



ห้องสมุด
วันที่ ๒๖ พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๖๓
รหัส ๐๓ ๘๙ ๕๕๖

รายงานการวิจัย

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมในการรีไซเคิลพลาสติก

Environment Economic Analysis of Plastics Recycling



รายงานวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

2555



ใบรับรองการวิจัยสิ่งแวดล้อม

โปรแกรมวิชาชีวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

เรื่อง การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมในการรีไซเคิลพลาสติก

Environment Economic Analysis of Plastics Recycling

ผู้วิจัย นางสาวฟารีดา หมาดโพธิ์ รหัส 514273029

นางสาวสุกัญญา เตชะโต รหัส 514273041

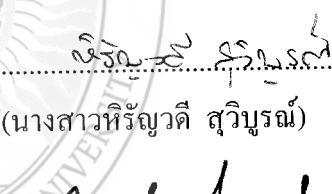
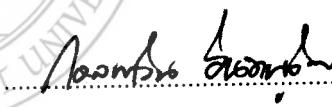
ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

คณะกรรมการที่ปรึกษา

.....ประธานกรรมการ
(ดร. พลพัฒน์ รวมเจริญ)
.....ประธานกรรมการ
(ดร. สุชีวรรณ ยอดยุทธอรอน)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(นางสาวนัดดา โปคำ)

.....กรรมการ
(นางสาวนริดา ปุ่มปุ่นกุล)
.....กรรมการ
(นายกมลนาวิน อินทนุจิตร)

.....กรรมการ
(ดร. พลพัฒน์ รวมเจริญ)

.....กรรมการ
(ดร. สุชีวรรณ ยอดยุทธอรอน)

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา รับรองแล้ว



(ดร. พิพัฒน์ ลิมปะนันพิทักษ์)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

177258

๖๖๙.๔
๗๒๗

ชื่อการวิจัย	การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมในการรีไซเคิลพลาสติก	
ชื่อผู้วิจัย	นางสาวฟารีดา หมาย ใจชัย นางสาวสุกัญญา เต่าวาโต	
ชื่อปัจจัย	วิทยาศาสตรบัณฑิต	
โปรแกรมวิชา	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม	
คณะ	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	
ปีการศึกษา	2555	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. พลพัฒน์ รวมเจริญ	
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ดร. สุชีวรรณ ยอดร้อน	

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมในการรีไซเคิลพลาสติก ซึ่งมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาสมบัติของพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนที่ผ่านกระบวนการรีไซเคิลจำนวน 5 ครั้ง และศึกษาจุดคุ้มทุนพอดีในกระบวนการรีไซเคิลพลาสติกพอลิเอทิลีน ซึ่งสภาวะที่ใช้ในการอัดรีดแต่ละครั้ง คือ ความเร็วสูง 75 รอบ/นาที, อุณหภูมิที่ใช้แสดงช่วงจากรายปี่อนเม็ดพลาสติก จนถึงหัวดาย เท่ากับ 140, 190, 220, 230, 250 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่า สมบัติความต้านทานต่อแรงดึง ลดลงถึง 80% หลังอัดรีด 5 ครั้ง จุดคุ้มทุนในการอัดรีดนั้นพบว่า ต้องขายผลิตภัณฑ์ให้ได้จำนวน 20,600 กิโลกรัม จึงจะคุ้มทุน ในการนี้ที่ตั้งราคาผลิตภัณฑ์ 19 บาท/กิโลกรัม

Title Environment Economic Analysis of Plastics Recycling

Author Fareeda Mardsoh

Sukunya toawato

Program Bachelor of Science

Major Environmental Science (Environmental Technology)

Academic Year 2012

Advisor Dr.Polphat Ruamcharoen

Co-Advisor Dr.Sucheewan Yoyrurob

Abstract

This research involves the environment economic analysis of plastics recycling. The objectives of this research were to study the properties of five times recycled polyethylene and break-even point analysis for the recycle process. The conditions for extrusion were kept constant at 75 rpm, setup temperatures in each zone from hopper to die were 140 190 220 230 250 °C respectively. It was found that tensile strength, elastic modulus and elongation at break decreased. The result of break-even point analysis showed that the optimized number of products was 20,600 kg with 19 bath/kg.

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาการวิจัยสิ่งแวดล้อม (4064902) รายงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก ดร.พลพัฒน์ รวมเจริญ และ ดร.สุชีวรรรณ ยอดธีรรบกที่ได้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัยซึ่งให้คำแนะนำปรึกษาในการดำเนินการทดลองและคอยให้คำแนะนำเพิ่มเติม และอ่านแก้ไขข้อบกพร่องในรายงานวิจัยเพื่อบรับปูรณาจักรงานวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ตลอดจนเป็นกำลังใจให้ตลอดมา

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์วัญกมล บุนพิทักษ์ อาจารย์นักดา ไปด้วย อาจารย์พิรัญญา ศุภบูรณ์ และอาจารย์กมนลนาวิน อินทนูจิตรที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่างๆ ในการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณ คุณวรรณฤทธิ์ หมื่นพล เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ โปรแกรมวิชาเทคโนโลยี ยางและพอลิเมอร์ ที่ให้ความสำคัญกับอุปกรณ์ เครื่องมือในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ โปรแกรมวิชาเทคโนโลยี ยางและพอลิเมอร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ และอุปกรณ์ในการทำวิจัย

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง และมีส่วนช่วยเหลืองานวิจัยในครั้งนี้ทุกภาค ส่วน โดยเฉพาะอย่างยิ่งขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่เคยให้กำลังใจในการทำงานวิจัยจนสำเร็จ ลุล่วงไปได้ด้วยดี คุณค่าและประโยชน์ใดๆ ที่พึงได้จากการวิจัยฉบับนี้ผู้วิจัยได้มอบเป็นรางวัลแห่ง ความภาคภูมิใจแด่ บิดา มารดา และคณาจารย์ทุกท่านที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยมา ตลอด

นางสาวฟารีดา หมวดโธี

นางสาวสุกัญญา เตชะโต

26 ธันวาคม 2555

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ	ก
Abstract	ก
กิตติกรรมประกาศ	ก
สารบัญ	ก
สารบัญตาราง	ก
สารบัญภาพ	ก
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัจ្យุหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 สมมุติฐาน	2
1.5 ตัวแปร	2
1.6 ขอบเขตการศึกษา	2
1.7 นิยามศัพท์	3
1.8 ระยะเวลาทำการวิจัย	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 บทนำ	5
2.2 เทอร์มอพลาสติก	5
2.2.1 ความหมายของเทอร์มอพลาสติก	5
2.2.2 กระบวนการแปรรูปเทอร์มอพลาสติก	5
2.2.3 สมบัติและการใช้งานเทอร์มอพลาสติก	6
2.2.4 เทอร์มอพลาสติกกับสิ่งแวดล้อม	11
และการรีไซเคิลเทอร์มอพลาสติก	
2.3 การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อม	17
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	18

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน

3.1 บทนำ	20
3.2 วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	21
3.2.1 วัสดุดูดที่ใช้ในการวิจัย	21
3.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทำงานวิจัย	21
3.3 วิธีการดำเนินการทดลอง	21
3.3.1 การเตรียมวัสดุ	21
3.3.2 กระบวนการอัดรีด	21
3.3.3 การอัดขึ้นรูป	22
3.3.4 การทดสอบสมบัติของพลาสติก	24
3.4 วิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมในการรีไซเคิล	26

บทที่ 4 ผลและวิเคราะณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองสมบัติ	27
4.1.1 ทดสอบความต้านทานแรงดึง	27
4.1.2 มอคูลัสยึดหยุ่น	28
4.1.3 ทดสอบเมอร์เซ็นทรีด ณ ชุดขาค	29
4.2 ผลวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมในการรีไซเคิลพลาสติก	30

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย	33
5.2 ข้อเสนอแนะ	34

บรรณานุกรม

ภาคผนวก ก ข้อมูลการทดลอง	
ภาคผนวก ข ตัวอย่างการคำนวณ	
ภาคผนวก ค ภาพประกอบการวิจัย	
ภาคผนวก ง แบบเสนอโครงการวิจัย	

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 พอดิโอทีลีนชนิดความหนาแน่นสูงเกรดต่างๆ	9
2.2 ปริมาณขยะประเภทต่างๆของยุโรป อเมริกา และไทย	12
2.3 ปริมาณขยะพลาสติกที่พบตามบ้านของประเทศแถบยุโรป	12
2.4 สัญลักษณ์ที่ใช้แทนพลาสติกแต่ละชนิดและลักษณะการใช้งานของพลาสติก	15
2.5 ชนิดและปริมาณบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่เก็บจากขยะตามบ้านเรือน เพื่อแปรรูปใช้ใหม่ในประเทศไทย	17
4.1 ต้นทุนคงที่ ต้นทุนผันแปรในการรีไซเคิลพลาสติก	30



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องอัดรีดพลาสติกชนิดสกรูเดี่ยว	6
2.2 กลไกการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของ PE	10
2.3 โมเดลแสดงความยาวของสายโซ่พอลิเมอร์ก่อนและหลังการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน	10
3.1 แผนผังขั้นตอนของการทำวิจัย	20
3.2 เครื่องอัดรีดเกลียวหนอนเดี่ยวและตำแหน่งของอุณหภูมิแต่ละช่วง	22
3.3 เครื่องอัดเบ้าแบบไฮไดลิก	23
3.4 เบ้า	23
3.5 ตัวอย่างชิ้นทดสอบรูปดัมเบล	24
3.6 เครื่อง universal testing machine	25
4.1 ผลการทดสอบความต้านทานต่อแรงดึง	28
4.2 ผลการทดสอบมอดูลัสยืดหยุ่น	29
4.3 ผลการทดสอบเปลอร์เซ็นทรัลยีค ณ จุดขาด	30



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมาพลาสติกเป็นวัสดุที่ได้รับการใช้งานอย่างกว้างขวาง ในการดำรงชีวิต เนื่องจากพลาสติกเป็นวัสดุที่มีสมบัติเด่นหลายประการ เช่น ความหนาแน่นต่ำ (น้ำหนักเบา) ทนทาน และมีความยืดหยุ่นสูง เหมาะสมสำหรับการใช้งานค้านต่าง ๆ ตั้งแต่บรรจุภัณฑ์ อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและของเล่นสำหรับเด็ก นอกจากนี้ยังเป็นวัสดุที่สามารถใช้ผลิตเป็นภาชนะ หรือของใช้แบบใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้งเนื่องจากมีราคาถูก น้ำหนักเบา สามารถนำไปใช้ประโยชน์ที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและก่อให้เกิดมลภาวะเนื่องจากไม่มีการย่อยสลาย หรือย่อยสลายได้ยาก พลาสติกที่นิยมใช้และมีปริมาณการใช้มากที่สุด ได้แก่ พลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน (Polyethylene : PE) พอลิไพรพิลีน (Polypropylene : PP) พอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl Chloride : PVC) พอลิสไ泰เรน (Polystyrene : PS) พอลิเอทิลีนเทเรพแทลेट (Polyethylene Terephthalate : PET) ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากพลาสติกที่มีการใช้มากที่สุด ได้แก่ ขวดน้ำ ถุงพลาสติก ถุงบรรจุอาหาร เช่น ฟิล์มเพื่อการเก็บ trữ เครื่องใช้ไฟฟ้า ขวดแชมพู ส่วนใหญ่แล้วจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่นิยมและมีปริมาณมากที่สุดเป็น เทอร์มอพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนและพอลิไพรพิลีน ร้อยละ 65 (ยงยุทธ, 2551)

กระแสผู้วัยรุ่นมีแนวทางในการนำหอร่มอพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนมาใช้เคลื่อนไหวเพื่อเป็นการลดจำนวนของพลาสติกที่เกิดขึ้นและศึกษาถูกคุ้มทุนในการนำหอร่มอพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนมาใช้เคลื่อนไหว ซึ่งการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมในการรีไซเคิลพลาสติก คือ การศึกษาถูกคุ้มทุนในการรีไซเคิลพลาสติก จากข้อมูลข้างต้นขณะผู้วัยรุ่นได้มุ่งศึกษาพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน ซึ่งจะเป็นการศึกษาสมบัติของพลาสติกพอลีเอทิลีน ที่ผ่านการรีไซเคิลแต่ละครั้ง และวิเคราะห์ถูกคุ้มทุนพอดีในการรีไซเคิลพลาสติก คาดว่าการวิจัยครั้งนี้จะเป็นเลือกหนึ่งที่ลดปริมาณของพลาสติกที่เกิดขึ้นได้ในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสมบัติของพลาสติกพอลิเอทิลีนที่ผ่านกระบวนการรีไซเคิลแต่ละครั้ง
2. เพื่อศึกษาจุดคุ้มทุนพอดีในกระบวนการรีไซเคิลพลาสติกพอลิเอทิลีน

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบสมบัติของพลาสติกพอลิเอทิลีนที่ผ่านกระบวนการอัดรีดแต่ละครั้ง
2. ทราบจุดคุ้มทุนในการรีไซเคิลพลาสติกพอลิเอทิลีนได้
3. สามารถลดปริมาณพลาสติกพอลิเอทิลีน ที่มีปริมาณการใช้มากที่สุด ได้

1.4 สมมติฐาน

พลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนที่ผ่านกระบวนการอัดรีดแต่ละครั้ง ทำให้สมบัติของพลาสติกลดลง เป็นผลให้ไม่คุ้มค่ากับการลงทุน

1.5 ตัวแปร

- | | |
|--------------|---|
| ตัวแปรต้น | : จำนวนครั้งในการรีไซเคิล |
| ตัวแปรตาม | : สมบัติของพลาสติก จุดคุ้มทุน |
| ตัวแปรควบคุม | : เกรดของเม็ดพลาสติก, ชนิดของเม็ดพลาสติก, เครื่องอัดรีด, สภาวะในการอัดรีด |

1.6 ขอบเขตการศึกษา

1. ในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยใช้พลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene : HDPE) เกรด HD 5200 B บริษัท พีทีที โกลบอต เคมิคอล จำกัด (มหาชน) ซึ่งอยู่ในรูปของเม็ดพลาสติกที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน ซึ่งพลาสติกเกรดนี้สามารถใช้

ประโยชน์เป็นผลิตภัณฑ์ เช่น ขวดน้ำ อุบพลาสติก สำหรับงานวิจัยนี้ เน้นดำเนินการผลิตเป็นแผ่นชี้นงาน

2. กระบวนการอัดรีดพลาสติก

2.1 การแปรรูปพลาสติกในกระบวนการอัดรีด โดยนำเม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนเข้าเครื่องอัดรีดชนิดสกรูเดี่ยว เมื่อเม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนออกมายกเครื่องอัดรีดชนิดสกรูเดี่ยว จะแบ่งเม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีน เป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 นำเข้าเครื่องอัดรีดชนิดสกรูเดี่ยวต่อ ส่วนที่ 2 เก็บผลิตภัณฑ์นำไปขึ้นรูปเป็นแผ่นโดยใช้เครื่องอัดเบ้าไฮดรอลิก ให้ได้เป็นแผ่นชี้นงานสำหรับทดสอบสมบัติของความหนา 3 มม.

2.2 ดำเนินการอัดรีดเม็ดจำนวน 5 ครั้ง เพื่อศึกษาสมบัติของพลาสติกพอลิเอทิลีนที่ผ่านกระบวนการรีไซเคิลแต่ละครั้ง

2.3 สภาพในการอัดรีดพลาสติก ได้แก่ อุณหภูมิ ความเร็วสกรู

2.4 สมบัติที่ทดสอบ ได้แก่ ความต้านทานต่อแรงดึง (Tensile Strength) (MPa) เปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาด (Elongation at break) (%) และมอดุลัสยืดหยุ่น (Young's modulus) (MPa) ตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D 638

3. วิเคราะห์หาความคุ้มค่าในการลงทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยใช้วิธีการหาปริมาณที่จุดคุ้มทุนพอดีโดยการวิเคราะห์ : การวิเคราะห์ต้นทุนคงที่, การวิเคราะห์ราคาขายต่อหน่วย, การวิเคราะห์ต้นทุนแปรผันต่อหน่วย

1.7 นิยามศัพท์

รีไซเคิล คือ เป็นการจัดการวัสดุเหลือใช้ที่กำลังจะเป็นขยะ โดยนำไปผ่านกระบวนการแปรสภาพ โดยเฉพาะการหลอม เพื่อให้เป็นวัสดุใหม่แล้วนำกลับมาใช้ได้อีก ซึ่งวัสดุที่ผ่านการแปรสภาพนั้นอาจจะเป็นผลิตภัณฑ์เดิมหรือผลิตภัณฑ์ใหม่ก็ได้

เทอร์มอพลาสติก คือ เป็นวัสดุพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งที่อ่อนตัวเมื่อได้รับความร้อนและสามารถไหลได้เมื่อมีแรงกระทำระหว่างที่พอลิเมอร์ได้รับความร้อน เมื่อยืนตัวลงพอลิเมอร์ประเภทนี้จะแข็งตัวและสามารถใช้งานได้ เช่นขวดน้ำ แผ่นพลาสติก ฟิล์มบรรจุภัณฑ์ ฯลฯ ตัวอย่างพลาสติกเช่น พอลิเอทิลีน, พอลิไพรพิลีน, พอลิสไตรีน ดังนั้น วัสดุพอลิเมอร์ประเภทนี้จึงสามารถรีไซเคิลได้

PE (Polyethylene) คือ พอลิเอทิลีน แปรเปลี่ยนตามเกรดและความหนาแน่น ตั้งแต่ความหนาแน่นต่ำ ถึงความหนาแน่นสูง ไอน้ำซึ่งผ่านได้เล็กน้อย ก้าชต่างๆซึ่งผ่านได้ (กัญจนा, 2533)

จุดคุ้นทุน (Break-even-Point) คือ ปริมาณสินค้าที่ผลิตและขายที่ทำให้เกิดรายได้เท่ากับต้นทุนทั้งหมด หรือกำไรเท่ากับศูนย์

1.8 ระยะเวลาทำการวิจัย

การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมในการรีไซเคิลพลาสติก ได้เริ่มต้นทำการศึกษามาตั้งแต่เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2554 จนถึงเดือน ตุลาคม พ.ศ 2555



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

งานวิจัยนี้มีความสนใจที่จะนำพลาสติกมาใช้ในการรีไซเคิล ซึ่งเป็นการนำพลาสติกมา รีไซเคิลและเป็นการนำพลาสติกที่ใช้แล้วมาใช้ใหม่และนำมารีไซเคิลคุณภาพดี จึงต้องศึกษาถึงกระบวนการรีไซเคิลพลาสติก เนื้อหาของทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ เกี่ยวกับพลาสติก ขยะพลาสติก ผลิตภัณฑ์พลาสติก กระบวนการอัดครีดพลาสติก ตลอดจนการรีไซเคิลทางด้านเศรษฐศาสตร์ และ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2 เทอร์มอพลาสติก

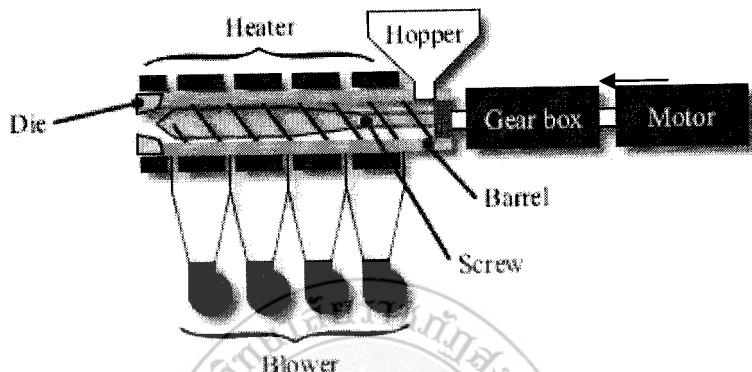
2.2.1 ความหมายของเทอร์มอพลาสติก

เทอร์มอพลาสติก เป็นวัสดุพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งที่อ่อนตัวเมื่อได้รับความร้อนและสามารถ ไหลได้เมื่อมีแรงกระทำระห่ำที่พอตัวเมื่อได้รับความร้อน เมื่อเย็นตัวลงพอลิเมอร์จะแข็งตัวและสามารถใช้งานได้ เช่นขวดน้ำ แผ่นพลาสติก ฟิล์มบรรจุภัณฑ์ ฯลฯ ตัวอย่างพลาสติก เช่น พอลิเอทิลีน พอลิไพรพลีน พอลิสไตรีน สำหรับงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นศึกษาพลาสติกพอลิเอทิลีน ชนิดความหนาแน่นสูง ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2.2 กระบวนการแปรรูปเทอร์มอพลาสติกด้วยเครื่องอัดครีดสกรูเดี่ยว

กระบวนการแปรรูปพลาสติกทำได้โดยการให้ความร้อนแก่เทอร์มอพลาสติกซึ่งอยู่ในรูป ของเม็ดหรือผงเพื่อให้เกิดการหลอม จากนั้นให้แรงกระแทกแก่เทอร์มอพลาสติกหลอมให้เกิดการ ไหลและได้รูปทรงดังกล่าวเมื่อการให้ความร้อนยุติลง (หรือเมื่อได้รับความเย็น) ซึ่งในกระบวนการ แปรรูปเทอร์มอพลาสติกสามารถทำได้หลายวิธี แต่ในงานวิจัยนี้สนใจใช้กระบวนการแปรรูปเทอร์ มอพลาสติกด้วยเครื่องอัดครีดสกรูเดี่ยว (Single screw extruder) ซึ่งเครื่องอัดครีดสกรูเดี่ยว ประกอบด้วย มอเตอร์ (Motor) เพื่อหมุนกล่องความเร็ว (Gear box) กรวยป้อน (Hopper) กระบอก (Barrel) สกรู (Screw) เครื่องให้ความร้อน (Heater) และหัวดาย (Die) และ พัดลม (Blower) เพื่อ ควบคุมอุณหภูมิของระบบอุ่นให้คงที่แน่นอน ได้ แสดงดังภาพที่ 2.1 แต่ละช่วงของกระบวนการ

ต้องอุณหภูมิได้ตามต้องการทุกขั้นตอนที่มีการให้ความร้อน บริเวณรอบฐานกรวยป้อนจะทำงานจะต้องมีการหล่อเย็นด้วยน้ำ ทั้งนี้เพื่อป้องกันเม็ดเทอร์มอพลาสติกหลอมตรงช่องเข้าหรือโคนเกลียวบนอุปกรณ์หากเกิดขึ้นจะทำให้ไม่สามารถเข้าเครื่องอัดรีดได้ การป้อนเทอร์มอพลาสติกเข้าได้ไม่เต็มที่



ภาพที่ 2.1 ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องอัดรีดพลาสติกนิดสกรูเดี่ยว

