

เขม่าดำยุคใหม่

เรียบเรียงโดย ชินรัตน์ ลากพูลธนะอนันต์

ศูนย์วิจัยเทคโนโลยียาง

Pascal Couasnon จาก Michelin Technical Communication ได้สรุปความเรื่องความท้าทายในอนาคตของอุตสาหกรรมยางล้อว่า “ความต้องการรถยนต์ทั่วโลกเพิ่มขึ้นอย่างมาก โดยเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าในช่วงปี พ.ศ. 2548 และจะเพิ่มขึ้นเป็น 1.5 พันล้านคันใน พ.ศ. 2573 ซึ่งความท้าทายหลักของยางล้อในอนาคต คือ การทำอย่างไรจึงจะสามารถปรับปรุงเรื่องความปลอดภัย อายุการใช้งาน และการประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงไปพร้อมกันได้”

เขม่าดำเป็นวัตถุดิบหลักที่สำคัญในยางคอมพาวด์มาเป็นเวลามากกว่า 100 ปีแล้ว โดย Sidney Mote ได้นำเขม่าดำมาใช้เป็นสารตัวเติมในยางคอมพาวด์ครั้งแรกในปี พ.ศ. 2447 ขณะที่ทำงานอยู่ที่ India Rubber, Gutta Percha and Telegraph Works ในเมือง Silvertown สหราชอาณาจักร สิ่งที่น่าสนใจอย่างยิ่งก็คือความคิดนี้ไม่เคยถูกตีพิมพ์เป็นสิทธิบัตรมาก่อน

เขม่าดำเป็นผลผลิตที่ได้จากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของถ่านหินเตาจากโรงกลั่นและโรงงานอุตสาหกรรม ถ่านหินเตา (ประกอบด้วยของผสมที่ส่วนใหญ่มีโครงสร้างเป็นวงแหวน) มีปริมาณคาร์บอนอยู่ร้อยละ 90 ซึ่งการมีปริมาณคาร์บอนสูงจะส่งผลต่อประสิทธิภาพกระบวนการผลิต กระบวนการผลิตเขม่าดำดังกล่าวจะให้ปริมาณผลผลิตต่ำเมื่อเทียบกับกระบวนการผลิตสารเคมีอื่นๆ ซึ่งก็มีหลักฐานจากปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยออกมา 2.4 ตันต่อหนึ่งตันของผลิตภัณฑ์ ตามที่ Mike Rowlinson ที่ปรึกษาด้านเทคนิคที่มีประสบการณ์ในส่วนของวัตถุดิบและการผลิตสูงถึง 25 ปี ระบุ

ร้อยละ 70 ของเขม่าดำที่ผลิตได้ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมยางล้อ ในปี พ.ศ. 2549 มีปริมาณการผลิตเขม่าดำทั่วโลก 8,100,000 ตัน โดยปริมาณการผลิตเขม่าดำในช่วงระยะเวลา 5 ปี (พ.ศ. 2545-2550) นี้มีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง แต่ในปี พ.ศ. 2551 การผลิตเขม่าดำมีปริมาณลดลงเนื่องจากราคาของวัตถุดิบสูงขึ้นและภาวะเศรษฐกิจโลกที่ถดถอย เป็นเหตุให้การผลิตรถยนต์และรถบรรทุกลดลงอย่างรวดเร็ว จึงทำให้ปริมาณการผลิตยางล้อลดลงด้วยเช่นกัน

ในช่วงครึ่งปีหลังของปี พ.ศ.2552 เศรษฐกิจเริ่มฟื้นตัวและดีขึ้นอย่างต่อเนื่องในปี พ.ศ.2553 จึงได้มีการเพิ่มปริมาณการผลิตเขม่าดำทั้งนี้เพื่อให้ปริมาณการผลิตกลับคืนมาสู่ระดับเดิมก่อนหน้า

เขม่าดำที่วางจำหน่ายในทางการค้ามีอยู่ 9 เกรด ตั้งแต่เกรด Medium Thermal (MT) ที่ไม่นิยมใช้ในยางล้อไปจนถึงเกรด Super Abrasive Furnace (SAF) โดยเขม่าดำเกรด MT มีขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 250-350 นาโนเมตร ไปจนถึงเขม่าดำเกรด SAF ที่มีขนาดอนุภาคลดลงเหลือเพียง 20-25 นาโนเมตร เขม่าดำยิ่งมีอนุภาคขนาดเล็กจะยิ่งให้ค่าความทนต่อแรงดึงและความต้านทานต่อการสึกกร่อนของยางล้อบนท้องถนนที่สูงกว่า

