

ยางธรรมชาติสำหรับงานเชิงพลวัตในรถยนต์

เรียบเรียงโดย ชญาภา นิมสุวรรณ

การนิยมนำยางธรรมชาติมาใช้ในงานเชิงพลวัตนั้นเป็นเพราะยางธรรมชาติมีสมบัติเชิงกลที่ดีที่อย่างสังเคราะห์ไม่สามารถทดแทนได้ ได้แก่

- โมดูลัส
- การยึดติดกับโลหะได้ดี
- การคืบ (creep) ต่ำ
- ความต้านทานต่อการล้าตัว (fatigue resistance) ดีเยี่ยม ภายใต้แอมพลิจูดสูง
- มีพฤติกรรมการเชิงพลวัตดี เช่น มีความสามารถในการกลับคืนสู่รูปร่างตั้งต้น (resilience) ได้ดี

ชิ้นส่วนยางที่ใช้ในงานเชิงพลวัต ได้แก่ ยางแท่นเครื่อง (engine mount) บูช (bushing) ซึ่งจะลดการสั่นและดูดซับแรงกระแทกที่เกิดขึ้น

ตารางที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติที่ต้องการของชิ้นส่วนยางที่ใช้ในงานเชิงพลวัตกับสมบัติของยางคอมพาวด์ ในบทความนี้จะกล่าวถึงสมบัติต่างๆ ของยางคอมพาวด์ที่ต้องการและการพัฒนาสูตรผสมเคมีที่ทนต่ออุณหภูมิในห้องเครื่องของรถยนต์ที่เพิ่มสูงขึ้น

ตารางที่ 1 สมบัติที่ต้องการของชิ้นส่วนยางและยางคอมพาวด์

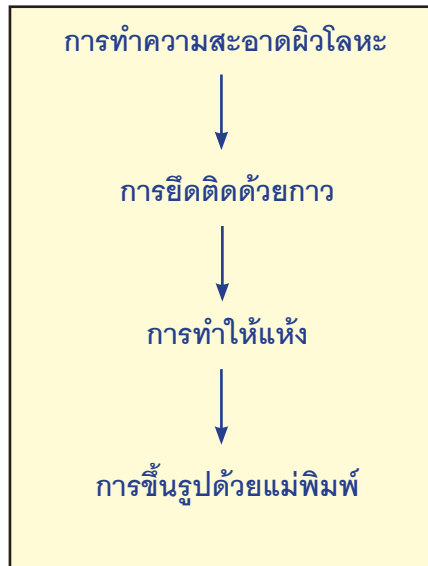
สมบัติของชิ้นส่วนยาง	สมบัติของยางคอมพาวด์
ความแข็งแกร่ง (ความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างภายใต้ความเค้น)	โมดูลัส
การดูดซับพลังงานที่ความถี่ต่ำ	มุมสูญเสีย (loss angle) สูง
ความแข็งแกร่งต่ำที่ความถี่สูง	มุมสูญเสียต่ำ
อายุการใช้งานเนื่องจากการล้าตัว	ความทนต่อการฉีกขาด ความต้านทานต่อการตัดสูง
การยึดติดกับโลหะ	การยึดติดกับโลหะ
ความทนทาน	ความต้านทานต่อการบ่มเร่งอันเนื่องมาจากออกซิเจนและโอโซน
ความต้านทานต่อการคืบ	การเสีรูปลถาวรหลังกด

สมบัติที่ต้องการของคอมพาวด์ยางธรรมชาติที่ใช้ในอุปกรณ์ลดการสั่นสะเทือน

การยึดติดกับโลหะ (Adhesion to metal)

การยึดติดของยางกับโลหะเป็นผลมาจากปฏิกิริยาการวัลคาไนซ์ที่ทำให้เกิดพันธะเชื่อมโยงที่แข็งแรงระหว่างยางคอมพาวด์และกาวฟิล์มที่ได้เกิดจากการจุ่ม (dipping) หรือการพ่น (spraying) กาวลงบนชิ้นส่วนโลหะหลังการทำความสะอาดพื้นผิว เช่น การพ่นด้วยผงขัด (grit blasting) การใช้สารละลายกรด ด่าง หรือฟอสเฟต การกำจัดไขมัน (degreasing) เป็นต้น





