ขวดเพท (PET) ทนความร้อน : รองรับความต้องการของตลาด

โดย : มร. Paul Atkin ผู้อำนวยการฝ่ายฝึกอบรมเทคนิค บริษัทนิสเซอิ เอเอสบี แมชีน
คุณพดล สายะเสวี [1] ผู้จัดการทั่วไป บริษัท เอเอสบี พีทีอี (ประเทศไทย) จำกัด

ขวดเพท (PET) ทนความร้อนเป็นที่สนใจอย่างมากในช่วงสองปีที่ผ่านมาในประเทศไทย เนื่องจากมีการออกผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ เช่น เครื่องดื่มประเภทชา และเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ ซึ่งต้องการขวดที่ทนอุณหภูมิสูง ได้แก่ ขวด PET ซึ่งมีการออกแบบเฉพาะ เป็นการแสดงให้เห็นถึงประเภทของผลิตภัณฑ์ใหม่อย่างชัดเจน

ขวดเพททนความร้อนคืออะไร

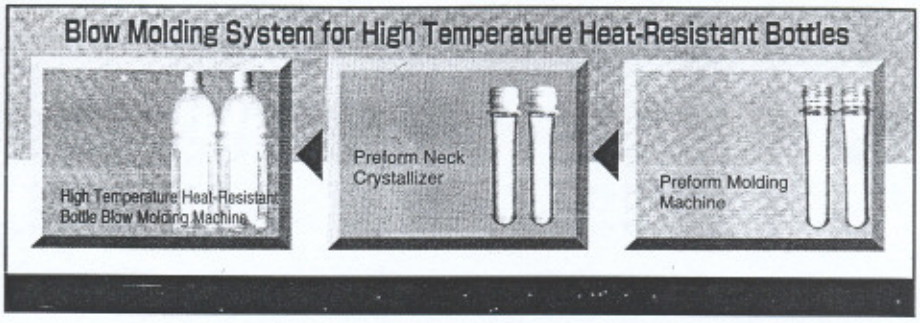
ในกระบวนการผลิตเครื่องดื่มบรรจุร้อน ผลิตภัณฑ์จะถูกทำให้ร้อนเพื่อการฆ่าเชื้อ และบรรจุขณะที่อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ยังร้อนอยู่ ส่วนจะเป็นอุณหภูมิระดับใดนั้นขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ ระดับน้ำตาล และระดับความเป็นกรดของผลิตภัณฑ์นั้นๆ โดยทั่วไปจะสูงกว่า 85 °C ด้วยเหตุดังกล่าวจึงจำเป็นต้องใช้ภาชนะขวดบรรจุที่สามารถทนความร้อน ขวดเพทปกติจะถูกขึ้นรูปด้วยการฉีดและเป่ายืด และมักจะเสียรูปและหดตัวในบริเวณลำตัวและด้านใต้ของก้นขวดเมื่อถูกบรรจุที่อุณหภูมิสูงกว่า 85 °C นอกจากนี้ปากขวดจะเสียรูปจนไม่สามารถปิดฝาอย่างสมบูรณ์ได้ ถ้าปากขวดไม่ถูกทำให้เกิดผลึกขาว ส่วนลำตัวและก้นขวดถูกเป่ายืดในแม่พิมพ์ที่ทำให้ร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 100 °C ขึ้นไป เนื้อขวดเพทจะมีความหนาแน่นมากขึ้น และความสามารถในการทนความร้อนจะมีมากขึ้น

โดยทั่วไปมีวิธีให้ความร้อนต่อลำตัวขวดอยู่ 2 วิธี เรียกว่า กระบวนการเป่าขึ้นรูปครั้งเดียว และกระบวนการเป่าขึ้นรูปสองครั้ง ในกระบวนการเป่าขึ้นรูปครั้งเดียว ขวดจะถูกให้ความร้อนจากแม่พิมพ์เป่าอุณหภูมิสูง วิธีการนี้จะค่อนข้างง่าย ไม่ซับซ้อน แม้ว่าความเร็วในการผลิตจะลดลงบ้าง ส่วนในกระบวนการเป่าขึ้นรูปสองครั้ง ความเร็วในการผลิตจะถูกปรับปรุงโดยขวดจะถูกให้ความร้อนสูงในแม่พิมพ์เป่าชุดแรก และเย็นตัวลงในแม่พิมพ์เป่าชุดที่สอง

