

# เทคโนโลยีการขึ้นรูปยาง (forming)

หลังจากการผสมยางกับสารเคมีให้เข้ากันได้ดีแล้วขั้นตอนต่อมาคือการนำยางคอมพาวด์ที่ได้มาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีรูปร่างต่างๆ ตามต้องการ ก่อนที่จะนำไปคงรูปต่อไป หรือในบางกรณีการขึ้นรูปและการคงรูปอาจจะเกิดขึ้นได้ในขั้นตอนเดียวกันได้เช่นกรณีที่ขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ (molding)

โดยทั่วไปการขึ้นรูปสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 เทคนิคใหญ่ๆ ได้แก่

1. การขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์ (molding)
2. การขึ้นรูปด้วยวิธีอัดผ่านตายโดยใช้เครื่องเอ็กชทรูด (extrusion)
3. การขึ้นรูปด้วยเครื่องคาลเอนเดอร์ (calendering)

สำหรับเทคนิคที่ 1 การขึ้นรูปและคงรูปเกิดได้พร้อมกันในช่วงขั้นตอนเดียวกัน แต่เทคนิคที่ 2 และ 3 จะเป็นการขึ้นรูปกับการคงรูปจะแยกขั้นตอนกันอย่างชัดเจน

## การขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์ (molding)

การขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์นั้นเป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดทั้งการขึ้นรูป (forming) และคงรูป (vulcanizing) ผลิตภัณฑ์ในช่วงขั้นตอนเดียวกัน โดยอาศัยความร้อนและแรงอัด เริ่มจากการให้ความร้อนแก่แม่พิมพ์ก่อน จากนั้นจึงนำยางคอมพาวด์ไปใส่ลงในเบ้าพิมพ์ เมื่อยางไหลเต็มเบ้าพิมพ์แล้ว ความร้อนจากแม่พิมพ์จะทำให้ยางเกิดปฏิกิริยาคงรูปต่อไป แม่พิมพ์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมสามารถแบ่งได้ออกเป็น 3 แบบ ได้แก่

1. แม่พิมพ์แบบกดอัด (compression mold)
2. แม่พิมพ์แบบกึ่งฉีด (transfer mold)
3. แม่พิมพ์แบบฉีด (injection mold)

### การขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์แบบกดอัด (compression mold)

การขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์แบบกดอัดเป็นวิธีที่ใช้กันมากที่สุด ในอุตสาหกรรมเมื่อเทียบกับการขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์แบบอื่น เพราะเป็นวิธีที่ง่าย และเครื่องจักรที่ใช้ราคาไม่สูงมากนัก เครื่องจักรที่ใช้ ได้แก่ เครื่องกดอัดระบบไฮดรอลิก (hydraulic press) ซึ่งประกอบด้วยแผ่นกดอัด (platen) จำนวน 2 แผ่น หรือมากกว่า 2 แผ่น ขึ้นกับการออกแบบ แผ่นกดอัดจะเลื่อนขึ้นลงด้วยระบบไฮดรอลิกเพื่ออัดและส่งผ่านแรงดันไปสู่แม่พิมพ์ที่อยู่ตรงกลางระหว่างแผ่นกดอัด เครื่องจะสามารถตั้งอุณหภูมิและควบคุมความร้อนให้คงที่ระหว่างการผลิต

ในส่วนของแม่พิมพ์แบบกดอัดนี้ประกอบด้วยแม่พิมพ์ 2 ส่วน คือ แม่พิมพ์ส่วนบน (lid) และแม่พิมพ์ส่วนล่าง (base) โดยแม่พิมพ์ส่วนล่างจะมีช่องเป็นรูปร่างของผลิตภัณฑ์ เรียกว่า เบ้าพิมพ์ (cavity) สำหรับใส่ยางคอมพาวด์ที่จะขึ้นรูป จากนั้นนำแม่พิมพ์ส่วนบนมาปิดทับ สลัก (pin) ที่ติดอยู่กับแม่พิมพ์ส่วนบนจะช่วย ล็อกไม่ให้เกิดการเคลื่อนตัวในแนวระนาบขณะที่ได้รับแรงกดอัด เมื่อให้แรงดันแก่แม่พิมพ์ ยางคอมพาวด์จะถูกบังคับให้ไหลจนเต็มเบ้าพิมพ์ และความร้อนจากแม่พิมพ์จะทำให้ยางเกิดการคงรูป ผลิตภัณฑ์ยางส่วนใหญ่ เช่น ยางล้อ ยางโอริง ยางรองแท่นเครื่อง พื้นรองเท้า ฯลฯ ก็ขึ้นรูปด้วยวิธีนี้



