

ผลกระทบของพอลิโพรไพลีนและพอลิสไตรีน ที่มีต่อการสลายตัวด้วย ความร้อนของไฮเดนซิติ - พอลิเอทิลีน

จุไรรัตน์ รัชจับพิศม์

นักศึกษาระดับปริญญาโท

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ดร.ไพศาล นาคพันธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สันติ วัฒนานุกรณ์

อาจารย์

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทดลองการสลาย HDPE ด้วยความร้อน (pyrolysis) ซึ่งถูกผสมด้วย PP หรือ PS ในอัตราส่วน 80:20 60:40 40:60 และ 20:80 โดยน้ำหนัก อุณหภูมิของการสลายตัวอยู่ในช่วง 340–500°C ภายใต้บรรยากาศไนโตรเจนโดยเทียบกับการสลายตัวของ HDPE บริสุทธิ์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสลายตัวนี้คือ ของเหลว แก๊ส ซึ่งเป็นสารไฮโดรคาร์บอน และกากของแข็ง ผลการทดลองแสดงว่า การสลายตัวของ HDPE ที่มี PP ปนอยู่ในอัตราส่วน 40:60 ที่อุณหภูมิ 460°C และ HDPE ที่มี PS ปนอยู่ในอัตราส่วน 80:20 อุณหภูมิ 460°C จะให้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวออกมามาก ขณะที่การสลายของ HDPE บริสุทธิ์จะให้ผลิตภัณฑ์ของเหลวมากที่สุดที่อุณหภูมิ 460°C สำหรับ HDPE ที่มี PS ปนอยู่ในอัตราส่วนตั้งแต่ 60:40 ขึ้นไปจะทำให้อุณหภูมิจากการสลายตัวต่ำลง และเมื่อเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ด้วย TGA พบว่า ผลที่ได้สอดคล้องกัน

Effects of Polypropylene and Polystyrene addition on Pyrolysis of High Density Polyethylene

Churairat Ran-up-bpit

Post-graduate student,

Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering,
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang.

Dr.Paisal Nakpipat

Assistant Professor,

Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering,
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang.

Santi Wattananusorn

Lecturer

Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Abstract

This research studied the thermal degradation of High Density Polyethylene (HDPE) mixed with Polypropylene (PP) and Polystyrene (PS) in the ratios of 80:20 60:40 40:60 and 20:80 by weight. The temperature of degradation were in the range of 340–500°C under nitrogen atmosphere in order to compare with pure HDPE. The products obtained by pyrolysis were liquid, gas and char. The experimental results showed that the degradation of HDPE mixed with PP in the ratio of 80:20 at 460°C and HDPE mixed with PS in the ratio of 60:40 at 460°C gave a large amount of liquid product. While pure HDPE gave the largest amount of liquid product at 460°C. For thermal degradation of HDPE mixed with PS in the ratio of 60:40 and

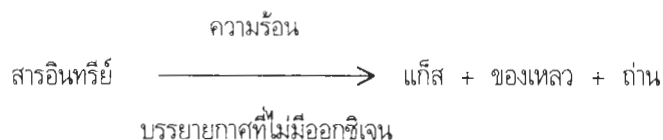
more will decreased the degradation temperature. When compare with the results analyzed by TGA shows the same results.

บทนำ

พลาสติกเป็นวัสดุที่สำคัญที่ใช้ทดแทนวัสดุตั้งเดิมหลายชนิด ปัจจุบันประเทศไทยนำเข้าพลาสติกจากต่างประเทศเป็นจำนวนมาก จากข้อมูลการนำเข้าและปริมาณความต้องการพลาสติกตั้งแต่ปี 2539[1] ซึ่งเห็นว่า ปริมาณความต้องการพลาสติกชนิดต่างๆ มีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ด้วยสาเหตุนี้ ทำให้ขยะพลาสติกมีปริมาณมากขึ้นตามไปด้วย[2] การกำจัดขยะพลาสติกนอกจากการเผาทิ้งแล้วยังมีการนำกลับมาใช้ใหม่ จะด้วยวิธีการทำความสะอาดแล้วใช้อีกครั้ง (reuse) หรือการนำมาหลอมเพื่อขึ้นรูปใหม่ (reforming) ก็ตาม[3] เป็นวิธีการที่ทำกันเป็นส่วนน้อย การกำจัดขยะพลาสติกด้วยวิธีสลายด้วยความร้อน (pyrolysis) เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ทำให้ประโยชน์ค่อนข้างสูง ผลผลิตที่เกิดจากการสลายขยะพลาสติกด้วยความร้อนคือ น้ำมัน (oils) ซึ่งมีส่วนประกอบเป็นสารไฮโดรคาร์บอนมากมายหลายชนิด[4,5,6] สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ทันที หรืออาจนำไปกลั่นแยกให้เป็นสารบริสุทธิ์ เพื่อใช้เป็นสารเริ่มต้นในกระบวนการผลิตสารเคมีหรือพอลิเมอร์ขึ้นใหม่ได้

