

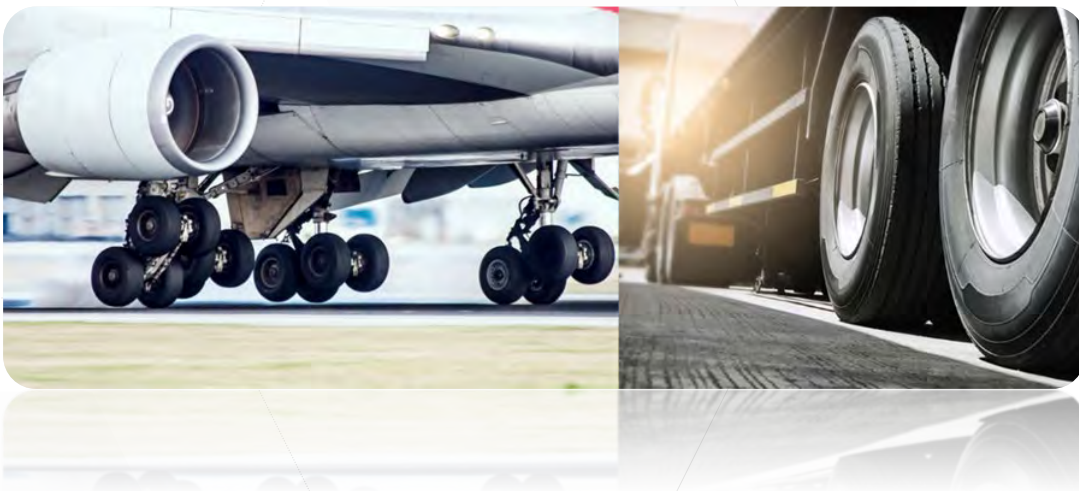


การหล่อดอกยาง

ศิระ มีศฤงคาร

หน่วยวิจัย ศูนย์วิจัยเทคโนโลยียาง มหาวิทยาลัยมหิดล

ในอดีตอาจจะเคยได้ยินว่า ยางล้อเก่าที่ผ่านการหล่อดอก (retread tire) อาจจะไม่ปลอดภัยเท่ากับยางล้อใหม่ แต่ในปัจจุบันยางหล่อดอกได้ถูกพัฒนาเทคนิคกรรมวิธีการผลิตอย่างต่อเนื่อง จนมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น โดยปัจจุบันนอกจากยางหล่อดอกจะใช้อย่างแพร่หลายในรถยนต์บรรทุกแล้ว ยางหล่อดอกยังเป็นที่ยอมรับ และนำไปใช้ในสายการบินพาณิชย์หลักทั่วโลก ซึ่งแน่นอนว่าอุตสาหกรรมการบินต้องทดสอบจนแน่ใจแล้วว่า ยางหล่อดอกสามารถใช้ในการขึ้น-ลงจอดเครื่องบินได้อย่างปลอดภัย หรือแม้แต่อากาศยานเทคโนโลยีขั้นสูงอย่างเครื่องบินรบรุ่น F-16 ก็ยังมีการใช้ยางหล่อดอกเช่นกัน (สำหรับเครื่องบินสามารถหล่อดอกยางได้ 8 - 10 ครั้ง)



รูปที่ 1 การใช้งานยางหล่อดอกในกลุ่มตลาดรถยนต์บรรทุกและสายการบินพาณิชย์

การหล่อดอก คือ ขั้นตอนกระบวนการผลิตยางล้อ โดยนำยางล้อที่ผ่านการใช้งานแล้วจนสึกเกินมาตรฐานความปลอดภัย มาผ่านกระบวนการผลิตให้กลับมาใช้งานได้ใหม่ โดยเริ่มจากการตรวจสอบยางล้อเก่า ซ่อมแซม และหล่อดอกยาง โดยใช้วัสดุจากยางล้อเดิมประมาณ 90% และใช้วัสดุใหม่เพื่อมาผลิตประมาณ 20% เมื่อเทียบกับยางล้อใหม่ ซึ่งเป็นเหตุผลให้ยางหล่อดอกมีต้นทุนที่ต่ำกว่ายางล้อใหม่มาก โดยราคาขายของยางหล่อดอกในตลาดรถบรรทุก จะมีราคาถูกกว่ายางล้อใหม่ประมาณ 30-50% ในปัจจุบันยางหล่อดอกจะใช้ในกลุ่มตลาดรถบรรทุกเป็นหลัก เนื่องจากมีปริมาณการใช้เป็นจำนวนมาก จึงทำให้ลดต้นทุนทางธุรกิจในภาคขนส่งได้เป็นอย่างดี

