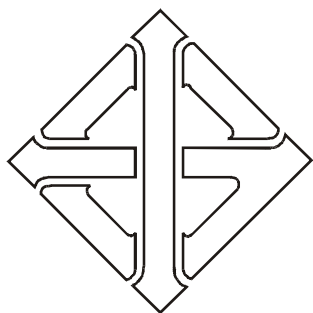




มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

THAI INDUSTRIAL STANDARD

มอก. 188— 2547

ปูนยิปซัมสำหรับการก่อสร้าง

GYPSUM PLASTER FOR BUILDING PURPOSE

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม

ICS 91.100.10

ISBN 974-687-060-2

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนยิปซัมสำหรับการก่อสร้าง

มอก. 188 – 2547

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 0 2202 3300

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 121 ตอนที่ 49ง
วันที่ 17 มิถุนายน พุทธศักราช 2547

คณะกรรมการวิชาการคณะที่ 126
มาตรฐานปฐนียปัมสำหรับการก่อสร้าง

ประธานกรรมการ

นายจุมภฏ ก้อนแก้ว ผู้แทนกรมวิทยาศาสตร์บริการ

กรรมการ

นายธวัช กฤษณะเศรษฐี ผู้แทนกรมโยธาธิการ

นายประสาร เพื่องอารมย์

นายวันชัย ลินสวัสดิ์ ผู้แทนกรมชลประทาน

นายปิยกุล สุขโข

นายเอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ ผู้แทนคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นายสุทธิศักดิ์ สำเร็จประสงค์ ผู้แทนสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

นายกิตติ อูยพาณิชยนต์

นางชุตีมา จัตรแสงอุทัย ผู้แทนบริษัท ปูนซีเมนต์นครหลวง จำกัด (มหาชน)

นางภารดี จ้าวสุวรรณ ผู้แทนบริษัท ชลประทานซีเมนต์ จำกัด (มหาชน)

นางวัฒนา แพรไพศาล

นายรุ่งเรือง ไผสุนทรสุข ผู้แทนบริษัท ไทยผลิตภัณฑ์ยิปซัม จำกัด (มหาชน)

นางสาวอัปสร นามสาย ผู้แทนบริษัท เครื่องสุขภัณฑ์อเมริกันสแตนดาร์ด (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)

นางสาวพีระพรรณ ธรรมาเจริญราช

นายประโมทย์ เมธางกูร ผู้แทนบริษัท ศรีอยุธยาผลิตภัณฑ์ จำกัด

นายชุมพล เมธางกูร

นายธีระชัย ฤทธิราวี ผู้แทนห้างหุ้นส่วนจำกัด สยามยิปซัมพลาสติก

นายศิริ นันทศรี ผู้ทรงคุณวุฒิ

นายชาย สังขบุญย์ ผู้แทนบริษัท เพรสเตีย ลาฟาร์จ (ประเทศไทย) จำกัด

นายลัดพงษ์ เพิ่มพูน ผู้แทนบริษัท สยามอุตสาหกรรมยิปซัม จำกัด

นางสาวรองรัชต์ รัตนวิจารณ์

กรรมการและเลขานุการ

นางสาววิภา เมฆสุด ผู้แทนสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนยิปซัมสำหรับการก่อสร้างนี้ ได้ประกาศใช้เป็นครั้งแรกเป็นมาตรฐานเลขที่ มอก.188-2519 ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 93 ตอนที่ 152 วันที่ 9 พฤศจิกายน 2519 แก้ไขเพิ่มเติมครั้งที่ 1 เป็น มาตรฐานเลขที่ มอก.188-2522 ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 96 ตอนที่ 219 วันที่ 29 ธันวาคม 2522 และแก้ไขเพิ่มเติม ครั้งที่ 2 เป็นมาตรฐานเลขที่ มอก.188-2527 ในราชกิจจานุเบกษา ฉบับพิเศษ เล่ม 101 ตอนที่ 147 เมื่อวันที่ 17 ตุลาคม 2527

ต่อมาได้พิจารณาเห็นสมควรแก้ไขปรับปรุงเพื่อให้เหมาะสมและถูกต้องยิ่งขึ้น จึงได้แก้ไขปรับปรุงโดยยกเลิกมาตรฐาน เดิมและกำหนดมาตรฐานนี้ขึ้นใหม่

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดขึ้นโดยอาศัยข้อมูลจากผู้ทำและเอกสารต่อไปนี้เป็นแนวทาง

BS 1191 : Part 1 : 1973 (1994)	Gypsum Building Plasters Part 1. Excluding premixed lightweight plasters
ASTM C 28/C 28M-00	Standards Specification for Gypsum Plasters
ASTM C 59/C 59M-00	Standards Specification for Gypsum Casting Plaster and Gypsum Molding Plaster
ASTM C 471M-01	Standard Test Methods for Chemical Analysis of Gypsum and Gypsum Products (Metric)
ASTM C 472-99	Standard Test Methods for Physical Testing of Gypsum, Gypsum Plasters and Gypsum Concrete
AS 2592-1983 (Reconfirmed 1991)	Gypsum Plaster for Building Purposes

คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้พิจารณามาตรฐานนี้แล้ว เห็นสมควรเสนอรัฐมนตรีประกาศตาม มาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511



ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 3250 (พ.ศ. 2547)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2511

เรื่อง ยกเลิกและกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ปูนยิปซัมสำหรับการก่อสร้าง

โดยที่เป็นการสมควรปรับปรุงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนยิปซัมสำหรับการก่อสร้าง มาตรฐานเลขที่ มอก.188-2527

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศยกเลิกประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 239 (พ.ศ.2519) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนยิปซัมสำหรับการก่อสร้าง ลงวันที่ 9 พฤศจิกายน พ.ศ. 2519 และประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 427 (พ.ศ. 2522) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 เรื่อง แก้ไขมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนยิปซัมสำหรับการก่อสร้าง (แก้ไขครั้งที่ 1) ลงวันที่ 2 พฤศจิกายน พ.ศ. 2522 และประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 836 (พ.ศ. 2527) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 เรื่อง แก้ไขมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนยิปซัมสำหรับการก่อสร้าง (แก้ไขครั้งที่ 2) ลงวันที่ 24 กันยายน พ.ศ. 2527 และออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนยิปซัมสำหรับการก่อสร้าง มาตรฐานเลขที่ มอก. 188-2547 ขึ้นใหม่ ดังมีรายการละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ทั้งนี้ ให้มีผลเมื่อพ้นกำหนด 90 วัน นับแต่วันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ 9 เมษายน พ.ศ. 2547

พินิจ จารุสมบัติ

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนยิปซัมสำหรับการก่อสร้าง

1. ขอบข่าย

- 1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับปูนยิปซัมสำหรับก่อสร้างทั่วไป และสำหรับอุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้างสำเร็จรูป ซึ่งต่อไปในมาตรฐานนี้จะเรียกว่า “ปูนยิปซัม”
- 1.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ไม่ครอบคลุมถึงปูนยิปซัมผสมเสร็จชนิดเบา (premixed lightweight plasters) ซึ่งเป็นเฮมิไฮเดรตก่อตัวช้าผสมกับวัสดุมวลเบา

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

- 2.1 ยิปซัม (gypsum) หมายถึง แคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรต ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่นำมาผลิตปูนยิปซัม
- 2.2 เฮมิไฮเดรต (hemihydrate) หมายถึง ยิปซัมที่ได้จากการไล่น้ำด้วยความร้อนจนเหลือน้ำที่รวมตัวอยู่ มีสูตรเป็น $2\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ คือแคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรต แต่มักนิยมเขียนสูตรเป็น $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$
- 2.3 ปูนปาสเตอร์ (plaster of Paris) หมายถึง เฮมิไฮเดรตที่ไม่ได้เติมสารหน่วงการก่อตัว (retarder of set) มีหลายชั้นคุณภาพสำหรับการใช้งานอุตสาหกรรมต่าง ๆ
- 2.4 เฮมิไฮเดรตก่อตัวช้า (retarded hemihydrate) หมายถึง เฮมิไฮเดรตซึ่งเติมสารหน่วงก่อตัว
- 2.5 ปูนยิปซัมแอนไฮไดรส์ (anhydrous gypsum plaster) หมายถึง ปูนยิปซัมที่ประกอบด้วยแอนไฮไดรส์แคลเซียมซัลเฟต (CaSO_4) เป็นส่วนใหญ่ผลิตโดยการไล่น้ำออกจากยิปซัม
- 2.6 คีน ปาสเตอร์ (Keene's plaster) หมายถึง ปูนยิปซัมแอนไฮไดรส์ที่มีลักษณะเฉพาะสามารถนำมาฉาบให้เป็นผิวเรียบต่อเนื่องกันได้โดยง่าย เนื่องจากปูนยิปซัมชนิดนี้จะค่อย ๆ ก่อตัว

3. ประเภท

3.1 ปูนยิปซัมในมาตรฐานนี้ แบ่งออกเป็น 4 ประเภท คือ

3.1.1 ประเภท 1 ปูนปลาสเตอร์

3.1.2 ประเภท 2 เอมิไฮเดรตก่อตัวช้า แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

3.1.2.1 ชนิด ก. ปูนยิปซัมรองพื้น (undercoat plaster) แบ่งออกเป็น 2 ชนิดย่อย คือ

ก.1 ปูนยิปซัมรองพื้นทั่วไป (browning plaster)

ก.2 ปูนยิปซัมรองพื้นผนังโครงสานโลหะ (metal lathing plaster)

3.1.2.2 ชนิด ข. ปูนยิปซัมฉาบหน้า (final coat plaster)

3.1.3 ประเภท 3 ปูนยิปซัมแอนไฮไดรส์

3.1.4 ประเภท 4 คีน ปลาสเตอร์

หมายเหตุ 1. ปูนยิปซัมประเภท 2 ชนิด ข ประเภท 3 และประเภท 4 ใช้สำหรับฉาบหน้าเท่านั้น

2. อาจเติมสารใดๆ ลงในปูนยิปซัมเพื่อควบคุมการก่อตัว เพิ่มความสะดวกต่อการทำงาน (workability) และป้องกันการกัดกร่อนหรือป้องกันการขึ้นรา

ในกรณีที่มีการตกลงระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย อาจเติมเส้นใยประสานที่เหมาะสมด้วยก็ได้

4. คุณลักษณะที่ต้องการ

4.1 ลักษณะทั่วไป

ปูนยิปซัมต้องแห้ง ไม่จับตัวกันเป็นก้อน

การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

4.2 คุณลักษณะทางเคมี

ต้องเป็นไปตามตารางที่ 1

การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 8.2.1

ตารางที่ 1 คุณลักษณะทางเคมี
(ข้อ 4.2)

หน่วยเป็นร้อยละ

รายการ ที่	คุณลักษณะ	ประเภท 1	ประเภท 2			ประเภท 3	ประเภท4
			ชนิด ก.		ชนิด ข.		
			ก.1	ก.2			
1	ปริมาณแคลเซียมออกไซด์ ไม่น้อยกว่า	2/3 ของ SO ₃	2/3 ของ SO ₃	2/3 ของ SO ₃	2/3 ของ SO ₃	2/3 ของ SO ₃	2/3 ของ SO ₃
2	ปริมาณเกลือแมกนีเซียมที่ละลายได้ คิดเป็นมวลของแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ไม่เกิน	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
3	ปริมาณซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO ₃) ไม่น้อยกว่า	35	35	35	35	40	47
4	ปริมาณคลอไรด์ (Cl) เมื่อคิดเป็นมวลของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ไม่เกิน	0.2	–	–	–	–	–
5	ปริมาณไลม์ (lime) ในรูปของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Ca(OH) ₂) ไม่น้อยกว่า	–	–	3	–	–	–
6	การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา						
	ไม่น้อยกว่า	4	4	4	4	–	–
	ไม่เกิน	9	9	9	9	3	2

