



รายงานโครงการวิจัย

เรื่อง

Production of PP wax by thermal cracking

การทดลองผลิตพอลิโพรพิลีนแว็กซ์โดยกระบวนการแตกตัวด้วยความร้อน

โดย

นางสาวเกศแก้ว

สุวรรณอำไพ

รหัสนิติ 5832908323

นางสาวพลอยไพลิน

มงคลแสงสุรีย์

รหัสนิติ 5832944923

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ

โครงการการเขียนการเสนอเพื่อเสริมประสบการณ์ ปีการศึกษา 2561

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของโครงการทางวิชาการที่ส่งผ่านทางคณะที่สังกัด

ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

are the senior project authors' files submitted through the faculty.

CHEMICAL TECHNOLOGY



รายงานโครงการวิจัย

Production of PP wax by thermal cracking

การทดลองผลิตพอลิโพรพิลีนแว็กซ์โดยกระบวนการแตกตัวด้วยความร้อน

โดย

นางสาวเกศแก้ว	สุวรรณอำไพ	รหัสนิสิต 5832908323
นางสาวพลอยไพลิน	มงคลแสงสุรีย์	รหัสนิสิต 5832944923

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ

โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ ปีการศึกษา 2561

ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ลุล่วงไปด้วยดีด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร. ประเสริฐ เรียบร้อย เจริญ อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย ที่ได้ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ ข้อคิดเห็นต่างๆ และช่วยแก้ไขงานวิจัยฉบับนี้ให้สมบูรณ์ กลุ่มของข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ ดร. สโรชา สำราญรัตนศักดิ์ ซึ่งเป็นผู้คอยให้คำปรึกษา ทั้งเรื่องการวางแผนการทำวิจัย การวิเคราะห์ผล ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ที่เกี่ยวกับการทดลองแตกสลายตัวด้วยความร้อนของพอลิโพรพิลีน แวกซ์นี้ ทั้งช่วยสอนวิธีการทำการทดลอง ตลอดจนให้การอนุเคราะห์อุปกรณ์ในการทำ รวมถึงคอยดูแลและให้คำปรึกษาเมื่อเกิดปัญหา

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการทำโครงการวิจัยจากคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และขอขอบพระคุณภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และเครื่องมือในการทำวิจัย ตลอดจนคณาจารย์ภาควิชาเคมีเทคนิคทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ ให้ความเมตตาและเอาใจใส่แก่กลุ่มข้าพเจ้าตลอดมา

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาเคมีเทคนิคทุกท่าน เพื่อนและรุ่นพี่ในภาควิชาเคมีเทคนิคที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และให้กำลังใจแก่กลุ่มของข้าพเจ้าตลอดการทำโครงการวิจัย

ขอขอบคุณตัวข้าพเจ้าเองและคู่ร่วมโครงการวิจัย ที่ได้ทำการศึกษาวิจัยงานวิจัยชิ้นนี้จนสำเร็จลุล่วง ได้ช่วยเหลือกันในด้านต่างๆ ทั้งในส่วนของการทำงานวิจัย การทำรูปเล่ม

สุดท้ายนี้กลุ่มข้าพเจ้าขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่ให้ความรักความเป็นห่วง กำลังใจ และให้ทุนสนับสนุนการเรียน การทำวิจัยด้วยดีเสมอมา และขอบคุณทุกท่านที่มีได้กล่าวนาม ณ ที่นี้ ที่มีส่วนช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วย

ชื่อโครงการ การผลิตพอลิโพรพิลีนแวกซ์ โดยกระบวนการแตกตัวด้วยความร้อน

ชื่อนิสิตผู้ทำโครงการ นางสาว เกศแก้ว สุวรรณอำไพ

นางสาว พลอยไพลิน มงคลแสงสุรีย์

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ

ภาควิชา เคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการการผลิตพอลิโพรพิลีนแวกซ์ โดยกระบวนการแตกตัวด้วยความร้อน โดยกระบวนการแตกตัวด้วยความร้อนมีอุณหภูมิเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้พอลิเมอร์เกิดการแตกตัว แต่การใช้อุณหภูมิสูงเป็นระยะเวลาสั้นจะทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงาน โดยทั่วไปจึงมีการใช้เปอร์ออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่สามารถช่วยให้พอลิเมอร์สามารถแตกตัวได้ดีที่อุณหภูมิต่ำลงและลดระยะเวลาในการให้ความร้อน งานวิจัยนี้ศึกษาการผลิตพอลิโพรพิลีนแวกซ์โดยกระบวนการแตกตัวด้วยความร้อนในปัจจัยของอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาในช่วง 220 ถึง 250 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาในช่วง 15 ถึง 60 นาที ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาเปอร์ออกไซด์ ในช่วงร้อยละ 2 ถึง 6 โดยน้ำหนัก และเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ใส่ตัวเร่งปฏิกิริยา โดยออกแบบการทดลองเพื่อหาภาวะที่เหมาะสมให้ได้ปริมาณแวกซ์สูงสุดและมีสมบัติที่เหมาะสม โดยสมบัติของพอลิโพรพิลีนแวกซ์สามารถวิเคราะห์ได้โดยเครื่อง Colorimeter สำหรับการวิเคราะห์สี และเครื่อง Brookfield สำหรับการวัดค่าความหนืด โดยจะทำให้ทราบอุณหภูมิที่เหมาะสมในการแตกตัวด้วยความร้อน และนำอุณหภูมินี้ไปใช้เป็นตัวแปรควบคุมในการหาระยะเวลา และปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสมต่อไป

ในขั้นต้นของการวิจัยผู้ทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมกับการผลิตพอลิโพรพิลีน แวกซ์จากปริมาณพอลิโพรพิลีน 100 กรัม ได้แก่ 240 องศาเซลเซียส ใช้เวลาหลอม 45 นาที ปริมาณเปอร์ออกไซด์ 2% โดยน้ำหนัก, 240 องศาเซลเซียส ใช้เวลาหลอม 60 นาที ปริมาณเปอร์ออกไซด์ 2% โดยน้ำหนัก, 250 องศาเซลเซียส ใช้เวลาหลอม 15 นาที ปริมาณเปอร์ออกไซด์ 2% โดยน้ำหนัก, 250 องศาเซลเซียส ใช้เวลาหลอม 30 นาที ปริมาณเปอร์ออกไซด์ 2% โดยน้ำหนัก ซึ่งจะนำสภาวะดังกล่าวไปศึกษากรณีเพิ่มปริมาณพอลิโพรพิลีน 250 g เพื่อดูคุณสมบัติของพอลิโพรพิลีนแวกซ์ต่อไป

คำสำคัญ: พอลิโพรพิลีน, พอลิโพรพิลีน แวกซ์, พลาสติก แวกซ์, กระบวนการแตกสลายตัวด้วยความร้อน

ภาควิชา เคมีเทคนิค

ลายมือชื่อนิสิต

สาขาวิชา เคมีวิศวกรรม

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

Title Production polypropylene wax by thermal cracking

Student name Miss Keskeaw Suwanampai
Miss Ploypailin Mongkolsaengsuree

Adivisor Assoc. Prof. Dr. Prasert Reubroycharoen

**Department of Chemical Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University,
Academic Year 2018**

ABSTRACT

This research aims to study the parameters which affect to the Production polypropylene wax by thermal cracking. In thermal cracking process, temperature is the main factor that make polymer cracked. However, suppling temperature for a long time is consume too much energy. In general peroxide was used as a catalyst for making a polymer cracked at a lower temperature and decrease reaction time. This research studies about production polypropylene wax by thermal cracking process in several parameters such as reaction temperature of 220 to 250°C, reaction time of 15 to 60 minutes and catalyst loading of 2 to 6 percent by weight compares with the case of without catalyst. The design of experiment was investigated to determine the optimal condition on the highest yield of polypropylene wax and condition which suitable for molding industry. The suitable condition is analyzed by the use of Colorimeter in order to analyze color and Brookfield in order to analyze viscosity of polymer. This experiment is determined to find a suitable temperature for producing polypropylene wax by thermal cracking and this temperature is used as a control variable in determining reaction time and the appropriate amount of catalyst. From the experiment found that the appropriate condition to produce polypropylene wax from 100 grams of polypropylene plastic are the condition of 240 °C with 45 mins and 2 %wt of peroxide , 250 °C with 15 mins and 2 %wt of peroxide and the condition of 250 °C with 30 mins and 2 %wt of peroxide. So we will make an experiment about increasing of amount of polypropylene from 250 grams for learning more about the property of polypropylene wax

Keywords: Polypropylene, Polypropylene wax, PP wax, Plastic wax, Thermal cracking

Department of Chemical Technology Student's signature

Major: Chemical Engineering Advisor's signature

สารบัญ

บทที่ 1 : บทนำ.....	1
ที่มาและมูลเหตุจูงใจ.....	1
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
วิธีดำเนินงานวิจัย.....	2
1.6 สมมุติฐานงานวิจัย.....	2
บทที่ 2 : ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 พอลิโพรพิลีน (polypropylene;PP).....	3
2.2 กระบวนการแตกสลายโดยใช้ความร้อน (Thermal cracking).....	5
2.3 กระบวนการไพโรไลซิส.....	5
2.4 ความหนืด (Viscosity).....	8
2.5 พอลิโพรพิลีนแว็กซ์.....	11
2.6 ตัวเร่งปฏิกิริยาเปอร์ออกไซด์.....	12
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	15
บทที่ 3 : วิธีดำเนินงานวิจัย.....	17
3.1 สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย.....	17
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	17
3.3 วิธีดำเนินการทดลอง.....	18
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง.....	20
4. การวิเคราะห์ค่าความหนืดเมื่อหลอมเหลว 1(melt viscosity).....	20
ผลของอุณหภูมิที่มีต่อการแตกสลายตัวด้วยความร้อน เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ.....	21
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	23
เอกสารอ้างอิง.....	25

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่ 1 ปฏิกริยาการเกิด Polypropylene.....	3
ภาพที่ 2 ประเภทของพอลิโพรพิลีน.....	4
ภาพที่ 3 ประเภทของโคพอลิเมอร์.....	5
ภาพที่ 4 แสดงการเกิด velocity gradient เมื่อมีแรงกระทำในแนวขนานกับพื้นผิวของไหล.....	9
ภาพที่ 5 กราฟแสดงลักษณะการไหลของของเหลว.....	10
ภาพที่ 6 เม็ดพลาสติกพอลิโพรพิลีน.....	11
ภาพที่ 7 พอลิโพรพิลีนแวกซ์.....	12
ภาพที่ 8 เครื่อง Simple distillation apparatus.....	18

