สำนักงานวิจัยแห่งชาติ กรุงเทพมหานคร

# บทที่ 3
# ข้อมูลโรงงานและกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้รับความร่วมมือจากกลุ่มธุรกิจปูนซีเมนต์และบริษัท สยามวิจัยและนวัตกรรม จำกัด

## 3.1 ที่ตั้งโรงงาน

โรงงานแก่งคอย ตั้งอยู่บนที่ราบเหนือระดับน้ำทะเล 26 เมตร ที่ตำบลบ้านป่า อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี ห่างจากกรุงเทพฯไปทางตะวันออกเฉียงเหนือราว 127 กิโลเมตร ทางด้านเหนือและตะวันออกของโรงงานเป็นแหล่งหินปูนที่ใช้เป็นวัตถุดิบป้อนโรงงาน ทางด้านตะวันตก ห่างไป 2 กิโลเมตร เป็นแม่น้ำป่าสัก

## 3.2 นโยบายสิ่งแวดล้อมของโรงงาน

โรงงานผลิตปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์โดยป้องกันภาวะมลพิษภายใต้นโยบายปรับปรุงสิ่งแวดล้อมอย่างต่อเนื่อง

ปรัชญาของโรงงาน คือ การพัฒนาคุณภาพสิ่งแวดล้อมในโรงงานให้ได้มาตรฐานสิ่งแวดล้อมตามที่รัฐบาลกำหนด

การจัดการสิ่งแวดล้อมเป็นการควบคุมและลดภาวะมลพิษ เช่น มลพิษจากฝุ่น เสียง น้ำเสีย และขยะที่เกิดจากกระบวนการผลิต การขนส่ง วัตถุดิบ และผลิตภัณฑ์ ฯลฯ โดยมีวิธีการดังนี้

1. ควบคุมปริมาณฝุ่นในที่ทำงานและชุมชนโดยรอบให้อยู่ในมาตรฐานคุณภาพอากาศ
2. นำน้ำที่ใช้แล้วกลับมาใช้อีกและบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยทิ้ง
3. ปรับปรุงสิ่งแวดล้อมทางเสียงในที่ทำงาน
4. นำขยะกลับมาใช้
5. ควบคุมการใช้พลังงาน (เชื้อเพลิงและไฟฟ้า)
6. ทำตามกฎหมายสิ่งแวดล้อมอย่างเคร่งครัด
7. ร่วมมือกับภาครัฐและองค์เอกชนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

โรงงานได้จัดทำเอกสารนโยบายสิ่งแวดล้อมของโรงงาน ซึ่งพนักงานทุกคนที่โรงงานแก่งคอยจะต้องปฏิบัติ นโยบายนี้เปิดเผยต่อสาธารณะ

### 3.3 กระบวนการผลิต

ในประเทศไทยใช้กระบวนการผลิตแบบแห้ง ในการผลิตปูนซีเมนต์มีกรรมวิธีเป็นขั้นๆ คือ นำวัตถุดิบที่มีธาตุ อะลูมินาและธาตุซิลิกาซึ่งมีอยู่มากในดินดาน กับเหล็กซึ่งมีอยู่มากในดินลูกรัง มาผสมกันตามสัดส่วน บดให้ละเอียดและ นำไปเผาในหม้อเผา (Cement kiln) จนกระทั่งเกิดปฏิกิริยาทางเคมีจับกันเป็นเม็ดเล็กที่เรียกว่า ปูนเม็ด (clinker)

ขั้นตอนกระบวนการผลิตที่สำคัญในการผลิตปูนซีเมนต์ แบ่งได้ 5 ขั้นตอนหลักมีดังต่อไปนี้

