ด้วยคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
รับเมื่อ ... เล่ม
วันที่ 03 มิ.ย. 2556

รายงานการวิจัย

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมในการรีไซเคิลพลาสติก

Environment Economic Analysis of Plastics Recycling

นางสาวฟารีดา หมาดโซ๊ะ
นางสาวสุกัญญา เตาวาโต

รายงานวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
2555

ใบรับรองการวิจัยสิ่งแวดล้อม

โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

เรื่อง การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมในการรีไซเคิลพลาสติก

Environment Economic Analysis of Plastics Recycling

ผู้วิจัย นางสาวฟารีดา หมาดโซ๊ะ รหัส 514273029

นางสาวสุกัญญา เตาวาโต รหัส 514273041

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

คณะกรรมการที่ปรึกษา

.....ประธานกรรมการ

(ดร.พลพัฒน์ รวมเจริญ)

.....กรรมการ

(ดร.สุชีวรรณ ยอยรู้รอบ)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(นางสาวนัดดา โปดำ)

.....กรรมการ

(นางสาวหิรัญวดี สุวิบูรณ์)

.....กรรมการ

(นายกมลนาวิน อินทนูจิตร)

.....กรรมการ

(ดร.พลพัฒน์ รวมเจริญ)

.....กรรมการ

(ดร.สุชีวรรณ ยอยรู้รอบ)

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา รับรองแล้ว

.....

(ดร.พิพัฒน์ ลิมปนะพิทยาธร)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

177258

ว.ส. 2554

ว69.4

พ977ร

ชื่อการวิจัย	การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมในการรีไซเคิลพลาสติก
ชื่อผู้วิจัย	นางสาวฟารีดา หมาดโซ๊ะ
	นางสาวสุกัญญา เตาวาโต
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต
โปรแกรมวิชา	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะ	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ปีการศึกษา	2555
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.พลพัฒน์ รวมเจริญ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ดร.สุชีวรรณ ยอยรู้รอบ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมในการรีไซเคิลพลาสติก ซึ่งมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาสมบัติของพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนที่ผ่านกระบวนการรีไซเคิลจำนวน 5 ครั้ง และศึกษาจุดคุ้มทุนพอดีในกระบวนการรีไซเคิลพลาสติกพอลิเอทิลีน ซึ่งสภาวะที่ใช้ในการอัดรีดแต่ละครั้ง คือ ความเร็วสกรู 75 รอบ/นาที, อุณหภูมิที่ใช้แสดงช่วงจากกรวยป้อนเม็ดพลาสติกจนถึงหัวดาย เท่ากับ 140, 190, 220, 230, 250 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่า สมบัติความต้านทานต่อแรงดึง มอดุลัสยืดหยุ่น และเปอร์เซ็นการยืด ณ จุดขาดลดลง และจากการศึกษาผลของการประมาณการผลิตเพื่อให้ถึงจุดคุ้มทุนในการอัดรีดนั้นพบว่า ต้องขายผลิตภัณฑ์ให้ได้จำนวน 20,600 กิโลกรัม จึงจะคุ้มทุน ในกรณีที่ตั้งราคาผลิตภัณฑ์ 19 บาท/กิโลกรัม

Title Environment Economic Analysis of Plastics Recycling

Author Farceda 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.สุชีวรรณ ยอยรู้รอบที่ได้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัยซึ่งให้คำแนะนำปรึกษาในการดำเนินการทดลองและคอยให้คำแนะนำเพิ่มเติม และอ่านแก้ไขข้อบกพร่องในรายงานวิจัยเพื่อปรับปรุงให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นตลอดจนเป็นกำลังใจให้ตลอดมา

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ขวัญกมล ขุนพิทักษ์ อาจารย์นัดดา โปดำ อาจารย์หิรัญวดี สุวิบูรณ์และอาจารย์กมลนาวิน อินทนูจิตรที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่าง ๆในการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณ คุณวรรณฤดี หมื่นพล เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการโปรแกรมวิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ที่ให้ความสะดวกเกี่ยวกับอุปกรณ์ เครื่องมือในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ โปรแกรมวิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง และมีส่วนช่วยเหลืองานวิจัยในครั้งนี้ทุกภาคส่วน โดยเฉพาะอย่างยิ่งขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยให้กำลังใจในการทำงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คุณค่าและประโยชน์ใด ๆ ที่พึงได้จากงานวิจัยฉบับนี้ผู้วิจัยได้มอบเป็นรางวัลแห่งความภาคภูมิใจแด่ บิดา มารดาและคณาจารย์ทุกท่านที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยมาตลอด

นางสาวฟารีดา หมาดโซ๊ะ

นางสาวสุกัญญา เตาวาโต

26 ธันวาคม 2555

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	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	
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 และการรีไซเคิลเทอร์มอพลาสติก	11
2.3 การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อม	17
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	18

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน

3.1 บทนำ 20

3.2 วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 21

3.2.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัย 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 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดสอบสมบัติ 27

4.1.1 ทดสอบความต้านทานแรงดึง 27

4.1.2 มอดุลัสยืดหยุ่น 28

4.1.3 ทดสอบเปอร์เซ็นการยืด ณ จุดขาด 29

4.2 ผลวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมในการรีไซเคิลพลาสติก 30

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย 33

5.2 ข้อเสนอแนะ 34

บรรณานุกรม

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ข้อมูลการทดลอง

ภาคผนวก ข ตัวอย่างการคำนวณ

ภาคผนวก ค ภาพประกอบการวิจัย

ภาคผนวก ง แบบเสนอโครงการวิจัย

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงเกรดต่างๆ	9
2.2 ปริมาณขยะประเทศต่างๆของยุโรป อเมริกา และไทย	12
2.3 ปริมาณขยะพลาสติกที่พบตามบ้านของประเทศแถบยุโรป	12
2.4 สัญลักษณ์ที่ใช้แทนพลาสติกแต่ละชนิดและลักษณะการใช้งานของพลาสติก	15
2.5 ชนิดและปริมาณบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่เก็บจากขยะตามบ้านเรือน เพื่อแปรรูปใช้ใหม่ในประเทศสหรัฐอเมริกา	17
4.1 ต้นทุนคงที่ ต้นทุนผันแปรในการรีไซเคิลพลาสติก	30

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

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 ผลการทดสอบมอดุลัสยืดหยุ่น	29
4.3 ผลการทดสอบเปอร์เซ็นการยืด ณ จุดขาด	30