บทที่ 1 : บทนำ

ที่มาและมูลเหตุจูงใจ

ปัจจุบันมีการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและจำนวนประชากรเพิ่มขึ้น ทำให้ในภาคครัวเรือนและเชิงพาณิชย์ มีการใช้ผลิตภัณฑ์จากพลาสติกจำนวนมาก^[1] เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่หาซื้อง่าย ราคาถูก ซึ่งขาดไม่ได้เลยคือ ถุงบรรจุภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปที่สามารถอุ่นร้อนได้ทันที กล่องบรรจุภัณฑ์อาหาร หรือ อุปกรณ์ทางการแพทย์และพลาสติกในห้องปฏิบัติการ ล้วนแล้วแต่ผลิตจากพอลิโพรพิลีน (polypropylene) เนื่องจากพอลิโพรพิลีนมีคุณสมบัติเฉพาะตัว^[2] คือ มีผิวแข็ง ทนทานต่อการขีดข่วนคงตัวไม่เสียรูปง่าย มีความทนทานมากสามารถทำเป็นบานพับในตัว เมื่อไม่ได้ผสมสีมีลักษณะขาวขุ่น ไม่ทึบแต่ไม่ใส ทึบแสงกว่าพอลิเอทิลีน (polyethylene) มีน้ำหนักเบา เนื่องจากมีความหนาแน่นน้อยในช่วง $0.855 - 0.946 \text{ g/cm}^3$ ด้วยเหตุนี้จึงสามารถลอยน้ำได้เช่นเดียวกับพอลิเอทิลีน มีจุดหลอมเหลวสูง $130-171 \text{ }^{\circ}\text{C}$ จึงสามารถทนอุณหภูมิสูงที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ (Sterilization : $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$) ได้เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดีมาก แม้ที่อุณหภูมิสูง มีความต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำและก๊าซได้ดี ดังนั้นจึงช่วยป้องกันอาหารจากความชื้นได้ดีทนทานต่อสารเคมีส่วนมาก ได้แก่ กรด ต่าง แอลกอฮอล์ ตัวทำละลายอินทรีย์ ด้วยคุณสมบัติโดดเด่นนี้ปัจจุบันจึงมีการใช้พอลิโพรพิลีนในอุตสาหกรรมต่างๆ อย่างแพร่หลายและเป็นที่ต้องการ

ในกระบวนการขึ้นรูปพลาสติกนั้น มีการให้ความร้อนแก่พอลิเมอร์ให้เกิดการหลอมเหลวเพื่อนำไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ระหว่างการขึ้นรูปจะมีการใช้แว็กซ์ (wax) เพื่อให้พอลิเมอร์เหลวเคลื่อนที่ได้สะดวกขึ้น แต่ในอุตสาหกรรมขณะนี้ ไม่มีการผลิตพอลิโพรพิลีน แวกซ์ (polypropylene wax) ทำให้ขณะหล่อขึ้นรูปพอลิโพรพิลีน (polypropylene) ได้นำพอลิเอทิลีน แวกซ์ (polyethylene wax) มาช่วยในกระบวนการขึ้นรูปทำ ทำให้ในระหว่างกระบวนการการขึ้นรูปมีการผสมพอลิเอทิลีน (polyethylene) ในเนื้อพอลิโพรพิลีน (polypropylene) และไม่เป็นเนื้อเดียวกัน ดังนั้นการผลิตพอลิโพรพิลีน (polypropylene wax) จึงเป็นประโยชน์อย่างสูงในกระบวนการขึ้นรูปของพอลิโพรพิลีน (polypropylene) พอลิโพรพิลีน (polypropylene wax) และ พอลิโพรพิลีน (polypropylene) เมื่อเย็นตัวลงจะเป็นเนื้อเดียวกัน และพลาสติกที่ได้จะมีความบริสุทธิ์สูงกว่าแบบใช้พอลิโพรพิลีน แวกซ์ (polypropylene wax)

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการแตกสลายตัวด้วยความร้อนของพอลิโพรพิลีน
2. หาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับผลิตพอลิโพรพิลีนแวกซ์ผ่านกระบวนการแตกสลายโดยใช้ความร้อน

ขอบเขตของงานวิจัย

ศึกษาผลของกระบวนการแตกสลายโดยใช้ความร้อน (Thermal cracking) ที่อุณหภูมิ 220 ถึง 250 °C และเวลา 15 ถึง 60 นาที จำนวนตัวเร่งปฏิกิริยาเปอร์ออกไซด์ (peroxide) ร้อยละ 0-6 โดยน้ำหนัก นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปทำการวิเคราะห์คุณสมบัติผ่านเครื่อง Colorimeter เพื่อหาค่าความเหลือง และ Brookfield Viscometer เพื่อหาค่าความหนืด (viscometer)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงผลของอุณหภูมิและตัวเร่งปฏิกิริยาเปอร์ออกไซด์ ในการผลิตพอลิโพรพิลีนแวกซ์โดยกระบวนการแตกสลายโดยใช้ความร้อน
2. ทราบถึงสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการแตกสลายโดยใช้ความร้อน

วิธีดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
2. เตรียมสารเคมี เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำวิจัย
3. ผลิตพอลิโพรพิลีนแวกซ์จากกระบวนการแตกสลายโดยใช้ความร้อน
4. วิเคราะห์สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตพอลิโพรพิลีนแวกซ์
5. วิเคราะห์ข้อมูล สรุปผลการทดลอง จัดทำรายงานและนำเสนอผลงาน

1.6 สมมุติฐานงานวิจัย

1. ในสภาวะที่อุณหภูมิ 230 °C จะได้ผลิตภัณฑ์แวกซ์ที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการนำไปใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรม

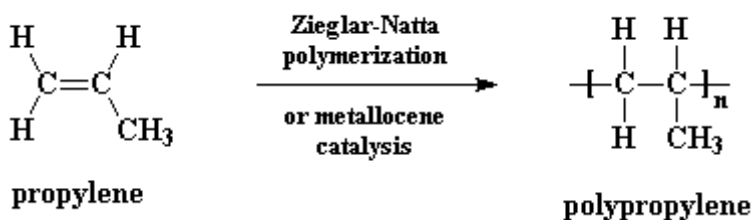
2. การใส่เปอร์ออกไซด์ในปฏิกิริยาส่งผลให้ระยะเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาลดลงเนื่องจากช่วยให้พอลิเมอร์แตกตัวเร็วมากยิ่งขึ้น

บทที่ 2 : ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

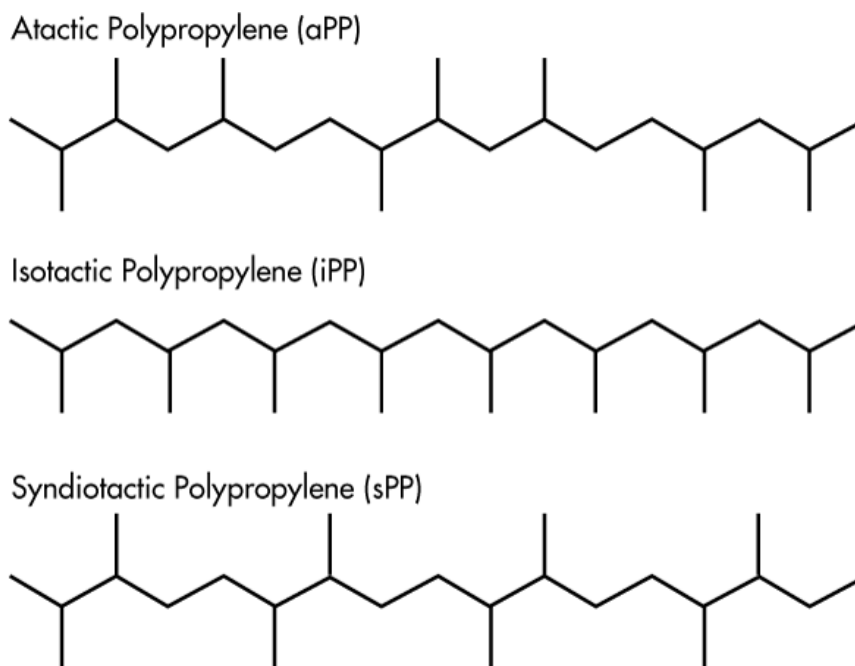
2.1 พอลิโพรพิลีน (polypropylene;PP)

เทอร์โมพลาสติกประเภทโพลีโอเลฟิน ผลิตจากโพรพิลีน เป็นของแข็ง ไม่มีสี มีทั้งโปร่งใสและโปร่งแสง ผิวเป็นมันเงา ทนกรด เบส และสารเคมีต่างๆ ยกเว้นไฮโดรคาร์บอนและคลอรีเนตไฮโดรคาร์บอน นอกจากนี้ยังทนทานความร้อนได้สูงดังนั้นจึงถูกใช้บรรจุภัณฑ์อาหารที่ต้องผ่านกระบวนการใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 160 °C หรือ 320 °F



ภาพที่ 1 ปฏิกิริยาการเกิด Polypropylene

ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ตามโครงสร้างของพอลิโพรพิลีน (polypropylene;PP)^[4]
ได้แก่ ไอโซแทกติกพอลิโพรพิลีน ซินดีโอแทกติกพอลิโพรพิลีน และแอแทกติกพอลิโพรพิลีน ดังแสดงในภาพ



ภาพที่ 2 ประเภทของพอลิโพรพิลีน

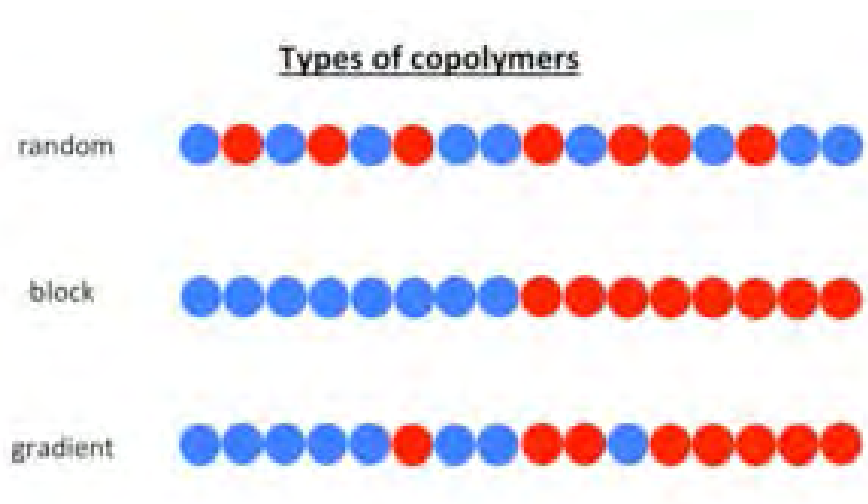
- (a) พอลิโพรพิลีน (polypropylene) ชนิด isotactic นำมาผลิตเป็นพลาสติกใช้อยู่โดยทั่วไป เนื่องจากโครงสร้างมีการจัดเรียงของหมู่เมทิล (methyl, CH_3) อยู่ด้านเดียวกันอย่างเป็นระเบียบจึงมีความเป็นผลึกสูง ทำให้พอลิเมอร์มีความแข็ง ทนทาน
- (b) พอลิโพรพิลีน (polypropylene) ชนิด atactic ที่จะมีความเหนียวมากกว่าเนื่องจากหมู่เมทิล (methyl, CH_3) มีการจัดเรียงตัวไม่เป็นระเบียบ (amorphous)
- (c) พอลิโพรพิลีนชนิด syndiotactic หมู่เมทิล (methyl, CH_3) จัดเรียงตรงข้ามกันมีความแข็งน้อยกว่า แต่จะทนทานมากกว่าชนิด isotactic

