

# การทดสอบสมบัติของพลาสติก

## ตอนที่ 2

วารุณี ฟางทวนิช

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

35 หมู่ที่ 3 เทคโนธานี ตำบลคลองห้า อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

ประเภทของการทดสอบสามารถแบ่งตามสมบัติของพลาสติก ซึ่งในตอนแรกได้กล่าวถึง การทดสอบสมบัติทางกล การทดสอบสมบัติทางความร้อน และการทดสอบสมบัติทางไฟฟ้า สำหรับเนื้อหาในครั้งนี้เป็นการทดสอบสมบัติทางแสง การทดสอบสมบัติการติดไฟ การทดสอบสมบัติด้านสภาพอากาศ และการทดสอบสมบัติทางเคมี

### การทดสอบสมบัติทางแสง

พลาสติกส่วนใหญ่เมื่อความหนาต่ำสุดมักมีลักษณะ โปร่งแสง (translucent) และมีพลาสติกไม่กี่ชนิดที่มีลักษณะ โปร่งใส (transparent) พลาสติกแสดงความโปร่งแสงและ โปร่งใสได้นั้น ขึ้นอยู่กับโครงสร้างพื้นฐานทางเคมี โดยทั่วไป พลาสติกที่มีลักษณะโครงสร้างออสัณฐานแสดงความโปร่งใส ส่วนความเป็นผลึกในโครงสร้างทางเคมีของพลาสติกจะเพิ่มความหนาแน่นให้กับพลาสติกชนิดนั้นๆ แต่ลดความสามารถของแสงในการส่องทะลุผ่านชั้นพลาสติกนั้น จึงทำให้เพิ่มดัชนี การหักเหของแสง (refractive index) ได้ เมื่อขนาดผลึกใหญ่ กว่าความยาวคลื่นแสงช่วงที่มองเห็นด้วยตาเปล่า (visible wavelength) แสงที่ส่องผ่านส่วนผลึกและอสัณฐานจะเกิดการกระเจิงแสง (scatter) ได้ ทำให้ความใสของพลาสติกลดลง

หากมีผลึกเดี่ยวขนาดใหญ่กระเจิงแสงที่มุมกว้าง ทำให้เกิด ความฝ้า (haze) ได้ ด้วยหลักการเหล่านี้ พลาสติกที่มีโครงสร้าง ผลึกสูง จึงมีความโปร่งแสง แต่สามารถปรับปรุงให้พลาสติกที่ มีความเป็นผลึกสูงมีความใสได้ โดยการทำให้เกิด quenching หรือ random copolymerization ดังนั้นการทดสอบสมบัติ ทางแสงเบื้องต้น ได้แก่ ดัชนีการหักเหของแสง การส่งผ่านของ แสง (light transmittance) ความฝ้า (haze) สี (color) และ ความมันเงา (gloss) สมบัติทางแสงของพลาสติกมีความสำคัญ ในงานหลายด้าน เช่น ฟิล์มห่อของ ต้องพิจารณาการส่งผ่าน ของแสง (light transmittance) หากมีค่านี้สูง วัสดุจะมีความ โปร่งใส และหากค่าเข้าใกล้ 0 วัสดุนี้จะทึบแสง (เกิดการสะท้อน แสง) และหากวัสดุยอมให้แสงส่องผ่านได้บ้าง แสดงว่าวัสดุมี ความโปร่งแสง



Polyethylene terephthalate (PET)



Polystyrene (PS)

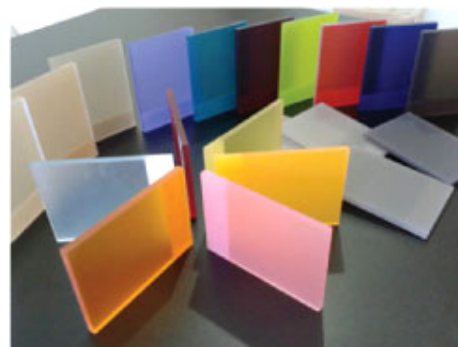


PMMA or Acrylic

### รูปที่ 1 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์พลาสติกที่แสดงความโปร่งใส (มีความใส)



Polyethylene (PE)



Polypropylene (PP)

