สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# รายงานการวิจัย

## การศึกษาอุณหภูมิของแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์และน้ำดิน ที่มีผลต่อการขึ้นรูปเซรามิกส์ด้วยวิธีการหล่อแบบ

## THE STUDY OF TEMPERATURE FOR EFFECT ON PLASTER MOULD AND SLIP BY CASTING METHOD

ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุทธิชาติ รักษาพราหมณ์

ภาควิชาศิลปอุตสาหกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง

RCH
NB
1190
ส7735
เลขหมู่.....
67378
เลขทะเบียน.....
29 พ.ย. 2549
วัน,เดือน,ปี.....

b.11644691
i.....

ปีงบประมาณ พ.ศ.2549

การวิจัยด้วยเงินรายได้คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สจล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

โครงการศึกษาวิจัย เรื่อง การศึกษาอุณหภูมิของแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ และน้ำดินที่มีผลต่อการขึ้นรูปเซรามิกส์ด้วยวิธีการหล่อแบบ โดยการศึกษาวิจัยเสร็จสมบูรณ์ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ผลงานที่สำเร็จประกอบด้วยความร่วมมือ และได้รับความอนุเคราะห์จากผู้มีอุปการคุณดังต่อไปนี้

คณบดีและคณะกรรมการบริหารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้อนุมัติงบประมาณในการทำวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นัฏกาภรณ์ รัตนทัศนีย และอาจารย์สุรพล พลีคราม อาจารย์ประจำภาควิชาศิลปอุตสาหกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

อาจารย์คณธร ปวียวงศ์ชัย อาจารย์พิเศษภาควิชาศิลปอุตสาหกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เจ้าหน้าที่ประจำโรงงานเซรามิกส์ ที่ให้ความร่วมมือและช่วยเหลือตลอดมา ผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณอย่างสูงต่อทุกท่านที่กล่าวนามมา ณ ที่นี้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุทธิชาติ รักษาพราหมณ์

ผู้วิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการวิจัย : การศึกษาอุณหภูมิของแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์และน้ำดินที่มีผลต่อการขึ้นรูปเซรามิกส์ ด้วยวิธีการหล่อแบบ

ผู้วิจัย : ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุทธิชาติ รักษาพราหมณ์
ภาควิชาศิลปอุตสาหกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีงบประมาณ : 2549

## บทคัดย่อ

การหล่อแบบชนิดกลวงหรือเทออก (Drain Casting) โดยใช้น้ำดิน (Slip) ที่มีอุณหภูมิ 18° - 20° C และ 30° - 35° C ใช้ได้ดีกับแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ (Plaster mould) ที่อุณหภูมิ 40° - 50° C และการหล่อแบบโดยใช้น้ำดินที่มีอุณหภูมิ 40° - 50° C ใช้ได้ดีกับแบบพิมพ์ที่มีอุณหภูมิ 30° - 31° C ซึ่งเปรียบเทียบกับการหล่อแบบโดยใช้น้ำดิน และแบบพิมพ์ในอุณหภูมิปกติ อุณหภูมิห้องทดลองประมาณ 30° - 31° C มีผลให้การหล่อแบบทำได้เร็วกว่า และมีการก่อตัว (Rate of casting) ของผนังชิ้นงานได้หนากว่า ในระยะเวลาการหล่อที่เท่ากันทำให้สามารถนำผลสรุปไปประยุกต์ใช้ในงานการขึ้นรูปเซรามิกส์ด้วยวิธีการหล่อแบบได้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research paper : The study of temperature for effect on Plaster mould and Slip by Casting method.

By : Assistant Professor Sutthichart Rugsapram

Department of Industrial Design. Faculty of Architecture,

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Fiscal year : 2006

## Abstract

This paper is a study of temperature effects used in clay slip and plaster mould in order to determine quality of the cast and the cast rate in slip casting process, particularly hollow casting (drain casting).

Generally in slip casting process, temperature of slip and plaster mould are set at room temperature of slip and plaster mould are set at room temperature (30° - 31° C). However, the result of the study indicates that 3 different combinations of slip and plaster moulds require less casting time than using both slip and plaster mould at room temperature : first, slip at 18° - 20° C with plaster mold at 40° - 50° C.Second, slip at 30° - 35° C with plaster mould at 40° - 50° C with plaster mold at 30° - 31° C. This advantage of less casting time result in more productive work can be implemented in ceramic production.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# คำนำ

การขึ้นรูปเซรามิกส์ด้วยวิธีการหล่อแบบด้วยน้ำดิน (Slip casting) เป็นวิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่นิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมและสถานศึกษาที่มีการเรียนการสอนวิชาเซรามิกส์ หลักการการขึ้นรูปด้วยวิธีนี้มีองค์ประกอบหลักอยู่ 2 อย่าง คือ แบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ (Plaster Mould) และน้ำดิน (Slip) ที่ใช้หล่อแบบ ซึ่งปัจจุบันในสถานศึกษาและโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็ก – กลาง อาจยังไม่ได้มีการศึกษาถึงอุณหภูมิของแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ และน้ำดินว่ามีผลต่อการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อแบบ (Slip casting) ในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกันของแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์และน้ำดิน โดยเฉพาะการหล่อแบบชนิดหล่อกลวง (Drain casting)

จากปัญหาดังกล่าวจึงทำให้ขอทำวิจัย เพื่อเป็นประโยชน์ในด้านการศึกษาและอุตสาหกรรมเซรามิกส์ โดยได้รับการสนับสนุนการวิจัยด้วยเงินรายได้ ของคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2549 ผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องจนงานวิจัยนี้สำเร็จเรียบร้อยไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุทธิชาติ รักษาพราหมณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| | |
|---|---|
| กิตติกรรมประกาศ | ก |
| บทคัดย่อ | ข |
| Abstract | ค |
| คำนำ | ง |
| สารบัญ | จ |
| สารบัญภาพประกอบ | ฉ-ช |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| ที่มาและความสำคัญของปัญหา | 1 |
| วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย | 2 |
| ขอบเขตของการศึกษาวิจัย | 2 |
| ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 2 |
| ทฤษฎี สมมุติฐานหรือกรอบความคิดของโครงการวิจัย | 2 |
| วิธีการศึกษาวิจัย | 2 |
| บทที่ 2 ข้อมูล และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 3 |
| ข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวกับการขึ้นรูปด้วยการหล่อแบบ | 3 |
| คุณสมบัติของปูนปลาสเตอร์ที่ใช้ทำแบบพิมพ์ | 7 |
| คุณสมบัติของน้ำดินที่ใช้การหล่อแบบ | 11 |
| ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการหล่อน้ำดิน | 12 |
| บทที่ 3 การดำเนินการศึกษาวิจัย | 15 |
| ขั้นตอนการทำแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ | 15 |
| ขั้นตอนการเตรียมน้ำดิน สำหรับหล่อแบบ | 17 |
| ขั้นตอนการหล่อแบบในอุณหภูมิที่แตกต่างกัน | 19 |
| บทที่ 4 สรุปผล | 21 |
| ข้อเสนอแนะ | 33 |
| บรรณานุกรม | 34 |
| ภาคผนวก | 35-41 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพประกอบ


| | | |
|---|---|---|
| ภาพประกอบที่ 2 - 1 | แสดง Moisture distribution during drain casting at a specific time after pouring | 3 |
| ภาพประกอบที่ 2 - 2 | แสดงขั้นตอนการหล่อแบบกลวงหรือเทออก โดยถ่ายน้ำดินออกทางด้านล่างของแบบพิมพ์ | 4 |
| ภาพประกอบที่ 2 - 3 | แสดงขั้นตอนการหล่อแบบกลวงหรือเทน้ำดินออกทางด้านบนของแบบพิมพ์ | 5 |
| ภาพประกอบที่ 2- 4 | แสดงการหล่อแบบตันชนิดใช้แรงดันบรรยากาศปกติ | 6 |
| ภาพประกอบที่ 2- 5 | แสดงการหล่อแบบตันชนิดใช้แรงดันลม | 6 |
| ภาพประกอบที่ 2 - 6 | แสดงการประเมินคุณสมบัติของปูนปลาสเตอร์ | 8 |
| ภาพประกอบที่ 2 - 7 | แสดงตารางการผสมและปริมาณการใช้สารละลาย โซเดียมซิลิเกต ในดินคอมพาวด์เคลย์ | 14 |
| ภาพประกอบที่ 3 - 1 | แสดงตารางคุณสมบัติจากการทดลองผสมปูนปลาสเตอร์ตรามือ | 15 |
| ภาพประกอบที่ 3 - 2 | แสดงการทดลองการหล่อแบบเทออกโดยถ่ายน้ำดินออกทางด้านล่างของแบบพิมพ์ | 16 |
| ภาพประกอบที่ 3 - 3 | แสดงคุณสมบัติของดิน PAA ที่ใช้ทดลองในการวิจัย | |
| ภาพประกอบที่ 3 - 4 | แสดงขั้นตอนการเตรียมน้ำดิน จากวัตถุดิบ หรือเนื้อดินเปียกชื้น (Cake) | |
| ภาพประกอบที่ 3 -5 | แสดงตารางกำหนดการทดลองการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของแบบพิมพ์และน้ำดิน | 19 |
| ภาพประกอบที่ 3 - 6 | แสดงตารางการทดลองการเพิ่ม – ลดอุณหภูมิของแบบพิมพ์ และน้ำดินตามการทดลอง 8 ตัวอย่าง | 20 |
| ภาพประกอบที่ 3 - 7 | แสดงตารางตัวอย่างทดลอง CT1 – CT8 ตามระยะเวลาการทดลอง 5, 10, 15, และ 20 นาที | 20 |
| ภาพประกอบที่ 4 - 1 | แสดงแผนภูมิเส้นการก่อตัวของน้ำดิน ตามระยะเวลาการหล่อแบบ T1 | 21 |
| ภาพประกอบที่ 4 - 2 | แสดงแผนภูมิเส้น การเปรียบเทียบการก่อตัวของน้ำดินตามระยะเวลาการหล่อแบบระหว่าง T1 และ T2 | 22 |
| ภาพประกอบที่ 4 - 3 | แสดงแผนภูมิแท่ง การเปรียบเทียบการก่อตัวของน้ำดิน ตามระยะเวลาการหล่อแบบระหว่าง T1 และ T2 | 22 |
| ภาพประกอบที่ 4 - 4 | แสดงแผนภูมิเส้น การเปรียบเทียบการก่อตัวของน้ำดินตามระยะเวลาการหล่อแบบระหว่าง T1 และ T3 | 23 |
| ภาพประกอบที่ 4 - 5 | แสดงแผนภูมิแท่ง การเปรียบเทียบการก่อตัวของน้ำดินตามระยะเวลาการหล่อแบบระหว่าง T1 และ T3 | 23 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพประกอบ


| | | |
|---|---|---|
| ภาพประกอบที่ 4 - 6 | แสดงแผนภูมิเส้นการเปรียบเทียบการก่อตัวของน้ำดินตามระยะเวลาการหล่อแบบระหว่าง T1 และ T4 | 24 |
| ภาพประกอบที่ 4 - 7 | แสดงแผนภูมิแท่งการเปรียบเทียบการก่อตัวของน้ำดินตามระยะเวลาการหล่อแบบระหว่าง T1 และ T4 | 24 |
| ภาพประกอบที่ 4 - 8 | แสดงแผนภูมิเส้นการเปรียบเทียบการก่อตัวของน้ำดินตามระยะเวลาการหล่อแบบระหว่าง T1 และ T5 | 25 |
| ภาพประกอบที่ 4 - 9 | แสดงแผนภูมิแท่งการเปรียบเทียบการก่อตัวของน้ำดินตามระยะเวลาการหล่อแบบระหว่าง T1 และ T5 | 25 |
| ภาพประกอบที่ 4 - 10 | แสดงแผนภูมิเส้นการเปรียบเทียบการก่อตัวของน้ำดินตามระยะเวลาการหล่อแบบระหว่าง T1 และ T6 | 26 |
| ภาพประกอบที่ 4 - 11 | แสดงแผนภูมิแท่งการเปรียบเทียบการก่อตัวของน้ำดินตามระยะเวลาการหล่อแบบระหว่าง T1 และ T6 | 26 |
| ภาพประกอบที่ 4 - 12 | แสดงแผนภูมิเส้นการเปรียบเทียบการก่อตัวของน้ำดินตามระยะเวลาการหล่อแบบระหว่าง T1 และ T7 | 27 |
| ภาพประกอบที่ 4 - 13 | แสดงแผนภูมิแท่งการเปรียบเทียบการก่อตัวของน้ำดินตามระยะเวลาการหล่อแบบระหว่าง T1 และ T7 | 27 |
| ภาพประกอบที่ 4 - 14 | แสดงแผนภูมิเส้นการเปรียบเทียบการก่อตัวของน้ำดินตามระยะเวลาการหล่อแบบระหว่าง T1 และ T8 | 28 |
| ภาพประกอบที่ 4 - 15 | แสดงแผนภูมิแท่งการเปรียบเทียบการก่อตัวของน้ำดินตามระยะเวลาการหล่อแบบระหว่าง T1 และ T8 | 28 |
| ภาพประกอบที่ 4 - 16 | แสดงตารางเปรียบเทียบความหนาของชิ้นงานที่ทดลองระหว่าง T1-T2, T1-T3, และ T1-T4 | 29 |
| ภาพประกอบที่ 4 - 17 | แสดงตารางเปรียบเทียบความหนาของชิ้นงานที่ทดลองระหว่าง T1-T5, T1-T6, และ T1-T7 | 30 |
| ภาพประกอบที่ 4 - 18 | แสดงตารางเปรียบเทียบความหนาของชิ้นงานที่ทดลองระหว่าง T1-T8 | 31 |
| ภาพประกอบที่ 4 - 19 | แสดงตารางสรุปผลการทดลองวิจัย | 32 |
| ภาพประกอบที่ 5 - 1 | แสดงแบบพิมพ์สำหรับทดลองชนิดถ่ายน้ำดินลงด้านล่าง | 35 |
| ภาพประกอบที่ 5 - 2 | แสดงเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง | 35 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพประกอบ


| | | | |
|---|---|---|---|
| ภาพประกอบที่ | 5 - 3 | แสดงแบบพิมพ์สำหรับการทดลองชนิดน้ำดินจากด้านบน | 36 |
| ภาพประกอบที่ | 5 - 4 | แสดงสถานที่และบรรยากาศการวิจัยทดลอง | 36 |
| ภาพประกอบที่ | 5 - 5 | แสดงชิ้นงานที่ได้จากการหล่อแบบพิมพ์ชนิดถ่ายน้ำดินลงด้านล่าง | 37 |
| ภาพประกอบที่ | 5 - 6 | แสดงชิ้นงานที่ได้จากการหล่อแบบพิมพ์ชนิดเทน้ำดินออกจากด้านบน | 37 |
| ภาพประกอบที่ | 5 - 7 | แสดงชิ้นงานที่ได้จากการหล่อแบบชนิดถ่ายน้ำดินออกทางด้านล่างแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ # CT1 – CT8 | 38 |
| ภาพประกอบที่ | 5 - 8 | แสดงชิ้นงานที่ได้จากการหล่อแบบชนิดถ่ายน้ำดินออกทางด้านล่างแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ # PAA (A01-10),(B01-10),(C01-10) | 38 |
| ภาพประกอบที่ | 5 - 9 | แสดงแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์สำหรับทดลองการหล่อแบบชนิดหล่อกลวง (Drain Casting) | 39 |
| ภาพประกอบที่ | 5 - 10 | แสดงรูปฉายแบบพิมพ์สำหรับทดสอบการหล่อแบบชนิดหล่อกลวง (Drain Casting) | 40 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