โดยพอลิโพรพิลีน (polypropylene) แบ่งตามชนิดโคพอลิเมอร์ ออกเป็น พีพี โฮโมพอลิเมอร์ (Polypropylene Homopolymer), พีพี บล็อกโคพอลิเมอร์ (Polypropylene Blockcopolymer) และ พี แรนดอมโคพอลิเมอร์ (Polypropylene Random Copolymer)

- (a) พีพี โฮโมพอลิเมอร์ (Polypropylene Homopolymer) เป็นเม็ดพลาสติกพอลิโพรพิลีน ที่มีลักษณะความใสระดับปานกลาง มีคุณสมบัติเด่นด้านความทรงรูป ซึ่งมีความแข็งที่ผิวสูง สามารถทนต่อความร้อนได้ดี แต่มีการทนแรงกระแทกระดับปานกลาง เหมาะสำหรับผลิตเป็นเครื่องใช้ภายในครัวเรือน เครื่องใช้ภายในบ้าน เทปสายรัด อุปกรณ์เครื่องเขียน และ อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า ถังน้ำตาล ถังสาน ถังร้อน เป็นต้น

(b) พีพี บล็อกโคพอลิเมอร์ (Polypropylene Blockcopolymer) เป็นเม็ดพลาสติกพอลิโพรพิลีน ที่มีลักษณะขรุขระ มีคุณสมบัติเด่นด้านการทนแรงกระแทกสูง โดยเฉพาะที่อุณหภูมิต่ำ แต่ยังคงมีความทรงรูปของชิ้นงานที่ดี เหมาะสำหรับใช้ในงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า กล่องแบตเตอรี่ ลังอุตสาหกรรม และ ถังใส่สี เป็นต้น

(c) พีพี แรนดอมโคพอลิเมอร์ (Polypropylene Random Copolymer) เป็นเม็ดพลาสติกพอลิโพรพิลีน ที่ลักษณะเด่นด้านความใส และมีการทนแรงกระแทกที่ดี เหมาะสำหรับนำไปผลิตชิ้นงานที่ต้องการความใสเป็นพิเศษ เช่น ขวดแชมพู บรรจุภัณฑ์อาหาร ภาชนะที่ใช้กับไมโครเวฟ เป็นต้น



ภาพที่ 3 ประเภทของโคพอลิเมอร์

2.2 กระบวนการแตกสลายโดยใช้ความร้อน (Thermal cracking)

กระบวนการแตกสลายโดยใช้ความร้อน^[7] (Thermal cracking , Thermal decomposition) คือ วิธีการเปลี่ยนแปลงโมเลกุลหรือโครงสร้างทางเคมีชนิดหนึ่ง เป็นปฏิกิริยาที่ใช้ความร้อนในการทำให้โมเลกุลสารตั้งต้นสลายตัว ในกรณีของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนนั้นการสลายตัวนี้อาจเป็นเพียงแค่ต้องการให้บางอะตอมของโมเลกุลเดิมหลุดออก หรือทำให้โมเลกุลสารตั้งต้นเดิมแตกออกเป็นโมเลกุลที่มีขนาดเล็กลง ปฏิกิริยาการแตกสลายโดยใช้ความร้อน thermal cracking นี้เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้เองโดยไม่ต้องอาศัยตัวเร่งปฏิกิริยาหรือโมเลกุลอื่นเข้ามาช่วย

2.3 กระบวนการไพโรไลซิส คือ กระบวนการแตกตัวหรือสลายตัวของสารประกอบหรือวัสดุต่างๆ ด้วยความร้อนขนาดปานกลาง (เมื่อเทียบกับกระบวนการอื่น) ที่อุณหภูมิตั้งแต่ประมาณ 400-800 °C ในบรรยากาศที่

ปราศจากออกซิเจน หรือมีออกซิเจนในปริมาณน้อยมาก โดยทั่วไปผลผลิตที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสสามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิดตามสภาวะ คือ ผลิตภัณฑ์ที่เป็นก๊าซ ของเหลว (ซึ่งโดยทั่วไปมีคุณสมบัติคล้ายน้ำมัน) และของแข็ง (Char) เป็นผลิตภัณฑ์ขั้นปฐมภูมิ (Primary Products) อัตราส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ได้ขึ้นอยู่กับสภาวะที่ใช้ เช่น อุณหภูมิ อัตราเร็วในการให้ความร้อน เป็นต้น แต่โดยตัวกระบวนการไพโรไลซิสเองแล้ว ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการมากที่สุด คือ ของเหลวหรือน้ำมัน ส่วนก๊าซที่ได้นิยมนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการ โดยทั่วไปแล้วการไพโรไลซิสอย่างรวดเร็วจะได้น้ำมันประมาณ 38-56% และได้ก๊าซประมาณ 10-30% [6] ส่วนที่เหลือเป็นของแข็งที่นิยมเรียกว่า ถ่านชาร์ ซึ่งก็คือคาร์บอนแบล็กที่เป็นองค์ประกอบในยางรถยนต์นั่นเอง ส่วน การไพโรไลซิสพลาสติกนั้น ผลผลิตขึ้นอยู่กับว่าเป็นพลาสติกประเภทใด แต่ถ้าใช้พลาสติกประเภท เทอร์โมพลาสติก เช่น พอลิเอทิลีน พอลิโพรพิลีน และพอลิสไตรีน จะได้น้ำมันมากกว่าร้อยละ 80 ของน้ำหนัก (ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ด้วย) น้ำมันที่ได้ส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วย น้ำมันเบนซิน น้ำมันก๊าด น้ำมันดีเซล น้ำมันเตา และน้ำมันหนัก ผสมรวมกันอยู่ ส่วนก๊าซที่ได้มีองค์ประกอบคล้ายก๊าซธรรมชาติ แต่มีอัตราส่วนขององค์ประกอบที่แตกต่างออกไป ปริมาณและ คุณภาพของน้ำมันและก๊าซที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสนั้นจะมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับตัวแปรดังต่อไปนี้คือ

(ก) สภาวะที่ใช้ในการไพโรไลซิส เช่น อุณหภูมิ ความดัน ความเร็วในการให้ความร้อน อุณหภูมิสุดท้าย เวลาที่ใช้ บรรยากาศในปฏิกรณ์ และระบบการป้อนวัตถุดิบ เป็นต้น

(ข) ชนิดของปฏิกรณ์ ซึ่งมีผลต่ออัตราเร็วในการให้ความร้อนและเวลาที่ใช้ในกระบวนการ

(ค) วัตถุดิบที่ป้อนเข้า เช่น ขนาดของวัตถุดิบชนิดและส่วนผสมของวัตถุดิบ และอายุการใช้งานของวัตถุดิบ เป็นต้น

พลาสติกที่มีการนำเอามาผลิตเป็นน้ำมันนั้นมีอยู่ 4 ชนิด คือ พอลิเอทิลีน พอลิโพรพิลีน พอลิสไตรีน และพีวีซี โดย 3 ชนิดแรกนั้น มีผู้นำมาใช้มากที่สุดเนื่องจากเป็นพลาสติกที่มีปริมาณการใช้สูงทำให้หาได้ง่าย และให้น้ำมันที่มีความยุ่งยากน้อยที่สุด แต่เนื่องจากพอลิเอทิลีนและพอลิโพรพิลีนมีสายโซ่โมเลกุลที่ตรงยาว น้ำมันที่ได้จากพลาสติกทั้งสองประเภทนี้จึงมีความเป็นไขค่อนข้างสูง ในขณะที่ยางรถยนต์มีวงเบนซินและกำมะถันอยู่ในโมเลกุล น้ำมันที่ได้จากการไพโรไลซิสยางรถยนต์จึงมีสารประกอบอะโรมาติกส์สูงและมีปริมาณกำมะถันที่สูงกว่าน้ำมันที่ได้จากพลาสติก แต่เมื่อนำไปกลั่น น้ำมันที่ได้จากพลาสติก และยางนั้นจะให้น้ำมันดีเซลในปริมาณที่สูงเช่นเดียวกัน แต่มีคุณภาพที่ต่างกัน โดยน้ำมันที่ได้จากพลาสติกจะให้น้ำมันดีเซลที่มีคุณภาพสูงกว่าเนื่องจากมีกำมะถันน้อยกว่าและมีค่าซีเทนที่เหมาะสมกว่า ส่วนน้ำมันที่ได้จากยางรถยนต์จะมี

ค่าความดันไอที่สูงกว่าและไวไฟกว่าเนื่องจากมีปริมาณสารประกอบอะโรมาติกส์ที่ค่อนข้างสูงนั่นเอง เวลานำไปเผาไหม้จึงให้ควันค่อนข้างมากกว่าน้ำมันที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสโดยตรงสามารถนำมาเติมเครื่องยนต์ได้แต่จะทำให้เครื่องยนต์อายุการใช้งานสั้นลงหรือน็อคได้เนื่องจากเป็นน้ำมันผสมของน้ำมันหลายชนิด และอาจจะมีสารแปลกปลอมปนอยู่ เช่น กรด โลหะหนัก สารประกอบกำมะถัน เป็นต้น ดังนั้นควรจะทำ การกลั่นน้ำมันให้ได้ตรงตามเครื่องยนต์ที่ใช้ และมีการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันให้ได้ตามมาตรฐาน