<http://www.nb-jk.com/enp8.htm>  
รูปที่ 7 เครื่องกดอัดระบบไฮดรอลิก (hydraulic press)

### การขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์แบบกึ่งฉีด (transfer mold)

การขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์แบบกึ่งฉีดเป็นวิธีที่ใช้กันน้อยมากในปัจจุบันแม่พิมพ์แบบกึ่งฉีดประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่

- 1) แม่พิมพ์ส่วนบน ซึ่งออกแบบมาให้มีลักษณะคล้ายแท่งกด
- 2) แม่พิมพ์ส่วนล่าง เป็นส่วนเบ้าพิมพ์ที่มีรูปร่างต่างๆ ตามต้องการ
- 3) แม่พิมพ์ส่วนตรงกลาง เป็นส่วนที่มีแฉกหรือช่องว่างสำหรับใส่ยางคอมพาวด์ เรียกว่า “pot” และที่บริเวณด้านล่างของ pot จะมีหัวฉีด (injection nozzle) เพื่อเป็นช่องให้ยางไหลลงไปสู่เบ้าพิมพ์ส่วนล่าง

การขึ้นรูปยางด้วยวิธีนี้เริ่มจากให้ความร้อนกับแม่พิมพ์ นำยางคอมพาวด์ใส่ลงในช่องใส่ยางของแม่พิมพ์ส่วนตรงกลาง ปิดแม่พิมพ์ แท่งกด (ram) ของแม่พิมพ์ส่วนบนจะดันยางให้ไหลผ่านหัวฉีดเข้าสู่เบ้าพิมพ์จนเต็ม เทคนิคนี้มีข้อดีคือสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีรูปร่างซับซ้อนเกินกว่าที่จะใช้แม่พิมพ์แบบกดอัดได้ แต่ก็มีข้อเสียหลักที่สำคัญคือต้องเสียเวลานานในการขึ้นรูปแต่ละครั้ง เนื่องจากหลังการขึ้นรูป ต้องนำแม่พิมพ์ส่วนตรงกลางมาทำความสะอาดโดยกำจัดเศษยางคงรูป (scrap) ที่ติดอยู่บริเวณหัวฉีดหรือบริเวณฐานของช่องใส่ยางออกให้หมดก่อนที่จะทำการขึ้นรูปครั้งต่อไปได้

### การขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์แบบฉีด (injection mold)

การขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์แบบฉีดเป็นการพัฒนามาจาก 2 แบบแรก วิธีนี้มีอัตราเร็วในการผลิตสูงและผลิตภัณฑ์ที่ได้มีขนาดที่ถูกต้องมากกว่าการขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์แบบอื่น ๆ จึงเหมาะกับการผลิตชิ้นส่วนที่มีความซับซ้อน เครื่องฉีดยางมีทั้งแบบเกลียวหนอน (screw-type injection molding machine) หรือแบบผสมระหว่างเกลียวหนอนกับแท่งกด (plunger screw injection molding machine) หลักการคือจะต้องทำให้ยางนิ่ม/ไหลได้ก่อนที่จะฉีดยางเข้าสู่เบ้าพิมพ์ โดยเกลียวหนอนจะหมุนทำให้ยางถูกป้อนเข้าสู่บาเรลของเครื่องฉีดอย่างต่อเนื่อง (ตั้งค่าอุณหภูมิของบาเรลเพื่อทำให้ยางนิ่ม) ยางจะไหลไปทางด้านหน้าของเกลียวหนอน เมื่อมีปริมาณและอุณหภูมิสูงเพียงพอแล้ว เกลียวหนอนก็จะหยุดหมุนและถูกดันไปข้างหน้าเพื่อฉีดยางคอมพาวด์ให้ไหลเข้าสู่เบ้าพิมพ์ที่ร้อน หลังจากนั้นจะเกิดปฏิกิริยาคงรูปจนสมบูรณ์และแม่พิมพ์จะเปิดออก นำชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ แม่พิมพ์จะปิด เกลียวหนอนก็จะเริ่มหมุนพร้อมทั้งเคลื่อนตัวไปทางด้านหลังเพื่อให้ยางคอมพาวด์ชุดใหม่ไหลลงมาสำหรับการฉีดในรอบถัดไป