กระบวนการหล่อตอกยาง

กระบวนการหลักที่ใช้ในการหล่อตอกยางจะมี 2 กระบวนการ คือ หล่อตอกยางแบบร้อน (mold cure or hot cure process) และหล่อตอกยางแบบเย็น (pre cure or cold cure process) ทุกกระบวนการจะเริ่มต้นด้วยการตรวจสอบยางล้อด้วยตาเปล่าและสัมผัส ตามด้วยวิธีการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย (non – destructive testing) เช่น เชียโรกราฟี (Shearography) ในความเสียหายที่มองไม่เห็น เช่น เศษวัสดุต่างๆ และตะปูที่ฝังอยู่ภายในยาง หลังจากการตรวจสอบจะพบว่า ยางล้อบางเส้นอาจจะต้องได้รับการซ่อมแซม และบางเส้นอาจจะต้องทิ้งไป โดยทั่วไปยางล้อสามารถนำมาหล่อตอกได้หลายครั้ง ถ้าโครงยาง (Casing) อยู่ในสภาพที่ดีเหมาะสมสำหรับการหล่อตอก ทั้งนี้ในการผลิตยางล้อหล่อตอกในปัจจุบัน ได้มีการพัฒนากระบวนการแตกต่างกันออกไป โดยมีรายละเอียดและขั้นตอนดังนี้

1. หล่อตอกยางแบบเย็น (Pre cure or Cold cure)

เริ่มจากการนำโครงยางที่ผ่านขั้นตอนการซ่อมแซม และการขัด มาทาเคลือบด้วยรับเบอร์ซีเมนต์ (rubber cement)¹ เมื่อแห้งแล้ว นำคูชันกัม (Cushion gum)² มาวางติดลงบนโครงยาง แล้วนำแผ่นดอกยางพรีเคียว (precure tread)³ มาติดบนคูชันกัม เมื่อติดดอกยางพรีเคียวและคูชันกัมแล้ว ในส่วนของรอยต่อดอกยางพรีเคียวอาจมีการใช้ยางคอมพาวด์ติดเชื่อมบางส่วน หลังจากนั้นครอบแผ่นห่อหุ้มยาง (envelope) หุ้มโครงยางที่ติดดอกยาง เมื่อหุ้มและประกอบอุปกรณ์จับยึดกับโครงยางเรียบร้อยแล้ว นำไปอบให้คงรูปด้วยหม้ออบความร้อน (autoclave) ตามอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสม หลังจากอบครบเวลาที่กำหนด นำยางล้อหล่อตอกออกมาตรวจสอบ และตกแต่ง

การหล่อตอกยางแบบนี้ นิยมใช้กันแพร่หลายมากที่สุด เพราะมีความยืดหยุ่นมากในการผลิต เนื่องจากสามารถผลิตยางล้อได้หลายแบบ และหลายขนาดตามการใช้งาน แต่ต้องควบคุมคุณภาพจากผลกระทบที่อาจจะเกิดจากรอยต่อของปลายแผ่นดอกยางที่มาบรรจบกัน

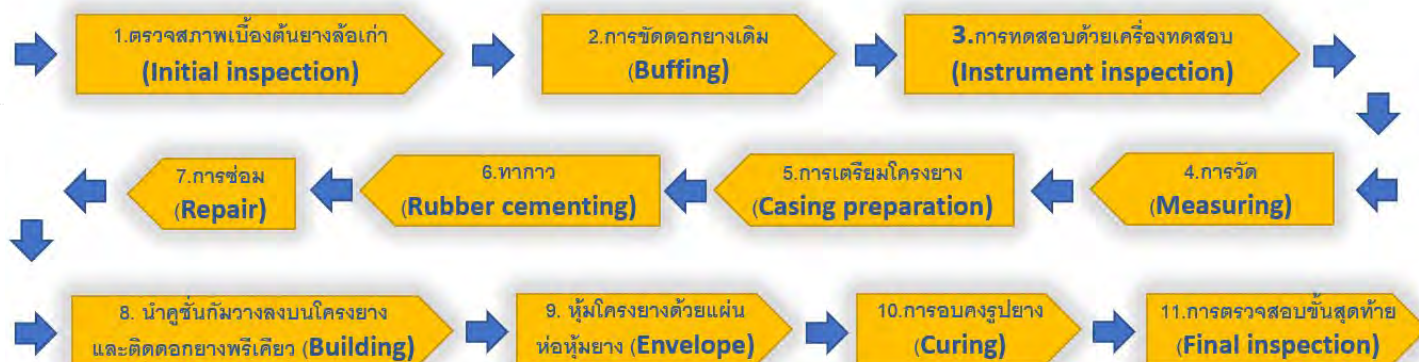


¹ รับเบอร์ซีเมนต์ (Rubber cement) คือ ยางผสมเสริมผสมกับตัวทำละลาย สำหรับเคลือบผิวบริเวณหน้ายาง โครงยางหลังการขัดดอกยางเพื่อเพิ่มการยึดติด

² คูชันกัม (Cushion gum) คือยางคอมพาวด์ที่เหนียว สำหรับใช้เป็นตัวยึดเกาะใต้ดอกยาง และเติมเนื้อยางในการซ่อมยางหล่อตอก

