

# กรรมวิธีการผลิตปูนซีเมนต์

บทที่

# 2



รูปที่ 2-1 โรงงานปูนซีเมนต์ไทย หนึ่งในโรงงานปูนซีเมนต์ที่มีเทคโนโลยีการผลิตปูนซีเมนต์สมัยใหม่ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

## บทคัดย่อ

กรรมวิธีการผลิตปูนซีเมนต์ จำแนกได้เป็น 2 วิธีด้วยกัน ได้แก่ กรรมวิธีการผลิตแบบเปียก, และกรรมวิธีการผลิตแบบแห้ง โดยที่กรรมวิธีการผลิตแบบแห้ง เป็นวิธีที่ทันสมัยกว่า เพราะเป็นวิธีที่ใช้พลังงานความร้อนต่ำกว่า จึงช่วยประหยัดเชื้อเพลิงในการเผาได้ดีกว่า และยังสามารถควบคุมองค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ได้ง่ายกว่า จึงทำให้ได้ปูนซีเมนต์ที่มีคุณภาพสม่ำเสมอมากกว่า

ขั้นตอนการผลิตปูนซีเมนต์ แบ่งได้เป็น 5 ขั้นตอนหลัก ได้แก่

ขั้นตอนที่ 1 การทำเหมืองและการเตรียมวัตถุดิบ : จัดหาและคัดเลือกวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ, ทำเหมืองหิน, ขนส่งวัตถุดิบมาย่อยให้มีขนาดเล็กลง, และกองเก็บไว้ในยูน

ขั้นตอนที่ 2 การบดวัตถุดิบ : ป้อนวัตถุดิบเข้าสู่หม้อบดวัตถุดิบ แล้วบดวัตถุดิบจนได้วัตถุดิบสำเร็จ

ขั้นตอนที่ 3 การเผาปูนเม็ด : ป้อนวัตถุดิบสำเร็จเข้าสู่ Preheater แล้วลำเลียงเข้าสู่เตาเผา โดยเผาที่อุณหภูมิสูงสุดประมาณ  $1,450^{\circ}\text{C}$  จนได้ปูนเม็ด จากนั้นปูนเม็ดจะถูกทำให้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

ขั้นตอนที่ 4 การบดปูนซีเมนต์ : ลำเลียงปูนเม็ดเข้าหม้อบดปูนซีเมนต์ ในระหว่างกระบวนการบดนั้น จะมีการเติมยิปซั่มในปริมาณเล็กน้อย บดจนได้ปูนซีเมนต์ที่มีความละเอียดตามต้องการ

ขั้นตอนที่ 5 การบรรจุและการขนส่งปูนซีเมนต์ : ลำเลียงปูนซีเมนต์เก็บไว้ในไซโล เพื่อรอการบรรจุและการขนส่งต่อไป



## 2.1 บทนำ

ขั้นตอนการผลิตปูนซีเมนต์ แบ่งได้เป็น 5 ขั้นตอนหลัก ได้แก่

**ขั้นตอนที่ 1 การทำเหมืองและการเตรียมวัตถุดิบ :** จัดหาและคัดเลือกวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ ซึ่งมีองค์ประกอบของแร่ธาตุที่ต้องการ, ทำเหมืองหิน, ขนส่งวัตถุดิบจากเหมืองมา ย่อยให้มีขนาดเล็กลง, และกองเก็บไว้ในยุ้งเก็บวัตถุดิบเพื่อรอการนำไปใช้งาน

**ขั้นตอนที่ 2 การบดวัตถุดิบ :** ป้อนวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ เข้าสู่หม้อบดวัตถุดิบ แล้ว บดวัตถุดิบจนได้วัตถุดิบสำเร็จ

**ขั้นตอนที่ 3 การเผาปูนเม็ด :** ป้อนวัตถุดิบสำเร็จเข้าสู่ Preheater เพื่ออุ่น วัตถุดิบสำเร็จให้ร้อน แล้วลำเลียงเข้าสู่เตาเผาต่อไป โดยเผาที่อุณหภูมิสูงสุดประมาณ 1,450 °C ซึ่งที่อุณหภูมิดังกล่าวจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของวัตถุดิบต่าง ๆจนได้ปูนเม็ด ที่มีลักษณะเป็นก้อนค่อนข้างกลมสีเทาเข้มขนาดไม่เกิน 2 เซนติเมตร จากนั้นปูนเม็ดจะถูก ทำให้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว

**ขั้นตอนที่ 4 การบดปูนซีเมนต์ :** ลำเลียงปูนเม็ดเข้าหม้อบดปูนซีเมนต์ ในระหว่าง กระบวนการบดนั้น จะมีการเติมยิปซั่มในปริมาณเล็กน้อย (เพื่อช่วยยืดระยะเวลาการแข็งตัว, ปรับปรุงคุณสมบัติการหดตัว, และพัฒนากำลังอัดของปูนซีเมนต์) บดจนได้ปูนซีเมนต์ที่มี ความละเอียดตามต้องการ

**ขั้นตอนที่ 5 การบรรจุและการขนส่งปูนซีเมนต์ :** ลำเลียงปูนซีเมนต์เก็บไว้ในไซโล เพื่อรอการบรรจุและการขนส่งต่อไป ซึ่งมีทั้งการเป่าลงเต้าของรถขนส่งในรูปของปูนซีเมนต์ผง และการบรรจุลงในรูปของปูนซีเมนต์ถุง แล้วทำการขนส่งปูนซีเมนต์ไปยังร้านค้า, โรงงาน อุตสาหกรรมคอนกรีต, หรือหน่วยงานก่อสร้างต่าง ๆ โดยการขนส่งด้วยรถปูนซีเมนต์, รถไฟ, หรือเรือ เพื่อนำปูนซีเมนต์ไปประยุกต์ใช้งานในลักษณะต่าง ๆ ต่อไป