# บทนำ

## ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การขึ้นรูปเซรามิกส์ด้วยวิธีการหล่อน้ำดิน (Slip casting) เป็นการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิกส์วิธีหนึ่งที่นิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม และสถานศึกษาที่มีการเรียนการสอนวิชาเซรามิกส์ การขึ้นรูปด้วยวิธีนี้มีองค์ประกอบหลักอยู่ 2 อย่าง คือ

1. แบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ (Plaster Mould)
2. น้ำดินที่ใช้สำหรับหล่อแบบ (Slip)

วิธีการขึ้นรูปโดยการหล่อแบบ คือ การเทน้ำดินลงในแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ น้ำดินจะถูกแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ดูดด้วยแรงที่เกิดจากการพรุนตัวในแบบพิมพ์ น้ำดินบริเวณผิวแบบพิมพ์จะข้นขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งจะเหลือแต่เยื่อดินสะสมที่ผิวแบบพิมพ์ กลายเป็นผนังของผลิตภัณฑ์

ปัจจุบันในสถานศึกษาและในโรงงานอุตสาหกรรมเซรามิกส์ขนาดกลาง และขนาดเล็กอาจยังไม่ได้มีการศึกษาถึงอุณหภูมิของแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์และน้ำดินที่ใช้หล่อขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ว่ามีผลต่อการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อแบบ (Slip casting) ระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกันในแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์กับระดับอุณหภูมิที่แตกต่างในน้ำดินที่ใช้ในการขึ้นรูปด้วยการหล่อแบบชนิดที่ไม่มีความดัน โดยเฉพาะการขึ้นรูปแบบหล่อกลวง (Drain casting)

ด้วยเหตุผลและองค์ประกอบต่าง ๆ ที่กล่าวมา จึงน่าจะมีการศึกษาวิจัยถึงอุณหภูมิของแบบพิมพ์ (Mould) และน้ำดิน (Slip) ที่ใช้หล่อแบบว่ามีอุณหภูมิใดที่เหมาะสม ทั้งของแบบพิมพ์และน้ำดินที่ให้การขึ้นรูปที่ง่าย ประหยัดเวลากว่าการขึ้นรูปโดยอุณหภูมิปกติในการขึ้นรูปที่ง่าย ประหยัดเวลากว่าการขึ้นรูปโดยอุณหภูมิปกติในสถานที่ทำงาน อันจะมีผลให้การขึ้นรูปชนิดการหล่อแบบมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย**

1. เพื่อศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมของแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์และน้ำดินต่ออุณหภูมิได้เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปโดยการหล่อแบบมากที่สุด
2. เพื่อการศึกษาการก่อตัวของน้ำดินในแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์และความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์

**ขอบเขตของโครงการวิจัย**

1. ทำการศึกษาและทดลองการขึ้นรูปโดยวิธีการหล่อแบบชนิดการหล่อแบบกลวง (Drain casting) เท่านั้น
2. ทำการศึกษาและทดลองเปรียบเทียบช่วงอุณหภูมิแต่ละช่วงอุณหภูมิของแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์และน้ำดิน เพื่อหาค่าที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปโดยวิธีการหล่อแบบ
3. ทำการศึกษาและทดลองหาค่าการก่อตัวของน้ำดิน (Rate of Casting) ในอุณหภูมิที่แตกต่างกัน

**ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์**

1. นำผลการวิจัยมาใช้ในสถานศึกษาและโรงงานเซรามิกส์ที่มีการขึ้นรูปด้วยการหล่อแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต
2. เพื่อเป็นแนวทางสำหรับนักศึกษาและผู้ประกอบการในการวิจัยและพัฒนาต่อไป

**ทฤษฎี สมมติฐาน หรือกรอบความคิดของโครงการวิจัย**

อุณหภูมิที่แตกต่างกันในแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์และในน้ำดิน ย่อมมีผลต่อการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อแบบ ระดับอุณหภูมิใดที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการผลิตได้ดีที่สุด

**วิธีการศึกษาวิจัย**

การศึกษาวิจัยตามโครงการนี้ ดำเนินการศึกษาวิจัยตามแนวทางการศึกษาวิจัยเชิงทดลองปฏิบัติการ โดยมีส่วนสนับสนุนการวิจัยดังนี้

1. ด้านสถานที่ ดำเนินการศึกษาวิจัยในโรงปฏิบัติงานเซรามิกส์ ของภาควิชาศิลปอุตสาหกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
2. ด้านครุภัณฑ์การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้จัดสร้างอุปกรณ์อบแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์และน้ำดิน เครื่องวัดการไหลตัวของน้ำดิน,แบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ , เวอร์เนียดิจิตอล, เทอร์โมมิเตอร์, เครื่องวัดความถ่วงจำเพาะ
3. ด้านอุปกรณ์การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ดำเนินการจัดหาวัสดุ เช่น ดินสำเร็จรูปชนิดต่าง ๆ เพื่อทำน้ำดินสำหรับทดลองปฏิบัติการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2

## ข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

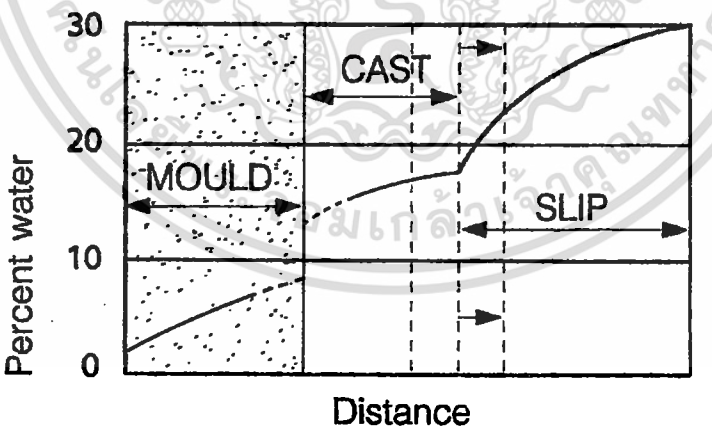
การศึกษาวิจัยโครงการ "การศึกษาอุณหภูมิของแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์และน้ำดินที่มีผลต่อการขึ้นรูปเซรามิกส์ ด้วยวิธีการหล่อแบบ" โดยดำเนินการศึกษาและค้นคว้าข้อมูลด้านต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับการขึ้นรูปด้วยการหล่อแบบ
2. ข้อมูลคุณสมบัติของปูนปลาสเตอร์ที่ใช้ในการทำแบบพิมพ์
3. ข้อมูลของน้ำดินที่ใช้ในการหล่อแบบ

**ข้อมูล**

1. ข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับการขึ้นรูปด้วยการหล่อแบบ

ทฤษฎีการหล่อแบบ น้ำดิน (Slip) ที่เทลงในแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ ประกอบด้วยน้ำประมาณ 20 – 25 % น้ำดินซึ่งประกอบด้วยน้ำและส่วนประกอบของดิน โดยเฉพาะส่วนที่เป็นน้ำจะถูกแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ดูดด้วยแรงพรุนตัว เกิดปฏิกิริยาที่เรียกว่า ฟลอคคูเลชั่น(Fliculation) คือ การเกาะตัวของน้ำดิน โดยน้ำดินบริเวณที่ติดกับผิวของแบบพิมพ์จะข้นขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งจะเหลือแต่เนื้อดินสะสมที่ผิวแบบพิมพ์เรื่อย ๆ จนกลายเป็นผนังของผลิตภัณฑ์ ความหนาของผนังผลิตภัณฑ์จะหนามากขึ้นตามเวลาที่ผ่านไป แบบพิมพ์ที่ดูดน้ำในน้ำดินก็จะชื้นมากขึ้นตามไปด้วย ( รูป 2-1 )




รูป 2 – 1 Moisture distribution during drain casting at a specific time after pouring

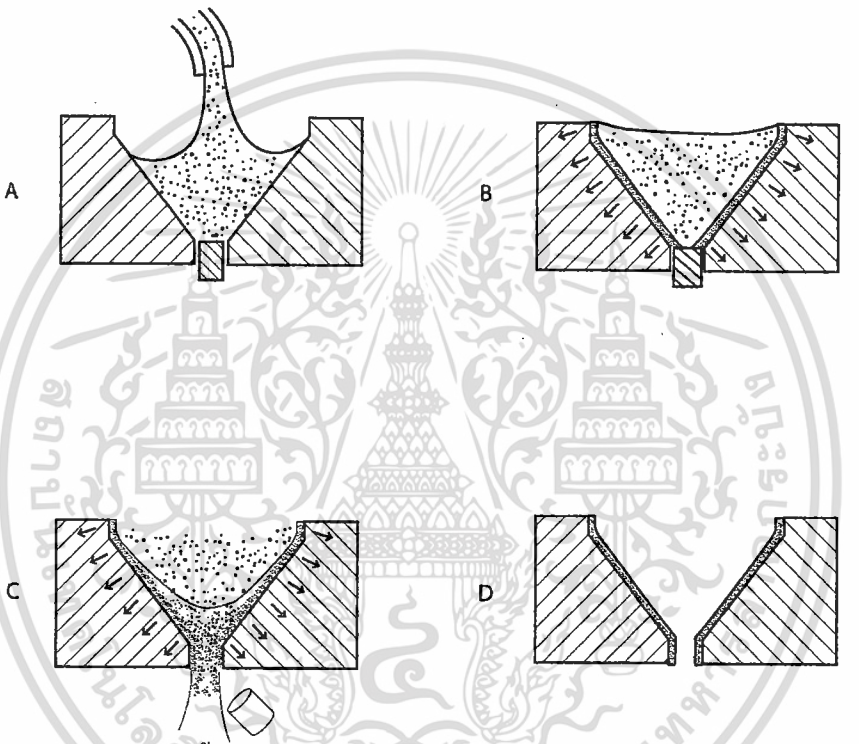
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**การขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อแบบโดยแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ**

1. การหล่อแบบกลวง หรือเทออก (Drain or Hollow Casting)

2. การหล่อแบบตัน (Solid Casting)

1. การหล่อแบบกลวง (Drain or Hollow Casting) คือการหล่อแบบโดยการเทน้ำดิน (Slip) ลงในแบบพิมพ์จนเต็ม จากนั้นแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์จะดูดน้ำจากน้ำดินและจับตัวเป็นชั้นดิน ที่บริเวณผิวของแบบพิมพ์ และจะหนาขึ้นเรื่อย ๆ ตามระยะเวลาการหล่อ จนกระทั่งได้ความหนาของชิ้นงานที่ต้องการ จึงทำการเทน้ำดินออก การเทน้ำดินออกจากแบบพิมพ์สามารถเทออกจากด้านบน และถ่ายออกจากด้านล่างของแบบพิมพ์ ถ้าชิ้นงานที่ออกแบบมีขนาดใหญ่ (รูป 2 – 2)




รูป 2 - 2 แสดงขั้นตอนการหล่อแบบกลวงหรือเทออก (Drain or Hollow Casting) โดยถ่ายน้ำดินออกทางด้านล่างของแบบพิมพ์

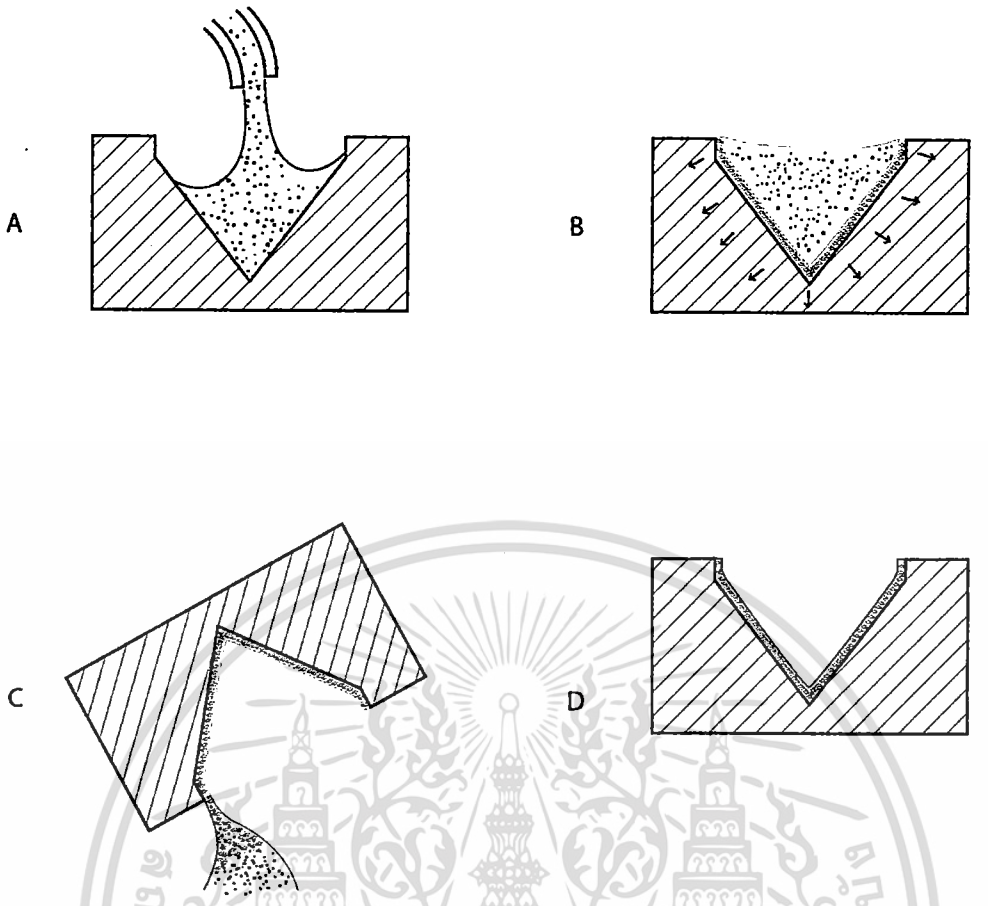
รูป A เทน้ำดินที่มีการปรับสภาพเรียบร้อยแล้วลงในแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์

รูป B ทิ้งไว้ในระยะเวลาหนึ่ง น้ำดินจะกลายเป็นเนื้อดินจับตัวที่ผิวของแบบพิมพ์ เป็นผนังหนาขึ้นเรื่อย ๆ ตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น

รูป C เมื่อได้ความหนาที่ต้องการจะทำการถ่ายน้ำดินออกทางด้านล่างของแบบพิมพ์

รูป D ทิ้งไว้จนเนื้อดินที่อยู่ในแบบพิมพ์หมาดและทรงตัวอยู่ได้ โดยเนื้อดินจะร่อนออกจากแบบพิมพ์ จึงทำการแกะออกจากแบบพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูป 2 - 3 แสดงขั้นตอนการหล่อแบบกลวง (Drain or Hollow Casting)
โดยเทน้ำดินออกทางด้านบนของแบบพิมพ์

รูป A เทน้ำดินที่มีการปรับสภาพเรียบร้อยแล้วลงในแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์

