โครงการ

การเรียนการสอนเพิ่มประสบการณ์

ชื่อโครงการ การเตรียมออกซิไดซ์พอลิเอทิลีนแว๊กซ์ในสถานะของแข็ง

Preparation of oxidized polyethylene wax in solid state

ชื่อนิสิต นายธนภูมิ โอสถาเลิศ **เลขประจำตัว** 6032924923

นางสาวภัททิรา ภารสงวน **เลขประจำตัว** 6032946723

ภาควิชา เคมีเทคนิค

ปีการศึกษา 2563

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชื่อโครงการภาษาไทย การเตรียมออกซิไดซ์พอลิเอทิลีนแว๊กซ์ในสถานะของแข็ง

ชื่อนิสิตที่ร่วมในโครงการ นายธนภูมิ โอสถาเลิศ รหัสประจำตัวนิสิต 6032924923

นางสาวภัททิรา ภารสงวน รหัสประจำตัวนิสิต 6032946723

ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ รองศาสตราจารย์ ดร. ประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ

ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2563

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการเตรียมออกซิไดซ์พอลิเอทิลีนแว๊กซ์ในสถานะของแข็ง โดยปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ และใช้เปอร์ออกไซด์เป็นตันเริ่มปฏิกิริยา โดยให้ความร้อนในอุณหภูมิที่เหมาะสม 120 องศาเซลเซียส มีออกซิเจนเป็นตัวออกซิไดซ์ ซึ่งสามารถวิเคราะห์การเพิ่มสภาพขั้วของพอลิเอทิลีนแว๊กซ์จากค่าความเป็นกรด ดังนั้นงานวิจัยฉบับนี้ได้ศึกษาผลของตัวแปรที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยา ซึ่งตัวแปรที่ต้องการศึกษาได้แก่ ปริมาณเปอร์ออกไซด์ และเวลาในการทำปฏิกิริยา โดยความเข้มข้นเปอร์ออกไซด์เป็น 0.5, 1.0 และ1.5เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยทำการหาสภาวะที่เหมาะสมและให้ค่าความเป็นกรดมากที่สุด พบว่าปริมาณเปอร์ออกไซด์ 1.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่เวลาในการทำปฏิกิริยา 3 ชั่วโมง ให้ค่าความเป็นกรดมากที่สุด คือ 1.6788 mgKOH/g

คำสำคัญ: ออกซิไดซ์พอลิเอทิลีนแว๊กซ์, ปฏิกิริยาออกซิเดชัน, ค่าความเป็นกรด, เปอร์ออกไซด์

ภาควิชาเคมีเทคนิค

สาขาวิชา เทคโนโลยีเชื้อเพลิง ลายมือชื่อนิสิต ธนภูมิ โอสถาเลิศ

สาขาวิชา เคมีวิศวกรรม ลายมือชื่อนิสิต ภัททิรา ภารสงวน

ปีการศึกษา 2563 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

Title Preparation of oxidized polyethylene wax in solid state

Student name Mr. Thanapoom Osathalert Student ID 6032924923

Miss Phattira Pansanguan Student ID 6032946723

Advisor Assoc. Prof. Dr. Prasert Reubroycharoen

Department of Chemical Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University

2021

Abstract

The research studies the preparation of oxidized polyethylene waxes in a solid state by oxidation reaction by using a Batch reactor. In addition, peroxides are used to initiate this reaction. The process is heated to an optimum temperature of 120 degrees Celsius with Oxygen which is an oxidizing agent. The polarity of polyethylene waxes were analyzed by the acid number. Therefore, this research studies the effect of amount of peroxide 0.5, 1.0 and 1.5 % by weight, and reaction time 1, 2 and 3 hours were concerned, which were the most optimum and positive conditions for the acidity. The obtained results have shown that the 1.5% by weight of peroxide at 3 hours gives the most acid number, 1.6788 mgKOH/g.

Keywords: Oxidized Polyethylene Waxes, Oxidation Reaction, The Acid number, Peroxides

Department of Chemical Technology

Field of study Fuel Technology Student's signature ธนภูมิ โอสถาเลิศ

Field of study Chemical Engineering Student's signature ภัทธิรา สารสวน

Academic Year 2020 Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

กราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาของโครงการที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ตลอดจนให้ความเห็นเพื่อปรับปรุงโครงการให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีรวมทั้ง คณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาเคมีเทคนิคที่ได้มอบคำแนะนำ คำติชม และความช่วยเหลือตลอดมา

ขอขอบคุณนางสาวแพรพรรณ เพ็ชรภิรมย์ และนางสาวชโรติญา วุฒิพรหม ที่ให้คำแนะนำ และอำนวยความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการและการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ต่าง ๆ จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ญาติพี่น้อง ที่คอยให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจในการทำงานวิจัยเสมอมา และขอขอบพระคุณเพื่อนๆและพี่ๆที่ให้คำแนะนำในการทำงานวิจัยและสนับสนุนในด้านต่างๆจนงานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอมอบความดีทั้งหลายของงานวิจัยนี้ให้แก่ทุกท่านที่ได้กล่าวมาข้างต้นและผู้ที่ยัง ไม่ได้เอ่ยนามมา ณ โอกาสนี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ข
กิตติกรรมประกาศ..... ค
สารบัญ..... ง
สารบัญรูป..... ฉ
สารบัญตาราง..... ช
บทที่ 1 บทนำ..... 1
1.1. ความเป็นมาและมูลเหตุจูงใจ..... 1
1.2. วัตถุประสงค์ของโครงการ..... 2
1.3. ตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย..... 2
1.4. วิธีการดำเนินงาน..... 2
1.5. ระยะเวลาที่ศึกษา..... 3
1.6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3
บทที่ 2 ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4
2.1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... 4
2.2. ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 12
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย..... 13
3.1. สารเคมีและวัสดุที่ใช้ในงานวิจัย..... 13
3.2. เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย..... 14
3.3. วิธีการดำเนินการทดลอง..... 17
บทที่ 4 ผลการทดลอง และวิจารณ์ผลการทดลอง..... 19
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ..... 22
5.1. สรุปผลการทดลอง..... 22
5.2. ข้อเสนอแนะ..... 22

ภาคผนวก..... 23

เอกสารอ้างอิง..... 25

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 1 โครงสร้างของพอลิเอทีลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ....4
รูปที่ 2 โครงสร้างของพอลิเอทีลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น....5
รูปที่ 3 โครงสร้างของพอลิเอทีลีนชนิดความหนาแน่นสูง....6
รูปที่ 4 พอลิเอทิลีนแว๊กซ์ที่มีลักษณะเป็นก้อน....7
รูปที่ 5 พอลิเอทิลีนแว๊กซ์ที่มีลักษณะเป็นเกล็ด....7
รูปที่ 6 พอลิเอทิลีนแว๊กซ์ที่มีลักษณะเป็นเม็ด....7
รูปที่ 7 พอลิเอทิลีนแว๊กซ์ที่มีลักษณะเป็นผง....8
รูปที่ 8 ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของพอลิเอทิลีน....9
รูปที่ 9 ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของพอลิเอทิลีน(ต่อ)....10
รูปที่ 10 ภาพรวมชุดวิจัย....14
รูปที่ 11 ถังแก๊สของออกซิเจน ไนโตรเจน และแก๊สอากาศ (Air zero) ที่ใช้ในการทดลอง....14
รูปที่ 12 (ก) ปุ่มตั้งค่าและหน้าจอแสดงผลของอุณหภูมิที่จุดต่าง ๆ ของ เครื่องปฏิกรณ์ 15
รูปที่ 13 (ข) ปุ่มตั้งค่าและหน้าจอแสดงผลของความเร็วรอบของใบกวน 15
รูปที่ 14 เกจวัดความดันภายในเครื่องปฏิกรณ์สำหรับตรวจสอบการทำงานของชุดวิจัย....16
รูปที่ 15 กราฟแสดงค่าความเป็นกรด กับเวลาในการทำปฏิกิริยา....20
รูปที่ 16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรด กับปริมาณเปอร์ออกไซด์อินทรีย์....21

