

การวัดสมบัติเชิงความร้อนของชิ้นส่วนรถยนต์บางชนิดที่เป็นพลาสติกด้วยเทคนิค DSC และ TGA*

Measurements of thermal properties of some plastic autoparts
by DSC and TGA techniques.

กิตติศักดิ์ เสงฆ์บุญวงศ์**

บทคัดย่อ

ในกรณีที่เกิดอุบัติเหตุทางรถยนต์ ในสถานที่เกิดเหตุเรามักจะพบชิ้นส่วนพลาสติกของรถยนต์ขนาดเล็กๆ วัตถุเหล่านี้อาจเป็นวัตถุพยานที่สำคัญ หากมีการก่ออาชญากรรมที่เกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุครั้งนั้น วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางความร้อน (Thermal Analysis) ของตัวอย่างพลาสติกที่เป็นส่วนประกอบภายนอกของรถยนต์ โดยเก็บตัวอย่างพลาสติกที่เป็นชิ้นส่วนของรถยนต์ จำนวน 17 ตัวอย่าง แล้วนำมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทางความร้อนคือ Differential Scanning Calorimetry (DSC) และ Thermogravimetric Analysis (TGA) โดยมีจุดประสงค์เพื่อระบุชนิดของตัวอย่าง และชนิดของพลาสติกที่ใช้ในการทำตัวอย่างนั้น เทอร์โมแกรม (Thermogram) ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค DSC แสดงให้เห็นว่ามีตัวอย่าง 7 ตัวอย่างมี Peak แบบดูดกลืนความร้อน 2 Peak โดย Peak ที่ 1 มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 162-221 °C, มีค่า ΔH 1.25-3.30 J/g และ Peak ที่ 2 เกิดขึ้นที่อุณหภูมิในช่วง 410-476 °C, มี ΔH อยู่ในช่วง 11.17-17.90 J/g ส่วนตัวอย่างอื่นๆอีก 10 ตัวอย่าง พบ Peak แบบดูดกลืนความร้อนเพียง 1 Peak ที่อุณหภูมิในช่วง 335-484 °C, มีค่า ΔH อยู่ในช่วง 5.76-20.54 J/g ส่วนการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค TGA ผลการทดลองที่ได้แสดงในรูปของอุณหภูมิ Onset temperature ของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของตัวอย่าง โดยตัวอย่างเหล่านี้มี 3 ตัวอย่างที่แสดงการเปลี่ยนแปลงมวล 2 ครั้ง โดยมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 115.9-372.9 °C และ 388.6-931.2 °C และมีเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่หายไปอยู่ในช่วง 1.95-21.97 % และ 27.80-98.58 % ตามลำดับ ในตัวอย่างอื่นๆ อีก 14 ตัวอย่าง จากเทอร์โมแกรม แสดงอุณหภูมิเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก 1 ครั้ง โดยมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 389.1-527.4 °C และมีเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่หายไปอยู่ในช่วง 37.90-100.00 % จากผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค DSC และ TGA เราสามารถจำแนกตัวอย่างเป็น 3 กลุ่ม โดยกลุ่มแรกเป็นตัวอย่างพลาสติกที่ทำมาจาก Polypropylene ได้แก่ กันชนหน้ารถ, กรอบตะเกียบรถ และกรอบพลาสติกของไฟหน้ารถ ในกลุ่มที่ 2 ประกอบด้วย Skirt ด้านข้างรถ, กันชนหลังรถ และพลาสติกของกระจกมองข้าง ตัวอย่างพลาสติกเหล่านี้ ทำมาจาก Acrylonitrile styrene acrylate ส่วนในกลุ่มสุดท้าย ไม่สามารถระบุได้ว่าเป็นพลาสติกประเภทใด อย่างไร

* บทความนี้มีวัตถุประสงค์ของการวิจัยคือ ศึกษาสมบัติทางความร้อนของชิ้นส่วนพลาสติกที่มาจากองค์ประกอบต่างๆ ของรถยนต์เพื่อนำมาใช้ในการจำแนกชนิดของเศษพลาสติก

** กำลังศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร นครปฐม e-mail : four_oo@hotmail.com โดยมี อ.ดร. ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี และ อ.ดร.ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร นครปฐม เป็นที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ก็ตามผลการทดลองที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค DSC และ TGA แสดงความเป็นไปได้ที่จะใช้บ่งชี้ลักษณะเฉพาะของตัวอย่างพลาสติก ที่เก็บไปตรวจพิสูจน์ในทางนิติวิทยาศาสตร์

Abstract

Small pieces of plastic autoparts are commonly found in the scenes of car accidents. These objects can be important evidence if the accident was related to criminal activity. The objective of this study is to examine the thermal property of plastic samples of the exterior parts of car. Seventeen samples of autoparts were collected and thermal analyses of the samples were carried out by using the techniques of Differential Scanning Calorimetry (DSC) and Thermogravimetric Analysis (TGA). The aim was to identify the samples and types of plastic used for the samples. In the DSC Thermograms of seven samples, two endothermic peaks were observed in the temperature range of 162-476 °C with the ΔH values in the range of 11.17-17.90 J/g. The DSC Thermograms of the other ten samples displayed only one endothermic peak at the temperature ranging from 335 °C to 484 °C and the corresponding ΔH values were in the range of 5.76-20.54 J/g. The TGA analysis provided a Thermogram of the onset temperature of the mass change in the sample. Three samples gave two onset temperatures in the range of 115.9-372.9 °C and 388.6-931.2 °C with the percentages of mass loss in the range of 1.95-21.97 % and 27.80-98.58 % respectively. The other fourteen samples were found to have the TGA Thermograms with only one onset temperature in the temperature range of 389.1-527.4 °C and the percentages of mass loss were in the range of 37.90-100.00 %. From the DSC and TGA data, we were able to distinguish the samples into three groups. The first group is for the samples of the autoparts made of polypropylene, namely the front bumper, the license plate frame and the frame of headlight lens. The samples in the second group are the side skirt, the rear bumper and the plastic part of outside-rear-view mirror. These samples are made of acrylonitrile styrene acrylate. The last group is for the other samples of which we could not identify the plastic type. However, the results from this study have demonstrated the possibility of using the two techniques in the identification of plastic samples collected for forensic examination.