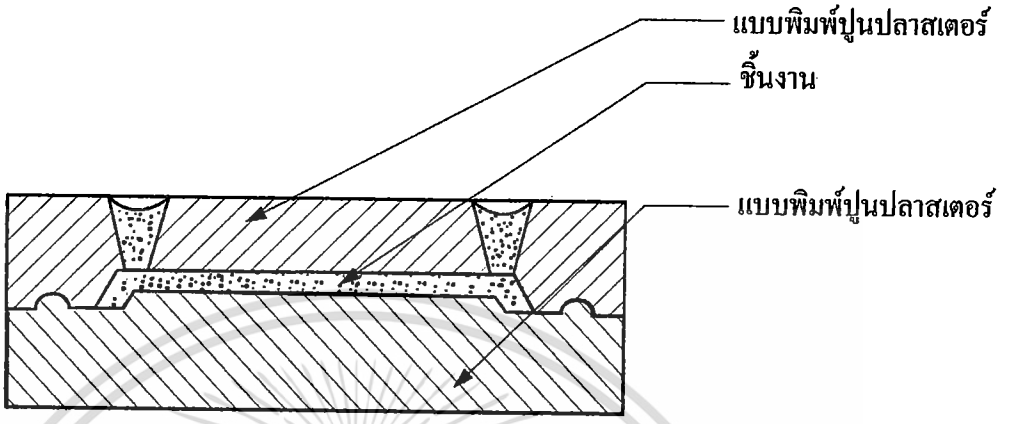
รูป B ทิ้งไว้ในระยะเวลาหนึ่ง น้ำดินจะกลายเป็นเนื้อดินจับตัวที่ผิวแบบพิมพ์ เป็นผนังหนาขึ้นเรื่อย ๆ ตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น

รูป C เมื่อได้ความหนาที่ต้องการจะทำการเทน้ำดินออกจากแบบพิมพ์ ในกรณีนี้เทออกทางด้านบนของแบบพิมพ์

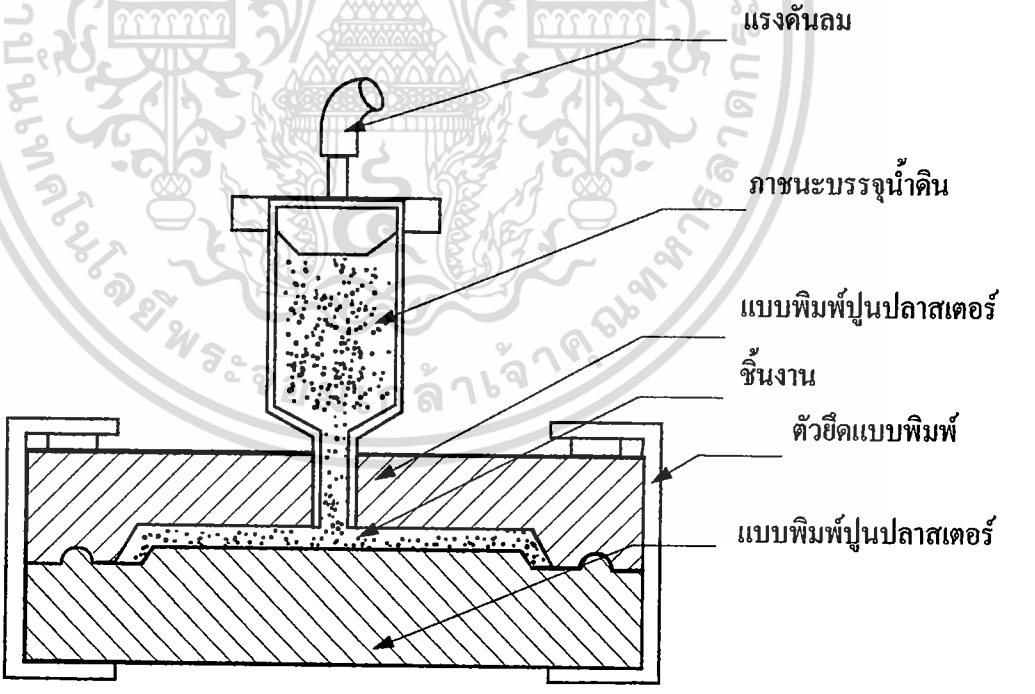
รูป D ทิ้งไว้จนเนื้อดินหมาด และทรงรูปอยู่ได้ โดยเนื้อดินจะร่อนออกจากแบบพิมพ์ จึงทำการแกะออกจากแบบพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การหล่อแบบตัน (Solid casting) คือการหล่อแบบโดยการเทหรืออัดน้ำดินเข้าไป จนเต็มในแบบพิมพ์โดยไม่มีการเทออกให้เนื้อดินแห้งตัวในแบบพิมพ์ อาจจะหล่อโดยใช้ความดันปกติ (รูป 2 – 4) หรือการอัดน้ำดินด้วยแรงดันลม (รูป 2 - 5 )




รูป 2- 4 การหล่อแบบตัน ( Solid casting )
ชนิดใช้แรงดันบรรยากาศปกติ




รูป 2- 5 การหล่อแบบตัน (Solid casting) ชนิดใช้แรงดันลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2. ข้อมูลคุณสมบัติของปูนปลาสเตอร์ที่ใช้ในการทำพิมพ์**

ปูนปลาสเตอร์เป็นวัตถุดิบในการทำแบบพิมพ์สำหรับหล่อน้ำดิน ผลิตมาจากแร่ยิบซั่ม (Gypsum) $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ โดยการคั่วที่อุณหภูมิ 105° – 160° C วัสดุนี้ได้ใช้สำหรับทำแบบพิมพ์มาแต่โบราณ ประมาณ 150 - 200 ปี ด้วยมีคุณสมบัติพิเศษที่มีลักษณะเด่น และมีประโยชน์หลายประการ เช่น

- สามารถเก็บรายละเอียดของชิ้นงานที่หล่อแบบได้ดี
- แบบพิมพ์ที่ผลิตขึ้นจากปูนปลาสเตอร์จะมีผิวเรียบและคงทน
- ปูนปลาสเตอร์มีรูพรุนตัวในเนื้อแบบพิมพ์ ที่สม่ำเสมอ ไม่ยึดติดผนังของผลิตภัณฑ์ที่หล่อ
- สามารถคงทนต่อคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพเป็นเวลานาน
- ราคาถูกใช้ได้ง่ายวิธีการใช้ไม่สลับซับซ้อน

ปูนปลาสเตอร์นอกจากใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์แล้ว ยังใช้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ อีก เช่น ทำปุ๋ยในงานเกษตรกรรม , ทำแบบงานทางสถาปัตยกรรม , อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ , อุปกรณ์ฉนวนไฟฟ้า ฯลฯ

**ชนิดของปูนปลาสเตอร์**

ปูนปลาสเตอร์ที่ใช้ในการทำแบบพิมพ์ มี 2 ชนิด คือ

1. ปูนปลาสเตอร์ชนิดเบต้า (β)
2. ปูนปลาสเตอร์ชนิดอัลฟา (α)

1. ปูนปลาสเตอร์ชนิดเบต้า (β)

เป็นปูนปลาสเตอร์ที่ใช้งานทั่วไปมีสีขาว ราคาถูก ใช้ในงานสร้างโมเดลต้นแบบและแบบพิมพ์ใช้งาน (Working mould)

2. ปูนปลาสเตอร์ชนิดอัลฟา (α)

เป็นปูนปลาสเตอร์ที่ใช้เฉพาะด้าน มีราคาแพงกว่าปูนเบต้าหลายเท่า เนื้อปูนหลังผสมน้ำแข็งแกร่งโดยทั่วไปมีสีขาว แต่บริษัทผู้ผลิตจะผสมสีต่าง ๆ เพื่อให้เกิดความแตกต่างในการจำหน่าย และการใช้งาน ปูนชนิดนี้ใช้ทำแม่พิมพ์ (Case mould)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**คุณสมบัติทางกายภาพของปูนปลาสเตอร์**

เมื่อหามาตรฐานของปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสม เวลาในการคน ความแข็ง การดูดซึมน้ำ ซึ่งขั้นตอนทั้ง 4 อย่าง จะมีความสัมพันธ์กัน เช่น ถ้าผสมปริมาณน้ำมากเกินไป ก็ทำให้เวลาในการคนยืดออกไป ความแข็งแกร่งน้อย แม่พิมพ์บิ่นหักง่าย ถึงแม้จะดูดซึมน้ำได้ดี แต่ถ้าปริมาณน้ำมีน้อยเกินไป เวลาในการคนจะสั้น แข็งตัวเร็ว ปูนกับน้ำยังไม่เข้ากันดี ความแข็งแกร่งมีมากแต่การดูดซึมน้ำน้อย ทำให้รอบในการหล่อน้อย จึงต้องหาปริมาตรที่เหมาะสม ตารางต่อไปนี้เป็นตัวอย่างของการตรวจสอบปูนปลาสเตอร์หลายยี่ห้อ โดยกำหนดอุณหภูมิเพียงจุดเดียว คือ 28° C หากใช้น้ำที่อุณหภูมิต่ำกว่านี้ระยะเวลาในการคนก็จะนานขึ้น โดยทดลองคนปูนปลาสเตอร์ด้วยเวลาตามตาราง แล้วค่อยเพิ่มเวลา จนกว่าจะได้เวลาที่เหมาะสม ทั้งนี้คุณภาพของปูนก็มีผลด้วยหากเป็นปูนปลาสเตอร์เก่า การแข็งตัวอาจเร็วหรือช้ากว่าปกติ

**ประเมินคุณสมบัติของปูนปลาสเตอร์ ***

| ชนิดของปูน | น้ำหนัก (กรัม) | ปริมาตร (ซี.ซี.) | ปริมาณน้ำ/ปูน (%) | ระยะเวลาในการคน (นาที) | เส้นผ่าศูนย์กลาง (ม.ม.) | ความแข็งต่อการหัก(กก./ซม²) | การดูดซึมน้ำ (กรัม/ซม²) วินาที |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| สยาม | 132 | 155 | 76 | 3.3 | 112 | 28 | 0.45 |
| T.G. | 135 | 135 | 74 | 3.2 | 115 | 25 | 0.58 |
| มือ | 139 | 155 | 82 | 3.0 | 130 | 26 | 0.54 |
| ใบโพธิ์ | 148 | 155 | 67 | 3.0 | 120 | 36 | 0.41 |
| เยอรมันหิน | 214 | 210 | 47 | 4.0 | 122 | 61 | 0.19 |
| สยาม85%+ ปูนหิน 15% | 220 | 200 | 45 | 3.0 | 122 | 34 | 0.23 |
| สยาม70%+ ปูนหิน 30% | 150 | 170 | 65 | 3.0 | 110 | 36 | 0.44 |

*คู่มือการผลิตเครื่องใช้เซรามิกส์บนโต๊ะอาหารศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผา มูลนิธิเพื่อส่งเสริมอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**การคำนวณหาปริมาตรน้ำ และปูนปลาสเตอร์**

การผสมปูนปลาสเตอร์โดยทั่วไปเรามักใช้สายตากะประมาณปริมาตรน้ำและปูนปลาสเตอร์ ซึ่งบางครั้งมักจะขาดหรือมากเกินไป ทำให้เกิดความเสียหายและสิ้นเปลืองต้องทิ้งปูนที่ผสมแล้วทิ้งไปบ่อย ๆ วิธีการคำนวณเพื่อให้ได้ปริมาตรพอดีกับการใช้งาน คือต้องคำนวณปริมาตรปูนปลาสเตอร์ที่ผสมแล้วพอดีกับปริมาตรที่จะเท เช่น

คำนวณหาปริมาตรรูปทรงกระบอก สูตร รัศมี x รัศมี x สูง x 3.14 = ปริมาตรของปูนปลาสเตอร์

ปริมาตรรูปสี่เหลี่ยม สูตร กว้าง x ยาว x สูง = ปริมาตรของปูนปลาสเตอร์

ปริมาตรรูปทรงสามเหลี่ยม สูตร ½ x ฐาน x สูง = ปริมาตรของปูนปลาสเตอร์

เมื่อได้ปริมาณของปูนปลาสเตอร์นำมาเทียบบัญญัติไตรยางศ์

ตัวอย่าง ต้องการเทปูนปลาสเตอร์ลงในกล่องขนาด กว้าง x ยาว x สูง

ปริมาตร 10 ซม. x 10 ซม. x 10 ซม. = 1000 กรัม

เปอร์เซ็นต์ของน้ำที่ใช้ผสม 70 %

ปูน 100 กรัม ใช้น้ำ 70 กรัม

ปูน 1000 กรัม ใช้น้ำ $\frac{70 \times 1000}{100}$

ปริมาณน้ำ = 700 กรัม

แต่บางครั้งรูปทรงหรือปริมาตรที่เราจะเทปูนปลาสเตอร์อาจไม่ใช่สี่เหลี่ยมหรือทรงกระบอกที่ชัดเจน เราควรอ้างอิงทรงอื่นที่ใกล้เคียงในการคำนวณหาปริมาตร แล้วทำการเผื่อปริมาณทั้งน้ำและปูนเพิ่มจากการคำนวณได้อีก 3 – 5 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผสมปูนปลาสเตอร์เพื่อใช้ทำแบบพิมพ์ จะคำนึงถึงองค์ประกอบต่าง ๆ เพื่อให้ได้แบบพิมพ์ที่มีคุณสมบัติที่ดี ดังต่อไปนี้

1. คุณภาพของน้ำที่ใช้ จะต้องเป็นน้ำที่สะอาดปราศจากสิ่งเจือปน และควรเป็นน้ำที่มีอุณหภูมิสม่ำเสมอ

2. ภาชนะที่ใช้ผสมและกวนปูนปลาสเตอร์ จะต้องทำความสะอาดหมดจดทุกครั้งที่ใช้งานเสร็จ หากมีเศษปูนที่แข็งตัวแล้วติดอยู่และหลุดเข้าไปผสมกับปูนปลาสเตอร์ที่ผสมใหม่ จะทำให้มีผลต่อการปฏิกิริยาการเกิดผลึกยิบซั่มผิดปกติไปได้

3. อัตราส่วนผสมระหว่างน้ำกับปูนปลาสเตอร์สำคัญมาก สำหรับค่าดูดซึมน้ำ และค่าความแข็งแกร่งของแบบพิมพ์ที่จะได้รับ กล่าวคือ ถ้าใช้น้ำผสมมากขึ้น ก็จะทำให้ค่าดูดซึมน้ำสูงขึ้นแต่ความแข็งแกร่งจะลดลง และถ้าใช้น้ำผสมน้อยลงก็จะได้ผลในทางตรงกันข้าม ดังนั้นเราจึงควรทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมกับปูนปลาสเตอร์จากแหล่งที่ซื้อ หรือผลิต และพิจารณาประกอบกับขนาดของแบบที่จะใช้งานด้วย

4. ในวิธีการผสมที่ดีนั้น ก่อนทำการกวนให้เข้าด้วยกันนั้น ควรโรยปูนปลาสเตอร์ลงในน้ำ และปล่อยให้แช่อยู่ในน้ำ นานประมาณ 2 – 4 นาที เพื่อให้ปูนเปียกน้ำโดยทั่วถึงก่อน

