



เอกสารประกอบการเรียนรู้
ชื่อวิชา คอนกรีตเทคโนโลยีเบื้องต้น รหัสวิชา 2121 -2008
ชื่อหน่วย ปูนซีเมนต์

หน่วยเรียนที่ 3
สอนครั้งที่ 4
จำนวนชั่วโมง 2

ปูนซีเมนต์

หัวข้อเรื่อง

- 3.1 การผลิตปูนซีเมนต์
- 3.2 คุณสมบัติทางเคมีของปูนซีเมนต์
- 3.3 คุณสมบัติของสารประกอบหลัก
- 3.4 คุณสมบัติของสารประกอบรอง
- 3.5 ประเภทของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์
- 3.6 ปูนซีเมนต์ประเภทอื่น
- 3.7 ปฏิกิริยาไฮเดรชัน

จุดประสงค์การเรียนรู้

- 3.1 อธิบายกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ได้
- 3.2 บอกคุณสมบัติทางเคมีของปูนซีเมนต์ได้
- 3.3 บอกคุณสมบัติของสารประกอบหลักได้
- 3.4 บอกคุณสมบัติของสารประกอบรองได้
- 3.5 บอกประเภทของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ได้
- 3.6 บอกประเภทของปูนซีเมนต์ประเภทอื่นได้
- 3.7 อธิบายการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันได้

แบบทดสอบก่อนเรียน หน่วยที่ 3

คำชี้แจง จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. กระบวนการผลิตปูนซีเมนต์มีกี่ระบบ
 - ก. 2 ระบบ
 - ข. 3 ระบบ
 - ค. 4 ระบบ
 - ง. 5 ระบบ
2. ข้อใดคือสารประกอบหลักของปูนซีเมนต์
 - ก. C_3S
 - ข. C_2S
 - ค. C_3A และ C_4AF
 - ง. ถูกทุกข้อ
3. C_3S คือข้อใด
 - ก. ไตรแคลเซียมซิลิเกต
 - ข. ไดแคลเซียมซิลิเกต
 - ค. ไตรแคลเซียมอลูมิเนต
 - ง. เตตระแคลเซียมอลูมิโนเฟอร์ไรต์
4. C_2S คือข้อใด
 - ก. ไตรแคลเซียมซิลิเกต
 - ข. ไดแคลเซียมซิลิเกต
 - ค. ไตรแคลเซียมอลูมิเนต
 - ง. เตตระแคลเซียมอลูมิโนเฟอร์ไรต์
5. C_3A คือข้อใด
 - ก. ไตรแคลเซียมซิลิเกต
 - ข. ไดแคลเซียมซิลิเกต
 - ค. ไตรแคลเซียมอลูมิเนต
 - ง. เตตระแคลเซียมอลูมิโนเฟอร์ไรต์

6. C_4AF คือข้อใด
- ก. ไตรแคลเซียมซิลิเกต
 - ข. ไดแคลเซียมซิลิเกต
 - ค. ไตรแคลเซียมอลูมิเนต
 - ง. เตตระแคลเซียมอลูมิโนเฟอร์ไรต์
7. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แบ่งออกเป็นกี่ประเภท
- ก. 4 ประเภท
 - ข. 5 ประเภท
 - ค. 6 ประเภท
 - ง. 7 ประเภท
8. ข้อใดคือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 2
- ก. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา
 - ข. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ดัดแปลง
 - ค. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แข็งตัวเร็ว
 - ง. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทนซัลเฟต
9. ข้อใดคือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 3
- ก. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา
 - ข. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ดัดแปลง
 - ค. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แข็งตัวเร็ว
 - ง. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทนซัลเฟต
10. ข้อใดคือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 5
- ก. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา
 - ข. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ดัดแปลง
 - ค. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แข็งตัวเร็ว
 - ง. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทนซัลเฟต

ปูนซีเมนต์ (CEMENT)

บทนำ

ปูนซีเมนต์ เป็นวัสดุประสานที่ให้กำลังแก่คอนกรีต ที่ใช้มากที่สุดในปัจจุบันคือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ซึ่งแบ่งออกเป็นหลายประเภทตามความเหมาะสมกับงานที่นำไปใช้ นอกจากนี้ยังมีปูนซีเมนต์อื่นที่ได้พัฒนาขึ้นมาเพื่อให้เหมาะกับงานที่หลากหลาย โดยเฉพาะด้านความแข็งแรงความทนทาน ความสวยงาม และการใช้งานเฉพาะด้าน คุณสมบัติของปูนซีเมนต์จะขึ้นอยู่กับส่วนประกอบที่เป็นวัตถุดิบและกรรมวิธีการผลิต สารประกอบเหล่านี้จะทำปฏิกิริยากันในขั้นตอนการเผาเพื่อให้ได้ปูนซีเมนต์ การปรับส่วนประกอบของวัตถุดิบจะทำให้ได้ปูนซีเมนต์ที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันไป

3.1 การผลิตปูนซีเมนต์

การผลิตปูนซีเมนต์ในปัจจุบันแตกต่างจากเดิมบ้างแต่ยังคงใช้วัตถุดิบที่ใช้ในสมัยแรก และให้ความสำคัญที่คุณภาพของปูนซีเมนต์ที่ผลิต และประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต การผลิตปูนซีเมนต์มีความแพร่หลายและได้รับความนิยมสูงเพราะวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์มีปริมาณมากและหาได้ง่ายในที่ต่างๆทั่วโลก

3.1.1 วัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตปูนซีเมนต์แบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก คือ

1. วัสดุธาตุปูน เป็นออกไซด์ของธาตุแคลเซียม ได้แก่ หินปูน และดินสอพอง
2. วัสดุอะลูมิโนซิลิเกต เป็นออกไซด์ของธาตุซิลิกอน และอลูมิเนียม ได้แก่ ดินเหนียว หินเชลหรือหินดินดาน และหินชนวน ในบางครั้ง ดินที่ใช้เป็นวัตถุดิบมีทั้งออกไซด์ของแคลเซียมและซิลิกอน ได้แก่ ดินมาร์ล นอกจากนี้ การผลิตปูนซีเมนต์ยังต้องการวัตถุดิบอย่างอื่น ได้แก่ ออกไซด์ของเหล็ก ซึ่งได้จากดินลูกรัง ออกไซด์ของอลูมิเนียมและเหล็กช่วยให้ปฏิกิริยาในเตาเผาเกิดได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ยังต้องการยิปซัม เพื่อหน่วงปฏิกิริยาไม่ให้ปูนซีเมนต์แข็งตัวเร็วเกินไปโดยบดรวมกับปูนเม็ดในขั้นตอนสุดท้าย

