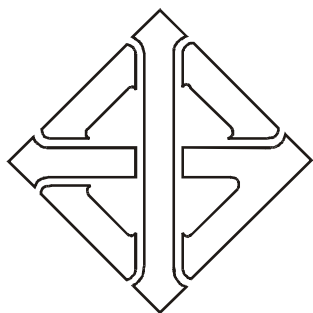




มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

THAI INDUSTRIAL STANDARD

มอก. 15 เล่ม 6—2521

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

เล่ม 6 วิธีทดสอบหาความละเอียดของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์
โดยเครื่องแอร์เพอร์มิอิมิตี

PORTLAND CEMENT

PART 6, STANDARD METHOD OF TEST FOR FINENESS OF PORTLAND CEMENT BY AIR
PERMEABILITY APPARATUS

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม

UDC 666 : 942 : 620.17

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

เล่ม 6 วิธีทดสอบหาความละเอียดของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

โดยเครื่องแอร์เพอร์มิอะบิลิตี

มอก. 15 เล่ม 6—2521

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ 10400

โทรศัพท์ 0 2202 3300

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 95 ตอนที่ 45

วันที่ 25 เมษายน พุทธศักราช 2521

คณะกรรมการวิชาการคณะที่ 8
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ประธานกรรมการ

นายเฉลียว ทองอุไทย

ผู้แทนวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์

รองประธาน

นายกำธร สังขวสี

ผู้แทนกรมชลประทาน

นายสมาน ง่วนสำอางค์

ผู้แทนกรมทางหลวง

กรรมการ

นายประสป กระแสสินธุ์

ผู้แทนกรมโยธาธิการ

ดร. เจริญ วัชรรังษี

ผู้แทนกรมวิทยาศาสตร์

ผศ. เกียรติ พืชผา

ผู้แทนคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ดร. พิสิทธิ์ การสุทธิ์

ผู้แทนสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย

นายวิศาล เชาวชัยเวช

ผู้แทนกรุงเทพมหานคร

นางสาววไลรัตน์ สุชาติ

ผู้แทนศูนย์กำหนดรายการมาตรฐานแห่งประเทศไทย

นายศิริชัย นฤมิตรเลขการ

ผู้แทนสมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์

นายอุทัย รักราชการ

ผู้แทนสมาคมช่างเหมาไทย

นายชลอ เชาวนดี

ผู้แทนสมาคมอุตสาหกรรมไทย

นายวรชิน สถิตนิมานการ

ผู้แทนบริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด

นายสหัส รัตนกุล

ผู้แทนบริษัท ชลประทานซีเมนต์ จำกัด

นายเลศวิทย์ ตั้งก่อสกุล

ผู้แทนบริษัท ค้าวัดถุก่อสร้าง จำกัด

นายสุโรจน์ ศุภสวัสดิ์กุล

ผู้แทนบริษัท ปูนซีเมนต์นครหลวง จำกัด

กรรมการและเลขานุการ

นายสุนทร สันทราพรพล

ผู้แทนกรมวิทยาศาสตร์

นายสมคิด แสงนิล

คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้พิจารณามาตรฐานนี้แล้ว เห็นสมควรเสนอรัฐมนตรีประกาศ
กำหนดไว้เป็นมาตรฐานได้



ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 325 (พ.ศ. 2521)

เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

เล่ม 6 วิธีทดสอบหาความละเอียดของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

โดยเครื่องแอร์เพอร์มีอะบิลิตี

เพื่อประโยชน์แก่การดำเนินงานในด้านการมาตรฐาน รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม ออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 6 วิธีทดสอบหาความละเอียดของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ โดยเครื่องแอร์เพอร์มีอะบิลิตี มาตรฐานเลขที่ มอก. 15 เล่ม 6-2521 ไว้ดังมีรายการละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ประกาศ ณ วันที่ 2 มีนาคม พ.ศ. 2521

เกษม จาติกวณิช

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

เล่ม 6 วิธีทดสอบหาความละเอียดของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ โดยเครื่องแอร์เพอร์มิอะบิลิตี

1. ขอบข่าย

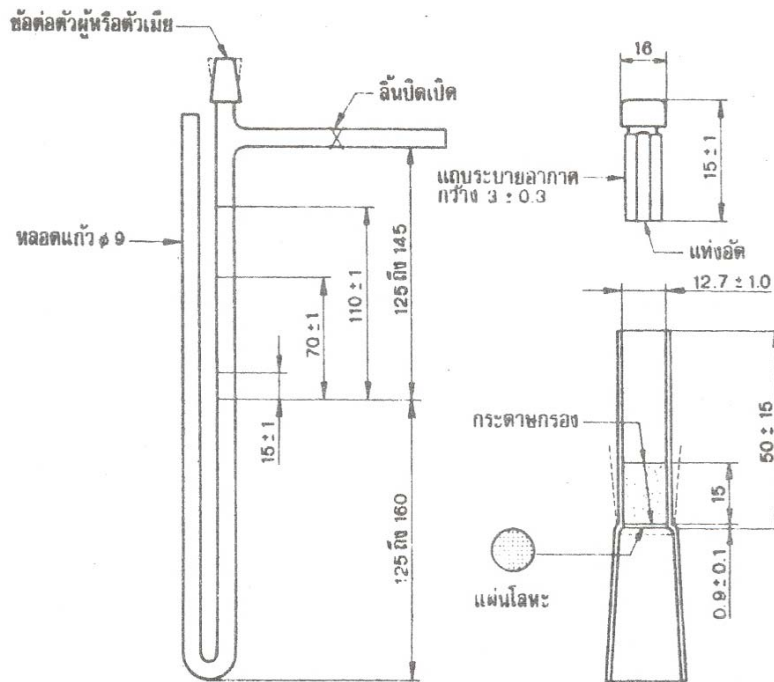
- 1.1 มาตรฐานนี้ กำหนดวิธีทดสอบหาความละเอียดของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ โดยเครื่องแอร์เพอร์มิอะบิลิตี แบบเบลน โดยการวัดพื้นที่ผิวจำเพาะ ซึ่งหมายถึงพื้นที่ผิวนอกทั้งหมดของเม็ดปูนซีเมนต์ต่อหน่วยน้ำหนักปูนซีเมนต์ คิดเป็นตารางเซนติเมตรต่อปูนซีเมนต์ 1 กรัม