5. การกวนผสม ระยะเวลาที่ใช้จะมีผลต่อความแข็งแกร่งของแบบพิมพ์ได้ กล่าวคือ หากกวนนานขึ้นก็จะทำให้ความแข็งแรงของแบบพิมพ์สูงขึ้น แต่มีจุดหนึ่งซึ่งถ้ากวนนานเกินไปแล้ว ให้ความแข็งลดลงอีก โดยปกติแล้ว ระยะเวลาการกวนที่เหมาะสมสำหรับผลิตแบบพิมพ์หล่อจะอยู่ประมาณ 2 – 5 นาที ก็จะเกิดเป็นลักษณะของน้ำปูนเป็นครีมข้นเล็กน้อยพร้อมที่จะเทลงในแม่แบบได้ การกวนผสมที่ได้มาตรฐาน และไม่มีฟองอากาศ ในเนื้อปูนปลาสเตอร์ นิยมกวนผสมโดยใช้เครื่องผสมปูนระบบสุญญากาศ

การเรียกอัตราส่วนผสมระหว่างน้ำปูนกับปูนปลาสเตอร์นี้ มักจะบอกเป็นจำนวนส่วนของน้ำต่อ 100 ส่วนของปูนปลาสเตอร์โดยน้ำหนัก ค่าตัวเลขนี้มีชื่อเรียกว่า คอนซีสเทนซี (Consistency) ตัวอย่างเช่นในแบบพิมพ์ปลาสเตอร์สำหรับงานหล่อผลิตภัณฑ์มักจะมีคอนซีสเทนซี ระหว่าง 65 – 75 หมายถึงอัตราส่วนผสมมีน้ำ 65 – 75 ต่อปูนปลาสเตอร์ 100 ส่วน โดยน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3. ข้อมูลของน้ำดินที่ใช้ในการหล่อแบบ**

น้ำดิน (Slip) ที่ใช้ในการหล่อแบบ นับว่าเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการขึ้นรูปด้วยการหล่อแบบ น้ำดินที่ใช้หล่อแบบเป็นการนำส่วนผสมของดินผสมกับน้ำ และเทลงในแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ วิธีนี้ได้ใช้มานานร่วม 150 ปี ในสมัยก่อนยังไม่มีสารเคมีที่ใช้ในการปรับสภาพน้ำดิน ทำให้ในน้ำดินมีน้ำมากถึง 40 – 60 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เมื่อหล่อแบบแล้วผลิตภัณฑ์จะเกิดปัญหาหดตัวสูง และเกิดการแตกร้าวมาก ต่อมาได้มีการพัฒนาน้ำดินโดยการเติมสารเคมี เช่น โซดาแอช (Soda ash) หรือโซเดียมคาร์บอเนต และโซเดียมซิลิเกต และมีการศึกษาเรื่องสารเคมีที่ช่วยให้การลอยตัวของน้ำดินที่เรียกว่า ดีฟลอคคูแลนท์ (Deflocculant) เพื่อให้ได้น้ำดินมีการลอยตัวที่ดีสม่ำเสมอ โดยพื้นฐานน้ำดินที่ดี จะต้องมีการเตรียมน้ำดินที่ใช้น้ำน้อย และมีคุณสมบัติ การไหลตัวที่ดีที่สุด

การกระจายตัว (Deflocculant) ในการเตรียมน้ำดิน มีข้อควรคำนึงถึงอยู่ประการหนึ่ง เนื่องจากผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ มีเนื้อดินที่ใช้สำหรับขึ้นรูปอยู่หลายชนิด จึงทำให้ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมน้ำดินก็จะแปรเปลี่ยนไปด้วย ดังนั้นการใช้สารเคมีในน้ำดินจะเปลี่ยนไปด้วยเช่นกัน ข้อสำคัญในการทำให้น้ำดินมีคุณสมบัติที่ดี จะต้องมีการทดลองเสมอ

ตัวอย่างในทางทฤษฎีการเตรียมน้ำดินจะมีปริมาตรของน้ำดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| น้ำดินสโตนแวร์ | มีเปอร์เซ็นต์น้ำ | 20 – 22 |
| น้ำดินเอิร์ทเทนแวร์ | มีเปอร์เซ็นต์น้ำ | 22 – 28 |
| น้ำดินฮาร์ดปอร์ซเลน | มีเปอร์เซ็นต์น้ำ | 28 – 30 |
| น้ำดินโบนไชน่า | มีเปอร์เซ็นต์น้ำ | 35.5 |

ส่วนตัวช่วยในการกระจายตัว คือ โซดาแอช หรือโซเดียมคาร์บอเนต และโซเดียมซิลิเกท ซึ่งจะต้องมีการทดลองโดยเริ่มจาก ปริมาณที่ผสมในน้ำดินแตกต่างกันออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการหล่อน้ำดิน***

1. ปัจจัยจากแคลเซียมซัลเฟต ได้รับการศึกษาแล้วว่าการเกาะตัวของเนื้อดินที่ผิวของพิมพ์ปูนปลาสเตอร์เป็นอิทธิพลของพิมพ์ปูน การนำวัสดุพรุนอย่างอื่นเข้ามาแทนที่จะให้ผลได้ดีไม่เท่ากับการใช้ปูนปลาสเตอร์

2. การดูดน้ำจากเนื้อดินขึ้นกับความพรุนตัวของเนื้อปูนปลาสเตอร์

3. อัตราที่น้ำจะผ่านชั้นของน้ำดินขึ้นอยู่กับความละเอียดของอนุภาคดิน ถ้าอนุภาคดินมีความละเอียด น้ำจะผ่านไปยังผิวปูนได้ยากกว่าอนุภาคที่หยาบกว่า

4. การใช้ทำให้ดินลอยตัว (Deflocculant) ได้รับการศึกษาแล้วว่าการเลือกใช้ โซดาแอชกับโซเดียม-ซิลิเกต ให้ผลต่อการหล่อที่แตกต่างกัน โซเดียมคาร์บอเนตจะเป็นตัวที่ทำให้เนื้อดินหลังการหล่อ มีความนุ่มมากกว่าการใช้โซเดียมซิลิเกตเพียงอย่างเดียว ในขณะที่โซเดียมซิลิเกตให้สภาพไหลตัวดีกว่าโซดาแอช แต่เนื้อดินหลังการหล่อแล้วจะแข็งกว่าการใช้โซดาแอช จึงเป็นเรื่องที่ดี ถ้าเราจะทำการใช้ทั้งสองชนิดร่วมกัน

อัตราการหล่อน้ำดินจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแรกเป็นช่วงที่มีการสร้างผนังบาง ๆ ของเนื้อดินขึ้นมาที่ผิวของพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ ช่วงหลังเป็นการเกาะตัวสะสมชั้นดินซึ่งความเร็วของการหล่อน้ำดินจะลดลงตามความหนาของเนื้อดินที่ได้

โดยมีปัจจัยเกี่ยวพันอยู่คือ

1. อัตราส่วนของดิน กับ น้ำ
2. ขนาดของอนุภาคดิน
3. คุณสมบัติของ ตัวทำให้ดินลอยตัว (Deflocculant)
4. ความเป็นกรด – ด่าง ของน้ำดิน

น้ำดินที่มีการปรับสภาพของตัวทำให้ดินลอยตัว (Deflocculant) ไม่ถูกส่วน มักจะเกิดปัญหาต่าง ๆ เช่นการติดของเนื้อดินที่ผิวพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ เป็นต้น

สำหรับการทดสอบน้ำดินนั้น โดยทั่วไปจะทำการทดสอบหลัก ๆ คือ

1. การทดสอบขนาดของอนุภาคเนื้อดิน
2. การวัดค่าความเป็นกรด – ด่างของน้ำดิน
3. การวัดอัตราการหล่อน้ำดิน โดยการนำน้ำดินที่จะทำการทดสอบ ที่ผ่านการตีกวนนาน 2 ชั่วโมง และผ่านตะแกรงขนาด 85 เมช หมักทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง เทลงในพิมพ์ปูนปลาสเตอร์รูปโคนที่มีจุกปิดด้านล่าง เพื่อทำการถ่ายน้ำดินออกเมื่อเวลาผ่านไป 5 ,10 , 20 นาที จากนั้นทำการถอดพิมพ์ ตัดผลิตภัณฑ์ออกในแนวดิ่ง วัดความหนา โดยการเขียนกราฟเวลา – ความหนา จากกราฟนี้ทำให้เราสามารถประมาณเวลาที่เราต้องการได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ความแข็งแรงขณะแห้ง ทำการหล่อน้ำดินในพิมพ์รูปแท่งสี่เหลี่ยม ทิ้งนาน 12 ชั่วโมงก่อนที่จะทำการถอดพิมพ์และทิ้งให้แห้งตามปกติ 2 วัน จากนั้น อบแห้งที่อุณหภูมิ 150° C และนำมาวางในโถป้องกันความชื้น (Desicator) เมื่อเย็นแล้วจึงนำมาทดสอบ

5. การหดตัว ทำการหล่อน้ำดินเป็นรูปแผ่นกลมตัน เขียนเส้นยาว 5 ซม. และตรวจสอบการหดตัวของชิ้นทดสอบ



* คู่มือ การผลิตเครื่องใช้เซรามิกส์บนโต๊ะอาหาร ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผามูลนิธิเพื่อส่งเสริมอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจุบันการเตรียมน้ำดินสำหรับสถานศึกษาและผู้ประกอบการขนาดเล็ก – ขนาดกลาง มีความสะดวกมากขึ้น เนื่องจากมีการใช้ดินสำเร็จรูปจากบริษัทที่ผลิตเนื้อดินปั้นซึ่งมีหลายบริษัท เราสามารถขอข้อมูลสำหรับการเตรียมน้ำดิน ให้มีคุณสมบัติที่ดีในการหล่อแบบได้ตามความต้องการของผู้ใช้

ตัวอย่างเช่น การเตรียมน้ำดินคอมพาวด์เคลย์ * ชนิดดินสโตนแวร์สำหรับงานหล่อแบบ

**การเตรียมน้ำดินคอมพาวด์เคลย์สำหรับงานหล่อแบบ***

1. เตรียมดินคอมพาวด์เคลย์ 100 กก. หรือ 2 ถุง (มีน้ำอยู่ในดินประมาณ 20 %)

2. กวนน้ำ 14 – 17 กก. กับสารละลายโซเดียมซิลิเกทที่เตรียมเอาไว้ให้เข้ากันดี นำมาผสมกับดินที่เตรียมไว้ กวนให้เนื้อดินละลายจนหมด

3. ตรวจสอบ ถพ. น้ำดิน ให้อยู่ในช่วง 1.70 – 1.80

4. ตรวจดูความหนืดว่าสามารถที่จะใช้หล่อได้หรือไม่ ถ้ารู้สึกว่าหนืดมากเกินไป ให้เติมสารละลายโซเดียมซิลิเกตได้อีก จนถึงปริมาณมากสุดที่กำหนดไว้ในตาราง แต่ถ้า ถพ. น้ำดินเกิน 1.80 ให้พิจารณาเติมน้ำเพียงอย่างเดียวก่อน จากนั้นจึงปรับความหนืดของน้ำดินอีกครั้งหนึ่ง ความหนืดที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 2 – 4 พอยส์

5. เมื่อได้น้ำดิน ถพ. 1.70 -1.80 และมีสภาพที่เหมาะสมกับการเทแบบแล้ว จึงเทผ่านตะแกรง 80 เมช เพื่อกันเศษดินก้อนเล็ก ๆ ไม่ให้ปนกับน้ำดินก่อนการใช้งาน

ตารางการผสมและปริมาณการใช้สารละลายโซเดียมซิลิเกตในดินคอมพาวด์เคลย์ทุกชนิด

| ชนิดโซเดียมซิลิเกต | ความเข้มข้น | อัตราส่วนโซเดียมซิลิเกต ต่อน้ำ | ปริมาณการใช้ต่อดิน 100กก. |
|---|---|---|---|
| ความเข้มข้นมาก | 59 – 60 โบเม่ | 2 ต่อ 1 | 280 – 500 กรัม<br>หรือ 0.28 – 0.50 % |
| ความเข้มข้นน้อย | 42 – 43 โบเม่<br>ถพ. 1.40 – 1.42 | - | 280 – 600 กรัม<br>หรือ 0.28 – 0.60 % |

<u>หมายเหตุ</u> ควรใช้สารละลายโซเดียมซิลิเกตในปริมาณที่น้อยก่อน เมื่อปรับ ถพ. น้ำดินได้แล้ว จึงมาปรับปริมาณโซเดียมอีกครั้งหนึ่ง มิฉะนั้นน้ำดินจะตกตะกอนเพราะปริมาณโซเดียมซิลิเกตมากเกินไป

* ข้อมูล บริษัทคอมพาวด์เคลย์จำกัด 9/7 นิคมอุตสาหกรรมบางชัน ถ.สุขาภิบาล 2 บางกะปิ กรุงเทพมหานคร 10230

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3

## การดำเนินการศึกษาวิจัย

การดำเนินการศึกษาวิจัยตามโครงการนี้ เป็นการศึกษาวิจัยในระดับห้องปฏิบัติการทดลองเพื่อนำผลสรุปจากการศึกษาวิจัยเสนอเป็นแนวทางในการผลิตและการศึกษาทางเซรามิกส์ต่อไป

จากสมมุติฐานหรือกรอบความคิดของโครงการวิจัยที่ตั้งไว้ว่า อุณหภูมิที่แตกต่างกันในแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ และในน้ำดินย่อมมีผลต่อการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อแบบ ระดับอุณหภูมิใดที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการผลิตได้ดีที่สุด

**การศึกษาวิจัยประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้**

1. ขั้นตอนการทำแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ (Plaster mold)
2. ขั้นตอนการเตรียมน้ำดินสำหรับหล่อแบบ (Casting Slip)
3. ขั้นตอนการทดลอง
4. ขั้นตอนการสรุปผลการทดลอง

**1. ขั้นตอนการทำแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ (Plaster mold)**

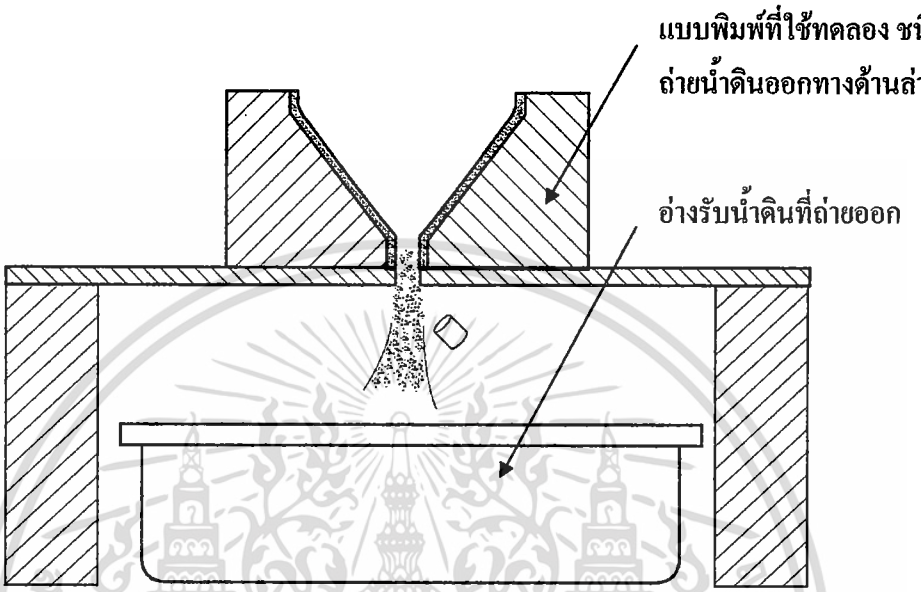
ขั้นตอนการทำแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์สำหรับทดลองนี้ แบ่งออกเป็นการเลือกปูนปลาสเตอร์สำหรับทำแบบพิมพ์และการทำแบบพิมพ์