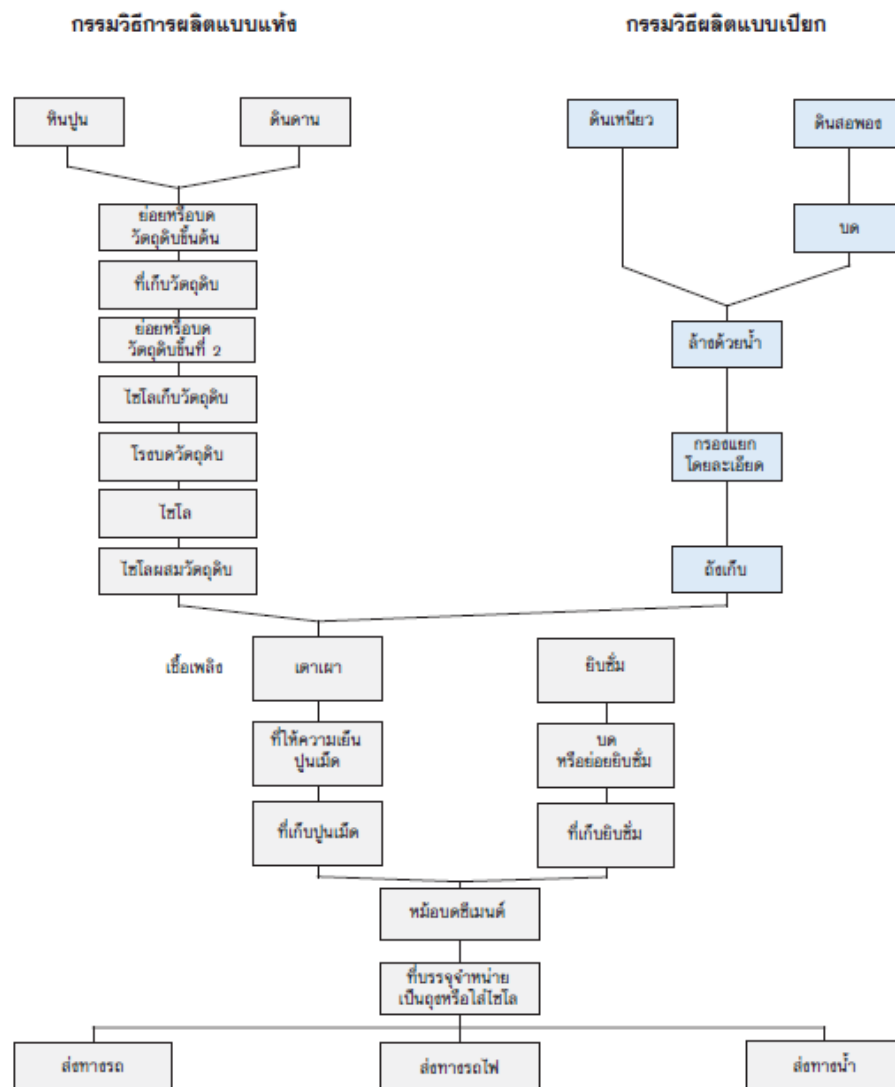
3.1.2 กรรมวิธีในการผลิต

กระบวนการผลิตปูนซีเมนต์แบ่งออกเป็น 2 ระบบ คือ กระบวนการผลิตแบบเปียกและกระบวนการผลิตแบบแห้ง การเลือกกระบวนการผลิตแบบใดขึ้นอยู่กับความชื้นของวัตถุดิบในสภาพธรรมชาติ ความแข็งแรงของวัตถุดิบ และชนิดของวัตถุดิบ ที่ความชื้นช่วงหนึ่งการบดวัตถุดิบให้ละเอียดจะทำได้ยาก จำเป็นต้องขจัดความชื้นที่มีอยู่หรือเติมน้ำให้มีปริมาณมากขึ้น ถ้าวัตถุดิบเป็นดินเหนียวจะมีความชื้นสูง ดังนั้นจึงใช้กระบวนการผลิตแบบเปียก หากวัตถุดิบเป็นหินปูนและดินดานจะมีความชื้นค่อนข้างต่ำจึงควรใช้กระบวนการผลิตแบบแห้ง

ในกระบวนการผลิตแบบเปียก วัตถุดิบจะผสมกับน้ำตามสัดส่วนที่กำหนด โดยปกติถ้าใช้ดินเหนียวและดินสอพองจะใช้อัตราส่วนวัตถุดิบต่อน้ำประมาณ 1:3 จากนั้นจะบดสัดส่วนผสมให้ละเอียด

ในหม้อบดละเอียดเปียก น้ำโคลนชั้นที่ได้จะนำไปผ่านตะแกรงละเอียดแล้วส่งเข้าเตาเผา วัตถุดิบที่ป้อนเข้าเตาเผาจะมีความชื้นประมาณร้อยละ 35 ถึง 50

ในกระบวนการผลิตแบบแห้ง วัตถุดิบที่ระเบิดมาจากเหมืองแร่จะนำมาย่อยให้เล็กลงในเครื่องย่อยขั้นต้น และเครื่องย่อยขั้นที่สองตามลำดับ จากนั้นจึงนำวัสดุไปบดละเอียดในหม้อบดวัตถุดิบ แล้วผสมกันตามสัดส่วนที่ต้องการในไซโลผสมวัตถุดิบ จากนั้นเพิ่มความร้อนของวัตถุดิบด้วยลมร้อนก่อนส่งเข้าเตาเผา ในกรณีของกระบวนการผลิตแบบกึ่งแห้ง จะนำวัตถุดิบไปทำเป็นเม็ดโดยการเติมน้ำเล็กน้อยและผ่านเข้าไปในเครื่องทำเม็ด วัตถุดิบจะจับกันเป็นก้อนกลมขนาดประมาณ 12 มิลลิเมตร ทั้งนี้เพื่อทำให้การป้อนวัตถุดิบเข้าสู่เตาเผาสะดวกขึ้น วัตถุดิบจะมีความชื้นประมาณร้อยละ 12 ดังนั้นเตาเผาของกระบวนการผลิตแบบแห้งและกึ่งแห้งจึงมีขนาดเล็กกว่าเตาเผาในกรณีกระบวนการผลิตแบบเปียก



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการผลิตปูนซีเมนต์
ที่มา : <http://www.cpacacademy.com>

เตาเผาโรงงานปูนซีเมนต์เป็นเตาแบบหมุน ทำด้วยเหล็กกล้ารูปทรงกระบอกข้างในบุด้วยอิฐทนไฟ เตาเผาแบบหมุนมีความเอียงจาแนวราบเล็กน้อยประมาณ 3 ถึง 5 ในร้อย และหมุนรอบแกนของทรงกระบอกอย่างช้าๆประมาณ 1 ถึง 3 รอบต่อนาที เชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาเป็นถ่านหิน น้ำมัน หรือก๊าซธรรมชาติ วัตถุดิบจะป้อนเข้าทางส่วนบนของเตาสำหรับกระบวนการผลิตแบบเปียกวัตถุดิบอยู่ในเตาเผาเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ถึง 2 ชั่วโมง 30 นาที และเป็นเวลา 30 นาที ถึง 1 ชั่วโมง สำหรับกรณีผลิตแบบแห้ง

กระบวนการที่เกิดขึ้นในเตาเผาสามารถแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ

1. การขจัดน้ำอิสระโดยการระเหย (evaporation)
2. การขจัดน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ (calcination)
3. การทำปฏิกิริยาเป็นปูนเม็ด (clinkering)
4. การลดอุณหภูมิ (Cooling)

ในขั้นแรกวัตถุดิบที่ป้อนเข้าทางส่วนบนของเตาเผาจะได้รับความร้อนจากอากาศร้อนที่มีอุณหภูมิ 250 ถึง 450 องศาเซลเซียสและขจัดน้ำอิสระออกไป อุณหภูมิวัตถุดิบเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึง 600 องศาเซลเซียสที่จุดนี้มีวัตถุดิบเริ่มสลายตัวโมเลกุลน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์จะค่อยๆถูกขจัดออกไป เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 1,200 องศาเซลเซียส เกิดปฏิกิริยาเบื้องต้น เกิดสารประกอบของแคลเซียมอลูมิเนตและเฟอร์ไรต์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวช่วยให้เกิดปฏิกิริยาที่สมบูรณ์ ที่อุณหภูมิประมาณ 1,350 องศาเซลเซียส เกิดการหลอมละลายของแคลเซียมอลูมิเนตและเฟอร์ไรต์และเริ่มทำปฏิกิริยาเป็นปูนเม็ด วัตถุดิบจะหลอมละลายและประมาณร้อยละ 20 ถึง 30 จะกลายเป็นของเหลว เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นถึง 1,400 ถึง 1,600 องศาเซลเซียส ส่วนผสมจะทำปฏิกิริยาเป็นปูนเม็ดก้อนกลมขนาด 3 ถึง 40 มิลลิเมตร ในส่วนท้ายสุดของเตาอุณหภูมิจะเริ่มลดลงอย่างรวดเร็วและปูนเม็ดจะไหลออกจากเตาเผา

ปูนเม็ดออกจากส่วนล่างของเตาเผาจะยังคงร้อนมาก และจะลดอุณหภูมิปูนเม็ด อัตราการลดลงของอุณหภูมิมิมีผลต่อความเป็นผลึกของปูนเม็ด ต่อจากนั้นนำปูนเม็ดมาบดร่วมกับยิปซัม ในหม้อบดปูนซีเมนต์ ปริมาณยิปซัมที่ใช้ประมาณร้อยละ 2.5 ถึง 3 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ เพื่อหน่วงการก่อตัวอย่างรวดเร็วของปูนซีเมนต์

3.2 คุณสมบัติทางเคมีของปูนซีเมนต์

องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์เป็นสิ่งสำคัญที่ควรศึกษาเพื่อให้สามารถเข้าใจถึงคุณสมบัติต่างๆ ของปูนซีเมนต์และเลือกใช้ปูนได้อย่างถูกต้องเหมาะสมกับงาน