2. การทดสอบ

2.1 เครื่องมือ

2.1.1 เครื่องแอร์เพอร์มิอะบิลิตีแบบเบลน

เป็นเครื่องที่สามารถดูดอากาศจำนวนจำกัดจำนวนหนึ่งให้ไหลผ่านชั้นปูนซีเมนต์ที่มีความพรุนที่กำหนดไว้ อัตราการไหลของอากาศที่ผ่านชั้นปูนซีเมนต์จะมากขึ้นอยู่กับจำนวน และขนาดช่องว่างระหว่างเม็ดปูนซีเมนต์ จำนวนและขนาดช่องว่างนี้จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดของเม็ดปูนซีเมนต์ เครื่องมือ ดังแสดงในรูปที่ 1 และประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังอธิบายในข้อ 2.1.2 ถึงข้อ 2.1.8



รูปที่ 1 เครื่องแอร์เพอร์มีอะบิลิตีแบบเบลน
(ข้อ 2.1.1 และ 2.1.6)

2.1.2 เพอร์มีอะบิลิตีเซล (permeability cell)

เป็นทรงกระบอกที่คงรูป มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 12.7 ± 1.0 มิลลิเมตร ทำด้วยแก้วหรือโลหะที่ไม่เป็นสนิม ขอบบนของเซลล์ต้องอยู่ในแนวตั้งฉากกับแกนตามยาวของเซลล์ ส่วนล่างของเซลล์ต้องสวมลงได้สนิทกับปลายบนของมานอมิเตอร์ โดยที่อากาศไม่สามารถรั่วผ่านได้ ภายในเซลล์จะต้องทำบ่าเล็ก ๆ กว้าง 0.5 ถึง 1 มิลลิเมตร ไว้ที่ระยะ 50 ± 15 มิลลิเมตรจากขอบบน เพื่อใช้เป็นที่วางแผ่นโลหะที่เจาะรูพูน บ่านี้จะสร้างเป็นเนื้อเดียวกับตัวเซลล์ หรือนำมาติดให้แน่นหนาภายในก็ได้

2.1.3 แผ่นโลหะ

แผ่นนี้ต้องทำด้วยโลหะที่ไม่เป็นสนิม หนา 0.9 ± 0.1 มิลลิเมตร เจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร จำนวน 30 ถึง 40 รู กระจายให้ทั่วแผ่น และต้องสวมได้สนิทกับผิวในของเซลล์ ต้องทำเครื่องหมายให้ชัดเจนที่ส่วนกลางของแผ่นโลหะด้านหนึ่ง เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานวางด้านนั้นลงล่างทุกครั้ง เมื่อใส่ลงไปในเซลล์ เครื่องหมายนี้จะต้องไม่ล้าไปถึงขอบรู หรือล้าไปถึงพื้นที่ของแผ่นโลหะที่วางอยู่บนบ่าของเซลล์

2.1.4 แท่งอัด

ทำด้วยโลหะที่ไม่เป็นสนิม และต้องสวมกับเซลล์ได้พอดี โดยมีช่องว่างไม่เกิน 0.1 มิลลิเมตร ปลายล่างของแท่งอัดต้องเป็นระนาบและตั้งฉากกับแกนยาวของแท่งอัด และต้องมีแถบระบายอากาศ กว้าง 3 ± 0.3 มิลลิเมตรตลอดความยาวของแท่ง ที่ขอบบนของแท่งจะต้องทำเป็นบ่า เมื่อบ่านี้จัดกับขอบบนของเซลล์ ปลายล่างของแท่งอัดจะอยู่ห่างจากผิวบนของแผ่นโลหะ 15 ± 1 มิลลิเมตรพอดี

2.1.5 กระดาษกรอง

เป็นกระดาษกรองประเภทของเหลวไหลผ่านได้ช้า เนื้อปานกลาง และต้องตัดเป็นรูปกลมขอบเรียบ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง เท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของเซลล์

หมายเหตุ กระดาษกรองรูปกลมนี้ หากมีขนาดเล็กไป อาจทำให้ตัวอย่างส่วนหนึ่งเล็ดลอดไปติดกับผนังเซลล์ ตอนเหนือกระดาษกรองแผ่นบน หากว่ามีขนาดใหญ่ไปก็อาจก่อให้เกิดผลการทดสอบผิดพลาด

