

การทดสอบสมบัติของพลาสติก

ตอนที่ 1

วารุณี ฟางหวานิช

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)
35 หมู่ที่ 3 เทคโนโลยีธานี ตำบลคลองห้า อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี 12120

ในอดีตคุณภาพของวัสดุ และผลิตภัณฑ์มักจะมุ่งเน้นไปที่ประสบการณ์ และความชำนาญของผู้ผลิต แนวคิดเรื่องการทดสอบสมบัติของวัสดุจึงไม่ได้รับความสนใจมากนัก ต่อมาด้วยความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วัสดุใหม่ๆ ได้รับการพัฒนาขึ้นอย่างมากมาย ทำให้การทดสอบได้เริ่มเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ได้ข้อมูลสำหรับใช้ในงานวิจัยและพัฒนา ออกแบบผลิตภัณฑ์ และกระบวนการผลิตให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ปลอดภัย และมีคุณภาพในการใช้งาน

โดยทั่วไปวัตถุประสงค์ของการทดสอบสมบัติของวัสดุ ได้แก่

1. เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพิสูจน์แนวคิดในการออกแบบ
2. เพื่อความปลอดภัย และมีคุณภาพในการใช้งาน
3. เพื่อการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์
4. เพื่อใช้เป็นข้อมูลพิจารณาการผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด
5. เพื่อใช้เป็นข้อมูลยืนยันความถูกต้องของกระบวนการผลิต
6. เพื่อใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบ และเลือกใช้วัสดุ
7. เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการพัฒนาวัสดุใหม่ๆ

พลาสติกจัดเป็นวัสดุประเภทหนึ่ง ได้จากการนำพอลิเมอร์มาผสมกับสารเติมแต่ง เพื่อให้ได้สมบัติที่เหมาะสมต่อการผลิตหรือการนำไปใช้งาน เช่น พอลิเอทิลีนผสมสารหน่วงการติดไฟ สารป้องกันแสงยูวี เพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ช่วยป้องกันแสงยูวี หรือหน่วงการติดไฟได้ เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 1 ดังนั้นประเภทของการทดสอบ จึงแบ่งตามสมบัติของพลาสติกได้เป็น การทดสอบสมบัติทางกล การทดสอบสมบัติทางความร้อน การทดสอบสมบัติทางไฟฟ้า การทดสอบสมบัติทางแสง การทดสอบสมบัติการติดไฟ การทดสอบสมบัติด้านสภาพอากาศ และการทดสอบสมบัติทางเคมี



รูปที่ 1 การนำพลาสติกผสมสารเติมแต่งขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ

การทดสอบสมบัติทางกลของพลาสติก

เป็นการตรวจวัดสมบัติของพลาสติกในการรับแรงกระทำในลักษณะต่างๆ โดยสามารถแบ่งการทดสอบได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ การทดสอบสมบัติทางกลระยะสั้น (Short-term mechanical tests) และการทดสอบสมบัติทางกลระยะยาว (Long-term mechanical tests) เป็นการนำระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบมาแบ่งแยกประเภทของการทดสอบทั้ง 2 ประเภทนี้ ซึ่งการทดสอบระยะสั้น อาจใช้เวลาในการทดสอบระดับวินาทีหรือนาที ในขณะที่การทดสอบระยะยาวจะใช้เวลาอันยาวนานกว่ามาก อาจจะกินเวลาเป็นวัน เป็นเดือน หรือเป็นปี ขึ้นกับความถี่ในการทดสอบ การทดสอบระยะสั้น จะใช้เวลา และค่าใช้จ่ายน้อย มักใช้ในการเปรียบเทียบสมบัติเบื้องต้นสำหรับการเลือกใช้พลาสติก หรือใช้ในการควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบ หรือผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมาว่ามีสมบัติ

