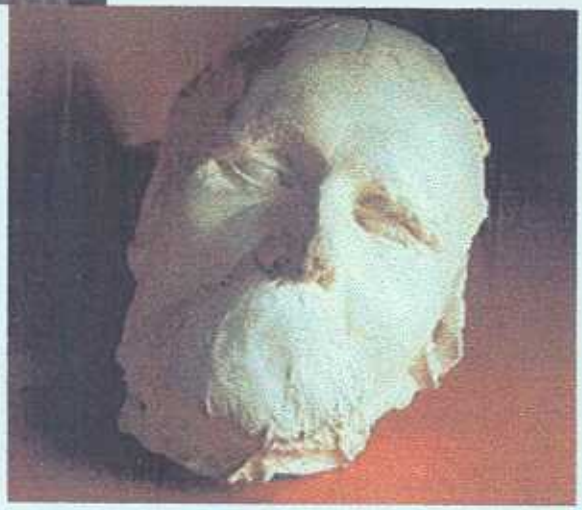
สรข.3/2548/004

ยิปซัมปลาสเตอร์

สุทธินี สนั่นเสียง



กลุ่มส่งเสริมและพัฒนาเทคโนโลยี
สำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต 3
กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่
กุมภาพันธ์ 2548

อธิบดีกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่

นายอนุสรณ์ เนื่องผลมาก

ผู้อำนวยการสำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต 3

นายสมชัย วงศ์สวัสดิ์

หัวหน้ากลุ่มส่งเสริมและพัฒนาเทคโนโลยี : นายวรกุล แก้วยานะ

จัดพิมพ์โดย สำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต 3
ในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ถนนห้วยแก้ว
อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50202
โทรศัพท์ 0-5322-1385

พิมพ์ครั้งที่ 1 กุมภาพันธ์ 2548
จำนวน 15 เล่ม

ข้อมูลการลงรายการบรรณานุกรม
นางสุทธินี สนั่นเสียง
ยิปซัมปลาสเตอร์/ โดยนางสุทธินี สนั่นเสียง :
สำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต 3
กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ , 2548
47 หน้ารวมปก : รูปประกอบ
รายงานวิชาการฉบับที่ สรข.3/2548/004

บทคัดย่อ

ปลาสเตอร์นำมาใช้ทำแบบพิมพ์สำหรับการขึ้นรูปในอุตสาหกรรมเซรามิก ทั้งผลิตภัณฑ์โต๊ะอาหาร สุขภัณฑ์ ของตกแต่งและของชำร่วยที่มีการขึ้นรูปด้วยการหล่อแบบ การกดแบบหรือการใช้ใบมีด (Jiggering) ปลาสเตอร์มีด้วยกัน 2 ชนิด คือ ปลาสเตอร์จากเกลือจืด และปลาสเตอร์จากยิปซัม (ยิปซัมปลาสเตอร์) แต่ที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกคือปลาสเตอร์จากยิปซัมเนื่องจากมีคุณสมบัติที่ดีกว่าในด้านความขาว การแข็งตัวและความแข็งแกร่ง นอกจากอุตสาหกรรมเซรามิก ปลาสเตอร์มีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ อีก โดยเฉพาะอุตสาหกรรมก่อสร้าง เช่น อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์และอุตสาหกรรมยิปซัมบอร์ด ซึ่งมีการใช้ปลาสเตอร์จากยิปซัมมากถึง 80% ของปลาสเตอร์จากยิปซัมที่ผลิตได้

จากข้อมูลปี พ.ศ. 2546 ประเทศไทยมีการผลิตแร่ยิปซัมเพื่ออุตสาหกรรมดังกล่าวมากถึง 2.1 ล้านตัน โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี และเมื่อนำมาใช้มักอยู่ในรูปของปลาสเตอร์ที่มีมูลค่าเพิ่มสูง ปลาสเตอร์จึงเป็นวัสดุตัวหนึ่งที่น่าสนใจศึกษา รายงานฉบับนี้ได้กล่าวถึงลักษณะของปลาสเตอร์โดยทั่วไป ยิปซัมปลาสเตอร์ที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิก การได้มาซึ่งปลาสเตอร์ในอุตสาหกรรมยิปซัมบอร์ด

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณ นายสมชัย วงศ์สวัสดิ์ ผู้อำนวยการสำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต 3 และนายวรกุล แก้วยานะ หัวหน้ากลุ่มส่งเสริมและพัฒนาเทคโนโลยี ที่ได้ให้การสนับสนุนการทำงานให้ลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ ดร. วิชิต ประกายพรรณ เป็นอย่างยิ่งที่ได้สนับสนุนด้านข้อมูลความรู้และภาพประกอบซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการจัดทำรายงาน ขอขอบคุณ นายสถิตย์ ไพศาล ที่ได้จัดทำภาพประกอบรายงานและขอขอบคุณ นางสาวศิริวัฒน์ อมิรัตน์ ที่ช่วยจัดพิมพ์รายงานฉบับนี้จนสำเร็จเป็นรูปเล่ม

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญรูป	ง
1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับปลาสเตอร์	1
1.1 วัตถุดิบที่ใช้ผลิตปลาสเตอร์	1
1.2 กรรมวิธีการผลิตปูนปลาสเตอร์	3
1.3 คุณสมบัติของปูนปลาสเตอร์	3
1.4 การทดสอบปูนปลาสเตอร์	4
1.5 การผสมปูนปลาสเตอร์	5
1.6 ประโยชน์ของปูนปลาสเตอร์ในงานเครื่องเคลือบดินเผา	7
2 ยิปซัมปลาสเตอร์	9
2.1 รูปแบบของยิปซัมปลาสเตอร์	11
2.2 ลักษณะเฉพาะของปลาสเตอร์	14
2.3 คุณลักษณะของปลาสเตอร์ที่ผลิตภัณฑ์ต้องการ	16
3 การผลิตยิปซัม	26
การเตรียมวัตถุดิบ	26
การเผาย่าง	29
การกำหนดรูปแบบ	34
4 การใช้ประโยชน์ยแร่ยิปซัม	38
เอกสารอ้างอิง	

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 แสดงลักษณะชั้นการตกตะกอนของการทำนาเกลือ 1

รูปที่ 1.2 แร่ยิปซัมเนื้อเป็นเกล็ดเล็กๆ เหมือนเกล็ดน้ำตาลจำนวนมากสมานกันแน่น เป็นมวล เดียว เรียกว่า "อะลาบาสเตอร์ (Alabaster)" 2

รูปที่ 1.3 แร่ยิปซัมที่ตกผลึกในโพรงหินหรือรอยแตกภายในชั้นยิปซัม 2

รูปที่ 1.4 กราฟแสดงการหาค่าอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างน้ำกับปูน 5

รูปที่ 1.5 แสดงการใช้ปลาสเตอร์ในงานผลิตต้นแบบ 7

รูปที่ 1.6 แสดงการใช้ปลาสเตอร์ในงานผลิตแบบพิมพ์ 8

รูปที่ 2.1 (ก) แสดงภาพโครงสร้างของเบตาเฮมิไฮเดรตจากจุลทรรศ์น 11
(ข) แสดงภาพโครงสร้างจุลภาคของเบตาเฮมิไฮเดรตโดยกล้องจุลทรรศ์นอิเล็คตรอน แบบส่องกราด (SEM micrographs of beta hemihydrate)

รูปที่ 2.2 (ก) แสดงภาพโครงสร้างของแอลฟาเฮมิไฮเดรตจากกล้องจุลทรรศ์น 12
(ข) แสดงภาพโครงสร้างจุลภาคของแอลฟาเฮมิไฮเดรตโดยกล้องจุลทรรศ์นอิเล็คตรอน แบบส่องกราด (SEM micrographs of beta hemihydrate)

รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะของหม้ออัดความดันที่ใช้เตรียมแอลฟาเฮมิไฮเดรต 13

รูปที่ 3.1 แสดงบริเวณหน้าเหมืองแร่ยิปซัม ของบริษัท ปูนซิเมนต์ไทยอุตสาหกรรม จำกัด ตำบลวังงิ้ว กิ่งอำเภอดงเจริญ จังหวัดพิจิตร 26

รูปที่ 3.2 แสดงขั้นตอนการบดย่อยแร่ยิปซัมและการคัดขนาดเพื่อป้อนอุตสาหกรรม 27

รูปที่ 3.3 แสดงเครื่องย่างแร่แบบหมุนในห้องทดลอง 28

รูปที่ 3.4 แสดงโครงสร้างภายในเตา Kettle 30

รูปที่ 3.5 แสดงลักษณะของเตา Kettle 31

รูปที่ 3.6 แสดงลักษณะของเตาเผายิปซัมแบบต่อเนื่อง 33

รูปที่ 3.7 แสดงลักษณะของเตา Rotary 33

รูปที่ 3.8 แสดงขั้นตอนในการผลิตยิปซัมบอร์ด 36

รูปที่ 3.9 แสดงการขึ้นรูปยิปซัมบอร์ด 37

รูปที่ 4.1 ลักษณะการติดตั้งยิปซัมบอร์ด 38

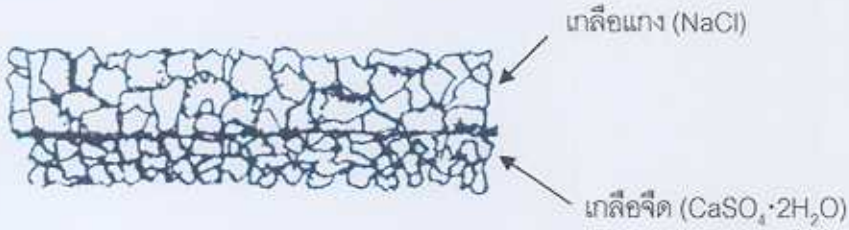
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับปลาสเตอร์

ปลาสเตอร์ คือ วัสดุชนิดหนึ่งมีลักษณะเป็นผงละเอียดสีขาวเมื่อผสมกับน้ำจะเกิดความร้อนและแข็งตัว เมื่อแข็งตัวสามารถดูดซับน้ำและความชื้นได้

1.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตปลาสเตอร์ในธรรมชาติมีด้วยกัน 2 ชนิด คือ **เกลือจืด** ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการทำนาเกลือ และ **แร่ยิปซัม** (Gypsum)

- เกลือจืด[1]

เกลือจืดเป็นสารประกอบของแคลเซียมซัลเฟต ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) ซึ่งได้จากการทำนาเกลือที่ผลิตเกลือแกง (NaCl) โดยเกลือจืดจะตกตะกอนอยู่ใต้ชั้นของแกงเกลือดังแสดงในรูปประกอบที่ 1.1



รูปที่ 1.1 แสดงลักษณะชั้นการตกตะกอนของการทำนาเกลือ

การนำเกลือจืดมาใช้ในการทำปลาสเตอร์จะต้องนำมาล้างเพื่อขจัดสิ่งสกปรกต่างๆ เช่นหิน ดิน ทราย รวมทั้งเกลือเค็มที่ปะปนอยู่ในเกลือจืด โดยการล้างน้ำจืดออกก่อน โดยทั่วไปนิยมใช้น้ำฝนชะล้างตามธรรมชาติ ในประเทศที่มีฝนตกน้อยจะนำเกลือจืดไปล้างดินออกแล้วนำเกลือจืดไปต้มที่อุณหภูมิ 800-1000 องศาเซลเซียส เพื่อขจัดเกลือเค็มออกไป เกลือจืดสามารถพบได้ทุกที่ที่มีการทำนาเกลือ ประเทศไทยพบเกลือจืดบริเวณ จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรสงคราม และชลบุรี

- แร่ยิปซัม (Gypsum)

แร่ยิปซัมมีสูตรเคมี คือ $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ซึ่งสามารถแยกองค์ประกอบออกไซด์ออกได้เป็น CaO 32.6% SO_3 46.5% และ H_2O 20.9% ลักษณะทั่วไปของแร่มักมีสีขาวหรือใสไม่มีสี หรือมีโทนสีอ่อนอื่นๆ ได้หลายสี ตามชนิดและปริมาณของมลทินที่ปนอยู่ ลักษณะเด่นของแร่ยิปซัม คือมีความแข็ง 2 โมห์สเกล สามารถใช้เล็บมือขีดเป็นรอยได้ แร่ยิปซัมในธรรมชาติมีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกันตามลักษณะการเกิด แต่แร่ที่พบและมีปริมาณมากพอที่จะ

พอที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมได้แก่ ชนิดที่เรียกว่า อะลาบาสเตอร์ (Alabaster) ซึ่งเป็นแร่ยิปซัมที่ประกอบด้วยเกล็ดแร่ขนาดเล็กคล้ายเกล็ดน้ำตาลทรายสีขาวหรือเทาอ่อนจำนวนมากผสานตัวแน่นเป็นเนื้อเดียว อาจมีมลทินพวกคาร์บอเนตหรือเม็ดตะกอนขนาดละเอียดปะปนอยู่บ้างดังแสดงในรูปที่ 1.2 นอกจากนี้ยังมีชนิดที่เกิดในโพรงหินเป็นผลึกขนาดใหญ่ใสไม่มีสีและแตกเป็นแผ่นได้ง่าย เรียกว่า เซเลไนต์ (Selenite) ดังแสดงในรูปที่ 1.3 กับชนิดที่เป็นเส้นใยวาวคล้ายเส้นไหม เรียกว่า ซาตินสปาร์ (Satin spar) แต่เซเลไนต์และซาตินสปาร์มักพบปริมาณน้อย แหล่งแร่ยิปซัมในประเทศไทยที่สำคัญอยู่ในจังหวัดพิจิตร นครสวรรค์ เลย สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช[2]

รูปที่ 1.2 แร่ยิปซัมเนื้อเป็นเกล็ดเล็กๆ เหมือนเกล็ดน้ำตาลจำนวนมากสมานกันแน่นเป็นมวลเดียว เรียกว่า "อะลาบาสเตอร์ (Alabaster)"

รูปที่ 1.3 แร่ยิปซัมที่ตกผลึกในโพรงหินหรือรอยแตกภายในชั้นยิปซัมได้เป็นแร่ผลึกหยาบใสไม่มีสีและมีหน้าผลึกชัดเจน เรียกว่า "เซเลไนต์ (Selenite)"

แร่ยิปซัมธรรมชาติกำเนิดได้หลายลักษณะ เช่น เกิดจากการสะสมตัวในแอ่งน้ำเค็มแบบหินตะกอน (Sedimentary deposits) หรือก่อตัวใต้ชั้นโคลนในบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึง (Tidal flats) หรือเกิดจากปฏิกิริยาเคมีของน้ำร้อน (Hydrothermal solution) เป็นต้น นอกเหนือจากยิปซัมที่เกิดโดยธรรมชาติแล้วปัจจุบันยังมียิปซัมพลอยได้จากกระบวนการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ (Flue gas desulfurization , FGD) ที่เกิดจากการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงในโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าอีกด้วยซึ่งจะกล่าวในรายงานการใช้ประโยชน์ยิปซัมสังเคราะห์ฉบับต่อไป

1.2 กรรมวิธีการผลิตปูนปลาสเตอร์[1)]

กรรมวิธีการผลิตปูนปลาสเตอร์อย่างง่ายโดยการนำวัตถุดิบ คือ แร่ยิปซัมหรือเกลือจืดไปย่อยด้วยเครื่องย่อยหยาบ (Jaw crusher) แล้วบดย่อยด้วยเครื่อง Hammer mill ผ่านตะแกรงที่มีขนาดเท่าเม็ดทรายแล้วนำไปเผาย่าง (Calcine) ที่อุณหภูมิ 150-160°C แร่ยิปซัมหรือเกลือจืดจะเปลี่ยนจาก calciumsulfate dihydrate ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) เป็น calciumsulfate hemihydrate ($CaSO_4 \cdot 1/2H_2O$) จากนั้นนำไปบดละเอียดอีกครั้งผ่านตะแกรง 180-200 เมช ก็จะได้ปลาสเตอร์ที่เรียกว่า Plaster of Paris

เตาที่ใช้ในการเผาย่าง (Calcine) มี 2 ชนิด คือ:-

1. เตาที่ใช้กะทะ (Periodic pan) เป็นกะทะใหญ่ มีความจุประมาณ 2-3 ตัน เป็นวิธีเก่าแก่แต่ปัจจุบันยังนิยมใช้อยู่ ทำด้วยอิฐมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 12 ฟุต (3-7 เมตร) และมีความลึกประมาณ 8-9 นิ้ว (20-23 เซนติเมตร) วิธีคั่วด้วยกะทะต้องทำถึง 2 ครั้งด้วยกัน คือคั่วครั้งแรก ใช้ความร้อน 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 3 ชั่วโมง แล้วเปลี่ยนไปคั่วกะทะอีกใบหนึ่งโดยใช้ความร้อน 160 องศาเซลเซียส จึงจะเสร็จสมบูรณ์ เตาชนิดนี้เป็นที่นิยมในประเทศอังกฤษ
2. เตาหมุน (Rotary calciner) เป็นเตาขนาดใหญ่รูปทรงกระบอก สูงประมาณ 9-10 ฟุต สามารถบรรจุแร่ยิปซัมหรือเกลือจืดได้ประมาณ 8-15 ตัน ลักษณะการทำงานจะหมุนตลอดเวลา รอบการหมุนช้ามากประมาณ 3-5 รอบ/นาที