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมาพลาสติกเป็นวัสดุที่ได้รับการใช้งานอย่างกว้างขวาง ในการดำรงชีวิต เนื่องจากพลาสติกเป็นวัสดุที่มีสมบัติเด่นหลายประการ เช่น ความหนาแน่นต่ำ (น้ำหนักเบา) ทนทาน และมีความยืดหยุ่นสูง เหมาะสำหรับการใช้งานด้านต่าง ๆ ตั้งแต่บรรจุภัณฑ์ อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและของเล่นสำหรับเด็ก นอกจากนี้ยังเป็นวัสดุที่สามารถใช้ผลิตเป็นภาชนะหรือของใช้แบบใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้งเนื่องจากมีราคาถูก มูลฝอยประเภทพลาสติกจึงถูกทิ้งในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและก่อให้เกิดมลภาวะเนื่องจากไม่มีการย่อยสลายหรือย่อยสลายได้ยาก พลาสติกที่นิยมใช้และมีปริมาณการทิ้งมากที่สุดได้แก่ พลาสติกชนิดพอลิเอทิลีน (Polyethylene : PE)พอลิโพรพิลีน (Polypropylene : PP) พอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl Chloride : PVC) พอลิสไตรีน (Polystyrene : PS) พอลิเอทิลีนเทเรพแทเลต(Polyethylene Tarepthalate : PET) ซึ่งผลิตภัณฑ์เทอร์มอพลาสติกที่มีการใช้มากที่สุดได้แก่ ขวดน้ำ ถุงพลาสติก ถุงบรรจุอาหารแช่แข็ง ฟิล์มเพื่อการเกษตร เครื่องใช้ไฟฟ้า ขวดแชมพู ส่วนใหญ่แล้วจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่นิยมและมีปริมาณขยะมากที่สุดเป็นเทอร์มอพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนและพอลิโพรพิลีน ร้อยละ 65 (ยงยุทธ, 2551)

คณะผู้วิจัยจึงมีแนวทางในการนำเทอร์มอพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนมารีไซเคิล เพื่อเป็นการลดจำนวนขยะพลาสติกที่เกิดขึ้นและศึกษาจุดคุ้มทุนในการนำเทอร์มอพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนมารีไซเคิล ซึ่งการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมในการรีไซเคิลพลาสติก คือ การศึกษาจุดคุ้มทุนในการรีไซเคิลพลาสติก จากข้อมูลข้างต้นคณะผู้วิจัยจึงได้มุ่งศึกษาพลาสติกพอลิเอทิลีน ซึ่งจะเป็นการศึกษาสมบัติของพลาสติกพอลิเอทิลีน ที่ผ่านการรีไซเคิลแต่ละครั้ง และวิเคราะห์จุดคุ้มทุนพอดีในการรีไซเคิลพลาสติก คาดว่าการวิจัยครั้งนี้จะเป็นเลือกหนึ่งที่ลดปริมาณขยะพลาสติกที่เกิดขึ้นได้ในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสมบัติของพลาสติกพอลิเอทิลีนที่ผ่านกระบวนการรีไซเคิลแต่ละครั้ง
2. เพื่อศึกษาจุดคุ้มทุนพอดีในกระบวนการรีไซเคิลพลาสติกพอลิเอทิลีน

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบสมบัติของพลาสติกพอลิเอทีลีนที่ผ่านกระบวนการอัดรีดแต่ละครั้ง
2. ทราบจุดคุ้มทุนในการรีไซเคิลพลาสติกพอลิเอทีลีนได้
3. สามารถลดปริมาณพลาสติกพอลิเอทีลีน ที่มีปริมาณการใช้มากที่สุดได้

1.4 สมมติฐาน

พลาสติกชนิดพอลิเอทีลีนที่ผ่านกระบวนการอัดรีดแต่ละครั้ง 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 โกลบอล เคมิคอล จำกัด (มหาชน) ซึ่งอยู่ในรูปของเม็ดพลาสติกที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน ซึ่งพลาสติกเกรดนี้สามารถใช้

ประโยชน์เป็นผลิตภัณฑ์ เช่น ขวดน้ำ ถุงพลาสติก สำหรับงานวิจัยนี้ เน้นดำเนินการผลิตเป็นแผ่นชิ้นงาน

2. กระบวนการอัดรีดพลาสติก

2.1 การแปรรูปพลาสติกในกระบวนการอัดรีด โดยนำเม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนเข้าเครื่องอัดรีดชนิดสกรูเดี่ยว เมื่อเม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนออกมาจากเครื่องอัดรีดชนิดสกรูเดี่ยว จะแบ่งเม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีน เป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 นำเข้าเครื่องอัดรีดชนิดสกรูเดี่ยวต่อ ส่วนที่ 2 เก็บผลิตภัณฑ์นำไปขึ้นรูปเป็นแผ่นโดยใช้เครื่องอัดเบ้าไฮโดรลิก ให้ได้เป็นแผ่นชิ้นงานสำหรับทดสอบสมบัติขนาดความหนา 3 มม.

2.2 ดำเนินการอัดรีดเม็ดจำนวน 5 ครั้ง เพื่อศึกษาสมบัติของพลาสติกพอลิเอทิลีนที่ผ่านกระบวนการรีไซเคิลแต่ละครั้ง

2.3 สภาวะในการอัดรีดพลาสติก ได้แก่ อุณหภูมิ ความเร็วสกรู

2.4 สมบัติที่ทดสอบ ได้แก่ ความต้านทานต่อแรงดึง (Tensile Strength) (MPa) เปอร์เซ็นการยืด 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 เมื่อเย็นตัวลงพอลิเมอร์ประเภทนี้จะแข็งตัวและสามารถใช้งานได้ เช่นขวดน้ำ แผ่นพลาสติก ฟิล์มบรรจุภัณฑ์ ฯลฯ ตัวอย่างพลาสติกเช่น พอลิเอทิลีน, พอลิโพรพิลีน, พอลิสไตรีน ดังนั้น วัสดุพอลิเมอร์ประเภทนี้จึงสามารถรีไซเคิลได้

PE (Polyethylene) คือ พอลิเอทิลีน แปรเปลี่ยนตามเกรดและความหนาแน่น ตั้งแต่ความหนาแน่นต่ำ ถึงความหนาแน่นสูง ไอน้ำซึมผ่านได้เล็กน้อย ก๊าซต่างๆซึมผ่านได้ (กัญจนา, 2533)

