิตช์ไปตำแหน่ง "OFF"
8. ปลดปล่อยให้เตาค่อย ๆ คายความร้อนออกประมาณ 12 ชั่วโมง

9. นำชิ้นงานทดลองหรือผลิตภัณฑ์ออกจากเตา
10. ตรวจสอบเตาเผา แล้วทำความสะอาดก่อนเก็บเข้าที่

การบำรุงรักษา

1. ตรวจสอบความเรียบร้อยสมบูรณ์ของเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็กก่อนทำการปฏิบัติการเผา โดยทำการตรวจสอบดังรายการต่อไปนี้
 - 1.1 ตรวจสอบโครงสร้างภายนอกของเตา
 - 1.2 ตรวจสอบระบบไฟฟ้า
 - 1.3 ตรวจสอบลวดความร้อน
 - 1.4 ตรวจสอบเครื่องวัดอุณหภูมิ
 - 1.5 ตรวจสอบโครงสร้างอิฐทนไฟ
2. ภายหลังจากการปฏิบัติงานทุกครั้ง ควรตรวจสอบส่วนประกอบของเตาเผาโดยเฉพาะในส่วนผนังเตาด้านใน ถ้าพบจุดบกพร่องควรทำการซ่อมแซมทันทีก่อนมีการใช้งานในครั้งต่อไป
3. เตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็กนี้ ได้ถูกจัดสร้างและพัฒนาขึ้นโดยคำนึงถึงความสะดวกในการปฏิบัติงาน การบำรุงรักษาและราคาที่ถูกลง เหมาะสมกับการใช้เป็นอุปกรณ์ประกอบการเรียนการสอน โดยออกแบบให้ชิ้นส่วนสามารถซ่อมบำรุงได้โดยสะดวก ไม่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างเตาเผา

ความปลอดภัยในการปฏิบัติ

ในการปฏิบัติทุกครั้ง ควรคำนึงถึงความปลอดภัย ด้านความร้อนของเตาเผาและระบบไฟฟ้า ที่ใช้กับเตาเผาทุกครั้งเมื่อปฏิบัติงาน

แบบประเมินสมรรถนะของเตาเผาอุณหภูมิขนาดเล็ก

แบบประเมินสมรรถนะของเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก

คำชี้แจง แบบประเมินชุดนี้แบ่งออกเป็น 3 ตอน

- ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ
- ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านเซรามิกส์เกี่ยวกับสมรรถนะของเตาเผา
- ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ

กรุณาทำเครื่องหมาย (✓) ลงในกรอบ ☐ หน้าข้อความและเติมคำ (หรือข้อความ) ลงในช่องว่าง

1. เพศ

☐ ชาย

☐ หญิง

2. อายุ.....ปี

3. ระดับการศึกษาสูงสุด

☐ปริญญาตรี

☐ปริญญาโท

☐ปริญญาเอก

4. ประสบการณ์การสอนเซรามิกส์

4.1 การสอนอย่างเป็นทางการในสถานศึกษา (ไม่จำกัดระดับ).....ปี

4.2 การสอนอย่างไม่เป็นทางการ เช่น การเป็นวิทยากรอบรมฯ.....ปี

4.3 ปฏิบัติงานด้านที่ปรึกษาหรือให้คำปรึกษากับบริษัทเอกชน.....ปี

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านเชรามิกส์เกี่ยวกับสมรรถนะของเตาเผา

แบบประเมินชุดนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเชรามิกส์ ประเมินสมรรถนะของเตาเผา (อุณหภูมิขนาดเล็ก) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้ในห้องปฏิบัติการวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งผลการประเมินของท่าน จะนำไปใช้ปรับปรุงเตาเผาที่สร้างขึ้นให้มีสมรรถนะตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ต่อไป

จึงขอความกรุณาประเมินสมรรถนะทั้ง 5 ด้านดังนี้

ด้านที่ 1	กายภาพทั่วไป	(5 ข้อ)
ด้านที่ 2	การใช้งาน	(5 ข้อ)
ด้านที่ 3	การบำรุงรักษา	(5 ข้อ)
ด้านที่ 4	สมรรถนะในการเผา	(5 ข้อ)
ด้านที่ 5	ความเหมาะสมของเตาที่ได้รับการพัฒนา (ที่สร้างขึ้น)	(5 ข้อ)

ในการประเมินโปรดพิจารณาข้อความแต่ละข้อ แล้วทำเครื่องหมาย (/) ลงในช่องใดช่องหนึ่ง (ของมาตราส่วนประมาณค่า) โดยมีความหมายดังนี้

5	หมายถึง เตาเผา (ที่สร้างขึ้น) มีสมรรถนะ “ในระดับ ดีมาก”
4	หมายถึง เตาเผา (ที่สร้างขึ้น) มีสมรรถนะ “ในระดับ ดี”
3	หมายถึง เตาเผา (ที่สร้างขึ้น) มีสมรรถนะ “ในระดับ พอใช้”
2	หมายถึง เตาเผา (ที่สร้างขึ้น) มีสมรรถนะ “ในระดับ ควรปรับปรุง”
1	หมายถึง เตาเผา (ที่สร้างขึ้น) มีสมรรถนะ “ในระดับ ยังใช้ไม่ได้”

ข้อที่	สมรรถนะของเตาเผา	ระดับการประเมิน				
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง	ยังใช้ไม่ได้
1	ด้านกายภาพทั่วไป					
	1.1 เตาเผามีขนาดเหมาะสมกับการใช้สอน ปฏิบัติการทดลองเผาในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (ไม่เกิน 10 คน)	-----	-----	-----	-----	-----
	1.2 อุปกรณ์และชิ้นส่วนที่นำมาใช้สร้าง เตาเผา ไม่ยุ่งยาก ไม่ซับซ้อน	-----	-----	-----	-----	-----
	1.3 ความแข็งแรงของโครงสร้างเหล็ก เมื่อพิจารณาจากรายละเอียดประกอบ แบบ ต่อการใช้งานและการสอน	-----	-----	-----	-----	-----
	1.4 การยึดเกาะระหว่างโครงสร้างเหล็ก กับอิฐทนไฟ มีการยึดเกาะกันแข็งแรง และแน่นหนา	-----	-----	-----	-----	-----
	1.5 การเคลื่อนย้ายเตาเผา (ที่ประกอบด้วย ล้อเลื่อน) ในแนวระนาบเพื่อการเรียน	-----	-----	-----	-----	-----
2.	ด้านการใช้งาน					
	2.1 การนำชิ้นงานหรือผลิตภัณฑ์ (ที่ใช้ ทดลองเผา) เข้าและออกจากเตา มีความสะดวก	-----	-----	-----	-----	-----
	2.2 ผู้เรียนเพียงคนเดียวสามารถใช้งาน และควบคุมการเผาด้วยเตาเผานี้ได้	-----	-----	-----	-----	-----
	2.3 ขนาดความจุ 1x1x1 ฟุต ของเตาเป็น ขนาดที่พอเหมาะที่จะใช้เผา (ผลิตภัณฑ์) ให้ได้อุณหภูมิสูงสุด ตามที่กำหนด (1200° C)	-----	-----	-----	-----	-----
	2.4 อุณหภูมิของห้องเผาเพิ่มขึ้นหรือลดลง ได้ตามกำหนดโดยไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์ เสียหาย	-----	-----	-----	-----	-----

ข้อที่	สมรรถนะของเตาเผา	ระดับการประเมิน				
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง	ยังใช้ไม่ได้
3.	2.5 การหยุดการปฏิบัติงานของเตาสามารถทำได้ง่ายโดยปรับสวิตช์มาที่ตำแหน่ง “OFF” เมื่อได้อุณหภูมิตามที่กำหนด (เมื่อดูจากหน้าปัดของเครื่องวัดอุณหภูมิ)	-----	-----	-----	-----	-----
	3.1 การตรวจสอบสภาพโดยทั่วไปของเตาด้านความปลอดภัย กระทำได้โดยง่าย	-----	-----	-----	-----	-----
	3.2 การซ่อมแซมลดความร้อนสามารถกระทำได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อเนื่องกับส่วนประกอบอื่นของเตา	-----	-----	-----	-----	-----
	3.3 การซ่อมแซมอิฐทนไฟสามารถกระทำได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อเนื่องกับส่วนประกอบอื่นของเตา	-----	-----	-----	-----	-----
	3.4 การซ่อมแซมฉนวนกันความร้อนสามารถกระทำได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อเนื่องกับส่วนประกอบอื่นของเตา	-----	-----	-----	-----	-----
	3.5 ระบบไฟสามารถตรวจสอบเพื่อค้นหาจุดบกพร่องและซ่อมแซมได้โดยสะดวก	-----	-----	-----	-----	-----
4.	สมรรถนะในการเผา					
	4.1 สามารถเผาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิสูงได้ถึง 1200° C	-----	-----	-----	-----	-----
	4.2 สามารถเผาผลิตภัณฑ์ให้ได้คุณภาพทั้งการเผาไหม้และการเผาเคลือบได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด	-----	-----	-----	-----	-----

ข้อที่	สมรรถนะของเตาเผา	ระดับการประเมิน				
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง	ยังใช้ไม่ได้
5	4.3 เตาเผาสามารถกระจายความร้อนให้มีอุณหภูมิสม่ำเสมอทั่วถึง (ในบริเวณห้องเผา)	.....	.....	.....	.....	.....
	4.4 เตาเผาสามารถคายความร้อนหลังจาก ยุติการเผาเข้าสู่อุณหภูมิปกติได้ตามเวลาที่กำหนด (12 ชั่วโมง)	.....	.....	.....	.....	.....
	4.5 ความร้อนที่แผ่ออกมาภายนอกเตาในระหว่างการเผาไม่เป็นอันตรายต่อผู้สอนและผู้เรียน	.....	.....	.....	.....	.....
	5 ความเหมาะสมของเตาที่ได้รับการพัฒนา (ที่สร้างขึ้น)					
	5.1 จนวนกันความร้อนที่ได้พัฒนาเพื่อทดแทน สามารถใช้ได้	.....	.....	.....	.....	.....
	5.2 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิสามารถใช้ทดแทนได้ เมื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์วัดอุณหภูมิมาตรฐานสามารถวัดได้	.....	.....	.....	.....	.....
	5.3 ขดลวดความร้อนสามารถใช้กับแรงเคลื่อนไฟฟ้า 220 V. และให้พลังงานความร้อนได้ถึง 1200°C เพื่อการเผาผลิตภัณฑ์ได้ตามเวลาที่กำหนด	.....	.....	.....	.....	.....
	5.4 ชิ้นส่วนอุปกรณ์ทดแทนและวัสดุในการสร้าง รวมถึงบางส่วนที่ผลิตได้ภายในประเทศ สามารถหาได้ง่าย	.....	.....	.....	.....	.....
	5.5 สถานศึกษาระดับโรงเรียนมัธยมผู้สอนสามารถประกอบตามรายการประกอบแบบเพื่อเป็นอุปกรณ์ทดแทนในการสอนวิทยาศาสตร์เซรามิกส์ได้	.....	.....	.....	.....	.....

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อเตาเผา (ที่สร้างขึ้น)

ซึ่งในตอนนี้ขอความกรุณาผู้เชี่ยวชาญเขียนเสนอแนะเป็นรายชื่อ เพื่อเป็นแนวทางแก่ผู้วิจัย ในการปรับปรุงชุดการสอน (ที่สร้างขึ้น) โดยพิจารณาแยกข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงและแก้ไข เป็นด้าน ๆ ดังนี้

ด้านที่ 1 ภายนอกทั่วไป

1.
2.
3.

ด้านที่ 2 การใช้งาน

1.
2.
3.

ด้านที่ 3 การบำรุงรักษา

1.
2.
3.

ด้านที่ 4 สมรรถนะในการเผา

1.
2.
3.

ด้านที่ 5 ความเหมาะสมของเตาที่ได้รับการพัฒนา (ที่สร้างขึ้น)

1.
2.
3.
4.

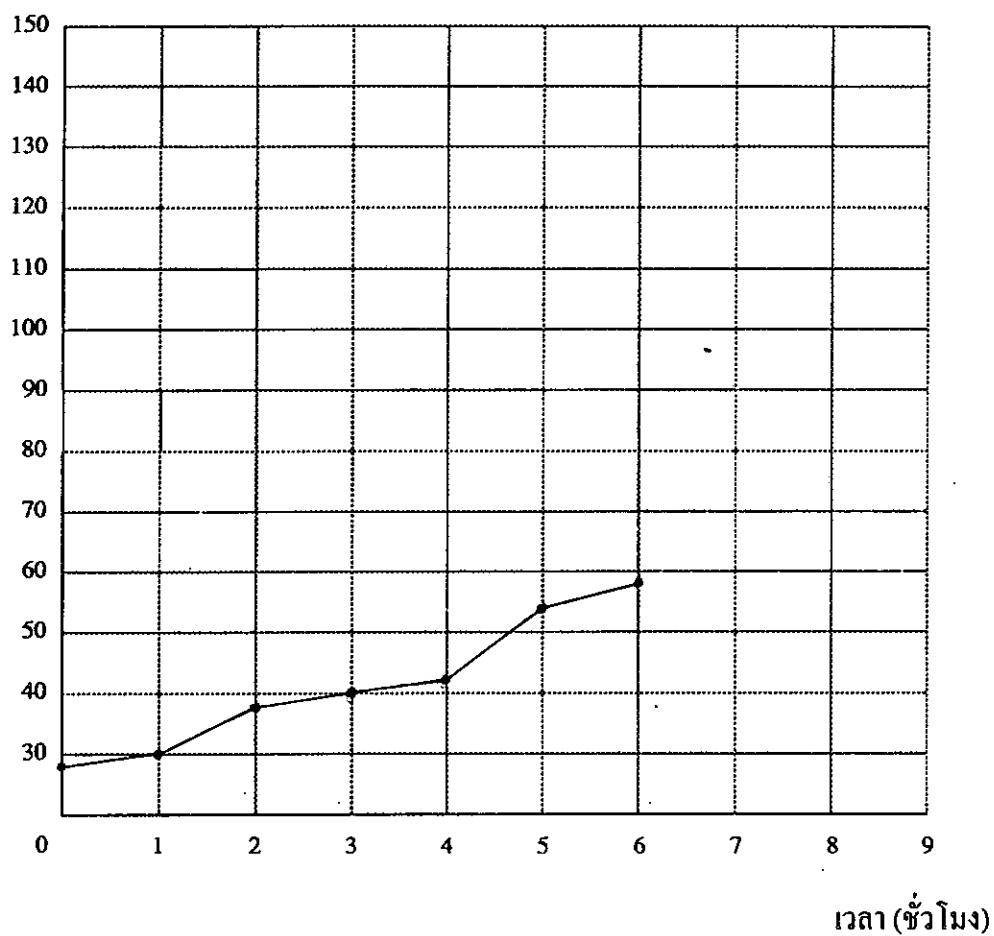
ขอกราบขอบพระคุณที่กรุณาตอบแบบประเมินมา ณ ที่นี้ด้วย

กราฟแสดงความสัมพันธ์

ระหว่างอุณหภูมิและระยะเวลาในการเผา

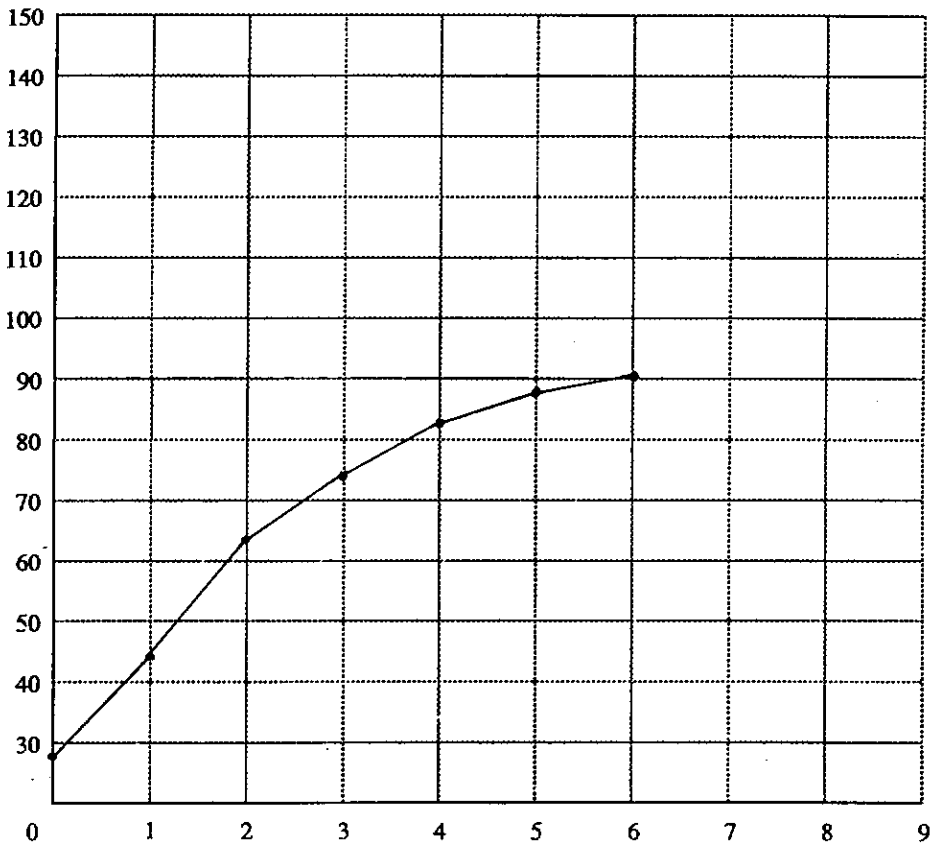
- เพื่อวัดอุณหภูมิพื้นผิวของฉนวนกันความร้อนด้าน Cold Face
- เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ
- เพื่อการเผาดิบ (Biscuit Firing)
- เพื่อการเผาเคลือบ (Glaze Firing)

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)



ภาพประกอบ 24 กราฟแสดงความสัมพันธ์และระยะเวลาในการเผาเพื่อวัดอุณหภูมิ
ด้าน Cold Face ของเซรามิก ไฟเบอร์

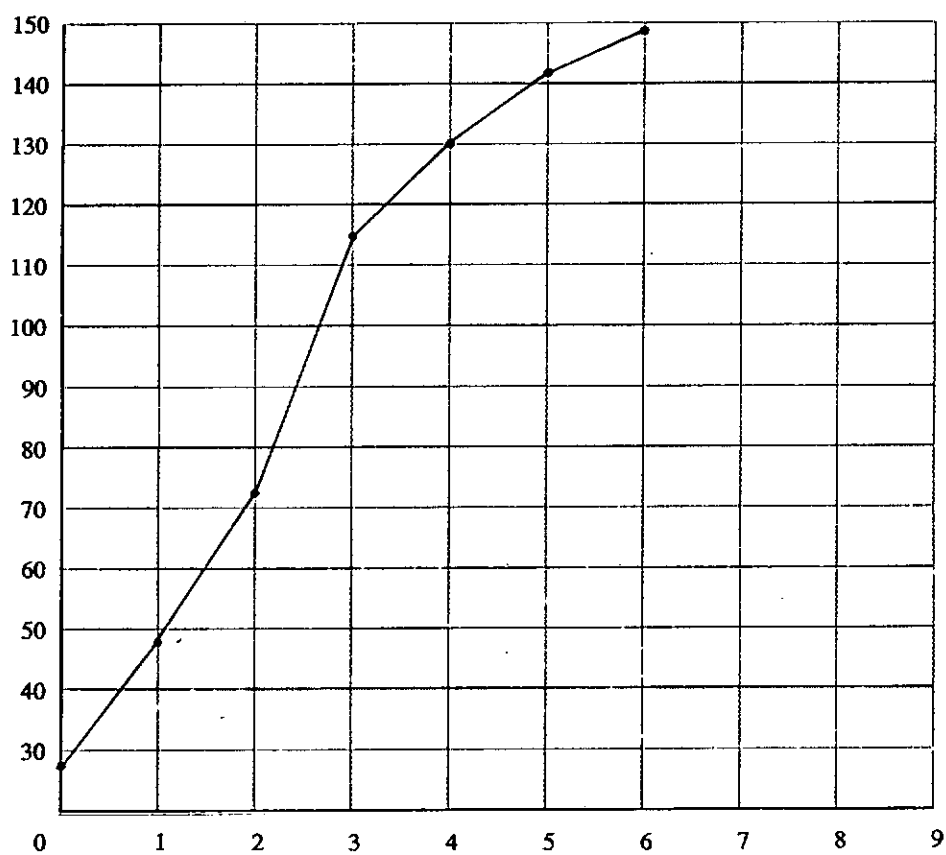
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)



เวลา (ชั่วโมง)

ภาพประกอบ 25 กราฟแสดงความสัมพันธ์และระยะเวลาในการเผาเพื่อวัดอุณหภูมิ
ด้าน Cold Face ของกระเบื้องแผ่นเรียบ

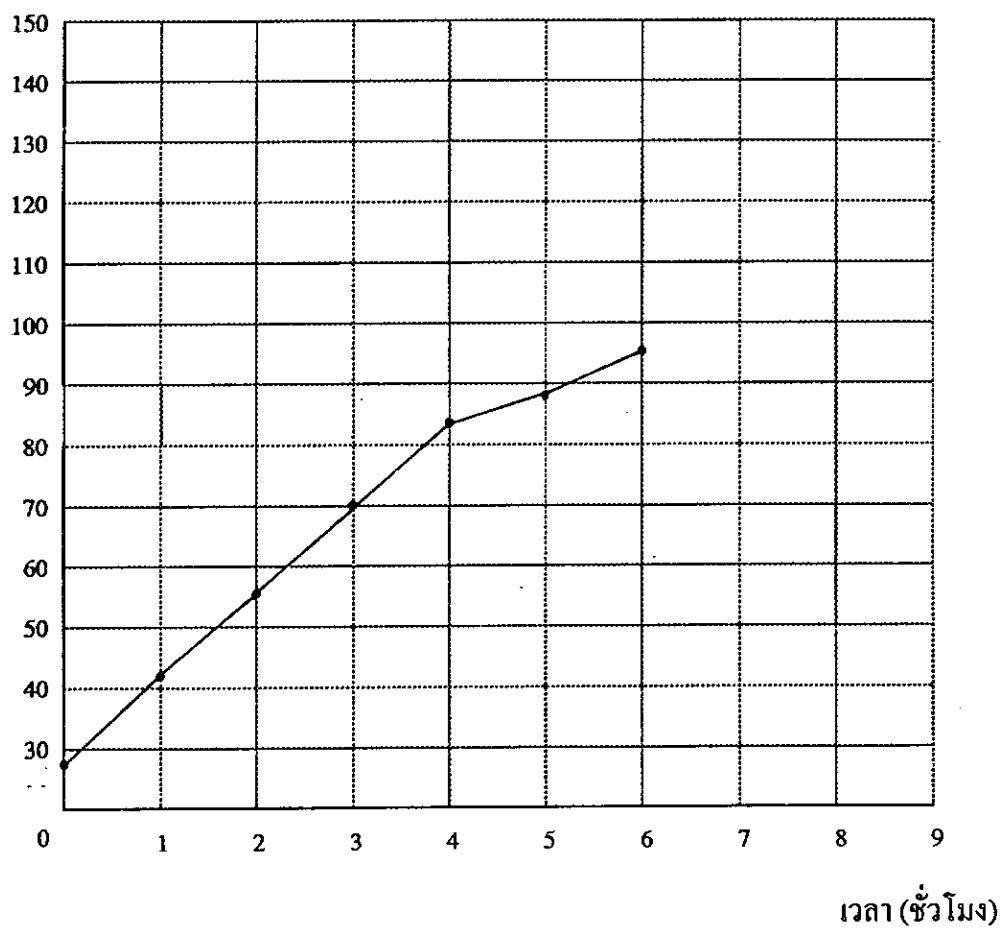
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)



เวลา (ชั่วโมง)

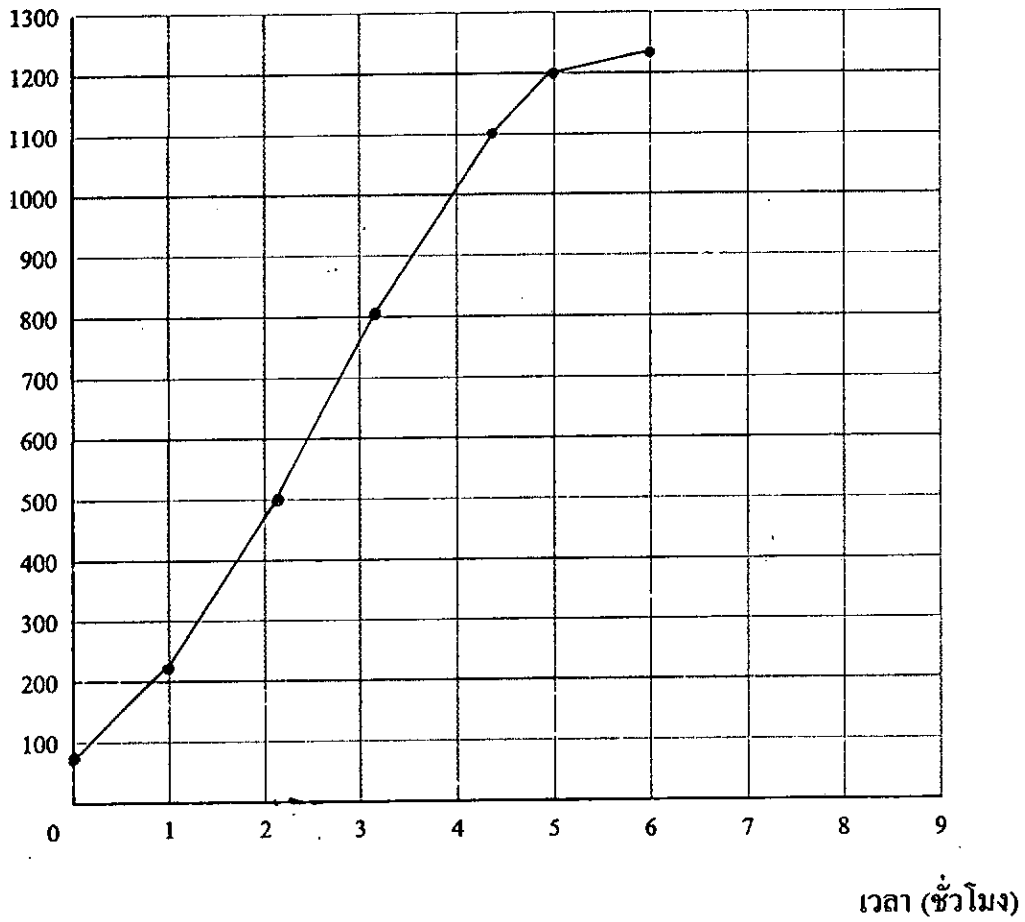
ภาพประกอบ 26 กราฟแสดงความสัมพันธ์และระยะเวลาในการเผาเพื่อวัดอุณหภูมิ
ด้าน Cold Face ของกระเบื้องแผ่นเรียบแทรกด้วยทรายหยาบ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)



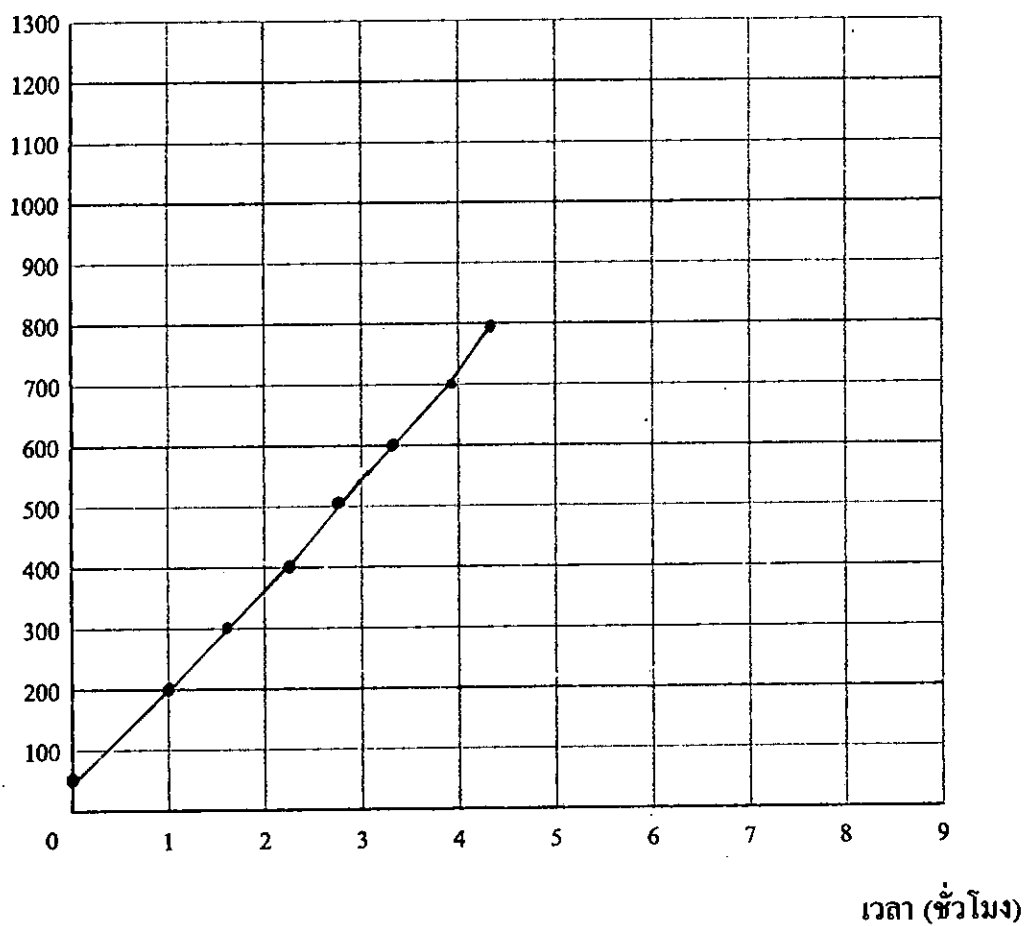
ภาพประกอบ 27 กราฟแสดงความสัมพันธ์และระยะเวลาในการเผาเพื่อวัดอุณหภูมิ
ด้าน Cold Face ของแผ่นอิฐดินเผาต้านแกวี่ยน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)



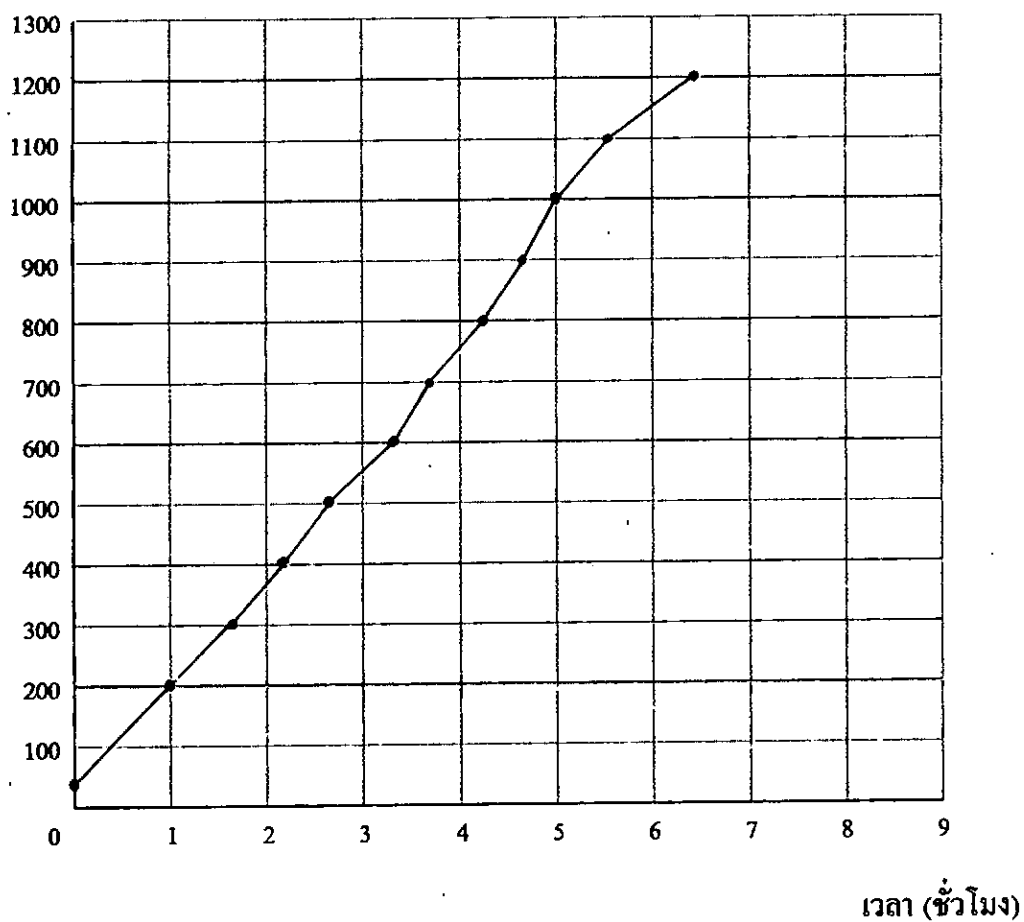
ภาพประกอบ 28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผาทดสอบ
ประสิทธิภาพของเตาเผาในบรรยากาศแบบออกซิเดชัน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)



ภาพประกอบ 29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศแบบออกซิเดชัน

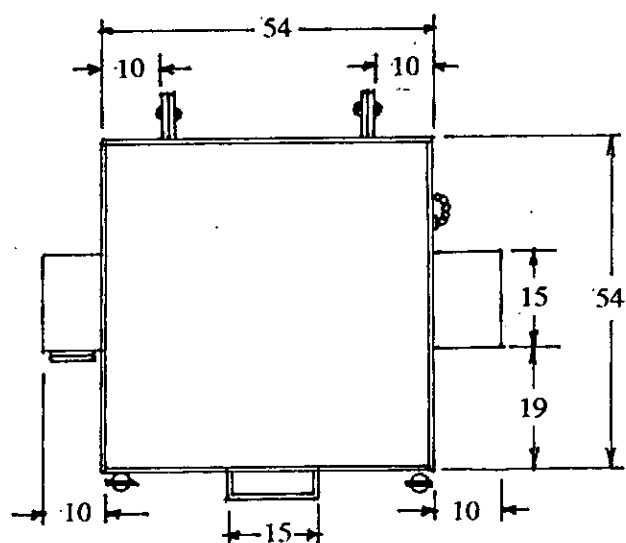
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)



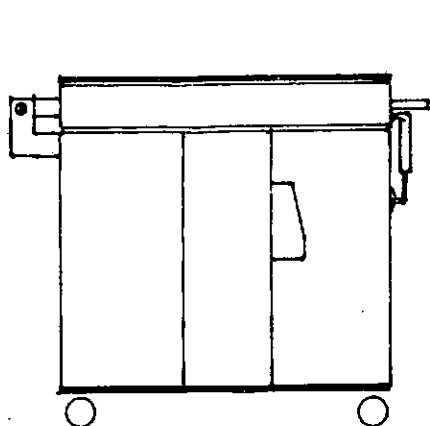
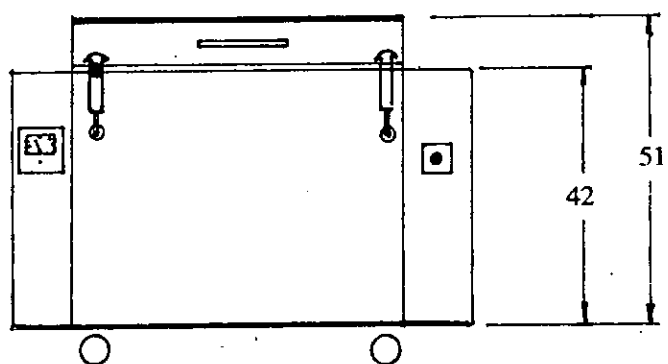
ภาพประกอบ 30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผาเคลือบ
ที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศแบบออกซิเดชัน

การสร้างเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก
(ตามรายการประกอบแบบ)

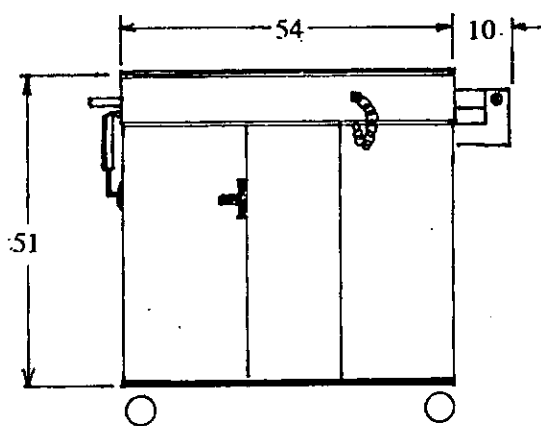
ภาพด้านบน



ภาพด้านหน้า



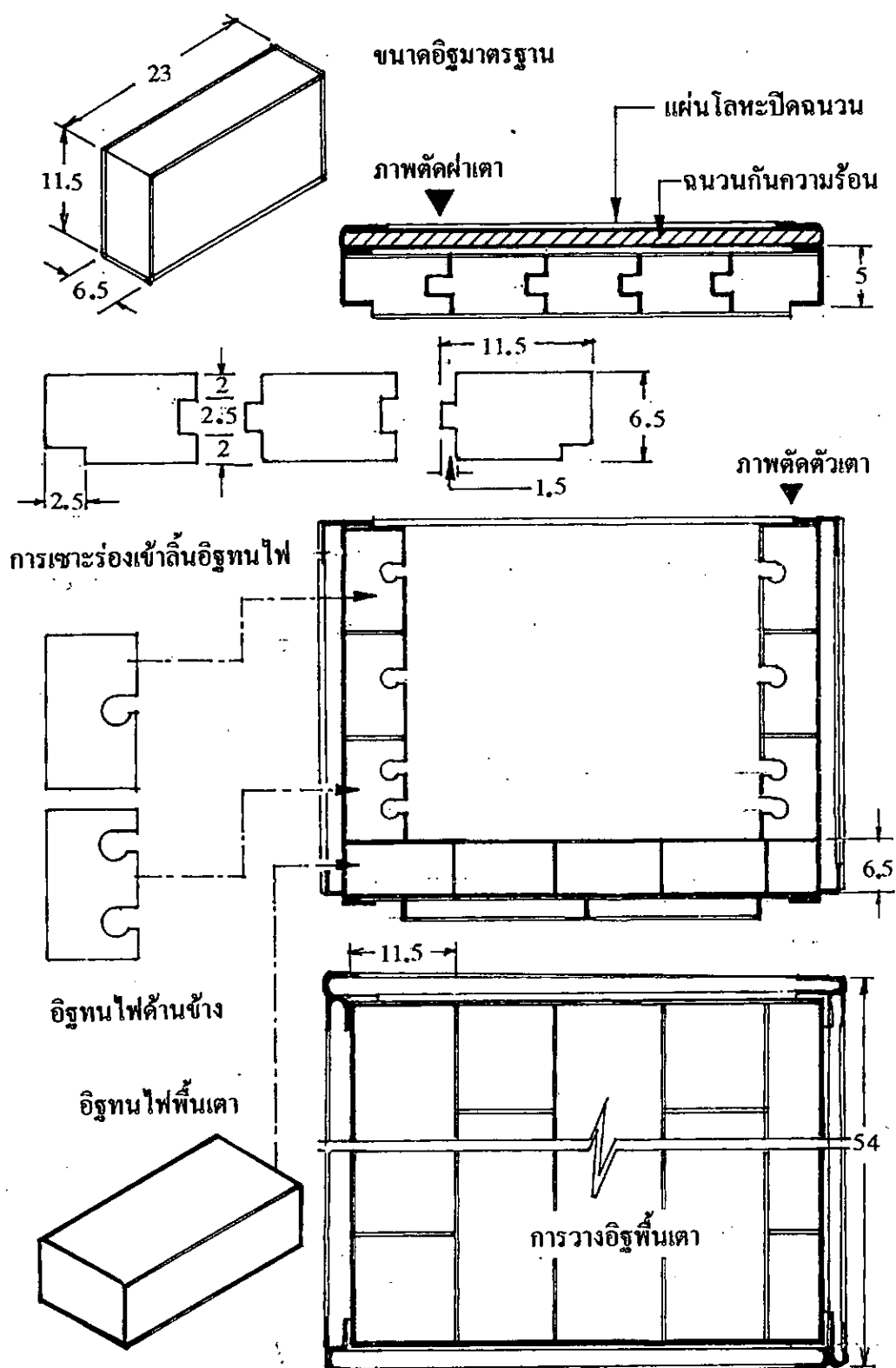
ภาพด้านข้างซ้าย



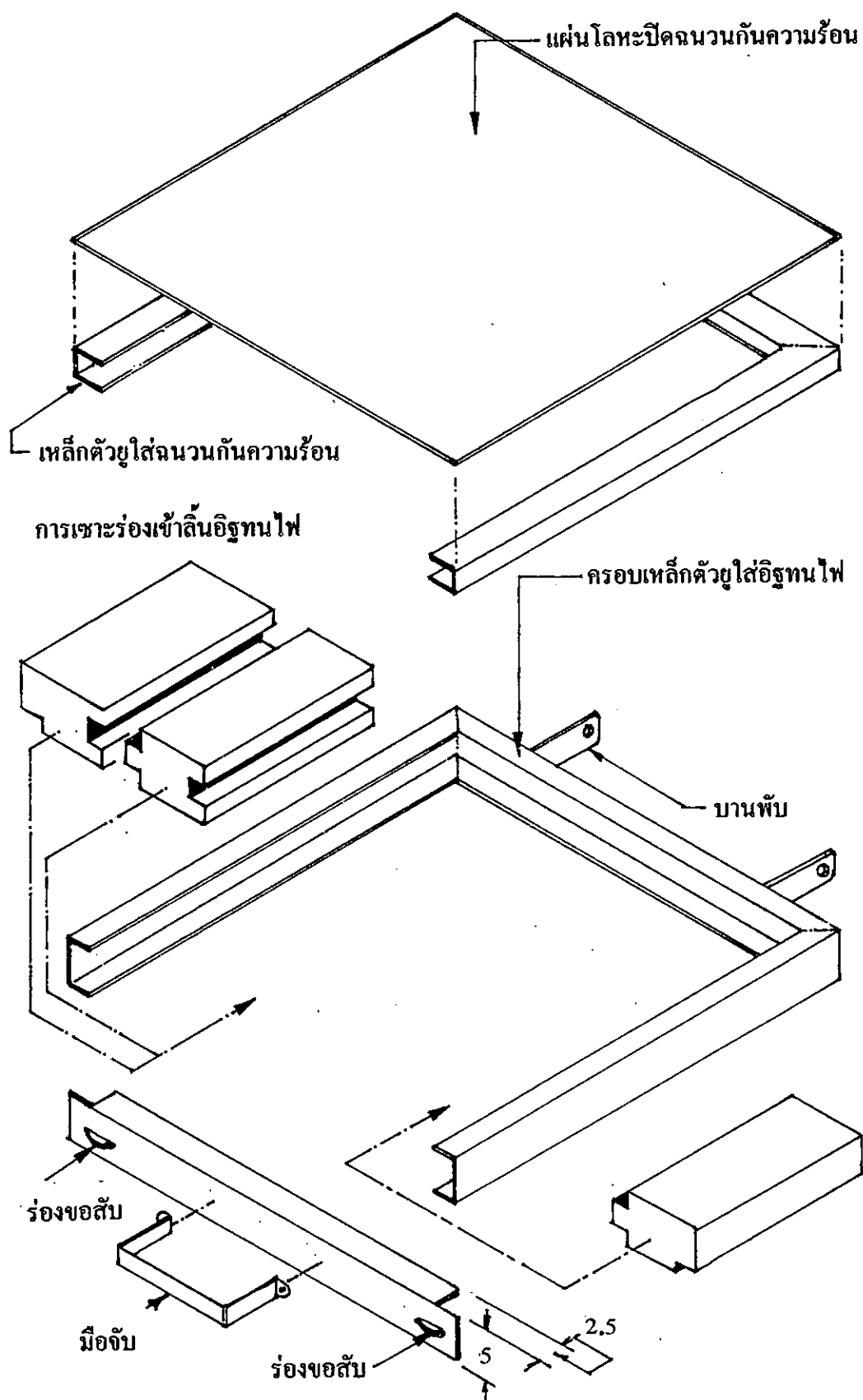
ภาพด้านข้างขวา

หน่วย : เซนติเมตร

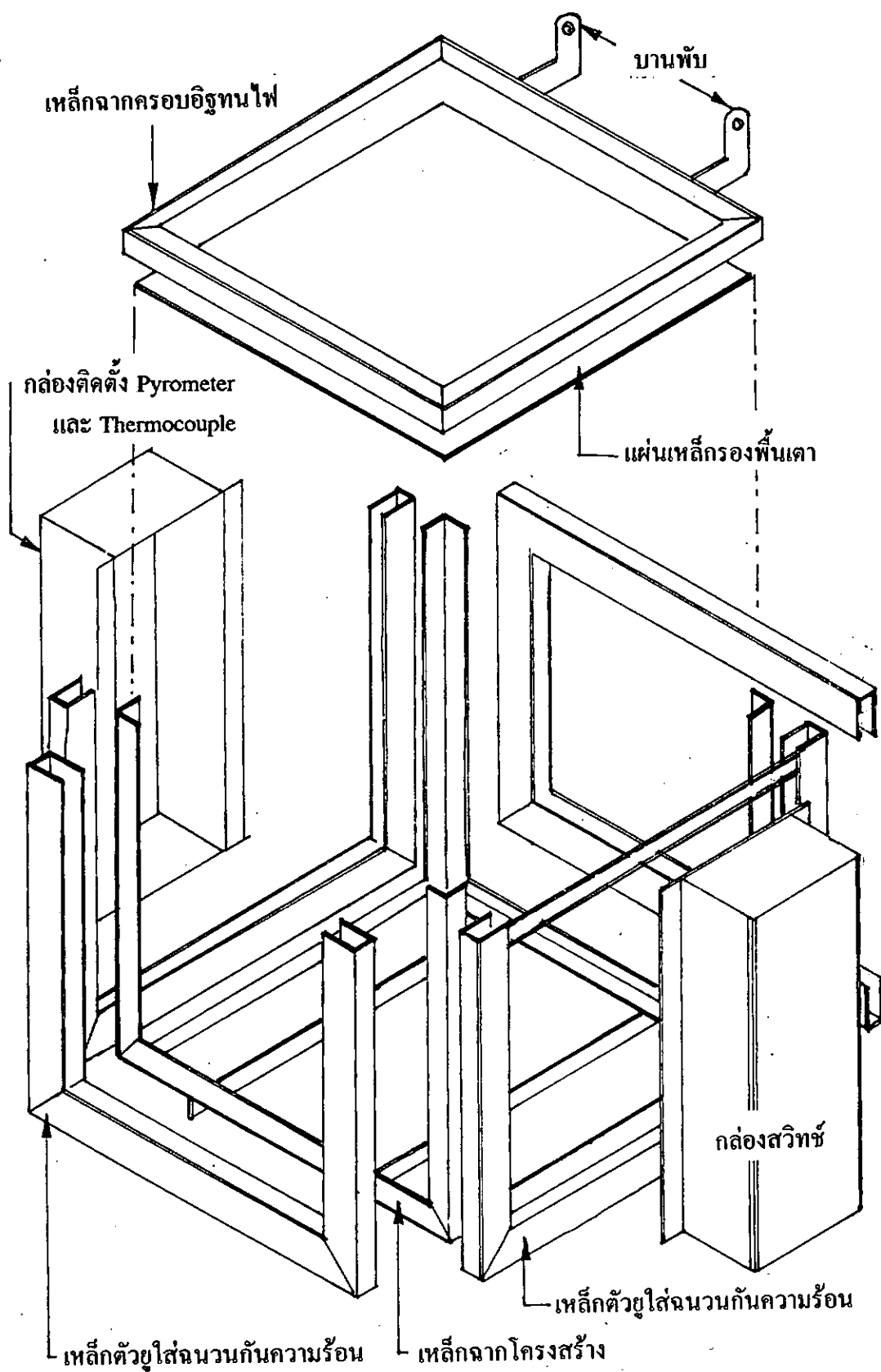
ภาพประกอบ 31 แสดงขนาดและรูปด้านของเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก



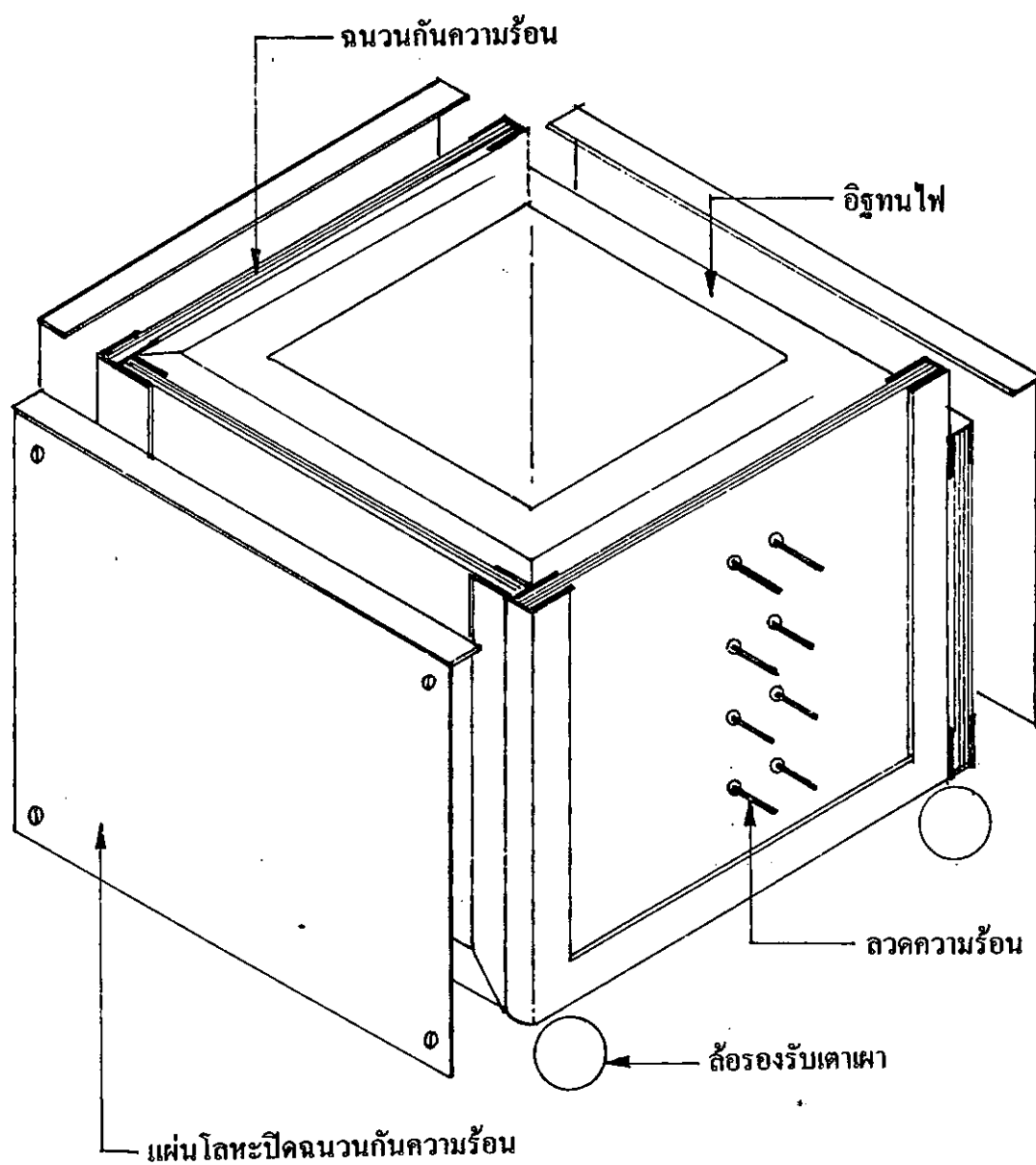
ภาพประกอบ 32 ลักษณะของอิฐทนไฟที่ใช้สร้างเตาเผา



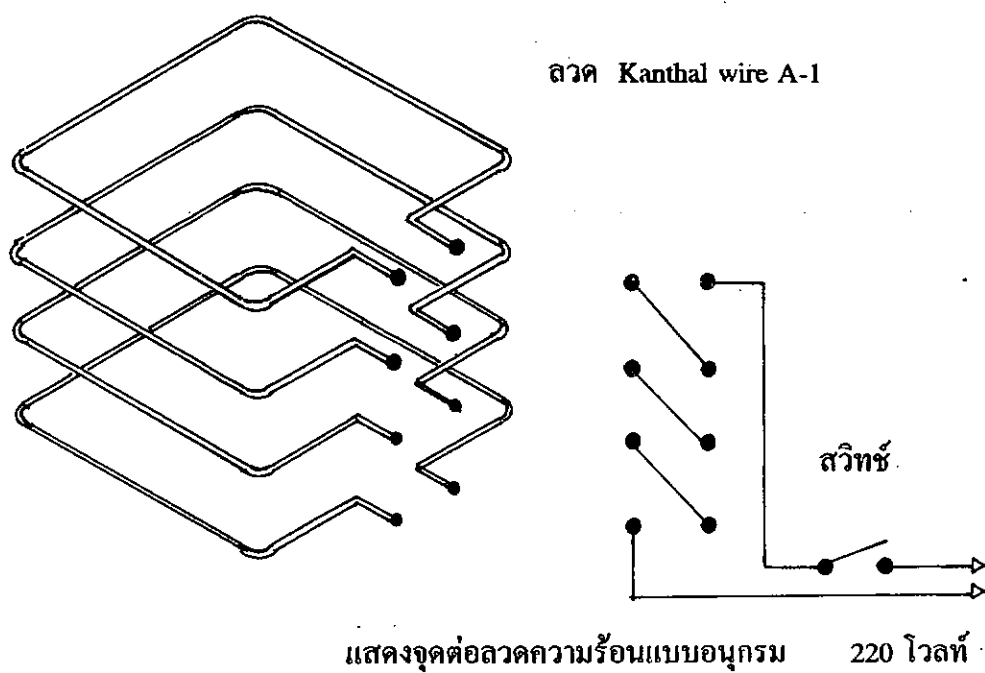
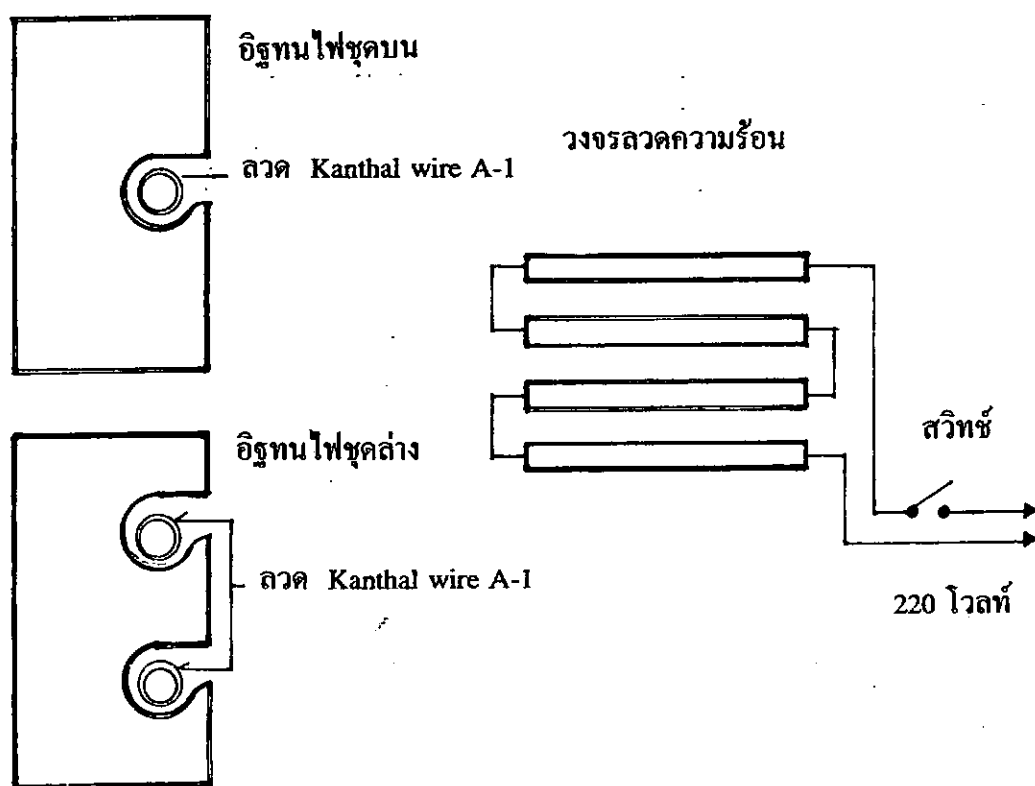
ภาพประกอบ 33 แสดงโครงสร้างของฝ่าเตาชนิดเปิดบน (Top Loading)



ภาพประกอบ 34 แสดงโครงสร้างของตัวเตาและผนังเตา

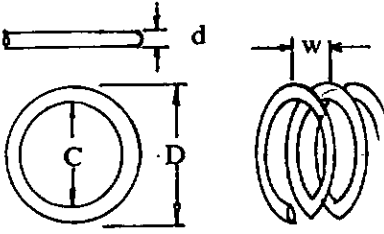
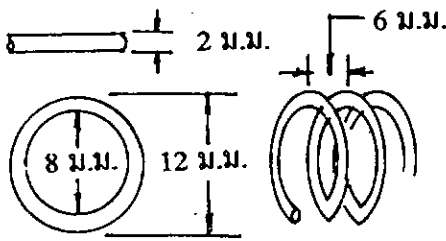
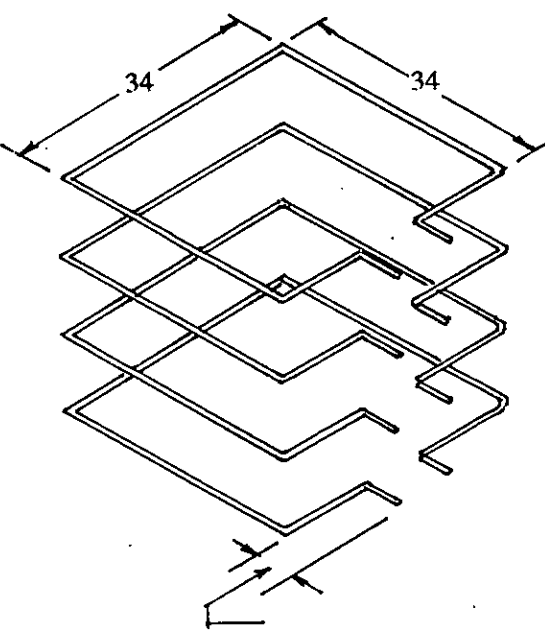


ภาพประกอบ 35 แสดงการติดตั้งฉนวนกันความร้อนและแผ่นโลหะปิดภายนอกเตา

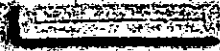
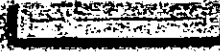
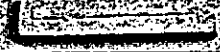
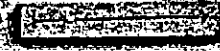
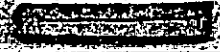
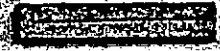
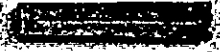
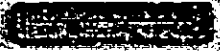
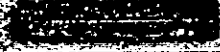
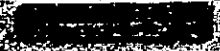
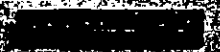


ภาพประกอบ 36 แสดงการติดตั้งลวดความร้อนแบบขงเดี่ยว (Single Phase)

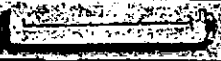
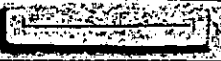
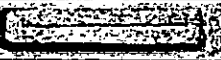
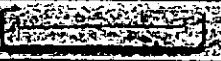
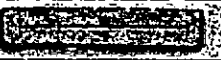
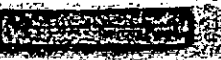
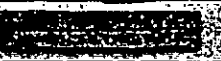
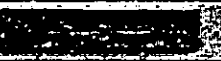
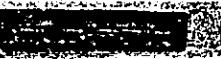
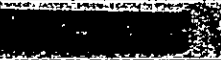
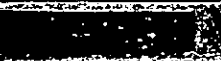
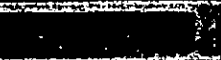
เตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก

ภาพแสดงลักษณะของขดลวด	การพันขดลวด Kanthal wire A-1									
	d = เส้นผ่าศูนย์กลางกลางของลวด D = ความโตของขดลวดภายนอก C = ความโตของขดลวดภายใน w = ระยะห่างของขดลวด									
การพันขดลวดความร้อน	ข้อกำหนดมาตรฐาน									
	<table><tr><td>W</td><td>ไม่เกิน</td><td>3 d</td></tr><tr><td>C</td><td>ไม่เกิน</td><td>4 d</td></tr><tr><td>D</td><td>ไม่เกิน</td><td>6 d</td></tr></table>	W	ไม่เกิน	3 d	C	ไม่เกิน	4 d	D	ไม่เกิน	6 d
W	ไม่เกิน	3 d								
C	ไม่เกิน	4 d								
D	ไม่เกิน	6 d								
การวางตำแหน่งขดลวด 4 ชุด	เตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก									
	1 ปริมาตรภายใน 1 ลูกบาศก์ฟุต 2 แรงเคลื่อนไฟฟ้า 220 โวลท์ 3 กระแสไฟฟ้า 25 แอมป์ 4 ความต้านทานของลวด 8.8 โอห์ม 5 กำลังไฟฟ้า 5500 วัตต์ (5.5 K.W.) 6 ความยาวลวด 1 ชุด 3.50 เมตร 7 ความยาวขดลวด 1 ชุด 1.36 เมตร 8 ต่อขดลวดแบบอนุกรม									

ภาพประกอบ 37 แสดงการทำขดลวดและการคำนวณลวด

ผลการทดลองเนื้อดินปั้นภายใต้การเผาจาก แหล่งดินหมายเลข 1 (ดินด่านเกวียน)				
สูตรที่	เนื้อดินปั้น	ความหดรตัว (ร้อยละ)	ความดูดรรมน้ำ (ร้อยละ)	ความแข็งแรง (กก./รม)
1.1		9.50	15.36	147.30
1.2		8.00	17.10	195.82
1.3		12.00	14.02	129.02
1.4		11.00	12.75	228.52
1.5		14.50	4.68	193.01
1.6		13.00	5.46	191.84
1.7		11.00	9.26	193.59
1.8		15.00	1.54	227.23
1.9		13.00	5.32	227.93
1.10		12.00	7.42	239.30
1.11		17.00	0.04	159.49
1.12		15.50	1.43	281.48
1.13		14.50	2.95	190.55
1.14		18.00	10.71	223.13
1.15		15.00	0.49	214.80
1.16		14.00	2.69	188.44
1.17		17.00	0.14	313.01
1.18		15.00	0.65	186.30