1.3 คุณสมบัติของปูนปลาสเตอร์

ปูนปลาสเตอร์เมื่อผสมกับน้ำจะเกิดปฏิกิริยาดูดน้ำ เรียกว่า ปฏิกิริยารีไฮเดรชั่น (Rehydration) ระหว่างการเกิดปฏิกิริยาจะเกิดความร้อนขึ้นประมาณ 36-37 องศาเซลเซียส และปลาสเตอร์จะค่อยๆ แข็งตัวขึ้น เวลาที่ใช้ในการแข็งตัวถึงแข็งตัวเต็มที่ประมาณ 15-30 นาที ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความใหม่เก่าของปูนปลาสเตอร์ เมื่อปูนปลาสเตอร์แข็งตัวเต็มที่จะมีการขยายตัวประมาณ 0.1-0.2 เปอร์เซ็นต์ ฉะนั้นการถอดแบบควรจะทำในช่วงเวลานี้จึงจะสะดวกและง่าย

ปูนปลาสเตอร์ที่ได้จากแร่ยิปซัมจะมีสีขาวกว่า มีการแข็งตัวเร็วกว่า ให้ความร้อนขณะแข็งตัวมากกว่าปูนปลาสเตอร์ชนิดที่ได้จากเกลือจืด เมื่อแข็งตัวเต็มที่ปลาสเตอร์จากแร่ยิปซัมจะมีความแข็งแกร่งกว่า แต่มีราคาแพงกว่าปลาสเตอร์ชนิดเกลือจืด จึงนิยมใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิก เช่น โรงงานเครื่องสุขภัณฑ์ โรงงานผลิตถ้วยชาม โดยใช้ทำ Mold production ไม่ใช้ในงานทั่วไป ปูนปลาสเตอร์ที่ทำจากเกลือจืดนั้นนิยมใช้ในงานฝึกหัดและหล่อรูปปั้นทั่วๆ ไป เพราะราคาถูก

ตาราง 1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของปูนปลาสเตอร์

คุณสมบัติ	ปูนปลาสเตอร์
1. การแข็งตัว	ยิปซัม > เกลือจืด
2. การคายความร้อน	ยิปซัม > เกลือจืด
3. ความแข็งแกร่งเมื่อแข็งตัวเต็มที่	ยิปซัม > เกลือจืด
4. ราคา	ยิปซัม > เกลือจืด
5. ความขาว	ยิปซัม > เกลือจืด
6. มลทิน	ยิปซัม < เกลือจืด

ปูนปลาสเตอร์เกรดดีที่ได้จากแร่ยิปซัม บางครั้งเรียกว่า ยิปซัมหรือปลาสเตอร์ยิปซัม และปูนปลาสเตอร์ที่ได้จากเกลือจืด เรียกว่า ปลาสเตอร์

1.4 การทดสอบปูนปลาสเตอร์

ก่อนนำปูนปลาสเตอร์มาใช้งาน เราควรทดสอบเพื่อให้แน่ใจคุณสมบัติของปลาสเตอร์นั้นๆก่อน เนื่องจากการผลิตปูนปลาสเตอร์ของแต่ละโรงงานมีลักษณะเฉพาะต่างกันและบางครั้งปลาสเตอร์ก็มีการเก็บรักษาไว้นานจึงต้องทดสอบก่อนนำใช้งาน วิธีทดสอบง่ายๆ มี 2 วิธีดังนี้

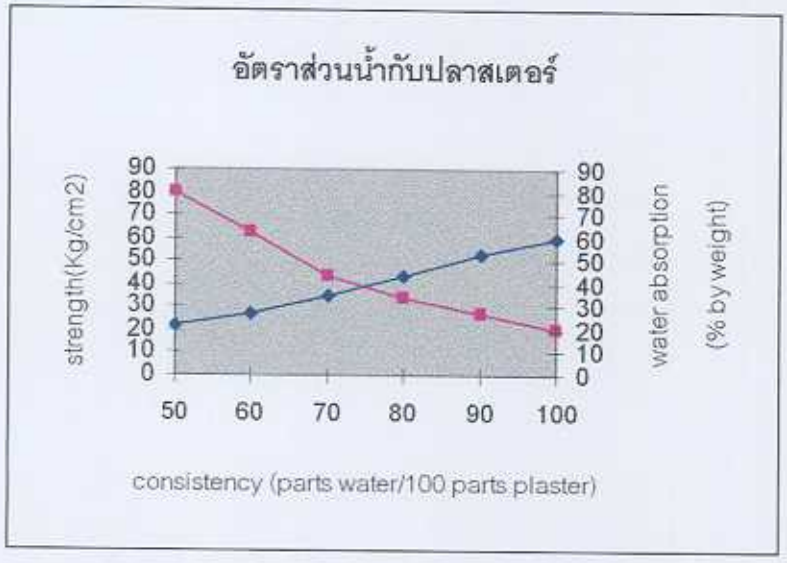
- ใช้มือกำปลาสเตอร์แล้วแบมือออก ปูนปลาสเตอร์ที่ดีจะมีเนื้อละเอียดและจะไม่เกาะตัวกันเป็นก้อน เมื่อแบมือออกปลาสเตอร์จะไหลลอดร่องนิ้วมือไปเกือบหมด ไม่มีก้อนหยาบปนอยู่ ถ้าปลาสเตอร์เสียจะรู้สึกสากมือ และมีก้อนเล็กๆ ปนอยู่
- ใช้ปูนปลาสเตอร์ผสมกับน้ำ โดยผสมปูนปลาสเตอร์ 1 ช้อนชากับน้ำเพียงเล็กน้อย แล้วจับเวลา ถ้าปลาสเตอร์ยังไม่เสื่อมคุณภาพจะแข็งตัวภายในเวลาที่กำหนด และจะเกิดปฏิกริยา Rehydration ในขณะก่อตัว ถ้าปลาสเตอร์เสื่อมคุณภาพแล้ว การแข็งตัวจะไม่เกิดขึ้นในเวลาที่กำหนดและไม่เกิดปฏิกิริยา Rehydration

1.5 การผสมปูนปลาสเตอร์

วิธีการผสมปูนปลาสเตอร์นับว่ามีความสำคัญมากในงานเซรามิก เช่น การทำพิมพ์สำหรับขึ้นรูปด้วยการหล่อแบบและใช้ใบมีด (Casting slip and jiggering) รวมทั้งการสร้างต้นแบบ (Modeling) แบบพิมพ์ดังกล่าวจะดีหรือไม่ มีอายุการใช้งานเท่าใด ขึ้นอยู่กับเทคนิคในการผสมปูนปลาสเตอร์ซึ่งจะส่งผลไปถึงการใช้งาน เช่น อายุการใช้งาน อัตราการดูดน้ำ

การผสมปูนปลาสเตอร์ เราสามารถควบคุมปลาสเตอร์ให้มีคุณภาพตามต้องการได้ เช่น ต้องการให้แบบพิมพ์สามารถดูดน้ำได้ดีขณะนำไปใช้งานและไม่ต้องการความแข็ง (Strength) มากนักก็ผสมน้ำในอัตราส่วนมากกว่าปลาสเตอร์เล็กน้อย เช่น แบบพิมพ์สำหรับหล่อแบบน้ำดิน (Casting slip) ถ้าต้องการให้แบบพิมพ์มีความแข็งแกร่งทนแรงกระแทกได้ดี เช่น แบบพิมพ์ในการขึ้นรูปด้วยการใช้ใบมีด (Jigger) ก็ผสมน้ำในอัตราส่วนที่น้อยกว่าปลาสเตอร์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของการใช้งาน

อัตราส่วนผสมระหว่างปริมาณน้ำที่ใช้ผสมกับปริมาณปูนปลาสเตอร์จะต้องมีการศึกษาเพื่อหาค่าที่เหมาะสมหรือค่าความแข็งแกร่งที่พอดีกับค่าการดูดซึมน้ำ โดยในการศึกษาทดลองจะผสมปูนกับน้ำในอัตราส่วนต่างๆ แล้วนำชิ้นทดสอบมาหาค่าการดูดซึมน้ำและค่าความแข็งแกร่ง จากนั้นนำมาเขียนกราฟแล้วหาจุดตัดของกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 1.4 ซึ่งเป็นการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของปูนและน้ำที่ใช้ทำแบบพิมพ์สำหรับการขึ้นรูปสุขภัณฑ์ โดยอัตราส่วนน้ำต่อปูน คือ น้ำ 75 ส่วน ต่อปูน 100 ส่วน ให้ค่าความแข็งแรงประมาณ 40 kg/cm^2 และมีค่าการดูดซึมน้ำ 37 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 1.4 กราฟแสดงการหาค่าอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างน้ำกับปูน

ขั้นตอนการผสมปูนปลาสเตอร์

การผสมปูนปลาสเตอร์มีความสำคัญมากเพราะหากผสมผิดวิธีหรือผิดขั้นตอนก็จะทำให้เกิดผลเสียกับแบบพิมพ์ แบบพิมพ์หรือแม่พิมพ์ต้นแบบจะใช้งานได้ดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับเทคนิคการผสมปูนปลาสเตอร์ การผสมปูนปลาสเตอร์มีขั้นตอนดังนี้

1 ชั่งน้ำใส่ภาชนะที่จะใช้ผสมตามน้ำหนักและอัตราส่วนที่เราเลือกใช้

2 โรยปูนปลาสเตอร์ (ซึ่งผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช) ลงในน้ำอย่างช้าๆ รอให้ปลาสเตอร์จมลงในน้ำหรือให้น้ำแทรกเข้าไปในโมเลกุลของปลาสเตอร์ โรยปูนปลาสเตอร์จนหมดที่ชั่งเตรียมไว้

3 รอให้น้ำแทรกเข้าไปในโมเลกุลของปลาสเตอร์ประมาณ 1-2 นาที ปลาสเตอร์จะเปียกทั่วกัน อาจใช้ค้อนยางเคาะเบาๆ ที่ก้นภาชนะเพื่อเร่งการตกจมให้เร็วขึ้น และเป็นการไล่ฟองอากาศอีกด้วย จากนั้นคนให้ปูนและน้ำเข้ากันไม่เกิดเม็ดหรือเป็นก้อน

<u>ข้อควรระวัง</u> ในการคนปลาสเตอร์ คือ อย่าคนก่อนที่น้ำจะแทรกเข้าไปในโมเลกุลของปลาสเตอร์เพราะจะทำให้ปลาสเตอร์จับเป็นก้อน มีผลต่อการดูดซึมน้ำที่ไม่สม่ำเสมอของแบบพิมพ์

4 นำปลาสเตอร์ที่คนได้ที่แล้ว เทลงในแบบพิมพ์อย่างช้าๆ และเบาที่สุดเพื่อป้องกันการเกิดฟองอากาศ

หมายเหตุ : ภาชนะที่ใช้ผสมควรล้างทันที และอย่าเทปลาสเตอร์ลงในท่อระบายน้ำจะทำให้ท่อระบายน้ำอุดตันได้ เพราะปลาสเตอร์แข็งตัวในน้ำได้

<u>ตัวเติมที่ใช้ผสมในปูนปลาสเตอร์</u>

ตัวเติมที่ใช้ผสมในปูนปลาสเตอร์เพื่อปรับจุดแข็งตัว (Setting point) มี 2 ลักษณะ คือ ตัวเติมเพื่อชะลอการแข็งตัว และตัวเติมเพื่อเร่งการแข็งตัว

- ตัวเติมเพื่อชะลอการแข็งตัว ใช้เติมเมื่อต้องการให้ปลาสเตอร์แข็งตัวช้าลง โดยจะเติมน้ำส้มสายชู หรือสารส้ม ซึ่งเราเรียกว่าตัวยับยั้งปฏิกิริยา (Retarder) ลงไปในน้ำก่อนที่จะโรยปูนปลาสเตอร์ ปริมาณตัวเติมที่ใช้ไม่ควรเกิน 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
- ตัวเติมเพื่อเร่งการแข็งตัว ใช้เติมเมื่อต้องการให้ปลาสเตอร์แข็งตัวเร็วขึ้น โดยจะเติมตัวเร่งปฏิกิริยา (Acclerater) ได้แก่
    - เกลือแกง (NaCl)
    - แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (Ammonium hydroxide)

- ผลึกของยิปซัมที่บดละเอียด

ปริมาณที่ใช้ไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ปลาสเตอร์ที่ใช้ในงานเครื่องเคลือบดินเผา นอกจากจะควบคุมการแข็งตัวแล้วยังสามารถควบคุมความแข็งแกร่งได้ โดยเติมสารดังต่อไปนี้

โซเดียมซัลเฟต	(Sodiumsulfate)
แมกนีเซียมคลอไรด์	(Magnesiumchloride)
ซีเมนต์ขาว	(White cement)

สารทั้ง 3 ตัวนี้ เรียกว่า Hardener ส่วนมากนิยมใช้กับงาน Model หรือ Case mold หรือแม่แบบที่ใช้ผลิตแบบพิมพ์จำนวนมากๆ และเก็บรักษาไว้เป็นเวลานาน

ปลาสเตอร์ชนิดที่เติมซีเมนต์ขาวมีโรงงานผลิตออกจำหน่ายแล้ว เรียกว่า ปลาสเตอร์หิน ซึ่งจะมีสีต่างๆ กัน เช่น สีเขียว สีชมพู มีคุณสมบัติต่างจากปลาสเตอร์ที่ใช้ทำแบบพิมพ์ (casting mold) คือมีการดูดซึมน้ำที่ไม่ดี ปลาสเตอร์หินไม่ควรนำมาใช้ทำแบบพิมพ์ในการหล่อแบบ แต่มีคุณสมบัติพิเศษเหมาะกับการทำต้นแบบซึ่งก่อตัวช้ามาก ใช้เวลาประมาณ 12 ชั่วโมง และทนความร้อนได้ประมาณ 400 องศาเซลเซียส มีความแข็งแกร่งมาก

1.6 ประโยชน์ของปลาสเตอร์ในงานเครื่องเคลือบดินเผา[3]

- ใช้ทำตัวต้นแบบ (Model or prototype) ทำแบบพิมพ์ (Mold or working mold) และทำส่วนที่บังคับพิมพ์หรือแม่พิมพ์ (Case mold or block mold) ดังแสดงในรูปที่ 1.5 และ 1.6
-

รูปที่ 1.5 แสดงการใช้ปลาสเตอร์ในงานผลิตต้นแบบ

แบบพิมพ์ Jigger

แบบพิมพ์ Jigger หรือแบบพิมพ์ใบมีด มีจำนวนชิ้นแบบตั้งแต่ 1 ชิ้นขึ้นไป การขึ้นรูปใช้แป้นหมุนไฟฟ้า ซึ่งจะมีทั้งรูปทรงด้านนอกและด้านใน โดยนำดินปั้นกดลงในแบบใช้ใบมีดที่มีรูปทรงด้านตรงกันข้ามกับแม่พิมพ์กด ปาดเอาเนื้อดินส่วนเกินทิ้งไป เมื่อดินหมาดแกะออกจากพิมพ์ได้

แบบพิมพ์หล่อแบบ (Casting mold)

แบบพิมพ์หล่อแบบมี 2 ชนิด คือแบบหล่อกลวงและแบบหล่อตัน

- แบบหล่อกลวง มีจำนวนชิ้นแบบตั้งแต่ 1 ชิ้นขึ้นไป มีช่องเทน้ำดิน การขึ้นรูปใช้น้ำดินเทลงไปในแบบจนเต็ม ทิ้งไว้สักระยะให้ได้ความหนาตามต้องการ จึงเทน้ำดินออกจากพิมพ์ คว่ำทิ้งไว้เมื่อเนื้อดินหมาดดี แกะออกจากพิมพ์
- แบบหล่อตัน มีจำนวนพิมพ์ 2 ชิ้น ประกบกัน การหล่อมี 2 ลักษณะ คือ หล่อแบบเรียงเดี่ยวคล้ายการหล่อกลวง แต่ปล่อยให้น้ำดินแห้งในแบบแล้วแกะออก ได้แก่ พิมพ์หูถ้วย หูกา และการหล่อแบบพิมพ์ที่เรียงเป็นแถวต่อกันให้รูน้ำดินตั้งตรงกัน ปล่อยให้น้ำดินไหลผ่านแบบพิมพ์แต่ละอันผ่านรูน้ำดินขนาดเล็ก แล้วปล่อยให้น้ำดินแห้งในแบบ จึงแกะออก งานที่ใช้แบบตัน ได้แก่ จานแปลถาด เป็นต้น

แบบพิมพ์กด (Press mold)

แบบพิมพ์กด คือแบบพิมพ์ชิ้นเดียวมีช่องลึก นำดินปั้นกดลงไปพอเนื้อดินหมาดแกะออกจากแบบ ประเภทของงาน ได้แก่ พิมพ์พระกระดุม เป็นต้น