### รูปที่ 2 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์พลาสติกแสดงความโปร่งแสง (ขุ่น มัว)

#### การทดสอบสมบัติการติดไฟ

พลาสติกได้เข้ามาอยู่ในชีวิตประจำวัน และภาคส่วนต่างๆ เพิ่มขึ้น ไม่ว่าจะเป็นของใช้ในครัวเรือน การก่อสร้าง เครื่องเรือน ส่วนประกอบในยานยนต์ และงานขนส่งทางอากาศ เป็นต้น พลาสติกจึงถูกนำมาพิจารณาในเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการติดไฟ ดังนั้นการทำความเข้าใจพลาสติกกับกระบวนการเผาไหม้ จึงเป็นประโยชน์ต่อการทดสอบสมบัติการติดไฟของพลาสติกได้

กระบวนการเผาไหม้ของพลาสติก มีปัจจัยเกี่ยวข้อง 3 ส่วน ในการทำให้เกิดการติดไฟ ได้แก่ ความร้อน ออกซิเจน และเชื้อเพลิง โดยทั่วไปสามารถแบ่งกระบวนการเผาไหม้ของพลาสติกได้อย่างกว้างๆ เป็น 6 ระยะ คือ

1. Primary thermal ระยะแรกเป็นการให้ความร้อนแก่พลาสติก เพื่อให้พลาสติกมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพลาสติก และพลังงานความร้อนที่ได้รับ
2. Primary chemical พลาสติกที่ได้รับความร้อนแล้วเริ่มเกิดการแตกตัว โดยปกติเกิดเป็นอนุมูลอิสระ (free radical)

อันเนื่องมาจากแหล่งให้ความร้อน

3. Polymer decomposition พลาสติกเริ่มการแตกตัวอย่างรวดเร็ว นำไปสู่โมเลกุลที่มีขนาดเล็กลง ระยะนี้ผลิตภัณฑ์หลักที่ได้จากการเผาไหม้เป็นของเหลว หรือก๊าซที่สามารถเกิดการไหม้ไฟได้ (combustible gases and liquids) เถ้า (charred solid) และควัน (smoke)

4. Ignition ก๊าซที่สามารถไหม้ไฟได้ เมื่ออยู่ในภาวะที่มีปริมาณออกซิเจน และความชื้นที่เพียงพอ เกิดการจุดติดและเริ่มการไหม้ไฟ นั่นคือ ส่วนที่เกิดการเผาไหม้เป็นของเหลว หรือก๊าซที่สามารถเกิดการไหม้ไฟได้ ไม่ใช่ส่วนของเนื้อวัสดุ

5. Combustion ก๊าซที่กำลังลุกติดไฟเกิดการเผาไหม้ตรงบริเวณใกล้ผิวของเนื้อวัสดุ และระยะนี้สามารถดำเนินต่อไปได้เอง หากมีปริมาณพลังงานความร้อนเพียงพอ

6. Flame propagation ในระยะนี้เกี่ยวข้องกับการเผาไหม้ที่ดำเนินอยู่ทำให้แผ่ขยายการติดไฟ (flame propagation) รวมทั้งเกิดขึ้นของเถ้าที่ผิววัสดุ (charred surface layer) พร้อมๆ กับปลดปล่อยควันและก๊าซพิษ ลักษณะของพลาสติกในกระบวนการเผาไหม้ขึ้นกับชนิดของพลาสติกอีกด้วยเช่นกัน เทอร์โมพลาสติกมีความสามารถในการลุกไหม้ของวัสดุขึ้นอยู่กับสภาวะที่ทำให้เกิดการติดไฟ และองค์ประกอบของพอลิเมอร์ ในความเป็นจริงเป็นการยากในการจำลองสภาวะการติดไฟ ดังนั้นสิ่งที่ทำได้จึงเป็นการทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ที่ช่วยในการทำนายการเกิดกระบวนการเผาไหม้ ความหนาแน่นควันที่เกิดขึ้น และความเป็นพิษ นอกจากนี้ความสามารถในการติดไฟของพลาสติกมีหลายปัจจัยเกี่ยวข้อง ได้แก่

- ง่ายต่อการจุดติดไฟ (วัสดุติดไฟได้รวดเร็วอย่างไร)
- การลามไฟ (มีการลามไฟได้รวดเร็วที่พื้นผิวพอลิเมอร์อย่างไร)
- การติดไฟมีลักษณะลุกลามผนังหรือแผ่นกันอย่างรวดเร็วได้อย่างไร
- ความร้อนที่เกิดขึ้นถูกปลดปล่อยอย่างรวดเร็วได้อย่างไร
- ดับได้ง่ายอย่างไร
- การประเมินควันที่เกิดขึ้น
- การปล่อยก๊าซพิษ

