

# ยางล้อที่ทำจากยางและจากโพลียูรีเทน

เรียบเรียงโดย ชินรัตน์ ลากพูลชนะอนันต์

ยางเป็นวัตถุดิบในการผลิตยางล้อมาเป็นเวลานานกว่า 100 ปี ในขณะที่โพลียูรีเทนได้เริ่มนำเข้ามาใช้เพียงแค่ 50 ปีเท่านั้น ทั้งยางและโพลียูรีเทนได้ถูกพัฒนาให้เป็นคอมพาวด์กลุ่มที่มีความพิเศษสูงมาตั้งแต่ช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2 เมื่อ Otto Bayer นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันได้ค้นพบโพลียูรีเทน ซึ่งภายหลังได้เป็นวัสดุที่สำคัญสำหรับอุตสาหกรรม

ยางล้อที่ทำจากยางและจากโพลียูรีเทนมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกัน โดยทั่วไปยางล้อที่ทำจากยางมักจะใช้กับรถยนต์ที่ใช้ น้ำมัน เป็นเชื้อเพลิงเผาไหม้ในการขับเคลื่อน รถยกประเภทนี้สามารถใช้งานได้ทั้งภายในและภายนอกอาคาร ซึ่งยางที่ใช้จะให้การขับเคลื่อนนุ่มนวลกว่าและมีการยึดเกาะถนนที่ดีกว่า

ในทางตรงกันข้าม ยางล้อที่ทำจากโพลียูรีเทนมักจะใช้เฉพาะกับรถยนต์ที่ใช้ไฟฟ้าเท่านั้น ซึ่งมักใช้ภายในอาคารที่มีพื้นเรียบ เนื่องจากยางล้อที่ทำจากโพลียูรีเทนสามารถรับน้ำหนักได้มากกว่ายางล้อที่ทำจากยาง จึงเป็นที่นิยมใช้กันมากในงานประเภทนี้

## ความต้านทานการหมุน (rolling resistance)

สารเคมีที่ใช้ในสูตรของโพลียูรีเทนทำให้โพลียูรีเทนมีความต้านทานการหมุนที่ต่ำกว่ายาง ซึ่งเรื่องนี้อาจดูเหมือนว่าไม่สำคัญ แต่การที่มีความต้านทานการหมุนสูงทำให้ประสิทธิภาพของรถยนต์ไฟฟ้าต่ำลง ยิ่งถ้ารถยนต์ไฟฟ้าต้องชาร์จแบตเตอรี่บ่อยๆ ยิ่งทำให้ผลผลิตการผลิตลดลงและต้องใช้แรงงานคนเพิ่มขึ้นในการชาร์จแบตเตอรี่ วิธีที่ดีที่สุดในการใช้ยางล้อที่ทำจากโพลียูรีเทนในรถยนต์ไฟฟ้า คือ การทำให้ความต้านทานการหมุนต่ำที่สุด

สำหรับการผลิตยางล้อที่ทำจากยางสำหรับรถบรรทุกที่ใช้ไฟฟ้าจำเป็นต้องใช้ยางคอมพาวด์ที่นำไฟฟ้าได้ ซึ่งผลิตภัณฑ์เหล่านี้ได้ถูกออกแบบมาเพื่อให้มีความต้านทานการหมุนที่ต่ำลงเพื่อยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่

## การลดการกระแทก (cushioning)

ความสามารถในการลดการกระแทกของยางล้อสัมพันธ์โดยตรงกับความแข็ง (วัดด้วยเครื่องวัดความแข็ง Durometer ถ้าตัวเลขสูง วัสดุจะมีความแข็งสูง) ยางล้อที่ทำจากยางจะมีความแข็งอยู่ในช่วง 67-75 Shore A ในขณะที่ยางล้อที่ทำจากโพลียูรีเทนมีความแข็งอยู่ที่ประมาณ 83-95 Shore A ซึ่งถ้ายางล้อยางนิ่ม ก็จะสามารถรับแรงกระแทกได้ดี

