

การไพโรไลซิสร่วมระหว่างน้ำมันเครื่องใช้แล้วกับพอลิสไตรีนโดยใช้ซีโอไลต์ ที่ผ่านการกระตุ้นเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

Co-Pyrolysis between Used Lubricant Oil and Polystyrene by using Activated Zeolite Catalyst

ณัฐชา เพ็ชรยิม (Nattacha Phetyim)¹* รินดา สิริแสงสว่าง (Rinrada Sirisangsawang)**

วันเฉลิม พรพิเชษฐ์ (Wanchalerm Pornpichet)* ชลิตา ไม้เกตุ (Chalita Maiket)*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเผากระตุ้นซีโอไลต์เพื่อใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการไพโรไลซิสร่วมระหว่างน้ำมันเครื่องใช้แล้วกับพอลิสไตรีน เพื่อให้ได้น้ำมันดีเซล โดยใช้อุณหภูมิการไพโรไลซิสที่ 440 °C โดยใช้ซีโอไลต์ ปริมาณ 0.5 % โดยน้ำหนักของวัตถุดิบ ใช้อัตราส่วนผสมระหว่างน้ำมันเครื่องกับพอลิสไตรีนที่ 100:0 เพื่อศึกษาอุณหภูมิเผากระตุ้นที่ 200°C 300°C และ 400°C ผลการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิเผากระตุ้น 400°C ให้ปริมาณน้ำมันสูงสุดที่ 73.80% โดยน้ำหนัก ในขณะที่อุณหภูมิจุดวาบไฟต่ำกว่ามาตรฐานน้ำมันดีเซล การไพโรไลซิสร่วมที่อัตราส่วน 75:25, 50:50, 40:60, 25:75, 60:40 และ 0:100 พบว่ามีเพียงที่อัตราส่วน 50:50 ได้น้ำมันไพโรไลซิสที่มีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานน้ำมันดีเซล

ABSTRACT

This research studied the optimum temperature for activating zeolite used as a catalyst in the process of co-pyrolysis between used engine oil and polystyrene (PS) to obtain diesel oil. The final pyrolysis temperatures at 440 °C with catalyst 0.5 % by weight of reactant and used engine oil per PS ratio 100:0 by weight were performed. Zeolite was activated at 200°C 300°C and 400°C. It was found that the optimize activated temperature at 400 °C provided the highest pyrolysis oil yield of 73.80 wt% while flash point temperature was lower than the standard of diesel oil. Co-pyrolysis in ratio of Oil:PS of 75:25, 50:50, 40:60, 25:75 60:40 and 0:100 were studied. The results of 50:50 ratio was shown properties of pyrolysis oil on the standard of diesel.

คำสำคัญ: การไพโรไลซิสร่วม น้ำมันเครื่องใช้แล้ว พอลิสไตรีน ซีโอไลต์

Keywords: Co-pyrolysis, Used lubricant oil, Polystyrene, Zeolite

¹Correspondent author: nattacha.p@en.rmutt.ac.th

*นักศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมีและวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมีและวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากปริมาณขยะจากครัวเรือนซึ่งมีจำนวนถึง 26 ล้านตันต่อปี และยังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอีก โดยมีขยะพลาสติกและโฟมประมาณ 2.7 ล้านตันต่อปีหรือเฉลี่ย 7,000 ตันต่อวัน คิดเป็นโฟมร้อยละ 20 หรือประมาณ 1,700 ตันต่อวัน ปริมาณขยะจากโฟมหรือพอลิสไตรีนที่มีปริมาณมากอันเนื่องมาจากลักษณะการอุปโภคของคนไทยที่นิยมใช้ภาชนะจากโฟมสำหรับบรรจุใส่อาหารนั่นเอง การกำจัดโฟมไม่สามารถใช้วิธีการฝังกลบเพราะเกิดการสลายตัวช้ามาก อีกวิธีที่สามารถทำได้คือการนำมาเผาในเตาเผา แต่ก็ส่งผลให้เกิดภาวะโลกร้อนอีกเช่นกัน [1]