รูปที่ 1.6 แสดงการใช้ปลาสเตอร์ในงานผลิตแบบพิมพ์

ยิปซัมปลาสเตอร์ (Gypsum plaster)

ปลาสเตอร์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมเป็นปลาสเตอร์ที่ได้จากแร่ยิปซัมหรือยิปซัมปลาสเตอร์ ดังนั้นเราจึงจะกล่าวต่อไปเฉพาะยิปซัมปลาสเตอร์เท่านั้น ยิปซัมปลาสเตอร์มาจากคำ 2 คำ คือ ยิปซัมและปลาสเตอร์ ซึ่งมีการให้ความหมายของแต่ละคำไว้ดังนี้

ยิปซัม[5] คือ ตัวประสานชนิดแคลเซียมซัลเฟตที่ต้องอาศัยน้ำช่วยในการเกิดปฏิกิริยา (Hydraulic binder) ผงยิปซัมเมื่อผสมกับน้ำเป็นน้ำโคลน (Slurry) แล้วจะเกิดปฏิกิริยาการตกผลึก (Crystallization reaction)[4] โดยน้ำโคลนจะเริ่มแข็งตัว และจับตัวเกิดโครงสร้างผลึก (Crystalline structure)[4] เมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุดน้ำโคลนดังกล่าวจะเปลี่ยนเป็นของแข็งที่เรียกว่า "Set gypsum"

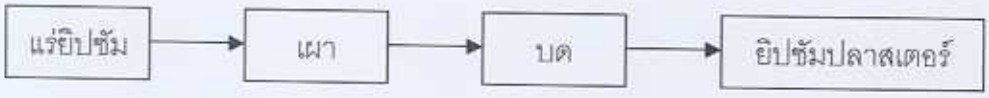
ปลาสเตอร์[4] ที่กล่าวถึงโดยทั่วไปคือสารประกอบแคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรต (calciumsulfate hemihydrate) ซึ่งไม่มีในธรรมชาติแต่ได้จากการเผาแร่ยิปซัมหรือแร่เกลือจืดในธรรมชาติดังที่กล่าวมาในบทก่อนหน้า ปลาสเตอร์บริสุทธิ์จะมีสีขาวหรือสีใส อาจมีสีเทา เหลือง น้ำผึ้ง แดง น้ำตาล และคล้ำขึ้นจนถึงสีดำ ทั้งนี้ขึ้นกับสีของมลทินที่ถูกกักเก็บไว้ระหว่างที่แร่ตกผลึก

ดังนั้นเมื่อกล่าวถึง**ยิปซัมปลาสเตอร์** หรือ "plaster of paris" จึงหมายถึงแคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรต (calciumsulfate hemihydrate) ที่ได้จากแร่ยิปซัมที่บริสุทธิ์มากๆ หรือปลาสเตอร์ที่ใช้กับงานขึ้นรูป (molding) จะไม่ใช้กับแคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรตที่ได้จากเกลือจืด ยิปซัมปลาสเตอร์นี้มีการนำมาใช้มากขึ้นมากในอุตสาหกรรม ทั้งอุตสาหกรรมก่อสร้างโดยเฉพาะยิปซัมบอร์ดและปูนซีเมนต์ อุตสาหกรรมเซรามิกใช้ทำแบบพิมพ์สำหรับขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

จากข้อมูลเกี่ยวกับการซื้อขายยิปซัมพบว่ามีมานานกว่า 9000 ปี ที่ประเทศแอนาโทเลียและประเทศซีเรีย[5,6,7] แต่จากหลักฐานที่ปรากฏพบ มีการนำยิปซัมมาใช้ในการก่อสร้างเป็นเวลานานกว่า 5000 ปี ที่ประเทศอียิปต์ ในการก่อสร้างพีระมิด (Pyramids) โดยใช้เป็นตัวประสานระหว่างก้อนหิน ในประเทศกรีกได้ใช้แร่ยิปซัมมาใช้ทำช่องหน้าต่างของวัดที่แสงสามารถส่องผ่านได้ ต่อมาปี ค.ศ. 1755 นาย Claire Gapper ค้นพบว่าหินยิปซัมที่นำมาเผาและบดให้เป็นผงละเอียดเมื่อผสมกับน้ำจะเกิดความเหนียวและแข็งตัว ใช้ในการซ่อมแซมและฉาบผิวผนังที่ขรุขระให้เรียบสวยและกันไฟได้ ประเทศฝรั่งเศสจึงได้นำยิปซัมมาฉาบผนังเพื่อป้องกันไฟหลังจากเหตุการณ์ไฟไหม้ครั้งใหญ่ในประเทศอังกฤษ และยิปซัมที่นำมาใช้ได้มาจากแหล่งใกล้ๆ เมืองปารีส จึงทำให้เกิดคำว่า " plaster of paris" และภายหลังมีการนำมาใช้เรียกชื่อของยิปซัมปลาสเตอร์ที่ได้จากแหล่งอื่นด้วย

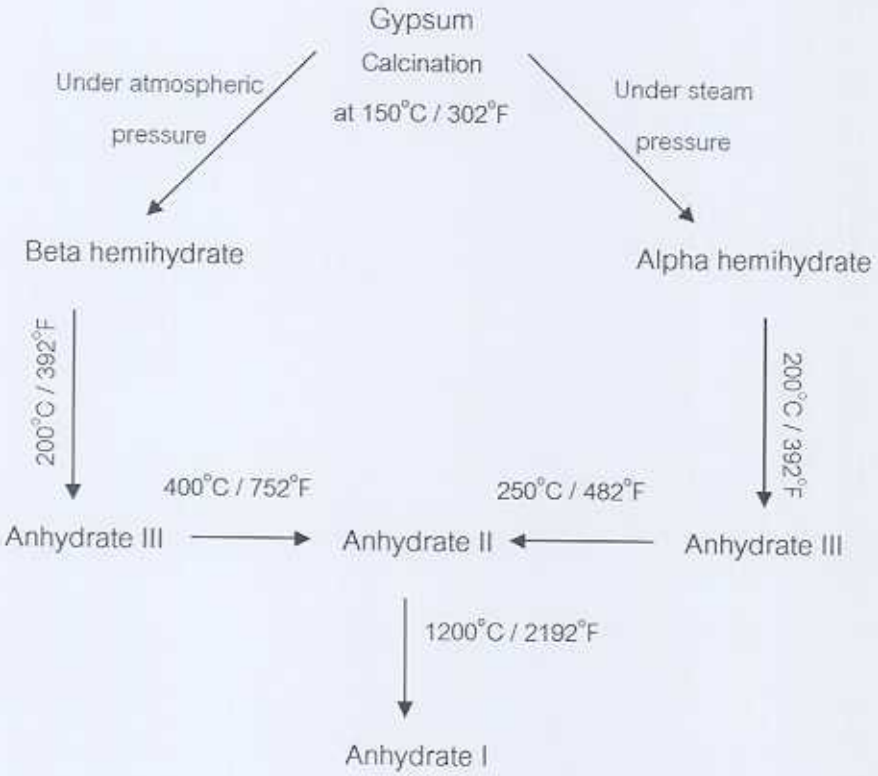
การเตรียม $CaSO_4 \cdot 1/2H_2O$ (calciumsulfate hemihydrate) จาก $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ (calciumsulfate dihydrate) มีขั้นตอนพื้นฐานดังนี้:-

- เผาหินยิปซัมเพื่อไล่น้ำบางส่วนออกจากโครงผลึก
- นำมาบดเป็นผงที่มีขนาดการกระจายตัวที่ดี
- คลุกให้มีเนื้อเดียวกันและผสมตัวเติมบางตัวเพื่อให้มีคุณสมบัติตามต้องการ



ในการเตรียมยิปซัมปลาสเตอร์โดยการเผานี้ จะได้ปลาสเตอร์ที่มีลักษณะการปะปนกันของ Anhydrate , Hemihydrate และ Dihydrate ทำให้มีคุณสมบัติของปลาสเตอร์แตกต่างกันไปตามเปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยแวดล้อมต่างๆ ในขั้นตอนการเผาย่าง (Calcine)

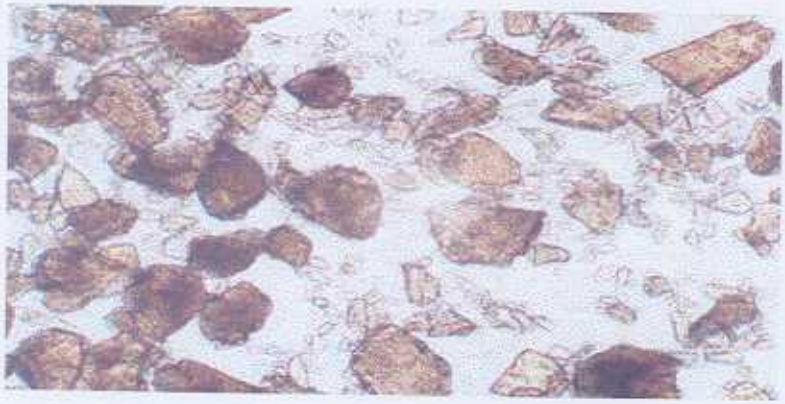
ผลการศึกษาที่ผ่านมาพอจะสรุปการเปลี่ยนแปลงของยิปซัมได้ดังนี้[6]



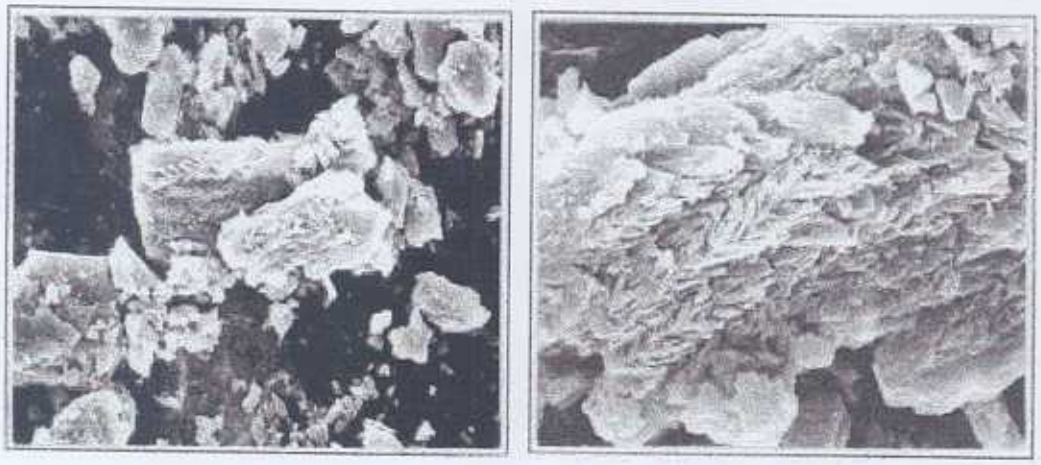
2.1 รูปแบบของยิปซัมปลาสเตอร์

ยิปซัมปลาสเตอร์ (Calciumsulfate hemihydrate) มี 2 รูปแบบ คือ เบตาเฮมิไฮเดรต (Beta hemihydrate) และ แอลฟาเฮมิไฮเดรต (Alpha hemihydrate)

- เบตา เฮมิไฮเดรต (Beta hemihydrate) เป็นยิปซัมปลาสเตอร์ที่เตรียมได้ง่าย จากการเผาย่าง (Calcine) ผงยิปซัม (Gypsum dihydrate) ที่อุณหภูมิประมาณ 110-120 องศาเซลเซียส ในเตา Open kettles หรือเตา Rotary ที่ความดันปกติ อนุภาคของเบตาเฮมิไฮเดรตที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะเป็นรูพรุน มีรูปร่างไม่แน่นอน ดังแสดงในรูปที่ 2.1



(ก)

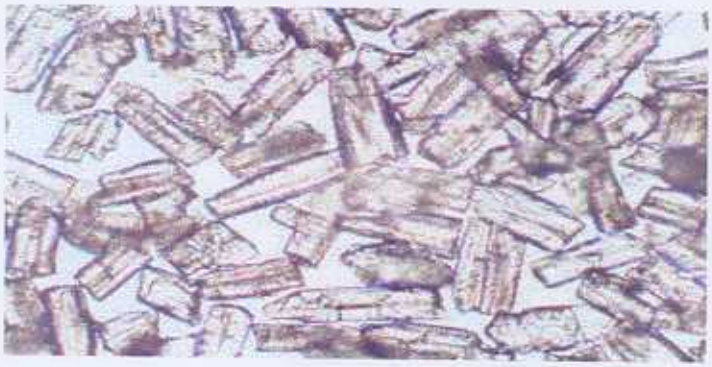


(ข)

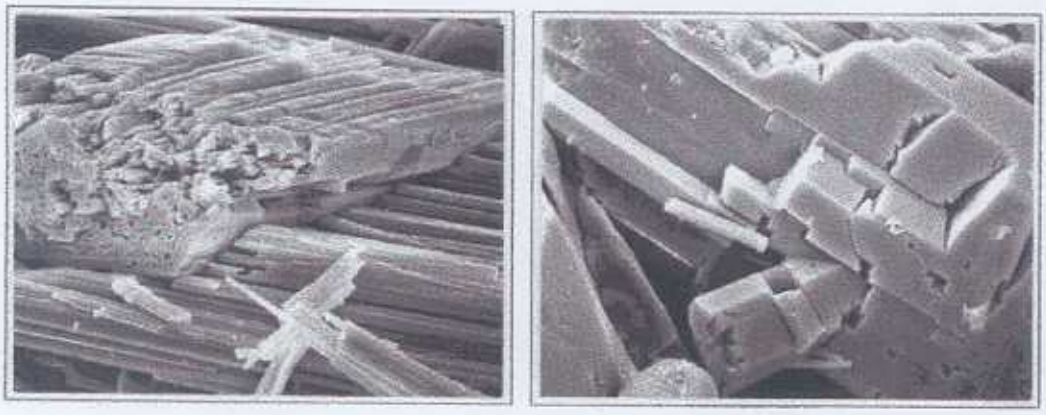
รูปที่ 2.1 (ก) แสดงภาพโครงสร้างของเบตาเฮมิไฮเดรตจากจุลทรรศน์

(ข) แสดงภาพโครงสร้างจุลภาคของเบตาเฮมิไฮเดรตโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราด (SEM micrographs of beta hemihydrate)

- แอลฟา เฮมิไฮเดรต (Alpha hemihydrate) เป็นยิปซัมปลาสเตอร์ที่เตรียมยาก ต้องอาศัยเครื่องมือพิเศษและความรู้ด้านเทคนิคชั้นสูง ในการเผาย่าง (calcine) ประเทศแรกที่มีการเตรียมแอลฟาเฮมิไฮเดรตในระดับอุตสาหกรรม คือ สหรัฐอเมริกา ซึ่งมีการทำมาแล้วประมาณ 60 ปี โดยวิธีการเผาย่างแร่ยิปซัมในหม้ออัดความดัน (autoclave) เผาที่อุณหภูมิประมาณ 130 องศาเซลเซียสและใช้ความดันไอสูง ลักษณะของแอลฟาเฮมิไฮเดรตมีเนื้อแน่น มีรูปร่างเป็นรูปเข็ม (needle-like) ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ลักษณะของหม้ออัดความดันแสดงในรูปที่ 2.3

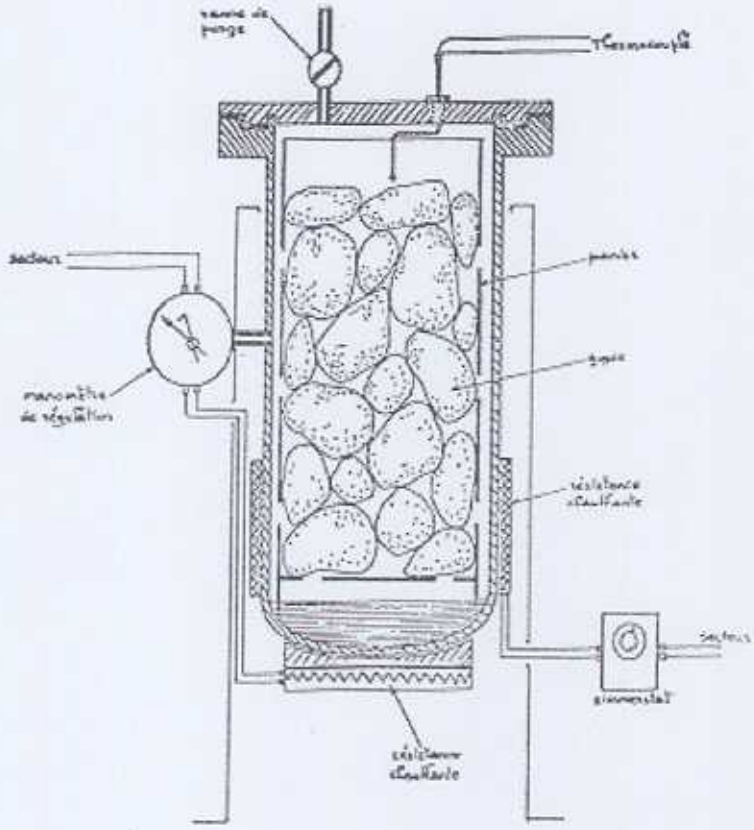


(ก)