การสลายตัวด้วยความร้อนเป็นกระบวนการที่สารอินทรีย์ถูกย่อยสลายด้วยความร้อน อุณหภูมิสูงๆ ในที่อับอากาศปราศจากออกซิเจน หรือในที่ที่มีการจำกัด และควบคุมปริมาณออกซิเจนไว้ ทำให้เกิดการสลายวัสดุดังกล่าวออกไปเป็นองค์ประกอบย่อยชนิดต่างๆ

ปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นในกระบวนการสลายตัวด้วยความร้อนต่างๆ ไปจะเป็นดังนี้



กระบวนการสลายพลาสติกด้วยความร้อนที่เกิดขึ้นจึงไม่เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยานี้จึงเป็นอนุกรมของสารที่เกิดจากการแตกตัวได้สารที่มีโมเลกุลเล็กลง ทั้งของเหลว และแก๊ส กากที่เหลือมีลักษณะเป็นของแข็ง ซึ่งผลิตภัณฑ์ทั้งหมดสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงหรือเป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมเคมีต่างๆ ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวประกอบด้วย

1. ส่วนที่เป็นแก๊ส มักประกอบไปด้วย ไฮโดรเจน มีเทน คาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ ฯลฯ
2. ส่วนที่เป็นของเหลวมักประกอบไปด้วยน้ำ น้ำมันดิบ (tar) และสารอินทรีย์อื่นๆ
3. ส่วนที่เป็นของแข็ง ประกอบด้วย ถ่านหรือคาร์บอนและเถ้าเป็นส่วนใหญ่

ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการสลายตัวด้วยความร้อน

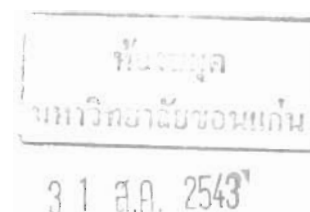
กระบวนการสลายวัสดุเหลือใช้ด้วยความร้อนจะทำให้เกิดผลิตภัณฑ์แก๊ส ของเหลว และของแข็ง ปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ได้และสัดส่วนองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์เหล่านี้ขึ้นอยู่กับอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ เช่น อุณหภูมิที่ใช้ในการไพโรไลซิส วิธีการให้ความร้อน อัตราการให้ความร้อน เวลาที่สัมผัสปฏิกิริยา ชนิดของเครื่องอุปกรณ์ต่างๆ การเตรียมวัสดุป้อน การใช้สารเร่งปฏิกิริยา ความดัน หรือสารเคมีที่เติมเข้าไปเพื่อประโยชน์อย่างอื่น อาทิ เป็นตัวทำให้เกิดรีดักชัน ได้แก่ ไฮโดรเจน หรือคาร์บอนมอนอกไซด์

ข้อดีของกระบวนการสลายตัวด้วยความร้อน

1. กระบวนการนี้สามารถใช้กับวัสดุเหลือใช้จากแหล่งชุมชนและจากอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ ได้
2. กระบวนการนี้สามารถสามารถเปลี่ยนวัสดุเหลือใช้ไปเป็นผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงซึ่งจัดว่าเป็นพลังงานบริสุทธิ์อยู่ในรูปของแก๊ส น้ำมัน ถ่านที่ใช้งานได้สะดวก
3. เป็นกระบวนการที่มีความปลอดภัยต่อสภาวะแวดล้อมค่อนข้างสูง สามารถติดตั้งอยู่ในที่ชุมชนได้ ทำให้ค่าขนส่งลดลงสามารถลดปริมาณของเสียได้มากกว่า 90% และหากยังใช้ทำถ่านกัมมันต์ (activated carbon) ได้