การทิ้งน้ำมันเครื่องใช้แล้วก็ยังเป็นอีกปัญหาหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และมีแนวโน้มของปริมาณการถ่ายน้ำมันเครื่องใช้แล้วออกมาเพิ่มขึ้น สืบเนื่องมาจากปริมาณยานยนต์ที่เพิ่มจำนวนขึ้นทุกปี มีการสำรวจจากกรมควบคุมมลพิษว่า น้ำมันเครื่องใช้แล้วเพียงร้อยละ 20-30 ที่ถูกนำมากำจัดหรือปรับสภาพอย่างถูกวิธี [2]

การไพโรไลซิสจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการกำจัดน้ำมันเครื่องใช้แล้วและพอลิสไตรีน โดยการนำมาจากกระบวนการให้ความร้อนสูง ภายใต้สภาวะบรรยากาศไนโตรเจน ได้เป็นน้ำมันไพโรไลซิส ทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงจากฟอสซิลได้

อุณหภูมิในการสลายตัวของพอลิสไตรีนด้วยเครื่องวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของสารโดยอาศัยคุณสมบัติทางความร้อน พบว่าพอลิสไตรีนส่วนใหญ่จะสลายในช่วงอุณหภูมิ 370-410 °C โดยองค์ประกอบหลักในผลิตภัณฑ์น้ำมันเป็นกลุ่มโมโน-เมอร์ (monomer) และไดเมอร์ (dimer) ของสไตรีน รองมาเป็นพวกอะโรมาติก (aromatic) ทั้งแบบหนึ่งวงและสองวง มีสไตรีนไตรเมอร์ (trimer) ปนอยู่บ้างเล็กน้อย [3] หากทำการไพโรไลซิสพอลิสไตรีนในช่วงอุณหภูมิ 450-750 °C จะได้ปริมาณน้ำมัน (Oil yield) มากกว่าร้อยละ 90 ขึ้นไป [4] ตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทซีโอไลต์ ได้แก่ ZSM-5, zeolite-b และ zeolite-Y เหมาะสำหรับ

การไพโรไลซิสพอลิสไตรีน ถ้าต้องการให้มีเบนซีน (benzene) เพิ่มขึ้น และมีสไตรีนกับ a-เมทิลสไตรีน และพวกไดเมอร์ลดลง ต้องใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ที่เป็นกรด [5]

น้ำมันเครื่องใช้แล้วเป็นแหล่งของสารไฮโดรคาร์บอนที่มีคาร์บอนอะตอมมากกว่า C_{25} อยู่ร้อยละ 83.42 โดยน้ำหนัก มีโครงสร้างพาราฟิน (paraffin) ร้อยละ 58 และแนฟเทน (Naphthane) ร้อยละ 42 โดยน้ำหนัก [6] เมื่อนำน้ำมันเครื่องใช้แล้วมาไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 430 °C ในถังปฏิกรณ์แบบกะที่ไม่มีการกวน ศึกษาตัวเร่งปฏิกิริยาระหว่างซีโอไลต์กับ molecular sieve พบว่าซีโอไลต์ให้ปริมาณผลิตภัณฑ์น้ำมันมากกว่าและเมื่อนำซีโอไลต์ไปเผากระตุ้นที่ช่วงอุณหภูมิ 45-100 °C ปริมาณน้ำมันจะเพิ่มตามอุณหภูมิที่เผากระตุ้นซีโอไลต์แต่น้ำมันมีจุดวาบไฟต่ำกว่าค่ามาตรฐานน้ำมันดีเซล ส่วนค่าความหนืด ความถ่วงจำเพาะและค่าสี ได้มาตรฐานน้ำมันดีเซล [7]