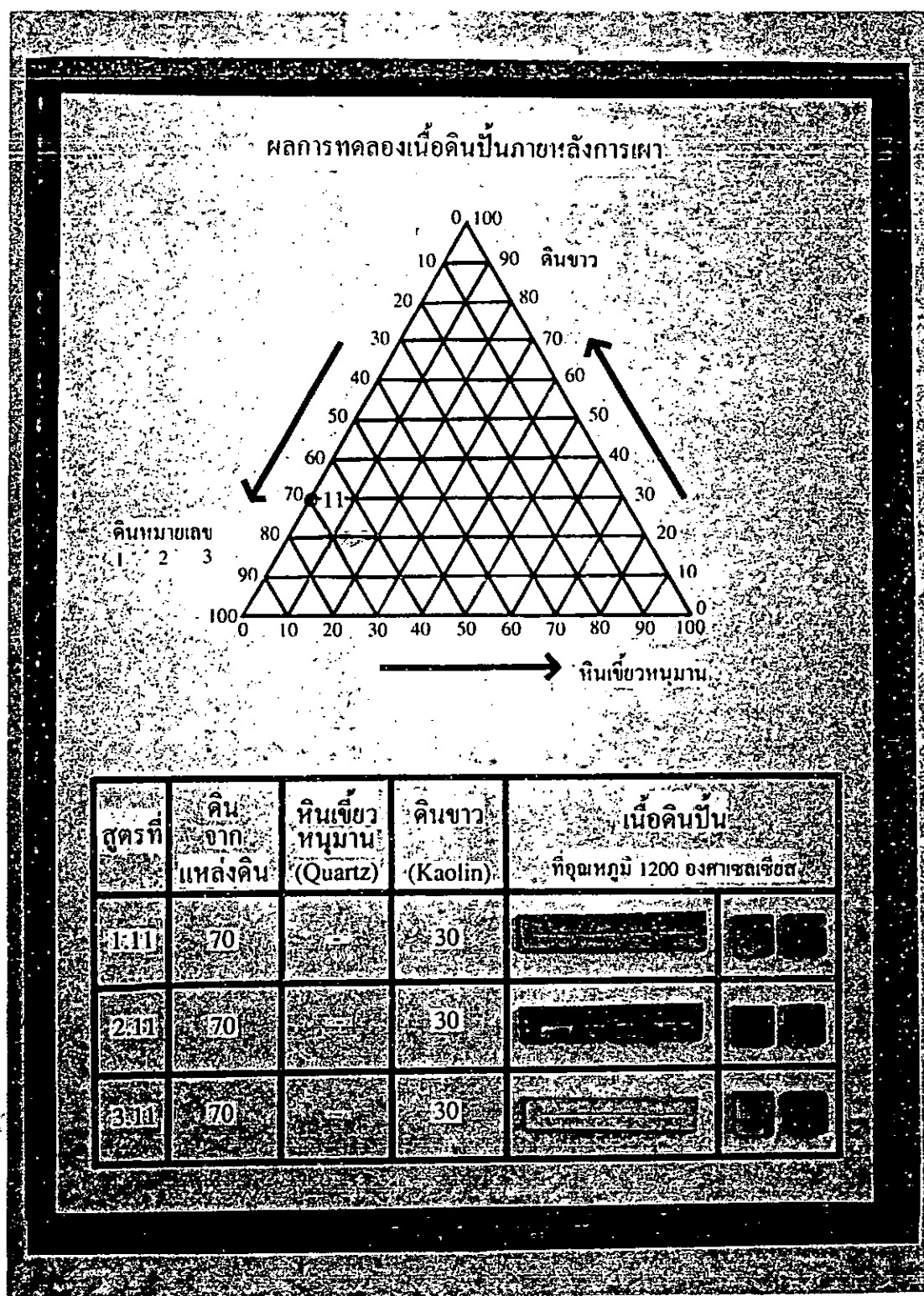
ภาพประกอบ 38 แท่งทดสอบเนื้อดินปั้นหมายเลข 1 (ดินด่านเกวียน) จำนวน 18 สูตร
เผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส

ผลการทดสอบเนื้อดินปั้นภายหลังการเผาจาก แหล่งดินหมายเลข 2 (ดินสามโคก)				
สูตรที่	เนื้อดินปั้น	ความหดตัว (ร้อยละ)	ความดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)	ความแข็งแรง (กก/ซม ²)
2.1		11.00	11.82	219.73
2.2		10.00	13.58	170.51
2.3		12.50	8.70	256.05
2.4		12.00	10.92	264.18
2.5		15.50	4.49	236.37
2.6		12.50	6.56	219.14
2.7		12.00	8.38	186.45
2.8		15.00	3.79	245.04
2.9		12.00	3.24	283.59
2.10		12.00	7.28	193.59
2.11		15.50	0.04	264.96
2.12		15.00	11.84	202.73
2.13		15.00	13.54	202.38
2.14		15.00	10.90	254.65
2.15		12.50	10.71	225.12
2.16		13.00	12.84	230.98
2.17		16.00	10.15	174.14
2.18		13.50	10.60	216.45

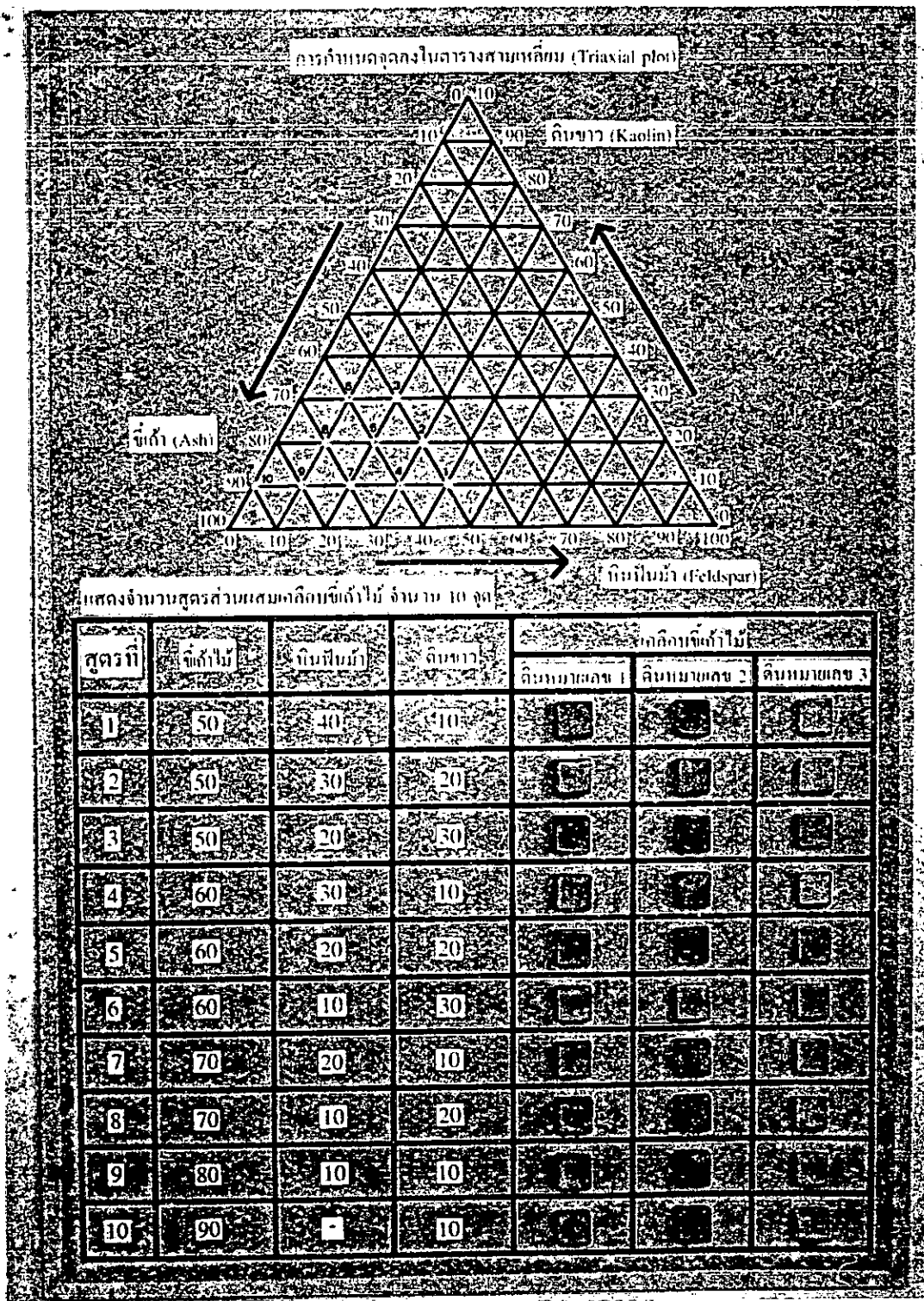
ภาพประกอบ 39 แท่งทดสอบเนื้อดินปั้นหมายเลข 2 (ดินสามโคก) จำนวน 18 สูตร
เผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส

ผลการทดลองเนื้อดินปั้นภายหลังการเผาจาก แหล่งดินหมายเลข 3 (ดินสุราษฎร์)				
สูตรที่	เนื้อดินปั้น	ความหดตัว (ร้อยละ)	ความดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)	ความแข็งแรง (กก/ซม ²)
3.1		12.00	10.80	182.11
3.2		10.00	10.49	151.17
3.3		13.00	10.85	181.88
3.4		12.00	10.26	199.22
3.5		16.00	6.16	141.80
3.6		14.50	4.31	190.42
3.7		13.00	6.58	204.73
3.8		16.00	1.77	231.33
3.9		15.00	6.73	184.10
3.10		13.00	6.40	200.39
3.11		17.50	0.04	236.02
3.12		16.00	2.39	193.36
3.13		15.00	4.85	154.80
3.14		17.00	10.87	103.83
3.15		15.00	7.86	97.97
3.16		13.50	9.05	180.94
3.17		15.00	20.75	145.78
3.18		15.00	10.96	145.78

ภาพประกอบ 40 แท่งทดสอบเนื้อดินปั้นหมายเลข 3 (ดินสุราษฎร์) จำนวน 18 สูตร
เผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส



ภาพประกอบ 41 แสดงผลการเผาแผ่นทดสอบเนื้อดินปั้นที่ผ่านการคัดเลือกจากแหล่งดินหมายเลข 1, 2 และ 3



ภาพประกอบ 42 แสดงผลการเคลือบซีเมนต์บนแผ่นทดสอบที่ผ่านการคัดเลือกจากแหล่งดินหมายเลข 1, 2 และ 3

แสดงสัดส่วนเกลือที่ละลายในสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) กับแต่ละแหล่งดิน			
แหล่งดิน	สารให้สี		
	Cobalt Oxide (CoO) ร้อยละ	Chromic Oxide (Cr ₂ O ₃) ร้อยละ	Ferric Oxide (Fe ₂ O ₃) ร้อยละ
ดินหมายเลข 1 (ดินดานเหนียว)	0.2 	1 	1 
	0.4 	2 	2 
	0.6 	3 	3 
	0.8 	4 	4 
	1.0 	5 	5 
ดินหมายเลข 2 (ดินทรายโคก)	0.2 	1 	1 
	0.4 	2 	2 
	0.6 	3 	3 
	0.8 	4 	4 
	1.0 	5 	5 
ดินหมายเลข 3 (ดินทรายหยาบ)	0.2 	1 	1 
	0.4 	2 	2 
	0.6 	3 	3 
	0.8 	4 	4 
	1.0 	5 	5 

ภาพประกอบ 43 แสดงผลการเคลือบสีด้วยสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ)

จำนวน 3 ชนิด ชนิดละ 5 ระดับ

ภาคผนวก ค.

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (ค่าความยากง่าย, ค่าอำนาจจำแนก,
ค่าดัชนีความสอดคล้อง)

ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบ

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพชุดการสอน

ตารางแสดงค่าความยาก-ง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย (ความรู้ความจำ ความเข้าใจและการนำไปใช้) วิชาวิทยาศาสตร์ ภายภาคชีวภาพ เรื่องเซรามิกส์ ดังตาราง 55 ถึง 59

ตาราง 55 แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบหน่วยที่ 1

ข้อที่	PH	PL	p	r	q (1-p)	pq
1	11	6	.71	.42	.29	.21
2	10	4	.50	.50	.42	.24
3	7	3	.46	.33	.54	.25
4	10	3	.54	.58	.46	.25
5	10	7	.71	.25	.29	.21
6	10	7	.71	.25	.29	.21
7	11	8	.79	.25	.21	.17
8	12	5	.71	.58	.29	.21
9	9	3	.46	.50	.54	.25
10	11	5	.67	.50	.33	.22
11	10	5	.62	.42	.38	.24
12	9	6	.63	.25	.37	.23
13	11	8	.79	.25	.21	.17
14	9	6	.62	.25	.38	.24
15	6	3	.37	.25	.63	.23
16	9	2	.50	.58	.50	.25
17	8	4	.50	.33	.50	.25
18	9	5	.58	.33	.42	.24
19	8	3	.46	.42	.54	.25
20	11	7	.75	.33	.25	.19
รวม			12.16	7.57	7.84	4.23

ตาราง 56 แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบหน่วยที่ 2

ข้อที่	PH	PL	p	r	q (1-p)	pq
1	12	5	.71	.58	.29	.21
2	10	6	.67	.33	.33	.22
3	11	6	.71	.42	.29	.21
4	11	5	.67	.50	.33	.22
5	11	2	.50	.75	.50	.25
6	11	8	.79	.25	.21	.20
7	10	5	.62	.42	.38	.24
8	10	5	.62	.42	.38	.24
9	8	5	.54	.25	.46	.25
10	9	6	.62	.25	.38	.24
11	11	8	.79	.25	.21	.20
12	12	4	.67	.67	.33	.22
13	12	4	.46	.25	.54	.29
14	7	2	.38	.42	.62	.16
15	8	5	.54	.25	.46	.25
16	9	9	.3	.50	.50	.25
17	8	5	.54	.25	.46	.25
18	4	1	.21	.25	.79	.17
19	8	3	.46	.42	.54	.25
20	11	7	.75	.33	.25	.19
รวม			12.16	7.57	7.84	4.23

ตาราง 57 แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบหน่วยที่ 3

ข้อที่	PH	PL	p	r	q (1-p)	pq
1	12	8	.83	.33	.17	.14
2	9	4	.54	.42	.46	.25
3	10	4	.58	.50	.42	.24
4	11	4	.62	.58	.38	.24
5	9	1	.42	.67	.58	.24
6	6	3	.38	.25	.62	.24
7	9	4	.54	.42	.46	.25
8	8	4	.50	.33	.50	.25
9	9	3	.50	.50	.50	.25
10	6	1	.29	.42	.71	.21
11	8	4	.50	.33	.50	.25
12	12	8	.83	.33	.17	.14
13	12	5	.71	.58	.29	.21
14	6	3	.37	.25	.63	.23
15	11	4	.62	.58	.38	.24
16	8	5	.46	.25	.54	.25
17	7	4	.54	.25	.46	.25
18	7	4	.54	.25	.46	.25
19	7	3	.42	.33	.58	.24
20	8	5	.54	.25	.46	.25
รวม			10.73	7.82	9.27	4.62

ตาราง 58 แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบหน่วยที่ 4

ข้อที่	P_H	P_L	p	r	$q (1-p)$	pq
1	8	5	.54	.25	.46	.25
2	9	5	.58	.33	.42	.24
3	10	5	.62	.42	.38	.26
4	9	6	.58	.25	.42	.24
5	7	2	.37	.42	.63	.16
6	4	1	.21	.25	.79	.17
7	11	7	.75	.33	.25	.19
8	7	3	.42	.33	.58	.24
9	10	7	.71	.25	.29	.21
10	9	2	.46	.58	.54	.25
11	6	3	.73	.25	.63	.23
12	10	6	.67	.33	.33	.22
13	12	7	.79	.42	.21	.17
14	12	8	.83	.33	.17	.14
15	10	3	.54	.58	.46	.25
16	10	4	.58	.50	.42	.24
17	8	5	.54	.25	.46	.25
18	9	2	.46	.58	.54	.25
19	6	3	.37	.25	.63	.13
20	12	8	.83	.33	.17	.14
รวม			11.22	7.23	8.78	4.23

ตาราง 59 แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย หน่วยที่ 1 ข้อ 4 และผลรวม จำนวน 80 ข้อ

หน่วยที่	p	r	pq
1	12.16	7.57	4.23
2	11.79	7.67	4.51
3	10.73	7.82	4.62
4	11.22	7.23	4.23
รวมทั้งฉบับ	45.92	30.29	17.87

สูตรหาค่าความยาก $p = \frac{P_H + P_L}{N}$

สูตรหาค่าอำนาจจำแนก $r = \frac{P_H - P_L}{N_H}$

การคิดหาค่าความยากง่ายของแบบทดสอบ

ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบทั้งฉบับ

ค่าความยาก-ง่าย = $\frac{A}{80}$
เมื่อ $A =$ ค่ารวมของระดับความยาก-ง่ายทั้งฉบับ
 $80 =$ จำนวนข้อสอบทั้งฉบับ
แทนค่า = $\frac{45.90}{80}$
= 0.57

การคิดค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ

ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ = $\frac{B}{80}$
เมื่อ $B =$ ผลรวมของอำนาจจำแนกทั้งฉบับ
 $80 =$ จำนวนข้อสอบทั้งฉบับ
แทนค่า = $\frac{30.29}{80}$
= 0.38

ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบทั้งฉบับ มีค่า 0.38

การวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย
(ความรู้ความจำ ความเข้าใจ และการนำไปใช้) วิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องเซรามิกส์
ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเคอร์ ริชาร์ดสัน

$$\Sigma pq = 17.87$$

$$\Sigma x = 2017$$

$$\Sigma x^2 = 99259$$

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร} \quad s_t^2 &= \frac{N \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}{n(n-1)} \\ &= \frac{(44 \times 99259) - (2017)^2}{44(44-1)} \\ &= 158.09 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร} \quad r_{tt} &= \frac{n}{n-1} \left[1 - \frac{\Sigma pq}{s_t^2} \right] \\ &= \frac{80}{80-1} \left[1 - \frac{17.87}{158.09} \right] \end{aligned}$$

แบบทดสอบมีค่าความเชื่อมั่น = 0.90

ตาราง 60 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญ
จำนวน 5 ท่าน

หน่วยการสอนที่ 1					หน่วยการสอนที่ 2				
ข้อที่	เกณฑ์การประเมิน			ค่า IOC	ข้อที่	เกณฑ์การประเมิน			ค่า IOC
	+1	0	-1			+1	0	-1	
1	5	-	-	1.00	1	5	-	-	1.00
2	5	-	-	1.00	2	5	-	-	1.00
3	5	-	-	1.00	3	5	-	-	1.00
4	5	-	-	1.00	4	4	1	-	0.80
5	5	-	-	1.00	5	5	-	-	1.00
6	5	-	-	1.00	6	5	-	-	1.00
7	5	-	-	1.00	7	5	-	-	1.00
8	5	-	-	1.00	8	5	-	-	1.00
9	5	-	-	1.00	9	4	1	-	0.80
10	4	1	-	.80	10	5	-	-	1.00
11	4	1	-	0.80	11	3	2	-	0.60
12	3	2	-	0.60	12	5	-	-	1.00
13	5	-	-	1.00	13	5	-	-	1.00
14	5	-	-	1.00	14	5	-	-	1.00
15	3	2	-	0.60	15	5	-	-	1.00
16	4	1	-	0.80	16	5	-	-	1.00
17	4	1	-	0.80	17	5	-	-	1.00
18	4	1	-	0.80	18	4	1	-	0.80
19	5	-	-	1.00	19	4	1	-	0.80
20	5	-	-	1.00	20	5	-	-	1.00
ค่า IOC เฉลี่ยหน่วยการสอนที่ 1				0.91	ค่า IOC เฉลี่ยหน่วยการสอนที่ 2				0.94

ตาราง 60 (ต่อ)

หน่วยการสอนที่ 3					หน่วยการสอนที่ 4				
ข้อที่	เกณฑ์การประเมิน			ค่า IOC	ข้อที่	เกณฑ์การประเมิน			ค่า IOC
	+1	0	-1			+1	0	-1	
1	5	-	-	1.00	1	4	-	-	0.80
2	3	2	-	0.60	2	5	-	-	1.00
3	4	1	-	0.80	3	5	-	-	1.00
4	4	1	-	0.80	4	5	-	-	1.00
5	4	1	-	0.80	5	5	-	-	1.00
6	3	2	-	0.60	6	5	-	-	1.00
7	5	-	-	1.00	7	5	-	-	1.00
8	5	-	-	1.00	8	5	-	-	1.00
9	5	-	-	1.00	9	4	1	-	0.80
10	4	1	-	.80	10	5	-	-	1.00
11	4	1	-	0.80	11	5	-	-	1.00
12	4	1	-	0.80	12	4	1	-	0.80
13	4	1	-	0.80	13	5	-	-	1.00
14	5	-	-	1.00	14	5	-	-	1.00
15	5	-	-	1.00	15	5	-	-	1.00
16	4	1	-	0.80	16	5	-	-	1.00
17	4	1	-	0.80	17	5	-	-	1.00
18	5	-	-	1.00	18	4	1	-	0.80
19	5	-	-	1.00	19	4	1	-	0.80
20	5	-	-	1.00	20	5	-	-	1.00
ค่า IOC เฉลี่ยหน่วยการสอนที่ 3				0.88	ค่า IOC เฉลี่ยหน่วยการสอนที่ 4				0.96

เกณฑ์การประเมิน +1 หมายถึง วัดได้ตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้
 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าวัดได้ตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้
 -1 หมายถึง วัดได้ไม่ตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้

ค่า IOC เฉลี่ยทั้งฉบับ 0.92

ค่า IOC เกณฑ์มาตรฐาน 0.50

จากตาราง 60 แสดงว่าค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพเรื่องเซรามิกส์ ในหน่วยการสอนที่ 4 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.96 และในหน่วยการสอนที่ 3 มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.88 ในส่วนของค่า IOC ทั้งฉบับ จำนวน 4 หน่วยการสอน วิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องเซรามิกส์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.92 ซึ่งสูงกว่าค่าเกณฑ์มาตรฐาน โดยค่า IOC ได้กำหนดไว้เท่ากับ 0.50

ตาราง 61 แสดงค่าคะแนนสูงสุดและต่ำสุดของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

คะแนน (x)	ความถี่ (f)	fx	fx ²
66	1	66	4356
63	2	126	7938
62	2	124	7688
61	3	183	11163
60	1	60	3600
59	1	59	3481
58	2	116	6728
55	1	55	3025
54	3	162	8748
53	2	106	5618
52	1	52	2704
51	1	51	2661
50	3	150	7500
42	1	42	1764
39	1	39	1521
28	2	76	2888
37	2	74	2738
36	2	72	2592
35	1	35	1225
34	1	34	1156
33	2	66	2178
31	2	62	1922
30	5	150	4500
29	1	29	841
28	1	28	784
รวม	N = 44	$\sum x = 2017$	$\sum x^2 = 99259$

ตาราง 62 แสดงการหาประสิทธิภาพชุดการสอนหลังการเรียนตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80
(80 ตัวแรก) คะแนน 80 ตัวแรก หมายถึง คะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบของกลุ่มตัวอย่าง
ทั้งหมด เมื่อคิดเป็นร้อยละ ได้ 80 หรือสูงกว่า (จำนวน 30 คน)

คนที่	เต็ม	ได้	คนที่	เต็ม	ได้
1	80	67	16	80	66
2	80	72	17	80	68
3	80	67	18	80	64
4	80	69	19	80	65
5	80	72	20	80	73
6	80	68	21	80	68
7	80	74	22	80	69
8	80	67	23	80	66
9	80	66	24	80	68
10	80	67	25	80	70
11	80	69	26	80	68
12	80	67	27	80	67
13	80	69	28	80	67
14	80	70	29	80	67
15	80	71	30	80	68
รวม		20.49	คะแนน		
คะแนนเฉลี่ย		68.30	คะแนน		
ค่าร้อยละ		85.38	คะแนน		

ตาราง 63 แสดงการหาประสิทธิภาพชุดการสอนหลังการเรียนรู้ตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

(80 ตัวหลัง) คะแนน 80 ตัวหลัง หมายถึง ร้อยละ 80 ของกลุ่มตัวอย่างที่ทำแบบทดสอบ
ข้อสอบหนึ่ง ๆ เป็นรายข้อ ได้ถูกต้อง (จำนวน 80 ข้อ)

ข้อที่	เต็ม	ได้	ข้อที่	เต็ม	ได้
1	30	100	41	30	100
2	27	90.00	42	30	100
3	23	76.67	43	29	96.67
4	27	90.00	44	26	86.67
5	22	73.33	45	25	83.33
6	29	96.67	46	22	73.33
7	29	96.67	47	29	96.67
8	27	90.00	48	28	93.33
9	29	93.33	49	48	60.00
10	23	76.67	50	27	90.00
11	28	93.33	51	28	93.33
12	25	83.33	52	23	76.67
13	28	93.33	53	30	100
14	25	83.33	54	29	96.67
15	22	73.33	55	27	90.00
16	16	53.33	56	17	56.67
17	23	76.67	57	29	96.67
18	17	56.67	58	30	100
19	28	93.33	59	27	90.00
20	26	86.67	60	30	100
21	30	100	61	30	100
22	29	96.67	62	26	86.67
23	24	80.00	63	28	93.33
24	30	100	64	29	96.67
25	24	80.00	65	20	60.00

ตาราง 63 (ต่อ)

ข้อที่	เต็ม	ได้	ข้อที่	เต็ม	ได้
26	30	100	66	20	60.00
27	30	100	67	29	96.67
28	26	86.67	68	26	86.67
29	18	60.00	69	22	73.33
30	25	83.33	70	20	60.00
31	26	86.67	71	24	80.00
32	23	76.67	72	29	96.67
33	21	70.00	73	30	100
34	27	90.00	74	30	100
35	29	96.67	75	22	73.33
36	21	70.00	76	29	96.67
37	22	73.33	77	24	80.00
38	26	86.67	78	18	60.00
39	14	46.67	79	27	90.00
40	25	83.33	80	29	96.67
ค่าร้อยละ			85.17	คะแนน	

ภาคผนวก ง.

ชุดการสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ
เรื่อง เซรามิกส์
ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ชุดการสอน

วิชา วิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ

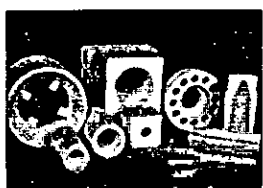
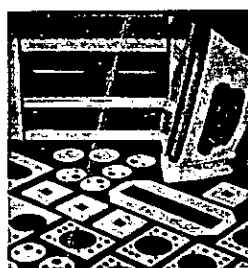
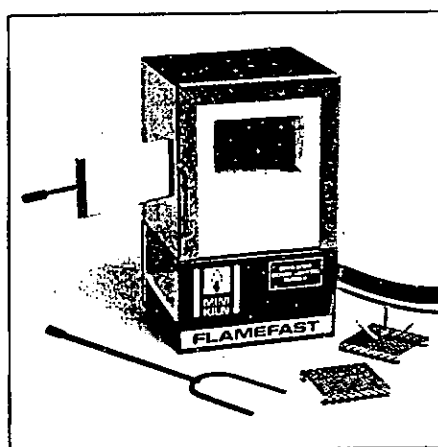
เรื่อง เซรามิกส์

คู่มือครู

วิชา วิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ

เรื่อง

เซรามิกส์



ตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524

(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533)

คำนำ

ชุดการสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องเซรามิกส์ ตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) และหลักสูตรการศึกษานอกโรงเรียน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2530 โดยผู้วิจัยได้ศึกษาการใช้หลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพเรื่องเซรามิกส์ จากครูผู้สอน จากผู้เรียนและผู้ทรงคุณวุฒิ ข้อมูลดังกล่าวได้นำมาสร้างชุดการสอน โดยยึดวัตถุประสงค์ให้ตรงตามเนื้อหา พร้อมกับการสอดแทรกเนื้อหาใหม่ ๆ เพื่อให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น และให้เหมาะสมกับผู้เรียนที่ไม่ได้เรียนเน้นทางวิทยาศาสตร์โดยตรง แต่เน้นกระบวนการศึกษาเพื่อให้ผู้เรียนคุ้นเคยกับวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองและช่วยให้ผู้เรียนสามารถแสดงออกได้ซึ่งทักษะด้านต่างของผู้เรียนได้

ชุดการสอนชุดนี้สร้างขึ้นโดยยึดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ได้แยกเนื้อหาออกเป็น 4 หน่วยการสอน คือ 1) ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เซรามิกส์และการเตรียมดิน 2) เตาเผาและการเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน 3) ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับน้ำเคลือบ การเตรียมน้ำเคลือบและการเผาเคลือบ 4) การออกแบบความคิดสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

ในการสร้างชุดการสอนทั้ง 4 หน่วยนี้ ได้มีบุคคลหลายฝ่ายประกอบด้วยกรรมการปริญญานิพนธ์ และผู้เชี่ยวชาญได้ให้คำแนะนำเพื่อการปรับปรุง ซึ่งผู้จัดทำหวังว่าชุดการสอนชุดนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับครู อาจารย์ที่ทำการสอนในวิชานี้เพื่อเอื้ออำนวยประโยชน์ในการเรียนการสอนต่อไป

ทวีพล จูฑะพล

สารบัญ

	หน้า
ข้อเสนอแนะการใช้ชุดการสอน.....	315
แผนการสอนหน่วยที่ 1.....	319
แผนการสอน.....	320
แบบประเมิน.....	323
กิจกรรมการสอนหน่วยที่ 1.....	331
ใบความรู้ (ภาคทฤษฎี).....	333
ใบงาน (ภาคปฏิบัติ).....	347
เอกสารอ้างอิง.....	356
แผนการสอนหน่วยที่ 2.....	357
แผนการสอน.....	358
แบบประเมิน.....	362
กิจกรรมการสอนหน่วยที่ 2.....	370
ใบความรู้ (ภาคทฤษฎี).....	372
ใบงาน (ภาคปฏิบัติ).....	383
เอกสารอ้างอิง.....	393
แผนการสอนหน่วยที่ 3.....	394
แผนการสอน.....	395
แบบประเมิน.....	398
กิจกรรมการสอนหน่วยที่ 3.....	406
ใบความรู้ (ภาคทฤษฎี).....	408
ใบงาน (ภาคปฏิบัติ).....	416
เอกสารอ้างอิง.....	427
แผนการสอนหน่วยที่ 4.....	428
แผนการสอน.....	429
แบบประเมิน.....	433
กิจกรรมการสอนหน่วยที่ 4.....	441
ใบความรู้ (ภาคทฤษฎี).....	443
ใบงาน (ภาคปฏิบัติ).....	456

	หน้า
บันทึกผลด้านทักษะพิสัย, จิตพิสัย และความคิดสร้างสรรค์.....	460
เอกสารอ้างอิง.....	479
ตัวอย่างสไลด์ประกอบเสียง.....	480
ตัวอย่างแผ่นใส.....	503

ข้อเสนอแนะในการใช้ชุดการสอน

ข้อเสนอแนะในการใช้ชุดการสอน

ส่วนประกอบของชุดการสอน

ประกอบด้วยหน่วยการสอน จำนวน 4 หน่วย โดยในแต่ละหน่วยประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1. คู่มือครู ซึ่งเป็นเอกสารคำสอนประกอบด้วย

- 1.1 แผนการสอน
- 1.2 ใบความรู้ (ภาคทฤษฎี)
- 1.3 ใบงาน (ภาคปฏิบัติ)
- 1.4 แบบทดสอบพร้อมเฉลย
- 1.5 แบบประเมินผล

2. สื่อการเรียนการสอน

- 2.1 ใบความรู้
- 2.2 ใบงาน
- 2.3 สไลด์ประกอบเสียง
- 2.4 แผ่นใส
- 2.5 แผ่นภาพ
- 2.6 ของจริง

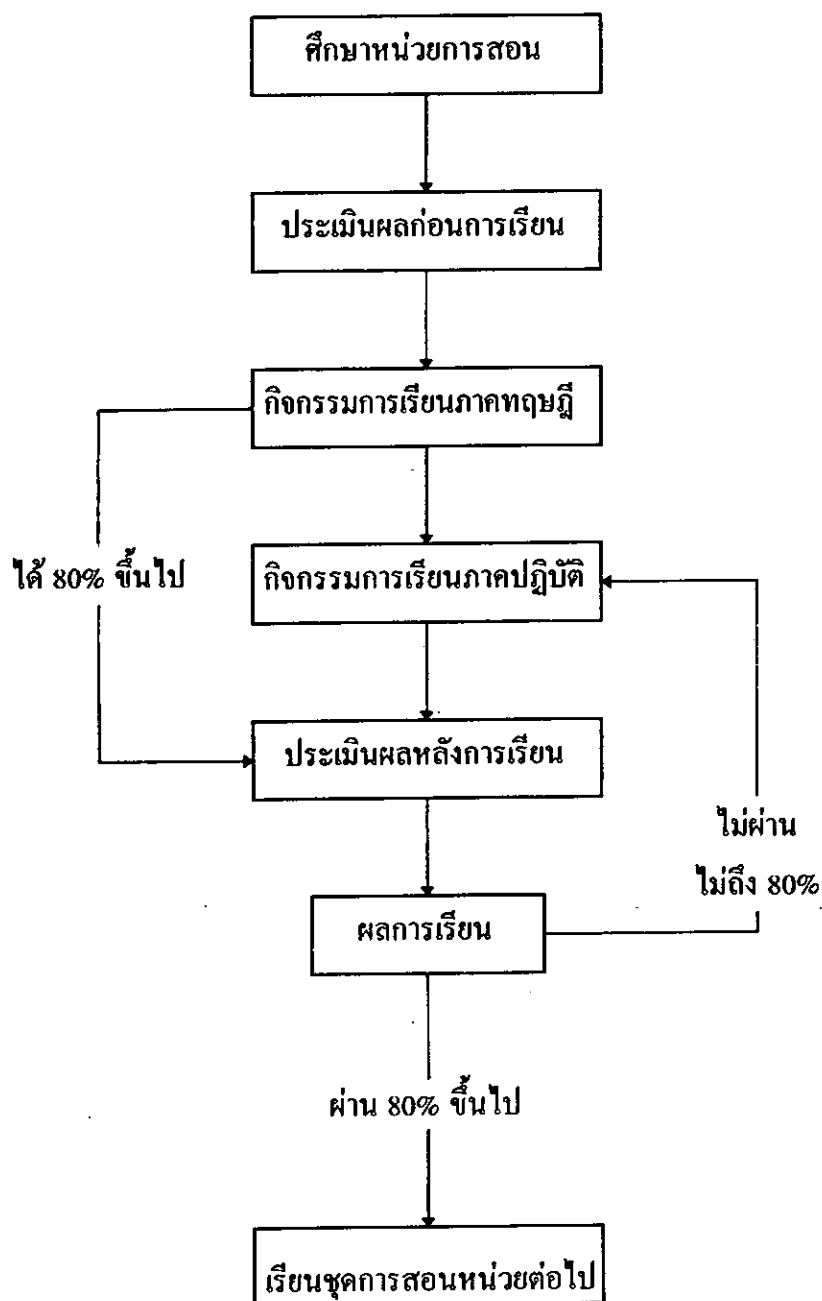
การดำเนินการสอน

1. การสอนควรดำเนินตามลำดับหน่วยการสอน จากหน่วยที่ 1 ถึง 4

หน่วยที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เซรามิกส์ และการเตรียมดินจาก
หน่วยที่ 2 เตาเผาและการเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์, การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของ
หน่วยที่ 3 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับน้ำเคลือบ การเตรียมน้ำเคลือบและการเผาเคลือบ
หน่วยที่ 4 การออกแบบความคิดสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

2. การสอน แบ่งออกเป็น 2 ภาคคือ ภาคทฤษฎี และภาคปฏิบัติ ตามแผนภูมิแสดงขั้นตอนการเรียนดังนี้

แผนภูมิแสดงขั้นตอนการเรียนรู้



3. ครูผู้สอน ควรดำเนินการสอนตามแผนการสอน ในแต่ละหน่วยการสอน

5. เมื่อครูสอนเสร็จ และผู้เรียนปฏิบัติตามใบงานเสร็จ ให้ทำการประเมินผลด้วยแบบประเมินผลในแต่ละด้านดังนี้

5.1 ด้านพุทธิพิสัย (ความรู้ ความจำ ความเข้าใจ และการนำไปใช้) หน่วยที่ 1, 2 และ 3

5.2 ด้านทักษะพิสัย (ทักษะปฏิบัติการทดลอง) หน่วยที่ 1, 2 และ 3

5.3 ด้านจิตพิสัย (เจตคติทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์) หน่วยที่ 1, 2, 3 และ 4

5.4 ด้านความคิดสร้างสรรค์ หน่วยที่ 1, 2, 3 และ 4

4. การประเมินผลก่อนการเรียนรู้ การประเมินผลนี้จะทำให้ทราบว่าผู้เรียนมีความรู้ในเนื้อหาวิชาของหน่วยการสอนในแต่ละหน่วย มากหรือน้อยเพียงใด ซึ่งจะช่วยให้การดำเนินการเรียนการสอนเป็นไปได้อย่างถูกต้อง โดยมีการดำเนินการตามลำดับดังนี้

4.1 แจกแบบประเมินผลก่อนการเรียนรู้ เป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบจำนวน 4 ตัวเลือก ทั้งหมด 20 ข้อ (ในแต่ละหน่วยการสอน) ที่ได้แนบมาพร้อมกับชุดการสอนในหน่วยนี้ โดยให้ผู้เรียนเขียน ชื่อ ชั้น วันที่ เดือน พ.ศ. ลงในกระดาษคำตอบให้ชัดเจนถูกต้อง

4.2 หลังจากที่ผู้เรียนทำแบบประเมินผลการเรียนเสร็จ ให้ครูผู้สอนตรวจคำตอบกับแบบเฉลยคำตอบที่ได้แนบมาพร้อมกับหน่วยการสอนแต่ละหน่วย คะแนนเต็มข้อละ 1 คะแนน รวมทั้งหมด 20 คะแนน แล้วครูผู้สอนบันทึกผลคะแนนที่ได้ลงในช่องคะแนนที่กำหนดไว้ในกระดาษคำตอบ

4.3 นำคะแนนที่ได้มาเทียบกับตารางเพื่อกำหนดคะแนนออกเป็นเปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะช่วยให้ทราบว่าผลการสอบของผู้เรียนทำ ได้กำหนดเกณฑ์การพิจารณาไว้ดังนี้

กรณีที่ผู้เรียนทำคะแนนรวมได้ตั้งแต่ 80 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป ให้ผ่าน ไม่ต้องเรียนหน่วยการเรียนนั้น

แผนการสอน

หน่วยการสอนที่ 1

เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เซรามิกส์และการเตรียมดิน

แผนการสอน

หน่วยการสอนที่ 1 : ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เซรามิกส์และการเตรียมดิน
จำนวน 9 คาบ (ทฤษฎี 3 คาบ ปฏิบัติ 6 คาบ)

1. สาระสำคัญ

ความสำคัญของเซรามิกส์และเครื่องปั้นดินเผา มีวิวัฒนาการจากอดีตจนถึงปัจจุบัน ได้มีการพัฒนาการในด้านคุณภาพ ความเหมาะสมกับการใช้งาน รวมถึงการนำมาประยุกต์ใช้งานทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีวัสดุในยุคปัจจุบัน ประกอบกับการคัดเลือกความเหมาะสมของวัตถุดิบในการเตรียมดิน เพื่อให้ได้ผลตามวัตถุประสงค์

2. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อเรียนจบในเนื้อหาในหน่วยการสอนหน่วยนี้แล้ว ผู้เรียนจะสามารถ

- 2.1 บอกประวัติความเป็นมาของเซรามิกส์และเครื่องปั้นดินเผาได้
- 2.2 จำแนกประเภทของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์และเครื่องปั้นดินเผาได้
- 2.3 อธิบายวัตถุดิบประเภทที่มีความเหนียวและไม่มี ความเหนียวได้
- 2.4 ปฏิบัติการเตรียมดินและส่วนผสมของวัตถุดิบได้
- 2.5 อธิบายความแตกต่างของเนื้อดินก่อนการเผาได้

3. เนื้อหาสาระ

- 3.1 ประวัติความเป็นมาของเซรามิกส์และเครื่องปั้นดินเผา
- 3.2 ประเภทของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์และเครื่องปั้นดินเผา
- 3.3 วัตถุดิบประเภทที่มีความเหนียวและไม่มี ความเหนียว
- 3.4 การเตรียมดินจากแหล่งดินตัวอย่าง
- 3.5 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน (ก่อนการเผา)

4. กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

ตอนที่ 1

1. แบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็นกลุ่มละ 2 คน
2. ผู้สอนนำเสนอเรื่องผลิตภัณฑ์เซรามิกส์และเครื่องปั้นดินเผาในยุคต่าง ๆ พร้อมกับการยกตัวอย่างของจริง และสไลด์ประกอบเสียง

3. ให้ผู้เรียนวิเคราะห์ จำแนกประเภทความแตกต่างของเซรามิกส์และเครื่องปั้นดินเผาประเภทต่าง ๆ จากตัวอย่างของจริง เช่น

3.1 ความแตกต่างของสีในผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท

3.2 ความแตกต่างของเสียงในผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท

4. ผู้สอนสรุปลักษณะและคุณสมบัติของเซรามิกส์และเครื่องปั้นดินเผาให้ผู้เรียนใช้ทักษะการสังเกต จากตัวอย่างของจริง เช่น ลักษณะความแตกต่างของสีและเสียงด้วยการทดสอบโดยผู้สอนเพิ่มเติมแล้วทำการสรุปให้ครบถ้วนถูกต้อง

ตอนที่ 2

1. ผู้สอนนำดินจากแหล่งดินตัวอย่าง จำนวน 3 แหล่ง มาวิเคราะห์ถึงความแตกต่างของลักษณะของดินในแต่ละแหล่ง

2. ให้ผู้เรียนวิเคราะห์โดยใช้ทักษะการสังเกต และลงความเห็นในประเด็นดังนี้

2.1 ความแตกต่างของสีจากดินในแต่ละแหล่ง

2.2 ความแตกต่างของเนื้อดิน ด้านความละเอียด-หยาบของดินในแต่ละแหล่ง

2.3 ความแตกต่างของวัตถุที่ใช้ในการเตรียมดิน

3. ผู้สอนสรุปถึงลักษณะความแตกต่างของดินจากแต่ละแหล่งที่มาแล้วให้ผู้เรียนช่วยกันลงข้อสรุป โดยผู้สอนเพิ่มเติมบทสรุปให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

ตอนที่ 3

1. ผู้สอนแจกใบความรู้เรื่องดินและองค์ประกอบของดินให้ผู้เรียนศึกษาลักษณะของวัตถุดิบที่มีความเหนียวและไม่มีความเหนียว พร้อมกับอธิบายถึงคุณสมบัติความแตกต่างของวัตถุดิบแต่ละชนิด

2. ผู้เรียนศึกษาและสังเกต ลักษณะของวัตถุดิบที่มีความเหนียวและไม่มีความเหนียว โดยศึกษาถึงความแตกต่างของสี จุดสุกตัว จุดหลอมละลาย และศึกษาเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ เช่น เอกสารประกอบภาพ ตำราการเรียนด้านเซรามิกส์ และเครื่องปั้นดินเผาต่าง ๆ

3. ผู้สอนสรุปถึงคุณสมบัติลักษณะความแตกต่างของวัตถุดิบประเภทที่มีความเหนียวและไม่มีความเหนียวให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

ตอนที่ 4

1. ผู้สอนแจกใบความรู้เรื่องการเตรียมดินและวัตถุดิบ รวมถึงตัวอย่างของดิน วัตถุดิบ เช่น ดินที่ได้จากแหล่งดินธรรมชาติ ดินที่ผ่านขั้นตอนการเตรียมดินและนวดดินมาแล้ว

2. ผู้สอนนำเสนอของจริง แผ่นใส แผ่นภาพ และสไลด์ประกอบเสียงถึงวิธีการเตรียมดินเพื่อใช้ในการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

3. ผู้เรียน ปฏิบัติการเตรียมดิน ตามลำดับขั้นตอนการเตรียมอย่างถูกต้อง

4. ผู้เรียนปฏิบัติการผสมดิน การผสมดินกับวัตถุดิบ การเกรอะดินและนวดดินเพื่อให้เกิด
ทักษะ

5. ผู้เรียนปฏิบัติการทำแท่งทดสอบ เพื่อการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

5. สื่อการเรียนการสอน

5.1 ใบความรู้เรื่องความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เซรามิกส์

5.2 ใบงานเรื่องการเตรียมดินจากแหล่งดิน

5.3 สไลด์ประกอบเสียง

5.4 แผ่นใส

5.5 ของจริง

6. งานที่มอบหมาย

6.1 บันทึกผลของสูตรดินที่ทำการทดสอบ

6.2 บันทึกผลการทดสอบทางกายภาพของเนื้อดิน (ก่อนการเผา)

7. การประเมินผล

เมื่อผู้เรียนได้เรียนผ่านกิจกรรมการเรียนการสอนแล้วให้ทำการประเมินผลหลังการเรียนด้าน
ต่าง ๆ ดังนี้

7.1 ด้านพุทธิพิสัย (ใช้แบบทดสอบวัดความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้)

7.2 ด้านทักษะพิสัย (ใช้แบบสังเกตวัดทักษะปฏิบัติการทดลอง)

แบบประเมินผลก่อนการเรียนรู้

ด้านพุทธิพิสัย (ความรู้ความจำ, ความเข้าใจ และการนำไปใช้)

วิชา วิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องเซรามิกส์

ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

หน่วยที่ 1

เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เซรามิกส์และการเตรียมดิน

คำชี้แจงในการทำแบบประเมินผลก่อนการเรียนรู้

ชุดการสอนหน่วยที่ 1

1. แบบทดสอบนี้เป็นแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ๆ ละ 1 คะแนน
2. ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบให้ครบทั้ง 20 ข้อ ใช้เวลา 20 นาที ซึ่งเป็นแบบทดสอบในเนื้อหา
3. ในการทำแบบทดสอบให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว โดยทำเครื่องหมาย (X) ลงในช่องว่างให้ตรงกับหัวข้อคำตอบท้ายแบบทดสอบนี้
4. หากผู้เรียนต้องการเปลี่ยนแปลงคำตอบในข้อใดข้อหนึ่งให้ขีดเครื่องหมาย (X) ลงในช่องที่ไม่ต้องการออก แล้วทำเครื่องหมาย (X) ลงในช่องที่ต้องการใหม่

ตัวอย่าง ในครั้งแรกทำเครื่องหมาย (X) ในข้อ ก. แต่ต้องการเปลี่ยนเป็นข้อ ง.

ข้อ	ก	ข	ค	ง
0	X			X

5. ให้ตอบแบบทดสอบลงในกระดาษคำตอบที่จัดให้เท่านั้น
6. ห้ามขีดเขียนข้อความหรือทำเครื่องหมายใด ๆ ลงในแบบทดสอบนี้
7. เมื่อทำแบบประเมินผลเสร็จแล้วให้ตรวจคำตอบในเฉลยหลังแบบทดสอบนี้แล้วเทียบค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ในตารางเปรียบเทียบต่อไป

คำแนะนำ ให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวในแต่ละข้อมาตอบลงในกระดาษคำตอบ
ที่จัดไว้ให้ โดยทำเครื่องหมาย (X) ในช่อง ☐ ที่ระบุ ก. ข. ค. และ ง. เพียง
คำตอบเดียว

1. เซรามิกส์และเครื่องปั้นดินเผา หมายถึงผลิตภัณฑ์ชนิดใด
 - ก. ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากดิน
 - ข. ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากหิน
 - ค. ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากดินและหิน
 - ง. ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากดินและหิน โดยผ่านการเผา
2. มนุษย์ในยุคโบราณคิดทำเครื่องปั้นดินเผา เพราะอะไร
 - ก. ต้องการทำเป็นอาวุธ
 - ข. ต้องการทำเป็นเครื่องประดับ
 - ค. ต้องการทำเป็นภาชนะใส่อาหาร
 - ง. ต้องการทำเป็นอุปกรณ์ในการสร้างที่อยู่อาศัย
3. อะไรเป็นสิ่งที่คล้ายคลึงกันของเครื่องปั้นดินเผาในสมัยก่อนประวัติศาสตร์
 - ก. การเผาไฟในอุณหภูมิสูง
 - ข. การเผาไฟในอุณหภูมิต่ำ
 - ค. เทคนิคการเคลือบผลิตภัณฑ์
 - ง. เทคนิคการเขียนลวดลาย
4. ชนชาติใดที่รู้จักการทำเครื่องปั้นดินเผาเป็นชาติแรก
 - ก. ชาวจีนโบราณ
 - ข. ชาวอียิปต์โบราณ
 - ค. ชาวเปอร์เซีย
 - ง. ชาวโรมัน
5. เครื่องปั้นดินเผาลายเขียนสีก่อนประวัติศาสตร์ของไทยอยู่ที่จังหวัดใด
 - ก. สุโขทัย
 - ข. นครราชสีมา
 - ค. อุตรธานี
 - ง. กาญจนบุรี

6. ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาสมัยสุโขทัยที่มีชื่อเสียงมากคืออะไร
 - ก. เครื่องเบญจรงค์
 - ข. ผลิตภัณฑ์ด้านแก้ว
 - ค. ผลิตภัณฑ์บ้านเชียง
 - ง. เครื่องสังคโลก
7. ชนชาติใดที่ถ่ายทอดการทำเครื่องปั้นดินเผาให้กับคนไทย
 - ก. จีน
 - ข. ญี่ปุ่น
 - ค. โปรตุเกส
 - ง. ฮอลันดา
8. ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่เผาในอุณหภูมิต่ำมีเนื้อหยาบเรียกว่าอะไร
 - ก. เอิร์ทเทนแวร์
 - ข. สโตนแวร์
 - ค. ปอร์สเลน
 - ง. โบนไชน่า
9. ผลิตภัณฑ์โอ่งราชบุรีและศิลาลาดเชียงใหม่ จัดเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทใด
 - ก. เอิร์ทเทนแวร์
 - ข. สโตนแวร์
 - ค. ปอร์สเลน
 - ง. โบนไชน่า
10. เมื่อเผาผลิตภัณฑ์ปอร์สเลน (Porcelain) จนถึงจุดสุดท้ายจะสังเกตเห็นเป็นสีอะไร
 - ก. ขาว
 - ข. แดง
 - ค. เทา
 - ง. ดำ
11. ในการทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์นิยมนำเถ้ากระดูกผสมกับผลิตภัณฑ์ประเภทใด
 - ก. เอิร์ทเทนแวร์
 - ข. โบนไชน่า
 - ค. ปอร์สเลน
 - ง. สโตนแวร์

12. ข้อใดเป็นวัสดุผลิตภัณฑ์เซรามิกส์
 - ก. แก้ว ซีเมนต์
 - ข. เนื้อดิน น้ำเคลือบ
 - ค. วัสดุทนไฟ ฉนวนไฟฟ้า
 - ง. เมลามีน เทฟลอน
13. ข้อใดไม่ใช่คุณสมบัติของเซรามิกส์
 - ก. ไม่เป็นสนิม
 - ข. ทนความร้อนสูง
 - ค. เป็นตัวนำไฟฟ้า
 - ง. ทนต่อการกัดกร่อน
14. ดิน (Clay) เป็นวัตถุดิบประเภทใดในทางเซรามิกส์
 - ก. ประเภทมีความเหนียว
 - ข. ประเภทไม่มีความเหนียว
 - ค. ประเภทมีความชื้นสูง
 - ง. ประเภทมีจุดสุกตัวต่ำ
15. เหตุใดจึงผสมหินเขี้ยวหนูมาน (Quartz) ในเนื้อดิน
 - ก. ช่วยให้การหลอมละลาย
 - ข. ลดการหดตัวของเนื้อดิน
 - ค. เพื่อให้ดินมีความพรุนตัว
 - ง. ทำให้ดินมีความทนไฟสูง
16. ข้อใดไม่ใช่จุดประสงค์ของการเตรียมดิน
 - ก. เพื่อปรับปรุงสีของเนื้อดิน
 - ข. ควบคุมการหดตัวของเนื้อดิน
 - ค. เพื่อเพิ่มอุณหภูมิในการเผาให้สูงขึ้น
 - ง. เพื่อให้ดินมีความเหมาะสมกับน้ำเคลือบ
17. ตะแกรงที่ใช้ในการกรองวัตถุดิบ ควรมีขนาดเบอร์ใด
 - ก. 0
 - ข. 1
 - ค. 10
 - ง. 100

กระดาษคำตอบ

การประเมินผล
ชุดการสอนหน่วยที่ 1

คะแนน	
เต็ม	20
ได้	

เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เซรามิกส์และการเตรียมดิน

ชื่อ.....ชั้น.....

ทดสอบวันที่.....เดือน.....พ.ศ. 2540

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

ข้อ	ก	ข	ค	ง
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

เฉลย

คำตอบแบบประเมินผลก่อนการเรียนรู้หน่วยที่ 1

ข้อที่	คำตอบ	ข้อที่	คำตอบ	ข้อที่	คำตอบ
1	ง	8	ก	15	ข
2	ก	9	ข	16	ค
3	ข	10	ก	17	ง
4	ข	11	ข	18	ง
5	ก	12	ง	19	ก
6	ง	13	ค	20	ค
7	ก	14	ก		

ตารางเทียบคะแนนเป็นเปอร์เซ็นต์ของแบบประเมินผลก่อนการเรียนรู้

ชุดการสอนหน่วยที่ 1

คะแนน ที่ได้	เทียบ เปอร์ เซ็นต์	คะแนน ที่ได้	เทียบ เปอร์ เซ็นต์	คะแนน ที่ได้	เทียบ เปอร์ เซ็นต์
1	5	8	40	15	75
2	10	9	45	16	80
3	15	10	50	17	85
4	20	11	55	18	90
5	25	12	60	19	95
6	30	13	65	20	100
7	35	14	70		

กิจกรรมการสอน (หน่วยที่ 1)

คำชี้แจง

1. กิจกรรม

กิจกรรมการเรียนรู้ในหน่วยที่ 1 เป็นเอกสารประกอบภาพและคำบรรยายในใบความรู้ รวมถึงของจริง เช่น ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์และเครื่องปั้นดินเผา ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรม 2 กิจกรรม ดังนี้

1.1 กิจกรรมภาคทฤษฎีประกอบด้วยใบความรู้เกี่ยวกับ

- 1.1.1 ประวัติความเป็นมาของเซรามิกส์และเครื่องปั้นดินเผา
- 1.1.2 ประเภทของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์และเครื่องปั้นดินเผา
- 1.1.3 วัตถุดิบประเภทที่มีความเหนียวและไม่มีความเหนียว
- 1.1.4 การเตรียมดินจากแหล่งดิน
- 1.1.5 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน (ก่อนการเผา)

1.2 กิจกรรมภาคปฏิบัติ ประกอบด้วย ใบงาน และการปฏิบัติตามใบงานเกี่ยวกับ

- 1.2.1 ปฏิบัติการเตรียมดินจากแหล่งดิน
- 1.2.2 ปฏิบัติการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน (ก่อนการเผา)
- 1.2.3 ปฏิบัติการบันทึกผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน

2. สื่อการเรียนรู้

สื่อการเรียนรู้ประกอบด้วย เอกสารประกอบภาพ และคำบรรยาย รวมถึงของจริงกับสื่อการสอนที่ปรากฏตามแผนการสอนที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับเนื้อหาในชุดการสอนในหน่วยการเรียนรู้ การสอนนี้

3. คำแนะนำ

3.1 จดเว้นการขีดเขียนหรือทำเครื่องหมายใด ๆ ลงในเอกสารทุกหน้าของหน่วยการเรียนรู้ การสอนนี้

3.2 หากตรวจพบสื่อการเรียนการสอนใดชำรุดหรือไม่ชัดเจน ให้แจ้งต่อผู้สอนได้ทราบ เพื่อทำการเปลี่ยนให้ใหม่

3.3 เก็บรักษาสื่อ อุปกรณ์และตัวอย่างของจริงให้อยู่ในสภาพเรียบร้อย

ชุดการสอนภาคทฤษฎี
(หน่วยที่ 1)

ใบความรู้

เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เซรามิกส์และการเตรียมดิน

วิชา วิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ

ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ครั้งที่ 1

จำนวน 3 คาบ (ภาคทฤษฎี)

ประวัติความเป็นมาของเซรามิกส์และเครื่องปั้นดินเผา

รูปที่ 1



เซรามิกส์ และเครื่องปั้นดินเผา ถูกสร้างขึ้นมาเพื่ออำนวยความสะดวกการใช้สอยในการดำรงชีพตามสภาพแวดล้อม ดังปรากฏในทุกชาติทุกภาษา ซึ่งเป็นสัญลักษณ์ที่แสดงถึงวัฒนธรรม ความเชื่อ ศาสนาและประเพณี โดยในระยะแรกมนุษย์จะเลือกสรรหาที่อยู่อาศัยในแหล่งที่ใกล้ดิน แหล่งน้ำ และมีแสงแดด ซึ่งจากการสังเกตของมนุษย์นี้เองทำให้ได้เห็นดินที่เปียกน้ำนั้น เมื่อแห้ง จะมีความแข็ง จึงชักนำให้เกิดความคิดนำมาปั้น แล้วนำไปตากแห้งเพื่อใช้เป็นอุปกรณ์ใช้สอย (ยังไม่มีการเผา) ในบางกลุ่มชนได้นำขี้เถ้าหรือไขมันจากสัตว์ทาพื้นผิวภาชนะเพื่อใช้ใส่น้ำหรือใส่อาหารได้

ต่อมามนุษย์รู้จักการใช้ไฟ โดยอาศัยการสังเกตเห็นภาชนะที่อยู่ใกล้ไฟแห้งแกร่งขึ้น เมื่อเวลาถูกน้ำก็ไม่ละลายหรืออ่อนตัว จากจุดนี้เองที่ทำให้มนุษย์รู้จักการนำภาชนะดินนั้นไปเผาไฟ เพื่อให้แห้งแกร่งขึ้น แทนการตากแดด ซึ่งการทำเครื่องปั้นดินเผาได้กำเนิดขึ้นตามที่ตั้งต่าง ๆ ของโลก รวมถึงกลุ่มชนที่อาศัยในประเทศไทยได้มีการปรับปรุงพัฒนาขึ้นมาตามลำดับ ทั้งรูปแบบ รูปทรง คุณค่าการใช้สอย การตกแต่งสีและลวดลายให้งดงาม ซึ่งเครื่องปั้นดินเผาในสมัยก่อนประวัติศาสตร์เหล่านี้จะมีความคล้ายคลึงกันด้านเทคนิคการปั้นและการเผาคือการเผาไฟในอุณหภูมิต่ำนั่นเอง



การทำเซรามิกส์และเครื่องปั้นดินเผาในสมัยแรก ๆ ราว 1500 B.C. (ก่อนคริสตกาล) จากการศึกษาได้ค้นพบผลิตภัณฑ์ประเภทอิฐที่ใช้ในการก่อสร้างเป็นครั้งแรก ที่ประเทศบาบิโลเนีย (Babylonia) ประเทศเอสซีเรีย และประเทศอียิปต์ ซึ่งผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาที่ใช้ในการก่อสร้าง เรียกว่า เทอราคอตตา (Terra-Cotta) ในขณะเดียวกัน ปรากฏว่าทางอียิปต์ได้ค้นพบการทำแก้ว (Glass) อีกด้วย นอกจากนั้นได้ค้นพบหลักฐานทางแถบทวีปเอเชียว่ามนุษย์แถบนี้ได้รู้จักการทำเครื่องปั้นดินเผาเช่นกัน โดยรู้จักการใช้ ดินแดง ดินดำ ดินขาว มาช่วยในการตกแต่งผลิตภัณฑ์ให้สวยงาม โดยเฉพาะที่ประเทศจีนมีความสามารถในการทำเครื่องปั้นดินเผาได้ดีโดยตรงกับสมัยของราชวงศ์ฮั่น (ประมาณ พ.ศ. 300) ซึ่งในระยะแรกเครื่องปั้นดินเผาของจีนจะไม่มีเคลือบ แต่ต่อมาได้มีการพัฒนาการเคลือบเกิดขึ้นซึ่งเป็นชนิดเคลือบอุณหภูมิที่ไม่สูงนัก เช่น เคลือบตะกั่ว (Lead Glazed) เคลือบด่าง (Alkaline Glazed)



แจกันดินเผาจีนลายมังกรเล่นน้ำ



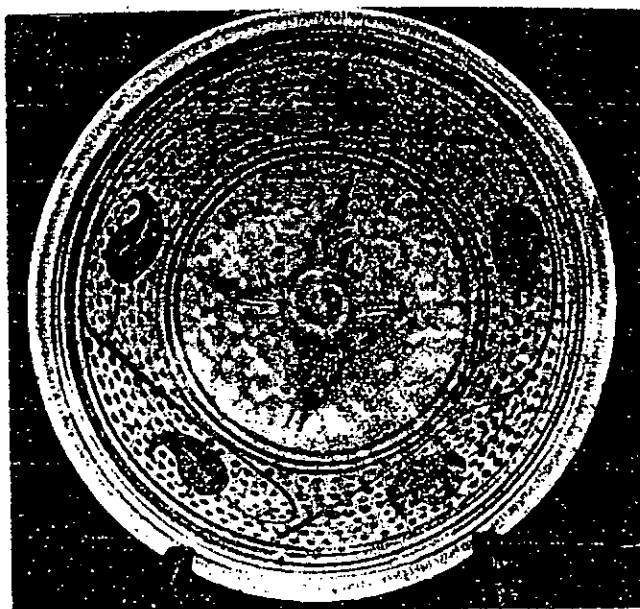
งานเครื่องปั้นดินเผาแบบเมโจลิก้า

ในระยะต่อมาในสมัยราชวงศ์ถัง ปรากฏว่าชาวจีนมีความเจริญก้าวหน้าโดยสามารถทำการเคลือบสีได้หลายสี ต่อมาในสมัยราชวงศ์ซ้อง ราชวงศ์หยวน และราชวงศ์หมิง ปรากฏว่าได้มีการทำเครื่องเคลือบแบบกังไส (Kangsai) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ปอร์สเลน (Porcelain) ที่เผาอุณหภูมิสูง ซึ่งต่อมาชาวจีนได้ค้นพบการทำเคลือบสีแดง (Copper Red Glazed) ซึ่งเป็นครั้งแรกของโลก โดยเฉพาะในสมัยราชวงศ์ซ้อง ได้ผลิตผลิตภัณฑ์ชั้นเยี่ยม เรียกว่า ผลิตภัณฑ์ปอร์สเลนและการเคลือบสีในสมัยนั้นมี 3 สีคือ สีแดง สีน้ำเงิน และสีเขียว

