สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาเตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา

A DEVELOPMENT OF ELECTRIC KILN FOR CERAMIC IN INSTITUTE EDUCATION

T 049531

สนิท บุญกล่อม
SANIT BOONKLOM

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 49531
วัน, เดือน, ปี 24 ก.พ. 2547

.b.....
.i.....

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2546

ISBN 974-24-452-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

COPYRIGHT 2003

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A DEVELOPMENT ELECTRIC KILN
FOR CERAMIC IN INSTITUTE OF EDUCATION

SANIT BOONKLOM

A THEMATIC PAPER SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT
FOR THE DEGREE OF MASTER OF INDUSTRIAL EDUCATION
IN INDUSTRIAL DESIGN TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2003

ISBN 974-324-452-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อสารนิพนธ์	การพัฒนาเตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา
นักศึกษา	สนิท บุญกล่อม
รหัสประจำตัว	44064834
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
ภาควิชา	ครุศาสตร์สถาปัตยกรรม
คณะ	ครุศาสตร์อุตสาหกรรม
พ.ศ.	2546
อาจารย์ผู้ควบคุมสารนิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์สถาพร ดีบุญมี ณ ชุมแพ

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา ให้มีพื้นที่บรรจุเพิ่ม-ลด ได้ตามกิจกรรมการเรียนการสอน ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยคือ ผู้ทรงคุณวุฒิด้านต่างๆ จำนวน 15 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นต้นแบบการพัฒนาเตาไฟฟ้า ข้อมูลการทดสอบเตาเผา และแบบประเมินหาประสิทธิภาพวัดความคิดเห็น 4 ด้าน คือ ด้านออกแบบอุตสาหกรรม ด้านวัสดุและการผลิต ด้านไฟฟ้า ด้านอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา

ผลการวิจัยสรุปว่า

1. เตาไฟฟ้ารูปทรงกลม ลักษณะวางซ้อนกันเป็นชั้น แต่ละชั้นอิสระต่อกันสามารถปรับเพิ่ม-ลดพื้นที่เผาได้ตามจำนวนชิ้นงาน

2. ทดสอบการเผา 2 ครั้ง พบว่า การขึ้นของอุณหภูมิภายในเตา ตรงกับค่าปรับตั้งทุกตำแหน่ง

3. ประสิทธิภาพเตาไฟฟ้าจากการประเมิน 4 ด้าน โดยรวม ระดับดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thematic Paper Title	A Development of Electric Kiln for Ceramic in Institute Education
Student	Sanit Boonklom
Student ID	44064834
Degree	Master of Industrial Education
Programme	Industrial Design Technology
Department	Architecture Education
Faculty	Industrial Education
Year	2003
Thematic Paper Advisor	Assist.Prof. Sataporn Dee Boonmee Na Chumpae

ABSTRACT

The purpose of this study is to develop an electric kiln for ceramic in institutes so that the baking area can increase or decrease depending on theteaching and learning activities in diploma level

The sampling of this study are 15 experts. The prototype of an electric kiln, the testing of an electric kiln and the evaluation forms to final out the efficiancy in 4 areas : industrial design, material and production, electricity and ceramics industry were used in this study.

The rasults are as follows :

1. The round kiln is composed of different separable layers which can increase or decrease the area of baking depending on the number of products

2. The baking testing was done twice. It was found that the increasing of temperature in the kiln was the same as the setting temperature at all positions

3. The efficiancy of an electric kiln gained from 4 areas was in good level.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การพัฒนาเตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษานี้สำเร็จลุล่วงได้ดังความช่วยเหลือจากหลายฝ่าย ผู้วิจัยจึงขอประกาศเกียรติคุณต่อบุคคล และสถาบันตามลำดับดังนี้

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์สถาพร ดีบุญมี ณ ชุมแพ อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุดมศักดิ์ สาริบุตร ประธานหลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา คณะกรรมการตรวจสารนิพนธ์ ซึ่งได้ให้คำแนะนำตรวจแก้ไข

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณาจารย์จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา อันประกอบด้วย ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินประสิทธิภาพเตาทุกท่าน อาจารย์ชิดชัย สายเชื้อ อาจารย์สุรพล ธนะสูตร ที่ให้ข้อแนะนำในการวิเคราะห์ข้อมูลและแนวทางในการทำวิจัย อาจารย์สมิต สมิตะสิริ และเพื่อนๆแผนกวิชาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา ที่ช่วยเหลือเป็นกำลังใจตลอดจนให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ยิ่ง

ท้ายนี้ขอขอบคุณ อาจารย์กฤตวิทย์ บัวใหญ่ และ นักศึกษาภาควิชาไฟฟ้า นักศึกษาแผนกวิชาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา และ นายสุทธิพงษ์ เยื้องกลาง เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการ ที่เป็นแรงสำคัญในงานวิจัยประดิษฐ์เตาไฟฟ้าตั้งแต่ต้นจนสำเร็จ

สนิท บุญกล่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... II

กิตติกรรมประกาศ..... III

สารบัญ..... IV

สารบัญตาราง..... VI

สารบัญภาพ..... VII

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของของโครงการ..... 4

1.3 กรอบแนวคิด..... 4

1.4 ขอบเขตของโครงการ..... 5

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ..... 5

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 7

2.1 ความเป็นมารูปแบบเตาเผาลักษณะต่าง ๆ..... 7

2.2 การออกแบบเตา..... 17

2.3 วัสดุอุปกรณ์ในการสร้างเตา..... 22

2.4 กรรมวิธีการผลิตเตา..... 33

2.5 การเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา..... 38

2.6 การทำงานระบบไฟฟ้าและเครื่องวัดอุณหภูมิ..... 43

2.7 กิจกรรมการเรียนการสอนเตาและการเผาเครื่องปั้นดินเผา..... 47

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 50

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 54

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง..... 54

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... 55

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล..... 58

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล..... 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 61
4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการพัฒนาเตาไฟฟ้าสำหรับเผาเครื่องปั้นดินเผา.... 61
4.2 ผลการวิเคราะห์ทดลองเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา..... 67
4.3 ผลการประเมินประสิทธิภาพเตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา. 70
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ.....74
5.1 สรุปผลการวิจัย..... 74
5.2 อภิปรายผลการวิจัย..... 77
5.3 ข้อเสนอแนะ..... 81

บรรณานุกรม..... 84

ภาคผนวก..... 86
ภาคผนวก ก แบบประเมินประสิทธิภาพเตาไฟฟ้าสำหรับเผา
เครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา..... 87
ภาคผนวก ข หนังสือเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย..... 94
ภาคผนวก ค ภาพการพัฒนาเตาเผาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผา..... 99

ประวัติผู้วิจัย..... 113

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ชั้นคุณภาพและการใช้งานของเหล็กบาง..... 24

2.2 สูตรเปอร์เซนต์ส่วนผสมทดลองทำอิฐทนไฟ..... 31

2.3 เนื้อดินเมื่อโดนความร้อนในอุณหภูมิต่าง ๆ..... 41

2.4 การต่อระบบไฟฟ้า..... 45

4.1 สัดส่วนการผสมวัสดุอิฐฉนวนทนความร้อน..... 64

4.2 ข้อมูลการเผาทดสอบครั้งที่ 1..... 68

4.3 ข้อมูลการเผาทดสอบครั้งที่ 2..... 69

4.4 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความคิดเห็นของ
ผู้ทรงคุณวุฒิด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม..... 70

4.5 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความคิดเห็นของ
ผู้ทรงคุณวุฒิด้านวัสดุและการผลิตในระบบอุตสาหกรรม..... 71

4.6 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความคิดเห็นของ
ผู้ทรงคุณวุฒิด้านไฟฟ้า..... 72

4.7 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความคิดเห็นของ
ผู้ทรงคุณวุฒิด้านอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา..... 73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แสดงภาพเตาชนิดทางเดินลมร้อนขึ้น	11
2.2 แสดงภาพเตาชนิดทางเดินลมร้อนลง	12
2.3 แสดงภาพเตาน้ำมันบรรจุรางรถเลื่อน	13
2.4 แสดงภาพเตาไฟฟ้าทรงกลมฝาเปิดบน	15
2.5 แสดงภาพสัดส่วนการทำงานของมนุษย์	18
2.6 แสดงภาพวัสดุทนไฟเส้นใยเซรามิกมีน้ำหนักเบา	26
2.7 การต่อวงจรไฟฟ้าระบบ 3 เฟส และระบบ 1 เฟส	44
2.8 แสดงไดอะแกรมวงจรไฟฟ้าและระบบควบคุม	45
3.1 แผนการดำเนินงานพัฒนาเตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผา	60
4.1 แสดงกราฟอุณหภูมิเฉลี่ยการเผาชิ้นงานเคลือบพื้นที่บรรจุ 6 วงเตา	68
4.2 แสดงกราฟอุณหภูมิเฉลี่ยการเผาชิ้นงานเคลือบพื้นที่บรรจุ 5 วงเตา	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ด้วยแนวคิดทางการศึกษาที่ว่า การศึกษาจะต้องมีการพัฒนาตลอดเวลาทำให้หน่วยงานที่มีหน้าที่เกี่ยวกับการจัดการศึกษา ดำเนินการแก้ไขปรับปรุงเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง และจัดการศึกษาตลอดจนเนื้อหาหลักสูตรให้มีประสิทธิภาพ และมีความทันสมัยอยู่ตลอดเวลา เพราะวิชาการและข้อความรู้ ตลอดจนเทคโนโลยีต่าง ๆ เกิดขึ้นใหม่ ๆ อย่างมากมายและรวดเร็ว

สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล จึงได้มีการจัดการศึกษาให้มีแนวทางและจุดมุ่งหมายให้สอดคล้องกับแผนพัฒนาการศึกษาของชาติ ซึ่งปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งคือ การพัฒนาหลักสูตรอย่างต่อเนื่อง ได้ให้ความสำคัญต่อการพัฒนาหลักสูตรที่ตรงกับความต้องการของตลาดแรงงานและความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีมาโดยตลอด ทั้งระดับวิชาชีพต่ำกว่าปริญญาตรี และประกาศนียบัตรชั้นสูง แผนกวิชาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา จึงเปิดสอนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพตั้งแต่ปี 2536 ได้มีการปรับปรุงและพัฒนาหลักสูตรกันเรื่อยมา ให้สามารถนำไปใช้ในสถาบันการศึกษา ผลิตผู้สำเร็จการศึกษาระดับช่างเทคนิคออกไปสู่ตลาดแรงงานได้อย่างมีคุณภาพ

ปัจจุบันการศึกษาในวิชาเซรามิก นับว่ามีความสำคัญและเป็นที่ต้องการ นิยมกันแพร่หลายโดยทั่วไป ซึ่งมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในยุคปัจจุบัน คือ การที่มนุษย์ได้นำเอาผลประโยชน์จากการศึกษาค้นคว้า การวิจัยและผลผลิตทางเซรามิก ซึ่งมีคุณสมบัติแข็งแกร่งเป็นพิเศษ ทนต่อกรดด่าง ทนต่อการเสียดสี ทนต่อความร้อนสูง มาใช้ในโครงการต่าง ๆ อย่างกว้างขวางและมีคุณค่าอย่างยิ่ง ซึ่งไม่เคยปรากฏมาก่อน เช่น โครงการอวกาศ โครงการเครื่องมืออีเลคโทนิค เครื่องสื่อสาร ดาวเทียม เครื่องมือคอมพิวเตอร์ เตาปฏิกรปรมาณู เป็นต้น ตราบใดที่มนุษย์เรายังมีการศึกษาค้นคว้าทดลอง ความก้าวหน้าในทางวิทยาการและเทคโนโลยี ย่อมมีผลงานใหม่ ๆ เกิดขึ้นเสมอ โดยเฉพาะในงานด้านการศึกษาทางด้านเซรามิกพอแยกหัวข้อเป็นแนวทางในการศึกษาไว้ 2 ประการคือ การศึกษาในแนวทางวิทยาศาสตร์ หรือ การศึกษาในแนวทางศิลป์ ฉะนั้นการศึกษาทั้งสองแนวทาง นับว่าได้ประโยชน์และมีความสำคัญไม่น้อยไปกว่ากัน ควรจะส่งเสริมการสอนให้มีความสัมพันธ์ต่อกันอันเป็นแนวทางในการประกอบอุตสาหกรรมประเภทนี้ และจะเป็นไปอย่างเหมาะสมที่สุด ทั้งในด้านคุณภาพและความงาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยเฉพาะการศึกษาเกี่ยวกับวิชาเครื่องปั้นดินเผา ถ้าจะพิจารณาตามหลักสูตรทั้งเก่าและปรับปรุงใหม่ ซึ่งจัดให้มีการสอนในภาควิชาศิลป และหัตถศึกษาตั้งแต่ระดับประถมจนถึงขั้นอุดมศึกษา นับได้ว่าได้ให้ความสำคัญอยู่ไม่ใช่น้อยแต่ปรากฏว่า โรงเรียนส่วนใหญ่ขาดเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำงานเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งทำให้เด็กท้อถอยและมองไม่เห็นความสำคัญ ตลอดจนทัศนคติที่ไม่ดีต่อวิชาแขนงนี้ จึงไม่เป็นที่นิยมแพร่หลายเหมือนกับวิชาอื่น ๆ เท่าที่ควร แต่ก็นับว่าเป็นโอกาสดีอย่างยิ่งในขณะนี้ ซึ่งมีประชาชน โรงเรียน และสถาบันต่าง ๆ ได้ให้ความสนใจเป็นพิเศษมากขึ้นตามลำดับ ทางรัฐบาลเองได้มีการส่งเสริมอุตสาหกรรมประเภทนี้อย่างกว้างขวาง นอกจากนี้ยังมีเอกชน หรือผู้สนใจลงทุนตั้งโรงงานอุตสาหกรรมประเภทนี้กันมากมาย จึงทำให้มั่นใจได้ว่า อุตสาหกรรมแขนงนี้คงประสบความสำเร็จ และเป็นรายได้ไม่น้อยหน้าอุตสาหกรรมประเภทอื่น (ทวี พรหมพฤกษ์. 2524 : 1 – 3)

จากการดำเนินการพัฒนาหลักสูตรรายวิชา ซึ่งจัดทำโดยอาจารย์ผู้มีประสบการณ์ในการสอนรายวิชาหลายวิทยาเขตของสถาบันร่วมกัน วิชาเตาและการเผา 1 เป็นวิชาหนึ่งที่สำคัญในการเรียนการสอนเป็นกระบวนการสุดท้ายที่สำคัญในการผลิตเครื่องปั้นดินเผา ซึ่งมีเนื้อหาสาระ คือ ศึกษา ฝึกปฏิบัติเกี่ยวกับ ประวัติและพัฒนาการของเตาเผาจากอดีตถึงปัจจุบัน จำแนกประเภทของ เตาเผาตามชนิดของเชื้อเพลิง ลักษณะการใช้งานทางเดินไฟ อุปกรณ์ในเตาเผา การบรรจุ ผลิตภัณฑ์เข้าเตา การอบแห้ง การเผาดิบ การเผาเคลือบ ในบรรยากาศสันดาปสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ บันทึกการเผา การถนอมรักษาอุปกรณ์และเตาเผา (คณะกรรมการวิชาการสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. 2543 : 101)

ส่วนหนึ่งรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอน วิชาเตาและการเผา ให้นักศึกษาทำการผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อทำการเผา มีลักษณะรายวิชา คือ

การขึ้นรูปแป้นหมุน 2 เพื่อศึกษาและฝึกปฏิบัติเกี่ยวกับลักษณะภาชนะเป็นชุด และผลิตภัณฑ์ที่ต่อเติมประกอบชิ้นงานด้านประโยชน์ใช้สอย ปริมาตรการบรรจุและการล็อก ประเภทชุดน้ำชา กาแฟ มีความสูงไม่เกิน 15 เซนติเมตร

การตกแต่งเซรามิก 2 มุ่งศึกษาและฝึกปฏิบัติการตกแต่งลวดลายบนผิวชิ้นงานที่ผ่านการเผาดิบ เผาเคลือบ ในระบบอุตสาหกรรมการเผารูปลอกเซรามิกสีใต้เคลือบ สีในเคลือบ และสีบนเคลือบ ชิ้นงานประเภทถ้วย จาน ชาม แจกัน มีขนาดความสูงไม่เกิน 15 เซนติเมตร

แบบและการหล่อ 1 ศึกษาและฝึกปฏิบัติในการผลิตต้นแบบและแม่พิมพ์ขึ้นรูปทรงผลิตภัณฑ์สำหรับวิธีหล่อน้ำดินแบบกลวง ชิ้นงานที่ได้ประเภทแจกันทรงสูงไม่เกิน 25 เซนติเมตร

การขึ้นรูปด้วยใบมีด มุ่งศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับ การออกแบบการสร้างต้นแบบแม่พิมพ์และใบมีด สำหรับการขึ้นรูปด้วยใบมีดแบบภายในและภายนอก ชิ้นงานที่ได้ประเภท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาน ชามทรงกลม ความสูงไม่เกิน 15 เซนติเมตร (สายช่างอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. 2543 : 101 – 187)

ซึ่งรายละเอียดวิชาดังกล่าว เมื่อนักศึกษาฝึกปฏิบัติออกมาเป็นผลงาน ผลิตภัณฑ์แล้ว จำเป็นต้องนำมาทำการเผาจากเตาเครื่องปั้นดินเผาทั้งสิ้น ผู้สอนจึงจะกำหนด น้ำหนักเกณฑ์ให้คะแนนรายบุคคลได้ถูกต้อง

เตาเผาจึงมีความจำเป็นในการเรียนการสอนวิชาเครื่องปั้นดินเผาอย่างสูง ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจเตาเผาที่มีใช้เพื่อการเรียนการสอนในแผนกสาขาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา มีจำนวนรายละเอียดและพบปัญหาดังนี้

1. เตาแก๊สลักษณะทางเดินลมร้อนลง มีหัวพ่นธรรมดา 4 หัว ตัวเตาสร้างด้วยอิฐทนไฟเบา หุ้มเหล็กแผ่น ขนาดบรรจุ 100 ลิตร ผลิตในประเทศ จำนวน 1 เตา สถานภาพปัจจุบัน กำลังซ่อมแซม

2. เตาแก๊สลักษณะทางเดินลมร้อนกึ่งลง มีหัวพ่นอัตโนมัติ 4 หัว ตัวเตาสร้างด้วยแผ่นไฟเบอร์เซรามิก บุหุ้มด้วยแผ่นสแตนเลส ขนาดบรรจุ 300 ลิตร ผลิตจากต่างประเทศ จำนวน 1 เตา สถานภาพปัจจุบันใช้งานได้

3. เตาไฟฟ้าทรงเหลี่ยม ปริมาตรบรรจุ 300 ลิตร อุณหภูมิใช้งานสูงสุด 1340° C ระบบไฟฟ้า 380 โวลท์ 50 ไซเคิล 3 เฟส กำลังไฟ 22 กิโลวัตต์ ควบคุมอุณหภูมิ และการเผาระบบไมโครโปรเซสเซอร์ ชุดแมกเนติก ผลิตภัณฑ์จากต่างประเทศ จำนวน 1 เตา สถานภาพปัจจุบัน ใช้งานได้

4. เตาไฟฟ้าทรงเหลี่ยม ปริมาตรบรรจุ 100 ลิตร อุณหภูมิใช้งานสูงสุด 1300° C ระบบไฟฟ้า 380 โวลท์ 3 เฟส กำลังไฟ 10 กิโลวัตต์ ควบคุมอุณหภูมิ และการเผาระบบไมโครโปรเซสเซอร์ ชุดแมกเนติก เป็นผลิตภัณฑ์จากต่างประเทศ จำนวน 1 เตา สถานภาพปัจจุบัน กำลังซ่อมแซม

5. เตาไฟฟ้า LINN 100^3 รูปทรงเหลี่ยม ภายในสร้างด้วยอิฐทนไฟเบา บุด้วยเหล็กแผ่น ปริมาตรบรรจุ 1000 ลิตร อุณหภูมิในการเผา 1300° C ระบบไฟฟ้า 380 โวลท์ 100 แอมร์ 3 เฟส กำลังไฟ 60 กิโลวัตต์ ควบคุมอุณหภูมิ และการเผาระบบไมโครโปรเซสเซอร์ ชุดโซลิสสเตรท แยกจากตัวเตา เป็นผลิตภัณฑ์จากต่างประเทศ จำนวน 1 เตา สถานภาพปัจจุบัน กำลังซ่อมแซม

6. เตาไฟฟ้าทดสอบห้าโซล ภายในบรรจุได้ 5 อุณหภูมิ 5 ช่อง อุณหภูมิการเผาสูงสุด เผา 1300° C ภายในสร้างด้วยไฟเบอร์เซรามิกก้อน หุ้มด้วยแผ่นเหล็กใช้ไฟฟ้า 380 โวลท์ 100 แอมร์ 3 เฟส กำลังไฟ 15 กิโลวัตต์ ควบคุมอุณหภูมิ และการเผาระบบไมโครโปรเซสเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดโซลิสสเตรท แยกจากตัวเตา เป็นผลิตภัณฑ์จากต่างประเทศ จำนวน 1 เตา สถานภาพปัจจุบัน กำลังซ่อมแซม (สนิท บุญกล่อม ผู้สำรวจ. 4 กรกฎาคม 2545)

จากการสำรวจเตาเผาดังกล่าวในแผนกอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่าเตาเผาที่ใช้ในการเรียนการสอนมี 2 ชนิด คือ เตาแก๊สและเตาไฟฟ้า ซึ่งเตาทั้งสองชนิดนี้มีคุณสมบัติการเผาแตกต่างกัน กล่าวคือ เตาแก๊สมีลักษณะการเผาได้ทั้งแบบสันดาปสมบูรณ์และการสันดาปไม่สมบูรณ์ ส่วนเตาไฟฟ้าเผาได้แบบสันดาปสมบูรณ์เพียงอย่างเดียว ทำให้เตาทั้งสองชนิดนี้มีความเหมาะสมครอบคุมต่อการเรียนการสอนในหลักสูตรวิชาเครื่องปั้นดินเผาได้เพียงพอ

ปัญหาของเตาเผาพบว่าการใช้งานมักไม่ตรงกับจำนวนชิ้นงานที่บรรจุเข้าเตา ทำให้เกิดช่องว่างและเป็นปันหาการสูญเสียความร้อนโดยเปล่าประโยชน์ มีดังนี้

1. ชิ้นงานเครื่องปั้นดินเผาที่นักศึกษาผลิตขึ้นมีจำนวนน้อยกว่าพื้นที่บรรจุในเตา ที่มีพื้นที่มากกว่า ทำให้เกิดช่องว่างภายในเตา

2. กรณีมีชิ้นงานจำนวนมากเกินกว่าการบรรจุเข้าเตาเผาได้หมด ทำให้เกิดปัญหาต่อชิ้นงานที่เหลืออีกจำนวนหนึ่งที่ทำการเผาไม่ได้

3. ปัญหาในสถานศึกษาไม่มีเตาเผาทดสอบใช้เผาชิ้นงานตัวอย่าง ทำให้เกิดการใช้งานผิดประเภท มีผลต่อการสูญเสียความร้อนและเตาเกิดการชำรุดง่าย

ด้วยความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาดังกล่าว ทำให้ผู้วิจัยมองเห็นความสำคัญและความจำเป็น ที่จะต้องพัฒนาเตาเผาไฟฟ้าเพื่อใช้งานให้ได้ประโยชน์ตรงกับการเรียนการสอนในสถานศึกษา ซึ่งนอกจากได้เตารูปแบบใหม่แล้ว การพัฒนาเตาเผาเครื่องปั้นดินเผาอาจนำไปสู่การเรียนรู้ให้กับนักศึกษา เพื่อเป็นแนวทางประกอบอาชีพต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อพัฒนารูปแบบเตาเผาไฟฟ้าสำหรับเผาเครื่องปั้นดินเผา

1.3 กรอบแนวคิด

1. เตาที่มีรูปร่างทรงกลมจะทำให้การกระจายความร้อนภายในได้เหมาะสมทั้งด้านล่างด้านบน และวัสดุทนไฟมีความพรุนตัว มีผลต่อการนำ การพา การแผ่รังสีความร้อนได้เหมาะสม ทำให้แก้ปัญหาการทรุดตัวและลดความสิ้นเปลืองค่าเชื้อเพลิง ตามแนวคิดของ กาญจนะ แก้วกำเนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ขี้เลื่อย (Sawdust) เม็ดใหญ่ในรูอิฐ จะช่วยให้อากาศหมุนเวียนถ่ายเท ซึ่งอากาศจะนำความร้อนสะท้อนออกได้ดี ขี้เลื่อยไม้เนื้ออ่อน จะให้รูพรุนใหญ่กว่าไม้เนื้อแข็ง ตามแนวคิดของ Norsker, H.

3. เตาเผาไฟฟ้าเป็นที่นิยมใช้ในสถานศึกษา มีความสะดวกต่อการเผาได้ผลแน่นอนกว่าเตาประเภทอื่น ตามแนวคิดของ ทวี พรหมพฤกษ์

1.4 ขอบเขตของโครงการ

1.4.1 เป็นครุภัณฑ์ประกอบกระบวนการเรียนการสอนวิชาเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ของ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

1.4.2 วัสดุที่ใช้ในการสร้างเตาไฟฟ้าและกรรมวิธีการผลิตตัวเตาไฟฟ้า สามารถผลิตขึ้นเองภายในประเทศ

1.4.3 เป็นเตาเผาไฟฟ้าที่ถอดประกอบได้ เพื่อให้เหมาะสมกับขนาดของชิ้นงานที่สัมพันธ์กับอุณหภูมิที่ใช้ในการเผา

1.4.4 ลดต้นทุนในการผลิตให้มีราคาถูก ต่ำกว่าเตาไฟฟ้าที่มีใช้กันอยู่ทั่วไป

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การพัฒนาและสร้าง หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่มีการกำหนดทิศทาง มีการวางแผนกำหนดไว้ล่วงหน้า ซึ่งทิศทางที่กำหนดขึ้นจะต้องเป็นของดีเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ของเตาไฟฟ้าสำหรับเผาเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา

2. เตาเผาไฟฟ้า หมายถึง เตาที่ใช้กระแสไฟฟ้าแปลงเป็นพลังงานความร้อนสะสมจากการไหลผ่านขดลวดต้านทาน และสามารถบรรจุชิ้นงาน เพิ่มหรือลดได้ ใช้เผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา

3. ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา หมายถึง ชิ้นงานเครื่องปั้นดินเผาที่เกิดจากการเรียนการสอนของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา

4. อิฐฉนวนทนไฟ หมายถึง อิฐเบาที่ถูกสร้างขึ้นมีลักษณะรูปทรงกระบอกเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่ตัดต่อเป็นก้อนเหมือนอิฐทั่วไป ใช้ประกอบเป็นรูปตัวเตาไฟฟ้า โดยวางทับซ้อนกัน

5. วัสดุเส้นใยเซรามิก หมายถึง วัสดุเส้นใยชนิดหนึ่งมีลักษณะเบา มีความพรุนตัวสูง ทนความร้อนได้ดี เป็นเส้นใยชนิดเป็นผืนพับซ้อนกันหรือเรียกว่า เคโอวูล (Kaowool)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. การส่งถ่ายความร้อนแบบกระจายรังสี หมายถึง ความร้อนสามารถถ่ายด้วยการกระจายจากพื้นที่ผิวเรืองแสงของเตา ภายในเตาเรืองแสงมากเท่าไรก็ยิ่งสามารถกระจายความร้อนได้มากเท่านั้น การกระจายนี้จะช่วยให้อุณหภูมิภายในเตาสม่ำเสมอ ส่วนที่ร้อนมากกว่าที่จะเรืองแสงมากและส่งถ่ายความร้อนไปสู่ส่วนที่เย็นกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากเอกสารงานวิจัย ตำรา ตลอดจนบทความที่เกี่ยวข้องกับเตาเผา มีผู้ศึกษารวบรวมไว้จำนวนมาก ซึ่งจะเป็นประโยชน์และได้นำมาศึกษาค้นคว้า เพื่อการพัฒนาเตาไฟฟ้าสำหรับเผาเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษาครั้งนี้ให้บรรลุตามเป้าหมายที่วางไว้ มีดังนี้

2.1 ความเป็นมาของรูปแบบเตาเผาลักษณะต่าง ๆ

2.2 การออกแบบเตา

2.3 วัสดุอุปกรณ์ในการสร้างเตา

2.4 กรรมวิธีการผลิตเตา

2.5 การเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

2.6 ระบบไฟฟ้าและเครื่องวัดอุณหภูมิ

2.7 กิจกรรมการเรียนการสอน

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความเป็นมารูปแบบเตาเผาลักษณะต่าง ๆ

2.1.1 ประวัติความเป็นมาของเตาเผา

ขั้นตอนหนึ่งที่จะทำให้งานเครื่องปั้นดินเผาเสร็จสมบูรณ์ได้ก็คือ "เตาเผา" เตาเผานี้ตั้งแต่สมัยโบราณมาแล้ว มีวิวัฒนาการมาโดยตลอด เดิมที่นั้นมีการเผาหม้อไหภาชนะดินเหนียวต่าง ๆ ในที่โล่งแจ้ง โดยอาจจะนำเอาฟืน เศษไม้ เศษหญ้า มากองสุม ๆ ไว้แล้วก็เผา อุณหภูมิที่ได้นั้นจะไม่สูงมากนัก ผลิตภัณฑ์ที่เผาก็ยังไม่สุกดีพอ ต่อมาคงมีการพัฒนาเตาแบบขุดดินเป็นโพรง เช่น ตามเนินเขา ตามริมตลิ่งแม่น้ำ เรื่อยมาจนกระทั่งเป็นเตาก่อแบบมีผนังมีปล่องไฟ ปล่องควัวซึ่งก็สามารถทำให้อุณหภูมิการเผาได้สูงขึ้น หลังสงครามโลกครั้งที่ 1 พัฒนาการของเตาเผาจึงเจริญรุดหน้าไปมาก เป็นแบบอุตสาหกรรมเซรามิกอย่างเต็มรูปแบบ เตาเผาก็พัฒนารูปแบบไปมากมาย มีทั้งเผาแบบต่อเนื่อง เผาแบบหมุน เป็นต้น (ปริญญา เนื่องอุดม. 2534 : 146)

การทำผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาในระยะเริ่มแรกนั้น อาศัยใช้วิธีการผึ่งแดด (San dried) มาก่อน ครั้นต่อมาเมื่อมนุษย์ได้พบว่า ดินที่ถูกความร้อนโดยการเผา ทำให้มีลักษณะแข็งและคงทนดีกว่า จึงได้นำเอาความคิดดังกล่าวนำเอาผลิตภัณฑ์ไปเผาไฟ ในสมัยแรก ๆ โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอาผลิตภัณฑ์กองบนพื้นดิน แล้วใช้เศษหญ้า กิ่งไม้ ใบไม้ มาสุมบนผลิตภัณฑ์แล้วใช้ไฟเผา ได้ผลิตภัณฑ์ค่อนข้างดีขึ้น กลายเป็นที่รู้จักแพร่หลายทั่วไปในสมัยก่อนคริสตกาล

ความรู้เกี่ยวกับการเผาผลิตภัณฑ์ได้วิวัฒนาการตามลำดับ จนกระทั้งมนุษย์เรามีความสามารถรู้จักการการควบคุมความร้อนได้เป็นครั้งแรก ด้วยการขุดหลุม ขุดอุโมงค์ และทำให้สามารถเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาจำนวนมากในอุณหภูมิสูงได้ดีกว่าแก่ก่อน และได้แก้ไขดัดแปลงมาตามลำดับ

ครั้นต่อมาเมื่อมนุษย์เราได้เจริญขึ้น มีความรู้ความเข้าใจมากขึ้น รู้จักการทำอิฐและสามารถผลิตอิฐชนิดที่ทนความร้อนได้ในอุณหภูมิสูงที่มีคุณภาพดีตามลำดับ จึงได้มีการออกแบบสร้างเตาเกิดขึ้น (Kiln design) ตลอดจนหาวิธีการใช้เชื้อเพลิงต่าง ๆ ตามความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น ปัจจุบันอาจกล่าวได้ว่า ความรู้เกี่ยวกับเตาเผาได้ประสบความสำเร็จและสามารถเผาได้ในอุณหภูมิสูงและสามารถควบคุมการเผาให้เป็นไปตามความประสงค์ ในการเอาผลิตภัณฑ์ ตลอดจนการสร้างเตาเผาชนิดที่เผาผลิตภัณฑ์ได้ตลอดเวลาที่ใช้ในวงงานอุตสาหกรรม (ทวี พรหมพฤกษ์. 2524 : 134)

2.1.2 **พัฒนาการของเตาเผา**

เราอาจใช้คำจำกัดความของเตาเผา คือ ที่ ๆ ใส่ความร้อน ใช้เผาเครื่องปั้นดินเผาได้ถึงจุดสุดตัว เตาเผามีการพัฒนารูปแบบต่าง ๆ มานับไม่ถ้วน แต่ละแบบสนองความต้องการไปคนละอย่าง แต่ละท้องถิ่น แต่อย่างไรก็ตามเตาทุกรูปแบบมีพื้นฐานเหมือนกัน คือ ให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาในที่จำกัด บางลักษณะสูญเสียความร้อนทางผนังหรือความร้อนออกไปกับการเผาไหม้ แต่ความร้อยอยู่ภายในมีมากกว่าที่สูญไป อุณหภูมิภายในจึงสูงขึ้นและผลิตภัณฑ์ก็ได้รับการเผาจนสุก เตาเผาต่าง ๆ ได้พัฒนาการมาตามลำดับ ดังนี้

2.1.2.1 **เตาเผาบอนไฟร์** (Bonfire)

เป็นตาชนิดที่เก่าแก่ที่สุดกว่า 10,000 ปีมาแล้ว เตาแบบนี้ยังคงนิยมใช้เผาภาชนะแดงที่ไม่เคลือบ เพราะเป็นเตาที่เหมาะที่สุดสำหรับเผาหม้อให้อุณหภูมิไม่สูง เนื่องจากลงทุนไม่มาก เหมือนเตาถาวร การเผาครั้งหนึ่งใช้เวลาเพียง 2 – 3 ชั่วโมง เชื้อเพลิงที่ใช้ราคาถูกหรือมีอยู่แล้วทั่วไปตามท้องถิ่น เช่น ฟางข้าว หญ้า ขี้วัว เปลือกมะพร้าว เป็นต้น เตาเผากลางแจ้งมีดังนี้

(1) เตาเผาบนดินบ้านคีรีมาศ

"การเผาบนดินบ้านคีรีมาศ" ถือได้ว่าเป็นเทคโนโลยีที่สมบูรณ์แบบในการเผาเครื่องปั้นดินเผาแบบธรรมชาติ ที่บรรพบุรุษของเรา 700 ปี พัฒนาขึ้นมาปัจจุบันยังมีการเผาด้วยวิธีนี้ที่บ้านทุ่งหลวง อ.คีรีมาศ จ.สุโขทัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรรมวิธีการเผาบนดิน เริ่มภายหลังจากการปั้นผลิตภัณฑ์สิ้นสุด เรื่องผลิตภัณฑ์บนดินที่รองด้วยไม้ไผ่ที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง เป็นแนวกว้าง ยาว ประมาณ 6 แถว โดยใช้ไม้ไผ่คั่นทุกแถว ทำชิ้นส่วนเครื่องปั้นดินเผาที่แตกปิดตามรู ช่องต่าง ๆ เพื่อกันความร้อนไม่ให้กระจายออกมาได้สะดวก ใช้ไม้ไผ่วางพิงเป็นกำแพงปิดทั้งสีด้านรวมทั้งด้านบนเพื่อไม่ให้ชิ้นงานล้นนอกเหนือจากใช้เป็นเชื้อเพลิง ใช้กาบมะพร้าววางพาดข้างบนหนาพอประมาณ คลุมทับอีกครั้งด้วยขี้เถ้าของไม้ไผ่ ซึ่งจะทำหน้าที่คล้ายผ้าห่มที่ครอบป้องกันไม่ให้ความร้อนภายในหลุดรอยไปโดยง่าย จุดไฟพร้อมกันทั้งสี่ทิศทั้งด้านบน ด้านข้าง เพื่อให้ความร้อนสม่ำเสมอ ตรวจดูช่องหรือร่องที่ความร้อนสามารถหลุดรอดออกมาได้ใช้ขี้เถ้าไม้ไผ่ปิดให้ทั่ว ทิ้งไว้ประมาณ 1 คืน จะได้ผลิตภัณฑ์ที่สวยงาม (คุณหญิงเซรามิกส์. 2540 : 97 – 98)

(2) เตาเผาสุกุมา (Sukuma potters)

เตาสุกุมา Sukama ในประเทศแทนซาเนีย มักจะใช้รากของไม้ เยื่อไม้ชนิดหนึ่งทำเชื้อเพลิงรากไม้นี้ช่วยทางด้านความร้อน จึงได้เวลาเผาไม่เกินชั่วโมง เผาไม่เกิน 700 ° C ภาชนะหม้อที่นำขึ้นเพื่อใช้กับเตาแบบเปิดเผาแล้วไม่แตกร้าว เพราะดินยังเผาไม่สุก และลักษณะเตาทำให้ปรับตัวต่อการแตกเฉียบพลันได้ดี

วิธีการเผาเอาหม้อตากแดดทั้งวันเพื่อไล่ความชื้นออกทำให้ไม่แตก เมื่อรับความร้อนอย่างรวดเร็ว อบหม้อบนเศษหม้อแตก และนำรากไม้ไว้ 2 ชั้น รอบ ๆ หม้อ แล้วจุดไฟเผา ขณะเผาใส่รากไม้เข้าไปเรื่อย ๆ ถ้ารากไม้หมดเร็วดี ให้เพิ่มเข้าไปอีก จนกระทั่งเพียงพอ จะเกิดคาร์บอนทำปฏิกิริยาเป็นไอติดกับเตาทำให้ได้พื้นที่ผลิตภัณฑ์ได้

เช่นเดียวกับหญิงชาว Kwali ในตอนเหนือของไซบีเรีย มีวิธีการเผากลางแจ้งแตกต่างกันออกไป การเผาจะไม่มีแตกให้ความร้อน 2 ระยะ โดยการอุ่นไฟในระยะแรก เพื่อไล่ความชื้นออกให้หมดก่อน และให้ความร้อนระยะที่ 2 โดยเผาทันที จนกระทั่งสุดตัวตามต้องการแล้วปล่อยให้เย็นหลังจากนั้นนำไปจุ่มน้ำ Makuba เตรียมโดยเคี่ยวเปลือกผักพืชชนิดหนึ่งเรียกว่า Locust beam tree จนกระทั่งได้น้ำเป็นสีน้ำตาลเข้าคล้ายกาแฟดำแก่ ๆ น้ำ Makuba นี้เคี่ยวไว้ล่วงหน้าใกล้ ๆ กับเตาเผาภาชนะ เมื่อไฟมอดแล้วผู้เผาจะใช้ไม้ยางสอดเข้าไปทางปากหม้อแล้วคอนขึ้น ผู้ช่วยใช้แปรงที่ทำด้วยเปลือกข้าวโพดชุบน้ำ Makuba สลัดลงไปที่หม้อน้ำซึ่งกำลังร้อนอยู่ภายในและภายนอก น้ำ Makuba จะเดือนและพอง และบางส่วนจะซึมเข้าไปอุดรูพรุนจนเต็ม เมื่อแห้งแล้วจะมีลักษณะเป็นเคลือบซึ่งติดแน่นทำให้หม้อมีความแข็งมากขึ้น และทำความสะอาดง่าย (เสริมศักดิ์ นาคบัว. 2527 : 36)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) **เตาเผาเนปาล** (Napalese potter)

ช่างปั้นชาวเนปาลเตรียมเตาสำหรับเผา ด้านหลังเป็นเตาอีกเตาหนึ่งที่เปิดเอาหม้อออก พร้อมที่จะขายได้ การเผาวางหม้อเป็นชั้น ๆ กับฟาง ชั้นล่างใส่ฟืนแทรกเข้าไป แล้วเอาฝาปิดคลุมหม้อทั้งหมด ใส่เศษหม้อแตกและขี้เถ้าเป็นชั้นสุดท้าย มีรูที่ก้นเตาเพื่อให้อากาศเข้าไปทำให้เกิดการเผาไหม้ จุดไฟที่ก้นเตา มันจะค่อย ๆ เผาไหม้ที่บริเวณภาชนะทั้งหมด เตาแบบนี้พัฒนาการการจากเตาสุกุมา คือ ให้ความร้อนผ่านหม้อจากข้างล่างขึ้นข้างบน รูทำให้เกิดการเผาไหม้และขี้เถ้าช่วยเก็บความร้อน อุณหภูมิที่เผาจะสูงกว่าเตาแบบสุกุมา

2.1.2.2 **เตาทางเดินลมร้อนขึ้น** (Up-draught kiln)

เป็นเตาที่สร้างขึ้นให้เปลวความร้อนไหลขึ้น ผ่านชิ้นงานสู่ปล่องไฟ การสร้างง่ายและสะดวกราคาไม่แพงมาก สิ่งสำคัญที่ควรทำให้ความร้อนสม่ำเสมอ คือ การเลือกตะกรับ ได้หลายชั้นนับว่าสำคัญ จะช่วยทำให้ความร้อนไม่ไหลเร็วจนเกินไป จะช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์สุกความร้อนสม่ำเสมอทั่วเตา

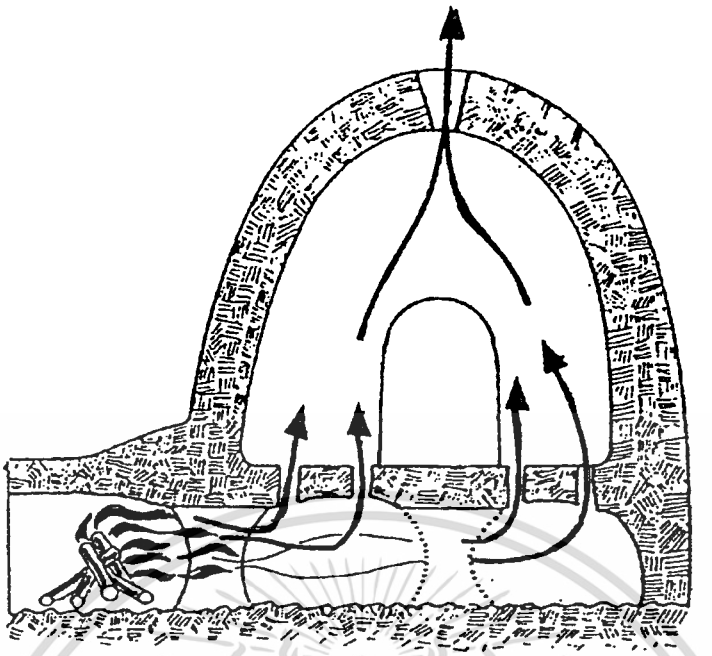
(1) **เตาทางเดินลมร้อนขึ้นแบบบังคลาเทศ** (Bangladerh up – draught)

เป็นเตาแบบง่าย ๆ พร้อมที่จะเผา ผนังด้านนอกเป็นแบบชั่วคราว แต่มีห้องเผาไหม้เชื้อเพลิงถาวร ใช้หม้อที่เผาแล้วเป็นผนังเตา ใช้ขี้วัวเป็นเชื้อเพลิงผสมกับไม้ไผ่ เนื่องจากแถบบังคลาเทศไม่มีฟืนหรือไม้อย่างอื่น

(2) **เตาทางเดินลมร้อนขึ้นแบบยุโรป** (European up-dranght)