จุดคุ้มทุน (Breakeven-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 ซึ่งเป็นการนำพลาสติกมารีไซเคิลและเป็นการนำพลาสติกที่ใช้แล้วมาใช้ใหม่และนำมาวิเคราะห์จุดคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ในการรีไซเคิลพลาสติก เนื้อหาของทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ เกี่ยวกับพลาสติก ขยะพลาสติก ผลิตภัณฑ์พลาสติก กระบวนการอัดรีดพลาสติก ตลอดจนการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2 เทอร์มอพลาสติก

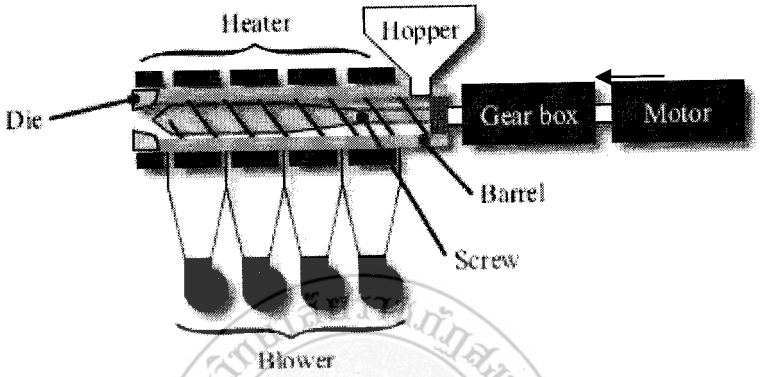
2.2.1 ความหมายของเทอร์มอพลาสติก

เทอร์มอพลาสติก เป็นวัสดุพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งที่อ่อนตัวเมื่อได้รับความร้อนและสามารถไหลได้เมื่อมีแรงกระทำระหว่างที่พอลิเมอร์ได้รับความร้อน เมื่อเย็นตัวลงพอลิเมอร์ประเภทนี้จะแข็งตัวและสามารถใช้งานได้ เช่นขวดน้ำ แผ่นพลาสติก ฟิล์มบรรจุภัณฑ์ ฯลฯ ตัวอย่างพลาสติก เช่น พอลิเอทิลีน พอลิโพรพิลีน พอลิสไตรีน สำหรับงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นศึกษาพลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2.2 กระบวนการแปรรูปเทอร์มอพลาสติกด้วยเครื่องอัดรีดสกรูเดี่ยว

กระบวนการแปรรูปพลาสติกทำได้โดยการให้ความร้อนแก่เทอร์มอพลาสติกซึ่งอยู่ในรูปของเม็ดหรือผงเพื่อให้เกิดการหลอม จากนั้นให้แรงกระทำแก่เทอร์มอพลาสติกหลอมให้เกิดการไหลและได้รูปทรงดังกล่าวเมื่อการให้ความร้อนยุติลง (หรือเมื่อได้รับความเย็น) ซึ่งในกระบวนการแปรรูปเทอร์มอพลาสติกสามารถทำได้หลายวิธี แต่ในงานวิจัยนี้สนใจใช้กระบวนการแปรรูปเทอร์มอพลาสติกด้วยเครื่องอัดรีดสกรูเดี่ยว (Single screw extruder) ซึ่งเครื่องอัดรีดสกรูเดี่ยวประกอบด้วย มอเตอร์ (Motor) เฟืองทดลองความเร็ว (Gear box) กรวยป้อน (Hopper) กระบอก (Barrel) สกรู (Screw) เครื่องให้ความร้อน (Heater) และหัวดาย (Die) และ พัดลม (Blower) เพื่อควบคุมอุณหภูมิของกระบอกให้คงที่แน่นอนได้ แสดงดังภาพที่ 2.1 แต่ละช่วงของกระบอกสามารถ

ตั้งอุณหภูมิได้ตามต้องการทุกขั้นตอนที่มีการให้ความร้อน บริเวณรอบฐานกรวยป้อนขณะทำงานจะต้องมีการหล่อเย็นด้วยน้ำ ทั้งนี้เพื่อป้องกันเม็ดเทอร์มอพลาสติกหลอมตรงช่องเข้าหรือโคนเกลียวหนอน ซึ่งหากเกิดขึ้นจะทำให้ไม่สามารถเข้าเครื่องอัดรีดได้การป้อนเทอร์มอพลาสติกเข้าได้ไม่เต็มที่



ภาพที่ 2.1 ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องอัดรีดพลาสติกชนิดสกรูเดี่ยว
ที่มา : นิรุต, 2550

สกรู (Screw) ประกอบอยู่กับระบบเฟืองขับ ตอนท้ายจะมีช่องทางนำเทอร์มอพลาสติกเข้าผ่านกรวยป้อน ที่กระบอกและเกลียวหนอนจะมีแรงกระทำ มีการเสียดสี และมีการกัดกร่อน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเลือกใช้เหล็กที่มีคุณภาพสูงทำเกลียวหนอน และกระบอกซึ่งส่วนใหญ่จะนำมาชุบแข็งด้วยวิธี nitriding (บรรเลง, 2546)

ขั้นตอนการอัดรีดเทอร์มอพลาสติกด้วยเครื่องอัดรีดแบบสกรูเดี่ยวเริ่มจากการป้อนเม็ดเทอร์มอพลาสติกที่กรวยเติมเทอร์มอพลาสติก จากนั้นเม็ดพลาสติกจะถูกนำไปยังหัวดายโดยอาศัยการหมุนของสกรูในกระบอกสกรู กระบอกสกรูทำหน้าที่ให้ความร้อนแก่เม็ดพลาสติกระหว่างการอัดรีด อย่างไรก็ตามความร้อนที่เกิดขึ้นจริงๆ นั้นมาจากทั้งการตั้งอุณหภูมิที่กระบอกและจากการเสียดสีระหว่างเม็ดเทอร์มอพลาสติกและกระบอกสกรู

2.2.3 สมบัติและการใช้งานเทอร์มอพลาสติก

เทอร์มอพลาสติกนับว่าเป็นวัสดุที่มีบทบาทและสำคัญมากในยุคปัจจุบันนี้ เพราะเทอร์มอพลาสติกมีสมบัติพิเศษดีเด่นกว่าโลหะตรงที่ไม่เกิดสนิม น้ำหนักเบา (ความหนาแน่นต่ำกว่าโลหะ) ขึ้นรูปหรือแปรรูปง่ายกว่าโลหะ บางชนิดให้ความโปร่งใส

ก. สมบัติทางกลของเทอร์มอพลาสติก (นิลุบล, 2550)