โดยทั่วไปนิยมใช้การเคลือบผิวแบบสองชั้น (two-coat layer) ซึ่งประกอบด้วย สารเคลือบชั้นแรก (primer) ซึ่งจะเกิดพันธะกับโลหะ และกาวที่เคลือบอยู่ด้านบนซึ่งจะเกิดพันธะกับยางคอมพาวด์ ความหนาของชั้นกาวที่เคลือบประมาณ 20 ไมโครเมตร การทดสอบการยึดติดสามารถทำได้ ดังนี้

- การลอก (peel test) ตามมาตรฐาน ASTM D429 (method B) และ
- การใช้ขึ้นทดสอบแบบ double-lap shear ตามมาตรฐาน ASTM D945

การยึดติดที่ดีเนื่องจากยางมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลสูงและให้ระบุอักษร “R” ถ้าเกิดการแตกหักที่ตัวเนื้อยาง ส่วนการยึดติดที่ไม่ดีเป็นผลจากการแตกหักบริเวณรอยต่อ ให้ระบุอักษร “RC” ถ้าเกิดการแตกหักที่รอยต่อระหว่างยางและโลหะ หรืออักษร “M” ถ้าเกิดการแตกหักที่โลหะ

สมบัติเชิงพลวัต (dynamic properties)

โดยทั่วไปนิยมทดสอบสมบัติการกดอัดและสมบัติเชิงพลวัตเพื่อแสดงความสามารถของยางคอมพาวด์ในการดูดซับแรงที่กระทำเป็นรอบๆ ได้ ค่าสมบัติพื้นฐานที่วิเคราะห์ได้แก่ โมดูลัสสะสม (storage modulus; E') โมดูลัสสูญเสีย (loss modulus; E'') และอัตราส่วนระหว่าง E''/E' ที่รู้จักกันในชื่อ แทนเดลต้า (tan delta)

ขึ้นทดสอบที่ใช้วัดสมบัติการกดอัดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร และมีความสูง 10 มิลลิเมตร ความแข็งแก่งสถิติ (static stiffness; K_s) จะวัดที่การกดอัดร้อยละ 10 ซึ่งโดยปกติมักจะวัดที่ 2 จุดดังนี้

- K15 ความแข็งแก่งที่ความถี่ 15 เฮิร์ตซ์ แอมพลิจูดร้อยละ 2 และ
- K155 ความแข็งแก่งที่ความถี่ 155 เฮิร์ตซ์ แอมพลิจูดร้อยละ 0.1

อัตราส่วน $t = K155/K15$ เป็นสัมประสิทธิ์ของความแข็งแก่งเชิงพลวัต (dynamic stiffening)

ยางคอมพาวด์ที่มีแทนเดลต้าต่ำจะสามารถกลับคืนสู่รูปร่างเดิมได้และจะมีความแข็งแก่งเชิงพลวัตต่ำ ในขณะที่ยางคอมพาวด์ที่มีแทนเดลต้าสูงจะมีการสูญเสียพลังงานสูงและมีความแข็งแก่งเชิงพลวัตสูงที่มีความถี่สูง

การคืบ (creep)

การคืบ คือ การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของวัสดุภายใต้ความเค้นและอุณหภูมิคงที่ในเวลาที่กำหนด เนื่องจากชิ้นส่วนยางที่ใช้ในอุปกรณ์ลดการสั่นสะเทือนในรถยนต์ต้องการมิติที่แน่นอนและความเสถียรของมิติสูง ดังนั้นจึงต้องการชิ้นส่วนยางที่มีการคืบต่ำหรือการเสียรูปถาวรหลังกดต่ำ

การทดสอบการเสียรูปถาวรหลังกด สามารถทำตามมาตรฐาน ASTM D395 สำหรับยางธรรมชาติจะทดสอบที่อุณหภูมิ 70-100°C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง

การบ่มเร่งด้วยอากาศร้อน (hot air aging)

การบ่มเร่งด้วยอากาศร้อนจะสามารถทดสอบได้โดยการเปรียบเทียบสมบัติเชิงกล (เช่น ความทนต่อแรงดึงและการยืดตัว ณ จุดขาด) ก่อนและหลังการบ่มเร่งในเวลาและอุณหภูมิที่กำหนด (ASTM D573) สำหรับยางธรรมชาติโดยทั่วไปนิยมทดสอบที่อุณหภูมิ 70-100°C เป็นเวลา 7 วัน หรือ 14 วัน

อายุการใช้งานเนื่องจากความต้านทานต่อการล้าตัว (fatigue life resistance)