คงที่หรือไม่ นอกจากนี้ยังใช้เป็นข้อมูลสำหรับงานวิจัยและพัฒนาได้ ตัวอย่างการทดสอบสมบัติทางกลระยะสั้นที่นิยมใช้ ได้แก่ การทดสอบความแข็ง การทดสอบความต้านแรงกระแทก การทดสอบความเค้น และความเครียด (เกี่ยวข้องกับการทดสอบแรงดึง การทดสอบแรงอัด การทดสอบแรงดัด) ดังแสดงในตารางที่ 1 ส่วนการทดสอบระยะยาว จะใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ หรือการประเมินประสิทธิภาพในการใช้งานของพลาสติกแต่ละประเภทได้ แต่ไม่เหมาะสำหรับการควบคุมคุณภาพ เนื่องจากใช้เวลาทดสอบนาน และค่าใช้จ่ายสูง ตัวอย่างการทดสอบสมบัติทางกลระยะยาวที่นิยมใช้ ได้แก่ การทดสอบการคืบตัว การทดสอบความเสียหายจากการคืบตัว และการทดสอบความล้า เป็นต้น

ตารางที่ 1 สมบัติทางกลของพลาสติกบางชนิด

Polymer	Tensile	Flexural modulus/ (modulus of elasticity) (GPa)	Elongation at break (%)	Strain at yield (%)	Notched Izod impact Strength (kJ/m)	Surface hardness
Carbon/hydrogen-containing polymers						
Low-density polyethylene (LDPE)	10	0.25	400	19	1.064	SD 48
High-density polyethylene (HDPE)	32	1.25	150	15	0.15	SD 68
Crosslinked Polyethylene (PE)	18	0.5	350	N/Y	1.064	SD 58
Polypropylene (PP)	26	2	80	N/Y	0.05	RR 85
Ethylene-propylene	26	0.6	500	N/Y	0.15	RR 75
Polymethyl pentene	28	1.5	15	6	0.04	RR 70
Styrene-butadiene	28	1.6	50	N/Y	0.08	SD 75
Styrene-ethylene-butylene-styrene	6	0.02	800	N/Y	1.064	SA 45
High-impact polystyrene (PS)	42	2.1	2.5	1.8	0.1	RM 30
PS, general purpose	34	3	1.6			RM 80

ที่มา: Crompton (2012) ; Brydson (1989)

การทดสอบสมบัติทางความร้อนของพลาสติก

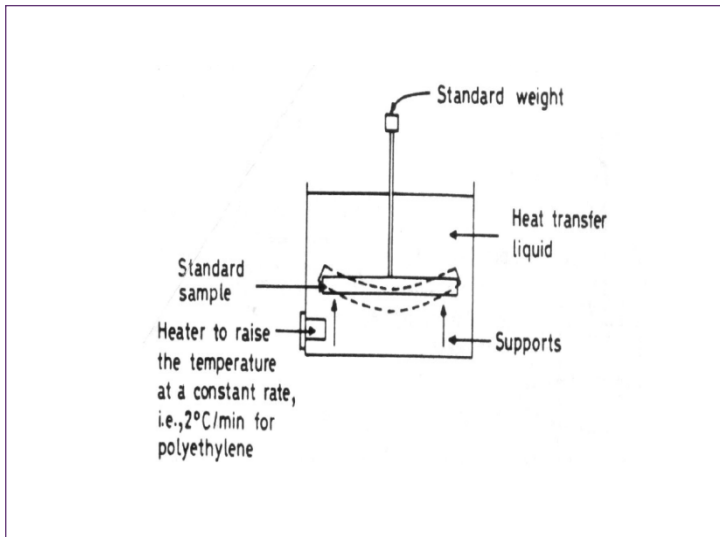
พลาสติกมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ จึงส่งผลต่อสมบัติทางกล สมบัติทางไฟฟ้า และสมบัติทางเคมีได้ สิ่งสำคัญที่มีผลต่อสมบัติทางความร้อนของพลาสติก ได้แก่ ความเป็นผลึก ความเป็นอสัณฐาน การจัดเรียงตัวของโมเลกุล ในโครงสร้างพอลิเมอร์ น้ำหนักโมเลกุลของพอลิเมอร์ รวมถึง การเกิดโครงสร้างตาข่าย (crosslinking) พันธะระหว่างโมเลกุล และการเกิดโคพอลิเมอร์ไซซัน (copolymerization) เทอร์โมพลาสติกส่วนใหญ่ที่นั่นมักแสดงพฤติกรรมเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป โดยเฉพาะในส่วนที่เป็นอสัณฐานค่อยๆ อ่อนตัวเมื่อให้ความร้อนเหนืออุณหภูมิห้อง พฤติกรรมลักษณะนี้มีความสำคัญทำให้ แสดงออกมาในรูปอุณหภูมิใช้งานที่เหมาะสมของพลาสติก ดังนั้นในการเลือกใช้และการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก จึง ควรเข้าใจผลกระทบของอุณหภูมิในลักษณะต่างๆ ต่อสมบัติทางความร้อนของพลาสติก ในที่นี้จะกล่าวถึงการทดสอบสมบัติทางความร้อนมีใช้กันทั่วไป 2 ลักษณะที่เชื่อมโยงกับสมบัติทาง