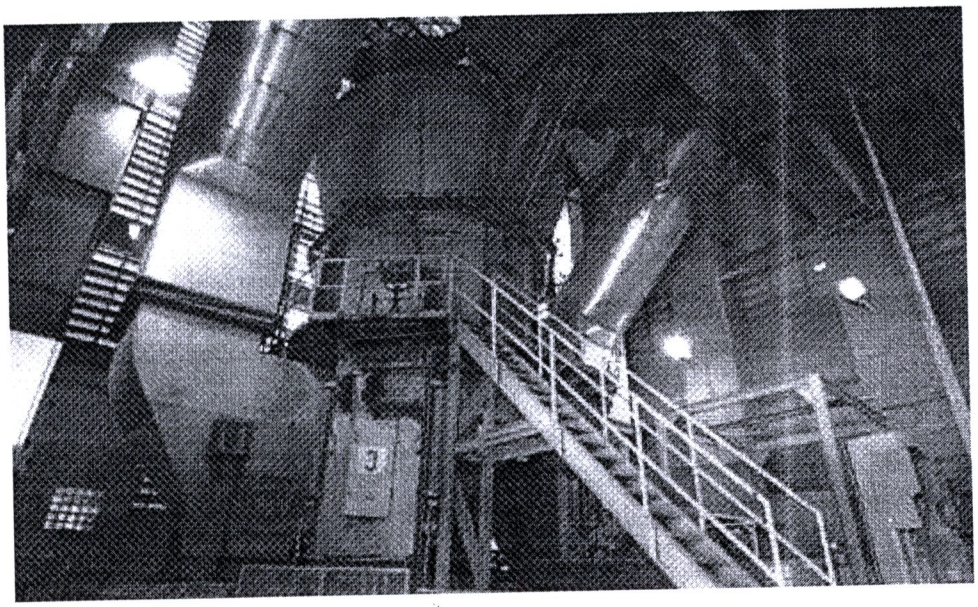
**ขั้นตอนที่ 1** การทำเหมืองและการเตรียมวัตถุดิบ วัตถุดิบที่จำเป็นในการผลิตซีเมนต์แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ วัตถุดิบที่มีแคลเซียมสูง (calcareous materials) เช่น หินปูน ชอล์ก เป็นต้น และวัตถุดิบที่มีซิลิกาสูง (argillaceous materials) เช่น ดินเหนียว เริ่มต้นจากการระเบิดเหมืองเพื่อนำเอาหินปูน (limestone) มา เป็นวัตถุดิบผสมกับวัตถุดิบอื่นได้แก่ ดินขาว ดินดานและดินลูกรัง ในสัดส่วนที่ใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตปูนซีเมนต์

รูปที่ 3.1 ดินลูกรัง

รูปที่ 3.2 หินปูน

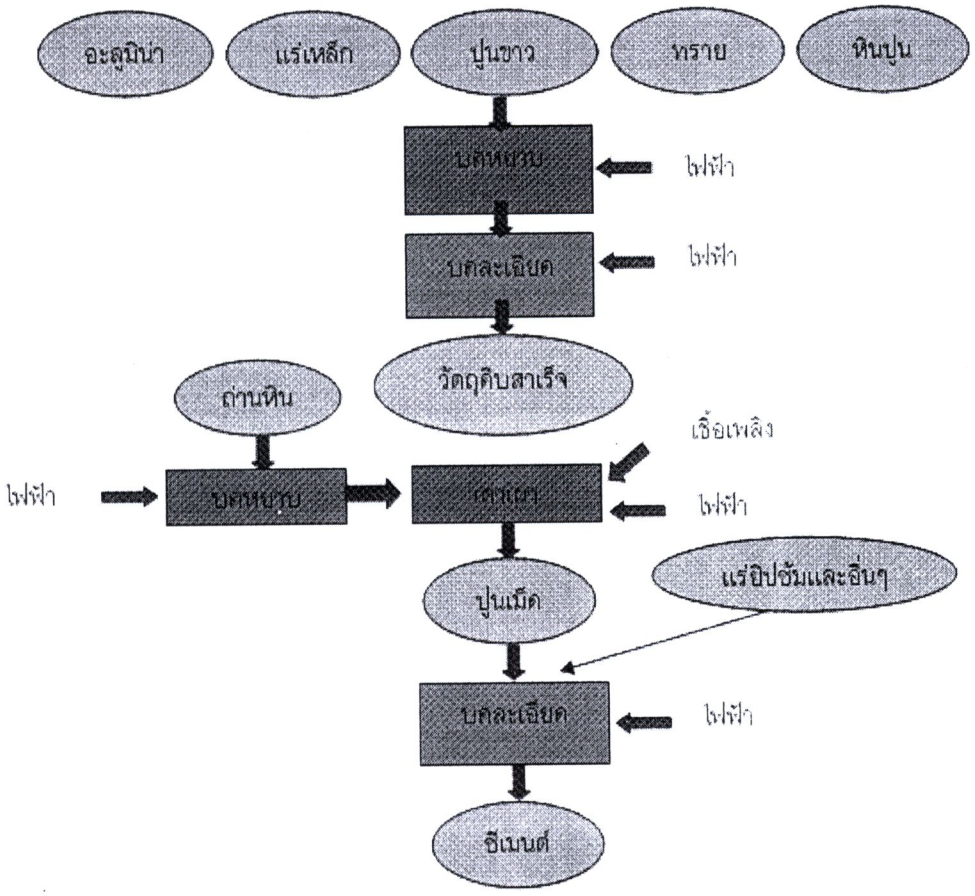
รูปที่ 3.3 หินดินดาน

**ขั้นตอนที่** 2 การบดวัตถุดิบ หินปูนที่ได้มาจากเหมืองจะถูกนำมาป้อนเข้าเครื่องบดหยาบ (Crusher) เพื่อทำการบดย่อย ขนาด โดยหินปูนที่บดแล้วและส่วนผสมอื่นๆถูกนำไปเก็บไว้ที่ถังเก็บวัตถุดิบเพื่อรอการนำไปบดผสมในสัดส่วนที่เหมาะสมจน ได้ออกมาเป็นวัตถุดิบสำเร็จ (Raw meal) แล้วจึงนำไปเก็บสะสมไว้ในไซโลเก็บวัตถุดิบสำเร็จ