เตาแบบความร้อนขึ้น แรกเริ่มมีที่ตะวันออกใกล้ ต่อมาทางยุโรปนำไปใช้พัฒนา จนกระทั้งสมบูรณ์แบบ เตาแบบนี้ใช้แพร่หลายจนกระทั้งต้นศตวรรษนี้เท่านั้น เมื่อมีการใช้เตาความร้อนลงเข้ามาแทนเตาขวดเผาได้สูงถึง 1300° C ซึ่งทำจากอิฐฉ่านหิน และเหล็กหล่อ มีตะกรับเพื่อเร่งการเผาไหม้และขจัดอากาศส่วนเกิน ปล่อยไฟอยู่ข้างบนทำให้มีลมโกรก เพื่อให้เกิดการเผาไหม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.1 แสดงภาพเตาชนิดทางเดินลมร้อนขึ้น (up – draught)

ข้อจำกัดของเตาแบบลมร้อนขึ้น

พอเริ่มศตวรรษนี้เตาแบบลมร้อนขึ้น เชื่อว่าล้าสมัย ผู้เชี่ยวชาญทางเซรามิก mr. E bourrey เขียนไว้ว่า "เตาแบบ Up draught หมดยุคแล้ว เพราะมีข้อเสียในเรื่องความร้อน ควรลืมมันเสีย" เตาแบบนี้เปลืองเพราะการเผาไหม้เป็นไปอย่างรวดเร็ว ก้นเตาร้อนมาก เนื่องจากความร้อนผ่านมาจุดนี้ก่อน ยิ่งกว่านั้นการวางของที่เผาบางครั้งมีช่องว่างมาก และก๊าซร้อนมักจะไปทางนั้น ทำให้จุดนี้ร้อนกว่าส่วนอื่น ส่วนที่ร้อนก็ยิ่งร้อนขึ้น ข้อเสียนี้จึงนำไปสู่การพัฒนาการแบบลดร้อนลง (Norsker , H. 1987 : 97-99)

(3) เตาเผาบ้านด่านเกวียน

ปัจจุบันเตาฟืนยังใช้กันเป็นล่ำเป็นสัน อยู่ที่บ้านด่านเกวียน อำเภอโชคชัย จ. นครราชสีมา ถือเป็นแหล่งผลิตเครื่องปั้นดินเผา ประเภทเอิทเทอนแวร์ ที่สำคัญของจังหวัด รวมถึงผลิตภัณฑ์สามารถส่งออกต่างประเทศได้ต่อเนื่องเป็นเวลาหลายปี ทำเงินตราเข้าประเทศได้จำนวนไม่น้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาเหตุที่ใช้ไม้ฟืนเผาแหล่งนี้

จากการสัมภาษณ์ คุณพิศ ป้อมสินทรัพย์ เจ้าของโรงงานร้าน "ดินเผา" ผู้ผลิตส่งออกรายใหญ่ กล่าวว่า

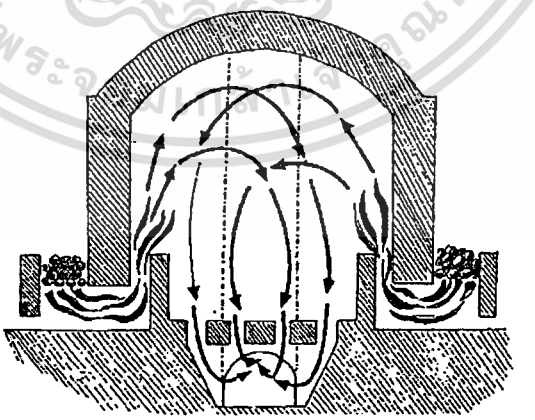
ไม้ฟืนเผาเครื่องปั้น ยังมีอีกมากมาย มีราคาถูกกว่าเมื่อเทียบกับผลผลิตที่ได้รับกับราคาเชื้อเพลิงประเภทอื่นในปัจจุบัน ด้วยนโยบายรัฐบาลยุคหนึ่งกระตุ้นประชาชนในท้องถิ่นให้มีการปลูกต้นไม้ประเภทต่าง ๆ เพื่อทดแทนที่สูญหายไป

นอกจากไม้ยืนต้นโตไว้แล้ว หน่วยราชการเกี่ยวข้องนำนโยบายให้เงินทุนสนับสนุนปลูกไม้ผล โดยเฉพาะมะม่วงหิมพานต์กันจำนวนมาก แต่เป็นเพราะการปลูกไม้โตแล้วไม่มี ลูก ผล หรือมีเล็กน้อยไม่คุ้มทุน จึงตัดต้นนำมาขายเป็นไม้ฟืน คุณพิศกล่าวอีกว่า น่าสงสารชาวบ้านมาติดต่อขายใหจำนวนมากแต่ไม่สามารถรับซื้อได้เพราะไม่มีที่เก็บ ที่ซื้อเก็บไว้ก็มากพออยู่แล้ว ต้องเช่าที่ข้างเคียงเก็บไว้จนมากเต็มพื้นที่ อีกทั้งมีมากเกินความจำเป็น เกิดผลเสียเพราะเก็บไว้นานปลวกมอดกัดไม้ผุ ใช้เผาผลิตภัณฑ์ไม่ได้ตามต้องการ (พิศ ป้องสินทรัพย์ เป็นผู้ให้สัมภาษณ์ . สนิท บุญกล่อม ผู้สัมภาษณ์ . 14 ม.ค. 2542)

2.1.2.3 เตาแบบลมร้อนลง Down-draught

ก๊าซร้อนจากห้องเผาไหม้หมุนเวียนอยู่ส่วนบนห้องเผา เสร็จแล้วถูกดูดผ่านชิ้นงานที่เผาและผ่านออกไปทางเดิมลม (Flue) ที่ใต้พื้นมีร่องนำออกไปสู่ปล่องไฟ

ความสม่ำเสมอของอุณหภูมิภายในเตาเมื่ออากาศร้อนลอยขึ้น ส่วนลมที่อยู่ข้างล่างของก๊าซเผาไหม้ที่ร้อนจะไม่ปะทะผนัง จุดที่ร้อนมักจะพยายามหาทางออกส่วนที่เย็นกว่า แรงดูดจากลมข้างล่างสั้นมากกว่าทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิถูกดูดลง



ภาพที่ 2.2 แสดงภาพเตาชนิดทางเดินลมร้อนลง (Down-draught)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผนังอยู่ที่ทางเข้าจากห้องเผาไหม้ เป็นตัวนำก๊าซร้อนขึ้นข้างบน ในกรณีที่ส่วนบนร้อนกว่าที่จะลดอุณหภูมิที่ผนังนี้ ถ้าเย็นกว่าก็จะยกขึ้น บางครั้งรูของผนังเตาจะช่วยลดได้ แต่รูพวกนี้ทำให้ผนังไม่แข็งแรงและอาจจะแตกตอนเผาไหม้

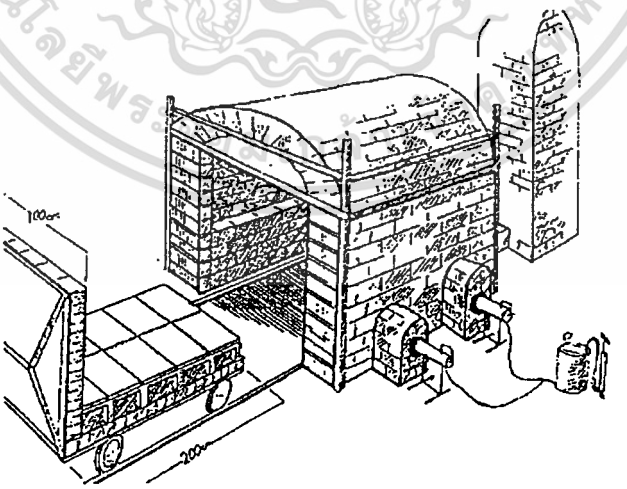
การประหยัดความร้อน การเผาไหม้ในห้องเผากินเวลานานกว่าเตาทางเดินลมร้อนขึ้น ดังนั้นจึงถ่ายเทความร้อนไปสู่ชิ้นงานได้มากกว่า ผลที่ตามมาก็คือประหยัดค่าเชื้อเพลิง ก๊าซร้อนที่ผ่านออกจากเตาที่พื้นนั้นสามารถปล่อยให้ผ่านห้องเผาอื่น ๆ ได้อีก

ปล่องไฟ สำหรับเตาแบบลมร้อนลงต้องสูง เพื่อให้เกิดแรงดูดเพื่อดึงความร้อนลงข้างล่างโดยเฉพาะถ้ามีห้องเผามาก เตาบางเตามีห้องเผาแบบลมร้อนลง ซึ่งทำหน้าที่เป็นปล่องไฟภายในตัวไปด้วย

ปัจจุบันเตาชนิดทางเดินลมร้อนลง ส่วนมากเป็นเตาน้ำมันและเตาแก๊ส ส่วนเตาฟืนค่อย ๆ หมดไปในยุคนี้

2.1.3 เตาน้ำมัน

เตาอิฐตันยังมีใช้กันทั่วไปใช้น้ำมันโซล่าเป็นเชื้อเพลิง มีทั้งเตาเผาชนิดเดินลมร้อนขึ้นและทางเดินลมร้อนลง ส่วนประกอบสำคัญมี 3 ส่วน ได้แก่ หน้าเตาห้องเผาไหม้เป็นหัวพ่นน้ำมันไปจดกำแพงไฟ กลางเตาเป็นห้องบรรจุชิ้นงาน มีหลังคาโค้งเรียกว่า ตัวเตา ปล่องไฟอยู่ท้ายเตามีความสูงตามสัดส่วนของผู้สร้างมีไว้เพื่อดูดเปลวไฟให้ได้ความร้อนกระจายทั่วผลิตภัณฑ์ที่เผา ผู้ประกอบการบางแหล่งสร้างเตาน้ำมันเป็นรูปทรงกลม ขนาดเล็กไม่มีปล่องไฟ โดยใช้เศษชิ้นงานที่แตกวางทับซ้อนกันแบบหลวม ๆ เพื่อให้เปลวไฟออกบ้างเล็กน้อย ใช้เผาผลิตภัณฑ์ดิบ และเผาเคลือบได้ดี



เตาน้ำมันบรรจุรางรถเลื่อน

ภาพที่ 2.3 แสดงภาพเตาน้ำมันบรรจุรางรถเลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่การเผาเตาน้ำมันมีข้อเสียดังนี้

1. การใช้อิฐสร้างเตา วางทับซ้อนกันมีความหนาอย่างเล็กน้อย 6 นิ้ว ทำให้มีน้ำหนักมาก

2. เปลืองค่าเชื้อเพลิง เพราะอิฐตันจะกักเก็บความร้อนทำให้เกิดการนำ การพา การแผ่ ความร้อนภายในเตาไม่ดี อิฐดูดความร้อนเข้าไปในเนื้อแต่การแผ่รังสีนำความร้อนสะท้อนออกมามากและเปลืองค่าเชื้อเพลิงเพราะเตาน้ำมันมีปล่องไฟ ทำให้มีส่วนแบ่งพลังงานความร้อนกระจายออกไปตามปล่อง ประมาณ 36%

3. เชื้อเพลิงน้ำมัน ลักษณะการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ เกิดมีควันจากเปลวไฟจำนวนมาก ถ้าเผาเปลือยผลิตภัณฑ์ที่เผาจะหยาบ และมีการเปลี่ยนสีไม่ได้มาตรฐาน เหมาะสำหรับการเผาแบบบีดักชัน

4. การบรรจุผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผาเป็นไปยาก เพราะต้องใช้หีบทนไฟ (Sagger) มีน้ำหนักมากรองรับ และยังบรรจุชิ้นงานได้น้อย ใช้ได้เฉพาะชิ้นงานไม่ใหญ่มาก (Norsker , H. 1978 : 48)

2.1.4 **เตาแก๊ส**

เป็นเตาเผาเซรามิกที่ผู้ประกอบการขนาดกลาง และขนาดย่อมใช้กันมากในปัจจุบัน ถือเป็นเตาเศรษฐกิจสำคัญที่สุดที่เผาผลิตภัณฑ์เซรามิกได้ดี สามารถทำรายได้เข้าประเทศได้มากที่สุด แต่มีข้อเสีย เปลืองพลังงานเชื้อเพลิง เพราะความร้อนถูกสูญเสียไปกับปล่องเตา ผนังเตา และอุปกรณ์เตาส่วนมาก

ปัจจุบันเตาแก๊สมีผู้คิดค้นกันหลายรูปแบบ ทั้งภายในบรรจุสี่เหลี่ยมผืนผ้า และสี่เหลี่ยมจัตุรัส หัวปล่อยความดันแก๊ส ก็แตกต่างกันไปตามผู้คิดค้นได้ เท่าที่พอเป็นเตาเผาลักษณะทางเดินลมร้อนขึ้น ลมร้อนลง และกึ่งลมร้อนลง

เตาขนาดใหญ่ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน ได้แก่ ตัวเตา รถเตา และปล่องเตา สำหรับตัวเตาสร้างขึ้นเป็นโครงประกอบด้วยแผ่นป้องกันที่ใช้แผ่นเหล็กโดยมีเหล็กเป็นโครงเตาภายในพื้นที่เตาก่ออิฐหนัก มีหลังคาโค้งสองข้างตัวเตาจะเป็นตำแหน่งหัวพ่นไฟที่ก่อนขึ้นด้วยอิฐหนัก เจาะช่องรูหัวพ่นไฟตลอดแนวพร้อมการติดตั้งหัวพ่นไฟใช้แก๊สตามตำแหน่งที่กำหนดส่วนปล่องไฟซึ่งวางอยู่ด้านหลังของเตาจะต่อเนื่องด้วยทางเดินลมร้อนจากพื้นเตาไปสู่ปล่องไฟ ประตูเตาซึ่งอยู่ด้านหน้าจะยึดติดกับโครงเตาและก่อด้วยอิฐหนักอีกเช่นกัน

รถเตาสร้างขึ้นด้วยโครงเหล็กติดตั้งล้อสามารถเคลื่อนได้บนราง บนโครงรถเตาจะก่อด้วยอิฐประมาณ 7 ชั้น พื้นรถเตาได้สร้างให้มีช่องทางเดินลมร้อนไปบรรจบกันที่ทางออกต่อไปถึงปล่องเตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปล่องไฟจะก่อสร้างด้วยอิฐหนัก โดยมีโครงเหล็กเป็นกรอบบังคับช่วงปล่องจะมีพื้นที่หน้าตัด ภายในเท่ากับช่องทางเดินลมร้อนข้างล่างเตาและมีแผ่นกั้นความร้อนเพื่อปิดเปิดทางเดินลมร้อนเพื่อให้เกิดสภาพเป็นความบรรยากาศ และความดันภายในเตา

การเผาโดยใช้แก๊ส LPG. ในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ โดยผ่านหัวพ่นไฟวางเรียงกันเป็นแถวทั้งสองข้าง มีน้ำมาป้องจากระบบท่อแก๊สซึ่งมีแหล่งจ่ายจากถังและบางครั้งอาจติดตั้งเครื่องทำให้แก๊สเป็นไอในระบบจ่ายแก๊สจากศูนย์รวมกลาง แต่ผู้ประกอบการขนาดเล็กมักใช้แก๊สเป็นถัง

ระยะเวลาการเผาตามขนาดความจุ 2.5 ลบ.ม. จะใช้เวลาประมาณ 10 – 14 ชั่วโมง ประโยชน์การเผานานคือผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำหนักมากจะไม่แตกร้าว รวมทั้งอิฐทำตัวเตาด้วย

จากการสูญเสียความร้อน พบว่า 95.2% เป็นปริมาณของการสูญเสียความร้อนในกระบวนการเผา ความร้อนสูญเสียเหล่านี้ถูกนำไปใช้กับอิฐหนักที่ใช้ท่อผนังเตา ลมร้อนออกจากปล่อง รวมถึงความร้อนจากผนังเตาและอุปกรณ์เตาด้วย (กาญจนะ แก้วกำเนิด. 2541 : 28-29)

2.1.5 เตาไฟฟ้า

ภาพที่ 2.4 แสดงภาพเตาไฟฟ้าทรงกลมฝาเปิดบน

ไฟฟ้าเป็นที่นิยมเหมือนเตาแก๊ส เนื่องจากให้ความสะดวกปลอดภัยกว่าเตาแก๊ส และเหมาะอย่างยิ่งสำหรับการเผาในบรรยากาศที่สมบูรณ์ ในประเทศแถบสแกนดิเนเวียค่ากระแสไฟฟ้ามีราคาไม่แพงและการใช้แก๊สหุงต้มเป็นสิ่งที่ไม่นิยม ช่างปั้นจึงนิยมใช้เตาไฟฟ้าเป็นส่วนใหญ่ทั้งโรงเรียนและมหาวิทยาลัยเพราะการใช้งานง่ายเพียงแต่เปิดสวิตช์เท่านั้น ไม่จำเป็นต้องปรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่งวาล์วแก๊สและอากาศ เตาเผาไฟฟ้าขนาดเล็ก มีน้ำหนักไม่มากเมื่อนำมาวางบนฐานที่มีล้อสามารถเคลื่อนย้ายสะดวก สิ่งที่จำเป็นคือปลั๊กแรงดันไฟ 220 โวลต์ ต่อเข้ากับสายไฟฟ้าที่มีขนาดเหมาะสมกับกระแสไฟที่ใช้ ซึ่งตรงกันข้ามกับเตาเผาแก๊สซึ่งจะต้องประกอบด้วยอุปกรณ์ต่อพ่วงมาก เช่น ท่อเดินแก๊ส ปล่องไฟ หัวพ่นไฟ พัดลม รวมถึงถังแก๊สอีกด้วย นอกจากนั้นการใช้เตาไฟฟ้ายังมีข้อดีเกี่ยวกับการถ่ายเทของอากาศซึ่งไม่ใช่เป็นตัวปัญหาที่สำคัญในการเผา เนื่องจากไม่จำเป็นต้องใช้อ๊อกซิเจนในการเผาไหม้เหมือนเตาแก๊ส อย่างไรก็ดีในทางปฏิบัติทั้งเตาแก๊สจากการเผาออกไปจากห้องและตัวอาคารได้โดยเร็ว

ลักษณะของเตาไฟฟ้าที่นิยมใช้มากมีอยู่ด้วยกันสองแบบคือ แบบเปิดด้านบนและแบบเปิดด้านข้าง เตาที่มีลักษณะเปิดแบบด้านข้างจะมีคาราแพงกว่าเตาที่มีลักษณะเปิดแบบด้านบน เนื่องจากเตาชนิดเปิดด้านข้างจะต้องทำโครงสร้างที่แข็งแรงเพื่อยึดประตูเตาและบานผับให้ติดกับตัวเตา และจำเป็นต้องมีสายไฟต่อจากตัวเตาไปสู่ขดลวดที่ประตูอีกด้วย นอกจากที่การบรรจุผลิตภัณฑ์เข้าเตาจะลำบากกว่าเตาที่บรรจุจากด้านบนของเตา เนื่องจากผู้บรรจุจะต้องยกอุปกรณ์เตาเผาเช่น ชั้นเตาและผลิตภัณฑ์ที่จะเผาขึ้นสูงในระดับหน้าอก ทำให้เกิดการเมื่อยล้าในการบรรจุ แต่เมื่อบรรจุผลิตภัณฑ์เสร็จกลับเป็นข้อดีที่ผู้บรรจุสามารถมองเห็นผลิตภัณฑ์เกือบทุกชิ้นที่อยู่ในชั้นเตา ซึ่งแตกต่างจากเตาไฟฟ้าแบบเปิดด้านบน ผู้บรรจุจะไม่สามารถตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่วางอยู่บนชั้นเตาอันล่างสุดได้เลย เพราะชั้นเตาที่วางอยู่บนสุดจะบังผลิตภัณฑ์ที่วางอยู่ภายในเตา

เตาแบบเปิดฝาบนมักทำเป็นรูปแปดเหลี่ยม สี่เหลี่ยมหรือกลม ฝาเตาไม่มีส่วนประกอบที่ยุ่งยาก เนื่องจากใช้น้ำหนักของฝากดทับลง บนส่วนบนของเตาก็สามารถปิดได้สินท โดยมากแล้วมักจะมีเพียงบานพับที่แข็งแรงก็เป็นการเพียงพอจะยึดฝาเตาให้ติดกับเตาได้ สำหับขนาดของเตาที่เล็กกว่า 45 x 45 เซนติเมตร จะไม่เหมาะสมกับการมาใช้งานนัก เนื่องจากมีเนื้อที่น้อยเกินกว่าจะบรรจุผลิตภัณฑ์ที่จะเผา ความร้อนภายในเตาได้จากขดลวดความร้อน ซึ่งพาความร้อนและแผ่รังสีออกมาเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านเตาที่มีขนาดของเนื้อที่ภายในมากกว่า 61 x 61 เซนติเมตร จะต้องใช้ขดลวดที่ใหญ่ขึ้นหรือมีแถบขดลวดอีกแถบเพิ่มขึ้นอีก เพื่อเพิ่มความร้อนภายในเตา ซึ่งย่อมต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายและใช้กระแสไฟฟ้ามากขึ้นตามลำดับ อิฐแต่ละก้อนจะต้องตัดทำมุมกันพอเหมาะเพื่อมิให้เกิดช่องว่างบนผนังเตา ความหนาของผนังเตาโดยปกติจะเท่ากับความหนาของอิฐทนไฟมาตราฐานคือ 10 เซนติเมตร การประกอบเตาทรงกระบอกจะนิยมนำอิฐมาประกอบเข้าเป็นรูปวงแหวน หลังมัดกันเข้าด้วยแผ่นเหล็กไร้สนิม ซึ่งจะดึงอิฐไว้ให้แน่น แผงสวิตช์และบานพับของผาเตาจะถูกติดเข้ากับตัวเตา เตาประเภทนี้สามารถออกแบบให้เป็นวงแหวนเพื่อสะดวกในการนำมาประกอบซ้อนกันเป็นเตารูปทรงกระบอก นอกจากนี้การสร้างเตาเผาแบบวงกลมจะง่ายและราคาถูกกว่าเตาเผาแบบเหลี่ยม ซึ่งต้องใช้ขดลวดมากกว่าเพื่อชดเชยความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้อนที่สูญเสียไปกับพื้นของผนังเตา จึงทำให้การเผาด้วยเตาวงกลมถึงจุดสุกตัวเร็ว (Olsen. 1083 อ้างจาก บุญณรัตน์ พิชญไพบูลย์. 2534 : 94 – 96.)

สรุป

เตาเผาเครื่องปั้นดินเผาที่มีอยู่ในปัจจุบัน มีทั้งใช้งานด้านอุตสาหกรรม และด้านการศึกษามีหลายรูปแบบ การแบ่งชนิดของเตาได้หลายวิธี เช่น แบ่งตามชนิดรูปร่างของเตามี เตาเหลี่ยม เตาทรงกลม เตาวงแหวน แบ่งตามชนิดเชื้อเพลิงมีเตาฟืน เตาน้ำมัน เตาถ่านหิน ทางเดินลมร้อนขนาน ส่วนเตาที่นิยมใช้ในสถานศึกษา มี 2 ชนิด คือ เตาแก๊สและเตาไฟฟ้า เพราะเป็นเตาที่ใช้งานง่ายสะดวก ปลอดภัยเป็นเตาที่เผาได้ตามกิจกรรมการเรียนการสอนคือเตาแก๊สเผาได้แบบสันดาบสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ ส่วนไฟฟ้าเผาแบบสันดาปสมบูรณ์เพียงอย่างเดียว เตาไฟฟ้าเป็นเตาที่เผาง่ายสะดวกได้ผลแน่นอนกว่าเตาประเภทอื่น

2.2 การออกแบบเตา

2.2.1 หลักการออกแบบที่สัมพันธ์กับคุณภาพของผลิตภัณฑ์

หลักการออกแบบเตาไฟฟ้าสำหรับเผาเครื่องปั้นในสถานศึกษา ผู้ศึกษาโครงการมุ่งเน้นในเรื่องการออกแบบที่สัมพันธ์กับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งประกอบด้วย (นิรัช สุดสังข์. 2543 : 9 – 10)

1. การออกแบบที่สัมพันธ์กับวัสดุและกระบวนการผลิต การออกแบบที่สัมพันธ์กับวัสดุและกระบวนการผลิตในที่นี้ใคร่ขอย้ำทางด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์โดยตรงด้วยการผลิตสิ่งของเครื่องใช้หรือผลิตภัณฑ์ในรูปสินค้าปัจจุบันนี้ กำลังการผลิตเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์จำนวนมากมีความจำเป็นยิ่ง เครื่องมือที่ใช้ในการผลิต เช่นเครื่องจักรกล หรือ เครื่องทุ่นแรงอื่น ๆ ย่อมเหมาะสมกับวัสดุอย่างหนึ่ง ทำให้การออกแบบผลิตภัณฑ์ต้องพิจารณาถึงวัสดุและกระบวนการผลิตไปพร้อมกันเช่น การออกแบบโคมไฟฟ้าซึ่งผลิตด้วยเครื่องจักรที่ต้องใช้พลาสติกเป็นวัสดุในการผลิต โคมไฟฟ้าควรจะต้องมีรูปทรงง่าย ๆ ไม่ต้องมีโครงสร้างยื่นไปมาเหมือนโคมไฟฟ้าที่ผลิตด้วยมือไม้ไผ่

2. การออกแบบที่สัมพันธ์กับหน้าที่ใช้สอย หน้าที่ใช้สอยของผลิตภัณฑ์แต่ละชิ้น เป็นสิ่งที่จำเป็นที่ผู้ออกแบบจะต้องพิจารณา แม้การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่มีเครื่องจักรกลซับซ้อน ผู้ออกแบบจะไม่รู้ระบบการทำงานผลิตภัณฑ์นั้นทั้งหมดก็ควรจะรู้การทำงานของผลิตภัณฑ์ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ เช่น การออกแบบวิทยุทรานซิสเตอร์ ผู้ออกแบบจะต้องรู้หน้าที่ใช้สอยของวิทยุในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ เช่น หน้าปัดจะต้องมีคลื่น AM หรือ FM อย่างไรมีปุ่ม Tuning, Volume, Tone หรือปุ่มอื่นใด มีเสาอากาศหรือไม่เป็นต้น หรือแม้แต่การออกแบบ

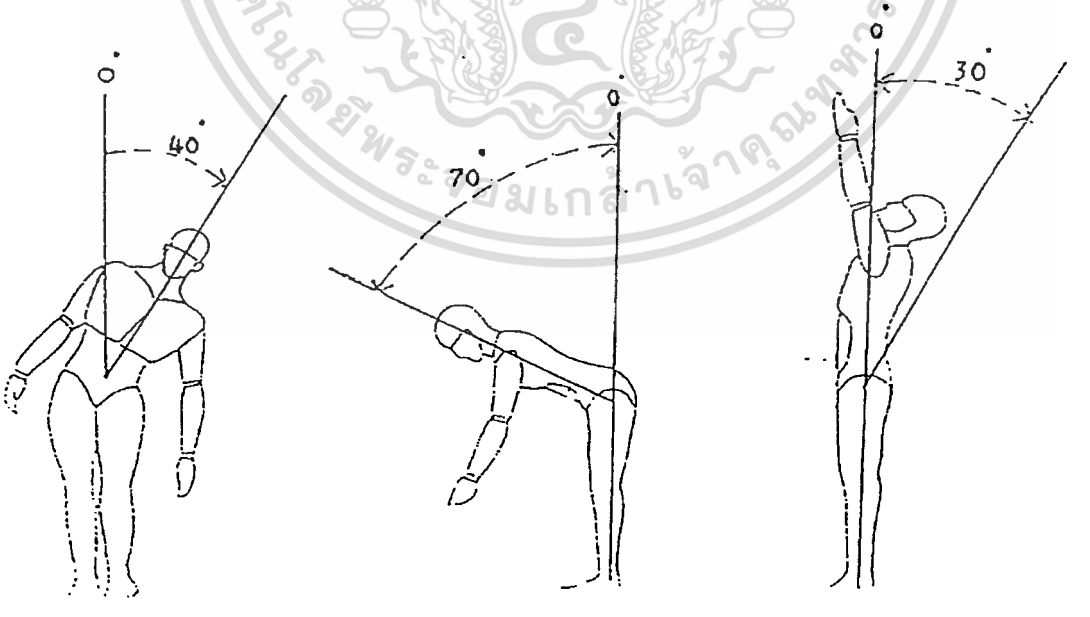
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์ที่ไม่เกี่ยวข้องกับเครื่องกลไกผู้ออกแบบก็ต้องทำความเข้าใจกับหน้าที่ใช้สอยเป็นประการสำคัญเช่น การออกแบบชุดกาแฟ ควรจะรู้ปริมาณความจุของถ้วยกาแฟที่ไม่มากไม่น้อย ที่จับที่ถนัดมือหรือตกได้ง่าย จานรองที่กระชับก้นถ้วย ไม่ลื่นไปมาได้ง่าย ความหนาบางที่ควรจะเก็บความร้อนได้ระยะหนึ่ง เป็นต้น

3. การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่สัมพันธ์กับความต้องการของผู้บริโภค อาจจะพิจารณาได้สองแง่คือ ความต้องการที่สอดคล้องกับชีวิตการเป็นอยู่และความต้องที่สอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจ ความต้องการที่สอดคล้องกับชีวิการเป็นอยู่ เป็นความต้องการที่เหมาะสมกับสภาพวัฒนธรรม รสนิยมและการใช้ผลิตภัณฑ์นั้น ๆ เช่น การออกแบบเตาที่มีวิธีใช้ยุ่งยาก มีเตาอบ มีที่ย่างเนื้อสัตว์ มีเตาอุ่น เตาในลักษณะนี้ อาจจะไม่สอดคล้องกับวัฒนธรรมและรสนิยมของคนไทย เป็นต้น นอกจากนั้นแล้ว ความต้องการของผู้บริโภคยังเกี่ยวข้องกับสภาพเศรษฐกิจโดยตรงอีกด้วยถ้าสภาพสังคมที่มีกำลังเศรษฐกิจต่ำการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูง การออกแบบเช่นนี้ อาจจะไม่สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคก็ได้

4. การออกแบบที่มีคุณค่าทางความงาม เรื่องคุณค่าทางความงามกับการออกแบบได้กล่าวย้ำไว้อีก เพื่อให้ออกแบบตระหนักถึงความงามที่เด่นชัดร่วมสมัย และมีความคิดสร้างสรรค์แฝงอยู่ในการออกแบบแต่ละชิ้น นอกจากนั้นแล้ว ความประณีตบรรจงในการออกแบบหรือในผลิตภัณฑ์ยังเป็นคุณค่าส่วนหนึ่งของความงามอีกด้วย (สารานุกรม. 2535 : อ้างจาก นิรัช สุดสังข์. 2543 : 9-10)

5. การออกแบบที่สัมพันธ์กับสัดส่วนของมนุษย์ (อำพล ซื่อตรง. 2535 : 92)



ภาพที่ 2.5 แสดงภาพสัดส่วนการทำงานของมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพด้านบนสามารถสรุปได้ดังนี้

ความสามารถในการเอื้อมมือด้านข้างกับลำตัวจากแนวปกติไปด้านล่าง = 40 องศา

ความสามารถในการก้มเอื้อหยิบด้านหน้ากับลำตัวจากแนวปกติ = 70 องศา

ความสามารถในการเงยหน้าเอื้อหยิบจับด้านบน = 30 องศา

2.2.2 พื้นฐานการออกแบบเตาเผา

2.2.2.1 ส่วนประกอบที่สำคัญของเตา

การออกแบบเตา หรือการสร้างเตา ตลอดอุปกรณ์ที่ให้ความร้อนจำเป็นต้องสร้างให้ถูกวิธี จึงจะสามารถจะกระจายความร้อนได้สม่ำเสมอมีประสิทธิภาพสูง ประหยัดและปลอดภัย เพื่อให้มีคุณลักษณะตามต้องการ จำเป็นมีความรู้ความเข้าใจในส่วนประกอบต่าง ๆ ของเตาโดยทั่ว ๆ ไปคือ

1. ห้องบรรจุผลิตภัณฑ์สำหรับเผา (Firing chember of Caparcity)

โดยเฉพาะผู้ออกแบบสร้างเตา ต้องทราบความต้องการของผู้ใช้ ขนาดกี่ลูกบาศก์ฟุต หรือลูกบาศก์เมตร ซึ่งหมายถึงความสามารถในการผลิตมากน้อยเท่าใด และทำผลิตภัณฑ์ชนิดใดห้องบรรจุผลิตภัณฑ์สำหรับเผาแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ คือ

1.1 ส่วนบนของเตา (Top part)

1.2 ตอนกลางของเตา (Middle part)

1.3 ตอนล่างาของเตา (Bottom part)

ห้องบรรจุผลิตภัณฑ์ทั้งสามส่วนนี้ จะต้องควบคุมความร้อนให้สม่ำเสมอในการเผาผลิตภัณฑ์ทุกครั้ง

2. ผนังเตา (Fire wall) ก่อด้วยอิฐชนิดที่สามารถทนความร้อนได้สูง ทำหน้าที่คอยควบคุมความร้อน ผนังเตาใช้อิฐก่อสองชั้น ผนังภายนอกก่อด้วยอิฐธรรมดาก็ได้เพื่อป้องกันความร้อนแต่ถ้าเป็นเตาไฟฟ้า นิยมใช้ฉนวน (Insulating board) สามารถควบคุมความร้อนได้ดี ทำให้ประหยัดกระแสไฟได้ดี

3. พื้นเตา (Floor) ก่อด้วยอิฐชนิดที่ทนความร้อนได้สูง และรับน้ำหนักได้ดี เตาบางประเภทออกแบบให้พื้นเตาทำหน้าที่เป็นตะกรับ (Checker Work) ไปในตัวก็มี

4. ทางระบายลมร้อน (Main flue) ส่วนมากเป็นเตาชนิดที่ออกแบบชนิดที่ทางเดินลมร้อนลง (Down drafts kiln) เป็นเตาที่สามารถให้ความร้อนได้สูง ส่วนมากเป็นเตาน้ำมัน เตาแก๊ส เป็นต้น

5. กำแพงไฟ (Buffle) ใช้ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้เปลวไฟไปกระทบผลิตภัณฑ์เป็นอิฐชนิดที่ทนความร้อนได้สูง และสามารถทนต่อการกระแทกของเปลวไฟได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ห้องเผา (Fernace of Firing chamber) เป็นห้องที่ให้ความร้อนโดยตรง มีช่องให้หัวพ่นได้พอดี มีช่องปรับอากาศเข้าไปช่วยให้การลุกไหม้ได้ดี ช่องอากาศอาจจะเจาะทั้งข้างล่างหรือข้างบนสองช่องก็ได้

7. หัวพ่น (Burner) ทำหน้าที่ในการเผาผลิตภัณฑ์ มีทั้งชนิดใช้น้ำมัน หรือหัวพ่นแบบแก๊ส หัวพ่นชนิดที่ใช้น้ำมันบางแบบ มีพัดลม (Blower) ประกอบไปในตัวสามารถปรับลมและ น้ำมันให้สัมพันธ์ได้ตามต้องการ หัวพ่นชนิดน้ำมันที่แยกเครื่อง Blower ต่างหากก็มีทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของเตาเป็นสำคัญ

8. หลังคาเตา (Crawn) เตาที่มีความจุได้มากและขนาดใหญ่ หลักคาต้องสร้างโค้งจะช่วยให้เตามีความแข็งแรง และอิฐที่เรียงใช้อิฐลิ่ม ช่วยให้การทรงตัวเกาะกันได้ดี

9. ประตูเตา (Door) เตาบางชนิดนิยมออกแบบฝาเตาติดกับรถ (kiln car) ก็มีบางชนิดออกแบบประตูเตาแบบบานพับ ติดกับตัวเตาเลย ทั้งนี้แล้วแต่ความสะดวกของผู้ออกแบบเตาฝาเตาที่ดี ควรมีฉนวนป้องกันความร้อนไม่ให้ไหลออก เพื่อทำให้ไม่สิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

10. รถบรรจุผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผา (Kiln car) ส่วนมากมักเป็นเตาชนิดที่ทางเดินลมร้อนลง สามารถบรรจุผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผาได้มากมาย และบรรจุในเตาขณะที่ยังร้อนได้ทันที นับว่าเป็นการประหยัดเชื้อเพลิงได้อีกวิธีหนึ่ง เตาชนิดที่ใช้ เช่น เตาอุโมงค์ สามารถเผาผลิตภัณฑ์ได้ตอลด 24 ชม. โดยไม่หยุด นับว่าเป็นการสะดวกอย่างยิ่งในวงการอุตสาหกรรม

11. แผ่นควบคุมความร้อน (Damper) อาจจะทำด้วยแผ่นเหล็ก หรือแผ่นอิฐใช้กั้นความร้อนไม่ให้ไหลเร็วจนเกินไป หรือใช้ในการควบคุมการเผาแบบ Reduction ให้เป็นไปตามความต้องการและจะอยู่ในส่วนที่ทางเดินลมร้อนออก

12. เครื่องวัดอุณหภูมิ (Pyrometer) เป็นเครื่องมือใช้วัดอุณหภูมิภายในเตาใช้ในการควบคุมการเผาผลิตภัณฑ์

13. ช่องดูไฟ (Fire hole or Peep hold) เป็นช่องดูไฟภายในเตา มักจะเจาะเป็นช่องในระดับต่าง ๆ กัน ใช้เป็นที่สังเกตความร้อนภายในเตา เช่น สีของไฟ หรือดูโคนที่วางไว้ในเตาเผา (ทวี พรหมพฤกษ์. 2524 : 135 – 142)

2.2.2.2 **การพิจารณาออกแบบพื้นฐาน**

เวลานี้ได้พบว่า เตาทางลมร้อนลงมักจะถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิก ทั้งนี้เนื่องจากเป็นเตาที่เผาได้ง่าย และสามารทำให้การกระจายความร้อนภายในห้องเผาไหม้เป็นไปด้วยดี ส่วนสำหรับเตาชนิดทางลมร้อนขึ้นนั้นมักจะมีความแตกต่างอุณหภูมิอย่างมากระหว่างส่วนล่างและส่วนบนของห้องเผาไหม้

พลังงานจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงจะถูกนำเข้าไปในเตา เปลวไฟจะเคลื่อนตัวเป็นระยะทางไกลภายในเตาชนิดทางลมร้อนลงได้ระยะทางยาวกว่าเตาชนิดทางลมร้อนขึ้น เมื่อเปลวไฟตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวขึ้นไปถึงหลังคาเตาแล้ว จะหมุนกลับลงล่างมายังพื้นเตา จากนั้นจะเคลื่อนตัวลงทางช่องลมร้อนออก (Flue Channel) ผลของทางเดินเปลวไฟเช่นนี้จะช่วยเสริมและเพิ่มประสิทธิภาพของการส่งผ่านความร้อนจากเปลวไฟที่เคลื่อนตัวไปยังผลิตภัณฑ์ที่เผา และไปยังอุปกรณ์เครื่องใช้ในเตา (Kiln Fumiture) และผนังเตา การเผาเตาโดยทั่วไปด้วยบรรยากาศเป็นรีดักชัน หรือออกซิเดชันก็ตาม สำหรับเตาทางลมร้อนลงสามารถควบคุมได้ง่าย ทั้งนี้โดยมีแผ่นกั้นทางเดินลมร้อน (Damper) ช่วยในการปรับเพื่อการควบคุม แต่เตาชนิดทางลมร้อนขึ้นนั้น อาจควบคุมบรรยากาศด้วยแผ่นกั้นได้ยากกว่า การออกแบบเตาเผาจึงควรพิจารณาหัวข้อสำคัญดังต่อไปนี้

(1) **พื้นที่ผิวและปริมาตร**

เมื่อมีการวางแผนเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ของการสร้างเตา ข้อคำนึงและการคำนวณต่าง ๆ จะถูกนำมาใช้พิจารณาเพื่อกำหนดขนาดของตัวเตา ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเตาที่ใช้แก๊สเป็นเชิงเพลิงรวมถึงเตาที่ให้ความร้อนด้วยไฟฟ้า

ความร้อนสูญเสียจากผนังเตาออกสู่ภายนอกพบว่ายิ่งมีพื้นที่ผิวผนังเตามากเท่าใด ความร้อนสูญเสียย่อมมีมากขึ้น เตาใหญ่จะมีการสูญเสียความร้อนได้มากกว่าเตาเล็ก แต่ถ้าจะพิจารณาใหม่ในข้อดีที่เตาใหญ่สามารถบรรจุผลิตภัณฑ์ได้มากกว่า หากทำการเปรียบเทียบพื้นที่ผิวภายนอกเตาต่อปริมาณระหว่างเตาเล็กกับเตาใหญ่ จะให้ผลเปรียบเทียบกล่าวคือ ให้ลองสมมุติว่าเตาที่ยกตัวอย่างนี้มีรูปร่างเป็นลูกบาศก์ (กล่องสี่เหลี่ยมด้านเท่า) รูปลูกบาศก์เล็ก :

พื้นที่ผิวของด้านหนึ่งของรูปลูกบาศก์ คือ มีความกว้าง xความยาว คือ 50 X 50 ซม. ดังนั้นพื้นที่ผิวของรูปลูกบาศก์ 6 ด้าน เมื่อคูณกับหนึ่งด้าน คือ 50 X 50 X 6 ซม. เท่ากับ 1.5 ตร.ม. และปริมาตรลูกบาศก์นี้คือ 50 x 50 ซม. เท่ากับ 0.125 ลบ.ม.

รูปลูกบาศก์ใหญ่

โดยใช้การคำนวณวิธีเดียวกันคือ :

พื้นที่ผิวทั้งหมด : 100 x 100 x 6 = 6.000 ตร.ม.

คิดเป็นปริมาตร : 100 x 100 x 100 = 1.000 ตร.ม.

