โคมไฟฟ้าเครื่องปั้นดินเผารูปแบบสัตว์หิมพานต์ ชุด "ไกรสรนาคา"

DESIGN OF HIMMAPARN CREATURE POTTERY LAMP, VERSION "KRAISORNNAKAR"

นาย ปวเรศ ปรุสันเทียะ

MR. POVARET PRUSUNTHEA

A024894

เลขหมู่ ...

เลขทะเบียน ...

วัน เดือน ปี ...

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาศิลปอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์สถาปัตยกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESIGN OF HIMMAPARN CREATURE POTTERY LAMP, VERSION "KRAISORNNAKAR"

MR. POVARET PRUSUNTHEA

A THESIS SUBMITTEN IN PARTIAL FULFILMENT OF THE REQUIMENT

FOR THE DEGREE

BACHELOR OF SCIENCE IN INDUSTRIAL EDUCATION

DEPARTMENT OF ARCHITECHURAL EDUCATION

FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKARBANG

2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

****

****

หัวข้อวิทยานิพนธ์ : โคมไฟฟ้าเครื่องปั้นดินเผารูปแบบสัตว์หิมพานต์ ชุด "ไกรสรนาคา"

DESIGN OF HIMMAPARN CREATURE POTTERY LAMP,

VERSION "KRAISORNNAKAR"

ชื่อนักศึกษา นายปวเรศ ปรุสันเทียะ

รหัสประจำตัว 41030516

ปริญญา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชา ศิลปอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์สถาปัตยกรรม

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ อาจารย์นิรัช สุดสังข์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
1.ผู้ช่วยศาสตราจารย์สถาพร ดีบุญมี ณ ชุมแพ	ประธานกรรมการ	
2.อาจารย์นิรัช สุดสังข์	กรรมการ	
3.อาจารย์พิศุทธุ์ ศิริพันธุ์	กรรมการ	
4.อาจารย์ศิริพรณ์ ี เตอร์	กรรมการ	
5.อาจารย์จตุรงค์ เลาหะเพ็ญแสง	กรรมการ	

วัน/เดือน/ปี วันที่ 26 เดือน เมษายน พ.ศ. 2543 เวลา 10.00 น.

สถานที่สอบ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	โครงการออกแบบโคมไฟฟ้าเครื่องปั้นดินเผารูปแบบสัตว์หิมพานต์ ชุด "ไกรสรนาคา"
นักศึกษา	นาย ปวเรศ ปรุสันเทียะ
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	อ.นิรัช สุดสังข์
ระดับการศึกษา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบันฑิต สาขาวิชาศิลปอุตสาหกรรม
ภาควิชา	ครุศาสตร์สถาปัตยกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.	2543

บทคัดย่อ

การทำวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบโคมไฟฟ้าเครื่องปั้นดินเผารูปแบบสัตว์หิมพานต์ ชุด "ไกรสรนาคา" สำหรับใช้ตกแต่งภายในที่พักอาศัย อีกทั้งยังเป็นผลิตภัณฑ์ที่ระลึกที่มีส่วนช่วยสนับสนุนแนวความคิดในการอนุรักษ์ศิลปะวัฒนธรรมของชาติไทย โดยใช้ลักษณะของศิลปะไทยในการออกแบบ เช่น รูปแบบตัวไกรสรนาคา , ลวดลายไทย และศิลปะไทยแขนงอื่นๆ เป็นต้น

วิธีดำเนินการวิจัย โดยการสำรวจและรวบรวมข้อมูลจากเอกสารและการศึกษาจากของจริง เพื่อเสนอหัวข้อ ข้อมูลเบื้องต้น วิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบ วัสดุและกรรมวิธีการผลิต เพื่อสรุปผลการวิเคราะห์สู่การออกแบบ การเขียนแบบเพื่อการผลิต การนำเสนอผลงานข้อมูลฉบับสมบูรณ์ บทคัดย่อและต้นฉบับ หุ่นจำลองและเพื่อทำเป็นโครงการเปรียบเทียบในการดำเนินการวิจัยที่สามารถเป็นโครงการจริง และเป็นการกำหนดทิศทาง แนวทางปฏิบัติ กฎเกณฑ์ในการดำเนินการวิจัย ให้บรรลุสู่เป้าหมายที่กำหนดไว้

จากการดำเนินการวิจัย ผลการวิจัยปรากฏว่า ได้โคมไฟฟ้าเครื่องปั้นดินเผารูปแบบสัตว์หิมพานต์ ชุด "ไกรสรนาคา" เพื่อการตกแต่งภายในที่พักอาศัย ที่มีลักษณะของการใช้ศิลปะไทยในการออกแบบ เช่น ลวดลาย , โครงสร้าง มีความสอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค ตลอดจนสามารถที่จะสนับสนุนแนวความคิด ในการอนุรักษ์ศิลปะวัฒนธรรมของชาติไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Topic	Design of Himmaparn creature pottery electric lamp, version "Kraisaranaka"
Author	Porwaret Prusantei
Advisor	Nirat Soodsung
Education	Industrial Education Bachelor degree. Industrial Design.
Department	Industrial Education. King Mongkut Institute of Technology, Ladkrabang
Year	2000

Abstract

This research purposes design of Himmaparn creature pottery electric lamp, version "Kraisaranaka", for resident interior decoration. In addition, it can be a souvenir that supports the concept for Thai tradition preservation by using Thai art patterns in the design, such as Kraisaranaka character pattern, Thai textures, and other Thai arts as examples.

The research was progressed by surveying and collecting related data from documents as well as studying practically. The data was classified to propose the topic, fundamental information, pattern information, material, and production to arrange the analysis into the design, product prototype drawing, complete information representation, abstract, and the master paper. These collections of information were used to create a model and used in experiment to find the actual model for realization. They also directed the research progress, rules to success the project's destination.

From the research progress, the prototype of Himmaparn creature pottery electric lamp, version "Kraisaranaka", was produced and it was intended for resident interior decoration by the Thai art pattern in the design, such as, textures. Its structure was compatible with consumers' demand also it supported the concept of Thai tradition preservation.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการออกแบบโคมไฟฟ้าเครื่องปั้นดินเผารูปแบบสัตว์หิมพานต์ ชุด “ไกรสรนาคา” นี้สำเร็จได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความเมตตาจากอาจารย์ นิรัช สุดสังข์ ในการให้คำปรึกษา ชี้แนะ ที่เป็นประโยชน์แก่ผู้ทำโครงการเป็นอย่างดีมาเสมอมา รวมไปถึงคณาจารย์ภายในสาขาศิลปอุตสาหกรรม ที่ได้ทุ่มเทกำลังกายและกำลังใจให้กับการอบรมสั่งสอนมาโดยตลอด ซึ่งผู้ทำโครงการรู้สึกทราบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณบิดามารดา ญาติพี่น้องทุกคน ที่คอยเป็นกำลังใจ เตือนสติ และมอบปัจจัยที่สำคัญตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา

ขอขอบพระคุณคณาอาจารย์หมวดเครื่องเคลือบดินเผา วิทยาลัยช่างศิลป กรมศิลปากร ที่ได้ให้ให้ความช่วยเหลือในด้านวัสดุอุปกรณ์ รวมไปถึงคำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ต่อโครงการและผู้ทำโครงการ

นาย ปวเรศ ปรุสันเทียะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VI

สารบัญภาพ.....VII

บทที่ 1 บทนำ.....1

ความเป็นมาและความสำคัญ.....1

วัตถุประสงค์ของโครงการ.....4

คำนิยามศัพท์.....4

ขอบเขตการออกแบบ.....4

ขอบเขตการศึกษาข้อมูล.....5

วิธีดำเนินการวิจัย.....6

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....6

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....7

ตอนที่ 1 ความเป็นมาของสัตว์หิมพานต์.....8

ตอนที่ 2 ศิลปะไทย.....14

ตอนที่ 3 ที่อยู่อาศัย.....32

ตอนที่ 4 พื้นที่ภายในที่อยู่อาศัยและการตกแต่ง.....35

ตอนที่ 5 มาตราฐานเกี่ยวกับสัดส่วนมนุษย์.....42

ตอนที่ 6 ข้อมูลด้านผลิตภัณฑ์ทั่วไป.....49

ตอนที่ 7 ธรรมชาติของแสงและการมองเห็น.....57

ตอนที่ 8 เครื่องปั้นดินเผา.....97

ตอนที่ 9 จิตวิทยาการใช้สี.....164

ตอนที่ 10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....173

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....176

วิธีสำรวจและรวบรวมข้อมูล.....176

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แหล่งที่มาของข้อมูล.....176
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....177
ประชากรกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย.....177
วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล.....177
บทที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....179
วิเคราะห์การออกแบบ.....181
แบบเพื่อการผลิต.....200
บทที่5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายและข้อเสนอแนะ.....220
สรุปผลการวิจัย.....220
ข้อเสนอแนะ.....221
บรรณานุกรม.....222
ภาคผนวก.....224
แบบอนุมัติหัวข้อวิทยานิพนธ์.....225
ประวัติผู้เขียน.....228

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.4.1 แสดงเครื่องเรือนภายในห้องรับแขก.....35

2.4.2 แสดงเครื่องเรือนภายในห้องพักผ่อน.....37

2.4.3 แสดงเครื่องเรือนภายในห้องนอน.....38

2.4.4 แสดงสัดส่วนการใช้งานของคนกับพื้นที่ในห้องรับประทานอาหาร.....39

2.4.5 แสดงเครื่องเรือนภายในห้องรับประทานอาหาร.....39

2.4.6 แสดงลักษณะการจัดห้องครัวแบบต่างๆ.....40

2.4.7แสดงเครื่องเรือนภายในห้องครัวแขก.....41

2.5.1 แสดงตัวเลขความสูง-ต่ำและค่าเฉลี่ยน้ำหนักคนไทยอายุระหว่าง 3-60 ปี.....46

2.5.2 แสดงตัวเลขอัตราส่วนระหว่างมิติของส่วนต่างๆของร่างกายต่อความสูงยืน.....48

2.7.1 สารเรืองแสงที่ใช้กันทั่วไป.....79

2.7.2 สมรรถนะของหลอดแบบใช้โลหะฮาไลด์.....91

2.7.3 สมรรถนะของหลอดแบบใช้โลหะฮาไลด์.....92

2.7.4 คุณลักษณะของบัลลาสต์.....93

2.8.1 ผลการวิเคราะห์ของกรมวิทยาศาสตร์บริการ สำหรับดินขาวที่ล้างแล้ว.....109

2.8.2 คุณสมบัติของดินที่เปลี่ยนไปในระยะการเผาต่างๆ.....112

2.8.3 รูปต่างๆของซิลิกา ซึ่งใช้ค่าถ่วงจำเพาะต่างกัน.....113

2.9.1 ตารางแสดงการเลือกใช้สีของตัวอักษรที่เหมาะสมกับสภาวะแสง.....172

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1.1 บุษบกเพลิงบนหลังแรด.....9
2.1.2 สัตว์หิมพานต์จำพวกสิงห์ผสม.....10
2.1.3 สัตว์หิมพานต์จำพวกสิงห์ผสม.....11
2.1.4ไกรสานาคา.....12
2.1.5 การผูกลายไกรสรนาคาเป็นกนกดงสัตว์.....13
2.2.1 ลายกนกสามตัว.....17
2.2.2 รูปแบบลายไทยชนิดต่างๆ.....18
2.2.3 รูปแบบลายไทยชนิดต่างๆ.....19
2.2.4 รูปแบบลายไทยชนิดต่างๆ.....20
2.2.5 รูปแบบลายไทยชนิดต่างๆ.....21
2.2.6 รูปแบบลายไทยชนิดต่างๆ.....22
2.2.7 รูปแบบลายไทยชนิดต่างๆ.....23
2.2.8 รูปแบบลายไทยชนิดต่างๆ.....24
2.2.9 รูปแบบลายไทยชนิดต่างๆ.....25
2.2.10 รูปแบบลายไทยชนิดต่างๆ.....26
2.2.11 รูปแบบลายไทยชนิดต่างๆ.....27
2.2.12 รูปแบบลายไทยชนิดต่างๆ.....28
2.2.13รูปแบบลายไทยชนิดต่างๆ.....29
2.2.14 รูปแบบลายไทยชนิดต่างๆ.....30
2.2.15 รูปแบบลายไทยชนิดต่างๆ.....31
2.4.1 ลักษณะการจัดห้องรับแขก.....36
2.5.1 แสดงขนาดสัดส่วนท่ายืนของคนไทยทั่วไป.....47
2.6.1 โคมไฟฟ้าติดผนังชนิดมีกิ่งและไม่มีกิ่งยื่นออกมา.....51
2.6.2 โคมไฟฟ้าชนิดโป๊ะคว่ำและโป๊ะหงาย.....52
2.6.3โคมไฟฟ้าลักษณะโป๊ะไฟเดี่ยวและโป๊ะไฟคู่.....53
2.6.4 โคมไฟฟ้าแบบตั้งโต๊ะ.....54
2.6.5โคมไฟฟ้าแบบตั้งพื้น.....55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ หน้า

2.7.29สเปกตรัมของหลอดแสงจันทร์.....86
2.7.30หลอดโลหะฮาไลด์.....87
2.7.31สเปกตรัมสีของหลอดโลหะฮาไลด์.....88
2.7.32ประสิทธิภาพของหลอดชนิดต่างๆ.....88
2.7.33หลอดโซเดียมความดันสูง.....89
2.7.34สเปกตรัมของหลอดโซเดียมความดันสูง.....90
2.7.35ค่าตัวประกอบยอดคลื่น.....94
2.7.36รีแอกเตอร์บัลลาสต์.....95
2.7.37แล๊กบัลลาสต์.....96
2.7.38เรกูเลเตอร์บัลลาสต์.....96
4.1 แบบร่าง SKETCH IDEA.....214
4.2 แบบร่าง SKETCH IDEA.....214
4.3 แบบร่าง SKETCH IDEA.....215
4.4 แบบร่าง SKETCH DESIGN.....215
4.5 แบบร่าง SKETCH DESIGN.....216
4.6 แบบนำเสนอผลงานPRESENTATION.....216
4.7 แบบนำเสนอผลงานPRESENTATION.....217
4.8 แบบนำเสนอผลงานPRESENTATION.....217
4.9 แบบนำเสนอผลงานPRESENTATION.....218
4.10 แบบนำเสนอผลงานPRESENTATION.....218
4.11 การนำเสนอผลงาน.....219
4.12 การนำเสนอผลงาน.....219
4.13 การนำเสนอผลงาน.....220

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ หน้า

2.6.6 แสดงการใช้งานโคมไฟในกิจกรรมต่างๆ.....56
2.7.1 สเปกตรัมของพลังงานต่างๆ.....57
2.7.2 กราฟแสดงค่ากำลังเทียนของเทียนไข.....59
2.7.3.ความสัมพันธ์ระหว่างฟุตแคนเดิลกับลักซ์.....60
2.7.4การกระจายของฟลักซ์จะลดลงโดยการแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง.....61
2.7.5ความแตกต่างระหว่างความส่องสว่างกับความจ้า.....62
2.7.6ปรากฏการณ์ของก้อนปริซึม.....63
2.6.7การผสมของแสงสีปฐมภูมิ.....64
2.6.8แสดงรูปหน้าตัดของลูกนัยน์ตา.....64
2.6.9กราฟแสดงความสามารถของตาในการเห็นในเวลากลางวันและกลางคืน.....65
2.6.10ความเร็วในการเห็นเมื่อเทียบกับระดับความสว่าง.....66
2.6.11เมื่อความแตกต่างระหว่างความขาวดำน้อยลง.....67
2.7.12สมรรถนะในการเห็นเมื่ออยู่บนพื้นงานที่มีความสามารถในการสะท้อนแสงที่ต่างกัน.....67
2.7.13ความจ้าสำหรับลักษณะการเห็นในระดับต่างๆ.....68
2.7.14ประสิทธิภาพของแหล่งกำเนิดแสงชนิดต่าง.....69
2.7.15กราฟแสดงอายุการใช้งานของหลอดอินแคนเดสเซนต์.....70
2.7.16กราฟแสดงความเสื่อมของหลอดไฟ.....70
2.7.17ลักษณะของไส้หลอดแบบต่างๆ.....72
2.7.18ขั้วหลอดอินแคนเดสเซนต์ชนิดต่างๆตามมาตรฐาน ANSI.....74
2.7.19ขั้วหลอดมาตรฐานยุโรป.....75
2.7.20ประสิทธิภาพการทำงานระหว่างหลอดอินแคนเดสเซนต์และหลอดควอตซ์.....75
2.7.21ลักษณะการเผาไหม้ของไส้หลอดและการเกิดตะกอนดำ.....76
2.7.22ลักษณะของตารางคู่มือหลอดไฟ.....77
2.7.23ส่วนประกอบของหลอดฟลูออเรสเซนต์.....78
2.7.24ขาหลอดลักษณะต่างๆ.....81
2.7.25สเปกตรัมของหลอดฟลูออเรสต์เซนต์แบบต่างๆ.....82
2.7.26สเปกตรัมของหลอดฟลูออเรสต์เซนต์แบบต่างๆ.....83
2.7.27หลอดแสงจันทร์.....84
2.7.28สเปกตรัมของหลอดแสงจันทร์.....85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญ

นอกจากปัจจัย 4 แล้ว มนุษย์ยังต้องอาศัยสิ่งอื่นเพื่อช่วยในการดำรงชีวิต ในการดำเนินกิจกรรมต่างๆไม่ว่าจะเป็น อากาศ ความร้อน ความเย็น อุณหภูมิ พลังงานในรูปต่างๆต่างๆจากธรรมชาติ รวมไปถึงแสงสว่าง ซึ่งเป็นสิ่งที่มีบทบาทต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิดบนโลกทั้งมนุษย์ สัตว์ และพืช ทั้งหมดได้รับประโยชน์จากแสงสว่างอย่างมาก เช่น การหาอาหาร ความปลอดภัย การสังเคราะห์แร่ธาตุในพืช ฯลฯ

(พิบูลย์ ดิษฐ์อุดม,2521:9)"เราทุกคนคุ้นเคยกับแสงสว่างเป็นอย่างดี และรู้ว่าแสงสว่างช่วยทำให้เกิดการเห็นช่วยให้เราสามารถบอกรูปร่าง ขนาด ตลอดจนสีสันของสิ่งต่างๆ ได้ ถ้าปราศจากแสงสว่างแล้ว เราจะอยู่ในความมืดและไม่สามารถบอกคุณลักษณะของสิ่งต่างๆ ได้เลย" สำหรับมนุษย์แสงสว่างมีความจำเป็นอย่างมากแสงสว่างช่วยให้สามารถหาอาหารเลี้ยงตัวเองได้ ช่วยให้สามารถเอาตัวรอดจากอันตรายต่างๆได้ดีขึ้น ทั้งยังช่วยในการทำกิจกรรมต่างๆ ในเวลากลางวันมนุษย์ได้แสงสว่างจากธรรมชาติคือ ดวงอาทิตย์ แต่ในเวลากลางคืนแสงสว่างจากธรรมชาติมีน้อยมากไม่เพียงพอต่อความต้องการ มนุษย์จึงต้องแสวงหาวิธีทำให้เกิดแสงสว่างขึ้น ในระยะแรกของแนวคิด มนุษย์รู้จักก่อไฟเพื่อให้เกิดความสว่างด้วยวิธีการต่างๆเช่น การใช้ก้อนหินมากระทบกันให้เกิดประกายไฟ หรือนำท่อนไม้แห้งขนาดเล็กมาถูกันเพื่อให้เกิดความร้อนและลุกไหม้ จากนั้นจึงนำหญ้าแห้งหรือใบไม้แห้งมาเป็นเชื้อเพลิง ต่อมาได้พัฒนามาสู่การใช้คบเพลิง เทียนไข ตะเกียงตามลำดับ ซึ่งก็ยังคงมีข้อบกพร่องในการใช้งานคือ การให้แสงสว่างโดยการลุกไหม้ของเชื้อเพลิง หากขาดความระมัดระวังในการใช้งานอาจเกิดอัคคีภัยขึ้นได้ จนในศตวรรษที่ 18 "โธมัส เอดิสัน ได้ประดิษฐ์หลอดไฟฟ้าหลอดแรกได้สำเร็จ ซึ่งก็ได้มีการแก้ไขเทคนิคต่างๆเรื่อยมา เพื่อให้หลอดไฟฟ้ามีประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้น ใช้งานได้สะดวกมากขึ้น ตลอดจนได้ประดิษฐ์หลอดไฟฟ้าสำหรับงานเฉพาะอย่างต่างๆมากขึ้นด้วย" ข้อดีที่เห็นได้ชัดของหลอดไฟฟ้าก็คือ ให้แสงสว่างที่เพิ่มมากขึ้นมีความสว่างคงที่ ใช้งานง่าย อีกทั้งยังลดการเกิดอัคคีภัยได้อีกทางหนึ่ง ทำให้หลอดไฟฟ้าได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย ถูกนำไปใช้งานในลักษณะต่างๆ เช่น โคมไฟฟ้า

โคมไฟฟ้าเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อการให้แสงสว่าง (วัฒนะ จูฑะวิภาต ,2531:37)"แสงสว่างสามารถช่วยเน้นความงามของการตกแต่งและเครื่องเรือนภายในบ้านให้ดูเด่นขึ้นได้ ในยามกลางคืนซึ่งไม่มีแสงสว่าง หรือในเวลากลางวันที่ต้องการแสงสว่างเพิ่มเติมนอกเหนือจากแสงสว่างตามธรรมชาติ ไฟฟ้าจึงมีบทบาทสำคัญในบ้าน เพื่อเพิ่มแสงสว่างภายในบ้าน ต้องคำนึงถึงจุดที่จะติดตั้ง ดวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟในที่ที่เหมาะสมจึงจะสร้างความงามและบรรยากาศที่รื่นรมณ์ และเกิดประโยชน์กับผู้พักอาศัย" การพัฒนาโคมไฟฟ้าได้มีการพัฒนาทั้งรูปแบบ และระบบควบคู่กันมาโดยตลอด(สิทธิโชค คุตตาจารณ์,2533-2534 :46)"ผลิตภัณฑ์โคมไฟฟ้าที่มีขายอยู่ทั่วไปตามท้องตลาดนั้น มีรูปแบบต่างๆนานามากมาย สีสัน และลวดลายหลากหลาย ทั้งแบบเรียบง่ายจนถึงหรูวิจิตร วัสดุที่ใช้มีหลายประเภทแตกต่างกันไป รวมทั้งลักษณะการประกอบและการติดตั้ง"โคมไฟฟ้าสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆตามลักษณะการใช้งาน คือ

โคมไฟฟ้าภายในอาคาร เป็นผลิตภัณฑ์ที่นอกจากจะให้แสงสว่างแล้ว ยังเป็นสิ่งที่ใช้ในการตกแต่งห้องหรือที่พักอาศัยให้มีความสวยงามเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสามารถแยกออกเป็น

โคมไฟฟ้าแบบติดเพดาน
โคมไฟฟ้าแบบติดผนัง
โคมไฟฟ้าแบบตั้งโต๊ะ
โคมไฟฟ้าแบบตั้งพื้น

ซึ่งแต่ละแบบก็มีลักษณะการใช้งานที่แตกต่างกันออกไป เช่น(วัฒนะ จูฑะวิภาต,2531:39) โคมไฟตั้งพื้น ให้ประโยชน์ทั้งเป็นแสงพื้นฐานโดยการตั้งไว้ตามมุมห้อง หรือให้แสงเฉพาะแห่งเพื่อกิจกรรมต่างๆที่ต้องการแสงสว่างมากกว่าแสงสว่างที่ได้รับจากไฟพื้นฐาน

โคมไฟฟ้าภายนอกอาคาร ใช้ในการตกแต่งภายนอกอาคาร เช่น ในสวนหย่อม สนามหญ้ารั้ว ผนังอาคารด้านนอก เป็นต้น

นอกเหนือจากการพัฒนารูปแบบและประโยชน์ใช้สอยแล้ววัสดุในการผลิตก็เป็นอีกสิ่งหนึ่งที่ได้มีการพัฒนาไปมากเช่นกัน เนื่องจากความเจริญทางด้านวัสดุศาสตร์ทำให้วัสดุในการผลิตได้ถูกพัฒนาเพิ่มมากขึ้น เหมาะสมในการใช้งานมากขึ้น มีให้เลือกใช้อย่างมากมาย ไม่ว่าจะเป็น โลหะ อโลหะ เครื่องปั้นดินเผาเป็นเป็นตัวอย่างหนึ่งที่เห็นได้เด่นชัด จากงานหัตถกรรมเอการเลี้ยงชีพปัจจุบันได้มีการวิเคราะห์ และวิจัย ทั้งในเรื่องของวัตถุดิบ กรรมวิธีการผลิต เพื่อพัฒนาให้สามารถตอบสนองความต้องการในการใช้งานและเข้าสู่ระบบอุตสาหกรรม เครื่องปั้นดินเผาเป็นวัสดุที่มีคุณค่าสูงในตัวเอง ดังประโยคที่ว่า"เครื่องปั้นดินเผานอกจากเป็นงานศิลปะ ซึ่งแสดงวิถีชีวิตของชาวบ้านหรือวัฒนธรรมท้องถิ่นแล้ว ยังสามารถแสดงถึงความคิดอันบริสุทธิ์ของชนแต่ละชาติ และแสดงถึงภูมิปัญญาด้วย

งานเครื่องปั้นดินเผาทั้งประเภทศิลปะหัตถกรรมและอุตสาหกรรมได้กลายเป็นเครื่องบ่งบอกยุคสมัยและความเจริญเติบโตทางสติปัญญาในอันที่จะประดิษฐ์เครื่องมือเครื่องใช้ หรือเครื่องประดับอันสวยงามไว้เป็นสมบัติในครัวเรือน(จรูญ โกมุทรัตนานนท์,2539)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องปั้นดินเผาเป็นสิ่งจำเป็นในชีวิต นับตั้งแต่ภาชนะ เครื่องสุขภัณฑ์ จนถึงเครื่องอิเล็คทรอนิคส์ อันถือเป็นคุณประโยชน์ทางตรง ในทางคุณค่าความงาม เครื่องปั้นดินเผายังสามารถสร้างเป็นศิลปะบริสุทธิ์และศิลปะประยุกต์ประเภทเครื่องประดับได้มากมาย เป็นวัตถุทางวัฒนธรรมชิ้นสำคัญของมนุษย์ ที่เชื่อมโยงการดำรงชีวิต ความเชื่อทางศาสนา ความเจริญทางด้านจิตใจ และภูมิปัญญาแห่งความงาม ตราบจนเป็นสายเลือดหล่อเลี้ยงระบบงานเศรษฐศาสตร์และอุตสาหกรรมของสังคมปัจจุบัน(ศักดิ์ชัย เกียรตินาคินทร์,2539)

งานเครื่องปั้นดินเผามีความแปลกหลากหลายตามจินตนาการของผู้ทำ ตามความคิดสร้างสรรค์ อารมณ์ สภาพแวดล้อม วัฒนธรรม ถึงแม้ว่าในยุคแรกๆจะมีการเน้นประโยชน์ใช้สอยมากกว่าความสวยงาม แต่เมื่อได้ใช้ประโยชน์จากชิ้นงานจนถึงจุดอิ่มตัวแล้ว การคำนึงถึงความสวยงามจึงมีมากขึ้น มีการดัดแปลงรูปทรง เพิ่มเติมลวดลาย สีสัน รายละเอียดต่างๆ มีการสร้างงานสืบทอดกันมาจากพ่อ แม่ สู่ลูก จากลูกสู่หลาน หลายชั่วอายุคน จนอาจเรียกได้ว่าเป็นศิลปะประจำชาติอย่างหนึ่ง

ในปัจจุบัน ศิลปะประจำชาติไทยกำลังจะถูกลืมและถูกเปลี่ยนแปลงให้เพี้ยนไปจากเดิม เช่น ลายไทยหรือลายกนกนั้น เป็นศิลปะของไทยมาแต่โบราณ ลายของเชื้อชาติใดๆก็ไม่อาจสู้ได้ ฉะนั้นชาวต่างประเทศจึงอดไม่ได้ที่จะซื้อเครื่องเงิน เครื่องถมไทย ไปแจกเพื่อนฝูงเมื่อกลับสู่ประเทศของตน ทุกประเทศก็ต้องมีลวดลายประจำชาติของตนเองเหมือนกัน แต่ลวดลายของเขาไม่เป็นที่นิยมของชนชาติอื่น เขาชื่นชมลายไทยของเราว่างามมาก ต่อมาศิลปะตะวันตกได้แพร่เข้ามาในประเทศไทย คนไทยที่นิยมต่างชาติก็เอามาทำแบบ แต่ไม่สวยงามเท่าใดนัก เขาว่าทันสมัย และลืมลายไทยที่เป็นเอกลักษณ์ประจำชาติเสียหมด(ปรีดา พิมพ์ขาวขำ,2535)

หลังจากที่คนไทยได้รับบทเรียนจากการดำเนินวิถีชีวิตตามแบบอย่างวัฒนธรรมตะวันตกมาอย่างแสนสาหัส ปัจจุบันคนไทยก็เริ่มที่จะหันกลับมามองวิถีชีวิตและวัฒนธรรมของตนเองมากขึ้น ทบทวนความเป็นมา สภาพในปัจจุบัน และแนวทางที่จะดำเนินต่อไปในอนาคต เริ่มมีแนวความคิดที่จะอนุรักษ์ให้คงอยู่ตลอดจนเผยแพร่ออกไปสู่สายตาชาวโลก ทั้งในด้านศิลปะ อาหารการกิน สถานที่ท่องเที่ยว มีการรณรงค์ทั้งภาครัฐฯและเอกชน มีการกำหนดนโยบายและแผนงานอย่างชัดเจน เช่น โครงการ" ปีอะเมสซิ่งไทยแลนด์ "

จากแนวความคิดข้างต้นผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะออกแบบโคมไฟฟ้าเครื่องปั้นดินเผารูปแบบสัตว์หิมพานต์ ชุด "ไกรสรนาคา" เพื่อที่จะตอบสนองแนวความคิดในการอนุรักษ์ ในเรื่องรูปแบบของงานเครื่องปั้นดินเผาที่เป็นศิลปะไทย ความมีรูปแบบเฉพาะตัวของสัตว์หิมพานต์ของไทยที่ได้รับการออกแบบจากมันสมอง สติปัญญา และการหล่อหลอมของวัฒนธรรมความเป็นไทยไว้อย่างเต็มเปี่ยม จนเป็นที่รู้จักและนิยมของชาวต่างประเทศ รวมไปถึงประวัติศาสตร์เครื่องปั้นดินเผาของไทยที่มีมายาวนานจนเป็นสิ่งที่เป็นเอกลักษณ์ของประเทศ การเลือกใช้เครื่องปั้นเผาจึงเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสื่อถึงความเป็นชาติไทยได้อีกทางหนึ่ง ทั้งยังสามารถเป็นผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวตามนโยบายของรัฐบาล

วัตถุประสงค์ของโครงการ

ออกแบบโคมไฟฟ้าเครื่องปั้นดินเผารูปแบบสัตว์หิมพานต์ ชุด "ไกรสรนาคา" เพื่อการตกแต่งภายในที่พักอาศัย รูปแบบศิลปะไทย

นิยามศัพท์

โคมไฟฟ้าเครื่องปั้นดินเผา หมายถึง เครื่องให้แสงสว่างที่ใช้พลังงานไฟฟ้า และวัสดุในการผลิตโดยส่วนใหญ่เป็นเครื่องปั้นดินเผา

สัตว์หิมพานต์ หมายถึง สัตว์ในวรรณคดีไทยที่มีลักษณะอวัยวะเป็นของสัตว์ชนิดต่างๆ ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปรวมอยู่ในตัวเดียว เช่น มีศรีษะเป็นช้าง แต่มีส่วนลำตัวเป็นปลา เป็นต้น

ไกรสรนาคา หมายถึง สัตว์หิมพานต์ที่อยู่ในจำพวกสิงห์ผสม ซึ่ง ส.พลายน้อย(2534 :147) ได้ให้ความหมายของสิงห์ผสมว่า "หมายถึงสัตว์ที่มีตัวเป็นสิงห์ ส่วนหัว หาง หรือฝ่าเท้าอาจจะเป็นอย่างอื่น "ไกรสรนาคา"เป็นสิงห์ผสมที่ตัวเป็นสิงห์ มีเกล็ดทั้งตัวคล้ายไกรสรปักษา พื้นสีน้ำเงินอ่อน หัวเป็นแบบพญานาค และหางเป็นอย่างนาค

(เศรษฐมันตร์ กาญจนกุล,2536 :15) ไกรสรนาคา ตัวเป็นสิงห์ หัวเป็นพญานาค หางเหมือนนาค มีเกล็ดคล้ายปลา ดูตามลักษณะน่าจะอาศัยอยู่ในน้ำมากกว่าบนบก

ขอบเขตการออกแบบ

1.ออกแบบโคมไฟฟ้าเครื่องปั้นดินเผา

2.ออกแบบโคมไฟฟ้ารูปแบบสัตว์หิมพานต์ ตัว "ไกรสรนาคา"

3.ออกแบบโคมไฟฟ้า 3 ชนิด คือ

- โคมไฟฟ้าแบบติดผนัง
- โคมไฟฟ้าแบบตั้งโต๊ะ
- โคมไฟฟ้าแบบตั้งพื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.ออกแบบโคมไฟฟ้าชนิดละ 1 รูปแบบ

5.ออกแบบโคมไฟฟ้าเพื่อการตกแต่งภายในที่พักอาศัย

6.ออกแบบโคมไฟฟ้าเครื่องปั้นดินเผา โดยใช้วัสดุชนิดอื่นเป็นวัสดุร่วม

ขอบเขตการศึกษาข้อมูล

1. ศึกษารูปแบบสัตว์หิมพานต์ ตัว "ไกรสรนาคา"
2. ศึกษาประวัติความเป็นมา , รูปแบบ และลักษณะของศิลปะไทย
3. ศึกษาเกี่ยวกับชนิดและประเภทของที่พักอาศัย
4. ศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบของการตกแต่งภายในที่พักอาศัย
5. ศึกษาเกี่ยวกับขนาดและสัดส่วนของมนุษย์ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ
6. ศึกษาเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ข้างเคียง ได้แก่
   - -ชนิดของโคมไฟฟ้า
   - -รูปแบบของโคมไฟฟ้า
   - -ส่วนประกอบของโคมไฟฟ้า
   - -การใช้งานของโคมไฟฟ้า
7. ศึกษาเกี่ยวกับเครื่องปั้นดินเผา ได้แก่
   - -ชนิดของเครื่องปั้นดินเผา
   - -หลักการออกแบบเครื่องปั้นดินเผา
   - -กรรมวิธีการผลิตเครื่องปั้นดินเผา
     - การเตรียมดิน
     - การขึ้นรูป
     - การตกแต่ง
   - -การเคลือบเครื่องปั้นดินเผา
     - สีที่ใช้ในงานเครื่องปั้นดินเผา
     - ชนิดและประเภทของเคลือบ
   - -การเผาชิ้นงานเครื่องปั้นดินเผา
   - -เตาเผาชิ้นงานเครื่องปั้นดินเผา
8. ศึกษางานวิจัยและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง
9. ศึกษาเกี่ยวกับการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีดำเนินการวิจัย

1.การกำหนดปัญหา

-การสังเกต

-การสอบถาม

2.วางแผนการดำเนินโครงการ

-ศึกษาค้นคว้าภาคเอกสาร

-ศึกษาค้นคว้าจากของจริง

3. รวบรวมข้อมูล

4.วิเคราะห์ข้อมูล

5. สรุปเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบ

6. กระบวนการออกแบบ

7. การเขียนแบบเพื่อการผลิต

8. สร้างหุ่นจำลอง

9. การนำเสนอผลงาน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้โคมไฟฟ้าเครื่องปั้นดินเผารูปแบบสัตว์หิมพานต์ ชุด "ไกรสรนาคา" สำหรับการตกแต่งภายในที่พักอาศัยที่สามารถเป็นผลิตภัณฑ์ของที่ระลึก เพื่อการอนุรักษ์ศิลปะวัฒนธรรมไทยและส่งเสริมการท่องเที่ยวตามนโยบายของรัฐบาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โครงการออกแบบโคมไฟฟ้าเครื่องปั้นดินเผารูปแบบสัตว์หิมพานต์ ชุด "ไกรสรนาคา" มีวัตถุประสงค์เพื่อ การตกแต่งภายในที่พักอาศัย ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดทฤษฎี ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบโคมไฟฟ้าเครื่องปั้นดินเผา เพื่อนำไปสู่การพัมนาและออกแบบผลิตภัณฑ์นั้นๆให้มีความเหมาะสมมากที่สุด จึงมีการแบ่งการศึกษาออกเป็นตอนๆเพื่อสะดวกและง่ายต่อการเปรียบเทียบข้อมูลต่างๆ ดังนี้ คือ

ตอนที่ 1 ความเป็นมาของสัตว์หิมพานต์
ตอนที่ 2 ศิลปะไทย
ตอนที่ 3 ที่พักอาศัย
ตอนที่ 4 พื้นที่ภายในที่พักอาศัยและการตกแต่ง
ตอนที่ 5 มาตราฐานเกี่ยวกับสัดส่วนมนุษย์
ตอนที่ 6 ข้อมูลด้านผลิตภัณฑ์ทั่วไป
ตอนที่ 7 ธรรมชาติของแสงและการมองเห็น
ตอนที่ 8 เครื่องปั้นดินเผา
ตอนที่ 9 จิตวิทยาการใช้สี
ตอนที่ 10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 1 ความเป็นมาของสัตว์หิมพานต์

ความคิดเรื่องสัตว์ประหลาดที่มีรูปแปลกๆ อย่างที่เราเรียกกันว่า"หิมพานต์"นั้น เห็นจะมีกันหลายชาติหลายภาษา และความคิดนั้นอาจจะมาพ้องกันเข้าโดยบังเอิญ หรือเลียนแบบกันในทางความคิด แต่ลักษณะฝีมือทางช่างและศิลปะการตกแต่งแปลกกันออกไป เท่าที่พบหลักฐานแน่ชัด อียิปต์เป็นชาติที่มีเทพรูปคนปนสัตว์มาเก่าแก่ ประมาณ 4500 ปีก่อนพุทธกาล และมีความเคารพนับถือสัตว์มาแต่โบราณ ต่อมาชาวกรีกที่เข้าไปอาศัยอยู่ในอียิปต์ได้รับเอาวัฒนธรรมของอียิปต์ผสมผสานเข้ากับวัฒนธรรมของตนเอง ทำให้การถือคติทางศาสนาปะปนกัน กลายเป็นถือว่า เทพเจ้าที่ลงมาจุติในโลก ผิดกับมนุษย์และสัตว์เดรัจฉาน จึงเกิดแนวความคิดทำเทวรูปตัวเป็นคนหน้าเป็นสัตว์ต่างๆหรือหน้าเป็นคนตัวเป็นสัตว์ ต่อมาแนวความคิดนี้ได้เข้ามาเผยแพร่ในยุโรปและเอเชีย อีกชาติที่มีสัตว์ประหลาดและมีส่วนสัมพันธ์กับไทยก็คือ อินเดีย ที่เรารู้จักกันดีก็มี ครุฑ พญานาค และสัตว์อื่นๆอีกมาก ซึ่งเข้าใจว่าจะเป็นต้นเค้าของสัตว์หิมพานต์ไทย(ส.พลายน้อย,2534:8-11)

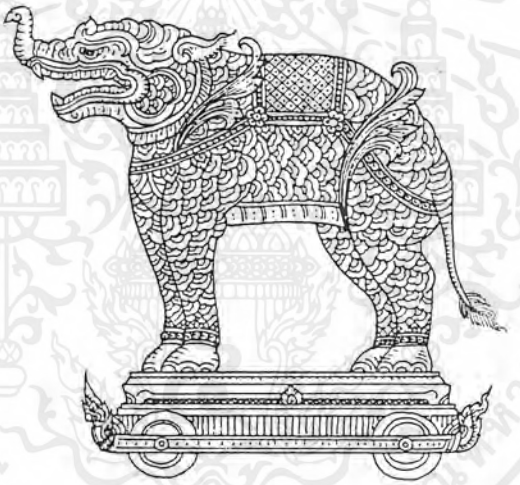
ในส่วนของไทยเองจะได้แบบอย่าง แนวความคิดในเรื่องสัตว์หิมพานต์มาตั้งแต่สมัยใดไม่ปรากฏหลักฐานแน่ชัด แต่ในสมัยสุโขทัยหรืออยุธยาตอนต้นก็น่าจะมีมาแล้ว เพราะปรากฏในไตรภูมิพระร่วงสมัยสุโขทัยก็มีกล่าวถึง ครุฑ นาค สิงห์ กินรี หงส์ อันเป็นสัตว์หิมพานต์แท้ยุคต้น

คำว่า"หิมพานต์"เป็นคำที่คนไทยรุ่นเก่าๆรู้จักกันดี เพราะได้รับการถ่ายทอดมาจากชาดก โดยเฉพาะในบทเทศน์มหาชาติ ซึ่งเป็นวรรณคดีที่ถือเป็นประเพณีที่จะต้องนำมาเทศน์เป็นประจำทุกปี โดยทั่วๆไป "หิมพานต์" เข้าใจว่าเป็นป่าใหญ่ ลึกล้ำเกินกว่าที่ใครๆจะไปถึง ตามรูปศัพท์แล้วหิมพานต์มาจากคำว่า หิมวนต ซึ่งหมายถึง มีหิมะ , ปกคลุมด้วยหิมะ ถ้าเรียกในปัจจุบันนี้ก็คือ "ภูเขาหิมาลัย" นั่นเอง (หิม+อาลัย = ที่อยู่แห่งหิมะ)

อย่างไรก็ตามชาวบ้านทั่วๆไป รู้จักภาพสัตว์หิมพานต์จากวัด คือ ตามผนังโบสถ์วิหารมักจะเขียนภาพชาดกซึ่งมีภาพป่าหิมพานต์และสัตว์หิมพานต์ไว้ด้วย แต่ถึงกระนั้นภาพสัตว์หิมพานต์ก็ยังมีขอบเขตจำกัด มีจำนวนน้อยตัวหรือมีเท่าที่กล่าวในวรรณคดีเท่านั้น ครั้นต่อมาในสมัยกรุงรัตนโกสินทร์ความคิดเรื่องสัตว์หิมพานต์ได้ทวีงอกเงยขึ้นกว่าเดิม ทั้งนี้เกิดจากความจำเป็นที่จะต้องหาสัตว์แปลกประหลาดมาใช้ในขบวนแห่พระบรมศพให้มากขึ้น คือแต่เดิมนั้นทำแต่พอจำนวนเจ้านายขี่อุ้มผ้าไตรไปในขบวนแห่ ครั้นมาภายหลังเปลี่ยนเป็นทำบุษบก วางไตรบนหลังรูปสัตว์แทน จึงเพิ่มจำนวนรูปสัตว์ขึ้น ช่างต้องคิดรูปสัตว์ขึ้นใหม่ให้แปลกออกไป สัตว์หิมพานต์เป็นของที่ไม่เคยเห็นตัวจริง ช่างจะเขียนหรือปั้นรูปจึงอาศัยเอาแต่ความที่บ่งไว้ในชื่อที่เรียกหรือพรรณาอาการ และลักษณะไว้ตามคำโบราณมาคิดประดิษฐ์รูปสัตว์หิมพานต์ขึ้นด้วยสติปัญญาของตน ช่างภายหลังก็ทำรูปสัตว์หิมพานต์อย่างตามที่ปรากฏถือเป็นแบบต่อมา แม้จะแก้ไขดูก็เป็นแต่ในทางประดับ เช่น กระหนก เป็นต้น บรรดาสัตว์ซึ่งเรียกว่าสัตว์หิมพานต์ สังเกตจัดได้ว่ามี 4 จำพวก คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เป็นสัตว์ตรงๆ เช่น ช้าง ม้า
2. ลอกอย่างเขามา เช่น สิงห์ สีห์
3. คิดขึ้นจากคำ เช่น ทักทอ
4. ผสมเอาตามใจชอบ เช่น เหมราอัสดร



รูปที่ 2.1.1
บุษบกเพลิงบนหลังแรด

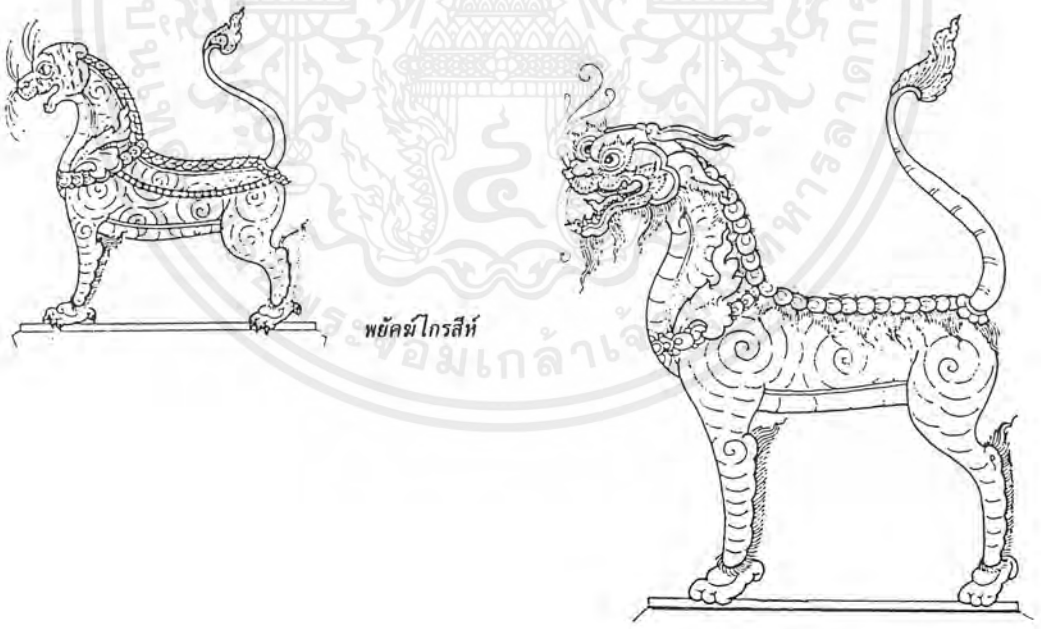
(ส.พลายน้อย,2534 :20)ตามที่กล่าวมาในตอนต้นว่า สัตว์หิมพานต์ที่คิดเพิ่มขึ้นในสมัยรัตนโกสินทร์ เพื่อใช้ในขบวนแห่พระบรมศพมีมากขึ้น เท่าที่ตรวจสอบดูในสมุดภาพร่างสัตว์หิมพานต์มีถึง 78 ตัว และล้วนแต่เป็นสัตว์ยืน คือมีขา เพื่อให้มีส่วนสูงเรียงระดับกันได้ เวลาเข้าขบวนก็ดูงามเป็นระเบียบ ซึ่งมีดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไกรสรนาคา

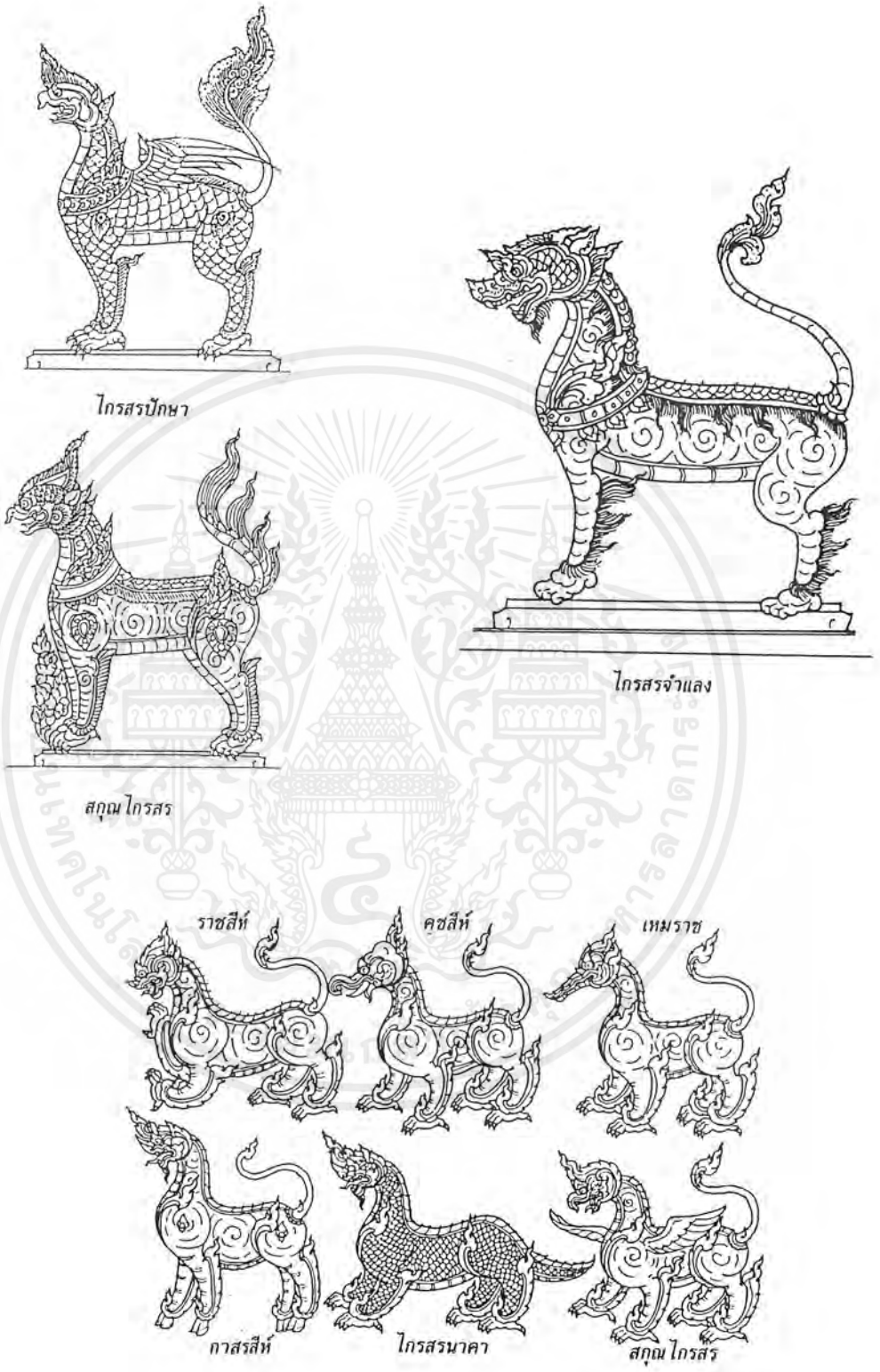
ไกรสรนาคา เป็นสัตว์หิมพานต์ที่อยู่ในจำพวกสิงห์ผสม ซึ่ง ส.พลายน้อย(2534 :147) ได้ให้ความหมายของสิงห์ผสมว่า “หมายถึงสัตว์ที่มีตัวเป็นสิงห์ ส่วนหัว หาง หรือฝ่าเท้าอาจจะเป็นอย่างอื่น” สัตว์หิมพานต์ในจำพวกสิงห์ผสมมีอยู่ 9 ตัวด้วยกันคือ

1. เหมราช
2. คชสีห์
3. สกุณไกรสร
4. ไกรสรปักษา
5. ไกรสรนาคา
6. ไกรสรจำแลง
7. ไกรสรคาวี
8. สีหรามังกร
9. พยัคฆ์ไกรสีห์



รูปที่ 2.1.2
สัตว์หิมพานต์จำพวกสิงห์ผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1.3
สัตว์หิมพานต์จำพวกสิงห์ผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของตัวไกรสรนาคานั้น จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลพบว่าได้มีผู้ที่ให้ความหมายรวมไปถึงกล่าวถึงลักษณะไว้ดังนี้

(เศรษฐมันตร์ กาญจนกุล,2536 :15) **ไกรสรนาคา** ตัวเป็นสิงห์ หัวเป็นพญานาค หางเหมือนนาค มีเกล็ดคล้ายปลา ดูตามลักษณะน่าจะอาศัยอยู่ในน้ำมากกว่าบนบก

(ส.พลายน้อย,2534 :22,150) **ไกรสรนาคา** เป็นสิงห์ผสมที่ตัวเป็นสิงห์ มีเกล็ดทั้งตัวคล้ายไกรสรปักษา พื้นสีน้ำเงินอ่อน หัวเป็นแบบพญานาค และหางเป็นอย่างนาค

ภาพที่ 2.1.4

ไกรสานาคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.1.5

การผูกลายไกรสรนาคาเป็นกนกดงสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 2 ศิลปะไทย

(หม่อมเจ้า สุภัทรดิศ ดิศกุล,2534:1)ศิลปะสมัยประวัติศาสตร์ในประเทศไทย ส่วนใหญ่เกี่ยวกับศิลปะทางศาสนาทั้งสิ้น อาจแบ่งได้เป็น 2 สมัยอย่างกว้างๆ คือ สมัยก่อนที่ชนชาติไทยเข้าปกครองและสมัยที่ชนชาติไทยเข้าปกครองประเทศแล้ว สมัยแรกแบ่งออกได้เป็น 5 สมัย คือ

วัตถุรุ่นเก่าที่พบในประเทศไทย

ศิลปะทวารวดี

เทวรูปรุ่นเก่า

ศิลปะศรีวิชัย

ศิลปะลพบุรี

สมัยที่ 2 แบ่งออกเป็น 5 สมัย คือ

ศิลปะเชียงแสน

สุโขทัย

อู่ทอง

อยุธยา

รัตนโกสินทร์

ลายไทย

(พิทักษ์ สายันห์,2538:1)ลายไทยเป็นศิลปะที่ประดิษฐ์คิดค้นมาจากกิ่งก้านเถาไม้เลื้อยให้ได้สัดส่วนช่องไฟสวยงาม และมีชื่อเรียกลายไปต่าง ๆ กัน เพื่อป้องกันการเหมือนและการสับสนกัน เช่น ลายก้านขด จะม้วนกลมเหมือนก้นหอย กนกเปลวหรือลายเปลว ยอดของลายตอนบนจะสะบัดเหมือนเปลวไฟเป็นต้น สามารถจะจำลายได้ง่ายไม่ยากนัก เพราะลีลาของลายไม่เหมือนกัน

การนำลายต่าง ๆ มาใช้ก็สามารถที่จะคัดเลือกลายมาบรรจุลงบนภาชนะได้สวยงามตามใจชอบเช่น ขันเงินก็จะใช้ลายก้นขด ประกอบเทพพนมก็สวยมาก หีบบุหรี่ก็เหมาะสม ทั้งนี่ต้องใช้หลักการประดิษฐ์ที่ได้ส่วนเหมาะสมกัน

เมื่อพูดถึงลายไทยแล้ว ก็อดที่จะกล่าวชมความงามเสียมิได้ ลายของชาติใด ๆ ก็ไม่อาจสู้ได้เลย ฉะนั้นชาวต่างประเทศจึงอดที่จะซื้อเครื่องเงิน เครื่องถมของไทยไปแจกเพื่อนฝูงเมื่อกลับไปสู่ประเทศของเขา

ทุกประเทศเขาก็ต้องมีลายประจำชาติของเขาเหมือนกัน แต่ลวดลายของเขานั้นไม่เป็นที่นิยมชมชอบของชาติอื่น เขาชมลายไทยของเราว่างามมาก จะออกแบบและวาดก็ยาก เพราะผู้วาดจะต้องมีอารมณ์เย็นมีความปราณีตเรียบร้อย สิ่งที่สำคัญที่สุดก็คือมีความชำนาญหลาย ๆ ปี จึงจะวาดภาพลายไทยได้ดีหรือเพียงพอใช้การได้ แต่จะให้ดีมาก ๆ คือมีลายอ่อนช้อย ไม่แข็งจึงจะใช้ได้ ผู้มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส พ
ม 493 ก 2543

ห้องสมุด
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม จาก.

ประสบการณ์มาหลายปีฝีมือจะเยี่ยม ค่าแรงงานก็จะได้สูงขึ้นมาก ศิลปะที่ยากจะมีความคงทนอยู่ได้นาน ไม่มีวันที่จะทอดทิ้ง เช่นเดียวกับเพลงไทย ร้องยากมากจึงเป็นเพลงอมตะ ร้องยากและไพเราะถ้าร้องง่ายก็ละทิ้งไปง่าย ๆ เหมือนกัน

ประโยชน์ของลายไทยมีความสำคัญที่กล่าวมาแล้ว จึงสมควรที่คนไทยควรจะศึกษาไว้บ้างหรือดูตำราเพื่อความรู้จักไว้บ้างว่า ลายไทยชื่อนั้นมีรูปร่างเป็นอย่างไร ทราบพอที่จะเล่าให้ผู้ที่ไม่ทราบบ้างก็ยังดี ซึ่งเราเกิดมาเป็นคนไทย ต้องรู้จักศิลปะประจำชาติของเราบ้างก็จะเป็นการเหมาะสมมาก ฉะนั้นในหลักสูตรการสอนในโรงเรียนทั่วไป จึงได้บรรจุวิชาลายไทยไว้เป็นมาตราฐานและเป็นวิชาบังคับด้วย

กำเนิดของลายไทยนั้น มาจากลายเครือเถาซึ่งมีเถาไม้ เช่น เถาวัลย์ มีใบมีดอก แล้วนำมาม้วนซ้ายม้วนขวาให้ได้จังหวะมีระยะช่องไฟให้ได้เท่ากัน เมื่อพิจารณาให้ดีจะเห็นว่าตัวลายก็คือใบไม้ชัด ๆ นี่เอง เช่น ใบโพธิ์ ดอกบัว เอามาเป็นลายกระจัง บัวคว่ำบัวหงาย เครื่องแต่งกายของมนุษย์ แต่ก่อนคนเรายังไม่รู้จักทอผ้านุ่งห่มก็ได้ใช้ใบไม้ ดอกไม้มาประดิษฐ์ให้ได้เป็นพวงร้อยให้งดงามมาประดับกาย และตกแต่งให้สวยขึ้นจนดูเหมือนกับว่าไม่ใช่ใบไม้ ยิ่งวาดก็ย่อมมีการเสริมมากตบแต่งมากขึ้น จึงดูสวยงามซึ่งเห็นได้ในปัจจุบันนี้ ดูงามมากเป็นศิลปะที่ยากต่อการเขียนนำมาศึกษากันนี้ และได้ตั้งชื่อให้ลายมีชื่อต่าง ๆ กัน ลีลาท่าทางไม่ซ้ำกันได้ลายสิบลาย ไทยเรามีวัฒนธรรมแบบขนบธรรมเนียมประเพณีมาแต่โบราณกาล สร้างทฤษฎีไว้ให้ศึกษาได้ตลอดมา โดยใช้ชื่อเรียกไม่ซ้ำกัน เช่น กนกหางหงส์ ลายทรงพุ่มข้าวบิณฑ์ ลายก้านขด ลายกนกเปลวเป็นต้น เหมือนกับเพลงไทยมีชื่อของทำนองเพลงทุกเพลงแตกต่างกันไม่ซ้ำกัน เช่น เพลง ลาวดวงเดือน แปลงสมัย ลมพัดชายเขา จีนขิมเล็ก เป็นต้น มีชื่อเพลงไม่ซ้ำกันทั้งทำนองเนื้อร้อง และฟังไพเราะมาก ฟังหลายครั้งไม่มีเบื่อหน่ายเลย

ศิลปะที่ถูกต้องมีคุณค่าลืมได้ยาก มีความนิยมตลอดมาถึงลูกหลาน กี่ยุคกี่สมัยก็ตามลืมยากมาก จึงปรากฏมาจนถึงปัจจุบันนี้

วิธีสร้างโครงของลาย

การศึกษาของวิชาลายไทย ต้องเริ่มจากง่ายไปหายาก เริ่มจากทรงลักษณะของดกอบัว ตาอ้อย ใบเทศ เป็นหลักในการเขียน โดยใช้โครงร่างแบ่งส่วนออกเป็น ๒ ส่วน ๓ ส่วน หัดเขียนด้านตรงและด้านข้างของดอกบัว และหัดเขียนบัวคว่ำ บัวหงายต่อไป แล้วจึงหัดเขียนกนก ๓ ตัว กนกใบเทศ กนกผักกูด และกนกเปลวไฟตามลำดับ แล้วฝึกเขียนขั้นต่อไป ซึ่งเป็นขั้น ๓ โดยหัดเขียนออกลายเป็นช่อต่าง ๆ โดยประดิษฐ์ผูกลายเป็นรูปต่าง ๆ เช่น ทรงพุ่มข้าวบิณฑ์ สามเหลี่ยมสี่เหลี่ยม วงกลม ลายกรอบ ลายหน้ากระดาน ลายกรวยเชิง ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
124894

ถ้าเขียนแบบหน้าต่าง ประตู โบสถ์ จะต้องสร้างโครงสร้างเสียก่อน เพื่อง่ายและได้สัดส่วนที่ถูกต้อง การสร้างโครงช่วยให้กำหนดขนาดของภาพได้อย่างแน่นอน สะดวกต่อการสังเกตตรวจการถูกผิด เช่น ผิดบางส่วน เล็กบ้างใหญ่บ้างของช่องไฟถี่ห่าง ฉะนั้นการสร้างโครงเสียก่อนจึงช่วยให้การวาดลายสวยงามไม่ผิดความประสงค์ เพื่อความแน่ใจก็ใช้วงเวียนวัดสอบดูก็จะทราบว่าตรงไหนผิด คือ ช่องไฟเล็ก ๆ โต ๆ ไม่เท่ากัน โครงสร้างจึงมีความสำคัญต่อการเขียนลายไทยมาก

บางลายจะมีเส้นเดินคดเคี้ยว หรือเป็นวงก้นหอย จึงจำเป็นที่จะต้องสร้างเส้นเดินเสียก่อน ก็คือให้เส้นของโครงสร้างนำทางเป็นเส้นเดียวคดเป็นก้นหอยหรือคดซ้ายคดขวา แล้วจึงประดับลายเล็ก ๆ น้อย ๆลงในภายหลัง

การฝึกหัดเขียนลายหรือที่เรียกว่าผูกลายนั้น จะบรรจุลายลงในรูปวงกลม สี่เหลี่ยม จะต้องเขียนลายแต่เพียงซีกเดียวเท่านั้น จะเป็นซีกด้านซ้ายหรือด้านขวาก็ได้ตามแต่ถนัด เมื่อเห็นว่าลายที่เขียนก่อนเสร็จและถูกต้องดีแล้ว ให้นำกระดาษลอกลายมาแผ่นหนึ่งตัดขนาดเท่ากับลายที่วาดแล้วนาบไปบนลาย แล้วใช้ปากกาหมึกแห้งสีดำเขียนลายลอกออกมาแล้วพลิกกลับก๊อปปี้ลงไปอีกซีกหนึ่งให้ลายชนกัน ก็จะได้ลายที่ชนกันและเป็นแผ่นเดียวกัน ได้ลายติดต่อกันทั้งด้านซ้ายและด้านขวา

การเขียนลายไทยไม่ควรเลือกลายที่สวยงามมาก มีลายสลับซับซ้อน เพราะจะทำให้การเขียนยากลำบาก และจะทำให้ท้อถอยเขียนไม่สำเร็จ เพราะสายตาและมือไม่เคยการวาดเขียนมาก่อนขึ้นต้นลำบากและยาก มักจะเกิดความท้อใจเพราะวาดแล้วไม่เหมือนแบบสักที ฉะนั้นจงเริ่มจากกนกตัวเล็กน้อยไปก่อน แล้วจึงเขียนประกอบลายภายหลัง จะง่ายกว่า คือเขียนจากง่ายไปหายาก

ลายที่ง่ายพอจะนำมาฝึกก็คือ กนก ๓ ตัว บัวคว่ำ บัวหงาย ตามภาพที่กำหนดอยู่ในตำราเล่มนี้ใช้เป็นแบบฝึกหัดได้ รวมทั้งโครงสร้างต่าง ๆ ด้วย ฝึกการประกอบลายเพิ่มขึ้นอีก

แบบลายที่ได้ฝึกฝนเบื้องต้นง่าย ๆ ที่ผ่านมาแล้ว ถ้าวาดได้ดีก็เลือกแบบที่ยากขึ้น ๆ เป็นลำดับไป การร่างภาพลายได้ดีแล้ว ก็ควรที่จะฝึกหัดตัดเส้นตัวลายด้วยปากกาเสียบ้าง ตัดเส้นจากซ้ายมาทางขวา ตัดเส้นจากบนลงมาหาตอนล่าง แล้วฝึกระบายตัวลายด้วยสีดำ ใช้พู่กันเบอร์ ๑ จุ่มสีน้ำชนิดหลอด หรือสีโปสเตอร์ชนิดขวดก็ได้ระบายตัวลายให้ดำ หรือตัดเส้นระบายพื้นลายเป็นสีดำ ตัวลายกนกสีขาว สีขาวกับสีดำใช้ระบายพื้นกับตัวกนกระบายสลับสีกันได้

การตัดเส้นตัวลายพยายามให้เป็นเส้นตัวโค้ง เส้นคม อย่าให้เส้นขาดเว้าแหว่งได้ การระบายสีก็อย่าให้ล้ำเส้นสีเลอะเทอะ รักษาความสะอาดและปราณีต ถ้าจะระบายสีตัวลายและพื้น ต้องตัดเส้นพื้นและตัวลายเสียให้เรียบร้อยก่อน จึงระบายสีพื้นหรือตัวลาย ก็จะเรียบร้อยงดงามดี การศึกษาจากภาพแบบฝึกหัดจากตำรา

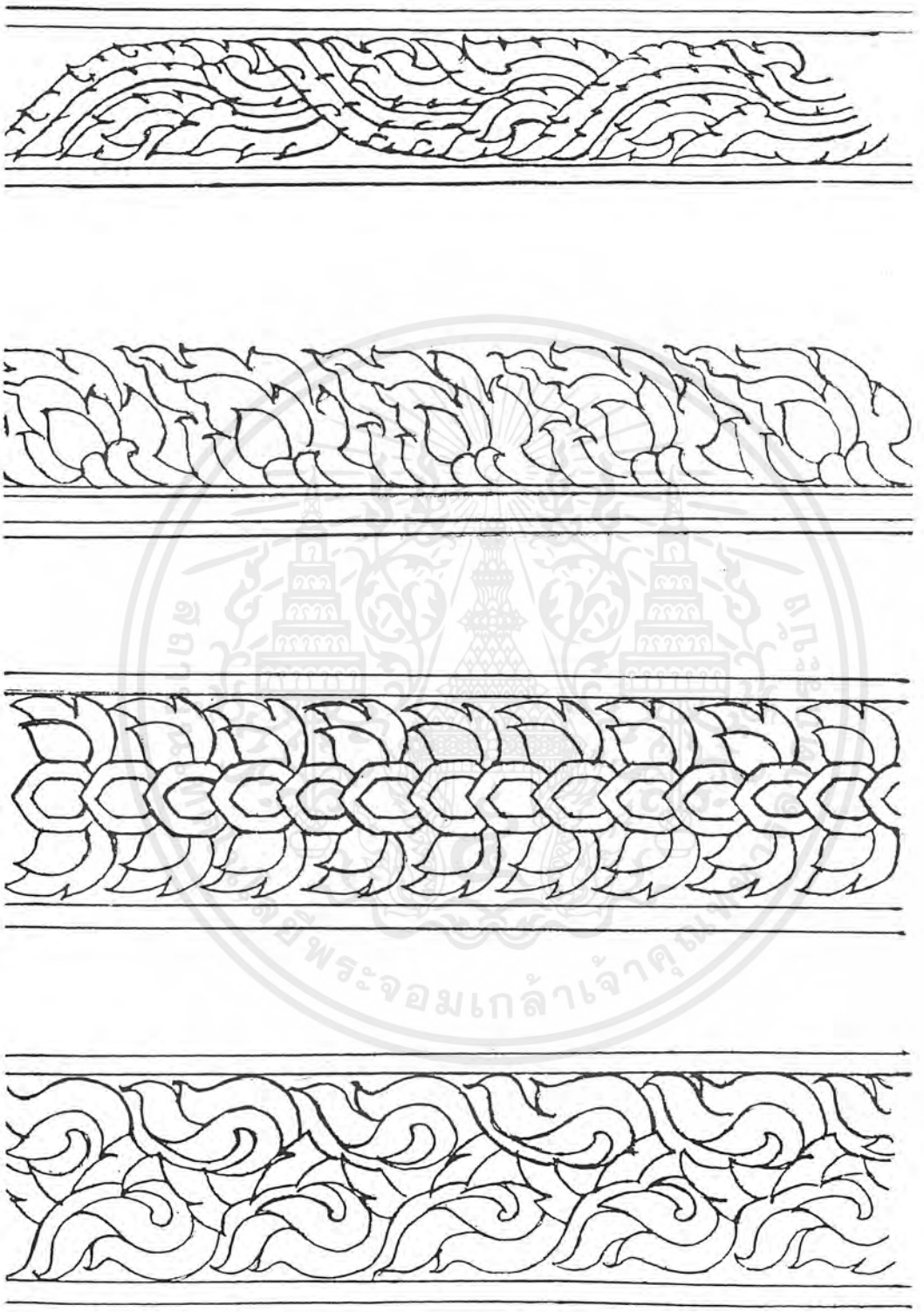
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การร่างบนกระดาษวาดเขียนด้วยดินสอดำให้ติดแต่เพียงเบา ๆ ก่อนพอมองเห็นเท่านั้นพอ เมื่อเห็นว่าถูกต้องเหมือนแบบแน่นอนแล้ว จึงลากเส้นดินสอตามเส้นของลายให้ติดชัดอีกสักหน่อยก็พอแล้ว เมื่อเวลาลากเส้นปากกาจะได้เห็นลายถนัดชัดเจนดี การวาดภาพลายไทยนั้น จงระลึกอยู่เสมอว่าอย่าเอาเส้นตรงมาใช้กับลายไทยเป็นอันขาด เพราะจะทำให้ลายแข็งไม่เป็นที่ถูกต้อง ไม่เป็นที่พอใจของอาจารย์ผู้สอนเลย การเขียนลายต้องใช้เส้นโค้งคดทั้งหมด เส้นม้วนกลมเป็นก้นหอย เช่น กนกก้านขดเป็นต้น

ลายที่ใช้ในงานต่าง ๆ ทุกแบบ จะมีชื่อเรียกได้ทุกลายไม่ซ้ำกัน ลีลาของลายไม่มีเหมือนกัน การตั้งชื่อก็ตั้งไปตามลักษณะของลาย เช่น กนกเปลว เป็นต้น มีลักษณะเหมือนกับเปลวเพลิงในกองไฟ คือยอดเปลวจะสะบัดพลิ้วขึ้นไปตอนบน ลายที่มีชื่อต่าง ๆ เหล่านี้ จะมีหน้าที่ใช้งานต่าง ๆ กัน จะเรียกเอามาประกอบลายได้ทันที และเหมาะสมกับงานนั้น

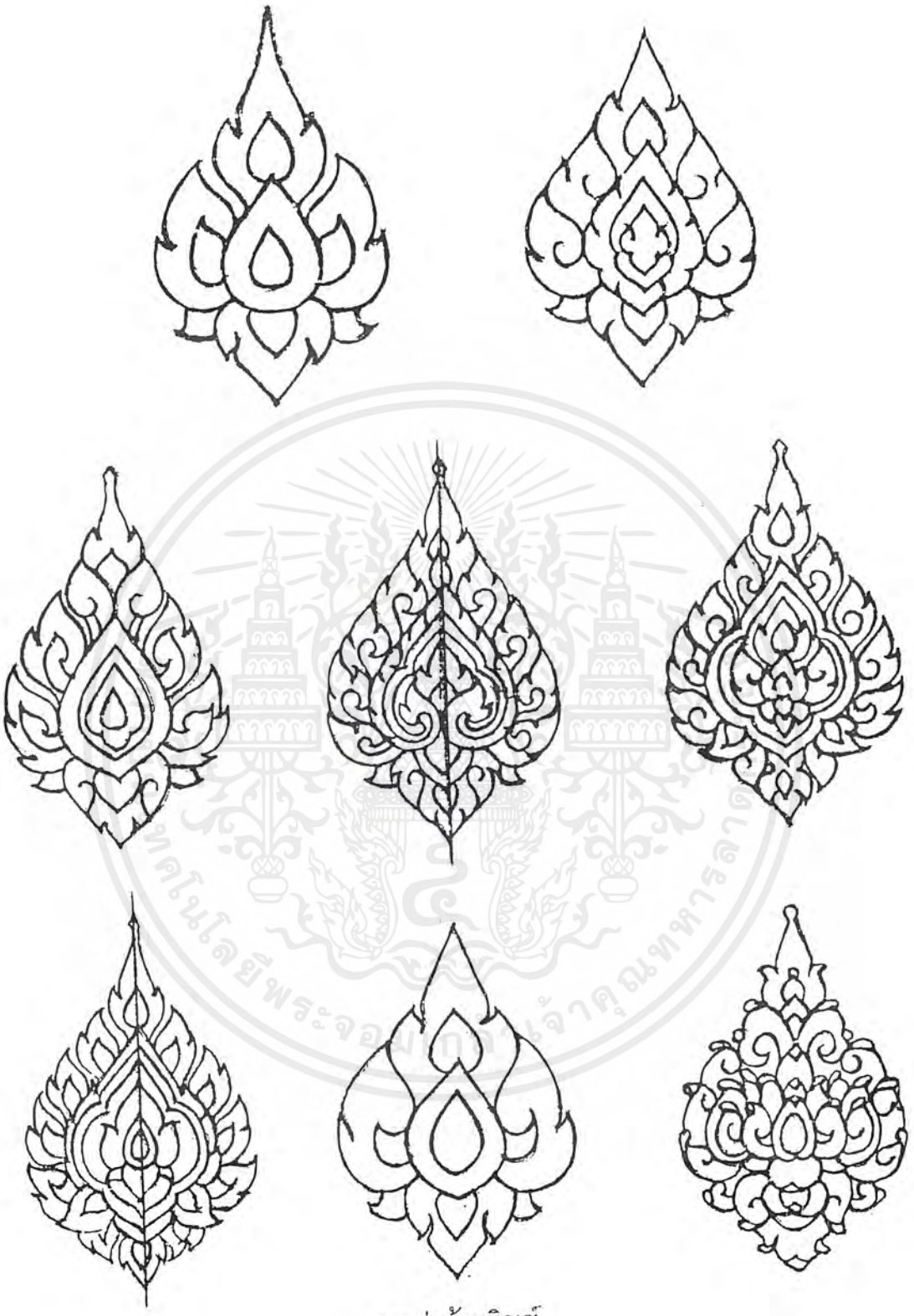
รูปที่ 2.2.1
ลายกนกสามตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2.2
รูปแบบลายไทยชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ลายพุ่มข้าวบิณฑ์

รูปที่ 2.2.3
รูปแบบลายไทยชนิดต่างๆ

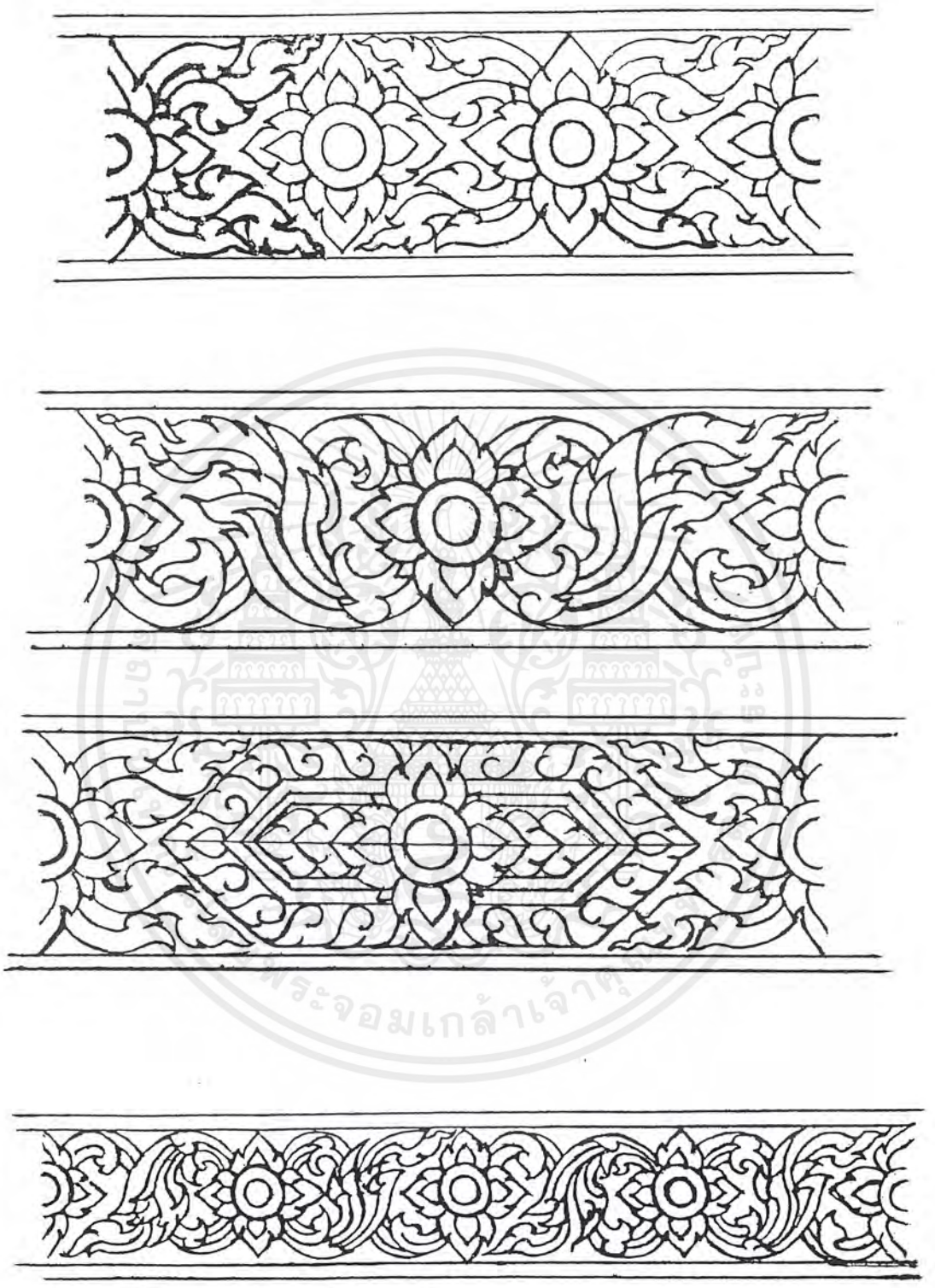
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลายหน้าขบ

ลายข่อกนก

รูปที่ 2.2.4
รูปแบบลายไทยชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

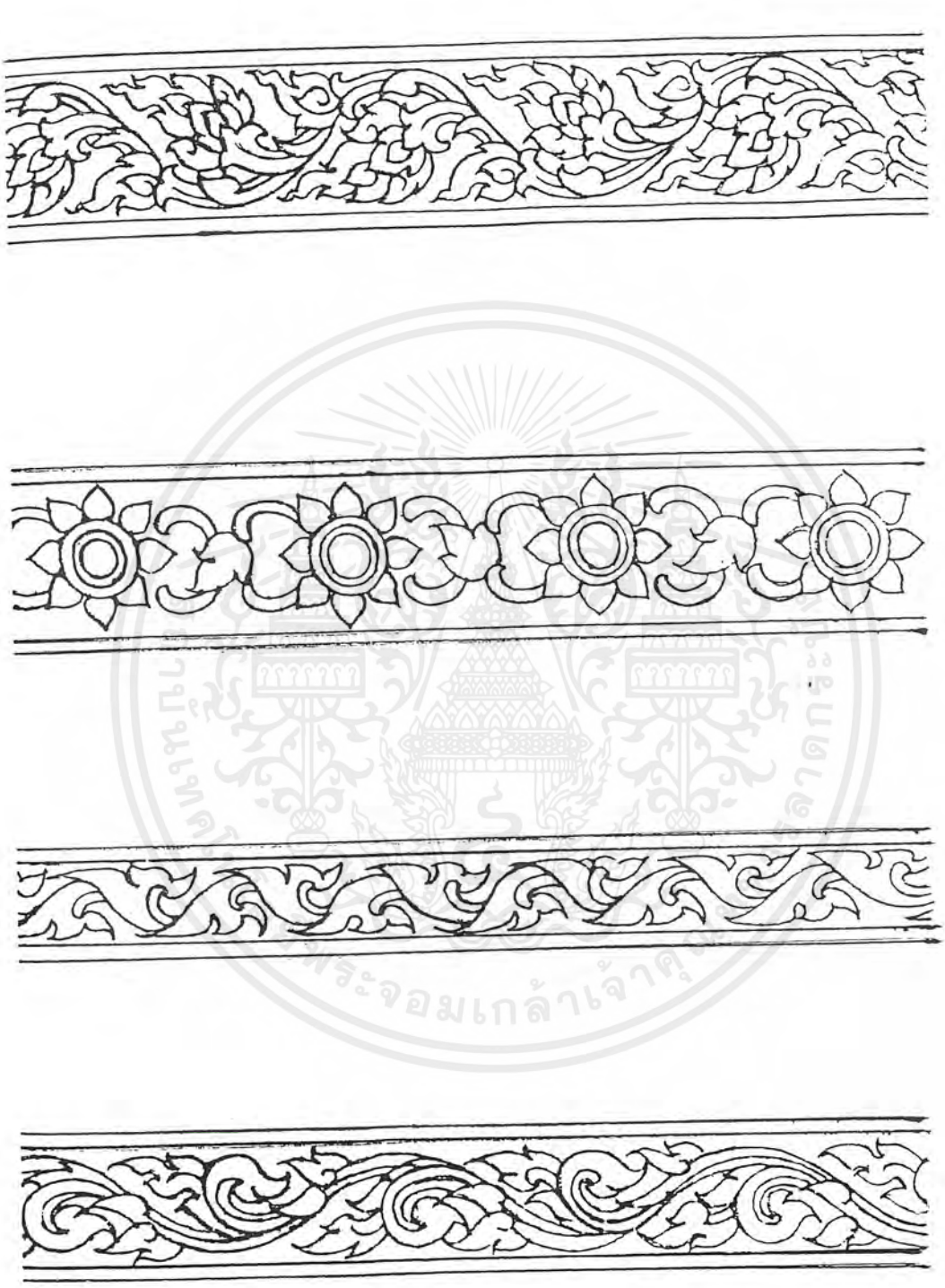


ลายหน้ากระดาน

รูปที่ 2.2.5

รูปแบบลายไทยชนิดต่างๆ

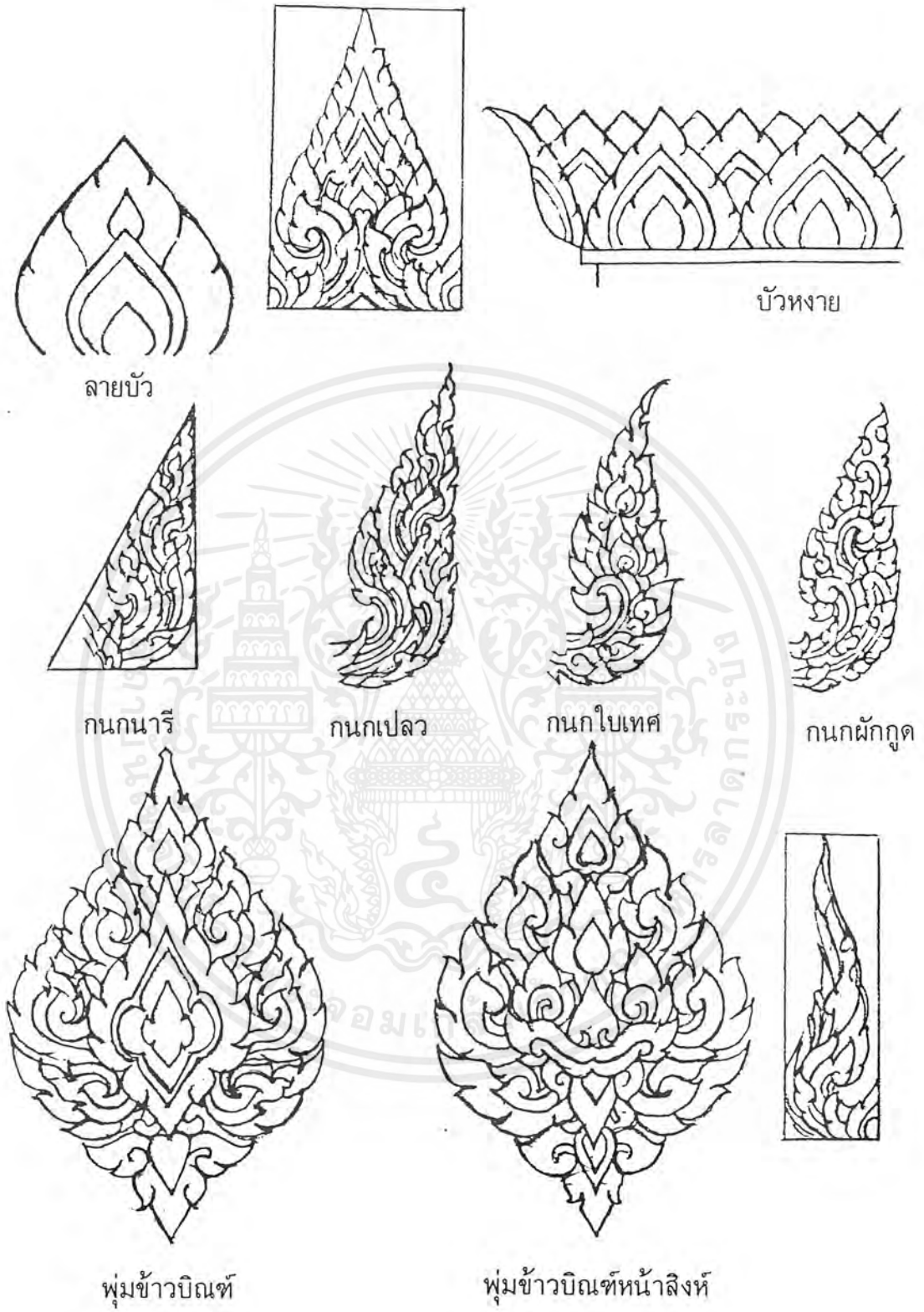
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2.6

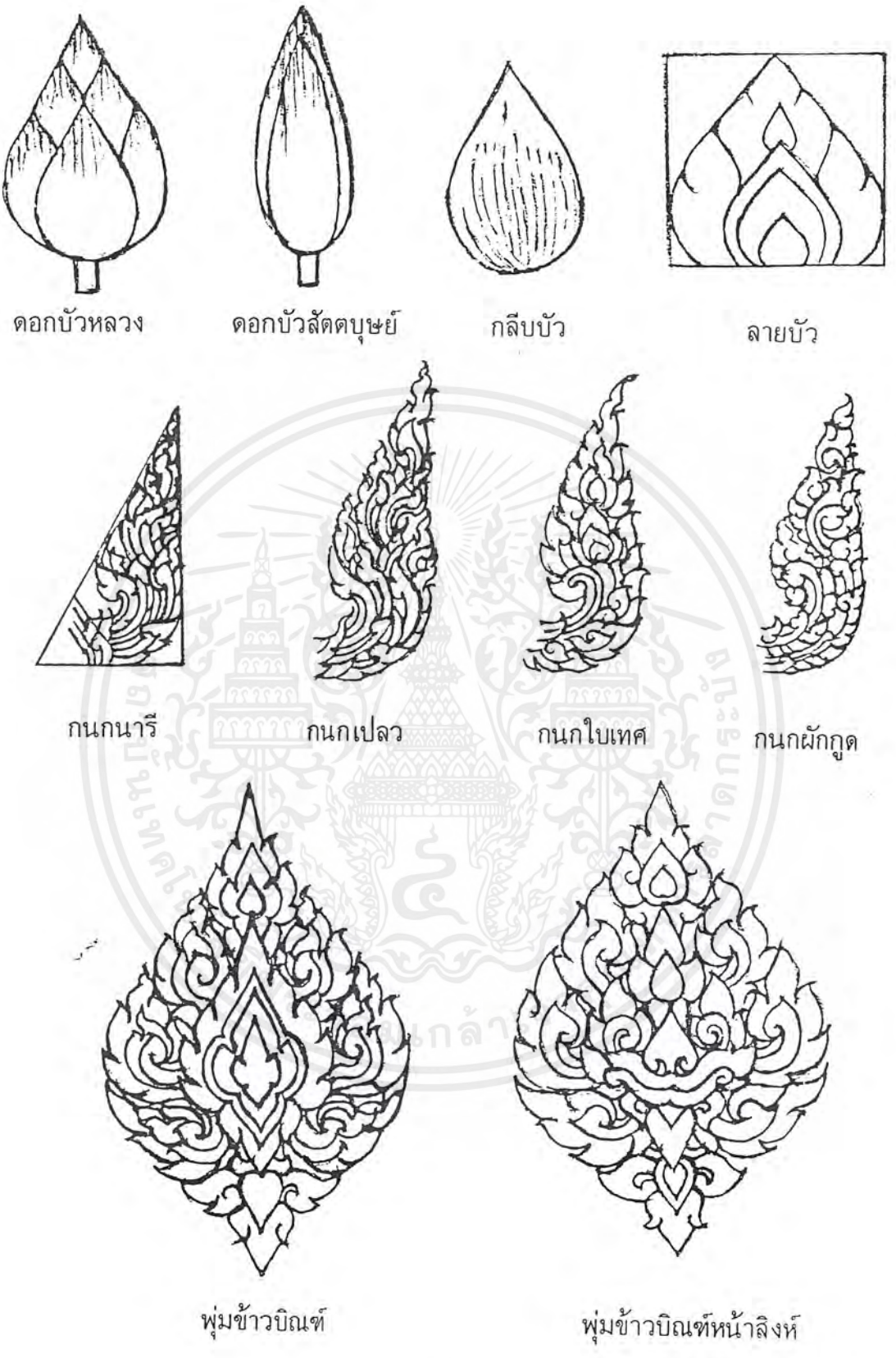
รูปแบบลายไทยชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2.7
รูปแบบลายไทยชนิดต่างๆ

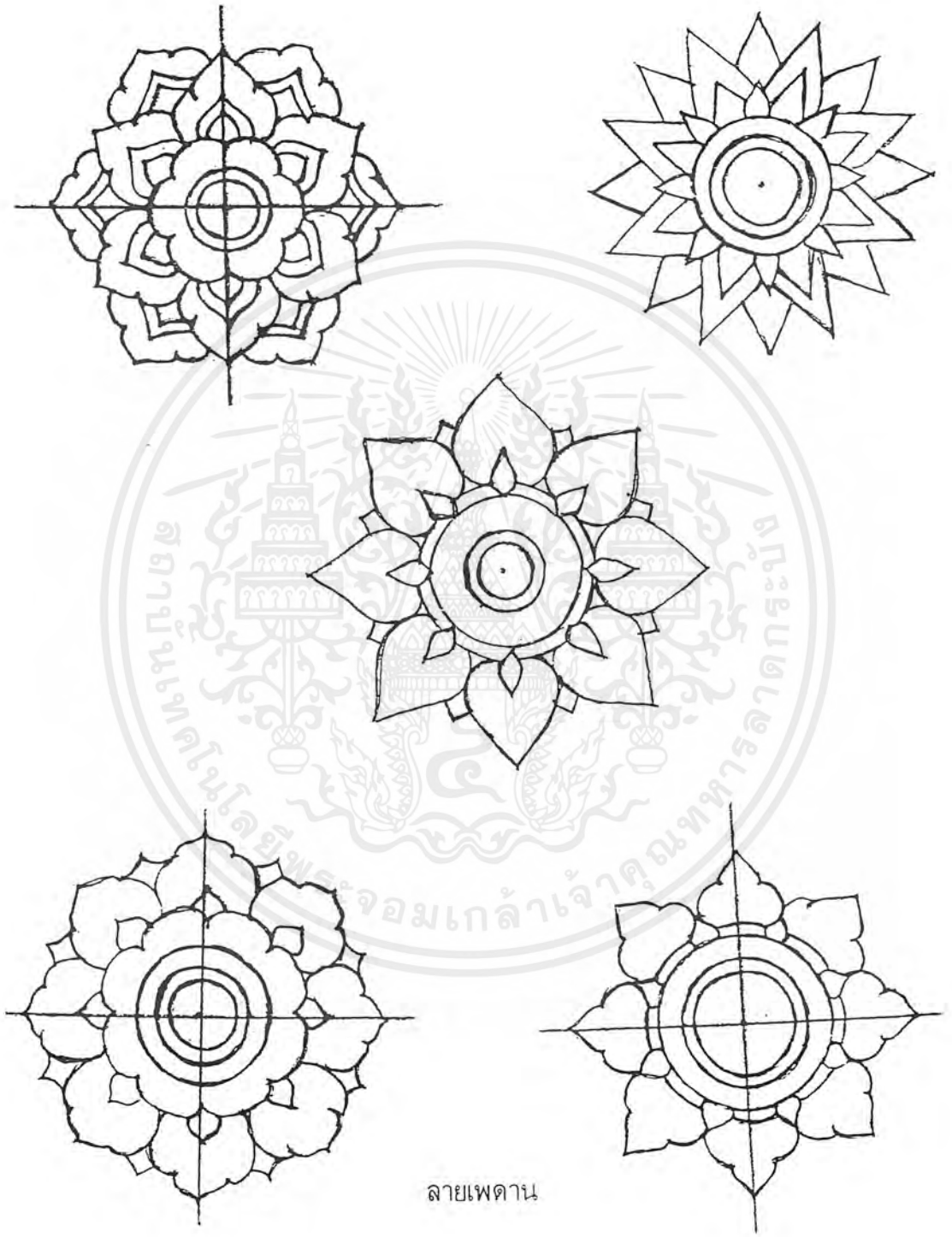
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2.8

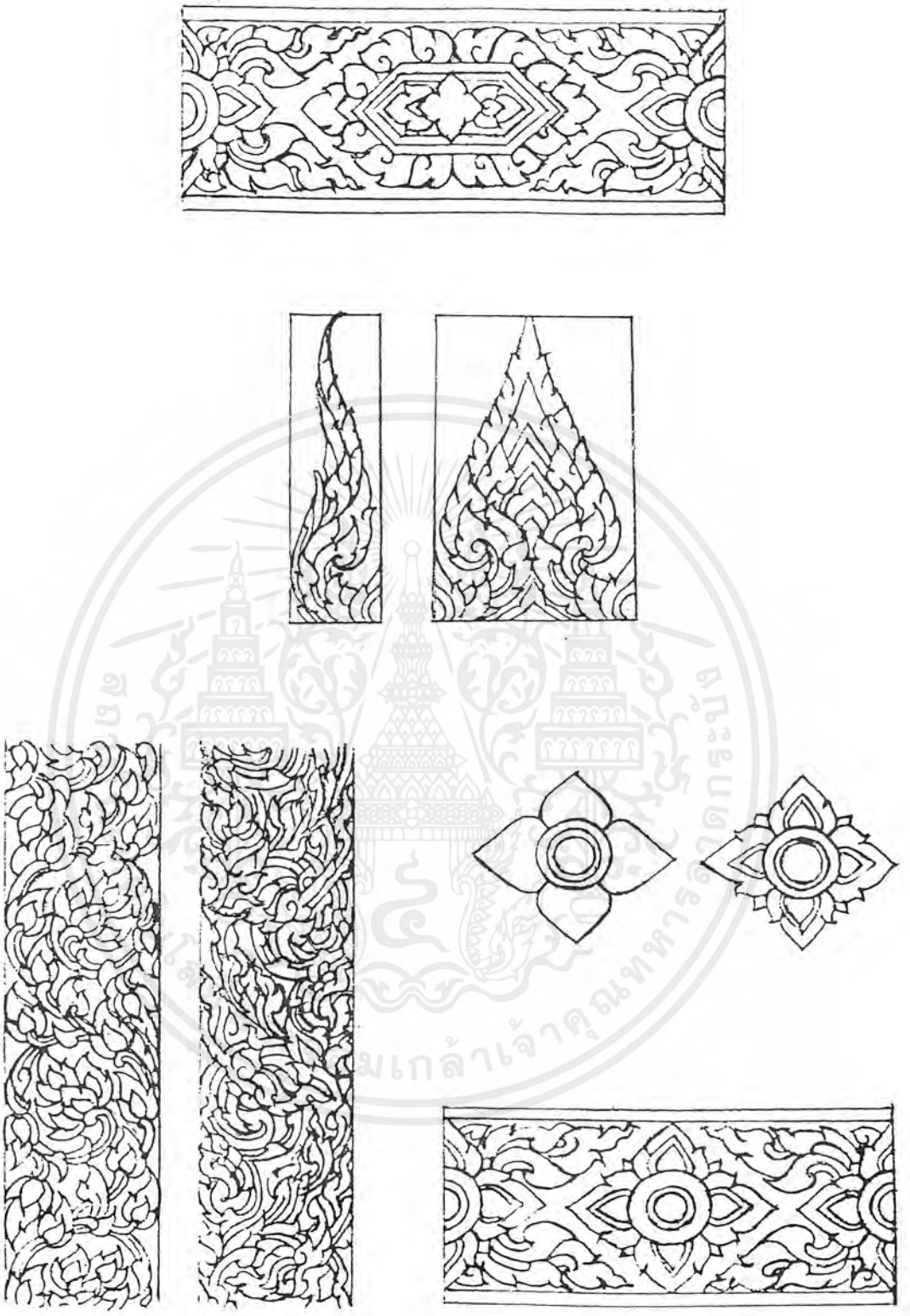
รูปแบบลายไทยชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2.9
รูปแบบลายไทยชนิดต่างๆ