กล ได้แก่ การทดสอบ Heat Deflection Temperature หรือ Heat Distortion Temperature (HDT) และ Vicat Softening Temperature (VST) โดยการทดสอบทั้งสองนี้ เป็นการแสดง พฤติกรรมการอ่อนตัวของพลาสติกเมื่อได้รับความร้อน

HDT เป็นอุณหภูมิที่ขึ้นทดสอบแท่งสี่เหลี่ยมผืนผ้า ได้รับแรงกดคงที่ค่าหนึ่งในแบบ 3-point bending และขึ้น ทดสอบเกิดการอ่อนตัวเป็นระยะ 0.01 นิ้ว (0.25 มิลลิเมตร) โดยทั่วไปค่าอุณหภูมินี้ใช้สำหรับการควบคุมคุณภาพ การคัดเลือก และการจัดลำดับการต้านทานต่อความร้อนในระยะสั้น ของพลาสติก ข้อมูลการวัดนี้ไม่สามารถใช้ทำนายพฤติกรรม ของพลาสติกเมื่อได้รับอุณหภูมิสูงขึ้น รวมทั้งการออกแบบหรือ การเลือกใช้วัสดุ การวัด HDT เป็น single point measurement ที่ไม่ได้บอกถึงความต้านทานต่อความร้อนในระยะยาว ของพลาสติก ดังแสดงในรูปที่ 3

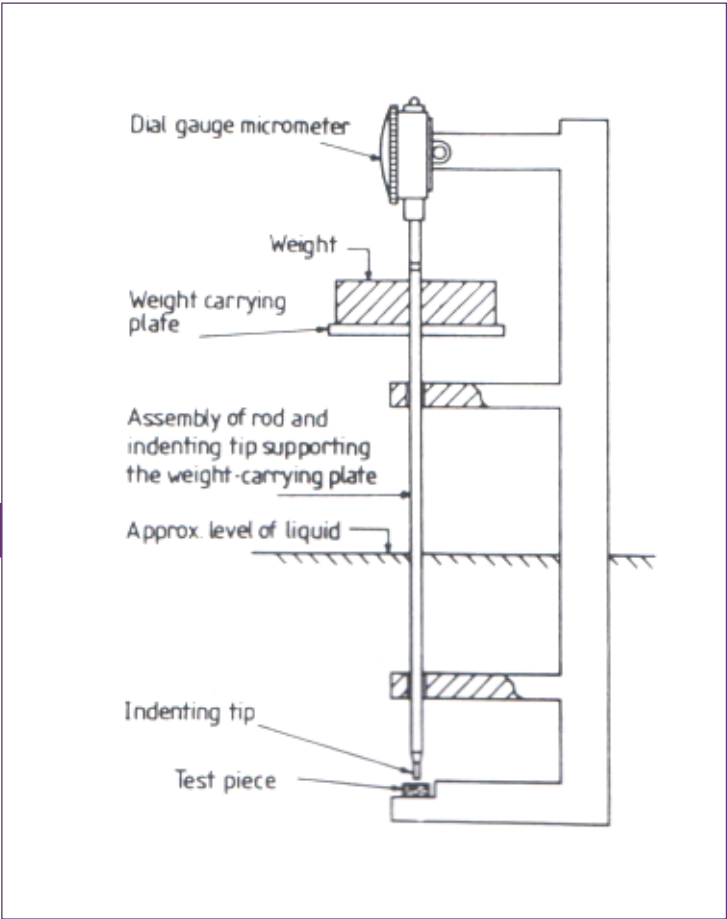
VST เป็นการวัดอุณหภูมิที่เข็มแทงทะลุขึ้นทดสอบรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าลงไป 1 มิลลิเมตร จากผิวขึ้นทดสอบ ด้วยแรงกดที่กำหนดและให้ความร้อนด้วยอัตราเร็วคงที่ ค่าอุณหภูมิ VST เหมาะสำหรับการควบคุมคุณภาพ การวิจัยพัฒนา และการหาลักษณะเฉพาะตัวของพลาสติก (characterization of plastic materials) ดังแสดงในรูปที่ 4

HDT เป็นการทดสอบบอกลถึงการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกลในด้านความแข็งตั้งต่อการดัดงอของพลาสติกเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป ในขณะที่ VST เป็นการทดสอบแสดงถึงความแข็ง (hardness) หรือความอ่อนตัว (softness) ของพลาสติกเมื่อได้รับอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ดังนั้นผลทดสอบระหว่างการทดสอบทั้งสองลักษณะนี้นำมาเปรียบเทียบกันไม่ได้



รูปที่ 2 การทดสอบ HDT

รูปที่ 3 การทดสอบ VST



การทดสอบสมบัติทางไฟฟ้า

พลาสติกโดยส่วนใหญ่แสดงความเป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดีในการใช้งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ จึงใช้พลาสติกเป็นฉนวนไฟฟ้า รวมถึงเปลือกหุ้มสายไฟ สายเคเบิล สวิตช์ปิด-เปิด และชิ้นส่วนในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ หรือใช้เป็นฉนวนในอุปกรณ์สื่อสาร โดยทั่วไปวัสดุที่แสดงความเป็นฉนวนไฟฟ้า ควรมีลักษณะ

- มีความทนได้อิเล็กทริกมากพอที่จะวางตัวอยู่ในสนามไฟฟ้าระหว่างตัวนำได้
- มีความต้านทานไฟอาร์ก (arc resistance) ที่ดี เพื่อป้องกันความเสียหายมาจากไฟอาร์ก
- ต้องคงสภาพได้ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่ผันแปร เช่น มีความชื้น อุณหภูมิ และรังสี
- ต้องมีความแข็งแรงเชิงกลมากพอในการต้านทานต่อการสั่นสะเทือน และการได้รับแรงกระทำ
- มีความต้านทานไฟฟ้ามากพอเพื่อป้องกันการรั่วของกระแสไฟฟ้าในตัวนำได้

สมบัติทางไฟฟ้าที่ใช้กันทั่วไป ได้แก่ ความทนได้อิเล็กทริก (dielectric strength) ค่าคงที่ได้อิเล็กทริก (dielectric constant) สภาพต้านทานเชิงปริมาตร (volume resistivity) สภาพต้านทานเชิงพื้นผิว (surface resistivity) และ Arc resistance

ค่าความทนได้อิเล็กทริก เป็นค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า (electrical voltage) สูงสุดที่ทำให้วัสดุเกิดความเสียหาย (breakdown) สามารถบอกถึงความเป็นฉนวนไฟฟ้าของพลาสติกได้ดีมากอย่างหนึ่ง ค่าความทนได้อิเล็กทริกมาก แสดงความเป็นฉนวนไฟฟ้าสูง

ค่าคงที่ได้อิเล็กทริก เป็นอัตราส่วนความจุไฟฟ้า (capacitance) ของแผ่นฉนวน (ที่วางอยู่ระหว่างแผ่นโลหะ 2 แผ่น) ต่อความจุไฟฟ้าของอากาศ หรือสุญญากาศ (ที่อยู่ระหว่างแผ่นโลหะ 2 แผ่น) ค่าคงที่ได้อิเล็กทริกจึงบอกได้ถึงความสามารถของฉนวนในการเก็บพลังงานไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 4

