

# มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

## ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

### 1. ขอบข่าย

- 1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ กำหนดเฉพาะข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพสำหรับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

### 2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

- 2.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (Portland cement) ซึ่งต่อไปในมาตรฐานนี้จะเรียกว่า “ปูนซีเมนต์” หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นผง ได้จากการบดปูนเม็ดกับแคลเซียมซิลเฟตรูปใดรูปหนึ่งหรือหลายรูป อาจเติม หินปูน วัสดุผสมเพิ่มอินทรีย์ และวัสดุผสมเพิ่มอินทรีย์ได้
- 2.2 ปูนเม็ด (clinker) หมายถึง ผลึกที่เกิดจากการเผาส่วนผสมต่าง ๆ จนรวมตัวกันสุกพอดี มีส่วนประกอบเคมีที่สำคัญคือ ไฮดรอลิกแคลเซียมซิลิเกต (hydraulic calcium silicate)
- 2.3 หินปูน (limestone) หมายถึง หินตะกอนชนิดหนึ่งซึ่งมีสารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนต (calcium carbonate –  $\text{CaCO}_3$ ) หรือคาร์บอเนตของแคลเซียมและแมกนีเซียมเป็นส่วนใหญ่แบ่งเป็น 3 ประเภท คือ
- (1) หินปูนที่มีแคลเซียมสูง (high-calcium limestone) มีแมกนีเซียมคาร์บอเนต 0% ถึง 5%
  - (2) หินปูนแมกนีเซียม (magnesium limestone) มีแมกนีเซียมคาร์บอเนต มากกว่า 5% ถึง 35%
  - (3) หินปูนโดโลไมต์ (dolomitic limestone) มีแมกนีเซียมคาร์บอเนต มากกว่า 35% ถึง 46%

### 3. ประเภท

- 3.1 ปูนซีเมนต์ แบ่งเป็น 5 ประเภท คือ
- 3.1.1 ประเภท 1 ปูนซีเมนต์ที่ใช้ทั่วไปที่ไม่ต้องการสมบัติพิเศษ
  - 3.1.2 ประเภท 2 ปูนซีเมนต์ที่ใช้เมื่อต้องการความทนซัลเฟตปานกลางหรือเกิดความร้อนปานกลางขณะทำปฏิกิริยากับน้ำ
  - 3.1.3 ประเภท 3 ปูนซีเมนต์ที่ใช้เมื่อต้องการค่าความต้านแรงอัดสูงได้เร็ว
  - 3.1.4 ประเภท 4 ปูนซีเมนต์ที่ใช้เมื่อต้องการความร้อนต่ำขณะทำปฏิกิริยากับน้ำ
  - 3.1.5 ประเภท 5 ปูนซีเมนต์ที่ใช้เมื่อต้องการความทนซัลเฟตสูง

#### 4. วัสดุ

- 4.1 ปูนซีเมนต์จะมีวัสดุผสมเพิ่มได้ไม่เกินระบุไว้ ดังต่อไปนี้
- 4.1.1 น้ำหรือแคลเซียมซัลเฟตอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือทั้งสองอย่างในปริมาณของซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ และปริมาณน้ำหนักที่สูญเสียเนื่องจากการเผา (loss on ignition) ไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดในตารางที่ 1
  - 4.1.2 หินปูนในปริมาณไม่เกิน 5.0% โดยมวลของปูนซีเมนต์ หินปูนต้องเป็นวัสดุตามธรรมชาติประกอบด้วยแร่ธาตุอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนตไม่น้อยกว่า 70% โดยมวล ตามบทนิยามข้อ 2.3
  - 4.1.3 วัสดุผสมเพิ่มอนินทรีย์ (Inorganic processing additions) ในปริมาณไม่เกิน 5.0% โดยมวล ของปูนซีเมนต์ วัสดุผสมเพิ่มอนินทรีย์ใส่ได้ไม่มากกว่าหนึ่งชนิดในแต่ละครั้ง ปริมาณที่ใส่ถ้ามากกว่า 1.0% โดยมวล ของปูนซีเมนต์ ต้องเป็นไปตาม มอก. 15 เล่ม 20 ถ้ามีวัสดุผสมเพิ่มอนินทรีย์ต้องรายงานปริมาณที่ใช้เป็นร้อยละของมวลปูนซีเมนต์พร้อมกับบอกรหัสของวัสดุผสมเพิ่มอนินทรีย์
  - 4.1.4 วัสดุผสมเพิ่มอินทรีย์ (organic processing additions) ต้องเป็นไปตาม มอก. 15 เล่ม 20 ในปริมาณไม่เกิน 1.0% โดยมวลของปูนซีเมนต์