บทนำ

พยานหลักฐานมีความสำคัญต่อกระบวนการสืบสวนสอบสวนอย่างมาก สามารถแบ่งออกได้ 3 ประเภท ดังนี้ พยานหลักฐานโดยตรงหรืออาจเรียกพยานบุคคล พยานแวดล้อมกรณี และพยานหลักฐานที่แท้จริงหรือพยานวัตถุทุกชนิด การที่คนจะประกอบความผิดโดยไม่ทิ้งร่องรอยพยานหลักฐานไว้นั้นเป็นไปได้ยากมาก ในอดีตพยานหลักฐานที่จะช่วยนำคนผิดไปฟ้องลงโทษได้นั้นเป็นพยานบุคคลเสียเป็นส่วนใหญ่ แต่มีอยู่หลายกรณีที่ไม่สามารถหาพยานบุคคลได้ มีเพียงพยานวัตถุเท่านั้นที่พบในสถานที่เกิดเหตุ นอกจากนี้การใช้พยานบุคคลยังมี

ปัญหาต่อรูปคดี เช่น การกลับคำให้การของพยานบุคคลในชั้นศาล เป็นต้น ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางวิทยาศาสตร์มีความเจริญก้าวหน้าขึ้น อุปกรณ์เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ได้รับการพัฒนาให้มีขีดความสามารถในการตรวจวิเคราะห์พยานวัตถุด้วยความละเอียดสูง จึงสามารถวิเคราะห์พยานวัตถุที่มีปริมาณน้อยได้ดี ดังนั้นพยานวัตถุที่มีขนาดเล็กๆก็สามารถเป็นประโยชน์ต่อรูปคดีได้ ปัจจุบันพยานวัตถุได้รับการยอมรับมากขึ้น โดยพยานวัตถุเป็นสิ่งพิสูจน์ถึงการเกิดขึ้นจริงของคดี หรือพิสูจน์ว่ามีการกระทำผิดเกิดขึ้น สามารถเชื่อมโยงผู้ต้องสงสัยให้เข้ามาเกี่ยวข้องกับผู้เสียหาย หรือกับสถานที่เกิดเหตุ นอกจากนี้พยานวัตถุยังชี้ถึงตัวผู้กระทำความผิด ป้องกันผู้บริสุทธิ์ที่ถูกกล่าวหาได้ และยืนยันคำให้การของผู้เสียหาย โดยสามารถทำให้เกิดการสารภาพหรือยอมรับการกระทำความผิด และยังเชื่อถือได้มากกว่าประจักษ์พยาน เป็นต้น ดังนั้นพยานวัตถุจึงเป็นที่ยอมรับในระดับสากล

กรณีมีอุบัติเหตุรถเฉี่ยวชนกันในสถานที่เกิดเหตุมักพบชิ้นส่วนต่างๆ ของรถยนต์อยู่มาก เช่น กันชน หนักรถ กันชนหลังรถ พลาสติกของไฟหน้า พลาสติกส่วนไฟเลี้ยว พลาสติกของกระจกมองข้าง เป็นต้น ในกรณีนี้ถ้าสามารถตรวจเก็บเศษพลาสติกที่ติดไปกับร่างกาย เสื้อผ้า เครื่องมือ หรือพาหนะของผู้ต้องสงสัย แล้วสงสัยว่าอาจเป็นเศษชิ้นส่วนพลาสติกชนิดเดียวกับที่ตรวจเก็บได้ในสถานที่เกิดเหตุ กรณีเช่นนี้สามารถนำเศษชิ้นส่วนพลาสติกที่ตรวจเก็บได้จากผู้ต้องสงสัย และเศษชิ้นส่วนพลาสติกที่เก็บได้จากสถานที่เกิดเหตุ มาวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Differential Scanning Calorimetry (DSC) และ Thermogravimetric Analysis (TGA) แล้วเปรียบเทียบว่าเป็นเศษชิ้นส่วนพลาสติกชนิดเดียวกันหรือไม่ ถ้าเป็นเศษชิ้นส่วนพลาสติกชนิดเดียวกัน ในกรณีนี้เศษชิ้นส่วนพลาสติกถือเป็นพยานหลักฐานสำคัญ อันนำไปสู่การดำเนินการทางกฎหมายตามกระบวนการยุติธรรมในลำดับต่อไป