สมบัติอย่างหนึ่งของวัสดุที่เป็นฉนวนคือ มีความสามารถในการต้านทานการรั่วของกระแสไฟฟ้าได้ วัสดุที่มีความต้านทานต่อการรั่วของกระแสไฟฟ้าได้มาก แสดงถึง

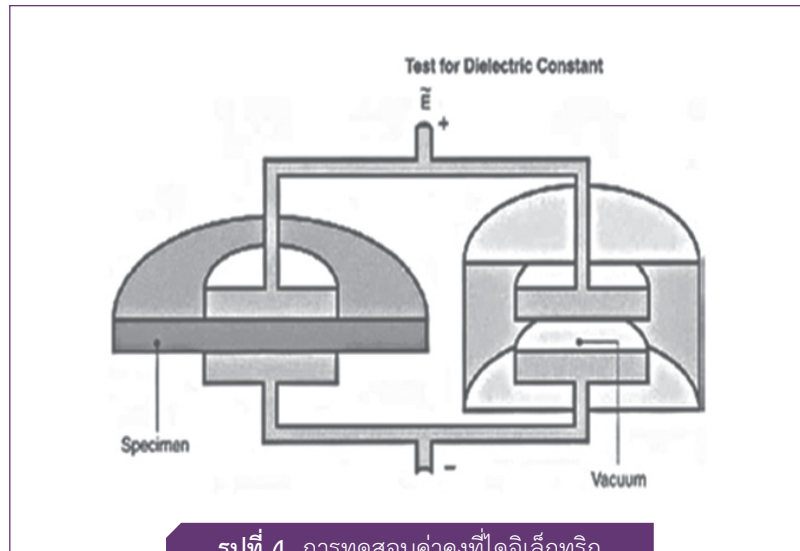
เป็นฉนวนสูง ซึ่งสมบัตินี้นำไปใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ เช่น อุปกรณ์ไฟฟ้า เพื่อลดการรั่วของกระแสไฟฟ้า การเกิดอัคคีภัย และการบาดเจ็บของผู้ใช้งานได้

ความต้านทานต่อการรั่วของกระแสไฟฟ้า แบ่งได้เป็น 2 แบบ ได้แก่ สภาพต้านทานเชิงปริมาตร และสภาพต้านทานเชิงพื้นผิว การทดสอบดังแสดงในรูปที่ 5 กล่าวโดยทั่วไปสภาพต้านทานเชิงปริมาตรเป็นความต้านทานต่อการรั่วของกระแสไฟฟ้าตลอดวัสดุทั้งชิ้น ค่านี้จึงขึ้นอยู่กับชนิดวัสดุ ซึ่งการออกแบบผลิตภัณฑ์นิยมใช้ค่าสภาพต้านทานเชิงปริมาตร วัสดุที่มีค่าสภาพต้านทานเชิงปริมาตรสูงมักใช้งานเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่เน้นแสดงลักษณะความเป็นฉนวน ส่วนสภาพต้านทานเชิงพื้นผิวเป็นความต้านทานต่อการรั่วของกระแสไฟฟ้าบริเวณผิวของวัสดุ ดังนั้นค่าสภาพต้านทานเชิงพื้นผิว จึงขึ้นกับคุณภาพและความสะอาดของพื้นผิววัสดุที่ทำเป็นผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่พบอนุภาคน้ำมัน สิ่งสกปรกติดบนพื้นผิว จะให้ค่าสภาพต้านทานเชิงพื้นผิวต่ำ