ในงานวิจัยนี้ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเผากระตุ้นตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ที่อุณหภูมิ 200, 300 และ 400 °C เพื่อใช้ในการไพโรไลซิสน้ำมันเครื่องใช้แล้วเนื่องจากการไพโรไลซิสน้ำมันเครื่องเพียงอย่างเดียวจะทำให้ได้ปริมาณน้ำมันไม่สูง และจุดวาบไฟค่อนข้างต่ำเมื่อทำการศึกษาการไพโรไลซิสร่วมระหว่างน้ำมันเครื่องใช้แล้วกับพอลิสไตรีนที่อัตราส่วนต่าง ๆ จะทำให้ได้น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีสมบัติเทียบเท่าน้ำมันดีเซล

วิธีการวิจัย

1. วัตถุดิบ

น้ำมันเครื่องใช้แล้วสำหรับงานวิจัยนี้ ยี่ห้อ ฮอนด้า เกรด API SN OW20 ทดสอบสมบัติต่างๆ ได้ดังนี้ ค่าความหนืด @ 100 °C 9.12 cSt จุดวาบไฟ 194 °C ความถ่วงจำเพาะ 0.878 และค่าสีมากกว่า 8 ก่อนนำน้ำมันเครื่องใช้แล้วไปไพโรไลซิสต้องทำการไล่น้ำ (dehydration) ที่อุณหภูมิ 110 °C กวนที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที นาน 1 ชั่วโมง ส่วนพอลิสไตรีนได้จากภาชนะที่ทำจากโฟมอัดแล้วนำมาละลายในตัวทำละลาย

อะซิโตนแล้วขึ้นรูปเป็นแผ่น อบให้แห้งแล้วนำมาตัดเป็นชิ้นขนาด 0.5x0.5 เซนติเมตร

2. การเผากระตุ้นตัวเร่งปฏิกิริยา

นำตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ ชนิด 3A แบบผง ขนาด < 10 μm นำมาเผาในเตาเผา ที่อุณหภูมิ 200, 300 และ 400°C นาน 45 นาที แล้วนำมาใช้ในการไพโรไลซิสน้ำมันเครื่องใช้แล้วที่อุณหภูมิ 430 °C

3. การไพโรไลซิส

ทำการไพโรไลซิสระหว่างน้ำมันเครื่องใช้แล้วและพอลิสไตรีน ใช้ถึงปฏิกิริยาที่จากแก้วขนาดปริมาตร 1 ลิตรแล้วหุ้มด้วยฉนวน ภายใต้ความดันบรรยากาศที่มีก๊าซไนโตรเจน อุณหภูมิที่ใช้ที่ 440°C ควบคุมเวลานาน 2 ชั่วโมง ใช้ซีโอไลต์ที่ผ่านการเผากระตุ้นในเตาเผาเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาปริมาณร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก ใช้วัตถุดิบเริ่มต้นจำนวน 300 กรัม ศึกษาอัตราส่วนผสมระหว่างน้ำมันเครื่องใช้แล้วมาไฟ-โรไลซิสร่วมกับพอลิสไตรีนที่อัตราส่วน 100:0, 75:25, 50:50, 40:60, 25:75, 60:40 และ 0:100 โดยน้ำหนัก

4. การทดสอบสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง

น้ำมันที่ได้จากการไพโรไลซิส จะทดสอบสมบัติน้ำมันเชื้อเพลิงทั้งหมด 5 เครื่อง ได้แก่ เครื่องจุดวาบไฟ ยี่ห้อ Pensky Martens รุ่น HFP 380 (ASTM D93), เครื่องวัดค่าความหนืด ยี่ห้อ Tomson รุ่น Tv 2500 (ASTM D445), วัดค่าความถ่วงจำเพาะด้วยไฮโดรมิเตอร์ชนิดแก้ว (ASTM D1298), วัดค่าการกลั่น ยี่ห้อ Tanaka รุ่น AD-6 (ASTM D86) และวัดค่าสียี่ห้อ Lovibond รุ่น Comparator 3000 series (ASTM 1500)

5. การวิเคราะห์องค์ประกอบสารไฮโดรคาร์บอน

ทำการวิเคราะห์สารประกอบในน้ำมันด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี แมสสเปคโตรเมทรี (Gas Chromatography-Mass Spectrometry, GC-MS) ยี่ห้อ SHIMADZA รุ่น GC-MS-QP2010 Ultra ใช้คอลัมน์ HP-5 ความยาว 30 ม. เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.25 มม.