#### 5. คุณลักษณะที่ต้องการ

- 5.1 สมบัติทางเคมี
- ปูนซีเมนต์ต้องมีสมบัติทางเคมีเป็นไปตามตารางที่ 1 แต่อาจเพิ่มเติมรายการตามตารางที่ 2 ได้ถ้ามีการตกลงกันระหว่างผู้ทำกับผู้ซื้อ
- การทดสอบให้ปฏิบัติตาม มอก. 15 เล่ม 18 หรือวิธีอื่นที่เทียบเท่า ในกรณีที่มีข้อโต้แย้งให้ใช้วิธีทดสอบตาม มอก. 15 เล่ม 18 เป็นวิธีตัดสิน
- 5.2 สมบัติทางฟิสิกส์
- ปูนซีเมนต์ต้องมีสมบัติทางฟิสิกส์เป็นไปตามตารางที่ 3 แต่อาจเพิ่มเติมรายการตามตารางที่ 4 ได้ถ้ามีการตกลงกันระหว่างผู้ทำกับผู้ซื้อ

ตารางที่ 1 สมบัติทางเคมี  
(ข้อ 4.1.1 และข้อ 5.1)

รายการ ที่	สมบัติ	หน่วย	เกณฑ์ที่กำหนด				
			ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5
1	อะลูมิเนียมออกไซด์ (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) ไม่มากกว่า	ร้อยละ โดยมวล		6.0			
2	ไอร์ออน (III) ออกไซด์ (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) ไม่มากกว่า			6.0		6.5	
3	แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ไม่มากกว่า		6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
4	ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ <sup>1)</sup> (SO <sub>3</sub> ) ไม่มากกว่า						
4.1	เมื่อมีไตรแคลเซียมอะลูมิเนต <sup>2)</sup> (3CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) ไม่มากกว่า 8		3.0	3.0	3.5	2.3	2.3
4.2	เมื่อมีไตรแคลเซียมอะลูมิเนต <sup>2)</sup> (3CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) มากกว่า 8		3.5		4.5		
5	น้ำหนักที่สูญเสียเนื่องจากการเผา ไม่มากกว่า						
5.1	เมื่อไม่ผสมหินปูน		3.0	3.0	3.0	2.5	3.0
5.2	เมื่อผสมหินปูน		3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
6	กากที่ไม่ละลายในกรดและด่าง ไม่มากกว่า		0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
7	ไตรแคลเซียมซิลิเกต <sup>2)</sup> (3CaO.SiO <sub>2</sub> ) ไม่มากกว่า				35		
8	ไดแคลเซียมซิลิเกต <sup>2)</sup> (2CaO.SiO <sub>2</sub> ) ไม่น้อยกว่า				40		
9	ไตรแคลเซียมอะลูมิเนต <sup>2)</sup> (3CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) ไม่มากกว่า		8	15	7	5 <sup>3)</sup>	
10	เทพระแคลเซียมอะลูมิโนเฟอร์ไรต์บวกสองเท่าของไตรแคลเซียมอะลูมิเนต <sup>2)</sup> [4CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + 2(3CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )] หรือสารละลายของแข็งของเทพระแคลเซียมอะลูมิโนเฟอร์ไรต์บวกไดแคลเซียมเฟอร์ไรต์ (4CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + 2CaO.Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) แล้วแต่กรณี ไม่มากกว่า					25 <sup>3)</sup>	