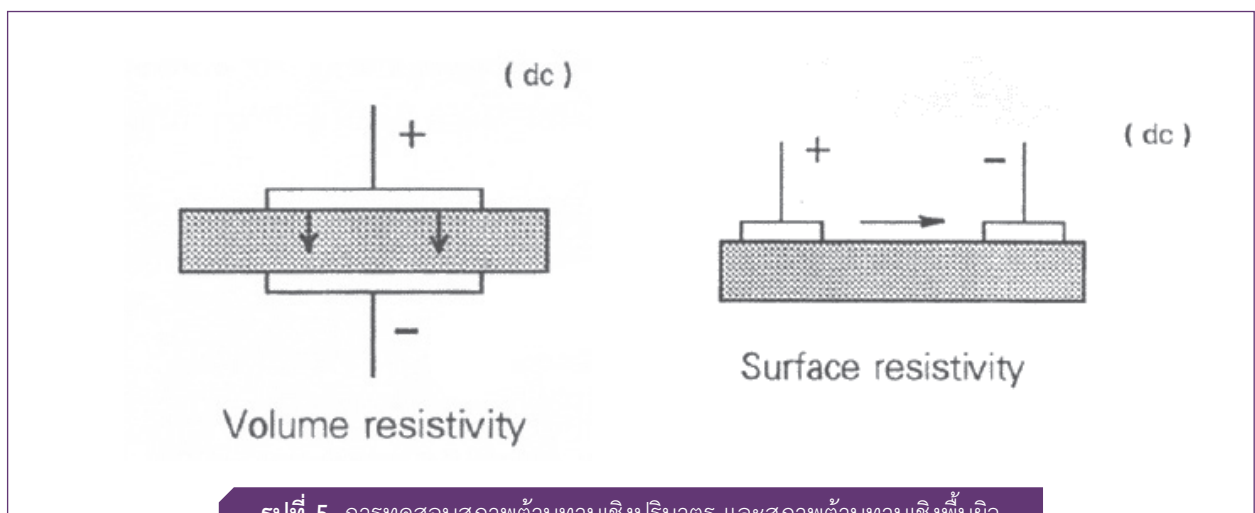
อย่างไรก็ตามการทดสอบสภาพต้านทานเชิงปริมาตร สภาพต้านทานเชิงพื้นผิวมีความซับซ้อน ปัจจัยด้านอุณหภูมิ และความชื้นมีผลต่อการทดสอบ ที่อุณหภูมิและความชื้นสูง ทำให้ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของวัสดุต่ำได้

Arc resistance เป็นความสามารถของพลาสติกในการต้านทานต่อการอาร์กด้วยกระแสไฟฟ้าที่แรงดันไฟฟ้าสูง (high-voltage electrical arc) จนวัสดุสูญเสียความเป็นฉนวนไฟฟ้า แสดงค่าในหน่วยเวลา วัสดุมีค่า arc resistance มาก มีความเป็นฉนวนที่ดี ลักษณะความเสียหายของวัสดุจากการอาร์กด้วยกระแสไฟฟ้าอาจเกิดจากความร้อนจนมีการเรืองแสง การเผาไหม้ หรือมีการก่อตัวของประจุไฟฟ้าเป็นลำแสงตรงระหว่างขั้วไฟฟ้า ที่เรียกว่า tracking ลักษณะความเสียหายเหล่านี้ พบได้ในอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ทั่วไป เช่น สวิตช์ไฟ แผงวงจร และอุปกรณ์ตัดไฟ เป็นต้น

การทดสอบ Arc resistance ใช้ตรวจสอบวัสดุในเบื้องต้นเท่านั้น เหมาะสำหรับการปรับสูตรส่วนผสมของพลาสติกในกระบวนการผลิต และการควบคุมคุณภาพ



รูปที่ 4 การทดสอบค่าคงที่ไดอิเล็กทริก



รูปที่ 5 การทดสอบสภาพต้านทานเชิงปริมาตร และสภาพต้านทานเชิงพื้นผิว

จากการทดสอบสมบัติทางกล สมบัติทางความร้อน และสมบัติทางไฟฟ้าที่กล่าวมานี้ เป็นรายการทดสอบพื้นฐาน นอกจากนี้ยังมีการทดสอบสมบัติของพลาสติกด้านแสง ด้านการติดไฟ ด้านสภาพอากาศ และด้านเคมี ซึ่งจะขอก้าวในตอนต่อไป สำหรับเนื้อหาในครั้งนี้งั้นให้ข้อมูลพื้นฐานในการจำแนกประเภทการทดสอบตามสมบัติของพลาสติก และสามารถใช้เป็นข้อมูลสำหรับการเลือกใช้ประเภทการทดสอบพลาสติกได้ 🌟

เอกสารอ้างอิง

สุวรรณประทีป, จินตมัย. 2547. การทดสอบสมบัติทางกลของพลาสติก. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

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., 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.