ทำไมการสูบลมยางที่เหมาะสมจึงช่วยประหยัดน้ำมันได้

ดร. ณัฐนันท์ ศุภดล

บทนำ

ในโลกยุคโลกาภิวัฒน์ เป็นยุคที่ประชากร องค์กรต่างๆ รวมถึงสื่อ หันมาสนใจและรณรงค์ช่วยกันประหยัดพลังงานมากขึ้นโดยเฉพาะในส่วนของน้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งมีการใช้ในปริมาณสูงขึ้นเรื่อยๆ ในขณะเดียวกันราคาน้ำมันก็มีแนวโน้มที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามมนุษย์ก็ยังคงนิยมที่จะใช้รถยนต์ซึ่งเป็นปัจจัยที่ห้าอยู่อย่างมิอาจหลีกเลี่ยงได้ ทำให้หลายองค์กรที่เกี่ยวข้องและบุคคลที่ตระหนักถึงการสูญเสียพลังงานน้ำมันเชื้อเพลิงได้พยายามคิดค้นหาวิธีการประหยัดน้ำมันหรือหาพลังงานเชื้อเพลิงอื่นมาทดแทน อย่างไรก็ตามหากผู้ใช้น้ำมันต่างช่วยกันหาวิธีการประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงได้เพิ่มเติม ก็คงจะเป็นการดีที่จะช่วยลดปริมาณการใช้น้ำมันซึ่งเป็นทรัพยากรที่นับแต่จะมีวันหมดไป

สำหรับการใช้งานยางรถยนต์ การสูบลมยางให้มีความดันที่เหมาะสมจะสามารถช่วยประหยัดน้ำมันได้ บทความนี้จะนำเสนอผลการศึกษาที่ทำให้เข้าใจได้ว่าทำไมการสูบลมยางที่เหมาะสมดังกล่าวจึงสามารถช่วยประหยัดน้ำมันในการใช้รถยนต์ได้

อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถยนต์จะขึ้นกับความต้านทานการหมุน (rolling resistance) ของล้อยาง ความต้านทานการหมุนของล้อยาง คือ ปริมาณของพลังงานที่สูญเสียไป (hysteresis) เนื่องจากการหมุนของล้อยางต่อระยะทางการวิ่งของรถยนต์ [1] ซึ่งพลังงานที่สูญเสียไปนี้โดยทั่วไปแล้วขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้

1. ชนิดและส่วนผสมของยาง
2. ลายดอกยาง
3. อุณหภูมิของยางรถยนต์ขณะวิ่ง
4. ลมยาง

ในบรรดาปัจจัยทั้งสี่ข้อนี้ ลมยางเป็นวิธีที่ง่ายที่สุดในการควบคุมความต้านทานการหมุนของล้อยาง ดังนั้นงานวิจัยที่จะนำเสนอต่อไปนี้คืองานวิจัยเบื้องต้นที่สามารถอธิบายพฤติกรรมได้ว่า “การเติมลมยางมีผลต่อพลังงานที่สูญเสียไปอย่างไร”

ในการศึกษานี้จะนำยางที่ผ่านการวัลคาไนซ์ (vulcanization) แล้ว มายืดออกเล็กน้อย (pre-strain) โดยจะแปรปริมาณที่ยืดออกในเบื้องต้นแทนการขยายตัวของยางล้อที่ต่างกันเมื่อสูบลมที่ความดันต่างกัน หลังจากนั้นจะทำให้ชิ้นงานยางเสียรูปแบบพลวัต (สั่นสะเทือน) ที่ค่าการกระจัด (amplitude) ต่างๆ กันโดยใช้แรงเฉือน ยางจะเกิดการสูญเสียพลังงานเนื่องจากสมบัติหยุ่นหนืด (viscoelastic properties) ของยาง ค่าพลังงานของยางที่สูญเสียไปเนื่องจากการสั่นสะเทือนวัดได้โดยการคำนวณพื้นที่ใต้กราฟฮิสเทอรีซิส (hysteresis)