ไพโรไลซิส แบ่งออกเป็นสองประเภท คือไพโรไลซิสแบบช้า (slow pyrolysis) และไพโรไลซิสแบบเร็ว (fast pyrolysis) กระบวนการไพโรไลซิสแบบช้าเป็นกระบวนการที่มีการทำปฏิกิริยาในอุณหภูมิระหว่าง 400-600 °C มีอัตราการให้ความร้อนต่ำ (น้อยกว่า 10 °C ต่อนาที) ขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลางของวัตถุดิบที่ใช้ ในการทำปฏิกิริยามีขนาดใหญ่กว่า 2 มิลลิเมตร ผลิตภัณฑ์จากไพโรไลซิสแบบช้ามีสัดส่วนเป็นของเหลว 30-50 เปอร์เซ็นต์ และถ่าน 25-35 เปอร์เซ็นต์ ไพโรไลซิสแบบช้ายังสามารถแบ่งออกเป็น 2 กระบวนการย่อย คือ คาร์บอนไนเซชันไพโรไลซิส (carbonization pyrolysis) และไพโรไลซิสแบบดั้งเดิม (conventional pyrolysis) คาร์บอนไนเซชัน ไพโรไลซิสเป็นกระบวนการที่ให้ความร้อนในระยะเวลาสั้น โดยใช้ เวลาประมาณหนึ่งวัน ได้ผลิตภัณฑ์เป็นถ่านสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิง ในการทำอาหาร ส่วนผลิตภัณฑ์ในสถานะก๊าซ จะถูกปลดปล่อยออก สู่อากาศ กระบวนการไพโรไลซิสแบบดั้งเดิมเป็นกระบวนการที่ใช้เวลาให้ความร้อน น้อยกว่า คือ 15-30 นาที ได้ผลิตภัณฑ์ครบทั้งสามสถานะ คือ ถ่าน น้ำมัน และก๊าซไม่กลั่นตัว เนื่องจาก กระบวนการไพโรไลซิสแบบช้าได้ผลิตภัณฑ์ในส่วนของน้ำมันในปริมาณน้อย ดังนั้นน้ำมันส่วนใหญ่จึงถูกใช้เป็น เชื้อเพลิงในกระบวนการเผาไหม้ อย่างไรก็ตาม เราสามารถแยกสารเคมีบางชนิดออกจากส่วนมีซิวหรือส่วนที่ ละลายน้ำของน้ำมันได้ โดยสารเคมีที่สามารถสกัดได้จากน้ำมันในส่วนนี้ ได้แก่ อะซิโตน คีโตน เมทานอล กรด ฟอรั่มิก และกรดอะซิติก เป็นต้น กระบวนการไพโรไลซิสแบบเร็ว เป็นกระบวนการที่ได้น้ำมันเป็นผลิตภัณฑ์ หลัก โดยทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิปานกลาง 400 ถึง 650 องศาเซลเซียส มีอัตราการให้ความร้อนสูง (มากกว่า 1,000 องศาเซลเซียสต่อวินาที) เส้นผ่าน ศูนย์กลางของวัตถุดิบมีขนาดต่ำกว่า 2 มิลลิเมตร มีระยะเวลาของไอ ที่อยู่ในเครื่องปฏิกรณ์สั้นมาก (น้อยกว่า 2 วินาที) เมื่อใช้วัตถุดิบประเภทชีวมวลจะได้สัดส่วนของผลิตภัณฑ์ใน สถานะของเหลว เรียกว่าน้ำมันชีวภาพ ประมาณ 60-75 เปอร์เซ็นต์ ของแข็ง 15-25 เปอร์เซ็นต์ และก๊าซไม่ กลั่นตัว 10-15 เปอร์เซ็นต์ และมีองค์ประกอบของน้ำในน้ำมันชีวภาพ 10-30 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับปริมาณ ความชื้นที่มีในชีวมวลเริ่มต้น นอกจากนี้ น้ำมันชีวภาพยังประกอบด้วยสารประกอบอื่น ๆ ซึ่งเป็นสารเคมีที่ได้ จากการสลายตัวทางความร้อนและการทำปฏิกิริยาของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินในชีวมวล องค์ประกอบของ สารเคมีส่วนใหญ่ในน้ำมันชีวภาพจากวัตถุดิบประเภทชีวมวล อย่างไรก็ตามเนื่องจาก องค์ประกอบส่วนใหญ่ในน้ำมันชีวภาพเป็นสารประกอบอินทรีย์ ดังนั้นน้ำมันชีวภาพที่ได้จากกระบวนการไพ

โพลีซิสแบบเร็วจึงสามารถปรับปรุงคุณภาพเป็นเชื้อเพลิงและสารเคมีได้หลายประเภท โดยสารประกอบที่พบในน้ำมัน ชีวภาพมีมากกว่า 3,000 ชนิด

2.4 ความหนืด (Viscosity) ^[11-13] คือ ความสามารถในการต้านทานการไหลของของไหล เมื่อมีแรงกระทำ(ของไหล หมายถึง สารที่สามารถไหลได้เช่น ก๊าซและของเหลว) ของไหลที่มีความหนืดสูงจะมีค่าความต้านทานต่อการไหลสูง ของไหลที่มีความหนืดต่ำจะมีค่าความต้านทานต่อการไหลต่ำ ของไหลธรรมดาสามารถที่จะแสดงค่าความหนืดสมบูรณ์ได้แต่ในขณะที่ของไหลที่มีส่วนผสมของสารหลายตัวจะมีลักษณะ การไหลที่ซับซ้อนและไม่สามารถแสดงค่าความหนืดค่าเดียวได้ การวัดความหนืดทำได้โดยการวัดแรงต้านทานการไหลภายในของของไหล เมื่อมีแรงกระทำ (F) ในแนวขนานกับพื้นผิว เรียกแรงต้านที่เกิดขึ้นนี้ว่าแรงเฉือน (Shear force) เมื่อพิจารณาถึงก้อนของไหล ซึ่งประกอบด้วยแผ่นโมเลกุลที่ขนานกัน (ดังรูปที่ 1) ชั้นที่อยู่ลางสุดของของไหล จะถูกยึดไว้ถ้าแผ่นด้านบนของของไหล ได้รับแรงกระทำให้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ แผ่นด้านล่างถดถลงไปจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว เป็นสัดส่วนโดยตรงกับระยะทางจากแผ่นของไหลชั้นล่างสุดที่ไม่เคลื่อนที่ ความแตกต่างของความเร็ว (dv) ระหว่างของไหลสองแผ่นกับระยะทางที่เปลี่ยนไป (dx) ก็คืออัตราเฉือน (Shear rate) ที่อยู่ในเทอมของ velocity gradient (dv/dx, S) ค่าแรงต่อหน่วยพื้นที่ (F/A) ที่ทำให้เกิดการไหล เรียกว่าแรงเฉือนต่อหน่วย (Shear stress, F') ถ้าของไหลมีความหนืดสูงขึ้นก็ต้องใช้แรงเฉือนที่สูงขึ้นเพื่อให้ได้อัตราเฉือนเท่าเดิม ดังนั้น อัตราเฉือนจึงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับ แรงเฉือน ดังสมการที่ 1

$$F/A = \eta (dv/dx) \quad \text{สมการที่ 1}$$

η คือ สัมประสิทธิ์ของความหนืด (coefficient of viscosity) หรือเรียกง่าย ๆ ว่า "ความหนืด" ตามหลักของ เซอร์ไอแซกนิวตัน (Isaac Newton) คำจำกัดความของความหนืดสามารถเขียนเป็นสมการ ทางคณิตศาสตร์ได้ดังสมการที่ 2

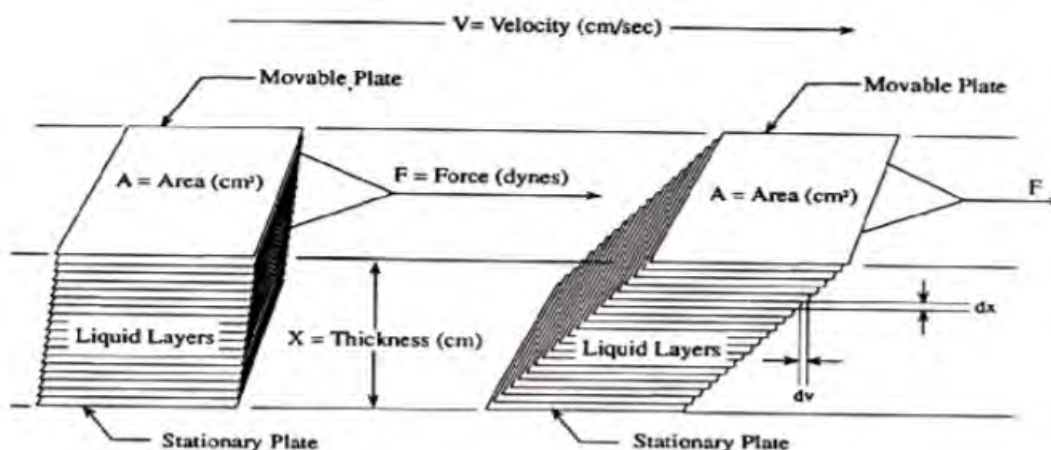
$$\eta = F/S \quad \text{สมการที่ 2}$$

เมื่อ F' คือแรงเฉือนต่อหน่วยพื้นที่ มีหน่วยเป็น dynes/cm^2 s หรือ Pascal (Pa)

S คือ อัตราเฉือน มีหน่วยเป็น Sec^{-1}

หน่วยของความหนืด คือ $\text{dyne}\cdot\text{sec}\cdot\text{cm}^{-2}$ หรือ $\text{gram}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{sec}^{-1}$ เรียกเป็น poise

1 poise คือแรงที่ไซทำให้ของเหลวที่มีพื้นที่หน้าตัด 1 cm^2 หนา 1 cm เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 1 cm/sec (1 poise = 100 centipoise)



ภาพที่ 4 แสดงการเกิด velocity gradient เมื่อมีแรงกระทำในแนวขนานกับพื้นผิวของไหล

ลักษณะการไหลของของไหล

ลักษณะการไหลของของไหลโดยทั่วไปสามารถแบ่งได้ 2 แบบ

1. Newtonian Fluid : เป็นลักษณะการไหลของของไหลที่เป็นไปตามการสันนิษฐานของนิวตัน คือ ที่อุณหภูมิหนึ่งๆ ของไหลจะมีค่าความหนืดเป็นค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงขึ้นกับอัตราเฉือน หรือ ความเร็วในการกวน ไม่ว่าจะกวนเร็วหรือกวนช้า ตัวอย่างเช่น น้ำ น้ำมัน น้ำเชื่อม น้ำผลไม้ น้ำผึ้ง นม กาแฟ กลีเซอริน แอลกอฮอล์ เป็นต้น

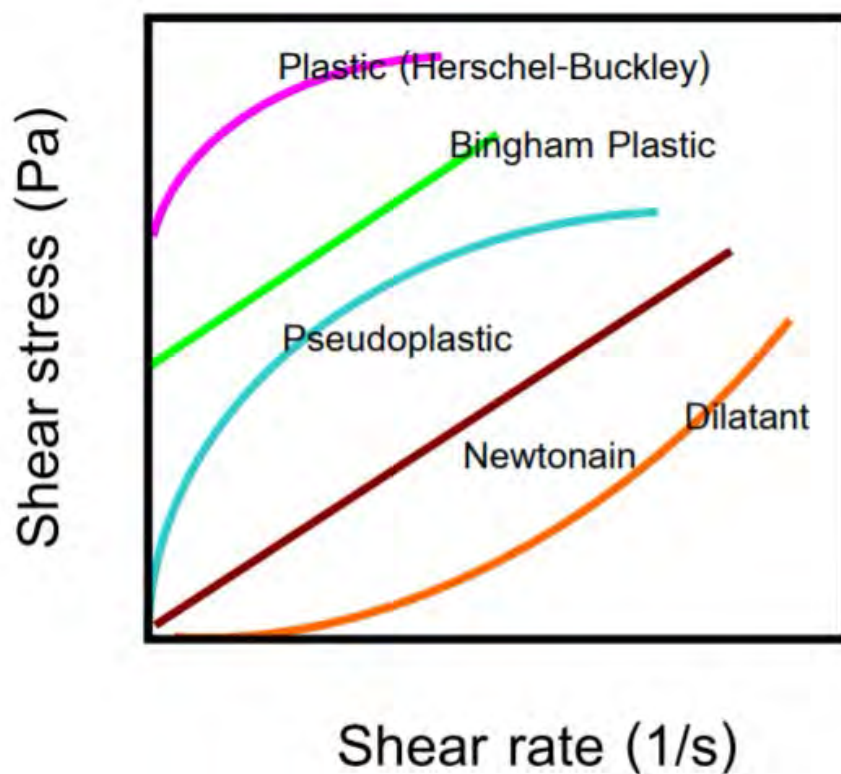
2. Non Newtonian Fluid : เป็นลักษณะการไหลของของไหลที่ไม่เป็นไปตามการสันนิษฐานของนิวตัน คือ ที่อุณหภูมิหนึ่งๆของไหลมีค่าความหนืดเป็นค่าไม่คงที่ การเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับอัตราเฉือน หรือ ความเร็วในการกวน ลักษณะการไหลแบบนี้แบ่งเป็น 4 แบบ