3.2.1 องค์ประกอบทางเคมี

จากตาราง แสดงถึงองค์ประกอบและสัญลักษณ์ของออกไซด์ของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ซึ่งออกไซด์หลัก ได้แก่ แคลเซียมออกไซด์ ซิลิกา อลูมินาและเฟอร์ริกออกไซด์ ออกไซด์ทั้ง 4 นี้รวมกันได้ร้อยละ 90 ของปูนซีเมนต์ส่วนที่เหลือเป็นออกไซด์รอง ซึ่งได้แก่ แมกนีเซียมออกไซด์ ออกไซด์ของอัลคาไล และซิลเฟอร์ไตรออกไซด์ และมีส่วนประกอบของออกไซด์อื่นผสมอยู่บ้าง เช่น ไทเทเนียมออกไซด์ และฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ นอกจากนี้ยังมีสิ่งแปลกปลอมและส่วนประกอบอื่นซึ่งจะจัด

รวมอยู่ในรูปของการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผาและกากที่ไม่ละลายในกรดและด่าง ออกไซด์เหล่านี้จะทำปฏิกิริยาและรวมตัวกันอยู่ในรูปของการประกอบ สารประกอบที่สำคัญมีอยู่ 4 อย่างคือ

1. ไตรแคลเซียมซิลิเกต องค์ประกอบทางเคมีคือ 3CaO , SiO_2 และย่อว่า C_3S
2. ไดแคลเซียมซิลิเกต องค์ประกอบทางเคมีคือ 2CaO , SiO_2 และย่อว่า C_2S
3. ไตรแคลเซียมอลูมิเนต องค์ประกอบทางเคมี คือ 3CaO , Al_2O_3 และย่อว่า C_3A
4. เตตระแคลเซียมอลูมิโนเฟอร์ไรต์ องค์ประกอบทางเคมี 4CaO , Al_2O_3 , Fe_2O_3 และย่อว่า C_4AF

ตารางที่ 3.1 องค์ประกอบทางเคมีปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

องค์ประกอบทางเคมี	สัญลักษณ์	ร้อยละโดยน้ำหนัก
CaO	C	60-67
SiO ₂	S	17-25
Al ₂ O ₃	A	3-8
Fe ₂ O ₃	F	0.5-6.0
MgO	M	0.1-4.0
Na ₂ O	N	0.1-1.8
K ₂ O	k	0.1-1.8
SO ₃	S ⁻	0.5-3.0
สารประกอบอื่น ๆ	-	0.5-3.0
การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา (loss on ignition)	Loi	0.1-3.0
การที่ไม่ละลายในกรดและด่าง (insoluble residue)	-	0.20-0.75

ที่มา : <http://raungrut.tunjai.com>

3.3 คุณสมบัติของสารประกอบหลัก

สารประกอบหลักของปูนซีเมนต์ คือ C_3S , C_2S , C_3A และ C_4AF เนื่องจากมีปริมาณมากถึงกว่าร้อยละ 90 จึงเป็นตัวกำหนดคุณสมบัติและคุณภาพของปูนซีเมนต์ คุณสมบัติที่สำคัญได้สรุปไว้ในตาราง

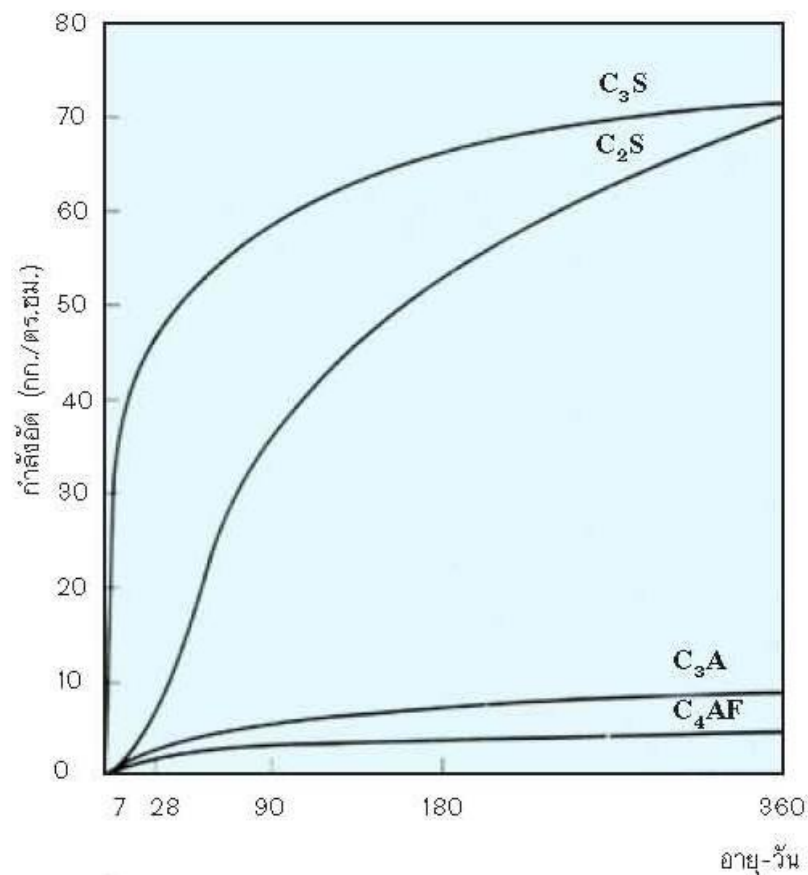
ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติของสารประกอบหลักในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

คุณสมบัติ	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
1. อัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน	เร็ว (ชม.)	ช้า	ทันทีทันใด	เร็วมาก (นาที)
2. การพัฒนากำลังอัด	เร็ว (วัน)	ช้า (อาทิตย์)	เร็วมาก (วันเดียว)	เร็วมาก (วันเดียว)
3. กำลังอัดประลัย	สูง	สูง	ต่ำ	ต่ำ
4. ความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน	ปานกลาง (500J/g)	ต่ำ (250J/g)	สูง (850J/g)	ปานกลาง (420J/g)
5. คุณสมบัติอื่นๆ	เหมือน ปอร์ตแลนด์ ซีเมนต์	-	ไม่คงตัวในน้ำ และถูก ซัลเฟต ทำลายง่าย	ทำให้ ปูนซีเมนต์มี สีเทา

ที่มา : <http://www.cpacacademy.com>

3.3.1 ไตรแคลเซียมซิลิเกต C₃S มีอยู่มากที่สุดในปูนซีเมนต์ประมาณร้อยละ 45 ถึง 55 มีรูปร่างเป็นเหลี่ยมสี่เทาแก่ที่อุณหภูมิในเตาเผา 1250°C สามารถสลายตัวได้ ซึ่งการสลายตัวนี้ค่อนข้างช้าและเมื่ออุณหภูมิลดลงต่ำกว่า 700°C จะมีเสถียรภาพและจะไม่เปลี่ยนแปลงสภาพเมื่อผสม กับน้ำจะเกิด การก่อตัวและแข็งตัวและให้กำลังค่อนข้างดีโดยเฉพาะในช่วง 7 วันแรกดังแสดงในรูปที่ 2. 3 ปฏิกิริยาระหว่าง C₃S กับน้ำทำให้เกิดความร้อนปานกลางประมาณ 500 จูล/กรัม ความร้อนที่คายออกมาเรียกว่าความร้อนของปฏิกิริยาไฮเดรชัน

3.3.2 ไดแคลเซียมซิลิเกต C₂S มีอยู่ในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประมาณร้อยละ 15 ถึง 35 C₂S บริสุทธิ์มีอยู่ 4 รูปแบบคือ C₂S ซึ่งเกิดที่อุณหภูมิ 1450°C และเมื่อเย็นตัวลงจะแปรสภาพเป็น C₂S ซึ่งเปลี่ยนเป็น เบต้าC₂S ที่อุณหภูมิต่ำลงและแปรสภาพเป็น ที่อุณหภูมิกปกติ แต่เนื่องจากในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ อยู่ในสภาพที่ไม่บริสุทธิ์ สารแปลกปลอมอื่นและอัตราการลดลงของอุณหภูมิ ทำให้การแปรสภาพจาก เป็น ไม่เกิดขึ้น ดังนั้น จะมีเสถียรภาพที่อุณหภูมิกปกติ มีลักษณะเป็นเม็ดกลมและ แสดงลักษณะทวินนิง (twinning) , เมื่อผสมกับน้ำสามารถทำปฏิกิริยาเกิดความร้อนขึ้น ความร้อนเนื่องจากปฏิกิริยาไฮเดรชันของ ค่อนข้างต่ำ มีค่าประมาณ 250 จูล/กรัม และการพัฒนากำลังของ ค่อนข้างช้าและช้ากว่า มาก คือ เริ่มให้กำลังหลังจาก 4 สัปดาห์ขึ้นไปดัง แสดงในรูป



