การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ยางและพลาสติกด้วยเครื่อง

Thermal Analyzer

ตรุณี วัชราเรืองวิทย์
จินตนา สิกิจวัฒนะ

อุตสาหกรรมยางดิบและผลิตภัณฑ์ยางเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศมาก ในปี 2534 ประเทศไทยสามารถผลิตยางได้เป็นอันดับหนึ่งของโลก มีปริมาณทั้งสิ้น 1,335 ล้านตัน ยางธรรมชาติที่ผลิตได้ทั้งหมดนี้ประมาณ 1.23 ล้านตัน หรือคิดเป็นร้อยละ 92 ของปริมาณการผลิตทั้งหมด ในภาคอุตสาหกรรมผลิตผลิตภัณฑ์ยาง ถึงแม้ว่าจะทำรายได้จากการส่งออกให้แก่ประเทศปีละกว่า 7,000 ล้านบาท ก็ตาม แต่ขณะเดียวกันก็ยังมีการนำเข้าผลิตภัณฑ์ยางกึ่งสำเร็จรูป และผลิตภัณฑ์ยางสำเร็จรูปมีมูลค่าไม่น้อย ผลิตภัณฑ์ที่มีการผลิตและส่งออกทำรายได้ให้แก่ประเทศมีมูลค่าปีละมาก ๆ นั้นประกอบด้วยผลิตภัณฑ์หลัก ๆ เช่น ยางล้อยานพาหนะ ยางรัดของ ท่อและสายยาง สายพานชนิดต่าง ๆ และผลิตภัณฑ์จากน้ำยางข้น เช่น ถุงมือยาง แถบยางยืด เป็นต้น ส่วนผลิตภัณฑ์พลาสติกของประเทศไทยมีการส่งออกเพิ่มขึ้นทุกปี โดยในปี พ.ศ. 2532 มียอดขายรวมทั้งสิ้นประมาณ 4,800 ล้านบาท สูงกว่าปี พ.ศ. 2531 ที่มียอดรวม 3,596.6 ล้านบาท หรือเพิ่มขึ้น 33.46% ส่วนในปี พ.ศ. 2533 เพิ่มขึ้นจากปี 2532 ถึง 25% สินค้าที่ส่งออกส่วนใหญ่ได้แก่ ถุงพลาสติก ฟิล์มพลาสติก กระสอบพลาสติก เครื่องใช้บนโต๊ะอาหารและในครัวเรือน กล่อง ขวด ตะกร้า ตะแกรง และของที่ใช้ประดับเครื่องแต่งกาย ในปัจจุบันตลาดมีความต้องการพลาสติกประเภทพลาสติกวิศวกรรม (engineering plastic) เพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วเพื่อใช้แทนโลหะ โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมรถยนต์ มีการพัฒนาคุณสมบัติของพลาสติกเพื่อนำไปใช้งานภายใต้สภาวะที่ต้องการความคงทนมาก ๆ และใช้ประโยชน์อื่น ๆ อีกมากมาย สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ต้องการการควบคุมคุณภาพที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งทั้งผู้ผลิตและผู้ใช้พลาสติกก็มีความต้องการเครื่องมือในการวิเคราะห์ทดสอบเพื่อใช้ในการควบคุมคุณภาพนี้ เครื่อง Thermal Analyzer มีบทบาทสำคัญอย่างมากในการบอกคุณลักษณะและควบคุมคุณภาพของพลาสติก

Thermal Analyzer เป็นเครื่องมือวิเคราะห์ที่อาศัยหลักการทางด้านความร้อน เมื่อให้ความร้อนแก่สาร จะเกิดการเปลี่ยนแปลง เช่น มีการดูดกลืนความร้อน มีการคายความร้อน เป็นต้น ซึ่งสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้สามารถบอกคุณสมบัติพื้นฐานที่สำคัญ ๆ ของสารได้ เช่น จุดหลอมเหลว (melting point) จุดที่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงสถานะ (glass transition temperature) เป็นต้น Thermal Analyzer จึงเป็นเครื่องมือวิเคราะห์ที่สำคัญมากที่สุดอย่างหนึ่ง มีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น โพลิเมอร์ (polymer), ผลิตภัณฑ์ยา (Pharmaceutical), พลังงาน, เซรามิก, เหล็ก และอุตสาหกรรมอาหาร โดยในอุตสาหกรรมเหล่านี้ใช้ Thermal analyzer ในการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และนอกจากนี้ยังใช้ในการค้นคว้าและปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วย