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ตัวอย่างการทดสอบคุณสมบัติสมบัติออกซิไดซ์พอลิเอทิลีนแวกซ์..... 11
ตารางที่ 2 วิเคราะห์ค่าความเป็นกรดที่สภาวะต่างๆ.....19

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและมูลเหตุจูงใจ

เนื่องจากในปัจจุบันเศรษฐกิจมีการพัฒนา และประชากรมีจำนวนมากขึ้น ส่งผลให้ภาคอุตสาหกรรมเข้ามามีบทบาทในการดำรงชีวิตประจำวันของทุกคน ซึ่งเห็นได้ว่าอุปกรณ์เครื่องใช้ ภายในบ้าน ภาชนะบรรจุอาหาร รวมถึงอุปกรณ์ทางการแพทย์ยังต้องอาศัยวัสดุที่สำคัญในการผลิตสิ่งเหล่านี้ [1] โดยโพลีเอทิลีนแว๊กซ์ที่ถูกออกซิไดซ์ สามารถประยุกช์ใช้งานเป็นผลิตภัณฑ์ได้กว้างขวาง ยกตัวอย่างเช่น น้ำยาเคลือบ เทียนไข กระดาษคาร์บอน สีเทียน ท่อร้อยสายไฟ บรรจุภัณฑ์อาหาร กาวร้อน ฉนวนเคเบิ้ลและสายไฟ ดังนั้นโพลิเอทิลีนแว๊กซ์ที่ถูกออกซีไดซ์เป็นหนึ่งในแว๊กซ์ที่สำคัญชนิดหนึ่ง [2] นอกจากนี้ เป็นพอลิเอทิลีนแว๊กซ์ ยังป็นส่วนผสมสำคัญในผลิตสินค้าประเภท กาวร้อน พีวีซี สีทาถนน เม็ดพลาสติกผสมสีและสารเติมแต่งแบบเข้มข้น (Color Masterbatch) เป็นต้น มีคุณสมบัติทำให้ผิวของผลิตภัณฑ์มีรูปลักษณ์สวยงาม มีคุณสมบัติทางด้านความร้อน ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิต ทำให้สินค้ามีคุณภาพดียิ่งขึ้น [3] อีกทั้งพอลิเอทิลีนชนิดหนึ่งที่มีลักษณะคล้ายขี้ผึ้ง มีคุณสมบัติเพิ่มความมันเงางามให้พื้นผิววัสดุ เพิ่มความคงทนต่อรอยขีดข่วน เพิ่มประสิทธิภาพในงานคอมพาวนด์ นอกจากนี้ยังเป็นสารหล่อลื่นทั้งภายในและภายนอกในกระบวนการขึ้นรูปแบบฉีด ได้แก่ พอลิเอทิลีนแว๊กซ์ [4] เนื่องจากพอลิเอทิลีนมีคุณสมบัติเฉพาะตัวคือ จุดหลอมเหลวสูง เสถียรภาพทางความร้อนดีเยี่ยม ทนต่อสารเคมี เป็นสารหล่อลื่นที่ดี รวมถึงเป็นสารเติมแต่งให้พลาสติก เทียนไข เครื่องสำอาง และยางชนิดต่างๆ อีกทั้งยังเป็นใช้เป็นตั้งตั้งต้นการปรับปรุงคุณภาพและเสริมสร้างคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ให้เหมาะกับการใช้งานที่หลากหลาย [5] โดยคุณสมบัติเฉพาะตัวของโพลิเอทิลีนแว๊กซ์นั้นเป็นของแข็งหรือกึ่งของแข็งในอุณหภูมิห้อง มีจุดหลอมเหลวที่สูงอยู่ที่ประมาณ 150 องศาเซลเซียส มีน้ำหนักที่เบา ทดทานต่อรอยขีดข่วน [6] ดังนั้น จึงเป็นสิ่งสำคัญในการปรับเปลี่ยนคุณสมบัติของโพลีเอทิลีนแว๊กซ์ที่ถูกออกซิไดซ์ เพื่อปรับปรุบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จากเหตุผลเหล่านี้จึงมีการคิดค้นและพัฒนา กระบวนการเตรียมโพลีเอทิลีนแว๊กซ์ที่ถูกออกซิไดซ์อย่างต่อเนื่อง เพื่อให้โพลีเอทิลีนแว๊กซ์มีคุณภาพที่ดียิ่งขึ้น คาดว่าจะเกิดประโยชน์ต่ออุตสหกรรมในประเทศไทยต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อศึกษาการเตรียมออกซิไดซ์แว๊กซ์พอลิเอทิลีนในสถานะของแข็ง และหาสภาวะที่เหมาะสมของการเกิดสาร Polar Wax ให้ได้คุณสมบัติตามต้องการ

1.3 ตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย

- เวลาในการทำปฏิกิริยา
- ปริมาณเปอร์ออกไซด์ร้อยละโดยน้ำหนัก

1.4 วิธีการดำเนินงาน

- เวลาในการทำปฏิกิริยา
- ปริมาณเปอร์ออกไซด์ร้อยละโดยน้ำหนัก

1.4.1 แผนการศึกษา

1. ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากฐานข้อมูล Sciencedirect หรือ Scopus สืบค้นข้อมูลจากเว็บไซต์ต่างๆ และรวบรวมข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2. ศึกษาปฏิกิริยาออกซิเดชันของแว๊กซ์พอลิเอทิลีน และจัดหาอุปกรณ์สารเคมีรวมถึง เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

3. ออกแบบและทำการทดลอง โดยตัวแปรที่จะศึกษาคือปริมาณแว๊กซ์พอลิเอทิลีน กับปริมาณ เปอร์ออกไซด์อินทรีย์

4. วิเคราะห์ผลการทดลอง

5. สรุปผลการทดลองอภิปรายและเขียนสรุปโครงงานวิจัย

1.5 ระยะเวลาที่ศึกษา

ใช้เวลาในการทำวิจัยทั้งหมดเป็นเวลา 12 เดือน ดังนี้

แผนการศึกษา	**ระยะเวลา (เดือนที่)**				
	1-2	3-5	6-8	8-10	11-12
ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และ สืบค้นข้อมูลจากเว็บไซต์ต่าง ๆ					
ศึกษาปฏิกิริยาออกซิเดชันของ Polyethylene Wax และจัดหาอุปกรณ์สารเคมีรวมถึงเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย					
ออกแบบและทำการทดลอง วิเคราะห์ผลการทดลอง สรุปผลการทดลองอภิปรายและเขียนสรุปโครงงานวิจัย					

