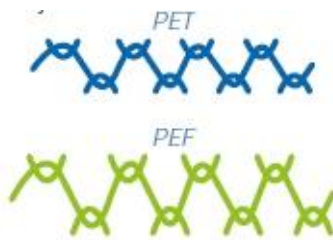


การเป่าขึ้นรูปขวดพลาสติกจากพอลิเอทิลีนฟูราโนเอต (PEF bottle blowing)

PEF หรือ Polyethylene Furanoate มีความคล้ายคลึงกับ Polyethylene Terephthalate (PET) ในเชิงเคมี แต่ PEF สามารถป้องกันการผ่านได้ของก๊าซได้ดีกว่าและมีสมบัติเชิงกลที่ดีกว่า อีกทั้งมีน้ำหนักเบาสามารถนำไปใช้งานเป็นบรรจุภัณฑ์ได้หลากหลาย เมื่อเปรียบเทียบกับ PET โดย PEF สามารถนำไปใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ทั้งแบบอ่อนตัวและแบบแข็งเกร็งสำหรับการบรรจุเครื่องดื่ม อาหาร ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดและผลิตภัณฑ์ในครัวเรือน

การผลิตขวดพลาสติกจาก PEF ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตมีสิ่งที่ต้องพิจารณา ดังต่อไปนี้

1. การเลือกเกรดของเรซิน PEF โดยทั่วไปค่าความหนืดแท้จริง (intrinsic viscosity) เป็นหนึ่งในสมบัติพื้นฐานที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเกรดเรซินจำพวกพอลิเอสเทอร์ ซึ่งเป็นค่าที่เชื่อมโยงความยากง่ายในการหลอมขึ้นรูป (ลักษณะการหลอมไหลและอุณหภูมิ) และสมบัติเชิงกลของผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ต้องการ ทั้งนี้วิธีการวัดค่าความหนืดของ PEF จะใช้วิธีตามมาตรฐานเช่นเดียวกันกับการวัดค่าความหนืดแท้จริงของ PET และพอลิเอสเทอร์อื่น เช่น PBT หรือ Co-Polyesters แต่ค่าที่ได้จะมีการแปลความหมายที่ต่างกัน โดยทั่วไปค่าความหนืดของ PEF จะสูงกว่า PET เนื่องจากสายโซ่พอลิเมอร์ของ PEF มีการเกี่ยวพันของสายโซ่น้อยกว่า จึงส่งผลทำให้วัสดุมีความแข็งแรงในระหว่างการยืดตัวที่อุณหภูมิสูง ดังนั้น PEF ต้องอาศัยสายโซ่พอลิเมอร์ที่ยาวมากและมีความหนืดสูงเพื่อให้เกิดการเกี่ยวพัน (chain entanglement) ของสายโซ่ในระดับเดียวกันกับกรณีของ PET



รูปที่ 1 สายโซ่ของ PET และ PEF ที่มีการเกี่ยวพัน 8 ตำแหน่ง ซึ่งจะเห็นว่า PEF ต้องใช้สายโซ่ที่ยาวกว่า

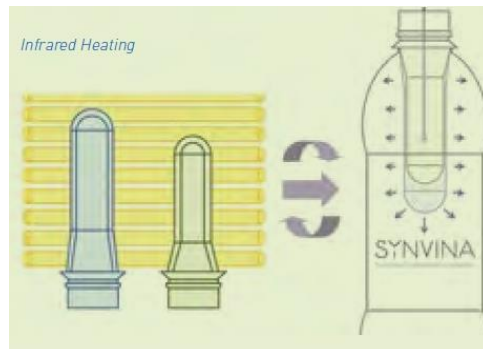
2. การฉีดขึ้นรูป preform (preform injection)