วัสดุและการทดลอง

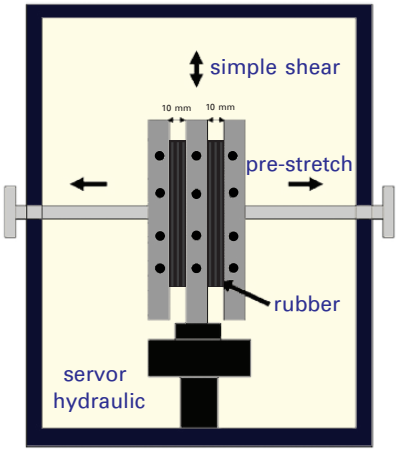
ส่วนผสมและปริมาณของสารเคมีที่ใช้ในการทดลองนี้แสดงในตารางที่ 1 ยางที่ใช้ในการทดลองนี้ คือ ยางสไตรีนบิวทาไดอีน (SBR) ซึ่งจะผสมกับเขม่าดำ (carbon black) ในเครื่องผสมระบบปิด (internal mixer) ส่วนสารเคมีอื่นจะผสมโดยใช้เครื่องบดผสมแบบสองลูกกลิ้ง (two roll mill) การวัลคาไนซ์ยางใช้ระบบการวัลคาไนซ์แบบกึ่งประสิทธิภาพ (semi-efficient vulcanization system; semi-EV) การขึ้นรูปชิ้นงานทำโดยวิธีการอัดขึ้นรูป (compression molding) ที่อุณหภูมิ 160°C เป็นเวลา 70 นาที ชิ้นงานที่ผ่านการวัลคาไนซ์แล้วจะถูกตัดเป็นชิ้นทดสอบรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีความยาว 125 มม. ความกว้าง 35 มม. และความหนา 2 มม. หลังจากนั้นจึงนำชิ้นทดสอบไปติดตั้งบนเครื่อง Instron 8801 servo hydraulic โดยใช้หัวจับที่ออกแบบมาเพื่อการทดลองนี้โดยเฉพาะ (ดูรูปที่ 1) เมื่อติดตั้งชิ้นทดสอบเรียบร้อยแล้ว ยืดชิ้นทดสอบเบื้องต้น (pre-strain) ในแนวราบ (horizontal direction) ที่ระยะการยืดตัวต่างๆ กัน หลังจากนั้นจึงดึงชิ้นทดสอบแบบพลวัตในแนวดิ่ง (vertical direction) ให้เสียรูปเป็นระยะ 1 มม. จำนวน 10 รอบ แล้ววัดแรงที่ใช้ในการดึงในรอบที่ 10 ทั้งนี้เพื่อลดผลกระทบเนื่องจาก Mullin’s effect [2] หลังจากนั้นจึงเพิ่มระยะการเสียรูปของชิ้นงานทดสอบในแนวดิ่งไปเรื่อยๆ แต่ละค่าที่เปลี่ยนไปจะวัดแรงที่ใช้ในการดึงในรอบที่ 10 เช่นเดิม จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่ใช้ดึงในรอบที่ 10 กับค่าการกระจัดแสดงในรูปที่ 2 คำนวณหาค่าพลังงานที่สูญเสียเนื่องจากการทำให้ยางเสียรูปแบบพลวัตจากพื้นที่ใต้กราฟฮิสเทอรีซิส

ดร. ณัฐนันท์ ศุภดล
การศึกษา: ปริญญาเอก (วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์) Queen Mary University ประเทศอังกฤษ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน: นักวิจัย ฝ่ายวิจัยและพัฒนา
ห้องปฏิบัติการวิจัยยาง ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

ตารางที่ 1 ส่วนผสมและปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง [3]

สูตรผสมเคมี	ปริมาณ (phr)		
	SBR0	SBR25	SBR50
ยาง SBR (JSR#1500)	100	100	100
เขม่าดำ (N330)	0	25	50
กรดสเตียริก	2	2	2
ซิงก์ออกไซด์	3	3	3
สารต้านออกซิเดชัน (HPPD)	1	1	1
สารตัวเร่งปฏิกิริยา (DPG)	1	1	1
กำมะถัน	1.5	1.5	1.5

หมายเหตุ: 1. เขม่าดำเกรดที่ใช้เป็นเกรด High abrasion furnace; HAF ขนาดอนุภาค 28-36 nm พื้นที่ผิวจำเพาะ 73-91 m^2/g ความหนาแน่น 1.8 kg/m^3
2. HPPD = N-(1,3-dimethyl butyl)-N-phenyl-p-phenylenediamine
3. DPG = diphenyl guanidine



