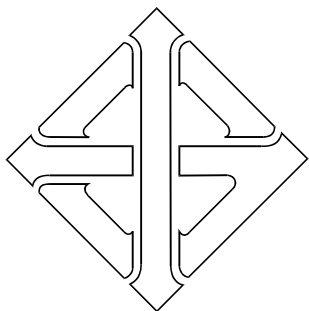




มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

THAI INDUSTRIAL STANDARD

มอก. 2587— 2556

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กากถลุง
จากเตาถลุงแบบพ่นลม

PORTLAND BLAST – FURNACE SLAG CEMENT

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม

ICS 91.100.10

ISBN 978-616-231-471-1

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กักตุน
จากเตาถลุงแบบพ่นลม

มอก. 2587 — 2556

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 0 2202 3300

ประกาศในราชกิจจานุเบกษาฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 130 ตอนพิเศษ 65 ง
วันที่ 31 พฤษภาคม พุทธศักราช 2556

คณะกรรมการวิชาการคณะที่ 522
มาตรฐานปูนซีเมนต์

ประธานกรรมการ

นาวาอากาศเอกธนากร พิระพันธุ์

สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย

กรรมการ

นายเสถียร เจริญเหรียญ

กรมโยธาธิการและผังเมือง

นายนิคม สะเทิงรัมย์

นายจรรยา จันทน์สมบูรณ์

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

นายปิยะกุล สุขโข

กรมชลประทาน

นายกิตติพันธุ์ ยิ้มประเสริฐ

กรมทางหลวง

นายวิฑิต ปานสุข

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รองศาสตราจารย์อเนก ศิริพานิชกร

สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

ศาสตราจารย์ชัย จาตุรพิทักษ์กุล

ในพระบรมราชูปถัมภ์

ศาสตราจารย์สมนึก ตั้งเต็มสิริกุล

สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย

นายนนทจิตต์ บำรุงสมบูรณ์

การทางพิเศษแห่งประเทศไทย

นายวิชัย กาญจนการุณ

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

นายอรรณ ทวีคุณพูนทรัพย์

บริษัท ปูนซีเมนต์นครหลวง จำกัด (มหาชน)

นางวัฒนา แพรไพศาล

บริษัท ชลประทานซีเมนต์ จำกัด (มหาชน)

นายอภิชาติ อัครพัทธางกูร

นายบรรดล ดันจารุพันธุ์

บริษัท ทีพีไอ โพลีน (1995) จำกัด (มหาชน)

นายสมพงศ์ ล้วนโกศลชัย

บริษัท เอสซีจี ซีเมนต์ จำกัด

นางสุกัญญา ลำเทียน

บริษัท เซเม็กซ์ (ประเทศไทย) จำกัด

กรรมการและเลขานุการ

นายกิตติ อยู่สินธุ์

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ปัจจุบันมีการใช้กากกลูจากเตาถลุงแบบพ่นลมในการทำปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กากกลูจากเตาถลุงแบบพ่นลมในงานก่อสร้างคอนกรีต ดังนั้นเพื่อเป็นแนวทางในการทำ และการใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กากกลูจากเตาถลุงแบบพ่นลม ที่มีคุณภาพที่เหมาะสมจึงเห็นสมควรกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กากกลูจากเตาถลุงแบบพ่นลมขึ้น

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้เป็นเล่มหนึ่งในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมชุดปูนซีเมนต์ซึ่งมีดังนี้