ส่วนการตรวจพิสูจน์เศษพลาสติกสามารถทำได้หลายวิธีดังนี้ การประกอบชิ้นส่วนเศษพลาสติกของกลางเข้ารอยกัน การตรวจสอบสี การนำมาเผาไฟเพื่อสังเกตสีควัน กลิ่นควัน และสีของเปลวไฟเพื่อใช้ระบุประเภทของพลาสติก การทดสอบความแข็งแรงหรือความยืดหยุ่น การตรวจคุณสมบัติทางความร้อนของพลาสติก และการตรวจความเสถียรของพลาสติก เป็นต้น

การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค TGA ตัวอย่างจะถูกเผาโดยการให้ความร้อนด้วยอัตราการเพิ่มอุณหภูมิคงที่ในบรรยากาศที่ควบคุม น้ำหนักของตัวอย่างจะมีการชั่งอย่างต่อเนื่อง ด้วยเครื่องชั่งที่มีความละเอียดสูง แล้วแสดงผลออกมาในรูป เทอร์โมแกรม (Thermogram) ของการเปลี่ยนแปลงมวลที่พล็อตระหว่างน้ำหนักของตัวอย่างที่ลดลง (mg) และอุณหภูมิ (°C) ส่วนการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค DSC ตัวอย่างจะถูกวิเคราะห์พร้อมกับวัสดุอ้างอิง โดยการเพิ่มอุณหภูมิในอัตราคงที่ แล้ววัดความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างตัวอย่างและวัสดุอ้างอิง ผลการวิเคราะห์ที่ได้แสดงในรูปของเทอร์โมแกรม ที่พล็อตระหว่างการเปลี่ยนแปลงพลักซ์ความร้อน (mW) กับอุณหภูมิ (°C) เมื่อตัวอย่างได้รับความร้อนอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะ ทางโครงสร้างและทางเคมี ซึ่งแสดงออกมาเป็นกราฟของการดูดความร้อนหรือคายความร้อน การวิเคราะห์ทั้งสองเทคนิคนี้เป็นที่ยอมรับในระดับสากล สามารถใช้ตัวอย่างในการวิเคราะห์เพียงปริมาณเล็กน้อย ไม่ต้องมีวิธีการเตรียมตัวอย่าง และมีราคาไม่แพง ดังนั้นจึงมีการนำเทคนิค DSC และ TGA มาวิเคราะห์ตัวอย่างเพื่อประโยชน์ในทางนิติวิทยาศาสตร์

Causin et al., 2009 ศึกษาการจำแนกความแตกต่างของถุงมือยางในทางนิติวิทยาศาสตร์ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์โดย Thermogravimetry และ Differential Scanning Calorimetry โดยศึกษาความแตกต่างของผลการวิเคราะห์ที่ได้จากของมือยางที่ได้จากกระบวนการผลิต และวัตถุดิบที่นำมาผลิตถุงมือยาง ผล

การศึกษาพบว่า มีความเป็นไปได้ถึง 99.5% ในการจำแนกถุงมือยาง ซึ่งการทดสอบพื้นฐาน เช่น การทดสอบด้วยตาเปล่า หรือการวัดความหนา ไม่สามารถนำมาจำแนกชนิดของถุงมือยางได้ เนื่องจากตัวอย่างทั้งหมดไม่สามารถแบ่งแยกความแตกต่างได้ด้วยวิธีการเหล่านี้

และในปี 2007, Sajwan et al. ศึกษาคุณลักษณะเฉพาะของท่อ High density polyethylene (HDPE) 28 ตัวอย่าง ที่ผลิตและจำหน่ายโดยบริษัทผู้ผลิตในประเทศอินเดีย 13 บริษัท ด้วยเทคนิค Differential Scanning Calorimetry (DSC) เพื่อเป็นฐานข้อมูล ว่าการทดสอบด้วยเทคนิค DSC นี้สามารถจำแนกความแตกต่างของตัวอย่างท่อ HDPE ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีเหมือนกันแต่มีการผลิตโดยบริษัทผู้ผลิตแตกต่างกันได้จากผลการศึกษาแสดงว่าอุณหภูมิของการหลอมอาจใช้เป็นบรรทัดฐานในการแบ่งแยกท่อ HDPE ในกรณีที่ท่อตัวอย่างมีแหล่งที่มาต่างกัน

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณความร้อน และการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก เมื่อได้รับความร้อนในเศษชิ้นส่วนพลาสติกจากส่วนประกอบต่างๆของรถยนต์ เพื่อวิเคราะห์ว่าใช้ในการจำแนกความแตกต่างของเศษชิ้นส่วนพลาสติกที่มาจากส่วนประกอบต่างๆของรถยนต์ได้หรือไม่ โดยการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค DSC เป็นการศึกษาในเรื่องการเปลี่ยนแปลงปริมาณทางความร้อน ส่วนการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค TGA เป็นการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก เมื่อได้รับความร้อน เศษชิ้นส่วนพลาสติกตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยนี้ นำมาจากส่วนประกอบต่างๆของรถยนต์ดังนี้ Skirt ด้านข้างรถ, กันชนหน้ารถ, กรอบทะเบียนรถ, โคมไฟหน้า, พลาสติกของกระจกมองข้าง, เลนส์ไฟเลี้ยว, กรอบพลาสติกของไฟหน้ารถ, แชนยัดกระจกมองข้าง, เลนส์ไฟหน้ารถ และกันชนหลังรถ ซึ่งมีแหล่งที่มาจากรถยนต์ 2 บริษัทคือ A และ B ที่นิยมใช้มากในประเทศไทย