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอุณหภูมิสลายตัวของ HDPE และพลาสติกผสมของ HDPE กับ PP หรือ PS เพื่อหาวิธีประหยัดพลังงาน และสามารถนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปใช้เป็นประโยชน์ได้

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง



วัสดุและอุปกรณ์

- เม็ดพลาสติก High density polyethylene (HDPE) Polypropylene (PP) Polystyrene (PS)
- เครื่อง Thermo-Gravimetric Analysis (TGA)
- เครื่อง Single screw extrusion สำหรับผสมพลาสติก
- ชุดอุปกรณ์สลายพลาสติกด้วยความร้อนดังรูปที่ 1

วิธีการทดลอง

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมวัตถุดิบ

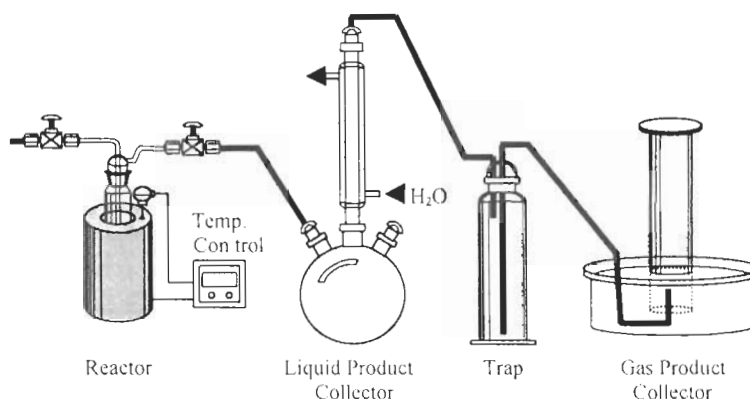
- ผสม HDPE กับ PP ในอัตราส่วน 80:20 60:40 40:60 และ 20:80 ด้วยเครื่อง Single screw extrusion
- ผสม HDPE กับ PS ในอัตราส่วน 80:20 60:40 40:60 และ 20:80 ด้วยเครื่อง Single screw extrusion

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาการสลายตัวด้วยความร้อนของ HDPE และพลาสติกผสมด้วย TGA

- วิเคราะห์การสลายตัวของ HDPE ด้วย TGA
- วิเคราะห์การสลายตัวของ HDPE ที่มี PP หรือ PS ปนอยู่ในอัตราร้อยละ 80 และ 20 ด้วย TGA

ขั้นตอนที่ 3 ศึกษาของการสลายด้วยความร้อนของ HDPE บริสุทธิ์และ HDPE ที่มี PP หรือ PS ปนอยู่

- สลาย HDPE 20 กรัม ในบรรยากาศไนโตรเจน ที่อุณหภูมิ 340 380 420 460 และ 500 องศาเซลเซียส
- สลายพลาสติกผสมแต่ละตัวอย่างจำนวน 20 กรัม ในบรรยากาศไนโตรเจนที่อุณหภูมิ 340 380 420 460 และ 500 องศาเซลเซียส



รูปที่ 1 ชุดอุปกรณ์สลายพลาสติกด้วยความร้อน

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการสลาย HDPE บริสุทธิ์ และพลาสติกผสม ณ อุณหภูมิต่างๆ ตลอดช่วง 340–500°C ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวปริมาณแตกต่างกันตามชนิดและอุณหภูมิการสลายตัวของพลาสติกดังตารางที่ 1

การศึกษาการสลาย HDPE บริสุทธิ์ด้วยความร้อน พบว่ามีการสลายและให้ผลิตภัณฑ์ของเหลวมากที่สุดที่ 460°C ให้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวมากที่สุด เมื่อผสม PS ในอัตราส่วน 80:20 ดังรูปที่ 2 และอุณหภูมิของการสลายลดลง เมื่อมีการผสม PS ที่เพิ่มขึ้น

