

ผลกระทบของโพลีเอทิลีนและโพลีสไตรีนที่มีต่อการ สลายตัวด้วยความร้อนของโพลีโพรไพลีน

วนิดา เจริญไชย

นักศึกษาระดับปริญญาโท

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ดร.ไพศาล นาคพิพัฒน์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

สันติ วัฒนานุสรณ์

อาจารย์

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ได้ศึกษาผลกระทบของพลาสติกที่เป็นสารเจือต่อการสลายตัวด้วยความร้อน (pyrolysis) ของโพลีโพรไพลีน โดยการผสมพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน และโพลีสไตรีนเป็นสารเจือกับโพลีโพรไพลีนด้วยความเข้มข้น 20% 40% 60% และ 80% โดยน้ำหนัก แล้วสลายตัวด้วยความร้อนภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน จากการวิเคราะห์ทางความร้อนเบื้องต้นด้วย (TGA) พบว่า โพลีโพรไพลีนบริสุทธิ์สลายตัวที่ $330^{\circ}-495^{\circ}\text{C}$ และสำหรับส่วนผสมของโพลีโพรไพลีนกับโพลีเอทิลีนที่เป็นสารเจือพบว่าอุณหภูมิในการสลายตัวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง $360^{\circ}-510^{\circ}\text{C}$ ส่วนกรณีที่ผสมกับสารเจือที่เป็นโพลีสไตรีนอุณหภูมิในการสลายตัวมีแนวโน้มลดลงอยู่ในช่วง $340^{\circ}-500^{\circ}\text{C}$ และเมื่อทำการสลายตัวด้วยความร้อนพลาสติกที่มีส่วนผสมในอัตราส่วนต่างๆ ในช่วงอุณหภูมิ $300^{\circ}-500^{\circ}\text{C}$ จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์

เป็นของเหลว ก๊าซ และกากรคาร์บอน ซึ่งผลิตภัณฑ์ทั้งของเหลวและก๊าซ จะเป็นของผสมไฮโดรคาร์บอนโมเลกุลเล็กและอนุพันธ์ต่างๆ ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่นได้

Effects of Polyethylene and Polystyrene Blending on Pyrolysis of Polypropylene

Wanida Chareunchai

Graduate Student

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

Dr.Paisal Nakpipat

Assistance Professor

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

Santi Wattanusorn

Lecturer

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

Abstract

This research studied the effects of other plastics blendings on the degradation of polypropylene by mixing polyethylene and polystyrene as impurities with polypropylene in concentrations of 20%, 40%, 60% and 80% by weight and pyrolysing under nitrogen atmosphere. From the thermal analysis by Thermogravimetric analyzer (TGA), it is found that the virgin polypropylene was degraded at 330°–495° C and that for polyethylene blending on polypropylene, the temperature of degradation was increased to the range of 360°–510° C and for polystyrene blending on polypropylene, temperature was decreased to the range of 340°–500° C. The pyrolysis of plastics mixtures in various ratios at 300°–500° C gave oil, gas, and residue as products. The oil and gas are mixture of micro - molecular

hydrocarbon and their derivatives which could be served as feedstock for light olifins manufacture in the same way as crude petroleum.

บทนำ

พลาสติกเป็นวัสดุที่มีบทบาทมากในปัจจุบัน เนื่องจากมีคุณสมบัติเด่นหัดเทียมวัสดุจากธรรมชาติ หากแต่มิมีน้ำหนักเบา และสามารถผ่านกระบวนการแปรรูปได้ง่าย พลาสติกมีข้อดีโดยรวมคือ เบา ใส ราคาถูก และสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ แนวโน้มความต้องการผลิตภัณฑ์ในปัจจุบันนับวันยิ่งสูงขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงที่ผ่านมาประเทศต่างๆ ได้ดำเนินการพัฒนาอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขึ้นมาเพื่อรองรับความต้องการในการใช้พลาสติกเพิ่มขึ้นทุกปี ทำให้เกิดปัญหาสะสมของขยะพลาสติก เนื่องจากพลาสติกโดยทั่วไปมีโครงสร้างที่ไม่สามารถถูกย่อยสลายโดยธรรมชาติได้ง่าย ทางออกหนึ่งในการแก้ปัญหาเหล่านี้คือ การนำกลับมาใช้ใหม่ โดยทั่วไปแล้ววิธีการสำหรับการปฏิบัติต่อพลาสติกเหลือใช้หลายวิธีเช่น ทำให้สลายตัวโดยแบคทีเรีย หรือโดยแสงแดด นำกลับมาใช้ใหม่ เปลี่ยนให้เป็นโมโนเมอร์ด้วยวิธีการสลายตัวด้วยความร้อน (pyrolysis) หรือวิธีอื่น[1]