รูปที่ 3.2 การพัฒนาก้ำลัษย์ดัดของ สารประกอบหลัก
ที่มา : <http://www.cpacacademy.com>

3.3.3 ไตรแคลเซียมอลูมิเนต C₃A มีอยู่ในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประมาณร้อยละ 7 ถึง 15 ลักษณะรูปร่างเป็นเหลี่ยมมีสีเทาอ่อน ปฏิกริยากับน้ำมีความรุนแรงมากทำให้เฟสท์ก่อตัวทันที ความร้อนเนื่องจากปฏิกิริยาไฮเดรชันมีค่าสูงมาก คือ กว่า 880 จูล/กรัม การพัฒนาก้ำลัษย์ของ จะมากคือสามารถพัฒนาได้ภายในวันเดียวแต่ก้ำลัษย์ประลัย ที่ได้มีค่าค่อนข้างต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับ หรือ ดังแสดงในรูป

3.3.4 เตตระแคลเซียมอลูมิโนเฟอร์ไรต์ C₄AF มีอยู่ในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประมาณ ร้อยละ 5 ถึง 10 และอยู่ในสภาพของสารละลายแข็ง เมื่อผสมกับน้ำจะทำปฏิกิริยาและทำให้เฟสท์ ก่อตัวอย่างรวดเร็วความร้อนเนื่องจาก ปฏิกิริยาไฮเดรชันมีค่าปานกลางประมาณ 420 จูล/กรัม โดย พัฒนาก้ำลัษย์ได้เร็วมากเช่นเดียวกัน แต่ก้ำลัษย์ประลัยที่ได้มีค่าค่อนข้าง ต่ำและต่ำกว่าเล็กน้อย

3.4 คุณสมบัติของสารประกอบรอง

สารประกอบรองหมายถึงสารประกอบที่มีอยู่ในปูนซีเมนต์ที่นอกเหนือจากสารประกอบ ทั้ง 4 อย่าง สารประกอบรองเหล่านี้มีอยู่ในจำนวนที่น้อยกว่าจริง แต่สารประกอบบางตัวมีผลกระทบต่อ ซีเมนต์เพสต์หรือคอนกรีตทั้งขณะที่ยังไม่ แข็งตัวและที่แข็งตัวแล้ว

3.4.1 ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ ดังที่ได้กล่าวแล้วว่าในขั้นสุดท้ายของการผลิตปูนซีเมนต์ จะบด ปูนเม็ดร่วมกับยิปซัมเพื่อป้องกันการก่อตัวเร็วเกินไปของซีเมนต์เพสต์ ในทางตรงข้ามถ้ามีปริมาณ ของยิปซัมมากเกินไปจะทำให้ซีเมนต์เพสต์ที่แข็ง ตัวเกิดการขยายตัวและแตกร้าวได้ ทั้งนี้ เนื่องจากปฏิกิริยาระหว่าง กับยิปซัมทำให้เกิดเอททริงไกด์ ซึ่งมีปริมาณมากขึ้นจากเดิม เมื่อไม่ ยิปซัมผสมอยู่หน้อยปฏิกิริยาระหว่าง กับ ยิปซัมจะเกิดขึ้นเมื่อซีเมนต์เพสต์ยังอยู่ในสภาพพลาสติก ทำให้การขยายตัวของปริมาณเกิดขึ้นก่อนการแข็งตัวของซีเมนต์เพสต์จึงไม่ก่อให้เกิดอันตราย แต่เมื่อ มียิปซัม ผสมอยู่มากเกินไป ปฏิกิริยาดังกล่าวจะยังคงเกิดขึ้นแม้ว่าหลังจากที่ซีเมนต์เพสต์แข็งตัวแล้ว ดังนั้นจึงมีการกำหนดปริมาณ ในปูนซีเมนต์ไม่ให้เกินร้อยละ 3.0 โดยที่ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ร้อยละ 0.1 ถึง 0.5 มาจากวัตถุดิบที่ใช้ทำปูนซีเมนต์

3.4.2 ปูนขาวอิสระ ปูนขาวอิสระอาจเกิดขึ้นเนื่องจากวัตถุดิบมีปริมาณปูนขาว (CaO) มากเกินไปสำหรับทำปฏิกิริยากับ และ ในเตาเผา อาจเกิดขึ้นเมื่อปริมาณไม่มากเกินไปแต่การทำ ปฏิกิริยาเป็นปูนเม็ดในระหว่าง การเผาไม่สมบูรณ์ทำให้เหลือปูนขาวอิสระ โดยทั่วไปปูนซีเมนต์จะมี ปูนขาวอิสระอยู่ประมาณร้อยละ 0.5 ถึง 1.0 เนื่องจากอุณหภูมิของการสลายตัวของ ประมาณ 900°C แต่อุณหภูมิในการเผาปูนซีเมนต์สูง 1400 ถึง 1600°C จะทำให้ปูนขาวถูกเผาจนเกรียม เป็น ผลทำให้ปูนขาวอิสระรวมตัวกับน้ำได้อย่างช้าๆซึ่งการรวมตัวของปูนขาว อิสระกับน้ำนี้จะเกิดขึ้น หลังจากที่ซีเมนต์เพสต์ก่อตัวแล้ว การรวมตัวดังกล่าวทำให้เกิดสารแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่มีปริมาณ มากขึ้น ถ้าปูนขาวอิสระมีมากพออาจทำให้ซีเมนต์เพสต์ที่ก่อตัวแล้วขยายตัวและแตกร้าว ได้ พฤติกรรมนี้เรียกว่า " ความไม่คงตัว (unsoundness) " สามารถทดสอบความไม่คงตัวได้โดยวิธีการ ทดสอบเลอชาเตอเลียร์

3.4.3 แมกนีเซียมออกไซด์ วัตถุดิบสำหรับผลิตปูนซีเมนต์มีแมกนีเซียมคาบอเนตผสมอยู่ เล็กน้อยเมื่อเผา วัตถุดิบจะสลายตัวเป็นแมกนีเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์บางส่วนจะอยู่ในรูป ผลึกอิสระและรวมตัวกับน้ำได้ช้ามากกิน เวลานั้นปีเช่นเดียวกับปูนขาวอิสระ การรวมตัวกับน้ำจะ เกิดขึ้นหลังจากที่ซีเมนต์เพสต์ก่อตัวแล้ว การมีแมกนีเซียมออกไซด์ผสมอยู่อาจทำให้เกิดความไม่คงตัว และเนื่องจาก ปฏิกิริยาระหว่างแมกนีเซียมออกไซด์กับน้ำช้ามากดังนั้นการทดสอบเพื่อหาความ มั่นคงตัวของแมกนีเซียมออกไซด์จะใช้วิธีการทดสอบออตเคลฟ เพื่อเร่งปฏิกิริยาให้เกิดขึ้นซึ่งเป็นการ วัตถุประสงค์ของความไม่คงตัวที่เกิด จาก MgO และ CaO

3.4.4 ออกไซด์ของอัลคาไล ออกไซด์ของอัลคาไล ได้แก่ และ มีอยู่ประมาณร้อยละ 0.5 ถึง 1.3 ในปูนซีเมนต์แต่จะมีบทบาทสำคัญในกรณีที่มีมวลรวมซึ่งได้แก่ทรายและหินสามารถทำ ปฏิกิริยากับอัลคาไล มวลรวมจำพวกนี้เป็นพวกซิลิกาที่ว่องไวและทำปฏิกิริยากับออกไซด์ของอัลคาไล ได้ จึงเรียกปฏิกิริยานี้ว่า "ปฏิกิริยาอัลคาไลซิลิกา" ปฏิกิริยานี้ทำให้เกิด อัลคาไลซิลิกาเจล สิ่งทำให้เกิด การขยายตัวและอาจทำให้คอนกรีตแตกร้าวได้ ในการแก้ปัญหาี้สามารถใช้ปูนซีเมนต์ที่มีอัลคาไลต่ำ