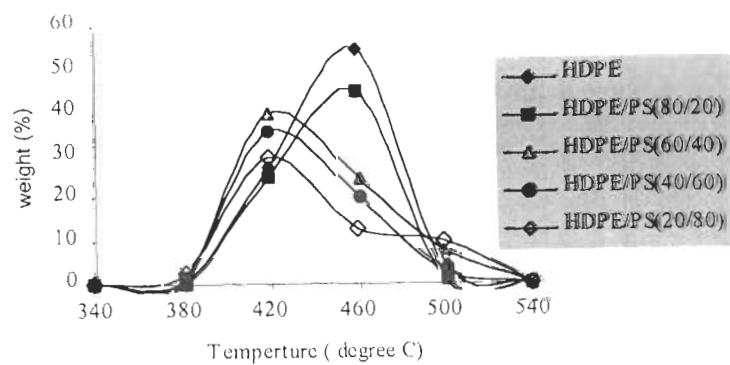
ส่วนการสลายของ HDPE กับ PP นั้น อุณหภูมิการสลายไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก โดยอุณหภูมิจะอยู่ในช่วง 420–460°C และมีปริมาณของเหลวน้อยกว่า การสลายตัวของ HDPE บริสุทธิ์

จากกราฟ TGA พบว่า HDPE บริสุทธิ์มีช่วงอุณหภูมิการสลายตัวที่สูง แต่ HDPE ผสม PS หรือ PP ที่ปริมาณมากจะมีอุณหภูมิการสลายตัวลดลง ดังรูปที่ 4 และ 5

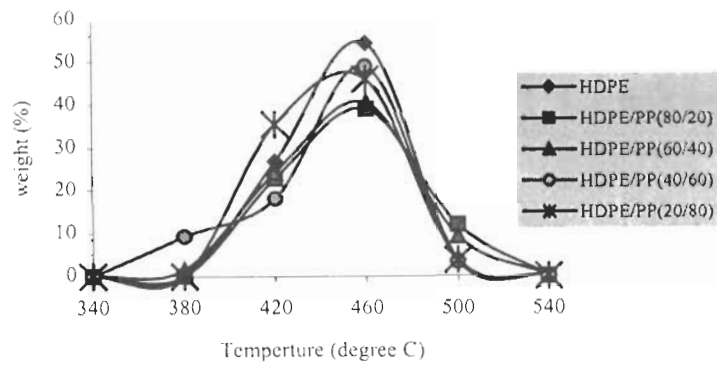
ตารางที่ 1

ปริมาณผลิตภัณฑ์ของเหลวที่ได้จากการสลายตัวของพลาสติก ณ อุณหภูมิต่างๆ ในช่วง 340-500°C

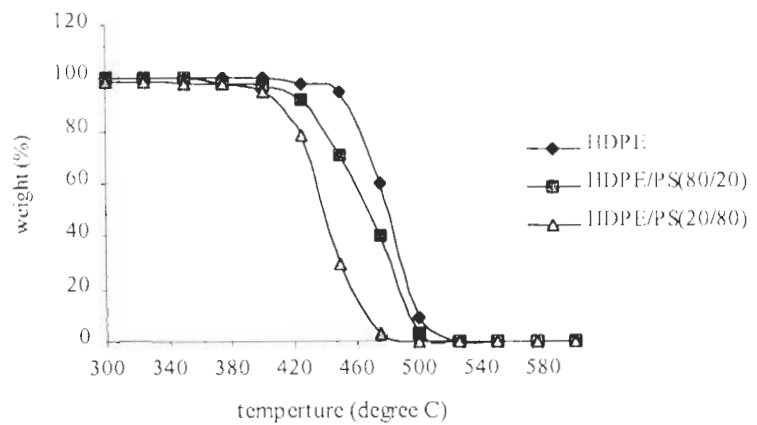
วัตถุดิบ	ผลิตภัณฑ์ของเหลว (% โดยน้ำหนัก)					รวม (%)	กาก (กรัม)
	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)						
	340	380	420	460	500		
HDPE	0	0	26.82	54.42	3.83	85.07	0.43
HDPE/PS (80:20)	0	0	24.74	44.60	0.85	70.19	0.55
HDPE/PS (60:40)	0	1.03	38.72	24.03	7.22	63.78	0.87
HDPE/PS (40:60)	0	1.39	35.49	19.95	2.77	59.60	0.58
HDPE/PS (20:80)	0	2.40	29.39	12.68	9.78	54.25	0.66
HDPE/PP (80:20)	0	0	22.80	39.12	12.02	73.94	0.38
HDPE/PP (60:40)	0	1.57	24.17	40.49	3.29	75.50	0.57
HDPE/PP (40:60)	0	9.27	18.14	48.99	3.29	79.69	0.47
HDPE/PP (20:80)	0	0	35.42	45.97	3.78	85.17	0.31