³ ดอกยางพรีเคียว (Precure tread) คือ ดอกยางที่ผ่านการคงรูปแล้ว

รูปที่ 2 การติดดอกยางพรีเคียวบนโครงยาง



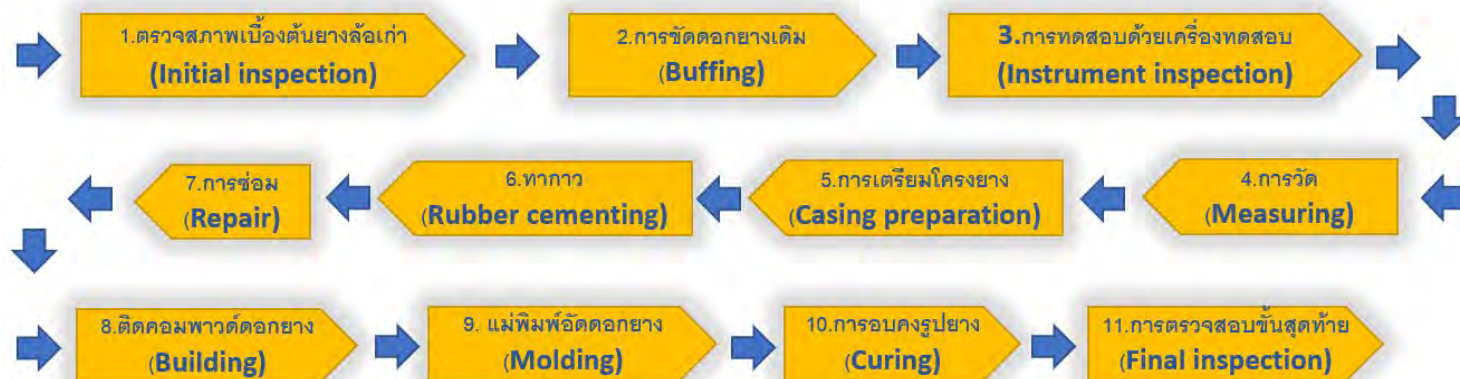
รูปที่ 3 ขั้นตอนการหล่อดอกยางแบบเย็น

2. หล่อดอกยางแบบร้อน (mold cure or hot cure)

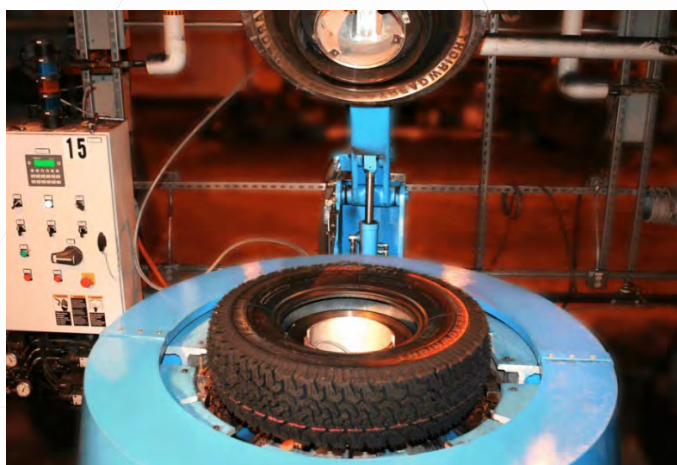
เริ่มจากการนำโครงยางที่ผ่านขั้นตอนการซ่อมแซม และการขัดแล้ว นำมาทาเคลือบด้วยรับเบอร์ซีเมนต์ เมื่อแห้งแล้วนำมาประกอบกับคอมพาวนด์ดอกยาง (camelback)⁴ หรือยางคอมพาวนด์ดิบ (uncured rubber) มาวางตรงกึ่งกลางล้อยาง และพันคอมพาวนด์ดอกยางตามปริมาณที่ต้องการ แล้วตัดปลายคอมพาวนด์ดอกยางให้เฉียง เพื่อให้ดอกยางต่อเหลื่อมกัน จากนั้นใช้ลูกกลิ้งกดรีดให้แน่น นำโครงยางใส่ลงในแม่พิมพ์แบบอัด (compression mold) อบคงรูปดอกยาง โดยใช้ความดันลมจากท่อสำหรับการทำให้คงรูป (curing tube or bladder) ในแม่พิมพ์ ช่วยดันขณะอบคงรูป ยางคอมพาวนด์ที่ติดกับโครงยางจะถูกอัดเป็นดอกยางตามแบบลายดอกของแม่พิมพ์ เมื่อเสร็จแล้วจึงนำยางล้อหล่อดอกออกจากแม่พิมพ์ สุดท้ายทำการตรวจสอบ และตกแต่ง

ซึ่งในการหล่อดอกยางแบบร้อนในปัจจุบัน อาจจะไม่ค่อยได้รับความนิยมเท่าที่ควร เพราะไม่มีความยืดหยุ่นในการผลิต เนื่องจากแม่พิมพ์ 1 ชุด สามารถใช้ผลิตยางล้อได้เพียงขนาดเดียว และลายดอกยางแบบเดียวเท่านั้น ดังนั้นถ้าต้องการหล่อดอกยางล้อหลายขนาดที่มีในท้องตลาด จะต้องใช้แม่พิมพ์จำนวนมากเพื่อรองรับยางล้อทุกขนาด

⁴ camelback คือ ยางที่ผสมสารเคมี (ยังไม่ได้ผ่านการวัลคาไนซ์) ที่ผ่านการอัดผ่านตาย (die) ออกเป็นเส้น



รูปที่ 4 ขั้นตอนการหล่อดอกยางแบบร้อน



รูปที่ 5 แม่พิมพ์แบบอัดในการหล่อดอกยางแบบร้อน

ขั้นตอนในการหล่อดอกยาง

1. การตรวจสอบเบื้องต้น (initial inspection)