## 2.2 กรรมวิธีการผลิต

กรรมวิธีการผลิตปูนซีเมนต์ (Cement Manufacturing Process) จำแนกตาม ลักษณะของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิตเป็น 2 วิธีด้วยกัน ได้แก่ กรรมวิธีการผลิตแบบเปียก (Wet Process), และกรรมวิธีการผลิตแบบแห้ง (Dry Process)

1. กรรมวิธีการผลิตแบบเปียก (Wet Process) คือ กรรมวิธีการผลิตปูนซีเมนต์ โดยใช้วัตถุดิบที่มีความชื้นสูง เช่น ดินขาว (Marl), และดินเหนียว (Clay) มา บดผสมกันในสภาพที่เปียกและเติมน้ำเพิ่มลงไปให้อัตราส่วนที่พอเหมาะ เพื่อ ช่วยในการบดผสม วัตถุดิบที่เตรียมเสร็จจะมีน้ำเป็นส่วนผสมประมาณ 30 - 40% มีลักษณะเหลวและไหลได้เรียกว่า Slurry หลังจากนั้นนำไป ป้อนเข้าหม้อเผา ในสภาพที่มีความชื้นสูง หม้อเผาในกรรมวิธีการแบบเปียกจะต้องใช้ปริมาณ ความร้อนสูงกว่าหม้อเผาในกรรมวิธีการผลิตแบบแห้ง เนื่องจากต้องใช้ความ ร้อนไล่ความชื้นใน Slurry ออกให้หมดก่อนที่จะเผาต่อเพื่อให้ได้ปูนเม็ดออกมา
2. กรรมวิธีการผลิตแบบแห้ง (Dry Process) คือ กรรมวิธีการผลิตปูนซีเมนต์ โดยใช้วัตถุดิบที่มีความชื้นปกติ เช่น หินปูน (Limestone), หินดินดาน (Shale),

ดินลูกรัง (Laterite), และทราย (Sand) มาผสมในสภาพที่แห้งและในระหว่างการบดจะใช้ลมร้อนที่เหลือจากระบบหม้อเผาช่วยไล่ความชื้นออกจากวัตถุดิบ วัตถุดิบที่เตรียมเสร็จแล้วจะมีลักษณะเป็นผงละเอียดคล้ายแป้งเรียกว่า “วัตถุดิบสำเร็จ (Raw Meal)” หลังจากนั้นนำไปป้อนเข้าหม้อเผา ในสภาพที่แห้งเพื่อให้ได้ปูนเม็ดออกมา

กรรมวิธีการผลิตแบบเปียกถือว่าเป็นวิธีที่ล้าสมัยเพราะต้องใช้พลังงานความร้อนสูง จึงเป็นการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงอย่างมาก

ในปัจจุบัน โรงงานปูนซีเมนต์ไทยทุกโรงงาน จึงใช้กรรมวิธีการผลิตแบบแห้งซึ่งเป็นวิธีที่ทันสมัยกว่า เพราะเป็นวิธีที่ใช้พลังงานความร้อนต่ำกว่า จึงช่วยประหยัดเชื้อเพลิงในการเผาได้ดีกว่า และยังสามารถควบคุมองค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ได้ง่ายกว่า จึงทำให้ได้ปูนซีเมนต์ที่มีคุณภาพสม่ำเสมอมากกว่า นอกจากนี้ ยังมีระบบการควบคุมคุณภาพทุกขั้นตอนของกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ เพื่อความมั่นใจว่าจะสามารถผลิตปูนซีเมนต์ที่มีคุณภาพดี สม่ำเสมอ และได้มาตรฐาน



รูปที่ 2-2 เครื่องมืออัตโนมัติสำหรับการควบคุมคุณภาพปูนซีเมนต์ในระหว่างกระบวนการผลิต

## 2.3 วัตถุดิบ

วัตถุดิบ (Raw Materials) ที่ใช้ในการผลิตปูนซีเมนต์ แบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ 4 ประเภท ดัง ตารางที่ 2-1

ประเภทของวัตถุดิบ	รายละเอียด
1. Calcareous Materials	เป็นวัตถุดิบที่มีองค์ประกอบทางเคมีส่วนใหญ่เป็นแคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium Carbonate หรือ $\text{CaCO}_3$ ) ตั้งแต่ 80% ขึ้นไป เช่น หินปูน (Limestone), ดินขาว (Marl), และดินสอพอง (Chalk) เป็นต้น
2. Argillaceous Materials	เป็นวัตถุดิบที่ประกอบด้วยออกไซด์ของซิลิกา (Silicon Dioxide หรือ $\text{SiO}_2$ ), อลูมินา (Aluminium Oxide หรือ $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), และเหล็ก (Iron Oxide หรือ $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) เป็นส่วนใหญ่ เช่น หินดินดาน (Shale), และดินดำหรือดินเหนียว (Clay) เป็นต้น
3. Corrective Materials	เป็นวัตถุดิบที่ใช้สำหรับเพิ่มเติมองค์ประกอบทางเคมีบางตัวซึ่งในหินดินดานหรือดินดำ มีปริมาณไม่เพียงพอ เช่น <ul style="list-style-type: none"> <li>• เพิ่ม <math>\text{SiO}_2</math> : ทราย (Sand)</li> <li>• เพิ่ม <math>\text{Al}_2\text{O}_3</math> : ดินแดง (High Alumina Clay)</li> <li>• เพิ่ม <math>\text{Fe}_2\text{O}_3</math> : แร่เหล็ก (Iron Ore), และดินลูกรัง (Laterite)</li> </ul>
4. Additive Materials	เป็นสารผสมเพิ่มที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพของปูนซีเมนต์ที่สำคัญคือการเติมยิบซัมเพื่อช่วยยืดระยะเวลาการแข็งตัว, ปรับปรุงคุณสมบัติการหดตัว, และพัฒนากำลังอัดของปูนซีเมนต์ กรณีปูนซีเมนต์ผสม มีการเติมหินปูน เพื่อช่วยลดการหดตัว ซึ่งจะช่วยลดการแตกร้าว นอกจากนี้ ยังอาจมีการผสมสารผสมเพิ่มชนิดอื่นๆ เช่น สารปอซโซลาน, GGBS, สารลดน้ำ, และสารกระจายกักฟองอากาศ เป็นต้น