ทำการเปรียบเทียบค่าต่าง ๆ เหล่านี้จะเห็นได้ว่า ปริมาตรของรูปลูกบาศก์ใหญ่ เป็น 8 เท่า โดยว่ารูปลูกบาศก์เล็ก (1.00/0.125 = 8) แต่เมื่อพิจารณาถึงพื้นที่ผิวรูปลูกบาศก์ใหญ่จะมีพื้นที่โตกว่ารูปเล็กเพียง 4 เท่า (6.00/1.5 = 4) เท่านั้น ครั้งเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของรูปลูกบาศก์ก็เล็กจะมีค่าเท่ากับ 1.5/0.125 = 12 และรูปลูกบาศก์ใหญ่จะคิดพื้นที่ผิวต่อปริมาตรเป็น 6.000/1.000 = 6 ทำให้เห็นได้ว่า ในกรณีเตาใหญ่จะมีโอกาสสูญเสียความร้อนผ่านพื้นที่ผิวอขงเตาได้น้อยกว่าเตาขนาดเล็ก ดังเช่นกรณีเปรียบเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปลูกบาศก์ทั้งสองจึงเป็นความจริงในเรื่องนี้ ที่จะนำมาพิจารณาเมื่อต้องการเลือกขนาดของเตาเพื่อความเหมาะสม

(2) **รูปร่างตัวเตา**

เท่าที่มีการก่อสร้างเตาโดยใช้อิฐอย่างเดียว รูปร่างของตัวเตามักจะเป็นรูปลูกบาศก์หลังคาโค้งโดยมีห้องเผาไหม้พร้อมด้วยหัวพ่นไฟติดตั้งส่วนล่างของเตา ในหลักการแล้วถ้ารูปร่างจะมีลักษณะเป็นทรงกลม (Spnere) ก็น่าจะยิ่งดีขึ้น ทั้งนี้ย่อมจะให้การกระจายความร้อนภายในเตาได้เท่ากันหรือใกล้เคียง ซึ่งถือว่าทำให้เกิดผลดีที่สุด แต่ในทางปฏิบัติของการสร้างเตา อาจมีความยุ่งยากในระบบการ ติดตั้งที่หัวพ่นไฟและการก่อสร้างก็ยาก เมื่อเปรียบเทียบกับรูปร่างเตาทรงลูกบาศก์ ยังสามารถเพิ่มความยาวตามแนวนอนของตัวเตาได้อีกด้วย และเมื่อติดตั้งหัวพ่นไฟตอนส่วนล่างของเตาจะสะดวกด้วย ทำให้เปลวไฟวิ่งขนาดขึ้นสู่หลังคาเตาโดยปราศจากการต้านเปลวไฟที่ผนังเตา (กาญจนะ แก้วกำเนิด : 25 – 28)

สรุป

การออกแบบเตาไฟฟ้าเผาเครื่องปั้นดินเผาเหมือนการออกแบบผลิตภัณฑ์โดยทั่วไป สิ่งที่ควรคำนึงถึงคือการออกแบบที่สัมพันธ์กับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ สัมพันธ์กับวัสดุและกระบวนการผลิต หน้าที่ประโยชน์ใช้สอย ความต้องการของผู้บริโภค คุณค่าทางความงาม นอกจากนี้ การออกแบบเตาไฟฟ้าจะต้องรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเตาเผา เช่นส่วนประกอบที่สำคัญของเตา พื้นที่ผิวและปริมาตรรูปร่างตัวเตา และเทคนิคการออกแบบเพื่อประหยัดความร้อนและความสม่ำเสมออุณหภูมิภายในเตา โครงสร้างของเตาจะต้องสอดคล้องกับจุดประสงค์ที่ต้องการนำไปใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนด้วย

2.3 วัสดุอุปกรณ์ในการสร้างเตา

2.3.1 วัสดุโลหะ

วัสดุที่ใช้ในการศึกษาโครงการพัฒนาและการสร้างเตาไฟฟ้าสำหรับเผาเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา มีรายละเอียดพอสรุปได้ดังนี้

2.3.1.1 วัสดุที่ใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ (สถาพร ดีบุญมี ณ ชุมแพ. 2540 : 73 – 76)

1. โลหะ แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1.1. โลหะประเภทเหล็ก (Ferrous Metal)

1.2 โลหะประเภทไม่ใช่เหล็ก (Non-Ferrous Metal)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. อโลหะ คือวัสดุที่ไม่ใช่โลหะ สามารถแยกได้ 2 ประเภท คือ

2.1 สารอินทรีย์ธรรมชาติ (Organics Material From Natural Sourecs)

2.2 สารอินทรีย์ (Organics Material Synthetically)

2.3.1 กฎในการเลือกใช้วัสดุ

ในการนำวัสดุต่าง ๆ มาใช้เพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม นั้นมีอยู่หลายชนิด ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้ที่ถูกต้องและเหมาะสม การเลือกใช้วัสดุมีข้อกำหนดและกฎในการเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ดังนี้ (อุดมศักดิ์ สาริบุตร. 2540 : 106 – 109)

1. Formalbility ความสามารถที่จะทำให้วัสดุนั้นเป็นงานสำเร็จรูปได้ง่าย
2. Machianlbility ความสามารถที่จะให้วัสดุนั้นสำเร็จรูปได้ ต้องอาศัยเครื่องจักรกล
3. Mecanical-Stability คุณสมบัติทางกลในขณะใช้งานไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง
4. Electical Behariours คุณสมบัติทางไฟฟ้าต้องเหมาะสมกับงาน
5. Cost ราคาพอสมควร

2.3.2 วัสดุที่นำมาวิเคราะห์ศึกษาประกอบโครงการ

การศึกษาวัสดุเพื่อใช้เป็นแนวทางในการผลิตและออกแบบพัฒนาเตาไฟฟ้าสำหรับเผาเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา ได้ทำการศึกษาวัสดุที่เหมาะสมในการนำมาใช้งาน รวมทั้งการออกแบบและสอดคล้องกับกรรมวิธีการผลิตในระบบอุตสาหกรรม โดยศึกษาจาก

2.3.3.1 โลหะแผ่นประเภทเหล็กและโลหะประเภทไม่ใช้เหล็ก

วัสดุที่เลือกใช้เป็นโลหะแผ่น (Sheet Metals) หมายถึง โลหะที่มีรูปร่างลักษณะเป็นแผ่นแบบเรียบ มีความหนาตั้งแต่ 0.15 – 3.00 มม. โลหะแผ่นที่ใช้กันอยู่ทั่วไปแบ่งออก 2 กลุ่มหลัก คือ (สุชาติ กิจพิทักษ์. 2540 : 3) โลหะที่เป็นเหล็ก และโลหะนอกกลุ่มเหล็ก ทั้ง 2 ประเภท ยังแบ่งแยกย่อยออกได้อีกเป็น 2 ชนิด คือ โลหะเคลือบ กับโลหะเปลือย สำหรับโลหะนอกกลุ่มเหล็กนั้น ส่วนใหญ่จะมีเฉพาโลหะแผ่นเปลือย โลหะชนิดที่กล่าวมาแล้ว จะมีลักษณะมาตรฐานการใช้งานที่แตกต่างกันไป โลหะที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมได้แก่

(1) เหล็กแผ่นบาง (Steel Sheets)

หมายถึง เหล็กแผ่นเปลือกที่มีค่าความแข็งแรงต่ำ จำพวกเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ มีความหนาตั้งแต่ 0.36 – 3.00 มม. เหล็กแผ่นบางซึ่งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไทย (มอก. 528 – 2527) เรียกว่า เหล็กกล้าละมุนรีดร้อนชนิดแผ่นบาง สำหรับมาตรฐานของเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผ่นบางตาม มอก. 528 –2527 นั้น จะกำหนดเป็นหัวข้อหลัก 2 หัวข้อ คือ ชั้นคุณภาพและขนาด ซึ่งชั้นคุณภาพแบ่งเป็น 4 ชั้น (สุชาติ กิจพิทักษ์. 2540 : 4 – 6) ตามตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ชั้นคุณภาพและการใช้งานของเหล็กแผ่นบาง (มอก. 2528 – 2527)

ชั้นคุณภาพ	ลักษณะการใช้งาน
HR 1 (C 0.15%)	งานประกอบขึ้นรูปทั่ว ๆ ไป
HR 2 (C 0.12%)	งานกดอัดขึ้นรูปตื้น
HR 3 (C 0.10%)	งานกดอัดขึ้นรูปลึก
HR 4 (C 0.08%)	งานกดอัดขึ้นรูปลึกพิเศษ

สำหรับขนาดของเหล็กแผ่นนั้น จะต้องกำหนดทั้ง 3 มิติ คือ ขนาดความหนา ความกว้าง และความยาว ซึ่งความหนานั้นตามมาตรฐาน มอก. ไม่ได้ระบุความหนาต่ำสุดไว้ เพียงแต่กำหนดไว้ว่าความหาตั้งแต่บางสุดจนถึง 3.00 มม. ส่วนความกว้างที่ระบุในมาตรฐานมีตั้งแต่ 600, 710 , 900 , 914 , 1,100 , 1,200 , 1,219 , 1,600 , 1,820 จนถึง 3,000 มม. และสำหรับความยาวที่มีระบุไว้ตั้งแต่ 1,892 , 2,438 , 3,048 , 6,000 , 7,000 ไปจนถึง 10,000 มม.

สำหรับเหล็กแผ่นบางมาตรฐาน ISO มีมากมายหลายชนิด แต่ที่นิยมใช้ในงานโลหะส่วนมากมีเพียง 2 ชนิด คือ เหล็กกล้าคาร์บอนรีดร้อน และเหล็กกล้าคาร์บอนรีดเย็น

(2) **เหล็กกล้าสแตนเลสแผ่น** (Stainless Steel Sheet)

เหล็กกล้าสแตนเลสเป็นโลหะผสมที่ในปัจจุบันนิยมใช้ในงานโลหะแผ่นอย่างมากชนิดหนึ่ง เนื่องจากความต้านทนต่อการกัดกร่อนสูง และมีความแข็งแรงสูง ลักษณะผิวมีความสวยงามคล้ายเงิน ง่ายต่อการทำความสะอาด จึงนิยมนำมาใช้อย่างกว้างขวาง ในงานเครื่องใช้ในครัวเรือนและภัตตาคาร และเครื่องใช้อื่น ๆ เช่น สุขภัณฑ์ ภาชนะประกอบอาหาร และอุปกรณ์รับประทานอาหาร เป็นต้น เนื่องจากเหล็กกล้าสแตนเลสมีค่าความแข็งแรงสูงกว่าเหล็กแผ่นดำ เหล็กแผ่นอาบสังกะสี ดังนั้นในการใช้งานจะต้องระมัดระวัง ขณะใช้เครื่องมือเครื่องจักรในการแปรรูป เช่น การใช้เครื่องตัดเหล็กแผ่นอาบสังกะสี เราสามารถใช้ตัดได้ขนาดความหนาถึง 1.5 มม. แต่ถ้าตัดเหล็กกล้าสแตนเลส จะตัดได้ที่ความหนาเพียง 1.0 – 1.1 มม. เท่านั้น เป็นต้น

เหล็กกล้าสแตนเลสตามมาตรฐานอเมริกานั้น ระบุเป็นเหล็กกล้าผสมโครเมี่ยม หรือโครเมี่ยม – นิเกิล ซึ่งมีโครเมี่ยมผสมอยู่ตั้งแต่ 10 – 30% และนิเกิลผสมอยู่ ตั้งแต่ 10 – 25%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่นิยมนำมาใช้ในงานโลหะแผ่น เป็นเหล็กกล้าสแตนเลสประเภท 302 (สุชาติ กิจพิทักษ์. 2540 : 10 – 11) สำหรับเหล็กกล้าสแตนเลสแผ่นตามมาตรฐาน ISO 4955 – 1983 นั้น จัดอยู่ในกลุ่มเหล็กกล้าทนความร้อน ซึ่งในกลุ่มของสแตนเลส แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. เหล็กกล้าเฟอร์ริติก ใช้อักษร H นำ มี H1 – H7
2. เหล็กกล้าออสเทนนิติก มี H10 –H18

เหล็กกล้าสแตนเลส ที่นิยมใช้ในงานโลหะแผ่นทั่วไปอยู่ในกลุ่ม H10 ซึ่งมีโครเมี่ยมผสมอยู่ 17-19% และมีนิเกิลผสมอยู่ประมาณ 8 – 10% ส่วนขนาดความหนาของแผ่นที่ผลิตมีตั้งแต่ 0.5 มม. ขึ้นไป ขนาดความก้างยาวเหมือนกับเหล็กแผ่นบาง

(3) **อลูมิเนียมแผ่น** (Aluminium Sheet)

เป็นโลหะเบาจัดอยู่ในกลุ่มโลหะประเภทโลหะนอกกลุ่มเหล็ก มีน้ำหนักเบากว่าเหล็กกว้างถึง 1 ส่วน 3 เท่า มีสีขาวคล้ายกับเงิน มีความต้านทานต่อการกัดกร่อนสูง เนื่องจากธาตุออกไซด์ที่เคลือบอยู่ผิวหน้า ในงานโลหะแผ่นนั้น ไม่นิยมใช้อลูมิเนียมแผ่นมากนัก เพราะค่าความแข็งแรงต่ำ เมื่อนำไปใช้ทำเป็นเครื่องใช้ จะรับภาระไม่ได้ตามต้องการ อลูมิเนียมแผ่นที่ใช้ในงานโลหะแผ่นจะเป็นอลูมิเนียมบริสุทธิ์ (99.0% ขึ้นไป) งานที่นำมาใช้ได้แก่ เครื่องใช้ภาชนะในครัวเรือน สำหรับการกำหนดามาตรฐานอลูมิเนียมตามมาตรฐานอเมริกัน อลูมิเนียมอ่อนจะแบ่งเป็น 7 กลุ่ม มีตั้งแต่กลุ่ม 1,000 - 7,000 ซึ่งกลุ่ม 1,000 จะเป็นอลูมิเนียมบริสุทธิ์ ส่วนกลุ่ม 2,000 – 7,000 จะเป็นอลูมิเนียมผสมทั้งสิ้น (สุชาติ กิจพิทักษ์. 2540 : 12)

(4) **เหล็กรูปทรงหน้าตัด**

1. วงกลม
2. เหล็กสี่เหลี่ยมผืนผ้า
3. เหล็กสี่เหลี่ยมจัตุรัส
4. เหล็กหกเหลี่ยม
5. เหล็กฉาก
6. เหล็กรูปตัวยู
7. เหล็กรูปตัวไอ
8. เหล็กรูปตัวที

(5) **ท่อมี 2 ลักษณะ**

1. ท่อกลมไม่มีตะเข็บ
2. ท่อกลมมีตะเข็บทั้งต่อชนและต่อทับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(6) เหล็กแผ่นและเหล็กแท่งตามมาตรฐานญี่ปุ่น

JIS G3101 เป็นเหล็กรีดสำหรับโครงสร้างทั่วไป

JIS G3103 เป็นเหล็กรีดสำหรับงานความดันสูง ความร้อนสูง

JIS G3106 เป็นเหล็กรีดสำหรับโครงสร้างเชื่อม

JIS G3112 เป็นเหล็กเสริมคอนกรีตก่อสร้าง

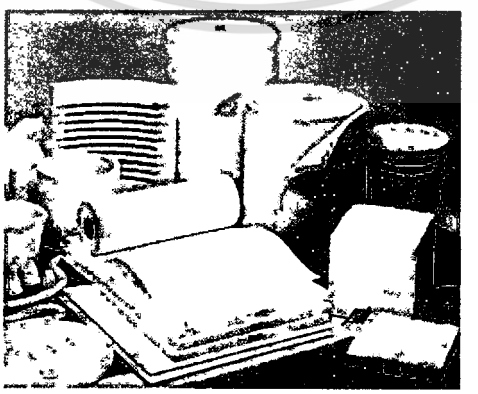
JIS G3442 เป็นท่ออาบสังกะสี

JIS G4102 เป็นเหล็กประสมนิเกิล-โครเมียม

JIS G5501 เป็นเหล็กหล่อสีเทา (อำพล ซื่อตรง. 2535 : 78 – 83)

2.3.3 วัสดุทนไฟ

คุณสมบัติวัตถุทนไฟที่มีความเหมาะสมกับการใช้งานด้านต่าง ๆ เกิดความจำเป็นมากขึ้นพร้อมทั้งความต้องการคุณภาพที่ดีขึ้น มีการใช้งานให้ทนต่อความร้อนได้มากขึ้น ดังนั้นจึงก่อให้เกิดความค้นพบวัตถุทนไฟชนิดใหม่ ๆ เพิ่มขึ้นเป็นลำดับ ทั้งนี้โดยรู้จักวัตถุดิบจากธรรมชาติหลายชนิด ที่สามารถทำวัตถุทนไฟได้และยังรู้จักการนำเอาวัตถุดิบเหล่านั้น มาปรับปรุงให้มีคุณภาพเหมาะสมมากขึ้น บ้างอาจใช้วัตถุดิบชนิดเดียว หรืออาจนำมาผสมกันมากกว่าหนึ่งชนิดพร้อมด้วยอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม นอกจากนี้ยังมีการพิจารณาคัดเลือกขนาดอนุภาคของวัตถุดิบ ให้มีทั้งอนุภาคหยาบ ปานกลาง และอนุภาคขนาดเล็กจนเป็นผงมีผสมคลุกเคล้าเข้ากันในสัดส่วนต่าง ๆ นำมาขึ้นรูปทำเป็นท่อทรงกระบอก หรือเป็นแผ่น จนกระทั่งทำเป็นเส้นใยทนไฟสะดวกต่อการใช้งานได้มากขึ้นการวิวัฒนาการ และความเจริญโตขึ้นมาวัตถุทนไฟมีมากเป็นลำดับ ทำให้การก่อสร้างเตาเผา และเตาชนิดต่าง ๆ ได้มีรูปแบบของเตา และมีการเลือกใช้วัตถุทนไฟ หลากหลายชนิดมีมากขึ้นในปัจจุบัน



ภาพที่ 2.5 แสดงภาพวัสดุทนไฟเส้นใยเซรามิกที่มีน้ำหนักเบา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาของวัตถุทนไฟจนเกิดขึ้นเป็นอุตสาหกรรมวัตถุทนไฟ ซึ่งถือว่าเป็นวัตถุเซรามิกดังเดิม เนื่องจากมีกำเนิดเกิดขึ้นมาช้านานแล้ว เนื่องด้วยเป็นผลเกิดขึ้นมาพร้อม ๆ กับเครื่องปั้นดินเผาในอดีต แรกเริ่มการผลิตวัตถุทนไฟ เช่น อิฐทนไฟก็เริ่มมาจากโรงงานเล็ก ๆ ขึ้นรูปด้วยมือก้อนต่อก้อน ต่อมาได้ใช้เครื่องมือและเครื่องจักรกระทำเป็นกระบวนการผลิต ผสมผสานด้วยเทคโนโลยี มีการค้นคว้าวิจัยต่อเนื่องกันมา เจริญมาเป็นลำดับเพราะมีผู้ใช้วัตถุทนไฟมากขึ้นในทุก ๆ อุตสาหกรรม เมื่อกรรมวิธีการผลิตจะต้องใช้พลังงานความร้อน นับวันจะเลือกใช้วัตถุทนไฟที่มีคุณภาพสูง นำไปใช้แทนโลหะ ซึ่งมีความทนทานต่อความร้อนได้ต่ำ ผลิตภัณฑ์วัตถุทนไฟจึงถูกนำมาใช้งานอย่างแพร่หลายและทำให้ราคาของวัตถุทนไฟสูงขึ้นสำหรับผลิตภัณฑ์คุณภาพสูงดังที่เป็นอยู่ในขณะนี้ (กาญจนะ แก้วกำเนิด. 2541 : 5 – 6)

2.3.1.1 **คุณสมบัติวัตถุดิบ**

การศึกษาดิน หิน แร่ธาตุ ซึ่งเหมาะกับงานสร้างเตาเผาที่กำหนดไว้ เป็นวัตถุดิบหลักสำคัญเพื่อผลระยะยาวในการใช้เตาได้คงทนถาวร เป็นวัตถุดินจับหาได้ภายในประเทศและท้องถิ่นจำเป็นต้องเรียนรู้คุณสมบัติวัตถุดิบดังต่อไปนี้

(1) **ดินขาว** (China clay)

เป็นดินที่ดีที่สุด ส่วนใหญ่พบในที่ราบสูงเนื้อดินหยาบ มีความทนไฟสูงกว่า 1580 ^{o}C, 1750 ^{o}C มีความเหนียวเล็กน้อย เกิดจากการผุกร่อนของหินเดิม พบในธรรมชาติเป็นสีขาว ขาวหม่น แหล่งดินขาวที่พบในประเทศไทยมี 2 ชนิด ซึ่งมีความแตกต่างกันในส่วนประกอบทางเคมี คือดินขาวที่เกิดจากสารประกอบของอลูมิเนียม และดินขาวที่เกิดจากสารประกอบของคัลเซียมคาร์บอเนต (ทวี พรหมพฤกษ์. 2524 : 59)

สมบัติทางกายภาพ

รูปผลึก เป็นแผ่นหกเหลี่ยม เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 – 1.0 ไมครอน

ความเหนียว ต่ำ

ความทนไฟ 1250^{o}C - 1770^{o}C

ความหดตัว น้อย

ความแข็งแกร่งสูง หลังเผา

ดินทนไฟ (Fire clay)

ดินทนไฟมีคุณสมบัติเป็นวัตถุทนไฟ แต่ความเหนียวมากกว่าดินขาว โดยโครงสร้างส่วนใหญ่ประกอบด้วยแร่ดินขาว (kaolinite) ซึ่งพักพาไปตกตะกอนอยู่ในลุ่มรวมกับอินทรีย์สารและแร่ธาตุหรือไปตกตะกอนอยู่ในชั้นของแร่ถ่านหิน ซึ่งเมื่อทับรวมกันอยู่นานนับล้านปี แร่ถ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หินจะดูดเอาด่างบางส่วนในดินออกไป จึงกลายเป็นดินเหนียวที่มีความทนไฟตามธรรมชาติ ดินทนไฟมีหลายสี เช่น สีขาว สีเหลือง สีน้ำตาล สีเทา มีทรายผสมอยู่มากกว่า 50% โดยทั่วไปจะสุกตัวประมาณ 1366 – 1482°C

(2) **ดินทนไฟมี 3 ชนิดคือ**

1. ดินทนไฟที่มีลักษณะแข็ง เป็นดินที่มีปริมาณของซิลิกา (Sio_2) หรือทรายสูงบางครั้งเรียกว่าดินทราย ดินชนิดนี้ไม่ค่อยมีความเหนียว ขึ้นรูปยาก

2. ดินทนไฟที่มีความเหนียว พบอยู่ทั่วไป บางครั้งทำเป็นสีเทาอมดำก็จะอยู่ในรูปของดินขาวเหนียว แต่ถ้าส่วนใหญ่ต้องมีเปอร์เซ็นต์ของเหล็กออกไซด์ปนอยู่สูงจะมีสีเหลืองไปจนถึงสีแดง ใช้ทำอิฐทนไฟทั่วไป

3. ดินทนไฟที่มีปริมาณของอลูมินาสูง (Al_2O_3) ได้แก่ แร่บอกไซด์ (Bouxite) ยิบไซท์ (Gibbsite) ดินพวกนี้ทนไฟสูงมาก สามารถนำมาทำผลิตภัณฑ์ทนไฟที่ใช้งานในอุณหภูมิได้ดีแต่ประเทศไทยไม่พบแร่ประเภทนี้เนื่องจากอยู่ในเขตเมืองร้อน (ไพจิตร อิงศิริวัฒน์. 2541 : 143)

(3) **เซอร์คอน** (Zircon)

จุดหลอม : 25250°C

ความหนาแน่น : 4.2 – 4.7 g/ml

ความแข็ง : 7 – 8 โมสเกล

เซอร์คอนพบในทรายชายทะเล เนื่องจากมีน้ำหนักมากกว่าทรายอื่นจึงถูกทับถมจากทรายชนิดอื่นโดยคลื่นลม มีประโยชน์ในการทำภาชนะจานกระเบื้องได้ดี โดยเฉพาะใช้ทำเครื่องเตาแผ่นชั้นรอง หีบทนไฟ ถ้าต้องใช้ทำพิมพ์กด ต้องใช้ดินทนไฟ 10% ถ้าขึ้นรูปด้วยมือ หรือขึ้นรูปด้วยแป้นหมุนต้องใช้ดินเหนียว 30-40% เซอร์คอนเหมาะสำหรับทาแผ่นซ้อนรอง และหีบทนไฟ ใช้เซอร์คอนบริสุทธิ์ผสมกับน้ำอาจจะใส่ดินเกาลินด้วยก็ได้ เพื่อการยึดเกาะได้ดี ทาเครื่องเตาเพื่อไม่ให้ชิ้นงานที่เผาติดกับพื้นรอง

การกำเนิดของแร่เซอร์คอน

แร่เซอร์คอนเกิดจากการตกผลึกของหินหลอมเหลวที่เย็นตัวช้า ๆ ภายใต้ผิวโลก มีรูปผลึกใสและมีสีแทรกบ้าง โดยทั่วไปมีสีใส แต่ความแววาวน้อยกว่าภาชนะ เรียกว่า เพทาย

นอกจากนี้ยังพบเซอร์คอนที่เป็นเม็ดเล็ก ๆ คล้ายเม็ดทราย ซึ่งเกิดจากการผุกร่อนของเปลือกโลก แล้วถูกพัดพามากองตามชายทะเล เราเรียกแร่เซอร์คอนนี้ว่า ทรายเซอร์คอน

(4) **ซิลิกา** (Silica)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดหลอม : 1710°C

ความหนาแน่น : 2.6 g/ml

ความแข็ง : 7 โมสเกล

ซิลิกาพบตามหินทั่วไป เปลือกโลกประกอบด้วยซิลิกาถึง 60% มีชื่อภาษาไทยหรือชาวบ้านเรียกหลายอย่าง หินเขี้ยวหนุมาน หินแก้ว ซิลิกา ควอทซ์

ซิลิกาทำให้ดินเหนียวเป็นวัสดุทนไฟมากขึ้น ถ้าอุณหภูมิในการเผาเปลี่ยนแปลงกะทันหันควรใส่ซิลิกาแต่น้อย ดินขยายตัวที่จุดใดจุดหนึ่งอาจทำให้ แผ่นรองเตาเกิดการร้าวได้ใช้ทำอิฐทนไฟจึงเหมาะสำหรับทำตัวเตาได้ดีมาก

หินควอทซ์ถ้าใช้ผสมทำเนื้อวัตถุทนไฟจะราคาสูงเกินไป ควรใช้ในการทำเคลือบมากกว่าควรใช้ซิลิการทำเตาจะเหมาะกว่า ทรายทุกชนิดมีซิลิการอยู่ทั้งนั้น แต่ทรายบางชนิดมีแร่อื่นผสมอยู่ด้วยซึ่งอาจทำให้ความเป็นวัสดุทนไฟน้อยลง

ทรายยิ่งขาวก็ยิ่งบริสุทธิ์ ชนิดที่บริสุทธิ์มากคือทรายชายหาดสีขาวและทรายที่ได้จากการทำดินเกาลิน

(5) **อะลูมินา** (Alumina)

มีอลูมินาในดินทนไฟมากเท่าใดก็ยิ่งดี ดังนั้นถ้าราคาอลูมินาไม่สูงมากก็ควรเติมในเนื้อดินให้ทำเตาเผา

อลูมินา คือ อลูมเนียมออกไซด์ เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า คอรันดัน (corundum) โดยทั่วไปอลูมินามักพบในรูปของไฮเดรท (hysrate) คือผลึกของอลูมินา มีการรวมตัวทางเคมีกับน้ำ เช่น หินบอกไซด์ (bauxite)

คุณสมบัติทางกายภาพ

ความถ่วงจำเพาะ 3.9 – 4.1

ความแข็ง 9 โมสเกล

จุดหลอม 2050°C

อลูมินาเป็นวัตถุดิบที่มีความทนไฟสูง มีความทนต่อการกัดกร่อนจากสารเคมี มีความแข็งแกร่งและมีคุณสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้าได้ดีด้วย คุณสมบัติดังกล่าวนี้เองจึงถูกนำมาใช้ในการผลิตวัตถุทนไฟ เบ้าหลอม หัวเทียน และแผ่นรองวงจรไฟฟ้า ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านเตาเผาได้รุดหน้าไปมากสามารถผลิตอลูมินาที่หลอมตัวเป็นเนื้อแก้วมีความโปร่งแสดงได้ดี ซึ่งใช้ประกอบกับอุปกรณ์ทำโคมไฟ และได้มีการทำอลูมินาผสมในเนื้อดินทำถ้วยชามด้วย อย่างไรก็ตามการนำอลูมินามาใช้ก็มีผสมเสียในบางกรณี เช่น อัตราการขยายตัวของดินจะต่ำไม่เท่ากับอัตราการขยายตัวของเคลือบ เพราะผลึกอลูมินาเมื่อเผาผ่านความร้อนไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมือนผลึกซิลิกา นอกจากเนื้ออลูมินาเป็นวัตถุดิบที่มีค่าความถ่วงเฉพาะหนักถึง 3.95 ถ้า ใช้ผสมเนื้อดินปริมาณ 35% จะทำให้เนื้อดินหลังการเผามีน้ำหนักเพิ่มขึ้นถึง 20% และอลูมินามีค่าความแข็งสูงถึง 9 ซึ่งรองจากเพชรทำให้การบดย่อยเป็นผงละเอียดทำให้ช้าและค่อนข้างยาก

ในประเทศไทยไม่พบแร่อลูมินาบริสุทธิ์ ปัจจุบันมีการเตรียมวัตถุดิบอลูมินา โดยวิธีสังเคราะห์ให้มีความบริสุทธิ์ 99.5% โดยมีแร่เหล็กเจือปนอยู่ในอัตราส่วนต่ำมากประมาณ 0.03% มีขายตามร้านเคมีภัณฑ์ทั่วไป

(6) **ทัลค์** (Talc)

สมบัติกายภาพ

ความถ่วงจำเพาะ 2.6 – 2.8

ความแข็ง 1-2 โมสเกส

จุดหลอม 1490 $^{\circ}C$

ทัลค์ เป็นสารประกอบของแมกนีเซียมซิลิเกตและน้ำ เป็นวัตถุดิบแมกนิเซียมตามธรรมชาติที่มีราคาถูก แมกนีเซียมบริสุทธิ์หรือแมกนีเซียมสังเคราะห์จะมีราคาแพงกว่า ทัลค์จัดอยู่ในกลุ่มแร่สเม็คไทร์ เมื่อสัมผัสแล้วจะรู้สึกกลื่นมือ ทัลค์หรือแมกนีเซียมซิลิเกตนิยมใช้เป็นวัตถุดิบผสมในเนื้อดินซึ่งเผาในอุณหภูมิสูง มีคุณสมบัติพิเศษคือ อัตราขยายตัวต่ำ เมื่อโดนเผาผ่านความร้อน ดังนี้จึงสามารถสะเทินความร้อนได้ดี (thermal shock resistance) เหมาะสำหรับใช้เป็นส่วนผสมในเนื้อดินที่ทำวัตถุทนไฟ เช่นเนื้อดินคอร์เดียไรท์ สามารถเผาในอุณหภูมิสูง ๆ โดยขยายตัวต่ำ ทำแผ่นรองเตาและอุปกรณ์ในเตาเผา และเหมาะสำหรับผสมเนื้อดินที่ทำผลิตภัณฑ์ประเภทหม้ออบและภาชนะถ้วยชามที่ใช้ในเตาอบ แต่ทัลค์มีข้อเสีย คือ มีอุณหภูมิในการเผาจำกัด หรือมีช่วงอุณหภูมิในการเผาแคบ

2.3.3.3 **ผลผลิตของวัสดุทนไฟ**

(1) **ดินเชื้อ**

ดินเชื้อ แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. ดินเชื้อเผาในอุณหภูมิต่ำกว่าเนื้อดินที่จะนำไปเผา เช่นดินเชื้อเผาที่ 1180 - 1200$^{\circ}C$ บดและร่อนเป็นเม็ดตามขนาดที่ต้องการนำไปผสมกับดินเหนียวปั้น เพื่อเปิดเนื้อดิน และช่วยเป็นโครงสร้างให้ง่ายต่อการขึ้นรูป เมื่อแห้งแล้วนำไปเผาในอุณหภูมิสูงกว่า 1200$^{\circ}C$ ภายหลังการเผาจะเป็นเนื้อเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ดินเชื้อเผาในอุณหภูมิสูง 1300-1500°C ดินเชื้อชนิดนี้จะไม่หดตัวลงอีกหลังการเผาที่ต่ำกว่า 1250°C ดังนั้นจะไม่เกิดการบิดเบี้ยวหลังการเผา สีของเม็ดดินเชื้ออาจจะแตกต่างกับเนื้อดินที่นำไปผสม

(2) อิฐทนไฟ (Refractory bricks)

อิฐทนไฟ คือ อิฐที่สามารถทนต่อความร้อนได้สูงเกินกว่า 1,300°C ขึ้นไป อิฐธรรมดาไม่สามารถทนความร้อนเผาสูงเกิน 1,000°C ได้ ถ้านำมาสร้างเตาเผาอุณหภูมิสูงเป็นเวลานานอิฐจะเริ่มหลอมละลายยุบตัว อิฐทนไฟเหมาะสำหรับสร้างเตาเผาเครื่องปั้น หลอมเหล็กแก้วและทำเครื่องต้นน้ำขนาดใหญ่ (boiler) ซึ่งปัจจุบันนี้โรงงานต่าง ๆ ใช้กันมาก อิฐทนไฟมี 2 ชนิด คือ อิฐหนักและอิฐเบา แต่งานวิจัยสิ่งประดิษฐ์เล่มนี้ จะเน้นหนักเรื่องอิฐเบาหรืออิฐฉนวนเพื่อให้ตรงจุดประสงค์ในการสร้างเตาไฟฟ้าเป็นสำคัญ

ตารางที่ 2.2 สูตรเปอร์เซ็นต์ส่วนผสมทดลองทำอิฐทนไฟ (Norsker, H. 1987 : 32)

	a	b	c	d	e
Fire clay	80	60	50	40	30
Fire clay grog	20	40	50	60	70

การทำอิฐฉนวนทนไฟ ทำจากส่วนผสมของดินทนไฟ ขี้เลื่อย และตัวที่ทำให้เกิดการเผาไหม้ เช่น ถ่านหิน ลิกไนท์ เศษวัชพืชและแกลบ บางโรงงานใช้เม็ดโฟมขนาดเล็กผสมก็ได้ผลดีช่วยให้อิฐมีรูพรุนมากใหญ่ขึ้น ซึ่งจะทำให้เกิดประโยชน์หลายอย่างในการสร้างเตาเผา คือ สูญเสียเชื้อเพลิงในการเผาน้อยลง สามารถเปิดเตาเผาเอาผลิตภัณฑ์ออกได้เร็วขึ้น อิฐมีรูพรุนสามารถตัดแต่งได้ง่าย และทนต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างเฉียบพลันได้ดีกว่าอิฐตันแต่มีข้อเสียรับน้ำหนักแรงกดไม่ได้มาก ไม่ทนทานแต่แรงกระแทกหรือขูดขีด ทำจากดินทนไฟที่มีเปอร์เซ็นต์ของอลูมินาอยู่ระหว่าง 37 – 39% และขี้เลื่อยร่อนละเอียดผสมในเนื้อดิน หลักการเผาเศษขี้เลื่อยจะถูกเผาไหม้ไปหมดกลายเป็นรูพรุนเล็ก ๆ อยู่ในเนื้ออิฐ รูพรุนเล็ก ๆ เหล่านี้ทำหน้าที่เป็นฉนวนกันไม่ให้ความร้อนภายในเตากระจายออกไปตามผนังเตาสู่ด้านนอกในขณะที่เผา

อิฐฉนวนมีข้อดี ดังนี้

1. ความร้อนผ่านผนังเตาได้น้อย
2. ใช้เชื้อเพลิงน้อยกว่าเพราะมีความหนาแน่นต่ำ
3. ระหว่างการเผาผิวหน้าสัมผัสผนังเตาด้านในร้อนกว่า การกระจายความร้อนดี
4. ราคาถูกเพราะใส่ดินน้อย ดังนั้นควรใช้อิฐนี้มาก ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(4) **ขี้เลื่อย** (Sawdust)

ขี้เลื่อยควรจะร่อนก่อน ใช้ตาข่ายขนาดมุ้งลวดกันยุง (16 เมช แต่ถ้าได้ 24 – 30 เมช ยิ่งดี) ถ้าได้เม็ดขนาดใหญ่รูในอิฐก็จะใหญ่ตาม จะช่วยให้อากาศหมุนเวียนถ่ายเทซึ่งจะนำความร้อนมาด้วย ขี้เลื่อยเป็นผงควรหลีกเลี่ยงขี้เลื่อยจากไม้เนื้อแข็งให้รูเล็กกว่าไม้เนื้ออ่อน

(5) **ดินเหนียวยึดประสาน** (Bond clay)

ดินที่จะยึดดินเชื้อเข้าด้วยกัน ควรมีความเป็นวัตถุทนไฟน้อยกว่า ดินเชื้อไม่เช่นนั้นอิฐจะเปราะหลังการเผา แต่ดินที่จะยึดประสานให้เป็นก้อนไม่ควรหลอมละลายต่ำมาก เพราะมักจะมีความหนาแน่นมากเกินไป วิธีแก่คือ ผสมดิน 6 ชนิดเข้าด้วยกัน เช่น ดินสโตนแวร์กับดินทนไฟหรือดินขาวสัดส่วนขึ้นอยู่กับคุณภาพของดินและอุณหภูมิในการเผา

2.3.3.4 **การทดสอบวัตถุทนไฟ** (Testing refractories)

การทดสอบวัตถุดิบเป็นหัวใจของกระบวนการผลิต เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสม่ำเสมอ เนื่องจากวัตถุดิบตามธรรมชาติมีคุณสมบัติแปรปรวนไม่คงที่ หากไม่มีการทดสอบวัตถุดินที่จะนำมาใช้ในการผลิต อาจทำให้ผลิตภัณฑ์มีปัญหาและแก้ไขยาก ซึ่งหมายถึงการที่จะต้องสูญเสียเงินในการลงทุนตามมา

การทดสอบวัตถุดิบในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ถือเป็นสิ่งจำเป็นและเป็นงานประจำที่ต้องมีการตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบที่มาใหม่ทุกครั้งใช้เงินลงทุนสูง มีงบประมาณในการเตรียมห้องปฏิบัติงานทดสอบ ซึ่งมีอุปกรณ์ที่จำเป็นครบครัน แต่ผู้ประกอบการขนาดเล็กไม่มีงบประมาณทางด้านนี้ สามารถขอใช้บริการจากหน่วยงานของรัฐบาลได้ หรือผู้ประกอบการท้องถิ่นอาจจะทดสอบแบบง่าย ๆ ให้ตั้งคำถามตัวเองว่าเราได้ผลิตภัณฑ์ตามที่คาดหมายไว้หรือไม่ เช่นผลิตภัณฑ์ที่เผาแล้ว บรรยากาศของดินเป็นอย่างไร เป็นต้น (Norsker , H. 48 – 49)

สรุป

วัสดุอุปกรณ์ในการสร้างเตามี 2 ประเภท คือ 1. โลหะประเภทเหล็กและโลหะประเภทไม่ใช่เหล็ก 2 อะโลหะ ประเภทสารอนินทรีย์ธรรมชาติและสารอินทรีสังเคราะห์ การพัฒนาเตาไฟฟ้าจะต้องศึกษาวัสดุเหล่านี้ให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งานสร้างและสอดคล้องกับกรรมวิธีการผลิต โดยเฉพาะเตาไฟฟ้าเผาเครื่องปั้นดินเผาใช้ความร้อนสูงมาก ดังนั้นวัสดุโครงสร้างจะต้องเป็นเหล็กกล้าหรือแผ่นสแตนเลสทำเป็นโครงได้อย่างดี ส่วนวัสดุที่โดนความร้อนโดยตรงเป็นวัสดุฉนวน เช่น ดินทนไฟหรือวัสดุเส้นใยเซรามิก จะมีความพรุนตัวสูงทำให้เกิดความเบาเป็นผลต่อการประหยัดเชื้อเพลิงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 กรรมวิธีการผลิตเตา

2.4.1 การสร้างเตา (Norsker, H. 1987 : 131 – 140)

2.4.1.1 ฐานราก (Foundation)

การสร้างเตาที่เหมือนสร้างบ้านที่ใช้อิฐ การก่ออิฐผิดกันเล็กน้อยช่างอิฐจะเรียนรู้จากการผิดพลาดได้เป็นอย่างดีและเกิดความชำนาญขึ้น ถ้าเป็นการสร้างเตาขนาดใหญ่ขอแนะนำให้ปรึกษาผู้ชำนาญหรือผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้าน เช่น วิศวกร สถาปนิก ช่างสร้างบ้านที่มีความเชี่ยวชาญ มีประสบการณ์ในการก่อสร้าง โดยเฉพาะขนาดที่เหมาะสมในการวางรากฐานของตึกให้เข้ากับดิน อากาศของที่ตั้งโดยเฉพาะเตารูปทรงใหญ่ ต้องแน่ใจว่าฐานรากนั้นต้องดีมั่นคงไม่เอียงไปข้างหนึ่งข้างใด นอกจากตัวเตาแล้ว ผนังเตาควรปรับระดับให้ได้แนวขนาดที่แน่นอน โดยใช้เครื่องวัดระดับในการปรับหรือเป็นชาวบ้านควรใช้สายยางใส่น้ำเข้าในสายยางพลาสติกชนิดใสติดที่ปลายท่อทั้งสองด้าน จึงจะสังเกตระดับน้ำได้ง่าย

มอร์ต้า (Morta)

มอร์ต้าที่จำเป็นต้องใช้ความผสมน้ำก่อนใช้งานหนึ่งหรือสองวัน พยายามอย่างให้เป็นก้อนควรมีลักษณะนุ่มเกือบลื่น ช่างบางคนมักจะเอาอิฐทนไฟแช่น้ำก่อนนำไปก่อ รอยต่อเชื่อมอิฐคือจุดอ่อนของโครงสร้าง ถึงแม้จะมีมอร์ต้าประสานก็ตาม เพราะมอร์ต้าไม่มีความเหนียวที่จะยึดอิฐต่อกันให้แน่นได้เหมือนการก่อสร้างตึก มอร์ต้าในการสร้างเตาเพียงแต่เป็นวัสดุช่วยให้วางอิฐได้สนิทกันเท่านั้น

2.4.1.2 การก่ออิฐ

การก่ออิฐใช้เกรียงปาดทีละก้อนหรือสองก้อน แต่ละก้อนจะต้องให้ขนานกับเส้น ต้องรีบเช็คทั้งแนวตั้งและแนวดิ่ง แล้วปรับอิฐให้เข้าที่อย่างระมัดระวัง กรณีปรับอิฐทีหลังต้องใส่ปูนมอร์ต้าเข้าไปใหม่ จุดรอยต่อภายในเตาทั้งหมดต้องแน่ใจว่ามีการฉาบไว้ได้อย่างดีแล้ว มิฉะนั้นจะมีรูออกภายนอกทำให้การเผาชิ้นงานไม่ได้ผลตามที่คาดหวังไว้ เพราะความร้อนจะออกนอกเตาการตัดก้อนอิฐ

การก่ออิฐภายในเตาให้ลงตัวได้ จะต้องมีการตัดอิฐให้พอดี โดยใช้ด้านปลายของฆ้อนเหล็กเคาะตามรอยที่ต้องการสัก 2 รอบ แล้วออกแรงเคาะแรง ๆ อาจใช้อิฐอีกก้อนวางรองรับไว้ก่อน ช่างบางคนชอบใช้สิ่วสกัดในขั้นตอนสุดท้าย ถ้าจะติดอิฐฉนวนทำได้โดยใช้เลื่อย ซึ่งเมื่อใช้เลื่อยอิฐแล้วเลื่อยนั้นมักจะใช้งานอื่นไม่ได้ ดังนั้นถ้าต้องการตัดอิฐเป็นรูปพิเศษจริง ๆ เช่น อิฐคางหมู หรืออิฐลิ่ม อิฐรูปโค้ง แต่ปัจจุบันอิฐเบาสร้างสร้างด้วยวิธีอัดในรูปบล็อกที่ออกแบบไว้แล้วแต่จะเป็นรูปทรงอะไรก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.3 **พื้นและผนัง**

ปกติจะทำพื้นเป็นขั้นตอนสุดท้าย แต่ต้องทำช่องทางเดินลมร้อนพร้อมกับฐานในกรณีเตาแก๊สหรือเตาฟืนถ้าเป็นไฟฟ้า ควรจะทำโครงเตา พื้นเตาและส่วนอื่นต่อไป มีกฎพื้นฐานอยู่ก็คือ การเรียงอิฐไม่ให้เป็นเส้นตรง แต่วางสลับแถว มีแบบมาตรฐานอยู่ 2 แบบ คือ Header Course และ Stretches course