(ต่ำกว่าร้อยละ 0.06 โดยคิดเป็นค่าเทียบเท่าปริมาณของ) หรือเสี่ยงการใช้มวลรวมที่มีซิลิกาที่ว่องไวต่อการทำปฏิกิริยา หรือใช้สารปอซโซลานในส่วนผสมของคอนกรีต เป็นต้น

3.4.5 ฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ ฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ มีอยู่ในวัสดุดิบที่ใช้ทำปูนซีเมนต์บางแหล่ง ส่วนมากมาจากหินปูนและมักมีอยู่ไม่เกินร้อยละ 0.1 ถึง 0.2 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ สารนี้ทำให้ปูนซีเมนต์แข็งตัวช้าเนื่องจาก ทำให้ สลายตัวเป็น ก๊าซ นอกจากนี้ถ้ามี ผสมอยู่มาก ควรที่จะลดปริมาณของปูนขาวโดยการลดปริมาณหินปูนจากวัตถุดิบลง

3.4.6 กากที่ไม่ละลายในกรดและด่าง ปูนซีเมนต์ที่ใช้งานกันทั่วไปพบว่ามีสิ่งเจือปนที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการเผา ปูนซีเมนต์ที่ไม่สมบูรณ์และบางส่วนปนมากับบิปีซิม มีความเป็นผลึกสูงจึงไม่สามารถทำปฏิกิริยาไฮเดรชันได้และไม่มีผลที่จะเพิ่ม กำลังให้แก่ปูนซีเมนต์ เรียกสิ่งเจือปนนี้ว่ากากที่ไม่ละลายในกรดและด่าง ปูนซีเมนต์ที่มีปริมาณกากที่ไม่ละลายในกรดและด่างสูงจะทำให้กำลังอานมีค่า ต่ำลงซึ่งเป็นผลมาจากการที่มีปริมาณปูนซีเมนต์น้อยลงเพราะมีปริมาณกากไม่ ละลายในกรดและด่างแทน มาตรฐานการทดสอบวัสดุตาม ASTM C 150 ได้กำหนดกากที่ไม่ละลายในกรดและด่างของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ไว้ไม่เกินร้อยละ 0.75

3.5 ประเภทของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

การศึกษาอิทธิพลของสารประกอบทำให้สามารถปรับคุณสมบัติของปูนซีเมนต์เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานประเภทต่างๆมาตรฐานการทดสอบวัสดุตาม ATSM C 150 ได้แบ่งปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ออกเป็น 5 ประเภท

ประเภทที่ 1 หรือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ใช้กันมากในงานคอนกรีต ประมาณได้ว่าร้อยละ 90 ของปูนซีเมนต์ที่ผลิตในสหรัฐอเมริกาเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทนี้ สำหรับใช้ในการทำคอนกรีตหรือผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมใดที่ไม่ต้องการคุณภาพพิเศษกว่าธรรมดา และใช้ในการก่อสร้างตามปกติทั่วไป เช่น เสา คาน ฐานรากของอาคาร ถนน เป็นต้น ปูนซีเมนต์ชนิดนี้ให้กำลังสูงสุดในระยะเวลาไม่รวดเร็วมากนักและให้ความร้อน ปานกลาง ปูนซีเมนต์ชนิดนี้ ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราช้าง ตราเพชร ตราพญานาคสีเขียว ตราที่พีไอสีแดง ตราภูเขาตราดาวเทียม และตราเอกซีเมนต์สีน้ำเงิน เป็นต้น

ประเภทที่ 2 ปูนซีเมนต์ดัดแปลง เป็นปูนซีเมนต์ที่ให้ความร้อนไม่สูงมากนักความร้อนที่เกิดขึ้นมีค่าน้อยกว่า ของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 แต่สูงกว่าของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ความร้อนต่ำ(ประเภทที่ 4) และให้กำลังใกล้เคียงกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เหมาะสำหรับการทำคอนกรีตหรือผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมใดที่เกิดความร้อนและ ทนทานต่อการกัดกร่อนของสารละลายซัลเฟตได้ปานกลาง ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ใช้ค่อนข้างน้อยในประเทศไทยที่มีอยู่ ได้แก่ ปูนซีเมนต์ ตราพญานาค 7 เสียร

ประเภทที่ 3 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แข็งตัวเร็ว เป็นปูนซีเมนต์ที่ให้กำลังสูงในระยะแรก ให้ความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชันสูงเพราะมีปริมาณ สูงและความละเอียดสูงกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 มาก เหมาะสำหรับงานที่ต้องการใช้งานเร็ว เช่น งานซ่อมแซมหรืองานที่ต้องการถอดแบบเร็ว เช่น เสาเข็มคอนกรีต เสาไฟฟ้าคอนกรีต ผลิตภัณฑ์คอนกรีตสำเร็จรูป ปูนซีเมนต์ชนิดนี้ ได้แก่ ตราเอราวิณ ตราช้างสามเพชร ตราพญานาคสีแดง ตราที่พีไอสีดำ เป็นต้น

ประเภทที่ 4 ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ความร้อนต่ำ ปูนซีเมนต์ชนิดนี้ให้ความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชันที่ต่ำมากเพราะปริมาณของต่ำ คือ โดยเฉลี่ยมีค่าประมาณร้อยละ 25 ที่ 30 แต่จะมีที่ค่อนข้างสูงคือเสร็จโดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 50 ถึง 60 ปูนซีเมนต์ชนิดนี้จึงเหมาะสำหรับใช้งานในการก่อสร้างคอนกรีตหลาย เช่น เชื้อน คอนกรีตต่อม่อขนาดใหญ่ เนื่องจากมีคุณสมบัติในการให้อุณหภูมิของคอนกรีตต่ำ ปูนซีเมนต์ชนิดนี้ไม่มีจำหน่ายในท้องตลาดในประเทศไทยต้องสั่งโดยตรงจากผู้ผลิต

ประเภทที่ 5 ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ทนซัลเฟต เป็นปูนซีเมนต์ที่ต้านทานซัลเฟตได้สูง ปูนซีเมนต์ประเภทนี้จะมีปริมาณของต่ำมากโดยทั่วไปไม่เกินร้อยละ 5 เพราะจะทำให้เกิดการรวมตัวกับซัลเฟตได้ง่าย ดังนั้นเมื่อ มีปริมาณน้อยจึงมีการการทำให้ปฏิกิริยากับซัลเฟตได้น้อยหรือไม่ได้เลย ทำให้การกัดกร่อนเนื่องจากสารละลายซัลเฟตลดลง ปูนซีเมนต์ชนิดนี้จึงเหมาะสำหรับงานคอนกรีตที่สร้างอยู่ในที่มีเกลือหรือสารละลายซัลเฟตปูนซีเมนต์ชนิดนี้ได้แก่ ทรายข้างสีฟ้า ทรายปลาฉลาม และทรายที่ฟอสเฟต เป็นต้น

3.6 ปูนซีเมนต์ประเภทอื่น

นอกจากปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ 5 ประเภทที่ประกอบด้วย สารในปริมาณที่ต่างกันยังมีปูนซีเมนต์อื่น ที่ทำมาจากการผสมสารบดกับปูนเม็ดโดยการเพิ่มสารประกอบอื่นระหว่างการเผาซึ่งได้แก่

3.6.1 ปูนซีเมนต์ผสม ปูนซีเมนต์ผสมหรือปูนซีเมนต์ซิลิกา ได้จากการบดปูนเม็ดกับวัสดุเนื้อละเอียด ซึ่งประกอบด้วยซิลิกาหรือบดรวมกับหินปูนที่เนื้อต่อการทำ ปฏิกิริยา ปริมาณวัสดุเนื้อละเอียดที่ใช้ประมาณร้อยละ 20 ถึง 30 โดยน้ำหนักทำให้ปูนซีเมนต์มีราคาถูกลงระยะเวลาการก่อตัวนั้นขึ้นการเย็นน้ำ ต่ำและการหดตัวเมื่อตากแห้งน้อยลงจึงช่วยลดการแตกร้าวที่ผิวเหมาะสำหรับใช้ในงานปูนก่อหรือปูนฉาบเพราะจะได้มีเวลาในการทำงานนานขึ้นแต่ข้อควรระวัง สำหรับปูนซีเมนต์ประเภทนี้คือมีกำลังต่ำกว่าปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ประเภท 1 โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงอายุต้นต้นจึงไม่ควรใช้ในการก่อสร้างองค์อาคารหลัก เช่น พังกเสา คาน พื้น หรือฐานราก ของอาคารนอกจากนี้อายุการใช้งานของอาคารจะน้อยกว่าที่ควรจะเป็นเพราะปูนนี้ ปูนน้อยกว่าปกติปูนซีเมนต์ประเภทนี้ผลิตจำหน่ายในประเทศไทยได้แก่ ทรายเสือ ทรายนกอินทรี ทรายภูเขาทรายที่ฟอสเฟต ทรายดอกบัว ทรายจรวดและทรายเอกซีเมนต์ที่เขียว เป็นต้น