1.1 ปูนปลาสเตอร์สำหรับทำแบบพิมพ์ใช้ปูนปลาสเตอร์ตรามือ ของบริษัท ไทยฮงยะปูนปลาสเตอร์ ซึ่งมีคุณสมบัติจากการทดลองผสมดังต่อไปนี้

| ชนิดของปูน | น้ำหนัก (กรัม) | ปริมาตร (ซี.ซี.) | ปริมาณน้ำ/ปูน (%) | ระยะเวลาในการคน (นาที) | ความแข็งต่อการหัก (กก/ซม²) | การดูดซึมน้ำ (กรัม/ซม²) / วินาที |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ตรามือ | 139 | 155 | 82 | 3.0 | 26 | 0.54 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบพิมพ์ที่ใช้สำหรับทดลองเป็นแบบพิมพ์แบบเทออก (Drain or Hollow Casting) โดยถ่ายน้ำดินออกทางด้านล่าง การออกแบบแบบพิมพ์ลักษณะนี้เพื่อความสะดวกในการถ่ายน้ำดินออกจากแบบพิมพ์ ทำให้สามารถจับเวลาในการถ่ายน้ำดินออกได้แม่นยำถูกต้อง มากกว่าการถ่ายน้ำดินโดยการรินออกจากด้านบนแบบพิมพ์ ( รูป 3 - 2 )




รูป 3 - 2 แสดงการทดลองการหล่อแบบเทออก (Drain or Hollow Casting)
โดยถ่ายน้ำดินออกทางด้านล่างของแบบพิมพ์

สำหรับการผสมปูนปลาสเตอร์ใช้เครื่องผสมสุญญากาศ โดยมีอัตราส่วนผสมและระยะเวลาในการกวนตาม ตารางข้อ 1.1 เพื่อให้ได้แบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ที่มีคุณสมบัติสม่ำเสมอทุกชนิดที่ใช้ทดลอง

ขนาดสัดส่วนของแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ ที่ใช้ทดลองหล่อแบบเป็นรูปโคน มีจุกปิดด้านล่าง เพื่อทำการถ่ายน้ำดิน (ดูแบบรูป Top view รูป Section view และรูปฉายได้จากตารางรูปที่ 5 – 9, 5 - 10)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2. ขั้นตอนการเตรียมน้ำดินสำหรับหล่อแบบ (Casting Slip)**

การเตรียมน้ำดินสำหรับหล่อแบบมีส่วนสำคัญในการทดลองเพราะจะต้องเตรียมน้ำดินให้ได้มาตรฐาน มีความคงที่ และสม่ำเสมอ ซึ่งอาจเรียกว่า เป็นการควบคุมคุณภาพน้ำดินซึ่งประกอบด้วย

2.1 ความถ่วงจำเพาะ (Specifie Gravity)

2.2 การไหลตัวหรือความหนืด (Viscosity)

2.3 อุณหภูมิของน้ำดิน (Slip Temperature)

2.1 ความถ่วงจำเพาะ เป็นค่าที่บอกให้ทราบว่าในน้ำดินปริมาตรหนึ่ง มีเนื้อดินอยู่มากน้อยเพียงใด แสดงถึงความข้นของน้ำดิน โดยที่ถ้าน้ำดินมีค่าความหนาแน่นสูงย่อมมีความข้นกว่าน้ำดินที่มีความหนาแน่นต่ำการหาค่าความหนาแน่นของน้ำดินหาได้ 2 แบบคือ

- วัดความถ่วงจำเพาะโดยใช้เครื่องมือเป็นหลอดแก้ว นำไปลอยในน้ำดิน แล้วอ่านค่าตามระดับการจมของหลอดแก้ว เครื่องมือชนิดนี้เรียกว่า ไฮโดรมิเตอร์ วัดค่าตามระดับที่อ่านได้ มีหน่วยเป็นโบเม่ (Be') ซึ่งวิธีนี้ทำได้ง่าย และสะดวก แต่มีค่าความผิดพลาดสูง เนื่องจากการจมของหลอดแก้วอาจไม่เที่ยงตรง

- การชั่งน้ำหนัก ใช้กระบอกตวงหรือขวด จะใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า Pyenometer ที่มีปริมาตร 50 มิลลิลิตร นำมาชั่งน้ำหนักขวดไว้ ใส่น้ำดินที่ต้องการหาความถ่วงจำเพาะลงในขวด นำมาชั่งน้ำหนัก จะได้น้ำหนัก น้ำ + น้ำหนักน้ำดิน ซึ่งเราจะทราบน้ำหนักดิน โดยนำน้ำหนักขวดที่ชั่งไว้ในตอนแรกมาหักออก

$$\text{สูตรความถ่วงจำเพาะ} = \frac{\text{น้ำหนัก (มวล)}}{\text{ปริมาตร}}$$ นิยมใช้หน่วย กรัมต่อ ลบ.ซม. (gm/cc.)

ตัวอย่างวิธีหาความถ่วงจำเพาะของน้ำดิน และวิธีทำขวดหาความถ่วงจำเพาะ

1. ชั่งหาน้ำหนักของภาชนะที่ใช้ทดสอบ = W1
2. เติมน้ำลงในภาชนะให้ได้ปริมาตรที่กำหนด
3. ชั่งน้ำหนักของน้ำที่บรรจุในภาชนะตามข้อ 2 = W2
4. เทน้ำออกจากภาชนะที่ใช้ทดสอบ จากนั้นเติมน้ำดิน (Slip) ที่กวนเข้ากันดีแล้ว ใส่ลงในภาชนะให้เท่ากับปริมาตรของปริมาตรน้ำที่เติมในข้อ 2
5. ชั่งน้ำหนักของน้ำดิน ตามข้อ 4 = W3

จะได้ความถ่วงจำเพาะของน้ำดิน = $\frac{W3 - W1}{W2 - W1}$

67378

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การไหลตัวและความหนืด (Vixcosity)

เป็นการวัดความสม่ำเสมอของน้ำดิน ซึ่งมีค่าค่าหนึ่งต่อการต้านทานการไหลตัวของน้ำดิน ความหนืดจึงมีผลต่อการไหลตัวของน้ำดิน ส่งผลกระทบต่องานหล่อแบบ เพราะว่าจะต้องมีการเทน้ำดินลงในแบบพิมพ์และเทน้ำดินส่วนเกินออกจากแบบพิมพ์ หลังจากได้ความหนาของชิ้นงานตามต้องการ ถ้าการไหลตัวไม่ดีอาจเกิดปัญหาอื่น ๆ ตามมา

การไหลตัวหรือความหนืด มักหาโดยเครื่องมือ 2 ชนิด คือ

1. Brookfield Vixcosity วัดความหนืดในหน่วยของพอยซ์ (Poise) หรือเซนติพอยซ์ (Centipoise) การวัดค่าสามารถเปลี่ยนรอบหมุนของเข็ม ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแรงเฉือนได้

2. Gallenkamp Vixcometer วัดความหนืด เป็นค่าองศาที่หมุนกลับเกินรอบที่บิด เริ่มต้น 1 รอบ (360 องศา) หรือ Overswing โดยอัตราการหมุนของตุ้มน้ำหนักที่ใช้ถูกกำหนดโดยเส้นลวดมาตรฐาน

การดูตามสัมพันธ์ของการไหลตัวของน้ำดิน ปริมาตรหนึ่งเทียบกับเวลา ดูการไหลตัวโดยการจับเวลา เทียบกับปริมาตรที่ใช้ในการไหลตัว

<u>เวลาในการไหลตัว</u>

| STONEWARE | EARTHENWARE | PLASTIC RED BODY |
|---|---|---|
| 25 – 32 วินาที | 28 – 33 วินาที | 7.5 – 9.0 วินาที |
| Sp.gr. 1.75<br>องศา 280 – 300<br>Thixo 80 – 100 | Sp.gr. 1.75<br>องศา 280 – 300<br>Thixo 60 – 70 | Sp.gr. 1.75<br>องศา 280 – 300<br>Thixo 60 – 70 |

2.3 อุณหภูมิของน้ำดิน (Slip Temperature)

การหล่อแบบตามโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็ก – กลาง และในโรงปฏิบัติงานตามสถานศึกษามักจะใช้น้ำดินตามสภาพอุณหภูมิในโรงงานปฏิบัติงาน ตามสถานศึกษามักจะใช้น้ำดินตามสภาพอุณหภูมิในโรงงานปฏิบัติงาน ซึ่งการทดลองอุณหภูมิน้ำดินอยู่ในช่วง 30° – 31° C

การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำดิน ทำได้โดยใส่น้ำดินในภาชนะโลหะ วางในน้ำร้อน กวนให้น้ำดินมีอุณหภูมิสม่ำเสมอ เทลงในแบบพิมพ์ตามตัวอย่างการทดลอง โดยใช้ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิน้ำดินประมาณ 40° – 50° C ส่วนการลดอุณหภูมิใช้วิธีการทดลองโดยแช่น้ำดินในตู้เย็น ทำการวัดอุณหภูมิน้ำดินในแต่ละการทดลองโดยใช้ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิที่ 18° – 20° C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3. ขั้นตอนการทดลอง**

การวัดอัตราการหล่อน้ำดิน (Rate of Casting) โดยการนำน้ำดินที่จะทำการทดสอบที่ผ่านการตีกวนนาน 2 ชั่วโมง และผ่านตะแกรงขนาด 85 เมช หมักทิ้งไว้ 24 ชม. เทลงในแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์รูปโคนที่มีจุกปิดด้านล่างเพื่อทำการถ่ายน้ำดินออกเมื่อเวลาผ่านไป 5, 10, 20 นาที

จากนั้นทำการถอดแบบพิมพ์ ตัดผลิตภัณฑ์ออกในแนวดิ่ง (Cross Section) วัดความหนา โดยการเขียนกราฟเวลา – ความหนา จากกราฟนี้ทำให้เราสามารถประมาณเวลาที่เราต้องการได้

การทดลองใช้ระยะเวลาเป็นตัวกำหนดในการทดลองโดยเพิ่มหรือลดอุณหภูมิของแบบพิมพ์ และน้ำดินที่ใช้หล่อ โดยกำหนดการทดลองไว้ดังต่อไปนี้

| การทดลองที่ | อุณหภูมิที่ทดลอง | อุณหภูมิห้องทดลอง (คงที่) | อุณหภูมิเพิ่มหรือลด |
|---|---|---|---|
| 1 | อุณหภูมิแบบพิมพ์ | ✓ | - |
| | อุณหภูมิน้ำดิน | - | ✓ |
| 2 | อุณหภูมิแบบพิมพ์ | - | ✓ |
| | อุณหภูมิน้ำดิน | ✓ | - |
| 3 | อุณหภูมิแบบพิมพ์ | ✓ | - |
| | อุณหภูมิน้ำดิน | ✓ | - |
| 4 | อุณหภูมิแบบพิมพ์ | - | ✓ |
| | อุณหภูมิน้ำดิน | - | ✓ |

รูป 3 -5 แสดงตารางกำหนดการทดลองการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของแบบพิมพ์ และน้ำดิน

เมื่อได้ผลการทดลองจะนำมาวิเคราะห์ โดยเขียนกราฟเวลา การหล่อแบบความหนาของผนังชิ้นงานนำมาเปรียบเทียบในแต่ละตัวอย่าง เพื่อทดลองว่าในการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิของแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์และน้ำดิน มีผลแตกต่างกับการหล่อในอุณหภูมิคงที่ (อุณหภูมิห้องปฏิบัติงาน) มากน้อยเพียงใดในแง่การก่อตัวของน้ำดิน (Rate of Casting) ในระยะเวลาการหล่อแบบที่เท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 3 - 6 ตารางแสดงการทดลอง การเพิ่ม – ลด อุณหภูมิของแบบพิมพ์ (Mould) และ น้ำดิน (Slip) ตามการทดลอง 8 ตัวอย่าง

| การทดลอง | อุณหภูมิ Mould | อุณหภูมิ Slip |
|---|---|---|
| T1 | 30° - 31° C* | 29° - 30° C* |
| T2 | 15° - 25° C | 30° - 31° C* |
| T3 | 40° - 50° C | 30° - 31° C* |
| T4 | 30° - 31° C* | 15° - 25° C |
| T5 | 15° - 25° C | 15° - 25° C |
| T6 | 40° - 50° C | 15° - 25° C |
| T7 | 30° - 31° C* | 40° - 50° C |
| T8 | 40° - 50° C | 40° - 50° C |

* อุณหภูมิห้องทดลอง

รูป 3 - 7 แสดงตาราง ตัวอย่างการทดลอง CT1 – CT8 ตามระยะเวลาการทดลอง 5, 10, 15 และ 20 นาที

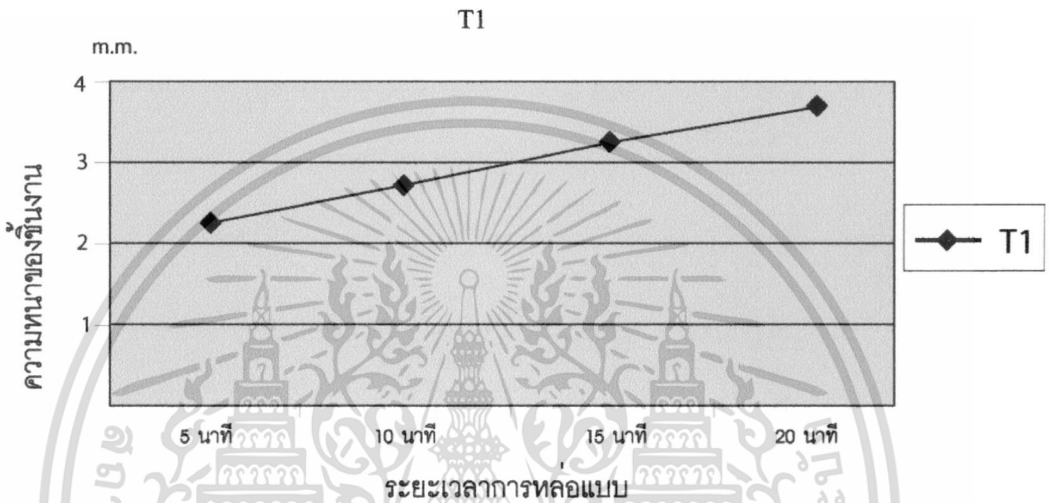
| การทดลอง | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | เวลา |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C1 | | | | | | | | | 5 นาที |
| C2 | | | | | | | | | 5 นาที |
| C3 | | | | | | | | | 10 นาที |
| C4 | | | | | | | | | 10 นาที |
| C5 | | | | | | | | | 15 นาที |
| C6 | | | | | | | | | 15 นาที |
| C7 | | | | | | | | | 20 นาที |
| C8 | | | | | | | | | 20 นาที |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4

# สรุปผล

จากการศึกษาวิจัยโครงการ " การศึกษาอุณหภูมิของแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์และน้ำดิน ที่มีผลต่อการขึ้นรูปเซรามิกส์ ด้วยวิธีการหล่อแบบ" ได้ดำเนินการศึกษาข้อมูล รวมทั้งการทดลองตามสมมติฐานและตัวอย่างชิ้นงานการทดลองในโครงการศึกษาวิจัย จนรวบรวมได้ข้อสรุปดังต่อไปนี้




| เวลา | 5 นาที | 10 นาที | 15 นาที | 20 นาที |
|---|---|---|---|---|
| T1 | 2.23 | 2.75 | 3.25 | 3.61 |