อายุการใช้งานเนื่องจากความต้านทานต่อการล้าตัวเป็นเวลาหรือจำนวนรอบที่ใช้ในการทำให้ชิ้นงานเสื่อมสภาพภายใต้ความเค้น การเสื่อมสภาพของชิ้นงานเนื่องมาจากการค่อยๆ เกิดการแตกอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งเกิดการประลัยหรือแตกเสียหายทั้งชิ้นงานวิธีทดสอบมีหลายวิธี แต่ที่สำคัญ ได้แก่

- การใช้เครื่องทดสอบ FTFT (fatigue to failure tester)
- การแตกแรกเริ่ม (crack initiation)
- ความเร็วในการเกิดการแตกอย่างต่อเนื่อง (crack propagation speed)

ตามทฤษฎี เพื่อที่จะกำหนดพฤติกรรมความล้าตัวของยางคอมพาวด์ เราต้องสร้างความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นต่างๆ ที่ให้กับยางและจำนวนรอบที่ทำให้เกิดการประลัย (Wohler curves)

การพัฒนายางคอมพาวด์ให้ทนอุณหภูมิได้สูงขึ้น

ในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา อุณหภูมิภายในห้องเครื่องของรถยนต์นั้นเพิ่มขึ้นอย่างมากจาก 70°C เป็น 100°C เหตุผลหลักที่ทำให้อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นก็คือ การเพิ่มกำลังเครื่องยนต์ (engine power) การใช้เทอร์โบในเครื่องยนต์ดีเซล การลดขนาดเครื่องยนต์ลงมา และการห่อหุ้มเครื่องยนต์เพื่อลดเสียงดัง ดังนั้นเพื่อให้สามารถใช้งานสิ่งเหล่านี้ได้ อุตสาหกรรมยางจึงต้องปรับปรุงคอมพาวด์ยางธรรมชาติ

สำหรับการใช้งานในเชิงพลวัตที่อุณหภูมิ 70°C คอมพาวด์ยางธรรมชาติที่นิยมใช้มีสูตรเคมีและสมบัติตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 2 และตารางที่ 3

ตารางที่ 2 สูตรผสมเคมี

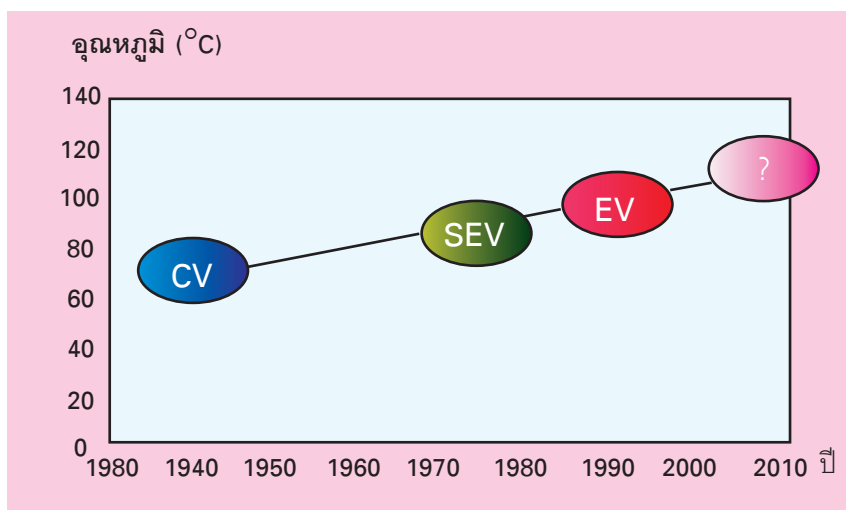
สูตรผสมเคมี	ปริมาณ (phr)
ยางธรรมชาติ	100
ซิงก์ออกไซด์	3.5
กรดสเตียริก	2
เขม่าดำ	45
น้ำมัน	5
สารต้านออกซิเดชัน (พาราฟินิลีน ไดเอมีน)	2
ไซ	2
กำมะถัน	2.5
ซัลฟีนามิด (CBS)	0.7

จากตารางที่ 2 จะเห็นว่าสูตรผสมเคมีนี้ใช้ระบบการวัลคาไนซ์แบบดั้งเดิม (conventional vulcanization) ที่นิยมเรียกว่า “ระบบ CV” โดยมีอัตราส่วนของสารตัวเร่งปฏิกิริยาต่อกำมะถันเท่ากับ 0.28

ตารางที่ 3 สมบัติของคอมพาวด์ยางธรรมชาติ

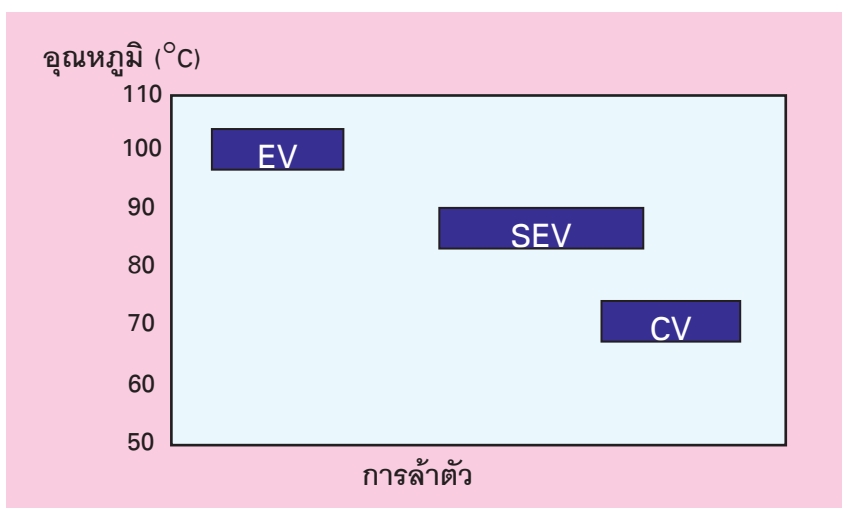
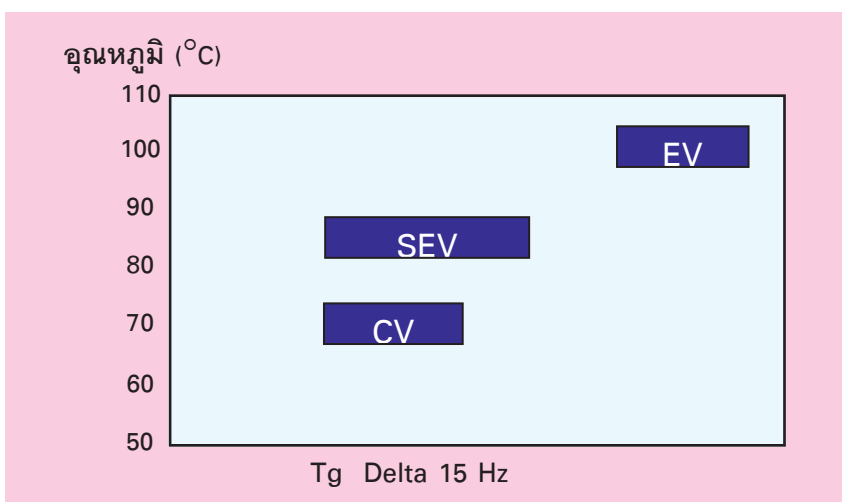
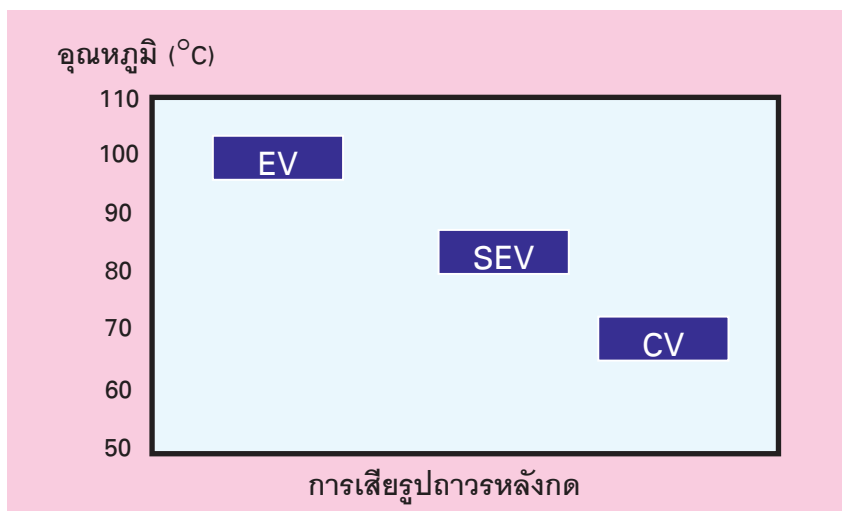
สมบัติ	ค่าที่วัดได้
ความแข็ง (IRHD)	60
ความทนต่อแรงดึง (MPa)	25
การยืดตัว ณ จุดขาด (%)	590
การเสียรูปถาวรหลังกด ที่ 70°C, 22 ชั่วโมง (%)	26
แทนเดลต้า 2%, 15 เฮิร์ตซ์ ที่ 23°C	0.082

