

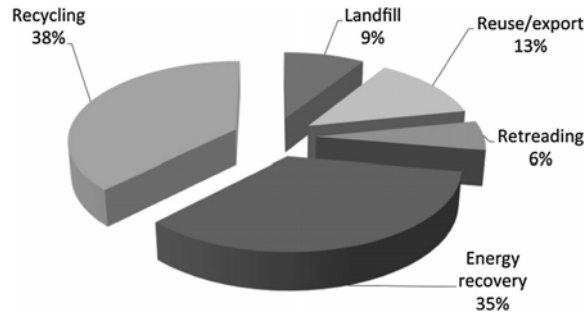
การนำเขม่าดำกลับมาใช้ใหม่

เมื่อวันที่ 5 มีนาคม 2562 ที่ผ่านมา ทางคณะกรรมการมาตรฐาน ASTM (Committee D36) ได้ออกมาตรฐานใหม่ ASTM D8178-18 : Standard Terminology Relating to Recovered Carbon Black (rCB) ซึ่งเป็นมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการนำเขม่าดำกลับมาใช้ใหม่ เนื่องจากปัจจุบันปัญหาสิ่งแวดล้อมมีเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนขยะที่เพิ่มขึ้น ทั้งขยะพลาสติก ขยะยางล้อ หรือขยะทั่วไป จึงได้มีการจัดการกับขยะกลุ่มนี้ด้วยวิธีต่างๆ ตามความเหมาะสมของแต่ละบริบทของพื้นที่ ซึ่งแนวคิดการจัดการขยะที่สากลนิยมใช้ คือ 4R (ดังรูปที่ 1) โดยเรียงลำดับตามความสำคัญเริ่มจากการลดปริมาณขยะจากต้นทาง (Reduce) การใช้ซ้ำ (Reuse) การนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) ตามด้วย การแปรรูปเป็นพลังงานเชื้อเพลิงและไฟฟ้า (Recovery) และการจัดการปลายทางด้วยการฝังดิน (Landfill) อย่างถูกต้อง



รูปที่ 1 แผนผังการจัดการขยะ

ในหลายประเทศทั่วโลกได้มีการห้ามใช้ขยะจากยางล้อมาถมที่ แต่ยังคงมีช่องทางอื่นที่สามารถนำยางล้อที่ใช้แล้วนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีกหลายรูปแบบ เช่น การนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงาน (Energy recovery) การรีไซเคิล (Recycling) การหล่อตอก (Retreading) เป็นต้น ดัง ในปี พ.ศ. 2557 การนำยางล้อกลับมาใช้ใหม่ของกลุ่มประเทศ EU (ดังรูปที่ 2) โดยมุ่งเน้นการรีไซเคิล ร้อยละ 38 การนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานถึงร้อยละ 35 และมีการนำกลับมาใช้ซ้ำหรือส่งออกถึงร้อยละ 13



รูปที่ 2 การนำยางล้อกลับมาใช้ใหม่ของกลุ่มประเทศ EU ในปี 2557

การนำยางล้อกลับมาใหม่อาจทำได้โดยการแยกเอาเขม่าดำ (carbon black) กลับมาใช้ใหม่ (recovered carbon black หรือ rCB) แต่เนื่องจากเขม่าดำที่นำกลับมาใช้ใหม่ (rCB) มีสมบัติไม่เหมือนกับเขม่าดำปกติทั่วไป จึงได้มีการเสนอพัฒนามาตรฐานสมบัติและประสิทธิภาพการนำเขม่าดำกลับมาใช้ใหม่เพื่อให้แน่ใจว่าจะได้มีการใช้ rCB อย่างเหมาะสม โดยแยกมาตรฐาน ASTM เขม่าดำกลับมาใช้ใหม่ (D36-Recovered carbon black, rCB) ออกจากมาตรฐาน ASTM เขม่าดำเดิม (D24-Carbon black) ที่มีอยู่ให้ชัดเจน