สมบัติเชิงกล คือ พฤติกรรมอย่างหนึ่งของวัสดุที่แสดงออกมา ในการออกแรงภายนอกที่มากระทำ เรียกว่า ความเค้น (Stress) วัดเป็นแรงต่อหน่วยพื้นที่ ดังสมการ (2.1) และส่วนอัตราส่วนระหว่างความยาวของวัสดุ ที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากวัสดุนั้นรับแรงกระทำดังกล่าวจนขาด เรียกว่า ความเครียด (Strain) ซึ่งความเครียดไม่มีหน่วยระบุกำกับไว้ แต่นิยมบอกเป็นเปอร์เซ็นต์การยืดตัวของวัสดุ (Elongation) แสดงดังสมการ (2.2)

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

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

เมื่อ F : แรงที่ดึงชิ้นทดสอบ ณ จุดขาด (นิวตัน)

A : พื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบก่อนดึง (มิลลิเมตร)

- สูตรหาค่าความสามารถในการยืดตัวสูงสุด (Elongation ;E)

$$\% E = (\Delta L / L_0) X 100 \qquad (2.2)$$

โดยที่ ΔL : ระยะที่ยืดออกในช่วงเริ่มต้นชิ้นทดสอบ (มิลลิเมตร)

L_0 : ความยาวเริ่มต้นของชิ้นทดสอบก่อนดึง (มิลลิเมตร)

การทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความแข็งแรงของวัสดุเมื่อได้รับแรงดึง ถ้าดึงชิ้นงานอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งวัสดุเกิดการแตกหัก ผลจากการวัดแรงที่มากระทำต่อวัสดุ ณ ตำแหน่งที่เกิดการแตกหักเรียกว่าความเค้นสูงสุดเนื่องจากแรงดึง (Ultimate Tensile Stress) หรือความต้านทานแรงดึง (Tensile Strength) สำหรับวัสดุอุดมคติที่มีสมบัติยืดหยุ่น ความเค้นเป็นสัดส่วนกับความเครียด อัตราส่วนระหว่างความเค้นและความเครียดนี้เป็นค่าคงที่ เรียกว่ามอดุลัส (Modulus) สำหรับการให้ความเค้นใดๆกับวัสดุที่มีมอดุลัสต่ำ วัสดุนั้นจะแสดงค่าความเครียดหรือระยะยืดหรือการสูญเสียรูปร่างของชิ้นงานได้สูงกว่าวัสดุที่มีมอดุลัสสูง ดังนั้น มอดุลัสของวัสดุจึงหมายถึง ความสามารถในการต้านทานต่อการสูญเสียรูปร่างของชิ้นงานนั่นเอง ในความเป็นจริงพลาสติกส่วนใหญ่จะประพฤติตัวตามแบบฮุคเกียน (Hookean's Behavior) เฉพาะเมื่อทดสอบด้วยอัตราเร็วในการยืดตัวต่ำ บางครั้งเรียกมอดุลัสของสภาพยืดหยุ่นว่า อิลาสติกมอดุลัส (Elastic Modulus) หรือมอดุลัสของยัง (Young's Modulus)การวัดมอดุลัสนี้ทำได้โดยการสร้างเส้นตรงสัมผัสกับช่วงต้นของเส้นโค้งความเค้น-ความเครียด จากนั้นคำนวณค่าความชันของเส้นสัมผัส ดังสมการ(2.3)

- สูตรหาค่ายังมอดุลัส (Young's modulus)

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

เมื่อ stress = F_0 / A

โดยที่ F_0 : แรงที่ดึงชิ้นทดสอบ ณ จุดขาด (นิวตัน)

A : พื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบก่อนดึง (มิลลิเมตร)

เมื่อ strain = $(\Delta L / L_0)$

ข. ผลิตภัณฑ์เทอร์มอพลาสติก

พอลิเอทิลีน(Polyethylene: PE) เป็นเทอร์มอพลาสติกชนิดหนึ่ง สังเคราะห์ได้จากน้ำมันปิโตรเลียม มีการนำไปใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมครัวเรือน อุตสาหกรรมยานยนต์ หรืออุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ พอลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene, HDPE) เป็น PE ชนิดหนึ่งองค์ประกอบเป็น $(CH_2- CH_2)_n$ มีลักษณะโครงสร้างเป็นเส้นตรงและส่วนที่เป็นกิ่งก้านน้อยมาก ผลิตโดยผ่านกระบวนการซีกเลอร์ (Ziegler Process) และกระบวนการฟิลลิปส์ (Phillips Process) (นิลุบล, 2550) มีการนำไปใช้งานในปริมาณมาก และหลากหลาย ทั้งในอุตสาหกรรมเกษตร ประมง บรรจุภัณฑ์ ฯลฯ เนื่องจากมีสมบัติเหมาะสม เช่น มีสมบัติเด่นด้านความสามารถในการขึ้นรูปง่าย มีความแข็งแรง มีความคงทนสูง มีความเหนียวและทนทานต่อแรงดึงปานกลาง เหมาะสำหรับบรรจุภัณฑ์ขวด ถุง และทำท่อน้ำที่ใช้ในการเกษตร งานฉีด งานเส้นใย แสดงตัวอย่างในตารางที่ 2.1 จึงเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางทั้งตลาดในประเทศและต่างประเทศ

BUNDHARIKA RAJABHAT UNIVERSITY

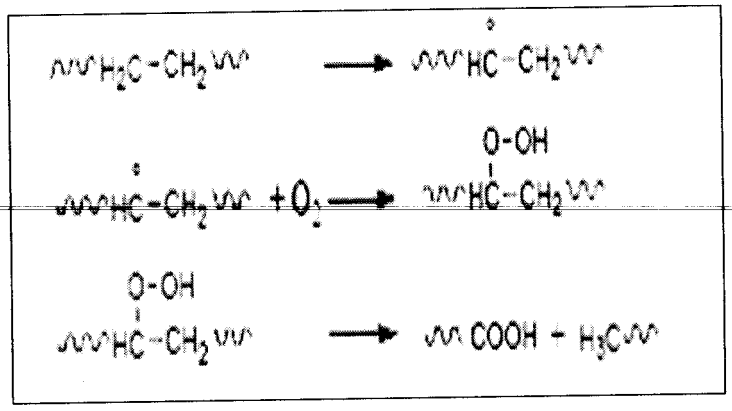
ตารางที่ 2.1 พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงเกรดต่างๆ

เกรดของ HDPE	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์
1. Injection Molding Grade	ถังแกลอนพลาสติก ถังขยะ ถาดใส่ขนมปัง ลังใส่ขวด ของเล่น และพวกชิ้นงานที่มีโครงสร้างซับซ้อน
2. Blow Molding Grade	ขวดต่างๆ เช่น ขวดนม ขวดน้ำ ขวดแชมพู และแกลลอนขนาดเล็ก
3. Film Extrusion Grade	ถุงช็อปปิ้งต่างๆ
4. Extrusion Sheet Grade	แผ่นพลาสติกที่ใช้ห่ออาหาร บรรจุอาหาร
5. Pipe Extrusion Grade	ท่อน้ำ ท่อร้อยสายไฟ และสายเคเบิล