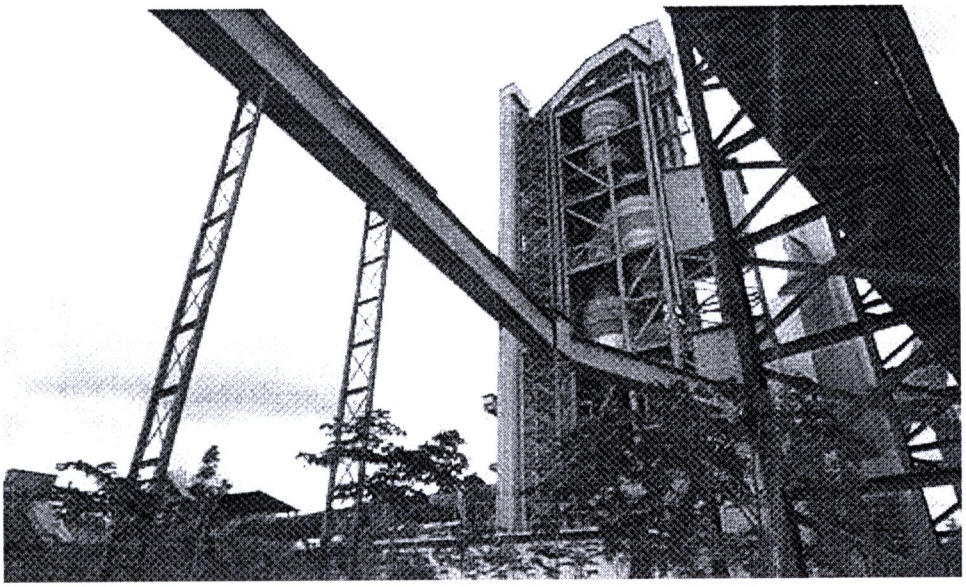
รูปที่ 3.4 หม้อบดวัตถุดิบ

รูปที่ 3.5 ไซโลเก็บวัตถุดิบ

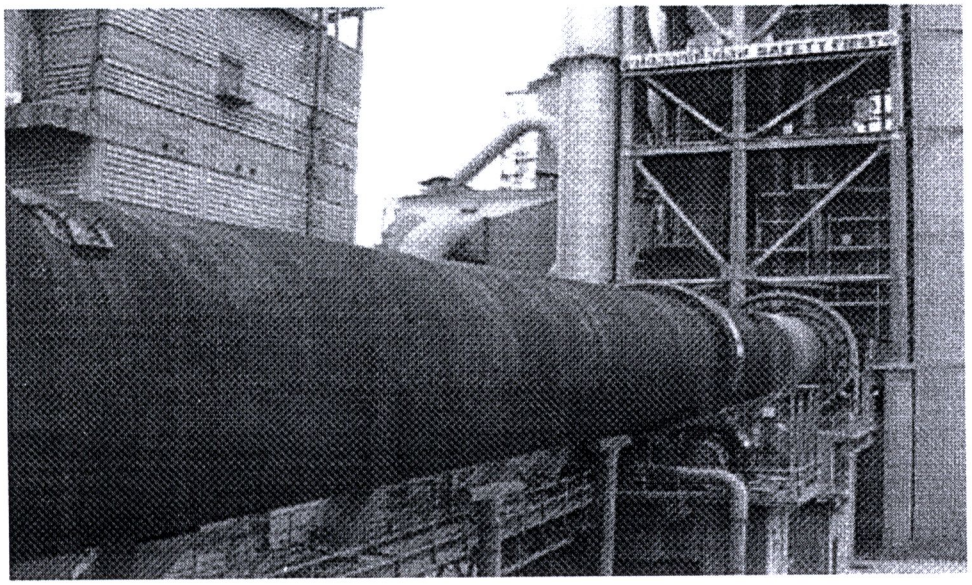



รูปที่ 3.6 กระบวนการผลิตปูนเม็ด

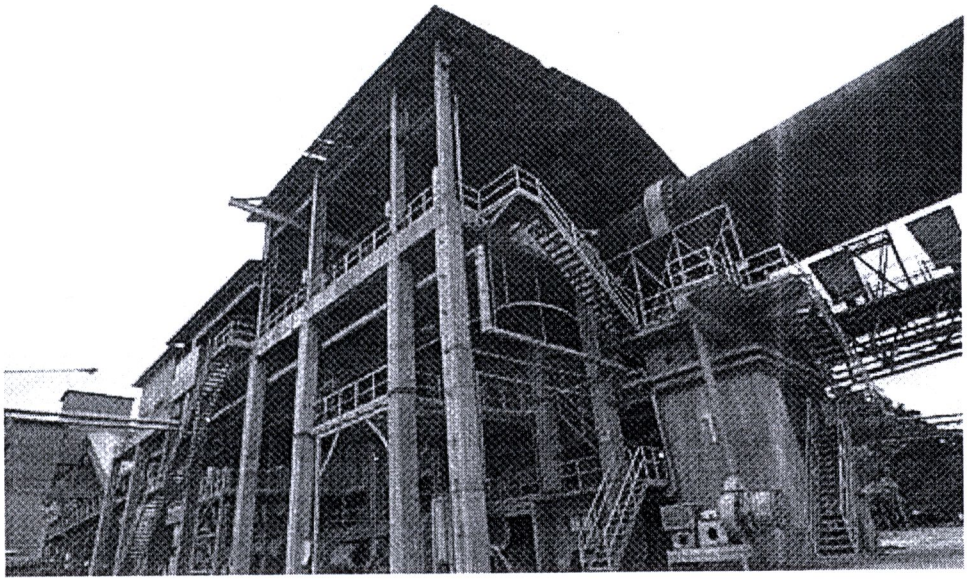
**ขั้นตอนที่ 3 การผลิตปูนเม็ด** ถ่านหินที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงจะถูกนำเข้าเครื่องบดหยาบ (Crusher) บดละเอียด (Coal mill) อบแห้งด้วยอากาศร้อน (hot air) ซึ่งสร้างขึ้นจากเตาเผาถ่านหิน (Coal-fired furnace) จากนั้นจะถูกส่งไปยังเตาเผา (Kiln) และ calciner (การเผาให้เป็นผง) วัตถุดิบสำเร็จจะถูกป้อนผ่านเครื่อง Pre-heater แบบ 5 stage ดังแสดงในรูปที่ 6 และ ผ่าน cyclone ซึ่งอยู่ส่วนบนสุดของเตาเผา ผงถ่านหินจะพ่นจากด้านหน้าเตา เผาไหม้ ถ่ายเทความร้อนให้วัตถุดิบสำเร็จ ที่ไหลสวนทางจากด้านบนลงมาจึงมีอุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อยๆ เมื่อไหลเข้าเตาฯ รับความร้อนภายในเตาวัตถุดิบสำเร็จจะ เปลี่ยนสภาพเป็นปูนเม็ดเมื่อเคลื่อนที่ถึงหน้าเตาฯ ปูนเม็ดมีอุณหภูมิสูง 1,200 $^{\circ}$C.จะถูกทำให้เย็นลงด้วยตัวลดอุณหภูมิ (Clinker Cooler) ซึ่งอากาศจากภายนอกไหลเข้าและถ่ายเทความร้อนจากปูนเม็ดกลายเป็นลมร้อนซึ่งบางส่วนจะนำกลับไป ใช้ในการสันดาปในเตาเผาอีกครั้ง (เพื่อประหยัดพลังงานที่ต้องใช้ในการอุ่นอากาศ) ส่วนปูนเม็ดที่ถูกทำให้เย็นแล้วจะถูก นำไปเก็บในไซโลเพื่อรอการนำไปบดเป็นปูนซีเมนต์



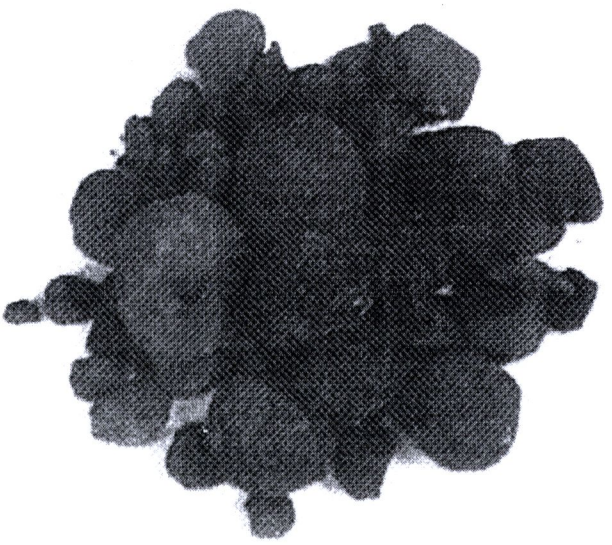
รูปที่ 3.7 หออุ่น (Pre heater)



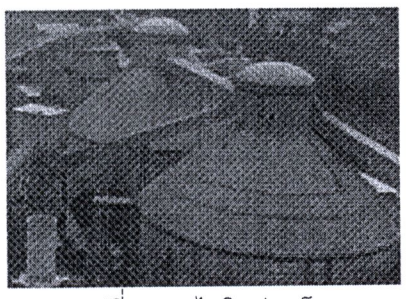
รูปที่ 3.8 หม้อเผา (Rotary kiln)