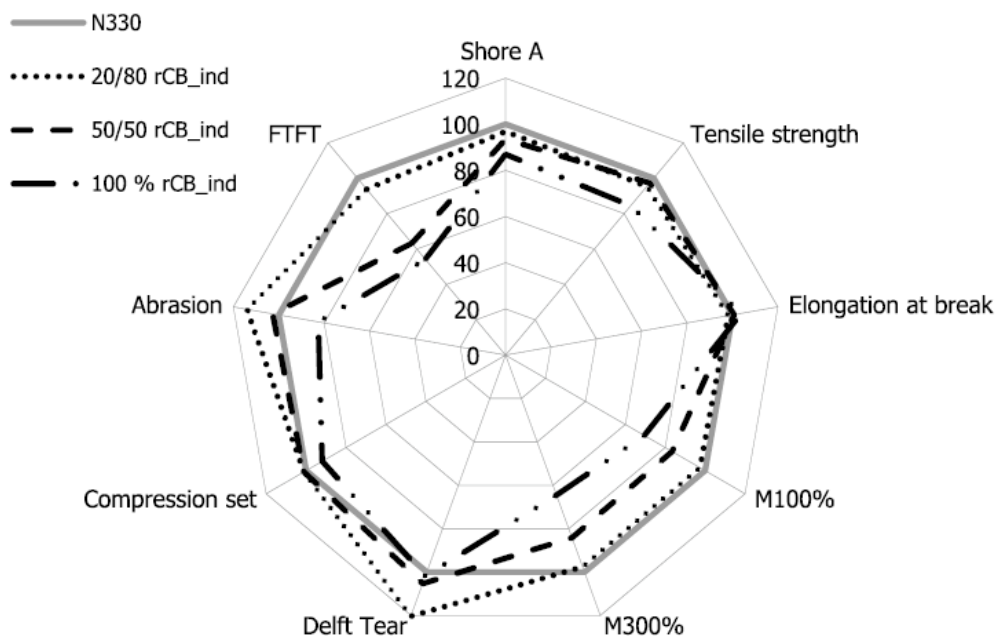
Dr. Chris Norris เลขาธิการกลุ่ม D36 ผู้จัดการฝ่ายบริการวิเคราะห์ของบริษัท ARTIS ซึ่งเป็นบริษัทที่ปรึกษาด้านวัสดุแห่งสหราชอาณาจักรที่มีความเชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยียาง ระบุว่า “มาตรฐานเกี่ยวกับเขม่าดำที่นำกลับมาใช้ใหม่ (rCB) จัดเป็นมาตรฐานเร่งด่วน เพื่อสร้างความมั่นใจในคุณภาพและวัสดุให้กับกลุ่มบริษัทกำลังจะซื้อเขม่าดำที่นำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งการทดสอบเขม่าดำปกติไม่สามารถนำมาใช้กับเขม่าดำที่นำกลับมาใช้ใหม่ได้ ดังนั้นจุดนี้จึงเป็นจุดสำคัญอีกจุดหนึ่งที่ต้องทบทวนและพัฒนาวิธีการทดสอบเขม่าดำให้เหมาะสมและสามารถนำมาใช้ทดสอบกับเขม่าดำที่นำกลับมาใช้ใหม่และเกิดเป็นวิธีทดสอบใหม่ขึ้น”

ปัจจุบัน เขม่าดำที่นำกลับมาใช้ใหม่ (rCB) จะเรียกว่า เขม่าดำจากกระบวนการไพโรไลซิส (pyrolysis process) ซึ่งกระบวนการไพโรไลซิสเป็นกระบวนการให้ความร้อนกับวัสดุที่อุณหภูมิประมาณ 450-700 °C ในสภาวะที่ปราศจากหรือมีออกซิเจนเพียงเล็กน้อย ความร้อนจะทำให้วัสดุเกิดการสลายตัวกลายเป็นก๊าซหรือของเหลวหรือของแข็ง โดยก๊าซและน้ำมันสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงหรืองานอุตสาหกรรมอื่นๆ และของแข็งนั้นเป็นเหล็กและเขม่าดำ ซึ่งเขม่าดำนี้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้โดยการทำมาสะอาด การคัดขนาดและอัดเป็นก้อน โดยเขม่าดำ rCB สามารถนำมาใช้ในงานซีล ปะเก็น สายพานและชิ้นส่วนแม่พิมพ์