## หมายเหตุ

- 1) ซัลเฟอร์ไดรอกไซด์ ( $SO_2$ ) ยอมให้มีได้มากกว่าค่าที่กำหนดได้หากทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีทดสอบการขยายตัวของแท่งมอร์ตาร์ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกในน้ำ (ในกรณีที่ยังมิได้ประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าวให้เป็นไปตาม ASTM C1038) แล้ว ค่าการขยายตัวในน้ำต้องไม่มากกว่า 0.020% ที่อายุ 14 d และต้องรายงานค่าการขยายตัวในน้ำไว้ด้วย
- 2) ดูภาคผนวก ก.
- 3) ไม่กำหนด ในกรณีที่กำหนดการขยายตัวเนื่องจากซัลเฟตตามตารางที่ 4

## ตารางที่ 2 สมบัติทางเคมีที่อาจเพิ่มเติมได้

(ข้อ 5.1)

รายการ ที่	สมบัติ	หน่วย	เกณฑ์ที่กำหนด					หมายเหตุ
			ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5	
1	ไตรแคลเซียมอะลูมิเนต <sup>1)</sup> ไม่มากกว่า	ร้อยละ โดยมวล			8			ที่ทนซัลเฟตปานกลางได้ ที่ทนซัลเฟตสูงได้ มีต่ำ
2	ไตรแคลเซียมอะลูมิเนต <sup>1)</sup> ไม่มากกว่า				5			
3	ต่าง ( $Na_2O + 0.658 K_2O$ ) ไม่มากกว่า		0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	

## หมายเหตุ

- 1) ดูภาคผนวก ก.

ตารางที่ 3 สมบัติทางฟิสิกส์  
(ข้อ 5.2)

รายการ ที่	สมบัติ	หน่วย	เกณฑ์ที่กำหนด					วิธีทดสอบตาม
			ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5	
1	ปริมาณอากาศในมอร์ตาร์ <sup>1)</sup> ไม่มากกว่า	ร้อยละโดยปริมาตร	12	12	12	12	12	มอก. 15 เล่ม 13
2	ความละเอียด พื้นผิวจำเพาะ (specific surface) - ทดสอบด้วยสภาพความซึมผ่านอากาศ (air permeability test) ไม่น้อยกว่า	m <sup>2</sup> /kg	260	260	260	260	260	มอก. 15 เล่ม 6
3	การขยายตัวโดยวิธีอโตเคลฟ (autoclave expansion) ไม่มากกว่า	ร้อยละ	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	มอก. 15 เล่ม 11
4	ความต้านแรงอัด <sup>2)</sup> ไม่น้อยกว่า							มอก. 15 เล่ม 12
	อายุ 1 d	MPa			12.0			
	อายุ 3 d	MPa	12.0	10.0	24.0		8.0	
	อายุ 7 d	MPa	19.0	17.0		7.0	15.0	
	อายุ 28 d	MPa				17.0	21.0	
5	ระยะเวลาก่อตัว							มอก. 15 เล่ม 9
	- ทดสอบแบบไวแคต (Vicat test)							
	การก่อตัวระยะต้น ไม่น้อยกว่า	min	45	45	45	45	45	
	การก่อตัวระยะปลาย ไม่มากกว่า	min	375	375	375	375	375	

หมายเหตุ <sup>1)</sup> ปริมาณอากาศที่ทำจากปูนซีเมนต์ตามเกณฑ์ที่กำหนดนี้ ไม่จำเป็นจะต้องมีปริมาณอากาศเท่ากับที่มีในมอร์ตาร์

<sup>2)</sup> ค่าความต้านแรงอัดที่อายุใดอายุหนึ่งจะต้องไม่น้อยกว่าที่ทดสอบได้ที่อายุน้อยกว่า

ตารางที่ 4 สมบัติทางฟิสิกส์ที่อาจเพิ่มเติมได้  
(ข้อ 5.2)

