



Mooney Viscometer



Contents

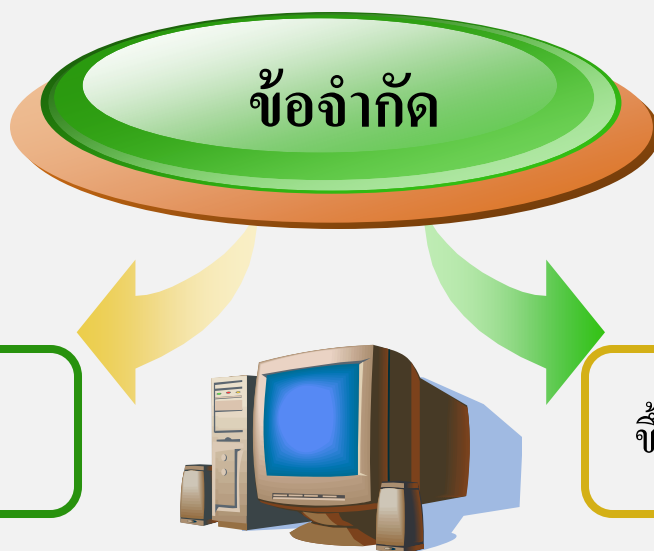
- 1 ข้อมูลทั่วไป
- 2 การเตรียมชิ้นงานตัวอย่าง
- 3 หลักการทำงานของเครื่อง
- 4 การทดสอบค่าความเหนียวนี้ตามมาตรฐานสากล
- 5 ข้อดี-ข้อจำกัดของเครื่องวิสโคมิเตอร์ระบบหมุนี่



ข้อมูลทั่วไป



จากที่กล่าวมาเกี่ยวกับเครื่อง unidirectional viscometer หรือหมุนในทิศทางเดียว ที่มีลักษณะการไหลแบบต่อเนื่องคงที่ จัดอยู่ใน rotational viscometer หรือเครื่องวัดความหนืดแบบหมุนเหวี่ยง



ข้อมูลทั่วไป

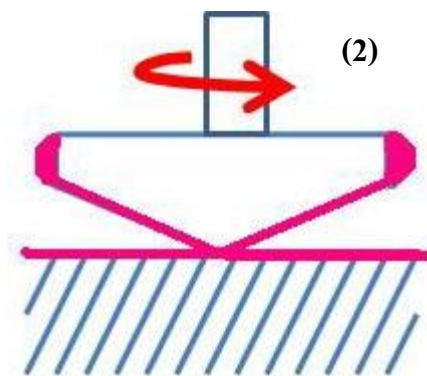
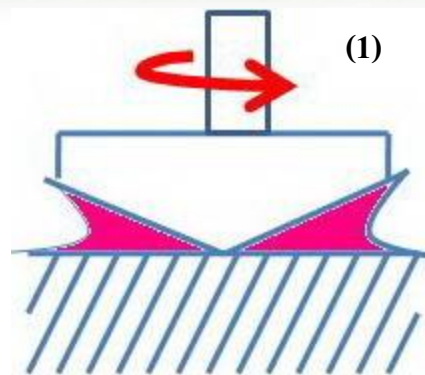
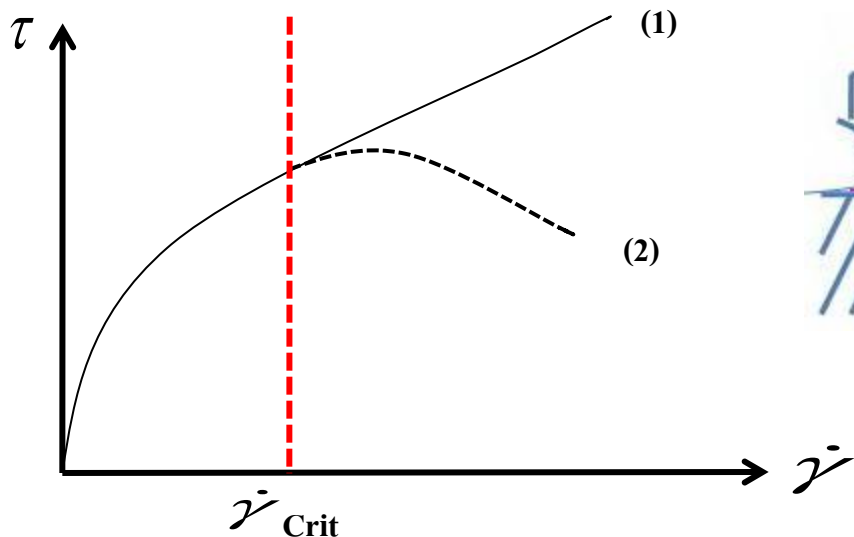