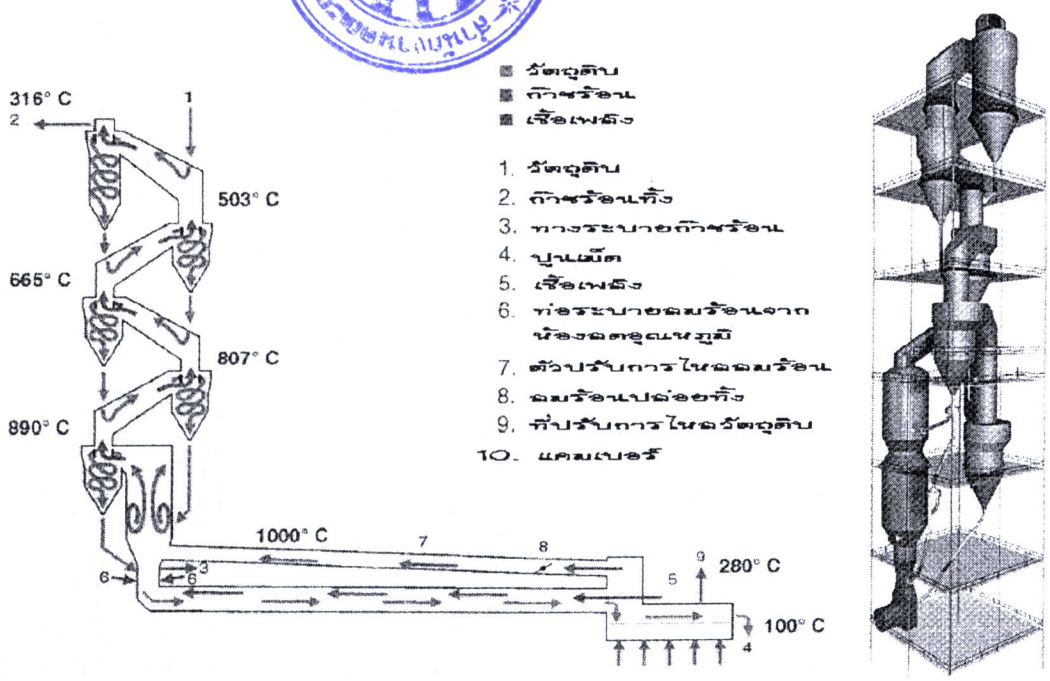
รูปที่ 3.9 หม้อลดอุณหภูมิปูนเม็ด



รูปที่ 3.10 ปูนเม็ด

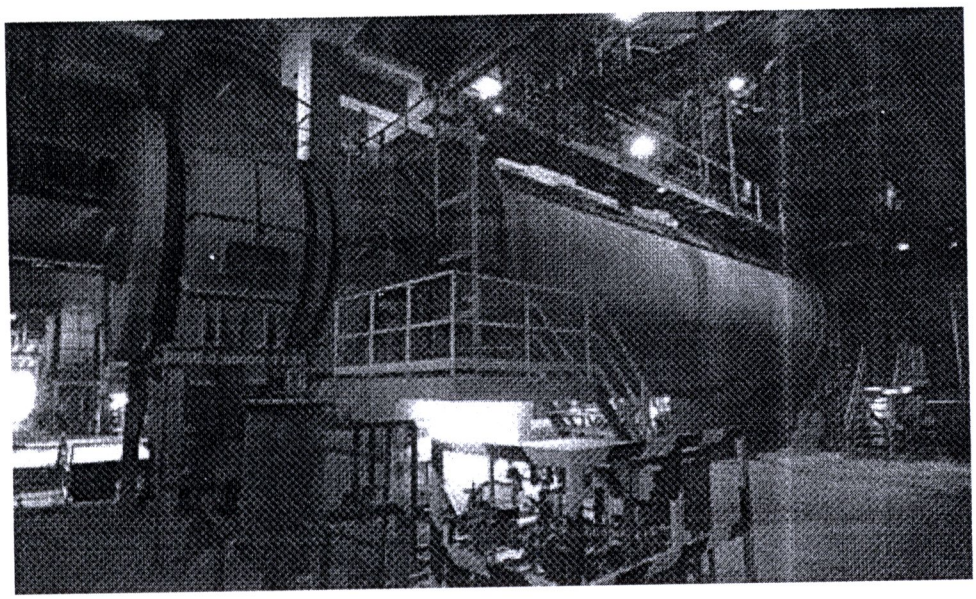


รูปที่ 3.11 ไซโลปูนเม็ด

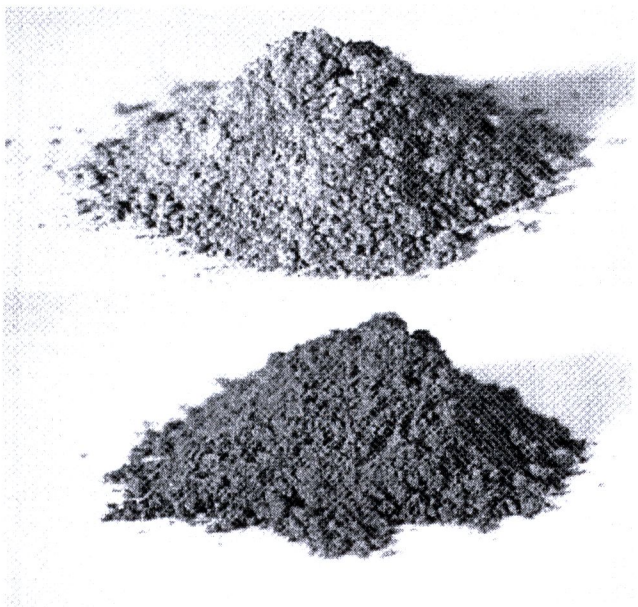



รูปที่ 3.12 อุปกรณ์ผลิตปูนเม็ด

**ขั้นตอนที่** 4 การบดปูนซีเมนต์ ปูนเม็ดที่เก็บไว้จะถูกป้อนเข้าเครื่องบด (Cement ball mill) เพื่อบดผสมกับยิปซัม ตามสัดส่วน จนกลายเป็นซีเมนต์ จากนั้นซีเมนต์ที่ได้จะถูกเก็บรวมไว้ใน bag filter แล้วนำไปไว้ใน Cement silo



รูปที่ 3.13 หม้อบดปูนซีเมนต์



รูปที่ 3.14 ปูนซีเมนต์

ที่มา : เอกสารวิชาการปูนซีเมนต์และการประยุกต์การใช้งานของปูนซีเมนต์ไทย

**ขั้นตอนที่** 5 การบรรจุและขนส่งปูนซีเมนต์ ลำเลียงปูนซีเมนต์เก็บไว้ในไซโล ผงปูนนี้ส่วนใหญ่จะสามารถร่อน ผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 200 จากนั้นซีเมนต์ที่ได้จะถูกเก็บรวมไว้ในถุงกรอง แล้วนำไปไว้ในไซโลเก็บปูนซีเมนต์เพื่อ รอการนำไปบรรจุขาย

โดยโรงงานตั้งอยู่ใกล้กับแหล่งหินปูนและหินดินดาน (หิน shale) ซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตปูนซีเมนต์แบบแห้งในปัจจุบัน และมีเหมืองหินปูนและหินดินดานเป็นเหมืองของโรงงานเองซึ่งรายละเอียดโดยทั่วไปของโรงงานมีดังนี้

- เหมืองหินปูนเป็นเหมืองแบบ Semi Open Cut
- มีทั้งหมด 4 สายการผลิต กล่าวคือ มีทั้งหมด 4 หม้อเผา
