# ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ ๔๖๖๗ (พ.ศ. ๒๕๕๘)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. ๒๕๑๑

เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

วิธีการประเมินยางครัมบ์วัลคาไนซ์

---

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๑๕ แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีการประเมินยางครัมบ์วัลคาไนซ์ มาตรฐานเลขที่ มอก.2626 - 2558 ไว้ ดังมีรายการละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ทั้งนี้ ให้มีผลตั้งแต่วันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๒๑ มกราคม พ.ศ. ๒๕๕๘

จักรมณฑ์ ผาสุกวนิช

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

# มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
# วิธีการประเมินยางครัมบ์วัลคาไนซ์

## 1. ขอบข่าย

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้เป็นข้อกำหนดทางเทคนิคที่กำหนดวิธีการทดสอบหาคุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมี สูตรผสมมาตรฐาน อุปกรณ์และวิธีการแปรรูปเพื่อการประเมินลักษณะการวัลคาไนซ์และสมบัติทางกลของยางครัมบ์วัลคาไนซ์

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ไม่ได้กำหนดคุณลักษณะที่ต้องการหรือข้อกำหนดใดๆ สำหรับการนำยางครัมบ์วัลคาไนซ์ไปใช้งาน

## 2. เอกสารอ้างอิง

เอกสารต่อไปนี้เป็นมาตรฐานที่ใช้อ้างอิงและให้นำไปใช้ปฏิบัติ สำหรับเอกสารที่ระบุปีที่ประกาศใช้ ให้ใช้เฉพาะเอกสารฉบับดังกล่าวเท่านั้น สำหรับเอกสารอ้างอิงที่ไม่ระบุปีที่ประกาศใช้ ให้ใช้เอกสารอ้างอิงฉบับล่าสุด (รวมถึงฉบับแก้ไขเพิ่มเติมใดๆ ด้วย)

ISO 34-1:2010, Rubber, vulcanized or thermoplastic – Determination of tear strength – Part 1: Trouser, angle and crescent test pieces

ISO 37, Rubber, vulcanized or thermoplastic – Determination of tensile stress-strain properties

ISO 247:2006, Rubber – Determination of ash

ISO 289-1, Rubber, unvulcanized – Determinations using a shearing-disc viscometer – Part 1: Determination of Mooney viscosity

ISO 1407:2011, Rubber – Determination of solvent extract

ISO 1408, Rubber – Determination of carbon black content – Pyrolytic and chemical degradation methods

ISO 2393, Rubber test mixes – Preparation, mixing and vulcanization – Equipment and procedures

ISO 3417, Rubber – Measurement of vulcanization characteristics with the oscillating disc curemeter

ISO 6502, Rubber – Guide of the use of curemeters

ISO 7619-1, Rubber, vulcanized or thermoplastic – Determination of indentation hardness – Part 1: Durometer method (Shore hardness)

CEN/TS 14243:2010, Materials produced from end of life tyres – Specification of categories based on their dimension(s) and impurities and methods for determining their dimension(s) and impurities

## 3. การชักตัวอย่างและการเตรียมตัวอย่าง

ใช้ตัวอย่างสำหรับการทดสอบในห้องปฏิบัติการประมาณ 1.5 kg

## 4. วิธีการทดสอบหาคุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของยางครัมบ์วัลคาไนซ์

4.1 การแบ่งชั้นคุณภาพ

แบ่งชั้นคุณภาพยางครัมบ์วัลคาไนซ์จากขนาดตาม CEN/TS 14243:2010 ข้อ 4.

4.2 การวัดการแจกแจงขนาดอนุภาค

หาการแจกแจงขนาดอนุภาคตาม CEN/TS 14243:2010 ข้อ 5. และข้อ 6.