4.3 คุณลักษณะทางฟิสิกส์
ต้องเป็นไปตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณลักษณะทางฟิสิกส์
(ข้อ 4.3)

รายการ ที่	คุณลักษณะ	หน่วย	ประเภท 1 (ข้อ 4.3)	ประเภท 2			ประเภท 3	ประเภท 4	วิธีทดสอบ ตามข้อ
				ชนิด ก.		ชนิด ข.			
				ก.1	ก.2				
1	ความละเอียด ปริมาณที่ผ่านแรง แรงขนาด 1.4 mm แรงขนาด 150 μm ไม่น้อยกว่า	%	100 60	- -	- -	100 60	100 60	100 60	8.2.2
2	ระยะเวลาการก่อตัว (setting time) ระยะต้น ระยะปลาย	min	5 ถึง 35 10 ถึง 50	- -	- -	- -	- -	- -	8.2.3
3	การขยายตัวเชิงเส้นจากการก่อตัว (expansion on setting) ไม่เกิน	%	-	-	-	0.2	-	-	8.2.4
4	ความต้านแรงอัด (compressive strength) ไม่น้อยกว่า	N/mm ²	8.4	-	-	-	-	-	8.2.5
5	ความต้านแรงดัด (flexural strength) ไม่น้อยกว่า	N/mm ²	2.5	1.2	1.2	-	-	-	8.2.6
6	ความแข็งของพื้นผิว (surface hardness) เส้นผ่านศูนย์กลางรอยบุ๋ม ไม่เกิน	mm	-	-	-	5	4.5	4	8.2.7

- หมายเหตุ 1. ปูนยิปซัมประเภท 1 มีเกณฑ์กำหนดทั้งในเรื่องความต้านแรงอัดและความต้านแรงดัด อาจเลือกเพียงอย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้
2. “-” หมายถึง ไม่กำหนด

5. การบรรจุ

- 5.1 ให้บรรจุปุ๋ยปัมในถุงหรือภาชนะบรรจุที่เหมาะสม แข็งแรง และกันความชื้นได้
- 5.2 หากมิได้กำหนดไว้เป็นอย่างอื่น ให้บรรจุปุ๋ยปัมในภาชนะบรรจุขนาด 25 kg 50 kg 100 kg 500 kg และ 1 000 kg และน้ำหนักสุทธิของปุ๋ยปัมในแต่ละภาชนะบรรจุต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ในฉลาก

6. เครื่องหมายและฉลาก

- 6.1 ที่ภาชนะบรรจุปุ๋ยปัมทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน
 - (1) ชื่อผลิตภัณฑ์
 - (2) ประเภทและชนิด
 - (3) น้ำหนักสุทธิ เป็นกิโลกรัม
 - (4) วัน เดือน ปีที่ทำ หรือรหัสรุ่นที่ทำ
 - (5) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน
 ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

7. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

- 7.1 ให้เป็นไปตามภาคผนวก ก.

8. การทดสอบ

8.1 ภาวะทดสอบ

8.1.1 อุณหภูมิ

อุณหภูมิของสารต่าง ๆ รวมทั้งน้ำและอุณหภูมิของห้องทดลองจะต้องเท่ากับ $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$

8.1.2 สารเคมี

สารเคมีที่ใช้จะต้องมีคุณภาพในระดับที่ใช้ในการวิเคราะห์ (analytical quality) น้ำที่ใช้จะต้องเป็นน้ำกลั่นหรือน้ำที่ทำให้บริสุทธิ์ด้วยการขจัดไอออน (deionization) และมีอุณหภูมิตามที่ระบุไว้ในข้อ 8.1.1

8.2 วิธีทดสอบ

- 8.2.1 การวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมี
ให้ใช้วิธีที่กำหนดในภาคผนวก ข.
- 8.2.2 การทดสอบหาความละเอียด
ให้ใช้วิธีที่กำหนดในภาคผนวก ค.
- 8.2.3 การทดสอบหาระยะเวลาการก่อตัว
ให้ใช้วิธีที่กำหนดในภาคผนวก ง.
- 8.2.4 การทดสอบหาการขยายตัวเชิงเส้นจากการก่อตัว
ให้ใช้วิธีที่กำหนดในภาคผนวก จ.
- 8.2.5 การทดสอบหาความต้านแรงอัด
ให้ใช้วิธีที่กำหนดในภาคผนวก ฉ.
- 8.2.6 การทดสอบหาความต้านแรงดัด
ให้ใช้วิธีที่กำหนดในภาคผนวก ช.
- 8.2.7 การทดสอบหาความแข็งของพื้นผิว
ให้ใช้วิธีที่กำหนดในภาคผนวก ซ.

ภาคผนวก ก.

(ข้อ 7.1)

- ก.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง ปูนยิปซัมประเภทและชนิดเดียวกันจากแหล่งผลิตเดียวกัน ทำโดยกรรมวิธีเดียวกัน ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน
- ก.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้
- ก.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก
- ก.2.1.1 ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันจำนวน 5 หน่วยภาชนะบรรจุ
- ก.2.1.2 ตัวอย่างทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 4.1 ข้อ 5. และข้อ 6. จึงจะถือว่าปูนยิปซัมรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด
- ก.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมี และการทดสอบทางฟิสิกส์
- ก.2.2.1 ให้ใช้ตัวอย่างที่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในเรื่องลักษณะทั่วไป การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก แล้วใช้เครื่องมือที่เหมาะสมชักตัวอย่างในปริมาณที่เท่ากัน จากรอบนอกและส่วนกลางของแต่ละภาชนะบรรจุ ในกรณีที่ภาชนะบรรจุมีขนาดไม่เกิน 50 kg ให้ชักออกมา 1 kg และในกรณีที่ภาชนะบรรจุมีขนาดตั้งแต่ 50 kg ขึ้นไป ให้ชักออกมา 5 kg จากนั้นนำมาผสมให้ได้ตัวอย่างรวม และเก็บตัวอย่างทันทีในภาชนะที่สะอาด แห้ง และปิดได้สนิท
- ก.2.2.2 ตัวอย่างทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 4.2 และข้อ 4.3 จึงจะถือว่าปูนยิปซัมรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด
- ก.3 เกณฑ์ตัดสิน
- ตัวอย่างปูนยิปซัมต้องเป็นไปตามข้อ ก.2.1.2 และข้อ ก.2.2.2 ทุกข้อ จึงจะถือว่าปูนยิปซัมรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ภาคผนวก ข.

การวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมี (ข้อ 8.2.1)

ข.1 เครื่องมือ

- ข.1.1 ตู้อบความร้อนที่ควบคุมอุณหภูมิได้ระหว่าง 42°C ถึง 48°C
- ข.1.2 แท่นให้ความร้อน (hotplate) ที่สามารถให้ความร้อนประมาณ 120°C
- ข.1.3 ชามพอร์ซเลน (porcelain dish) ซึ่งมีความจุ 50 cm^3 ถึง 100 cm^3
- ข.1.4 เบ้าแพลทินัม
- ข.1.5 เตาเผาที่ควบคุมอุณหภูมิได้ไม่น้อยกว่า $1\,000^{\circ}\text{C}$
- ข.1.6 เบ้ากูช (Gooch crucible)
- ข.1.7 กรวยบุชเนอร์ (Buchner funnel)
- ข.1.8 ตู้อบความร้อนที่ควบคุมอุณหภูมิได้ระหว่าง 280°C ถึง 300°C
- ข.1.9 เครื่องตรวจหาปริมาณความชื้น (moisture determination balance)

ข.2 วิธีเตรียมตัวอย่าง

นำตัวอย่างในสภาพที่ได้รับจำนวนไม่น้อยกว่า 150 g มาผ่านร่อนขนาด $200\text{ }\mu\text{m}$ เพื่อกรองเศษผงออก แล้วทำให้แห้งโดยนำเข้าไปในตู้อบที่อุณหภูมิระหว่าง 42°C ถึง 48°C เป็นเวลา 2 h จากนั้นนำมาลดปริมาณโดยการแบ่งสัหรือใช้เครื่องแบ่งตัวอย่างเพื่อให้ได้ปริมาณตัวอย่าง 50 g คลุกผสมกันให้ทั่ว (สำหรับปูนยิปซัมประเภท 3 และ 4 ให้คลุกผสมให้ทั่วกับปูนปลาสเตอร์สำหรับงานทำแม่พิมพ์ (molding plaster) หรือโพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) ในปริมาณไม่มากกว่า 1%) บดตัวอย่างผ่านร่อนขนาด $250\text{ }\mu\text{m}$ ระหว่างนี้ต้องระวังอย่าให้ตัวอย่างถูกความร้อนเกิน 52°C คลุกผสมตัวอย่างให้ทั่วกันอีกครั้งหนึ่งและเก็บไว้ในภาชนะที่ปิดสนิทอากาศเข้าไม่ได้เพื่อหลีกเลี่ยงมิให้ตัวอย่างปนเปื้อน

ข.3 สารเคมี สารละลายที่ใช้ และวิธีเตรียม

- ข.3.1 สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) $1 + 5$
ผสมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น ความหนาแน่น 1.19 g/cm^3 1 ส่วนกับน้ำ 5 ส่วน
- ข.3.2 กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น ความหนาแน่น 1.19 g/cm^3
- ข.3.3 กรดไนตริก (HNO_3) เข้มข้น ความหนาแน่น 1.42 g/cm^3
- ข.3.4 แอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl)
- ข.3.5 แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (NH_4OH) เข้มข้น ความหนาแน่น 0.90 g/cm^3
- ข.3.6 แอมโมเนียมออกซาลेट ($(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$)
- ข.3.7 สารละลายกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) $1 + 6$
ผสมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ความหนาแน่น 1.84 g/cm^3 1 ส่วนกับน้ำ 6 ส่วน
- ข.3.8 สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต (5.633 g/dm^3)
ละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต (KMnO_4) 5.633 g ลงในน้ำ แล้วทำให้เจือจางเป็น $1\,000\text{ cm}^3$

ข.3.9 โซเดียมแอมโมเนียมฟอสเฟต ($\text{NaNH}_4\text{HPO}_4$)

ข.3.10 สารละลายแอมโมเนียมไนเตรต 25 g/dm^3

ละลายแอมโมเนียมไนเตรต (NH_4NO_3) 25 g ในน้ำแล้วทำให้เจือจางเป็น $1\,000 \text{ cm}^3$

ข.3.11 สารละลายเมทิลเรดิอินดิเคเตอร์ 0.001 g/cm^3

ข.3.12 สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.05 mol/dm^3 ถึง 0.1 mol/dm^3

ข.3.13 สารละลายแบเรียมคลอไรด์ 100 g/dm^3

ละลายแบเรียมคลอไรด์ ($\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 100 g ในน้ำ แล้วทำให้เจือจางเป็น $1\,000 \text{ cm}^3$

ข.3.14 สารละลายซิลเวอร์ไนเตรต 0.1 mol/dm^3

ข.3.15 สารละลายฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์ 0.005 g/cm^3 ในสารละลายเอทานอล 50% โดยปริมาตร