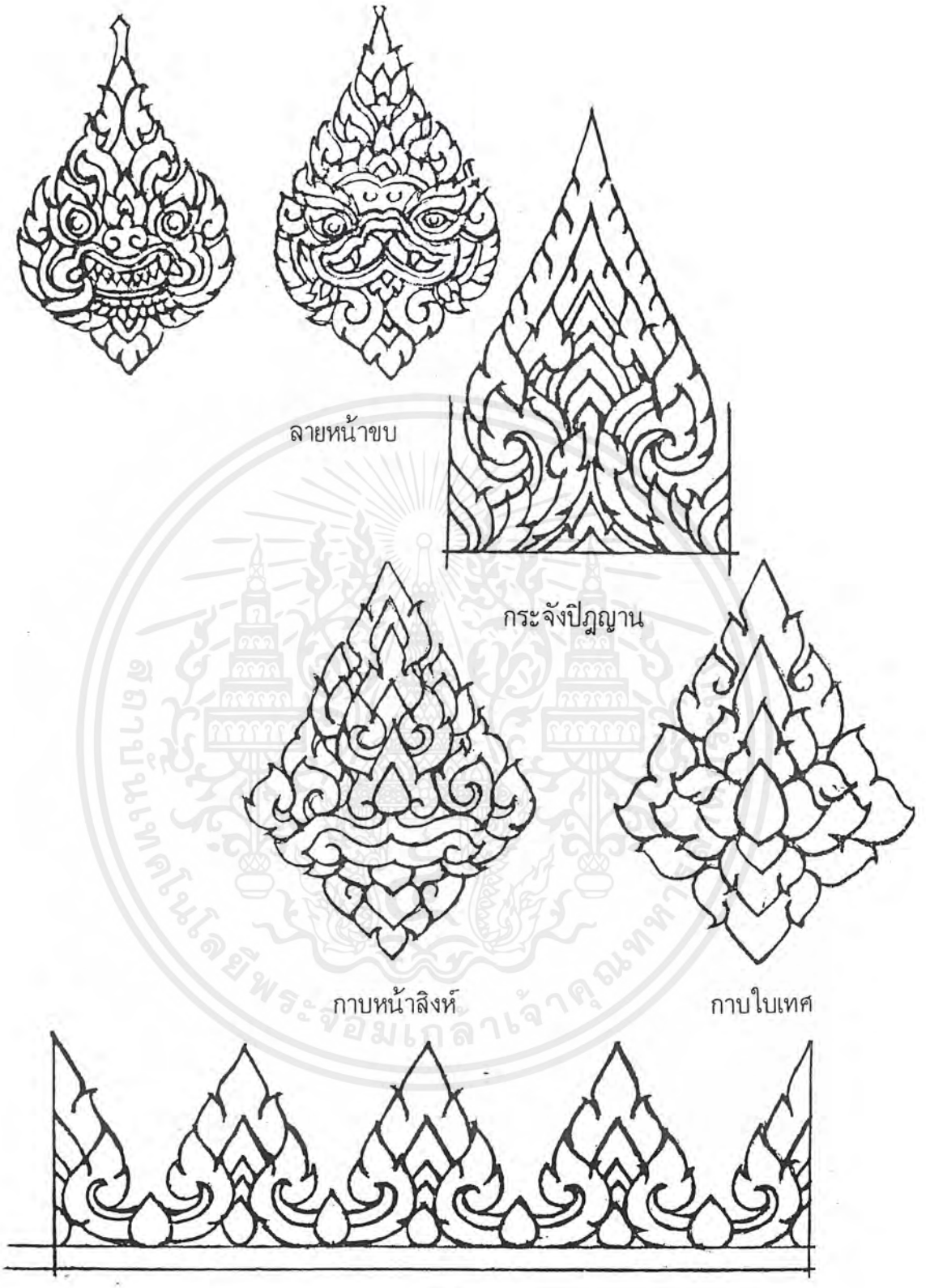
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ลายก้านขด

รูปที่ 2.2.10
รูปแบบลายไทยชนิดต่างๆ

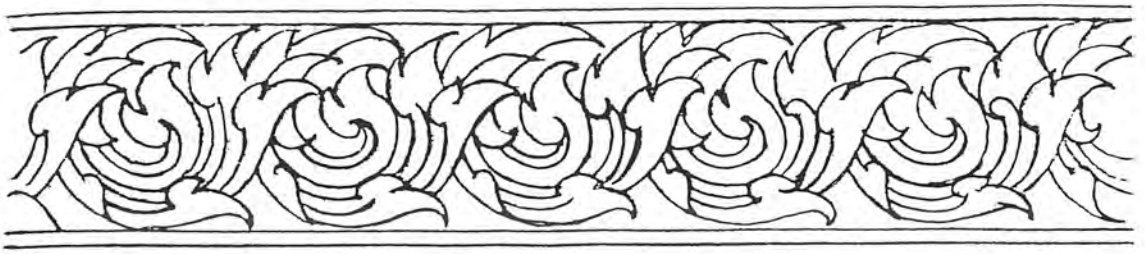
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2.11
รูปแบบลายไทยชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลายเกลียวกนก



ลายเกลียวทรงโต

ลายเกลียวกาบกนก

1

2

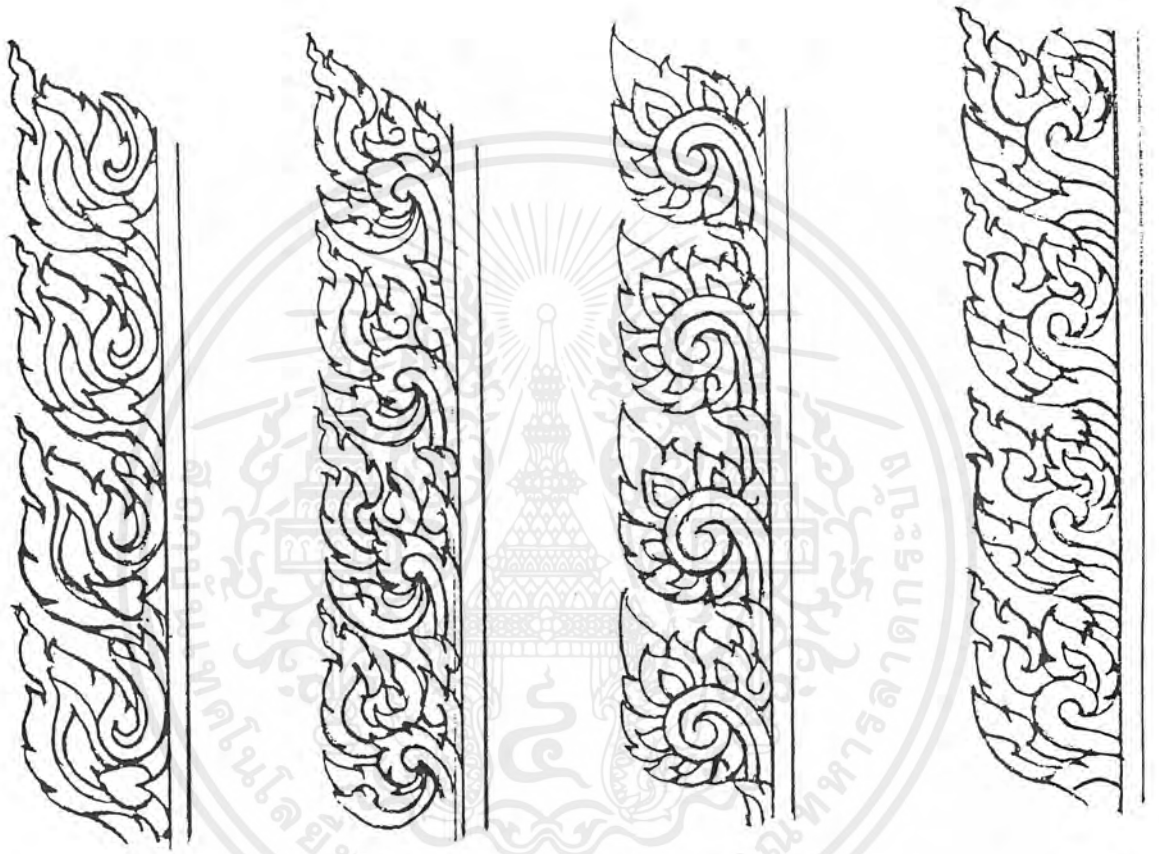
3

รูปที่ 2.2.12

รูปแบบลายไทยชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

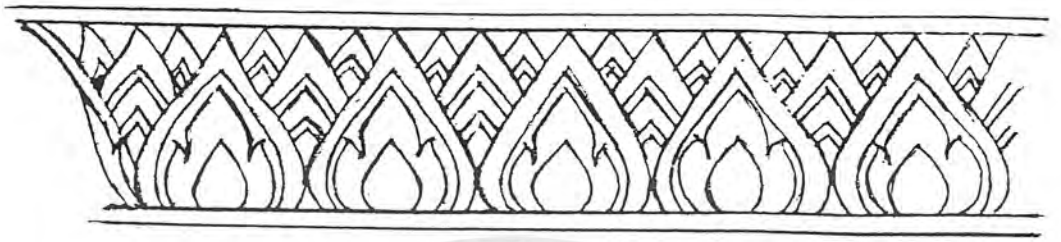
ลายน่องสิงห์แบบต่าง ๆ



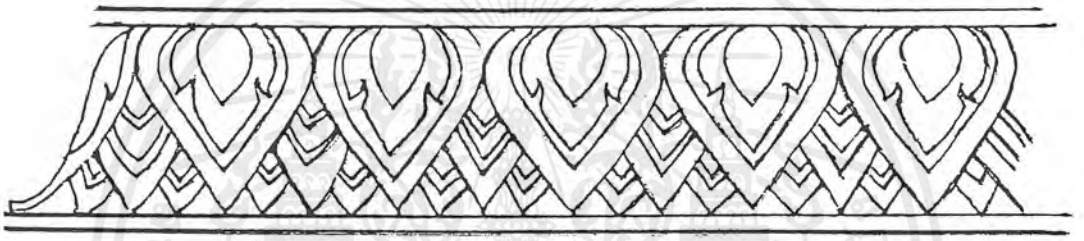
รูปที่ 2.2.13
รูปแบบลายไทยชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

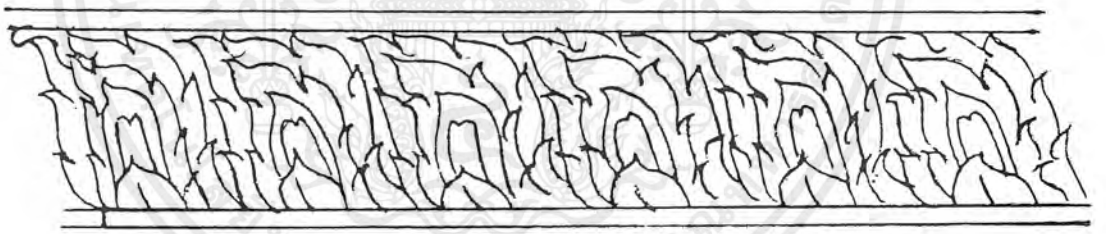
ลายบัว

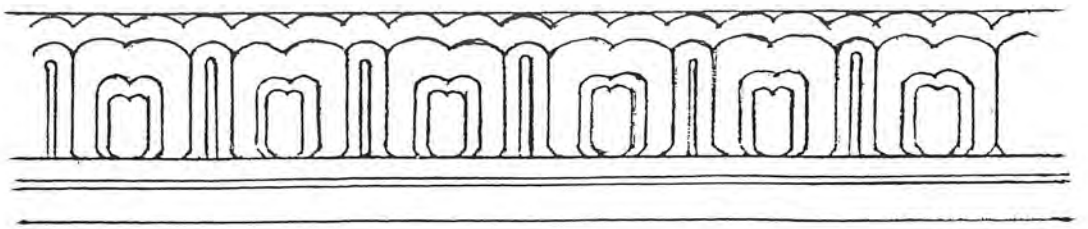


บัวหงาย



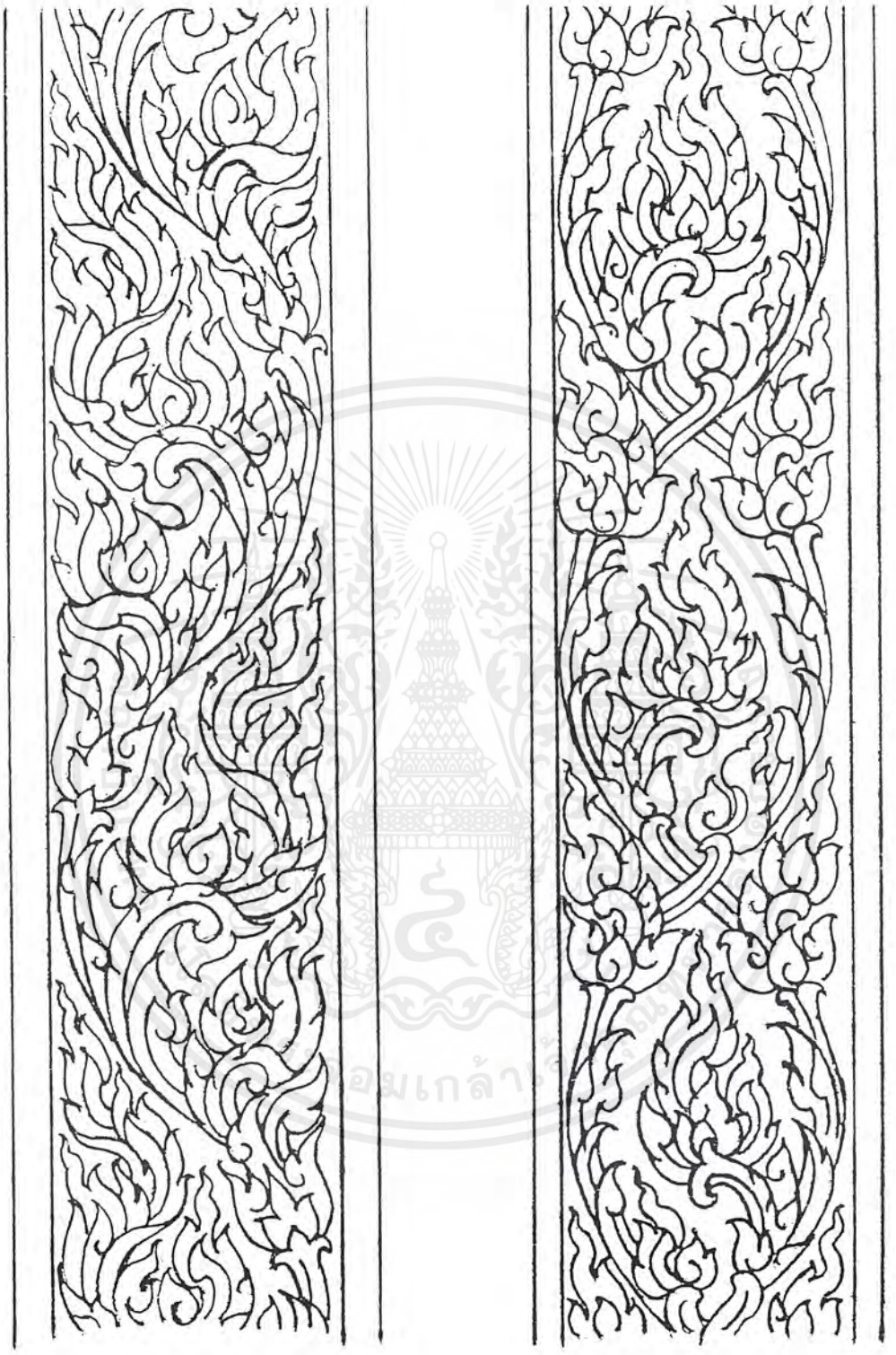
บัวคว่ำ





รูปที่ 2.2.14
รูปแบบลายไทยชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เครือเถาหางโตเปลว

เถาไขว้เทศหางโต

รูปที่ 2.2.15

รูปแบบลายไทยชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 3 ที่อยู่อาศัย

ที่อยู่อาศัยที่เราใช้พักพิงหลับนอนกันนั้น จัดแบ่งตามประเภทการก่อสร้างแล้ว สามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภทคือ

1.บ้านเดี่ยว ได้แก่ บ้านหลังเดียวโดดๆ มีบริเวณที่ดินโดยรอบ เป็นบ้านชั้นเดียว 2 ชั้น หรือมากกว่าก็ได้ แล้วแต่ขนาดของครอบครัว

2.บ้านแฝด ได้แก่ บ้านที่มีผนังด้านหนึ่งติดกัน (ผนังร่วม) ดังนั้นรั้วด้านหนึ่งจึงใช้ร่วมกันด้วย โดยอีก 3 ด้านจะมีบริเวณที่ดินโดยรอบ

3.บ้านแถว ได้แก่ บ้านหลายๆหลังติดกันเป็นแถว จำนวนมากกว่า 3 หลัง แต่เดิมถ้าการก่อสร้างใช้ไม้เป็นส่วนใหญ่เรามักจะเรียกว่าห้องแถว หรือเรือนแถว ถ้าเป็นโครงสร้างคอนกรีตผนังก่ออิฐ ก็จะเรียกว่าตึกแถว เพิ่งจะเกิดศัพท์ใหม่ที่ใช้เรียกบ้านแถวนี้ว่า "ทาวน์เฮาส์" ซึ่งตามความหมายเดิมจะหมายถึงที่อยู่อาศัยที่มีลักษณะอยู่ใจกลางเมือง แต่ต่อมาเมื่อมีความนิยมเกิดขึ้นจึงเรียกบ้านแถวในลักษณะนี้ว่า "ทาวน์เฮาส์" กันหมด ไม่ว่าจะอยู่ในเมืองหรือไปปลูกสร้างกันกลางทุ่งนา

4.อพาร์ทเมนต์ หรือแฟลต เป็นที่อยู่อาศัยที่เกิดจากความต้องการที่อยู่อาศัยเป็นจำนวนมากในที่ดินที่จำกัด จึงต้องก่อสร้างเป็นอาคารหลายชั้น ความสูงตั้งแต่ 4 ชั้นขึ้นไป จึงทำให้สามารถสร้างได้หลายห้องในอาคารเดียว การเป็นกรรมสิทธิ์ในที่อยู่อาศัยประเภทนี้ จะมีสิทธิเฉพาะในห้องส่วนตนเองเท่านั้น ไม่มีสิทธิในอาคารส่วนรวมเช่น ทางเดินบันได หรือในที่ดินที่อาคารนั้นๆตั้งอยู่ อพาร์ทเมนต์มักจะมีเนื้อที่แต่ละห้องเล็กกว่าที่อยู่อาศัย 3 ประเภทแรกมาก และยังไม่สามารถมีกรรมสิทธิในที่ดินอีกด้วย จึงไม่เป็นที่นิยมซื้อขาย มักจะเป็นการเช่าอยู่ชั่วคราว

5.คอนโดมิเนียม เป็นที่อยู่อาศัยที่มีการก่อสร้างเป็นอาคารสูง หลายห้องและหลายชั้นเช่นเดียวกับอพาร์ทแมนต์ แต่มีการจัดการขายและแบ่งกรรมสิทธิ์ในทรัพย์สินทั้งหมด ตั้งแต่ทางเดินบันได ลิฟท์ และที่ดินซึ่งสามารถแบ่งขายได้อย่างอิสระ เรียกว่า "นิติกรรมอาคารชุด" ซึ่งเปรียบเสมือนโฉนดที่ดินที่สามารถเป็นหลักทรัพย์ได้อย่างหนึ่ง คอนโดมิเนียมนอกจากจะมีห้องพักจำนวนหนึ่งแล้วบางแห่งยังมีสาธารณูปโภคเพื่ออำนวยความสะดวกสบายให้แก่ผู้อยู่อาศัยอีกด้วย เช่น สระว่ายน้ำ สนามเทนนิส ห้องออกกำลังกาย ห้องประชุม ซึ่งทำให้ราคาของคอนโดมิเนียมสูงขึ้น อาจจะมีราคาแพงกว่าที่อยู่อาศัย 3 ประเภทแรกก็ได้ เมื่อเปรียบเทียบขนาดและเนื้อที่ใช้สอยกันแล้ว

จากวิวัฒนาการของยุคเริ่มแรก จวบจนปัจจุบันแนวคิดในเรื่องคอนโดมิเนียมก็ได้มีการพัฒนาเพิ่มขึ้นอีก ซึ่งสามารถแบ่งประเภทของคอนโดมิเนียม ได้เป็น 5 ประเภทคือ

1.คอนโดมิเนียมเพื่อการอยู่อาศัย เป็นคอนโดมิเนียมที่จัดสร้างขึ้นมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นที่พักอาศัยจะมีขนาดในแต่ละหน่วยใหญ่หรือเล็กแตกต่างกันไปตามทำเลที่ตั้งของโครงการนั้น บางโครงการอาจมีเฉพาะหน่วยเล็กๆ ผู้ที่ต้องการพื้นที่มากก็ต้องซื้อหลายหน่วยรวมกัน บางโครงการอกแบบเป็นหน่วยใหญ่ประกอบด้วยห้องหลายห้องซึ่งไม่สามารถแบ่งขายเป็นห้องเล็กๆได้ แบบนี้จะมีราคาแพงกว่ามาก คอนโดมิเนียมที่มีราคาแพงนี้มักจะอยู่ในย่านการค้าที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำคัญๆและมักจะมีสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆรวมอยู่ด้วย เช่น สระว่ายน้ำ ห้องอบไอน้ำ ห้องออกกำลังกาย ห้องประชุม ซุปเปอร์มาร์เก็ตเป็นต้น คอนโดมิเนียมพักอาศัยพอจะแบ่งได้เป็น 4 กลุ่มดังนี้

ระดับราคาสูง จะมีจำนวนห้องชุดน้อย ขนาดห้องชุดตั้งแต่ 200 ตารางเมตรขึ้นไป ยูนิตละประมาณ 4 ล้านบาทถึง 10 กว่าล้านบาท ส่วนใหญ่ยังคงเป็นที่อยู่อาศัยของคนที่มีรายได้สูงมาเป็นเวลานานแล้ว

ระดับราคาปานกลาง มีห้องชุดประมาณ 100 กว่ายูนิต ขนาดห้อง 80-120 ตารางเมตร ขายยูนิตละประมาณ 1 ล้าน ถึง 3 ล้านบาท

ระดับสตูดิโอ มีห้องชุดประมาณ 200-400 ยูนิต ขนาดห้อง 30-80 ตารางเมตร ขายยูนิตละประมาณ 500,000 บาท ถึงล้านบาท

ระดับราคาต่ำหรือราคาประหยัด เป็นโครงการสำหรับผู้ที่มีรายได้น้อยในย่านชานเมืองเป็นส่วนใหญ่ราคาประมาณยูนิตละ 200,000 บาท

2.คอนโดมิเนียมพักตากอากาศหรือเพื่อการพักผ่อน เป็นสิ่งจำเป็นของผู้มีรายได้สูงในลักษณะของการเป็น "เครื่องประดับเพื่อแสดงฐานะ" นอกจากนี้ยังมีสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆมากและคล้ายโรงแรมซึ่งเมื่อเทียบกับโรงแรมหรือที่พักอาศัยระดับแพงและหรูแล้ว คอนโดมิเนียมพักตากอากาศยังเป็นทรัพย์สินของตนเองที่มีความสะดวกระดับเดียวกัน และสามารถถือครองเป็นกรรมสิทธิ์ของตนเองได้ นอกจากนี้หากเจ้าของไม่ได้เข้าพักอาศัย ก็สามารถให้คนอื่นเช่าเพื่อทำรายได้ คุ้มกับจำนวนเงินที่ต้องผ่อนชำระให้แก่ธนาคารแต่ละเดือนได้

คอนโดมิเนียมพักตากอากาศโดยทั่วไปจะตั้งอยู่บริเวณชายทะเล หรือที่ที่มีบรรยากาศแบบธรรมชาติ เช่น ภูเขา แม่น้ำ และแหล่งท่องเที่ยวต่างๆทั่วไป มีทั้งแบบแนวราบและแนวสูงหรือตึกสูง ขึ้นอยู่กับต้นทุนของที่ดินเป็นหลักรวมไปถึงการคาดคะเนการตลาดว่าจะขายให้ลูกค้ากลุ่มใด สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มคือ

ระดับราคาสูง จะมีจำนวนห้องชุดน้อย ขนาดห้องชุดตั้งแต่ 200 ตารางเมตรขึ้นไป ยูนิตละประมาณ 3-กว่าล้านบาท

ระดับราคาปานกลาง มีห้องชุดประมาณ 100 กว่ายูนิตขึ้นไป ขนาดห้อง 80-160 ตารางเมตร ขายยูนิตละประมาณ 1 ล้าน ถึง 3 ล้านบาท

ระดับสตูดิโอ มีห้องชุดประมาณ 200 กว่ายูนิตขึ้นไป ขนาดห้อง 30-80 ตารางเมตร ขายยูนิตละประมาณ 400,000 ถึง 1 ล้านบาท

3.คอนโดมิเนียมสำนักงาน สืบเนื่องจากการขยายตัวของธุรกิจ บริษัทต่างเกิดขึ้นอย่างมากมาย ทำให้มีความต้องการอาคารสำนักงานเพิ่มสูงขึ้น จึงเกิดอาคารสำนักงานขายเป็นยูนิต มีหลายขนาดให้เลือก ตามกำลังความสามารถของแต่ละบริษัท แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนโดมิเนียมสำนักงานให้เช่าหรือเช้งระยะยาว ซึ่งไม่ถือว่าเป็นคอนโดมิเนียมอย่างแท้จริง เนื่องจากการถือกรรมสิทธิ์ในห้องชุดนั้นไม่มี จะมีก็เพียงแต่การแบ่งกันเสียค่าใช้จ่ายส่วนกลาง ซึ่งคำนวนออกมาเป็นส่วนหนึ่งของค่าเช่าเท่านั้น

คอนโดมิเนียมสำนักงาน สร้างขึ้นเพื่อให้เจ้าของร่วมใช้เป็นสำนักงานโดยเฉพาะ เนื่องจากอาคารสำนักงานให้เช่ามีราคาค่าเช่าถีบตัวสูงขึ้น ผู้ลงทุนจึงเห็นว่าหากมีการเสนอกรรมสิทธิ์ในคอนโดมิเนียมสำนักงานให้โดยเสียเพียงค่าเช่าซื้อเพิ่มขึ้นจากค่าเช่าซึ่งต้องเสียแต่เดิมไม่มากก้จะเป็นการดึงดูดลูกค้าให้หันมาสนใจคอนโดมิเนียมชนิดนี้

4. คอนโดมิเนียมแบบผสมหรือคอมเพล็กซ์คอนโดมิเนียม เป็นการรวมเอาโครงการอื่นๆ เช่น ศูนย์การค้า โรงแรม หรือสำนักงานให้เช่า เข้าไว้ด้วยกัน เพื่อเป็นการเสนอคอนโดมิเนียมรูปแบบใหม่แก่ลูกค้า

5. คอนโดมิเนียมประเภทอื่นๆ เช่นคอนโดมิเนียมอุตสาหกรรมสร้างขึ้นเพื่อผู้ที่ต้องการที่อยู่รวมกัน เพื่อเฉลี่ยค่าใช้จ่ายในด้านสาธารณูปโภคการขนส่งและอยู่ใกล้แหล่งงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 4 พื้นที่ภายในที่พักอาศัยและการตกแต่ง

ภายในที่พักอาศัยโดยทั่วไปมีการจัดแบ่งพื้นที่ของส่วนใช้งานต่างๆกันไป ซึ่งแต่ละส่วนก็จะมีการตกแต่งให้เหมาะสมแก่การใช้งานและขนาดของพื้นที่ สามารถแบ่งออกเป็นห้องต่างๆได้ดังนี้

1.ห้องรับแขก เป็นส่วนที่สำคัญ เพราะเป็นสถานที่ที่ใช้ต้อนรับผู้มาเยี่ยมเยือน ที่สำคัญห้องนี้ยังสามารถบอกถึงรสนิยมของผู้เป็นเจ้าของได้เป็นอย่างดี

ขนาด ควรมีเนื้อที่อย่างน้อย 3.50-4.00 เมตร โดยปกติแล้วจะเป็นห้องเรียบๆแต่ในบางครั้งอาจมีการเล่นระดับจากพื้นธรรมดา โดยเจาะเป็นบ่อหรือยกให้ลอยขึ้นเพื่อเป็นที่รับแขก

ที่ตั้ง ควรอยู่ใกล้บริเวณที่รับแขกมากที่สุด อยู่ในทิศที่ลมผ่านมีหน้าต่างและประตูมากพอที่จะให้อากาศถ่ายเทได้สะดวก มองเห็นทิวทัศน์นอกบ้านได้

แสงสว่าง ควรมีมากพอสมควรเพื่อให้บรรยากาศดูสดใส ไม่มืดทึม โดยเฉพาะเนื้อที่ที่ใช้สนทนา สีที่เลือกใช้ควรกลมกลืนกัน เพื่อสร้างบรรยากาศที่เป็นกันเองระหว่างแขกและเจ้าบ้าน ถ้าผนังเป็นสีร้อนเครื่องเรือนควรเป็นสีเย็น ถ้าผนังเป็นสีอ่อนเครื่องเรือนควรเป็นสีเข้ม หรือถ้าผนังกรุด้วยกระดาษปิดผนังที่มีลวดลายเครื่องเรือนควรมีความเรียบง่าย

เครื่องเรือน ประกอบด้วย

เครื่องเรือน	กว้าง (M)	ยาว (M)	สูง (M)	หมายเหตุ
1.เก้าอี้ยาว (Sofa)	0.50	0.60	0.38-0.40	เป็นเก้าอี้มีพนักและเท้าแขน นั่งได้ 2-3 คน
2.โต๊ะกลาง (Coffee table)	0.60-0.65	1.40	0.40	ใช้สำหรับวางแจกัน หนังสือ พิมพ์
3.โต๊ะเล็ก (End table)	0.40	0.40	0.38-0.40	ใช้วางถ้วยน้ำ ที่เขี่ยบุหรี่ หรือโคมไฟเฉพาะแห่ง

ตารางที่ 2.4.1
แสดงเครื่องเรือนภายในห้องรับแขก

นอกจากนี้ยังมีสิ่งตกแต่งอื่นๆเช่น ตู้โชว์ โคมไฟ แจกันดอกไม้ ต้นไม้ พัดลม ฯลฯ โดยขึ้นอยู่กับความจำเป็นของแต่ละบ้าน ซึ่งอาจใช้ห้องรับแขกเป็นห้องพักผ่อนของคนภายในบ้านด้วยก็ได้

การจัด โดยทั่วไปจัดได้ 2 แบบคือ

แบบนั่งพื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยปูเสื่อหรือพรม มีเบาะนั่งหลายๆใบ หมอนสามเหลี่ยมหรือหมอนอิง เพื่อให้นั่งสบายขึ้น และมีโต๊ะเตี้ยๆไว้สำหรับวางของ

แบบนั่งเก้าอี้

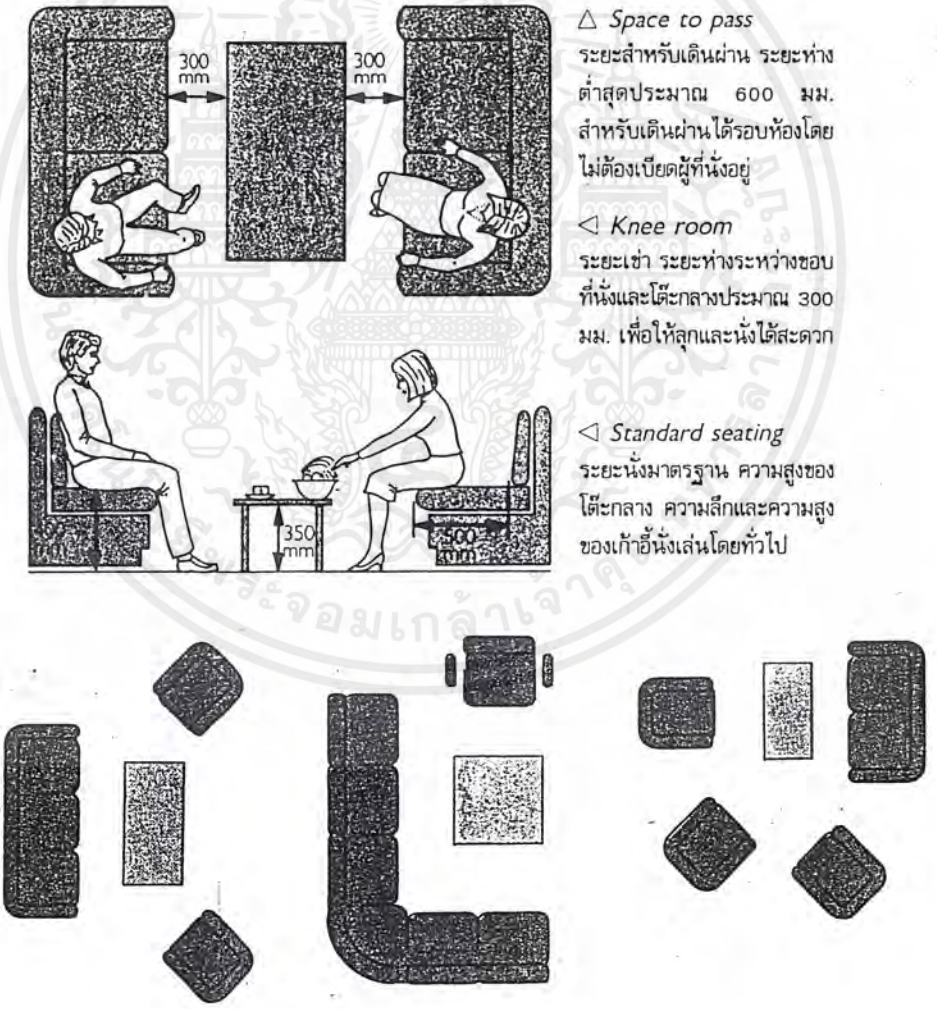
มีการจัดหลายวิธีดังนี้

1.การจัดเก้าอี้ยาวและเก้าอี้เดี่ยวเป็นวงรอบ มีโต๊ะรับแขกอยู่ตรงกลาง

2.จัดเก้าอี้ยาวไว้ตรงกลาง มีเก้าอี้ยาวขนาบทั้ง 2 ข้าง และให้โต๊ะรับแขกตั้งอยู่หน้าเก้าอี้ยาว

3.จัดเข้ามุมซึ่งเหมาะกับห้องขนาดเล็ก วางเก้าอี้ยาว 2 ตัวตั้งฉากกัน หรือวางเก้าอี้ยาว 2 ตัวตั้งฉากกับเก้าอี้เดี่ยว 2 ตัว ตั้งโต๊ะรับแขกหน้าเก้าอี้ยาว

4.จัดเป็นสี่เหลี่ยม วางเก้าอี้ยาว 1 ตัว หันหน้าเข้าหาเก้าอี้เดี่ยว 2 ตัว ทำมุมฉากกับหน้าตางหรือเครื่องเรือนอื่น เช่น ตู้โชว์ ตู้หนังสือ เป็นต้น



ภาพที่ 2.4.1

ลักษณะการจัดห้องรับแขก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.ห้องพักผ่อน สำหรับบ้านที่มีเนื้อที่กว้างมักนิยมแยกออกจากห้องรับแขก มีไว้สำหรับพักผ่อนรวมกันของทุกคนในครอบครัว อาจเป็นช่วงก่อนหรือหลังอาหารมื้อเย็น หรือช่วงวันหยุดหรืออาจใช้ต้อนรับแขกท่มีความสนิทสนมเป็นพิเศษได้ด้วย กรณีอยู่คนเดียว ห้องพักผ่อนก็ยังเป็นห้องพักผ่อนส่วนตัวซึ่งเป็นคนละส่วนกับการพักผ่อนในห้องนอน

ขนาด ขึ้นอยู่กับจำนวนสมาชิกในครอบครัว และวัตถุประสงค์ของเจ้าของบ้าน ควรมีการจัดให้ดูโปร่งสบายตา โดยใช้เครื่องเรือนไม่มากชิ้นจนทำให้ห้องดูคับแคบ

ที่ตั้ง มักจะมีพื้นที่ติดกับห้องรับแขก และห้องรับประทานอาหาร

แสงสว่าง ต้องการแสงสว่างพอประมาณ จะมีแสงสว่างมากเฉพาะที่เท่านั้น เช่น โคมไฟสำหรับการอ่านหนังสือ

เครื่องเรือน ได้แก่

เครื่องเรือน	กว้าง (M)	ยาว (M)	สูง (M)	หมายเหตุ
1.เก้าอี้ยาว (Sofa)	0.50-0.65	0.60-1.40	0.40	
2.โต๊ะกลาง (Coffee table)	0.60-0.65	1.40	0.40	
3.โต๊ะเล็ก (End table)	0.45	0.45	0.40	
4.เก้าอี้เดี่ยว	0.40	0.50	0.40	
5.ตู้เก็บหนังสือ	0.35	1.50-2.00	2.00-2.80	
6.ตู้เก็บสิ่งสร้างความบันเทิงต่างๆ	0.50	3.00	2.00-2.50	
7.โต๊ะเล่นเกม	0.60	0.60	0.75	

ตารางที่ 2.4.2
แสดงเครื่องเรือนภายในห้องพักผ่อน

นอกจากนี้อาจมีโต๊ะทำงานหรือโต๊ะอ่านหนังสือ มุมสำหรับแม่บ้านเย็บปักถักร้อย เก้าอี้น้ำหนักเบาหรือเก้าอี้ครึ่งนั่งครึ่งนอนเพื่อพักผ่อนสบายๆ

การจัด ควรแยกเป็นมุมๆเพื่อการทำกิจกรรมต่างๆจุดสำคัญของห้องนี้ไม่ได้อยู่ที่การจัดเครื่องเรือนให้เข้าชุดกัน แต่อยู่ที่การจัดแบ่งเนื้อที่ให้เกิดประโยชน์ใช้สอยสะดวกสบาย

3.ห้องนอน เป็นห้องที่ต้องการความสงบมากกว่าส่วนอื่นให้ความเป็นส่วนตัวและความสะดวกสบายแก่เจ้าของห้อง อีกทั้งแสดงรสนิยมและบุคลิกของเจ้าของห้องได้มากกว่าห้องอื่น นอกจากใช้เป็นห้องพักผ่อนแล้ว ยังเป็นห้องแต่งตัวและห้องทำงานส่วนตัวอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาด โดยทั่งไปมีตั้งแต่ 3.00 x 3.00 เมตรไปจนถึง 4.50 x 5.50 เมตร หรืออาจกว้างกว่านี้ ควรเป็นห้องมีเพดานสูง มีหน้าต่างหลายบานโดยอยู่รวมกลุ่มกัน เพื่อจะได้มีเนื้อที่ผนังสำหรับใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น สำหรับประตู ถ้ามีมากกว่าหนึ่งบานควรอยู่ใกล้กัน

ที่ตั้ง ควรอยู่ในมุมที่สงบที่สุดของบ้าน ห่างจากถนนเข้าบ้าน อากาศถ่ายเทได้ดี ได้รับลมเป็นประจำ

แสงสว่าง ไม่ต้องการแสงสว่างมากนัก แต่มีจุดที่ต้องการแสงสว่างเฉพาะที่ ได้แก่ โคมไฟหัวเตียงหรือติดผนังด้านหัวเตียงซึ่งอาจใช้อ่านหนังสือก่อนนอน ไฟที่หน้าโต๊ะเครื่องแป้ง ไฟที่บริเวณกระจกที่ใช้สำหรับแต่งตัว โคมไฟสำหรับอ่านหนังสือควรปรับทิศทางได้ และควรมีม่านหรือมู่ลี่ไว้เพื่อป้องกันแสงสว่างจากภายนอก

เครื่องเรือน ได้แก่

เครื่องเรือน	กว้าง (M)	ยาว (M)	สูง (M)	หมายเหตุ
1.เตียงนอนเดี่ยว	0.90-1.00	2.00	0.50	
2.เตียงนอนคู่	1.80	2.00	0.40-0.50	
3.โต๊ะข้างเตียง	0.30	0.45	0.40	-นิยมทำเป็นตู้เตี้ยยาวๆวางบริเวณหัวเตียงใช้เพื่อวางสิ่งของ เช่น หนังสือ โทรศัพท์
4.ตู้เสื้อผ้า	0.50-0.80	2.50	2.00	-อาจเป็นแบบตั้งพื้นหรือฝังผนังก็ได้
5.โต๊ะเครื่องแป้งสำหรับผู้ชาย	0.50-0.55	0.60	1.00-1.10	
6.โต๊ะเครื่องแป้งผู้หญิง	0.40	1.00-1.20	0.60-0.70	
7.เก้าอี้นั่งแต่งหน้า	0.40	0.40	0.40	

ตารางที่ 2.4.3
แสดงเครื่องเรือนภายในห้องนอน

ถ้าห้องกว้างพอและเจ้าของห้องใช้เวลาเขียนหนังสือตอนกลางคืน ในห้องนอนอาจมีโต๊ะทำงาน เก้าอี้นั่งสบายๆ และเครื่องเรือนอื่นๆได้ตามต้องการ

การจัด ควรจัดให้เรียบชิดติดผนัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.ห้องรับประทานอาหาร

ขนาด ควรมีที่นั่งเพียงพอแก่สมาชิกภายในครอบครัวทุกคน และจัดให้อยู่ในสภาพที่ยืดหยุ่นได้คือ สามารถขยายขอบเขตให้กว้างออกได้เมื่อต้องการรับรองแขกที่มาร่วมรับประทานอาหาร

จำนวนคน	ขนาดกว้าง x ยาว/เมตร
4	3.00 x 3.50
6	3.00 x 4.20
8	3.00 x 4.80
10	3.00 x 5.40
12	3.00 x 6.00

ตารางที่ 2.4.4

แสดงสัดส่วนการใช้งานของคนกับพื้นที่ในห้องการรับประทานอาหาร

ที่ตั้ง ถ้าห้องรับประทานอาหารอยู่ตรงกลาง ด้านหน้าควรเป็นห้องรับแขกหรือห้องพักผ่อน และด้านหลังเป็นห้องเตรียมอาหารซึ่งติดต่อกับห้องครัว ไม่ควรถูกรบกวนด้วยเสียงดังเกิน 80 เดซิเบล เพราะอาจมีผลต่อระบบย่อยอาหาร ควรมีทางเปิดออกสู่ระเบียงหรือสนามได้เมื่อต้องการขยายที่นั่งรับประทานอาหาร เช่น มีงานเลี้ยงระหว่างเพื่อนฝูง

แสงสว่าง ต้องการแสงสว่างค่อนข้างมาก ควรมีทั้งไฟกลางและไฟผนัง

เครื่องเรือน ได้แก่

เครื่องเรือน	กว้าง (M)	ยาว (M)	สูง (M)	หมายเหตุ
1.โต๊ะ สี่เหลี่ยมผืนผ้า	0.75-1.10	1.00-2.40	0.75	
โต๊ะ สี่เหลี่ยมจัตุรัส	0.60-1.20	0.60-1.20	0.75	
โต๊ะ กลม	0.75-1.75	0.75-1.75	0.75	
2.เก้าอี้	0.45	0.45	0.45	-พนักสูง 0.25 วัดจากที่นั่ง
3.ตู้โชว์ (Sideboard)	0.45	0.50	0.90-1.10	

ตารางที่ 2.4.5

แสดงเครื่องเรือนภายในห้องรับประทานอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าเป็นการนั่งรับประทานอาหารบนพื้นควรมีโต๊ะเตี้ยหรือโตหสำหรับวางอาหารซึ่งมีความสูงจากพื้นประมาณ 0.30 เมตร

การจัด ต้องคำนึงถึงความสะดวกสบายของผู้นั่งรับประทานอาหารเป็นสำคัญ โต๊ะควรห่างจากผนังห้องหรือเครื่องเรือนชิ้นที่อยู่ใกล้ที่สุดประมาณ 1.25 เมตร

5.ห้องครัว เป็นสถานที่ประกอบอาหารสำหรับผู้ที่อยู่อาศัยภายในบ้าน จึงควรจัดให้เป็นระเบียบและสะอาดสะอ้าน สำหรับครัวในเมืองไทยแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ

5.1ครัวแบบไทย นิยมประกอบอาหารโดยนั่งกับพื้น หรือมีโต๊ะเตี้ยประกอบอาหาร มีเตาอั้งโล่ ซึ่งก็มีข้อเสียคือใช้เชื้อเพลิงจำพวกฟืนและถ่านทำให้มีควันและเขม่า สกปรกง่าย

5.2ครัวแบบสากล โดยทั่วไปประกอบด้วยตู้เตี้ยยาวเป็นแนว มีตู้ลอยติดผนัง ใช้เตาแก๊สหรือเตาไฟฟ้า มีส่วนเก็บอาหารและซักล้าง

ขนาด ห้องครัวมีการจัดวางหลายรูปแบบ ซึ่งทำให้มีขนาดแตกต่างกันไป

รูปแบบ	ขนาด (เมตร)	หมายเหตุ
1.แบบตัวไอ	1.50 x 3.00	- เหมาะสำหรับครัวในบ้านหลังเล็กๆ เริ่มจากส่วนบริเวณทำความสะอาด มีอ่างสำหรับล้าง ถัดมาเป็นส่วนเตรียมอาหารและเตา เมื่ออาหารเสร็จเรียบร้อยก็นำมาวางที่ที่พักอาหารเพื่อรอเสิร์ฟ การจัดแบบนี้เริ่มจากขวามือไปทางด้านซ้ายของเคาน์เตอร์
2.แบบตัวแอล	2.50 x 2.50	- ลักษณะการจัดวางเป็นแบบตัวไอ แต่มีเนื้อที่เพิ่มมากขึ้น จึงจัดเป็นตัวแอลได้
3.แบบตัวยู	3.00 x 3.00	- เพดานห้องครัวไม่ควรต่ำเกินไป เพราะอาจทำให้การระบายอากาศไม่สะดวกเท่าที่ควร ควรมีความสูงตั้งแต่ 2.60-2.75 เมตร

ตารางที่ 2.4.6
แสดงลักษณะการจัดห้องครัวแบบต่างๆ

ที่ตั้งมักอยู่ส่วนหลังสุดของบ้าน เพื่อป้องกันไม่ให้กลิ่นจากการปรุงอาหารรบกวนห้องอื่นๆ และควรอยู่ติดกับห้องเตรียมอาหารด้วย ถ้าเป็นบ้าน 2 ชั้นหรือมากกว่า ห้องครัวควรจะอยู่ด้านล่างเสมอ

แสงสว่าง ควรมีแสงสว่างส่องทั่วถึงทุกมุม เพื่อความสะดวกและปลอดภัยในการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องเรือน ในห้องครัวแบบสากลได้แก่

เครื่องเรือน	กว้าง (M)	ยาว (M)	สูง (M)	หมายเหตุ
1.ตู้ส่วนล่าง	0.50-0.55	XXX	0.80-0.90	-ความยาวขึ้นอยู่กับขนาดของครัว
2.ตู้แขวนผนัง	0.35-0.40	XXX	2.00-2.20	-ความยาวให้สัมพันธ์กับตู้ส่วนล่าง
3.อ่างล้างชาม	0.35	0.50	0.15	

ตารางที่ 2.4.7
แสดงเครื่องเรือนภายในห้องครัว

การจัด ควรคำนึงถึงความสะดวกในการใช้งานและความสะอาดเรียบร้อยเป็นสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 5 มาตรฐานเกี่ยวกับสัดส่วนของมนุษย์

การออกแบบโดมไฟฟ้า จำเป็นต้องออกแบบตามสัดส่วนและพฤติกรรมเพื่อให้ตอบสนองการใช้งาน ดังนั้น จึงต้องศึกษาเกี่ยวกับขนาดความสูง มิติต่าง ๆ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ฝ่ายวิจัยการก่อสร้าง สถาบันวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทยได้ทำการสำรวจข้อมูลตัวเลข เพื่อหามาตรฐานสัมพันธ์ระหว่างอายุ ส่วนสูง น้ำหนัก โดยส่งแบบสอบถามที่เกี่ยวกับตัวเลขอายุ ส่วนสูง และน้ำหนักไปยังสถานศึกษาและหน่วยราชการบางหน่วยทั่วประเทศไทย ใน พ.ศ. 2525 จำนวนทั้งสิ้น 640 แห่ง ได้รับคำตอบกลับมา 385 แห่ง (ประมาณร้อยละ 60) เป็นจำนวนทั้งสิ้นประมาณ 100,000 ตัวอย่าง และด้วยความร่วมมือของการบริการคำนวณ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย ในการคำนวณหาค่าเฉลี่ยของตัวเลข ความสูงและน้ำหนักในระดับอายุต่าง ๆ

มาตรฐานสัมพันธ์ระหว่าง อายุ ความสูง และน้ำหนัก

ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามออกไปสำรวจทั่วประเทศได้ถูกนมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อให้ได้เกณฑ์มาตรฐานเบื้องต้นก่อนทำการศึกษาวิจัยต่อไป เกณฑ์มาตรฐานอันนี้เรียกว่า มาตรฐานสัมพันธ์ระหว่างอายุ ความสูง และน้ำหนัก โดยแยกตาม เพศคือ เพศหญิง เพศชาย และชายหญิงรวมกันตามตารางตามลำดับ

2. .1 มิติของส่วนต่าง ๆ ของร่างกายที่มีความสัมพันธ์ในการออกแบบ

ในการหามิติของส่วนต่าง ๆ ของร่างกายที่มีความสัมพันธ์ในการออกแบบ เช่นความสูงยืน ความสูงในระดับสายตา ความกว้างของช่วงไหล่ ฯลฯ ตามวิธีการทำบันทึกทางสถิติ ควรจะได้ทำการตรวจและบันทึกมิติโดยละเอียดด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่าง

ในทั่วพื้นที่ของประเทศ จากตัวอย่างที่มาจากหลายอาชีพเพื่อให้ได้ข้อมูลตัวเลขที่มีความถูกต้องและมั่นใจได้ แต่การสำรวจข้อมุลดังกล่าวจะต้องทำการสำรวจในพื้นที่กว้างและมีจำนวนตัวอย่างที่มากพอสมควร ซึ่งเป็นเรื่องที่ทำได้ยาก และสิ้นเปลืองเวลามาก

เป็นที่ยอมรับกันแล้วว่า มิติของส่วนต่าง ๆ ของร่างกายที่ได้ เมื่อนำมาเปรียบเทียบความสูง Standing Height จะได้อัตราส่วนที่คงตัวหรือใกล้เคียงกัน ในแต่ละตัวอย่างดังนั้น การทำการสำรวจวิจัยของการก่อสร้าง จึงมุ่งสำรวจเฉพาะตัวเลข ความสูงและน้ำหนักทุกระดับอายุและนำมาจัดทำเป็นมาตรฐานสัมพันธ์ เพื่อใช้เลือกตัวอย่างมาทำการวัดและบันทึกมิติของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ที่พอจะให้ความถูกต้องและมั่นใจได้ มิติของส่วนต่าง ๆ ของร่างกายมีความสำคัญต่อการออกแบบ การนำไปใช้มิติวิกฤตและมิติปรับปรุง ได้แสดงไว้ในตาราง “การนำไปใช้” นั้นเป็นเพียงให้แนวทางกว้าง ๆ เท่านั้น สถาปนิกและนักออกแบบ สามารถนำไปใช้ประยุกต์ใช้ในงานออกแบบได้อีกหลายกรณีตามความเหมาะสม

2. .1.1 มิติวิกฤต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มิติของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น เดียวกับความสูงยืน คือค่าที่วัดได้จะมีค่าสูงสุด Max ค่าต่ำสุด Min และค่าเฉลี่ย Mean การที่จะกำหนดค่าใดเป็นมิติวิกฤตขึ้นอยู่กับกับการนำไปใช้ ซึ่งแต่ละกรณีจะไม่เหมือนกัน ยกตัวอย่างเช่น การนำมิติหมายเลข 1. ความสูงยืนไปใช้ในการกำหนดความสูง (ที่ต่ำที่สุด สำหรับช่องประตู ค่าที่นำไปกำหนดเป็นมิติวิกฤต เป็นค่าสูงสุด หรือการนำมิติหมายเลข (5) ความสูงที่เอื้อมมือขึ้นบน ไปใช้ในการกำหนดของสูงของชั้นวางของ Shelf ค่าที่ถูกกำหนดเป็นมิติวิกฤต คือค่าต่ำสุด ซึ่งใน 2 กรณี หรือในทุกกรณี การพิจารณาเลือกกำหนดมิติวิกฤต ถือหลักว่ามิติวิกฤตที่เลือกจะต้องไปช่วยให้งานออกแบบนำไปใช้งานได้สะดวกสบายกับผู้ใช้ทุกขนาด หรือใช้ได้กว้างขวางที่สุด

2. .1.2 มิติปรับปรุง

มิติที่แสดงไว้ในตารางที่ เป็นมิติที่วัดจากตัวอย่างที่ไม่สวมรองเท้า ความสูงยืนวัดแนบกับศรีษะตอนบนสุด ในขันการนำตัวเลขไปใช้งานจะต้องปรับปรุงมิติเพื่อให้ได้ค่าที่ความถูกต้องยิ่งขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งมิติในทางตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อายุ (ปี)	ความสูงเฉลี่ย (ซ.ม.)	ความสูงสูงสุด (ซ.ม.)	ความสูงต่ำสุด (ซ.ม.)	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	น้ำหนักเฉลี่ย
3	96.86	109.00	77.00	6.40	14.09
4	99.85	120.50	84.00	4.84	14.77
5	104.49	123.00	86.00	5.09	16.00
6	110.19	127.00	84.00	5.30	17.66
7	115.47	135.00	89.00	5.53	19.45
8	120.01	188.00	91.00	6.25	21.31
9	125.30	183.00	95.00	6.45	23.54
10	130.11	182.10	107.00	7.04	26.25
11	134.91	168.00	109.00	7.27	28.92
12	140.27	172.00	100.00	8.26	32.58
13	148.96	199.00	112.00	7.60	37.41
14	151.44	195.00	112.00	7.10	41.36
15	155.44	184.00	118.00	6.99	44.65
16	157.77	189.00	107.00	6.92	47.03
17	159.65	185.00	106.00	7.12	48.63
18	160.76	186.00	132.00	7.46	49.34
19	161.95	189.00	137.00	7.63	50.34
20	162.43	185.00	130.00	7.74	50.07
21	162.17	192.50	142.00	7.59	58.03
22	161.54	186.00	142.00	7.62	56.75
23	161.12	182.00	140.00	7.76	50.75
24	161.06	184.00	143.00	7.76	50.98
25	160.33	185.00	140.00	7.82	50.69
26	160.33	188.00	140.00	7.91	51.82
27	160.08	183.00	138.00	7.50	51.09

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ต่อ)

อายุ (ปี)	ความสูงเฉลี่ย (ซ.ม.)	ความสูงสูงสุด (ซ.ม.)	ความสูงต่ำสุด (ซ.ม.)	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	น้ำหนักเฉลี่ย
28	160.90	183.00	144.00	7.60	52.97
29	160.93	180.00	135.00	7.42	53.24
30	159.49	181.00	142.00	7.43	52.62
31	159.86	180.00	139.00	7.54	53.16
32	159.57	180.00	141.00	7.56	53.32
33	159.43	180.00	141.00	7.42	53.53
34	159.44	184.00	140.00	7.37	53.87
35	159.62	182.00	135.00	7.91	54.50
36	159.89	186.00	137.00	7.43	54.84
37	159.49	184.00	140.00	7.44	54.61
38	159.54	180.00	144.00	7.50	55.13
39	158.82	178.00	141.00	7.48	55.53
40	158.10	187.00	144.00	7.60	55.51
41	158.41	180.00	143.00	7.26	55.55
42	158.48	182.00	142.00	7.03	55.22
43	158.46	178.00	135.00	7.31	56.61
44	158.96	176.00	139.00	6.89	55.59
45	157.76	182.50	141.00	6.96	56.24
46	157.31	175.00	140.00	7.22	55.59
47	157.66	182.00	145.00	6.72	56.01
48	156.80	180.00	141.00	7.62	55.94
49	157.93	175.00	145.00	7.38	55.84
50	159.19	175.00	146.00	7.34	56.55
51	158.74	180.00	144.00	7.65	56.10
52	158.73	182.00	146.00	8.15	57.09
53	158.96	188.00	143.00	8.54	57.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

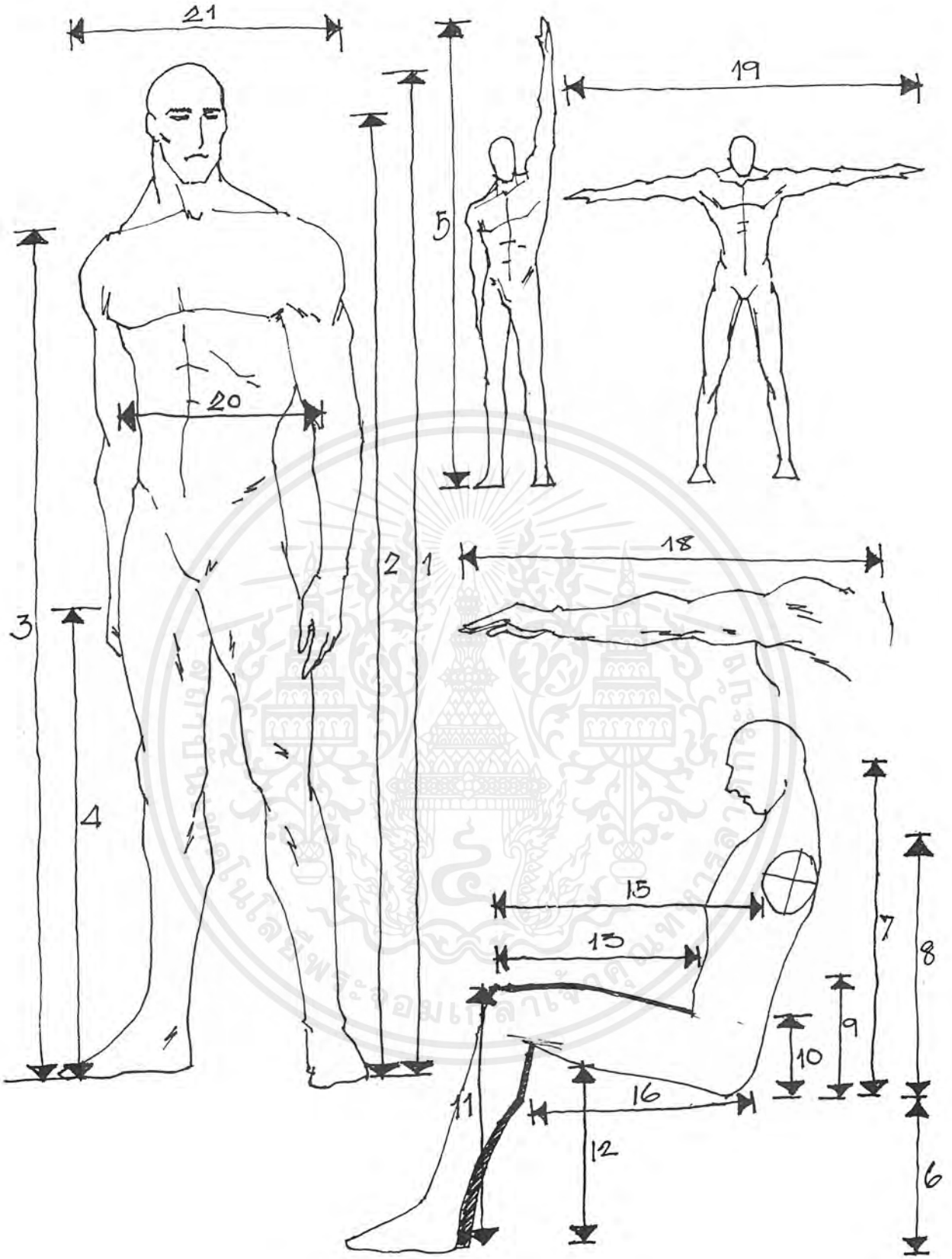
(ต่อ)

อายุ (ปี)	ความสูงเฉลี่ย (ซ.ม.)	ความสูงสูงสุด (ซ.ม.)	ความสูงต่ำสุด (ซ.ม.)	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	น้ำหนักเฉลี่ย
54	159.46	185.00	142.00	7.80	58.37
55	160.30	178.00	146.00	7.52	58.23
56	159.93	176.00	145.00	7.97	56.58
57	158.71	180.00	139.00	9.62	58.07
58	159.41	180.00	139.00	7.65	57.83
59	159.00	176.00	143.00	8.17	57.89
60	155.68	175.00	142.50	8.13	53.72

ตารางที่ 2.5.1

แสดงตัวเลขความสูง - ต่ำและค่าเฉลี่ยน้ำหนักคนไทยอายุระหว่าง 3-60 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.5.1

แสดงขนาดสัดส่วนท่ายืนของคนไทยทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเลข	มิติส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย	อัตราส่วน	ความสูงยืน		
			ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด
1	ความสูงยืน	1.000	148.30	160.60	173.27
2	ความสูงระดับตา	0.933	138.36	149.63	161.66
3	ความสูงระดับไหล่	0.827	122.64	132.81	143.29
4	ความสูงระดับมือ	0.437	64.80	70.18	75.71
5	ความสูงเอื้อมมือขึ้นบน	1.255	186.11	201.55	217.45
6	ความสูงนั่ง	0.523	77.56	83.99	90.62
7	ความสูงระดับตา	0.46	98.21	73.87	79.70
8	ความสูงระดับที่นั่งถึงระดับไหล่	0.354	52.49	56.85	61.33
9	ความสูงจากที่นั่งถึงข้อศอก	0.143	21.20	22.96	24.77
10	ความสูงจากที่นั่งถึงตอนบนของขาอ่อน	0.082	12.16	13.16	14.20
11	ความสูงจากพื้นถึงตอนบนของเข่า	0.303	44.93	48.66	52.50
12	ระยะจากพื้นถึงขาอ่อนตอนล่าง	0.215	32.32	35.01	37.77
13	ระยะจากหน้าท้องถึงเข่า	0.233	33.07	35.81	38.63
14	ระยะจากก้นถึงระดับน่องตอนบน	0.254	37.33	40.79	44.01
15	ระยะจากก้นถึงเข่า	0.329	48.79	52.83	57.00
16	ความยาวของขาที่นั่ง	0.626	92.83	100.53	108.46
17	ความกว้างของที่นั่ง	0.226	33.51	36.29	39.15
18	ระยะเอื้อมแขนไปข้างหน้า	0.491	72.81	78.85	85.07
19	ความกว้างกางแขน	1.022	151.56	164.13	177.08
20	ความกว้างระหว่างศอก	0.262	38.85	42.13	45.37
21	ความกว้างของไหล่	0.253	37.51	40.63	43.83

ตารางที่ 2.5.2

แสดงตัวเลขอัตราส่วนระหว่างมิติของส่วนต่าง ๆ ของร่างกายต่อความสูงยืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 6 ข้อมูลด้านผลิตภัณฑ์ทั่วไป

แสงสว่างสามารถช่วยเน้นความงามของการตกแต่งและเครื่องเรือนภายในบ้านให้ดูเด่นขึ้นได้ ในยามกลางคืนซึ่งไม่มีแสงสว่าง หรือในเวลากลางวันที่ต้องการแสงสว่างเพิ่มเติมนอกเหนือจากแสงสว่างตามธรรมชาติ ไฟฟ้าจึงมีบทบาทสำคัญในบ้าน เพื่อเพิ่มแสงสว่างภายในบ้าน ต้องคำนึงถึงจุดที่จะติดตั้ง ดวงไฟในที่ที่เหมาะสมจึงจะสร้างความงามและบรรยากาศที่รื่นรมณ์ และเกิดประโยชน์กับผู้พักอาศัย เมื่อจะติดตั้งดวงไฟภายในบ้าน จึงต้องคำนึงถึงจุดมุ่งหมาย 3ประการใหญ่ๆ คือ

1. ต้องเป็นดวงไฟและโคมไฟที่ถูกต้องเหมาะสมกับสถานที่ เริ่มจากคิดว่าควรเป็นชนิดติดเพดาน ติดฝาผนัง หรือตั้งวางบนพื้น จากนั้นพิจารณาว่าต้องการแสงชนิดใด เช่น แสงที่ส่องทั่วๆ แสงที่ส่องเป็นลำตรง แสงที่สว่างเฉพาะที่ แล้วเลือกดวงไฟที่เหมาะสม ไม่ว่าจะเป็นที่ทำงาน ที่อ่านหนังสือ ที่ปรุงอาหาร ที่แต่งหน้า
2. ช่วยสร้างความปลอดภัยภายในบ้าน เช่น ไฟสำหรับบันไดทางเดินขึ้นลง ไฟสำหรับทางเดินแคบๆภายในห้องนอน เมื่อเราดับไฟเข้านอนอาจต้องเดินคลำทางในความมืด จึงควรมีไฟหัวนอนเพื่อให้แสงสว่างเป็นจุดสุดท้ายก่อนเข้านอน หรือเปิดให้แสงสว่างที่ต้องการขณะที่ตื่นขึ้นกลางดึก
3. ช่วยให้ห้องมีความสวยงามสร้างบรรยากาศที่เหมาะสม

ไฟที่ใช้ในบ้าน แบ่งออกได้ดังนี้

<u>ไฟพื้นฐาน ไฟแบ็คกราวนด์</u>

ให้แสงสว่างโดยทั่วๆไป อาจเป็นหลอดไฟที่ติดเพดานหรือไฟที่มีโคม ซึ่งทำให้เกิดแสงอ่อนๆแผ่กระจายไปทั่วห้อง และมีผลทำให้เกิดแสงสว่างทั่วๆไป

<u>ไฟเฉพาะแห่ง</u>

เป็นไฟที่ให้แสงสว่างมากกว่าปกติ เพื่อกิจกรรมที่ต้องการแสงสว่างมากกว่าที่ได้รับจากไฟพื้นฐาน เช่น การอ่านหนังสือ เย็บผ้า แต่งหน้า เตรียมอาหาร ไฟเฉพาะแห่งนี้เมื่อส่องแสงตรงที่ต้องการแล้ว ไม่ควรสะท้อนเข้าตา

<u>โคมไฟตั้งพื้น</u>

ให้ประโยชน์ทั้งเป็นแสงพื้นฐานโดยการตั้งไว้ตามมุมห้อง หรือให้แสงเฉพาะแห่ง เพื่อกิจกรรมต่างๆที่ต้องการแสงสว่างมากกว่าแสงสว่างที่ได้รับจากไฟพื้นฐาน

ปัจจุบันมีผู้ผลิตโคมไฟฟ้าแบบต่างๆออกมามากมาย อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำโคมเพื่อกรองแสงไม่ให้จ้าจนเกินไปก็ประดิษฐ์ขึ้นจากวัสดุต่างๆกัน จึงสมควรต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมโดยมีข้อควรพิจารณาดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. องค์ประกอบที่เหมาะ เช่น โคมไฟ 1 จุด สำหรับเตียงเดี่ยว โคมไฟ 2 จุดสำหรับเตียงคู่ หรือเก้าอี้โซฟา
2. แสงสว่างที่พอเพียง เลือกโคมไฟที่ให้แสงสว่างเหมาะกับกิจกรรมนั้นๆ และควรคำนึงถึงแสงสว่างจากโคมไฟดวงอื่นด้วย แสงสว่างจากดวงไฟดวงอื่นๆในห้องจะมีผลต่อแสงสวางจ้าท่ำด้รับจากหลอดพิเศษดวงใดดวงหนึ่ง เช่น ในการดูโทรทัศน์ควรมีไฟพื้นฐานที่ให้แสงอ่อนๆตัดความสว่างจ้าจากจอโทรทัศน์
3. การป้องกันแสงจ้า โดยใช้โป๊ะที่ทำให้แสงอ่อนลงและกระจายแสง
4. ความกลมกลืนของโคมไฟกับส่วนต่างๆของห้อง นับตั้งแต่การเลือกรูปร่างและขนาดของโคมไฟ ถ้ามีโป๊ะต้องพิจารณาเทียบเคียงกับสีของเครื่องเรือนที่อยู่บริเวณนั้น ในกรณีใช้หลอดไฟย้อมสี ต้องใช้ด้วยความระมัดระวัง หลอดไฟสีชมพูทำให้เกิดแสงสีออกแดง ดูสดใสอบอุ่น เข้ากับเครื่องเรือนจำพวกไม้มะฮอกกานี หลอดไฟสีเหลืองให้แสงที่ทำให้สีแดงสีเหลืองและสีเขียวดูสว่างขึ้น หลอดไฟสีเขียวจะทำให้ใบไม้สีเขียวอื่นๆดุเขียวจัดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(สิทธิโชค คุตตาจารณ์,2533-2534 :46)ผลิตภัณฑ์โคมไฟฟ้าที่มีขายอยู่ทั่วไปตามท้องตลาดนั้น มีรูปแบบต่างๆนานามากมาย สีสัน และลวดลายหลากหลาย ทั้งแบบเรียบง่ายจนถึงหรูวิจิตร วัสดุที่ใช้มีหลายประเภทแตกต่างกันไป รวมทั้งลักษณะการประกอบและการติดตั้ง

รูปแบบของโคมไฟฟ้าที่มีอยู่ทั่วไปสามารถแยกประเภทได้คร่าวๆดังนี้คือ

<u>โคมไฟฟ้าแบบติดผนัง</u>

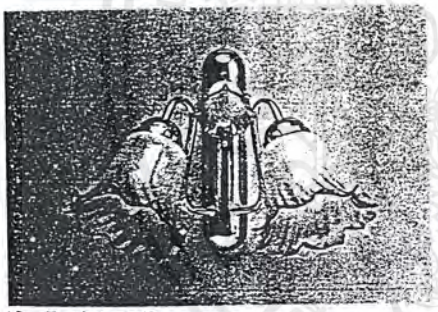
โคมไฟฟ้าแบบติดผนังยังสามารถแยกออกเป็นประเภทต่างๆตามรูปแบบได้อีก คือ

-ชนิดที่ฐานมีกิ่งยื่นยาว และ ชนิดที่ฐานไม่มีกิ่งยื่นยาวออกมา

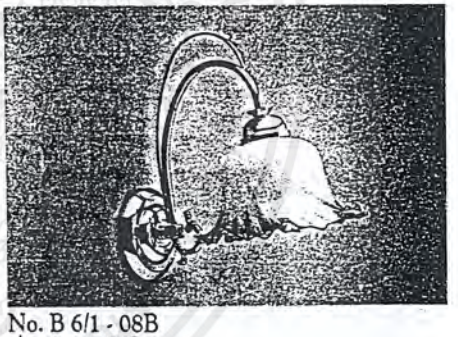
-ชนิดที่มีโป๊ะในลักษณะคว่ำ และ โป๊ะในลักษณะหงาย

-ชนิดที่มีโป๊ะไฟคู่ และ ชนิดโป๊ะไฟเดี่ยว

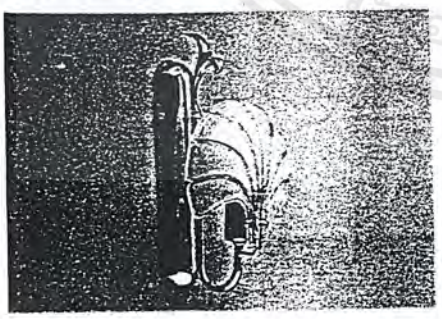
ชนิดที่ฐานมีกิ่งยื่นยาว และ ชนิดที่ฐานไม่มีกิ่งยื่นยาวออกมา



No. B 1/2 - 07 B
ϕ 37 x 27 Cm.



No. B 6/1 - 08B
ϕ 19 x 28 Cm.



รูปที่ 2.6.1
โคมไฟฟ้าติดผนังชนิดมีกิ่งและไม่มีกิ่งยื่นออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

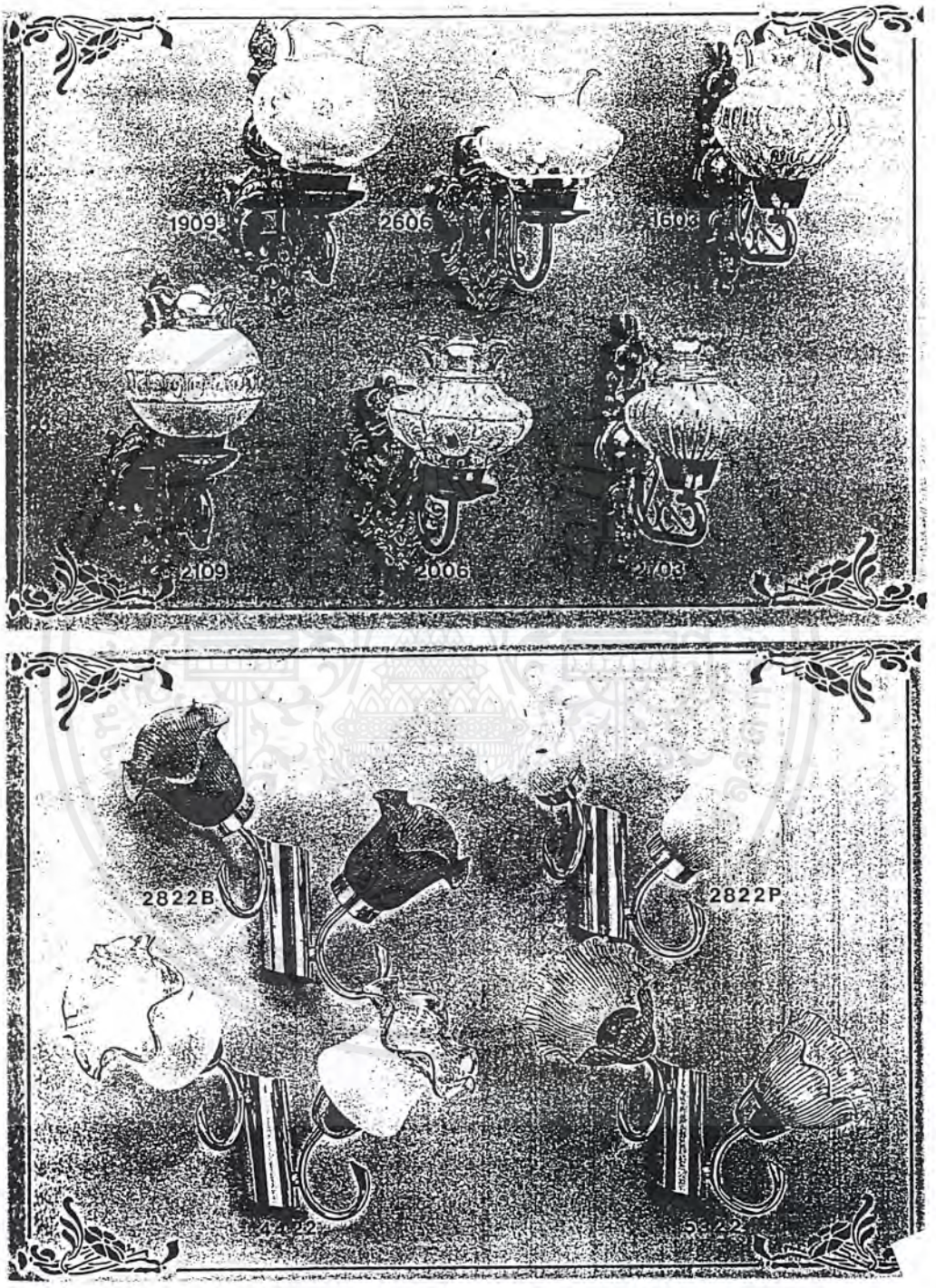
ชนิดที่มีโป๊ะในลักษณะคว่ำ และ โป๊ะในลักษณะหงาย

รูปที่ 2.6.2

โคมไฟฟ้าชนิดโป๊ะคว่ำและโป๊ะหงาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดที่มีโป๊ะไฟคู่ และ ชนิดโป๊ะไฟเดี่ยว



รูปที่ 2.6.3

โคมไฟฟ้าลักษณะโป๊ะไฟเดี่ยวและโป๊ะไฟคู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

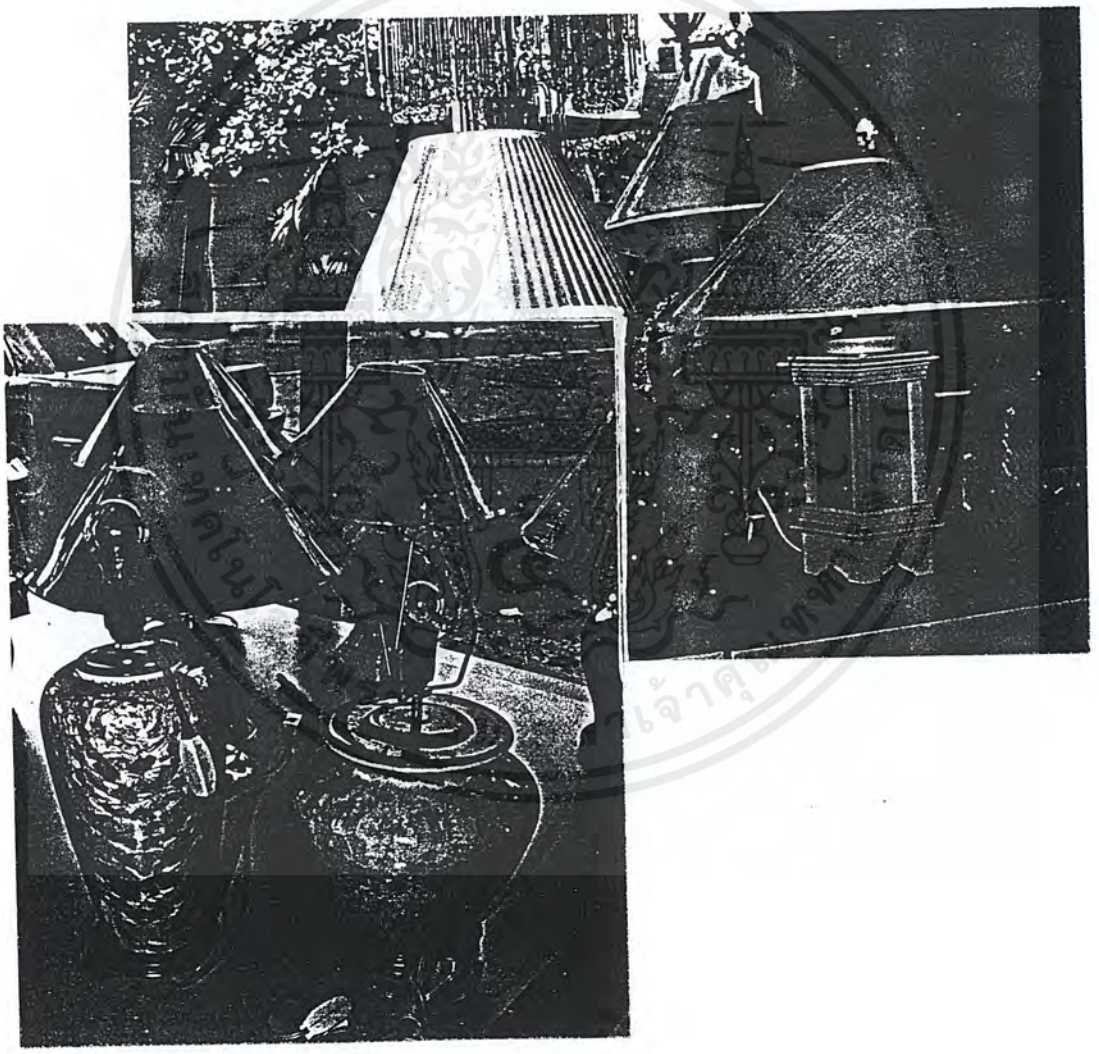
โคมไฟแบบตั้งโต๊ะ

โคมไฟฟ้าแบบตั้งโต๊ะ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทตามลักษณะความสูงของโคมไฟ คือ

-โคมไฟฟ้าตั้งโต๊ะทรงสูง

-โคมไฟฟ้าตั้งโต๊ะทรงเตี้ย

ซึ่งการใช้งานของโคมไฟฟ้าตั้งโต๊ะ ทั้งแบบทรงสูง และทรงเตี้ยจะมีการใช้งานที่ต่างกันคือ แบบทรงสูงจะใช้งานโดยตั้งบนโต๊ะที่มีความสูงไม่มาก เช่น โต๊ะข้างเก้าอี้ชุดนั่งเล่น โต๊ะข้างหัวเตียง สำหรับทรงเตี้ยมักใช้งานบนโต๊ะที่มีความสูงพอสมควร เช่น โต๊ะเขียนหนังสือ โต๊ะเครื่องแป้ง

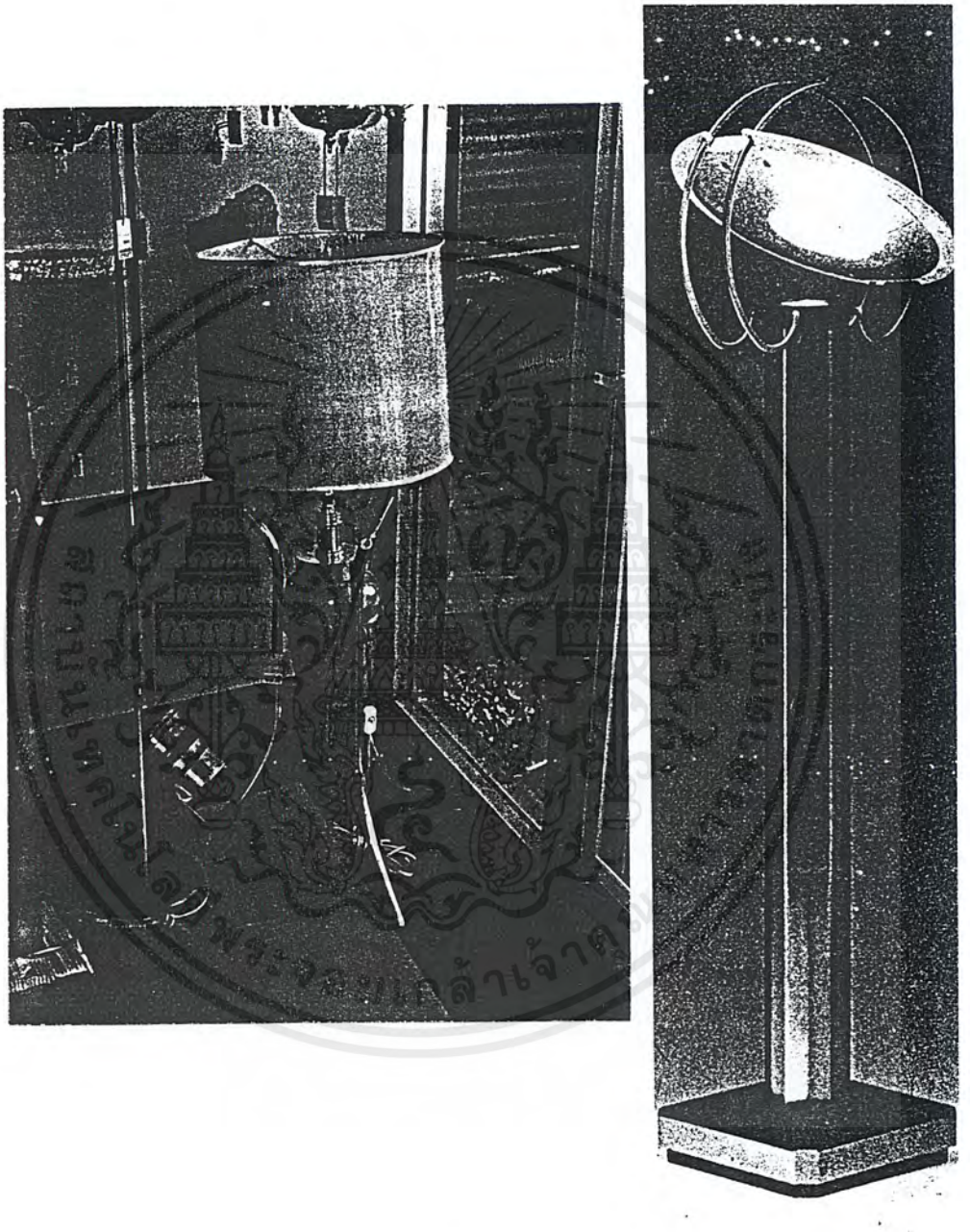


รูปที่ 2.6.4
โคมไฟฟ้าแบบตั้งโต๊ะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โคมไฟฟ้าแบบตั้งพื้น

เป็นโคมไฟฟ้าสำหรับให้ความสว่างตามปกติภายในห้อง โดยมากมักจะจัดวางไว้ตามมุมห้อง สามารถแบ่งออกได้เป็นทรงเตี้ยและทรงสูง



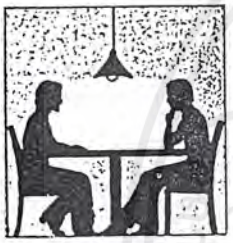
รูปที่ 2.6.5
โคมไฟฟ้าแบบตั้งพื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟที่ติดตั้งกลางเพดานไม่เหมาะ เพราะทำให้เกิดเงามืดในหน้าหนังสือ

ไฟอ่านหนังสือควรวางไว้ทางด้านหลัง และเยื้องไปทางด้านข้างพอสมควร

การดูโทรทัศน์ในที่มืดทำให้สายตาพร่ามัว ควรติดตั้งดวงไฟแสงอ่อนไว้ใกล้เครื่องรับโทรทัศน์ เพื่อช่วยลดอาการเคืองตา



โคมไฟห้องอาหารไม่ควรใช้โคมไฟที่มองเห็นหลอดยื่นออกมา จะทำให้รำคาญสายตาขณะรับประทานอาหาร

โคมไฟแบบปรับได้ เหมาะที่จะนำมาใช้ติดตั้งเหนือโต๊ะอาหาร

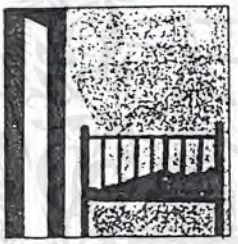
โต๊ะอาหารที่มีขนาดยาวมาก ควรใช้ไฟ 2 ดวง

ไฟสำหรับเขียนหนังสือไม่ควรติดตั้งสูง จะทำให้เกิดเงามืด

ดวงไฟที่ซ่อนไว้หลังบังตา จะทำให้แสงสว่างดีขึ้น

โคมไฟที่มีขาตั้งปรับระยะ และทิศทางของแสงได้ เหมาะสำหรับงานพิมพ์ดีด

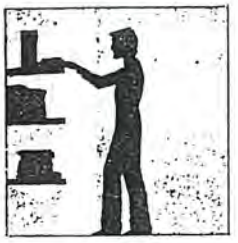
ไฟห้องนอนควรติดตั้งไฟอ่านหนังสือไว้หลังเตียง



ห้องนอนเด็กควรใช้แสงสว่างสะท้อนที่มาจากห้องข้างเคียง ติดตั้งดวงไฟที่มีแสงสลัวในห้องเด็ก

ไฟในห้องน้ำ ควรติดตั้งดวงไฟไว้ทางด้านข้างของกระจกเงา มิใช่แสงอยู่ทางด้านบนเพราะทำให้เกิดแสงสะท้อนบนกระจก

ไฟในห้องหรือในตู้เก็บของ ควรใช้สวิตช์ไฟแบบอัตโนมัติที่ควบคุมการปิด-เปิด ด้วยการปิดหรือเปิดประตูห้อง ดวงไฟควรมีแผงบังตา หรือโคมครอบ



ชั้นวางของควรติดตั้งดวงไฟไว้เหนือชั้น

รูปที่ 2.6.6

แสดงการใช้งานโคมไฟในกิจกรรมต่างๆ

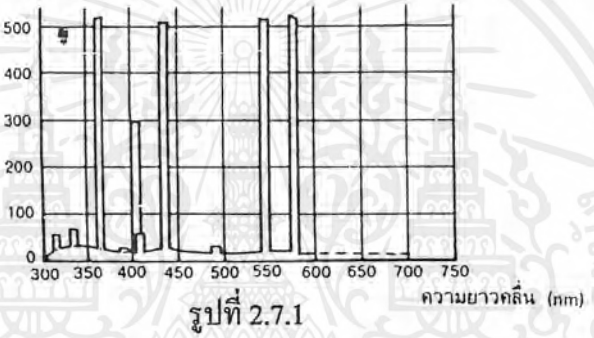
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 7 ธรรมชาติของแสงและการเห็น

เราทุกคนคุ้นเคยกับแสงเป็นอย่างดี และรู้ว่าแสงช่วยทำให้เกิดการเห็นช่วยให้เราสามารถบอกรูปร่าง ขนาด ตลอดจนสีสันของสิ่งต่างๆ ได้ ถ้าปราศจากแสงแล้ว เราจะอยู่ในความมืดและไม่สามารถบอกคุณลักษณะของสิ่งต่างๆ ได้เลย ในบทนี้ เราจะศึกษาถึงแสงในเชิงของนิยาม และพิจารณาว่ามันทำให้เกิดการเห็นได้อย่างไร

นิยาม

แสงเป็นพลังงานรูปหนึ่ง เช่นเดียวกับพลังงานชนิดอื่น ที่เราเคยรู้จักกันมาก่อน เช่น พลังงานความร้อน พลังงานกล พลังงานไฟฟ้า ฯลฯ แต่แสงเป็นพลังงานที่เคลื่อนที่ได้ การเคลื่อนที่ของพลังงานแสงจะอยู่ในรูปของคลื่น เช่นเดียวกันกับการเคลื่อนที่ของคลื่นวิทยุ คลื่นโทรทัศน์ และคลื่นของรังสีต่างๆ



รูปที่ 2.7.1

สเปกตรัมของพลังงานต่างๆ

พลังงานที่สามารถเคลื่อนที่ได้ในรูปของคลื่นเหล่านี้ จะมีความถี่และความยาวคลื่นเฉพาะตัวต่างๆ กันออกไป กล่าวคือ ความถี่หรือความยาวคลื่นจะเป็นตัวกำหนดชนิดของพลังงานเหล่านี้นั่นเอง

จากรูปที่ 2.7.1 สมมติว่าเราสามารถนำเอาพลังงานที่เคลื่อนที่ได้ทั้งหมดเหล่านี้มาเรียงกันจากพลังงานที่มีความยาวคลื่นต่ำสุดมาจนถึงพลังงานที่มีความยาวคลื่นยาวที่สุด เราจะเห็นได้ว่าแสงเป็นเพียงแถบพลังงานเล็กๆ แถบหนึ่ง ซึ่งมีช่วงความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 380 – 760 นาโนเมตร (nanometers) พลังงานแสงในช่วงคลื่นดังกล่าวนี้เท่านั้นที่ช่วยทำให้เกิดการเห็นลพังงานอื่นๆ ที่มีความยาวคลื่นสั้นกว่า 380 นาโนเมตร ได้แก่ รังสีอัลตราไวโอเลต รังสีเอกซ์ ฯลฯ และพลังงานที่มีช่วงความยาวคลื่นยาวกว่า 760 นาโนเมตร ได้แก่ คลื่นวิทยุคลื่นโทรทัศน์ และพลังงานไฟฟ้า พลังงานเหล่านี้มิได้ช่วยทำให้เกิดการเห็นเลย

การกำเนิดของแสง

ถ้าเราเผาแท่งเหล็กแท่งหนึ่งที่ความร้อนสูงมากๆ แท่งเหล็กจะเริ่มร้อนแดง และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้แก่แท่งเหล็กมากขึ้นอีกเรื่อยๆ มันจะเปลี่ยนสีออกไปทางส้มและเหลืองจ้าสว่างในที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการเผาแท่งเหล็กดังกล่าวนี้ นอกจากเราจะได้พลังงานแสงออกมาแล้วยังมีรังสีอัลตราไวโอเลต และรังสีอินฟราเรดออกมาด้วย แหล่งของพลังงานแสงที่เกิดขึ้นจากการเผาหรือการให้พลังงานความร้อนแก่มันนี้ เราเรียกว่า อินแคนเดสเซนซ์ (incadescence) หรือแหล่งกำเนิดแสงร้อน (hot source) เช่น ถ่านแดง ไส้ของหลอดไฟฟ้า แสงจากการเชื่อมโลหะ ฯลฯ คุณสมบัติประการหนึ่งของแหล่งกำเนิดแสงชนิดอินแคนเดสเซนซ์นี้คือ มันจะให้พลังงานของแสงสีแดงมากกว่าพลังงานแสงสีน้ำเงิน

แหล่งกำเนิดแสงอีกประเภทหนึ่งที่มิได้เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนพลังงานความร้อนให้เป็นพลังงานแสง แหล่งกำเนิดแสงจำพวกหลังนี้เราเรียกว่า ลูมิเนสเซนซ์ (luminescence) หรือบางทีเราเรียกว่าแหล่งกำเนิดแสงเย็น (cold source) ได้แก่ แสงจากตัวแมลง แสงที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมี แสงที่เกิดจากการเปลี่ยนวงโคจรของอิเล็กตรอน รวมไปจนถึงแสงที่เกิดจากการปล่อยประจุ (discharge) ของก๊าซ เช่น แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ แสงจากหลอดแสงจันทร์และแสงจากหลอดโซเดียม เราจะพิจารณาถึงแหล่งกำเนินแสงชนิดต่างๆ อย่างละเอียดต่อไป

พฤติกรรมของแสง

เมื่อแสงเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดแสงผ่านออกสู่ตัวกลางชนิดต่างๆ นับตั้งแต่ อากาศ ของเหลว วัตถุโปร่งแสง จนกระทั่งถึงวัตถุทึบ มันจะมีพฤติกรรมที่ต่างๆ กันออกไป กล่าวคือ ทางเดินของแสงจะถูกเปลี่ยนไปเมื่อกระทบตัวกลางเหล่านั้น มันอาจจะหักเห สะท้อน กระจายตัวออกหรือถูกดูดกลืนเข้าไปในตัวกลางนั้นก็ได้

ปรากฏการณ์ต่างๆ เหล่านี้ของแสง เป็นเรื่องที่เราต้องคำนึงถึงอย่างรอบคอบเมื่อถึงขั้นตอนของการเลือกใช้ดวงโคม (light fixtures) การออกแบบดวงโคม การเลือกใช้หลอดไฟ (lamp) ตลอดจนถึงขั้นตอนการออกแบบระบบแสงสว่าง(lighting system)

1. การสะท้อน (reflection) เป็นพฤติกรรที่แสงตกกระทบบนตัวกลางและสะท้อนตัวออก ถ้าแผ่นตัวกลางดังกล่าวเป็นผิวเรียบขัดมัน การสะท้อนตัวของแสงจะเป็นไปตามที่ว่า มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน

2. การหักเห (refraction) เป็นปรากฏการณ์ที่ลำแสงหักเหออกจากแนวทางเดินของมัน เมื่อพุ่งผ่านวัตถุโปร่งแสง

3. การกระจาย (diffusion) คือ การที่แสงกระจายตัวออกเมื่อกระทบถูกผิวของตัวกลาง เช่น แผ่นพลาสติกใสหรือแผ่นผิวหยาบขัดมัน เราใช้ประโยชน์จากการกระจายตัวของลำแสงเมื่อกระทบตัวกลางนี้ เช่น ใช้แผ่นพลาสติกใสปิดดวงโคม เพื่อลดความจ้าจากหลอดไฟ

4. การดูดกลืน (absorbtion) เป็นปรากฏการณ์ที่แสงถูกดูดกลืนหายเข้าไปในตัวกลาง เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การฉายแสงสีขาวละบนกำแพงสีเขียว แสงสีอื่นๆ จะถูกดูดกลืนหายเข้าไปในกำแพง ยกเว้นแสงสีเขียวเท่านั้นที่สะท้อนออกมาเข้าสู่ตาเรา โดยทั่วไปเมื่อพลังงานแสงถูกดูดกลืนหายเข้าไปในวัตถุใดๆ มันจะเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน

5. การทะลุผ่าน (transmission) คือ การที่แสงพุ่งชนตัวกลาง แล้วทะลุผ่านมันออกไปอีกด้านหนึ่ง

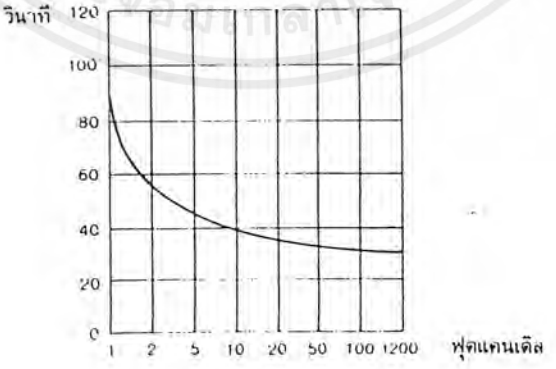
การวัดความสว่าง (Measurement of Light)

การวัดความสว่างของแสง สามารถวัดได้ในรูปของความเข้มแห่งการส่องสว่าง จำนวนเส้นแรงของประมาณแสง และในรูปของประมาณลูเมนต่อตารางหน่วยพื้นที่ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

แคนเดลา (candela) แหล่งกำเนิดแสงก็เช่นเดียวกันกับแหล่งพลังงานชนิดอื่นๆ คือ สามารถที่จะวัดค่าได้ เราบอกค่าความมากน้อยของพลังงานหรือกำลังของแหล่งกำเนิดแสงใดๆ ในรูปของความเข้มแห่งการส่องสว่าง (luminous intensity) หรือบางทีเรียกว่ากำลังส่องสว่าง (candlepower) ซึ่งมีหน่วยเป็นแคนเดลา

ความเข้มแห่งการส่องสว่างหรือกำลังส่องสว่าง 1 แคนเดลา มีค่าเท่ากับความเข้มแห่งการส่องสว่างของวัตถุดำ (blackbody) ที่อุณหภูมิเยือกเข็งของพลาตินัม (platinum) โดยทั่วไปความเข้มแห่งการส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสงหนึ่งๆ มักมีค่าแปรเปลี่ยนไปตามมุมที่ทำกับแนวแกนของแหล่งกำเนิดแสงนั้นๆ อย่างไรก็ตามมักจะมีค่าเท่ากันและสมมาตรกันระห่างแนวแกนของแหล่งกำเนิดแสงนั้นด้วย

โรงงานผู้ผลิตจะจัดทำตารางข้อมูล แสดงค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสงใดๆ สัมพันธ์กับมุมที่ทำกับแนวแกนของแหล่งกำเนิดแสงนั้นๆ ดังรูปที่



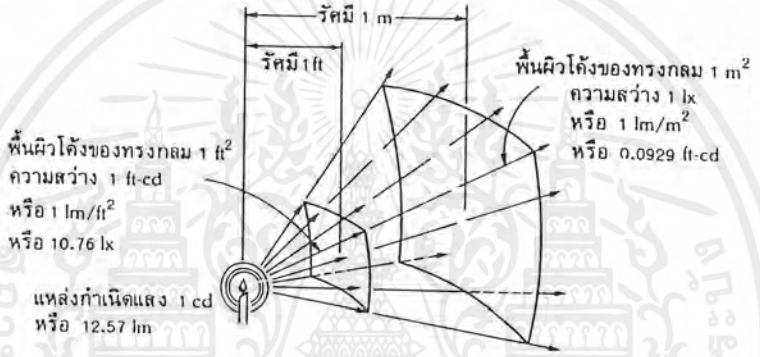
รูปที่ 2.7.2

กราฟแสดงค่ากำลังเทียนของเทียนไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.7.2 เป็นกราฟแสดงค่ากำลังเทียนของหลอดไฟ (candiepower distribution curve) และจะเห็นได้ว่า ความเข้มแห่งการส่องสว่างของหลอด 150 PAR/WFL มีค่าเท่ากับ 1150 แคนเดลา ณ ตำแหน่งใต้แนวแกนของหลอด และมีค่าเท่ากับ 800 แคนเดลา บนแนวที่ทำมุม 30 องศา กับแนวแกนของหลอด

ลูเมน (lumen) อีกแนวความคิดหนึ่ง ในการบอกค่าความมากน้อยของพลังงานหรือกำลังงานของแหล่งกำเนิดแสงใดๆ ก็คือ การบอกในรูปาของจำนวนเส้นแรงของปริมาณแสง (iuminous flux) ที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงนั้นๆ ดังรูปที่ 2.7.3