2.1 Pseudoplastic : ของไหลที่มีค่าความหนืดลดลง เมื่อเพิ่มอัตราเฉือน หรือยิ่งกวนเร็วยิ่งไหลง่าย พฤติกรรมแบบนี้แสดงสมบัติเป็น “shear thinning” ตัวอย่างเช่น น้ำผลไม้เข้มข้น กาวใส สารขวยแขวนตะกอน สารละลายพอลิเมอร์ที่ได้จากธรรมชาติสารละลายพอลิเมอร์สังเคราะห์ เป็นต้น

2.2 Dilatant : ของไหลที่มีค่าความหนืดเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มอัตราเฉือน หรือยิ่งกวนเร็วยิ่งหนืด พฤติกรรมแบบนี้แสดงสมบัติเป็น “shear thickening” ตัวอย่างเช่น น้ำดินชั้น น้ำแป้ง เป็นต้น

2.3 Bingham Plastic : ของไหลที่เมื่อมีแรงกระทำสูงพอจึงจะเกิดลักษณะการไหลแบบ Newtonian Fluid ตัวอย่างเช่น ยาสีฟัน น้ำสลিপของเซรามิก นมชอกโกแลต เป็นต้น

2.4 Plastic : ของไหลที่เมื่อมีแรงกระทำสูงพอเพื่อเอาชนะค่าความเค้น ณ จุดคราก (yield stress) ก็จะเริ่มไหลได้และจะไหลแบบ Pseudoplastic หรือ ตามโมเดลของ Herschel-Buckley ตัวอย่าง เช่น ซอสมะเขือเทศ สีดินเหนียว มายองเนส ยาน้ำแขวนตะกอน เป็นต้น



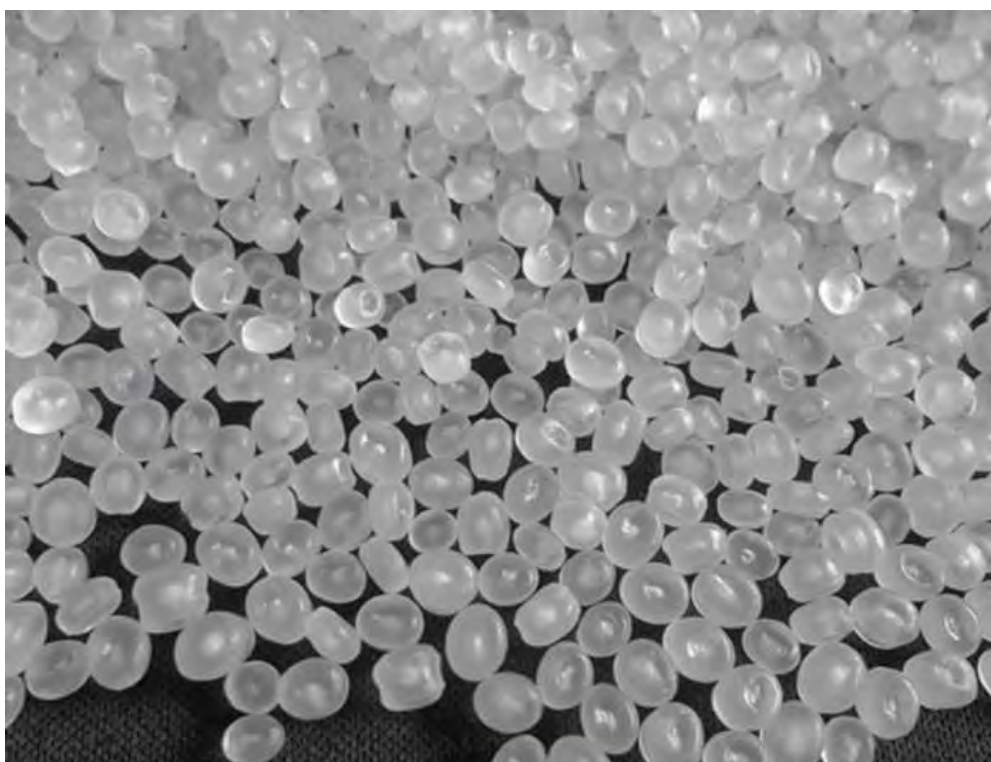
ภาพที่ 5 กราฟแสดงลักษณะการไหลของของเหลว

เนื่องจากความหนืดเป็นลักษณะเฉพาะตัว ของของไหลแต่ละชนิด การวัดค่าความหนืดจึงเป็นการหา ลักษณะเฉพาะของของไหล ลักษณะการไหลจะเป็นการตอบสนองคุณสมบัติต่างๆ ของของไหล เช่น น้ำหนัก โมเลกุล การกระจายตัวของโครงสร้างโมเลกุล ซึ่งจากความสัมพันธ์นี้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ใน ขบวนการผลิตภาคอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องของกับของเหลว เช่น สาเหตุของการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีใน ขบวนการผลิต การสังเคราะห์พอลิเมอร์ การขึ้นรูปพอลิเมอร์ การตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ระหว่าง กระบวนการผลิต และควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ นอกจากนั้นยังใช้ประโยชน์ได้กับการเตรียมวัตถุดิบที่ เป็นของเหลวเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตและการควบคุมคุณภาพของยาได้อีกด้วย

2.5 พอลิโพรพิลีนแว็กซ์

พอลิโพรพิลีนแว็กซ์เป็นแว็กซ์ประเภทมวลโมเลกุลต่ำที่ได้จากพอลิโพรพิลีน ลักษณะเฉพาะของมันคือ การมีจุดหลอมละลายสูงและมีความแข็งที่ตีจากอุณหภูมิต่ำไปสูง นอกจากนี้การมีค่าความหนืดที่กว้างทำให้มันถูกนำไปใช้ได้อย่างหลากหลาย

การใช้ประโยชน์ : พอลิโพรพิลีนแว็กซ์ (PP-Wax) ถูกใช้เป็นตัวช่วยในกระบวนการการผลิตท่อพีวีซี, วัสดุหรือวัตถุดิบที่มีรูปร่างพิเศษเฉพาะ, ฟิล์ม, สายเคเบิล, รวมถึงผลิตภัณฑ์ที่ทำจากยางและพลาสติก นอกจากนี้ PP-Wax ยังถูกนำมาใช้เป็นสารหล่อลื่นและเป็นตัวช่วยในการถอดแบบของโพลีโอเลฟิน (polyolefin) และพีวีซีด้วย โดย PP-Wax สามารถพัฒนาการไหลของโพลีเอททีลีน, โพลีโพรพิลีน, พลาสติก ABS และพัฒนาคุณสมบัติในการถอดแบบของโพลีเมทิลเมทาคริเลตและโพลีคาร์บอเนต ในการผลิตพีวีซีนั้น PP-Wax จะมีการหล่อลื่นภายในดีกว่าการหล่อลื่นภายนอก นอกจากนี้ที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว PP-Wax ยังถูกนำมาใช้เป็นสารหล่อลื่นและสารกระจายตัวในการทำเม็ดสีพลาสติก โดย PP-Wax เป็นตัวพัฒนาการกระจายตัวของสารเติมเต็มหรือเม็ดสีต่างๆ อีกทั้งยังใช้เป็นสารดัดแปลงสำหรับกระบวนการผลิตเทียน, พลาสติกและอีลาสโตเมอร์, และการเคลือบผิวกระดาษด้วย



ภาพที่ 6 เม็ดพลาสติกพอลิโพรพิลีน



ภาพที่ 7 โพลีโพรพิลีนแวกซ์

2.6 ตัวเร่งปฏิกิริยาเปอร์ออกไซด์

คุณสมบัติของเปอร์ออกไซด์อินทรีย์ ^[14]

เปอร์ออกไซด์ออร์แกนิกสามารถย่อยสลายเป็นอนุมูลอิสระได้จึงถูกนำมาใช้เป็นหลักในการเป็นตัวทำปฏิกิริยาในการทำโพลีเมอร์ของโมโนเมอร์ต่างๆ เราใช้สารประกอบอินทรีย์ที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาวะการผลิตของปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน

สารประกอบอินทรีย์ที่มีกลุ่มฟังก์ชัน -OO-peroxy ที่เกิดขึ้นโดยการแทนที่อะตอมไฮโดรเจนในไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์กับกลุ่มอินทรีย์เปอร์ออกไซด์อินทรีย์เช่นกลุ่ม alkyl, กลุ่ม acyl, กลุ่มอะโรมาติกหรือสารที่มีหมู่ฟังก์ชันคล้ายกัน เมื่อให้ความร้อนมากกว่าอุณหภูมิที่กำหนดจะสลายตัวในการผลิตออกซิเจน อนุมูลอิสระไม่เสถียรและง่ายต่อการเกิดปฏิกิริยา การผลิตสารเคมีของเปอร์ออกไซด์อินทรีย์ส่วนใหญ่จะใช้สำหรับตัวเร่งปฏิกิริยาสังเคราะห์เรซิน สังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยา ในด้านวัสดุพอลิเมอร์สามารถใช้เป็นตัวริเริ่มพอลิเมอไรเซชันตัวเร่งปฏิกิริยาการเชื่อมต่อนยางและพลาสติก การผลิตโพลีเอสเตอร์ไมอิมตัวและโพรพิลีนเพื่อเตรียมน้ำหนักลมเลกุลและเป็นตัวควบคุมการกระจายน้ำหนักลมเลกุล

Peroxides มีฤทธิ์ระคายเคืองอย่างรุนแรงเป็นมลพิษที่สำคัญในชั้นบรรยากาศ สารดังกล่าวเป็นวัตถุอันตรายที่ติดไฟและระเบิดได้ การใช้ควรคำนึงถึงความปลอดภัย โดยทั่วไปแล้วปริมาณออกซิเจนที่ใช้งาน, พลังงานกระตุ้น, อายุการใช้งานและอุณหภูมิในการสลายตัวถูกใช้เป็นพื้นฐานในการคัดเลือกสมบัติทางเคมีเปอร์ออกไซด์ของสารอินทรีย์