ที่มา : นิลุบล, 2550

พอลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene, HDPE) นิยมนำกลับมาขึ้นรูปใหม่ หรือนำไปผสมกับเทอร์มอพลาสติกที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน แล้วขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ผลิตภัณฑ์ HDPE ที่นิยมนำมาขึ้นรูปใหม่ ได้แก่ บรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ เช่น ขวดน้ำดื่ม ขวดแชมพู ถังแกลลอนพลาสติก ถังขยะ ถาดใส่ขนมปัง ลัง และพวกพลาสติก HDPE ที่มีความแข็งโดยส่วนใหญ่เป็นเกรดฉีด (Injection Grade)

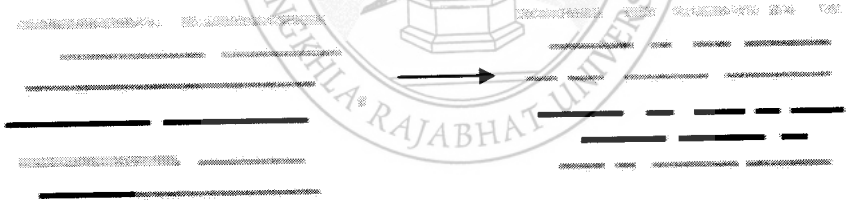
ปัจจุบันเป็นที่ทราบกันว่า เทอร์มอพลาสติกที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูปมาแล้ว จะมีสมบัติเชิงกลที่ด้อยกว่าพลาสติกที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน (นิลุบล, 2550) เนื่องจากในขั้นตอนการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิสูง พอลิเอทิลีนอาจสลายตัวหรือเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation Reaction) เกิดเป็นอนุมูลอิสระขึ้นบนสายโซ่ จากนั้นสามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในบรรยากาศกลายเป็นสารประกอบเปอร์ออกไซด์ และเกิดการสลายตัวต่อไป โดยแบ่งสายโซ่ออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกได้เป็นสายโซ่ไฮโดรคาร์บอนเช่นเดิม ส่วนที่สองได้เป็นสายโซ่ไฮโดรคาร์บอนที่ปลายข้างหนึ่งกลายเป็นหมู่คาร์บอกซิล ซึ่งสามารถเหนี่ยวนำให้เกิดการสลายตัวต่อไป แสดงกลไกการเกิดปฏิกิริยาดังภาพที่ 2.2 ทำให้ความยาวของสายโซ่โมเลกุลและน้ำหนักโมเลกุลลดลง แสดงโมเดลความยาวของสายโซ่พอลิเมอร์ก่อนและหลังการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันดังภาพที่ 2.3 ส่งผลให้สมบัติเชิงกลของเทอร์มอพลาสติกลดลง เช่น สมบัติการทนต่อแรงดึง และสมบัติการทนต่อแรงกระแทก



ภาพที่ 2.2 กลไกการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของ PE

ที่มา : นิลุบล, 2550

นอกจากนี้ควรคำนึงถึงความบริสุทธิ์ของเทอร์มอพลาสติกที่นำมาขึ้นรูปใหม่ ซึ่งหากกระบวนการแยกเทอร์พลาสติกไม่ดีพอ อาจทำให้เทอร์มอพลาสติกขึ้นรูปใหม่มีการปนเปื้อนของสิ่งสกปรก ส่งผลให้สมบัติเชิงกลของเทอร์พลาสติกลดลงเช่นกัน



ก่อนเกิดปฏิกิริยา หลังเกิดปฏิกิริยา

ภาพที่ 2.3 โมเดลแสดงความยาวของสายโซ่พอลิเมอร์ก่อนและหลังการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ที่มา : นิลุบล, 2550

ค. การใช้พลาสติกในประเทศไทย

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

2.2.4 เทอร์มอพลาสติกกับสิ่งแวดล้อมและการรีไซเคิลเทอร์มอพลาสติก

ก. เทอร์มอพลาสติกกับสิ่งแวดล้อม

พลาสติกเป็นวัสดุที่เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์เป็นอย่างมากและมีแนวโน้มการใช้งานที่เพิ่มมากขึ้นเพราะใช้ทดแทนทรัพยากรธรรมชาติ เช่น ไม้และเหล็กได้เป็นอย่างดี และมีราคาถูก น้ำหนักเบาสามารถผลิตให้มีสมบัติต่าง ๆ ตามที่ต้องการได้จากการเลือกชนิดของวัตถุดิบ กระบวนการผลิตและกระบวนการขึ้นรูปทำให้มีมีผลิตภัณฑ์เทอร์มอพลาสติกหลากหลายรูปแบบ และสีสันให้เลือกใช้อย่างมากมาย ด้วยสมบัติที่โดดเด่นหลายด้าน ทำให้เทอร์มอพลาสติกได้รับการยอมรับอย่างรวดเร็วและมีปริมาณการใช้งานเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ส่งผลให้เกิดขยะเทอร์มอพลาสติกในปริมาณสูงมากขึ้นตามด้วย ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (ยงยุทธ, 2551) ในหลายประเทศจะมีปริมาณขยะเพิ่มมากขึ้นทุกๆปี ก่อให้เกิดปัญหาในส่วนของสถานที่ทิ้งขยะและวิธีการกำจัด ซึ่งมักมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วยและยังต้องเสียค่าใช้จ่ายในแต่ละปีเป็นจำนวนมาก จากตารางที่ 2.2 มีการศึกษาพบว่า มีปริมาณขยะที่เกิดจากบรรจุภัณฑ์พลาสติกและโฟม ซึ่งอยู่ในรูปของวัสดุอุปกรณ์และเครื่องใช้ต่าง ๆ เช่น ถุง ถาดบรรจุอาหาร หรือตะกร้าบรรจุสิ่งของและวัสดุกันกระแทกให้กับสินค้า มีปริมาณ 12-20 เปอร์เซ็นต์ ข้อมูลจากตารางที่ 2.3

แสดงให้เห็นว่ามีปริมาณขยะพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีนและพลาสติกพอลิเอทิลีน ที่สามารถนำมาทำเป็นถุงร้อน ถุงกระสอบพลาสติก ขวดบรรจุน้ำยาสระผม ขวดบรรจุน้ำยาทำความสะอาด ถุงเย็น และขวดน้ำดื่ม มีปริมาณมากที่สุด