การก่ออิฐแบบ Header louse การก่อแบบนี้จะทำขวางกับผนังดังนั้น ด้านหน้าอิฐจะรับอุณหภูมิสูงของเตา ควรหาอิฐที่มีความทนไฟสูง อิฐที่ทำขึ้นเองมักจะรับอุณหภูมิสูง ควรหาอิฐที่มีความทนไฟสูงด้วย อิฐที่ทำขึ้นเองมักจะมีความทนไฟต่ำ

การก่ออิฐแบบ Stretches course วิธีนี้จะเป็นวิธีก่ออิฐตามแนวนอนของผนัง ถ้าเป็นผนังตรง Stretches course จะแข็งแรงพอสำหรับผนังที่ไม่มีการ Support ที่มีความสูงน้อยกว่าหนึ่งเมตร การวางอิฐวิธี Stretches course หนึ่งก้อน แต่สำหรับ Header Course 3 – 4 ก้อน เหมาะสำหรับผนังขนาด 23 ซม. และผนังขนาดนี้ปลอดภัยในความสูงไม่เกิน 2 เมตร และผนัง 34 ซม. มีความปลอดภัยในความสูงไม่เกิน 4 เมตร (Department of the Army Air Force. 1955 : 166)

2.4.1.4 **ผนังแบบโค้งเตาทรงกลม**

(1) **เตาแบบทรงกลม**

ผนังโค้งมักจะพบกับเตาแบบทรงกลม ซึ่งพิสูจน์ออกมาแล้วว่ามีความคงทนถาวรมาก Inner lining แบบนี้จะอยู่โดด ๆ ได้ เพราะอิฐยึดติดกัน เช่นเดียวกับเพดานหลังเตาจะไม่หล่นลงมาในเตา ดังนั้นผนังโค้งไม่จำเป็นต้องยึดติดกับผนังด้านนอก (Outer wall) ช่องระหว่างผนังด้านนอกกับ Inner lining จะห่างกันประมาณ 5 ซม. ฉะนั้นช่องว่างระหว่างผนังภายในที่ห่างกับผนังภายนอก จะใช้วัสดุที่เป็นฉนวนใส่ลงไป เช่น แผ่นใยเซรามิก หรืออาจใส่ขี้เถ้าหรือส่วนผสมขี้เลื่อย 70% และดินเหนียว 30% ในกรณีต้องการประหยัด การก่อผนังโค้งก็ทำเหมือนผนังตรง ปกติใช้การก่อแบบอิฐชนิด Header .Course

(2) **ความหนาของผนัง**

เตาทรงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางถึง 2 เมตร ต้องทำ Inner lining ขนาด 10 ซม. ถ้าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 – 3 เมตรทำ Inner lining 15 ซม. หรือมากกว่า ถ้าเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 เมตร ทำ Inner lining 23 ซม. ไม่ควรให้ Inner lining Support ที่เพดานเตาเพราะจะทำให้ทรุดตัวได้ควรทำเพดานหลังคาเตายึดติดกับ Outer wall จะทำให้สามารถ เปลี่ยนผนังหรือซ่อมแซมผนังได้โดยไม่กระทบเพดานด้านในและผนังรับน้ำหนักตัวมันเองเท่านั้น จึงควรทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก insulating brick เบาได้ดี ส่วน Outer wall ซึ่งรับน้ำหนักโดยควรหนาเป็น 2 เท่าของ inner lining และทำจากอิฐแดงธรรมดา ก่อโดยใช้ดินเหนียวและทรายผสมกันแบบธรรมฉาบได้

(3) เพดานเตา (Arehes)

เพดาเตาใช้เชื่อมระหว่างขอบประตูปิดเปิดฐานรากและหลังคาสำหรับจะทำห้องบรรจุชิ้นงานเผารูปแบบสี่เหลี่ยม ใช้อิฐสี่เหลี่ยมก่อสร้างเพดานได้ทำให้รอยต่อยึดติดกันได้ง่าย อย่างไรก็ตามถ้าเป็นไปได้ใช้อิฐที่มีสลักหรือแผ่นไฟเบอร์เซรามิกจะดีกว่า ทำให้เพดานเตาทนทานกว่าถ้าผลิตอิฐขึ้นเองควรทำอิฐที่มีรูปร่างเรียงเป็นสี่เหลี่ยมคางหมูใช้สร้างเพดานเตา จำนวนอิฐคางหมูสามารถคำนวณได้ ข้อสำคัญด้านนอกของอิฐใหญ่กว่าด้านในเพื่อกันการหลุดเข้าข้างใน นั้นก็หมายความว่าเพดานเตายิ่งสูงก็ยิ่งแข็งแรง ปกติ 20 ซม. สำหรับ Span ขนาด 100 ซม. ก็จะเหมาะสำหรับเตาแบบมีหลังคา (12.5 – 25 ซม. สำหรับ Span 100 ซม. จะใช้งานได้ดี)

อย่างไรก็ตาม ห้องเผาไหม้สำหรับเตาน้ำมันอิฐจะรับสภาพหนัก ขอแนะนำให้ทำเป็นรูปโค้งทรงสูงเป็นเครื่องหนึ่งของ Span ถ้าสภาพอิฐไม่ค่อยทนไฟอิฐจะหดตัวสูงทำให้เพดานเตาโดยเฉพาะรอยต่อต้องรับตัวละลายของขี้เถ้าส่วนล่างของเพดานเตาใช้รองรับน้ำหนักจากอิฐด้านบน ปกติแล้วอิฐด้านบนก็ไม่ค่อยได้ใช้ทำอะไรมากนัก ประโยชน์ของอิฐภายในส่วนเพดานอีกอย่างหนึ่งทำให้ง่ายเมื่อต้องการเปลี่ยนอิฐภายในส่วนเพดานอีกอย่างหนึ่งทำให้ง่ายเมื่อต้องการเปลี่ยนอิฐภายนอกเมื่อมันใช้งานไม่ได้แล้ว

ข้อสำคัญคือช่องรอยต่อระหว่างอิฐชั้นในและชั้นนอกต้องแน่ใจว่าอิฐด้านนอกไม่ได้รับน้ำหนักใด ๆ อีก ช่วงรอยต่อนี้อาจจะใส แร่ใยหินหรือขี้เลื่อย ดินเหนียวผสมกันก็ได้

1. การก่อเพดานเตา เริ่มจากด้านข้างทั้งสองโดยมีไม้ค้ำทำเป็นโครงรองรับอิฐ ก่อเข้าตรงกลาง อิฐแต่ละก้อนต้องให้อยู่ในแนวความโค้งของหลังคา เข้าสู่ตรงกลาง ต้องระวังการฉาบก่อแต่ละก้อนอิฐ ทำได้ด้วยการใส่ Mortar ฉาบบาง ๆ บนผิวบน-ล่าง เมื่อวางอิฐแล้วต้องจับขยับไปมาให้เข้าที่ ด้านล่างใช้ม้อนและไม่เคาะเบา ๆ ด้านล่างต้องให้แคบที่สุด ด้านนอกของรอยต่ออาจจะกว้างกว่าด้านในขึ้นอยู่กับการเคาะอิฐ รอยต่อใหญ่ควรใช้เศษอิฐที่เหลือเสริมให้แน่น

2. อิฐสี่เหลี่ยมสำหรับหลังคาโค้ง ถ้าไม่มีอิฐรูปลิ่มก็ใช้อิฐสี่เหลี่ยมธรรมดาได้ แต่อย่างน้อง Key brick ต้องเคาะให้ต่ำกว่าอิฐอื่น ๆ การวางอิฐสี่เหลี่ยมให้ก้อนบนทับเล็กน้อยตรงด้านในของมุมล่าง เพื่อป้องกันการเลื่อนหลุด อิฐสี่เหลี่ยมสำหรับหลังคาจะมีรอยต่อใหญ่กว่าอิฐลิ่มตรงนี้ควรใส่อิฐหักเข้าไป

3. การยึดอิฐเพดานเตา เหมือนงานอิฐอื่น ๆ ตามรอยต่อควรจะห่างถ้าเกิดอิฐก้อนหนึ่งก้อนใดหลุด ตัวดินยึดประสานจะช่วยไม่ให้เพดานพังเมื่อ Key brick เข้าที่แล้วควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอาไม้ค้ำออก ความหนาของเพดานเตาขึ้นอยู่กับความยาวและความสูงของตัวเตาและอุณหภูมิของการเผาและคุณภาพของอิฐด้วย อุณหภูมิสูงที่สุดของห้องเผาและเพดานควรมีความหนา 23 ซม. โดยปกติ Span น้อยกว่า 1.5 เมตร ควรทำเพดานเตาหนา 12 ซม. ถ้า Span ถึง 4 เมตร ให้เพดานเตาหนา 23 ซม. ถ้ามากกว่านี้ทำเพดานเตา 34 ซม. ถ้าเป็นอิฐเบามีความหนา 23 ซม. จะไม่ใช่สำหรับ Span ที่มากกว่า 5 เมตร

4. ความโค้งมนหลังคา (Domer) เตากลมทำโดมเป็นเพดานจะมั่นคงกว่าเพดานธรรมดาและไม่ต้องใช้ไม้ค่ำช่วยในการก่อสร้าง รัศมีและความสูงของโดมคำนวณเหมือนกับเพดานธรรมดา ปกติความสูงของโดมประมาณ 20 – 25 ซม. ต่อ Span 100 ซม. ใช้ไม้ที่มีความยาวเท่ารัศมีและความหนาของโดม ผูกไว้ตรงกลางโดม ให้ไม้สามารถเลื่อนขึ้นลงได้โดยรอบ ต้องแน่ใจว่าไม้นั้นหมุนที่ตรงกลางของโดมและไม่ให้เลื่อนหลุดขณะกำลังสร้าง

5. ดินยึดประสาน เพื่อฉาบควรมีความเหนียว เพื่อความเหนียวนี้จะยึดอิฐไม่ให้พัง จนกว่าจะตั้งเป็นรูปร่างได้มั่นคงก่อน กรณีการสร้างเตาขนาดเล็กไฟมีความจำเป็นเพราะมี Span แคบ และอาจใช้แผ่นใยเซรามิกรองรับและการติดยึดก็ได้

6. รอยต่อเพื่อการขยายตัว อิฐทนไฟอาจจะขยายตัว 0.5 – 1% ของการเผาแต่ละครั้ง และจะหดตัวอีกเมื่อเย็นลง ถ้าเป็นเตาเล็ก (1 เมตร^3) เรื่องนี้ไม่มีปัญหาแต่เตาใหญ่การขยายตัวอาจทำให้ผนังแตก และพองนูนออกมา ถ้าการสร้างทำแน่นเกินไป จุดรอยต่อ ½ ซม. ไม่ต้องใช้ปูนฉาบ เตากลมที่แผ่นรองรับอิฐต่ออิฐไม่จำเป็นต้องมีรอยต่อเพื่อการขยายตัว ถ้าเตานี้ก่อจากอิฐที่ทำขึ้นเอง มักจะหดตัวในการเผาครั้งแรก ๆ ของเตาใหม่ แต่ถ้าอิฐได้รับการเผามาแล้วในอุณหภูมิสูงมาก การหดตัวจะไม่เกิดขึ้นอีก การหดตัวนี้ทำให้เกิดที่ว่างสำหรับการขยายตัวจากความร้อน ดังนั้นรอยต่อเพื่อการขยายตัวจึงไม่จำเป็น สรุปได้ว่ารอยต่อเพื่อการขยายตัวจำเป็นสำหรับเตารูปทรงสี่เหลี่ยมเท่านั้น

7. วัสดุรองรับรอยต่อ อาจใช้ส่วนผสมของดินเหนียว 30% และขี้เลื่อย 70% ขี้เลื่อยจะค่อย ๆ เผาไหม้เมื่อโดนความร้อนสูง เหลือแต่หลุมอากาศลักษณะรูพรุนเป็นฉนวน ขี้เถ้าเป็นฉนวนที่ดีกว่า แต่ต้องถูกเผาจนเป็นผง หลังจากการเผาเพียง 2 – 3 ครั้ง การแก้ปัญหาง่าย ๆ คือ การใส่วัสดุรองรับ (loose brick) 2 – 3 ก้อนที่ด้านบนผนังถ้าใช้แผ่นใยฉนวนเซรามิกรองรับ ต้องให้รูดูไฟภายในเตารงแนวกัน เพื่อไม่ใช้ฉนวนนี้ไปอุดรู

2.4.2 สิ่งที่ควรคำนึงถึงในการสร้างเตา

2.4.2.1 การส่งความร้อนในเตาเผา

ก๊าซเผาไหม้ร้อนจะผ่านไปที่ห้องเผา หลังจากที่ความร้อนออกจากห้องเผาวิ่งผ่าน แล้วออกไปที่ว่างสู่ข้างนอกเตา ความร้อนที่ก๊าซส่งไปยังของที่เผามากเท่าไรก็หมายความว่ามีประสิทธิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพมากเท่านั้น ถ้าก๊าซร้อนออกไปทางปล่องไฟ และยังคงร้อนจัด หมายความว่าเกิดการสูญเสียความร้อนหรือเชื้อเพลิง การส่งผ่านความร้อนเกิดขึ้นได้สามลักษณะคือ

(1) **ส่งความร้อนผ่านอากาศ** (Convection)

หมายถึง การที่ความร้อนเคลื่อนที่จากแห่งหนึ่งไปสู่อีกแห่งหนึ่งโดยวัตถุพาไปความร้อนส่งผ่านไปยังผนังเตาสู่แผ่นรองของที่เผา เมื่อมีก๊าซร้อนจากการเผาไหม้ การส่งถ่ายความร้อนแบบนี้เรียกว่า การนำ เมื่อเร่งการหมุนเวียนของอากาศก็จะได้ความร้อนสูงขึ้นด้วย

ความร้อนภายในเตาเผากระจายในกระแสอากาศ เป็นเหมือนแม่น้ำคือ จุดที่มีสีแดงเพราะความร้อนจะไหลเร็ว และจุดที่มีความกว้างจะไหลช้า ดังนั้นถ้ามีที่ว่างระหว่างชิ้นงานกับแผ่นรองมาก จะให้ผลในการเผาที่ไม่ดีนัก ถ้าจะให้ได้ผลดีควรบรรจุผลิตภัณฑ์เผาให้มากและวางแผ่นรองให้ได้มากที่สุดเท่าที่มากได้

(2) **การถ่ายความร้อนผ่านของแข็ง** (Conduction)

ขณะเตาที่เผากำลังร้อนอยู่ ความร้อนก็จะผ่านผนังเตา ผ่านแผนรองเตาและความร้อนกระจายไปยังผลิตภัณฑ์ข้างใน การส่งผ่านความร้อนผ่านของแข็งเรียกว่าการ "พา" ความร้อนที่ส่งถ่ายโดยการนำจะกินเวลาบ้าง อากาศข้างนอกแผ่นรองช่วงแรกจะร้อนกว่าข้างในจุดที่ตั้งชิ้นงานที่เผา ด้วยเหตุนี้จึงมีการอุ่นเตาที่อุณหภูมิต่ำอย่างช้า ๆ แล้วค่อยให้สูงขึ้นเรื่อย ๆ สม่ำเสมอ

ความร้อนจะผ่านผนังเตาและสูญไปโดยเปล่าประโยชน์ การใช้อิฐทนไฟฉนวนทำผนังภายในจะช่วยลดการสูญเสียเชื้อเพลิงได้ รูพรุนเล็ก ๆ ของอิฐทนไฟจะไปลดทางเข้างออกของความร้อน ถ้ามีรูพรุนใหญ่เกินไปจะทำให้มีเนื้อที่หมุนเวียนและถ่ายความร้อนโดยการนำ น้ำหนักของอิฐฉนวนจะมีน้ำหนักน้อยกว่าอิฐตัน ดังนั้นจึงเป็นการประหยัดเชื้อเพลิงด้วย

(3) **การถ่ายความร้อนแบบกระจายรังสี**

ความร้อนสามารถถ่ายเทด้วยการกระจายรังสีจากพื้นผิวเรืองแสงของดวงอาทิตย์ ถ่ายความร้อนมายังโลกด้วยการแผ่รังสี ถ้าพื้นผิวยิ่งเรืองแสงมากเท่าไรก็ยิ่งสามารถกระจายความร้อนได้มากเท่านั้น การเผาผลิตภัณฑ์ภายในเตาก็เหมือนกัน ทุกอย่างภายในเตาจะเรื่อนแสงด้วยความร้อนจัดและจะกระจายความร้อนออกมามาก การกระจายนี้ช่วยให้อุณหภูมิภายในเตาสม่ำเสมอ ส่วนที่ร้อนมากกว่าก็จะเรืองแสดงกว่า และส่งถ่ายความร้อนไปสู่ส่วนที่เย็นกว่า ช่วงอุ่นเตาซ้ำ ๆ จะช่วยทำให้อุณหภูมิสม่ำเสมอ การใช้อิฐฉนวนหรืออิฐเบาจะช่วยให้ประหยัดค่าเชื่อเพลิง เพราะจะทำให้ความร้อนสูญเสียน้อยเนื่องจากมีพรุนช่วยกักกันไว้ ดังนั้นอุณหภูมิจึงสูงกว่าและสามารถแผ่นความร้อนกลับไปสู่เตาที่กำลังเผาได้มากกว่า (Norsker, H. 1987 : 78 – 79)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

การสร้างเตาเผาเครื่องปั้นดินเผามีวิธีหลายวิธีแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของเตา และรูปทรงของเตา สิ่งที่ควรคำนึงถึงคือฐานรากต้องมีความมั่นคงไม่เอียงไปข้างหนึ่งข้างใดโดยเฉพาะเตาที่มีรูปร่างใหญ่ต้องคำนวณให้ดีเป็นพิเศษให้แนวขนานที่แน่นอน การก่ออิฐช่วงรอยต่อจะมีมอร์ต้าประสานให้สนิทแน่นเหมือนการก่อสร้างตึก มีวิธีการก่ออิฐ 2 วิธี คือก่อแบบ Header course และก่อแบบ Stretches course ผนังเตาแบบทรงกลมจะมีความคงทนกว่าผนังเตาแบบสี่เหลี่ยม เพราะทรงกลมไม่จำเป็นต้องยึดกับผนังด้านนอก เพดานเตามีความโค้งสูงก็ยิ่งแข็งแรง ห้องบรรจุชิ้นงานจะต้องเป็นอิฐทนไฟที่มีการเผาไฟสูงเป็นพิเศษมากกว่าจะนำไปใช้งานเผาเคลือบจริง จะทำให้อิฐไม่หดตัวลงอีกเป็นผลได้ผลเสียต่อการทรุดตัวของเตาได้ และการสร้างเตาแต่ละครั้งควรคำนึงถึง การส่งความร้อนในเตาเผา เช่น การส่งผ่านความร้อนผ่านอากาศ การถ่ายความร้อนผ่านของแข็ง และการถ่ายความร้อนแบบกระจายรังสี จะมีผลถึงกาประหยัดค่าเชื้อเพลิงด้วย

2.5 การเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

2.5.1 บรรยากาศการเผา

การเผาในทางเซรามิก คือ การเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ผลิตภัณฑ์เซรามิกในเตา ภายในบรรยากาศที่เหมาะสม เพื่อเปลี่ยนสภาพดินให้กลายเป็นถาวรวัตถุมีความแข็งแกร่งเหมือนหิน ช่วยให้ผลิตภัณฑ์เกิดความคงทนถาวรและสวยงาม (ไพจิตร อิงศิริวัฒน์. 2541 : 135)

1. บรรยากาศออกซิเดชัน (Oxidation FIring)

เป็นการเผาที่มีการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ และใช้ออกซิเจน (Oxygen) มากเกินพอ ซึ่งเมื่อเกิดการเผาไหม้แล้ว จะมีออกซิเจน (Oxygen) เหลืออยู่ ดังปฏิกิริยาการเผาไหม้ดังนี้

$OF = CH^4 + 3\ O_2$ (Excess) $CO_2 + 2\ H_2 + O_2 + ENERGY$

2. บรรยากาศรีดักชัน (Reduction Firing)

เป็นการเผาที่มีการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ในเตาเผามีออกซิเจน (Oxygen) ไม่เพียงพอ ซึ่งเมื่อเกิดการเผาไหม้แล้วจะมีคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เหลืออยู่ดังปฏิบัติกิริยาการเผาไหม้ดังนี้

$RF. = 2\ CH_4 + 3\ O_2 \quad 2\ CO + 4\ H_2O + ENERGY$

3. บรรยากาศนิวทรัล (Neutral Firing)

เป็นการเผาไหม้ที่สมบูรณ์และไม่มีออกซิเจน (Oxygen) เหลืออยู่เลย การเผาไหม้มีออกซิเจน (Oxygen) ที่พอดีดังปฏิกิริยาการเผาไหม้ดังนี้

$NF. = CH_4 + 2\ O_2 \quad CO_2 + 2\ H_2O + ENERGY$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 การเผาเซรามิก

การเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกมี 3 ขั้นตอน

1. การเผาดิบ (Biscuit Firing)
2. การเผาเคลือบ (Glost Firing)
3. การเผาตกแต่ง (Decoration Fining)

2.5.2.1 การเผาดิบ (Biscuit Firing)

ชิ้นงานที่ขึ้นรูปแล้ว ยังคงมีความชื้น และสารอินทรีย์ (Organic Matter) อยู่ในชิ้นงาน การเผาไล่ความชื้นและสารอินทรีย์ ก่อนที่จะนำไปชุบเคลือบเป็นสิ่งจำเป็น เนื่องจากจะช่วยลดปริมาณน้ำในชิ้นงาน ซึ่งเป็นตัวการทำให้เกิดแรงดันจนชิ้นงานอาจระเบิด ในการเผาเคลือบถ้าชิ้นงานถูกเผาดิบบรรยากาศของการเผาดิบ คือ บรรยากาศออกซิเดชัน (Oxidation Firing : OF) ที่เผาบรรยากาศนี้เพื่อเปลี่ยนเหล็กออกไซด์ ในชิ้นงานให้อยู่ในรูปสารประกอบของเฟอร์ริก-ออกไซด์ (Fe_2O_3)

การเผาดิบคือการเผาครั้งที่หนึ่ง โดยยังไม่ได้ชุบน้ำเคลือบ สามารถที่จะเผาในอุณหภูมิต่ำหรืออุณหภูมิสูงก็ได้

การวางผลิตภัณฑ์ในเตาเผาดิบ

สามารถวางผลิตภัณฑ์ให้ชิดกันน้ำมาซ้อนกันหรือประกอบกันได้ โดยเอาผลิตภัณฑ์ชิ้นเล็กวางในชิ้นใหญ่ เช่น กระถางหรือจานสามารถวางซ้อนกันได้ 4 – 6 ใบ ผลิตภัณฑ์ประเภทชามจะเอาปากประกบกันไว้เป็นคู่ ๆ

2.5.2.2 การเผาเคลือบ (Glost Firing)

ชิ้นงานที่เผาดิบถูกนำมาชุบเคลือบแล้วเผา เพื่อให้เคลือบหลอมเป็นแก้วติดแน่นอยู่บนผิวชิ้นงานการเผาเคลือบ จะเผาที่อุณหภูมิเท่าใดภายในบรรยากาศใดขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ เช่นการเผาผลิตภัณฑ์ปอร์ซเลนเริ่มต้นเผาภายใต้บรรยากาศออกซิเดชัน ตั้งแต่อุณหภูมิเริ่มจุดเตาจนถึงอุณหภูมิประมาณ 950°C หลักจากนั้นจึงเผาภายใต้บรรยากาศศรีดักชัน (Reduction Firing : RF.) จนถึงอุณหภูมิสูงสุดที่ต้องการ

(1) บรรยากาศในการเผาไหม้ (Firing Atmosphere)

ในการเผาไหม้โดยทั่วไปจะมีพวกก๊าซที่เกิดขึ้นในบรรยากาศ ได้แก่ พวกออกซิเจน (Oxygen) ไนโตรเจน (Nitrogen) คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide) คาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon Monoxide) ไอน้ำ (Water Vapor) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dioxide) และอื่น ๆ ปริมาณและสัดส่วนของก๊าซเหล่านี้ความจำเป็นอย่งยิ่งที่จะต้องควบคุม เพื่อให้ได้บรรยากาศที่เรียกว่า ออกซิเดชัน (Oxidation) ซึ่งหมายถึงการเผาไห้มที่ใช้ปริมาณออกซิเจนในอากาศมากเกินพอทำให้การเผาไหม้เป็นไปอย่างสมบูรณ์

โดยปกติก๊าซออกซิเจนและก๊าซไนโตรเจน จะมีอยู่ทั่วไปในบรรยากาศ ส่วนไอน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ เปิดผลเกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงประเภทไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon Fuel) แบบนี้เรียกว่า การเผาแบบรีดักชัน (Reduction Firing)

บางช่วงจำเป็นต้องใช้บรรยากาศแบบรีดักชัน (Reduction Atmosphere) เพราะจะช่วยให้เกิดการฟอกสีของเนื้อผลิตภัณฑ์ให้ขาวขึ้น เนื่องจากเหล็กในเนื้อดินที่ผ่านการเผาวิธีนี้ จะอยู่ในสภาพเฟอร์รัสออกไซด์ (FeO) ที่มีออกซิเจนต่ำสุดเพียงแค่หนึ่งตัว จะให้สีค่อนข้างเขียวอมฟ้า แทนที่จะมีสีขาวอมเหลือง ทำให้มีความรู้สึกกว่าผลิตภัณฑ์ ที่เผาแบบรีดักชันมีความขาวขึ้น

(2) **วิธีการเผาในบรรยากาศออกซิเดนชัน** (Oxidation Firing:OF)

จะต้องทำให้บรรยากาศในเตาเผามีออกซิเจนมากเกินพอ ซึ่งทำได้โดยให้อากาศผ่านเข้าเตาอย่างเต็มที่โดยการปรับหัวพ่นไฟ และมีปริมาณเพียงพอที่จะไล่ก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ให้พ้นออกไปจากเตาได้เร็วที่สุด ซึ่งควรจะต้องเปิดแดมเปอร์ (Damper) หรือตัวควบคุมความร้อนออก สำหรับเตาที่ใช้แดมเปอร์ชนิดเสียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 เนื้อดินเมื่อโดนเผาผ่านความร้อนในอุณหภูมิต่าง ๆ (Norton, F.H. 1970 : 140)

ผลิตภัณฑ์เซรามิกเมื่อโดนเผาผ่านความร้อนในอุณหภูมิต่าง ๆ	
100-200°C	น้ำที่อยู่รอบ ๆ อณูดินระเหยกลายเป็นไอออกจากรูเตาเผา ถ้าเผาเร็วเกินไปไอน้ำระเหยออกไม่ทันผลิตภัณฑ์จะระเบิดในเตา
450°C	น้ำในสูตรเคมีของดินเริ่มระเหย
230 - 573°C	ผลึกของซิลิกาหรือควอทซ์ เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปผลึกทำให้ดินเกิดการขยายตัวอย่างรวดเร็ว ถ้าเผาเร็วในช่วงนี้ผลิตภัณฑ์จะระเบิดในเตาเผา
500-600°C	น้ำที่เป็นส่วนประกอบการทางเคมีของดินถูกเผาหมดไป ดินเริ่มเปลี่ยนสภาพเป็นหิน อินทรีย์สารในดินถูกเผาไหม้
900 - 950°C	เศษกากเถ้าถ่านของอินทรีย์สาร (Carbon) ในเนื้อดินถูกเผาไหม้หมดไปหินปูนสลายตัวทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่อุณหภูมิ 825°C
980°C	ดินเปลี่ยนโครงสร้างเริ่มเกิดการหดตัว จากการหลอดละลายรวมตัวของวัตถุดิบ
1,050 – 1,100°C	เฟลด์สปาร์ในเนื้อดินเริ่มหลอมละลาย เกิดโครงสร้างรูปเข็มประสานกันจากผลึกมัลไลท์ในเนื้อดิน ช่วยให้ดินมีความแข็งแกร่ง และการหดตัวยังเป็นไปอย่างต่อเนื่อง
1,200°C	ผลึกมัลไลท์มีมากขึ้น ดินหลอดละลายปิดรูพรุนเนื้อแน่นมีความแข็งแกร่งเพิ่มขึ้น
1,250°C	เนื้อดินและน้ำเคลือบสุกตัวหลอมละลาย โครงสร้างของผลึกดินเปลี่ยนเป็นแก้ว 60% มัลไลท์ 21% และควอทซ์ 19%

2.5.2.3 **การเผาตกแต่ง** (Decoration Firing)

ชิ้นงานที่เผาเคลือบแล้วนิยมตกแต่งด้วยสีหรือติดรูปลอก (Decal) ที่ทำขึ้นสำหรับตกแต่งสีโดยเฉพาะ ติดลงไปบนภาชนะที่เคลือบแล้วนำไปเผา เพื่อให้สิ่งตกแต่งติดทนกับชิ้นงาน เรียกว่าการตกแต่งบนเคลือบ (Overglaze Decoration) อุณหภูมิที่ใช้เผาตกแต่งบนเคลือบประมาณ 650 - 850°C ขึ้นอยู่กับชนิดของสี (Pigment) หรือประเภทวัตถุดิบที่นำมาทำสีว่าจะสุกตัวที่อุณหภูมิใด

การเผาสีตกแต่งรูปลอกและสีเงินสีทอง จะต้องเผาในบรรยากาศสันดาปสมบูรณ์ตลอดการเผา จากอุณหภูมิห้องถึง 750°C ในเตาเผาไม่ควรมีความชื้นอยู่ ถ้าเตาเผามีความชื้นจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเผาดิบเมื่อนำสีทองเผาต่อจากเตาเผาดิบ สีทองจะหมองเพราะไม่ชอบความชื้น สีเขียนก็จะพองเพราะมีความชื้นในเตาเผามากเกินไป

ดังนั้นถึงแม้ว่าอุณหภูมิในการเผาดิบจะเผาที่ 750°C ใกล้เคียงกับการเผาสีตกแต่ง ก็ไม่ควรเอาชิ้นงานเขียนสีและติดรูปลอกเข้าเตาเผาในการเผาดิบ เพราะชิ้นงานที่ออกจะมีตำหนิไม่ได้มาตรฐานสีหมองคล้ำหรือเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม (ไพจิตร อิงศิริวัฒน์. 2541 : 137)

2.5.3 การบันทึกการเผา

การเผาแต่ละครั้งควรมีการบันทึก รายละเอียดในสมุดบันทึกเพื่อจะได้หาสาเหตุของข้อผิดพลาดได้

ควรจดบันทึกสิ่งต่อไปนี้

1. การแก้ไขที่ได้ทำ
2. จำนวนและชนิดของภาชนะ
3. รูปแบบการวางบรรจุ แผ่นรองเตาและภาชนะที่เผา
4. สภาพเชื้อเพลิง สภาพอากาศ
5. เวลาไล่ความชื้น
6. เริ่มเผาจริง
7. การเพิ่มของอุณหภูมิ
8. การบิดงอของทุ่นทนไฟ (Cone) หรือการนำแท่งทดสอบออก
9. ตำแหน่งวางชิ้นงานเผา
10. สภาพภายในเตาระหว่างการเผา
11. เวลาที่เผาเสร็จ
12. เวลาการเย็นตัวของภาชนะ เวลาเปิดช่องดูไฟและประตูเตา
13. เชื้อเพลิงที่ใช้เผา

ในขณะที่นำของออกจากเตา ควรสังเกตว่าวางภาชนะอะไรตรงไหน เพื่อจะได้รู้ว่าส่วนใดขอบเตาร้อนเกินไปหรือเย็นเกินไป ขั้นสุดท้ายจัดประเภทของที่เผาว่าเป็นชั้นที่ 1, 2 หรือ 3 การประเมินค่าของที่เผาควรจดบันทึกด้วย

จากนั้นครูต้นแบบเผา (Firemater) และเพื่อนร่วมงานควรปรึกษากันถึงผลของการเผาควรดึงปัญหาออกมา แล้วช่วยกันคิดว่าจะแก้ไขอย่างไรในการเผาครั้งต่อไปบางปัญหาอาจเกิดจากขั้นตอนอื่นที่ไม่ใช่การเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประสบผลสำเร็จในการเผาเกิดจากประสบการณ์ ความเข้าใจที่ได้จากการลงมือทำยากที่จะเรียนรู้จากตำรา แต่ก็หวังว่าขั้นตอนที่ให้นี้ช่วยในการเผาได้ดี (Norker, H. 1987 : 98 – 99)

สรุป

การเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผามีบรรยากาศในการเผาอยู่ 3 ลักษณะ คือ เผาแบบออกซิเดชัน เผาแบบรีดักชัน และเผาแบบนิวทรัล ซึ่งมีผลต่อการเผาดิบ เผาเคลือบและเผาตกแต่ง ในการเรียนการสอนของสถานศึกษาจำเป็นต้องเรียนรู้และให้เกิดทักษะการเผาให้มากจากครูต้นแบบก่อนจะช่วยทำให้การเผาผลิตภัณฑ์ไม่เกิดการเสียหาย เพราะการเผาเป็นขั้นตอนสุดท้ายคือการให้ความร้อนจนได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความแกร่ง ถ้าผลิตภัณฑ์เกิดการเสียหายอันเนื่องจากการเผาของเตา ผู้ผลิตไม่สามารถแก้ไขต่อไปได้ ไม่เหมือนการชำรุดจากการขึ้นรูปทรงหรือการผึ่ง ยังสามารถนำมาแปรสภาพใช้วัตถุดิบใหม่ได้เหมือนเดิม ฉะนั้นการเผาแต่ละครั้งจะต้องระมัดระวังตรวจสอบก่อนว่าผลิตภัณฑ์ชำรุดมาก่อนหรือไม่

2.6 การทำงานระบบไฟฟ้าและเครื่องวัดอุณหภูมิ

เตาเผาไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากการไหลผ่านของกระแสไฟฟ้าในขดลวดต้านทาน สามารถให้ความร้อนสะสมได้สูงมาก ความร้อนที่ได้นี้เราสามารถวัดอุณหภูมิด้วยไพโรมิเตอร์ โดยการต่อสายเทอร์โมคัพเปิ้ลไว้ภายในตา เมื่อเทอร์โมคัพเปิ้ลได้รับความร้อนก็จะเกิดการขยายตัว ทำให้เกิดค่าความต้านทางที่ต่างกัน ดังนั้นปลายสายอีกด้านหนึ่งของเทอร์โมคัพเปิ้ลจึงต่อไว้กับมิเตอร์ซึ่งมีสเกลบอกค่าเป็นอุณหภูมิความร้อนภายในเตา ฉะนั้นเราจึงสามารถทราบอุณหภูมิได้ทุกระยะในขณะที่ทำการเผา

ส่วนความร้อนที่ได้จากขดลวดภายในเตาเผาไฟฟ้านั้นเราจะเห็นว่าเตาไฟฟ้าไม่มีปล่องระบายลมร้อน ทั้งนี้เนื่องจากความร้อนภายในเตาไม่มีเปลวไฟ และไม่มีควัน จึงไม่ต้องมีทางให้ระบาย เพียงแต่มีช่องเล็ก ๆ สำหรับให้แก๊สออกมาบ้างเท่านั้น ลวดความร้อนจะอยู่ในร่องของอิฐทนไฟหรือผนังเตาโดยรอบ

การทำงานของไฟฟ้าประกอบด้วย

2.6.1 ลวดความร้อน

ลวดความร้อนอาจแบ่งได้ 3 ประเภทคือ

1. Nikee-Chromium wire เป็นเส้นลวดขดทำจากโลหะผสมระหว่างนิเกลกับโครเมียม เป็นชนิดที่ใช้กันอยู่ทั่วไป ราคาไม่สูงนัก สามารถเผาได้ถึงอุณหภูมิ 1090 ^{o}C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Kanthal Wire เป็นขดลวดขดอย่างชนิดแรก แต่สามารถเผาได้ที่อุณหภูมิสูงกว่า คือประมาณ 1205 °C – 1375 °C

3. Clobar เป็น Heater Element ที่มีลักษณะเป็นแท่งกลมมีขนาดต่าง ๆ กัน ทำจาก Silicon Carbide สามารถให้ความร้อนได้ถึงอุณหภูมิ 1538 °C – 1600 °C (ทวี พรหมพฤกษ์ 2524 : 149)

เทอร์โมคัพเปิลชนิดที่เรียกว่า Platium Reaistance Bulbs จะมีปอร์สเลน หุ้มอีกชั้นหนึ่ง ซึ่งสามารถวัดอุณหภูมิได้ถึง 1500 °C มีขนาดต่าง ๆ ราคาค่อนข้างแพง

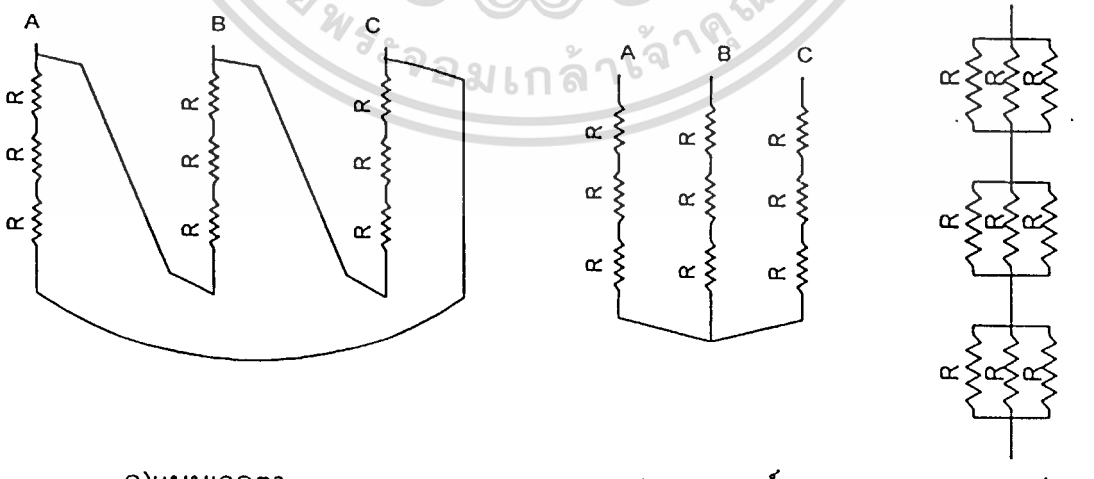
เทอร์โมคัพเปิลชนิดที่เรียกว่า Chromel alumel ปลายโลหะเชื่อมติดกัน วัดได้อุณหภูมิ 1250 °C ราคาไม่แพงมากนัก

เครื่องมือวัดอุณหภูมิในปัจจุบันมีหลายแบบ เช่น

- แบบควบคุมอุณหภูมิ
- แบบตัวเลข
- แบบตั้งนาฬิกา
- แบบบันทึกอุณหภูมิ

2.6.2 การต่อวงจรไฟฟ้า

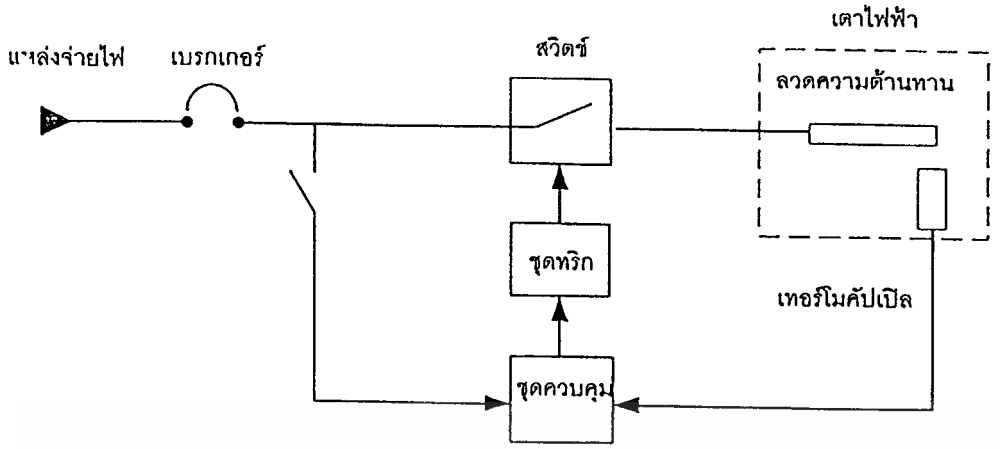
การต่อขดลวดความต้านทาน ความต้านทานในแต่ละขดจะต่อร่วมกันและป้อนไฟฟ้าผ่านสวิตช์แบบโซลิตสเตทรีเลย์ (ssr) วงจรการต่อมี 3 ลักษณะ คือ ต่อใช้งานกับระบบไฟฟ้า 3 เฟส มี 2 แบบคือ แบบเดลตาและแบบสตาร์ แบบที่ 3 ต่อใช้งานกับระบบ 1 เฟส ดังรูปที่ 2.1



ก)แบบเดลตา ข) แบบสตาร์ ค) แบบ 1 เฟส

ภาพที่ 2.7 การต่อวงจรไฟฟ้าระบบ 3 เฟส และระบบ 1 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.8 แสดงไดอะแกรมวงจรไฟฟ้าและระบบควบคุม

2.6.3 คุณสมบัติทางไฟฟ้า

เตาไฟฟ้าสามารถต่อใช้งานกับระบบไฟฟ้าทั้งชนิด 1 เฟส 2 สาย 220 โวลท์ และระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย 380 โวลท์ การควบคุมอุณหภูมิเตาใช้ตัวควบคุม (Controller) ที่สามารถตั้งค่าเวลาและอุณหภูมิการเผาเตาได้ การความคุมใช้ตัววัดสัญญาณป้อนกลับ สำหรับควบคุมอุณหภูมิใช้เทอร์โมคับเปิลชนิด R พิกัดอุณหภูมิ 1600 ^{o}C สัญญาณ ควบคุมจากจุดที่ควบคุมเป็นแบบปิด – เปิด (ON – OFF) ส่งสัญญาณควบคุมสู่ชุดทริกเกอร์เพื่อควบคุมการนำกระแสของโซลิทสเตทรีเลย์ (SSR) เพื่อป้อนไฟฟ้าให้กับขดลวดต้านทานภายในเตา รายละเอียดเตาไฟฟ้าดังตาราง 2.4

ตารางที่ 2.4 การต่อระบบไฟฟ้า

แรงดันใช้งาน	การควบคุม	วงจรการต่อความต้านทานของขดลวด	กระแสต่อเฟส	พิกัดกำลัง kW
3 เฟส 4 สาย 380 โวลท์	ON-OFF	แบบอนุกรม - สตาร์	11.23	74
3 เฟส 4 สาย 380 โวลท์	ON-OFF	แบบอนุกรม - เดลตา	33.50	22.0
1 เฟส 2 สาย 220โวลท์	ON-OFF	แบบขนาน - อนุกรม	33.50	7.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.4 **เครื่องมือวัดอุณหภูมิ**

จากตารางเปรียบเทียบชี้ให้เห็นอุณหภูมิพออ่านได้หยาบ ๆ เท่านั้น คิดเฉลี่ยโดยประมาณ การอ่านอุณหภูมิต้องอาศัยข้อสังเกตสภาวะต่าง ๆ ปละปฏิกิริยาของวัตถุที่เผาภายในเตาด้วย แต่ก็เป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันทั่ว ๆ ไป ที่ไม่มีเครื่องมือวัดอุณหภูมิ

1. เครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบ Mercury thermometers เป็นเครื่องมือแบบหนึ่งที่นิยมกันแพร่หลาย เครื่องแบบนี้สามารถวัดได้อุณหภูมิสูงสุดประมาณ 300°C (572 ° F.) ทำจากสายปรอทบรรจุในหลอดแก้ว มีคุณสมบัติเปลี่ยนแปลงปริมาตรคงที่แน่นอน และสามารถวัดต่ำกว่าจุดน้ำแข็ง -41°C จุดเดือดที่ 356 °C มีตารางสากลกำกับบอกค่าของอุณหภูมิ

2. เครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบ Gas thermometer เป็นเครื่องมือที่ใช้แก๊สไฮโดรเจน (Hydrogen) บรรจุในหลอดแก้ว มีตารางสเกลกำกับ เมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัว ตามกฎของ Gas Laws อาศัยหลักการนี้ นำไปทำเครื่องมือวัดอุณหภูมิและสามารถวัดได้ใกล้เคียงความจริงมากที่สุด การเขียนสเกลของเทอมอมิเตอร์แบบปรอท ยังต้องอาศัยเครื่องวัดประเภทนี้ช่วยจึงจะสามารถสเกลได้ เครื่องมือชนิดนี้จึงเป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบมาตรฐาน เครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบแก๊สสามารถวัดอุณหภูมิได้ประมาณ 600 – 750 ° C

3. เครื่องมือวัดความร้อนแบบ Thermo elextric pyrometers เป็นเครื่องมือที่ประกอบด้วย Thermocouple ทำจากโลหะสองชนิดโดยเชื่อมปลายให้ติดกัน (Hot Junction) เมื่อได้รับความร้อนทำให้เกิดกระแสไฟบอกค่าอุณหภูมิ แปลงค่าเป็น มิลิวอลท์ (Milivolts) เป็นองศาเซ็นเซียส หรือฟาเรนไฮด์ โดยการเปรียบเทียบ (ทวี พรหมพฤกษ์ 2524 : 163-165)

4. METVA LOOP CALIBRATOR เครื่องวัดกระแสไฟฟ้าและโวลท์ที่เต็มเปี่ยมด้วยพลังงาน พร้อมสำหรับการใช้งานตลอดวันซึ่งให้ความแม่นยำและความละเอียดในการวัดสูง อกแบบ โดยวิศวกรเครื่องมือวัดเพื่อให้ได้รูปแบบที่เหมาะกับการใช้งานในห้องปฏิบัติการ, ห้องเครื่องและในบริเวณโรงงาน

ลักษณะเด่น

- ความถูกต้อง 0.05%
- ความละเอียด 0.001 mA
- ใช้ไฟ 24 Vdc ใช้งานติดต่อกันได้มากกว่า 14 ชั่วโมง
- มีฟังก์ชั้น สำหรับคำนวณการไหล
- ทำงานได้ทั้งแบบ 2 สาย 3 สาย และ 4 สาย
- ปรับแต่ค่าได้โดยผู้ใช้งาน
- มีคำสั่งปิดเครื่องเองโดยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- น้ำหนักเบาเพียง 420 กรัม
- ตั้ง Set point และโปรแกรม Ramp หาค่าที่ตั้งไว้ได้
- มีระบบจัดการแบตเตอรี่, ชาร์จแบตเตอรี่ได้
- ตัวเครื่องทนการกระแทกได้ตามมาตรฐาน ABS
- พร้อมใบรับรองผลการสอบเทียบจากผู้ผลิต
- มีช่องต่อพ่วงคอมพิวเตอร์แบบ RS232 (option)
- มีฟังก์ชั้น Dataogging (option)

เครื่องมือวัดชนิด Optical Pyrometer

เครื่องมือ Optical Pyrometer สร้างขึ้นโดยอาศัยหลักของการเทียบสีไฟภายในเตา กับสีของไส้หลอดภายในเครื่องมือ

Optical Pyrometer ประกอบด้วยเลนซ์สำหรับดูไฟ ซึ่งมีแบตเตอรี่ (Battery) ทำให้ไส้หลอดร้อนแดง จะแดงมาน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับการควบคุมกระแสไฟ การใช้ Optical ส่องดูแสงภายในเตา เลนซ์จะทำหน้าที่รวมแสงเป็นเส้น ซึ่งจะปรากฏให้เห็นใกล้ ๆ กับไส้หลอด ทำให้เราสามารถเปรียบเทียบสีให้เหมือนกันได้ โดยปรับประแสไฟในแบตเตอรี่ให้ใกล้เคียงกัน สามารถอ่านค่าอุณหภูมิได้ทันที นับว่าเป็นเครื่องมือที่สะดวกมากในการหาค่าอุณหภูมิ ต่าง ๆ ได้หลายชุด ข้อเสียคือ สามารถวัดอุปกรณ์ได้ตั้งแต่ 750 ^{o}C ขึ้นไป

2.7 กิจกรรมการเรียนการสอนเตาและการเผาเครื่องปั้นดินเผา

ในวงการศึกษาเชื่อว่า การเรียนกับการสอน เป็นกิจกรรมที่มีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด และต้องอาศัยซึ่งกันและกัน ผู้เรียนจะเรียนรู้ได้ผลดีพอสมควรความมุ่งหมายของหลักสูตร ก็เนื่องจากการสอนที่มีประสิทธิภาพ (บุญทรง สังข์ทอง , 2526)

2.7.1 จุดมุ่งหมายในการเรียนการสอน

การเรียนการสอน มีจุดมุ่งหมายสำคัญคือ การเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้เรียนจากสภาพหนึ่งได้เป็นอีกสภาพหนึ่ง ซึ่ง บลูม (Bloom , 1982) ได้จำแนกพฤติกรรมของจุดมุ่งหมายในการเรียนการสอนเป็น 3 ลักษณะคือ

1. ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) ได้แก่ ภาคความรู้ เป็นพฤติกรรมทางสมอง อันเป็นผลจากการใช้ความคิด ความรู้ และการแก้ปัญหา ผู้เรียนจะเปลี่ยนสภาพจากการไม่รู้ มาเป็นรู้ จากการรู้ผิด ๆ มาเป็นรู้ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ด้านจิตพิสัย (Affective Domain) เป็นพฤติกรรมทางด้านความรู้สึกทางจิตใจที่แสดงออกมาในรูปของค่านิยม อุดมคติ อุปนิสัยใจคอที่ดีงาม ความสนใจ ความซาบซึ้ง เป็นกิจกรรมที่ทำให้เกิดขึ้นได้ยากที่สุด

3. ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) เป็นพฤติกรรมที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางด้านทักษะ ความชำนาญในการเคลื่อนไหว การใช้อวัยวะต่าง ๆ (Bloom , 1982 อ้างถึงใน วุฒิ วัฒนสิน. 2630.)