วิธีการวิจัย

เก็บชิ้นส่วนพลาสติกจากส่วนประกอบต่างๆของรถยนต์ สังเกตว่ามีการระบุชนิดพลาสติกหรือไม่ ถ้ามีควรจดบันทึกหรือตัดส่วนที่มีการระบุไว้ นำชิ้นส่วนพลาสติกมาล้างน้ำให้สะอาดแล้วปล่อยให้แห้ง จากนั้นหั่นเป็นชิ้นเล็กๆให้มีขนาดประมาณ 2-5 mm ใส่เศษพลาสติกลงในภาชนะปิด และเขียนกำกับว่าเป็นพลาสติกชนิดใด โดยใช้อักษรกำกับแทนชนิดและแหล่งที่มาของเศษพลาสติกตัวอย่าง ซึ่งเศษพลาสติกตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยนี้ นำมาจากรถยนต์ 2 บริษัท คือ A และ B ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงชนิดของเศษพลาสติกตัวอย่างและแหล่งที่มา

อักษรกำกับ	ชนิดเศษพลาสติกตัวอย่าง	แหล่งที่มาของบริษัทรถยนต์
1h	Skirt ด้านข้างรถ	A
2h	กันชนหน้ารถ	A
3h	กรอบทะเบียนรถ	A
4h	โคมไฟหน้า	A
5h	พลาสติกของกระจกมองข้าง	A
6h	เลนส์ไฟเลี้ยว	A

ตารางที่ 1 แสดงชนิดของเศษพลาสติกตัวอย่างและแหล่งที่มา (ต่อ)

อักษรกำกับ	ชนิดเศษพลาสติกตัวอย่าง	แหล่งที่มาของบริษัทรถยนต์
7h	กรอบพลาสติกของไฟหน้ารถ	A
8h	แขนยึดกระจกมองข้าง	A
9h	เลนส์ไฟหน้ารถ	A
1t	กันชนหลังรถ	B
2t	กันชนหน้ารถ	B
3t	กรอบทะเบียนรถ	B
5t	พลาสติกของกระจกมองข้าง	B
6t	เลนส์ไฟเลี้ยว	B
7t	กรอบพลาสติกของไฟหน้ารถ	B
8t	โคมไฟหน้า	B
9t	เลนส์ไฟหน้ารถ	B

การศึกษาสมบัติทางความร้อนของชิ้นส่วนรถยนต์บางชนิดที่เป็นพลาสติก ทำการวิเคราะห์โดยเครื่อง Differential Scanning Calorimetry (DSC) ซึ่งเป็นเครื่องรุ่น 910 DSC ผลิตโดยบริษัท Du Pont Instruments และ Thermogravimetric Analysis (TGA) รุ่น Pyris 1 TGA ผลิตโดย Perkin Elmer Instruments ซึ่งมีวิธีการทดลองคือ

1. การวิเคราะห์เศษชิ้นส่วนพลาสติกด้วยเครื่อง DSC

โดยนำเศษชิ้นส่วนพลาสติกตัวอย่างที่เตรียมมาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง DSC โดยมีสถานะของการทดลองดังนี้

อุณหภูมิเริ่มต้นอยู่ที่	50.0°C
อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ	10.0 °C /min
มีอุณหภูมิสุดท้ายเป็น	600.0°C

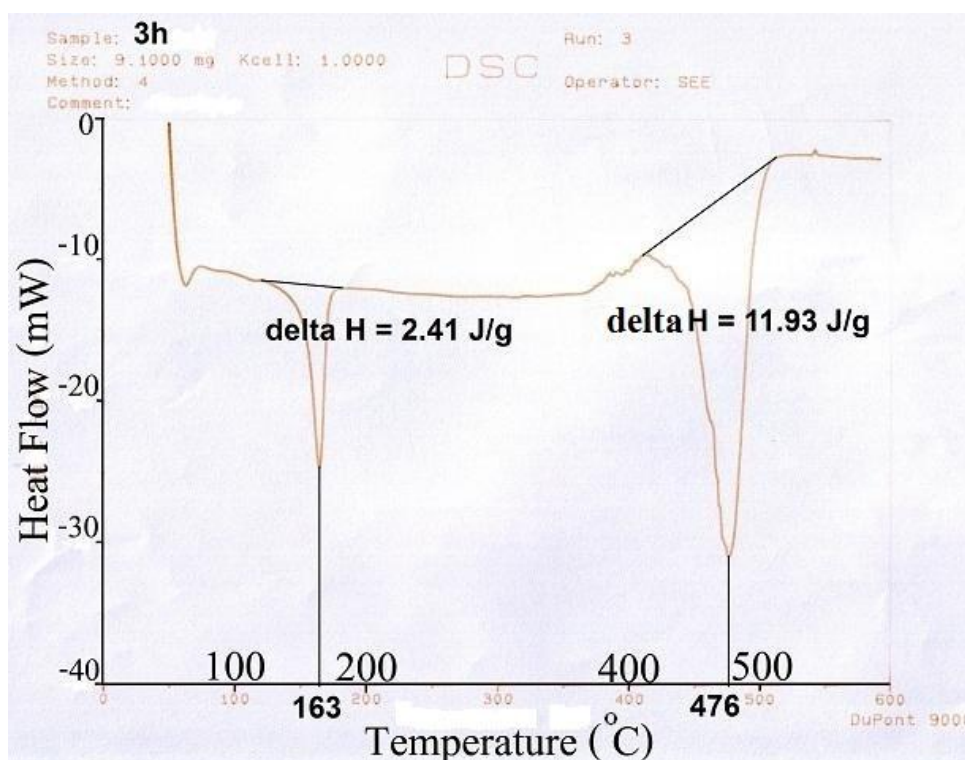
2. การวิเคราะห์เศษชิ้นส่วนพลาสติกด้วยเครื่อง TGA