การตรวจสอบเบื้องต้นอาจเป็นส่วนสำคัญที่สุดของกระบวนการหล่อดอก เพราะการหล่อดอกยางที่ไม่สำเร็จมากกว่าครึ่ง เกิดจากการไม่สามารถตรวจสอบยางล้อได้ว่า จะสามารถนำมาหล่อดอกยางได้หรือไม่ ดังนั้นในการผลิตยางหล่อดอก การตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ หรือมีประสบการณ์ จะช่วยทำให้มั่นใจในการเลือกโครงยางมาใช้ในการหล่อดอกได้เป็นอย่างดี

การตรวจสอบจะเริ่มต้นจากวางยางล้อไว้บนเครื่องจักรถ่าง (mechanic spreader) โดยใช้ไฟส่องเฉพาะจุด ขณะที่โครงยางหมุน ทำให้ผู้ตรวจสอบสามารถมองเห็นและตรวจสอบได้ทั้งภายในและภายนอกด้วยมือสัมผัส และตาเปล่า ในเบื้องต้นจะพิจารณาการสึกของดอกยางว่ามีมากน้อยเพียงใด (ควรมีความลึกดอกยางไม่น้อยกว่า 3 mm) มีแถบบริเวณแก้มยาง หรือขอบวงล้อหรือไม่ **ในกรณีที่ดอกยางสึกถึงชั้นผ้าใบมากกว่า 1 ชั้น หรือแก้มยางเกิดการฉีกขาด หรือขอบวงล้อฉีกขาดเสียรูป หรือรอยแตกของแก้มยางลึกลงถึงชั้นผ้าใบ ไม่ควรเลือกนำไปหล่อดอก** เมื่อพิจารณายางล้อในเบื้องต้นแล้ว ให้พิจารณารอยแตก และลักษณะการชำรุดของยางล้อด้านใน เช่น แผลรูตะปู เป็นต้น สุดท้ายนำยางล้อที่ผ่านการตรวจสอบมาทำความสะอาดต่อไป



รูปที่ 6 การใช้เครื่องจักรถ่างหมุนตรวจสอบยางล้อ ในการตรวจสอบเบื้องต้น

ตัวอย่างโครงยางที่ไม่สามารถนำมาใช้ในการหล่อตอกได้เมื่อตรวจสอบจากการดูด้วยตาเปล่า หรือการสัมผัส



1. การฉีกของแก้มยาง (sidewall tear)



2. รอยขาดแก้มยาง (sidewall cut)



3. การบวม (bulge)



4. การเปิดของชั้นผ้าใบ (exposed plies)



5. ความเสียหายเป็นรู (penetration damage)



6. ความเสียหายจากการสึกหรอของยาง (worm tread)

2.การขัดดอกยางเดิมออก (Buffing)

การขัด คือ การนำวัสดุดอกยางเดิมออกโดยใช้เครื่องจักรแบบกลึง (Lathe-type machine) เพื่อปรับโครงยางให้ได้รูปร่าง ขนาด และความหยาบของพื้นผิวให้เหมาะสมกับการหล่อดอกยาง

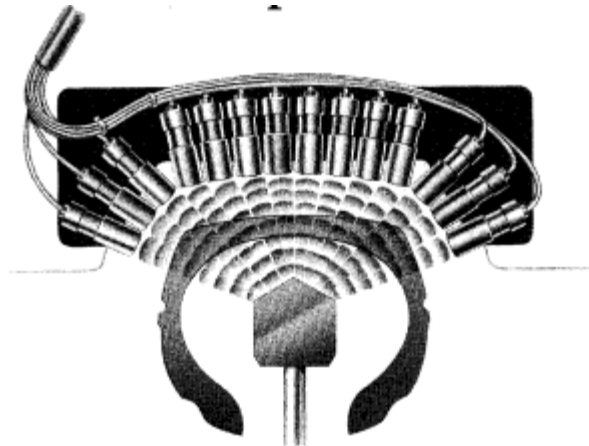


รูปที่ 7 การขัดเพื่อนำวัสดุดอกยางเดิมออกด้วยเครื่องจักรแบบกลึง

ในการทำงานโครงยางจะถูกติดตั้งอยู่บนเครื่องจักร และพองตัว จากนั้นหมุนให้เกิดการขัด เพื่อขูดเนื้อยางออก โดยโครงยางจะถูกขัดให้ราบที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อให้ได้ยางล้อที่มีการสัมผัสที่ดีระหว่างดอกยางและถนนขณะใช้งาน โดยทำการขัดตามขนาดความกว้าง และรัศมีที่กำหนดไว้ โครงยางที่ถูกขัดจนเสร็จแล้ว จะมีหน้าตัดยางที่สมมาตร และมีความกลมมากขึ้นกว่าเดิม โดยรอยแผลที่เกิดขึ้นจากรูตะปูสามารถซ่อมแซมได้ในขั้นตอนนี้ ส่วนการซ่อมแซมอื่นๆ จะซ่อมแซมหลังจากขั้นตอนการขัดนี้ก็ได้ ในกรณียางล้อที่เป็นโครงสร้างผ้าใบ (bias tyre) จะทำรูระบายเล็กๆ ไว้บริเวณขอบยาง (bead) และไหล่ยาง (shoulder) เพื่อลดการสะสมของแรงดันอากาศในขณะบ่มยาง