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลการศึกษานี้จะทำให้ทราบถึงการเตรียมและการประยุกต์ใช้พอลิเอททิลีนในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมสิ่งทอ การผลิตสารล่อลื่น สารเคลือบวัสดุ หมึก และ เรซีน เป็นต้น เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตและปรับปรุงคุณภาพของพอลิเอทิลีนแว็กซ์ต่อไป

บทที่ 2

ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

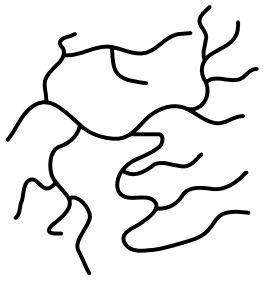
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 พอลิเอทิลีน (Polyethylene)

พอลิเอทิลีน (Polyethylene) เป็นพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งโดยมีมอโนเมอร์เป็นอีทีน (Ethene - C_2H_4) โดยพอลิเอทิลีนมีอยู่หลากหลายประเภทด้วยกันขึ้นกับความหนาแน่นและกิ่งของมัน ซึ่งพอลิเอทิลีนประเภทหลักๆ ประกอบไปด้วย

- พอลิเอทีลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (Low-Density Polyethylene)
- พอลิเอทีลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (Linear Low Density Polyethylene)
- พอลิเอทีลีนชนิดความหนาแน่นสูง (High-Density Polyethylene)

2.1.1.1 พอลิเอทีลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (Low-Density Polyethylene) เป็นพอลิเมอร์ที่เป็นลักษณะกิ่งของแข็ง และโปร่งแสง โดยโครงสร้างโมเลกุลเป็นโซ่หลักที่มีคาร์บอนที่มีหมู่ข้างเคียงของคาร์บอน 4-6 อะตอมติดกับสายโซ่หลักอย่างสุ่มๆ เป็นที่นิยมในภาคครัวเรือนและภาคอุตสหกรรมโดยเฉพาะอุตสหกรรมบรรจุภัณฑ์ เช่น ขวดพลาสติก ภาชนะอาหาร เนื่องจากมีราคาที่ถูก, ยืดหยุ่น, ไม่มีสารพืษที่เป็นอันตรายต่อร่างกายมนุษย์ และทนต่อความร้อนเป็นระยะเวลาหนึ่ง



รูปที่ 1 โครงสร้างของพอลิเอทีลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ

คุณสมบัติโดยทั้วไปของพอลิเอทีลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ ได้แก่

- จุดเดือดอยู่ในช่วง 105 ถึง 115 องศาเซลเซียส
- ความหนาแน่นในช่วง 0.910–0.940 g/cm^3
- Melt Flow Index อยู่ในช่วง 0.1 – 10.9 กรัม/10 นาที
- ดูดซึมน้ำได้น้อย
- เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี
- ทนต่อสารเคมีที่เป็นกรด-ด่าง

2.1.1.2 พอลิเอทีลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (Linear Low Density Polyethylene) เป็นพอลิเมอร์ที่เป็นลักษณะเส้นตรงมีกิ่งที่สั้นกว่าและสม่ำเสมอกว่าของชนิดความหนาแน่นต่ำผลิตจากปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไลเซชั่นแบบซิเกลอร์แนททา (Ziegler-Natta) ระหว่าง 1-butene กับ 1-hexene และ 1-octane เป็นที่นิยมใช้ในการผลิตฟิล์ม

รูปที่ 2 โครงสร้างของพอลิเอทีลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น

คุณสมบัติโดยทั้วไปของพอลิเอทีลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น ได้แก่

- ความหนาแน่นในช่วง 0.915–0.925 g/cm^3
- มียืนหยุ่นและทนต่อแรงกระแทก
- ทนทานต่อสารเคมี
- โปร่งแสง

2.1.1.3 พอลิเอทีลีนชนิดความหนาแน่นสูง (High-Density Polyethylene) เป็นพอลิเมอร์ที่เป็นลักษณะเป็นเส้นตรงกิ่งสั้น และจำนวนกิ่งน้อยมาก มีค่าความหนาแน่นสูง นิยมใช้เป็นตัวปรับปรุงแก๊สธรรมชาติและน้ำมันดิบ

รูปที่ 3 โครงสร้างของพอลิเอทีลีนชนิดความหนาแน่นสูง

คุณสมบัติโดยทั้วไปของพอลิเอทีลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น ได้แก่

- จุดเดือดอยู่ในช่วง 120 ถึง 140 องศาเซลเซียส
- ความหนาแน่นในช่วง 0.93–0.97 g/cm^3
- ทนทานต่อสารความเป็นกรด-ด่าง และไม่ว่องไวต่อสารเคมี
- ดูดซึมน้ำได้น้อย
- เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดีเยี่ยม

2.1.2 พอลิเอทิลีนแว๊กซ์ (Polyethylene Wax)

พอลิเอทิลีนแว๊กซ์ (Polyethylene Wax) เป็นแว๊กซ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชั่น (Polymerization) ของเอทลีน (Ethylene) ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม มีลักษณะคล้ายขี้ผึ้ง มีมวลโมเลกุลที่น้อยมากๆ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญสำคัญในการผลิตสินค้าประเภทกาวร้อน พีวีซี สีทาถนน เม็ดพลาสติกผสมสี และสารเติมแต่งแบบเข้มข้น โดยมีรูปทรงที่มีลักษณะเป็นก้อน,เกล็ด,เม็ด และผงละเอียด

รูปที่ 4 พอลิเอทิลีนแว๊กซ์ที่มีลักษณะเป็นก้อน

รูปที่ 5 พอลิเอทิลีนแว๊กซ์ที่มีลักษณะเป็นเกล็ด

รูปที่ 6 พอลิเอทิลีนแว๊กซ์ที่มีลักษณะเป็นเม็ด

รูปที่ 7 พอลิเอทิลีนแว๊กซ์ที่มีลักษณะเป็นผง

คุณสมบัติโดยทั้วไปของพอลิเอทิลีนแว๊กซ์ ได้แก่

- จุดหลอมเหลวอยู่ที่ 120 ถึง 135 องศาเซลเซียส
- ทนทานต่อสารความเป็นกรด-ด่าง และไม่ว่องไวต่อสารเคมี
- มีเสถียรภาพทางความร้อนที่ดีเยี่ยม
- มีการต้านทานแรงดันที่สูญเสียได้ดีเยี่ยม