นำเศษชิ้นส่วนพลาสติกตัวอย่างที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง TGA โดยตั้งเครื่อง TGA ดังนี้

สถานะของอุณหภูมิเริ่มต้น	35.0°C แล้วคงไว้ 1.0 min
มีอัตราการเพิ่มอุณหภูมิเป็น	10.0 °C /min
ปรับอุณหภูมิสุดท้ายอยู่ที่	800.0°C
ใช้อัตราการไหลของแก๊สไนโตรเจน	20 mL/min

ผลการวิจัย

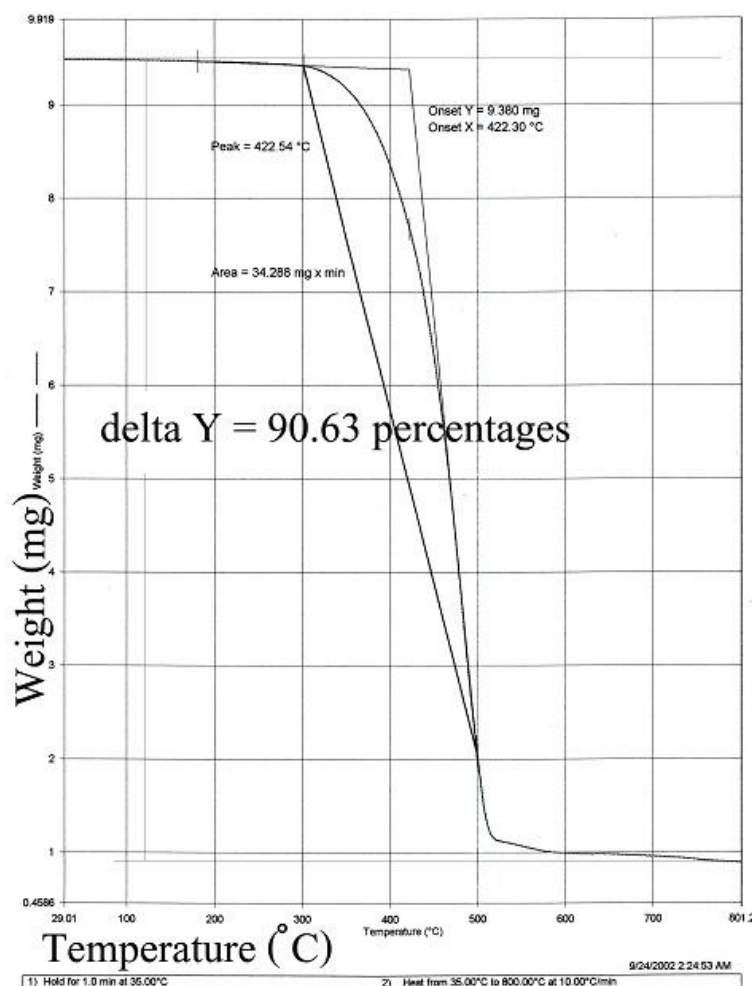
การหาสมบัติทางความร้อนของชิ้นส่วนรถยนต์บางชนิดที่เป็นพลาสติก ใช้การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Differential Scanning Calorimetry (DSC) และ Thermogravimetric Analysis (TGA) โดยการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค DSC ผลการวิเคราะห์ที่ได้อยู่ในรูปของเทอร์โมแกรม ดังรูปที่ 1 ซึ่งแสดงถึงการดูดความร้อนหรือคายความร้อน โดยพล็อตระหว่างการเปลี่ยนแปลงพลังความร้อน (mW) กับอุณหภูมิ (°C) ในการศึกษาเทอร์โมแกรมที่ได้จากตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ทั้งหมดเป็นเทอร์โมแกรมแบบดูดกลืนความร้อน (Endothermic peak) แล้วได้ทำการวัดอุณหภูมิ (°C) และการเปลี่ยนแปลงเอนทาลปี ΔH (J/g) ของการเกิด Peak แบบดูดกลืนความร้อนของตัวอย่างแต่ละชนิด



รูปที่ 1 เทอร์โมแกรมของเศษพลาสติกตัวอย่าง 3h จากกรอบทะเบียนรถ A วิเคราะห์โดยเทคนิค DSC

จากรูปที่ 1 พบว่าเศษพลาสติกตัวอย่าง 3h ที่ได้จากการวิเคราะห์โดยเทคนิค DSC มีกราฟแสดงผลเป็นแบบดูดความร้อนเกิดขึ้น 2 Peak โดย Peak ที่ 1 มีอุณหภูมิอยู่ที่ 163 °C มีค่า ΔH เป็น 2.41 J/g และอุณหภูมิของ Peak ที่ 2 คือ 476 °C ΔH มีค่าคือ 11.93 J/g โดยมีการระบุไว้ว่าเศษพลาสติกตัวอย่าง 3h ซึ่งเป็นพลาสติกกรอบทะเบียนรถยนต์ A นั้นเป็นโพลิเมอร์ชนิด Polypropylene (PP) ซึ่งมีอุณหภูมิ Melting point ของ PP คือ 165-175 °C พบว่าสอดคล้องกับอุณหภูมิ Peak ที่ 1 ของเศษพลาสติกตัวอย่าง 3h ส่วนอุณหภูมิของ Peak ที่ 2 เป็นอุณหภูมิของน้ำหนักที่หายไปของเศษพลาสติกตัวอย่าง ดังการทดลองในรูปที่ 2 ซึ่งแสดงตัวอย่างการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค TGA ของเศษพลาสติกตัวอย่าง 3h จากกรอบทะเบียนรถ A