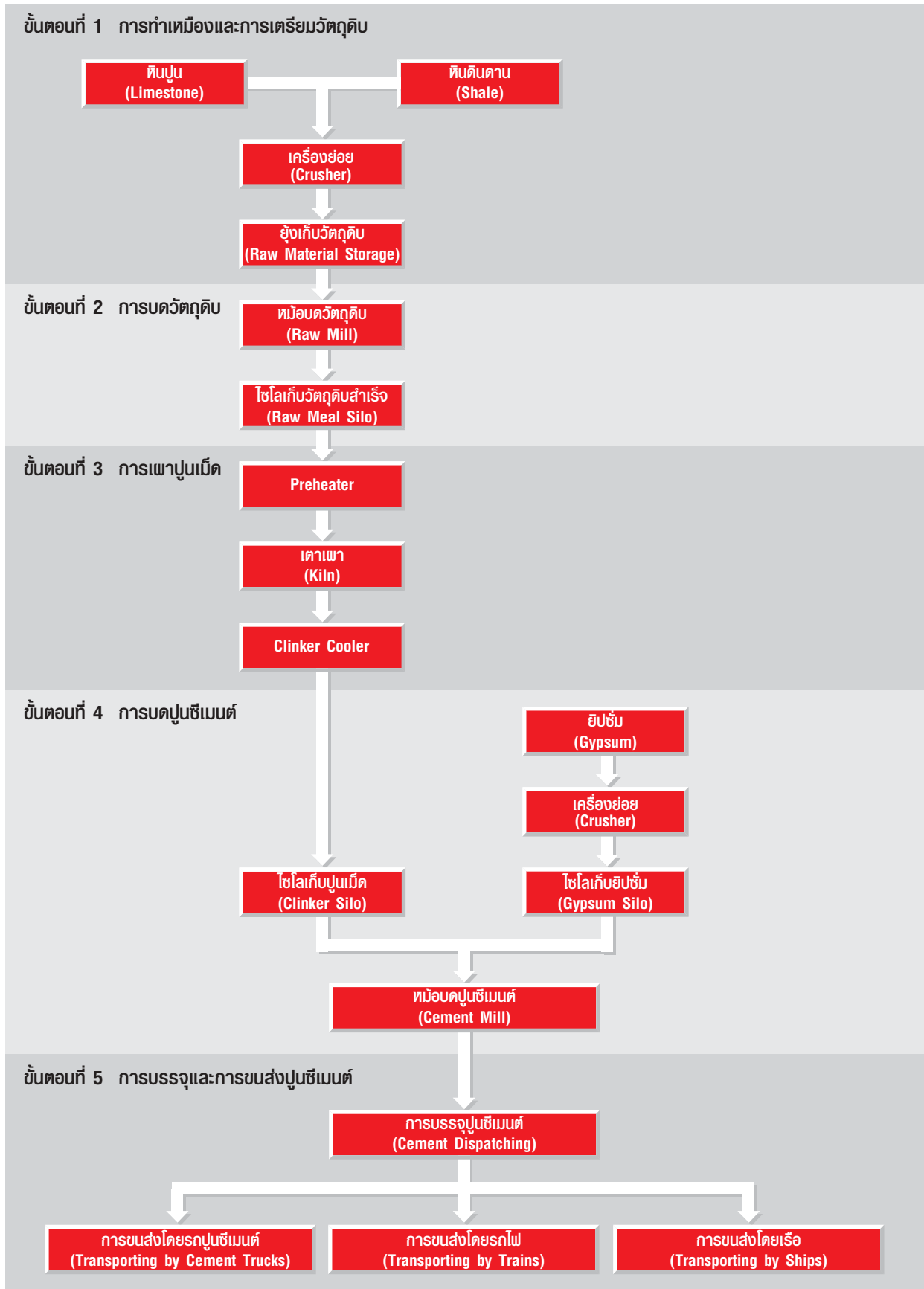


รูปที่ 2-3 ตัวอย่าง Calcareous Materials เช่น หินปูน (Limestone)