(ข)

รูปที่ 2.2 (ก) แสดงภาพโครงสร้างของแอลฟาเฮมิไฮเดรตจากกล้องจุลทรรศน์
(ข) แสดงภาพโครงสร้างจุลภาคของแอลฟาเฮมิไฮเดรตโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราด (SEM micrographs of beta hemihydrate)



รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะของหม้ออัดความดันที่ใช้เตรียมแอลฟาเฮมิไฮเดรต

แอลฟาเฮมิไฮเดรตและเบตาเฮมิไฮเดรตมีองค์ประกอบทางเคมีเหมือนกัน แต่มีลักษณะรูปผลึกที่ต่างกัน ในขบวนการเตรียมเบตาเฮมิไฮเดรต เมื่อน้ำในโครงผลึกถูกกำจัดออก จะทำให้ผลึกของยิปซัมถูกทำลาย และความร้อนที่ได้รับจะทำให้อนุภาคขนาดเล็กเกิดการจับตัวกัน (Aggregate) เป็นก้อน เกิดรูพรุนขึ้นภายในซึ่งลักษณะดังกล่าวจะไม่เกิดขึ้นในการเตรียมแอลฟาเฮมิไฮเดรตที่เตรียมในหม้ออัดความดัน ผลการเตรียมที่แตกต่างกันส่งผลต่อปลาสเตอร์มากมาย เมื่อนำมาใช้งานโดยเฉพาะเมื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการทำแบบพิมพ์ การผสมน้ำเพื่อเตรียมน้ำโคลน (Slurry) การดูดซับน้ำและปริมาณน้ำส่วนเกินที่มีผลต่อโครงสร้างของรูพรุนเมื่อปลาสเตอร์แข็งตัว

จากการศึกษาเก็บข้อมูลสรุปปริมาณน้ำที่แอลฟาเฮมิไฮเดรตและเบตาเฮมิไฮเดรตต้องการได้ดังนี้

ทฤษฎี $CaSO_4 \cdot 0.5\,H_2O + 1.5\,H_2O \longrightarrow CaSO_4 \cdot 2H_2O$

100 g 18.6 g 118.6 g

Beta plaster : P/W =125% $CaSO_4 \cdot 0.5\,H_2O + 6.45\,H_2O \longrightarrow CaSO_4 \cdot 2H_2O + 4.95\,H_2O$

100 g 80 g 118.6 g 61.4 g

Alpha plaster : P/W =300% $CaSO_4 \cdot 0.5\,H_2O + 2.7\,H_2O \longrightarrow CaSO_4 \cdot 2H_2O + 1.2\,H_2O$

100 g 33.3 g 118.6 g 14.7 g

หมายเหตุ (P/W = plaster to water ratio)

จะเห็นว่า เมื่อนำเบตาเฮมิไฮเดรตมาใช้งานเบตาเฮมิไฮเดรตต้องการน้ำในการเตรียมน้ำโคลนมากกว่า ดูดซับน้ำมากกว่าและมีปริมาณน้ำส่วนเกินมากกว่าแอลฟาเฮมิไฮเดรต

2.2 ลักษณะเฉพาะของปลาสเตอร์

ลักษณะเฉพาะสำคัญของปลาสเตอร์โดยทั่วไป คือ :-

1. ปลาสเตอร์ต้องเป็นผงของเฮมิไฮเดรต (Hemihydrate powder)
2. มีสมบัติเป็นน้ำโคลน (Slurry) เมื่อผสมกับน้ำ
3. เกิดการแข็งตัวของน้ำโคลน (Set plaster) เช่น การแข็งตัวของแม่พิมพ์ปลาสเตอร์ที่ใช้ในงานเซรามิก

การได้มาซึ่งลักษณะของผงปลาสเตอร์ ลักษณะของน้ำโคลน และลักษณะของปลาสเตอร์ที่แข็งตัวในเวลาที่ต้องการ ต่างต้องมีการควบคุมซึ่งแยกได้ดังนี้

ลักษณะของผงปลาสเตอร์ที่ต้องควบคุม:-

- ลักษณะของเม็ดปลาสเตอร์ ได้แก่ ขนาดของอนุภาคและการกระจายตัวของอนุภาค
- Phase composition : เปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบเฮมิไฮเดรตและเปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบไดไฮเดรต ซึ่งเป็นผลมาจากการเผาย่าง (Calcining)
- Bulk density : เบตาปลาสเตอร์ ค่า Bulk density ประมาณ 0.5
  แอลฟาปลาสเตอร์ ค่า Bulk density ประมาณ 1.0

ลักษณะของน้ำโคลน (Slurry) ที่ต้องควบคุม:-

- การไหลตัว (Rheology)
- เวลาในการแข็งตัว (Setting time) ซึ่งจะเกี่ยวพันถึงการเกิดเจริญขึ้นโครงสร้างผลึก (Crystal growth) และความแข็งแกร่ง
- การขยายตัวในขณะแข็งตัว เกิดจากแรงผลักซึ่งกันและกันของผลึกที่ก่อตัวขึ้น

ลักษณะของแม่พิมพ์ที่ต้องควบคุมหลังการตกผลึก (Crystallization) :-

- ผิวหน้าสัมผัส : มีผลต่อการขึ้นรูปชิ้นงาน หากผิวหน้าของแม่พิมพ์มีรูพรุน ผิวไม่เรียบก็จะมีผลทำให้ชิ้นงานมีผิวไม่เรียบ เกิดรูเข็มที่ผิว (Pinholes)
- ความแข็งแกร่งทางกลศาสตร์ : มีผลต่อความต้านทานแรงกระแทก (Impact resistance) ความต้านทานต่อการกัดกร่อน (Wear resistance)
- ความพรุนตัว (Porosity) เป็นลักษณะที่สำคัญของแม่พิมพ์ โดยเฉพาะแม่พิมพ์ที่ใช้ในงานหล่อแบบ

<u>ตัวอย่าง</u> ลักษณะของน้ำโคลน (Slurry) และแม่พิมพ์ที่ได้รับอิทธิพลมาจากอัตราการผสมปลาสเตอร์กับน้ำ (Plaster to water ratio P/W) ที่ต่างกัน

- A low plaster to water ratio : 130% beta plasters จะให้สมบัติดังนี้

  ความแข็งแรงทางกลศาสตร์ต่ำ (Low mechanical strength)
  ความพรุนตัวสูง (High total porosity) ประมาณ 50%
  การขยายตัวต่ำ (Low expansion) ประมาณ 1 mm/m

- A higher plaster to water ratio : 160% mixture alpha+beta plasters จะให้สมบัติดังนี้

  ความแข็งแรงทางกลศาสตร์สูง (High mechanical strength)
  ความพรุนตัวต่ำ (Low total porosity)
  การขยายตัวสูง (High expansion) ประมาณ 2 mm/m

❖ สำหรับสุขภัณฑ์ อัตราส่วนระหว่างปลาสเตอร์ต่อน้ำ จะอยู่ในช่วง 1.3 : 1 ถึง 3 : 2 หรือ 130%-150%

❖ ผลิตภัณฑ์โต๊ะอาหาร แยกเป็น 2 กรณี คือใช้ทำแบบพิมพ์สำหรับการขึ้นรูปด้วยการหล่อแบบน้ำดิน และใช้ทำแบบพิมพ์สำหรับการขึ้นรูปด้วยการใช้ใบมีดปาดบนแบบพิมพ์

- การขึ้นรูปด้วยการหล่อแบบ อัตราส่วนระหว่างปลาสเตอร์ต่อน้ำ เริ่มตั้งแต่ 1.3 : 1 หรือ 130% จนถึง 150%
- การขึ้นรูปด้วยใบมีดใช้อัตราส่วนระหว่างปลาสเตอร์ต่อน้ำถึง 2.2 : 1 หรือ 220%

2.3 คุณลักษณะของปลาสเตอร์ที่ผลิตภัณฑ์สีขาวต้องการ:

- งานเครื่องเคลือบดินเผา

  อัตราส่วนผสมระหว่างปลาสเตอร์ต่อน้ำที่เลือกใช้จะต้องให้คุณลักษณะดังนี้ :

  1. ให้การไหลตัวที่ดี : น้ำโคลนจะมีสภาพเป็นของเหลวไหลแทรกเข้าไปในส่วนโค้งส่วนเว้าได้รายละเอียดต่างๆ ของแบบพิมพ์และแข็งตัวได้ความหนาของแบบพิมพ์ตามต้องการก่อนเวลาการแข็งตัว (Setting time) ของปลาสเตอร์
  2. ถอดออกจากแบบพิมพ์ได้เร็วและง่าย
  3. สามารถควบคุมการขยายตัวได้ โดยเฉพาะในงานผลิตภัณฑ์โต๊ะอาหารที่มีการบิดหรือโค้ง แบบพิมพ์ที่ใช้จะต้องมีการขยายตัวต่ำเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาที่จะเกิดขึ้นต่อชิ้นงานที่หล่อจากแม่พิมพ์

- งานสุขภัณฑ์ (ที่ใช้เทคนิคการหล่อแบบ)

  1. แม่พิมพ์จะต้องมีความแข็งแรงมากพอเมื่ออยู่ในสภาวะที่เปียกหรือมีความชื้น (มีความแข็งแรงประมาณ 50% ของความแข็งแรงของแม่พิมพ์แห้ง)
  2. มีอายุการใช้งานนาน
  3. มีการดูดซึมน้ำที่สม่ำเสมอทั้งชิ้นงานเพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีความหนาสม่ำเสมอ ลดปัญหาการแตกร้าว

- งานผลิตภัณฑ์โต๊ะอาหาร (ใช้เทคนิคการขึ้นรูปด้วยหัวกด roller head)

  1. อากาศสามารถซึมผ่านได้มาก (High air permeability) เพื่อลดปัญหาการเกาะติดแม่พิมพ์ ทำให้เสียรูปทรง โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์โบนไชน่า
  2. มีอายุการใช้งานนาน การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยการหล่อแบบ น้ำดินจะสัมผัสกับผิวของแม่พิมพ์และเกิดการดูดซึมน้ำเข้าไปในเนื้อของแม่พิมพ์เพื่อให้ได้รูปทรงตามต้องการ การดูดซึมน้ำจะทำให้เกิดการละลายของสารหรือองค์ประกอบบางตัวจากแม่พิมพ์ทำให้เกิดการสึกกร่อนหรืออาจเกิดการขัดสีระหว่างผิวแม่พิมพ์กับอินทรีย์สารต่างๆ ในน้ำดิน มีผลให้อายุการใช้งานสั้นลง

ปลาสเตอร์แต่ละชนิดที่ใช้ในขบวนการผลิตผลิตภัณฑ์มีคุณลักษณะพิเศษแต่ต่างกันออกไปตามความต้องการในใช้งาน ตัวอย่างของปลาสเตอร์ที่มีการผลิตขายในท้องตลาด[8] แสดงในตารางต่อไปนี้

TA – 50 Series
Case Mold

Table ware
Sanitary ware

TA – 50 Series เป็นปูนสำหรับ Case mold ที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในงานบนโต๊ะอาหาร (Table ware) งานสุขภัณฑ์ (Sanitary ware) และของชำร่วย (Gift ware) TA – 50 Series ผลิตจากแอลฟาปลาสเตอร์คุณภาพสูงที่มีความละเอียดดี ซึ่งผลิตมาเพื่อตอบสนองความต้องการการใช้งานที่หลากหลายด้วยคุณภาพที่เยี่ยมยอดในเรื่องของ การขยายตัวต่ำ (Low expansion) ความแข็งแรงสูง (High strength) และช่วงเวลาการเซตตัว (Setting time) ที่มีหลากหลายช่วงให้เลือกเพื่อให้เหมาะแก่การเลือกใช้งาน

รายละเอียดสินค้า

ชื่อสินค้า	น้ำ/ปูน (%)	เวลากวน (นาที)	เวลาเริ่มเซตตัว (นาที)	% การขยายตัว	Dry Bending strength (Kg_f / cm^2)	ประโยชน์ใช้งาน
TA – 50A	40 - 45	5 - 8	12 - 16	0.10 – 0.15	100 - 140	- ปูน Case mold สำหรับงานบนโต๊ะอาหาร - มีเวลาการเซตตัวที่รวดเร็ว
TA – 50B	40 – 45	5 – 8	12 – 16	0.07 – 0.09	100 - 120	- ปูน Case mold สำหรับงานบนโต๊ะอาหาร - การขยายตัวต่ำ และมีเวลาการเซตตัวที่รวดเร็ว
TA – 50G	40 – 45	5 – 8	15 – 18	0.10 – 0.12	100 - 120	- ปูน Case mold สำหรับงานบนโต๊ะอาหารและงานสุขภัณฑ์ - มีเวลาการเซตตัวที่นาน
TA – 50P	40	5 – 8	14 – 17	0.12 – 0.14	100 - 120	- ปูน Case mold สำหรับงานบนโต๊ะอาหารและงานสุขภัณฑ์ - มีเวลาการเซตตัวที่นาน
TA – 50S	35	5 - 8	15 - 18	0.05 – 0.06	100 - 120	- ปูน Case mold สำหรับงานบนโต๊ะอาหารและงานสุขภัณฑ์ - เหมาะกับงาน Case mold ที่ต้องการผิวหน้าที่มีความแข็งสูง - การขยายตัวต่ำ และความแข็งแรงสูง

* ปริมาณสารค้างตะแกรง (Sieve 150 ไมครอนหรือ 100 เมช) : < 0.1%

TA – 60 Series
Jiggering Mold

☐ Table ware

TA – 60 Series เป็นปูนสำหรับ Jiggering mould ที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในงานบนโต๊ะอาหาร (Table ware) เป็นรูปทรงต่าง ๆ อาทิเช่น แก้ว (Cup/ Mug), จาน (Plate) และชาม (Bowl) เป็นต้น TA – 60 Series ผลิตจากการผสมระหว่างแอลฟาและเบตาปลาสเตอร์ ซึ่งมีคุณสมบัติที่ดีด้านความแข็งแรงสูง (High expansion) ความแข็งที่เยี่ยมยอด (Excellent hardness) นอกจากนี้ยังมีค่าต้านทานการสึกกร่อนสูง (High abrasive resistance) พร้อมทั้งรับรองอายุการใช้งานที่ยาวนานและให้ผลผลิตที่สูงสุด

รายละเอียดสินค้า

ชื่อสินค้า	น้ำ/ปูน (%)	เวลากวน (นาที)	เวลาเริ่มเซตตัว (นาที)	เวลาสิ้นสุดการเซตตัว (นาที)	Dry Bending strength (Kg_f / cm^2)	ประโยชน์ใช้งาน
TA – 60	60	5 – 7	12 - 18	< 40	> 55	- สำหรับงานเนื้อ stoneware - เป็นสินค้ามาตรฐานและมีความแข็งแรงสูง
TA – 60B	60 – 63	4 – 6	10 – 15	< 40	> 55	- สำหรับงานเนื้อ stoneware หรือ porcelain - อายุการใช้งานยาวนาน
TA – 60I	60	4 – 6	14 – 16	< 40	> 55	- สำหรับงานเนื้อ stoneware หรือ porcelain - มีเวลาการเซตตัวที่เร็ว - อายุการใช้งานยาวนาน
TA – 60E	60	4 – 6	14 – 17	< 40	> 55	- สำหรับงานเนื้อ stoneware หรือ porcelain - มีเวลาการเซตตัวที่เร็ว
TA – 60RX	62.5	4 - 6	10 - 13	< 40	> 55	- สำหรับงานเนื้อ porcelain หรือ bone china

* ปริมาณสารค้างตะแกรง (Sieve 150 ไมครอนหรือ 100 เมช) : < 0.1 %
* การขยายตัว : < 0.1 %
* ปริมาณการดูดซึมน้ำ : 25 – 35 %

TA – 70 Series
Pressure/ Solid/ Drain Casting Mold

Table ware
Sanitary ware
Gift ware

TA – 70 Series เป็นปูน Pressure/ Solid/ Drain Casting Mold ที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในงานบนโต๊ะอาหาร (Table ware) งานสุขภัณฑ์ (Sanitary ware) และของชำร่วย (Gift ware) TA – 70 Series ผลิตจากการผสมระหว่างแอลฟาและเบตาปลาสเตอร์ ซึ่งให้คุณสมบัติที่ดีด้านความแข็งแรงสูง (High strength) การดูดซึมน้ำที่ดีเยี่ยม (Excellent - water absorption property) และให้ผลผลิตที่สูงอีกด้วย