ที่มา : นิรุต, 2550

สกรู (Screw) ประกอบอยู่กับระบบเพียงขั้น ตอนท้ายจะมีช่องทางนำเทอร์มอพลาสติกเข้าผ่านกรวยป้อน ที่กระบวนการและเกลียวบนจะมีแรงกระทำ มีการเลียดสี และมีการกัดกร่อน ดังนั้น จึงจำเป็นต้องเลือกใช้เหล็กที่มีคุณภาพสูงทำเกลียวบน แลบกระบวนการซึ่งส่วนใหญ่จะนำมาชุบแข็ง ด้วยวิธี nitriding (บรรเลง, 2546)

ขั้นตอนการอัดรีดเทอร์มอพลาสติกด้วยเครื่องอัดรีดแบบสกรูเดี่ยวเริ่มจากการป้อนเม็ดเทอร์มอพลาสติกที่กรวยเติมเทอร์มอพลาสติก จากนั้นมีเม็ดพลาสติกจะถูกนำไปยังหัวด้วยโดยอาศัยการหมุนของสกรูในกระบวนการสกรู กระบวนการสกรูทำหน้าที่ให้ความร้อนแก่เม็ดพลาสติกระหว่างการอัดรีด อย่างไรก็ตามความร้อนที่เกิดขึ้นจริงๆ นั้นมาจากการทั้งอุณหภูมิที่กระบวนการและการเสียดสีระหว่างเม็ดเทอร์มอพลาสติกและกระบวนการสกรู

2.2.3 สมบัติและการใช้งานเทอร์มอพลาสติก

เทอร์มอพลาสติกนับว่าเป็นวัสดุที่มีบทบาทและสำคัญมากในยุคปัจจุบันนี้ เพราะเทอร์มอพลาสติกมีสมบัติพิเศษดีเด่นกว่าโลหะตรงที่ไม่เกิดสนิม น้ำหนักเบา (ความหนาแน่นต่ำกว่าโลหะ) จึงรูปทรงหรือแปรรูปง่ายกว่าโลหะ บางชนิดให้ความโปร่งใส

ก. สมบัติทางกลของเทอร์มอพลาสติก (นิลุบล, 2550)

สมบัติเชิงกล คือ พฤติกรรมอย่างหนึ่งของวัสดุที่แสดงออกมา ในการอ kok แรงภายนอกที่มากระทำ เรียกว่า ความเค็น (Stress) วัดเป็นแรงต่อหน่วยพื้นที่ ดังสมการ (2.1) และส่วนอัตราส่วนระหว่างความยาวของวัสดุ ที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากวัสดุนั้นรับแรงกระทำดังกล่าว ขนาด เรียกว่า ความเครียด (Strain) ซึ่งความเครียดไม่มีหน่วยระบุกำกับไว้ แต่นิยมบอกเป็น เปอร์เซ็นต์การยืดตัวของวัสดุ (Elongation) แสดงดังสมการ (2.2)

- สูตรหาค่าความต้านทานต่อแรงดึง ณ จุดขาด ASTM D 638 (Tensile Strength ; TS)

$$TS = F/A \quad (2.1)$$

เมื่อ F : แรงที่ดึงชิ้นทดสอบ ณ จุดขาด (นิวตัน)

A : พื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบก่อนดึง (มิลลิเมตร)

- สูตรหาค่าความสามารถในการยืดตัวสูงสุด (Elongation ; E)

$$\% E = (\Delta L / L_0) \times 100 \quad (2.2)$$

โดยที่ ΔL : ระยะที่ยืดออกในช่วงเริ่มต้นชิ้นทดสอบ (มิลลิเมตร)

L_0 : ความยาวเริ่มต้นของชิ้นทดสอบก่อนดึง (มิลลิเมตร)

การทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความแข็งแรงของวัสดุเมื่อได้รับแรงดึง ถ้าดึงชิ้นงานอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งวัสดุเกิดการแตกหัก ผลจากการวัดแรงดึงที่มากระทำต่อวัสดุ ณ ตำแหน่งที่เกิดการแตกหักเรียกว่า ความเค็นสูงสุดเนื่องจากแรงดึง (Ultimate Tensile Stress) หรือ ความต้านทานแรงดึง (Tensile Strength) สำหรับวัสดุอุดมคติที่มีสมบัติยืดหยุ่น ความเค็นเป็นสัดส่วนกับความเครียด อัตราส่วนระหว่างความเค็นและความเครียดนี้เป็นค่าคงที่ เรียกว่า modulus (Modulus) สำหรับการให้ความเค็นโดยวัสดุที่มี modulus ต่ำ วัสดุนั้นจะแสดงค่าความเครียดหรือ ระยะยืดหรือการสูญเสียรูปร่างของชิ้นงาน ได้สูงกว่าวัสดุที่มี modulus สูง ดังนั้น มอดูลัสของวัสดุจึงหมายถึง ความสามารถในการต้านทานต่อการสูญเสียรูปร่างของชิ้นงานนั้นเอง ในความเป็นจริง พลาสติกส่วนใหญ่จะประพฤติตัวตามแบบชุกเกียน (Hookean's Behavior) เนพะเมื่อทดสอบด้วย อัตราเร็วในการยืดตัวต่ำ บางครั้งเรียกมอดูลัสของสภาพยืดหยุ่นว่า อิลาสติกมอดูลัส (Elastic Modulus) หรือมอดูลัสของยัง (Young's Modulus) การวัดมอดูลัสนี้ทำได้โดยการสร้างเส้นตรงสัมผัสนับช่วงต้นของเส้น โดยความเค็น-ความเครียด จากนั้นคำนวณค่าความชันของเส้น สัมผัส ดังสมการ(2.3)

- สูตรหาค่าอั้งมอคูลัส (Young's modulus)

$$\text{Young's modulus (MPa)} = \text{stress} / \text{strain} \quad (2.3)$$

$$\text{เมื่อ stress} = F_0 / A$$

โดยที่ F_0 : แรงที่ดึงขึ้นทดสอบ ณ จุดขาด (นิวตัน)

A : พื้นที่หน้าตัดของขั้นทดสอบก่อนดึง (มิลลิเมตร)

$$\text{เมื่อ strain} = (\Delta L / L_0)$$

๔. ผลิตภัณฑ์เทอร์มoplastิก

พอลิเอทิลีน(Polyethylene: PE) เป็นเทอร์มoplastิกชนิดหนึ่ง สังเคราะห์ได้จากน้ำมันปิโตรเลียม มีการนำไปใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมครัวเรือน อุตสาหกรรมยานยนต์ หรืออุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ พอลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene, HDPE) เป็น PE ชนิดหนึ่งของค์ประกอบเป็น $(\text{CH}_2 - \text{CH}_2)_n$ มีลักษณะโครงสร้างเป็นเส้นตรงและส่วนที่เป็นกึ่งก้านน้อยมาก ผลิตโดยผ่านกระบวนการซีกเลอร์ (Ziegler Process) และกระบวนการฟิลลิปส์ (Phillips Process) (นิตยบล, 2550) มีการนำไปใช้งานในปริมาณมาก และหลากหลาย ทั้งในอุตสาหกรรมเกษตร ประมง บรรจุภัณฑ์ฯลฯ เนื่องจากมีสมบัติเหมาะสม เช่น มีสมบัติเด่นด้านความสามารถในการขึ้นรูปง่าย มีความแข็งแรง มีความคงทนสูง มีความเหนียวและทนทานต่อแรงดึงปานกลาง เหมาะสมสำหรับบรรจุภัณฑ์ขวด ถุง และทำห่อห้ามที่ใช้ในการเกษตร งานนิติ งานเส้นใย แสดงตัวอย่างในตารางที่ 2.1 จึงเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางทั่วโลกในประเทศและต่างประเทศ

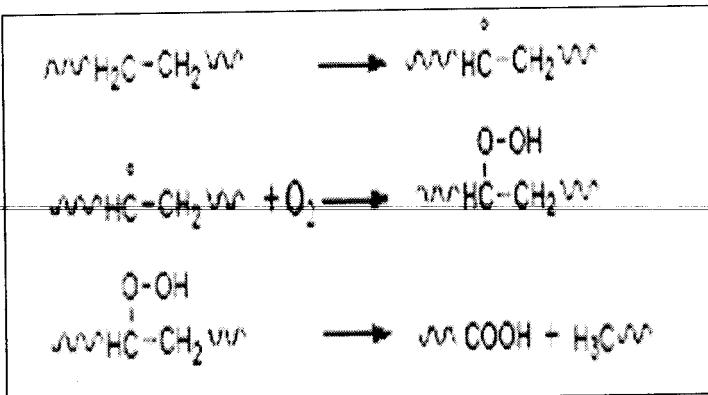
ตารางที่ 2.1 พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงเกรดต่างๆ

เกรดของ HDPE	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์
1. Injection Molding Grade	ถังเกลอนพลาสติก ถังขยะ ถุงใส่ขนมปัง ถังใส่ขวด ของเล่น และพวงชื่นงานที่มีโครงสร้างห้าบช้อน
2. Blow Molding Grade	ขวดต่างๆ เช่น ขวดนม ขวดน้ำ ขวดแชมพู และแก้วลอกน้ำดีกี้
3. Film Extrusion Grade	ถุงซื้อปั๊งต่างๆ
4. Extrusion Sheet Grade	แผ่นพลาสติกที่ใช้ห่ออาหาร บรรจุอาหาร
5. Pipe Extrusion Grade	ท่อน้ำ ท่อร้อยสายไฟ และสายเคเบิล

ที่มา : นิคุบล, 2550

พอลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene, HDPE) นิยมนำกลับมาขึ้นรูปใหม่ หรือนำไปผสมกับเทอร์มอพลาสติกที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน แล้วขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ผลิตภัณฑ์ HDPE ที่นิยมนำมาขึ้นรูปใหม่ ได้แก่ บรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ เช่น ขวดน้ำดื่ม ขวดแชมพู ถังเกลอนพลาสติก ถังขยะ ถุงใส่ขนมปัง ถัง และพวงพลาสติก HDPE ที่มีความแข็ง โดยส่วนใหญ่เป็นเกรดฉีด (Injection Grade)

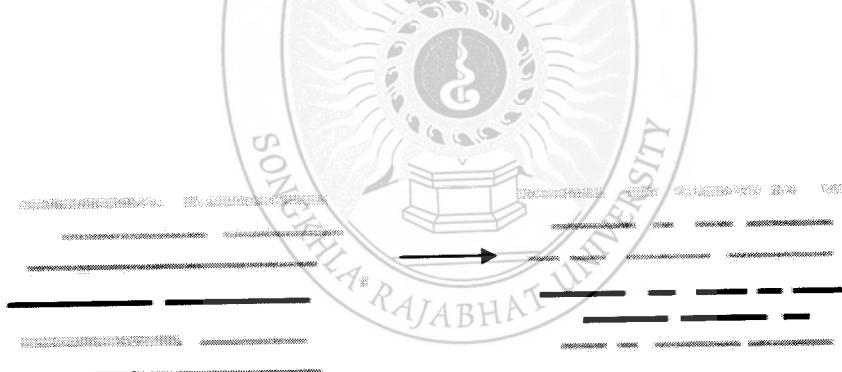
ปัจจุบันเป็นที่ทราบกันว่า เทอร์มอพลาสติกที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูปมาแล้ว จะมีสมบัติเชิงกลที่ด้อยกว่าพลาสติกที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน (นิคุบล, 2550) เนื่องจากในขั้นตอนการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิสูง พอลิเอทิลีนอาจถลายตัวหรือเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation Reaction) เกิดเป็นอนุมูลอิสระขึ้นบนสายโซ่ จากนั้นสามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในบรรยากาศถลายเป็นสารประกอบเปอร์ออกไซด์ และเกิดการถลายตัวต่อไป โดยแบ่งสายโซ่ออกเป็นสองส่วน ส่วนแรก ได้เป็นสายโซ่ไฮโดรคาร์บอนเช่นเดิม ส่วนที่สอง ได้เป็นสายโซ่ไฮโดรคาร์บอนที่ปลายข้างหนึ่งถลายเป็นหมู่คาร์บอนซิลิค ซึ่งสามารถเห็นได้จากการถลายตัวต่อไป แสดงกลไกการเกิดปฏิกิริยาดังภาพที่ 2.2 ทำให้ความยาวของสายโซ่ไม่เสียหายและน้ำหนักไม่เสียหายลดลง แสดงให้เห็นความยาวของสายโซ่พอลิเมอร์ก่อนและหลังการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันดังภาพที่ 2.3 ส่วนผลให้สมบัติเชิงกลของเทอร์มอพลาสติกลดลง เช่น สมบัติการทนต่อแรงดึง และสมบัติการทนต่อแรงกระแทก



ภาพที่ 2.2 กลไกการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของ PE

ที่มา : นิลุบล, 2550

นอกจากนี้ควรคำนึงถึงความบริสุทธิ์ของเทอร์มอพลาสติกที่นำมาขึ้นรูปใหม่ ซึ่งหากกระบวนการแยกเทอร์พลาสติกไม่ดีพอ อาจทำให้เทอร์มอพลาสติกขึ้นรูปใหม่มีการปนเปื้อนของสิ่งสกปรก ส่งผลให้สมบัติเชิงกลของเทอร์พลาสติกลดลง เช่นกัน



ก่อนเกิดปฏิกิริยา

หลังเกิดปฏิกิริยา

ภาพที่ 2.3 โนมเดลแสดงความขาวของสายโซ่พอลิเมอร์ก่อนและหลังการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ที่มา : นิลุบล, 2550

ค. การใช้พลาสติกในประเทศไทย

ปัจจุบันความนิยมในการนำพลาสติกมาใช้ในชีวิตประจำวันเพิ่มขึ้น โดยนำมาแทนวัสดุธรรมชาติ เช่น ไม้ หิน หรือโลหะต่าง ๆ ได้หลากหลาย ทำให้พลาสติกมีส่วนร่วมในผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวกับภาคเกษตร เช่น อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ อุตสาหกรรมก่อสร้าง อุตสาหกรรมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมเครื่องใช้ในครัวเรือนอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ และอุตสาหกรรมของเล่นเด็ก สำหรับเทอร์มอพลาสติกที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในประเทศไทย (อาทิตย, 2548) มี 4 ชนิดด้วยกัน ได้แก่ พอลิเอทิลีน (PE) ทึ้งชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE) และชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) พอลิโพรพิลีน (PP) พอลิสไตรีน (PS) และพอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC) จากความนิยมในการนำมาใช้ ส่งผลให้ปริมาณของพลาสติกเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเทอร์มอพลาสติกไม่สามารถถ่ายตัวได้เองตามธรรมชาติ หรืออาจต้องใช้ระยะเวลานาน จึงเป็นปัญหาต่อการกำจัด โดยทั่วไปการกำจัดจะประทุมเทอร์มอพลาสติกขึ้นสูตรห้ำย คือ การเผาและการฝังกลบ ซึ่งการเผาต้องใช้อุณหภูมิสูง ทำให้ต้องมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสูง ส่วนการฝังกลบทำให้สื้นเปลืองพื้นที่ฝังกลบและเป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมทั้งทางดินและทางน้ำ ดังนั้นการกำจัดจะเทอร์มอพลาสติกด้วยการนำกลับมาใช้ใหม่จึงถือเป็นทางเลือกที่น่าสนใจที่สุด

2.2.4 เทอร์มอพลาสติกกับสิ่งแวดล้อมและการรีไซเคิลเทอร์มอพลาสติก

ก. เทอร์มอพลาสติกกับสิ่งแวดล้อม

พลาสติกเป็นวัสดุที่เข้ามายืนหนาที่ในชีวิตประจำวันของมนุษย์เป็นอย่างมากและมีแนวโน้มการใช้งานที่เพิ่มมากขึ้น เพราะใช้ทดแทนทรัพยากรธรรมชาติ เช่น ไม้และเหล็ก ได้เป็นอย่างดี และมีราคาถูก น้ำหนักเบาสามารถผลิตให้มีสมบัติต่าง ๆ ตามที่ต้องการ ได้จากการเลือกชนิดของวัตถุคุณภาพ กระบวนการผลิตและกระบวนการขึ้นรูปทำให้มีมลพิษภัยที่เทอร์มอพลาสติกหลอกหลอนรูปแบบ และสีสันให้เลือกใช้อย่างมากมาย ด้วยสมบัติที่โดดเด่นหลายด้าน ทำให้เทอร์มอพลาสติกได้รับการยอมรับอย่างรวดเร็วและมีปริมาณการใช้งานเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ส่งผลให้เกิดขยะเทอร์มอพลาสติกในปริมาณสูงมากขึ้นตามด้วย ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (ยงยุทธ, 2551) ในหลายประเทศมีปริมาณของพลาสติกที่มากขึ้นทุกๆ ปี ก่อให้เกิดปัญหาน้ำในส่วนของสถานที่ท่องเที่ยวและวิธีการกำจัด ซึ่งมักมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วยและยังต้องเสียค่าใช้จ่ายในแต่ละปีเป็นจำนวนมาก จากตารางที่ 2.2 มีการศึกษาพบว่า มีปริมาณของพลาสติกและโฟม ซึ่งอยู่ในรูปของวัสดุอุปกรณ์และเครื่องใช้ต่าง ๆ เช่น ถุง ถุงบรรจุอาหาร หรือตะกร้าบรรจุสิ่งของและวัสดุกันกระแทกให้กับสินค้า มีปริมาณ 12-20 เปอร์เซ็นต์ ข้อมูลจากตารางที่ 2.3

แสดงให้เห็นว่ามีปริมาณของพลาสติกชนิดพอลิไพรพิลีนและพลาสติกพอลิเอทิลีน ที่สามารถนำมาทำเป็นถุงร้อน ถุงกระสอบพลาสติก ขวดบรรจุน้ำยาสารเคมี ขวดบรรจุน้ำยาทำความสะอาด ถุงเย็น และขวดน้ำดื่ม มีปริมาณมากที่สุด

ตารางที่ 2.2 ปริมาณของประเภทต่างๆของยูโรป อเมริกา และไทย (หน่วย : เปอร์เซ็นต์)

ประเภท	ยุโรป	อเมริกา	ไทย
กระดาษ	30	34	15
สิ่งทอ	4	-	5
แก้ว	8	2	7
โลหะ	8	12	4
พลาสติก	7	20	10
วัตถุอินทรีย์	33	32	48
อื่นๆ	10	-	9

ที่มา : ยงยุทธ, 2551

ตารางที่ 2.3 ปริมาณของพลาสติกที่พบตามบ้านของประเทศแถบยูโรป

ประเภทพลาสติก	ปริมาณของที่พบในยุโรป (เปอร์เซ็นต์)
พอลิเอทิลีน+พอลิไพรพิลีน (PE+PP)	65
พอลิสไตรีน+โพฟ (PS+EPS)	15
พอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC)	10
พอลิเอทิลีนเทเรพทาเดต (PET)	5
อื่นๆ	5

ที่มา : ยงยุทธ, 2551

ในกระบวนการผลิตและการกำจัดบรรจุภัณฑ์ อาจก่อให้เกิดมลพิษขึ้นในอากาศ ถ้าไม่มีการป้องกันและควบคุมที่ดี เช่น ในกระบวนการผลิตและทำลายพลาสติกหรือโฟม จะมีก๊าซต่างๆ ที่เกิดจากการเผาไหม้ เช่น ก๊าบอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดภาวะเรือนกระจก ขยายทำให้เกิดมลพิษในแหล่งน้ำและทะเล ในประเทศไทยมีโรงงานอุตสาหกรรมอยู่ จำนวนมาก เกี่ยวกับการควบคุมการปล่อยสารพิษลงในแม่น้ำลำคลอง การนำเอาเศษวัสดุหรือยะจากบรรจุภัณฑ์ไปฝังในดินต้องมีการคำนึงถึงการพิมพ์ที่อาจปนเปื้อนและไอลซีเมลสูตรแห่งน้ำในดินด้วย นอกจากนี้ การทึ่งขยะที่เกลื่อนกลาดตามสถานที่ท่องเที่ยวตามชายทะเล ซึ่งส่วนหนึ่งมักจะเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ใช้บรรจุอาหารหรือเครื่องดื่ม ก็เป็นสิ่งที่อาจก่อให้เกิดสารพิษที่เป็นอันตรายต่อสัตว์ที่อาศัยอยู่ในทะเลด้วย และอาจจะมีผลต่อมนุษย์ ถ้ามีการนำเอารถวัติว่าที่ได้รับสารพิษบางชนิดมาบริโภค เป็นเหตุให้ทรัพยากรธรรมชาติติดลง พลาสติกนั้นผลิตมาจากน้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน ในกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์ นอกจากทำให้วัตถุดินที่ใช้ในการผลิตมีปริมาณลดลงแล้ว ยังต้องมีการนำเอพลังงานมาใช้ด้วย ซึ่งแม้ว่าจะไม่นำกเเหมือนกับการใช้เพื่อการคมนาคมขนส่งแต่ก็นับว่าเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้มีการเอาทรัพยากรธรรมชาติมาใช้เพื่อให้เป็นพลังงานเช่นกัน และขยายเป็นแหล่งพาหะของโรค และเป็นสิ่งรบกวนของที่อยู่บนพื้น ถ้าไม่มีการกำจัดอย่างดีแล้ว จะเป็นแหล่งเพาะพันธุ์หนู และแมลง ซึ่งเป็นพาหะนำโรคติดต่อมาสู่มนุษย์ ตลอดจนอาจส่งกลิ่นเหม็นรบกวน

ข. การรีไซเคิลเทอร์มอพลาสติก

การจัดการขยะเทอร์มอพลาสติกเป็นสิ่งจำเป็นต้องพิจารณาเพื่อลดผลกระทบของปัญหาขยะเทอร์มอพลาสติกที่เกิดขึ้น เทคนิคการนำขยะเทอร์มอพลาสติกกลับมาใช้ใหม่ อาจทำได้หลายวิธี ได้แก่

- 1) นำมาขึ้นรูปใหม่โดยผสมกับเทอร์มอพลาสติกที่ยังไม่ผ่านการใช้งานแล้วขึ้นรูปใหม่ นิยมใช้กับเทอร์มอพลาสติกประเภทโพลิโอลีฟิน (Polyolefins) เช่น PE และ PP
- 2) นำมาขึ้นรูปใหม่โดยผสมกับฟิลเลอร์ชนิดต่างๆ ซึ่งเรียกว่า วัสดุเชิงประกอบ (Composite) เพื่อให้ได้สมบัติตามต้องการ
- 3) นำมาทำให้แตกเป็นโมเลกุลเล็กๆ โดยปฏิกริยาไฮโดรไลสิต หรือไฮโรไลสิต ผลกระทบปฏิกริยาจะได้สารประกอบไฮดรคาร์บอน ซึ่งนำไปใช้เป็นสารเคมี เชื่อเพลิงหรือกลับไปเป็นมอนомерเพื่อสังเคราะห์เป็นพอลิเมอร์ขึ้นมาใหม่