รูปที่ 2.7.3
ความสัมพันธ์ระหว่างฟุตแคนเดิลกับลักซ์

เรานำแหล่งกำเนิดแสงหนึ่งซึ่งมีขนาดเล็กมากๆ จนเสมือนจุด (point source) และมีค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างสม่ำเสมอรอบทุกทิศทุกทาง เท่ากับ 1 แคนเดลา มาวางไว้ที่จุดศูนย์กลางของทรงกลมที่มีรัศมี 1 หน่วย ปริมาณแสงที่พุ่งไปตกลงบนทุกๆ หนึ่งตารางหน่วย พื้นที่บนพื้นผิวของทรงกลมนี้จะมีค่าเท่ากับ 1 ลูเมน และเนื่องจากพื้นที่รอบผิวทั้งหมดของทรงกลมนี้มีค่าเท่ากับ 12.57 ตารางหน่วยพื้นที่ ดังนั้นเราจึงสรุปได้ว่า ความเข้มแห่งการส่องสว่าง 1 แคนเดลา จะสามารถเปล่งปริมาณเส้นแรงของแสงออกมาได้ 12.57 ลูเมน ดังรูปที่ 2.7.3

ฟุตแคนเดิล (footcandle) จากรูปที่ 2.7.3 จะเห็นได้ว่า เมื่อเรานำแหล่งกำเนิดแสงที่มีขนาดเล็กมากๆ นี้และมีค่าเท่ากับ 1 แคนเดลา ไปวางไว้ที่จุดศูนย์กลางของทรงกลมที่มีรัศมี 1 ฟุต ปริมาณแสง 1 ลูเมน จะไปตกลงบนทุกๆ หนึ่งตารางฟุตบนพื้นผิวของทรงกลม ปริมาณแห่งการส่องสว่างที่เกิดขึ้นจะมีค่าเท่ากับ 1 ฟุตแคนเดิลหรือ 1 ลูเมนต่อตารางฟุต ในทำนองเดียวกันถ้ารัศมีของทรงกลมดังกล่าวมีค่าเท่ากับ 1 เมตร ปริมาณแห่งการส่องสว่างที่เกิดขึ้นบนพื้นที่ตารางเมตรบนพื้นผิวของทรงกลมจะมีค่าเท่ากับ 1 ลักซ์ (lux) หรือ 1 ลูเมนต่อตารางเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อสังเกต

1. ประมารแห่งการส่องสว่าง 1 ฟุตแคนเดิลจะมีค่าเท่ากับ 10.76 ลักซ์
2. เมื่อเรากล่าวถึงปริมาณของแหล่งกำเนิดแสงใดๆ ในรูปของปริมาณเส้นแรงของแสงที่ไปตกลงบนพื้นที่หนึ่งๆ นั้น หรือในรูปของปริมาณลูเมนต่อตารางหน่วยพื้นที่นั้น เราไม่คำนึงว่าปริมาณแสงดังกล่าวจะพุ่งไปอย่างไร ทำมุมเท่าไรกับพื้นระนาบนั้น เหมือนเช่นที่เรากล่าวถึงปริมาณของพลังงานของแหล่งกำเนิดแสงนั้นๆ ในรูปของแคนเดลา

กานส่องสว่าง (Illumination)

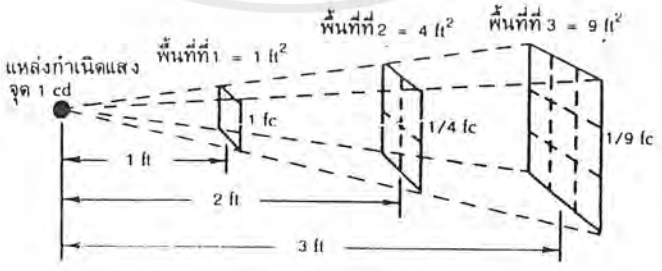
ปริมาณแห่งการส่องสว่างบนพื้นผิวใดๆ จะแปรตามโดยตรงกับความเข้มแห่งการส่องสว่าง (illuminous intensity) ของแหล่งกำเนิดแสง และแปรตามอย่างผกผันกับค่าระยะทางยกกำลังสองระหว่างพื้นผิวนั้นกับแหล่งกำเนิดแสง ดังรูปที่ 2.7.4 เราเรียกความสัมพันธ์นี้ว่า กฎกำลังสองผกผัน (inverse squarelaw)

$$E = \frac{Cd}{D^2}$$

เมื่อ E คือ ปริมาณแห่งการส่องสว่างที่เกิดขึ้นบนพื้นงาน

Cd คือ ค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างของแหล่งกำเนิด ในทิศทางที่พุ่งไปหาจุดที่พิจารณาบนพื้นงาน

D คือ ระยะทางระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับจุดที่ต้องการคำนวณหาค่าประมาณแห่งการส่องสว่าง



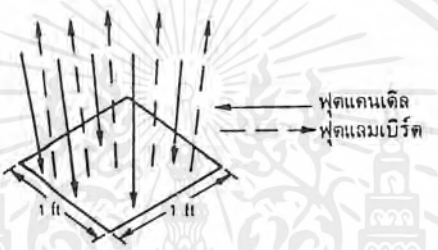
รูปที่ 2.7.4

การกระจายของฟลักซ์จะลดลงโดยการแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความจ้า (Brightness)

ความจ้าเป็นผลซึ่งเกิดจากการที่แสงถูกสะท้อนออกจากผิววัตถุ หรือพุ่งออกจากแหล่งกำเนิดแสงเข้าสู่ตา กล่าวคือ เมื่อแสงตกลงบนพื้นผิวของวัตถุใดๆ บางส่วนของแสงนั้นจะถูกดูดกลืนเข้าไปในพื้นผิวนั้น แต่บางส่วนของแสงจะถูกสะท้อนออกมา ถ้าแสงที่สะท้อนออกมามีประมาณมาก เรากล่าวว่า มันมีความจ้ามาก เราวัดความจ้าของวัตถุใดๆ ด้วยปริมารแสงที่สะท้อนออกมาต่อพื้นที่หนึ่งตารางหน่วย และมีหน่วยเป็นฟุตแลมเบิร์ต (footlambert) ดังรูปที่ 2.7.5



รูปที่2.7.5
ความแตกต่างระหว่างความส่องสว่างกับความจ้า

สิ่งหนึ่งซึ่งจะต้องทำความเข้าใจให้ถูกต้องก็คือ สิ่งที่ตาเราเห็นคือความจ้าหรือฟุตแลมเบิร์ต มิใช่ความสว่างหรือฟุตแคนเดิล ปริมาณความจ้าของวัตถุใดๆ จะมีค่าเท่ากับผลคูณของปริมาณแห่งการส่องสว่างกับค่าความสามารถในการสะท้อนแสงของวัตถุนั้น

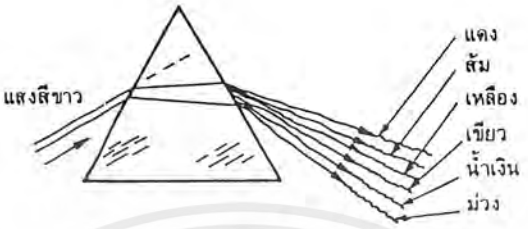
สี (Color)

จากที่ได้กล่าวมาแล้วแสงเป็นพลังงานที่เคลื่อนที่ได้ (radiant energy) ชนิดหนึ่ง และเมื่อเรานำพลังงานที่เคลื่อนที่ได้ทั้งหมดมาเรียงกัน โดยเริ่มต้นพลังงานที่มีความยาวคลื่นสั้นที่สุด จนถึงพลังงานที่มีความยาวคลื่นยาวที่สุด แสงจะเป็นเพียงแถบพลังงานแถบเล็กๆ แถบหนึ่งซึ่งมีช่วงความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 380 – 760 นาโนเมตรเท่านั้น และเป็นช่วงที่ตาเราสามารถรับความรู้สึกได้ในช่วงความยาวคลื่นดังกล่าวนี้ของแสง ยังประกอบไปด้วยแสงสีต่างๆ อีกมากมายซ้อนเรียงกันอยู่ตั้งแต่แสงสีม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด แดง

จากรูปที่ 2.7.6 จะเห็นได้ว่า เมื่อเราฉายแสงสีขาวเข้าสู่ก้อนปริซึม แสงสีต่างๆ ซึ่งซ่อนอยู่ในแสงสีขาวนั้น จะถูกแยกตัวออกมาให้เห็นได้ชัดเจน แสงสีต่างๆ เหล่านี้จะมีความยาวคลื่นเฉพาะตัวต่างๆ กันออกไปอย่างเช่น แสงที่มีความยาวคลื่นมากกว่า 610 นาโนเมตรขึ้นไป จะให้สี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของแสงออกมาเป็นสีแดง ส่วนแสงที่มีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 440 ถึง 500 นาโนเมตร จะให้แสงออกมาเป็นสีน้ำเงิน



รูปที่ 2.7.6
ปรากฏการณ์ของก้อนปริซึม

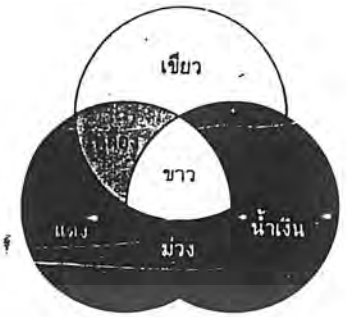
เราอาจจะกล่าวได้ว่า สีของแสงเกิดขึ้นจากความไม่สมดุลของแสงสีขาวนั่นเอง กล่าวคือ สีของแสงใดที่มีพลังงานสูงที่สุดก็จะมีผลให้แสงนั้นปรากฏออกมาเป็นแสงสีดังกล่าว ส่วนสีของวัตถุต่างๆ ที่เราเห็นอยู่ในชีวิตประจำวัน เกิดขึ้นจากการที่วัตถุนั้นมีคุณสมบัติในการดูดกลืน (absorption) แสงสีอื่นๆ ไว้หมด และสะท้อนสีนั้น ๆ ออกมา เช่น เราเห็นมะเขือเทศมีสีแดง ก็เพราะว่ามันดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่นช่วงอื่นไว้หมดและสะท้อนแสงที่มีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 610 – 780 นาโนเมตร ซึ่งเป็นแสงสีแดงออก กล่าวคือ ตาเราจะไม่สามารถเห็นวัตถุออกมาเป็นสีใดสีหนึ่งโดยเฉพาะเลย ถ้าไม่มีพลังงานของแสงสีนั้นอยู่ในแหล่งกำเนิดแสงดังกล่าว อย่างไรก็ตาม วัตถุนั้นๆ ก็จะต้องมีคุณสมบัติในการสะท้อนแสงสีนั้น ออกมาด้วย

สีของวัตถุใดๆ อาจจะเพี้ยนไปจากเดิมได้ อย่างเช่น กำแพงซึ่งเคยเป็นสีขาว ภายใต้แสงสีขาวเมื่อเราฉายแสงสีเขียวลงบนกำแพง กำแพงนั้นก็จะปรากฏออกมาเป็นสีเขียว ทั้งนี้ก็เพราะว่ามีแต่พลังงานของแสงสีเขียวเท่านั้นที่ตกลงบนกำแพง จึงมีเพียงแสงสีเขียวสะท้อนออกมาเข้าสู่ตาเรา หรืออย่างเช่นเมื่อเราฉายแสงสีเขียวลงบนกำแพงที่ทาด้วนสีแดงเอาไว้ สีมันจะออกคล้ำค่อนข้างไปทางดำ แทนที่จะเป็นสีแดงเหมือนเดิม เพราะว่าพลังงานของแสงสีแดงที่มีอยู่แสงสีเขียวมีน้อยมาก กำแพงจึงไม่สะท้อนแสงสีแดงออกมาเหมือนเราฉายแสงสีขาวหรือสีแดงออกไป

อย่างไรก็ตาม ผู้อ่านจะต้องระลึกไว้เสมอว่า เราจะไม่สามารถเห็นวัตถุรอบตัวเรามีสีออกมาเป็นสีสันต่างๆ ได้เลย ถ้าไม่มีแสงอยู่รอบๆ กล่าวคือ ถ้าไม่มีแสง ก็ไม่มีสี

แม่สีของแสงหรือบางครั้งเรียกว่า สีปฐมภูมิ (primary color) คือ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ซึ่งต่างจากแม่สีในวิชาทางศิลปะ แม่สีของแสงทั้งสามสีนี้เมื่อนำมาผสมกัน (additive) โดยการฉายแสงซ้อนกันลงไป เราจะได้แสงชุดที่สองขึ้น เรียกว่า สีทุติยภูมิ (secomdary color) ดังรูปที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

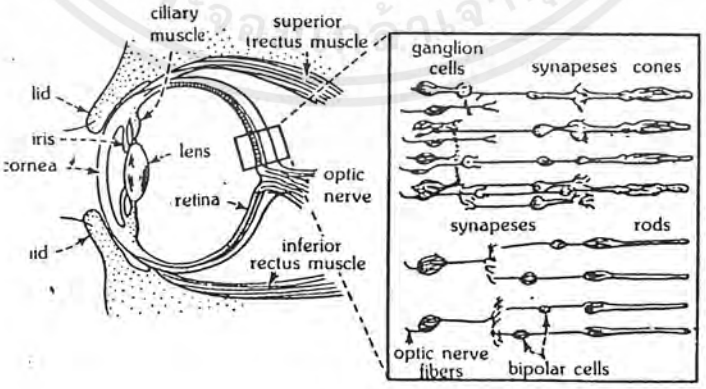


รูปที่ 2.7.7
การผสมของแสงสีปฐมภูมิ

จากรูปที่ 2.7.7 จะเห็นได้ว่าแสงสีเหลืองเกิดขึ้นจากการฉายแสงสีแดงลงบนแสงสีเขียว แสงสีม่วงเกิดขึ้นจากการฉายแสงสีแดงลงบนแสงสีเขียว และเมื่อฉายแสงสีชุดที่สองที่เกิดขึ้นนี้พร้อมๆ กันลงไป ในอัตราส่วนที่เหมาะสมแล้ว เราจะได้แสงออกมาเป็นแสงสีขาว

ธรรมชาติของการมองเห็น

เมื่อแสงตกกระทบที่วัตถุใดๆ มันจะสะท้อนเข้าสู่กระบอกตา ผ่านแก้วตา (cornea) ลูกตา (lens) เรตินา(retlna) ประสาทตา (nerve) และสมองตามลำดับ กล้ามเนื้อตาจะทำหน้าที่ขยายตัวหรือหดตัว เพื่อโฟกัสให้คลื่นแสงที่มากระทบแก้วตาและลูกตาไปตกลงบนบริเวณเรตินา นอกจากนี้ยังมีม่านตา (iris) คอยทำหน้าที่ปิดเปิดกระบอกตาเพื่อควบคุมปริมาณแสงให้เข้าสู่กระบอกตาตามความเหมาะสม บริเวณเรตินายังประกอบไปด้วยเซลล์ประสาทเป็นจำนวนมาก ดังรูปที่ 2.7.8

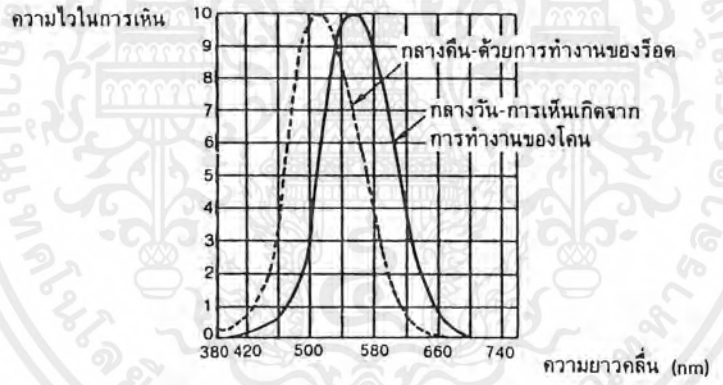


รูปที่ 2.7.8
แสดงรูปหน้าตัดของลูกนัยน์ตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลล์ (cell) จำนวนล้านๆ เส้นนี้ จะแบ่งออกเป็นสองกลุ่มใหญ่ๆ คือ ส่วนที่เรียกว่าโคน (cones) ซึ่งจะมีประมาณเจ็ดล้านเซลล์ในกระบอกตาข้างหนึ่งๆ โคนจะอยู่ตรงกลางบริเวณเรตินา คอยรับความรู้สึกทางด้านสีและช่วยแยกรายละเอียดของสิ่งต่างๆ ที่เราเห็นได้เป็นอย่างดี การเห็นของเราในเวลากลางวัน มักจะเกิดขึ้นเพราะการทำงานของโคนดังกล่าว เซลล์อีกกลุ่มหนึ่งเรียกว่า ร็อด (rods) ซึ่งวมีอยู่ประมาณ 130 ล้านเซลล์ ในกระบอกตาข้างหนึ่ง ช่วยให้เราสามารถเห็นภาพต่างๆ ได้อย่างหยาบๆ และสามารถทำหน้าที่ของมันได้เป็นอย่างดีในเวลากลางคืน ร็อดจะไม่สามารถตอบสนองทางด้านสีได้เลย

ด้วยความสามารถในการทำงานและตอบสนองได้ต่างกันของโคนและร็อดนี้ ทำให้ตาของคนเราไม่สามารถตอบสนองต่อความยาวคลื่นต่างๆ ได้เท่าเทียมกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การเห็นในบริเวณที่สลัวๆ หรือค่อนข้างมืด ความสามารถในการตอบสนองทางด้านสีจะเพี้ยนไป ดังรูปที่ 2.7.9



รูปที่ 2.7.9

กราฟแสดงความสามารถของตาในการเห็นในเวลากลางวันและกลางคืน

ความสัมพันธ์ของแสงและการเห็น

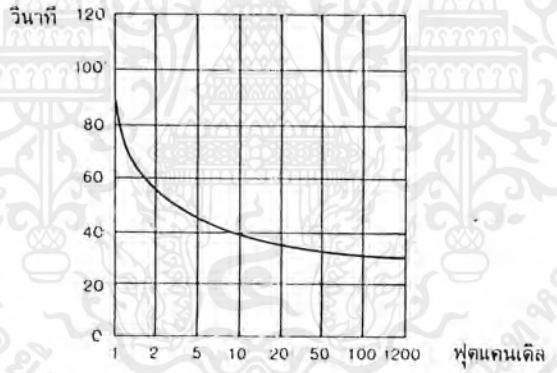
ในการออกแบบระบบแสงสว่างที่ดีได้ปริมารแสงที่เหมาะสม ถูกต้องกับการใช้งาน จะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบต่างๆ มากมาย นับตั้งแต่ระยะห่างระหว่างชิ้นงานกับผู้ปฏิบัติงาน ขนาดของชิ้นงาน ความแตกต่างของความดำ – ขาว ตลอดจนกระทั่งความเร็วในการเคลื่อนที่หรือเคลื่อนไหวของชิ้นงาน ในที่นี้ เราจะพิจารณาถึงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่างๆ เหล่านี้ที่มีผลกระทบต่อการเห็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดของชิ้นงาน โดยธรรมชาติแล้ว ตาของคนเราสามารถเห็นวัตถุที่ใหญ่ได้ง่ายกว่าวัตถุที่เล็ก และมีแนวโน้มที่จะเห็นวัตถุชิ้นเดียวกันมีขนาดเล็กลงในเวลากลางคืนเมื่อเทียบกับเวลากลางวัน

การเพิ่มประมาณแสงที่เหมาะพอก็คือ การทำให้ตาของคนเรามีความรู้สึกเป็นวัตถุชิ้นเดียวกันนั้นเสมือนขยายใหญ่ขึ้นมาเท่ากับขนาดที่เราเห็นมันในเวลากลางวัน วัตถุยิ่งเล็กๆ รายละเอียดมาก ปริมาณแสงที่ต้องการก็จะมีมากขึ้นเป็นเงาตามตัว เช่น การอ่านหนังสือ การพิมพ์ดีด การเขียนแบบ ย่อมต้องการปริมาณแสงมากขึ้นเป็นพิเศษ

เวลา ในที่นี้หมายถึง ช่วงเวลาที่ตาได้มีโอกาสสัมผัสวัตถุที่ต้องการจะเห็น ตามิได้เห็นวัตถุนั้นทันทีที่วัตถุปรากฏอยู่ตรงหน้าเรา ตาของคนเราต้องการเวลาช่วงหนึ่งในการรปรับกล้ามเนื้อตาให้ขยายหรือหดตัว ปริมาณแสงยิ่งน้อยการเห็นก็ยิ่งต้องการเวลามากขึ้น ผู้ออกแบบระบบแสงสว่างจะต้องคำนึงถึงปัญหานี้เป็นพิเศษโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในกรณีที่วัตถุเคลื่อนที่ เช่น การเล่นฟุตบอล ปริมาณแสงที่ต้องการจะต้องสูงเพียงพอ



รูปที่ 2.7.10
ความเร็วในการเห็นเมื่อเทียบกับระดับความสว่าง

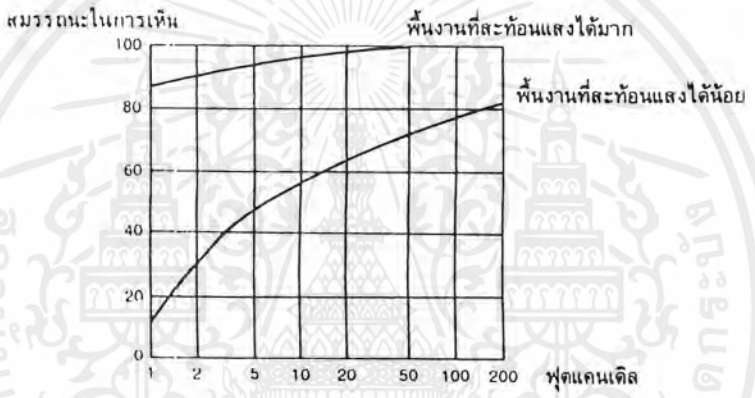
จากรูปที่ 2.7.10 จะเห็นได้ว่า เมื่อปริมาณแสงเพิ่มมากขึ้น เวลาที่ตาต้องการใช้ในการเห็นจะสั้นลง อย่างไรก็ตามเมื่อปริมาณแสงมากขึ้นจนถึงค่าค่าหนึ่ง เวลาที่ตาต้องการใช้ในการเห็นจะเริ่มคงที่ เพราะเนื่องจากขีดจำกัดของกล้ามเนื้อตานั่นเอง ผู้ที่ทำงานอยู่ภายใต้แสงที่มีปริมาณมากเพียงพอ ก็ย่อมสามารถทำงานได้เร็วกว่าและถูกต้องมากกว่า

คอนทราสต์ (contrast) คือ ความแตกต่างของความดำ – ขาว ระหว่างวัตถุกับสิ่งต่างๆ ที่อยู่รอบตัวมัน จากรูปที่ จะเห็นได้ว่าเมื่อความแตกต่างของความดำ – ขาว ยิ่งมาก การมองเห็นก็จะยิ่งทำได้ง่ายขึ้น ความต้องการปริมาณแสงจะมีน้อยลง ยกตัวอย่างเช่น ตัวหนังสือดำบนกระดาษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สีขาว ย่อมถูกเห็นได้ง่ายกว่าตัวอักษรดำบนพื้นสีเท่า และถ้าความแตกต่างของความดำ – ขาวยิ่งน้อยปริมาณแสงที่ต้องการจะมีมากขึ้น อย่างเช่น การเย็บผ้าสีดำด้วยด้ายสีดำย่อมต้องการปริมาณแสงเป็นจำนวนมาก เป็นต้น

รูปที่ 2.7.11
เมื่อความแตกต่างระหว่างความขาวดำน้อยลง



รูปที่ 2.7.12
สมรรถนะในการเห็นเมื่ออยู่บนพื้นงานที่มีความสามารถในการสะท้อนแสงที่ต่างกัน

จากรูปที่ 2.7.12เราจะเห็นได้ว่า สมรรถนะในการเห็นจะตกลงจาก 100 หน่วยมาเป็น 73 หน่วยเมื่อความสามารถในการสะท้อนแสงของพื้นงานลดลง และประมาณแสงยังคงถูกรักษาไว้ให้คงที่ที่ 50 ฟุตแคนเดิล

ความจ้าและการส่องสว่าง เมื่อปริมาณแสงตกกระทบวัตถุ เราเรียกว่า การส่องสว่าง และมีหน่วยวัดเป็นฟุตแคนเดิล แต่สิ่งที่ตาเราเห็นคือความจ้าอันเกิดขึ้นจากการสะท้อนของแสงจากวัตถุเข้าสู่ตา และมีหน่วยวัดเป็นฟุตแลมเบิร์ด เมื่อเพิ่มประมาณแสงมากขึ้น ความจ้าจะมากขึ้นตามไปด้วย อย่างไรก็ตาม ความจ้าของวัตถุใดๆ ขึ้นอยู่กับค่าความสามารถในการสะท้อนแสงของวัตถุนั้นๆ ด้วย ผู้ออกแบบจะต้องรักษาค่าความจ้าที่เกิดขึ้นให้เหมาะสม

องค์ประกอบต่างๆ ที่ได้กล่าวมาแล้ว ซึ่งได้แก่ ขนาดของวัตถุและความแตกต่างระหว่างความดำ – ขาว เป็นสมบัติประจำตัวของวัตถุ และไม่สามารถแก้ไขและควบคุมได้ โดยการปรับค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณแห่งการส่องสว่าง ตารางที่ แสดงให้เห็นถึงค่าความจ้าที่เหมาะสมสำหรับลักษณะสำหรับลักษณาของงานประเภทต่างๆ

ลักษณะของการมองเห็น	ความจ้า (ฟุตแลมเบิร์ต)
ยากมากจริง ๆ	420
ยากมาก	120-420
ยาก	42-120
ธรรมดา	18-42
ง่าย	ต่ำกว่า 18

ตารางที่ 2.7.13
ความจ้าสำหรับลักษณะการเห็นในระดับต่างๆ

นอกจากองค์ประกอบต่างๆ นี้แล้ว ยังมีองค์ประกอบอื่นๆ อีกมาก ซึ่งจะต้องนำมาร่วมพิจารณาด้วยในการออกแบบระบบแสงสว่างในบางครั้ง เช่น อายุของผู้ปฏิบัติงานภายใต้แสงสว่าง ผู้สูงอายุย่อมต้องการปริมาณแสงสว่างมากกว่าสำหรับการทำงานอย่างเดียวกัน เป็นต้น

หลอดไฟ

นับตั้งแต่มัส เอ. เอดิสัน ได้ประดิษฐ์หลอดไฟหลอดแรกสำเร็จขึ้นก็ได้มีการแก้ไขเทคนิคต่างๆ เรื่อยมา เพื่อให้หลอดไฟทำงานได้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ใช้งานได้สะดวกมากขึ้น ตลอดจนได้ประดิษฐ์หลอดไฟสำหรับงานเฉพาะอย่างต่างๆ มากขึ้นด้วย เราจึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาให้รู้ว่า ควรจะเลือกใช้หลอดประเภทใดสำหรับงานประเภทหนึ่งๆ

ประสิทธิภาพของหลอดไฟ (Light Source Efficacy)

เมื่อพูดถึงประสิทธิภาพของเครื่องจักรกลเครื่องหนึ่ง เราจะหมายถึงอัตราส่วนระหว่างงานหรือกำลังงานที่เครื่องจักรกลเครื่องนั้นสามารถทำออกมาได้กับงานหรือกำลังที่ป้อนเข้าไปให้กับมัน สำหรับแหล่งกำเนิดแสงหรือหลอไฟก็เช่นเดียวกันประสิทธิภาพขอมันก็คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาณแสงสว่างที่หลอดไฟหลอดนั้นเปล่งออกมาได้ กับปริมาณไฟฟ้าที่เราให้แก่มัน และหน่วยลูเมนต์ต่อวัตต์(lumen/watt)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แหล่งกำเนิดแสง	lm/W
เทียน	0.1
ตะเกียงน้ำมัน	0.3
หลอดอินแคนเดสเซนต์หลอดแรก (พ.ศ. 2422)	1.4
หลอดไส้คาร์บอน ขนาด 60 W (พ.ศ. 2148)	4.0
หลอด 60 W ทำจากขดของขดลวดทังสเตน (พ.ศ. 2513)	14.3
หลอดขนาด 1000 W สำหรับงานทั่วไป (พ.ศ. 2513)	23.3
หลอดขนาด 250 W สำหรับใช้กับกล้องถ่ายรูป (พ.ศ. 2513)	34.0
หลอดแสงจันทร์เดอลุกซ์ ขนาด 400 W (พ.ศ. 2513)	56.2
หลอดฟลูออเรสเซนต์คูลไวต์ ขนาด 40 W (พ.ศ. 2513)	78.8
หลอดฟลูออเรสเซนต์คูลไวต์ ขนาด 96 นิ้ว (พ.ศ. 2513)	83.6
หลอดโลหะฮาไลด์ ขนาด 1000 W (พ.ศ. 2513)	91.5
หลอดโซเดียมความดันสูง ขนาด 400 W (พ.ศ. 2513)	115.0

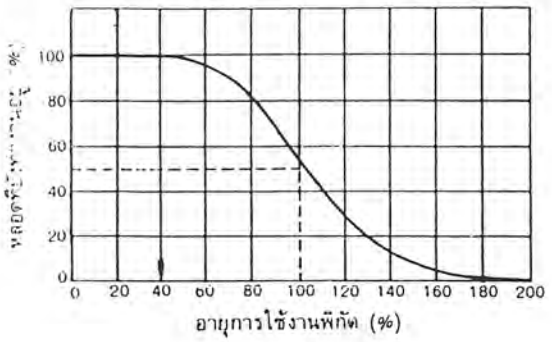
ตารางที่ 2.7.14
ประสิทธิภาพของแหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ

จากตารางที่ 2.7.14 แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของแหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ ผู้อ่านจะเห็นได้ว่าหลอดไฟหลอดแรกที่เอดิสันประดิษฐ์ขึ้นมีประสิทธิภาพเพียง 1.4 ลูเมนต์ต่อวัตต์ (lumen/watt) เมื่อเปรียบเทียบกับหลอดโซเดียมที่ประดิษฐ์ขึ้นในปี พ.ศ. 2513 มีประสิทธิภาพถึง 115 ลูเมนต่อวัตต์

อายุการใช้งานของหลอดไฟ (Lamp Mortality)

หลอดไฟแต่ละชนิดจะมีอายุการใช้งานไม่เท่ากัน หลอดไฟบางชนิดจะมีอายุการใช้งานเพียงเสี้ยววินาทีเดียว เช่น หลอดที่ใช้ในการถ่ายภาพ หลอดบางชนิดจะมีการใช้งาน 500 ถึง 1000 ชั่วโมง ในขณะที่หลอดบางชนิดมีอายุการใช้งานมากเป็นจำนวนกว่า 10,000 ชั่วโมง เป็นต้น โรงงานผู้ผลิตจะจัดทำตารางข้อมูลบอกให้เรารู้ถึงอายุการใช้งานของหลอดแต่ละประเภทที่ผลิตขึ้น อย่างไรก็ตามผู้อ่านจะต้องทำความเข้าใจให้ถูกต้องว่า เมื่อเราพูดถึงอายุการใช้งานของหลอด เรามิได้หมายถึงระยะเวลาที่นับตั้งแต่หลอดเริ่มถูกใช้จนกระทั่งมันดับมืดสนิท แต่หมายถึงอายุการใช้งานเฉลี่ยเมื่อนำหลอดชนิดดังกล่าวจำนวนมากมาทำการทดลอง โดยเปิดและปิดทุก ๆ 10 ชั่วโมง (หรือทุก ๆ 5 ชั่วโมง หรืออื่น ๆ แล้วแต่จะกำหนด) อายุการใช้งานของหลอดก็คือ จำนวนชั่วโมงที่หลอดจำนวนครึ่งหนึ่งของหลอดกลุ่มนั้นยังคงทำงานอยู่และอีกครึ่งหนึ่งดับสนิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



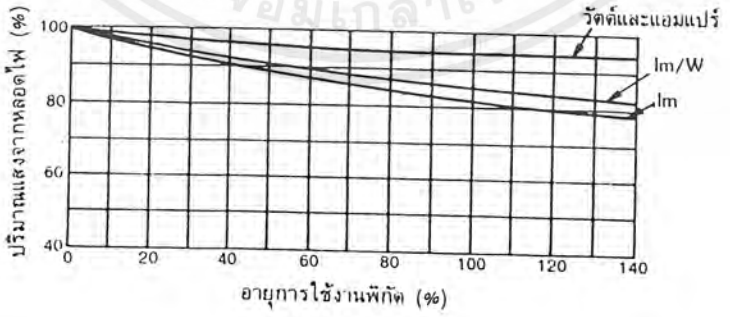
รูปที่ 2.7.15
กราฟแสดงอายุการใช้งานของหลอดอินแคนเดสเซนต์

จากรูปที่ 2.7.15 แสดงให้เห็นว่าเมื่อเริ่มทำการทดลองไปได้ไม่นาน หลอดจำนวนหนึ่งจะเริ่มหยุดทำงาน และหยุดเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงช่วงเวลาหนึ่งจำนวน 50 เปอร์เซ็นต์ของหลอดดังกล่าวจะหยุดทำงาน ที่เวลาช่วงนั้นคือ อายุการทำงานเฉลี่ยหลอดชนิดนั้น ๆ นั่นเอง

ความเสื่อมของหลอดไฟ (Lumen Depreciation)

เมื่อหลอดไฟถูกใช้ไปนานเข้า ปริมาณแสงหรือปริมาณลูเมนที่ออกมาจากหลอดไฟจะลดลง ประสิทธิภาพของหลอดไฟหรือปริมาณลูเมนต่อวัตต์ก็จะลดลงตามไปด้วย แต่อัตราการลดลงของลูกเมนจะเร็วกว่าอัตราการลดลงของปริมาณลูเมนต่อวัตต์

ความเสื่อมของหลอดไฟนี้บางครั้งเราจะพิจารณาอยู่ในรูปของความเหลืออยู่ของปริมาณแสง (lumen maintenance) ว่ามีเหลืออยู่กี่เปอร์เซ็นต์ของปริมาณแสงตอนเริ่มต้น ดังแสดงในรูปที่ 2.7.16



รูปที่ 2.7.16
กราฟแสดงความเสื่อมของหลอดไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิสี (Color Temperature)

อุณหภูมิสีเป็นค่าอุณหภูมิในหน่วยเคลวิน (Kelvin) ซึ่งจะบอกให้เรารู้ว่าสีของแหล่งกำเนิดแสงหนึ่ง ๆ จะเป็นอย่างไร โดยการเปรียบเทียบกับสีของวัตถุดำที่อุณหภูมิเดียวกัน กล่าวคือ เรารู้ว่าสีของวัตถุดำจะเป็นสีดำที่อุณหภูมิห้อง เป็นสีแดงที่อุณหภูมิ 800 เคลวิน เป็นสีเหลืองที่อุณหภูมิ 3000 เคลวิน เป็นสีขาวที่อุณหภูมิ 5000 เคลวิน เป็นสีฟ้าที่อุณหภูมิ 8000 เคลวิน เป็นต้น เราจึงใช้ค่าอุณหภูมิเหล่านี้เป็นตัวบอกสีของแหล่งกำเนิดแสงใด ๆ เช่น ขดลวดทังสเตนมีค่าอุณหภูมิสีอยู่ระหว่าง 2600 ถึง 3000 เคลวิน เพราะมันจะให้แสงออกมาเป็นสีเหลืองจ้า

หลอดอินแคนเดสเซนต์ (Incandescent)

การทำงานของหลอดอินแคนเดสเซนต์เกิดขึ้นจากการปล่อยให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเข้าสู่ขดลวดทังสเตน ขดลวดจะเริ่มร้อนแดงและเปล่งแสงออกปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นจากการที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดนี้มากขึ้นมากเท่าไร มันก็ยิ่งเปล่งแสงออกมาได้มากขึ้นเท่านั้น แต่อย่างไรก็ตามก็มีข้อจำกัดอยู่ที่ว่า เราไม่สามารถให้ขดลวดทังสเตนทำงานเกินจุดหลอมเหลวของมันได้

หลอดอินแคนเดสเซนต์เป็นหลอดที่มีประสิทธิภาพต่ำ เคยมีผู้ทำการทดลองและได้ผลว่าเมื่อเราปล่อยให้อุณหภูมิของขดลวดทังสเตนสูงขึ้นถึงจุดหลอมเหลวของมัน มันจะเปล่งแสงออกมาได้เพียง 53 ลูเมนต่อวัตต์ อย่างไรก็ตามความนิยมในการใช้หลอดอินแคนเดสเซนต์ก็ยังมีอยู่มาก เนื่องจากการติดตั้งหลอดอินแคนเดสเซนต์ทำได้ง่ายและราคาถูกเมื่อเทียบกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ หลอดแสงจันทร์ หรือหลอดโซเดียม นอกจากนี้การเปลี่ยนขนาดของหลอดเพื่อเพิ่มกำลังแห่งการส่องสว่างก็ทำได้โดยการเปลี่ยนหลอดใหม่เข้าไปแทนที่หลอดเก่าเท่านั้น โดยไม่ต้องคำนึงถึงขนาดและชนิดของบัลลาสต์ที่เกี่ยวข้อง

ไส้หลอด (filament) ประสิทธิภาพของหลอดอินแคนเดสเซนต์ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของไส้หลอด อุณหภูมิยิ่งสูงไส้หลอดยิ่งเปล่งแสงออกมาได้มากในระยะเริ่มแรกเมื่อเอดิสันประดิษฐ์หลอดไฟขึ้น สารหลายชนิดได้ถูกนำมาทดลองใช้ รวมทั้งไส้คาร์บอนเนื่องมีอุณหภูมิของจุดหลอมเหลวสูง แต่คาร์บอนก็มีข้อเสียที่ว่ามันระเหิด (evaporate) อย่างรวดเร็วเมื่ออุณหภูมิของมันสูงขึ้นมาก ๆ ในที่สุดจึงได้มีการเปลี่ยนมาทดลองใช้ทังสเตนเพราะว่ามันสามารถทำงานได้ดีที่อุณหภูมิใกล้จุดหลอมเหลวของมัน โดยปกติแล้วเราจะใช้ขดลวดทังสเตนทำงานที่อุณหภูมิระหว่าง 4000 ถึง 5000 เคลวิน

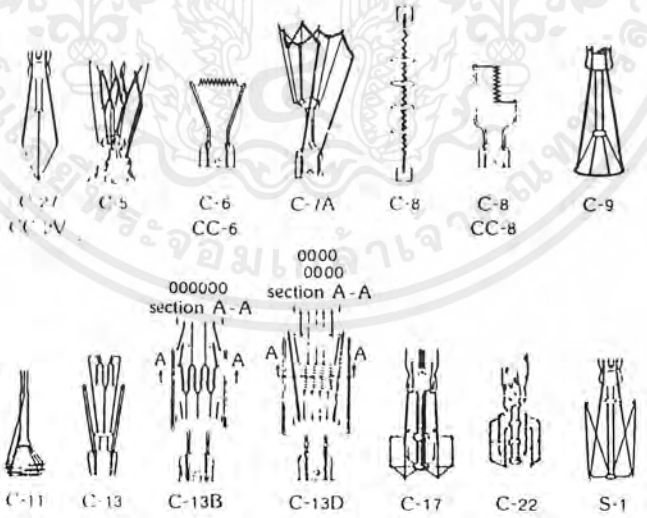
การออกแบบไส้หลอดจะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่ใช้ และลักษณะประเภทของงานที่จะนำหลอดดังกล่าวไปใช้ด้วย เช่น สำหรับค่ากำลังไฟฟ้า (wattage) หนึ่ง ๆ เมื่อแรงดันไฟฟ้าต่ำลง เส้นผ่านศูนย์กลางของไส้หลอดจะต้องใหญ่ขึ้น เพื่อรองรับกระแสไฟฟ้าที่จะไหลผ่านตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มัน ในทำนองเดียวกันที่ค่าแรงดันไฟฟ้าหนึ่ง ๆ เมื่อกำลังไฟฟ้าของหลอดสูงขึ้น เส้นผ่านศูนย์กลางของไส้หลอดก็จะต้องใหญ่ขึ้นตามไปด้วย และเมื่อเส้นผ่านศูนย์กลางของไส้หลอดใหญ่ขึ้น ไส้หลอดก็สามารถทำงานที่อุณหภูมิสูงขึ้น อันเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของไส้หลอดในที่สุด

ลักษณะของไส้หลอดในสมัยก่อนนั้น จะทำเป็นเส้นตรง และบรรจุอยู่ในหลอดสุญญากาศ แต่ในปัจจุบันนี้ได้มีการค้นพบว่าถ้าขดไส้หลอดให้เป็นรูปขดลวด หรือการขดขดลวดของไส้หลอดอีกขึ้นหนึ่ง ไม่เพียงแต่จะทำให้ความร้อนที่เกิดขึ้นไม่กระจัดกระจายออกไปอย่างรวดเร็วเท่านั้น แต่ยังจับตัวเป็นกลุ่มก้อนรอบขดลวด ซึ่งเป็นการเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ขดลวดอีกทางหนึ่งและทำให้ประสิทธิภาพของหลอดเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มความแข็งแรงและประหยัดขนาดของหลอดได้อีกมากด้วย

โรงงานผู้ผลิตจะจัดทำสัญลักษณ์เป็นตัวอักษรหรือตัวเลขกำกับบอกให้รู้ถึงลักษณะของไส้หลอดชนิดต่าง ๆ จากรูปที่ เป็นสัญลักษณ์ของไส้หลอดที่ผลิตขึ้นตามมาตรฐานของ ANSI (American National Standard Institute) ของสหรัฐอเมริกา จะเห็นได้ว่า ตัวอักษรหมายถึงไส้หลอดที่เป็นเส้นตรง (straight) C หมายถึงขดลวด (coiled) และ CC หมายถึงขดลวด (coiled-coil) ส่วนตัวเลขจะบอกถึงความยาวของไส้หลอด



รูปที่ 2.7.17
ลักษณะของไส้หลอดแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวหลอดหรือหลอดแก้ว (bulb) ลักษณะของหลอดแก้วที่ใช้กันอยู่ในทุกวันนี้ได้มีการพัฒนาขึ้นมาจากหลอดแก้วเดิมที่ใช้อยู่ในสมัยเอดิสันมาก มีการเคลือบผิวในด้วยสารที่กระจายแสง (diffusing material) ซึ่งทำให้หลอดดูสว่างสม่ำเสมอทั่วทั้งผิวหลอด หรือมีการเคลือบผิวในของหลอดด้วยเงิน (silver) หรืออะลูมินั่ม (Aluminium) ซึ่งทำให้แสงสามารถที่จะสะท้อนออกมาได้จากส่วนดังกล่าว นอกจากนี้ยังมีการเคลือบผิวในของหลอดด้วยสีต่าง ๆ เพื่อทำหลอดสีใช้ในการตกแต่งทั่วไป รูปร่างของหลอดแก้วก็ยังมีอีกมากมายหลายชนิด ตัวอักษรที่ใช้กำกับอยู่ก็ใช้เป็นการบอกรูปร่างของหลอดแก้ว

ตัวอย่างเช่น

PAR หมายถึงหลอดซึ่งโคนของมันเป็นรูปพาราโบลา

R หมายถึงหลอดซึ่งเคลือบผิวในด้วยสารสะท้อนแสง

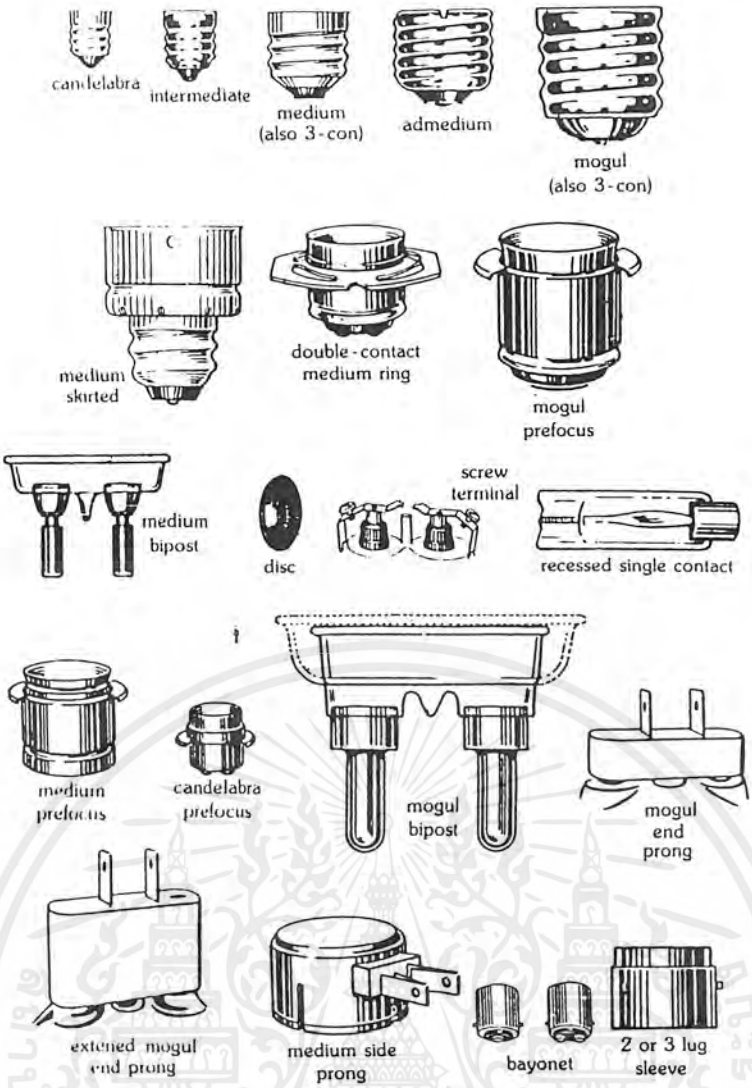
I หมายถึงหลอดที่ซึ่งมีลักษณะคล้ายหลอดแก้วทดลอง

หลอดแก้วดังกล่าว มักจะมีตัวเลขกำกับอยู่หลังตัวอักษรเหล่านี้ บอกให้รู้ถึงเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวหลอดในหน่วยของหุน (1/8 นิ้ว) ถ้าเป็นหลอดที่ผลิตตามมาตรฐาน ANSI ซึ่งผู้อ่านจะสามารถศึกษารายละเอียดต่าง ๆ เหล่านี้เพิ่มเติมได้จากหนังสือคู่มือหลอดของโรงงานผู้ผลิตต่าง ๆ

ขั้วหลอด (base) แต่เดิมนั้นขั้วหลอดมักจะทำด้วยทองเหลือง แต่ในปัจจุบันนี้โรงงานผู้ผลิตส่วนใหญ่ได้เปลี่ยนมาใช้อะลูมิเนียมแทน เพราะมีความสามารถในการนำไฟฟ้าได้ดีกว่า ขนาดของขั้วหลอดที่ใช้กันอยู่ในท้องตลาดนั้น แบ่งออกเป็น 2 มาตรฐานใหญ่ ๆ ด้วยกันคือ มาตรฐาน ANSI และมาตรฐานของยุโรป ตามมาตรฐาน ANSI นั้น ขั้วหลอดของหลอดอินแคนเดสเซนต์ที่เป็นแบบเกลียว (screw) จะมีอยู่ 4 แบบด้วยกัน คือ candelabra , intermediate,medium และ mogul

ขั้ว candelabra มักจะใช้กับหลอดขนาดเล็ก จำนวนวัตต์ต่ำ เช่นหลอดไฟประดับหรือหลอดสัญญาณ (indicator lamp) ขั้วหลอดแต่ละขนาดจะสามารถทนกระแสได้มากน้อยต่างกันไป เช่น ขั้วหลอดแบบ medium จะทนกระแสได้ถึง 25 แอมแปร์ ในขณะที่ขั้วหลอดแบบ mogul สามารถทนกระแสได้ถึง 35 แอมแปร์ที่แรงดัน 120 โวลต์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

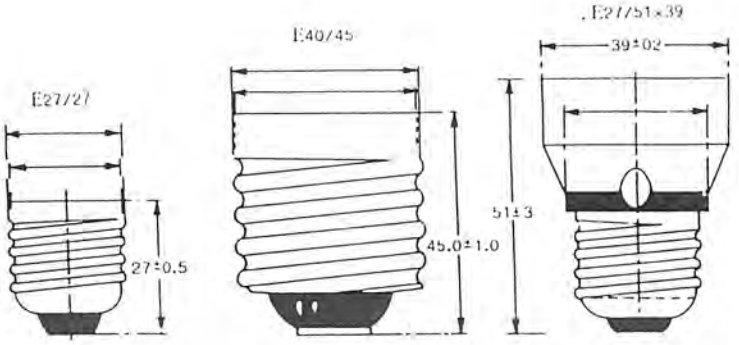


รูปที่ 2.7.18

ขั้วหลอดอินแคนเดสเซนต์ชนิดต่างๆตามมาตรฐาน ANSI

ขั้วหลอดอีกชนิดหนึ่งตามมาตรฐาน ANSI ก็คือ แบบที่ทางบ้านเราเรียกว่าแบบขั้ว (bayonet) ขั้วหลอดชนิดนี้มักจะใช้กับงานประเภทที่ต้องการกำหนดตำแหน่งของไส้หลอดให้แน่นอนลงไป หรือลักษณะงานที่มีการสั่นสะเทือน เช่น หลอดไฟที่ใช้กับจักรไฟฟ้าหรือเครื่องมือกลต่าง ๆ ส่วนหลอดที่ผลิตขึ้นตามมาตรฐานยุโรปนั้น ขั้วหลอดจะถูกผลิตขึ้นโดยใช้หน่วยวัดทางเมตริก การบอกขนาดของขั้วหลอดมักจะเริ่มต้นด้วยอักษร E ตามด้วยขนาดด้วยเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงของขั้วหลอด เช่น E40/45 จะหมายถึงขั้วหลอดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร และมีความสูง 45 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 2.7.18 สิ่งหนึ่งที่ผู้อ่านจะต้องระลึกไว้เสมอก็คือว่า เราไม่สามารถใช้หลอดที่ผลิตขึ้นตามมาตรฐานทั้งสองมาแทนที่ซึ่งกันและกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

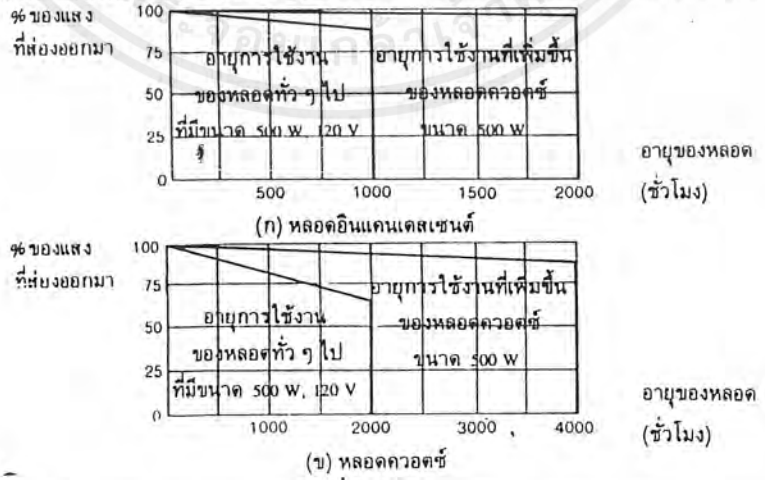


รูปที่ 2.7.19
ขั้วหลอดมาตรฐานยุโรปI

หลอดทังสเตนฮาโลเจน (Tungsten Halogen)

ชนิดของหลอดอินแคนเดสเซนต์มีมากมายหลายชนิดตามที่ได้มาแล้วไม่ว่าจะแบ่งตามรูปร่างของตัวหลอดหรือแบ่งตามประเภทของการใช้งานก็ตามแต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะหลอดทังสเตนฮาโลเจนซึ่งต่างจากหลอดอินแคนเดสเซนต์ชนิดอื่น ๆ ในเรื่องของอายุการใช้งาน

หลอดทังสเตนฮาโลเจน (quartz tungsten halogen) นั้นจะถูกบรรจุก๊าซในกลุ่มของฮาโลเจนเอาไว้ ในขณะที่หลอดทำงาน ทังสเตนจะระเหิดออกมาเหมือนกับหลอดอินแคนเดสเซนต์โดยทั่วไป แต่ที่ต่างกันก็คือทังสเตนที่ระเหิดออกมาจะเข้าจับตัวกับก๊าซฮาโลเจนดังกล่าว และเมื่อหลอดเย็นตัวลงมันจะสลายตัวออกจากกัน ทังสเตนจะกลับไปเกาะที่ไส้หลอดอย่างเดิม ทำให้ไส้หลอดไม่กร่อนเร็วเหมือนกับหลอดอินแคนเดสเซนต์ชนิดอื่น ๆ จากรูปที่ 2.7.20แสดงการเปรียบเทียบให้เห็นถึงอายุการใช้งานหลอดควอตซ์ทังสเตนฮาโลเจนกับหลอดอินแคนเดสเซนต์ชนิดธรรมดา

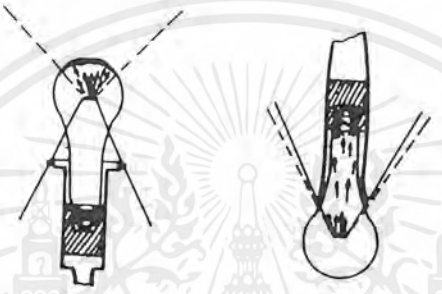


รูปที่ 2.7.20
ประสิทธิภาพการทำงานระหว่างหลอดอินแคนเดสเซนต์และหลอดควอตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งของการเผาไส้หลอด (Burning Position)

จากที่ได้กล่าวมาแล้วว่า หลอดไฟจะเริ่มเสื่อมและปริมาณแสงที่มันเปล่งออกมาจะลดลง เมื่ออายุการใช้งานของหลอดมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการระเหิดของทังสเตน เรามักจะสังเกตเห็นได้อยู่เสมอว่า หลอดที่เราใช้อยู่จะมีสีดำคล้ำเกิดขึ้นที่บริเวณขั้วหลอด หรือบางครั้งจะเกิดขึ้นที่บริเวณตัวกระเปาะแก้ว (glass bulb)



รูปที่ 2.7.21
ลักษณะการเผาไหม้ของไส้หลอดและการเกิดตะกอนดำ

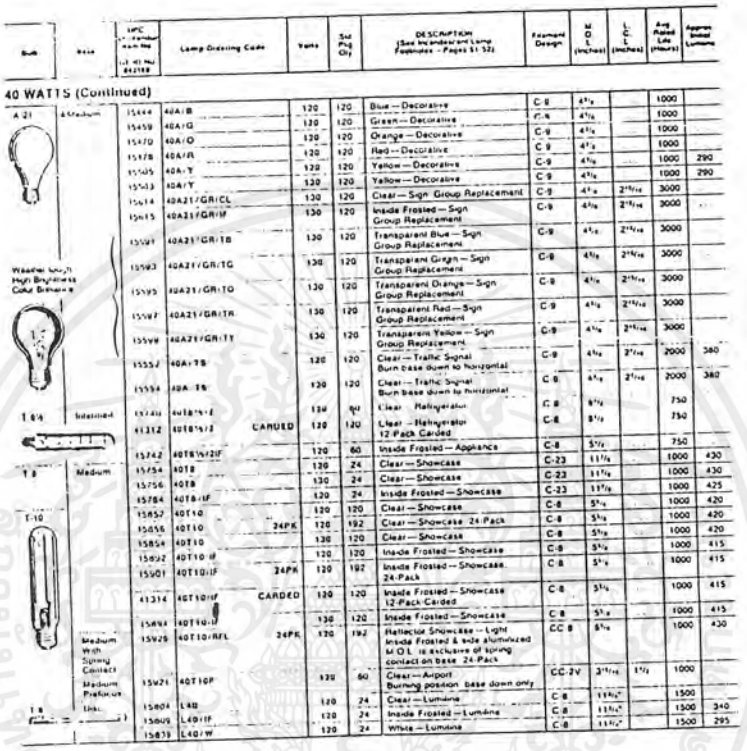
จากรูปที่ 2.7.21 จะเห็นได้ว่า เมื่อทังสเตนระเหิด มันจะลอยตัวสูงขึ้นและเกิดเป็นตะกอนดำ (blackening) ไปจับที่ตัวหลอดหรือที่ต่อขั้วหลอดแล้วแต่กรณี ตะกอนดำนี้จะทำให้หลอดเปล่งปริมาณแสงออกมาได้น้อยลง หลอดบางชนิดไส้หลอดสามารถทำงานได้ไม่ว่าจะอยู่ในตำแหน่งใด แต่หลอดบางชนิด โรงงานผู้ผลิตจะกำหนดออกมาเลยว่า การติดตั้งหลอดนั้น ตัวหลอดควรจะอยู่ในแนวระดับ (horizontal) หรืออยู่ในแนวดิ่ง (vertical) หรือถ้าอยู่ในแนวดิ่งควรจะให้ขั้วหลอดอยู่ด้านบน (base up) หรือขั้วหลอดควรจะอยู่ด้านล่าง (base down) ข้อมูลต่าง ๆ เหล่านี้จะกำหนดอยู่ในตารางคู่มือของหลอดไฟทั้งสิ้น

ตารางคู่มือหลอดไฟ

ต้องมีศึกษาและเก็บข้อมูลต่าง ๆ จากตารางคู่มือหลอดไฟ ก่อนที่จะเริ่มตัดสินใจเลือกใช้หลอดใดหลอดหนึ่ง ไม่ว่าจะเป็นการออกแบบระบบไฟใหม่สำหรับสถานที่แห่งหนึ่ง ๆ หรือเป็นการหาหลอดชนิดใหม่เข้าไปแทนที่หลอดเก่า ตารางคู่มือของหลอดทั่วไปมักจะมีลักษณะคล้าย ๆ กันดังตัวอย่างในรูปที่ 2.7.22 ซึ่งจะบอกเราตั้งแต่ขนาดกำลังไฟฟ้าของหลอด ปริมาณแสงที่หลอดเปล่งออกมาตอนเริ่มใช้ใหม่ ๆ (initial lumens) ซึ่งช่วยให้เราสามารถคำนวณหาประสิทธิภาพของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลอดได้ (ลูเมนต่อวัตต์) นอกจากนี้ยังบอกให้รู้ถึงลักษณะและขนาดของตัวหลอด ขั้วหลอดและไส้หลอดตลอดจนอายุการใช้งานของหลอดอีกด้วย



40 WATTS (Continued)

Bulb	Base	MPC	Lamp Ordering Code	Watts	Std Pkg Qty	DESCRIPTION (See Incandescent Lamp Footnotes – Pages 51-52)	Filament Design	M.O.L. (Inches)	C.L. (Inches)	Avg Rated Life (Hours)	Approx Initial Lumens
A-21	Medium	15444	40A/B	120	120	Blue—Decorative	C-9	4 1/16		1000	
		15459	40A/G	120	120	Green—Decorative	C-9	4 1/16		1000	
		15470	40A/O	120	120	Orange—Decorative	C-9	4 1/16		1000	
		15478	40A/R	120	120	Red—Decorative	C-9	4 1/16		1000	
		15485	40A/Y	120	120	Yellow—Decorative	C-9	4 1/16		1000	290
		15483	40A/Y	120	120	Yellow—Decorative	C-9	4 1/16		1000	290
		15614	40A21/GR/CL	130	120	Clear—Sign Group Replacement	C-9	4 1/16	2 15/16	3000	
		15615	40A21/GR/IF	130	120	Inside Frosted—Sign Group Replacement	C-9	4 1/16	2 15/16	3000	
		15591	40A21/GR/TB	130	120	Transparent Blue—Sign Group Replacement	C-9	4 1/16	2 15/16	3000	
		15593	40A21/GR/TG	130	120	Transparent Green—Sign Group Replacement	C-9	4 1/16	2 15/16	3000	
		15595	40A21/GR/TO	130	120	Transparent Orange—Sign Group Replacement	C-9	4 1/16	2 15/16	3000	
		15597	40A21/GR/TR	130	120	Transparent Red—Sign Group Replacement	C-9	4 1/16	2 15/16	3000	
		15599	40A21/GR/TY	130	120	Transparent Yellow—Sign Group Replacement	C-9	4 1/16	2 15/16	3000	
		15552	40A/TS	120	120	Clear—Traffic Signal Burn base down to horizontal	C-9	4 1/16	2 7/16	2000	380
		15554	40A/TS	120	120	Clear—Traffic Signal Burn base down to horizontal	C-9	4 1/16	2 7/16	2000	380
T-8	Intermed.	15741	40T8/R/E	120	60	Clear—Refrigerator	C-8	6 1/16		750	
		41312	40T8/R/J	120	120	Clear—Refrigerator 12-Pack Carded	C-8	8 1/16		750	
		15742	40T8/R/2IF	120	60	Inside Frosted—Appliance	C-8	5 1/16		750	
T-8	Medium	15754	40T8	120	24	Clear—Showcase	C-23	11 7/16		1000	430
		15756	40T8	130	24	Clear—Showcase	C-23	11 7/16		1000	430
		15784	40T8/IF	120	24	Inside Frosted—Showcase	C-23	11 7/16		1000	425
T-10		15857	40T10	120	120	Clear—Showcase	C-8	5 1/16		1000	420
		15855	40T10 24PK	120	192	Clear—Showcase 24-Pack	C-8	5 1/16		1000	420
		15854	40T10	130	120	Clear—Showcase	C-8	5 1/16		1000	415
		15852	40T10 IF	120	120	Inside Frosted—Showcase	C-8	5 1/16		1000	415
		15501	40T10/IF 24PK	120	192	Inside Frosted—Showcase 24-Pack	C-8	5 1/16		1000	415
		41314	40T10/IF CARDED	120	120	Inside Frosted—Showcase 12-Pack Carded	C-8	5 1/16		1000	415
		15494	40T10-U	130	120	Inside Frosted—Showcase	C-8	5 1/16		1000	415
	Medium With Spring Contact	15929	40T10/RFL 24PK	120	192	Reflector Showcase—Light Inside Frosted & side aluminized M.O.L. is exclusive of spring contact on base 24-Pack	CC-8	8 1/16		1000	430
	Medium Prefocus	15921	40T10P	120	60	Clear—Airport Burning position base down only	CC-2V	3 15/16	1 1/2	1000	
T-8	Unic.	15604	L40	120	24	Clear—Lumiline	C-8	11 5/16		1500	
		15605	L40/IF	120	24	Inside Frosted—Lumiline	C-8	11 5/16		1500	340
		15639	L40/W	120	24	White—Lumiline	C-8	11 5/16		1500	295

รูปที่ 2.7.22

ลักษณะของตารางคู่มือหลอดไฟ

หลอดฟลูออเรสเซนต์

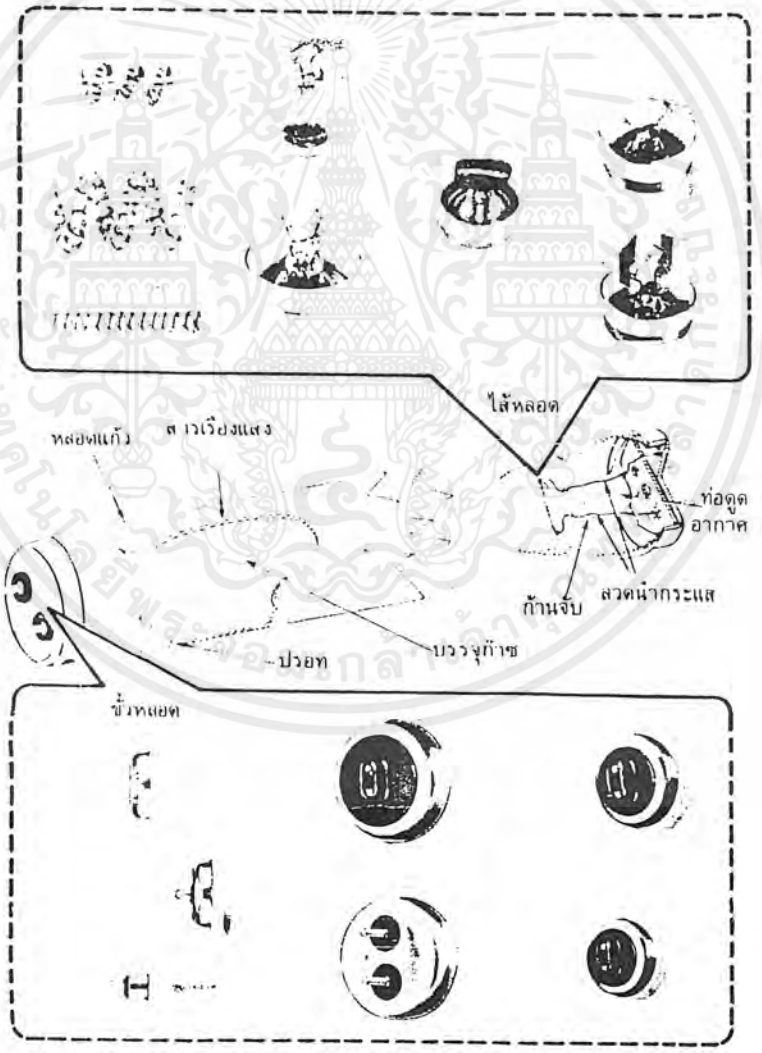
หลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอดที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบันนี้เพราะเป็นหลอดที่มีประสิทธิภาพสูง ประสิทธิภาพของหลอดฟลูออเรสเซนต์มีประมาณ 72 ลูเมนต่อวัตต์ เมื่อเทียบกับหลอดอินแคนเดสเซนต์ขนาด 100 วัตต์ซึ่งมีประสิทธิภาพเพียง 17.5 ลูเมนต่อวัตต์ นอกจากนี้อายุการใช้งานของหลอดก็นานถึง 20,000 ชั่วโมง ซึ่งเมื่อเทียบกับหลอดอินแคนเดสเซนต์ขนาด 100 วัตต์นั้นจะมีอายุการใช้งานเพียง 750 ชั่วโมง ความจ้าของหลอดฟลูออเรสเซนต์ก็ต่ำกว่า ความร้อนที่เกิดขึ้นในขณะทำงานก็น้อยกว่า หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมีตั้งแต่ขนาด 4 วัตต์จนถึง 215 วัตต์ และมีขนาดความยาวตั้งแต่ 6 ถึง 96 นิ้ว นอกจากนี้ยังมีรูปร่างต่าง ๆ กันไปอีกด้วย นอกจากหลอดยาวที่เราคุ้นเคยกันอยู่ยังมีหลอดรูปวงกลม (circular) และตัวยู (U-shape) อีกด้วย

ส่วนประกอบของหลอดฟลูออเรสเซนต์ ประกอบด้วยส่วนสำคัญต่าง ๆ ดังนี้ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>หลอดแก้ว</u> (tube) หลอดแก้ว จะถูกบรรจุด้วยก๊าซเฉื่อยและหยดปรอท (mercury) และเคลือบด้วยสารเรืองแสง (phosphur) นอกจากนี้ก็เป็นที่สำหรับยึดของแคโทด ก๊าซที่บรรจุอยู่ภายในหลอดฟลูออเรสเซนต์จะแตกตัวออกเป็นไอออน (ion) เมื่อแรงดันไฟฟ้าที่แคโทดที่ปลายทั้งสองของหลอดแก้วมีค่าสูงพอเมื่อก๊าซแตกตัวออกเป็นไอออน ความต้านทานทางไฟฟ้าของหลอดแก้วจะมีค่าตกลงทันที กระแสไฟฟ้าก็จะเริ่มไหลผ่านหลอดแก้ว กระทบไอปรอท (mercury vapor) ที่ถูกบรรจุอยู่ภายใน ไอปรอทนี้จะปล่อยรังสีอัลตราไวโอเลตออกมา (ความยาวคลื่นประมาณ 253.7 นาโนเมตร) รังสีอัลตราไวโอเลตที่เกิดขึ้นจะวิ่งไปทั่วทั้งหลอด และเมื่อกระทบกับสารเรืองแสงที่เคลือบอยู่ที่ผิวในของหลอดก็จะทำให้หลอดดูสว่างไสวขึ้น

<u>ขั้วหลอด</u> จะทำหน้าที่เป็นตัวยึดต่อทางไฟฟ้า



รูปที่ 2.7.23

ส่วนประกอบของหลอดฟลูออเรสเซนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>สีของหลอดฟลูโอเลสเซนต์</u>ขึ้นอยู่กับชนิดของสารเรืองแสงที่ใช้เคลือบผิวในของหลอด

สารเรืองแสง	สีของหลอด	ความยาวคลื่น (nm)			
		ช่วงเริ่มป้อนไฟ	ช่วงอุ่นตัว	ช่วงเริ่มเปล่งแสง	ช่วงเปล่งแสงเต็มที่
แบเรียมซิลิเกต	ต่ำ	180-280	200-240	310-400	346
แบเรียม สตรอนเตียม แมกนีเซียมซิลิเกต	ต่ำ	180-280	200-250	310-450	360
แคดเมียมโบเรต	ชมพู	200-360	250	520-750	615
แคลเซียมฮาโลฟอสเฟต	ขาว	180-320	250	350-750	580
แคลเซียมทังสเตต	น้ำเงิน	220-300	270	310-700	440
แมกนีเซียมทังสเตต	น้ำเงิน-ขาว	220-320	285	360-720	480
สตรอนเตียมฮาโลฟอสเฟต	น้ำเงินอมเขียว	180-300	230	400-700	500
สตรอนเตียมออร์โทฟอสเฟต	ส้ม	180-320	210	450-750	610
อิตเทรียมออกไซด์	ส้ม	180-300	220-280	550-650	611
ซิงก์ซิลิเกต	เขียว	220-296	253.7	460-640	525

ตารางที่ 2.7.1
สารเรืองแสงที่ใช้กันทั่วไป

ชนิดของหลอดฟลูออเรสเซนต์ หลอดฟลูออเรสเซนต์นั้นสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ ตามลักษณะการทำงานของมันคือ

1. ***ชนิดอุ่นไส้*** *(preheat lamp)* หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่เรามักจะคุ้นเคยกันมากที่สุดก็คือหลอดชนิดอุ่นไส้ ซึ่งมันจะสว่างได้ เราจะต้องทำการอุ่นแคโทดโดยปล่อยให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวมันก่อน จนกระทั่งมีสามารถปล่อยอิเล็กตรอนออกมาทำให้ก๊าซภายในหลอดแตกสลายตัวเป็นไอออน หลอดประเภทนี้จะต้องใช้เวลาประมาณ 2-3 วินาทีกว่าจะสว่างได้ และมักจะใช้ควบคู่ไปกับสตาร์ตเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่ต่อวงจรระหว่างไส้หลอดทั้งสองข้างในช่วงแรกและเมื่อไส้หลอดมีอุณหภูมิสูงพอ ตัวสตาร์ตเตอร์ก็จะทำการเปิดวงจรออก ในช่วงนี้จะเกิดแรงดันไฟฟ้า ดันกระแสจากไส้หลอดข้างหนึ่งวิ่งผ่านตัวหลอดไปหาไส้หลอดอีกปลายหนึ่งได้ รูปที่ แสดงให้เห็นถึงวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายของหลอดชนิดอุ่นไส้นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ***ชนิดติดทันที*** *(instant start)* หลอดประเภทนี้สามารถทำงานได้โดยไม่จำเป็นต้องอุ่นไส้หลอดให้ร้อนก่อนจึงไม่มีสตาร์ตเตอร์อยู่ในวงจรด้วย บัลลาสต์จะทำหน้าที่สร้างแรงดันไฟฟ้าที่มีค่าสูงเพื่อเอาชนะความต้านทานภายในหลอด และทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านจากขั้วหลอดข้างหนึ่งไปยังอีกปลายข้างหนึ่งได้ และเนื่องจากไม่มีความจำเป็นที่จะต้องอุ่นไส้หลอดก่อน หลอดประเภทนี้จึงมักจะมีขาที่ขั้วหลอดเพียงขาเดียว อายุการใช้งานของหลอดประเภทนี้จะสั้นกว่าหลอดชนิดอุ่นไส้และชนิดติดเร็วที่จะกล่าวถึงต่อไป แต่สามารถสว่างขึ้นในทันทีทันใดที่ต้องการ รูปที่ แสดงให้เห็นถึงวงจรการทำงานของหลอดชนิดติดทันที หลอดชนิดนี้มักจะใช้ในห้องเย็นหรือตู้ทำความเย็น
3. ***ชนิดติดเร็ว*** *(rapid start)* เป็นหลอดที่เกิดขึ้นจากความพยายามที่จะรวมเอาคุณสมบัติของหลอดสองชนิดแรกข้างต้นเข้าด้วยกัน ที่บัลลาสต์จะมีขดลวดพิเศษเพิ่มขึ้นอีกชุดหนึ่ง ทำหน้าที่อุ่นไส้หลอดไว้ตลอดเวลา การสว่างของหลอดเกิดขึ้นช้ากว่าหลอดชนิดติดทันทีเล็กน้อยและไม่ต้องอาศัยแรงดันไฟฟ้าสูงเหมือนนกับกรณีของหลอดชนิดติดทันที ทำให้อายุการใช้งานของหลอดประเภทนี้นานกว่าชนิดติดทันที อีกทั้งไม่มีความจำเป็นต้องใช้สตาร์ตเตอร์ช่วยในการทำงานเช่นเดียวกับหลอดชนิดติดเร็ว หลอดชนิดนี้เป็นหลอดที่ได้รับความนิยมสูงมากในปัจจุบัน รูปที่ แสดงให้เห็นถึงวงจรการทำงานของหลอดชนิดติดเร็ว

โรงงานผู้ผลิตมักใช้สัญลักษณ์แทนชนิดและกำลังไฟฟ้าของหลอดฟลูออเรสเซนต์ โดยให้มีตัวอักษร F นำหน้า ตามด้วยตัวเลขบอกขนาดของกำลังไฟฟ้า และตามด้วยตัวอักษร T ซึ่งบอกให้รู้ว่าหลอดชนิดนี้มีรูปร่างคล้ายหลอดแก้วทดลอง และตัวเลขบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในหน่วยของหุน (1/8 นิ้ว) เช่น F20 หมายถึงหลอดที่มีขนาดกำลังไฟฟ้า 20 วัตต์ และมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 หุน แต่สำหรับหลอดชนิดติดทันทีและชนิดติดเร็ว จะตามด้วยตัวอักษร IS และ RS กำกับตามลำดับไปด้วย เช่น F40 T17/IS หรือ F40 T17/IS เป็นต้น อย่างไรก็ตามในบางครั้งสำหรับหลอดชนิดติดทันทีก็บอกอยู่ในเทอมของความยาวแทนที่จะเป็นขนาดของกำลังไฟฟ้า เช่น F96 T12 ซึ่งบอกให้เรารู้ว่าหลอดชนิดติดทันทีหลอดนี้จะยาว 96 นิ้วและมีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 12 หุน ผู้อ่านจะศึกษารายละเอียดต่างๆ เหล่านี้เพิ่มเติมได้จากหนังสือคู่มือหลอดของโรงงานผู้ผลิตหลอดไฟนั้นๆ

ส่วนที่ใช้ประกอบกับหลอดฟลูออเรสเซนต์

สิ่งหนึ่งที่ทำให้การติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ดูยุ่งยากกว่าและเสียค่าใช้จ่ายมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับหลอดอินแคนเดสเซนต์ และทำให้เราไม่สามารถเปลี่ยนขนาดกำลังส่องสว่างของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลอดได้ง่ายๆ ด้วยการเปลี่ยนหลอดใหม่เข้าไปแทนหลอดเก่าก็คือตัวบัลลาสต์ อย่างไรก็ตาม ข้อดีของมันก็คือว่า บัลลาสต์จะทำหน้าที่สร้างแรงดันไฟฟ้า (voltage) ให้สูงเพียงพอแก่การจุดหลอดไฟ และจำกัดปริมาณกระแสไฟฟ้าในวงจร ไม่ให้สูงเกินไปจนกระทั่งทำลายหลอดไฟ นอกจากนี้บัลลาสต์สำหรับหลอดชนิดติดเร็วยังทำน้าที่สร้างแรงดันไฟฟ้าอีกชุดหนึ่งขึ้นมาด้วยเพื่อใช้ในการเผาไส้หลอดในระหว่างที่หลอดทำงาน และในขณะที่หลอดทำงาน พลังงานส่วนหนึ่งจะสูญเสียไปที่ตัวบัลลาสต์ในรูปของความร้อน Undewriter's Laboratory Inc. ได้กำหนดว่าจุดที่มีอุณหภูมิสูงสุด (hot spot) บนกล่องของบัลลาสต์จะต้องไม่เกิน 90 องศาเซลเซียส มิฉะนั้นอายุการใช้งานของมันจะสั้นลง ความร้อนที่สูญเสียไปในตัวบัลลาสต์นี้เป็นสิ่งที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ ถึงแม้จะมีโรงงานผู้ผลิตจำนวนไม่น้อย ที่อ้างว่าสามารถผลิตบัลลาสต์ซึ่งประหยัดพลังงานได้มากกว่าบัลลาสต์ของผู้อื่น แต่ก็เลี่ยง 2 วิธีการนี้ไม่พ้นนั่นคือ วิธีแรกคือ ลดกำลังไฟฟ้า โดยการลดปริมาณแสงสว่างลงไป หรือวิธีที่สองคือ ออกแบบบัลลาสต์ให้สูญเสียพลังงานความร้อนในตัวมันให้น้อยที่สุด

อุปกรณ์อีกส่วนหนึ่งที่จะต้องใช้ควบคู่ไปกับการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ก็คือ ขาหลอด (lampholders) ขาดหลอดที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาด มีรูปร่างลักษณะมากมายหลายชนิดให้เลือกสำหรับการติดตั้งแบบต่างๆ รูปที่ 2.7.24 เป็นตัวอย่างของขาหลอดแบบต่างๆ ที่มักจะพบกันอยู่เสมอ

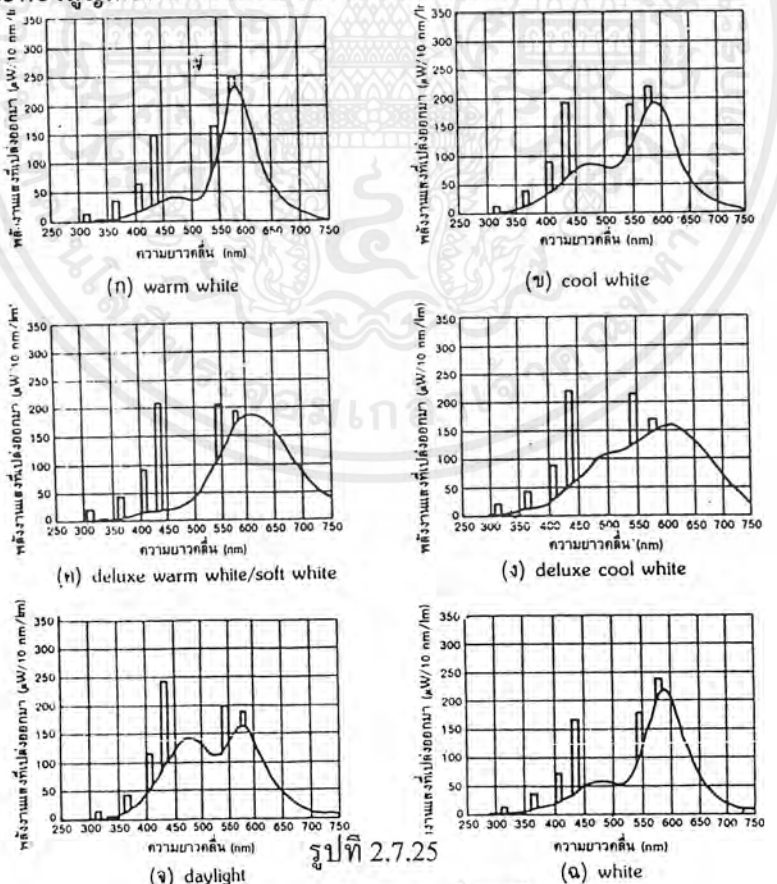
รูปที่ 2.7.24
ขาหลอดลักษณะต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สเปกตรัมของหลอด

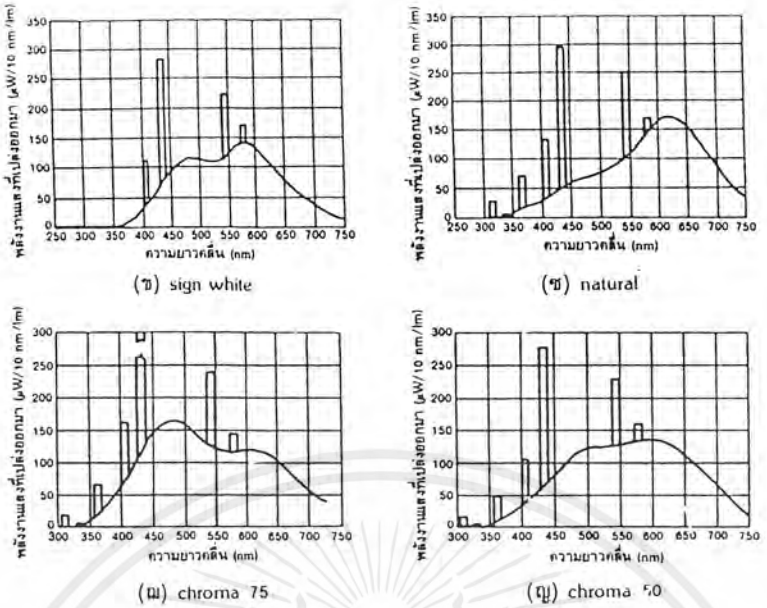
จากที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 1 ว่า ภายในแสงสีขาวนั้นยังประกอบไปด้วยแสงสีต่างๆ มากมายซ้อนเรียงกันอยู่ สำหรับแหล่งกำเนิดแสงหนึ่งๆ ก็เช่นเดียวกัน มักจะให้พลังงานของแสงสีต่างๆ ออกมาด้วย พลังงานของแสงสีต่างๆเหล่านี้จะมีค่ามากน้อยไม่เท่ากัน สำหรับหลอดอินแคนเดสเซนต์นั้น การเกิดของพลังงานแสงเกิดจากการเผาไส้หลอดทังเสตนจนกระทั่งมันสามารถเปล่งแสงออกมาได้ แสงที่ออกมานี้จะมีพลังงานของสีแดงมากกว่าแสงสีน้ำเงิน ส่วนแสงที่ออกมาจากหลอดฟลูออเรสเซนต์เกิดจากการที่รังสีอัลตราไวโอเลตวิ่งไปกระทบสารเรืองแสดงที่เคลือบอยู่ที่ผิวในของหลอดและจะเปล่งแสงออกมาเป็นสีต่างๆ ซึ่งมีระดับความขาวต่างกันออกไปตามชนิดของสารเรืองแสงที่ใช้

จากรูปที่ แสดงให้เห็นถึงปริมาณของพลังงานของแสงสีต่างๆที่ออกมาจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มักใช้กันอยู่ โดยทั่วไปมี 6 ชนิดด้วยกัน แสงที่เกิดขึ้นจากหลอดชนิดเดอลุกซ์ไวต์จะมีความสมดุลของแสงสีต่างๆ ดีกว่าแสงที่เกิดขึ้นจากหลอดชนิดขาวธรรมดา (white light) อย่างไรก็ตาม เมื่อเราได้คุณภาพของสีของหลอดไฟดีขึ้น ประสิทธิภาพของหลอดไฟนั้นจะต้องตกลง ทั้งนี้เนื่องจากหลอดจะต้องสูญเสียพลังงานส่วนหนึ่งไปในการสร้างแสงสีแดงขึ้น



รูปที่ 2.7.25
สเปกตรัมของหลอดฟลูออเรสต์เซนต์แบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข) sign white (ซ) natural

(ฌ) chroma 75 (ญ) chroma 50

รูปที่ 2.7.26

สเปกตรัมของหลอดฟลูออเรสต์เซนต์แบบต่างๆ

ประสิทธิภาพของหลอด

เนื่องจากไม่ต้องสูญเสียพลังงานส่วนหนึ่งไปในการเผาไส้ทังสเตนให้ร้อน หลอดฟลูออเรสเซนต์จึงมีประสิทธิภาพสูงกว่าหลอดอินแคนเดสเซนต์ 2 ถึง 4 เท่าโดยประมาณ กล่าวคือ หลอดฟลูออเรสเซนต์จะเปล่งประมาณแสงออกได้ 40 ถึง 80 ลูเมนต่อวัตต์ และหลอดชนิดวอร์มไวต์ (warm white) จะให้แสงออกมามากกว่าหลอดชนิดคลูไวต์ (cool white) เล็กน้อย ในขณะที่หลอดชนิดเอดลุกซ์ (ทั้งคูลไวต์และวอร์มไวต์) จะให้ประสิทธิภาพต่ำกว่าหลอดธรรมดาชนิดเดียวกันของมัน 25 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์

หลอดชนิดปล่อยความจุความเข้มสูง

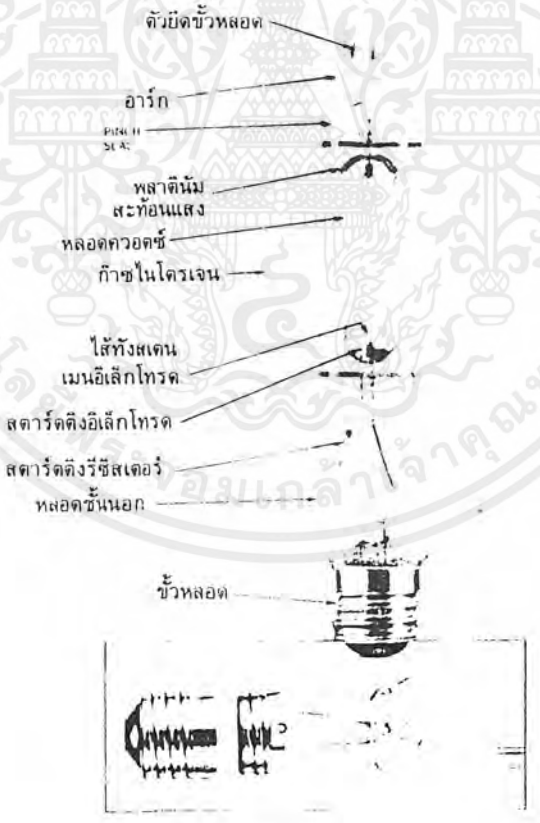
โดยทั่วไปแล้ว หลอดชนิดแบบปล่อยประจุความเข้มสูง (hight intensity discharge) หรือหลอด HID นี้มักจะนิยมใช้กันตามโรงงานอุตสาหกรรม ถนน ลานจอดรถ และสนามกีฬา เป็นต้น ด้วยเหตุที่ว่าหลอดประเภทนี้มีอายุการใช้งานนานและมีประสิทธิภาพสูง ขนาดกะทัดรัด ทำให้การออกแบบควงโคม (luminaire) ทำได้ง่าย หลอด HID ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปได้แก่ หลอดแสงจันทร์ หลอดโลหะฮาไลด์ หลอดโซเดียมความดันสูง ในบทนี้เราจะกล่าวถึงโครงสร้างการทำงานของมัน ตลอดจนบัลลาสต์ที่ใช้กับหลอด HID แต่ละชนิด

หลอดแสงจันทร์ (Mercury Lamp)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลอดแสงจันทร์เป็นหลอด HID ชนิดแรกที่ถูกประดิษฐ์ขึ้น มีอายุการใช้งานโดยเฉลี่ยถึง 24,000 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพระหว่าง 40 ถึง 60 ลูเมนต่อวัตต์ หลอดแสงจันทร์ที่ผลิตขึ้นมามีตั้งแต่ขนาด 40 จนกระทั่งถึง 1000 วัตต์

รูปที่ 2.7.27 เป็นลักษณะโดยทั่วไปของหลอดแสงจันทร์ ซึ่งจะเห็นได้ว่ามันมีหลอดแก้วซ้อนกันอยู่สองชั้น หลอดแก้วชั้นในเรียกว่าหลอดอาร์ก (arc tube) ประกอบด้วยอิเล็กโทรดอยู่ที่ปลายทั้งสองข้าง และบรรจุด้วยไอปรอท (mercury vapour) และก๊าซอาร์กอนอยู่ภายใน ส่วนหลอดแก้วชั้นนอกจะทำหน้าที่เสมือนเป็นตัวห่อหุ้มป้องกันหลอดแก้วชั้นใน ระหว่างหลอดแก้วทั้งสองชั้นบรรจุด้วยก๊าซไนโตรเจน เพื่อป้องกันมิให้หลอดแก้วชั้นในสัมผัสถูกบรรยากาศภายนอก

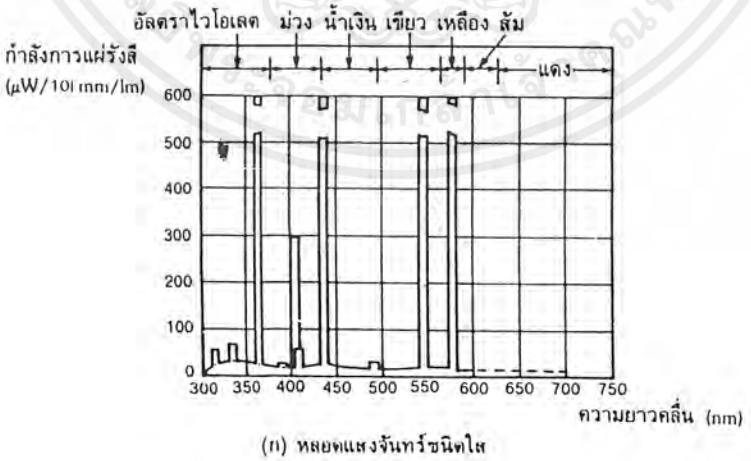


รูปที่ 2.7.27
หลอดแสงจันทร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเริ่มป้อนแรงดันไฟฟ้าให้กับหลอดแสงจันทร์ แรงดันไฟฟ้านี้จะไปตกคร่อมที่ปลายของเมนอิเล็กโทรด (main electrode) และสตาร์ตติงอิเล็กโทรด (starting electrode) ซึ่งอยู่ที่ปลายด้านล่างของหลอดก่อน ทำให้เกิดการอาร์กของก๊าซอาร์กอนและเกิดความร้อนขึ้นตามลำดับ ความร้อนนี้จะทำให้ไอของปรอทแตกตัว (ionize) ออก ความต้านทานภายในหลอดจะตกลงอย่างรวดเร็วจนกระทั่งจุดจุดหนึ่ง ซึ่งแรงดันไฟฟ้าของบัลลาสต์สามารถเอาชนะความต้านทานระหว่างปลายทั้งสองข้างของเมนอิเล็กโทรดได้ กระแสไฟฟ้าก็จะเริ่มไหลจากเมนอิเล็กโทรดข้างหนึ่งไปยังอีกข้างหนึ่งที่อยู่ฝั่งตรงข้ามได้ ไอของปรอทจะเริ่มแตกตัวมากเข้าๆ จนถึงจุดอิ่มตัว (stead-state) ความต้านทานของหลอดขณะนี้จะมีค่าต่ำมากเมื่อเทียบกับสตาร์ตติงรีซิสเตอร์ (starting resister) และจากนี้ไปก็จะไม่มีไฟฟ้าที่ไหลผ่านจากเมนอิเล็กโทรดที่สตาร์ตติงอิเล็กโทรดอีกเลย ระยะเวลาช่วงนี้นับจากเริ่มป้อนแรงดันให้กับหลอดไฟจนกระทั่งถึงช่วงที่หลอดสามารถเปล่งแสงสว่างออกมา ได้ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ของความสว่างเต็มที่ของมัน เราเรียกว่าช่วงอุ่นตัว (warm up period) ซึ่งจะกินเวลาประมาณ 3-5 นาที

หลอดแก้วชั้นนอกของหลอดแสงจันทร์ อาจจะเป็นหลอดแก้วชนิดใส (clear glass) หรือแบบที่มีสารเรืองแสงเคลือบผิวในก็ได้ คุณสมบัติทางไฟฟ้าตลอดจนลักษณะการทำงานของหลอดไม่แตกต่างกันเลย แต่รูปแบบของการกระจายแสง (photomatric distribution curve) หรือสีที่ออกมา (color rendering) จะแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากสารเรืองแสงที่เคลือบอยู่ จะเปลี่ยนรังสีอัลตราไวโอเลตออกมาให้แสงสีแดง ซึ่งทำให้ความสมดุลของสีของแสงดีขึ้นดังรูปที่ ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบสเปกตรัมของแสงที่ออกมาจากหลอดแสงจันทร์ชนิดใสกับชนิดเคลือบ

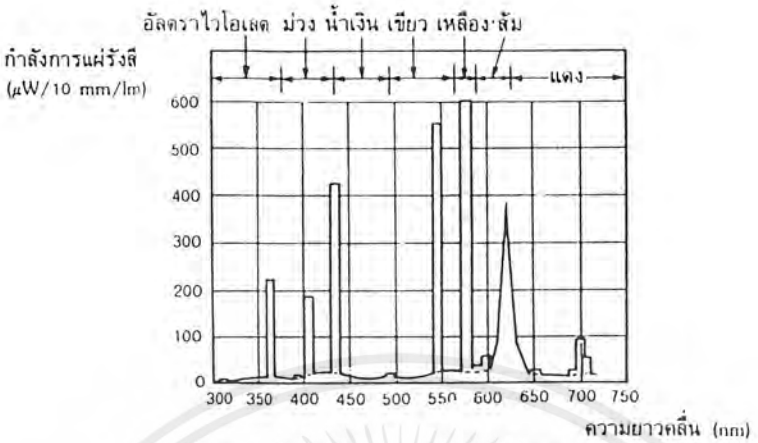


(ก) หลอดแสงจันทร์ชนิดใส

รูปที่ 2.7.28

สเปกตรัมของหลอดแสงจันทร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข) หลอดแสงจันทร์ชนิดที่เคลือบสารเรืองแสง

รูปที่ 2.7.29

สเปกตรัมของหลอดแสงจันทร์

หลอดแสงจันทร์อีกประเภทหนึ่งซึ่งนิยมใช้กันอยู่ไม่น้อยทีเดียวคือ หลอดแสงจันทร์ชนิดไม่ใช้บัลลาสต์ หลอดประเภทนี้จะมีไส้หลอดอยู่ในหลอดทำหน้าที่แทนบัลลาสต์ เรามักนิยมใช้หลอดประเภทนี้หมุนเข้าแทนที่หลอดอินแคนเดสเซนต์ที่มีอยู่เดิม เพื่อเพิ่มความสว่างให้แก่สถานที่นั้น และเพิ่มอายุการใช้งานให้นานออกไปอีกด้วย หรือในกรณีที่อุณหภูมิในสถานที่นั้นสูงเกินไปกว่าที่จะใช้บัลลาสต์ได้ อย่างไรก็ตามหลอดแสงจันทร์ประเภทนี้จะมีอายุการใช้งานเฉลี่ยสั้นกว่าหลอดแสงจันทร์ประเภทแรกมาก

หลอดโลหะฮาไลด์ (Metal Halide Lamp)

หลอดโลหะไลด์เป็นหลอด HID อีกประเภทหนึ่งที่มีโครงสร้างและการทำงานคล้ายกับหลอดแสงจันทร์มาก แต่มีประสิทธิภาพสูงกว่าและให้ความสมดุลของสีของแสงดีกว่า หลอดโลหะฮาไลด์มีตั้งแต่ขนาด 175 ถึง 2000 วัตต์ มีประสิทธิภาพอยู่ระหว่าง 60 ถึง 90 ลูเมนต่อวัตต์

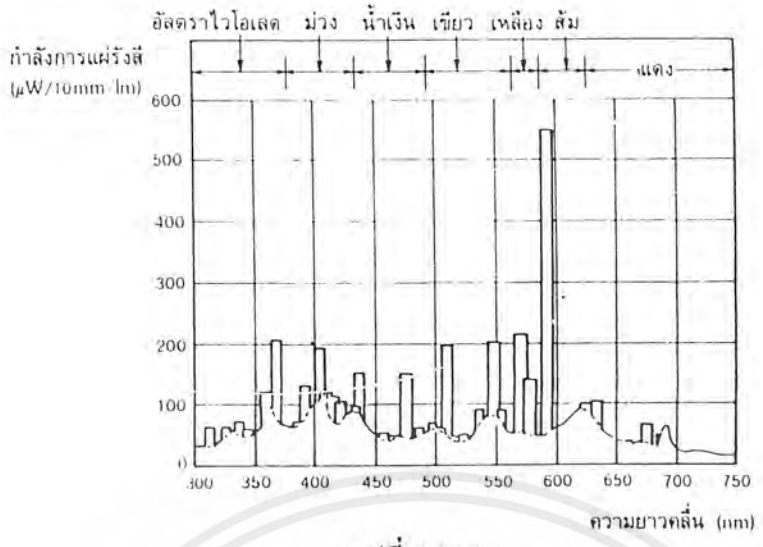
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.7.30
หลอดโลหะฮาไลด์

จากรูปที่ 2.7.30แสดงให้เห็นถึงโครงสร้างของหลอดโลหะฮาไลด์ ซึ่งจะเห็นได้ว่า มีลักษณะคล้ายคลึงกับหลอดแสงจันทร์มาก แต่ต่างกันตรงที่ว่าภายในหลอดอาร์กของหลอดโลหะไลด์นอกจากมีปรอทและก๊าซอาร์กอนผสมอยู่แล้ว ยังมีโลหะไอโอไดด์ (metallic iodides) ผสมอยู่อีกด้วย การแตกตัวของโลหะไอโอไดด์นี้ จะทำให้เกิดแสงที่ความยาวคลื่นต่างๆมากขึ้น ซึ่งเป็นเหตุให้สีของแสงดูสมดุลมากขึ้นตามไปด้วย และไม่จำเป็นต้องเคลือบผิวในหลอดแก้วด้วยสารเรืองแสงชนิดใดๆทั้งสิ้น อย่างไรก็ตามอายุการใช้งานของมันจะอยู่ระหว่าง 7,500 ถึง 10,500 ชั่วโมงเท่านั้น ซึ่งน้อยกว่าหลอดแสงจันทร์ถึงเท่าตัว

จากเหตุผลที่ว่าหลอดโลหะฮาไลด์มีประสิทธิภาพสูงกว่าหลอดแสงจันทร์เราจึงสามารถลดจำนวนดวงโคมที่ใช้งานได้อีกด้วย ข้อดีอีกประการหนึ่งของหลอดโลหะฮาไลด์ก็คือว่า มันจะให้สีของแสงออกมาใกล้เคียงกับแสงธรรมชาติมาก จึงมีผู้นิยมใช้หลอดแบบนี้ในบริเวณสนามกีฬาที่มักมีการถ่ายทอดสัญญาณโทรทัศน์อยู่เสมอ รูปที่ แสดงให้เห็นถึงสเปกตรัมของแสงสีต่างๆ ที่ออกมาจากหลอดโลหะฮาไลด์โดยทั่วไป

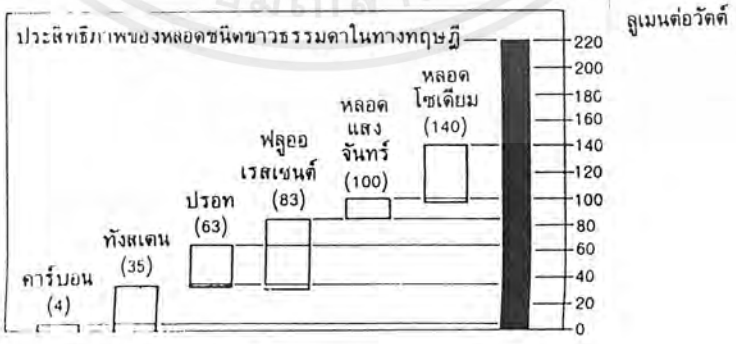
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7.31
สเปกตรัมสีของหลอดโลหะฮาไลด์