วัตถุดิบในการผลิตขวดทนความร้อน

ในญี่ปุ่นมักจะใช้วัตถุดิบพลาสติกที่ผลิตจากเจอร์มาเนียมคะตะลิสต์

[1] Nissei ASB Machine



(Germanium Catalyst) และมีค่า ไอ.วี (ความหนืด) ต่ำกว่า 0.75 เศษพลาสติกสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ประมาณ 5-10 % เพื่อให้การทำผลึกที่คอขวดมีความอยู่ตัว อย่างไรก็ดีสิ่งต่อไปนี้สมควรกำจัดออกให้มากเท่าที่จะสามารถทำได้

- โอลิโกเมอร์ (Oligomer) ที่จับตัวบนผิวของแม่พิมพ์เป่า
- ไดเอทิลลีนไกลคอล (Diethyleneglycol) ซึ่งสามารถลดระดับของการทนความร้อนลงได้

การใช้วัตถุดิบเพทที่ผลิตจากแอนทิโมนี (Antimony) มีจำนวนมากขึ้นเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของราคาวัตถุดิบ อย่างไรก็ดีมีวัตถุดิบเกรดพิเศษซึ่งผลิตจากโคโพลิเมอร์ ซึ่งมีส่วนประกอบของไอโซเทอเรพพาทาริกแอซิด (Isoterephtharic acid - IPA) ซึ่งทำให้อัตราการเกิดผลึกช้าลง เมื่อมีการเลือกวัตถุดิบเพทจึงควรมีการตรวจสอบระดับของไอพีเอในวัตถุดิบเพทเรซิน เนื่องจากปริมาณของไอพีเอมากจะส่งผลให้การทนความร้อนของขวดต่ำลง กล่าวเพิ่มเติมได้ว่าไอพีเอทำให้การหดตัวของปากขวดเพทในกระบวนการทำผลึกขาวมีมาก รวมไปถึงลำตัวขวดที่เป่าขึ้นรูปในกระบวนการเป่าสองครั้งด้วย ซึ่งหมายความถึงการทดสอบวัตถุดิบมีความจำเป็นในการออกแบบคำนวณขนาดของแม่พิมพ์เป่า

คุณสมบัติของเพทเรซิน

เพทเรซินประกอบด้วยโมเลกุลที่มีผลึก ซึ่งทำให้เห็นเป็นสีขาวเมื่อผลึกเกลียวเกิดขึ้นมา และเมื่อเนื้อเพทหลอมเหลวถูกทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็วเพทเนื้อใสก็จะปรากฏให้เห็น โดยการยึดเนื้อเพทในสภาพอมอฟัส (Amorhous) โมเลกุลจะพยายามจัดเรียงตัวกัน เพทก็ยังใสอยู่แต่มีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีขึ้น ระดับของการเกิดผลึกคำนวณจากสมการข้างล่างนี้

$$\% \text{ ของการเกิดผลึก} = (d-A)/(C-A) \times 100$$

เมื่อ

d = ความหนาแน่นของชิ้นตัวอย่างทดสอบ (g/cm^3)

A = ความหนาแน่นของอมอฟัส

C = ความหนาแน่นของผลึก 100%

อย่างไรก็ดีเพทไม่สามารถทำให้เกิดผลึก 100% ได้ การเกิดผลึก 100% เป็นแง่ของทฤษฎี เพทสามารถเกิดผลึกเต็มที่ประมาณ 55% ที่เหลือเป็นรูปของอมอฟัส 45%

คุณสมบัติทางความร้อน

การปรับสภาพด้วยความร้อน ถ้าขวดเพทไม่ถูกปรับสภาพด้วยความร้อน การทนความร้อนของขวดก็จะเท่ากับอุณหภูมิการอ่อนตัวของมัน (Glass Transition Temperature) หรือที่อุณหภูมิปกติจะเริ่มอ่อนตัวลงประมาณ 70°C การทนความร้อนสามารถปรับปรุงได้จากการให้ความร้อนกับตัวขวด ระดับของการทนความร้อนสามารถวัดได้จากความหนาแน่นของเนื้อขวดเพท อย่างไรก็ดีในการใช้งานจริงการทนความร้อนของขวดยังขึ้นอยู่กับลักษณะการออกแบบขวด น้ำหนักขวด การกระจายของเนื้อพลาสติกในขวด ระดับการดูดความชื้น ความเครียดหลงเหลือในขวด

ตารางที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ของความหนาแน่นของขวดเพท ระดับการเกิดผลึก และการทนความร้อนของขวด

Density (g/cm^3)	Crystallinity (%)	* Approx. heat resistance (°C)
1.333	0	70
1.368	30	85
1.374	35	89
1.380	40	94
1.386	45	98
1.397	55	106

* Assuming there is no humidity absorption

การจัดรูปแบบของขวดตามอุณหภูมิบรรจุ

การจัดรูปแบบของขวดตามอุณหภูมิบรรจุ แสดงดังตารางที่ 2

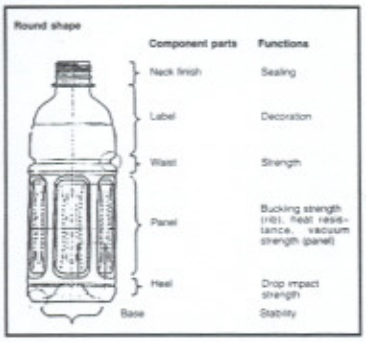
ตารางที่ 2 แสดงการจำแนกขวดต่างๆ ตามอุณหภูมิของการบรรจุร้อน

Bottle type	Filling temperature (°C)	Vacuum resistance	Neck crystallization	Applications	Characteristics
Bottle filled at room temperature	0 - 60	Not required (Partially required)	Not required	carbonated soft drinks, soy sauce, detergent, cosmetic, aseptically filled drinks	Clear neck Petaloid base
Semi-heat resistant bottle	60 - 70	Required	Not required	sake, sweet cooking rice wine, mineral water	Clear neck Flexible panels in bottle body
Heat resistant bottle	Over 85	Essentially required	Required	tea, juice drinks, coffee, isotonic drinks	White neck Flexible panels in bottle body
Heat and pressure resistant bottle	5	Not required	Required	carbonated juice drinks	White neck Petaloid base

Table 2 : Bottle classification based on filling temperature

การออกแบบขวดเพทบรรจุร้อน

ไดอะแกรมข้างล่างนี้ แสดงส่วนประกอบของขวดเพทบรรจุร้อน และหน้าที่ของแต่ละส่วน



ในแง่ของขวดเพทบรรจุร้อน ส่วนสำคัญอันดับแรกที่ต้องออกแบบ คือ ผนังด้านข้างขวดที่ให้ตัวได้ ซึ่งจะช่วยแก้การเกิดสภาวะการลดลงของความดันในขวดเมื่อผลิตภัณฑ์เย็นตัวลง

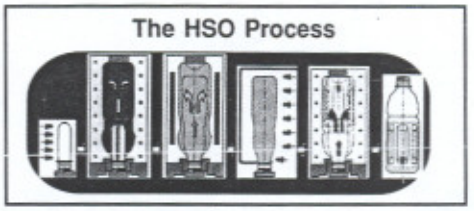
ตัวอย่างเช่นขวดที่ถูกบรรจุที่อุณหภูมิ 85 °C และทำให้เย็นตัวโดยทันทีที่ 20 °C โดยที่น้ำหนักไม่เปลี่ยนแปลงแล้วหลังจากปิดฝา ต้องการผนังซึ่งชดเชยการเปลี่ยนแปลงปริมาตรขวดถึง 3% (1.0333/1.0028x100)

หมายเหตุ :
ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำเท่ากับ 1.0333 ที่ 85 °C และ เท่ากับ 1.0028 ที่ 20 °C