Rowlinson ซึ่งมักจะถูกถามถึงอนาคตของเขม่าดำระบุว่า มีเหตุผล 2 ประการที่ต้องพิจารณาเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมทั้งในปัจจุบันและในอนาคต ประการแรกคือ วัตถุดิบนี้ใช้แล้วหมดไป และประการที่สองคือ เขม่าดำสามารถก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกได้ในปริมาณสูง สิ่งที่ทำหายก็คือ ความเป็นไปได้ในการแก้ไขปัญหาทั้งในระยะสั้น ระยะกลาง และระยะยาว

การแก้ปัญหาในระยะสั้นเน้นไปที่ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต (การนำความร้อนและพลังงานกลับคืนมา) ซึ่งจะเชื่อมโยงกับการออกแบบโรงงานที่เหมาะสมเพื่อลดการสูญเสียพลังงานและลดปริมาณก๊าซที่ปลดปล่อยออกมาให้ต่ำลง การแก้ปัญหาในระยะกลางคือ การเปลี่ยนไปใช้เทคโนโลยีทางเลือก GTL (gas-to-liquid technology) ในกระบวนการกลั่นเพื่อเปลี่ยนก๊าซธรรมชาติหรือก๊าซไฮโดรคาร์บอนอื่นๆ ให้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงแทนการหาแหล่งวัตถุดิบทางเลือกในปัจจุบัน ซึ่งจะส่งผลดีเพราะแหล่งวัตถุดิบดังกล่าวเป็นแหล่งวัตถุดิบที่ไม่มีวันหมด

การแก้ปัญหาในระยะกลางและระยะยาวคือ การใช้เทคโนโลยีทางเลือกในการผลิตเขม่าดำ ซึ่งเทคโนโลยีดังกล่าวเป็นผลมาจากปัจจัยอื่น เช่น การพัฒนาระบบเชื้อเพลิงไฮโดรเจน Rowlinson ยังเชื่อว่า ข้อดีของเขม่าดำที่ผลิตด้วยเทคโนโลยีในปัจจุบันและเทคโนโลยีในอนาคต (เซลล์พลังงาน การส่งผ่านพลังงาน เป็นต้น) ยังมีอีกมากมาย ซึ่งจะช่วยชดเชยการสูญเสียพลังงานโดยตรงได้ และสถานการณ์เหล่านี้จะได้รับการแก้ไขในระยะยาว Stuart Cook ผู้อำนวยการสถาบันวิจัย Tun Abdul Razak Research Centre (TARRC) ยังได้มองถึงศักยภาพของวิธีการใหม่ๆ ที่จะนำเขม่าดำให้เข้าไปอยู่ในเนื้อยางได้

Couasnon จาก Michelin ระบุว่า “องค์ประกอบแต่ละส่วนของยางล้อจะแสดงบทบาทในการปรับปรุงประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ เขม่าดำยุคใหม่ที่มีอนุภาคเล็กจะถูกนำมาใช้เพื่อปรับปรุงความต้านทานการหมุน”

ซิลิกายุคใหม่

ซิลิกาได้ถูกนำมาใช้ในยางล้อมาเป็นเวลานานกว่า 30 ปีแล้วเพื่อเพิ่มความต้านทานต่อการตัด ตั้งแต่ได้มีการเปิดตัวซิลิกาในยางล้อของบริษัท Michelin รุ่น Michelin Energy และบริษัท Continental รุ่น ContiEcoContact ซิลิกาจัดได้ว่าเป็นสารตัวเติมที่สำคัญในการลดความต้านทานการหมุนของยางล้อและปรับปรุงการยึดเกาะถนนบนพื้นเปียกให้ดีขึ้น ในช่วงทศวรรษที่ 70 Williams และ Bond ได้ศึกษาลักษณะพื้นผิวของถนนและอันตรกิริยาของยางล้อที่สัมผัสกับถนน พบว่าการหาจุดที่เหมาะสมเพื่อทำให้ยางล้อมีทั้งความต้านทานการหมุนที่ต่ำลงและความสามารถในการยึดเกาะถนนบนพื้นเปียกที่ดีขึ้นนั้นทำได้ยาก ในแง่ของสมบัติต่างๆ ของโพลีเมอร์สามารถทำได้เพียงอย่างเดียวอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น ความต้านทานการหมุนเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของยางล้อ