มอก.15 เล่ม 1 - 2555	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 1 ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพ
มอก.15 เล่ม 2 - 2512	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 2 การทดสอบความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก
มอก.15 เล่ม 3 - 2519	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 3 วิธีทดสอบความละเอียดของปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกโดยใช้แรงขนาด 150 และ 75 ไมโครเมตร
มอก.15 เล่ม 4 - 2519	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 4 วิธีทดสอบความละเอียดของปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกโดยใช้แรงขนาด 45 ไมโครเมตร
มอก.15 เล่ม 5 - 2519	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 5 วิธีทดสอบความละเอียดของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์โดยใช้เทอร์บิมิเตอร์
มอก.15 เล่ม 6 - 2521	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 6 วิธีทดสอบความละเอียดของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์โดยใช้เครื่องแอร์เพอร์มิอะบิลิตี
มอก.15 เล่ม 7 - 2521	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 7 การทดสอบความร้อนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาระหว่างปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกกับน้ำ
มอก.15 เล่ม 8 - 2514	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 8 ข้อกำหนดวิธีทดสอบจำนวนน้ำที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ความชื้นเหลวปกติของปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก
มอก.15 เล่ม 9 - 2518	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 9 การหาระยะเวลาก่อตัวของปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก โดยใช้เข็มแบบไวแคต
มอก.15 เล่ม 10 - 2518	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 10 การหาระยะเวลาก่อตัวของปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก โดยใช้เข็มแบบกิลโมร์
มอก.15 เล่ม 11 - 2521	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 11 การทดสอบหาการขยายตัวของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ โดยวิธีออโตแคลฟ
มอก. 15 เล่ม 12 - 2532	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 12 วิธีทดสอบความต้านแรงอัดของมอร์ตาร์ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก
มอก.15 เล่ม 13 - 2521	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 13 วิธีทดสอบหาปริมาณอากาศในมอร์ตาร์ของปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก
มอก.15 เล่ม 14 - 2520	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 14 การทดสอบหาการขยายตัวของมอร์ตาร์ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เนื่องจากซัลเฟต
มอก.15 เล่ม 15 - 2519	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 15 วิธีทดสอบการก่อดังปิดกั้นของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (โดยวิธีเพสต์)
มอก.15 เล่ม 16 - 2535	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 16 การชักตัวอย่างและการยอมรับปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก

มอก.15 เล่ม 17 - 2516	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 17 การผสมมอร์ตาร์ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกด้วยเครื่องผสม
มอก.15 เล่ม 18 - 2519	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 18 การวิเคราะห์ทางเคมีของปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก
มอก.15 เล่ม 20 - 2521	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 20 การใช้วัสดุผสมเพิ่มในการทำปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก
มอก.15 เล่ม 21 - 2533	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 21 วิธีหาปริมาณแคลเซียมซัลเฟตอิสระในไฮเดรตมอร์ตาร์ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์
มอก.80 - 2550	ปูนซีเมนต์ผสม
มอก.133 - 2556	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ขาว
มอก.849 - 2556	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอชโซลาน
มอก.850 - 2532	ปอชโซลาน
มอก.2587 - 2556	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กากกลูจากเตาถลุงแบบพ่นลม
มอก.2594 - 2556	ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก
มอก.2595 - 2556	ปูนซีเมนต์สำหรับงานก่อและงานฉาบ
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ กำหนดขึ้นโดยใช้เอกสารต่อไปนี้เป็นแนวทาง	
มอก.15 เล่ม 1-2547	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 1 ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพ
มอก.15 เล่ม 3-2519	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 3 วิธีทดสอบความละเอียดของปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก โดยใช้แรงขนาด 150 และ 75 ไมโครเมตร
มอก.15 เล่ม 4-2519	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 4 วิธีทดสอบความละเอียดของปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก โดยใช้แรงขนาด 45 ไมโครเมตร
มอก.15 เล่ม 6-2521	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 6 วิธีทดสอบความละเอียดของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ โดยเครื่องแอร์เพอร์มิอะบิลิตี้
มอก.15 เล่ม 7-2521	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 7 การทดสอบความร้อนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาระหว่างปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกกับน้ำ
มอก.15 เล่ม 9-2518	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 9 การหาระยะเวลาก่อตัวของปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก โดยใช้เข็มแบบไวแคต
มอก.15 เล่ม 11-2521	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 11 การทดสอบหาการขยายตัวของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ โดยวิธีออโตแคลฟ
มอก.15 เล่ม 12-2532	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 12 วิธีทดสอบความต้านแรงอัดของมอร์ตาร์ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก
มอก.15 เล่ม 13-2521	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 13 วิธีทดสอบหาปริมาณอากาศในมอร์ตาร์ของปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก

มอก.15 เล่ม 16-2535	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 16 การชักตัวอย่างและการยอมรับปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก
มอก.15 เล่ม 18-2519	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 18 การวิเคราะห์ทางเคมีของปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก
มอก.15 เล่ม 20-2521	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 20 การใช้วัสดุผสมเพิ่มในการทำปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก

คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้พิจารณามาตรฐานนี้แล้ว เห็นสมควรเสนอรัฐมนตรีประกาศตาม
มาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511



ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 4532 (พ.ศ. 2556)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2511

เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กากกลูจากเตาถลุงแบบพ่นลม

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กากกลูจากเตาถลุงแบบพ่นลม มาตรฐานเลขที่ มอก.2587-2556 ไว้ ดังมีรายละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ทั้งนี้ ให้มีผลตั้งแต่วันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2556

นายประเสริฐ บุญชัยสุข

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กากถลุงจากเตาถลุง

แบบพ่นลม

1. ขอบข่าย

- 1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กากถลุงจากเตาถลุงแบบพ่นลมที่ใช้งานก่อสร้างทั่วไปและงานก่อสร้างพิเศษ