กระบวนการนำเทอร์มอพลาสติกกลับมาใช้ใหม่โดยการนำมาขึ้นรูปใหม่เริ่มต้นด้วย การแยกเทอร์มอพลาสติกชนิดต่าง ๆ ออกจากกัน เนื่องจากเทอร์มอพลาสติกแต่ละชนิดมีสมบัติ แตกต่างกัน เช่น จุดหลอมเหลว ความหนาแน่น ความแข็ง ความนิ่ม ความใส เมื่อแยกเทอร์มอพลาสติกแต่ละชนิดออกจากกันแล้ว จะมีรวมกันเป็นก้อน เพื่อแยกส่งไปยังโรงงานผลิตเม็ดเทอร์มอพลาสติกสำหรับขึ้นรูปใหม่ ซึ่งจะบดเทอร์มอพลาสติกให้เป็นชิ้นเล็ก และล้างทำความสะอาดในน้ำข้า่นาดใหญ่ ในขั้นตอนนี้ จะกำจัดฝุ่นและสิ่งสกปรกออกไป จากนั้นนำชิ้นเทอร์มอพลาสติกไปทำให้แห้งโดยการตากแดด หรือใช้อากาศร้อน แล้วเข้าสู่ขั้นตอนการหลอมชิ้นเทอร์มอพลาสติกผ่านเครื่องหลอมอัตโนมัติเป็นเส้น ก่อนตัดให้เป็นเม็ดขนาดเล็กบรรจุลงกล่องเพื่อส่งไปยังโรงงานขึ้นรูปเทอร์มอพลาสติกให้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ โดยมีสัญลักษณ์ที่ใช้ในการระบุหมายเลขอแสดงชนิดของพลาสติกที่นำมาขึ้นรูปใหม่ (นิคุบล, 2550) ดังตารางที่ 2.4

แนวทางการเก็บข้อมูลหากำกับขยะเทอร์มอพลาสติกสามารถทำได้โดย ลดปริมาณการใช้สิ่ง (reduce) คือ การนำเอาบรรจุภัณฑ์มาใช้ ควรใช้อย่างประหยัดและให้คุ้มค่า ไม่นำมาใช้อย่างฟุ่มเฟือย โดยมีความจำเป็น เช่น ปฏิเสธในการใช้ถุงพลาสติกบรรจุสินค้าจากห้างสรรพสินค้า (ถ้าสินค้ามีปริมาณไม่มากนัก) หรือการใช้ถุงกระดาษหรือถุงผ้าแทนถุงพลาสติก ซึ่งยังช่วยลดโอกาสการปนเปื้อนของสารได้ออกซิเจนได้อีกด้วย ในการลดการใช้บรรจุภัณฑ์ อาจกระทำการลดปริมาณวัสดุที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ลงก็ได้ ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ชนิดที่ใช้วัสดุที่ใช้ทำให้น้อยลงโดยการปรับปรุงส่วนผสมของวัสดุดินและการนำเทคโนโลยีใหม่มาออกแบบบรรจุภัณฑ์การนำมาใช้หมุนเวียนและใช้ซ้ำ (return and reuse) คือ การนำเอาบรรจุภัณฑ์ที่ใช้หมุนเวียนได้มาใช้ สามารถลดการใช้วัสดุและพลังงานในการผลิตบรรจุภัณฑ์ลงได้ เป็นการใช้ทรัพยากรอย่างประหยัดและเป็นการลดมลพิษที่เกิดขึ้น การนำมาใช้หมุนเวียนอาจนำมาใช้กับสินค้าเดิม เช่น ลังพลาสติกบรรจุผลไม้ เครื่องดื่ม และขนมปัง แท่นรองรับสินค้าและถังน้ำ เป็นต้น หรือถุงพลาสติกให้นำมาล้างแล้วใช้หุ้มเครื่องครัวเพื่อป้องกันฝุ่น และการนำมาแปรรูปใช้ใหม่หรือรีไซเคิล(recycle) คือ พลาสติกเป็นผลผลิตอย่างได้จากน้ำมันหรือก๊าซจึงควรประหยัดทรัพยากรังกัล่าวให้มากที่สุด การนำเอาบรรจุภัณฑ์ใช้แล้วมาแปรรูปใหม่ นอกจากจะลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่จะต้องใช้ผลิตแล้ว ยังช่วยลดขั้นตอนในการผลิตและช่วยลดพลังงาน เช่น การนำเอาบรรจุภัณฑ์เก่าที่นำมาจากพลาสติกอลิเอทลีน พอลิไวนิลคลอไรด์ และพอลิโพพิลีนไปแปรรูปใหม่ทำเป็นชามถังสั่นรองเท้า เป็นต้น (ยงยุทธ, 2551) ข้อมูลจากตารางที่ 2.5 แสดงชนิดและปริมาณบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่เก็บจากขยะตามบ้านเรือน เพื่อแปรรูปใช้ใหม่ในประเทศไทยมากที่สุด คือ ขวดน้ำดื่ม 65 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 2.4 สัญลักษณ์ที่ใช้แทนพลาสติกแต่ละชนิดและลักษณะการใช้งานของพลาสติก

สัญลักษณ์	ชื่อของ	ลักษณะทั่วไป	การใช้งาน
พลาสติก			
	โพลีเอทิลีน เทเรฟทาเลต (Polyethylene Terephthalate, PET)	เป็นพลาสติกที่ส่วน ใหญ่มีความใส มอง ทะลุได้ มีความ แข็งแรงทนทานและ เหนียวป้องกันการ ผ่านของก้าชได้ดี	ใช้ทำขวดบรรจุน้ำดื่ม ขวดบรรจุของดอง ขวดเย็น ขวดน้ำมันพืช ถุงอาหารสำหรับ เตาอบ และเครื่องสำอาง สามารถนำมาขึ้น รูปใหม่เป็นเส้นใยสำหรับทำเสื้อกันหนาว พร้อม ใช้สังเคราะห์สำหรับบัดหมอน ถุงหูหิ้ว และการเป่า
	โพลีเอทิลีนที่มี ความหนาแน่น ^{สูง} (High Density Polyethylene, HDPE)	เป็นพลาสติกที่มี ความหนาแน่นสูง ค่อนข้างนิ่ม มีความ เหนียวไม่แตกง่าย	ใช้ทำขวดนมขวดน้ำ ขวดโยเกิร์ต บรรจุ ภัณฑ์สำหรับน้ำยาทำความสะอาด แซมพู สารพม แป้งเด็ก และถุงหูหิ้วสามารถนำมา ขึ้นรูปใหม่เป็นขวดใส่น้ำยาซักผ้า ขวด น้ำมันเครื่อง ท่อ ถังพลาสติก ไม้เที่ยม
	โพลีไวนิลคลอ ไรด์ Poly (vinyl Chloride, PVC)	เป็นพลาสติกที่มี ลักษณะแข็งและนิ่ม สามารถผลิตเป็น ^{ผลิตภัณฑ์ได้หลาย} รูปแบบ มีสีสัน สวยงาม	ใช้ทำห้องน้ำประปา สายยางใส แผ่นฟิล์ม สำหรับห่ออาหาร ม่านในห้องอาบน้ำ แผ่น กระเบื้องยาง แผ่นพลาสติกปูโต๊ะ ขวดใส่ แซมพูสารพมประดู่ หน้าต่าง วงกบ และ หนังเที่ยม สามารถนำมาขึ้นรูปใหม่เป็นท่อ น้ำประปา หรือร่องน้ำสำหรับการเกษตร กรวยระบายน้ำ เฟอร์นิเจอร์ ม้านั่งพลาสติก ตัดเทป สายเคเบิล
	โพลีเอทิลีนที่มี ความ หนาแน่นต่ำ ^{(Low density} Polyethylene, LDPE)	เป็นพลาสติกที่มี ความหนาแน่นต่ำ มี ความนิ่มกว่า HDPE มีความเหนียว ยืดตัว ได้	ใช้ทำถุงยีนสำหรับบรรจุอาหาร ถุงใส่ขนม ปัง ฟิล์มห่ออาหารและห่อของ สามารถ นำมาขึ้นรูปใหม่เป็นถุงคำสำหรับใส่ของ ถุง หูหิ้ว ถังขยะ

ตารางที่ 2.4 (ต่อ) สัญลักษณ์ที่ใช้แทนพลาสติกแต่ละชนิดและลักษณะการใช้งานของพลาสติก

สัญลักษณ์	ชื่อของพลาสติก	ลักษณะทั่วไป	การใช้งาน
	โพลิไพรพอลีน (Polypropylene, PP)	เป็นพลาสติกที่ส่วนใหญ่มีความหนาแน่นค่อนข้างต่ำ มีความแข็งแรงและเหนียว คงรูปดีทันต่อความร้อน และสารเคมี	ใช้ทำภาชนะบรรจุอาหาร เช่น กถ่อง ขาม งานถังตะกร้า กระบอกใส่น้ำแข็ง ขวดซอส แก้วน้ำพลาสติก ขวดโยเกิร์ต และขวดบรรจุยา สามารถนำมาขีดรูปใหม่เป็นกล่องแบบเตอร์ในรยกนต์ ชิ้นส่วนรยกนต์ เช่น กันชน กรวยสำหรับเติมน้ำมัน ไฟท้าย และไม้กวาดพลาสติก
	โพลิสไตรีน (Polystyrene, PS)	เป็นพลาสติกที่มีความใสแข็งแต่ประتفاعง่าย สามารถทำเป็นโฟมได้	ใช้ทำภาชนะบรรจุของใช้ เช่น เทปเพลง สำลี หรือภาชนะบรรจุของแห้ง เช่น หมูแผ่น หมูหยอง และคุ๊กกี้ นอกจากนี้ยังนำมาทำโฟมสำหรับใส่อาหาร PET HDPE PVC LDPE PP PS ซึ่งมีน้ำหนักเบามาก สามารถนำมาขีดรูปใหม่เป็นไม้แขวนเสื้อ กล่องวิดีโอ ไม้บรรทัด ถาดใส่ไข่ จนวนกันความร้อน กระเบาเทอร์ โนมิเตอร์ แสงสวิচไฟ และเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ
	พลาสติกอื่น ๆ (multilayered plastic materials)	เป็นพลาสติกที่นอกเหนือจากพลาสติกทั้ง 6 กลุ่ม	นิยมนำไปใช้ทำวัสดุที่พบมากในชีวิตประจำวัน เช่น ถุงหูหิ้ว ถุงผ้า ฯลฯ

ที่มา : เสรีย์ และคณะ, 2549

ตารางที่ 2.5 ชนิดและปริมาณบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่เก็บจากขยะตามบ้านเรือน เพื่อแปรรูปใช้ใหม่
ในประเทศไทยอเมริกา

ประเภทบรรจุภัณฑ์พลาสติก	การนำมาย่อยสลายใหม่ (ปีร์รินต์)
ขวดน้ำดื่ม	65
ขวดน้ำยาทำความสะอาด	50
ขวดประเภทอื่นๆ	10
พิล์มพลาสติกที่ทำบรรจุภัณฑ์	5
พลาสติกอื่นๆ	30

ที่มา : ยงยุทธ, 2551

2.3 การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อม

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน (Break – even point analysis) เป็นเครื่องมือที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์เพื่อช่วยในการตัดสินใจสำหรับการลงทุนในโครงการหนึ่ง ๆ โดยคำนวณหาระดับการดำเนินของธุรกิจที่มีปริมาณสินค้าหรือบริการมีผลทำให้ธุรกิจมีรายได้เท่ากับรายจ่ายที่จ่ายออกไปภายในระยะเวลาหนึ่งพอดี

โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้

$$\text{ณ จุดคุ้มทุน } TR - TVC = TFC \quad (2.4)$$

$$TC = TFC + TVC \quad (2.5)$$

$$P \times Q = TR = TFC + TVC = TFC + (AVC \times Q) \quad (2.6)$$

$$(P \times Q) - (AVC \times Q) = TFC \quad (2.7)$$

$$Q(P - AVC) = TFC \quad (2.8)$$

$$Q = TFC / (P - AVC) \quad (2.9)$$

โดยที่ TR = รายรับรวม (Total revenue)

TC = ต้นทุนรวม (Total cost)

TFC = ต้นทุนคงที่รวม (Total fixed cost)

TVC = ต้นทุนผันแปรรวม (Total variable cost)

AVC = ต้นทุนผันแปรเฉลี่ย (Average variable cost)

- P = ราคาต่อหน่วยสินค้า (Unite price)
Q = ปริมาณสินค้าที่ขาย ณ จุดคุ้มทุน (Quantity) (วาระนา, 2545)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Loultcheva และคณะ (1997) ได้ศึกษาผลของความแตกต่างระหว่างกระบวนการอัดรีดเข้าแบบเกลียวหนอนเดี่ยวและกระบวนการอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่ โดยนำเอาขวด HDPE ที่ผ่านการใช้งานแล้วมาหดломขึ้นรูปใหม่ พบร่วม HDPE ที่ผ่านกระบวนการอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว ส่งผลต่อสมบัติเชิงกลและค่าความหนืดที่ลดลง เนื่องจากความยาวของสายโซ่ไม่เดгу碌และน้ำหนักไม่เดгу碌ลดลง อย่างไรก็ตาม HDPE ที่ผ่านกระบวนการอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่นั้นมีสมบัติเชิงกลที่ไม่เปลี่ยนแปลงแม้ผ่านกระบวนการขึ้นรูปใหม่ถึง 5 รอบ ส่วนค่าความหนืดเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ทั้งนี้คาดว่าเป็นผลมาจากการเกิดกัง吝าขึ้นบนสายโซ่ของ HDPE ซึ่งสมบัติที่ต่างกันของ HDPE หลังผ่านกระบวนการอัดรีดด้วยอุปกรณ์ที่ต่างกัน มีสาเหตุมาจากระยะเวลาที่อยู่ภายใต้เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยวได้รับแรงเห็นด้วยและระยะเวลาที่อยู่ภายใต้เครื่องอัดรีดค่านานกว่าเกลียวหนอนคู่แต่มีแรงเห็นด้วยที่สูงกว่า

เพลินพิช บุชาธรรมและคณะ (2541) ได้ศึกษาแนวทางในการนำขุดน้ำดื่มที่ใช้แล้วที่ทำการจากพอลิเอธิลีนเทเรพทาเลท (PET) กลับมาใช้ใหม่ในรูปแบบของพลิตภัณฑ์สื่อสารมวลชน โดยการย้อมสลายด้วยปฏิกิริยาไกโล โคลาเซส โดยใช้ไตรเมทธอลอน โพรูฟเคนและเพนตะอีทริทอล หรือเอชีลีนไกลคอล (EG) และเพนตะอีทริทอล (PL) ในสัดส่วนต่าง ๆ เป็นปฏิกิริยา พลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย้อมสลายจะนำมาทำปฏิกิริยาพอลิเอธิลีฟิล์มเรซิโน่เพื่อเตรียมเรซิโน่ซึ่งพลิตภัณฑ์เรซิโน่ที่เตรียมได้นี้ได้แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ เรซิโน่ประเภทที่นำไปทำสำหรับใช้น้ำเป็นตัวทำละลายหลักและเรซิโน่ประเภทที่นำไปทำสำหรับใช้สารอินทรีย์เป็นตัวทำละลายเพียงอย่างเดียว จากการศึกษาพบว่าสีที่ทำมาจากการย้อมสลายของ PET ที่ใช้แล้วโดยใช้สัดส่วน PET : EG : PL = 1.0 : 0.5 : 0.5 มีสมบัติที่สูดและไกล์เคียงกับสีที่นำไปที่ใช้ในอุตสาหกรรมสี เมื่อว่าจะมีค่าความเงางามต่ำกว่าแต่ก็อยู่ในระดับมาตรฐานเดียวกัน คือเป็นสีประเภทกึ่งเงา

นอกจากนี้การรีดแกะและความหนาแรงกระแทกต่ำกว่าเล็กน้อยคือจาก 1.25 kg/m เป็น 1.15 kg/m แต่สีที่เตรียมจากขวด PET ที่ใช้แล้วนี้ทนต่อการคัดกรองด้วยกระบวนการที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 mm ได้ดีไม่แตกร้าวและนอกจากนี้ยังทนต่อน้ำและตัวทำละลายได้ดีอีกด้วย ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้สูงในการที่นำขวด PET ที่ใช้แล้วมาแปรสภาพเป็นสินค้าใหม่ในรูปแบบของสีอุตสาหกรรมทั้งนี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการช่วยลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมหนึ่งในการ

ลดขยะพลาสติกและช่วยแบ่งเบาภาระการกำจัดขยะ ในขณะเดียวกันเป็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างมีคุณค่าและมีประโยชน์สูงสุด

รุ่งโรจน์ (2542) ได้ศึกษาการนำพลาสติกมาใช้เคิลเพื่อช่วยลดปัญหาขยะซึ่งเป็นผลกระทบที่อย่างแพร่หลาย และช่วยลดต้นทุนการผลิตในอุตสาหกรรมฟิล์ม โดยถ้าตัวของพลาสติกที่ลินนิคความหนาแน่นสูง (HDPE) ที่ยังไม่ผ่านการใช้งานต่อเม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนรีไซเคิล มีผลต่อสมบัติเชิงกลของฟิล์มผสม จากการศึกษาพบว่าสมบัติ ความเก็บของแรงดึงที่จุดขาด, ความเก็บของแรงดึง ณ จุดคราก และความยืดที่จุดขาด ของฟิล์มลดลงตามปริมาณของเม็ดพลาสติก LDPE มาก รีไซเคิลที่เพิ่มขึ้น การเพิ่มปริมาณเม็ดพลาสติก LDPE รีไซเคิลทำให้ร้อยละความเป็นพลีกของฟิล์มลดลงจากร้อยละ 78 ไปเป็นร้อยละ 67 และสมบัติความต้านทานแรงดึงลดลงจาก 27 MPa ไปเป็น 17 MPa

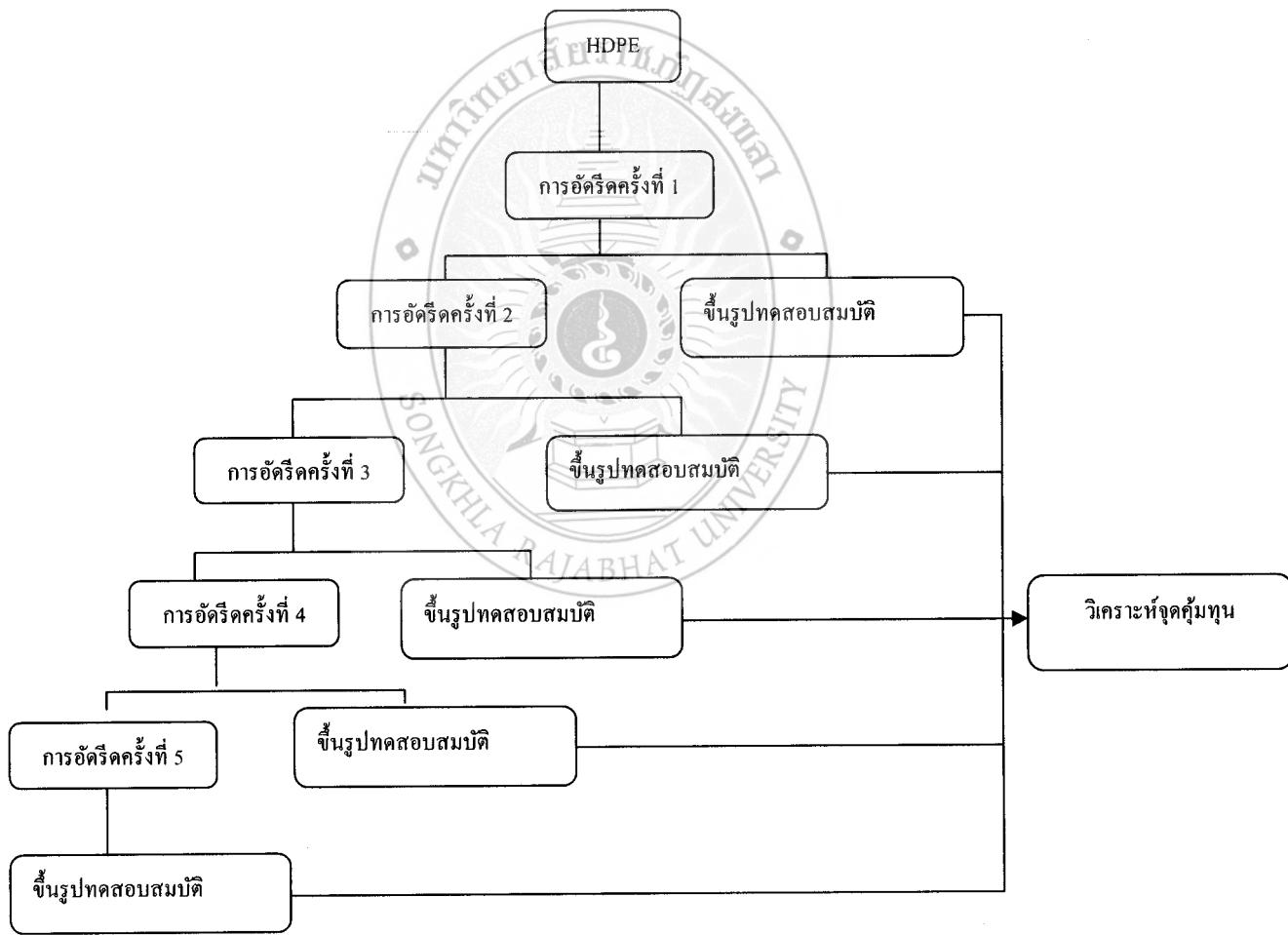


บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 บทนำ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติของพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน ที่ผ่านกระบวนการรีไซเคิลแต่ละครั้งและศึกษาจุดคุณทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมในกระบวนการรีไซเคิลพลาสติก ดังรายละเอียดตามแผนผังในภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 แผนผังขั้นตอนของการทำวิจัย

3.2 วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 วัสดุอุบัติที่ใช้ในการวิจัย

เม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูง (Highdensity Polyethylene: HDPE)

3.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทำงานวิจัย

1. เครื่องอัดรีดพลาสติกชนิดสกรูเดี่ยว (Single screw extruder) รุ่น LE 25-30C บริษัท Labtech Enginering . Co.Ltd. แสดงดังภาพที่ 3.2 สกรูมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 mm และขนาดความยาวสกรูต่อเส้นผ่านศูนย์กลาง (L/D) เท่ากับ 30 mm สามารถอัดอุณหภูมิที่ระบบอุ่นสกรูได้ 4 ตำแหน่ง และที่หัวดယ สามารถตั้งค่าอุณหภูมิได้ ตั้งแต่อุณหภูมิปักติกนึง 300 องศาเซลเซียส สกรูที่ใช้เป็นแบบสกรูผสม (mixing screw)

2. เครื่องอัดเบ้าไฮดรอลิก รุ่น GT-7014-A10 C บริษัท Gotech Testing Machines inc. ประกอบด้วยแท่นอัดร้อนจำนวน 2 แท่น และแท่นอัดเย็นจำนวน 1 แท่น แสดงดังภาพที่ 3.3 ในการขึ้นภาคจะใช้เบ้าสำหรับขึ้นรูป ซึ่งมีขนาดความกว้าง 17 เซนติเมตร ความยาว 17 เซนติเมตร และขนาดความหนา เท่ากับ 0.314 มิลลิเมตร แสดงดังภาพที่ 3.4 โดยมีความดันเท่ากับ 300 psi

3. เครื่องตัดตัวอย่าง ใช้ในการตัดตัวอย่างให้เป็นรูปปั๊มเบล แสดงดังภาพที่ 3.5 ความดันเท่ากับ 250 psi

4. เครื่องทดสอบความต้านทานต่อแรงดึง ผลิตโดยบริษัท Narin Instrument Co. Ltd.