หลอดโซเดียมความดันสูง (High Pressure Sodium)

หลอดโซเดียมความดันสูงเป็นหลอดที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในบรรดาหลอด HID ด้วยกัน กล่าวคือ มันสามารถให้ประสิทธิภาพได้ถึง 140 ลูเมนต่อวัตต์ จากรูปที่ 3.5 จะเห็นได้ว่า หลอดโซเดียมความดันสูง จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าหลอดโลหะฮาไลด์และหลอดฟลูออเรสเซนต์ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพสูงกว่าหลอดแสงจันทร์ถึงเท่าตัว และสูงกว่าหลอดอินแคนเดสเซนต์ถึง 6 เท่า ทั้งนี้เนื่องจากขณะที่หลอดทำงาน ความร้อนและความดันจากการคายประจุของโซเดียมจะสูงมาก นอกจากนี้ภายในหลอดอาร์กจะประกอบด้วยก๊าซซีนอนปรอท และโซเดียมปนอยู่ แต่จะไม่มีสตาร์ตติงอิเล็กโทรดและสตาร์ตติงรีซิสเตอร์อยู่เลย ดังรูปที่ 2.7.32



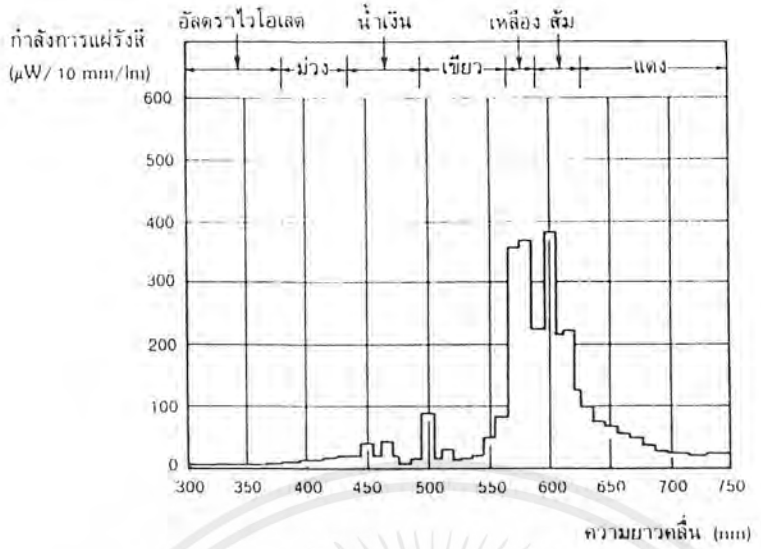
รูปที่ 2.7.32
ประสิทธิภาพของหลอดชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.7.33
หลอดโซเดียมความดันสูง

บัลลาสต์จะทำหน้าที่สร้างแรงดันไฟฟ้าสูงประมาณ 2500 ถึง 3000 โวลต์ ระหว่างปลายทั้งสองของอิเล็กโทรด ก๊าซซีนอนจะเริ่มแตกตัว ความร้อนและความดันภายในหลอดจะเริ่มสูงขึ้น แรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะอยู่เพียงชั่วระยะเวลาสั้นมาก(ประมาณ 1 ไมโครวินาที) แล้วตกลง ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในหลอดจะทำให้โซเดียมและปรอทเริ่มแตกตัวตาม แสงสว่างขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งสว่างจ้าในที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7.34
สเปกตรัมของหลอดโวเดียมความดันสูง

ถ้าเฝ้าดูสีของแสงของหลอดโซเดียมความดันสูงนับจากขณะที่เริ่มทำงาน จะเห็นได้ว่า ระยะแรกหลอดจะให้สีออกมาเป็นสีน้ำเงินขาว เนื่องจากการแตกตัวของก๊าซซีนอนและปรอท อีกเพียงชั่วครู่หนึ่ง สีของแสงจะเริ่มเปลี่ยนเป็นแสงสีเหลือง คล้ายๆกับสีของหลอดโซเดียมชนิดความดันต่ำ (low presure sodium) และจะค่อยๆสว่างจ้าขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งหลอดสว่างเต็มที่ ขณะนี้สีของแสงจะดูคล้ายกับสีของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดวอร์มไวต์ แต่สีดูค่อนข้างขุ่นกว่า ระยะเวลาช่วงนี้ จะกินเวลาประมาณ 3-4 นาที รูปที่2.7.34 แสดงให้เห็นถึงสเปกตรัมของสีของแสงของหลอดโซเดียมความดันสูง

ช่วงเวลาการคืนตัว (Restrike Time)

หลอด HID ทุกชนิดไม่สามารถที่จะทำการปิดหรือเปิดใหม่ได้ในทันที จะต้องทิ้งหลอดไว้สักครู่หนึ่งเพื่อให้หลอดเย็นตัวลง ไอของก๊าซต่างๆภายในหลอดจะได้คืนตัวกลับไปอยู่สภาพเดิมก่อนการแตกตัว แล้วทำการเปิดหลอดใหม่ได้ ระยะเวลาช่วงนี้ เราเรียกว่า ช่วงเวลาการคืนตัว สำหรับหลอดแสงจันทร์และหลอดโลหะฮาไลด์จะต้องใช้เวลาถึงประมาณ 5 นาที ส่วนหลอดโซเดียมความดันสูงจะใช้เวลาประมาณ 1 นาที

สีและอุณหภูมิสี

หลอด HID ทุกชนิดสามารถที่จะใช้ได้ดีสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป แต่หลอดโลหะฮาไลด์จะให้สีของแสงดีกว่าสีของแสงจากหลอดแสงจันทร์และหลอดโซเดียมความดันสูง อย่างไรก็ตามในสถานที่ที่ต้องการให้สีของแสงดูใกล้เคียงธรรมชาติที่สุด เรามักนิยมใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์มาช่วยเสริมเข้าไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรารู้ว่าเราสามารถบอกสีของแสงของแหล่งกำเนิดแสงใดๆ โดยเปรียบเทียบกับสีของวัตถุดำที่ค่าอุณหภูมิต่างๆในหน่วยอุณหภูมิเคลวินหรืออุณหภูมิสัมบูรณ์ ซึ่งเรียกว่า อุณหภูมิสี และยังได้รู้อีกว่าอุณหภูมิสีของหลอดอินแคนเดสเซนต์มีค่าเท่ากับ 2890 เคลวิน สำหรับหลอด HID ก็เช่นกัน หลอดแสงจันทร์จะมีอุณหภูมิสีอยู่ระหว่าง 3300 ถึง 3990 เคลวิน หลอดโลหะฮาไลด์จะมีอุณหภูมิสีอยู่ระหว่าง 3600 ถึง 4250 เคลวิน ส่วนหลอดโซเดียมความดันสูงจะมีค่าอุณหภูมิสีอยู่ระหว่าง 1900 ถึง 2100 เคลวิน

อายุการใช้งานเฉลี่ยและประสิทธิภาพของหลอดไฟ

จากตารางที่ 2.7.2 เป็นตารางแสดงค่าปริมาณลูเมนแรกเริ่ม (initial lumen) และค่าอายุการใช้งานเฉลี่ยของหลอดแสงจันทร์ หลอดแบบใช้โลหะฮาไลด์ และหลอดโซเดียมความดันสูง ค่าปริมาณลูเมนแรกเริ่มที่แสดงไว้เป็นค่าที่วัดได้หลังจากปล่อยให้หลอดทำงานไปได้ 100 ชั่วโมง ส่วนค่าอายุการใช้งานเฉลี่ยที่แสดงไว้นั้น ได้จากการเปิดปิดหลอดดังกล่าวทุกๆ 10 ชั่วโมง อย่างไรก็ตาม ผู้อ่านต้องไม่ลืมว่า ค่าอายุการใช้งานเฉลี่ยนั้นเราหมายถึงว่า จำนวนครึ่งหนึ่งของหลอดไฟกลุ่มนั้นเสื่อมและดับสนิท ส่วนอีกครึ่งหนึ่งยังสว่างอยู่

ความจริงแล้วหลอดแสงจันทร์นั้น จะมีอายุการใช้งานเฉลี่ยนานกว่า 24,000 ชั่วโมงเล็กน้อย กล่าวคือ จำนวนหลอดไฟที่ยังคงทำงานอยู่มีถึง 60 เปอร์เซ็นต์ แต่ลูเมนเอาต์พุต (lumen output) ขณะนี้จะต่ำมาก ประสิทธิภาพของหลอดในขณะนี้เกือยเท่ากับประสิทธิภาพของหลอดอินแคนเดสเซนต์ ดังนั้น เราจึงแสดงค่าอายุการใช้งานเฉลี่ยของหลอดแสงจันทร์ไว้เป็น 24,000 ชั่วโมง จากตารางที่ 2.7.2 จะเห็นว่า ประสิทธิภาพของหลอดไฟ (ลูเมนต่อวัตต์) ของหลอดแต่ละชนิดและแต่ละขนาดจะแตกต่างกันไป สิ่งหนึ่งเป็นข้อจำกัดของการออกแบบหลอดไฟก็คือ ถ้าต้องการให้หลอดมีลูเมนเอาต์พุตมากกล่าวคือ มีประสิทธิภาพสูง อายุการใช้งานเฉลี่ยของหลอดจะสั้นลง

ชนิดของหลอด	ขนาด (W)	อายุของหลอด (ชม.)	ปริมาณลูเมน แรกเริ่ม
หลอดโซเดียมความดันสูง	50	24,000	3,300
	70	24,000	55,800
	100	24,000	9,500
	150	24,000	16,000

ตารางที่ 2.7.2

สมรรถนะของหลอดแบบใช้โลหะฮาไลด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของหลอด	ขนาด (W)	อายุของหลอด (ชม.)	ปริมาณลูเมน แรกเริ่ม
หลอดโซเดียมความดันสูง (HID)	200	24,000	22,000
	250	24,000	27,500
	310	24,000	37,000
	400	24,000	50,000
	1,000	24,000	100,000
หลอดแสงจันทร์	100	24,000	4,200
	175	24,000	8,000
	250	24,000	12,100
	400	24,000	22,500
	1,000	24,000	63,000
หลอดไอหะฮาไลด์	175	7,500	14,000
	250	10,000	20,500
	400	10,000	34,000
	1,000	10,000	110,000
	1,500	3,000	155,000

ตารางที่ 2.7.3

สมรรถนะของหลอดแบบใช้โลหะฮาไลด์

คุณลักษณะโดยทั่วไปของบัลลาสต์ HID

บัลลาสต์มีคุณสมบัติบางประการที่มีผลกระทบต่อระบบแสงสว่างที่ออกแบบไว้ ดังนั้นก่อนที่จะตัดสินใจเลือกใช้บัลลาสต์ชนิดใดชนิดหนึ่งลงไปควรพิจารณาถึงคุณสมบัติต่างๆ ของบัลลาสต์ชนิดนั้นๆ ด้วย ตารางที่ เป็นตารางตัวอย่างแสดงคุณลักษณะทางไฟฟ้าของบัลลาสต์ของโรงงานผู้ผลิตรายหนึ่ง อย่างไรก็ตามบัลลาสต์ของผู้ผลิตรายอื่นก็จะมีลักษณะใกล้เคียงกัน

แรงดันไฟฟ้า (line volt) บัลลาสต์แต่ละชนิดจะถูกออบแบบไว้สำหรับค่าแรงดันไฟฟ้าและความถี่ค่าหนึ่งๆ การแปรเปลี่ยนของแรงดันไฟฟ้าหรือความถี่จะมีผลกระทบโดยตรงต่อการทำงานของหลอดไฟ หรืออาจเป็นเหตุให้หลอดไฟเสียหายได้ บัลลาสต์บางชนิดสามารถทำงานได้เป็นปกติเมื่อแรงดันไฟฟ้าแปรเปลี่ยนไปถึง ±10 เปอร์เซ็นต์ แต่บัลลาสต์บางชนิดจะส่งผลกระทบกระเทือนอย่างมากให้แก่หลอดไฟทันทีถ้าแรงดันไฟฟ้าแปรเปลี่ยนไปเพียง ±5 เปอร์เซ็นต์ และหลอดบางชนิดจะไม่สามารถสตาร์ตได้เลย ถ้าแรงดันไฟฟ้าตกลง (voltage dip) มากๆ ดังนั้นเราจึงจำเป็นที่จะต้องรู้ขีดจำกัดของบัลลาสต์ที่จะเลือกใช้ว่าเหมาะสมสำหรับค่าแรงดันไฟฟ้าค่าใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของบัลลาสต์	แรงดันไฟฟ้า	แรงดันไฟฟ้าเปลี่ยน	ตัวประกอบกำลัง	กระแสไฟฟ้าขณะเริ่มทำงาน	แรงดันไฟฟ้าตก	ความสูญเสียในบัลลาสต์	ค่าตัวประกอบยอดลื่นกระแส
รีแอกเตอร์	240 ถึง 277 V ถ้าใช้หลอด 100 ถึง 400 W	± 5%	50% lag (NPF)	สูงกว่าขณะทำงาน	15-20%	ต่ำ	1.41-1.5
	480 V ถ้าใช้หลอด 700 ถึง 1000 W	± 5%	90% (HPF)	สูงกว่าขณะทำงานเล็กน้อย	15-20%	ต่ำ	1.41-1.5
แล็ก	120 V ถ้าใช้หลอด 100 ถึง 400 W	± 5%	50% lag	สูงกว่าขณะทำงาน	15-20%	สูงกว่าแบบรีแอกเตอร์	1.41-1.5
เวกูเลเตอร์	ทุกแรงดัน	± 13%	95%	ต่ำกว่าขณะทำงาน	50-60%	สูงสุด	1.8-2.0
หลอดแสงจันทร์	ทุกแรงดัน	± 10%	90%	ต่ำกว่าขณะทำงาน	40-50%	ต่ำกว่าแบบเวกูเลเตอร์เล็กน้อย	1.8-2.0
หลอดไอปะฮาไลด์	ทุกแรงดัน	± 10%	90%	ต่ำกว่าขณะทำงาน	40-50%	เหมือนกับแบบเวกูเลเตอร์ของหลอดแสงจันทร์	1.6-1.8

ตารางที่ 2.7.3

คุณลักษณะของบัลลาสต์

ตัวประกอบกำลัง (power factor) หรือ PF บัลลาสต์ที่มีค่าตัวประกอบกำลังสูงๆ หมายความว่า มันมีประสิทธิภาพสูง ค่าตัวประกอบกำลังสามารถหาได้จากสูตร

$$\%PF = \frac{\text{วัตต์}}{\text{แรงดันไฟฟ้า} \times \text{กระแส}} \times 100\%$$

บัลลาสต์ทั่วไปโดยตัวของมันแล้ว จะมีค่าตัวประกอบกำลังต่ำประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามเราสามารถปรับค่าตัวประกอบกำลังของมันให้สูงขึ้นโดยต่อตัวเก็บประจุขนานเข้าไป บัลลาสต์ที่มีค่าตัวประกอบต่ำ จะดึงกระแสเข้าไปตัวบัลลาสต์มาก ซึ่งหมายความว่าขนาดของกระแสไฟฟ้าขนาดของสวิตช์ ตลอดจนขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้าจะต้องใหญ่ขึ้นตามไปด้วยตามมาตรฐาน ANSI บัลลาสต์ที่มีค่าตัวประกอบกำลัง 90 เปอร์เซ็นต์หรือสูงกว่า จะจัดเป็นบัลลาสต์ชนิดตัวประกอบกำลังสูง (high power factor)

กระแสไฟฟ้าขณะเริ่มทำงาน (starting current) เราจำเป็นที่จะต้องรู้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าของกระแสไฟฟ้าขณะสตาร์ตกับค่าของกระแสไฟฟ้าขณะทำงาน (operating current) เพื่อกำหนดขนาดของฟิวส์เบรกเกอร์หรือสวิตช์ที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

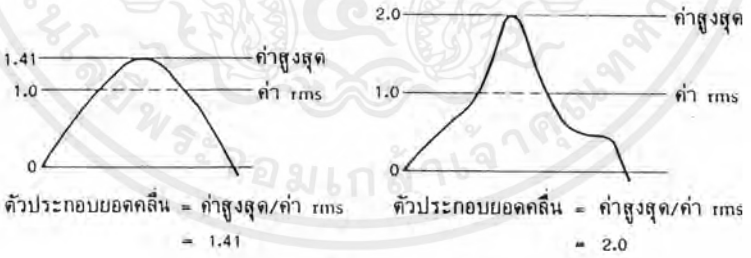
แรงดันไฟฟ้าตก (input voltage dip) แรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่บัลลาสต์อาจเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่เสมอ ทั้งนี้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโหลดที่สับเข้าสับออกอยู่ตลอดเวลา ซึ่งโดยทั่วไปแล้วอาจตกลงถึง 10 เปอร์เซ็นต์และอาจจะตกถึง 20 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ การตกของแรงดันไฟฟ้าแต่ละครั้งอาจจะกินเวลาเพียงชั่วครู่ ซึ่งเป็นผลเพียงทำให้ความสว่างของหอลดไฟลดลงเล็กน้อย แต่บางครั้งแรงดันไฟฟ้าอาจจะตกจนต่ำเกินไปหรือนานเกินไปจนกระทั่งหลอดดับ ผู้ออกแบบจะต้องศึกษาสภาพไฟฟ้าของบริเวณสถานที่นั้น ก่อนที่จะตัดสินใจเลือกชนิดของบัลลาสต์ที่ใช้

ความสูญเสียในตัวบัลลาสต์ (ballast losses) ความสูญเสียในตัวบัลลาสต์หรือประสิทธิภาพของบัลลาสต์ สามารถหาได้จากสูตร

$$\text{ประสิทธิภาพของบัลลาสต์} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าของหลอด}}{\text{กำลังไฟฟของหลอด} + \text{กำลังไฟฟ้าที่สูญเสียที่บัลลาสต์}}$$

บัลลาสต์ที่ประสิทธิภาพ 90 เปอร์เซ็นต์ หมายความว่าบัลลาสต์จะส่งกำลังไฟฟ้าไปให้หลอดไฟถึง 90 เปอร์เซ็นต์และสูญเสียไปในรูปของความร้อนที่ตัวมันเอง 10 เปอร์เซ็นต์

ตัวประกอบยอดคลื่นกระแส (current crest factor) คือ อัตราส่วนระหว่างค่าสูงสุด (peak) กับค่า RMS (root-mean-squre value) ของกระแส อย่างเช่น ของกระแสที่มีรูปคลื่นแบบซายน์ (sinusoidal waveform)จะมีค่าเท่ากับ 1.41 ดังรูปที่ 2.7.35



รูปที่ 2.7.35
ค่าตัวประกอบยอดคลื่น

ขณะที่หลอดไฟสตาร์ตหรือทำงาน บัลลาสต์ทำหน้าที่ปรับระดับ (regulate) กระแสไฟฟ้าให้เหมาะสมแก่ความต้องการของหลอดไฟ เมื่อไรก็ตามที่ค่าตัวประกอบยอดคลื่นของกระแสไฟฟ้าที่ออกมาจากบัลลาสต์สูงเกินไปมันจะมีผลกระทบโดยตรงต่อลูเมนเอาต์พุตของหลอดไฟ ซึ่งเป็นเหตุให้หลอดไฟเสื่อมเร็วขึ้น

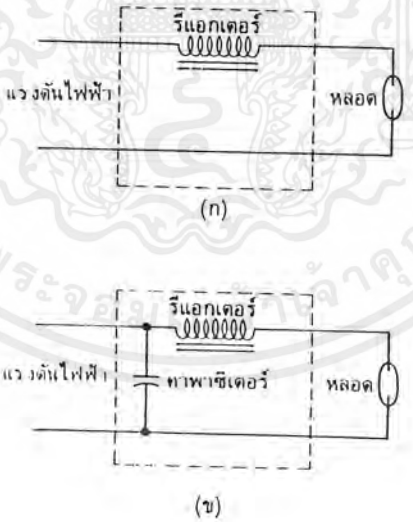
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไปแล้วหลอดแสงจันทร์สามารถรับค่าตัวประกอบยอดคลื่นได้ถึง 2.0 ในขณะที่หลอดแบบใช้โลหะฮาไลด์และหลอดโซเดียมความดันสูงสามารถรับค่าตัวประกอบยอดคลื่นได้เพียง 1.6 ถึง 1.8 ผู้ออกแบบจะต้องรู้ข้อจำกัดของหลอดไฟที่ใช้เลือกชนิดของบัลลาสต์ให้เหมาะสมกับตัวหลอดไฟด้วย ทั้งนี้ก็เพื่อจะได้ประโยชน์จากระบบแสงสว่างนั้นสูงที่สุด

ชนิดของบัลลาสต์สำหรับหลอดแสงจันทร์

มีบัลลาสต์อยู่หลายชนิดด้วยกันที่สามารถใช้กับหลอดแสงจันทร์ได้ในที่นี้เราจะพิจารณาถึงคุณลักษณะของบัลลาสต์แต่ละชนิด ตลอดจนข้อดีข้อเสียของมันพอสังเขป

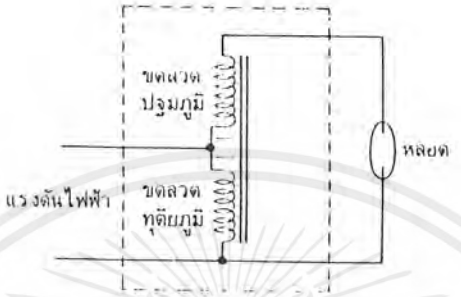
รีแอกเตอร์บัลลาสต์ (reactor ballast) มีลักษณะคล้ายบัลลาสต์ธรรมดาทั่วไปกล่าวคือ มันจะมีคอยล์พันอยู่บนแกนเหล็ก (core) และต่ออนุกรมเข้ากับหลอดไฟดังรูปที่ 2.7.36 ข้อดีของบัลลาสต์ชนิดนี้คือ มันจะมีขนาดเล็ก เบาและราคาถูก แต่มีข้อจำกัดในการใช้อยู่ที่ว่าแรงดันไฟฟ้าจะต้องไม่เปลี่ยนแปลงมากกว่า ± 5 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้มันยังมีข้อเสียที่ว่า มันมีค่า PF ต่ำ แต่สามารถแก้ไขได้โดยต่อตัวเก็บประจุเข้าไป



รูปที่ 2.7.36
รีแอกเตอร์บัลลาสต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

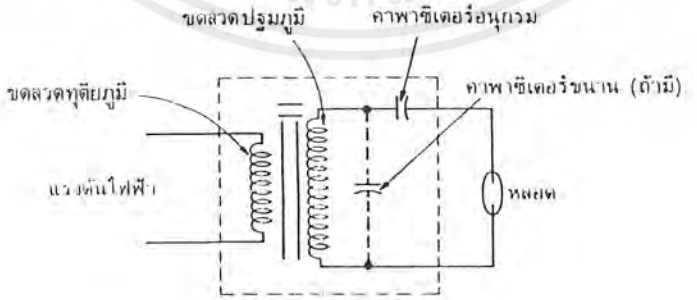
แล็กบัลลาสต์ (lag ballast) เกิดขึ้นจากแนวความคิดที่พยายามรวมเอารีแอกเตอร์บัลลาสต์กับหม้อแปลงแบบออโต (auto transformer) เข้าด้วยกันดังรูปที่ 2.7.37ข้อดีของบัลลาสต์ชนิดนี้ก็คล้ายๆ กับบัลลาสต์ชนิดรีแอกเตอร์ แรงดันไฟฟ้าจะสูงกว่าหรือต่ำกว่าแรงดันขณะเริ่มทำงาน (start voltage) ที่หลอดต้องการอีกด้วย



รูปที่ 2.7.37
แล็กบัลลาสต์

ข้อเสียของบัลลาสต์ชนิดนี้ก็คือ มันมีขนาดใหญ่กว่าบัลลาสต์แบบแรก ราคาแพงกว่า และประสิทธิภาพต่ำกว่า

เรกุเลเตอร์บัลลาสต์ (regulator ballast) ประกอบด้วยขดลวด 2 ชุด คือ ขดลวดปฐมภูมิ (primary winding) และขดลวดทุติยภูมิ (secondary winding) พันอยู่บนแกนเหล็กคล้ายๆกับหม้อแปลงไฟฟ้า (transformer) ดังรูปที่ 2.7.38 กล่าวคือ ขดลวดทั้ง 2 ชุดจะแยก (isolate) ซึ่งกันและกันทางไฟฟ้า แต่ขดลวดทุติยภูมิจะทำงานอยู่ในช่วงซึ่งแกนเหล็กมีสภาพแม่เหล็กที่อิ่มตัว



รูปที่ 2.7.38
เรกูเลเตอร์บัลลาสต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 8 เครื่องปั้นดินเผา

8.1 ประวัติความเป็นมา

(ทวี พรมหมพฤกษ์,2532)แรกเริ่มเครื่องปั้นดินเผาผลิตในลักษณะเป็นงานหัตถกรรม (Craft) และถ่ายทอดความรู้ในการผลิตแก่ลูกหลานเรื่อยมา จนถึงศตวรรษที่ 18 เกิดการปฏิวัติอุตสาหกรรมในยุรูป เป็นยุคที่มีความตื่นตัวด้านอุตสาหกรรมสาขาต่าง ๆ เครื่องปั้นดินเผาเป็นหัตถกรรมประเภทหนึ่งที่ได้รับการพัฒนาให้กลายเป็นอุตสาหกรรม โดยเริ่มที่ประเทศอังกฤษ และแพร่ขยายไปในหลาย ๆ ประเทศเช่น ยุโรป อเมริกา รวมทั้งประเทศต่าง ๆ ในกลุ่มสแกนดิเวีย

ในอดีตมนุษย์เคยเรียนรู้และมีการใช้พื้นฐานการผลิตระบบอุตสาหกรรม ซึ่งมุ่งด้านการผลิตผลิตภัณฑ์จำนวนมากให้มีคุณภาพและขนาดรูปร่างเหมือนกัน ในระยะเวลาอันสั้นมาตั้งแต่สมัยกรีกและโรมัน สังเกตได้จากหลักฐานที่หลงเหลืออยู่ เช่น ลักษณะการผลิต อาวุธ โล่ หรือหมวกของทหารโรมัน ด้วยวิธีการหล่อโลหะซึ่งต้องมีการทำแบบสำหรับหล่อ การปั้นภาชนะขนาดเท่า ๆ กัน หรือการทำอิฐกระเบื้องประดับอาคารของกรีก ซึ่งอาจใช้วิธีการผลิตด้วยมือ แต่ยึดลักษณะการผลิตระบบมาตรฐาน (Standardfization) โดยผลิตขนาดเท่า ๆ กันจำนวนมาก เหล่านี้ล้วนเป็นหลักฐานที่ยืนยันว่ามนุษย์รู้จักใช้ระบบการผลิตแบบอุตสาหกรรมมานานแล้ว ต่างกันที่สมัยนั้นเทคโนโลยี ยังไม่ก้าวหน้าเท่ากับ ปัจจุบัน และยังต้องอาศัยแรงงานจากมนุษย์อยู่มาก

ราวต้นศตวรรษที่ 12 มีการกำหนดมาตรฐานการวัดระบบอังกฤษขึ้น มีผลกระทบต่อสัดส่วนและขนาดของสิ่งของเครื่องใช้ ตลอดจนสิ่งก่อสร้าง มีการกำหนดขนาดกระเบื้อง อิฐ ที่ใช้ในงานสถาปัตยกรรม การผลิตอิฐและกระเบื้องที่มีขนาดเท่า ๆ กันด้วย ดินหมาดที่รู้จักวิธีการทำแบบสำหรับผลิตให้ขนาดเท่ากัน นอกจากนี้ยังพบว่ามีการผลิตภาชนะใช้สอยให้เป็นชุด โดยออกแบบให้มีแบบอย่างคล้ายกัน แตกต่างกันที่ขนาด โดยยึดหน้าที่ใช้สอยของภาชนะนั้นเป็นตัวกำหนดขนาด และมีภาชนะบางชิ้นที่มีลักษณะเหมือนใช้วิธีการหล่อน้ำดิน (Casting Slip) อย่างปัจจุบันด้วย สันนิษฐานว่าคงเลียนแบบจากการหล่อโลหะนั่นเอง ด้วยความรู้พื้นฐานต่าง ๆ เหล่านี้ จึงไม่เป็นการยากที่จะเปลี่ยนแปลงวิธีการผลิตเครื่องปั้นดินเผาให้กลายเป็นอุตสาหกรรมเมื่อเกิดการปฏิวัติอุตสาหกรรมในศตวรรษที่ 18 เทคโนโลยีที่ก้าวหน้ามีส่วนช่วยให้อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาเจริญขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในประเทศอังกฤษ

ประเทศอังกฤษให้ความสนใจด้านการผลิตเครื่องปั้นดินเผาและรู้จักวิธีการหล่อภาชนะด้วยน้ำดิน (Slip) มาตั้งแต่ศตวรรษที่ 17 โดยใช้หล่อภาชนะหรือจานขนาดใหญ่ ๆ แล้วนำมาเขียนตกแต่งด้วยมือ ซึ่งส่วนใหญ่ใช้ในงานพิธีสำคัญ ๆ หรือในราชสำนัก เมื่อมีการปฏิวัติอุตสาหกรรมในยุโรป อังกฤษเป็นผู้นำในการพัฒนาเครื่องปั้นดินเผาให้เป็นอุตสาหกรรม ชาวอังกฤษชื่อ Josiah Wedwood (1730-95)ส เป็นผู้ริเริ่มก่อตั้งอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาขึ้น มีส่วนในการสร้างงานให้กับประชากรของประเทศอังกฤษ รวมทั้งริเริ่มการส่งสินค้าออกระหว่างประเทศเป็นการช่วยด้านเศรษฐกิจของประเทศอีกด้วย ผลงานที่เป็นสไตล์ (Style) ของ Wedwood คือ เครื่องปั้นดินเผาเนื้อแกร่งไม่เคลือบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สีเนื้อดินของภาชนะเป็นสีเข้ม เช่น น้ำเงิน น้ำตาล เทา ดำ ตกแต่งด้วยลวดลายประดับ (ornament) ซึ่งหล่อจากดินสีขาวหรือครีม (ดูภาพประกอบที่ 1) ลักษณะเช่นนี้ภายหลังมีการเลียนแบบ แต่ผู้ซื้อจะซื้อเพราะคิดว่าเป็นสไตล์ (Style) ของ Wedwood ,Wedwood ยังเป็นผู้นำในการผลิตเอิทเทอนแวร์ขาว (White Earthernware) เพื่อทดแทนลักษณะของพอสเลน (Porcelain) ซึ่งมีราคาแพง ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีราคาถูกและสวยงาม เพื่อให้ชนชั้นกลางซื้อได้ Wedwood ได้ออกแบบชุด "Useful" ในปี 1763 โดยหลักการให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและราคาถูก ทำด้วย earthenware ได้รับความนิยมอย่างสูง และได้รับเกียรติผลิตแด่ พระราชินีรัสเซีย (Catherine The Great of Russia) ตกแต่งด้วยการเขียนลวดลายด้วยมือเป็นภาพทิวทัศน์ของประเทศอังกฤษ ต่อมาชุด "Useful" จึงนิยมเรียกกันว่า "Queen's ware" ในศตวรรษที่ 19 ชุด 19 ชุด Useful ได้ถูกปรับปรุงเป็นชุดที่ใช้ปรุงอาการ และใช้เสิร์ฟได้ด้วย เรียกว่า Kitchen ware

ประมาณต้นศตวรรษที่ 19 Walter Gropious (1919) ผู้นำกลุ่ม Bauhaus ได้เผยแพร่แนวการออกแบบที่ยึดประโยชน์ใช้สอย (Functionalistm) เป็นหลัก และมีอิทธิพลต่อการออกแบบเครื่องปั้นดินเผา ทำให้ภาชนะมีลักษณะเรียบง่าย มีความงามที่เกิดจากลักษณะของรูปทรงอย่างแท้จริง หลักการนี้ยังคงใช้อยู่จนทุกวันนี้ นอกจากอังกฤษแล้ว อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา ได้แพร่ขยายไปในอีกหลาย ๆ ประเทศ ทั้งในยุโรป อเมริกา และประเทศในกลุ่มสแกนดิเนเวีย ในแต่ละประเทศให้ความสนใจและมีความชำนาญในการผลิตเครื่องปั้นดินเผาไม่เหมือนกัน เช่น อังกฤษ มีความสนใจด้านเอิทเทอนแวร์ (Earthenware) และโบนไชน่า (Bone China) ฝรั่งเศส และเยอรมันสนใจฮาร์ดพอสเลน (Hard Porcelain) ในขณะที่อิตาลีและประเทศในกลุ่มสแกนดิเนเวียมีความชำนาญถึง 3 ด้าน คือ เฟลสปาติค เอิทเทอนแวร์ (Feldspathic Earthenware) ไวเทรียส ไชน่า (Vitreous China) และฮาร์ดพอสเลนส (Hard Porcelain) ประเทศสวีเดนผลิตโบน ไชน่า (Bone China) อีกด้วย

ญี่ปุ่นเป็นอีกประเทศที่น่าสนใจ ได้เปิดประเทศและเข้าร่วมงานศิลปะนานาชาติครั้งแรกในงาน International Exhibition ปี 1862 ณ กรุงลอนดอน ประเทศอังกฤษ ผลงานเครื่องปั้นดินเผาของญี่ปุ่นขณะนั้นยังคงเป็นงานหัตถกรรมในขณะที่ทุกประเทศในยุโรปได้ปรับตัวเป็นอุตสาหกรรมไปหมดแล้ว แต่ญี่ปุ่นได้ใช้เวลาอันสั้นพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาของประเทศและได้ก้าวหน้าขึ้นเป็นผู้นำประเทศหนึ่งในด้านอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาในปัจจุบัน

ลักษณะการออกแบบโดยยึดหลัก functionalism นั้นใช้มาจนสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 ได้มีการเพิ่มเติมการออกแบบให้สง่าหรูหราด้วยการใช้เส้นสีหรือเส้นโลหะเขียนบนภาชนะลักษณะการตกแต่งนี้เป็นการส่งเสริมด้านความงามของภาชนะด้วย ปัจจุบันการผลิตในระบบอุตสาหกรรมก้าวหน้าด้วยเทคโนโลยีใหม่ ๆ มากมาย ทำให้การทำงานรวดเร็ว และลดค่าใช้จ่ายลงมาก มีระบบการผลิตแบบต่อเนื่องอย่างครบวงจร เช่น การผลิตกระเบื้องซึ่งได้ดำเนินมาหลายปีแล้ว ลักษณะการผลิตครบวงจรเช่นนี้ เมื่อปี 1969 Paul Rado เคยเขียนว่าเป็นความหวังอนาคตของเครื่องปั้นดินเผา ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The industrial potter's ideal is a continuous production line, a single machine, if possible , into which are fed the powdered raw materials at one end and which turns out the fully finished (made, dried, glazed, fired, and decorated) pieces of ware at the other. So far, drying, and especially firing, were the mail bottlenecks which prevented the realization of such an ideal. However, with the latest types of making-cum-drying machines and the new types of kiln, the ultimate goal appears to be within sight.

ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีนั้น ในปัจจุบันไม่เพียงแต่สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องครบวงจรด้วยเครื่องจักรเท่านั้น ยังสามารถควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติจากคอมพิวเตอร์อีกด้วย ซึ่งนับว่าล้ำหน้าจากการคาดการณ์ในสมัยนั้นอย่างมากและพัฒนาการนี้ใช้เวลาไม่ถึง 20 ปี ในอนาคตคาดว่าเทคโนโลยีคงจะมีความก้าวหน้ามากยิ่งขึ้นไปเรื่อย ๆ นอกจากด้านเทคโนโลยีแล้ว ด้านวัสดุศาสตร์ได้พัฒนาวัสดุเซรามิคใหม่ เรียกว่า นิวเซรามิค (New ceramics) ใช้ผลิตเป็นส่วนประกอบบางชิ้นในยานอวกาศ เป็นต้น ความก้าวหน้านี้นับเป็นความสำเร็จอย่างยิ่งในวงการเซรามิค ในปัจจุบันนิยมเรียกเครื่องปั้นดินเผาทับศัพท์ว่า เซรามิค (Ceramics) คำว่า เครื่องปั้นดินเผาตรงกับภาษาอังกฤษว่า Ceramics ซึ่งมาจากภาษากรีกว่า Keramos หมายถึงดินของช่างปั้นหม้อ (Potter's Clay) หรือภาชนะที่ทำจากดิน แล้วทำให้คงสภาพด้วยการเผา คำว่าเซรามิค ในความหมายของนักวัสดุศาสตร์ นอกจากหมายถึงเครื่องปั้นดินเผาแล้ว ยังรวมถึง แก้ว ซีเมนต์ เครื่องสุขภัณฑ์ ฉนวนไฟฟ้า และการเคลือบบนโลหะด้วย

(ปรีดา พิมพ์ขาวขำ,2535)จากหลักฐานทางโบราณวัตถุที่ขุดค้นพบในประเทศไทย เมื่อนำมาเทียบเคียงกับประเทศใกล้เคียงแล้ว ทำให้ทราบว่าประเทศไทยมีเรื่องราวของเครื่องปั้นดินเผาที่เก่าแก่และวิวัฒนาการสืบเนื่องกันมาหลายพันปี ประวัติเครื่องปั้นดินเผาไทยตั้งแต่สมัยโบราณจนปัจจุบันเท่าที่รวบรวมได้ พอสรุปโดยย่อได้ดังนี้

1. **สมัยยุคหินเก่า** (Old Stone Age หรือ Paleolithic Age) มนุษย์ในสมัยยุคหินเก่ายังไม่รู้จักทำเครื่องปั้นดินเผา เพราะยังกินอาหารดิบ มนุษย์ พวกนี้จัดอยู่ในมนุษย์พันธุ์นิกริโตส
2. **สมัยยุคหินใหม่** มนุษย์ยุคนี้มีวิวัฒนาการทางวัฒนธรรมมากขึ้น ทั้งทางด้านการหุงต้ม สถาปัตยกรรม จิตรกรรม และปฏิมากรรม รู้จักตกแต่งที่อยู่อาศัย เขียนภาพ แกะสลักภาพ การสานทอเครื่องนุ่งห่ม มีความต้องการเครื่องปั้นดินเผา มนุษย์ยุคนี้แยกตามสายวิวัฒนาการได้ 2 สาย คือ

   สายที่หนึ่ง มนุษย์ยุคหินใหม่ที่สืบเชื้อสายมาจากมนุษย์ยุคหินเก่าที่มีถิ่นฐานเดิมอยู่ในประเทศไทย เป็นเครื่องปั้นดินเผาที่มีส่วนผสมของดินกับทราย ไม่เคลือบเผาไฟต่ำสุกไม่ตลอด มีการตกแต่งลวดลาย ขูดลึกลงในเนื้อดิน รูปทรงเตี้ย ปากกว้าง มีส่วนโค้งน้อย ขึ้นรูปด้วยวิธีขดขูดให้เรียบและใช้ไม้ตีผิวให้เรียบบางเสมอกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายที่สอง เป็นพวกที่เคลื่อนย้ายมาจากอาณาจักรจีนเข้ามาอยู่ในประเทศไทย เมื่อประมาณ 4500 ปี ราวยุคหินใหม่ตอนปลาย (Chaleolithic) ต่อกับยุคโลหะ (Bronze Age) เครื่องปั้นดินเผามีลักษณะปากแคบ คอสูง ก้นกลม มีส่วนโค้งมาก ปั้นรูปด้วยมือ ตกแต่งลวดลายด้วยลายเสื่อ (Mat Design Marketing) ขัดผิวเรียบ ขัดเงา เนื้อดินเผาแล้วแข็งมาก มีส่วนผสมของหินมาก ยุคนี้ใช้ความร้อนสูงประมาณ 1000-1200 ° C

3. **สมัยก่อนสุวรรณภูมิ** (ประมาณก่อน พ.ศ.50 ปี – พ.ศ.300) ดินแดนบางส่วนของประเทศไทยคือจังหวัดนครปฐม ในปัจจุบันเคยมีชื่อเรียกว่า สุวรรณภูมิ ก่อนที่จะมีชื่อว่าสุวรรณภูมิ ดินแดนส่วนนี้เคยมีพวกอินเดีย มอญ ขะแมร์ อาศัยอยู่ทั่วไป ถ้าเป็นเครื่องปั้นดินเผาที่ทำโดยมนุษย์ที่สืบเชื้อสายมาจากมนุษย์พันธุ์ไทย เช่น หม้อทะนนที่ขุดพบที่จังหวัดนครปฐมจะมีส่วนตกแต่งและการผสมเนื้อดินที่พัฒนาการมาจากหม้อทะนนที่ขุดพบที่จังหวัดเพชรบุรี แต่เครื่องปั้นดินเผาของพวกมอญ ขะแมร์ มีลักษณะ (Decoration) มากกว่าของช่างไทย นิยมทำเส้น ลวดลายและส่วนโค้งซับซ้อนกว่าของไทย
4. **สมัยสุวรรณภูมิ** (อ้ายลาว ประมาณ พ.ศ.300-พ.ศ.800) เนื่องจากการเผยแพร่พระพุทธศาสนา พวกอินเดีย มอญ ขะแมร์ จึงได้รับอิทธิพลทางวัฒนธรรมจากอินเดีย การทำเครื่องปั้นดินเผาได้เจริญขึ้น และมีรูปทรงต่าง ๆ ซับซ้อนกว่าเดิม แตกต่างกับช่างไทย ซึ่งยังคงพัฒนาการมาจากหม้อทะนน และเป็นแบบของอาณาจักรอ้ายลาว
5. **สมัยทวาราวดี** (น่านเจ้า ประมาณ พ.ศ.800- พ.ศ.1400) ไทยสมัยทวาราวดี เดิมเข้าใจว่าเป็นพวกมอญในอาณาจักรสุวรรณภูมิ แต่จากการค้นพบศิลปวัตถุและทางวัฒนธรรมเครื่องปั้นดินเผา ทำให้เชื่อได้ว่าไทยมีเมืองของตนเอง และปกครองเป็นปึกแผ่น เครื่องปั้นดินเผาที่ค้นพบมีรูปทรงโค้งสองโค้งกลับกัน ปากผายเป็นปากแตร มีลักษณะเช่นเดียวกับช่างของอ้ายลาวซึ่งพบทางเมืองเชียงแสนและพบมากที่ลุ่มแม่น้ำยม สวรรคโลก ราชบุรี นครปฐม เพชรบุรี
6. **สมัยเชลียงหรือสมัยขอมมีอำนาจ** (ประมาณ พ.ศ.1100 – พ.ศ.1600) ขอมมีอำนาจและตีอาณาจักรมอญได้ราว พ.ศ.1600 เครื่องปั้นดินเผาที่พบในสมัยนี้มีเทคนิคในการปั้นและมีความงดงาม แบ่งได้ 3 พวกคือ

- *ทำโดยช่างไทย* รูปทรง และความงามส่วนใหญ่วิวัฒนาการมาจากแบบไทย และอาณาจักรอ้ายลาวกับน่านเจ้าตอนต้น ใช้เคลือบขี้เถ้าผสมกับดินแดงเผาสุกแล้วเป็นสีน้ำตาล แต่บางทีค่อนข้างดำ และยังมีเคลือบขาวหม่น ซึ่งเรียกว่า "เคลือบขุ่น" (White matt glaze) ใช้ขี้เถ้ากับน้ำเป็นเคลือบ ใช้ความร้อนเผาประมาณ 1200-1300°C ในสมัยนี้ไทยส่งไปขายทางหมู่เกาะอินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ และหมู่เกาะใกล้เคียงอื่น ๆ
- *ทำโดยช่างขอม* ขอมได้รับอิทธิพลการปั้นรูปและวิธีเคลือบจากไทย แต่ขอมใช้ดินแดงอย่างเดียว รูปทรงภายนอกมีส่วนโค้งมาก เพิ่มลวดลายด้วยการแต่งบนแป้นหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- *ทำโดยช่างมอญ* มีพัฒนาการทางรูปร่างและการประดิษฐ์มากขึ้น ที่แพร่หลายก็คือเครื่องปั้นดินเผา และภาพปั้นดินเผา (Figure Pottery) ไม่ปรากฏว่ามีเครื่องปั้นดินเผาชนิดเคลือบในสมัยนี้ มีแต่ขัดมันด้วยน้ำดินข้น ซึ่งมอญทำได้ดียิ่ง มีความทนทานอยู่ได้เป็นพัน ๆ ปี

7. **สมัยก่อนสุโขทัยและสมัยเชียงแสน** (ปีประมาณ พ.ศ.1600-พ.ศ.1800) เป็นสมัยที่ไทยกระจัดกระจาย เครื่องปั้นดินเผาและซากเมืองที่ค้นพบ สันนิษฐานได้ว่าเป็นเมืองของไทย เช่น โยนก เชียงแสน เวียงป่าเป้า บ้านเตาไห ในสมัยนี้ความรู้ทางเครื่องปั้นดินเผาของไทยสูงมาก ทำเคลือบได้หลายชนิด เช่นเดียวกับช่างไทยในประเทศจีน เคลือบต่าง ๆ แยกออกได้ดังนี้

- เคลือบเหล็ก เป็นสีน้ำตาลแก่ – น้ำตาลอ่อน
- เคลือบขี้เถ้าสีขาว สำหรับเครื่องหิน
- เคลือบขี้เถ้าสีเทา เป็นเคลือบใสสำหรับเคลือบหิน
- เคลือบหิน Celadon แบ่งเป็น
    - เคลือบใส
    - เคลือบขุ่น
    - เคลือบทึบ
- เคลือบใสทับสลิปขาว

เครื่องปั้นดินเผาของไทยสมัยนี้จัดอยู่ในระดับฝีมือสูงมาก และตรงกับสมัยของจีนตอนต้น รูปทรงเครื่องปั้นดินเผาไทยสมัยนี้จัดได้เป็น 3 แบบ คือ

1. วิวัฒนาการมาจากแบบเก่า
2. คิดดัดแปลงขึ้นใหม่
3. รับอิทธิพลมาจากจีน

8. สมัยสุโขทัย พงศาวดารเหนือมีเนื้อความตรงกับจดหมายเหตุจีนว่า เมื่อครั้งสุโขทัยเป็นราชธานีของสยามประเทศ สมเด็จพระร่วงเจ้า (รัชกาลที่ 3 พ่อขุนรามคำแหง) ได้เสด็จไปเมืองจีน เมื่อปีมะแมจุลศักราช 656 (พ.ศ.1857) และนำช่างปั้นเครื่องถ้วยชามเข้ามาทำในเมืองไทย ซากเตาที่เรียกว่า "เตาทุเรียง" ครั้งนั้นยังปรากฏที่เมืองสุโขทัยด้านเหนือนอกกำแพงเมืองออกไปประมาณ 30 เส้น ที่เมืองสวรรคโลกริมแม่น้ำยมเหนือเมืองศรีสัชนาลัย 2 แห่ง ที่เมืองสองแคว (พิษณุโลก) "บ้านเตาไห" อีก 1 แห่ง (แต่ยังหาซากเตาไม่พบ) ลักษณะสำคัญของเครื่องปั้นดินเผาในสมัยนี้ แยกออกไป 3 ลักษณะคือ

1. เนื้อด้านไม่เคลือบ เผา Bis-cuit อย่างเดียว
2. เคลือบเนื้อหยาบ พวกอ่างมังกร
3. เคลือบเนื้อละเอียด พวกเครื่องถ้วยแบบของจีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องปั้นดินเผาสมัยนี้ ตกแต่งลวดลายด้วยการเขียน โดยใช้แร่โลหะเกร็ด (Iron-Oxide-Manganes Oxide) ใช้เขียนทับสลิปขาว หรือเขียนบนดินเคลือบใสทับ ฝีมือดีทัดเทียมช่างจีน แต่เนื้อหนากว่า พวกไม่เคลือบทำเป็นตุ่มใหญ่สีดำ ส่งขายต่างประเทศ ซึ่งครั้งกระนั้นมี เชียงใหม่ หลวงพระบาง ตะนาวศรี เครื่องถ้วยชามไทย ทำอยู่ประมาณร้อยปีเศษก็เลิกล้มไปเพราะต้องทำสงครามกันอยู่เรื่อย

9. **สมัยอยุธยา** (พ.ศ.1900-พ.ศ.2300) ในสมัยนี้ไม่ปรากฏว่ามีการทำเครื่องถ้วยชาม แต่มีเครื่องถ้วยชามที่ทำในสมัยสุโขทัยใช้ และมีเครื่องถ้วยชามของจีนกับญี่ปุ่นเข้ามาใช้ในรัชสมัยของสมเด็จพระนเรศวรมหาราช ส่วนเครื่องถ้วยชามของฝรั่งเข้ามาในรัชสมัยสมเด็จพระนารายณ์มหาราช ในสมัยอยุธยานี้เข้าใจว่ามีการสั่งทำเครื่องถ้วยชามมาจากต่างประเทศ แต่ให้เขียนแบบลายไทย

10. สมัยรัตนโกสินทร์

- *สมัยรัชกาลที่ 1* เริ่มฟื้นฟูเครื่องปั้นดินเผา แต่เป็นการสั่งทำจากเมืองจีน โดยให้ช่างหลวงเขียนตัวอย่างลายไทยและส่งช่างไทยไปควบคุมการเขียนลวดลายให้เหมือนด้วย เครื่องปั้นดินเผาที่สั่งทำส่วนใหญ่ เป็นพวกจาน ชาม โถ กระโถน และถ้วย ลายที่เขียนเป็นลายไทยและเขียนสีบนพื้นถ้วยขาวบ้าง เขียนสีเบญจรงค์บ้าง ตัวอย่างเช่น ชามลายก้านขด เขียนสีบนพื้นถ้วย เช่นเขียนรูปครุฑ ราชสีห์ และเทพพนม ปรากฏว่าฝีมือดีกว่าสมัยกรุงศรีอยุธยา
- *สมัยรัชกาลที่ 2* ฝีมือช่างเขียนไทยเจริญขึ้นมาก เครื่องถ้วยชามที่สั่งทำจากประเทศจีนก็คิดแก้ไขรูปทรงและลวดลาย มีลายประดิษฐ์ใหม่ เช่น ลายดอกกุหลาบ ส่วนลายแบบจีน เช่น ลายดอกไม้จีน ลายสิงโต ก็นำมาปรับเขียนใหม่ให้เข้ากับความนิยมของคนไทย โดยใช้สีทองเขียนประกอบ เครื่องถ้วยของไทยที่นิยมกันมากในปัจจุบันนี้คือ เครื่องถ้วยที่สั่งทำในสมัยรัชกาลที่ 2 ที่เรียกว่า ของสมเด็จพระศรีสุริเยนทร์ (สมเด็จพระบรมราชินีนาถในรัชกาลที่ 2) ทั้งนี้เพราะทรงเป็นพระธุระในการสั่งทำ
- *สมัยรัชกาลที่ 3* มีการสั่งของจากต่างประเทศเท่าที่จำเป็น แต่พระองค์ทรงทำนุบำรุงฟื้นฟูเครื่องปั้นดินเผาในประเทศกล่าวคือ ทรงทำนุบำรุงการทำกระเบื้องเคลือบมุงหลังคา กระเบื้องเคลือบสีเป็นเครื่องประดับ โดยใช้เตาเผาแบบเตาทุเรียง ซึ่งสร้างที่วัดสระเกศ
- *สมัยรัชกาลที่ 4* เนื่องจากราชฑูตไทยซึ่งไปประเทศจีนเมื่อ พ.ศ. 2395 ถูกผู้ร้ายปล้น จึงไม่มีการส่งราชฑูตไปประเทศจีนอีก รวมทั้งไม่มีการส่งช่างไทยไปตรวจตราการทำเครื่องปั้นดินเผาด้วย การสั่งทำจากประเทศจีนเป็นเรื่องของพ่อค้าในกรุงเทพฯ เป็นผู้สั่งเครื่องลายคราม เครื่องถ้วยชามที่สั่งจากจีนจึงเป็นลายครามเขียนลายจีนเป็นส่วนใหญ่ ลายน้ำทองมีสั่งบ้าง โดยให้แบบลายไทยไปทำ แต่ฝีมือสู้ครั้งรัชกาลที่ 2 ไม่ได้
- *สมัยรัชกาลที่ 5* เป็นระยะที่เจริญรุ่งเรืองมาก การศึกษาวิชาการก็ขยายตัวแพร่หลาย เครื่องถ้วยชามที่สั่งเข้ามาค้าขายในเมืองไทยก็มีทั้งของจีน ญี่ปุ่น และฝั่ง ในสมัยนั้น นิยมใช้ของฝรั่งลวดลายฝรั่งกันมาก แต่ที่สั่งทำเป็นรูปทรงแบบไทยก็มีมาก ของญี่ปุ่นโดยมากเป็นถ้วยชามและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องแต่งเรือน ทั้งนี้เป็นเพราะญี่ปุ่นเริ่มทำเลียนแบบของจีนได้ดี ในสมัยนั้นในเมืองไทยมีการทำกันเฉพาะการเขียนลวดลายบนเครื่องปั้นดินเผาเท่านั้น

- *สมัยรัชกาลที่ 6* ประเทศไทยเริ่มมีโรงงานผลิตเครื่องปั้นดินเผาประเภทเนื้อหยาบ เช่น กระถาง โอ่ง อ่างและไห ซึ่งมีทั้งชนิดเคลือบและไม่เคลือบ
- *สมัยรัชกาลที่ 7* ปี พ.ศ.2475 หลังการเปลี่ยนแปลงการปกครอง รัฐบาลพยายามจะฟื้นฟูเศรษฐกิจของชาติ โดยการส่งเสริมให้มีผู้ประกอบการอุตสาหกรรมมากขึ้นในครอบครัว ในภาคเหนือ ภาคอีสาน และภาคกลาง ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ขณะนั้นคือ โอ่ง อ่าง และไห ผลิตภัณฑ์เนื้อดีที่ผลิตได้บ้างก็ใช้วัตถุดิบจากต่างประเทศ
- *สมัยรัชกาลที่ 8 และสมัยรัชกาลที่ 9 (สมัยปัจจุบัน)* การประกอบการอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาหรืออุตสาหกรรมเซรามิค ถ้าจะให้ได้ผลดีจะต้องอาศัยหลักวิชาการและเทคโนโลยีเข้าร่วมประกอบกับคุณภาพของวัตถุดิบที่ใช้ การพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิคด้านวิชาการ และเทคโนโลยีในประเทศไทย กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน มีส่วนช่วยเป็นอันมาก ในปี พ.ศ. 2478 กรมวิทยาศาสตร์บริการ ได้เริ่มดำเนินงานเกี่ยวกับเครื่องปั้นดินเผา ต่อมาในปี พ.ศ.2479 ได้เริ่มมีการพัฒนาบุคลากรเกี่ยวกับเครื่องปั้นดินเผา โดยการส่งเจ้าหน้าที่ไปรับการฝึกอบรมเพิ่มเติมในต่างประเทศแล้วกลับมาพัฒนาบุคลากรของกรมด้านวิชาการและเทคโนโลยี และได้ทำการศึกษาวิจัยวัตถุดิบ โดยการสำรวจ วิเคราะห์และทดสอบ วัตถุดิบภายในประเทศ เช่น ดิน และหินชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา ผลจากการสำรวจและการวิเคราะห์วิจัย พบว่า ประเทศไทยมีวัตถุดิบชนิดดีปริมาณมาก สามารถใช้ทำเครื่องปั้นดินเผาชนิดดีได้ดี เป็นผลให้มีการลงทุนสร้างโรงงานเครื่องปั้นดินเผาขึ้นอีกมาก ในปี พ.ศ.2503 คณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI) ได้ประกาศให้การสนับสนุนและส่งเสริมการลงทุนในกิจการอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ดังนั้น ในปี พ.ศ.2503-พ.ศ.2508 จึงมีโรงงานอุตสาหกรรมเซรามิค เกิดขึ้น 8 แห่ง ที่ได้รับบัตรส่งเสริมการลงทุน ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ มีกระเบื้องปูพื้น กระเบื้องบุผนัง กระเบื้องโมเสค และเครื่องสุขภัณฑ์ และในปี พ.ศ. 2508 นี้เอง สภาพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติสำนักนายกรัฐมนตรี ได้สนับสนุนโดยให้โครงการพัฒนาอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาอยู่ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ตั้งแต่ปลายแผนที่ 1 จนถึงแผนที่ 4 ปัจจุบันอุตสาหกรรมเซรามิคได้เจริญก้าวหน้าและพัฒนาไปอย่างมาก มีโรงงานเซรามิคขนาดใหญ่ประมาณ 10 โรงงานตั้งอยู่ในกรุงเทพฯ และจังหวัดใกล้เคียง โรงงานขนาดเล็กอีกหลายร้อยโรงงานกระจัดกระจายอยู่ทั่วประเทศ โดยเฉพาะในจังหวัดลำปาง มีอยู่ประมาณ 50 โรงงาน โรงงานเหล่านี้ผลิตถ้วย ชาม เครื่องสุขภัณฑ์ เครื่องโลหะเคลือบ โมเสค กระเบื้องปูพื้น กระเบื้องประดับ ผนัง เครื่องฉนวนไฟฟ้า และอิฐก่อสร้าง ปริมาณการผลิตพอเพียงต่อการใช้ภายในประเทศและยังส่งออกขายยังต่างประเทศในปี พ.ศ.2528 ประมาณ 500 ล้านบาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในสมัยพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช รัชกาลปัจจุบัน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน มีหน่วยงานในสังกัด 2 หน่วยงาน ซึ่งทำการวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรม เซรามิค คือศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา กรมวิทยาศาสตร์บริการ (วพป. วศ.) และสาขาวิจัยอุตสาหกรรมโลหะและเซรามิค สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (สวซ. วท.)

ชนิดของอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา

1. อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาขนาดครอบครัว (Primitive Industry) หรืออุตสาหกรรมภายใน ครอบครัว (Home Industry) ได้แก่ อุตสาหกรรมเล็กที่ทำกันในบ้าน ใช้คนทำไม่เกิน 7 คน เช่น พวกลูกหลาน หรือคนอื่นที่มาช่วย ไม่มีเครื่องยนต์ หรือเครื่องทุ่นแรงในการผลิต

2. อุตสาหกรรมขนาดย่อม (Small Scale Industry) มีเครื่องยนต์ เครื่องทุ่นแรง ใช้ในการผลิต ถ้าเป็นประเทศแถบเอเชีย กำหนดให้มีแรงงานไม่เกิน 500 คน แต่ถ้าเป็นประเทศยุโรปและสหรัฐอเมริกา กำหนดแรงงานไม่เกิน 1000 คน สำหรับประเทศไทย มีอุตสาหกรรมขนาดนี้เป็นจำนวนมาก

3. อุตสาหกรรมหนักหรือขนาดใหญ่ (Large Scale Industry) มีเครื่องยนต์ เครื่องทุ่นแรง และคนงานจำนวนมากทางประเทศเอเชีย กำหนดให้มีแรงงานเกินกว่า 500 คน ประเทศยุโรปและสหรัฐอเมริกา กำหนดแรงงานเกินกว่า 1,000 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.2 ชนิดของเครื่องปั้นดินเผา

การจำแนกเครื่องปั้นดินเผามีหลายวิธีขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่นิยมใช้กัน แบ่งได้ 2 วิธี คือ

1. **จำแนกชนิดตามลักษณะการใช้งานของผลิตภัณฑ์** เช่น เป็นชุดอาหาร (Table ware) เป็นเครื่องประดับตกแต่ง (Decorative items) เป็นเครื่องสุขภัณฑ์ (Sanitary ware) เป็นเครื่องใช้ในครัว (Kitchen ware) หรือเครื่องปั้นดินเผาที่ใช้กับงานสถาปัตยกรรม (Architectural ceramics) เป็นต้น
2. **จำแนกตามลักษณะเนื้อดิน ความแข็งแกร่ง และอุณหภูมิที่เผา** ได้แก่ เอิทเทอนแวร์ (Earthenware) สโตนแวร์ (Stoneware) พอสเลน (Porcelain) และโบนไชน่า (Bone China) เป็นต้น

1. **โบนไชนา (Bone China)** เครื่องปั้นเนื้อบางแน่นแข็งเคลือบเป็นมันเห็นโปร่งแสง โบนไชน่า (Bone China) เป็นเครื่องปั้นดินเผาประเภทที่เนื้อดินไม่มีความพรุน มีความแกร่ง เนื้อดินขาวและโปร่งแสง เผาอุณหภูมิใกล้เคียงกับพอสเลน บางครั้งถูกจัดรวมอยู่ในพวกเดียวกับซอฟพอสเลน เพราะอุณหภูมิการเผาอยู่ระดับเดียวกัน โบนไชน่ามีลักษณะพิเศษที่เนื้อดินที่ใช้ผลิตจะมีส่วนผสมของขี้เถ้ากระดูกสัตว์ (Bone ash) ผสมอยู่ โดยมีสัดส่วนประมาณ 50% ของส่วนผสมที่เหลือ 25% เป็นคอนีสสโตน (Cornish Stone) และดินขาว (China clay) 25% ตัวขี้เถ้ากระดูกสัตว์นี้สามารถทำหน้าที่เป็นตัวลดอุณหภูมิ (flux) ก็ได้ หรือเป็นตัวเพิ่มอุณหภูมิ (Refractory) ก็ได้ โดยถ้าใช้ในจำนวนน้อยผสมในเนื้อพอสเลน จะทำหน้าที่เป็นตัวลดอุณหภูมิ แต่ถ้าเพิ่มจำนวนมาก จนถึงระดับหนึ่ง จะกลายเป็นตัวเพิ่มอุณหภูมิ

เป็นที่น่าสังเกตว่ามักเกิดความสับสนในการเรียกหรือจัด “พอสเลน” กับ “โบน ไชน่า” กับ “ไชน่า” อยู่เสมอ ๆ ในประเทศอังกฤษ คำว่า “พอสเลน” หมายถึง เครื่องปั้นดินเผาที่มีความขาว แกร่ง และโปร่งแสงที่เป็น “ฮาร์ด พอสเลน” เท่านั้น ส่วนคำว่า “ไชน่า” หมายถึง “โบน ไชน่า” นั่นเอง ในสหรัฐอเมริกา คำว่า “พอสเลน” หมายถึงเครื่องปั้นดินเผาชนิดแกร่ง สีขาว ทั้งเคลือบและไม่เคลือบ ที่นำไปใช้กับเทคนิคเฉพาะอย่าง เช่น นำไปใช้กับเครื่องไฟฟ้า (Electric porcelain) นำไปใช้กับเครื่องเคมี (Chemical Porcelain) ส่วน “ไชน่า” หมายถึงเครื่องปั้นดินเผาชนิดแกร่งสีขาว ทั้งที่เคลือบและไม่เคลือบ ที่นำไปใช้ทั่วไป เช่น ชุดอาหาร เครื่องสุขภัณฑ์ งานศิลปะ

อย่างไรก็ตาม คุณสมบัติสำคัญของ “พอสเลน” และ “โบน ไชน่า” ที่เหมือนกัน คือ ความขาวและโปร่งแสง

2. **พอร์ซเลน (Porcelain)** **เครื่องปั้นเนื้อแน่นแข็งเคลือบเป็นมันเห็นโปร่งแสง**พอสเลน (Porcelain) เป็นเครื่องปั้นดินเผาประเภทที่เนื้อดินไม่มีความพรุน มีความแกร่งสูง เนื้อดินมีสีขาว และโปร่งแสง (Translucent) อุณหภูมิที่เผาประมาณ 1300° C (2372°F)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้นไป การเผาอุณหภูมิสูงมากทำให้เคลือบและเนื้อดินหลอมตัวเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน และมีผลทำให้มีความแข็งแรงมากกว่าเครื่องปั้นดินเผาประเภทอื่น เวลาเคาะจะมีเสียงกังวาล อาจแบ่งได้เป็น

ซอฟ พอสเลน (Soft Porcelain) กับฮาร์ด พอสเลน (Hard Porcelain) ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิการเผา ซอฟพอสเลนจะเผาอุณหภูมิต่ำกว่าฮาร์ด พอสเลน ซึ่งเผาสูงถึง 1400°C (2552°F) มาโค โปโล (Marco Polo) เป็นผู้ตั้งชื่อว่า พอสเลน (Porcelain) ซึ่งตรงกับภาษาอิตาเลียนว่า "Porcella" เป็นเปลือกหอยชนิดหนึ่งในทะเลเมดิเตอร์เรเนียน ซึ่งมีลักษณะขาวและโปร่งแสง พอสเลนมีราคาแพง มักใช้ผลิตงานศิลปะหรือเครื่องใช้ที่มีราคาสูง และเนื้อดินมีความขาวและโปร่งแสง จึงมักเคลือบใสเพื่อแสดงความงามของเนื้อดิน หรืออาจใช้สีสดใสได้ เช่น สีฟ้า เขียว เป็นต้น

3. **เอิร์ธเทนแวร์ (Earthen ware)** เครื่องปั้นเนื้อแน่นเคลือบเป็นมันทึบแสงเครื่องปั้นดินเผาที่เนื้อดินที่มีความพรุน (Porous Bodies) และส่วนใหญ่เผาอุณหภูมิไม่เกิน 1100 °C (2012°F) เนื่องจากมีความพรุนสูง เวลาเคาะเสียงจะไม่กังวาล และไม่สามารถเก็บของเหลวได้ ถ้าจะใช้บรรจุน้ำหรือของเหลว จะต้องเคลือบเสียก่อน จากความเข้าใจทั่วไป เครื่องปั้นดินเผาประเภทนี้จะมีสีไม่ขาว เช่น ส้มหรือน้ำตาล ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ราคาถูก เช่นกระถางต้นไม้ อิฐก่อสร้าง หรืออาจนำไปใช้ทำงานศิลปะ (Art work) บางประเภทได้ แต่เอิทเทอนแวร์ สามารถผลิตให้เนื้อดินเป็นสีขาวได้ เรียกว่า ไวท์เอิทเทอนแวร์ (White Earthenware) ซึ่งนำมาใช้มากในอุตสาหกรรมผลิตเครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร(Table ware) เนื่องจากความขาวของไวท์ เอิทเทอนแวร์นี้เอง ทำให้เกิดการเข้าใจผิดว่าเป็นประเภทเดียวกับผลิตภัณฑ์ที่เผาไฟสูงที่เรียกกันว่า ไชน่า (China) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วเข้าใจกันคำว่า "ไชน่า" หมายถึงความขาวของผลิตภัณฑ์ ในหลักวิชาเครื่องปั้นดินเผาคำว่า ไชน่า (China) มีความหมายถึงลักษณะความโปร่งใส (Translucency) ซึ่งจะพบได้ในเครื่องปั้นดินเผาประเภทพอสเลน (Porcelain) และโบนไชน่า (Bone China) เท่านั้น ดังนั้นไวท์เอิทเทอนแวร์ จึงไม่ใช่ไชน่า เพราะไวท์เอิทเทอนแวร์มีสีขาวจริง แต่ไม่โปร่งแสง ในยุโรปแบ่งเครื่องปั้นดินเผาประเภทเอิทเทอนแวร์ออกเป็น 3 ประเภทคือ

   1. **เคลย์ เอิทเทอนแวร์ (Clay Earthenware)** หมายถึงเครื่องปั้นดินเผาอุณหภูมิต่ำ มีสีค่อนข้างคล้ำ เพราะเนื้อดินที่นำมาใช้ผลิตมีสิ่งไม่บริสุทธิ์ (impurities) หลายชนิด แต่พบว่ามีเหล็กไม่สูงนัก มักผลิตเป็นของใช้พื้นบ้านทั่ว ๆ ไป เช่น กระถาง ภาชนะใส่น้ำ เป็นต้น
   2. **ไลม์ เอิทเทอนแวร์ (Lime Earthenware)** เป็นเอิทเทอนแวร์ ที่ผลิตจากดิน มีส่วนผสมของปูนขาวสูง และอาจจะมีส่วนผสมของซิลิก้าด้วย ทำให้มีความพรุนสูง และน้ำหนักเบา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. **เฟลสปาติก เอิทเทอนแวร์ (Feldspathic Earthenware)** หรืออีกชื่อว่า ฮาร์ด เอิทเทอนแวร์ (Hard Earthenware) เป็นเอิทเทอนแวร์ ที่มีคุณสมบัติพิเศษ มีความแข็งแกร่งมากกว่า 2 ประเภทแรก เพราะเผาด้วยอุณหภูมิค่อนข้างสูง ประเทศอังกฤษเป็นผู้ค้นพบส่วนผสมของเนื้อดิน จะมีสารประกอบของเฟลสปา เช่น เพคมาไทร์ (Pegmatite) หรือคอนิส สโตน (Cornish stone) ประมาณ 5-20% ดินประมาณ 50% ทั้งดินดำ (Ball clay) และดินขาว (China clay) และอีกประมาณ 45% เป็นซิลิก้า ซึ่งนิยมใช้ในรูปหินเขี้ยวหนุมานสตุ (Calcined flint) เฟลสปาติก เอิทเทอนแวร์เผาได้สูงถึง 1150° C ในยุโรปนิยมเผาดิบด้วยอุณหภูมิสูงถึง 1150° C แล้วเผาเคลือบอุณหภูมิต่ำกว่า ประมาณ 900-1050°C เป็นเอิทเทอนแวร์ คุณภาพดี มีความแกร่งสูง และเหมาะกับการตกแต่งด้วยวิธีเขียนใต้เคลือบ

4. **สโตนแวร์ (Stone ware)** เครื่องปั้นเนื้อหนาแน่นแข็งแกร่งเคลือบทึบแสงเป็นเครื่องปั้นดินเผาที่มีเนื้อดินแน่นทึบ (Dense Bodies) มีความแกร่งตัวสูง อุณหภูมิที่เผาประมาณ 1100°C – 1300 °C (2012°F – 2271 °F) เคาะแล้วจะมีเสียงกังวาล สีของเนื้อดินเมื่อเผาแล้วเป็นสีเทา หรือน้ำตาลอ่อน การที่เผาในอุณหภูมิสูง ช่วยให้เนื้อดินและเคลือบหลอมตัวเข้าเกือบจะเป็นเนื้อเดียวกัน เพื่อช่วยให้การหลอมตัวระหว่างเคลือบและเนื้อดินสัมพันธ์กัน จึงนิยมใช้วิธีการเผาแบบรีดักชั่น (Reduction) เนื่องจากมีความแน่นทึบตัวสูง ทำให้เก็บของเหลวได้ดี บางครั้งไม่ต้องเคลือบลักษณะผิวที่ทึบตัวโดยไม่เคลือบมีความงามเฉพาะตัว Wedwood ได้นำลักษณะดังกล่าวนี้ ไปผลิตผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะคือผลิตภาชนะที่มีเนื้อดินสีเข้ม ทึบตัว ไม่เคลือบและตกแต่งด้วยสิ่งประดับ (ornament) ซึ่งหล่อจากดินขาว ลักษณะที่ทำให้ Wedwood ประสบความสำเร็จมี 2 ประเภท คือ jasper และ Black basalt

Jasper มีลักษณะพิเศษที่ส่วนตกแต่ง (ornament) ทำด้วยดินสีขาวที่มีความโปร่งแสงติดบนเนื้อดินภาชนะที่มีสีเข้มส่วนใหญ่เป็นสีฟ้า บางครั้งตัวภาชนะเป็นสีขาวและเคลือบด้วยเฉพาะภายใน ส่วนภายนอกทำให้เป็นสีเพื่อให้ตัดกันกับส่วนตกแต่ง

เครื่องปั้นดินเผาประเภทสโตนแวร์เป็นเครื่องปั้นดินเผาที่นิยมใช้กับเคลือบเกลือ ซึ่งมีผลิตมาตั้งแต่ต้นศตวรรษที่ 18 ใช้ผลิตท่อน้ำ และท่อระบาย บางครั้งเคลือบไม่หนาพอทำให้เห็นเนื้อดินที่หยาบและอาจเห็นว่าไม่สวยงาม

5. **ทอร์ราคอททา (Terra Cotta)** เครื่องปั้นเนื้อหยาบอ่อนเคลือบทึบแสง
6. **กระเบื้องเคลือบและไม่เคลือบ (Tile)**
7. **ท่อดินเคลือบและไม่เคลือบ (Clay Pipe)**
8. **อิฐชนิดต่าง ๆ (Brick)**
9. **วัตถุทนไฟ (Refractory)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. เครื่องฉนวนไฟฟ้า (ลูกถ้วยไฟฟ้า) (Insulator)

11. เครื่องสุขภัณฑ์ (Sanitary ware)

12. เครื่องถ้วยชามสังคโลก (Sungkalok)

วัตถุดิบ

วัตถุดิบสำหรับใช้ทำเซรามิคมีหลายอย่างหลายชนิด แต่ที่เป็นวัตถุดิบเนื้อบริสุทธิ์แท้นั้นหาได้ยากแม้จะเป็นวัตถุดิบชนิดเดียวกัน ไม่ว่าจะอยู่ในพื้นที่เดียวกันหรือพื้นที่ต่างกัน ความตื้นลึกต่างกัน ก็จะมีส่วนประกอบที่แตกต่างกัน วัตถุดิบที่ใช้สำหรับงานทางเซรามิค จัดแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. วัตถุดิบพวกที่มีความเหนียว (Plastic raw-materials) เช่น ดินต่าง ๆ ดินขาว ดินดาล เป็นต้น

2. วัตถุดิบพวกที่ไม่มีความเหนียว (Non-Plastic raw-materials) ได้แก่ หินฟันม้า (Felspar) หินควอตซ์ (Quartz) เป็นต้น

วัตถุดิบพวกที่มีความเหนียว

ดิน (Clay Al2O3.2SiO2.2H2O) คือ สารประกอบ Hydrous aluminum silicate มีส่วนประกอบและโครงสร้างของผลึกแน่นอน เมื่อผสมกับน้ำจะทำให้เกิดความเหนียวขึ้น และสามารถปั้นให้เป็นรูปต่าง ๆ ได้ ถ้าปล่อยไว้ให้แห้ง จะยังคงรักษารูปร่างเดิมไว้ มีความแข็งแกร่งดีขึ้น แต่ค่อนข้างเปราะ ถ้าเผาแล้วจะทำให้แข็งแกร่งมากขึ้น และผสมกับน้ำจะไม่ทำให้ความเหนียวกลับคืนมาอีก ดินเกิดจากการผุพังของหินแกรนิต หินฟ้าม้า และเปกมาไตต์ (Pegmatite) ดังสมการ

$$K_2O.Al_2O_3.6SiO_2 + 2H_2O + CO_2 \rightarrow Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O + K_2CO_3 + 4SiO_2$$

(หินฟันม้า) (น้ำ) (คาร์บอนไดออกไซด์) (Kaolin)

หินแกรนิตที่ผุพังแล้วทำให้เกิดเป็นดินโดยทับถมอยู่ที่แหล่งเดิม เรียกว่า Primary Clay หรือ Residual Clay มักมีหินเดิมปะปน เช่น หินฟันม้า และหินควอตซ์ เป็นต้น เมื่อเวลาผ่านไปนาน ๆ ดินจะถูกกระแสน้ำ,ลมพัดพาทำให้แหล่งดินเคลื่อนย้ายออกไปจากแหล่งหินเดิม น้ำแยกเอาส่วนที่เป็นหินออกไป ทำให้เม็ดดินละเอียดขึ้น และจะตกตะกอนสะสมในบริเวณน้ำนิ่ง เรียกดินชนิดนี้ว่า Secondary Clay หรือ Sedimentary Clay กลุ่มแร่ดินส่วนใหญ่เป็นดิน Kaolinite ซึ่งมาจากคำภาษาจีน เกา-ลิน ดินขาวชนิดนี้เป็นวัตถุดิบสำคัญอันดับหนึ่งทางเซรามิกส์ ดินชนิดนี้สามารถนำมาขึ้นรูปต่าง ๆ ได้ง่าย เผาแล้วเป็นสีขาว มีความหนาแน่นและแข็งแกร่งดี ดิน Kaolinite ชนิดเม็ดละเอียดมี่ความเหนียวมาก เรียกว่า "Ball Clay" เผาแล้วเป็นสีขาว-ครีม เวลาผสมต้องการปริมาณ น้ำมาก ทำให้มีเปอร์เซนต์การหดตัวสูงขณะตากแห้งและเผา ด้วยเหตุนี้ จึงไม่ใช้ดิน Ball Clay แทนดิน Kaolin ทั้งหมดกลุ่มดิน Kaolinite นี้ นอกจากจะมีแร่ Kaolinite แล้ว ยังมีแร่อื่น ๆ อีก เช่นDickite , Nacrite

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Halloysite และ Anausite ซึ่งเป็นสารประกอบของ Aluminum silicate ทั้งสิ้น ที่แตกต่างกันตามรูปผลิตและคุณสมบัติทางกายภาพบางอย่างนั้น จะไม่กล่าวถึง ณ ที่นี้

คุณสมบัติทางเคมี

ส่วนประกอบทางเคมีของดิน ตามทฤษฎีดินคือ Hydrous aluminum silicate เช่น ดิน Kaolin มีสูตร $Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$ หรือมี SiO_2 46.3% และ H_2O 13.9% แต่ในดินมีแร่อย่างอื่นปะปนอยู่ด้วย ผลวิเคราะห์ทางเคมีจึงแตกต่างไปจากสูตรทางทฤษฎี ดังตัวอย่างผลการวิเคราะห์ของกรมวิทยาศาสตร์บริการ สำหรับดินขาวตัวอย่างที่ล้างแล้วของจังหวัดระนอง จังหวัดลำปาง และที่ปากพลี

เลขปฏิบัติการ	ดิน	L.O.I.	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Ma_2O
HS481	ดินระนอง	11.4	47.7	36.7	1.1	0.3	0.1	2.3	0.5
HS482	ดินลำปาง	7.0	53.3	31.8	1.4	0.3	0.3	5.7	0.4
HS483	ดินปากพลี	13.1	51.2	33.9	1.1	Trace	Trace	0.31	0.16

ตารางที่ 2.8.1

ผลการวิเคราะห์ของกรมวิทยาศาสตร์บริการ สำหรับดินขาวที่ล้างแล้ว

ซิลิก้า (SiO)

ซิลิก้านอกจากจะเป็นส่วนประกอบของดินแล้ว ยังอาจมีควอตซ์หรือทรายซึ่งเกิดจากการแปรสภาพของหินมาเป็นดิน บางครั้งทรายละเอียดมากจนมองเห็นได้ยาก

อลูมินา (Al_2O_3)

แร่อลูมินา เกิดปนอยู่ในดิน ได้แก่ Gifsite ($Al_2O_3.3H_2O$) Bausite ($Al_2O_3.2H_2O$) และ Diaspore ($Al_2O_3.H_2O$)

มักพบมากในดินที่มีเปอร์เซนต์อลูมินาสูง

เหล็ก(Fe2O3)

ในดินทั่ว ๆ ไป เหล็กอาจอยู่ในรูปของ Hematite (Fe_2O_3) จะทำให้ดินเป็นสีแดง ถ้าเป็น Limonite ($2FE_2O_3.3H_2O$) จะทำให้ดินเป็นสีเหลืองหรือน้ำตาล ดินบางชนิดเช่น พวก Fire Clay และดินดาลบางทีมีเศษแร่ไพไรท์ (FeS_2) ปะปน แร่พวกนี้แข็งกว่าดิน บดไม่ละเอียด หลังจากเผาดินแล้วจะเห็นเป็นจุด ๆ สีคล้ำ ๆ ในเนื้อดิน

*L.O.I. หมายถึง น้ำหนักที่หายไปเมื่อผ่านการเผา (Loss of ignition)

คัลเซียม (CaO)

ถ้าเกิดในรูปของแร่คัลไซต์ ($CaCO_3$) หรือโดโลไมท์ ($CaCO_3.MgCO_3$) จะไม่ค่อยทำความยุ่งยากให้กับดินเท่าใดนัก เพราะทั้งสองชนิดต่างก็ทำหน้าที่เป็นตัวลดจุดสุกตัวของเนื้อดิน แต่ถ้าเกิดในรูปของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แร่ยิปซัม ($CaSO_4.2H_2O$) ซึ่งมีคุณสมบัติละลายน้ำได้บ้าง ถ้าหากนำมาทำผลิตภัณฑ์และปล่อยให้แห้งจะพบคราบสีขาวเกาะที่ผิวเสมอ

มักนีเซียม(MgO)

มีปะปนในดินน้อยมาก อาจเกิดในดินที่มีแร่มักนิไซท์ (MgCO3) โดโลไมท์ , Spinel, Biotite, Hornblend, Chlorite และ Pyroxene ในการวิเคราะห์มักพบว่าปริมาณของมักนีเซียมมีไม่เกิน 1%

อัลคาไลน์ (Alkalies)

ส่วนมากอัลคาไลน์ปนอยู่ในดินในรูปของแร่ Feldspar แร่นี้อาจเป็น Potash feldspar หรือ Soda feldspar

ติตาเนียม (Titanium)

มีปนอยู่น้อยมากที่พบเสมอ ๆ ได้แก่ Rutile (TiO_2) Ilmenite ($FeO.TiO_2$) และ Sphene ($CaO.TiO_2.SiO_2$)

อินทรีย์สาร (Carbonaceous Matter)

พบเสมอว่าดิน Ball Clay, Fire Clay และดินดาล มีสีเทาไปจนถึงสีดำ ทั้งนี้เพราะดินเหล่านี้เคยมีพวกต้นไม้ตายทับถมรวมกันเป็นเวลานาน ๆ แล้วเกิดการสลายตัวและเปลี่ยนรูปไปเป็นคาร์บอน จึงเรียกว่า Carbonaceous matter

คุณสมบัติทางฟิสิกส์

การตรวจคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน เป็นวิธีการช่วยให้สามารถเลือกดินที่เหมาะสมไปใช้งาน คุณสมบัติของดินทางฟิสิกส์ที่ควรทำการตรวจ มีดังนี้

1. **ขนาดของเม็ดดิน** ดิน Kaolin มีขนาดของเม็ดตั้งแต่ 0.5 ถึง 10 ไมครอน ค่าเป็นเส้นผ่านศูนย์กลางโดยเฉลี่ยคือ 0.5 ไมครอน ขนาดของเม็ดดินมีความสำคัญต่อความเหนียวและการหดตัวเมื่อแห้ง ดินที่มีขนาดของเม็ดดินเล็กจะมีความเหนียวมาก และมีเปอร์เซนต์การหดตัวเมื่อแห้งแล้วสูง
2. **การหดตัวเมื่อแห้ง** ค่าของเปอร์เซนต์การหดตัวเมื่อแห้งไม่เป็นที่น่าสนใจนัก เพราะตามปกติการทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ ส่วนมากไม่ใช่เนื้อดินชนิดเดียว แต่จะใช้เนื้อดินผสม ฉะนั้นการหดตัวเมื่อแห้งของเนื้อดินผสมจึงเป็นที่น่าสนใจกว่า
3. **ความแข็งแกร่งเมื่อแห้ง** เป็นคุณสมบัติที่แสดงถึงความทนทานของดินต่อแรงที่มากระทบกระเทือน ดินที่มีความแข็งแกร่งดี เมื่อแห้งแล้วนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์จะสามารถย้ายเคลื่อนที่ได้โดยไม่แตกหัก โดยทั่ว ๆ ไป ดินชนิดใดก็ตามที่มีความเหนียวมาก จะมีความแข็งแกร่งมากภายหลังจากการตากแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. **สีของดิน** สีของดินที่ยังไม่ได้เผามักเกิดจากเหล็กและ Carbonaceous matter ในดิน นอกจากนี้บางครั้งอาจมีแร่มังกานีส หรือติตาเนียมปนด้วย ดินใดที่ไม่มีสิ่งดังกล่าวปนอยู่จะมีสีขาวเสมอ

Limonite ($2Fe_2O_3.3H_2O$)	ทำให้ดินมีสีครีม เหลืองและน้ำตาล
Pyrite(FeS_2)	จะเป็นสีทองในบางส่วนของดิน
Hematite (Fe_2O_3)	ทำให้ดินเป็นสีแดง
Iron Silicate	ทำให้ดินเป็นสีเขียว หรือค่อนข้างเขียว
Manganese & Titanium	ทำให้ดินเป็นสีน้ำตาล
Cabonaceous matter	ทำให้ดินเป็นสีน้ำเงิน เทา ดำ น้ำตาลและเขียว

5. **การหดตัวเมื่อเผา** ดินมีเปอร์เซนต์การหดตัวเมื่อเผาแตกต่างกัน แล้วแต่สิ่งเจือปน ซึ่งอยู่ในดิน บางทีอาจหดตัว 6-7 เปอร์เซ็นต์ และถ้าเผาถึงจุดสุกตัวจะหดตัวประมาณ 20% เมื่อเผาดินจะเกิดปรากฏการณ์ที่อธิบายได้ ดังนี้

1. ***Dehydration Period*** แบ่งออกเป็น 2 ระยะ

1.1 Mechanical dehydration หรือ water smoking เริ่มตั้งแต่อุณหภูมิ 20°C -150°C ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นคือ น้ำที่ผสมในดินจะเริ่มระเหยออกมาเป็นควันลอยขึ้นจนกว่าดินจะแห้งสนิท และไม่มีน้ำดังกล่าวเหลืออีก ดินจะมีสภาพแข็งกว่าเดิม ถ้าหยุดให้ความร้อนและนำดินนั้นมาผสมกับน้ำอีกครั้ง ดินจะอ่อนและมีความเหนียวเหมือนเดิม

1.2 Chemical dehydration หรือ Chemical water smoking เริ่มตั้งแต่อุณหภูมิ 150°C – 600 °C ถ้าให้ความร้อนแก่ดินต่อจากระยะแรก โมเลกุลของดินจะแตก และส่วนที่เป็นน้ำของโมเลกุลจะระเหยออกไป เหลือดินในรูปของ Meta Kaoline ($Al_2O_3.2SiO_2$) ถ้าหยุดเผาแล้วนำดินไปผสมกับน้ำอีกครั้งหนึ่ง ดินจะยังคงแข็งและไม่มีความเหนียวอีกต่อไป

2. ***Oxidation Period*** เริ่มตั้งแต่อุณหภูมิ 350° C - 950 °C สิ่งต่าง ๆ ที่ปะปนมากับดิน เช่น เศษไม้ ใบหญ้า จะถูกเผาไหม้ให้หมดไป นอกจากนี้เศษแร่ต่าง ๆ เช่น พวกคาร์บอนเนต ซัลเฟต และซัลเฟต จะแตกตัวออกด้วยในระยะนี้ คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดินจะเกี่ยวกับน้ำหนัก ขนาด สีและความพรุน

3. ***Vitrification Period*** เริ่มตั้งแต่ 900°C ขึ้น Vitrification คือระยะหนึ่งของการเผา ซึ่งประกอบด้วย

3.1 ส่วนผสมในเนื้อดินบางชนิดเริ่มหลอมละลาย

3.2 ส่วนที่หลอมละลายจะพยายามละลายส่วนที่ไม่หลอมให้เป็นเนื้อเดียวกัน

3.3 ส่วนที่ละลายจะไหลไปตามช่องว่างทำให้เนื้อดินแน่นทึบขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ถ้าหากมีส่วนผสมและอุณหภูมิที่พอเหมาะ อาจเกิดการตกผลึกใหม่ในเนื้อดินได้ ทั้งนี้เป็นเพราะอลูมินาและซิลิก้าในเนื้อดินจะรวมตัวกันเป็น Mullit ($3Al_2O_3.2SiO_2$) มีลักษณะเป็นผลึกรูปเข็ม ทำให้ดินมีความแข็งแกร่งเพิ่มขึ้น ถ้าเนื้อดินมีส่วนที่หลอมละลายมากเกินไปจะทำให้ดินยุบตัวลงได้

คุณสมบัติที่เปลี่ยนไป	ระยะในการเผาและช่วงอุณหภูมิ		
	Dehydration 20 C - 600 C	Oxidation 350 C - 950 C	Vitrification 900 C ขึ้นไป
สี	สีอ่อนลง	1.ดินที่มีเหล็กจะมีสีเข้มขึ้น 2.ดินที่มี Carbonaceous matter จะมีสีอ่อนลง	สีเข้มขึ้น
ความพรุนตัว	เพิ่มขึ้น	เพิ่มขึ้น	ลดลง
การหดตัว	เพิ่มขึ้น	ขยายตัวเล็กน้อย	เพิ่มขึ้น
น้ำหนัก	ลดลง	ลดลง	เกือบคงที่
ความแข็งแกร่ง	เพิ่ม	ลดลงนิดหน่อย	เพิ่ม

ตารางที่ 2.8.2
คุณสมบัติของดินที่เปลี่ยนไปในระยะการเผาต่างๆ

วัตถุดิบพวกที่ไม่มีความเหนียว

1. **ซิลิก้า (SiO2)** โดยมากเกิดในหินแกรนิต (Granite) ในรูปของควอตซ์ ใช้ผสมเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบ นอกจากนี้ยังใช้ในการทำแก้ว Enamel และวัตถุทนไฟ ทั้งนี้เพราะมีความทนไฟสูง ควอตซ์มีลักษณะแตกต่างกันแล้วแต่การเกิดในธรรมชาติ เช่นพวกที่เป็นผลึกจะมีผิวเรียบ และวาวคล้ายแก้ว ถ้ามีความบริสุทธิ์สูงจะไม่มีสี สีที่เห็นทั่ว ๆ ไป มีทั้งเหลือง แดง ชมพู น้ำตาล ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสิ่งที่เจือปนอยู่ ควอตซ์นอกจากจะเกิดเป็นผลึกแล้วอาจเกิดในรูปของ Massive Rock พวกนี้จะมีเนื้อหยาบและไม่โปร่งใสเหมือนชนิดที่เป็นผลึก หินควอตซ์เมื่อเผาที่อุณหภูมิต่ำ รูปโครงสร้างเรียกว่า Quartz ถ้าได้รับความร้อนสูงขึ้นจนถึงอุณหภูมิ 573°C จะเปลี่ยนโครงสร้างเป็นอีกชนิดหนึ่งกลายเป็นควอตซ์ที่มีอุณหภูมิสูง มีการขยายตัวเพิ่มมากขึ้น เรียกว่า B Quartz และเมื่อเผาถึงอุณหภูมิที่ 870°C Quartz จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงถ้าไม่มี flux ปะปน และเมื่อเผาจนอุณหภูมิสูงขึ้นอีก จะเปลี่ยนเป็น Cristobalite และหรือ Tridymite โดยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและสิ่งเจือปน

Cristobalite เกิดขึ้นเมื่อเพิ่มความร้อนแก่หินควอตซ์ที่มี Mineralizer ที่อุณหภูมิสูงประมาณ 1200 C และตัวมันเองจะแสดงการเปลี่ยนรูปจากโครงสร้างในอุณหภูมิสูงเป็นรูปโครงสร้างในอุณหภูมิต่ำ ที่อุณหภูมิระหว่าง 200-250 °C จะมีการเปลี่ยนแปลงขนาดด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tridymite เป็นรูปหนึ่งของซิลิก้า เกิดจากการให้ความร้อนควอตซ์ที่รักษารูปคงที่ที่อุณหภูมิสูงเกินกว่า 1470 ° C เช่นเดียวกับ Cristobaltite การจะเกิดขึ้นได้ก็ต้องอาศัย Mineralizer ช่วย จนทำให้เกิดความรู้สึกว่า Tridymite ไม่ได้เกิดจาก SiO2 ที่บริสุทธิ์

SiO_2	ความถ่วงจำเพาะ(ถ.พ.)
Quartz	2.65
Tridymite	2.27
Cristobalite	2.33
Quartz glass	2.21
Flint	2.26

ตารางที่ 2.8.3

รูปต่าง ๆ ของซิลิก้า ซึ่งให้ค่าถ่วงจำเพาะต่างกัน

ซิลิก้า นอกจากเกิดในรูปของแต่ควอทซ์แล้ว ยังเกิดในรูปของทรายแก้ว Quartzite อีกด้วย

2.หินฟันม้า (Feldspar) ทางเซรามิกส์ใช้หินฟันม้าทำเป็นตัวช่วยหลอมละลาย (Flux) ผสมทั้งในเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบ หินฟันม้าเป็นอัลคาไลน์หรืออัลคาไลน์เอิร์ธ อลูมิเนียมซิลิเกต เป็นหินแร่ที่เกิดในหินอัคนี (Igneous Rock) โดยมากเกิดรวมกับหินควอตซ์และไมก้า ในธรรมชาติ ส่วนที่เป็นอัลคาไลน์และอัลคาไลน์เอิร์ธ ของหินฟันม้ามีโซเดียวโปแตสเซียม คัลเซียม ปะปนอยู่ ในเปอร์เซนต์ต่าง ๆ จึงมีชื่อเรียกต่าง ๆ กัน ดังนี้

Potash feldspar (Orthoclase or Microcline) $K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$

Soda feldspar (Albite) $Na_2O.Al_2O_3.6SiO_2$

Lithium feldspar (Petalite) $Li_2O.Al_2O_3.8SiO_2$

Lime feldspar (Anorthite)$CaO,Al_2O_3.2SiO_2$

Barium feldspar (Celsian) $BaO.Al_2O_3.2SiO_2$

คุณสมบัติของหินฟันม้าแตกต่างกันตามชนิดของหินควอตซ์และสารอื่น ๆ ที่ปะปนอยู่ด้วย แต่พอสรุปคุณสมบัติได้ดังนี้

จุดหลอมละลาย 1110 °C – 1532 °C

ความถ่วงจำเพาะ 2.56 - 2.63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแข็ง (Moh's Scale) 6.0 - 6.5

หินฟันม้ามีลักษณะคล้ายแก้ว (Vitreous)และวาวเหมือนมุก ъPearly luster) สีมีตั้งแต่สีขาว ครีม ชมพู น้ำตาลอ่อน แดง เทา เขียว มีทั้งชนิดใสและขุ่น กลุ่มแร่ที่ควรรู้จัก มี

1. **Cornish Stone** บางครั้งเรียก China Stone เป็นกลุ่มแรกของ Feldsparthic rock ที่ประกอบด้วยแร่ Feldspar, Kaolin, Mica, Fluorspar เล็กน้อย
2. **Nepheline Syenite** เป็น Igneous rock คล้ายหินแกรนิต แต่ไม่มี Free quartz ส่วนประกอบมีแร่ Nepheline Microcline (Potash Feldspar) และ Albite (Soda Feldspar) สูตรส่วนประกอบทางเคมี มีดังนี้

K_2O	$3Na_2O$	$4Al_2O_3$ $9SiO_2$	
7.67%	15.14%	33.19%	44.00%

ประโยชน์ใช้แทนบางส่วนของ Felspar และจะทำให้อุณหภูมิมีการสุกตัวลดลงมาด้วย โดยมากใช้ผสมใน Sanitary body, Floor tile, Wall tile, Electrical porcelain, Earthenware (Semi Vitreous) &Vitreous body

3.คัลเซียมและคัลเซียมซิลิเกต ใช้ 2-3% ของ CaO ผสมทำเนื้อดินปั้นประเภท Earthenware body เพื่อกันการราน ญี่ปุ่นนิยมทำ Wall Tile Bodies โดยผสม 10 – 15% CaO จะทำให้เนื้อเบา มีการหดตัวน้อยลง สุกตัวที่อุณหภูมิประมาณ 1000°C - 1130°C มีเปอร์เซนต์ดูดซึมน้ำ 18-22 % ไม่ทำให้เกิดการรานและร่อนง่าย เคลือบที่มี CaO อยู่ในส่วนผสมจะมีคุณสมบัติพิเศษ คือ

1. มีความแข็งดี
2. ทนต่อการกัดกร่อนของกรดเจือจาง
3. ช่วยลดเปอร์เซนต์การขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน

วัตถุดิบที่ให้ CaO คือ

หินปูน	(CaCO3)
หินอ่อน	(CaCO3)
คัลไซท์	(CaCO3)
หิน Wollastonite	(CaSiO3)
ยิปซัม	(CaSO4.2H2O)

สำหรับแร่ยิปซัมมีในธรรมชาติ ถ้านำมาเผาอุณหภูมิประมาณ 150 °C น้ำบางส่วนจะระเหยไป ส่วนที่เหลืออยู่จะเป็นปูนปลาสเตอร์ ใช้เป็นวัตถุในการสร้างและทำแบบพิมพ์ทางเซรามิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. มักเนเซียมและมักเนเซียมซิลิเกต (Talcum & Steatite) มีลักษณะนุ่ม มีสีขาวถึงสีเขียวอ่อน ที่ผิวดูเยิ้มคล้ายน้ำมัน (Greasy feel)

Talcum	Steatite
3MgO.4SiO2.H2O	4MgO.5SiO2.H2O
SiO2 63.4%	62.70%
MgO 31.9%	33.5%
H2O 4.7%	3.8%

ประโยชน์

1. ใช้ทำฉนวนไฟฟ้าชนิด Steatite insulators ซึ่งเป็น Electrical insulator ใช้ Talcum 70-90%
2. ถ้าในเนื้อดินปั่นมีส่วนผสมใกล้เคียงกับ Cordierite คือ 2MgO.2Al2O3.5SiO3 จะทำให้เนื้อดินปั่นมีการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนน้อยลง ทำให้ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิโดยกระทันหันได้ดี
3. เป็นตัวช่วยหลอมละลาย จะลดอุณหภูมิที่ต้องการให้ต่ำลงมา โดยลด Porosity และเพิ่ม Strength ใช้แทน Feldspar บางส่วนได้ การใช้มีดังนี้

ใน Steatite Insulator	ใช้ 70-90 %
ใน Earthenware wall tile	ใช้ 50%
ใน Porous dinner ware body	ใช้ 10%

5. มักเนไซท์ ($MgCO_3$) ใช้สำหรับทำเคลือบและทำวัตถุทนไฟ

6. Pyrophyllite (Agalmatolite) มีคุณสมบัติทางฟิสิกส์คล้ายกับ Talcum Pyrophyllite เป็น Hydrous Aluminium Silicate ($Al_2O_3.4SiO_2.H_2O$) โดยปกติมีความนุ่ม แต่เนื่องจาก Quartz เป็นแร่เจือปนอยู่จึงทำให้แข็ง

$Al_2O_3.4SiO_2.H_2O$

$Al2O_3$	28.3%
SiO_2	66.7%
H_2O	5.0%

Vitrification Range cone 8-15

Melting Point (M.P.)	1700° C
Hardness	1-2 Moh's Scale

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์

1. ใช้แทนส่วนที่เป็นดิน Quartz และ Feldspar ได้ โดยทำให้เกิดการขยายตัวน้อยเมื่อถูกความร้อน
2. เพิ่ม Firing Range ,Fired Strength
3. ใช้เช่นเดียวกับ Talcum โดยผสมในกระเบื้องบุห้องน้ำและ dinner ware แต่ใส่ไม่เกิน 40% ของดิน เพราะจะทำให้ความเหนียวของ body ลดลง นอกจากนี้ยังผสมทำอิฐทนไฟด้วย