พอลิเมอร์หลอมเหลวที่ใช้ต้องสามารถไหลเข้าไปใน cavity ได้เต็ม เพราะถ้าไหลเข้า cavity ได้ไม่เต็มจะทำให้หน้าสัมผัสของยางกับผิวหัวหมุนสัมผัสไม่สมบูรณ์ **ค่า torque ที่ใช้หมุนจะน้อยกว่าความเป็นจริง**

ถ้าใช้อัตราความเร็วที่สูงเกินไป จะทำให้หน้าสัมผัสระหว่างพอลิเมอร์หลอมเหลวกับแท่งหมุนแยกออกจากกัน เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า **การแตกขอบ (edge break)**



ข้อมูลทั่วไป



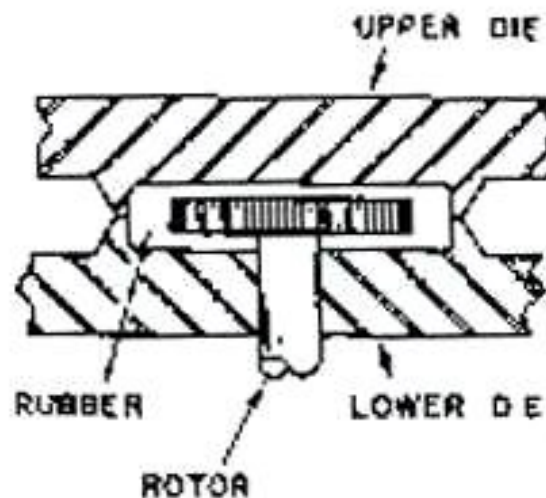
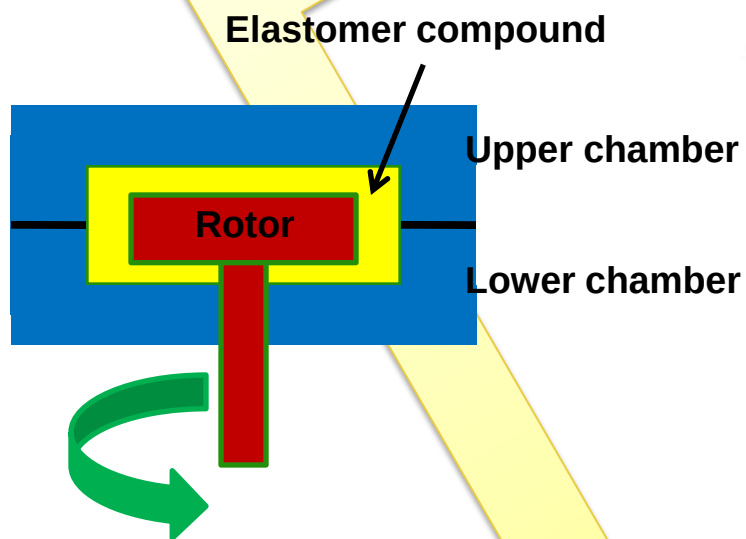
ซึ่งอาจแก้ไขโดยการ **ลดค่าอัตราเฉียดเฉือนที่ใช้** ให้อยู่ในช่วงที่ยังไม่มีการเกิดการแตกขอบ (edge break) หรือ **ลดความเค้นเฉือนลง** จากกราฟจะเห็นได้ว่า ค่าความเค้นเฉือนที่ใช้ในการวัดสมบัติการไหลได้อย่างถูกต้องควรอยู่ในช่วงที่ **ไม่เกินอัตราเฉียดเฉือนวิกฤต**



ข้อมูลทั่วไป



แนวทางการแก้ไขที่สามารถทำได้คือการเลือกใช้เครื่องมือที่ออกแบบให้ใช้กับพอลิเมอร์นั้นๆ ยกตัวอย่าง เช่น ในกรณีของสารประกอบยางควรใช้เครื่องมือที่เรียกว่า **เครื่องวิสโคมิเตอร์ระบบมูนี (mooney viscometer)** ในการหาความหนืด



วิธีนี้ค่าที่วัดได้จะ**ไม่มีปัญหาของหน้าสัมผัสที่ไม่สมบูรณ์**ระหว่างยางกับแท่งหมุนหรือผนัง chamber