การสลายตัวด้วยความร้อนเป็นวิธีเปลี่ยนขยะพลาสติกให้เป็นผลิตภัณฑ์รูปอื่นที่มีข้อดีมากกว่าการสลายตัวด้วยวิธีอื่นกล่าวคือ เป็นวิธีการที่รวดเร็ว และสามารถควบคุมได้โดยง่าย[4] ปฏิกริยาที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวด้วยความร้อนพลาสติกมี 3 รูปแบบคือ

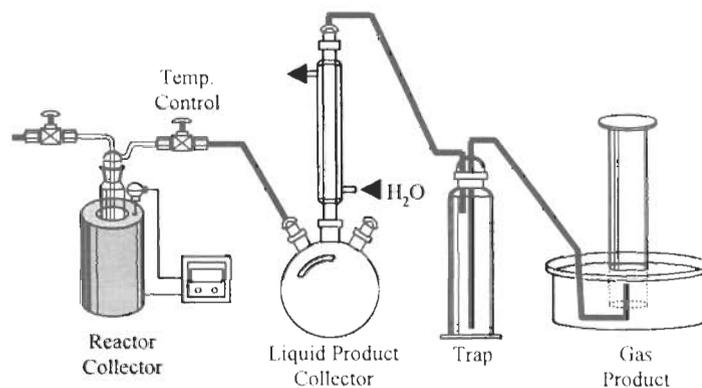
1. การเกิดดีโพลีเมอร์ไรเซชันเปลี่ยนเป็นโมโนเมอร์ หรือสารที่มีโมเลกุลลดลงเช่น พวกร PMMA PIFE[1]
2. เกิดการแบ่งแยกออกเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อย (fragmentation) ที่โซ่หลักและแตกตัวที่ความยาวของสายโซ่ต่างๆ กัน ทำให้เกิดเป็นสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่างๆ เช่น โพลีเอทิลีน (PE) และโพลีโพรพิลีน (PP) เมื่อถูกย่อยสลายด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 400° C จะเปลี่ยนเป็นไฮโดรคาร์บอนที่มีขนาดเล็กลง ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ได้แก่ สารในกลุ่มพาราฟิน (parafin) และโอเลฟิน (olefin) เป็นส่วนใหญ่ที่ในกรณีที่มีการย่อยสลายด้วยความร้อนที่อุณหภูมิสูงๆ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเป็นพวกก๊าซต่างๆ เช่น H CH_4 C_2H_2 และ C_3H_8 [1]

3. เกิดการย่อยสลายทั้งรูปแบบที่ 1 และรูปแบบที่ 2 พร้อมกันเช่น โพลิสไตรีน (PS) และ PIB[1]

ผลจากการสลายตัวด้วยความร้อนของพลาสติกผสมนี้จะได้ผลิตภัณฑ์รวมในลักษณะที่เป็นของเหลว หรือน้ำมัน (oil) และผลิตภัณฑ์เหล่านี้สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตพลังงานได้โดยตรง หรืออาจนำไปกลั่นแยกเพื่อใช้เป็นสารเริ่มต้นในกระบวนการผลิตทางปิโตรเคมี[4]