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

- 2.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กากถลุงจากเตาถลุงแบบพ่นลม (portland blast-furnace slag cement) ซึ่งต่อไปในมาตรฐานนี้จะเรียกว่า “ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กากถลุง” หมายถึง ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกผสม (blended hydraulic cement) ที่ได้จากการผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับเม็ดกากถลุงจากเตาถลุงแบบพ่นลม (granulated blast-furnace slag) โดยการบดปูนเม็ดของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (portland cement clinker) กับเม็ดกากถลุงจากเตาถลุงแบบพ่นลม หรือการผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับเม็ดกากถลุงจากเตาถลุงแบบพ่นลมที่ละเอียด หรือทั้งการบดและการผสม โดยมีปริมาณของเม็ดกากถลุงจากเตาถลุงแบบพ่นลมอยู่ในช่วงจำกัดตามที่กำหนดไว้
- 2.2 ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก (hydraulic cement) หมายถึง ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ก่อตัวและแข็งตัวเนื่องจากการทำปฏิกิริยากับน้ำ หรือเมื่ออยู่ในน้ำ
- 2.3 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (portland cement) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการบดปูนเม็ด (clinker) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการเผาส่วนผสมต่างๆ มีส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญ คือ ไฮดรอลิกแคลเซียมซิลิเกต (hydraulic calcium silicate) กับสารหน่วงการก่อตัว เช่น ยิปซัม
- 2.4 กากถลุงจากเตาถลุงแบบพ่นลม (blast-furnace slag) หมายถึง ผลิตภัณฑ์โลหะที่เกิดจากการถลุงเหล็กในเตาถลุงแบบพ่นลม ซึ่งมีส่วนประกอบทางเคมีส่วนใหญ่อยู่ในรูปสารประกอบซิลิเกต และแคลเซียมอะลูมิโนซิลิเกต (aluminosilicates of calcium) หรืออะลูมิโนซิลิเกตอื่น อยู่ในรูปผงหรือเม็ดก็ได้
- 2.5 เม็ดกากถลุงจากเตาถลุงแบบพ่นลม หมายถึง วัสดุเป็นเม็ดคล้ายแก้วที่เกิดจากกากถลุงจากเตาถลุงแบบพ่นลมที่หลอมละลายทำให้เย็นโดยเร็วโดยจุ่มในน้ำทันทีหลังออกจากเตาถลุง

3. ชนิด

3.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กักตุนแบ่งตามลักษณะการใช้งานเป็น 4 ชนิด คือ

- 3.1.1 ชนิดใช้งานทั่วไป ใช้สัญลักษณ์ IS
- 3.1.2 ชนิดใช้งานที่ต้องการความทนซัลเฟตปานกลาง (moderate sulfate) ใช้สัญลักษณ์ IS(MS)
- 3.1.3 ชนิดใช้งานที่ต้องการความทนซัลเฟตสูง (high sulfate) ใช้สัญลักษณ์ IS(HS)
- 3.1.4 ชนิดใช้งานที่ต้องการความร้อนปานกลางขณะทำปฏิกิริยากับน้ำ (moderate heat of hydration) ใช้สัญลักษณ์ IS(MH)

4. วัสดุและการทำ

- 4.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ต้องเป็นไปตาม มอก.15 เล่ม 1 ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพ
- 4.2 ปูนเม็ดของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ต้องเป็นผลึกที่เกิดจากการเผาส่วนผสมต่างๆ มีส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญ คือ ไฮดรอกซิลแคลเซียมซิลิเกต
- 4.3 ปูนขาว (hydrated lime) ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนขาวสำหรับใช้กับปอชโซลาน (ในกรณีที่ยังมิได้ประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าวให้เป็นไปตาม ASTM C 821)
- 4.4 กากตุนจากเตาตุนแบบพ่นลมที่ใช้ทำปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กักตุนชนิดใช้ในงานทั่วไป ที่มีปริมาณกากตุนจากเตาตุนน้อยกว่า 25 % เศษส่วนโดยมวล หรือเรียกว่า IS(<25) ให้เป็นไปตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะของกากตุนจากเตาตุนแบบพ่นลม ชนิด IS(<25)

(ข้อ 4.4)

รายการที่	ลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด	วิธีทดสอบตาม
1	ความละเอียด ปริมาณที่ค้ำบนร่ง 45 μm (ISO) หรือ No.325 (ASTM) โดยวิธีเปียก ไม่มากกว่า ร้อยละ (เศษส่วนโดยมวล)	20.0	มอก.15 เล่ม 4
2	ดัชนีปฏิกิริยากับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่อายุ 28 d ไม่น้อยกว่า ร้อยละ	75	ข้อ 9.4