3. การตรวจสอบแบบไม่ทำลาย (Non – Destructive Testing)

สำหรับความเสียหายที่มองไม่เห็น ในปัจจุบันยางล้อดอกที่มีคุณภาพจะใช้อุปกรณ์เครื่องมือทดสอบแบบอัลตราโซนิก (Ultrasonic) เพื่อตรวจสอบข้อบกพร่องที่ซ่อนอยู่โดยใช้คลื่นอัลตราโซนิก และเครื่องตรวจจับอิเล็กทรอนิกส์สแกน เพื่อค้นหาการรั่วไหลจากรอยแผลรูเข็ม (Pin hole) การแยกชั้น และความเสียหายอื่นๆ ที่ซ่อนอยู่ หลังจากการตรวจสอบตาเปล่า อีกวิธีหนึ่งในปัจจุบันที่นำมาใช้ในการตรวจสอบ คือ เชียโรกราฟี (Shearography) หลักการ คือ การตรวจสอบโดยใช้แสงเลเซอร์ฉายออกจากหัวส่งผ่านเลนส์มาตกกระทบที่ชิ้นงาน ประมวลผลและแสดงผลผ่านหน้าจอทันที (Realtime Display) เทคนิคนี้ได้นำมาใช้ในการตรวจสอบวัสดุคอมโพสิต (Composite materials) สามารถตรวจหารอยร้าวขนาดเล็กๆ ได้ และตรวจสอบได้บริเวณกว้าง ทำให้เห็นความเสียหายที่มองไม่เห็น เช่น เศษวัสดุต่างๆ และตะปูที่ฝังอยู่ในยาง เป็นต้น



รูปที่ 8 หลักการตรวจสอบโครงยางโดยใช้คลื่นอัลตราโซนิก



รูปที่ 9 การตรวจสอบโครงยางด้วยเครื่องมือทดสอบแบบซีโรกราฟี

4. การวัด (Measuring)

ในขั้นตอนนี้โครงยางจะถูกวัดอย่างระมัดระวังด้วยแถบวัดระยะหรืออุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดขนาดอัตโนมัติระหว่างขั้นตอนการขัดโครงยาง ในกรณีการหล่อดอกยางแบบร้อน จะต้องหาสัดส่วนของคอมพิวเตอร์ดอกยางให้พอดีกับปริมาตรช่องว่างในแม่พิมพ์ ส่วนการหล่อดอกยางแบบเย็นจะต้องหาความกว้าง และความยาวของดอกยางที่จะนำใช้งาน ให้พอดีกับขนาดความกว้าง และเส้นรอบวงของโครงยาง โดยในปัจจุบันขั้นตอนการวัดอาจจะใช้เครื่องจักรที่มีระบบเซ็นเซอร์ควบคุมอัตโนมัติขณะขัดโครงยาง เพื่อให้โครงยางมีขนาดที่เหมาะสมกับดอกยางที่ใช้ใช้งาน ซึ่งจะช่วยลดขั้นตอนการทำงาน และทำให้เกิดความละเอียดมากยิ่งขึ้นด้วย



รูปที่ 10 การวัดขนาดโครงยาง เพื่อหาขนาดที่เหมาะสมกับดอกยาง

5. การเตรียมโครงยาง (casing preparation)

หลังจากขั้นตอนการขัดดอกยางเดิมออก จะมีการซ่อมแซมบาดแผล และเปิดผิว โดยการตัดแต่ง (skiving) และการเจียรไน (grinding) รอยแผล เช่น ตัดแต่งเส้นใยของผ้าใบเสริมหน้ายาง (breaker)⁵ สำหรับยางล้อโครงสร้างแบบผ้าใบ (bias tyre) หรือเจียรไนเส้นลวดของเข็มขัดรัดหน้ายาง (belt)⁶ สำหรับยางล้อที่เป็นโครงสร้างแบบเรเดียล (radial tyre) ด้วยอุปกรณ์ขัดแต่งไฟฟ้า ซึ่งถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญ



รูปที่ 11 การเจียรไนเพื่อตัดแต่ง และเคลือบด้วยซีเมนต์

เส้นลวดที่เปิดออกจะถูกตัดแต่ง และเจียรไนจนเสร็จ หลังจากนั้นจะต้องเคลือบด้วยรับเบอร์ซีเมนต์อย่างรวดเร็ว เพื่อเป็นการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) กับลวดเข็มขัดรัดหน้ายาง (steel belt cord) โดยจะต้องทำการทาเคลือบด้วยซีเมนต์บริเวณรอยแผลให้เสร็จภายใน 15 นาที

⁵ ผ้าใบเสริมหน้ายางหรือเข็มขัดรัดหน้ายาง (Breaker or Belt) เป็นชั้นที่อยู่ระหว่างหน้ายางกับโครงยาง