การให้ความร้อนของลำตัวขวด

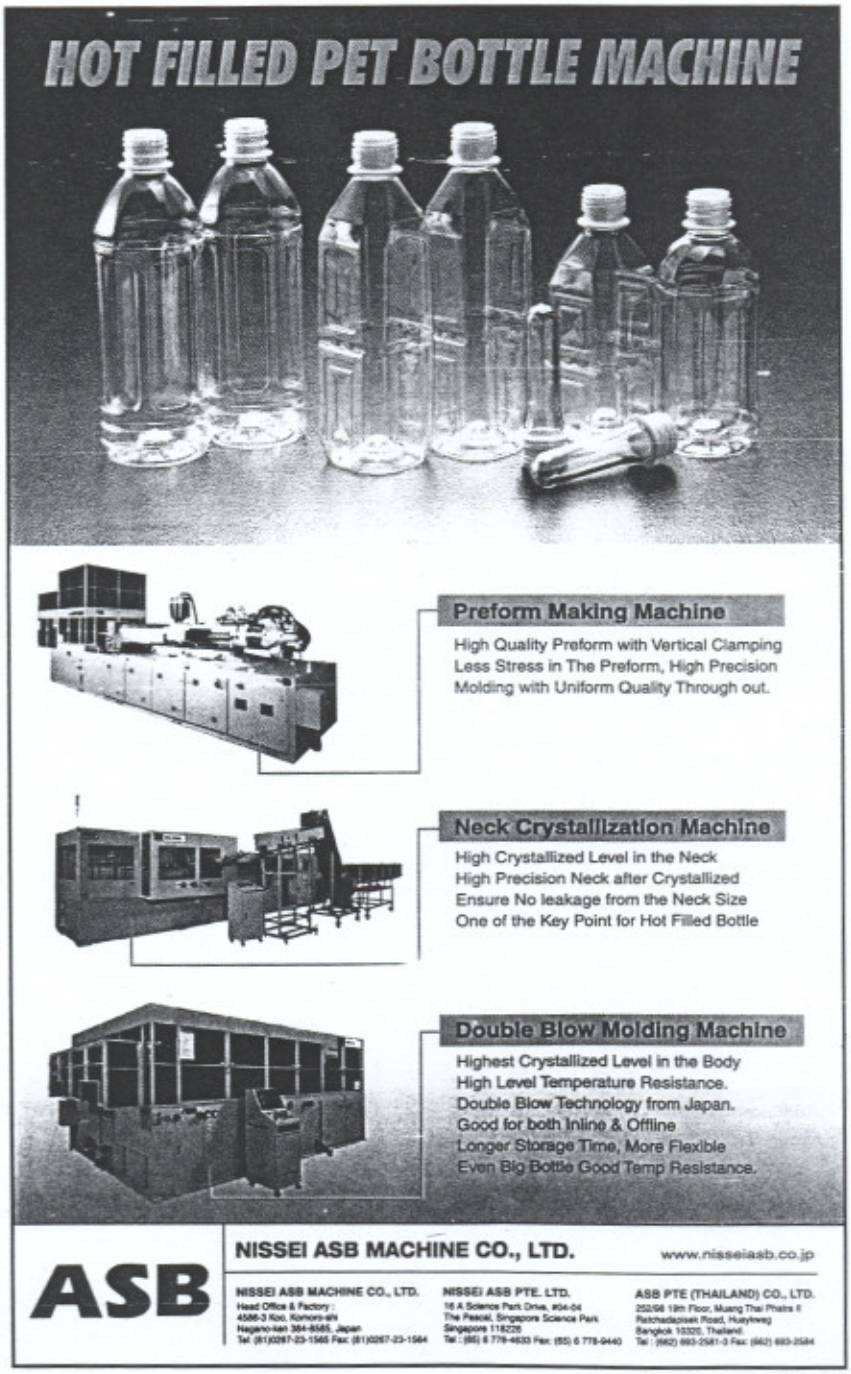
ในกระบวนการเป่าขึ้นรูปครั้งเดียว ความหนาแน่นที่ได้มาด้วยการให้ความร้อนขณะเป่าอยู่ที่ 1.375 กรัม/ลบ.ซม. (เกิดผลึกขึ้นเป็น 36%) ขณะที่กระบวนการเป่าขึ้นรูปสองครั้ง ผลิตภัณฑ์สุดท้ายจะได้ความหนาแน่น 1.382 กรัม/ลบ.ซม. (เกิดผลึกขึ้นเป็น 42%) เป็นเพราะว่าขวดถูกจัดเรียงตัวและยืด 30-40% ใหญ่กว่าขนาดสุดท้ายที่ต้องการในแม่แบบชุดแรก และให้ความร้อนกับผิวขวดในแบบสัมผัสในแม่แบบอีกชุดหนึ่ง

การได้คุณสมบัติการทนความร้อนสูงของขวด ไม่เพียงแต่ทำให้มั่นใจในเรื่องความปลอดภัย และความสะอาดของสภาวะการบรรจุ แต่ยังช่วยชะลอการเสื่อมลงของการทนอุณหภูมิของขวดทนความร้อนต่อเวลาอีกด้วย



APFI THAILAND

รหัสข้อมูล 13 109 หน้า 84



Enquiry No. 13 546