ส่วนในทางยุโรป ได้ทำเซรามิกมานานแล้วเช่นกัน แต่เริ่มมีความสนใจอย่างจริงจังในสมัยตอนต้น ซึ่งตรงกับยุคศิลปะฟื้นฟู (Renaissance) ประเทศแรกที่ทำให้ความสนใจมาก ได้แก่ ประเทศอิตาลี



เครื่องปั้นดินเผาลายเขียนสีสมัยก่อน
ประวัติศาสตร์ที่บ้านเชียง อุดรธานี



เครื่องสังคโลก

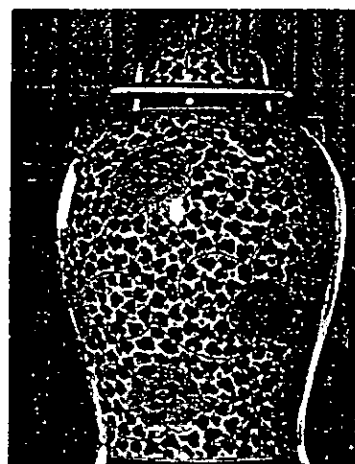
สำหรับในประเทศไทย เซรามิกส์และเครื่องปั้นดินเผาที่ทำให้ต่างชาติรู้จักไปทั่วโลก คือ เครื่องปั้นดินเผาเขียนสีสมัยก่อนประวัติศาสตร์ที่บ้านเชียง อำเภอหนองหาน จังหวัดอุดรธานี ทำให้ทราบถึงแหล่งชุมชนโบราณ ขนบธรรมเนียมประเพณี ความเจริญ ความก้าวหน้าทางเทคนิค วิทยาการ โดยเฉพาะภาชนะลายเขียนสีน้ำตาลแดงที่แปลกตาและสวยงาม

ในสมัยสุโขทัยมีผลิตภัณฑ์ที่มีชื่อเสียง ได้แก่ เครื่องสังคโลก ซึ่งเชื่อว่ามีเริ่มทำที่เมืองชะเลียง โดยสันนิษฐานว่า ชาวจีนคงเข้ามาทำเครื่องปั้นดินเผาและถ่ายทอดวิธีการให้กับคนไทยในสมัยพ่อขุนรามคำแหงมหาราช ได้ให้ช่างปั้นดินเผาชาวจีนเข้ามาเป็นจำนวนมาก เพราะทรงเห็นว่าดินเมืองไทยเหมาะกับการทำเครื่องปั้นดินเผาได้ ทำให้เครื่องสังคโลกของไทยจึงมีลักษณะคล้ายกับเครื่องถ้วยชามของจีน และเป็นลักษณะของการเคลือบทึบ (Opaque Glaze) โดยลักษณะสำคัญของเครื่องปั้นดินเผาในสมัยนี้แยกออกเป็น 3 ลักษณะคือ

1. เผาดิบ โดยไม่มีการเคลือบ
2. เครื่องปั้นดินเผาเนื้อหยาบเคลือบผิว
3. เครื่องปั้นดินเผาเนื้อละเอียดเคลือบผิว เช่น เครื่องถ้วยแบบของจีน



เครื่องถ้วยเบญจรงค์ ตั้งแต่สมัย
อยุธยาตอนปลายลงมา



โถลายความขนาดใหญ่

ในสมัยอยุธยาเมื่ออุตสาหกรรมแหล่งใหญ่อยู่ที่ อำเภอบางระจัน จังหวัดสิงห์บุรี ทำในสมัยอยุธยาตอนกลาง ส่งออกต่างประเทศ ไม่ปรากฏการทำเครื่องถ้วยชาม ซึ่งภาชนะส่วนใหญ่ทำมาจากประเทศจีน ญี่ปุ่น และของฝรั่ง โดยของญี่ปุ่นนั้นเริ่มนำมาขายตั้งแต่สมัยพระนเรศวรมหาราช ส่วนของฝรั่งจะนำเข้ามาในสมัยสมเด็จพระนารายณ์มหาราช ซึ่งสามารถจำแนกถ้วยชามที่ส่งเข้ามาขายโดยจีนออกเป็น 2 ประเภทคือ

1. เครื่องถ้วยของจีน ทั้งรูปและลวดลายนำส่งเข้ามาขายโดยตรง
2. ไทยให้เขียนลวดลายไทย แต่ทำในเมืองจีน ได้แก่ ชาม จาน เชิง และโถ

ในสมัยธนบุรี ขณะนั้นไทยเริ่มบำรุงค้าขายกับเมืองจีน ได้ส่งเครื่องถ้วยชามครั้งสมัยกรุงเก่าออกไปเป็นตัวอย่างให้จีนทำ

ในสมัยรัตนโกสินทร์ ในสมัยรัชกาลที่ 1 มีการทำนุบำรุงงานเมือง จึงพบว่าเครื่องปั้นดินเผาสมัยนี้ส่วนมากจะเป็นกระเบื้องจะมีการเผาและเคลือบสีด้วย ในสมัยรัชกาลที่ 2 มีการทำลวดลายน้ำทองในส่วนที่เป็นพื้นในสมัยรัชกาลที่ 3 ทรงทำนุบำรุงวัดวาอารามอย่างมาก มีการสั่งทำเครื่องปั้นดินเผา กระเบื้องมุงหลังคา กระเบื้องประดับมาใช้ตกแต่งแทน ในสมัยรัชกาลที่ 4 เครื่องถ้วยชามจากจีน เป็นเครื่องลายครามเขียนลายจีนเป็นส่วนใหญ่ ในสมัยรัชกาลที่ 5 มีการทำเฉพาะการเขียนลายเท่านั้น โดยนำเอาหุ่นที่หล่อจากเมืองจีนมาเขียน ในสมัยรัชกาลที่ 6 เริ่มมีโรงงานผลิตเครื่องปั้นดินเผา ทั้งชนิดเคลือบและไม่เคลือบ ในสมัยรัชกาลที่ 7 เริ่มมีการแพร่หลายของอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาขึ้นมากในรัชกาลที่ 8 - 9 ได้มีการพัฒนาเป็นอุตสาหกรรมเซรามิกส์ และเครื่องปั้นดินเผา มีการใช้เทคโนโลยี การพัฒนาวัตถุดิบ บุคลากร สำนวณวิเคราะห์ทดสอบรวมถึงการส่งเสริมในเชิงพาณิชย์ยิ่งขึ้นมา



ประเภทเนื้อดินเอิร์ทเทนแวร์

ประเภทของผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

1. ผลิตภัณฑ์ เอิร์ทเทนแวร์ (Earthenware)
2. ผลิตภัณฑ์ สโตนแวร์ (Stoneware)
3. ผลิตภัณฑ์ ปอร์สเลน (Porcelain)

1. ผลิตภัณฑ์ เอิร์ทเทนแวร์ (Earthenware)

เป็นผลิตภัณฑ์ที่เผาในอุณหภูมิค่าประมาณ 850°C - 1100°C มีเนื้อหยาบ ความพรุนตัวค่อนข้างมาก มีสีน้ำตาลอ่อน เทาอ่อน หรือเหลืองอ่อน เพราะมีเปอร์เซ็นต์ของเหล็กในเนื้อดินสูง เวลาเคาะจะมีเสียงทึบไม่ดังกังวาล น้ำสามารถซึมผ่านได้ ดินมีความเหนียว สามารถขึ้นรูปได้ส่วนมากนิยมใช้ดินท้องถิ่น ขณะยังไม่ผ่านการเผาจะมีสีน้ำตาลเข้ม สีเทาแก่ แต่เมื่อนำมาผสมกับดินเชื้อ (Grog) จะทำให้มีความพรุนตัวช่วยให้ผลิตภัณฑ์ไม่แตกหรือเสียหายได้ง่าย สามารถขึ้นรูปด้วยการขึ้นรูปแบบอิสระ แบบขด แบบแผ่น แบบเป็นหมุน แบบกดพิมพ์ และวิธีรีดดิน เช่น อิฐโปรง กระถางต้นไม้ หม้อดิน คนโทน้ำ ฯ

ปัจจุบันมีการทำผลิตภัณฑ์ เอิร์ทเทนแวร์ชนิดสีขาว (White Ware) ที่มีส่วนผสมของหินเขี้ยวหนุมาน (Quartz) ทำให้มีความแข็งแรงในเนื้อผลิตภัณฑ์ และหินฟันม้า (Feldspar) ช่วยทำให้จุดสุกตัวต่ำลง โดยมีสัดส่วนที่พอเหมาะ และความเหนียวเพียงพอต่อการขึ้นรูปได้ ซึ่งวัตถุดิบในการเตรียมคือ ดินเหนียวขาว ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ประเภท จาน ชาม เครื่องใช้ต่าง ๆ



ประเภทเนื้อดินสโตนแวร์

2. ผลิตภัณฑ์ สโตนแวร์ (Stoneware)

ผลิตภัณฑ์ประเภทสโตนแวร์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่เผาถึงจุดสุกตัว (Vitreous Ware) ประมาณ 1190°C - 1390°C ลักษณะเนื้อหยาบ แน่น มีความแข็งแกร่งมาก น้ำและของเหลวไม่สามารถไหลซึมผ่านได้ ส่วนเนื้อดินปั้นมีลักษณะคล้ายเอิร์ทเทนแวร์ แต่เผาในอุณหภูมิที่สูงกว่า เตาเผาเสียดังกล่าวดีกว่า ดังนั้นวัตถุดิบที่ใช้ต้องมีความทนไฟสูงและมีความเหนียว ผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ชนิดที่เตรียมจากดินธรรมชาติโดยตรงก็มี เช่น โอ่งราชบุรี ติลาคล่ออน เชียงใหม่

ผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ นิยมทำภาชนะใส่อาหาร จาน ชาม ถ้วยกาแฟ แจกันและนอกจากนี้ ยังนิยมทำภาชนะบรรจุสารเคมี จำพวกกรด ด่าง โดยภาชนะค่อนข้างหนา เนื้อแน่น ทึบแสง มีทั้งละเอียดและหยาบ และมีความแข็งแรงทนทานดีมาก



เครื่องปั้นดินเผาเนื้อปอร์สเลนของจีน



ประเภทเนื้อดินปอร์สเลน

8. ผลิตภัณฑ์ ปอร์สเลน (Porcelain)

เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการจัดเตรียมขึ้นเป็นพิเศษ เนื้อดินมีสีขาว เพลิงจุดสุกตัว (Vitreous Ware) ในอุณหภูมิ 1250°C ขึ้นไป สิ่งที่สำคัญคือ โปร่งแสง (Translucent) โดยมีส่วนผสมของเนื้อดิน ประกอบด้วย หินเขียวหนุมาน (Quartz) หินฟันม้า (Feldspar) ดินขาว (Kaolin) ดินเหนียวขาว (Ball Clay) และวัตถุดิบอื่น ในสัดส่วนที่เหมาะสม เมื่อนำไปเผาไฟแล้วจะมีความแกร่ง เนื้อดินละเอียดและแข็งแกร่งคล้ายแก้ว น้ำและของเหลวไม่สามารถซึมผ่านได้ เวลาเคาะจะมีเสียงดังกังวาลมาก ซึ่งชาวจีนเป็นชนชาติแรกที่ค้นพบเนื้อดินที่ใช้ทำปอร์สเลน

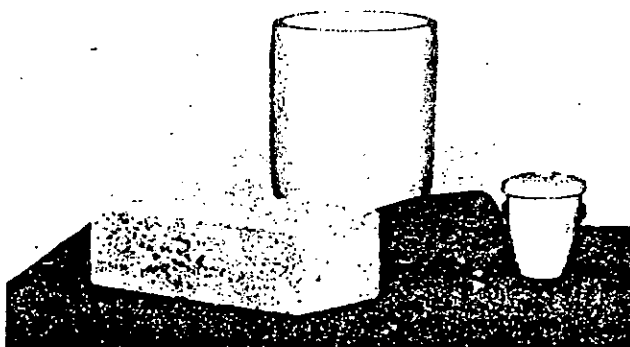
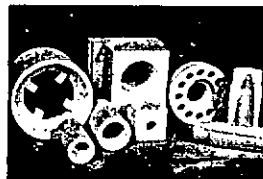
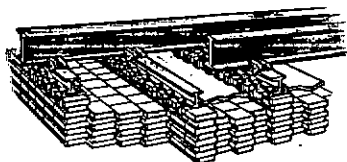
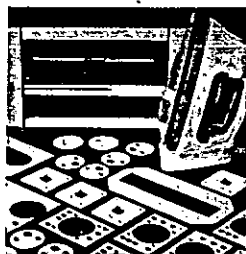
แต่เนื่องจากเนื้อดินปอร์สเลนมีความเหนียวน้อยจึงนิยมนำไปขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อ (Casting) ผลิตภัณฑ์ปอร์สเลนเมื่อเผาไปแล้วจะมีความโปร่งแสง ความหนาไม่มากนัก ซึ่งสามารถแบ่งผลิตภัณฑ์ประเภทใช้ได้ 2 ประเภทคือ

1. ซอฟท์ปอร์สเลน (Soft Porcelain) เพลิงอุณหภูมิประมาณ 1210°C - 1235°C นิยมทำภาชนะใส่อาหาร (Table Ware) เช่น โบนไชน่า ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับผลิตภัณฑ์ปอร์สเลน แต่แตกต่างกันที่มีการผสมเถ้ากระดูก (Bone Ash) ที่ได้จากการเตรียมเถ้ากระดูกขาล้างของวัว เพราะมีสารประกอบของแคลเซียมฟอสเฟต และมีปริมาณของแร่เหล็กในเนื้อกระดูกต่ำอีกด้วย

เนื้อดินที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์ประเภทนี้จำเป็นต้องมีความบริสุทธิ์สูง เนื่องจากความโปร่งแสง กรรมวิธีในการขึ้นรูปนิยมใช้การขึ้นแบบหล่อเนื่องจากเนื้อดินมีความเหนียวน้อย ทั้งยังสามารถควบคุมความหนาได้อีกด้วย ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาย่อยประมาณ 1200°C

2. ฮาร์ด ปอร์สเลน (Hard Porcelain) เพลิงอุณหภูมิประมาณ 1310°C - 1431°C มีความแข็งแรงเป็นพิเศษ นิยมทำผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องมือ ฉนวนไฟฟ้า อุปกรณ์ไฟฟ้า ฉนวนหัวเทียน เครื่องยนต์ และภาชนะทดลองทางเคมี

REFRACTORY LININGS, MONOLITHICS, FIREBRICK,
CERAMIC FIBERS, INSULATING AND REFRACTORY
PAPERS, CERAMIC ROPES, CERAMIC FIBRE BOARD,
CALCIUM SILICATE BOARD, ETC.



วัตถุดิบไฟ (Refractory)

ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ สามารถแบ่งประเภทออกได้ดังนี้

1. เครื่องปั้นดินเผา (Pottery) มีองค์ประกอบ 3 ชนิด
 1. เนื้อดินปั้น (Body) เป็นดินอย่างเดียวหรืออาจผสมทรายหรือหินก็ได้
 2. น้ำเคลือบ (Glaze) ที่มีส่วนผสมของซิลิกากับตัวช่วยหลอมละลาย (Flux)
 3. สี (Color) มีทั้งสีได้เคลือบ สีในเคลือบ และสีบนเคลือบ
2. เคลือบโลหะ (Enamel) ประกอบขึ้นด้วย
 - 2.1 เนื้อภายใน (Body) เป็นโลหะ เช่น เหล็ก ทองแดง หรืออลูมิเนียม
 - 2.2 น้ำเคลือบ (Glaze) มี 2 ชนิดคือ
 - 2.2.1 เคลือบชั้นใน (Ground Coat)
 - 2.2.2 เคลือบชั้นนอก (Cover Coat)
3. แก้ว (Glass) ประกอบด้วย ทรายหลอมละลายกับโซเดียมคาร์บอเนตและแคลเซียม
4. ซีเมนต์ (Cement) ทำจากดิน โคลน ทรายและแร่ซิปซัม
5. เครื่องขัด (Abrasive) ทำจากถ่านโค้กและทราย หลอมในเตาไฟฟ้าโดยใช้ความร้อนสูง เช่น แผ่นซิลิกอนคาร์ไบด์

6. วัสดุทนไฟ (Refractory)
 - 6.1 อิฐทนไฟ (Refractory)
 - 6.2 แท่งเตาเผาไฟฟ้า (Heating Element)
 - 6.3 ซีเมนต์ทนไฟ (Mortar Cement)
 - 6.4 หม้อหลอม (Crucibles)
 - 6.5 เซรามิก ไฟเบอร์ (Ceramic Fiber)

เครื่องฉนวนไฟฟ้า (ลูกฉนวนไฟฟ้า) (Insulator)



ท่อดินเคลือบและไม่เคลือบ (Clay Pipe)



อิฐชนิดต่าง ๆ (Brick)

7. ฉนวนไฟฟ้า (Insulators)
 - 7.1 ฉนวนไฟฟ้าแรงต่ำ (Low Tension Insulator)
 - 7.2 ฉนวนไฟฟ้าแรงสูง (High Tension Insulator)
8. กระเบื้อง (Tiles)
 - 8.1 กระเบื้องปูพื้น (Floor Tile)
 - 8.2 กระเบื้องบุผนัง (Wall Tile)
 - 8.3 กระเบื้องหลังคา (Roofing Tile)
 - 8.4 กระเบื้องประดับ (Mosaic Tile)
9. วัสดุก่อสร้าง (Structural Products)

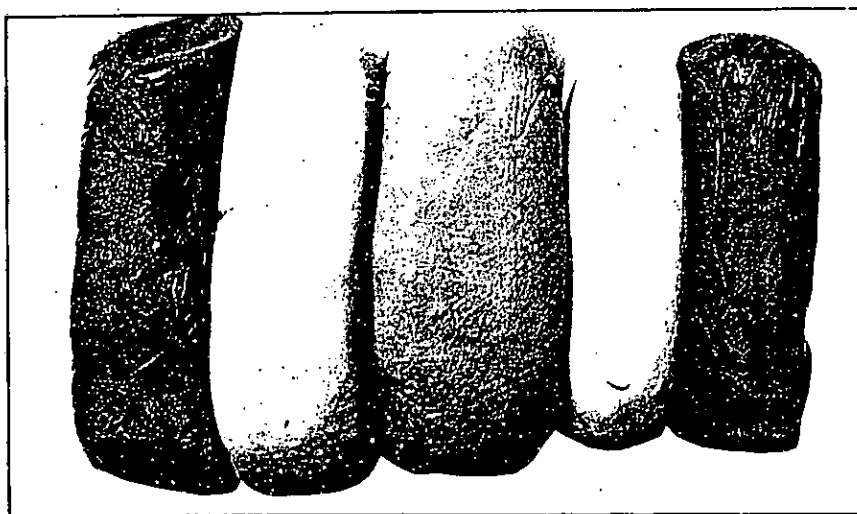
9.1 ท่อน้ำดินเผา

9.2 ช่องระบายลม, ลูกกรง

9.3 อิฐก่อสร้าง

10. เครื่องกรอง

ในยุคปัจจุบันยังรวมถึง อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์ในระบบของเครื่องยนต์ กระตุกเทียม และฉนวนกันความร้อนของระบบยานขนส่งอวกาศ เป็นต้น



ภาพ ดินจากต่างแหล่งกำเนิด ที่แตกต่าง

วัตถุดิบประเภทที่มีความเหนียวและไม่มี ความเหนียว

วัตถุดิบสำหรับใช้ทำเซรามิกสมีหลายชนิด แต่ที่เป็นวัตถุดิบเนื้อบริสุทธิ์นั้นหายาก แม้จะอยู่ในพื้นที่เดียวกันหรือต่างพื้นที่กัน โดยทั่วไปแบ่งออก 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

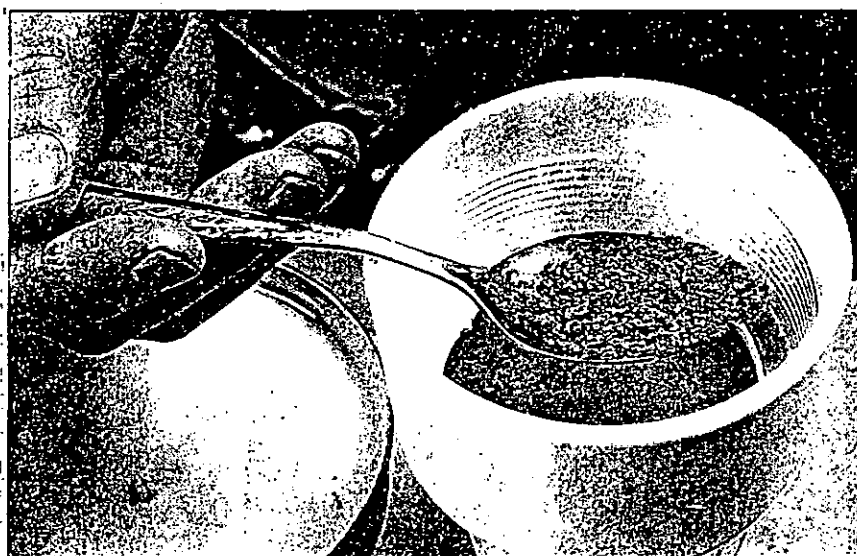
1. วัตถุดิบประเภทที่มีความเหนียว
2. วัตถุดิบประเภทที่ไม่มี ความเหนียว

1. วัตถุดิบประเภทที่มีความเหนียว

ดิน (Clay) สูตรทางเคมี $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ดินในแหล่งธรรมชาติ บางแหล่งมีเนื้อหยาบ บางแหล่งมีเนื้อละเอียด เมื่อนำมาผสมกับน้ำอย่างพอเหมาะสามารถนำมาขึ้นรูปได้โดยสังเกตจากเนื้อดินละเอียดเมื่อจับจะลื่นมือ แต่จะมีการหดตัวสูงเมื่อเผาทำผลิตภัณฑ์ มักจะแตกหรือเสียหายได้ โดยปกติดินที่มีความเหนียวมักจะเกิดในที่ราบลุ่ม ซึ่งจะมีส่วนประกอบของสารอินทรีย์อยู่มาก ทำให้มีความเหนียว ลักษณะมีสีค่อนข้างดำหรือเทา เมื่อนำไปเผามักจะให้สีขาว มีประโยชน์ต่อการนำไปผสมในเนื้อดินขาวด้วยเช่นกัน

ความแตกต่างของดินขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดของดิน สามารถแบ่งได้ 2 ชนิด ตามแหล่งกำเนิดคือ

1. ดินที่เกิดในที่ราบสูง (Primary Clay) ได้แก่ ดินขาว (Kaolin) เป็นดินที่สลายในแหล่งเดิม เนื้อดินหยาบ สีขาวหม่น มีความทนไฟสูง ความเหนียวน้อย ต้องใช้ผสมกับวัตถุดิบอื่น
2. ดินในที่ราบต่ำ (Secondary Clay) ได้แก่ ดินบอลเคลย์ (Ball Clay) เนื้อดินละเอียด ความเหนียวดี แต่ในธรรมชาติมักมีสีเทาดำ หลังจากการเผาแล้ว



2. วัตถุดิบประเภทที่ไม่มีความเหนียว

ประกอบด้วยหินชนิดต่าง ๆ ที่มีความสำคัญในการผสมเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบ เช่น

2.1 หินเขียวหนุมาน (Quartz) เป็นสารประกอบพวกซิลิกา (SiO_2) มีความบริสุทธิ์มากกว่าวัตถุดิบ มีชื่อทางเซรามิกส์คือ ฟลินท์ (Flint) โครงสร้าง ทำให้เนื้อดินมีความทนไฟสูง ลดการหดตัวของเนื้อดินทำให้มีความแข็ง ถ้าผสมในน้ำเคลือบจะทำให้เคลือบเป็นแก้วมีความมัน ทนต่อการกัดกร่อน

2.2 หินฟันม้า (Feldspar) เป็นวัตถุดิบช่วยการหลอมละลาย (Flux) ใช้ผสมในเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบ โดยหินฟันม้าเป็นหินแกรนิตชนิดหนึ่ง หินแกรนิต มีลักษณะแข็งทึบแสงมีทั้งสีขาวและสีชมพู ซึ่งการใช้ผสมจะต้องบดละเอียดและผ่านตะแกรง

2.3 หินปูน (Limestone หรือ Whiting) ใช้ผสมในน้ำเคลือบทำให้ทนต่อการกัดกร่อน ทำให้น้ำเคลือบมีความแข็ง

2.4 โดโลไมท์ (Dolomite) ใช้ผสมในเนื้อดินเพื่อลดจุดสุกตัว และลดอัตราการหดตัว และขยายตัวใช้ผสมน้ำเคลือบ เพื่อช่วยลดจุดหลอมละลาย

2.5 หินไพโรฟิลไลต์(Pyrophyllite) ใช้ผสมในเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวต่ำนิยมผสมในเนื้อของอิฐทนไฟ

2.6 ทัลค์ (Talc) ใช้ในการฉาบผิวทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างกระทันหันได้ดี โดยใช้ทำผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับอุปกรณ์ไฟฟ้า และอุปกรณ์ทนไฟที่ใช้ในเตา

2.7 เถ้ากระดูก (Bone Ash) เป็นวัตถุดิบที่เตรียมจากเถ้ากระดูกใช้ผสมในเนื้อดินใช้ทำผลิตภัณฑ์ที่โปร่งแสง เรียกว่าโบนโซนา ซึ่งค้นพบโดยชาวอังกฤษ

2.8 ดินเชื้อ (Grog) คือดินที่ผ่านการเผาแล้วนำมาบดตามขนาดใช้ผสมในเนื้อดินปั้น ช่วยลดการหดตัว ป้องกันการแตกร้าวก่อนเผา และช่วยควบคุมการทรงตัว

2.9 สารประกอบออกไซด์อื่น ๆ

ชุดการสอนภาคปฏิบัติ (หน่วยที่ 1)

ใบงาน 1

เรื่อง การเตรียมดินจากแหล่งดิน

วิชา วิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ

ครั้งที่ 1 (หน่วยที่ 1)

ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

จำนวน 6 คาบ (ภาคปฏิบัติ)

การเตรียมดินจากแหล่งดิน

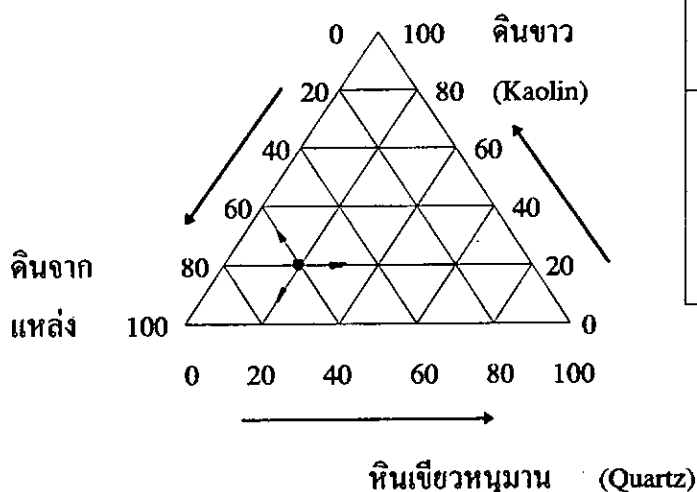
การเตรียมดินเป็นสิ่งสำคัญในการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์และเครื่องปั้นดินเผา ซึ่งผลของการเตรียมดินจะดีหรือไม่ ย่อมส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์เบียวหรือแตกร้าวได้ นอกจากนั้นกรรมวิธีในการนวดดินก็มีความสำคัญ ดังนั้นการเตรียมดินจึงมีความสำคัญมากและมีขั้นตอนการเตรียมดินเพื่อใช้ในการทดสอบหาคุณสมบัติของเนื้อดิน โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อปรับปรุงสีของเนื้อดิน
2. เพื่อต้องการความเหนียวของเนื้อดิน
3. เพื่อควบคุมการหดตัวของเนื้อดินป้องกันการแตกร้าว
4. เพื่อต้องการให้สุกตัวในอุณหภูมิที่ต้องการเผา
5. เพื่อให้เนื้อดินมีความเหมาะสมกับน้ำเคลือบ

โดยมีลำดับขั้นในการปฏิบัติดังนี้

1. การชั่งวัตถุดิบ

วัตถุดิบที่สำคัญในการทดสอบคุณสมบัติจะประกอบด้วย ดินจากแหล่งดินตัวอย่าง ดินขาว (Kaolin) และหินเขี้ยวหนูมาน (Quartz) วัตถุดิบหลักทั้ง 3 ชนิดนี้จะต้องกรองผ่านตะแกรงขนาดเบอร์ไม่ต่ำกว่า 100 ซึ่งในการชั่งวัตถุดิบจำเป็นต้องใช้หลักการผสม โดยอาศัยตารางไตรออคัลภาค (Triaxial Diagram) อาศัยการสุ่มตามจุดที่ต้องการ และควรให้ปริมาณของดินจากแหล่งดิน ดังตัวอย่าง



กำหนดสูตรเนื้อดิน

1. ดินจากแหล่ง	ร้อยละ.....
2. หินเขี้ยวหนูมาน	ร้อยละ.....
3. ดินขาว	ร้อยละ.....

จากตารางไตรศุลยภาค จะเป็นจำนวน 100 ของวัตถุดิบแต่ละตัวที่วิ่งนำตามทิศทางของ ลูกศร ซึ่งทุก ๆ จุดในตารางไตรศุลยภาค หมายถึง สูตรแสดงอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบใน 1 สูตร ตัวอย่างเช่น สูตรดินหมายเลข 1 ประกอบด้วย ดินจากแหล่งดินร้อยละ 60, หินเขียวหุนมานร้อยละ 20 ดินขาวร้อยละ 20

วิธีการอ่านสูตรดินจากจุดใดจุดหนึ่ง สามารถอ่านโดยลากเส้นจากจุดนั้นขนานกับด้านของ สามเหลี่ยม ตามลูกศรหรือทวนเข็มนาฬิกา เมื่อเส้นนั้นชนด้านใดให้อ่านร้อยละของส่วนผสมของ วัตถุดิบที่เป็นตัวแทน

หลังจากที่ได้กำหนดสูตรดินจากตารางไตรศุลยภาค แล้วให้นำวัตถุดิบมาชั่งตามสัดส่วนที่ ได้ โดยสัดส่วนเมื่อผสมกันจะมีค่าเท่ากับ 100 หน่วยเสมอ ดังตัวอย่างจากจุดที่ 1

ตัวอย่าง ถ้าต้องการปริมาณของส่วนผสมของดินจากแหล่งดินกับวัตถุดิบ (จากสูตรดินในจุดที่ 1) จะต้องการน้ำหนักรวม 500 กรัม ได้ดังนี้

ดินจากแหล่งดิน	ร้อยละ 60 × 5	=	300 กรัม
หินเขียวหุนมาน	ร้อยละ 20 × 5	=	100 กรัม
ดินขาว	ร้อยละ 20 × 5	=	100 กรัม
	รวม	=	500 กรัม

หลังจากนั้นนำมาผสมรวมกันใส่ในภาชนะที่จัดเตรียมไว้แล้วเขียนกำกับสูตรดิน หมายเลข 1 ติดที่ภาชนะ (เพื่อป้องกันการสับสน)

2. การบดผสมวัตถุดิบ

นำดินที่ผสมวัตถุดิบแล้วมารวมกันใส่ลงในโถรงบด ใช้วิธีการบดเปียก โดยผสมน้ำลงไปพอประมาณ บดจนกระทั่งเนื้อดินเข้ากันได้ดีแล้ว จึงนำไปทำการเกรอะดินบนแผ่นปูนพลาสติก

3. การเกรอะดิน

การเกรอะดินเป็นกระบวนการทำดินให้มีปริมาณน้ำพอเหมาะต่อการขึ้นรูป โดยนำดินที่ผ่านการผสมและบดเปียกแล้วนำมาผึ่งลงบนแผ่นปูนพลาสติก ในขณะที่เดียวกันปูนพลาสติก จะทำการดูดน้ำออกจากดินจนกระทั่งสังเกตว่าดินที่นำมาเกรอะมีลักษณะหมาด จึงนำออกมาเพื่อทำการนวดต่อไป

4. การนวดดิน

การนวดดินหลังจากการเกรอะดินแล้วจำเป็นต้องนวดเพื่อให้ดินเข้ากันได้ดี นอกจากนี้ จะทำให้สามารถเห็นสิ่งสกปรกบางอย่างหลงเหลืออยู่ ประการสำคัญถือเป็นการนวดดินเพื่อไม่ให้

เกิดโพรงอากาศ โดยอาศัยอุปกรณ์ที่จำเป็นในการตรวจสอบคือ เส้นลวดทำการตัดเนื้อดินถ้ามีอากาศควรทำการนวดต่อไปจนกระทั่งโพรงอากาศหมดไป

5. การทำแท่งทดสอบ

การทำแท่งทดสอบนับว่าเป็นขั้นตอนสำคัญในการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของดิน โดยนำดินที่ผ่านการนวดแล้วมาทำการอัดลงในเบ้าทำแท่งทดสอบโดยเบ้านี้จะทำด้วยปูนปลาสเตอร์เป็นหลุม (มีเครื่องหมายแสดงตำแหน่งระยะความยาว 10 เซนติเมตร) แล้วทำการปาดผิวให้เสมอกัน ทิ้งไว้สักระยะสังเกตเห็นว่าเนื้อดินสามารถที่จะถอดแบบออกได้ จึงทำการถอดแบบแท่งทดสอบออกจากเบ้าปูนปลาสเตอร์ แล้วทำเครื่องหมายเลขกำกับสูตรดิน และแหล่งดินที่ทำการทดสอบลงบนด้านหลังของแท่งทดสอบ (ในขณะที่ยังหมาดอยู่)

6. การผึ่งให้แห้ง

หลังจากการถอดแบบแท่งทดสอบแล้วให้นำมาผึ่งให้แห้ง (ในที่ร่ม) เพราะถ้าผึ่งแดดจะทำให้การระเหยของน้ำออกจากดินเร็วเกินไปจะทำให้แท่งทดสอบเกิดการแตกร้าว และชำรุดไม่สามารถใช้ทำการทดสอบได้

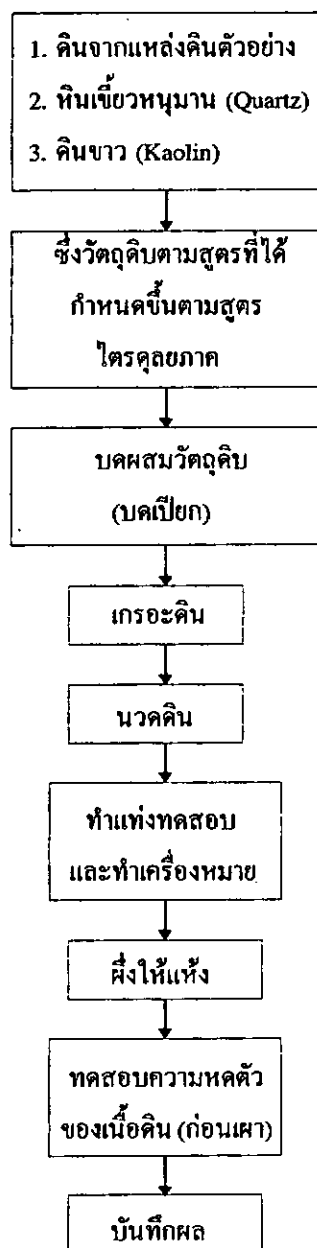
การทดสอบการหดตัวของเนื้อดิน (ก่อนการเผา)

การทดสอบการหดตัวของเนื้อดิน (ก่อนการเผา) เพื่อหาการหดตัวของเนื้อดินเป็นเปอร์เซ็นต์หลังจากผ่านกระบวนการผสมดินตามสูตรที่คัดเลือก โดยอาศัยทักษะการวัดในขณะดินหมาด จะได้ระยะตามเครื่องหมายยาว 10 เซนติเมตร แล้ววัดอีกครั้งเมื่อดินแห้งแล้วว่าได้ระยะความยาวกี่เซนติเมตร จะทำให้ทราบได้ว่าดินที่หดตัวมาร้อยละเท่าไร (สูตรดินที่ดีควรจะมีการหดตัวน้อยที่สุด เมื่อมีการเปรียบเทียบกับสูตรอื่น ๆ)

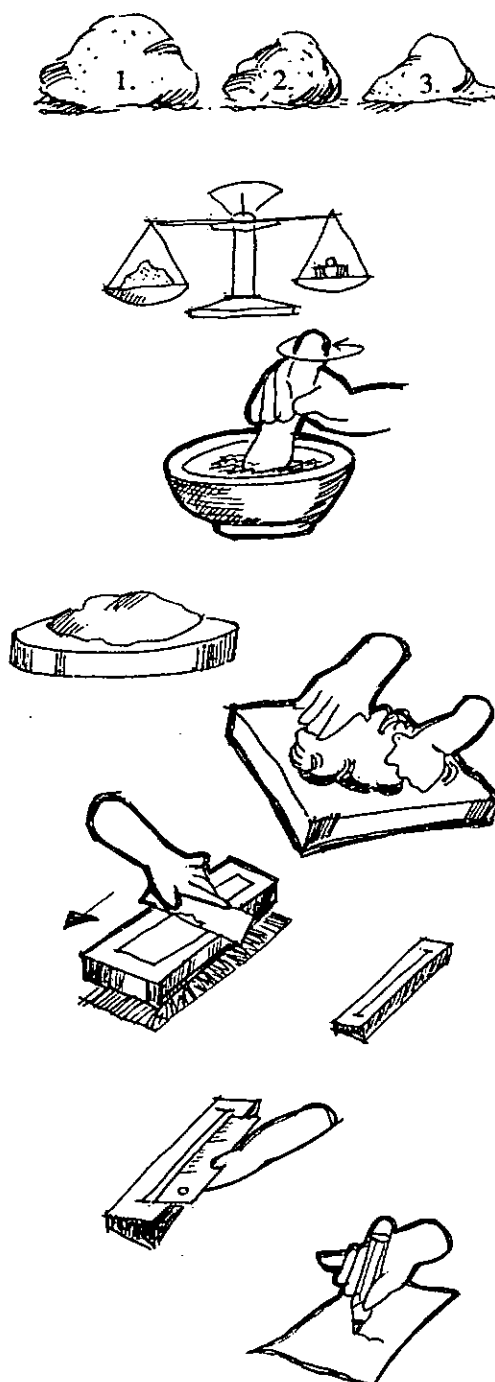
จากกระบวนการดังกล่าวข้างต้นเป็นการทดสอบอัตราส่วนผสมของดินจากแหล่งวัตถุดิบ ตามแผนไตรอคูลยภาค (Triaxial Diagram) เพื่อค้นหาสูตรที่เหมาะสมของดินที่จะใช้ทำผลิตภัณฑ์ต่อไป

แผนภูมิและแผนภาพแสดงลำดับขั้นตอนของการทำแท่งทดสอบ

แผนภูมิแสดงลำดับขั้น



แผนภาพแสดงลำดับขั้น



ใบงาน 2		
เรื่อง	การเตรียมดินจากแหล่งดิน	
วิชา	วิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ	ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
ครั้งที่ 1		จำนวน 6 คาบ (ภาคปฏิบัติ)

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	วัสดุอุปกรณ์
1. แบ่งผู้เรียนออกกลุ่มละ 2 คน	1. ดินจากแหล่งดินตัวอย่างหรือผู้เรียนเตรียมมา
2. ให้ผู้เรียนศึกษาใบความรู้และทำความเข้าใจโดยละเอียด	2. หินเขียวหนุมาน (Quartz)
3. ให้ผู้เรียนสังเกตการสาธิตลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน การเตรียมดิน ผสมดิน กรออะดิน นวดดิน และการทำแท่งทดสอบ	3. ดินขาว (Kaolin)
4. ให้ผู้เรียนปฏิบัติการเตรียมดินตามลำดับขั้นตอนที่ผู้สอนสาธิตประกอบกับการศึกษาจากใบความรู้	4. เครื่องชั่ง
5. ให้ผู้เรียนใช้ทักษะปฏิบัติการวัดความยาวของดินหลังการฝั่งแห้ง เพื่อกำหนดหาเปอร์เซ็นต์การหดตัวของแท่นดินทดสอบ	5. โกรกบด
6. ทำการบันทึกผลเพื่อทำการเปรียบเทียบความเหมาะสมของดินในแต่ละสูตร	6. ไม้พายกวนดิน
	7. แผ่นปูนพลาสติก
	8. เบ้าอัดแท่งทดสอบ
	9. ไม้บรรทัดหรือเวอร์เนียแคลิเปอร์
	10. แผ่นภาพแสดงสูตรไตรดัลยภาค (Triaxial diagram)

มอบหมายงาน	การประเมินผล
ให้ผู้เรียนปฏิบัติการเตรียมดินตามสูตรไตรดัลยภาค ผสมดินกับวัตถุดิบ การกรออะดิน นวดดิน และทำแท่งทดสอบตามลำดับขั้นตอนประกอบกับใบความรู้ หากมีข้อสงสัยให้ซักถามรายละเอียดจากผู้สอน	1. ด้านพุทธิพิสัย (ความรู้ ความจำ ความเข้าใจ และการนำไปใช้) 2. ด้านทักษะพิสัย (แบบสังเกต ทักษะปฏิบัติการทดลอง)

แบบประเมินผล

ด้านทักษะพิสัย (แบบสังเกตทักษะปฏิบัติการทดลอง)

วิชา วิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ

ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

หน่วยที่ 1

เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เซรามิกส์และการเตรียมดิน

คำแนะนำ

1. แบบสังเกตด้านทักษะปฏิบัติการทดลองวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพเรื่องเซรามิกส์นี้จะช่วยให้การสังเกตพฤติกรรมรายบุคคลเพื่อประเมินผลด้านทักษะในภาคปฏิบัติการทดลอง

2. แบบสังเกตพฤติกรรมด้านทักษะปฏิบัติการทดลอง (ในขณะปฏิบัติการทดลอง) จะครอบคลุม 3 ด้านดังนี้

2.1 ด้านเทคนิคการทดลอง ได้แก่

2.1.1 ดำเนินการทดลองอย่างถูกวิธีเป็นขั้นตอนไม่สับสน

2.1.2 ใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้อง เช่น เครื่องมือ ชั่ง ตวง วัด และเครื่องมือที่จำเป็นในการทดลองทางเซรามิกส์

2.1.3 อ่านค่ามวล ปริมาตร และตรวจสอบความถูกต้องของส่วนผสมของวัตถุดิบ

2.1.4 ใช้เทคนิคการผสมและเตรียมวัตถุดิบประเภทต่าง ๆ รวมถึงการขึ้นรูป

ชิ้นงานทดสอบ และผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

2.1.5 ทำการทดลองทดสอบวัสดุอย่างระมัดระวังและปลอดภัย

2.2 ด้านความคล่องแคล่ว ได้แก่

2.2.1 ปฏิบัติการทดลองได้อย่างคล่องแคล่วถูกต้อง

2.2.2 มีความเชื่อมั่นในขณะปฏิบัติการทดลอง

2.2.3 ทำการทดลองได้ตามเวลากำหนด

2.3 ด้านความสะอาดและความเป็นระเบียบ

2.3.1 จัดพื้นที่สำหรับการทดลองได้เรียบร้อยเหมาะสมเพียงพอ

2.3.2 จัดวางอุปกรณ์ วัสดุ เครื่องใช้ ให้ใช้ได้สะดวกในขณะทดลอง

2.3.3 จัดเก็บอุปกรณ์ เช่น เครื่องชั่ง เครื่องมือทดสอบวัสดุ และขวดบรรจุสารเคมีต่าง ๆ ได้ถูกต้อง

3. การบันทึกผลเป็นลักษณะการให้ระดับของแต่ละพฤติกรรมที่ผู้เรียนแสดงออกโดยบันทึกเป็น 3 ระดับคือ ดี พอใช้ และควรปรับปรุง

4. นำผลของการบันทึกพฤติกรรมมาหาค่าทางสถิติ

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิทยาศาสตร์. เทคโนโลยีเซรามิกส์เบื้องต้น. กรุงเทพมหานคร : กระทรวงอุตสาหกรรม, 2529.
- โกมล รักษ์วงศ์. วัตถุดิบที่ใช้ในโรงงานเครื่องเคลือบดินเผาและเนื้อดินปั้น. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์มารคานุเคราะห์, 2531.
- ทรงพันธ์ วรรณมาศ. เครื่องปั้นดินเผา กรุงเทพมหานคร : โอ.เอส.พรินติ้งเฮ้าส์, 2532.
- ทวี พรหมพฤกษ์. วิชาเครื่องเคลือบดินเผาเบื้องต้น. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์รุ่งเรืองรัตน์, 2523.
- บุญวัฒน์ พิชญ์ไพบูลย์. เครื่องเคลือบดินเผา เทคนิคและวิธีการสร้างสรรค์. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.
- ไพจิตร อิงศิริวัฒน์. รวมสูตรเคลือบเซรามิกส์. กรุงเทพมหานคร : โอ.เอส.พรินติ้งเฮ้าส์, 2537.
- สุรศักดิ์ โกสยพันธ์. น้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา. กรุงเทพมหานคร : บริษัทโรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, 2531.

แผนการสอน

หน่วยการสอนที่ 2

**เรื่อง เตาเผาและการเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ การทดสอบคุณสมบัติ
ทางกายภาพของเนื้อดิน**

แผนการสอน

หน่วยการสอนที่ 2 : เตาเผาและการเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์, การทดสอบคุณสมบัติทาง
กายภาพของเนื้อดิน
จำนวน 9 คาบ (ทฤษฎี 3 คาบ ปฏิบัติ 6 คาบ)

1. สาระสำคัญ

ในการทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ เตาเผาจะอยู่ในขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการผลิต ซึ่งมีความสำคัญมากเป็นพิเศษ เพราะผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ผ่านขั้นตอนของการผลิตมาอย่างดีแล้ว อาจจะประสบกับความล้มเหลวลงได้ ณ จุดนี้ย่อมเป็นไปได้ ในการผลิตไม่ได้คุณภาพและเกิดความเสียหายได้ ดังนั้นเตาเผาจึงเป็นส่วนสำคัญในการผลิตเช่นกัน

ในส่วนของการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน ซึ่งเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งที่ใช้วิเคราะห์หาความเหมาะสมของวัตถุดิบ เพื่อลดอัตราความเสี่ยงของผลิตภัณฑ์และเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ตรงตามความต้องการ

2. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อเรียนจบในเนื้อหาในหน่วยการสอนหน่วยนี้แล้วผู้เรียนสามารถ

- 2.1 บอกความสำคัญของเตาเผาและการเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ได้
- 2.2 จำแนกความแตกต่างของเตาเผาแต่ละชนิดของการใช้เชื้อเพลิงได้
- 2.3 ปฏิบัติการใช้เตาเผาอุณหภูมิสูง (เตาไฟฟ้า) ได้อย่างถูกต้อง
- 2.4 ปฏิบัติการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน (หลังการเผา) ได้

3- เนื้อหาสาระ

- 3.1 เตาเผาและการจำแนกเตาเผาตามลักษณะการใช้เชื้อเพลิง
- 3.2 อุปกรณ์ทนความร้อนที่ใช้ในเตาเผา
- 3.3 การเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์
- 3.4 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน (หลังการเผา)
 - 3.4.1 การหดตัวของดิน (Total Shrinkage) หลังการเผา
 - 3.4.2 การดูดซึมน้ำ (Water Absorption) หลังการเผา
 - 3.4.3 ความแข็งแรงของดิน (Modulus of Rupture) หลังการเผา

4. กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

ตอนที่ 1

1. ผู้สอนบรรยาย เรื่องความสำคัญของการเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ ซึ่งรวมถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพทางเคมีของดินพร้อมกับยกตัวอย่างของจริงประกอบคำบรรยาย เรื่องการเผาดิบและการจัดเรียงผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผา

2. ผู้สอนอธิบายถึงเตาเผา ซึ่งจำแนกตามลักษณะของการใช้เชื้อเพลิง เช่น เตาฟืน เตาแก๊ส และเตาไฟฟ้า รวมถึงบรรยายกลไกในการเผาที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

3. ผู้สอนอธิบายลำดับขั้นของการใช้เตาเผาอุณหภูมิสูง (เตาไฟฟ้า) โดยละเอียดและคำนึงถึงความปลอดภัย ซึ่งผู้เรียนจะสังเกตจากการสอนที่ผู้สอนสาธิตการใช้อย่างถูกต้องให้ผู้เรียนดูเป็นตัวอย่าง

4. ผู้สอนอธิบายลำดับขั้นของการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน โดยใช้เครื่องมือ และอุปกรณ์ ทำการทดสอบทั้ง 3 ด้านดังต่อไปนี้

4.1 ความหดตัวของดิน (Total Shrinkage) หลังการเผา

4.2 ความดูดซึมน้ำ (Water Absorption) หลังการเผา

4.3 ความแข็งแรงของดิน (Modulus of Rupture) หลังการเผา

5. ผู้สอนสรุปถึงความสำคัญ of เตาเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ และลำดับขั้นการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพเพื่อวิเคราะห์หาความเหมาะสมของเนื้อดินที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์อย่างมีหลักเกณฑ์ที่ถูกต้องต่อไป

ตอนที่ 2

1. ผู้สอนนำเสนอผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ประเภทต่าง ๆ รวมถึงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเผาดิบ (การเผาครั้งแรกโดยยังไม่มีเคลือบ) ให้ผู้เรียนสังเกตถึงความแตกต่างของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ในแต่ละประเภทดังนี้

1.1 ผลิตภัณฑ์ดินปั้นหรือดินที่ผ่านการขึ้นรูปและผ่านการตากแห้งแล้ว

1.2 ผลิตภัณฑ์ดินเผาที่ผ่านการเผาดิบแล้ว

2. ผู้เรียนสังเกตความแตกต่างของเตาเผาที่จำแนกตามลักษณะของการใช้เชื้อเพลิง โดยดูได้จากสไลด์และของจริงดังต่อไปนี้

2.1 เตาฟืน (Wood Firing Kiln)

2.2 เตาแก๊ส (Gas Firing Kiln)

2.3 เตาไฟฟ้า (Electric Firing Kiln)

2.4 เตาน้ำมัน

2.5 เตาถ่านหิน

3. ผู้สอนสาธิตการใช้เตาเผาอุณหภูมิสูง (เตาไฟฟ้า) ตามลำดับขั้นตอนของการใช้เตาเผาอย่างถูกต้อง และตามหลักของความปลอดภัย ตั้งแต่การบรรจุแท่งทดสอบหรือผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการผึ่งแห้งแล้ว การอุ่นเตา การเผา การสังเกต ความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจนถึงระดับของอุณหภูมิของการเผาไหม้ที่สัมพันธ์กับเวลาอย่างถูกต้อง โดยรวมถึงยุติการเผาและการคายความร้อนหลังจากผ่านการเผาไหม้แล้ว

4. ผู้สอนสาธิตพร้อมกับการยกตัวอย่างลำดับขั้นตอนของการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน โดยอาศัยเครื่องมือและอุปกรณ์การทดสอบ 3 ด้านดังต่อไปนี้

4.1 การหดตัวของดิน (Total Shrinkage Shrinkage) หลังการเผา

4.2 การดูดซึมน้ำ (Water Absorption) หลังการเผา

4.3 ความแข็งแรงของดิน (Modulus of Rupture) หลังการเผา

ตอนที่ 3

1. ผู้สอนแจกใบความรู้เรื่องเตาเผาและการเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์, การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน โดยรวมถึงเตาเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่จำแนกตามลักษณะของการใช้เชื้อเพลิง และบรรยากาศในการเผา

2. ผู้เรียนศึกษาถึงลำดับขั้นตอนของการใช้เตาเผาอุณหภูมิสูง (เตาไฟฟ้า) อย่างถูกต้องและความปลอดภัย แล้วทำการบรรจุแท่งทดสอบหรือผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการตากแห้งแล้วเข้าเตาเผา

3. ผู้เรียนทดลองการใช้เตาเผาอุณหภูมิสูง (เตาไฟฟ้า) ตามลำดับอย่างถูกต้องและปลอดภัย พร้อมกับการสังเกตอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นที่สัมพันธ์กับเวลาในการเผา

4. ผู้สอนทำการสรุป เนื้อหา และลำดับขั้นตอนการปฏิบัติการเผาไหม้ด้วยเตาเผาอุณหภูมิสูง (เตาไฟฟ้า)

ตอนที่ 4

1. ผู้สอนแจกใบความรู้และใบงานเรื่องการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินและตัวอย่างของจริงของแท่งทดสอบที่ได้จากการผสมตามสูตรที่ได้จากแผนไตรดุลยภาพ (Triaxial diagram) โดยผ่านการเผาไหม้มาแล้ว

2. ผู้สอนนำเสนอแผ่นภาพ แผนภูมิ ลำดับขั้นตอนการทดสอบเพื่อใช้ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน

3. ผู้เรียนทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินที่ผ่านการเผาไหม้แล้ว โดยอาศัยเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ครอบคลุมการทดสอบทั้ง 3 ด้าน ดังต่อไปนี้

3.1 การหดตัวของดิน (Total Shrinkage) หลังการเผา (จำนวนเปอร์เซ็นต์ของการหดตัว)

3.2 การดูดซึมน้ำ (Water Absorption) หลังการเผา (จำนวนเปอร์เซ็นต์ของการดูดซึมน้ำ)

3.3 ความแข็งแรงของดิน (Modulus of Rupture) หลังการเผา (จำนวนกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)

4. ผู้เรียนบันทึกผลการทดสอบทางกายภาพของเนื้อดิน แล้วทำการวิเคราะห์ถึงความเหมาะสมของดินหลังการทดสอบทั้ง 3 ด้าน แล้วทำการคัดเลือกหาความเหมาะสมของสูตรดินที่มีความเหมาะสมต่อการทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ ให้บรรลุผลตามเกณฑ์ที่กำหนด

5. สื่อการเรียนการสอน

- 5.1 ใบความรู้เรื่องเตาเผาและการเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน (หลังการเผา)
- 5.2 ใบงานเรื่องการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน (หลังการเผา)
- 5.3 เตาเผาอุณหภูมิสูง (เตาไฟฟ้า)
- 5.4 ผลิตภัณฑ์ประเภทวัตถุทนไฟที่ใช้เป็นอุปกรณ์ในเตาเผา
- 5.5 สไลด์ประกอบเสียง
- 5.6 ตัวอย่างของจริงของผลิตภัณฑ์ดินที่ยังไม่ผ่านการเผา และผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาเรียบร้อยแล้ว
- 5.7 ตัวอย่างของแท่งทดลองที่ผ่านการเผ้าง (ก่อนการเผา) และแท่งทดลองที่ผ่านการเผาเรียบร้อยแล้ว

6. งานที่มอบหมาย

- 6.1 บันทึกผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของดิน (หลังการเผา)
 - 6.1.1 ความหดตัวของดิน (Total Shrinkage)
 - 6.1.2 ความดูดซึมน้ำ (Water Absorption)
 - 6.1.3 ความแข็งแรงของดิน (Modulus of Rupture)
- 6.2 บันทึกผลการทดลองเพื่อการคัดเลือกสูตรของเนื้อดินที่เหมาะสมกับการทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

7. การประเมินผล

เมื่อผู้เรียนได้เรียนผ่านกิจกรรมการเรียนการสอนแล้วให้ทำการประเมินผลหลังการเรียนด้านต่าง ๆ ดังนี้

- 7.1 ด้านพุทธิพิสัย (ใช้แบบทดสอบวัดความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้)
- 7.2 ด้านทักษะพิสัย (ใช้แบบสังเกตวัดทักษะปฏิบัติการทดลอง)

แบบประเมินผลก่อนการเรียนรู้

ด้านพุทธิพิสัย (ความรู้ความจำ, ความเข้าใจ และการนำไปใช้)

วิชา วิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องเซรามิกส์

ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

หน่วยที่ 2

**เรื่อง เตาเผาและการเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ
ของเนื้อดิน**

คำชี้แจงในการทำแบบประเมินผลก่อนการเรียนรู้

ชุดการสอนหน่วยที่ 2

1. แบบทดสอบนี้เป็นแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ๆ ละ 1 คะแนน
2. ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบให้ครบทั้ง 20 ข้อ ใช้เวลา 20 นาที ซึ่งเป็นแบบทดสอบในเนื้อหา
3. ในการทำแบบทดสอบให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว โดยทำเครื่องหมาย (X) ลงในช่องว่าง ให้ตรงกับหัวข้อคำตอบแบบทดสอบนี้
4. หากผู้เรียนต้องการเปลี่ยนแปลงคำตอบในข้อใดข้อหนึ่ง ให้ขีดเครื่องหมาย (X) ในช่องที่ไม่ต้องการออก แล้วทำเครื่องหมาย (X) ลงในช่องที่ต้องการใหม่

ตัวอย่าง ในครั้งแรกทำเครื่องหมาย (X) ในข้อ ก. แต่ต้องการเปลี่ยนเป็นข้อ ง.

ข้อ	ก	ข	ค	ง
0	X			X

5. ให้ตอบแบบทดสอบลงในกระดาษคำตอบที่จัดให้เท่านั้น
6. ห้ามขีดเขียนข้อความหรือทำเครื่องหมายใด ๆ ลงในแบบทดสอบนี้
7. เมื่อทำแบบประเมินผลเสร็จแล้วให้ตรวจคำตอบในเฉลยหลังแบบทดสอบนี้แล้วเทียบค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ในตารางเปรียบเทียบต่อไป

คำแนะนำ ให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวในแต่ละข้อมาตอบลงในกระดาษคำตอบ
ที่จัดไว้ให้ โดยทำเครื่องหมาย (X) ในช่อง ☐ ที่ระบุ ก. ข. ค. และ ง. เพียง
คำตอบเดียว

1. ลำดับขั้นตอนสุดท้ายของการทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์คือขั้นใด
 - ก. การเผาดิบ
 - ข. การเตรียมวัตถุดิบ
 - ค. การผสมวัตถุดิบ
 - ง. การเผาเคลือบ
2. การเผาผลิตภัณฑ์ในยุคแรก ๆ ใช้วิธีการใด
 - ก. ใช้เศษไม้กองสูงผลิตภัณฑ์แล้วเผา
 - ข. ใช้เศษไม้ใส่ลงในผลิตภัณฑ์แล้วเผา
 - ค. นำผลิตภัณฑ์ใส่ลงในเตาแล้วเผา
 - ง. ชกชั้นวางผลิตภัณฑ์แล้วเผาทางด้านล่าง
3. มนุษย์สามารถสร้างเตาเผาเพื่อควบคุมความร้อนได้เป็นครั้งแรกโดยการทำอย่างไร
 - ก. ขุดหลุม
 - ข. สร้างเตาโดยการก่ออิฐ
 - ค. ขุดเป็นอุโมงค์ทำเตาเผา
 - ง. สร้างเตาโดยการก่ออิฐถือปูน
4. เตาเผาเซรามิกส์ที่มีขนาดเล็กและเหมาะสมกับการศึกษาทดลองในห้องปฏิบัติการทาง
วิทยาศาสตร์คืออะไร
 - ก. เตาไฟฟ้า
 - ข. เตาน้ำมัน
 - ค. เตาแก๊ส
 - ง. เตาฟืน
5. เตาเผาแบบบรรยากาศสมบูรณ์ (Oxidation Firing) คือเตาในข้อใด
 - ก. เตาแก๊ส
 - ข. เตาฟืน
 - ค. เตาน้ำมัน
 - ง. เตาไฟฟ้า

6. เตาเผาที่ใช้พลังงานไฟฟ้าให้ความร้อนโดยวิธีใด

- ก. การกระจายความร้อน
- ข. การแผ่รังสีความร้อน
- ค. การระบายความร้อน
- ง. การให้เปลวไฟความร้อน

7. การเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ครั้งแรกเรียกว่าอะไร

- ก. การเผาแห้ง
- ข. การเผาแข็ง
- ค. การเผาดิบ
- ง. การเผาดกแต่ง

8. การเผาดิบ (Biscuit Firing) ควรให้ความร้อนกับผลิตภัณฑ์ลักษณะใด

- ก. ให้อย่างรวดเร็ว
- ข. ให้แบบไม่ต่อเนื่อง
- ค. ให้ที่ละน้อยอย่างสม่ำเสมอ
- ง. ให้ที่ละมาก ๆ อย่างรวดเร็ว

9. อุณหภูมิของการเผาดิบจะอยู่ประมาณค่าใด

- ก. 150°ซ - 600°ซ
- ข. 300°ซ - 1100°ซ
- ค. 750°ซ - 800°ซ
- ง. 1190°ซ - 1310°ซ

10. การระเหยของน้ำออกจากเนื้อดินในระยะเริ่มต้นจะส่งผลเช่นไร

- ก. เนื้อดินแข็งกว่าเดิม เมื่อนำมาผสมน้ำจะกลับคืนสู่สภาพเดิม
- ข. เนื้อดินแข็งกว่าเดิม เมื่อนำมาผสมน้ำจะไม่กลับคืนสู่สภาพเดิม
- ค. เนื้อดินมีสภาพอ่อน เมื่อนำมาผสมน้ำจะกลับคืนสู่สภาพเดิม
- ง. เนื้อดินมีสภาพอ่อน เมื่อนำมาผสมน้ำจะไม่กลับคืนสู่สภาพเดิม

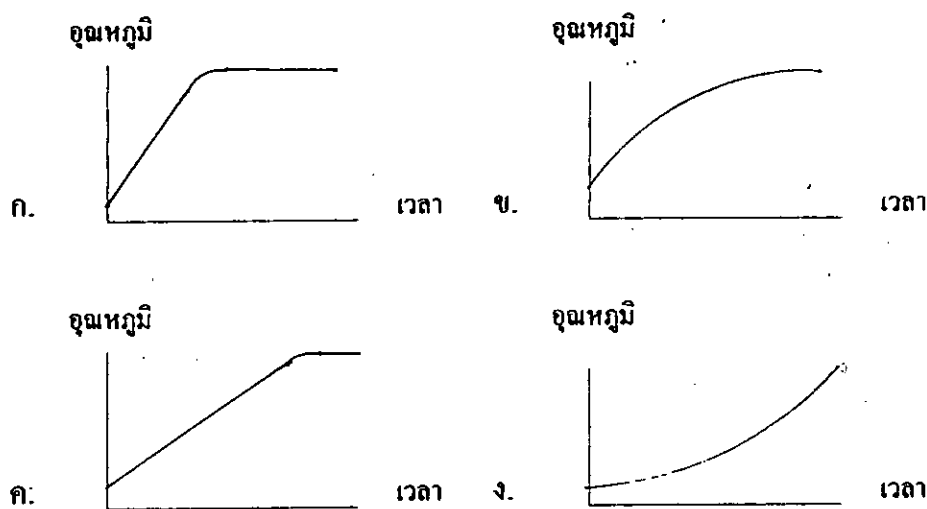
11. เศษไม้หรืออินทรีวัตถุในเนื้อดินจะถูกเผาไหม้หมดไปในช่วงอุณหภูมิใด

- ก. 100°ซ - 600°ซ
- ข. 350°ซ - 950°ซ
- ค. 900°ซ - 1230°ซ
- ง. 1230°ซ ขึ้นไป

12. ผลิตภัณฑ์หรือชิ้นงานทดลอง ควรนำเข้าสู่เตาเผาในลักษณะใด

- ก. ในสภาพความชื้นสูง
- ข. ในสภาพเนื้อดินแห้งสนิท
- ค. ในสภาพเนื้อดินหมาด ๆ
- ง. ในสภาพใดก็ได้

13. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับระยะเวลาในการเผา ควรเป็นอย่างไร



14. การวางผลิตภัณฑ์หรือชิ้นงาน ควรวางในตำแหน่งใดของเตาไฟฟ้า

- ก. กลางเตา
- ข. ติดกับผนังเตา
- ค. ห่างจากผนังเตา 1 ซม.
- ง. ห่างจากผนังเตาอย่างน้อย 2.5 ซม.