3.3 วิธีการดำเนินการทดลอง

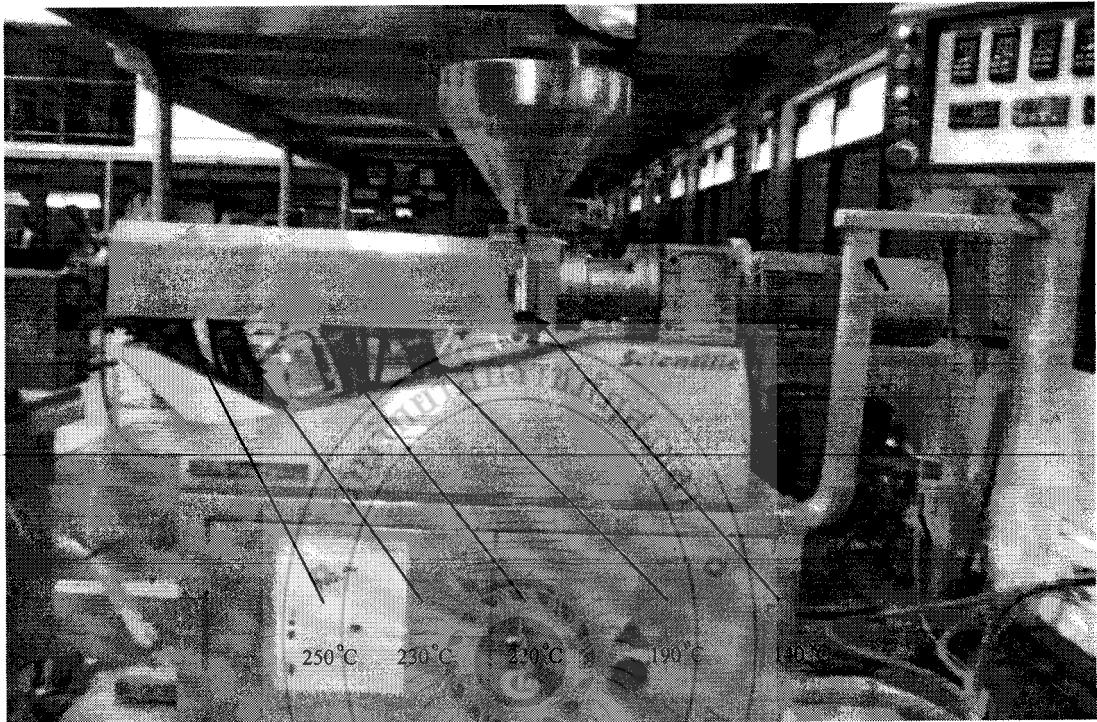
3.3.1 การเตรียมวัสดุ

เม็ดพลาสติก HDPE สำหรับงานวิจัยนี้ใช้เม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene: HDPE) เกรด HD5200B ซึ่งเป็นเกรดสำหรับเป้าหมาย

3.3.2 กระบวนการอัดรีด

ใช้เม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene: HDPE) สำหรับที่ใช้ในการอัดรีด คือ ความเร็วสกรู 75 รอบ/นาที, อุณหภูมิที่ใช้แสดงช่วงจากกรวยป้อนเม็ดพลาสติกจนถึงหัวดယ เท่ากับ 140, 190, 220, 230, 250 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จะได้เม็ดพลาสติก

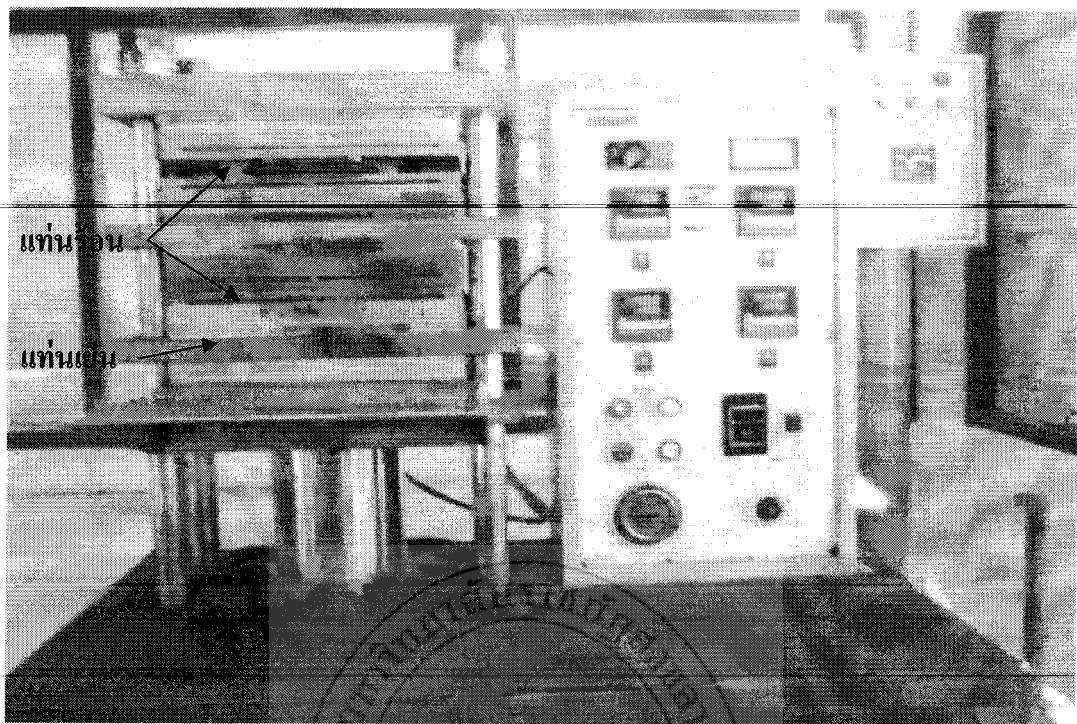
พอลิเอทิลีนที่ผ่านกระบวนการอัดรีดแต่ละครั้ง โดยภาพเครื่องอัดรีดสกรูเดี่ยวและตำแหน่งของอุณหภูมิแต่ละช่วงแสดงดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 เครื่องอัดรีดเกลียวหนอนเดี่ยวและระดับของอุณหภูมิแต่ละช่วง.

3.3.3 การอัดขึ้นรูป

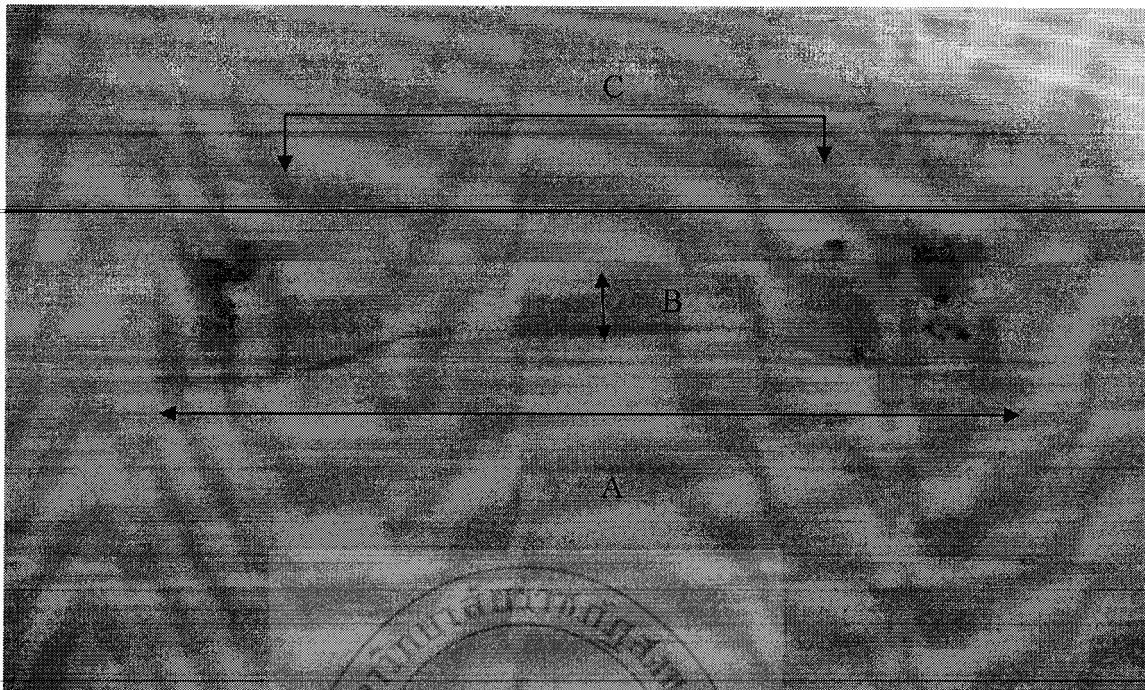
ในขั้นตอนการอัดขึ้นรูปใช้มีดพลาสติกพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene : HDPE) ที่ผ่านการอัดรีดแต่ละครั้งในขั้นตอน 3.3.2 นำมาอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดเบ้าไฮดรอลิก โดยใช้แม่พิมพ์ที่มีลักษณะเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมน้ำภาคความกว้าง 17 เซนติเมตร ยาว 17 เซนติเมตร หนา 0.314 เซนติเมตร และแสดงดังภาพที่ 3.4 และขึ้นรูปโดยใช้อุณหภูมิที่ 180 องศาเซลเซียส ซึ่งเริ่มจากการอุ่นแม่พิมพ์ให้ร้อนแล้วจึงอัดร้อนขึ้นรูปเป็นเวลา 20 นาที จากนั้นหล่อเย็นอีก 20 นาที จากนั้นนำแผ่นขึ้นงานทดสอบไปตัดขึ้นงานทดสอบความต้านทานแรงดึง โดยใช้เครื่องตัดตัวอย่าง ซึ่งมีรูปร่างขึ้นงานตามมาตรฐาน ASTM D 638 Type I และขึ้นงานที่ได้มีลักษณะแสดงดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.3 เครื่องอัดเบ้าแบบไฮไดลิก



ภาพที่ 3.4 เบ้า



ภาพที่ 3.5 ตัวอย่างชิ้นทดสอบรูปดัมเบล เมื่อ A คือ ความกว้างทั้งหมด 120 มิลลิเมตร
B คือ ความกว้าง 10 มิลลิเมตร C คือ ระยะจับชิ้นทดสอบก่อนดึง 80 มิลลิเมตร

3.3.4 การทดสอบสมบัติของพลาสติก

3.3.4.1 การทดสอบสมบัติความต้านทานต่อแรงดึง (Tensile properties)

การทดสอบความต้านทานแรงดึงของวัสดุ เป็นตัวบ่งบอกความสามารถในการทนรับแรงดึงของวัสดุชนิดในระยะเวลาสั้นๆ ด้วยอัตราการดึงคงที่ โดยการเตรียมชิ้นงานสำหรับทดสอบจะให้อยู่ในรูปของดัมเบล (Dumbbell) ตามมาตรฐาน ASTM D 638 Type I ซึ่งชิ้นงานมีขนาดความกว้าง 120 มิลลิเมตร ความกว้าง 10 มิลลิเมตร ระยะจับชิ้นทดสอบชิ้นทดสอบก่อนดึง 80 มิลลิเมตร และคงดังภาพที่ 3.5 การทดสอบทำได้โดยนำชิ้นงานที่เตรียมไว้ไปจับยึดด้วยหัวจับขนาด 5 กิโลนิวตัน ที่ปลายทั้งสองข้างของชิ้นงาน แล้วทำการดึงชิ้นงานด้วยเครื่อง universal testing machine ดังภาพที่ 3.6 ด้วยอัตราเร็ว 50 มิลลิเมตรต่อนาที จนชิ้นงานแตกขาดจากกัน โดยผลการทดลองที่ได้จะแสดงในภาพความสัมพันธ์ระหว่างความดึง (Stress) และความเครียด (Strain)

สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี



ภาพที่ 3.6 เครื่อง universal testing machine

ข้อมูลที่ต้องคำนวณจากผลการทดสอบ ได้แก่

ก. ถูตรหาค่าความต้านทานต่อแรงดึง ณ จุดขาด (Tensile Strength ; TS)

$$\text{Tensile Strength (MPa)} = F/A \quad (3.1)$$

เมื่อ F : แรงที่ดึงชิ้นทดสอบ ณ จุดขาด (นิวตัน)

A : พื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบก่อนดึง (ตารางมิลลิเมตร)

ข. ถูตรหาค่าเบอร์เซ็นต์ในการยืดตัวสูงสุด (% Elongation)

$$\% \text{Elongation} = (\Delta L / L_0) \times 100 \quad (3.2)$$

โดยที่ ΔL : ระยะที่ยืดออกของชิ้นทดสอบ (มิลลิเมตร)

L_0 : พื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบก่อนดึง (มิลลิเมตร)

๖๘.๔
๗๒๗๗

177258

๑๖ ๐.๙. ๒๕๖๖

ค. สูตรหาค่าอัจฉริยะดูดตัว (Young's modulus)

$$\text{Young's modulus (MPa)} = \text{stress} / \text{strain} \quad (3.3)$$

เมื่อ stress หาค่าได้จากสมการที่ 3.1

เมื่อ strain หาค่าได้จากสมการที่ 3.2

3.4 วิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมในการรีไซเคิล

3.4.1. ในการศึกษาจุดคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ของการรีไซเคิลพลาสติกโพลีเอทิลีน (วานา, 2545) จะต้องทราบค่า ต้นทุนคงที่ และต้นทุนผันแปรของโครงการซึ่งหาได้จาก

ต้นทุนคงที่ = ต้นทุนเครื่องจักร

ต้นทุนผันแปร = ต้นทุนวัตถุคิดบ

$$\text{บริมาณสินค้าที่ขาย } \text{ ณ } \text{ จุดคุ้มทุน} = \frac{\text{ต้นทุนคงที่}}{\text{ราคาต่อหน่วยสินค้า} - \text{ต้นทุนผันแปร}}$$

บทที่ 4

ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล

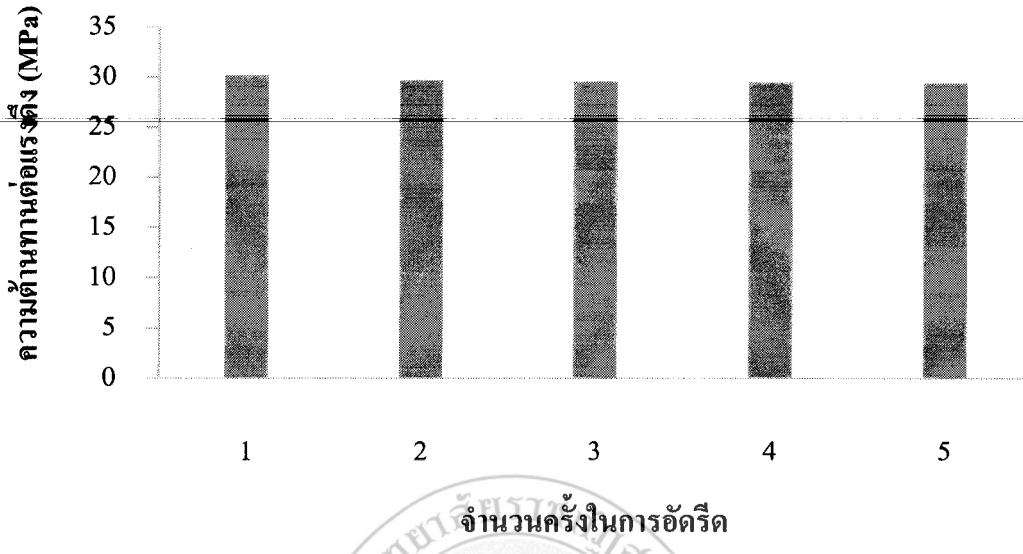
งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยสนใจศึกษาสมบัติของพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน ที่ผ่านกระบวนการรีไซเคิลแต่ละครั้ง และเป็นการศึกษาจุดคุ้มทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมในกระบวนการรีไซเคิลพลาสติก ซึ่งผลและการวิเคราะห์ผลการการทดสอบ ได้แก่ ผลการทดสอบสมบัติ และผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ด้านสิ่งแวดล้อมในการรีไซเคิลพลาสติก ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.1 ผลการทดสอบสมบัติ

4.1.1 ผลการทดสอบความต้านทานต่อแรงดึง (Tensile Strength ; TS)

จากการทดสอบพบว่าค่าความต้านทานต่อแรงดึงของพลาสติกที่ผ่านการอัดรีดของครั้งที่ 1-5 มีค่าเท่ากับ 30.16, 29.69, 29.61, 29.53, 29.46 MPa ตามลำดับ จากภาพที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่า ความต้านทานต่อแรงดึงมีแนวโน้มลดลง เมื่อพลาสติกผ่านการอัดรีดหลายครั้ง ซึ่งคาดว่าอาจเกิดจากการอัดรีดพลาสติกซ้ำหลายครั้ง มีผลต่อการเสื่อมสภาพทางความร้อนของพลาสติก เนื่องจากแรงเฉือนเชิงกล (Mechanical Shear) ใน เครื่องอัดรีด ไปทำลายโซ่อ่อนของโพลีเมอร์ให้แตกออก ทำให้ ความยาวของไมเดกุลและน้ำหนักไมเดกุลลดลง ซึ่งส่งผลให้สมบัติของพลาสติกมีแนวโน้มลดลง (นิลุบล, 2550)

จากการวิเคราะห์ความต้านทานต่อแรงดึงทางสถิติ สรุปได้ว่า มีค่าความต้านทานต่อแรงดึงเฉลี่ย 29.69 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ย 0.52 เมื่อทดสอบความแตกต่างของจำนวนครั้งในการอัดรีดพบว่าไม่มีความแตกต่างกันนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

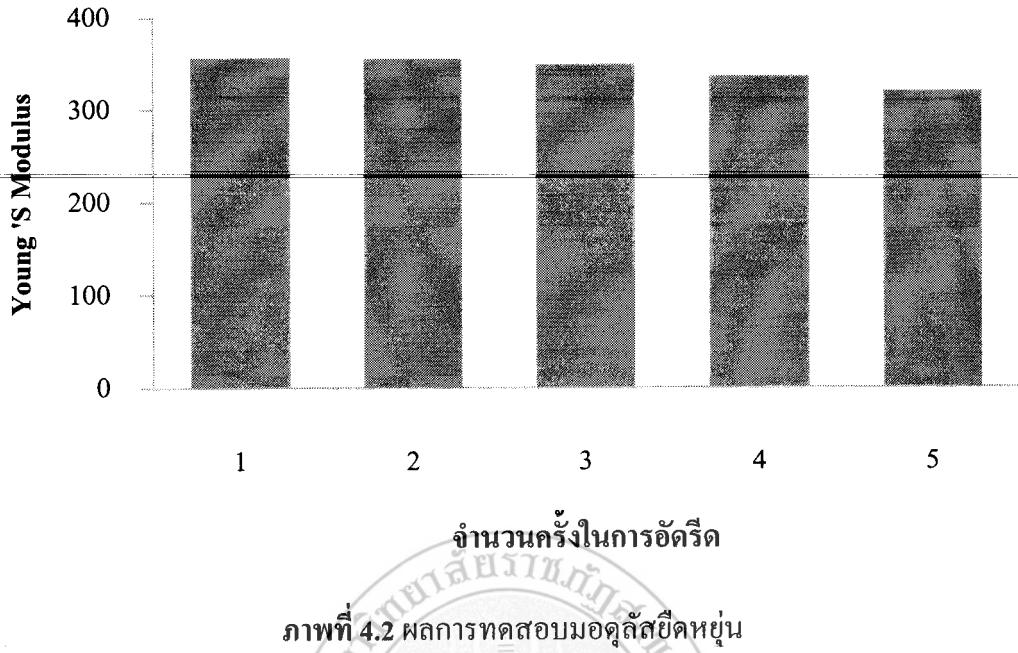


ภาพที่ 4.1 ผลการทดสอบความต้านทานต่อแรงดึง

4.1.2 ผลการทดสอบมอดูลัสยึดหยุ่น (Young's modulus)

ผลการทดสอบมอดูลัสยึดหยุ่นของพลาสติกที่ผ่านการอัดรีดของครั้งที่ 1-5 มีค่าเท่ากับ 356.16, 354.66, 348.32, 335.62, 318.64 MPa ตามลำดับ จากภาพที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าค่ามอดูลัสมีแนวโน้มลดลง เมื่อพลาสติกผ่านการอัดรีดหลายครั้ง ซึ่งคาดว่าอาจเกิดจากการอัดรีดพลาสติกซ้ำ หลายครั้ง มีผลต่อการเสื่อมสภาพทางความร้อนของพลาสติก เนื่องจากแรงเนื้อนิ่งกล (Mechanical Shear) ใน เครื่องอัดรีด ไปทำลายโซ่อัลิเมอร์ให้แตกออก ทำให้ความยาวของโมเลกุลและน้ำหนักโมเลกุลลดลง ซึ่งส่งผลให้สมบัติของพลาสติกมีแนวโน้มลดลง (นิลุบล, 2550)

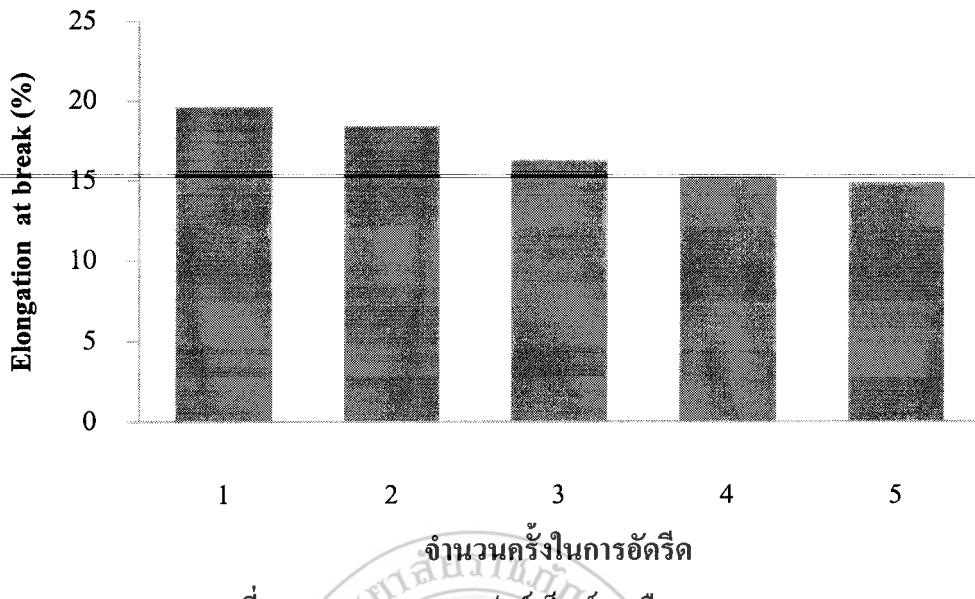
จากการวิเคราะห์ค่ามอดูลัสยึดหยุ่นทางสถิติ สรุปได้ว่า มีค่ามอดูลัสยึดหยุ่นเฉลี่ย 342.68 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ย 33.55 เมื่อทดสอบความแตกต่างของจำนวนครั้งในการอัดรีดพบว่าไม่มีความแตกต่างกันนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



