

ภาคผนวก

ก. ตารางการศึกษาอิทธิพลของสเตียริลอะโรมาติกเอสเทอร์แต่ละชนิดต่อสมบัติก่อนและหลังวัลคาไนซ์ของยางคอมพาวนด์

ตารางที่ 4.8 พลังงานการผสม และความหนืดมูนนี่ของยางคอมพาวนด์ที่ใช้สเตียริลอะโรมาติกเอสเทอร์ชนิดต่างๆ ใช้น้ำมันอะโรมาติกและไม่ใช้น้ำมัน

Processing aid types	Mixing energy (kJ)	Mooney viscosity ML 1+4 (100°C) (MU)
Without oil (WO)	65.14±1.37	70.3±5.6
Aromatic oil (AO)	60.18±0.19	59.7±2.4
Stearyl benzoate (SB)	58.77±0.66	59.1±2.0
Distearyl phthalate (DP)	58.49±0.67	59.3±2.5
Stearyl biphenyl-4-carboxylate (SBC)	58.69±0.55	58.6±0.2
Stearyl 1-naphthoate (SN)	58.45±0.77	57.5±1.3

ตารางที่ 4.9 อุณหภูมิของยางคอมพาวนด์ที่ใช้สเตียริลอะโรมาติกเอสเทอร์ชนิดต่างๆ ใช้น้ำมันอะโรมาติกและไม่ใช้น้ำมัน ภายหลังจากการผสม

Processing aid types	Dump temperature (°C)
Without oil (WO)	113±3
Aromatic oil (AO)	108±1
Stearyl benzoate (SB)	104±2
Distearyl phthalate (DP)	105±1
Stearyl biphenyl-4-carboxylate (SBC)	104±2
Stearyl 1-naphthoate (SN)	105±1

ตารางที่ 4.11 ความต้านทานต่อแรงดึงและความสามารถในการยืดจนขาดของยางวัลคาไนซ์ที่ใช้สเตียริลอะโรมาติกเอสเทอร์ชนิดต่างๆ ใช้น้ำมันอะโรมาติกและไม่ใช้น้ำมัน

Processing aid types	Tensile strength (MPa)	Elongation at break (%)
Without oil (WO)	25.87±0.97	475±13
Aromatic oil (AO)	27.13±0.60	542±23
Stearyl benzoate (SB)	26.60±0.83	537±5
Distearyl phthalate (DP)	26.26±1.65	541±32
Stearyl biphenyl-4-carboxylate (SBC)	26.45±0.96	541±8
Stearyl 1-naphthoate (SN)	26.71±0.64	547±24

ตารางที่ 4.12 มอดูลัสที่ระยะยืด 300% และความแข็งของยางวัลคาไนซ์ที่ใช้สเตียริลอะโรมาติกเอสเทอร์ชนิดต่างๆ ใช้น้ำมันอะโรมาติกและไม่ใช้น้ำมัน

Processing aid types	300% Modulus (MPa)	Hardness (Shore A)
Without oil (WO)	13.67±0.12	58.7±0.6
Aromatic oil (AO)	11.73±0.30	56.5±0.5
Stearyl benzoate (SB)	11.86±0.06	55.5±0.5
Distearyl phthalate (DP)	11.47±0.29	55.2±0.3
Stearyl biphenyl-4-carboxylate (SBC)	11.40±0.24	56.3±0.6
Stearyl 1-naphthoate (SN)	11.52±0.39	55.3±0.6

ตารางที่ 4.13 ความต้านทานต่อการฉีกขาดและความต้านทานต่อการสึกหรอของยางวัลคาไนซ์ที่ใช้สเตียริลอะโรมาติกเอสเทอร์ชนิดต่างๆ ใช้น้ำมันอะโรมาติกและไม่ใช้น้ำมัน

Processing aid types	Tear strength (N/mm)	Akron abrasion index (%)
Without oil (WO)	88.47±6.52	72.89±2.29
Aromatic oil (AO)	104.25±3.18	78.19±0.55
Stearyl benzoate (SB)	91.09±0.62	93.76±4.77
Distearyl phthalate (DP)	92.03±1.14	92.50±4.29
Stearyl biphenyl-4-carboxylate (SBC)	92.12±0.83	93.04±0.32
Stearyl 1-naphthoate (SN)	93.10±1.56	93.87±1.53