4.5 สิ่งที่น่ามาผสมเพิ่ม

- 4.5.1 อาจใช้น้ำหรือแคลเซียมซัลเฟต (calcium sulphate) หรือทั้ง 2 อย่าง ผสมเพิ่มได้ในปริมาณที่ไม่ทำให้มีซัลเฟตซึ่งรายงานเป็นซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3) และการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผาเกินค่าที่กำหนดในตารางที่ 2
- 4.5.2 ถ้าใช้วัสดุผสมเพิ่มอื่น ๆ เติมเข้าไปในการทำปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กักตุน วัสดุเพิ่มนั้นต้องเป็นไปตาม มอก.15 เล่ม 20

- 4.6 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กักตุนทำโดยการผสมระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับเม็ดกักตุนจากเตาถลุงแบบพ่นลม โดยการบดปูนเม็ดของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับเม็ดกักตุนจากเตาถลุงแบบพ่นลม หรือการผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับเม็ดกักตุนจากเตาถลุงแบบพ่นลมที่ละเอียด หรือทั้งการบดและการผสม มีปริมาณของกักตุนจากเตาถลุงแบบพ่นลมไม่มากกว่า 95 % เศษส่วนโดยมวลของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กักตุน เมื่อมีกักตุนจากเตาถลุงแบบพ่นลมไม่น้อยกว่า 70 % เศษส่วนโดยมวลหรือ IS (≥ 70) อาจผสมปูนขาวร่วมด้วยได้

5. คุณสมบัติที่ต้องการ

5.1 ลักษณะทางเคมี

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กักตุน ต้องมีลักษณะทางเคมีเป็นไปตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ลักษณะทางเคมี

(ข้อ 5.1)

รายการที่	ลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด		วิธีทดสอบตาม
		ชนิด		
		IS (<70) ²⁾	IS (≥70) ³⁾	
1	ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO ₃) ¹⁾ ไม่มากกว่า ร้อยละ (เศษส่วนโดยมวล)	3.0	4.0	มอก.15 เล่ม 18
2	ซัลไฟด์ (S ²⁻) ไม่มากกว่า ร้อยละ (เศษส่วนโดยมวล)	2.0	2.0	การทดสอบให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การวิเคราะห์ทางเคมีของปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก (ในกรณีที่ยังมิได้ประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าวให้เป็นไปตาม ASTM C 114)
3	กากที่ไม่ละลายในกรดและด่าง ไม่มากกว่า ร้อยละ (เศษส่วนโดยมวล)	1.0	1.0	มอก.15 เล่ม 18
4	การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา ไม่มากกว่า ร้อยละ (เศษส่วนโดยมวล)	3.0	4.0	มอก.15 เล่ม 18

- หมายเหตุ ¹⁾ ในกรณีที่ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์เกินเกณฑ์ที่กำหนด ปริมาณเหมาะสมที่สุดของซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (*optimum SO₃*) เมื่อทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมการทดสอบหาปริมาณเหมาะสมที่สุดของซัลเฟอร์ไตรออกไซด์โดยวิธีความต้านแรงอัด (ในกรณีที่ยังมิได้ประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าวให้เป็นไปตาม ASTM C 563) ต้องมีค่าน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนดเกิน 0.5 % และปริมาณแคลเซียมซัลเฟตในมอร์ตาร์ที่อายุ $24\text{ h} \pm 15\text{ min}$ เมื่อทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมการทดสอบการสกัดซัลเฟตจากน้ำในมอร์ตาร์ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกที่ปราศจากน้ำ (ในกรณีที่ยังมิได้ประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าวให้เป็นไปตาม ASTM C 265) ต้องมีปริมาณซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ไม่มากกว่า 0.50 g/L จึงจะถือว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กักตุนนั้น ผ่านมาตรฐานเฉพาะซัลเฟอร์ไตรออกไซด์
- ²⁾ IS(<70) หมายถึง ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กักตุนที่มีกักตุนจากเตาหลอมแบบพ่นลม น้อยกว่า 70 % เศษส่วนโดยมวล
- ³⁾ IS(≥70) หมายถึง ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กักตุนที่มีกักตุนจากเตาหลอมแบบพ่นลม ไม่น้อยกว่า 70 % เศษส่วนโดยมวล

5.2 ลักษณะทางฟิสิกส์

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กักตุน ต้องมีลักษณะทางฟิสิกส์เป็นไปตามตารางที่ 3