⁶ เข็มขัดรัดหน้ายาง (Belt) ใช้กับยางล้อโครงสร้างแบบยางเรเดียล (Radial tyre) ประกอบด้วยลวดเหล็กเรียงชิดกัน ทำหน้าที่เพิ่มความแข็งแรงให้กับหน้ายาง รับแรงกระแทกได้ดี และป้องกันไม่ให้โครงยางชำรุดเสียหายจากสิ่งอันตรายต่างๆ จากพื้นถนน

6. การซ่อม (Repair)

การซ่อมโครงยางเป็นขั้นตอนที่ต้องใช้ทั้งศิลปะและวิทยาศาสตร์ ต้องใช้ทักษะสูง อุปกรณ์ที่เหมาะสม และวัสดุที่มีคุณภาพ โดยปกติการซ่อมจะเป็นการลอก การเติม (filling) และการเสริมแรงบริเวณพื้นที่รอยรอยแผล ในการซ่อมจะใช้คุชชั่นกัม ซึ่งเป็นยางคอมพาวด์ที่เหนียวสำหรับยึดเกาะดอกยาง นำมาใช้ในการเติมเนื้อเยื่อสำหรับการซ่อมรอยแผลยางล้อดอก



รูปที่ 12 การเจียรระไนเพื่อทำความสะอาดรอยแผลรูทะลุ



รูปที่ 13 การเติมยางคุชชั่นกัมลงในรอยแผลที่ถูกขัดแต่ง

การซ่อมโครงยางจะมีผลต่อคุณภาพของยางหล่อตอกเป็นอย่างดี ซึ่งถ้าสามารถควบคุมคุณภาพได้ดี ยางหล่อตอกจะมีความทนทาน คุ่มค่าในการใช้งานยิ่งขึ้น โดยขั้นตอนการซ่อมโครงยางทั่วไปจะมีลักษณะ 4 แบบ

6.1 การซ่อมรูตะปู (Nail hole repair)	
	การซ่อมรอยแผลด้านหน้ายางที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 6.35 mm และที่ผนังด้านในขนาดน้อยกว่า 1.60 mm โดยประมาณ รอยแผลมีการทะลุลึกเกินกว่าร้อยละ 50 ของหน้าตัด หรือมากกว่าชั้นผ้าใบ (ply) ส่วนในกรณีที่มีรูตะปูจำนวนมากบนหน้ายาง หรือผนังด้านใน ให้พิจารณาซ่อมแซมได้จนกว่ารูตะปูจะซ้อนทับกัน
6.2 การซ่อมรอยจุด (Spot repair)	
	การเอาเนื้อวัสดุเดิมบริเวณรอยแผลออก และเติมเนื้อยางใหม่ลงในรอยแผล ซึ่งแผลลักษณะนี้จะมีขนาดใหญ่กว่ารูตะปู แต่ความลึกน้อยกว่าร้อยละ 25 ของผ้าใบที่วางซ้อนกันหลายชั้น (body ply) โดยแผลรอยจุดสามารถทำการซ่อมได้จนกว่าจะไม่มีรอยเสียหายของชั้นผ้าใบ ในบริเวณของขอบยาง (Bead area)
6.3 การซ่อมส่วนเสริมแรง (Reinforcement repair)	
	การซ่อมแผลทะลุในช่วงร้อยละ 25 ถึงร้อยละ 75 ของผ้าใบที่วางซ้อนกันหลายชั้น
6.4 การซ่อมหน้าตัดยาง (Section repair)	
	การซ่อมแซมรอยแผลที่ทะลุขยายมากกว่าร้อยละ 75 หรือมากกว่าผ้าใบที่วางซ้อนกันหลายชั้น หรือแผลทะลุโครงยางหรือทะลุแก้มยาง สำหรับการซ่อมโครงยางแบบโครงสร้างผ้าใบ (สำหรับรถแทรกเตอร์ และรถขนส่งบริการ ควรมีจำนวนแผลได้ไม่เกิน 1 ใน 4 ส่วน ของยางล้อ) ส่วนยางล้อที่เป็นโครงสร้างแบบยางเรเดียล ซึ่งมีโครงสร้างที่แข็งแรง สามารถซ่อมได้ไม่จำกัดจำนวนแผล

ในกรณียางล้อรถบรรทุกที่เป็นโครงสร้างแบบยางเรเดียล ถ้าเกิดการเสียหายในส่วนลวดเข็มขัดรัดหน้ายาง (Steel belt cord) เทคโนโลยีปัจจุบันสามารถทำการเปลี่ยนเข็มขัดรัดหน้ายางด้านบนทั้ง 2 ชั้นได้ โดยกระบวนการนี้จะช่วยประหยัดได้อย่างมาก เนื่องจากโครงยางสามารถนำมาซ่อมและกลับมาใช้ใหม่ ในกระบวนการนี้เครื่องจักรจะทำงานโดยใช้ใบมีดตัดได้เข็มขัดรัดหน้ายาง เพื่อลอกเข็มขัดรัดหน้ายางออกจากโครงยาง เมื่อเข็มขัดรัดหน้ายางหลุดออก จะทำการขัดหน้ายาง เคลือบรับเบอร์ซีเมนต์และติดเข็มขัดรัดหน้ายางใหม่ ในกรณีการหล่อดอกยางแบบเย็นจะใช้วงแหวนรัด (retraining ring) รักษารูปร่างโครงยางในขณะอบคงรูปยาง