ที่ความถี่ต่ำในขณะที่หมุนไปตามพื้นผิวถนนซึ่งจะทำให้พลังงานที่ใช้มีค่าต่ำ สำหรับการเพิ่มแรงเสียดทานบนพื้นเปียกซึ่งเป็นอันตรายของผิวดอกยางกับถนน สามารถทำได้โดยใช้คอมพาวด์ที่สามารถดูดกลืนพลังงานในระดับสูงที่ความถี่ที่สูงขึ้น โฆษกของ Continental ระบุว่า มีหลายวิธีที่จะทำให้เข้าใจถึงอันตรายระหว่างโพลีเมอร์กับซิลิกา โดยปกติแล้วอันตรายดังกล่าวจะเกิดจากปฏิกิริยาเคมีโดยใช้สารเชื่อมโยงโมเลกุล (linker molecule) ได้แก่ ซิลอน (silane) อย่างไรก็ตามวิธีการเหล่านี้ยังคงต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม ซึ่งรวมถึงการใช้โพลีเมอร์ที่ผ่านการดัดแปรทางเคมี เช่น ยางธรรมชาติอีพอกซิไดซ์ (epoxidized natural rubber) และระบบสารเชื่อมโยงโมเลกุลกับโพลีเมอร์

Prof. Lothar Steger ที่ปรึกษาบริษัทระบุว่า โครงสร้างของซิลิกา (ที่มีทั้ง agglomerates และ aggregates) และพื้นที่ผิวเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างมากต่อสมบัติทางกายภาพของคอมพาวด์ยางล้อ การกระจายตัวที่ดีของสารตัวเติมจะทำให้สมบัติของยางล้อดีขึ้น Prof. Steger ได้มองไปถึงการพัฒนากระบวนการผสมแบบใหม่และการใช้สารเคมีใหม่ๆ เช่น “Nanoprene” ของบริษัท Lanxess-TRP

Colin Clarke จาก Schill และ Seilacher ได้สังเกตเห็นเทคโนโลยีใหม่ๆ ของซิลิกากำลังเป็นที่รู้จักมากขึ้นและสามารถนำมาใช้กับโพลีเมอร์โครงสร้างใหม่ๆ ได้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการยึดติดกับสารตัวเติมให้มากขึ้น

โฆษกของ Continental ยืนยันว่า สำหรับยางล้อรถยนต์นั่งส่วนบุคคล ซิลิกาเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพที่สวนทางกันระหว่างการยึดเกาะถนนบนพื้นเปียกกับความต้านทานการหมุน โดยที่การกระจายตัวที่ดีเป็นปัจจัยสำคัญที่จะทำให้ยางล้อมีความต้านทานต่อการสึกกร่อนได้ดีขึ้นและมีความต้านทานการหมุนที่ต่ำลง

Cook ระบุว่า “ซิลิกาสามารถทำปฏิกิริยากับโพลีเมอร์ในยางล้อได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น และมีการกระจายตัวที่ดีขึ้นมากกว่าเดิม ซึ่งทำให้ซิลิกาถูกคาดหวังว่าจะสามารถนำไปปรับปรุงความต้านทานการหมุนและการสึกกร่อนของยางล้อให้ดีขึ้นได้นอกจากนี้ซิลิกาในสูตรคอมพาวด์ยางล้อยังจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการยึดเกาะถนนบนพื้นเปียก และยังทำให้เกิดความเข้าใจมากขึ้นถึงกระบวนการทางกายภาพในการยึดเกาะถนนบนพื้นเปียกซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการปรับปรุงสมบัติด้านความปลอดภัยในยางล้อให้ดีขึ้นด้วย” เขาเชื่อว่าเคมีพื้นผิวของซิลิกาตอบสนองต่อการดัดแปรทางเคมีและยังช่วยในการปรับปรุงความต้านทานการหมุนและการยึดเกาะถนนบนพื้นเปียกให้ดีขึ้นเมื่อใช้ซิลิกาในการเสริมแรงให้กับโพลีเมอร์