2.1.6 มานอมิเตอร์ (manometer)

ให้สร้างมานอมิเตอร์เป็นหลอดแก้ว รูปตัวยู ดังในรูปที่ 1 เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 9 มิลลิเมตร ที่ปลายบนด้านหนึ่งของก้านมานอมิเตอร์ทำให้สวมได้สนิทกับเพอร์มียะบิลิตีเซลล์ โดยอากาศจะรั่วไม่ได้ ที่ก้านข้างเดียวกับที่ติดเพอร์มียะบิลิตีเซลล์ จะมีท่อต่อออกมาทางด้านข้าง ณ จุดที่สูงจากก้านมานอมิเตอร์ประมาณ 250 ถึง 305 มิลลิเมตร ท่อนี้ใช้ดูดอากาศออกจากก้านมานอมิเตอร์ และต้องมีลิ้นปิดเปิดอากาศติดอยู่บนท่อนี้โดยให้ห่างจากก้านมานอมิเตอร์ไม่เกิน 50 มิลลิเมตร บนก้านมานอมิเตอร์ต้องมีขีดหมายโดยรอบ ณ ตำแหน่ง 125 ถึง 145 มิลลิเมตร ใต้ท่อดูดอากาศออกรอบหนึ่ง และอีก 3 ขีดหมายที่ระยะ 15 ± 1 มิลลิเมตร 70 ± 1 มิลลิเมตร และ 110 ± 1 มิลลิเมตร เหนือขีดหมายแรก ใช้แกนตั้งที่อยู่แนวตั้งยึดมานอมิเตอร์ให้มั่นคง

2.1.7 ของเหลวสำหรับเติมมานอมิเตอร์

ให้เติมของเหลวชนิดที่มีความหนาแน่นและความหนืดต่ำที่ไม่ระเหยและไม่ดูดความชื้นจากอากาศ ลงในมานอมิเตอร์ประมาณครึ่งหนึ่งของความสูง ของเหลวนี้อาจใช้ไดบิวติลทาเลต, ไดบิวติล 1,2 เบนซีนไดคาร์บอกซีเลต (dibutylphthalate, dibutyl 1,2 benzene dicarboxylate) หรือพวกน้ำมันแร่เกรดเบา (light grade)

2.1.8 เครื่องจับเวลา

ต้องมีกลไกให้เริ่มเดินและหยุดเดินได้ตามต้องการโดยนับปล้นและต้องสามารถบอกเวลาได้ละเอียดถึง 0.5 วินาทีหรือละเอียดกว่านั้น เครื่องจับเวลาต้องเที่ยงตรงโดยให้ผิดพลาดได้เพียง 0.5 วินาที หรือน้อยกว่านั้น ในช่วงเวลา 60 วินาที และผิดพลาดได้ไม่เกินร้อยละ 1 ในช่วงเวลา 60 ถึง 300 วินาที

2.2 การสอบเทียบเครื่องมือ

2.2.1 ตัวอย่างมาตรฐาน

การสอบเทียบเครื่องแอร์เพอร์มียะบิลิตี ให้กระทำโดยใช้ตัวอย่างมาตรฐานเบอร์ 114 ของสำนักงานมาตรฐานแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (U.S National Bureau of Standards) ตัวอย่างควรมีอุณหภูมิเท่าอุณหภูมิห้องขณะทดสอบ

2.2.2 ปริมาตร (bulk volume) ของปูนซีเมนต์ที่อัดตัวในชั้นปูนซีเมนต์

ให้คำนวณหาปริมาตรของปูนซีเมนต์ที่อัดตัวในชั้นปูนซีเมนต์โดยใช้ปรอทเข้าไปแทนที่ดังวิธีดังต่อไปนี้

- 2.2.2.1 ใส่กระดาษกรองรูปกลม 2 แผ่นในเพอร์มีอะบิลิตีเซล โดยใช้แท่งกลมขนาดเล็กกว่าเซลล์เล็กน้อย ค่อย ๆ กดลงไปจนกระทั่งกระดาษกรองแบนเรียบอยู่เหนือแผ่นโลหะที่เจาะรูพรุน เทปรอทขึ้นรีเอเจนต์ลงไปในจนเต็ม ระวังอย่าให้มีฟองอากาศเกาะตามผนังในของเซลล์ เวลาจับเซลล์ให้ใช้ปากคีบ ถ้าเซลล์ทำด้วยวัสดุที่ปรอทเคลือบผิวได้ ให้ป้องกันผิวภายในเซลล์โดยใช้น้ำมันทาบาง ๆ ก่อนเทปรอทลงไป ปรับระดับของปรอทให้เสมอขอบบนของเซลล์โดยใช้แผ่นกระจกวางเหนือเซลล์แล้วกดเบา ๆ จนแผ่นกระจกแตะขอบบน ระวังอย่าให้มีฟองอากาศใต้แผ่นกระจก เสร็จแล้วเทปรอทออกจากเซลล์ นำไปชั่งและจดน้ำหนักไว้ เอากระดาษกรองรูปกลมแผ่นหนึ่งออกมาจากเซลล์ ลองใช้ปูนซีเมนต์ 2.80 กรัม (หมายเหตุ 1) อัดลงไปในเซลล์ (หมายเหตุ 2) ตามหัวข้อ 2.2.5 โดยมีกระดาษกรองแผ่นหนึ่งอยู่ใต้ตัวอย่างและอีกแผ่นหนึ่งอยู่บน เอาปรอทเติมที่ว่างตอนบนของเซลล์ให้เต็มจนถึงขอบ ไล่ฟองอากาศที่ตกค้างออกแล้วปรับผิวปรอทให้เสมอขอบบนเช่นคราวแรก เทปรอทออกจากเซลล์ นำไปชั่งและบันทึกน้ำหนักไว้