จากสมบัติในตารางที่ 3 จะเห็นว่าถ้าต้องการปรับปรุงความต้านทานต่อการบวมแรงที่อุณหภูมิสูง เราจำเป็นต้องเปลี่ยนระบบการวัลคาไนซ์จาก “ระบบ CV” (อัตราส่วนของสารตัวเร่งปฏิกิริยา/กำมะถัน = 0.1 ถึง 0.6 ซึ่งประกอบด้วยพันธะโพลีซัลฟิดิกเป็นส่วนใหญ่) ไปเป็นระบบกึ่งประสิทธิภาพ (semi-efficient vulcanization) หรือที่เรียกกันว่า “ระบบ SEV” (อัตราส่วนของสารตัวเร่งปฏิกิริยา/กำมะถัน = 0.7 ถึง 2.5) ที่อุณหภูมิ 85°C และเปลี่ยนไปเป็นระบบประสิทธิภาพ (efficient curing system) หรือที่เรียกว่า “ระบบ EV” (อัตราส่วนของสารตัวเร่งปฏิกิริยา/กำมะถัน > 2.5 ซึ่งจะเกิดพันธะโมโนซัลฟิดิกที่สั้นและแข็งแรงกว่า) ที่อุณหภูมิ 100°C ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 พัฒนาการของระบบการวัลคาไนซ์ที่มีต่ออุณหภูมิภายในห้องเครื่องของรถยนต์

การพัฒนากระบวนการวัลคาไนซ์เหล่านี้ไม่เพียงแต่ปรับปรุงความต้านทานต่อการบ่มเร่งของยางแต่ยังมีผลต่อคุณสมบัติอื่น ๆ ด้วย เช่น การเสียรูปถาวรหลังกด ความต้านทานต่อการล้าตัว สมบัติเชิงพลวัต



ถึงแม้ว่าความต้านทานต่อการบ่มแรงและการเสียรูปถาวรหลังกดจะดีขึ้นเมื่อเปลี่ยนระบบการวัลคาไนซ์จาก “ระบบ CV” ไปเป็น “ระบบ EV” แต่ความต้านทานต่อการล้าตัวจะลดต่ำลง จากข้อมูลนี้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าจะต้องมีการสร้างความสมดุลให้เกิดขึ้น สิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาคือการยึดติดกับโลหะใน “ระบบ EV” จะดีกว่าเนื่องจากมีปริมาณของกำมะถันในคอมพาวด์ต่ำกว่า

จนกระทั่งปี 2551 Hutchinson ได้ใช้ระบบการวัลคาไนซ์ทั้ง 3 ระบบ มาใช้เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสมบัติตรงตามความต้องการในเชิงเทคนิคของผู้ผลิตรายอื่น โดยพัฒนาทางธรรมชาติสูตรใหม่ที่ทนต่อการบ่มแรงที่อุณหภูมิสูงกว่า 100°C ขึ้นมา

ยางคอมพาวด์ที่ทนต่ออุณหภูมิสูงเป็นพิเศษ (super high temperature compound; SHTC)

ความคิดหลักของงานวิจัยนี้คือ เพื่อนำเสนอคอมพาวด์ยางธรรมชาติที่มีพฤติกรรมเชิงพลวัตและความต้านทานต่อการล้าตัวเทียบได้กับคอมพาวด์ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบ EV แต่จะปรับปรุงเรื่องของสมบัติหลังการบ่มแรงอันเนื่องมาจากอากาศร้อนและการเสียรูปถาวรหลังกด โดยมีความท้าทายอยู่ตรงที่ความต้องการให้การเสียรูปถาวรหลังกดของคอมพาวด์ใหม่นี้ทดสอบที่อุณหภูมิ 115°C มีค่าอยู่ในระดับเดียวกับคอมพาวด์ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบ EV ทดสอบที่อุณหภูมิ 100°C

เป้าหมายของการพัฒนานี้คือ เพื่อนำเสนอคอมพาวด์ยางธรรมชาติ SHTC ที่มีลักษณะดังต่อไปนี้