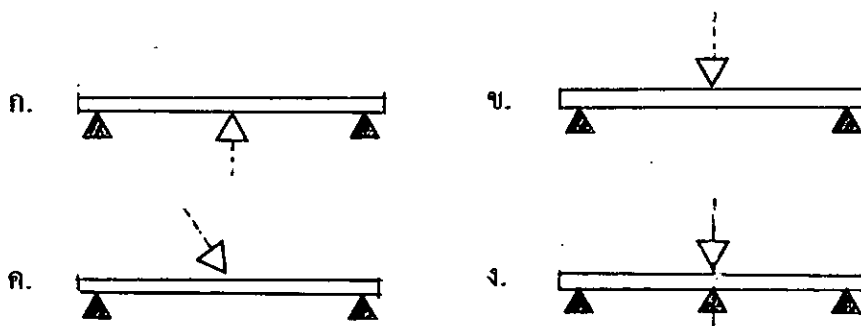
15. การวางผลิตภัณฑ์หรือชิ้นงานในเตาเผาเพื่อการเผาดี ควรวางอย่างไร

- ก. วางชิดกันได้
- ข. วางห่างกัน 1 ซม.
- ค. วางบนแผ่นรองผลิตภัณฑ์
- ง. วางโดยไม่ให้ซ้อนกัน

16. การทดสอบการหดตัวของเนื้อดิน (หลังการเผา) เป็นการทดสอบอะไร

- ก. ทดสอบความทนไฟ
- ข. ทดสอบความแข็งแรง
- ค. ทดสอบสีเพื่อใช้ทำผลิตภัณฑ์
- ง. หาคความเหมาะสมของดินในการทำผลิตภัณฑ์

17. การทดสอบการดูดซึมน้ำของเนื้อดิน (หลังการเผา) เป็นการทดสอบอะไร
- ทดสอบความทนไฟ
 - ทดสอบความแข็งแรง
 - ทดสอบสีเพื่อใช้ทำผลิตภัณฑ์
 - หาความเหมาะสมของดินในการทำผลิตภัณฑ์
18. การดูดซึมน้ำของผลิตภัณฑ์ (หลังการเผา) เช่น ภาชนะบรรจุของเหลว ควรใช้เกณฑ์เท่าไร
- 0 - 3 เปอร์เซนต์
 - 5 - 10 เปอร์เซนต์
 - 10 - 15 เปอร์เซนต์
 - 13 - 20 เปอร์เซนต์
19. ความแข็งแรงของเนื้อดิน (หลังการเผา) ควรอยู่ในเกณฑ์เท่าไร
- ไม่เกิน 9.1 กิโลกรัม / ตารางเซนติเมตร
 - 9.1 กิโลกรัม / ตารางเซนติเมตรขึ้นไป
 - ไม่เกิน 9.1 ปอนด์ / ตารางนิ้ว
 - 9.1 ปอนด์ / ตารางนิ้ว
20. ตำแหน่งของน้ำหนักกด (Load) เพื่อการทดสอบความแข็งแรงของดินควรใช้ตำแหน่งใด



กระดาษคำตอบ

การประเมินผล
ชุดการสอนหน่วยที่ 2

คะแนน	
เต็ม	20
ได้	

เรื่อง เตาเผาและการเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน

ชื่อ.....ชั้น.....
ทดสอบวันที่.....เดือน.....พ.ศ. 2540

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

ข้อ	ก	ข	ค	ง
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

เฉลย

คำตอบแบบประเมินผลก่อนการเรียนรู้หน่วยที่ 2

ข้อที่	คำตอบ
1	ง
2	ก
3	ค
4	ก
5	ง
6	ข
7	ค

ข้อที่	คำตอบ
8	ค
9	ค
10	ก
11	ข
12	ข
13	ค
14	ง

ข้อที่	คำตอบ
15	ก
16	ง
17	ง
18	ก
19	ข
20	ข

ตารางเทียบคะแนนเป็นเปอร์เซ็นต์ของแบบประเมินผลก่อนการเรียนรู้ ชุดการสอนหน่วยที่ 2

คะแนน ที่ได้	เทียบ เปอร์ เซ็นต์
1	5
2	10
3	15
4	20
5	25
6	30
7	35

คะแนน ที่ได้	เทียบ เปอร์ เซ็นต์
8	40
9	45
10	50
11	55
12	60
13	65
14	70

คะแนน ที่ได้	เทียบ เปอร์ เซ็นต์
15	75
16	80
17	85
18	90
19	95
20	100

กิจกรรมการสอน

(หน่วยที่ 2)

คำชี้แจง

1. กิจกรรม

กิจกรรมการเรียนรู้ในหน่วยที่ 2 เป็นเอกสารประกอบภาพและคำบรรยายในใบความรู้ รวมถึงของจริง เช่น ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์และแท่งทดลองก่อนการเผา และหลังการเผาที่ใช้สำหรับการทดสอบทางกายภาพของเนื้อดิน ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรม 2 กิจกรรมดังนี้

1.1 กิจกรรมภาคทฤษฎีประกอบด้วยใบความรู้เกี่ยวกับ

1.1.1 ความสำคัญของเตาเผาและการเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

1.1.2 ความแตกต่างของเตาเผาแต่ละชนิดของการใช้เชื้อเพลิง

1.1.3 เตาเผาอุณหภูมิสูง (เตาไฟฟ้า) และอุปกรณ์ทนความร้อนที่ใช้ในเตาเผา

1.2 กิจกรรมภาคปฏิบัติ ประกอบด้วย ใบงาน และการปฏิบัติตามใบงานเกี่ยวข้องกับ การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน (หลังการเผา) ทั้ง 3 ด้าน ดังต่อไปนี้

1.2.1 การหดตัว (Total Shrinkage) หลังการเผา

1.2.2 การดูดซึมน้ำ (Water Absorption) หลังการเผา

1.2.3 ความแข็งแรงของดิน (Modulus of Rupture) หลังการเผา

1.3 บันทึกผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน (หลังการเผา) ทั้ง 3 ด้านแล้ว ทำการคัดเลือกหาความเหมาะสมของสูตรดินที่มีความเหมาะสมต่อการทำผลิตภัณฑ์ เซรามิกส์

2. สื่อการเรียนรู้

สื่อการเรียนรู้ประกอบด้วย เอกสารประกอบคำบรรยาย รวมถึงตัวอย่างของจริงประกอบกับ สื่อการสอนที่ปรากฏตามแผนการสอนที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับเนื้อหาในชุดการสอนในหน่วยการเรียนรู้ การสอนนี้

3. คำแนะนำ

3.1 จดเว้นการขีดเขียนหรือทำเครื่องหมายใด ๆ ลงในเอกสารทุกหน้าของหน่วยการเรียนรู้ การสอนนี้

3.2 หากตรวจพบสื่อการเรียนการสอนใดชำรุดหรือไม่ชัดเจน ให้แจ้งต่อผู้สอนได้ทราบ เพื่อทำการเปลี่ยนให้ใหม่

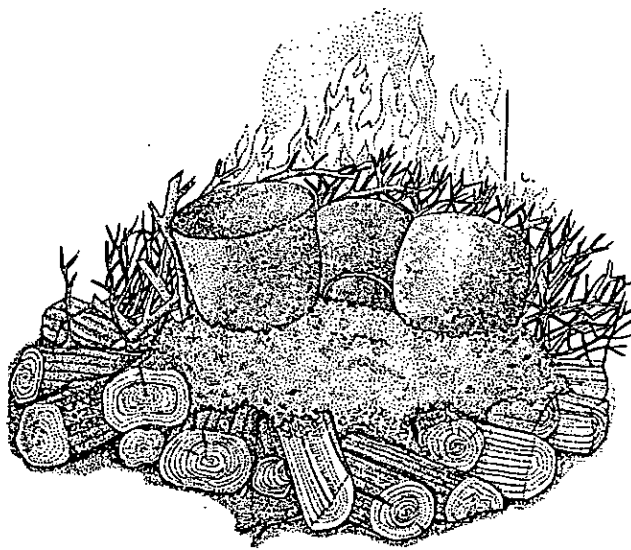
3.3 เก็บรักษาสื่อ อุปกรณ์และตัวอย่างของจริงให้อยู่ในสภาพเรียบร้อย

ชุดการสอนภาคทฤษฎี

(หน่วยที่ 2)

ใบความรู้

เรื่อง เตาเผาและการเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์, การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน	
วิชา วิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ	ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
ครั้งที่ 1	จำนวน 3 คาบ (ภาคฤดูร้อน)

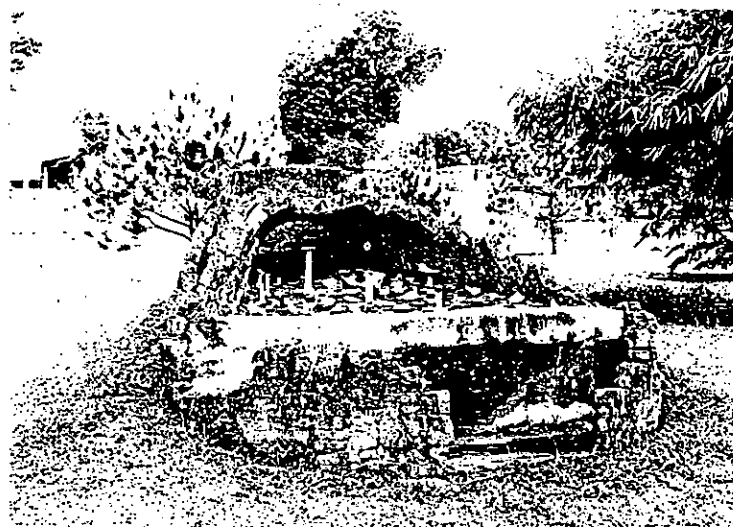


เตาเผาและการเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

เตาเผา (Kiln) เป็นสิ่งที่จำเป็นและสำคัญอย่างยิ่งในการให้ความร้อน, ควบคุมความร้อน และกระจายความร้อน จะต้องมีการศึกษาออกแบบให้ถูกต้องตามหลักวิชาการ สามารถเผาได้ อุณหภูมิสูง ประหยัดและปลอดภัย ซึ่งกล่าวได้ว่าความสำเร็จทั้งหลายจะขึ้นอยู่กับเตาเผาเป็นสำคัญ

ในระยะแรก การทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์และเครื่องปั้นดินเผาอาศัยการผึ่งแดดเพื่อให้ดิน แข็งตัว ครั้นต่อมานุษยได้ค้นพบว่าดินที่ถูกความร้อนโดยการเผาทำให้มีลักษณะแข็ง และคงทน ดีกว่า จึงได้นำความคิดดังกล่าวมาใช้โดยนำเอาผลิตภัณฑ์ดินที่ขึ้นรูปแล้วไปเผาไฟเพื่อให้แข็งและ ทนทานขึ้น โดยในยุคแรก ๆ ใช้วิธีการนำผลิตภัณฑ์กองลงบนพื้น แล้วนำเศษหญ้า กิ่งไม้ ใบไม้ มาสุมกองบนผลิตภัณฑ์ แล้วใช้ไฟเผาทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงขึ้น คุณภาพค่อนข้างดี ความรู้ เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ได้มีพัฒนาการมาเป็นลำดับ จนกระทั่งมนุษย์เรามีความสามารถควบคุมความร้อนได้เป็นครั้งแรก ด้วยการขุดหลุม ขุดอุโมง ซึ่งทำให้สามารถเผาผลิตภัณฑ์ได้เป็นจำนวนมาก ในอุณหภูมิสูงได้คุณภาพดีกว่าแต่ก่อน และยังได้มีพัฒนาการค้นคิดคิดแปลงมาตามลำดับ

ครั้นต่อมานุษยมีความรู้และความเข้าใจมากขึ้น รู้จักการทำอิฐและผลิตอิฐทนความร้อน ได้ มีคุณภาพดี จึงได้มีการออกแบบสร้างเตาเผาขึ้น ตลอดจนการใช้เชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ รวมถึง การควบคุมอุณหภูมิในการเผาและสามารถเผาได้อุณหภูมิสูงได้ตามต้องการ

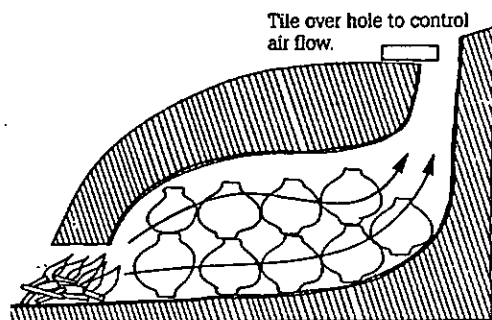


การจำแนกเตาเผาตามลักษณะการใช้เชื้อเพลิง

เตาเผาสามารถจำแนกได้หลายลักษณะ เช่น จำแนกตามวิธีการเผา ลักษณะการเดินลมร้อน ลักษณะของเปลวไฟ ลักษณะของการใช้เชื้อเพลิง ลักษณะของผลิตภัณฑ์ และจำแนกตามรูปร่าง ลักษณะของเตาเผา แต่ที่จะกล่าวถึงโดยให้ความเหมาะสมกับเนื้อหาและระดับการศึกษาของผู้เรียน ที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจ โดยจะกล่าวถึงเฉพาะการจำแนกตามลักษณะของการใช้เชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผา ได้แก่

1. เตาฟืน (Wood Firing Kiln)
2. เตาถ่านหิน (Coal Firing Kiln)
3. เตาน้ำมัน (Oil Firing Kiln)
4. เตาแก๊ส (Gas Firing Kiln)
5. เตาไฟฟ้า (Electric Firing Kiln)

เนื่องจากเตาเผามีมากมายหลายชนิด ดังนั้นการเลือกใช้เตาเผาให้มีความเหมาะสมกับการศึกษาและสถานศึกษา เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ตรงตามวัตถุประสงค์จึงจำเป็นอย่างยิ่ง ได้แก่ เตาแก๊ส และเตาไฟฟ้า ซึ่งในความสะดวกปลอดภัยและง่ายต่อการใช้ในการบำรุงรักษา ในสถานศึกษา จึงเหมาะสมกับการใช้เตาไฟฟ้าด้วยเหตุผลดังกล่าว นอกจากนั้นยังมีเตาที่ใช้ในสถานศึกษาดังรายละเอียดต่อไปนี้



เตาใช้ฟืน

เตาแบบพื้นเมือง (เผากลางแจ้ง)



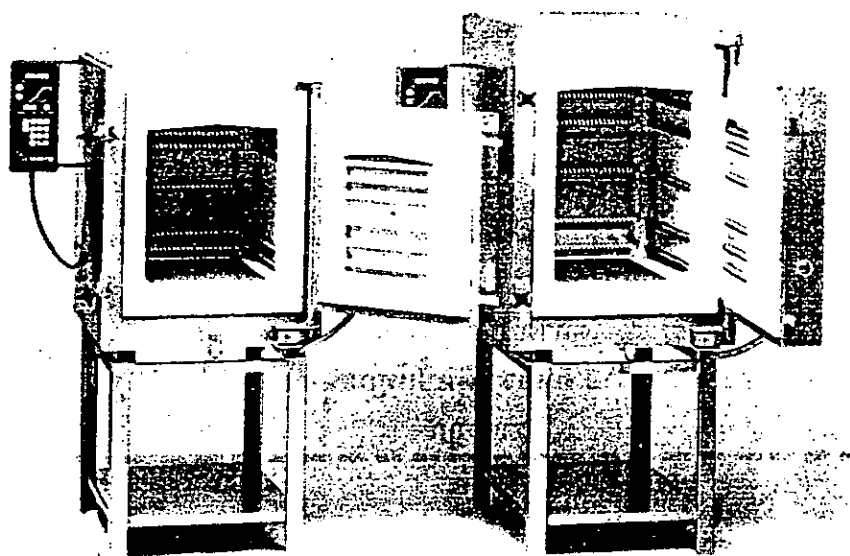
เตาฟืน (Wood Firing Kiln)

เป็นเตาเผาที่ใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งเป็นเตาเผาในยุคแรก ๆ และมีการพัฒนาต่อมากระทั่งปัจจุบันยังมีการใช้เตาเผาประเภทนี้อยู่ในปัจจุบัน ซึ่งสามารถเผาได้อุณหภูมิสูง โดยเฉพาะขี้เถ้าสามารถถ่ายเทได้สะดวก ซึ่งประเทศไทยได้ชื่อว่าเป็นประเภทที่มีผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาที่มีชื่อเสียง ได้แก่ เครื่องสังคโลก ที่ทำขึ้นในสมัยสุโขทัย โดยได้ทำการผลิตจากเตาเผาที่เรียกว่า “เตาทุเรียง” โดยเตาเผามีลักษณะเป็นเตาอน สร้างบนเนินดิน สามารถให้ความร้อนได้สูง การเผาเป็นลักษณะการเผาแบบบรรยากาศไม่สมบูรณ์ (Reduction Firing) ซึ่งเตาเผาในประเทศไทยมีการทำงานเหมือนกันอย่างหนึ่งคือมีการระบายความร้อนตามแนวนอนและเอียงขึ้น ประมาณ 15 องศา โดยมีส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วนคือ

1. ห้องบรรจุเชื้อเพลิง (Fire Box) จะอยู่ในระดับต่ำกว่าส่วนอื่นของเตา เป็นห้องเตาเชื้อเพลิง ให้ความร้อนที่ได้จากการสันดาป การเผาไหม้ไม่หมดจด จึงทำให้เกิดควัน ซึ่งเป็นการเผาในบรรยากาศไม่สมบูรณ์ (Reduction Firing)

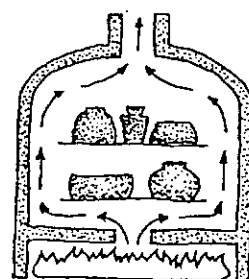
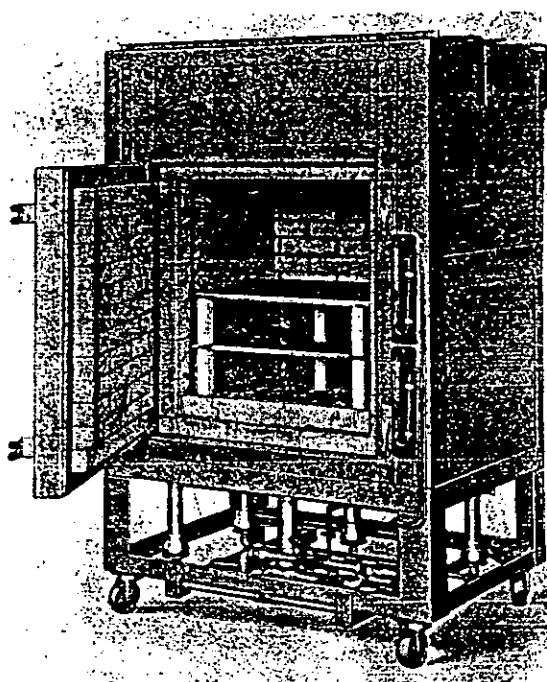
2. ห้องเผาภาชนะ (Firing Chamber) ส่วนนี้จะถูกยกให้สูงกว่าระดับของห้องเชื้อเพลิงเล็กน้อย และมีพื้นเอียงประมาณ 15 องศา ให้ความร้อนไหลผ่านได้สะดวกในส่วนของพื้นรองรับภาชนะหรือผลิตภัณฑ์ของห้องเผาจะปูพื้นด้วยทราย

3. ปล่องไฟ (Chimney) เป็นช่องระบายควันไฟ โดยทำเป็นปล่องทรงกลม ทรงรี และรูปสี่เหลี่ยม ส่วนของหลังคาจะทำการก่ออิฐโค้งเข้ามาชนกันในลักษณะโค้ง ซึ่งเรียกการก่ออิฐเทคนิครูปโค้ง (Arch System)

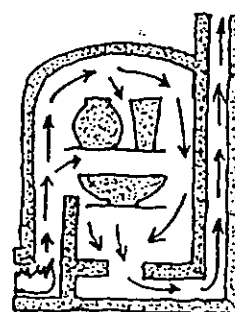


เตาไฟฟ้า (Electric Kiln)

เตาไฟฟ้า เป็นเตาที่มีความนิยมแพร่หลายในสถานศึกษาและวงการอุตสาหกรรม เนื่องจากมีความสะดวกในการเผาได้ผลแน่นอน การควบคุมอุณหภูมิสามารถทำได้ดี มีความปลอดภัยสูง ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูง แต่เมื่อทำการเปรียบเทียบกับค่ากระแสไฟฟ้าซึ่งในแต่ละครั้งจะมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงกว่าเตาเผาชนิดอื่น ในขณะเดียวกันเตาเผาไฟฟ้าเป็นเตาเผาที่สามารถเผาในลักษณะบรรยากาศสุมบูรณ์ (Oxidation Firing) การเผาได้สะอาดที่สุด สามารถตั้งให้อุณหภูมิจากต่ำไปหาสูงได้ ได้ตามเวลาที่กำหนด ซึ่งแตกต่างจากเตาเผาชนิดอื่นเพราะเตาเผาชนิดอื่นได้พลังงานความร้อนที่เกิดจากการสันดาปที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีในการเผาไหม้ ส่วนเตาเผาไฟฟ้าได้รับความร้อนจากคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของขดลวดความต้านทานจะให้พลังงานความร้อน โดยการแผ่รังสีความร้อนออกมาจากความร้อนขดลวดความร้อนนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานกระแสไฟฟ้า เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านจะทำให้เกิดปริมาณความร้อน ปริมาณจะมากหรือน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับขนาดและชนิดของขดลวดรวมถึงขนาดของเตา โดยเฉพาะอิฐทนไฟ ฉนวนป้องกันความร้อนจากคุณสมบัติดังกล่าว เตาเผาไฟฟ้าจึงไม่จำเป็นต้องมีปล่องระบายควันไฟ และสามารถสร้างได้หลายรูปแบบเช่น สี่เหลี่ยม หกเหลี่ยม ทรงกระบอก มีทั้งชนิดฝาเปิดด้านบนและฝาเปิดด้านหน้า ความจุภายในเตาเผามีตั้งแต่ 1 ลูกบาศก์ฟุต จนถึงหลายลูกบาศก์ฟุต สามารถสร้างทั้งชนิดที่ใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้า 220 โวลต์ ชนิด Single Phase และ 380 โวลต์ ชนิด Three Phase สามารถเผาได้ทั้งแบบเผาดิบ และเผาเคลือบ ในส่วนของระยะเวลาที่ใช้ในการเผาจะขึ้นอยู่กับจำนวนของผลิตภัณฑ์และขนาดของห้องเผาที่มีความสัมพันธ์กัน



เตาชนิดทางเดินลมร้อนขึ้น



เตาชนิดทางเดินลมร้อนลง

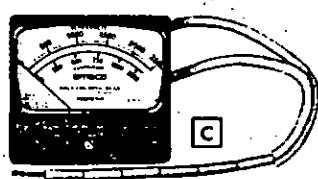
เตาแก๊ส (Gas Kiln)

เตาแก๊สในปัจจุบันนับว่าเป็นเตาเผาที่ค่อนข้างสะอาด เเผาให้อุณหภูมิสูง มีความสะดวกต่อการใช้งาน ประหยัดเชื้อเพลิง เป็นเตาเผาแบบบรรยากาศไม่สมบูรณ์ (Reduction Firing) โดยมีการสร้างเตาแก๊สเป็น 2 ลักษณะคือ

1. เตาแก๊สชนิดทางลมร้อนขึ้น (Up Draught Kiln)
2. เตาแก๊สชนิดทางลมร้อนลง (Down Draught Kiln)

1. เตาแก๊สชนิดทางลมร้อนขึ้น (Up Draught Kiln) เป็นเตาที่ไม่มีปล่องไฟ แต่มีช่องระบายความร้อนแทนปล่องไฟอยู่ในตอนบนของเตา ด้านล่างเตาให้ความร้อนผ่านแผ่นรองเตาชนิดทนไฟสูง โดยเปลวไฟไม่สัมผัสกับผลิตภัณฑ์ ซึ่งแผ่นรองจะทำหน้าที่เป็นตัวนำความร้อนที่ดีรับน้ำหนักและเฉลี่ยความร้อนให้ทั่วทั้งเตา ขนาดของเตาไม่ใหญ่มากนัก เป็นเตาที่สามารถใช้กับการทดลองได้ดี

2. เตาแก๊สชนิดทางลมร้อนลง (Down Draught Kiln) เป็นเตาเผาที่ขนาดใหญ่ ใช้เผาผลิตภัณฑ์ในจำนวนมาก เตาเผาชนิดนี้จะต้องสร้างให้มีปล่องไฟ ซึ่งจะช่วยให้การเผาไหม้หรือการสันดาปได้ดี ซึ่งการก่อสร้างเตาเผาชนิดนี้จะเป็นเตาที่ถาวร โครงสร้างขนาดใหญ่มีฐานรากแข็งแรง การบรรจุผลิตภัณฑ์จำเป็นต้องใช้รถ (Kiln Car) ทำให้สะดวกและคล่องตัวสูง

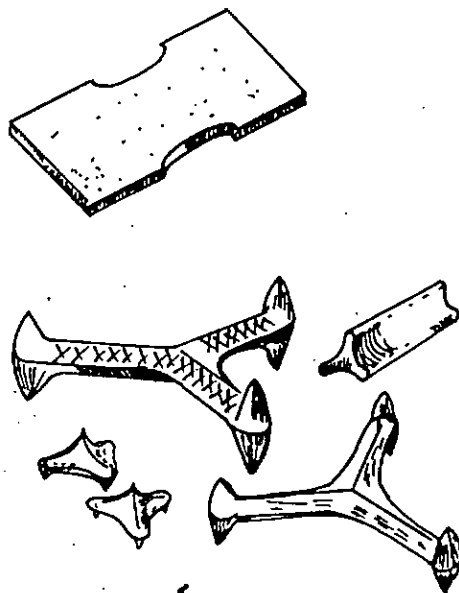


เครื่องบันทึกอุณหภูมิ



ขาตั้งขนาดต่าง ๆ (Posts)

ชั้นรองเตา (Shelf)

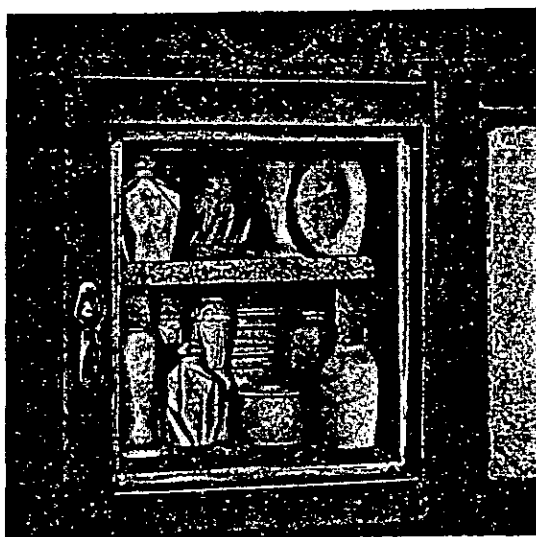


ขารองผลิตภัณฑ์ (Stilts)

อุปกรณ์ทนความร้อนที่ใช้ในเตาเผา

ในการเผาผลิตภัณฑ์ให้บรรลุวัตถุประสงค์ จำเป็นต้องผ่านกระบวนการเผา โดยมีขั้นตอนของการเผาในครั้งแรกเรียกว่า การเผาดิบ (Biscuit Firing) การเผาครั้งที่สอง เรียกว่าการเผาเคลือบ (Glost Firing) ส่วนในการเผาครั้งที่สาม จะเป็นการเผาเพื่อการตกแต่งสีบนเคลือบ (Over Glaze Decoration Firing) เพื่อให้เกิดความสวยงามโดยใช้สีบนเคลือบ ซึ่งในการเผาผลิตภัณฑ์จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์เพื่ออำนวยความสะดวกและควบคุมการเผาที่จำเป็นในเตาเผา (เตาไฟฟ้า) ดังต่อไปนี้

1. เครื่องวัดอุณหภูมิชนิด Pyrometer Thermocouple โดยเฉพาะในเตาเผา ประกอบด้วยเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) และหน้าปัดบอกอุณหภูมิต่ำสุดถึงสูงสุดได้
2. สะพานไฟ (Switch) ใช้ชนิดพิเศษให้ความปลอดภัยสูง เปิด-ปิด ได้สะดวก มีเครื่องหมาย ON-OFF โดยสามารถทนกระแสได้ตามความเหมาะสมของขนาดเตา
3. ชั้นรองเตา (Shelf) ทำหน้าที่รองผลิตภัณฑ์ในเตาเผาทนความร้อนได้สูงทำด้วยซิลิกอนคาร์ไบด์ (Silicon Carbide) ส่วนคุณภาพรองลงมาคือ แผ่นคอร์เดียไลท์ (Cordialite)
4. ขารองเตา (Post) โดยปกติชั้นรองจำเป็นต้องมีขารองรับแผ่นทนความร้อนและรับน้ำหนักได้มาก มีขนาดสูงต่ำที่ต่างกันตามความเหมาะสมของผลิตภัณฑ์



การจัดวางเผาดิบ

การเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

การเผาดิบ (Biscuit Firing)

การเผาดิบมีจุดประสงค์เพื่อให้ผลิตภัณฑ์และชิ้นงานมีความแข็งแรงในเชิงกล(Mechanical Strength) ให้คงรูป ตลอดจนสีของเนื้อดินเพื่อการตรวจสอบสภาพของเนื้อดินว่ามีการแตกร้าวหรือชำรุดหรือไม่ก่อนนำไปทำการเผาเคลือบ ซึ่งการเผาดิบจะเป็นการให้ความร้อนและการเปลี่ยนแปลงปริมาณความร้อนที่ละน้อยอย่างสม่ำเสมอ ไม่รวดเร็วจนเกินไป ซึ่งอาจส่งผลให้ชิ้นงานเสียหายได้ โดยเฉพาะชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่ โดยอุณหภูมิในการเผาดิบจะอยู่ในช่วงประมาณ 750°C ถึง 800°C เวลาที่ใช้ในการเผาประมาณ 8-10 ชั่วโมง แต่ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับจำนวนของผลิตภัณฑ์และขนาดปริมาตรภายในของเตาดับ เมื่อผ่านกระบวนการเผาดิบได้ถึงอุณหภูมิที่กำหนดแล้ว ควรยุติการให้ความร้อน แล้วปล่อยให้เตาดับความร้อนอย่างช้า ๆ จนกระทั่งเข้าสู่สภาวะอุณหภูมิปกติ จนกระทั่งเย็น ขึ้นอยู่กับขนาดของเตาดับเช่นกัน

การเผาดิบนี้จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีการหดตัวแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ผสมอยู่ภายในเนื้อดิน บางครั้งอาจหดตัวเพียงร้อยละ 6-7 และถ้าเผาถึงจุดสุกตัวจะมีการหดตัวประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยปรากฏการณ์ของการระเหยของน้ำภายในเนื้อดิน แบ่งออกเป็น 3 ระยะดังนี้

1. Dehydration Period แบ่งได้ 2 ระยะคือ

1.1 Mechanical Dehydration หรือ Water Smoking เริ่มตั้งแต่อุณหภูมิ 20°C ถึง 150°C ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นคือ น้ำที่ผสมอยู่ในเนื้อดิน เริ่มระเหยออกมาในสภาพเป็นไอจนดินแห้งสนิท เนื้อดินจะมีสภาพแข็งกว่าเดิม ถ้าหยุดให้ความร้อนแล้วนำดินมาผสมกับน้ำอีกครั้งหนึ่ง จะทำให้ดินอ่อนตัว และมีความเหนียวเหมือนเดิม

1.2 Chemical Dehydration หรือ Chemical Water Smoking โดยเริ่มตั้งแต่อุณหภูมิ 150°ซ ถึง 600° ซ ถ้าให้ความร้อนแก่ดินต่อจากระยะแรก โมเลกุลของดินจะแตกน้ำในโมเลกุลจะระเหยออกมาคงเหลือดินอยู่ในรูปของ Meta Kaolin ($Al_2O_3 \cdot 2 SiO_2$) ถ้าหยุดการเผาแล้วนำดินไปผสมกับน้ำอีก เนื้อดินจะยังคงสภาพแข็ง ไม่มีความเหนียวอีกต่อไป

2. Oxidation Period เริ่มตั้งแต่อุณหภูมิ 350° ซ ถึง 950° ซ ซึ่งในระยะนี้ สิ่งที่ปะปนมากับเนื้อดิน เช่น เศษไม้ อินทรีวัตถุ จะถูกเผาไหม้หมดไป

3. Vittrification Period เริ่มตั้งแต่ 900°ซ ในระยะเริ่มของการเผาที่จะทำให้เกิดสิ่งต่อไปนี้

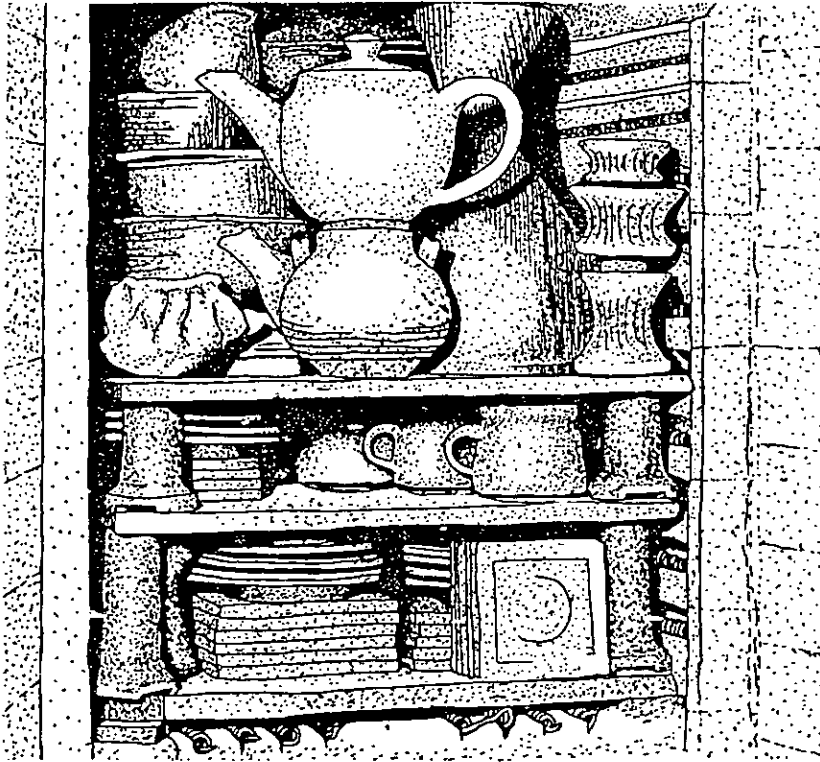
3.1 ส่วนผสมในเนื้อดินบางชนิดเริ่มหลอมละลาย

3.2 ส่วนที่หลอมละลายจะพยายามหลอมละลายส่วนที่ยังไม่ยอมหลอมละลายให้เป็นเนื้อเดียวกัน

3.3 ส่วนที่หลอมละลายจะไหลไปอุดช่องว่างทำให้เนื้อดินแน่นขึ้น

คุณสมบัติที่เปลี่ยนแปลงไป	ระยะในการเผาและช่วงอุณหภูมิ		
	Delrydration 20° ซ - 600° ซ	Oxidation 350° ซ - 950° ซ	Vittrification 900° ขึ้นไป
สี	สีอ่อนลง	1. ดินที่มีออกไซด์ของเหล็กจะมีสีเข้มขึ้น ดินที่มีสิ่งปะปนจำพวกคาร์บอนจะมีสีอ่อนลง	สีเข้มขึ้น
ความพรุนตัว	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น	ลดลง
การหดตัว	เพิ่มขึ้น	ขยายตัวเล็กน้อย	เพิ่มขึ้น
น้ำหนัก	ลดลง	ลดลง	เกือบคงที่ (หลัง 100° ซ)
ความแข็งแรง	เพิ่ม	ลดลงเล็กน้อย	เพิ่ม

ตารางแสดงคุณสมบัติของดินที่เปลี่ยนแปลงไปในการเผาระยะต่าง ๆ



การบรรจุผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผา (เพื่อการเผาดิบ)

การคัดเลือกผลิตภัณฑ์

1. ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการขึ้นรูป จากเนื้อดินประเภทเดียวกัน และมีจุดศูนย์กลางที่เท่ากันหรือใกล้เคียงกัน
2. ผลิตภัณฑ์ต้องแห้งสนิท สามารถตรวจสอบได้โดยการสัมผัสกับผลิตภัณฑ์หรือชิ้นงาน แล้วรู้สึกว่าย่น แสดงว่าผลิตภัณฑ์นั้นยังไม่แห้งดี
3. ผลิตภัณฑ์มีรอยแตกร้าว สังเกตได้ด้วยตา ส่วนการแตกร้าวภายในสามารถทดสอบได้โดยการเคาะเบา ๆ ถ้ามีเสียงไม่แน่น ไม่ควรนำไปชุบเคลือบ

การบรรจุผลิตภัณฑ์ลงในเตาเผา

1. จัดวางผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่และแข็งแรงไว้ด้านล่าง
2. วางชิ้นงานห่างจากลวดความร้อนอย่างน้อยที่สุด ประมาณ 2.5 ซม.
3. วางแ่งและมุมของผลิตภัณฑ์อย่าให้ตรงกันเพราะเมื่อผลิตภัณฑ์ขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน อาจทำให้ดันกันจนแตกชำรุดขณะเผาได้

ในการเผาดิบ (Biscuit Firing) ผลิตภัณฑ์ที่นำเข้าเตาเผาไม่มีความจำเป็นจะต้องใช้बारองและชั้นรองผลิตภัณฑ์ เพราะอุณหภูมิที่ทำการเผาไม่อาจทำให้ผลิตภัณฑ์หลอมละลายติดกันได้ ยกเว้นการเผาเคลือบจึงจำเป็นต้องใช้เพราะอาจทำให้น้ำเคลือบละลายเข้าหากันได้

การดำเนินการเผาและการนำผลิตภัณฑ์ออกจากเตาเผา

การดำเนินการเผา (เตาไฟฟ้า)

1. ตรวจสอบการวางผลิตภัณฑ์ภายในเตาว่าวางถูกต้องหรือไม่ ควรคำนึงถึงการวางที่ไม่แออัดจนเกินไป
2. เริ่มทำการอุ่นเตาขณะเผาผลิตภัณฑ์ โดยแง้มฝาเตาไว้เล็กน้อยเพื่อให้ความชื้นถูกขับออกจากชิ้นงานอย่างช้า ๆ ใช้เวลาประมาณ 2-3 ชั่วโมง (ขึ้นอยู่กับปริมาณผลิตภัณฑ์ และขนาดปริมาณภายในของเตา)
3. หลังจากผ่านขั้นตอนการอุ่นเตาแล้วควรเปิดเตาเพื่อให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น จนกระทั่งถึงอุณหภูมิของการเผา 750°ซ ถึง 800°ซ แล้วจึงยุติการเผาด้วยการตัดกระแสไฟด้วยสะพานไฟ (Switch)
4. ปลดปล่อยให้เตาคายความร้อนอย่างช้า ๆ จนกระทั่งเย็น เพื่อป้องกันการหดตัวของชิ้นงานเร็วเกินไป อาจทำให้แตกร้าวได้

การนำผลิตภัณฑ์ออกจากเตาเผา

1. ตรวจสอบว่าอุณหภูมิของเตาอยู่ในสถานะปกติ
2. ทำการเปิดฝาเตาอย่างระมัดระวัง โดยเฉพาะฝาเตาประเภทเปิดด้านบน
3. นำผลิตภัณฑ์ออกจากเตาเผาอย่างระมัดระวัง ตามลำดับจากชิ้นงานด้านบนลงจนด้านล่าง
4. คัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพเพื่อการเคลือบและเผาเคลือบต่อไป

ชุดการสอนภาคปฏิบัติ

(หน่วยที่ 2)

ใบงาน 1

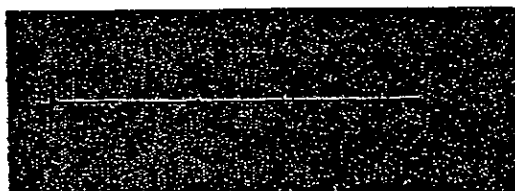
เรื่อง การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน

วิชา วิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ

ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ครั้งที่ 2 (หน่วยการเรียนรู้ที่ 2)

จำนวน 6 คาบ (ภาคปฏิบัติ)



ก่อนการเผา



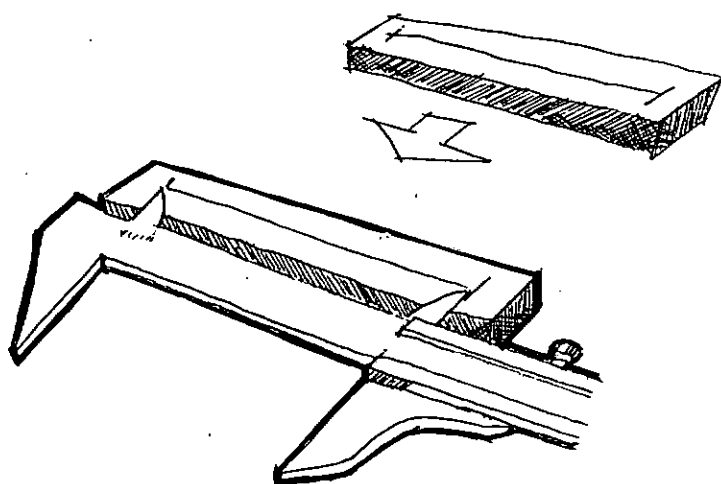
หลังการเผา

ภาพแสดงความหดตัวของเนื้อดิน

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน ซึ่งเป็นกระบวนการที่สำคัญมาก สามารถทำให้จำแนกได้ว่าดินชนิดใดจากแหล่งใด และสัดส่วนในการผสมกับวัตถุอื่นในปริมาณเท่าใด จึงจะเหมาะสมกับการทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

1. การหดตัว (Total Shrinkage) คุณสมบัติด้านการหดตัวของเนื้อดิน มีความสำคัญมาก เพราะการหดตัวของดินย่อมส่งผลต่อผลิตภัณฑ์อาจทำให้แตกร้าวและเสียหายได้ ดังนั้นการหดตัวควรดำเนินไปอย่างช้า ๆ สม่ำเสมอทั่วทั้งผลิตภัณฑ์ โดยการหดตัวสืบเนื่องมาจากน้ำที่อยู่รอบ ๆ เนื้อดินระเหยออกไป ทำให้เนื้อดินแห้งและหดตัว โดยดินเหนียวที่มีเนื้อดินละเอียด จะมีการหดตัวน้อยกว่าเนื้อดินหยาบ ซึ่งมีการหดตัวอยู่ 2 ระยะคือ การหดตัวหลังจากการผึ่งให้แห้ง (Drying Shrinkage) และการหดตัวหลังการเผา (Firing Shrinkage) ร้อยละของการหดตัวหลังการเผามีความสำคัญต่อการวิเคราะห์ผลในการนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์ทางเซรามิกส์ ซึ่งร้อยละของการหดตัวหลังการเผา ควรอยู่ในเกณฑ์ร้อยละ 13-20



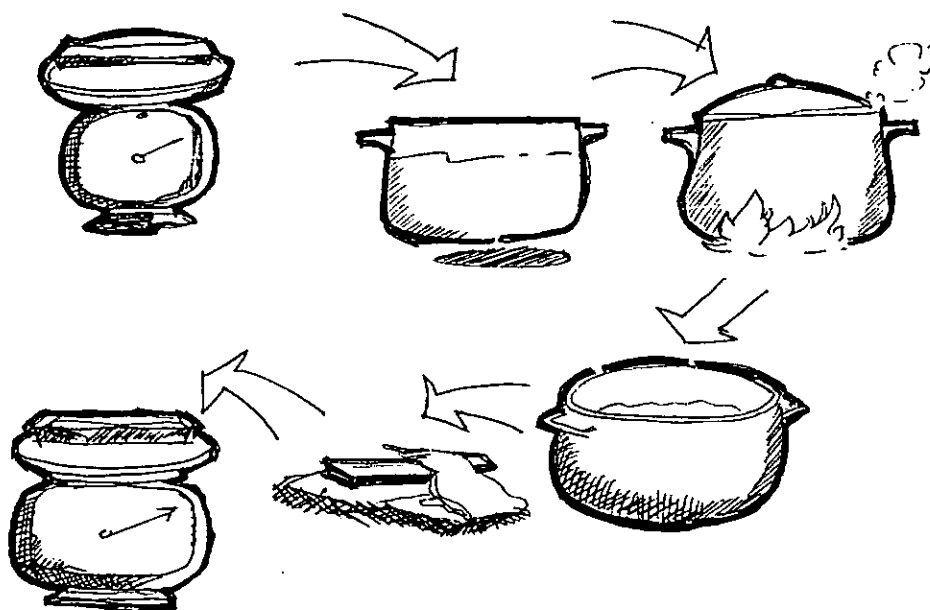
วิธีการทดสอบความหดตัวของดิน (Total Shrinkage)

1. นำดินที่ได้จัดเตรียมไว้โดยผ่านการทำเป็นแท่งทดสอบไปผึ่งให้แห้ง แล้ววัดความยาวแล้วทำการจดบันทึกไว้ (แท่งดินทดสอบ ควรมีเครื่องหมายแสดงตำแหน่งที่บ่งบอกให้เห็นว่ามาจากสูตรดินหลายเลขที่เท่าใด)
2. นำแท่งดินไปเผาตามอุณหภูมิของการเผาดิบที่กำหนด
3. วัดความยาวของแท่งทดสอบหลังการเผาแล้วจดบันทึกไว้
4. นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของการหดตัวของดิน โดยใช้สูตรดังนี้
(Rhodes, 1972 : 200)

$$\text{เปอร์เซ็นต์การหดตัวของดินแห้ง} = \frac{\text{ความยาวของดินเปียก} - \text{ความยาวของดินแห้ง}}{\text{ความยาวของดินเปียก}} \times 100$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์การหดตัวของดินเผาแล้ว} = \frac{\text{ความยาวของดินแห้ง} - \text{ความยาวของดินเผาแล้ว}}{\text{ความยาวของดินแห้ง}} \times 100$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์การหดตัวของดิน} = \frac{\text{ความยาวของดินเปียก} - \text{ความยาวของดินเผาแล้ว}}{\text{ความยาวของดินเปียก}} \times 100$$



ความดูดซึมน้ำ (Water Absorption) การทดสอบหาเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำจะทำให้ทราบถึงความแตกต่างของดิน ดินที่มีการดูดซึมน้ำสูงจะมีจุดหลอมละลายสูง ซึ่งการดูดซึมน้ำควรอยู่ระหว่าง 0-3 เปอร์เซ็นต์ ทำให้สามารถเลือกดินที่มีความเหมาะสมต่อการผลิต ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

วิธีทดสอบการดูดซึมน้ำ

1. นำแท่งทดลองที่ผ่านการเผาแล้วมาชั่งน้ำหนักแล้วจบบันทึกไว้
2. นำแท่งทดลองไปต้มในน้ำร้อนจนกระทั่งเดือดจึงเริ่มจับเวลาแล้วต้มต่อไปอีก 2

ชั่วโมง แล้วยุติการให้ความร้อนแก่หม้อต้ม

3. ทิ้งแท่งทดลองไว้ในหม้อต้มอีก 24 ชั่วโมง

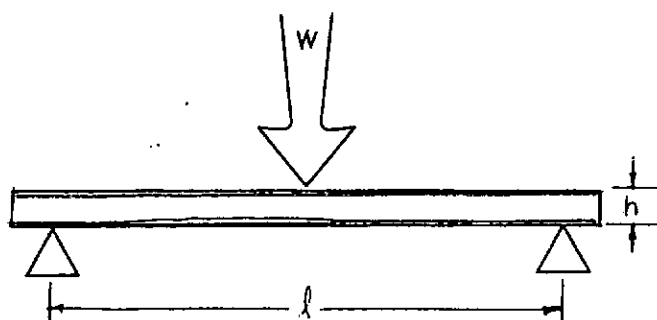
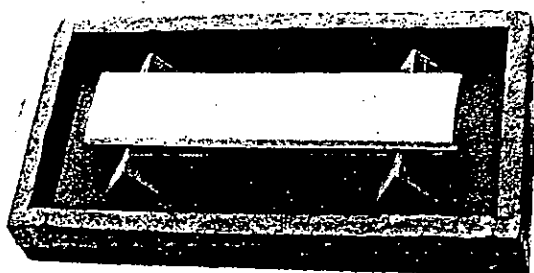
4. นำแท่งทดลองมาเช็ดน้ำออกด้วยผ้า แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก จบบันทึกไว้ นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณด้วยสูตรดังต่อไปนี้ (Rhodes. 1972 : 200)

$$A = \frac{w - D}{D} \times 100$$

โดย A = เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ

w = น้ำหนักดินที่อิ่มตัว

D = น้ำหนักดินที่แห้ง



ความแข็งแรงของดิน (Modulus of Rupture) ความแข็งแรงของดินเป็นคุณสมบัติที่แสดงถึงความทนทานต่อแรงกระทบหรือแรงกดที่กระทำต่อดินที่ขึ้นรูปแล้ว (สามารถทดสอบได้กับเนื้อดินที่ผ่านการผึ่งแห้งและหลังการเผา) โดยดินที่ผ่านการผึ่งแห้ง และผ่านการเผาจะมีความแข็งแรงมากต่อแรงที่มากกระทำ โดยสากลถือว่าเนื้อดินจะต้องมีค่าความแข็งแรงตั้งแต่ 9.1 ถึง 682 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

วิธีทดสอบความแข็งแรงของดิน

1. นำดินที่นวดแล้วมาทำแท่งทดลองด้วยวิธีการอัดลงในพิมพ์รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีความกว้าง ยาว และหนาตามที่กำหนด
2. นำแท่งทดลองไปผึ่งให้แห้ง แล้วนำไปอบให้แห้งสนิทที่อุณหภูมิ 110°C
3. นำแท่งทดลองไปทดสอบ ความแข็งแรงของดินก่อนการเผา
4. นำแท่งทดลองไปผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 800°C
5. นำแท่งทดลองไปอัดให้หักโดยเครื่องมือทดสอบ
6. บันทึกแรงกดที่ทำให้แท่งทดลองหัก แล้วนำไปคำนวณหาความแข็งแรงจากสูตรดังต่อไปนี้ (Singer. 1963 : 337)

$$R = \frac{3wl}{2bh^2}$$

โดย R = ค่าความแข็งแรงของดิน (ก.ก./ ซม^2)

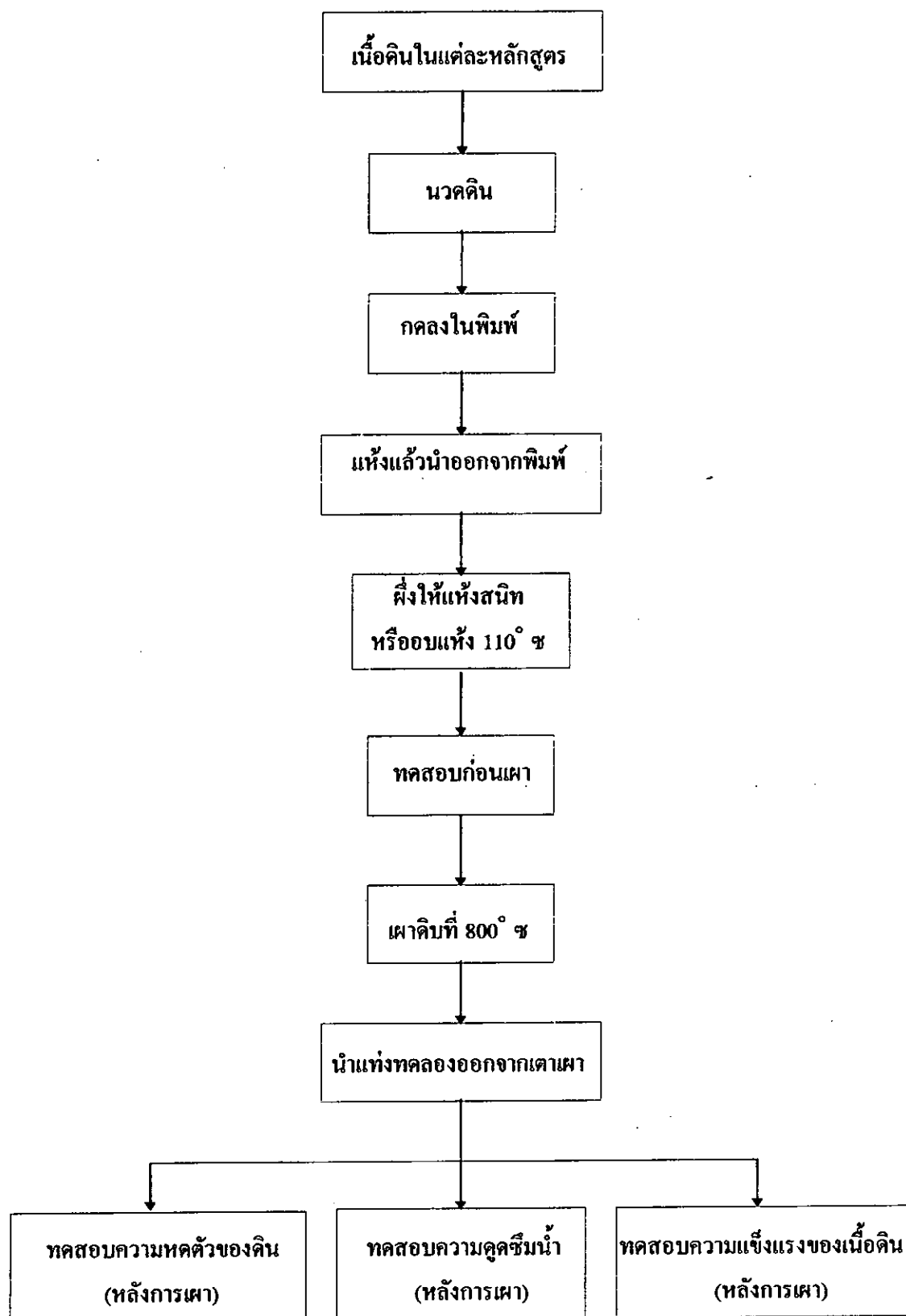
w = แรงกดที่ทำให้แท่งทดลองหัก (ก.ก.)

l = ระยะห่างของแท่นรองรับแท่งทดลอง (ซม.)

b = ความกว้างของแท่งทดลอง (ซม.)

h = ความหนาของแท่งทดลอง (ซม.)

แผนภูมิแสดงลำดับขั้นตอนการทำแท่งทดลอง



ใบงาน 2	
เรื่อง การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน	
วิชา วิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ	ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
ครั้งที่ 2 (หน่วยที่ 2)	จำนวน 6 คาบ (ภาคปฏิบัติ)

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	วัสดุอุปกรณ์
1. แบ่งผู้เรียนออกกลุ่ม ๆ ละ 2 คน	1. เนื้อดินที่ผ่านการผสมในแต่ละสูตรที่ผ่านการขึ้นรูปทำแท่งทดลองแล้ว
2. ให้ผู้เรียนศึกษาใบความรู้และทำความเข้าใจโดยละเอียด	2. เบ้าอัดแท่งทดสอบ
3. ให้ผู้เรียนสังเกตการสาคตัวลำดับขั้นของการใช้เตาเผาอุณหภูมิสูง (เตาไฟฟ้า)	3. ไม้บรรทัด หรือเวอร์เนียแคลิเปอร์
4. ผู้เรียนปฏิบัติการเตรียมแท่งทดสอบจากสูตรดิน 1 คน/1 สูตรดิน คนละ 2 แท่ง (จาก 1 แหล่งดิน)	4. ชูคตัมน้ำ
5. ผู้เรียนปฏิบัติการเผาตามลำดับขั้น	5. นาฬิกา
6. ผู้สอนสาธิตการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน (หลังการเผา)	6. เครื่องชั่งน้ำหนัก
	7. เครื่องทดสอบความแข็งแรงของเนื้อดิน
	8. แผนภูมิแสดงลำดับขั้นการปฏิบัติงาน

มอบหมายงาน	การประเมินผล
ให้ผู้เรียนปฏิบัติการใช้เตาเผาอุณหภูมิสูงอย่างถูกต้องและทำแท่งทดสอบเพื่อใช้ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินโดยดูจากใบความรู้และใบงาน รวมถึงแผนภูมิลำดับขั้น หากมีข้อสงสัยให้ซักถามรายละเอียดจากผู้สอน	1. ด้านพุทธิพิสัย (ความรู้ ความจำ ความเข้าใจ และการนำไปใช้) 2. ด้านทักษะพิสัย (แบบสังเกต ทักษะปฏิบัติการทดลอง)

แบบประเมินผล

ด้านทักษะพิสัย (แบบสังเกตทักษะปฏิบัติการทดลอง)

วิชา วิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ

ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

หน่วยที่ 2

เรื่อง เตาเผาและการเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ
ของเนื้อดิน

คำแนะนำ

1. แบบสังเกตด้านทักษะปฏิบัติการทดลองวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพเรื่องเซรามิกส์นี้จะช่วยให้การสังเกตพฤติกรรมรายบุคคลเพื่อประเมินผลทักษะในภาคปฏิบัติการทดลอง

2. แบบสังเกตพฤติกรรมด้านทักษะปฏิบัติการทดลอง (ในขณะปฏิบัติการทดลอง) จะครอบคลุม 3 ด้านดังนี้

2.1 ด้านเทคนิคการทดลอง ได้แก่

2.1.1 ดำเนินการทดลองอย่างถูกวิธีเป็นขั้นตอนไม่สับสน

2.1.2 ใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้อง เช่น เครื่องมือ ชั่ง ตวง วัด และเครื่องมือที่จำเป็นในการทดลองทางเซรามิกส์

2.1.3 อ่านค่ามวล ปริมาตร และตรวจสอบความถูกต้องของส่วนผสมของวัตถุดิบ

2.1.4 ใช้เทคนิคการผสมและเตรียมวัตถุดิบประเภทต่าง ๆ รวมถึงการขึ้นรูป

ชิ้นงานทดสอบ และผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

2.1.5 ทำการทดลองทดสอบวัสดุอย่างระมัดระวังและปลอดภัย

2.2 ด้านความคล่องแคล่ว ได้แก่

2.2.1 ปฏิบัติการทดลองได้อย่างคล่องแคล่วถูกต้อง

2.2.2 มีความเชื่อมั่นในขณะปฏิบัติการทดลอง

2.2.3 ทำการทดลองได้ตามเวลากำหนด

2.3 ด้านความสะอาดและความเป็นระเบียบ

2.3.1 จัดพื้นที่สำหรับการทดลองได้เรียบร้อยเหมาะสมเพียงพอ

2.3.2 จัดวางอุปกรณ์ วัสดุ เครื่องใช้ ให้ใช้ได้สะดวกในขณะทดลอง

2.3.3 จัดเก็บอุปกรณ์ เช่น เครื่องชั่ง เครื่องมือทดสอบวัสดุ และขวดบรรจุสารเคมีต่าง ๆ ได้ถูกต้อง

3. การบันทึกผลเป็นลักษณะการให้ระดับของแต่ละพฤติกรรมที่ผู้เรียนแสดงออกโดยบันทึกเป็น 3 ระดับคือ ดี พอใช้ และควรปรับปรุง

4. นำผลของการบันทึกพฤติกรรมมาหาค่าทางสถิติ

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิทยาศาสตร์. เทคโนโลยีเซรามิกส์เบื้องต้น. กรุงเทพมหานคร : กระทรวงอุตสาหกรรม, 2529.
- โคมล รักษ์วงศ์. วัตถุดิบที่ใช้ในโรงงานเครื่องเคลือบดินเผาและเนื้อดินปั้น. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์มรรคานุเคราะห์, 2531.
- ทรงพันธ์ วรรณมาศ. เครื่องปั้นดินเผา กรุงเทพมหานคร : โอ.เอส.พรินต์ติ้งเฮาส์, 2532.
- ทวี พรหมพุกษ์. วิชาเครื่องเคลือบดินเผาเบื้องต้น. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์รุ่งเรืองรัตน์, 2523.
- ปุ่นณรัตน์ พิชญ์ไพบูลย์. เครื่องเคลือบดินเผา เทคนิคและวิธีการสร้างสรรค์. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.
- ไพจิตร อิงศิริวัฒน์. รวมสูตรเคลือบเซรามิกส์. กรุงเทพมหานคร : โอ.เอส.พรินต์ติ้งเฮาส์, 2537.
- สุรศักดิ์ โกสสัยพันธ์. น้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา. กรุงเทพมหานคร : บริษัทโรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, 2531.
- Rhodes, Daniel. Stoneware and Porcelain the Art of High-fired Pottery. New York : Chilton Book, 1959.
- _____. Clay and Glazes for the Potter. New York : Chilton Book Company, 1972.
- _____. Clay and Glazes for the Potter. London : Chemical Publishing Co., 1972.
- Singer, Sonja S. Industrial Ceramics. New York : Chemical Publishing Co., 1963.