ละลายฟีนอล์ฟทาลีน 0.5 g ในสารละลายเอทานอล 50% โดยปริมาตร จนได้สารละลาย 100 cm^3

ข.3.16 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 mol/dm^3

ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 1 g ในน้ำ 250 cm^3

ข.3.17 สารละลายกรดไนตริก 0.1 mol/dm^3

ผสมกรดไนตริกเข้มข้น ความหนาแน่น 1.42 g/cm^3 จำนวน 1.4 cm^3 ในน้ำ 200 cm^3

ข.3.18 สารละลายโพแทสเซียมโครเมต 100 g/dm^3

ละลายโพแทสเซียมโครเมต (K_2CrO_4) 5 g ในน้ำ แล้วทำให้เจือจางเป็น 50 cm^3 เขย่าให้เข้ากัน แล้วเติม

สารละลายซิลเวอร์ไนเตรต (AgNO_3) 0.05 mol/dm^3 10 หยด ตั้งทิ้งไว้ 5 min แล้วกรองด้วย

กระดาษกรองวัดแมนเบอร์ 42 หรือเทียบเท่า

ข.3.19 สารละลายมาตรฐานซิลเวอร์ไนเตรต 0.05 mol/dm^3

ข.3.20 สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.5 mol/dm^3

ข.4 วิธีวิเคราะห์หาปริมาณแคลเซียมออกไซด์

ข.4.1 วิธีที่หนึ่ง

ข.4.1.1 ใส่ตัวอย่าง 0.5 g โดยชั่งให้ละเอียดถึง 0.0001 g (m_0) ในชามพอร์ซเลน เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (ข้อ ข.3.1) ประมาณ 25 cm^3 แล้วทำให้ระเหยจนแห้งบนแท่นให้ความร้อน ทิ้งให้เย็น เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นให้เปียกจนทั่ว เติมน้ำประมาณ 10 cm^3 ต้มให้เดือด กรองแล้วล้างตะกอนให้ทั่วจนแน่ใจว่าสารละลายเกลือแคลเซียมผ่านไปหมด เทสารละลายที่กรองได้กลับลงไป ในชามพอร์ซเลนใบเดิม ระเหยจนแห้งแล้วทำให้ร้อนต่อไปที่อุณหภูมิประมาณ 120°C เป็นเวลา 1 h แล้วทำให้เย็น เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นให้เปียกจนทั่ว เติมน้ำประมาณ 25 cm^3 ต้มให้เดือด กรองแล้วล้างตะกอนเช่นเดียวกับครั้งแรก (ตะกอนที่ได้ทั้งสองครั้งเป็นซิลิโคนไดออกไซด์ และสารที่ไม่ละลายในกรดซึ่งไม่นำมาใช้อีกต่อไป)

ข.4.1.2 จากสารละลายที่กรองได้ในข้อ ข.4.1.1 เติมกรดไนตริกเข้มข้น 2 ถึง 3 หยด นำไปต้มให้เดือดเพื่อให้แน่ใจว่าเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของเหล็ก เติมแอมโมเนียมคลอไรด์ 2 g ที่ละลายน้ำไว้ก่อนแล้ว ทำสารละลายนั้นให้เป็นต่างด้วยแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น จะเกิดตะกอนขึ้น คนแรง ๆ ในขณะที่ยังร้อน 2 min ถึง 3 min ทิ้งให้ตะกอนรวมตัว กรองแล้วล้างตะกอน (ตะกอนที่ได้นี้เป็นไอร์ออนออกไซด์ (iron oxide) รวมกับอะลูมิเนียมออกไซด์ซึ่งไม่นำมาใช้อีกต่อไป)

ข.4.1.3 จากสารละลายที่กรองได้ในข้อ ข.4.1.2 เติมน้ำจนเต็มขวด 5 g ที่ละลายน้ำไว้ก่อนแล้ว คนให้เข้ากันและทำให้ร้อนเป็นเวลา 30 min ระหว่างนี้เติมน้ำจนเต็มขวดจนสารละลายเป็นต่าง กรองแล้วล้างตะกอน น้ำตะกอนที่วางอยู่ในแก้วเพลทินไปไว้ในเตาเผาที่อุณหภูมิ 1 000 °C เป็นเวลา 2 h จนได้มวลคงที่ (m_1)

ข.4.1.4 วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณแคลเซียมออกไซด์ ร้อยละ} = \frac{m_1}{m_0} \times 100$$

เมื่อ m_1 คือ มวลตะกอนจากข้อ ข.4.1.3 เป็นกรัม

m_0 คือ มวลตัวอย่างจากข้อ ข.4.1.1 เป็นกรัม

ข.4.2 วิธีที่สอง

ข.4.2.1 จากสารละลายที่กรองได้ในข้อ ข.4.1.2 เติมน้ำจนเต็มขวด 5 g ที่ละลายน้ำไว้ก่อนแล้ว คนให้เข้ากัน ทำให้ร้อนเป็นเวลา 30 min ระหว่างนี้เติมน้ำจนเต็มขวดจนสารละลายเป็นต่าง กรองแล้วล้างตะกอน เติมน้ำลงในบีกเกอร์ ล้างกระดาดด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก 1 + 6 ร้อน รวมน้ำล้างลงในบีกเกอร์เดียวกัน ค่อย ๆ ทำให้ร้อนเพื่อให้ตะกอนละลายจนหมด อาจเติมน้ำจนเต็มขวดอีกได้ถ้าจำเป็น ขณะที่สารละลายยังอุ่นอยู่นี้ นำไปไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนต (5.6339 g/dm^3) จนเกิดสีชมพูขึ้นอย่างถาวร หาปริมาณแคลเซียมออกไซด์เป็นกรัมที่มีอยู่ในตัวอย่าง จากจำนวนของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนตเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกัน

ข.4.2.2 วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณแคลเซียมออกไซด์ ร้อยละ} = \frac{m_2}{m_0} \times 100$$

เมื่อ m_2 คือ มวลแคลเซียมออกไซด์ เป็นกรัม เท่ากับปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนตเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร $\times 0.004998$

หมายเหตุ ค่าคงที่ 0.004 998 ใช้ได้เฉพาะสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนต 5.6339 g/dm^3

m_0 คือ มวลตัวอย่างจากข้อ ข.4.1.1 เป็นกรัม

หมายเหตุ วิธีวิเคราะห์หาปริมาณแคลเซียมออกไซด์มี 2 วิธี อาจเลือกใช้วิธีใดวิธีหนึ่งก็ได้ แต่ในกรณีที่มีข้อโต้แย้ง ให้ใช้วิธีที่หนึ่งเป็นวิธีตัดสิน

ข.5 วิธีวิเคราะห์หาปริมาณแมกนีเซียมออกไซด์

ข.5.1 จากสารละลายที่กรองได้ในข้อ ข.4.1.3 หรือข้อ ข.4.2.1 เติมน้ำจนได้ปริมาตรทั้งหมด 600 cm^3 ทำให้เย็นและเติมน้ำจนเต็มขวด 10 cm^3 และโซเดียมแอมโมเนียมฟอสเฟต 5 g ที่ละลายน้ำไว้ก่อนแล้ว คนแรง ๆ จนกระทั่งเริ่มเกิดตะกอน ตั้งทิ้งไว้ค้างคืน กรองตะกอนผ่านกระดาษกรอง ล้างตะกอนด้วยสารละลายแอมโมเนียมไนเตรด เติมน้ำในแก้วเพลทินในบีกเกอร์ใบเดิมที่อุณหภูมิ 1 000 °C เป็นเวลา 2 h จนได้มวลคงที่ (m_3)

ข.5.2 วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณแมกนีเซียมออกไซด์ ร้อยละ} = \frac{36.207 \text{ m}_3}{m_0} \times 100$$

เมื่อ m_3 คือ มวลตะกอนจากข้อ ข.5.1 เป็นกรัม

m_0 คือ มวลตัวอย่างจากข้อ ข.4.1.1 เป็นกรัม

ข.6 วิธีวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟอร์ไตรออกไซด์

ข.6.1 ละลายตัวอย่าง 0.5 g โดยซึ่งให้ละเอียดถึง 0.000 1 g (m_4) ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (ข้อ ข.3.1) 50 cm³ ต้มให้เดือดและทำให้ตัวอย่างกระจายตัวโดยกวนด้วยแท่งแก้วที่มีปลายแบนและเรียบ เติมน้ำเดือด 100 cm³ แล้วต้มให้เดือดต่อไปอีก 15 min รวมเวลาที่ใช้ต้มของผสมให้เดือดต้องไม่น้อยกว่า 1 h นำไปกรองด้วยกระดาษกรองวัดแมนเบอร์ 42 หรือเทียบเท่า แล้วล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่นร้อนให้ทั่ว

ข.6.2 นำสารละลายที่กรองได้จากข้อ ข.6.1 มาเจือจางเป็น 400 cm³ ถึง 500 cm³ เติมน้ำ 1 ถึง 2 หยดของเมทิลเรดิอินดิเคเตอร์ แล้วเตรียมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (ข้อ ข.3.12) 400 cm³ ถึง 500 cm³ เติมน้ำ 1 ถึง 2 หยดของเมทิลเรดิอินดิเคเตอร์ แล้วนำสารละลายทั้ง 2 มาเปรียบเทียบสี ถ้าสีของสารละลายตัวอย่างไม่เหมือนกับสีของสารละลายกรด ให้เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (ข้อ ข.3.1) หรือเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนกว่าจะได้สีเดียวกัน

ข.6.3 นำสารละลายไปต้มให้เดือดและค่อย ๆ เติมน้ำกลั่นประมาณ 20 cm³ โดยให้เติมทีละหยดและคนพร้อมกัน แล้วต้มให้เดือดต่อไปอีก 10 min ถึง 15 min หลังจากนั้นทำให้สารละลายร้อนต่อไปอีก 3 h หรือจนกระทั่งตะกอนนอนกัน นำไปกรองแล้วล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่นร้อนประมาณ 125 cm³ ถึง 150 cm³ เพื่อให้ตะกอนปราศจากคลอไรด์

ข.6.4 นำสารละลายที่กรองได้ปริมาณเล็กน้อยมาทดสอบคลอไรด์ โดยเติม 2 ถึง 3 หยดของสารละลายซิลเวอร์ไนเทรต ถ้ามีตะกอนสีขาวให้ทำการล้างตะกอนใหม่ จนกระทั่งสารละลายที่กรองได้ไม่มีตะกอนสีขาวเกิดขึ้นเมื่อนำมาทดสอบกับสารละลายซิลเวอร์ไนเทรต

ข.6.5 นำตะกอนพร้อมทั้งกระดาษกรองใส่ลงในเบ้ากวนที่ทราบมวลแน่นอนแล้ว นำไปเผาที่อุณหภูมิต่ำจนกระดาษกรองไหม้เกรียมเป็นสีดำโดยไม่ให้กระดาษกรองลุกติดไฟ แล้วจึงนำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 800°C ถึง 900°C เป็นเวลา 15 min ถึง 20 min หรือนำไปเผาบนตะเกียงบุนเสน (bunsen burner) โดยเพิ่มความร้อนจนได้เปลวไฟสีแดง เผาเป็นเวลา 15 min ถึง 20 min ทำให้เบ้ากวนเย็นในเดซิเคเตอร์ แล้วนำมาชั่งเพื่อหามวลตะกอน (m_5)

หมายเหตุ ก่อนนำเบ้ากวนมาใช้แต่ละครั้ง ต้องนำมาทำความสะอาดและให้ความร้อนในเตาเผาที่อุณหภูมิ 800°C ถึง 900°C และทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ก่อนนำมาชั่ง

ข.6.6 วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ ร้อยละ} = \frac{34.297 \text{ m}_5}{m_4} \times 100$$