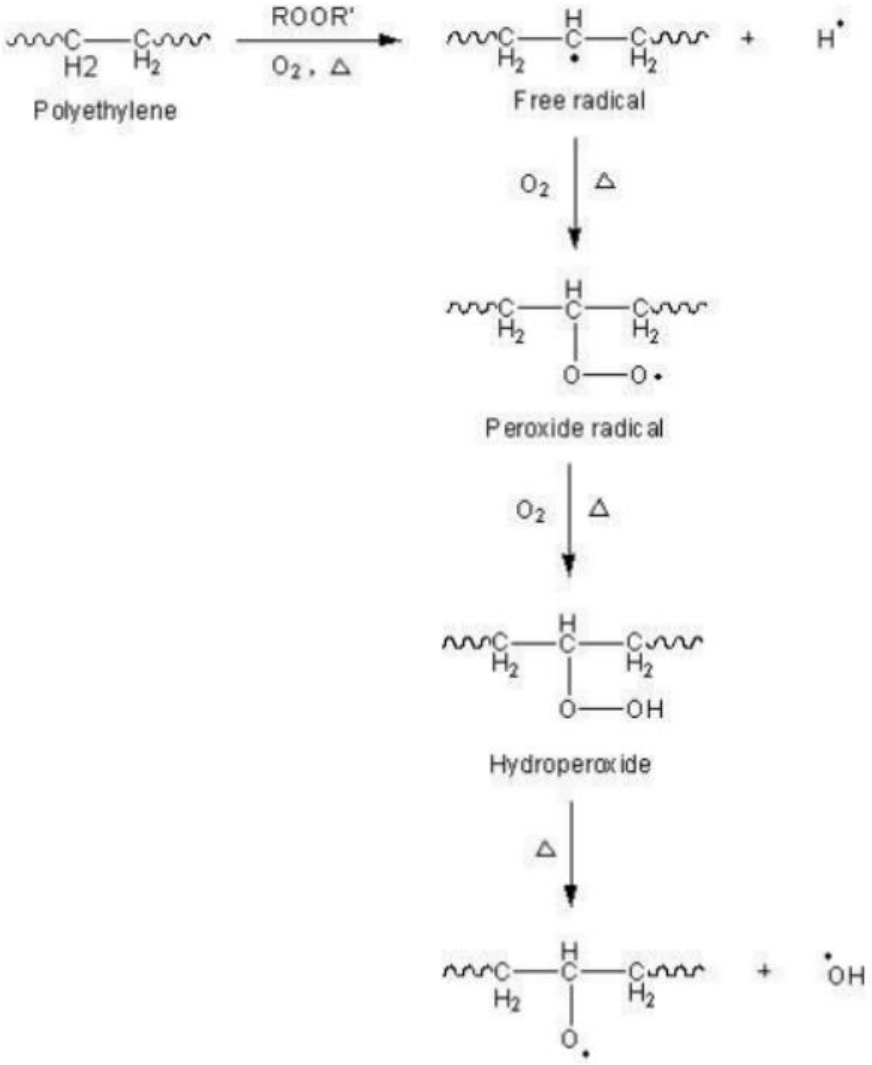
2.1.3 ออกซิไดซ์พอลิเอทิลีนแว๊กซ์ (Oxidized Polyethylene Wax)

ออกซิไดซ์พอลิเอทิลีนแว๊กซ์ (Oxidized Polyethylene Wax) เป็นพอลิเอทิลีนแว๊กซ์ที่ผ่านการเพิ่มสภาพความเป็นขั้วด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชั่น โดยจะมีหมู่คาร์บอนิลเพิ่มในโมเลกุลของพอลิเอทิลีนแว๊กซ์ ซึ่งเป็นการเพิ่มคุณภาพ และประสิทธิภาพให้กับผลิตภัณฑ์ ยกตัวอย่างเช่น ใช้เป็นสารหล่อลื่อในกระบวนการผลิตพลาสติกจำพวก หรือใช้เป็นสารเพิ่มความความแข็งแรงให้กับท่อ PVC เป็นต้น นอกจากนี้ออกซิไดซ์พอลิเอทิลีนแว๊กซ์ยังเป็นที่นิยมใช้ในงานขัดเงาอย่างรองเท้า, เฟอนิเจอร์, พื้น หรือรองเท้า เป็นต้น รวมถึงเป็นสารกระจายให้กับตัวน้ำหมึกและสี โดยที่การประยุกต์ใช้งานขึ้นอยู่กับปริมาณหมู่คาร์บอนิลในตัวออกซิไดซ์พอลิเอทิลีนแว๊กซ์

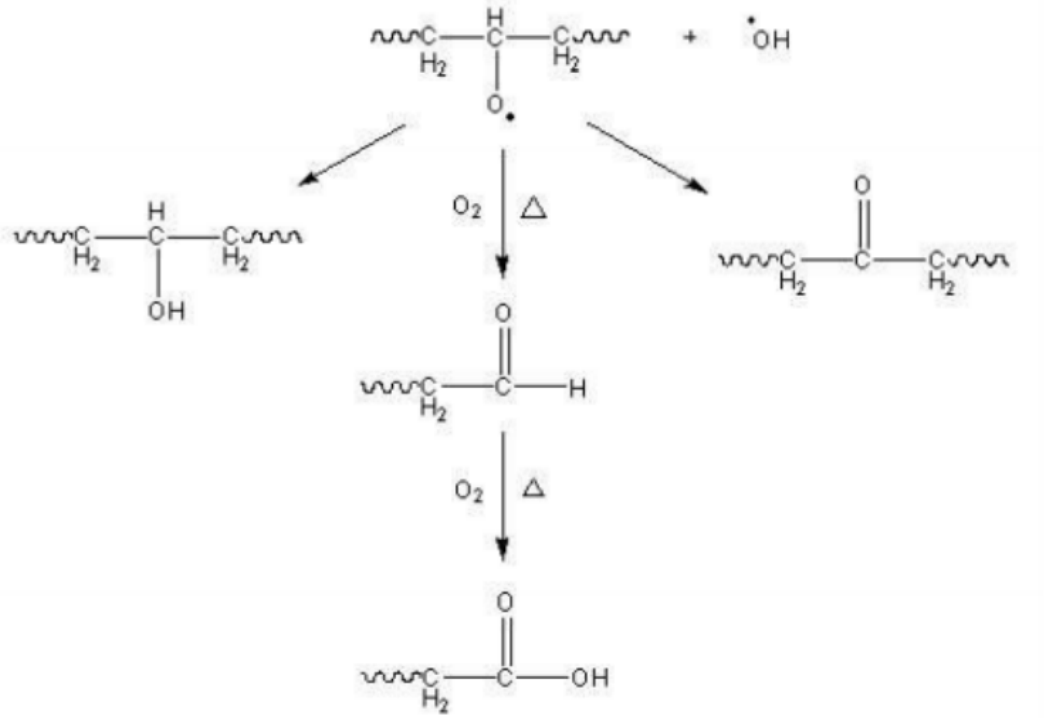
คุณสมบัติโดยทั้วไปของออกซิไดซ์พอลิเอทิลีนแว๊กซ์ ได้แก่

- ความหนาแน่นในช่วง 0.94–0.96 g/cm^3
- จุดอ่อนตัวอยู่ที่ 90 ถึง 110 องศาเซลเซียส
- สามารถผสมเข้ากับน้ำได้
- ทนทานต่อสารเคมีได้เป็นอย่างดี

ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของพอลิเอทิลีนแว๊กซ์เพื่อที่จะได้เป็นออกซิไดซ์พอลิเอทิลีนแว๊กซ์นั้น จะเกิดกลไกการสลายตัวของพอลิเอทิลีนเริ่มจากการที่โมเลกุลเกิดการแตกออกเนื่องจากได้รับความร้อนหรือแรงเค้นเฉือน ส่งผลให้เกิดอนุมูลอิสระ (Free radical) ที่มีความว่องไวต่อการทำปฏิกิริยา จากนั้นปฏิกิริยาออกซิเดชั่นโดยอัตโนมัติจะเกิดขึ้น (Auto-oxidation process) โดยอนุมูลอิสระจะเข้ารวมตัวกับออกซิเจนเป็นเปอร์ออกไซด์แรดิคอล ส่วนไฮโดรเปอร์ออกไซด์ เมื่อได้รับพลังงานความร้อนด้วยภาวะที่เหมาะสมจะเกิดการสลายตัวได้เป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ทำให้พอลิเอทิลีนที่ผ่านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นนั้นมีดค่าออกซิเดชั่นสูงขึ้น



รูปที่ 8 ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของพอลิเอทิลีน



รูปที่ 9 ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของพอลิเอทิลีน (ต่อ)

[อรอุมา สันตวิธี. ผลของโครงสร้างโมเลกุลและองศาของความเป็นกิ่งของพอลิเอทิลีนที่มีต่อกลไก การสลายตัวของพอลิไวนิลคลอไรด์และพอลิเอทิลีน. ภาควิชาวิทยาการและวัสดุ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย ศิลปากร, 2548, 34-38.]