Split 10:1 อัตราการไหล 0.9 มล./นาที อุณหภูมิเตา 170 °C (8 °C/นาที) จนถึง 320 °C (10 °C/นาที)

ผลการวิจัยและการอภิปราย

1. อุณหภูมิการสลายตัวของวัสดุ

ทำการทดลองเพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการไพโรไลซิสระหว่างน้ำมันเครื่องใช้แล้วกับพอลิสไตรีน โดยใช้เครื่องวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของสารโดยอาศัยคุณสมบัติทางความร้อน (Thermogravimetric Analysis, TGA) ใช้เครื่องยี่ห้อ NETZSCH รุ่น TG 209F3 โดยภาพที่ 1 เป็นอุณหภูมิการสลายตัวของน้ำมันเครื่องใช้แล้ว ซึ่งมีอัตราการสลายตัวสูงสุดที่ 362.8°C และสลายตัวหมดที่อุณหภูมิ 430°C ส่วนภาพที่ 2 แสดงร้อยละการสลายตัวสูงสุดที่ 423.2°C และสลายตัวจนหมดที่ 440°C ดังนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการไพโรไลซิสระหว่างน้ำมันเครื่องใช้แล้วกับพอลิสไตรีน ควรใช้อุณหภูมิที่ 440°C

2. ผลของอุณหภูมิเผากระตุ้นซีโอไลต์

เมื่อนำซีโอไลต์ไปเผากระตุ้นที่อุณหภูมิต่างๆ แล้วนำไปใช้ในการไพโรไลซิสน้ำมันเครื่องใช้แล้ว พบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาที่ผ่านการเผากระตุ้นในอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะให้ปริมาณน้ำมันมากขึ้นและได้ปริมาณกากของแข็งลดลงโดยอุณหภูมิที่ 400°C ให้ ปริมาณน้ำมันมากที่สุด 73.80 % ปริมาณกากของแข็งที่ได้ 12.45% และปริมาณก๊าซ 13.75% รองลงมาเป็นที่อุณหภูมิ 300°C และ 200°C ตามลำดับ สมบัติต่างๆ ของผลิตภัณฑ์น้ำมันแสดงไว้ดังตารางที่ 1 น้ำมันไฟ-โรไลซิสที่ได้มีจุดวาบไฟต่ำมาก ประมาณ 30°C ต่ำกว่ามาตรฐานน้ำมันดีเซลค่าสีเกือบเกินมาตรฐาน ส่วนความหนืด ความถ่วงจำเพาะ และค่าการกลั่นเป็นไปตามมาตรฐานของน้ำมันดีเซล

3. การไพโรไลซิสระหว่างน้ำมันเครื่องใช้แล้วกับพอลิสไตรีน

เมื่อทำการไพโรไลซิสที่อัตราส่วนต่างๆ โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเผากระตุ้นที่ 400°C ใช้อุณหภูมิสุดท้ายในการไพโรไลซิส 440°C นาน 2 ชั่วโมงแล้วหาผลที่ได้ (yield) ของน้ำมัน กากของแข็ง และก๊าซ ดังภาพที่ 3