ตารางที่ 2.2 ปริมาณขยะประเทศต่างๆของยุโรป 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 ปริมาณขยะพลาสติกที่พบตามบ้านของประเทศแถบยุโรป

ประเภทพลาสติก	ปริมาณขยะที่พบในขยะ (เปอร์เซ็น)
พอลิเอทิลีน+พอลิโพรพิลีน (PE+PP)	65
พอลิสไตรีน+โฟม (PS+EPS)	15
พอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC)	10
พอลิเอทิลีนเทเรพทาเลต (PET)	5
อื่นๆ	5

ที่มา : ยงยุทธ, 2551

ในกระบวนการผลิตและการกำจัดบรรจุภัณฑ์ อาจก่อให้เกิดมลพิษขึ้นในอากาศ ถ้าไม่มีการป้องกันและควบคุมที่ดี เช่น ในกระบวนการผลิตและทำลายพลาสติกหรือโฟม จะมีก๊าซต่าง ๆ ที่เกิดจากการเผาไหม้ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดภาวะเรือนกระจก ขยะยังทำให้เกิดมลพิษในแหล่งน้ำและทะเล ในประเทศที่มีโรงงานอุตสาหกรรมอยู่ จะมีกฎหมายเกี่ยวกับการควบคุมการปล่อยสารพิษลงในแม่น้ำลำคลอง การนำเอาเศษวัสดุหรือขยะจากบรรจุภัณฑ์ไปฝังในดินต้องมีการคำนึงสารพิษที่อาจปนเปื้อนและไหลซึมลงสู่แหล่งน้ำในดินด้วย นอกจากนี้ การทิ้งขยะที่เกลื่อนกลาดตามสถานที่ท่องเที่ยวตามชายทะเล ซึ่งส่วนหนึ่งมักจะเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ใช้บรรจุอาหารหรือเครื่องดื่ม ก็นับว่าเป็นสิ่งที่อาจก่อให้เกิดสารพิษที่เป็นอันตรายต่อสัตว์ที่อาศัยอยู่ในทะเลด้วย แล้วอาจจะมีผลต่อมนุษย์ ถ้ามีการนำเอาสัตว์ที่ได้รับสารพิษบางชนิดมาบริโภค เป็นเหตุให้ทรัพยากรธรรมชาติลดลง พลาสติกนั้นผลิตมาจากน้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน ในกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์ นอกจากทำให้วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตมีปริมาณลดลงแล้ว ยังต้องมีการนำเอาพลังงานมาใช้ด้วย ซึ่งแม้ว่าจะไม่มากเหมือนกับการใช้เพื่อการคมนาคมขนส่ง แต่ก็นับว่าเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้มีการเอาทรัพยากรธรรมชาติมาใช้เพื่อให้เป็นพลังงานเช่นกัน และขยะยังเป็นแหล่งพาหะของโรค และเป็นสิ่งรบกวนขยะที่อยู่บนพื้น ถ้าไม่มีการกำจัดอย่างดีแล้วจะเป็นแหล่งเพาะพันธุ์หนู และแมลง ซึ่งเป็นพาหะนำโรคติดต่อมาสู่มนุษย์ ตลอดจนอาจส่งกลิ่นเหม็นรบกวน

ข. การรีไซเคิลเทอร์มอพลาสติก

การจัดการขยะเทอร์มอพลาสติกเป็นสิ่งจำเป็นต้องพิจารณาเพื่อลดผลกระทบของปัญหาขยะเทอร์มอพลาสติกที่เกิดขึ้น เทคนิคการนำขยะเทอร์พลาสติกกลับมาใช้ใหม่ อาจทำได้หลายวิธี ได้แก่

1) นำมาขึ้นรูปใหม่โดยผสมกับเทอร์มอพลาสติกที่ยังไม่ผ่านการใช้งานแล้วขึ้นรูปใหม่ นิยมใช้กับเทอร์มอพลาสติกประเภทพอลิโอเลฟีน (Polyolefins) เช่น PE และ PP

2) นำมาขึ้นรูปใหม่โดยผสมกับฟิลเลอร์ชนิดต่าง ๆ ซึ่งเรียกว่า วัสดุเชิงประกอบ (Composite) เพื่อให้ได้สมบัติตามต้องการ

3) นำมาทำให้แตกเป็นโมเลกุลเล็ก ๆ โดยปฏิกิริยาไฮโดรไลสิส หรือไพโรไลสิส ผลจากปฏิกิริยาจะได้สารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งนำไปใช้เป็นสารเคมี เชื้อเพลิงหรือกลับไปเป็นมอนอเมอร์เพื่อสังเคราะห์เป็นพอลิเมอร์ขึ้นมาใหม่

กระบวนการนำเทอร์มอพลาสติกกลับมาใช้ใหม่โดยการนำมาขึ้นรูปใหม่เริ่มต้นด้วยการแยกเทอร์มอพลาสติกชนิดต่าง ๆออกจากกัน เนื่องจากเทอร์มอพลาสติกแต่ละชนิดมีสมบัติแตกต่างกัน เช่น จุดหลอมเหลว ความหนาแน่น ความแข็ง ความนิ่ม ความใส เมื่อแยกเทอร์มอพลาสติกแต่ละชนิดออกจากกันแล้ว จะมัดรวมกันเป็นก้อน เพื่อแยกส่งไปยังโรงงานผลิตเม็ดเทอร์มอพลาสติกสำหรับขึ้นรูปใหม่ ซึ่งจะบดเทอร์มอพลาสติกให้เป็นชิ้นเล็ก และล้างทำความสะอาดในบ่อน้ำขนาดใหญ่ ในขั้นตอนนี้ จะกำจัดฝุ่นและสิ่งสกปรกออกไป จากนั้นนำชิ้นเทอร์มอพลาสติกไปทำให้แห้งโดยการตากแดด หรือใช้อากาศร้อน แล้วเข้าสู่ขั้นตอนการหลอมชิ้นเทอร์มอพลาสติกผ่านเครื่องหลอมอัดรีดออกมาเป็นเส้น ก่อนตัดให้เป็นเม็ดขนาดเล็กบรรจุลงกล่องเพื่อส่งไปยังโรงงานขึ้นรูปเทอร์มอพลาสติกให้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ โดยมีสัญลักษณ์ที่ใช้ในการระบุหมายเลขแสดงชนิดของพลาสติกที่นำมาขึ้นรูปใหม่ (นิลุบล, 2550) ดังตารางที่ 2.4

แนวทางการแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับขยะเทอร์มอพลาสติกสามารถทำได้โดย ลดปริมาณการใช้ลง (reduce) คือ การนำเอาบรรจุภัณฑ์มาใช้ ควรใช้อย่างประหยัดและให้คุ้มค่า ไม่นำมาใช้อย่างฟุ่มเฟือยโดยมีความจำเป็น เช่น ปฏิเสธในการใช้ถุงพลาสติกบรรจุสินค้าจากห้างสะดวกซื้อ (ถ้าสินค้ามีปริมาณไม่มากนัก) หรือการใช้ถุงกระดาษหรือถุงผ้าแทนถุงพลาสติก ซึ่งยังช่วยลดโอกาสการปนเปื้อนของสารไดออกซินได้อีกด้วย ในการลดการใช้บรรจุภัณฑ์ อาจกระทำโดยการลดปริมาณวัสดุที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ลงก็ได้ ในปัจจุบันได้มีการผลิตบรรจุภัณฑ์ชนิดที่ใช้วัสดุที่ใช้ทำให้น้อยลงโดยการปรับปรุงส่วนผสมของวัตถุดิบและการนำเทคโนโลยีใหม่มาออกแบบบรรจุภัณฑ์ การนำมาใช้หมุนเวียนและใช้ซ้ำ (return and reuse) คือ การนำเอาบรรจุภัณฑ์ที่ใช้หมุนเวียนได้มาใช้ สามารถลดการใช้วัสดุและพลังงานในการผลิตบรรจุภัณฑ์ลงได้ เป็นการใช้ทรัพยากรอย่างประหยัดและเป็นการลดมลพิษที่เกิดขึ้น การนำมาใช้หมุนเวียนอาจนำมาใช้กับสินค้าเดิม เช่น ลังพลาสติกบรรจุผลไม้ เครื่องดื่ม และขนมปัง แท่นรองรับสิ้นค้าและถังน้ำ เป็นต้น หรือถุงพลาสติกให้นำมาล้างแล้วใช้หุ้มเครื่องครัวเพื่อป้องกันฝุ่น และการนำมาแปรรูปใช้ใหม่หรือรีไซเคิล(recycle) คือ พลาสติกเป็นผลพลอยได้จากน้ำมันหรือก๊าซจึงควรประหยัดทรัพยากรดังกล่าวให้มากที่สุด การนำเอาบรรจุภัณฑ์ใช้แล้วมาแปรรูปใหม่ นอกจากจะลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่จะต้องใช้ผลิตแล้ว ยังช่วยลดขั้นตอนในการผลิตและช่วยลดพลังงาน เช่น การนำเอาบรรจุภัณฑ์เก่าที่ทำมาจากพลาสติกพอลิเอทิลีน พอลิไวนิลคลอไรด์ และพอลิโพพิลีนไปแปรรูปใหม่ทำเป็นชาม ถังส้นรองเท้า เป็นต้น (ยงยุทธ, 2551) ข้อมูลจากตารางที่ 2.5 แสดงชนิดและปริมาณบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่เก็บจากขยะตามบ้านเรือน เพื่อแปรรูปใช้ใหม่ในประเทศสหรัฐอเมริกามากที่สุด คือ ขวดน้ำดื่ม 65 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 2.4 สัญลักษณ์ที่ใช้แทนพลาสติกแต่ละชนิดและลักษณะการใช้งานของพลาสติก

สัญลักษณ์	ชื่อของพลาสติก	ลักษณะทั่วไป	การใช้งาน
	พอลิเอทิลีนเทเรพแทเลต (Polyethylene Terepthalate, PET)	เป็นพลาสติกที่ส่วนใหญ่มีความใส มองทะลุได้ มีความแข็งแรงทนทานและเหนียวป้องกันการผ่านของก๊าซได้ดี	ใช้ทำขวดบรรจุน้ำดื่ม ขวดบรรจุของดอง ขวดแยม ขวดน้ำมันพืช ถาดอาหารสำหรับเตาอบ และเครื่องสำอาง สามารถนำมาขึ้นรูปใหม่เป็นเส้นใยสำหรับทำเสื้อกันหนาว พรม ใยสังเคราะห์สำหรับยัดหมอน ถุงหูหิ้ว และกระเป๋า
	พอลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene, HDPE)	เป็นพลาสติกที่มีความหนาแน่นสูงค่อนข้างนิ่ม มีความเหนียวไม่แตกง่าย	ใช้ทำขวดนมขวดน้ำ ขวดโยเกิร์ต บรรจุภัณฑ์สำหรับน้ำยาทำความสะอาด แชมพู สระผม แป้งเด็ก และถุงหูหิ้วสามารถนำมาขึ้นรูปใหม่เป็นขวดใส่น้ำยาซักผ้า ขวดน้ำมันเครื่อง ท่อ ลังพลาสติก ไม้เทียม
	พอลิไวนิลคลอไรด์ Poly (vinyl Chloride, PVC)	เป็นพลาสติกที่มีลักษณะแข็งและนิ่ม สามารถผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายรูปแบบ มีสีสันสวยงาม	ใช้ทำท่อน้ำประปา สายยางใส แผ่นฟิล์มสำหรับห่ออาหาร ม่านในห้องอาบน้ำ แผ่นกระเบื้องยาง แผ่นพลาสติกปูโต๊ะ ขวดใส่แชมพูสระผมประตู หน้าต่าง วงกบ และหนังเทียม สามารถนำมาขึ้นรูปใหม่เป็นท่อน้ำประปา หรือรางน้ำสำหรับการเกษตร กรวยจราจร เฟอร์นิเจอร์ ม้านั่งพลาสติก ตลับเทป สายเคเบิล
	พอลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นต่ำ (Low density Polyethylene, LDPE)	เป็นพลาสติกที่มีความหนาแน่นต่ำ มีความนิ่มกว่า HDPE มีความเหนียว ยืดตัวได้	ใช้ทำถุงเย็นสำหรับบรรจุอาหาร ถุงใส่ขนมปัง ฟิล์มห่ออาหารและห่อของ สามารถนำมาขึ้นรูปใหม่เป็นถุงดำสำหรับใส่ขยะ ถุงหูหิ้ว ถังขยะ

ตารางที่ 2.4 (ต่อ) สัญลักษณ์ที่ใช้แทนพลาสติกแต่ละชนิดและลักษณะการใช้งานของพลาสติก