2.1.4 การตรวจสอบคุณสมบัติของแวกซ์ด้วยเครื่องมือวิเคราะห์

การตรวจสอบคุณสมบัติของแวกซ์ด้วยเครื่องมือวิเคราะห์มี 4 วิธีอยู่ด้วยกัน

- Congealing Point เป็นการวัดอุณหภูมิที่ของเหลวเริ่มกลับมาแข็งตัว หรือหยุดไหล
- Drop Melting Point เป็นการวัดอุณหภูมิที่แวกซ์มีสภาพภายใต้แรงโน้มถ่วง โดยเทอร์โมมิเตอร์จะถูกเคลือบด้วยแว็กซ์และนำไปทดสอบในอ่างกลีเซอรีนหยดแรกที่แวกซ์ตกจากเทอร์โมมิเตอร์ก็คือ Drop Melting Point
- Viscosity เป็นการวัดการต้านทานการไหลของแว๊กซ์ภายใต้ความเค้นเฉือน
- Acid Value เป็นการวัดค่าความเป็นกรดในออกซิไดซ์พอลิเอทิลีนแวกซ์ อีกทั้งยังสามารถระบุความเป็นขั่วของออกซิไดซ์พอลิเอทิลีนแวกซ์ได้อีกด้วย โดยสามารถระบุหน่วยได้เป็น mgKOH/g

ตารางที่ 1 ตัวอย่างการทดสอบคุณสมบัติสมบัติออกซิไดซ์พอลิเอทิลีนแวกซ์

Oxidized Polyethylene	Acid Number (mgKOH/ gram)	Density (grams/cc)	Brookfield Viscosity (cps at 150°C)
A-C® 307A	5 - 9	0.98	> 80000
A-C® 316A	15 - 18	0.98	8500
A-C® 330	28 - 32	0.99	3600
A-C® 392	28 - 32	0.99	4500

[https://patentimages.storage.googleapis.com/f1/8f/41/4713bcc64922c6/WO1995004780A1.pdf]

2.2 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Zhang Jianyu , Yan Yongjie , Gao Jinsheng และ Xu Jianhang [7] ได้ทำการศึกษาเรื่องพัฒนาการของพอลิเอททิลีนแวกซ์ โดยวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมออกซิไดซ์โพลีเอททิลีนแวกซ์ โดยศึกษาผลของcatalyst, เวลาในการเกิดปฏิกิริยา, ความเร็ว และความดัน ต่อค่าความเป็นกรดของผลิตภัณฑ์ โดยการมีขั้นตอนดังนี้ นำ 20 กิโลกรัม ของโพลีเอทิลีนแว๊กซ์ ใส่ในแทงค์ที่ทำจากสแตนเลสสตีล แล้วให้ความร้อนจนถึง 130 องศาเซลเซียส หลังจากนั้น เติม 2 กรัม ของcatalystที่ต้องการศึกษา และ 200 กรัมของโพลีเอททิลีน(catalyst) อย่างช้าๆโดยcatalyst ที่ใช้ในการทดลองได้แก่ $KMnO_4$ (โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต), Mn (แมงกานีส), Co (โคบอล) และเกลือของกรดไขมันอื่นๆ หลังจากนั้น30นาทีต่อมา นำส่วนผสมในแทงค์ป้อนเข้าสู่เตาปฏิกรณ์แบบร้อน และเติมอากาศเข้าไป เตาปฏิกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมีขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.27เมตร และ ความสูง 3เมตร หลังจากนั้น ระหว่างเกิดการออกซิไดซ์ จะทำการควบคุมและปรับค่าตัวแปรต่างๆที่ต้องการศึกษา ด้วยการวัดค่าคามเป็นกรดของผลิตภัณฑ์ และการสังเกตเวลาในการเกิดปฏิกิริยา จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมออกซิไดซ์โพลีเอทิลีนแว๊กซ์คือ การใช้ KMnO4 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา, เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาคือ 3-7 ชั่วโมง, อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาคือ 141-148 องศาเซลเซียส, ความเร็วในการป้อนอากาศเข้าสู่เตาปฏิกรณ์ 4-8 เมตรต่อวินาที โดยค่าความเป็นกรดของออกซิไดซ์โพลีเอทิลีนแว๊กซ์มากกว่า 30 mgKOH/g สามารถยอมรับได้ภายใต้เงื่อนไขที่เหมาะสม

W. Huang , Y. Cong และ X. Wang [8] ได้ทำการศึกษาเรื่อง การเตรียมออกซิไดซ์แว๊กซ์ที่มีความแข็งสูง โดยกุญแจสำคัญที่เราจะศึกษาคือค่าความเป็นกรด, ความแข็ง, ค่าsaponification และความเป็นแว๊กซ์ โดยการทดลองจะนำ แวกซ์ 50 กรัม หั่นให้เป็นชิ้นเล็กๆ ใส่ในขวดปริมาตร 100 มิลลิลิตร เพื่อที่จะนำไปหลอมละลายจนอุณหภูมิถึง 120 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์แล้วปล่อยให้ทำปฏิกิริยาประมาณ 4 ชั่วโมง โดยทำการทดลองทั้งหมด 6 ครั้ง ซึ่งในแต่ละครั้งจะใส่ปริมาณแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ เมื่อทำปฏิกิริยาเสร็จในการแต่ละการทดลองจะทำการวัดค่าความเป็นกรด และวัดค่าneedle penetration จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมออกซิไดซ์แว๊กซ์คือ การใช้แคลเซียมคาร์บอเนต ปริมาณ 3% เนื่องจากในสภาวะนี้จะทำให้ความเป็นกรดของแวกซ์อยู่ที่ประมาณ 3.20 mgKOH/g ส่งผลให้ค่าsaponification อยู่ที่ประมาณ 78-88 mgKOH/g ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับแวกซ์ที่มีความแข็งสูงในธรรมชาติ

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 สารเคมีและวัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

3.1.1 สารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

1. แก๊สไนโตรเจน (Nitrogen)
2. Air Zero
3. ออร์แกนิกเปอร์ออกไซด์ (Organic Peroxide)
4. เอทิลเบนซีน (Ethyl Benzene)
5. โพลีเอทิลีนแว๊กซ์ (Polyethylene Wax)
6. แก๊สออกซิเจน (Oxygen)
7. โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium Hydroxide)
8. ฟีนอล์ฟทาลีน (Phenolphthalein)
9. ไซลีน (Xylene)
10. อะซีโตน (Acetone)