เรซิน PEF สามารถขึ้นรูปด้วยกระบวนการอัดรีดทั่วไปหรือการฉีดขึ้นรูป โดยอุณหภูมิที่ใช้จะอยู่ในช่วง 240 – 300 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เครื่องมือที่ใช้สามารถใช้เครื่องขึ้นรูปแบบเดียวกันกับกรณีของ PET และพอลิเอสเทอร์หรือพอลิเอไมด์อื่นที่สกรูมีการออกแบบที่จำเพาะ เนื่องจากเครื่องขึ้นรูปทั่วไปที่มีออกแบบสำหรับการขึ้นรูปพอลิโอฟีน จะทำให้เกิดการหลอมเหลวที่ไม่สม่ำเสมอ อย่างไรก็ตามเรซินของ PET และ PEF ต้องผ่านการอบให้แห้งก่อนขึ้นรูป โดยยอมให้มีความชื้นในเรซินได้ไม่เกิน 50 ppm เพื่อหลีกเลี่ยงการสูญเสียความหนืดที่มากเกินไป ซึ่งการทำให้แห้งจะใช้สภาวะเดียวกันกับกรณีของ PET ได้ สภาวะที่ใช้ในการขึ้นรูปขึ้นอยู่กับเกรดของเรซิน เช่น PEF ที่มีปริมาณผลึก 35-60% ใกล้เคียงกับปริมาณผลึกของ PET จะมีจุดหลอมเหลวต่ำกว่าจุดหลอมเหลวของ PET (ระหว่าง 205-235 องศาเซลเซียส) หรือความหนืดขณะหลอม (melt viscosity) ของ PEF จะเท่ากับค่าความหนืดแท้จริงของ PET ก็ต่อเมื่อ PEF ถูกหลอมที่ 270 ± 10 องศาเซลเซียส เป็นต้น ทั้งนี้ PEF มีความหนืดสูงจึงจำเป็นต้องให้ความร้อนที่ช่วงบ่อนวดอุณหภูมิสูงเพียงพอเพื่อให้เกิดการหลอมอย่างสมบูรณ์ แต่อย่างไรก็ดีในกระบวนการขึ้นรูปจะต้องคำนึงถึงความร้อนสะสมและความเค้นภายในประกอบด้วย

3. การขึ้นรูปด้วยการเป่า-ยืดตัว (stretch-blow molding)

โดยทั่วไป preform ของ PEF มักจะถูกออกแบบให้มีขนาดเล็กกว่า preform ของ PET เนื่องจาก PEF มีอัตราส่วนการขยายตัวสูง เนื่องจาก PEF มีการเกี่ยวพันของสายโซ่พอลิเมอร์น้อยกว่าและจัดเรียงตัวเป็นระเบียบมากกว่า จึงทำให้

PEF สามารถตกผลึกและมีความแข็งแรงสูงกว่า อัตราส่วนการยืดตัวของขวด PEF ที่เป่าขึ้นรูปมักถูกจำกัดด้วยสภาวะที่ใช้ในเป่าขึ้นรูปขวด PET ที่ไม่มี Stress-Whitening (Pearlescence) และถึงแม้ว่าอุณหภูมิการเปลี่ยนสภาพแก้วระหว่าง PET และ PEF จะมีความแตกต่างกัน แต่ทั้งสองก็ยังคงถูกเป่าขึ้นรูปที่อุณหภูมิใกล้เคียงกันเพื่อเพิ่มสมบัติของ PEF โดยปกติแล้ว PEF preform จะมีความหนากว่า PET preform เพื่อให้เมื่อเป่าออกมาแล้วมีขนาดใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากข้อมูลอุณหภูมิที่เหมาะสมในการขึ้นรูป (Optimal Heating Profile) ที่แตกต่างกันและปริมาณความร้อนที่ใช้หรือ Heat Consumption ที่ใกล้เคียงกัน จึงควรมีการเติมสารเติมแต่งประเภท Commercial Reheat Additives ลงใน PEF เพื่อการกระจายอุณหภูมิและการรับความร้อนได้อย่างเหมาะสม



รูปที่ 2 การเป่าขึ้นรูปขวดจาก PEF Preform

ตารางที่ 1 สมบัติทางกายภาพของขวดที่มีปริมาตรบรรจุเท่ากันของ PET และ PEF

Bottle volume (oz / mL)	8 / 237	
Material	PET	PEF
Weight	13	14
Drop test Ø 1.8m	Pass	Pass
Burst test 30s Ø 14 bar	Pass	Pass
3.2 Vol. CO2 Thermal stability, fill drop after 24h @ 38°C (%)	-4	-3
4.2 Vol. CO2 Thermal stability, fill drop after 24h @ 38°C (%)	-5	-5
3.2 Vol. CO2 Shelf life, 90 days extrapolated to -17.5% (wks)	7	26
4.2 Vol. CO2 Shelf life, 90 days extrapolated to -17.5% (wks)	6	16

4. สมบัติของขวด

ตารางที่ 1 แสดงสมบัติของขวดที่ผลิตจากเรซิน PET และ PEF ที่มีปริมาตรการบรรจุเท่ากัน ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าความแข็งแรงของขวด PET และ PEF ใกล้เคียงกัน และอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ของขวด PEF มีค่าสูงกว่า

ที่มาของข้อมูล

B. Jesper van, **Blow moulding**, Bioplastics MAGAZINE [04/17] Vol. 12 P.12-13