

เมื่อออกสูตรเคมียางเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนถัดมาคือการผสมยางกับสารเคมียางเข้าด้วยกันโดยใช้เครื่องผสม ซึ่งอาจจะเป็นเครื่องผสมระบบปิดหรือระบบเปิดก็ได้ ยางที่ผ่านการผสมสารเคมีแล้วจะเรียกว่า “ยางคอมพาวด์ (rubber compound)” การผสมยางนี้ก็เป็นอีกขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างมากต่อสมบัติและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากถ้าสารเคมีที่เติมลงไปไม่กระจายตัว (distribution) หรือแตกตัว (dispersion) ได้ไม่ดี ก็จะส่งผลโดยตรงต่อความสม่ำเสมอของคุณภาพผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการใช้กระบวนการผสมที่แตกต่างกัน เช่น การใช้เครื่องผสมคนละชนิดกัน การใช้สภาวะการผสมที่แตกต่างกัน หรือแม้แต่การจัดลำดับการเติมสารเคมีลงไปเครื่องผสมที่แตกต่างกัน ย่อมจะส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสมบัติที่แตกต่างกันด้วยแม้ว่าจะเป็นยางสูตรเดียวกันก็ตาม ดังนั้นผู้ผลิตจำเป็นต้องมีการตรวจสอบคุณภาพของการผสมโดยนำยางคอมพาวด์ที่ได้จากการผสมแต่ละครั้ง (batch) ไปทดสอบความหนืดมูนนี่ (Mooney viscosity) และสมบัติการคงรูปของยาง (cure characteristics) เพื่อควบคุมคุณภาพให้คงที่

เนื่องจากเทคโนโลยีการผสมยางให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพคงที่ตามที่ต้องการนั้นมีปัจจัยที่ต้องพิจารณามากมาย และต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจในกลไกการผสม อันได้แก่ การเข้าไปในเนื้อยางของสารตัวเติม (incorporation หรือ wetting) การกระจายตัวของสารตัวเติมในยาง (distribution) และการแตกตัวของสารตัวเติม (dispersion) รวมไปถึงปัจจัยต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ปริมาณที่ผสม ตลอดจนลำดับการใส่สารเคมี ที่มีต่อการใช้เครื่องผสมยางต่างชนิดกัน (เครื่องผสมระบบปิด เครื่องผสมระบบเปิด หรือเครื่องผสมแบบต่อเนื่อง) ดังนั้นในที่นี้จะกล่าวถึงตัวอย่างเครื่องผสมยางแต่เพียงคร่าวๆ เพื่อให้พอทราบถึงลักษณะการทำงานของเครื่องผสมยาง

เครื่องผสมยาง

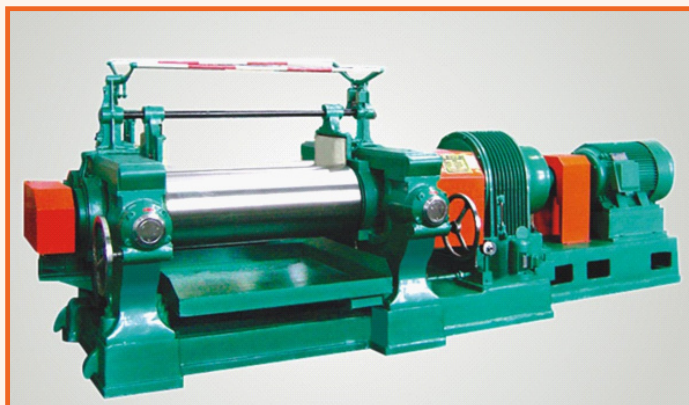
เครื่องผสมยางแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. เครื่องผสมยางแบบไม่ต่อเนื่องหรือแบบแบตช์ (batch mixer) ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ระบบ ได้แก่
 - 1.1 ระบบเปิด ได้แก่ เครื่องผสมยางแบบ 2 ลูกกลิ้ง (two-roll mill)
 - 1.2 ระบบปิด แบ่งตามลักษณะของโรเตอร์ ออกเป็น 4 แบบ ได้แก่
 - 1.2.1 เครื่องผสมระบบปิดแบบบูร์รี (Banbury internal mixer)
 - 1.2.2 เครื่องผสมระบบปิดแบบอินเตอร์มิคซ์ (Intermix internal mixer)
 - 1.2.3 เครื่องผสมระบบปิดแบบที่ปรับระยะห่างระหว่างโรเตอร์ได้ (variable intermeshing clearance internal mixer)
 - 1.2.4 เครื่องผสมระบบปิดอื่นๆ ได้แก่ เครื่องนวดยางหรือนีดเดอร์ (kneader)
2. เครื่องผสมยางแบบต่อเนื่อง (continuous mixer) ได้แก่ เครื่องผสมแบบเกลียวหนอนเดี่ยว (single screw) เครื่องผสมแบบเกลียวหนอนคู่ (twin screw)



เครื่องผสมยางแบบ 2 ลูกกลิ้ง (two-roll mill)