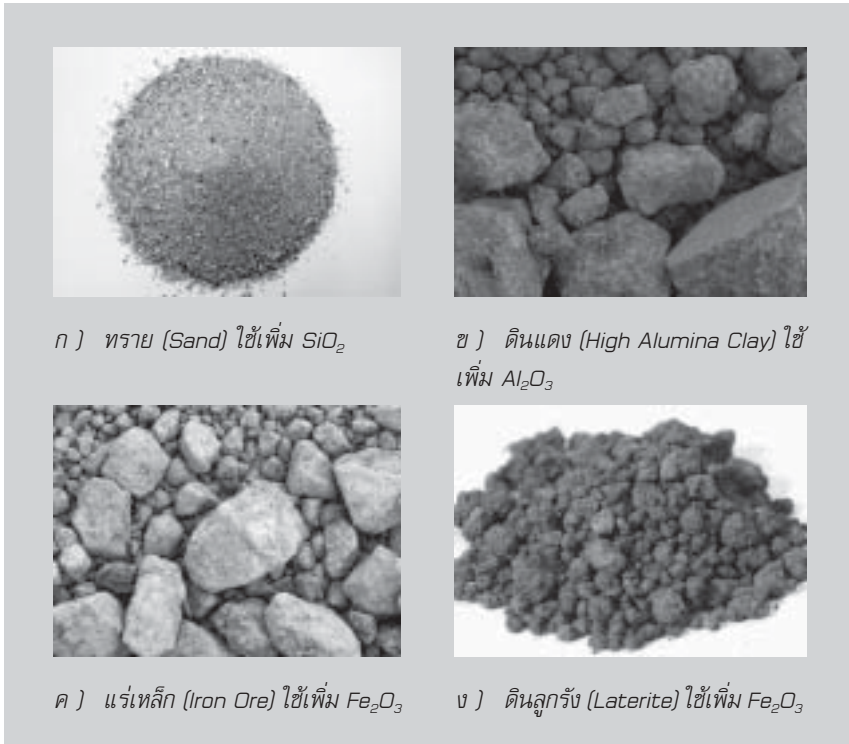


รูปที่ 2-4 ตัวอย่าง Argillaceous Materials เช่น หินดินดาน (Shale)

ตารางที่ 2-1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตปูนซีเมนต์



รูปที่ 2-5 แผนภาพแสดงกรรมวิธีการผลิตปูนซีเมนต์แบบแห้ง (Dry Process)



รูปที่ 2-6 ตัวอย่าง Corrective Materials

การผลิตปูนซีเมนต์จะต้องควบคุมการผสมของวัตถุดิบประเภทต่าง ๆ ให้มีส่วนผสมที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ปูนซีเมนต์ที่มีคุณภาพตามที่ต้องการ

## 2.4 การเตรียมวัตถุดิบ

การเตรียมวัตถุดิบ (Raw Material Preparation) สำหรับการผลิตปูนซีเมนต์ในกรรมวิธีการผลิตแบบแห้งนั้น วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตส่วนใหญ่จะใช้หินปูน (Limestone) และหินดินดาน (Shale) จากเหมืองหิน (Quarry) โดยทำการเจาะและการระเบิดหิน จากนั้นลำเลียงหินไปยังเครื่องย่อย (Crusher) เพื่อย่อยให้มีขนาดเล็กลงเหลือประมาณ 2.5 เซนติเมตร การย่อยวัตถุดิบให้มีขนาดเล็กลงใกล้เคียงกัน จะทำให้ได้วัตถุดิบที่มีคุณภาพสม่ำเสมอ หินปูนและหินดินดานที่ถูกย่อยจนได้ขนาดแล้วจะถูกลำเลียงไปเก็บในยูนิตเก็บวัตถุดิบ (Raw Material Storage) ต่อไป

กรณีวัตถุดิบจากเหมืองมีคุณภาพเปลี่ยนแปลงหรือมีวัตถุดิบชนิดอื่นเจือปน ส่งผลให้คุณภาพวัตถุดิบไม่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ยูนิตวัตถุดิบจะเป็นตัวช่วยปรับปรุงคุณภาพให้สม่ำเสมอยิ่งขึ้น โดยใช้ Stacker สำหรับการลำเลียงและการทำกองวัตถุดิบ ซึ่งจะทำให้วัตถุดิบที่มีคุณภาพแตกต่างกัน กระจายอยู่ตามจุดต่างๆ ในกองวัตถุดิบภายในยูนิต รวมทั้งใช้ Reclaimer สำหรับการตักและการลำเลียงวัตถุดิบออกจากกอง ซึ่งช่วยให้เกิดการผสมกันของวัตถุดิบที่มีคุณภาพแตกต่างกัน ทำให้มีคุณภาพสม่ำเสมอยิ่งขึ้น



รูปที่ 2-7 ตัวอย่าง Additive Materials เช่น ยิปซั่ม (Gypsum)



ก) สภาพภายในเหมือง



ข) สภาพภายนอกเหมือง



ค) การเจาะและการระเบิด



ง) การขุดตัก



จ) การลำเลียงด้วยรถขนหิน

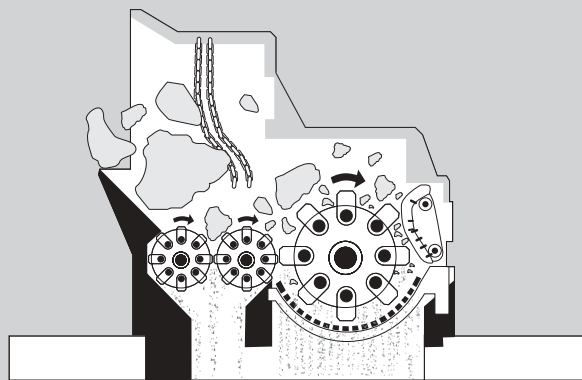


ฉ) การเทใส่เครื่องย่อยหิน

รูปที่ 2-8 การทำเหมืองหิน (Quarry)