ตารางที่ 4.14 ความสามารถในการคืนรูปหลังการกดของยางวัลคาไนซ์ที่ใช้สเตียริลอะโรมาติกเอสเทอร์ชนิดต่างๆ ใช้น้ำมันอะโรมาติกและไม่ใช้น้ำมัน

Processing aid types	Compression set (%)
Without oil (WO)	59.16±0.57
Aromatic oil (AO)	60.97±2.00
Stearyl benzoate (SB)	62.93±0.67
Distearyl phthalate (DP)	62.10±1.20
Stearyl biphenyl-4-carboxylate (SBC)	62.03±1.01
Stearyl 1-naphthoate (SN)	61.76±2.38

ตารางที่ 4.15 การเปลี่ยนแปลงของความต้านทานต่อแรงดึงและความสามารถในการยืดจนขาด ภายหลังจากบ่มแรงของยางวัลคาไนซ์ที่ใช้สตีริลอะโรมาติกเอสเทอร์ชนิดต่างๆ ใช้น้ำมันอะโรมาติกและไม่ใช้น้ำมัน

Processing aid types	Change in Tensile	Change in Elongation
	strength (%)	at break (%)
Without oil (WO)	-32.82±1.80	-31±3
Aromatic oil (AO)	-20.78±0.84	-24±1
Stearyl benzoate (SB)	-33.76±2.14	-33±2
Distearyl phthalate (DP)	-32.29±2.38	-31±2
Stearyl biphenyl-4-carboxylate (SBC)	-31.01±2.86	-33±2
Stearyl 1-naphthoate (SN)	-34.66±0.23	-33±1

ข. ตารางการศึกษาอิทธิพลของการใช้สารด้านการเชื่อมต่อสมบัติก่อนและหลังวัลคาไนซ์ของยางคอมพาวนด์

ตารางที่ 4.17 พลังงานการผสมและความหนืดมูนนี่ของยางคอมพาวนด์ที่มีการใช้สารด้านการเชื่อมต่อ

Processing aid types	Mixing energy	Mooney viscosity ML 1+4 (100°C)
	(kJ)	(MU)
Without oil (WO)	65.14±1.37	70.3±5.6
Without oil + 6PPD (WO + 6PPD)	70.34±0.83	72.5±4.1
Aromatic oil (AO)	60.18±0.19	59.7±2.4
Aromatic oil (AO + 6PPD)	63.93±0.10	61.2±1.6
Stearyl benzoate (SB)	58.77±1.66	59.1±2.0
Stearyl benzoate (SB + 6PPD)	61.08±0.81	60.6±1.4

ตารางที่ 4.18 อุณหภูมิของยางคอมพาวด์ภายหลังการผสมที่มีการใช้สารต้านการเสื่อม

Processing aid types	Dump temperature (°C)
Without oil (WO)	113±3
Without oil + 6PPD (WO + 6PPD)	115±1
Aromatic oil (AO)	108±1
Aromatic oil (AO + 6PPD)	112±2
Stearyl benzoate (SB)	104±2
Stearyl benzoate (SB + 6PPD)	107±1

ตารางที่ 4.20 ความต้านทานต่อแรงดึง และความสามารถในการยืดจนขาดของยางวัลคาไนซ์ที่มีการใช้สารต้านการเสื่อม

Processing aid types	Tensile strength (MPa)	Elongation at break (%)
Without oil (WO)	25.87±0.97	475±13
Without oil + 6PPD (WO + 6PPD)	23.91±2.09	532±28
Aromatic oil (AO)	27.13±0.60	542±23
Aromatic oil (AO + 6PPD)	26.05±0.52	565±10
Stearyl benzoate (SB)	26.60±0.83	537±15
Stearyl benzoate (SB + 6PPD)	25.87±1.14	557±10

ตารางที่ 4.21 โมดูลัสที่ระยะยืด 300% และความแข็งของยางวัลคาไนซ์ที่มีการใช้สารต้านการเสื่อม

Processing aid types	300% Modulus (MPa)	Hardness (Shore A)
Without oil (WO)	13.67±0.12	58.7±0.6
Without oil + 6PPD (WO + 6PPD)	13.02±0.68	57.3±0.6
Aromatic oil (AO)	11.73±0.30	56.5±0.5
Aromatic oil (AO + 6PPD)	10.83±0.60	56.0±0.4
Stearyl benzoate (SB)	11.86±0.06	55.5±0.5
Stearyl benzoate (SB + 6PPD)	10.96±0.59	55.2±0.4

ตารางที่ 4.22 ความต้านทานต่อการฉีกขาด และความต้านทานต่อการสึกหรอของยางวัลคาไนซ์
ที่มีการใช้สารต้านการเสื่อม

Processing aid types	Tear strength (N/mm)	Akron abrasion index (%)
Without oil (WO)	88.47±6.52	72.89±2.29
Without oil + 6PPD (WO + 6PPD)	82.99±6.45	88.75±2.61
Aromatic oil (AO)	104.25±3.18	78.19±0.55
Aromatic oil (AO + 6PPD)	99.60±1.56	94.53±4.17
Stearyl benzoate (SB)	91.09±0.62	93.76±4.77
Stearyl benzoate (SB + 6PPD)	87.37±6.42	104.85±6.72

ตารางที่ 4.23 ความสามารถในการคืนรูปหลังการกดของยางวัลคาไนซ์ที่มีการใช้สารต้านการเสื่อม

Processing aid types	Compression set (%)
Without oil (WO)	59.16±0.57
Without oil + 6PPD (WO + 6PPD)	53.57±0.89
Aromatic oil (AO)	60.97±2.00
Aromatic oil (AO + 6PPD)	52.75±0.28
Stearyl benzoate (SB)	62.93±0.67
Stearyl benzoate (SB + 6PPD)	57.41±3.58

ตารางที่ 4.24 การเปลี่ยนแปลงของความต้านทานต่อแรงดึงและความสามารถในการยืดจนขาด
ภายหลังการบ่มแรงของยางวัลคาไนซ์ที่มีการใช้สารด้านการเสื่อม

Processing aid types	Change in Tensile strength (%)	Change in Elongation at break (%)
Without oil (WO)	-32.82±1.80	-31±3
Without oil + 6PPD (WO + 6PPD)	-11.51±1.78	-12±2
Aromatic oil (AO)	-20.78±0.84	-24±1
Aromatic oil (AO + 6PPD)	-8.78±1.96	-10±2
Stearyl benzoate (SB)	-33.76±2.14	-33±2
Stearyl benzoate (SB + 6PPD)	-10.38±0.71	-14±1

**ค. ตารางการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้สเตียร์ลอะโรมาติกเอสเทอร์ที่ไม่ผ่านการ
ทำให้บริสุทธิ์ (Crude stearyl benzoate)**

ตารางที่ 4.26 พลังงานการผสม และความหนืดมูนนี่ของยางคอมพาวนด์ที่ใช้ Stearyl benzoate (SB)
และ crude stearyl benzoate (crude SB)

Processing aid types	Mixing energy (kJ)	Mooney viscosity ML 1+4 (100°C) (MU)
Stearyl benzoate (SB)	58.8±0.7	59.1±2.0
crude stearyl benzoate (crude SB)	58.4±0.2	58.0±0.7

ตารางที่ 4.27 อุณหภูมิของยางคอมพาวนด์ภายหลังการผสมที่ใช้ Stearyl benzoate (SB)
และ crude stearyl benzoate (crude SB)

Processing aid types	Dump temperature (°C)
Stearyl benzoate (SB)	104±2
crude stearyl benzoate (crude SB)	103±2

ตารางที่ 4.29 ความต้านทานต่อแรงดึง และความสามารถในการยืดขนาดของยางวัลคาไนซ์
ที่ใช้ Stearyl benzoate (SB) และ crude Stearyl benzoate (crude SB)

Processing aid types	Tensile strength (MPa)	Elongation at break (%)
Stearyl benzoate (SB)	26.60±0.83	537±5
crude stearyl benzoate (crude SB)	25.54±0.69	559±20

ตารางที่ 4.30 โมดูลัสที่ระยะยืด 300% และความแข็งของยางวัลคาไนซ์ที่ Stearyl benzoate (SB)
และ crude stearyl benzoate (crude SB)

Processing aid types	300% Modulus (MPa)	Hardness (Shore A)
Stearyl benzoate (SB)	11.86±0.06	55.5±0.5
crude stearyl benzoate (crude SB)	10.58±0.48	54.5±0.7

ตารางที่ 4.31 ความต้านทานต่อการฉีกขาด และความต้านทานต่อการสึกหรอของยางวัลคาไนซ์
ที่ใช้ Stearyl benzoate (SB) และ crude stearyl benzoate (crude SB)

Processing aid types	Tear strength (N/mm)	Akron abrasion index (%)
Stearyl benzoate (SB)	91.09±0.62	93.76±4.77
crude stearyl benzoate (crude SB)	81.81±1.04	91.88±1.21