เมื่อ m_5 คือ มวลตะกอนจากข้อ ข.6.5 เป็นกรัม

m_4 คือ มวลตัวอย่างจากข้อ ข.6.1 เป็นกรัม

ข.7 วิธีวิเคราะห์หาปริมาณคลอไรด์ (คิดเป็นโซเดียมคลอไรด์)

- ข.7.1 ชั่งตัวอย่าง 20.0 g โดยชั่งให้ละเอียดถึง 0.001 g (m_6) ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 400 cm³ เติมน้ำ 150 cm³ คนให้เข้ากัน นำไปทำให้ร้อนจนเกือบเดือด ใช้กระจกนาฬิกาปิดบีกเกอร์ แล้วทำให้ร้อนต่อไปตามเดิม (ที่อุณหภูมิไม่น้อยกว่า 80°C) เป็นเวลา 1 h พร้อมกับคนเป็นครั้งคราว กรองตะกอนด้วยกรวยบุชเนอร์ โดยผ่านกระดาษกรองวัดแมนเบอร์ 41 หรือเทียบเท่า แล้วล้างตะกอนด้วยน้ำร้อน 4 ครั้ง ครั้งละ 20 cm³
- ข.7.2 เติมสารละลายฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์ 2 หยดลงในสารละลายที่กรองได้ ถ้าสารละลายไม่เปลี่ยนเป็นสีชมพู ให้เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 mol/dm³ ทีละหยด พร้อมทั้งคนจนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู แล้วเติมสารละลายกรดไนตริก 0.1 mol/dm³ ทีละหยดจนสีชมพูหายไป
- ข.7.3 ถ้าคาดว่าปริมาณคลอไรด์น้อยให้เทสารละลายที่กรองได้ทั้งหมดลงในบีกเกอร์ขนาด 400 cm³ แล้วปฏิบัติต่อไปตามข้อ ข.7.4 ถ้าคาดว่าปริมาณคลอไรด์มากให้เทสารละลายที่กรองได้ทั้งหมดลงในขวดแก้วปริมาตรขนาด 250 cm³ ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง เติมน้ำจนถึงขีดปริมาตร เขย่าให้เข้ากัน แบ่งสารละลายมาปริมาณพอเหมาะที่ทราบปริมาตรแน่นอน เทลงในบีกเกอร์ขนาด 400 cm³ แล้วเติมน้ำจนสารละลายมีปริมาตรประมาณ 100 cm³ ถึง 250 cm³ แล้วปฏิบัติต่อไปตามข้อ ข.7.4
- ข.7.4 วางบีกเกอร์ที่มีตัวอย่างบนพื้นสีขาว เติมสารละลายโพแทสเซียมโครเมต 0.5 cm³ (10 หยด) แล้วนำไปไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานซิลเวอร์ไนเตรด โดยใช้ไมโครบิวเรตต์ขนาด 10 cm³ ซึ่งมีขีดแบ่งละเอียดไม่น้อยกว่า 0.02 cm³ ไทเทรตจนกระทั่งสารละลายมีสีส้มอ่อน
- ข.7.5 ทำเบลงก์เปรียบเทียบกับใช้น้ำปริมาตรเท่ากับตัวอย่าง และเติมสารละลายโพแทสเซียมโครเมตจำนวนเท่ากัน ไทเทรตจนกระทั่งสารละลายมีสีส้มอ่อนเช่นเดียวกัน
- ข.7.6 หักปริมาตรสารละลายมาตรฐานซิลเวอร์ไนเตรดที่ใช้ในการไทเทรตเบลงก์จากปริมาตรสารละลายมาตรฐานซิลเวอร์ไนเตรดที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่าง ปริมาตรสุทธิของสารละลายมาตรฐานซิลเวอร์ไนเตรด 1 cm³ จะทำปฏิกิริยาพอดีกับโซเดียมคลอไรด์ 0.002 923 g หามวลโซเดียมคลอไรด์ที่อยู่ในตัวอย่างจากจำนวนลูกบาศก์เซนติเมตรของสารละลายมาตรฐานซิลเวอร์ไนเตรดที่ทำปฏิกิริยาพอดีกัน
- ข.7.7 วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ ร้อยละ} = \frac{m_7}{m_6} \times 100$$

เมื่อ m_7 คือ มวลโซเดียมคลอไรด์ เป็นกรัม หาได้จากข้อ ข.7.6

m_6 คือ มวลตัวอย่างจากข้อ ข.7.1 เป็นกรัม

ข.8 วิธีวิเคราะห์หาปริมาณไขมันในรูปของแคลเซียมไฮดรอกไซด์

ข.8.1 ใส่ตัวอย่างในสภาพที่ได้รับประมาณ 5 g (m_g) ลงในน้ำประมาณ 100 cm³ เติมน้ำละลายฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์ ลงไปหลาย ๆ หยด นำไปไทเทรตกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (ข้อ ข.3.20) จนสีชมพูของอินดิเคเตอร์หายไป ไทเทรตต่อไปจนสารละลายไม่กลับเป็นสีชมพูอีกหลังจากตั้งทิ้งไว้ประมาณ 2 min ถึง 3 min

ข.8.2 วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ} = \frac{m_g}{m_g} \times 100$$

เมื่อ m_g คือ มวลของแคลเซียมไฮดรอกไซด์เป็นกรัม เท่ากับปริมาตรของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร $\times 0.37$

หมายเหตุ ค่าคงที่ 0.37 ใช้ได้เฉพาะสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (ข้อ ข.3.20)

m_g คือ มวลตัวอย่างจากข้อ ข.8.1

ข.9 วิธีวิเคราะห์การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา

ข.9.1 วิธีที่ 1

ข.9.1.1 ชั่งตัวอย่างในสภาพที่ได้รับจำนวน 1 g ถึง 2 g ในขวดชั่งชนิดทรงเตี้ย (m_{10}) กระจายตัวอย่างให้ทั่วขวด ทำให้อุณหภูมิระหว่าง 280 °C ถึง 300 °C โดยเปิดฝาขวดจนตัวอย่างแห้งและมวลคงที่ ทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งทันทีที่เย็น (m_{11})

ข.9.1.2 วิธีคำนวณ

$$\text{การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา ร้อยละ} = \frac{m_{11} - m_{10}}{m_{10}} \times 100$$

เมื่อ m_{10} คือ มวลตัวอย่างก่อนเผา เป็นกรัม

m_{11} คือ มวลตัวอย่างหลังเผา เป็นกรัม

ข.9.2 วิธีที่ 2

ข.9.2.1 ชั่งตัวอย่างในสภาพที่ได้รับจำนวน 4 g ถึง 6 g ใส่ลงในจานอะลูมิเนียมของเครื่องตรวจหาปริมาณความชื้น โดยกระจายตัวอย่างให้ทั่วจานแล้วอบความร้อนที่อุณหภูมิ ไม่ต่ำกว่า 150 °C จนตัวอย่างมีมวลคงที่ แล้วอ่านค่าออกมาเป็นร้อยละของมวลที่สูญเสียไปจากจอภาพ

ข.9.2.2 การรายงานผล

การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา ร้อยละ = ค่าที่อ่านได้จากจอภาพ

ภาคผนวก ก.

การทดสอบหาความละเอียด

(ข้อ 8.2.2)

ค.1 เครื่องมือ

ค.1.1 ตู้อบไฟฟ้าที่ควบคุมอุณหภูมิได้ระหว่าง 42 °C ถึง 48 °C

ค.1.2 แรงขนาด 1.4 mm และ 150 μ m

ค.1.3 เครื่องชั่งละเอียด 0.1 g

ค.2 การเตรียมตัวอย่าง

ซึ่งตัวอย่างประมาณ 200 g นำตัวอย่างมาเกลี่ยให้แผ่กระจายเป็นชั้นบางๆ บนภาชนะที่เหมาะสมและไม่ดูดซับความชื้น แล้วนำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิระหว่าง 42 °C ถึง 48 °C เป็นเวลา 2 h ปลอ่ยให้เย็นในเดชิเคเตอร์

ค.3 วิธีทดสอบ

ซึ่งตัวอย่างที่เตรียมได้จากข้อ ค.2 ประมาณ 100 g ให้ทราบมวลที่แน่นอน แล้วนำมาร่อนด้วยแรงขนาด 1.4 mm (เบอร์ 14) และขนาด 150 μ m (เบอร์ 100) เขย่าตัวอย่างบนแรง โดยใช้ฝ่ามือเคาะเบาๆ ที่ด้านข้างของแรง เขย่าจนกระทั่งตัวอย่างผ่านแรงในอัตราไม่เกิน 0.5 g/min (การร่อนนี้อาจใช้เครื่องเขย่าก็ได้โดยเขย่าจนกระทั่งตัวอย่างผ่านแรงในอัตราไม่เกิน 0.5 g/min) ซึ่งมวลตัวอย่างที่ค้างอยู่บนแรงแต่ละขนาด

หมายเหตุ 1. อาจใช้แปรงปัดตัวอย่างที่ติดอยู่กับแรงหลังจากร่อนแล้วก็ได้
2. ถ้ามีการจับตัวเป็นก้อนหลวม ๆ ของตัวอย่างซึ่งเกิดจากความชื้น ให้ใช้นิ้วมือบีบตัวอย่างโดยไม่ให้ถูกแรง
3. ถ้ามีการอุดตันของรูแรง ให้เทส่วนที่ค้างอยู่ในแรงไว้ในภาชนะอีกใบหนึ่ง คั่วแรงบนกระดาษที่วางอยู่บนโต๊ะ และเคาะแรงจนตัวอย่างหลุดออกหมด จากนั้นเทส่วนที่ยังไม่ผ่านแรงกลับมาร่อนอีกครั้งหนึ่ง

ค.4 การรายงานผล

ให้รายงานผลมวลตัวอย่างที่ผ่านแรงแต่ละขนาด เป็นร้อยละของมวลตัวอย่างแห้งทั้งหมด

ภาคผนวก ง.