- เป็นโรงงานที่ได้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานปรับคุณภาพของเสียรวม (ลำดับที่ 101) จากกรมโรงงานอุตสาหกรรม จึงมีการรับของเสีย (waste) เข้ามาจำกัดในโรงงานโดยใช้ทดแทนเชื้อเพลิงและวัตถุดิบ ดังนี้

1. ของเสียที่นำมาทดแทนวัตถุดิบ ได้แก่ ฝุ่นเหล็ก (iron powder) โดยนำมาทดแทนแร่เหล็ก นอกจากนี้ยังมีทรายไส้แบบจากโรงเหล็กมาทดแทนซิลิกา (จากทราย)
2. ของเสียที่นำมาทดแทนเชื้อเพลิง ได้แก่ น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว ยางรถยนต์และแกลบ โดยนำมาทดแทนเชื้อเพลิงที่หม้อเผาปูนในกระบวนการเผา
3. ของเสียที่ไม่สามารถนำมาทดแทนวัตถุดิบและเชื้อเพลิงได้ก็จะป้อนเข้าเตาเผาเพื่อกำจัด

- น้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตเป็นน้ำหล่อเย็นสำหรับเครื่องจักร โดยมีการใช้ไฟฟ้าในการสูบน้ำมาใช้ในกระบวนการผลิตและใช้สารเคมีในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ

- ผลิตปูนเม็ด (Clinker) 2 ประเภท คือ Clinker Type I และ Clinker Type I/II ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบกันเล็กน้อยโดยที่ Clinker Type I จะนำไปผลิตปูนซีเมนต์ตราช้าง ตราเสือ และตราแรด ส่วน Clinker Type I/II จะนำไปผลิตเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท I/II ดังรูปที่ 3.1

มีโรงงานผลิตถุงบรรจุปูนเพื่อใช้บรรจุปูนถุง (50 กก.) นอกจากนี้ยังรับจ้างทำถุงบรรจุปูนเพื่อจำหน่ายไปยังโรงงานในเครือฯ และโรงงานอื่นอีกด้วย