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น ทำให้การทดสอบสมบัติการติดไฟของพลาสติกมีการกำหนดเป็นวิธีทดสอบตามมาตรฐานระดับประเทศ และระหว่างประเทศ หลายวิธีที่ช่วย

อธิบายถึงปัจจัยต่างๆ เกี่ยวข้องกับการติดไฟ ซึ่งพอจะสรุปการทดสอบได้เป็นการทดสอบการติดไฟ (flammability test) การทดสอบสมบัติการจุดติดไฟ (ignition test) การทดสอบปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการลุกไหม้ (limiting oxygen index test) การทดสอบลักษณะการลุกไหม้พื้นผิวของวัสดุ (surface burning characteristic test) การทดสอบการปลดปล่อยควันจากการเผาไหม้ (smoke generation test) การทดสอบการลุกไหม้ในแนวตั้งและแนวนอน (vertical and horizontal burning test)

## การทดสอบสมบัติด้านสภาพอากาศ

เนื่องจากปริมาณการใช้งานภายนอกอาคารของพลาสติกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จึงมีความสนใจในการทำความเข้าใจถึงผลกระทบของสภาพแวดล้อมต่อวัสดุพลาสติก ปัจจัยของสภาพแวดล้อม เช่น สภาพอากาศ สภาพภูมิประเทศ สถานที่ตั้ง ชนิดพอลิเมอร์นำมาผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก และระยะเวลาสัมผัสกับสภาพแวดล้อมนั้นๆ ล้วนมีความสำคัญต่อความสวยงาม และสมบัติด้านความทนทานต่อสภาพอากาศ ผลกระทบที่เกิดขึ้นอาจเป็นได้ตั้งแต่สีซีด มีรอยร้าว แตก จนถึงการแตกสลายของโครงสร้างภายในพอลิเมอร์ ดังนั้นการออกแบบผลิตภัณฑ์โดยไม่เข้าใจกระบวนการแตกสลายจากสภาพอากาศทำให้ผลิตภัณฑ์เสียสภาพก่อนเวลาอันควร ปัจจัยหลักของสภาพแวดล้อมที่มีผลกระทบรุนแรงต่อพลาสติก ได้แก่

- รังสีต่างๆ เช่น Ultraviolet, Visible light, X-Ray
- จุลินทรีย์ แบคทีเรีย เห็ด และรา
- ความชื้นสูง
- ปริมาณไอโซน และออกซิเจน
- น้ำ ไอน้ำ ของเหลวต่างๆ
- พลังงานความร้อน
- มลพิษ เช่น สารเคมีจากอุตสาหกรรม

ในความเป็นจริงมักจะพบว่าปัจจัยเหล่านี้มีอยู่ร่วมกัน ผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อความทนทานต่อสภาพอากาศของผลิตภัณฑ์พลาสติกจึงมีมากกว่าปัจจัยเดี่ยว ดังนั้น กระบวนการทดสอบจึงได้รับการออกแบบมาเพื่อให้สามารถทดสอบหลายปัจจัยในช่วงเวลาเดียวกัน โดยลักษณะการทดสอบเป็นการจำลองสภาพอากาศให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง และสามารถแบ่งการทดสอบได้เป็น :

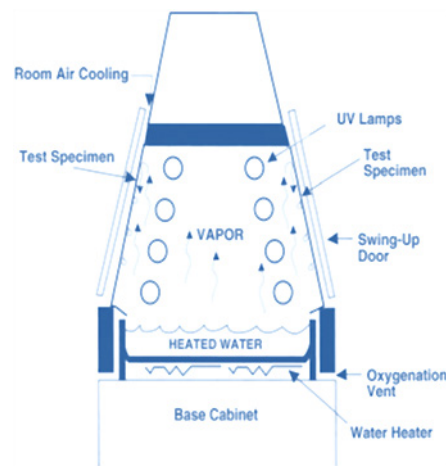
- การทดสอบด้วยการเร่งสภาวะอากาศ (acceler-

ated weathering tests) โดยการจำลองสภาพแสงจริง ด้วย แหล่งกำเนิดแสง 3 แบบ ได้แก่ carbon arc lamps, xenon arc lamps และ fluorescent UV lamps