เครื่องมือในกลุ่ม Thermal Analyzer จะมีดังนี้

1. Differential Scanning Calorimeter เรียกย่อ ๆ ว่า DSC
2. Differential Thermal Analyzer เรียกย่อ ๆ ว่า DTA
3. Thermogravimetric Analyzer เรียกย่อ ๆ ว่า TGA
4. Thermomechanical Analyzer เรียกย่อ ๆ ว่า TMA

การจะเลือกใช้เครื่องมือชนิดใดในการวิเคราะห์ทดสอบ ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ว่าต้อง

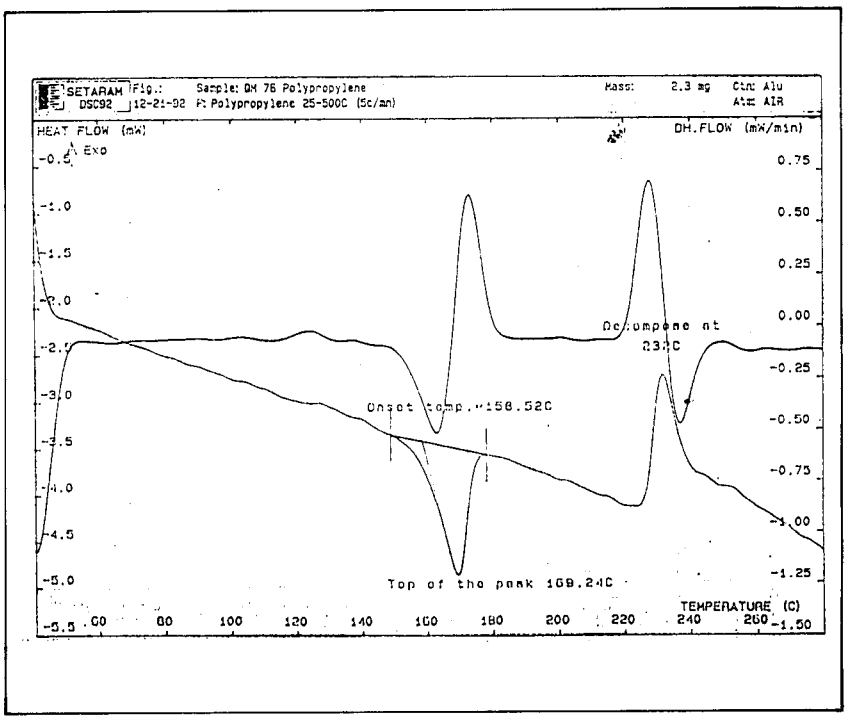
การวัดคุณสมบัติด้านใด ซึ่งสามารถดูได้จากแผนภูมิต่อไปนี้

Primary Methods of Thermal Analysis
Thermal analysis of polymer

DSC	TG-DTA	TMA
Melting point	Percent of volatiles	Thermal expansion
Glass transition temperature	water/moisture	Softening point
Processing energy	solvent	Heat deflection-temperature
Specific heat	monomer	Modulus/Damping
Percent crystallinity	plasticizer	Mold shrinkage
Curing profile	oil extender	Degree of cure
Reaction kinetics	carbon black	Plasticizer efficiency
Blend analysis	carbonate	Solvent resistance
Copolymer analysis	filler	
Additive analysis	polymer	
Thermal/oxidative stability	Degradation profile	
Accelerated life testing	Thermal/oxidative-stability	
	Accelerated life time	
	Blend analysis	

Differential Scanning Calorimetry (DSC)

เมื่อสารมีการเปลี่ยนแปลงสภาพทางฟิสิกส์ เช่น การหลอมเหลว หรือเปลี่ยนจาก form หนึ่ง ไปเป็นอีก form หนึ่ง จะมีการดูดกลืนความร้อน หรือคายความร้อนออกมา เครื่อง DSC จะวัด enthalpy ของขบวนการเหล่านี้ โดยวัดความแตกต่างของความร้อน (heat flow) ที่ใช้ในการที่จะทำให้อุณหภูมิของสารตัวอย่างและสารเฉื่อย (inert) ที่ใช้เป็นสารอ้างอิง (reference material) มีอุณหภูมิเท่ากัน ค่านี้จะเป็น Δ H การเปลี่ยนแปลงความร้อนที่เกิดขึ้นเหล่านี้จะ Plot บนแกน Y ขณะที่อุณหภูมิของตัวอย่างจะ Plot บนแกน X อุณหภูมิของตัวอย่างจะเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอตามอัตราที่เรากำหนด โดยปกติจะใช้อัตรา 5 หรือ 10 องศาเซลเซียสต่อนาที ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1