เนื่องจากโพลียูรีเทนมีความแข็งกว่ายาง ดังนั้นจึงนิยมใช้กับรถยนต์ที่ต้องขับเคลื่อนในพื้นที่ที่ขรุขระกว่า ยางมีความแข็งต่ำกว่าคอมพาวด์โพลียูรีเทนที่นิ่มที่สุดถึง 15 Shore A ดังนั้นถ้ารถยกนั้นไม่ใช่รถยนต์ไฟฟ้า ควรเลือกใช้ยางล้อที่ทำจากยางเพราะสามารถใช้งานได้ดีและมีประสิทธิภาพ รวมถึงให้การขับเคลื่อนที่นุ่มนวลด้วย แต่ถ้าเป็นรถยกระบบไฟฟ้า ควรใช้ยางล้อที่ทำจากโพลียูรีเทนที่มีความแข็งต่ำสุดเท่ากับ 83 Shore A เพื่อให้สามารถรับน้ำหนักได้มากที่สุดและมีความต้านทานการหมุนต่ำที่สุด

ยางล้อที่ทำจากโพลียูรีเทนที่มีความแข็งต่ำกว่า 83 Shore A ไม่เป็นที่นิยมใช้เนื่องจากโพลียูรีเทนที่นิ่มจะเกิดความเสียหายได้เร็วและรับน้ำหนักได้น้อย ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา สิ่งของที่ต้องเคลื่อนย้ายมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น ผู้ผลิตโพลียูรีเทนจึงได้พัฒนายางคอมพาวด์ให้มีความแข็งสูงถึง 95 Shore A เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งาน ถึงแม้ว่ายางคอมพาวด์เหล่านี้จะสามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ แต่ยังคงสามารถลดการกระแทกได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้นจึงต้องตัดสินใจระหว่างการเลือกการเพิ่มปริมาณผลผลิตด้วยการใช้ยางล้อที่ทำจากโพลียูรีเทนที่มีความแข็งสูงหรือความสบายในการขับเคลื่อนของพนักงาน โดยทั่วไปยางล้อโพลียูรีเทนที่มีความแข็ง 95 Shore A จะสามารถรับน้ำหนักได้เพิ่มขึ้นร้อยละ 15 เมื่อเทียบกับยางล้อโพลียูรีเทนที่มีความแข็ง 83 Shore A ความสามารถในการรับน้ำหนักได้เพิ่มขึ้นอาจดูเหมือนว่าเพิ่มขึ้นไม่มาก แต่ยางล้อเหล่านี้ก็สามารถรับน้ำหนักของสินค้าที่มีขนาดใหญ่ในคลังสินค้าได้โดยไม่เกิดความเสียหาย

## การยึดเกาะ (traction)

ความสามารถในการยึดเกาะบนพื้นผิวในขณะที่ใช้งานของยางล้อที่ทำจากยางและโพลียูรีเทนมีความแตกต่างกัน ยางล้อที่ทำจากยางจะมีดอกยางที่ลึกกว่าดอกยางของยางล้อโพลียูรีเทน ดังนั้นจึงทำให้เกิดรอยดอกยาง (footprint) ที่กว้างกว่าของยางล้อโพลียูรีเทน ทำให้มีการยึดเกาะที่ดีกว่ายางล้อโพลียูรีเทนที่นิ่มที่สุด อย่างไรก็ตามผู้ผลิตโพลียูรีเทนได้พัฒนากระบวนการผลิตที่มีชื่อว่า “siping” หรือ “routing” ที่สามารถผลิตดอกยางได้หลากหลายรูปแบบเพื่อให้เหมาะสมกับพื้นผิวของยางล้อ และทำให้ยางล้อโพลียูรีเทนมีการยึดเกาะที่ดีขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โดยไม่ส่งผลกระทบต่อต้องรับน้ำหนักลดลง



## ความสามารถในการรับน้ำหนัก (load capacity)

ยางล้อโพลียูรีเทนสามารถรับน้ำหนักได้มากกว่ายางล้อที่ทำจากยางถึง 2 เท่า ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ผู้ผลิตรถยกหันมาใช้ยางล้อโพลียูรีเทน และยางล้อที่ทำจากโพลียูรีเทนจะมีความต้านทานต่อการแตก การฉีกขาด หรือการหลุดของดอกยางได้มากกว่ายางล้อที่ทำจากยางมาก