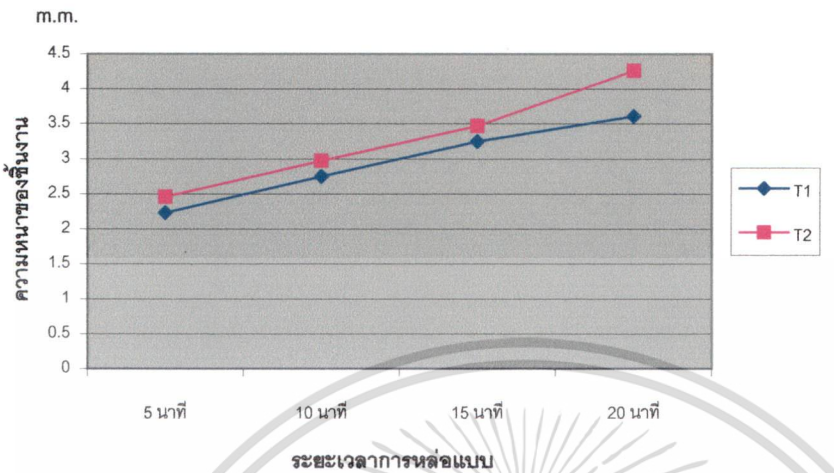
| การทดลอง | อุณหภูมิ Mould | อุณหภูมิ Slip |
|---|---|---|
| T1 | 30˚ - 31˚C | 29˚ - 30˚C |

รูป 4 - 1 แผนภูมิเส้นแสดงการก่อตัวของน้ำดิน ตามระยะเวลาการหล่อแบบ T1 ( Rate of Casting )

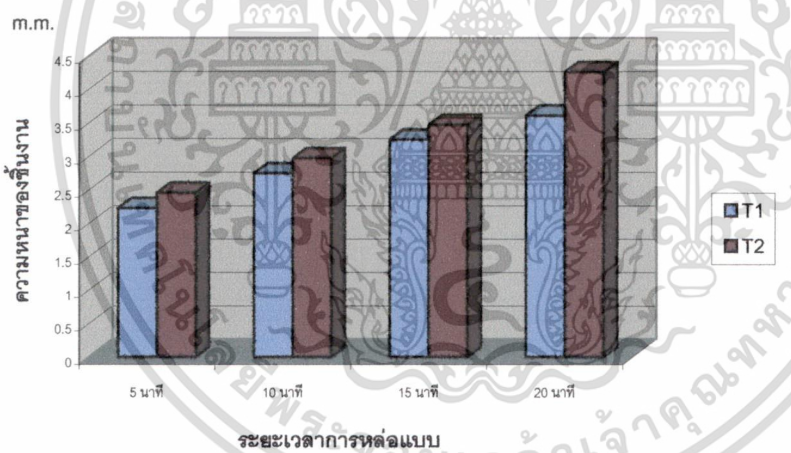
หมายเหตุ ; การทดลองหล่อแบบ T1 ทดลองหล่อแบบโดยใช้น้ำดินและแบบพิมพ์ในอุณหภูมิปกติ (อุณหภูมิห้องทดลองประมาณ 30˚ - 31˚C ) การทดลองหล่อแบบ (T1) ใช้สำหรับเปรียบเทียบความหนาของชิ้นงาน (Rate of Casting) ของการทดลองลดหรือเพิ่มอุณหภูมิของการทดลองน้ำดิน และแบบพิมพ์ (T1 – T8) ในระยะเวลาการหล่อแบบที่เท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| เวลา | 5 นาที | 10 นาที | 15 นาที | 20 นาที | หน่วย |
|---|---|---|---|---|---|
| T1 | 2.23 | 2.75 | 3.25 | 3.61 | m.m. |
| T2 | 2.46 | 2.97 | 3.47 | 4.26 | m.m. |




รูปที่ 4-2 แผนภูมิเส้นแสดงการเปรียบเทียบการก่อตัวของน้ำดิน (ความหนา) ตามระยะเวลาการหล่อแบบ (Rate of Casting) ระหว่าง T1 และ T2

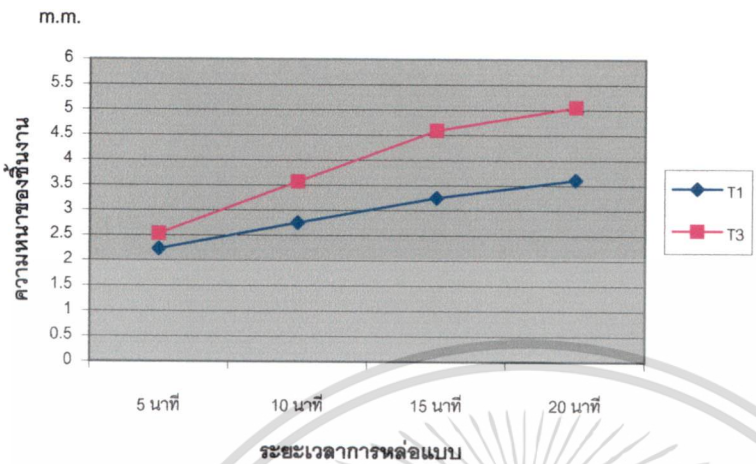



รูปที่ 4-3 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบการก่อตัวของน้ำดิน (ความหนา) ตามระยะเวลาการหล่อแบบ (Rate of Casting) ระหว่าง T1 และ T2

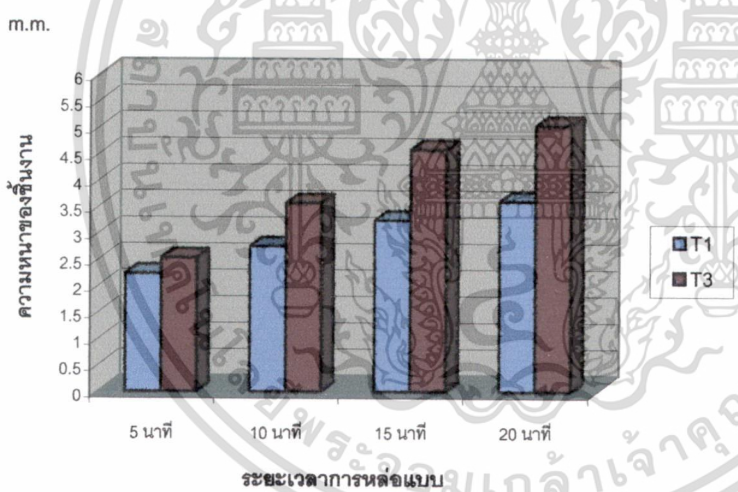
| การทดลอง | อุณหภูมิ Mould | อุณหภูมิ Slip |
|---|---|---|
| T1 | 30c° - 31c° | 29c° - 30c° |
| T2 | 18c° - 20c° | 30c° - 31c° |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| เวลา | 5 นาที | 10 นาที | 15 นาที | 20 นาที | หน่วย |
|---|---|---|---|---|---|
| T1 | 2.23 | 2.75 | 3.25 | 3.61 | m.m. |
| T3 | 2.53 | 3.57 | 4.59 | 5.05 | m.m. |




รูปที่ 4.4 แผนภูมิเส้นแสดงการเปรียบเทียบการก่อตัวของน้ำดิน (ความหนา) ตามระยะเวลาการหล่อแบบ (Rate of Casting) ระหว่าง T1 และ T3

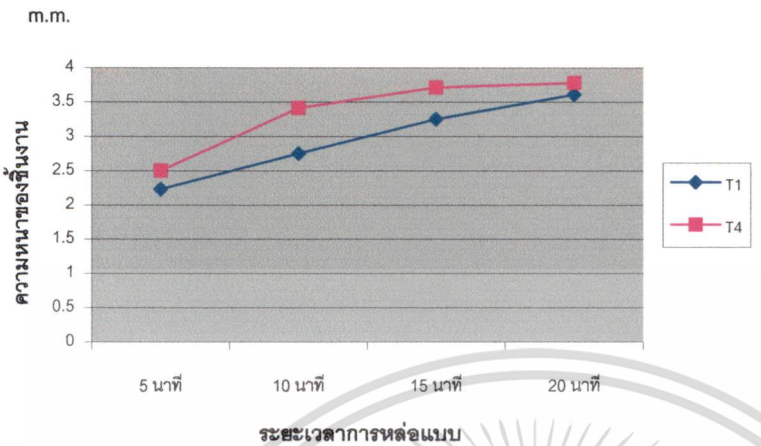



รูปที่ 4.5 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบการก่อตัวของน้ำดิน (ความหนา) ตามระยะเวลาการหล่อแบบ (Rate of Casting) ระหว่าง T1 และ T3

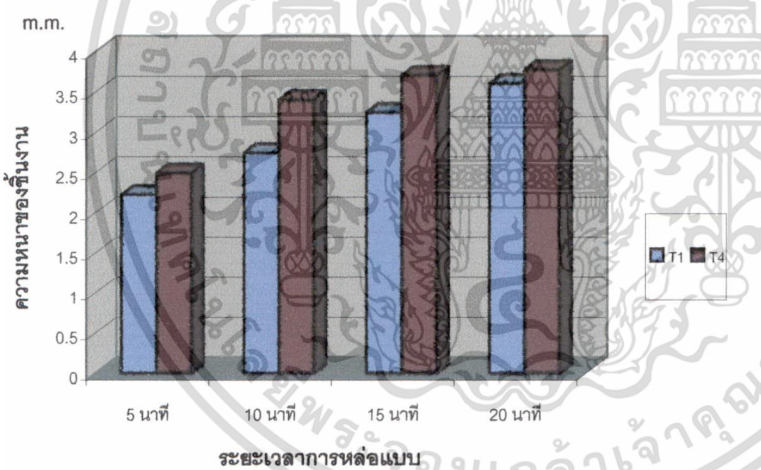
| การทดลอง | อุณหภูมิ Mould | อุณหภูมิ Slip |
|---|---|---|
| T1 | 30c° - 31c° | 29c° - 30c° |
| T3 | 40c° - 50c° | 30c° - 31c° |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| เวลา | 5 นาที | 10 นาที | 15 นาที | 20 นาที | หน่วย |
|---|---|---|---|---|---|
| T1 | 2.23 | 2.75 | 3.25 | 3.61 | m.m. |
| T4 | 2.5 | 3.41 | 3.71 | 3.78 | m.m. |




รูปที่ 4.6 แผนภูมิเส้นแสดงการเปรียบเทียบการก่อตัวของน้ำดิน (ความหนา) ตามระยะเวลาการหล่อแบบ (Rate of Casting) ระหว่าง T1 และ T4

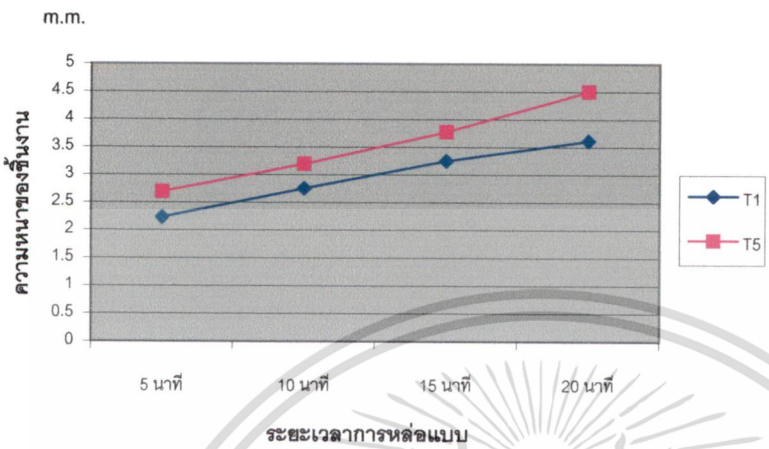



รูปที่ 4.7 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบการก่อตัวของน้ำดิน (ความหนา) ตามระยะเวลาการหล่อแบบ (Rate of Casting) ระหว่าง T1 และ T4

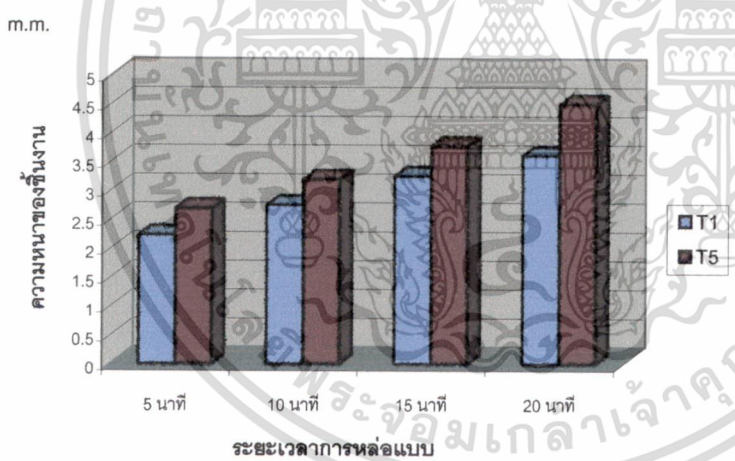
| การทดลอง | อุณหภูมิ Mould | อุณหภูมิ Slip |
|---|---|---|
| T1 | 30c° - 31c° | 29c° - 30c° |
| T4 | 30c° - 31c° | 18c° - 20c° |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| เวลา | 5 นาที | 10 นาที | 15 นาที | 20 นาที | หน่วย |
|---|---|---|---|---|---|
| T1 | 2.23 | 2.75 | 3.25 | 3.61 | m.m. |
| T5 | 2.69 | 3.19 | 3.77 | 4.5 | m.m. |




รูปที่ 4.8 แผนภูมิเส้นแสดงการเปรียบเทียบการก่อตัวของน้ำดิน (ความหนา) ตามระยะเวลาการหล่อแบบ (Rate of Casting) ระหว่าง T1 และ T5

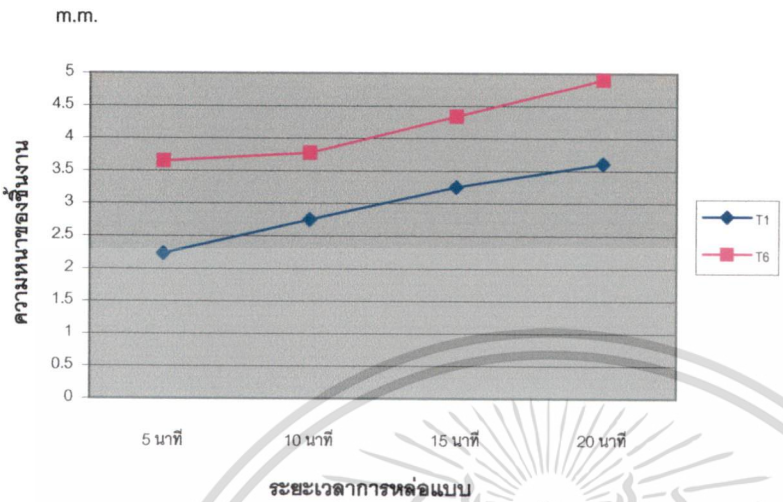



รูปที่ 4.9 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบการก่อตัวของน้ำดิน (ความหนา) ตามระยะเวลาการหล่อแบบ (Rate of Casting) ระหว่าง T1 และ T5