DSC นิยมใช้กันมากในการหาจุดหลอมเหลว (melting point), degree of crystallinity ของสาร thermoplastic, ความร้อนจำเพาะของสาร (specific heat) สามารถบอกได้ว่าเป็น polymer blend หรือ copolymer ใช้ในการศึกษาปฏิกิริยาการ cure ของสาร thermosets ศึกษาปฏิกิริยา crosslinking ของสาร thermoplastics เป็นต้น

Thermogravimetric Analyzer (TGA)

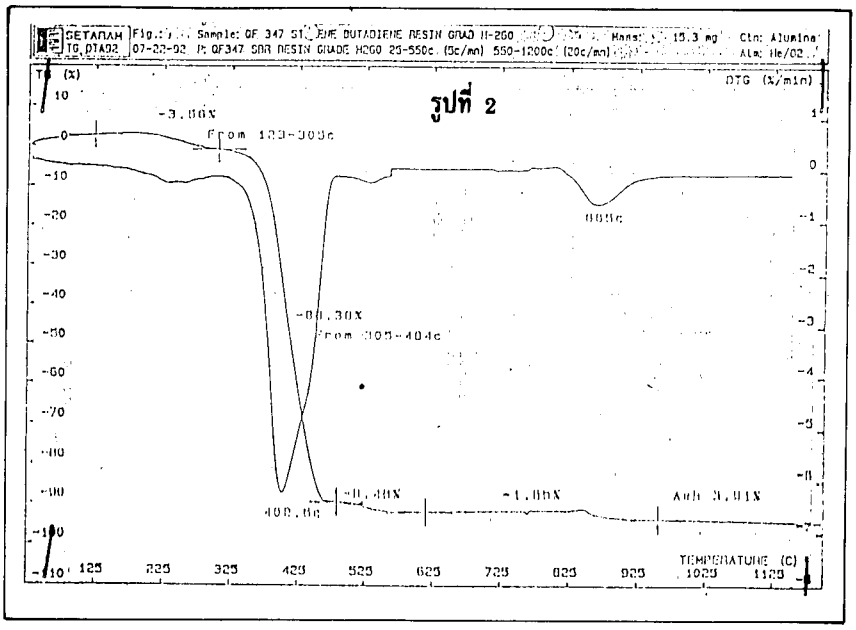
เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของวัตถุตัวอย่างเมื่อได้รับความร้อน เครื่องมือประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน ด้วยกันคือ เครื่องชั่งน้ำหนักชนิด microbalance เตาเผา และที่สำหรับใส่ตัวอย่างแล้วแขวน เครื่องมือนี้ใช้วิเคราะห์หาส่วนประกอบต่าง ๆ ของวัตถุตัวอย่างที่สลายตัว เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในแต่ละสภาวะของก๊าซที่ใช้ขณะวิเคราะห์ตัวอย่าง เครื่องมือนี้มีประโยชน์อย่างมากในการวิเคราะห์ทดสอบตัวอย่างโพลิเมอร์ ถ่านหิน และผลิตภัณฑ์เซรามิก โดยใช้วิเคราะห์หาความชื้น ชนิดของโพลิเมอร์ สารที่สลายตัวเมื่อได้รับความร้อน (volatile matter) และส่วนประกอบอื่น ๆ นอกจากนี้ยังใช้ในการควบคุมคุณภาพและวิเคราะห์ทดสอบคุณลักษณะของวัสดุอีกด้วย