4.1.3 ผลการทดสอบเบอร์เช็นการยืด ณ จุดขาด (Elongation ;E) (%)

ผลการทดสอบเบอร์เช็นต์การยืด ณ จุดขาด ของพลาสติกที่ผ่านการอัดรีดของครั้งที่ 1-5 มีค่าเท่ากับ 19.62, 18.42, 16.28, 15.12, 14.91 % ตามลำดับ จากภาพที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่า เบอร์เช็นต์การยืดมีแนวโน้มลดลง เมื่อพลาสติกผ่านการอัดรีดหลายครั้ง ซึ่งคาดว่าอาจเกิดจากการอัดรีดพลาสติกซ้ำๆ หลายครั้ง มีผลต่อการเสื่อมสภาพทางความร้อนของพลาสติก เนื่องจากแรงเฉือนเชิงกล (Mechanical Shear) ใน เครื่องอัดรีด ไปทำลายโซ่ออนพอลิเมอร์ ให้แตกออก ทำให้ความยาวของโนมเลกุลและน้ำหนักโนมเลกุลลดลง ซึ่งส่งผลให้สมบัติของพลาสติกมีแนวโน้มลดลง (นิตบุล, 2550)

จากการวิเคราะห์ค่าเบอร์เช็นการยืด ณ จุดขาดทางสถิติ สรุปได้ว่า มีค่าเบอร์เช็นการยืด ณ จุดขาดเฉลี่ย 16.87 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ย 5.07 เมื่อทดสอบความแตกต่างของจำนวนครั้งในการอัดรีดพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 4.3 ผลการทดสอบเบอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาด

4.2 ผลวิเคราะห์จุดคุ้มทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมในการรีไซเคิลพลาสติก

จากการรีไซเคิลพลาสติกอลิเอทิลีนจำเป็นต้องมีต้นทุน หรือค่าใช้จ่าย ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ค่าลงทุน และต้นทุนดำเนินการ โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ต้นทุนคงที่ ต้นทุนผันแปร ในการรีไซเคิลพลาสติก

รายการ	ราคา	มูลค่าที่ใช้ / ปี (240 วันทำงาน) (บาท)
ต้นทุนคงที่		
1. เครื่องจักร	900,000	900,000
ต้นทุนคงที่รวม (Total fixed cost, TFC) = 900,000 บาท/ปี		
ต้นทุนผันแปร		
1. ค่าวัสดุคงที่	50	288,000
2. ค่าแรงงาน	300	72,000
ต้นทุนผันแปรรวม (Total variable cost, TVC) = 360,000 บาท/ปี		
ต้นทุนผันแปรเฉลี่ย (Average variable cost, AVC) = 62.69 บาท/กิโลกรัม		

ในกระบวนการอัตรีดใช้มีค่าสติกบริสุทธิ์กิโลกรัมละ 50 บาท (สมาคมอุตสาหกรรมพลาสติกไทย, 2555) ใน 1 วัน สามารถอัตรีดได้ประมาณ 24 กิโลกรัม/วัน 1 ปี สามารถอัตรีดได้ 5,760 กิโลกรัม/ปี เท่ากับปีละ 288,000 บาท /ปี ซึ่งผลิตภัณฑ์ 1 ชิ้น ใช้มีค่าสติก 81.67 กรัม/ชิ้น หรือเท่ากับ 293 ชิ้น/วัน หรือ 70,320 ชิ้น/ปี โดยค่าแรงกำหนดวันละ 300 บาท/วัน (กระทรวงแรงงาน, 2555)

วิธีคำนวณ : หาปริมาณสินค้า ณ จุดคุ้มทุน ใช้สูตร

$$\text{ปริมาณสินค้าที่ขาย ณ จุดคุ้มทุน} = \frac{\text{ต้นทุนคงที่รวม}}{\text{ราคาต่อหน่วยสินค้า} - \text{ต้นทุนผันแปรเฉลี่ย}}$$

$$\text{เมื่อ ต้นทุนคงที่รวม} = 900,000 \text{ บาท}$$

$$\text{ต้นทุนผันแปรเฉลี่ย} = \frac{\text{ต้นทุนผันแปรรวม}}{\text{ปริมาณสินค้าที่ผลิตได้}} \\ = \frac{360,000 \text{ บาท}}{70,320 \text{ ชิ้น}} \\ = 5.12 \text{ บาท/ชิ้น}$$

$$1 \text{ ชิ้น} = 81.67 \text{ กรัม} = 5.12 \text{ บาท}$$

$$1000 \text{ กรัม} = \frac{1000 * 5.12}{81.67} \\ = 62.69 \text{ บาท/กิโลกรัม}$$

$$\therefore \text{ต้นทุนผันแปรเฉลี่ย} = 62.69 \text{ บาท/กิโลกรัม}$$

$$\text{ราคาต่อหน่วยสินค้า} = \text{ราคาต่อชิ้นสินค้า} \\ = 19 \text{ บาท/กิโลกรัม}$$

(จากการสืบค้นข้อมูลจากประกาศไปแจ้งรายการซื้อสินค้าของบริษัทฯ พาณิชย์ ปี 2555

<http://www.wongpanit.com/wpnnew/images/1349333418.pdf>

$$\therefore \text{ปริมาณสินค้าที่ขาย ณ จุดคุ้มทุน} = \frac{900,000 \text{ บาท}}{62.69-19 \text{ บาท/กิโลกรัม}} \\ = \frac{900,000}{43.69} \\ = 20,600 \text{ กิโลกรัม}$$

จากการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนของการรีไซเคิลพลาสติก โดยการคำนวณหาระดับการดำเนินงานของโครงการที่ปริมาณของสินค้ามีผลทำให้รายได้เท่ากับรายจ่ายในรอบระยะเวลา 1 ปี

(240 วันทำงาน) พนบฯ การรีไซเคิลพลาสติกพอลิเอทิลีนมีต้นทุนคงที่รวม 900,000 บาท/ปี และต้นทุนผันแปรรวม 360,000 บาท/ปี ทำให้ต้องขายผลิตภัณฑ์จำนวน 20,600 กิโลกรัม จึงจะทำให้การรีไซเคิลพลาสติกพอลิเอทิลีนถึงจุดคุ้มทุนพอดี ในกรณีที่ต้องราคาขายผลิตภัณฑ์ 19 บาท/กิโลกรัม



บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาสมบัติของพลาสติกโพลีเอทิลีนที่ผ่านกระบวนการรีไซเคิลแต่ละครั้งและศึกษาจุดคุณทุนในกระบวนการรีไซเคิลพลาสติกโพลีเอทิลีน โดยใช้มีดพลาสติกโพลีเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง ซึ่งสภาวะที่ใช้ในการอัดรีด คือ ความเร็วสกรู 75 รอบ/นาที, อุณหภูมิที่ใช้แสดงช่วงจากกรวยป้อนเม็ดพลาสติกจนถึงหัวดาย เท่ากับ 140, 190, 220, 230, 250 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จะได้มีดพลาสติกโพลีเอทิลีนที่ผ่านกระบวนการอัดรีดแต่ละครั้ง และนำมาอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดเบ้าไฮดรอลิก จากนั้นนำผ่านชั้นงานทดสอบไปตัดชั้นงานทดสอบความต้านทานแรงดึง โดยใช้เครื่องตัดตัวอย่างโดยชั้นงานที่ได้จะมีลักษณะเป็นรูปดัมเบล

จากการทดลองพบว่าค่าความต้านทานต่อแรงดึงของพลาสติกที่ผ่านการอัดรีดของครั้งที่ 1-5 มีค่าเท่ากับ 30.16, 29.69, 29.61, 29.53, 29.46 MPa ตามลำดับ ผลการทดสอบมอดุลัสยืดหยุ่นของพลาสติกที่ผ่านการอัดรีดของครั้งที่ 1-5 มีค่าเท่ากับ 354.16, 354.66, 348.32, 335.62, 318.64 MPa ตามลำดับ ผลการทดสอบเบอร์เจนต์การยืด ณ จุดขาด ของพลาสติกที่ผ่านการอัดรีดของครั้งที่ 1-5 มีค่าเท่ากับ 19.62, 18.42, 16.28, 15.12, 14.91 % ตามลำดับ

จากการนำผลการทดลองมาทำการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ค่าความต้านทานต่อแรงดึง ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น และค่าเบอร์เจนต์การยืด ณ จุดขาด ไม่มีความแตกต่างกันนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากการศึกษาจุดคุณทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์ในกระบวนการรีไซเคิลพลาสติกโพลีเอทิลีน พบว่าจะต้องขายผลิตภัณฑ์ให้ได้จำนวน 20,600 กิโลกรัม จึงจะทำให้การรีไซเคิลพลาสติกโพลีเอทิลีนถึงจุดคุณทุนพอดี ในกรณีที่ตั้งราคาขายผลิตภัณฑ์ 19 บาท/กิโลกรัม จึงจะทำให้รายได้ของโครงการเท่ากับรายจ่ายพอดี

จากการทดลองสรุปได้ว่า สมบัติของพลาสติกมีแนวโน้มลดลง เมื่อพลาสติกผ่านการอัดรีดหลายครั้ง ซึ่งคาดว่าอาจเกิดจากการอัดรีดพลาสติกซ้ำหลายครั้ง มีผลต่อการเสื่อมสภาพทางความร้อนของพลาสติก เนื่องจากแรงเนื้อนเชิงกล (Mechanical Shear) ในเครื่องอัดรีด ไปทำลายโซ่อ่อนพอลิเมอร์ให้แตกออก ทำให้ความยาวของโมเลกุลและน้ำหนักโมเลกุลลดลง ซึ่งส่งผลให้สมบัติของพลาสติกมีแนวโน้มลดลง (นิลุบล, 2550) และการศึกษาจุดคุณทุนพอดีในกระบวนการรีไซเคิล

พลาสติกพอลิเอทิลีนพบว่า ผลของการประมาณการผลิตเพื่อให้ถึงจุดคุ้มทุนในการอัดรีดนั้น ต้องขายผลิตภัณฑ์ให้ได้จำนวน 20,600 กิโลกรัม จึงจะทำให้การรีไซเคิลพลาสติกพอลิเอทิลีนถึงจุดคุ้มทุนพอดีในกรณีที่ตั้งราคาขายผลิตภัณฑ์ 19 บาท/กิโลกรัม

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองที่ได้ศึกษาครั้งนี้ มีข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต คือ

1. ในกระบวนการรีไซเคิล ควรที่จะมีเครื่องจักรที่สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ เช่น เป็นขวดน้ำ เนื่องจากจะสามารถนับได้ว่าสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้เท่าไร
2. ในการทำวิจัยต่อเนื่อง ในส่วนของการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ควรจะวิเคราะห์ค่าลงทุนและต้นทุนดำเนินงาน เช่น ส่วนที่ดิน ส่วนอาคารและสิ่งปลูกสร้าง ค่าใช้จ่ายในการผลิต ค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการ



บรรณานุกรม

นิรุต ราชรักษ์สกุล. 2550. การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการใช้พัลส์งานของเครื่องอัตโนมัติเพลาสติกชนิดสกอรูเดี่ยว. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมพัลส์งาน, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นิคุบล เพื่อกบัวขาว. 2550. สมบัติเชิงกลและสัณฐานวิทยาของพอลิอิทธิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูปใหม่โดยมีแคลเซียมคาร์บอนตเป็นสารเติมแต่ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวัสดุศาสตร์ ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรมบัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

บรรเลง ศรนิล. 2546. เทคโนโลยีเพลาสติก. พิมพ์ครั้งที่ 15 กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). 418 หน้า

เพลินพิช บุชาธรรม, นิตยา เกตุแก้ว และศรารัตน์ นาคราวนนท์. 2544. การนำขวดน้ำดื่มพอลิอิทธิลีนเทเรพทาเลทกลับมาใช้ใหม่ในรูปของสี. วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. :24 (2) : 193-208.

ยงยุทธ ข้ามสี่. 2551. บรรจุภัณฑ์เพลาสติกกับถังแวดล้อม. วารสารแม่โจ้ปรัชญา. : 9 (3) : 38-43.

รุ่งไวโรจน์ ผูกพันธุ์. 2542. สัณฐานวิทยาและสมบัติเชิงกลของพีลั่มที่จัดเรียงตัวในสองทิศทางของพอลิอิทธิลีนเยียนทำใหม่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาปีโตรเคมีและวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อาทิตยา ชาลุชิต. 2548. ผลกระทบจากการจัดตั้งเขตการค้าเสรีอาเซียนต่ออุตสาหกรรมปีโตรเคมี: กรณีศึกษาปีโตรเคมีขับปลาย. วิทยานิพนธ์เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ธุรกิจ คณะเศรษฐศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

บรรณานุกรม (ต่อ)

กระทรวงแรงงาน. 2555. อัตราค่าจ้างขั้นต่ำ.

http://intranet.mol.go.th/ewtadmin/ewt/e_labour/main.php?filename=wage_300
(สืบค้นเมื่อ 30 สิงหาคม 2555)

วงษ์พาณิชย์. 2555. ใบแจ้งรายการรับซื้อสินค้า.

<http://www.wongpanit.com/wpnnew/images/1349333418.pdf> (สืบค้นเมื่อ 4 ตุลาคม 2555)

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. 2555. พลาสติกและสิ่งแวดล้อม.

http://www2.mtec.or.th/th/special/biodegradable_plastic/index.html
(สืบค้นเมื่อ 27 กรกฎาคม 2555)

เสรีญ ตุ้มประกาย, ศิริวัลก์ เรืองช่วย และ ศิริโรมน์ เกตุแก้ว. 2549. กระบวนการคัดแยกพลาสติกเชิง
ไฟฟ้าสัมมติ. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

<http://eng.ru.ac.th/engwebtemp/download/r4.pdf> (สืบค้นเมื่อ 27 มกราคม 2555)

สมาคมอุตสาหกรรมพลาสติกไทย. 2555. รายงานสถิติราคามือเดียวพลาสติก.

<http://www.tbia.org/stat/graphindex.asp?chk=1> (สืบค้นเมื่อ 30 สิงหาคม 2555)

Loulcheva, MK., Proietto, M., Jilov, N., and Mantia, F.P.L. 1997. Recycling of High Density Polyethylene Containers. **Polymer Degradation and Stability** : Vol. 57, pp.77-81.



ภาคผนวก ก

ข้อมูลการทดลอง

จากการเตรียมแผ่นพลาสติกที่ผ่านการอัดอัครีดแต่ละครั้งมาอัดขึ้นรูป เมื่อศึกษาสมบัติ ความต้านทานต่อแรงดึง การยืดหักตัวสูงสุด และค่าเบนซุลต์ ตามตารางแสดงผลการทดลองดังตารางด้านล่างนี้

ตารางที่ 1 วิเคราะห์ค่าความต้านทานต่อแรงดึง โดยใช้โปรแกรม spss

Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
ความ ต้านทานต่อ แรงดึง	อัครีดครั้งที่ 1	5	30.1568	.3259	.1458	29.7521	30.5614	29.69	30.47
	อัครีดครั้งที่ 2	5	29.6889	.4783	.2139	29.0950	30.2828	29.30	30.47
	อัครีดครั้งที่ 3	5	29.6111	.6994	.3128	28.7427	30.4795	28.52	30.08
	อัครีดครั้งที่ 4	5	29.5300	.6514	.2913	28.7212	30.3388	28.90	30.46
	อัครีดครั้งที่ 5	5	29.4560	.2136	9.553E-02	29.1908	29.7212	29.30	29.69
	Total	25	29.6885	.5283	.1057	29.4705	29.9066	28.52	30.47

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ค่าเบอร์เซ็นทรัลเมดิแอนส์การยืดตัวสูงสุด โดยใช้โปรแกรม spss

Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
เบอร์เซ็นทรัล เมดิแอนส์	อัครีดครั้งที่ 1	5	19.6225	4.1478	1.8550	14.4723	24.7727	12.91	23.80
	อัครีดครั้งที่ 2	5	18.4150	8.5652	3.8305	7.7799	29.0501	12.50	32.00
	อัครีดครั้งที่ 3	5	16.2835	5.9253	2.6499	8.9263	23.6407	11.34	24.91
	อัครีดครั้งที่ 4	5	15.1220	.7984	.3571	14.1306	16.1134	14.15	15.95
	อัครีดครั้งที่ 5	5	14.9140	2.5903	1.1584	11.6977	18.1303	12.31	18.33
	Total	25	16.8714	5.0746	1.0149	14.7767	18.9661	11.34	32.00

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ค่ารังนมดูลัส โดยใช้โปรแกรม spss

Descriptives

		N	Mean	Std.	Std. Error	95% Confidence Interval		Minimum	Maximum
				Deviation		for Mean			
						Lower Bound	Upper Bound		
มอดูลัส ขีดหยุ่น	อัตรีดครั้งที่ 1	5	356.1600	31.0781	13.8985	317.5714	394.7486	305.40	388.10
	อัตรีดครั้งที่ 2	5	354.6600	37.3075	16.6844	308.3366	400.9834	309.90	395.80
	อัตรีดครั้งที่ 3	5	348.3200	35.1296	15.7104	304.7009	391.9391	308.80	388.20
	อัตรีดครั้งที่ 4	5	335.6200	36.2664	16.2188	290.5893	380.6507	289.80	389.40
	อัตรีดครั้งที่ 5	5	318.6400	24.8355	11.1068	287.8026	349.4774	291.10	356.00
	Total	25	342.6800	33.5531	6.7106	328.8300	356.5300	289.80	395.80

ตารางที่ 4 Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
ความต้านทานต่อแรงดึง	1.918	4	20	.147
เบอร์เข็นการยืด ณ จุดขาด	5.388	4	20	.004
มอดูลัสขีดหยุ่น	.435	4	20	.781

ตารางที่ 5 ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ความต้านทานต่อ แรงดึง	Between Groups	1.522	4	.381	1.470	.249
	Within Groups	5.176	20	.259		
	Total	6.698	24			
เบอร์เข็นการยืด ณ จุดขาด	Between Groups	85.943	4	21.486	.808	.535
	Within Groups	532.093	20	26.605		
	Total	618.036	24			
มอดูลัสขีดหยุ่น	Between Groups	4924.028	4	1231.007	1.114	.377
	Within Groups	22095.372	20	1104.769		
	Total	27019.400	24			



ภาคผนวก ข

ตัวอย่างการคำนวณ

ก. การหาปริมาตรของพิมพ์

ปริมาตร = กว้าง x ยาว x หนา

ตัวอย่างที่ 1 คำนวณหาปริมาตรของแม่พิมพ์

$$V = 17 \times 17 \times 0.314$$

$$= 90.746 \text{ cm}^3$$

ข. การคำนวณมวลของเม็ดพลาสติก

$$M = D \times V$$

โดยที่ M คือ มวลของเม็ดพลาสติก (g)

D คือ ความหนาแน่นของเม็ดพลาสติก (g/cm^3)

V คือ ปริมาตรของแม่พิมพ์

โดยที่กำหนดความหนาแน่น 0.9 g/cm^3

ตัวอย่างที่ 2 คำนวณมวลของเม็ดพลาสติก

$$M = D \times V$$

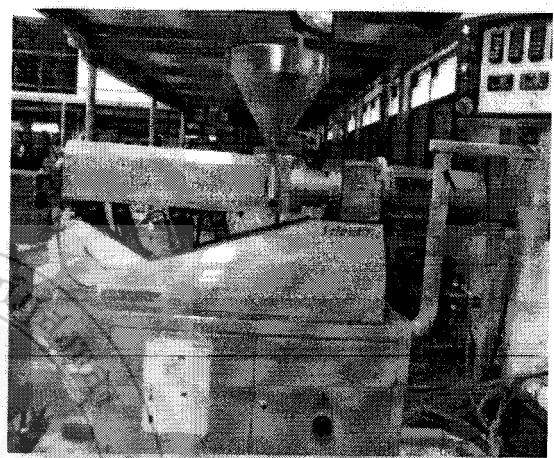
$$= (0.9 \text{ g/cm}^3) \times (90.746 \text{ cm}^3)$$

$$= 81.67 \text{ g}$$



ภาคผนวก ค
ภาพประกอบการวิจัย

การอัดรีดโดยใช้เครื่อง Extruder



ภาพที่ พค-1 เม็ดพลาสติกHDPE บริสุทธิ์

ภาพที่ พค-2 เครื่องอัดรีด

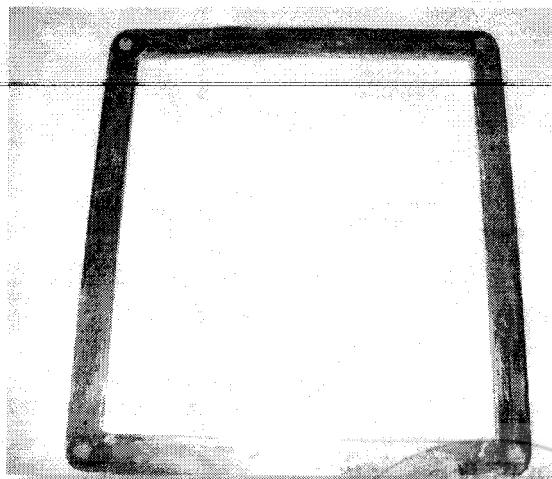


ภาพที่ พค-3 เครื่องตัดเม็ดพลาสติก

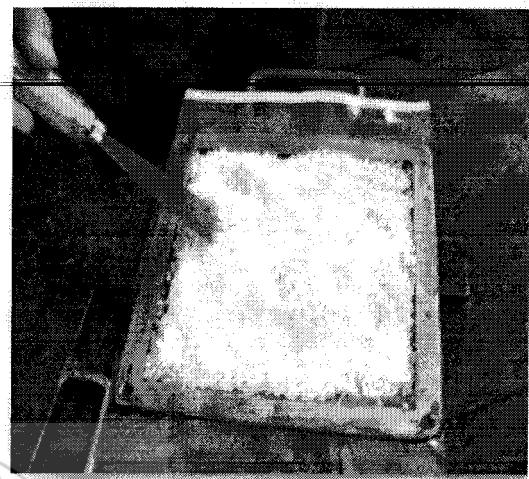


ภาพที่ พค-4 เม็ดพลาสติกที่ผ่านการอัดรีด

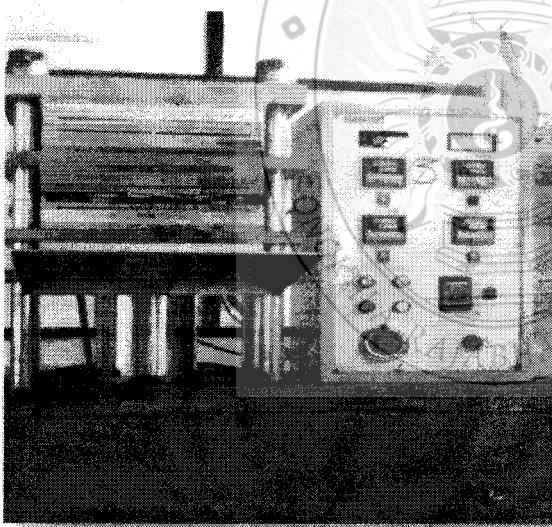
การอัดเบ้าโดยใช้เครื่องอัดเบ้าแบบไฮไดลิก