ส่วนการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค TGA ผลการวิเคราะห์ที่ได้อยู่ในรูป เทอร์โมแกรมของการเปลี่ยนแปลงมวลที่พล็อตระหว่างน้ำหนัก (mg) และอุณหภูมิ (°C) ในการศึกษานี้ได้ทำการวัดอุณหภูมิ Onset temperature (°C) จากการเกิดขึ้นตอนการเปลี่ยนแปลงมวล และหาเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวอย่างที่หายไป ดังเทอร์โมแกรมในรูปที่ 2 ที่แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค TGA ของกรอบทะเบียนรณ A



รูปที่ 2 เทอร์โมแกรมของเศษพลาสติกตัวอย่าง 3h จากกรอบทะเบียนรณ A ซึ่งวิเคราะห์ด้วยเทคนิค TGA

จากรูปข้างต้นพบว่าเศษพลาสติกตัวอย่าง 3h ที่ได้จากการวิเคราะห์โดยเทคนิค TGA มีเทอร์โมแกรมแสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเกิดขึ้น 1 ขั้นตอนโดยมีอุณหภูมิ Onset เนื่องจากการเปลี่ยนน้ำหนักอยู่ที่ 422.3 °C มีค่าของน้ำหนักที่หายไปเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์คือ 90.63 % จากอุณหภูมิ Onset ของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก และเปอร์เซ็นต์ที่น้ำหนักตัวอย่างหายไปข้างต้นนี้ ทำให้ทราบว่าที่อุณหภูมินี้เป็นอุณหภูมิของน้ำหนักที่หายไปของเศษพลาสติกตัวอย่าง ซึ่งเศษพลาสติกตัวอย่างมีน้ำหนักหายไปเกือบหมด เมื่อนำผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค DSC และ TGA มาแสดงจะได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์เศษพลาสติกตัวอย่างด้วยเทคนิค DSC และ TGA

Samples		DSC				TGA			
		การเปลี่ยนแปลง ครั้งที่ 1		การเปลี่ยนแปลง ครั้งที่ 2		การลดของน้ำหนัก ครั้งที่ 1		การลดของน้ำหนัก ครั้งที่ 2	
		Temp. (°C)	ΔH (J/g)	Temp. (°C)	ΔH (J/g)	Onset Temp. (°C)	น้ำหนักที่ หายไป(%)	Onset Temp. (°C)	น้ำหนักที่ หายไป (%)
กลุ่ม 1	2h	163	3.30	468	11.17	484.31	90.86	-	-
	2t	162	2.15	473	12.33	486.40	78.29	-	-
	3h	163	2.41	476	11.93	422.30	90.63	-	-
	7h	163	2.54	474	12.53	419.80	85.49	-	-
	7t	165	2.62	469	11.32	474.06	80.07	-	-
กลุ่ม 2	1h	435	16.66	-	-	444.51	99.49	-	-
	1t	433	19.48	-	-	436.53	99.16	-	-
	3t	428	18.75	-	-	427.46	99.87	-	-
	5h	432	17.78	-	-	440.92	96.19	-	-
	5t	429	16.93	-	-	434.13	97.08	-	-
กลุ่ม 3	4h	405	18.53	-	-	372.89	21.97	931.16	27.80
	6h	382	19.51	-	-	389.11	100.23	-	-
	6t	386	20.54	-	-	115.85	1.95	388.58	98.58
	8h	214	1.25	461	11.77	459.10	37.90	-	-
	8t	221	1.94	410	17.90	194.18	4.00	417.08	77.13
	9h	484	5.76	-	-	500.45	82.70	-	-
	9t	475	11.50	-	-	527.43	81.60	-	-

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ทั้งเทคนิค DSC และ TGA สามารถจำแนกตัวอย่างออกเป็น 4 กลุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 2 โดยจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค DSC พบว่าเศษพลาสติกตัวอย่าง 2h, 2t, 3h, 7h และ 7t มี Peak ของการดูดกลืนพลังงาน 2 Peak โดยมีอุณหภูมิของ Peak ที่ 1 อยู่ในช่วง 162-165 °C, มี ΔH อยู่ในช่วง 2.15-3.30 J/g และ Peak ที่ 2 มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 468-476 °C, มีค่าของ ΔH คือ 11.17-12.53 J/g และเมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค TGA พบว่ามีอุณหภูมิเนื่องจากการเปลี่ยนน้ำหนักของตัวอย่าง

เหล่านี้อยู่ในช่วง 419.8-486.4 °C มีเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่หายไปอยู่ในช่วง 78.29-90.86 % ซึ่งตัวอย่างเหล่านี้มีค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้งสองเทคนิคนี้ใกล้เคียงกัน จึงจัดไว้ในกลุ่มเดียวกันคือ กลุ่ม 1