ก) เครื่องย่อย



ข) ภายในเครื่องย่อย

รูปที่ 2-9 เครื่องย่อย (Crusher)



รูปที่ 2-10 ตู้เก็บวัตถุดิบ  
(Raw Material Storage)



รูปที่ 2-11 Stacker



รูปที่ 2-12 Reclaimer

## 2.5 การบดวัตถุดิบ

การบดวัตถุดิบ (Raw Material Grinding) เริ่มจากการลำเลียงวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ เข้าถึงเก็บวัตถุดิบแต่ละชนิด เพื่อลำเลียงเข้าสู่ หม้อบดวัตถุดิบ (Raw Mill) ซึ่งจะต้องควบคุมส่วนผสมของวัตถุดิบทุกชนิดให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด หม้อบดวัตถุดิบจะบดวัตถุดิบทั้งหมดให้ละเอียด โดยในระหว่างการบดจะใช้ลมร้อนที่เหลือจากระบบหม้อเผา ช่วยไล่ความชื้นออกจากวัตถุดิบ ส่งผลให้วัตถุดิบที่ผ่านการบดแล้วมีความชื้นต่ำลงมาก วัตถุดิบที่ถูกบดละเอียด แล้วจะถูกคัดแยกด้วยเครื่องคัดแยก ซึ่งวัตถุดิบที่ผ่านการบดและการคัดแยกจนได้ขนาดตามต้องการจะมีลักษณะเป็นผงละเอียดคล้าย แป้ง เรียกว่า “วัตถุดิบสำเร็จ (Raw Meal)” จากนั้นจะลำเลียงวัตถุดิบสำเร็จไปเก็บในไซโล เพื่อป้อนเข้าหม้อเผาต่อไป ส่วนวัตถุดิบที่หยابจะถูกป้อนกลับไปยังสายพาน เพื่อป้อนเข้าหม้อบดอีกครั้งจนได้ขนาดตามที่ต้องการ



รูปที่ 2-13 หม้อบดวัตถุดิบ (Raw Mill)



รูปที่ 2-14 วัตถุดิบสำเร็จ (Raw Meal)



## 2.6 การเผาปูนเม็ด

การเผาปูนเม็ด (Clinker Burning) มีขั้นตอนดังนี้ คือ เริ่มจากการลำเลียงวัตถุดิบสำเร็จที่ได้เข้าสู่ระบบหม้อเผา ซึ่งในปัจจุบันก่อนจะป้อนวัตถุดิบสำเร็จเข้าสู่หม้อเผาจะต้องป้อนวัตถุดิบสำเร็จผ่าน Preheater เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนก่อนจะป้อนเข้าสู่ "Burning Zone" ภายใน หม้อเผา (Kiln) นอกจากนี้ระบบหม้อเผาสมัยใหม่ยังสามารถลดความยาวของหม้อเผาให้สั้นลงอีก ซึ่งสามารถลดอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานความร้อน (Heat Consumption) ได้อีกทางหนึ่งด้วย

การเผาปูนเม็ดจะต้องควบคุมปริมาณวัตถุดิบสำเร็จที่ป้อนเข้าหม้อเผาให้พอดีกับกำลังการผลิตของหม้อเผา และเผาที่อุณหภูมิสูงสุดประมาณ 1,450 °C



รูปที่ 2-15 Preheater



รูปที่ 2-16 หม้อเผา (Kiln)