แผนการสอน

หน่วยการสอนที่ 3

เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับน้ำเค็ม การเตรียมน้ำเค็ม
และการเผาเค็ม

แผนการสอน

หน่วยการสอนที่ 3 : ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับน้ำเคลือบ การเตรียมน้ำเคลือบ และการเผาเคลือบ
จำนวน 9 คาบ (ทฤษฎี 3 คาบ ปฏิบัติ 6 คาบ)

1. สาระสำคัญ

น้ำเคลือบเป็นสารประกอบของอลูมินา (Alumina) ซิลิกา (Silica) และสารประกอบอื่น ๆ เป็นตัวช่วยการหลอมละลายเรียกว่า ฟลักซ์ (Flux) ลักษณะคล้ายแก้วหรือสารประกอบของซิลิเกต (Silicate) ที่ถูกความร้อนแล้วหลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ฉาบติดผิวผลิตภัณฑ์ ทำให้แข็งแรง สามารถทนต่อกรด, ด่างได้ดี

การเตรียมน้ำเคลือบ หมายถึง การนำวัตถุดิบต่าง ๆ มาซึ่งผสมเข้าด้วยกัน แล้วนำมาบดเข้าด้วยกันในหม้อบด ซึ่งเป็นการบดเปียกหรือในปริมาณน้อย ๆ จะบดในโถรงบด

การเผาเคลือบ เป็นการเผาให้น้ำเคลือบที่ผิวผลิตภัณฑ์ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน มีความมันวาว มีทั้งเคลือบใส เคลือบด้านและเคลือบทึบ โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาตรงตามอุณหภูมิที่เหมาะสมกับน้ำเคลือบแต่ละชนิด

2. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อเรียนจบในเนื้อหาในหน่วยการสอนหน่วยนี้แล้วผู้เรียนสามารถ

- 2.1 บอกความสำคัญของการเคลือบได้
- 2.2 ปฏิบัติการเตรียมน้ำเคลือบเบื้องต้นได้
- 2.3 ปฏิบัติการเผาเคลือบได้

3. เนื้อหาสาระ

- 3.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับน้ำเคลือบ
- 3.2 การเตรียมน้ำเคลือบเบื้องต้น
- 3.3 การเผาเคลือบ

4. กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

ตอนที่ 1

1. ผู้สอนนำเสนอเรื่องความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับน้ำเกลือ ความมุ่งหมายของการเกลือ พร้อมกับยกตัวอย่างของจริงประกอบคำบรรยาย และลักษณะของการเกลือในลักษณะต่าง ๆ
2. ผู้สอนนำเสนอวัตถุดิบที่ใช้ในการเตรียมน้ำเกลือเบื้องต้นพร้อมกับสูตรของน้ำเกลือ พร้อมกับยกตัวอย่างของจริงประกอบคำบรรยาย
3. ผู้สอนนำเสนอ อธิบายถึงคุณสมบัติของสารให้สีประเภทออกไซด์ของโลหะชนิดต่างๆ และสีสำเร็จรูปเมื่อผสมลงในน้ำเกลือ
4. ผู้สอนอธิบายลำดับขั้นในการชั่งน้ำหนักส่วนผสมของวัตถุดิบในการเตรียมน้ำเกลือ ในสูตรน้ำเกลือที่เหมาะสมกับระดับการศึกษาของผู้เรียน
5. ผู้สอน อธิบายถึง วิธีการเกลือด้วยวิธีการจุ่มเกลือ ทาน้ำเกลือด้วยแปรงและการเทราด
6. ผู้สอนอธิบายลำดับขั้นของการนำผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเกลือแล้วเข้าเตาเผาเพื่อทำการเผาเกลือ
7. ผู้สอนสรุปถึงความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับน้ำเกลือ การเตรียมน้ำเกลือและการเผาเกลือ

ตอนที่ 2

1. ผู้สอนนำเสนอผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเผาเกลือ ทั้งประเภทเกลือใส เกลือบด้านและเกลือทึบ โดยให้ผู้เรียนสังเกตของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเกลือแต่ละประเภท
2. ผู้สอนสาธิตการชั่งและผสมวัตถุดิบที่ใช้ทำน้ำเกลือซึ่งประกอบด้วยน้ำเกลือเฟลด์-สปาร์ผสมสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) และน้ำเกลือซีเด้าผสมสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) ที่เหมาะกับการเผาเกลือในอุณหภูมิสูง (1200° ซ)
3. ผู้สอนสาธิตการใช้เตาเผาอุณหภูมิสูงเพื่อการเผาเกลือ และการนำผลิตภัณฑ์หรือชิ้นงานทดสอบที่ผ่านการเกลือแล้วเข้าเตาเผา

ตอนที่ 3

1. ผู้สอนแจกใบความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับน้ำเกลือ การเตรียมน้ำเกลือและการเผาเกลือ
2. ผู้เรียนศึกษาถึงลำดับขั้นตอนในการเตรียมน้ำเกลือจากวัตถุดิบประเภทต่าง ๆ
3. ผู้เรียนศึกษาถึงการใช้เตาเผาอุณหภูมิเพื่อการเผาเกลือและการนำผลิตภัณฑ์หรือชิ้นงานทดลองที่ผ่านการเกลือแล้วเข้าเตาเผาอย่างถูกต้อง
4. ผู้สอน สรุปเนื้อหา ลำดับขั้นตอนของการเตรียมน้ำเกลือ และการเผาเกลือ โดยละเอียด

ตอนที่ 4

1. ผู้เรียนปฏิบัติการเตรียมน้ำเกลือประเภทน้ำเกลือเฟลด์สปาร์ผสมกับสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) หรือน้ำเกลือขี้เถ้าผสมสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) ตามสูตรเพื่อใช้กับการเผาเกลืออุณหภูมิสูง (1200°C)
2. ผู้เรียนปฏิบัติการเกลือโดยนำแท่งทดลองมาทำการชุบเกลือกับน้ำเกลือที่ได้เตรียมไว้แล้ว
3. ผู้เรียนนำแท่งทดลองที่ผ่านการเกลือแล้วเข้าเตาเผาแล้วปฏิบัติการใช้เตาเผาอุณหภูมิสูง (1200°C) เพื่อการเผาเกลือแท่งทดลอง
4. ผู้เรียนบันทึกผลการทดสอบการเกลือในด้าน สี ลักษณะพื้นผิวที่ได้จากการทดสอบน้ำเกลือ

5. สื่อการเรียนการสอน

- 5.1 ใบความรู้เรื่องความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับน้ำเกลือ
- 5.2 ใบงานเรื่องการเตรียมน้ำเกลือและการเผาเกลือ
- 5.3 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ของจริงหรือแท่งทดสอบที่ผ่านการเผาเกลือทั้งเกลือใส เกลือบด้าน และเกลือทึบ
- 5.4 สไลด์ประกอบคำบรรยายในเนื้อหาวัตถุดิบที่ใช้ในการเตรียมน้ำเกลือ
- 5.5 แผ่นใสแสดงลำดับขั้นตอนของการเตรียมน้ำเกลือเฟลด์สปาร์สารให้สี (ผสมออกไซด์ของโลหะ) หรือน้ำเกลือขี้เถ้าผสมสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ)

6. งานที่มอบหมาย

- 6.1 บันทึกผลของสูตรน้ำเกลือเฟลด์สปาร์ผสมสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) หรือน้ำเกลือขี้เถ้าผสมสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) ในแต่ละชนิด ให้ผลการทดสอบเป็นสีอะไร
- 6.2 บันทึกผลของลักษณะพื้นผิวของน้ำเกลือเมื่อผ่านการเผาเกลือชิ้นงานทดลองว่าเป็นลักษณะใด

7. การประเมินผล

เมื่อผู้เรียนได้เรียนผ่านกิจกรรมการเรียนการสอนแล้วให้ทำการประเมินผลหลังการเรียนด้านต่าง ๆ ดังนี้

- 7.1 ด้านพุทธิพิสัย (ใช้แบบทดสอบวัดความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้)
- 7.2 ด้านทักษะพิสัย (ใช้แบบสังเกต วัดทักษะปฏิบัติการทดลอง)

แบบประเมินผลก่อนการเรียนรู้

ด้านพุทธิพิสัย (ความรู้ความจำ, ความเข้าใจ และการนำไปใช้)

วิชา วิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องเซรามิกส์

ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

หน่วยที่ 3

เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับน้ำเคลือบการเตรียมน้ำเคลือบและการเผาเคลือบ

คำชี้แจงในการทำแบบประเมินผลก่อนการเรียนรู้

ชุดการสอนหน่วยที่ 3

1. แบบทดสอบนี้เป็นแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ๆ ละ 1 คะแนน
2. ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบให้ครบทั้ง 20 ข้อ ซึ่งเป็นแบบทดสอบในเนื้อหา
3. ในการทำแบบทดสอบให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว โดยทำเครื่องหมาย (X) ลงในช่องว่างให้ตรงกับหัวข้อคำตอบท้ายแบบทดสอบนี้
4. หากผู้เรียนต้องการเปลี่ยนแปลงคำตอบในข้อใดข้อหนึ่งให้ขีดเครื่องหมาย (✗) ลงในช่องที่ไม่ต้องการออก แล้วทำเครื่องหมาย (X) ลงในช่องที่ต้องการใหม่

ตัวอย่าง ในครั้งแรกทำเครื่องหมาย (X) ในข้อ ก. แต่ต้องการเปลี่ยนเป็นข้อ ง.

ข้อ	ก	ข	ค	ง
0	✗			X

5. ให้ตอบแบบทดสอบลงในกระดาษคำตอบที่จัดให้เท่านั้น
6. ห้ามขีดเขียนข้อความหรือทำเครื่องหมายใด ๆ ลงในแบบทดสอบนี้
7. เมื่อทำแบบประเมินผลเสร็จแล้วให้ตรวจคำตอบในเฉลยหลังแบบทดสอบนี้แล้วเทียบค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ในตารางเปรียบเทียบต่อไป

คำแนะนำ ให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวในแต่ละข้อมาตอบลงในกระดาษคำตอบ
ที่จัดไว้ให้ โดยทำเครื่องหมาย (X) ในช่อง ☐ ที่ระบุ ก. ข. ค. และ ง. เพียง
คำตอบเดียว

1. ข้อใดไม่ใช่วัตถุประสงค์ของการเคลือบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

- ก. เพื่อป้องกันการซึมผ่านของน้ำ
- ข. เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ง่ายต่อการทำความสะอาด
- ค. เพื่อเพิ่มความเป็นตัวนำไฟฟ้า
- ง. เพื่อเพิ่มความแข็งแรงทนต่อการกัดกร่อน

2. ข้อใดไม่ใช่สารประกอบของน้ำเคลือบ

- ก. ออกไซด์
- ข. ออแกนิก
- ค. อลูมินา
- ง. ซิลิกา

3. วัตถุดิบทางเคมีของงานเซรามิกส์อยู่ในรูปของอะไร

- ก. สารประกอบ
- ข. ของผสม
- ค. ธาตุ
- ง. ได้ทุกชนิด

4. วัตถุดิบที่มีคุณสมบัติเป็นกลางทำหน้าที่อะไรมากที่สุด

- ก. เป็นตัวทนไฟ
- ข. เป็นตัวทำให้เกิดแก้ว
- ค. ช่วยไม่ให้เคลือบไหล
- ง. ช่วยลดอุณหภูมิการหลอมละลาย

5. วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการทำน้ำเคลือบเฟลด์สปาร์คืออะไร

- ก. หินฟีนมา
- ข. จีไธไม
- ค. ดินขาว
- ง. หินเขียวหนุมาน

6. ชนชาติแรกที่ค้นพบการเคลือบถือชาติใด

- ก. ไทย
- ข. ญี่ปุ่น
- ค. อียิปต์
- ง. จีน

7. เคลือบที่เผาในอุณหภูมิสูงชนิดแรกที่มีมนุษย์ทำขึ้นคืออะไร

- ก. เคลือบตะกั่ว
- ข. เคลือบซีเมนต์
- ค. เคลือบเกลือ
- ง. เคลือบเฟลคสปาร์

8. ซีเมนต์มีสภาพเป็นอะไร

- ก. กรด
- ข. ด่าง
- ค. เกลือ
- ง. เป็นได้ทุกสภาพ ขึ้นอยู่กับชนิดของซีเมนต์

9. Copper Oxide (CuO) ผสมในเคลือบเผาในบรรยากาศสมบูรณ (Oxidation Firing) จะทำให้เกิดสีอะไร

- ก. สีดำ
- ข. สีน้ำเงิน
- ค. สีน้ำตาล
- ง. สีเขียว

10. Ferric Oxide (Fe_2O_3) ผสมในเคลือบเผาในบรรยากาศสมบูรณ (Oxidation Firing) จะทำให้เกิดสีอะไร

- ก. สีเขียว
- ข. สีน้ำเงิน
- ค. สีน้ำตาล
- ง. สีดำ

11. ข้อใดไม่ใช่คุณสมบัติของสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ)
 - ก. สีเปลี่ยนแปลงได้ง่าย
 - ข. จำนวนสีมีจำกัด
 - ค. เเผาได้อุณหภูมิไม่เกิน 1220°C
 - ง. เเผาได้เฉพาะในบรรยากาศสมบูรณ์ (Oxidation Firing)
12. การเผาสีบนเคลือบต้องเผากี่ครั้ง
 - ก. 1 ครั้ง
 - ข. 2 ครั้ง
 - ค. 3 ครั้ง
 - ง. 4 ครั้ง
13. วัตถุดิบที่ใช้ในการเตรียมเคลือบส่วนใหญ่มีลักษณะอย่างไรและสีอะไร
 - ก. ละเอียด, สีขาว
 - ข. ละเอียด, สีเทา
 - ค. หยาบ, สีขาว
 - ง. หยาบ, สีเทา
14. การบดเคลือบด้วยโกร่งบดจะต้องใช้น้ำผสมประมาณเท่าใด
 - ก. 10-20 เปอร์เซ็นต์
 - ข. 20-30 เปอร์เซ็นต์
 - ค. 30-40 เปอร์เซ็นต์
 - ง. 40-50 เปอร์เซ็นต์
15. ผลึกกันท์หรือชิ้นงาน ถ้าเคลือบยังไม่แห้งแล้วนำไปเผาเคลือบจะเกิดอะไรขึ้น
 - ก. เคลือบแน่นขึ้น
 - ข. เคลือบหลุดจากผิวงาน
 - ค. เคลือบราบ
 - ง. เคลือบหดตัว
16. การจำแนกผลึกกันท์เพื่อการเผาเคลือบควรพิจารณาอย่างไร
 - ก. วางผลึกกันท์ไม่ให้ชิดกัน
 - ข. วางผลึกกันท์ไม่ให้ซ้อนกัน
 - ค. เลือกผลึกกันท์ที่ใช้อุณหภูมิเผาใกล้เคียงกัน
 - ง. ถูกทุกข้อ

17. การยืนไฟ (การแช่อุณหภูมิจึงการเผาถึงจุดสุกตัว ควรใช้เวลาประมาณเท่าใด

- ก. 15 นาที
- ข. 45 นาที
- ค. 60 นาที
- ง. 1 ชั่วโมง 15 นาที

18. ข้อใดสำคัญที่สุดเกี่ยวกับภาชนะบรรจุน้ำเคลือบ

- ก. ปากภาชนะต้องกว้าง
- ข. มีป้ายบอกชื่อ, เคลือบ, อุณหภูมิเคลือบ
- ค. เป็นขวดแก้วใสฝาค้นึกมิดชิด
- ง. เป็นภาชนะพลาสติก

19. ในการเคลือบผลิตภัณฑ์ เช่น แจกัน ควรปฏิบัติอย่างไร

- ก. เคลือบเฉพาะด้านใน
- ข. เคลือบเฉพาะด้านนอก
- ค. ไม่ควรเคลือบบริเวณก้นผลิตภัณฑ์
- ง. สามารถเคลือบได้ทั้งผลิตภัณฑ์

20. ผลิตภัณฑ์เคลือบชนิดใดไม่ควรนำมาใส่อาหาร

- ก. เคลือบตะกั่ว
 - ข. เคลือบขี้เถ้า
 - ค. เคลือบเกลือ
 - ง. เคลือบฟลด์สปาร์
-

กระดาษคำตอบ

การประเมินผล
ชุดการสอนหน่วยที่ 3

เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับน้ำเค็ม การเตรียมน้ำเค็มและการเผาเค็ม

คะแนน	
เต็ม	20
ได้	

ชื่อ.....ชั้น.....
ทดสอบวันที่.....เดือน.....พ.ศ. 2540

ข้อ	ก.	ข.	ค.	ง
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

ข้อ	ก.	ข.	ค.	ง.
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

เฉลย

คำตอบแบบประเมินผลก่อนการเรียนรู้หน่วยที่ 3

ข้อที่	คำตอบ
1	ค
2	ข
3	ก
4	ค
5	ก
6	ค
7	ข

ข้อที่	คำตอบ
8	ข
9	ง
10	ค
11	ง
12	ค
13	ก
14	ค

ข้อที่	คำตอบ
15	ข
16	ง
17	ก
18	ข
19	ค
20	ก

ตารางเทียบคะแนนเป็นเปอร์เซ็นต์ของแบบประเมินผลก่อนการเรียนรู้

ชุดการสอนหน่วยที่ 3

จำนวน ที่ได้	เทียบ เปอร์ เซ็นต์
1	5
2	10
3	15
4	20
5	25
6	30
7	35

คะแนน ที่ได้	เทียบ เปอร์ เซ็นต์
8	40
9	45
10	50
11	55
12	60
13	65
14	70

คะแนน ที่ได้	เทียบ เปอร์ เซ็นต์
15	75
16	80
17	85
18	90
19	95
20	100

กิจกรรมการสอน

(หน่วยที่ 3)

คำชี้แจง

1. กิจกรรม

กิจกรรมการเรียนรู้ในหน่วยที่ 3 เป็นเอกสารประกอบภาพและคำบรรยายรวมถึงของจริง เช่น ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์และแท่งทดลองก่อนการเผาดิบ และหลังการเผาเคลือบแล้วเพื่อประกอบการใช้ผลิต ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์และความเหมาะสมในการเคลือบ โดยมีกิจกรรม 2 กิจกรรมดังนี้

- 1.1 กิจกรรมภาคทฤษฎีประกอบด้วยใบความรู้เกี่ยวกับ
 - 1.1.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับน้ำเคลือบ
 - 1.1.2 วัตถุดิบและสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) ที่ใช้เตรียมน้ำเคลือบ
 - 1.1.3 การเตรียมน้ำเคลือบ
 - 1.1.4 การเผาเคลือบ
- 1.2 กิจกรรมภาคปฏิบัติ ประกอบด้วย ใบงาน และการปฏิบัติตามใบงานเกี่ยวข้องกับ
 - 1.2.1 ปฏิบัติการเตรียมน้ำเคลือบ
 - 1.2.2 ปฏิบัติการชุบเคลือบ
 - 1.2.3 ปฏิบัติการเผาเคลือบ
- 1.3 บันทึกผลการทดลองการเผาเคลือบบนชิ้นงานทดลองเคลือบเฟลด์สปาร์ผสมกับสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) หรือน้ำเคลือบที่เข้าผสมกับสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) ด้าน
 - 1.3.1 ผลของสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ)
 - 1.3.2 ลักษณะพื้นผิวของเคลือบบนชิ้นงานทดลอง

2. สื่อการเรียนรู้

สื่อการเรียนรู้ประกอบด้วย เอกสารประกอบภาพ และคำบรรยาย รวมถึงตัวอย่างของจริง ประกอบกับสื่อการสอนที่ปรากฏตามแผนการสอนที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับเนื้อหาในชุดการสอนในหน่วยการเรียนรู้การสอนนี้

3. คำแนะนำ

- 3.1 จดเว้นการขีดเขียนหรือทำเครื่องหมายใด ๆ ลงในเอกสารทุกหน้าของหน่วยการเรียนรู้การสอนนี้
- 3.2 หากตรวจพบสื่อการเรียนการสอนใดชำรุดหรือไม่ชัดเจน ให้แจ้งต่อผู้สอนได้ทราบ เพื่อทำการเปลี่ยนให้ใหม่
- 3.3 เก็บรักษาสื่อ อุปกรณ์และตัวอย่างของจริงให้อยู่ในสภาพเรียบร้อย

ชุดการสอนภาคทฤษฎี

(หน่วยที่ 3)

ใบความรู้

เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับน้ำเคลือบ การเตรียมน้ำเคลือบ และการเผาเคลือบ

วิชา วิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ

ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ครั้งที่ 3

จำนวน 3 คาบ (ภาคฤดูร้อน)



ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับน้ำเคลือบ

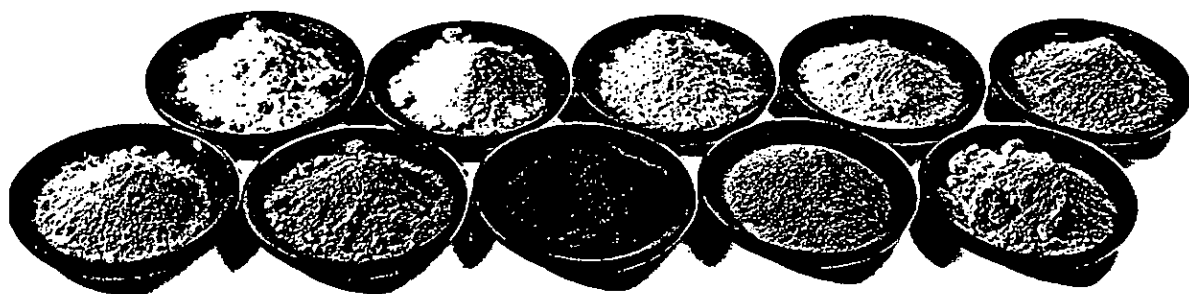
น้ำเคลือบ (Glaze)

น้ำเคลือบคือ สารประกอบของซิลิเกต (Silicate) ผสมกับสารประกอบอย่างอื่นที่เป็นตัวช่วยหลอมละลาย เรียกว่า ฟลักซ์ (Flux) อาจมีออกไซด์ของโลหะผสมลงไปด้วยเพื่อให้เกิดสีและทึบในเคลือบ เมื่อเผาส่วนผสมของน้ำเคลือบถึงอุณหภูมิที่ทำให้หลอมละลายแล้วน้ำเคลือบจะรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกัน และเมื่อเย็นตัวจะมีลักษณะเหมือนแก้วบาง ๆ ฉาบติดอยู่กับผิวของผลิตภัณฑ์

วัตถุประสงค์ของการเคลือบ การเคลือบเป็นเพิ่มคุณค่าและคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ให้ทนต่อกรดด่างได้ดีเพื่อวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อป้องกันการซึมผ่านของน้ำของเหลวและแก๊ส
2. เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงทนต่อการกัดกร่อน
3. เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์ง่ายต่อการทำความสะอาด
4. เพื่อเพิ่มความสวยงามให้กับผลิตภัณฑ์
5. เพื่อเพิ่มตามการต้านทานแรงกระแทก เสียดสีและความเป็นฉนวนให้กับวัสดุเซรามิกส์

ชนิดใหม่



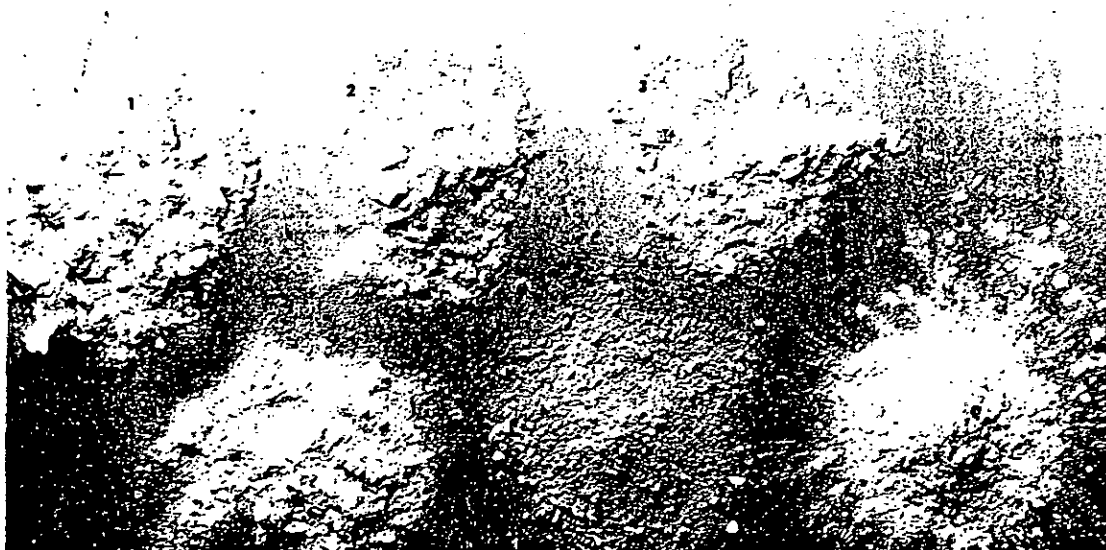
วัตถุดิบที่ใช้ในการเตรียมน้ำเคลือบ

วัตถุดิบในทางเคมีที่ใช้ในงานเซรามิกสันนิยมนำมาใช้ในรูปของสารนั้นเช่น แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) แบเรียมคาร์บอเนต (BaCO_3) โพแทสเซียมคาร์บอเนต (K_2CO_3) โดยแบ่งออกเป็น 2 เกรดคือ Commercial Grade เป็นสารไม่ค่อยบริสุทธิ์นักเป็นเกรดที่ใช้ในทางการค้าในงานอุตสาหกรรมจะใช้เกรดนี้ และ Lab Grade เป็นสารบริสุทธิ์กว่า เพื่อใช้ในการทดลองทางวิทยาศาสตร์ จะแบ่งได้ 3 กลุ่มคือ

1. วัตถุดิบที่มีคุณสมบัติเป็นด่าง (Bases Group) เป็นตัวช่วยลดอุณหภูมิในการหลอมละลาย (Fluxing Agents) และช่วยให้เคลือบหลอมตัวเร็วขึ้น ในทางเซรามิกส์ใช้สัญลักษณ์ RO เช่น ตะกั่วออกไซด์ (PbO) สังกะสีออกไซด์ (ZnO) แคลเซียมออกไซด์ (CaO), R_2O เช่น โซเดียมออกไซด์ (Na_2O) เป็นต้น

2. วัตถุดิบที่มีคุณสมบัติเป็นกลาง (Neutrals Group) ทำหน้าที่เป็นตัวกลางช่วยประสาน วัตถุดิบในกลุ่ม 1, 2 เป็นตัวให้สี (Colorants) และช่วยไม่ให้เคลือบไหล ในทางเซรามิกส์ใช้ R_2O_3 เป็นสัญลักษณ์ เช่น อลูมินาออกไซด์ (Al_2O_3) เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) โครเมียมออกไซด์ (Cr_2O_3) เป็นต้น

3. วัตถุดิบที่มีคุณสมบัติกรด (Acids Group) เป็นตัวทำให้เกิดแก้ว (Glass Forming) และเป็นตัวทนไฟ ในทางเซรามิกส์ใช้สัญลักษณ์ RO_2 เช่น ซิลิกาออกไซด์ (SiO_2) ดีบุกออกไซด์ (SnO_2) เป็นต้น



คุณสมบัติของวัตถุดิบที่ใช้ในการเตรียมน้ำเคลือบ

1. หินฟันม้า (Feldspar) มีจุดหลอมละลายที่ 1180°C - 1200°C เป็นวัตถุดิบ หลักในการทำน้ำเคลือบมีตั้งแต่ 40-80 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรเคลือบไฟสูงเกือบทุกชนิด เพื่อการลดอุณหภูมิในการหลอมละลายจะต้องใช้กับตัวหลอมละลายอีกด้วย

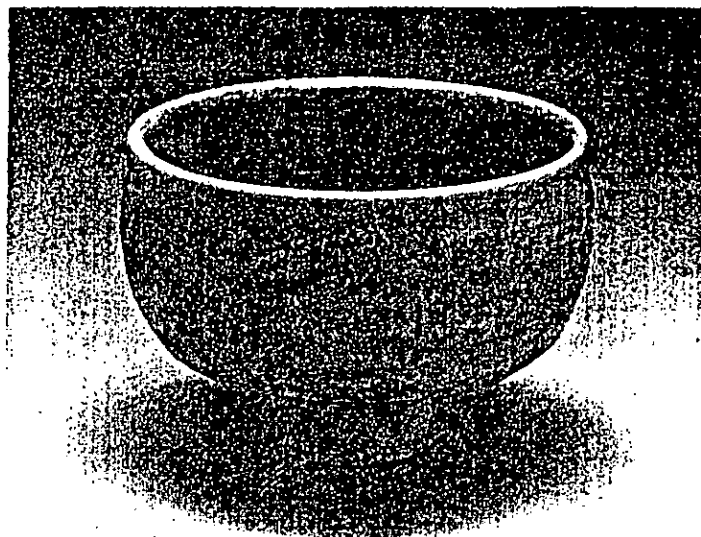
2. หินเขี้ยวหนูมาน (Quartz ; SiO_2) มีค่าความแข็งเท่ากับ 7 มีความบริสุทธิ์มากกว่าวัตถุดิบอื่น มีอีกชื่อหนึ่งว่าฟลินท์ (Flint) ทำหน้าที่เป็นตัวทนไฟ ลดการไหลตัวของน้ำเคลือบทำให้ผิวเคลือบมีความแข็งแรงต่อการขีดข่วนทนกรด่าง เคลือบอุณหภูมิสูงทุกชนิดจะมีปริมาณของซิลิกาในสูตรประมาณ 25-30 เปอร์เซ็นต์

3. แบเรียมคาร์บอเนต (BaCO_3) มีคุณสมบัติเป็นตัวเร่งการหลอมละลายของเคลือบ แต่ใช้เพียง 5-8 เปอร์เซ็นต์ ถ้าใช้เกินกว่านั้นจะไม่ส่งผลต่อการเร่งการหลอมละลายเร็วขึ้น แต่อย่างใด

4. แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) หรือหินปูนเป็นตัวหลอมละลายหลักในการเคลือบอุณหภูมิสูง สามารถใช้เพียงอย่างเดียวกับสูตรเคลือบ โดยใช้คู่กับโซดาเฟลด์สปาร์ ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6 \text{SiO}_2$) และโพแทสเซเฟลด์สปาร์ ($\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6 \text{SiO}_2$)

5. ซิงค์ออกไซด์ (ZnO) เป็นวัตถุดิบที่มีจุดหลอมละลายสูง สังกะสี (Zinc) เป็นต่าง นิยมใช้ในเคลือบอุณหภูมิ 1150°C - 1250°C โดยใช้ร่วมกับต่างตัวอื่นๆ เช่น หินปูน โซดาเฟลด์สปาร์ เพราะถ้าใช้ต่างเฉพาะสังกะสีอย่างเดียวเคลือบจะไม่หลอมละลาย

6. ดินขาว ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) มีคุณสมบัติทำให้เคลือบหนืดเกาะติดผิวผลิตภัณฑ์ได้ดี ไม่ไหลตัวจากผลิตภัณฑ์ ในขณะที่เผาถึงจุดสุกตัวและทำให้เคลือบที่ยังไม่ได้เผาเกาะติดผิวงานได้ดีเช่นกัน ซึ่งเคลือบทุกชนิดจะมีดินขาวอยู่ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรเสมอ



เคลือบขี้เถ้าไม้ (Wood Ash Glaze)

เคลือบขี้เถ้าไม้เป็นเคลือบที่ใช้กันมานาน เป็นเคลือบที่เผาในอุณหภูมิชนิดแรกที่มนุษย์ทำ ขึ้น นิยมใช้จนกระทั่งปัจจุบัน แต่ในทางอุตสาหกรรมไม่นิยมเคลือบขี้เถ้าไม้ เนื่องจากขี้เถ้ามีการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบไม่คงที่ มีปัญหาในการเคลือบไม่ค่อยเหมือนเดิม ดังนั้นในการทำอุตสาหกรรมเซรามิกส์ในการเคลือบสีต่าง ๆ จึงไม่นิยมใช้ขี้เถ้าไม้ในสูตรเคลือบ

คุณสมบัติของขี้เถ้า

ขี้เถ้าจากพืชทุกชนิดมีส่วนประกอบของไฮโดรเจนและคาร์บอน เมื่อถูกเผาไหม้จะหมดไป และจะเหลือเพียงปริมาณเล็กน้อย ซึ่งเป็นส่วนที่ทนไฟ ซึ่งประกอบด้วยธาตุ 6 ตัวหลัก ซึ่งใช้ในสูตรเคลือบคือ ค่างพวกหินปูน แมกนีเซียม โพแทสเซียม โซเดียม ในปริมาณมาก มีส่วนประกอบของอลูมินาและซิลิกาเล็กน้อย เคลือบขี้เถ้าจึงเผาให้หลอมละลายได้ในอุณหภูมิ 1200°C

การใช้เคลือบขี้เถ้า

เคลือบขี้เถ้าไม้ควรผ่านการเตรียมและล้างให้เรียบร้อย โดยเคลือบขี้เถ้ามีคุณสมบัติการไหลตัวสูง เมื่อถึงจุดหลอมละลาย ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่นำมาเคลือบขี้เถ้ามักจะเคลือบหนาประมาณ 2-3 มม. ขี้เถ้าไม้เมื่อเผาแล้วจะมีสีจืดหรือสีขุ่น จึงไม่เหมาะกับการทำเคลือบสีที่ต้องการคุณภาพสารให้สีเข้มเคลือบออกไซด์ เมื่อนำไปเผาในบรรยากาศสุมบูรณ์ (Oxidation Firing) จะทำให้ได้สีน้ำตาล โดยสามารถทำการทดลองสารให้สีจาก 1-10 เปอร์เซ็นต์

สารให้สีทางเซรามิกส์ (Ceramic Colorants)

สี Color	โลหะออกไซด์ Oxide	จำนวนเปอร์เซ็นต์ Percentage	อุณหภูมิ Temperature	บรรยากาศในการเผา Atmosphere
ดำ	Cobalt	1		
	Iron	8	ทุกอุณหภูมิ	ทุกบรรยากาศ
	Manganese	3		
น้ำเงิน	Cobalt	5 - 1	ทุกอุณหภูมิ	ทุกบรรยากาศ
น้ำตาล	Iron	3 - 7	ทุกอุณหภูมิ	Oxidizing
	Manganese	5	ทุกอุณหภูมิ	ทุกบรรยากาศ
เขียว	Copper	1 - 5	ทุกอุณหภูมิ	Oxidizing
	Iron	1 - 4	ทุกอุณหภูมิ	Reducing
	Nickel	3 - 5	ทุกอุณหภูมิ	Oxidizing
แดง	Copper	1	ทุกอุณหภูมิ	Reducing
	Coral Chromium (with high PbO)	5	อุณหภูมิต่ำ	Oxidizing
เหลือง	Tin oxide (with high PbO)	1	อุณหภูมิต่ำ	Oxidizing
	Uranium	5 - 10	ทุกอุณหภูมิ	Oxidizing

สีสำเร็จรูป (Stains)

จากการที่ออกไซด์ของโลหะบางตัวทำปฏิกิริยากับน้ำเคลือบหรือละลายในน้ำเคลือบ และยังสลายตัวในน้ำเคลือบได้อีกด้วย ทำให้การเปลี่ยนแปลง ซึ่งในงานผลิตในจำนวนมากจึงไม่นิยมใช้ออกไซด์ของโลหะโดยตรง แต่จะใช้ในรูปของสีสำเร็จรูป (Stains) แทนเพราะสีสำเร็จรูปเมื่อนำไปผสมในน้ำเคลือบ เมื่อผ่านการเผาแล้วจะให้สีที่คงที่สีเรียบดีกว่าที่ได้จากออกไซด์ของโลหะ เนื่องจากเกิดจากการเตรียมออกไซด์ของโลหะ ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปโดยมีสีให้เลือกได้มากกว่า เช่น สีชมพู สีส้ม สีแดง สีเหลือง ฯลฯ จะเป็นสีที่ใช้ได้ดีในการเผาแบบบรรยากาศสมบูรณ์ (Oxidation Firing) แต่ถ้าเผาในบรรยากาศไม่สมบูรณ์ (Reduction Firing) จะทำให้สีซีดจางและและหายไป ส่วนในการเผาในอุณหภูมิต่ำกว่า 1150° ซ สีสำเร็จรูปจะมีจำนวนสีให้เลือกได้มากกว่า

ความแตกต่างระหว่างสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) กับสีสำเร็จรูป

เคลือบออกไซด์ของโลหะ	เคลือบสีสำเร็จรูป
1. เผาได้ทั้งบรรยากาศสมบูรณ์ (Oxidation Firing) และบรรยากาศไม่สมบูรณ์ (Reduction Firing)	1. เผาได้เฉพาะบรรยากาศสมบูรณ์ (Oxidation Firing)
2. สีเปลี่ยนแปลงได้ง่าย	2. สีเรียบมีความเข้มสม่ำเสมอ
3. มีจำนวนสีจำกัด สีไม่สดใส	3. มีจำนวนสีมากกว่าสีสดใส
4. ราคาถูก (โดยรวม)	4. ราคาแพง (โดยรวม)
5. สีส่วนใหญ่เผาไม่เกิน 1220° ซ.	5. สามารถเผาได้อุณหภูมิสูงกว่า 1300° ซ เช่น สีน้ำเงิน, สีน้ำตาล, สีแดง และเขียว ทึดาด

ชนิดของเคลือบ

โดยทั่วไปประเภทของเคลือบถูกแบ่งออกเป็นลักษณะของการให้อุณหภูมิการเผาคือ

- 1. เคลือบไฟต่ำ มีจุดศูนย์กลางระหว่าง 625° ซ - 1050° ซ
- 2. เคลือบไฟกลาง มีจุดศูนย์กลางระหว่าง 1050° ซ - 1190° ซ
- 3. เคลือบไฟสูง มีจุดศูนย์กลางระหว่าง 1190° ซ - 1310° ซ

การเตรียมน้ำเคลือบ (Glaze Preparation)

วัตถุดิบทุกชนิดในการเตรียมน้ำเคลือบส่วนใหญ่จะถูกบดละเอียดผ่านตะแกรงเบอร์ 100 อยู่ในรูปของผงละเอียดสีขาวคล้ายกันหมด ยกเว้นพวกออกไซด์ของโลหะหรือสารให้สีต่าง ๆ ดังนั้นควรเขียนชื่อวัตถุดิบทุกชนิดให้ชัดเจน กันการผิดพลาด และบรรจุในภาชนะที่มีการปิดอย่างมิดชิด ป้องกันการฟุ้งกระจาย วัตถุดิบบางชนิดเป็นสารอันตราย ควรกำกับคำว่า “สารพิษอันตราย” เช่น สารตะกั่ว

อุปกรณ์ในการเตรียมน้ำเคลือบ

- 1. เครื่องชั่ง
- 2. ภาชนะบรรจุเคลือบมีฝาผนึกมิดชิด
- 3. โกร่งบดเคลือบ หรือหม้อบดเคลือบ
- 4. ตะแกรง เบอร์ 80-100

ขั้นตอนในการเตรียมน้ำเคลือบ

- 1. การชั่งส่วนผสมก่อนใช้ควรมีการตรวจสอบความเที่ยงตรง และมีการเตรียมสูตรที่ผ่านการคำนวณน้ำหนักเรียบร้อยแล้ว

2. การบดผสมด้วยโกร่งบด ใช้เวลาในการบดสูตรละไม่ต่ำกว่า 20 นาที ใช้บดเคลือบในปริมาณน้อย และผสมน้ำไม่เกิน 30-40 เปอร์เซ็นต์ (น้ำอยู่ในสภาพเป็นกลาง)

3. การกรองน้ำเคลือบ หลังจากการผสมแล้วควรผ่านการกรองอีกครั้งหนึ่ง และน้ำเคลือบทุกชนิด เมื่อผ่านการกรองแสงเก็บไว้ในสภาพเปียกจะเกิดการตกตะกอน ดังนั้นก่อนนำไปใช้ควรผ่านการกวนอีกครั้งหนึ่ง

วิธีการเคลือบมีอยู่ 5 วิธีคือ

1. การทาเคลือบ (Painting)
2. การเทราด (Pouring)
3. การชุบเคลือบ (Dipping)
4. การพ่นเคลือบ (Spraying)
5. รูปลอก (Contract Transeering)

การเผาเคลือบ (Glost Firing)

การเผาเคลือบเป็นการเผาครั้งที่ 2 โดยผ่านการเผาดิบมาแล้ว ซึ่งจะเผามาจากอุณหภูมิต่ำหรืออุณหภูมิสูงก็ได้ แล้วนำมาผ่านวิธีการเคลือบ เช่น การชุบเคลือบ การเทราด การทาน้ำเคลือบ ก่อนปฏิบัติการเคลือบควรปฏิบัติดังนี้

1. นำผลิตภัณฑ์หรือชิ้นงานทดลองทำการปิดฝุ่นออกก่อนให้หมด
2. นำไปชุบน้ำ (ชุบเร็ว ๆ) แล้วนำมาผึ่งลมให้แห้งประมาณ 10-15 นาที เพื่อให้ชิ้นงานมีความชื้นพอเหมาะกับการดูดเคลือบ ถ้าชิ้นงานแห้งเกินไป ดินเผาจะดูดน้ำจากน้ำเคลือบทำให้เกิดฟองอากาศ และเคลือบมีตำหนิหลังการเผาเคลือบ
3. ชิ้นงานทดลองหรือผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเคลือบใหม่ ๆ ยังเปียกอยู่ ห้ามนำเข้าเตาเผาทันที ควรทิ้งให้แห้งสนิทก่อน ถ้ายังเปียกอยู่ เมื่อนำไปเผาความร้อนจะทำให้เคลือบหลุดร่อนออกจากชิ้นงานหรือผลิตภัณฑ์ เรียกว่า เคลือบกระโดด (Jumping Glaze)

ในการปฏิบัติการเผาเคลือบ ควรคัดแยกผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาแตกต่างกันมากไว้เผาแยกต่างหาก ซึ่งในการนำผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผาจำเป็นต้องใช้แผ่นรองเตาและबारรองเตาเพื่อวางผลิตภัณฑ์ไม่ให้ชิดกันเพื่อป้องกันเคลือบละลายติดกัน

วงจรในการเผาเคลือบ (ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำเคลือบ และปริมาตรภายในเตาเผา)

1. ช่วงแรก 24°C - 900°C ใช้เวลาประมาณ 5 ชั่วโมง
2. ช่วงที่สอง 900°C - 1250°C ใช้เวลาประมาณ 4-6 ชั่วโมง
3. ช่วงที่สาม แห่อุณหภูมิ (เย็นไฟ) ที่อุณหภูมิ 1250°C - 10-15 นาที

หลังจากนั้นให้ยุติการเผา แล้วปล่อยให้เตาเผาคายความร้อน จนกระทั่งเตาอยู่ในอุณหภูมิปกติ จึงนำผลิตภัณฑ์หรือชิ้นงานทดลองออกจากเตาเผาได้

ชุดการสอนภาคปฏิบัติ

(หน่วยที่ 3)

ใบงาน 1

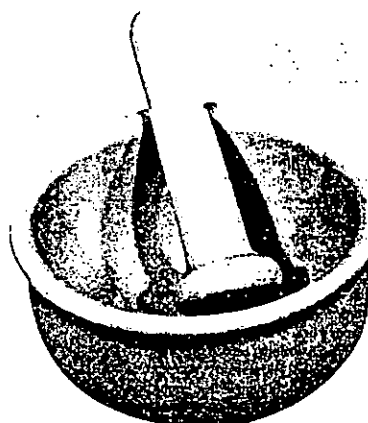
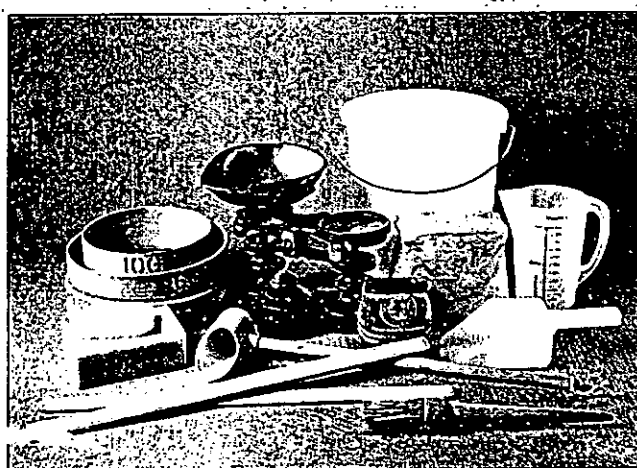
เรื่อง การเตรียมน้ำเกลือและการเผาเกลือ

วิชา วิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ

ครั้งที่ 3 (หน่วยที่ 3)

ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

จำนวน 6 คาบ (ภาคปฏิบัติ)



อุปกรณ์ในการเตรียมน้ำเกลือ

1. เครื่องชั่ง ควรเป็นเครื่องชั่งชนิดละเอียด และก่อนการใช้งานควรมีการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องชั่งก่อน และในขณะที่ทำการชั่งวัตถุดิบต้องมีสูตรของน้ำเกลือที่แน่นอน ทำเครื่องหมายหรือบันทึกวัตถุดิบได้ชั่งไปแล้วเพื่อป้องกันความผิดพลาด

2. ภาชนะบรรจุเกลือ ภาชนะควรมีปากกว้าง มีความแข็งแรงในกรณีใช้เพื่อการทดสอบ สามารถบรรจุในขวดปากกว้างได้ ส่วนในกรณีปริมาณของน้ำเกลือปริมาณมาก จะบรรจุลงในถังพลาสติกขนาดใหญ่ เขียนกำกับว่าเป็นสูตรเกลือชนิดใด เพื่อป้องกันความผิดพลาด

3. โกร่งบดเกลือ หรือหม้อบดเกลือ ในกรณีสำหรับการบดเกลือในปริมาณน้อย ประมาณ 100 กรัม มักนิยมใช้โกร่งบดมือ ในกรณีน้ำเกลือปริมาณมาก ๆ จะบดด้วยหม้อบดเกลือ ซึ่งมีขนาดความจุตั้งแต่ 1-10 กิโลกรัม

4. ตะแกรงเบอร์ 80-100 ใช้สำหรับเกลือหลังจากบดเปียกแล้ว เพื่อให้ได้น้ำเกลือที่มีความละเอียดใกล้เคียงกัน

การเลือกสูตรในการเคลือบ

ในการเคลือบผลิตภัณฑ์เซรามิก เฟอร์นิเจอร์ สโตนแวร์ และปอร์สเลน มีความจำเป็นอย่างมากในการคัดเลือก สูตรเคลือบให้เหมาะกับผลิตภัณฑ์ เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายกับชิ้นงานทดลองหรือผลิตภัณฑ์ รวมถึงศักยภาพของเตาเผาและประเภทของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาประกอบกันให้เหมาะสมกับน้ำเคลือบ

ในขณะที่สูตรน้ำเคลือบมีวิวัฒนาการเรื่อยมา ตลอดจนเทคนิคในการทำให้เกิดเคลือบในลักษณะแปลกใหม่อีกมากมาย เพื่อความเหมาะสมต่อการเรียนการสอนในชุดการสอนในหน่วยนี้ จะได้คัดเลือกโดยอาศัยชิ้นงานทดลองที่ผ่านมาจากหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 โดยนำชิ้นงานทดลองมาเป็นเกณฑ์คัดเลือกน้ำเคลือบที่เหมาะสมกับการทดลองในภาคปฏิบัติ ซึ่งเป็นสูตรสำเร็จโดยมีเกณฑ์กำหนดดังนี้คือ

1. เคลือบใส อุณหภูมิสูง 1230°C เเผาในบรรยากาศสมบูรณ์ (Oxidation Firing)
2. ใช้กับเนื้อดินปั้นหรือดินหล่อเคลือบหนา 1 มม.
3. ใช้กับเนื้อดินสโตนแวร์

เคลือบเฟลด์สปาร์ (อุณหภูมิ 1200°C)

1. โซดาเฟลด์สปาร์ ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6 \text{SiO}_2$)	ร้อยละ 40
2. แบเรียมคาร์บอเนต (BaCO_3)	ร้อยละ 10
3. ซิงค์ออกไซด์ (ZnO)	ร้อยละ 5
4. หินปูน (CaCO_3)	ร้อยละ 15
5. ดินขาว ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$)	ร้อยละ 15
6. ซิลิกา (SiO_2)	ร้อยละ 15

หมายเหตุ ถ้าต้องการทำเป็นเคลือบสีต้องเติมสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ)

เคลือบขี้เถ้าไม้ (อุณหภูมิ 1200°C)

นำขี้เถ้าไม้แห้งใส่ถังกวนกับน้ำ 2-3 ครั้ง เทน้ำคอนบนที่มีเศษวัสดุและก้อนถ่ายเล็ก ๆ ที่ (กวนแรง ๆ) เพื่อนำเอาเกลือ, ค่างที่มีตามเดิมในขี้เถ้าทิ้งไปบ้าง จนกระทั่งน้ำคอนบนเริ่มได้ทำการกรองน้ำขี้เถ้าผ่านตะแกรงเบอร์ 60 แล้วทิ้งไว้ให้ตกตะกอน เทน้ำคอนบนทิ้ง แล้วนำขี้เถ้าไปผึ่งแดดให้แห้ง และเขียนกำกับว่าเป็นขี้เถ้าที่ได้จากไม้อะไรในการทำวัตถุชิ้นนี้

เคลือบขี้เถ้ามีคุณสมบัติการไหลตัวรุนแรง ดังนั้นเคลือบขี้เถ้าจึงต้องเคลือบค่อนข้างหนา ประมาณ 2-3 มม. ในคอนบนและตอนล่างเคลือบมากกว่าคอนบน เคลือบชนิดนี้เมื่อเผาแล้วจะมีสีจืดชุ่นไม่ค่อยสวยงามนัก จึงไม่เหมาะในการทำเคลือบได้คุณภาพ ถ้าต้องการให้ เกิดสี ควรเติมเหล็กออกไซด์ครบครวมกับขี้เถ้าก่อนใช้ 4-6 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ได้สีน้ำตาลในการเผาในบรรยากาศ

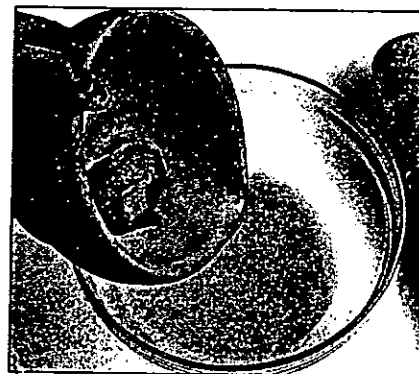
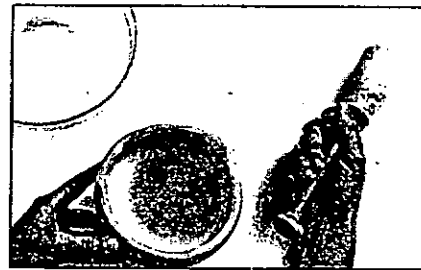
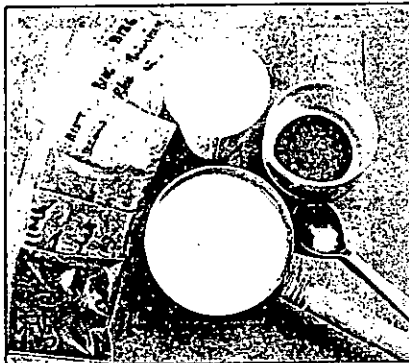
สมบุรณ์ (Oxidation Firing) และได้สีเขียวในกรณีเผาในบรรยากาศไม่สมบุรณ์ (Reduction Firing) ในการทดลองผสมออกไซด์ของโลหะ ควรเพิ่มจาก 1-10 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น

การเคลือบสีเขียวอย่างง่าย

โดยใช้ขี้เถ้าไม้ชนิดใดก็ได้ผสมกับดินขาว, ดินเหนียว หรือดินดำ ตามอัตราส่วนหลักของวัตถุดิบ 2 ชนิดเข้าหากัน นำไปทดลองเผาทั้ง 2 บรรยากาศ (ไพจิตร อังศิริวัฒน์. 2537 : 154)

ตารางส่วนผสมการทดลองเคลือบสีเขียวอย่างง่าย						
วัตถุดิบ	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5	สูตร 6
ขี้เถ้าไม้	100	90	80	70	60	50
ดิน	0	10	20	30	40	50

ตารางแสดงการทดลองเคลือบขี้เถ้าไม้เผาที่ 1230° ซ - 1250° ซ



การเตรียมเคลือบ (Glaze Preparation)

ในกรณีของการเตรียมเคลือบเฟลด์สปาร์ เผาอุณหภูมิ 1200° ซ ในบรรยากาศสมบุรณ์ โดยใช้เตาเผาไฟฟ้า ซึ่งใช้กับเนื้อดินชั้นสโตนแวร์ หน่วยการชั่งวัดโดยน้ำหนัก (กรัม) วัตถุดิบทั้งหมดถูกลบคผ่านตะแกรงละเอียดเบอร์ 100 แล้ว

ตัวอย่างการคำนวณน้ำหนักจากหน่วย 100 กรัม ของสูตรนี้

1. ชั่งน้ำหนักวัตถุดิบประกอบด้วย

โซเดียมเฟลด์สปาร์	ร้อยละ 40	=	40 กรัม
แบเรียมคาร์บอเนต	ร้อยละ 10	=	10 กรัม
ซิงค์ออกไซด์	ร้อยละ 5	=	5 กรัม
หินปูน	ร้อยละ 15	=	15 กรัม
ดินขาว	ร้อยละ 15	=	15 กรัม
ซิลิกา	ร้อยละ 15	=	15 กรัม
รวมน้ำหนักทั้งหมด			100 กรัม

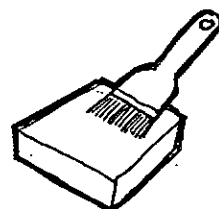
2. บดผสมวัตถุดิบด้วยโม่ร่งบดในกรณีการทำน้ำเคลือบปริมาณน้อย ๆ เพื่อทำการทดลอง โดยทำการบดเปียก เติมน้ำลงประมาณ 30-40 เปอร์เซ็นต์ ทำการบดประมาณ 20 นาที

3. ทำการกรองน้ำเคลือบอีกครั้งหนึ่งผ่านตะแกรง

4. ทำการทดลองผสมสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) โดยทำการทดลองจากเปอร์เซ็นต์ต่ำ จาก 1 ถึง 10 เปอร์เซ็นต์ เพื่อหาความเหมาะสมของสี

ลำดับขั้นตอนการทดสอบเคลือบผลิตภัณฑ์หรือชิ้นงานทดลอง

1. นำผลิตภัณฑ์หรือชิ้นงานทดลองมาปัดฝุ่นออกให้หมด



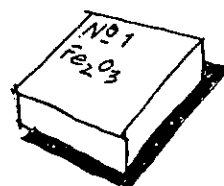
2. นำไปชุบน้ำสะอาดอย่างรวดเร็ว



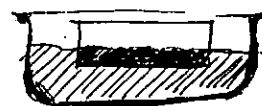
3. นำไปผึ่งให้แห้งประมาณ 10-15 นาที



4. ทำเครื่องหมายสูตรเคลือบและหมายเลขของสารให้สี โดยระบุจำนวนเปอร์เซ็นต์ในด้านหลังของชิ้นงานทดลอง



5. ทำการชุบเคลือบในส่วนที่เป็นด้านบนเท่านั้น ไม่ควรเคลือบทั้งหมด โดยเฉพาะที่ฐานของผลิตภัณฑ์ เพราะจะทำให้เคลือบละลายติดพื้นได้



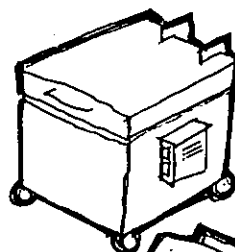
6. นำไปผึ่งลมให้แห้ง



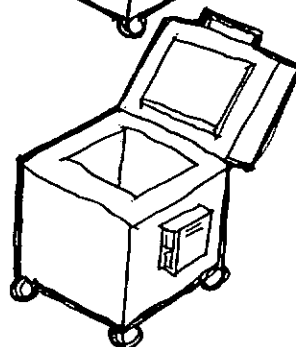
7. ถ้าบางเกินไปให้นำไปชุบซ้ำอีกครั้ง

ลำดับขั้นการเผาเคลือบ

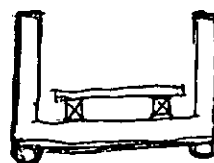
1. ตรวจสอบสภาพความเรียบร้อยของเตาเผาอุณหภูมิสูง เพื่อความปลอดภัย



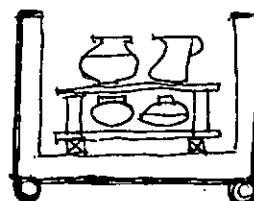
2. เปิดฝาเตาเผาอย่างระมัดระวัง เพราะเตาเผามี น้ำหนักมากพอสมควร (กรณีฝาเตาเผาเป็นแบบ เปิดด้านบน)



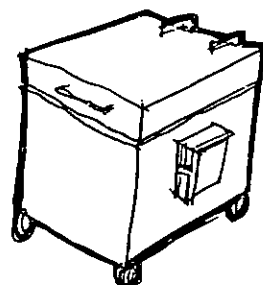
3. ทำการติดตั้งขารองและแผ่นรองพื้นเตา



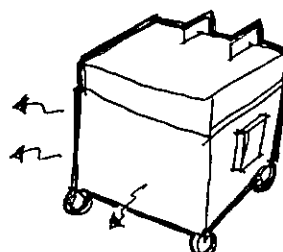
4. จัดวางชิ้นงานทดสอบหรือผลิตภัณฑ์ให้ห่าง จากขดลวดความร้อนอย่างต่ำ 2.5 ซม. และ ชิ้นงานไม่สัมผัสกัน



5. ปิดเตาเผาและเปิดสวิตช์เพื่อดำเนินการเผา เคลือบ จนกระทั่งสังเกตจากมาตรวัดอุณหภูมิ จนถึง 1200°C จึงทำการปิดสวิตช์ไฟ (ใช้เวลาประมาณ 10-12 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับ จำนวนชิ้นงานและปริมาตรภายในของเตา)



6. ปลอ่ยให้เตาเผาคายความร้อนออก ใช้เวลา ประมาณ 12-24 ชั่วโมง



7. นำผลิตภัณฑ์หรือชิ้นงานทดลองออกจาก เตาเผา



ใบงาน 2		
เรื่อง การเตรียมน้ำเคลือบและการเผาเคลือบ		
วิชา วิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ	ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย	
ครั้งที่ 3	จำนวน 6 คาบ (ภาคปฏิบัติ)	

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	วัสดุอุปกรณ์
1. แบ่งผู้เรียนออกกลุ่ม ๆ ละ 2 คน	1. วัตถุดิบในการเตรียมน้ำเคลือบ
2. ให้ผู้เรียนศึกษาใบความรู้และทำความเข้าใจโดยละเอียด	2. เครื่องชั่ง
3. ให้ผู้เรียนสังเกตการสาธิตลำดับขั้นปฏิบัติการเตรียมน้ำเคลือบและเทคนิคการเคลือบชิ้นงานทดลอง	3. ตะแกรงเบอร์ 80-100
4. ผู้เรียนปฏิบัติการเตรียมน้ำเคลือบเฟลด์สปาร์หรือเคลือบซีเถ้าอย่างใดอย่างหนึ่ง	4. โกร่งบด
5. ผู้เรียนปฏิบัติการเคลือบชิ้นงานทดลองหลังจากการเผาดิบแล้ว	5. ภาชนะบรรจุน้ำเคลือบ
6. ผู้เรียนปฏิบัติการเผาเคลือบตามลำดับขั้นอย่างถูกต้อง	6. ออกไซด์ของโลหะ (สารให้สี)
7. ผู้เรียนพิจารณาความเหมาะสมของสีที่ได้จากออกไซด์ของโลหะในแต่ละเปอร์เซ็นต์ในการเคลือบ แล้วบันทึกผล	7. สีสำเร็จรูป (Stains)
	8. ชิ้นงานทดสอบ
	9. ขาดัง
	10. ชั้นรองผลิตภัณฑ์

มอบหมายงาน	การประเมินผล
ให้ผู้เรียนปฏิบัติการเตรียมน้ำเคลือบจากสูตรใดสูตรหนึ่งอย่างถูกต้อง แล้วนำชิ้นงานทดสอบที่ผ่านการเผาดิบแล้วมาทำการทดลองเคลือบตามลำดับ (ดูได้จากใบงาน) หลังจากนั้นให้ผู้เรียนปฏิบัติการเผาเคลือบตามลำดับอย่างถูกต้อง	1. ด้านพุทธิพิสัย (ความรู้ ความจำ ความเข้าใจ และการนำไปใช้) 2. ด้านทักษะพิสัย (แบบสังเกต ทักษะปฏิบัติการทดลอง)

แบบประเมินผล

ด้านทักษะพิสัย (แบบสังเกตทักษะปฏิบัติการทดลอง)

วิชา วิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ

ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

หน่วยที่ 3

เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับน้ำเค็ม การเตรียมน้ำเค็มและการเผาเค็ม

คำแนะนำ

1. แบบสังเกตด้านทักษะปฏิบัติการทดลองวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพเรื่องเซรามิกส์นี้จะช่วยให้การสังเกตพฤติกรรมรายบุคคลเพื่อประเมินผลทักษะในภาคปฏิบัติการทดลอง

2. แบบสังเกตพฤติกรรมด้านทักษะปฏิบัติการทดลอง (ในขณะปฏิบัติการทดลอง) จะครอบคลุม 3 ด้านดังนี้

2.1 ด้านเทคนิคการทดลอง ได้แก่

2.1.1 ดำเนินการทดลองอย่างถูกวิธีเป็นขั้นตอนไม่สับสน

2.1.2 ใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้อง เช่น เครื่องมือ ชั่ง ตวง วัด และเครื่องมือที่จำเป็นในการทดลองทางเซรามิกส์

2.1.3 อ่านค่ามวล ปริมาตร และตรวจสอบความถูกต้องของส่วนผสมของวัตถุดิบ

2.1.4 ใช้เทคนิคการผสมและเตรียมวัตถุดิบประเภทต่าง ๆ รวมถึงการขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบ และผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

2.1.5 ทำการทดลองทดสอบวัสดุอย่างระมัดระวังและปลอดภัย

2.2 ด้านความคล่องแคล่ว ได้แก่

2.2.1 ปฏิบัติการทดลองได้อย่างคล่องแคล่วถูกต้อง

2.2.2 มีความเชื่อมั่นในขณะปฏิบัติการทดลอง

2.2.3 ทำการทดลองได้ตามเวลากำหนด

2.3 ด้านความสะอาดและความเป็นระเบียบ

2.3.1 จัดพื้นที่สำหรับการทดลองได้เรียบร้อยเหมาะสมเพียงพอ

2.3.2 จัดวางอุปกรณ์ วัสดุ เครื่องใช้ ให้ใช้ได้สะดวกในขณะทดลอง

2.3.3 จัดเก็บอุปกรณ์ เช่น เครื่องชั่ง เครื่องมือทดสอบวัสดุ และขวดบรรจุสารเคมีต่าง ๆ ได้ถูกต้อง

3. การบันทึกผลเป็นลักษณะการให้ระดับของแต่ละพฤติกรรมที่ผู้เรียนแสดงออกโดยบันทึกเป็น 3 ระดับคือ ดี พอใช้ และควรปรับปรุง

4. นำผลของการบันทึกพฤติกรรมมาหาค่าทางสถิติ

เอกสารอ้างอิง

กรมวิทยาศาสตร์. เทคโนโลยีเซรามิกส์เบื้องต้น. กรุงเทพมหานคร : กระทรวงอุตสาหกรรม,
2529.