มอก. 15-25XX

รายการ ที่	สมบัติ	หน่วย	เกณฑ์ที่กำหนด					วิธีทดสอบตาม
			ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5	
1	การก่อดำพิศพคติ ระยะจมนปลาย ไม่น้อยกว่า	ร้อยละ	50	50	50	50	50	มอก. 15 เล่ม 15
2	ความร้อนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำ ไม่มากกว่า -วิธีไอโซเทอมัลคอนดักชันแคลอริเมตรี อายุ 3 d อายุ 7 d หรือ -วิธีวัดความร้อนของสารละลาย อายุ 7 d อายุ 28 d	cal/g cal/g cal/g cal/g		60 70		50 60 70	55	ASTM C 1702 มอก. 15 เล่ม 7
3	ความต้านแรงอัด ไม่น้อยกว่า อายุ 28 d	MPa	28.0	28.0				มอก. 15 เล่ม 12
4	การขยายตัวเนื่องจากซัลเฟต ไม่มากกว่า อายุ 14 d	ร้อยละ					0.040 <sup>1)</sup>	มอก. 15 เล่ม 14
5	ระยะเวลาก่อตัว - ทดสอบแบบกิลโมร์ (Gillmore test) การก่อดำระยะต้น ไม่น้อยกว่า การก่อดำระยะปลาย ไม่มากกว่า	min min	60 600	60 600	60 600	60 600	60 600	มอก. 15 เล่ม 10
6	ความละเอียด พื้นผิวจำเพาะ (specific surface) - ทดสอบด้วยเทอร์บิไดมิเตอร์ (turbidimeter) ไม่น้อยกว่า	m <sup>2</sup> /kg	150	150		150	150	มอก. 15 เล่ม 5

หมายเหตุ

<sup>1)</sup> ถ้ามีการกำหนดรายการการขยายตัวเนื่องจากซัลเฟต ก็ไม่ต้องกำหนดเกณฑ์ของไตรแคลเซียมอะลูมิเนต และเทตระแคลเซียมอะลูมิโนเฟอร์ไรต์บวกสองเท่าของไตรแคลเซียมอะลูมิเนตที่ระบุไว้ในตารางที่ 1

## 6. การบรรจุ

- 6.1 ให้บรรจุปูนซีเมนต์ในถุงหรือภาชนะอื่นที่ปิดสนิท กันความชื้นและแข็งแรง
- 6.2 หากมิได้ตกลงไว้เป็นอย่างอื่น ปูนซีเมนต์ที่บรรจุถุงสำหรับจำหน่าย ให้มีมวลสุทธิถุงละ 50 kg และไม่ต่ำกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

## 7. เครื่องหมายและฉลาก

- 7.1 ที่ถุงบรรจุปูนซีเมนต์ทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน
  - (1) คำว่า “ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์”
  - (2) ประเภท
  - (3) มวลสุทธิเป็นกิโลกรัม หรือเมตริกตัน
  - (4) วันเดือนปีที่บรรจุ
  - (5) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน
  - (6) ประเทศที่ทำ
- 7.2 ในกรณีที่ภาชนะบรรจุปูนซีเมนต์ไม่สามารถแสดงรายละเอียดตามข้อ 7.1 บนภาชนะบรรจุได้ ให้แจ้งรายละเอียดตามข้อ 7.1 ในใบส่งของ แต่การแสดงมวลสุทธิทั้งหมดให้แสดงมวลสุทธิรวม
- 7.3 ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

## 8. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

- 8.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง ปูนซีเมนต์ประเภทเดียวกันที่ทำต่อเนื่องกัน คราวเดียวกันและแหล่งเดียวกัน ที่ส่งมอบในคราวเดียวกัน หรือที่เข้าไซโลเดียวกันหรือหลายไซโลเรียงกันตามลำดับ หรือที่บรรจุในภาชนะขนส่งซึ่งอาจเป็นรถหนึ่งคันหรือมากกว่าก็ได้ แต่ต้องเป็นปูนซีเมนต์ที่ขนมาจากไซโลเดียวกัน
- 8.2 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน ให้เป็นไปตาม มอก. 15 เล่ม 16 หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

ภาคผนวก ก.