5.3 ข้อเสนอแนะในการเก็บ การสั่งซื้อ และข้อกำหนดอื่นๆ

ให้เป็นไปตามภาคผนวก ก

ตารางที่ 3 ลักษณะทางฟิสิกส์
(ข้อ 5.2)

รายการที่	ลักษณะ	หน่วย	เกณฑ์ที่กำหนด					วิธีทดสอบตาม
			ชนิด					
			IS (<70) ⁶⁾	IS(<70)(MH) ⁷⁾	IS(<70)(MS) ⁸⁾	IS(<70)(HS) ⁹⁾	IS(≥70) ¹⁰⁾	
1	ความอยู่ตัว (soundness) ทดสอบโดยวิธีออโตคลേฟ (autoclave) การขยายตัว ไม่มากกว่า ร้อยละ การหดตัว ไม่มากกว่า ¹⁾ ร้อยละ	- - - -	0.80 0.20	0.80 0.20	0.80 0.20	0.80 0.20	0.80 0.20	มอก.15 เล่ม 11
2	ระยะเวลาก่อตัว ทดสอบแบบไวแคต (Vicat test) การก่อตัวระยะต้น ไม่น้อยกว่า การก่อตัวระยะปลาย ไม่มากกว่า	 min min	 45 420	 45 420	 45 420	 45 420	 45 420	มอก.15 เล่ม 9
3	ปริมาณอากาศในมอร์ตาร์ ไม่มากกว่า ร้อยละ (เศษส่วนโดยปริมาตร)	-	12	12	12	12	12	ข้อ 9.1
4	ปริมาณความร้อนระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กักกึ่งกับน้ำ อายุ 7 d ไม่มากกว่า อายุ 28 d ไม่มากกว่า	 kJ/kg kJ/kg	 - -	 290 330	 - -	 - -	 - -	มอก.15 เล่ม 7

ตารางที่ 3 ลักษณะทางฟิสิกส์ (ต่อ)
(ข้อ 5.2)

รายการที่	ลักษณะ	หน่วย	เกณฑ์ที่กำหนด					วิธีทดสอบตาม
			ชนิด					
			IS (<70) ⁶⁾	IS(<70)(MH) ⁷⁾	IS(<70)(MS) ⁸⁾	IS(<70)(HS) ⁹⁾	IS(≥ 70) ¹⁰⁾	
5	ความต้านแรงอัด ไม่น้อยกว่า							มอก.15 เล่ม 12
	อายุ 3 d	MPa	13.0	10.4	11.0	11.0	-	
	อายุ 7 d	MPa	20.0	16.0	18.0	18.0	5.0	
	อายุ 28 d	MPa	25.0	20.0	25.0	25.0	11.0	
6	การขยายตัวของมอร์ตาร์ ไม่มากกว่า ²⁾							ข้อ 9.3
	อายุ 14 d ร้อยละ	-	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	
	อายุ 56 d ร้อยละ	-	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	

ตารางที่ 3 ลักษณะทางฟิสิกส์ (ต่อ)
(ข้อ 5.2)

รายการที่	ลักษณะ	หน่วย	เกณฑ์ที่กำหนด					วิธีทดสอบตาม
			ชนิด					
			IS (<70) ⁶⁾	IS(<70)(MH) ⁷⁾	IS(<70)(MS) ⁸⁾	IS(<70)(HS) ⁹⁾	IS(≥70) ¹⁰⁾	
7	ความทนต่อโซเดียมซัลเฟต ³⁾ ระยะขยายตัวที่อายุ 180 d ไม่มากกว่า ร้อยละ ระยะขยายตัวที่อายุ 365 d ไม่มากกว่า ร้อยละ	- -	(0.10) ⁴⁾ -	0.10 -	0.10 -	0.05 0.10	- -	การทดสอบให้ เป็นไปตาม มาตรฐาน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การทดสอบ การเปลี่ยนแปลง ความยาวของมอร์ ตาร์ทปูนซีเมนต์ ไฮดรอลิกสัมผัส กับสารละลาย โซเดียมซัลเฟต (ในกรณีที่ยังมิได้ ประกาศกำหนด มาตรฐานดังกล่าว ให้เป็นไปตาม ASTM C 1012)