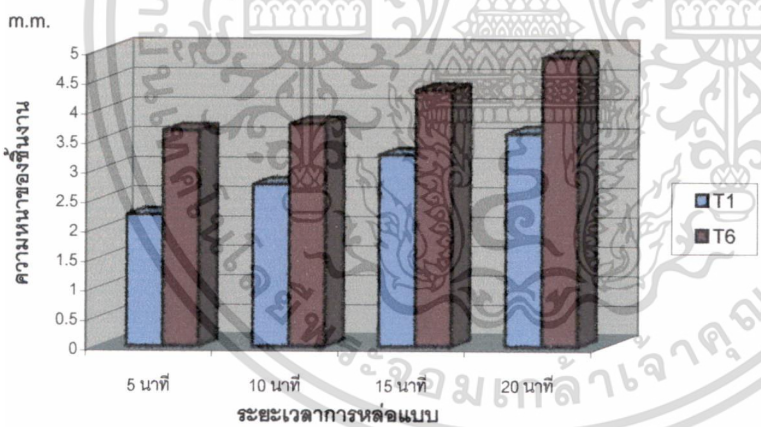
| การทดลอง | อุณหภูมิ Mould | อุณหภูมิ Slip |
|---|---|---|
| T1 | 30c° - 31c° | 29c° - 30c° |
| T5 | 18c° - 20c° | 18c° - 20c° |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| เวลา | 5 นาที | 10 นาที | 15 นาที | 20 นาที | หน่วย |
|---|---|---|---|---|---|
| T1 | 2.23 | 2.75 | 3.25 | 3.61 | m.m. |
| T6 | 3.65 | 3.77 | 4.34 | 4.9 | m.m. |




รูปที่ 4.10 แผนภูมิเส้นแสดงการเปรียบเทียบการก่อตัวของน้ำดิน (ความหนา) ตามระยะเวลาการหล่อแบบ (Rate of Casting) ระหว่าง T1 และ T6

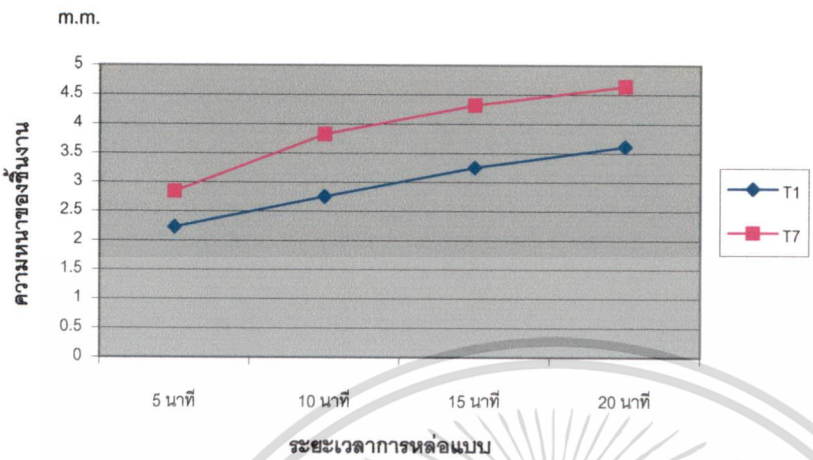



รูปที่ 4.11 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบการก่อตัวของน้ำดิน (ความหนา) ตามระยะเวลาการหล่อแบบ (Rate of Casting) ระหว่าง T1 และ T6

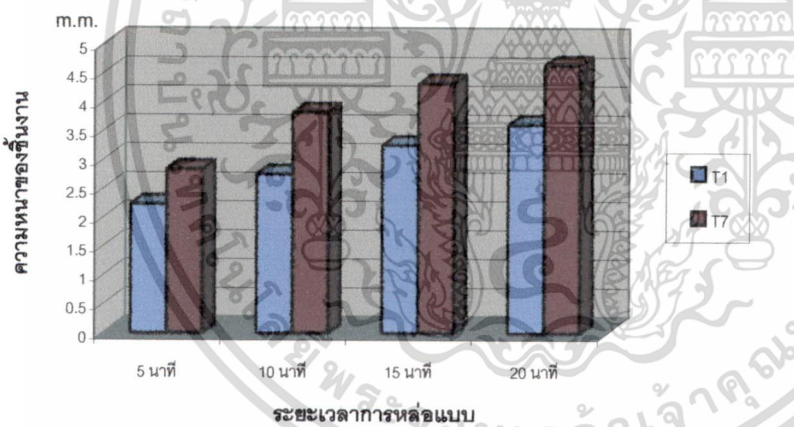
| การทดลอง | อุณหภูมิ Mould | อุณหภูมิ Slip |
|---|---|---|
| T1 | 30c° - 31c° | 29c° - 30c° |
| T6 | 40c° - 50c° | 18c° - 20c° |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| เวลา | 5 นาที | 10 นาที | 15 นาที | 20 นาที | หน่วย |
|---|---|---|---|---|---|
| T1 | 2.23 | 2.75 | 3.25 | 3.61 | m.m. |
| T7 | 2.84 | 3.82 | 4.32 | 4.64 | m.m. |




รูปที่ 4.12 แผนภูมิเส้นแสดงการเปรียบเทียบการก่อตัวของน้ำดิน (ความหนา) ตามระยะเวลาการหล่อแบบ (Rate of Casting) ระหว่าง T1 และ T7

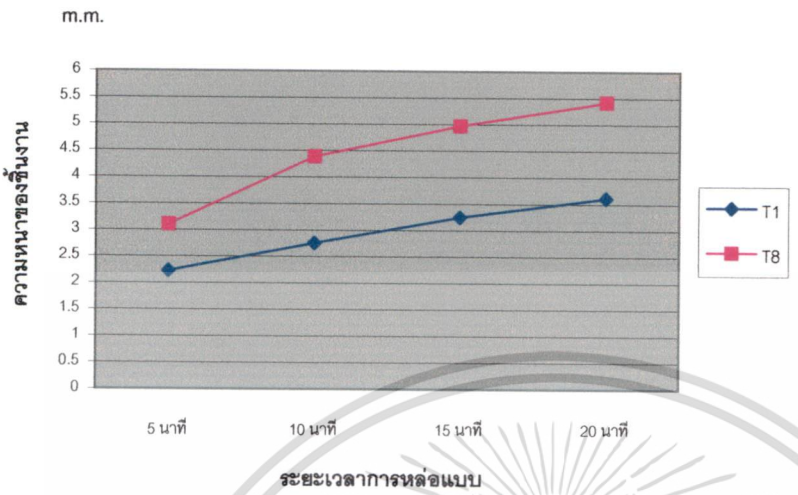



รูปที่ 4.13 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบการก่อตัวของน้ำดิน (ความหนา) ตามระยะเวลาการหล่อแบบ (Rate of Casting) ระหว่าง T1 และ T7

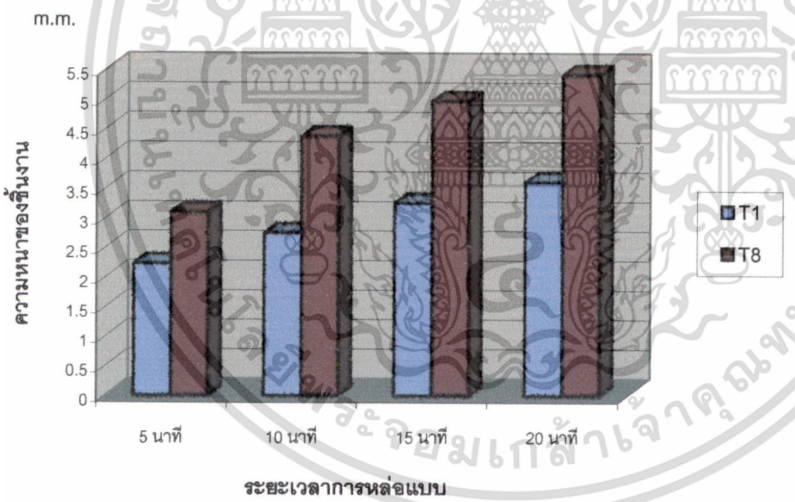
| การทดลอง | อุณหภูมิ Mould | อุณหภูมิ Slip |
|---|---|---|
| T1 | 30c° - 31c° | 29c° - 30c° |
| T7 | 30c° - 31c° | 40c° - 50c° |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| เวลา | 5 นาที | 10 นาที | 15 นาที | 20 นาที | หน่วย |
|---|---|---|---|---|---|
| T1 | 2.23 | 2.75 | 3.25 | 3.61 | m.m. |
| T8 | 3.1 | 4.38 | 4.97 | 5.42 | m.m. |




รูปที่ 4.14 แผนภูมิเส้นแสดงการเปรียบเทียบการก่อตัวของน้ำดิน (ความหนา) ตามระยะเวลาการหล่อแบบ (Rate of Casting) ระหว่าง T1 และ T8




รูปที่ 4.15 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบการก่อตัวของน้ำดิน (ความหนา) ตามระยะเวลาการหล่อแบบ (Rate of Casting) ระหว่าง T1 และ T8

| การทดลอง | อุณหภูมิ Mould | อุณหภูมิ Slip |
|---|---|---|
| T1 | 30c° - 31c° | 29c° - 30c° |
| T8 | 40c° - 50c° | 40c° - 50c° |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปการเปรียบเทียบความหนาของชิ้นงานจากการทดลอง

A

| การทดลอง | 5 นาที (m.m) | 10 นาที (m.m) | 15 นาที (m.m) | 20 นาที (m.m) |
|---|---|---|---|---|
| T1 | 2.23 | 2.75 | 3.25 | 3.61 |
| T2 | 2.46 | 2.97 | 3.47 | 4.24 |
| ความหนาที่แตกต่าง | 0.23 | 0.22 | 0.22 | 0.65 |

ข้อสังเกต การทดลอง T2 อุณหภูมิ Mould 18˚ - 22˚ C อุณหภูมิ Slip 30˚ - 31˚ C การร่อนจาก Mould ไม่สม่ำเสมอ Feel นิ่มบางตัวอย่าง ความหนาใกล้เคียงกับการหล่อในอุณหภูมิห้องทดลอง (T1)

B

| การทดลอง | 5 นาที (m.m) | 10 นาที (m.m) | 15 นาที (m.m) | 20 นาที (m.m) |
|---|---|---|---|---|
| T1 | 2.23 | 2.75 | 3.25 | 3.61 |
| T3 | 2.53 | 3.75 | 4.59 | 5.05 |
| ความหนาที่แตกต่าง | 0.30 | 0.82 | 1.34 | 1.44 |

ข้อสังเกต การทดลอง T3 อุณหภูมิ Mould 40˚ - 50 ˚ C อุณหภูมิ Slip 30˚ - 31˚ C การร่อนจาก Mould ได้เร็ว ชิ้นงานเรียบร้อยดี แต่ถ้าเพิ่มอุณหภูมิของ Mould เกิน 55˚ - 60˚ C จะทำให้เกิดชั้นความหนืดของผนังชิ้นงาน เป็นการทดลองที่ได้ผลดีตัวอย่างหนึ่ง

C

| การทดลอง | 5 นาที (m.m) | 10 นาที (m.m) | 15 นาที (m.m) | 20 นาที (m.m) |
|---|---|---|---|---|
| T1 | 2.23 | 2.75 | 3.25 | 3.61 |
| T4 | 2.50 | 3.41 | 3.71 | 3.78 |
| ความหนาที่แตกต่าง | 0.30 | 0.66 | 0.45 | 0.17 |

ข้อสังเกต การทดลอง T4 อุณหภูมิ Mould 30˚ - 31˚ C อุณหภูมิ Slip 18˚ - 20˚ C ชิ้นงานร่อนจาก Mould ได้ดี ชิ้นงานเรียบร้อยดี การก่อตัวของผนังชิ้นงานใน 10 และ 15 นาที ก่อตัวได้ดีแต่จะลดลงในช่วง 16 - 20 นาที หมายเหตุ ; ความหนาวัดจากชิ้นงานที่นำไปอบที่อุณหภูมิ 80˚ - 100˚ C

อุณหภูมิ 30˚ - 31˚ C = อุณหภูมิห้องทดลอง

รูป 4 – 16 (A-C) แสดงตารางเปรียบเทียบความหนาของชิ้นงานที่ทดลองระหว่าง T1- T2, T1 – T3 และT1 – T4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปการเปรียบเทียบความหนาของชิ้นงานจากการทดลอง

D

| การทดลอง | 5 นาที (m.m) | 10 นาที (m.m) | 15 นาที (m.m) | 20 นาที (m.m) |
|---|---|---|---|---|
| T1 | 2.23 | 2.75 | 3.25 | 3.61 |
| T5 | 2.69 | 3.19 | 3.77 | 4.50 |
| ความหนาที่แตกต่าง | 0.44 | 0.44 | 0.52 | 0.89 |

ข้อสังเกต การทดลอง T5 อุณหภูมิ Mould และ Slip เท่ากัน คือ 18˚ - 20˚ C ชิ้นงาน Drain ได้สะอาด แต่ Feel นิ่ม ชิ้นงานถอดจาก Mould ได้ช้ากว่าปกติ ความหนาของชิ้นงานไม่แตกต่างกันมากนัก

E

| การทดลอง | 5 นาที (m.m) | 10 นาที (m.m) | 15 นาที (m.m) | 20 นาที (m.m) |
|---|---|---|---|---|
| T1 | 2.23 | 2.75 | 3.25 | 3.61 |
| T6 | 3.65 | 3.77 | 4.34 | 4.90 |
| ความหนาที่แตกต่าง | 1.42 | 1.02 | 1.09 | 1.29 |

ข้อสังเกต การทดลอง T6 อุณหภูมิ Mould 40˚ - 50˚ C อุณหภูมิ Slip 18˚ - 20˚ C ชิ้นงานร่อนจาก Mould ได้เร็วตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น เป็นการทดลองที่ได้ผลดีตัวอย่างหนึ่ง

F

| การทดลอง | 5 นาที (m.m) | 10 นาที (m.m) | 15 นาที (m.m) | 20 นาที (m.m) |
|---|---|---|---|---|
| T1 | 2.23 | 2.75 | 3.25 | 3.61 |
| T7 | 2.84 | 3.82 | 4.32 | 4.64 |
| ความหนาที่แตกต่าง | 1.61 | 1.07 | 1.07 | 1.03 |

ข้อสังเกต การทดลอง T7 อุณหภูมิ Mould 30˚ - 31˚ C อุณหภูมิ Slip 40˚ - 50˚ C ชิ้นงาน Drain ไม่สะอาด การอุ่น Slip ที่อุณหภูมิ 40˚ - 50˚ C จะทำให้เกิดความหนืดมากขึ้น ความหนาของชิ้นงานได้ผลดีตัวอย่างหนึ่ง

หมายเหตุ ; ความหนาวัดจากชิ้นงานที่นำไปอบที่อุณหภูมิ 80˚ - 100˚ C

อุณหภูมิ 30˚ - 31˚ C = อุณหภูมิห้องทดลอง

รูป 4 – 17 ( D-F ) แสดงตารางเปรียบเทียบความหนาของชิ้นงานที่ทดลองระหว่าง T1 – T5,T1 – T6 และ T1 – T7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปการเปรียบเทียบความหนาของชิ้นงานจากการทดลอง

G

| การทดลอง | 5 นาที (m.m) | 10 นาที (m.m) | 15 นาที (m.m) | 20 นาที (m.m) |
|---|---|---|---|---|
| T1 | 2.23 | 2.75 | 3.25 | 3.61 |
| T8 | 3.10 | 4.38 | 4.97 | 5.42 |
| ความหนาที่แตกต่าง | 0.87 | 1.63 | 1.72 | 1.81 |