<http://www.karunanandpress.com/rubber-moulding-press.html>

รูปที่ 8 เครื่องจักรแม่พิมพ์แบบกึ่งฉีด  
(transfer molding machine)



[http://www.diytrade.com/china/pd/10945198/Rubber\\_injection\\_moulding\\_machine.html](http://www.diytrade.com/china/pd/10945198/Rubber_injection_moulding_machine.html)

รูปที่ 9 เครื่องจักรแม่พิมพ์แบบฉีด  
(injection molding machine)

## การขึ้นรูปด้วยวิธีอัดผ่านตายโดยใช้เครื่องเอ็กสทรูด (extrusion)

การขึ้นรูปด้วยการอัดผ่านตาย (die) นิยมใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีรูปร่างของภาพตัดขวางเหมือนกันตลอดแนวความยาว เช่น ท่อ ยาง หุ้มสายเคเบิล ยางขอบกระฉก ยางรัดของ เป็นต้น เครื่องมือที่ใช้ในการขึ้นรูปโดยทั่วไปเรียกว่า เครื่องเอ็กสทรูด (extruder) ทั้งนี้เครื่องเอ็กสทรูดนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่ เครื่องเอ็กสทรูดที่อาศัยแรงอัดจากแรม (ram extruder) และเครื่องเอ็กสทรูดที่อาศัยแรงอัดจากการหมุนของเกลียวหนอน (screw extruder) ซึ่งชนิดหลังนี้เป็นเครื่องเอ็กสทรูดชนิดที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน สำหรับยางที่ขึ้นรูปด้วยวิธีนี้จะเรียกว่า เอ็กสทรูเดต (extrudate)

เครื่องเอ็กสทรูดที่อาศัยแรงอัดจากการหมุนของเกลียวหนอน (screw extruder)

เครื่องเอ็กสทรูดชนิดนี้ประกอบด้วยเกลียวหนอนซึ่งหมุนอยู่ภายในบาริลซึ่งทั้งเกลียวหนอนและบาริลสามารถตั้งอุณหภูมิตามต้องการที่ปลายด้านหนึ่งของบาริลจะเป็นที่ตั้งของหัวตายและปลายอีกด้านหนึ่งจะเป็นช่องสำหรับป้อนยางคอมพาวด์เข้าสู่เครื่อง การหมุนของเกลียวหนอนจะทำให้ยางคอมพาวด์ไหลเข้าไปในบาริลอย่างต่อเนื่องและเกิดแรงดันสำหรับดันยางคอมพาวด์เหล่านี้ให้ไหลผ่านหัวตายที่อยู่ทางด้านหน้าเกิดเป็นรูปร่างของผลิตภัณฑ์ หลังจากนั้นจำเป็นต้องนำยางที่ขึ้นรูปแล้ว (แต่ยังไม่เกิดการคงรูป) ไปผ่านขั้นตอนการคงรูปต่อไปโดยอาจใช้เทคนิคการคงรูปแบบไม่ต่อเนื่อง เช่น การคงรูปในหม้ออบไอน้ำความดันสูง หรือเทคนิคการคงรูปแบบต่อเนื่อง เช่น การคงรูปในถังของเหลว (liquid bath) หรือการคงรูปใน fluidized bed เป็นต้น