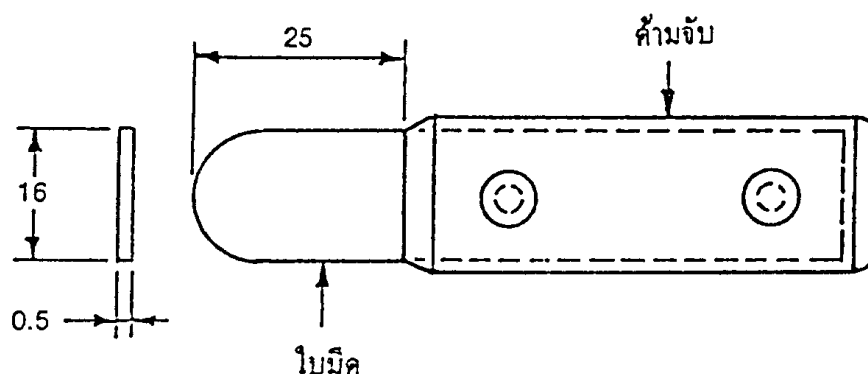
การทดสอบหาระยะเวลาการก่อดัว

(ข้อ 8.2.3)

ง.1 การหาเวลาการก่อดัวระยะต้น

ง.1.1 เครื่องมือ

- ง.1.1.1 จานก่อดัว (setting dish) เป็นจานเปิดภายในลึก 10 mm ผลิตจากวัสดุที่ไม่ดูดซับ ทนต่อการกัดกร่อน และสามารถใส่ส่วนผสมของปูนยิปซัมและน้ำได้ไม่น้อยกว่า 200 g
- ง.1.1.2 มีดตัด (grooving instrument) (รูปที่ ง.1) ประกอบด้วยใบมีดแข็งด้านขนาน ขอบตั้งได้ฉากกันและทนต่อการกัดกร่อน หนา $0.5 \text{ mm} \pm 0.05 \text{ mm}$ มีด้ามจับที่เหมาะสม



รูปที่ ง.1 มีดตัด

(ข้อ ง.1.1.2)

ง.1.2 วิธีหาความชันเหลวมาตรฐานสำหรับการทดสอบหาเวลาการก่อดัวระยะต้น

ง.1.2.1 เครื่องมือ

- (1) แบบหล่อรูปวงแหวน เป็นรูปทรงกระบอกกลวง ทำด้วยวัสดุที่ไม่ดูดซับและทนทานต่อการกัดกร่อน มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 35 mm สูง 51 mm ปลายทั้งสองตั้งฉากกับแนวแกนตามยาวของแบบหล่อ
- (2) แผ่นรองแบบหล่อ เป็นแผ่นกระจกรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาดด้านประมาณ 250 mm
- (3) พายกวาน (spatula) กว้างประมาณ 20 mm

ง.1.2.2 วิธีทดสอบ

- (1) วางแบบหล่อตรงกลางแผ่นรองที่สะอาด แห้ง และวางอยู่ในแนวราบ

- (2) โรยตัวอย่างปูนยิปซัมอย่างน้อย 75 g อย่างสม่ำเสมอลงบนผิวน้ำในอ่างผสมที่ทราบปริมาตรเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 15 s และปล่อยทิ้งไว้อีก 30 s พร้อมกับเคาะอ่างผสมเพื่อไล่ฟองอากาศ
- (3) ใช้พายกวานกวนของผสมเป็นเวลา 60 s
- (4) ค่อยๆ เทของผสมลงในแบบหล่อจนเต็ม
- (5) หลังจาก 2 min นับตั้งแต่โรยตัวอย่างปูนยิปซัมลงบนผิวน้ำ ให้ยกแบบหล่อขึ้นในแนวตั้งและปล่อยให้ของผสมกระจายบนแป้นรอง ทดสอบซ้ำอีกจนได้ของผสมมีความชื้นเหลวมาตรฐานตามที่กำหนดในข้อ ง.1.2.3

ง.1.2.3 ความชื้นเหลวมาตรฐาน

- (1) ของผสมจะมีความชื้นเหลวมาตรฐานก็ต่อเมื่อค่าเฉลี่ยของความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางของการกระจายที่ยาวที่สุดและสั้นที่สุดเท่ากับ $100 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$
- (2) ค่าความชื้นเหลวมาตรฐานแสดงโดยปริมาตรน้ำเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร ที่ใช้ในการผสมตัวอย่างปูนยิปซัม 100 g

ง.1.3 วิธีทดสอบ

ผสมตัวอย่างกับน้ำให้ได้ของผสมที่มีความชื้นเหลวมาตรฐานตามวิธีที่กำหนดในข้อ ง.1.2 แล้วเทของผสมลงในจานก่อตัว ปาดของผสมให้สูงเสมอขอบจานแล้วตั้งทิ้งไว้จนของผสมเริ่มก่อตัว ใช้มีดตัดกรีดลงบนของผสมจนถึงส่วนล่างของจาน ให้มีความยาวไม่น้อยกว่า 50 mm และให้ทำทุกๆ 1 min จนกระทั่งร่องที่ทำไว้ยังคงเปิดเต็มความยาวและความลึกเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 1 min

หมายเหตุ สามารถสังเกตการเริ่มก่อตัวของของผสมได้ เมื่อใช้ปลายใบมีดกดลงบนของผสมแล้วเริ่มเห็นรอยแยก

- ง.1.4 เวลาการก่อตัวระยะต้นของตัวอย่าง ให้นับตั้งแต่เริ่มผสมตัวอย่างกับน้ำจนกระทั่งร่องที่ทำไว้ยังคงเปิดเต็มความยาวและความลึกเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 1 min

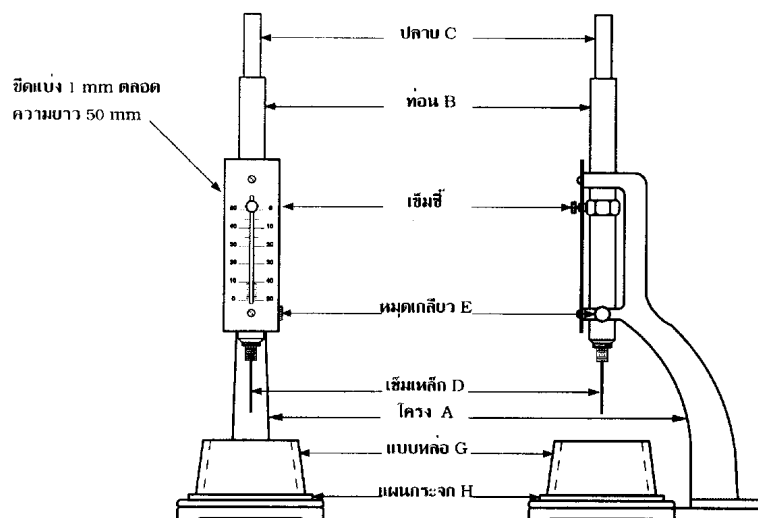
ง.2 การหาเวลาการก่อตัวระยะปลาย

ง.2.1 เครื่องมือ

ง.2.1.1 เครื่องมือทดสอบแบบไวแคต (รูปที่ ง.2)

ประกอบด้วยโครง A ที่ยึดท่อน B ซึ่งเลื่อนได้และกลับหัวกลับท้ายได้ หนัก $300 \text{ g} \pm 0.5 \text{ g}$ ท่อน B ทำด้วยโลหะที่ไม่เป็นสนิม มีความแข็งร็อกเวลล์ไม่น้อยกว่า ซี 35 (Rockwell C 35) และอยู่ในแนวตรงกับปลาย C ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง $10 \text{ mm} \pm 0.05 \text{ mm}$ ยาวไม่น้อยกว่า 50 mm หน้าที่ปลาย C ต้องตั้งฉากกับแกนของท่อน B อีกปลายหนึ่งของท่อน B ติดเข็มเหล็กถอดได้ D ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง $1 \text{ mm} \pm 0.05 \text{ mm}$ ยาว 50 mm มีหมุดเกลียว E ยึดท่อน B เพื่อให้ตั้งอยู่ในตำแหน่งใดก็ได้ เข็มซี่ F ติดอยู่กับท่อน B โดยเข็มซี่ F เลื่อนตำแหน่งได้ เข็มนี้จะขึ้นมาตรฐานซึ่งแบ่งเป็นมิลลิเมตรและยึดติดอยู่กับโครง A มาตรฐานนี้เมื่อสอบเทียบกับบรรทัดมาตรฐานที่วัดได้ละเอียดถึง 0.1 mm ทุกจุดแล้ว จะต้องคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.25 mm ไม่ว่าจะวัดที่จุดใด ๆ ก็ตาม

หมายเหตุ อาจใช้เครื่องมือทดสอบหาเวลาการก่อตัวระยะปลายแบบอัตโนมัติได้



รูปที่ ง.2 เครื่องมือทดสอบแบบไวแคต
(ข้อ ง.2.1.1)

ง.2.1.2 แบบหล่อ

เป็นวงแหวนรูปกรวย G ทำด้วยวัตถุแข็งที่ทนทานต่อการกัดกร่อนและไม่ดูดซึมน้ำ มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน $70 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ ที่ฐาน และ $60 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ ที่ปลายบน สูง $40 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ วางอยู่บนแผ่นกระจก H รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดด้านประมาณ 100 mm

ง.2.2 วิธีหาความชื้นเหลวมาตรฐานสำหรับการทดสอบหาเวลาการก่อตัวระยะปลาย

ง.2.2.1 เครื่องมือ

(1) เครื่องทดสอบแบบไวแคตดัดแปลง (รูปที่ ง.3)

ประกอบด้วยโครง A รับแท่งทองเหลือง B ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.3 mm ยาวเพียงพอและเลื่อนขึ้นลงได้คล่องในปลอกที่เอพอี-ฟลูออโรคาร์บอน 2 อันที่ปลายบนและล่าง ที่ปลอกล่างมีหมุดเกลียว E ใช้ยึดแท่งทองเหลือง B ให้อยู่ในระดับต่างๆ ได้ กลางแท่งทองเหลือง B มีขีดเครื่องหมาย D บอกตำแหน่งของแท่งทองเหลือง B เทียบกับสเกล F เป็นมิลลิเมตร และติดอยู่กับโครง A ปลายล่างของแท่งทองเหลือง B มีกรวย C ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางฐานกรวย 45 mm และสูง 45 mm (มุมยอดแหลม $53^\circ 8'$) ติดอยู่ ตัวกรวยทำด้วยอะลูมิเนียม ก้นกรวยทำด้วยเหล็กกล้าไร้สนิม แท่งทองเหลือง B และกรวย C มีมวลรวมกัน 35 g แต่อาจเพิ่มมวลได้ โดยขึ้นแท่งมวล G ที่ปลายบนของแท่งทองเหลือง B

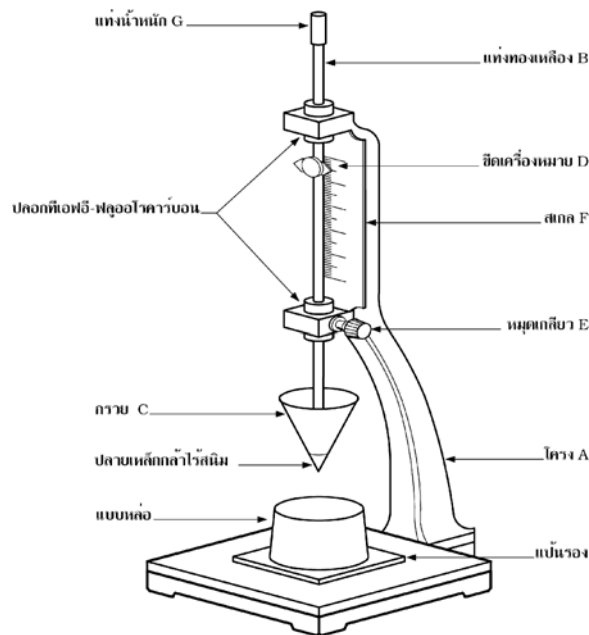
- (2) แบบหล่อ

เป็นวงแหวนรูปกรวย ทำด้วยวัตถุแข็งที่ทนทานต่อการกัดกร่อนและไม่ดูดซึมน้ำ มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 60 mm ที่ฐาน และ 70 mm ที่ปลายบน และสูง 40 mm

- (3) แป้นรอง

เป็นแผ่นกระจกรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดด้านประมาณ 100 mm

หมายเหตุ ควรมีอย่างกันกระแทกไว้ป้องกันปลายกรวยในกรณีที่ยังไม่มีการทดสอบ



รูปที่ ๖.3 เครื่องทดสอบแบบไวแคตดัดแปลง
(ข้อ ๖.2.2.1(1))