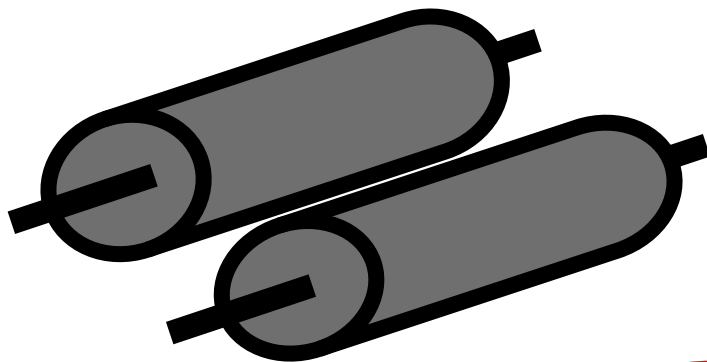
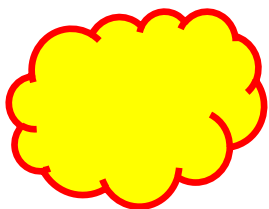
การเตรียมชิ้นงานตัวอย่าง



นำตัวอย่างยางที่ผ่านการรีดให้เป็นแผ่นเรียบรื้อแล้วมาประมาณ 27 ± 3 กรัม

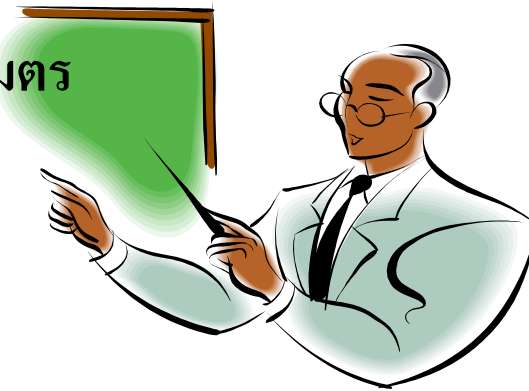
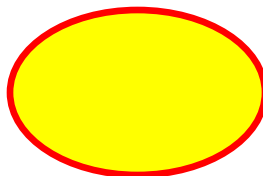


ทำเป็นแผ่นให้มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 47 มิลลิเมตร

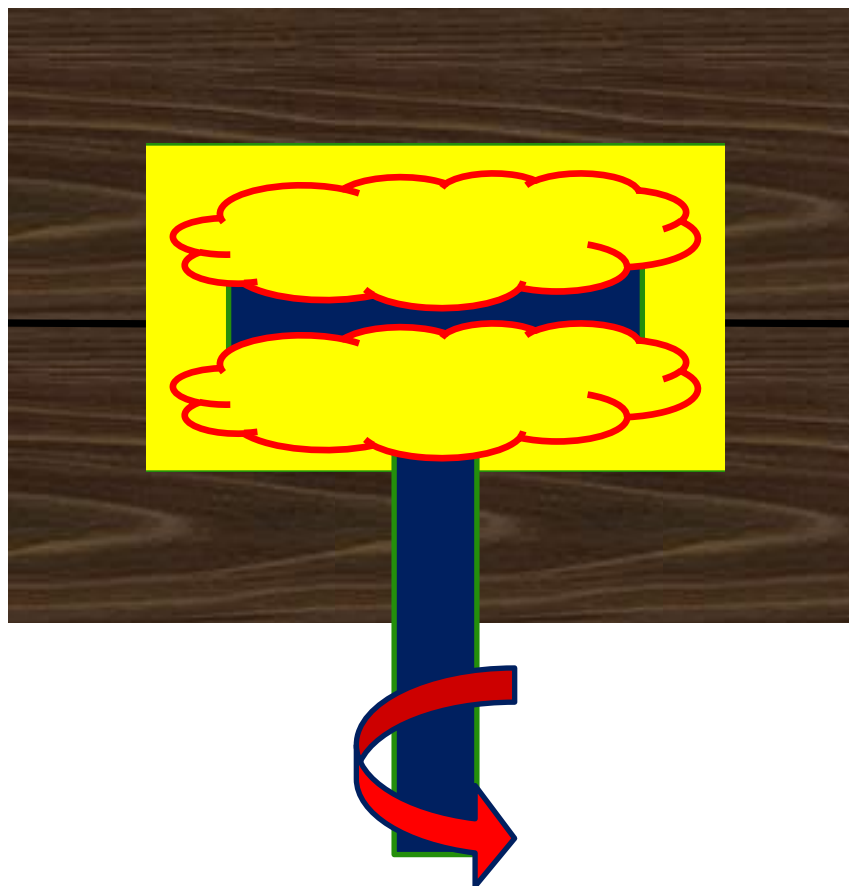


27 ± 3 กรัม

$\phi = 47$ มิลลิเมตร



หลักการทำงานของเครื่อง



การทดสอบค่าความหนืดตามมาตรฐานสากล



ความเร็วรอบของแท่งหมุนโรเตอร์
เท่ากับ 2 ± 0.02 รอบต่อนาที

ให้ความร้อนแก่ยาง ประมาณ 1 นาที และอ่านค่า
ความหนืดของยาง หลังจากหมุนไปได้ 4 นาที
ยกเว้นยางบิวไทล์ (IIR) จะใช้ 8 นาที

ขนาดของแท่งหมุนโรเตอร์ที่ใช้ มี 2 ขนาด
คือ ขนาดเล็ก และขนาดใหญ่

อุณหภูมิในการทดสอบส่วนใหญ่เท่ากับ 100 ± 0.5 °C
ยกเว้น สำหรับยางบางชนิดที่นิยมทำการทดสอบที่อุณหภูมิ 125 °C

สมการ ML 1 + 4 (T °C)

Mooney
viscosity

การทดสอบค่าความหนืดมูนี้ตามมาตรฐานสากล



ตารางแสดงอุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบยาง

ชนิดของยาง	อุณหภูมิที่ทดสอบ(°C)	ระยะเวลาในการหมุนแท่งหมุน (นาที)
NR, BR, CR, IR, NBR และ SBR	100 ± 0.5	4
BIIR, CIIR และ IIR	100 ± 0.5 หรือ $125 \pm 0.5^*$	8
EPDM และ EPM	125 ± 0.5	4
*ใช้อุณหภูมิในการทดสอบที่ 125 ± 0.5 สำหรับยางที่มีความหนืดสูงกว่า 60 - ML 1+8 (100 °C)		



การทดสอบค่าความหนืดมูนี้ตามมาตรฐานสากล



ตัวอย่างสัญลักษณ์โดยทั่วไปที่ใช้แสดงผลการทดสอบค่าความหนืดมูนี้

40 - ML 1+4 (100 °C)

โดยที่

40 คือค่าความหนืดที่วัดได้ในหน่วยมูนี้

M แสดงให้เห็นว่าเป็นการทดสอบแบบมูนี้

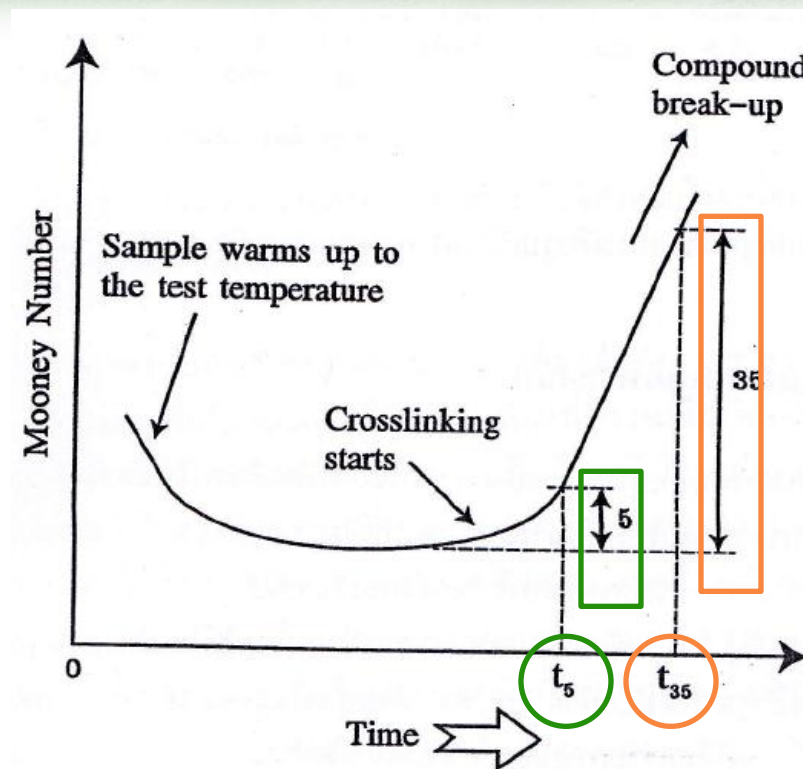
L หมายถึง แท่งหมุนขนาดใหญ่ (ถ้าเป็นแท่งหมุนขนาดเล็กจะใช้เป็น S)

1 คือระยะเวลาที่ให้ความร้อนแก่ยางก่อนการทดสอบ (preheat time) เพื่อให้ความร้อนหลังปิด chamber เป็นเวลา 1 นาที จนถึงเวลาที่เริ่มเปิดแท่งหมุน