รายละเอียดสินค้า

ชื่อสินค้า	น้ำ/ปูน (%)	เวลากวน (นาที)	เวลาเริ่มเซตตัว (นาที)	เวลาสิ้นสุดการเซตตัว (นาที)	Dry Bending strength (Kg_f / cm^2)	ประโยชน์ใช้งาน
TA – 70AS	72	-	7.30 – 10	< 40	> 50	- สำหรับงานสุขภัณฑ์ - สำหรับงานระบบ Mason flow mixing system
TA – 70E	66.7	4 – 6	13 – 15	< 40	> 50	- สำหรับงานบนโต๊ะอาหารที่ขึ้นรูปด้วยวิธี Pressure casting (ความดันน้ำดิน 0.5 – 2 บาร์) - สำหรับงานสุขภัณฑ์ที่ต้องการความแข็งแรงสูง และสามารถหล่อได้ 3 – 4 รอบ/ วัน
TA – 70U	71	4 – 6	18 – 22	< 40	> 50	- สำหรับงานสุขภัณฑ์ - สำหรับ Batch การผสมที่มีปริมาณมาก (มากกว่า 100 กก.) - หล่อได้ 2 – 3 รอบ/ วัน

* ปริมาณสารค้างตะแกรง (Sieve 150 ไมครอนหรือ 100 เมช): < 0.1%
* การขยายตัว : 0.2 %
* ปริมาณการดูดซึมน้ำ : 30 - 40 %

TA – 75 Series
Pressure/ Solid/ Drain Casting Mold

Table ware
Sanitary ware
Gift ware

TA – 75 Series เป็นปูน Pressure/ Solid/ Drain Casting Mold ที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในงานบนโต๊ะอาหาร (Table ware) งานสุขภัณฑ์ (Sanitary ware) และของชำร่วย (Gift ware) TA – 75 Series ผลิตจากการผสมระหว่างแอลฟาและเบตาปลาสเตอร์ ซึ่งมีคุณสมบัติที่ดีเยี่ยมด้านการหล่อ (Excellent casting Property) ความแข็งแรงสูง (High -strength) คุณสมบัติการดูดซึมน้ำที่เยี่ยมยอด (Excellent water absorption property) และทั้งยังให้ผลผลิตที่สูงขึ้นอีกด้วย

รายละเอียดสินค้า

ชื่อสินค้า	น้ำ/ปูน (%)	เวลากวน (นาที)	เวลาเริ่มเซตตัว (นาที)	เวลาสิ้นสุดการเซตตัว (นาที)	Dry Bending strength (Kg_f / cm^2)	ประโยชน์ใช้งาน
TA – 75C	75	-	7.30 – 10	< 40	> 50	- สำหรับงานสุขภัณฑ์, หล่อได้ 2 – 3 รอบ /วัน - สำหรับงานบนโต๊ะอาหาร, หล่อได้ 6 – 10 รอบ/ วัน
TA – 75K	75	4 – 6	15 – 18	< 40	> 50	- สำหรับงานสุขภัณฑ์, หล่อได้ 2 – 3 รอบ/ วัน
TA – 75E	75	4 – 6	16 – 18	< 40	> 50	- สำหรับงานบนโต๊ะอาหารและงานสุขภัณฑ์
TA – 75SS	65 - 70	4 - 6	14 - 16	< 40	> 50	- สำหรับงานบนโต๊ะอาหาร, หล่อได้ 6 – 10 รอบ/ วัน - เหมาะอย่างยิ่งสำหรับงานเนื้อ porcelain - หล่อได้ 2 – 3 รอบ/ วัน - ความแข็งแรงสูง

* ปริมาณสารค้างตะแกรง (Sieve 150 ไมครอนหรือ 100 เมช) : < 0.1%
* การขยายตัว : 0.2 %
* ปริมาณการดูดซึมน้ำ : 30 – 40 %

TA – 90 Series
Pressure/ Solid/ Drain Casting Mold

Table ware
Sanitary ware
Gift ware

TA – 90 Series เป็นปูน Solid/ Drain Casting Mold ที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในงานบนโต๊ะอาหาร (Table ware) งานสุขภัณฑ์ (Sanitary ware) และของชำร่วย (Gift ware) TA – 90 Series ผลิตจากการเบตาปลาสเตอร์คุณภาพสูง ซึ่งมีคุณสมบัติที่ดีเยี่ยมด้านการหล่อ (Excellent casting property) การดูดซึมน้ำที่เยี่ยมยอด (Excellent water absorption) และอายุการใช้งานที่ยาวนาน

รายละเอียดสินค้า

ชื่อสินค้า	น้ำ/ปูน (%)	เวลาควน (นาที)	เวลาเริ่มเซตตัว (นาที)	เวลาสิ้นสุดการเซตตัว (นาที)	Dry Bending strength (Kg_f / cm^2)	ประโยชน์ใช้งาน
TA – 90C	75 – 80	3 – 5	12 – 15	< 40	> 40	- สำหรับงานสุขภัณฑ์, หล่อได้ 1 – 2 รอบ/ วัน
TA – 90M	75 – 80	3 – 5	12 – 15	< 40	> 40	- สำหรับงานบนโต๊ะอาหาร, หล่อได้ หลายรอบ/ วัน
TA – 90P	75 – 80	3 – 5	12 – 16	< 40	> 40	- สำหรับงานสุขภัณฑ์, หล่อได้ 1 – 2 รอบ/ วัน - สำหรับงานบนโต๊ะอาหาร, หล่อได้ หลายรอบ/ วัน - อุณหภูมิห้องอบต้อง < 50 °C
TA – 90E	75 - 80	3 – 5	16 – 18	< 40	> 40	- สำหรับงานสุขภัณฑ์, หล่อได้ 1 – 2 รอบ/ วัน

* ปริมาณสารค้างตะแกรง (Sieve 150 ไมครอนหรือ 100 เมช) : < 0.1%
* การขยายตัว : < 0.2 %
* ปริมาณการดูดซึมน้ำ : 30 – 45 %

C – 200 Series
Medium pressure/ Ram Press Molds

Table ware
Sanitary ware

C – 200 Series เป็นปูน Medium pressure Mold ที่นิยมใช้อย่างแพร่ในงานสุขภัณฑ์ (Sanitary ware) และ Ram Press Mould ในงานบนโต๊ะอาหาร (Table ware) C – 200 Series ผลิตจากแอลฟาปลาสเตอร์คุณภาพสูงที่มีความละเอียดดี ซึ่งมีคุณสมบัติที่ดีด้านต่าง ๆ เช่น มีค่าต้านทานการสึกกร่อนสูง (High abrasive resistance) ความสามารถการอัดไล่ลมที่ดี (Great aeration mold) มีรูพรุนสม่ำเสมอ (Homogeneous porosity) ถอดขึ้นงานออกง่าย (Rapid green ware release) และไล่น้ำออกจากโมลด์ได้ง่าย

รายละเอียดสินค้า

ชื่อสินค้า	น้ำ/ปูน (%)	เวลาควน (นาที)	เวลาเริ่มเซตตัว (นาที)	เวลาสิ้นสุดการเซตตัว (นาที)	Dry Bending strength (Kg_f / cm^2)	ประโยชน์ใช้งาน
C – 200	32	10 – 15	20 – 25	< 60	80 - 100	- สำหรับงานบนโต๊ะอาหาร, ในงาน Ram press และ Pressure Casting (ความดัน 4 – 5 บาร์)
C – 200	32	10 - 15	20 – 25	< 60	100 - 120	- สำหรับงานบนโต๊ะอาหาร, ในงาน Ram press และ Pressure Casting (ความดัน 4 – 5 บาร์) - ค่าต้านทานการสึกกร่อนสูง (High abrasive resistance) จึงทำให้มีอายุการใช้งานยาวนาน

* ปริมาณสารค้างตะแกรง (Seve 150 ไมครอนหรือ 100 เมช) : < 0.1%
* การขยายตัว : 0.08 – 0.10 %
* ปริมาณการดูดซึมน้ำ : 3 – 10 %

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติของแม่พิมพ์

1. อัตราส่วนผสมระหว่างปลาสเตอร์กับน้ำ

อัตราส่วนผสมระหว่างปลาสเตอร์กับน้ำ นอกจากจะมีผลต่อความแข็งแรงทางกลศาสตร์ ความพรุนตัว และการขยายตัวดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ยังมีผลต่อขนาดของรูพรุนในปลาสเตอร์ด้วย

2. คุณสมบัติของหินยิปซัม

ยิปซัมที่มีความบริสุทธิ์สูง มีมลทินน้อย จะทำให้มีความแข็งแรงสูง ผิวหน้าสัมผัสเรียบ หินตะกอนยิปซัมที่มีความบริสุทธิ์สูงนี้มักจะใช้ปรับปรุงคุณสมบัติของแม่พิมพ์ มลทินที่ทำให้หน้าผิวสัมผัสของแม่พิมพ์เสื่อมสภาพเร็ว ที่ต้องระมัดระวัง คือ เกลือโลหะ (Metallic salts) และซิลิกา (Silica)

3. ความสม่ำเสมอของเฮมิไฮเดรต

ความสม่ำเสมอของเฮมิไฮเดรตสามารถควบคุมได้จากขั้นตอนการเผาย่าง (Calcination) ให้ได้เปอร์เซ็นต์ของเฮมิไฮเดรตสูงจนไม่ปรากฏกากของไดไฮเดรตและมีปริมาณของแอนไฮเดรตน้อยที่สุดจะช่วยหลีกเลี่ยงการแข็งตัวที่รวดเร็วของปลาสเตอร์

4. ขนาดของปลาสเตอร์

ขนาดของปลาสเตอร์สามารถควบคุมได้จากขั้นตอนการบด ปลาสเตอร์ขนาดเล็กจะให้ผิวหน้าของแม่พิมพ์เรียบและทนต่อการสึกกร่อนได้ดีขึ้น มีผลมากเมื่อนำมาใช้ในขั้นตอนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โต๊ะอาหาร

5. เปอร์เซ็นต์ของแอลฟาและเบตาเฮมิไฮเดรต

อัตราส่วนผสมระหว่างแอลฟาเฮมิไฮเดรตและเบตาเฮมิไฮเดรตมีผลต่อการไหลตัวของปลาสเตอร์ ซึ่งเปอร์เซ็นต์ของแอลฟาและเบตานี้ขึ้นอยู่กับปริมาณปลาสเตอร์ต่อปริมาณน้ำ (P/W) ที่ใช้ในการผสม

6. ตัวเติมต่างๆ (Additive)

ตัวเติมที่เลือกใช้ในปลาสเตอร์จะแตกต่างกันไปตามความต้องการของผู้ใช้ว่าต้องการปลาสเตอร์ที่มีคุณสมบัติอย่างไรในงานประเภทใด เช่น งานที่ต้องการให้แข็งตัวเร็วหรืองานที่ต้องการช่วงเวลาในการแข็งตัวยาวนาน งานที่ต้องการรูพรุนสูงหรืองานที่ต้องการผิวเรียบ เป็นต้น ดังได้ยกตัวอย่างในบทก่อนหน้านี้

จากลักษณะของผงปลาสเตอร์ น้ำโคลนและพิมพ์ปลาสเตอร์ที่กล่าวมาจะเห็นว่า การกำหนดลักษณะผงปลาสเตอร์เกิดในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบและการเผา สำหรับลักษณะของน้ำโคลนและพิมพ์ที่ได้เกิดในขั้นตอนการผสมและการเกิดปฏิกิริยาซึ่งขึ้นกับเวลาในการแข็งตัว (Setting time) และการขยายตัวเมื่อปลาสเตอร์แข็งตัว (Setting expansion)

ปัจจัยที่มีผลต่อเวลาในการแข็งตัวของปลาสเตอร์

- เวลาในการผสม (Mixing time) : หากใช้เวลาในการผสมนานจะช่วยให้ปลาสเตอร์แข็งตัวได้เร็ว ทั้งนี้เพราะช่วงเวลาที่นานขึ้นจะทำให้เกิดแกนผลึก (Nuclei of crystallization) มากขึ้น เป็นผลให้การเกิดผลึกของไดไฮเดรตขณะเกิดปฏิกิริยา Rehydrate เกิดได้เร็วขึ้นและทำให้แข็งตัวได้เร็วขึ้นด้วย

- ปริมาณปลาสเตอร์ต่อปริมาณน้ำ : เมื่อใช้น้ำในการผสมน้อยหรือใช้อัตราส่วน P/W สูง จะทำให้เวลาในการแข็งตัวสั้น เพราะเมื่อน้ำน้อยทำให้แกนผลึก (Nuclei of crystallization) เกิดมากขึ้นเป็นผลให้ปลาสเตอร์จับตัวและแข็งตัวได้เร็ว

- อุณหภูมิ : การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ผสมปลาสเตอร์จะทำให้การแข็งตัวเกิดเร็วขึ้นเนื่องจากอัตราการกระจายตัวของอิออน (Ion diffusion rate) มีมากขึ้น เร่งให้ปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้น และที่อุณหภูมิสูงกว่า 50 องศาเซลเซียส จะมีผลทำให้ปฏิกิริยาเกิดย้อนกลับเพราะความสามารถในการละลายของเฮมิไฮเดรตมีค่าต่ำกว่าไดไฮเดรต (โดยที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ค่าความสามารถในการละลายของเฮมิไฮเดรตมีค่า 4.5 เท่าของค่าความสามารถในการละลายของไดไฮเดรต ซึ่งค่านี้จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียสปฏิกิริยาการละลายของเฮมิไฮเดรตและปฏิกิริยาการละลายของไดไฮเดรตมีค่าเท่ากัน)

- ตัวเร่งปฏิกิริยาและตัวยับยั้งปฏิกิริยา (Acceleratorsand retarders) : เป็นปัจจัยที่มีผลอย่างมากต่อการควบคุมอัตราการเกิดปฏิกิริยาและเวลาในการแข็งตัวของปลาสเตอร์

ตัวเร่งปฏิกิริยา ได้แก่

- โพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) : โดยจะทำหน้าที่เป็นตัวให้ซัลเฟตไอออน เมื่อปริมาณซัลเฟตไอออนในระบบเพิ่มขึ้นทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้น

- โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) : ทำหน้าที่เพิ่มค่าความสามารถในการละลายของเฮมิไฮเดรต

ตัวยับยั้งปฏิกิริยา ได้แก่

- บอแร็กซ์ (Borax) : จะสร้างชั้นบางๆ บนผิวของอนุภาคของเฮมิไฮเดรตและไดไฮเดรตเป็นผลให้ค่าความสามารถในการละลายลดลงและยับยั้งการเจริญของผลึก

- สารคอลลอยด์ต่างๆ เช่น เลือด น้ำลาย สาหร่ายทะเล : จะเป็นตัวยืดระยะเวลาในการแข็งตัวโดยเข้าไปทำลายนิวเคลียสที่ใช้ในการสร้างผลึกของอนุภาคของไดไฮเดรต
- ยิปซัม : ตัวยิปซัมเองจะเป็นตัวให้นิวเคลียสที่ใช้ในการสร้างผลึกของอนุภาคไดไฮเดรต ทำให้ปฏิกิริยาการแข็งตัวเกิดได้เร็วขึ้น

ปัจจัยที่มีผลต่อการขยายตัวเมื่อปลาสเตอร์แข็งตัว

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าเมื่อปลาสเตอร์เริ่มแข็งตัวจะเกิดการขยายตัวเนื่องจากผลึกของไดไฮเดรตจะผลักซึ่งกันและกัน ทั้งนี้เป็นผลมาจาก

- เวลาในการผสม (Mixing time) การเพิ่มเวลาในการผสมปลาสเตอร์ที่มีจำนวนจำกัดจะทำให้ปลาสเตอร์มีการขยายตัวมากขึ้นเพราะการเพิ่มเวลาในการผสมเป็นการเพิ่มจำนวนนิวเคลียสที่ใช้ในการสร้างผลึกของอนุภาคไดไฮเดรต
- P/W ratio : การเพิ่ม P/W ratio จะทำให้การขยายตัวเพิ่มขึ้นเพราะเป็นการเพิ่มจำนวนนิวเคลียสที่ใช้ในการสร้างผลึกของอนุภาคไดไฮเดรต
- สารเร่งปฏิกิริยาและสารยับยั้งปฏิกิริยา : จะเป็นตัวลดการขยายตัวของปลาสเตอร์โดยทั้งสองตัวจะเข้าไปเปลี่ยนโครงสร้างผลึกของไดไฮเดรต

จากปัจจัยต่างๆที่กล่าวมาพอสรุปได้ดังนี้

การเพิ่มเวลาในการผสม หรือการเพิ่ม P/W ratio จะทำให้การแข็งตัวเกิดได้รวดเร็วและการขยายตัวที่สูงขึ้นจากปริมาณนิวเคลียสที่ใช้ในการสร้างผลึกของอนุภาคในระบบเพิ่มขึ้น ซึ่งทั้งหมดล้วนเป็นการเพิ่มความแข็งแรงให้ปลาสเตอร์ และเนื้อผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีความแน่นมากขึ้น

สารเร่งและสารยับยั้งปฏิกิริยาถึงจะให้ผลที่ต่างแล้วแต่ชนิดว่าทำหน้าที่เป็นตัวเร่งหรือเป็นตัวยับยั้งแต่ทั้งสองตัวจะเป็นตัวลดความแข็งแรงทางกล (Compressive strength) และลดการขยายตัวเหมือนกัน

สารพวกคอลลอยด์นอกจากจะขยายเวลาในการแข็งตัวแล้วยังทำให้ปลาสเตอร์ไม่แข็งแรงเนื่องจากเข้าไปทำลายนิวเคลียสของโครงผลึก