โกมล รักษ์วงศ์. วัตถุดิบที่ใช้ในโรงงานเครื่องเคลือบดินเผาและเนื้อดินปั้น. กรุงเทพมหานคร :
โรงพิมพ์มรรคานุเคราะห์, 2531.

ทรงพันธ์ วรรณมาศ. เครื่องปั้นดินเผา กรุงเทพมหานคร : โอ.เอส.พรินติ้งเฮาส์, 2532.

ทวี พรหมพุกภัย. วิชาเครื่องเคลือบดินเผาเบื้องต้น. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์รุ่งเรืองรัตน์,
2523.

ปทุมรัตน์ พิษณุไพบูลย์. เครื่องเคลือบดินเผา เทคนิคและวิธีการสร้างสรรค์. กรุงเทพมหานคร :
สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

ไพจิตร อังศิริวัฒน์. รวมสูตรเคลือบเซรามิกส์. กรุงเทพมหานคร : โอ.เอส.พรินติ้งเฮาส์, 2537.

สุรศักดิ์ โกสัชพันธ์. น้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา. กรุงเทพมหานคร : บริษัทโรงพิมพ์ไทยวัฒนา
พานิช, 2531.

แผนการสอน

หน่วยการสอนที่ 4

เรื่อง การออกแบบความคิดสร้างสรรค์ ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

แผนการสอน

หน่วยการสอนที่ 4 : การออกแบบความคิดสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

จำนวน 9 คาบ (ทฤษฎี 3 คาบ ปฏิบัติ 6 คาบ)

1. สาระสำคัญ

การออกแบบความคิดสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ สามารถมีอยู่ในทุกบุคคลได้ เพื่อให้ผู้เรียนได้มีการค้นคว้า ลงมือปฏิบัติการทดลอง ฝึกทักษะการใช้อุปกรณ์ แสวงหาความรู้เพื่อขยายขอบเขตของความรู้และประสบการณ์ให้ผู้เรียน โดยอาศัยกิจกรรมการเรียนการสอน สนับสนุนให้กำลังใจเพื่อการคิดค้นรูปแบบตามความคิดสร้างสรรค์ของตนเอง หนึ่งสิ่งที่มีความจำเป็นต่อการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์นั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้เรียนจะต้องมีทักษะในการใช้อุปกรณ์ ประกอบกับเนื้อหาให้สอดคล้องกัน ซึ่งสำคัญอย่างยิ่ง

2. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

- 2.1 บอกชื่อและแยกประเภทของเครื่องมือได้
- 2.2 อธิบายหน้าที่การใช้งานของเครื่องมือได้
- 2.3 สร้างสรรค์สีในเคลือบได้
- 2.4 สร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ทางเซรามิกส์ได้

3. เนื้อหาสาระ

- 3.1 ประเภทของเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์
- 3.2 การใช้งานของเครื่องมือและการบำรุงรักษา
- 3.3 การสร้างสรรค์สีในเคลือบ โดยใช้สารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ)
- 3.4 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

4. กิจกรรมการเรียนการสอน

ตอนที่ 1

1. ผู้สอนบรรยายเรื่องประเภทของเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์สีในเคลือบ รวมถึงการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ในลักษณะต่าง ๆ พร้อมกับการยกตัวอย่างของจริงประกอบคำบรรยาย

2. ผู้สอนอธิบายถึงเครื่องมือที่จำเป็นพื้นฐาน และการใช้เครื่องมืออย่างถูกต้อง การสร้างสรรค์สีในเคลือบ ลำดับขั้นของการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ในลักษณะต่าง ๆ

3. ผู้สอนสรุปถึงความสำคัญของเครื่องมือที่จำเป็นพื้นฐาน การใช้การบำรุงรักษาเครื่องมือ การสร้างสรรค์สีในน้ำเคลือบ และลำดับขั้นการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ รวมถึงแนวทางในการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์

ตอนที่ 2

1. ผู้สอนนำเสนอเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ประกอบไปด้วยเครื่องมือตัด เครื่องมือขูด และเครื่องมือตกแต่ง รวมถึงอุปกรณ์ที่จำเป็นพื้นฐานซึ่งเป็นของจริง โดยให้ผู้เรียนสังเกตความแตกต่างของเครื่องมือ การใช้งานและการบำรุงรักษาอุปกรณ์เหล่านั้น

2. ให้ผู้เรียนสังเกตความแตกต่างของเคลือบที่ผสมกับสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) แต่ละชนิด และน้ำเคลือบที่ผสมกับสีสำเร็จรูป (Stains) รวมถึงผลิตภัณฑ์หรือชิ้นงานทดลองที่ผ่านการเผาเคลือบด้วยน้ำเคลือบผสมออกไซด์ของโลหะกับน้ำเคลือบที่ผสมกับสีสำเร็จรูป

3. ผู้สอนสาธิตการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์และการบำรุงรักษาในงานเซรามิกส์อย่างถูกต้อง ซึ่งประกอบไปด้วยเครื่องมือตัด เครื่องมือขูดและเครื่องมือตกแต่งผิว

4. ผู้สอนสาธิตการเตรียมน้ำเคลือบ (ทบทวน) โดยใช้สารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) และน้ำเคลือบผสมสีสำเร็จรูป รวมถึงการสร้างสรรค์ให้เกิดสีที่แตกต่างไปจากการทดลอง

5. ผู้สอนสาธิตการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

5.1 การขึ้นรูปแบบอิสระ

5.2 การขึ้นรูปแบบแผ่น

5.3 การขึ้นรูปแบบขด

5.4 การขึ้นรูปแบบพิมพ์กด

5.5 การขึ้นรูปหล่อน้ำดิน (Slip)

ตอนที่ 3

1. ผู้สอนแจกใบความรู้เรื่องการออกแบบความคิดสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ประกอบไปด้วยประเภทของเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ การใช้งาน การบำรุงรักษา สีในน้ำเคลือบ และการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

2. ผู้เรียนศึกษาการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ทางเซรามิกส์อย่างถูกต้อง สีในน้ำเคลือบและการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

3. ผู้เรียนศึกษาถึงลำดับขั้นในการเตรียมน้ำเคลือบผสมสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) และน้ำเคลือบผสมสีสำเร็จรูป รวมถึงลำดับขั้นการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ในรูปแบบต่าง ๆ

4. ผู้สอนสรุปเนื้อหาเรื่องการออกแบบความคิดสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ครอบคลุมเนื้อหาในข้างต้น

ตอนที่ 4

1. ผู้สอนแจกใบงานเรื่องการออกแบบความคิดสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ พร้อมกับชุดตัวอย่างของจริงที่ผ่านการออกแบบความคิดสร้างสรรค์ที่เหมาะสมกับระดับของการศึกษาของผู้เรียน

2. ผู้เรียนปฏิบัติการเตรียมน้ำเคลือบที่ผสมออกไซด์ของโลหะ และน้ำเคลือบที่ผสมกับสีสำเร็จรูป โดยผู้เรียนสามารถสร้างสรรค์สีให้เปลี่ยนแปลงได้ตามความคิดสร้างสรรค์ของแต่ละกลุ่มหรือแต่ละบุคคล แล้ววงบนที่กวดเคลือบและสารให้สี รวมถึงเปอร์เซ็นต์ของสารให้สีเพื่อวิเคราะห์หาความเหมาะสมของสีที่จะใช้เคลือบผลิตภัณฑ์

3. ผู้เรียนปฏิบัติการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ตามความสนใจและความคิดสร้างสรรค์ของแต่ละบุคคล ตามรูปแบบแนวคิด ความเหมาะสมในรายบุคคล โดยครอบคลุมลักษณะการขึ้นรูปต่อไปนี้

3.1 การขึ้นรูปแบบอิสระ

3.2 การขึ้นรูปแบบแผ่น

3.3 การขึ้นรูปแบบขด

3.4 การขึ้นรูปแบบพิมพ์กด

3.5 การขึ้นรูปแบบหล่อน้ำดิน (Slip) ในกรณีนี้จำเป็นต้องมีแม่พิมพ์ (Mold) สำเร็จรูป และเทคนิคการสร้างสรรค์ที่อาศัยทักษะเป็นพิเศษ

4. ผู้เรียนปฏิบัติการเผาดิบ (Biscuit) ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ผ่านการออกแบบมาแล้ว

5. ผู้เรียนปฏิบัติการเคลือบผลิตภัณฑ์ด้วยน้ำเคลือบที่ได้ผสม และได้เตรียมไว้มาทำการเคลือบโดยอาศัยเทคนิคการเทราด ทาด้วยแปรง หรือวิธีการจุ่ม ตามความเหมาะสมและความคิดสร้างสรรค์ของแต่ละบุคคล

6. ผู้เรียนปฏิบัติการเผาเคลือบ (อาศัยพื้นฐานจากการเรียนในหน่วยการเรียนรู้ที่ 3)

5. สื่อการเรียนการสอน

5.1 ใบความรู้เรื่องการออกแบบความคิดสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

5.2 ใบงานเรื่องการออกแบบความคิดสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

5.3 ผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ผ่านการเคลือบและออกแบบความคิดสร้างสรรค์

5.4 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานเซรามิกส์

5.5 แม่พิมพ์ (Mold) ปูนพลาสติก

5.6 สไลด์ประกอบคำบรรยาย

6. งานที่มอบหมาย

- 6.1 บันทึกผลของการทดลองสูตรเคลือบที่ผสมสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) ในแต่ละระดับเปอร์เซ็นต์) และชนิดของออกไซด์ของโลหะที่ใช้
- 6.2 บันทึกผลของการทดลองสูตรเคลือบที่ผสมสีสำเร็จรูป ในแต่ละระดับ (เปอร์เซ็นต์)

7. การประเมินผล

เมื่อผู้เรียนได้เรียนผ่านกิจกรรมการเรียนรู้การสอนแล้วให้ทำการประเมินผลหลังการเรียนด้านต่าง ๆ ดังนี้

- 7.1 ด้านพุทธิพิสัย (ใช้แบบทดสอบวัดความรู้ความจำ ความเข้าใจ และการนำไปใช้)
- 7.2 ด้านทักษะพิสัย (ใช้แบบสังเกต วัดทักษะปฏิบัติการทดลอง)
- 7.3 ด้านจิตพิสัย (เจตคติทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์)
- 7.4 ด้านความคิดสร้างสรรค์

แบบประเมินผลก่อนการเรียน

ด้านพุทธิพิสัย (ความรู้ความจำ, ความเข้าใจ และการนำไปใช้)

วิชา วิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องเซรามิกส์

ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

หน่วยที่ 4

เรื่อง การออกแบบความคิดสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

คำชี้แจงในการทำแบบประเมินผลก่อนการเรียนรู้

ชุดการสอนหน่วยที่ 4

1. แบบทดสอบนี้เป็นแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ๆ ละ 1 คะแนน
2. ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบให้ครบทั้ง 20 ข้อ ซึ่งเป็นแบบทดสอบในเนื้อหา
3. ในการทำแบบทดสอบให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว โดยทำเครื่องหมาย (X) ลงในช่องว่างให้ตรงกับหัวข้อคำตอบท้ายแบบทดสอบนี้
4. หากผู้เรียนต้องการเปลี่ยนแปลงคำตอบในข้อใดข้อหนึ่งให้ขีดเครื่องหมาย (X) ลงในช่องที่ไม่ต้องการออก แล้วทำเครื่องหมาย (X) ลงในช่องที่ต้องการใหม่

ตัวอย่าง ในครั้งแรกทำเครื่องหมาย (X) ในข้อ ก. แต่ต้องการเปลี่ยนเป็นข้อ ง.

ข้อ	ก	ข	ค	ง
0	~~X~~			X

5. ให้ตอบแบบทดสอบลงในกระดาษคำตอบที่จัดให้เท่านั้น
6. ห้ามขีดเขียนข้อความหรือทำเครื่องหมายใด ๆ ลงในแบบทดสอบนี้
7. เมื่อทำแบบประเมินผลเสร็จแล้วให้ตรวจคำตอบในเฉลยหลังแบบทดสอบนี้แล้วเทียบค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ในตารางเปรียบเทียบต่อไป

คำแนะนำ ให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวในแต่ละข้อมาตอบลงในกระดาษคำตอบ
ที่จัดไว้ให้ โดยทำเครื่องหมาย (X) ในช่อง ☐ ที่ระบุ ก. ข. ค. และ ง. เพียง
คำตอบเดียว

1. เครื่องมือตกแต่งผิว ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ทำมาจากอะไร

- ก. โลหะ
- ข. ไม้เนื้อแข็ง
- ค. พลาสติก
- ง. ไฟเบอร์กลาส

2. การใช้เครื่องมือตกแต่งผิวเพื่อจุดประสงค์อะไร

- ก. ใช้ขูดคิน
- ข. ใช้ตัดคิน
- ค. ใช้เจาะคิน
- ง. ทำให้เกิดลวดลาย

3. เครื่องมือตกแต่งผิวควรใช้ในขณะใด

- ก. ขณะขึ้นรูปผลิตภัณฑ์
- ข. หลังจากการแข็งตัวแล้ว
- ค. ขณะเนื้อคินยังหมาด ๆ อยู่
- ง. หลังผ่านขั้นตอนการเผาไหม้แล้ว



4. จากภาพด้านบนเป็นเครื่องมือประเภทใด

- ก. เครื่องตกแต่งคิน
- ข. เครื่องมือขูดคิน
- ค. เครื่องมือกลึงคิน
- ง. เครื่องมือตัดคิน

5. การกำหนดความหนาของคินขณะกลึงคิน ควรใช้อะไร

- ก. ไม้กลึงคิน
- ข. ไม้บรรทัด
- ค. ดลิบเมตร
- ง. ไม้วัดคิน

6. การคลึงดินบนพื้นวัสดุใดจะเหมาะสมที่สุด

- ก. บนแผ่นไม้อัด
- ข. บนแผ่นปูนปลาสเตอร์
- ค. บนผืนผ้าใบ
- ง. บนแผ่นฟอรัไมก้า

7. ข้อใดเป็นจุดประสงค์หลักของการปฏิบัติการนวดดิน

- ก. ไม่ให้เนื้อดินมีโพรงอากาศ
- ข. เพื่อแยกทรายออกจากเนื้อดิน
- ค. เพื่อให้ดินเผาแล้วไม่แตก
- ง. เพื่อให้ดินมีความบริสุทธิ์

8. ตะแกรงร่อน ขนาด 100 เมส (Mesh) หมายถึงอะไร

- ก. ใน 1 ตารางเซนติเมตรมี 100 ช่อง
- ข. ใน 1 ตารางนิ้วมี 100 ช่อง
- ค. ใน 1 ตารางฟุตมี 100 ช่อง
- ง. ใน 1 ตารางเมตรมี 100 ช่อง

9. การทำความสะอาดแผ่นปูนปลาสเตอร์ โดยเฉพาะแม่พิมพ์ควรใช้อะไร

- ก. แปรงขนอ่อน
- ข. แปรงลวด
- ค. ฟองน้ำ
- ง. ผ้า

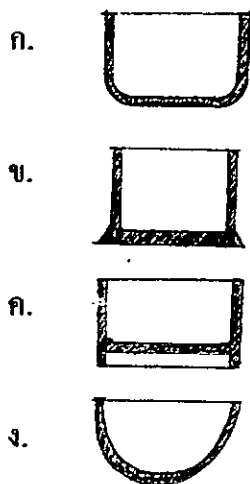
10. ข้อใดเป็นวัตถุประสงค์ของการเกรอะดินบนแผ่นปูนปลาสเตอร์เพื่อ

- ก. เพื่อให้ดินหมาดตัว
- ข. เพื่อให้ดินเข้ากันดี
- ค. เพื่อให้ดินแข็งตัว
- ง. เพื่อให้ดินไม่มีโพรงอากาศ

11. การขึ้นรูปแบบใดใช้อุปกรณ์น้อยที่สุด

- ก. แบบขด
- ข. แบบแผ่น
- ค. แบบอิสระ
- ง. แบบหล่อ

12. จากภาพตัดในบริเวณกันขอบผลิตภัณฑ์ควรมีลักษณะใด



13. การขึ้นรูปแบบขด กระทำได้อย่างไร

- ก. เอาเนื้อดินมาต่อกันเป็นก้อนกลม ๆ
- ข. เอาเนื้อดินมาทำเป็นเส้นเหลื่อม
- ค. เอาเนื้อดินมาทำเป็นแผ่น ๆ
- ง. เอาเนื้อดินมาทำเป็นเส้นกลม ๆ

14. การต่อเชื่อมระหว่างเนื้อดิน ควรใช้อะไรเป็นตัวประสาน

- ก. น้ำบริสุทธิ์
- ข. สลิป (Slip)
- ค. เนื้อดิน
- ง. กาวน้ำ

15. การขึ้นรูปในลักษณะใดทำให้ผลิตภัณฑ์มีความหนาเท่ากันตลอด

- ก. แบบหล่อ
- ข. แบบแผ่น
- ค. แบบขด
- ง. แบบอิสระ

16. แม่พิมพ์ (Mold) ของการขึ้นรูปแบบหล่อทำจากวัสดุประเภทใด

- ก. ดินเหนียว
- ข. ปูนปลาสเตอร์
- ค. ดินเผา
- ง. ขางพารา

17. ถ้าต้องการให้สารสี (ออกไซด์ของโลหะ) มีสีเข้มขึ้น ควรปฏิบัติอย่างไร
- เพิ่มปริมาณของสารให้สี
 - เพิ่มปริมาณของความร้อน
 - เพิ่มปริมาณของน้ำเคลือบ
 - เพิ่มระยะเวลาของการเผา
18. ถ้าต้องการได้เคลือบสีดำ จะต้องใช้สารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) ผสมกับทุกบรรยากาศ ชนิดใดและจำนวนเท่าใด
- CuO จำนวน 1 - 5 เปอร์เซ็นต์
 - CoO จำนวน .5 - 1 เปอร์เซ็นต์
 - Fe_2O_3 จำนวน 3 - 7 เปอร์เซ็นต์
 - Fe_2O_3 จำนวน 8 - 10 เปอร์เซ็นต์
19. การขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน (Throwing Method) ด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าควรใช้ความเร็วรอบประมาณเท่าใด
- 80 รอบ / นาที
 - 60 รอบ / นาที
 - 40 รอบ / นาที
 - 20 รอบ / นาที
20. การขึ้นรูปด้วยวิธีใดจะต้องอาศัยทักษะและความชำนาญมากที่สุด
- แบบหล่อ
 - แบบขด
 - แบบแผ่น
 - แบบแป้นหมุน
-

กระดาษคำตอบ

การประเมินผล

ชุดการสอนหน่วยที่ 4

เรื่อง การออกแบบความคิดสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

คะแนน	
เต็ม	20
ได้	

ชื่อ.....ชั้น.....

ทดสอบวันที่.....เดือน.....พ.ศ. 2540

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

ข้อ	ก	ข	ค	ง
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

เฉลย

คำตอบแบบประเมินผลก่อนการเรียนรู้หน่วยที่ 4

ข้อที่	คำตอบ	ข้อที่	คำตอบ	ข้อที่	คำตอบ
1	ข	8	ข	15	ก
2	ง	9	ก	16	ข
3	ก	10	ก	17	ก
4	ข	11	ค	18	ง
5	ง	12	ก	19	ก
6	ก	13	ง	20	ง
7	ก	14	ข		

ตารางเทียบคะแนนเป็นเปอร์เซ็นต์ของแบบประเมินผลก่อนการเรียนรู้
ชุดการสอนหน่วยที่ 4

คะแนน ที่ได้	เทียบ เปอร์ เซ็นต์	คะแนน ที่ได้	เทียบ เปอร์ เซ็นต์	คะแนน ที่ได้	เทียบ เปอร์ เซ็นต์
1	5	8	40	15	75
2	10	9	45	16	80
3	15	10	50	17	85
4	20	11	55	18	90
5	25	12	60	19	95
6	30	13	65	20	100
7	35	14	70		

กิจกรรมการสอน

(หน่วยที่ 4)

คำชี้แจง

1. กิจกรรม

กิจกรรมการเรียนรู้ในหน่วยที่ 4 เป็นเอกสารประกอบภาพและคำบรรยายรวมถึงของจริง เช่น ตัวอย่างเครื่องมือที่จำเป็นในการประกอบความคิดสร้างสรรค์ ตัวอย่างของจริงของผลิตภัณฑ์ทางเซรามิกส์ที่ผ่านการเผาเคลือบด้วยน้ำเคลือบเฟลด์สปาร์ผสมกับสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) หรือน้ำเคลือบขี้เถ้าผสมกับสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) และสีสำเร็จรูป (Stains) ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรม 2 กิจกรรมดังนี้

1.1 กิจกรรมภาคทฤษฎีประกอบด้วยใบความรู้เกี่ยวกับ

- 1.1.1 ประเภทของเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์
- 1.1.2 การสร้างสรรค์สีในเคลือบ โดยใช้สารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ)
- 1.1.3 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิกส์
- 1.1.4 การเผาเคลือบ

1.2 กิจกรรมภาคปฏิบัติ ประกอบด้วย ใบงาน และการปฏิบัติตามใบงานเกี่ยวกับการออกแบบความคิดสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ โดยครอบคลุมการปฏิบัติดังนี้

- 1.2.1 ปฏิบัติการใช้เครื่องมือประกอบการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์
- 1.2.2 การใช้ความคิดสร้างสรรค์สีในเคลือบ โดยใช้สารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ)

1.3 ปฏิบัติการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

2. สื่อการเรียนรู้

สื่อการเรียนรู้ประกอบด้วย เอกสารประกอบภาพ และคำบรรยาย รวมถึงตัวอย่างของจริง ประกอบกับสื่อการสอนที่ปรากฏตามแผนการสอนที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับเนื้อหาในชุดการสอนในหน่วยการเรียนรู้การสอนนี้

3. คำแนะนำ

3.1 จดเว้นการขีดเขียนหรือทำเครื่องหมายใด ๆ ลงในเอกสารทุกหน้าของหน่วยการเรียนรู้การสอนนี้

3.2 หากตรวจพบสื่อการเรียนการสอนใดชำรุดหรือไม่ชัดเจน ให้แจ้งต่อผู้สอนได้ทราบ เพื่อทำการเปลี่ยนให้ใหม่

3.3 เก็บรักษาสื่อ อุปกรณ์และตัวอย่างของจริงให้อยู่ในสภาพเรียบร้อย

ชุดการสอนภาคทฤษฎี
(หน่วยที่ 4)

ใบความรู้

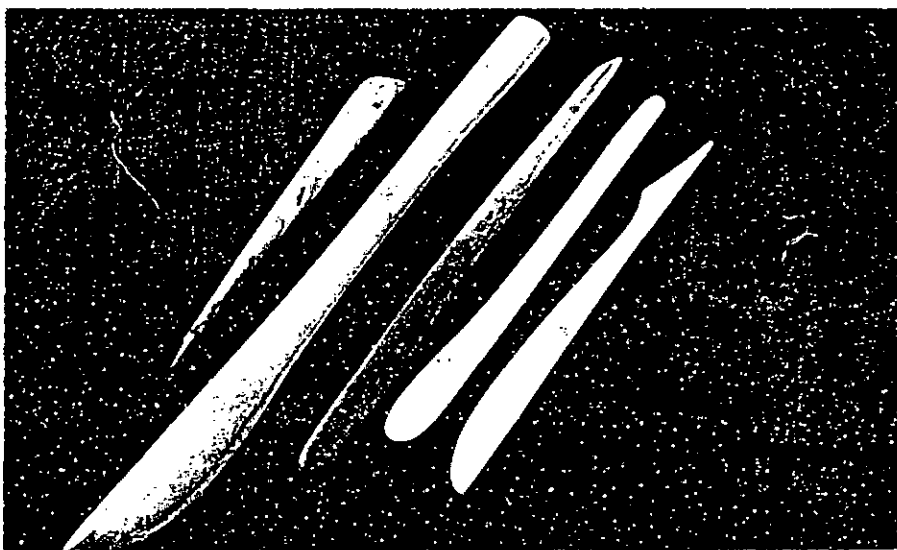
เรื่อง การออกแบบความคิดสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

วิชา วิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ

ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

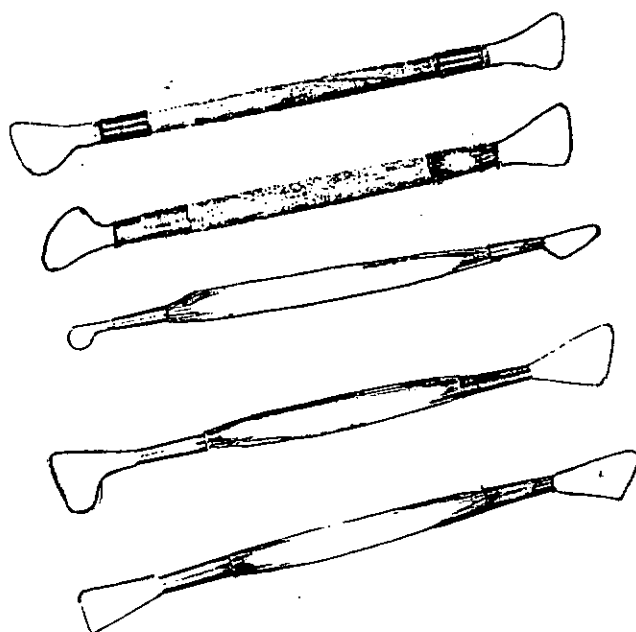
ครั้งที่ 4

จำนวน 3 คาบ (ภาคทฤษฎี)



ประเภทของเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

1. เครื่องมือที่ใช้ในการตกแต่งผิว ส่วนใหญ่มักกระทำด้วยไม้ขนาดพอเหมาะ มีความยาวประมาณ 5-6 นิ้ว ปลายด้านทั้งสองมีลักษณะแบนและกลมมน โดยมีหน้าตัดแตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์ที่จะทำให้เกิดริ้วรอยขึ้นมา สามารถผลิตขึ้นมาเพื่อใช้งานได้เองตามความเหมาะสมกับลักษณะของงาน ซึ่งการใช้เครื่องมือตกแต่งผิวที่ทำด้วยไม้เหมาะที่จะใช้ตกแต่งดินในขณะที่ดินยังอยู่ในลักษณะหมาด ๆ หากดินมีความแข็งแล้วควรใช้กระดาษทรายในการตกแต่งให้เรียบได้

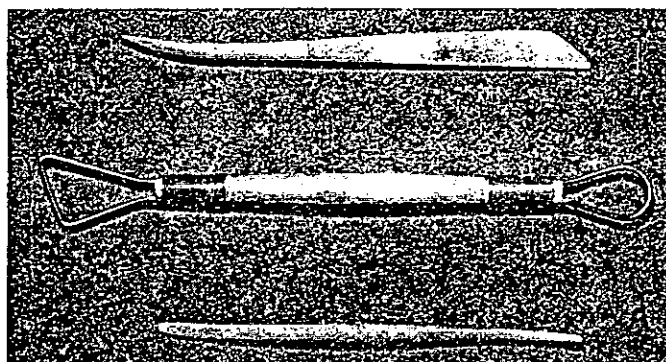


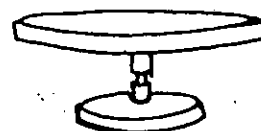
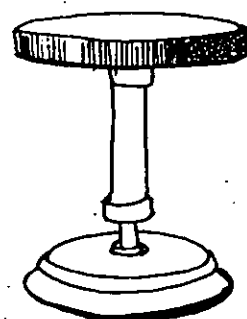
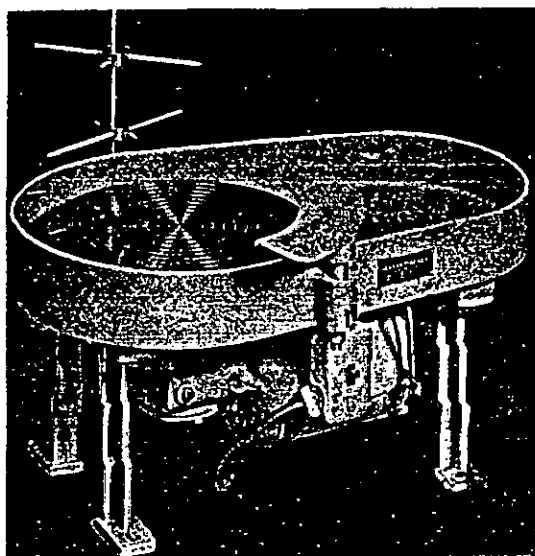
2. เครื่องมือขุดดิน มีทั้งชนิดมีคม และไม่มีคม

2.1 ชนิดมีคม ทำด้วยโลหะบาง ๆ แต่มีความแข็งแรงและมีคมใช้สำหรับขุดผิวผลิตภัณฑ์ ในขณะที่เริ่มมีการแข่งตัว

2.2 ชนิดไม่มีคม ส่วนของด้ามจับทำด้วยไม้ ส่วนหัวและส่วนปลายทำด้วยลวดที่มีความแข็งแรงโค้งงอเป็นวงรีหรือตัวยู ประกบแน่นเข้ากับด้ามใช้สำหรับขุดแต่งผิว ขุดความหนาของผลิตภัณฑ์ให้สม่ำเสมอและตกแต่งผิวได้ตามต้องการ

3. ไม้คลึงดิน เป็นไม้กลม ๆ มีด้ามจับทั้ง 2 ข้าง ซึ่งเป็นชนิดเดียวกันกับไม้ที่ใช้ในการ นวดแป้ง โดยใช้ควมคู่กับฝ่าใบ ไม้วัดดิน ซึ่งจะเพ็ดเป็นตัวกำหนดความหนาของดินได้ ทัวกันทั้งแผ่น



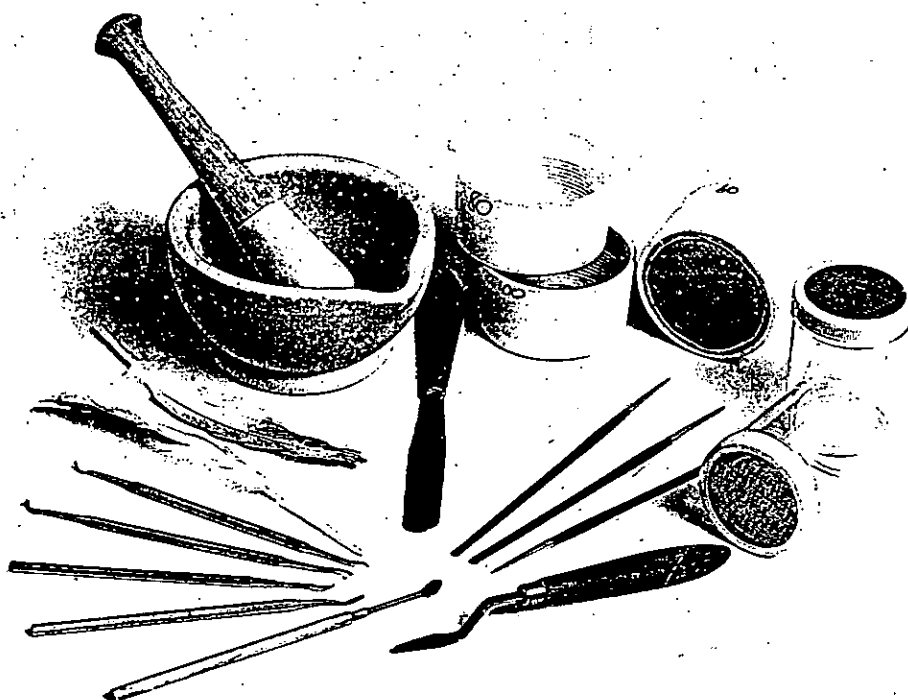


4. แป้นหมุน ทำด้วยเหล็กเป็นแป้นกลมหมุนได้รอบตัวมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 12 นิ้ว สูง 6 นิ้ว ใช้สำหรับอำนวยความสะดวกในการติดตั้งผลิตภัณฑ์เพื่อการตกแต่ง ดีไซน์รอบวงหรือทาน้ำเคลือบ

5. แผ่นปูนพลาสติกอร์ ใช้ประโยชน์ในการขึ้นรูป และรองผลิตภัณฑ์ช่วยดูดซับน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ให้แห้งเร็วยิ่งขึ้น มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 8-10 นิ้ว และหนาประมาณ 1 นิ้ว

6. โต๊ะนวดดิน เป็นโต๊ะที่มีขนาดใหญ่ ใช้ได้หลายลักษณะ เช่น ใช้ในการนวดดิน โดยจะมีลวดขึงเพื่อใช้ในการตัดดิน เพื่อการตรวจสอบฟองอากาศในเนื้อดิน

7. ภาชนะบรรจุน้ำเคลือบ มีไว้สำหรับบรรจุน้ำเคลือบ ควรเป็นภาชนะที่มีฝาปิดสนิท ป้องกันการระเหยของน้ำ ควรมีป้ายระบุถึงชนิดของน้ำเคลือบ น้ำเคลือบสีอะไร และอุณหภูมิในการเผา เป็นต้น



8. พู่กัน ใช้สำหรับเขียนลาย ทาหน้าเคลือบผลิตภัณฑ์ มีหลายขนาด ควรเลือกใช้ตั้งแต่เบอร์ 0-12 ที่สามารถจุ่มน้ำได้ดี

9. โกร้งบดหรือครกบด เป็นครกใช้สำหรับบดน้ำเคลือบ ทำจากผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่เผาในอุณหภูมิสูง

10. เครื่องขึง ใช้ในการขึงวัตถุดิบ และสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) โดยมีหลายประเภท

11. ตะแกรงร่อน ใช้ในการกรองน้ำเคลือบและเนื้อดิน มีหลายเบอร์ ควรเลือกใช้ตามวัตถุประสงค์ มีหน่วยเป็นเมตร (Mesh) ต่อตารางนิ้ว เช่น เบอร์ 100 คือใน 1 ตารางนิ้วจะมี 100 ช่อง

12. ขาวางผลิตภัณฑ์ ใช้สำหรับวางผลิตภัณฑ์ในการเผาเคลือบ ทำจากวัสดุทนไฟ มีทั้งแบบ 3 จุด จุดเดียวและแบบแท่ง

ข้อควรระวังในการใช้เครื่องมือในงานเซรามิกส์

1. ในขณะที่ใช้งานไม่ควรออกแรงมากเกินไป เพราะอาจทำให้โลหะที่ปลายทั้ง 2 ด้าน ซึ่งมีความแข็งแรงจำกัด หากดินมีความแข็งแรงอาจทำให้เครื่องมือชำรุดเสียหายได้

2. ควรเลือกใช้เครื่องมือให้เหมาะสมกับประเภทของงาน

3. อย่าเคาะหรือโยนเครื่องมือเล่นเพราะจะทำให้ชำรุดเสียหายได้

4. เครื่องมือบางอย่างมีความคมขนะใช้อย่างระมัดระวัง

5. อย่าใช้เครื่องมือจัดแะให้เกินกำลังของวัสดุที่ใช้ทำเครื่องมือ

6. หลังการใช้งานควรทำความสะอาดทุกครั้ง และเช็ดให้แห้ง

7. ควรเก็บเครื่องมือไว้ในห่อหรือกล่องให้ถูกประเภทของเครื่องมือ

การสร้างสรรคือนเคลือบ โดยใช้สารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ)

น้ำเคลือบเป็นชั้นของแก้วบาง ๆ ที่หลอมละลายติดอยู่กับผิวของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านขั้นตอนการเผาไหม้และเผาเคลือบแล้ว ซึ่งก่อนนำมาเคลือบบนผลิตภัณฑ์ผ่านการเผาไหม้เคลือบหนาประมาณ 1-1.5 มม. เมื่อเคลือบแล้วต้องทิ้งให้ผลิตภัณฑ์ให้แห้ง แล้วขีดกันผลิตภัณฑ์ให้สะอาดปราศจากน้ำเคลือบก่อนนำเข้าเตาเผาให้ผ่านความร้อนในอุณหภูมิสูง จนกระทั่งวัตถุดิบที่เป็นแก้วเกิดการหลอมละลายเคลือบผิวผลิตภัณฑ์ ซึ่งเมื่อเคลือบแล้วทำให้ได้คุณสมบัติของแก้วคือ ไม่ดูดซึมน้ำ เพิ่มความแข็งแรงทนทาน ใส่ของเหลวได้โดยปราศจากการรั่วซึม อย่างไรก็ตามเคลือบยังมีการแบ่งประเภทของน้ำเคลือบออกได้หลายลักษณะ ดังต่อไปนี้

1. แบ่งตามอุณหภูมิจุดสุกตัว
 - 1.1 เคลือบไฟดำ 625°C - 1050°C
 - 1.2 เคลือบไฟกลาง 1050°C - 1190°C
 - 1.3 เคลือบไฟสูง 1190°C - 1310°C
2. แบ่งตามลักษณะผลิตภัณฑ์
 - 2.1 เคลือบเอร์เทนแวร์
 - 2.2 เคลือบสโตนแวร์
 - 2.3 เคลือบปอร์ซเลน
 - 2.4 เคลือบสุขภัณฑ์
 - 2.5 เคลือบโบนไชน่า
3. แบ่งตามวัตถุดิบที่ใช้เตรียมเคลือบ
 - 3.1 เคลือบตะกั่ว
 - 3.2 เคลือบเกลือ
 - 3.3 เคลือบบอแรกซ์
 - 3.4 เคลือบซีเถ้า
 - 3.5 เคลือบเฟลด์สปาร์
4. แบ่งตามลักษณะของผิวเคลือบ
 - 4.1 เคลือบใส
 - 4.2 เคลือบทึบ
 - 4.3 เคลือบผลึก
 - 4.4 เคลือบด้าน
 - 4.5 เคลือบราน
 - 4.6 เคลือบสี
 - 4.7 เคลือบมันหรือเคลือบมุก

ในการเรียนการสอนในหน่วยนี้ มีจุดประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์สีในน้ำเคลือบที่แตกต่างจากสีเดิมจากการทดลองในหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 โดยใช้สารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) ที่ต่างชนิดกันและจำนวนเปอร์เซ็นต์ที่แตกต่างกัน เพื่อให้เห็นความแตกต่างของสีที่เกิด รวมถึงการทดลองใช้สีสำเร็จรูปในสูตรเคลือบเฟลด์สปาร์ อุณหภูมิ 1200° ซ บรรยากาศการเผาไหม้สมบูรณ์ (Oxidation Firing) ซึ่งใช้เตาเผาไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ในการเผา

สูตรเคลือบเฟลด์สปาร์ อุณหภูมิ 1200° ซ เเผาในบรรยากาศสมบูรณ์ (Oxidation Firing) ผสมกันโดยน้ำหนัก

1. โซเดียมเฟลด์สปาร์ ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$)	ร้อยละ 40
2. แบเรียมคาร์บอเนต (BaCO_3)	ร้อยละ 10
3. ซิงค์ออกไซด์ (ZnO)	ร้อยละ 15
4. หินปูน (CaCO_3)	ร้อยละ 15
5. ดินขาว ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	ร้อยละ 15
6. ซิลิกา (SiO_2)	ร้อยละ 15
รวมทั้งหมด	100

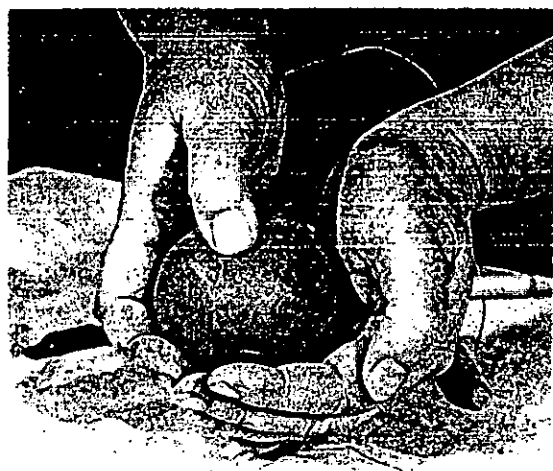
สารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) ที่ใช้ในการออกแบบความคิดสร้างสรรค์

1. เฟอริกออกไซด์ (Fe_2O_3)
2. โครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3)
3. โคบอลท์ออกไซด์ (CoO)

หมายเหตุ ในที่นี้ขอกล่าวถึงออกไซด์ของโลหะที่ใช้หลัก ๆ เพียงไม่กี่ชนิดและมีราคาไม่แพงในการเตรียมเคลือบและหาซื้อได้ง่าย

การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิกส์เป็นการใช้ความคิดสร้างสรรค์ประกอบกับการใช้ทักษะการปฏิบัติงาน โดยมีวิธีการขึ้นรูปได้หลายลักษณะดังนี้



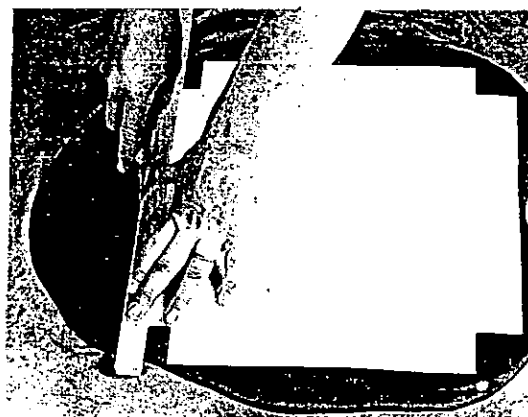
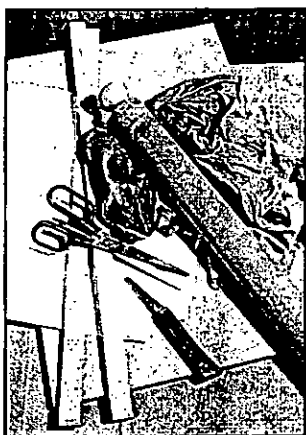
1. การขึ้นรูปแบบอิสระ (Free form Method)

การขึ้นรูปแบบอิสระเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ได้อย่างอิสระ กล่าวคือเป็นการนำดินที่ผ่านการเตรียมการมาแล้ว มาทำการนวดแล้วบีบให้ขึ้นรูปด้วยมือ โดยเน้นความสำคัญที่ต้องให้ความหนาใกล้เคียงกันที่สุด เพื่อป้องกันการแตกร้าวและชำรุดหรืออาจใช้วิธีการขุดเจาะให้กลวง โดยอาศัยเครื่องมือประกอบการสร้างสรรค์ เมื่อได้สัดส่วนความหนาใกล้เคียงกันแล้ว ปลอ่ยให้แห้งสนิท ทำการตกแต่งให้เรียบร้อย จุดสำคัญอีกจุดหนึ่งคือควรมีขาหรือก้น เพื่อความสะดวกต่อการนำไปเคลือบ จะช่วยให้ผลิตภัณฑ์ไม่ติดกับชั้นวางในขณะที่ทำการเผาเคลือบอีกด้วย



2. การขึ้นรูปแบบขด (Coil Method)

การขึ้นรูปแบบนี้เป็นที่นิยม เพราะช่วยทุ่นแรงโดยอาศัยหลักการจัดระเบียบของการซ้อนเนื้อดินและการต่อดินจนเกิดเป็นรูปทรงตามต้องการ สามารถขึ้นรูปได้ตั้งแต่ชิ้นงานขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่ เช่น โอ่งน้ำ โดยขึ้นเริ่มต้นให้ทำดินให้เป็นแผ่นเพื่อเป็นพื้นของภาชนะต่อจากนั้นทำการตัดแต่งให้เป็นลักษณะวงกลมหรือสี่เหลี่ยมตามต้องการ จากนั้นทำการปั้นดินเป็นเส้นกลมยาวมีขนาดเล็กหรือใหญ่ตามความเหมาะสมของภาชนะ ก่อนนำไปติดตั้งกับฐานควรทำให้แนวต่อมีรอยขรุขระเพื่อการยึด ในการยึดต่อต้องใช้น้ำสลิป (น้ำดิน) ประสานรอยต่อระหว่างชั้นดินเสมอ ขดต่อซ้อนกัน กดต่อให้แน่นซ้อนกันไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งได้ความสูงพอเหมาะแล้วตกแต่งผิวให้เรียบ หลังจากนั้นนำไปผึ่งให้แห้งสนิท



3. การขึ้นรูปแบบแผ่น (Slab Method)

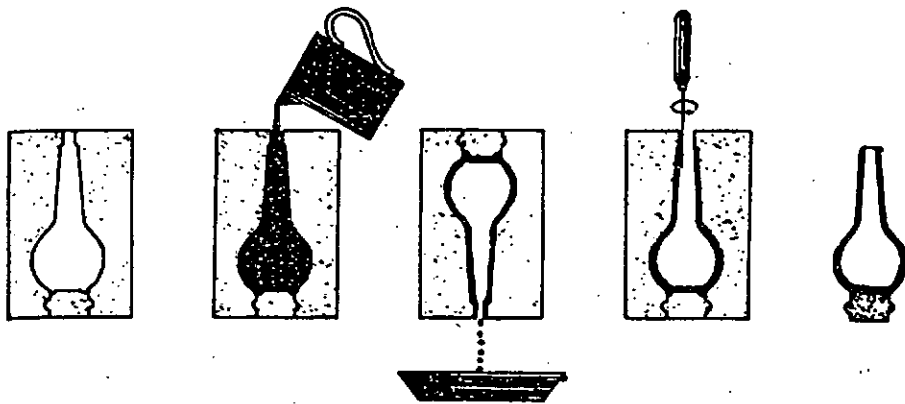
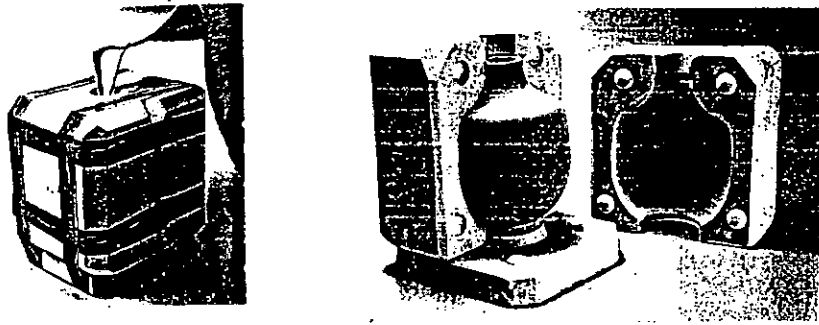
การขึ้นรูปแบบแผ่น เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่มีการออกแบบเป็นลักษณะทรงเหลี่ยม ทรงกระบอก หรือทรงเรขาคณิต โดยในขั้นเริ่มต้นควรใช้เครื่องมือคือลูกกลิ้งรีดดินให้เป็นแผ่นบน แผ่นปูนพลาสติกหรือไม้อัดที่มีผ้าใบหุ้ม ความหนาของแผ่นเนื้อดินขึ้นอยู่กับลักษณะที่ออกแบบ ความคิดสร้างสรรค์ไว้ แล้วใช้เครื่องมือตัดดินตามรูปแบบที่ต้องการ แล้วนำเข้าไปประกบกัน ในขณะที่เนื้อดินหมาด ๆ อยู่ โดยใช้สลิปเป็นตัวประสานรอยต่อ ในขณะที่ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ รูปทรงตัวไม่ดี ควรใช้วัสดุค้ำยันรองจนกระทั่งเนื้อดินแห้ง โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่มีรูปทรงเหลี่ยม หรือทรงกระบอก เวลาผึ่งแห้ง ควรคว่ำบนแผ่นปูนพลาสติก เพื่อป้องกันการบิดเบี้ยว แต่ถ้า ผลิตภัณฑ์ที่มีผาควรให้ผาประกบกันอยู่ เพื่อป้องกันการบิดเบี้ยว



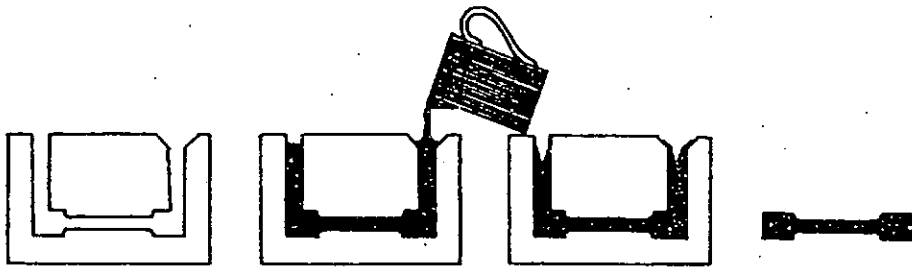
4. การขึ้นรูปแบบพิมพ์กด (Hand Pressing)

การขึ้นรูปแบบพิมพ์กดชนิดใช้มือกด จำเป็นต้องอาศัยพิมพ์ที่ทำจากปูนปลาสเตอร์แบบ ขึ้นเดียวหรือสองชั้น เนื้อดินที่นำมาใช้ในการกดพิมพ์ควรนวดให้เป็นแผ่นและใช้เครื่องมือตัดขนาด ตามรูปร่างของแม่พิมพ์ แล้วนำไปกดลงในพิมพ์ปล่อยทิ้งไว้ให้แห้ง เนื้อดินจะร้อนออกมาเนื่องจากแม่พิมพ์ดูดน้ำบางส่วนออกจากเนื้อดิน หลังจากนั้นนำไปตากให้แห้ง

แบบพิมพ์สองชั้น ใช้วิธีเดียวกันกับวิธีแรก เพียงแต่นำเนื้อดินที่นำออกจากแม่พิมพ์ทั้ง 2 ชั้น มาประกบเข้าด้วยกัน โดยใช้ผ้าสลีปเป็นตัวประสาน ก็จะได้รูปทรงตามต้องการ และพิมพ์ที่ใช้จะต้องเป็นพิมพ์ที่แห้งสนิทจะช่วยให้อกพิมพ์สะดวก ส่วนการทำความสะอาดแม่พิมพ์ควรใช้ ฟองน้ำเช็ดเท่านั้น ห้ามใช้วัสดุมีคม เพราะจะทำให้แม่พิมพ์เสียหายได้



การหล่อสลีปแบบทวง (Drain Casting)



การหล่อสลีปแบบตัน (Solid Casting)

5. การขึ้นรูปด้วยแบบหล่อ (Casting Method)

การขึ้นรูปด้วยวิธีนี้แตกต่างจากวิธีอื่น จำเป็นต้องอาศัยแม่พิมพ์ (Mold) ที่ทำการขึ้นจากปูนปลาสเตอร์ (Plaster Mold) แม่พิมพ์ปลาสเตอร์นี้จะทำหน้าที่เป็นตัวควบน้ำออกจากน้ำสลีป (Slip) ให้แห้งและคงรูปตามแบบพิมพ์ การผลิตด้วยวิธีการหล่อสลีป สามารถผลิตงานได้ลักษณะเหมือนกัน แต่แม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ชุดหนึ่งไม่สามารถหล่อได้มากนัก เนื่องจากแม่พิมพ์จะมีความชื้นมาก จากการหล่อแบบในแต่ละครั้ง ซึ่งในการหล่อครั้งแรก ๆ จะมีอัตราการดูดซึมน้ำได้รวดเร็ว เพราะแม่พิมพ์มีจุดอิ่มตัวของน้ำ ต้องนำไปตากให้แห้งก่อนนำมาใช้อีกครั้ง



6. การขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน (Throwing Method)

การขึ้นรูปด้วยแป้นหมุนเป็นการขึ้นรูปทรงกลม โดยอาศัยเครื่องมือเป็นลักษณะแป้นทรงกลม โดยอาศัยแรงคนถีบ (Kick Wheel) ทำให้แป้นทรงกลมหมุนโดยมีเนื้อดินที่ใช้ขึ้นรูปติดตั้งบนแป้นหมุนตามแป้น โดยอาศัยการบังคับรูปทรงของดินให้ได้ตามรูปทรงที่กำหนดขณะที่หมุนต่อมาได้มีวิวัฒนาการโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าในการหมุนโดยจะมีความเร็ว 2-3 จังหวะ ซึ่งความเร็วรอบมาตรฐานจะใช้ประมาณ 80 รอบต่อนาที ซึ่งดินที่นำมาขึ้นรูปโดยวิธีนี้จะต้องมีความเหนียว จะช่วยให้การขึ้นรูปได้ดี โดยการใช้วิธีการขึ้นรูปด้วยวิธีนี้ผู้ปั้นขึ้นรูปต้องได้รับการฝึกทักษะและความชำนาญ รวมถึงระยะเวลาที่ใช้ในการฝึก

ส่วนผสมของเนื้อดินกับน้ำ แบ่งโดยวิธีการขึ้นรูป

1. Slip	น้ำดินข้น	ดินผสมน้ำ	ร้อยละ 40-50%	ใช้กับวิธีแบบหล่อ
2. Soft Mud	ดินอ่อน	ดินผสมน้ำ	ร้อยละ 18-22%	ขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน
3. Stiff Mud	ดินค่อนข้างแห้ง	ดินผสมน้ำ	ร้อยละ 12-15%	ขึ้นรูปโดยพิมพ์กด
4. Dry Press	ดินค่อนข้างแห้ง	ดินผสมน้ำ	ร้อยละ 6-10%	ขึ้นรูปโดยอัดพิมพ์โดย

เครื่องจักร

ชุดการสอนภาคปฏิบัติ
(หน่วยที่ 4)

ใบงาน 1

เรื่อง การออกแบบความคิดสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

วิชา วิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ

ครั้งที่ 4

ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

จำนวน 6 คาบ (ภาคปฏิบัติ)

การสร้างสรรค์สีในน้ำเคลือบ (โดยใช้ออกไซด์ของโลหะ)

การเตรียมน้ำเคลือบเฟลด์สปาร์ (Feldspar Glaze)

ในกรณีการเตรียมน้ำเคลือบเฟลด์สปาร์ เมาอุณหภูมิ 1200°C ในบรรยากาศสุมบูรณ์ (Oxidation Firing) ด้วยเตาเผาไฟฟ้า ซึ่งในหน่วยการเรียนรู้ที่ 4 นี้จะใช้กับเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ และลำดับขั้นปฏิบัติดังนี้

1. เตรียมวัตถุดิบในการผลิตน้ำเคลือบ ประกอบด้วย โซเดียมเฟลด์สปาร์ แบเรียมคาร์บอเนต ซิงค์ออกไซด์ ดินขาว ซิลิกา และสารให้สี

2. ชั่งน้ำหนักวัตถุดิบ ซึ่งจะใช้วัตถุดิบทั้งหมดรวม 1 กรัมต่อผู้เรียน 1 คน

โซเดียมเฟลด์สปาร์	ร้อยละ 40	=	40 กรัม
แบเรียมคาร์บอเนต	ร้อยละ 10	=	10 กรัม
ซิงค์ออกไซด์	ร้อยละ 5	=	5 กรัม
หินปูน	ร้อยละ 15	=	15 กรัม
ดินขาว	ร้อยละ 15	=	15 กรัม
ซิลิกา	ร้อยละ 15	=	15 กรัม
รวมน้ำหนักทั้งหมด		=	100 กรัม

3. ผสมวัตถุดิบทั้งหมดด้วยวิธีการบดเปียกด้วยโถรงบดโดยเติมน้ำปริมาณ 30-40 เปอร์เซ็นต์

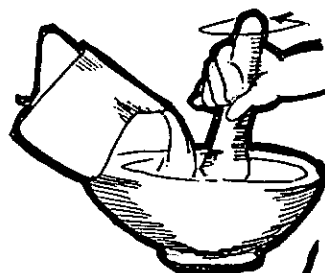
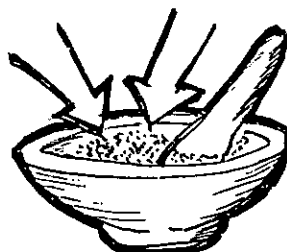
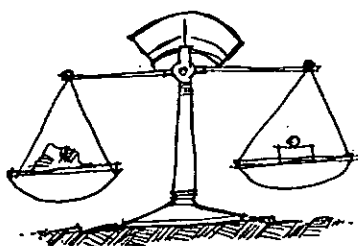
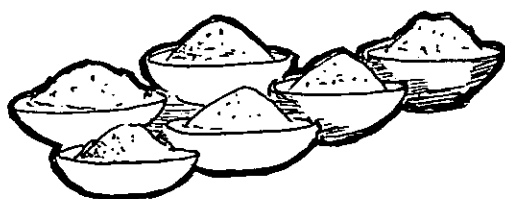
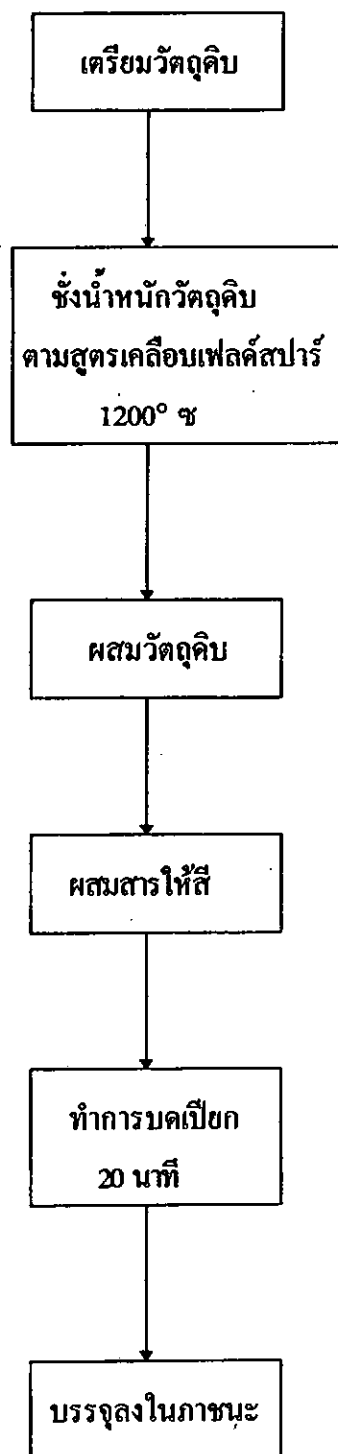
4. ทำการผสมสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) เช่น เฟอริกออกไซด์ (Fe_2O_3) หรือโครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3) หรือโคบอลท์ออกไซด์ (CoO) สารให้สีเหล่านี้จะให้ผลดี ควรผสมในสัดส่วนดังนี้

เฟอริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	1 - 12	เปอร์เซ็นต์
โครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3)	1 - 5	เปอร์เซ็นต์
โคบอลท์ออกไซด์ (CoO)	5 - 2	เปอร์เซ็นต์

5. ทำการบดเปียกน้ำเคลือบรวมกับสารให้สีในโถรงบด ประมาณ 20 นาที

6. ทำการกรองน้ำเคลือบ แล้วบรรจุใส่ภาชนะ ซึ่งการสร้างสรรค์สีในเคลือบของแต่ละบุคคล จะมีส่วนผสมของสารให้สีคนละ 1 สูตร หรือให้มีความแตกต่างในจำนวนเปอร์เซ็นต์ที่ใช้ของแต่ละคนจะไม่เหมือนกัน

แผนภูมิและแผนภาพแสดงลำดับขั้นตอนของการสร้างสรรค์สีในเคลือบ



ใบงาน 2

เรื่อง การออกแบบความคิดสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

วิชา วิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ

ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ครั้งที่ 4

จำนวน 6 คาบ (ภาคปฏิบัติ)

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	วัสดุอุปกรณ์
1. แบ่งผู้เรียนออกเป็นรายบุคคล	1. วัสดุคืบที่ใช้ปฏิบัติการเตรียมเคลือบ
2. ให้ผู้เรียนศึกษาใบความรู้และทำความเข้าใจโดยละเอียด	2. สารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ)
3. ให้ผู้เรียนสังเกตการสาธิตลำดับขั้นตอนการทำน้ำเคลือบเฟลด์สปาร์ผสมกับสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) ตามสัดส่วน	3. เครื่องมือตักแต่งผิว
4. ให้ผู้เรียนสังเกตการสาธิตลำดับขั้นตอนของการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิกส์	4. เครื่องมือขุดดิน
5. ผู้เรียนปฏิบัติการเตรียมน้ำเคลือบเฟลด์สปาร์ผสมกับสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) โดยระบุจำนวนเปอร์เซ็นต์ของสารให้สีได้ด้วยตนเอง	5. เครื่องมือตัดดิน
6. ผู้เรียนปฏิบัติการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ตามความคิดสร้างสรรค์	6. ไม้คลึงดิน
7. ผู้เรียนปฏิบัติการเผาดิบ	7. แผ่นปูนพลาสติกเตอร์
8. ผู้เรียนปฏิบัติการเคลือบผลิตภัณฑ์	8. แผ่นรองดิน
9. ผู้เรียนปฏิบัติการเผาเคลือบ	9. พู่กัน
	10. เครื่องชั่ง
	11. โกร่งบด
	12. ตะแกรงร่อน
	13. ภาชนะบรรจุน้ำเคลือบ
	14. แม่พิมพ์กด
	15. แม่พิมพ์หล่อแบบ
	16. กระดาษทราย
มอบหมายงาน	การประเมินผล
ให้ผู้เรียนปฏิบัติการสร้างสรรค์สีในเคลือบเฟลด์สปาร์และสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์รวมถึงการปฏิบัติการเผาดิบ การเคลือบและการเผาเคลือบ	1. ด้านพุทธิพิสัย (ความรู้ความจำ ความเข้าใจ และการนำไปใช้)
	2. ด้านทักษะพิสัย (แบบสังเกต ทักษะปฏิบัติการทดลอง)
	3. ด้านจิตพิสัย (เจตคติทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์)
	4. ด้านความคิดสร้างสรรค์

แบบประเมินผล

ด้านทักษะพิสัย (แบบสังเกตทักษะปฏิบัติการทดลอง)

วิชา วิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ

ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

หน่วยที่ 4

เรื่อง การออกแบบความคิดสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

คำแนะนำ

1. แบบสังเกตด้านทักษะปฏิบัติการทดลองวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพเรื่องเซรามิกส์นี้จะช่วยให้การสังเกตพฤติกรรมรายบุคคลเพื่อประเมินผลทักษะในภาคปฏิบัติการทดลอง

2. แบบสังเกตพฤติกรรมด้านทักษะปฏิบัติการทดลอง (ในขณะปฏิบัติการทดลอง) จะครอบคลุม 3 ด้านดังนี้