หมายเหตุ 1. ไม่จำเป็นต้องใช้ตัวอย่างมาตรฐานในการทดสอบหาปริมาตร

2. ปูนซีเมนต์ในชั้นปูนซีเมนต์จะต้องแน่นพอดี หากหลวมหรือแน่นจนกดให้มีปริมาตรเท่าที่ต้องการไม่ได้ให้ลองเพิ่มหรือลดปริมาณปูนซีเมนต์

- 2.2.2.2 คำนวนปริมาตรของปูนซีเมนต์ให้ละเอียดถึง 0.005 ลูกบาศก์เซนติเมตร ดังนี้

$$V = \frac{W_a - W_b}{D} \dots\dots\dots (1)$$

เมื่อ V คือ ปริมาตรของปูนซีเมนต์ เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

W_a คือ น้ำหนักของปรอทที่เทใส่เซลล์ เมื่อไม่มีปูนซีเมนต์ในเซลล์ เป็นกรัม

W_b คือ น้ำหนักของปรอทที่เทใส่ตอนบนของเซลล์ เหนือส่วนที่เป็นชั้นปูนซีเมนต์ เป็นกรัม

D คือ ความหนาแน่นของปรอท ณ อุณหภูมิที่ทดสอบ เป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (ตารางที่ 1)

- 2.2.2.3 ให้ทดลองหาปริมาตรของปูนซีเมนต์อย่างน้อย 2 ครั้ง โดยเปลี่ยนปูนซีเมนต์ใหม่ทุกครั้ง ปริมาตรที่จะนำมาใช้คำนวณตอนหลังคือ ปริมาตรเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบ 2 ครั้ง โดยที่ค่าทั้งสองต้องต่างกันไม่เกิน 0.005 ลูกบาศก์เซนติเมตร ต้องบันทึกอุณหภูมิของอากาศเมื่อเริ่มและจบการทดสอบ

2.2.3 การเตรียมตัวอย่างมาตรฐาน

เทตัวอย่างมาตรฐานออกจากหลอดแก้วใส่ขวดขนาดประมาณ 120 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปิดฝาแน่น เขย่าขวดแรง ๆ 2 นาที เพื่อให้ตัวอย่างฟูไม่จับเป็นก้อนหรือเกาะกันเป็นกระจุก ปลอยทิ้งไว้ 2 นาที แล้วเปิดฝาดูและค่อย ๆ คนให้ส่วนละเอียดที่อยู่บนผิวบนกระจายตัว

2.2.4 น้ำหนักตัวอย่างมาตรฐาน

น้ำหนักของตัวอย่างมาตรฐานที่ใช้ในการสอบเทียบจะต้องพอดีที่จะทำให้ชั้นปูนซีเมนต์มีความพรุน 0.500 ± 0.005 ซึ่งคำนวณได้ดังต่อไปนี้

$$W = \rho V (1 - \epsilon) \dots\dots\dots (2)$$

เมื่อ W คือ น้ำหนักตัวอย่างมาตรฐานที่ต้องการทราบ เป็นกรัม

ρ คือ ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่าง (สำหรับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ให้ใช้เท่ากับ 3.15)

V คือ ปริมาตรของปูนซีเมนต์ในชั้นปูนซีเมนต์ เป็นลูกบาศก์เซนติเมตร ได้มาจากการคำนวณในหัวข้อ 2.2.2

ϵ คือ ความพรุนของชั้นปูนซีเมนต์ตามที่กำหนดไว้ (0.500 ± 0.005)

2.2.5 การเตรียมชั้นปูนซีเมนต์

วางแผนโลหะบนบ่าในเพอร์มีอะบิลิตี้เซลล์ เอากระดาษกรองแผ่นหนึ่งวางบนแผ่นโลหะนั้น โดยใช้แท่งกลมขนาดเล็กกว่าเซลล์เล็กน้อยกดตรงขอบๆ แผ่นลงไปให้สนิทกับแผ่นโลหะ เอาปูนซีเมนต์หนักเท่าที่คำนวณได้ในหัวข้อ 2.2.4 โดยชั่งละเอียดถึง 0.001 กรัมใส่ลงไปในเซลล์ เคาะเบาๆ ที่ข้างเซลล์ เพื่อให้ผิวปูนซีเมนต์เรียบและอยู่ในระดับราบ เอากระดาษกรองอีกแผ่นหนึ่งวางบนปูนซีเมนต์ แล้วใช้แท่งอัดกดลงไปจนกระทั่งบ่าที่ขอบบนของแท่งอัดแตะขอบบนของเซลล์ ค่อยๆ ชักเอาแท่งอัดขึ้นเล็กน้อย หมุนไป 90 องศา แล้วกดลงไปใหม่ แล้วจึงชักออกมาซ้ำๆ ในการทดสอบแต่ละชุด (determination) ให้ใช้กระดาษกรองใหม่ทุกครั้ง