เนื่องจากการใช้รถยกทุกชนิดในช่วง 2-3 ปีที่ผ่านมา มีการรับน้ำหนักและความเร็วเพิ่มขึ้นทำให้ยางล้อทั้งที่ทำจากยางและโพลียูรีเทนเกิดปัญหาการเสื่อมสภาพเนื่องจากการรับน้ำหนักมากเกินไปติดต่อกันเป็นเวลานาน ซึ่งจะทำให้เกิดความร้อนและการเสื่อมสภาพในที่สุด

## ความต้านทานต่อการสึกกร่อนและการขัดถู (wear and abrasion resistance)

แม้ว่ายางล้อที่ทำจากยางจะให้การขับขี่ที่นุ่มนวลกว่า แต่ก็ไม่ทนต่อการสึกกร่อนได้เท่ากับยางล้อโพลียูรีเทน โดยทั่วไปยางล้อโพลียูรีเทนจะสามารถใช้งานได้นานกว่ายางล้อที่ทำจากยางถึง 4 เท่า เนื่องจากยางล้อที่ทำจากยางจะเกิดการแตกของดอกยางบริเวณที่ใช้งานและเกิดการสึกกร่อนได้ง่าย แต่ยางล้อโพลียูรีเทนสามารถทนต่อการใช้งานในสภาพพื้นผิวที่ขรุขระได้ดีกว่า รวมไปถึงสามารถใช้งานภายใต้สภาวะพื้นผิวที่เรียบลื่นได้ดีกว่าอีกด้วย ในขณะที่ยางล้อที่ทำจากยางจะมีประสิทธิภาพด้อยกว่าเล็กน้อย

## ความทนต่อการตัดและการฉีกขาด (cutting and tear resistance)

ยางมีค่าความแข็งแรงในการตัดหรือฉีกขาดไม่สูงนัก เมื่อเกิดรอยตัดหรือรอยฉีกขาดเพียง 1 จุดบนยางล้อ รอยนี้ก็สามารถจะขยายใหญ่ขึ้นและทำให้เกิดความเสียหายได้ แต่โพลียูรีเทนมีความทนต่อการตัดและการฉีกขาดได้ดี โดยรอยตัดหรือฉีกขาดที่เกิดขึ้นจะฝังลึกลงบนดอกยาง ซึ่งจะไม่ทำให้เกิดการตัดหรือขาดได้ อย่างไรก็ตามการตัดหรือฉีกขาดของทั้งยางและโพลียูรีเทนก็จะทำให้อายุการใช้งานของยางคอมพาวด์ลดลง

## การใช้งานที่ความเร็วสูง (high-speed operation)

ข้อบกพร่องอย่างเดียวของโพลียูรีเทน คือ เรื่องความร้อน ยางล้อโพลียูรีเทนไม่สามารถกระจายความร้อนที่เกิดขึ้นภายในล้อยางได้ดี เมื่อความเร็วของรถเพิ่มขึ้น ยางล้อโพลียูรีเทนก็จะได้รับความนิยมน้อยลง โดยปกติรถยกที่ขับเคลื่อนด้วยการเผาไหม้ภายในและก๊าซไอระเหยจะใช้ความเร็วเกินกว่าที่จะใช้ยางล้อโพลียูรีเทนได้ ดังนั้นจึงควรเลือกใช้ยางล้อที่ทำจากยางจะดีกว่าในการใช้งานลักษณะนี้ เนื่องจากยางสามารถกระจายความร้อนได้ดีและใช้งานได้ที่ความเร็วสูงกว่า รถยกไฟฟ้าส่วนใหญ่สามารถจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเพียงแค่ 6-8 เมตรต่อชั่วโมง ซึ่งช่วงความเร็วระดับนี้ โพลียูรีเทนสามารถจะใช้งานได้ดี