การใช้เครื่อง TGA เพื่อการวิเคราะห์ทดสอบมีอยู่ 2 ประการ

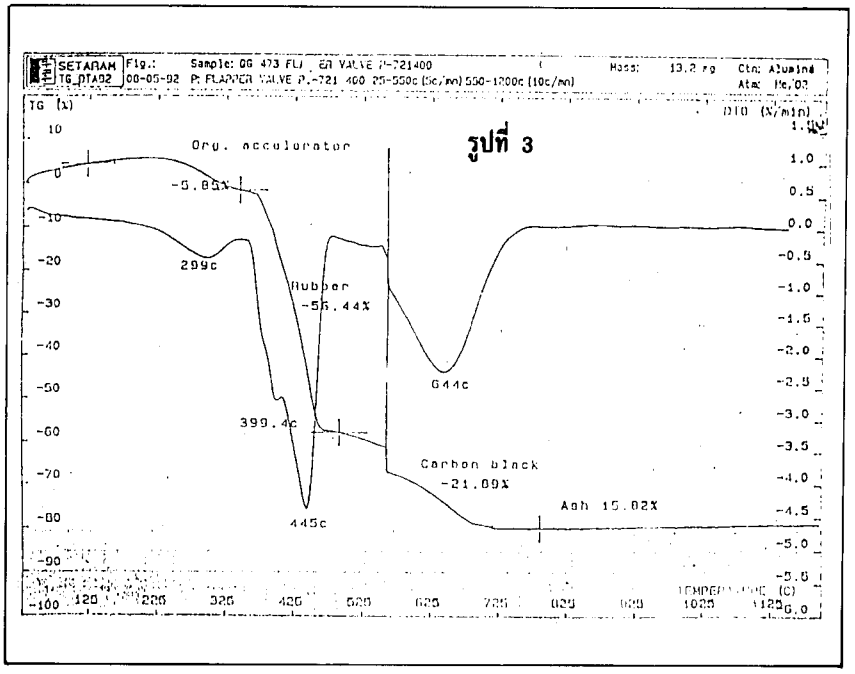
1. ใช้เพื่อศึกษาเกี่ยวกับลักษณะของปฏิกิริยาทาง kinetics เช่น ปฏิกิริยา decomposition, evaporation และ dehydration

2. ใช้ในการศึกษาหาปริมาณของส่วนประกอบต่าง ๆ ในของผสม โดยอาศัยหลัก 2 ประการนี้เราใช้เครื่อง TGA ในการวิเคราะห์หาสิ่งต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ก. วิเคราะห์หาปริมาณของ plasticizers, antioxidants หรือ organic accelerations ยางและพลาสติกที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์โดยการวิเคราะห์ตัวอย่างในบรรยากาศของก๊าซเฉื่อย น้ำหนักที่สูญหายไปในช่วงแรก ๆ ของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น จะหมายถึงปริมาณของ plasticizers หรือ antioxidants หรือ organic accelerators และน้ำหนักที่หายไปในช่วงอุณหภูมิต่อมาถึง 550°ซ. จะเป็นน้ำหนักยางหรือพลาสติก ดังแสดงในรูปที่ 2



ข. ใช้ในการวิเคราะห์ polymer-blends เนื่องจากในปัจจุบันมีการนำ polymer ตั้งแต่ 2 ชนิดมาผสมกัน เพื่อใช้ทำผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติตามต้องการ เพื่อเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์หรือเพื่อเป็นการลดต้นทุนในการผลิตผลิตภัณฑ์ เช่น ใช้ยางธรรมชาติผสมกับยางสังเคราะห์ Styrene-butadiene rubber (SBR) หรือยางธรรมชาติผสมกับ Ethylene-propylene-diene monomer (EPDM) เป็นต้น เครื่อง TGA สามารถวิเคราะห์ได้ว่าผลิตภัณฑ์นั้นทำจากยางชนิดเดียวกันหรือ 2 ชนิดผสมกัน โดยดูจากคุณสมบัติในการสลายตัวของยางที่อุณหภูมิต่างกัน ซึ่งดูได้จาก DTG curve โดย maximum peak temperature ของแต่ละตัว เช่น ยางธรรมชาติจะเกิด DTG peak ที่ประมาณ 400°C และ SBR ประมาณ 450°C เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 3