- การเสียรูปถาวรหลังกดของคอมพาวด์ SHTC ทดสอบที่อุณหภูมิ 115°C มีค่าอยู่ในระดับเดียวกับคอมพาวด์ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบ EV ทดสอบที่อุณหภูมิ 100°C
- ความต้านทานต่อการบ่มแรงของคอมพาวด์ SHTC ดีกว่าคอมพาวด์ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบ EV โดยจะวัดการบ่มแรงของคอมพาวด์ SHTC ที่อุณหภูมิ 115°C ใช้ตัวอย่างแบนขนาด 2 มิลลิเมตร และเวลาที่ใช้ในการบ่มแรง คือ เวลาที่การยึดตัว ณ จุดขาด ลดลงร้อยละ 50
- ความต้านทานต่อการล้าตัวของคอมพาวด์ SHTC มีค่าในระดับเดียวกับคอมพาวด์ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบ EV ถึงแม้ว่าคอมพาวด์ SHTC จะยังคงมีเสถียรภาพอยู่ได้หลังการบ่มแรงที่อุณหภูมิ 115°C

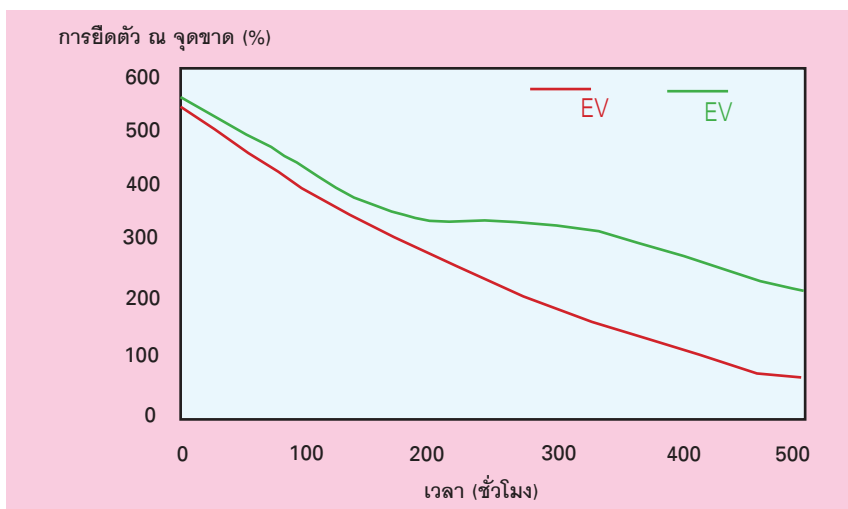
ขั้นแรกได้ยางคอมพาวด์ที่มีความแข็ง 55 Shore A สำหรับใช้ผลิตยางแทนเครื่อง จากนั้นจึงปรับระบบการวัลคาไนซ์และสารเคมีเพื่อให้ได้ยางธรรมชาติที่ต้านทานต่อการบ่มแรงได้ดีขึ้น

สมบัติเชิงกล

ตารางที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบสมบัติของคอมพาวด์ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบ EV และคอมพาวด์ SHTC และรูปที่ 3 แสดงการยึดตัว ณ จุดขาดของคอมพาวด์ทั้ง 2 ชนิด ในระยะเวลา 21 วัน ซึ่งจะเห็นได้ว่า คอมพาวด์ SHTC ใช้ประมาณ 2 เท่า จึงจะทำให้การยึดตัว ณ จุดขาดลดลงร้อยละ 50

ตารางที่ 4 สมบัติของยางคอมพาวด์วัลคาไนซ์ด้วยระบบ EV และคอมพาวด์ SHTC

สมบัติ	คอมพาวด์ EV	คอมพาวด์ SHTC
ความแข็ง (Shore A)	55	55
ความทนต่อแรงดึง (MPa)	20.4	20
การยึดตัว ณ จุดขาด (%)	379	390
การเสียรูปถาวรหลังกด ที่ 100°C, 94 ชั่วโมง (%)	38	32
การเสียรูปถาวรหลังกด ที่ 115°C, 94 ชั่วโมง (%)	42	37
การเปลี่ยนแปลงสมบัติหลังการบ่มแรง ด้วยอากาศร้อน ที่ 115°C เป็นเวลา 7 วัน		
- ความทนต่อแรงดึง (%)	-50	-40
- การยึดตัว ณ จุดขาด (%)	-40	-30



รูปที่ 3 การปรับปรุงการบ่มเร่งด้วยอากาศร้อนของคอมพาวด์ SHTC และคอมพาวด์ EV

สมบัติเชิงพลวัต

ตารางที่ 5 แสดงสมบัติเชิงพลวัตก่อนและหลังการบ่มเร่งด้วยอากาศร้อน ซึ่งผลการทดลองเหล่านี้ได้แสดงให้เห็นว่าคอมพาวด์ SHTC มีความต้านทานต่อการบ่มเร่งและมีเสถียรภาพดีขึ้นอย่างชัดเจน

ตารางที่ 5 สมบัติเชิงพลวัตของยางคอมพาวด์ก่อนและหลังการบ่มเร่งด้วยอากาศร้อน

สมบัติ	คอมพาวด์ EV	คอมพาวด์ SHTC
ก่อนการบ่มเร่ง		
- Ks (N/mm)	310	310
- K15 (N/mm)	420	410
- K155 (N/mm)	680	520
- t = K155/K15	1.62	1.27
- Tg delta 15 Hz	0.150	0.106
การเปลี่ยนแปลงสมบัติหลังการบ่มเร่งด้วยอากาศร้อนที่ 115°C, 28 วัน		
- Ks	+110	+25
- K15	+130	+35
- K155	+145	+35

ความต้านทานต่อการล้าตัว

ความต้านทานต่อการล้าตัวทดสอบที่สภาวะก่อนและหลังการบ่มเร่งด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 115°C เป็นเวลา 28 วัน ตัวอย่างที่ใช้เป็นยางที่ติดกับโลหะ ทดสอบด้วยการกด ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 สมบัติการล้าตัวของยางคอมพาวด์ก่อนและหลังการบ่มเร่งด้วยอากาศร้อน

สมบัติ	คอมพาวด์ EV	คอมพาวด์ SHTC
ก่อนการบ่มเร่ง - จำนวนรอบที่ใช้ในการเสื่อมสภาพ*	100	85
หลังการบ่มเร่งด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 115°C เป็นเวลา 28 วัน - จำนวนรอบที่ใช้ในการเสื่อมสภาพ	10	75

* ใช้คอมพาวด์ EV เป็นมาตรฐานที่ 100

คอมพาวด์ SHTC มีอายุการใช้งานเนื่องจากการล้าตัวที่ดี แม้ว่าจะมีความต้านทานต่อการล้าตัวต่ำกว่าคอมพาวด์ EV เล็กน้อย จำนวนรอบที่ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพหลังการบ่มเร่งด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 115°C เป็นเวลา 28 วัน ของคอมพาวด์ SHTC ยังคงมีค่าสูงอยู่ในขณะที่ของคอมพาวด์ EV ลดลงอย่างมาก ซึ่งจะเห็นว่าพฤติกรรมของคอมพาวด์ SHTC ได้รับการปรับปรุงให้ดีขึ้นหลังการบ่มเร่งด้วยอากาศที่อุณหภูมิ 115°C

การยึดติดกับโลหะ

การยึดติดกับโลหะทำโดยการทดสอบการลอกกับชิ้นทดสอบทั้งก่อนและหลังการบ่มเร่งในโกลคอลลร้อนที่อุณหภูมิ 95°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากผลการทดสอบจะเห็นว่า หลังการบ่มเร่งในโกลคอลลร้อน คอมพาวด์ SHTC มีการยึดติดกับโลหะดีกว่าคอมพาวด์ EV เล็กน้อย (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 การยึดติดกับโลหะของยางคอมพาวด์ก่อนและหลังการบ่มเร่งในโกลคอลลร้อน