การไพโรไลซิสร่วมที่อัตราส่วนผสมที่ 0:100 ไกล่เคียงกันประมาณ 96% โดยน้ำหนักแวนโธมของปริมาณน้ำมันที่ได้ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนผสมที่ใช้พอลีสไตรีนเพิ่มขึ้นปริมาณกากของแข็งและก๊าซน้อยลง ตามลำดับการไพโรไลซิสพอลีสไตรีนโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาใช้เวลาเสร็จเร็วกว่า 2 ชั่วโมง ด้านคุณสมบัติของน้ำมันไพโรไลซิสพบว่าน้ำมันไพโรไลซิสจากพอลีสไตรีนที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาให้จุดวาบไฟใกล้เคียงกับมาตรฐานน้ำมันดีเซล ส่วนความถ่วงจำเพาะและความหนืดไม่ได้มาตรฐาน ในขณะที่น้ำมันไพโรไลซิสจากน้ำมันเครื่องใช้แล้วมีแต่คุณสมบัติจุดวาบไฟที่ต่ำกว่ามาตรฐานน้ำมันดีเซล ส่วนสมบัติอื่น ๆ เป็นไปตามมาตรฐานของน้ำมันดีเซล ดังตารางที่ 2 จากการศึกษาอัตราส่วนผสมของน้ำมันเครื่องใช้แล้วกับพอลีสไตรีนในการไพโรไลซิสร่วมกันที่อัตราส่วน 50:50 เป็นเพียงอัตราส่วนเดียวที่คุณสมบัติของน้ำมันผ่านมาตรฐานของน้ำมันดีเซล มีจุดวาบไฟ 52°C ความถ่วงจำเพาะ 0.867 ค่าสี 2.5-3 ค่าความหนืดที่ 40°C 1.82 และค่าการกลั่น 311.6°C รองมาเป็นอัตราส่วน 60:40 มีเพียงจุดวาบไฟที่ต่ำกว่ามาตรฐานดีเซล ผลการทดลองยังพบว่าการใช้ปริมาณพอลีสไตรีนเพิ่มขึ้น แม้จะได้ปริมาณน้ำมันมาก แต่คุณสมบัติจะต่ำกว่ามาตรฐานน้ำมันดีเซล โดยเฉพาะจุดวาบไฟและความหนืด ส่วนค่าการกลั่นไม่สามารถวัดค่าได้ เนื่องจากลักษณะน้ำมันเป็นฟองไหลเข้าไปในคอลัมน์ขณะทดสอบการกลั่น จึงไม่มีผลทดสอบ

4. ผลวิเคราะห์องค์ประกอบสารไฮโดรคาร์บอน

ในการวิเคราะห์องค์ประกอบสารไฮโดรคาร์บอนโดยใช้เครื่อง GC-MS เลือกตัวอย่างไพโรไลสที่ 7 การทดลอง เนื่องจากมีสารจำนวนมากถึงประมาณ 400 ชนิด จึงทำการแบ่งกลุ่มตามโครงสร้างสารจำนวน 5 กลุ่ม ได้แก่ พาราฟินโซ่ตรงและโซ่กิ่ง (C<24) พาราฟินโซ่ตรงและโซ่กิ่ง (C>24) สารประกอบพันธะคู่ สารประกอบไซคลิกและสารประกอบอะโรมาติก ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 3 พบว่าน้ำมันไพโรไลซิสที่มาจากอัตราส่วนผสมของน้ำมันเครื่องใช้แล้วสูงขึ้นจะมีสารประกอบไฮโดรคาร์บอนประเภทพาราฟินโซ่ตรง

และกิ่ง (C<24) เพิ่มขึ้นตามไปด้วย หรืออาจกล่าวได้ว่าเมื่อเพิ่มปริมาณพอลีสไตรีนเข้าไปจะทำให้พาราฟินโซ่ตรงและกิ่ง (C<24) ลดลงและสารอะโร-เมติกเพิ่มขึ้น โดยสารอะโรเมติกที่พบจะเป็นมอนอ-เมอร์เท่านั้น ไม่พบโครงสร้างแบบไดเมอร์และไตร-เมอร์เลย ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติของน้ำมันที่ได้กับโครงสร้างของสารประกอบที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS นั้น ที่อัตราส่วน 75:25, 60:40 และ 50:50 พบปริมาณของพาราฟินโซ่ตรงและกิ่ง (C>24) และสารประกอบอะโรมาติกในปริมาณมาก ส่งผลให้น้ำมันมีคุณสมบัติ เช่น จุดวาบไฟ ความหนืด ความถ่วงจำเพาะ และค่าการกลั่น เข้าใกล้มาตรฐานน้ำมันดีเซล ที่อัตราส่วน 50:50 ยังมีสารกลุ่มพาราฟินโซ่ตรงและโซ่กิ่ง (C>24) อยู่ปริมาณสูงสุด จึงส่งผลให้คุณสมบัติของจุดวาบไฟสูงที่สุดด้วย