ก1. การคำนวณองค์ประกอบเฟสที่มีในปูนซีเมนต์

ก1.1 ค่าทุกค่าที่คำนวณในภาคผนวกต้องถูกปิดเศษตาม ASTM E29 เมื่อประเมินความสอดคล้องเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด การปิดเศษให้ปิดเศษเหมือนกับตัวเลขในตารางก่อนทำการเปรียบเทียบ เฟสสมมุติซึ่งได้จากการคำนวณไม่จำเป็นต้องหมายความว่าจะออกไซด์ต่าง ๆ จะปรากฏอยู่จริง หรืออยู่ในลักษณะเฟสนี้ทั้งหมด

ก1.2 ความหมายของเฟสที่แสดง C = CaO, S = SiO<sub>2</sub>, A = Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, F = Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ยกตัวอย่าง C<sub>3</sub>A = 3CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ปริมาณอะลูมิเนียมออกไซด์ไม่รวมไทเทเนียมออกไซด์ และฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ (TiO<sub>2</sub> และ P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) ดูหมายเหตุ ก1.1

**หมายเหตุ** ก1.1 เมื่อเปรียบเทียบการวิเคราะห์ออกไซด์ และคำนวณเฟสจากแหล่งต่างๆ หรือจากเวลาที่แตกต่างกัน ต้องตระหนักว่าผลไม่ได้ถูกรายงานในสถานะเดียวกัน ข้อมูลทางเคมีได้จากวิธีทดสอบอ้างอิงและวิธีทดสอบทางเลือกของวิธีทดสอบตาม มอก. 15 เล่ม 18 (Wet Chemistry) อาจรวม ไทเทเนีย และ ฟอสฟอรัส ใน อะลูมินา เว้นแต่ทำการแก้ไขที่เหมาะสม (ดูวิธีทดสอบตาม มอก. 15 เล่ม 18) เมื่อข้อมูลได้จาก เครื่องมือทดสอบอย่างรวดเร็ว (rapid instrument) สามารถทำให้ค่าในการคำนวณเฟสแตกต่างกันเล็กน้อย ความแตกต่างดังกล่าวโดยปกติจะอยู่ในความแม่นยำของวิธีวิเคราะห์เมื่อวิธีถูกควบคุมคุณภาพภายใต้เกณฑ์การยอมรับของวิธีทดสอบตาม มอก. 15 เล่ม 18

ก1.3 เมื่ออัตราส่วนร้อยละของ อะลูมิเนียมออกไซด์ กับไอร์ออน (III) ออกไซด์ เท่ากับ 0.64 หรือมากกว่า ร้อยละของไตรแคลเซียมซิลิเกต ไดแคลเซียมซิลิเกต ไตรแคลเซียมอะลูมิเนต และเทตระแคลเซียมอะลูมิโนเฟอร์ไรต์ ต้องถูกคำนวณจากการวิเคราะห์ทางเคมีดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ไตรแคลเซียมซิลิเกต (C}_3\text{S)} &= (4.071 \times \%CaO) - (7.600 \times \%SiO_2) - (6.718 \times \%Al_2O_3) \\ &\quad - (1.430 \times \%Fe_2O_3) - (2.852 \times \%SO_3) \end{aligned} \quad (ก1.1)$$

$$\text{ไดแคลเซียมซิลิเกต (C}_2\text{S)} = (2.867 \times \%SiO_2) - (0.7544 \times \%C_3S) \quad (ก1.2)$$

$$\text{ไตรแคลเซียมอะลูมิเนต (C}_3\text{A)} = (2.650 \times \%Al_2O_3) - (1.692 \times \%Fe_2O_3) \quad (ก1.3)$$

$$\text{เทตระแคลเซียมอะลูมิโนเฟอร์ไรต์ (C}_4\text{AF)} = 3.043 \times \%Fe_2O_3 \quad (ก1.4)$$