**3.4 ผลิตภัณฑ์**

1) ปูนซีเมนต์ตราช้าง จัดเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ตาม มอก. 15-2514/2517 และมาตรฐานอเมริกัน ASTM C150-71 Type I ซึ่งผลิตโดยการนำปูนเม็ด มาบดผสมกับยิปซัม เหมาะสำหรับใช้ทำโครงสร้างและงานคอนกรีตที่ต้องการแรงอัดสูง โดยที่ผลิตภัณฑ์ที่จัดจำหน่ายมีทั้งจำหน่ายในรูปปูนซีเมนต์ผง และปูนซีเมนต์ผงบรรจุถุง (50 กิโลกรัม)

2) ปูนซีเมนต์ตราเสือ เหมาะสำหรับใช้เป็นปูนก่อ ปูนฉาบ และงานคอนกรีตทั่วไปที่ไม่ต้องการแรงอัดมากนัก ผลิตโดยการนำปูนเม็ด มาบดผสมกับยิปซัมและหินปูนโดยที่ผลิตภัณฑ์ที่จัดจำหน่ายมีทั้งจำหน่ายในรูปปูนซีเมนต์ผง และปูนซีเมนต์ผงบรรจุถุง (50 กิโลกรัม)

3) ปูนซีเมนต์ตราแรด ผลิตโดยการนำปูนเม็ด มาบดผสมกับยิปซัมและหินปูนโดยที่มีอัตราส่วนผสมต่างไปจากปูนซีเมนต์ตราเสือ โดยที่ผลิตภัณฑ์ที่จัดจำหน่ายจะมีจำหน่ายเฉพาะปูนซีเมนต์ผงบรรจุถุง (50 กิโลกรัม)

4) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ I/II จัดเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่มีคุณลักษณะอยู่ระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท I และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท II ผลิตโดยการนำปูนเม็ดมาบดผสมกับยิปซัม แต่ใช้ปูนเม็ดคนละประเภทกับปูนซีเมนต์ตราช้าง โดยที่ผลิตภัณฑ์ที่จัดจำหน่ายจะมีจำหน่ายเฉพาะปูนซีเมนต์ผงเท่านั้น

- การบรรจุและจำหน่ายนั้นมีการจำหน่ายปูนทั้งแบบปูนซีเมนต์ผง (Bulk) และปูนซีเมนต์ถุง (50 กิโลกรัม) และขนส่งโดยรถบรรทุกปูนซีเมนต์ถุง รถเต้าบรรทุกปูนซีเมนต์ผง และรถไฟ ในส่วนของการจำหน่ายปูนซีเมนต์นั้น มีการจำหน่ายปูนภายในประเทศในรูปปูนซีเมนต์ผงตราช้าง ตราเสือ และปูนปอร์ตแลนด์ประเภท I/II และจำหน่ายในรูปปูนซีเมนต์ถุง ตราช้าง ตราเสือ และตราแรด นอกจากนี้ยังมีการจำหน่ายปูนไปยังต่างประเทศโดยจำหน่ายทั้งปูนซีเมนต์ผง ตราช้าง

และปูนปอร์ตแลนด์ประเภท I/II และในรูปปูนซีเมนต์ถุงตราช้างและตราเสือ ซึ่งปูนซีเมนต์บรรจุถุงส่งออกนั้นจะบรรจุใส่ถุงคนละชนิดกับถุงที่จำหน่ายในประเทศเพื่อความปลอดภัยและสะดวกในการขนส่ง

- มีการจำหน่ายปูนเม็ด ให้กับโรงงานปูนซีเมนต์อื่นและส่งออกไปยังต่างประเทศ

### 3.5 ผลกระทบสิ่งแวดล้อม

**ออกไซด์ของไนโตรเจน** ($NO_x$) : สาเหตุหนึ่งของการเกิดฝนกรด ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อการเผาไหม้สมบูรณ์และมีก๊าซออกซิเจนปริมาณมาก หรือการเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูงมาก ๆ จึงกำหนดให้มีขั้นตอนการปฏิบัติงานสำหรับควบคุมการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่เหมาะสม ขณะเดียวกันได้มีการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์เพื่อลดออกไซด์ของไนโตรเจน อาทิ การติดตั้งระบบหัวเผาที่มีประสิทธิภาพสูง (Ultra Low NOX Burner) ที่สามารถลดการเกิดออกไซด์ของไนโตรเจนจากภาวะปกติได้กว่าร้อยละ 40