ลักษณะโครงสร้างของกลุ่มเปอร์ออกไซด์ในเปอร์ออกไซด์อินทรีย์ระบุว่าเปอร์ออกไซด์มีคุณสมบัติทางเคมีต่อไปนี้

- (1) มีการออกซิเดชันที่แข็งแกร่ง
- (2) มีคุณสมบัติการสลายตัวตามธรรมชาติสูงกว่า 40 °C ส่วนมากของเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ ออกซิเจนลดลง
- (3) กรดสารอัลคาไลน์สามารถส่งเสริมการสลายตัว เช่น กรดแก่และโลหะอัลคาไลไฮดรอกไซด์โลหะอัลคาไลน์ (ความเข้มข้นสูงหรือของแข็งของสารละลายในน้ำ) อาจทำให้เกิดการสลายตัวที่รุนแรงได้
- (4) เหล็ก, โคบอลต์, เปอร์ออกไซด์อินทรีย์แมงกานีสและสารประกอบของระบบรีดอกซ์ส่งเสริมการสลายตัวอย่างมีนัยยะสำคัญ
- (5) เหล็กนำและโลหะผสมทองแดงสามารถส่งเสริมการสลายตัวของมัน
- (6) ยางสามารถส่งเสริมการสลายตัวของมัน
- (7) ภาชนะบรรจุแรงเสียดทาน, ซ็อดหรือแรงกระแทกที่เกิดจากการเพิ่มอุณหภูมิในท้องถิ่นสามารถส่งเสริมการสลายตัว

การจำแนกเปอร์ออกไซด์อินทรีย์

สายพันธุ์หลักของเปอร์ออกไซด์อินทรีย์คือไฮดรอกซีเปอร์ออกไซด์ (ROOH), เปอร์ออกไซด์ไดออกไซด์ (ROOR'), diacyl peroxides (RCOOOCR') peroxyesters (RCOOOR') peroxyarbonates (ROCOOOCOR') และคีโตนเปอร์ออกไซด์ [$R_2C(OOH)_2$] ซึ่งแต่ละชนิดมีลักษณะการใช้งานที่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่นเปอร์ออกไซด์ Benzoyl BPO มักใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันที่รุนแรงและเป็นตัวแทนการบ่มเพาะสำหรับเปอร์ออกไซด์อินทรีย์สำหรับโพลีเอสเตอร์ที่ไม่อิ่มตัว เบนซิลไดเอทอกซีเลต DCP สามารถใช้เป็นตัวแทนการเชื่อมขวางและตัวทำละลายการเปลี่ยนถ่ายละลาย โดยทั่วไปแล้วปริมาณออกซิเจนที่ใช้งาน, พลังงานกระตุ้น, อายุการใช้งานและอุณหภูมิในการสลายตัว ถูกใช้เป็นพื้นฐานในการคัดเลือกออกซิเดชันของกรดเบนโซอิกเป็นเปอร์ออกไซด์อินทรีย์เป็นอันดับแรกมักมีลักษณะเป็นของแข็งเม็ดเล็กและมีเสถียรภาพที่อุณหภูมิห้อง เพื่อเพิ่มความปลอดภัยกรดเบนโซอิกสามารถเพิ่มปริมาณน้ำลงในผลิตภัณฑ์เปียกได้ถึง 22% หรือ 30% เพื่อลดความไวต่อสารอินทรีย์เปอร์ออกไซด์และความไวต่อการสันสีเทือน นอกจากนี้ยังมีความเข้มข้นของ 25% ถึง 50% ของสูตรวางกรดเบนโซอิกที่ถูกออกซิไดซ์ ใช้ในโพลีเอสเตอร์ผสมวัลคา

ไนซีในช่วงอุณหภูมิ 250 ถึง 300 องศาฟาเรนไฮต์ในการทำปฏิกิริยาพอลิเมอร์โพลีเมอร์ของสไตรีนสามารถใช้เป็นตัวริเริ่มของ benzoic acid peroxide

เมทิลเอทิลคีโตนเปอร์ออกไซด์ (MEKP) มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในการหลอมเหลวของเรซินโพลีเอสเตอร์ไม่อิ่มตัวซึ่งเป็นรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่พบได้บ่อยที่สุดโดยปฏิกิริยาคีโตนกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ซึ่งประกอบด้วยเปอร์ออกไซด์และไฮดราเปอร์ออกไซด์ เนื่องจากคีโตนเปอร์ออกไซด์บริสุทธิ์มีความไวต่อการสันสเทือนและแรงเสียดทานผลิตภัณฑ์จะขายในรูปแบบเจือจางเท่านั้นและปริมาณออกซิเจนที่ใช้งานอยู่มักจะไม่เกิน 9% ในสารละลาย plasticizer

2.7 แก๊สไนโตรเจน^[15]

แก๊สไนโตรเจนมีคุณสมบัติเป็นแก๊สเฉื่อย ไม่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยาต่างๆแก๊สไนโตรเจนจึงนิยมใช้เป็นแก๊สตัวพาระหว่างทำปฏิกิริยาเคมี ป้องกันการทำปฏิกิริยาของสารเคมีกับอากาศ (การเกิดออกซิเดชัน) ทำให้ชิ้นงานไม่เกิดสนิม เช่น งานอุตสาหกรรมเหล็ก อะลูมิเนียม โลหะ อีเล็กทรอนิกส์ ปีโตรเคมี ยานยนต์ นอกจากนี้ยังเป็นแก๊สที่นิยมใช้กันมากที่สุดในอุตสาหกรรมอาหาร เพราะว่าเป็นแก๊สที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส ละลายในน้ำและไขมันได้น้อยมาก จึงทำให้ลดการปฏิกิริยาออกซิเดชัน และการเหม็นหืนของไขมันและน้ำมันในอาหาร จึงเหมาะกับการใช้ในการถนอมอาหาร เช่น การบรรจุอาหารจำพวกมันฝรั่งทอด และขนมขบเคี้ยวต่างๆ หรือผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลว เช่น น้ำมันพืชเป็นต้นซึ่งช่วยให้ผู้ผลิตสามารถยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ได้นานยิ่ง

ตัวอย่างอุตสาหกรรมที่สามารถนำก๊าซไนโตรเจนไปใช้งาน มีดังนี้

- อุตสาหกรรมเคมี
- อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์
- การตัดด้วยเลเซอร์
- กระบวนการและบรรจุภัณฑ์อาหาร
- การเติมลมยางล้อรถยนต์
- อุตสาหกรรมพลาสติก (ฉีดแม่พิมพ์)
- การผลิตยา
- Heat Treatment

ในปัจจุบันแก๊สไนโตรเจนกำลังได้รับความนิยมอย่างมาก เนื่องด้วยประเด็นด้านความปลอดภัยและความสะดวกในการใช้งาน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. Božena Mlynková^[8] และคณะได้ศึกษากระบวนการผลิตน้ำมันผ่านกระบวนการแตกตัวด้วยความร้อน โดยมีสารตั้งต้นเป็นพอลิเมอร์ผสม โดยขั้นตอนแรกผ่านปฏิกิริยาที่เกิดกระบวนการแตกตัวด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส โดยมีแก๊สไนโตรเจนเป็นตัวพา ได้ผลิตภัณฑ์เป็นผลิตภัณฑ์เหลว (น้ำมัน/แวกซ์) ซึ่งจะนำเข้าสู่หอกั่นเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรจีนเนชันต่อไป ซึ่งการแตกตัวด้วยความร้อนโดยใช้สารตั้งต้นพอลิเมอร์ต่างชนิด พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็น น้ำมัน/แวกซ์ 79.1 ถึง 85 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เป็นกากของแข็ง 0.9 ถึง 8.3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยสารตั้งต้นเป็นพอลิโพรพิลีนให้ผลิตภัณฑ์น้ำมัน/แวกซ์ 85 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
2. James. E.^[9] และคณะศึกษากระบวนการที่จะผลิตพอลิโพรพิลีน แวกซ์ ที่มีจุดหลอมเหลวของความหนืดต่ำ และมีจุดแข็งตัวและจุดอ่อนตัวสูง โดยการให้ความร้อนแก่ ผลึกพอลิโพรพิลีน ที่อุณหภูมิ 300-450 องศาเซลเซียส ซึ่งผลึกพอลิโพรพิลีน มีความหนาแน่นอย่างน้อย 0.9 และมีมวลโมเลกุลเฉลี่ยในช่วง 50000-500000 ให้ความร้อนแก่ผลึกจนกระทั่ง มวลโมเลกุลของพอลิโพรพิลีน อยู่ในช่วง 1000-8000 ซึ่งอยู่ในช่วงของแวกซ์ และยังให้ความร้อนแก่ผลึกมากเท่าไรและเป็นเวลานานเท่าไรก็ยิ่งทำให้มีมวลโมเลกุลลดลง นอกจากนี้ การที่ให้ความร้อนแก่พอลิโพรพิลีน ที่อุณหภูมิ 300 ถึง 450 องศาเซลเซียสจะทำให้พอลิเมอร์ มีความเป็นแวกซ์มากกว่าการให้ความร้อนที่ 150 ถึง 170 องศาเซลเซียส พอลิโพรพิลีนแวกซ์ มีความหนาแน่นที่ 0.90-0.93 ASTM ball and ring อยู่ที่ D36-26 และมี จุดอ่อนตัวอยู่ที่ 135-170 องศาเซลเซียส สามารถรับน้ำหนักได้ 100 กรัม ที่เวลา 5 วินาที และต่ำกว่า 2 วินาทีที่น้ำหนัก 250 กรัมและ มีค่า acid number เท่ากับ 0
3. Jean Baptiste Habyarimana^[10] และคณะศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการแตกสลายโดยใช้ความร้อนของ พอลิโพรพิลีน 72 กรัม โดยให้ความร้อนเริ่มต้นที่ 200 วัตต์ และให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส ทุกๆ 5 นาทีเป็นเวลา 25 นาทีเพื่อที่จะผลิต C8-C18 ไฮโดรคาร์บอน โดยใช้ metal oxide เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ได้แก่ MgCO₃, CaCO₃, Al₂O₃ และ MgO โดย ได้ผลิตภัณฑ์ออกมาเป็นของเหลวและของแข็ง แต่จะนำผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวมาวิเคราะห์ พบว่า ตัวเร่งปฏิกิริยาจะสามารถทำให้ผลิต C10-C12 ไฮโดรคาร์บอน ที่เป็นช่วงของแก๊สโซลีนได้ดีที่สุด และตัวเร่งปฏิกิริยาที่สามารถผลิตไฮโดรคาร์บอนได้สูงที่สุดคือ MgO โดยมี % conversion 99.7 % โดยผลิตภัณฑ์ไฮโดรคาร์บอนที่ได้ จะถูกวิเคราะห์โดยใช้ GC-MS และ FT-IR เพื่อแสดงถึง การแตกสลายของพอลิโพรพิลีน เพื่อผลิตไฮโดรคาร์บอนในช่วง C8-C18 ซึ่งเป็นช่วงของเนฟทา น้ำมัน