2.2.6 การทดสอบหาเพอร์มีอะบิลิตี้

2.2.6.1 สวมเพอร์มีอะบิลิตี้เซลล์ลงบนก้านมานอมิเตอร์ ระวังอย่าให้อากาศรั่วเข้าออกได้ตรงที่สวมต่อกันไว้ และระวังอย่าให้ปูนซีเมนต์ในชั้นปูนซีเมนต์ที่เตรียมไว้เรียบร่อยแล้วกระเทือน

หมายเหตุ ในการต่อเซลล์กับก้านมานอมิเตอร์ หากใช้ข้อต่ออย่างก็ควรเอาน้ำทำให้เปียกเสียก่อน หากเป็นข้อต่อชนิดสวมกัน ก็ควรใช้น้ำมันขันทาเสียก่อน วิธีตรวจสอบว่าข้อต่อรั่วหรือไม่ อาจทำได้โดยหาจุกมาอุดขอบบนของเซลล์ ดูดูอากาศออกจากก้านมานอมิเตอร์ แล้วปิดลิ้นปิดเปิดที่ท่อดูอากาศ หากระดับของเหลวในมานอมิเตอร์ลดลงเรื่อยๆ ก็แสดงว่าข้อต่อรั่ว

2.2.6.2 สูบอากาศออกจากก้านมานอมิเตอร์ซ้ำๆ จนกระทั่งของเหลวมีระดับสูงถึงขีดหมายเส้นบนสุด แล้วปิดลิ้นปิดเปิดให้แน่นๆ ให้เริ่มจับเวลาทันทีที่ระดับก้นเมนิสกัส (meniscus) ของของเหลวลดลงมาถึงขีดหมายเส้นที่ 2 (นับจากบน) และให้หยุดจับเวลาทันทีที่ระดับก้นเมนิสกัสของของเหลว ลดลงมาถึงขีดหมายเส้นที่ 3 ให้จดช่วงเวลาดังกล่าวไว้ละเอียดเป็นวินาที ต้องบันทึกอุณหภูมิขณะทดสอบไว้เป็นองศาเซลเซียส

2.2.6.3 การสอบเทียบเครื่องมือ จะต้องทดสอบ 3 ครั้ง โดยเปลี่ยนตัวอย่างมาตรฐานใหม่ทุกครั้ง แต่ละตัวอย่างต้องจับเวลาที่อากาศไหลผ่าน 3 ครั้ง การสอบเทียบจะต้องกระทำโดยบุคคลที่จะทำการทดสอบค่าความละเอียดต่อไป

หมายเหตุ อาจนำตัวอย่างมาทำให้ฟูใหม่ เพื่อนำมาทดสอบอีกครั้งหนึ่ง ถ้าตัวอย่างเหล่านั้นเก็บอยู่ในที่แห้ง และทดสอบภายในเวลา 4 ชั่วโมงหลังจากเปิดขวดตัวอย่าง

2.2.7 การสอบเทียบครั้งต่อ ๆ ไป จะต้องสอบเทียบเครื่องมือเมื่อ

หมายเหตุ ควรจัดเตรียมตัวอย่างปูนซีเมนต์สำรองไว้ เพื่อใช้เป็นปูนซีเมนต์มาตรฐาน ตรวจสอบเครื่องมือในช่วงเวลาระหว่างการสอบเทียบตามปกติ ซึ่งทำโดยใช้ตัวอย่างปูนซีเมนต์ตัวจริง

2.2.7.1 ใช้งานไปชั่วระยะเวลาหนึ่ง ๆ เพื่อตรวจแก้ หากแท่งอัดและเพอร์มีอะบิลิตีเซลสึกหรอไป

2.2.7.2 ของเหลวในมานอมิเตอร์ลดปริมาณลงไป

2.2.7.3 เปลี่ยนลักษณะและชนิดหรือคุณภาพของกระดาศกรองที่ใช้ทดสอบ

2.3 วิธีทดสอบ

2.3.1 อุณหภูมิของปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์ต้องมีอุณหภูมิเท่าอุณหภูมิของห้องขณะทดสอบ

2.3.2 ปริมาณของตัวอย่าง

ตัวอย่างจะต้องมีน้ำหนัก เท่ากับน้ำหนักตัวอย่างมาตรฐานที่ใช้สอบเทียบ เว้นไว้เสียแต่ในกรณีที่ทดสอบหาค่าความละเอียดของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 3 หรือประเภทที่มีความละเอียดสูง จนน้ำหนักกดด้วยหัวแม่มือไม่อาจสามารถทำให้บ่าแท่งอัดและขอบบนของเซลได้ในกรณีเช่นนี้ น้ำหนักตัวอย่างจะต้องพอดีที่จะทำให้ความพรุนของชั้นปูนซีเมนต์ เท่ากับ 0.530 ± 0.005

หมายเหตุ หากใช้วิธีนี้ทดสอบปูนซีเมนต์อื่นที่ไม่ใช่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์หรือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่หาค่าความพรุนไม่ได้ตามข้อ 2.3.2 ก็จะต้องใช้ปูนซีเมนต์นั้นหนักพอดีที่จะทำให้ชั้นปูนซีเมนต์แน่นโดยการอัดด้วยหัวแม่มือ