3.1.2 สารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

1. บีกเกอร์ขนาด 50 ml
2. กระบอกตวง 10 ml
3. ดรอปเปอร์
4. บิวเรต
5. เครื่องชั่งน้ำหนักสาร
6. ขวดรูปชมพู่
7. ช้อนตักสาร
8. Pressure Reactor

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนี้ คือ Batch reactor แสดงในรูปข้างต้น

รูปที่ 10 ภาพรวมชุดวิจัย

รูปที่ 11 ถังแก๊สของออกซิเจน ไนโตรเจน และแก๊สอากาศ (Air zero) ที่ใช้ใน การทดลองถูกยึดด้วยโซ่ 2 ระดับกับโครงของเครื่องปฏิกรณ์ที่มีความแข็งแรงมั่นคง

รูปที่ 12-13 (ก) ปุ่มตั้งค่าและหน้าจอแสดงผลของอุณหภูมิที่จุดต่าง ๆ ของ เครื่องปฏิกรณ์ ได้แก่ อุณหภูมิที่ผิวของเครื่องปฏิกรณ์ อุณหภูมิภายในของเครื่องปฏิกรณ์ อุณหภูมิภายในของส่วน Preheat และอุณหภูมิของแก๊สภายในท่อ สำหรับตรวจสอบการทำงานของชุดวิจัยว่าเป็นปกติดีหรือไม่ ซึ่งโดยปกติแล้วในระบบมีชุดควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Controller) ถ้าอุณหภูมิเกินค่าที่กำหนด ระบบจะทำการตัดไฟโดยอัตโนมัติและแสดงสัญลักษณ์ alarm ที่มอนิเตอร์ แต่ถ้าหากอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ เกินปกติ (โดยปกติใช้อุณหภูมิไม่เกิน 150 °C) ให้หยุดทำการทดลองและตรวจสอบเครื่องอีกครั้ง

(ข) ปุ่มตั้งค่าและหน้าจอแสดงผลของความเร็วรอบของใบกวน หากความเร็วรอบไม่ขึ้นและใบกวนไม่หมุน ให้หยุดทำการทดลองและตรวจสอบความผิดปกติของมอเตอร์ หรือ เช็คสิ่งกีดขวางภายในเครื่องปฏิกรณ์อันเป็นเหตุให้ใบกวนหยุดหมุน

รูปที่ 14 เกจวัดความดันภายในเครื่องปฏิกรณ์สำหรับตรวจสอบการทำงานของชุดวิจัยว่าเป็นปกติดีหรือไม่ ซึ่งในระบบมีอุปกรณ์ที่ควบคุมความดันอยู่ 2 จุด คือตัว Regulator ที่หัวถังแก๊สกับ Back pressure ที่ขาออกจากเครื่องปฏิกรณ์คอย ควบคุมความดันในระบบไม่ให้เกิดค่าที่ตั้งไว้ (ทำการทดลองในช่วงความดันเกจเท่ากับ 0-5 บาร์) แต่อย่างไรก็ตามหากความดันเกินค่าที่ตั้งไว้ที่ Back pressure และไม่มีแก๊สขาออก ให้หยุดทำการทดลองและทำการอุดตันทันที ส่วนในกรณีที่ไม่สามารถอัดความดันได้อาจเกิดจากการมีจุดรั่วไหลของแก๊สตามท่อและข้อต่อ ให้หยุดทำการทดลองและทำการเช็ครั่วทันที

3.3 วิธีดำเนินการทดลอง

3.3.1 เตรียมสาร

1. เตรียมเปอร์ออกไซด์
    1. ชั่ง Polyethylene Wax 200 กรัม
    2. คำนวณปริมาณ Organic Peroxide เทียบกับ Polyethylene Wax โดยใช้ความเข้มข้นของเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 1.0 และ1.5 โดยน้ำหนัก
    3. นำสารที่เตรียมไว้มาผสมกัน
2. เตรียม KOH
    1. ชั่ง KOH 5.611 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 5.6 มิลลิลิตร
    2. เจือจางโดยใช้ 95% Ethanol ปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร ด้วย Volumetric Flask 1000 มิลลิลิตร
    3. ทำการเขย่าจน KOH ละลายหมด
3. เตรียม Phenolphthalein
    1. ชั่ง Phenolphthalein 1 กรัม ละลายใน 95% Ethanol 100 มิลลิลิตร ด้วย Volumetric Flask 100 มิลลิลิตร
    2. ทำการเขย่าจน Phenolphthalein ละลายหมด และเก็บในขวดสีชา
4. เตรียมสารตั้งต้นก่อนเข้าเครื่อง
    1. นำ Polyethylene Wax มาผสมกับ Peroxide ให้เข้ากัน

3.3.2 การใช้เครื่องมือ Pressure reactor

1. Pre-Heat

1.1 ต่อสายระบายแก๊สใน reactor สู่ถังน้ำ เพื่อระบายแก๊สภายใน reactor

1.2 อัดแก๊ส N_2 1 bar

1.3 ปรับ Setting Value (SV) ตำแหน่ง Reactor Temperature ให้ได้ค่าเริ่มต้น 90°C

1.4 ปรับอุณหภูมิ Setting Value (SV) ตำแหน่ง Reactor Temperature เทียบกับตำแหน่ง Surface Temperature จนได้ค่า 120 °C

1.5 ปิดวาล์วแก๊ส N_2

2. Reaction

2.1 เมื่ออุณหภูมิถึงอุณหภูมิที่กำหนด ทำการบรรจุสารตัวอย่างทีเตรียมไว้ลงในเครื่องปฏิกรณ์แบบ Batch

2.2 เพิ่มความเร็วมอเตอร์ที่ 10.4 rpm

2.3 อัดแก๊ส air zero ที่ความดัน 5 บาร์

3.3.3 ขั้นตอนการทดลอง

1. ชั่ง Polyethylene Wax 200 กรัม
2. เตรียมปริมาณ Organic Peroxide ร้อยละ 0.5, 1.0 และ1.5 โดยน้ำหนัก
3. ทำการ Pre-Heat เครื่อง
4. นำ Peroxide มาผสมกับ Polyethylene Wax
5. รออุณหภูมิ ณ ตำแหน่ง Surface Temperature ให้ได้ค่าประมาณ 118 °C จากนั้นใส่สารที่เตรียมไว้ลงไปยังเครื่อง
6. เริ่มจดบันทึกเวลาที่เริ่มใส่สาร และอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่าง ๆดังนี้
    - Reactor Temperature (PV)
    - Surface Temperature (PV)
    - Preheat Temperature
    - Heater Temperature
    - Temperature In Line 1
    - Temperature In Line 2
7. แล้วทำการ Reaction
8. รอจนครบเวลาที่กำหนด โดยระหว่างที่เครื่องทำปฏิกิริยาต้องคอยควบคุมอุณหภูมิของ Surface Temperature ไม่ให้เกิน 125 °C ส่วน Reactor Temperature (SV) ที่ 120 °C และคอยดูมอเตอร์ให้หมุนตลอดตอนเครื่องทำปฏิกิริยา
9. พอครบเวลาที่กำหนดในการทดลอง ให้ทำการ ปิด Heater และ Preheat
10. ปิดแก๊ส และค่อยๆ Release ความดันออกจากเครื่อง และทำการเปิดฝาตัวเครื่อง
11. รอจนอุณหภูมิ Cool down ให้ถอดตัวเครื่องทั้งหมด และทำความสะอาดตัวเครื่อง
12. หลังจากทำความสะอาดเสร็จแล้วให้ประกอบเครื่องกลับเป็นเหมือนเดิม หลังการนั้นทำการเช็คจุดรั่วไหลของแก๊สบริเวณรอยต่อของอุปกรณ์ทั้ง 3 จุด
13. เสร็จแล้วให้ปิดเครื่อง และปิด main switch