สรุปผลการวิจัย

การไพโรไลซิสร่วมระหว่างน้ำมันเครื่องใช้แล้วกับพอลีสไตรีน ควรใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์เผากระตุ้นที่อุณหภูมิ 400°C ปริมาณ 0.5% โดยน้ำหนัก และใช้อัตราส่วนผสมระหว่างน้ำมันเครื่องใช้แล้วกับพอลีสไตรีนที่ 50:50 โดยน้ำหนัก ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิสุดท้าย 440°C จะทำให้ได้น้ำมันไพโรไลซิสเทียบเท่ามาตรฐานน้ำมันดีเซล

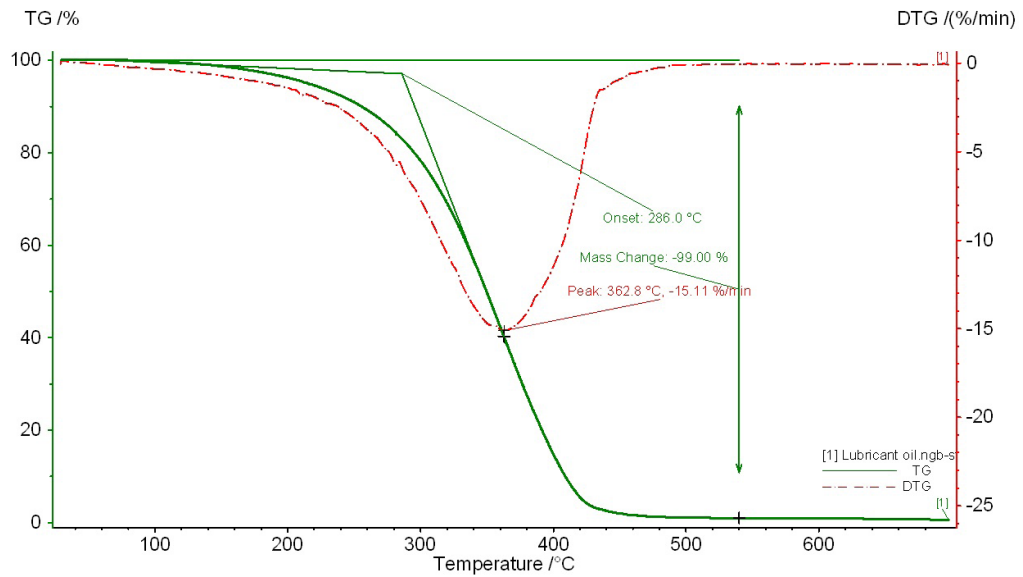
กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่สนับสนุนทุนวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ประจำปี 2558