Couasnon กล่าวอีกว่า “ซิลิการุ่นใหม่ที่ได้รับการปรับปรุงและดัดแปรได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการยึดเกาะถนนบนพื้นเปียกหรือทำให้ความต้านทานการหมุนดีขึ้น โดยจะนำไปใช้กับโพลีเมอร์ที่ผ่านการดัดแปรแล้ว การเลือกใช้วัสดุที่มีสมบัติเฉพาะหรือการเลือกใช้วัสดุหลายชนิดรวมกันนั้นขึ้นอยู่กับกรอบแบบและ know-how ของผู้ผลิตแต่ละราย Michelin ได้ให้ความสำคัญสูงสุดในเรื่องของความสมดุลของสมรรถนะด้านต่างๆ ของยางล้อโดยจะไม่ยอมให้มีการลดระดับสมรรถนะด้านใดด้านหนึ่งที่สำคัญลง อันได้แก่ ความปลอดภัย อายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น หรือการประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง”

สถานการณ์ปัจจุบัน

นับเป็นความท้าทายอย่างมากหลังจากที่ได้มีการประกาศกฎข้อบังคับเรื่องความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์นั่งและยางล้อรถบรรทุก โดยกำหนดให้มีการลดความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์นั่งทั้งหมดและยางล้อรถบรรทุกบางส่วนเป็นเหตุให้มีความต้องการใช้ซิลิกามากขึ้น

SRI Dunlop ในญี่ปุ่นประสบความสำเร็จในการเปิดตัวยางล้อรถยนต์นั่งที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Green) เป็นครั้งแรก โดยยางล้อนี้ผลิตจากยางธรรมชาติและยางธรรมชาติอีพอกซิไดซ์ ENR25 ซึ่งขณะนี้ได้มีวางจำหน่ายในทางการค้าแล้ว ยางล้อของ SRI รุ่น ENASAVE ประกอบด้วยวัสดุที่ไม่ได้มาจากน้ำมันปิโตรเลียมถึงร้อยละ 97 และยาง ENR ร้อยละ 3 ยาง ENR25 สามารถเกิดอันตรายที่จำเพาะเจาะจงกับซิลิกาได้โดยไม่ต้องใช้สารเคมีเพิ่มเติมในการทำให้เกิดพันธะ Cook ระบุว่า ขณะนี้ได้มีการพัฒนาโพลีเมอร์สังเคราะห์ที่มีการเติมหมู่ฟังก์ชันลงไปเพื่อให้มีคุณลักษณะจำเพาะเหมือนยาง ENR ที่ผสมซิลิกา แต่สิ่งที่ต้องคำนึงถึงก็คือ ต้นทุนและความยากง่ายในการหาโพลีเมอร์ชนิดนั้นๆ มาใช้งาน

Cook ระบุว่า “โพลีเมอร์ที่ได้จากแหล่งกำเนิดที่ไม่มีวันหมด เช่น ยางธรรมชาติและยางธรรมชาติอีพอกซิไดซ์นั้นมีหมู่ฟังก์ชันที่สามารถทำปฏิกิริยาได้ดีกับสารตัวเติมเดิมที่มีอยู่ ทั้งนี้จึงได้มีการพัฒนาวิธีการสังเคราะห์โพลีไอโซพรีนที่ได้มาจาก

“ไฮโอไอโซพรีน” ขึ้นมาเรียบร้อยแล้ว ถึงแม้ว่าโพลีเมอร์ชนิดนี้จะมีคุณลักษณะโดยทั่วไปดีกว่าที่จะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตยางล้อ ในอนาคตโพลีเมอร์ที่มีความเหมาะสมในการนำมาใช้งาน คือ โพลีเมอร์ที่ได้จากธรรมชาติซึ่งคาดว่าจะสามารถทำให้เกิดหมู่ฟังก์ชันบางส่วนที่สามารถเกิดปฏิกิริยาได้ดีกับสารตัวเติม เช่น ซิลิกา หรือสารตัวเติมชีวภาพ (biofiller) เช่น แป้งหรือเซลลูโลส อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนไปใช้โพลีเมอร์ที่ไม่มีวันหมดเพิ่มมากขึ้น จะทำให้เพิ่มความกดดันในการเลือกใช้สารตัวเติมที่ต้องมาจากแหล่งกำเนิดที่ไม่มีวันหมดมากขึ้นด้วยเช่นเดียวกัน

Couasnon ระบุว่า “ความท้าทายอีกประการหนึ่งก็คือ การลดปริมาณการใช้วัตถุดิบลง โดยใช้ในปริมาณแค่เพียงให้มีสมบัติตามที่ต้องการ Michelin ได้ให้ความสนใจในการออกแบบให้ยางล้อใช้วัสดุน้อยลง ทำให้ยางล้อมีน้ำหนักเบาขึ้น แต่ยังคงมีความแข็งแรงและมีอายุการใช้งานที่ยาวนานเหมือนเดิม บทบาทของวัสดุชนิดใหม่จะเป็นบรรทัดฐานในการนำไปสู่นวัตกรรมใหม่ๆ ในอนาคตอันใกล้”