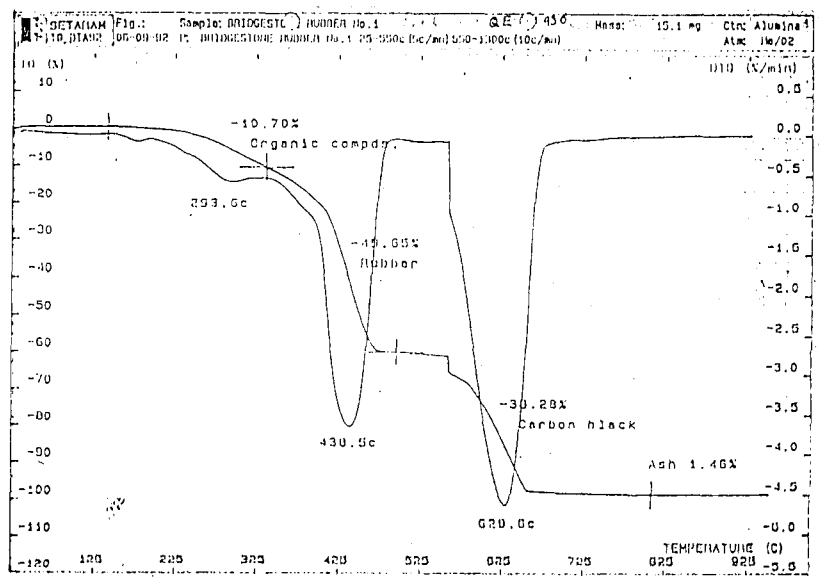
ค. ใช้วิเคราะห์หาปริมาณของคาร์บอนแบล็ก และตัวเติมอนินทรีย์ (inorganic fillers) โดยวิเคราะห์หาน้ำหนัก organic compounds และยางที่หายไปในช่วงอุณหภูมิห้องถึง 550°C ในบรรยากาศของก๊าซเฉื่อย จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นจนกระทั่งถึง 900°C หรือ 1000°C ในบรรยากาศของ O_2 ซึ่งน้ำหนักที่หายไปในช่วงที่ 2 นี้จะเป็นปริมาณของคาร์บอนแบล็ก และส่วนที่เหลืออยู่จะเป็น inorganic fillers ดังแสดงในรูปที่ 4

Thermomechanical Analyzer (TMA)

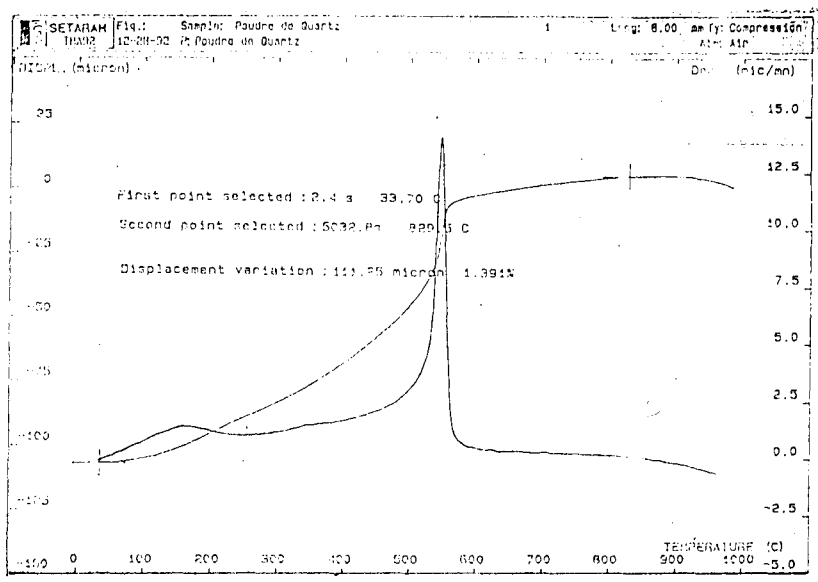
TMA เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดการเปลี่ยนแปลงทางฟิสิกส์ เช่น การขยายตัว และการอ่อนตัว เมื่อได้รับความร้อน จึงนำคุณสมบัติเหล่านี้ของ TMA มาใช้ในการหาค่าสัมประสิทธิ์ของการขยายตัว (coefficient of expansion), จุดอ่อนตัวของสาร (softening point), heat deflection temperature และ Glass transition temperature ดังแสดงในรูปที่ 5

นอกจากนี้ยังใช้ในการวิเคราะห์หา residual volatiles ใน compounded resins และใช้ศึกษา TG decomposition kinetic ของยางและพลาสติก ซึ่งจะใช้ในการคำนวณหา lifetime หรือ shelflife ของยางและพลาสติก แต่เนื่องจากเครื่องมือนี้ควบคุมโดยระบบคอมพิวเตอร์ จึงต้องมี software programme สำหรับการวิเคราะห์โดยเฉพาะ ซึ่งทางฝ่ายวิเคราะห์ทดสอบยางและพลาสติกยังมี software programme ไม่ครบ จึงยังไม่สามารถวิเคราะห์ทดสอบได้ครบทุกรายการ

สำหรับผู้ที่สนใจจะส่งตัวอย่างยางหรือพลาสติก เพื่อวิเคราะห์หาชนิดและส่วนประกอบต่าง ๆ ในการทำผลิตภัณฑ์ และทดสอบคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของยางและพลาสติก ติดต่อได้ที่ฝ่ายวิเคราะห์ทดสอบยางและพลาสติก กองฟิสิกส์และวิศวกรรม



รูปที่ 4



รูปที่ 5