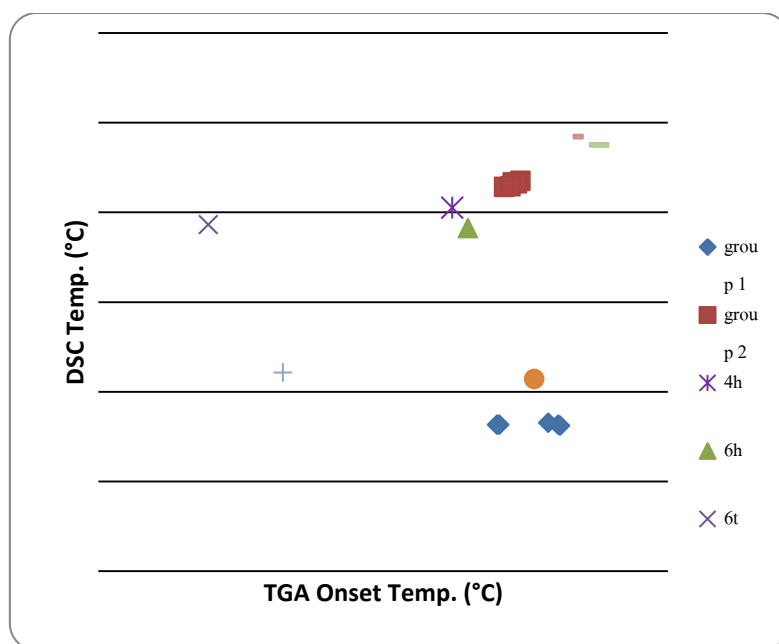
ส่วนเทอร์โมแกรมของเศษพลาสติกตัวอย่าง 1h, 1t, 3t, 5h และ 5t พบว่าเกิด Peak 1 Peak แบบดูดกลืนพลังงานอยู่ในช่วงของอุณหภูมิ 428-433 °C, ซึ่งมีค่า ΔH อยู่ในช่วง 16.93-19.48 J/g จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค DSC ต่อมาพิจารณาผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค TGA พบช่วงของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักมีช่วงอุณหภูมิคือ 427.5-440.9 °C และมีช่วงเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่หายไปคือ 96.19-99.87 % ทั้งอุณหภูมิของการเกิด Peak, ค่า ΔH , อุณหภูมิเนื่องจากการเปลี่ยนน้ำหนักและเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่หายไปมีค่าใกล้เคียงกันจึงจัดไว้ในกลุ่มเดียวกันคือ กลุ่ม 2

ตัวอย่างเศษพลาสติกอื่นๆนอกจากนี้ เมื่อทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค DSC และ TGA แล้ว ค่าของอุณหภูมิเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางความร้อน, ΔH , อุณหภูมิเนื่องจากการเปลี่ยนน้ำหนักและเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่หายไป มีความแตกต่างกันซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะที่ต่างจากเศษพลาสติกตัวอย่างอื่นๆ จึงได้รวมอยู่ในกลุ่ม 3

เมื่อพิจารณาเศษพลาสติกตัวอย่างในกลุ่มที่ 1 พบว่าตัวอย่าง 2h และ 3h มีการระบุว่าเป็นโพลิเมอร์ชนิด Polypropylene (PP) มีอุณหภูมิ Melting point ของ PP คือ 165-175 °C¹ ซึ่งสอดคล้องกับอุณหภูมิ Peak ที่ 1 ของเศษพลาสติกตัวอย่างในกลุ่มที่ 1 ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าเศษพลาสติกตัวอย่างในกลุ่มที่ 1 เป็นโพลิเมอร์ชนิด PP และเมื่อพิจารณาเศษพลาสติกตัวอย่างกลุ่มที่ 2 จากตารางที่ 2 คาดว่าเศษพลาสติกตัวอย่างในกลุ่มนี้เป็นโพลิเมอร์ชนิด Acrylonitrile styrene acrylate (ASA) เนื่องจากตัวอย่าง 5h มีการระบุชนิดของโพลิเมอร์ว่าเป็น ASA

ผลการวิเคราะห์เศษพลาสติกตัวอย่างโดยใช้เทคนิค DSC และ TGA จากตารางที่ 2 สามารถนำมาแสดงเป็นแผนภูมิแบบจุดของเศษพลาสติกตัวอย่างที่ Plot ระหว่างอุณหภูมิ Peak ที่ 1 จากกราฟแบบดูดกลืนความร้อนด้วยการวิเคราะห์ทางเทคนิค DSC และอุณหภูมิ Onset ของการเปลี่ยนแปลงมวลครั้งที่ 1 จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค TGA แสดงได้ดังรูปที่ 3

¹ Prabodh C. Bolur, Properties of plastics [Online], accessed 29 December 2011.



รูปที่ 3 การพล็อตระหว่างอุณหภูมิของพลาสติกตัวอย่างที่มีการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางความร้อนครั้งที่ 1 จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค DSC และ TGA

จากการพิจารณารูปที่ 3 พบว่า สามารถจำแนกพลาสติกตัวอย่างได้ 3 กลุ่มดังนี้ กลุ่มที่ 1 เป็นพลาสติกตัวอย่างของ กันชนหน้ารถ A, กันชนหน้ารถ B, กรอบตะเบียนรถ A, กรอบพลาสติกของไฟหน้ารถ A และกรอบพลาสติกของไฟหน้ารถ B ส่วนในกลุ่มที่ 2 ได้แก่เศษพลาสติกตัวอย่างคือ Skirt ด้านข้างรถ A, กันชนหลังรถ B, กรอบตะเบียนรถ B, พลาสติกกระจกมองข้าง A และพลาสติกกระจกมองข้าง B และในกลุ่มที่ 3 ประกอบด้วยเศษพลาสติกตัวอย่างอื่นๆ ที่ไม่รวมอยู่ในกลุ่มตัวอย่างใด