2.1 ด้านเทคนิคการทดลอง ได้แก่

2.1.1 ดำเนินการทดลองอย่างถูกวิธีเป็นขั้นตอนไม่สับสน

2.1.2 ใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้อง เช่น เครื่องมือ ชั่ง ตวง วัด และเครื่องมือที่จำเป็นในการทดลองทางเซรามิกส์

2.1.3 อ่านค่ามวล ปริมาตร และตรวจสอบความถูกต้องของส่วนผสมของวัตถุดิบ

2.1.4 ใช้เทคนิคการผสมและเตรียมวัตถุดิบประเภทต่าง ๆ รวมถึงการขึ้นรูป

ชิ้นงานทดสอบ และผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

2.1.5 ทำการทดลองทดสอบวัสดุอย่างระมัดระวังและปลอดภัย

2.2 ด้านความคล่องแคล่ว ได้แก่

2.2.1 ปฏิบัติการทดลองได้อย่างคล่องแคล่วถูกต้อง

2.2.2 มีความเชื่อมั่นในขณะปฏิบัติการทดลอง

2.2.3 ทำการทดลองได้ตามเวลากำหนด

2.3 ด้านความสะอาดและความเป็นระเบียบ

2.3.1 จัดพื้นที่สำหรับการทดลองได้เรียบร้อยเหมาะสมเพียงพอ

2.3.2 จัดวางอุปกรณ์ วัสดุ เครื่องใช้ ให้ใช้ได้สะดวกในขณะทดลอง

2.3.3 จัดเก็บอุปกรณ์ เช่น เครื่องชั่ง เครื่องมือทดสอบวัสดุ และขวดบรรจุสารเคมีต่าง ๆ ได้ถูกต้อง

3. การบันทึกผลเป็นลักษณะการให้ระดับของแต่ละพฤติกรรมที่ผู้เรียนแสดงออกโดยบันทึกเป็น 3 ระดับคือ ดี พอใช้ และควรปรับปรุง

4. นำผลของการบันทึกพฤติกรรมมาหาค่าทางสถิติ

แบบประเมินผล

แบบสังเกต

ด้านจิตพิสัย (เจตคติทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์)

วิชา วิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องเซรามิกส์

ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

หน่วยที่ 1

เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เซรามิกส์และการเตรียมดิน

หน่วยที่ 2

เรื่อง เตาเผาและการเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของดิน

หน่วยที่ 3

เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับน้ำเคลือบ การเตรียมน้ำเคลือบและการเผาเคลือบ

หน่วยที่ 4

เรื่อง การออกแบบความคิดสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

คำแนะนำ

การประเมินผลการเรียนการสอนด้านจิตพิสัยที่ประเมินได้มีอยู่ 2 ด้าน คือ เจตคติทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ใช้แบบสังเกตประเมินจากพฤติกรรม/ลักษณะบ่งชี้ที่ผู้เรียนแสดงออกมาในระยขาวพอควรและประเมินอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งสามารถพิจารณาจากลักษณะบ่งชี้หรือพฤติกรรมดังต่อไปนี้

คุณลักษณะและพฤติกรรมบ่งชี้ที่ต้องการปลูกฝังให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนในการเรียน

คุณลักษณะ	ลักษณะบ่งชี้ / พฤติกรรม
1. ความอยากรู้ อยากเห็น	1. ยอมรับว่าการทดลองค้นคว้าจะเป็นวิธีในการแก้ปัญหาได้ 2. มีความใฝ่ใจและพอใจ จะสืบเสาะแสวงหาความรู้ในสถานการณ์ และปัญหาใหม่ ๆ อยู่เสมอ 3. มีความกระตือรือร้นต่อกิจกรรมและเรื่องต่าง ๆ 4. ชอบทดลองค้นคว้า 5. ชอบสนทนา ซักถาม ฟัง อ่าน เพื่อให้ได้รับความรู้เพิ่มขึ้น
2. ความรับผิดชอบ และเพียรพยายาม	1. ยอมรับผลการกระทำของตนเองทั้งที่เป็นผลดีและผลเสีย 2. เห็นคุณค่าของความรับผิดชอบและความเพียรพยายามว่าเป็นสิ่งที่ ที่ควรปฏิบัติ 3. ทำงานที่ได้รับมอบหมายให้สมบูรณ์ตามกำหนดเวลาและตรงต่อเวลา 4. เว้นการกระทำอันเป็นผลเสียหยาต่อส่วนรวม 5. ทำการเต็มความสามารถ 6. ดำเนินการแก้ปัญหาจนกว่าจะได้คำตอบ 7. ไม่ทอดอขในการทำงาน เมื่อมีอุปกรณหรือล้มเหลว 8. มีความอดทนแม้การดำเนินการแก้ปัญหาจะยุ่งยากและใช้เวลา
3. ความมีเหตุผล	1. ยอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลมาสนับสนุนอย่าง เพียงพอ 2. เห็นคุณค่าในการใช้เหตุผลในเรื่องต่าง ๆ 3. พยายามอธิบายสิ่งต่าง ๆ ในแง่เหตุผล ไม่เชื่อโชคลางหรือ คำทำนายที่ไม่สามารถอธิบายตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้

คุณลักษณะ	ลักษณะบ่งชี้ / พฤติกรรม
4. ความมีระเบียบ และรอบคอบ	4. อธิบายหรือแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล 5. หาความสัมพันธ์ของเหตุและผลที่เกิดขึ้น 6. ตรวจสอบความถูกต้องหรือความสมเหตุสมผลของแนวความคิดต่าง ๆ จากแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ 7. เสาะแสวงหาหลักฐาน / ข้อมูลจากการสังเกตหรือการทดลองเพื่อสนับสนุนคำอธิบาย 8. รวบรวมข้อมูลอย่างเพียงพอก่อนจะลงข้อสรุปหรือเรื่องราวต่างๆ 1. ยอมรับว่าความมีระเบียบและรอบคอบเป็นสิ่งที่มีความประโยชน์ 2. เห็นคุณค่าของความมีระเบียบและรอบคอบ 3. นำวิธีการหลาย ๆ วิธีมาตรวจสอบผลหรือวิธีการทดลอง 4. มีการใคร่ครวญ, ใคร่ครอง พินิจพิเคราะห์ 5. มีความละเอียดถี่ถ้วนในการทำงาน 6. มีการวางแผนการทำงานและจัดระบบการทำงาน 7. ตรวจสอบความเรียบร้อยหรือคุณภาพของเครื่องมือก่อนทำการทดลอง 8. ทำงานอย่างมีระเบียบและเรียบร้อย
5. ความซื่อสัตย์	1. เสนอความจริง ถึงแม้จะเป็นเหตุผลที่แตกต่างจากผู้อื่น 2. เห็นคุณค่าของการเสนอข้อมูลตามความเป็นจริง 3. บันทึกผลหรือข้อมูลตามความเป็นจริงและไม่ใช้ความคิดเห็นของตนเองไปเกี่ยวข้อง 4. ไม่แอบอ้างผลงานของผู้เ็นว่าเป็นผลงานของตนเอง
6. ความใจกว้าง	1. รับฟังคำวิพากษ์วิจารณ์ข้อโต้แย้งหรือข้อคิดเห็นที่มีเหตุผลของผู้อื่น 2. ไม่ยึดมั่นในความคิดของตนเองและยอมรับการเปลี่ยนแปลง 3. รับฟังความคิดเห็นที่ตัวเองยังไม่เข้าใจและพร้อมที่จะทำความเข้าใจ 4. ยอมรับพิจารณาข้อมูลหรือความคิดที่ยังสรุปแน่นอนไม่ได้และพร้อมที่จะหาข้อมูลเพิ่มเติม

คุณลักษณะ	ลักษณะบ่งชี้ / พฤติกรรม
7. มีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์	1. พอใจในประสบการณ์การเรียนรู้ที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ 2. สรภาพและซาบซึ้งในผลงานทางวิทยาศาสตร์ 3. เห็นคุณค่าและประโยชน์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 4. ตระหนักในคุณและโทษของการใช้เทคโนโลยี 5. เรียนหรือเข้าร่วมกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์อย่างสนุกสนาน 6. เลือกใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการคิดและปฏิบัติ 7. ตั้งใจเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ 8. ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรม 9. ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยใคร่ครวญไตร่ตรองถึงผลดีและผลเสีย
8. ความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น	1. เห็นคุณค่าของการทำงานร่วมกับผู้อื่น 2. เต็มใจในการทำงานร่วมกับผู้อื่น 3. ประพฤติและปฏิบัติตนตามข้อตกลงของกลุ่ม 4. เห็นแก่ประโยชน์ส่วนรวมมากกว่าประโยชน์ส่วนตัว 5. รู้จักบทบาทของคนที่ได้รับมอบหมายจากกลุ่ม 6. รู้จักขอความร่วมมือและให้ความร่วมมือกับผู้อื่น
9. ความประหยัด	1. รักษาซ่อมแซมสิ่งที่ชำรุดให้ใช้ได้ 2. เห็นคุณค่าและใช้วัสดุอุปกรณ์อย่างประหยัด 3. เห็นคุณค่าของวัสดุเหลือใช้และรู้จักเลือกใช้ 4. ใช้สารหรือวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ในปริมาณที่เหมาะสมและประหยัด

- หมายเหตุ
1. คุณลักษณะที่ 1-6 รวมกันเรียกว่า เจตคติทางวิทยาศาสตร์
 2. เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดเห็น ความรู้สึกของนักเรียนที่มีต่อวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นผลต่อเนื่องจากเจตคติทางวิทยาศาสตร์ในข้อ 1

[illegible]

คำอธิบายวิธีใช้แบบบันทึกผล การประเมินผลด้านจิตพิสัย

ในการบันทึกผลการประเมินจิตพิสัยเป็นแบบสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนรายบุคคล ผู้สอนจะบันทึกผลการประเมินคุณลักษณะต่าง ๆ เท่าที่สามารถสังเกตได้ ในขณะที่ผู้เรียนทำกิจกรรมการเรียนการสอนหรือการทดลองแต่ละครั้ง โดยพิจารณาจากพฤติกรรม / ลักษณะบ่งชี้ของแต่ละคุณลักษณะ ดังแบบบันทึกผลข้างต้นแล้วตัดสินใจว่าผู้เรียนมีคุณลักษณะอยู่ในระดับใด (ดี = 3, พอใช้ = 2, ยังต้องปรับปรุง = 1) แล้วกรอกคะแนนลงในบันทึกการประเมินผลด้านจิตพิสัย ในการประเมินแต่ละครั้งอาจไม่จำเป็นต้องประเมินครบทุกคุณลักษณะและการสังเกตผู้เรียนอาจสังเกตเป็นกลุ่มหรือเป็นแถว (ครั้งละ 4-7 คน) เพื่อผู้สอนจะสามารถสังเกตผู้เรียนได้อย่างทั่วถึง และครอบคลุม ผู้เรียนแต่ละคนควรได้รับการประเมินแต่ละคุณลักษณะอย่างน้อย 2-3 ครั้ง เพื่อการประเมินพัฒนาการในด้านนั้น ๆ ต่อไป

**แบบประเมินผล
ด้านความคิดสร้างสรรค์**

**วิชา วิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องเซรามิกส์
ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย**

หน่วยที่ 4

เรื่อง การออกแบบความคิดสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

ความสามารถและคุณภาพ มีเกณฑ์การให้คะแนนตามลำดับหมายเลข 3, 2, 1

- 3 หมายถึง ความสามารถสูงหรือคุณภาพดี
- 2 หมายถึง ความสามารถปานกลางหรือคุณภาพปานกลาง
- 1 หมายถึง ความสามารถต่ำหรือคุณภาพต่ำ

เกณฑ์การตัดสินผล

- คะแนน 21 - 30 หมายถึง ความสามารถสูงและคุณภาพสูง
- 11 - 20 หมายถึง ความสามารถปานกลางและคุณภาพปานกลาง
- 1 - 10 หมายถึง ความสามารถต่ำและคุณภาพต่ำ

เกณฑ์การประเมิน

ตอนที่ 1 การทำแผน

1. การออกแบบมีแนวความคิดใหม่
 - 3 คะแนน เมื่อรูปแบบของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์แปลกใหม่มาก
 - 2 คะแนน เมื่อรูปแบบของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์มีการดัดแปลงบางส่วน
 - 1 คะแนน เมื่อรูปแบบของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์เป็นการลอกเลียนแบบโดยตรง
2. การเลือกวัสดุอุปกรณ์ เหมาะสมกับคุณสมบัติของวัสดุ
 - 3 คะแนน เมื่อวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เหมาะสมกับคุณสมบัติของวัสดุเป็นส่วนใหญ่
 - 2 คะแนน เมื่อวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เหมาะสมกับคุณสมบัติของวัสดุเป็นบางส่วน
 - 1 คะแนน เมื่อวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ไม่เหมาะสมกับคุณสมบัติของวัสดุ

ตอนที่ 2 การปฏิบัติงาน

3. การปฏิบัติงานด้วยความปลอดภัย
 - 3 คะแนน เมื่อทำงานด้วยความระมัดระวัง ไม่ทำให้เกิดอุบัติเหตุ
 - 2 คะแนน เมื่อทำงานอย่างประมาท เกือบทำให้เกิดอุบัติเหตุ
 - 1 คะแนน เมื่อทำให้เกิดความเสี่ยงหรือทำให้เกิดอุบัติเหตุ

4. การเตรียมความพร้อมในการปฏิบัติงาน

- 3 คะแนน เมื่อมีการเตรียมเครื่องมืออุปกรณ์ครบทุกชิ้นเป็นระเบียบต่อการปฏิบัติงาน
- 2 คะแนน เมื่อมีการเตรียมเครื่องมืออุปกรณ์ครบทุกชิ้น แต่ไม่เป็นระเบียบต่อการปฏิบัติงาน
- 1 คะแนน เมื่อมีการเตรียมเครื่องมืออุปกรณ์ไม่ครบทุกชิ้นและไม่เป็นระเบียบต่อการปฏิบัติงาน

5. ปฏิบัติตามขั้นตอนของการวางแผน

- 3 คะแนน เมื่อปฏิบัติงานตามขั้นตอนของการวางแผนทุกขั้นตอน
- 2 คะแนน เมื่อปฏิบัติงานตามขั้นตอนของการวางแผนแต่ไม่ครบถ้วน
- 1 คะแนน เมื่อไม่ปฏิบัติงานตามขั้นตอนของการวางแผน

ตอนที่ 3 คุณภาพประสิทธิภาพและการเสนอผลงาน

6. ผลิตผลงานตรงกับกรวางแผน

- 3 คะแนน เมื่อผลงานที่ผลิตได้ตรงตามที่ได้ออกแบบไว้
- 2 คะแนน เมื่อผลงานที่ผลิตได้มีบางส่วนตรงตามที่ได้ออกแบบไว้
- 1 คะแนน เมื่อผลงานที่ผลิตได้ไม่มีส่วนตรงตามที่ได้ออกแบบไว้

7. รูปร่างของผลิตภัณฑ์ได้สัดส่วน

- 3 คะแนน เมื่อผลิตภัณฑ์มีสัดส่วนเหมาะสมทั้งความกว้าง ความยาว และความสูง
- 2 คะแนน เมื่อผลิตภัณฑ์ มีทั้งได้สัดส่วนและไม่ได้สัดส่วน
- 1 คะแนน เมื่อผลิตภัณฑ์ ไม่ได้สัดส่วนทั้งความกว้าง ความยาวและความสูง

8. มีความประณีตในการผลิตผลงาน

- 3 คะแนน เมื่อการตกแต่งผลิตภัณฑ์เนื้อดินและเคลือบ ได้ดีมาก
- 2 คะแนน เมื่อการตกแต่งผลิตภัณฑ์เนื้อดินและเคลือบพอใช้
- 1 คะแนน เมื่อไม่มีการตกแต่งผลิตภัณฑ์เนื้อดินและเคลือบ

9. ผลิตภัณฑ์มีความสมบูรณ์

- 3 คะแนน เมื่อผลงานที่ผลิตได้ไม่มีตำหนิ ใช้ประโยชน์ได้
- 2 คะแนน เมื่อผลงานที่ผลิตได้ยังไม่สมบูรณ์ มีตำหนิเล็กน้อยหรือพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์
- 1 คะแนน เมื่อผลงานที่ผลิตได้มีตำหนิ ใช้ประโยชน์ไม่ได้

10. ผลงานใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์

- 3 คะแนน เมื่อใช้หลักทางวิทยาศาสตร์ในการผลิตและสามารถอธิบายได้
- 2 คะแนน เมื่อใช้หลักทางวิทยาศาสตร์ในการผลิตบางส่วนและสามารถอธิบายได้
- 1 คะแนน เมื่อไม่มีหลักการทางวิทยาศาสตร์ในการผลิตและไม่สามารถอธิบายได้

บันทึกผลปฏิบัติการทดลอง

(หน่วยที่ 1-4)

วิชา วิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ

เรื่อง เซรามิกส์

ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....กลุ่มที่.....

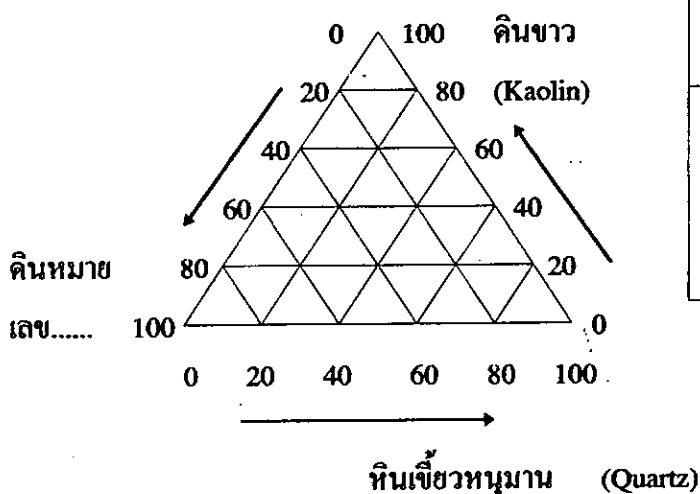
1. ผลการสังเกตและทดลองผลิตภัณฑ์

คุณสมบัติ	เอิร์ทเทนแวร์	สโตนแวร์	ปอร์สเลน	ไบนโซน่า
1. สี				
2. เสียง				
3. ผิว				

2. แหล่งดินตัวอย่าง

คุณสมบัติ	
1. สี	.....
2. เนื้อดิน	.....

3. กำหนดสูตรเนื้อดิน



กำหนดสูตรเนื้อดิน

1. ดินหมายเลข.....	ร้อยละ.....
2. หินเขี้ยวหนูมาน	ร้อยละ.....
3. ดินขาว	ร้อยละ.....

4. ผลการทดลองเนื้อดินปั้น

รายการทดลอง	การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตเห็น		
	สี	เนื้อดิน	ความแข็ง
1. แท่งดินทดลอง (ในขณะยังหมาด ๆ อยู่)			
2. แท่งดินทดลอง (หลังการผึ่งแห้ง)			

5. ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพด้านการหดตัวของดิน (ก่อนการเผา)

ความยาวของดินเปียก	ความยาวของดินแห้ง	เปอร์เซ็นต์การหดตัวของดินแห้ง
.....		

6. ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน (หลังการเผา)

การหดตัว (หลังการเผา) เปอร์เซ็นต์	การดูดซึมน้ำ (หลังการเผา) เปอร์เซ็นต์	ความแข็งแรง (หลังการเผา) (กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)

7. สรุปผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน (หลังการเผา)

สรุป	เหตุผล
☐ ใช้ได้	
☐ ใช้ไม่ได้	

8. สูตรเนื้อดินที่มีความเหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์ประกอบด้วย

สูตรดินหมายเลข.....

เนื้อดินจากแหล่งดิน

ร้อยละ.....

หินเขียวหनुมาน

ร้อยละ.....

ดินขาว

ร้อยละ.....

9. ผลของน้ำเคลือบเฟลด์สปาร์ผสมสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) ที่ 1 เปอร์เซ็นต์

ชื่อสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ)	สีเคลือบ		ลักษณะผิวเคลือบ
	ก่อนการเผา	หลังการเผา	ใส, ทึบ หรือ ค้าน

10. ผลของน้ำเคลือบเฟลด์สปาร์ผสมสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ)

ชื่อสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ)	จำนวน (เปอร์เซ็นต์)	สีเคลือบที่ได้ (หลังการเผา)	ลักษณะผิวเคลือบ ใส, ทึบ หรือ ค้าน

11. ผลของน้ำเคลือบเฟลด์สปาร์ผสมสีสำเร็จรูป (Stain)

สีสำเร็จรูปหมายเลข (ชื่อของสี)	จำนวน (เปอร์เซ็นต์)	สีเคลือบที่ได้ (หลังการเผา)	ลักษณะผิวเคลือบ ใส, ทึบ หรือ ค้าน

เอกสารอ้างอิง

กรมวิทยาศาสตร์. เทคโนโลยีเซรามิกส์เบื้องต้น. กรุงเทพมหานคร : กระทรวงอุตสาหกรรม,
2529.

โกมล รักษ์วงศ์. วัตถุดิบที่ใช้ในโรงงานเครื่องเคลือบดินเผาและเนื้อดินปั้น. กรุงเทพมหานคร :
โรงพิมพ์มารดานุเคราะห์, 2531.

ทรงพันธ์ วรรณมาศ. เครื่องปั้นดินเผา กรุงเทพมหานคร : โอ.เอส.พรินต์ติ้งเฮาส์, 2532.

ทวี พรหมพฤกษ์. วิชาเครื่องเคลือบดินเผาเบื้องต้น. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์รุ่งเรืองรัตน์,
2523.

ปุลณรัตน์ พิษณุไพบูลย์. เครื่องเคลือบดินเผา เทคนิคและวิธีการสร้างสรรค์. กรุงเทพมหานคร :
สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

ไพจิตร อิงศิริวัฒน์. รวมสูตรเคลือบเซรามิกส์. กรุงเทพมหานคร : โอ.เอส.พรินต์ติ้งเฮาส์, 2537.

สุรศักดิ์ โกสัชพันธ์. น้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา. กรุงเทพมหานคร : บริษัทโรงพิมพ์ไทยวัฒนา
พานิช, 2531.

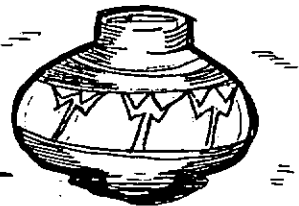
บทสไลด์ประกอบเสียง

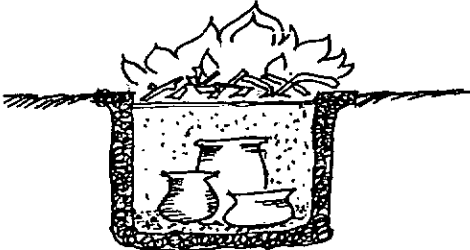
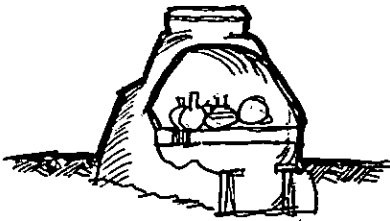
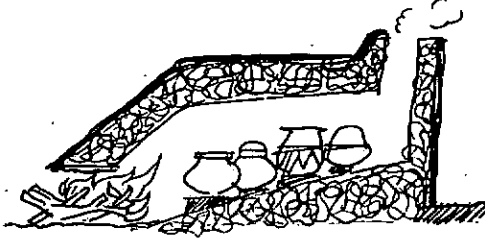
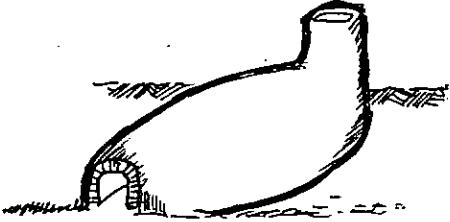
วิชา วิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ

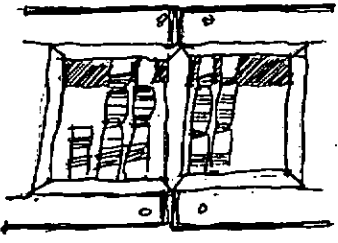
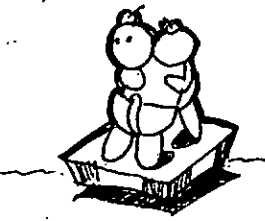
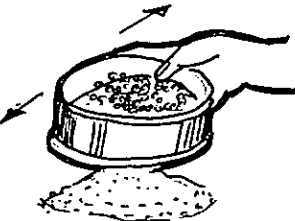
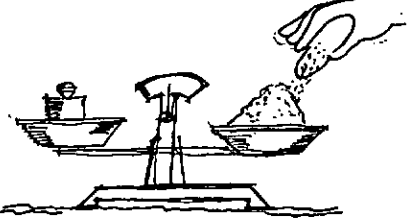
เรื่อง

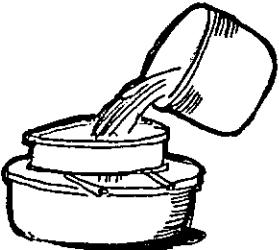
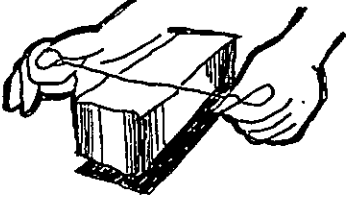
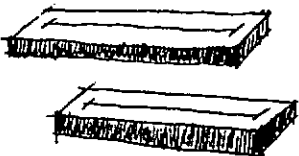
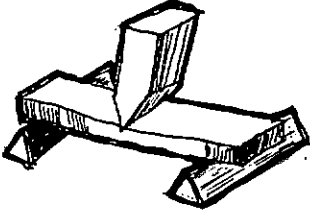
เซรามิกส์

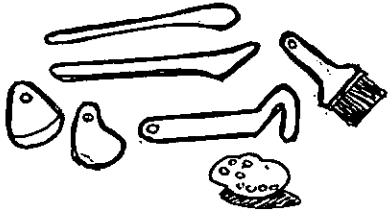
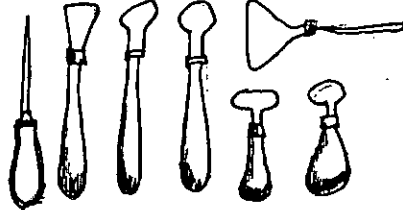
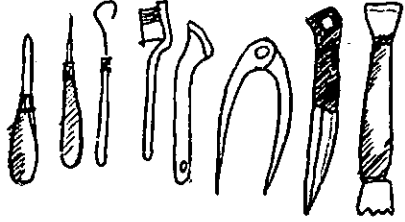
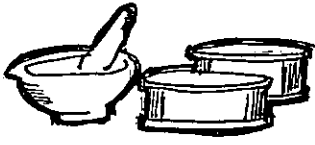
ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

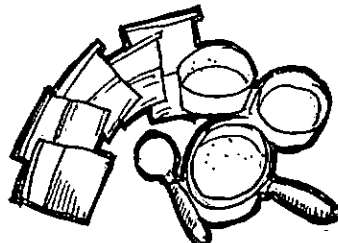
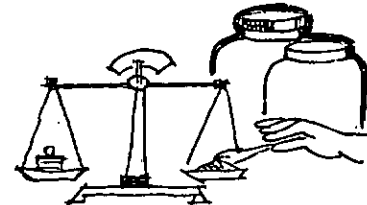
ภาพที่	ภาพ	เสียง
1	คราสถาบัน	ดนตรี
2	ภาควิชา หลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร	ดนตรี
3	สไลด์ประกอบเสียง โดย นายทวีพล อุทะพล	ดนตรี
4	อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ ผศ.ดร.กาญจนา ชูศรีวงศ์ รศ.ดร.ปรื่อง กิจรัตน์กร	ดนตรี
5		เซรามิกส์ และเครื่องปั้นดินเผาไม้ถูกสร้างขึ้นมา เพื่อเอื้ออำนวยประโยชน์ต่อมนุษย์ด้านการใช้สอย และบรรจุน้ำ โดยผ่านกระบวนการให้ความร้อนเพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงขึ้น
6		การเผาในยุคแรก ๆ จะใช้วิธีการวางผลิตภัณฑ์ลงบนพื้น แล้วใช้เศษไม้ใบหญ้ามากองสุมบนผลิตภัณฑ์ แล้วทำการเผา

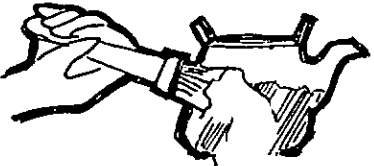
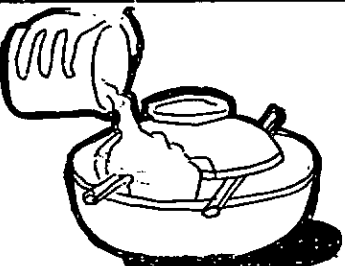
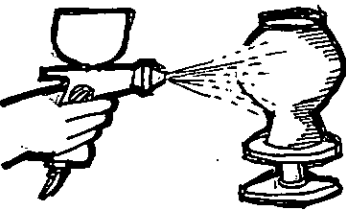
ภาพที่	ภาพ	เสียง
7		การพัฒนาต่อมา มีการขุดหลุมในลักษณะของการเผาแบบจำกัดอากาศ เพื่อให้ความร้อนค่อย ๆ เพิ่มขึ้น ซึ่งคล้ายกับการเผาถ่าน
8		สำหรับในประเทศไทยมีการค้นพบแหล่งเตาโบราณในหลาย ๆ ส่วน โดยเฉพาะภาคกลางและภาคเหนือของประเทศ
9		เตาที่ค้นพบนั้นจะเป็นลักษณะของเตาที่ใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง มีช่องใส่เชื้อเพลิงอยู่ด้านหน้า
10		ภาพแสดงภายในเตาเผาจะแสดงให้เห็นการแบ่งส่วนออกเป็น 3 ส่วนคือ ช่องใส่เชื้อเพลิง, ชั้นวางผลิตภัณฑ์และปล่องไฟ
11		โดยเตาเผาลักษณะนี้จะทำการก่ออิฐเป็นลักษณะโค้งชนเข้าหากัน คกแต่งให้เป็นเตาเผา เรียกว่าเตาเผาแบบอุโมงที่สามารถควบคุมความร้อนได้
12		ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผายุคก่อนประวัติศาสตร์ของไทย ถูกขุดพบที่บ้านเชียง อำเภอหนองหาน จังหวัดอุดรธานี เป็นภาชนะลายเขียนสีที่บอกถึงพัฒนาการของมนุษย์ในยุคนั้นได้เป็นอย่างดี

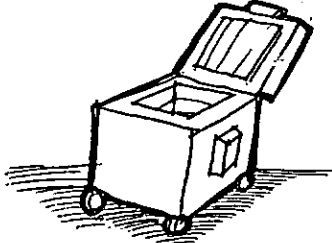
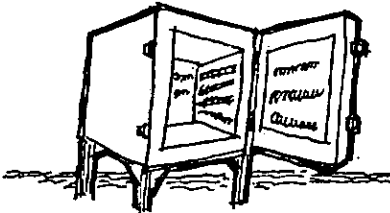
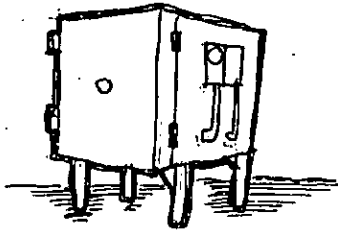
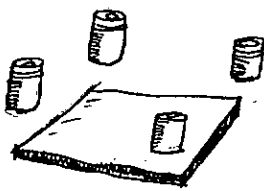
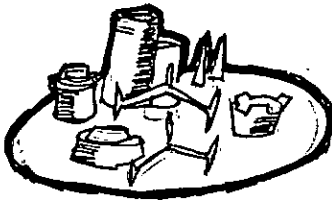
ภาพที่	ภาพ	เสียง
13		นอกจากนั้นยังมีการทำเป็นลูกกรงเพื่อใช้ในการก่อสร้าง ประกอบทิวสถานต่าง ๆ อีกมากมาย
14		บางจีนที่ขุดพบเป็นลักษณะของตุ๊กตาดินเผาเคลือบที่แสดงออกถึงประเพณีวัฒนธรรมและการเล่นในอดีได้ด้วย
15		ในส่วนของภาชนะบรรจุน้ำหรือเพื่อการใช้สอยได้มีการพัฒนาลวดลายและสีขึ้นมา เพื่อความสวยงามประกอบกับจินตนาการของช่างในอดีต
16		ด้านวัตถุดิบที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ต้องนำมาผ่านขั้นตอนของการย่อยขนาดให้เล็กลงก่อน
17		แล้วนำมาผ่านการกรองด้วยตะแกรงละเอียด เพื่อให้ได้ขนาดเหมาะสมตามความต้องการ
18		นำมาทำการชั่งวัตถุดิบเพื่อทำส่วนผสมของเนื้อดินให้เหมาะกับการทำผลิตภัณฑ์ในแต่ละชนิด

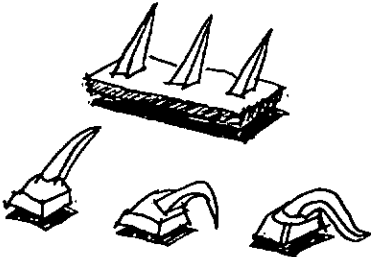
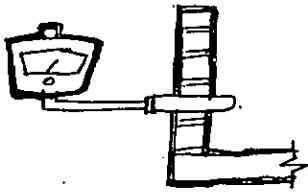
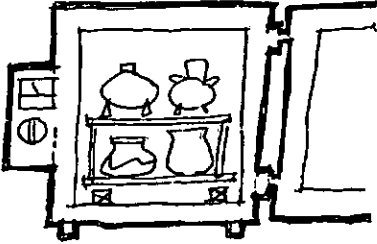
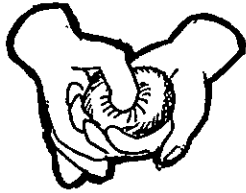
ภาพที่	ภาพ	เสียง
19		นำดินที่ได้มาผสมกับน้ำแล้วทำการ กรองอีกครั้งหนึ่ง
20		ทำการเกรอะดินแล้วนวดดินบนแผ่น ปูนพลาสติกเพื่อให้เนื้อดินเข้ากันได้ดี ไม่ให้มีฟองอากาศ
21		ปั้นให้เป็นแท่ง แล้วใช้ลวดตัดเพื่อหา ฟองอากาศ เพราะฟองอากาศในเนื้อดิน เมื่อทำการเผาจะทำให้ผลิตภัณฑ์ภายในเตา เสียหายได้
22		ต่อจากนั้นต้องนำดินที่ผ่านขั้นตอน การผสมดิน นวดดิน แล้วมาทำเป็นแท่ง เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพเพื่อหา เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์
23		การทดสอบทางกายภาพอย่างหนึ่งคือ การทดสอบด้านความแข็งแรงของวัสดุเพื่อ หาความเหมาะสมของสูตรดินในแต่ละ สูตร ว่าแตกต่างกันเพียงใด
24	อุปกรณ์ที่ใช้ในงาน เซรามิกส์และเครื่องปั้นดินเผา	ดนตรี

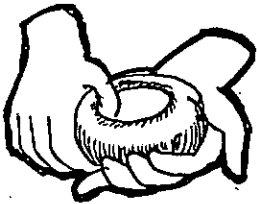
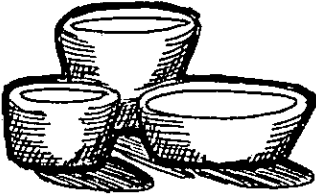
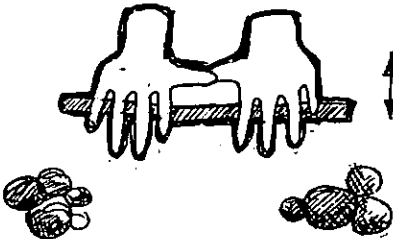
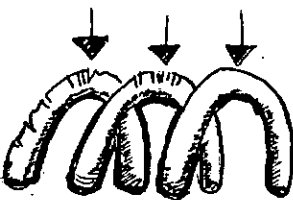
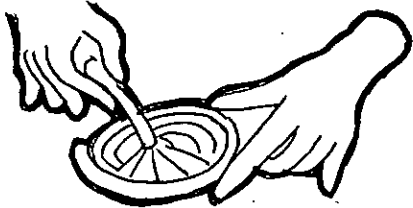
ภาพที่	ภาพ	เสียง
25		อุปกรณ์ที่ใช้ในงานเซรามิกส์ และเครื่องปั้นดินเผา มีหลายประเภท เช่น เครื่องมือตกแต่ง มักจะทำด้วยไม้และวัสดุอ่อน เป็นส่วนใหญ่
26		เครื่องมือชุดนี้จะทำปลายเป็นรูปร่างแตกต่างกันไปตามความเหมาะสม ใช้ทำการขุดดินในขณะที่ยังหมาด ๆ อยู่
27		นอกจากนี้ยังมีเครื่องมืออีกหลายประเภท หลายรูปแบบ ที่นำมาใช้ในการสร้างสรรค์ผลงานทางเซรามิกส์ได้ตามความเหมาะสม
28		อุปกรณ์ในการชั่ง ดวง วัด เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญในการ ชั่งส่วนผสมและวัดดูดิบให้ได้ตามสัดส่วน
29		ยังรวมถึงโถรงบดสารเคมีและตะแกรงกรองวัตถุดิบอีกด้วย
30	การเคลือบผลิตภัณฑ์	ดนตรี

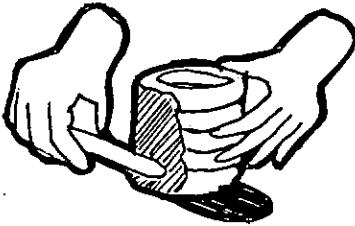
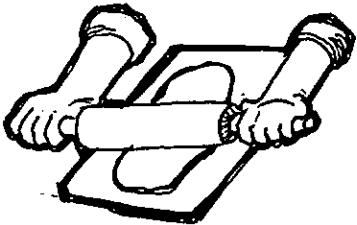
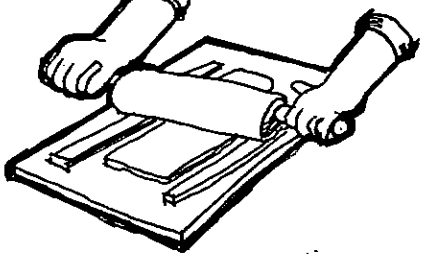
ภาพที่	ภาพ	เสียง
31		วัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ในการทำน้ำเคลือบ มักอยู่ในรูปของสาร ซึ่งส่วนใหญ่ จะมีสีขาว
32		ส่วนสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) จะมีความแตกต่างในด้านของสีและคุณสมบัติเฉพาะตัวของสารให้สีแต่ละชนิด เช่น อลูมิเนียม และบรรยากาศการเผา
33		นอกจากสารให้สี(ออกไซด์ของโลหะ)แล้วยังมีสีสำเร็จรูปอีกประเภทหนึ่งที่ใช้ในการทำน้ำเคลือบ สามารถให้สีที่สดใสกว่า และมีจำนวนสีให้เลือกมาก
34		นำวัตถุดิบมาทำการชั่งตามสัดส่วน หรือตามสูตรส่วนผสม โดยใช้เครื่องชั่งสองแขนหรือเครื่องชั่งระบบไฟฟ้าก็ได้
35		แล้วทำการบดเปียกโดยผสมน้ำประมาณ 30-40 เปอร์เซ็นต์ ทำการบดในโถรงบดสารเคมี ประมาณ 20 นาที
36		ในการเคลือบน้ำเคลือบ ควรมีการทดสอบสีของเคลือบด้วยการทำแผ่นตัวอย่างและเขียนหมายเลขของสูตรเคลือบหลัง ของแผ่นทดลอง แล้วนำไปทดลองเผาเคลือบ

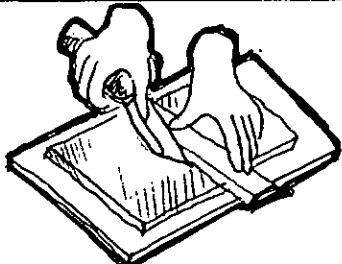
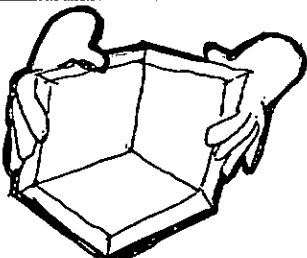
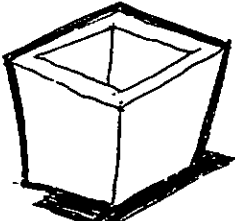
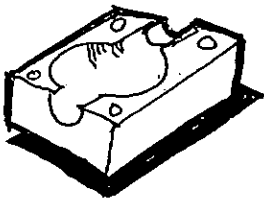
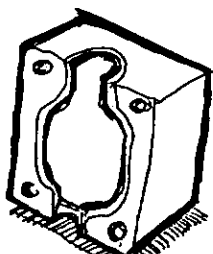
ภาพที่	ภาพ	เสียง
37		หลังจากเผาเคลือบแผ่นทดสอบแต่ละชนิด จะทำให้ทราบว่าสูตรเคลือบใดมีความเหมาะสมตรงกับความต้องการ
38		ลักษณะของสีสำเร็จรูปหลังการเผาเคลือบแล้ว จะสังเกตเห็นความแตกต่างได้ชัดเจน และมีสีสดใสมาก
39		ในด้านการเคลือบจะมีหลายลักษณะ เช่น การทาเคลือบ จะต้องใช้แปรงเป็นอุปกรณ์ในการทาเคลือบ ประกอบด้วย เพื่อความสะดวกรวดเร็ว
40		เทคนิคการเทราดเป็นอีกวิธีหนึ่งโดยเทจากบนลงล่าง และไม่ควรถเทให้สัมผัสกับก้นของผลิตภัณฑ์
41		เทคนิคการจุ่ม ควรจุ่มผลิตภัณฑ์ลงในถังเคลือบ แต่ต้องไม่สัมผัสกับก้นผลิตภัณฑ์ ซึ่งคล้ายกับการเทราด เพราะอาจทำให้เคลือบติดกัน และเสียหายได้
42		การพ่นเคลือบ ก็เป็นการเคลือบอีกวิธีหนึ่ง ที่ทำให้การเคลือบได้เรียบร้อยสวยงาม

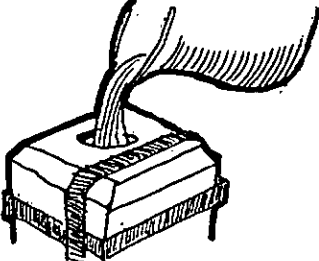
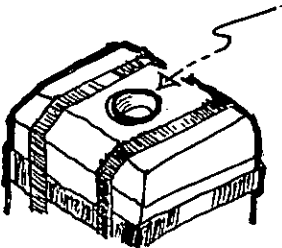
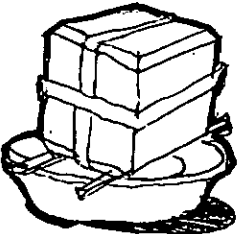
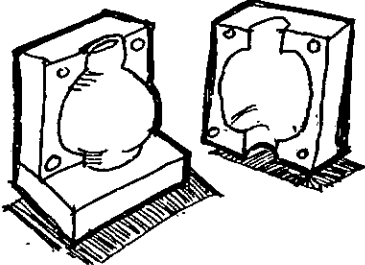
ภาพที่	ภาพ	เสียง
43	เตาเผาผลิตภัณฑ์	คนตรี
44		เตาเผา เป็นกระบวนการที่สำคัญและเป็นอุปกรณ์ให้ความร้อนตามแต่ลักษณะของการใช้พลังงาน เช่น เตาไฟฟ้า
45		เตาไฟฟ้าเป็นเตาที่สะอาดที่สุดให้ความร้อน โดยการแผ่รังสีความร้อน อาศัยความต้านทานของกระแสไฟฟ้าของขดลวดและเผาในบรรยากาศสมบูรณ์
46		เตาแก๊สเป็นเตาเผาผลิตภัณฑ์ในบรรยากาศไม่สมบูรณ์ โดยจะมีหัวเผาอยู่ด้านล่างหรือด้านข้างก็ได้ ขึ้นอยู่กับการออกแบบเตาเป็นหลัก
47		อุปกรณ์ภายในเตา ส่วนใหญ่เป็นอุปกรณ์ทนไฟ ใช้สำหรับวางผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะการเผาเคลือบ เช่น ขาดังและแผ่นรองผลิตภัณฑ์
48		นอกจากนั้นยังมีอุปกรณ์ทนไฟในรูปแบบต่าง ๆ นั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของผลิตภัณฑ์เป็นหลัก

ภาพที่	ภาพ	เสียง
49		อุปกรณ์วัดอุณหภูมิภายในเตา เช่น โคน ซึ่งมีหลายเบอร์ตามความเหมาะสมกับอุณหภูมิการเผา โดยจะวางเรียงประมาณ 82 องศา และจะล้มลงเมื่ออุณหภูมิถึงจุด
50		อุปกรณ์ วัดอุณหภูมิอีกชนิดหนึ่งคือ ไพโรมิเตอร์ ใช้วัดอุณหภูมิภายในเตาได้แม่นยำ โดยอาศัยความต่างศักย์ทางไฟฟ้า
51		การนำผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผาเป็นสิ่งที่สำคัญมาก โดยเฉพาะการเผาเคลือบต้องวางไม่ชิดกัน และห่างจากผนังเตาประมาณ 2.5 ซม.
52		ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาเคลือบแล้ว
53	การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์	ดนตรี
54		การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่ใช้เครื่องมือน้อยที่สุดคือ การขึ้นรูปแบบบิสระ โดยนำเนื้อดินที่ได้มาทำการเจาะลงตรงกลาง

ภาพที่	ภาพ	เสียง
55		ปั้นขึ้นรูปด้วยมือให้เป็นรูปภาชนะ หรือ ผลิตภัณฑ์ตามต้องการ
56		ขึ้นรูปจนได้รูปแบบตามต้องการ จุดสำคัญคือ ต้องมีความหนาใกล้เคียงกัน
57		การขึ้นรูปแบบขด เป็นอีกวิธีหนึ่ง โดยนำเนื้อดินมาทำการกลิ้งเป็นแท่งกลม
58		ทำการทดสอบเนื้อดินโดยการงอเพื่อ หาความเหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์ เนื้อดิน เมื่องอต้องไม่มีรอยแตกร้าว
59		นำมาขดเพื่อทำฐานผลิตภัณฑ์
60		ทำการตกแต่งเนื้อดินให้เป็นผิวเนื้อ เดียวกัน

ภาพที่	ภาพ	เสียง
61		นำเนื้อดินที่คลึงเป็นแท่งมาทำการขดต่อเนื่องจนเป็นรูปร่างตามต้องการ
62		ทำการตกแต่งผิวให้เป็นเนื้อเดียวกัน
63		นอกจากนั้นยังสามารถสร้าง ตกแต่งผิวผลิตภัณฑ์ตามที่ออกแบบได้อีกด้วย
64		ผลิตภัณฑ์ที่สำเร็จรูปจากการขึ้นรูปแบบขด
65		การขึ้นรูปแบบแผ่นเป็นอีกวิธีหนึ่ง โดยนำดินมาคลึงเป็นแผ่นแบนด้วยลูกกลิ้ง
66		ทำการคลึงดินให้ได้ความหนา โดยมีการกำหนดขนาดความหนาด้วยไม้วัดดิน ด้านข้าง จำนวน 2 อัน และคลึงบนพื้นผ้าใบ

ภาพที่	ภาพ	เสียง
67		เมื่อได้ความต้องการให้ตัดเป็นแผ่น ๆ
68		ทำการประกอบโดยในแนวต่อของเนื้อดิน ต้องทำลายให้หยาบ ๆ แล้วทาน้ำดินหรือน้ำสลิป
69		นำแผ่นเนื้อดินมาทำการต่อกัน แล้วกดให้ติดกัน
70		ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการขึ้นรูปแบบแผ่น
71		การขึ้นรูปแบบหล่อ จะต้องใช้แม่พิมพ์ที่ทำจากปูนพลาสติกอร์
72		คุณสมบัติของแม่พิมพ์ปูนพลาสติกอร์ คือสามารถลุดน้ำจากน้ำดิน ที่ใช้หล่อและทำให้ผลิตภัณฑ์มีความหนาเท่ากัน

ภาพที่	ภาพ	เสียง
73		โดยเทน้ำดินลงไปแบบจนเต็ม
74		รอจนกระทั่งสังเกตเห็นความหนาของเนื้อดินปรากฏ
75		ทำการเทน้ำดินออกจากแม่พิมพ์
76		หลังจากเทน้ำดินออก รอให้ดินแห้งตัว แล้วแกะแบบออก จะได้ผลิตภัณฑ์ตามต้องการ
77		การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ เป็นวิธีที่นิยมกันมากแบบหนึ่ง โดยอาศัยการหมุนจากมอเตอร์ประมาณ 80 รอบต่อนาที
78		การขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน ผู้ปั้นต้องมีความชำนาญ และประสบการณ์สูงในการฝึกทักษะ จึงจำเป็นต้องใช้เวลาพอสมควร

ภาพที่	ภาพ	เสียง
79		คนหรี

แผ่นใสประกอบการสอน

วิชา วิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ

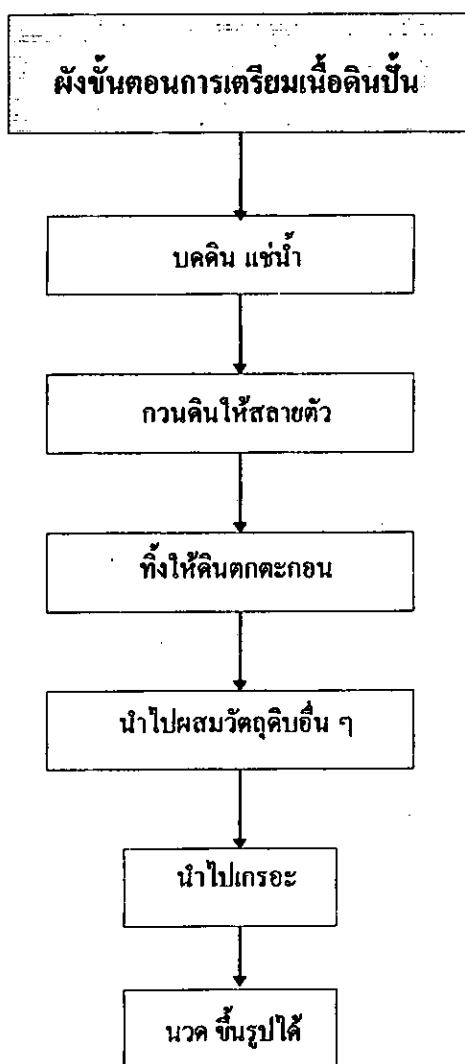
เรื่อง

เซรามิกส์

ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

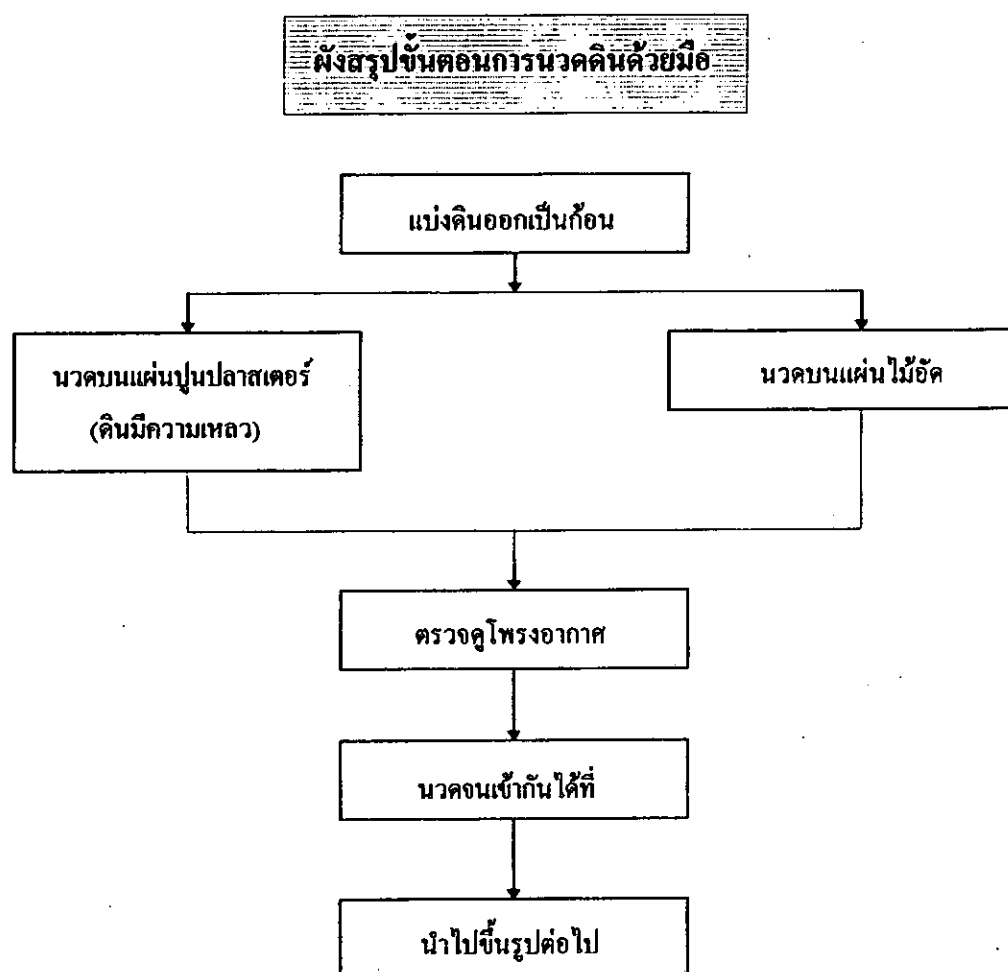
การเตรียมเนื้อดินปั้น (Clay Bodies)

คือ การผสมดิน (Mixture) เข้าด้วยกัน ทั้งนี้เพื่อต้องการปรับปรุงคุณภาพของเนื้อดินให้มีคุณสมบัติที่ดีและเหมาะสมกับการใช้งานเฉพาะอย่างเช่น ต้องการผลิตภัณฑ์ชนิดสีขาว หรือ ต้องการภาชนะเครื่องปั้นดินเผาที่โปร่งแสง ควรผสมอะไรลงไปเนื้อดินปั้นนั้นเหล่านี้ เป็นต้น ทั้งนี้ต้องเตรียมและทดสอบเนื้อดินที่ใช้ไปทุกครั้ง เพื่อความเหมาะสมกับงานที่ต้องการได้ดังกล่าว

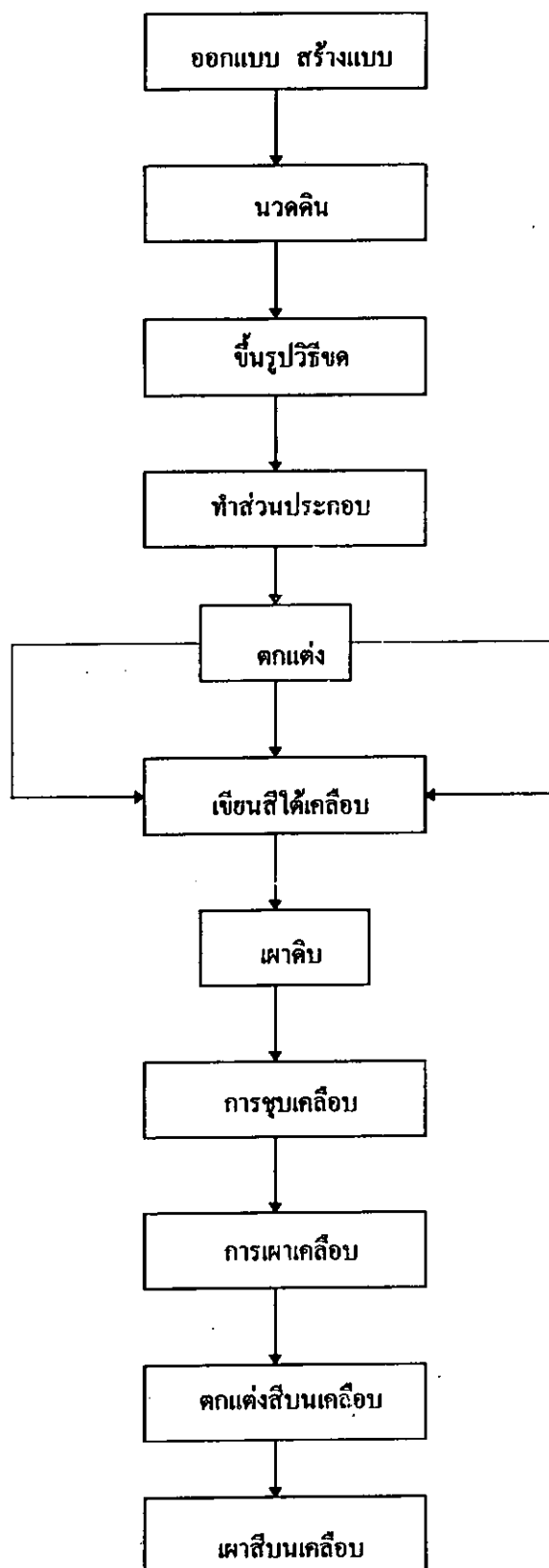


วัตถุประสงค์ทั่วไปของการเตรียมเนื้อดินปั้น

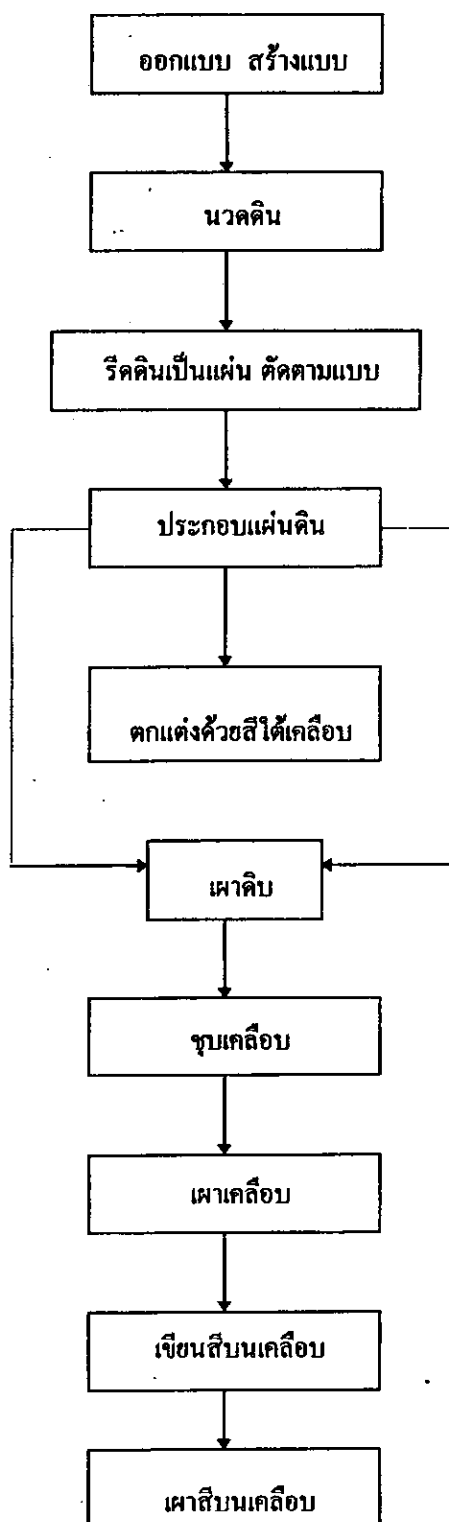
1. เพื่อต้องการควบคุมการยืดยืดตัว และการแตกร้าวบิดงอของเนื้อดิน
2. เพื่อต้องการปรับปรุงสีของเนื้อดิน
3. เพื่อต้องการเพิ่มและลดความเหนียวของเนื้อดินในการขึ้นรูป
4. เพื่อต้องการให้เนื้อดินมีความเหมาะสมกับน้ำเคลือบ
5. เพื่อต้องการควบคุมอุณหภูมิในการเผา



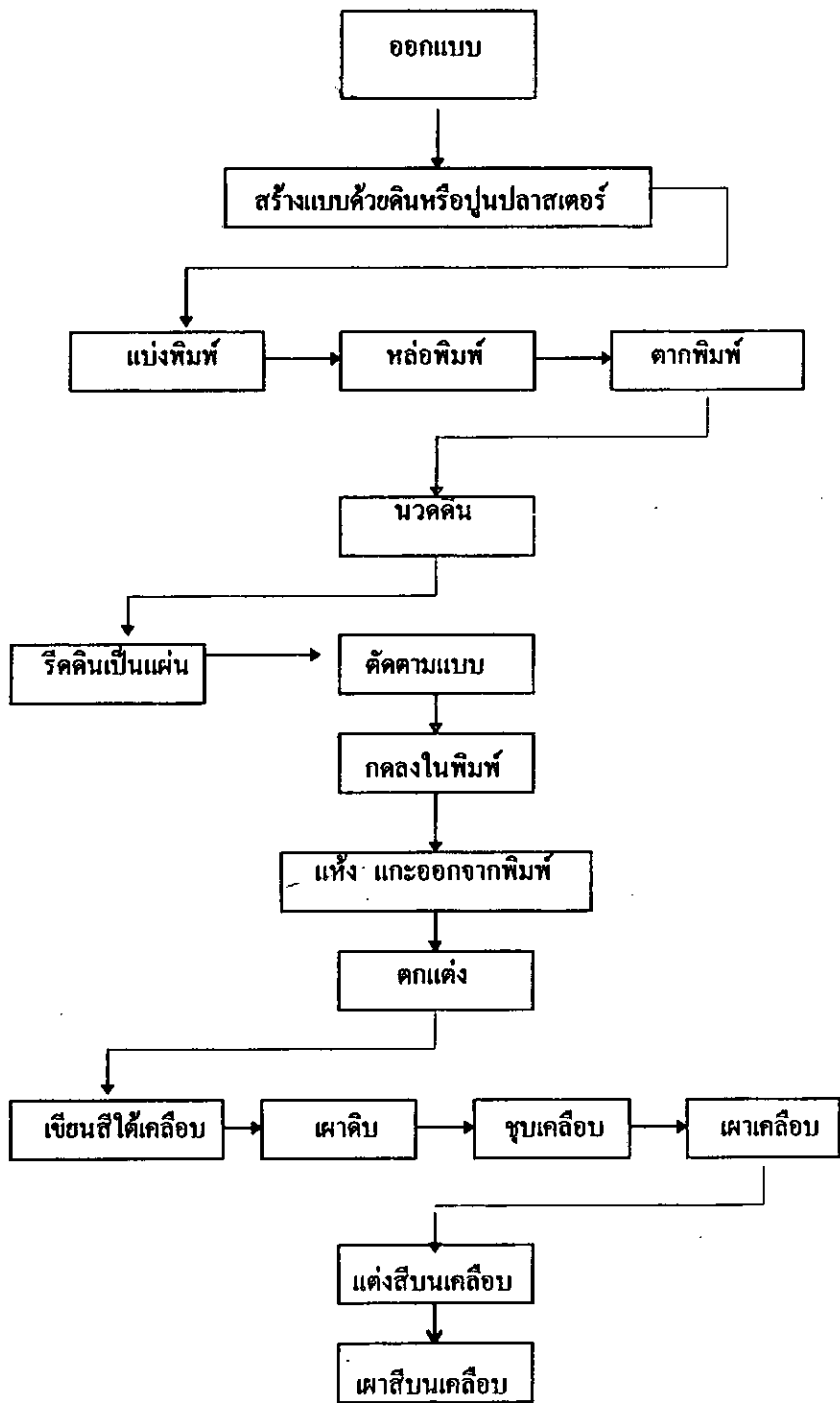
ผังสรุปขั้นตอนการขึ้นรูปแบบขวด



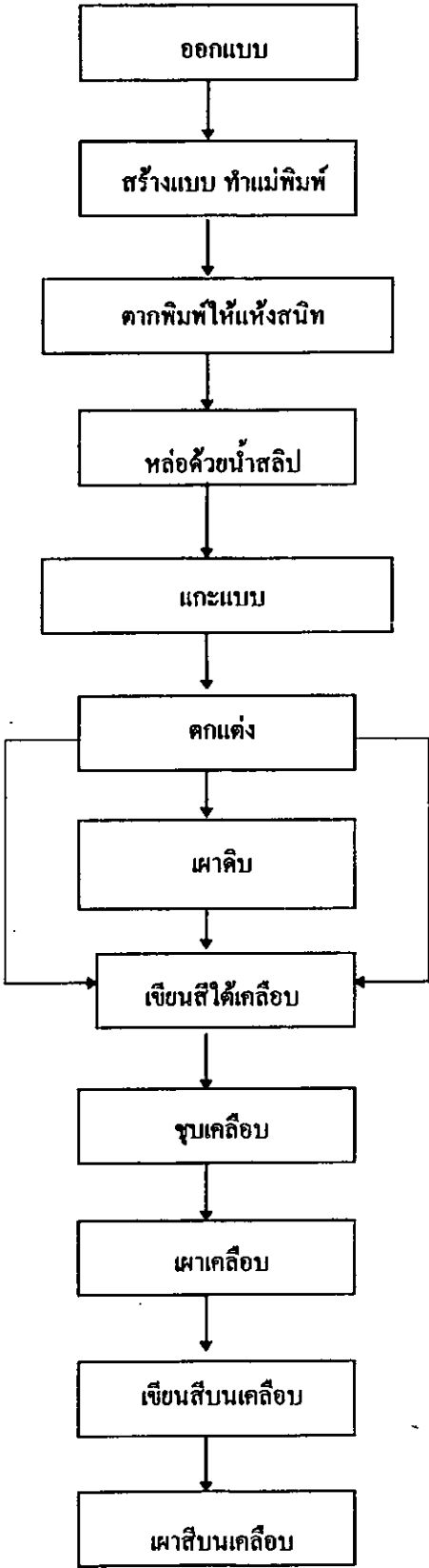
ผังสรุปขั้นตอนการขึ้นรูปแบบแผ่น

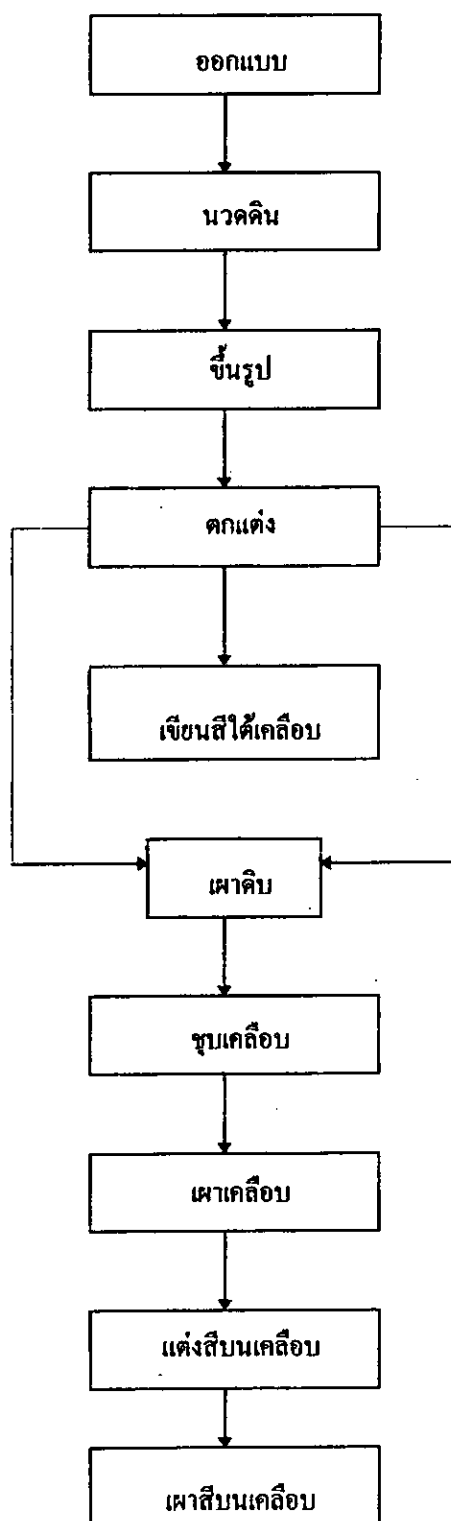


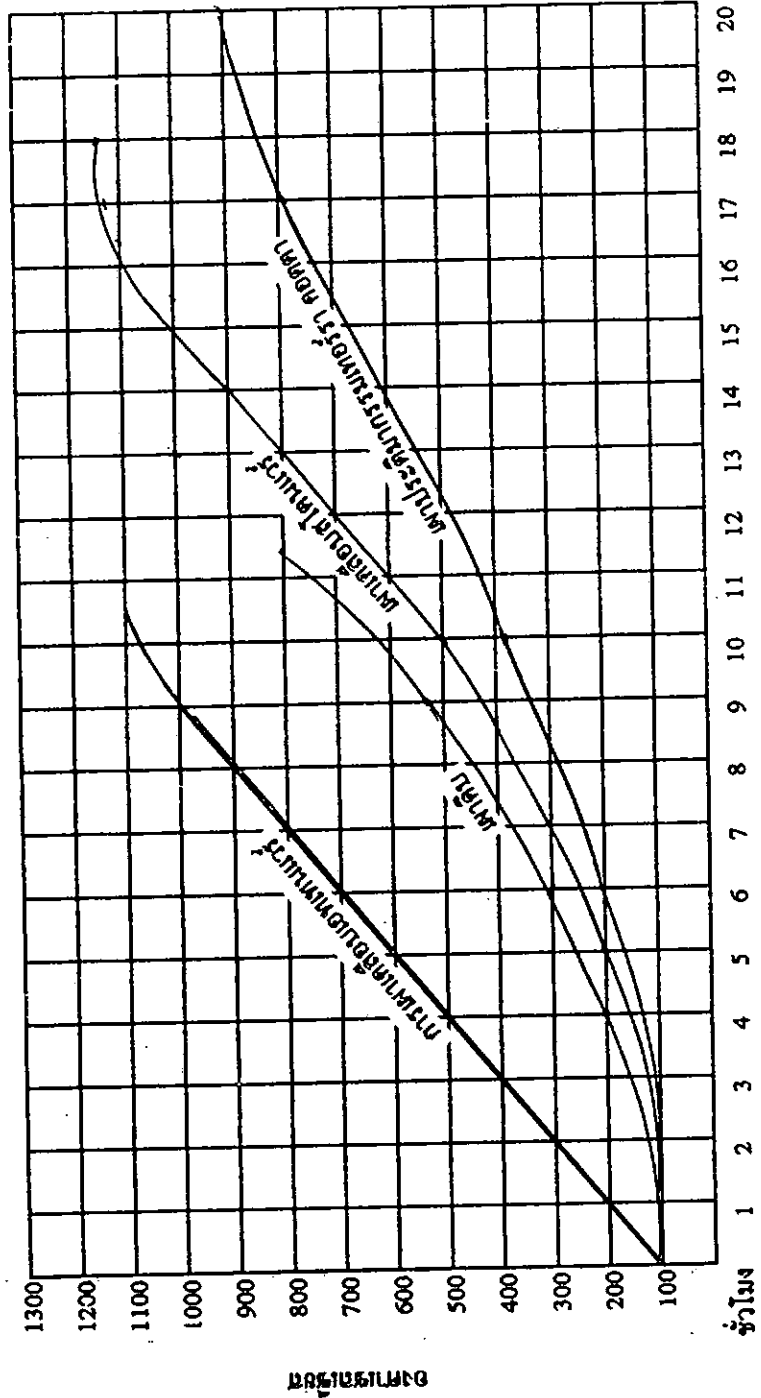
ผังสรุปขั้นตอนการขึ้นรูปปริศก



ผังสรุปขั้นตอนการขึ้นรูปวิธีหล่อ



ผังสรุปขั้นตอนการขึ้นรูปด้วยเป็นหมุน



ตารางการให้ความร้อนแก่เมล็ดพืชในดิน

ภาคผนวก จ.