7. Silimanite, Kyanite และ Andalusite วัตถุดิบทั้ง 3 ชนิดนี้มีสูตรเหมือนกันคือ Al2SiO5 แต่มีคุณสมบัติทางฟิสิกส์ต่างกัน

1. Silimanite ถ้าเผาอุณหภูมิสูงถึง 1550 C จะให้ผลึก Mullite และ Cristoballite โดยไม่ทำให้ปริมาตรเปลี่ยนไป ใช้ทำวัตถุทนไฟ
2. Kyanite ถ้าเผาที่อุณหภูมิ 1300C จะให้ Mullite และ Cristobalite และจะทำให้มีปริมาตรเปลี่ยนไปด้วย ใช้ทำวัตถุทนไฟ แต่ต้องนำมาเผาก่อน
3. Andalusite เมื่อเผาถึงอุณหภูมิ 1350°C จะให้ Mullite และ Cristobalite และจะทำให้มีปริมาตรเปลี่ยนไปด้วย ใช้ทำวัตถุทนไฟ แต่ต้องนำมาเผาก่อนเช่นเดียวกับ Kyanite

8. Alumina (Al_2O_3) Alumina ที่เกิดเป็นผลึกคือ Corundum ใช้ในการทำ Abrasive นอกจากนี้ Alumina ยังเกิดในรูปที่มีน้ำอยู่ด้วย เช่น Diaspore ($Al_2O_3.H_2O$) Bauxite ($Al_2O_3.2H_2O$) และ Gibbsite ($Al_2O_3.3H_2O$) ถ้านำเอาอลูมินามาเผาไล่น้ำออกและเพิ่มอุณหภูมิให้สูงพอที่จะไม่ทำให้หดตัวอีกต่อไป ใช้ทำวัตถุทนไฟประเภทที่มี Alumina สูง

การเตรียมวัตถุดิบ

ถ้าผู้ประกอบการอุตสาหกรรมเซรามิกส์ในประเทศ สั่งวัตถุดิบจากต่างประเทศมาใช้ ผลที่ได้จะไม่คุ้มรายจ่าย ฉะนั้นควรใช้วัตถุดิบภายในประเทศเป็นหลัก การผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์แต่ละชนิดมีองค์ประกอบเกี่ยวเนื่องกันหลายอย่าง เช่น ส่วนผสม ความแน่นทึบ ความแข็งแกร่ง ความทนไฟ สิ่งเหล่านี้มีผลเนื่องมาจากขนาดความละเอียดของวัตถุดิบที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์ในส่วนผสมของวัตถุดิบอย่างเดียวกัน ถ้าใช้ขนาดความละเอียดของวัตถุดิบต่างกัน ผลที่ได้ย่อมต่างกัน เช่น ถ้าใช้วัตถุดิบที่มีความละเอียดมาก โดยผ่านแร่ง 100 ช่องใน 1 นิ้ว มาผสมทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ ผลที่ได้รับจะได้เครื่องปั้นที่มีเนื้อแน่น แข็ง และจะละลายเป็นเนื้อเดียวกันได้ง่ายเมื่อใช้ไฟแรง ๆ เผา แต่ถ้าใช้วัตถุดิบที่มีความละเอียดโดยผ่านแร่งประมาณ 40 ช่องใน 1 นิ้ว ผลที่ได้รับจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อหยาบไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แน่น และทนความร้อนได้สูง ไม่ละลายง่าย การเตรียมวัตถุดิบแบ่งออกเป็น 2 อย่าง ตามประเภทของวัตถุดิบ

1. วัตถุดิบประเภทดิน
2. วัตถุดิบประเภทหิน

การเตรียมวัตถุดิบประเภทดิน

ต้องทำการล้างเอาทราย รากไม้และใบไม้ออกให้ได้แต่เนื้อดินเท่านั้น การล้างทำได้ 2 วิธี คือ

1. ล้างแบบแรงศูนย์ถ่วง (Gravitation) เมื่อเอาดินมาบดละลายน้ำ ทราย ซึ่งมีน้ำหนักมากกว่าเนื้อดินจะจมอยู่ตอนล่าง น้ำดินจะลอยอยู่ตอนบนแยกออกมาจากทรายได้ ดินบางแหล่งจมตัวง่าย แยกจากทรายได้ยาก ต้องใส่สารเคมีบางอย่างให้ดินลอยตัว จึงจะแยกออกจากทรายได้ สารเคมีพวกนี้เป็นพวกด่าง เช่น Na2CO3 หรือ K2CO3 สารที่ใส่ลงไปให้ดินลอยตัวนี้เรียกว่า Deflocculants ดินบางแห่งลอยตัวมากเมื่อแยกตัวมากเมื่อแยกทรายออกไปหมดแล้ว แต่ไม่แยกตัวกับน้ำต้องใส่สารเคมีบางอย่างลงไปให้ดินจมตัว สารเคมีพวกนี้เป็นพวกกรด เช่น สารส้ม สารที่ใส่ลงไปให้ดินจมตัวนี้เรียกว่า Flocculants

2. ล้างแบบใช้ไฮโดรไซโคลน (Hydrocyclone) เอาดินบดละลายน้ำปั๊มเข้าเครื่อง Hydrocyclone แรงดันที่ปั๊มเข้าไปในรูปทรงกรวยจะทำให้เกิดการหมุนของน้ำโคลน น้ำโคลนจะเลยอออกไปตามท่อตอนบนและออกทางท่อน้ำโคลนออก ส่วนทรายจะตกลงมาตอนล่างและออกทางช่องทรายออก กำลังอัดของปั๊มขึ้นอยู่กับขนาดของไซโคลน การปฏิบัติงานทำได้รวดเร็ว และได้ปริมาณมากกว่าวิธีแรก

การเตรียมวัตถุดิบประเภทหิน

ต้องนำหินมาย่อย ก่อนที่จะย่อยต้องเอามาล้างด้วยน้ำ ขัดด้วยแปรงลวดจนหมดดินโคลนและสนิม แล้วจึงนำเข้าเครื่องย่อยหิน (Crusher) และเครื่องบดหิน ซึ่งมี

1. เครื่องย่อยหิน ซึ่งมี 3 แบบ คือ

1.1 Jaw Crusher

1.2 Rolling Mill

1.3 Hammer Mill

เครื่องย่อยหินนี้ย่อยลงได้ขนาด 5 นิ้ว ถึง 1 นิ้ว เท่านั้น

2. เครื่องบดหิน (Edge Runner) เป็นเครื่องบดแห้งซึ่งลูกกลิ้งอาจทำด้วยเหล็กหรือหินแกรนิตก็ได้ ย่อยลงมาได้ขนาดเพียง 8 เม็ช หรือ 1/8 นิ้ว เท่านั้น

3. เครื่องบดบอลมิล (Ball Mill) เป็นเครื่องบดเปียก ซึ่งเกี่ยวข้องกับสิ่งต่อไปนี้

3.1 ปริมาณของที่บด

3.2 ปริมาณของลูกบด

3.3 ปริมาณของน้ำ (50-60)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 จำนวนรอบของการหมุน (ใหญ่ 25 รอบ เล็ก 30 รอบต่อนาที) ความละเอียดของการบดด้วยบอลมิลได้ถึง ขนาด 200-250 เม็ช

การเตรียมเนื้อดินปั้น

เซรามิกส์มีหลายชนิด บางชนิดมีเนื้อหยาบ เช่น อิฐ กระเบื้อง กระเบื้อง เบ้าและวัตถุทนไฟต่าง ๆ ซึ่งไม่ต้องใช้วัตถุดิบ ที่มีเนื้อละเอียดมากในการผลิต ฉะนั้น ในการผลิตจึงอาจใช้วัตถุดิบที่เตรียมไว้มาผสมทำได้เลย แต่ถ้าเป็นเซรามิกส์ที่มีเนื้อละเอียด เช่น พอร์ซเลน (Porcelain) หรือเอิร์ทเทนแวร์ (Earthenware) ต้องเอาวัตถุดิบที่เตรียมไว้มาผสมก่อน แล้วบดให้ละเอียดอีกหนหนึ่งด้วยเครื่องบดที่เรียกว่า บอลมิล (Ball Mill) การเตรียมเนื้อดินปั้นแบ่งออกเป็น 2 อย่าง คือ

1. การเตรียมเนื้อดินปั้นในห้องทดลอง (Laboratory research)
2. การเตรียมเนื้อดินปั้นในโรงงาน

การเตรียมเนื้อดินปั้นในห้องทดลอง

ดินขาว ดินเหนียว ที่ล้างแล้วตากแห้งบดผ่านแร่ง 100 เม็ช หินต่าง ๆ ที่ตากแห้งแล้วบดผ่านแร่ง 100 เม็ช ชั่งน้ำหนักตามอัตราส่วนผสมใส่ลงไปในบอลมิล เติมน้ำบดประมาณ 8 ชั่วโมง ผ่านแร่ง 250 เม็ช ผ่านเครื่องแยกเหล็ก ถ้าจะนำไปหล่อในแบบพิมพ์ก็เติมโซเดียมซิลิเกตลงไป 0.5 % กวนให้เข้ากัน หรือถ้าจะเอาไปปั้นก็นำไปเข้าเครื่องกรองอัด (Filter press) เอาน้ำออกแล้วเข้าเครื่องนวดไล่อากาศ (Pug mill dearing) ให้เนื้อแน่นและเข้ากันดีแล้วนำไปขึ้นรูปแบบปั้นได้

การเตรียมเนื้อดินปั้นในโรงงาน

ดิน

สูบน้ำดินที่ล้างแล้วเข้าถังวัดปริมาตร

(คิดคำนวณเป็นน้ำหนักโดยเอาน้ำดิน

100 CC มาระเหยจนแห้งแล้วชั่งเนื้อดิน)

หิน

ชั่งน้ำหนักตามอัตราส่วนในบอลมิล

↓

นำดินและหินมาผสมกัน

↓

ปล่อยลงถังกวนผสมตามจำนวนที่ต้องการ

↓

ผ่านเครื่องแยกเหล็ก (Magnetic Separator)

↓

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ่านแร่ง 200-500 เม็ช (Shaking Sieve)

↓

ถังกวนผสม

↓

เครื่องกรองอัด (Filter press)

↓

เครื่องนวด (Kneading Machine)

↓

เครื่องรีดดินไล่อากาศ (Dearing Pug Mill)

↓

หมัก (Aging)

การหมักควรหมักในห้องที่มิดชิด โดยเอาท่อนดินที่ออกจากเครื่องรีดไล่อากาศออกแล้วใส่ไว้ภายในห้อง ฉีดน้ำให้ชุ่มอยู่เสมอ ยิ่งนานวันความเหนียวของเนื้อดินปั้นก็จะเพิ่มมากขึ้น โดยอำนาจของความชื้นแฉะและแบคทีเรีย แล้วนำมาเข้าเครื่องนวดและเครื่องรีดไล่อากาศอีกครั้งหนึ่งก่อนที่จะนำไปใช้ในการขึ้นรูปโดยการปั้น

การทดสอบคุณสมบัติของเนื้อดินปั้น

1.ความขาว (Whiteness) วัดด้วยเครื่อง Photovoltmeter เทียบกับความขาวของ Barium Carbonate หรือ Barium Oxide ($BaCO_3$ or BaO) เป็น 100%

2. ความหดตัว (Shrinkage) เผาในอุณหภูมิของการเผาเคลือบผลิตภัณฑ์เพื่อนำไปขยายแบบ

3. ความดูดซึมน้ำ (Water Absorption) เพื่อทราบอุณหภูมิสุกตัวของเนื้อดิน ความประสงค์เพื่อเลือกใช้น้ำยาเคลือบที่มีอุณหภูมิใกล้เคียงกันหรือต่ำกว่า

4. ความแข็งแกร่ง (Strength) ให้เข้ามาตรฐานตามชนิดของเครื่องเคลือบดินเผา

4.1 ความต้านทานแรงกดอัด (Compressive Strength)

4.2 ความต้านทานแรงดึง (Tensile Strength)

4.3 ความต้านทานแรงกระแทก (Impact Test)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.3 รูปทรงและการออกแบบเครื่องปั้นดินเผา

เครื่องปั้นดินเผาความสัมพันธ์กับชีวิตมนุษย์อย่างใกล้ชิด มาแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน เครื่องปั้นดินเผาถูกนำมาใช้ในรูปร่างต่าง ๆ กัน เช่น ทำเป็นเครื่องใช้ส่วนตัวได้แก่ เครื่องประดับ ภาชนะบรรจุอาหาร เครื่องสุขภัณฑ์ ทำเป็นส่วนประกอบในการก่อสร้าง ได้แก่อิฐ และกระเบื้องประเภทต่าง ๆ รวมไปถึงใช้ในการตกแต่งสภาพแวดล้อม เช่น อิฐ ทางเดิน เป็นต้น นอกจากนี้ความก้าวหน้าด้านวัสดุศาสตร์ปัจจุบัน สามารถผลิตวัสดุใหม่ ใช้สำหรับผลิตส่วนประกอบที่นำไปใช้กับสิ่งประดิษฐ์อื่น ๆ เช่น เครื่องจักร เครื่องอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ อีกมากมาย ทำให้มีวิทยาการและเทคโนโลยีที่ก้าวหน้าและมีส่วนช่วยให้เครื่องปั้นดินเผาพัฒนาจากหัตถกรรม(Craft) กลายเป็นอุตสาหกรรม (Industrial) และเป็นอุตสาหกรรมหลักที่ช่วยส่งเสริมเศรษฐกิจให้แก่หลายประเทศ

การพัฒนาเป็นอุตสาหกรรมของเครื่องปั้นดินเผาไม่ได้ทำให้ลักษณะที่เป็นหัตถกรรมสูญหายไป เพราะเครื่องปั้นดินเผาเป็นศาสตร์ที่มีลักษณะเฉพาะตัว สามารถผลิตได้ทั้งเป็นหัตถกรรม อุตสาหกรรม และยังทำเป็นงานศิลปะได้อีกด้วย โดยที่แต่ละลักษณะมีเอกลักษณ์เฉพาะตัวที่ไม่สามารถทดแทนกันได้

ผลงานที่มีลักษณะเป็นงานหัตถกรรม (Craft)

หัตถกรรม (Craft) มีความหมายชัดเจนตามชื่อ หมายถึงผลงานใด ๆ ที่ทำด้วยมือนั่นเอง แต่เดิมในอดีตมนุษย์เรียนรู้วิธีการทำเครื่องปั้นดินเผาด้วยวิธีง่าย ๆ ด้วยการปั้นเป็นรูปทรง ๆ ต่าง ด้วยมือเปล่าเท่านั้น ต่อมาจึงมีการประดิษฐ์เครื่องมือจากวัสดุที่หาได้จากธรรมชาติ ถึงแม้เครื่องมือเครื่องใช้เหล่านี้จะช่วยทำให้การทำงานสะดวกสบายและรวดเร็วขึ้นเท่าใดก็ตาม การทำงานส่วนใหญ่ยังต้องอาศัยความสามารถของผู้ทำเป็นสำคัญ ฝีมือ (Skill) ของผู้ทำการขึ้นรูป จะเป็นตัวสร้างรูปทรงอย่างที่เขาต้องการได้ ผลงานที่ได้จึงยังจัดเป็นหัตถกรรม (Craft) อยู่

รูปทรงเครื่องปั้นดินเผาประเภทนี้นั้น ส่วนใหญ่เกิดจากความจำเป็นในการใช้สอย และอาจมีอิทธิพลของขนบธรรมเนียมประเพณีมาเกี่ยวข้อง อาจทำให้รูปทรงเครื่องปั้นดินเผามีลักษณะเปลี่ยนไป การนำเอาธรรมชาติรอบตัวมาใช้ ดัดแปลงเป็นเครื่องใช้ หรือใช้เป็นส่วนประดับตกแต่งบนผิวเครื่องปั้นดินเผา ผลงานเหล่านี้จึงมีความงามอย่างแท้จริง และมีความเรียบง่าย (Simplicity) การประดับตกแต่งอาจมีบ้าง แต่มักจะเป็นไปอย่างง่าย ๆ เช่น การขูดขีดด้วยมือ หรือใช้วัสดุใกล้มือกดให้เป็นลวดลาย เทคนิคการผลิตจะถูกถ่ายทอดให้ลูกหลานและดำเนินการผลิตสืบต่อกันไปเรื่อย ๆ บางครั้งงานประเภทนี้ถูกจัดอยู่ในกลุ่มศิลปะพื้นบ้าน (folk arts)

หัตถกรรมเครื่องปั้นดินเผาปัจจุบันผลิตเครื่องใช้หลายชนิด การผลิตได้พัฒนาให้ผลิตออกเป็นจำนวนมากคล้ายกับระบบอุตสาหกรรม แต่ยังผลิตด้วยมือ จึงทำให้มีความแตกต่างกันบ้าง งานประเภทนี้จึงเรียกว่า หัตถกรรมอุตสาหกรรม (Industrial Craft) การผลิตงานหัตถกรรมหรือหัตถอุตสาหกรรมนั้น ทำได้ง่ายในประเทศกำลังพัฒนา เพราะมีแรงงานมาก และค่าแรงงานต่ำ ต่างกับประเทศพัฒนาแล้ว ซึ่งมีความเจริญด้านวัตถุถึงที่สุด จึงเกิดค่านิยมที่แตกต่างกัน งานหัตถกรรมใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเทศกำลังพัฒนานั้นจะมีราคาไม่สูงนัก เพราะผลิตง่าย ไม่ต้องอาศัยเทคโนโลยีสมัยใหม่ และค่าแรงงานต่ำดังกล่าวแล้ว ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีราคาต่ำไปด้วย ซึ่งตรงข้ามกับประเทศที่พัฒนาแล้ว ถึงแม้จะมีเทคโนโลยีและความพร้อมด้านวัตถุสูง แต่ไม่สามารถหาผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ได้ง่ายนัก เพราะค่าแรงงานสูง ประเทศเหล่านี้จะให้ความสำคัญและเห็นคุณค่าของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตด้วยมือ ทำให้ผลิตภัณฑ์หัตถกรรมมีราคาสูง และผู้ผลิตได้รับการยกย่องว่าเป็นผู้มีความสามารถ ประเทศกำลังพัฒนาหลายประเทศจึงหันมาให้ความสนใจกับผลงานทางหัตถอุตสาหกรรม เพราะเป็นทางหนึ่งที่ส่งเสริมเศรษฐกิจและสร้างงานให้กับประชากรของประเทศ

ตั้งแต่ศตวรรษที่ 18 เป็นต้นมา มีการพัฒนาเทคโนโลยีในการผลิตมาจนถึงปัจจุบัน ระบบการผลิตบางระบบสามารถควบคุมโดยกลไกอัตโนมัติ ทำให้ลดค่าใช้จ่ายลงไปได้มาก แต่อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาเหมาะกับการผลิตเป็นจำนวนมากจึงจะลดค่าใช้จ่าย ถ้าจำนวนการผลิตไม่มากนักการผลิตในลักษณะหัตถอุตสาหกรรมจะทำได้ในราคาที่เหมาะสมกว่า ในระบบอุตสาหกรรมสามารถทำรูปแบบและขนาดได้มากมายแทบจะไม่มีขีดจำกัด ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบ เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิต โดยมีฝ่ายออกแบบที่ทำหน้าที่สำรวจความต้องการและออกแบบผลิตภัณฑ์ให้สนองความต้องการของสังคมได้

ผลงานที่มีลักษณะเป็นศิลปะ (Arts)

งานประเภทนี้มักเป็นงานที่สร้างขึ้นด้วยแรงบันดาลใจของศิลปิน (Artist) เพื่อถ่ายทอดความหมายนั้นให้แก่ผู้ชม ส่วนใหญ่จะมีเพียงชิ้นเดียว และมีราคาสูง อาจกำหนดแน่นอนได้ ขึ้นอยู่กับความสามารถส่วนตัวของศิลปิน และความรู้ด้านการผลิตเครื่องปั้นดินเผาของศิลปินนั้นด้วย

จะเห็นได้ว่าพัฒนาการที่เกิดกับเครื่องปั้นดินเผาจากอดีตจนถึงปัจจุบัน มนุษย์คือผู้มีอิทธิพลสูงสุด ถ้าจะพัฒนาเครื่องปั้นดินเผาต่อไปในอนาคต จะต้องมุ่งไปที่มนุษย์เป็นสำคัญ เชื่อกันว่าวิวัฒนาการด้านหนึ่งคือการให้การศึกษา ปัจจุบันการศึกษาด้านเครื่องปั้นดินเผาได้รับการสนับสนุนอย่างเต็มที่ มีการแบ่งระดับการศึกษาและแบ่งแนวทางการศึกษาอย่างชัดเจน เช่น การศึกษาที่เน้นไปทางด้านวัสดุศาสตร์ เน้นด้านเทคโนโลยี และเน้นทางด้านการออกแบบเพื่อผลิตบุคลากรที่ได้มาตรฐานในแต่ละด้านมาทำงานร่วมกัน และเป็นโอกาสที่จะพัฒนาได้อย่างเต็มที่ นอกจากการให้การศึกษาแก่ผู้ที่จะมาดำเนินการผลิตแล้ว จะต้องให้การศึกษากับสังคม และประชากรซึ่งเป็นผู้ใช้เครื่องปั้นดินเผาด้วย เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจถึงคุณค่า และวิธีการเลือกใช้เครื่องปั้นดินเผาอย่างถูกต้องเหมาะสมต่อไป

ความคิดของมนุษย์พัฒนาไปพร้อม ๆ กับการค้นพบวัสดุและกรรมวิธีการผลิตใหม่ ๆ ทำให้สิ่งของเครื่องใช้ของมนุษย์มีการพัฒนาก้าวหน้าจนถึงปัจจุบัน เครื่องปั้นดินเผาเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทหนึ่งซึ่งพัฒนารูปทรงจากอดีตจนถึงปัจจุบัน ซึ่งอาจแบ่งประเภทของรูปทรง (Form) ของเครื่องปั้นดินเผาได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้คือ

1. รูปทรงที่จำลองมาจากธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มนุษย์มีความผูกพันกับธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ความคุ้นเคยกับรูปทรง และความสะดวกในการเลือกใช้สิ่งที่มีอยู่แล้ว ทำให้มนุษย์ประยุกต์รูปร่างที่เกิดในธรรมชาติ มาผลิตเป็นเครื่องปั้นดินเผา โดยเลือกลักษณะธรรมชาติที่สื่อกับหน้าที่ใช้สอย เช่น ลักษณะของผลไม้มาทำเป็นภาชนะที่ต้องใช้เนื้อที่ภายใน ลักษณะใบไม้ใช้ทำจาน หรืออาจเลือกเอาลักษณะของธรรมชาติมาประดับตกแต่งบนพื้นผิวผลิตภัณฑ์ เป็นต้น

2. รูปทรงที่มนุษย์สร้างขึ้น

เมื่อเทคโนโลยีก้าวหน้ามีกรรมวิธีการผลิตที่สะดวกและรวดเร็วขึ้น รูปทรงต่าง ๆ ตามธรรมชาติบางประเภทอาจจะไม่เหมาะ และผลิตภัณฑ์สำหรับหน้าที่ใช้สอยบางประการไม่เหมาะที่จะใช้รูปทรงจากธรรมชาติ มนุษย์จึงคิดสร้างสรรค์ขึ้นเอง เรียกว่าการออกแบบ (Design) ผู้ที่สร้างสรรค์ หรือทำหน้าที่ออกแบบ เรียกว่า นักออกแบบ (Designer)

การออกแบบ (Design) เป็นขั้นตอนสำคัญ ที่จะมีผลต่อความสำเร็จของการผลิตเครื่องปั้นดินเผา เป็นการรวมกัน (Integrate) ระหว่างความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเครื่องปั้นดินเผาประกอบกับศิลปะการออกแบบ เพื่อให้ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม ในขั้นเริ่มต้น นักออกแบบเป็นกลุ่มศิลปินสาขาอื่น ๆ เช่น จิตรกร (Painter) ปฏิมากร (Sculptor) สถาปนิก (Architect) เป็นต้น ซึ่งศิลปินเหล่านี้ทำหน้าที่ออกแบบโดยไม่มีความรู้ทางด้านวัสดุและกรรมวิธีการผลิต ต้องทำงานร่วมกับช่างปั้นดินเผา (Potter) รูปทรงที่ได้บางครั้งจึงมีลักษณะไม่เหมาะกับการใช้สอย ทั้งนี้เพราะรูปทรงบางครั้งได้มาจากความพอใจ หรือตามความนิยม (Fashion) ของยุคสมัยมากเกินไป ต่อมาการออกแบบโดยผู้มีความรู้ด้านเครื่องปั้นดินเผาโดยตรง จึงเป็นที่ยอมรับ และเห็นความจำเป็น โดยเฉพาะการออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อการผลิตในระบบอุตสาหกรรม

ในประเทศแถบสแกนดิเนเวีย เป็นแห่งแรกที่แบ่งแยกระหว่างนักออกแบบเครื่องปั้นดินเผา (Ceramic Designer) กับช่างปั้น (Potter) ออกจากกัน โดยจัดผู้ผลิตงานหัตถกรรม (Craft) ออกเป็นช่างปั้น (Potter) และผู้ออกแบบเครื่องปั้นดินเผาสำหรับระบบอุตสาหกรรม เป็นนักออกแบบเครื่องปั้นดินเผา (Ceramic Designer) ส่วนศิลปินที่สร้างผลงานทางศิลปะโดยใช้ดินหรือกรรมวิธีของเครื่องปั้นดินเผาเป็นสื่อ (Media) เรียกว่า ศิลปิน (Artist)

ขั้นตอนการออกแบบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

การดำเนินงานการผลิตเครื่องปั้นดินเผาอย่างมีประสิทธิภาพนั้น มีขั้นตอนใหญ่ ๆ 3 ขั้นตอน คือ การสำรวจและการวิเคราะห์ข้อมูล การออกแบบ และการทดลองตลาด ใน 3 ขั้นตอนดังกล่าวนี้ มีรายละเอียด ซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของเครื่องปั้นดินเผาที่จะผลิตด้วย

1. การสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูล เป็นขั้นตอนแรกก่อนที่จะทำการออกแบบ จะต้องสำรวจข้อมูลจากสิ่งเกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์นั้น ได้แก่

1.1 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์โดยตรง

1.2 ข้อมูลที่เกี่ยวกับผู้ใช้ผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ข้อมูลด้านผู้ผลิต

การสำรวจข้อมูลเพื่อการผลิตในระบบอุตสาหกรรมต้องใช้เวลามากกว่าการสำรวจเพื่องานศิลปะและหัตถกรรม เพราะเป็นงานเพื่อผู้ใช้จำนวนมาก ข้อมูลที่ได้มีความแตกต่างกัน เมื่อนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ สรุป เป็นผลที่จะนำไปใช้ประกอบในการออกแบบต่อไป

2. ขั้นตอนการออกแบบ อาจแบ่งเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

2.1 การเสนอแบบ เป็นการร่างแบบ (Sketch) จากแนวความคิด (Concept) ต่าง ๆ เพื่อเสนอต่อลูกค้า

2.2 เมื่อได้แบบที่ต้องการแล้ว จึงนำไปเขียนแบบขนาดเท่าจริง เพื่อนำไปทำแม่แบบ (Prototype

2.3 สร้างแม่แบบ (Prototype) ตัวแม่แบบขั้นแรกทำขนาดเท่าของจริง เพื่อศึกษา รูปทรง ตามความเหมาะสมอีกครั้ง

2.4 การขยายแบ เนื่องจากการผลิต เครื่องปั้นดินเผามีการหดตัวในระยะต่าง ๆ ผลิตภัณฑ์ที่จะผลิตต้องมีขนาดใหญ่กว่าของจริง เพื่อเตรียมไว้สำหรับการหดตัวระยะต่าง ๆ

2.5 จากแม่แบบ (Prototype) นำไปผลิตแบบใช้งาน (Working Mould) ซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของการผลิต เช่น เป็นการหล่อแบบ หรือเป็นการกดแบบ เป็นต้น

2.6 ทดลองผลิต โดยทดลองผลิต ผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบจำนวนหนึ่ง ทำการตกแต่งและสำรวจความเรียบร้อยขั้นสุดท้าย

3. การสำรวจความเห็นหรือทดลองตลาด โดยเสนอผลงานต่อสาธารณะหาข้อคิดเห็นหรือทดลองใช้ หาข้อดีข้อเสีย แล้วกลับมาปรับปรุงขั้นสุดท้ายก่อนผลิตออกจำหน่าย

หลักการออกแบบเครื่องปั้นดินเผา

การออกแบบให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม มีหลักการที่ควรคำนึงถึงอยู่ 3 ประการ คือ

1. ประโยชน์ใช้สอย (Function)
2. วัสดุและกรรมวิธีการผลิต (Materials and Processes)
3. ลักษณะภายนอก (Appearance)

หลักการทั้ง 3 ข้างต้นมีความสำคัญและสัมพันธ์ระหว่างกันและกัน ผลิตภัณฑ์สำหรับใช้สอย (Functional Product) การออกต้องให้ความสำคัญด้านประโยชน์ใช้สอยมากกว่าอย่างอื่น ในทางกลับกัน การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ใช้ตกแต่ง หรือเป็นของแจกำ อาจต้องให้ความสำคัญกับลักษณะภายนอก (Appearance) ก่อนหลักการอื่นก็ได้ แต่ที่สำคัญจะต้องนำมาคิดประกอบอยู่เสมอ คือวัสดุและกรรมวิธีการผลิตที่เป็นไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.4 กรรมวิธีการผลิตเครื่องปั้นดินเผา

การผลิตเครื่องปั้นดินเผาในอดีตและปัจจุบันมีพื้นฐานเดียวกันคือเป็นการเปลี่ยนสภาพของดินให้กลายเป็นของแข็งที่มีคุณสมบัติคล้ายหินด้วยการเผา ความแตกต่างที่อาจเห็นได้คือพัฒนาการของอุปกรณ์ในการผลิตและเทคโนโลยีที่ก้าวหน้าที่ทำให้มีการปรับปรุงการผลิตแต่ละขั้นให้สะดวกรวดเร็วและมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้นพัฒนาการดังกล่าวส่วนใหญ่นำมาใช้กับการผลิตในระบบอุตสาหกรรม งานที่เป็นหัตถกรรมและหัตถอุตสาหกรรมยังใช้แรงงานมนุษย์มาก โดยมีอุปกรณ์หรือเครื่องจักรเป็นตัวทุนแรงบ้าง การปรับปรุงเปลี่ยนแปลงระหว่างการดำเนินการผลิตจึงเกิดได้โดยง่าย อาศัยการตัดสินใจของมนุษย์เป็นสำคัญ ต่างจากลักษณะการผลิตในระบบอุตสาหกรรม ซึ่งส่วนใหญ่การดำเนินงานต้องใช้เครื่องจักรและอาจควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติ ซึ่งระบบงานต้องวางอย่างมีระเบียบแบบแผน และสามารถควบคุมได้

ขั้นตอนในการผลิตเครื่องปั้นดินเผาโดยทั่วไปแบบออกเป็น 6 ขั้นตอน คือ

1. การเตรียมเนื้อดิน (Preparation of Clay body)

ดินที่ได้จากธรรมชาติบางแห่งสามารถนำมาผลิตเป็นเครื่องปั้นดินเผาได้โดยไม่ต้องผสมอะไรเลย อาจมีการปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสมหรือสะดวกกับการทำงาน เช่นผสมให้มี Plasticityสูงขึ้นหรือลด Plasticity ด้วยการเพิ่มทราย หรืออาจต้องการความพรุนมาก ใช้แกลบผสมเข้าไป ในการผลิตระบบอุตสาหกรรมไม่สามารถใช้ดินตามลักษณะเกิดตามธรรมชาติได้ เพราะจำเป็นต้องควบคุมคุณภาพและผลิตปริมาณมาก ถ้าเกิดปัญหาดินไม่พอหรือต้องเปลี่ยนดินจะไม่สามารถผลิต ผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพและลักษณะเหมือนเดิมได้ จึงจำเป็นต้องวิเคราะห์แยกส่วนประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่นำมาใช้ทุกตัว เพื่อให้ทราบส่วนผสมที่แน่นอน การเตรียมดินสำหรับผลิตงานหัตถกรรมและงานที่เป็นอุตสาหกรรม มีขั้นตอนดังต่อไปนี้การเตรียมเนื้อดินสำหรับเครื่องปั้นดินเผา ประเภท ศิลปหัตถกรรม และหัตถอุตสาหกรรมวัตถุดิบที่นำมาใช้อาจถูกส่งมาในรูปหมาดหรือแห้งเป็นก้อน ผู้ใช้ต้องทำความสะอาดเองโดยย่อยวัตถุดิบนั้นให้เป็นก้อนเล็ก ๆ แล้วแช่ไว้ในน้ำให้ยุ่ย อาจทิ้งค้างคืนแล้วคอยกวนให้เนื้อวัตถุดิบสลายตัว สิ่งสกปรก เช่น ใบไม้ กิ่งไม้ จะลอยอยู่บนผิวน้ำ ส่วนสิ่งสกปรกที่มีน้ำหนักจะตกตะกอนอยู่ส่วนล่างของภาชนะใช้สายยางดูดเอาส่วนผสมที่อยู่ส่วนกลางออกไปกรอง แล้วเกรอะบนกระบะปูนปลาสเตอร์ ทิ้งไว้ให้แห้งแล้วเก็บไว้ใช้

ในกรณีที่วัตถุดิบนั้นเป็นเนื้อดินที่เหมาะสมกับการผลิตเครื่องปั้นดินเผา เมื่อเกรอะบนกะบะปูนปราสเตอร์จนดินหมาดสามารถนำไปใช้ผลิตเครื่องปั้นดินเผาได้ แต่ถ้าเป็นวัตถุดิบที่ต้องมาผสมกับวัตถุดิบตัวอื่น การเก็บระยะแห้งจะประหยัดมากกว่า

การเตรียมเนื้อดินสำหรับเครื่องปั้นดินเผาในระบบอุตสาหกรรม

แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทที่เป็น Plastic Materials กับ Non – Plastic Materials นิยมซื้อวัตถุดิบจากแหล่ง แล้วนำมาทำความสะอาดเองเพื่อที่จะควบคุมคุณภาพได้เต็มที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การเตรียมวัตถุดิบที่เป็น Plastic Materials วัตถุดิบเหล่านี้ได้แก่ ดินประเภทต่าง ๆ เช่นดินขาว ดินดำ ฯลฯ ดินที่ผ่านการล้างแล้วจะเก็บในลักษณะแห้งโดยบดเป็นผงละเอียด บางโรงงานจะผสมดินที่สะอาดกับน้ำแล้วผสมในเครื่องกวนดิน เรียกว่า น้ำดิน (Slip)

2. การเตรียมวัตถุดิบที่เป็น Non – Plastic Materials บางครั้งเรียกวัสดุที่มีความแข็ง (Hard Materials) ได้แก่ เฟลสปา ควอต คอนีสสโตน เป็นต้น ต้องนำวัตถุดิบมาย่อยให้มีขนาดเล็กลง (Crshing) ให้มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 50 มม. (2 นิ้ว) ด้วยเครื่องย่อยหยาบ (Jaw Crushers) แล้วจึงนำไปย่อยในเครื่องย่อยละเอียด (Fine Crushers) ให้มีขนาดเล็กลง มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 10 มม. (½ นิ้ว)

จึงนำไปเข้าเครื่องบด (Ball Mill) เพื่อบดให้ละเอียด เครื่องบดประกอบด้วยตัวหม้อบดที่ทำด้วยเหล็กปลอดสนิมบุภายในด้วยวัสดุที่ทำด้วยควอต และลูกบดขนาดต่างๆกัน ซึ่งทำด้วยฟริ้นท์หรือวัสดุที่มี Alumina สูง เพื่อเพิ่มความแข็งแรง การบดนิยมบดเปียก (ผสมน้ำ) ได้ส่วนผสมเป็นน้ำเรียก Slip ไปผ่านตะแกรงกรองเอาเศษสิ่งสกปรกหรือวัตถุดิบที่มีขนาดหยาบมากออก และผ่านเครื่องดูดเหล็กเพื่อกำจัดเหล็กที่อาจหลงเหลือในส่วนผสมวัตถุดิบออกไป เรียกขั้นตอนนี้ว่า Seiving and Magneting

3. การชั่งและผสมส่วนผสมของเนื้อดิน ทำได้ 2 ลักษณะคือ

3.1. วิธีชั่งแห้ง โดยส่วนผสมที่มีลักษณะแข็ง ใส่รวมกันบดในเครื่องบด แล้วจึงส่งไปรวมกับดินและน้ำในเครื่องผสม ข้อเสียของการชั่งแห้งนี้อยู่ที่ไม่สามารถควบคุมความชื้นที่แฝงอยู่ในวัตถุดิบขณะเป็นผงก่อนชั่งได้ ทำให้เปอร์เซ็นต์ของน้ำในส่วนผสมผิดพลาดได้ ส่งผ่านเครื่องดูดเหล็ก แล้วจึงส่งน้ำดินไปเก็บในถังเก็บ ซึ่งจะส่งผ่านไปยังเครื่องอัดน้ำดิน และเครื่องนวดรีดเอาอากาศออก พร้อมจะนำไปขึ้นรูปต่อไป

3.2. วิธีชั่งเปียก เป็นวิธีชั่งวัตถุดิบที่เป็นส่วนผสมของเนื้อดินในขณะที่อยู่ในลักษณะเหลว ข้อดีของวิธีผสมนี้คือ ทราบจำนวนน้ำแน่นอน แต่มีข้อเสียที่ต้องใช้เนื้อที่มากเนื่องจากวัตถุดิบแต่ละชนิดที่ผสมน้ำต้องเก็บไว้ในที่เก็บ

4. การทำให้ดินหมาดด้วยเครื่องอัด เมื่อผ่านขั้นตอนการผสมส่วนผสมแล้วดินที่ได้จะอยู่ในลักษณะเหลว (Slip) ซึ่งต้องนำมาลดจำนวนน้ำที่ไม่ต้องการ โดยวิธีการรีดน้ำดินออก ด้วยการส่งน้ำดินเข้าเครื่องอัดน้ำดิน (Filter Pressing) ซึ่งประกอบด้วยถุงผ้าใบที่ด้านหนึ่งต่อกับท่อน้ำดิน เมื่อสูบน้ำดินเข้าเต็มถุงผ้าทุกถุงแล้วจึงอัดเข้าด้วยกัน เครื่องจะบีบน้ำออกจากถุงผ้าด้วยแรงอัด คงเหลือแต่ดินที่มีความหมาดเท่าที่ต้องการ ความชื้นของเนื้อดินขึ้นอยู่กับแรงอัด ดินที่เหมาะจะนำไปใช้ในลักษณะหมาดต้องการความชื้นประมาณ 21-25 % เปิดถุงผ้าออกจะได้ดินเป็นแผ่นเรียกว่า Filter cakes นำไปเข้าเครื่องนวดรีดอากาศแล้วไปใช้ขึ้นรูป

การปรับสภาพเนื้อดินให้มีความสม่ำเสมอกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื้อดินการเก็บดินที่ยังไม่ได้ใช้ไว้ในที่ชื้นจะเป็นวิธีหนึ่งที่ทำให้ความชื้นภายในดินกระจายไปได้ทั่วถึง และเวลาจะมีส่วนช่วยสร้าง Plasticity ในดินด้วย แต่ฟองอากาศหรือถุงอากาศในดินไม่สามารถสลายตัวเองได้ ต้องอาศัยกรรมวิธีการปรับสภาพดินเข้าช่วย

1. Wedging เป็นวิธีปรับสภาพดินอย่างง่าย และทำได้ปริมาณต่อครั้งมากพอสมควร โดยวิธีทุ่มดินทับกันหลาย ๆ ครั้ง จากแรงทุ่มจะกำจัดฟองอากาศและทำให้เนื้อดินผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกันสม่ำเสมอมากขึ้น

2. Kneading เป็นวิธีปรับสภาพดินด้วยการนวดด้วยมือทั้งสอง แรงส่วนใหญ่จากฝ่ามือส่วนที่ต่อกับข้อมือ การนวดแบบนี้จึงทำได้ครั้งละปริมาณไม่มากนัก จากแรงนวดจะช่วยให้ดินผสมเป็นเนื้อเดียวกัน และทำหน้าที่รีดฟองอากาศออกไปด้วย

3. The De–airing Pug Mill เป็นวิธีการปรับสภาพดินโดยการใช้เครื่องรีดดิน นิยมใช้ในการผลิตสำหรับดินจำนวนมากมายภายในเครื่องจะทำหน้าที่ผสมและรีดเนื้อดินออกมาเป็นแท่ง ระหว่างที่ผสมจะผ่านเครื่องสูญญากาศ ซึ่งจะกำจัดฟองอากาศที่อยู่ในเนื้อดินออกหมด ดินที่ผ่านการรีดออกมาพร้อมที่จะนำไปขึ้นรูปได้ทันที

การเก็บดินที่ผ่านขั้นตอนการปรับสภาพแล้ว จำเป็นอย่างยิ่งต้องเก็บไว้ในที่มิดชิด เช่น ใส่ถุงพลาสติก แล้วเก็บไว้ในห้องที่ควบคุมความชื้น เพื่อรักษาสภาพของเนื้อดินให้มีความชื้นสม่ำเสมอตลอดเวลา

2. กรรมวิธีการขึ้นรูป (Method of Fabrication)

การขึ้นรูป คือการเปลี่ยนลักษณะทางกายภาพของดิน มีหลายวิธีขึ้นอยู่กับสถานะ (State) ของเนื้อดิน ดังต่อไปนี้

1. การขึ้นรูปในขณะที่ดินอยู่ในสถานะหมาด (Plastic State) คือดินมีความชื้นพอดี จับแล้วไม่ติดมือ เมื่อผ่านการนวดแล้วมีเนื้อนุ่มเนียน ทำงานง่าย และคงรูปอยู่ได้ด้วยตนเองเมื่อผ่านขั้นตอนการขึ้นรูปแล้ว

2. การขึ้นรูปในขณะที่ดินอยู่ในสถานะเหลว (Liquid State) เป็นวิธีการขึ้นรูป ที่ต้องอาศัยแม่แบบเข้าช่วย เพราะดินจะอยู่ในลักษณะเหลวข้น เรียกว่า สลิบ (Slip)

3. การขึ้นรูปในขณะที่ดินอยู่ในสถานะแห้ง (Dry State) เป็นการขึ้นรูปในขณะที่ดินอยู่ในลักษณะแห้งเป็นผง เป็นวิธีที่ลดเปอร์เซ็นต์การหดตัวในการเผา แต่เหมาะกับการผลิต ผลิตภัณฑ์บางรูปทรงเท่านั้น

การขึ้นรูปในขณะที่ดินอยู่ในสถานะหมาด (Plastic State)

ดินที่อยู่ในสถานะหมาด (Plastic State) เป็นที่นิยมนำมาใช้งานมากที่สุด ทั้งงานด้านศิลปหัตถกรรม และอุตสาหกรรม เพราะมีวิธีการขึ้นรูปได้หลายวิธี บางวิธีนิยมใช้ดินที่มี Plasticity ค่อนข้างต่ำ บางวิธีต้องใช้ดินที่มี Plasticity สูง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความชำนาญของผู้ผลิตและขั้นตอนการผลิตวิธีต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การขึ้นรูปด้วยมือ
2. การขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน
3. การขึ้นรูปด้วยแม่แบบ

การขึ้นรูป (Forming)

1. ปั้นวิธีอิสระ (Free hand) หรือการปั้นด้วยมือ (Building by hand) เป็นการปั้นให้มีรูปเหมือนของจริง หรือเป็นการปั้นภาชนะเครื่องใช้ต่าง ๆ ด้วยมือ เป็นการปั้นที่ใช้ในการทำแม่แบบเพื่อนำไปทำแบบปูนพลาสเตอร์มีเครื่องใช้ คือ ไม้สำหรับตีให้มีรูปกลม มีก้อนหินสำหรับรองรับภายใน

1.1.การขึ้นรูปด้วยก้อนดิน ดินที่จะนำมาผลิตต้องผ่านการนวดอย่างดี ปราศจากฟองอากาศ และมี Plasticity พอเหมาะ คือไม่แข็งหรือนิ่มเกินไป จับไม่ติดมือ การขึ้นรูปประเภทนี้ต้องอาศัยความชำนาญของผู้ผลิต เพราะถ้าใช้เวลานานเกินไป ดินจะแห้งและทำงานยาก

ขั้นตอนในการปฏิบัติ เริ่มต้นด้วยการรวมดินให้เป็นก้อนกลมขนาดเหมาะสมกับสิ่งที่จะผลิต กดให้เป็นช่องตรงกลางลูกกลม แล้วบีบรีดดินขึ้นเป็นผนัง พยายามกดเฉลี่ยดินโดยรอบให้มีความหนาสม่ำเสมอ ปรับให้ได้รูปทรงตามต้องการ ข้อควรระวังคือต้องทำส่วนฐานให้เรียบร้อยก่อนที่จะขึ้นรูปด้านสูง เพราะจะทำได้สะดวกและเรียบร้อยดี การขึ้นรูปด้วยก้อนนี้อาจทำสำเร็จจากดินก้อนเดียว หรือทำเป็นส่วนแล้วมาติดกันภายหลังก็ได้ เช่น ทำเป็นครึ่งทรงกลมแล้วติดรวมกันเป็นทรงกลมปล่อยให้ดินคงรูปสักพักแล้วใช้เครื่องมือ เช่นไม้แบน ตบให้เป็นรูปทรงตามที่ต้องการ บางครั้งอาจใส่เศษกระดาษที่ปั้นเป็นก้อนไว้ภายในเพื่อช่วยให้ดินทรงรูปอยู่ได้ เมื่อผ่านการเผา เศษกระดาษจะไหม้หมด

1.2. การขึ้นรูปด้วยดินแผ่น ดินที่จะนำมาผลิตต้องพิจารณาลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่จะผลิตถ้าผลิตภัณฑ์นั้นประกอบด้วยด้านต่าง ๆ เป็นแผ่นเรียบ เช่น กล่องสี่เหลี่ยม ดินที่จะใช้ควรมี Plasticity ต่ำ ถ้าผลิตภัณฑ์ประกอบด้วยด้านที่มีความโค้ง ดินจะต้องมี Plasticity สูง

ขั้นตอนในการปฏิบัติ จะต้องมีอุปกรณ์ประกอบ คือ ไม้รีดดิน ลักษณะเหมือนไม้คลึงแป้งทำขนม และไม้ขนาด 1 " x 12 " ขึ้นไป ซึ่งมีความหนาเท่ากับความหนาของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการผลิต 2 ชิ้น วางไม้ทั้งสองนี้ขนานกัน ห่างเท่ากับระยะที่ไม้รีดดินวางได้ วางดินที่ต้องการรีดไว้ระหว่างไม้ทั้งสองนี้ แล้วใช้ไม้รีดดินคลึงเฉลี่ยดินขยายเป็นแผ่นอยู่ในเขตไม้ทั้งสอง ดินที่รีดเป็นแผ่นนี้จะมีความหนาเท่ากัน ตัดดินออกเป็นด้านต่าง ๆ ของสิ่งที่จะผลิต แล้วนำด้านต่าง ๆ นี้มาต่อกันให้ได้รูปทรงตามต้องการ ถ้าด้านที่จะต่อกันต้องการความเรียบตรง ให้ทิ้งไว้บนพื้นราบหลังจากตัดแล้ว สักพักจนดินคงรูปแล้วจึงยกไปต่อกัน ถ้าด้านนั้นต้องการความโค้งต้องนำไปโค้งทันทีที่ติดเสร็จ และดินควรจะมี Plasticity สูง อย่างไรก็ตามดินที่ใช้ผลิตในผลิตภัณฑ์ชิ้นเดียวกัน ต้องใช้ดินเหมือนกัน เมื่อต่อส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกันเรียบร้อยแล้ว ควรเก็บไว้ในถุงพลาสติกเพื่อให้โอกาสความชื้นในดินจากด้านต่าง ๆ และตามรอยต่อกระจายได้สม่ำเสมอ ซึ่งจะช่วยให้รอยต่อติดสนิทดียิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3. การขึ้นรูปด้วยดินเส้น การผลิตวิธีนี้ดินที่ใช้มี Plasticity ค่อนข้างสูงเพราะขั้นตอนในการผลิตเสียเวลา และดินสูญเสียน้ำระหว่างการขึ้นรูปมากกว่าวิธีอื่น

ขั้นตอนในการปฏิบัติ ขึ้นอยู่กับลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ต้องการผลิต ความหนาของผลิตภัณฑ์จะเป็นตัวกำหนดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นดิน ขั้นแรกเริ่มด้วยการคลึงดินให้เป็นเส้นยาวมีขนาดเท่ากับความหนาที่ต้องการ แล้วเริ่มต้นขดเป็นรูปฐานของผลิตภัณฑ์ ติดเส้นดินเข้าด้วยกันให้เรียบร้อยด้วยแรงกด เมื่อได้ฐานแล้วจึงขึ้นด้านสูง การขดดินเป็นชั้น ๆ ทุกชั้นต้องติดดินเข้าด้วยกันให้เรียบร้อย แนวเส้นดินอาจทิ้งไว้หรือใช้เครื่องมือลูบให้เรียบก็ได้ การขึ้นรูปด้วยดินเส้นนี้ บางครั้งใช้ทำภาชนะขนาดใหญ่ ๆ โดยใช้เส้นดินขนาดใหญ่เรียงเป็นชั้น แล้วแต่งให้เป็นรูปด้วยการใช้ไม้และก้อนหินทุบให้เป็นรูปก็ได้

การขึ้นรูปด้วยมือทั้งสามวิธี อาจนำมาใช้ร่วมกันได้ ขึ้นอยู่กับการออกแบบของผู้ผลิต ข้อสำคัญคือ ในการผลิตผลิตภัณฑ์ชิ้นเดียวกัน ต้องใช้เนื้อดินชนิดเดียวกัน

<u>การติดดินเข้าด้วยกัน</u> การขึ้นรูปในบางครั้งมีส่วนประกอบหลายส่วน ต้องนำมาติดเข้าด้วยกัน เช่นดินแผ่น หรือการติดระหว่างเส้นดิน จะต้องบากส่วนที่จะติดกันทั้งสองด้านด้วยเครื่องมือหรือใบมีด แล้วหาด้วยน้ำดิน (Slip) ซึ่งทำจากเนื้อดินประเภทเดียวกันผสมกับน้ำจนเป็นลักษณะคล้ายน้ำโคลน การทาน้ำดินบนรอยบากทั้งสองข้างเพื่อปรับความชื้น และทำให้ดินบริเวณที่จะติดกันยุ่ย เมื่อนำดินมาประกบและกดเล็กน้อย ดินจะติดเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วตกแต่งรอยต่อให้เรียบร้อย อาจเก็บไว้ในถุงพลาสติกหรือที่ที่ควบคุมความชื้นสักระยะหนึ่ง จะช่วยให้รอยต่อนั้นสนิทดียิ่งขึ้น

<u>บริเวณทำงาน</u> โดยทั่วไปบริเวณทำงานขึ้นรูปนี้ จะต้องเป็นพื้นเรียบและสะอาด อาจเป็นพื้นไม้ ปูนปลาสเตอร์ เวลาทำงานจะปูด้วยผ้าใบหรือผ้าดิบอย่างหนา ผ้าดิบจะช่วยให้ดินไม่ติดกับพื้นชั้นล่าง และช่วยซับน้ำจากดินด้วย

<u>อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้</u>

1. แป้นหมุนมือ อาจเป็นเหล็กหล่อ หรืออลูมิเนียม ถ้าเป็นเหล็กอาจชุบสังกะสี หรือทาสีกันสนิม ส่วนประกอบแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนฐานแป้น มีน้ำหนักมากเพื่อให้มั่นคง และมีแกนจากฐานเพื่อรองรับ ส่วนหัวแป้นรูปวงกลมหมุนได้โดยรอบ เส้นผ่าศูนย์กลาง 8 " - 10 " บนแป้นจะมีเส้นวงกลมจากจุดศูนย์กลางทุก 1 ซม. เพื่อความสะดวกในการตั้งชิ้นงานให้ได้ศูนย์กลาง

2. เครื่องมือช่วยในการทำงาน ส่วนใหญ่ทำด้วยไม้ หรือลวดผสมไม้ มีรูปร่างต่าง ๆ กัน แล้วแต่จะออกแบบขึ้นอยู่กับผู้ใช้เป็นสำคัญ บางทีอาจใช้สำหรับทำหน้าที่อื่น ๆ มาใช้ได้ เช่น ช้อนมีด เครื่องมือทำขนม เครื่องมือไม้ เป็นต้น หรืออาจใช้ของที่มีตามธรรมชาติ เช่นก้อนหิน ฟองน้ำ ใบไม้ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เครื่องรีดดินเส้น และเครื่องรีดดินแผ่น เพื่ออำนวยความสะดวก และความรวดเร็วได้มีผู้คิดเครื่องรีดดินเส้น ซึ่งมีหัวเปลี่ยนสามารถรีดดินออกมาเป็นเส้นยาว และมีหน้าตัดรูปต่าง ๆ กันได้ด้วย สำหรับเครื่องรีดดินแผ่นสามารถปรับระดับให้ควบคุมความหนาของดินได้ตามต้องการ

ข้อควรระวังดินที่นำมาใช้ในการขึ้นรูปต้องผ่านการนวดอย่างดี และปราศจากฟองอากาศ เพราะอาจทำให้เกิดความเสียหายระหว่างแห้งตัวและระหว่างเผา ผลงานที่ขึ้นรูปเสร็จเรียบร้อยแล้วไม่ควรตากแดดหรือทิ้งไว้ในที่มีลมแรง เพราะจะทำให้ผิวส่วนนอกแห้งตัวก่อนและหดตัว ทำให้น้ำที่อยู่ภายในเนื้อดินระเหยออกไม่ได้ ทำให้แตกได้ การควบคุมให้การแห้งตัวเป็นไปอย่างช้า ๆ นอกจากจะป้องกันความเสียหายแล้ว ยังช่วยให้ความชื้นกระจายได้สม่ำเสมอ ช่วยให้รอยต่อต่าง ๆ ประสานกันดียิ่งขึ้น เครื่องมือเครื่องใช้ต่าง ๆ ควรเป็นประเภทวัสดุปลอดจากเหล็ก เพราะเหล็กจะมีผลต่อสีของเครื่องปั้นดินเผา เครื่องมือต่าง ๆ ต้องทำความสะอาดก่อนและหลังการทำงานทุกครั้งเพื่อควบคุมและป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดต่อผลงาน และยืดอายุใช้งานของเครื่องมือด้วย

2. การขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน เป็นพัฒนาการที่มนุษย์คิดค้นเครื่องมือขึ้นช่วยในการผลิตให้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เครื่องปั้นดินเผาส่วนใหญ่มักมีลักษณะโดยรอบเหมือนกัน จึงคิดแป้นหมุนขึ้นมาเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในการทำงาน ทำให้สามารถทำงานโดยรอบเครื่องปั้นดินเผาได้ด้วยการหมุนตัวแป้น แทนที่จะต้องเดินรอบเครื่องปั้นดินเผานั้น

แป้นหมุน (Wheel) เป็นเครื่องใช้สำคัญในการขึ้นรูปวิธีนี้ ส่วนประกอบที่สำคัญของแป้นหมุนประเภทนี้มีหัวแป้น หรือแท่นหมุน (Wheel head) เป็นแผ่นเหล็กหล่อรูปกลมแบนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 8 " - 12 " ผิวหน้าเรียบ หรืออาจมีเส้นแสดงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ที่ศูนย์กลางของแท่นหมุนด้านล่างยึดติดกับแกน (Shaft) เหล็ก ซึ่งปลายอีกด้านหนึ่งของแกนเหล็กยึดติดกับจุดศูนย์กลางของตุ้มน้ำหนัก (Flywheel) ซึ่งมีลักษณะแบนเช่นเดียวกับแท่นหมุน แต่มีขนาดใหญ่กว่าเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 30 " โครงเป็นสังกะสีและภายในหล่อปูนปลาสเตอร์ น้ำหนักของตุ้มน้ำหนักนี้ประมาณ 125 ปอนด์

แป้นหมุนไฟฟ้า (Electric wheel , Power wheel) ส่วนประกอบสำคัญคือแป้นหมุนที่นั่งกระบะรองน้ำ มีลักษณะเช่นเดียวกับแป้นหมุนทั่วไป ยกเว้นการควบคุมการหมุนของหัวแป้นที่ใช้มอเตอร์ไฟฟ้า ส่วนใหญ่ใช้มอเตอร์ขนาด ½ - 1 แรงม้า มีสวิทซ์ควบคุมการเปิดปิดและความเร็วรอบ

เครื่องมือใช้ในการขึ้นรูป โดยทั่วไปช่างปั้นมักประดิษฐ์ใช้เอง เพื่อให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ และอาจมีผลิตจำหน่ายบ้าง ได้แก่

เครื่องมือปั้นและตกแต่ง ส่วนใหญ่ทำด้วยไม้ และไม้ผสมลวด มีรูปร่างต่าง ๆ กัน แต่ละแบบใช้ทำหน้าที่เฉพาะอย่าง

ฟองน้ำ เศษผ้า หนังชามัว ใช้ช่วยในการปั้นและตกแต่งความเรียบร้อย

ลวดสังกะสี หรือเชือก สำหรับตัดชิ้นงานออกจากแป้นหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีดปลายแหลม เข็มยาว ใช้สำหรับตัดส่วนที่ไม่ต้องการออกระหว่างปั้น

ภาชนะใส่น้ำ ขนาดพอเหมาะสำหรับใส่น้ำช่วยการปั้น

แผ่นรองปั้น (Bat) ทำด้วยปูนปลาสเตอร์หล่อเป็นแผ่นกลมขนาดต่าง ๆ หนาประมาณ 1 " – 1 ½ " ใช้ติดบนหัวแป้นเพื่อรองรับชิ้นงาน

วิธีการขึ้นรูป

1. นำแผ่นรองปั้น (Bat) ติดกับแป้นหมุนโดยยึดด้วยเศษดินและน้ำ กดให้ติดแน่นและอยู่กึ่งกลางแป้นหมุน

2. นำดินที่ผ่านการนวดแล้วขนาดเท่าที่ต้องการทำให้เป็นรูปกลม ติดลงที่กึ่งกลางแผ่นรองปั้นโดยหยอดน้ำเล็กน้อยบนแผ่นรองปั้น ก่อนจะติดดิน การติดดินอาจใช้วิธีทุ่มดิน หรือติดแล้วกดให้แน่ใจว่าติดแน่น แต่งให้ดินอยู่ในรูปกลมและอยู่ในศูนย์กลางมากที่สุด

3. หมุนแป้นหมุนให้เร็วที่สุด ชุบมือทั้งสองให้เปียก หยอดน้ำลงบนดินเพื่อเพิ่มความลื่นกดมือทั้งสองเข้าหาก้อนดินทั้งสองด้านใช้สันมือดันฐานก้อนดินเข้าหาศูนย์กลาง พยายามบังคับให้ดินทั้งหมดรวมอยู่ในศูนย์กลางของแป้นหมุน การกดดินขนาดเล็กอาจทำได้ง่าย สำหรับดินก้อนมใหญ่ต้องเฉลี่ยแรงกด จากมือดังนี้

3.1ชั้นแรกกดและดึงดินขึ้นให้เป็นรูปกรวย

3.2ใช้สันมือกดยอดกรวยลง

3.3ตะล่อมดินที่กดให้อยู่ในรูปครึ่งวงกลม

ระหว่างกดต้องสังเกต ถ้ามีความมืดมากต้องล้างมือให้เปียก และคอยเปลี่ยนน้ำไม่ให้ข้นเหมือนโคลน เมื่อกดดินอยู่ศูนย์กลางแล้วระหว่างแป้นหมุนอยู่ มือที่สัมผัสกับดินจะมีความรู้สึกว่าดินหมุนนิ่งอยู่กับที่ ถ้าดินยังเหวี่ยงออกนอกศูนย์กลางแป้น ให้เริ่ม 3.1. ใหม่ ก่อนการขึ้นรูปทุกครั้งจะต้องผ่านขั้นตอนตั้งศูนย์ข้างต้นแล้วจึงเริ่มการขึ้นรูปดังต่อไปนี้

4. ลดความเร็วแป้นหมุนให้เร็วปานกลางและช้าลงตามลำดับ

4.1.เจาะช่องที่ศูนย์กลางของก้อนดินด้วยนิ้วมือ กดให้ลึกจนเกือบถึงแผ่นรองปั้นประมาณให้เหลือดินหนาประมาณ ½ " ผู้ฝึกใหม่ยังไม่ชำนาญ อาจหยุดเครื่องแล้วใช้เข็มจิ้มดูเพื่อตรวจความหนา

4.2.เปิดก้อนดินให้กว้างออกด้านข้างเท่ากับความกว้างของฐานภายในของสิ่งที่จะผลิตสำหรับคนถนัดขวาให้ดึงดินออกด้านขวา (แป้นหมุนทวนเข็มนาฬิกา) คนถนัดซ้ายดึงดินออกด้านซ้าย (แป้นหมุนตามเข็มนาฬิกา) หรือดึงเข้าหาตัว ตามแต่ถนัด ทั้งนี้เพื่อให้แรงดึงสวนทางกับการหมุนของแป้น

4.3.ดึงดินด้านข้างขึ้นเป็นทรงกระบอกสูงเท่ากับความสูงของผลิตภัณฑ์ที่จะผลิต แต่งภายในให้เรียบด้วยมือ หรือฟองน้ำ หรือเศษผ้าเช็ดน้ำภายในให้แห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.ตกแต่งรูปทรงของผลิตภัณฑ์ให้ได้ตามความต้องการเช่นอาจเป็นถ้วยที่ปากกว้างกว่าฐาน ก็ดึงดินออกด้านข้างทีละน้อย เฉลี่ยเนื้อดินให้สม่ำเสมอเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความหนาเท่ากัน ถ้าเป็นแจกันปากปิดก็กดดินเข้าหาศูนย์กลางด้วยมือทั้งสอง แต่งขอบปากผลิตภัณฑ์ให้เรียบร้อย

5.เมื่อปั้นผลิตภัณฑ์ได้รูปทรงตามต้องการแล้วต้องตกแต่งเก็บรายละเอียดให้เรียบร้อย เช่น ความหนาให้สม่ำเสมอ ความเรียบร้อยทั้งภายใน ภายนอก โดยเฉพาะส่วนขอบปากต้องลบมุมด้วยฟองน้ำชุบน้ำหมาด ๆ หรือเศษผ้า สำหรับภาชนะปากปิด ต้องทำความเรียบร้อยก่อนที่จะปิดส่วนปากและขูดดินส่วนเกินที่กองอยู่บริเวณฐานออกบ้าง

6. หยุดแป้นหมุน แกะแผ่นรองปั้นออกจากแท่นปั้น ปล่อยทิ้งไว้จนดินแห้งตัว และมีความแข็งคล้ายหนัง แกะออกจากแผ่นรองปั้นแล้วคว่ำไว้บนพื้นเรียบ เพื่อให้ส่วนฐานได้แห้งตัวสม่ำเสมอกัน เมื่อผลิตภัณฑ์ที่ปั้นเรียบร้อยแล้ว จะมีความสมบูรณ์เรียบร้อยเฉพาะภายใน และส่วนภายนอกเหนือฐาน จะตกแต่งฐานผลิตภัณฑ์อีกครั้งหนึ่งจึงจะได้ผลิตภัณฑ์ที่สมบูรณ์แบบได้

7. ขั้นตอนในการตกแต่งฐานผลิตภัณฑ์

7.1.ทำความสะอาดแป้นหมุน

7.2.สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีปากกว้าง เช่นชาม ถ้วย คว่ำผลิตภัณฑ์นั้นให้อยู่ในศูนย์กลางของแป้นหมุน ยึดติดกับแป้นหมุนด้วยดินหมาด หมุนแป้นด้วยความเร็วปานกลางถึงช้าใช้เครื่องมือลวดหรือเหล็กขูดส่วนที่ไม่ต้องการออก ตกแต่งจนได้ส่วนฐานตามที่ออกแบบไว้

7.3.นอกจากวิธีคว่ำผลิตภัณฑ์บนแป้นหมุน (7.2) แล้ว ในกรณีที่ตกแต่งชิ้นงานที่มีขนาดเท่ากันจำนวนมาก อาจใช้วิธีปั้นดินเป็นรูปภายในของภาชนะนั้นเรียกว่า chucks ทิ้งไว้ให้หมาดเกือบแห้ง เวลาตกแต่งคว่ำภาชนะบน chucks แล้วตกแต่งฐานทีละใบ ความชื้นของ chucks กับภาชนะจะช่วยให้ภาชนะนั้นยึดตัวกัน ไม่ลื่น

7.4.ผลิตภัณฑ์บางประเภทมีปากแคบ หรือคอสูง ไม่สามารถคว่ำบนแป้นหมุนได้ มีวิธีช่วยในการตกแต่ง โดยปั้นฐานรองที่มีความสูงและปากเปิดเรียกว่า chums แล้วทิ้งให้หมาด คว่ำผลิตภัณฑ์ลงใน chums นี้อีกทีหนึ่งแล้วจึงทำการตกแต่งฐาน หรืออาจปั้น chums นี้หลาย ๆ ขนาด คือมีความกว้างและความสูงขนาดต่าง ๆ เผาให้เรียบร้อย แล้วเก็บไว้ใช้ได้ตลอดไปก็ได้

บางครั้งการปั้นภาชนะขนาดเล็ก ๆ เป็นจำนวนมาก ถ้าจะใช้ดินก้อนเล็ก ๆ มาตั้งศูนย์แต่ละครั้งทำให้เสียเวลา อาจใช้วิธีปั้นแยกจากดินก้อนใหญ่ (Throwing off the Hump) ได้โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

เริ่มต้นด้วยการตั้งศูนย์ (Centering) ของดินก้อนใหญ่ (Hump) ตามขั้นตอนข้อ 3 เพื่อให้ดินส่วนใหญ่อยู่กึ่งกลางแป้นหมุน แล้วบีบดินให้เป็นรูปกรวย แบ่งการตั้งศูนย์เฉพาะดินส่วนยอดกรวยให้ได้ขนาดพอเหมาะที่จะปั้นภาชนะที่ต้องการ แล้วดำเนินขั้นตอนการปั้น 4-5 เสร็จแล้ว หมุนแป้นช้าที่สุด ตัดส่วนที่ปั้นเรียบร้อยออกด้วยเชือก หรือหยุดแป้นหมุนแล้วตัดส่วนที่ปั้นเรียบร้อยออกทิ้งไว้จนหมาดแล้วตกแต่งตามขั้นตอน 6-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปั้นส่วนประกอบภาชนะ เช่น ฝา (Lid) จุก (knob) พวยกา (Spout) และอื่นๆ มีพื้นฐานการขึ้นรูปเหมือนกัน แต่ขั้นตอนปลีกย่อยขึ้นอยู่กับความชำนาญและการออกแบบของผู้ผลิต ทำให้มีลักษณะต่างๆหลายแบบ

3. การขึ้นรูปด้วยแม่แบบ (Mould) เป็นวิธีที่ใช้สำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเหมือนกันเป็นจำนวนมาก หรือผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะพิเศษ เช่น มีขนาดใหญ่ มีรูปทรงธรรมชาติ หรือรูปทรงที่ไม่อยู่ในวงกลม ขึ้นอยู่กับการเลือกวิธีการผลิต ซึ่งมีหลายวิธี

แม่แบบ (Mould) โดยทั่วไปนิยมผลิตจากปูนปลาสเตอร์ เพราะมีราคาถูกและทำงานง่าย การทำแม่แบบสำหรับผลิตต้องคำนึงถึงรูปแบบของสิ่งที่จะผลิต เรียกว่า Prototype มีขนาดใหญ่กว่าผลิตภัณฑ์ที่จะผลิตจริง โดยต้องคำนวณจากเปอร์เซ็นต์การหดตัวของเนื้อดินที่ใช้ผลิตนั้น แล้วจึงนำไปผลิตแม่แบบสำหรับใช้งาน (Working Mould) การทำ Working Mould ต้องพิจารณา Prototype ว่าจะต้องแยก Working Mould เป็นกี่ชิ้น อาจเป็น 1 หรือ 2 หรือ 3 หรือมากกว่าก็ได้ แต่ละชิ้นมีส่วนยึดระหว่างชิ้นเรียกว่า Key lock นำทุกชิ้นเข้าประกอบกันและรัดด้วยเชือก หรือยาง จะได้ Working Mould ที่สมบูรณ์แบบ

<u>ปูนพลาสเตอร์ (Plster of Paris)</u>

ในประเทศไทยทำได้จาก

1. แร่ยิบซั่ม (Gypsum) ซึ่งเป็นสารประกอบของ $CaSO_4 .2H_2O$
2. แป้งเกลือจืด ที่ได้จากน้ำทะเล ซึ่งเป็นสารประกอบของ $CaSO_4 .2H_2O$ เช่นเดียวกัน

<u>วิธีทำ</u> นำแร่ยิบซั่มหรือแป้งเกลือจืดมาล้างให้สะอาด ปราศจากดิน ทราย และน้ำเกลือ นำมาคั่ว

ปูนพลาสเตอร์ที่ใช้แล้วนาน ๆ จะดูดน้ำกลับไปเป็น $CaSO_4 .2H_2O$ ได้อีก ทำให้หมดคุณสมบัติการดูดน้ำ ถ้าต้องการใช้ต้องนำมาทุบ ป่นละเอียดแล้วคั่วใหม่ แต่ค่าใช้จ่ายไม่คุ้มกันโรงงานส่วนมากจึงทิ้งไปไม่นำมาใช้อีก

การทำแบบปูนพลาสเตอร์ (Plaster mold) มีส่วนผสมของการทำแบบปูนพลาสเตอร์ ในการทำแบบพิมพ์ดังนี้

Case (แม่แบบ) ใช้ปูนพลาสเตอร์ 100 ปอนด์ต่อน้ำ 30-40 ปอนด์

Jigger (แบบจิ๊กเกอร์) ใช้ปูนพลาสเตอร์ 100 ปอนด์ 100 ปอนด์ต่อน้ำ 60-70 ปอนด์

Casting (แบบหล่อ) ใช้ปูนพลาสเตอร์ 100 ปอนด์ต่อน้ำ 70-80 ปอนด์

การระวังรักษาแบบปูนพลาสเตอร์ ตามปกติแบบปูนพลาสเตอร์จะใช้ได้ประมาณ 100-120 ครั้ง แล้วแต่การระวังรักษามิให้ปูนพลาสเตอร์เสื่อมตัวเร็วกว่ากำหนด ข้อที่ควรระวังคือ

1. ก่อนที่จะใช้แบบปูนพลาสเตอร์ควรตากให้แห้งเสียก่อนอย่านำแบบมาใช้ทั้งที่ยังเปียกอยู่

2. การตากควรใช้อุณหภูมิไม่เกิน 60 °ซ. อย่าใส่แบบเข้าไปในตู้อบที่มีอุณหภูมิสูงกว่านี้

3.อย่าใช้แบบขณะที่ยังร้อนอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้ Working Mould ที่สมบูรณ์แบบแล้ว ทิ้งไว้ให้แห้งหรืออาจอบความร้อนไล่น้ำในแบบออก แล้วนำไปผลิตเครื่องปั้นดินเผา ซึ่งส่วนใหญ่มักผลิตด้วยวิธีกด (Pressing) ซึ่งอาจกดด้วยมือ หรือเครื่องจักรดังต่อไปนี้

3.1 การขึ้นรูปด้วยการกดแบบด้วยมือโดยใช้ดินที่ผ่านการนวดอย่างดีแล้วกดลงบน Wcrking Mould ในกรณีที่เป็นแบบชิ้นเดียว (One-piece Mould) เมื่อกดดินเต็มแบบแล้วทิ้งไว้ปูนปลาสเตอร์ที่สัมผัสกับเนื้อดินจะดูดน้ำดินจากเนื้อดิน และเนื้อดินจะหดตัวกร่อนหลุดจากแบบ แกะดินออกจากแบบแล้วตกแต่งความเรียบร้อย แล้วจึงทิ้งให้แห้ง สำหรับแบบที่ประกอบเป็นหลายชิ้น กดเนื้อดินลงในแบบแต่ละชิ้น รอจนเนื้อดินหมาดแล้วแกะออกจากแบบ แล้วนำชิ้นส่วนต่าง ๆ มาต่อกันด้วยน้ำดิน (Slip) เพื่อให้เป็นชิ้นเดียวกัน ตกแต่งความเรียบร้อยแล้วจึงปล่อยให้แห้ง

3.2 การขึ้นรูปด้วยการกดแบบด้วยเครื่องจักรวิธีนี้เหมาะกับการผลิตในระบบอุตสาหกรรม ซึ่งต้องการความรวดเร็วและมีประสิทธิภาพในการผลิตให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดและรูปทรงเหมือนกันจำนวนมากในระยะเวลาอันสั้น ใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะปากเปิด(Opened form)

เครื่องกดแบบ (Pressing Machine) มีส่วนประกอบสำคัญสองส่วนคือ ส่วนที่ 1 ตัวเครื่องเป็นโต๊ะยกขอบสูง กลางโต๊ะเป็นแกนสำหรับตั้งหัวแป้น (Wheel head) สำหรับรองรับWheel Mould หรือปลายแกนอาจเป็นข้อต่อยึดแกนสำหรับทำแบบถอดเข้าออกได้ ปลายอีกด้านหนึ่งของแกนต่อกับสายพานและมอเตอร์ไฟฟ้าควบคุมการหมุนของหัวแป้น ส่วนใหญ่ใช้คันบังคับด้วยเท้าในการควบคุมความเร็ว

เมื่อนำ Wheel Mould วางต่อบนแกนใส่เนื้อดินลงบน Wheel Mould เปิดสวิทซ์ให้ Wheel Mould หมุน โยกแขนกดซึ่งปลายด้านหนึ่งมีใบมีดลงบนเนื้อดินโดยตั้งระยะใบมีดให้ห่างจาก Wheel Mould เท่ากับความหนาของผลิตภัณฑ์ ใบมีดจะทำหน้าที่กดเฉลี่ยดินให้กระจายสม่ำเสมอและตัดส่วนที่เกินออก

ลักษณะของ Working Mould และใบมีด ผลิตขึ้นตามลักษณะของผลิตภัณฑ์ ดังนี้

1. Jiggering ใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีรูปทรงค่อนข้างแบน หรือประเภทที่มีความลึกน้อย เช่น จาน ชามก้นตื้น ลักษณะของ Wheel Mould จะจำลองลักษณะภายในของผลิตภัณฑ์ เช่นด้านในของจาน ส่วนใบมีด (Template) จะจำลองลักษณะภายนอกของโภชนา โดยใบมีดส่วนใหญ่ทำด้วยไม้หรือวัสดุปลอดสนิม ตัว Template จะตั้งห่างจาก Wheel Mould เท่ากับความหนาของผลิตภัณฑ์ เมื่อกดดินแล้วจะได้ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ

2. Jollying ใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีรูปทรงลึก เช่น ชาม ถ้วยกาแฟ เป็นต้น Wheel Mould จะจำลองลักษณะภายนอกของผลิตภัณฑ์ และ Template จำลองลักษณะภายในของผลิตภัณฑ์

นอกจากวิธีกดแบบด้วยเครื่อง 2 แบบข้างต้นนี้แล้ว ได้มีการปรับปรุงเครื่องจักรโดยยึดหลักการกดดินลงบน Wheel Mould เช่นเดียวกัน แต่พัฒนาให้ตัวTemplate เปลี่ยนไป เป็นโลหะที่หล่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นรูปผลิตภัณฑ์ เรียกว่า Roller head กดลงบน Working Mould ทำให้กระจายเนื้อดินได้อย่างรวดเร็วและสม่ำเสมอดี และใช้ดินที่มี Plasticity ต่ำได้ ทำให้การหดตัวของผลิตภัณฑ์น้อยลงด้วย

การขึ้นรูปในขณะที่ดินอยู่ในสถานะเหลว (Liquid State)

ดินที่ใช้ในการขึ้นรูปในวิธีนี้อยู่ในสถานะเหลวลักษณะเป็นน้ำข้นคล้ายโคลนเรียกว่า สลิป (Slip) ไม่สามารถคงรูปด้วยตัวเองได้ เพราะมีจำนวนน้ำในส่วนผสมมาก การขึ้นรูปวิธีนี้ต้องอาศัยแม่แบบ (Mould) ที่มีคุณสมบัติในการดูดซึมน้ำได้ดี โดยทั่วไปนิยมใช้ปูนพลาสเตอร์ เป็นวัสดุทำแม่แบบ อาจเรียกวิธีการขึ้นรูปนี้ว่า วิธีหล่อน้ำดิน (Slip Casting Method) การผลิตวิธีนี้สามารถทำได้ไม่จำกัดรูปทรงขึ้นอยู่กับแม่แบบสำหรับหล่อ (Casting Mould) และส่วนผสมของน้ำดินสำหรับหล่อ (Casting Slip)

วิธีหล่อน้ำดิน (Slip Casting Method) ทำได้ 2 วิธี ขึ้นอยู่กับลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่จะหล่อดังต่อไปนี้

1. การหล่อแบบกลวง (Drain Casting) เป็นวิธีการหล่อที่ใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีช่องว่างภายใน (Hollow ware) เช่น แจกัน เหยือก กล่อง เป็นต้น แม่แบบสำหรับหล่อแบบกลวงนี้จะจำลองลักษณะภายนอกของผลิตภัณฑ์ และมีช่องเปิดสำหรับใส่น้ำดินหล่อ

วิธีหล่อแบบ เมื่อประกอบแม่แบบเข้าด้วยกันแล้วรัดด้วยยางให้แน่น เทน้ำดินใส่ให้เต็มปล่อยไว้ระยะหนึ่งน้ำดินหล่อจะเกาะตัวที่ผนังแบบภายใน ทำให้น้ำดินหล่อส่วนที่ติดกับผนังแบบมีความหนาของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการผลิตแล้ว เทน้ำดินหล่อที่เหลือออกจะได้ผลิตภัณฑ์ตามต้องการ ความหนาของผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับเวลา ความหนาแน่นของน้ำดินหล่อ และความหนาแน่นของแม่แบบสำหรับหล่อ หลังจากเทน้ำดินออกแล้วทิ้งไว้จนเนื้อดินค่อนข้างแห้งตัว จะหดกร่อนจากแบบแกะชิ้นผลิตภัณฑ์ออกจากแบบแล้วตกแต่งความเรียบร้อยขั้นสุดท้ายก่อนทิ้งให้แห้ง

2. การหล่อแบบตัน (Solid Casting) เป็นวิธีการหล่อที่ใช้น้ำดินหล่อทั้งหมด ไม่มีส่วนเหลือที่ต้องการเทออกจากแบบ ใช้กับการหล่อผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะพิเศษ เช่น มือจับ (Handles) จุก (Knob) ส่วนตกแต่ง (Ornament) หรือผลิตภัณฑ์ที่มีรูปทรงแบน กว้าง ซึ่งต้องการควบคุมความหนา เช่น จาน ถาด เป็นต้น ลักษณะของแม่แบบสำหรับหล่อจะจำลองลักษณะภายนอกของผลิตภัณฑ์เช่นเดียวกัน เปิดช่องสำหรับเทน้ำดินหล่อ และควรมีช่องระบายอากาศด้วย

วิธีการหล่อ ประกอบแม่แบบสำหรับหล่อเข้าด้วยกัน รัดด้วยยางให้แน่น เทน้ำดินหล่อใส่แบบจนเต็ม และคอยเติมให้เต็มตลอดเวลา ทิ้งไว้ระยะหนึ่ง แม่แบบจะดูดน้ำจากน้ำดินหล่อ และน้ำดินหล่อเริ่มแข็งตัวจับเป็นรูปทรงที่คงรูป จึงแกะออกจากแบบ

น้ำดินสำหรับหล่อ (Casting Slip) ต้องมีคุณสมบัติพิเศษคือ ความสามารถในการไหลลื่นและแทรกสู่ส่วนต่าง ๆ ของแม่แบบหล่อ (Wheel Mould) ได้ทั่วถึงโดยเติมสารเคมี เรียกว่าตัว Deflocculant ที่นิยมใช้ในปัจจุบันมี 2 ตัวคือ โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) และโซเดียมซิลิเกต (Na_2SiO_2) ซึ่งนิยมใช้ร่วมกันทั้งสองตัว เพราะทำให้มีประสิทธิภาพดีกว่าใช้เพียงตัวใดตัวหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเติม Deflocculant ในส่วนผสมของน้ำดิน ทำให้ตัวอนุภาคของดินในส่วนผสมไม่เกาะตัวกัน จึงไม่ตกตะกอนและมีความลื่นไหลโดยลดจำนวนน้ำลงได้อีกด้วย ทำให้ลดเวลาในการหล่อและแม่แบบไม่ต้องดูดเก็บน้ำจากน้ำดินมาก จึงทำให้แห้งตัวเร็วสามารถใช้หล่อแบบได้ใหม่ และอายุใช้งานจะเพิ่มขึ้นด้วย

<u>การขึ้นรูปในขณะที่ดินอยู่ในสถานะแห้ง</u>

ดินสำหรับผลิตในวิธีนี้ ผ่านขั้นตอนการผสมตามสัดส่วนและวิธีการเตรียมเรียบร้อยแล้ว บดให้ละเอียดเก็บเอาไว้ใช้ โดยทั่วไปนิยมขึ้นรูปด้วยวิธีใช้แรงอัด เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ที่รูปทรงเรียบ แบน เช่นโมเสค กระเบื้องปูพื้น กระเบื้องผนัง ข้อดีของการขึ้นรูปด้วยดินผงคือ ผลิตภัณฑ์จะหดตัวน้อย หรือแทบจะไม่มีการหดตัวเลย อย่างไรก็ตามการขึ้นรูปด้วยดินผงจะเป็นตัวจำกัดรูปทรงอื่น ๆ ที่มีหลายระนาบ

<u>การแห้งตัวและความเรียบร้อย (Drying and Finishing)</u>

ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการขึ้นรูปแล้ว จะต้องตรวจสอบความเรียบร้อยขั้นสุดท้าย และทิ้งให้แห้งก่อนที่จะนำไปเผา ความเรียบร้อยในที่นี้หมายถึงความพร้อม และความสมบูรณ์ของผลิตภัณฑ์ เช่น ความเรียบของขอบปาก ฐาน และผิวของผลิตภัณฑ์ การต่อติดส่วนละเอียดต่าง ๆ ซึ่งส่วนใหญ่จะทำก่อนที่จะทิ้งให้แห้ง แต่บางครั้งเมื่อผลิตภัณฑ์แห้งแล้ว ยังพบบางส่วนไม่เรียบร้อย ต้องทำให้เรียบร้อยใหม่ ขั้นตอนการแห้งตัว และความเรียบร้อยจึงแยกจากกันไม่ได้ มักจะต้องดำเนินการร่วมกันตามความเหมาะสม

<u>การแห้งตัว (Drying)</u>

เป็นการระเหยของน้ำที่แทรกอยู่ในผลิตภัณฑ์ ทิ้งช่องว่างไว้เป็นความพรุนในเนื้อดิน ผลิตภัณฑ์นั้นมีขนาดเล็กลงกว่าตอนที่ขึ้นรูป ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตเป็นอุตสาหกรรม ส่วนใหญ่จะมีวิธีการช่วยเร่งการแห้งตัว โดยอาจนำเข้าอบในบริเวณที่มีความร้อน ซึ่งนิยมใช้ความร้อนส่วนที่เหลือจากเตาเผามาใช้ เครื่องอบแห้งมีหลายลักษณะ คือ

1. ลักษณะเป็นอุโมงค์ความร้อนยาว ภายในเป็นรางสำหรับให้รถบรรทุกผลิตภัณฑ์เลื่อนผ่าน หรืออาจเป็นสายพานที่มีกะบะบรรจุผลิตภัณฑ์ผ่าน

2. เป็นเครื่องอบ ซึ่งประกอบด้วยชั้นไม้หลายชั้น สำหรับเรียงผลิตภัณฑ์ที่ต้องการอบให้แห้ง ชั้นไม้เหล่านี้ยึดติดกันด้วยโซ่ ซึ่งทำหน้าที่ลากชั้นให้เคลื่อนผ่านส่วนไล่ความชื้นและส่วนอบให้แห้ง ผลิตภัณฑ์ที่แห้งแล้วจะยกออกจากชั้นอีกด้านหนึ่ง

3. เป็นเครื่องอบที่มีลักษณะคล้ายชิงช้าสวรรค์ กล่าวคือ จะประกอบด้วยกระบะประมาณ 8-12 กระบะ แขวนอยู่บนแกนที่ยึดติดกับแกนกลางของเครื่องจักร กระบะเหล่านี้จะเคลื่อนตัวเป็นวงกลมทางตั้งเหมือนกระเช้าชิงช้าสวรรค์ พบว่าวิธีนี้นิยมใช้กันมาก เพราะประหยัดเนื้อที่ได้มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแห้งตัว (Drying) จัดเป็นขั้นตอนสำคัญขั้นตอนหนึ่งของขบวนการผลิตเครื่องปั้นดินเผา ปัญหาความเสียหายจากการทรุดตัว การแตก รอยร้าว เป็นลักษณะที่เห็นเป็นปกติ ซึ่งส่วนใหญ่มักเกิดจากการแห้งตัวไม่สม่ำเสมอ บางครั้งลักษณะความเสียหายเหล่านี้มองไม่เห็นก่อนเผาก็มี

ปัจจัยในการแห้งตัวของผลิตภัณฑ์

1. ส่วนผสมของเนื้อดิน (The composition of clay body) ขนาดของอนุภาค (particle size) ของดินชนิดต่าง ๆ ในส่วนผสม

2. แม่แบบ (Plaster mould) ในกรณีที่เป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องใช้แม่แบบ

3. รูปร่าง ขนาด และความหนาของผลิตภัณฑ์

ความเรียบร้อย (Finishing)

ขั้นตอนการทำความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์ มีหลายระยะขึ้นอยู่กับขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์นั้น ก่อนที่จะนำเข้าเผาหรือทิ้งให้แห้ง

1. การแต่งฐาน (Turning) เป็นขั้นตอนสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยมือ โดยเฉพาะที่ปั้นโดยใช้แป้นหมุน โดยอาจใช้ผ้าหรือหนังชามัวหมาดลูบส่วนที่ตกแต่งขณะที่หมุนอยู่บนเครื่อง จะทำให้รอยเครื่องมือหมดไป ก่อนที่จะทิ้งให้แห้ง เพื่อนำไปเผาต่อ

2. การตัดหรือขูดตกแต่ง (Cutting and Trimming) ขั้นตอนนี้ส่วนใหญ่ใช้กับผลิตภัณฑ์ที่ผลิตด้วยวิธีหล่อ เนื่องจากแม่แบบที่ใช้สำหรับหล่อ ประกอบด้วยชิ้นแบบหลายชิ้น ส่วนที่ต่อกันระหว่างชิ้นแบบจะปรากฏบนเนื้อดินที่หล่อ ซึ่งต้องตกแต่งความเรียบร้อย ทิ้งผลิตภัณฑ์ให้แห้งก่อนที่นำมาดูดรอยต่อออกด้วยใบมีดบางและคม หรืออาจขัดด้วยกระดาษทรายน้ำเนื้อละเอียดก็ได้

3. การติดต่อส่วนประกอบ (Sticking Up) ผลิตภัณฑ์บางประเภทมีส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น หู มือจับ จุก พวยกา และส่วนประดับตกแต่งต่าง ๆ ขั้นตอนการต่อติดนิยมทำระหว่างที่ตัวผลิตภัณฑ์และส่วนประกอบอยู่ในระยะค่อนข้างแข็งคล้ายหนัง โดยประสานสองส่วนเข้าด้วยกัน ด้วยน้ำดินที่เรียกว่าสลิป (Slip) ทาน้ำดินทั้งสองด้าน เพื่อปรับสภาพความชื้นของบริเวณรอยต่อเมื่อกดส่วนประกอบเข้ากับตัวผลิตภัณฑ์ จะประสานกันดีและติดกันสมบูรณ์

4. การทำความสะอาดเรียบร้อยด้วยฟองน้ำ , ผ้าและหนัง (Sponging , Towing and Fettling) โดยการลูบให้ทั่วด้วยฟองน้ำ หรือผ้า หรือหนังประเภทอ่อนชุบน้ำหมาด ๆ วิธีนี้จะช่วยให้ผลิตภัณฑ์ทั่วไปเรียบร้อยไม่มีตำหนิ แล้วจึงทิ้งให้แห้ง การตกแต่งขั้นสุดท้ายนี้อาจทำด้วยมือหรือเครื่องอัตโนมัติก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.5 การเผา (Firing)

การเผาเป็นขั้นตอนที่สำคัญ และเป็นขั้นตอนเดียวที่เปลี่ยนสภาพทางกายภาพของดินจากของแข็งที่สลายตัวในน้ำได้ กลายเป็นของแข็งที่ไม่สามารถสลายตัวในน้ำ และมีความแข็งคล้ายหิน คุณสมบัติความแข็งหรือแกร่งของดินหลังเผา จะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับส่วนผสม เช่น ดินเอิทเทอนแวร์ จะมีความพรุนในเนื้อดินหลังเผามากกว่าดินสโตนแวร์ ทำให้มีความแกร่งน้อยกว่าด้วย

อุณหภูมิที่เผาเนื้อดินแต่ละชนิดต่างกัน เช่น ดินเอิทเทอนแวร์เผาถึง 1100 °c ก็จะแกร่งตัวมากที่สุด ต่างจากดินพอสเลนต้องเผาถึง 1300 °c หรือสูงกว่า เพื่อให้ได้เนื้อดินที่แข็งแกร่งที่สุด

การผลิตเครื่องปั้นดินเผาแบ่งการเผาเป็น 2 ขั้นตอน คือ

1. การเผาดิบ (Bisque firing) หลังจากที่ผลิตภัณฑ์ผ่านขั้นตอนการผลิตต่าง ๆ จนถึงการทิ้งให้แห้ง แต่ยังมีความชื้นหลงเหลืออยู่ ถ้านำผลิตภัณฑ์นี้ไปเผาจนอุณหภูมิสูงถึงจุดที่แกร่งตัวที่สุดของเนื้อดินนั้น จะทำให้เปลี่ยนสภาพของเนื้อดินแข็ง มีความพรุนตัวน้อย หรืออาจไม่มีเลย ถ้าไม่มีความพรุนตัวเลย ผลิตภัณฑ์นั้นจะสามารถบรรจุของเหลวได้ เนื้อดินบางประเภทถึงแม้จะเผาจนแกร่งตัว อาจมีความพรุนเหลืออยู่ ทำให้บรรจุของเหลวไม่ได้ จึงจำเป็นต้องทำการเคลือบด้วยแก้ว การนำผลิตภัณฑ์ที่แห้งตัวก่อนเผาดิบมาทำการเคลือบด้วยน้ำยาเคลือบจะทำได้ยาก ผิวที่แห้งของผลิตภัณฑ์ต้องทำหน้าที่ดูดน้ำในเคลือบ ถ้าผิวทั้งผลิตภัณฑ์ไม่สามารถดูดน้ำสม่ำเสมอกันทั้งใบจะเกิดปัญหาการแตกร้าวโดยง่ายและการใช้ดินแห้งชุบเคลือบ ทำได้ยาก จึงนิยมเผาผลิตภัณฑ์เสียก่อนครั้งหนึ่ง นอกจากนี้ต้องมีความพรุนพอเหมาะที่จะช่วยในการดูดน้ำจากน้ำเคลือบ ส่วนใหญ่จึงเผาอุณหภูมิประมาณ 700 °c - 800 °c เรียกว่าการเผาดิบ (Bisque firing) ผลิตภัณฑ์ก่อนนำไปเผาเรียกผลิตภัณฑ์ดิบ (Green ware) การเผาดิบนี้นิยมเผาในอุณหภูมิที่ต่ำกว่าการเผาเคลือบ

วิธีการเผาและปฏิกริยาที่เกิดขึ้นระหว่างการเผาดิบ

เมื่อผลิตภัณฑ์แห้งสนิทแล้ว จึงนำเข้าบรรจุในเตาเผา ถ้ามีเวลามากควรอุ่นผลิตภัณฑ์ โดยเปิดไฟอ่อน ๆ และแง้มฝาเตาเล็กน้อย เพื่อเป็นทางออกของไอน้ำ ประมาณ 1-2 ชม. ก่อนวันเผาจริง วิธีนี้จะช่วยให้ความชื้นในผลิตภัณฑ์เริ่มระเหยออกได้ระยะหนึ่ง หรือถ้าต้องเผาต่อเนื่อง จะต้องเริ่มต้นการเผาให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ เพื่อให้โอกาสให้ความชื้นที่อยู่ภายในผลิตภัณฑ์แทรกตัวระเหยออกได้ทัน ถ้าเพิ่มอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว จะทำให้บริเวณผิวของผลิตภัณฑ์แห้งก่อนทำให้น้ำจากภายในระเหยออกมาไม่ได้ ก็จะแตกได้ นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ ยังต้องการวิธีการเพิ่มอุณหภูมิอย่างช้า ๆ ด้วย

1. ระยะที่น้ำระเหยตัว (Water Smoking) เมื่อเริ่มต้นเผาอย่างช้า ๆ ดังได้กล่าวแล้ว จนถึงอุณหภูมิระหว่าง 20°c (68°F) – 100°c (212°F) เป็นระยะที่น้ำแทรกอยู่ในเนื้อดิน พยายามแทรกตัวออกจากผิวผลิตภัณฑ์ และจะระเหยหมดที่ 120°c (248°F) ระหว่างการเผาต้องเปิดตาเตา หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปล่องเตาให้ไอน้ำระเหยออกได้ และควรเพิ่มอุณหภูมิช้า ๆ ดังได้กล่าวแล้วข้างต้น ในขั้นนี้ลักษณะการเกาะตัวของอนุภาคของดิน จะเป็นลักษณะดังในภาพประกอบ (ดูภาพประกอบหน้า 76) ในภาพแสดงลักษณะการเกาะตัวที่ 20°c จะยังมีไอน้ำแทรกอยู่เมื่อเผาถึง 120°c แล้ว ไอน้ำจะหมดไป แต่ลักษณะการเกาะตัวของอนุภาคยังคงเดิม

2. ความเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์สารที่เป็นพืช (Decomposition of Vegetable Matter) ในเนื้อดินส่วนใหญ่มีสารอินทรีย์ เช่น ทรากพืชผสม แทรกอยู่เมื่ออุณหภูมิการเผาสูงประมาณ 200°c (392°F) สารเหล่านี้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงจับตัวกันใหม่ ทำให้เกิดการขยายตัวของผลิตภัณฑ์ซึ่งไม่มากนักประมาณ 1 % นับว่าเป็นระยะเดียวที่เกิดการขยายตัวของผลิตภัณฑ์ ระหว่างการเผาตลอดวงจร การขยายตัวนี้น้อยมาก จนแทบจะสังเกตไม่เห็น ดังนั้นการบรรจุภาชนะเข้าเตา จึงไม่ควรบรรจุความสูงจนติดเพดานเตาเผา เพราะเมื่อเกิดการขยายตัวในระยะนี้ จะทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดความเสียหายได้

3. การเปลี่ยนสภาพเป็นเครื่องปั้นดินเผา (Ceramic Change) เป็นขั้นตอนที่เกิดการเปลี่ยนสภาพจากดินที่สลายตัวในน้ำ กลายเป็นของแข็ง ไม่สลายตัวในน้ำดังกล่าว โดยที่ระหว่างการเผาอุณหภูมิ 350°c - 450°c ----(662°F - 842°F) เนื้อดินที่เป็นโครงสร้างโมเลกุลจะเปลี่ยนแปลงจากลักษณะเกาะกันทางด้านข้างเป็นการแตะกันเป็นจุด แต่ไม่ได้ทำให้รูปทรงของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนไป แต่มีความเปราะ และบอบบาง ถ้าหยุดเผาในอุณหภูมิ 450°c นี้ แล้วนำผลิตภัณฑ์กลับไปแช่น้ำ เนื้อดินก็จะสลายตัวกลับเป็นดินได้อีก เมื่อเผาต่อไปส่วนผสมในเนื้อดินจะเริ่มหลอมเป็นเนื้อเดียวกันจนถึงอุณหภูมิ 600°c - 700°c (1112°F - 1292°F) (ดูภาพประกอบหน้า 76)

4. การเผาไหม้ของคาร์บอนและซัลเฟอร์ ( ) เมื่อความร้อนถึง 700°c (1292°F) – 800°c (1472°F) สีของไฟจะเริ่มเป็นสีแดง คาร์บอน และซัลเฟอร์ ที่ผสมอยู่ในดิน จะถูกเผาให้สลายตัว โดยปฏิกริยาจะเกิดขึ้นต่อเนื่องตัวคาร์บอนจะถูกเผาหมดไปที่อุณหภูมิ 900°c (1652°F) และซัลเฟอร์ที่ 1150°c (2012°F) ในระยะนี้เนื้อดินจะเปลี่ยนสภาพเป็นดินเผาที่มีเนื้อแข็ง และไม่สามารถจะสลายตัวในน้ำได้อีก และมีความพรุนตัวเหมาะที่จะนำไปเคลือบ

5. การเริ่มต้นแกร่งตัว (Progressive Vitrification) เมื่อเผาถึงอุณหภูมิ 800°c (1472 °F) ตัวลดอุณหภูมิ (Flux) ในดิน ได้แก่ โซดา , โปแตส ที่อยู่ในเฟลสปา จะทำปฏิกริยากับซิลาก้า เกิดการหลอมละลายแทรกซึมเข้าตามรูพรุนในผิวผลิตภัณฑ์และตัวผลิตภัณฑ์เริ่มหดตัว มีความแข็งและทึบตัว (Dense) เรียกว่าเริ่มมีความแกร่ง (Vitrious) (ดูภาพประกอบหน้า 76) ในระยะนี้เป็นเพียงระยะแรกเริ่มที่ส่วนประกอบในดินเริ่มหลอมตัว จะดำเนินต่อไปเรื่อยถ้าเพิ่มอุณหภูมิ จนกว่าจะถึงจุดหนึ่งที่ส่วนประกอบทั้งหมดหลอมเป็นเนื้อเดียวกัน และหดตัวมากที่สุด รูพรุนต่าง ๆ จะหมดไป ถ้าต้องการเผาจนแกร่งตัวเต็มที่โดยไม่เคลือบก็เผาต่อไปจนกว่าจะถึงจุดสุดตัว และมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแกร่งมากที่สุด ซึ่งเนื้อดินต่าง ๆ ชนิดจะแกร่งตัวในอุณหภูมิต่างกัน เช่น เอิทเทอนแวร์ อาจหลวมตัวเต็มที่ 1100°c ในขณะที่พอสเลนอาจหลอมตัวที่ 1300°c - 1400°cเป็นต้น

เมื่อเผาถึงอุณหภูมิที่ต้องการแล้วต้องปิดสวิตซ์ ยกสะพานไฟ แล้วทิ้งไว้ให้อุณหภูมิลดลงจนเหลือประมาณ 300°c จึงแง้มประตูเตาเล็กน้อย ปล่อยให้ความร้อนภายในเตาระเหยจนกว่าจะเย็นตัวจึงนำผลิตภัณฑ์ออกจากเตาเผา