4.3 วัดปริมาณโลหะอิสระ

หาปริมาณโลหะอิสระตาม CEN/TS 14243:2010 ภาคผนวก B

4.4 การวัดปริมาณสิ่งทออิสระ

หาปริมาณสิ่งทออิสระตาม CEN/TS 14243:2010 ภาคผนวก C

4.5 สารสกัดได้ด้วยแอซีโทน

หาปริมาณของสารสกัดได้ด้วยแอซีโทนตาม ISO 1407:2001 วิธี A หรือวิธี B

4.6 เถ้า

หาปริมาณเถ้าตาม ISO 247:2006 วิธี A

4.7 คาร์บอนแบล็ก

หาปริมาณคาร์บอนแบล็กตาม ISO 1408

4.8 ปริมาณยาง

หาปริมาณยาง (R) เป็นร้อยละ ตามสมการข้างล่างนี้

$$R = 100 - (a + b + c)$$

เมื่อ a คือ ร้อยละของสารสกัดได้ด้วยแอซีโทน

b คือ ร้อยละของเถ้า

c คือ ร้อยละของคาร์บอนแบล็ก

## 5. การเตรียมยางผสมเพื่อการประเมิน

5.1 สูตรยางผสมมาตรฐาน

สูตรยางผสมมาตรฐานแสดงในตารางที่ 1

ส่วนผสมที่ใช้ต้องเป็นวัสดุอ้างอิงมาตรฐานในระดับระหว่างประเทศหรือระดับประเทศ ในกรณีที่ไม่สามารถใช้วัสดุอ้างอิงมาตรฐานได้ให้ใช้ส่วนผสมที่เป็นที่ตกลงกันระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย

**ตารางที่ 1 สูตรยางผสมมาตรฐาน**

(ข้อ 5.1)

| ส่วนผสม | สัดส่วนโดยมวล |
|---|---|
| ยางแท่งเกรด STR 20[1)] | 100.00 |
| ยางครัมบ์วัลคาไนซ์ | 30.00[5)] |
| คาร์บอนแบล็กอ้างอิงอุตสาหกรรม[2)] | 5.00 |
| กรดสเตียริก[3)] | 2.00 |
| ซิงค์ออกไซด์[3)] | 3.00 |
| กำมะถัน[3)] | 2.25 |
| TBBS[4)] | 1.00 |
| **รวม** | **143.25** |

[1)] ยางแท่งไทยมาตรฐาน 20 (Standard Thai Reference 20) ใช้ในสูตรยางผสมมาตรฐานสำหรับการร่างมาตรฐาน ISO/TS 16097

[2)] คาร์บอนแบล็กอ้างอิงอุตสาหกรรม (industry reference black, IRB) ให้ใช้ชนิดล่าสุด

[3)] ใช้สารชนิดผง (สารวัลคาไนซ์มาตรฐานที่ใช้ในอุตสาหกรรม)

[4)] เอ็น-เทอร์ท-บิวทิล-เบนโซไธอะโซล-2-ซัลฟีนาไมด์ (N-tert-butyl-benzothiazole-2-sulfenamide) ใช้ชนิดผงที่มีปริมาณสารที่ไม่ละลายน้อยกว่า 0.3 % โดยทดสอบตาม ISO 11235 และต้องเก็บสารเคมีในภาชนะปิดที่อุณหภูมิห้องและตรวจสอบปริมาณสารที่ไม่ละลายทุกๆ 6 เดือน ถ้ามีปริมาณสารที่ไม่ละลายมากกว่า 0.75 % ให้กำจัดทิ้งหรือทำการตกผลึกซ้ำ

[5)] ปริมาณยางครัมบ์วัลคาไนซ์ 30 ส่วนโดยมวลเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่จะแสดงให้เห็นผลของยางครัมบ์ในระยะเวลาสั้น และทำให้การแจกแจงขนาดอนุภาคของยางครัมบ์มีความเสถียร