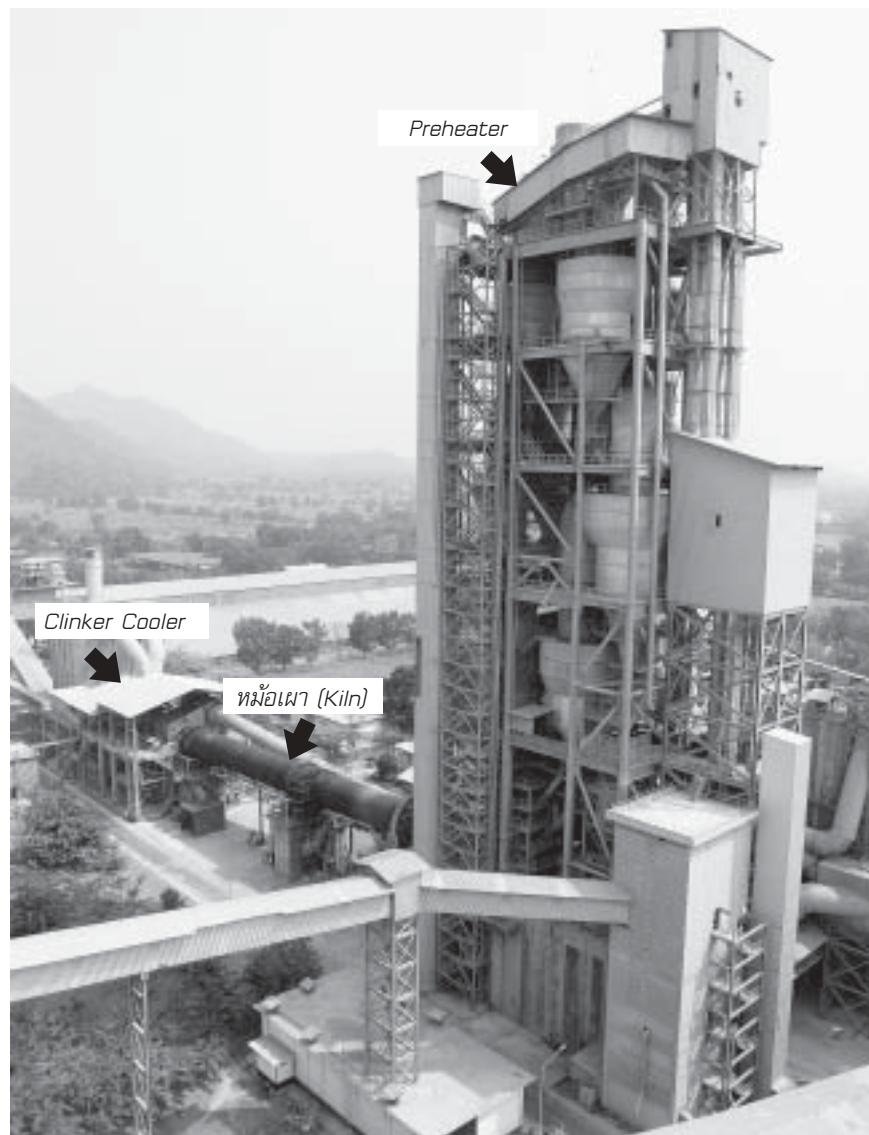


ก ) Clinker Cooler



ข ) ภายใน Clinker Cooler

รูปที่ 2-17 Clinker Cooler



รูปที่ 2-18 การเผาปูนเม็ด

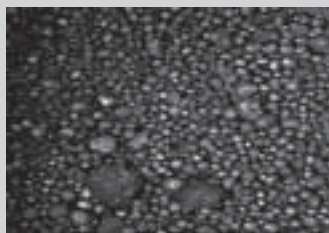


เชื้อเพลิงที่ใช้เพื่อให้พลังงานความร้อนในการเผาปูนเม็ด แบ่งได้เป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่

1. เชื้อเพลิงที่ใช้แล้วหมดไป (Nonrenewable Fuel) เช่น ถ่านหิน, น้ำมันเตา, และ Pet Coke เป็นต้น
2. เชื้อเพลิงทดแทน (Secondary Fuel) ช่วยลดมลภาวะทางด้านสิ่งแวดล้อม และประหยัดการใช้เชื้อเพลิงที่ใช้แล้วหมดไป แบ่งเป็น 2 ประเภทย่อย ได้แก่
  - เชื้อเพลิงชีวมวล (Biomass) เป็นวัสดุเหลือใช้จากภาคเกษตรกรรมหรืออุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับการเกษตร เช่น แกลบ, ชี้เลี้ยง, โยปาล์ม, เปลือกไม้, และกะลาปาล์ม เป็นต้น
  - เชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรม (Industrial Waste) เช่น ยางรถยนต์, และน้ำมันใช้แล้ว เป็นต้น



1 ) ถ่านหิน (เชื้อเพลิงที่ใช้แล้วหมดไป)



2 ) Pet Coke (เชื้อเพลิงที่ใช้แล้วหมดไป)



3 ) แกลบ (เชื้อเพลิงชีวมวล)



4 ) ชี้เลี้ยง (เชื้อเพลิงชีวมวล)



5 ) โยปาล์ม (เชื้อเพลิงชีวมวล)



6 ) เปลือกไม้ (เชื้อเพลิงชีวมวล)



7 ) กะลาปาล์ม (เชื้อเพลิงชีวมวล)

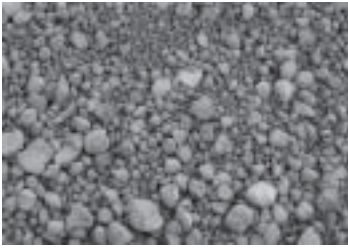


8 ) ยางรถยนต์ (เชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรม)



9 ) น้ำมันใช้แล้ว (เชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรม)

รูปที่ 2-19 เชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตปูนซีเมนต์

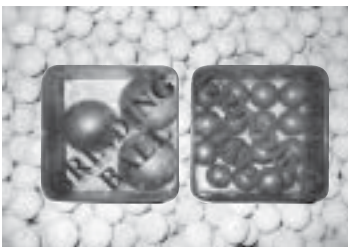


รูปที่ 2-20 ปูนเม็ด (Clinker)

วัตถุดิบสำเร็จที่ถูกเผาจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี เกิดเป็น **ปูนเม็ด (Clinker)** และถูกทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็วในบริเวณที่เรียกว่า “Cooling Zone” โดยการเป่าผ่านปูนเม็ดที่ร้อนจัดเพื่อดึงความร้อนดังกล่าวออกไป ปูนเม็ดที่ได้จะมีลักษณะเป็นก้อนค่อนข้างกลมสีเทาเข้ม

## 2.7 การบดปูนซีเมนต์

ปูนเม็ดที่ผ่านการเผาและการทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็วของระบบหม้อเผาแล้ว จะถูกลำเลียงผ่านเครื่องย่อย เพื่อย่อยปูนเม็ดให้มีขนาดเล็กลงและอยู่ในพิสัยควบคุมที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 2.5 เซนติเมตร จากนั้นจะถูกลำเลียงไปเก็บยังไซโลเก็บปูนเม็ด



รูปที่ 2-22 ลูกบด (Grinding Ball)



รูปที่ 2-23 ปูนซีเมนต์ (Cement)



รูปที่ 2-21 หม้อบดปูนซีเมนต์ (Cement Mill)