เมื่อเทียบกับการเปลี่ยนไปใช้รถยนต์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าและรถยนต์ไฮบริดนั้น ยางล้อรถบรรทุกก็ยังคงมีความคุ้มค่ามากกว่า (ในแง่ของต้นทุนพลังงานเชื้อเพลิงที่ลดลง) เนื่องจากยางล้อมีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น บริษัท Michelin ระบุว่า มากกว่าร้อยละ 80 ในการปลดปล่อยคาร์บอนของยางล้อนั้นจะมาจากตอนที่นำยางล้อมาใช้งาน ซึ่งมากกว่าตอนที่ยังเป็นวัสดุหรืออยู่ในกระบวนการผลิต

ของแข็งเม็ดกลมใส (Glass spheres)

RockTron ซึ่งเป็นบริษัทที่เชี่ยวชาญการผลิตแร่ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมได้รายงานว่ MinTron 7 ซึ่งเป็นถ้ำล่อย (Pulverized fuel ash; PFA) ที่มีลักษณะเป็นของแข็งเม็ดกลมใส มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำ สามารถจะนำกลับมารีไซเคิลได้ทั้งหมด (ร้อยละ 100) MinTron 7 ได้ถูกนำมาใช้ทดแทนซิลิกาบางส่วนในคอมพาวด์ดอกยางล้อรถยนต์นั่ง จะให้ค่าแทนเดลต้า (tan delta) ที่อุณหภูมิ 0°C สูงขึ้น (ดีกว่าค่าที่กำหนดไว้ถึงร้อยละ 16) ซึ่งจะช่วยให้การยึดเกาะถนนบนพื้นเปียกให้ดีขึ้น และจะให้ค่าแทนเดลต้าที่อุณหภูมิ 70°C ต่ำลง (ต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ถึงร้อยละ 5) ซึ่งจะช่วยลดความต้านทานการหมุนให้ต่ำลง

MinTron 7 ได้ถูกนำมาใช้ทดแทนเขม่าดำบางส่วนในสูตรคอมพาวด์ยางเคลือบภายในของยางล้อบิวไทล์ ซึ่งจะให้สมบัติทางกายภาพและสมบัติการซึมผ่านของก๊าซมีค่าเทียบเท่ากับการใช้เขม่าดำในสูตรควบคุม ขณะนี้บริษัทผู้ผลิตรายอื่นชั้นนำทั้งในยุโรปและสหรัฐอเมริกากำลังศึกษาประเมินผลการใช้ MinTron 7 ทดแทนซิลิกาและเขม่าดำบางส่วนในยางล้อรถยนต์นั่งส่วนบุคคล Godfrey Short จากบริษัท RockTron ระบุ

Schill และ Seiacher's Clark ระบุว่า “เขม่าดำที่มีขนาดอนุภาคในระดับนาโนเมตรที่นำมาใช้เป็นสารตัวเติมในคอมพาวด์ยางล้อตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ยังไม่สามารถระบุได้แน่ชัดว่าสามารถจะช่วยปรับปรุงสมบัติใดได้บ้าง”

Cook เชื่อว่า ในอนาคตอาจจะมีโพลีเมอร์ประสิทธิภาพสูงชนิดใหม่มาใช้ในการผลิตยางล้อเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพที่ดีในแต่ละด้านที่จำเป็นของยางล้อ และสารตัวเติมที่จะนำมาใช้นี้จะต้องทำหน้าที่ 2 บทบาทด้วยกัน คือ ช่วยลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มประสิทธิภาพของยางล้อให้ดีขึ้นด้วย

อย่างไรก็ตามความต้องการที่จะลดความต้านทานการหมุนและลดน้ำหนักของยางล้อลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งยางล้อที่จะนำไปใช้ในรถยนต์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าและรถยนต์ไฮบริดรุ่นใหม่ จะต้องพิจารณาระหว่างต้นทุนที่เพิ่มขึ้นกับการใช้สารตัวเติมที่มีประสิทธิภาพแบบเฉพาะเจาะจงในปริมาณที่น้อยลง

ที่มา...วารสาร Tire Technology International ฉบับ พฤศจิกายน-ธันวาคม 2553