สรุปผลการวิจัย

การหาสมบัติทางความร้อนของชิ้นส่วนรถยนต์บางชนิดที่เป็นพลาสติกด้วยเทคนิค DSC พบว่าเศษพลาสติกตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ทั้งหมดแสดงผลเป็นกราฟแบบดูดกลืนความร้อน โดยมี 7 ตัวอย่าง ให้กราฟแบบดูดกลืนความร้อน 2 Peak มีอุณหภูมิของ Peak แรกอยู่ในช่วง 162-221 °C โดย ΔH มีค่าอยู่ในช่วง 1.25-3.30 J/g และ Peak ที่ 2 มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 410-476 °C มีค่าของ ΔH อยู่ในช่วง 11.17-17.90 J/g ส่วนอีก 10 ตัวอย่างให้กราฟแบบดูดกลืนความร้อน 1 Peak มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 335-484 °C และมีค่า ΔH อยู่ในช่วง 5.76-20.54 J/g ส่วนการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค TGA นั้นเป็นการหาอุณหภูมิ Onset temperature จากการเปลี่ยนแปลงมวล และคำนวณเปอร์เซ็นต์น้ำหนักของตัวอย่างที่หายไป จากผลการวิเคราะห์พบว่าการเปลี่ยนแปลงมวลครั้งเดียวมี 14 ตัวอย่าง มีอุณหภูมิเนื่องจากการเปลี่ยนน้ำหนักอยู่ในช่วง 389.1-527.4 °C มีเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่หายไปอยู่ในช่วง 37.90-100.00 % และการเปลี่ยนแปลงมวล 2 ครั้งมี 3 ตัวอย่าง มีอุณหภูมิเนื่องจากการเปลี่ยนน้ำหนักครั้งที่ 1 อยู่ในช่วง 115.9-372.9 °C มีเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่หายไปครั้งที่ 1 อยู่ในช่วง 1.95-21.97 % และอุณหภูมิเนื่องจากการเปลี่ยนน้ำหนักครั้งที่ 2 อยู่ในช่วง 388.6-931.2 °C

มีเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่หายไปครั้งที่ 2 อยู่ในช่วง 27.80-98.58 % จากผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทั้ง DSC และ TGA สามารถจัดกลุ่มตัวอย่างได้ 3 กลุ่ม โดยกลุ่มแรกเป็นพลาสติกตัวอย่างที่ทำมาจาก Polypropylene ได้แก่ กันชนหน้ารถ, กรอบตะเบียนรถ และกรอบพลาสติกของไฟหน้ารถ และในกลุ่มที่ 2 ประกอบด้วย Skirt ด้านข้างรถ, กันชนหลังรถ และพลาสติกของกระจกมองข้าง พลาสติกตัวอย่างเหล่านี้ทำมาจาก Acrylonitrile styrene acrylate ส่วนในกลุ่มที่ 3 ไม่สามารถระบุได้ว่าเป็นพลาสติกประเภทใด ซึ่งพลาสติกแต่ละชิ้นมีลักษณะเฉพาะ ถ้าทราบชนิดพลาสติกก็สามารถนำมาใช้บ่งชี้ได้ว่าเป็นพลาสติกชนิดใด อย่างไรก็ตามผลการทดลองที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค DSC และ TGA แสดงความเป็นไปได้ที่จะใช้บ่งชี้ลักษณะเฉพาะของตัวอย่างพลาสติก ที่เก็บไปตรวจพิสูจน์ในทางนิติวิทยาศาสตร์

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

ชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์. เคมีโพลิเมอร์พื้นฐาน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 2527

แม่น อมรสิทธิ์ และคณะ. หลักการและเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ. กรุงเทพฯ: บริษัท ขอนพิมพ์ 50 จำกัด, 2553.

สุนันท์ สายกระสุน. การวิเคราะห์เชิงความร้อน. พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาสารคาม: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2553.

สุทธิพงษ์ สุธาพิทักษ์สกุล. “การตรวจหาลักษณะเฉพาะของฟิล์มกรองแสงรถยนต์โดยการวิเคราะห์เชิงความร้อนและ UV-VIS spectrophotometry เพื่องานด้านนิติวิทยาศาสตร์” รายงานชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ศูนย์โรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย, 2552.

ภาษาต่างประเทศ

Bolur, Prabodh C. Properties of plastics [Online], accessed 29 December 2011. Available from <http://www.pitfallsinmolding.com/polyproperties.html>

Causin, Valerio et al. “A Method Based on Thermogravimetry/Differential Scanning Calorimetry for the Forensic Differentiation of Latex Gloves.” Forensic Science International, no. 188 (2009): 57-63.

City Plastics Pty Ltd, Trade and Generic names [Online], accessed 29 December 2011. Available from <http://www.cityplastics.com.au/generic.html>

Sajwan, Madhuri., Saroj Aggarwal, and R.B. Singh. “Forensic characterization of HDPE Pipes by DSC.” Forensic Science International, no. 175 (2008): 130-131.

Willard, Hobart H. et al. Instrumental Methods of Analysis. 7th ed. United States of America: Wadsworth Publishing Co., 1988.