## การเกิดรอยเปื้อนบนพื้น (floor marking)

ยางล้อโพลียูรีเทนไม่ทำให้เกิดรอยเปื้อนบนพื้นในคลังสินค้า แม้ว่ายางล้อโพลียูรีเทนจะมีหลายสี แต่สารเคมีพื้นฐานที่ใช้จะไม่ทำให้เกิดการติดสีลงบนพื้น สิ่งที่ยางล้อโพลียูรีเทนทำให้เกิดรอยเปื้อนบนพื้นก็คือ เมื่อยางล้อนี้นิ่งไปก็จะสามารถเก็บสิ่งสกปรกขึ้นมาจากพื้นแล้วก็ปล่อยมันกลับลงไปที่พื้นอย่างเดิม เพราะสิ่งสกปรกที่อยู่บนพื้นเหล่านั้นคล้ายกับว่าเป็นอนุภาคที่ออกมาจากตัวล้อยาง

ในทางตรงกันข้าม ยางล้อที่ทำจากยางจะทำให้เกิดรอยเปื้อนบนพื้น (ถ้าใช้สูตรยางคอมพาวด์มาตรฐาน) อันเนื่องมาจากมีเขม่าดำที่ใช้ในสูตรเป็นตัวการสำคัญ ปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์ยางที่ไม่ทำให้เกิดรอยเปื้อนบนพื้นจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไป ยางล้อเหล่านี้จะมีสีเทาเนื่องจากไม่ได้ใช้เขม่าดำเป็นสารตัวเติม

## สภาวะที่พื้นเปียก (wet conditions)

พื้นที่การผลิตส่วนใหญ่จะมีสภาวะของพื้นเปียกอยู่ด้วย เพราะว่าในคลังสินค้าต้องควบคุมให้มีอุณหภูมิต่ำและมีความชื้นตลอดเวลาระหว่างที่จัดเก็บสินค้า ซึ่งสภาวะการณเช่นนี้เป็นปัญหาอย่างหนึ่งของรถยกไฟฟ้า การเคลื่อนย้ายของขนาดใหญ่บนพื้นที่มีความลื่นไม่ใช่สิ่งที่ดีนัก ดังนั้นการยึดเกาะจึงได้กลายมาเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการพิจารณา

การเลือกใช้ยางล้อที่ทำจากยางน่าจะเป็นความคิดที่ดีในกรณีนี้ เพราะว่ายางให้การยึดเกาะที่ดีกว่า แต่อย่างไรก็ตามได้มีการนำยางล้อโพลียูรีเทนที่ให้การยึดเกาะที่ดีเกือบจะเท่ากับยางมาใช้ในสภาวะเช่นนี้ โดยการทำให้ล้อยางโพลียูรีเทนมีร่องดอกละเอียดก็จะสามารถเพิ่มการยึดเกาะให้ดีขึ้นโดยไม่ทำให้ต้องรับน้ำหนักลดลง ในขณะที่ยางล้อที่ทำจากยางมีการยึดเกาะที่ดีแต่ไม่สามารถบรรทุกน้ำหนักได้มากนัก

เมื่อสัมผัสสารเคมี ยางล้อที่ทำจากยางจะสูญเสียความสามารถในเรื่องของความทนต่อการฉีกขาดที่ดีและความต้านทานต่อการหลุดของดอกยาง ในขณะที่โพลียูรีเทนจะมีสมบัติไม่เปลี่ยนแปลงแม้ว่าจะสัมผัสกับสารนั้นเป็นระยะเวลาาน แต่อย่างไรก็ตามสารละลายที่เป็นอันตรายต่อโพลียูรีเทน ได้แก่ เมทิลเอทิลคีโตน เมทิลีนคลอไรด์ และกรด

**ราคา**

จากราคาขายที่ตั้งไว้ เป็นการยากที่จะเปรียบเทียบราคาของยางล้อที่ทำจากยางและจากโพลียูรีเทนอย่างตรงไปตรงมาได้ ยางล้อโพลียูรีเทนมีราคาแพงกว่าเนื่องจากต้นทุนวัตถุดิบที่สูง ในขณะที่วัตถุดิบยางมีราคาถูกจึงทำให้ยางล้อที่ทำจากยางมีราคาถูกกว่า โดยยางล้อที่ทำจากยางมีราคาถูกกว่ายางล้อโพลียูรีเทนประมาณร้อยละ 25-50 และด้วยเหตุผลที่ว่ายางล้อที่ทำจากยางสามารถใช้งานได้หลากหลายและมีราคาที่ถูกลง ทำให้มีการนำยางล้อชนิดนี้มาใช้ร่วมกันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมการจัดการวัสดุในคลังสินค้าด้วย