เบนซิน น้ำมันก๊าด น้ำมันดีเซลส์ FT-IR แสดงให้เห็นว่า ผลิตภัณฑ์ไฮโดรคาร์บอนที่ได้ ส่วนใหญ่เป็นหมู่ฟังก์ชัน แอลคีน และแอลเคน

4. R Zeisberger ^[16] จากผลการทดลองพบว่าพอลิโพรพิลีนอาจเกิดสีพร้อมหลอมเป็นเนื้อเดียวกันกับพอลิโพรพิลีน แวกซ์ จากกระบวนการหลอมเหลวพอลิเมอร์โดยมีพอลิโพรพิลีน แวกซ์เป็นตัวช่วยในการหลอมเหลว และขึ้นรูปพลาสติก โดยสีและสารประกอบบนอนไอออนิกจะกระจายตัวในพอลิโพรพิลีนที่อุณหภูมิสูงกว่าจุดหลอมเหลว เม็ดสีจำนวนมากและสารกระจายตัวที่มีความเสถียรในช่วงจุดหลอมเหลวของพอลิโพรพิลีน เมื่อใช้เวลาที่เพียงพอเม็ดสีจะกระจายตัวในพอลิเมอร์ที่ถูกหลอมเหลว

5. Hans-Friedrich Herrmann และ Gerd Hohner ^[17] ศึกษากระบวนการผลิตแวกซ์แบบไฮโมโพลิเมอร์และโคพอลิเมอร์ซึ่งมีความหนืดต่ำและเป็นพอลิโพรพิลีนแวกซ์แบบแข็งซึ่งเตรียมได้จากกระบวนการพอลิเมอร์เซชันโดยใช้สารประกอบเมทัลโลซีนซึ่งเป็นสารประกอบโลหะอินทรีย์โดยใช้แก๊สไฮโดรเจนเป็นตัวพา แวกซ์ที่ได้มีความหนืดเมื่อหลอมเหลวน้อยกว่า 100 มิลลิปาสคาล วินาที เมื่อวัดที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เนื่องจากผลของความคงตัวทางความร้อนสูง แวกซ์เหล่านี้ไม่มีพันธะไม่อิ่มตัวหรือกลุ่มที่มีขั้วเกิดขึ้นในสายโซ่ซึ่งส่งผลให้ไม่เกิดการเปลี่ยนสีหรือร่างแหขึ้น แวกซ์ที่ได้เหมาะสำหรับการใช้เป็นโทเนอร์สำหรับกระบวนการพลาสติก , หมึกพิมพ์ , กระบวนการขึ้นรูป , สารเคลือบผิว และสารยึดติดชนิดละลายเมื่อให้ความร้อน สารประกอบเมทัลโลซีนซึ่งเป็นสารประกอบโลหะอินทรีย์ซึ่งถูกใช้ในการเตรียมพอลิโพรพิลีนที่น้ำหนักโมเลกุลแตกต่างกันขึ้นกับอุณหภูมิที่เกิดกระบวนการพอลิเมอร์เซชัน เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของการเกิดพอลิเมอร์เซชัน น้ำหนักโมเลกุลจะลดลง

บทที่ 3 : วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

3.1.1 สารเคมีที่ใช้ในงานวิจัยพอลิโพรพิลีน (polypropylene)

3.1.2 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide)

1. ไซลีน (Xylene)
2. แก๊สไนโตรเจน (Nitrogen gas)

3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

1. เครื่องชั่งสาร	1	ชุด
2. บีกเกอร์ 250 ml	2	ใบ
3. ซ้อนตักสาร	2	อัน
4. ขวดน้ำกลั่น	1	ขวด

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 Simple distillation apparatus

เครื่อง Simple distillation apparatus^[3] จะคล้ายกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการกลั่นแบบธรรมดา แต่จะมีอุปกรณ์พิเศษเพิ่มเข้ามาคือส่วนหัวกลั่น (Distilling head) จะใช้คอลัมน์แฟรกชัน (Fractionating column) ที่ต่อเข้ากับขวดก้นกลม (round bottom flask) เทอร์มิเตอร์ (thermometer) และตัวควบแน่น (condensor) โดยส่วนใหญ่แล้วการกลั่นลำดับส่วนจะประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมกลั่นปิโตรเลียม (petroleum refineries) ปิโตรเคมี (petrochemical) อุตสาหกรรมเคมีอื่น (chemical plants) และกระบวนการผลิตก๊าซธรรมชาติ (natural gas processing plants)



ภาพที่ 8 เครื่อง Simple distillation apparatus

3.2.2 Thermal cracking process

กระบวนการแตกสลายโดยใช้ความร้อน (Thermal cracking , Thermal decomposition) คือ วิธีการเปลี่ยนแปลงโมเลกุลหรือโครงสร้างทางเคมีชนิดหนึ่ง เป็นปฏิกิริยาที่ใช้ความร้อนในการทำ ให้โมเลกุลสารตั้งต้นสลายตัว ในกรณีของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนนั้นการสลายตัวนี้อาจเป็นเพียง แค่ต้องการให้บางอะตอมของโมเลกุลเดิมหลุดออก หรือทำให้โมเลกุลสารตั้งต้นเดิมแตกออกเป็น โมเลกุลที่มีขนาดเล็กลง

ปฏิกิริยา thermal cracking นี้เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้เองโดยไม่ต้องอาศัยตัวเร่งปฏิกิริยา โมเลกุลอื่นเข้ามาช่วย

3.3 วิธีดำเนินการทดลอง

1. ชั่งพอลิโพรพิลีน 100 g และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (2,4,6,ไม่ใส่) ลงในบีกเกอร์ขนาด 250 ml
2. เทสารลงในขวดก้นกลม
3. ติดตั้งเครื่อง simple distillation apparatus
4. ติดตั้งใบพัดลงในขวดก้นกลม
5. ใส่ thermalcouple และ ท่อปล่อยแก๊สไนโตรเจน ลงในขวดก้นกลม
6. ปล่อยแก๊สไนโตรเจนเข้าภายในขวดก้นกลม
7. เปิดสวิตช์ฮีตเตอร์และใบพัด
8. รอจนอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจนถึงอุณหภูมิที่กำหนด แล้วจึงจับเวลา

9. เมื่อครบเวลาที่กำหนด ปิดสวิทช์ฮีทเตอร์และใบพัด ปิดท่อปล่อยแก๊สไนโตรเจน
10. เทสารออกจากขวดกั้นกลมลงบนภาชนะที่มีพรอย
11. ปล่อยสารทิ้งไว้จนแข็งตัวที่อุณหภูมิห้อง
ขั้นตอนการล้างเครื่องแก้ว
 1. เทไซลีนลงในเครื่องแก้วที่เปื้อนสาร และนำไปให้ความร้อนจนเดือด
 2. ทิ้งไซลีนในเครื่องแก้วไว้จนเย็น จึงเทไซลีนใส่ในขวดบรรจุของเสียไซลีน
 3. ล้างเครื่องโดยใช้น้ำยาล้างจานจนสะอาด

บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

ในบทนี้แสดงคุณสมบัติของพอลิโพรพิลีน แร็กซ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ผลการทดลอง โดยการทดลองศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในกระบวนการแตกสลายด้วยความร้อน รวมถึงปริมาณเปอร์ออกไซด์ซึ่งเป็นตัวเร่งการเกิดปฏิกิริยาของการแตกสลายตัวด้วยความร้อนในการผลิตพอลิโพรพิลีน แร็กซ์จากพอลิโพรพิลีน คุณสมบัติของพอลิโพรพิลีน แร็กซ์ที่ศึกษาคือความหนืดเมื่อหลอมเหลวของแร็กซ์ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ผ่านเครื่องวัดค่าความหนืด (Brookfield Viscometer)

การวิเคราะห์คุณสมบัติตัวอย่างของพอลิโพรพิลีน แร็กซ์

ในการวิเคราะห์คุณสมบัติของพอลิโพรพิลีน แร็กซ์ที่ได้จากการใช้พอลิโพรพิลีน 100 กรัม ที่บริษัทปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน)

4.1 การวิเคราะห์ค่าความหนืดเมื่อหลอมเหลว (melt viscosity)

ผลของค่าความหนืดเมื่อหลอมเหลวสามารถบ่งบอกถึงน้ำหนักโมเลกุลของพอลิโพรพิลีน แร็กซ์ได้ ดังนั้นค่าความหนืดเมื่อหลอมเหลวต่ำจะแสดงถึงการเป็นแร็กซ์ชนิดอ่อน น้ำหนักโมเลกุลต่อสายพอลิเมอร์ต่ำ ไหลได้ดีเมื่อหลอมเหลว เมื่อเทียบกับแร็กซ์ที่มีค่าความหนืดเมื่อหลอมเหลวสูง

เมื่อพิจารณาผลของอุณหภูมิต่อค่าความหนืดเมื่อหลอมเหลวพบว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ค่าความหนืดเมื่อหลอมเหลวจะต่ำลง เนื่องจากเกิดการแตกตัวด้วยความร้อนมากขึ้น

ที่อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียส ขณะเกิดการแตกสลายตัวด้วยความร้อน พบว่าพอลิเมอร์ยังไม่หลอมเป็นเนื้อเดียวกันทั้งหมด มีลักษณะเป็นของผสมกึ่งแข็งกึ่งเหลว ทำให้ไม่เกิดการแตกของสายโซ่โมเลกุลบางส่วน ซึ่งส่งผลให้เมื่อนำไปวิเคราะห์ค่าความหนืดเมื่อหลอมเหลวจึงไม่เห็นผลของตัวแปรต้นต่อค่าความหนืดเมื่อหลอมเหลว

ที่อุณหภูมิ 230 240 และ 250 องศาเซลเซียส ขณะเกิดการแตกสลายตัวด้วยความร้อน พบว่าพอลิเมอร์หลอมเป็นเนื้อเดียวกันทั้งหมดจึงอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำไปผลิตแร็กซ์ได้ ดังนั้นจึงพิจารณาตัวแปรอื่นในการทดลองที่ส่งผลต่อคุณสมบัติของพอลิโพรพิลีน แร็กซ์ ได้แก่ เวลาและจำนวนเปอร์ออกไซด์

เมื่อพิจารณาผลของเวลาต่อค่าความหนืดเมื่อหลอมเหลว ผู้ทดลองได้ศึกษาผลของเวลาที่ 15 30 45 และ 60 นาทีตามลำดับ พบว่าเมื่อใช้เวลาในกระบวนการแตกสลายตัวด้วยความร้อนมากขึ้น ค่าความหนืดจะ

ลดลงเนื่องจากพลังงานความร้อนจะสะสมมากขึ้น ส่งผลให้เกิดกระบวนการแตกสลายด้วยความร้อนมากขึ้น พอลิเมอร์สายโซ่ยาวเหลือเพียงสายโซ่สั้นๆ น้ำหนักมวโมเลกุลต่อสายพอลิเมอร์ลดลง