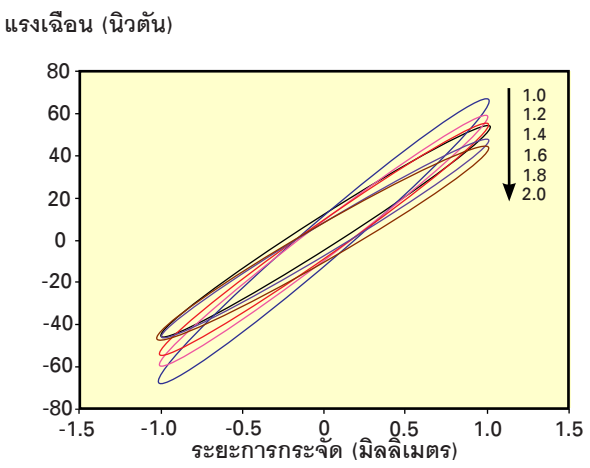
รูปที่ 1 แผนภาพแสดงวิธีการยึดชิ้นทดสอบกับวัสดุยึดและทิศทางการออกแรงต่อชิ้นทดสอบ

ผลการทดลอง

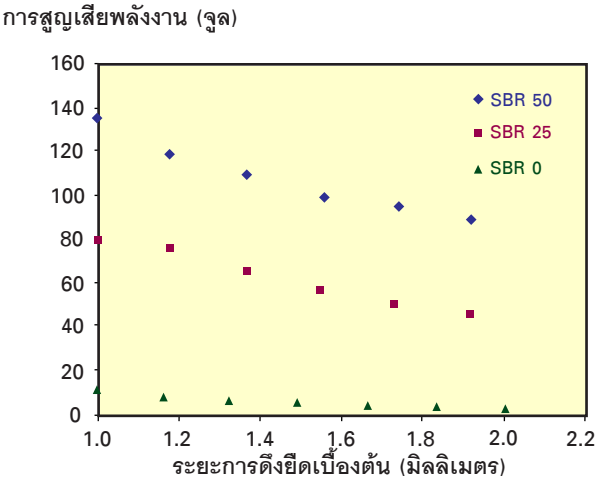
รูปที่ 2 แสดงผลการทดสอบเชิงพลวัตของชิ้นทดสอบวัดโดยค่าแรงเฉือนที่ค่าการกระจัด (amplitude) ต่างๆ และที่ระยะการยืดตัวเบื้องต้น (pre-stain) ต่างๆ จะเห็นได้ว่าตัวเลข 1.0-2.0 คือ ค่าการยืดตัวเบื้องต้นวัดโดยค่าอัตราการยืด (extension ratio) ซึ่งคำนวณได้จาก l/l_0 โดยที่ l คือ ความยาวของชิ้นทดสอบหลังการยืด และ l_0 คือ ความยาวของชิ้นทดสอบก่อนการยืด ผลการทดลองที่แสดงจะแสดงเฉพาะค่าของยาง SBR50 เนื่องจากเห็นผลชัดเจนที่สุด จากกราฟจะเห็นว่าเมื่อระยะการยืดตัวเบื้องต้นมากขึ้น แรงเฉือนจะยิ่งน้อยลง เมื่อนำค่าพลังงานที่สูญเสีย (hysteresis) ที่ระยะการกระจัดเท่ากันมาหาความสัมพันธ์กับปริมาณที่ยืดออกเบื้องต้น จะได้ผลดังแสดงในรูปที่ 3