การบดปูนซีเมนต์ (Cement Grinding) เริ่มจากการลำเลียงปูนเม็ด, และยิปซั่ม (กรณีผลิตปูนซีเมนต์ผสม เช่น **ปูนตราเสือ**, และ**ปูนตราแรด** จะมีการลำเลียงหินปูนเพิ่มขึ้นอีกชนิดหนึ่งด้วย) จากไซโลมาเก็บไว้ใน Hopper จากนั้นทำการป้อนวัตถุดิบทั้งหมดผ่าน Roller Press เพื่อย่อยให้มีขนาดเล็กลงก่อนจะป้อนเข้าสู่ **หม้อบดปูนซีเมนต์ (Cement Mill)** ในหม้อบดปูนซีเมนต์จะประกอบไปด้วยห้องบด 2 ห้อง ได้แก่ ห้องบดที่ 1 (Chamber 1) ทำหน้าที่บดวัตถุดิบที่ป้อนเข้าไปให้มีขนาดเล็กลงโดยการกระแทกหรือเป็นการบดหยาบ **ลูกบด (Grinding Ball)** ที่ใช้ในห้องบดที่ 1 จะมีขนาดใหญ่กว่าห้องที่ 2 สำหรับห้องบดที่ 2 (Chamber 2) ทำหน้าที่บดละเอียดโดยมีลูกบอลขนาดเล็กทำหน้าที่ขัดสีให้มีขนาดละเอียดมากขึ้น ทั้งนี้ในขณะทำการบดอาจมีการฉีดน้ำสำหรับหล่อเย็นภายในหม้อบดเพื่อไม่ให้มีอุณหภูมิภายในหม้อบดสูงเกินไป ปูนซีเมนต์ที่ผ่านการบดในห้องบดที่ 2 จะถูกลมดูดเข้าเครื่องคัดแยก ซึ่งทำหน้าที่คัดแยกขนาดปูนซีเมนต์ให้ได้ความละเอียดตามที่ต้องการ สำหรับ **ปูนซีเมนต์ (Cement)** ที่มีความละเอียดตามต้องการแล้วจะถูกลำเลียงไปเก็บยัง **ไซโลเก็บปูนซีเมนต์ (Cement Silo)** ต่อไป ส่วนปูนซีเมนต์ที่มีขนาดหยาบจะถูกป้อนกลับไปยังหม้อบดปูนซีเมนต์เพื่อทำการบดซ้ำให้มีความละเอียดเพิ่มขึ้นจนได้ขนาดที่ต้องการ



รูปที่ 2-24 ไซโลเก็บปูนซีเมนต์ (Cement Silo)

## 2.8 การบรรจุและการขนส่งปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์ที่ผ่านการบดเรียบร้อยแล้วจะถูกลำเลียงไปเก็บยังไซโลเก็บปูนซีเมนต์เพื่อรอ การบรรจุปูนซีเมนต์ (Cement Dispatching) และการขนส่งปูนซีเมนต์ (Cement Transporting) ต่อไป

การบรรจุปูนซีเมนต์ แบ่งเป็น 2 ชนิด ได้แก่

1. ปูนซีเมนต์ผง : ปูนซีเมนต์จากไซโลจะถูกลำเลียงและเป่าลงสู่เต้าปูนของรถปูนซีเมนต์ผง หรือของรถไฟ โดยตรง
2. ปูนซีเมนต์ถุง : ปูนซีเมนต์จากไซโลจะถูกลำเลียงเข้า เครื่องบรรจุปูนซีเมนต์ถุง (Cement Packer) ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการขนส่งและเพื่อใช้สำหรับงานขนาดเล็กได้สะดวกขึ้น โดยทั่วไป ปูนซีเมนต์ที่บรรจุใส่ถุง มีน้ำหนัก 50 กิโลกรัม (หรืออาจมีค่าอื่น ๆ ได้ ตามที่บริษัทผู้ผลิตปูนซีเมนต์กำหนด)

จากนั้นทำการขนส่งปูนซีเมนต์ไปยังร้านค้า, โรงงานอุตสาหกรรมคอนกรีต, หรือหน่วยงานก่อสร้างต่าง ๆ โดยการขนส่งด้วยรถปูนซีเมนต์, รถไฟ, หรือเรือ เพื่อนำปูนซีเมนต์ไปประยุกต์ใช้งานในลักษณะต่าง ๆ ต่อไป