- หมายเหตุ
- 1) ชิ้นทดสอบต้องคงตัวและแข็งแรงและไม่เกิดการบิดเบี้ยว แตก เป็นหลุม หรือแยกตัวเมื่อนำไปทดสอบการขยายตัวโดยวิธีอโตเคลฟ
 - 2) การขยายตัวของมอร์ตาร์เป็นเกณฑ์ที่กำหนดเลือกทดสอบเมื่อผู้ซื้อร้องขอ และจะทดสอบเมื่อปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กักตุนใช้กับมวลผสมชนิดที่มีปฏิกิริยากับด่าง (alkali-reactive aggregate)
 - 3) การทดสอบชนิด IS (HS) หากผลทดสอบที่อายุ 180 d เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ไม่ต้องทดสอบที่อายุ 365 d หากที่อายุ 180 d ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ให้ทดสอบที่อายุ 365 วัน เมื่อผลเป็นไปตามเกณฑ์กำหนด ให้ถือว่ายอมรับ
 - 4) การทดสอบความทนต่อโซเดียมซัลเฟตนี้ ให้ทดสอบและรายงานในกรณีที่มีผู้ซื้อร้องขอ
 - 5) การทดสอบความละเอียด ให้ทดสอบและรายงานในกรณีที่ผู้ซื้อร้องขอ โดยหาปริมาณที่ค้างบนร่อน $45\ \mu\text{m}$ (ISO) หรือ No. 325 (ASTM) โดยวิธีเปียก การทดสอบให้เป็นไปตาม มอก.15 เล่ม 4 และหาพื้นที่ผิวจำเพาะเป็นตารางเซนติเมตรต่อกรัม โดยเครื่องแอร์เพอร์มิอะบิลิตีแบบเบลน (Blaine air permeability apparatus) การทดสอบให้เป็นไปตาม มอก.15 เล่ม 6
 - 6) IS(<70) หมายถึง ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กักตุนที่มีกักตุนจากเตาหลอมแบบพ่นลม น้อยกว่า 70 % เศษส่วนโดยมวล
 - 7) IS(<70)(MH) หมายถึง ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กักตุน ชนิดใช้ในงานที่ต้องการความร้อนปานกลางขณะทำปฏิกิริยากับน้ำที่มีกักตุนจากเตาหลอมแบบพ่นลม น้อยกว่า 70 % เศษส่วนโดยมวล
 - 8) IS(<70)(MS) หมายถึง ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กักตุน ชนิดใช้ในงานที่ต้องการความทนซัลเฟตปานกลางที่มีกักตุนจากเตาหลอมแบบพ่นลม น้อยกว่า 70 % เศษส่วนโดยมวล
 - 9) IS(<70)(HS)) หมายถึง ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กักตุน ชนิดที่ใช้ในงานที่ต้องการความทนซัลเฟตสูงที่มีกักตุนจากเตาหลอมแบบพ่นลม น้อยกว่า 70 % เศษส่วนโดยมวล
 - 10) IS(≥ 70) หมายถึง ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กักตุนที่มีกักตุนจากเตาหลอมแบบพ่นลม ไม่น้อยกว่า 70 % เศษส่วนโดยมวล

6. การบรรจุ

- 6.1 ให้บรรจุปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กากกลูกลงในถุงหรือภาชนะอื่นที่ปิดสนิท กันความชื้น และแข็งแรง
- 6.2 หากมิได้ตกลงไว้เป็นอย่างอื่น ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กากกลูที่บรรจุลงสำหรับจำหน่าย ให้มีมวลสุทธิ ถุงละ 50 kg และไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ในฉลาก

7. เครื่องหมายและฉลาก

- 7.1 ที่ถุงบรรจุปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กากกลูทุกหน่วยอย่างน้อยต้องมี เลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน
 - (1) ชื่อ “ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กากกลูจากเตาถลุงแบบพ่นลม”
 - (2) ชนิด(ชื่อและสัญลักษณ์)
 - (3) ร้อยละ(เศษส่วนโดยมวล)ของกากกลูจากเตาถลุงแบบพ่นลมที่ใช้ในการผลิตเมื่อผู้ซื้อร้องขอ หรือแสดงที่ใบรับรองผลหรือที่อื่นใดตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อกับผู้ทำ
 - (4) มวลสุทธิ เป็นกิโลกรัม หรือเมตริกตัน
 - (5) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน
- 7.2 ในกรณีที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กากกลูที่บรรจุภาชนะอื่นที่ส่งให้ผู้ซื้อ ให้แจ้งรายละเอียดตามข้อ 7.1 ที่ใบส่งของหรือใบรับรองผล หรือที่อื่นใดตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย
- 7.3 ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศด้วย ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

8. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

- 8.1 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสินให้เป็นไปตามภาคผนวก ข