3.6.2 ปูนซีเมนต์ขาว สีเทาในปูนซีเมนต์เกิดจากสารออกไซด์ของเหล็กและแมงกานีส ดังนั้นการผลิตปูนซีเมนต์ขาวจึงทำได้โดยการลดปริมาณสารดังกล่าวให้ต่ำลง ซึ่งอาจใช้ดินขาวจิบกับดินสอพองหรือหินปูน ที่ไม่มีออกไซด์ของธาตุเหล็กเป็นวัตถุดิบในการผลิต โดยทั่วไปแล้วจะกำหนดให้ออกไซด์ของเหล็กในปูนซีเมนต์ขาวต่ำกว่าร้อยละ 0.5 ซึ่งทำให้มีปริมาณของแคลไซต์ในปูนซีเมนต์ประมาณร้อยละ 0.5 เท่านั้น ดังนั้นปูนซีเมนต์ขาวจึงมีส่วนประกอบของสูงและแทบจะไม่มีนอกจากนี้ในการเผาจะใช้ น้ำมัน เพราะถ่านหินจะมี ออกไซด์ของธาตุเหล็กและแมงกานีสปนอยู่สูง การใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงจึงทำให้ต้นทุนการผลิตปูนซีเมนต์ขาวมีราคาที่สูง กว่าปูนซีเมนต์ธรรมดา กำลังอัดของปูนซีเมนต์ชนิดนี้ส่วนมากจะไม่สูงนัก จึงไม่เหมาะที่จะนำไปทำโครงสร้างที่รับแรง ปูนซีเมนต์ชนิดนี้เหมาะสำหรับงานที่ต้องการความสวยงามทางด้านสถาปัตยกรรม เพราะสามารถใช้สีผสมให้เป็นสีที่

ต้องการได้ เช่น ใช้ทำหินขัด หินล้าง เป็นต้นปูนซีเมนต์ขาวที่ผลิตในประเทศไทยได้แก่ปูนซีเมนต์ขาวตราช้างเผือก และปูนซีเมนต์ขาวตราเสือ

3.6.3 ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ปอซโซลาน ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ปอซโซลาน ได้จากการผสมปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์กับวัสดุปอซโซลาน วัสดุปอซโซลาน คือ วัสดุที่มีซิลิกา หรือซิลิกา และอลูมินาที่ละเอียด โดยตัวของมันเองจะไม่มีคุณสมบัติเชื่อมประสาน แต่เมื่อทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ และน้ำที่อุณหภูมิปกติจะได้สารที่มีคุณสมบัติเชื่อมประสาน วัสดุปอซโซลาน ได้แก่ ดินเหนียวเผา แก้วถ่านหินหรือแก้วลอย ซิกาฟูม และแก้วกลบบดละเอียด เป็นต้น ซิลิกาในวัสดุปอซโซลานต้องอยู่ในรูปอสัณฐาน คือไม่เป็นผลึก เพราะถ้าเป็นผลึก ซิลิกาจะเฉื่อยต่อการทำปฏิกิริยา การผสมวัสดุปอซโซลานลงในปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ส่วนมากจะทำให้ความร้อนจากปฏิกิริยาให้ไฮเดรชันลดลง กำลังระยะแรกลดลงเพิ่มความสามารถในการต้านทานสารละลายซัลเฟต ลดปฏิกิริยาอัลคาไลน์ซิลิกา ปริมาณวัสดุสุสานที่ใช้อยู่ระหว่างร้อยละ 15 ถึง 40 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน การใช้วัสดุปอซโซลานนอกจากจะเป็นการช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังทำให้ปูนซีเมนต์ราคาถูกด้วย

3.6.4 ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ตะกรันเตาถลุงเหล็ก ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ตะกรันเตาถลุงเหล็ก เป็นปูนซีเมนต์ที่ได้จากการบดตะกรันเตาถลุงเหล็กกับปูนเม็ด ตะกรันเตาถลุงเหล็กเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการถลุงเหล็กประกอบด้วยซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ ส่วนมากแล้วจะใช้ตะกรันเตาถลุงเหล็กในช่วงร้อยละ 25 ถึง 70 ของวัสดุซีเมนต์ ตะกรันเตาถลุงเหล็กเมื่อทำปฏิกิริยาจะให้แคลเซียมซิลิเกตไฮเดรตเหมือนกับ ผลิตผล จากปฏิกิริยาไฮเดรชันของ แต่ปฏิกิริยาของตะกรันเตาถลุงเหล็กจะช้ากว่า ดังนั้นการรับกำลัง ในระยะแรกจะต่ำกว่า ของปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ และความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชันก็ต่ำกว่า นอกจากนี้การต้านทานต่อสารละลายซัลเฟตของปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ ตะกรันเตาถลุงเหล็กจะดีขึ้น เพราะปริมาณของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ลดลง ปูนซีเมนต์ชนิดนี้สามารถใช้งานคอนกรีตทลทาและนิยมใช้สำหรับโครงสร้างคอนกรีต ในทะเล แต่ในประเทศไทยไม่มีการผลิตปูนซีเมนต์ชนิดนี้

3.6.5 ปูนซีเมนต์ซัลเฟตสูง ปูนซีเมนต์ซัลเฟตสูง ทำจากการบดตะกรันเตาถลุงเหล็กประมาณ ร้อยละ 80 ถึง 85 กับสารแคลเซียมซัลเฟต (ยิปซั่มที่ผ่านการเผาจัดน้ำ) ประมาณร้อยละ 10 ถึง 15 และปูนเม็ดประมาณร้อยละ 5 ปูนซีเมนต์ชนิดนี้มีความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชันต่ำกว่า และทนต่อสร้างสาร ซัลเฟตได้ดีกว่าปูนซีเมนต์ตะกรันเตาถลุงเหล็ก สามารถทนทานต่อการกัดกร่อนของกรดเหมาะสำหรับงานที่ต้องการความคงทนต่อการกัดกร่อน เช่น โครงทำท่อคอนกรีตสำหรับน้ำทิ้ง

3.6.6 ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์แข็งตัวเร็วพิเศษ ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์แข็งตัวเร็วพิเศษ ทำจากการบดแคลเซียมคลอไรด์ ประมาณร้อยละ 1 ถึง 2 กับปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์แข็งตัวเร็ว (ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ประเภทที่ 3) แคลเซียมคลอไรด์ เป็นสารเร่งปฏิกิริยาของปูนซีเมนต์ให้ก่อตัวและแข็งตัวเร็วขึ้นเนื่องจากปูน ซีเมนต์ชนิดนี้แข็งตัวเร็วมาก จึงไม่ควรเก็บไว้นานและเหมาะสำหรับใช้ในการทำคอนกรีตที่อุณหภูมิต่ำ เมื่อต้องการกำลังระยะแรกสูงเป็นพิเศษ

3.6.7 ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์กำลังระยะแรกสูงพิเศษ ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์กำลังระยะแรกสูงพิเศษ ทำได้ด้วยการพุดปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์เพื่อเพิ่มความละเอียดให้สูงถึง 7,000 ถึง 9,000 ตารางเซนติเมตร และเพิ่มปริมาณยิปซัมด้วยโดยมีคิดเป็นร้อยละ 4 เนื่องจากมีความละเอียดมากจึงทำปฏิกิริยากับน้ำอย่างรวดเร็วทำให้เกิดความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชันในระยะแรกสูงและกำลังระยะแรกก็สูงด้วย ปูนซีเมนต์นี้ใช้ในงานประเภทเดียวกับปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์แข็งตัวเร็วพิเศษ