2.3.3 การเตรียมชั้นปูนซีเมนต์

จะต้องเตรียมชั้นปูนซีเมนต์ตามวิธีที่อธิบายไว้ในหัวข้อ 2.2.5

2.3.4 การทดสอบหาเพอร์มีอะบิลิตี การทดสอบหาค่าเพอร์มีอะบิลิตี ให้กระทำตามวิธีที่อธิบายไว้ในหัวข้อ 2.2.6 เว้นแต่ว่าในการหาระยะเวลาที่อากาศไหลผ่านตัวอย่างให้หาค่าเพียงค่าเดียว

2.4 การคำนวณ

การคำนวณหาค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ (specific surface) ให้คำนวณจากสูตรต่อไปนี้

$$S = \frac{S_s \sqrt{T}}{\sqrt{T_s}} \dots\dots\dots (3)$$

$$S = \frac{S_s \sqrt{\eta_s} \sqrt{T}}{\sqrt{T_s} \sqrt{\eta}} \dots\dots\dots (4)$$

$$S = \frac{S_s (1-\epsilon_s) \sqrt{\epsilon^3} \sqrt{T}}{\sqrt{\epsilon_s^3} \sqrt{T_s} (1-\epsilon)} \dots\dots\dots (5)$$

$$S = \frac{S_s (1-\epsilon_s) \sqrt{\epsilon^3} \sqrt{\eta_s} \sqrt{T}}{\sqrt{\epsilon_s^3} \sqrt{T_s} \sqrt{\eta} (1-\epsilon)} \dots\dots\dots (6)$$

$$S = \frac{S_s P_s (1-\epsilon_s) \sqrt{\epsilon^3} \sqrt{T}}{P (1-\epsilon) \sqrt{\epsilon_s^3} \sqrt{T_s}} \dots\dots\dots (7)$$

$$S = \frac{S_s P_s (1-\epsilon_s) \sqrt{\eta_s} \sqrt{\epsilon^3} \sqrt{T}}{P (1-\epsilon) \sqrt{\epsilon_s^3} \sqrt{T_s} \sqrt{\eta}} \dots\dots\dots (8)$$

- เมื่อ S คือ พื้นที่ผิวจำเพาะของตัวอย่างทดสอบ เป็นตารางเซนติเมตรต่อกรัม
- S_s คือ พื้นที่ผิวจำเพาะของตัวอย่างมาตรฐานที่ใช้สอบเทียบเครื่องมือ เป็นตารางเซนติเมตรต่อกรัม
- T คือ ช่วงเวลาที่ของเหลวในมานอมิเตอร์ลดต่ำลงมาเมื่อมีตัวอย่างทดสอบ เป็นวินาที
- T_s คือ ช่วงเวลาที่ของเหลวในมานอมิเตอร์ลดต่ำลงมาเมื่อมีตัวอย่างมาตรฐานสำหรับสอบเทียบเครื่องมือใส่อยู่ เป็นวินาที
- η คือ ความหนืดของอากาศ ณ อุณหภูมิทดสอบตัวอย่างทดสอบ เป็นพอยส์ (poises)
- η_s คือ ความหนืดของอากาศ ณ อุณหภูมิขณะทดสอบตัวอย่างมาตรฐานสำหรับสอบเทียบเครื่องมือ เป็นพอยส์
- ϵ คือ ความพรุนของปูนซีเมนต์ตัวอย่างทดสอบในชั้นปูนซีเมนต์
- ϵ_s คือ ความพรุนของปูนซีเมนต์ตัวอย่างมาตรฐานสำหรับสอบเทียบ ที่อยู่ในชั้นปูนซีเมนต์
- P คือ ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างทดสอบ (สำหรับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ใช้ 3.15)
- P_s คือ ความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างมาตรฐานสำหรับสอบเทียบเครื่องมือ (ให้ใช้ 3.15)

หมายเหตุ ค่า $\sqrt{\eta}$, $\sqrt{\epsilon}$ และ $\sqrt{T}$ กำหนดไว้ในตารางที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ใช้สมการ 3 และ 4 คำนวณหาค่าความละเอียดของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ หากว่าตัวอย่างนั้นถูกอัดแน่นจนมีความพรุนเท่ากับตัวอย่างมาตรฐาน ในกรณีที่อุณหภูมิขณะทดสอบตัวอย่างที่ต้องการทราบความละเอียดกับอุณหภูมิขณะสอบเทียบด้วยตัวอย่างมาตรฐานแตกต่างกันไม่เกิน 3 องศาเซลเซียส ให้ใช้สูตรที่ 3 แต่ถ้าอุณหภูมิแตกต่างกันมากกว่าข้างต้น ให้ใช้สูตรที่ 4

ให้ใช้สูตร 5 และ 6 ในการคำนวณหาค่าความละเอียดของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ หากว่าตัวอย่างนั้นถูกอัดแน่นโดยมีความพรุนแตกต่างกับตัวอย่างมาตรฐานที่ใช้สอบเทียบเครื่องมือ ในกรณีที่อุณหภูมิขณะที่ทดสอบตัวอย่างแตกต่างกับอุณหภูมิขณะสอบเทียบด้วยตัวอย่างมาตรฐานไม่เกิน 3 องศาเซลเซียส ให้ใช้สูตร 5 แต่ถ้าหากอุณหภูมิแตกต่างกันมากกว่านั้น ให้ใช้สูตร 6