การศึกษาผลของจำนวนตัวเร่งปฏิกิริยาเปอร์ออกไซด์ต่อค่าความหนืดเมื่อหลอมเหลวพบว่า ไม่เห็นแนวโน้มที่แน่ชัด เนื่องจากการเพิ่มปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาเปอร์ออกไซด์แม้ว่าจะเป็นการช่วยเร่งการแตกสลายพันธะซึ่งทำให้แวกซ์ที่ได้มีน้ำหนักลดลงหรือความหนืดลดลง แต่การมีอนุมูลอิสระมาก ก็ส่งผลให้เกิดการต่อกันใหม่ได้ ซึ่งทำให้น้ำหนักโมเลกุลของพอลิเมอร์เพิ่มขึ้นหรือความหนืดเพิ่มขึ้นได้ นอกจากนี้เนื่องจากที่ อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียส การหลอมเหลวยังคงไม่สมบูรณ์เนื่องจากบางส่วนของพอลิโพรพิลีนหลอมเหลวมีลักษณะเป็นของเหลว แต่บางส่วนยังคงมีลักษณะเป็นของแข็งทำให้ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน และเมื่อนำไปวัดค่าความหนืดของแวกซ์ทำให้ค่าความหนืดไม่เท่ากันและยังคงมีส่วนที่ยังไม่สลายตัวกลายเป็นแวกซ์ จึงเป็นสภาวะที่ไม่เหมาะสมกับการนำมาใช้ผลิตพอลิโพรพิลีน

ผลของอุณหภูมิที่มีต่อการแตกสลายตัวด้วยความร้อน เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ

ตารางที่ 4.1 ค่าความหนืดเมื่อหลอมเหลวของแวกซ์จากสภาวะการแตกสลายโดยใช้ความร้อนด้วยความร้อนต่างๆ

สภาวะที่ทำการแตกสลายโดยใช้ความร้อน		เวลา (นาที)			
อุณหภูมิ (°C)	ปริมาณเปอร์ออกไซด์ (กรัม)	15	30	45	60
220	0		25774	293500	
	2		29200		
	4		299500		
	6		99089	41701.5	
230	0	298.5	1256	810.8	374.3
	2	1950.5	1343	2224	182.8
240	0	858.3	433.15	56838	
	2	2383.5	175.45	530.9	
250	0	90.9	70.7		
	2	164.3	34.9	50.9	16.1

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

สรุปการทดลองการผลิตพอลิโพรพิลีนแวกซ์โดยกระบวนการแตกตัวด้วยความร้อนซึ่งจากการทดลองสามารถสรุปผลได้ดังนี้

5.1.1 ผลของอุณหภูมิต่อการแตกสลายตัวด้วยความร้อนของพอลิโพรพิลีน

จากการทดลองที่อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียสถึง 250 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมแก่การผลิตแวกซ์ **ผลิตแวกซ์** คืออุณหภูมิที่หลอมเหลวเป็นเนื้อเดียวกัน มีลักษณะเป็นของเหลวทั่วทั้งปฏิกรณ์ ซึ่งทำให้มีค่าความหนืดค่อนข้างคงที่ทั่วทั้งแผ่นแวกซ์หรือมีน้ำหนักสายโซโมเลกุลใกล้เคียงกัน ซึ่งอุณหภูมิดังกล่าวได้แก่ 230 องศาเซลเซียส 240 องศาเซลเซียส และ 250 องศาเซลเซียสและเมื่อใช้อุณหภูมิมากขึ้นความหนืดมีแนวโน้มที่จะลดลง

5.1.2 ผลของเวลาที่แวกซ์อยู่ในปฏิกรณ์หลังจากพอลิโพรพิลีนหลอมเหลวต่อการแตกสลายตัวด้วยความร้อนของพอลิโพรพิลีน

ผลของเวลาที่แวกซ์อยู่ในปฏิกรณ์หลังจากพอลิโพรพิลีนหลอมเหลวพบว่า เมื่อใช้เวลานานขึ้นจะเกิดการแตกตัวได้มากขึ้นส่งผลให้ ค่าความหนืดลดลงหรือน้ำหนักโมเลกุลโดยเฉลี่ยของแวกซ์ลดลงซึ่งสามารถนำไปผลิตแวกซ์อ่อนได้ แต่เวลาที่นานเกินไปอาจทำให้เกิดการสะสมความร้อนได้ ซึ่งจะทำให้แวกซ์ที่ลักษณะเป็นสีเหลืองอ่อน ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์สำหรับโรงงาน จึงเลือกใช้เวลาที่ช่วง 15 นาทีถึง 60 นาที และพิจารณาการใช้ตัวเร่งปฏิกรณ์เปอร์ออกไซด์เพื่อลดเวลาที่ใช้

5.1.3 ผลของจำนวนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้โดยน้ำหนักต่อการแตกสลายตัวด้วยความร้อนของพอลิโพรพิลีน

ผลของจำนวนตัวเร่งปฏิกิริยาเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ การเพิ่มปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาเปอร์ออกไซด์แม้ว่าจะเป็นการช่วยเร่งการแตกสลายพันธะซึ่งทำให้แวกซ์ที่ได้มีน้ำหนักลดลงหรือความหนืดลดลง แต่การมีอนุมูลอิสระมากก็ส่งผลให้เกิดการต่อกันใหม่ได้ ซึ่งทำให้น้ำหนักโมเลกุลของพอลิเมอร์เพิ่มขึ้นหรือความหนืดเพิ่มขึ้นได้

5.1.4 สภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตพอลิโพรพิลีนแวกซ์

จากการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมจากการผลิตพอลิโพรพิลีนแวกซ์จากพอลิโพรพิลีน 100 กรัมคือ 240 องศาเซลเซียส 45 นาที และจำนวนเปอร์ออกไซด์ 2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก, 250 องศาเซลเซียส 15 นาที และจำนวนเปอร์ออกไซด์ 2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก, 250 องศาเซลเซียส 30 นาที และจำนวนเปอร์ออกไซด์ 2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก,

5.2 ข้อเสนอแนะ

การทดลองเป็นการศึกษาการผลิตพอลิโพรพิลีนแวกซ์จากพอลิโพรพิลีนจำนวน 100 กรัม หากนำสภาวะดังกล่าวไปผลิตพอลิโพรพิลีนแวกซ์ระดับอุตสาหกรรมควรพิจารณาอีกปัจจัยหนึ่งคือ การขยายขนาด ซึ่งอาจส่งผลให้ค่าความหนืดที่ได้แตกต่างไปจากเดิม จึงควรศึกษาการผลิตพอลิโพรพิลีนแวกซ์โดยกระบวนการแตกตัวด้วยความร้อนจากการใช้พอลิโพรพิลีนที่มากขึ้น

การทดลองนี้ศึกษาตัวเร่งปฏิกิริยาเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ที่อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียสเท่านั้น อาจพิจารณาผลของจำนวนตัวเร่งปฏิกิริยาเปอร์ออกไซด์ที่อุณหภูมิอื่นๆ เพิ่มเติม

5.3 งานวิจัยในอนาคต

การศึกษการผลิตพอลิโพรพิลีนแวกซ์โดยกระบวนการแตกตัวด้วยความร้อน โดยใช้จำนวนพอลิโพรพิลีนจำนวน 250 กรัม เพื่อพิจารณาผลของการขยายขนาด

เอกสารอ้างอิง

- [1] รุ่งกานต์ บุญนาถาร. วัสดุบรรจุภัณฑ์พลาสติก. แหล่งที่มา :
<http://pirun.ku.ac.th/~csnrkb/powerpoint/packaging/plastic.pdf>: 23 ตุลาคม 2561
- [2] Freedom Bellejoes. โพลีโพรพิลีน หรือพีพี.แหล่งที่มา : <http://arceehechan-freedom.blogspot.com/2012/10/polypropylene.html>: 23 ตุลาคม 2561
- [3] Polymer Science Learning Center. (2016). Polymer. แหล่งที่มา :
<https://pslc.ws/macrog/pp.htm>: 22 ตุลาคม 2561
- [4] IRPC. (2011). พอลิเมอร์ & ผลิตภัณฑ์เคมี. แหล่งที่มา : http://www.irpcmarket.com/th-polymer_search.php: 22 ตุลาคม 2561
- [5] Paul Martin. (2018). What's the Difference Between Polypropylene Types?. แหล่งที่มา :
<https://www.machinedesign.com/community/what-s-difference-between-polypropylene-types>: 22 ตุลาคม 2561
- [6] Living polymerization. แหล่งที่มา : https://en.wikipedia.org/wiki/Living_polymerization:
22 ตุลาคม 2561
- [7] รศ.ดร.ธรรธร มงคคงศรี. (2010). Thermal cracking – Thermal decomposition. แหล่งที่มา :
<http://tamagozilla.blogspot.com/2013/01/thermal-cracking-thermal-decomposition.html>:
22 ตุลาคม 2561
- [8] Mlynková B, Bajus M, Hajecova E, Kostrab G, Mravec D. Fuels obtsined by thermal cracking of individusl and mixed polymers. VERSITA. 2009; 64: 15-24.

[9] Guillet J. POLYPROPYLENE WAXES AND METHOD OF MAKING. United States Patent Office. 1958; 639,189

[10] Habyarimana J, Njiemon M, Abdulnasir R, Neksumi M, Yahaya M, Sylvester O, Joseph I, Okoro L, Agboola B, Uche O, Jahng W. Synthesis of Hydrocarbon Fuel by Thermal Catalytic Cracking of Polypropylene. International Journal of Scientific & Engineering Research. 2017; 8: 1193-1203

[11]. วิทยาศาสตร์การไหล (Rheology). 2004. [ออนไลน์.] เข้าถึงได้จาก: <http://pharm.kku.ac.th/thaiv/depart/techno/basicpharm/download/Lesson4.pdf>

[12]. Viscometer. 2004. [ออนไลน์.] เข้าถึงได้จาก: http://www.thaiscience.com/lab_vol/p19/viscometer.htm

[13]. ความหนืด (Viscosity). 2003 [ออนไลน์.] เข้าถึงได้จาก: http://www.mtec.or.th/th/labs/rheology/cool_stuff.html

[14] คุณสมบัติของเปอร์ออกไซด์อินทรีย์. 2010 [ออนไลน์.] เข้าถึงได้จาก: <http://th.richem-peroxide.com/news/properties-of-organic-peroxides-5724066.html>

[15] ประโยชน์ของก๊าซไนโตรเจน ในโรงงานอุตสาหกรรม 2017 [ออนไลน์.] เข้าถึงได้จาก: <http://letterplanet.com/content/814/Safetyr>

[16] R Zeisberger. PIGMENT COMPOSITION FOR COLORING POLYPROPYLENE. United States Patent. 1973; 54-57

[17] H Herrmann, Gerd H. POLYPROPYLENE WAX. United States Patent. 2000; 2-5