ง.2.2.2 วิธีทดสอบ

- (1) ทำความสะอาดกรวย C แบบหล่อ และแผ่นกระจกของเครื่องทดสอบ และใช้จาระบีหรือน้ำมันหล่อลื่นที่เหมาะสมบางๆ บนผิวหน้าของแผ่นกระจกเพื่อป้องกันการรั่วระหว่างการทดสอบ
- (2) ผสมตัวอย่าง 300 g กับน้ำที่ละลายผงโซเดียมซิเตรต 0.6 g ที่ทราบปริมาตรแน่นอนและมีอุณหภูมิ $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 2 min แล้วคนของผสมเป็นเวลา 1 min จนมีความชื้นเหลวทั่วกัน ค่อยๆ เทของผสมลงในแบบหล่อแล้วเคาะเบาๆ เพื่อไล่ฟองอากาศ ปาดส่วนที่ล้นออกให้เสมอขอบบนของแบบหล่อ จากนั้นทำกรวย C ให้เปียกแล้วเลื่อนลงแตะผิวหน้าของตัวอย่างที่บริเวณศูนย์กลางของแบบหล่อ อ่านมาตราส่วนบนสเกล F แล้วปล่อยกรวย C ทันที หลังจากกรวย C หยดจมน้ำแล้วให้อ่านสเกล F อีกครั้งหนึ่ง
- (3) เพื่อป้องกันความผิดพลาดของค่าทดสอบที่หาได้ ให้ทดสอบซ้ำอย่างต่อเนื่อง 2 หรือ 3 ครั้ง โดยดูแลตัวอย่างให้เต็มแบบหล่อพอดี และกรวย C ต้องสะอาดและเปียก
- (4) ตัวอย่างปฏิกิริยาจะมีความชื้นเหลวมาตรฐานเมื่อมีระยะจมน้ำจากผิวหน้า $30\text{ mm} \pm 2\text{ mm}$ โดยใช้แท่งทองเหลือง B และกรวย C ของเครื่องทดสอบแบบไวแคตตัดแปลงที่ขึ้นแท่งมวล G เพิ่มจนได้ 35 g ค่าความชื้นเหลวมาตรฐานแสดงโดยปริมาตรน้ำเป็นลูกบาศก์เซนติเมตรที่ใช้ในการผสมตัวอย่างปฏิกิริยา 100 g

ง.2.3 วิธีทดสอบเพื่อหาเวลาการก่อตัวระยะปลาย

- ง.2.3.1 ผสมตัวอย่าง 200 g กับน้ำในปริมาณที่จะให้มีความชื้นเหลวมาตรฐานตามวิธีที่กำหนดในข้อ ง.2.2 แต่ห้ามเติมสารหน่วงการก่อตัว แล้วนำไปทดสอบด้วยเครื่องมือทดสอบแบบไวแคตตามข้อ ง.2.1.1 โดยวางแบบหล่อบนแผ่นกระจก แล้วนำของผสมที่เตรียมได้ใส่ลงไปให้สูงเสมอขอบแบบหล่อ วางปลายเข็มให้สัมผัสกับส่วนบนของของผสมและขึ้นสกรูให้แน่น ปล่อยให้เข็มจมลงในตัวอย่าง หลังจากเข็มแทงทะลุตัวอย่างแต่ละครั้งให้เช็ดเข็มให้สะอาด แล้วเลื่อนแบบหล่อเล็กน้อยเพื่อไม่ให้เข็มแทงซ้ำตรงตำแหน่งเดิม ปล่อยให้เข็มจมหลายๆ ครั้ง โดยให้ช่วงเวลาแรก 10 min และช่วงเวลาถัดไปทุกๆ 5 min และให้ถือว่าตัวอย่างก่อตัวแล้วต่อเมื่อเข็มไม่สามารถจมทะลุถึงแผ่นรองรับของตัวอย่างและระยะการจมของเข็มไม่เปลี่ยนแปลง

หมายเหตุ ช่วงเวลาแรก คือ ระยะเวลานับแต่เริ่มผสมตัวอย่างกับน้ำจนถึงปล่อยเข็มให้จมครั้งแรก

- ง.2.3.2 เวลาการก่อตัวของปฏิกิริยาให้นับตั้งแต่เริ่มผสมตัวอย่างกับน้ำจนกระทั่งถึงเวลาที่ตัวอย่างก่อตัวแล้ว เป็นนาฬิกา

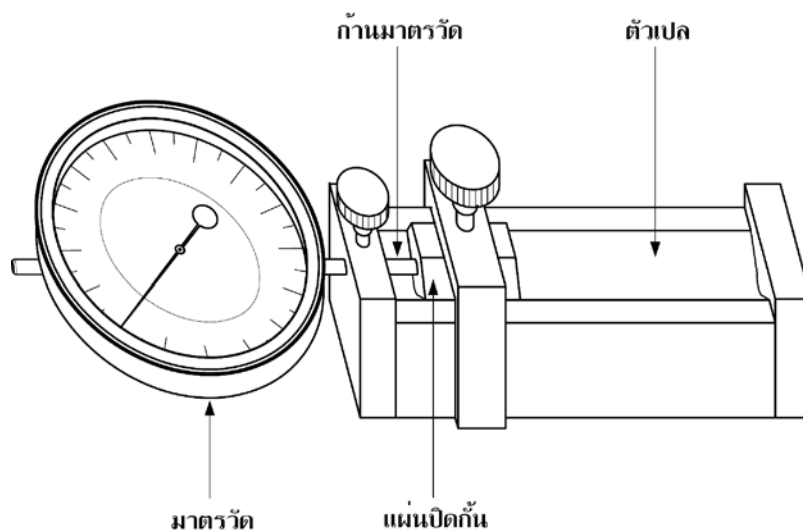
ภาคผนวก จ.

การทดสอบหาการขยายตัวเชิงเส้นจากการก่อตัว (ข้อ 8.2.4)

จ.1 เครื่องมือ

จ.1.1 เครื่องวัดการยืดขยาย (extensometer) (รูปที่ จ.1)

มีรูปร่างแบบเปลือยตัว V ทำด้วยทองเหลืองหรือบรอนซ์ยาวไม่น้อยกว่า 100 mm กว้างประมาณ 60 mm และลึกประมาณ 25 mm โดยมีก้านเปลโค้งมน ปลายด้านหนึ่งปิดและยึดติดกับฐาน ปลายอีกด้านหนึ่งมีแผ่นปิดกั้นซึ่งเลื่อนได้และยึดติดกับก้านมาตรวัดแบบนาฬิกาซึ่งอ่านได้ละเอียดเป็น 0.01 mm สปริงของมาตรวัดนี้ต้องอ่อนและเคลื่อนไหวได้ง่าย ให้เคลือบจาระบีที่ตัวแปลก่อนใช้เพื่อป้องกันไม่ให้ตัวอย่างปูดบวมเกาะติด และรองด้วยกระดาษบางหรือพลาสติกชนิดไม่ดูดซับและมีผิวเป็นมัน ต้องเปลี่ยนกระดาษใหม่ทุกครั้งที่ทำทดสอบ



รูปที่ จ.1 เครื่องวัดการยืดขยาย
(ข้อ จ.1.1)

จ.1.2 การปรับเครื่องมือ

เคลื่อนแผ่นปิดกันไปข้างหน้าเล็กน้อยให้พื้นแปลเพื่อกำจัดสิ่งที่ยังอยู่ ตั้งแผ่นปิดกันซึ่งเลื่อนได้ให้ตัวอย่างมีความยาว 100 mm แล้วปรับมาตรวัดให้อยู่ขีดศูนย์

จ.2 วิธีทำให้ปูนยิปซัมอยู่ตัว

ตัวอย่างปูนยิปซัมที่นำไปทดสอบการขยายตัวตามเชิงเส้นจากการก่อตัว ความต้านแรงดัด และความแข็งของพื้นผิวจะต้องทำให้อยู่ตัวเสียก่อนด้วยวิธีดังต่อไปนี้

ผึ่งตัวอย่างปูนยิปซัมในบรรยากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ $(65 \pm 3)\%$ ณ อุณหภูมิ $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ โดยเกลี่ยเป็นชั้นหนาไม่เกิน 12 mm เป่าอากาศให้หมุนเวียนเหนือตัวอย่างตลอดเวลา 3 d ถึง 4 d ในกรณีที่ไมอาจหาห้องที่ปรับความชื้นตามที่กำหนดได้ให้ควบคุมความชื้นโดยนำจานมาใส่สารละลายอิมมัวแอมโมเนียมไนเตรดที่มีเกลือแอมโมเนียมไนเตรดปนอยู่ไปไว้ในตู้ที่ปิดสนิท เก็บตัวอย่างปูนยิปซัมไว้ในตู้เดียวกันและเป่าอากาศภายในตู้ให้หมุนเวียนเหนือสารละลายและตัวอย่างตลอดเวลา 3 d ถึง 4 d

จ.3 วิธีทดสอบ

หลังจากทำให้ตัวอย่างปูนยิปซัมอยู่ตัวตามวิธีที่กำหนดในข้อ จ.2 แล้วให้ชั่งตัวอย่าง 200 g ผสมกับน้ำจนได้ความชื้นเหลวมาตรฐานตามวิธีที่กำหนดในภาคผนวก ข.3 บรรจุของผสมลงในเพลตันที่ ต้องปรับให้มาตรวัดอยู่ที่ขีดศูนย์ วางเครื่องวัดการยืดยาวในตู้ขึ้น ทิ้งไว้โดยไม่รบกวนเป็นเวลา 24 h จากนั้นบันทึกค่าบนมาตรวัดเป็นมิลลิเมตร

จ.4 การขยายตัวเชิงเส้นจากการก่อตัว ร้อยละ = ค่าที่อ่านได้บนมาตรวัด เป็นมิลลิเมตร

ภาคผนวก จ.

การทดสอบความต้านแรงอัด

(ข้อ 8.2.5)

จ.1 เครื่องมือ

- จ.1.1 แบบหล่อ จำนวน 2 ชุดทำด้วยวัสดุที่ทนต่อการกัดกร่อน แต่ละชุดมีช่องรูปลูกบาศก์จำนวน 4 ช่อง ขนาดด้านละ $25^{+0.5}_{-0.1}$ mm
- จ.1.2 แป้นรอง ทำด้วยโลหะหรือกระจก
- จ.1.3 ภาชนะที่สะอาดและเหมาะสม
- จ.1.4 เครื่องทดสอบความต้านแรงอัด เป็นเครื่องที่สามารถปรับแป้นกดได้ในอัตรา 0.5 mm/min หรือใช้อัตราแรงกดประมาณ 350 kPa/s

จ.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

- จ.2.1 ผสมตัวอย่างปูนยิปซัมประมาณ 150 g กับน้ำ ให้ได้ของผสมที่มีความชื้นเหลวมาตรฐานตามวิธีที่กำหนดในข้อ ง.1.2
- จ.2.2 เทของผสมลงในแบบหล่อชุดที่ 1 ซึ่งวางอยู่บนแป้นรอง โดยค่อยๆ เทลงในแต่ละช่องกลับไปกลับมาจนเต็มทุกช่อง
- จ.2.3 ค่อย ๆ เคาแบบหล่อเพื่อไล่ฟองอากาศออกจากของผสม จากนั้นปาดผิวหน้าให้เรียบเสมอบนของแบบหล่อ
- จ.2.4 เตรียมของผสมส่วนที่ 2 และทำการหล่อขึ้นทดสอบชุดที่ 2 ในลักษณะเช่นเดียวกับการหล่อขึ้นทดสอบชุดที่ 1
- จ.2.5 วางแบบหล่อทั้ง 2 ชุด ไว้เหนือน้ำในภาชนะที่มีฝาปิด เป็นเวลา 24 h
- จ.2.6 นำชิ้นทดสอบออกจากแบบหล่อ และทำให้แห้งที่อุณหภูมิไม่เกิน 40 °C และความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 50% ซึ่งมวลชิ้นทดสอบเป็นช่วง ๆ แต่ละช่วงเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 1 h จนกระทั่งชิ้นทดสอบมีมวลคงที่ (ต่างกันไม่เกิน 0.1%) จึงตัดสินได้ว่าชิ้นทดสอบแห้งสนิท
หมายเหตุ ให้ทำเครื่องหมายที่เหมาะสม หรือโดยวิธีอื่นบนชิ้นทดสอบเพื่อให้แน่ใจว่าเป็นชิ้นทดสอบชุดนั้น ๆ ก่อนนำไปทดสอบหลังการทำให้แห้ง

จ.3 วิธีทดสอบ

- จ.3.1 ทันที่ที่ขึ้นทดสอบแห้ง ให้นำไปทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 min
- จ.3.2 ทันที่ที่ขึ้นทดสอบเย็นตัวลง ให้ทำการแยกหาความต้านแรงอัดของชิ้นทดสอบแต่ละชุด โดยใช้เครื่องทดสอบตามข้อ จ.1.4 กดลงบนชิ้นทดสอบด้านเรียบซึ่งเป็นด้านที่สัมผัสกับด้านในของแบบหล่อ

ฉ.4 การรายงานผล

รายงานค่าเฉลี่ยของความต้านแรงอัดของชั้นทดสอบ 8 ก้อน ในหน่วยเมกะปาสกาล

ฉ.5 การทดสอบซ้ำ

ถ้าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความต้านแรงอัดของชั้นทดสอบชุดที่ 1 กับค่าเฉลี่ยความต้านแรงอัดของชั้นทดสอบชุดที่ 2 มีมากกว่า 12.5% ของค่าเฉลี่ยความต้านแรงอัดของชั้นทดสอบทั้งหมด ให้ยกเลิกผลการทดสอบนั้นและทำการทดสอบใหม่

ภาคผนวก ข.