รูปที่ 2 ปริมาณผลิตภัณฑ์ของเหลวที่ได้จากการสลายตัวของ HDPE และ HDPE ผสม PS ในอัตราส่วนต่างๆ



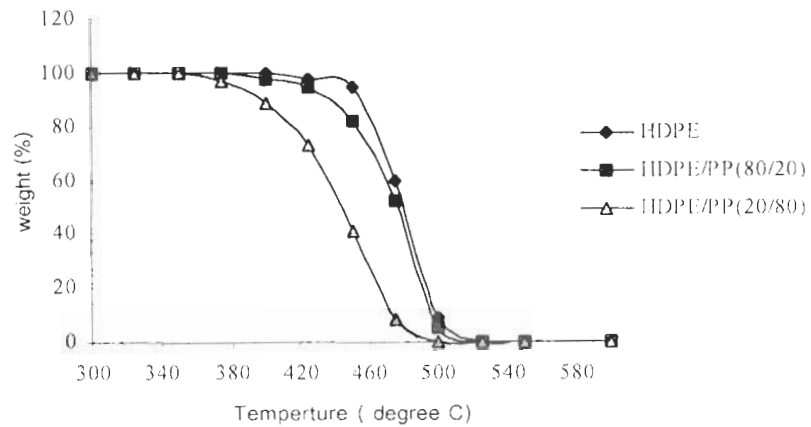
รูปที่ 3 ปริมาณผลิตภัณฑ์ของเหลวที่ได้จากการสลายตัวของ HDPE และ HDPE ผสม PP ในอัตราส่วนต่างๆ



รูปที่ 4 กราฟ TGA ของ HDPE และ HDPE ผสม PS ในอัตราส่วนต่าง ๆ

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่า เมื่อนำพลาสติกชนิดอื่นมาผสมกับ HDPE ในอัตราส่วนที่เหมาะสม สามารถที่จะลดอุณหภูมิและประหยัดพลังงานลงได้แต่พบได้ในบางอัตราส่วน ซึ่งเมื่อนำมาประยุกต์ในอุตสาหกรรมอาจช่วยลดต้นทุนการผลิตลงได้ ผลิตภัณฑ์ที่ได้ทั้งของเหลว แก๊ส และของแข็งยังสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงหรือเป็นสารเริ่มต้นในกระบวนการผลิตสารเคมีหรือพอลิเมอร์ชนิดใหม่



รูปที่ 5 กราฟ TGA ของ HDPE และ HDPE ผสม PP ในอัตราส่วนต่างๆ

เอกสารอ้างอิง

- [1] สมาคมอุตสาหกรรมพลาสติกไทย "ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าและส่งออกเม็ดพลาสติกใน พ.ศ.2539" วารสารพลาสติก ปีที่14 ฉบับที่ 3 48 2540
- [2] สมาคมอุตสาหกรรมพลาสติกไทย "ผลิตภัณฑ์ PVC มีความปลอดภัยสำหรับชีวิตประจำวันจริงหรือไม่" วารสารพลาสติก ปีที่ 13 ฉบับที่ 6 44 2540
- [3] Schnabel, W. *Polymer Degradation Principles and Practical Applications*, Hanser International, Munchen, (1981) 54-57
- [4] Elizabeth A. Williams and Paul T. Williams, *The Pyrolysis of Individual Plastics and a Plastic Mixture in a Fixed Bed Reactor*, J.Chem.Tech.Biotecol, Vol.70, December 1996, 9-20.
- [5] R.W.J. Westerhout and J.A.M.Kuipers, *Experimental Determination of the Yield of Pyrolysis Products of Polyethylene and Polypropene*, Ind.Eng.Chem.Res. Vol37, 1998, 841-847
- [6] Paul T. Williams and Elizabeth A.Williams, *Interaction of Plastics in Mixed - Plastic Pyrolysis*, Energy&Fuels. Vol13, 1999, 188-196