การศึกษาการนำเขม่าดำ rCB มาใช้มีการทำในปี พ.ศ.2559 บริษัท ARTIS ได้ศึกษาเขม่าดำ rCB จำนวน 25 ตัวอย่างจากทั่วโลก ซึ่งตัวอย่างเขม่าดำ rCB จากสหภาพยุโรปจะมีปริมาณซิลิกาสูงที่สุด ในการตรวจสอบประสิทธิภาพของ rCB ทาง ARTIS จึงได้อ้างอิงด้วยการใช้สูตรยางธรรมชาติตามมาตรฐาน ASTM D3192 ในการทดสอบการกระจายตัวของเขม่าดำในยาง ผลการทดสอบการกระจายตัวของเขม่าดำ rCB ให้ผลเช่นเดียวกับเขม่าดำทั่วไป แต่เมื่อเปรียบเทียบสมบัติของเขม่าดำ rCB กับเขม่าดำทั่วไปให้ผลที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้จึงทำให้ต้องทำการทดสอบในรูปแบบใหม่ๆ เพื่อให้การทดสอบมีประสิทธิภาพเป็นไปอย่างแม่นยำ

ปี พ.ศ. 2560 งานวิจัยของ L. Moulin และคณะ ได้ศึกษาสมบัติเขม่าดำ rCB เทียบกับเขม่าดำ N330 พบว่า ค่าการดูดซับน้ำมัน (ตามมาตรฐาน ASTM D2414) และค่าการดูดซับไนโตรเจน (ตามมาตรฐาน ASTM D6556) ของเขม่าดำ rCB มีความเทียบเท่ากับเขม่าดำ N330 ทั้งในเรื่องโครงสร้างและพื้นที่ผิวจำเพาะ

เมื่อนำเขม่าดำมาคอมพาวด์กับยางพบว่า สมบัติเชิงกลของยางคอมพาวด์ที่ผสมกับเขม่าดำ rCB จะต่ำกว่ายางคอมพาวด์ที่ผสมกับเขม่าดำ N330 แต่สมบัติเชิงกลของยางคอมพาวด์ที่ผสมกับเขม่าดำ rCB มีความใกล้เคียงกับยางคอมพาวด์ที่ผสมกับเขม่าดำ N550 และ N772 ซึ่งปริมาณคาร์บอน ปริมาณเถ้าและส่วนประกอบอนินทรีย์อื่นๆ ที่พบในเขม่าดำที่นำกลับมาใช้ใหม่ (rCB) นั้นเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ยางคอมพาวด์กับเขม่าดำ rCB เกิดการสูญเสียสมบัติเชิงกล จากรูปที่ 3 เมื่อเปรียบเทียบสมบัติยางคอมพาวด์ โดยใช้สัดส่วนเขม่าดำ N330 : rCB ในสัดส่วน 100 : 0, 20 : 80, 50 : 50 และ 0 : 100 พบว่า การใช้เขม่าดำ rCB ในปริมาณเพิ่มขึ้นมีผลทำให้สมบัติเชิงกลของยางคอมพาวด์ทั้งค่าความทนต่อแรงดึง ค่า 100% โมดูลัส 300% โมดูลัส และค่าความแข็งแรงลดลงอย่างชัดเจน การลดลงของสมบัติเชิงกลยางคอมพาวด์ที่ผสม rCB อาจเป็นผลเนื่องจากเขม่าดำ rCB ได้ผ่านกระบวนการไพโรไลซิสจะมีการสะสมตัวของสารคาร์บอน (carbonaceous deposits) ที่ผิวของเขม่าดำ rCB ทำให้เกิดการลดอันตรกิริยา (interaction) ที่ผิวของเขม่าดำ rCB ลง



รูปที่ 3 สมบัติเชิงกลของยางคอมพาวด์ (Fatigue-to-Failure Test, FTFT)

นอกจากนี้ ในปี พ.ศ. 2561 งานวิจัยของ N. Cardona และคณะ ระบุว่า ความแตกต่างระหว่างเขม่าดำ rCB กับเขม่าดำปกติ คือ ปริมาณสารอนินทรีย์ (inorganic content) การสะสมตัวของสารคาร์บอน (carbonaceous deposits) บนพื้นผิวของ rCB และโครงสร้างสัณฐานที่ต่างกัน ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีผลกระทบต่อ

โครงสร้าง พื้นที่ผิวและขนาดอนุภาค และยังส่งผลต่อสมบัติเชิงกลที่ลดต่ำลงเมื่อเติมเขม่าดำ rCB ในยางคอมพาวด์ ดังนั้น การทำโพสต์ทรีทเมนต์ (post treatments) กับเขม่าดำ rCB จึงเป็นเรื่องที่ทำหาย การทรีทเมนต์ด้วยความร้อน (thermal treatment) สามารถกำจัดสารระเหยที่ตกค้าง การทรีทเมนต์อื่นๆ เช่น การบดจะช่วยลดขนาดของ rCB หรือการสลายแร่ธาตุ (demineralization process) ช่วยกำจัดสารอินทรีย์และลดการสะสมตัวของสารคาร์บอน (carbonaceous deposits) ซึ่งการทำโพสต์ทรีทเมนต์เพื่อปรับปรุงคุณภาพของ rCB สามารถช่วยเพิ่มสมบัติเชิงกลของยางคอมโพสิตได้ แม้ว่าสมบัติของยางคอมพาวด์ที่ได้จะมีสมบัติเชิงกลต่ำลงแต่ก็สามารถนำมาใช้งานกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่เน้นสมบัติเชิงกลได้ นอกจากนี้ การใช้เขม่าดำ rCB ยังขึ้นอยู่กับกระบวนการไพโรไลซิส (เช่น อุณหภูมิ, ความดัน, ขนาดอนุภาค, ความร้อน และช่วงเวลาการสลายตัวเป็นของแข็งหรือไอ) และเทคโนโลยีเตาปฏิริยา (reactor technology) ในการทำไพโรไลซิส (เช่น เตาเผาแบบหมุน (rotary kiln) เตาเผาแบบฟิกซ์เบด (fixed bed) เตาเผาแบบฟลูอิดไคซ์เบด (fluidized bed) และเตาเผาแบบ auger))

เนื่องจากมีปัจจัยหลายอย่างที่เกี่ยวข้องกับสมบัติของ rCB จึงทำให้สมบัติของเขม่าดำ rCB และสมบัติของยางคอมพาวด์ที่ใช้ rCB มีความแตกต่างกัน ดังนั้นจึงควรมีมาตรฐานรองรับเกี่ยวกับสมบัติของเขม่าดำ rCB เพื่อให้สามารถคัดขนาดหรือแยกเกรดของ rCB ได้อย่างชัดเจน และสามารถเลือกใช้งานได้อย่างเหมาะสม

แหล่งข้อมูล

1. Moulin L., Silva S.D., Bounaceur A., Herblot M. and Soudais Y., “Assessment of Recovered Carbon Black Obtained by Waste Tires Steam Water Thermolysis: An Industrial Application”, Waste Biomass Valor 8, 2757–2770 (2017)
2. Recovered carbon black, Tyre & Rubber Recycling 33, 28 ()
3. Cardona N., Campuzano F., Betancur M., Jaramillo L. and Martinez J.D., “Possibilities of carbon black recovery from waste tyre pyrolysis to be used as additive in rubber goods a review”, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 437. (2018)
4. <https://www.schoolofchangemakers.com/knowledge/11678>
5. <https://www.astm.org/cms/drupal-7.5.1/newsroom/astm-international-recovered-carbon-black-committee-approves-first-standard>
6. <https://www.astm.org/standardization-news/?q=features/recycling-rubber-rcb-ma17.html>
7. <https://www.slideshare.net/cctAG/1501-tte-cctaspresented>
8. <http://www.siam Pattana.com/index.php?lay=show&ac=article&id=539203276&Ntype=1>
9. <http://recycle.dpim.go.th/wastelist/waste-detail.php?id=72>
10. <https://www.schoolofchangemakers.com/knowledge/11678>
11. <https://pyrolassist.com/tag/rcb/>
12. <https://zeppelin-uk.com/step-forward-towards-sustainability-why-tyre-recycling-has-to-move-forward/>

13. <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/recovered-carbon-black-market-239229065.html>