3.6.8 ปูนซีเมนต์งานก่อ ปูนซีเมนต์งานก่อ เป็นปูนซีเมนต์ที่ทำจากการบดปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์กับหินปูน และสารกักกระจายฟองอากาศ หรือทำจากการพุดปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์กับปูนขาว วัสดุเนื้อละเอียด และสารกักกระจายฟองอากาศ ปูนซีเมนต์ชนิดนี้มีความเป็นพลาสติกมากกว่าปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์และมีกำลังต่ำ มีความสามารถในการอุ้มน้ำดี เหมาะสำหรับงานก่ออิฐเช่นเดียวกับปูนซีเมนต์ผสม ข้อควรระวังคือห้ามนำปูนซีเมนต์งานก่อมาใช้สำหรับงานคอนกรีตโครงสร้าง

3.6.9 ปูนซีเมนต์ขยายตัว ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์มีจุดอ่อนคือจะหดตัวเมื่อตากแห้งทำให้เกิดการแตกร้าวขึ้น จึงได้มีการพัฒนาปูนซีเมนต์ที่มีการหดตัวน้อย โดยใช้หลักการของการขยายตัวเริ่มแรกก่อนที่จะมีการหดตัวการขยายตัวของปูน ซีเมนต์ขยายตัว อาศัยการทำให้เกิดเสารเอททริงไคต์ โดยการใส่สารแคลเซียมอลูมิเนตและสารซัลเฟต หรืออาจใช้การบดสารแคลเซียมซัลโฟลูมิเนต ร่วมกับปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ธรรมดา และเมื่อทำการปรับส่วนผสมให้พอเหมาะ สามารถทำให้เกิดการขยายตัวเริ่มแรกและการหดตัวภายหลังมีค่าใกล้เคียงกัน นอกจากนี้สารเพิ่มการขยายตัวสามารถผลิตได้จากส่วนผสมของอลูมิเนียมออกไซด์ ยิปซัม และ แคลเซียมออกไซด์ ซึ่งต้องมีสัดส่วนที่เหมาะสมและนำไปใช้ร่วมกับปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ในสัดส่วนที่เหมาะสมด้วยจึงจะสามารถชดเชยการหดตัวของปูนซีเมนต์ได้

3.6.10 ปูนซีเมนต์ก่อตัวและแข็งตัวเร็ว การเกิดศาลเอททริงไคต์ในปริมาณมาก สามารถทำให้ปูนซีเมนต์ก่อตัวได้ภายในเวลา 2 ถึง 45 นาที และมีกำลังได้ภายใน 1 ถึง 2 ชั่วโมง ปูนซีเมนต์ก่อตัวและแข็งตัวเร็วจะมียิปซัมหรือแคลเซียมซัลโฟลูมิเนตผสมอยู่ มาก ปฏิกิริยาระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์ชนิดนี้จะทำให้เกิดความร้อนและเกิดเอ ททริงไคต์ขึ้นจำนวนมากก่อนที่แคลเซียมซิลิเกตจะทำปฏิกิริยา ซีเมนต์เพสต์จะมีกำลังได้รวดเร็วและปฏิกิริยาของแคลเซียมซิลิเกตจะเกิดขึ้น ภายหลังปูนซีเมนต์ประเภทนี้เหมาะสำหรับงานซ่อมแซมที่ต้องใช้งานอย่างเร่งด่วน

3.6.11 ปูนซีเมนต์บ่อน้ำมัน ปูนซีเมนต์บ่อน้ำมัน ใช้สำหรับงานบ่อน้ำมัน เพื่อป้องกันน้ำใต้ดินเข้ามาในหลุมเจาะน้ำมัน ปูนซีเมนต์จะต้องตัวช้าภายใต้อุณหภูมิ ความดัน และทนสภาพที่มีการกัดกร่อนสูง อุณหภูมิในบ่อน้ำมันที่ลึกมากอาจสูงเกิน 260°C ปูนซีเมนต์จากผสมกับน้ำจนเป็นน้ำโคลนและสูบส่งลงในบ่อน้ำมัน ปูนซีเมนต์ชนิดนี้จะมี อยู่น้อยมาก อยู่ประมาณร้อยละ 3 ถึง 4 ปูนซีเมนต์ชนิดนี้ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราพญานาคกับแท่นเจาะ ซึ่งผลิตสำหรับส่งออกไปยังต่างประเทศ

3.6.12 ปูนซีเมนต์อลูมินาสูงปูนซีเมนต์อลูมินาสูง เป็นปูนซีเมนต์อีกชนิดหนึ่งที่ใช้กันมากในต่างประเทศ ปูนซีเมนต์ชนิดนี้ผลิตจากหินปูนและบอไซด์ ซึ่งประกอบด้วยอลูมินาออกไซด์ของเหล็กและซิลิกา อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาประมาณ 1600°C ปูนซีเมนต์ชนิดนี้มีปริมาณของอลูมินาผสมอยู่ประมาณร้อยละ 40 ความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน และกำลังระยะแรกสูงกำลังของปูนซีเมนต์อลูมินาสูงที่อายุ 24 ชั่วโมง มีกำลังสูงเท่ากับหรืออาจสูงกว่าปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ธรรมดาที่อายุ 28 วัน

นอกจากนี้คอนกรีตที่ทำจากปูนซีเมนต์ชนิดนี้ทนทานต่อการกัดกร่อนของสารละลาย ซัลเฟตและกรด เพราะมีความทึบน้ำ ข้อควรระวังสำหรับการใช้ปูนซีเมนต์ชนิดนี้ คือกำลังของคอนกรีตลดลงเนื่องจากการแปรสภาพของสารประกอบอลูมิเนตโดยเฉพาะ เมื่ออุณหภูมิสูงและความชื้นสูง การใส่ซิลิกาฟูมสามารถทำให้คอนกรีตที่ทำจากปูนซีเมนต์อลูมินาสูงมีกำลังรับ แรงดีขึ้น ข้อควรระวังเพิ่มเติมของการใช้ปูนซีเมนต์อลูมินาสูงสุดคือไม่ใช่ผสมร่วมกับ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เพราะจะทำให้เกิดการก่อตัวอย่างฉับพลัน

3.7 ปฏิกริยาไฮเดรชัน

การก่อตัวและแข็งตัวของซีเมนต์ เกิดจากปฏิกริยาไฮเดรชันขององค์ประกอบของซีเมนต์ โดยปฏิกริยานี้เกิดขึ้นใน 2 ลักษณะ คือ

3.7.1 อาศัยสารละลาย ซีเมนต์จะละลายในน้ำ ก่อให้เกิด Ions ในสารละลายและ Ions นี้จะผสมกันทำให้เกิดสารประกอบใหม่ขึ้น

3.7.2 การเกิดปฏิกริยาระหว่างของแข็ง ปฏิกริยาเกิดขึ้นโดยตรงที่ผิวของของแข็ง โดยไม่จำเป็นต้องใช้สารละลายปฏิกริยาประเภทนี้เรียกว่า “Solid State Reaction”

แบบฝึกหัดท้ายหน่วยเรียน หน่วยที่ 3

ตอนที่ 1 คำชี้แจง ให้นักเรียนบอกความหมายต่อไปนี้

1. ให้นักเรียนบอกวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตปูนซีเมนต์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ให้นักเรียนบอกประเภทปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ให้นักเรียนบอกสารประกอบหลักของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบทดสอบหลังเรียน หน่วยที่ 3

คำชี้แจง จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. กระบวนการผลิตปูนซีเมนต์มีกี่ระบบ
 - ก. 2 ระบบ
 - ข. 3 ระบบ
 - ค. 4 ระบบ
 - ง. 5 ระบบ
2. ข้อใดคือสารประกอบหลักของปูนซีเมนต์
 - ก. C_3S
 - ข. C_2S
 - ค. C_3A และ C_4AF
 - ง. ถูกทุกข้อ
3. C_3S คือข้อใด
 - ก. ไตรแคลเซียมซิลิเกต
 - ข. ไดแคลเซียมซิลิเกต
 - ค. ไตรแคลเซียมอลูมิเนต
 - ง. เตตระแคลเซียมอลูมิโนเฟอร์ไรต์
4. C_2S คือข้อใด
 - ก. ไตรแคลเซียมซิลิเกต
 - ข. ไดแคลเซียมซิลิเกต
 - ค. ไตรแคลเซียมอลูมิเนต
 - ง. เตตระแคลเซียมอลูมิโนเฟอร์ไรต์
5. C_3A คือข้อใด
 - ก. ไตรแคลเซียมซิลิเกต
 - ข. ไดแคลเซียมซิลิเกต
 - ค. ไตรแคลเซียมอลูมิเนต
 - ง. เตตระแคลเซียมอลูมิโนเฟอร์ไรต์