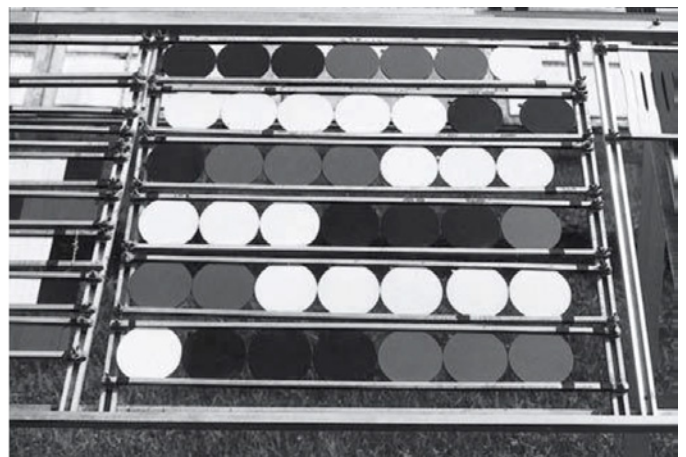
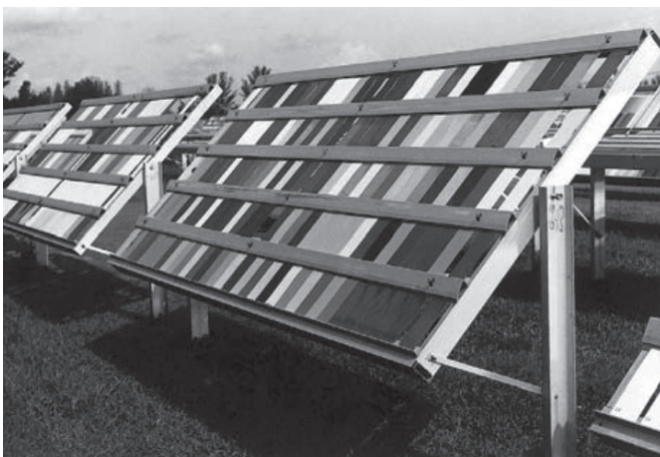
- การทดสอบความทนต่อสภาพอากาศจริงภายนอกอาคาร (outdoor weathering tests) เป็นการทดสอบที่ได้รับความนิยม มีปัจจัยสำคัญบางประการ ที่ควรคำนึงถึง เช่น สภาพอากาศ ช่วงเวลา บรรยากาศในแหล่งอุตสาหกรรม จึงควรมีการทดสอบซ้ำในฤดูกาลแตกต่างให้ครอบคลุมระยะเวลามากกว่า 1 ปี เพื่อยืนยันผลการทดสอบ ณ สถานที่ทดสอบหนึ่งๆ ด้วย

ลักษณะการทดสอบแบบนี้เป็นการทดสอบแบบเปรียบเทียบกับ ตัวอย่างควบคุม (control sample) จึงควรเก็บตัวอย่างควบคุม ไว้ในอุณหภูมิ และความชื้นตามสภาวะมาตรฐานกำหนด และ บรรจุในภาชนะมิดชิด หลีกเลี่ยงการสัมผัสแสงในช่วงเวลาตาม กำหนด

นอกจากนี้ มีการทดสอบความต้านทานของพลาสติก ต่อแดด ระบาย น้ำ ความชื้น ออกซิเจน โอโซน ความร้อน ซึ่งเป็นการทดสอบได้ทั้งแบบภายในห้องปฏิบัติการ และการ ทดสอบแบบภายนอกอาคาร



รูปที่ 3 ชุดอุปกรณ์การทดสอบและหลักการการทดสอบโดยจำลองสภาพอากาศด้วยแสงยูวีและความชื้น



รูปที่ 4 การทดสอบความทนต่อสภาพอากาศจริงภายนอกอาคาร (outdoor weathering test)

## การทดสอบสมบัติทางเคมี

ความต้านทานต่อสารเคมีของพลาสติกเป็นเรื่องที่ค่อนข้างซับซ้อน ในบางครั้งมีการเลือกใช้วัสดุเพื่อนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์พลาสติกโดยปราศจากความเข้าใจถึงข้อจำกัดในการใช้งานของพลาสติกแต่ละชนิด เช่น พอลิคาร์บอเนตเป็นพลาสติกที่แข็งแรงและมีความเหนียว มีข้อจำกัดในการใช้งานตรงที่ไม่ทนทานต่อสารเคมี ในขณะที่พอลิโพรพิลีน มีสมบัติทางกลด้อยกว่า แต่มีความต้านทานต่อสารเคมีและตัวทำละลายได้เป็นอย่างดี