ก) การบรรจุปูนซีเมนต์ใส่รถปูนซีเมนต์ผง



ข) การบรรจุปูนซีเมนต์ใส่ถุง



รูปที่ 2-25 การบรรจุปูนซีเมนต์



รถปูนซีเมนต์ผง 2 เต้า



รถปูนซีเมนต์ผง 4 เต้า



รถปูนซีเมนต์ผง กล้ายทอม

ก) รถปูนซีเมนต์ผง



ข) รถปูนซีเมนต์ถุง



ค) รถไฟ



ง) เรือ

รูปที่ 2-26 พาหนะที่ใช้ในการขนส่งปูนซีเมนต์



## 2.9 การเก็บรักษาปูนซีเมนต์

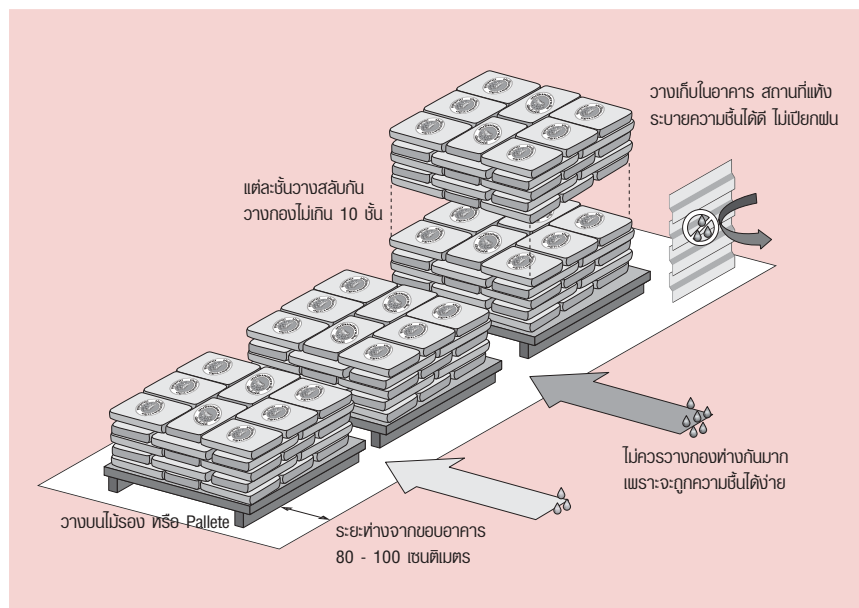


รูปที่ 2-27 การเก็บรักษาปูนซีเมนต์ผงไว้ในไซโลปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุที่ไวต่อความชื้นสูง ดังนั้นถ้าหากสามารถเก็บปูนซีเมนต์ไว้ในที่แห้งก็จะสามารถรักษาคุณภาพของปูนซีเมนต์ไว้ได้ ปูนซีเมนต์ที่เก็บหากสัมผัสกับความชื้นจะทำให้ปูนซีเมนต์มีกำลังต่ำกว่าปูนซีเมนต์ที่เก็บไว้ในที่แห้ง ดังนั้น จึงไม่ควรเก็บปูนซีเมนต์หรือให้มีปูนซีเมนต์ตกค้างอยู่ในไซโลหรือโรงเก็บเป็นเวลานาน

โรงงานอุตสาหกรรมคอนกรีตขนาดกลางและขนาดใหญ่ เช่น โรงงานคอนกรีตสำเร็จรูป, และโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จ นิยมใช้ปูนซีเมนต์ผง โดยทำการเก็บปูนซีเมนต์ไว้ในไซโลปูนซีเมนต์ ไซโลไม่ควรมีรูรั่วหรือรอยแยกที่ทำให้น้ำหรือความชื้นเข้ามาภายในได้ เพื่อป้องกันให้ความชื้นภายในไซโลมีค่าต่ำที่สุด

ร้านค้าจำหน่ายปูนซีเมนต์ โรงงานคอนกรีตขนาดเล็ก และหน่วยงานก่อสร้างขนาดเล็ก ซึ่งนิยมใช้ปูนซีเมนต์ถุง ควรมีที่กองเก็บปูนซีเมนต์ที่ดีพอสมควร ให้ป้องกันน้ำและความชื้นได้ มิฉะนั้นจะทำให้ปูนซีเมนต์เสื่อมคุณภาพได้ การเก็บปูนซีเมนต์จำนวนมากนั้นควรทำโรงเก็บให้ดีมีพื้นรองรับที่แข็งแรงเพราะปูนซีเมนต์มีน้ำหนักมากควรทำเป็นพื้นคอนกรีตและมีร่องที่พื้นก่อนวางถุงปูนซีเมนต์ ถ้าเป็นพื้นดินควรยกพื้นไม้ให้สูงกว่าดินเล็กน้อย เพื่อกันความชื้นจากพื้นดิน ตัวโรงเก็บจะต้องมีหลังคาและฝาปิดอย่างมิดชิด ไม่ให้ฝนสาดเข้าได้ การกองเก็บปูนซีเมนต์ควรกองให้ชิดกัน เพื่อไม่ให้ลมผ่านได้ เพราะลมที่ผ่านไปมานั้นจะนำความชื้นมาด้วย และควรจัดกองให้เป็นระเบียบ ไม่ควรกองชิดฝาและไม่ควรกองสูงนัก เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้ ซึ่งจะต้องหมุนเวียนนำปูนซีเมนต์ที่กองเก็บไว้นานไปใช้ก่อนเป็นลำดับไป และไม่ควรถูกเก็บไว้นานเกินกว่า 2 เดือน หากเป็นหน้าฝนก็ไม่ควรเกินกว่า 1 เดือน ในบางกรณีอาจจำเป็นต้องกองปูนซีเมนต์ไว้กลางแจ้ง หรือทำถังไม้และเปิดถุงเทใส่ไว้ในถังเพื่อสะดวกในการใช้งาน ควรจะหาไม้มาทำเป็นพื้นหรือมีผ้าใบหรือพลาสติกเตรียมไว้เพื่อคลุมกันฝนและความชื้น



รูปที่ 2-28 การเก็บรักษาปูนซีเมนต์ถุง

## เอกสารอ้างอิง

---

- 1 ชัชวาลย์ เศรษฐบุตตร, “คอนกรีตเทคโนโลยี (Concrete Technology)”, คอนกรีตผสมเสร็จซีแพค, บริษัทผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้าง จำกัด, 2537.
- 2 บริษัทปูนซีเมนต์ไทยอุตสาหกรรม จำกัด, “รายงานการพัฒนาอย่างยั่งยืน ประจำปี 2546”, 2546.
- 3 เอกสารวิชาการของบริษัทปูนซีเมนต์ไทยอุตสาหกรรม จำกัด, 2547.
- 4 Portland Cement Association, “Design and Control of Concrete Mixtures : Portland, Blended, and Other Hydraulic Cements”, Concrete Information, 2002.