5.2 วิธีการ

5.2.1 เครื่องมือและวิธีการ

เครื่องมือและวิธีสำหรับการเตรียม การผสม และการวัลคาไนซ์ต้องเป็นไปตาม ISO 2393

5.2.2 ขั้นตอนการผสม – การผสมยางและสารเคมีใน 2 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรกใช้เครื่องผสมแบบปิด และขั้นตอนสุดท้ายใช้เครื่องบดผสมสองลูกกลิ้ง

5.2.2.1 ขั้นตอนที่ 1 – การผสมขั้นแรก

| | **ระยะเวลา (min)** | **ระยะเวลารวม (min)** |
|---|---|---|
| 1) ปรับอุณหภูมิของเครื่องผสมแบบปิดให้มีอุณหภูมิ (50 ± 3)°C ปิดประตูทิ้งยาง เปิดโรเตอร์ และยกแรม (ram) | 0 | 0 |
| 2) ใส่ยางเข้าไปในเครื่อง กดแรม และบดยาง | 1.0 | 1.0 |
| 3) ยกแรม เติมซิงค์ออกไซด์และกรดสเตียริก กดแรม และให้ยางผสมกับสารเคมี | 0.5 | 1.5 |
| 4) ยกแรม เติมคาร์บอนแบล็กและยางครัมบ์ กดแรม และให้ยางผสมสารเคมี | 0.75 | 2.25 |
| 5) ยกแรม กวาดสารเคมีที่ค้างอยู่บนปากห้องผสม กดแรม และให้ยางผสมเข้ากัน | 0.5 | 2.75 |
| **ระยะเวลารวม (สูงสุด)** | **2.75** | |

6) ปิดโรเตอร์ ยกแรม ทิ้งยางแบทช์ และบันทึกอุณหภูมิสูงสุดของยางแบทช์

7) นำยางแบทช์ผ่านเครื่องบดผสมสองลูกกลิ้งขนาดห้องปฏิบัติการจำนวน 4 ครั้งทันที โดยตั้งระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 2.5 mm ที่อุณหภูมิ (50 ± 5)°C ชั่งน้ำหนักยางแบทช์ (ดู ISO 2393) ถ้าน้ำหนักยางแบทช์แตกต่างจากค่าทฤษฎีมากกว่า + 0.5 % หรือ – 1.5 % ให้กำจัดทิ้ง ผสมใหม่

8) พักยางไว้อย่างน้อย 30 min แต่ไม่เกิน 24 h หลังจากผสมเสร็จ

*หมายเหตุ การผสมขั้นแรกทำครั้งเดียวเท่านั้น เพื่อให้ยางผสมแต่ละรุ่นมีการแจกแจงขนาดอนุภาคที่คล้ายคลึงกัน*

5.2.2.2 ขั้นตอนที่ 2 – การผสมขั้นสุดท้าย

ปริมาณมาตรฐานที่ใช้ผสมสำหรับการดำเนินการของเครื่องบดในห้องปฏิบัติการต้องขึ้นอยู่กับประวัติการใช้งานของเครื่องบดนั้นๆ

ตั้งอุณหภูมิของลูกกลิ้งที่ (50 ± 5) °C และตั้งระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 1.5 mm

ต้องรักษาระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งในระหว่างการผสมเพื่อให้มียางค้างอยู่บนลูกกลิ้งตลอดเวลา ในกรณีที่ยางไม่สามารถคงค้างอยู่บนลูกกลิ้งได้ตามระยะระหว่างลูกกลิ้งที่กำหนดไว้นี้ อาจปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งได้เล็กน้อยตามความจำเป็น