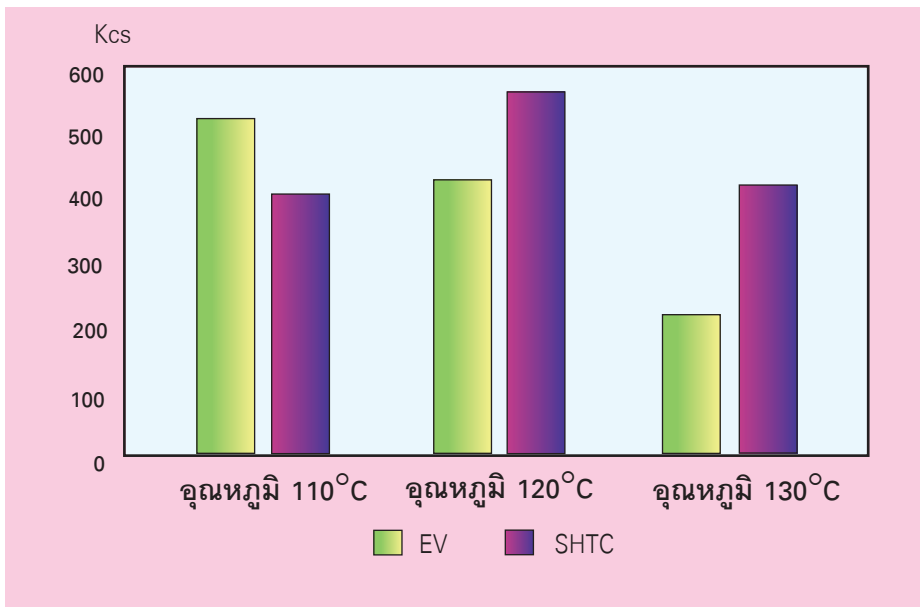
สมบัติ	คอมพาวด์ EV	คอมพาวด์ SHTC
ก่อนการบ่มเร่ง - ความแข็งแรงการลอก (N) - ความเสียหายที่พื้นผิว	210 R 100%	207 R 100%
หลังการบ่มเร่งในโกลคอลล ที่ 95°C, 24 ชั่วโมง - ความแข็งแรงการลอก (N) - ความเสียหายที่พื้นผิว	200 R 96% RC 4%	210 R 98% RC 2%

การนำไปใช้งานในอุตสาหกรรม

การนำคอมพาวด์ไปใช้งานในอุตสาหกรรมนั้นจำเป็นต้องผ่านการทดสอบทุกขั้นตอน ตั้งแต่การผสมยางไปจนถึงการผลิตเป็นชิ้นส่วนยาง ในที่นี้จึงเลือกที่จะศึกษาชิ้นส่วนยางแทนเครื่องซึ่งปัจจุบันผลิตด้วยคอมพาวด์ EV

จากการที่ลูกค้าต้องการอุณหภูมิที่ใช้ในการบ่มเร่งอย่างต่อเนื่องที่ 115°C และสูงสุดที่ 130°C ดังนั้นจึงได้มีการทดสอบสมบัติการล้าตัวของคอมพาวด์ SHTC เปรียบเทียบกับคอมพาวด์ที่วัลคาไนซ์ด้วยระบบ EV ในปัจจุบันหลังการบ่มเร่งด้วยอากาศร้อนภายใต้สภาวะต่อไปนี้

- ที่อุณหภูมิ 115°C เป็นเวลา 500 ชั่วโมง
- ที่อุณหภูมิ 120°C เป็นเวลา 500 ชั่วโมง
- ที่อุณหภูมิ 130°C เป็นเวลา 500 ชั่วโมง



รูปที่ 4 ความทนทานหลังการบ่มเร่งด้วยอากาศร้อน

จากผลการทดสอบจะเห็นว่า คอมพาวด์ SHTC มีความต้านทานต่อการเสื่อมสภาพหลังการบ่มเร่งด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิสูงได้ดีกว่าคอมพาวด์ EV (ดูรูปที่ 4)

สรุป

คอมพาวด์ยางธรรมชาติเกรดใหม่ที่พัฒนาขึ้นนี้ต้องการให้มีความต้านทานต่อการบ่มเร่งที่ดีและปกติแล้วยางธรรมชาติทั่วไปไม่สามารถทำได้ จากการพัฒนาทำให้เราสามารถใช้อย่างธรรมชาติที่อุณหภูมิ 115°C ได้โดยไม่เกิดการล้าตัว แนวความคิดใหม่นี้ อาจจะใช้ในอุตสาหกรรมที่ต้องการยางที่มีความแข็งแรงหลากหลายและสามารถใช้งานได้ครอบคลุมในอุตสาหกรรมต่างๆ ได้ เช่น รถยนต์ รถบรรทุก รถโดยสาร และเครื่องบิน

การนำคอมพาวด์ SHTC ไปใช้งานเป็นยางแทนเครื่องในอุตสาหกรรมขณะนี้กำลังอยู่ในระหว่างการศึกษาความก้าวหน้ากับ ผู้ผลิตรถยนต์หลายบริษัท และต่อไปอาจจะใช้เป็นยางแทนเครื่องสำหรับเครื่องบินด้วย ซึ่งจะต้องศึกษาความสมดุลระหว่างการบ่มเร่ง ความต้านทานต่อการล้าตัว และการเสียรูปถาวรหลังกด

เอกสารอ้างอิง

1. Rubber World 241(2), 2009.