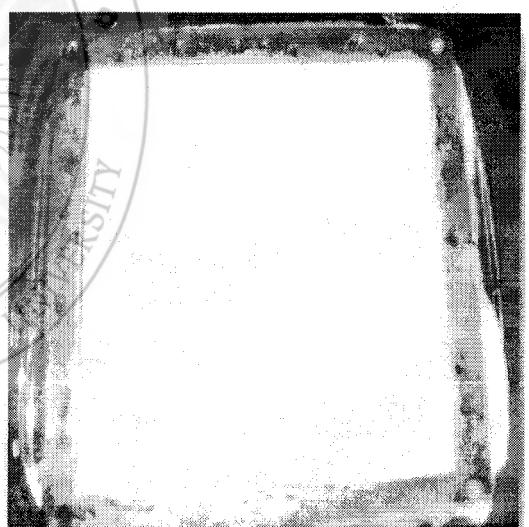
ภาพที่ พค-5 เบ้า



ภาพที่ พค-6 นำเม็ดพลาสติกใส่เบ้า

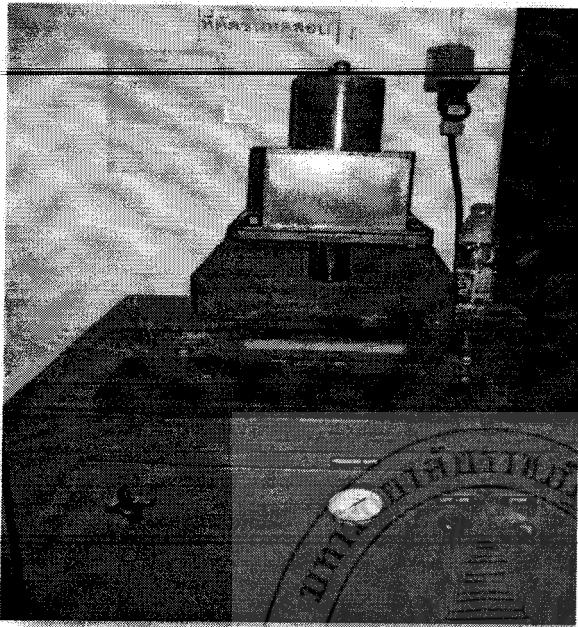


ภาพที่ พค 7-เครื่องอัดเบ้าแบบไฮไดลิก

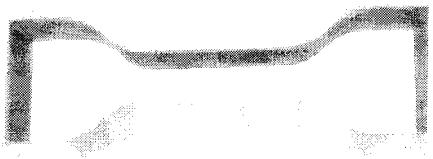


ภาพที่ พค-8 แผ่นพลาสติกที่ผ่านการอัดขึ้นรูป

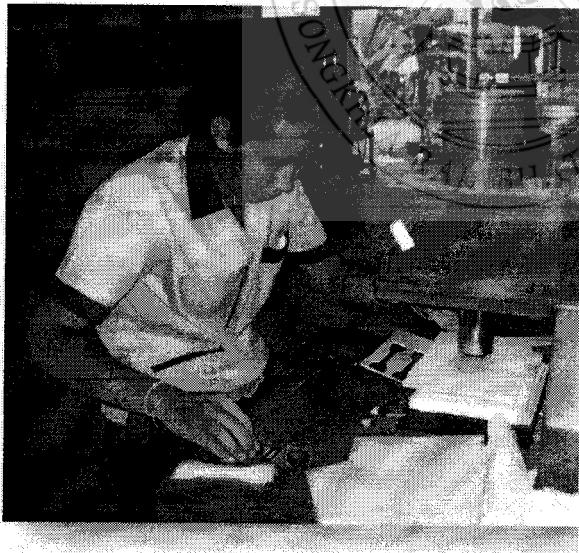
การตัดชิ้นทดสอบ



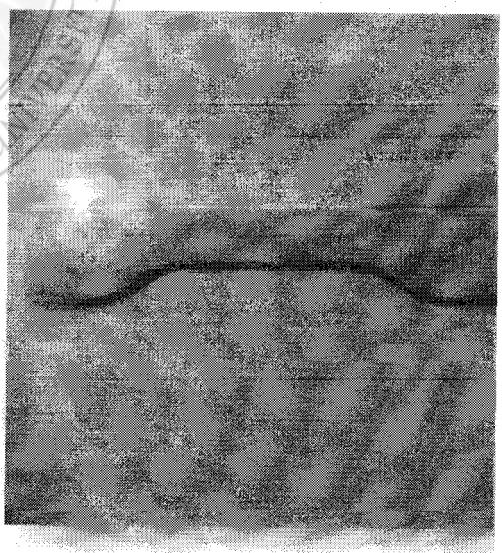
ภาพที่ พค-9 เครื่องตัดชิ้นทดสอบ



ภาพที่ พค-10 แม่พิมพ์สำหรับตัด

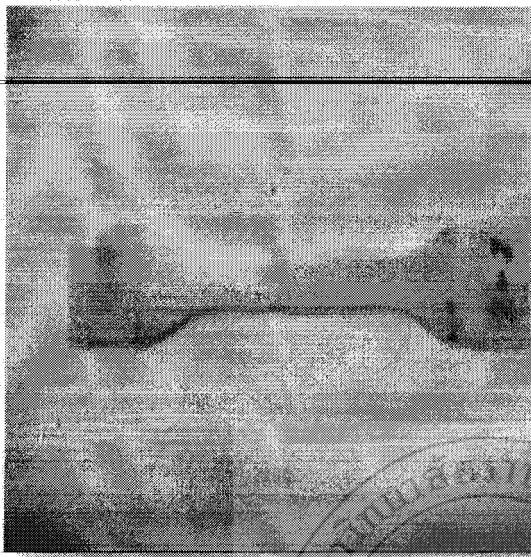


ภาพที่ พค-11 การตัดชิ้นทดสอบ

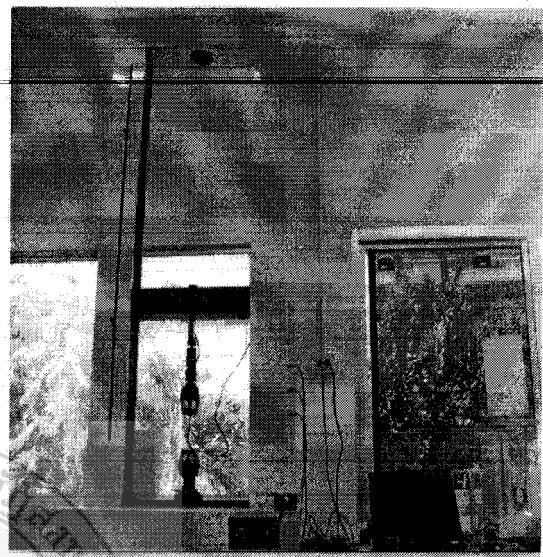


ภาพที่ พค-12 ชิ้นทดสอบ

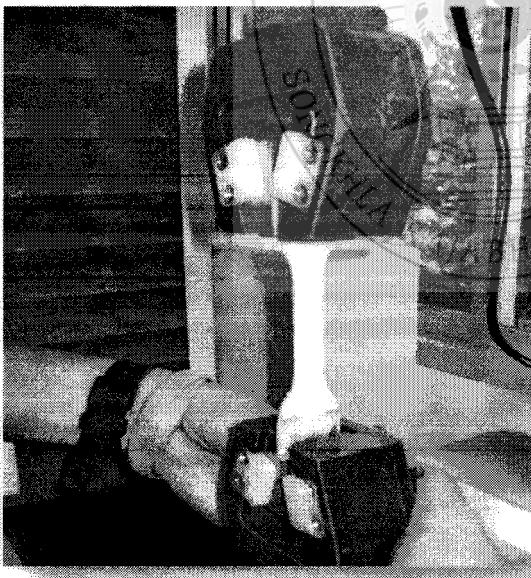
การทดสอบความต้านทานต่อแรงดึง



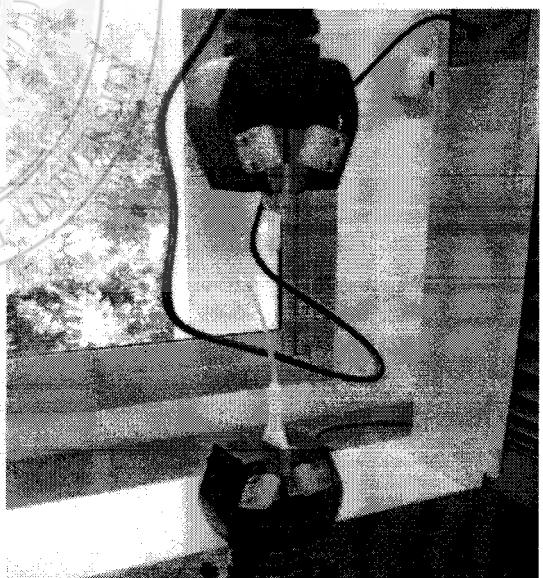
ภาพที่ พค-13 ชิ้นทดสอบรูปดัมเบล



ภาพที่ พค-14 เครื่องทดสอบความต้านทานต่อ
แรงดึง



ภาพที่ พค-15 เตรียมตัวอย่างชิ้นทดสอบเข้า
เครื่องทดสอบ



ภาพที่ พค-16 ดึงชิ้นทดสอบจนขาดออกจากกัน



แบบเสนอโครงการวิจัย
โปรแกรมวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
วิจัยเฉพาะทางสิ่งแวดล้อม (4003001)

1. ชื่อโครงการวิจัย	การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมในการรีไซเคิลพลาสติก Environment Economic Analysis of Plastics Recycling.
2. ปีการศึกษาที่ทำการวิจัย	2554
3. สาขาวิชาที่ทำการวิจัย	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
4. ประวัติของผู้วิจัย	<p>4.1 นางสาวฟารีดา หมาด โซเชีย ศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา Miss. Fareeda Mardsoh, Education of Bachelor Degree 4, Environmental Science, Faculty of Science and Technology, Songkhla Rajabhat University</p> <p>4.2 นางสาวสุกัญญา เต่าวาโต ศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา Miss. Sukunya toawato, Education of Bachelor Degree 4, Environmental Science, Faculty of Science and Technology, Songkhla Rajabhat University</p>

5. รายละเอียดเกี่ยวกับการวิจัย

5.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมาพลาสติกเป็นวัสดุที่ได้รับการใช้งานอย่างกว้างขวาง ในการดำรงชีวิต เนื่องจากพลาสติกเป็นวัสดุที่มีสมบัติเด่นหลายประการ เช่น ความหนาแน่นต่ำ (น้ำหนักเบา) ทนทาน และมีความยืดหยุ่นสูง เหมาะสมสำหรับการใช้งานด้านต่าง ๆ ตั้งแต่บรรจุภัณฑ์ อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและของเล่นเด็ก นอกจากนี้ยังเป็นวัสดุที่สามารถทำเป็นภาชนะ หรือของใช้แบบใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้งเนื่องจากมีราคาถูก น้ำหนักเบา และสามารถนำไปใช้ใหม่ได้โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย ทำให้พลาสติกเป็นวัสดุที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย ในประเทศไทย ตัวอย่างเช่น พลาสติกที่นิยมใช้และมีปริมาณการทิ้งมากที่สุด ได้แก่ พลาสติกชนิดโพลีเอธิลีน (Polyethylene: PE) พอลิไพรพิลีน (Polypropylene: PP) พอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl Chloride : PVC) โพลิสไตรีน (Polystyrene : PS) พอลิเอธิลีนเทเรพเทอลेट(Polyethylene Terephthalate: PET) ซึ่งผลิตภัณฑ์พลาสติกที่มีการใช้มากที่สุด ได้แก่ ขวดน้ำ ถุงพลาสติก ถุงบรรจุอาหาร เช่น ฟิล์มเพื่อการเก็บ trữ เครื่องใช้ไฟฟ้า ภาชนะครัวเรือน ฯลฯ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่นิยมและมีปริมาณมากที่สุดเป็นพลาสติกชนิดโพลีเอธิลีนและพอลิไพรพิลีน ร้อยละ 65 (ยงยุทธ, 2551)

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ถึงแนวโน้มในการรีไซเคิลพลาสติก คือ การศึกษาจุดคุ้มทุนในการรีไซเคิลพลาสติก จากข้อมูลข้างต้นพบว่าต้นทุนของการรีไซเคิลพลาสติกที่ต้องการจะเป็นการศึกษาสมบัติของพลาสติกพอลีเอธิลีน ที่ผ่านการรีไซเคิลแต่ละครั้ง และวิเคราะห์จุดคุ้มทุนพอดี ในการรีไซเคิลพลาสติก คาดว่าการวิจัยครั้งนี้จะเป็นเลือกหนึ่งที่ลดปริมาณของพลาสติกที่เกิดขึ้นได้ในอนาคต

5.2 วัตถุประสงค์

- เพื่อศึกษาสมบัติของพลาสติกชนิดพอลีเอธิลีน ที่ผ่านกระบวนการรีไซเคิลแต่ละครั้ง
- เพื่อศึกษาจุดคุ้มทุนพอดีในกระบวนการรีไซเคิลพลาสติกพอลีเอธิลีน

5.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ทราบสมบัติของพลาสติกโพลีอีทีลีน ที่ผ่านกระบวนการอัดรีดแต่ละครั้ง
2. ทราบจุดคุ้มทุนพอดีในการรีไซเคิลพลาสติกโพลีอีทีลีนได้
3. สามารถลดปริมาณพลาสติกโพลีอีทีลีน ที่มีปริมาณการใช้มากที่สุดได้

5.4 การประเมินเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

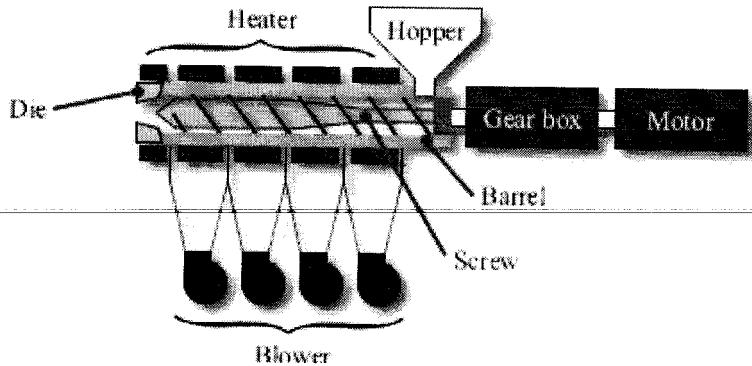
5.4.1 เทอร์มอพลาสติก

5.4.1.1 ความหมายของเทอร์มอพลาสติก

เทอร์มอพลาสติก เป็นวัสดุพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งที่อ่อนตัวเมื่อได้รับความร้อนและสามารถไหลได้เมื่อมีแรงกระทำระหว่างที่พอลิเมอร์ได้รับความร้อน เมื่อยืนตัวลงพอลิเมอร์ประเภทนี้จะแข็งตัวและสามารถใช้งานได้ เช่น ขวดน้ำ แผ่นพลาสติก พิล์มบรรจุภัณฑ์ ฯลฯ ตัวอย่างพลาสติก เช่น พอลีอีทีลีน พอลิไพรพลีน พอลิสไตรีน สำหรับงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นศึกษาพลาสติกโพลีอีทีลีน ชนิดความหนาแน่นสูง ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.4.1.2 กระบวนการแปรรูปเทอร์มอพลาสติกด้วยเครื่องอัดรีดสกรูเดี่ยว

กระบวนการแปรรูปพลาสติกทำได้โดยการให้ความร้อนแก่เทอร์มอพลาสติกซึ่งอยู่ในรูปของเม็ดหรือผงเพื่อให้เกิดการหลอม จากนั้นให้แรงกระทำแก่เทอร์มอพลาสติกหลอมให้เกิดการไหลและได้รูปทรงดังกล่าวเมื่อการให้ความร้อนยุติลง (หรือเมื่อได้รับความเย็น) ซึ่งในกระบวนการแปรรูปเทอร์มอพลาสติกสามารถทำได้หลายวิธี แต่ในงานวิจัยนี้สนใจใช้กระบวนการแปรรูปเทอร์มอพลาสติกด้วยเครื่องอัดรีดสกรูเดี่ยว (Single screw extruder) ซึ่งเครื่องอัดรีดสกรูเดี่ยวประกอบด้วย มอเตอร์ (Motor) เพื่อหดลดลงความเร็ว (Gear box) กรวยป้อน (Hopper) ระบบอก (Barrel) สกรู (Screw) เครื่องให้ความร้อน (Heater) และหัวดาย (Die) และ พัดลม (Blower) เพื่อควบคุมอุณหภูมิของระบบอกให้คงที่แน่นอน ได้ แสดงดังภาพที่ 2.1 แต่ละช่วงของระบบอกสามารถตั้งอุณหภูมิได้ตามต้องการทุกขั้นตอนที่มีการให้ความร้อน บริเวณรอบฐานกรวยป้อนขณะทำงานจะต้องมีการหล่อเย็นด้วยน้ำ ทั้งนี้เพื่อป้องกันเม็ดเทอร์มอพลาสติกหลอมตรงช่องเข้า หรือโคนเกลียวบน ซึ่งหากเกิดขึ้นจะทำให้ไม่สามารถเข้าเครื่องอัดรีด ได้ การป้อนเทอร์มอพลาสติกเข้าได้ไม่เต็มที่



ภาพที่ 2.1 ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องอัดรีดพลาสติกชนิดสกรูเดี่ยว
ที่มา : นิรุต, 2550

สกรู (Screw) ประกอบอยู่กับระบบเพื่อขับ ตอนท้ายจะมีช่องทางนำเทอร์มอพลาสติกเข้า ผ่านครวยปืน ที่ระบบออกและเกลียวหนอนจะมีแรงกระทำ มีการเสียดสี และมีการกัดกร่อน ดังนั้น จึงจำเป็นต้องเลือกใช้เหล็กที่มีคุณภาพสูงทำเกลียวหนอน และระบบออกซึ่งส่วนใหญ่จะนำมาตรฐาน เช่น ด้วยวิธี nitriding (บรรณ, 2546)

ขั้นตอนการอัดรีดเทอร์มอพลาสติกด้วยเครื่องอัดรีดแบบสกรูเดี่ยวเริ่มจากการป้อนเม็ด เทอร์มอพลาสติกที่กรวยเติมเทอร์มอพลาสติก จากนั้นเม็ดพลาสติกจะถูกนำไปยังหัวดายโดยอาศัย การหมุนของสกรู กระบวนการสกรูทำหน้าที่ให้ความร้อนแก่เม็ดพลาสติกระหว่างการ อัดรีด อย่างไรก็ตามความร้อนที่เกิดขึ้นจริงๆ นั้นมากจากห้องการตั้งอุณหภูมิที่ระบบออกและการ เสียดสีระหว่างเม็ดเทอร์มอพลาสติกและระบบออกสกรู

5.4.1.3 สมบัติและการใช้งานเทอร์มอพลาสติก

เทอร์มอพลาสติกนับว่าเป็นวัสดุที่มีบทบาทและสำคัญมากในยุคปัจจุบันนี้ เพราะเทอร์มอพลาสติกมีสมบัติพิเศษเด่นกว่าโลหะตรงที่ไม่เกิดสนิม น้ำหนักเบา (ความหนาแน่น ต่ำกว่าโลหะ) จึงรูปหรือแปรรูปง่ายกว่าโลหะ บางชนิดให้ความโปร่งใส

ก. สมบัติทางกลของเทอร์มอพลาสติก (นิสุบล, 2550)

สมบัติเชิงกล คือ พฤติกรรมอย่างหนึ่งของวัสดุที่แสดงออกมา ในการอ kok แรง ภายนอกที่มากระทำ เรียกว่า ความเคน (Stress) วัดเป็นแรงต่อหน่วยพื้นที่ ดังสมการ (1.1) และส่วน อัตราส่วนระหว่างความยาวของวัสดุ ที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากวัสดุนั้นรับแรงกระทำดังกล่าว ขนาด เรียกว่า ความเครียด (Strain) ซึ่งความเครียดไม่มีหน่วยระบุกำกับไว้ แต่นิยมบอกเป็น เปอร์เซ็นต์การยืดตัวของวัสดุ (Elongation) และดังสมการ (1.2)

- สูตรหาค่าความต้านทานต่อแรงดึง ณ จุดขาด ASTM D 638 (Tensile Strength ; TS)

$$TS = F/A \quad (1.1)$$

เมื่อ F : แรงที่ดึงชิ้นทดสอบ ณ จุดขาด (นิวตัน)

A : พื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบก่อนดึง (มิลลิเมตร)

- สูตรหาค่าความสามารถในการยืดตัวสูงสุด (Elongation ; E)

$$\% E = (\Delta L / L_0) \times 100 \quad (1.2)$$

โดยที่ ΔL : ระยะที่ยืดออกในช่วงเริ่มต้นชิ้นทดสอบ (มิลลิเมตร)

L_0 : ความยาวเริ่มต้นของชิ้นทดสอบก่อนดึง (มิลลิเมตร)

การทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความแข็งแรงของวัสดุเมื่อได้รับแรงดึง ถ้าดึงชิ้นงานอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งวัสดุเกิดการแตกหัก ผลจากการวัดแรงที่มีผลกระทบต่อวัสดุ ณ ตำแหน่งที่เกิดการแตกหักเรียกว่าความเค้นสูงสุดเนื่องจากแรงดึง (Ultimate Tensile Stress) หรือ ความต้านทานแรงดึง (Tensile Strength) สำหรับวัสดุอุดมคติที่มีสมบัติยืดหยุ่น ความเค็นเป็นสัดส่วนกับความเครียด อัตราส่วนระหว่างความเค็นและความเครียดนี้เป็นค่าคงที่ เรียกว่ามอดูลัส (Modulus) สำหรับการให้ความเค็นได้กับวัสดุที่มีมอดูลัสต่ำ วัสดุนั้นจะแสดงค่าความเครียดหรือ ระยะยืดหรือการสูญเสียรูปร่างของชิ้นงาน ได้สูงกว่าวัสดุที่มีมอดูลัสสูง ดังนั้น มอดูลัสของวัสดุจึงหมายถึง ความสามารถในการต้านทานต่อการสูญเสียรูปร่างของชิ้นงานนั่นเอง ในความเป็นจริง พลาสติกส่วนใหญ่จะประพฤติตัวตามแบบสูกเกียน (Hookean's Behavior) เนื่องจากเมื่อทดสอบด้วย อัตราเร็วในการยืดตัวต่ำ บางครั้งเรียกมอเดลล์ของสภาพยืดหยุ่นว่า อิลาสติกมอเดลลัส (Elastic Modulus) หรือมอดูลัสของยัง (Young's Modulus) การวัดมอเดลล์นี้ทำได้โดยการสร้างเส้นตรงสัมผัสกับช่วงต้นของเส้นโค้งความเค็น-ความเครียด จากนั้นคำนวณค่าความชันของเส้นสัมผัส ดังสมการ (1.3)