บทที่ 4

ผลการทดลอง และวิจารณ์ผลการทดลอง

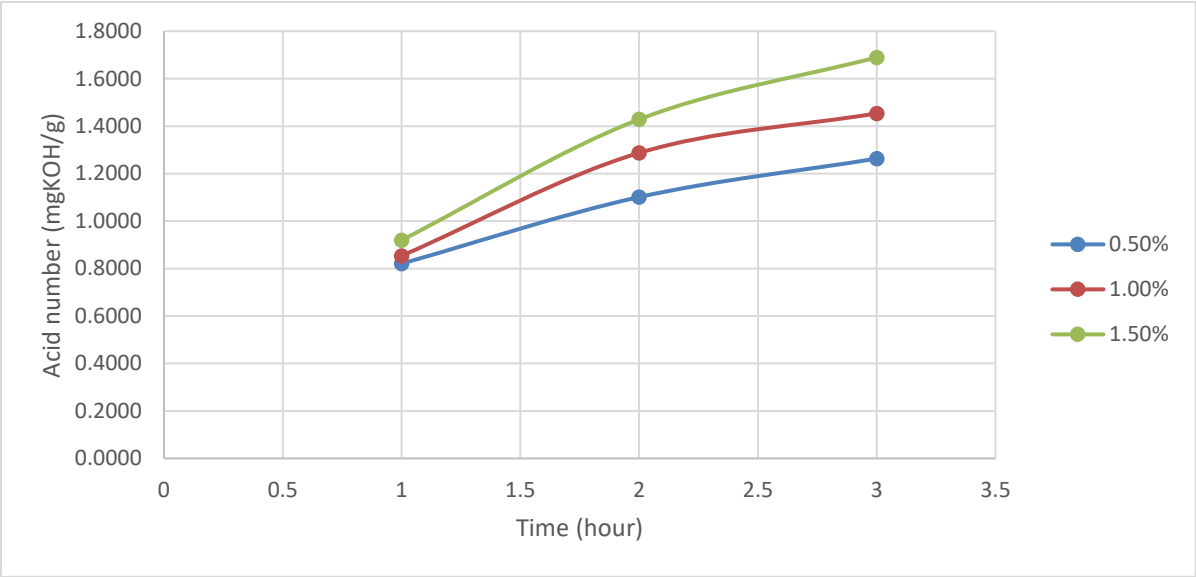
ความเป็นกรดที่สภาวะต่างๆ

น้ำหนักของสารตัวอย่าง: 200 กรัม Reactor Temp.: 120 ℃ Pre-heat Temp.: 105 ℃ ความดัน: 5 บาร์

ตารางที่ 2 วิเคราะห์ค่าความเป็นกรดที่สภาวะต่างๆ

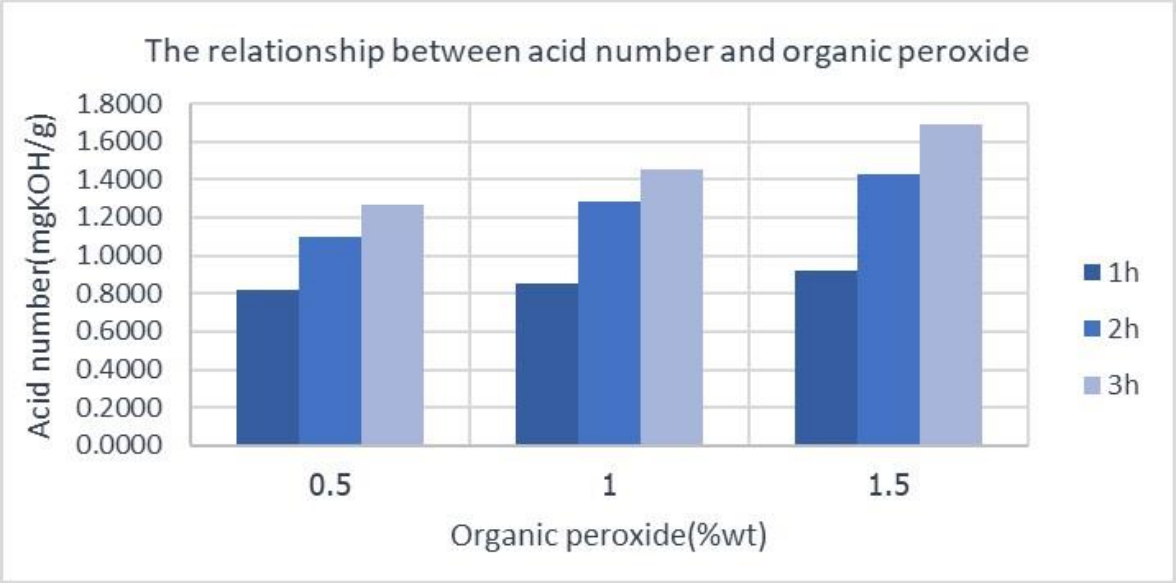
Run	Organic peroxide (%wt)	Time (hr)	Weight (g)	Volume of KOH(ml)	Acid number (mgKOH/g)
1	0.5	1	1.0048	0.1450	0.8096
2	0.5	2	1.0036	0.1950	1.0900
3	0.5	3	1.0081	0.2250	1.2521
4	1.0	1	1.0055	0.1550	0.8648
5	1.0	2	1.0067	0.2300	1.2817
6	1.0	3	1.0032	0.2600	1.4539
7	1.5	1	1.0067	0.1650	0.9195
8	1.5	2	1.0053	0.2550	1.4230
9	1.5	3	1.0025	0.3000	1.6788

จากการทดลอง ใช้สารตัวอย่างปริมาณ 200 กรัม ออกซิไดซ์แก๊สออกซิเจนในอากาศ (Air Zero) ความดัน 5 บาร์ ที่อัตราการไหล 2 ลิตรต่อนาที และความเข้นข้นของเปอร์ออกไซด์อินทรีย์ร้อยละ 0.5, 1.0 และ 1.5 โดยมวล จากการทดลองพบว่า เมื่อความเข้นข้นของเปอร์ออกไซด์อินทรีย์สูงขึ้น ค่าความเป็นกรดจะสูงขึ้นตาม เป็นผลมาจากการอยิ่งปริมาณของเปอร์ออกไซด์ยิ่งมาก จะทำให้เกิดปฏิกิริยามากขึ้น ส่งผลให้พอลิเอทิลีนแว๊กซ์สามารถเพิ่มความมีขั้วให้กับสารตัวอย่างได้ และเมื่อเพิ่มเวลาในเวลาในการทำปฏิกิริยา จะสามารถเพิ่มค่าความเป็นกรดได้เช่นเดียวกัน เนื่องจาก เวลาในการทำปฏิกิริยาระหว่างสารตัวอย่างกับเปอร์ออกไซด์ และแก๊สออกซิเจนในอากาศที่อัด มีเวลาที่นานขึ้น ทำให้เกิดความเป็นขั้วที่สารตัวอย่างได้ดีเหมือนกัน จึงทำให้ค่าความเป็นกรดสูงขึ้น