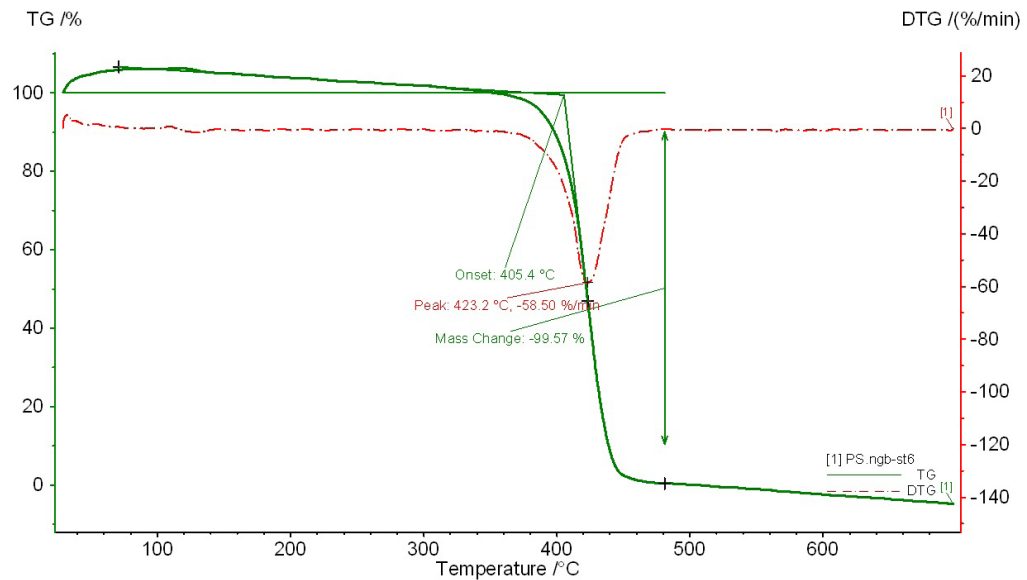
เอกสารอ้างอิง

1. Pollution Control Department. Thailand State of Solid Waste Report 2014 [online] n.d. [cited 2015 May 10]. Available from: http://www.pcd.go.th/public/Publications/print_report.cfm?task=wst_annual57

2. Pollution Control Department. Danger from used engine oil [online] n.d. [cited 2015 May 10]. Available from: http://www.pcd.go.th/info_serv/haz_lubri.html#s1
3. Seung-Soo K, Seungdo K. Pyrolysis characteristics of polystyrene and polypropylene in a stirred batch reactor. Chemical Engineering Journal. 2004; 98: 53-60.
4. Yirong L, Jialin Q, Jianqiu W. Pyrolysis of polystyrene waste in a fluidized-bed reactor to obtain styrene monomer and gasoline fraction. Fuel Processing Technology. 2000; 63: 45-55.
5. Deepak KO, Vinu R. Resource recovery via catalytic fast pyrolysis of polystyrene using zeolites. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. 2015; 113: 349-359.
6. Kim SS, Kim SH. Pyrolysis kinetics of waste automobile lubricating oil. Fuel. 2000; 79: 1943-1949.
7. Soodjut P, Tongpum V, Temrak A, Phetyim N. The pyrolysis oil use by using a zeolite catalyst. Pathum Thani: Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi; 2012.



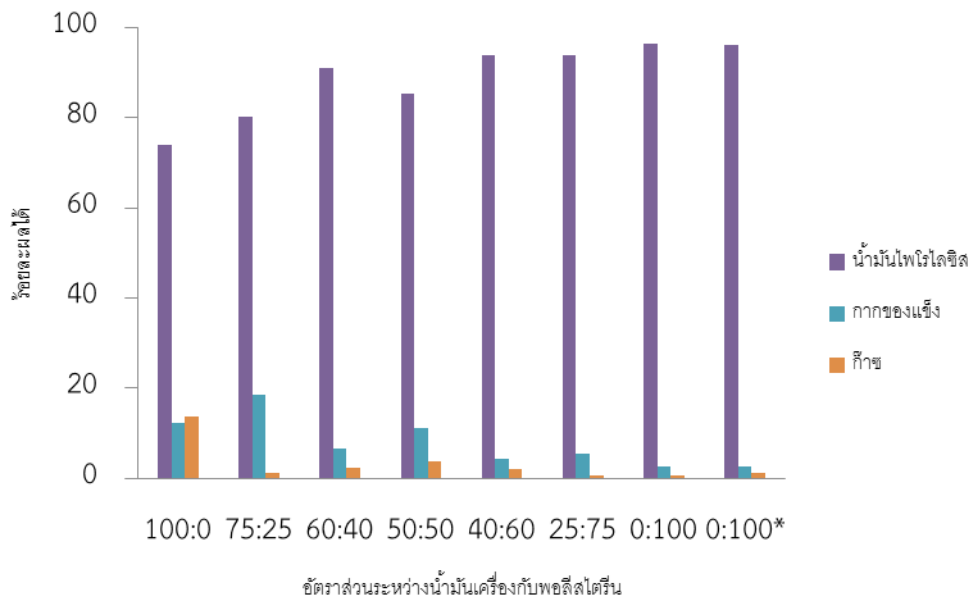
ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของน้ำมันเครื่องใช้แล้วที่อุณหภูมิต่างๆ



ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของพอลิสไตรีนที่อุณหภูมิต่างๆ

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของน้ำมันไพโรไลซิสที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเผากระตุ้นที่อุณหภูมิต่างๆ

คุณสมบัติ	อุณหภูมิเผากระตุ้นตัวเร่งปฏิกิริยา			มาตรฐานน้ำมันดีเซล
	200°C	300°C	400°C	
จุดวาบไฟ (°C)	36	33	33	>52 °C
ความถ่วงจำเพาะ	0.82	0.82	0.82	0.81-0.87
ค่าสี	7.0	7.0	7.0	<7.5
ค่าความหนืด (cSt) @40°C	3.42	3.40	2.94	1.80-4.10
ค่าการกลั่น (°C) @ 90% (recovered)	264.0	251.7	297.4	ไม่เกิน 357°C



ภาพที่ 3 ร้อยละผลได้ (%yield) ของผลิตภัณฑ์จากการไพโรไลซิสร่วมระหว่างน้ำมันเครื่องกับพอลีสไตรีน

ตารางที่ 2 สมบัติของน้ำมันไพโรไลซิสระหว่างน้ำมันเครื่องกับพอลิस्टาไรีนที่อัตราส่วนผสมต่างๆ

คุณสมบัติ	อัตราส่วนระหว่าง Oil: PS								มาตรฐาน น้ำมันดีเซล
	100:0	75:25	60:40	50:50	40:60	25:75	0:100	0:100*	
จุดวาบไฟ (°C)	32.5	40.5	50	52	31	33	49	32	ไม่ต่ำกว่า 52 °C
ความถ่วงจำเพาะ	0.82	0.841	0.875	0.867	0.893	0.861	0.937	0.990	0.81–0.87
ค่าสี	7.0	2.5–3	2.5–3	2.5–3	2.5–3	2–2.5	2–2.5	2–2.5	ไม่สูงกว่า 7.5
ความหนืด (cSt) ที่ 40°C	2.94	2.48	2.36	1.82	1.97	1.37	0.930	0.796	1.80–4.10
ค่าการกลั่น(°C) @90% (recovered)	297.4	305.7	308.4	311.6	เกิด ฟอง	เกิด ฟอง	เกิด ฟอง	เกิด ฟอง	ไม่เกิน 357 °C

*ทำการไพโรไลซิสโดยไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา

ตารางที่ 3 สารประกอบในน้ำมันไพโรไลซิสที่ได้จากการไพโรไลซิสระหว่างน้ำมันเครื่องใช้แล้วกับพอลิस्टาไรีนที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน Oil:PS	สารประกอบ (%)				
	พาราฟินโซ่ ตรงและโซ่กิ่ง (C<24)	พาราฟินโซ่ ตรงและโซ่กิ่ง (C>24)	สารประกอบ พันธะคู่	สารประกอบ ไซคลิก	สารประกอบ อะโรมาติก
100:0	55.60	24.51	9.82	9.97	0.10
75:25	46.61	3.95	19.09	6.46	23.89
60:40	31.39	7.08	12.78	14.76	33.99
50:50	31.01	18.07	7.95	6.42	36.55
40:60	26.20	11.26	6.48	19.64	36.42
0:100	25.39	1.01	16.56	17.45	39.59
0:100*	13.37	–	14.89	12.80	58.94

*ทำการไพโรไลซิสโดยไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา