

เรียบเรียงโดยชินรัตน์ ลาภพูลธนะอนันต์

หัวข้อวิจัยที่สำคัญในการพัฒนาอย่างต่อเนื่องไปในอนาคตก็คือ การพัฒนายางคอมพาวด์ที่ผสมด้วยสารตัวเติมที่มีขนาดอนุภาคเล็ก ระดับนาโนเมตร Dr.Amit Das นักวิจัยด้านยางชั้นแนวหน้า และเป็นนักวิทยาศาสตร์ระดับรางวัลชนะเลิศของภาควิชาคอมโพสิตที่ Leibniz Institute of Polymer Research Dresden ในเยอรมนี และเป็นอาจารย์พิเศษทางด้านเทคโนโลยีอิลาสโตเมอร์แห่งมหาวิทยาลัย Tampere University of Technology ประเทศฟินแลนด์ ระบุว่า “การวิจัยและพัฒนายางนาโนคอมโพสิตได้กลายเป็นหนึ่งในงานที่น่าสนใจและท้าทายที่สุดในการตอบสนองต่อความต้องการที่เพิ่มสูงขึ้นของวัสดุยางสมรรถนะสูงที่สามารถใช้งานได้หลากหลายสภาวะ”

ในอุตสาหกรรมยางล้อกำลังมีการวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่องที่มีสมรรถนะสูง สามารถประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงได้มากขึ้น มีระดับความปลอดภัยสูงสุด ปล่อยคาร์บอนน้อยลง และสามารถรายงานข้อมูลทางพลวัตที่สำคัญของยางล้อและสภาวะวิกฤตภายนอกอื่นๆ ได้

ยางล้อเอนกประสงค์เหล่านี้ถูกผลิตขึ้นโดยการเตรียมยางนาโนคอมโพสิตด้วยคาร์บอนนาโนทิวบ์และวัสดุอนุภาคนาโนที่มีความเป็นแม่เหล็กอื่นๆ

ในทางกลับกันการผลิตยางล้อสมรรถนะสูงที่มีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะช่วยประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงได้มากขึ้น มีน้ำหนักเบา และมีการใช้สูตรยางที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ยังเป็นสิ่งที่ต้องการการวิจัยมากขึ้น

ขณะที่ทางกลุ่มวิจัยของ Dr. Das ได้ประสบความสำเร็จจากการทดลองใช้วัสดุนาโนที่มีชื่อว่า layered silicates ในการพัฒนาสูตรคอมพาวด์ยางล้อรถบรรทุก ซึ่งจะทำให้สามารถลดการใช้เขม่าดำลงได้ถึงร้อยละ 30-40 และลดความต้านทานการหมุนลงได้อย่างน้อยร้อยละ 20

นอกจากนี้ กลุ่มวิจัยของ Dr. Das ยังได้มีการศึกษาเรื่องยางคอมพาวด์ที่วัลคาไนซ์ในระบบกึ่งอัตโนมัติโดยลดการใช้ปริมาณโลหะหนัก (เช่น ซิงก์) ลง

สิ่งที่ท้าทายก็คือ ปัญหาเรื่องการกระจายตัวของอนุภาคนาโนในเนื้อยาง ซึ่งถึงแม้ว่าจะมีการวิจัยมากมายในส่วนของโพลีเมอร์นาโนคอมโพสิตในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา แต่การพัฒนาอิลาสโตเมอร์นาโนคอมโพสิต (Elastomeric nanocomposites) นั้นยังถือว่าเป็นการพัฒนาในช่วงเริ่มต้นเท่านั้น

ความท้าทายที่สำคัญ

ความท้าทายที่สำคัญของนักวิจัย คือ การแทนที่เขม่าดำและซิลิกา (ซึ่งเป็นที่ยอมรับใช้กันมากในสูตรยาง) ด้วยสารตัวเติมอนุภาคนาโนในปริมาณเล็กน้อย เช่น layered silicate เพื่อให้ได้สมบัติที่ดี

สำหรับโพลีเมอร์-เคลย์นาโนคอมโพสิต โดยทั่วไปแทบจะไม่มีสารตัวเติมเกินกว่าร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก ในขณะที่ในยางคอมโพสิตจะใส่สารตัวเติมในปริมาณที่มากกว่าร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก ดังนั้นจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจอย่างมากที่ทำให้อิลาสโตเมอร์นาโนคอมโพสิตมีสมบัติที่ดีโดยใช้สารตัวเติมในปริมาณต่ำ

ปัญหาที่สำคัญของการใช้อนุภาคนาโน คือ ระดับความสามารถในการกระจายตัวของสารในเนื้อยาง เนื่องจากยางมีความหนืดสูงมาก การทำให้สารเคมีอื่นๆ กระจายตัวได้ดีในยางจึงเป็นเรื่องยาก ไม่เหมือนกับเทอร์โมพลาสติกที่คาร์บอนนาโนทิวบ์สามารถกระจายตัวได้ดี ทำให้สามารถใส่ปริมาณต่ำในการทำให้เกิดโครงสร้างเชื่อมโยงอย่างต่อเนื่องของสารตัวเติม โดยระดับต่ำที่สุดที่มีการใช้กัน คือ ร้อยละ 0.002 โดยปริมาตร นอกจากนั้นยางยังไม่สามารถหลอมได้เหมือนกับพลาสติก จึงทำให้เกิดการแตกออกเป็นแผ่นหรืออนุภาคที่เล็กลงในเนื้อยางได้ยาก ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงจำเป็นต้องทำการวิจัยกันอย่างละเอียดเพื่อที่จะเข้าใจถึงกระบวนการต่างๆ เช่น การกระจายตัวของสารตัวเติม เป็นต้น

ในช่วง 5-6 ปีที่ผ่านมา กลุ่มวิจัยในเมือง Dresden ประเทศเยอรมนี ที่นำโดย Prof Dr.Gert Heinrich ได้ทุ่มเทให้กับการพัฒนาอนุภาคนาโนชนิดต่างๆ เพื่อนำมาใช้ในสูตรยาง ซึ่งปัจจุบันได้มีการยื่นจดสิทธิบัตรหลายแห่ง ตีพิมพ์ และนำเสนองานวิจัยในวารสารที่มีชื่อเสียงและในงานประชุมวิชาการต่างๆ



ถึงแม้ว่าจะมีการใช้ซิงก์ออกไซด์ (ZnO) และกรดสเตียริก (stearic acid) ในการวัลคาไนซ์ยางในระบบก้ำมะถันกันมานานแล้ว แต่กลไกการวัลคาไนซ์ที่แน่ชัดก็ยังไม่เป็นที่เข้าใจกันดีนักและยังคงเป็นหัวข้อที่น่าสนใจอยู่

ปัจจุบันปริมาณการผลิตซิงก์ออกไซด์ทั่วโลกมีประมาณ 100,000 ตันต่อปี โดยจะถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมยางเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ยางมากที่สุด และได้เกิดคำถามเกี่ยวกับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตามมา โดยเฉพาะอย่างยิ่งเรื่องที่ใช้ซิงก์ออกไซด์ถูกปลดปล่อยออกมาระหว่างที่ยางเกิดการเสื่อมสภาพหลังจากหมดอายุการใช้งานแล้วลงไปปะปนอยู่ในแหล่งน้ำ ทำให้มีปริมาณซิงก์ในสิ่งแวดล้อมน้ำมากเกินไป ซึ่งความกังวลดังกล่าวจึงทำให้เกิดความพยายามที่จะลดปริมาณการใช้ซิงก์ในยางคอมพาวด์ลง ขณะนี้ได้มีสารอื่นที่สามารถนำมาใช้แทนที่ซิงก์ออกไซด์ได้เพียง 2-3 ชนิด ซึ่งถือว่าเป็นตัวเลือกที่ไม่มากนักสำหรับที่จะทำให้ผู้ผลิตยอมใช้ซิงก์ออกไซด์เพียง 3-5 phr (parts per hundred) ในการวัลคาไนซ์ยางในระบบก้ำมะถัน

กลุ่มวิจัยของ Dr. Das ได้พัฒนาวิธีการที่ง่ายและมีประสิทธิภาพสำหรับการวัลคาไนซ์ยางในระบบก้ำมะถันโดยไม่ต้องใช้ซิงก์ออกไซด์ ด้วยการใช้นิวฟังก์ชันัล layered double hydroxides (LDHs) ซึ่ง LDHs นี้กำลังเป็นหัวข้อวิจัยที่น่าสนใจอย่างมาก โดยสามารถใช้เป็นคะตะลิสต์ (catalyst) สารดูดซับ (adsorbent) วัสดุสำหรับแลกเปลี่ยนประจุลบ (anion exchange material) และสารตัวเติมในนาโนคอมโพสิต

เนื่องจากทั้งกรดสเตียริกและซิงก์ออกไซด์เป็นสารกระตุ้นที่สำคัญในระบบการวัลคาไนซ์ยางด้วยก้ำมะถันเพื่อเสริมประสิทธิภาพการเชื่อมโยงพันธะของสายโซ่โพลีเมอร์ยาง นักวิจัยจึงได้ออกแบบและสังเคราะห์อนุภาคนาโน LDH ที่สามารถให้ซิงก์ไอออนซึ่งทำหน้าที่เป็นสารตัวเร่งปฏิกิริยาและสเตียเรตแอนไอออนซึ่งทำหน้าที่เป็นสารกระตุ้นระหว่างเกิดการเกิดปฏิกิริยาวัลคาไนซ์ได้ ทั้งนี้แผ่น LDH จะทำหน้าที่เป็นสารตัวเติมนาโนที่มีสมบัติแตกต่างกันในแต่ละทิศทาง (anisotropic nano-filler) เพื่อเสริมแรงให้แก่เมทริกซ์ยาง

อนุภาค LDH ใหม่นี้สามารถใช้ทดแทนซิงก์ออกไซด์และกรดสเตียริกในการเตรียมยางคอมพาวด์ได้ โดยสามารถลดปริมาณการใช้ซิงก์ในผลิตภัณฑ์ยางลงได้ถึง 10 เท่า (เมื่อเทียบกับเทคโนโลยีที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน)

การประยุกต์ใช้งาน

Dr. Das ได้แนะนำว่า สิ่งที่น่าสนใจอีกอย่างหนึ่ง คือ ผลิตภัณฑ์ยางวัลคาไนซ์แล้วจะมีความโปร่งใส ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ยางวัลคาไนซ์ด้วยระบบเดิม (ใช้ ZnO ในปริมาณปกติ) จะมีความทึบแสง นอกจากนี้ LDH ยังช่วยลดขั้นตอนในการผสมยางลงได้อีกด้วย

ถึงแม้ว่าจะมีรายงานที่ระบุถึงอันตรายเกี่ยวกับคาร์บอนนาโนทิวบ์ (CNTs) ที่มีต่อสุขภาพของมนุษย์ แต่ก็ยังมีการศึกษาการนำคาร์บอนนาโนทิวบ์มาเป็นสารเสริมแรงและนำไฟฟ้าในเทอร์โมพลาสติกและเทอร์โมเซตกันอย่างกว้างขวาง เช่น โพลีเอทิลีน ความหนาแน่นสูง โพลีคาร์บอนเนต โพลีเอไมด์ โพลีสไตรีน เทอร์โมพลาสติกโพลียูรีเทน และอีพ็อกซี

อย่างไรก็ตามการใช้งาน CNTs ในยางยังคงมีข้อจำกัด เนื่องจากปัญหาเรื่องกระจายตัวของสารเคมีในยาง (ซึ่งมีความหนืดสูง) ดังนั้นจึงได้มีความพยายามที่จะหาแนวทางใหม่ในการทำให้ คาร์บอนนาโนทิวบ์แบบผนังหลายชั้น (Multi-walled carbon nanotubes; MWCNTs) กระจายตัวในยาง และพบว่า การนำ MWCNTs ไปผสมกับเอทานอล (wet-mixing) ก่อนที่จะนำมาผสมในยาง จะช่วยให้การกระจายตัวของทิวบ์ในยางสไตรีนบิวทาไดอีนยางบิวทาไดอีนที่สังเคราะห์ด้วยวิธีแบบสารละลายดีขึ้น ซึ่งวิธีดังกล่าวจะให้ผลดีกว่าการผสมแบบแห้ง (dry mixing)

ด้วยเทคนิคของการกระจายตัวแบบใหม่นี้ ทำให้นักวิจัยสามารถพัฒนายางวัลคาไนซ์ เช่น ยางคลอโรพรีนให้มีการนำไฟฟ้า (electrical conductivity) ได้เหมือนกับโลหะและยังสามารถดึงยึดได้หลายร้อยเปอร์เซ็นต์

วิธีที่เราพัฒนาขึ้นนี้จะทำให้ผลิตยางล้อยัจฉริยะที่สามารถนำไฟฟ้าได้เหมือนโลหะ (metal-like conductivity) ซึ่งจะทำให้สามารถตรวจสอบสภาพของยางล้อในขณะวิ่งได้ งานวิจัยส่วนใหญ่ที่ได้รับการเปิดเผยจะเป็นการใช้งานวัสดุนาโนในการผลิตยางล้อ ซึ่งจะทำให้อุตสาหกรรมมีการผลิตยางล้อที่มีความปลอดภัย ประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง และมีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. Polymers & Tyre Asia (April-May), 76-77 (2011)