ให้ใช้สูตร 7 และ 8 ในการคำนวณหาค่าความละเอียดของปูนซีเมนต์อื่น ๆ ที่ไม่ใช่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ในกรณีที่อุณหภูมิขณะทดสอบตัวอย่างทดสอบแตกต่างกับอุณหภูมิขณะสอบเทียบด้วยตัวอย่างมาตรฐานไม่เกิน 3 องศาเซลเซียส ให้ใช้สูตร 7 แต่ถ้าอุณหภูมิแตกต่างกันมากกว่านั้น ให้ใช้สูตร 8

ตารางที่ 1 ความหนาแน่นของปรอท ความหนืดของอากาศ (η)
และ $\sqrt{\eta}$ ที่อุณหภูมิกำหนดให้
(ข้อ 2.4)

อุณหภูมิห้อง องศาเซลเซียส	ความหนาแน่นของ ปรอท กรัมต่อ ลูกบาศก์เซนติเมตร	ความหนืดของอากาศ (η) พอยส์	$\sqrt{\eta}$
16	13.56	0.000 178 8	0.013 37
18	13.55	0.000 179 8	0.013 41
20	13.55	0.000 180 8	0.013 44
22	13.54	0.000 181 8	0.013.48
24	13.54	0.000 182 8	0.013 52
26	13.53	0.000 183 7	0.013 55
28	13.53	0.000 184 7	0.013 59
30	13.52	0.000 185 7	0.013 62
32	13.52	0.000 186 7	0.013 66
34	13.51	0.000 187 6	0.013 69

ตารางที่ 2 ค่าของความพรุนของปูนซีเมนต์ตัวอย่างในชั้นปูนซีเมนต์
(ข้อ 2.4)

ความพรุนของปูนซีเมนต์ตัวอย่างในชั้นปูนซีเมนต์ (ε)	ε^3
0.495	0.348
0.496	0.349
0.497	0.350
0.498	0.351
0.499	0.352
0.500	0.354
0.501	0.355
0.502	0.356
0.503	0.357
0.504	0.358
0.505	0.359
0.506	0.360
0.507	0.361
0.508	0.362
0.509	0.363
0.510	0.364
0.525	0.380
0.526	0.381
0.527	0.383
0.528	0.384
0.529	0.385
0.530	0.386
0.531	0.387
0.532	0.388
0.533	0.389
0.534	0.390
0.535	0.391

ตารางที่ 3 ช่วงเวลาอากาศไหล
(ข้อ 2.4)

T	$\sqrt{T}$	T	$\sqrt{T}$	T	$\sqrt{T}$	T	$\sqrt{T}$
26	5.10	38 1/2	6.20	51	7.14	63 1/2	7.97
26 1/2	5.15	39	6.24	51 1/2	7.18	64	8.00
27	5.20	39 1/2	6.28	52	7.21	64 1/2	8.03
27 1/2	5.24	40	6.32	52 1/2	7.25	65	8.06
28	5.29	40 1/2	6.36	53	7.28	65 1/2	8.09
28 1/2	5.34	41	6.40	53 1/2	7.31	66	8.12
29	5.39	41 1/2	6.44	54	7.35	66 1/2	8.15
29 1/2	5.43	42	6.48	54 1/2	7.38	67	8.19
30	5.48	42 1/2	6.52	55	7.42	67 1/2	8.22
30 1/2	5.52	43	6.56	55 1/2	7.45	68	8.25
31	5.57	43 1/2	6.60	56	7.48	68 1/2	8.28
31 1/2	5.61	44	6.63	56 1/2	7.52	69	8.31
32	5.66	44 1/2	6.67	57	7.55	69 1/2	8.34
32 1/2	5.70	45	6.71	57 1/2	7.58	70	8.37
33	5.74	45 1/2	6.75	58	7.62	70 1/2	8.40
33 1/2	5.79	46	6.78	58 1/2	7.65	71	8.43
34	5.83	46 1/2	6.82	59	7.68	71 1/2	8.46
34 1/2	5.87	47	6.86	59 1/2	7.71	72	8.49
35	5.92	47 1/2	6.89	60	7.75	72 1/2	8.51
35 1/2	5.96	48	6.93	60 1/2	7.78	73	8.54
36	6.00	48 1/2	6.96	61	7.81	73 1/2	8.57
36 1/2	6.04	49	7.00	61 1/2	7.84	74	8.60
37	6.08	49 1/2	7.04	62	7.87	74 1/2	8.63
37 1/2	6.12	50	7.07	62 1/2	7.91	75	8.66
38	6.16	50 1/2	7.11	63	7.94	75 1/2	8.69

ตารางที่ 3 (ต่อ)
(ข้อ 2.4)