2. การเผาเคลือบ (Glazing firing) เป็นการเผาครั้งที่สองหลังจากเผาดิบแล้ว นำไปเคลือบแล้วเผาจนเคลือบละลายกลายเป็นแผ่นฟิลม์บาง ๆ คล้ายแก้ว หุ้มห่อป้องกันไม่ให้ของเหลวรั่วซึมและมีส่วนทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นแข็งแรงขึ้นด้วย อุณหภูมิการเผาเคลือบขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องปั้นดินเผา และส่วนผสมของเคลือบนั้น หลังจากการเคลือบแล้วอาจมีการตกแต่งด้วยการเขียนสีเหนือเหนือเคลือบอีกทีหนึ่ง ซึ่งต้องผ่านการเผาอีกครั้งเพื่อให้ส่วนตกแต่งนั้นยึดติดกับผิวเคลือบให้ดี ดังนั้นในขั้นนี้อาจมีการเผาอีกหลายที ขึ้นอยู่กับชนิดและจำนวนของสีที่ใช้ตกแต่งผลิตภัณฑ์นั้น

ในการผลิตบางครั้งสามารถรวมการเผาไหม้ เป็นการเผาเพียงครั้งเดียว (Once firing) แต่ทำได้กับผลิตภัณฑ์ บางประเภท เช่นกระเบื้องต่าง ๆ หรือผลิตภัณฑ์ขนาดไม่ใหญ่นัก การดำเนินงานจะนำผลิตภัณฑ์ที่แห้งแล้ว เคลือบทับโดยใช้วิธีพ่น แล้วนำเข้าเผาจนแกร่งตัว

ในขั้นตอนการผลิตเครื่องปั้นดินเผาทั้งหมดการเผานับเป็นขั้นตอนที่ต้องใช้ความระมัดระวังมากที่สุดเพราะความเสียหายระยะอื่นอาจนำผลิตภัณฑ์ไปสลายตัวแล้วนำกลับมาใช้ใหม่ แต่ถ้าถึงขั้นการเผาแล้ว ลักษณะและคุณสมบัติดินจะเปลี่ยนไป ยากที่นำกลับมาใช้ได้ ค่าใช้จ่ายในการเผาก็สูงกว่าในขั้นตอนอื่น อีกทั้งความเสียหายระหว่างเผายังเกิดขึ้นได้ง่าย และมีโอกาสเกิดสูงกว่าระยะอื่นๆ ผู้ดำเนินการเผาจึงต้องมีความเข้าใจถึงขั้นตอนการเผา และปฏิกริยาที่เกิดขึ้นระหว่างการเผาอย่างดี เพื่อป้องกันความเสียหายในการเผาดังกล่าว

วิธีการเผาและปฏิกริยาที่เกิดขึ้นระหว่างการเผาเคลือบ

ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาดิบแล้ว นำมาเคลือบจะมีความแข็งและพรุนตัวพอเหมาะ หยิบจับง่ายแต่ถ้าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้ผ่านการเผาดิบ จะนำมาเคลือบต้องระมัดระวัง และการดำเนินการเผาของผลิตภัณฑ์สองประเภทนี้จะแตกต่างกันเล็กน้อย กล่าวคือ การเผาผลิตภัณฑ์ที่เคลือบโดยยังไม่ได้เผาดิบจะต้องเริ่มต้นเช่นเดียวกับการเผาดิบ ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาดิบมาแล้ว หลังจากอุ่นเตาแล้วอาจเร่งความร้อนได้เร็วกว่าประเภทที่ไม่ได้เผาดิบ

1. ระยะแห้งตัว (Drying) เป็นระยะแรกเริ่มการเผาจนถึงอุณหภูมิ 100°c (180°F) ซึ่งเป็นระยะที่น้ำเดือดและระเหยออกจากเนื้อเคลือบ การเผาอย่างช้า ๆ ในระยะนี้จะช่วยให้การเผาได้ผลดี โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้ผ่านการเผาดิบมาก่อน มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องดำเนินการเผาระยะนี้อย่างช้า ๆ เพื่อให้โอกาส น้ำในผลิตภัณฑ์และเคลือบระเหยตัวได้อย่างสมบูรณ์ การเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างเร่งร้อนอาจทำให้เคลือบหลุดหรือเกิดการรวมกัน (crawling) ซึ่งปัญหาอย่างนี้เรียกกันว่า เวทแวร์ (wet ware) ตามลักษณะที่เกิดขึ้น

2.ระยะที่เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นเครื่องปั้นดินเผาและการรวมตัวกันใหม่ของสารประกอบ (Ceramic Change and decomposition) ในส่วนผสมของเคลือบเครื่องปั้นดินเผานั้นประกอบด้วยอ๊อกไซด์ของสารนานาชนิด เช่น ซิลิก้า อาลูมินา โซดา ตะกั่ว ฯลฯ แต่อ๊อกไซด์เหล่านี้มักจะแทรกอยู่ในวัตถุดิบตามธรรมชาติ หรือสารเคมีที่เตรียมขึ้น เพื่อความสะดวกหรือเหตุผลใดเหตุผลหนึ่ง อาจจะอยู่ในรูปของคาร์บอเนต ซัลเฟต หรือปนอยู่กับดินชนิดต่าง ๆ หลังจากการเผาถึงอุณหภูมิหนึ่ง สารต่าง ๆ เหล่านี้จะกลับมาอยู่ในรูปของอ๊อกไซด์ เช่น ดินเมื่อเผาถึง 350°c - 700°c (662°F - 1292°F) จะอยู่ในรูปของ อาลูมิโน-ซิลิเกต (Alumino - silicate) สารที่เป็นคาร์บอเนตและไฮเดรต (Carbonates and hydrates) จะรวมตัวกันในอุณหภูมิต่าง ๆ กันถึง 900°c (1652°F) สารประกอบต่าง ๆ จะรวมตัวที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน สำหรับซัลเฟต (Sulphates) จะเกิดการรวมตัวได้ต้องรวมตัวกับแร่ธาตุอื่น ๆ

3. ระยะเริ่มหลอมเหลว (Fusion starts) สารประกอบที่เป็นพวกโซดาหรือโปแตส และตัวลดอุณหภูมิในเคลือบอุณหภูมิต่ำ เช่น ตะกั่ว (Lead oxide) และโบริค แอสิด (Boric acid) เริ่มหลอมตัวที่อุณหภูมิ 600°c (1112°F) และจะดำเนินต่อไปเรื่อยจนถึง 1000°c (1832°F) ส่วนประกอบของเคลือบอุณหภูมิต่ำจะหลอมตัวหมดและเริ่มการหลอมตัวประสานกันระหว่างเนื้อเคลือบกับเนื้อดิน

4. ระยะแกร่งตัว (Vitrification continues) ระหว่างที่เริ่มเผาจนถึงประมาณ 800°c ซึ่งเป็นอุณหภูมิเผาดิบตัวเนื้อดินเปลี่ยนแปลงระยะหนึ่ง และเมื่อเผาอุณหภูมิสูงขึ้นจะเกิดความเปลี่ยนแปลงขึ้นอีก เมื่ออุณหภูมิกว่า 1000°c (1832°F) ตัวเนื้อดินและเคลือบจะหลอมละลายและประสานกันอย่างช้า ๆ ระหว่างที่อุณหภูมิสูงขึ้น ตัวลดอุณหภูมิ (Flux) ของเคลือบจะทำหน้าที่หลอมละลายเนื้อดิน และเคลือบให้เป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน ในเคลือบเอิทเทอนแวร์ เมื่อเผาถึง 1100°c (2031°F) เป็นระยะที่เนื้อดินหดตัวและเคลือบทำปฏิกริยาสูงสุดถึงจุดแกร่งตัว (Vitrification) แล้ว

5. การรวมเป็นเนื้อเดียวกัน (Integration) เป็นระยะท้ายของการเผาเคลือบอุณหภูมิสูง ระยะนี้ตัวลดอุณหภูมิ (Fluxs) ในเคลือบจะหลอมละลายและเนื้อเคลือบจะแทรกเข้าเป็นเนื้อเดียวกับตัวเนื้อดิน ปฏิกริยานี้จะเกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 1100°c (2013°F) ซึ่งจะเกิดขึ้นเฉพาะในเคลือบอุณหภูมิสูง เช่น สโตนแวร์ และพอสเลน หรือโบนไชน่าเท่านั้น

6. การเย็นตัว ในขณะที่เคลือบเผาถึงจุดสุกตัวที่อุณหภูมิที่ต้องการแล้วต้องปิดสวิตซ์ แล้วทิ้งให้เย็นตัว ระยะการเย็นตัวของเคลือบนี้มีผลต่อความด้าน และความมันของเคลือบด้วย เพราะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะเวลาที่ปล่อยให้เย็นตัวนี้ เคลือบที่มีลักษณะเป็นแก้วจะเริ่มตกผลึก ถ้าทิ้งให้เย็นตัวลงอย่างช้า ๆ เคลือบจะตกผลึกมาก ทำให้สีที่ได้ค่อนข้างด้าน แต่ถ้าทำให้เย็นตัวเร็ว ไม่ให้โอกาสเคลือบตกผลึก จะทำให้เคลือบมีความมัน และระหว่างที่เคลือบเย็นตัวลงจากร้อนสุดจนถึงอุณหภูมิภายนอกจะเกิดการหดตัวของเนื้อดินและเคลือบอีกประมาณ 3% โดยปริมาตร การหดที่ดีเนื้อดินและเคลือบจะต้องหดตัวสัมพันธ์กัน เนื้อเคลือบจึงจะเนียนเรียบ ถ้าเคลือบหดตัวมากกว่าเนื้อดินจะเกิดรอยราน (Crazing) เพราะเคลือบดึงตัวแยกจากกัน แต่ถ้าเคลือบหดตัวน้อยกว่าเนื้อดิน เคลือบจะหดตัวเป็นคลื่น (Shivering) ได้

บรรยากาศในการเผา กรรมวิธีการเผาเครื่องปั้นดินเผามีลักษณะการควบคุมบรรยากาศภายในเตาได้ 2 วิธี ซึ่งจะมีผลต่อสีของเคลือบ ๆ ได้แก่

1. การเผาในบรรยากาศออกซิเดชั่น (Oxidation) เป็นปฏิกิริยาการเผาที่ไม่เป็นการรวมตัวระหว่างออกซิเจนกับสารอื่น ซึ่งเกิดขึ้นในระยะที่อุณหภูมิสูงประมาณ 700°c (1290°F) และ 1150°c (2102 °F) สังเกตเปลวไฟจะเริ่มมีสีแดง ในระยะนี้คาร์บอนและซัลเฟอร์จะถูกเผาไหม้หายไปเหลืออยู่เฉพาะตัว ออกซิเจนที่ทำปฏิกิริยากับธาตุ หรือสารต่าง ๆ ในส่วนผสม เช่น

$$CaCO_3 \longrightarrow CO_2\uparrow + CaO$$

$$2CaF_2 + O_2 \longrightarrow 2F_2\uparrow + 2\ CaO$$

$$CuCO_3 . Cu(OH)_2 \longrightarrow H_2O\uparrow + CO_2\uparrow + 2CuO$$

บรรยากาศที่เกิดขึ้นในเตาจึงเป็นการทำปฏิกิริยาของออกซิเจนและแร่ธาตุจึงเรียกว่าเป็นบรรยากาศการเผาออกซิเดชั่น ในด้านเคมีถือว่าระยะเวลานี้เป็นช่วงที่ไฮโดรเจนสลายตัวด้วย โดยทั่วไปการเผาวิธีนี้ต้องควบคุมไม่ให้เกิดปฏิกิริยาของคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นจึงใช้การเผาด้วยเตาไฟฟ้า สำหรับเตาประเภทที่ใช้เชื้อเพลิงที่มีควัน ตัวผลิตภัณฑ์จะต้องใส่ไว้ในกล่องหรือหีบดิน(Saggar) ก่อนแล้วนำผลิตภัณฑ์พร้อมกล่องนี้เข้าพร้อมกัน

2. การเผาในบรรยากาศรีดักชั่น (Reduction) เป็นการสร้างบรรยากาศการเผาเพื่อดึงตัวออกซิเจนออกจากโลหะออกไซด์ (Metal Oxides) เพื่อผลทางด้านของสีเคลือบหรือสีเนื้อดินในการเผาพอสเลนการเผารีดักชั่นจะช่วยทำให้เนื้อดินขาวขึ้น จะดำเนินขั้นตอนการรีดักชั่นในช่วงที่เนื้อดินกับเคลือบหลอมเหลวเป็นเนื้อเดียวกัน (Integration) ในการเผาสโตนแวร์การรีดักชั่น นอกจากจะเกิดผลกับเหล็กที่อยู่ในเนื้อดินแล้วในสีเลือบมีผลด้วยกับออกไซด์ของโลหะบางชนิด เช่น เหล็กจะให้สีเขียวเป็นเซราดอน (Celadon) และสีแดงจากคอปเปอร์ออกไซด์ (Copper Oxide) เรียกว่าคอปเปอร์เรด (Copper Red) การสร้างบรรยากาศรีดักชั่นเกิดขึ้นจากการเพิ่มคาร์บอนเข้าไปเพื่อทำให้เกิดปฏิกิริยาของคาร์บอนไดออกไซด์ อาจโดยการปรับการสันดาปของเชื้อเพลิงกับอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในเตา ซึ่งต้องใช้เตาประเภทที่เชื้อเพลิงก่อนให้เกิดควัน เช่น เตาแก๊ส เตาฟืน เตาน้ำมัน เป็นต้น สำหรับเตาไฟฟ้าไม่นิยมเพราะทำยากและลวดจะเสื่อมง่าย

<u>เตาเผา</u> (Kilns) เตาเผาสำหรับเผาเครื่องปั้นดินเผามีหลายขนาด และรูปทรงต่าง ๆ กัน เชื้อเพลิงและกรรมวิธีดำเนินการเผา มีทั้งที่ควบคุมด้วยมนุษย์ และอาจควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติ

<u>ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเตาเผา</u> เตาเผาที่ดีจะต้องให้ความร้อนทุกส่วนภายในเตาสม่ำเสมอกัน และสามารถควบคุมได้อย่างมีประสิทธิภาพ อาจแบ่งส่วนประกอบของเตาได้ดังต่อไปนี้

1. ตัวเตา หมายถึงโครงสร้างของเตานั้น โดยทั่วไปจะต้องมีโครงสร้างที่แข็งแรงปกติผนังเตาเป็นอิฐสองชั้น ภายในเป็นอิฐทนไฟ ถ้าเป็นเตาไฟฟ้าหรือเตาแก๊ส จะใช้อิฐทนไฟชนิดเบา (Insulating brick) ส่วนภายนอกเป็นอิฐธรรมดา และหุ้มด้วยฉนวนทนความร้อนอีกชั้นหนึ่งที่ประตูหรือด้านข้างเตาจะมีช่องดูไฟเป็นจังหวะ

2. กำเนิดความร้อน ขึ้นอยู่กับประเภทของเชื้อเพลิง ถ้าเป็นเตาแก๊สและเตาน้ำมันจะมีหัวพ่น (Burner) และกำแพงกันเปลวไฟ (Buffle wall) และมีปล่องไฟ (Chemny) ไว้ระบายควันที่เกิดจากการเผาไหม้ แต่ถ้าเป็นเตาไฟฟ้า ขดลวดทนไฟจะฝังไว้ที่กำแพงเตา มีจำนวนตามความเหมาะสม และควบคุมด้วยสวิตซ์ภายนอกเตา

3. เครื่องวัดอุณหภูมิ (Pysometer) เป็นเครื่องมือบอกความร้อน ภายในเตาบอกอุณหภูมิเป็นเซลเซียส และฟาเรนไฮท์ จะมีหน้าปัทม์บอกอุณหภูมิติดอยู่กับผนังเตาภายนอก

4. อุปกรณ์เตา (Kiln Furniture) หมายถึงส่วนประกอบอื่น ๆ ภายในเตาที่ใช้ประกอบในการบรรจุผลิตภัณฑ์ ได้แก่ชั้นขนาดต่าง ๆ (Shelves) ขารองชั้น (Poles)

การสร้างเตาเผาเซรามิกส์ให้ถูกต้องตามแบบและขนาด มีหลักสำคัญที่จะต้องคำนึงถึงอยู่ 4 ประการ คือ

1. ให้ได้อุณหภูมิในกำหนดเวลาและรักษาอุณหภูมิให้อยู่คงที่ได้ตามที่ต้องการ
2. ให้อุณหภูมิส่วนต่าง ๆ ในเตาเผาได้ตามที่ต้องการและเร่งความร้อนได้ตามส่วนต่าง ๆ ของเตาเผา
3. สามารถควบคุมการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาทางเคมีของภาชนะในเตาเผาโดยการเผา
4. เผาให้ได้อุณหภูมิสูงโดยใช้เชื้อเพลิงน้อย

<u>ชนิดของเตาเผา</u>

เตาเผาที่ใช้มีวิธีจำแนกชนิดหลายวิธี วิธีหนึ่งที่นิยมใช้คือการจำแนกชนิดตามเชื้อเพลิงที่ใช้ ได้แก่

1. เตาฟืน
2. เตาน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เตาแกส

4. เตาไฟฟ้า

ในอดีตยังมีเตาที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงอีกด้วย อย่างไรก็ตามหากจะแบ่งกลุ่มของเตาทั้งหมดที่ใช้แล้วจะเห็นได้ว่า เตาสามชนิดแรก ตัวเชื้อเพลิงจะเกิดการเผาไหม้และมีควัน (CO_2) ทำให้เตาประเภทนี้สามารถใช้เผาได้ทั้งบรรยากาศ ออกซิเดชั่นและบรรยากาศรีดักชั่น ต่างประเภทที่สี่เตาไฟฟ้าเชื้อเพลิงไม่ทำให้เกิดควัน จึงเหมาะกับการเผาในบรรยากาศออกซิเดชั่นเท่านั้น

1. เตาเผาไฟฟ้า สะดวกต่อการใช้เป็นอันมาก ได้ผลแน่นอน เพราะควบคุมอุณหภูมิได้ดี แต่ค่าไฟฟ้าราคาแพง ค่าใช้จ่ายในการเผาจึงสูงกว่าเตาเผาชนิดอื่น เตาเผาไฟฟ้ามีอยู่ 2 แบบ คือ

1.1. เตาเผาใช้ความร้อนสูงไม่เกิน 1000°c ภายในเตาเผาใช้ขดลวด Nickle-Chromium หรือที่เรียกย่อว่า Ni – Chrome เป็นตัวกำเนิดความร้อน ใช้สำหรับเผาสี เผาดิบ หรือเผาเคลือบ ไฟต่ำอุณหภูมิไม่เกิน 1000°c ถ้าเผาสูงกว่านี้ขดลวดจะขาดเพราะทนความร้อนไม่ได้

1.2.เตาเผาใช้ความร้อนสูงกว่า 1000°c ภายในเตาเผาใช้แท่งเตาเผา (Heating elenent) ทำจาก Silicon Carbide เป็นตัวกำเนิดความร้อน เผาได้เกินกว่า 1000°c ขึ้นไป จนถึง 1600°c

2. เตาเผาชนิดทางระบายความร้อนขึ้น (Up-draft Kiln) เตาเผาชนิดนี้ใช้ทั้งฟืนและน้ำมันเป็นเชื้อเพลิงมีอยู่หลายแบบด้วยกัน หลักการส่วนใหญ่เป็นเตาเผาชนิดที่ความร้อนจากเชื้อเพลิงไปสู่ของที่จะเผาแล้วจึงออกไปที่ปล่องหรือปากเตา

2.1.เตาเผาหม้อดิน จังหวัดนนทบุรี เป็นแบบเตาเหลี่ยมที่ไม่มีปล่อง มีทางใส่ฟืนต่อนล่างความจากพื้นตรงไปยังของที่เผาแล้วผ่านขึ้นไปถึงปากเตา

2.2.เตาเผาแบบเตากูบหรือเตาแมลงป่อง ที่อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี และที่จังเชียงใหม่ใช้กันมาก ถ้าเป็นเตาขนาดเล็กจะมีความยาว 6 เมตร ความกว้าง 2 เมตร สูง 2 ½ เมตร ตรงกลางเตามีประตูสำหรับใส่ของเข้าเตา หน้าเตามีช่องสำหรับใส่ฟืนหรือใส่หัวฉีดน้ำมัน ท้ายเตามีปล่อง ระดับพื้นของเตาเผาหน้าเตาไปหาปล่องจะเอียงสูงขึ้น เพื่อไฟชอนสูงจากพื้นดิน ความร้อนจากเชื้อเพลิงจะผ่านของที่เผาไปสู่ปล่อง แต่ถ้าเป็นเตาเผาขนาดยาวอาจจะมีช่องใส่ฟืนเข้าเตาด้านละ 2 ช่อง และใส่ฟืนตรงช่องเตาเผาทีละช่องเมื่อเผาตอนหน้าเตาเสร็จแล้ว ทั้งนี้เพื่อให้ของในเตาเผาสุกได้ทั่วกัน

2.3.เตาเผาแบบจีน มีลักษณะเป็นเตายาวขนาด 60 เมตรขึ้นไป ปากเตาเป็นที่ใส่ฟืนพื้นเตาเอียงลาดขึ้นไปจนถึงปล่องท้ายเตา มีประตูสำหรับบรรจุของ 2-3 ประตู และมีช่องใส่ฟืนทั้งสองด้านด้วย ความยาวของเตาเผาแต่ละช่องห่างกันประมาณ 1 เมตร เมื่อเผาตรงที่ปากเตาสุกแล้ว ก็ปิดปากเตามาใส่ฟืนเผาที่ช่องข้างเตาทั้งสองด้านทีละช่วง ๆ ใส่ไปจนถึงท้ายเตา ของที่เตาในเตาจะสุกทั่วกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.เตาเผาแบบสองชั้น (Muffle Type) เป็นเตาเผาที่สร้างเป็นสองชั้น เพื่อป้องกันไม่ให้ถูกความร้อนจากเชื้อเพลิงโดยตรง เพื่อป้องกันความเสียหาย ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากการเผาเคลือบตะกั่วด้วยน้ำมันหรือฟืน เนื่องจากจะมีการรีดิวซ์เกิดขึ้นในระหว่างการเผานั้น ทำให้เกิดเป็นคาร์บอนโมโนออกไซด์เกิดขึ้น ซึ่งจะไปดึงเอาออกซิเจนจากสารประกอบของตะกั่ว ทำให้เกิดเป็นโลหะตัวกั่วสีดำขึ้นภายในเคลือบ $CO + PbO \longrightarrow CO_2 + Pb$ แต่ถ้าเคลือบตะกั่วไม่มีโอกาสสัมผัสกับควันไฟโดยตรงแล้ว ความเสียหายดังกล่าวจะไม่เกิดขึ้น

3. เตาเผาชนิดทางระบายความร้อนลง (Down-draft Kiln) เตาเผาชนิดนี้ใช้ได้ทั้งฟืนและน้ำมันเป็นเชื้อเพลิง หลักการส่วนใหญ่เป็นเตาเผาที่มีผนังกั้นภายในเตา ความร้อนจากเชื้อเพลิงเมื่อมาถูกผนังกั้นจะพุ่งขึ้นไปตอนบนของเตาเผาที่เป็นส่วนโค้ง และถูกดูดจากช่องตรงพื้นของไปสู่ปล่อง ผ่านของที่เผาลงมา ทำให้ความร้อนภายในเตาสม่ำเสมอกัน ดีกว่าเตาเผาชนิดทางระบายความร้อนขึ้น

4. เตาเผาอุโมงค์ (Tunnel Kiln) เป็นเตาเผาสมัยใหม่ที่เหมาะสำหรับใช้ในการทำอุตสาหกรรม มีประสิทธิภาพในการเผาดี ทุ่นเวลา และทุนแรงงานในการบรรจุของเข้าเตาเผา การเผามีส่วนเสียหายจากการเผาน้อยที่สุด เผาได้ทั้งเผาดิบและเผาเคลือบ โดยการเผาสลับกัน เป็นเตาเผาที่มีรูปร่างยาว มีประตูเตาเผาอยู่ที่หัวและท้ายเตาเผา ทางหัวเตาสำหรับใส่รถที่บรรทุกของเข้าเตาและมี Oil Pusher ที่คอยดันรถเข้าไปภายในเตาอย่างช้า ๆ และตั้งเวลาได้ รถต่อรถจะดันกันไปตลอดเตาเผา รถเข้าไปดันหนึ่งก็จะมีรถออกมาทางท้ายเตาดันหนึ่ง ตรงกลางเตาเผาเรียกว่า Heating Zone มีหัวฉีดน้ำมันทั้งสองด้าน ด้านละ 4 – 6 – 10 ตัว แล้วแต่ขนาดความยาวของเตาเผา มีเครื่องวัดความร้อน Pyrometer แหย่ลงมาจากหัวเตาเผาทะลุลงไปภายในเตาตลอด ความยาวของเตาเผามี Pyrometer 12 อัน มีสายโยงไปที่ Control board ด้านในของเตาเผามีรางรถยาวตลอดจากปลายเตาถึงท้ายเตา มีท่อน้ำและที่ใส่กรวดขนาบไปกับรางทั้ง 2 ข้างเตาเผาโดยตลอด เพื่อช่วยลดความร้อนของส่วนล้อรถ ความร้อนของเตาจะเริ่มต้นจากปากเตาทีละน้อย จนถึงส่วนกลางเตาที่ร้อนเท่ากับอุณหภูมิที่ต้องการเผา และค่อย ๆ เย็นลงจนถึงท้ายเตา ซึ่งอุณหภูมิประมาณ 150°c เตาเผาอุโมงค์จะทำการเผาตลอดปีไม่มีการหยุดดับไฟ ดังนั้นจึงต้องมีของที่จะเผาป้อนให้เพียงพอ มิฉะนั้นจะเสียน้ำมันเปล่า วิธีการเผาต้องปรับความร้อนที่ Heating Zone เท่ากับอุณหภูมิที่ต้องการเผาเสียก่อนแล้วจึงจะใส่รถที่มีของต้องการเผาเข้าไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.6 น้ำเคลือบ

น้ำเคลือบคือสารประกอบซิลิเกต (Silicate) ผสมกับสารประกอบอย่างอื่นที่เป็นตัวช่วยหลอมละลาย ซึ่งเราเรียกว่าฟลักซ์ (Flux) อาจจะมีออกไซด์ของโลหะผสมลงไปด้วย เพื่อทำให้เกิดสีและมันในเคลือบ เมื่อเผาส่วนผสมของน้ำเคลือบถึงอุณหภูมิที่ทำให้หลอมละลายแล้ว น้ำเคลือบจะรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกัน และเมื่อทิ้งไว้ให้เย็นจะมีลักษณะเหมือนแก้วบางๆ ฉาบติดอยู่กับผิวผลิตภัณฑ์

<u>ประวัติน้ำเคลือบ</u>

เชื่อกันว่าชาวอียิปต์เป็นชาติแรกที่ค้นพบก่อนโดยบังเอิญในแถบทะเลทราย เป็นการเคลือบประเภทด่างซึ่งใช้โซดาแอชผสมกับทรายและดินนำไปเผาไฟให้ละลายเป็นน้ำเคลือบด้วยอุณหภูมิต่ำได้ ต่อมาชาวซีเรียและชาวบาบิโลเนีย ได้ค้นพบการทำเคลือบตะกั่วได้สำเร็จ และสามารถทำให้เกิดสีต่าง ๆ ได้โดยเติมออกไซด์ต่าง ๆ ลงไป การเคลือบตะกั่วนี้ได้แพร่หลายออกไปสู่ประเทศต่าง ๆ โดยเฉพาะจีน ซึ่งต่อมาจีนได้คิดค้นสูตรเคลือบใหม่ ๆ ได้อีกเช่นกัน ใช้ส่วนผสมของขี้เถ้า หินฟันม้า และดินผสมในอัตราส่วนที่เท่า ๆ กัน ทำเป็นน้ำเคลือบภาชนะเป็นผลสำเร็จ จีนได้พัฒนาต่อไปอีกด้วยการพบน้ำเคลือบสลิป น้ำเคลือบหิน (หินฟันม้า หินปูน หินแก้ว) ทำให้ผลงานเครื่องปั้นดินเผาเคลือบของจีนได้รับการยกย่องว่าเป็นงานศิลปะชั้นยอดของโลกแขนงหนึ่ง

<u>การจัดแบ่งประเภทของน้ำเคลือบ</u>

1. น้ำเคลือบนิยมแบ่งตามอุณหภูมิการเผาเช่นเดียวกับดินแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มดังนี้
   1.1 เคลือบอุณหภูมิต่ำ (Low Temperature Glaze) 800 – 1100 องศาเซลเซียส
   1.2 เคลือบอุณหภูมิปานกลาง (Medium Temperature Glaze) 1150 – 1200 องศาเซลเซียส
   1.3 เคลือบอุณหภูมิสูง (High Temperature Glaze) 1230 – 1300 องศาเซลเซียส
2. แบ่งน้ำยาเคลือบตามลักษณะผลิตภัณฑ์
   2.1 เคลือบเอิร์ทเทินแวร์ เผาที่ 1000 – 1180 องศาเซลเซียส
   2.2 เคลือบสโตนแวร์ เผาที่ 1250 – 1300 องศาเซลเซียส
   2.3 เคลือบปอร์ชเลน เผาที่ 1250 – 1380 องศาเซลเซียส
   2.4 เคลือบสุขภัณฑ์ เผาที่ 1200 – 1220 องศาเซลเซียส
   2.5 เคลือบโบนไชน่า เผาที่ 1100 – 1140 องศาเซลเซียส
3. แบ่งน้ำยาเคลือบตามวัตถุดิบที่ใช้เตรียมเคลือบ
   3.1 เคลือบบอแรกซ์ (Borax Glaze)
   3.2 เคลือบตะกั่ว (Lead Glaze)
   3.3 เคลือบฟริต (Frit Glaze)
   3.4 เคลือบขี้เถ้า (Wood Glaze)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 เคลือบสีแดงจากทองแดง (Copper Red Glaze)

3.6 เคลือบแบเรี่ยม (Barium Glaze)

3.7 เคลือบลิเที่ยม (Lithium Glaze)

3.8 เคลือบไททาเนี่ยม (Titanium Glaze)

4. แบ่งน้ำยาเคลือบตามลักษณะของเคลือบ

4.1 เคลือบใส (Clear Glaze)

4.2 เคลือบทึบ (Opaque Glaze)

4.3 เคลือบด้าน (Matt Glaze)

4.4 เคลือบกึ่งด้าน (Semi – Matt Glaze)

4.5 เคลือบผลึก (Crystalline Glaze)

4.6 เคลือบประกายมุก (Luster Glaze)

ความมุ่งหมายในการเคลือบ

1. *เพื่อให้ภาชนะมีความคงทน*

ภาชนะที่ปั้นเมื่อเผาสุกแล้ว เนื้อดินจะมีสีแตกต่างกันไปซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของเนื้อดินที่ใช้ปั้นและดินเผาแต่ละชนิดก็อาจจะมีเนื้อดินที่แตกต่างกันออกไปถ้าไม่ได้เคลือบ อาจจะทำให้ดูดซึมน้ำมาก หรือผุกร่อนได้ง่าย แต่ถ้าได้เคลือบแล้วน้ำเคลือบจะแทรกเกาะผิวดินของภาชนะที่เผาปั้นให้แน่นดียิ่งขึ้น

2. *เพื่อให้ภาชนะเกิดความสวย*

ภาชนะดินเผาที่เคลือบแล้วนั้นจะมีลักษณะพื้นผิวเรียบเป็นมันสดใส ทำให้ดูสวยงามมากและยังสามารถเช็ดถูทำความสะอาดได้สะดวกสบายยิ่งขึ้น

3. *เพื่อให้เกิดคุณค่าในด้านศิลปะ*

ภาชนะดินเผาที่ถูกออกแบบสร้างให้มีรูปทรงแปลก ๆ ถ้าได้ทำให้มีสีสัน โดยใช้วิธีเคลือบประกอบเข้าด้วยแล้วก็จะทำให้ภาชนะนั้น ๆ มีคุณค่าทางศิลปะเพิ่มมากขึ้น

4. *เพื่อให้ภาชนะสมบูรณ์ในด้านการค้า*

ภาชนะดินเผาที่ออกแบบ ปั้น เผา และเคลือบด้วยสีสันที่งดงามแปลกตา ย่อมเป็นส่วนหนึ่งที่สามารถดึงดูดลูกค้าให้เกิดความต้องการซื้อได้ ซึ่งถ้าสามารถทำได้งดงามตามจุดประสงค์แล้วย่อมแสดงให้เห็นว่าการเคลือบภาชนะนี้เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ภาชนะมีคุณค่าทางด้านการค้าอย่างสมบูรณ์

5. *เพื่อเป็นการช่วยเพิ่มความต้านทานต่อการกระแทกและเสียดสีระหว่างภาชนะได้ดี*

เนื่องจากผิวของภาชนะได้รับการเคลือบแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแบ่งกลุ่มวัตถุดิบในสูตรเคลือบ

1.1 วัตถุดิบที่ทำหน้าเป็นด่าง (Alkaline หรือ Basic Group) หรือวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติเป็นตัวหลอมละลายในการเคลือบ ช่วยลดอุณหภูมิการเผาให้ต่ำลง ทำให้น้ำยาเคลือบหลอมละลายเร็วขึ้นและเพิ่มการแยกตัวของเคลือบทำให้เคลือบมีผิวเรียบ

1.2 วัตถุดิบที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลาง (Intermediate Group) มีคุณสมบัติช่วยให้เคลือบมีความหนืด ไม่ไหลหลุดออกจากผิวผลิตภัณฑ์ขณะหลอมละลาย และลดการแตกรานของน้ำยาเคลือบ

1.3 วัตถุดิบที่ทำหน้าที่เป็นกรด (Acid Group) มีคุณสมบัติเป็นตัวทนไฟในน้ำยาเคลือบ เพิ่มจุดหลอมละลายทำให้น้ำยาเคลือบมีความแข็งแกร่งทนทานต่อรอยขีดข่วนและแรงกระแทก เป็นวัตถุดิบที่สามารถทนต่อฤทธิ์กรดด่างได้ดี

วัตถุดิบและการใช้

วัตถุดิบที่ใช้เตรียมเคลือบทั้งหลายล้วนเป็นอันตรายต่อร่างกาย ฝุ่นของวัตถุดิบที่เราสูดหายใจหรือเข้าสู่ร่างกายทางอื่นเช่น ทางผิวหนัง หรือทางปาก วัตถุดิบเหล่านี้ซึ่งเป็นสารพิษสะสมในร่างกายไม่สามารถระบายออกทางระบบขับถ่ายได้ เมื่อถึงจุดที่สารพิษมีปริมาณมากพอก็จะเริ่มแสดงอาการป่วยออกมา เช่นปวดศีรษะโดยไม่มีสาเหตุ น้ำหนักตัวลดลง ร่างกายซูบซีดมีอาการคลื่นไส้ อาเจียน เป็นอาการของคนได้รับสารพิษ ทั้งนี้แล้วแต่วัตถุดิบนั้นมีพิษมากหรือน้อย

วัตถุดิบที่เป็นพิษในการเตรียมเคลือบได้แก่ นิเกิลไดออกไซด์ ซิงค์ออกไซด์ คอปเปอร์ออกไซด์ คอปเปอร์คาร์บอเนต โครเมี่ยมออกไซด์ แบเรี่ยมออกไซด์ ตะกั่ว และซิลิกา การตักสารเคมีทุกครั้งต้องทำความสะอาดโต๊ะและพื้นด้วยผ้าเปียก แล้วนำไปล้างน้ำทันที ห้ามใช้ไม้กวาดฝุ่น จะยิ่งฟุ้งไปทั่วห้อง ควรถูพื้นห้องอย่างน้อยสัปดาห์ละ 2 ครั้ง เพื่อกำจัดฝุ่นที่ตกค้างสะสมของสารเคมี ในขณะปฏิบัติงานทุกครั้งควรใส่หน้ากากกรองฝุ่น และหลังปฏิบัติงานควรล้างมือให้สะอาดทุกครั้ง

คุณสมบัติของวัตถุในน้ำเคลือบ

สารตะกั่ว

จุดหลอมละลาย 770 – 1120 องศาเซลเซียส ทำหน้าที่เป็นตัวหลอมละลายถ้าเผาในอุณหภูมิสูงเกิน 1180 องศาเซลเซียส สารตะกั่วจะระเหยกลายเป็นไอ ตะกั่วเป็นสารพิษไม่ควรใช้ตะกั่วโดยตรงในการเตรียมเคลือบ ควรนำตะกั่วมาหลอมกับซิลิกาให้เป็นฟริตเสียก่อน

บอแร็กซ์

จุดหลอมละลายที่อุณหภูมิ 741 องศาเซลเซียส ให้แก้วในอุณหภูมิต่ำ 900 – 1100 องศาเซลเซียส เป็นด่างที่ให้โซเดียม และบอริกออกไซด์อยู่รวมกัน เป็นสารละลายน้ำได้ จึงนิยมนำมาหลอมในฟริต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อนใช้เคลือบผลิตภัณฑ์ เคลือบที่เผาในอุณหภูมิต่ำทุกชนิดไม่นิยมนำมาทำอาหาร เพราะกรดในอาการ เช่น น้ำส้มสายชู และ กรดมะนาวสามารถกัดเคลือบได้ และสารพิษจะถูกทำละลายปนมาในกรดอาหาร

ฟริตและการใช้เคลือบฟริต

ฟริตคือวัตถุดิบที่ใช้เตรียมเคลือบอุณหภูมิต่ำ ซึ่งทำจากวัตถุดิบที่เป็นพิษหรือวัตถุดิบที่ละลายน้ำได้นำมาเผารวมกับซิลิกา ซึ่งเป็นแก้วทำให้วัตถุดิบที่หลอมตัวเป็นแก้วมีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำและไม่ดูดซึมเข้าทางผิวหนังลดคุณสมบัติเป็นพิษลง ฟริตถูกนำมาบดให้ละเอียดในรูปผลเคลือบสำเร็จรูปก่อนนำมาใช้เป็นน้ำยาเคลือบอุณหภูมิต่ำ นิยมเตรียมจากวัตถุดิบ ตะกั่วและบอแร็กซ์ หรือจากส่วนผสมของทั้งสองอย่างรวมกัน ฟริตนิยมนำมาใช้ผสมในน้ำยาเคลือบอุณหภูมิต่ำประมาณ 80 – 100 % โดยน้ำหนัก เนื่องจากในเคลือบฟริตมีส่วนผสมของซิลิกา และอลูมินาอยู่บ้างแล้ว จึงใช้เป็นเคลือบสำเร็จรูปในอุณหภูมิต่ำได้ เคลือบอุณหภูมิปานกลาง 1150 – 1200 ใช้ฟริตในปริมาณน้อยลง เพื่อลดอุณหภูมิในการหลอมละลายของเคลือบโดยใช้ปริมาณ 20 – 40% ร่วมกับวัตถุดิบตัวหลอมละลายอื่น ๆ ในสูตรเคลือบส่วนในเคลือบอุณหภูมิสูงโดยปกติไม่ใช้ฟริตเป็นส่วนประกอบใช้วัตถุดิบทั้งหมด แต่ในเคลือบอุณหภูมิสูงบางชนิดที่ต้องการสีพิเศษหรือมีปฏิกิริยาแปลกจากธรรมดาจะใช้ฟริตในสูตรเคลือบด้วยปริมาณไม่เกิน 5%

ซิงค์ออกไซด์

เป็นวัตถุดิบที่มีจุดหลอมละลายสูง หลอมละลายได้แก้วที่ 1800 องศาเซลเซียส เป็นด่างที่นิยมใช้ในเคลือบอุณหภูมิปานกลางถึงอุณหภูมิสูง 1150 – 1250 องศาเซลเซียส โดยใช้ร่วมกับด่างตัวอื่น ๆ เช่น หินปูน โซดาเฟลด์สปาร์ ฯลฯ ถ้าใช้ด่างเฉพาะสังกะสีเพียงอย่างเดียว เคลือบจะไม่ยอมหลอมละลายเคลือบใสที่มีสังกะสี ถ้านำมาใช้เขียนสีใต้เคลือบ สีเขียว สีเหลือง สีน้ำตาล จะซีดลงและสีเขียวจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลด้วย แต่เคลือบสังกะสีจะทำให้สีน้ำเงินมีสีสดมากขึ้น

ลิเทียมออกไซด์

วัตถุดิบที่มีจุดหลอมละลายในอุณหภูมิ 1150 องศาเซลเซียส มีคุณสมบัติเป็นตัวหลอมละลายที่ดีในเคลือบอุณหภูมิปานกลาง และอุณหภูมิสูง ลิเทียมมีราคาแพงจึงไม่นิยมใช้ในเคลือบอุตสาหกรรม เหมาะสำหรับทำเคลือบไม่มาก ลิเทียมมีคุณสมบัติเป็นตัวเร่งสีเคลือบด้วย เคลือบที่มีสีพิเศษต่าง ๆ เช่น สีฟ้าเทอลอยด์ หรือสีชมพู จะต้องใส่ลิเทียมในปริมาณ 5 –10% ในสูตร

แบเรี่ยมคาร์บอเนต

เป็นวัตถุดิบที่มีจุดหลอมละลายที่ 1923 องศาเซลเซียส มีคุณสมบัติตัวหลอมละลายที่อุณหภูมิปานกลางถึงอุณหภูมิสูง 1180 – 1250 องศาเซลเซียส โดยปกติแล้วแบเรี่ยมไม่ใช่ตัวหลอมละลายหลักจึงใช้เป็นตัวเร่งตัวหนึ่งในการหลอมละลายของเคลือบแต่ใช้ในปริมาณเพียงเล็กน้อย 5 – 8% ถ้าใช้เกินกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้นก็ไม่ทำให้เคลือบละลายเร็ว ถ้าใช้เกิน 20% ขึ้นไปในเคลือบมักจะให้สีด้านแทน เคลือบที่มีปริมาณของแบเรี่ยมสูง ถ้าเผาเกินอุณหภูมิไปเล็กน้อย 20 – 30 องศาเซลเซียส จะเกิดตำหนิเป็นฟองบนผิวเคลือบหรือเคลือบเดือดพองปุด ๆ จึงต้องระวังในการเผาเป็นพิเศษ โดยเผาต่ำกว่าอุณหภูมิเดิมแล้วแช่เวลาที่อุณหภูมิสูงสุดไว้ 10 นาที เคลือบจะมีคุณภาพดี

แคลเซียมคาร์บอเนต

หรือหินปูนเป็นวัตถุดิบที่มีจุดหลอมละลายสูง 2500 องศาเซลเซียส มีคุณสมบัติเป็นตัวหลอมละลายในเคลือบอุณหภูมิสูง 1250 – 1300 องศาเซลเซียส สามารถใช้เพียงอย่างเดียวในสูตรเคลือบเพื่อเป็นตัวหลอมละลายแต่โดยปกติจะใช้คู่กับโซดา หรือโพแทสในเฟลด์สปาร์ด้วย ปริมาณที่ใช้ 15- 25% ในเคลือบอุณหภูมิสูง ช่วยให้น้ำยาเคลือบมีความแข็งแกร่ง

เฟลด์สปาร์

หรือหินฟันม้าเป็นวัตถุดิบที่มีจุดหลอมละลาย 1180 – 1200 องศาเซลเซียส มีคุณสมบัติเป็นเคลือบได้ตามธรรมชาติ มีด่าง กลาง กรด อยู่ครบในส่วนประกอบของเคลือบ เคลือบเคมีหรือเคลือบหินที่เราใช้กันอยู่ในปัจจุบันก็คือเคลือบหินฟันม้า เฟลด์สปาร์ที่นิยมใช้ในสูตรเคลือบมี 2 ชนิด คือ โพแทสเฟลด์สปาร์และโซดาเฟลด์สปาร์

อลูมินาออกไซด์

มีจุดหลอมละลายที่ 2050 องศาเซลเซียส มีคุณสมบัติเป็นกลาง ทำให้เคลือบหนืดเกาะติดผิวดินได้ดีไม่ไหลจากตัวผลิตภัณฑ์ขณะเผาถึงจุดสุกตัวหลอมละลาย ช่วยให้เคลือบดิบที่ยังไม่ได้เผามีความแข็งสามารถเกาะติดผิวผลิตภัณฑ์ได้แน่นไม่หลุดเป็นฝุ่นติดมือขณะที่จับ หรือทำให้เคลือบมีตำหนิได้ง่าย ปกติเราใช้ดินขาวเป็นวัตถุดิบที่ให้อลูมินาในเคลือบ เคลือบเกือบทุกชนิดมีดินขาวอยู่ประมาณ 10% ในสูตร เพื่อช่วยให้เคลือบลอยตัวไม่ตกตะกอนก้นถัง และช่วยให้เคลือบไม่หลุดเป็นฝุ่นและมีคุณสมบัติเป็นตัวหนืดในขณะที่หลอมละลาย

ซิลิกา

มีจุดหลอมละลาย 1750 องศาเซลเซียส เป็นทรายแก้วผลึกของแร่ควอทซ์ มีค่าความแข็ง ทำให้บดได้ยาก มีคุณสมบัติเป็นกรด ทำหน้าที่เป็นตัวทนไฟ ลดการไหลตัวของเคลือบทำให้เคลือบมีความแข็งแกร่งทนต่อรอยขีดข่วน ทนแรงกระแทก ทนฤทธิ์กรดและด่างได้ดีในเคลือบอุณหภูมิสูงทุกชนิดมีปริมาณของซิลิกาในสูตร 25 – 30%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไทเทเนียมออกไซด์

เป็นออกไซด์ตัวเดียวในกลุ่มนี้ที่ทนไฟเท่าซิลิกาใช้ผสมในเคลือบเพื่อให้สีฟาง และเป็นตัวช่วยทำให้เคลือบทึบ ถ้าใส่ในเคลือบ 5 – 10% มีผลทำให้เกิดความมันวาวในเคลือบอีกด้วย

<u>วัตถุดิบที่ให้สีขาวทึบและสีต่าง ๆ ในเคลือบ</u>

สีขาวทึบ

- ดีบุก
- เซอร์โคเนียมซิลิเกต

สีขาวครีม

- โครมิกออกไซด์
- คอปเปอร์ออกไซด์
- คอปเปอร์คาร์บอเนต

สีน้ำตาล

- แมงกานีสออกไซด์
- เฟอร์ริกออกไซด์

สีน้ำเงิน

- โคบอลต์ออกไซด์

สีสำเร็จรูป

เกิดจากการเตรียมโดยใช้ออกไซด์ที่ให้สีตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปมาผสมกัน ออกไซด์ที่กล่าวมาข้างต้นบางตัวจะทำปฏิกิริยากับน้ำเคลือบ หรือละลายในน้ำเคลือบได้ ทำให้สีเคลือบเปลี่ยนแปลงได้ง่าย ดังนั้นในการผลิตงานมาก ๆ และต้องการให้ได้สีมาตรฐานจึงไม่นิยมใช้ออกไซด์ที่ให้สีโดยตรง แต่จะใช้ในรูปของสีสำเร็จรูป เพราะว่าเมื่อนำไปผสมในน้ำเคลือบแล้วนำไปเผาสามารถให้สีคงที่

<u>วิธีชุบเคลือบ</u>

การชุบเคลือบมีหลายวิธี แต่ละวิธีมีเทคนิคและการใช้เครื่องมือที่แตกต่างกันออกไป แต่ทุกวิธีมีจุดหมายเดียวกันคือให้น้ำเคลือบจับติดผิวอยู่บนภาชนะซึ่งขึ้นกับชนิดของน้ำเคลือบด้วยว่า จะเคลือบด้าน เคลือบทึบ หรือเคลือบใส วิธีการชุบนั้นถ้าเผาในอุณหภูมิสูงมักจะชุบเคลือบให้บางตรงกันข้าม ถ้าเผาในอุณหภูมิต่ำมักจะชุบเคลือบให้หนาเป็นต้น

วิธีการชุบเคลือบแบ่งออกเป็น 6 วิธี คือ

1. วิธีจุ่มหรือชุบในน้ำเคลือบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนปริมาณของน้ำเคลือบจะต้องมีมากพอที่จะเคลือบได้ทั่วถึงภาชนะ จะทำการเคลือบสม่ำเสมอดี ส่วนที่เป็นรอยมือชุบนั้นให้ทาด้วยเคลือบให้ทั่วทีหลัง

2. วิธีพ่น

เป็นวิธีที่ได้ผลมากในการเคลือบ เพราะน้ำเคลือบจะไปด้วยกำลังอัดของลมเป็นละอองฝอยละเอียดไปจับผิวภาชนะ ซึ่งน้ำเคลือบนี้จะจับผิวภาชนะได้อย่างสม่ำเสมอ และมีความหนาบางได้ตามต้องการ น้ำเคลือบที่ใช้พ่น ควรผสมให้ใสเพื่อสะดวกแก่การพ่น เหมาะสำหรับภาชนะ หรือผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่และทำการผลิตเป็นจำนวนมาก ๆ

3. วิธีทาด้วยแปรง

เป็นวิธีที่ง่ายและใช้อุปกรณ์น้อยชิ้นไม่เปลืองน้ำเคลือบ โดยใช้แปรงขนอ่อน ๆ ทาไปทางเดียวให้ทั่วภาชนะหนาบางตามต้องการ วิธีนี้เหมาะกับงานขนาดเล็ก ๆ

4. วิธีเทราด

น้ำเคลือบต้องผสมให้เหลวพอควรและต้องมีภาชนะรองรับน้ำเคลือบอีกชิ้นหนึ่ง โดยใช้ไม้หรือตะแกรงวางพาดลงบนภาชนะรองรับน้ำเคลือบ แล้วจึงวางวัตถุที่จะเคลือบลงบนไม้หรือตะแกรงนั้นแล้วตักน้ำเคลือบเทราดให้ทั่ว การเทราดจะเทราดหลายสีก็ได้

5. ใช้ขี้ผึ้งเขียนลายกั้นน้ำเคลือบ

เป็นเทคนิคการเคลือบให้เกิดลวดลายที่สวยงามอีกแบบหนึ่งบนภาชนะดินเผา ด้วยการใช้พู่กันชุบขี้ผึ้งที่หลอมเหลวแล้วเขียนลวดลายลงบนภาชนะก่อนนำไปชุบเคลือบ เมื่อนำไปชุบเคลือบ ส่วนที่เขียนลายด้วยเทียนน้ำเคลือบจะไม่ติด เมื่อนำไปเผาจะเกิดเป็นลายตามต้องการได้

6. การใช้กาวผสมเพื่อให้น้ำเคลือบติดแน่น

เมื่อน้ำเคลือบบนภาชนะแห้งแล้ว อาจจะร่อนออกจากผิวภาชนะได้เพราะส่วนผสมต่างๆ ของน้ำเคลือบเป็นผงละเอียดและร่วน ดังนั้นเพื่อกันไม่ให้เกิดเรื่องดังกล่าวขึ้น จึงต้องผสมกาวลงไปเล็กน้อยในน้ำเคลือบ เพื่อให้น้ำเคลือบยึดตัวกันแน่นไม่หลุดร่วงจากภาชนะได้ง่าย

<u>วงจรการเผาเคลือบ</u>

การเผาเคลือบอุณหภูมิต่ำ และอุณหภูมิปานกลางส่วนใหญ่จะเผาในบรรยากาศสันดาปสมบูรณ์ นอกจากเคลือบอุณหภูมิสูง คือ เคลือบชนิดที่เผาในบรรยากาศสันดาปสมบูรณ์ และ เคลือบชนิดพิเศษที่ต้องการเผาในบรรยากาศสันดาปไม่สมบูรณ์

วงจรการเผาเคลือบโดยทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงแรก	24 – 900	องศาเซลเซียส	ใช้เวลาไม่ต่ำกว่า 5 ชั่วโมง
ช่วงที่สอง	900 – 1250	องศาเซลเซียส	ใช้เวลาไม่ต่ำกว่า 4 – 6 ชั่วโมง
ช่วงที่สาม	แช่อุณหภูมิ 1250	องศาเซลเซียส	ใช้เวลาไม่ต่ำกว่า 10 – 15 นาที

<u>ตัวแปรที่ทำให้คุณภาพของน้ำเคลือบเปลี่ยนแปลง</u>

1.1 คุณภาพของวัตถุดิบที่ใช้เตรียมเคลือบเปลี่ยนไปเช่น วัตถุดิบเปลี่ยนแหล่งที่ซื้อ หรือการมาของวัตถุดิบแต่ละครั้งมีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ ทั้งที่ซื้อจากแหล่งเดิม ห้องทดสอบเคลือบควรมีการเผาทดลองวัตถุดิบทุกตัวในถ้วยทดลองตัวอย่างเล็ก ๆ ทุกครั้งเมื่อวัตถุดิบครั้งใหม่มาถึงจะต้องทดลองเผาดูให้มีคุณภาพ สี ความละเอียด การหลอมละลายใกล้เคียงกับตัวอย่างเดิมหลังการเผา ถ้าคุณภาพของวัตถุดิบเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ควรส่งคืนผู้ขาย

1.2 คุณภาพของเนื้อดินเปลี่ยนไป บางโรงงานใช้ดินสำเร็จรูปที่ส่งมาจากโรงงานใหญ่เพื่อลดขั้นตอนการผลิตและตัดปัญหาการเตรียมดิน ดินแต่ละโรงงานมีคุณภาพไม่เหมือนกัน สีดิน ความทนไฟ ความเหนียว ถ้าเปลี่ยนเนื้อดินปั้น สีของเคลือบก็จะเปลี่ยนไปด้วย ดินบางชนิดมีความทนไฟสูง เมื่อเคลือบแล้วเผาในอุณหภูมิต่ำกว่าดินสุกตัวเคลือบจะด้าน

1.3 การชุบเคลือบ ต้องควบคุมความหนาบางของเคลือบ เคลือบแต่ละชนิดใช้ความหนาบางไม่เท่ากัน เคลือบบางชนิดต้องชุบหนา สีของเคลือบเปลี่ยนแปลงได้ง่านหลังการเผา ถ้าชั้นของเคลือบหนาบางไม่เท่ากัน ทำให้คุณภาพของสีเคลือบและผิวเคลือบเปลี่ยนแปลงไปด้วย

1.4 คุณภาพการเผาเปลี่ยนไปเผาคนละเตาจากเดิม หรือเผาด้วยเตาแก๊ส และเตาไฟฟ้าคุณสมบัติเตาของแต่ละเตามีลักษณะเฉพาะของมันเอง ต้องทดลองเผาเคลือบชนิดเดียวกันดูในหลาย ๆ เตา เราสามารถจะเปรียบเทียบความแตกต่างของเตาเผาได้ชัดเจนมากขึ้น

วัตถุดิบทุกชนิดที่ใช้ในการเตรียมเคลือบ ควรผ่านการทดสอบโดยการเผา เพื่อเก็บไว้เป็นตัวอย่างในการตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบ เปรียบเทียบกับวัตถุดิบที่ส่งมาครั้งใหม่ ผู้ที่ศึกษาเทคนิคการทำน้ำยาเคลือบจะต้องศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบทุกตัวหลังการเผา เพื่อให้ทราบถึงจุดหลอมละลาย สี ความเปลี่ยนแปลงหรือความทนไฟของวัตถุดิบหลังการเผาผ่านความร้อนในอุณหภูมิต่าง ๆ

<u>การทำแท่งทดสอบเนื้อดิน</u>

เนื้อดินที่นิยมใช้กันในโรงงานแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ 1. ดินสโตนแวร์ 2. ดินปอร์ชเลน ส่วนใหญ่โรงงานใช้ดินเพียงชนิดเดียวเท่านั้นเพื่อไม่ให้ยุ่งยากกับอุปกรณ์ เครื่องจักรที่ใช้เตรียมดินและการลดปัญหาการปนเปื้อนของเนื้อดิน ซึ่งขั้นตอนการผลิตและการเผาต้องควบคุมให้ละเอียดมากยิ่งขึ้นในระบบอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ถ้าต้องการใช้ดินหลายประเภทจะแยกโรงงานผลิตคนละโรงไม่ให้ดินและกระบวนการต่าง ๆ มาปะปนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดินในโรงงานควรมีการทดสอบอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้สีดิน ความละเอียด และคุณภาพหลังการเผาดีคงเดิม สามารถทำแท่งทดสอบดินโดยการรีดดินหนา 1.5 ซม. ตัดเป็นแท่งกว้าง 2 ซม. ยาว 13 ซม. สูง 1.5 ซม. 1 แท่ง แล้วนำไปหล่อปูนปลาสเตอร์ไว้ เมื่อจะทำแท่งทดสอบก็ใช้พิมพ์นี้กดแท่งทดสอบออกมา แท่งทดสอบที่กดได้ขีดเส้นยาว 10 ซม. ด้วยมีดปลายแหลมทำเครื่องหมายกลางแท่ง เขียนชื่อตัวอย่างดินที่ทดลอง วัน เดือน ปี ที่ทำการทดสอบกำกับไว้ด้วย เพื่อเปรียบเทียบกับแท่งทดสอบเก่าๆ ข้อควรระวังในการตัดแท่งทดสอบต้องนวดดินให้ดี อัดให้เต็มและปาดออกในครั้งเดียว ถ้าใช้ดินอัดเพิ่มลงไป กดไม่แน่นมีฟองอากาศ แท่งทดสอบจะแตกหลังเผา

<u>การชุบเคลือบบนแผ่นทดสอบ</u>

แผ่นทดสอบที่ทำการเตรียมไว้จำนวนมากโดยการกดพิมพ์ ควรผึ่งให้แห้ง และเผาดินให้เรียบร้อยก่อนนำไปชุบเคลือบ การทดลองควรทำดังนี้

1. นำแผ่นเทสไปชุบน้ำ 1 ครั้งแล้วนำขึ้นมาวางบนแผ่นกระดาษรอง
2. เขียนชื่อเคลือบและหมายเลขของแผ่นทดสอบให้เห็นชัดเจนทางด้านล่างของแผ่นทดสอบ
3. เรียงแผ่นทดสอบที่เขียนชื่อและรหัสหมายเลขตามลำดับให้เป็นระเบียบบนแผ่นไม้กระดาน
4. ถ้าทำเคลือบครั้งละสองเนื้อดินใช้แผ่นทดสอบดินสโตนแวร์ 1 แผ่นและดินขาวปอร์ชเลนอีก 1 แผ่น รวมเป็น 2 แผ่น
5. ถ้าต้องการเผารีดักชั้นให้เขียนอักษรกำกับไว้ด้านล่างของแผ่นทดสอบด้วย
6. คำนวณปริมาณสารเคมีที่จะใช้บดในแต่ละสูตรว่ามีน้ำหนักของสารเคมีแต่ละชนิดรวมกี่กรัม
7. ชั่งสารเคมีไว้เป็นถุง ๆ เขียนรหัสให้ชัดเจนด้วยปากกาเคมีที่เขียนบนถุงพลาสติกได้
8. บดน้ำยาเคลือบที่ใช้ทดสอบแต่ละครกให้ละเอียดใช้เวลาบดสูตรละประมาณ 30 นาที โดยสังเกตว่าวัตถุดิบเนียนละเอียดเป็นเนื้อเดียวกันไม่เป็นเม็ดเมื่อใช้นิ้วขยี้
9. ชุบเคลือบบนแผ่นทดสอบให้มีความหนา 1- 1.5 ม.ม. อย่าชุบหนาหรือบางเกินไปผลการทดสอบอาจเปลี่ยนแปลงได้
10. ชุบเคลือบให้ครบแล้วเช็ดเคลือบด้านหลังแผ่นทดสอบให้สะอาด ถ้าเป็นแผ่นทดสอบเคลือบชนิดวางนอน
11. แบ่งกลุ่มเคลือบไว้เป็น 2 แผ่นกระดานรองเคลือบคือ เผา OF. 1 กลุ่มเผาด้วยเตาไฟฟ้า และกลุ่ม RF เผาด้วยแก๊ส

ในการแบ่งน้ำยาเคลือบออกเป็นกลุ่มต่างๆ นั้น สามารถแบ่งแยกออกได้หลายกลุ่มซึ่งมีกลุ่มที่แบ่งได้ตามอุณหภูมิการเผาเช่นเดียวกันกับดิน ซึ่งในการแบ่งเคลือบตามอุณหภูมินั้น เนื่องมาจากดินวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมหลักในการทำน้ำยาเคลือบนั้นแต่ละอย่างผสมไม่เหมือนกัน และวัตถุดิบแต่ละตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้นมีความสามารถในการทนต่อความร้อนได้ไม่เท่ากัน หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าจุดหลอมละลาย หากจุดหลอมละลายที่เกิดกับวัตถุดิบนั้นต่ำ เคลือบชนิดนั้นก็จะสามารถทนไฟได้ในอุณหภูมิที่ต่ำไปด้วย และหากวัตถุดิบที่ใช้ผสมในน้ำยาเคลือบนั้นทนไฟได้ในอุณหภูมิที่สูง ก็จะสามารถแบ่งกลุ่มของน้ำยาเคลือบนั้นเป็นกลุ่มของเคลือบอุณหภูมิสูง

<u>เคลือบอุณหภูมิต่ำ (Low Temperature Firing Glaze)</u>

เคลือบอุณหภูมิต่ำคือ เคลือบที่เผาในช่วงอุณหภูมิ 850 – 1100 องศาเซลเซียส ได้แก่เคลือบที่มีส่วนผสมของ ตะกั่ว บอแร็กซ์ หรือเคลือบฟริตที่นำตะกั่วกับบอแรกซ์ไปหลอมกับแก้วเรียบร้อยแล้ว เคลือบอุณหภูมิต่ำนิยมใช้เคลือบเซรามิกส์ประเภทใช้ประดับตกแต่งไม่นิยมใช้เคลือบชุดอาหาร
คุณสมบัติเคลือบไฟต่ำ

1. ผิวของเคลือบมีความแวววาวสูง
2. เคลือบเป็นแก้วที่มีความแข็งน้อย ไม่ทนต่อรอยขีดข่วนหรือแรงกระแทก เคลือบบิ่นร้าวได้ง่าย
3. เนื้อดินดูดซึมน้ำได้เกิน 7% เมื่อเวลานานไปดินดูดน้ำและความชื้นในอากาศ ดินขยายตัวดันเคลือบให้แตกร้าวหรือแตกลายงา
4. น้ำเคลือบไหลตัวมากมีช่วงการเผาในอุณหภูมิที่จำกัด ถ้าเผาเกินกำหนดเคลือบจะไหลติดพื้นเตาเสียหาย
5. สีของเคลือบเป็นสีสดใสและมีสีสด ๆ เกือบทุกสี
6. ไม่ทนต่อกรดด่าง ไม่เหมาะสำหรับนำมาเคลือบผลิตภัณฑ์ใส่อาหาร กรดมะนาวและน้ำส้มสายชูในอาหารสามารถกัดเคลือบทำให้สารพิษละลายปนในอาหารได้

เนื้อดินในอุณหภูมิต่ำ

มักจะมีลักษณะการปั้นค่อนข้างหนาเทอะทะเล็กน้อย เนื่องจากดินมีความพรุนตัวสูงดูดน้ำได้เกิน 7% ถ้าปั้นบาง ๆ จะแตกหักได้ง่ายนอกจากการผลิตโดยวิธีน้ำดิน ผลิตภัณฑ์จะบางลงบ้าง เนื้อดินยังไม่แกร่งเมื่อเคาะดูเสียงไม่ดังกังวาน เนื้อดินเปราะแตกง่ายเมื่อกระทบกัน ชนิดดินที่นิยมใช้สามารถแยกออกได้หลายชนิด

การเผาเคลือบไฟต่ำ

เคลือบต้องการการเผาในบรรยากาศแบบสมบูรณ์ ตั้งแต่เริ่มต้น- สิ้นสุดการเผา เคลือบอุณหภูมิต่ำมีคุณสมบัติไหลตัวมากและมีช่วงอุณหภูมิในการเผาจำกัด ถ้าเผาเกินอุณหภูมิเคลือบจะไหลตัวมากเป็นอันตรายต่อแผ่นรองเตา คุณสมบัติของเคลือบตะกั่วหรือเคลือบบอแรกซ์ถ้าเผาเกิน 1180 องศาเซลเซียส เคลือบจะระเหยกลายเป็นไอไปหมดเหลือผิวเคลือบที่แห้งและพอง ไอระเหยจากเตาเผาเคลือบตะกั่วเป็นควันพิษ ถ้าสูดหายใจเข้าไปเป็นประจำจะทำให้สุขภาพเสื่อมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตาเผาที่ใช้เคลือบอุณหภูมิต่ำ ได้แก่เตาฟืนยังนิยมใช้เผากระเบื้องมุงหลังคาวัด เตาแก๊สและเตาไฟฟ้าก็ใช้กันอยู่บ้าง แต่เตาเผาที่จะต้องระวังในการเผาเคลือบตะกั่วและเคลือบฟริตก็คือเตาแก๊สที่บุด้วยเซรามิกส์ไฟเบอร์ถ้าเผาเกินอุณหภูมิ เคลือบจะระเหยติดผนังเตาไฟเบอร์บ่อย ๆ จนเกาะเป็นชั้นหนา ๆ ทำให้เตาเสียหายได้และมีอายุการใช้งานสั้น ไม่คุ้มกับการลงทุน เพราะเซรามิกส์ไฟเบอร์มีราคาแพง

<u>เคลือบอุณหภูมิปานกลาง</u>

เคลือบในอุณหภูมิปานกลางนิยมเผากันในอุณหภูมิระหว่าง 1150 – 1230 องศาเซลเซียส ซึ่งโดยปกติมักจะเป็นวัตถุดิบฟริตเป็นส่วนผสมในสูตรเคลือบด้วย เคลือบอุณหภูมิปานกลางนิยมใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์หลายชนิด เช่น เคลือบสุขภัณฑ์ต่าง ๆ นิยมเผาที่อุณหภูมิ 1180 – 1230 องศาเซลเซียส รวมทั้งผลิตภัณฑ์โบนไชน่าที่เคลือบด้วยเคลือบฟริตซึ่งเผาในอุณหภูมิปานกลาง 1060 – 1140 องศาเซลเซียสและสามารถเผาแบบสันดาปสมบูรณ์

คุณสมบัติของเคลือบฟริต

1. ผิวเคลือบเรียบเนื้อเคลือบละเอียดเนียน
2. ผิวเคลือบมีความแข็งปานกลาง แข็งน้อยกว่าเคลือบที่เผาในอุณหภูมิสูง
3. สามารถทำเคลือบสีสด ๆ ได้ทุกสีตามตัวอย่างสีของสุขภัณฑ์
4. เคลือบสุขภัณฑ์สามารถนำมาเคลือบถ้วยชาม และผลิตภัณฑ์บนโต๊ะอาหารได้ เคลือบชนิดนี้ทนต่อฤทธิ์กรดและด่างได้ดี
5. เผาในบรรยากาศสันดาปสมบูรณ์

เนื้อดินอุณหภูมิปานกลาง

นิยมใช้ทำผลิตภัณฑ์ดินหล่อชนิดสีขาวผสมให้มีเนื้อดินที่มีจุดสุกตัวไม่เกิน 1220 องศาเซลเซียส ดินมีความแกร่งไม่ดูดซึมน้ำ ดินปั้นควรใช้ดินสโตนแวร์ธรรมดาที่เผาในอุณหภูมิ 1250 องศาเซลเซียส บดผสมกับหินฟันม้าเพิ่มในเนื้อดินอีก 10% เพื่อลดอุณหภูมิในการเผาให้ต่ำลง หรือสามารถเลือกซื้อดินปั้นสำเร็จรูปที่มีอุณหภูมิการเผาระหว่าง 1200 – 1220 องศาเซลเซียส เพื่อดินและเคลือบเผาสุกพร้อมกัน เนื้อผลิตภัณฑ์ไม่ดูดซึมน้ำ เพิ่มความแข็งแกร่งให้ผลิตภัณฑ์มากยิ่งขึ้น เพราะเคลือบไม่แตกร้าวหลังการใช้งานไปนาน ๆ ผลิตภัณฑ์ที่เผาในอุณหภูมิปานกลางมีความแข็งแกร่งน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่เผาในอุณหภูมิสูง

การเผาเคลือบที่มีฟริตเป็นส่วนประกอบในสูตรเคลือบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควรเผาในบรรยากาศสันดาปแบบสมบูรณ์ และในตอนท้ายของการเผาควรแช่เวลาเผาให้นาน 20 นาทีถึงครึ่งชั่วโมง เพื่อให้เนื้อดินสุกตัวพร้อม ๆ กับเคลือบ แต่ระวังสำหรับเคลือบที่มีการไหลตัวมาก ห้ามแช่อุณหภูมิการเผาในช่วงสุดท้ายระยะเวลาในการเผาเคลือบประมาณ 7 –8 ชั่วโมง

เคลือบประกายมุก

เคลือบชนิดนี้มีความมันแวววาวเหลือบประกาย เหมือนด้านในของกาบหอยมุก เผาในอุณหภูมิปานกลางประมาณ 1200 องศาเซลเซียส เมื่อเคลือบถึงจุดหลอมละลายจะมีการไหลตัวอย่างรุนแรงมาก เคลือบนี้เหมาะสำหรับนำไปเคลือบชิ้นงานในการประดับตกแต่ง เพื่อโชว์ความแวววาวของน้ำเคลือบ ไม่เหมาะสำหรับนำไปเคลือบในระบบอุตสาหกรรม ถ้าต้องการนำไปใช้เคลือบผลิตภัณฑ์ ควรคิดหาเทคนิคในการใช้น้ำยาเคลือบโดยป้องกันการไหลได้อย่างปลอดภัยในการเผา เคลือบนี้ไม่เหมาะสำหรับเคลือบภาชนะใส่อาหาร เนื่องจากสูตรเคลือบมีตะกั่วอยู่ในปริมาณมาก

เนื้อดิน

เคลือบประกายมุกชอบเนื้อดินหล่อมากกว่าดินเหนียวปั้น เพราะดินหล่อมีผิวเรียบเนียน เคลือบนี้ต้องการผิวดินเรียบเนียนไม่ให้มีรอยสะดุด จึงไม่ชอบเนื้อดินหยาบ

การเผา

ดังที่กล่าวมาแล้วว่าเคลือบนี้มีตะกั่วอยู่ถึง 50% จึงนับได้ว่าเคลือบลัสเตอร์นี้เป็นเคลือบตะกั่วชนิดหนึ่ง หลักในการเคลือบเผาตะกั่วทุกชนิด จะต้องเผาแบบสันดาปสมบูรณ์เต็มที่ เพราะถ้านำเคลือบตะกั่วไปเผาในบรรยากาศรีดั๊กชั่น เคลือบตะกั่วจะเปลี่ยนสีกลายเป็นสีดำทันที ดังนั้นเคลือบนี้จึงเผาได้ผลดีในเตาไฟฟ้าจะได้สีสดใสแวววาวดี

<u>เคลือบอุณหภูมิสูง</u>

สูตรเคลือบที่เผาในอุณหภูมิสูงนั้น แบ่งการเผาได้เป็นสองบรรยากาศคือ

- เคลือบที่เผาแบบออกซิเดชั่น
- เคลือบที่เผาแบบรีดั๊กชั่น

เคลือบที่เผาในอุณหภูมิสูง มีอุณหภูมิระหว่าง 1230 – 1300 องศาเซลเซียส

คุณสมบัติของเคลือบอุณหภูมิสูง

1. ผิวเคลือบมีความแข็งแกร่ง ทนต่อรอยขีดข่วนและแรงกระแทกได้ดี
2. ผิวเคลือบสะท้อนแสงได้ปานกลาง ไม่แวววาวเท่าเคลือบอุณหภูมิต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. โทนสีของเคลือบมีให้เลือกเล็กน้อยกว่าเคลือบอุณหภูมิต่ำ และสีไม่สดใสเท่าเคลือบอุณหภูมิต่ำ
4. เคลือบสามารถทนต่อฤทธิ์กรด และด่างได้ดี สามารถนำมาเคลือบภาชนะใส่อาหารทุกชนิดได้อย่างปลอดภัย
5. เผาได้ทั้งในบรรยากาศการเผาสันดาปสมบูรณ์ และไม่สมบูรณ์

เนื้อดินในอุณหภูมิสูง

1. ดินสโตนแวร์ สีน้ำตาลอ่อนทึบแสง เผาสุกตัวที่อุณหภูมิประมาณ 1250 องศาเซลเซียส เนื้อดินหลอมตัวกันแน่น การดูดซึมน้ำไม่เกิน 2%นิยมใช้ทำผลิตภัณฑ์ถ้วยชาม และแจกันต่างๆ
2. ดินขาวในอุตสาหกรรม เนื้อดินมีสีขาวทึบแสง ดินขาวที่ใช้มีเปอร์เซ็นต์ของแร่เหล็กเจือปนอยู่บ้างทำให้เป็นสีขาวอมเทาหลังการเผา เนื้อดินเมื่อสุกตัวไม่ดูดซึมน้ำ มีความแข็งแกร่งมากเมื่อนำมาล้างกระทบกันบ่อย ๆ ไม่บิ่นหรือแตกร้าวง่าย นิยมใช้ในการผลิตถ้วยชามในระบบอุตสาหกรรม
3. ดินขาวปอร์ชเลน เนื้อดินมีสีขาวโปร่งแสง ลักษณะการปั้นบางเพื่อเน้นความโปร่งแสงของเนื้อดิน เป็นดินขาวคุณภาพดีมีแร่เหล็กเจือปนอยู่ไม่เกิน 1% หลังการเผาดินหลอมตัวกลายเป็นแก้วโปร่งแสง มีความแข็งแกร่งมากเมื่อเคาะดูมีเสียงดังกังวานคล้ายเสียงโลหะ นิยมชุบเคลือบด้วยเคลือบใส เพื่อเน้นความโปร่งแสงของเนื้อดิน

การเผาเคลือบอุณหภูมิสูง

1. เผาในบรรยากาศออกซิเดชั่นหรือสันดาปสมบูรณ์ จากอุณหภูมิห้องถึง 900 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 5 –6 ชั่วโมง และจาก 900 องศาเซลเซียสถึง 1250 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมง รวมระยะเวลาในการเผา 8 – 9 ชั่วโมง
2. เผาในบรรยากาศรีดั๊กชั่น จากอุณหภูมิห้องถึง 950 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 5 – 6 ชั่วโมง และจาก 950 – 1250 องศาเซลเซียส เผาแบบรีดั๊กชั่นใช้ 4 – 5 ชั่วโมง รวมระยะเวลาในการเผา 9 – 10 ชั่วโมง

เคลือบผลึก

เคลือบผลึกมีหลายลักษณะต่าง ๆ กัน บางผลึกเป็นดอกโตขนาดใหญ่เห็นได้ชัด บางผลึกเป็นรูปเข็มก่ายกันไปมา บางผลึกเป็นเส้น ๆ คล้ายขนแมวละเอียด และบางผลึกเป็นจุดควงเล็ก ๆ ละเอียดลอยอยู่ในชั้นของเคลือบเมื่อสะท้อนโดนแสงสว่างจะส่องประกายแวววาวคล้ายกากเพชร ได้แก่ พวกอะเวนจูรีนเกรซ ซึ่งต้องเผาโดยการเย็นตัวช้ากว่าปกติเล็กน้อย แต่ในที่นี้จะขออธิบายเฉพาะเคลือบผลึกที่เป็นดอกกลมโต หรือมีลักษณะดอกของผลึกคล้ายรูปพัด ในซิงค์ออกไซด์ที่ตกผลึกรวมตัวกับซิลิกา กลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นผลึกของซิงค์ซิลิเกต ในขณะที่เคลือบเย็นตัวลงอย่างช้า ๆ ในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 1100 – 1180 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 4 – 6 ชั่วโมง ในการแช่อุณหภูมิการเผาให้คงที่ช้า ๆ

รูปทรงของผลิตภัณฑ์

การออกแบบรูปทรงของผลิตภัณฑ์ที่จะนำมาเคลือบด้วยเคลือบผลึกควรเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีรูปทรงง่าย ๆ มีผิวโค้งเรียบเป็นเส้นต่อเนื่องไม่มีลายนูน หรือลายเส้นสะดุดเป็นอุปสรรคต่อการแตกตัวของผลึก ควรเน้นรูปทรงที่จะโชว์ผลึกของเคลือบให้เด่นชัด แจกันทรงกลม แจกันที่มีปากกว้าง จานหรือชามที่มีผิวเรียบการแตกตัวของผลึกจะได้ดอกโตสมบูรณ์และสวยงาม

เนื้อดิน

ผลิตภัณฑ์เคลือบผลึกควรใช้ดินปอร์ชเลนสีขาวเช่นดินหล่อ หรือดินขาว สีของเคลือบผลึกบนเนื้อดินสีขาวจะมีประกายสดใสกว่า มีผิวเคลือบเรียบกว่าหลังการเผาและการเกิดผลึกจะชัดเจนกว่าบนเนื้อดินขาว

วิธีเคลือบ

เคลือบผลึกมีการไหลตัวมากขณะเผาในอุณหภูมิสูง จึงต้องระวังการไหลของเคลือบไปติดแผ่นรองเตาเผาโดยค้าหาวิธีการต่างๆ เพื่อป้องกันการไหลติดของน้ำเคลือบ

1. ผลิตภัณฑ์ประเภทจาน หรือ ชาม ควรเลือกเคลือบเฉพาะด้านใน ส่วนด้านนอกใช้เคลือบอุณหภูมิสูงชนิดอื่นที่ไม่ไหลตัว
2. ผลิตภัณฑ์แจกันควรใช้เทคนิคการพ่นน้ำยาเคลือบให้บางลงเล็กน้อยในบริเวณใกล้ฐานของผลิตภัณฑ์ขึ้นมา 1 นิ้ว แต่ในบริเวณอื่นให้มีความหนาของเคลือบประมาณ 1.5 มม.
3. ทำขาตั้งรับผลิตภัณฑ์ กันเคลือบไหล คล้ายขาถ้วยรองตู้กับข้าว ทาอลูมินาที่ขอบวงแตะติดก้นผลิตภัณฑ์

การเผา

เคลือบผลึกมีวิธีการเผาแตกต่างจากการเผาเคลือบธรรมดาคือ เคลือบธรรมดาเมื่อเผาถึงอุณหภูมิสูงสุด เมื่อเคลือบหลอมละลายดีแล้ว เช่นเผาที่อุณหภูมิ 1250 องศาเซลเซียส สิ้นสุดการเผาเราก็ปิดไฟเตาเผาได้แต่เคลือบผลึกทุกชนิดต้องการอุณหภูมิในการเย็นตัวลงคงที่และช้า ๆ สำหรับเคลือบผลึกซิงค์ออกไซด์นี้จะต้องแช่อุณหภูมิในขณะที่เตายังร้อนจัด ที่อุณหภูมิระหว่าง 1100 – 1180 องศาเซลเซียส นาน 4 – 6 ชั่วโมง หลังการเผาที่อุณหภูมิสูงสุด 1260 องศาเซลเซียสแล้ว ดังนั้นในระหว่างที่อุณหภูมิในเตาเผาเริ่มจะลดลงจะต้องควบคุมอุณหภูมิภายในเตาเผาไว้คงที่นานกว่าธรรมดาอีก 6 ชั่วโมง จึงปิดเตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เผาเคลือบผลึก มักใช้ระยะเวลาในการเผาเคลือบนานกว่าธรรมดาถึง 6 ชั่วโมง ทำให้เสียค่าเชื้อเพลิงในการเผามากกว่าเคลือบธรรมดา

<u>วิธีการเผา</u>

- 24 – 900 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 360 นาที ประมาณ 6 ชั่วโมง
- 900 – 1260 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 240 นาที ประมาณ 4 ชั่วโมง
- เมื่อเผาเสร็จแล้วจาก 1260 องศาเซลเซียส ปล่อยให้เตาเย็นลงที่ 1130 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 30 นาที
- จากอุณหภูมิ 1130 เผาขึ้นมาใหม่ที่อุณหภูมิ 1170 องศาเซลเซียส
- แช่อุณหภูมิ 1170 ไว้นาน 360 นาที ประมาณ 6 ชั่วโมง จะได้ผลึกโตคอกสมบูรณ์เต็มที่

<u>เคลือบขี้เถ้าไม้</u>

เคลือบจากขี้เถ้าไม้เป็นเคลือบที่ใช้กันมานานแล้วตามประวัติศาสตร์ของจีนและญี่ปุ่น เป็นการเคลือบที่เผาในอุณหภูมิสูง ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไม่นิยมเคลือบด้วยเคลือบขี้เถ้าเนื่องจากขี้เถ้าสามารถเปลี่ยนแปลงได้ง่าย ทำให้เคลือบที่ใช้ขี้เถ้าเป็นส่วนประกอบมีคุณภาพไม่คงที่ ดังนั้นในอุตสาหกรรมโรงงานผลิตเซรามิกส์เคลือบสีไม่นิยมใช้ขี้เถ้าในสูตรเคลือบ

การเตรียมขี้เถ้าหรือการล้างขี้เถ้า

ขี้เถ้าไม้เมื่อได้มาแล้วให้เทลงใส่ถังกวนกับน้ำ 2 – 3 ครั้ง เทน้ำตอนบนที่มีเศษวัสดุและก้อนถ่านเล็ก ๆ ทิ้ง 2 ครั้ง ต้องกวนแรง ๆ เพื่อเอาเกลือหรือด่างที่มีความเค็มในขี้เถ้าทิ้งไป เมื่อจะใช้ขี้เถ้าควรใช้ขี้เถ้าที่ผ่านการล้างแล้วนำมาชั่งตามอัตราส่วน

<u>การเตรียมเคลือบขี้เถ้า</u>

นิยมเตรียมขึ้นเป็นเคลือบในสองลักษณะคือ เคลือบเตรียมจากขี้เถ้า 90 – 100% และเคลือบที่ใช้ขี้เถ้าเป็นส่วนผสมของเคลือบไม่เกิน 30 – 40%

เคลือบอุณหภูมิสูงเผารีดั๊กชั่น

เคลือบสโตนแวร์

เคลือบคอปเปอร์เรด

การเผาสันดาปไม่สมบูรณ์ เป็นที่นิยมกันมากในหมู่ช่างปั้นอิสระ แต่ไม่ค่อยเหมาะกับการผลิตเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ เชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาเช่น ก๊าซ ฟืน หรือน้ำมัน

วิธีการเผาเคลือบรีดั๊กชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการเผาแบ่งออกเป็น 3 ช่วง

1. อุณหภูมิห้องที่ 26 – 950 เผาออกซิเดชั่น
2. 950 องศาเซลเซียส เริ่มการเผารีดั๊กชั่น
3. 950 – 1250 เผาแบบรีดั๊กชั่น

เผาแช่รีดั๊กชั่น 10 – 15 นาทีก่อนปิดเตาเผา

เคลือบใส (Clear Glaze)

เป็นเคลือบที่ใช้เคลือบผลิตภัณฑ์ แล้วทำหน้าที่คล้ายเป็นเพียงกระจกหรือแก้วใสฉาบปิดที่ผิวผลิตภัณฑ์ มีลักษณะไม่ใสจนมองเห็นเนื้อดินปั้น (Body) คือจะไม่ปิดบังผิวเนื้อดินปั้นเหมือนเคลือบทึบ ส่วนมากใช้สำหรับเคลือบผลิตภัณฑ์ที่ตกแต่งใต้เคลือบ หรือผลิตภัณฑ์ที่ตกแต่งด้วยน้ำสลิป (Slip) เพื่อที่จะให้มองเห็นส่วนที่ตกแต่งไว้ เคลือบใสไม่จำเป็นต้องไม่มีสีเสมอไป ความใสของเคลือบเกิดจากสูตรเคลือบที่ไม่มีตัวทำให้ทึบแสง (Opaque)

คุณสมบัติของเคลือบใส

1. เป็นเคลือบมีลักษณะใสจนมองเห็นสีของเนื้อดินปั้น
2. ใช้สำหรับเคลือบผลิตภัณฑ์ที่ตกแต่งใต้เคลือบมากกว่าบนเคลือบ

เคลือบทึบ (Opaque Glaze)

เคลือบทึบ หมายถึง เคลือบที่มีคุณสมบัติยอมให้แสงผ่านได้น้อยหรือไม่ได้เลย ซึ่งจะเป็นผลช่วยให้ปิดบังเนื้อผลิตภัณฑ์ไม่ให้มองเห็น เคลือบทึบแสงไม่จำเป็นเสมอไปที่จำเป็นต้องมีแต่สีขาว ส่วนมากใช้เคลือบพวกผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ เนื่องจากเนื้อดินที่ใช้ทำสโตนแวร์มักจะมีสีที่ไม่ค่อยขาว

คุณสมบัติของเคลือบทึบ

1. เป็นเคลือบที่มีความสามารถในการดูดซับแสงไว้ หรือกั้นบังมิให้แสงทะลุผ่านได้
2. เป็นเคลือบทึงแสงเมื่อเคลือบผิวผลิตภัณฑ์แล้วจะทำให้มองไม่เห็นสีเนื้อดินปั้น

เคลือบปอร์สเลน (Porceain Glaze)

เป็นเคลือบที่เผาในอุณหภูมิต่ำ แล้วจึงเผาเคลือบที่อุณหภูมิสูง การกระทำเช่นนี้จะทำให้เกิดการยึดเกาะกันระหว่างเคลือบกับเนื้อดินผลิตภัณฑ์ดียิ่งขึ้น เคลือบชนิดนี้มีราคาถูกและไม่เป็นอันตราย เพราะว่าส่วนผสมของมันจะประกอบด้วยหินแก้ว ดินขาว หินฟันม้า และไลม์สโตน หรือแคลเซียมคาร์บอเนต การชุบเคลือบใช้น้ำเคลือบมีความถ่วงจำเพาะ 1.33

คุณสมบัติของเคลือบปอร์สเลน

1. ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ในส่วนผสมเนื้อดินปั้นไม่ใช้ดินเหนียวเลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผลิตภัณฑ์เมื่อขึ้นรูปเสร็จไม่ค่อยแข็งแรง
3. ผลิตภัณฑ์โปร่งแสงดี

เคลือบสุขภัณฑ์ (Sanitary Ware Glaze)

เคลือบสุขภัณฑ์จะเคลือบด้วยเคลือบบ่อร์สเลน เนื้อดินที่ใช้จะเป็นเนื้อดินแน่นละเอียดมีความพรุนต่ำ 0.5% ซึ่งเคลือบที่ใช้เป็นอุณหภูมิต่ำ เผาแค่ครั้งเดียวโดยอบเนื้อดินให้แห้งแล้วนำไปพ่นเคลือบแล้วจากนั้นนำมาเผาเคลือบต่อไป

คุณสมบัติของเคลือบสุขภัณฑ์

1. เป็นเคลือบมีความต้านทานต่อการขัดสีต่อน้ำยาซักล้าง กรดและด่างได้ดี
2. ถ้าต้องการเคลือบให้มีสีต่าง ๆ ก็เติมสีสำเร็จรูปเซรามิกส์ลงไปในเคลือบก็จะได้เคลือบสีต่าง ๆ ตามที่ต้องการ

เคลือบสีแดงจากทองแดง (Copper Red Glaze)

คือเป็นเคลือบที่มีปริมาณด่างและซิลิก้าสูงมีหินปูนโซดา บอแร็กซ์ เป็นด่างหลัก มีแบเรียมเป็นด่างประกอบ ในเคลือบมีดินหรืออะลูมินาเพียงเล็กน้อย เคลือบ Copper Red นี้จะเป็นการเผาแบบรีดั๊ก - ชั่น โดยปกติแบ่งการเผาออกเป็น 3 ช่วงคือ

1. อุณหภูมิ 26 °c – 950 °c เผาแบบออกซิเดชั่น
2. อุณหภูมิ 950 °c เริ่มเผาแบบรีดั๊กชั่น
3. อุณหภูมิ 950 °c – 1250 °c เผาแบบรีดั๊กชั่น

คุณสมบัติของเคลือบสีแดงจากทองแดง

1. สีของเคลือบที่ได้จะเป็นสีแดงสดถ้าเผาแบบรีดั๊กชั่น ถ้าเผาบรรยากาศออกซิเดชั่นจะได้เคลือบสีฟ้าอมเขียว
2. มีส่วนผสมยุ่งยากมากกว่าเคลือบอื่น ๆ เพราะต้องใช้สารช่วยเร่งให้เกิดสีแดงหลายตัว
3. เคลือบสีแดงจะเป็นดินขาวปอร์สเลนมากกว่าดินดำสโตนแวร์
4. ชั้นของเคลือบต้องชุบหนา 1.5 – 1.6 ม.ม. เพื่อที่จะได้เคลือบที่สมบูรณ์

เคลือบด้าน (Matt Glaze)

เคลือบด้านคือ ผิวเรียบบางครั้งจะหยาบเล็กน้อย ไม่เป็นเงามัน มีลักษณะผิวเหมือนเปลือกไข่ มีลักษณะแตกต่างจากผิวเคลือบที่ด้านอันเกิดจากการชุบเคลือบบางมากเกินไป หรือเผาเคลือบไม่สุกตัวอยู่ในลักษณะยังดิบอยู่ เคลือบด้านมี 2 ลักษณะคือ

- เคลือบด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เคลือบกึ่งด้านกึ่งมัน

คุณสมบัติของเคลือบด้าน

1. เคลือบไม่สะท้อนแสงบนผิวเคลือบ
2. เคลือบไม่มันวาว เหมือนเคลือบธรรมดาทั่วไป
3. เคลือบด้านจะทำความสะอาดได้ยากกว่าเคลือบใส
4. มีรอยขูดขีดบนภาชนะเป็นเส้นสีเทาของโลหะติดบนผิวเคลือบได้ง่าย

เคลือบกึ่งด้านกึ่งมัน (Semi – Matt Glaze)

คือเคลือบลักษณะผิวเคลือบมีความมันวาวเล็กน้อยแต่ไม่ถึงกับมันวาวเท่าเคลือบธรรมดาทั่วไป มีลักษณะด้านเหมือนเปลือกไข่ ถ้าสัมผัสจะรู้สึกระคายมือ

คุณสมบัติของเคลือบกึ่งด้านกึ่งมัน

1. เคลือบมีความมันวาวเล็กน้อย ไม่ถึงกับวาว
2. เคลือบกึ่งด้านกึ่งมันไม่สะท้อนแสงบนผิวเคลือบเหมือนกับเคลือบโดยทั่ว ๆ ไป
3. ทำความสะอาดยากกว่าเคลือบใส
4. ไม่นิยมใช้ในงานอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาชนิดถ้วยชาม

เคลือบโบนไชน่า (Bone China Glaze)

เคลือบโบนไชน่า เป็นเคลือบที่มีส่วนผสมของพวกตะกั่วบอโรซิลิเกต ซึ่งมีอยู่ในส่วนผสมเคลือบถึง 50% ของส่วนผสมเคลือบฟริต จุดสุกตัวของเคลือบโบนไชน่าประมาณ 1,150 °c

คุณสมบัติของเคลือบโบนไชน่า

1. เนื้อผลิตภัณฑ์มีสีขาว ผลิตภัณฑ์โปร่งแสงดีกว่าเนื้อผลิตภัณฑ์ชนิดอื่น
2. การตกแต่งต้องตกแต่งบนผิวเคลือบโดยทำรูปลอก ซิลสกรีนหรือระบายสี

เคลือบเอริ์ทเทินแวร์ (Earthern Ware Glaze)

เคลือบเอริ์ทเทินแวร์เป็นเคลือบที่เผาในอุณหภูมิต่ำ ประมาณ 800 °c – 1,180 °c เนื้อดินแบเคลือบมีความแข็งแรงน้อย ไม่ทนต่อการขีดข่วน และไม่ทนต่อกรดและด่าง ถ้าเผาเกินอุณหภูมิที่เคลือบสุกตัว เคลือบจะไหลตัวมาก เป็นอันตรายต่อแผ่นรองเตา

คุณสมบัติของเคลือบเอริ์ทเทินแวร์

1. เนื้อดินมีความแววาวสูง
2. ไม่ทนต่อกรดและด่าง จึงไม่นิยมนำมาใส่อาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เนื้อผิวเคลือบมีความแข็งแรงน้อย
4. เนื้อดินดูดซับน้ำได้เกิน 7%

เคลือบสโตนแวร์ (Stone Ware Glaze)

เป็นเคลือบที่ต้องใช้อุณหภูมิสูงในการเผาประมาณ 1,250 °c – 1,300 °c เนื่องจากต้องการเคลือบกับเนื้อดินปั้นเชื่อมติดกันแน่นสนิท จนแทบเป็นเนื้อเดียวกันทำให้ไม่เกิดการรานหรือการร่อนออกจากเคลือบ การระเหยของเคลือบที่อุณหภูมิสูงมีน้อยกว่าเคลือบชนิดอื่น

คุณลักษณะของเคลือบสโตนแวร์

1. มีความทนทานต่อรอยขีดข่วน มีความแข็งแรงดี
2. ผิวเคลือบสะท้อนแสงได้ปานกลาง ไม่แวววาวเท่าเคลือบอุณหภูมิต่ำ
3. เผาได้ทั้งบรรยากาศการเผาแบบ OF และ RF

เคลือบบอแร็กซ์ (Borax Glaze)

เคลือบบอแรกซ์คือเคลือบที่เผาในอุณหภูมิระหว่าง 850 °c – 1,100 °c จุดหลอมละลายของบอแรกซ์ที่อุณหภูมิ 741 เป็นสารละลายน้ำได้ เคลือบบอแรกซ์เป็นเคลือบที่เผาในอุณหภูมิต่ำ ไม่นิยมนำมาใส่อาหาร เพราะกรดในอาหาร เช่นสารพิษจะถูกทำละลายปนมาในอาหาร เคลือบบอแร็กซ์จะต้องนำมาเผาหลอมกับโซเดียมและซิลิก้า ก่อนนำไปใช้งานเนื่องจากเป็นสารที่ละลายน้ำได้

คุณสมบัติของเคลือบบอแร็กซ์

1. ผิวเคลือบมีความแวววาวสูง
2. เคลือบมีความแข็งแรงน้อย ไม่ทนทานต่อการขีดข่วนหรือแรงกระแทก
3. ไม่ทนต่อกรดและด่าง ไม่เหมาะสำหรับนำมาเป็นภาชนะใส่อาหาร
4. สีของเคลือบเป็นสีสดใส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 9 จิตวิทยาการใช้สี

สาคร คันธโชติและวิศิษฐ์ ศิริสัมพันธ์ (2529) สีทุกสีเป็นแท้ ๆ จะมีอิทธิพลต่อจิตใจทำให้มนุษย์เกิดความรู้สึกและอารมณ์ ซึ่งมีผลต่อสิ่งต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันมากมายรอบ ๆ ตัวเราจะมีสีที่เกิดจากธรรมชาติ และสีที่เกิดจากมนุษย์ได้สร้างสรรค์ก็มีเป็นจำนวนมากสีต่าง ๆ ที่มีในโลกนี้ช่วยทำให้โลกสนใจน่าชื่นชม และถ้ามองกลับกันให้เห็นว่าสีต่าง ๆ ที่มีอยู่นี้ไม่มีสี ทั้งที่เกิดจากธรรมชาติและที่เกิดจากมนุษย์ได้สร้างสรรค์ คงจะทำให้โลกทั้งโลกไม่สดใสน่าชื่นชม

9.1 สีเป็นองค์ประกอบหนึ่งในหลาย ๆ องค์ประกอบสำคัญที่จะนำมาใช้ในการออกแบบ การทำความเข้าใจในเรื่องอิทธิพลของสีที่มีต่อจิตใจมนุษย์แล้วย่อมจะนำไปใช้ให้ถูกตามวัตถุประสงค์ในการออกแบบได้ สีแต่ละสีจะมีคุณสมบัติในทางกระตุ้นให้เกิดความรู้สึกได้ไม่เหมือนกัน ฉะนั้นในการใช้สีเพื่อการออกแบบควรจะนำสีไปใช้ให้ถูกซึ่งจะทำให้เกิดประโยชน์ในการออกแบบอย่างมากและถ้ารู้จักใช้ให้เกิดความประสานกลมกลืน (Harmony) หรือ (Contrast) บางเพียงเล็กน้อยก็จะได้สิ่งที่แปลก - ใหม่ สดชื่นสวยงาม แปลก ๆ ออกไปอีกเป็นจำนวนมากอย่างไรก็ตามองค์ประกอบของการออกแบบสีก็มิใช่เรื่องความสวยงามแต่เพียงประการเดียว จะต้องคำนึงถึงสภาพแวดล้อมอื่น ๆ ด้วย ซึ่งจะช่วยให้การออกแบบประสบผลสำเร็จตามเป้าหมายได้

9.2 คุณลักษณะของสี สีทุกสีมีคุณลักษณะเฉพาะตัว 3 ประการ ได้แก่

1. HUE หมายถึง ตัวเนื้อสี แต่ละชนิดนั้น ๆ เช่น สีแดง สีเขียว
2. VALUE หมายถึง ความเข้มของสี ความอ่อน - แก่
3. CHROMA หมายถึง ความแรงของสี เช่น แดงสด มี STRENGTH สูง

9.3 ความสัมพันธ์ของสีที่มีต่อความรู้สึก

อิทธิพลของสีมีผลกระทบทางด้านจิตใจไม่เหมือนกันทุกคน ทั้งนี้เพราะบางคนพอใจในสีหนึ่ง ในขณะที่อีกคนหนึ่งชอบสีที่แตกต่างกัน ข้อนี้อาจเป็นผลมาแต่เหตุต่าง ๆ ซึ่งแต่ละคนจะมีความชอบแตกต่างกันออกไป เพราะฉะนั้นจะต้องทราบถึงความพอใจในสีของเจ้าของและบุคคลต่าง ๆ ควบคู่กับความรู้ในเรื่องของสีของผู้ออกแบบด้วย

ลักษณะของสีที่เกี่ยวกับความรู้สึก แบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ คือ

สีแดง

จัดอยู่ในพวกสีร้อน ไม่เพียงแต่ให้ความรู้สึกตื่นเต้นเร้าใจในทางโรงงานถือว่าเป็นสีที่เกี่ยวกับอันตรายเป็นสีต้องห้าม การระมัดระวังการใช้สีพวงสกุลสีแดงเพียงเล็กน้อยอาจทำให้ ผลิตภัณฑ์เด่นขึ้นมาได้ แต่ถ้าให้มากเกินไปและใช้สีสดก็จะมีผลทางจิตวิทยาได้เช่นกัน คือ เป็นภัยทางด้านจิตวิทยา เช่น ทำให้รู้สึกปวดศีรษะและตาลายได้ แม้ว่าจะใช้อย่างถูกต้องและอย่างเล็กน้อยก็ตามที เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟแดง ในห้องอัดรูป สีแดงให้ความรู้สึกมั่งคั่งสมบูรณ์ ความสวย ความสุข ความหวาน ความอบอุ่นเร้าใจ