รูปที่ 15 กราฟแสดงค่าความเป็นกรด กับเวลาในการทำปฏิกิริยา

จากกราฟแสดงปริมาณความเข้มข้นของเปอร์ออกไซด์อินทรีย์โดยที่เวลา 1 ชั่วโมง ความเข้นข้นของเปอร์ออกไซด์อินทรีย์ร้อยละ 0.5, 1.0 และ 1.5 โดยมวล มีค่า Acid Number ใกล้เคียงกัน ได้แก่ 0.8096, 0.8648 และ 0.9195 mgKOH/g ตามลำดับ ในขณะที่เมื่อเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมง ค่า Acid Number ของเปอร์ออกไซด์อินทรีย์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 โดยมวลมีค่ามากสุดเท่ากับ 1.4230 mgKOH/g รองลงมาเป็นร้อยละ 1.0 โดยมวลเท่ากับ 1.2817 mgKOH/g และร้อยละ 0.5 โดยมวลเท่ากับ 1.0900 mgKOH/g โดยที่เวลา 3 ชั่วโมง ค่า Acid Number ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 โดยมวลมีค่ามากที่สุด เท่ากับ 1.6788 mgKOH/g รองลงมาเป็นความเข้มข้นร้อยละ 1.0 โดยมวลเท่ากับ 1.4539 mgKOH/g และความเข้มข้นร้อยละ 0.5 โดยมวลเท่ากับ 1.2521 mgKOH/g ตามลำดับ สรุปความเข้มข้นของเปอร์ออกไซด์อินทรีย์ร้อยละ 1.5 โดยมวลที่ 3 ชั่วโมง ให้ค่า Acid Number มากที่สุด



รูปที่ 16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรด กับปริมาณเปอร์ออกไซด์อินทรีย์

เมื่อพิจารณากราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรดเทียบกับปริมาณออแกนิกเปอร์ออกได์ 0.5 1.0 และ 1.5%โดยน้ำหนัก ที่เวลา1, 2 และ 3ชั่วโมงตามลำดับ พบว่าที่ปริมาณออกไซด์อินทรีย์เท่ากัน ค่าความเป็นกรดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น เนื่องจากเปอร์ออกไซด์อินทรีย์ เป็นตัวเริ่มปฏิกิริยา ยิ่งใช้ในปริมาณที่มากจะส่งผลให้ปฏิกิริยาเกิดมากขึ้น จึงทำให้ค่าความเป็นกรดมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยามากขึ้น

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นค่าความเป็นกรดของพอลิเอทิลีนแว๊กซ์ทำที่สภาวะของแข็งในเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ โดยตัวแปรที่เราศึกษาคือ เวลาในการทำปฏิกิริยา กับความเข้มข้นเปอร์ออกไซด์ โดยกำหนดปริมาณสารตัวอย่างประมาณ 200 กรัม ความดัน 5 บาร์ และใช้ตัวออกซิไดซ์เป็นแก๊สออกซิเจนที่อยู่ในอากาศ (Air zero) โดยทำการหาสภาวะที่ให้ค่าความเป็นกรดมากที่สุด จากผลการทดลอง ที่เวลาทำปฏิกิริยา 3 ชั่วโมง ความเข้นข้นของเปอร์ออกไซด์อินทรีย์ร้อยละ 1.5 โดยมวล ให้ค่าความเป็นกรดมากที่สุด คือ 1.6788 mgKOH/g

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ทำการศึกษาเพิ่มเติมโดยเพิ่มสภาวะที่ศึกษาอื่นๆ

5.2.2 ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสม เพื่อความคุ้มทุนเชิงเศรษฐศาสตร์

ภาคผนวก

ตัวอย่างการคำนวณ

การคำนวณค่าความเป็นกรด

ข้อมูลจากการทดลอง

ความเข้มข้นเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 1.0 โดยมวล เวลา 3 ชั่วโมง

ความเข้มข้นของ KOH 0.1 N

ตารางที่ 2 ปริมาณสารที่ได้จากการทดลอง

ปริมาณสารตัวอย่าง (g)	**ปริมาณ KOH ที่ไตเตรทได้ (mL)**
1.0032	0.2600

สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาค่า Acid Number คือ $\frac{A*\mathrm{N}*56.1}{B}$

เมื่อ A คือ ปริมาตร KOH (ml)

N คือ ความเข้มข้น KOH (0.1) Normality

B คือ น้ำหนัก polar wax ที่ใช้ในการไตเตรท (g)

ค่าความเป็นกรด คือ $\frac{0.2600*0.1*56.1}{1.0032}$= 1.4539 mgKOH/g

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน. ภาพรวมของอุตสาหกรรมพลาสติก [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://pirun.ku.ac.th/~csnrkb/powerpoint/packaging/plastic.pdf. (วันที่สืบค้นข้อมูล 17 กุมภาพันธ์ 2563)

[2] Wang, W., Wang, Y., Liu, Z., Han, Y., Wang, C., 2019. Study on application performance of oxidized polyethylene wax in powder coatings, Progress in Organic Coatings. 136, 105-294.

[3] บริษัท ไออาร์พีซี จำกัด (มหาชน). Polyethylene WAX [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://polimaxx.irpc.co.th/th/product/polyethylene-wax/. (วันที่สืบค้นข้อมูล 17 กุมภาพันธ์ 2563)

[4] บริษัท เอสซีจี เคมีคอลส์ จำกัด. พีอี แว็กซ์ [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก https://www.scgchemicals.com/th/products-services/product-type/pe/pe-wax. (วันที่สืบค้นข้อมูล 18 กุมภาพันธ์ 2563)

[5] Engineeringclicks. Polyethylene Wax – uses and properties [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://www.engineeringclicks.com/polyethylene-wax-uses-properties/. (วันที่สืบค้นข้อมูล 18 กุมภาพันธ์ 2563)

[6] Luyt, A.S., Geethamma, V.G., 2007. Effect of oxidized paraffin wax on the thermal and mechanical properties of linear low-density polyethylene–layered silicate nanocomposites, Polymer Testing. 26, 461-470.

[7] Jianyu, Z., Yongjie, Y., Jinsheng, G., Jianhang, X., 2000. Development of oxidized polyethylene waxes, Petroleum Science and Technology. 18, 1077-1088.

[8] Huang, W., Cong, Y., Wang, X., 2011. Preparation of High-Hardness Oxidized Wax, Petroleum Science and Technology. 29, 1825-1829.

[8] Han, T., Liu, H., Xiao, H., Chen, A., Huang, Q., 2019. Experimental study of the effects of apex section internals and conical section length on the performance of solid–liquid hydrocyclone. Chemical Engineering Research and Design. 145, 12-18.

[9] Salvador, F.F., Barrozo, M.A.S., Vieira, L.G.M., 2018. Filtering cylindrical–conical hydrocyclone. G Model. PARTIC-1222, 9.