T	$\sqrt{T}$	T	$\sqrt{T}$	T	$\sqrt{T}$	T	$\sqrt{T}$
76	8.72	88 1/2	9.41	101	10.05	126	11.22
76 1/2	8.75	89	9.43	102	10.10	127	11.27
77	8.77	89 1/2	9.46	103	10.15	128	11.31
77 1/2	8.80	90	9.49	104	10.20	129	11.36
78	8.83	90 1/2	9.51	105	10.25	130	11.40
78 1/2	8.86	91	9.54	106	10.30	131	11.45
79	8.89	91 1/2	9.57	107	10.34	132	11.49
79 1/2	8.92	92	9.59	108	10.39	133	11.53
80	8.94	92 1/2	9.62	109	10.44	134	11.58
80 1/2	8.97	93	9.64	110	10.49	135	11.62
81	9.00	93 1/2	9.67	111	10.54	136	11.66
81 1/2	9.03	94	9.70	112	10.58	137	11.70
82	9.06	94 1/2	9.72	113	10.63	138	11.75
82 1/2	9.08	95	9.75	114	10.68	139	11.79
83	9.11	95 1/2	9.77	115	10.72	140	11.83
83 1/2	9.14	96	9.80	116	10.77	141	11.87
84	9.17	96 1/2	9.82	117	10.82	142	11.92
84 1/2	9.19	97	9.85	118	10.86	143	11.96
85	9.22	97 1/2	9.87	119	10.91	144	12.00
85 1/2	9.25	98	9.90	120	10.95	145	12.04
86	9.27	98 1/2	9.92	121	11.00	146	12.08
86 1/2	9.30	99	9.95	122	10.05	147	11.12
87	9.33	99 1/2	9.97	123	11.09	148	12.17
87 1/2	9.35	100	10.00	124	11.14	149	12.21
88	9.38	100 1/2	10.02	125	11.18	150	12.25

ตารางที่ 3 (ต่อ)
(ข้อ 2.4)

T	$\sqrt{T}$	T	$\sqrt{T}$	T	$\sqrt{T}$	T	$\sqrt{T}$
151	12.29	176	13.27	201	14.18	232	15.23
152	12.33	177	13.30	202	14.21	234	15.30
153	12.37	178	13.34	203	14.25	236	15.36
154	12.41	179	13.38	204	14.28	238	15.43
155	12.45	180	13.42	205	14.32	240	15.49
156	12.49	181	13.45	206	14.35	242	15.56
157	12.53	182	13.49	207	14.39	244	15.62
158	12.57	183	13.53	208	14.42	246	15.68
159	12.61	184	13.56	209	14.46	248	15.75
160	12.65	185	13.60	210	14.49	250	15.81
161	12.69	186	13.64	211	14.53	252	15.87
162	12.73	187	13.67	212	14.56	254	15.94
163	12.77	188	13.71	213	14.59	256	16.00
164	12.81	189	13.75	214	14.63	258	16.06
165	12.85	190	13.78	215	14.66	260	16.12
166	12.88	191	13.82	216	14.70	262	16.19
167	12.92	192	13.86	217	14.73	264	16.25
168	12.96	193	13.89	218	14.76	266	16.31
169	13.00	194	13.93	219	14.80	268	16.37
170	13.04	195	13.96	220	14.83	270	16.43
171	13.08	196	14.00	222	14.90	272	16.49
172	13.11	197	14.04	224	14.97	274	16.55
173	13.15	198	14.07	226	15.03	276	16.61
174	13.19	199	14.11	228	15.10	278	16.67
175	13.23	200	14.14	230	15.17	280	16.73

หมายเหตุ T คือ ช่วงเวลาอากาศไหลเป็นวินาที และ
 $\sqrt{T}$ คือ ตัวประกอบใช้ในสูตรที่ 3 ถึง 8

2.5 การรายงาน

- 2.5.1 สำหรับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และวัสดุที่มีเนื้อส่วนใหญ่เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ให้รายงานผลจากการหาครั้งเดียวและจากชั้นปูนซีเมนต์ชั้นเดียว
- 2.5.2 สำหรับวัสดุที่มีความละเอียดสูงมากที่ใช้เวลาทดสอบนาน ให้รายงานค่าเฉลี่ยของความละเอียดจากการทดสอบหาเพอร์มิอ์บิลิตี 2 ครั้ง ทั้งนี้ค่านี้นั้นไม่ต่างกันเกินร้อยละ 2 ของค่าต่ำ แต่ถ้าต่างกันเกินร้อยละ 2 ครั้ง ก็ให้ยกเลิก แล้วทดสอบซ้ำจนกว่าจะได้ค่าตามที่ต้องการ
- หมายเหตุ** การที่หาค่าของความละเอียดได้ไม่สอดคล้องกันตามที่ระบุไว้แสดงว่าจำเป็นต้องตรวจสอบวิธีทดสอบและเครื่องมือ หนึ่ง จะต้องใช้ความระมัดระวังในการเตรียมชั้นปูนซีเมนต์ด้วย และต้องไม่ให้อากาศเข้าตรงรอยต่อระหว่างเพอร์มิอ์บิลิตีเซลล์และก้านมานอมิเตอร์ได้

2.6 ความเที่ยงตรง

- 2.6.1 ความเที่ยงตรงที่ได้จากการทดสอบในห้องทดลองหลายแห่งปรากฏว่ามีค่าเท่ากับ 74 ตารางเซนติเมตรต่อ 1 กรัม (1 ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ดังที่ได้อธิบายไว้ใน ASTM Recommended Practice E 177 ดังนั้น ผลของการทดสอบที่จัดทำอย่างถูกต้องจากห้องทดสอบต่างกัน 2 แห่ง โดยใช้ตัวอย่างร่วมเดียวกัน จะมีโอกาสที่จะแตกต่างกันไม่เกิน 200 ตารางเซนติเมตรต่อกรัมอยู่ร้อยละ 95