4 คือระยะเวลาที่อ่านค่าความหนืด (ในกรณียางบิวทิลจะมีค่าเท่ากับ 8) แสดงระยะเวลาที่เก็บผลหลังจากเริ่มเปิดแท่งหมุน

(100 °C) เป็นอุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบในหน่วยของศาเซลเซียส

การทดสอบค่าความหนืดนี้ตามมาตรฐานสากล



t_5 เป็นระยะเวลาที่ทำให้ยางมีค่าความหนืดสูงกว่าจุดต่ำสุด 5 หน่วย ในแท่งหมุนขนาดใหญ่ ซึ่งเป็น **ช่วงเวลาที่พอลิเมอร์เริ่มเกิดการ crosslink** ซึ่งค่านี้แสดงถึงระยะเวลาที่วัสดุสามารถไหลได้ในแม่พิมพ์ในขณะที่ขึ้นรูปก่อนที่จะเริ่มแข็งตัวหรือเกิด crosslink และเรียกระยะเวลานี้ว่า **“Mooney scorch time”**

การทดสอบค่าความหนืดนี้ตามมาตรฐานสากล



t_{35} เป็นระยะเวลาที่ทำให้ยางมีค่าความหนืดสูงกว่าจุดต่ำสุด 35 หน่วย แสดงถึง **ระยะเวลาที่ปริมาณ crosslink ทำให้เลขมูนีเพิ่มขึ้น**
35 หน่วยของการทำให้ยางสุก ในแท่งหมუნขนาดใหญ่



และเมื่อนำเวลาทั้ง 2 นี้มาหักลบกับจะได้เป็น ดัชนีการสุก (cure index)

$$\Delta t_L = t_{35} - t_5$$

สำหรับแท่งหมุน
ขนาดใหญ่

$$\Delta t_S = t_{18} - t_3$$

สำหรับแท่งหมุน
ขนาดเล็ก

ข้อดีของเครื่องวัดโคมิเตอร์ระบบมูนี่



เครื่องวัดความหนืดมูนี่จะได้รับการออกแบบ
เพื่อใช้สำหรับวัดความหนืดของยางมากกว่าที่จะใช้ศึกษาลักษณะ
การคงรูป แต่เนื่องจากค่าของความหนืดของยางแปรผันโดยตรง
กับระดับการคงรูป จึงสามารถใช้เครื่อง mooney viscometer ไปใช้ใน
การศึกษาลักษณะการคงรูปของยางได้ด้วยเช่นกัน

โดยการทดสอบลักษณะการคงรูปจะมีวิธีการ
ทดสอบเช่นเดียวกับการวัดค่าความหนืดมูนี่ แต่จะต่างกันตรงที่การ
ทดสอบลักษณะการคงรูปจะทดสอบแบบต่อเนื่องและนิยมทดสอบ
อุณหภูมิสูงกว่า เช่น 125 หรือ 140



ข้อจำกัดของเครื่องวิสโคมิเตอร์ระบบหมุน



สามารถวัดค่าแรงบิดของการหมุนของแท่งหมุนที่ค่าอัตรา

เฉือนค่อนข้างต่ำ ประมาณที่ 1 s^{-1} ซึ่งพบว่ามีค่าต่ำกว่าอัตราเฉือนที่ใช้ในกระบวนการผลิตและขึ้นรูปยาง ดังนั้นค่าที่ได้ไม่สามารถนำไปใช้แสดงสมบัติการไหลได้จริง แต่จะใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของสารประกอบยางมากกว่า

เครื่อง mooney viscometer สามารถนำไปใช้ใน

การศึกษาลักษณะการคงรูปของยางได้เฉพาะในช่วงต้นของการคงรูป

เท่านั้น เพราะเมื่อแท่งหมุนโรเตอร์หมุนไปเรื่อยๆ แรงเฉือนที่เกิดขึ้นจะไปทำลายโครงสร้างตาข่าย 3 มิติ ที่เกิดจากการคงรูปของยาง ทำให้ผลทดสอบมีความผิดพลาดสูง ปัจจุบันจึงใช้ rheometer แทน

References



- พงษ์ธร แซ่อูย, ชاکริต สิริสิงห, ยาง: กระบวนการผลิตและการทดสอบ, ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค), 2550, พิมพ์ครั้งที่ 1, หน้า 100-103, 106-107
- ณรงค์ฤทธิ์ สมบัติสมภพ, พฤติกรรมการไหลของพอลิเมอร์หลอมเหลวและการนำไปใช้งาน, มจธ., 2548, พิมพ์ครั้งที่ 2, หน้า 62-65

Thank You !