การทดสอบหาความต้านแรงดัด

(ข้อ 8.2.6)

ข.1 เครื่องมือ

- ข.1.1 แบบหล่อก้อนทดสอบภาคตัดขวางสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 25 mm x 25 mm ยาว 100 mm หล่อก้อนทดสอบได้ 6 ก้อน และต้องประกอบกันได้สนิทแน่น แบบหล่อนี้ทำด้วยวัสดุที่ทนต่อการกัดกร่อน มิติของแบบหล่อทางด้านยาว $25 \text{ mm} \pm 0.5 \text{ mm}$ ผิวภายในต้องเรียบโดยแปรผันความหนาได้ไม่เกิน 0.01 mm ต่อความยาว 25 mm และ 0.04 mm ต่อความยาวทั้งหมด เป็นร่องแบบหล่อทำด้วยโลหะหรือกระจกปูสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดประมาณ 150 mm x 230 mm x 6 mm และจะต้องเรียบพอที่จะทำหน้าที่เป็นอีกด้านหนึ่งของชิ้นทดสอบได้ ใช้จาระบีทาที่ด้านข้างของแบบหล่อโดยรอบเพื่อป้องกันการรั่ว
- ข.1.2 ตู้เก็บชิ้นทดสอบ ภายในตู้มีความชื้นสัมพัทธ์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 ณ อุณหภูมิ $20^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$
- ข.1.3 ตู้อบซึ่งระบายอากาศได้ดี และควบคุมอุณหภูมิได้ระหว่าง 42°C ถึง 48°C
- ข.1.4 เครื่องทดสอบความต้านแรงดัดหรือเครื่องทดสอบความต้านแรงดึงที่ใช้ทดสอบปูนซีเมนต์ ซึ่งได้ดัดแปลงหัวยึด และปรับอัตราการเพิ่มแรงให้เหมาะสมแล้ว
- ข.1.5 แท่งกระทุ้งทำด้วยวัสดุที่ทนทานต่อการกัดกร่อน มีหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 6 mm x 6 mm
- ข.1.6 ลูกกลิ้งโลหะรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 mm ยาวพอสมควร จำนวน 3 ลูก

ข.2 ทรายมาตรฐาน จะต้องเป็นทรายเล็ดน บัซซาร์ด (Leighton Buzzard sand) หรือทรายออตตาวา (Ottawa sand) หรือทรายจากที่อื่น ๆ ที่มีคุณภาพเทียบเท่า และจะต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- ข.2.1 ผ่านร่งขนาด $850 \mu\text{m}$ ได้หมดและผ่านร่งขนาด $600 \mu\text{m}$ ได้ไม่เกิน 10%
- ข.2.2 มวลของทรายที่หายไปจะต้องไม่เกิน 0.25% หลังจากอบทรายที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 1 h แล้วนำมา 2 g ใส่ในชามพอร์ซเลน เติมกรดไฮโดรคลอริกที่มีความหนาแน่น 1.16 g/cm^3 และน้ำกลั่นอย่างละ 20 cm^3 ทำให้อุ่นบนเครื่องอ่างน้ำเป็นเวลา 1 h ใช้น้ำร้อนล้างให้สะอาด ทำให้แห้งและเผาในบ้าฝาปิด (covered crucible) ที่อุณหภูมิระหว่าง $1\ 050^\circ\text{C}$ ถึง $1\ 100^\circ\text{C}$

ข.3 ความชื้นเหลวมาตรฐานสำหรับการทดสอบหาความต้านแรงดัด

ข.3.1 ความชื้นเหลวมาตรฐานสำหรับปูนยิปซัมประเภท 1.

ข.3.1.1 เครื่องมือ

ประกอบด้วยกระบอกกลวงทำด้วยโลหะที่ทนทานต่อการกัดกร่อน มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 30 mm สูง 50 mm ปลายทั้งสองตั้งฉากกับแนวแกนตามยาว พร้อมทั้งแป้นรองทำด้วยโลหะที่ไม่เป็นสนิมหรือกระจกปูสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดด้านไม่น้อยกว่า 200 mm

ข.3.1.2 วิธีทดสอบ

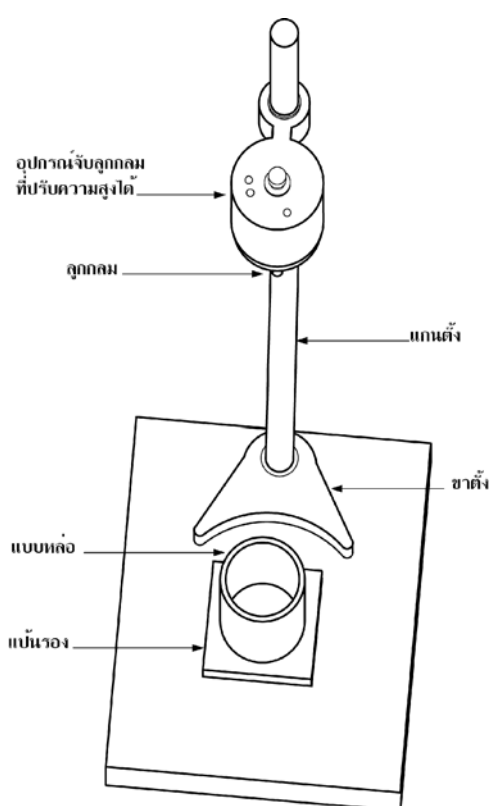
โรยตัวอย่างปูนยิปซัม 100 g อย่างสม่ำเสมอภายในระยะเวลา 30 s ลงบนน้ำที่ทราบปริมาตรแน่นอน และมีไฮเดียมซีเทรตละลายอยู่ 0.1 g ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 30 s แล้วคนเป็นเวลา 60 s เทของผสมลงในกระบอกโลหะจนเต็ม ปาดผิวหน้าให้เรียบ จับเวลา 30 s นับตั้งแต่หยุดคนของผสม แล้วยกกระบอก

โลหะขึ้นตรง ๆ ปล่อยให้ช่องผสมกระจายอยู่บนแป้นรอง วัดเส้นผ่านศูนย์กลางที่มากที่สุดและน้อยที่สุดของการกระจาย แล้วหาค่าเฉลี่ย ถ้าค่านี้อยู่ระหว่าง 78 mm ถึง 80 mm ให้ถือว่าตัวอย่างปูนยิปซัมนั้นมีความชื้นเหลวมาตรฐาน บันทึกปริมาตรน้ำเป็นลูกบาศก์เซนติเมตรที่ใช้ในการผสมตัวอย่างปูนยิปซัม 100 g

ช.3.2 ความชื้นเหลวมาตรฐานสำหรับปูนยิปซัมประเภท 2. ชนิดรองพื้น

ช.3.2.1 เครื่องมือ

- (1) เครื่องวัดความจมด้วยการทิ้งลูกกลม (dropping ball penetrometer) (รูปที่ ช.2) ประกอบด้วยขาตั้งที่มั่นคง มีแกนตั้งอยู่ในแนวตั้ง มีอุปกรณ์จับลูกกลมเพื่อให้สามารถปล่อยลงกลางแบบหล่อได้ อุปกรณ์นี้ยึดติดอยู่กับแกนตั้งโดยปรับความสูงได้



รูปที่ ช.2 เครื่องวัดความจมด้วยการทิ้งลูกกลม
(ข้อ ช.3.2.1(1))

- (2) ลูกกลม ทำด้วยเมทิลเมทาคริเลต (methylmethacrylate) หรือสารสังเคราะห์อื่นใดหรือโลหะอื่นๆ ที่มีคุณภาพเทียบเท่า มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 mm หนัก $10 \text{ g} \pm 0.3 \text{ g}$
- (3) แบบหล่อ เป็นวงแหวนรูปทรงกระบอก ทำด้วยวัสดุแข็งที่ทนทานต่อการกัดกร่อน และไม่ดูดซึมน้ำ มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน $100 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ สูง $50 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ พร้อมทั้งแผ่นกระจก รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดด้านประมาณ 150 mm

ช.3.2.2 วิธีทดสอบ

ผสมตัวอย่างปูนยิปซัมกับน้ำในปริมาณที่พอเหมาะ โดยให้ความเข้มข้นเหลวคล้ายครีมข้น บรรจุของผสมลงในแบบหล่อและใช้มีดบางปาดหน้าประมาณ 10 ครั้งเพื่อกำจัดฟองอากาศ ปาดผิวหน้าให้เรียบเสมอกับขอบบนของแบบหล่อ ปล่อยลูกกลมลงบริเวณตรงกลางแบบหล่อที่ความสูง 250 mm นับจากระดับล่างสุดของลูกกลมถึงระดับผิวบนของของผสม วัดระยะการจมของลูกกลมเป็นมิลลิเมตรของผสมจะมีความเข้มข้นเหลวมาตรฐาน เมื่อลูกกลมจมลงไป 9 mm ถึง 10 mm

ช.4 วิธีเตรียมชิ้นทดสอบ

ช.4.1 วิธีเตรียมชิ้นทดสอบสำหรับปูนยิปซัมประเภท 1

ทำให้ตัวอย่างปูนยิปซัมอยู่ตัวตามวิธีที่กำหนดในภาคผนวก จ. ข้อ จ.2 แล้วเตรียมชิ้นทดสอบ 6 ชิ้น โดยโรยตัวอย่างที่อยู่ตัวแล้ว 500 g อย่างสม่ำเสมอภายในระยะเวลา 30 s ลงบนน้ำในปริมาณที่ได้จากการหาความเข้มข้นเหลวมาตรฐานตามวิธีที่กำหนดในข้อ ช.3.1 ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 30 s แล้วคนเป็นเวลา 60 s ถึง 120 s จนของผสมมีความเข้มข้นเหลวทั่วกัน เทของผสมลงในแบบหล่อทันที เขย่าแบบหล่อด้วยมือเพื่อกำจัดฟองอากาศ ปาดส่วนที่เกินออกแต่ให้คงเหลือของผสมไว้เกินขอบบนของแบบหล่อเล็กน้อย ทั้งนี้ให้ปฏิบัติโดยเร็วที่สุดหลังจากการผสม ปล่อยตัวอย่างไว้ในแบบหล่อไม่ให้ถูกรบกวนเป็นเวลา 24 h โดยคลุมด้วยผ้าชื้นหรือเก็บไว้ในตู้เก็บชิ้นทดสอบ ชุดผิวบนของชิ้นทดสอบให้เรียบเสมอกับขอบบนของแบบหล่อนำชิ้นทดสอบออกจากแบบหล่อและนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิระหว่าง 42 °C ถึง 48 °C จน มีมวลคงที่แล้วเก็บไว้ในเดซิกเคเตอร์จนกว่าจะนำไปทดสอบ