ถ้าหากผู้สอนจัดการเรียนการสอน ให้เกิดพฤติกรรมทั้ง 3 ด้าน แก่ผู้เรียนแล้ว ย่อมเกิดผลสัมฤทธิ์ในการเรียนรู้ เกิดความเจริญงอกงามในพัฒนาการด้านต่าง ๆ แก่ผู้เรียนตามแนวปรัชญาการศึกษาได้

2.7.2 **ความหมายของกระบวนการสอน**

กระบวน หมายถึง แบบแผน วิธีการ ขั้นเชิง ลำดับรายการ (พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ.2493)

การสอนแบบการใช้สถานการณ์จำลอง (Simulation Method) วิธีของการสอนแบบนี้โดยการสร้างสถานการณ์จำลองสภาพจริง เพื่อใช้เป็นเครื่องกระตุ้นการเรียนรู้ สถานการณ์จำลองอาจจะเป็นไปรูปของสัญญลักษ์หรือใช้วัตถุสิ่งของเครื่องใช้จริง เข้ามาสู่สภาพการเรียนรู้ รูปแบบของการใช้สถานการณ์จำลอง ได้แก่ ละคร , Roling Playing , Waregame เป็นต้น

ประโยชน์ของการสอนแบบนี้ช่วยกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนได้จนถึงขีดสูงสุด ทำให้เกิดการแสดงออกทั้งทางด้านสติปัญญาและร่างกาย (สำลี ทองธิว , 2530)

2.7.3 **การพัฒนาทางการศึกษา**

การพัฒนา หมายถึง การทำให้ดีขึ้นหรือสมบูรณ์ขึ้นหรือการทำให้เกิดขึ้น (สงัด อุทรานันท์ , 2538)

การพัฒนา หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่มีการกำหนดทิศทาง มีการวางแผนที่แน่นอน กำหนดไว้ล่วงหน้า ซึ่งทิศทางที่กำหนดขึ้นจะต้องเป็นของดีสำหรับกลุ่มคนหรือชุมชนที่สร้างขึ้น (สัญญา สัญญาวิวัฒน์ , 2523)

การพัฒนา หมายถึง การทำให้เกิดความเจริญเติบโต และเพิ่มอัตราให้สูงขึ้น มีการเปลี่ยนแปลระบบเพื่อให้มีความสามารถในการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพและสามารถตัดสินใจหรือกำหนดนโยบายให้เกิดความเป็นธรรม ความยุติธรรมสิทธิเสรีภาพ และความพอใจแก่คนส่วนใหญ่ มีการเปลี่ยนแปลงด้านอื่น ๆ ทั้งนี้จะต้องกระทำโดยมีการวางแผนที่ถูกต้องด้วย (อนันต์ เกตุวงศ์ , 2523)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากความหมายของการพัฒนา ดังกล่าว จะมุ่งหมายไปที่การปฏิบัติเป็นการแก้ปัญหาเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่ต้องการ ซึ่งอาจสรุปความหมายของการพัฒนาเป็นแนวคิดหลัก 3 ประการคือ การแก้ไขสิ่งที่เป็นปัญหา การสร้างสรรค์สิ่งที่จำเป็น และการบำรุงรักษาสิ่งที่อยู่แล้วให้คงอยู่ต่อไป (เฉลียว บุรีภักดี , 2525)

ส่วนความหมายของการพัฒนาทางการศึกษา (Education Development) หมายถึง การพัฒนาตัวระบบการศึกษา เป็นการศึกษาค้นคว้า สภาพที่เป็นอยู่ในระบบการศึกษาและค้นหาแนวทางแก้ไขปัญหาปรับปรุงระบบการศึกษาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (สมศักดิ์ ศัลย์กำธร และคณะ , 2527)

จากแนวคิดต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการพัฒนาทางการศึกษาสรุปได้ว่า การพัฒนาหมายถึงกระบวนการปรับปรุงหรือแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงสภาพที่เป็นอยู่ ไปสู่สภาพที่ดีกว่ามีประสิทธิภาพกว่า สำหรับการพัฒนาทางการศึกษา หมายถึง กระบวนการปรับปรุงหรือแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงระบบการศึกษาจากสภาพหรือรูปแบบที่เป็นอยู่ ไปสู่สภาพหรือรูปแบบที่ดีและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ด้วยกระบวนการและขั้นตอนที่เป็นระบบระเบียบ

2.7.4 การเรียนออกแบบอุตสาหกรรม

จากการศึกษาการจัดการเรียนการสอน ทางด้านออกแบบอุตสาหกรรมในประเทศไทยนั้น ซึ่งหลักฐานคำและความหมายมีหลายคำ และสังกัดอยู่ในหลาย ๆ คณะวิชา ความสนใจในเรื่องคำและความหมายของอุตสหกรรมศิลป์ (industrial art) ศิลปอุตสาหกรรม (industrial design) และออกแบบผลิตภัณฑ์ (Product design) มักจะพบได้บ่อยในกลุ่มนักศึกษาที่ศึกษาเกี่ยวกับวิชาทางด้านเทคโนโลยีและบุคคลทั่วไป คำว่า industrial art อุตสาหกรรมศิลป์ นั้นเป็นศิลปะและวิทยาการว่าด้วยการออกแบบผลิตภัณฑ์รวมทั้งการศึกษาและค้นคว้าด้านเทคโนโลยีและวัสดุ เพื่อนำมาประกอบในการออกแบบให้เกิดความกลมกลืนกับหน้าที่ใช้สอย มีความหมายเหมือน Industrial design ซึ่งมักแปลว่า ออกแบบอุตสหกรรม Product design ซึ่งมักแปลว่าออกแบบผลิตภัณฑ์ (พจนานุกรมศิลปะอังกฤษ – ไทย อ้างจาก นิรัช สุขสังข์ 2543 : 1)

สมาคมนักออกแบบอุตสาหกรรมของประเทศสหรัฐอเมริกา หรือ IDSA ได้ให้คำจำกัดความของการออกแบบอุตสาหกรรมว่าเป็นการบริการอย่างมืออาชีพในการสร้างสรรค์และพัฒนาแนวคิดในการออกแบบโดยคำนึงถึงประโยชน์ใช้สอย คุณค่าความงามของผลิตภัณฑ์และการได้รับผลประโยชน์อย่างเป็นระบบทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภค

การออกแบบอุตสาหกรรม คือจินตนาการที่กว้างกระโดดจากความจริงในปัจจุบันสู่ความเป็นไปได้ในอนาคต เป็นความสัมพันธ์ของผลิตภัณฑ์ในสถานการณ์ต่าง ๆ ซึ่งให้ความพึงพอใจ และมีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหากิจกรรมต่าง ๆ (นิรัช สุขสังข์ 2543 : 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.5 **ลักษณะการเรียนการสอนวิชาเตาและการเผา**

การเรียนวิชาเตาและการเผาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง กลุ่มวิชาออกแบบอุตสาหกรรม สาขาวิชาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา ของสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือนครราชสีมา มีรายละเอียดดังนี้

จุดมุ่งหมายรายวิชา

1. รู้ประวัติและพัฒนาการของเตาเผาจากอดีตถึงปัจจุบัน

2. เข้าใจการจำแนกประเภทของเตาเผา ตามชนิดของเชื้อเพลิง ลักษณะการใช้งานทางเดินไฟ ข้อดีข้อเสียของเตาเผาแต่ละประเภท ตลอดจนอุปกรณ์ในเตาเผา

3. เข้าใจการบรรจุผลิตภัณฑ์เข้าเตา การอบแห้ง การเผาดิบ การเผาเคลือบ

4. มีทักษะการเผาผลิตภัณฑ์ในบรรยากาศสันดาปสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์บันทึกผลการเผา

5. เห็นคุณค่าเตาและการเผา

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทวี พรหมพฤกษ์. ได้ศึกษาเตาไฟฟ้า ว่า เป็นเตาสมัยใหม่ได้มีการพัฒนากันเรื่อยมา ภายในเตาได้รับความร้อน โดยผ่านกระแสไฟฟ้าสะสมเป็นพลังงานความร้อน เป็นที่นิยมใช้ในสถานศึกษาและวงการอุตสาหกรรมได้ดี ไม่มีเปลวไฟ ควัน ผลิตภัณฑ์เผาแล้วออกมามีความสะอาด ข้อเสียเป็นการลงทุนสูง ตั้งแต่ราคาเตา ค่ากระแสไฟฟ้าในการเผาแต่ละครั้งสิ้นเปลืองมาก ปัจจุบันได้พัฒนาปรับปรุงแก้ไขลดค่าใช้จ่ายลงได้บ้างเผาได้อุณหภูมิสูงขึ้นกว่าเดิม จึงนิยมใช้อย่างกว้างขวาง

เตาไฟฟ้าจำแนกออกไปดังนี้ (ทวี พรหมพฤกษ์ . 2524 : 48)

เตาเผาที่ใช้ความร้อนไม่เกินอุณหภูมิ 1000 $^{\circ}$C ภายในเตาใช้ขดลวดนิเกิล – โครม (nickle chrome) เป็นตัวให้ความร้อนไม่เกินอุณหภูมิ 1090 $^{\circ}$C ใช้เผาดินเผาสีบนเคลือบ และเคลือบต่ำ

เตาเผาที่ใช้ความร้อนอุณหภูมิสูง เป็นเตาที่ใช้ขดลวดความร้อนอิลิเมนต์ (heating element) ที่เป็นแท่ง ซึ่งทำจากซิลิกอนคาร์ไบด์ (silicon carbide) ซึ่งให้ความร้อนได้ถึงอุณหภูมิ 1538-1600 $^{\circ}$C ใช้เผาภาชนะเครื่องปั้นประเภทปอร์สเลนหรือวัตถุฉนวนที่ใช้ในงานทดลองงานวิจัยต่าง ๆ มีราคาแพง ถ้าเผาเป็นภาชนะเครื่องปั้นธรรมดาส่วนมากจะใช้ขดลวด ดันทอนไวร์ (Kanthalwire) ก็สามารถให้ความร้อนอุณหภูมิประมาณ 1375 $^{\circ}$C ก็เพียงพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของเตาไฟฟ้า เตาไฟฟ้าให้พลังงานความร้อนจากการไหลผ่านของกระแสไฟฟ้าในขดลวดต้านทาน ซึ่งมีความต้านทานสูง และสามารถให้ความร้อนเผาได้ในอุณหภูมิสูงมาก ความร้อนที่ได้จากขอลวดภายในเตาเผาไฟฟ้าจะไประบายออกเพราะไม่มีปล่องระบายลมร้อน เนื่องจากความร้อนภายในเตาไม่มีเปลวไฟและควัน จึงไม่จำเป็นต้องมีปล่องไฟเหมือนเตาแก๊ส เตาน้ำมัน เพียงแต่มีช่องเล็ก ๆ สำหรับให้กาสออกมาบ้าง หรือมีช่องเล็ก ๆ สำหรับไว้มองดูสีไฟและผลิตภัณฑ์เท่านั้น ลักษณะการเผาของเตาไฟฟ้าไม่มีควันจึงเรียกการเผาชนิดนี้ว่า การสันดาปสมบูรณ์ (Oxidation firing)

ปัญหาเตาไฟฟ้า

1. ความหนาของตัวเตามีมาก สาเหตุให้การนำการพา การแผ่รังสีเป็นไปได้ยากเป็นผลสิ้นเปลืองค่าพลังงานความร้อน

2. เตามีราคาแพง ผู้ประกอบการเครื่องปั้นรายใหม่ ไม่มีเงินทุนพอเพียง

3. อุปกรณ์เครื่องเตา จำเป็นเปลี่ยนแปลงบ่อย เพราะแตกร้าวง่ายและมีราคาแพงควรสร้างใช้เองได้ประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน

4. วัตถุฉนวนหุ้มตัวเตา และวัสดุอิฐฉนวนมีราคาแพง

5. เตาไฟฟ้าที่พบส่วนมากเป็นเตาสี่เหลี่ยม เพราะร้าวของอิฐทนไฟที่มุมเตาแตกง่ายการกระจายความร้อนไม่ค่อยสม่ำเสมอ

สุชาติ เย็นวิเศษ ได้ศึกษาเตาอบไฟฟ้าอุณหภูมิสูงชุบโลหะด้วยความร้อนเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติทางกลสามารถพิจารณาเลือกใช้แหล่งให้ความร้อนได้หลายแบบ การให้ความร้อนแก่โลหะชิ้นงาน โดยใช้เตาแบบช่องจัดเป็นวิธีการที่สะดวกและประสิทธิภาพสูงวิธีหนึ่ง การประดิษฐ์เตาอบโลหะอุณหภูมิสูงมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นอุปกรณ์การเรียนการสอนด้านโลหะวิทยา ในการออกแบบให้คำนึงถึงการใช้งานได้ง่าย ประหยัดพลังงาน และสามารถกำหนดรูปแบบการควบคุมอุณหภูมิได้หลายรูปแบบตามจุดประสงค์ที่กำหนดโดยช่องอบมีขนาด 300 X 250 X 600 ม.ม. (กว้าง X สูง X ลึก) หรือ 45 ลิตร ส่วนประกอบของเตา เปลือกเตาออกแบบสร้างเป็นลักษณะสองชั้น ชั้นนอกทำด้วยแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมชั้นในทำด้วยอิฐฉนวนกันความร้อนหุ้มทับด้วยเซรามิกไฟเบอร์ ภายในติดตั้งขดลวดความร้อนแบบ Kanthal AF จำนวน 2 ชุด โดยใช้พลังงานชุดละ 5.56 KW ควบคุมการลดของอุณหภูมิได้ 7 ขั้นตอน เมื่อทดลองใช้งานปรากฏผลคือสามารถให้อุณหภูมิ สามารถให้อุณหภูมิได้สูงสุดถึง 1200 ^{o}C ภายในเวลาประมาณ 90 นาที ในการตั้งค่าการควบคุมอุณหภูมิตามระดับที่กำหนดในช่วงเวลาต่าง ๆ ปรากฏสามารถให้ค่าอุณหภูมิได้ถูกต้องสอดคล้องกับเวลาที่กำหนด โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเพียงบวกลบ 5 เปร์เซ็นต์ (สุชาติ เย็นวิเศษ.2543 : 101)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุชาติ เย็นวิเศษ และวีระยุทธ จันทรักษา ได้ศึกษาเตาอบไฟฟ้าและประดิษฐ์เตาอบเกลือชุบโลหะแบบคู่ เพื่อใช้เป็นอุปกรณ์การเรียนการสอนทางด้านโลหะวิทยา ในการออกแบบได้คำนึงถึงการใช้งานได้ง่าย ประหยัดพลังงาน เพื่อประโยชน์ใช้งานตามจุดประสงค์ที่กำหนด โดยสร้างให้แต่ละช่องเผามีขนาด กว้าง 300 ม.ม. ยาว 300 ม.ม. และเบ้าเกลือทำด้วยเหล็กกล้าไร้สนิมชนิด ออสเตนนิติ ขนาดกว้าง 230 ม.ม. ยาว 230 ม.ม. สูง 550 ม.ม. ส่วนประกอบของเตาเปลือกตา ทำด้วยแผ่นเหล็กเคลือบสีทนความร้อน ผนังเตาทำด้วยอิฐชนวนหุ้มทับด้วยเซรามิกไฟเบอร์ ภายในติดตั้งชุดขดลวดความร้อนควบคุมการทำงานด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอล จากการทดลองใช้งานของเตาที่สร้างสำเร็จแล้วปรากฏว่า สามารถชุบเหล็กกล้าเครื่องมือชนิดต่าง ๆ ได้ดีมาก ในการให้ความร้อนจะใช้พลังงาน 12 กิโลวัตต์ต่อเบ้า โดยใช้เวลาสำหรับการเพิ่มอุณหภูมิของเกลือจาก 200-1000 °C ได้ภายในเวลา 1 ชั่วโมง และสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ถูกต้องซึ่งมีความคลาดเคลื่อนเพียง บวกลบ 5 เปอร์เซ็นต์ (สุชาติ เย็นวิเศษ และวีระยุทธ จันทรักษา 2544 : 71)

Norsker , H. และคณะ ได้วิจัย เตาเผาแถบอัฟริกาแถบเอเชีย กล่าวว่า การลงทุนสร้างเตาเผาแต่ละครั้งต้องคำนึงถึงอายุการใช้งานให้นาน จึงจะคุ้ม การที่เตามีอายุการใช้งานนานต้องขึ้นอยู่กับการเลือกใช้วัสดุทนไฟ ในการสร้างได้ถูกต้อง ฉะนั้นนักสร้างเตาจำเป็นต้องศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบทนไฟอย่างละเอียด เช่น วัตถุใช้ทำอิฐ ทำมอร์ตาทนไฟ และอุปกรณ์เตา

มาตรฐานอุตสาหกรรม โดยมาตรฐานดินที่เรียกว่าวัตถุทนไฟคือดินที่ทนต่อความร้อนได้ไม่ต่ำกว่า 1580 °C โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงเสียรูปร่างแต่อย่างใด ทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมีที่เกิดขึ้นในขณะผาและไม่เผาได้ด้วย อย่างไรก็ตามบางครั้งเราต้องยอมรับว่าดินที่อ่อนตัวในอุณหภูมิต่ำกว่านี้ เนื่องจากหาวัตถุทนไฟได้ยากหรือแพงเกินไป ส่วนใหญ่ผู้ประกอบการเครื่องปั้นดินเผาไม่เกิน 1250 °C และให้อุณหภูมิสูงเช่นนี้อยู่ในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ เท่านั้น

ดังนั้นการสร้างเตาชนิดนี้จึงใช้คำว่า วัตถุทนไฟครอบคลุมถึงดิน หรือวัสดุซึ่งเหมาะสมที่จะใช้งานเตาเผาที่กำหนดรูปแบบไว้ให้สัมพันธ์กับอุณหภูมิประมาณ 1230 °C ทำตามวัตถุประสงค์ได้เขียนไว้ ในกรณีที่เผาต่ำกว่านี้อาจใช้อิฐธรรมดาในการสร้างก็ได้ สร้างโดยวิธีง่าย ๆ (Norsker , H.1987 : 6.)

กาญจนะ แก้วกำเนิด ได้ศึกษาลักษณะเฉพาะของวัสดุทนไฟ การกดทับของอิฐก่อสร้างเตาซึ่งไม่สามารถใช้วัสดุเส้นใยเพื่อการก่อสร้าง ในกรณีที่เป็นอุณหภูมิสูงรับผิวสัมผัสกับเปลงไฟ ทนอุณหภูมิเผาถึง 1340 °C ก็จะเลือกใช้อิฐ K – 26 ส่วนอิฐที่ก่อสร้างด้านในชิดผนัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตา ในเหตุผลของการเป็นตัวช่วยเสริมฉนวนความร้อน (Back – up Insalation) จะใช้อิฐทนไฟคุณภาพต่ำกว่า K – 23 หรือ อิฐ C – 1

แนวอิฐขั้นลึกเข้าไปในผนังตาจะใช้อิฐฉนวนทนไฟคุณภาพที่ต่ำกว่าเป็นอิฐฉนวนภายนอก (Back – up Insulation) ได้แก่อิฐ K – 23 หรือ C – 1

ดังที่ข้อมูลได้แสดงให้ทราบแล้ว ถึงอิฐควรทนไฟเพียงพอต่อผิวสัมผัสความร้อนภายในเตาด้วยอุณหภูมิเผาถึง 1,150 ^{o}C ซึ่งสามารถที่อาจใช้อิฐอย่างเดียวเป็นฉนวนความร้อนได้ จะทำให้ราคาก่อสร้างเตาโดยใช้วัสดุชนิดนี้มีราคาต่ำลงอีกด้วย

อิฐทั้งสองชนิดนี้สามารถใช้เผาในเตาได้ทั้งบรรยากาศออกซิเดชันและรีดักชันความเหมาะสมต่อการใช้อาจมีขอบเขตแตกต่างกัน สำหรับกรเผาเคลือบเกลือการเผาด้วยน้ำมันเพราะไอร้อนที่เป็นด่าง และเป็นเถ้าเขม่าสิ่งเจือปนจะเข้าไปอยู่ในรูพรุนของวัสดุทนไฟเกิดการเสื่อมสึกหรอด้วยปฏิกิริยาเคมีมีอุณหภูมิสูงขึ้นได้

การสร้างเตาจากวัสดุเส้นใยเซรามิก จากผนังเตาทุกด้าน ทั้งด้านซ้าย – ขวา ด้านหลับ – ประตูเตาและหลังคาเตา อาจรวมถึงบางส่วนของการสร้างรถเตาอีกด้วย จะมีการติดตั้งวัสดุเส้นใยฉนวนความร้อน ด้วยพื้นที่ต่าง ๆ เหล่านี้จะไม่มีแรงกดทับอื่นใดมากระทำ ดังนั้นวัสดุที่มีสมบัติเป็นฉนวนความร้อนที่ดีดังกรณีเส้นใยเซรามิกก็จะได้ถูกเลือกมาใช้งานในส่วนต่าง ๆ เหล่านี้ (กาญจนะ แก้วกำเนิด 2541 : 33)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาพัฒนาเตาไฟฟ้าสำหรับเผาเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา ผู้วิจัยกำหนดขั้นตอนการวิจัย ดังนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ในการประเมินเตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา ผู้วิจัยได้คัดเลือกประชากรกลุ่มตัวอย่างโดยการเจาะจง (Purposive Sampling) โดยคัดเลือกผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 12 คน จำแนกออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

3.1.1 ผู้ทรงคุณวุฒิด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ผู้ประเมินมีคุณสมบัติด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ประสบการณ์ ไม่น้อยกว่า 10 ปี และเป็นผู้มีคุณวุฒิอย่างต่ำระดับปริญญาโท ในสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา จำนวน 3 คน ดังนี้

1. อาจารย์ชูเกียรติ กาญจนภรางกูร คุณวุฒิระดับปริญญาโท ประสบการณ์ 26 ปี
2. อาจารย์ชิดชัย สายเชื้อ คุณวุฒิระดับปริญญาโท ประสบการณ์ 18 ปี
3. อาจารย์สุรพล ธนะสูตร คุณวุฒิระดับปริญญาโท ประสบการณ์ 14 ปี

3.1.2 ผู้ทรงคุณวุฒิด้านวัสดุและการผลิตในระบบอุตสาหกรรม

ผู้ประเมินมีคุณสมบัติด้านวัสดุและการผลิต ประสบการณ์ ไม่น้อยกว่า 10 ปี และเป็นผู้มีคุณวุฒิอย่างต่ำระดับปริญญาโทและปริญญาเอก สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา จำนวน 3 คน ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. อาจารย์เฉลิมพล แก้วพะเนาว์ คุณวุฒิระดับปริญญาโท ประสบการณ์ 30 ปี
2. ดร.พิพัฒน์ อมตฉายา คุณวุฒิระดับปริญญาเอก ประสบการณ์ 21 ปี
3. ดร.วิโรจน์ ลิ้มไขแสง คุณวุฒิระดับปริญญาเอก ประสบการณ์ 15 ปี

3.1.3 **ผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านไฟฟ้า**

ผู้ประเมินมีคุณสมบัติด้านไฟฟ้า ประสบการณ์ ไม่น้อยกว่า 5 ปี และเป็นผู้มีคุณวุฒิอย่างต่ำระดับปริญญาโท ในสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา จำนวน 3 คน ดังนี้

1. อาจารย์อรุณี บวรจตุวิช คุณวุฒิระดับปริญญาโท ประสบการณ์ 26 ปี
2. อาจารย์ทนงศักดิ์ มากทอง คุณวุฒิระดับปริญญาโท ประสบการณ์ 10 ปี
3. อาจารย์กฤตวิทย์ บัวใหญ่ คุณวุฒิระดับปริญญาโท ประสบการณ์ 9 ปี

3.1.4 **ผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา**

ผู้ประเมินมีคุณสมบัติด้านอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา ไม่น้อยกว่า 5 ปี และเป็นผู้มีคุณวุฒิอย่างต่ำระดับปริญญาตรีและปริญญาโท ในสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา จำนวน 5 คน ดังนี้

1. อาจารย์สันติภาพ พันธุ์ชนะ คุณวุฒิระดับปริญญาตรี ประสบการณ์ 30 ปี
2. อาจารย์สมิต สมิตะสิริ คุณวุฒิระดับปริญญาตรี ประสบการณ์ 25 ปี
3. อาจารย์ธวัชชานนท์ ตาไธสง คุณวุฒิระดับปริญญาโท ประสบการณ์ 13 ปี
4. อาจารย์ชาติชาย ดวงสุภา คุณวุฒิระดับปริญญาตรี ประสบการณ์ 7 ปี
5. อาจารย์ภัทร โพธิกนิษฐ์ คุณวุฒิระดับปริญญาตรี ประสบการณ์ 6 ปี

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบ่งได้ดังนี้

3.2.1 **การพัฒนาเตาไฟฟ้า**

3.2.1.1. **การออกแบบ**

1. การออกแบบ
2. การเขียนแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.2. **การผลิตดินเชื้อ**

1. การทุบก้อนดินเชื้อจากอิฐทนไฟ มีขนาด 5 ซม.
2. การบดก้อนดินเชื้อจากเครื่อง Jaw Cusher มีขนาด 1 มม.
3. การร่อนจากตะแกรงขนาดมุ้งลวด หรือตะแกรงขนาด 30 เมซ
4. การขจัดฝุ่นออกจากเม็ดดินเชื้อ

3.2.1.3. **การผสมเนื้อดิน**

การผสมเนื้อดินสร้างเตาไฟฟ้าเพื่อการเรียนการสอน โดยให้นักศึกษาแผนกวิชาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา เป็นผู้ปฏิบัติการขั้นเตรียมเนื้อดิน จากการผสมวัตถุดิบจำนวนมาก ผู้วิจัยได้จัดนักศึกษาแบ่งเป็นกลุ่ม จำนวน 5 กลุ่ม กลุ่มละ 2 คน ต่อ 1 กะละมัง ต่อ 15 กิโลกรัม โดยมีวิธีการดังนี้

(1) **อัตราส่วนผสม**

1. ดินเชื้อ
2. ดินทนไฟ
3. ดินยืดประสาน
4. ขี้เลื่อย
5. ทัลคัม

(2) **วิธีผสมเนื้อดินปั้น**

การผสมเนื้อดินปั้น ใช้วิธีผสมแห้ง โดยวิธีโรยวัตถุดิบ แล้วพรมน้ำเป็นช่วงๆ ดังนี้

1. โรยดินเชื้อ
2. โรยดินยืดประสาน
3. โรยขี้เลื่อย
4. โรยดินทนไฟ
5. โรยทัลคัม
6. พรมน้ำให้ทั่ว
7. คลุมพลาสติก

(3) **การหมัก การเกรอะ การนวด**

เตรียมเนื้อดินปั้นที่ผสมเสร็จแล้ว หมักทิ้งไว้ประมาณ 5 – 7 วัน ใช้พลั่วกลับด้านล่างขึ้นด้านบนแล้วรดน้ำ ใช้ถุงพลาสติกปิดปากภาชนะทิ้งไว้ 1 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเกรอะ ควรเกรอะบนลานดินหรือแผ่นปูนปลาสเตอร์ เพื่อไล่น้ำออกให้เหลือความชื้น 10 – 15%

การนวดใช้วิธีนวดด้วยมือหรือเครื่องนวดอัดรีด เพื่อให้ทุกส่วนของเนื้อดินเข้ากันได้ดี นำมาเก็บใส่ถุงไว้ 5 – 7 วัน

3.2.1.4. **วิธีการพัฒนาสร้าง**

1. การขึ้นรูปอิฐฉนวน
2. การเซาะรางรองขดลวด
3. การผึ่งอิฐฉนวน
4. การเผาอิฐ
5. การติดตั้งขดลวด
6. การประกอบเตา

3.2.2 **แบบประเมินประสิทธิภาพ**

แบบประเมินประสิทธิภาพเตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา แบ่งออกเป็น 4 ด้าน

1. แบบประเมินด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มีข้อคำถาม 10 ข้อ
2. แบบประเมินด้านวัสดุและการผลิตในระบบอุตสาหกรรม มีข้อคำถาม 10 ข้อ
3. แบบประเมินด้านไฟฟ้า มีข้อคำถาม 10 ข้อ
4. แบบประเมินด้านอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา มีข้อคำถาม 10 ข้อ

เกณฑ์การให้คะแนน แบบประเมินหาประสิทธิภาพเป็นแบบมาตรวัดประมาณค่า 5 ระดับ ได้กำหนดการให้คะแนนดังนี้

ระดับดีมาก ให้ 5 คะแนน
ระดับดี ให้ 4 คะแนน
ระดับปานกลาง ให้ 3 คะแนน
ระดับน้อย ให้ 2 คะแนน
ระดับน้อยที่สุด ให้ 1 คะแนน

เกณฑ์การแปลความหมาย แปลความค่าหมายคาเฉลี่ย ($\overline{X}$) ของแบบประเมินหาประสิทธิภาพจากเกณฑ์ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.50 – 5.00 หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก
3.50 – 4.49 หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับดี
2.50 – 3.49 หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับปานกลาง
1.50 – 2.49 หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับน้อย
1.00 – 1.49 หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับน้อยมาก

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.3.1 การพัฒนาเตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผา

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลในขั้นการพัฒนาเตาไฟฟ้าจากเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ การออกแบบเตาไฟฟ้า การผลิตดินเชื้อ การผสมเนื้อดินปั้น และวิธีการพัฒนาสร้างในโรงฝึกวิชาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา และโรงฝึกแผนกออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา

3.3.2 การทดสอบเผาเครื่องปั้นดินเผา

ในการเผาทดสอบเครื่องปั้นดินเผาแต่ละครั้ง ผู้วิจัยได้บันทึกรายละเอียดของการเผาทดสอบ ตั้งแต่ก่อนการเผา ระหว่างการเผา และหลังการเผา เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลหาพฤติกรรมเตาเผา และชิ้นงานเคลือบเครื่องปั้นดินเผา ผู้วิจัยได้ทดสอบเผา 2 ครั้ง

ครั้งที่ 1 เผาทดสอบเพิ่มพื้นที่บรรจุชิ้นงานเครื่องปั้นดินเผาเคลือบ
ครั้งที่ 2 เผาทดสอบลดพื้นที่บรรจุชิ้นงานเครื่องปั้นดินเผาเคลือบ

3.3.3 การประเมินผลจากผู้ทรงคุณวุฒิ

ซึ่งมีลำดับขั้นตอนดังนี้

1. ผู้วิจัยขอหนังสือจากบัณฑิตวิทยาลัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง ถึงผู้ทรงคุณวุฒิด้านออกแบบอุตสาหกรรม, ด้านวัสดุและการผลิต, ด้านไฟฟ้า และด้านอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา เพื่อขออนุญาตใช้แบบสอบถาม

2. ผู้วิจัยนำแบบสอบถามพร้อมหนังสืออนุญาตไปเก็บรวบรวมข้อมูลจาก ผู้ทรงคุณวุฒิด้านออกแบบอุตสาหกรรม, ด้านวัสดุและการผลิต, ด้านไฟฟ้า และ ด้านอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา และขอความร่วมมือมาตรวจสอบประเมินประสิทธิภาพเตาไฟฟ้า ณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนกวิชาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา

3. เก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้ทรงคุณวุฒิที่เป็นผู้ประเมินทั้ง 4 ด้าน จำนวน 15 คน และผู้วิจัยดำเนินการเก็บด้วยตนเอง

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

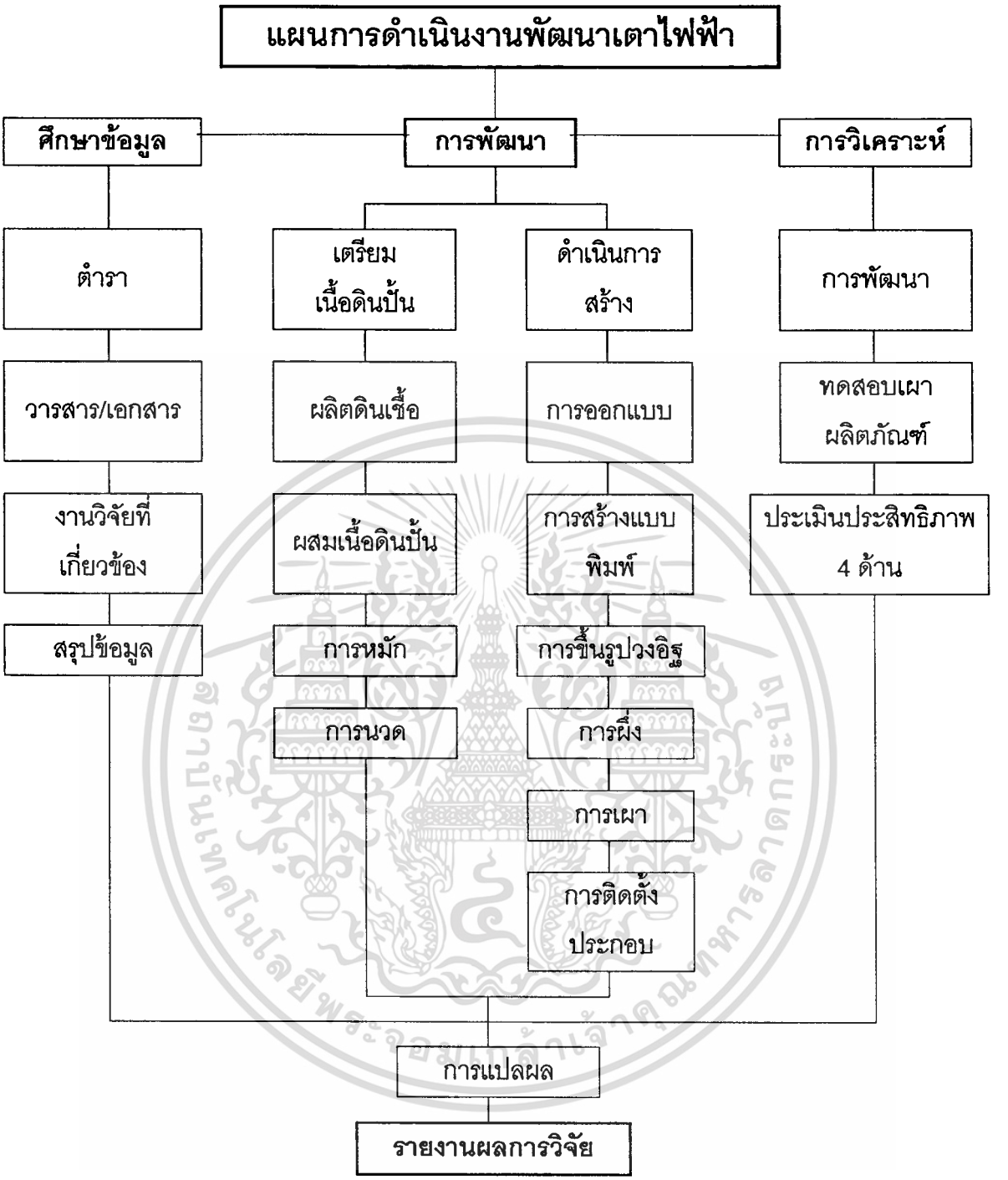
ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการพัฒนาเตาไฟฟ้า การเผาทดสอบเผาเครื่องปั้นดินเผา และแบบประเมินประสิทธิภาพ เพื่อนำไปคำนวนหาค่าสถิติ และใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการพัฒนาและสร้างเตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา

2. วิเคราะห์ข้อมูลการเผาทดสอบเพิ่มเนื้อที่บรรจุ และลดเนื้อที่บรรจุชิ้นงานเครื่องปั้นดินเผา

3. วิเคราะห์การหาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) ของความคิดเห็นในการพัฒนาเตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา ด้านออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, ด้านวัสดุและการผลิตในระบบอุตสาหกรรม, ด้านไฟฟ้า และด้านอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 แผนการดำเนินงานพัฒนาเตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัย เรื่อง การพัฒนาเตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผา มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา ให้มีพื้นที่บรรจุเพิ่ม และลดชิ้นงานเครื่องปั้นดินเผาตามกิจกรรมการเรียนการสอนในวิชาเครื่องปั้นดินเผา ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ของสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล โดยมีการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน ดังนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการพัฒนาเตาไฟฟ้าสำหรับเผาเครื่องปั้นดินเผา

4.2 ผลการวิเคราะห์ทดลองเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

4.3 ผลการวิเคราะห์การประเมินเพื่อหาประสิทธิภาพของเตาไฟฟ้าสำหรับเผาเครื่องปั้นดินเผา

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการพัฒนาเตาไฟฟ้าสำหรับเผาเครื่องปั้นดินเผา

4.1.1 ผลการวิเคราะห์ตาไฟฟ้าสำหรับเผาเครื่องปั้นดินเผา

ในการออกแบบผู้วิจัยได้ใช้กรอบแนวคิดที่ว่า เตามีรูปร่างทรงกลม จะทำให้การกระจายความร้อนภายในเตาได้เหมาะสมทั้งด้านบนและด้านล่าง ซึ่งผลจากการศึกษา ผู้วิจัยมีแนวคิดในการออกแบบเตาไฟฟ้าสำหรับเผาเครื่องปั้นดินเผา ดังนี้

1 เป็นเตาทรงกลม ติดตั้งขดลวดคันทอนไวท์ (Kanthon Wire) โดยมีลักษณะการทำงานแบบสะสมความร้อนจากการไหลผ่านกระแสไฟฟ้าไปตามขดลวดต้านทานภายในเตา

2. อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาชิ้นงานสูงสุด 1200 องศาเซลเซียส สามารถเผาชิ้นงานในลักษณะของการเผาเคลือบและเผาตกแต่งสีบนเคลือบได้

3. การใช้กระแสไฟฟ้าในการทำงาน ใช้เชื่อมต่อสายไฟฟ้าขนาด 3 สาย 380 โวลท์ โดยขั้วต่อด้านนอกผิวเตา

4.1.2 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างภายนอก ของเตาเผาไฟฟ้าสำหรับเผาเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา

ผู้วิจัยได้ศึกษาและวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างภายนอกของเตาไฟฟ้าตามรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1. พื้นเตายกสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผนังเตาและตัวเตามี 5 ชั้น (5 วงอิฐฉนวน) แต่ละชั้นมีความสูง 11 ซม. วางทับซ้อนก้น ความหนาของผนังเตาโดยปกติจะเท่ากับความหนาของอิฐทนไฟมาตรฐาน การประกอบเตารูปทรงกระบอกจะนิยมนำอิฐมาประกอบเข้าเป็นรูปวงแหวน

3. ฝาปิดเตาไฟฟ้า

4. ชั้นของตัวเตาแต่ละชั้นมีหูหิ้ว 2 ด้าน เพื่อสะดวกต่อการถอดประกอบเพื่อเพิ่มและลดขนาดของเตาให้สัมพันธ์และสอดคล้องกับชิ้นงานตามกิจกรรมการเรียนการสอน โดยหูหิ้วดังกล่าวใช้เหล็กเส้นกลมตัน ขนาด Ø 3/8 "

5. สะพานไฟฟ้าทำจากผลิตภัณฑ์เซรามิก สำหรับเป็นอุปกรณ์ยึดติดอยู่ที่เปลือกเตาภายนอกของแต่ละชั้น มีหน้าที่เป็นตัวเชื่อมเส้นขดลวดความร้อน และต่อสายไฟฟ้าชนิด 3 สาย โดยมีฝาครอบเพื่อความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

6. ช่องดูไฟและช่องสอดใส่เทอร์โมดิฟเปิ้ล มีหน้าที่ดูแสงไฟภายในเตาและวัดอุณหภูมิความร้อนภายในเตาไฟฟ้า ทำจากแท่งเซรามิก ลักษณะกลมกลวง

7. ตู้ควบคุมระบบดิจิตอลโซลิทสเตรทเลอร์ แยกจากตัวเตาไฟฟ้า

4.1.3 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างภายในเตาเผาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา

ผู้วิจัยได้ศึกษาและวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างภายในของเตาไฟฟ้าตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. พื้นเตาก่อด้วยอิฐที่มีความแข็งแรง มีหน้าที่รองรับส่วนต่างๆ ของเตาไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วยตัวเตาแต่ละชั้น ฝาเตาและชิ้นงานเครื่องปั้นดินเผา การสร้างพื้นเตาที่ต้องรับน้ำหนักมากนั้น พื้นเตาจะต้องทำการสร้างจากวัตถุดิบที่มีส่วนผสมของวัสดุให้มีความพรุนตัวน้อยกว่าส่วนอื่นๆ ของเตา ซึ่งจะมีผลในการรับน้ำหนักและแรงกดทับได้ดี

2. ห้องบรรจุชิ้นงานมีหน้าที่บรรจุชิ้นงานเครื่องปั้นดินเผาเพื่อทำการเผา ในการสร้างห้องบรรจุชิ้นงาน สามารถสร้างได้ด้วยอิฐที่มีน้ำหนักเบา กล่าวคือ มีความพรุนตัวสูง โดยใช้หลักทฤษฎีที่ว่า วัสดุที่มีความพรุนตัวสูงจะมีน้ำหนักเบา ซึ่งจะมีผลต่อ การนำ การพา และการแผ่รังสีความร้อน (กาญจนะ แก้วกำหนด)

3. ขดลวดความร้อนคำนวณได้จากการหาปริมาตรภายในพื้นที่ทั้งหมดของเตา มีส่วนทำให้กักเก็บสะสมความร้อนได้พอเพียงต่อการเผาชิ้นงานเครื่องปั้นดินเผา

4. เครื่องวัดอุณหภูมิ ใช้เทอร์โมคอบเปิ้ลชนิด T-R. ซึ่งสามารถวัดอุณหภูมิภายในเตาถึงจุดสุกตัวที่ 1200 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. รางรองรับขดลวดความร้อน เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ทนความร้อนได้สูงกว่าอุณหภูมิที่เผาจริง เพราะรางฉนวนไฟฟ้าดังกล่าวจะติดตั้งอยู่ในตำแหน่งที่สัมผัสกับความร้อนโดยตรง

6. ภายในของฝาเตาทำหน้าที่รับความร้อนสูงที่สุด วัสดุที่ใช้เป็นวัสดุเส้นใยเซรามิกส์ชนิดทนอุณหภูมิสูงมีน้ำหนักเบา ฝาเตาสามารถเปิด-ปิดได้ง่าย

4.1.4 ผลการวิเคราะห์ด้านวัสดุและกรรมวิธีการผลิต

การเลือกใช้วัสดุในการสร้างเตาไฟฟ้าที่ให้ความร้อนสูง ส่วนสำคัญคือต้องทนต่อการกัดกร่อนทางเคมี มีอายุการทำงานที่ยาวนาน การใช้พลังงานให้สอดคล้องกับการสร้างเตาไฟฟ้า ความสมดุลย์ของพลังงานภายในเตาขณะทำการเผา ดังนั้นวัสดุที่เป็นโครงสร้างต้องทนความร้อนได้ดี การเลือกใช้วัสดุทนไฟควรพิจารณาในด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. วัสดุที่ใช้มีคุณสมบัติเป็นฉนวนเพื่อป้องกันความร้อนส่งผ่าน

2. มีน้ำหนักเบาในหนึ่งหน่วยปริมาตร มีความหนาแน่นต่ำ เพื่อลดการสูญเสียพลังงานความร้อนที่เข้าไปกักเก็บ

3. วัสดุมีโครงสร้างแข็งแรง มีความทนทานต่อบรรยากาศการเผาทั้งรีดักชั่นและออกซิเดชั่น

4.1.5 ผลการวิเคราะห์อิฐฉนวนทนไฟเพื่อสร้างตัวเตา

อิฐฉนวนทนไฟมีความสำคัญต่อการสร้างเตาไฟฟ้า สามารถนำมาใช้ทั้งตัวพื้น ตัวเตา และเพดานเตา อิฐฉนวนทนไฟที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมีคุณสมบัติแตกต่างกัน เนื่องจากความสามารถทนอุณหภูมิสูง และทนต่อน้ำหนักกดทับที่อุณหภูมิได้แตกต่างกัน ซึ่งอิฐฉนวนทนไฟที่นิยมใช้แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ อิฐ K – 2B และ อิฐ K – 26

ในกรณีเป็นเตาอุณหภูมิสูง สัมผัสกับเปลวไฟทนอุณหภูมิการเผา 1,340 องศาเซลเซียส จะเลือกใช้อิฐฉนวน K – 2B สำหรับเตาไฟฟ้าที่ได้ทำการวิจัยเป็นเตาไฟฟ้าที่ต้องการความร้อนที่ 1,200 องศาเซลเซียส อิฐฉนวนทนความร้อนที่เหมาะสมคือ อิฐฉนวน K – 26 และเลือกใช้อิฐฉนวนทนความร้อน K – 26 จะมีผลต่อต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่า

ในการใช้อิฐฉนวนทนความร้อน ผู้วิจัยได้ศึกษากรรมวิธีการผลิตอิฐฉนวนกันความร้อนเพื่อให้ได้ตามมาตรฐาน สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และขอบเขตของโครงการ โดยมีกระบวนการในการผลิตอิฐฉนวนกับความร้อน ดังต่อไปนี้

1. การเตรียมเนื้อดินปั้น มีคุณสมบัติและส่วนผสมดังต่อไปนี้

1) ดินทนไฟระนอง มีลักษณะสีน้ำตาลหม่น มีส่วนผสมของซิลิก้ามาก ใช้ผลิตเป็นอิฐฉนวนได้คุณภาพปานกลาง ใช้ส่วนผสม 20%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ดินยืดประสาน มีความเหนียวเป็นตัวยึดวัสดุส่วนประกอบอื่นๆได้ดี โดยใช้ดินเหนียวสุราษฎร์ธานี เพราะทนความร้อนได้ดีกว่าดินเหนียวประเภทอื่นๆ โดยใช้ส่วนผสม 10%

3) ดินเชื้อ ได้จากการผลิตขึ้นตาม ข้อ 2.3, 3.3 หรือใช้เศษอิฐทนไฟแตก ที่ถูกรื้อถอนจากโรงงานทั่วไป มาแปรสภาพโดยการทุบหรือบดให้เป็นดินเชื้อ โดยใช้ส่วนผสม 45%

4) ขี้เลื่อย ใช่ขี้เลื่อยไม้เนื้ออ่อนผสมดินปั้น เมื่อเผาแล้วจะให้รูพรุนใหญ่กว่าไม้เนื้อแข็ง ใช้ส่วนผสม 30%

5) ทิลด์ เป็นตัวช่วยปรับการขยายตัวและหดตัวได้ดี แต่มีข้อเสียคือ อุณหภูมิการเผาจำกัด ใช้ส่วนผสม 5 – 7%

ตารางที่ 4.1 สัดส่วนการผสมวัสดุเพื่อผลิตอิฐฉนวนทนความร้อน

วัสดุที่ใช้เป็นส่วนผสม	อัตราส่วนผสม
1. ดินทนไฟระนอง	20 %
2. ดินยืดประสาน	10 %
3. ดินเชื้อ	45 %
4. ขี้เลื่อย	30 %
5. ทิลด์	5 %

2. วิธีการผสมเนื้อดินปั้น ใช้วิธีผสมแห้งโดยการโรยวัตถุดิบแต่ละตัวเป็นชั้นๆพรมน้ำเป็นช่วงให้กระจายเท่ากันทุกพื้นที่ จะต้องประเมินจำนวนสัดส่วนวัตถุดิบแต่ละชนิดเพื่อโรยให้หมดพร้อมกัน

3. การหมัก นำดินหมักไว้ก่อนใช้งาน 2 สัปดาห์ เพื่อให้เกิดจุลินทรีย์ สารเพิ่มความเหนียว ระหว่าง 2 วัน ต่อ 1 ครั้ง ให้กลับดินด้านล่างขึ้นด้านบน และให้สังเกตถ้าดินมีความชื้นน้อยก็ให้พรมน้ำเพิ่มขึ้น จากนั้นนำมาเกรอะนวดเข้าให้เป็นเนื้อเดียวกันเพื่อนำไปขึ้นรูปต่อไป

4. การขึ้นรูปอิฐฉนวน เนื่องจากเตาไฟฟ้าถูกกำหนดเป็นรูปทรงกลมเพื่อให้ง่ายต่อการประกอบและสร้าง จึงกำหนดขึ้นรูปอิฐฉนวนเป็นทรงกลมชิ้นเดียว หรือ 2 – 4 ชิ้น ในกรณีเป็นเตาใหญ่ ทั้งนี้เพื่อยกเข้าเตาเผาไฟฟ้าได้ง่ายขึ้น โดยมีวิธีการขึ้นรูปดังต่อไปนี้

1) การสร้างพิมพ์ของอิฐ ใช้เหล็กแผ่นหนา 4 มม. สูง 110 มม. นำมาดัดเป็นวงกลมเชื่อมปลายทั้ง 2 ข้าง ขัดมันภายในให้ลื่น ใช้เหล็กเส้นตัดเป็นโครงเชื่อมติดโครงสร้างเพื่อความแข็งแรงต่อการกดกระแทก มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตามต้องการ จำนวนพิมพ์ที่สร้างมีพิมพ์นอกแต่ใหญ่กว่าพิมพ์ด้านในตามความหนาของผนังเตาหรือตามความหนาของอิฐมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การประกอบแบบพิมพ์ นำแบบพิมพ์เหล็กทั้ง 2 มาประกอบ โดยมีแผ่นไม้อัดฉลุตามความหนาสอดใส่เพื่อให้พิมพ์แน่น ควรทาให้ลื่นด้วยน้ำมันเพื่อสะดวกต่อการถอดแบบ

3) การใส่เนื้อดินปั้น นำดินที่เตรียมไว้มาใส่ในแบบโดยรอบ อัดกระแทกด้วยไม้เป็นชั้นๆให้แน่นจนได้ดินเต็มแบบพิมพ์ แล้วตกแต่งส่วนบนสุดให้เรียบปล่อยทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นจึงถอดแบบออก ปล่อยทิ้งไว้ให้ดินหมาดพอสมควร (ประมาณ 1 วัน)

4) การเซาะราง ใช้เครื่องมือที่ประดิษฐ์ขึ้นเอง ขูดขีดให้เป็นร่องตามรูปทรงกลมให้มีความลึกตามต้องการที่จะใส่ราง วางขดลวดไฟฟ้า ตำแหน่งเซาะร่องอยู่ตรงกลางวงอิฐเป็นรูปตัวยู แล้วปล่อยทิ้งไว้ให้แห้งทีละน้อยอย่างสม่ำเสมอ

5) การเผาวงอิฐ จะต้องเผาอย่างช้าๆประมาณ 24 ชั่วโมง อุณหภูมิการเผาจะต้องให้สูงกว่าอุณหภูมิที่นำไปใช้จริง เช่น เตาไฟฟ้านี้ใช้งานได้ 1,200°C จะต้องเผาวงอิฐก่อน 1,280°C ส่วนผสมที่เป็นขี้เลื่อย จะถูกเผาไหม้หมดที่อุณหภูมิ 1,000°C ทำให้เกิดรูพรุนภายในเนื้ออิฐ และมีผลทำให้วงอิฐฉนวนมีน้ำหนักเบา

4.1.6 การวิเคราะห์วัสดุเส้นใยเซรามิก

วัตถุทนไฟที่มีปริมาณรูพรุนในวัสดุและโครงสร้างมากมีน้ำหนักเบานำมาสร้างฝาเตาไฟฟ้าซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อให้ฝาเตามีน้ำหนักเบา ง่ายต่อการเปิดและปิด ดังนั้น วัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนความร้อนที่ดี เช่น เส้นใยเซรามิกจึงได้ถูกเลือกมาใช้ในงานสร้างฝาเตาไฟฟ้า วัสดุเส้นใยที่จะนำมาสร้างฝาเตาไฟฟ้านี้ มีลักษณะให้เลือกตามท้องตลาดที่มีจำหน่ายโดยทั่วไป ดังนี้

1. วัสดุเส้นใยชนิดเซอโคเนีย เป็นเส้นใยชนิดผืนพับซ้อนกันเป็นชั้นรูปตัว Z ทนความร้อนสูง 1,430°C มีราคาแพง

2. วัสดุเส้นใยชนิดเคโอวูล เส้นใยชนิดเป็นผืนชื่อการค้าเรียกคล้ายกับเส้นใยเซอโคเนีย มีทั้งเป็นผืนและเป็นก้อน อุณหภูมิใช้งานสูงสุด 1,260°C มีราคาถูกกว่าเส้นใยเซอโคเนีย

3. แผ่นแคลเซียมซิลิเกต นำมาสร้างเตาเป็นเทคนิคการบุด้วยแผ่นที่สามารถให้อุณหภูมิ 1,200°C แผ่นบุชนิดนี้มีความหนาแน่นมากกว่าเส้นใย นิยมนำไปใช้ติดตั้งกันความร้อนที่ผิวนอกของผนังเตา

วิธีสร้างฝาเตาจากเส้นใยเซรามิก เทคนิควิธีการบุเป็นแผ่นหรือเป็นผืน จะมีความเหมาะสมดี สำหรับเตาที่มีขนาดใหญ่ใช้อุณหภูมิต่ำ และเตาขนาดเล็กใช้อุณหภูมิสูง การสร้างโดยดัดเหล็กเป็นโครงรูปทรงกลมยึดด้วยเหล็กเส้นด้านบนให้แข็งแรงเป็นรูปตาข่าย วิธีการบุเส้นใยจะติดตั้งโดยระบบการปิดด้วยตัวยึด (หมุดยึดเซรามิก) นำผืนเส้นใยพับซ้อนกัน 3-4 ชั้น ให้เกิดความหนา ใช้ตัวยึดเซรามิก ดึงด้วยลวดทนความร้อนชนิด Kanthal ผูกติดกับตัวยึดมัดกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหล็กเส้นด้านบนสุดให้ตึงและแน่น ภายในจุดต่างๆของโครงฝาเตาไฟฟ้าห่างกันพอประมาณ จะได้ฝาเตาที่มีน้ำหนักเบา สะดวกต่อการใช้งานและประหยัดพลังงาน

4.1.7 วิเคราะห์วัสดุที่ใช้ประกอบโครงสร้าง

วัสดุที่ใช้ประกอบโครงสร้างภายนอกเตาไฟฟ้าทรงกลมนับได้ว่ามีความสำคัญรองจากวัสดุภายในเตา ไม่เหมือนกับเตาเผาทรงสี่เหลี่ยมที่มีประตูอยู่ด้านข้าง จะใช้วัสดุประเภทโลหะแผ่นโครงสร้างภายนอกเป็นเหล็ก โดยทำเป็นโครงเตาเผาขึ้นก่อนแล้วบุด้วยอิฐฉนวนกันความร้อน วัสดุจะต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับการใช้งาน โดยผลการวิเคราะห์ได้วัสดุที่เหมาะสมดังต่อไปนี้

1. เหล็กกล้าสแตนเลสชนิดแผ่น ในการสร้างเตาปัจจุบันนิยมใช้โลหะแผ่น เนื่องจากทนความร้อนได้สูง ทนต่อการกัดกร่อน มีความแข็งแรง การสร้างเตาไฟฟ้า ได้นำมาติดตั้งเพื่อห่อหุ้มโดยรอบตัวเตาเป็นทรงกลม โดยใช้แผ่นสแตนเลสชนิดเจาะรู เพื่อทำให้เกิดความแข็งแรงต่อการสร้างได้ดี ความชื้นที่เกิดจากการเผาในช่วงต้นๆ จะไม่กักเก็บอยู่ในแผ่นสแตนเลส ไม่นำพาให้เกิดการผุกร่อนในโครงสร้างเมื่อเปรียบเทียบกับสแตนเลสชนิดแผ่นทึบ

2. เหล็กสี่เหลี่ยม เหล็กสี่เหลี่ยมหน้าตัดจัตุรัสขนาด 1x1 นิ้ว ใช้เป็นวัสดุสร้างฐานรองรับตัวเตา

3. เหล็กฉาก ขนาด 1x1 นิ้ว ใช้สำหรับเป็นคานรองรับ และใช้สร้างเป็นตัวยึดกับบานพับ ระหว่างฝาเตากับตัวเตา

4. เหล็กแผ่นเส้น

5. เหล็กเส้นกลม

4.1.8 ผลวิเคราะห์หลักการออกแบบที่สัมพันธ์กับคุณภาพของผลิตภัณฑ์

ในการวิเคราะห์การออกแบบ ผู้วิจัยได้ใช้หลักการออกแบบที่สัมพันธ์กับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยใช้หลักการออกแบบดังต่อไปนี้

1. การออกแบบที่สัมพันธ์กับวัสดุและกระบวนการการผลิต

2. การออกแบบที่สัมพันธ์กับหน้าที่ใช้สอย

3. การออกแบบที่สัมพันธ์กับความต้องการของผู้บริโภค

4. การออกแบบที่มีคุณค่าทางความงาม

4.1.9 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการออกแบบ

ผู้วิจัยได้ใช้หลักการออกแบบรูปทรงโดยการอุปมา (Analogy) จากรูปทรงของชุดเถาปิ่นโตใส่อาหารลักษณะวางทับซ้อนกันเป็นชั้น มาผสมผสานเพื่อให้เกิดเป็นรูปทรงของผลิตภัณฑ์เตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา ซึ่งแสดงภาพในภาคผนวก ค. ภาพการพัฒนาเตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผา ภาพที่ 1-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.10 ผลการวิเคราะห์รูปแบบเตาไฟฟ้าเพื่อการพัฒนา

รูปแบบเตาเผาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา ได้พัฒนาต่อเนื่องจากการอุปมารูปทรงชุดปิ่นโต มีลักษณะตัวเตาทรงกลม วางซ้อนกันเป็นชั้นๆ ติดตั้งหูจับยกให้ถอดประกอบได้ ชุดขดลวดความร้อนติดตั้งที่ผิวเตา มีฝาครอบสะพานไฟเพื่อความปลอดภัย ส่วนฐานมีคานเหล็กหน้าตัดรองรับ มีฝาเปิดด้านบนเพื่อบรรจุผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา มีชุดควบคุมอุณหภูมิแยกอิสระจากตัวเตา ซึ่งแสดงในภาคผนวก ค. ภาพที่ 3

4.2 ผลการวิเคราะห์ทดลองเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

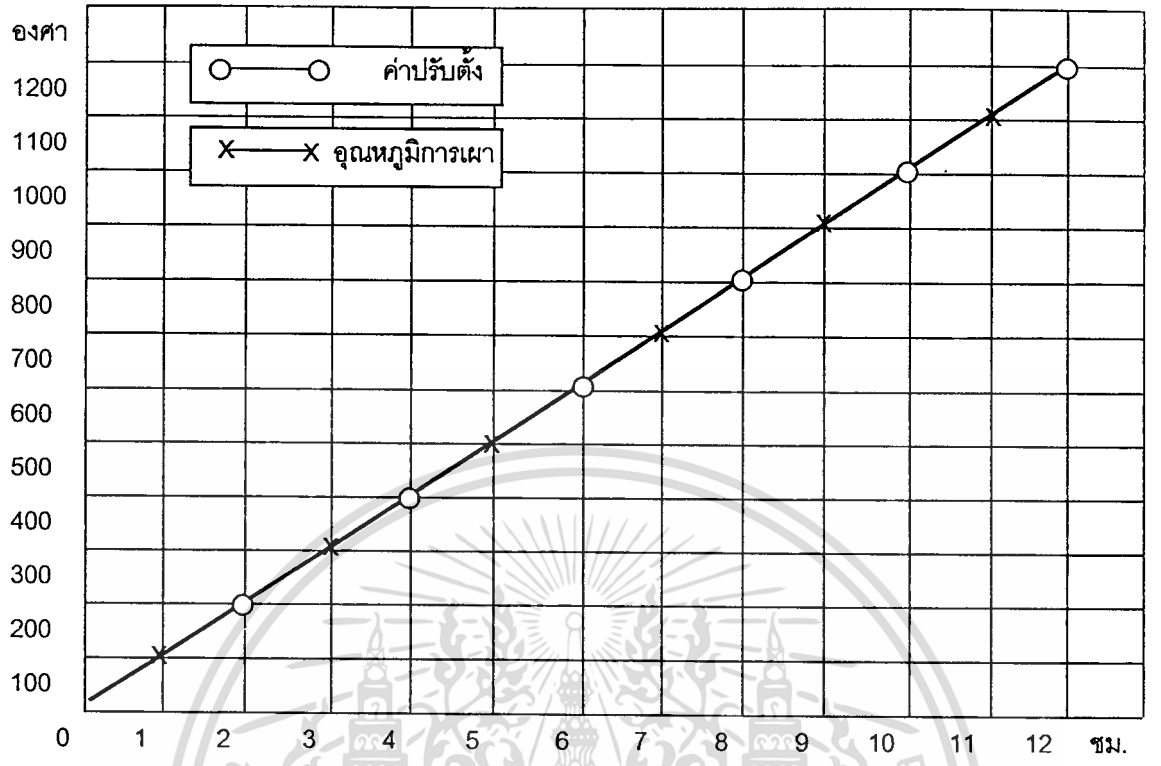
หลังจากทำการสร้างเตาเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ การทำให้เตาแห้ง โดยการไล่ความชื้นออกจากอิฐวงเตา หรือนำน้ำออกจากอิฐ ภายในอิฐเตาทั้งหมดจะแห้งอย่างสมบูรณ์ก่อนที่จะดำเนินการเผาผลิตภัณฑ์ อุณหภูมิที่ทำให้อิฐแห้งภายในเตาเพื่ออุ่นเตาจะอุ่นที่ประมาณ 200°C เวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นทำการเพิ่มอุณหภูมิ 400-500°C โดยใช้เวลาอีก 12 ชั่วโมง

การเผาทดสอบแต่ละครั้งจะใช้เครื่องควบคุมความร้อนระบบโปรแกรมชุดควบคุมอัตโนมัติแบบโซลิดสเตรท ที่ได้ออกแบบไว้คู่กับเตาในการปฏิบัติการเผาทุกครั้ง ลักษณะการทำงานของชุดควบคุมจะแสดงลักษณะตำแหน่ง OUT - OFF ที่หน้าจอ เตาเผาจะให้ความร้อนโดยจ่ายกระแสไฟฟ้ามาจากจุดกำเนิด โดยไฟฟ้าจะไหลเข้าขดลวดความร้อน Kanthon Wire ภายในเตา และหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังขดลวด เมื่ออุณหภูมิเกินกว่าค่าปรับตั้ง กรณีอุณหภูมิภายในเตาเผาต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ เครื่องจะทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟฟ้าทันที มีลักษณะเปิด-ปิด สลับกันเช่นนี้ตลอดไปจนสิ้นสุดการเผา และเครื่องจะหยุดการทำงานโดยอัตโนมัติ การทดสอบการเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผามี 2 ครั้ง ดังนี้

4.2.1 **เผาทดสอบครั้งที่ 1** เผาเพิ่มเนื้อที่บรรจุ มีขั้นตอนในการทดสอบการเผาดังต่อไปนี้

1. บรรจุชิ้นงานเครื่องปั้นดินเผาเคลือบ ภายในพื้นที่บรรจุทั้งหมด 6 วงเตา
2. ระบบการต่อสะพานไฟฟ้าสู่ขดลวดต้านทาน 3 เฟส 360 โวลท์ แบบอนุกรม – เดลต้า ได้กระแสไฟฟ้า 33.50 แอมแปร์ 22.00 กิโลวัตต์
3. ควบคุมการเผาระบบดิจิตอลคอนโทรล
4. เซเกอร์โคล 6 วางชั้นล่าง กลาง บน
5. ค่าปรับตั้งสูงสุด 1,200°C
6. เวลาในการเผา 12 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.10 แสดงกราฟอุณหภูมิเฉลี่ยการเผาชิ้นงานเคลือบพื้นที่บรรจุ 6 วงเตา

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลการเผาทดสอบครั้งที่ 1

ลำดับที่	ระยะปรับตั้ง (ซม.)	อุณหภูมิปรับตั้ง (^{o}C)	อุณหภูมิการเผา (^{o}C)	ความถี่
1	1-2	200	200	-
2	2-4	400	400	200
3	4-6	600	600	200
4	6-8	900	900	300
5	8-10	1,100	1,100	200
6	10-12	1,200	1,200	200

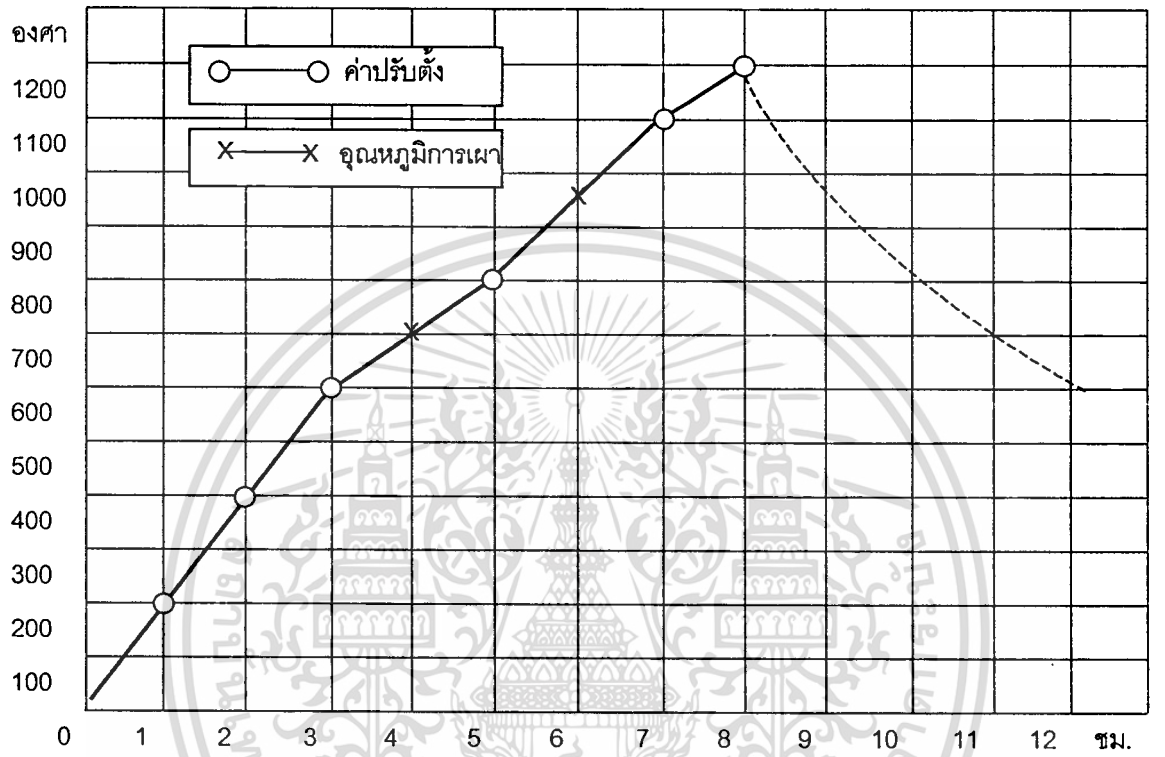
4.2.2 **เผาทดสอบครั้งที่ 2** มีขั้นตอนในการทดสอบการเผา ดังต่อไปนี้

1. บรรจุชิ้นงานเคลือบภายในพื้นที่บรรจุทั้งหมด 5 วงเตา

2. ต่อระบบสายสะพานไฟฟ้าสู่ขดลวดต้านทาน 3 เฟส 360 โวลท์ ต่อแบบอนุกรม – เดลต้า กระแสไฟฟ้า 33.50 แอมแปร์ 22.0 กิโลวัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ควบคุมการเผาระบบดิจิตอลคอนโทรล
4. เซเกอร์โคล 6 ค วางชั้นล่าง และบน
5. ค่าปรับตั้งสูงสุด 1,200°C หน้าจอโปรแกรม
6. เวลาเผา 8 ชั่วโมง



ภาพที่ 4.11 แสดงกราฟอุณหภูมิเฉลี่ยการเผาชิ้นงานเคลือบพื้นที่บรรจุ 5 วงเตา

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลการเผาทดสอบครั้งที่ 2

ลำดับที่	ระยะปรับตั้ง (ชม.)	อุณหภูมิปรับตั้ง (°C)	อุณหภูมิการเผา (°C)	ความถี่
1	0-1	200	200	0
2	1-2	400	400	200
3	2-3	600	600	200
4	3-5	800	800	200
5	5-7	1,100	1,100	300
6	7-8	1,200	1,200	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการประเมินประสิทธิภาพเตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของเตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษาของผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 4 ด้าน ตามตารางที่ 4.4 – 4.7

4.3.1 ผลการประเมินประสิทธิภาพด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (N = 3)

ที่	รายละเอียด	$\overline{X}$	S.D.	การแปรความหมาย
				ระดับ
1	การออกแบบสัมพันธ์กับประโยชน์ใช้สอย	4.67	0.58	ดีมาก
2	การออกแบบสนองประโยชน์ผู้ใช้	4.00	0.00	ดี
3	ออกแบบสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมของสถานที่ใช้งาน	4.33	0.58	ดี
4	การจัดพื้นที่ภายในเตาเผาสอดคล้องกับชิ้นงานของนักศึกษา	4.67	0.58	ดีมาก
5	การถอดประกอบชิ้นส่วนภายในเตาเผาเพื่อซ่อมบำรุง	4.67	0.58	ดีมาก
6	การเคลื่อนย้ายเพื่อการขนส่ง	4.33	0.58	ดี
7	ตำแหน่งการวางเครื่องควบคุมอุณหภูมิ	4.33	0.58	ดี
8	การปรับปิด-เปิดประตูหรือฝาเตา	4.00	0.00	ดี
9	ความปลอดภัยของเตาเผาต่อการใช้งาน	3.67	0.58	ดี
10	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโครงการ	4.67	0.58	ดีมาก
	ความคิดเห็นโดยรวม	4.33	0.46	ดี

จากตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์พบว่าผู้ทรงคุณวุฒิส่วนใหญ่แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการออกแบบเตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษาระดับดีมาก 4 ประเด็น คือ การออกแบบสัมพันธ์กับประโยชน์ใช้สอย การจัดพื้นที่ภายในเตาสอดคล้องกับชิ้นงานของนักศึกษา การถอดประกอบชิ้นส่วนภายในเตาเผาเพื่อซ่อมบำรุง และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโครงการ ความคิดเห็นระดับดี 6 ประเด็น คือ การออกแบบสนองประโยชน์ผู้ใช้ ออกแบบสัมพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับสภาพแวดล้อมของสถานที่ใช้งาน การเคลื่อนย้ายเพื่อการขนส่ง ตำแหน่งการวางเครื่องควบคุมอุณหภูมิ การปรับปิด-เปิดประตูหรือฝาเตา และความปลอดภัยของเตาเผาต่อการใช้งาน

4.3.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพด้านวัสดุและการผลิตในระบบอุตสาหกรรม

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านวัสดุและการผลิตในระบบอุตสาหกรรม (N = 3)

ที่	รายละเอียด	$\overline{X}$	S.D.	การแปรความหมาย
				ระดับ
1	การเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์	4.00	0.00	ดี
2	คุณสมบัติของวัสดุที่เลือกใช้สามารถต้านทานความร้อนและเป็นฉนวน	4.33	0.58	ดี
3	การผลิตแม่พิมพ์ที่สอดคล้องและง่ายต่อการผลิตอิฐฉนวน	4.67	0.58	ดีมาก
4	การผลิตตัวเตาง่ายต่อการทำโครงสร้าง	4.00	0.00	ดี
5	ความแข็งแรงของโครงสร้างเตา	4.67	0.58	ดีมาก
6	ง่ายต่อการประกอบเป็นรูปเตา	5.00	0.00	ดีมาก
7	การใช้วัสดุจับยึดฝาเตาและตัวเตา	4.00	0.00	ดี
8	การแสดงแบบเพื่อการผลิตชัดเจน	4.33	0.58	ดี
9	ง่ายต่อการบำรุงรักษา	5.00	0.00	ดีมาก
10	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโครงการ	4.33	0.58	ดี
	ความคิดเห็นโดยรวม	4.43	0.29	ดี

จากตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์พบว่าผู้ทรงคุณวุฒิส่วนใหญ่แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับวัสดุและการผลิตเตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา อยู่ในระดับดีมาก 4 ประเด็นคือ การผลิตแม่พิมพ์ที่สอดคล้องและง่ายต่อการผลิตอิฐฉนวน ความแข็งแรงของโครงสร้างเตา ง่ายต่อการประกอบเป็นรูปเตา และง่ายต่อการบำรุงรักษา ความคิดเห็นในระดับดี 6 ประเด็น คือ การเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ คุณสมบัติของวัสดุที่เลือกใช้สามารถต้านทานความร้อนและเป็นฉนวน การผลิตตัวเตาง่ายต่อการทำโครงสร้าง การใช้วัสดุจับยึดฝาเตาและตัวเตา การแสดงแบบเพื่อการผลิตชัดเจน และ สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 ผลการประเมินประสิทธิภาพด้านไฟฟ้า

ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านไฟฟ้า (N = 3)

ที่	รายละเอียด	$\overline{X}$	S.D.	การแปรความหมาย
				ระดับ
1	การเลือกใช้ระบบการให้ความร้อน	5.00	0.00	ดีมาก
2	การเลือกใช้ระบบการวัดทางอิเล็กทรอนิกส์	4.33	0.58	ดี
3	การเลือกใช้ระบบการควบคุมการทำงานของเตาให้ความร้อน	5.00	0.00	ดีมาก
4	ความเหมาะสมในการติดตั้งชุดขดลวดและอุปกรณ์ที่สามารถทนความร้อน	4.67	0.58	ดีมาก
5	อุปกรณ์ควบคุมมีความเหมาะสม	5.00	0.00	ดีมาก
6	การจัดวางตำแหน่งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ภายในเครื่องที่สอดคล้องกับการทำงาน	4.33	0.58	ดี
7	ความสะดวกในการบำรุงรักษา	4.67	0.58	ดีมาก
8	ความเป็นไปได้ในการผลิตเตาในระบบอุตสาหกรรม	4.67	0.58	ดีมาก
9	ระบบการป้องกัน	3.67	0.58	ดี
10	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโครงการ	5.00	0.00	ดีมาก
	ความคิดเห็นโดยรวม	4.63	0.35	ดีมาก

จากตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์พบว่าผู้ทรงคุณวุฒิส่วนใหญ่แสดงความคิดเห็นทางด้านไฟฟ้าของเตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา อยู่ในระดับดีมาก 7 ประเด็นคือ การเลือกใช้ระบบการให้ความร้อน การเลือกใช้ระบบการควบคุมการทำงานของเตาให้ความร้อน ความเหมาะสมในการติดตั้งชุดขดลวดและอุปกรณ์ที่สามารถทนความร้อน อุปกรณ์ควบคุมมีความเหมาะสม ความสะดวกในการบำรุงรักษา ความเป็นไปได้ในการผลิตเตาในระบบอุตสาหกรรม และ สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโครงการ ความคิดเห็นระดับดีมีอยู่ 3 ประเด็น การเลือกใช้ระบบการวัดทางอิเล็กทรอนิกส์ การจัดวางตำแหน่งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ภายในเครื่องที่สอดคล้องกับการทำงาน และระบบการป้องกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4 ผลการประเมินประสิทธิภาพด้านอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา

ตารางที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา (N = 5)

ที่	รายละเอียด	$\overline{X}$	S.D.	การแปรความหมาย
				ระดับ
1	ลักษณะเตาเหมาะสมกับการใช้ในสถานศึกษา	4.20	0.84	ดี
2	ความเหมาะสมพื้นที่บรรจุภายในตามการเรียนการสอน	4.40	0.55	ดี
3	ความพอใจหลังจากเผาทดสอบชิ้นงานของนักศึกษา	4.20	0.45	ดี
4	ความสะดวกสบายในการใช้งาน	4.00	0.71	ดี
5	เชื่อมั่นความปลอดภัยในการใช้งาน	3.60	0.55	ดี
6	ความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของสถานศึกษา	4.40	0.89	ดี
7	ระดับการขึ้นอุณหภูมิตามโปรแกรมการเผา	4.40	0.55	ดี
8	ความเหมาะสมกับระบบควบคุมอุณหภูมิแบบโซลิตสเตรท	4.40	0.55	ดี
9	ความคงทนถาวรต่อการใช้งานในสถานศึกษา	3.80	0.84	ดี
10	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโครงการ	4.60	0.55	ดีมาก
	ความคิดเห็นโดยรวม	4.14	0.65	ดี

จากตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์พบว่าผู้ทรงคุณวุฒิส่วนใหญ่แสดงความคิดเห็นทางด้านอุตสาหกรรมของการใช้เตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา อยู่ในระดับดีมากมีประเด็นเดียวคือ สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโครงการ ความคิดเห็นระดับดีมีอยู่ 9 ประเด็น ลักษณะเตาเหมาะสมกับการใช้ในสถานศึกษา ความเหมาะสมพื้นที่บรรจุภายในตามการเรียนการสอน ความพอใจหลังจากเผาทดสอบชิ้นงานของนักศึกษา ความสะดวกสบายในการใช้งาน เชื่อมั่นความปลอดภัยในการใช้งาน ความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของสถานศึกษา ระดับการขึ้นอุณหภูมิตามโปรแกรมการเผา ความเหมาะสมกับระบบควบคุมอุณหภูมิแบบโซลิตสเตรท และความคงทนถาวรต่อการใช้งานในสถานศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาเตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา ซึ่งสรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะดังนี้

5.1.1 วัตถุประสงค์ในการวิจัย

การพัฒนาเตาไฟฟ้าสำหรับเผาเครื่องปั้นดินเผา

5.1.2 ประชากรกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยเป็นกลุ่มตัวอย่างเจาะจง คือผู้ทรงคุณวุฒิ ประเมินแบบสอบถามด้านต่างๆ ดังนี้

1. ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินด้านการออกแบบอุตสาหกรรม 3 คน
2. ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินด้านไฟฟ้า 3 คน
3. ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินด้านวัสดุและการผลิต 3 คน
4. ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินด้านอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา 5 คน

5.1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบ่งได้ดังนี้

5.1.3.1 การพัฒนาเตาไฟฟ้า

1. การออกแบบ
2. การผลิตดินเชื้อ
3. การผสมเนื้อดิน
4. วิธีการพัฒนาสร้าง

5.1.3.2 แบบประเมินประสิทธิภาพเตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา แบ่งออกเป็น 4 ด้าน

1. แบบประเมินด้านการออกแบบ มีข้อคำถาม 10 ข้อ
2. แบบประเมินด้านวัสดุและการผลิต มีข้อคำถาม 10 ข้อ
3. แบบประเมินด้านไฟฟ้า มีข้อคำถาม 10 ข้อ
4. แบบประเมินด้านอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา มีข้อคำถาม 10 ข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.4 **การเก็บรวบรวมข้อมูล**

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลตามลำดับดังนี้

1. การพัฒนาเตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา

2. การทดสอบเผาเครื่องปั้นดินเผา

3. การประเมินประสิทธิภาพเตาไฟฟ้าจากผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งมีลำดับขั้นตอนดังนี้

1) ผู้วิจัยขอหนังสือจากบัณฑิตวิทยาลัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง ถึงผู้ทรงคุณวุฒิด้านออกแบบอุตสาหกรรม, ด้านวัสดุและการผลิต, ด้านไฟฟ้า และด้านอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา เพื่อขออนุญาตใช้แบบสอบถาม

2) ผู้วิจัยนำแบบสอบถามพร้อมหนังสืออนุญาตไปเก็บรวบรวมข้อมูลจาก ผู้ทรงคุณวุฒิด้านออกแบบอุตสาหกรรม, ด้านวัสดุและการผลิต, ด้านไฟฟ้า และ ด้านอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา และขอความร่วมมือมาตรวจสอบประเมินประสิทธิภาพเตาไฟฟ้า ณ แผนกวิชาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา

3) เก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้ทรงคุณวุฒิที่เป็นผู้ประเมินทั้ง 4 ด้าน จำนวน 14 คน และผู้วิจัยดำเนินการเก็บด้วยตนเอง

5.1.5 **การวิเคราะห์ข้อมูล**

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการพัฒนาเตาไฟฟ้า การเผาทดสอบเตา และแบบประเมิน เพื่อนำไปคำนวนหาค่าสถิติ และใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการพัฒนาและสร้างเตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา

2. วิเคราะห์ข้อมูลการเผาทดสอบเพิ่มเนื้อที่บรรจุ และลดเนื้อที่บรรจุชิ้นงานเครื่องปั้นดินเผา

3. วิเคราะห์การหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) ของความคิดเห็นในการพัฒนาเตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา ด้านออกแบบอุตสาหกรรม, ด้านวัสดุและการผลิต, ด้านไฟฟ้า และด้านอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา

5.1.6 **สรุปผลการวิจัย**

5.1.6.1 **ผลการพัฒนาเตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา**

1. วัสดุสร้างวงอิฐฉนวน ได้แก่ ดินเชื้อ ดินทนไฟระนอง ดินเหนียวสุราษฎร์ธานี ทัลคัม และขี้เลื่อยไม้เนื้ออ่อนเผา 1,280°C ได้วงอิฐมีน้ำหนักเบา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. รูปทรง เตาทรงกลมวางซ้อนกันได้ตั้งแต่ 5-7 วงอิฐ ประกอบเป็นรูปตัวเตา วงอิฐฉนวนแต่ละวงบุด้วยเส้นใยเซรามิก หุ้มด้วยแผ่นสแตนเลสรู รัดด้วยเหล็กเส้นภายนอก ภายในวงอิฐเซาะร่องวางขดลวดคันทอนไวร์

3. ติดตั้งไฟฟ้า ต่อไฟ 3 เฟส ตำแหน่งนอกผิวเตามีฝาครอบกันความปลอดภัย ควบคุมอุณหภูมิระบบอัตโนมัติแบบโซลิสเตรท แยกกับตัวเตาอิสระ

4. โครงสร้างฐาน ทำจากเหล็กหน้าตัดเหลี่ยม ติดล้อ 4 ขา เพื่อการเคลื่อนย้าย

5. ฝาเปิด ทำจากโครงเหล็กแผ่น ยึดกับโครงเหล็กเส้น บุด้วยผืนใยเซรามิก ความหนา 3 นิ้ว หุ้มด้วยแผ่นสแตนเลสรูด้านบน

6. สี เป็นสีทนไฟ อุณหภูมิ 600°C สีดำ และบรอนเงิน

5.1.6.2 **ทดสอบเตาเผา**

ผลการทดสอบเตาเผา 2 ครั้ง คือ

ครั้งที่ 1 เผาเพิ่มพื้นที่ภายใน วงเตาฉนวนมี 6 วง ไฟ 3 เฟส อุณหภูมิการเผา 1,200°C ใช้เวลา 12 ชั่วโมง ผลการขึ้นอุณหภูมิเป็นไปตามการตั้งโปรแกรมการเผา ผลิตภัณฑ์เคลือบเป็นมันวาวระดับดี

ครั้งที่ 2 เผาลดพื้นที่ภายใน วงเตาฉนวนมี 5 วง ไฟ 3 เฟส อุณหภูมิการเผา 1,200°C ใช้เวลา 8 ชั่วโมง ผลการขึ้นอุณหภูมิเป็นไปตามการตั้งโปรแกรมการเผา ผลิตภัณฑ์เคลือบเป็นมันแววาวระดับดี ชั้นล่างสุดด้านเล็กน้อย

พฤติกรรมหลังการเผาของเตาอยู่ในสภาพปกติ การเผาเพิ่ม-ลดพื้นที่บรรจุเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการพัฒนาเตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา

5.1.6.3 **ผลการประเมิน**

1. ผลการพัฒนาเตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา ด้านการออกแบบอุตสาหกรรม พบว่า อยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 4.33)

2. ผลการพัฒนาเตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา ด้านวัสดุและการผลิต พบว่า อยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 4.43)

3. ผลการพัฒนาเตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา ด้านไฟฟ้า พบว่า อยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 4.63)

4. ผลการพัฒนาเตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา ด้านอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา พบว่า อยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 4.14)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

ผลของการวิจัยพบว่า การพัฒนาเตาไฟฟ้าให้มีเนื้อที่บรรจุเพิ่ม-ลด ชิ้นงานเครื่องปั้นดินเผาของนักศึกษา ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ทำให้ได้รูปแบบเตาไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้นใหม่ ดังอภิปรายผลต่อไปนี้

5.2.1 ผลการพัฒนาเตาไฟฟ้า

การพัฒนาเตาไฟฟ้าใช้เผาเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา ถูกกำหนดออกแบบเป็นเตารูปทรงกลม มีฝาเปิด-ปิด และบรรจุชิ้นงานไว้ด้านบน ตัวเตาสร้างด้วยอิฐทนไฟ มีความพรุนตัวสูงมากกว่า 50% ตามแนวทฤษฎีของ กาญจนะ แก้วกำเนิด (2540:26) ส่วนผสมการทำวงอิฐฉนวนทนไฟก่อสร้างตัวเตา จากทฤษฎีของ Norsker, H : (1987:32) ทำให้ผลิตภัณฑ์วงอิฐฉนวนมีน้ำหนักเบา

ผลการประกอบเป็นตัวเตารูปทรงกลม วางซ้อนกันเป็นชั้นๆ ได้ตามจำนวนต้องการ แต่ละชั้นบุด้วยวัสดุฉนวนเส้นใยเซรามิก และหุ้มด้วยแผ่นสแตนเลส เพื่อป้องกันลมภายนอกปะทะขณะเกิดความร้อน อาจทำให้วงอิฐภายในแตกได้ขณะเผา หรือเรียกว่าการแตกเฉียบพลัน

การติดตั้งขดลวดคันทอนไวร์ ขนาด 2.5 มม. โดยมีรางรองรับเป็นฉนวนไฟฟ้าเซรามิก ซึ่งเป็นจุดสัมผัสขดลวดความร้อนโดยตรง ใช้ขดลวดทนความร้อนดัดเป็นรูปตัวยูเย็บติดแน่นระหว่างรางกับผนังเตา มีขดลวดไฟฟ้าอยู่ตำแหน่งกลาง เพื่อป้องกันการหลุดออกนอกรางของขดลวด เมื่อโดนความร้อนจะมีพฤติกรรมขยายตัว และเมื่อเย็นลงก็จะหดตัว จะทำให้ขดลวดหลุดได้

ระบบควบคุมป้อนกระแสไฟฟ้า เป็นตู้แผงวงจรไฟฟ้าแยกออกจากตัวเตา ขดลวดต้านทานแยกเป็นส่วนๆ ในหนึ่งเส้นอิสระต่อกัน การต่อขั้วและสะพานไฟ จะต่อร่วมกันที่ผิวภายนอกติดกับตัวเตา โดยมีลูกเต๋าเซรามิกเป็นตัวเชื่อม การป้อนกระแสไฟฟ้าจะผ่านสวิทช์แบบโซลิตสเตทรีเลย์ภายในตู้ สู่จุดต่อขั้วขดลวดที่อยู่กับผิวเตา สามารถใช้งานได้ 2 ลักษณะคือ แบบ 1 เฟส และ 3 เฟส ซึ่งเหมาะกับการนำไปใช้ในสถานศึกษาที่มีไฟฟ้าใช้ในโรงงานฝึกแตกต่างกัน สำหรับโรงงานฝึกแผนกเครื่องปั้นดินเผาของสถานบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา มีกำลังไฟรองรับเพียงพอ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ไฟลักษณะ 3 เฟส ในการทดสอบการเผา

5.2.2 ผลทดสอบการเผา

การเผาครั้งที่ 1 เผาเพิ่มพื้นที่บรรจุใช้วงเตา 6 วง เผาครั้งที่ 2 เผาลดพื้นที่บรรจุ ใช้วงเตา 5 วง (รูปที่ 4.1 และ 4.2) พบว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เส้นค่าเฉลี่ยอุณหภูมิการเผาจริงตรงกับเส้นค่าปรับตั้งทุกตำแหน่ง ทุกระยะเวลาการเผา วัดได้จากเครื่องมือชุดเทอร์โมคัพเปิ้ล และไพโรมิเตอร์

2. ค่าที่วัดได้จากทุ่นทนไฟ (Cones) ในการเผาครั้งที่ 1 พบว่า อุณหภูมิภายในเตาชั้นล่างมีผลต่างกับชั้นบน ระหว่าง 5 - 10°C ส่วนการเผาครั้งที่ 2 มีผลต่างระหว่าง 10 - 15°C ซึ่งตามทฤษฎีการกระจายความร้อนภายในเตาที่ดี อุณหภูมิภายในเตาจะมีค่าความต่างประมาณ 10°C ผลแตกต่างกันของการเผา 2 ครั้ง เป็นผลจากการเผาเร็วและเผาช้า ทำให้เผาช้าเกิดการเก็บสะสมความร้อนเพื่อกระจายออกได้สม่ำเสมอกว่าการเผาเร็ว อย่างไรก็ตาม จากประสบการณ์ตรงของผู้วิจัย ได้ทดสอบเผาเตาอื่นๆหลายครั้ง พบว่า การทดสอบเผาครั้งนี้ ผลการเผาดีกว่ามาก

3. อุณหภูมิภายในเตามีค่าความร้อนต่างกับอุณหภูมิภายนอกเตา 10% ตรงตามค่ากลางของการหมุนเวียนความร้อนที่ดี วัดได้จากเครื่องมือชุดเทอร์คัพเปิ้ล และเครื่องมือวัดทางวิทยาศาสตร์

4. ผลทดสอบผลิตภัณฑ์หลังการเผาพบว่า ชิ้นงานเคลือบครั้งที่ 1 มีความมันแววาวสม่ำเสมอ แสดงถึงการสุกตัวของน้ำเคลือบ น้ำเคลือบที่ทนอุณหภูมิต่ำกว่าจะไหลย้อยลงติดแผ่นรองเผา ส่วนการเผาครั้งที่ 2 ชิ้นงานเคลือบในถังเดียวกัน ผลการเผาชั้นกลางและชั้นบนถึงจุดสุกตัว แต่ชั้นล่างความมันลดลงเล็กน้อย โครงสร้างภายในและภายนอกเตาอยู่ในสภาพปกติ

แสดงว่าผลทดสอบการเผาทั้งสองครั้งมีความแตกต่างกันด้านการปรับตั้งอุณหภูมิและพื้นที่บรรจุผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา แต่การขึ้นของอุณหภูมิระหว่างการเผาและผลงานเคลือบหลังการเผา ไม่แตกต่างกัน

5.2.3 ผลค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

จากความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับประสิทธิภาพเตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา มี 4 ด้าน ดังนี้

5.2.3.1 ด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พบว่า ความคิดเห็นโดยรวมอยู่ระดับดี ประเด็นที่น่าสนใจคือ การออกแบบสนองประโยชน์ผู้ใช้ และการปรับปิด-เปิดประตูหรือฝาเตา ซึ่งมีค่าเฉลี่ย $\bar{X}$ = 4.00 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.00 แสดงว่า นักออกแบบผลิตภัณฑ์มีความคิดเห็นตรงกันทั้งหมด ทำให้ฐานข้อมูลไม่เกิดกระกระจาย โดยเฉพาะการปรับปิด-เปิดประตูหรือฝาเตา มีลักษณะยกขึ้นลงโดยมีบูชเป็นแกนยึดหมุนติดกับตัวเตาชั้นบน และติดตั้งสปริงระหว่างฝาเตากับแกนรับด้านหลัง ขณะเปิดฝาเตาสปริงไม่สามารถรั้งเหนี่ยวให้ฝาเตาคงที่ได้ จึงมีการสร้างขอเกี่ยวตามมาภายหลัง ซึ่งมองดูไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดความมั่นคง แต่ส่วนดีของสปริงติดยึดพบว่า ทำให้เปิดปิดฝาเตาง่าย การยกมีน้ำหนักเบา เตาเปิดฝาบนมีข้อดีสอดคล้องกับแนวคิดของ Olsen อ้างจาก ปุณณรัตน์ พิชญไพบูลย์ (2534:94) เตาแบบเปิดฝาบนมักทำในรูปแปดเหลี่ยมหรือทรงกลม ฝาเตาไม่มีส่วนประกอบที่ยุ่งยาก เนื่องจากใช้น้ำหนักของฝากดทับลงบนส่วนของเตาก็สามารถปิดได้สนิท โดยมากแล้วมักจะมีเพียงบานพับที่แข็งแรงก็เป็นการเพียงพอจะยึดฝาเตาได้ โครงสร้างตัวเตาไม่จำเป็นต้องแข็งแรงเหมือนเตาเปิดด้านข้าง

ส่วนประเด็นความปลอดภัยของเตาต่อการใช้ ระดับความคิดเห็นดี มีค่าเฉลี่ย $\bar{X}$ = 3.67 พบว่าระดับต่ำกว่าประเด็นอื่น จากความคิดเห็น ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิด้านการออกแบบ ให้ข้อสังเกตว่า เตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผาเป็นผลิตภัณฑ์ที่เน้นด้านประโยชน์ใช้สอยเป็นหลัก รูปทรงและความงามมีความจำเป็นน้อยมาก ความสำคัญที่ต้องกระทำคือความปลอดภัยของผู้ใช้ ความปลอดภัยในการต่อสายไฟฟ้าระหว่างการเพิ่ม-ลดชั้น ควรง่ายต่อการทำงาน

จากการวิเคราะห์พบว่า การต่อสายไฟระหว่างการเพิ่ม-ลดชั้นเตา มีการวางทับซ้อนต่อเชื่อมโยงมาก เนื่องจากเป็นการต่อไฟระบบ 3 เฟส แบบอนุกรม-เดลต้า มีความจำเป็นติดตั้งให้ตรงจุดประสงค์ของการสร้างเตา เพื่อเพิ่ม-ลดชิ้นงานเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา ถึงอย่างไรผู้วิจัยใช้สายไฟทนความร้อนสูงนำมาติดตั้ง และมีฝาครอบปกคลุมเพื่อความปลอดภัยอีกส่วนหนึ่ง

5.2.3.2 **ด้านวัสดุและการผลิตในระบบอุตสาหกรรม**

พบว่า ความคิดเห็นโดยรวมอยู่ในระดับดี ประเด็นน่าสนใจคือ ง่ายต่อการประกอบเป็นรูปตัวเตา และง่ายต่อการบำรุงรักษา ซึ่งมีค่าเฉลี่ย $\bar{X}$ = 5.00 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.00 ในระดับดีมาก แสดงว่าความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิตรงกันทั้งหมด ทำให้ฐานข้อมูลไม่เกิดการกระจาย เมื่อนำมาวิเคราะห์ตามประเด็นพบว่า เตาสร้างขึ้นเป็นชั้นวางต่อกันจากฐานขาตั้ง ตัวเตา และฝาเตา ซ้อนกันเป็นชั้น โดยมีแผ่นใยเซรามิกรองรับป้องกันความร้อนออก สามารถถอดออกจากกันได้ทุกชิ้นส่วน ทำให้ง่ายต่อการประกอบและง่ายต่อการบำรุงรักษา เคลื่อนย้ายสะดวก เพราะมีล้อรับน้ำหนักได้ถึง 500 กิโลกรัม

ส่วนประเด็นการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ ระดับความคิดเห็นดี มีค่าเฉลี่ย $\bar{X}$ = 4.00 พบว่าเป็นระดับต่ำกว่าประเด็นอื่น จากความคิดเห็น ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ ให้ข้อสังเกตว่า การพัฒนาด้านวัสดุผลิตเตาควรใช้วัสดุในท้องถิ่น หรือทำจากภายในประเทศ จะทำให้ลดต้นทุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์การเลือกใช้วัสดุต่อไป พบว่า เตาที่สร้างเพื่อใช้ในสถานศึกษา เป็นเตาที่สร้างขึ้นเองโดยใช้วัสดุในท้องถิ่น หรือมีภายในประเทศเป็นหลัก เช่น วัตถุดิบประเภท ดิน หิน และประเภทผลิตโครงสร้าง ส่วนประเภทที่ผลิตขึ้นเองไม่ได้ เช่น อะไหล่เกี่ยวกับชิ้นส่วนไฟฟ้า ดิจิตอลคอนโทรล เป็นสินค้าจากต่างประเทศมีจำนวนน้อย ถึงอย่างไรการสร้างเตาไฟฟ้านี้สอดคล้องกับหลักแนวคิดของ อุดมศักดิ์ สาริบุตร. 2540 คือ กฎการเลือกใช้วัสดุ ในการนำวัสดุต่างๆมาใช้เพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้ที่ถูกต้องเหมาะสม ความสามารถที่จะทำวัสดุนั้นเป็นงานสำเร็จรูปได้ง่าย และคุณสมบัติทางไฟฟ้าต้องเหมาะสมต่องานราคาพอสมควร ตามแนวคิดของ สุชาติ กิจพิทักษ์ (2540 : 10) ว่า วัสดุเหล็กกล้าสแตนเลสทำโครงสร้างได้ดี เพราะต้านทานต่อการกัดกร่อนสูง และมีความแข็งแรงสูง ง่ายต่อการทำความสะอาด จึงนิยมนำมาใช้อย่างกว้างขวาง

5.2.3.3 **ด้านไฟฟ้า**

พบว่า ผู้ทรงคุณวุฒิส่วนใหญ่มีความคิดเห็นโดยรวมระดับดีมาก ประเด็นน่าสนใจคือ การเลือกใช้ระบบการให้ความร้อน อุปกรณ์ควบคุมมีความเหมาะสม สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ซึ่งมีค่าเฉลี่ย $\bar{X} = 5$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.00 แสดงว่าวิศวกรไฟฟ้ามีความเห็นตรงกันทั้งหมด เนื่องจากเตาไฟฟ้านี้มีอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของอุณหภูมิแยกออกจากตัวเตาอิสระ ไม่มีผลกระทบความร้อนสูงภายในเตาขณะทำงาน และสามารถทำตู้ควบคุมอุณหภูมินี้ไปใช้วัดกับเตาประเภทแก๊สน้ำมันได้ แตกต่างกับเตาไฟฟ้าอื่นๆ ที่มีชุดควบคุมติดกับตัวเตา แต่มีข้อเสียชุดควบคุมที่สร้างขึ้นเองมีขนาดใหญ่ มีผลต่อการเคลื่อนย้ายไม่คล่องตัว ประเด็นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์คือ รูปแบบเตาไฟฟ้ามีเนื้อที่บรรจุชิ้นงานเพิ่มและลดตามกิจกรรมการเรียนการสอนในสถานศึกษา มาสอดคล้องกับแนวคิดของ ทวี พรหมพฤกษ์ (2524:48) ที่ว่า เตาไฟฟ้าเป็นที่นิยมใช้แพร่หลายในสถานศึกษา เพราะมีความสะดวกต่อการเผา ได้ผลแน่นอนและควบคุมอุณหภูมิได้ดี และแนวคิดของ ปุญญรัตน์ พิชญไพบูลย์ (2534:94) ว่า เตาไฟฟ้าเป็นที่นิยมเหมือนเตาแก๊ส แต่ให้ความสะดวกปลอดภัยกว่า เหมาะสำหรับเผาในบรรยากาศสมบูรณ์ ในประเทศแถบสแกนดิเนเวีย ช่างปั้นนิยมใช้เตาไฟฟ้าเป็นส่วนใหญ่ ทั้งในโรงเรียนและมหาวิทยาลัย เพราะการใช้งานง่าย เพียงแต่เปิดสวิทซ์เท่านั้น

ส่วนประเด็นระบบการป้องกัน มีค่าเฉลี่ย $\bar{X} = 3.67$ ระดับความคิดเห็นดี แต่น้อยมากเมื่อเทียบกับประเด็นอื่นๆ ผู้ทรงคุณวุฒิให้ข้อสังเกตว่า ตัว Thermo Couple ต้องมีตัวครอบ การต่อสายไฟฟ้าติดกับตัวเตาดูแล้วเกิดความไม่แน่ใจ เพิ่มเติมปลั๊กไฟแบบเพาว์เวอร์ปลั๊ก (Power Plug) จะช่วยให้เป็นระเบียบจัดเก็บและการติดตั้งจะได้สะดวกรวดเร็วขึ้น ควรติดตั้งตำแหน่งชั้นล่างสุดที่เป็นขายึดส่วนเคลื่อนที่และในอนาคตสามารถผลิตในระบบอุตสาหกรรมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.3.4 **ด้านอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา**

พบว่า ผู้ทรงคุณวุฒิส่วนใหญ่มีความคิดเห็นโดยรวมระดับดี ประเด็นที่น่าสนใจคือ สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโครงการ ซึ่งมีค่าเฉลี่ย $\bar{X}$ = 4.65 ระดับดีมาก แสดงให้เห็นว่า วัตถุประสงค์ในการพัฒนาเตาไฟฟ้าให้มีเนื้อที่บรรจุชิ้นงานของนักศึกษา ให้มีเนื้อที่เพิ่ม-ลดตามกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาเครื่องปั้นดินเผา ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ได้ตรงกับวัตถุประสงค์ของการสอน และตรงกับปัญหาของการใช้เตาเผาเครื่องปั้นดินเผา กล่าวคือ ปัญหาที่พบจากชิ้นงานที่นักศึกษาผลิตขึ้นมีจำนวนน้อย จำเป็นต้องบรรจุเข้าเตาเพื่อเผาในเตาที่มีขนาดใหญ่กว่า ทำให้เกิดพื้นที่ภายในเตามาก ทำให้เปลืองค่าเชื้อเพลิง ในขณะที่นักศึกษาผลิตชิ้นงานเครื่องปั้นจำนวนมากเกินกว่าการบรรจุเข้าเตาเผาได้หมด ทำให้ปัญหาชิ้นงานส่วนหนึ่งทำการเผาไม่ได้ตามจำนวนต้องการที่จะส่งผลงานต่อผู้สอน ทำให้การเรียนการสอนไม่สัมฤทธิ์ผลตามจุดประสงค์เท่าที่ควร ในสถานศึกษาส่วนใหญ่มักมีเตาไม่เพียงพอ ปัญหาเกิดขึ้นหลายประการ ตั้งแต่ขาดงบประมาณ ราคาเตาไฟฟ้าสูง เตาไม่มีคุณภาพ ซึ่งมาสอดคล้องแนวคิดของ ทวี พรหมพฤกษ์ (2524:148) ว่า ปัญหาเตาไฟฟ้ามีความหนาของตัวเตามาก เป็นผลต่อเปลืองค่าเชื้อเพลิง เตามีราคาแพง อุปกรณ์เตาจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงบ่อย เพราะแตกร้าวง่าย ควรสร้างใช้เองได้ มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน

ส่วนประเด็นเชื่อมั่นความปลอดภัยในการใช้งาน ระดับความคิดเห็นดี มีค่าเฉลี่ย $\bar{X}$ = 3.80 พบว่าเป็นระดับต่ำกว่าประเด็นอื่น เหมือนกับผู้ทรงคุณวุฒิด้านต่างๆ เป็นจุดที่ต้องปรับปรุงต่อไป

5.3 ข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะจากการวิจัยดังนี้คือ

5.3.1 **ข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลการวิจัยไปใช้**

1. ด้านการศึกษาเตาไฟฟ้านี้ นอกจากนี้จุดประสงค์เพื่อเผาเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษาแล้ว อาจเป็นแนวทางต่อการวางแผนการศึกษาตามชนบท ที่มุ่งเน้นให้สามารถออกประกอบอาชีพส่วนตัวอย่างอิสระในท้องถิ่นของตนเอง มีอาชีพผลิตเครื่องปั้นดินเผา โดยการสร้างเตาเผาขึ้นใช้เองในราคาต้นทุน การก่อสร้างง่าย ไม่ยุ่งยากซับซ้อน

2. ชุดควบคุมอุณหภูมิแยกอิสระจากตัวเตา ถอดประกอบได้ สามารถนำไปใช้ในการวัดอุณหภูมิการเผาได้กับเตาประเภทเตาแก๊ส เตาน้ำมัน

3. การนำเตาไฟฟ้าไปใช้เผาผลิตภัณฑ์ ไม่ควรเคลื่อนย้ายบ่อย โดยเฉพาะพื้นที่ไม่ราบเรียบ อาจทำให้อิฐภายในเตาเกิดแตกร้าว ตามมาทีหลัง ทำให้อายุการใช้งานสั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ควรผลิตแผ่นรองเตาเพื่อวางชิ้นงานเผาขึ้นใช้เอง ซึ่งไม่มีจำหน่ายในท้องตลาด เพราะเตาไฟฟ้านี้มีรูปทรงกลม และขนาดบรรจุเป็นเอกลักษณ์เฉพาะ ควรค้นคว้าเพิ่มเติมจากสูตรของ Norsker , H. ตารางที่ 2.2

5. ในสถานศึกษาอื่นๆ ไม่มีไฟฟ้า 3 เฟส สามารถใช้ไฟ 1 เฟส ได้ โดยการเปลี่ยนขั้วต่อสายไฟ ต่อแบบอนุกรมขนานที่จุดต่อสะพานไฟ ผิวนอกมีฝาครอบ แต่ควรเผาอุณหภูมิ 800°C ใช้เผาผลิตภัณฑ์ดิบ และเผาตกแต่งบนเคลือบ

ข้อเสนอแนะสำหรับคณะกรรมการสอบสารนิพนธ์

1. ตำแหน่งมือจับยกฝาเตา และหูหิ้วชั้นเตา ควรใช้วัสดุฉนวนเบกาไล้ท์ห่อหุ้ม ยึดด้วยสกรูเกลียวเพื่อความประณีตบรรจงในการออกแบบ หรือตัวผลิตภัณฑ์ยังเป็นคุณค่าส่วนหนึ่งของความงามอีกด้วย

2. ตำแหน่งต่อสายไฟฐานเตาเข้าสู่ตู้ควบคุมคอนโทรล ควรมีฝาครอบให้ปลอดภัยมากกว่าที่ได้พัฒนาไว้

3. ตำแหน่งยึดฝาเตาติดกับชั้นตัวเตาส่วนบน เป็นจุดอ่อนแอ ซึ่งรายละเอียดได้วิจารณ์ไว้ในหัวข้ออภิปรายผลด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

4. สีของเตาไม่สามารถเลือกได้ เพราะเป็นสีที่เกี่ยวข้องกับความร้อน สีที่มีจำหน่ายในท้องตลาดเมืองไทย มี สีดำและบรอนเงิน ทนอุณหภูมิ 600°C

5. ตู้ชุดควบคุมคอนโทรลเป็นทรงเหลี่ยม ควรออกแบบให้มีความมน รับกับตัวเตารูปทรงกลม

5.3.2 **ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป**

1. ศึกษาและพัฒนาเนื้อวัสดุทนไฟ สร้างวงอิฐฉนวน ให้มีคุณภาพทนความร้อนได้สูง 1,300°C ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นนี้ มีขอบเขตการเผาเพียง 1,200°C เท่านั้น

2. ศึกษาพัฒนาเตาทรงกลมที่มีขนาดใหญ่กว่า การผลิตวงอิฐฉนวน ควรแบ่งเป็น 2-8 ส่วน โดยใช้กาวทนไฟประสาน ยึดรอยให้เป็นวงเดียวกัน เพราะเตาที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นนี้ มีขนาดเล็ก มีการสร้างลักษณะวงอิฐชั้นเดียว จึงไม่มีปัญหาการยกบรรจุเข้าเตาเผาและการยกในการใช้งาน

3. ศึกษาชุดควบคุมอุณหภูมิ ดิจิตอลคอนโทรล ปัจจุบันมีราคาแพงเพราะผลิตจากต่างประเทศ ถ้าเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ทำจากมือคนไทยที่ราคาถูก จะคุ้มค่าหรือไม่เมื่อใช้งาน ให้พิจารณาเลือกใช้ตามกำลังเงินทุน ถ้าต้องการประหยัดให้มากโดยไม่คำนึงเรื่องเสียเวลา ขอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสนอแนะให้ใช้ชุดปรับอุณหภูมิแบบมือหมุน และควรทำวิจัยชุดควบคุมอุณหภูมิประเภทอื่นๆด้วย เพราะวิทยาการสมัยใหม่เกิดขึ้นอยู่เสมอ

4. ศึกษาระบบความปลอดภัย ตำแหน่งจุดต่อสายไฟ ต่อสะพานไฟระหว่างชั้นควรออกแบบให้มี แจ็คเสียบ เพื่อความสะดวกรวดเร็ว และปลอดภัยในการปรับเปลี่ยน วงอิฐฉนวนให้ เพิ่ม-ลดเนื้อที่บรรจุ

5. ควรทำการวิจัยเปรียบเทียบเตาเผารูปทรงเดียวกัน ระหว่างเตาไฟฟ้า กับเตาประเภทแก๊ส และน้ำมัน หรือเปรียบเทียบความสามารถในการใช้งานของเตาที่ผลิตขึ้นเองกับเตาที่ผลิตจากต่างประเทศ จะมีผลแตกต่างกันมากน้อยหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กาญจนะ แก้วกำเนิด. 2541. **การสร้างเตาประสิทธิภาพประหยัดพลังงาน**. สำนักพัฒนาเทคนิคศึกษา (สทศ.) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

คณะกรรมการวิชาการสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. 2543. **หลักสูตรวิชาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง**. กรุงเทพฯ : พิมพ์ที่ ศรม.

คุณหญิงเซรา. 2538 "เทคโนเซรามิกส์" **เซรามิกส์**. 2(3) : 94 – 95.

เฉลียว บุรีภักดี. 2525. **เอกสารประกอบการสอนวิชากระบวนการพัฒนาประเทศ**. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ทวี พรหมพฤกษ์. 2524. **วิชาเครื่องปั้นดินเผา**. กรุงเทพฯ. โอเดียนสโตร์.

นิรัช สุดสังข์. 2524. **การออกแบบอุตสาหกรรม**. กรุงเทพฯ : โครงการตำราคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง.

บุญทรง สังข์ทอง. 2526. **คู่มือครู – อาจารย์**. กรุงเทพฯ : อุดรศึกษา

ปริญญา เนื่องอุดมและคณะ. 2534. **คู่มือหลักสูตรเครื่องปั้นดินเผา**. สถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง. อุบลราชธานี : เที่ยงสวัสดิ์ออฟเซท.

ปุณณรัตน์ พิชญไพบูลย์. 2538. **เครื่องเคลือบดินเผาเทคนิคและวิธีสร้างสรรค์**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิศ ป้อมสินทรัพย์ ให้สัมภาษณ์, 18 เมษายน 2542. สนิท บุญกล่อม ผู้สัมภาษณ์ **เตาเผาบ้านด่านเกวียน**. ร้านดินเผา ตำบลด่านเกวียน อำเภอโชคชัย จังหวัดนครราชสีมา.

ไพจิตร อิงศิริวัฒน์. 2541. **เนื้อดินเป็นเซรามิก** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

ว.ทวีพัฒนา. 2544. **คู่มือเครื่องวัดกระแสไฟฟ้า**. (ม.ป.ท.)

วีระ ตันตระกูล. 2526. **คู่มือสอบบรรจุครูอาจารย์**. กรุงเทพฯ : อุดมศึกษา.

วุฒิ วัฒนสิน. 2530. "ความคิดเห็นของบริหารและครูศิลปศึกษาเกี่ยวกับรายวิชาทัศนศิลป์ศึกษาในหลักสูตรมัธยมตอนต้น พ.ศ. 2521 โรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา" **วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์มหาบัณฑิต**. ภาควิชาศิลปศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สงัด สัญญาวิวัฒน์. 2528. **พื้นฐานและหลักการพัฒนาหลักสูตร**. กรุงเทพฯ : เซนเตอร์พัลบิเคชั่น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาพร ติบุญมี ณ ชุมแพ. 2540. **การออกแบบอุตสาหกรรม**. กรุงเทพฯ : โครงการตำรา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเก้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง.

สัมศักดิ์ ศัลยกำธรและคณะ. 2527. **เอกลักษณ์นักพัฒนาศึกษาศาสตร์ในพัฒนาศึกษาศาสตร์**. กรุงเทพฯ : พีเจ การพิมพ์.

สัญญา สัญญาวิวัฒน์. 2523. **การพัฒนาชุมชน**. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.

สำลี ทองธิว. 2530. **การวิจัยทางการศึกษา : หลักการวิธีการนักวิจัย**. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุจินดา โชติพานิช. **การวิเคราะห์สินค้าวัสดุทนไฟ**. กรุงเทพฯ : ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก กองการวิจัยกรมวิทยาศาสตร์. มปป.

สุชาติ กิจพิทักษ์. 2540. **งานโลหะเบื้องต้น**. กรุงเทพฯ : เม็ดทรายพริ้นติ้ง.

สุชาติ เย็นวิเศษ. 2544. **เตาอบโลหะอุณหภูมิสูง**. เอกสารประกอบการประชุม สัมมนาทางวิชาการ ครั้งที่ 18. กรุงเทพฯ โรงพิมพ์คุรุสภา ลาดพร้าว.

เสริมศักดิ์ นาคบัว. 2527. "เตาเผาเครื่องปั้นดินเผาทางภาคเหนือของประเทศไทย". **เซรามิกส์**. 1(3) : 60 – 63.

อนันต์ เกตุวงค์. 2523. **การบริหารการพัฒนา**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

อำพล ซื่อตรงและอนงค์ ที่สงัด. 2535. **วัสดุช่าง**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.

อุดมศักดิ์ สาริบุตร. 2540. **การออกแบบเฟอร์นิเจอร์**. กรุงเทพฯ : โครงการตำรา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง.

Department of the Army Air Force. 1955. General Drafting. Washington 25, D.C.

Norsker, H. 1987. The self – Reliant Potter Refractory end kiln. (GTZ)

Norton, F.H. 1970. Elements of Ceramics. Fine Ceramies : Mc Graw Hill, Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

- แบบประเมินเตาไฟฟ้าสำหรับเตาเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา
- แบบประเมินผลเพื่อหาประสิทธิภาพเตาไฟฟ้าสำหรับเผาเครื่องปั้นดินเผา ในสถานศึกษา สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
- แบบประเมินผลเพื่อหาประสิทธิภาพเตาไฟฟ้าสำหรับเผาเครื่องปั้นดินเผา ในสถานศึกษา สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิด้านวัสดุและการผลิตในระบบอุตสาหกรรม
- แบบประเมินผลเพื่อหาประสิทธิภาพเตาไฟฟ้าสำหรับเผาเครื่องปั้นดินเผา ในสถานศึกษา สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิด้านไฟฟ้า
- แบบประเมินผลเพื่อหาประสิทธิภาพเตาไฟฟ้าสำหรับเผาเครื่องปั้นดินเผา ในสถานศึกษา สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิด้านอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมิน
เตาไฟฟ้าสำหรับเผาเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา

คำชี้แจง แบบประเมินประสิทธิภาพชุดนี้แบ่งออกเป็น 3 ตอน ประกอบด้วย

ตอนที่ 1 ข้อมูลสถานภาพของผู้ทรงคุณวุฒิ

ตอนที่ 2 แบบประเมินประสิทธิภาพ

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

แบบประเมินชุดนี้เป็นแบบประเมินเพื่อหาประสิทธิภาพที่เหมาะสมกับเตาไฟฟ้าสำหรับเผาเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา ซึ่งเป็นการศึกษาโครงการสารนิพนธ์ในระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

ผู้ศึกษาโครงการใคร่ขอขอบคุณทุกท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการประเมินผล เพื่อหาประสิทธิภาพของเตาไฟฟ้า ดังกล่าวมา ณ โอกาสนี้

นายสนิท บุญกล่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินเพื่อหาประสิทธิภาพของเตาไฟฟ้าสำหรับเตาเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา

ตอนที่ 1 ข้อมูลสถานภาพของผู้ประเมิน

1. ชื่อ นาย / นาง / นางสาว.....

2. ระดับการศึกษา

2.1 ปริญญาตรี.....

2.2 ปริญญาโท.....

2.3 ปริญญาเอก.....

3. ประสบการณ์ในการปฏิบัติงาน ..... ปี

4. ตำแหน่งทางวิชาการหรือตำแหน่งบริหาร

4.1 .....

4.2 .....

4.3 .....

4.4 .....

4.5 .....

5. สถานที่ทำงาน .....

ตอนที่ 2 แบบประเมินผลเพื่อหาประสิทธิภาพของเตาไฟฟ้าสำหรับเผาเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา

คำชี้แจง โปรดกาเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความคิดเห็นตามความคิดเห็นของท่าน โดยผู้ศึกษาโครงการได้กำหนดตัวเลขระดับความคิดเห็นดังนี้

5	หมายถึง	ระดับดีมาก
4	หมายถึง	ระดับดี
3	หมายถึง	ระดับปานกลาง
2	หมายถึง	ระดับน้อย
1	หมายถึง	ระดับน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินผลเพื่อหาประสิทธิภาพ
เตาไฟฟ้าสำหรับเผาเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา
สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ข้อ	รายละเอียด	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
1	การออกแบบสัมพันธ์กับประโยชน์ใช้สอย					
2	การออกแบบสนองประโยชน์ผู้ใช้					
3	การออกแบบสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมของสถานที่ใช้งาน					
4	การจัดพื้นที่ภายในเตาสอดคล้องกับชิ้นงานของนักศึกษา					
5	การถอดประกอบชิ้นส่วนภายในเตาเพื่อซ่อมบำรุง					
6	การเคลื่อนย้ายเพื่อการขนส่ง					
7	ตำแหน่งการวางเครื่องควบคุมอุณหภูมิ					
8	การปรับปิดเปิดประตูหรือฝาเตา					
9	ความปลอดภัยของเตาต่อการใช้					
10	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโครงการ **					

หมายเหตุ ** หมายถึง พัฒนาเตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผา

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ .....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินผลเพื่อหาประสิทธิภาพ
เตาไฟฟ้าสำหรับเผาเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา
สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิด้านวัสดุและการผลิตในระบบอุตสาหกรรม

ข้อ	รายละเอียด	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
1	การเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์					
2	คุณสมบัติของวัสดุที่เลือกใช้สามารถต้านทานความร้อนและเป็นฉนวน					
3	การผลิตแม่พิมพ์ที่สอดคล้องและง่ายต่อการผลิตอิฐฉนวน					
4	การผลิตตัวเตาง่ายต่อการทำโครงสร้าง					
5	ความแข็งแรงของโครงสร้างเตา					
6	ง่ายต่อการประกอบเป็นรูปตัวเตา					
7	การใช้วัสดุจับยึดฝาเตาและตัวเตา					
8	การแสดงแบบเพื่อการผลิตชัดเจน					
9	ง่ายต่อการบำรุงรักษา					
10	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโครงการ **					

หมายเหตุ ** หมายถึง พัฒนาเตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผา

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ .....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินผลเพื่อหาประสิทธิภาพ
เตาไฟฟ้าสำหรับเผาเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา
สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิด้านไฟฟ้า

ข้อ	รายละเอียด	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
1	การเลือกใช้ระบบการให้ความร้อน					
2	การเลือกใช้ระบบการวัดทางอีเล็กทรอนิกส์					
3	การเลือกใช้ระบบการควบคุมการทำงานของเตาให้ความร้อน					
4	ความเหมาะสมในการติดตั้งชุดขดลวดและอุปกรณ์ที่สามารถทนความร้อน					
5	อุปกรณ์ควบคุมมีความเหมาะสม					
6	การจัดวางตำแหน่งอุปกรณ์อีเล็กทรอนิกส์ภายในเครื่อง ที่สอดคล้องกับการทำงาน					
7	ความสะดวกในการบำรุงรักษา					
8	ความเป็นไปได้ในการผลิตเตาในเชิงระบบอุตสาหกรรม					
9	ระบบการป้องกัน					
10	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโครงการ **					

หมายเหตุ ** หมายถึง พัฒนาเตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผา

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ .....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินผลเพื่อหาประสิทธิภาพ
เตาไฟฟ้าสำหรับเผาเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา
สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิด้านอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา

ข้อ	รายละเอียด	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
1	ลักษณะเตาเหมาะสมกับการใช้ในสถานศึกษา					
2	ความเหมาะสมพื้นที่บรรจุภายในตามการเรียนการสอน					
3	ความพอใจหลังการเผาทดสอบชิ้นงานของนักศึกษา					
4	ความสะดวกสบายในการใช้งาน					
5	เชื่อมมั่นความปลอดภัยในการใช้งาน					
6	ความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของสถานศึกษา					
7	ระดับการขึ้นอุณหภูมิตามโปรแกรมการเผา					
8	ความเหมาะสมกับระบบควบคุมอุณหภูมิแบบโซลิดสเตรท					
9	ความคงทนถาวรต่อการใช้ในสถานศึกษา					
10	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโครงการ **					

หมายเหตุ ** หมายถึง พัฒนาเตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผา

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ .....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

หนังสือขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ทม 1504/ 1377

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

21 เมษายน 2546

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย

เรียน อาจารย์ชูเกียรติ กาญจนภรางกูร

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินด้านการออกแบบ เพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วย นายสนิท บุญกล่อม นักศึกษาระดับปริญญาโท คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กำลังทำการวิจัยเพื่อเรียบเรียงสาระนิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา"

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดียิ่ง จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัยดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้การเก็บรวบรวมข้อมูลของนายสนิท บุญกล่อม มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นายณรงค์ พิมสาร)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 3264325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หน่วยบัณฑิตศึกษา งานทะเบียน โทร. 3692

ที่ ทม 1504/ 137 **วันที่** 21 เมษายน 2546

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย

เรียน ดร.วิโรจน์ ลิ้มไชแสง

ด้วย นายสนิท บุญกล่อม นักศึกษาระดับปริญญาโท คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กำลังทำการวิจัยเพื่อเรียบเรียงสาระนิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาเตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา"

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมพิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัยว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้การเก็บรวบรวมข้อมูลของ นายสนิท บุญกล่อม มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบแบบประเมินด้านวัสดุและการผลิต เพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาตและขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(นายณรงค์ พิมสาร)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ทม 1504/ 1377

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

21 เมษายน 2546

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย

เรียน อาจารย์ดรุณี บวรจตุวิช

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินด้านไฟฟ้าเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วย นายสนิท บุญกล่อม นักศึกษาระดับปริญญาโท คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กำลังทำการวิจัยเพื่อเรียบเรียงสาระนิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาเตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา"

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดียิ่ง จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัยดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้การเก็บรวบรวมข้อมูลของนายสนิท บุญกล่อม มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นายณรงค์ พิมสาร)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 3264325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ทม 1504/ 137

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

21 เมษายน 2546

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย

เรียน อาจารย์ธวัชชานนท์ ตาไธสง

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินด้านอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา เพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วย นายสนิท บุญกล่อม นักศึกษาระดับปริญญาโท คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กำลังทำการวิจัยเพื่อเรียบเรียงสาระนิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาเตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา"

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดียิ่ง จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัยดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้การเก็บรวบรวมข้อมูลของนายสนิท บุญกล่อม มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นายณรงค์ พิมสาร)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 3264325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ภาพการพัฒนาเตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนการปฏิบัติงานสาระนิพนธ์

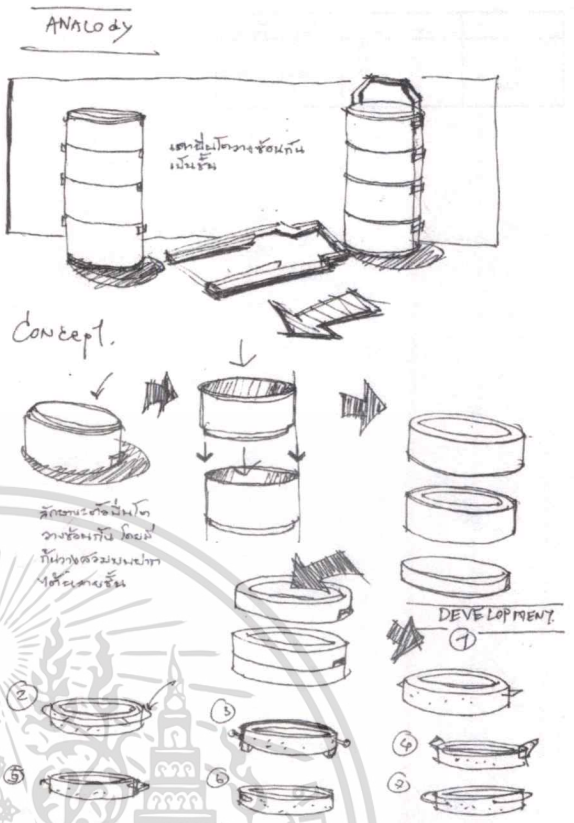
การศึกษาและพัฒนาเตาไฟฟ้าสำหรับเผาเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา

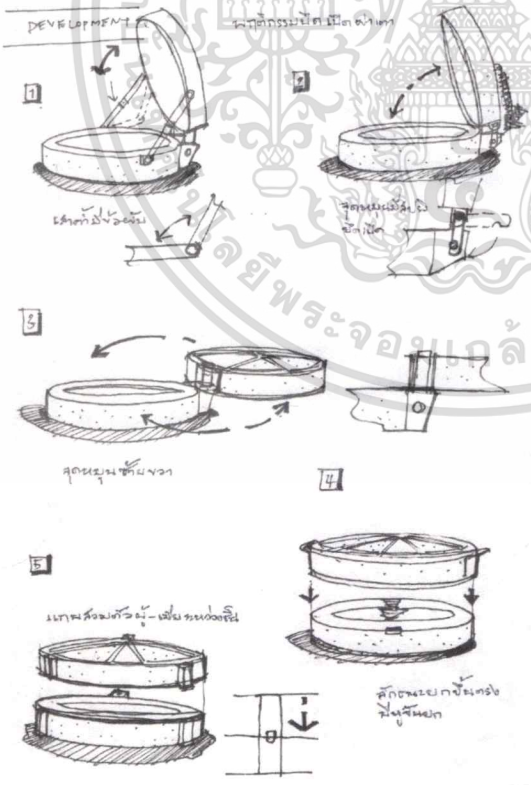
หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ลาดกระบัง

ผู้ควบคุมสาระนิพนธ์ : ผศ. สถาพร ดีบุญมี ณ ชุมแพ **ผู้รับผิดชอบโครงการ** : สนิท บุญกล่อม

ขั้นตอนการดำเนินงาน	สค.	กย.	ตค.	พ.ย.				ธ.ค.				ม.ค.				ก.พ.				มี.ค.				เม.ย.			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. เสนอหัวข้อต่ออาจารย์ผู้ควบคุมสาระนิพนธ์																											
2. ศึกษาข้อมูลเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง																											
3. นำเสนอรายละเอียดต่ออาจารย์ผู้ควบคุม																											
4. แก้ไขเพิ่มเติมตามข้อเสนอแนะ																											
5. นำเสนอหัวข้อโครงการต่อคณะกรรมการสาขาฯ																											
6. ปรับปรุง แก้ไข เพิ่มเติม ตามข้อเสนอแนะของคณะกรรมการ และเสนออาจารย์ผู้ควบคุม																											
7. สรุปผลการศึกษาข้อมูลเพื่อการออกแบบ																											
8. ปฏิบัติการออกแบบ/เขียนแบบ(นำเสนอ)																											
9. ดำเนินการสร้างต้นแบบ																											
10. การเผาทดสอบ บันทึกการเผา																											
11. หาประสิทธิภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิ																											
12. สรุปโครงการ/เขียนรายงานเสนอ																											
13. นำเสนอโครงการต่อคณะกรรมการสาขา																											
14. แก้ไขเพิ่มเติมตามข้อเสนอแนะของคณะกรรมการ																											

ภาพที่ 1 แสดงรูปทรงเตาไฟฟ้า
โดยการอุปมา (Analogy)
จากชุดปิ่นโต



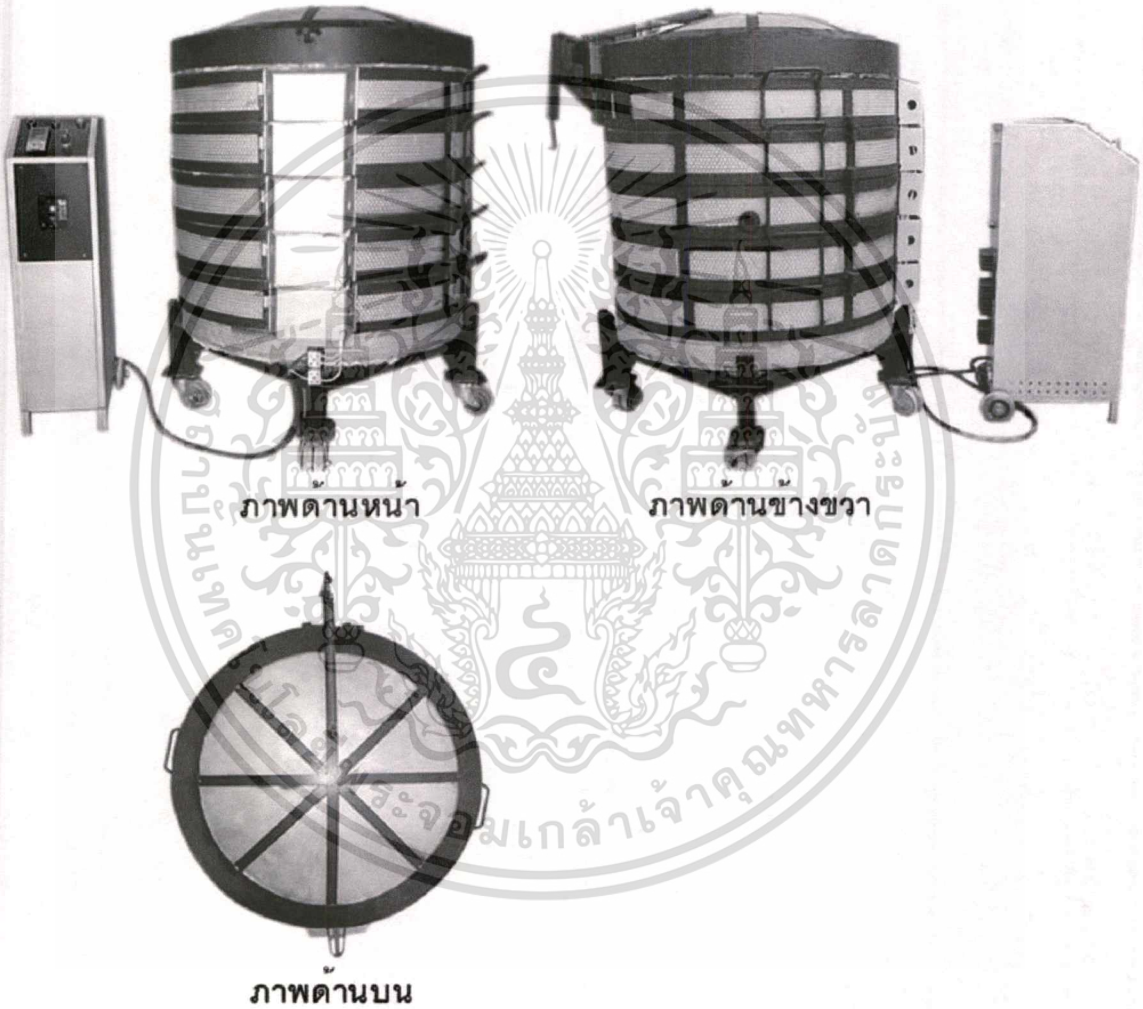


ภาพที่ 2 แสดงการพัฒนาพฤติกรรม
การเปิดฝาเตาลักษณะต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบเตาไฟฟ้าเพื่อการพัฒนา

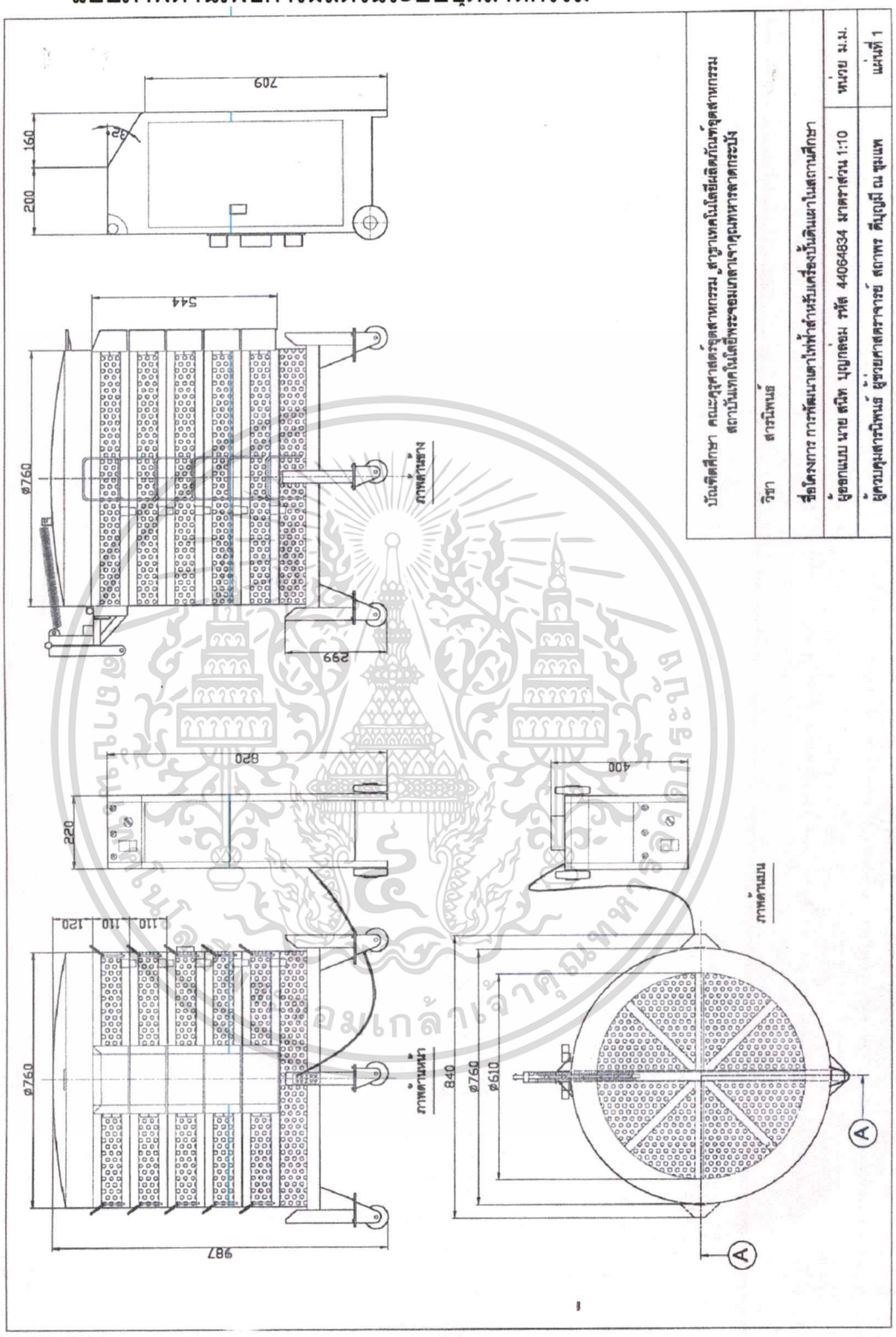
รูปแบบเตาไฟฟ้าที่ได้พัฒนาต่อจากการอุปมา รูปทรงชุดปิ่นโตซึ่งวางซ้อนกันเป็นชั้น ฝาเปิดบน มีหูจับยกถอดประกอบได้ เครื่องควบคุมอุณหภูมิ แยกอิสระจากตัวเตา ติดตั้งล้อเพื่อการเคลื่อนที่



ภาพที่ 3 แสดงรูปแบบเตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา

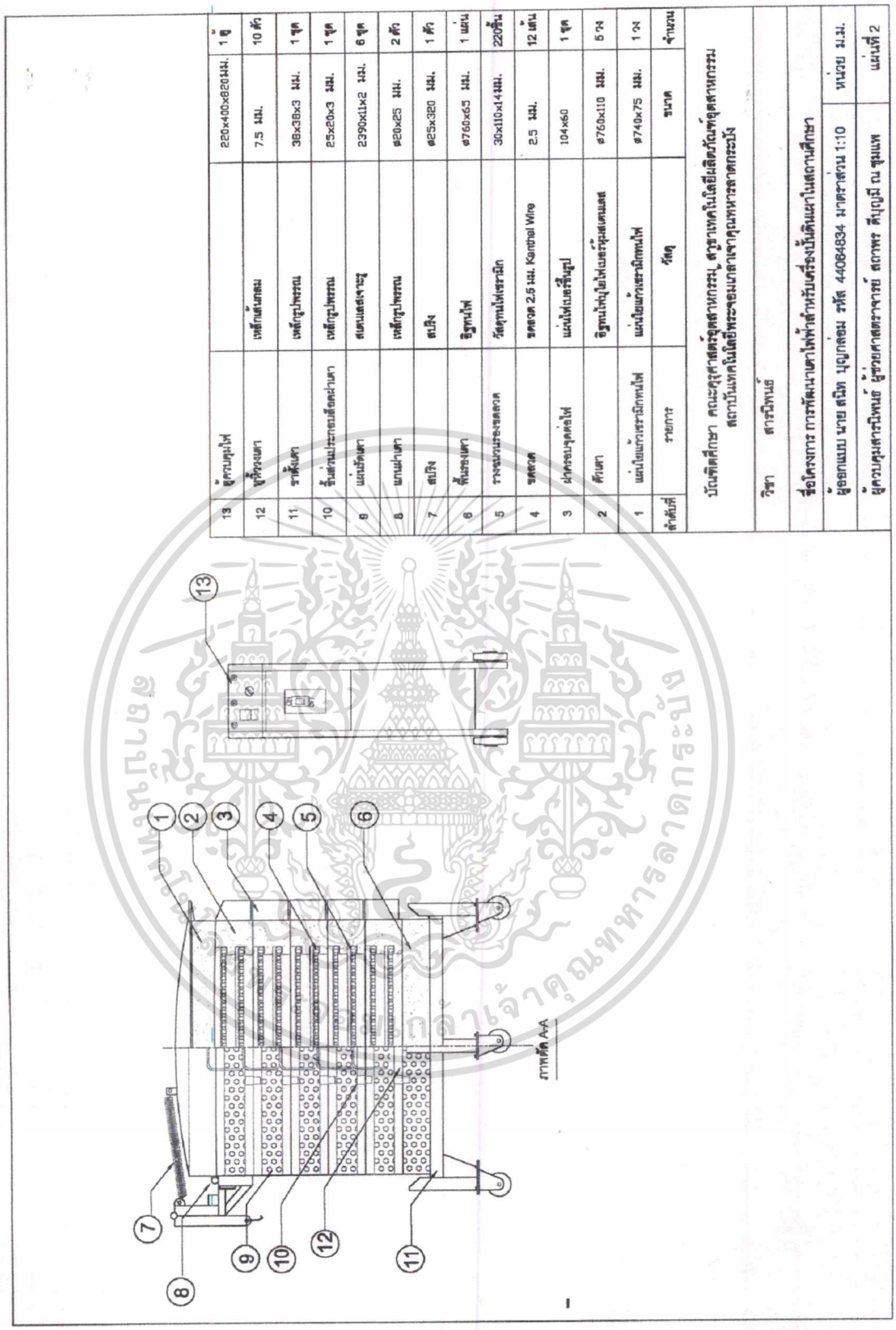
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบภาพด้านเพื่อการผลิตในระบบอุตสาหกรรม



ภาพที่ 4 แสดงแบบเพื่อการผลิตในระบบอุตสาหกรรม 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

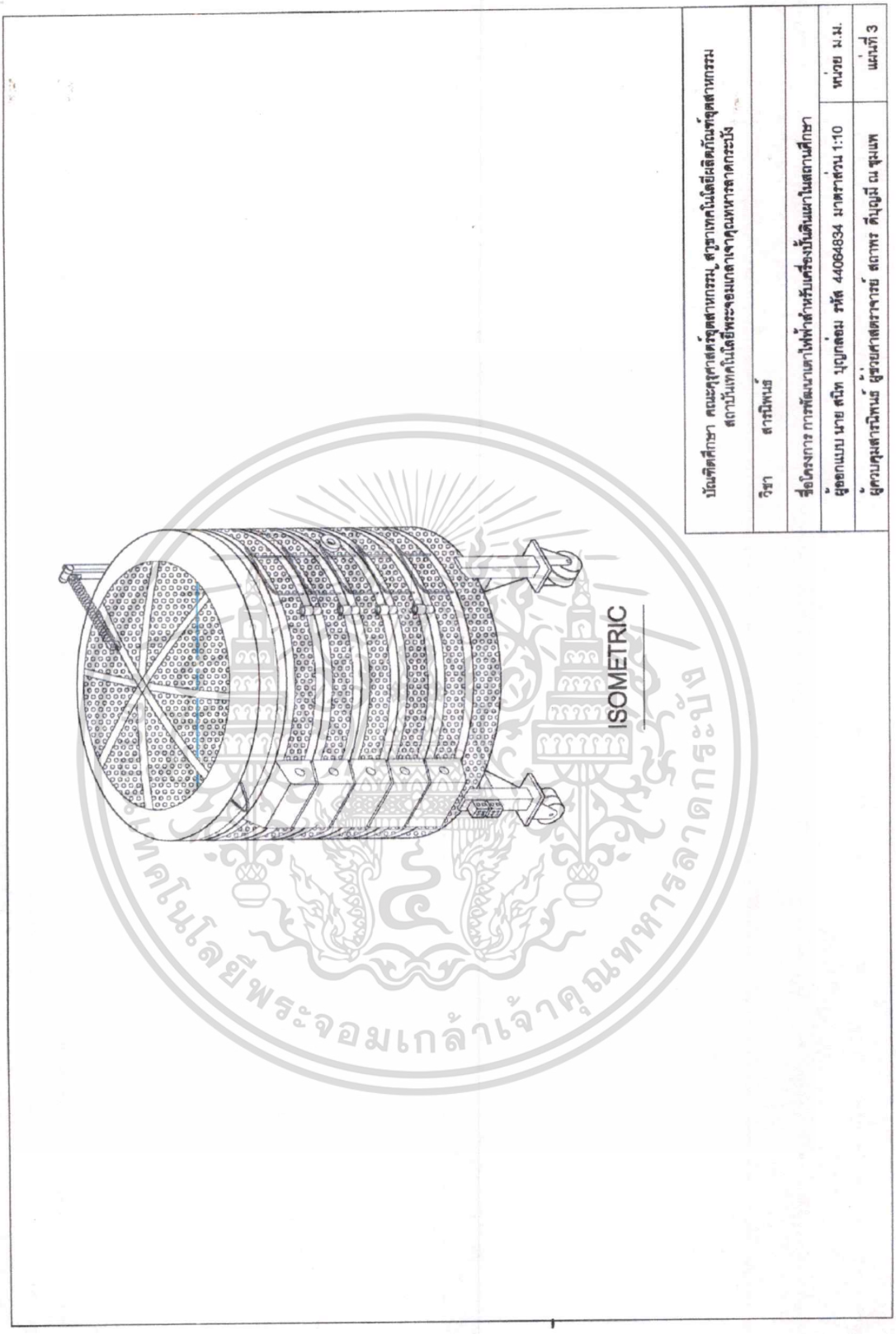


ลำดับที่	รายการ	วัสดุ	ขนาด	จำนวน
1	แผ่นไม้ยางพาราอัดทนไฟ	แผ่นไม้ยางพาราอัดทนไฟ	ø740x75 มม.	1 ชุด
2	ตัวเลา	ฮีตูทนไฟ/ไฟเบอร์ซุปเปอร์แคลเลส	ø760x110 มม.	5 ชุด
3	ฝาครอบจุดต่อไฟ	แผ่นไฟเบอร์ซีมูเปอ	104x60	1 ชุด
4	ขดลวด	ขดลวด 2.5 มม. Kanthal Wire	2.5 มม.	12 เส้น
5	รางแนวนอนขดลวด	วัสดุทนไฟเซรามิก	30x110x14มม.	220ชิ้น
6	ที่ยึดขดลวด	ฮีตูทนไฟ	ø760x65 มม.	1 แผ่น
7	สปริง	สปริง	ø25x320 มม.	1 ตัว
8	แกนต่างๆ	เหล็กรูปพรรณ	ø20x25 มม.	2 ตัว
9	แผ่นรัดต่างๆ	สแตนเลสเจาะรู	2390x11x2 มม.	6 ชุด
10	ชิ้นส่วนประกอบเล็กต่างๆ	เหล็กรูปพรรณ	25x20x3 มม.	1 ชุด
11	ขาตั้งต่างๆ	เหล็กรูปพรรณ	38x38x3 มม.	1 ชุด
12	หูหิ้วขดลวด	เหล็กแผ่นหนา	7.5 มม.	10 ตัว
13	ตู้ควบคุมไฟ	เหล็กแผ่นหนา	220x400x820มม.	1 ตู้

บัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สาขาเทคโนโลยีและสื่อสารมวลชน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	
วิชา สารนิพนธ์	
ชื่อโครงการ การพัฒนาเตาไฟฟ้าสำหรับเตรียมปั้นดินเผาในสถานศึกษา	
ผู้ออกแบบ นาย สมิท บุญกล่อม รหัส 44064834 มาตราส่วน 1:10	หน่วย มม.
ผู้ควบคุมสารนิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สถาพร ศิริบูมี ณ ฐูแพท	แผ่นที่ 2

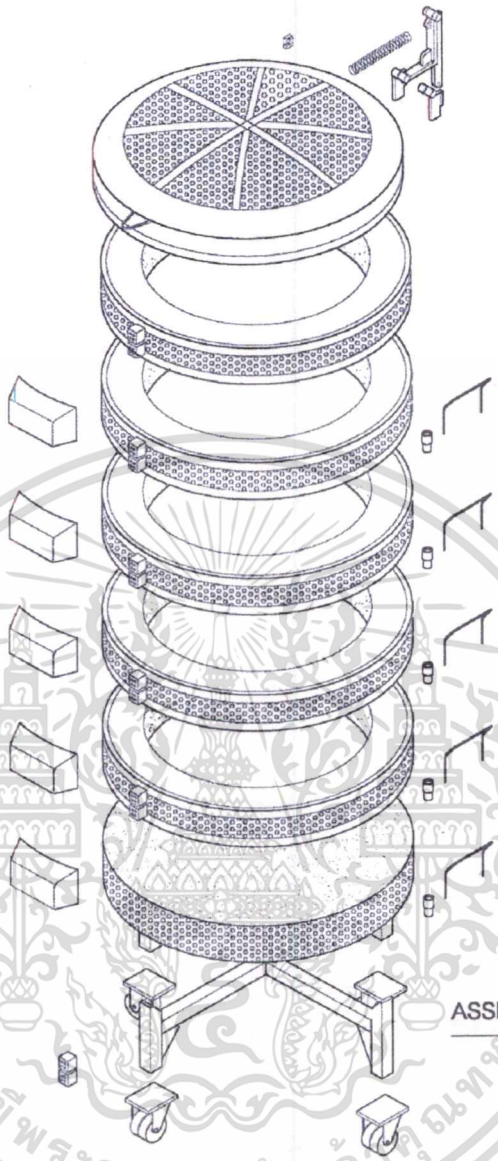
ภาพที่ 5 แสดงแบบเพื่อการผลิตในระบบอุตสาหกรรม 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 6 แสดงแบบเพื่อการผลิตในระบบอุตสาหกรรม 3

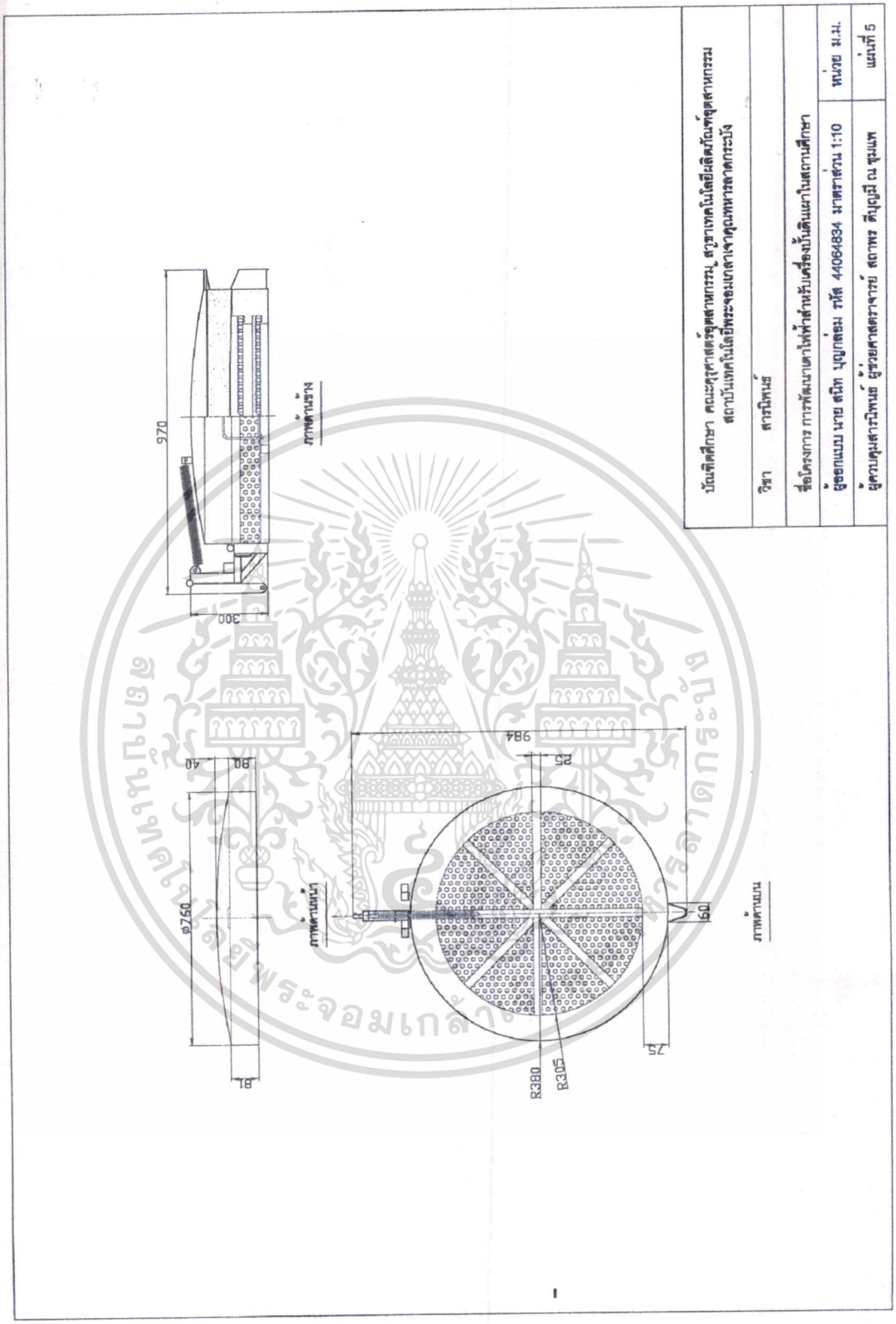
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



บัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	
วิชา สารนิพนธ์	
ชื่อโครงการ การพัฒนาเตาไฟฟ้าสำหรับเครื่องปั้นดินเผาในสถานศึกษา	
ผู้ออกแบบ นาย สนิท บุญกล่อม รหัส 44064834 มาตราส่วน 1:10	หน่วย ม.ม.
ผู้ควบคุมสารนิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สถาพร ดีบุญมี ณ ชุมแพ	แผ่นที่ 4

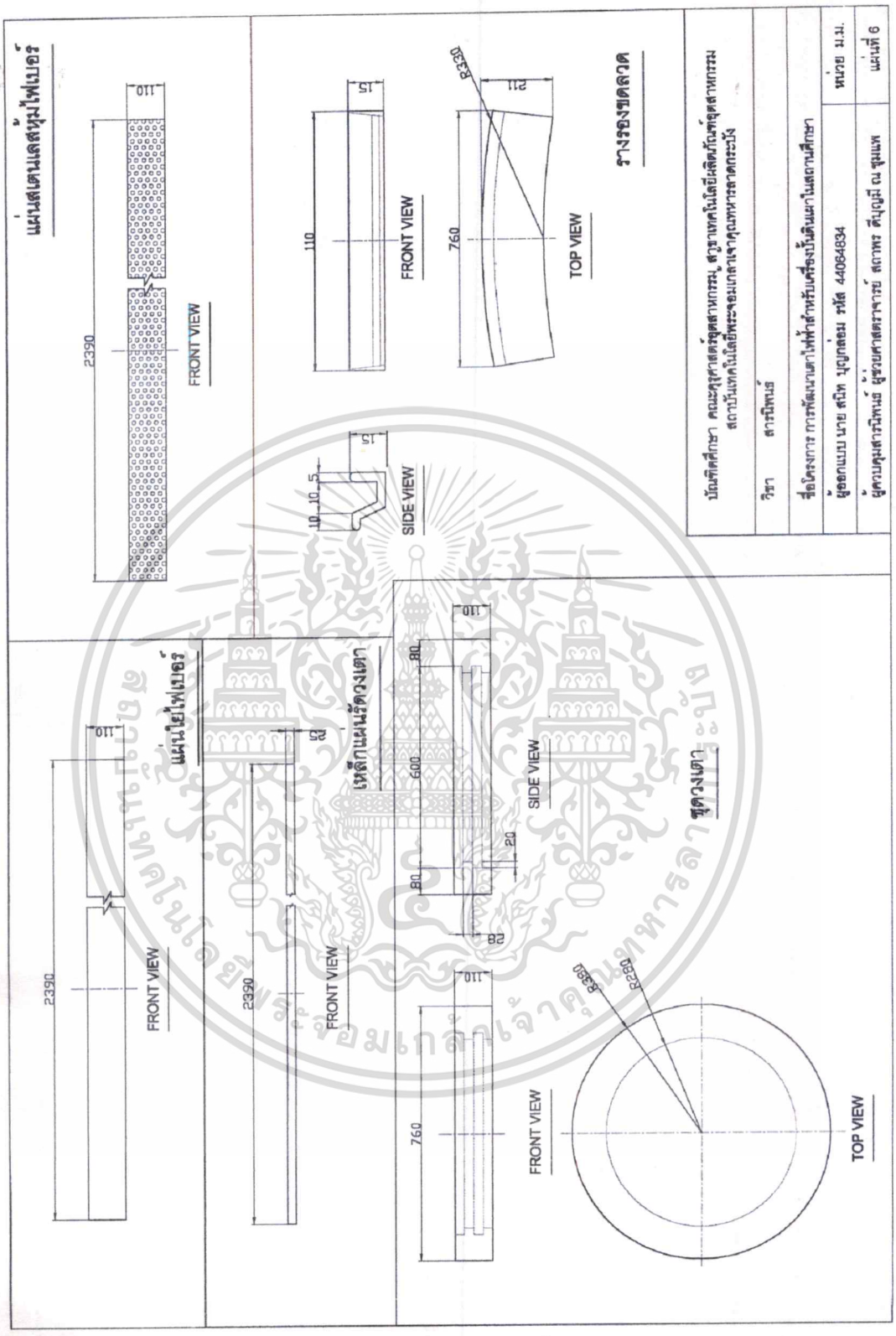
ภาพที่ 7 แสดงแบบเพื่อการผลิตในระบบอุตสาหกรรม 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



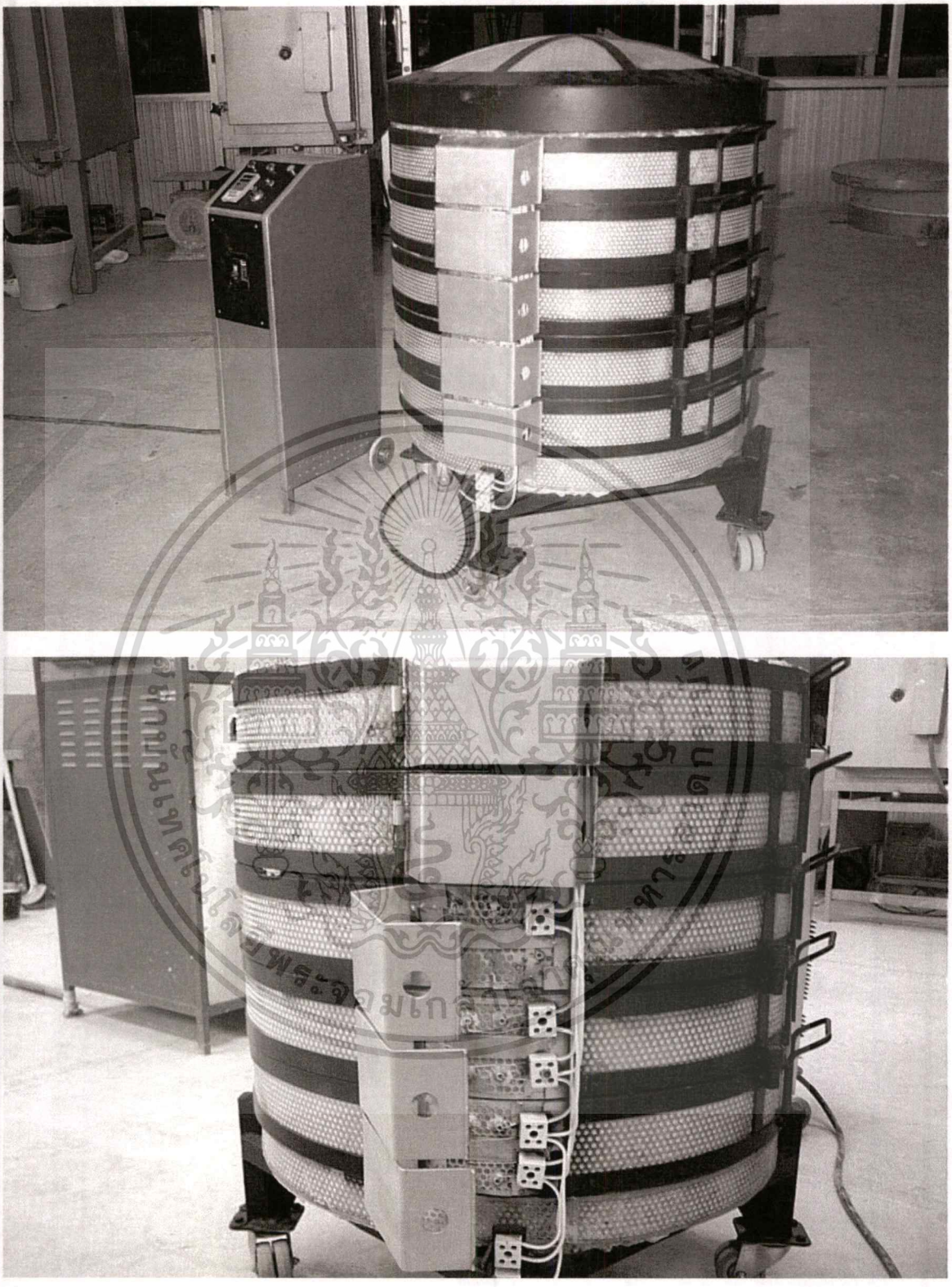
ภาพที่ 8 แสดงแบบเพื่อการผลิตในระบบอุตสาหกรรม 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



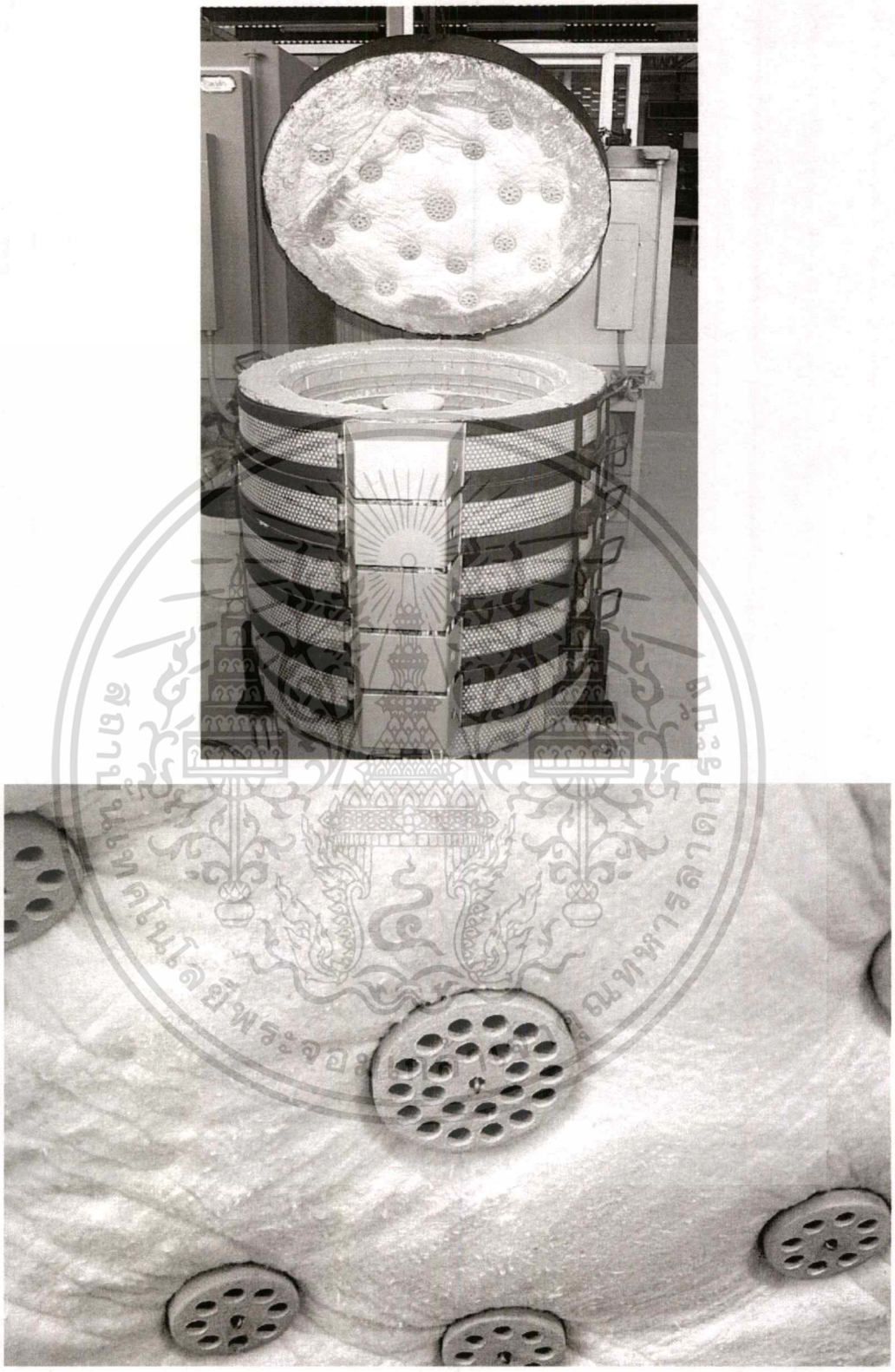
ภาพที่ 9 แสดงแบบเพื่อการผลิตในระบบอุตสาหกรรม 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แสดงรูปแบบเตาที่ได้รับการพัฒนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

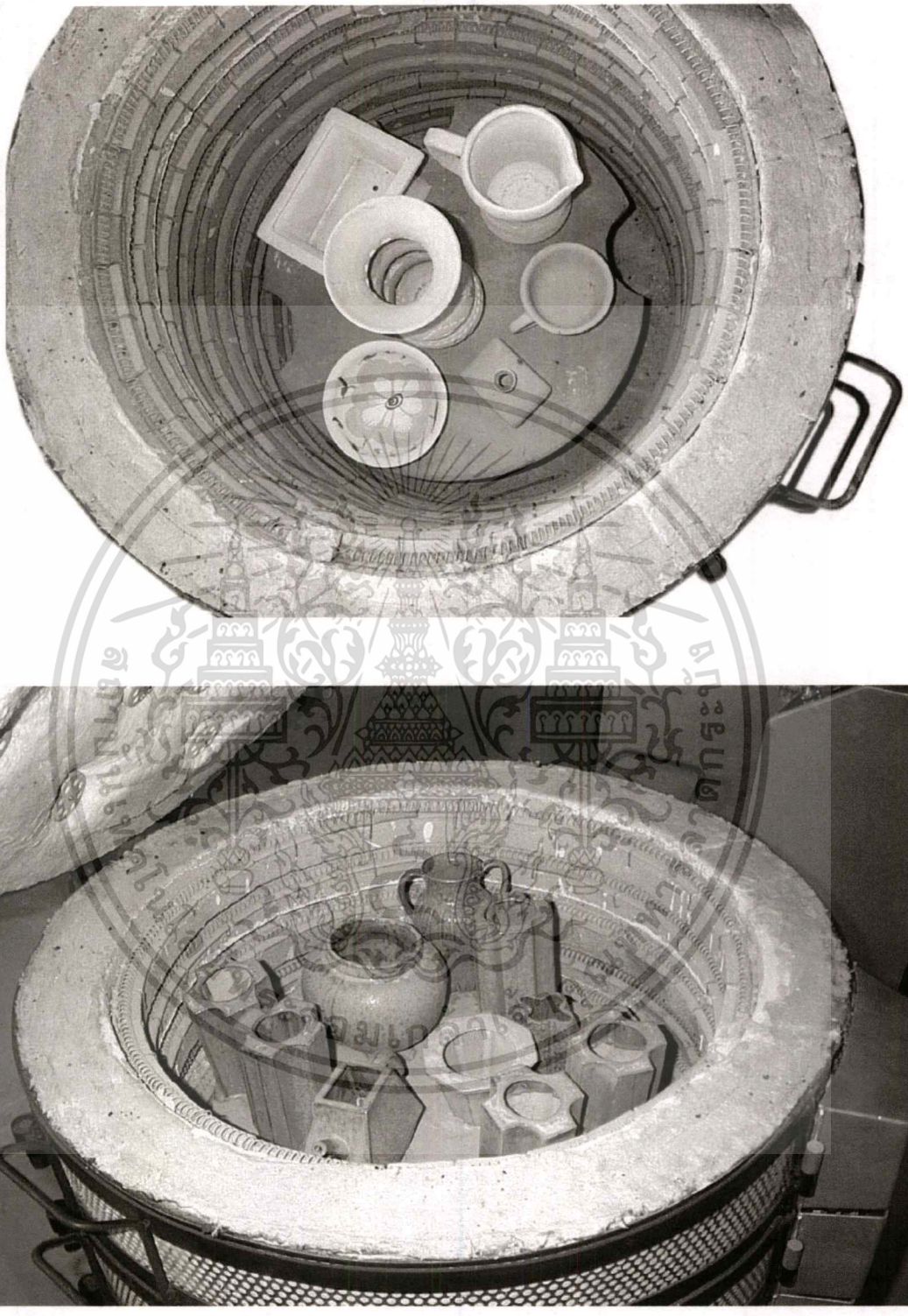


แสดงการเปิดฝาเตาและการยึดเส้นใยเซรามิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงหูหิ้วชั้นเตาและการต่อไฟฟ้าลงลูกเต๋าเซรามิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แสดงชิ้นงานก่อนการเผาและหลังการเผาเคลือบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายสนิท บุญกล่อม
วัน / เดือน / ปี เกิด	28 เมษายน 2492
สถานที่เกิด	อำเภอศรีสำโรง จังหวัดสุโขทัย
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	1042 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา
สถานที่ทำงาน	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา
ตำแหน่ง	อาจารย์ 3 ระดับ 8
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2521 สำเร็จการศึกษา ศึกษาศาสตร์บัญฑิต (เครื่องปั้นดินเผา) จาก สถาบันเทคโนโลยีและอาชีวะศึกษา วิทยาเขตเพาะช่าง ปีการศึกษา 2546 สำเร็จการศึกษา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม จาก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้