| | | ระยะเวลา (min) | ระยะเวลารวม (min) |
|---|---|---|---|
| 1) | พันยางมาสเตอร์แบทช์บนลูกกลิ้งหมุนช้า | 1.0 | 1.0 |
| 2) | เติม TBBS และห้ามตัดยางจนกว่าสารเร่งปฏิกิริยากระจายตัวอย่างสมบูรณ์ | 0.5 | 1.5 |
| 3) | ตัดยาง 3 ใน 4 จากขอบด้านข้างแต่ละด้าน และทิ้งระยะเวลาห่างกัน 15 sในการตัดยางแต่ละครั้ง | 0.5 | 2.0 |
| 4) | เติมกำมะถัน ห้ามตัดยางจนกว่าผงกำมะถันกระจายตัวอย่างสมบูรณ์ | 0.5 | 2.5 |
| 5) | ตัดยาง 3 ใน 4 จากขอบด้านข้างแต่ละด้าน และทิ้งระยะเวลาห่างกัน 15 s ในการตัดยางแต่ละครั้ง | 0.5 | 3.0 |
| 6) | ตัดยาง 3 ใน 4 จากขอบด้านข้างสลับกัน 3 ครั้งแต่ละด้าน และทิ้งระยะเวลาห่างกัน 15 s ในการตัดยางแต่ละครั้ง | 2.0 | 5.0 |
| 7) | ตัดแผ่นยางออกจากลูกกลิ้ง ตั้งระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งเป็น 0.8 mm ม้วนและนำยางผ่านลูกกลิ้งอีก 6 ครั้ง โดยสลับปลายของม้วนยางในแต่ละครั้งที่ผ่านลูกกลิ้ง | 2.0 | 7.0 |
| **ระยะเวลารวม (สูงสุด)** | | **7.0** | |

8) รีดยางเป็นแผ่นให้มีความหนาประมาณ 6 mm และชั่งน้ำหนักยางแบทช์ (ดู ISO 2393) ถ้าน้ำหนักยางแบทช์แตกต่างจากค่าทฤษฎีมากกว่า + 0.5 % หรือ – 1.5 % ให้กำจัดทิ้งและผสมใหม่ ตัดชิ้นตัวอย่างให้เพียงพอกับการวัดสมบัติการวัลคาไนซ์

9) รีดยางเป็นแผ่นมีความหนาประมาณ 2.2 mm เพื่อเตรียมเป็นแผ่นทดสอบ หรือรีดยางเป็นแผ่นที่มีความหนาเหมาะสมเพื่อเตรียมเป็นชิ้นทดสอบวงแหวนหรือดัมบ์เบลล์ตาม ISO 37

10) หลังการผสมและก่อนนำยางไปวัลคาไนซ์ ปรับสภาวะยางแบทช์ที่อุณหภูมิห้องอย่างน้อย 2 h แต่ไม่เกิน 24 h

## 6. การประเมินคุณลักษณะการวัลคาไนซ์โดยทดสอบใช้เครื่องวัดการสุกตัว (curemeter)

6.1 การใช้เครื่องวัดการสุกตัวแบบจานแกว่ง (ODR)

หาพารามิเตอร์ต่อไปนี้

$M_L$, $M_{H\ ที่เวลาที่กำหนด}$, $t_{s1}$, $t'_c(50)$, $t'_c(90)$, $t'_c(95)$, และ $t'_c(99)$

ทดสอบตาม ISO 3417 โดยกำหนดสภาวะการทดสอบดังนี้

- ความถี่ของการสั่น 1.7 Hz (100 รอบต่อนาที)
- แอมพลิจูดของการสั่น มุม 1°

  อาจใช้มุม 3° ได้ แต่ให้วัดด้วยค่า $t_{s2}$ แทน $t_{s1}$
- ซีเล็คทิวิตี ให้ได้ค่าอย่างน้อย 75 % ของค่าเบี่ยงเบนสูงที่สุดที่ $M_H$
- อุณหภูมิของหัวดาย (die) (150 ± 0.3) °C
- การให้ความร้อนก่อนการทดสอบ ไม่มี

6.2 การใช้เครื่องวัดการสุกตัวแบบไม่มีโรเตอร์

หาพารามิเตอร์ต่อไปนี้

$F_L$, $F_{max\ ที่เวลาที่กำหนด}$, $t_{s1}$, $t'_c(50)$, $t'_c(90)$, $t'_c(95)$, และ $t'_c(99)$