- สูตรหาค่ามอดูลัส (Young's modulus)

$$\text{Young's modulus (MPa)} = \text{stress} / \text{strain} \quad (1.3)$$

เมื่อ stress = F_0 / A

โดยที่ F_0 : แรงที่ดึงชิ้นทดสอบ ณ จุดขาด (นิวตัน)

A : พื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบก่อนดึง (มิลลิเมตร)

$$\text{เมื่อ strain} = (\Delta L / L_0)$$

๔. ผลิตภัณฑ์เทอร์มoplastิก

พอลิเอทิลีน(Polyethylene: PE) เป็นเทอร์มoplastิกชนิดหนึ่ง สังเคราะห์ได้จากน้ำมันปิโตรเลียม มีการนำไปใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมครัวเรือน อุตสาหกรรมยานยนต์ หรืออุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ พอลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene, HDPE) เป็น PE ชนิดหนึ่งของค์ประกอบเป็น $(\text{CH}_2 - \text{CH}_2)_n$ มีลักษณะโครงสร้างเป็นเส้นตรง และส่วนที่เป็นกึ่งก้านน้อยมาก ผลิตโดยผ่านกระบวนการซีกเลอร์ (Ziegler Process) และกระบวนการฟิลลิปส์ (Phillips Process) (นิลุบล, 2550) มีการนำไปใช้งานในปริมาณมาก และหลากหลาย ทั้งในอุตสาหกรรมเกษตร ประมง บรรจุภัณฑ์ ฯลฯ เนื่องจากมีสมบัติเหมาะสม เช่น มีสมบัติเด่นด้านความสามารถในการขึ้นรูปง่าย มีความแข็งแรง มีความคงทนสูง มีความเหนียวและทนทานต่อแรงดึงปานกลาง เหมาะสมสำหรับบรรจุภัณฑ์ขวด ถุง และทำท่อทันทีใช้ในการเกษตร งานชีวภาพ เก็บเกี่ยว แสดงตัวอย่างในตารางที่ 1 จึงเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางทั่วโลกในประเทศและต่างประเทศ

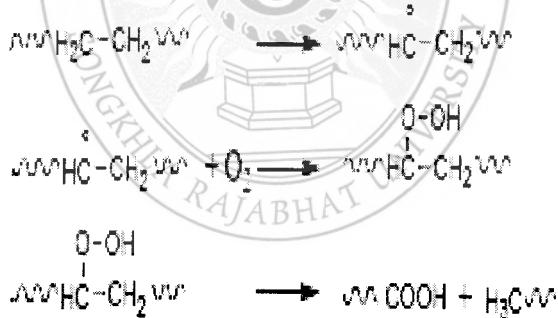
ตารางที่ 1 พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงเกรดต่างๆ

เกรดของ HDPE	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์
1. Injection Molding Grade	ถังแก๊ลอนพลาสติก ถังขยะ ถุงใส่ขนมปัง ถังใส่ขวด ของเล่น และพากซีนงานที่มีโครงสร้างซับซ้อน
2. Blow Molding Grade	ขวดต่างๆ เช่น ขวดนม ขวดน้ำ ขวดเชเมฟู และแก้วลอกขนาดเด็ก
3. Film Extrusion Grade	ถุงซื้อปี๊งต่างๆ
4. Extrusion Sheet Grade	แผ่นพลาสติกที่ใช้ห่ออาหาร บรรจุอาหาร
5. Pipe Extrusion Grade	ท่อน้ำ ท่อร้อยสายไฟ และสายเคเบิล

ที่มา : นิลุบล, 2550

พอลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene, HDPE) นิยมนำกลับมาขึ้นรูปใหม่ หรือนำมาไปผสมกับเทอร์มอพลาสติกที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน แล้วขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ผลิตภัณฑ์ HDPE ที่นิยมนำมาขึ้นรูปใหม่ ได้แก่ บรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ เช่น ขวดน้ำดื่ม ขวดแซนพู ถังแก๊ลลอนพลาสติก ถังขยะ ถ้าใส่ขนมปัง ลัง และพากพลาสติก HDPE ที่มีความแข็งโดยส่วนใหญ่เป็นเกรดชีด (Injection Grade)

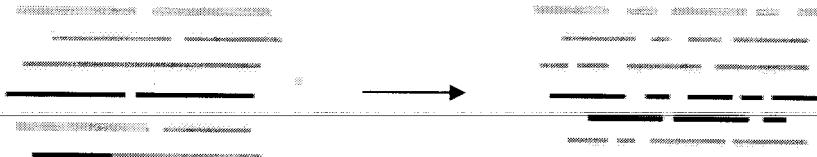
ปัจจุบันเป็นที่ทราบกันว่า เทอร์มอพลาสติกที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูปมาแล้ว จะมีสมบัติเชิงกลที่ด้อยกว่าพลาสติกที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน (นิลุบล, 2550) เนื่องจากในขั้นตอนการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิสูง พอลิเอทิลีนอาจถลายตัวหรือเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation Reaction) เกิดเป็นอนุญาลิอิสระขึ้นบนสายโซ่ จากนั้นสามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในบรรยากาศถลายเป็นสารประกอบเปอร์ออกไซด์ และเกิดการถลายตัวต่อไป โดยแบ่งสายโซ่ออกเป็นสองส่วน ส่วนแรก ได้เป็นสายโซ่ไฮโดรคาร์บอนเช่นเดิม ส่วนที่สอง ได้เป็นสายโซ่ไฮโดรคาร์บอนที่ปลายข้างหนึ่งถลายเป็นหมู่คาร์บออกซิล ซึ่งสามารถเห็นได้ยาน้ำให้เกิดการถลายตัวต่อไป แสดงกลไกการเกิดปฏิกิริยาดังภาพที่ 2.2 ทำให้ความยาวของสายโซ่ไม่เสื่อมและน้ำหนักไม่เสื่อมลดลง แสดงไม่เดล ความยาวของสายโซ่พอลิเมอร์ก่อนและหลังการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันดังภาพที่ 2.3 ส่วนผลให้สมบัติเชิงกลของเทอร์มอพลาสติกลดลง เช่น สมบัติการทนต่อแรงดึง และสมบัติการทนต่อแรงกระแทก



ภาพที่ 2 กลไกการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของ PE

ที่มา : นิลุบล, 2550

นอกจากนี้ควรคำนึงถึงความบริสุทธิ์ของเทอร์มอพลาสติกที่นำมาขึ้นรูปใหม่ ซึ่งหากกระบวนการแยกเทอร์มพลาสติกไม่ดีพอ อาจทำให้เทอร์มอพลาสติกขึ้นรูปใหม่มีการปนเปื้อนของสิ่งสกปรก ส่งผลให้สมบัติเชิงกลของเทอร์มพลาสติกลดลงเช่นกัน



ก่อนเกิดปฏิกิริยา

หลังเกิดปฏิกิริยา

ภาพที่ 3 โมเดลแสดงความขาวของสายโซ่พอลิเมอร์ก่อนและหลังการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ที่มา : นิตยุบล, 2550

ค. การใช้พลาสติกในประเทศไทย

ปัจจุบันความนิยมในการนำพลาสติกมาใช้ในชีวิตประจำวันเพิ่มขึ้น โดยนำมาแทนวัสดุธรรมชาติ เช่น ไม้ หนัง หรือโลหะต่าง ๆ ได้หลากหลาย ทำให้พลาสติกมีส่วนร่วมในผลิตภัณฑ์เกือบทุกประเภทเสมอ เช่น อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ อุตสาหกรรมก่อสร้าง อุตสาหกรรมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมเครื่องใช้ในครัวเรือนอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ และอุตสาหกรรมของเล่นเด็ก สำหรับเทอร์มอพลาสติกที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในประเทศไทย (อาทิตยा, 2548) มี 4 ชนิดด้วยกัน ได้แก่ พอลิเอทิลีน (PE) ทึ้งชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE) และชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) พอลิโพรพิลีน (PP) พอลิสไตรีน (PS) และพอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC) จากความนิยมในการนำมาใช้ ส่งผลให้ปริมาณขยะพลาสติกเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเทอร์มอพลาสติกไม่สามารถถ่ายศักดิ์ได้เองตามธรรมชาติ หรืออาจต้องใช้ระยะเวลานาน จึงเป็นปัญหาต่อการกำจัด โดยทั่วไปการกำจัดขยะประเภทเทอร์มอพลาสติกขึ้นสู่ด้วย คือ การเผาและการฝังกลบ ซึ่งการเผาต้องใช้อุณหภูมิสูง ทำให้ต้องมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสูง ส่วนการฝังกลบทำให้สิ่งเปลืองพื้นที่ฝังกลบและเป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมทั้งทางดินและทางน้ำ ดังนั้นการกำจัดขยะเทอร์มอพลาสติกด้วยการนำกลับมาใช้ใหม่จึงถือเป็นทางเลือกที่น่าสนใจที่สุด

5.4.1.4 เทอร์มอพลาสติกกับสิ่งแวดล้อมและการรีไซเคิลเทอร์มอพลาสติก

ก. เทอร์มอพลาสติกกับสิ่งแวดล้อม

พลาสติกเป็นวัสดุที่เข้ามายืดหยุ่นในชีวิตประจำวันของมนุษย์เป็นอย่างมากและมีแนวโน้มการใช้งานที่เพิ่มมากขึ้น เพราะใช้ค่าแหนงทรัพยากรธรรมชาติ เช่น ไม้และเหล็กได้เป็นอย่างดี และมีราคาถูก น้ำหนักเบาสามารถผลิตให้มีสมบัติต่าง ๆ ตามที่ต้องการ ได้จากการเลือกชนิดของวัตถุดิบ กระบวนการผลิตและการขึ้นรูปทำให้มีผลิตภัณฑ์เทอร์มอพลาสติกหลากหลายรูปแบบ และสีสันให้เลือกใช้อย่างมากมาย ด้วยสมบัติที่โดดเด่นหลายด้าน ทำให้เทอร์มอพลาสติกได้รับการยอมรับอย่างรวดเร็วและมีปริมาณการใช้งานเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ส่งผลให้เกิดขยะเทอร์มอพลาสติกในปริมาณสูงมากขึ้นตามด้วย ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (ยงยุทธ, 2551) ในหลายประเทศจะมีปริมาณขยะเพิ่มมากขึ้นทุกๆ ปี ก่อให้เกิดปัญหานิรสิวนของสถานที่ท่องเที่ยวและวิธีการกำจัด ซึ่งมักมีผลผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วยและยังต้องเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดอย่างมาก จึงต้องหาทางออกที่มีประสิทธิภาพ ไม่ว่าจะเป็นการห้ามนำเข้าประเทศ หรือห้ามนำเข้าประเทศ แต่ในประเทศไทย ได้มีการศึกษาพบว่า มีปริมาณขยะที่เกิดจากบรรจุภัณฑ์พลาสติกและโฟม ซึ่งอยู่ในรูปของวัสดุอุปกรณ์และเครื่องใช้ต่าง ๆ เช่น ถุง ถุงบรรจุอาหาร หรือตะกร้าบรรจุสิ่งของและวัสดุกันกระแทกให้กับสินค้า มีปริมาณ 12-20 เปอร์เซ็นต์ ข้อมูลจากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่ามีปริมาณขยะพลาสติกชนิดพอลิไพรพลีนและพลาสติกพอลิเอทิลีน ที่สามารถนำมาทำเป็นถุงร้อน ถุงรองเท้า ถุงหูหิ้ว ฯลฯ ที่สามารถลดการใช้ถุงพลาสติกได้เป็นอย่างมาก ลดภาระต่อสิ่งแวดล้อม และช่วยอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ

ตารางที่ 2 ปริมาณของประเทศต่างๆของยูโรป อเมริกา และไทย (หน่วย : เปอร์เซ็นต์)

ประเภท	ยุโรป	อเมริกา	ไทย
กระดาษ	30	34	15
สั่งทอ	4	-	5
แก้ว	8	2	7
โลหะ	8	12	4
พลาสติก	7	20	10
วัตถุอินทรีย์	33	32	48
อื่นๆ	10	-	9

ตารางที่ 3 ปริมาณขยะพลาสติกที่พบตามบ้านของประเทศไทยและยุโรป

ประเภทพลาสติก	ปริมาณขยะที่พบในขยะ (เปอร์เซ็น)
พอลิเอทิลีน+พอลิไพรพลีน (PE+PP)	65
พอลิสไตรีน+โพฟม (PS+EPS)	15
พอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC)	10
พอลิเอทิลีนเทเพฟทาเลต (PET)	5
อื่นๆ	5

ที่มา : ยงยุทธ, 2551

ในกระบวนการผลิตและการกำจัดบรรจุภัณฑ์ อาจก่อให้เกิดคอมพิมชื่นในอากาศ ถ้าไม่มีการป้องกันและควบคุมที่ดี เช่น ในกระบวนการผลิตและทำลายพลาสติกหรือโฟม จะมีก๊าซต่าง ๆ ที่เกิดจากการเผาไหม้ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดภาวะเรือนกระจก ขยายตัวให้เกิดคอมพิมในแหล่งน้ำและทะเล ในประเทศไทยมีโรงงานอุตสาหกรรมอยู่ จำนวนมากที่เกี่ยวกับการควบคุมการปล่อยสารพิษลงในแม่น้ำลำคลอง การนำเอาเศษวัสดุหรือของจากบรรจุภัณฑ์ไปฝังในดินต้องมีการคำนึงถึงสารพิษที่อาจปนเปื้อนและให้หลอมลงสู่แหล่งน้ำในดินด้วย นอกจากนี้ การทึ่งใจที่เกลื่อนกลาดตามสถานที่ท่องเที่ยวตามชายทะเล ซึ่งส่วนหนึ่งมักจะเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ใช้บรรจุอาหารหรือเครื่องดื่ม ก็นับว่าเป็นสิ่งที่อาจก่อให้เกิดสารพิษที่เป็นอันตรายต่อสัตว์ที่อาศัยอยู่ในทะเลด้วย แล้วอาจจะมีผลต่อมนุษย์ ถ้ามีการนำเอารถวีที่ได้รับสารพิษบางชนิดมาบริโภค เป็นเหตุให้ทรัพยากรธรรมชาติลดลง พลาสติกนั้นผลิตมาจากน้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน ในกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์ นอกจากทำให้วัตถุดินที่ใช้ในการผลิตมีปริมาณลดลงแล้ว ยังต้องมีการนำเอพลังงานมาใช้ด้วย ซึ่งเมื่อเวลาไม่นานเหมือนกับการใช้เพื่อการคมนาคมขนส่ง แต่ก็นับว่าเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้มีการเอาทรัพยากรธรรมชาตินามาใช้เพื่อให้เป็นพลังงานเช่นกัน และขยายตัวเป็นแหล่งพายของโรค และเป็นสิ่งรบกวนของที่อยู่บนพื้น ถ้าไม่มีการกำจัดอย่างดีแล้ว จะเป็นแหล่งเพาะพันธุ์หนู และแมลง ซึ่งเป็นพาหะนำโรคติดต่อมาสู่มนุษย์ ตลอดจนอาจส่งกลืนเข้าไปในระบบก

๔. การรีไซเคิลเทอร์มอพลาสติก

การจัดการขยะเทอร์มอพลาสติกเป็นสิ่งจำเป็นต้องพิจารณาเพื่อลดผลกระทบของปัญหาขยะเทอร์มอพลาสติกที่เกิดขึ้น เทคนิคการนำขยะเทอร์มอพลาสติกกลับมาใช้ใหม่ อาจทำได้หลายวิธี ได้แก่

1) นำมาขึ้นรูปใหม่โดยผสมกับเทอร์มอพลาสติกที่ยังไม่ผ่านการใช้งานแล้วขึ้นรูปใหม่ นิยมใช้กับเทอร์มอพลาสติกประเภทโพลิโอลีฟิน (Polyolefins) เช่น PE และ PP

2) นำมาขึ้นรูปใหม่โดยผสมกับพิลเลอร์ชนิดต่าง ๆ ซึ่งเรียกว่า วัสดุเชิงประกอบ (Composite) เพื่อให้ได้สมบัติตามต้องการ

3) นำมาทำให้แตกเป็นโมเลกุลเล็ก ๆ โดยปฏิกริยาไฮโดรไคลสิส หรือไฮโรไคลสิส ผลงานปฏิกริยาจะได้สารประกอบไฮดรคาร์บอน ซึ่งนำไปใช้เป็นสารเคมี เชื้อเพลิงหรือกลับไปเป็นน้ำมันเมอร์เพื่อสังเคราะห์เป็นพอลิเมอร์ขึ้นมาใหม่

กระบวนการนำเทอร์มอพลาสติกกลับมาใช้ใหม่โดยการนำมาขึ้นรูปใหม่เริ่มต้นด้วยการแยกเทอร์มอพลาสติกชนิดต่าง ๆ ออกจากกัน เนื่องจากเทอร์มอพลาสติกแต่ละชนิดมีสมบัติแตกต่างกัน เช่น จุดหลอมเหลว ความหนาแน่น ความแข็ง ความนิ่ม ความใส เมื่อยแยกเทอร์มอพลาสติกแต่ละชนิดออกจากกันแล้ว จะมีรวมกันเป็นก้อน เพื่อยกส่งไปยังโรงงานผลิตเม็ดเทอร์มอพลาสติกสำหรับขึ้นรูปใหม่ ซึ่งจะบดเทอร์มอพลาสติกให้เป็นชิ้นเล็ก และถ่างทำความสะอาดในบ่อน้ำขนาดใหญ่ ในขั้นตอนนี้ จะกำจัดฝุ่นและสิ่งสกปรกออกไป จากนั้นนำเข้าเทอร์มอพลาสติกไปทำให้แห้งโดยการตากแดด หรือใช้อากาศร้อน และเข้าสู่ขั้นตอนการหลอมซึ่งเทอร์มอพลาสติกผ่านเครื่องหลอมอัตโนมัติ ที่มีอุณหภูมิสูงเพื่อให้สามารถหลอมซึ่งเทอร์มอพลาสติกได้ หลังจากนั้นจะนำเข้าสู่กระบวนการเย็บบรรจุลงกล่องเพื่อส่งไปยังโรงงานขึ้นรูปเทอร์มอพลาสติกให้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ โดยมีสัญลักษณ์ที่ใช้ในการระบุหมายเลขอแสดงชนิดของพลาสติกที่นำมาขึ้นรูปใหม่ (นิสูบล, 2550) ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สัญลักษณ์ที่ใช้แทนพลาสติกแต่ละชนิดและลักษณะการใช้งานของพลาสติก

สัญลักษณ์	ชื่อของ พลาสติก	ลักษณะทั่วไป	การใช้งาน
	โพลีเอทิลีน เทเรฟทาเลต (Polyethylene Terephthalate, PET)	เป็นพลาสติกที่ส่วนใหญ่มีความใส มองทะลุได้ มีความแข็งแรงทนทานและเนียนยวาวป้องกันการผ่านของก๊าซได้ดี	ใช้ทำขวดบรรจุน้ำดื่ม ขวดบรรจุของดองขวดแยม ขวดน้ำมันพืช ถุงอาหารสำหรับเตาอบ และเครื่องสำอาง สามารถนำมาขึ้นรูปใหม่เป็นเส้นใยสำหรับทำเสื่อกันหนาว พร้อม ไส้สังเคราะห์สำหรับยัดหมอน ถุงหูหิ้ว และกระเบื้อง
	โพลีเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene, HDPE)	เป็นพลาสติกที่มีความหนาแน่นสูง ค่อนข้างนิ่ม มีความเหนียวไม่แตกง่าย	ใช้ทำขวดนมขวดน้ำ ขวดโยเกิร์ต บรรจุภัณฑ์สำหรับน้ำยาทำความสะอาด เช่นพูสาระพู แป้งเด็ก และถุงหูหิ้วสามารถนำมาขึ้นรูปใหม่เป็นขวดใส่น้ำยาซักผ้า ขวดน้ำมันเครื่อง ท่อ ลังพลาสติก ไม้เที่ยม
	โพลีไวนิล คลอไรด์ Poly (vinyl Chloride, PVC)	เป็นพลาสติกที่มีลักษณะแข็งและนิ่ม สามารถผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายรูปแบบ มีสีสันสวยงาม	ใช้ทำท่อนำ้ำประปา สายยางใส แผ่นฟิล์มสำหรับห่ออาหาร ม่านในห้องอาบน้ำ แผ่นกระเบื้องยาง แผ่นพลาสติกปูโต๊ะ ขวดใส่ เช่นพูสาระพูประดู่ หน้าต่าง วงกบ และหนังเที่ยม สามารถนำมาขึ้นรูปใหม่เป็นท่อน้ำประปา หรือร่างนำ้าสำหรับการเกษตร กรวยระบายน้ำ เฟอร์นิเจอร์ ม้านั่งพลาสติก ตู้เย็น สายเคเบิล
	โพลีเอทิลีนที่มีความหนาแน่นต่ำ (Low density Polyethylene, LDPE)	เป็นพลาสติกที่มีความหนาแน่นต่ำ มีความนิ่มกว่า HDPE มีความเหนียว ยืดตัวได้ในระดับหนึ่ง ส่วนใหญ่ใส่สมองเห็นได้	ใช้ทำถุงเย็นสำหรับบรรจุอาหาร ถุงใส่ขนมปัง ฟิล์มห่ออาหารและห่อของ สามารถนำมาขึ้นรูปใหม่เป็นถุงคำสำหรับใส่ขยะ ถุงหูหิ้ว ถังขยะ

ตารางที่ 4 (ต่อ) สัญลักษณ์ที่ใช้แทนพลาสติกแต่ละชนิดและลักษณะการใช้งานของพลาสติก

สัญลักษณ์	ชื่อของ พลาสติก	ลักษณะทั่วไป	การใช้งาน
	โพลิไพริลีน (Polypropylene, PP)	เป็นพลาสติกที่ส่วนใหญ่มีความหนาแน่นค่อนข้างต่ำ มีความแข็งและเหนียว คงรูปดีทนต่อความร้อน และสารเคมี	ใช้ทำภาชนะบรรจุอาหาร เช่น กล่อง ขาม จาน ถังตะกร้า กระบอกใส่น้ำแข็ง ขวดซอส แก้วน้ำพลาสติก ขวดโยเกิร์ต และขวดบรรจุยา สามารถนำมาขึ้นรูปใหม่เป็นกล่องแบตเตอรี่ในรถยนต์ ชิ้นส่วนรถยนต์ เช่น กันชน กรวยสำหรับเติมน้ำมัน ไฟท้าย และไม้กวาดพลาสติก
	โพลิส్泰รีน (Polystyrene, PS)	เป็นพลาสติกที่มีความใสแข็งแต่เปราะแตกง่าย สามารถทำเป็นโฟมได้	ใช้ทำภาชนะบรรจุของใช้ เช่น เทปเพลง สำลี หรือภาชนะบรรจุของแห้ง เช่น หมูแผ่น หมูหยอง และคุ๊กกี้ นอกจากนี้ยังนำมาทำโฟมสำหรับใส่อาหาร PET HDPE PVC LDPE PP PS ซึ่งมีน้ำหนักเบามาก สามารถนำมาขึ้นรูปใหม่เป็นไม้แขวนเสื้อ กล่องวิธีโอล์ฟ ไม้บรรทัด ถุงใส่ไข่ ฯลฯ กันความร้อน กระเบื้องห้องน้ำ ไม้บรรทัด ฯลฯ และเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ
	พลาสติกอื่นๆ (multilayered plastic materials)	เป็นพลาสติกที่ผลิตหนึ่งจากพลาสติกทั้ง 6 กลุ่ม	นิยมน้ำไว้ใช้ทำวัสดุที่พบมากในตลาดหลาภูมิแบบ