การทดลอง

โพลิพรโพลีน โพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูง และโพลิสไตรีนที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นพลาสติกที่ยังไม่ถูกใช้งาน และสามารถผลิตได้ภายในประเทศไทย โดยโพลิเมอร์องค์ประกอบทั้งหมดจะถูกผสมในเครื่องอัตโนมัติแบบสกรูเดี่ยว ซึ่งมีโซนในการผสม 4 โซน โดยมีอุณหภูมิในโซนที่ 1 คือ 175°C โซนที่ 2 ถึงโซนที่ 4 คือ 230°C อัตราเร็วในการหมุนสกรูในการผสมเท่ากับ 50 rpm ในการผสมใช้อัตราส่วนในการผสมโดยน้ำหนักโดยที่โพลีเอทิลีน และโพลิสไตรีนจะถูกนำมาผสมกับโพลิพรโพลีนด้วยความเข้มข้นโดยน้ำหนัก 20%, 40%, 60% และ 80% จากนั้นจะทำการศึกษาสมบัติทางความร้อนของโพลิเมอร์ผสมในอัตราส่วนต่างๆ โดยใช้ Thermogravimetric analyser (TGA) model TGA51 และสารตัวอย่างประมาณ 15–30 mg ทำการทดสอบในช่วงอุณหภูมิ 150°C – 600°C อัตราการให้ความร้อน $20^{\circ}\text{C}/\text{นาที}$

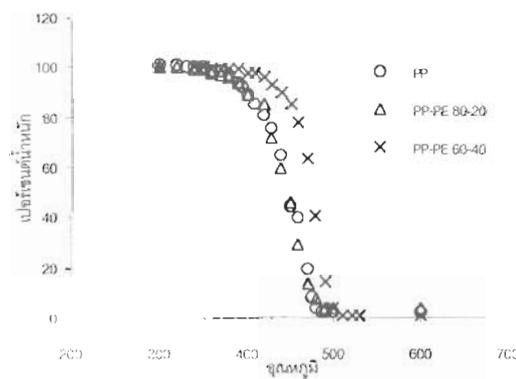


รูปที่ 1 ชุดการทดลองการสลายตัวด้วยความร้อน

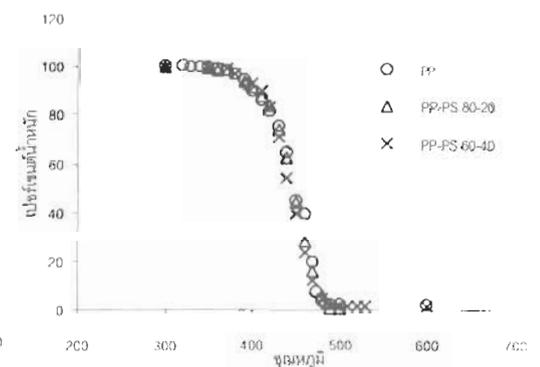
และทำการสลายตัวด้วยความร้อนของพลาสติกผสมในปริมาณ 10 กรัม โดยเพิ่มอุณหภูมิขึ้นเป็นช่วงเริ่มจาก 300° 340° 380° 420° 460° และ 500°C ภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน โดยมีชุดการทดลองดังรูปที่ 1 และเก็บผลิตภัณฑ์ของทุกช่วงอุณหภูมิ

ผลและการวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาสมบัติของการสลายตัวด้วย TGA โดยมีโพลีเอทิลีนเป็นสารเจือจากรูปที่ 1 เมื่ออัตราส่วนของสารเจือเพิ่มขึ้นพบว่า อุณหภูมิที่ใช้ในการสลายตัวเมื่อเทียบกับเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเพิ่มขึ้น และในกรณีที่มีโพลิสไตรีนเป็นสารเจือพบว่า เมื่ออัตราส่วนของสารเจือเพิ่มขึ้น อุณหภูมิที่ใช้ในการสลายตัวเมื่อเทียบกับเปอร์เซ็นต์น้ำหนักจะลดลงเล็กน้อย จากรูปที่ 2 และ 3 สรุปได้ว่าโพลีเอทิลีนจะมีผลกระทบต่ออุณหภูมิในการสลายตัวของโพลีโพรพิลีนมากกว่าสารเจือที่เป็นโพลิสไตรีน