ช.4.2 วิธีเตรียมชิ้นทดสอบสำหรับปูนยิปซัมประเภท 2 ชนิดร่อนพื้น

ทำให้ตัวอย่างปูนยิปซัมอยู่ตัวตามวิธีที่กำหนดในภาคผนวก จ. ข้อ จ.2 แล้วเตรียมชิ้นทดสอบ 6 ชิ้น โดยผสมตัวอย่างที่อยู่ตัวแล้ว 200 g กับทรายมาตรฐาน (ข้อ ช.2) ในอัตราส่วน 1 ต่อ 3 ของน้ำหนักใช้เวลาผสม 2 s แล้วจึงนำไปผสมกับน้ำเพื่อให้ได้ความเข้มข้นเหลวมาตรฐาน โดยหาจำนวนน้ำที่เหมาะสมด้วยการทดลองใช้น้ำระหว่าง 14% ถึง 17% ของมวลผสมแห้งทั้งหมด คือ ประมาณ 112 cm³ ถึง 136 cm³ เติมน้ำของผสมลงในน้ำภายในช่วงเวลา 30 s ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 30 s คนแรงๆ ด้วยพายปาดชนิดใบแข็งอีก 1 min เพื่อให้เป็นครีมที่มีความเข้มข้นเหลวสม่ำเสมอ แล้วนำไปทดสอบความเข้มข้นเหลวมาตรฐานของผสมตามวิธีที่กำหนดในข้อ ช.3.2 ถ้าของผสมมีความเข้มข้นเหลวมาตรฐาน ให้เติมน้ำของผสมลงในแบบหล่อทันที ถ้าของผสมยังไม่มีเข้มข้นเหลวมาตรฐาน ให้ทดสอบใหม่ทั้งหมดโดยใช้ปริมาณน้ำผสมที่ต่างออกไป เติมน้ำของผสมที่ได้ลงในแบบหล่อเพียงครึ่งหนึ่งของความสูงอัดของผสมโดยใช้แท่งทองเหลือง กระทุ้ง 10 ครั้งตามแนวยาวของแบบหล่อ แล้วจึงเติมน้ำของผสมลงแบบหล่อจนเต็มเหนือขอบบน ใช้แท่งทองเหลืองกระทุ้งอีก 10 ครั้งเช่นเดียวกัน ปล่อยชิ้นทดสอบไว้ในแบบหล่อไม่ให้ถูกรบกวนเป็นเวลา 24 h โดยคลุมด้วยผ้าชื้นหรือเก็บไว้ในตู้เก็บชิ้นทดสอบ ชุดผิวบนของชิ้นทดสอบให้เรียบเสมอกับระดับส่วนบนของแบบหล่อนำชิ้นทดสอบออกจากแบบหล่อและนำไปอบในตู้อบซึ่งระบายอากาศได้ดีที่อุณหภูมิระหว่าง 42 °C ถึง 48 °C จนแห้งและมีมวลคงที่

ช.5 วิธีทดสอบ

นำชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นมาวางพาดบนกึ่งกลางของลูกกลิ้งโลหะรูปทรงกระบอก 2 ลูก ที่วางขนานกันและห่างกัน 75 mm นับจากจุดศูนย์กลางของลูกกลิ้งแต่ละลูก เพิ่มแรงโดยใช้ลูกกลิ้งอีกลูกหนึ่งวางทับบนชิ้นทดสอบที่จุดกึ่งกลางระหว่างลูกกลิ้งสองลูกแรก และให้อยู่ในแนวขนานกัน ห้ามใช้วัตถุอื่นใดรองระหว่างลูกกลิ้งกับชิ้นทดสอบ และให้วางชิ้นทดสอบในลักษณะที่ด้านที่สัมผัสกับลูกกลิ้งเป็นด้านที่ติดกับผิวภายในของแบบหล่อ เพิ่มแรงให้สม่ำเสมอโดยเริ่มจากศูนย์ด้วยอัตราไม่น้อยกว่า 200 N/min แต่ไม่เกิน 800 N/min จนชิ้นทดสอบหัก

ช.6 วิธีคำนวณ

หาค่าเฉลี่ยของแรงที่ทำให้ชิ้นทดสอบหักเป็นนิวตัน แล้วคูณด้วยค่าคงที่ 0.007 2 ค่าที่ได้คือค่าความต้านแรงตัดที่จุดมอดุลัสแตกร้าว (modulus of rupture) เป็นเมกะปาสกาล

ภาคผนวก ข.

การทดสอบหาความแข็งของพื้นผิว (ข้อ 8.2.7)

ข.1 เครื่องมือ

ข.1.1 แบบหล่อ เป็นไปตามข้อ ข.1.1

ข.1.2 ตู้เก็บชื้นทดสอบ เป็นไปตามข้อ ข.1.2

ข.1.3 ลูกกลม ทำด้วยเหล็กกล้า (hard steel) หรือโลหะอื่นๆ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 12.7 mm และมีมวล $8.3 \text{ g} \pm 0.2 \text{ g}$

ข.1.4 ท่อ ต้องตรงมีผิวเรียบ สะอาดและแห้ง มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในประมาณ 16 mm และยาวประมาณ 1 720 mm

ข.1.5 แท่งกระทุ้ง เป็นไปตามข้อ ข.1.5

ข.2 ความชื้นเหลวมาตรฐานสำหรับการทดสอบหาความแข็งของพื้นผิว

วิธีหาความชื้นเหลวมาตรฐานให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในข้อ ข.3.2 แต่ความชื้นเหลวมาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบนี้ให้มีระยะจม 15 mm ถึง 16 mm ในกรณีที่ตัวอย่างแข็งตัวเร็วเกินไปให้เติมโซเดียมซิเตรต 0.1 g ลงไปในน้ำที่ใช้ผสมในการหาความชื้นเหลวมาตรฐาน

ข.3 วิธีเตรียมชิ้นทดสอบ

ข.3.1 ปูนยิปซัมประเภท 2 ชนิดฉาบหน้า

ทำให้ตัวอย่างปูนยิปซัมอยู่ตัวตามวิธีที่กำหนดในภาคผนวก จ. ข้อ จ.2 แล้วเตรียมชิ้นทดสอบ 4 ชิ้น โดยชั่งตัวอย่าง 400 g เทลงในน้ำในปริมาณที่หาได้จากข้อ ข.2 เพื่อให้ได้ความชื้นเหลวมาตรฐานภายในระยะเวลา 30 s ทั้งไว้ 1 min แล้วใช้พายปาดชนิดใบแข็งคนให้เข้ากันเป็นเวลา 2 min เพื่อให้เป็นครีมที่มีความชื้นเหลวสม่ำเสมอ แล้วเทของผสมลงในแบบหล่อเป็น 2 ชั้น แต่ละชั้นอัดให้แน่นโดยใช้แท่งทองเหลืองกระทุ้ง 10 ครั้งตามแนวยาวของแบบหล่อ ปาดให้ผิวบนเรียบเสมอรระดับเดียวกับส่วนบนของแบบหล่อ ปลอยชิ้นทดสอบไว้ในแบบหล่อไม่ให้ถูกรบกวนเป็นเวลา 24 h โดยคลุมด้วยผ้าชื้นหรือเก็บไว้ในตู้เก็บชื้นทดสอบ หลังจากนั้นนำชิ้นทดสอบออกจากแบบหล่อและนำไปอบในตู้อบซึ่งระบายอากาศได้ดีที่อุณหภูมิระหว่าง 42°C ถึง 48°C จนแห้งและมีมวลคงที่

ข.3.2 ปูนยิปซัมประเภท 3 และประเภท 4

เตรียมชิ้นทดสอบ 4 ชิ้น โดยชั่งตัวอย่างปูนยิปซัม 400 g เทลงในน้ำในปริมาณที่หาได้จากข้อ ข.2 เพื่อให้ได้ความชื้นเหลวมาตรฐานภายในระยะเวลา 30 s คนด้วยพายปาดชนิดใบแข็งเป็นเวลา 30 s สำหรับปูนยิปซัมประเภท 3 และ 60 s สำหรับปูนยิปซัมประเภท 4 แล้วเทของผสมลงในแบบหล่อเป็น 2 ชั้น แต่ละชั้นต้องอัดให้แน่นโดยใช้แท่งทองเหลืองกระทุ้ง 10 ครั้งตามแนวยาวของแบบหล่อ ปาดให้ผิวบนเรียบเสมอรระดับเดียวกับส่วนบนของแบบหล่อ ปลอยชิ้นทดสอบไว้ในแบบหล่อไม่ให้ถูกรบกวนเป็นเวลา 24 h โดยคลุมด้วยผ้าชื้นหรือเก็บไว้ในตู้เก็บชื้นทดสอบ หลังจากนั้นนำชิ้นทดสอบออกจากแบบหล่อและเก็บไว้ในตู้เก็บชื้นทดสอบเป็นเวลา 3 d นำชิ้นทดสอบไปอบในตู้อบซึ่งระบายอากาศได้ดีที่อุณหภูมิระหว่าง 42°C ถึง 48°C จนแห้งและมีมวลคงที่

ซ.4 วิธีทดสอบ

- ซ.4.1 ปลดปล่อยลูกกลมซึ่งทำความสะอาดและขัดถูไว้เรียบร้อยแล้วลงมากระแทกผิวหน้าด้านที่เรียบ (ด้านที่ติดกับผิวด้านในของแบบหล่อ) ของชิ้นทดสอบ ลูกกลมต้องปล่อยให้ตกอย่างอิสระจากจุดที่อยู่สูง 1 820 mm ลงมาตามท่อซึ่งติดตั้งไว้อย่างมั่นคงในแนวตั้ง ปลายล่างของท่อให้อยู่เหนือชิ้นทดสอบ 100 mm และยึดชิ้นทดสอบให้วางในลักษณะที่มั่นคงบนพื้นเรียบที่แข็งและไม่หยุ่นตัว
- ซ.4.2 ทำให้เกิดรอยทั้งหมด 8 รอยบนชิ้นทดสอบทั้ง 4 ชั้นที่ผิวด้านข้างของชิ้นทดสอบที่อยู่ตรงกันข้าม ระวังไม่ให้เกิดรอยตรงกับรอยเปื้อนหรือฟองอากาศซึ่งอาจมีได้ ให้รอยอยู่ห่างจากแนวเส้นกึ่งกลางของชิ้นทดสอบไม่เกิน 6 mm และอยู่ภายในระยะที่ห่างจากปลายทั้งสองของชิ้นทดสอบไม่น้อยกว่า 12 mm วัดเส้นผ่านศูนย์กลางสองเส้นที่ตัดตั้งฉากกันของรอยแต่ละรอย สำหรับรอยที่มีรูปร่างผิดปกติให้ทดสอบตัวอย่างใหม่บนผิวด้านนั้น
- ซ.4.3 บันทึกค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางที่วัดได้ทั้งหมด 16 ครั้ง
-