การผลิตยิปซัม

การได้มาซึ่งยิปซัมที่ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ต้องผ่านขั้นตอนพื้นฐาน 3 ขั้นตอน คือ

- การเตรียมวัตถุดิบ
- การเผาย่าง
- การกำหนดรูปแบบ

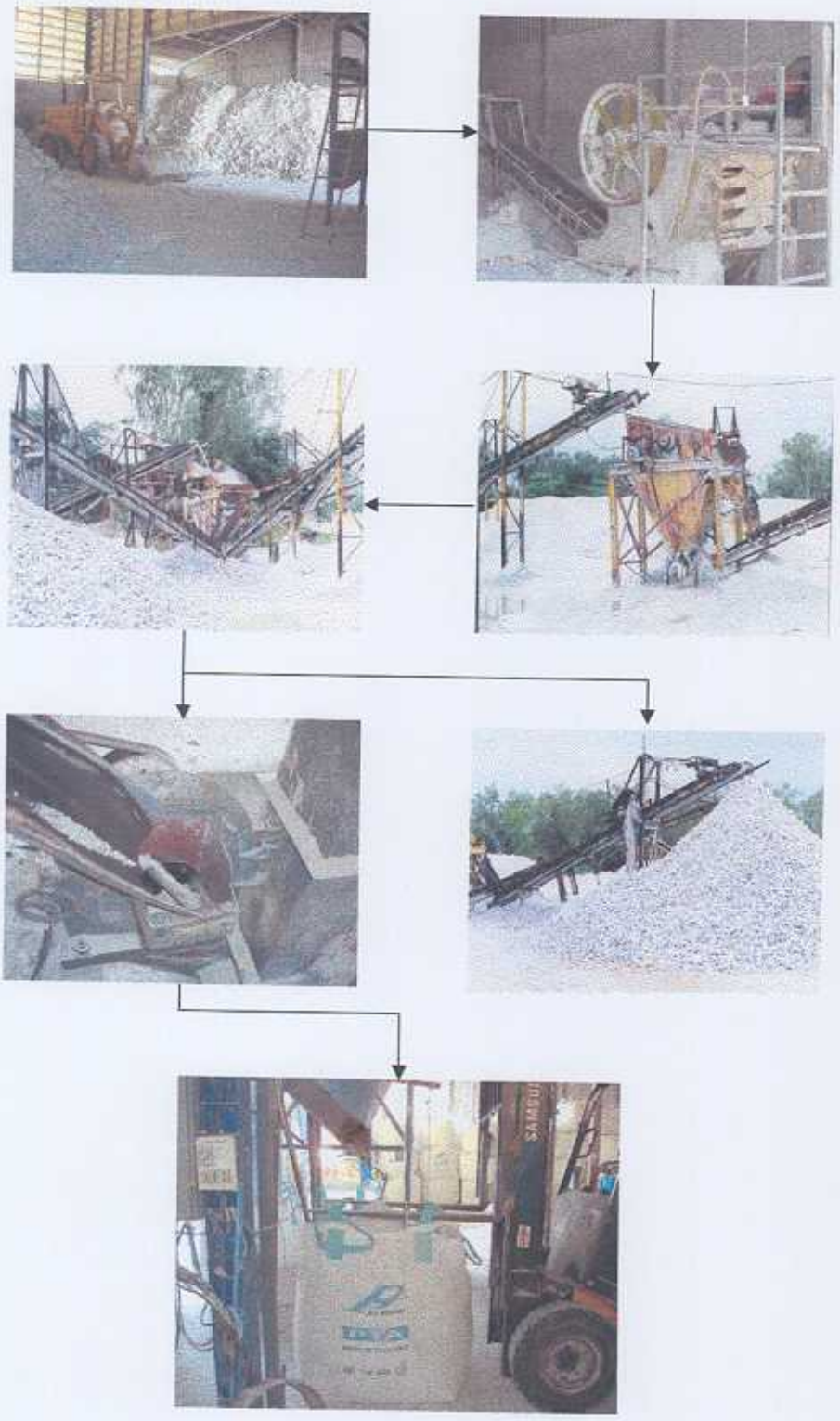
การเตรียมวัตถุดิบ

เมื่อกล่าวถึงการเตรียมวัตถุดิบก็ต้องเริ่มกันตั้งแต่การได้มาซึ่งแร่จนกระทั่งเข้าโรงบดแต่งเพื่อคัดขนาดให้มีขนาดตามต้องการ ทั้งนี้รวมถึงการแยกมลทินที่ติดมากับตัวแร่ออกเพื่อให้วัตถุดิบมีคุณลักษณะที่เหมาะสมสำหรับขั้นตอนต่อไป การทำเหมืองแร่ยิปซัมเป็นการทำเหมืองแบบเปิด ดังแสดงในรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1 แสดงบริเวณหน้าเหมืองแร่ยิปซัม ของบริษัท ปูนซิเมนต์ไทยอุตสาหกรรม จำกัด ตำบลวังงิ้ว กิ่งอำเภอดงเจริญ จังหวัดพิจิตร

<u>การบด</u>

เริ่มจากการบดลดขนาดแร่ที่ได้จากหน้าเหมืองด้วยเครื่องบดหยาบ เช่น เครื่องบด Gyratory crushers, Jaw crushers หรือ Impact crushers ขึ้นอยู่กับลักษณะและชนิดของแร่ป้อน ก่อนจะบดอีกครั้งด้วยเครื่องย่อยแร่แบบค้อนทุบ (Hammer Mill) และเครื่องบดแบบโคน (Cone – type crushers) ซึ่งเป็นที่นิยมกันมาก หลังจากนั้นจะนำบดละเอียดอีกครั้งด้วย เครื่องย่อยแร่แบบลูกกลิ้ง (Roller mills) สามารถใช้ได้ทั้งแร่ก่อนการเผาย่าง (Uncalcined) และหลังการเผาย่าง (Calcined) เครื่องย่อยแร่แบบลูกกลิ้งอาจมีการติดเครื่องแยกด้วยอากาศ (Air separators) ช่วยในการควบคุมขนาดอนุภาค



รูปที่ 3.2 แสดงขั้นตอนการบดย่อยแร่ยิปซัมและการคัดขนาดเพื่อเป็นวัตถุดิบป้อนอุตสาหกรรม

ขั้นตอนการบดหยาบทั้ง 2 ขั้นตอน มักมีการติดตะแกรงสั่น (Vibrating screens) ไว้เพื่อคัดขนาด แยกหินหรืออนุภาคขนาดใหญ่ออกช่วยลดเวลาและพลังงานในขั้นตอนการบดละเอียด

ลง ดังแสดงในรูปที่ 3.2 การแยกด้วยตะแกรงสั่นนี้จะแยกหินที่ใช้ในการทำปูนซีเมนต์ (Portland cement rock) ออกจากแร่ขนาดเล็ก :ซึ่งเป็นตลาดแรกของแร่ยิปซัม ขนาดของหินดังกล่าวมีหลายขนาดขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ โดยทั่วไปขนาดใหญ่จะอยู่ในช่วง 1 ½ - 2 นิ้ว ขนาดเล็ก ¼ - ½ นิ้ว สำหรับยิปซัมขนาดเล็กที่ผ่าน Air separators จะนำมาบรรจุถุงเพื่อส่งขายให้แก่อุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่น เช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมการผลิตเบียร์ อุตสาหกรรมเกษตร และอุตสาหกรรมเครื่องแก้ว เป็นต้น

<u>การอบแห้ง</u>

การอบแห้งอาจแทรกอยู่ในขั้นตอนการบดหยาบ หากแร่ป้อนมีความชื้นสูงทำให้การป้อนแร่ไม่สามารถทำได้ปกติหรือกรณีของยิปซัมบดที่มีขนาดเล็กกว่า 4 เมช หรือ 5 มิลลิเมตร ทำให้การเคลื่อนไหลตัวไม่อิสระ จึงมักป้อนแร่ดังกล่าวเข้าเครื่องย่างแร่แบบหมุนก่อน (Rotary dryers) ซึ่งมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 3.3 โดยมีการควบคุมอุณหภูมิไว้ไม่ให้เกิน 120°F (~39°C) เพราะหากย่างแร่ที่อุณหภูมิเกิน 120°F จะทำให้น้ำที่เกาะที่ผิวของยิปซัมเข้าไปทำปฏิกิริยากับเนื้อแร่ ขั้นตอนการบดและการผ่านตะแกรงร่อน สามารถช่วยแยกมลทิน ดินทรายออกจากแร่ได้ ยิปซัมมีค่าความแข็ง 2 ต่ำกว่าทรายมาก (ทรายมีค่าความแข็ง 7) แร่ที่ผ่านการบดจะให้ผงของยิปซัมในเปอร์เซ็นต์ที่มากกว่าทราย และมีขนาดเล็กเมื่อผ่านตะแกรงร่อนก็จะสามารถลดปริมาณทรายออกจากแร่ ทำให้ความบริสุทธิ์ของยิปซัมเพิ่มขึ้น

รูปที่ 3.3 แสดงเครื่องย่างแร่แบบหมุนในห้องทดลอง

การล้างหรือการร่อนเปียก (Washing or wet screening)

ขั้นตอนนี้นำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพบางกรณีเท่านั้น เพื่อต้องการให้แร่ที่ได้มีสีขาวขึ้น หรือบางครั้งอาจจะใช้น้ำเป็นตัวกลางช่วยแยกมลทิน การตกจม (Sink – float separation) เข้ามาช่วย เช่น ในบางอุตสาหกรรมของบริษัทผู้ผลิตในอเมริกาและแคนาดา เช่น อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ที่ต้องการแร่ที่มีความบริสุทธิ์มาก ก็ได้นำเทคนิคการลอยแร่ (Flotation) เข้ามาช่วย เทคนิคดังกล่าวนี้มีค่าใช้จ่ายสูงมาก จึงไม่นำมาใช้ทั่วไป

การเผาย่าง (calcining)

การเผาย่าง (Calcining) เป็นขั้นตอนการเปลี่ยนแร่ยิปซัม (Calcium sulfate dihydrate) เป็นปลาสเตอร์ (Calcium sulfate hemihydrate) หรือแคลเซียมซัลเฟต (Anhydrate) การเผายิปซัมในทางการค้าจะได้สินค้า 4 รูปแบบ คือ แอลฟาเฮมิไฮเดรต (Alpha hemihydrate) เบตาเฮมิไฮเดรต (Beta hemihydrate) โซลูเบิลแอนไฮเดรต (Soluble anhydrate) และเดดเบอร์นแอนไฮเดรต (Dead burned anhydrite) การเรียกชื่อสารประกอบเฮมิไฮเดรตที่ไม่มีสารอื่นเจือปนในโรงงานมักเรียกสั้นว่า "Stucco" หรือ "Plaster of paris" ซึ่งจะไม่ใช้เรียกปะปนกับสารผสมในพอร์ตแลนซีเมนต์และปูนที่ใช้สร้างบ้าน

แอลฟาและเบตาเฮมิไฮเดรตมีองค์ประกอบทางเคมีเหมือนกัน แต่ก็สามารถแยกทั้งสองตัวออกจากกันได้ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ที่ซับซ้อน แอลฟาเฮมิไฮเดรตมีความเสถียร (Stable) มากกว่าจึงทำปฏิกิริยาได้ยากกว่าเบตาเฮมิไฮเดรต จึงทำให้แอลฟาเฮมิไฮเดรตมีการแข็งตัวช้า ส่วนเบตาเฮมิไฮเดรตเมื่อเกิดการรวมกับน้ำอีกครั้ง (Rehydrate) จะได้ผลิตภัณฑ์เนื้อแน่น ให้ปลาสเตอร์ที่แข็งแรง จากการศึกษาลักษณะเฉพาะของเฮมิไฮเดรตทั้งสองตัวได้ผลดังตารางที่ 1[6]

ตารางที่ 1 แสดงคุณลักษณะของแอลฟาเฮมิไฮเดรตและเบตาเฮมิไฮเดรต [6]

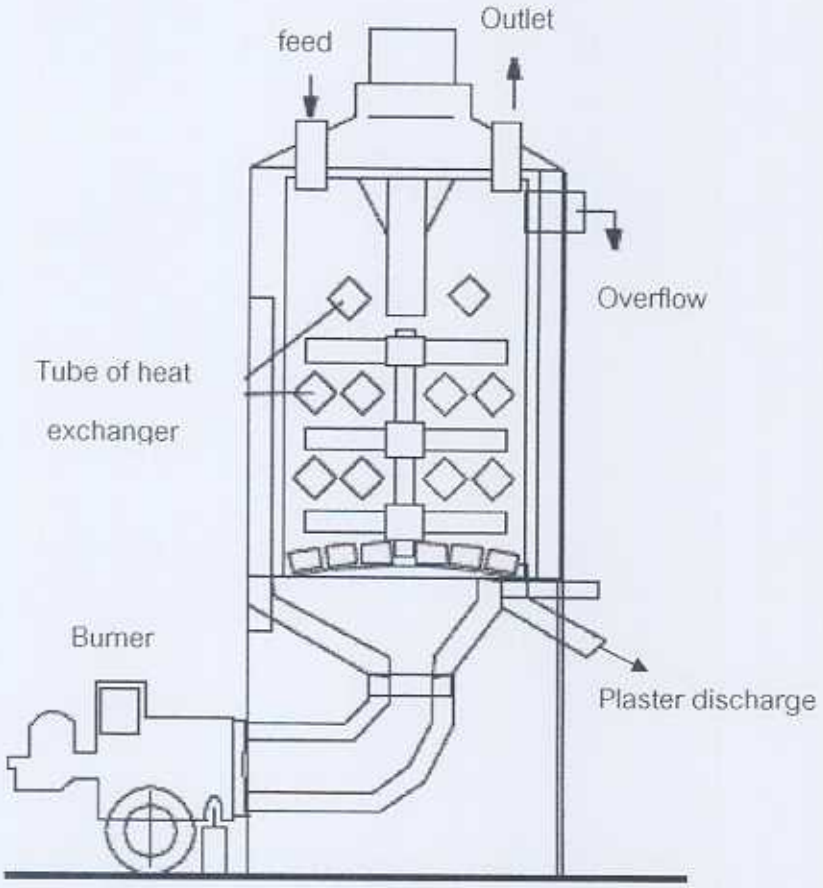
Hemihydrate	Normal Consistency*	Setting Range In Min, Vical	Typical Set Expansion In per In.	Avg. Compressive Strength Psi Dry	Reaction
Alpha	40 – 43	20 – 30	0.003	5500	Neutral
Beta	64 - 66	25 - 30	0.0018	2000	Neutral

* Parts water to 100 parts stucco by weight to make a pourable slurry

อุตสาหกรรมที่นำยิปซัมซึ่งผ่านการย่าง (Calcined gypsum) มาใช้มากที่สุดคือ อุตสาหกรรมการทำฝ้ากระดานติดผนังหรือวอลบอร์ด (Wallboard) และอุตสาหกรรมการทำปูน