7. การใช้งานดอกยาง (Tread application)

หลังจากซ่อมโครงยางเสร็จแล้ว จะนำโครงยางพ่นด้วยรับเบอร์ซีเมนต์ เพื่อเพิ่มการยึดเกาะระหว่างดอกยาง พรีเคียวและโครงยาง เมื่อรับเบอร์ซีเมนต์แห้งสม่ำเสมอแล้ว จึงพร้อมสำหรับการติดดอกยางใหม่ ดอกยางจะต้องติดให้พอดีกับโครงยาง อยู่ในตำแหน่งกึ่งกลาง และขนาดดอกยางจะต้องมีความถูกต้องและความแม่นยำ ในการหล่อดอกยางแบบเย็นจะตัดดอกยางตามสัดส่วนความยาว และติดคู่ชั้นกัมด้านหลังของดอกยาง หรือติดที่บนโครงยาง ทั้งนี้เพื่อเป็นสารตัวประสาน (bonding agent) ระหว่างดอกยางและโครงยาง การประสานที่มีคุณภาพที่ดี จะทำให้ส่วนนี้มีความแข็งแรงที่สุด ซึ่งจะช่วยลดโอกาสการแยกตัวระหว่างดอกยางและโครงยาง ทำให้เกิดความมั่นใจในการหล่อดอกยาง ในการติดดอกยางใหม่จะติดบนเส้นรอบวงโครงยางด้วยมือ หรือใช้เครื่องจักรก็ได้ ส่วนปลายของดอกยางจะประกบติดกัน จากนั้นทำการเย็บดอกยาง และรีดไล่ฟองอากาศ ส่วนในการหล่อดอกยางแบบร้อนจะใช้อยางคอมพาวนด์ดิบ (uncured rubber) ติดบนโครงยาง เพื่อเป็นการเตรียมโครงยางก่อนเข้าแม่พิมพ์



รูปที่ 14 การติดดอกยางใหม่รอบโครงยาง สำหรับหล่อดอกยางแบบเย็น



รูปที่ 15 การเตรียมยางคอมพาวนด์ติดกับโครงยาง สำหรับหล่อดอกยางแบบร้อน

8. การคงรูป (Curing)

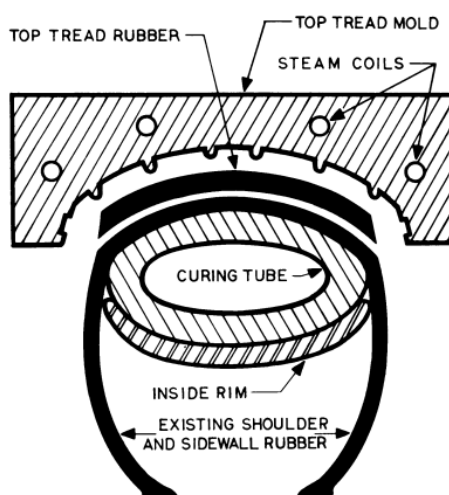
เวลา อุณหภูมิ และแรงดัน เป็นหัวใจในการกำหนดอัตราการคงรูปของยางหล่อดอก แม้การเปลี่ยนแปลงตัวแปรเหล่านี้เพียงเล็กน้อย อาจนำไปสู่ประสิทธิภาพที่ต่ำของยางหล่อดอก หรือเกิดความเสียหายได้ ในกระบวนการหล่อดอกยางแบบเย็น การเตรียมโครงยางจะถูกครอบด้วยแผ่นห่อหุ้มยาง (Envelope) ที่มีความยืดหยุ่น มีวาล์วระบายอากาศ โดยมีท่อสำหรับการทำให้คงรูป (Curing tube) ติดตั้งอยู่ภายใน โครงยางจะยึดบนขอบกระโหลกสำหรับการทำให้คงรูป (Curing rim) บางระบบจะใช้วงแหวนพิเศษยึด แทนการใช้ท่อและขอบกระโหลกสำหรับการทำให้คงรูป จากนั้นโครงยางจะถูกนำไปในหม้ออบความร้อน ซึ่งควบคุมความดันและอุณหภูมิ อากาศจะถูกระบายออกจากดอกยางและแผ่นห่อหุ้มยาง ทำให้เกิดการการยึดดอกยางและโครงยางให้ติดกัน หลังจากอบคงรูปครบเวลา และตามอุณหภูมิของสูตรยางนั้นๆ (โดยทั่วไปจะใช้เวลาประมาณ 3 – 4 ชม. ที่อุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส) ดอกยางจะประสานกับโครงยาง โดยการประสานนี้จะเป็นส่วนที่แข็งแรงที่สุดในยางล้อ ส่วนในกระบวนการหล่อดอกยางแบบร้อน โครงยางและท่อสำหรับการทำให้คงรูป (Curing tube or Bladder) จะอยู่ในแม่พิมพ์แบบอัด ความดันในท่อสำหรับการทำให้คงรูปจะส่งแรงดันไปที่ยางดิบ ทำให้ยางดิบเข้าไปอัดกับผนังของแม่พิมพ์ที่ร้อน เมื่ออบคงรูปครบเวลา และตามอุณหภูมิของสูตรยางนั้นๆ (โดยทั่วไปจะใช้เวลาประมาณ 1-2 ชม. อุณหภูมิประมาณ 130-150 องศาเซลเซียส) จะได้ดอกยางที่คงรูปตามลายดอกยางในแม่พิมพ์