ที่มา : เสรีย์ และคณะ, 2549

แนวทางการแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับขยะเทอร์มอพลาสติกสามารถทำได้โดยลดปริมาณการใช้ลง (reduce) คือ การนำเอาบรรจุภัณฑ์มาใช้ ควรใช้อย่างประหยัดและให้คุ้มค่า ไม่นำมาใช้อย่าง

ฟุ่ม! ฟอยโดยมีความจำเป็น เช่น ปฏิเสธในการใช้ถุงพลาสติกบรรจุสินค้าจากห้างสรรพวัสดุชื่อ (ถ้าสินค้ามีปริมาณไม่มากนัก) หรือการใช้ถุงกระดาษหรือถุงผ้าแทนถุงพลาสติก ซึ่งยังช่วยลดโอกาสการปนเปื้อนของสารได้อย่างดี ในการลดการใช้บรรจุภัณฑ์ อาจการทำโดยการลดปริมาณวัสดุที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ลงก็ได้ ในปัจจุบันได้มีการผลิตบรรจุภัณฑ์ชนิดที่ใช้วัสดุที่ใช้ทำให้น้อยลง โดยการปรับปรุงส่วนผสมของวัตถุคิบและการนำเทคโนโลยีใหม่มาออกแบบบรรจุภัณฑ์ การนำมาใช้หมุนเวียนและใช้ซ้ำ (return and reuse) คือ การนำเอาบรรจุภัณฑ์ที่ใช้หมุนเวียนได้มาใช้ สามารถลดการใช้วัสดุและพลังงานในการผลิตบรรจุภัณฑ์ลงได้ เป็นการใช้ทรัพยากรอย่างประหยัดและเป็นการลดมลพิษที่เกิดขึ้น การนำมาใช้หมุนเวียนอาจนำมาใช้กับสินค้าเดิม เช่น ถังพลาสติกบรรจุผลไม้ เครื่องดื่ม และขนมปัง แต่ในร่องรับสินค้าและถังน้ำ เป็นต้น หรือถุงพลาสติก ให้นำมาล้างแล้วใช้หุ้มเครื่องครัวเพื่อบังกันฝุ่น และการนำมาแปรรูปใช้ใหม่หรือรีไซเคิล (recycle) คือ พลาสติกเป็นผลผลิตที่ได้จากน้ำมันหรือแก๊ซจึงควรประหยัดทรัพยากรังกล่าวให้มากที่สุด การนำเอาบรรจุภัณฑ์ใช้แล้วมาแปรรูปใหม่ นอกจากจะลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่จะต้องใช้ผลิตแล้ว ยังช่วยลดขั้นตอนในการผลิตและช่วยลดพลังงาน เช่น การนำเอาบรรจุภัณฑ์เก่าที่ทำมาจากพลาสติกพอลิเอทิลีน พอลิไวนิลคลอไรด์ และพอลิโพลีลีนไปแปรรูปใหม่ทำเป็นชามถังสันร่องเท้า เป็นต้น (ยงยุทธ, 2551) ข้อมูลจากตารางที่ 5 แสดงชนิดและปริมาณบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่เก็บจากขยะตามบ้านเรือน เพื่อแปรรูปใช้ใหม่ในประเทศไทยสหราชอาณาจักรที่สุด คือ ขวดน้ำดื่ม 65 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 5 ชนิดและปริมาณบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่เก็บจากขยะตามบ้านเรือน เพื่อแปรรูปใช้ใหม่ในประเทศไทยสหราชอาณาจักร

ประเภทบรรจุภัณฑ์พลาสติก	การนำมาแปรรูปใหม่ (เปอร์เซ็นต์)
ขวดน้ำดื่ม	65
ขวดน้ำยาทำความสะอาด	50
ขวดประเภทอื่นๆ	10
ฟิล์มพลาสติกที่ทำบรรจุภัณฑ์	5
พลาสติกอื่นๆ	30

ที่มา : ยงยุทธ, 2551

5.4.2 การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์สั่งเวลาล้อม

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน (Break – even point analysis) เป็นเครื่องมือที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ เพื่อช่วยในการตัดสินใจสำหรับการลงทุนในโครงการหนึ่ง ๆ โดยคำนวณหาระดับการดำเนินของธุรกิจที่มีกำไรสินค้าหรือบริการมีผลทำให้ธุรกิจมีรายได้เท่ากันรายจ่ายที่จ่ายออกไปภายในระยะเวลาหนึ่งพอดี

โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้

$$\text{ณ จุดคุ้มทุน } TR - TVC = TFC \quad (2.4)$$

$$TC = TFC + TVC \quad (2.5)$$

$$P \times Q = TR = TFC + TVC = TFC + (AVC \times Q) \quad (2.6)$$

$$(P \times Q) - (AVC \times Q) = TFC \quad (2.7)$$

$$Q(P - AVC) = TFC \quad (2.8)$$

$$Q = TFC / (P - AVC) \quad (2.9)$$

โดยที่ TR = รายรับรวม (Total revenue)

TC = ต้นทุนรวม (Total cost)

TFC = ต้นทุนคงที่รวม (Total fixed cost)

TVC = ต้นทุนผันแปรรวม (Total variable cost)

AVC = ต้นทุนผันแปรเฉลี่ย (Average variable cost)

P = ราคาต่อหน่วยสินค้า (Unit price)

Q = ปริมาณสินค้าที่ขาย ณ จุดคุ้มทุน (Quantity) (วารสาร, 2545)

2.4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Loultcheva และคณะ (1997) ได้ศึกษาผลของการแตกต่างระหว่างกระบวนการอัดรีดซ้ำแบบเกลียวหนอนเดี่ยวและกระบวนการอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่ โดยนำเอาขวด HDPE ที่ผ่านการใช้งานแล้วมาหลอมขึ้นรูปใหม่ พบร่วม HDPE ที่ผ่านกระบวนการอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว สั่งผลต่อสมบัติเชิงกลและค่าความหนืดที่ลดลง เนื่องจากความเยาว์ของสายโซ่ไม่เสถียรและน้ำหนักไม่เสถียรลดลง อย่างไรก็ตาม HDPE ที่ผ่านกระบวนการอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่นั้นมีสมบัติเชิงกลที่ไม่เปลี่ยนแปลงแม้ผ่านกระบวนการขึ้นรูปใหม่ถึง 5 รอบ ส่วนค่าความหนืดเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ทั้งนี้คาดว่าเป็นผลมาจากการเกิดกิ่งสาขาขึ้นบนสายโซ่ของ HDPE ซึ่งสมบัติที่ต่างกันของ HDPE หลังผ่านกระบวนการอัดรีดด้วยอุปกรณ์ที่ต่างกัน มีสาเหตุมาจากระยะเวลาที่อยู่ภายใต้กระบวนการอัดรีดแบบ

เกลี่ยวหนอนเดี่ยวได้รับแรงคีนเนื่องต่อตัวที่แตกต่างกัน โดยที่การอัดรีดแบบเกลี่ยวหนอนเดี่ยวได้รับแรงคีนต่ำและระยะเวลาที่อยู่ภายในเครื่องอัดรีดนานกว่าเกลี่ยวหนอนคู่แต่มีแรงคีนที่สูงกว่า

เพลินพิศ บุชาธรรมและคณะ (2541) ได้ศึกษาแนวทางในการนำขวดน้ำดื่มที่ใช้แล้วที่ทำจากพอลิเอธิลีนพาราเบน (PET) กลับมาใช้ใหม่ในรูปแบบของผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม โดยการย่อยลายด้วยปฎิกริยาไกโลโคลีซิส โดยใช้ไตรเมทิลออกน็อฟเรนและเพนตะอิธิทอล หรือ เอชีลีนไกโลโคล (EG) และเพนตะอิธิทอล (PL) ในสัดส่วนต่าง ๆ เป็นปฎิกริยา ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยลายจะนำมาทำปฎิกริยาพอลิเอสเทอริฟิเคลชันเพื่อเตรียมเรซิน ซึ่งผลิตภัณฑ์เรซินที่เตรียมได้นี้ได้แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ เรซิน ประเภทที่นำไปทำสีชนิดใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย หลักและเรซินประเภทที่นำไปทำสีชนิดใช้สารอินทรีย์เป็นตัวทำละลายเพียงอย่างเดียว จากการศึกษาพบว่าสีที่ทำมาจาก การย่อยลายของ PET ที่ใช้แล้วโดยใช้สัดส่วน PET : EG : PL = 1.0 : 0.5 : 0.5 มีสมบัติที่สุดและใกล้เคียงกับสีที่นำไปใช้ในอุตสาหกรรมสี เมื่อว่าจะมีค่าความเงาตามต่ำกว่าแก่ก้อนร้อนเดียวกัน คือเป็นสีประเภทกึ่งเงา

นอกจากนี้การยึดเกาะและความทนแรงกระแทกต่ำกว่าเดิมน้อยกว่าจาก 1.25 kg/m เป็น 1.15 kg/m แต่สีที่เตรียมจากขวด PET ที่ใช้แล้วนี้ทนต่อการดัด โก้ง ด้วยกระบวนการอุ่นที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 mm ได้ไม่แตกร้าวและนกอกจากนี้ยังทนต่อน้ำและตัวทำละลายได้ดีกว่าด้วย ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้สูงในการที่นำขวด PET ที่ใช้แล้วมาประปาเป็นสินค้าใหม่ในรูปแบบของสี อุตสาหกรรมทั้งนี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการช่วยลดความลากภาวะ ซึ่งเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการลดขยะพลาสติกและช่วยแบ่งเบาภาระการกำจัดขยะ ในขณะเดียวกันเป็นการใช้ทรัพยากรัฐธรรมชาติ อย่างมีคุณค่าและมีประโยชน์สูงสุด

รุ่งโรจน์ (2542) ได้ศึกษาการนำพลาสติกมาใช้เคลือบเพื่อช่วยลดปัญหาของซึ่งเป็นผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และช่วยลดต้นทุนการผลิตในอุตสาหกรรมพิล์ม โดยสัดส่วนของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE) ที่ยังไม่ผ่านการใช้งานต่อมีเม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนรีไซเคิล มีผลต่อสมบัติเชิงกลของพิล์มผสม จากการศึกษาพบว่าสมบัติ ความเก็บของแรงดึงที่สูดขาด, ความแคบของแรงดึง ณ จุดคราก และความยืดที่สูดขาด ของพิล์มลดลงตามปริมาณของเม็ดพลาสติก LDPE มาก ใช้เคลือบที่เพิ่มขึ้น การเพิ่มปริมาณเม็ดพลาสติก LDPE รีไซเคิลทำให้ร้อยละ ความเป็นผลลัพธ์ของพิล์มลดลงจากร้อยละ 78 ไปเป็นร้อยละ 67 และสมบัติความต้านทานแรงดึงลดลงจาก 27 MPa ไปเป็น 17 MPa

5.5 ตัวแปรและนิยามปฎิบัติการ

5.5.1 ตัวแปร

ตัวแปรต้น	: จำนวนครั้งในการรีไซเคิล
ตัวแปรตาม	: สมบัติของพลาสติก, จุดคุ้มทุนพอดี
ตัวแปรควบคุม	: เกรดของเม็ดพลาสติก, ชนิดของเม็ดพลาสติก, เครื่องอัดรีด, สภาวะในการอัดรีด

5.5.2 นิยามปฎิบัติการ

5.5.2.1 รีไซเคิล หมายถึง เป็นการจัดการวัสดุเหลือใช้ที่กำลังจะเป็นขยะ โดยนำไปผ่านกระบวนการแปรสภาพ โดยเฉพาะการหลอม เพื่อให้เป็นวัสดุใหม่แล้วนำกลับมาใช้ได้อีก ซึ่งวัสดุที่ผ่านการแปรสภาพนั้นอาจจะเป็นผลิตภัณฑ์เดิมหรือผลิตภัณฑ์ใหม่ก็ได้

5.5.2.2 เทอร์มอoplastิก เป็นวัสดุพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งที่อ่อนตัวเมื่อได้รับความร้อนและสามารถไหลได้เมื่อมีแรงกระทำระหว่างที่พอลิเมอร์ได้รับความร้อน เมื่อยืนตัวคงพอลิเมอร์ประเภทนี้จะแข็งตัวและสามารถใช้งานได้ เช่น ชุดน้ำ แผ่นพลาสติก พลัมเบอร์จุภัณฑ์ฯลฯ ตัวอย่างพลาสติก เช่น พอลิเอทิลีน, พอลิไพรพลีน, พอลิสไตรีน

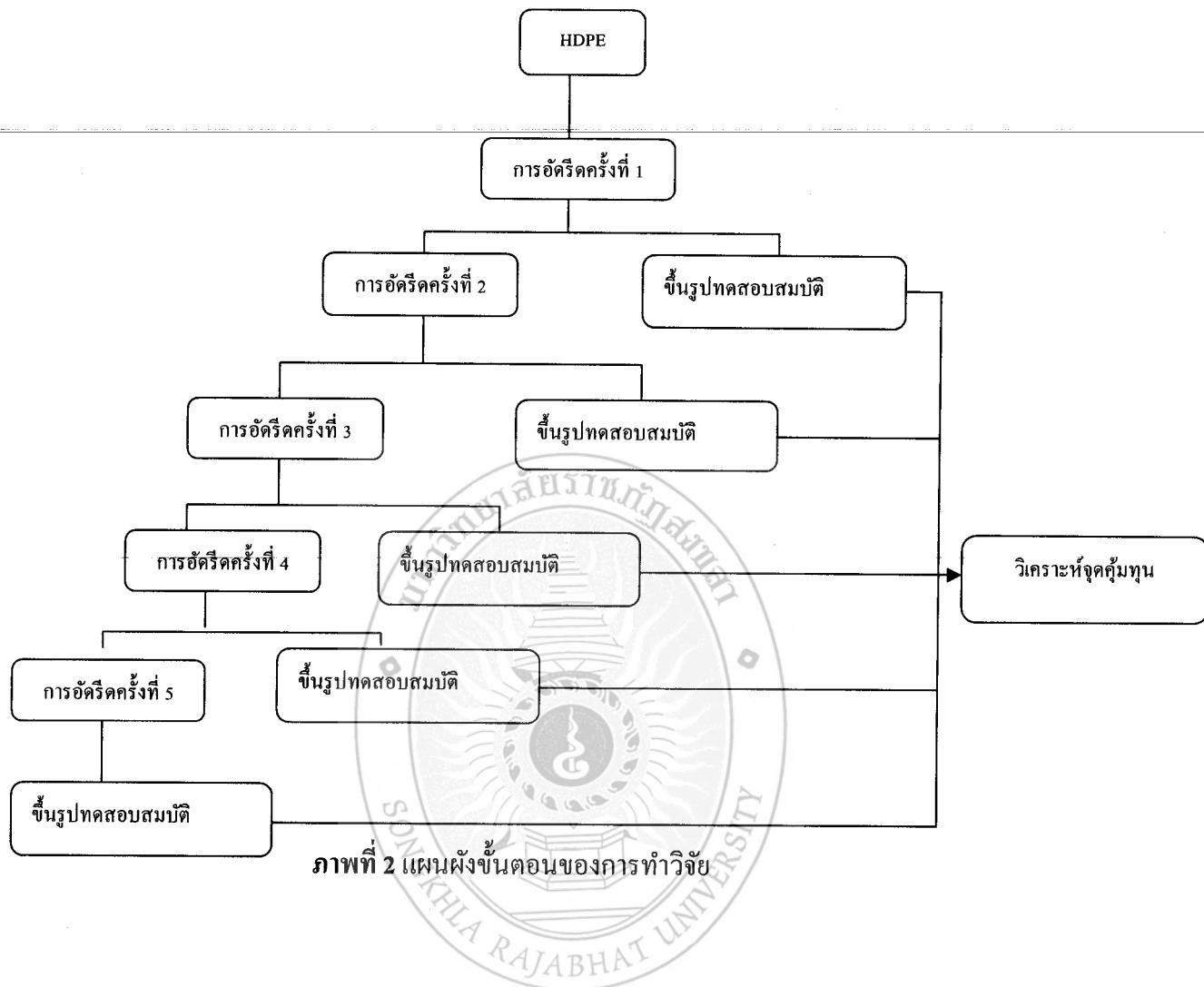
5.5.2.3 PE (Polyethylene) คือ พอลิเอทิลีน แปรเปลี่ยนตามเกรดและความหนาแน่น ตั้งแต่ความหนาแน่นต่ำ ถึงความหนาแน่นสูง ไอ้น้ำซึมผ่านได้เล็กน้อย ก้าชต่างๆซึมผ่านได้ (กัญญา, 2533)

5.5.2.4 จุดคุ้มทุน (Breakeven-Point) หมายถึง บริมาณศินค้าที่ผลิตและขายที่ทำให้เกิดรายได้เท่ากับต้นทุนทั้งหมด หรือกำไรเท่ากับศูนย์

5.6 สมมุตฐาน

พลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนที่ผ่านกระบวนการอัดรีดเต่าละครึ้ง ทำให้สมบัติของพลาสติกลดลง เป็นผลให้มีคุณค่ากับการลงทุน

5.7 ระเบียบวิธีการวิจัย



5.7.1 วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

5.7.1.1 วัตถุคิดที่ใช้ในการวิจัย

เม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (Highdensity Polyethylene: HDPE)

5.7.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทำงานวิจัย

- เครื่องอัดรีดพลาสติกชนิดสกรูเดี่ยว (Single screw extruder) รุ่น LE 25-30C บริษัท Labtech Engineering . Co.Ltd. แสดงดังภาพที่ 3.2 สกรูมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 mm และขนาดความยาวสกรูต่อเส้นผ่านศูนย์กลาง (L/D) เท่ากับ 30 mm สามารถวัดอุณหภูมิที่ระบบออกสกรูได้ 4 ตำแหน่ง และที่หัวดาย สามารถตั้งค่าอุณหภูมิได้ ตั้งแต่อุณหภูมิปกติจนถึง 300 องศาเซลเซียส สกรูที่ใช้เป็นแบบสกรูผสม (mixing screw)

2. เครื่องอัดเบ้าไฮดรอลิก รุ่น GT-7014-A10 C บริษัท Gotech Testing Machines inc. ประกอบด้วยแท่นอัดร้อนจำนวน 2 แท่น และแท่นอัดเย็นจำนวน 1 แท่น แสดงดังภาพที่ 3.3 ในการขึ้นภาคจะใช้เบ้าสำหรับขึ้นรูป ซึ่งมีขนาดความกว้าง 17 เซนติเมตร ความยาว 17 เซนติเมตร และขนาดความหนาเท่ากับ 0.314 มิลลิเมตร แสดงดังภาพที่ 3.4 โดยมีความดันเท่ากับ 300 psi
3. เครื่องตัดตัวอย่าง ใช้ในการตัดตัวอย่างให้เป็นรูปดั้มเบล แสดงดังภาพที่ 3.5 ความดันเท่ากับ 250 psi
4. เครื่องทดสอบความต้านทานต่อแรงดึง ผลิตโดยบริษัท Narin Instrument Co. Ltd.

5.7.2 วิธีการดำเนินการทดลอง

5.7.2.1 การเตรียมวัสดุ

เม็ดพลาสติก HDPE สำหรับงานวิจัยนี้ใช้เม็ดพลาสติกโพลีเอทธิลีนที่มีความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene: HDPE) เกรด HD5200B ซึ่งเป็นเกรดสำหรับเป้าหมาย

5.7.2.2 กระบวนการอัดรีด

ใช้เม็ดพลาสติกโพลีเอทธิลีนที่มีความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene: HDPE) ซึ่งอยู่ในรูปของเม็ดพลาสติกที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน เข้าเครื่องอัดรีด เมื่อมีพลาสติกอยู่มากจะได้พลาสติกที่ผ่านการรีไซเคิล และจะแบ่งเม็ดพลาสติกที่ผ่านการรีไซเคิลออกเป็น 2 ส่วน

ส่วนที่ 1 นำเข้าเครื่องอัดรีดพลาสติกต่อ

ส่วนที่ 2 เก็บผลิตภัณฑ์ นำไปขึ้นรูปโดยการอัดขึ้นรูปให้ได้เป็นแผ่นชั้นงานขนาดความหนาคงที่ 3 มม. และทดสอบคุณสมบัติ

- การอัดรีดพลาสติกโพลีเอทธิลีน จำนวน 5 ครั้ง

5.7.3 วิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมในการรีไซเคิล

ในการศึกษาจุดคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ของการรีไซเคิลพลาสติกโพลีเอทธิลีน จะต้องทราบค่าต้นทุนคงที่ และต้นทุนผันแปรของโครงการซึ่งหาได้จาก

ต้นทุนคงที่ = ต้นทุนเครื่องจักร

ต้นทุนผันแปร = ต้นทุนวัสดุคิด

$$\text{ปริมาณสินค้าที่ขาย } \eta \text{ จุดคุ้มทุน} = \frac{\text{ต้นทุนคงที่}}{\text{ราคาต่อหน่วยสินค้า} - \text{ต้นทุนผันแปร}}$$

5.8 ระยะเวลาการดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัย การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมในการรีไซเคิลพลาสติก มีระยะเวลาในการดำเนินการวิจัยตั้งแต่ เดือนกรกฎาคม พ.ศ.2554 จนถึง เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2555 ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงระยะเวลาในการดำเนินงานตลอดโครงการ

รายละเอียด	ระยะเวลาในการดำเนินการ														
	พ.ศ. 2554							พ.ศ. 2555							
	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.
1.ศึกษาเอกสารและรวบรวมข้อมูล															
2.เขียนคำอธิบายวิจัย															
3.ดำเนินการวิจัย															
4.สรุปและอภิปรายผลการวิจัย															
5.จัดทำรายงาน															

ที่มา : คณะผู้วิจัย, 2555

5.9 สถานที่ทำการวิจัย ทดลอง หรือเก็บข้อมูล

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

5.10. งบประมาณในการวิจัย

ค่าใช้จ่าย

- ค่าถ่ายเอกสารต่างๆรวมเข้าไปเก็บเย็บเล่ม	1,000 บาท
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น	1,000 บาท