เครื่องผสมยางแบบ 2 ลูกกลิ้งเป็นเครื่องผสมระบบเปิด ประกอบด้วยลูกกลิ้ง 2 ลูก เรียงตัวในแนวนอนขนานกัน หมุนเข้าหากันด้วยความเร็วต่างกัน ทำให้เกิดแรงเฉือนที่จำเป็นต่อการบดผสมยางกับสารเคมียาง ในการผสมยางกับสารเคมียางจะใส่ยางลงช่องระหว่างลูกกลิ้ง ยางจะถูกรีดออกมาเป็นแผ่นรอบลูกกลิ้งด้านหน้า จากนั้นจึงเติมสารเคมียาง โดยผู้ผสมต้องทำการกรีดยางแผ่นและพับไปมาในขณะที่เติมสารเคมีลงไป ในยาง ซึ่งยางที่ถูกตัดพับจะถูกใส่กลับไปยังช่องระหว่างลูกกลิ้ง แรงเฉือนที่เกิดขึ้นจะช่วยให้สารเคมีต่าง ๆ กระจายตัวเข้ากับเนื้อยางได้ดี เครื่องผสมยางแบบสองลูกกลิ้งใช้ผสมยางในปริมาณไม่มาก เนื่องจากต้องใช้ความชำนาญและกำลังคนในการผสม



รูปที่ 1 เครื่องผสมยางแบบสองลูกกลิ้ง (two-roll mill) [4]

เครื่องผสมระบบปิดแบบนบุรี (Banbury internal mixer)

โดยทั่วไปเครื่องผสมระบบปิดมีองค์ประกอบที่สำคัญ 4 ส่วน ได้แก่ ห้องผสม (chamber) ตัวบดผสมหรือโรเตอร์ (rotor) แท่งกดหรือแรม (ram) และระบบหล่อเย็น (cooling system) เครื่องผสมระบบปิดให้ประสิทธิภาพและความรวดเร็วในการผสมมากกว่าการใช้เครื่องผสมยางแบบสองลูกกลิ้งเพราะสารเคมีไม่ฟุ้งกระจายระหว่างการผสม ลดการสูญเสียสารเคมีขณะผสมและลดการผิดพลาดเนื่องจากการใช้แรงงานคนในการผสม สามารถผสมยางกับสารเคมีได้ในปริมาณสูง เช่น 50-100 กิโลกรัม

โรเตอร์ทั้งสองของเครื่องผสมระบบปิดแบบนบุรีจะเป็นแบบไม่คาบเกี่ยวกัน หรือที่เรียกว่า “non-interlocking” หรือ “non-intermeshing” หมุนด้วยอัตราเร็วที่แตกต่างกันขึ้นกับรุ่นของเครื่อง การทำงานของเครื่องผสมเพื่อให้เกิดการผสมคลุกเคล้าของยางกับสารเคมีส่วนใหญ่จะมาจากแรงเฉือนที่เกิดขึ้นระหว่างปีกของโรเตอร์กับผนังของห้องผสม ยางและสารเคมีจะถูกบีบบดผสมกันในสภาวะที่ควบคุมอุณหภูมิของห้องผสมอย่างเหมาะสมทำให้สารเคมีต่าง ๆ กระจายตัวในยางได้ดีขึ้น



รูปที่ 2 เครื่องผสมระบบปิดแบบนบุรี (Banbury internal mixer) [5]

เครื่องผสมระบบปิดแบบอินเตอร์มิกซ์ (Intermix internal mixer)

เครื่องผสมระบบปิดแบบอินเตอร์มิกซ์มีองค์ประกอบสำคัญเหมือนกับเครื่องผสมระบบปิดแบบนบุรี แต่โรเตอร์ทั้งสองของเครื่องผสมแบบนี้จะเป็นแบบคาบเกี่ยวกันหรือที่เรียกว่า “intermeshing” หมุนด้วยอัตราเร็วที่เท่ากัน แรงเฉือนจะเกิดขึ้นที่บริเวณช่องว่างระหว่างปีกของโรเตอร์ ยางและสารเคมีจะถูกบีบจนผสมคลุกเคล้าให้เป็นเนื้อเดียวกัน ในสถานะที่ควบคุมอุณหภูมิของห้องผสมและโรเตอร์ได้ดีกว่าเครื่องผสมระบบปิดแบบนบุรี จึงมีประสิทธิภาพการผสมที่สูงมาก สารตัวเติมสามารถแตกตัวและกระจายตัวในยางได้ดี แต่อย่างไรก็ตามโรเตอร์แบบ “intermeshing” นี้มีขนาดค่อนข้างใหญ่ ทำให้ยางคอมพาวด์ที่ได้จากการผสมในแต่ละครั้งมีปริมาณค่อนข้างน้อยจึงไม่ค่อยเป็นที่นิยม

เครื่องผสมระบบปิดแบบที่ปรับระยะห่างระหว่างโรเตอร์ได้ (variable intermeshing clearance internal mixer)