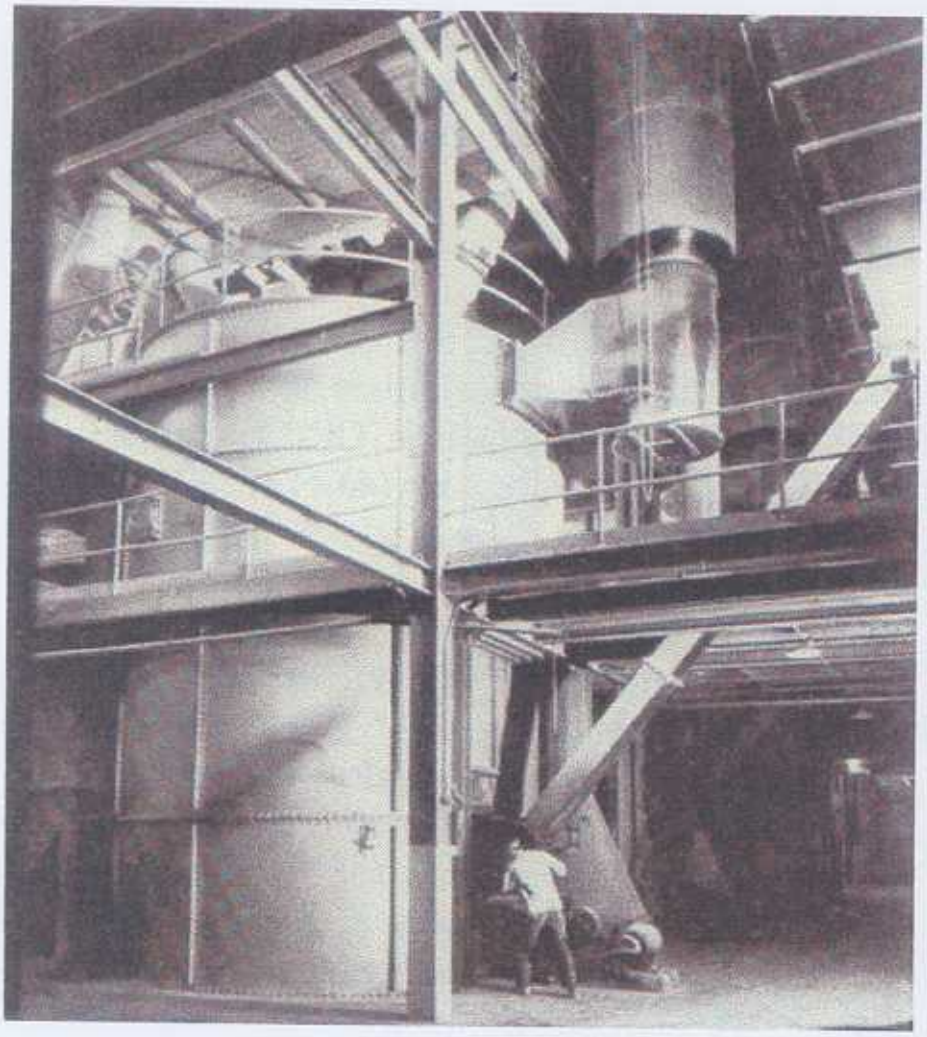
สำหรับงานก่อสร้าง โดยเบตาเฮมิไฮเดรตทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้ดีและเร็ว ในขณะที่แอลฟาเฮมิไฮเดรตจะค่อยๆ เกิดปฏิกิริยาและเป็นตัวปรับปรุงความแข็งแรงของปลาสเตอร์อย่างช้า ๆ ทำให้เนื้อแน่นซึ่งเป็นลักษณะสำคัญที่อุตสาหกรรมต้องการ ทำให้ปริมาณของแอลฟาและเบตาเฮมิไฮเดรตถูกนำมาพิจารณาในการเลือกใช้ประโยชน์ นอกจากปัจจัยดังกล่าวแล้ว ราคาวัตถุดิบรวมถึงปริมาณความต้องการน้ำในการเกิด Rehydration ก็เป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงถึง (เบตาเฮมิไฮเดรตมีราคาถูกกว่าแอลฟาเฮมิไฮเดรต แต่มีความต้องการปริมาณน้ำในการเกิด Rehydration มากกว่าแอลฟา)

ในอดีตตั้งแต่ปี ค.ศ. 1870 การเผาย่าง (Calcine) ยิปซัมจะให้ภาชนะที่มีรูปทรงกระบอกก้นกลมคล้ายหม้อ (Kettle) ดังแสดงในรูปที่ 3.4 และ 3.5 ผนังด้านนอกของภาชนะจะทำด้วยเหล็กและบุด้วยชั้นกันความร้อน ความร้อนจะเข้าสู่เตาทางด้านล่างของภาชนะและไหลเวียนสู่ด้านบนและเพื่อช่วยให้ความร้อนกระจายเข้าสู่เนื้อของยิปซัมได้ดีจึงมีการติดตั้งให้ความร้อนสามารถผ่านตามขวางระหว่างช่วงกลางของเตาเผา และติดตั้งตัวกวนในหม้อเพื่อกวนและกวาดยิปซัมออกทางด้านล่างของเตา



รูปที่ 3.4 แสดงโครงสร้างภายในเตา Kettle

แร่ยิปซัมจะถูกป้อนเข้าทางด้านบนของเตา ผ่านการเผาย่างภายในเตาและนำออกจากเตาทางด้านล่าง ขั้นตอนทั้งหมดใช้เวลาประมาณ 2 – 3 ชั่วโมง เตาที่ใช้ผลิตปลาสเตอร์มีตั้งแต่ขนาด 2 ถึง 30 ตัน แต่ที่นิยมใช้จะเป็นขนาด 15–20 ตัน ยิปซัมที่จะนำมาเผาย่างจะต้องผ่านการบดให้มีขนาด -100 เมช ประมาณ 90% จึงจะป้อนเข้าเตาเผาได้ ขั้นตอนการป้อนเข้าเตานี้ใช้เวลา 20– 30 นาที ใช้เวลาเผา 90–120 นาที และขั้นตอนการนำออกจากเตาใช้เวลา 5 นาทีหรือน้อยกว่า ปลาสเตอร์ที่ได้จะตกมาตามแรงดึงดูดของโลกลงสู่หลุมร้อน (Hot pit) และเก็บอยู่ในหลุมร้อนประมาณ 1 ชั่วโมงหรือมากกว่า เพื่อกำจัดไอร้อนก่อนจะส่งไปเก็บเพื่อนำไปใช้งานต่อไป จากการศึกษาพบว่าพลังงานที่ใช้ในการเผายิปซัมจนได้ stucco มีค่าประมาณ 900,000 Btu/ton โดยเชื้อเพลิงที่ใช้ในกระบวนการผลิตได้มาจากถ่านหินหรือน้ำมันหรือก๊าซ



รูปที่ 3.5 แสดงลักษณะของเตา Kettle

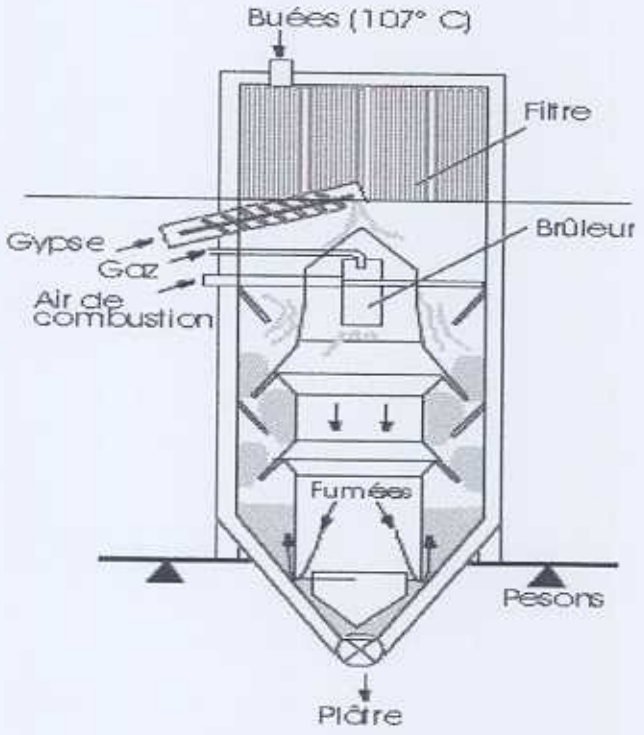
ในการเผาแร่ยิปซัมน้ำในโครงผลึกจะถูกกำจัดออกไประหว่างการป้อนเข้าเตา อุณหภูมิบริเวณปากเตาประมาณ 110 – 120 °F (43-49°C) และจะควบคุมให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนป้อนยิปซัมเสร็จ อุณหภูมิภายในเตาจะอยู่ที่ 200 °F (93°C) จนยิปซัมเปลี่ยนเป็น Stucco และให้น้ำหลุดออกมา น้ำที่หลุดจากยิปซัมจะกลายเป็นไอที่อุณหภูมิ 240 – 250 °F (115-121°C) ทำให้ความดันไอน้ำสูงขึ้นเรื่อยจนเท่ากับความดันบรรยากาศและไม่มีไอน้ำหลุดออกมาอีก ขณะเดียวกันปริมาตรของ stucco จะลดลงจากปริมาตรของยิปซัมที่ป้อนตอนแรกประมาณ 12 – 15 % การให้ความร้อนยังคงให้ต่อไปโดยเพิ่มขึ้นถึง 300 °F (149°C) เพื่อให้ยิปซัมทั้งหมดเปลี่ยนเป็น Stucco โดยสมบูรณ์ และเพิ่มจาก 300 °F เป็น 330 °F (165°C) เมื่อนำออกจากเตาและป้อนเข้า Hot pit

Stucco ที่ได้จากขบวนการข้างต้นจะมีน้ำอยู่ในโครงผลึกประมาณ 5 – 6% หรือยิปซัมที่ถูกดึงน้ำออกไปประมาณ 75% (ในแร่ยิปซัมบริสุทธิ์จะมีน้ำเป็นองค์ประกอบ 20.9%) น้ำที่หลุดออกมาในขั้นตอนนี้เรียกว่า "First settle" ซึ่งจะให้เบตาเฮมิไฮเดรตที่ปะปนด้วยแอลฟาเฮมิไฮเดรตแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้และควบคุมการปลดปล่อยไอน้ำที่เกิดขึ้นระหว่างขบวนการ หลังจาก First settle หลุดออกไปแล้ว ยังคงให้ความร้อนเพิ่มขึ้นต่อไปจนถึง 350 °F (176°C) เฮมิไฮเดรตเริ่มเดือดและปล่อยน้ำที่เหลือในโครงผลึกออกมาอีก ขั้นตอนนี้จะเกิดขึ้นเร็วเนื่องจากน้ำในโครงผลึกมีปริมาณน้อยกว่าครั้งแรกและที่อุณหภูมิ 400 °F (204°C) น้ำในโครงผลึกจะถูกไล่ออกจนหมด เราเรียกสารที่ได้ในขั้นตอนนี้ว่า Soluble anhydrite สารนี้จะมีความเหนียวน้อยกว่า First settle stucco แต่เมื่อเกิด Rehydration และจะให้ความหนาแน่นและความแข็งแรงสูงกว่า Soluble anhydrite แต่สาร Soluble anhydrite มีความสามารถในการรับความชื้นเข้ามาเก็บในตัวเองได้มาก จึงนำมาใช้ประโยชน์ทางด้านดูดซับความชื้น

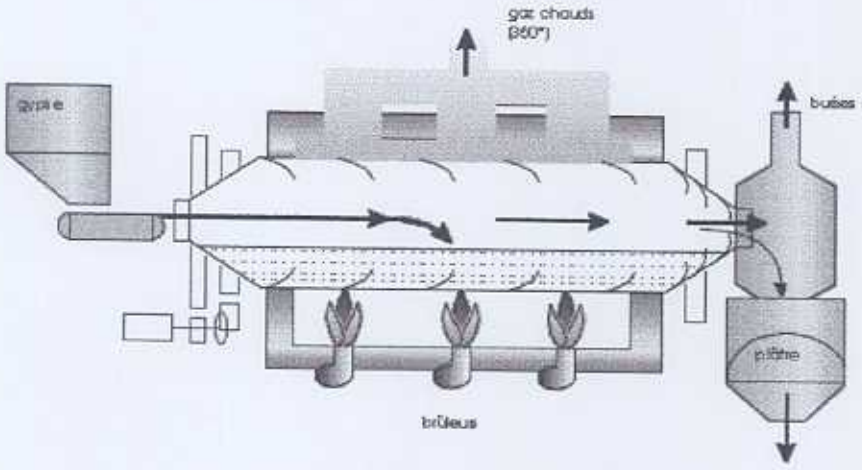
กระบวนการเผาด้วยเตา Kettle ที่มีการจำกัดปริมาณของแร่ป้อนได้มีการปรับเปลี่ยนให้สามารถเผาต่อเนื่อง โดยเมื่อยิปซัมเปลี่ยนเป็นเฮมิไฮเดรตจะส่งออกจากเตา ในขณะเดียวกันก็จะป้อนแร่ยิปซัมใหม่เข้าเตาโดยความชื้นหรือไอที่เกิดขึ้นระหว่างการเปลี่ยนจากยิปซัมเป็นปลาสเตอร์จะถูกดูดออกจากเตาตลอดเวลา ซึ่งปัจจุบันนี้กระบวนการดังกล่าวได้นำมาใช้ในอุตสาหกรรมแล้ว ดังแสดงในรูป 3.6

อีกวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการเผาเพื่อผลิต Beta-hemihydrate คือการใช้เตาหมุน Rotary kiln ดังแสดงในรูป 3.7 ซึ่งเป็นที่นิยมมากในอุตสาหกรรม โดยการป้อนแร่ยิปซัมขนาดประมาณ 5/8 นิ้ว เข้าทางด้านบนของเตาและให้ความร้อนไหลสวนทางกับทางเดินแร่ ในบางกรณีที่ต้องการให้เกิดความสม่ำเสมอในการเผาย่าง (Calcine) ก็จะควบคุมขนาดที่เล็กกว่า 4 เมชหรือ 8 เมชออกจากแร่ป้อน ภายในเตากลวงมีตัวช่วยขับเคลื่อนแร่ลักษณะเป็นเกลียวคล้ายสกรูดันแร่เข้าสู่กลางเตาที่มีมวลอากาศร้อน ทำให้การเผาด้วย Rotary kiln นี้เกิดการบดและการเผาย่างพร้อมกัน

การบดจะเป็นการกระทบกันเองของก้อนแร่รอบเตา บริเวณส่วนที่ให้ความร้อนจะมีฉนวนกั้นความร้อนป้องกันสูญเสียความร้อนออกนอกเตา ถึงอย่างไรก็ตามเตาเผาแบบหมุนนี้ก็ยังมีความคล่องตัวไม่ดีเท่ากับเตา Kettle



รูปที่ 3.6 แสดงลักษณะของเตาเผายิปซัมแบบต่อเนื่อง



รูปที่ 3.7 แสดงลักษณะของเตา Rotary

การกำหนดรูปแบบและการผสมสารเติมแต่ง

การนำยิปซัมมาใช้จะต้องผ่านขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งก่อน เช่น การบด การผสมกับตัวเติมอื่น หรือการไล่น้ำออกจึงจะนำมาใช้ การไล่น้ำโดยการเผาย่าง (Rehydration) แร่ยิปซัมจะให้สารผสมของสารประกอบแคลเซียมซัลเฟตทั้ง Dehydrate, Hemihydrate และ Anhydrite ดังนั้นเราจึงต้องควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ในการเผาเป็นอย่างดี เพื่อให้เกิดการปะปนของสารประกอบที่ไม่ต้องการให้น้อยที่สุด

ยุคแรกของยิปซัม ยิปซัมที่เผาย่างแล้วถูกใช้เป็นตัวเติมในเส้นใยเพื่อปรับปรุงคุณภาพด้านการแข็งตัว โดยอาศัยคุณสมบัติด้านการจับตัวเป็นก้อน (Aggregates) ซึ่งเมื่อนำยิปซัมมาผสมวัสดุอื่นพบว่า ยิปซัมเป็นตัวกำหนดการแข็งตัวของวัสดุผสมให้เร็วและช้าได้ แคลไซด์ยิปซัมเมื่อผสมกับน้ำจะแข็งตัวภายใน 25 – 30 นาที ซึ่งเร็วมากในการนำมาทำผนังก่อสร้าง ต่อมาในช่วงกลาง ค.ศ. 1870 ค้นพบว่าสามารถกำหนดการแข็งตัวของยิปซัมให้มีช่วงเวลาการแข็งตัวนานขึ้นเป็น 2 – 3 ชั่วโมงได้ ทำให้สามารถนำยิปซัมมาใช้ในการอุตสาหกรรมก่อสร้างได้ดี จึงมีความนิยมมากขึ้น

ยิปซัมที่ผ่านขบวนการบดย่อยหลังการเผาย่างจะนำมาใช้เป็นวัสดุในงานก่อสร้างทั้งในการหล่อผนังหรือกระเบื้อง นำมาทำ Metal reinforce และ Metal frame ใช้ผลิตแผ่นฝ้ากระดานใช้เป็นตัวเติมในการทำ Reinforcing และใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการแข็งตัวของ Stucco ในการผลิตยิปซัมชนิดพิเศษจะมีการผสมสารเติมแต่งในขั้นตอนการเผาหรือใช้เทคนิคพิเศษ เช่น

Aridized	เป็นการเตรียม First settle stucco ที่มีเปอร์เซนต์ของเกลือละลายน้ำ (Soluble salt) เล็กน้อยเพื่อใช้ในในอุตสาหกรรมปลาสเตอร์ สามารถเตรียมได้โดยการเติม Soluble salt เข้าไประหว่างกระบวนการเตรียม Stucco โดยทั่วไปจะใช้แคลเซียมคลอไรด์ 1.5 ปอนด์ต่อ Stucco 1 ตัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความบริสุทธิ์ของยิปซัมและชนิดของมลทินในแร่ การเติมแคลเซียมคลอไรด์นี้ทำให้ความดันไอ ภายในเตาเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิต่ำลง ผลที่ตามมาคือ การเกิดของ Alpha hemihydrate เพิ่มขึ้น
Pressure calcining	เป็นการเผาแร่ยิปซัมในหม้ออบความดัน (Autoclaves) เพื่อปรับปรุงความแข็งแรงของปลาสเตอร์ แร่ที่ได้จากการเผาย่างในหม้ออบความดันจะเป็น Alpha hemihydrate ซึ่งมีราคาแพงและขอบเขตการใช้งานจำกัดใช้ทำปลาสเตอร์ชนิดพิเศษเท่านั้น

Dead – burned gypsum หรือ Insoluble anhydrite เป็นสารที่ได้จากการเผายิปซัมที่อุณหภูมิสูงมากกว่า 900 °F (482°C) สารดังกล่าวจะไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำอีก สารนี้จะใช้ทำ Keenes cement ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการแข็งตัว หรือบดให้มีขนาดเล็กใช้เป็นตัวกรอง (Filler)