จากรูปที่ 3 จะเห็นว่าเมื่อปริมาณการยืดของยางเบื้องต้น (pre-strain) เพิ่มขึ้น การสูญเสียพลังงานเนื่องจากการสั่นสะเทือนของยางจะมีค่าลดลงสำหรับยาง SBR ทั้ง 3 สูตร คือ SBR0 SBR25 และ SBR50 (โดยที่ 0, 25, 50 คือ ปริมาณของเขม่าดำในหน่วยร้อยละของปริมาณยางโดยน้ำหนัก) พฤติกรรมดังกล่าวสามารถอธิบายได้ดังนี้ ยางประกอบด้วยสารตัวเติม (ผงเขม่าดำ) ผสมอยู่ ซึ่งโดยธรรมชาติของผงเขม่าดำจะรวมกันเป็นกลุ่มก้อน (agglomerate) ซึ่งการรวมกลุ่มแบบนี้สามารถทำให้ลดลงได้ด้วยแรงเฉือนจากการบดผสมยาง แต่ไม่สามารถทำลายได้ทั้งหมด จะยังคงมีกลุ่มก้อนของเขม่าดำผสมอยู่ และเมื่อใส่แรงแบบพลวัตเข้าไปจะทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานเนื่องจากการเคลื่อนไหวของโมเลกุลยางผ่านกันเองและผ่านอนุภาคเขม่าดำ ในการทดลองนี้เมื่อเรายืดยางเบื้องต้นก่อนใส่แรงพลวัต จะทำให้แรงยึดเหนี่ยวของกลุ่มก้อนเขม่าดำถูกทำลายบางส่วน ทำให้เมื่อเวลาถูกสั่นสะเทือน แรงเสียดทานระหว่างผงเขม่าดำจึงลดลง พลังงานที่สูญเสียจึงมีค่าลดลง และยิ่งมีการยืดยางเบื้องต้นมากขึ้นการแตกออกของกลุ่มก้อนเขม่าดำจะยิ่งเพิ่มมากขึ้น ทำให้การสูญเสียพลังงานลดลงไปด้วย

จากการทดลองนี้ทำให้สามารถอธิบายได้ว่าทำไมเมื่อเติมลมยางรถยนต์แล้วจึงสามารถลดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันได้ เพราะยางรถยนต์มีการขยายตัวหรือยืดตัวเบื้องต้นมากขึ้นจากการเติมลม ซึ่งเมื่อยางล้อเคลื่อนที่ไปบนพื้นผิวถนนจะเกิดการสั่นสะเทือน เปรียบเสมือนการใส่แรงพลวัตเข้าไปทำให้อัตราการสูญเสียพลังงานลดลง ดังนั้นอัตราการสูญเสียน้ำมันเชื้อเพลิงจึงลดลง



รูปที่ 2 กราฟระหว่างแรงเฉือนกับระยะการกระจัด (amplitude) ที่ระยะการดึงยืดเบื้องต้น (pre-strain) ที่ต่างกันของยาง SBR50



รูปที่ 3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการสูญเสียพลังงาน (hysteresis area) ที่ระยะการดึงยืดเบื้องต้น (pre-strain) ต่างๆ ของยาง 3 ชนิด ได้แก่ SBR0 SBR25 และ SBR50

สรุป

จากผลการทดลองสามารถอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใด เมื่อเติมลมยางรถยนต์แล้วจะทำให้อัตราการสูญเสียน้ำมันเชื้อเพลิงลดลง แต่อย่างไรก็ตามการเติมลมยางรถยนต์มากเกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดอาจส่งผลทำให้ลมยางแข็งเกินไป ทำให้ยางแตกได้ และการยึดเกาะถนนของยางลดน้อยลง จากที่กล่าวมาข้างต้นเป็นวิธีการใช้งานเบื้องต้นเพื่อลดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและในขณะเดียวกันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพความปลอดภัยในการขับขี่ นอกจากนี้ยังเป็นการช่วยประเทศชาติโดยรวมในการประหยัดพลังงานน้ำมันเชื้อเพลิง ดังนั้นข้อควรปฏิบัติที่เหมาะสมคือ ผู้ใช้งานควรหมั่นตรวจเช็คและเติมลมยางให้มีความดันตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ในคู่มือการใช้งานตามประเภทของรถยนต์จากผู้ผลิต และควรปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการขับขี่ควบคู่ไปด้วย เพื่อเป็นการยืดอายุการใช้งานรถยนต์ให้ยาวนานขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. White, J. R., De, S. K., **"**Rubber technologist' s handbook**"**, Rapra Technology Limited, Exeter. 2001.

2. Mullins, L., Tobin, N.R., **"**Stress softening in rubber vulcanizates Part I. Use of a strain amplification factor to describe the elastic behavior of filler reinforced vulcanized rubber**"**, *J. Appl. Polym. Sci.*, **9(9)**, 2993 (1965)

3. Suphadon, N., Thomas, A. G., Busfield, J. J. C., **"**The viscoelastic behaviour of rubber under a small simple shear oscillation superimposed on a large pure shear**"**, *Polym. Test*, **29**, 440 (2010)