เครื่องผสมแบบนี้มีโรเตอร์เหมือนเครื่องผสมระบบปิดแบบอินเตอร์มิกซ์แต่ผู้ผสมสามารถปรับเปลี่ยนระยะห่างระหว่างโรเตอร์ทั้งสองระหว่างการผสมได้ เช่น ในช่วงแรกของการผสมตั้งระยะห่างระหว่างโรเตอร์ไว้ให้มากจะทำให้ป้อนยางและสารเคมีเข้าไปในเครื่องได้ง่าย จากนั้นปรับลดระยะห่างระหว่างโรเตอร์เพื่อให้มีแรงเฉือนสูงขึ้นจะทำให้สารตัวเติมแตกตัวได้ดีขึ้น



รูปที่ 3 เครื่องผสมยางระบบปิดแบบอินเตอร์มิกซ์ (Intermix internal mixer) [6]



รูปที่ 4 เครื่องผสมยางระบบปิดแบบที่ปรับระยะห่างระหว่างโรเตอร์ได้ (variable intermeshing clearance internal mixer) [7]

เครื่องนวดยางหรือนิดเดอร์ (kneader)

เครื่องนวดยางหรือนิดเดอร์เป็นเครื่องผสมระบบปิดชนิดอื่น ๆ ที่มีการจำหน่ายในเชิงการค้าและมีการผลิตในประเทศแถบเอเชีย แม้ว่าเครื่องนวดยางจะมีหลักการทำงานคล้ายกับเครื่องผสมระบบปิดแบบนบุรี แต่รูปแบบของโรเตอร์แตกต่างจากโรเตอร์ของเครื่องผสมระบบปิดแบบนบุรีมาก ทำให้ประสิทธิภาพในการผสมต่ำกว่าเครื่องผสมระบบปิดแบบนบุรีมาก อย่างไรก็ตามเครื่องนวดยางมีราคาต่ำกว่าเครื่องผสมระบบปิดแบบนบุรีมาก จึงเป็นที่นิยมสำหรับผู้ประกอบการไทยปัจจุบัน



รูปที่ 5 เครื่องนวดยางหรือนิดเดอร์ (kneader) [8]

เครื่องผสมยางแบบต่อเนื่อง (continuous mixer)

เครื่องผสมยางแบบต่อเนื่อง (continuous mixer) ได้แก่ เครื่องผสมแบบเกลียวหนอนเดี่ยว (single screw) เครื่องผสมแบบเกลียวหนอนคู่ (twin screw) ตัวเครื่องสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 บริเวณใหญ่ ๆ ได้แก่

1. บริเวณที่ป้อนสาร (feed zone) ซึ่งจะประกอบด้วยถังป้อนสารที่มีลักษณะคล้ายกรวย (hopper)
2. บริเวณที่เกิดการผสม (mixing zone) คล้ายห้องผสมในเครื่องผสมระบบปิด
3. บริเวณที่ปล่อยยางออกจากเครื่อง (discharge zone)

ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อปริมาณ คุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น อัตรากำลังการผลิตซึ่งขึ้นอยู่กับอัตราการป้อนวัตถุดิบเข้าไปในเครื่อง การเพิ่มอัตราการป้อนวัตถุดิบจะทำให้ระยะเวลาที่ยางคอมพาวด์อยู่ในเครื่องผสมสั้นลง ทำให้ประสิทธิภาพในการผสมลดลง ยางคอมพาวด์ที่ได้จะมีระดับการกระจายตัวและการแตกตัวของสารตัวเติมที่ต่ำลง ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์



รูปที่ 6 เครื่องผสมยางแบบต่อเนื่อง (continuous mixer) [9]



เอกสารอ้างอิง

1. พรพรรณ นิธิอุทัย, “เอกสารประกอบการอบรมเทคโนโลยียางระยะสั้น เรื่อง เทคนิคการออกสูตรยาง”, 29 เมษายน ถึง 1 พฤษภาคม 2535, โรงแรมเอเชีย กรุงเทพฯ
2. พงษ์ธร แซ่อู๋ และ ชาคิต สิริสิงห์, “ยาง: กระบวนการผลิตและการทดสอบ”, ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, พิมพ์ครั้งที่ 1 มิถุนายน 2550.
3. วราภรณ์ ขจรไชยกูล, “ผลิตภัณฑ์ยาง: กระบวนการผลิตและเทคโนโลยี”, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, พิมพ์ครั้งที่ 2 กันยายน 2554.
4. <http://www.made-in-china.com/showroom/artificallawn/product-detailBbkQgSeKZfYh/China-Two-Roll-Mixing-Mill-RM-OM-.html>
5. <http://www.farrel.com/products/F%20Series%20Banbury%20Mixer.pdf>
6. <http://www.farrel.com/products/intermix.pdf>
7. http://www.webalice.it/roberto.regalia/le_mie_publicazioni.html
8. <http://cnhitop.en.made-in-china.com/product/eMymHLwVXtpg/China-Rubber-Machinery-Dispersion-Mixer-Kneader-.html>
9. <http://www.farrel.com/products/9UM.pdf>