ก1.3.1 เมื่ออัตราส่วนระหว่างอะลูมินาออกไซด์กับไอร์ออน (III) ออกไซด์ น้อยกว่า 0.64 จะเกิดสารละลายของแข็งแคลเซียมอะลูมิโนเฟอร์ไรต์ ในรูป SS(C<sub>4</sub>AF + C<sub>2</sub>F) ขึ้น จะไม่ปรากฏไตรแคลเซียมอะลูมิเนตในปูนซีเมนต์ขององค์ประกอบนี้ ไตรแคลเซียมซิลิเกตจะถูกคำนวณตามสมการ ก1.2 ปริมาณของสารละลายของแข็งและไตรแคลเซียมซิลิเกต ต้องถูกคำนวณตามสูตร ดังนี้

$$SS(C_4AF + C_2F) = (2.100 \times Al_2O_3) + (1.702 \times \%Fe_2O_3) \quad (ก1.5)$$

$$\begin{aligned} \text{ไตรแคลเซียมซิลิเกต (C}_3\text{S)} &= (4.071 \times \%CaO) - (7.600 \times \%SiO_2) - (4.479 \times \%Al_2O_3) \\ &\quad - (2.859 \times \%Fe_2O_3) - (2.852 \times \%SO_3) \end{aligned} \quad (ก1.6)$$



- ก1.4 ถ้าไม่มีการใช้หินปูน และ วัสดุผสมเพิ่มอนินทรีย์ในปูนซีเมนต์ หรือไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับหินปูน และ วัสดุผสมเพิ่มอนินทรีย์ที่ใช้ในปูนซีเมนต์ เฟสต้องถูกคำนวณโดยใช้ขั้นตอนในสมการ ก1.1 – ก1.6 โดยไม่มีการปรับแก้ไข
- ก1.5 หากไม่มีข้อมูลของปริมาณหินปูนและวัสดุผสมเพิ่มอนินทรีย์ ต้องบันทึกว่าไม่มีการปรับแก้สำหรับการใช้หินปูน และวัสดุผสมเพิ่มอนินทรีย์ในการประมวลผล
- ก1.6 เมื่อวัสดุผสมเพิ่มอนินทรีย์ หรือหินปูน หรือทั้งสองอย่าง ถูกใช้กับปูนซีเมนต์พื้นฐาน (ปูนเม็ดของปูนซีเมนต์ ปอร์ตแลนด์ และแคลเซียมซัลเฟตที่ถูกเติมต่าง ๆ) ปริมาณของ  $C_3S$ ,  $C_2S$ ,  $C_3A$  และ  $C_4AF$  ต้องถูกปรับแก้ดังนี้

ก1.6.1 ร้อยละของ  $C_3S$ ,  $C_2S$ ,  $C_3A$  และ  $C_4AF$  ในปูนซีเมนต์พื้นฐาน (ดูหมายเหตุ ก1.2) ต้องถูกหาค่าโดยอ้างอิงตามวิธีวิเคราะห์ทางเคมีใช้วิธีทดสอบตาม มอก. 15 เล่ม 18 และใช้สมการ ก1.1 – ก1.6 ตามความเหมาะสม ปริมาณแต่ละเฟสต้องปรับแก้เพื่อคำนวณสำหรับการใช้หินปูนและวัสดุผสมเพิ่มอนินทรีย์ ดังนี้

$$X_f = X_b \times \frac{(100 - L - P)}{100} \quad (ก1.7)$$

เมื่อ

$X_b$  = ร้อยละโดยมวลของ  $C_3S$ ,  $C_2S$ ,  $C_3A$  และ  $C_4AF$  ในปูนซีเมนต์พื้นฐาน (ปูนเม็ดของปูนซีเมนต์ ปอร์ตแลนด์ และแคลเซียมซัลเฟต ต่าง ๆ)

$L$  = ร้อยละโดยมวลของหินปูน

$P$  = ร้อยละโดยมวลของ วัสดุผสมเพิ่มอนินทรีย์ และ

$X_f$  = ร้อยละโดยมวลของ  $C_3S$ ,  $C_2S$ ,  $C_3A$  และ  $C_4AF$  ในผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์

ค่าปรับแก้สำหรับผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์ต้องถูกรายงานในรายงานผู้ผลิต

**หมายเหตุ** ก1.2 การวิเคราะห์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์ หินปูน และ วัสดุผสมเพิ่มอนินทรีย์ ถูกหาพร้อมด้วยร้อยละโดยมวลของหินปูน ( $L$ ) และ ร้อยละโดยมวลของ วัสดุผสมเพิ่มอนินทรีย์ ( $P$ ) วิธีหนึ่งในการหาค่าประกอบของปูนซีเมนต์พื้นฐาน คือ ใช้สูตรดังนี้

$$O_b = 100 \times (O_f - (L/100 \times O_l) - (P/100 \times O_p)) / (100 - L - P)$$