สีน้ำเงิน

จัดอยู่ในพวกสีเย็น สีน้ำเงินเข้มทำให้เกิดความรู้สึกสงบลึกลับ ทำให้เกิดสมาธิ เป็นสีที่มีบอกถึง ความสุภาพ ถ่อมตน เยือกเย็น ความหนักแน่น สีน้ำเงินอ่อน เช่น สีน้ำทะเลหรือสีฟ้า จะมีความสดใน ถ้าอมเขียมเล็กน้อย สามารถให้ความรู้สึกตื่นเต้น ดังเช่นแสดงของโอปอล การแพนหางของนกยูง เป็นสีซึ่งมีเสน่ห์งดงาม

สีเขียว

ให้ความรู้สึกสดชื่น กระชุ่มกระชวย ใช้พักสายตาได้ สีใบไม้หรือสีเขียวเข้มใช้ได้ก็ในแนวการเน้นส่วนพื้นหรือฐาน แสดงความสงบเสงี่ยม แสดงความมีฐานันครศักดิ์

สีน้ำตาล

จัดอยู่พวกสีอุ่น เป็นสีที่ให้ความรู้สึกแห้งแล้ง ไม่ให้ความพักผ่อน ถ้าใช้โดดเดี่ยวจะทำให้งานเกิดความรู้สึกสลดหดหู่ใจ

สีส้ม

เป็นสีสดในมองเห็นได้แต่ไกล แสดงความรู้สึกเดือนอยู่ตลอดเวลาเมื่อใช้กับพวกผลิตภัณฑ์ทำให้เกิดความรู้สึกสะอาดดูเบาขึ้น

สีเหลือง

เป็นสีที่อยู่ได้ 3 วรรณะ คือ สามารถเป็นได้ทั้งสีร้อนสีเย็น แต่ขึ้นอยู่กับความเข้มและแข็งแรง (CHROME) ของสี สีเหลืองโดยทั่วไปทำให้เกิดความสดชื่นร่าเริงสดใส สีเหลืองอ่อนทำให้เกิดความรู้สึกสะอาด มีความสว่าง แต่ถ้ามีความเข้มของสีมากเกินไป จะทำให้สมองเกิดความหงุดหงิดได้ สีเหลืองที่ไปทางสีส้มจะคล้ายกับของเล่นทางวิทยาศาสตร์สมัยใหม่และคล้ายของเทียม สีเหลืองเนย (BUTTER YELLOW) ทำให้ดูสว่างขึ้น สีเหลืองเขียว (YELLOW GREEN) ช่วยในเรื่องเกี่ยวกับด้านของความเย็น อย่างไรก็ตาม สีเหลืองทำให้ดูสกปรกง่ายแต่ถ้า BRAKE มีสักเล็กน้อยจำทำให้ช่วยได้บ้างและขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ด้วย สีเหลืองให้ความรู้สึกเปรี้ยว ร่าเริงดีใจ มีอำนาจความมั่นคง

สีม่วง

เป็นสีที่อยู่ได้ทั้ง 4 วรรณะ เหมือนกับสีเหลือง โดยทั่วไปให้ความรู้สึกเศร้า ทำให้ง่วง บางครั้งอาจแสดงว่าเป็นสีแห่งความเศร้าลึกลับ แต่สีม่วงทำให้เกิดความรู้สึก เศร้า ง่วง ลึกลับ สง่างามมีค่า

TINT คือ สีที่จาง เบา หรือสีที่ผสมด้วยสีขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SHADE คือ สีที่คล้ำ เข้ม หรือสีที่ผสมด้วยสีดำ

COMPLIMENTARY คือ คู่สีตรงกันข้ามกันในวงจรสี เช่น ม่วงแดงกับเขียวเหลือง

WARM COLOR คือ สีโทนร้อน

COOL COLOR คือ สีโทนเย็น

9.4 สีและลักษณะการใช้งานเพื่อการออกแบบ

1. การใช้สีเพื่อสร้างทัศนะวิสัยแจ่มใส

1.1 สีสดในกับสีสดใส

1.2 สีอ่อนกับสีสดใส

1.3 สีอุ่นตัดกับสีเย็น

1.4 สีที่ตัดกันเองตามปกติ

— สีดำบนพื้นเหลือง

— สีเหลืองบนพื้นดำ

— สีแดงบนพื้นขาว

— สีเหลืองบนพื้นน้ำเงิน

— สีส้มบนพื้นสีน้ำตาล

— สีชมพูบนพื้นดำ

2. การใช้สีเพื่อทำให้เห็นระยะใกล้-ไกล

สีอุ่น ทำให้เกิดความรู้สึก อยู่ใกล้ผู้ดู

สีเย็น ทำให้เกิดความรู้สึก อยู่ ไกลผู้ดู

3. การใช้สีเพื่อดึงดูดความสนใจ

การใช้สีที่มีความสดในเท่ากับจะช่วยให้สามารถดึงดูดความสนใจจากผู้ดูได้รวดเร็ว

4. การใช้สีสร้างความมีชีวิตชีวาเด่นชัด

การใช้สีเข้มจัด และสีอ่อนจะทำให้เด่นชัดกว่าการใช้สีที่มีความเข้มและความอ่อนใกล้เคียงกัน และประมาณการใช้สีที่ต่างกันจะช่วยให้เกิดความเด่นชัดมากขึ้น

หลัก ในเรื่อง ความเด่นของสีมีอยู่ว่า ควรจะต้องมีสีชนิดหนึ่งปรากฏเด่นออกมามากกว่าเพื่อจะเป็นสีอุ่นหรือสีเย็นก็แล้วแต่ การที่ใช้สีที่ไม่น่าดูอย่างหนึ่ง ก็คือ แต่ละสีที่ใช้ปริมาณเท่ากันไปหมด ถ้าให้ปริมาณหรือเนื้อที่ของสีเปลี่ยนไปสีที่กินที่มากย่อมเดินกว่า นอกจากนั้นยังขึ้นอยู่กับค่าเปลี่ยนแปลงความสดในของสีอีกด้วย

9.5 การดึงดูดความสนใจทางสายตา (VISAUL ATTRACTION)

ขึ้นอยู่กับลักษณะและปริมาณการใช้ สีที่สามารถดึงดูดความสนใจเป็นสีที่สามารถเห็นได้ง่าย เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคซึ่งส่วนนี้นับว่าเป็นส่วนที่สำคัญมาก เพราะจะเป็นส่วนแรกที่ผู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริโภคได้พบเห็นและช่วยในการสร้างความทรงจำของตัวผลิตภัณฑ์แก่ผู้บริโภคอีกด้วย ดังนั้นการเลือกใช้สีให้แตกต่างจากผลิตภัณฑ์คู่แข่งในตลาดก็เป็นส่วนช่วยเสริมให้ผลิตภัณฑ์มีความน่าสนใจยิ่งขึ้น จากการค้นคว้าพบว่าการที่คนให้ความสนใจมิได้ขึ้นอยู่กับสีและความทรงจำของสีแต่เพียงอย่างเดียวแต่เกิดจากความรู้สึกทางด้านจิตวิทยา ซึ่งเกิดขึ้นโดยอัตโนมิต เป็นที่เชื่อกันได้ว่าคนจะสังเกตเห็นในสิ่งที่น่าดู การใช้สีที่น่าดูและการให้ผู้บริโภคโดยทั่วไปพอใจซึ่งจะช่วยดึงดูดความสนใจและทำให้ผู้พบเห็นเกิดความต้องการอยากได้ มีการทดลองเพื่อพิสูจน์ว่าสีใดสะดุดตามากที่สุดโดยการนำสีต่าง ๆ เข้าเครื่อง TACHISTOSCOPE นำคนมาทดลองเลือกสีที่สะดุดตา ผลปรากฏดังนี้

สีส้ม	21.4	สีแดง	18.6
สีฟ้า	17.0	สีดำ	13.4
สีเขียว	12.6	สีเหลือง	12.0
สีม่วง	5.5	สีเทา	0.7

การที่จะให้คนสนใจไม่เพียงแต่การใช้สีให้สะดุดตา และสีที่อยู่ในความนิยมแต่จะต้องพิจารณาดังต่อไปนี้

1. การใช้สีตัดกัน Contrast
2. การใช้สี Eccentric Colour And Shape
3. การใช้สีแตกต่างจากสีที่ผลิตภัณฑ์คู่แข่งใช้อยู่
4. Accumulation Effect คือ การที่มีผลิตภัณฑ์ของชนิดเดียวกันตั้งแต่อยู่เป็นจำนวนมาก ๆ ทำให้คนเห็นได้ชัดเจนและเกิดความสนใจ
5. การใช้สีสะท้อนแสงซึ่งสะดุดตามาก แต่ค่าพิมพ์แดง สีที่มีความรุนแรงมากถือว่าเป็นสีจะมีส่วนสำคัญในการช่วยผลิตภัณฑ์ สะดุดตาน่าสนใจ แต่ต้องไม่ใช้สีที่ไม่เหมาะจะนำมาใช้กับสบู่ฟอกตัวหรือของเด็ก เพราะมีลักษณะรุนแรงดุดันกระด้างเกินไป

9.6 การกำหนดสี (Color specification)

การออกแบบต้องกำหนดสีและในเมื่องานเสร็จเรียบร้อยแล้ว สิ่งที่ขาดไม่ได้คือ การกำหนดชนิดสีที่ต้องการบนแผนสี่เหลี่ยมเล็กเป็นสีตัวอย่าง บางครั้งนักออกแบบต้องควบคุมการใช้สีในการผลิตครั้งแรก เพื่อให้เป็นไปตามความต้องการ

2.9.6.1 ความสัมพันธ์ของสีต่อผลิตภัณฑ์

ความสัมพันธ์ของสีต่อผลิตภัณฑ์

1. ขนาด (SIZE)
   - สีอ่อน (light value) ทำให้ผลิตภัณฑ์ดูใหญ่ขึ้น
   - สีเข้ม (dark color) ทำให้ผลิตภัณฑ์ดูเล็กลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. น้ำหนัก (WEIGHT)

— สีอ่อนและสีร้อน (warm color) ทำให้ผลิตภัณฑ์ดูเบา

— สีเข้มและสีเย็น (cool color) ทำให้ผลิตภัณฑ์ดูหนัก

3. ความแข็งแรง (STRENGTH)

— สีร้อน ทำให้ความรู้สึกแข็งแรงมาก

— สีเย็น ทำให้ความรู้สึกแข็งแรงน้อย

4. อุณหภูมิ (TEMPERATURE)

— สีร้อน ทำให้รู้สึกอบอุ่น ไม่สบายใจ

— สีเย็น ทำให้รู้สึกสดชื่น สงบเยือกเย็น สบายใจ

5. ความสะอาด (CLEANLINESS)

— สีขาว เป็นสีที่ให้ความรู้สึกสะอาดที่สุด

— สีอ่อน เช่น สีงาช้าง (ivory) สีเหลืองอ่อน (pale warm yellow) สีฟ้าอ่อน (pale blue) สีเขียวอ่อน (pllale Green) ใช้ความนุ่มนวลสะอาดตา ถูกหลักอนามัย

6. ความภูมิฐาน (DICNITY)

สีเทาเป็นสีที่ให้ความรู้สึกภูมิฐานที่สุด (อาจมีสีร้อนเน้นนิดหน่อย) ตามปกติสีที่

9.7 ข้อแนะนำในการใช้สี

1. การใช้สีคล้ายไปกับสิ่งแวดล้อม ผู้ใช้สีจะต้องคิดว่าสีที่ ใช้นั้น กลมกลืน หรือแตกต่างกับสิ่งแวดล้อม เช่น ภูมิประเทศ ดินฟ้าอากาศ อาคารบ้านเรือนข้างเคียง เป็นต้น ถ้าใช้สีเหมือนธรรมชาติมากไปทำให้มองไม่เห็นเด่นออกมา และถ้าหากใช้สีแตกต่างกับสีของธรรมชาติมากไป ก็ทำให้เกิดความไม่น่าดูไปได้ ตัวอย่างเช่น อาคารที่อยู่ในชนบทควรใช้สีคล้ายเช่นเดียวกับท้องฟ้าท้องนา แต่อาจเน้นให้สีสดชื่นขึ้นได้ เช่นใช้สีส้มหม่น ๆ เป็นต้น

2. การใช้สีให้คล้อยไปตามโครงสร้าง คือ ออกเป็นส่วนหนึ่งรับน้ำหนัก เช่น เสาธง คาน เป็นต้น ส่วนที่ได้รับน้ำหนัก เช่น ฝ้า เพดาน ประตู หน้าต่าง สีที่ใช้จะช่วยพยุงความรู้สึกในน้ำหนักของสีได้ และยังช่วยถ่วงน้ำหนักของสีได้ และยังช่วยถ่วงน้ำหนักของอาคารให้อยู่ในดุลยภาพที่ดีด้วย การใช้สีไล่น้ำหนักของอาคารจากอ่อนไปหาแก่ ทำให้เกิดการลวงตาเป็นนูนขึ้นหรือเว้าลง ถ้าใช้สีส่วนบนหนัก ส่วนล่างเบาจะทำให้รู้สึกอาคารเบาลอยอยู่เป็นต้น

3. การใช้สีให้คล้อยตามวัสดุก่อสร้าง เช่น สีก่อสร้างทำด้วยอิฐควรให้ ความรู้สึกเป็นอิฐถ้าเป็นวัสดุอื่น ไม้ กระจก โลหะต่าง ๆ ก็ไม่ควรที่จะปิดบังอำพรางความเป็นจริง หรือความเป็นตัวของมันเองเสียน่าเกลียด เช่น ทาอิฐ ด้วยสีฟ้า ทำให้ความรู้สึกธรรมชาติของวัสดุ ขาดความรู้สึกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุ่นปลอดภัย สีที่มีอยู่ตามธรรมชาติจะเป็นสีซึ่งใช้ได้มาก ๆ โดยไม่มีผลเสีย เพราะสีของมันจะถูกเบรคอยู่ในตัว

4. ควรใช้สีตามประโยชน์ใช้สอย การที่ให้สีที่ดีจะเป็นการบอกลักษณะประโยชน์ใช้สอยของมันเสร็จ เช่น สีที่ทาโรงเรียน บ้านพักอาศัย สถานที่ราชการ เป็นต้น หลักของการใช้สีที่เป็นบ้านพักอาศัยไม่ควรเป็นสีที่ฉูดฉาด ควรให้มีสีอ่อนหรือสีที่ถูกเบรคลงบ้าง เพราะสีที่ฉูดฉาดตรงกันข้ามกับสีของโรงมหรสพซึ่งเป็นที่ที่เราต้องการความเปลี่ยนแปลง เพื่อสนุกตื่นเต้นเพียงชั่วคราว จึงสามารถใช้สีสด ๆ ฉู ดฉาดตกแต่งไว้

9.8 การใช้กราฟฟิคในการสื่อความหมาย

กราฟฟิค (GRAPHICS) คือการสื่อความหมายด้วยการใช้ภาพวาด ภาพสเก็ตแผนภาพ การถ่ายภาพ และอื่น ๆ ที่ต้องอาศัยศิลปและศาสตร์เข้ามาช่วย และเพื่อทำให้ผู้ดูเกิดความคิดและการตีความหมายได้ตรงตามที่ผู้ส่งต้องการ เช่น แผนภูมิ ภาพโฆษณา การ์ตูน เป็นต้น

9.9 หลักการออกแบบวัสดุกราฟฟิค ในการออกแบบวัสดุกราฟฟิคนั้น เพื่อที่จะทำให้วัสดุกราฟฟิคมีความสวยงาม เราต้องคำนึงถึงการออกแบบ หรือลักษณะที่จะทำให้กราฟฟิคมีคุณค่าตรงตามวัตถุประสงค์และใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีหลักการดังนี้

1. ควรออกแบบให้วัสดุกราฟฟิคมีลักษณะเหมาะสมกับจุดมุ่งหมาย ความกลมกลืนของส่วนประกอบ การออกแบบตามเกณฑ์ความงาม

2. ควรออกแบบให้มีลักษณะง่าย มีจำนวนการผลิตตามที่ต้องการของสังคม และมีขบวนการผลิตที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนมาก และมีเนื้อหาตรงตามที่ต้องการ

3. ออกแบบให้มีประโยชน์โดยมุ่งถึงผลที่จะได้รับจากวัสดุกราฟฟิค

4. การประหยัด เช่น เวลาในการผลิต ราคา

5. ควรมีสัดส่วนที่ดี กลมกลืนทั้งส่วนรวม เช่น รูปแบบ สี เส้น ฯลฯ

6. ควรมีความเหมาะสมของวัสดุและวิธีการ มีคุณภาพและวิธีการใช้ง่าย สะดวก

7. ควรจะมีโครงสร้าง ที่เหมาะสมกับวัฒนธรรมและความต้องการของสังคมซึ่งรวมถึงความถูกต้องในสภาพความเป็นจริง

9.10 กราฟฟิคที่ใช้ในการสื่อความหมายบนตัวผลิตภัณฑ์ แยกออกได้ 3 ลักษณะ คือ

1. สัญลักษณ์

สัญลักษณ์บนตัวผลิตภัณฑ์จะแสดงวิธีการใช้งานลักษณะการใช้งานเพื่อให้ผู้ใช้เข้าใจได้ง่ายขึ้น โดยไม่จำเป็นจะต้องอ่านตัวอักษรบนหน้าปัทม์อย่างละเอียด แต่จะใช้ได้ในกรณีการสื่อความหมายง่าย ๆ ไม่เฉพาะเจาะจง

2. สี ใช้สื่อความหมายได้ในบางกรณี เช่น ในเครื่องใช้ไฟฟ้า

— สีแดง หมายถึง ปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

— สีเขียม หมายถึง เปิด

หรือบางครั้งอาจจะใช้สีแบ่งส่วนต่าง ๆ ขึงแผงควบคุมแสดงการต่อเนื่องในการใช้งานก็ได้ ทั้งนี้การใช้สีต้องคำนึงถึงความเป็นสากล และต้องคำนึงถึงความสวยงามของผลิตภัณฑ์นั้นด้วย (ความเข้ากันได้)

3. ตัวอักษร เป็นการสื่อความหมายได้ดีที่สุดบนผลิตภัณฑ์ฉะนั้นจึงต้องมีข้อระวังในการใช้ตัวอักษรให้ถูกต้อง เพื่อการสื่อความหมายได้ชัดเจนไม่ผิดพลาด เช่น

1) การเลือกใช้รูปแบบตัวอักษรที่เหมาะสม คือ จะเลือกใช้ตัวอักษรที่มีลักษณะอ่านง่าย ตัวอักษรมาตรฐานที่ใช้งานในด้านการพิมพ์เหมาะสำหรับ ใช้บนหน้าปัดผลิตภัณฑ์ เนื่องจากอ่านง่ายเป็นมาตรฐานที่ใช้อยู่ทั่วไป

2) ควรหลีกเลี่ยงตัวอักษรประเภทที่ไม่มีความหนา, มียาว, ตัวอักษรเป็นริ้ว, ตัวอักษรแบบลายมือ, ตัวอักษร 3 มิติ (มีความหนา), ตัวอักษรผมหรือสูง ตัวอักษรเตี้ยอ้วน

3) ตัวอักษรตัวหนา มีผลต่อการผ่านมากในกรณีที่ตัวอักษรบางเกินไปจะทำให้อ่านได้ยาก ในบางกรณีตัวอักษรหนาเกินไปจะทำให้สับสนในการอ่านได้ เช่น ตัวอักษรที่มีลักษณะคล้ายกันของ B กับ R หรือ เลข 6 กับเลข 9 และ F กับ E นอกเหนือจากนี้ควรพิจารณาถึง

3.1) ในกรณีพื้น BACK GROUND เป็นสีอ่อนควรใช้อัตราส่วนความหนาต่อความสูงเท่ากับ 1:6 เนื่องจากพื้นสว่างจะทำให้ตัวหนังสือเล็กลง

3.2) ในกรณีพื้น BACK GROUND เป็นสีเข้มควรใช้อัตราส่วนความหนาต่อความสูงเท่ากับ 1:7 เนื่องจากพื้นเข้มจะทำให้ตัวอักษรดูใหญ่ขึ้น

3.3) ลักษณะของตัวที่ควรหลีกเลี่ยงคือตัวอักษรที่มีความหนาหรือบางจนเกิดไปจะทำให้อ่านได้ยาก

4) อัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้ตัวอักษร ที่มีส่วนสำคัญต่อการอ่านของผู้ใช้ เพราะฉะนั้นจึงควรเลือกใช้ขนาดสัดส่วนที่เหมาะสมในการอ่านทำให้ผู้อ่านผู้ใช้สามารถเข้าใจได้รวดเร็วโดยมีอัตราส่วนดังนี้ (เทียบกับความหนาตัวอักษร)

4.1) ความกว้างของตัวอักษรต่อความสูงของตัวอักษรเลือกใช้ได้ 2 อัตราส่วนคือ 3:5, 2:3

4.2) ระยะห่างระหว่างตัวอักษรภายในคำเท่ากับ 1 เท่าของความหนาตัวอักษร (=1/2 ของความหนา)

4.3) ระยะห่างระหว่างคำ เท่ากับ 3 เท่าของความหนาของตัวอักษร (=1/2 ของความหนา)

4.4) ระยะห่างระหว่างบรรทัด เท่ากับ 1/3 ของความสูงตัวอักษรเป็นอย่างต่ำ

5) การเลือก BANK GROUND ต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1) ในสภาวะแสงปกติมีความสว่างเพียงพอสำหรับการอ่านจะใช้ตัวอักษรสีดำบนพื้นขาว

5.2) ในกรณีที่อยู่ในที่มืดสายตาจะต้องมีการปรับเข้ากับสภาวะในที่มืดตัวอักษรควรจะเป็นสีขาวบนพื้นดำ

5.3) ความแตกต่างระหว่างความเข้มของตัวอักษรกับ BANK GROUND ควรจะมีน้ำหนักต่างกันเป็น 2 เท่าเป็นอย่างน้องจึงจะสามารถอ่านได้ ในกรณีที่ผู้อ่านอยู่ในสภาวะไม่ปกติควรใช้ตัวอักษรที่มีน้ำหนักต่างกับ BANK GROUND มาก ๆ จะทำให้อ่านง่ายขึ้น ควรหลีกเลี่ยงการใช้ตัวอักษรหรือ BANK GROUND เป็นสีมัน จะทำให้อ่านได้ยาก

6) อัตราส่วนของตัวอักษรกับลักษณะการใช้งาน มีหลักการต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

6.1) ในกรณีที่ต้องการเน้นคำ หรือให้ความสำคัญกับคำนั้น ๆ จะใช้อัตราส่วนระหว่างความกว้างกับความสูงของตัวอักษร 1 ต่อ 1 หลีกเลี่ยงตัวอักษรที่กว้างมากกว่าสูง จะทำให้อ่านช้า

6.2) ในกรณีที่มีพื้นที่ในการวางตัวอักษรจำกัดสามารถเพิ่มอัตราส่วนของความสูง ต่อ ความกว้าง แต่ควรจะเป็นขนาดที่ใช้บ่อย หรือไม่ก็อาจลดระยะห่างระหว่างคำแทน

6.3) ควรหลีกเลี่ยงตัวอักษรลักษณะผอมสูงดังรูป เนื่องจากต้องใช้เวลาอ่านนานแต่ละคำ

6.4) ตัวอักษรแบบโปร่งบางจะใช้ในกรณีของการจะแยกความต่างระหว่างกลุ่มคำ หรือเน้นความสำคัญให้เด่นขึ้น

สภาวะ	ตัวอักษร	พื้น
แสงปานกลาง หรือ สูง	ดำ	ขาว, เหลือง, ส้ม
	ขาว	ดำ, น้ำตาล
	น้ำเงิน	ขาว
	ขาว	แดงเข้ม, เขียว
	เขียวเข้ม	ขาว
	แดง	ขาว
	ขาว	เทาเข้ม
	ดำ	เทาอ่อน
แสงน้อย	ดำ	ขาว, เหลือง, ส้ม
	ขาว	ดำ
	น้ำเงินเข้ม	ขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	แดงเข้ม	ขาว
	เขียว	ขาว
ในที่มืด	ขาว	ดำ
	เหลือง	ดำ
	ส้ม	ดำ
	แดง	ดำ
	น้ำเงิน, เขียว	ดำ

ตารางที่ 2.9.1

ตารางแสดงการเลือกใช้สีของตัวอักษรให้เหมาะสมกับสภาพวะแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาภาคเอกสารได้มีการศึกษาถึงงานวิจัยเกี่ยวกับการออกแบบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผารูปแบบและชนิดต่างๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานและเป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัยตลอดจนการออกแบบ ซึ่งมีดังต่อไปนี้

โครงการออกแบบโคมไฟฟ้าเซรามิคส์ภายในห้องพักสำหรับโรงแรมแม่น้ำ

นาย สิทธิโชค คุตตาจารย์ (2533-2534)

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์ของโครงการเพื่อออกแบบโคมไฟฟ้าเซรามิคส์ภายในห้องพักสำหรับโรงแรมแม่น้ำ โดยการออกแบบผู้วิจัยได้มุ่งแก้ปัญหาในเรื่องของการใช้งานและด้านความงาม ให้การออกแบบมีความกลมกลืนเข้าชุดกับเฟอร์นิเจอร์ภายในห้องพัก โรงแรมแม่น้ำ ทางด้านลวดลาย และสี ได้ออกแบบให้มีรูปแบบความเป็นไทย มีความทันสมัยและสามารถแสดงถึงเอกลักษณ์ของโรงแรมได้ วิธีการดำเนินงานการวิจัยเป็นการศึกษาที่เน้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับโรงแรม

โครงการออกแบบกระถางต้นไม้ชั้นนอกเครื่องเคลือบดินเผาภายในสำนักงาน

นางสาวมาณี แสงศิโรเวฐน์ (2535)

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์ของโครงการเพื่อออกแบบกระถางต้นไม้ชั้นนอกเครื่องเคลือบดินภายในสำนักงาน โดยการออกแบบผู้วิจัยได้ทำการแก้ปัญหาในการใช้งานและกรรมวิธีการผลิตได้ดีพอสมควร ที่ออกแบบมีความกลมกลืนเข้าชุดกับเฟอร์นิเจอร์ภายในสำนักงานทางด้านลวดลาย และสี ได้ออกแบบให้มีรูปทรงเรขาคณิตและรูปทรงอิสระ เพื่อการเลือกจัดลวดลายเป็นลายเรขาคณิตโดยแสดงถึงความมั่นคง การใช้งานผลิตภัณฑ์สามารถใช้ได้ตรงตามวัตถุประสงค์ ข้อเสียของการออกแบบก็คือ ชิ้นส่วนปิดรอยต่อซึ่งเป็นพลาสติกยังไม่มีความกระชับพอ สามารถหลุดเลื่อนได้ง่าย วิธีการดำเนินงานการวิจัยเป็นการศึกษาที่เน้นข้อมูลภายในสำนักงาน

โครงการออกแบบชุดอาหารเครื่องปั้นดินเผาสำหรับร้านอาหาร จิตรลดาการครัว ศูนย์ศิลปาชีพบางไทร

นายนิรัช สุดสังข์ (2536)

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์ของโครงการเพื่อออกแบบชุดอาหารเครื่องปั้นดินเผาสำหรับร้านอาหารจิตรลดาการครัวศูนย์ศิลปาชีพบางไทร ให้เป็นชุดที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตัวของร้านโดยตกแต่งภาชนะให้มีลวดลาย สีและรูปแบบ ให้มีความกลมกลืนแสดงถึงความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน และเพื่อออกแบบปรับปรุงขนาดสัดส่วนของเครื่องปั้นดินเผาให้สอดคล้องกับสัดส่วนพฤติกรรมของกลุ่มผู้บริโภค กลุ่มพนักงานให้บริการ โดยออกแบบให้รองรับรายการอาหารประเภท หวาน คาว แบบไทยๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการดำเนินงานการวิจัย โดยการสำรวจข้อมูลเสนอหัวข้อ ข้อมูลเบื้องต้น วิเคราะห์ข้อมูล สรุปผลการวิเคราะห์ แบบร่าง การเขียนแบบเพื่อการผลิต การนำเสนอผลงาน ข้อมูลฉบับสมบูรณ์ บทคัดย่อและต้นฉบับ หุ่นจำลอง กลุ่มประชากรคือ ร้านอาหารจิตรลดาการครัวศูนย์ศิลปาชีพบางไทร จ.พระนครศรีอยุธยา

ผลการวิจัยปรากฏว่าได้ชุดอาหารเครื่องปั้นดินเผาสำหรับร้านอาหารจิตรลดาการครัวที่มีรูปแบบสัดส่วนสอดคล้องกับสัดส่วนพฤติกรรมของผู้บริโภคและกลุ่มพนักงานให้บริการ ตลอดจนมีเอกลักษณ์เฉพาะตัวของร้านอาหารจิตรลดาการครัวศูนย์ศิลปาชีพบางไทรที่มีลวดลาย สีและรูปแบบที่มีความกลมกลืนแสดงถึงความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน

โครงการออกแบบชุดผลิตภัณฑ์เซรามิกส์รูปแบบธรรมชาติสำหรับการตกแต่งห้องรับแขก ของ บ. โมเดิร์นฟอร์ม ลิฟวิ่ง จำกัด

นายนเรศ ภัทรอารยกูล (2538)

โครงการนี้ประสบปัญหาในการวิจัยคือ การเผาชิ้นงานที่ใหญ่ควรจะเผาให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นช้าๆ และควรไล่ไอน้ำให้แห้งสนิทเสียก่อน ส่วนรูปทรงที่นำมาจากธรรมชาติ (รูป CACTUS)ยังขาดจุดดึงความสนใจ ไม่สามารถสื่อออกมาให้ชัดเจนกับผลิตภัณฑ์ได้

โครงการออกแบบประติมากรรมน้ำพุและน้ำตกเซรามิกส์ สำหรับพื้นที่กลางแจ้งของอาคารสำนักงานขนาดเล็กประเภทสำนักงานกึ่งที่พักอาศัย

นายอนิวรรต ฤกษ์หร่าย (2539)

เป็นการออกแบบประติมากรรมน้ำพุและน้ำตก สำหรับอาคารสำนักงานขนาดเล็กประเภทโฮมออฟฟิศบนพื้นที่กลางแจ้งขนาด 1x1 ถึง 2x4 ตารางเมตร ความสูงตั้งแต่ 15 ถึง 200 เซนติเมตร ใช้วัสดุเป็นเซรามิกส์ ขึ้นรูปด้วยการหล่อน้ำดินแบบกลวง ใช้เนื้อดินสโตนแวร์ เผาเคลือบที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซียลเซส เคลือบทึบกึ่งด้าน ลักษณะการออกแบบเป็นไปในแนวสมัยใหม่แบบ MODERN ARCHITECTURE ที่สามารถเข้ากับรูปแบบของอาคารได้ดี สามารถต่อกันได้หลายรูปทรง และต่อได้ทั้งน้ำพุหรือน้ำตกอย่างเดียว หรือทั้งน้ำพุและน้ำตกรวมกันด้วย

โครงการออกแบบชุดน้ำตกและชุดประดับเซรามิกส์สำหรับการตกแต่งภายในบ้านพักอาศัย

นางสาววัชราธร เพ็ญศศิธร (2540-2541)

เป็นการออกแบบชุดน้ำตกที่สามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบการประกอบได้ 1 ชุด โดยมีอ่างน้ำขนาด 55X45X10 เซนติเมตร จำนวน 1 ใบ มีส่วนของขาตั้งขนาดความสูง 60 เซนติเมตร จำนวน 1 ตัว มีชุดประดับซึ่งประกอบด้วย ภาชนะปลูกต้นไม้ที่ใช้จัดวางประกอบกับชุดน้ำตก 1 ใบ หิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประดับ 3 แบบ ตุ๊กตาประดับรูปสัตว์ จำนวน 3 แบบ และส่วนประดับที่เคลื่อนไหวได้ใช้ติดตั้งกับตัวน้ำตก จำนวน 1 ชิ้น

วัสดุที่ใช้เป็นเนื้อดินประเภท Stoneware ใช้น้ำเคลือบที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซียลเซส และกรรมวิธีที่ใช้ในการผลิต ใช้วิธีการ Slip Casting

โครงการออกแบบชุดตกแต่งบ่อปลาเซรามิกส์ในบ้านพักอาศัย

นางสาวศรัณยา เชี่ยวศิลป์ (2541)

เป็นชุดตกแต่งบ่อปลาเซรามิกส์ โดยเป็นบ่อปลาที่ขุดเพื่อการเลี้ยงปลาและตกแต่งสวนสำหรับบ้านพักอาศัย โดยบ่อจะมีขนาด 1.5x1.5 ตารางเมตร ลึก 0.45 เมตร เป็นเซรามิกส์ตกแต่งบ่อปลาที่ประกอบด้วย กระเบื้องปูก้นบ่อและผนังด้านข้างของบ่อ กระเบื้องปูบริเวณขอบบ่อ โดยขอบบ่อมีเส้นรอบวงประมาณ 6 เมตร มีส่วนของกระถางสำหรับปลูกพืชน้ำอยู่ 3 ขนาด คือ 6 นิ้ว,8 นิ้ว และ 10 นิ้ว ทั้งหมด 3 แบบ จำนวน 3 ชิ้น มีที่ครอบน้ำพุ 1 แบบ จำนวน 1 ชิ้น สัตว์สำหรับประดับตกแต่งบ่อ 2 แบบแบบละ 1 ชิ้น รวมทั้งหมดจำนวน 2 ชิ้น ส่วนของฐานรองมี 1 แบบ สามารถต่อได้เป็น 2 แบบคือ ฐานรองที่มีความสูงประมาณ 18 เซนติเมตรจำนวน 1 ชิ้น และฐานรองที่ประกอบกัน 2 ชั้นสูงประมาณ 36 เซนติเมตรแบ่งออกเป็น 3 ชุดคือ สำหรับที่ครอบน้ำพุจำนวน 1 ชุด สำหรับกระถางจำนวน 1 ชุด และสำหรับสัตว์ประดับตกแต่งบ่อจำนวน 1 ชุด ออกแบบโดยใช้เซรามิกส์เป็นวัสดุหลัก และใช้วัสดุอื่นประกอบบ้างตามความเหมาะสม ส่วนของเนื้อดินปั้นเป็นเนื้อดินประเภทสโตนแวร์ ตกแต่งด้วยการตกแต่งก่อนเผาดิบ และใช้เคลือบใสในการตกแต่ง กรรมวิธีการผลิตจะใช้วิธีการหล่อแบบและการ press ขึ้นรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาในหัวข้อ "โครงการออกแบบโคมไฟฟ้าเครื่องปั้นดินเผารูปแบบสัตว์หิมพานต์ ชุด ไกรสรนาคา" โดยดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนรายละเอียดดังต่อไปนี้ คือ การสำรวจข้อมูล แหล่งที่มาของข้อมูล เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล ประชากรกลุ่มตัวอย่าง วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.วิธีสำรวจและรวบรวมข้อมูล

ในการสำรวจและรวบรวมข้อมูลนั้นผู้วิจัยได้ศึกษาแหล่งข้อมูลต่างๆที่ถือว่าเป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อนำมาใช้สรุปเป็นข้อมูลเบื้องต้นและนำไปประกอบในการวิเคราะห์และสรุปต่อไป วิธีการที่ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจมีดังนี้

1.1ข้อมูลจากการศึกษาเชิงเอกสาร(ทุติยภูมิ)

เป็นการค้นคว้าจากเอกสาร ตำราหนังสือต่างๆที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย รวมไปถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นการศึกษาและเป็นแนวทางในการออกแบบ ทางด้านข้อมูล สถานที่ในการศึกษาข้อมูลประกอบไปด้วย ห้องสมุด หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

1.2ข้อมูลจากการศึกษาภาคสนาม(ปฐมภูมิ)

ผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์จากบุคคลต่างๆที่เกี่ยวข้องและมีประสบการณ์ในการใช้งานโคมไฟฟ้าแบบติดตั้งภายในที่พักอาศัย บุคคลที่ผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์ คือ ผู้ประกอบกิจการจำหน่ายโคมไฟฟ้าแบบติดตั้งภายในที่พักอาศัย และ ผู้บริโภค ซึ่งได้แก่ ผู้ซื้อหรือผู้ที่เคยใช้ ตลอดจนผู้ที่กำลังใช้งานโคมไฟฟ้าแบบติดตั้งภายในที่พักอาศัย รวมไปถึงการสัมภาษณ์ผู้ที่มีคุณวุฒิและประสบการณ์ในงานศิลปะเครื่องปั้นดินเผา

1.3การศึกษาของจริงและผลิตภัณฑ์ใกล้เคียง

เป็นการดำเนินงานเก็บข้อมูลภาคสนาม คือ ผลิตภัณฑ์เดิมและผลิตภัณฑ์ใกล้เคียง เพื่อให้ทราบถึง ลักษณะ การติดตั้ง ระบบการทำงาน และการใช้งาน ซึ่งผู้วิจัยจะได้นำมาศึกษาเปรียบเทียบพร้อมกับการพัฒนาปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

2.แหล่งที่มาของข้อมูล

2.1ห้องสมุดคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2หอสมุดกลางเฉลิมพระเกียรติ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2.3ห้องสมุดคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2.4ข้อมูลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5ข้อมูลจากผลิตภัณฑ์ใกล้เคียง

3.เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

ลักษณะของเครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสัมภาษณ์ โดยมีทั้งการกำหนดคำตอบไว้ให้เลือกและการให้ตอบคำถามโดยอิสระควบคู่กันไป

3.1การสร้างเครื่องมือวิจัย

3.1.1 ค้นคว้าจากหนังสือ และงานวิจัย พร้อมทั้งสอบถามจากผู้ที่มีประสบการณ์มาแล้ว

3.1.2ศึกษารูปแบบจากการสร้างเครื่องมือแบบต่างๆเพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมกับการวิจัย เช่น การสังเกต,การสัมภาษณ์ ซึ่งมีความเหมาะสมกับการทำวิจัยในครั้งนี้

4.ประชากรกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่

4.1ผู้ประกอบกิจการจำหน่ายโคมไฟฟ้าแบบติดตั้งภายในที่พักอาศัย หรือพนักงานที่มีส่วนเกี่ยวข้อง พนักงานขาย,พนักงานติดตั้งเพื่อเป็นแนวทางที่เป็นประโยชน์ในการออกแบบโคมไฟฟ้าเครื่องปั้นดินเผาแบบติดตั้งภายในที่พักอาศัย จำนวน 30 ชุด โดยการสุ่มแบบเจาะจง

4.2กลุ่มผู้บริโภค ได้แก่ ผู้ซื้อ,ผู้ที่เคยใช้ตลอดจนผู้ที่กำลังใช้งานโคมไฟฟ้าแบบติดตั้งภายในที่พักอาศัยซึ่งจะเป็นข้อมูลที่ช่วยให้ผู้วิจัยได้เห็นแนวทางและความต้องการทั้งในด้านรูปแบบและการใช้งานของผู้ใช้โคมไฟฟ้าแบบติดตั้งภายในที่พักอาศัย จำนวน 30 ชุด โดยการสุ่มแบบเจาะจง

5.วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลต่างๆจากหนังสือ,เอกสาร และการสังเกต ดังนั้นการวิเคราะห์จะได้จากการนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกัน และเลือกหาสิ่งที่เหมาะสมที่สุดกับผลิตภัณฑ์มาใช้ในการออกแบบ โดยผู้วิจัยได้ใช้ค่าสถิติที่ใช้ในการวิจัยดังนี้

1. ค่าร้อยละใช้สูตร (บุญเรียง ขจรศิลป์,2518)

$$\text{ร้อยละของข้อใด} = \frac{\text{ความถี่ของข้อนั้น}}{\text{จำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ค่ามัชฌิมเลขคณิตใช้สูตรที่ใช้ในการคำนวณค่าเฉลี่ย (บุญเรียง ขจรศิลป์,2518)

$$\overline{X} = \frac{\sum fx}{N}$$

เมื่อ $\overline{X}$ = ค่าเฉลี่ย

fx = ผลรวมความถี่ของคะแนน

n = จำนวนข้อมูลหรือจำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม

การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยใช้เกณฑ์ต่อไปนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง มีระดับความเห็นสอดคล้อง มากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง มีระดับความเห็นสอดคล้อง มาก

ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง มีระดับความเห็นสอดคล้อง ปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง มีระดับความเห็นสอดคล้อง น้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึง มีระดับความเห็นสอดคล้อง น้อยที่สุด

3. ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานของกลุ่มตัวอย่าง (บุญเรียง ขจรศิลป์,2518)

$$S.D = \sqrt{\frac{\sum f_x^2}{n} - \frac{\sum f_x^2}{n}}$$

เมื่อ S.D = หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานของกลุ่มตัวอย่าง

$\sum f_x^2$ = หมายถึง ผลรวมความถี่ของคะแนน

$\sum f_x$ = หมายถึง ผลบวกของผลคูณระหว่างคะแนนกับความถี่

n = หมายถึง จำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่องโครงการออกแบบโคมไฟฟ้าเครื่องปั้นดินเผารูปแบบสัตว์หิมพานต์ ชุด "ไกรสรนาคา" นั้น ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูล เพื่อสรุปเป็นแนวทางในการออกแบบโดยแบ่งเนื้อหาออกเป็นเรื่องต่างๆ คือ

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลเพื่อการออกแบบ

4.2 การออกแบบ

4.2.1 แนวทางการออกแบบ

4.2.2 แบบถ่ายย่อ

4.1การวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลมีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางที่มีความเป็นไปได้และสรุปผลเพื่อการออกแบบ เป็นการนำเอาข้อมูลที่ได้ศึกษามาโดยละเอียดมาทำการแยกแยะจัดลำดับความสำคัญของข้อมูลศึกษาเปรียบเทียบ เพื่อเป็นการนำมาประเมินผลของข้อมูล การวิเคราะห์จะต้องมีการนำเอาคุณสมบัติและข้อพิจารณาต่างๆมาทำการวิเคราะห์ ศึกษาเปรียบเทียบและทำการสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาข้อสรุปว่าข้อมูลใดมีความเหมาะสมมากที่สุดเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบ โดยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลที่นำมาพิจารณานั้น มีอยู่ 2 วิธีคือ การนำข้อมูลจากแหล่งต่างๆที่ได้ศึกษามาแล้วนั้น สร้างเป็นตัวเลือกเพื่อนำมาประเมินโดยการให้ค่าความสำคัญของข้อมูลในลักษณะของตัวเลข ซึ่งได้ให้ค่าความหมายของตัวเลขดังนี้

5	หมายถึง	เหมาะสมที่สุด,ดีที่สุด,มากที่สุด
4	หมายถึง	เหมาะสม,ดี,มาก
3	หมายถึง	เหมาะสมปานกลาง,ปานกลาง
2	หมายถึง	เหมาะสมน้อย,พอใช้,
1	หมายถึง	เหมาะน้อยที่สุด,ต่ำ,น้อยที่สุด

ซึ่งก็จะต้องนำค่าคะแนนของตัวเลือกแต่ละตัวมาเปรียบเทียบกัน และเลือกตัวเลือกที่มีค่าคะแนนมากที่สุด

วิธีในการวิเคราะห์ข้อมูลอีกวิธีที่นำมาพิจารณาคือ การนำเสนอข้อมูลเพื่อการออกแบบออกมาในลักษณะของการบรรยายคุณลักษณะที่พึงประสงค์,ข้อดี-ข้อเสียของตัวเลือก จากนั้นจึงสรุปการเลือกใช้ตัวเลือกที่มีคุณลักษณะตามความต้องการในการใช้งาน ซึ่งในส่วนของโครงการออกแบบโคมไฟฟ้าเครื่องปั้นดินเผารูปแบบสัตว์หิมพานต์ ชุด "ไกรสรนาคา"นั้น ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลแบบบรรยายและสรุปผลการวิเคราะห์ โดยมีลำดับการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นลำดับดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1การวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้าง,รูปทรง

-การวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้าง โคมไฟฟ้าแบบติดผนัง

-การวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้าง โคมไฟฟ้าแบบตั้งโต๊ะและตั้งพื้น

-การวิเคราะห์ลักษณะรูปทรงของฐาน โคมไฟฟ้าแบบติดผนังและตั้งโต๊ะ

-การวิเคราะห์ลักษณะรูปทรงของฐาน โคมไฟฟ้าแบบตั้งพื้น

-การวิเคราะห์ลักษณะรูปทรงของโป๊ะไฟ

-การวิเคราะห์ลักษณะรูปทรงของตัวโคมไฟ

-การวิเคราะห์ลักษณะการติดตั้ง

-การวิเคราะห์ทางด้านลวดลาย

4.1.2การวิเคราะห์ระบบกลไกต่างๆ

-การเลือกใช้หลอดไฟฟ้า

-การเลือกใช้ระบบตัดต่อกระแสไฟฟ้า

-การเลือกใช้เต้าเสียบ

4.1.3 การวิเคราะห์ขนาดและสัดส่วนการใช้งาน

-ขนาดของ โคมไฟฟ้าแบบแขวนผนัง

-ขนาดของ โคมไฟฟ้าแบบตั้งโต๊ะ

-ขนาดของ โคมไฟฟ้าแบบตั้งพื้น

4.1.4การวิเคราะห์วัสดุและกรรมวิธีการผลิต

-การวิเคราะห์วัสดุในการผลิตฐาน โคมไฟฟ้า

-การวิเคราะห์กรรมวิธีในการขึ้นรูปส่วนฐานของ โคมไฟฟ้า

-การวิเคราะห์ชนิดของเนื้อดินที่ใช้

-การวิเคราะห์กรรมวิธีการขึ้นรูปในส่วนของตัวโคมไฟฟ้า

-การวิเคราะห์กรรมวิธีการขึ้นรูปในส่วนของโป๊ะไฟ

4.1.5การวิเคราะห์การตกแต่งและสีที่ใช้

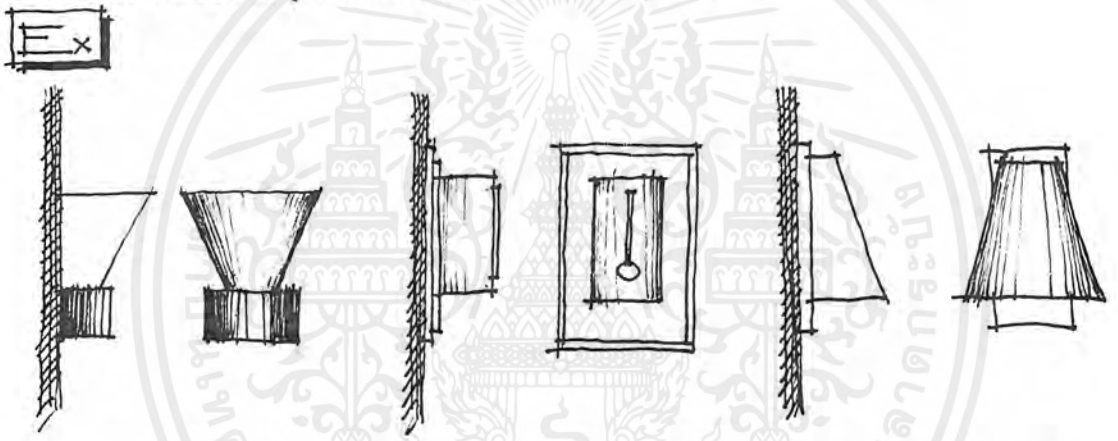
-การวิเคราะห์เทคนิควิธีการตกแต่งผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

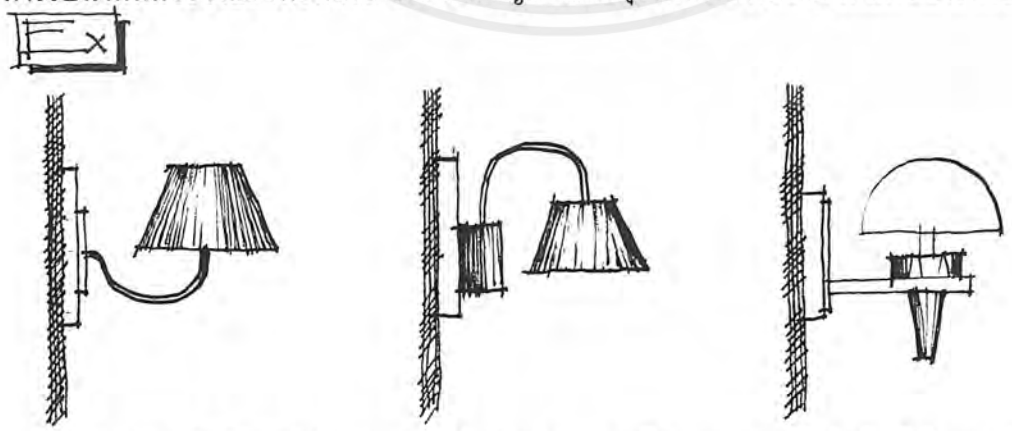
4.1.1 การวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้าง,รูปทรง

<u>การวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างของโคมไฟฟ้าแบบติดผนัง</u> เป็นส่วนที่สำคัญที่สุดส่วนหนึ่ง เพราะทำหน้าที่ในการรับน้ำหนักของโคมไฟฟ้าทั้งหมด จึงต้องคำนึงถึงความแข็งแรงมากกว่าส่วนอื่น ลักษณะของโครงสร้างโคมไฟฟ้าที่นำมาพิจารณามีดังนี้

โครงสร้างแบบแนบชิดกับผนัง ซึ่งได้แก่โคมไฟฟ้าแบบไม่มีกิ่ง กล่าวคือลักษณะของโคมจะไม่มีส่วนที่ต่อออกมาจากผนังมากนัก โดยส่วนใหญ่จะเป็นแบบที่ตัวโคมและโป๊ะไฟยึดติดเข้าด้วยกัน ในกรณีที่ใช้ในบริเวณที่มีคนเดินผ่านบ่อยๆ เช่น ที่ผนังระหว่างทางเดินจากห้องหนึ่งไปอีกห้องหนึ่ง จะมีความปลอดภัยค่อนข้างมาก เนื่องจากระยะของการใช้งานติดตั้งเมื่อติดตั้งเสร็จจะน้อย ไม่เกะกะช่องทางเดิน อีกทั้งยังจะช่วยให้จุดศูนย์ถ่วงอยู่ในแนวแกนกลางทำให้วัสดุในการยึดโคมไฟติดกับผนังเช่น สกรู,น็อต ไม่ต้องรับน้ำหนักมากจนเกินไป



โครงสร้างแบบไม่แนบกับผนัง ได้แก่โคมไฟแบบมีกิ่งซึ่งตัวโคมกับโป๊ะไฟจะไม่ติดกันหรือเป็นชิ้นเดียวกันมีเพียงส่วนเชื่อมต่อซึ่งใช้สำหรับเดินสายไฟฟ้าผ่านไปในตัว ทำหน้าที่ในการยึดชิ้นส่วนทั้ง 2 ชิ้นเข้าด้วยกัน ดังนั้นส่วนดังกล่าวจึงต้องมีความแข็งแรงสูง เนื่องจากต้องทำหน้าที่ในการรับน้ำหนักของโป๊ะไฟอีกด้วย ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้วัสดุจำพวกโลหะ เช่น เหล็ก ทองเหลือง ฯลฯ

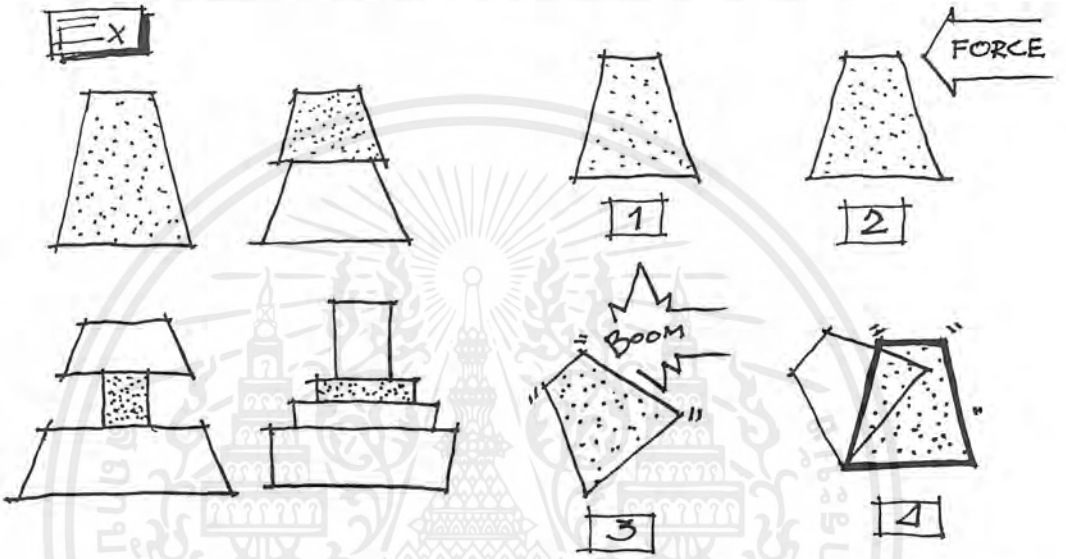


สรุป เลือกโครงสร้างแบบแนบชิดกับผนังเพราะมีความปลอดภัยต่อตัวผู้ใช้มากกว่า รวมไปถึงมีความแข็งแรงทางด้านโครงสร้างมากกว่า

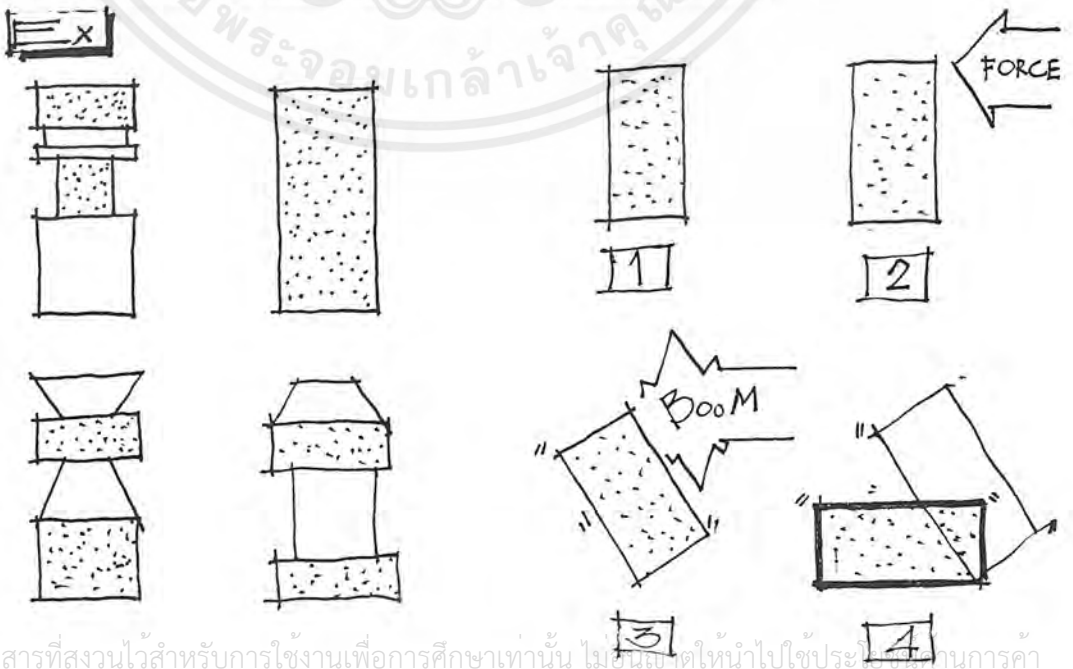
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างของโคมไฟฟ้าแบบตั้งพื้นและตั้งโต๊ะเนื่องจากเป็นโคมไฟฟ้าที่มีลักษณะการติดตั้งโดยการวางบนพื้นหรือบนเครื่องเรือนชิ้นอื่น ดังนั้นการเลือกใช้โครงสร้างจึงต้องคำนึงถึงความมั่นคงในการวาง การกระจายน้ำหนักของโครงสร้าง และความแข็งแรงเป็นสำคัญ ลักษณะที่นำมาพิจารณามีดังนี้

1. ลักษณะสอบเข้าในส่วนบนของโคม น้ำหนักในส่วนบนจะน้อยกว่าส่วนล่าง ส่วนล่างจะมีพื้นที่หน้าตัดมากกว่าส่วนบน จุดศูนย์ถ่วงจะมารวมอยู่ที่จุดศูนย์กลางเป็นแนวเส้นตรง ทำให้เมื่อได้รับแรงกระทำจากภายนอกจะไม่เกิดการล้ม มีความมั่นคงสูง

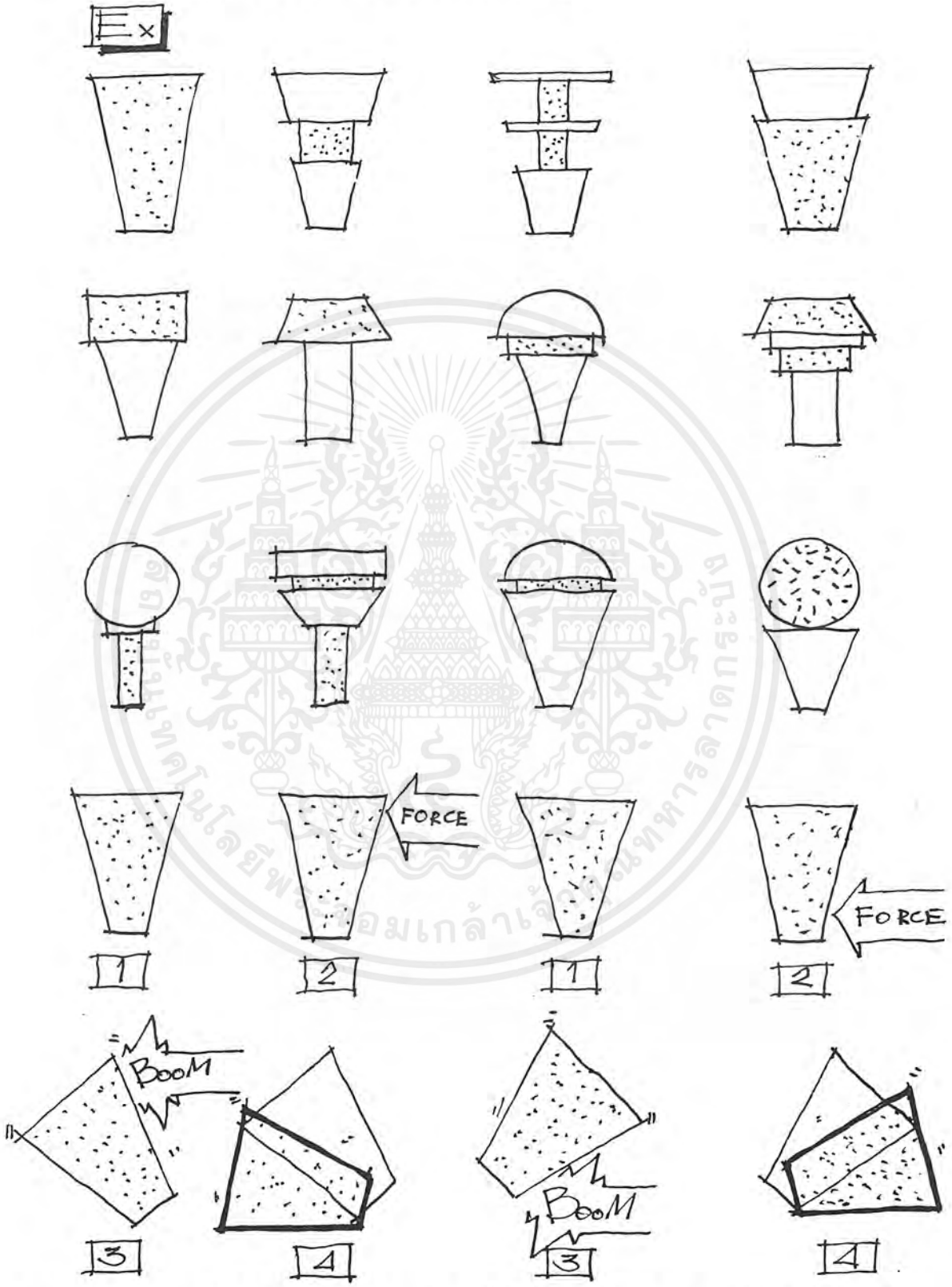


2. ลักษณะที่มีความเท่ากันตลอดตัวโคม น้ำหนัก,พื้นที่หน้าตัดในส่วนบนและส่วนล่างจะเท่ากัน จุดศูนย์ถ่วงจะมารวมอยู่ที่จุดศูนย์กลางเป็นแนวเส้นตรง เมื่อได้รับแรงกระทำจากภายนอกจะมีความเสี่ยงในการล้ม เพราะน้ำหนักในส่วนบนจะเป็นตัวช่วยเสริมแรงกระทำ ทำให้เกิดแรงเหวี่ยงที่ส่วนบนมากขึ้น มีความมั่นคงพอสมควร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ลักษณะสอบเข้าในส่วนล่าง มีความเหมาะสมในการใช้เป็นโครงสร้างน้อยมาก มีความเสี่ยงในการล้มเนื่องจากแรงกระทำภายนอกค่อนข้างสูง

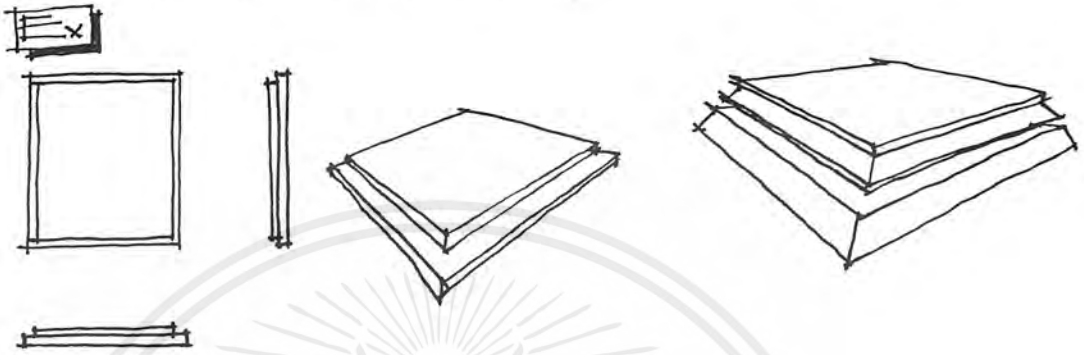


สรุป เลือกลักษณะสอบเข้าในส่วนบนของโคม เพราะเมื่อได้รับแรงกระทำจากภายนอกจะไม่เกิดการล้ม มีความมั่นคงสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

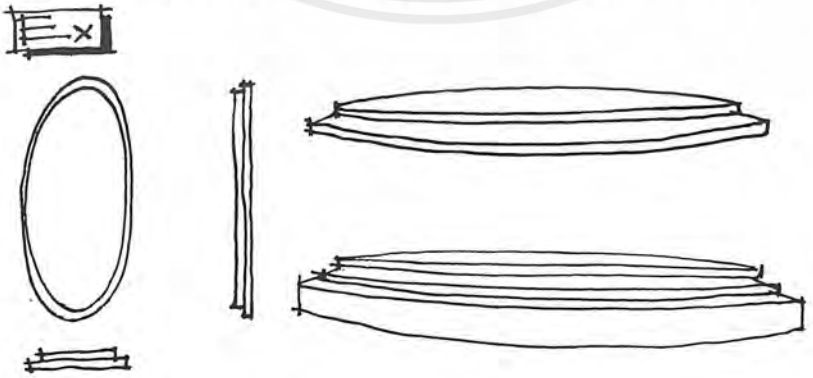
การวิเคราะห์ลักษณะรูปทรงของฐานโคมไฟแบบติดผนังและแบบตั้งโต๊ะ เป็นส่วนที่มีความสำคัญมากเพราะต้องทำหน้าที่ในการรับน้ำหนักของโคมไฟ โดยลักษณะที่นำมาพิจารณามีดังนี้

1. รูปทรงสี่เหลี่ยม สามารถตั้งได้มั่นคง มีการถ่ายน้ำหนักกระจายไปยังส่วนต่างๆเท่ากัน หาจุดศูนย์ถ่วงค่อนข้างยาก ผลิตได้ค่อนข้างง่าย



2. รูปทรงกลม สามารถตั้งได้มั่นคง มีการถ่ายน้ำหนักกระจายไปยังส่วนต่างๆเท่ากัน หาจุดศูนย์ถ่วงง่าย ผลิตได้ง่าย

3. รูปทรงวงรี มีการถ่ายน้ำหนักกระจายไปยังส่วนต่างๆไม่สม่ำเสมอ ผลิตได้ยาก

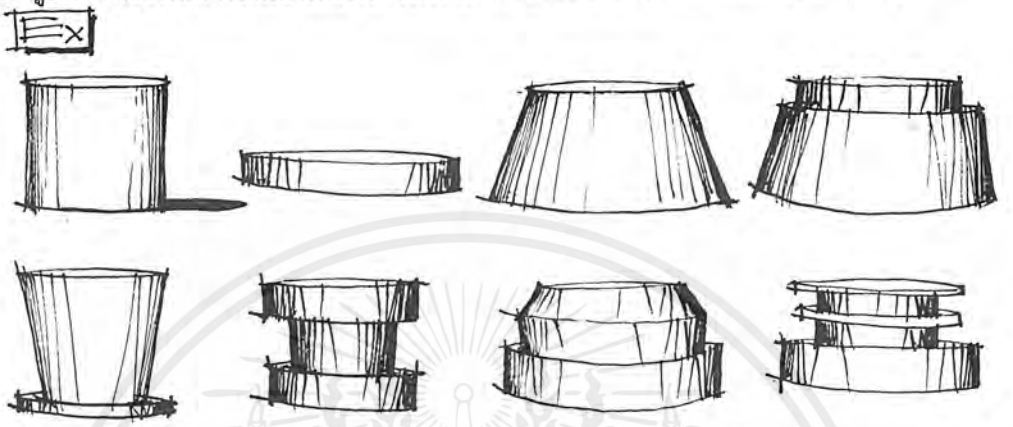


สรุป เลือกรูปทรงกลม เพราะสามารถผลิตได้ง่าย มีการกระจายน้ำหนักไปยังส่วนต่างๆได้ดี

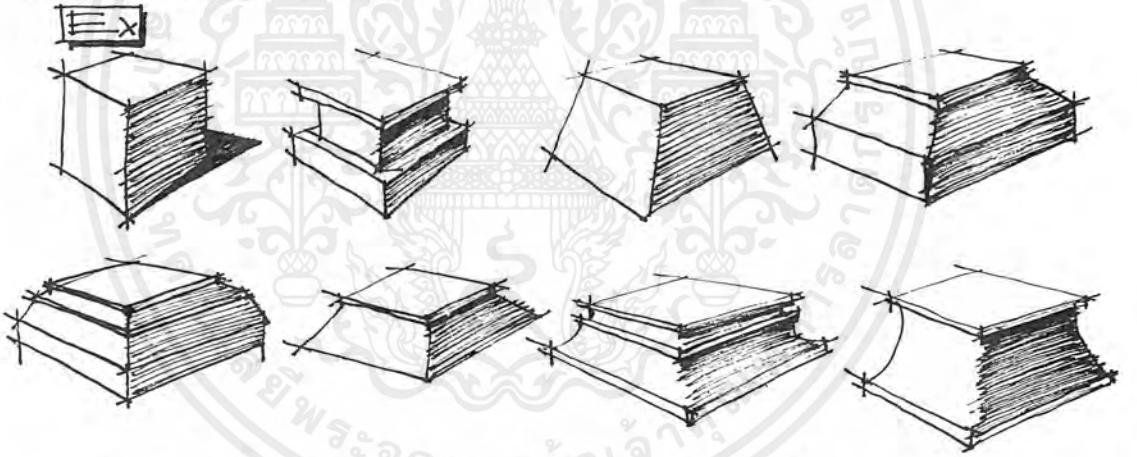
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>การวิเคราะห์ลักษณะรูปทรงของฐานโคมไฟแบบตั้งพื้น</u> เนื่องจากโคมไฟแบบตั้งพื้นมีสัดส่วนความสูงมากกว่าโคมไฟชนิดอื่นๆ มีผลให้มีขนาดและน้ำหนักมากกว่าตามไปด้วยในการพิจารณาเลือกรูปทรงจึงควรมีการคำนึงถึง ความแข็งแรง,ความมั่นคงในการติดตั้งเป็นหลัก ซึ่งลักษณะที่นำมาพิจารณามีดังนี้

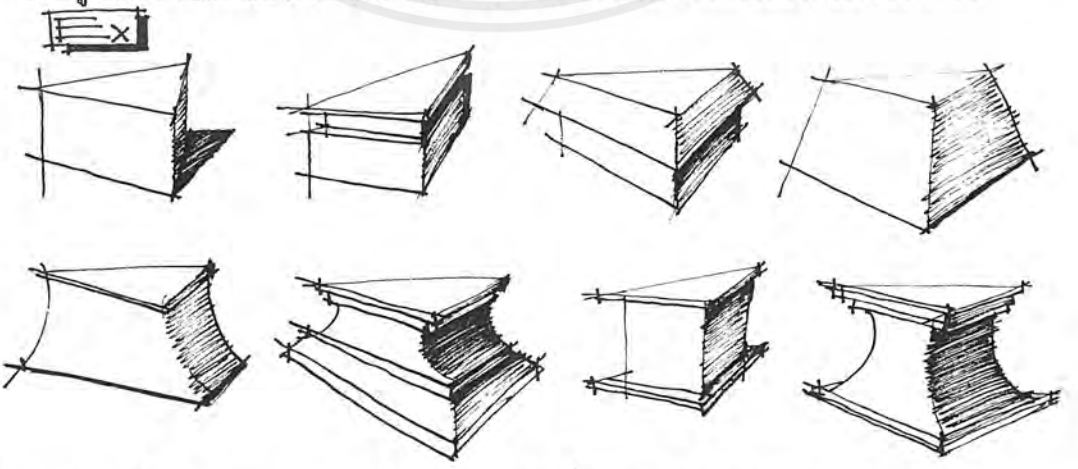
1. รูปทรงกระบอก ความมั่นคงในการติดตั้ง ลักษณะโครงสร้างแข็งแรงพอสมควร



2. รูปทรงสี่เหลี่ยม มีความมั่นคงในการติดตั้งสูง ลักษณะโครงสร้างแข็งแรง



3. รูปทรงสามเหลี่ยม ความมั่นคงในการติดตั้งน้อย ลักษณะโครงสร้างแข็งแรงพอใช้

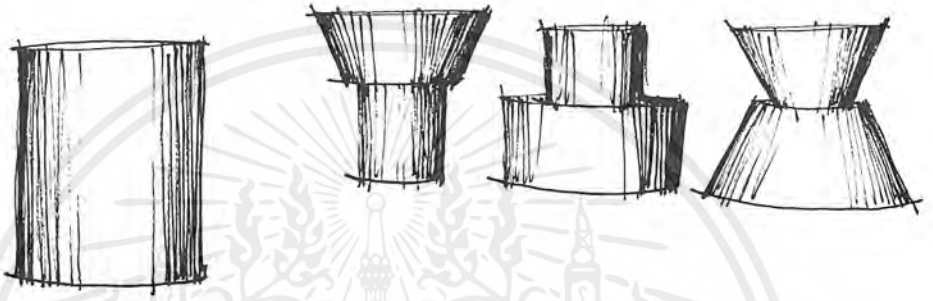


สรุป เลือกรูปทรงสี่เหลี่ยม เพราะมีความมั่นคงในการติดตั้งสูง ลักษณะโครงสร้างแข็งแรง

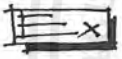
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

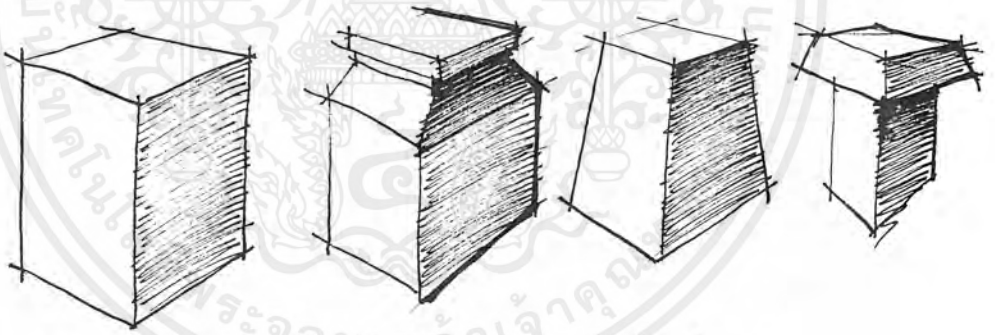
การวิเคราะห์รูปทรงของโป๊ะไฟ โป๊ะไฟทำหน้าที่ในการกำหนดทิศทาง,ลักษณะ,สี รวมไปถึงปริมาณของแสงอีกทั้งยังเป็นส่วนที่ช่วยป้องกันการสัมผัสกับหลอดไฟฟ้าของผู้ใช้งาน เนื่องจากหลอดไฟฟ้าที่ใช้กันอยู่ เมื่อหลังจากทำงานหรือกำลังทำงานอยู่จะเกิดความร้อนสะสมที่ตัวหลอดและบริเวณโดยรอบนอกจากอัตรายจากความร้อนแล้วอาจเกิดการรั่วไหลของกระแสไฟฟ้าขณะสัมผัสได้ ลักษณะรูปทรงของโป๊ะไฟที่นำมาพิจารณามีดังนี้ คือ

1.รูปทรงกระบอก สามารถกระจายแสงได้ดีมีความสม่ำเสมอ มีความแข็งแรงในโครงสร้าง

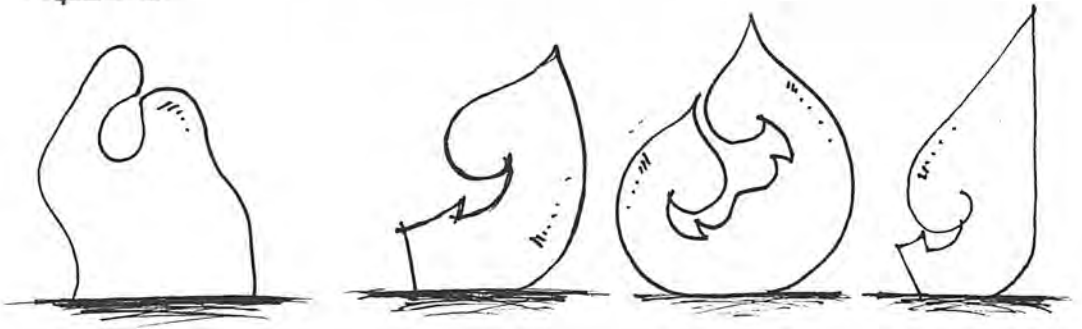


2.รูปทรงกล่องสี่เหลี่ยม สามารกระจายแสงได้พอสมควร มีความแข็งแรงในโครงสร้างสูง





3.รูปทรงอิสระ รูปแบบมีการเร้าต่อความสนใจ การกระจายแสงไม่สม่ำเสมอ

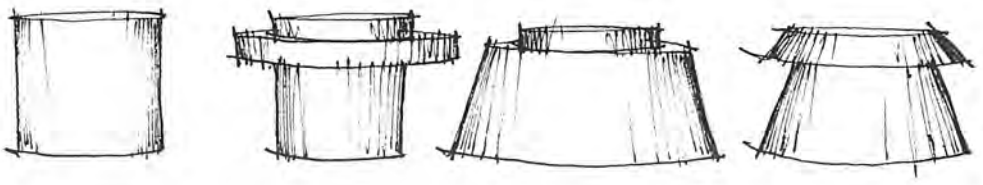


สรุปเลือกใช้รูปทรงกระบอกเพราะสามารถกระจายแสงได้ดีมีความสม่ำเสมอของแสง และมีความแข็งแรงในโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>การวิเคราะห์ลักษณะรูปทรงของตัวโคมไฟ</u> ตัวโคมเป็นส่วนที่ใช้ยึดติดระหว่างโป๊ะไฟกับฐาน อีกทั้งยังเป็นส่วนที่ใช้เก็บระบบควบคุมกระแสไฟฟ้า และวงจรการทำงานของโคมไฟฟ้า ลักษณะรูปทรงที่นำมาพิจารณามีดังนี้

1. รูปทรงกระบอก มีความแข็งแรงในโครงสร้างพอสมควร มีลักษณะสอดคล้องกับโป๊ะไฟ



2. รูปทรงสี่เหลี่ยม มีความแข็งแรงในโครงสร้างสูง มีลักษณะสอดคล้องกับการติดตั้ง

3. รูปทรงกรวย มีความแข็งแรงในโครงสร้างพอสมควร มีลักษณะค่อนข้างสอดคล้องกับโป๊ะไฟ

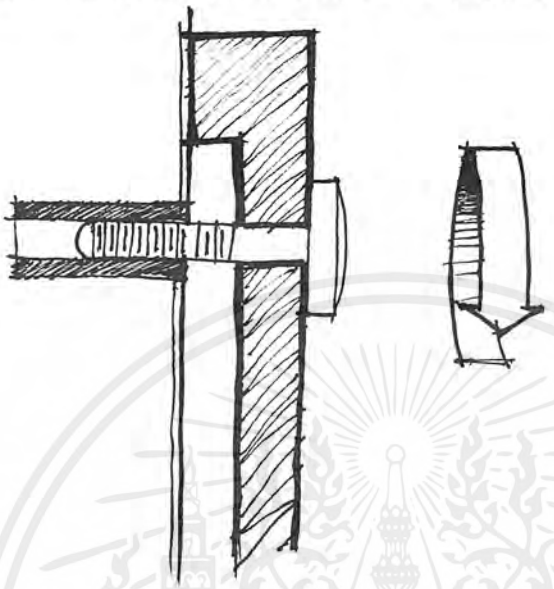
4. รูปทรงเรขาคณิตแบบผสม มีความแข็งแรงในโครงสร้างพอสมควร มีลักษณะสอดคล้องกับโป๊ะไฟและการติดตั้งมาก

สรุป เลือกรูปทรงเรขาคณิตแบบผสม มีความแข็งแรงในโครงสร้างพอสมควร มีลักษณะสอดคล้องกับโป๊ะไฟและการติดตั้งมาก

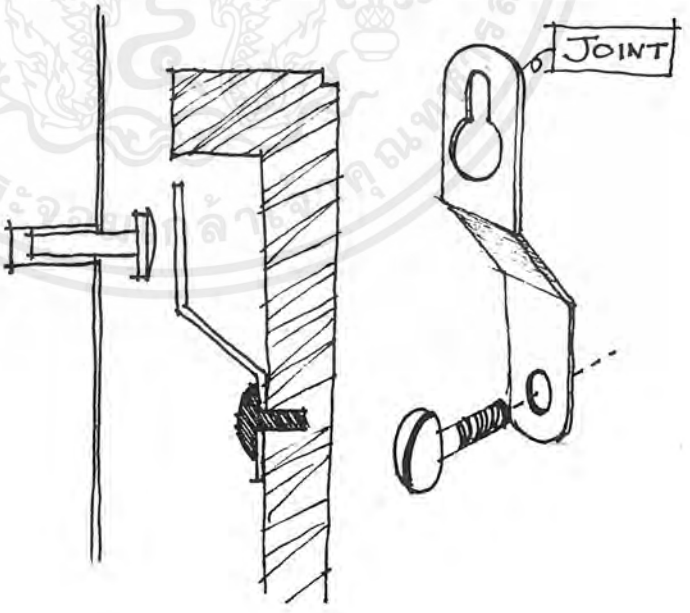
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>การวิเคราะห์ลักษณะการติดตั้ง</u> พิจารณาจาก ความสะดวกในการติดตั้ง,ความสะดวกในการเคลื่อนย้าย,ความแข็งแรงในการติดตั้ง ลักษณะที่นำมาพิจารณาคือ

1. ลักษณะการติดแบบยึดติดตายตัวด้วยสกรู การเคลื่อนย้ายหรือเปลี่ยนตำแหน่งของผลิตภัณฑ์ทำได้ไม่สะดวกนัก มีความแข็งแรงและมั่นคงในการติดตั้งสูง



2. ลักษณะการติดตั้งแบบใช้ Joint เป็นตัวยึดติดระหว่างผนังกับโคมไฟ สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย สะดวกในการติดตั้ง มีความมั่นคงแข็งแรงมากพอสมควร



สรุป เลือกลักษณะการติดตั้งแบบใช้ Joint เป็นตัวยึดติดระหว่างผนังกับโคมไฟ เพราะสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย สะดวกในการติดตั้ง มีความมั่นคงแข็งแรงมากพอสมควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การวิเคราะห์ระบบกลไกต่างๆ

<u>การวิเคราะห์การเลือกใช้หลอดไฟฟ้า</u> หลอดไฟฟ้าที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในที่พักอาศัยนั้นมีอยู่ 2 แบบด้วยกันคือ

1.หลอดอินแคนเดสเซนต์ เป็นหลอดไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพต่ำ (ประสิทธิภาพคือการให้กำลังส่องสว่างเมื่อเทียบกับปริมาณพลังงานที่ป้อนให้กับตัวหลอด) เมื่อเทียบกับหลอดฟลูออเลสเซนต์,หลอดแสงจันทร์,หลอดโซเดียม แต่สามารถใช้งานได้ง่ายและราคาถูกกว่า สามารถเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าได้ทันทีโดยไม่ต้องคำนึงถึงขนาดและชนิดของบัลลาสต์ มีรูปร่างของหลอดมากมายให้เลือกใช้ได้ตามต้องการ

2. หลอดฟลูออเลสเซนต์เป็นหลอดไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง,มีความจ้าต่ำ,เกิดความร้อนขณะที่ใช้งานน้อยกว่าหลอดอินแคนเดสเซนต์ที่ใช้กันอยู่มีตั้งแต่ขนาด 4-215 วัตต์ ความยาวตั้งแต่ 6 นิ้วจนถึง 96 นิ้ว สามารถแบ่งตามการใช้งานได้ 3 แบบคือ

-แบบอุ่นไส้ เป็นแบบที่ทั่วไปคุ้นเคยกันดี มีสตาร์ตเตอร์เป็นตัวต่อวงจรของขั้วหลอดใช้เวลา2-3วินาทีจึงจะสว่างได้

-แบบติดทันที ไม่มีสตาร์ตเตอร์ ใช้บัลลาสต์เป็นตัวเพิ่มแรงดันไฟฟ้าให้สูงเพื่อเอาชนะความต้านทานภายในหลอด อายุการใช้งานน้อยกว่าแบบอุ่นไส้ ใช้ในห้องเย็นหรือตู้ทำความเย็น

-แบบติดเร็ว เป็นแบบที่รวมเอาข้อดีของแบบอุ่น-ไส้แบบติดทันทีเข้าไว้ด้วยกัน คือไม่มีสตาร์ตเตอร์ แต่ไม่ต้องใช้แรงดันไฟฟ้าที่สูงในการจุดติดหลอดไฟฟ้า เป็นหลอดที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน

สรุป เลือกใช้อินแคนเดสเซนต์ เพราะจากหลักการข้างต้น ผู้ใช้สามารถที่จะใช้งานได้ง่ายกว่าหลอดฟลูออเลสเซนต์ในส่วนของการติดตั้งหรือการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าเมื่อเกิดการชำรุดเสียหายของตัวหลอด ใช้อุปกรณ์ในการติดตั้งน้อยกว่า น้ำหนักเบากว่า อีกทั้งมีราคาถูกกว่า

<u>การเลือกใช้ระบบตัดต่อวงจรไฟฟ้า (Switch)</u> เป็นส่วนที่ใช้ควบคุมการเปิดปิดวงจรไฟฟ้าของโคมไฟ แบบที่นำมาพิจารณามีอยู่ 2 แบบคือ

1.แบบติดตั้งภายใน คือติดอยู่ที่ตัวของผลิตภัณฑ์ สามารถใช้งานได้ง่ายเนื่องจากมีตำแหน่งที่คงที่,แน่นอนและมั่นคง มีหลายระบบให้เลือกใช้ เช่น ระบบการกดแบบธรรมดาทั่วไป,ระบบการการเปิด-ปิดในลักษณะหมุนเพื่อที่จะสามารถปรับค่าความสว่างได้,ระบบสัมผัส คือการใช้ส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายสัมผัสที่ส่วนที่กำหนดไว้ของผลิตภัณฑ์เพื่อเปิด-ปิดวงจรการทำงาน

2.แบบติดตั้งภายนอก คืออยู่ระหว่างเส้นทางการไหลของไฟฟ้าจากปลั๊กถึงตัวผลิตภัณฑ์ ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะติดตั้งบริเวณสายไฟฟ้า เป็นระบบการกดและการเลื่อนปุ่มหรือส่วนที่กำหนดเพื่อเปิด-ปิดวงจรการทำงาน สามารถที่จะบำรุงรักษาหรือซ่อมแซมได้ง่ายกว่าแบบติดตั้งภายใน สามารถหาอะไหล่เพื่อเปลี่ยนได้ง่าย ระบบการทำงานไม่ซับซ้อน ราคาถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป เลือกใช้ระบบการตัดต่อวงจรแบบติดตั้งภายนอก เพราะบำรุงรักษาง่ายกว่าผู้ใช้สามารถซ่อมหรือเปลี่ยนได้ด้วยตัวเองเนื่องจากระบบการทำงานไม่ซับซ้อน ติดตั้งสะดวก และราคาถูกกว่า

การเลือกใช้เต้าเสียบ เต้าเสียบในปัจจุบันมีมากมายหลายชนิดตามแต่สภาพของงานที่จะนำไปใช้ โดยทั่วไปเต้าเสียบสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ได้ดังนี้

1.เต้าเสียบแบบ 2 ขา เป็นเต้าเสียบที่ใช้ในเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไปในที่พักอาศัย เช่น เตารีด,ตู้เย็น,โทรทัศน์,เตาไฟฟ้า,หม้อหุงข้าว,โคมไฟฟ้า ฯลฯ มีทั้งแบบที่มีขากลม,ขาแบน ,เป็นยางแข็งและแบบที่เป็นพลาสติกประกอบ แบบเป็นยางแข็งจะสะดวกในการผลิตมากกว่าเพราะลดขั้นตอนในการประกอบลงไป เป็นเต้าเสียบที่ได้รับความนิยมมากเพราะสามารถใช้ได้ทั้งกับเต้ารับแบบ 2 ตา และ 3 ตา

2.เต้าเสียบแบบ 3 ขา ส่วนใหญ่จะใช้ในงานเครื่องมือเครื่องจักร เนื่องจากมีขาที่ 3 ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสายดินช่วยเพิ่มความปลอดภัยแก่ผู้ใช้ มีทั้งแบบเป็นขากลมทั้งหมด,เป็นขาแบนทั้งหมดและขาแบบผสมคือ มีทั้งขากลมและขาแบนในตัวเดียว ในส่วนของเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในที่พักอาศัยมีการนำมาใช้ในบางชิ้น เช่น เตารีด,คอมพิวเตอร์,เครื่องตีส่วนผสมขนาดเล็ก (สำหรับร้านเบเกอรี่) มีทั้งแบบเป็นยางแข็งและเป็นพลาสติกประกอบ

สรุป เลือกใช้เต้าเสียบแบบ 2 ขา แบบเป็นยางแข็ง เพราะสามารถใช้ได้กับเต้ารับทั้ง 2 แบบ สะดวกในการผลิตลดขั้นตอนของการประกอบติดตั้งเต้าเสียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านลวดลาย

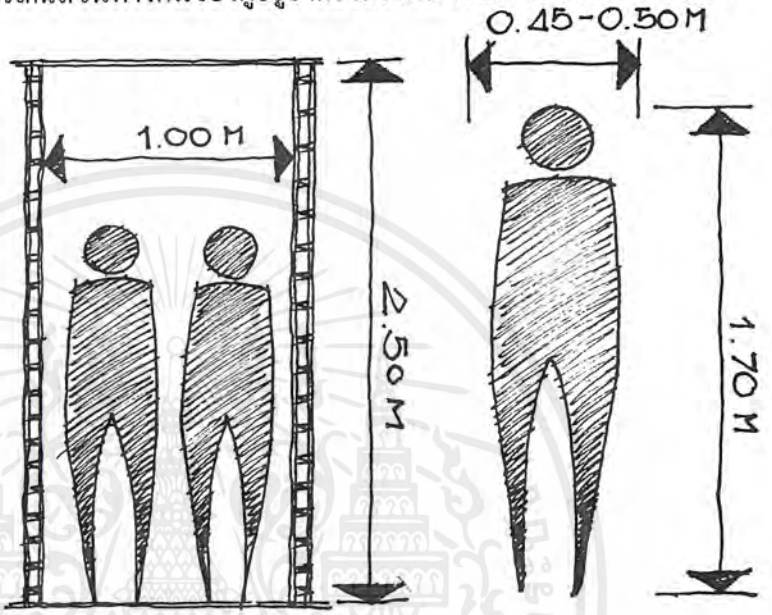
1. การออกแบบลวดลายของโป๊ะไฟ เลือกใช้ลวดลายกนกดงสัตว์ ซึ่งประกอบด้วยลวดลายของเครือเถาและตัวสัตว์หิมพานต์คือ ตัวไกรสรนาคา เพื่อความสอดคล้องกับแนวความคิดในการออกแบบโคมไฟฟ้ารูปแบบสัตว์หิมพานต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

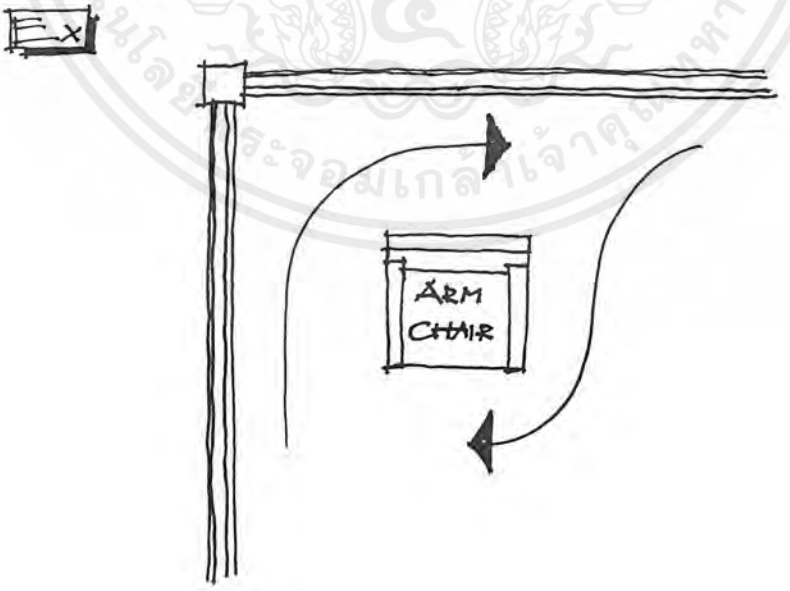
4.1.3 การวิเคราะห์ขนาดและสัดส่วนการใช้งาน

<u>การวิเคราะห์ขนาดของโคมไฟฟ้าแบบแขวนผนัง</u> ใช้การวิเคราะห์จากพื้นที่ในการใช้งานโคมไฟฟ้าแบบแขวนผนัง ซึ่งมีอยู่ 2 แห่งด้วยกัน คือ

1. บริเวณผนังทางเดิน เป็นส่วนที่ขนาดของโคมไฟฟ้ามีผลมากที่สุด เพราะโดยทั่วไปแล้วระยะของช่องทางเดินภายในที่พักอาศัยควรจะมีความกว้างไม่ต่ำกว่า 1.00 เมตร เพื่อให้เกิดความสะดวกในการเดินสวนทางกันของผู้อยู่อาศัยโดยเว้นระยะพื้นที่ของการเดินไว้ที่ 0.50 เมตรต่อคน



2. บริเวณผนังห้องต่างๆ เป็นพื้นที่ที่มีการเดินผ่านของผู้อยู่อาศัยไม่บ่อยนัก หรือถ้าจำเป็นต้องเดินสวนทางกัน ก็สามารถใช้พื้นที่ภายในห้องในการเดินเลี่ยงได้

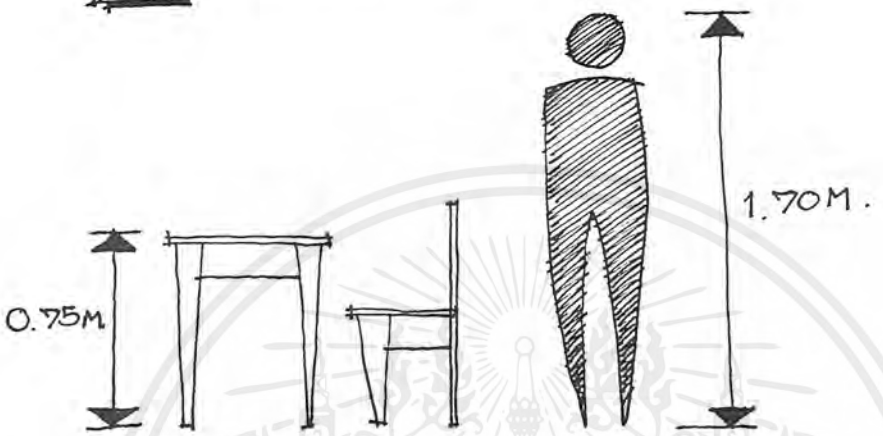


สรุป ขนาดของโคมไฟฟ้าแบบติดผนังควรมีระยะการใช้งานห่างผนังประมาณ 0.20 เมตร โดยใช้ระยะการใช้งานบริเวณทางเดินเป็นเกณฑ์

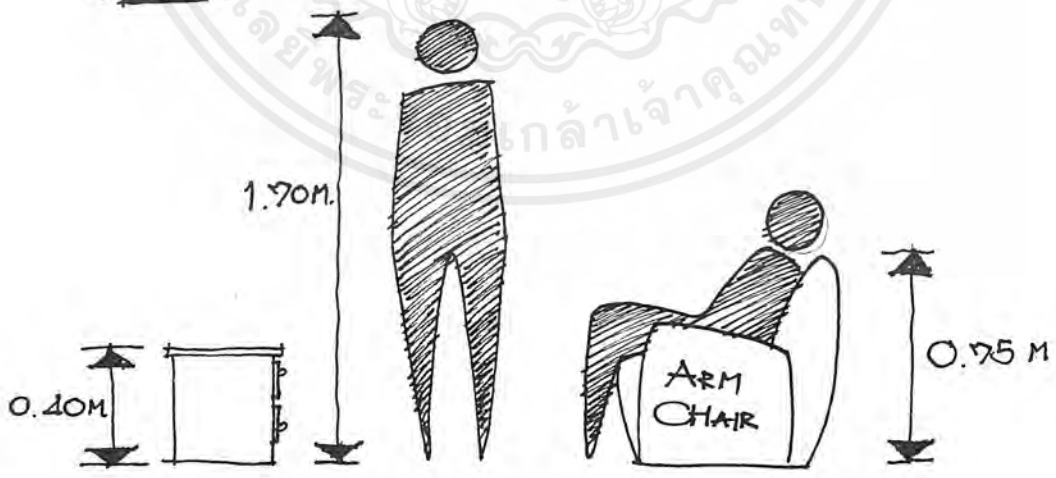
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>การวิเคราะห์ขนาดของโคมไฟฟ้าแบบตั้งโต๊ะ</u> โคมไฟฟ้าแบบตั้งโต๊ะที่ใช้กันในปัจจุบันมีอยู่ด้วยกัน 2 รูปทรงคือ

1. ทรงเตี้ย เป็นโคมไฟฟ้าที่ใช้ตั้งบนโต๊ะเครื่องแป้ง,โต๊ะเขียน-อ่านหนังสือ ซึ่งในตำแหน่งดังกล่าวเป็นตำแหน่งที่ต้องการใช้งานแสงสว่างจากโคมไฟค่อนข้างมาก ระยะความสูงของโคมไฟควรอยู่ที่ประมาณ 0.30-0.45 เมตรจากพื้นโต๊ะ



2. ทรงสูง เป็นโคมไฟฟ้าที่ใช้ตั้งบนโต๊ะที่มีความสูงไม่มาก เช่น โต๊ะข้างโซฟา,โต๊ะรับแขก, โต๊ะหัวเตียง ซึ่งมีประโยชน์ในด้านการตกแต่ง ต้องการปริมาณแสงสว่างจากโคมไฟไม่มากนักเพราะได้รับแสงสว่างจากไฟหลักภายในห้องอยู่แล้ว ระยะความสูงของโคมไฟฟ้าจึงอยู่ที่ประมาณ 0.45-0.55เมตร และเมื่อติดตั้งความสูงจะอยู่ในระดับสายตาของผู้อยู่อาศัยขณะนั่ง

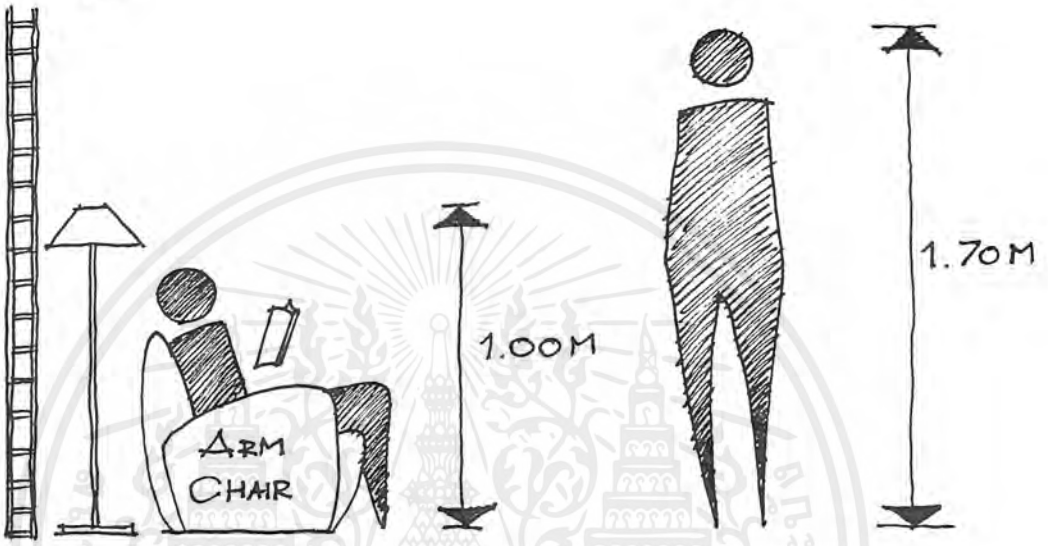


สรุป เนื่องจากเป็นโคมไฟฟ้าที่ใช้ในการตกแต่งภายในที่พักอาศัย ความสูงจึงอยู่ที่ประมาณ 0.45-0.55 เมตร