9. การทดสอบ

- 9.1 ปริมาณอากาศในมอร์ตาร์
ให้ปฏิบัติตาม มอก.15 เล่ม 13 โดยใช้ค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์เท่ากับ 3.15 ถ้าหากมีค่าแตกต่างไปจาก 3.15 เกินกว่า 0.05 ให้ใช้ค่าที่แท้จริงในการคำนวณหาปริมาณอากาศในมอร์ตาร์

$$v_{AIR} = 100 - \frac{m_M(100/\rho_c) + 150.94 + P}{(2000 + 4P)}$$

เมื่อ v_{AIR} คือ ปริมาณอากาศในมอร์ตาร์ เป็น ร้อยละ(เศษส่วนโดยปริมาตร)

ρ_c คือ ความหนาแน่นสัมพัทธ์ของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กากกลู

m_M คือ มวลของมอร์ตาร์ 400 cm³ เป็นกรัม

P คือ ร้อยละของน้ำที่ใช้ผสม คัด โดยเทียบกับมวลปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กากกลูที่ใช้

- 9.2 ปริมาณน้ำที่ต้องการของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กักกลึง
ให้หาปริมาณของน้ำต่อปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กักกลึงที่ใช้ผสมเป็นร้อยละ (เศษส่วนโดยมวล)
การทดสอบให้ปฏิบัติตาม มอก.15 เล่ม 12
- 9.3 การขยายตัวของมอร์ตาร์
ให้เป็นไปตามวิธีทดสอบการขยายตัวของมอร์ตาร์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมการทดสอบ
ความสามารถในการทำปฏิกิริยาระหว่างซีเมนต์กับมวลรวมโดยวิธีแท่งมอร์ตาร์ (ในกรณีที่ยังมิได้
ประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าวให้เป็นไปตาม ASTM C 227) โดยใช้แก้วไพเรกซ์บด (crushed
pyrex glass) No.7740 เป็นมวลผสม และมีการคัดขนาดตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การคัดขนาดมวลผสมสำหรับการทดสอบการขยายตัวของมอร์ตาร์
(ข้อ 9.3)

ขนาดร่ง ISO (ASTM)		มวล ร้อยละ (เศษส่วน โดยมวล)
ผ่าน	ค้าง	
4.75 mm (No.4)	2.36 mm (No.8)	10
2.36 mm (No.8)	1.18 mm (No.16)	25
1.18 mm (No.16)	600 µm (No.30)	25
600 µm (No.30)	300 µm (No.50)	25
300 µm (No.50)	150 µm (No.100)	15

- 9.4 ดัชนีปฏิกิริยากับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์
- 9.4.1 การเตรียมตัวอย่าง
ให้หล่อ บ่ม และทดสอบตัวอย่างที่เตรียมจากส่วนผสมควบคุม และส่วนผสมทดสอบ ตามวิธี
ทดสอบใน มอก.15 เล่ม 12 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ใช้ในส่วนผสมควบคุมต้องเป็นประเภท
และสัญลักษณ์เดียวกัน และเป็นไปตาม มอก.15 เล่ม 1 ตัวอย่าง 1 ชุด ประกอบด้วยมอร์ตาร์
3 ก้อน โดยมีอัตราส่วนผสมดังนี้
- 9.4.1.1 ส่วนผสมควบคุม
- (1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ 250 g
 - (2) ทรามาตรฐาน ตาม มอก.15 เล่ม 2-2532 687.5 g
 - (3) ปริมาณน้ำเป็นมิลลิลิตร ที่ทำให้ส่วนผสมไหลแผ่ 100 ถึง 115

9.4.1.2 ส่วนผสมทดสอบ

- (1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ 75 g
- (2) กากถลุงจากเตาถลุงแบบพ่นลม คิดได้จาก $175 \times$ ความหนาแน่นสัมพัทธ์เฉพาะของกากถลุงจากเตาถลุงแบบพ่นลมต่อความหนาแน่นสัมพัทธ์ของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เป็นกรัม
- (3) ทรายมาตรฐาน ตาม มอก.15 เล่ม 2-2532 687.5 g
- (4) ปริมาณน้ำเป็นมิลลิลิตร ที่ทำให้ส่วนผสมไหลแผ่ 100 ถึง 115