เมื่อ

$O_b$  = ปริมาณออกไซด์ของปูนซีเมนต์พื้นฐาน (% โดยมวลของปูนซีเมนต์พื้นฐาน)

$O_f$  = ปริมาณออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์ (% โดยมวลของผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์)

$O_l$  = ปริมาณออกไซด์ของหินปูน (% โดยมวลของหินปูน) และ

$O_p$  = ปริมาณออกไซด์ของ วัสดุผสมเพิ่มอนินทรีย์ (% โดยมวล ของวัสดุผสมเพิ่มอนินทรีย์)

องค์ประกอบของปูนซีเมนต์พื้นฐานสามารถหาโดยใช้ค่าของการวิเคราะห์ออกไซด์ในสมการ ก1.1 – ก1.6 สมการ ก1.7 ถูกใช้ในการคำนวณองค์ประกอบเฟสที่ปรับแก้

หมายเหตุ ก1.3 ตัวอย่างเช่น

ปูนซีเมนต์ประกอบด้วย หินปูน 3.5% และ วัสดุผสมเพิ่มอนินทรีย์ 3.0% และ ปูนซีเมนต์พื้นฐาน มี C<sub>3</sub>S 60%, C<sub>2</sub>S 15%, C<sub>3</sub>A 7% และ C<sub>4</sub>AF 10% องค์ประกอบเฟสที่ปรับแก้ คือ

$$C_{3S_f} = \frac{60 \times (100 - 3.5 - 3.0)}{100} = 56\%$$

$$C_{2S_f} = \frac{15 \times (100 - 3.5 - 3.0)}{100} = 14\%$$

$$C_{3A_f} = \frac{7 \times (100 - 3.5 - 3.0)}{100} = 7\%$$

$$C_{4AF_f} = \frac{10 \times (100 - 3.5 - 3.0)}{100} = 9\%$$

ก1.6.2 ร้อยละของ C<sub>3</sub>S, C<sub>2</sub>S, C<sub>3</sub>A และ C<sub>4</sub>AF เท่านั้นที่ถูกปรับแก้ด้วยขั้นตอนใน ก1.6.1

## ก2. ปริมาณหินปูนในปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์

ก2.1 เมื่อใช้หินปูน ปริมาณหินปูนในปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์หาได้จากการหา CO<sub>2</sub> ในผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์ การวิเคราะห์หา CO<sub>2</sub> อ้างอิงตามวิธีทดสอบตาม มอก. 15 เล่ม 18 ร้อยละของหินปูนในปูนซีเมนต์คำนวณจากผลวิเคราะห์ ปริมาณ CO<sub>2</sub> ในหินปูนที่ใช้

ผู้ผลิตต้องรายงานปริมาณ CO<sub>2</sub> และ ปริมาณหินปูนในปูนซีเมนต์ที่คำนวณได้ในรายงานผลทดสอบจากหม้ออบ ปริมาณหินปูนในปูนซีเมนต์คำนวณดังนี้

$$\frac{\%CO_2 \text{ ในปูนซีเมนต์}}{\%CO_2 \text{ ในหินปูน}} \times 100 = \% \text{ หินปูนในปูนซีเมนต์}$$

หมายเหตุ ก2.1 ตัวอย่างเช่น

เมื่อปริมาณ CO<sub>2</sub> ที่วิเคราะห์ได้ในผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์ เท่ากับ 1.5% และปริมาณ CO<sub>2</sub> หินปูนเท่ากับ 43% (CaCO<sub>3</sub> ในหินปูน 98%)