โครงสร้างพื้นฐานทางเคมีของพอลิเมอร์ ชนิดของพันธะระหว่างโมเลกุล ปริมาณความเป็นผลึก การมีกิ่งก้านสาขาในพอลิเมอร์ ระยะห่างระหว่างพันธะ และพลังงานในการทำลายพันธะ เป็นปัจจัยสำคัญในการศึกษาความต้านทานต่อสารเคมีของพลาสติก

การทดสอบความต้านทานต่อสารเคมีของพลาสติกมี 4 วิธี ได้แก่

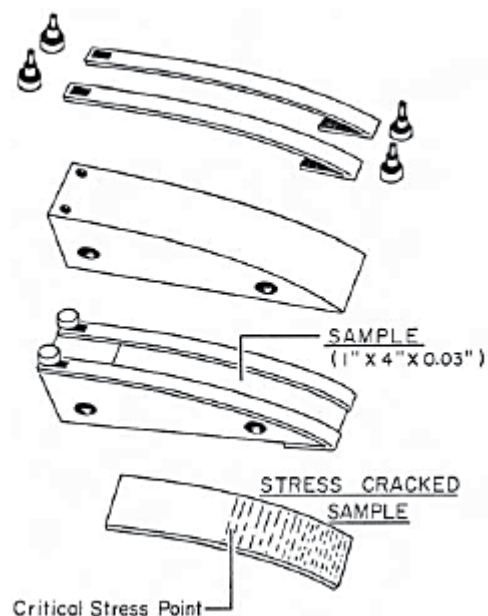
- Immersion test เป็นการทดสอบอย่างง่าย โดยการจุ่มชิ้นตัวอย่างพลาสติกในสารเคมีตามกำหนด การทดสอบนี้ใช้เปรียบเทียบพลาสติกหลายชนิดในสารเคมีตัวเดียวกันได้ แต่ไม่เหมาะกับการนำผลการทดสอบไปใช้งานจริงกับสารเคมีนั้นๆ

- Stain-resistance test เป็นการทดสอบความต้านทานต่อการเปื้อนสารเคมีของพลาสติกโดยทั่วไป มักใช้ staining agent หาได้ง่าย เช่น อาหาร เครื่องสำอางค์ ตัวทำละลาย น้ำยาซักล้าง น้ำยาทำความสะอาด น้ำยาล้างเล็บ ชา เจลลี่ เลือด กาแฟ ครีมนวดผม เป็นต้น โดยการทาเคลือบ staining agent บนผิวชิ้นตัวอย่างพลาสติกบางๆ เก็บชิ้นตัวอย่างในภาชนะบรรจุ ปิดฝาให้สนิท นำเข้าตู้อบ  $50 \pm 2^{\circ}\text{C}$ . เป็นเวลา 16 ชั่วโมง จากนั้นปาดส่วนเกินของ staining material ออกจากผิวชิ้นตัวอย่างหลังการทดสอบเสร็จ ทำการตรวจพินิจ

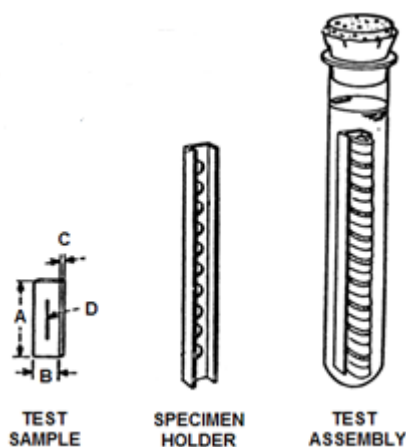
- Solvent stress-cracking resistance พอลิเมอร์ส่วนใหญ่เกิดการแตกจากความเค้นเมื่อสัมผัสสารเคมีภายใต้ความเค้นสูงๆ ในช่วงเวลาหนึ่งได้ การทดสอบอย่างหนึ่งที่ใช้กัน โดยการเตรียมชิ้นทดสอบเป็น tensile bar จากนั้นให้ความเค้นที่รู้ค่ากับชิ้นทดสอบ และนำไปสัมผัสสารเคมี โดยอาจใช้การพันสารเคมีอย่างต่อเนื่องบนชิ้นทดสอบให้เปียก และปล่อยไว้ 1 นาที จากนั้นสังเกตด้วยตาเพื่อหาการเกิดรอยแตกขนาดเล็กต่อเนื่องกัน (crazing) หากไม่พบ ให้ทดสอบซ้ำกับชิ้นทดสอบใหม่ โดยเพิ่มระดับของความเค้นจนกระทั่งสังเกตเห็นรอยแตกขนาด