รูปที่ 16 โครงยางที่ครอบด้วยแผ่นห่อหุ้มยาง (Envelope) สำหรับการหล่อดอกยางแบบเย็น



รูปที่ 17 หม้ออบความร้อน ซึ่งควบคุมความดันและอุณหภูมิสำหรับการหล่อดอกลายแบบเย็น



รูปที่ 18 การอบคงรูปดอกลายในแม่พิมพ์แบบอัด ในกระบวนการหล่อดอกลายแบบร้อน

9. การตรวจสอบขั้นสุดท้าย (Final inspection)

การตรวจสอบขั้นสุดท้ายของยางหล่อดอกลายที่เสร็จแล้ว จะทำการตรวจสอบในขณะที่ยางยังร้อนอยู่ เนื่องจากเป็นการง่ายต่อการสังเกต การแยกตัวของยาง การประสานตัวของยาง หรือรอยแตกร้าวอื่นๆ ที่เกิดขึ้นหลังจากการอบคงรูปยางหล่อดอกลาย ในขั้นตอนนี้จะตรวจสอบภายนอก และภายในยางล้อ เพื่อให้แน่ใจว่ารอยแผลที่ทำการซ่อม จะมีการยึดเกาะเป็นไปอย่างสมบูรณ์ถูกต้องหรือไม่ จากนั้นทำการตรวจสอบตัวเลขรหัสที่ระบุการผลิต สุดท้ายทำการตัดแต่งครีป (flashing) หรือยางส่วนที่ล้นออกมา นำลวดเย็บรอยต่อออก จัดเก็บยางล้อเพื่อเตรียมออกสู่ตลาดต่อไป



รูปที่ 19 การตรวจสอบยางหล่อดอกขั้นสุดท้ายของ

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับยางหล่อดอก

เลขที่	ชื่อมาตรฐาน
มอก. 2478-2552	ยางผสมเสร็จสำหรับการหล่อดอกยางแบบร้อนของยางรถยนต์เชิงพาณิชย์
มอก. 2506-2553	ดอกยางสำเร็จรูปสำหรับการอัดโครงยางชิงยางรถยนต์เชิงพาณิชย์
มอก. 2978-2562	ยางล้อแบบสุบลมหล่อดอกซ้ำสำหรับยานยนต์และส่วนพ่วง
มอก. 2979-2562	ยางล้อแบบสุบลมหล่อดอกซ้ำ สำหรับยานยนต์เชิงพาณิชย์และส่วนพ่วง

ศูนย์วิจัยเทคโนโลยียางสามารถทำการทดสอบยางล้อที่เกี่ยวข้องกับยางหล่อดอก เช่น การทดสอบความทนทานของยางล้อ (Endurance tests) เพื่อวัดอายุการใช้งานยางล้อแบบวิ่ง การทดสอบความคงทนและสมรรถนะของยางล้อแบบวิ่งด้วยเครื่อง Drum Tester การวิเคราะห์โครงสร้างยางล้อโดยใช้เครื่อง Plunger Tester เป็นต้น

ติดต่อขอรับบริการทดสอบยางล้อ

ห้องปฏิบัติการทดสอบยางล้อ ศูนย์วิจัยเทคโนโลยียาง

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

โทรศัพท์: 0 2441 0511, 0 2889 2970

อีเมล: info@mahidolrubber.org

เอกสารอ้างอิง

1. ยางล้อหล่อดอก, จาก <http://rubber.oie.go.th/>
2. Edward J. Georgia and Elwyn F. Mayeau, Retreading and Repairing of High Performance Aircraft Tires, SAE Transactions, Vol. 71 (1963), pp. 302-333, from <https://www.jstor.org/stable/44553872>
3. Bandag incorporation, Truck tire retreading, Guide book, Copyright 1989.
4. Mehta Divyesh S, Gohil Sachin A, Shah Amit V, Patel Vipul R, A Case Study on Tyre Retreading of S.T.Workshop, IJSRD International Journal, Vol. 3, Issue 02, 2015, ISSN (online): 2321-0613
5. Bridgestone Commercial, Retread Process, from <https://www.youtube.com/watch?v=aiTgQQxdMJU>,.
6. Bridgestone Commercial, Bandag Retread Plant Tour, from <https://www.youtube.com/watch?v=8X2GMD1TPzg>
7. Retrieved March 25, 2021, from <https://www.moderntiredealer.com/articles/19388-retread-execs-sound-off-on-the-market>
8. Retrieved March 25, 2021, from <https://www.treadwright.com/blogs/treadwright-blog/how-do-retread-tires-work-treadwright-tires>
9. Retrieved March 25, 2021, from <https://www.mickeyparts.com/pages/what-you-need-to-know-about-new-and-retread-commercial-truck-tires/>
10. Retrieved March 25, 2021, from <https://www.wired.com/2016/08/airplane-tires/>
11. Bridgestone Europe, The Bandag Retreading Process, from <https://www.youtube.com/watch?v=2wxtB6KXFZg>