แล้ว

$$\frac{1.5}{43} \times 100 = 3.5\% \text{ ปริมาณหินปูนในปูนซีเมนต์}$$

- ก2.2 เกณฑ์การยอมรับของหินปูนที่ถูกใช้ต้องประกอบด้วย  $\text{CaCO}_3$  อย่างน้อย 70% ผู้ทำต้องระบุปริมาณ  $\text{CaCO}_3$  ของหินปูนในรายงานผู้ทำ คำนวณปริมาณ  $\text{CaCO}_3$  ของหินปูน ดังนี้

$$\% \text{CaCO}_3 = 2.274 \times \% \text{CO}_2$$

**หมายเหตุ** ก2.2 สำหรับการทวนสอบปริมาณหินปูนในปูนซีเมนต์ ผู้ซื้อต้องวิเคราะห์ปริมาณ  $\text{CO}_2$  และทำการปรับแก้ปริมาณ  $\text{CaCO}_3$  ในหินปูนเพื่อเปรียบเทียบผลกับรายงานผู้ทำ

- ก2.3 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ไม่มีหินปูนประกอบ สามารถมีระดับของ  $\text{CO}_2$  พื้นฐานในการผลิต ตัวอย่างเช่น เกิดจากปฏิกิริยาคาร์บอนชั่น ซึ่งปริมาณ  $\text{CO}_2$  พื้นฐานเป็นส่วนหนึ่งของการคำนวณปริมาณหินปูน

ห้ามใช้หรือยึดถือร่างนี้เป็นมาตรฐาน

ภาคผนวก ข.

(ให้ไว้เป็นข้อแนะนำ)

ข.1 การเก็บปูนซีเมนต์

สถานที่เก็บปูนซีเมนต์ ต้องแห้งและสามารถป้องกันความเปียกชื้นมิให้เข้าถึงปูนซีเมนต์ได้ทุกฤดูกาล และเก็บปูนซีเมนต์ไว้ในลักษณะที่ผู้ตรวจสอบสามารถตรวจสอบได้สะดวก และทราบได้ว่าเป็นปูนซีเมนต์รุ่นใด

ข.2 เอกสารการสั่งซื้อ ควรระบุประเภทของปูนซีเมนต์ที่ต้องการพร้อมทั้งสมบัติที่อาจเพิ่มเติมได้ถ้าต้องการ ถ้าในเอกสารการสั่งซื้อมิได้ระบุประเภทปูนซีเมนต์ ให้ถือว่าเป็นปูนซีเมนต์ประเภท 1

ข.3 การตรวจสอบและออกใบรับรอง

การตรวจสอบและการออกใบรับรองปูนซีเมนต์ ให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ทำกับผู้ซื้อ

ข.4 การไม่รับของ

อาจกำหนดเงื่อนไขต่อไปนี้อย่างน้อยในสัญญาซื้อขาย หรือหากมิได้กำหนดไว้ก็อาจใช้เงื่อนไขต่อไปนี้เป็นแนวทางได้ ผู้ซื้ออาจไม่รับปูนซีเมนต์รุ่นนั้นได้ในกรณีต่อไปนี้

ข.4.1 ผลการทดสอบตัวอย่างปูนซีเมนต์ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในรายการใดรายการหนึ่ง

ข.4.2 ปูนซีเมนต์ที่ทดสอบแล้ว หากเก็บในลักษณะปูนซีเมนต์ผง ณ สถานที่เก็บของผู้ทำเกินหกเดือน หรือเก็บในลักษณะปูนซีเมนต์ถุง ณ สถานที่เก็บของผู้ขายเกินสามเดือน หากปรากฏว่าผลการทดสอบซ้ำก่อนนำไปใช้งานที่ผู้ซื้ออาจขอร้องให้ทดสอบซ้ำไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดรายการใดรายการหนึ่ง

ข.4.3 เมื่อตรวจสอบพบว่ามวลสุทธิของปูนซีเมนต์ถุง ที่กำหนดมวลสุทธิไว้แน่นอนแล้วน้อยกว่าที่กำหนดไว้เกิน 2% หรือในกรณีที่มีการซื้อขายเป็นจำนวนมาก ถ้ามวลสุทธิเฉลี่ยของปูนซีเมนต์ห้าสิบลูก คำนวณจากมวลที่ได้จากการชั่งตัวอย่างซึ่งเก็บด้วยวิธีสุ่มปูนซีเมนต์แต่ละถุงมีค่าต่ำกว่ามวลสุทธิที่กำหนด