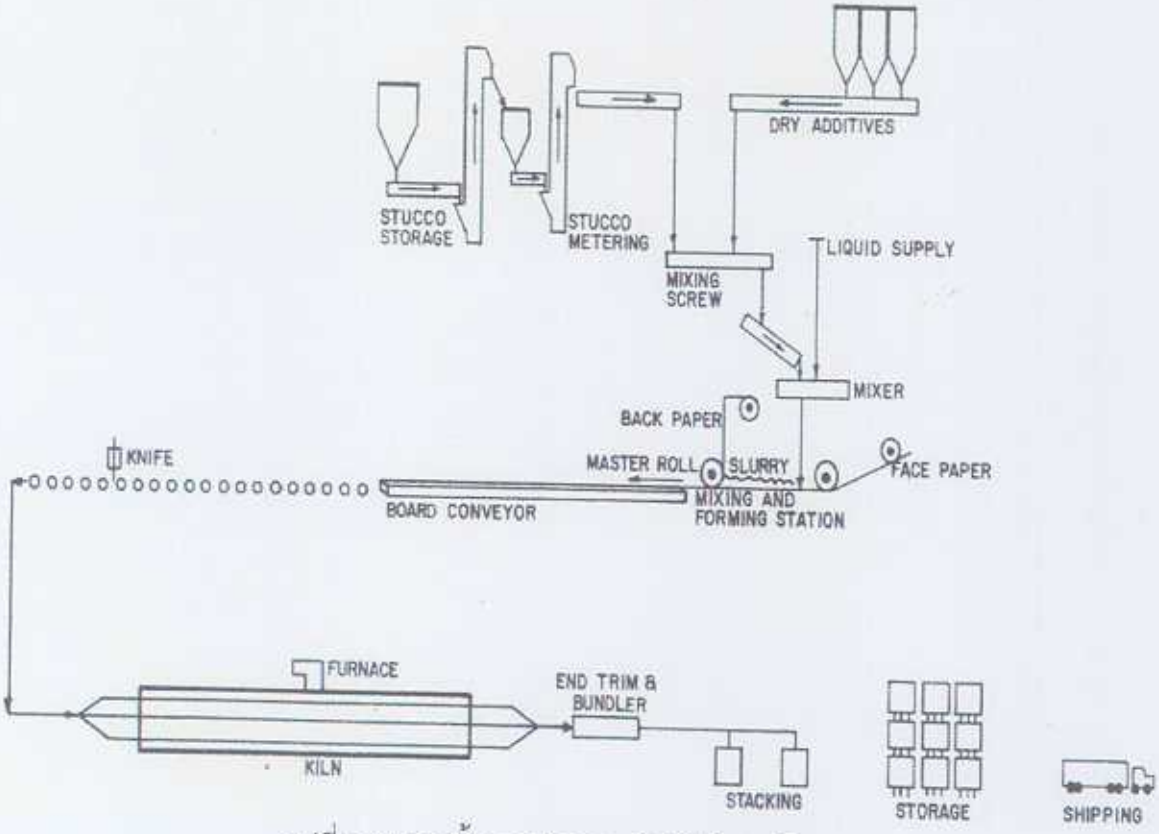
Hydraulic gypsum ยิปซัมก้อนผ่านการเผาที่ 1,650 °F (898°C) อุณหภูมินี้แคลเซียมซัลเฟต ($CaSO_4$) จะสลายให้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และแคลเซียมออกไซด์ เมื่อแคลเซียมออกไซด์ผสมกับน้ำจะเกิดการแข็งตัวช้ากว่า calcined gypsum ตัวอื่น ๆ แต่เมื่อแข็งตัวแล้วจะให้เนื้อแน่นและแข็งมาก ชาวเยอรมันเรียก Estrich gypsum ในยุโรปใช้เป็นวัสดุสำหรับทำพื้น

ทุกวันนี้ยิปซัมมีการนำมาใช้มากในการผลิตฝ้ากระดานหรือยิปซัมบอร์ด (ในสหรัฐอเมริกาใช้แร่ยิปซัมประมาณ 60% ในการทำฝ้ากระดาน[6] การผลิตฝ้ากระดานโดยทั่วไปจะเทน้ำโคลนของ Stucco ลงบนแผ่นกระดาษด้วยเทคนิคพิเศษทำด้วยความเร็วสูง ใช้เครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพสูงเพื่อให้ได้คุณสมบัติที่แน่นอน ให้แผ่นยิปซัมที่มีความบาง เรียบ ซึ่งลักษณะดังกล่าวเกิดจากการยึดระหว่างกระดาษกับยิปซัม ยิปซัมจะสร้างโครงผลึกยึดตัวของมันเองกับเส้นใยของกระดาษเมื่อเกิด Rehydrated จากการศึกษาพบว่าในการทำฝ้ากระดานจะใช้ Stucco ประมาณ 95% หรือน้อยกว่าผสม Beta hemihydrate ตัวเร่งปฏิกิริยา (Accelerator) เส้นใย (Fiber) และแป้ง (Starch) แล้วนำส่วนผสมทั้งหมดมาผสมกับน้ำก่อนนำไปขึ้นรูป ดังแสดงขั้นตอนในรูปที่ 3.8

ขบวนการนี้มีขั้นตอนดังนี้

- ส่วนผสมต่าง ๆ จะถูกป้อนในสัดส่วนที่กำหนดเข้าไปผสมกับน้ำในหม้อผสมที่ออกแบบไว้ให้มีพลังงานในการกวนผสมสูง

- เมื่อผ่านหม้อกวนผสมแล้วจะถูกเทลงบนแผ่นกระดาษที่เคลื่อนที่ตามรางยาวผ่านตัวรีดน้ำโคลนและมีแผ่นกระดาษหมุนปิดบนผิวของน้ำโคลนอีกครั้ง ซึ่งความห่างระหว่างกระดาษด้านบนและด้านล่างของน้ำโคลนนี้จะเป็นตัวกำหนดความหนา–บางของแผ่นยิปซัมบอร์ด และกระดาษแผ่นล่างเป็นตัวกำหนดรูปร่างของยิปซัมบอร์ดว่าจะเป็นสี่เหลี่ยมหรือโค้งงอ

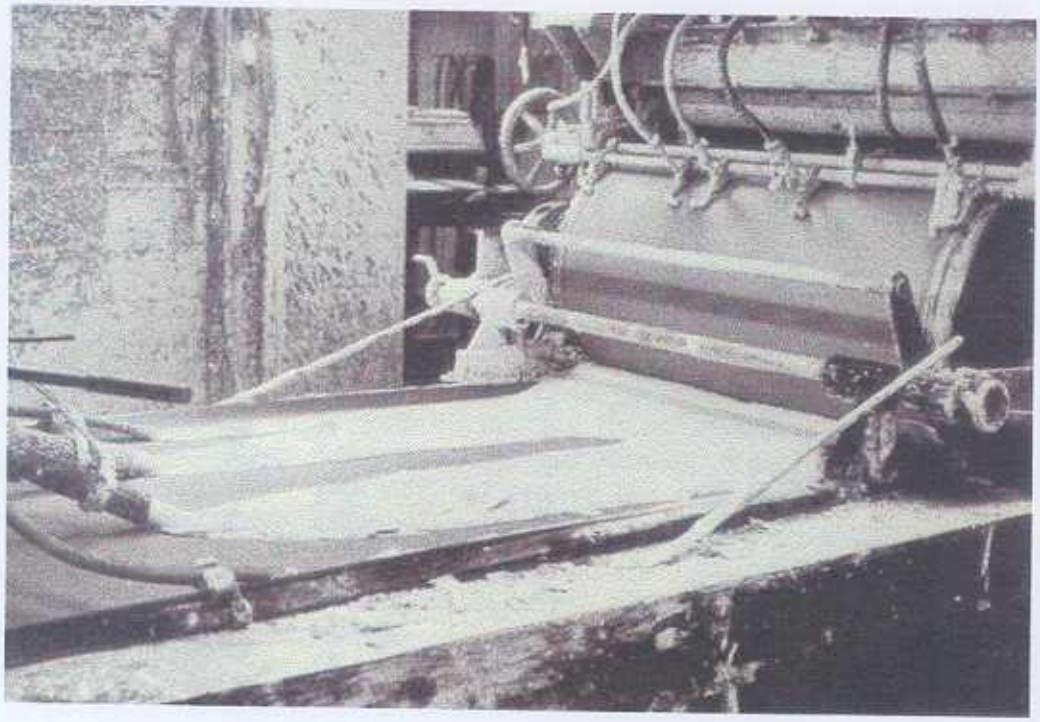


รูปที่ 3.8 แสดงขั้นตอนในการผลิตยิปซัมบอร์ด

- น้ำโคลนที่เกิดการยึดกับแผ่นกระดาษแล้วจะถูกลำเลียงไปตามสายพาน ซึ่งมีความยาวประมาณ 100–200 ฟุต ความเร็วของ Board line ขึ้นอยู่กับการออกแบบเครื่องจักรแต่ละชนิด ความเร็วที่ใช้ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงประมาณ 50–150 ฟุตต่อนาที ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการแข็งตัวของ Stucco ด้วย (5–6 นาที) ลักษณะการรีดแผ่นยิปซัมบอร์ดแสดงในรูปที่ 3.9

- เมื่อ Stucco แข็งตัวจะถูกส่งเข้าไปตัดให้ได้รูปร่างตามต้องการก่อนนำไปทำให้แห้งอีกครั้ง โดยผ่านเข้าเตาที่มีอากาศร้อนเพื่อไล่ไอน้ำอิสระออก ต้องระวังอย่าให้เกิดการ Recalcine ของยิปซัม

ยิปซัมบอร์ดที่นิยมใช้มีขนาด 4 x 8 ฟุต หนา 0.5 นิ้ว และเพื่อความสวยงามจะมีการตกแต่งผิวหน้าของกระดาษโดยเรซิน หรือกระดาษที่เลียนแบบลายไม้อัดตามความต้องการของตลาด การหุ้มผิวยิปซัมจะมีลักษณะคล้ายกันยกเว้นการลาดด้วยยางแอสฟัลต์ (Ashalt) เพราะแอสฟัลต์ใช้เป็นตัวเติมเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติด้านการทนต่อน้ำ



รูปที่ 3.9 แสดงการขึ้นรูปยิปซัมบอร์ด

การใช้ประโยชน์แร่ยิปซัม

การใช้ประโยชน์ผลิตภัณฑ์จากแร่ยิปซัม

ผลิตภัณฑ์จากแร่ยิปซัมได้นำมาใช้ในอุตสาหกรรมต่อเนื่อง 3 กลุ่มใหญ่ ๆ ด้วยกัน คือ

1) กลุ่มอุตสาหกรรมก่อสร้าง เช่น อุตสาหกรรมซีเมนต์ อุตสาหกรรมยิปซัมบอร์ด

2) กลุ่มอุตสาหกรรมอื่น เช่น อุตสาหกรรมเซรามิกและอุตสาหกรรมแก้ว เป็นต้น

3) กลุ่มอุตสาหกรรมการเกษตรและอุตสาหกรรมอาหาร

ปี ค.ศ. 1970 ในประเทศสหรัฐอเมริกา ปริมาณยิปซัมที่ผลิตได้ส่วนใหญ่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง คิดเป็น 2 ใน 3 ของยิปซัมที่ผลิตได้ทั้งหมด (~ 66%) แต่ปัจจุบันยิปซัมที่ผลิตได้เกือบ 85% ใช้ในการผลิตยิปซัมบอร์ดเมื่อนำมาคิดเป็นพื้นที่สัมผัสได้พื้นที่ประมาณ 10 พันล้านตารางฟุต

ยิปซัมที่เหลือนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ และมีเพียง 7 – 8 % ใช้ในอุตสาหกรรมการเกษตร

การใช้ประโยชน์ในกลุ่มอุตสาหกรรมก่อสร้าง

อุตสาหกรรมก่อสร้างและอุตสาหกรรมโครงสร้างหันมาใช้ยิปซัมแทนการใช้ไม้ เหล็ก อิฐก่อสร้างและคอนกรีตสำเร็จรูปมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากยิปซัมประโยชน์ใช้สอยและความสะดวกสบายมากกว่า สามารถนำมาใช้ร่วมกับโครงเหล็กหรืออิฐก่อได้ดีและมีคุณสมบัติด้านการทนไฟ ทนความร้อนได้ดี และไม่ติดไฟจึงนิยมนำมาใช้แทนการใช้ไม้ในการก่อสร้าง นอกจากนี้ยิปซัมยังมีราคาถูก ขนย้ายได้ง่ายและใช้แรงงานในการติดตั้งน้อยจึงเป็นที่นิยมกันมาก ดังแสดงในรูปที่ 4.1

รูปที่ 4.1 ลักษณะการติดตั้งยิปซัมบอร์ด

การใช้ยิปซัมในกลุ่มอุตสาหกรรมอื่น ๆ

การใช้ยิปซัมในอุตสาหกรรมอื่น ๆ นั้น สามารถนำยิปซัมมาใช้ได้ในหลายรูปแบบ ทั้งที่ผ่านการเผาหรือยังไม่ผ่านการเผา แบ่งได้เป็นกลุ่มตามลักษณะของการใช้งานได้ดังนี้

Calined industrial gypsum เป็นยิปซัมที่ใช้มากที่สุดในกลุ่มอุตสาหกรรมนี้ โดยใช้ผลิตโมลด์สำหรับใช้ในการหล่อแบบสุขภัณฑ์และเครื่องปั้นดินเผา ใช้ทำโมลด์หล่อโลหะ และโมลด์สำหรับตกแต่ง

Molding plaster ปลาสเตอร์ที่ใช้ทำต้นแบบ แบบพิมพ์ ซึ่งต้องมีความบริสุทธิ์ของยิปซัมสูง 95% ทั้งนี้เพราะต้องการความแข็งแรง ความขาว เวลาในการแข็งตัว มีการหดตัว และการขยายตัวที่ใกล้เคียงกัน ทำจาก Beta hemihydrate หรือ Alpha hemihydrate หรือ Beta hemihydrate และ Alpha hemihydrate ผสมกัน

Anhydrous gypsum เป็นยิปซัมที่ผ่านการเผาที่ 400°F (204°C) เกิดเป็น Calcium sulfate ที่ไม่มีน้ำในโครงผลึกชนิด Soluble anhydrite ซึ่งมีความสามารถในการดูดซับน้ำได้สูงใช้เป็นตัวดูดความชื้นในห้องทดลองและเมื่อบดละเอียดใช้เป็นตัวลำเลียงยาฆ่าแมลงชนิดที่มีพิษตกค้าง

การใช้ยิปซัมในอุตสาหกรรมเกษตรและอุตสาหกรรมอาหาร

อุตสาหกรรมเกษตร ใช้แร่ยิปซัมหรือแร่แอนไฮไดรท์บดให้มีขนาดเล็กกว่า 100 เมช มาปรับปรุงคุณภาพดินให้มีความพรุนมากขึ้น ช่วยในการระบายน้ำและปรับสภาพดินให้เป็นกลาง เป็นสารที่ให้ธาตุแคลเซียมแก่พืช ช่วยรักษาระดับไนโตรเจนในดิน และยังเพิ่มสารอาหารซัลเฟต ซัลเฟอร์ให้กับดินได้อย่างรวดเร็ว

อุตสาหกรรมอาหาร ยิปซัมช่วยในการจับตัวเป็นก้อนของเต้าหู้ ใช้ในการผลิตเบียร์เพื่อควบคุมความกระด้างของน้ำ นอกจากนี้ยังใช้ในการผสมอาหารปศุสัตว์ เช่น วัว แกะ ซึ่งเป็นการให้สารซัลเฟอร์ในรูปแบบที่มีความปลอดภัย

เอกสารอ้างอิง

1. ศิริเพ็ญ ธนานันทกิจ. ปลาสเตอร์. เอกสารประกอบการสอนวิชาการสร้างพิมพ์และการหล่อ 1. คณะศิลปกรรม มหาวิทยาลัยรังสิต, 2537.
2. แหล่งแร่ยิปซัมของไทย. แผนที่และข้อมูลแผนแร่ของไทย ชุดแร่อโลหะของประเทศไทย ฉบับที่ 1. กองเศรษฐธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม. ISBN: 974-7733-40-4, มิถุนายน 2543.
3. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. คู่มือการผลิตเครื่องใช้เซรามิกบนโต๊ะอาหาร. ศูนย์พัฒนาเครื่องเคลือบดินเผา สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2539.
4. พจนานุกรม ศัพท์ธรณีวิทยา ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพมหานคร: อรุณการพิมพ์, 2544
5. G. Seng. "Gypsum plaster for the ceramics industry". Technical Conference Ceramics in Millemnium. Miracle Grand Convention Center. Bangkok, March 2000.
6. S.J. Lefond. "Construction Materials". Industrial Minerals and rocks. 4th edition. New York. N.Y., 1975.
7. http:/www. Artmolds.com/ali/ali_library.html
8. Siam Moulging Plaster. "Serve Your Needs with Excellent Quality". Ceramics Suppliers meet Ceramics Manufacturers 2003. Queen Sirikit National Convention Center. Bangkok, July 2003.