อย่างไรก็ตามถ้ารถยกที่ใช้เป็นรถยกไฟฟ้าหรือต้องการความสามารถในการรับน้ำหนักได้สูง ก็จะนิยมใช้ยางล้อโพลียูรีเทนแม้ว่าจะราคาแพงกว่าก็ตาม แต่ก็ต้องไม่ลืมว่า แม้ว่ารากายางล้อโพลียูรีเทนจะแพงกว่ายางล้อที่ทำจากยาง 2 เท่า แต่ก็มีอายุการใช้งานได้ยาวนานกว่าถึง 4 เท่า

กล่าวโดยสรุปก็คือ ยางล้อที่ทำจากยางสามารถจะใช้งานได้เหมือนกับยางล้อโพลียูรีเทน แต่การเลือกใช้ยางล้อชนิดใดก็ขึ้นอยู่กับว่าวัสดุใดเหมาะสมที่สุดกับผู้ใช้และพื้นที่ใช้งานนั้น โดยทั่วไปถ้าพนักงานคลังสินค้ามีความชำนาญในการใช้รถยกไฟฟ้า การเลือกใช้ยางล้อโพลียูรีเทนจะให้ผลดีกว่า เพราะจะช่วยให้นักงานสามารถจัดการงานได้เพิ่มขึ้นโดยที่รถยกแต่ละคันสามารถจะรับน้ำหนักในการขนย้ายสินค้าได้มากขึ้น และจากการที่ยางล้อโพลียูรีเทนมีความต้านทานการหมุนที่ต่ำทำให้ช่วยประหยัดแบตเตอรี่ได้มากขึ้น และถ้าพิจารณาความทนต่อการใช้งานโดยรวมแล้ว ยางล้อโพลียูรีเทนมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่ายางล้อที่ทำจากยางถึง 4 เท่า จึงช่วยลดต้นทุนในการเปลี่ยนยางและต้นทุนแรงงานลง อย่างไรก็ตามถ้าพนักงานคลังสินค้ามีรถยกที่ใช้เชื้อเพลิงที่เผาไหม้ภายในหรือโพรเพนในการขับเคลื่อน ยางล้อที่ทำจากยางจะเป็นตัวเลือกที่ดีกว่า

ปัจจุบันมีสูตรยางจำนวนมากที่ใช้ในยางล้อโพลียูรีเทนและยางล้อที่ทำจากยางเพื่อให้แต่ละวัสดุมีสมรรถนะการปฏิบัติงานสูงสุด และถ้าได้มีการใช้งานอย่างถูกต้อง ก็จะส่งผลให้ยางล้อแต่ละประเภทสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ยางล้อทั้งสองชนิดได้ถูกออกแบบมาให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งานและสภาพการปฏิบัติงานที่เหมาะสม

**ตารางที่ 1 สมบัติของยางล้อที่ทำจากยางและโพลียูรีเทน**

สมบัติของยางล้อ	ยาง	โพลียูรีเทน
ความสามารถในการรับน้ำหนัก	ดี	ดีมาก
ความทนต่อการหลุดของดอกยาง/การฉีกขาด	ปานกลาง	ดีมาก
ความต้านทานต่อการสึกกร่อน	ปานกลาง	ดีมาก
การยึดเกาะ	ดีมาก	ดี*
การลดการกระแทก	ดีมาก	ปานกลาง
ความต้านทานการหมุน	ดี**	ดีมาก
การเกิดรอยเปื้อนบนพื้น	ปานกลาง	ดีมาก
การใช้งานที่ความเร็วสูง	ดีมาก	ดี
การใช้งานภายนอกอาคาร	ดีมาก	ปานกลาง
การใช้งานภายในอาคาร	ดี	ดีมาก
การใช้งานในสภาวะที่พื้นเปียก	ดีมาก	ดี*

หมายเหตุ: \* คือ ร่องดอกกละเอียดของล้อยางจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานขณะเปียกให้ดีขึ้น

\*\* คือ ยางคอมพาวด์นำไฟฟ้า (electric rubber compound)