6. C_4AF คือข้อใด
- ก. ไตรแคลเซียมซิลิเกต
 - ข. ไดแคลเซียมซิลิเกต
 - ค. ไตรแคลเซียมอลูมิเนต
 - ง. เตตระแคลเซียมอลูมิโนเฟอร์ไรต์
7. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แบ่งออกเป็นกี่ประเภท
- ก. 4 ประเภท
 - ข. 5 ประเภท
 - ค. 6 ประเภท
 - ง. 7 ประเภท
8. ข้อใดคือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 2
- ก. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา
 - ข. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ดัดแปลง
 - ค. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แข็งตัวเร็ว
 - ง. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทนซัลเฟต
9. ข้อใดคือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 3
- ก. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา
 - ข. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ดัดแปลง
 - ค. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แข็งตัวเร็ว
 - ง. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทนซัลเฟต
10. ข้อใดคือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 5
- ก. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา
 - ข. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ดัดแปลง
 - ค. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แข็งตัวเร็ว
 - ง. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทนซัลเฟต

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน หน่วยที่ 3

ก่อนเรียน

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ก	ง	ก	ข	ค	ง	ข	ข	ค	ง

หลังเรียน

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ก	ง	ก	ข	ค	ง	ข	ข	ค	ง

เฉลยแบบฝึกหัดท้ายหน่วยเรียน หน่วยที่ 3

ตอนที่ 1 คำชี้แจง ให้นักเรียนบอกความหมายต่อไปนี้

1. ให้นักเรียนบอกวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตปูนซีเมนต์

ตอบ วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตปูนซีเมนต์แบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก คือ

1. วัสดุธาตุปูน เป็นออกไซด์ของธาตุแคลเซียม ได้แก่ หินปูน และดินสอพอง
2. วัสดุอะลูมิโนซิลิกา เป็นออกไซด์ของธาตุซิลิกอน และอลูมิเนียม ได้แก่ ดินเหนียว หินเซล หรือหินดินดาน และหินชนวน ในบางครั้ง ดินที่ใช้เป็นวัตถุดิบมีทั้งออกไซด์ของแคลเซียมและซิลิกอน ได้แก่ ดินมาร์ล นอกจากนี้ การผลิตปูนซีเมนต์ยังต้องการวัตถุดิบอย่างอื่น ได้แก่ ออกไซด์ของเหล็ก ซึ่งได้จากดินลูกรัง ออกไซด์ของอลูมิเนียมและเหล็กช่วยให้ปฏิกิริยาในเตาเผาเกิดได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ ยังต้องการยิปซั่ม เพื่อหน่วงปฏิกิริยาไม่ให้ปูนซีเมนต์แข็งตัวเร็วเกินไปโดยบดรวมกับปูนเม็ดในขั้นตอนสุดท้าย

2. ให้นักเรียนบอกประเภทปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ตอบ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แบ่งออกเป็น 5 ประเภท

ประเภทที่ 1 หรือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ใช้กันมากในงานคอนกรีต ประมาณได้ว่าร้อยละ 90 ของปูนซีเมนต์ที่ผลิตในสหรัฐอเมริกาเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทนี้ สำหรับใช้ในการทำคอนกรีตหรือผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมใดที่ไม่ต้องการคุณภาพพิเศษกว่าธรรมดา และใช้ในการก่อสร้างตามปกติทั่วไป เช่น เสา คาน ฐานรากของอาคาร ถนน เป็นต้น ปูนซีเมนต์ชนิดนี้ให้กำลังสูงสุดในระยะเวลาไม่รวดเร็วมากนักและให้ความร้อนปานกลาง ปูนซีเมนต์ชนิดนี้ ได้แก่ ปูนซีเมนต์ตราช้าง ตราเพชร ตราพญานาคสีเขียว ตราที่พีไอสีแดง ตราภูเขาตราดาวเทียม และตราเอกซีเมนต์สีน้ำเงิน เป็นต้น

ประเภทที่ 2 ปูนซีเมนต์ดัดแปลง เป็นปูนซีเมนต์ที่ให้ความร้อนไม่สูงมากนักความร้อนที่เกิดขึ้นมีค่าน้อยกว่า ของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 แต่สูงกว่าของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ความเร็วดำ (ประเภทที่ 4) และให้กำลังใกล้เคียงกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เหมาะสำหรับการทำคอนกรีตหรือผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมใดที่เกิดความร้อนและ ทนทานต่อการกัดกร่อนของสารละลายซัลเฟตได้ปานกลาง ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ใช้ค่อนข้างน้อยในประเทศไทยที่มีอยู่ ได้แก่ ปูนซีเมนต์ ตราพญานาค 7 เสียร

ประเภทที่ 3 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แข็งตัวเร็ว เป็นปูนซีเมนต์ที่ให้กำลังสูงในระยะแรก ให้ความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชันสูงเพราะมีปริมาณ สูงและความละเอียดสูงกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 มาก เหมาะสำหรับงานที่ต้องการใช้งานเร็ว เช่น งานซ่อมแซมหรืองานที่ต้องการถอดแบบเร็ว เช่น เสาเข็มคอนกรีต เสาไฟฟ้าคอนกรีต ผลิตภัณฑ์คอนกรีตสำเร็จรูป ปูนซีเมนต์ชนิดนี้ ได้แก่ ตราเอราวัณ ตราช้างสามเพชร ตราพญานาคสีแดง ตราที่พีไอสีดำ เป็นต้น

ประเภทที่ 4 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ความร้อนต่ำ ปูนซีเมนต์ชนิดนี้ให้ความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชันที่ต่ำมากเพราะปริมาณของต่ำ คือ โดยเฉลี่ยมีค่าประมาณร้อยละ 25 ถึง 30 แต่จะมีที่ค่อนข้างสูงคือเสร็จโดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 50 ถึง 60 ปูนซีเมนต์ชนิดนี้จึงเหมาะสำหรับใช้งานในการก่อสร้างคอนกรีตหยาบ เช่น เขื่อน คอนกรีตต่อม่อขนาดใหญ่ เนื่องจากมีคุณสมบัติในการให้อุณหภูมิของคอนกรีตต่ำ ปูนซีเมนต์ชนิดนี้ไม่มีจำหน่ายในท้องตลาดในประเทศไทยต้องสั่งโดยตรงจากผู้ผลิต

ประเภทที่ 5 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทนซัลเฟต เป็นปูนซีเมนต์ที่ต้านทานซัลเฟตได้สูง ปูนซีเมนต์ประเภทนี้จะมีปริมาณของต่ำมากโดยทั่วไปไม่เกินร้อยละ 5 เพราะจะทำให้เกิดการรวมตัวกับซัลเฟตได้ง่าย ดังนั้นเมื่อมีปริมาณน้อยจึงมีการทำปฏิกิริยากับซัลเฟตได้น้อยหรือไม่ได้เลย ทำให้การกัดกร่อนเนื่องจากสารละลายซัลเฟตลดลง ปูนซีเมนต์ชนิดนี้จึงเหมาะสำหรับงานคอนกรีตที่สร้างอยู่ในที่มีเกลือหรือสารละลายซัลเฟตปูนซีเมนต์ชนิดนี้ได้แก่ ทรายล้างสีฟ้า ทรายปลาฉลาม และทรายที่ฟอสเฟต เป็นต้น

3. ให้นักเรียนบอกสารประกอบหลักของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ตอบ สารประกอบที่สำคัญมีอยู่ 4 อย่างคือ

1. ไตรแคลเซียมซิลิเกต องค์ประกอบทางเคมีคือ 3CaO , SiO_2 และย่อว่า C_3S
2. ไดแคลเซียมซิลิเกต องค์ประกอบทางเคมีคือ 2CaO , SiO_2 และย่อว่า C_2S
3. ไตรแคลเซียมอลูมิเนต องค์ประกอบทางเคมี คือ 3CaO , Al_2O_3 และย่อว่า C_3A
4. เตตระแคลเซียมอลูมิโนเฟอร์ไรต์ องค์ประกอบทางเคมี 4CaO , Al_2O_3 , Fe_2O_3 และย่อว่า C_4AF