**ตารางแสดงรายละเอียดของวัสดุในการจัดสร้างเตาเผาอุณหภูมิต่ำขนาดเล็ก
ภาพประกอบการดำเนินการวิจัย**

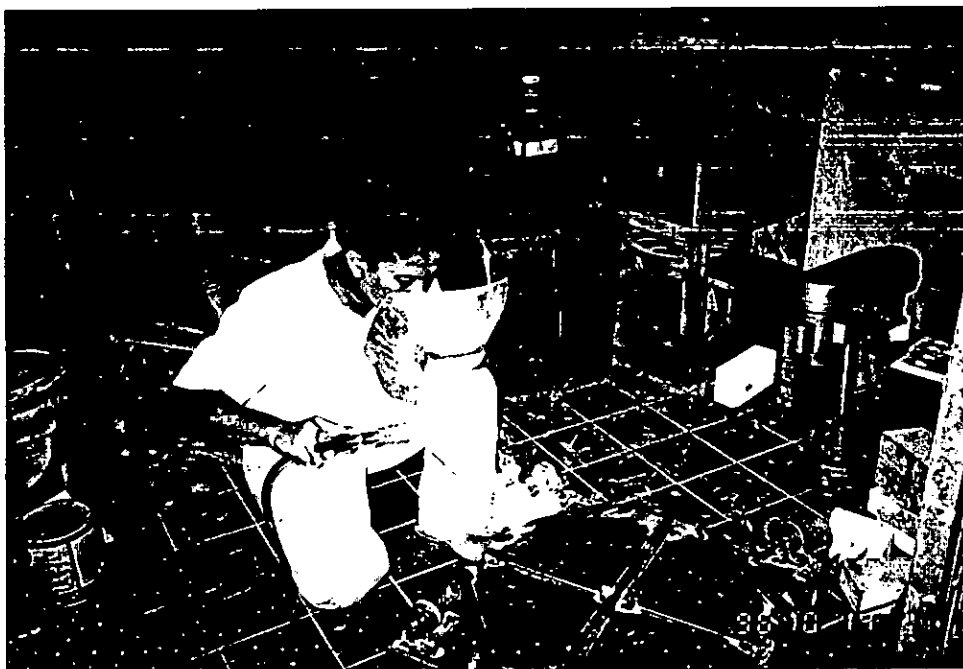
ตารางแสดงรายละเอียดของวัสดุในการจัดสร้างเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก

รายการวัสดุ	จำนวน	ราคา (บาท)	สถานที่จัดซื้อ
1. เหล็กฉากขนาด $1\frac{1}{2}$ นิ้วหนา $\frac{1}{8}$ นิ้ว	1 เส้น	250	ร้านขายผลิตภัณฑ์ เครื่องก่อสร้าง
2. เหล็กแผ่นขนาด 47 x 47 ซม. หนา 1 มม.	1 แผ่น	150	
3. เหล็กตัวยู ขนาด 1 x 2 นิ้ว หนา 3 มม.	1 เส้น	200	
4. เหล็กตัวยู ขนาด $1 \times 1\frac{1}{2}$ นิ้ว หนา 3 มม.	1 เส้น	200	
5. เหล็กตัวยู ขนาด $\frac{1}{4} \times 1$ นิ้ว หนา 3 มม.	1 เส้น	150	
6. ลูกล่อเหล็กเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว	4 ล้อ	280	
7. แผ่นอลูมิเนียม ขนาด 44 x 52 ซม.	5 แผ่น	700	เจริญสุขอิฐทนไฟ
8. อิฐทนไฟไฮโดรลุมิน่า ขนาด 6.5 x 11.5 x 23 ซม.	60 ก้อน	3,600	
9. มือจับ	1 อัน	20	
10. ตะขอสปริงยึดฝา	2 ชุด	120	
11. โช้คล้อยยึดฝาเตา ยาว 40 ซม.	2 เส้น	80	
12. น็อตร้อยขนาด $\frac{1}{4}$ นิ้ว พร้อมแหวน	2 ชุด	20	
13. หมุดย้ำ เส้นผ่าศูนย์กลาง $\frac{3}{16}$ นิ้ว ยาว $\frac{1}{4}$ นิ้ว	60 ตัว	60	ร้านขายเครื่องมือ อุปกรณ์จักรกล
14. ลวดเชื่อมไฟฟ้าขนาด 2.6 มม.	1 ถัง	320	
15. กระดาษทรายหยาบ	1 โหล	150	
16. กระดาษทรายละเอียด	1 โหล	180	
17. ลวดความร้อน Kanthal wire A-1 เส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 2 มม.	1 ก.ก.	1,800	
18. ท่อร้อยฉนวนเซรามิก	60 อัน	300	ร้านวัฒนชัย ฮีตเตอร์
19. สายไฟทนความร้อน	1 เมตร	50	

รายการวัสดุ	จำนวน	ราคา (บาท)	สถานที่จัดซื้อ
20. Speed bolt	8 ตัว	320	ร้านอุปกรณ์ไฟฟ้า
21. สวิตช์อัตโนมัติ ขนาด 30 แอมป์	1 ตัว	120	
22. Pyrometer อุณหภูมิ 1300° C	1 อัน	1,200	แสงชัยมิตร
23. Thermocouple ชนิด Chromel-Alumel	1 ชุด	400	วัฒนชัยมิตร
24. สังกะสี	2 กระป๋อง	80	ร้านจำหน่าย อุปกรณ์ก่อสร้าง
25. สีทนความร้อน	4 กระป๋อง	500	
26. สกรูเกลียวปล่อยขนาด $\frac{1}{2}$ นิ้ว	2 โหล	20	บริษัทวินเทค อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด
27. เซรามิกไฟเบอร์ (Ceramic fiber) ของ Durablanket	1 ม้วน	2,600	
28. กระเบื้องแผ่นเรียบ ขนาด 4 มม.	1 แผ่น	200	
29. วัสดุอื่น ๆ	-	1,000	ร้านจำหน่าย อุปกรณ์
รวมราคาวัสดุ		14,170 บาท	

- หมายเหตุ**
1. ในการจัดสร้างและพัฒนาเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็ก ขนาดปริมาตรภายใน 1 ลูกบาศก์ฟุต (ไม่มีเครื่องควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ) ผู้วิจัยได้จัดสร้างขึ้นเอง โดยไม่รวมค่าแรงในการจัดสร้าง
 2. ราคาเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็กปริมาตรภายใน 1 ลูกบาศก์ฟุตของต่างประเทศที่มีเครื่องควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติของ Ceramotherm ราคาประมาณ 32,00 บาท
- สรุปผล** ความแตกต่างของราคาต่างกัน 17,830 บาท ทำให้เตาที่ผู้วิจัยทำการสร้างและพัฒนาขึ้น มีราคาถูกกว่าเตาเผาที่สั่งซื้อจากต่างประเทศ (ราคาเมื่อ พ.ศ. 2539) 44 เปอร์เซ็นต์

ภาพประกอบการดำเนินการวิจัย



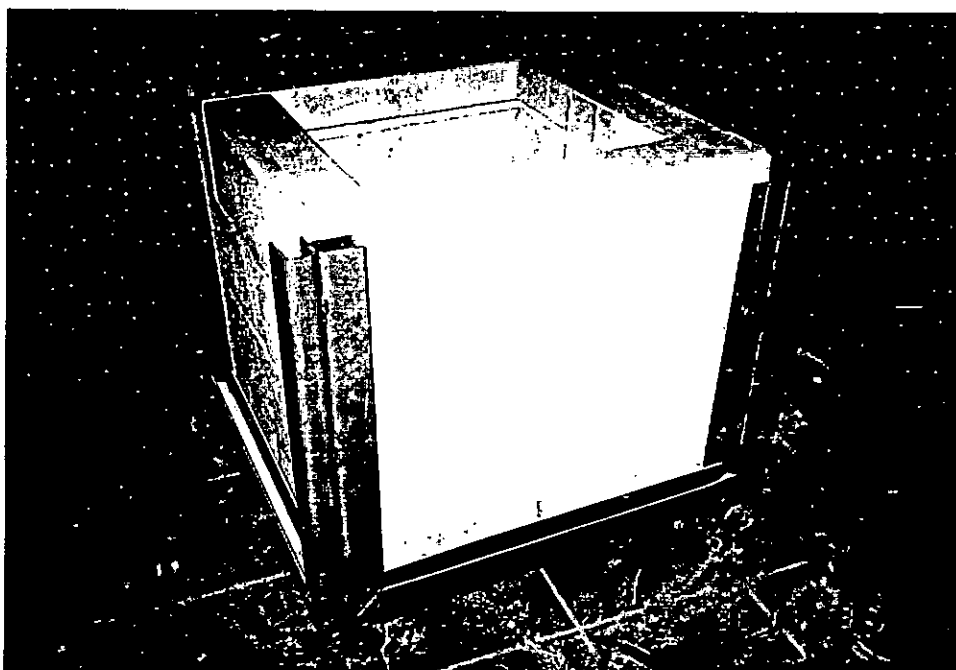
แสดงการสร้างเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็กโดยผู้วิจัย



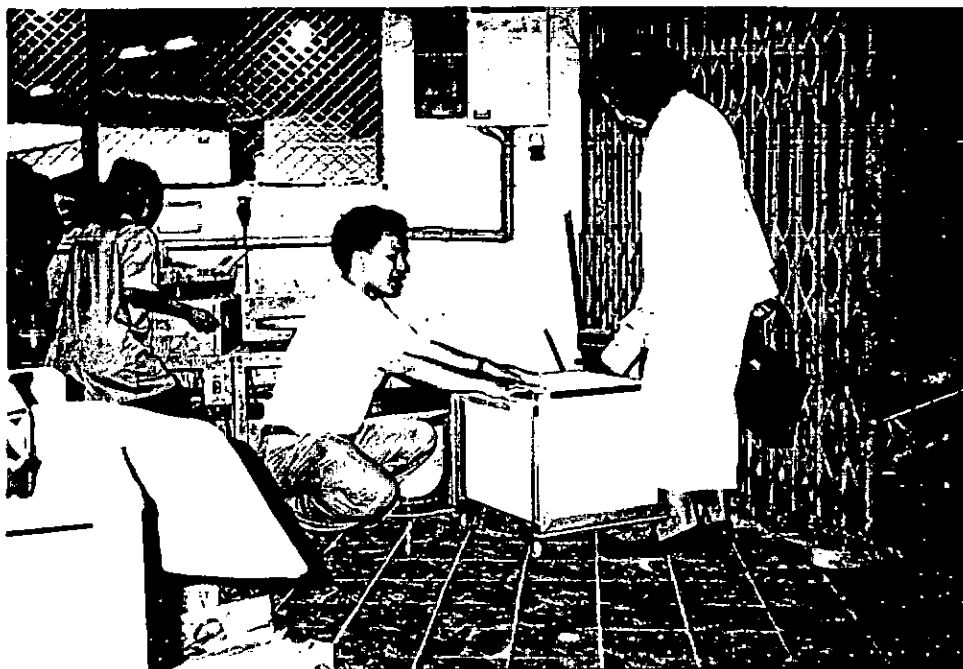
รศ.ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (ประธานกรรมการ) ตรวจสอบและให้คำแนะนำ
การดำเนินการสร้างเตาเผา ต่อผู้วิจัย



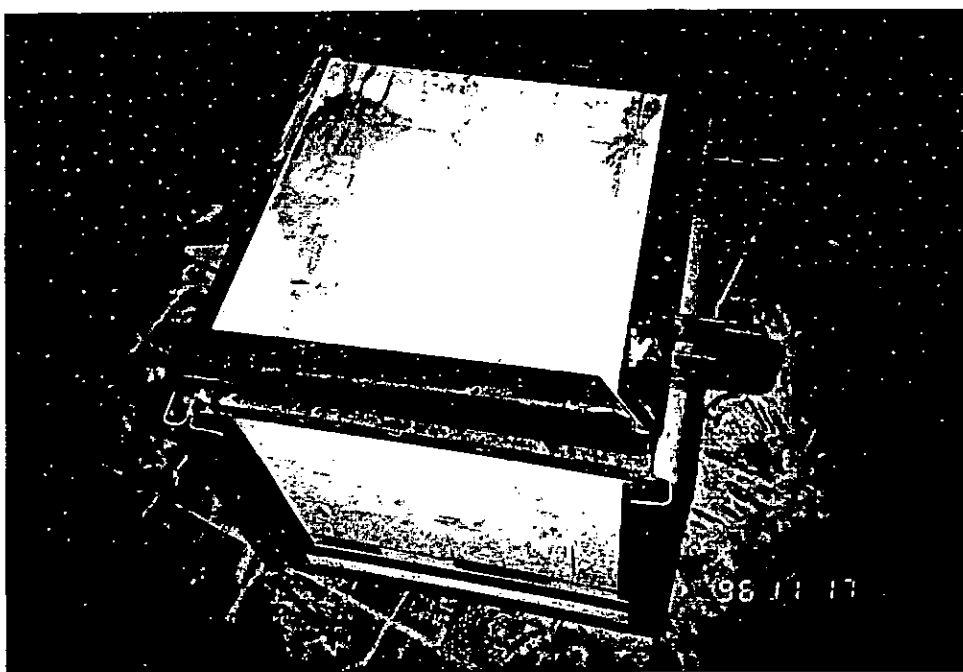
แสดงโครงสร้างเตาเผาและอิฐทนไฟ



แสดงลักษณะของเตาเผาเมื่อทำการประกอบอิฐทนไฟ



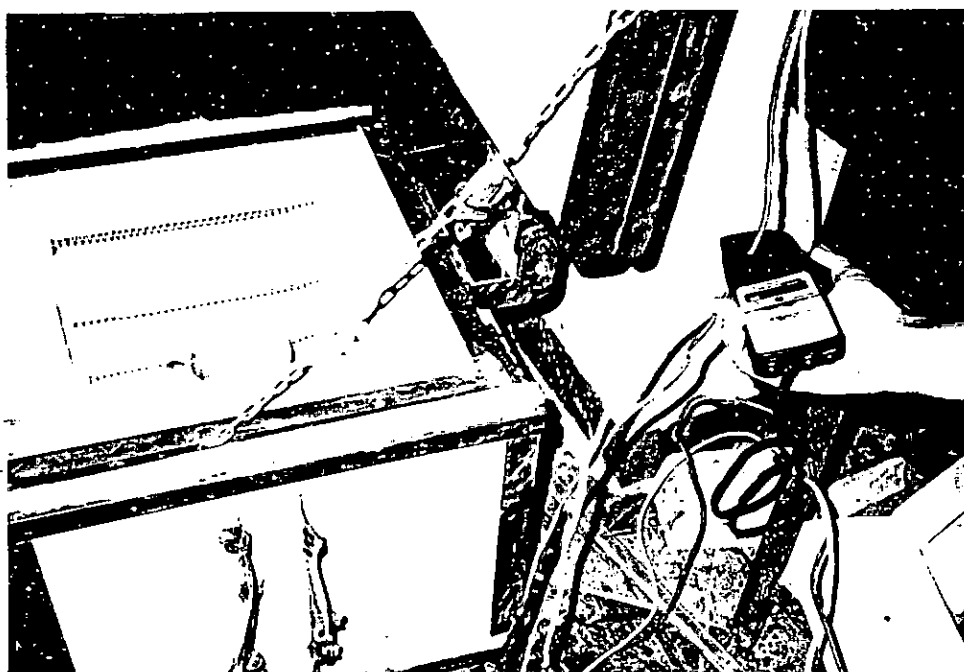
ผศ.ดร.กาญจนา ชูศรีวงศ์ (กรรมการ) ตรวจสอบความก้าวหน้า
และลำดับขั้นการสร้างเตาเผา



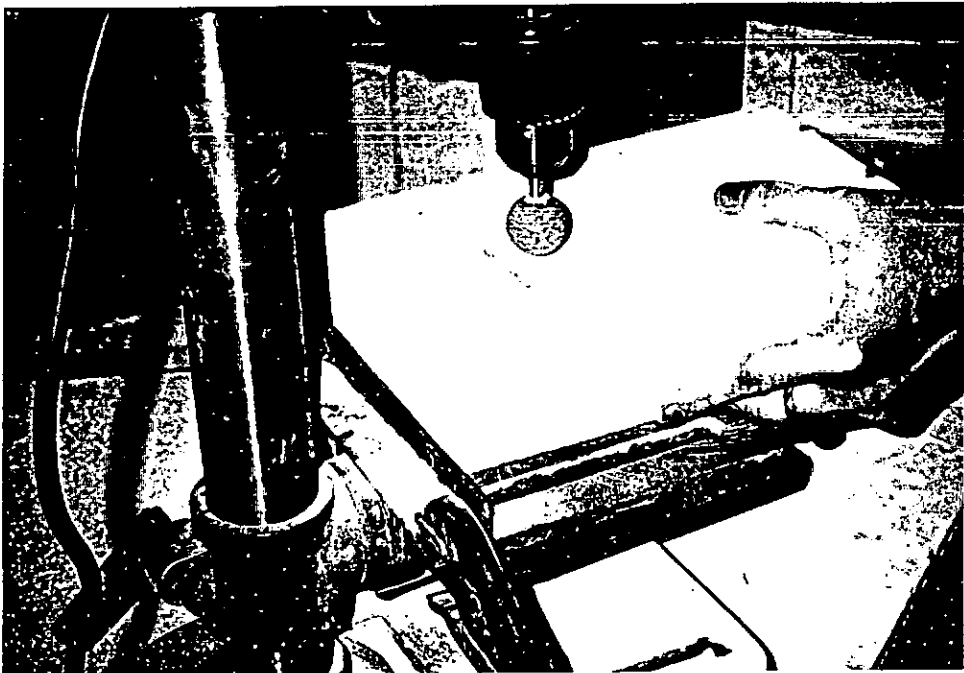
แสดงอิฐทนไฟในส่วนบนของฝาเตาเผา



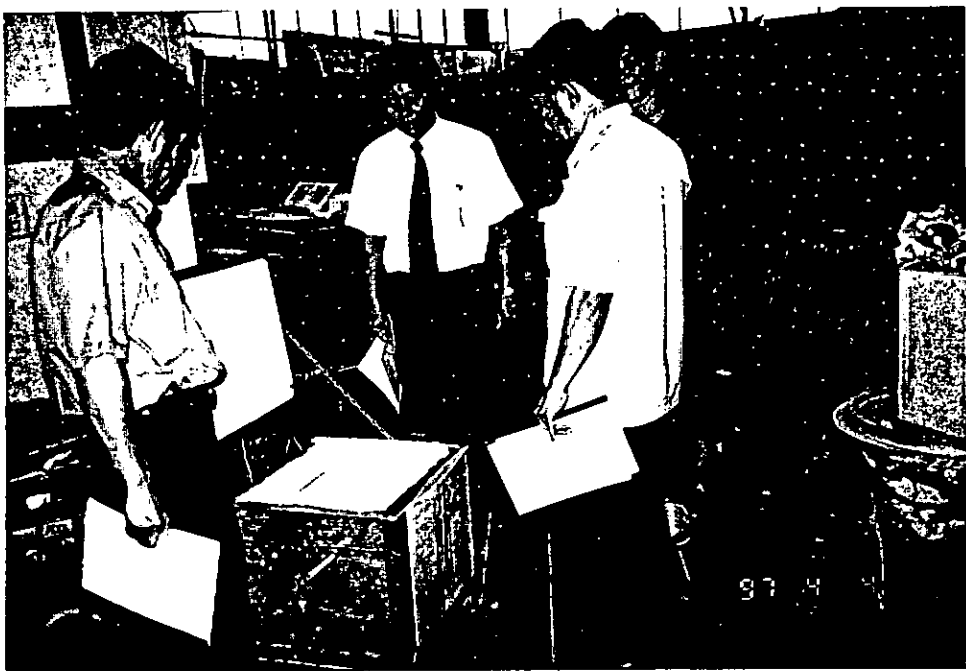
แสดงการประกอบวัสดุทดแทนจนวนกันความร้อนเพื่อประกอบการวิจัย



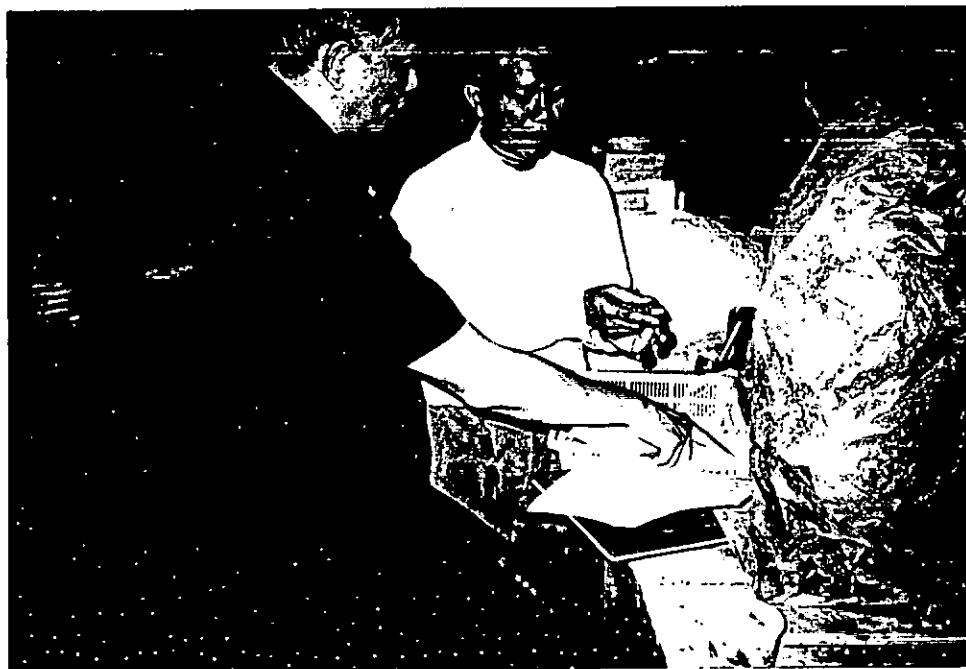
แสดงวิธีการวัดกระแสไฟฟ้าที่ใช้ก่อนทำการทดลองเผาผลิภัณฑ์



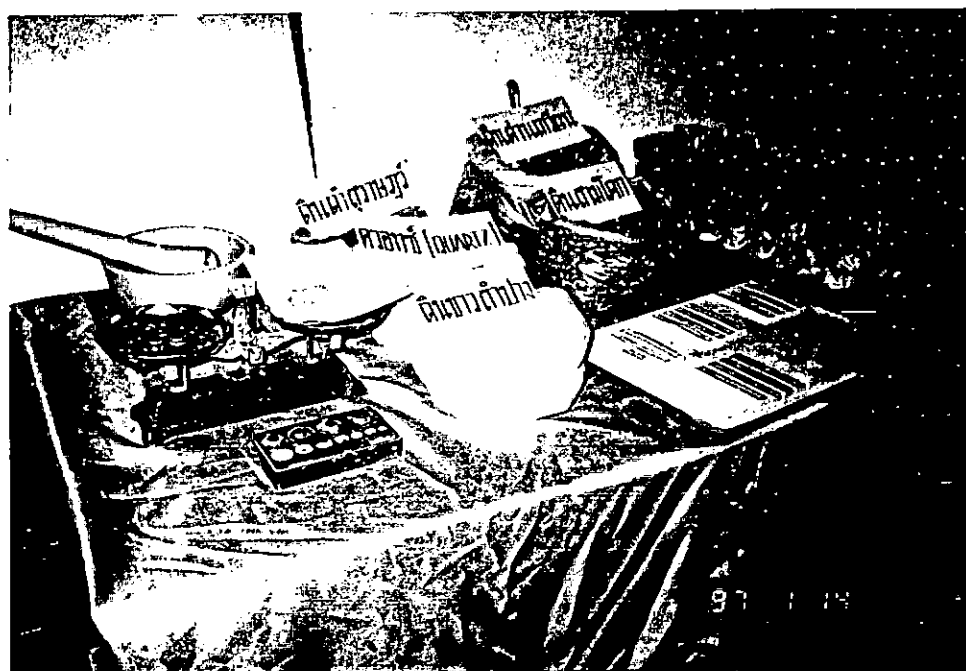
แสดงการเซาร่องอิฐทนไฟโดยใช้หัวเจียรนัย



ผู้เชี่ยวชาญด้านเซรามิกส์ ประเมินสมรรถนะของเตาเผาอุณหภูมิสูงที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น



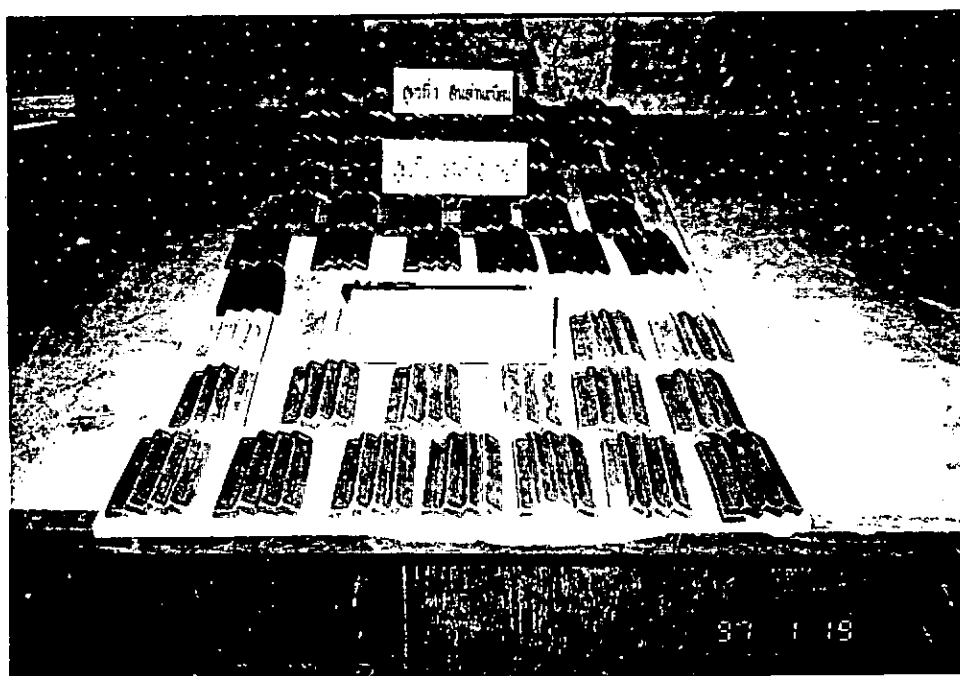
รศ.ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (ประธานกรรมการ) ตรวจสอบความก้าวหน้า
การทดสอบเนื้อดินปั้นประกอบการวิจัย



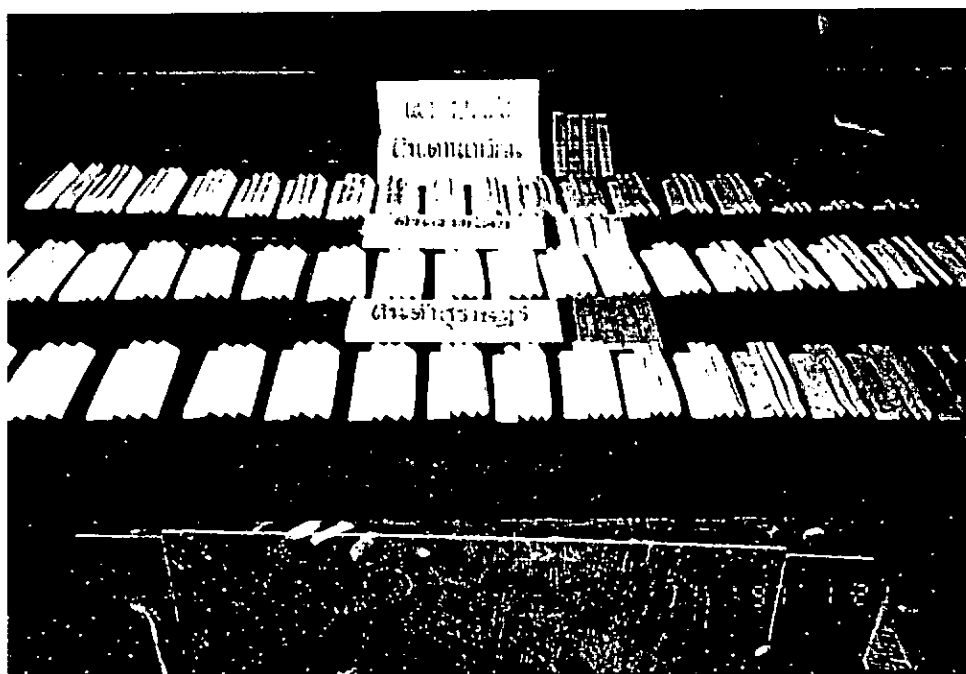
แสดงวัตถุดิบและดินจากแหล่งดินตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย



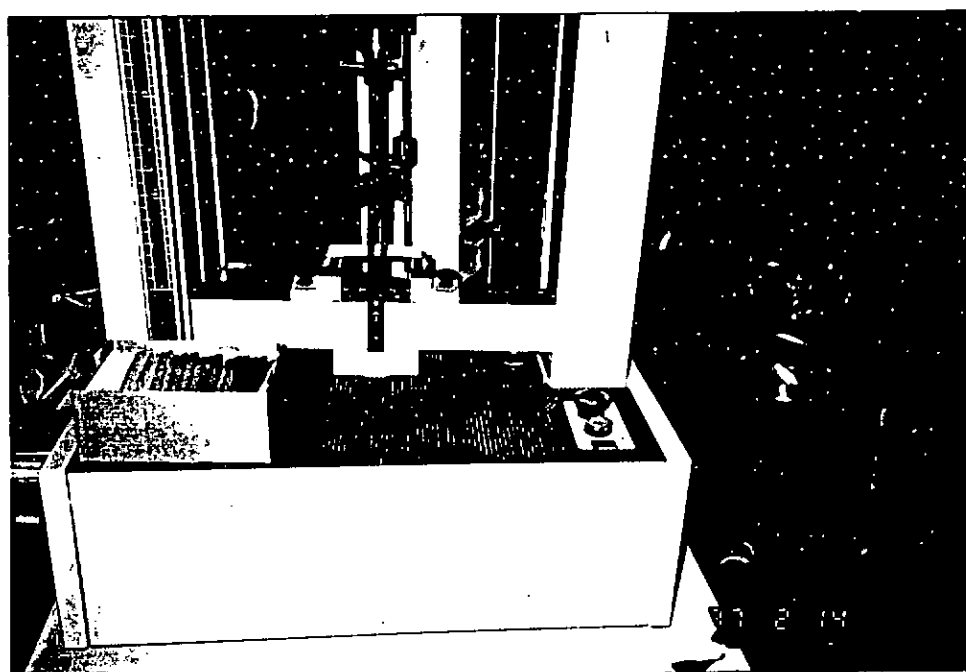
แสดงการผสมเนื้อดินกับวัตถุขี้เพื่อทำแท่งทดสอบในแต่ละสูตร



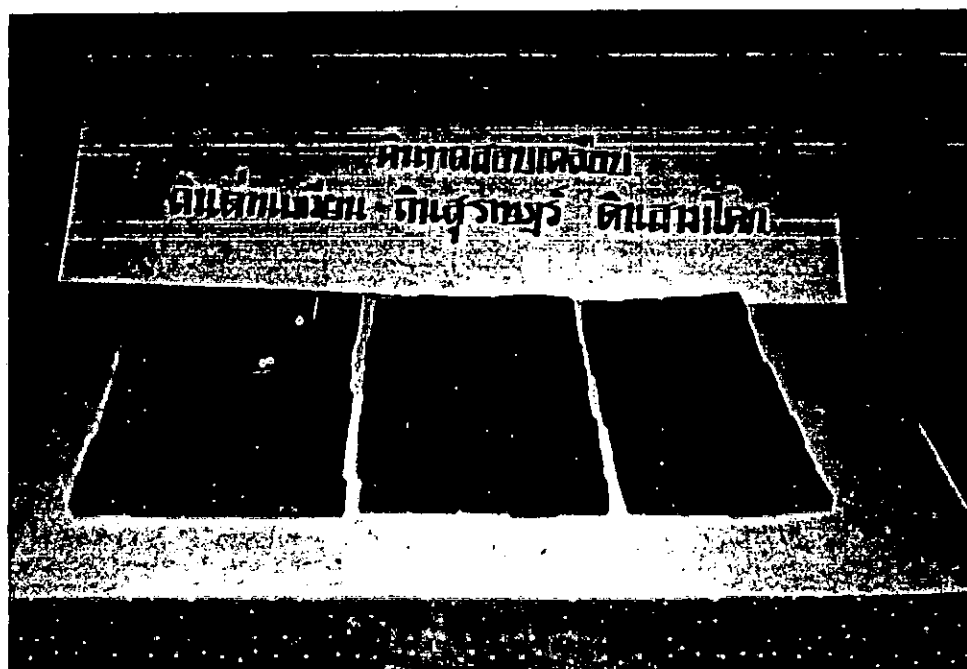
แสดงแท่งทดสอบเนื้อดินปั้น (ก่อนการเผา) จากแหล่งดินตัวอย่างทั้ง 3 แหล่ง



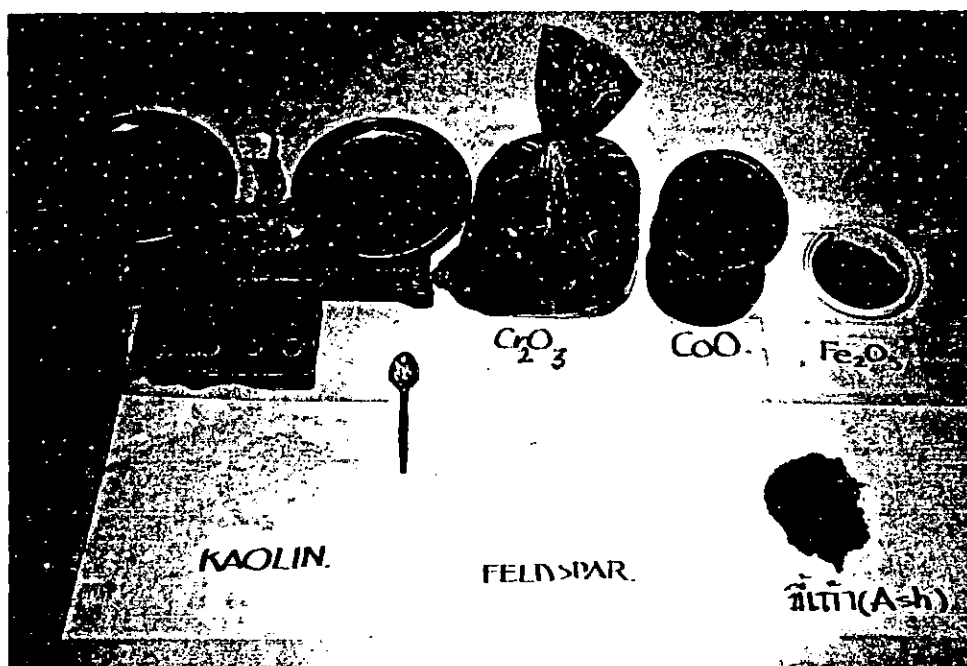
แสดงแท่งทดสอบเนื้อดินปั้น (หลังการเผาที่อุณหภูมิ 1200°C)
จากแหล่งดินตัวอย่างทั้ง 3 แหล่ง



แสดงการทดสอบความแข็งแรงของเนื้อดินปั้นภายหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1200°C
ที่ภาควิชาเทคโนโลยีวัสดุ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง



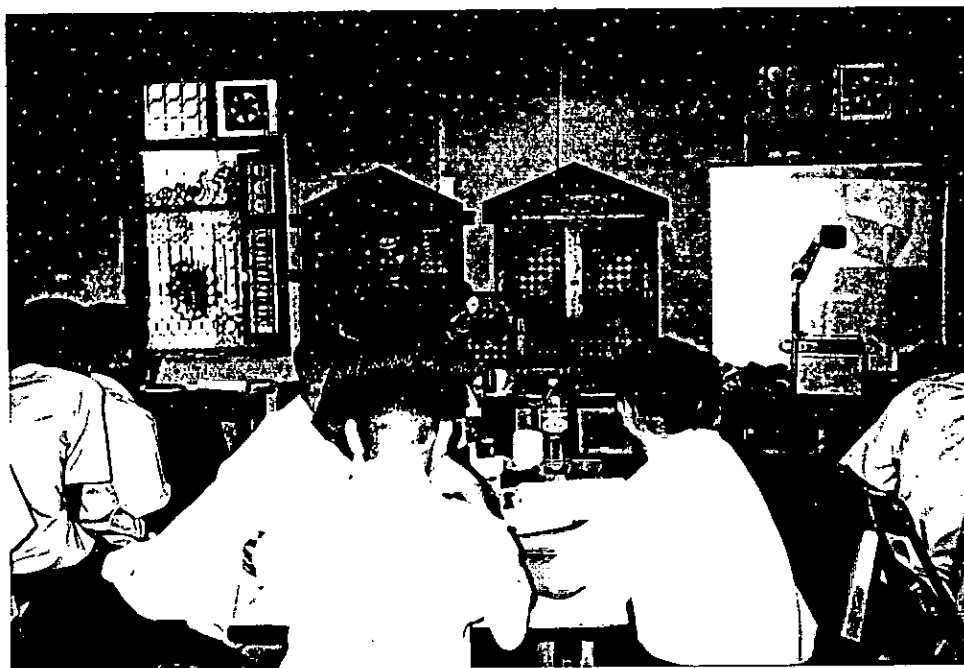
แสดงเนื้อดินปั้นจากสูตรดินที่ผ่านการคัดเลือกเพื่อทำชิ้นงานทดสอบการเคลือบซีเมนต์



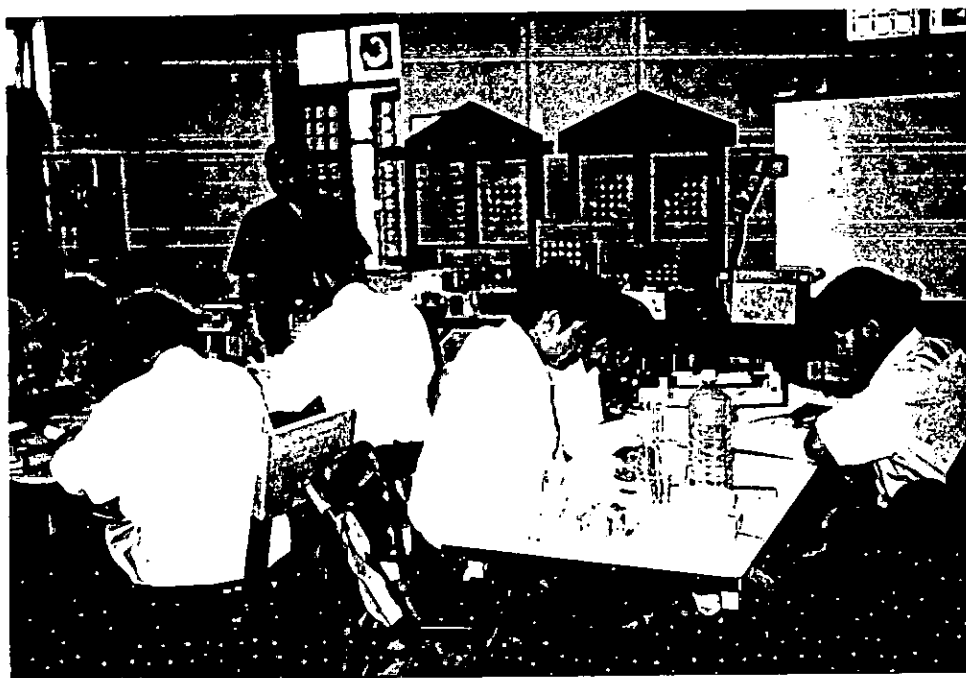
แสดงสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) และวัตถุดิบในการทดลองเคลือบซีเมนต์



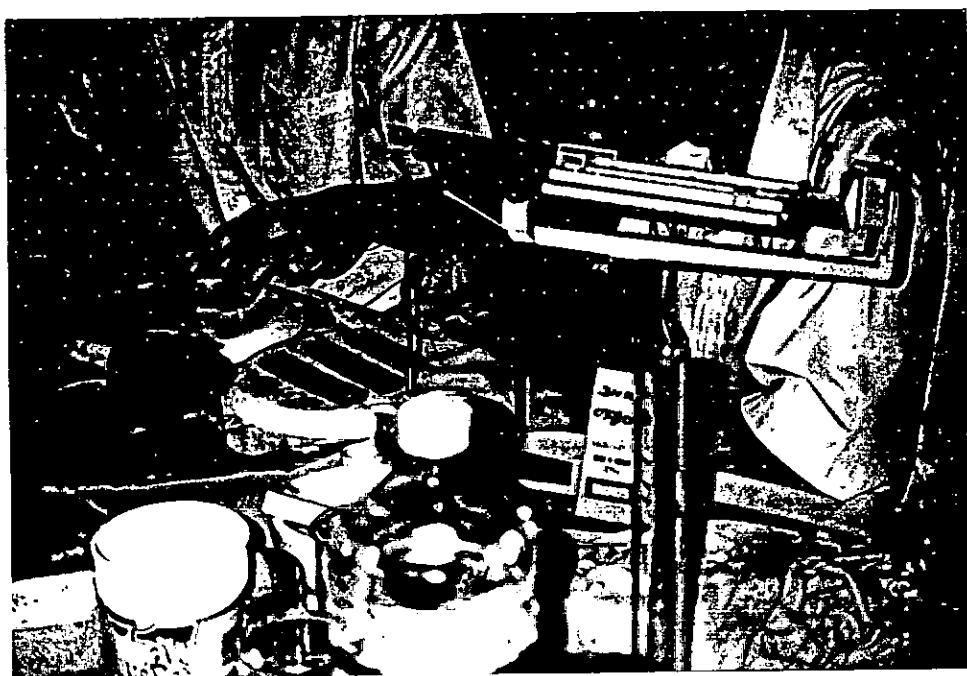
รศ.ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (ประธานกรรมการ) ตรวจสอบความก้าวหน้าการวิจัย
เกี่ยวกับการเคลื่อนขี้นี้ได้ไม้



ผู้วิจัยทดลองสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องเซรามิกส์ ที่โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย
กับกลุ่มนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย



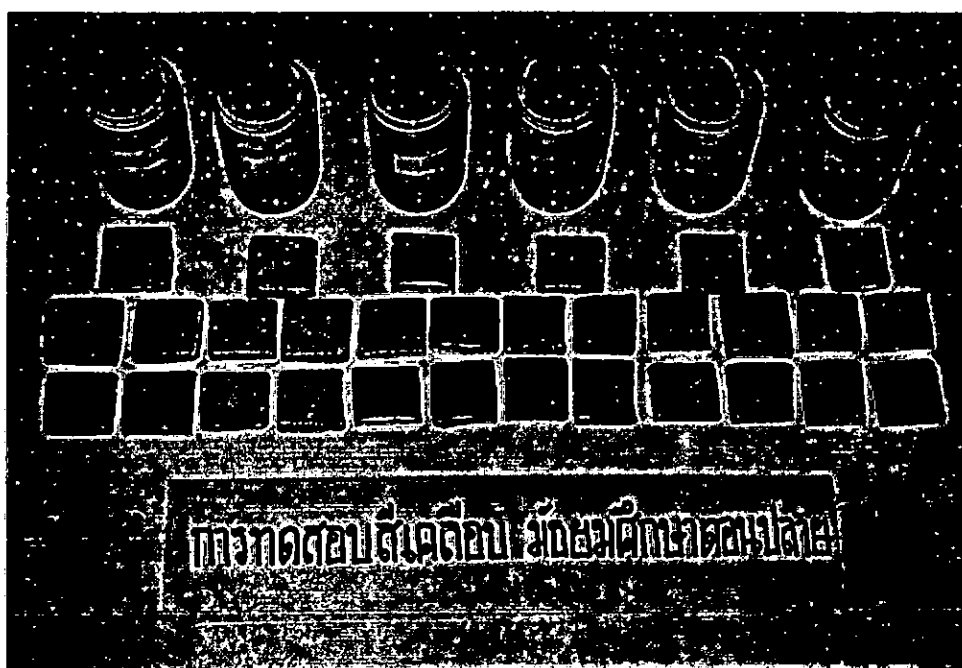
รศ.ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (ประธานกรรมการ) ตรวจสอบระหว่างกลุ่มนักศึกษาผู้ใหญ่
ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พร้อมกับให้คำแนะนำกับผู้วิจัย



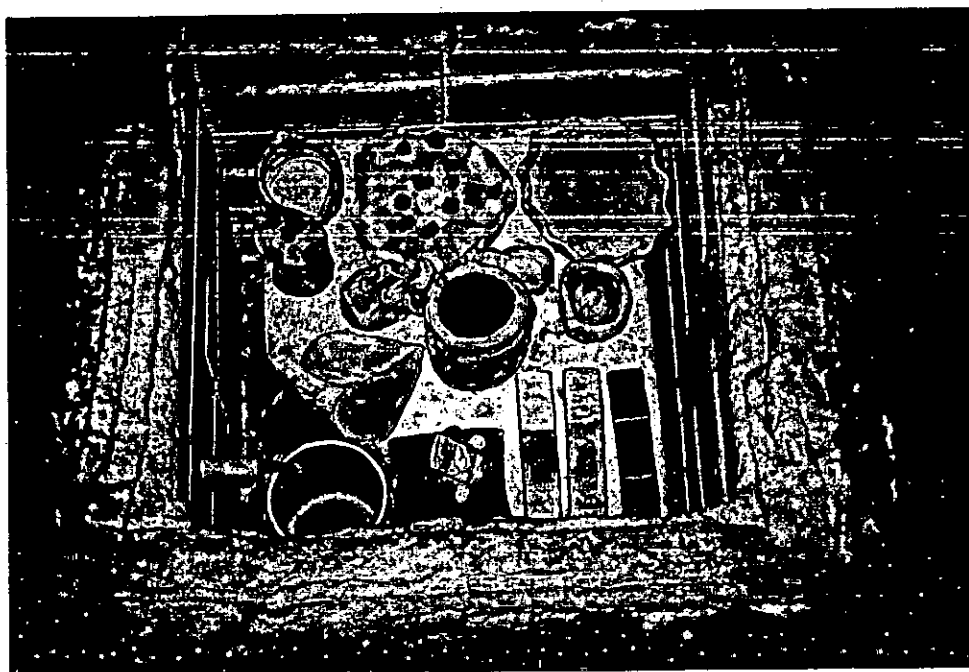
นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ปฏิบัติการทดสอบเนื้อดินป่น



นักเรียนทำการทดสอบความแข็งแรงของเนื้อดินปั้น



การทดสอบสีเคลือบกับน้ำเคลือบเฟลด์สปาร์



การออกแบบตามความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนก่อนการเผาเคลือบ



ผลงานการออกแบบตามความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน ภายหลังการเผาเคลือบแล้ว

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ นายทวีพล จุฑะพล
 เกิดวันที่ 26 พฤศจิกายน พุทธศักราช 2500
 สถานที่เกิด โรงพยาบาลนครราชสีมา อ.เมือง จ.นครราชสีมา
 สถานที่อยู่ปัจจุบัน 2/64 ซ. หมู่บ้านศิขรินทร์ ถนนบางกรวย-ไทรน้อย ต.บางกรวย
 อ.บางกรวย จ.นนทบุรี 11130

ประวัติการศึกษา

- พ.ศ. 2524 การศึกษามัธยมศึกษา (กศ.ม.) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
กรุงเทพฯ
- พ.ศ. 2535 ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต (กอ.ม.) สถาบันเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ
- พ.ศ. 2541 การศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ (กศ.ค.) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประสานมิตร กรุงเทพฯ

**การพัฒนาเตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็กเพื่อใช้ในการเรียนการสอน
วิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องเซรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย**

**บทคัดย่อ
ของ
ทวีพล ภูชะพล**

**เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาคุณวุฒิปันจติ สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา
สิงหาคม 2541**

ความมุ่งหมายของการวิจัยเรื่องนี้มี 5 ประการคือ (1) เพื่อสร้างและพัฒนาเตาเผา อุณหภูมิสูงขนาดเล็ก (2) เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นจาก 3 แหล่ง (ดินด่านเกวียน ดินสามโคกและดินสุราษฎร์), (3) เพื่อศึกษาสูตรเคลือบสีที่เหมาะสมควร (4) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับความอ่อนแก่ของสีที่สัมพันธ์กับปริมาณของสารให้สี (ออกไซด์ของโลหะ) กับแหล่งดิน 3 แหล่ง (5) เพื่อทดลองสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพเรื่องเซรามิกส์ ด้วยชุดการสอนที่สร้างขึ้น

ผลการวิจัยปรากฏดังนี้

1. เตาเผาอุณหภูมิสูงขนาดเล็กที่ได้สร้างและพัฒนาขึ้น มีคุณสมบัติ 4 ประการคือ (1) สามารถเผาได้อุณหภูมิสูงถึง 1200 องศาเซลเซียส (2) สามารถใช้กับแรงเคลื่อนไฟฟ้า 220 โวลต์ 25 แอมป์ (3) มีปริมาตรภายใน 1 ลูกบาศก์ฟุต (4) มีราคาถูกกว่าของต่างประเทศร้อยละ 44 และสมรรถนะของเตาเผาจากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเซรามิกส์ 5 ท่าน ผลการประเมินอยู่ในระดับดี ทุกด้านคือ (1) ด้านกายภาพทั่วไป (2) ด้านการใช้งาน (3) ด้านการบำรุงรักษา (4) ด้านสมรรถนะในการเผา (5) ด้านความเหมาะสมของเตาเผาที่ได้รับการพัฒนา (ที่สร้างขึ้น)

2. จากสูตรเนื้อดินปั้นทั้งหมด 54 สูตร มีสูตรที่มีคุณสมบัติทางกายภาพเหมาะสมสามารถนำมาขึ้นรูปได้ 3 สูตรคือ สูตรที่ 1.11, 2.11 และ 3.11 ที่มีความเหมาะสม สามารถนำมาขึ้นรูปได้

3. จากสูตรเคลือบสีได้ไม่ที่เหมาะสม 10 สูตร มีสูตรที่เหมาะสมเมื่อผ่านการเผาที่อุณหภูมิสูง 1200 องศาเซลเซียสแล้ว ทำให้ลักษณะของเคลือบใส ผิวของเคลือบเรียบ และสีในเคลือบมีสีอ่อนใสทุกส่วน คือ สูตรที่ 5

4. ระดับความอ่อนแก่ของสีเคลือบที่ได้จากเคลือบสีได้ไม่ สูตรที่ 5 ผสมกับสารให้สี 3 ชนิด เมื่อเคลือบบนเนื้อดินปั้น 3 แหล่ง ๆ ละ 5 ระดับ ทำให้ได้ความแตกต่าง จำนวน 45 ระดับที่สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้

5. ผลจากการทดลองสอนกับนักเรียนและนักศึกษาผู้ใหญ่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ด้วยชุดการสอนที่สร้างขึ้น ผลปรากฏว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ภายหลังการทดลองสอนสูงกว่าก่อนการทดลองสอน และผลการเรียนหลังการทดลองสอน 4 ด้าน คือ ทฤษฎีพิสัย ทักษะพิสัย (ทักษะปฏิบัติการทดลอง) จิตพิสัย (เจตคติทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์เซรามิกส์) และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างกลุ่มผู้เรียน 2 กลุ่ม คือนักเรียนกับนักศึกษาผู้ใหญ่ ไม่แตกต่างกัน

**A DEVELOPMENT OF HIGH TEMPERATURE SMALL SIZE KILN
FOR HIGH SCHOOL BIOPHYSICS SCIENCE INSTRUCTION ON CERAMICS**

**AN ABSTRACT
BY
THAWEEPOL CHUDABALA**

**Presented in partial fulfillment of requirements for the Doctor
of Education degree in Science Education
at Srinakharinwirot University**

August 1998

The purposes of this study were fivefold : (1) to develop a small size kiln, (2) to study basic physical properties of body clay from three sources (the Dan Kwian clay, the Samkok clay and the Surath clay), (3) to study appropriate formula of ash glaze, (4) to study change of ash glaze colour tones caused by combinations of three sources of colourants (the metal oxide) and three sources of clay, and (5) to conduct experimental teaching utilizing the researcher-developed instructional package.

The findings of this study were as follows :

1. The small size kiln developed achieved its four physical specifications :
(1) workability up to 1200 degree celsius ; (2) applicability with 220 volt and 25 ampere electrical system ; (3) the total firing spatial volume was approximately 1 cubicfoot ; and (4) forty four percent cheaper in price compared to the imported one. The kiln constructed was accepted, with 4 to 5 majority by five experts on the five measures ;
(1) physical appearance ; (2) general utility ; (3) maintainability, (4) firing efficiency ; (5) general appropriateness.
2. Among the fifty-four formula of the body clay investigated the formula number 1.11, 2.11 and 3.11 were the ones appropriate for initial shaping of the clay.
3. Among the ten ash glaze formula investigated, the one that was appropriate for firing at 1200°C to yield clear glaze products, smooth texture, bright and light tone colour, was formula number 5.
4. From forty five colour tones, fifteen from combinations of ash glaze and colourants, were found from experimentation utilizing ash glaze formula number 5. Despite unsharp difference of the tone colours, they were practically available for instructional use.
5. Experimental teaching, with day-time and part-time high school students ; utilizing the researcher-developed instructional package, revealed positive change between the pretests and posttests on the Cognitive outcomes ; and revealed equivalent performances on five posttest measures (Cognitive outcomes, Experimentation skills, Scientific attitude, Attitude toward Ceramics Science, and Creativity in Science) between the two groups of students.