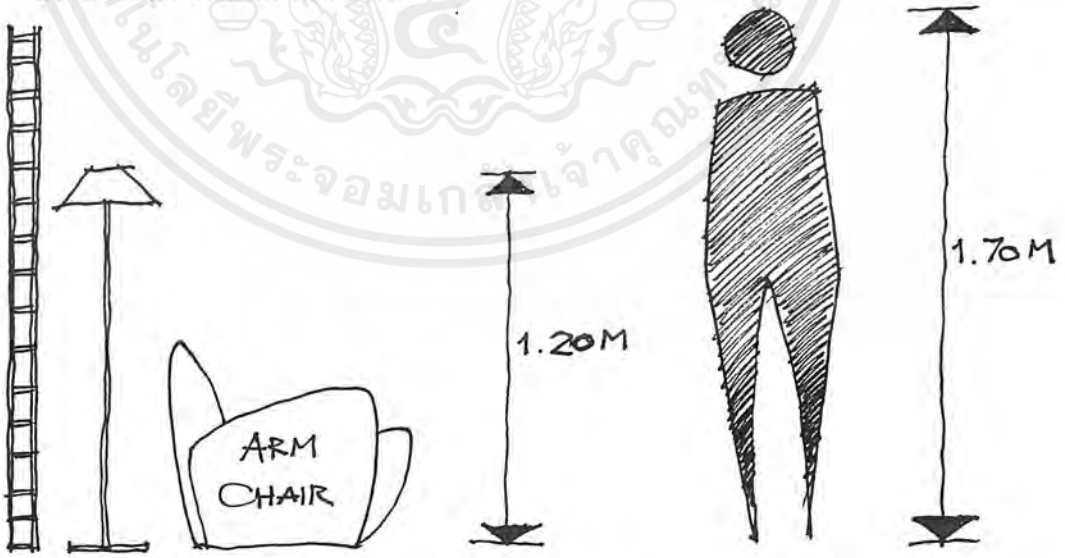
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>การวิเคราะห์ขนาดของโคมไฟฟ้าแบบตั้งพื้น</u> พิจารณาจากการใช้งาน โดยที่โคมไฟฟ้าแบบตั้งพื้นนั้นการใช้งานมีอยู่ด้วยกัน 2 ลักษณะ คือ

1. การใช้งานจากแสงสว่างที่ได้จากโคมไฟ เช่น การใช้ในการอ่านหนังสือ นิยมติดตั้งที่บริเวณมุมห้องพร้อมด้วยก้าวอี้สำหรับอ่านหนังสือ ระยะความสูงของโคมไฟฟ้าจะมีมากอย่างน้อยประมาณ 1.00 เมตรจากพื้นห้อง โดยให้มีระดับความสูงมากกว่าระดับศรีษะของผู้ใช้



2. การใช้งานเพื่อการตกแต่ง ความสูงของโคมไฟฟ้าจะอยู่ที่ระดับสายตาของผู้ใช้ เพราะใช้ประโยชน์ในด้านความงามของโคมไฟมากกว่าประโยชน์จากแสงสว่าง ความสูงจะอยู่ที่ประมาณ0.90-1.20 เมตรจากพื้นห้อง



สรุป เนื่องจากเป็นโคมไฟฟ้าที่ใช้ในการตกแต่งที่พักอาศัยจึงเลือกใช้ระยะความสูงประมาณ 0.90-1.20 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 การวิเคราะห์วัสดุและกรรมวิธีการผลิต

<u>การวิเคราะห์วัสดุในการผลิตฐานโคมไฟฟ้าแบบติดผนังและตั้งโต๊ะ</u> พิจารณาจากความสามารถในการผลิตในระบบอุตสาหกรรม,ความแข็งแรง,ความปลอดภัยในการใช้งาน โดยพิจารณาจากตัวเลือกต่อไปนี้

1. เหล็ก มีความแข้งแรงสูง น้ำหนักมาก เป็นตัวนำไฟฟ้า มีความสวยงามแลคุณค่าในเนื้อวัสดุ สามารถตกแต่งผิวและทำสีได้
2. พลาสติก มีความแข็งแรงพอสมควร น้ำหนักเบาพอสมควร เป็นฉนวนไฟฟ้า สามารถตกแต่งพื้นผิวและทำสีได้
3. ไม้ มีความแข็งแรงพอสมควร น้ำหนักเบาพอสมควร เป็นฉนวนไฟฟ้า มีความสวยงามและคุณค่าในเนื้อวัสดุสามารถตกแต่งพื้นผิวและทำสีได้
4. อลูมิเนียม มีความแข็งแรงมาก น้ำหนักมาก เป็นตัวนำไฟฟ้า มีความสวยงามและคุณค่าในเนื้อวัสดุสามารถตกแต่งพื้นผิวได้

สรุป เลือกใช้ไม้เป็นวัสดุในการผลิตฐานโคมไฟแบบติดผนังและแบบตั้งโต๊ะเพราะมีความแข็งแรงพอสมควร น้ำหนักเบาพอสมควร เป็นฉนวนไฟฟ้า มีความสวยงามและคุณค่าในเนื้อวัสดุสามารถตกแต่งพื้นผิวและทำสีได้

<u>การวิเคราะห์วัสดุในการผลิตฐานโคมไฟฟ้าแบบตั้งพื้น</u> พิจารณาจากความสามารถในการผลิตในระบบอุตสาหกรรม,ความแข็งแรง,น้ำหนัก,ความปลอดภัยในการใช้งาน โดยพิจารณาจากตัวเลือกต่อไปนี้

1. เหล็ก มีความแข้งแรงสูง น้ำหนักมาก เป็นตัวนำไฟฟ้า มีความสวยงามแลคุณค่าในเนื้อวัสดุ สามารถตกแต่งผิวและทำสีได้
2. พลาสติก มีความแข็งแรงพอสมควร น้ำหนักเบาพอสมควร เป็นฉนวนไฟฟ้า สามารถตกแต่งพื้นผิวและทำสีได้
3. ไม้ มีความแข็งแรงพอสมควร น้ำหนักเบาพอสมควร เป็นฉนวนไฟฟ้า มีความสวยงามและคุณค่าในเนื้อวัสดุสามารถตกแต่งพื้นผิวและทำสีได้
4. อลูมิเนียม มีความแข็งแรงมาก น้ำหนักมาก เป็นตัวนำไฟฟ้า มีความสวยงามและคุณค่าในเนื้อวัสดุสามารถตกแต่งพื้นผิวได้

สรุป เลือกใช้ไม้และเหล็กเป็นวัสดุในการผลิตฐานโคมไฟแบบตั้งพื้นร่วมกัน เพราะเหล็กมีความแข็งแรงสูง แต่น้ำหนักมาก และเป็นตัวนำไฟฟ้า ส่วนไม้มีความสวยงามและคุณค่าในเนื้อวัสดุสามารถตกแต่งพื้นผิวและทำสีได้ น้ำหนักเบาพอสมควร เป็นฉนวนไฟฟ้า โดยการเลือกใช้วัสดุทั้ง 2 ชนิดในส่วนที่เหมาะสมจะทำให้ได้คุณสมบัติที่ดีของวัสดุทั้ง 2 ชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์เนื้อดินที่ใช้ในการผลิต ใช้หลักในการพิจารณาจาก ความแข็งแรง, ความสามารถในการผลิตในระบบอุตสาหกรรมได้ง่าย,สามารถหาง่ายภายในประเทศ,ราคาเหมาะสม โดยพิจารณาจากตัวเลือกต่อไปนี้

1. Earthenwareได้แก่ เครื่องปั้นดินเผาที่เนื้อดินที่มีความพรุน (Porous Bodies) และส่วนใหญ่เผาอุณหภูมิไม่เกิน 1100 °C (2012°F) เนื่องจากมีความพรุนสูง เวลาเคาะเสียงจะไม่กังวาล และไม่สามารถเก็บของเหลวได้ ถ้าจะใช้บรรจุน้ำหรือของเหลว จะต้องเคลือบเสียก่อน จากความเข้าใจทั่วไปเครื่องปั้นดินเผาประเภทนี้จะมีสีไม่ขาว เช่น ส้มหรือน้ำตาล ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ราคาถูก เช่น กระถางต้นไม้ อิฐก่อสร้าง หรืออาจนำไปใช้ทำงานศิลปะ (Art work) บางประเภทได้ แต่เอิทเทอนแวร์ สามารถผลิตให้เนื้อดินเป็นสีขาวได้ เรียกว่า ไวท์เอิทเทอนแวร์ (White Earthenware) ซึ่งนำมาใช้มากในอุตสาหกรรมผลิตเครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร(Table ware) เนื่องจากความขาวของไวท์ เอิทเทอนแวร์นี้เอง ทำให้เกิดการเข้าใจผิดว่าเป็นประเภทเดียวกับผลิตภัณฑ์ที่เผาไฟสูงที่เรียกกันว่า ไชน่า (China) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วเข้าใจกันคำว่า "ไชน่า" หมายถึงความขาวของผลิตภัณฑ์ ในหลักวิชาเครื่องปั้นดินเผา คำว่า ไชน่า (China) มีความหมายถึงลักษณะความโปร่งใส (Translucency) ซึ่งจะพบได้ในเครื่องปั้นดินเผาประเภทพอสเลน (Porcelain) และโบนไชน่า (Bone China) เท่านั้น ดังนั้น ไวท์เอิทเทอนแวร์ จึงไม่ใช่ไชน่า เพราะไวท์เอิทเทอนแวร์มีสีขาวจริง แต่ไม่โปร่งแสง ในยุโรปแบ่งเครื่องปั้นดินเผาประเภทเอิทเทอนแวร์ออกเป็น 3 ประเภทคือ

1. **เคลย์ เอิทเทอนแวร์ (Clay Earthenware)** หมายถึงเครื่องปั้นดินเผาอุณหภูมิต่ำ มีสีค่อนข้างคล้ำ เพราะเนื้อดินที่นำมาใช้ผลิตมีสิ่งไม่บริสุทธิ์ (impurities) หลายชนิด แต่พบว่ามีเหล็กไม่สูงนัก มักผลิตเป็นของใช้พื้นบ้านทั่ว ๆ ไป เช่น กระถาง ภาชนะใส่น้ำ เป็นต้น
2. **ไลม์ เอิทเทอนแวร์ (Lime Earthenware)** เป็นเอิทเทอนแวร์ ที่ผลิตจากดิน มีส่วนผสมของปูนขาวสูง และอาจจะมีส่วนผสมของซิลิก้าด้วย ทำให้มีความพรุนสูง และน้ำหนักเบา
3. **เฟลสปาติก เอิทเทอนแวร์ (Feldspathic Earthenware)** หรืออีกชื่อว่า ฮาร์ด เอิทเทอนแวร์ (Hard Earthenware) เป็นเอิทเทอนแวร์ ที่มีคุณสมบัติพิเศษ มีความแข็งแกร่งมากกว่า 2 ประเภทแรก เพราะเผาด้วยอุณหภูมิค่อนข้างสูง ประเทศอังกฤษเป็นผู้ค้นพบส่วนผสมของเนื้อดิน จะมีสารประกอบของเฟลสปา เช่น เพคมาไทร์ (Pegmatite) หรือคอนิสสโตน (Cornish stone) ประมาณ 5-20% ดินประมาณ 50% ทั้งดินดำ (Ball clay) และดินขาว (China clay) และอีกประมาณ 45% เป็นซิลิก้า ซึ่งนิยมใช้ในรูปหินเขี้ยวหนุมานสตุ (Calcined flint) เฟลสปาติก เอิทเทอนแวร์เผาได้สูงถึง 1150° C ในยุโรปนิยมเผาดิบด้วยอุณหภูมิสูงถึง 1150° C แล้วเผาเคลือบอุณหภูมิต่ำกว่า ประมาณ 900-1050°C เป็นเอิทเทอนแวร์ คุณภาพดี มีความแกร่งสูง และเหมาะกับการตกแต่งด้วยวิธีเขียนใต้เคลือบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Stonewareเป็นเครื่องปั้นดินเผาที่มีเนื้อดินแน่นทึบ (Dense Bodies) มีความแกร่งตัวสูง อุณหภูมิที่เผาประมาณ 1100°C – 1300 °C (2012°F – 2271 °F) เคาะแล้วจะมีเสียงกังวาล สีของเนื้อดินเมื่อเผาแล้วเป็นสีเทา หรือน้ำตาลอ่อน การที่เผาในอุณหภูมิสูง ช่วยให้เนื้อดินและเคลือบหลอมตัวเข้าเกือบจะเป็นเนื้อเดียวกัน เพื่อช่วยให้การหลอมตัวระหว่างเคลือบและเนื้อดินสัมพันธ์กัน จึงนิยมใช้วิธีการเผาแบบรีดักชั่น (Reduction) เนื่องจากมีความแน่นทึบตัวสูง ทำให้เก็บของเหลวได้ดี บางครั้งไม่ต้องเคลือบลักษณะผิวที่ทึบตัวโดยไม่เคลือบมีความงามเฉพาะตัว Wedwood ได้นำลักษณะดังกล่าวนี้ ไปผลิตผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะคือผลิตภาชนะที่มีเนื้อดินสีเข้ม ทึบตัว ไม่เคลือบและตกแต่งด้วยสิ่งประดับ (ornament) ซึ่งหล่อจากดินขาว ลักษณะที่ทำให้ Wedwood ประสบความสำเร็จมี 2 ประเภท คือ jasper และ Black basalt

Jasper มีลักษณะพิเศษที่ส่วนตกแต่ง (ornament) ทำด้วยดินสีขาวที่มีความโปร่งแสง ติดบนเนื้อดินภาชนะที่มีสีเข้มส่วนใหญ่เป็นสีฟ้า บางครั้งตัวภาชนะเป็นสีขาวและเคลือบด้วยเฉพาะภายในส่วนภายนอกทำให้เป็นสีเพื่อให้ตัดกันกับส่วนตกแต่ง (ดูภาพประกอบ 4)

เครื่องปั้นดินเผาประเภทสโตนแวร์เป็นเครื่องปั้นดินเผาที่นิยมใช้กับเคลือบเกลือ ซึ่งมีผลิตมาตั้งแต่ต้นศตวรรษที่ 18 ใช้ผลิตท่อน้ำ และท่อระบาย บางครั้งเคลือบไม่หนาพอ ทำให้เห็นเนื้อดินที่หยาบและอาจเห็นว่าไม่สวยงาม

3. Porcelianเป็นเครื่องปั้นดินเผาประเภทที่เนื้อดินไม่มีความพรุน มีความแกร่งสูง เนื้อดินมีสีขาว และโปร่งแสง (Translucent) อุณหภูมิที่เผาประมาณ 1300° C (2372°F) ขึ้นไป การเผาอุณหภูมิสูงมากทำให้เคลือบและเนื้อดินหลอมตัวเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน และมีผลทำให้มีความแข็งแรงมากกว่าเครื่องปั้นดินเผาประเภทอื่น เวลาเคาะจะมีเสียงกังวาล อาจแบ่งได้เป็น
ซอฟ พอสเลน (Soft Porcelain) กับฮาร์ด พอสเลน (Hard Porcelain) ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิการเผา ซอฟพอสเลนจะเผาอุณหภูมิต่ำกว่าฮาร์ด พอสเลน ซึ่งเผาสูงถึง 1400°C (2552°F) มาโค โปโล (Marco Polo) เป็นผู้ตั้งชื่อว่า พอสเลน (Porcelain) ซึ่งตรงกับภาษาอิตาเลียนว่า “Porcella” เป็นเปลือกหอยชนิดหนึ่งในทะเลเมดิเตอร์เรเนียน ซึ่งมีลักษณะขาวและโปร่งแสง พอสเลนมีราคาแพง มักใช้ผลิตงานศิลปะหรือเครื่องใช้ที่มีราคาสูง และเนื้อดินมีความขาวและโปร่งแสง จึงมักเคลือบใส เพื่อแสดงความงามของเนื้อดิน หรืออาจใช้สีสดใสได้ เช่น สีฟ้า เขียว เป็นต้น

4. Bone Chinaเป็นเครื่องปั้นดินเผาประเภทที่เนื้อดินไม่มีความพรุน มีความแกร่ง เนื้อดินขาวและโปร่งแสง เผาอุณหภูมิใกล้เคียงกับพอสเลน บางครั้งถูกจัดรวมอยู่ในพวกเดียวกับซอฟพอสเลน เพราะอุณหภูมิการเผาอยู่ระดับเดียวกัน โบนไชน่ามีลักษณะพิเศษที่เนื้อดินที่ใช้ผลิตจะมีส่วนผสมของขี้เถ้ากระดูกสัตว์ (Bone ash) ผสมอยู่โดยมีสัดส่วนประมาณ 50% ของส่วนผสมที่เหลือ 25% เป็นคอนีสสโตน (Cornish Stone) และดินขาว (China clay) 25% ตัวขี้เถ้ากระดูกสัตว์นี้สามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำหน้าที่เป็นตัวลดอุณหภูมิ (flux) ก็ได้ หรือเป็นตัวเพิ่มอุณหภูมิ (Refractory) ก็ได้ โดยถ้าใช้ในจำนวนน้อยผสมในเนื้อพอสเลน จะทำหน้าที่เป็นตัวลดอุณหภูมิ แต่ถ้าเพิ่มจำนวนมาก จนถึงระดับหนึ่ง จะกลายเป็นตัวเพิ่มอุณหภูมิ

เป็นที่น่าสังเกตว่ามักเกิดความสับสนในการเรียกหรือจัด "พอสเลน" กับ "โบน ไชน่า" กับ "ไชน่า" อยู่เสมอ ๆ ในประเทศอังกฤษ คำว่า "พอสเลน" หมายถึง เครื่องปั้นดินเผาที่มีความขาว แกร่ง และโปร่งแสงที่เป็น "ฮาร์ด พอสเลน" เท่านั้น ส่วนคำว่า "ไชน่า" หมายถึง "โบน ไชน่า" นั่นเอง ในสหรัฐอเมริกา คำว่า "พอสเลน" หมายถึงเครื่องปั้นดินเผาชนิดแกร่ง สีขาว ทั้งเคลือบและไม่เคลือบ ที่นำไปใช้กับเทคนิคเฉพาะอย่าง เช่น นำไปใช้กับเครื่องไฟฟ้า (Electric porcelain) นำไปใช้กับเครื่องเคมี (Chemical Porcelain) ส่วน "ไชน่า" หมายถึงเครื่องปั้นดินเผาชนิดแกร่งสีขาว ทั้งที่เคลือบและไม่เคลือบ ที่นำไปใช้ทั่วไป เช่น ชุดอาหาร เครื่องสุขภัณฑ์ งานศิลปะ

อย่างไรก็ตาม คุณสมบัติสำคัญของ "พอสเลน" และ "โบน ไชน่า" ที่เหมือนกัน คือ ความขาวและโปร่งแสง

สรุป เลือกเนื้อดินชนิด Stoneware เพราะมีความแข็งแรง,ความสามารถในการผลิตในระบบอุตสาหกรรมได้ง่าย,สามารถหาง่ายภายในประเทศ,ราคาเหมาะสม

การวิเคราะห์กรรมวิธีการขึ้นรูปตัวโคมไฟฟ้า ใช้หลักในการพิจารณาจาก ความสามารถในการผลิตในระบบอุตสาหกรรมได้ง่าย,สามารถตกแต่งชิ้นงานด้วยวิธีแกะสลักได้,คุณภาพของชิ้นงานสม่ำเสมอ โดยพิจารณาจากตัวเลือกต่อไปนี้

1. การขึ้นรูปด้วยวิธี จิกเกอร์สามารถขึ้นรูปชิ้นงานรูปทรงกลมได้ดี ชิ้นงานมีคุณภาพที่ใกล้เคียงกัน ไม่สามารถทำลวดลายขณะขึ้นรูปได้
2. การขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อน้ำดิน การควบคุมคุณภาพของชิ้นงานมีความสม่ำเสมอ สามารถทำลวดลายในขณะที่ขึ้นรูปได้ โดยการแกะลวดลายลงบนแม่พิมพ์
3. การขึ้นรูปด้วยวิธีอัดเนื้อดิน การควบคุมคุณภาพของชิ้นงานมีความสม่ำเสมอไม่สามารถขึ้นรูปชิ้นงานที่มีรูปทรงกลมได้

สรุป เลือกการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อน้ำดิน เพราะสามารถควบคุมคุณภาพของชิ้นงานได้อย่างสม่ำเสมอ สามารถตกแต่งด้วยวิธีการแกะสลักได้ และสามารถผลิตได้ครั้งละมากๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์กรรมวิธีการขึ้นรูปโป๊ะไฟ ใช้หลักในการพิจารณาจาก ความสามารถในการผลิตในระบบอุตสาหกรรมได้ง่าย,สามารถตกแต่งชิ้นงานด้วยวิธีแกะสลักได้,คุณภาพของชิ้นงานสม่ำเสมอ โดยพิจารณาจากตัวเลือกต่อไปนี้

1. การขึ้นรูปด้วยวิธี จิกเกอร์สามารถขึ้นรูปชิ้นงานรูปทรงกลมได้ดี ชิ้นงานมีคุณภาพที่ใกล้เคียงกัน ไม่สามารถทำลวดลายขณะขึ้นรูปได้
2. การขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อน้ำดิน การควบคุมคุณภาพของชิ้นงานมีความสม่ำเสมอ สามารถทำลวดลายในขณะที่ขึ้นรูปได้ โดยการแกะลวดลายลงบนแม่พิมพ์
3. การขึ้นรูปด้วยวิธีอัดเนื้อดิน การควบคุมคุณภาพของชิ้นงานมีความสม่ำเสมอไม่สามารถขึ้นรูปชิ้นงานที่มีรูปทรงกลมได้

สรุป เลือกการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อน้ำดิน เพราะสามารถควบคุมคุณภาพของชิ้นงานได้อย่างสม่ำเสมอ สามารถตกแต่งด้วยวิธีการแกะสลักได้ และสามารถผลิตได้ครั้งละมากๆ

4.1.5 การวิเคราะห์การตกแต่งผลิตภัณฑ์

การวิเคราะห์เทคนิคที่นำมาใช้ในการตกแต่งผลิตภัณฑ์ โดยคำนึงถึงความสามารถในการผลิตในระบบอุตสาหกรรมเป็นหลัก เทคนิคที่นำมาพิจารณามีดังนี้

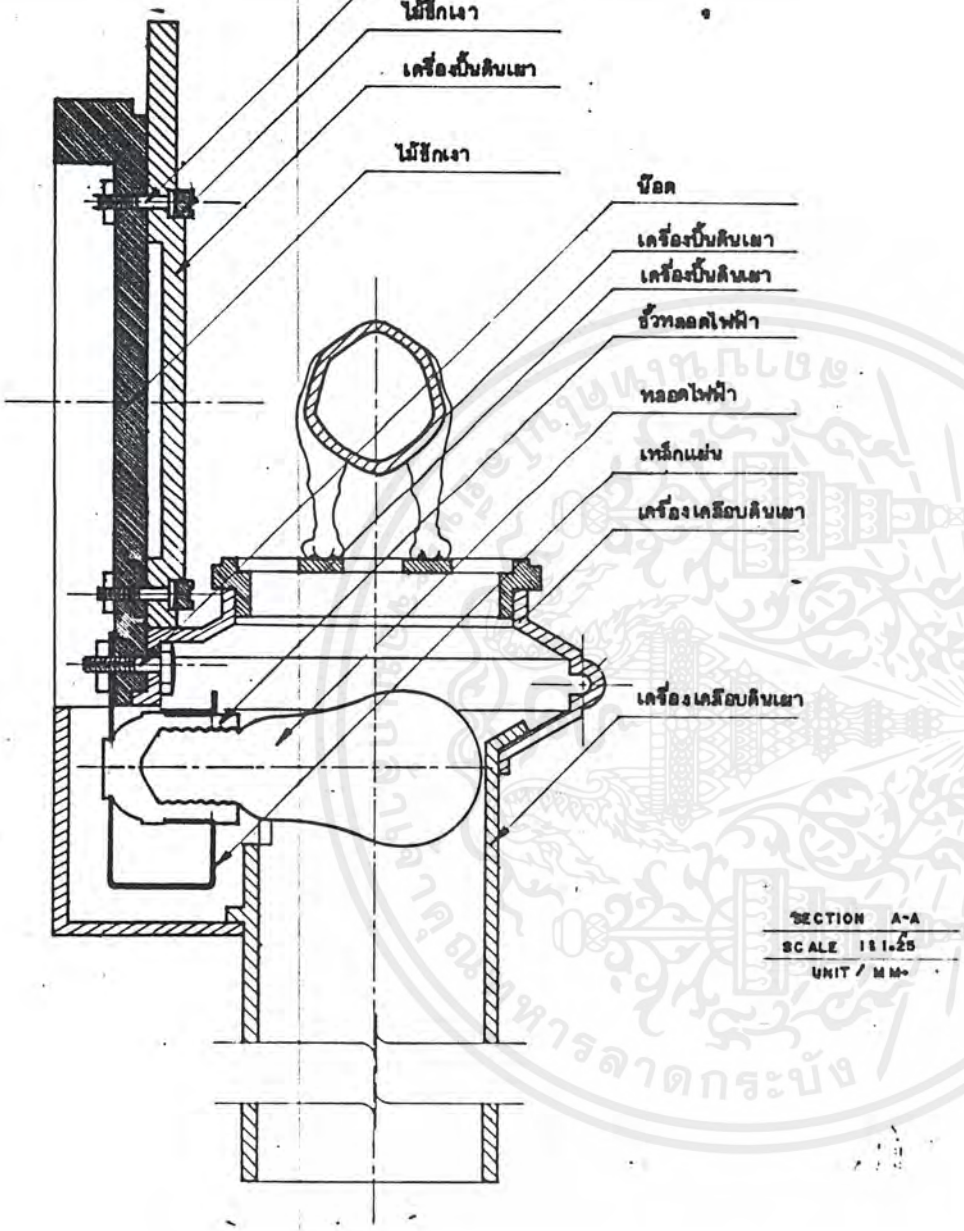
1. การแกะสลัก เป็นเทคนิคที่มีมาแต่สมัยสุโขทัย ทำความสะอาดได้ค่อนข้างง่าย มีความสะดวกในการผลิตในระบบอุตสาหกรรม รวมไปถึงสามารถอนุรักษ์เทคนิคการแกะสลักลวดลาย
2. ใช้รูปลอกหรือสติกเกอร์ สามารถให้รายละเอียดของลวดลายได้สูง ทำความสะอาดได้ง่าย มีความซับซ้อนในการผลิตมาก ลงทุนสูง
3. การเขียนสี เป็นเทคนิคที่เริ่มใช้ในสมัยอยุธยา ทำความสะอาดได้ง่าย สามารถอนุรักษ์เทคนิคการเขียนสีบนเคลือบ
4. เนื้อดินปั้นและการใช้สีเคลือบ โดยการแต่งผิวดินเป็นTextureลวดลายต่างๆ เป็นเทคนิคที่เริ่มใช้ในสมัยบ้านเชียง มีคุณค่าในเชิงอนุรักษ์

สรุป เลือกเทคนิคการแกะสลัก เพราะเป็นเทคนิคที่มีความสะดวกในการผลิตในระบบอุตสาหกรรม รวมไปถึงสามารถอนุรักษ์เทคนิคการแกะสลักลวดลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบเพื่อการผลิต (ย่อ)

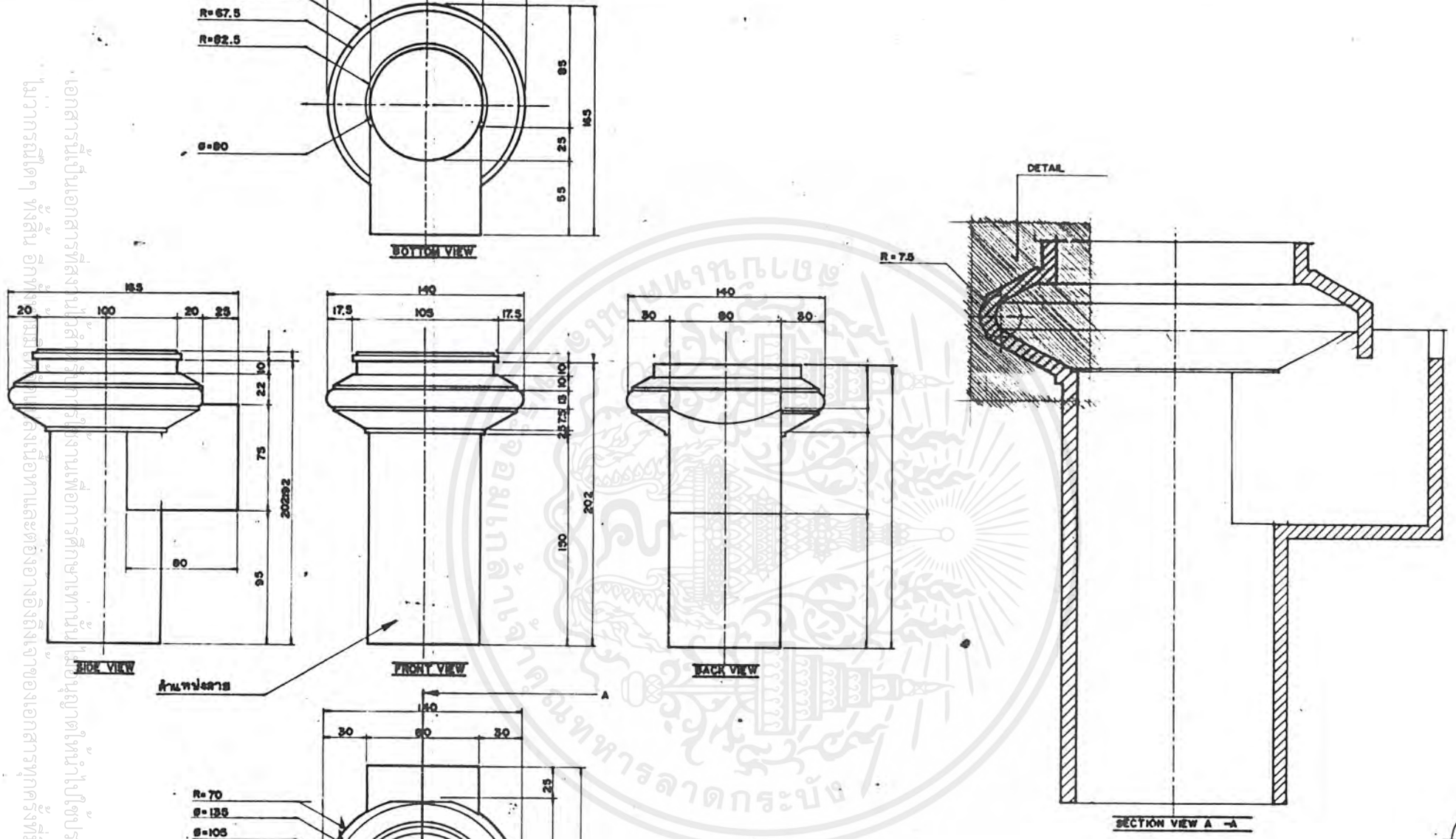
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



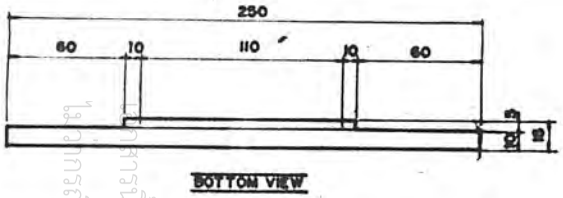
SECTION A-A
SCALE 1:1.25
UNIT / MM.

วัน เดือน ปี	ม.ค. 2543	ชื่อ สกุล	รหัส	แผ่นที่
นศ.	นาย ปวเรศ ปรุลันเทียะ		4103054G	
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ชื่องาน ไดอะไฟฟ้าเครื่องปั้นดินเผา ชุด โกรอรหาคา			
	อาจารย์ที่ปรึกษา อ.บิรัช อุดลังค์			

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



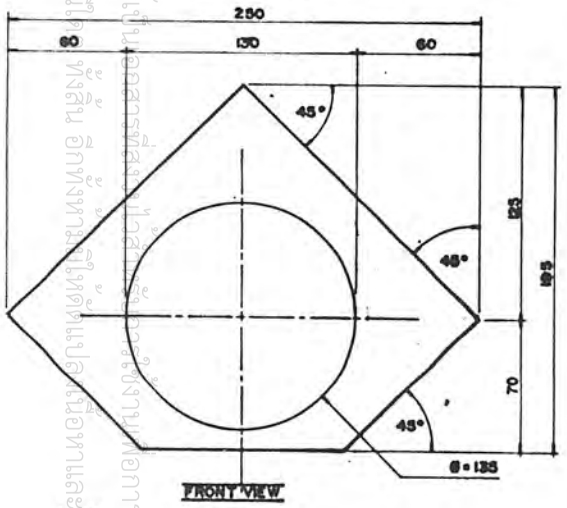
วัน/ด/ปี	21 เม.ย.2543	ชื่อ-สกุล	รหัส	แผ่นที่
นศ.	นายปวเรศ ปรุงพันธ์ทะ		410 20545	
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง		โคมไฟฟ้าเสาเป็นต้นเสาสูง โกรสราคา		
		อาจารย์ที่ปรึกษา อ. นิรัช สุดสังข์		



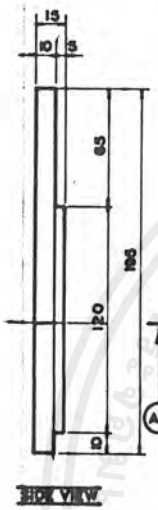
BOTTOM VIEW

PART 2

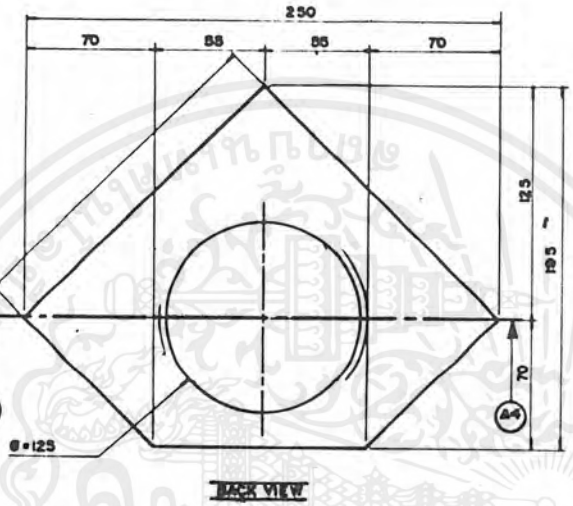
SCALE 1:2



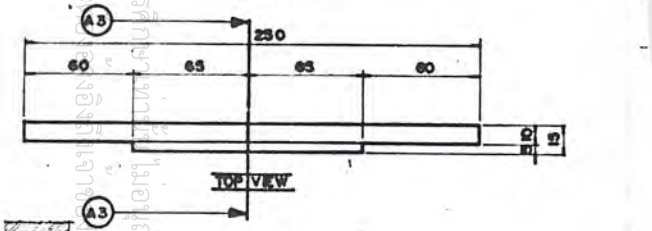
FRONT VIEW



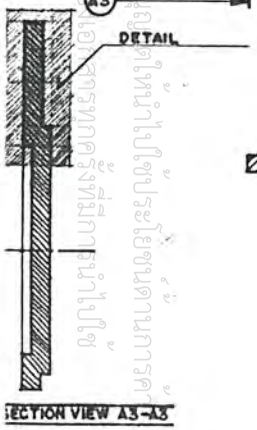
SIDE VIEW



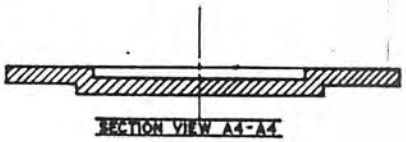
BACK VIEW



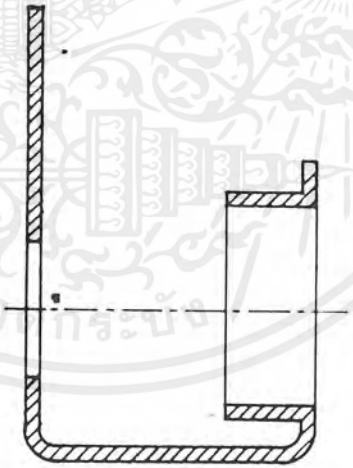
TOP VIEW



SECTION VIEW A3-A3

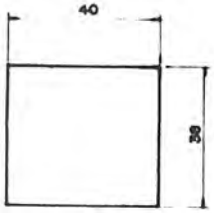


SECTION VIEW A4-A4

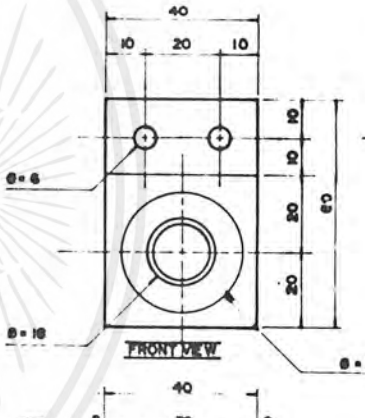


SECTION VIEW A5-A5

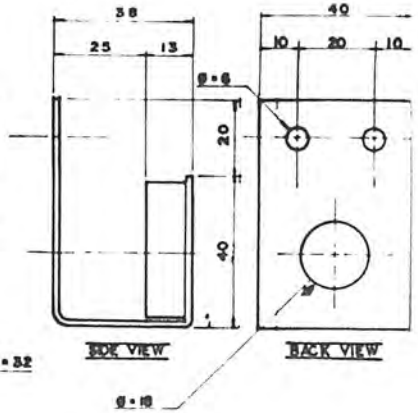
SCALE 2:1



BOTTOM VIEW

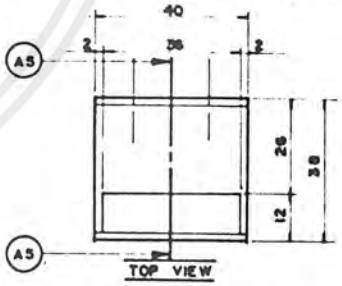


FRONT VIEW



SIDE VIEW

BACK VIEW

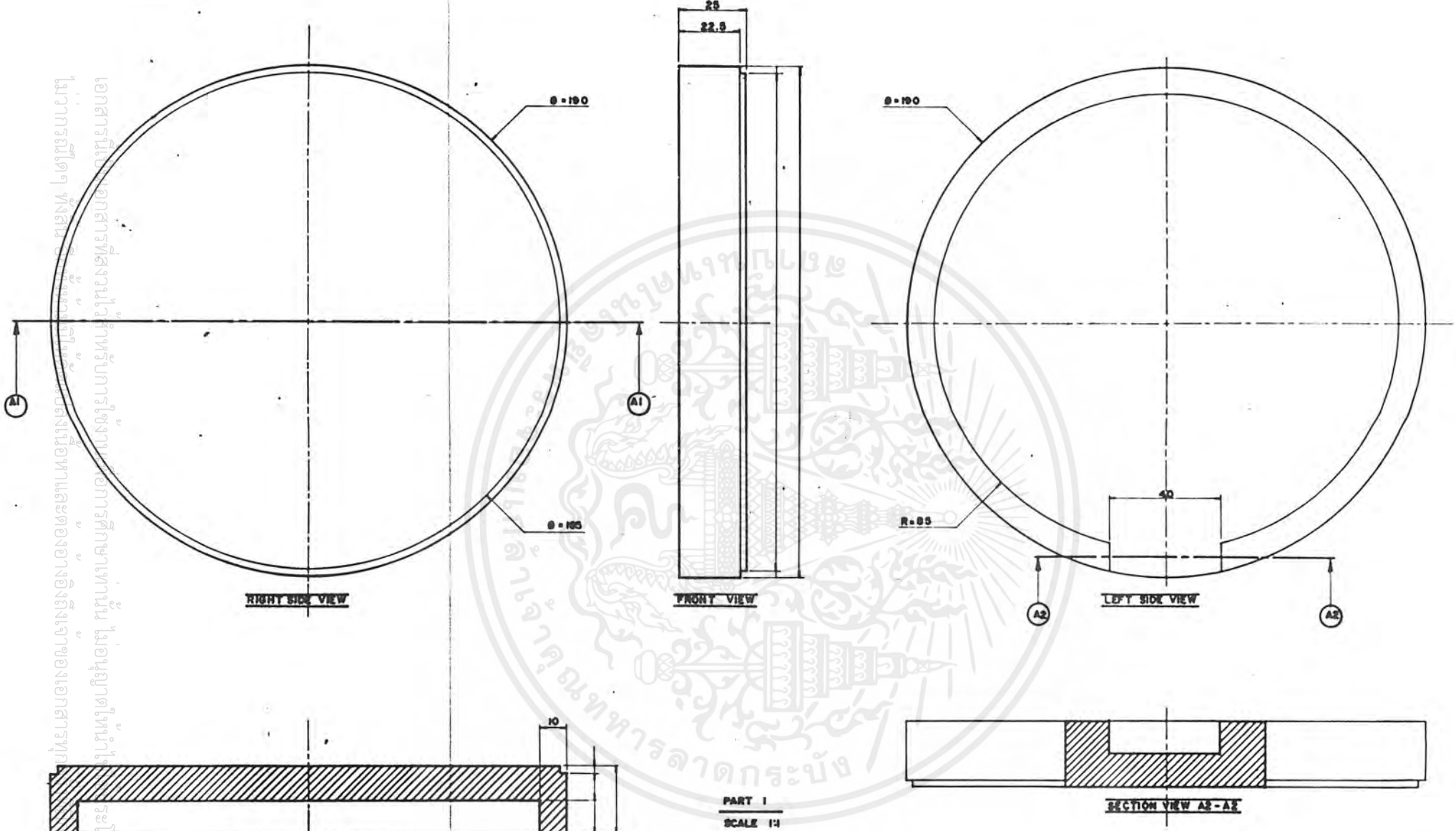


TOP VIEW

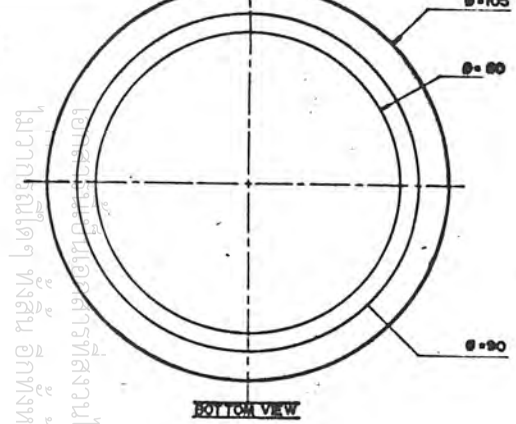
PART 3

SCALE 1:1

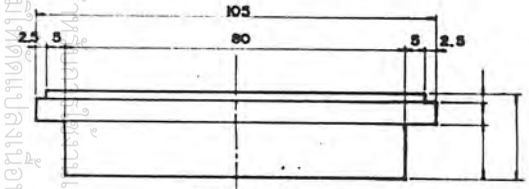
ว/ด/ป	25 มี.ค. 2543	ชื่อ-สกุล	รหัส	แผ่นที่
นศ.	นายปวเรศ ปรุโนเทียะ		41030516	
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง		โครงไฟฟ้าเครื่องปั้นดินเผาขูด โครงร่างลา		
		อาจารย์ที่ปรึกษา อ. นิรัช สุดสังข์		



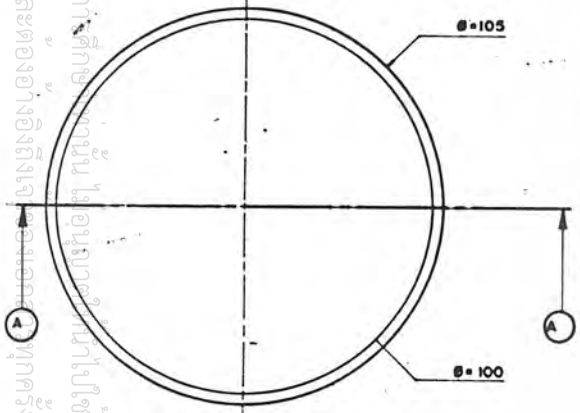
วัน เดือน ปี	พ.ศ. 2543	ชื่อ สกุล	รหัส	แผ่นที่
นศ.	นาย ปวเรศ ปรุอินเทียะ		41030516	
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง		ชื่องาน ไดเฟรมเครื่องขึ้นสินเชา ชุด ไกรสรนาคา		
		อาจารย์ที่ปรึกษา อ.ชัชรี อุดมโรจน์		



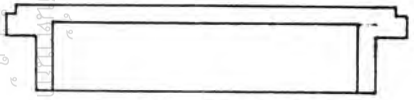
BOTTOM VIEW



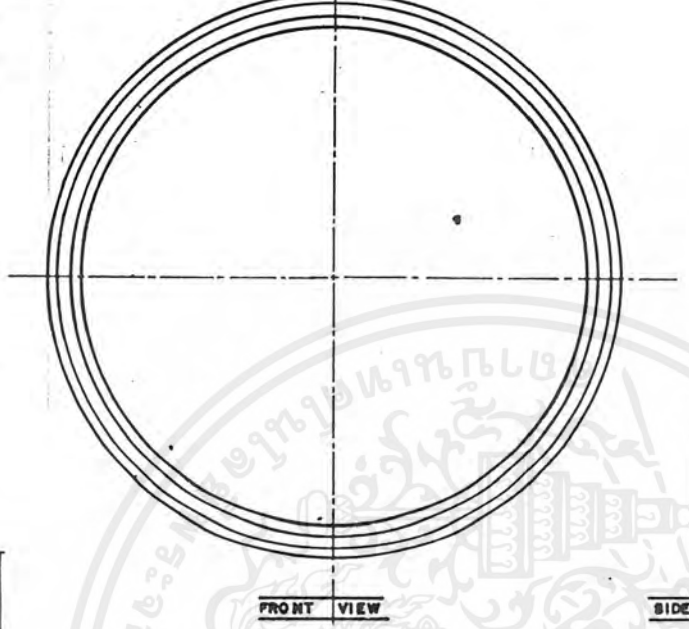
FRONT VIEW



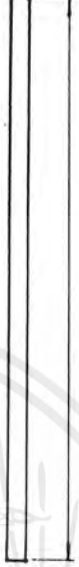
TOP VIEW



SECTION VIEW A -A



FRONT VIEW

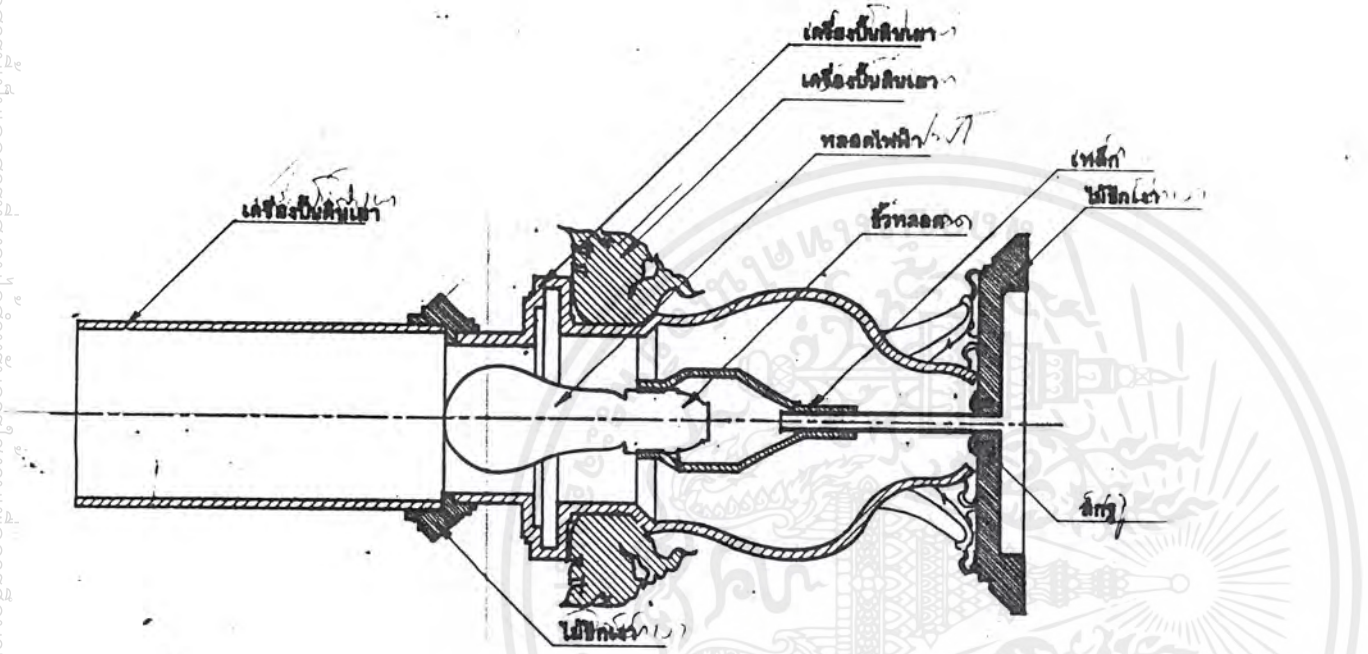


SIDE VIEW

SECTION VIEW B-B

วัสดุ	24 เม.ย.-2543	ชื่อ-สกุล	รหัส	แผ่นที่
นศ.		นายปวเรศ ปรุสันเทียะ	41030615	
สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณ ทหารลาดกระบัง		ใดมไฟฟ้าเครื่องปั้นดินเผาสูด ไกรส่รนาลา		
		อาจารย์ที่ปรึกษา ผ. นิรัช สุดสังข์		

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

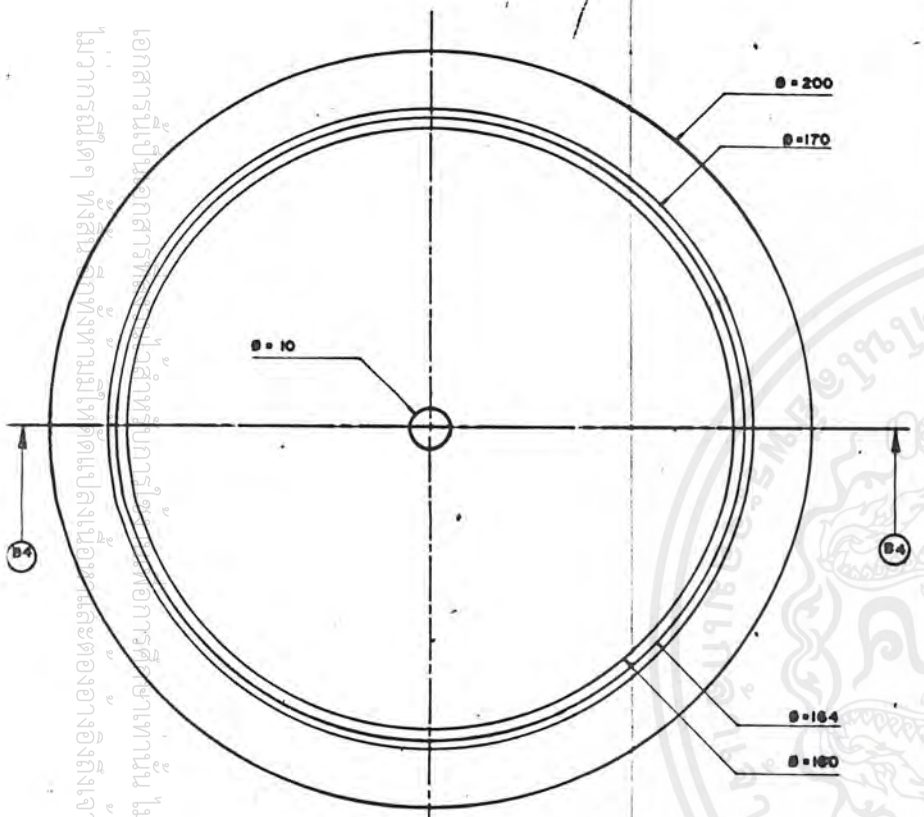


SECTION B-B ION 15—B

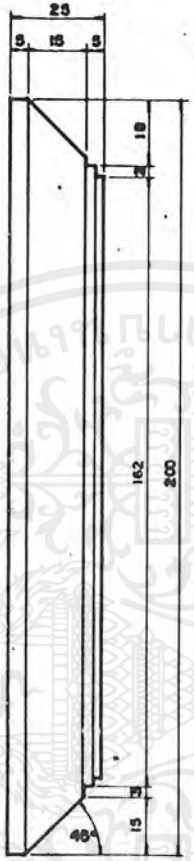
SCALE 1:2 ALE 1:2

UNIT mm UNIT mm

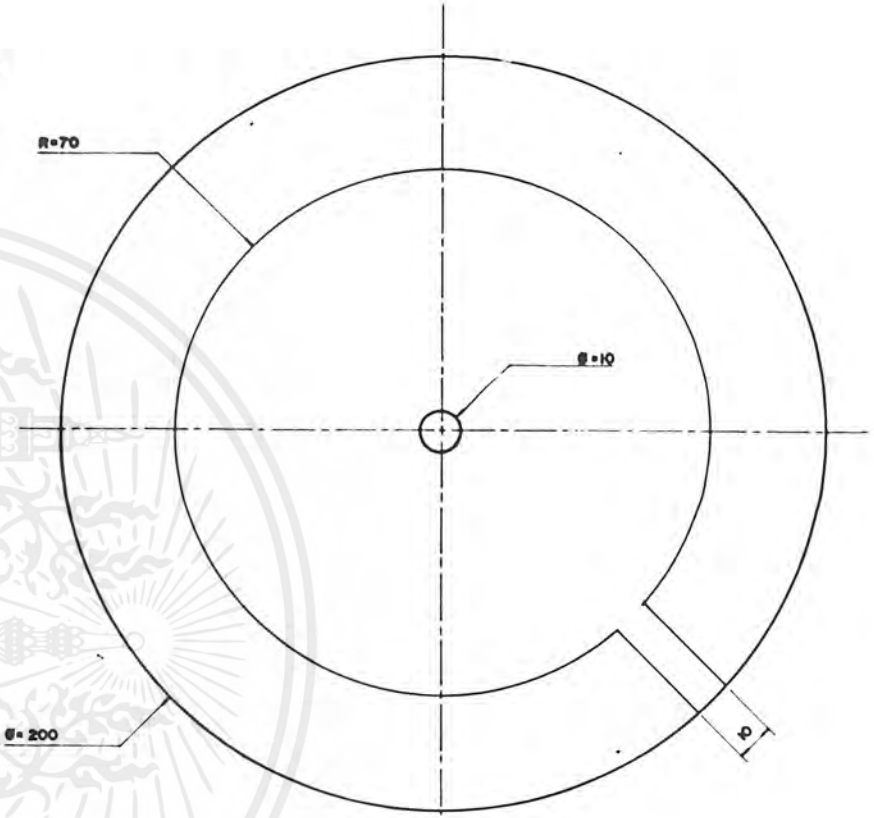
ว/ด/ป	24 มี.ค.2543	ชื่อ-สกุล	รหัส	แผ่นที่
นศ.	นายปวเรศ ปรุงินเทียะ		4103018	
สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง		โคมไฟส่องเครื่องปั้นดินเผาชุดไกล่ขนาดา		
		อาจารย์ที่ปรึกษา ผ.นิรัช สุดสังข์		



RIGHT SIDE VIEW

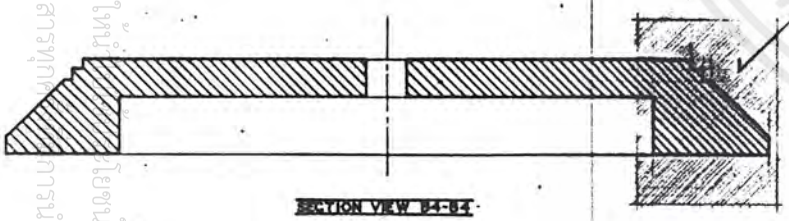


FRONT VIEW



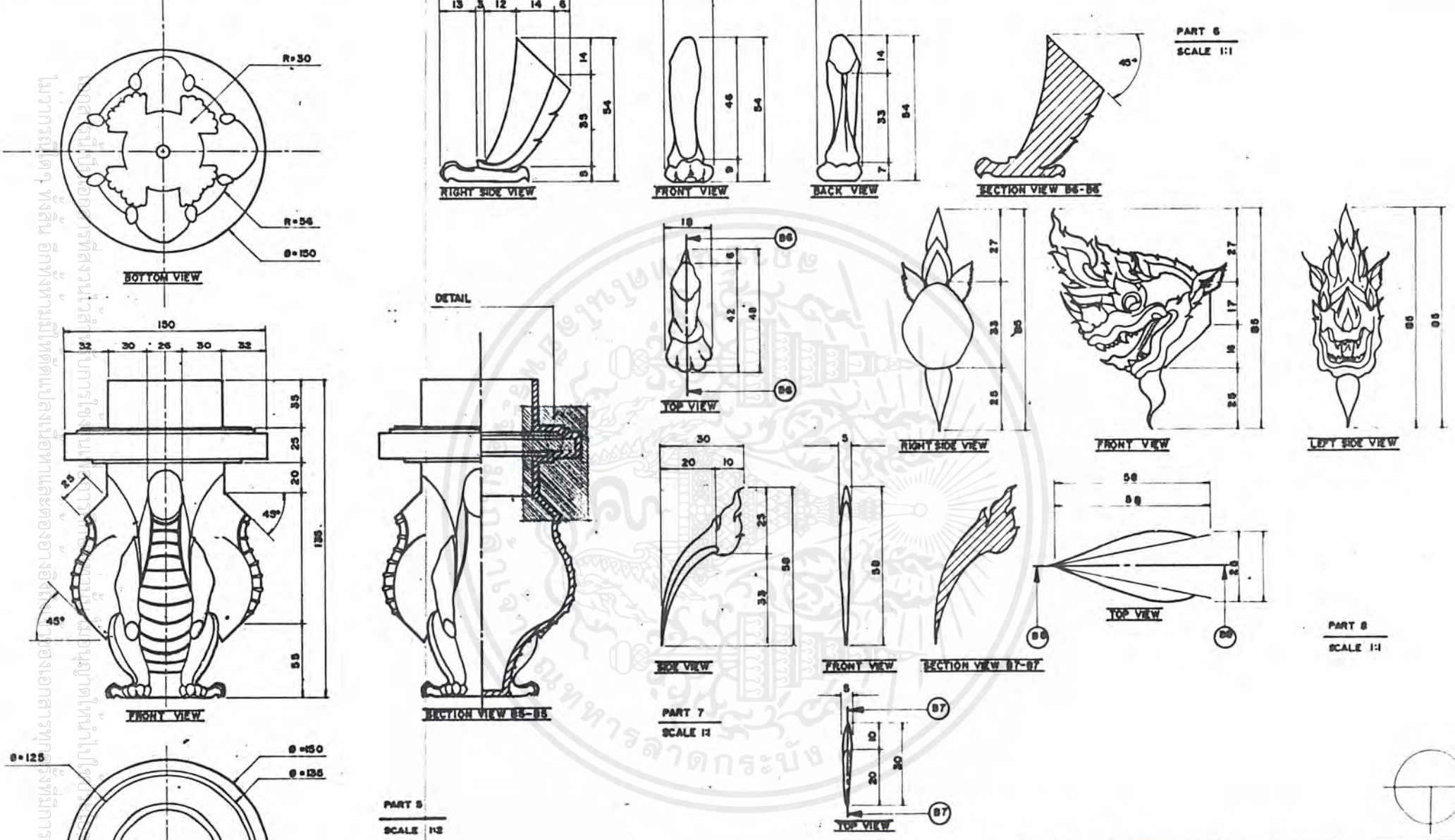
LEFT SIDE VIEW

SCALE 1ST
UNIT / MM

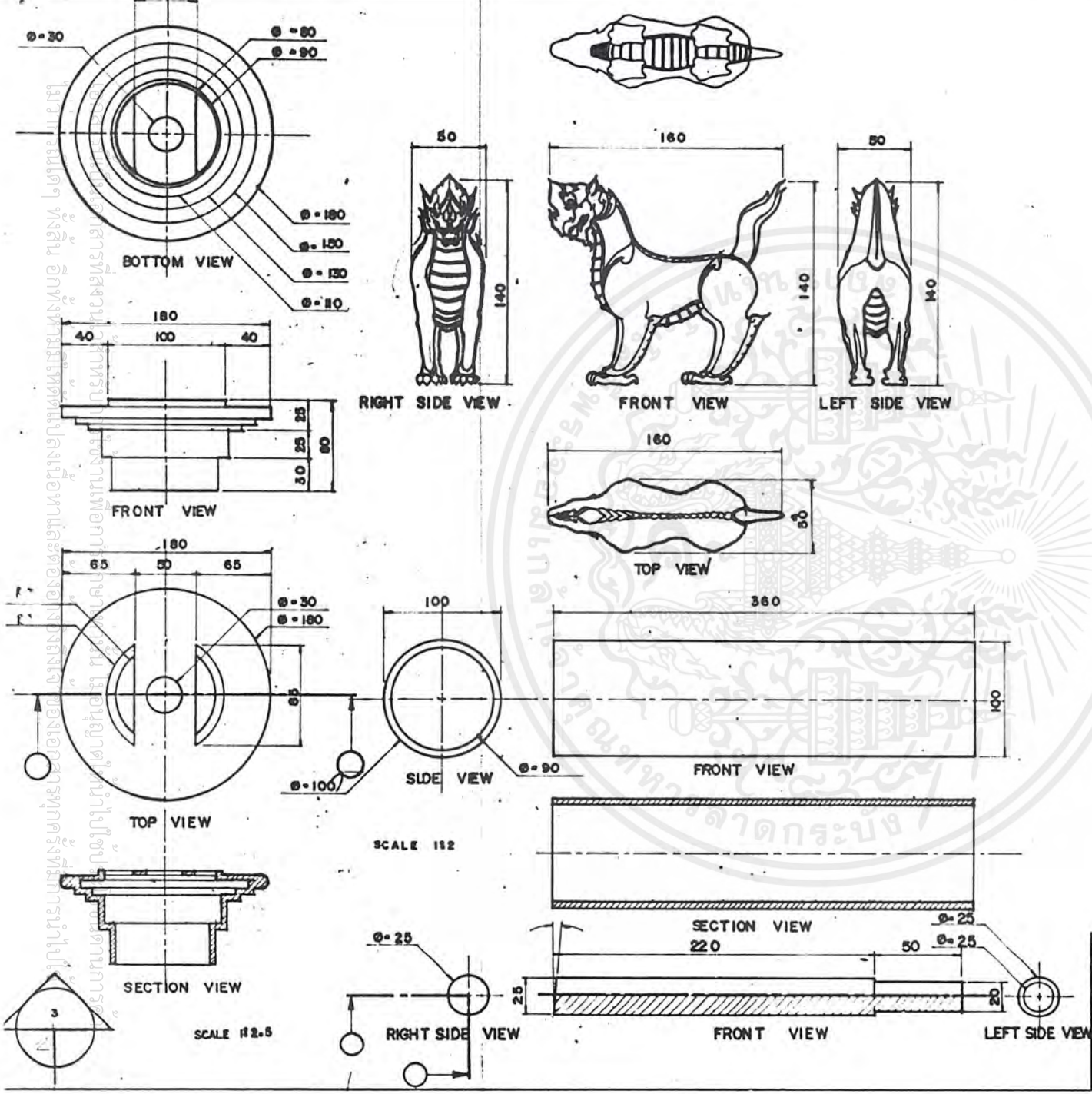


SECTION VIEW B4-B4

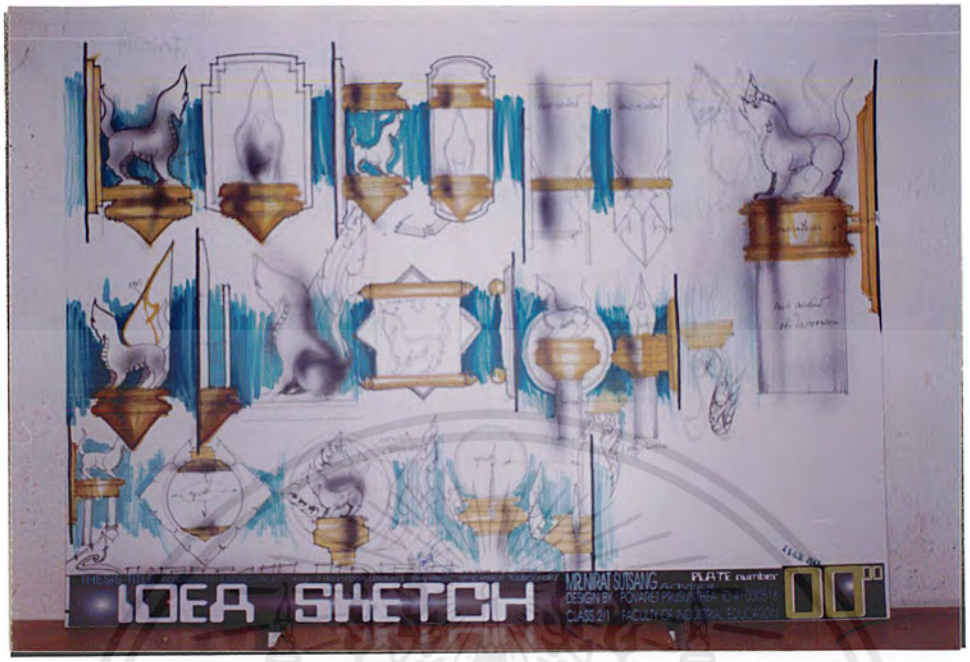
ว/ค/ป	ก.พ. 2543	ชื่อ - สกุล	รหัส	แผ่นที่
นศ.	นายปวเรศ ปรุฬิทเทียะ		41030616	
สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณ ทหารลาดกระบัง	โดยโรงไฟฟ้าเครื่องปั่นดีเซลสำรอง โครงขนาดา			
	อาจารย์ที่ปรึกษา อ.ชัชรัย ลูกลิงษ์			



ว / ส / ป	24 มี.ค. 2543	ชื่อ-สกุล	รหัส	แผ่นที่
น.ศ.	นายปวเรศ ปรุโสมสีระ		41030516	
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	โดมไฟฟ้าเครื่องปั้นดินเผาชุด โกรอ่อนาตา			
	อาจารย์ที่ปรึกษา อ. นิรัช สุดสังข์			

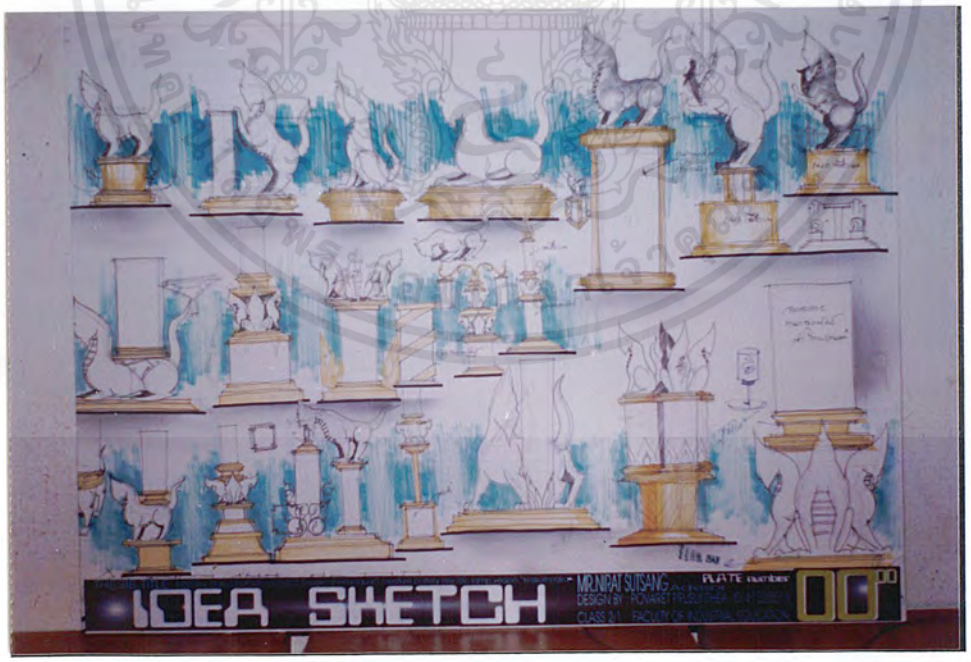


ว/ค/ป	๒๔ มี.ค. ๒๕๔๓	ชื่อ-สกุล	รหัส	แผ่นที่
น.ศ.	นายปวเรศ ปรุลันเทียะ		41030816	
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง		โคมไฟฟ้าเครื่องปั้นดินเผาชุด ไกรลาศ		
		อาจารย์ที่ปรึกษา อ.นิรัช สุดสังข์		



รูปที่ 4.1

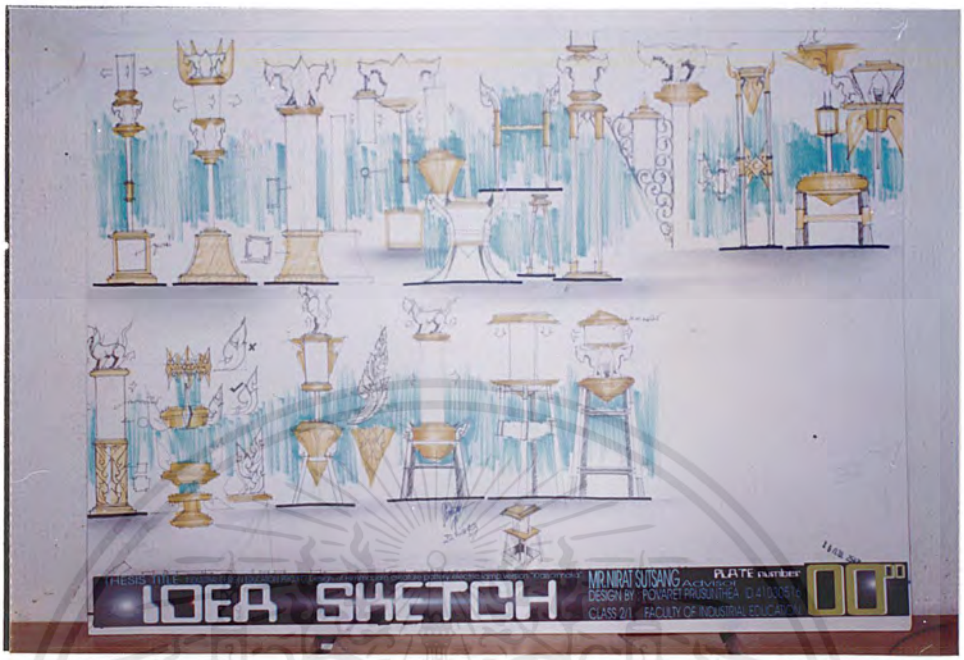
แบบร่าง SKETCH IDEA



รูปที่ 4.2

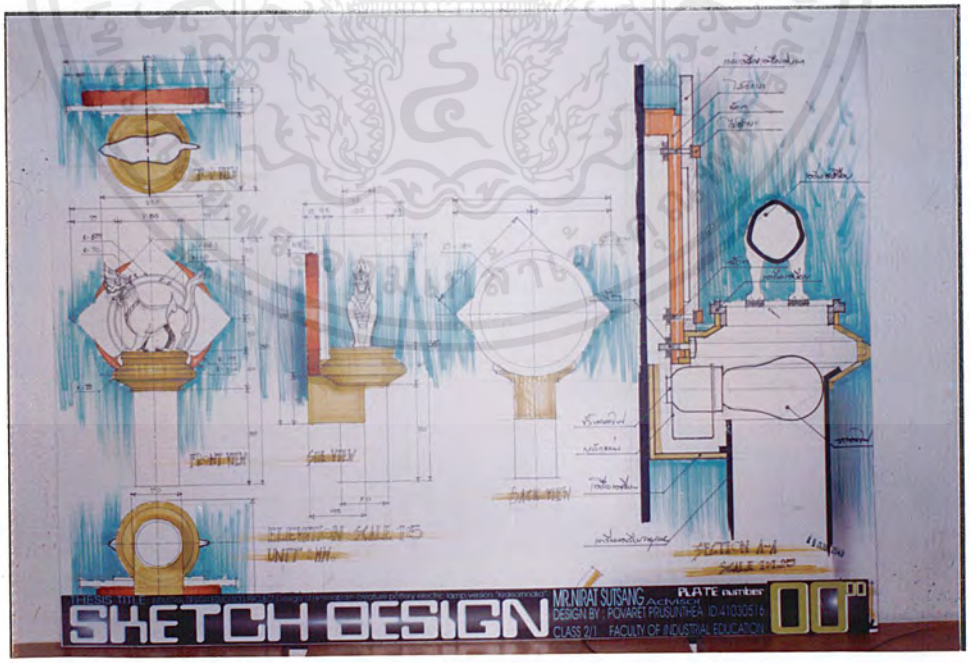
แบบร่าง SKETCH IDEA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3

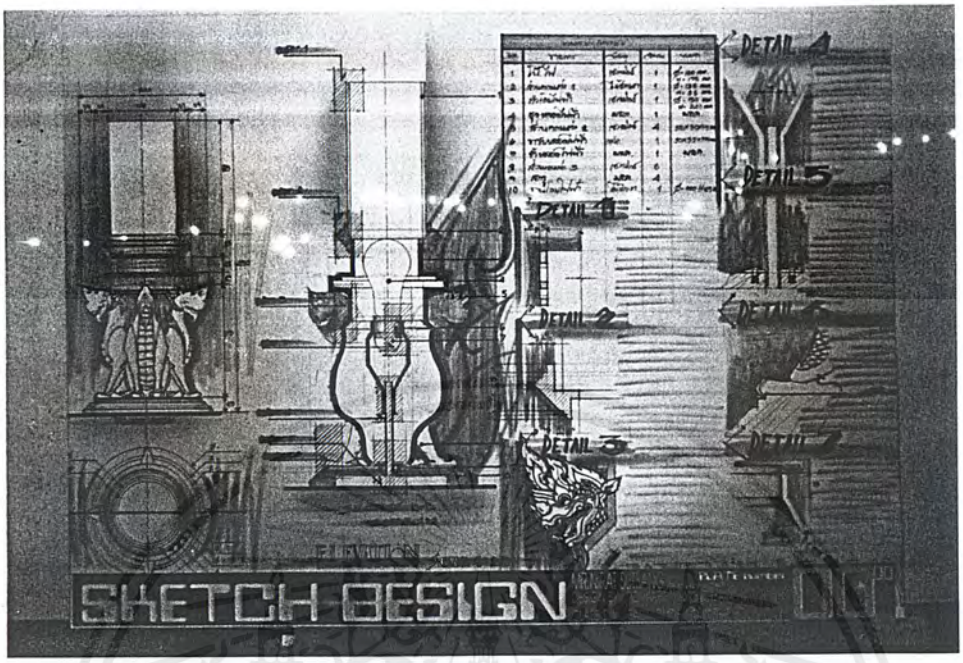
แบบร่าง SKETCH IDEA



รูปที่ 4.4

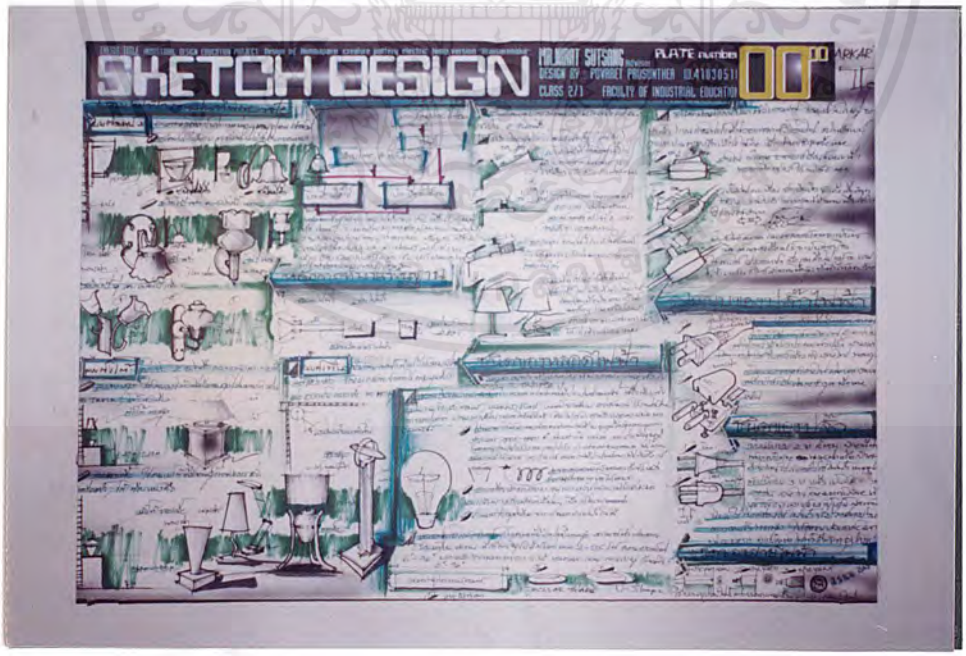
แบบร่าง SKETCH DESIGN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5

แบบร่าง SKETCH DESIGN



รูปที่ 4.6

แบบนำเสนอผลงาน PRESENTATION

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

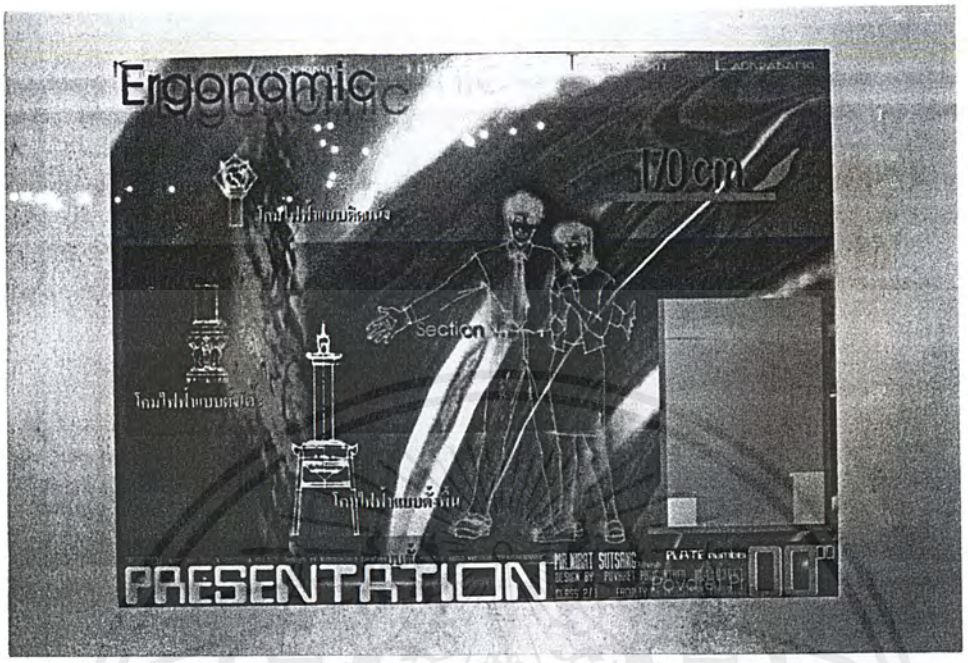
รูปที่ 4.7

แบบนำเสนอผลงาน PRESENTATION

รูปที่ 4.8

แบบนำเสนอผลงาน PRESENTATION

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



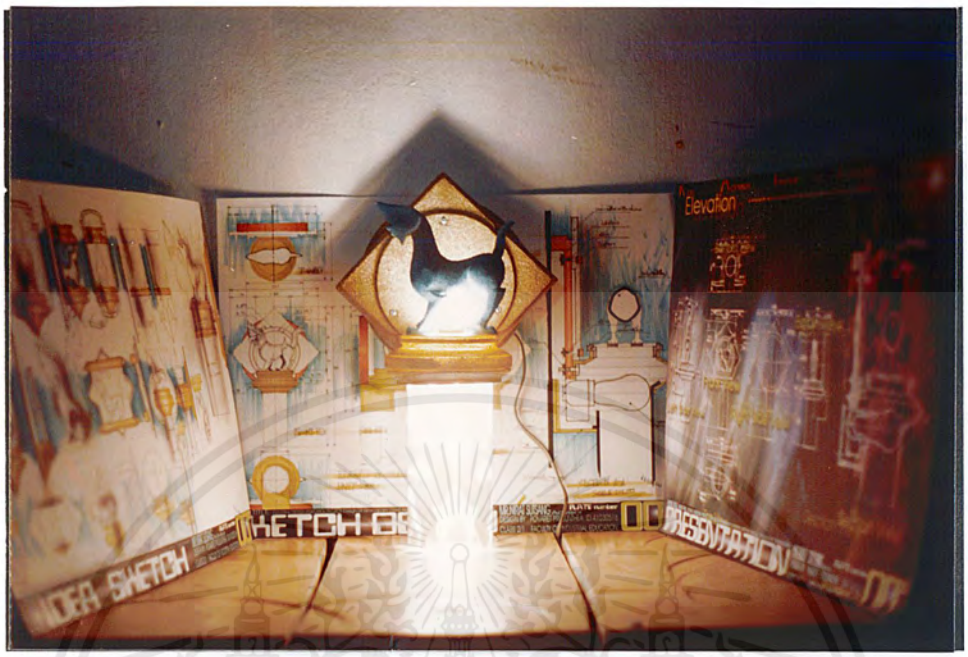
รูปที่ 4.9

แบบนำเสนอผลงาน PRESENTATION

รูปที่ 4.10

แบบนำเสนอผลงาน PRESENTATION

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11
นำเสนอผลงาน

รูปที่ 4.12
นำเสนอผลงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.13
นำเสนอผลงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินการวิจัย ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลโครงการออกแบบโคมไฟฟ้าเครื่องปั้นดินเผารูปแบบสัตว์หิมพานต์ ชุด "ไกรสรนาคา" ทำให้สามารถสรุปผลการดำเนินงานได้ดังนี้ คือ

โคมไฟฟ้าชนิดติดผนัง ใช้ลักษณะโครงสร้างแบบแนบกับชิดกับผนังซึ่งจะปลอดภัยในการใช้งานและมีความแข็งแรง,โครงสร้างของโคมไฟฟ้าแบบตั้งพื้นและตั้งโต๊ะเลือกลักษณะสอบเข้าในส่วนบนของโคม เพราะเมื่อได้รับแรงกระทำจากภายนอกจะไม่เกิดการล้ม มีความมั่นคงสูง,รูปทรงของฐานโคมไฟแบบติดผนังและแบบตั้งโต๊ะเลือกรูปทรงกลม เพราะสามารถผลิตได้ง่าย มีการกระจายน้ำหนักไปยังส่วนต่างๆได้ดี,ลักษณะรูปทรงของฐานโคมไฟแบบตั้งพื้นเลือกรูปทรงสี่เหลี่ยม เพราะมีความมั่นคงในการติดตั้งสูง ลักษณะโครงสร้างแข็งแรง,รูปทรงของโป๊ะไฟเลือกใช้รูปทรงกระบอก เพราะสามารถกระจายแสงได้ดีมีความสม่ำเสมอของแสง และมีความแข็งแรงในโครงสร้าง,รูปทรงของตัวโคมไฟเลือกรูปทรงเรขาคณิตแบบผสม มีความแข็งแรงในโครงสร้างพอสมควร มีลักษณะสอดคล้องกับโป๊ะไฟและการติดตั้งมาก, ลักษณะการติดตั้งโคมไฟฟ้าแบบติดผนังเลือกลักษณะการติดตั้งแบบใช้ Joint เป็นตัวยึดติดระหว่างผนังกับโคมไฟ เพราะสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย สะดวกในการติดตั้ง มีความมั่นคงแข็งแรงมากพอสมควร,ลวดลายใช้ลวดลายกนกคงสัตว์ ซึ่งประกอบด้วยลวดลายของเครือเถาและตัวสัตว์หิมพานต์คือ ตัวไกรสรนาคา เพื่อความสอดคล้องกับแนวความคิดในการออกแบบโคมไฟฟ้ารูปแบบสัตว์หิมพานต์ตัวโคมไฟ ใช้รูปแบบลวดลายทางประวัติศาสตร์ โดยใช้แบบอย่างลวดลายไทย คือ ลายบัวคว่ำ-บัวหงายและลายกระจังเจิม,หลอดไฟฟ้าเลือกใช้อินแคนเดสเซนต์ เพราะผู้ใช้สามารถที่จะใช้งานได้ง่ายกว่าหลอดฟลูออเลสเซนต์ในส่วนของการติดตั้งหรือการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าเมื่อเกิดการชำรุดเสียหายของตัวหลอด ใช้อุปกรณ์ในการติดตั้งน้อยกว่า น้ำหนักเบากว่า อีกทั้งมีราคาถูกกว่า, ระบบตัดต่อวงจรไฟฟ้าเลือกใช้ระบบการตัดต่อวงจรแบบติดตั้งภายนอก เพราะบำรุงรักษาง่ายกว่าผู้ใช้สามารถซ่อมหรือเปลี่ยนได้ด้วยตัวเองเนื่องจากระบบการทำงานไม่ซับซ้อน ติดตั้งสะดวก และราคาถูกกว่า, เต้าเสียบ เลือกใช้เต้าเสียบแบบ 2 ขา แบบเป็นยางแข็ง เพราะสามารถใช้ได้กับเต้ารับทั้ง 2 แบบ สะดวกในการผลิตลดขั้นตอนของการประกอบติดตั้งเต้าเสียบ, ขนาดของโคมไฟฟ้าแบบติดผนังควรมีระยะการใช้งานห่างผนังประมาณ 0.20 เมตรโดยใช้ระยะการใช้งานบริเวณทางเดินเป็นเกณฑ์, ขนาดของโคมไฟฟ้าแบบตั้งโต๊ะเนื่องจากเป็นโคมไฟฟ้าที่ใช้ในการตกแต่งภายในที่พักอาศัย ความสูงจึงอยู่ที่ประมาณ 0.45-0.55 เมตร, ขนาดของโคมไฟฟ้าแบบตั้งพื้นเนื่องจากเป็นโคมไฟฟ้าที่ใช้ในการตกแต่งที่พักอาศัยจึงเลือกใช้ระยะความสูงประมาณ 0.90-1.20 เมตร, วัสดุในการผลิตฐานโคมไฟฟ้าแบบติดผนังและตั้งโต๊ะเลือกใช้ไม้เป็นวัสดุในการผลิตฐานโคมไฟแบบติดผนังและแบบตั้งโต๊ะเพราะมีความแข็งแรงพอสมควร น้ำหนักเบาพอสมควร เป็นฉนวนไฟฟ้า มีความสวย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งามและคุณค่าในเนื้อวัสดุสามารถตกแต่งพื้นผิวและทำสีได้, วัสดุในการผลิตฐานโคมไฟฟ้าแบบตั้งพื้นเลือกใช้ไม้และเหล็กเป็นวัสดุในการผลิตฐานโคมไฟแบบตั้งพื้นร่วมกัน เพราะเหล็กมีความแข็งแรงสูง แต่น้ำหนักมาก และเป็นตัวนำไฟฟ้า ส่วนไม้มีความสวยงามและคุณค่าในเนื้อวัสดุสามารถตกแต่งพื้นผิวและทำสีได้ น้ำหนักเบาพอสมควร เป็นฉนวนไฟฟ้า โดยการเลือกใช้วัสดุทั้ง 2 ชนิดในส่วนที่เหมาะสมจะทำให้ได้คุณสมบัติที่ดีของวัสดุทั้ง 2 ชนิด,เนื้อดินที่ใช้ในการผลิตเลือกเนื้อดินชนิด Stoneware เพราะมีความแข็งแรง ความสามารถในการผลิตในระบบอุตสาหกรรมได้ง่าย สามารถหาง่ายภายในประเทศ ราคาเหมาะสม, กรรมวิธีการขึ้นรูปตัวโคมไฟฟ้าเลือกการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อน้ำดิน เพราะสามารถควบคุมคุณภาพของชิ้นงานได้อย่างสม่ำเสมอ สามารถตกแต่งด้วยวิธีการแกะสลักได้ และสามารถผลิตได้ครั้งละมากๆ, กรรมวิธีการขึ้นรูปโป๊ะไฟเลือกการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อน้ำดิน เพราะสามารถควบคุมคุณภาพของชิ้นงานได้อย่างสม่ำเสมอ สามารถตกแต่งด้วยวิธีการแกะสลักได้ และสามารถผลิตได้ครั้งละมากๆ, เทคนิคที่นำมาใช้ในการตกแต่งผลิตภัณฑ์เลือกเทคนิคการแกะสลัก เพราะเป็นเทคนิคที่มีความสะดวกในการผลิตในระบบอุตสาหกรรม รวมไปถึงสามารถอนุรักษ์เทคนิคการแกะสลักลวดลาย

ข้อเสนอแนะ

1.รูปแบบของชิ้นงานยังมีความไม่สอดคล้องหรือไปในทิศทางเดียวกัน เช่น โคมไฟฟ้าแบบตั้งพื้น รูปแบบยังขัดกับโคมไฟฟ้าแบบตั้งโต๊ะและแบบติดผนัง

2.การใช้ลวดลายไทยควรมีการศึกษาในเรื่องของรูปแบบ การจัดวางลาย การจบของลาย เพื่อให้มีชิ้นงานรูปแบบที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

3.การออกแบบโครงสร้างของชิ้นงานในส่วนที่เป็นลวดลายฉลุควรคำนึงถึงความแข็งแรง ตั้งแต่กระบวนการผลิตจนถึงขั้นตอนการใช้งาน

4.การออกแบบชิ้นงานในขั้นตอนการตกแต่งผิวส่วนควรคำนึงถึงระบบการผลิตในระบบอุตสาหกรรม

5.ควรมีการศึกษาเรื่องของการกำหนดทิศทางและสีของไฟที่ออกมาจากตัวโคมไฟ เพื่อให้เกิดเรื่องราวและความน่าสนใจแก่ชิ้นงาน

ขอขอบคุณคณะกรรมการที่ให้ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ หวังว่าข้อเสนอแนะต่างๆ ของคณะกรรมการรวมทั้งของผู้วิจัยเอง จะเอื้ออำนวยประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจในการศึกษาค้นคว้าทำวิจัยต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

คณะช่าง .2538. **ภาพลายไทยฉบับสมบูรณ์** . กรุงเทพ: คอมม่า ดีไซน์ แอนด์ พริ้น.

จรูญ โกมุทรัตนานนท์. 2539. **สารานุกรมเครื่องปั้นดินเผา**. กรุงเทพฯ: เลิพ แอนด์ เพลส.

จีรพันธ์ สมประสงค์. 2535. **เทคนิคการสร้างสรรค์ศิลปะเครื่องปั้นดินเผา**. ก กรุงเทพฯ: โอ เอส พริ้นติ้งเฮาส์

ญาดา ชวาลกุล. 2534. "โครงการออกแบบปรับปรุงลำโพงเซรามิกส์สำหรับตกแต่งภายใน" วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตร์บันฑิต ภาควิชาศิลปอุตสาหกรรม , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ดีไซน์ เพลส. 2533. **คู่มือเลือกซื้อที่อยู่อาศัย 31**. กรุงเทพฯ: เพื่อนพิมพ์ .

ดีเอส แลนด์. 2535 **คู่มือคอนโดมิเนียม**. กรุงเทพฯ: ศูนย์การพิมพ์พลชัย.

ทรงพันธ์ วรรณมาศ. 2532. **เครื่องปั้นดินเผาเบื้องต้น**. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์

ทวี พรมพฤกษ์. 2532. **เครื่องเคลือบดินเผาเบื้องต้น**. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์

นเรศ ภัทรอารยกูล. 2538. "โครงการออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์รูปแบบธรรมชาติสำหรับการตกแต่งห้องรับแขกของ บ. โมเดิร์นฟอร์ม ลิฟวิ่ง จำกัด" วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตร์บันฑิต ภาควิชาศิลปอุตสาหกรรม ,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นิรัช สุดสังข์. 2536.โครงการออกแบบชุดอาหารสำหรับร้านอาหารจิตรลดาการครัว ศูนย์ศิลปาชีพบางไทร. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์บันฑิต ภาควิชาครุศาสตร์สถาปัตยกรรม , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

พิทักษ์ สายันห์. 2538. **ศิลปะประจำชาติลายไทย**. กรุงเทพฯ: อักษรวัฒนา.

พิบูลย์ ดิษฐ์อุดม. 2521. **การออกแบบแสงสว่าง**. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ไพจิตร อิงศิริวัฒน์ . 2541. **เนื้อดินเซรามิก** . กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. 2535. **เซรามิกส์**. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มานี แสงศิโรเวฐน์. 2535. "โครงการออกแบบกระถางต้นไม้ชั้นนอกเครื่องเคลือบดินเผาภายในสำนักงาน" วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตร์บันฑิต ภาควิชาศิลปอุตสาหกรรม ,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

แมนนุทัศน์ ตันประดิษฐ์. 2534. "โครงการออกแบบชุดน้ำตกเซรามิกส์ เพื่อการตกแต่งภายใน" วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตร์บันฑิต ภาควิชาศิลปอุตสาหกรรม , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาศิลปอุตสาหกรรม ,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วัฒนะ จูฑะวิภาต. 2531. **ศิลปะออกแบบตกแต่งภายใน.** กรุงเทพฯ: ปารถนา.

ศรัณยา เชี่ยวศิลป์. 2541. "โครงการออกแบบชุดตกแต่งบ่อปลาเซรามิกส์ในบ้านพักอาศัย" วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตร์บันฑิต ภาควิชาศิลปอุตสาหกรรม ,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ศักดิ์ชัย เกียรตินาคินทร์. 2537. **การออกแบบเครื่องปั้นดินเผา.** อุบลราชธานี: ทิพย์สุคนธ์ ปัดสา.

เศรษฐมันตร์ กาญจนกุล. 2536. **เส้นสายลายไทย ชุด สัตว์หิมพานต์.** กรุงเทพฯ: สุภาพใจ.

ส.พลายน้อย. 2534. **สัตว์หิมพานต์.** กรุงเทพฯ : ต้นอ้อ.

สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น). 2536. **อุปกรณ์ไฟฟ้า.** กรุงเทพฯ: ทีพีพริ้นท์.

สิทธิโชค คุตตาจารย์. 2533-2534. "โครงการออกแบบโคมไฟฟ้าเซรามิกส์ภายในห้องพักสำหรับโรงแรมแม่น้ำ." วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตร์บันฑิต ภาควิชาศิลปอุตสาหกรรม,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุภัทรดิศ ดิศกุล,มจ. 2534. **ศิลปะในประเทศไทย.** กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้ง .

เสนอ นิลรัตน์. 2530. **การติดตั้งไฟฟ้าภายในอาคาร.** กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

อนิวรรต ฤกษ์หร่าย. 2539. "โครงการออกแบบประติมากรรมน้ำพุและน้ำตกเซรามิกส์สำหรับพื้นที่กลางแจ้งของอาคารสำนักงานขนาดเล็กประเภทสำนักงานกึ่งที่พักอาศัย" วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตร์บันฑิต ภาควิชาศิลปอุตสาหกรรม , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก
แบบขออนุมัติหัวข้อวิทยานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบขออนุมัติหัวข้อวิทยานิพนธ์

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ด้วยข้าพเจ้า.....นาย ปวเรศ ปรุสันเทียะ.....

นักศึกษาภาควิชา.....ครุศาสตร์สถาปัตยกรรม.....สาขาวิชา.....ศิลปอุตสาหกรรม.....

ที่อยู่ปัจจุบันบ้านเลขที่.....8.....ตรอก/ซอย.....เทศบาล 11.....

ถนน.....ตำบล.....บัวใหญ่.....

อำเภอ/เขต...บัวใหญ่.....จังหวัด.....นครราชสีมา.....

เลขโทรศัพท์ที่บ้าน.... 044-461708....ที่ทำงาน.....-.....

มีความประสงค์ขออนุมัติเขียนวิทยานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญาตรี

สาขา.....ศิลปอุตสาหกรรม.....จำนวน.....8.....หน่วยกิต

ชื่อเรื่อง(ภาษาไทย)โครงการออกแบบโคมไฟฟ้าเครื่องปั้นดินเผารูปแบบสัตว์หิมพานต์

ชุด "ไกรสรนาคา".....

(ภาษาอังกฤษ) **Design of Himmaparn creature pottery electric lamp, version"Kraisaranaka"**

ชื่อผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์.....อาจารย์นิรัช สุดสังข์.....

ที่อยู่ปัจจุบันของผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์บ้านเลขที่ .....ตรอก/ซอย.....

ถนน.....ตำบล/แขวง หัวตะเข้ อำเภอ/เขต ลาดกระบัง

จังหวัด.....กรุงเทพฯ.....โทรศัพท์.....

ที่ทำงาน.....เลขที่.....

ถนน.....ตำบล.....อำเภอ/เขต.....

จังหวัด.....โทรศัพท์.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าพเจ้าได้นำเสนอวิทยานิพนธ์ให้อาจารย์ที่ปรึกษาพิจารณาแล้ว ท่านยินดีเป็นที่ปรึกษา และได้แนบโครงการเสนอวิทยานิพนธ์ดังกล่าวมาพร้อมนี้

จึงเสนอมาเพื่อพิจารณา

ลงชื่อ.....นักศึกษา

(.....)

ลงวันที่..16..เดือน..พฤศจิกายน พ.ศ..2542

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ลงนาม

(1) .....

(อาจารย์นิรัช สุดสังข์)

ตำแหน่ง.....

ลงวันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

(2) .....

(.....)

ตำแหน่ง.....

ลงวันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

(3) .....

(.....)

ตำแหน่ง.....

ลงวันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบอนุมัติหัวข้อวิทยานิพนธ์
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

โครงการเสนอวิทยานิพนธ์

ชื่อเรื่อง(ภาษาไทย) โครงการออกแบบโคมไฟฟ้าเครื่องปั้นดินเผารูปแบบสัตว์หิมพานต์ ชุด "ไกรสรนาคา"

ชื่อเรื่อง(ภาษาอังกฤษ) Design of Himmaparn creature pottery electric lamp, version "Kraisaranaka"

เสนอโดย.....นาย ปวเรศ ปรุสันเทียะ.....

นักศึกษาภาควิชา.....ครุศาสตร์สถาปัตยกรรม.....สาขา.....ศิลปอุตสาหกรรม.....

จำนวนหน่วยกิตวิทยานิพนธ์ .....8.....หน่วย

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

1. .....อาจารย์นิรัช สุดสังข์.....
2. .....

ประเภทวิทยานิพนธ์ที่เสนอ

1. การศึกษาค้นคว้าข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และออกแบบ
   ก. โครงการจริง
   ข. โครงการเสนอแนะ
   ค. โครงการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลง
2. การศึกษาค้นคว้าข้อมูลอย่างกว้างขวาง โดยละเอียดและวิเคราะห์เพื่อนำไปสู่การออกแบบ
   ก. โครงการจริง
   ข. โครงการเสนอแนะ
   ค. โครงการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลง
3. การศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาด้านครุศาสตร์อุตสาหกรรม

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้ทำวิจัย

ชื่อ	นายปวเรศ ปรุสันเทียะ
วัน/เดือน/ปี เกิด	23 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2522
วุฒิการศึกษา	*ประกาศนียบัตรวิชาชีพ* (ปวช.) สาขาออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะออกแบบ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา *ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง* (ปวส.) สาขาออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะออกแบบ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา
ระดับการศึกษา	*หลักสูตรปริญญาตรี* (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาศิลปอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์สถาปัตยกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ที่อยู่ปัจจุบัน	8 ถ.เทศบาล 11 อ.บัวใหญ่ จ.นครราชสีมา 30120 (044) 461708
ประสบการณ์ทำงาน	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้