<http://www.ventmaster.com/p-cold-feed-rubber-extruder-machine-1265442.html>

รูปที่ 10 เครื่องเอ็กสทรูดที่อาศัยแรงอัดจากการหมุนของเกลียวหนอน (screw extruder)

## การขึ้นรูปด้วยเครื่องคาลเอนเดอร์ (calendering)

การขึ้นรูปด้วยเครื่องคาลเอนเดอร์นิยมใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่เป็นแผ่นเรียบที่มีความหนาและความกว้างสม่ำเสมอหรือเพื่อการฉาบยางบางๆ ลงบนผ้าหรือแผ่นใยลวด (coating) ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยวิธีนี้ เช่น สายพานลำเลียง ยางแผ่นปูพื้น ยางแผ่นปูบ่อน้ำ เป็นต้น เครื่องคาลเอนเดอร์ประกอบด้วยลูกกลิ้งที่ทำจากเหล็กหล่ออย่างดี ผิวหน้าขัดเรียบ ตั้งแต่ 2 ถึง 4 วงเรียงตัวกันในลักษณะต่างๆ ด้านในของลูกกลิ้งมีลักษณะกลวงเพื่อติดตั้งระบบทำความร้อนและหล่อเย็น ช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งสามารถปรับให้กว้างหรือแคบได้ตามต้องการ โดยทั่วไปแล้วมักใช้เครื่องคาลเอนเดอร์ที่มี 3 ลูกกลิ้งสำหรับรีดยางให้เป็นแผ่นเรียบ ลูกกลิ้งทั้ง 3 ลูก จะหมุนด้วยความเร็วเท่ากันหรือต่างกันเล็กน้อย ลูกกลิ้งลูกกลางเคลื่อนที่ไม่ได้ แต่สามารถปรับลูกกลิ้งลูกบนและลูกล่างให้เคลื่อนที่เพื่อให้เกิดช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งตามต้องการได้

ขั้นตอนการรีดยางเป็นแผ่นเรียบทำได้โดย ยาง (ที่อุ่นแล้ว) จะถูกป้อนเข้าระหว่างลูกกลิ้งคู่บน ยางจะพันตามลูกกลิ้งกลาง ผ่านไประหว่างลูกกลิ้งคู่ล่าง พันตามลูกกลิ้งล่างและม้วนออกมา (จะมีการเป่าด้วยเป่า ทาล์คหรือสารกันยางติดอื่น ๆ และพันหรือม้วนโดยมีผ้ากันระหว่างชั้นยางเพื่อป้องกันการเหนียวติดและสะดวกลงในการนำไปสู่ขั้นตอนการผลิตต่อไป

อย่างไรก็ตามหลังจากยางแผ่นหรือยางที่ฉาบหรือเคลือบบนผ้าไปผ่านเครื่องคาลเอนเดอร์ออกมาแล้ว (แต่ยังไม่เกิดการคงรูป) จะต้องไปผ่านขั้นตอนการคงรูปต่อไป เช่น การคงรูปด้วยอากาศร้อน (hot air vulcanization) หรือการคงรูปแบบหมุน (rotational vulcanization)



<http://www.globalchemmade.com/company/8744/Equipments/9487.html>

รูปที่ 11 เครื่องคาลเอนเดอร์ (calender)

### เอกสารอ้างอิง

1. พรพรรณ นิธิอุทัย, “เอกสารประกอบการอบรมเทคโนโลยียางระยะสั้น เรื่อง เทคนิคการออกสูตรยาง”, 29 เมษายน ถึง 1 พฤษภาคม 2535, โรงแรมเอเชีย กรุงเทพฯ
2. พงษ์ธร แซ่ฮุย และ ซาคริต สิริสิงห, “ยาง: กระบวนการผลิตและการทดสอบ”, ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, พิมพ์ครั้งที่ 1 มิถุนายน 2550.
3. วราภรณ์ ขจรไชยกูล, “ผลิตภัณฑ์ยาง: กระบวนการผลิตและเทคโนโลยี”, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, พิมพ์ครั้งที่ 2 กันยายน 2554.