เล็กต่อเนื่องกัน (crazing) บนพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ ความเค้นที่ทำให้เกิดรอยแตกเรียก critical stress point การทดสอบนี้อาจปรับใช้กับการเพิ่มอุณหภูมิเพื่อเป็นตัวเร่งกระบวนการเกิด stress-cracking ก็ได้ โดยรูปที่ 5 แสดงอุปกรณ์และการเตรียมตัวอย่างทดสอบ

- Environmental stress-cracking resistance เป็นการทดสอบอธิบายถึงแนวโน้มของพลาสติกเกิดความเสียหายเมื่อสัมผัสกับของเหลวต่างๆ และสภาพแวดล้อมที่มักเกี่ยวข้องกับความเร็วระดับสูง (high strain) ในที่นี้พบได้กับตัวอย่างของพอลิเอทิลีน ซึ่งมักเกิดรอยแตก ภายใต้แรงกระทำที่สัมผัสสารเคมี และสภาพความเร็วที่กำหนด รูปที่ 6 แสดงตัวอย่างชิ้นทดสอบรูปสี่เหลี่ยมถูกแรงดัดโค้ง และยึดไว้กับอุปกรณ์ยึดชิ้นงาน จากนั้นนำไปใส่ในหลอดทดลองที่บรรจุตัวทำละลายอินทรีย์ประเภท surface active agent เช่น สบู่ เป็นต้น นำหลอดทดลองวางในตู้อบอุณหภูมิ  $50 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ . หรือ  $100 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ . ขึ้นอยู่กับการเลือกภาวะทดสอบ ในเวลาที่กำหนด จากนั้นนำชิ้นงานออกจากหลอดทดลอง ทำการตรวจพินิจหารอยแตกขนาดเล็กต่อเนื่องกัน (crazing) บนพื้นผิวผลิตภัณฑ์



รูปที่ 5 อุปกรณ์ยึดชิ้นงานสำหรับการทดสอบ Solvent stress-cracking resistance



รูปที่ 6 การเตรียมตัวอย่างทดสอบสำหรับ  
Environmental stress cracking resistance

จากการทดสอบสมบัติของพลาสติกทั้งหมดดังกล่าวมานี้ เป็นเพียงส่วนหนึ่งของความรู้เบื้องต้นสำหรับการทดสอบที่พบโดยทั่วไป และมุ่งเน้นการทดสอบวัสดุ (material test) ซึ่งอาจมีหลายรายการทดสอบที่ยังไม่ได้กล่าวถึง ปัจจุบันประเภทการทดสอบพลาสติกได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เครื่องมือ/อุปกรณ์การทดสอบสามารถทำงานได้หลากหลายหน้าที่ และมีแนวโน้มเป็นระบบอัตโนมัติมากขึ้น ทำให้ลดเวลาการทดสอบและเพิ่มความแม่นยำในการทดสอบ นอกจากนี้การทดสอบตามการใช้งาน (performance test) เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่มีการพัฒนา และได้รับความสนใจในการทดสอบมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการทดสอบที่ได้รับการปรับปรุงพัฒนามากน้อยเพียงใดก็ตาม สิ่งสำคัญที่ควรคำนึงถึงคือ ผู้ปฏิบัติงานทดสอบจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจในหลักการของทดสอบตามสมบัติของพลาสติก และความเข้าใจการทำงานของเครื่องมืออย่างถูกต้อง

## เอกสารอ้างอิง

สุวรรณประทีป, จินตมัย. 2547. การทดสอบสมบัติทางกลของพลาสติก. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ สสท.

Brown, R., 2002. Handbook of Polymer Testing: Short-Term Mechanical Tests. Shropshire: Rapra Technology Limited.

Brydson, J.A., 1989. Plastic Materials. Great Britain: Butterworths.

Crompton, T.R., 2012. Physical Testing of Plastics. Shropshire: Rapra Technology Limited.

Ellis, J.W., 2002. Plastic Testing. Bangkok: Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University.

Shah, V., 2007. Handbook of Plastics Testing and Failure Analysis. New Jersey: John Wiley & Sons Co., Ltd.