รูปที่ 2 น้ำหนักที่เปลี่ยนไปในแต่ละอัตราส่วนระหว่าง PP-PE



รูปที่ 3 น้ำหนักที่เปลี่ยนไปในแต่ละอัตราส่วนระหว่าง PP-PS

ผลการสลายตัวด้วยความร้อนได้ผลิตภัณฑ์เป็นของเหลวใส ก๊าซ และถ่านคาร์บอน ซึ่งล้วนแต่เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1

ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสลายด้วยความร้อนของ PP/PE และ PP/PS (10 g)

ผลิตภัณฑ์ (%)	PP	PP/PE				PP/PS			
		80/20	60/40	40/60	20/80	80/20	60/40	40/60	20/80
ของเหลว	86.92	70.03	72.28	74.09	74.67	30.96	52.08	68.29	79.83
ก๊าซ	9.77	17.77	19.12	18.89	17.83	48.59	44.95	29.35	18.21
กาก	3.31	12.20	8.76	7.02	7.5	20.45	2.97	2.36	1.96

ก๊าซที่ได้ส่วนใหญ่เป็นสารไฮโดรคาร์บอน โมเลกุลเล็กตั้งแต่ $C_1 - C_5$ ได้แก่ มีเทน อีเทน อีทีน โพรเพน บิวเทน และบิวทีน[5] ในกรณีที่ผลิตภัณฑ์เป็นของเหลวพบว่า เป็นโมโนเมอร์ของสารตั้งต้น และสารอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน ได้แก่ เบนซีน โทลูอีน ไซลีน ไตรเมทิลเบนซีน แนพทาซีน ไตรเมทิลแนพทาซีน และไดเมทิลแนพทาซีน[5] ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสลายตัวด้วยความร้อนเหล่านี้สามารถนำมาใช้เป็นสารตั้งต้นในอุตสาหกรรมเคมีและทดแทนพลังงานอื่นได้

สรุปผลการทดลอง

การผสมสารเจือที่เป็นพลาสติกต่างชนิดกันในอัตราส่วนต่างๆ พบว่าสารเจือที่เป็นโพลีเอทิลีนจะให้ปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวลดลงและมีปริมาณก๊าซเพิ่มขึ้น ส่วนกากมีปริมาณลดลง และกรณีที่สารเจือที่เป็นโพลีสไตรีนจะให้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวเพิ่มขึ้น ให้ก๊าซและกากลดลง จากการผสมสารเจือที่เป็นพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนจะทำให้อุณหภูมิในการสลายตัวด้วยความร้อนสูงขึ้นและสารเจือที่เป็นพลาสติกชนิดโพลีสไตรีนจะทำให้อุณหภูมิในการสลายตัวด้วยความร้อนต่ำลง อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้เป็นเพียงการหาข้อมูลเบื้องต้นเพื่อใช้ประกอบการศึกษาวิจัยเพื่อหาเทคโนโลยีใหม่ๆ สำหรับการนำขยะพลาสติกกลับไปใช้ใหม่อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

- [1] R.J. Ehring,ed., **Plastic Recycling**, Oxford University Press, New York, (1992).
- [2] M.J. Folkes and P.S. Hope ed., **Polymer Blends and Alloys**, Brunel University Uxbridge, (1993).
- [3] S.A. Liebman and E.J. Levy, **Pyrolysis and GC in Polymer Analysis**, Vol 29, Dekker, Pennsylvania, (1984).
- [4] Lyle F. Albright, Billy L. Crynes and William H. Corcoran, **Pyrolysis Theory and Industrial Practice**, Academic Press, New York (1983).
- [5] Paul T. Williams* and Elizabeth A. Williams, **Interaction of Plastics in mixed-Plastics Pyrolysis**, J. of Energy and Fuels, vol.13,pp.188-196 (1999).