ตารางที่ 4.32 ความสามารถในการคืนรูปหลังการกดของยางวัลคาไนซ์ที่ใช้ Stearyl benzoate (SB)
และ crude stearyl benzoate (crude SB)

Processing aid types	Compression set (%)
Stearyl benzoate (SB)	62.93±0.67
crude stearyl benzoate (crude SB)	66.18±2.87

ตารางที่ 4.33 การเปลี่ยนแปลงของความต้านทานต่อแรงดึงและความสามารถในการยืดจนขาด
 ภายหลัง การบ่มแรงของยางวัลคาไนซ์ที่ใช้ Stearyl benzoate (SB)
 และ crude stearyl benzoate (crude SB)

Processing aid types	Change in tensile strength (%)	Change in elongation at break (%)
Stearyl benzoate (SB)	-33.76±2.14	-33±2
crude stearyl benzoate (crude SB)	-38.94±5.45	-37±2

จ. ตารางแสดงราคาสารเคมี

Substances	Size	Grade	Prize(B)	Supplier	Source
สเตียร์ลแอลกอฮอล์ (Stearyl alcohol)	1 kg	A.R.	4,000	Boss Oftical, Songkhla	Fluka Chemicals, Switzerland
สเตียร์ลแอลกอฮอล์ (Stearyl alcohol)	25 kg	Com.	3,400	Chemipan, BKK	Bonn, Germany
กรดเบนโซอิก (Benzoic acid)	500 g	A.R.	626	Boss Oftical, Songkhla	Sigma-Aldrich , U.S.A.
กรดเบนโซอิก (Benzoic acid)	20 kg	Com.	2,400	Chemipan, BKK	Chemp, China
กรดแพททาลิก (Phthalic acid)	1 kg	A.R.	6,800	Boss Oftical, Songkhla	Fluka Chemicals, Switzerland
กรดไบฟีนิล-4-คาร์บอกซิลิก (Biphenyl-4-carboxylic acid)	25 g	A.R.	3,300	Boss Oftical, Songkhla	Fluka Chemicals, Switzerland
กรด 1-แนฟโทอิก (1-Naphthoic acid)	100 g	A.R.	5,350	Boss Oftical, Songkhla	Fluka Chemicals, Switzerland
กรดแอนทราซีน-9-คาร์บอกซิลิก (Anthracene-9-carboxylic acid)	10 g	A.R.	4,950	Boss Oftical, Songkhla	Fluka Chemicals, Switzerland

จ. การคำนวณ Aromatic content (%)

1. การคำนวณ Aromatic content (%) ของ Stearyl benzoate (SB)

$$\begin{aligned} \text{Aromatic content (\%)} &= \frac{\text{weight of aromatic part}}{\text{MW of Stearyl benzoate}} \times 100 \\ &= \frac{77.05}{374.23} \times 100 \\ &= 20.59\% \end{aligned}$$

2. การคำนวณ Aromatic content (%) ของ Distearyl phthalate (DP)

$$\begin{aligned} \text{Aromatic content (\%)} &= \frac{\text{weight of aromatic part}}{\text{MW of Distearyl phthalate}} \times 100 \\ &= \frac{76.07}{671.40} \times 100 \\ &= 11.33\% \end{aligned}$$

3. การคำนวณ Aromatic content (%) ของ Stearyl biphenyl-4-carboxylate (SBC)

$$\begin{aligned} \text{Aromatic content (\%)} &= \frac{\text{weight of aromatic part}}{\text{MW of Stearyl biphenyl-4-carboxylate}} \times 100 \\ &= \frac{153.10}{450.29} \times 100 \\ &= 34.00\% \end{aligned}$$

4. การคำนวณ Aromatic content (%) ของ Stearyl 1-naphthoate (SN)

$$\begin{aligned} \text{Aromatic content (\%)} &= \frac{\text{weight of aromatic part}}{\text{MW of Stearyl 1-naphthoate}} \times 100 \\ &= \frac{127.07}{424.27} \times 100 \\ &= 29.95\% \end{aligned}$$

5. การคำนวณ Aromatic content (%) ของ Stearyl anthracene-9-carboxylate (SAC)

$$\begin{aligned}\text{Aromatic content (\%)} &= \frac{\text{weight of aromatic part}}{\text{MW of Stearyl anthracene-9-carboxylate}} \times 100 \\ &= \frac{177.11}{474.31} \times 100 \\ &= 37.34\%\end{aligned}$$