รูป 4 - 18 แสดงตารางเปรียบเทียบความหนาของชิ้นงานที่ทดลองระหว่าง T1 และ T8

ข้อสังเกต การทดลอง T อุณหภูมิ Mould 40˚ - 50˚ C อุณหภูมิ Slip 40˚ - 50˚ C ชิ้นงาน Drain ไม่สะอาด ไม่สม่ำเสมอ ถึงแม้การก่อตัวของผนังชิ้นงานจะก่อตัวได้เร็วตามระยะที่เพิ่มขึ้น

หมายเหตุ ; ความหนาวัดจากชิ้นงานที่นำไปอบที่อุณหภูมิ 80˚ - 100˚ C

ข้อสรุปจากการทดลอง

1. อุณหภูมิน้ำดินที่ 30˚ - 35˚ C ใช้ได้ดีกับแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ที่มีอุณหภูมิประมาณ 40˚ - 50˚ C
2. อุณหภูมิน้ำดินที่ 18˚ - 20˚ C ใช้ได้ดีกับแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ที่มีอุณหภูมิประมาณ 40˚ - 50˚ C
3. การหล่อแบบในอุณหภูมิปกติ (อุณหภูมิห้องทดลอง) ประมาณ 30˚ - 31˚ C ใช้ได้ดีกับแบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ที่อุณหภูมิ 40˚ - 50˚ C
4. การหล่อแบบในอุณหภูมิในข้อ 1, 2, และ 3 จะทำให้การก่อตัวของน้ำดินในแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ได้เร็ว และหนากว่าการหล่อแบบในอุณหภูมิปกติ (อุณหภูมิห้องทดลอง) ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต
5. การอุ่นน้ำดินที่อุณหภูมิเกิน 50˚ C จะเกิดความหนืดในน้ำดินมาก และเกิดทิกโซโทรปี (Trixotropy) เร็วกว่าปกติ
6. การอบแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ที่อุณหภูมิเกิน 70˚ C ขึ้นไปจะทำให้แบบพิมพ์มีอายุการใช้งานสั้นกว่าปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลองที่สามารถนำไปใช้เพื่อการผลิตและเพื่อการวิจัยพัฒนาต่อไป

| การทดลอง | 5 นาที (m.m) | 10 นาที (m.m) | 15 นาที (m.m) | 20 นาที (m.m) |
|---|---|---|---|---|
| T3 | 2.53 | 3.57 | 4.59 | 5.06 |
| T6 | 3.65 | 3.77 | 4.34 | 4.90 |
| T7 | 2.84 | 3.82 | 4.32 | 4.64 |

รูป 4 - 19 แสดงตารางการสรุปผลการทดลองวิจัย

| การทดลอง | T3 | T6 | T7 |
|---|---|---|---|
| Mould | 40° - 50° C | 40° - 50° C | 30° - 31° C |
| Slip | 30° - 31° C | 18° - 20° C | 40° - 50° C |

หมายเหตุ ; อุณหภูมิ 30° - 31° C เป็นอุณหภูมิในห้องปฏิบัติงานทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ข้อเสนอแนะ**

จากผลการศึกษาวิจัยโครงการนี้ปรากฏผลเป็นรูปธรรมที่นำเสนอเป็นตัวอย่างการทดลอง ซึ่งผลสรุปดังกล่าวอยู่ในระดับผลการทดลองในระดับห้องปฏิบัติงานของสถานศึกษา

การศึกษาวิจัยต่อเนื่องของโครงการนี้ ควรมุ่งสู่การศึกษาในเชิงลึกทางคุณสมบัติของน้ำดินประเภทต่าง ๆ รวมทั้งคุณสมบัติของปูนปลาสเตอร์ที่ใช้ทำแบบพิมพ์ให้มากขึ้น ตลอดจนการจัดเตรียมคุณสมบัติของน้ำดินและแบบพิมพ์ให้สามารถควบคุมความชื้น , อุณหภูมิที่แน่นอนที่ใช้ทดลอง ซึ่งจะทำให้การทดลองมีมาตรฐานมากยิ่งขึ้น

**การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ในเชิงอุตสาหกรรม**

เนื่องจากผลที่คาดว่าจะได้ประโยชน์จากการวิจัย นำไปสู่การผลิตเซรามิกส์ที่ใช้วิธีการหล่อแบบ ในระดับอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดกลางตลอดจนสถานศึกษา ซึ่งมีข้อเสนอแนะที่ควรพิจารณาดังต่อไปนี้

1. การเพิ่มอุณหภูมิให้แก่น้ำดินและแบบพิมพ์ ควรใช้ระบบใดที่เหมาะสมกับการผลิต บางโรงงานอาจจะใช้ความร้อนจากการเผาเตานำมาใช้ แต่โรงงานขนาดเล็กถ้าสร้างเตาอบอาจเป็นการเพิ่มภารต้นทุนการผลิต

2. การลดอุณหภูมิให้แก่น้ำดิน และแบบพิมพ์ควรใช้ระบบใดให้เหมาะสมที่สุด ผลการทดลองอุณหภูมิอยู่ในช่วง 18° - 20° C ระดับนี้ห้องปรับอากาศสามารถทำได้ แต่ปัญหาเรื่องค่าไฟฟ้าจะเป็นการเพิ่มภาระต้นทุนการผลิต

3. การหล่อแบบโดยใช้น้ำดินที่อุณหภูมิประมาณ 30° - 35° C (เป็นอุณหภูมิเฉลี่ยในโรงงาน) กับแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์อุณหภูมิ 40° - 50° C สามารถหล่อแบบได้เร็ว และมีการก่อตัวได้หนากว่าอุณหภูมิปกติ ซึ่งการเพิ่มอุณหภูมิให้แก่แบบพิมพ์ย่อมง่ายกว่า และมีค่าใช้จ่ายถูกกว่าการลดอุณหภูมิให้แก่น้ำดินและแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์

4. การควบคุมความชื้นในอากาศจะทำให้การหล่อแบบมีคุณภาพดียิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม


หนังสือ , ตำรา

ปรีดา พิมพ์ขาวขำ รศ. เซรามิกส์
สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2535

ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผา กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ความรู้ทั่วไปเซรามิกส์
คู่มือการผลิตเครื่องใช้เซรามิกส์บนโต๊ะอาหาร

W.D.KINGERY,H.K.BOWEN-, DR.UHLMANN, INTRODECTION TO CERAMICS
John Wiley & Sons, Inc
Profressional, Reference and
Trade Group.New York.
Copyright © 1976

DINSDAL, ALLEN POTTERY SIENCE,
MATERIAL, PROCESS AND PRODUCT,
West Sessex, England
Ellis Horwood Ltd. 1986

H.ROIKE THE PREPARATION OF
CASTING SLIPS WITH WARM WATER
Silikattech. Vol.7 p(149), 1956

JOHN VAN WANNIK, JK, DENNIS AND G.W.PHELHS. THE EFFECT OF TEMP.
ON SLIPS AND MOULDS.
The Canadian Ceramic
Socity. Vol.30, 1976


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 5 – 1 แสดงแบบพิมพ์สำหรับการทดลองชนิดถ่ายน้ำดินลงด้านล่าง

รูป 5 – 2 แสดงสถานที่และบรรยากาศการวิจัยทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 5 – 3 แสดงแบบพิมพ์สำหรับการทดลองชนิดเทน้ำดินจากด้านบน

รูป 5 - 4 แสดงสถานที่และบรรยากาศการวิจัยทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูป 5 – 5 แสดงชิ้นงานที่ได้จากการหล่อแบบพิมพ์ชนิดถ่ายน้ำดินลงด้านล่าง**

**รูป 5 - 6 แสดงชิ้นงานที่ได้จากการหล่อแบบพิมพ์ชนิดเทน้ำดินออกจากด้านบน**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 5 - 7 แสดงชิ้นงานที่ได้จากการหล่อแบบชนิดถ่ายน้ำดินออกทางด้านล่างแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์

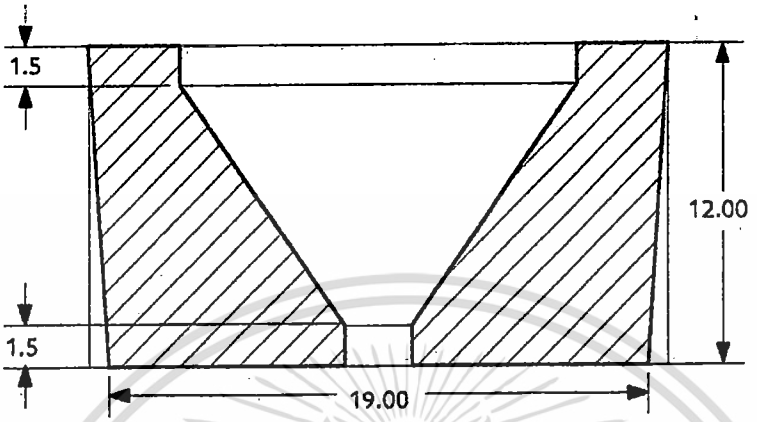
# $CT_1$, $CT_2$, $CT_3$, $CT_4$, $CT_5$, $CT_6$, $CT_7$, $CT_8$

รูป 5 - 8 แสดงชิ้นงานที่ได้จากการหล่อแบบชนิดเทน้ำดินออกทางด้านบนของแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์

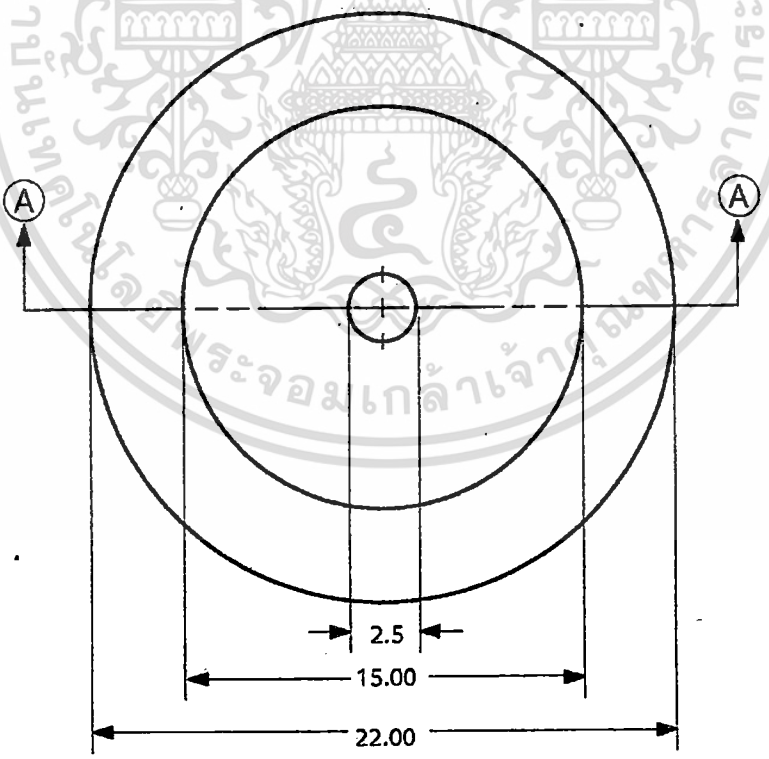
# PAA (A 01-10), PAA (B 01-10), PAA (C 01-10), PAA (D 01-10)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 5 – 9 แบบพิมพ์ (Mould) ปูนปลาสเตอร์สำหรับทดลอง**
**การหล่อแบบชนิดหล่อกลวง (Drain Casting)**



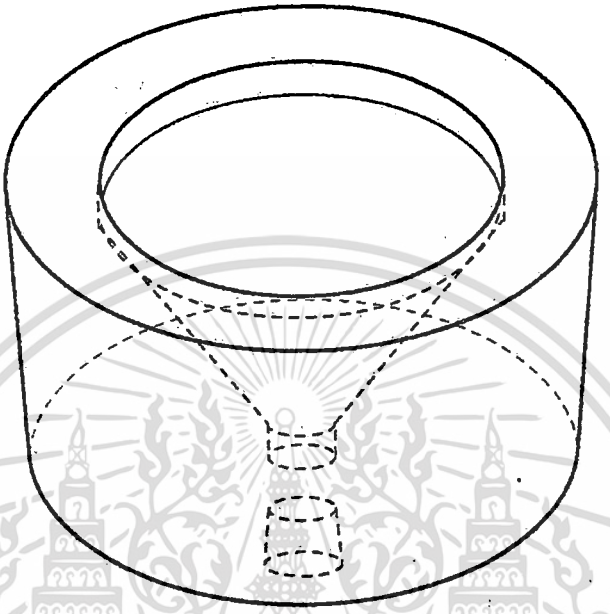

SECTION A-A 1:2.5




TOP VIEW 1:2.5

UNIT : CM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 -10 แสดงรูปฉายแบบพิมพ์ (Mould) สำหรับทดสอบการหล่อแบบชนิดหล่อกลวง (Drain Casting)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## TECHNICAL INFORMATION

# PAA

PAA is the stoneware body that preferable for casting and roller head forming. PAA can be fired at 1200° - 1230° C in oxidation and fast firing condition. The color is bluish white after firing at 1200 ° - 1300° C reduction. PAA is suitable for coffee mug and tableware set.

## CHEMICAL ANALYSIS

| | |
|---|---|
| SiO2 | 65.90% |
| Al2O3 | 21.00% |
| Fe2O3 | 0.85% |
| MgO | 0.34% |
| CaO | 0.18% |
| Na2O | 0.94% |
| K2O | 3.95% |
| TiO2 | 0.23% |
| Loss of ignition | 6.66% |

## PHYSICAL PREPERTIES

| | |
|---|---|
| Slip density | 1.70 – 1.75 ($gcm^{-3}$) |
| %Sodium Silicate (42 - 43Be') | 0.20-0.40% by cake weight. |
| Fluidity | 280 – 315 overswing |
| Thixotropy 5 min | 25 – 55 overswing |
| Green strength | >30 $kgcm^{-2}$ |

## FIRED PROPERTIES

| **Firing temperature** | 1200° C OF | 1280° C RF |
|---|---|---|
| Drying shrinkage (%) | 3.00 – 4.50 | 3.00 – 4.50 |
| Total shrinkage(%) | 11.00 – 13.00 | 12.00 – 14.00 |
| Sagging (cm.) | 0.50 – 0.90 | 0.90 – 1.70 |
| Water absorption (%) | 0.00 – 1.50 | 0.00 – 0.20 |
| Color after firing (L,a,b) | 84.65,2.51,13.32 | 77.07,-1.06,5.07 |
| Fired strength ($kgcm^{-2}$) | >550 | >700 |
| COE.25 – 500° C ($x10^{-7}K^{-1}$) | 177 – 202 | 152 – 177 |

(1) Products are available in the filter-cake form in 50 kg.bag and 1,000 kg on pallets with approximately 18 – 22% moistures.

(2) All properties are controlled by standard of Compound Clay. The information contained in this document is provided for guidance only.

JR-CPE01.xls-12/01

**Compound Clay Co.,Ltd.: 30/2 M.1 Hathairat Rd. Bangchan Klongsamwa Bangkok Thailand 10510**

**Tel.+66(0)2915-8409-14 Fax. +66(0)2915-8416 e-mail: compclay@clickta.com**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้