ทดสอบตาม ISO 6502 โดยกำหนดสภาวะการทดสอบดังนี้

- ความถี่ของการสั่น 1.7 Hz (100 รอบต่อนาที)
- แอมพลิจูดของการสั่น มุม 0.5°

  อาจใช้มุม 1° ได้ แต่ในกรณีนี้ให้วัดค่า $t_{s2}$ แทน $t_{s1}$
- ซีเล็คทิวิตี้ ให้ได้ค่าอย่างน้อย 75 % ของค่าเบี่ยงเบนสูงที่สุดที่ $F_{max}$
- อุณหภูมิของหัวดาย (die) (150 ± 0.3) °C
- การให้ความร้อนก่อนการทดสอบ ไม่มี

เครื่องวัดการสุกตัวจากเครื่องวัดทั้งสองชนิดนี้อาจให้ผลการทดสอบที่ไม่เหมือนกัน

## 7. การวัดค่าความหนืดมูนี่ของยางผสม

หาค่าความหนืดมูนี่ตาม ISO 289-1

บันทึกผลการทดสอบที่ ML(1'+4') ที่อุณหภูมิ 100°C

## 8. การวัดสมบัติความเค้น-ความเครียดของยางผสมวัลคาไนซ์

วัลคาไนซ์แผ่นยางที่อุณหภูมิ 150°C โดยใช้ระยะเวลาตั้งแต่เวลาที่ $t'_c(95)$
ปรับสภาวะแผ่นยางวัลคาไนซ์เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 16 h แต่ไม่เกิน 96 h และวัดสมบัติความเค้น-ความเครียด ตาม ISO 37

## 9. การวัดความแข็งชอร์ของยางผสมวัลคาไนซ์

ใช้แผ่นยางผสมวัลคาไนซ์ซึ่งใช้สำหรับวัดสมบัติความเค้น-ความเครียด
วัดความแข็งชอร์โดยใช้ดิวโรมิเตอร์สเกล A ในช่วงความแข็งปกติตาม ISO 7619-1

## 10. การวัดความทนต่อการฉีกขาดของยางวัลคาไนซ์

ใช้แผ่นยางวัลคาไนซ์ซึ่งใช้สำหรับวัดความทนต่อการฉีกขาด
วัดความทนต่อการฉีกขาดโดยใช้ชิ้นทดสอบแบบมุมซึ่งไม่บากตาม ISO 34-1:2010 วิธี B

## 11. การรายงานผล

รายงานผลการทดสอบต้องประกอบด้วย

1) มาตรฐานข้อกำหนดทางเทคนิคนี้
2) รายละเอียดทุกอย่างที่จำเป็นสำหรับการระบุตัวอย่าง
3) วัสดุอ้างอิงที่ใช้เตรียมยางคอมพาวด์
4) สภาวะแวดล้อมในห้องปฏิบัติการระหว่างการเตรียมยางคอมพาวด์
5) ชนิดของเครื่องวัดการสุกตัวที่ใช้ในการทดสอบ ระยะเวลาที่วัดค่า MH และแอมพลิจูดของการสั่น
6) สิ่งผิดปกติที่เกิดขึ้นระหว่างการทดสอบ
7) รายละเอียดของการปฏิบัติอื่นๆ ที่ไม่ได้กำหนดในมาตรฐานนี้หรือในมาตรฐานที่อ้างถึง หรือการดำเนินการใดๆ ที่เพิ่มเติม
8) ผลการทดสอบและหน่วยของการวัด
9) วันที่ทำการทดสอบ

## บรรณานุกรม

[1] ISO 11235, Rubber compounding ingredients — Sulfenamide accelerators — Test methods

[2] ISO 23529, Rubber — General procedures for preparing and conditioning test pieces for physical test methods