9.4.2 การบ่มตัวอย่าง

หลังจากหล่อตัวอย่าง ให้นำตัวอย่างที่อยู่ในแบบหล่อวางในห้องที่มีความชื้นและควบคุมอุณหภูมิที่ $(23.0 \pm 2.0) ^\circ\text{C}$ เป็นเวลา 20 h ถึง 24 h ป้องกันผิวหน้าของตัวอย่างไม่ให้ถูกหยดน้ำ ให้นำตัวอย่างที่อยู่ในแบบหล่อออกจากห้องที่มีความชื้น นำตัวอย่างออกจากแบบหล่อ วางตัวอย่างในภาชนะโลหะหรือแก้วที่ปิดรอบป้องกันไม่ให้อากาศเข้า และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ $(38.0 \pm 2.0) ^\circ\text{C}$ เป็นเวลา 27 d และทำให้ตัวอย่างเย็นที่อุณหภูมิ $(23.0 \pm 2.0) ^\circ\text{C}$ ก่อนทำการทดสอบ

9.4.3 การทดสอบความต้านแรงอัด

ให้ทดสอบความต้านแรงอัดตัวอย่างควบคุม และตัวอย่างทดสอบ ที่อายุ 28 d ตาม มอก.15 เล่ม 12

9.4.4 การคำนวณ

ให้คำนวณดัชนีปฏิกิริยากับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ จากสูตร ดังนี้

$$\text{ดัชนีปฏิกิริยากับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์} = (\sigma_s / \sigma_{STD}) \times 100$$

เมื่อ σ_s คือ ค่าเฉลี่ยความต้านแรงอัดตัวอย่างทดสอบ เป็น เมกะพาสคัล

σ_{STD} คือ ค่าเฉลี่ยความต้านแรงอัดตัวอย่างควบคุม เป็น เมกะพาสคัล

ภาคผนวก ก

ข้อแนะนำในการเก็บ การสั่งซื้อ และข้อกำหนดอื่นๆ

(ข้อ 5.3)

- ก.1 การเก็บปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กากกลู่ง
สถานที่เก็บต้องแห้งและป้องกันความเปียกชื้นมิให้เข้าถึงปูนซีเมนต์ทุกฤดูกาล และให้เก็บไว้ในลักษณะที่ตรวจสอบได้สะดวก และมีข้อบ่งชี้ว่าเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กากกลู่งรุ่นใด
- ก.2 เอกสารการสั่งซื้อ ให้ระบุชนิดที่ต้องการพร้อมทั้งลักษณะที่อาจเพิ่มเติมได้
- ก.3 การตรวจสอบและออกใบรับรอง
ให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย
- ก.4 การไม่รับของ
อาจกำหนดเงื่อนไขต่อไปนี ให้ระบุไว้ในสัญญาซื้อขาย หรืออาจใช้เงื่อนไขต่อไปนี้เป็นแนวทางได้
การไม่รับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กากกลู่งได้ในกรณีใดกรณีหนึ่งหรือทั้งหมด ดังต่อไปนี้
 - (1) กรณีที่ 1 ผลการทดสอบตัวอย่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กากกลู่งไม่เป็นไปตามที่กำหนดในรายการใดรายการหนึ่ง
 - (2) กรณีที่ 2 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กากกลู่งที่ทดสอบแล้ว หากเก็บในลักษณะปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กากกลู่งผง ที่สถานที่เก็บของผู้ทำเกิน 180 d หรือเก็บในลักษณะปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กากกลู่งผง ที่สถานที่เก็บของผู้ขายเกิน 90 d และผลการทดสอบใหม่ ก่อนนำไปใช้งานไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดรายการใดรายการหนึ่ง
 - (3) กรณีที่ 3 เมื่อตรวจสอบพบว่ามวลสุทธิต่อของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กากกลู่งผง น้อยกว่าที่กำหนดไว้เกิน 2 % หรือในกรณีที่มีการซื้อขายเป็นจำนวนมาก ถ้ามวลสุทธิเฉลี่ยของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กากกลู่งตั้งแต่ 50 ถังขึ้นไป คำนวณจากมวลที่ได้จากการชั่งตัวอย่างซึ่งเก็บตัวอย่างด้วยวิธีสุ่มปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กากกลู่งแต่ละถังมีค่าต่ำกว่ามวลสุทธิที่กำหนด

ภาคผนวก ข

การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

(ข้อ 8.1)

- ข.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทุกชนิดเดียวกันที่ทำต่อเนื่องในคราวเดียวกันและ
แหล่งเดียวกัน ที่ส่งมอบในคราวเดียวกัน หรือที่เข้าไซโลเดียวกันหรือหลายไซโลเรียงกันตามลำดับ
หรือที่บรรจุในภาชนะขนส่งซึ่งอาจเป็นรถหนึ่งคันหรือมากกว่าก็ได้ แต่ต้องเป็นปูนซีเมนต์ที่ขนมา
จากไซโลเดียวกัน
- ข.2 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสินให้เป็นไปตาม มอก.15 เล่ม 16 หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่
เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้
-