**ออกไซด์ของซัลเฟอร์** ($SO_x$) : ก๊าซที่ไม่มีสี แต่มีกลิ่น เป็นสาเหตุหลักของฝนกรด เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil Fuel) อาทิ ถ่านหิน และน้ำมันปิโตรเลียม เนื่องจากเชื้อเพลิงเหล่า นี้มีสารประกอบของซัลเฟอร ์(Sulfur) ปะปนอยู่ด้วยเมื่อเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีกำมะถัน จะได้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$) หรือออกไซด์ของซัลเฟอร์ ($SO_x$ ) จากการวิเคราะห์สาเหตุดังกล่าว หน่วยงานจัดหาของบริษัท จึงมีนโยบายการเลือกซื้อเชื้อเพลิงที่ต้องคำนึงถึงคุณภาพและองค์ประกอบของเชื้อเพลิงด้วยรวมทั้งมีการนำเทคโนโลยีการจัดการออกไซด์ของซัลเฟอร์เข้ามาเพื่อกำจัดและบำบัดออกไซด์ของซัลเฟอร์ไปพร้อม ๆ กันเช่น การนำเทคโนโลยี Circulating Fluidized Bed (CFB) ที่ช่วยให้เกิดการเผาไหม้สมบูรณ์ และมีการเติมปูนขาวเกิดปฏิกิริยาได้สารยิปซัม (Calcium Sulfate) สามารถลดออกไซด์ของซัลเฟอร์ในปีที่ผ่านมาลงไปได้ร้อยละ 12

**ฝุ่น** (Dust, Particulate) : กิจกรรมที่ก่อให้เกิดฝุ่นในกระบวนการผลิตนั้น เริ่มต้นตั้งแต่วัตถุดิบ การขนส่ง การเผาไหม้และการกองเก็บ บริษัทจึงได้นำเทคโนโลยีต่าง ๆ เข้ามาใช้เพื่อการบำบัด โดยพิจารณาจากชนิดและประเภทของฝุ่นที่เกิดขึ้นในกิจกรรมต่าง ๆ เช่น

• การขนส่ง ฝุ่นที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จะเกิดจากฝุ่นที่ติดล้อรถบรรทุกขนส่งวัตถุดิบและสินค้า ดังนั้นบริษัท เอสซีจี โลจิสติกส์ แมแนจเม้นท์ จำกัด จึงกำหนดให้มีการติดตั้งอุปกรณ์ล้างล้อรถบรรทุก โดยนำแนวคิดของอุปกรณ์ล้างรถอัตโนมัติ ทำการฉีดน้ำแบบฝอยแรงดันสูงที่บริเวณบ่อล้างล้อ สามารถแก้ปัญหาฝุ่น ติดล้อรถบรรทุก

• ฝุ่น จากการเผาไหม้ในกระบวนการผลิตส่วนใหญ่จะเป็นฝุ่นที่มีความร้อนสูง ความชื้นต่ำ จะถูกนำไปผ่านอุปกรณ์ดักฝุ่นประเภทไซโคลน (Cyclone) เพื่อลดความร้อนและดักฝุ่นขนาดใหญ่ และผ่านเข้าถุงกรองฝุ่น (Bag Filter) นอกจากนี้ เอสซีจี ซิเมนต์ยังติดตั้งอุปกรณ์กำจัดฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิตย์ (Electrostatic recipitation) เพื่อดักจับฝุ่นซีเมนต์ ซึ่งมีลักษณะเป็นฝุ่นละเอียด โดยสามารถบำบัดฝุ่นที่ปล่อยออกจากปล่องได้ถึงร้อยละ 99.99 และสามารถนำฝุ่นจากการดักจับส่งกลับไปใช้ซ้ำเป็นวัตถุดิบอีกครั้งหนึ่ง ในปีที่ผ่านมา เอสซีจีสามารถลดฝุ่นจากปล่องลงได้กว่าร้อยละ 19

• ฝุ่นจากการกองเก็บ โดยเฉพาะการกองเก็บถ่านหินทางบริษัท ให้ความสำคัญกับการป้องกันปัญหาจากฝุ่นถ่านหินดังกล่าวที่สามารถส่งผลกระทบต่อชุมชนโดยรอบ จึงได้จัดให้มีมาตรการป้องกัน เช่น การรดน้ำบริเวณกองเก็บอย่างสม่ำเสมอในบริเวณกองที่มีการเปิด อยู่ในระหว่างตักหรือขนส่งการจัดผ้าใบคลุมอย่างมิดชิดและการทำตาข่ายกันลมติดตั้งในทิศทางที่เหมาะสม โดยมีการศึกษาถึงทิศทาง ความเร็วลมและลักษณะการตั้งบ้านเรือนของชุมชนโดยรอบ เพื่อกำหนดความยาว ความสูง และลักษณะของตาข่าย และการปลูกต้นไม้ล้อมรอบพื้นที่ เพื่อเป็นพื้นที่แนวกันชน(Buffer Zone) ดักกรองฝุ่นที่อาจเล็ดลอดออกไปอีกชั้นหนึ่ง และยังทำให้เกิดทัศนียภาพที่สวยงามอีกด้วย