

ภาคผนวก ค.

การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเชื่อมโยง (crosslink Density)

ตัวอย่างการทดสอบการหาค่าเปอร์เซ็นต์การเชื่อมโยงของยางธรรมชาติคอมพาวด์ที่
เติมเขม่าดำที่กำลัง 1,000 วัตต์

ตารางที่ ค.1 น้ำหนักและค่าต่าง ๆ ของยางธรรมชาติคอมพาวด์ที่เติมเขม่าดำที่กำลัง 1,000 วัตต์
ที่ได้จากการทดสอบเปอร์เซ็นต์การเชื่อมโยง

NAME	V_r	α	$m_0(g.)$	$m_1(g.)$	$m_2(g.)$
NRC-01	0.171413	0.311454	1.6134	6.6	1.1109
NRC-02	0.204013	0.009759	1.1579	5.7	1.1466
NRC-03	0.219909	0.11519	1.7953	7.3	1.5885
NRC-04	0.200173	0.315935	0.6859	2.3615	0.4692

สมการที่ใช้ในการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเชื่อมโยง (crosslink Density) คือ

$$\eta = \frac{-\ln(1-V_r)-V_r-XV_r^2}{V_m\left(V_r^{\frac{1}{3}}-\frac{V_r}{2}\right)} \quad (\text{ค.1})$$

• คำนวณค่า V_r ซึ่งเป็นค่าสัดส่วนโดยปริมาตรของยางธรรมชาติคอมพาวด์ที่เติม
เขม่าดำในสถานะเจลที่บวมตัวสมดุล โดยสามารถคำนวณได้ดังนี้

- ชั่งน้ำหนักยางธรรมชาติคอมพาวด์ที่เติมเขม่าดำที่มีปริมาตร 1 ตาราง
เซนติเมตร ก่อนแช่ในโหลอื่น (m_0)
- ชั่งน้ำหนักยางธรรมชาติคอมพาวด์ที่เติมเขม่าดำหลังแช่ด้วยโหลอื่น 1
สัปดาห์ที่อุณหภูมิ 28°C (m_1)
- ชั่งน้ำหนักยางธรรมชาติคอมพาวด์ที่เติมเขม่าดำหลังอบที่อุณหภูมิ 80°C
เป็นเวลา 48 ชั่วโมง (m_2)

นำน้ำหนักยางธรรมชาติคอมพาวด์ที่เติมเขม่าดำที่ได้มาคำนวณด้วยสมการ

$$V_r = \frac{\frac{m_0 \phi (1 - \alpha)}{\rho_r}}{\left[\frac{m_0 \phi (1 - \alpha)}{\rho_r} + \frac{(m_1 - m_2)}{\rho_s} \right]} \quad (\text{ค.2})$$

α คือ มวลที่หายไปของยางธรรมชาติคอมพาวด์ที่เติมเข้ามาดำระหว่างกระบวนการบวมตัวหา
ได้จาก $\alpha = \frac{m_0 - m_2}{m_0}$

ยกตัวอย่าง NRC-01 สามารถคำนวณค่า $\alpha = \frac{1.6134 - 1.1109}{1.6134} = 0.31145$

ϕ คือ สัดส่วนโดยมวลของเนื้อยางธรรมชาติในชิ้นงานยางธรรมชาติคอมพาวด์ที่เติม
เข้ามาดำที่นำมาทดสอบ คำนวณได้จาก phr ของยางธรรมชาติคอมพาวด์หารด้วย phr รวม โดย
สูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่า phr รวมเท่ากับ 118.5, 119, 119.5 และ 120 ตามลำดับ ดังนั้นค่า ϕ
ของแต่ละสูตรสามารถคำนวณได้ดังนี้

สูตรที่ 1: $\phi = \frac{100}{118.5} = 0.8439$

สูตรที่ 2 = 0.8408, สูตรที่ 3 = 0.8368 และ สูตรที่ 4 = 0.8333

ρ_r คือ ความหนาแน่นของยางธรรมชาติคอมพาวด์ที่เติมเข้ามาดำ ($\approx 0.71 \text{ kg/m}^3$)

ρ_s คือ ความหนาแน่นของโพลียีน (0.86 kg/m^3)

นำค่าที่ได้ทั้งหมดของ NRC-01 แทนลงในสมการที่ ง.2 จะได้

$$V_r = \frac{\left[\frac{1.6134 \times 0.8439 (1 - 0.311454)}{0.71} \right]}{\left[\frac{1.6134 \times 0.8439 (1 - 0.311454)}{0.71} + \frac{(6.6 - 1.6134)}{0.86} \right]} = 0.171413$$

- คำนวณค่า Flory-Huggins interaction parameter

$$X = 0.34 + \frac{V_m}{RT} (\delta_s - \delta_p) \quad (\text{ค.3})$$

โดย V_m คือ molar volume ของโพลียีน (106.8 ml./mol)

R คือ ค่าคงที่ของก๊าซ (1.987 cal./mol-K)

T คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ (301K)

δ_s คือ solubility parameter ของโพลียีน (8.91)

δ_p คือ solubility parameter ของยางธรรมชาติ (8.30)

แทนค่าต่าง ๆ ลงในสมการที่ ง.3 จะได้

$$X = 0.34 + \frac{106.8}{(1.987 \times 301)} (8.91 - 8.30) = 0.3795$$

นำค่า X , V_m และ V_r ของ NRC-01 ไปแทนค่าในสมการที่ ง.1 จะได้

$$\eta = \frac{[-\ln(1-0.171413)] - 0.171413 - (0.3795 \times 0.171413^2)}{106.8 \times \left(0.171413^{\frac{1}{3}} - \frac{0.171413}{2} \right)}$$

$$\eta = 0.000109 \text{ mol/cm}^3$$