สัญลักษณ์	ชื่อของพลาสติก	ลักษณะทั่วไป	การใช้งาน
	พอลิโพรพิลีน (Polypropylene, PP)	เป็นพลาสติกที่ส่วนใหญ่มีความหนาแน่นค่อนข้างต่ำ มีความแข็งและเหนียว คงรูปดีทนต่อความร้อน และสารเคมี	ใช้ทำภาชนะบรรจุอาหาร เช่น กล่อง ชาม จาน ถังตะกร้า กระบอกใส่น้ำแช่เย็น ขวดซอส แก้วน้ำพลาสติก ขวดโยเกิร์ต และขวดบรรจุยา สามารถนำมาขึ้นรูปใหม่เป็นกล่องแบตเตอรี่ในรถยนต์ ชิ้นส่วนรถยนต์ เช่น กันชน กรวยสำหรับเติมน้ำมัน ไฟท้าย และไม้กวาดพลาสติก
	พอลิสไตรีน (Polystyrene, PS)	เป็นพลาสติกที่มีความใสแข็งแต่เปราะแตกง่าย สามารถทำเป็นโฟมได้	ใช้ทำภาชนะบรรจุของใช้ เช่น เทปเพลง สำลี หรือภาชนะบรรจุของแห้ง เช่น หมูแผ่น หมูหยอง และคุ๊กกี้ นอกจากนี้ ยังนำมาทำโฟมสำหรับใส่อาหารPET HDPE PVC LDPE PP PS ซึ่งมีน้ำหนักเบามาก สามารถนำมาขึ้นรูปใหม่เป็นไม้แขวนเสื้อ กล่องวิดีโอ ไม้บรรทัด ถาดใส่ไข่ฉนวนกันความร้อน กระเปาะเทอร์โมมิเตอร์ แผงสวิตช์ไฟ และเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ
	พลาสติกอื่น ๆ (multilayered plastic materials)	เป็นพลาสติกที่นอกเหนือจากพลาสติกทั้ง 6 กลุ่ม	นิยมนำไปใช้ทำวัสดุที่พบมากมายหลากหลายรูปแบบ

ที่มา : เสรีย์ และคณะ, 2549

ตารางที่ 2.5 ชนิดและปริมาณบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่เก็บจากขยะตามบ้านเรือน เพื่อแปรรูปใช้ใหม่ในประเทศสหรัฐอเมริกา

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

ที่มา : ยงยุทธ, 2551

2.3 การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อม

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

โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้

ณ จุดคุ้มทุน $TR - TVC = TFC$ (2.4)

$TC = TFC + TVC$ (2.5)

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

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

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

$Q = TFC / (P - AVC)$ (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) (วาสนา, 2545)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Loultcheva และคณะ (1997) ได้ศึกษาผลของความแตกต่างระหว่างกระบวนการอัดรีดซ้ำแบบเกลียวหนอนเดี่ยวและกระบวนการอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่ โดยนำเอาขวด HDPE ที่ผ่านการใช้งานแล้วมาหลอมขึ้นรูปใหม่ พบว่า HDPE ที่ผ่านกระบวนการอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยวส่งผลต่อสมบัติเชิงกลและค่าความหนืดที่ลดลง เนื่องจากความยาวของสายโซ่โมเลกุลและน้ำหนักโมเลกุลลดลง อย่างไรก็ตาม HDPE ที่ผ่านกระบวนการอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่นั้นมีสมบัติเชิงกลที่ไม่เปลี่ยนแปลงแม้ผ่านกระบวนการขึ้นรูปใหม่ถึง 5 รอบ ส่วนค่าความหนืดเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ทั้งนี้คาดว่าเป็นผลมาจากการเกิดกิ่งสาขาขึ้นบนสายโซ่ของ HDPE ซึ่งสมบัติที่ต่างกันของ HDPE หลังผ่านกระบวนการอัดรีดด้วยอุปกรณ์ที่ต่างกัน มีสาเหตุมาจากระยะเวลาที่อยู่ภายในเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยวได้รับแรงเค้นเฉือนต่ำที่แตกต่างกัน โดยที่การอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยวได้รับแรงเค้นต่ำและระยะเวลาที่อยู่ภายในเครื่องอัดรีดนานกว่าเกลียวหนอนคู่แต่มีแรงเฉือนที่สูงกว่า

เพลินพิศ บูชาธรรมและคณะ (2541) ได้ศึกษาแนวทางในการนำขวดน้ำดื่มที่ใช้แล้วที่ทำจากพอลิเอธิลีนเทเรพธาเลท (PET) กลับมาใช้ใหม่ในรูปแบบของผลิตภัณฑ์สีอุตสาหกรรม โดยการย่อยสลายด้วยปฏิกิริยาไกลโคไลซิส โดยใช้ไตรเมทิลลอนโพรเพนและเพนตะอีริทริทอล หรือ เอธีลีนไกลคอล (EG) และเพนตะอีริทริทอล (PL) ในสัดส่วนต่าง ๆ เป็นปฏิกิริยา ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายจะนำมาทำปฏิกิริยาพอลิเอสเทอริฟิเคชันเพื่อเตรียมเรซิน ซึ่งผลิตภัณฑ์เรซินที่เตรียมได้นี้ได้แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ เรซิน ประเภทที่นำไปทำสีชนิดใช้น้ำเป็นตัวทำละลายหลักและเรซินประเภทที่นำไปทำสีชนิดใช้สารอินทรีย์เป็นตัวทำทะลายเพียงอย่างเดียว จากการศึกษาพบว่าสีที่ทำมาจากการย่อยสลายขวด PET ที่ใช้แล้วโดยใช้สัดส่วน PET : EG : PL = 1.0 : 0.5 : 0.5 มีสมบัติดีที่สุดและใกล้เคียงกับสีทั่วไปที่ใช้ในอุตสาหกรรมสี แม้ว่าจะมีค่าความเงางามต่ำกว่าแต่ก็อยู่ในระดับมาตรฐานเดียวกัน คือเป็นสีประเภทกึ่งเงา

นอกจากนี้การยึดเกาะและความทนแรงกระแทกต่ำกว่าเล็กน้อยคือจาก 1.25 kg/m เป็น 1.15 kg/m แต่สีที่เตรียมจากขวด PET ที่ใช้แล้วนี้ทนต่อการดัดโค้งด้วยกระบอกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 mm ได้ดีไม่แตกร้าวและนอกจากนี้ยังทนต่อน้ำและตัวทำละลายได้ดีอีกด้วย ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้สูงในการที่นำขวด PET ที่ใช้แล้วมาแปรสภาพเป็นสินค้าใหม่ในรูปแบบของสีอุตสาหกรรมทั้งนี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการช่วยลดมลภาวะ ซึ่งเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการ

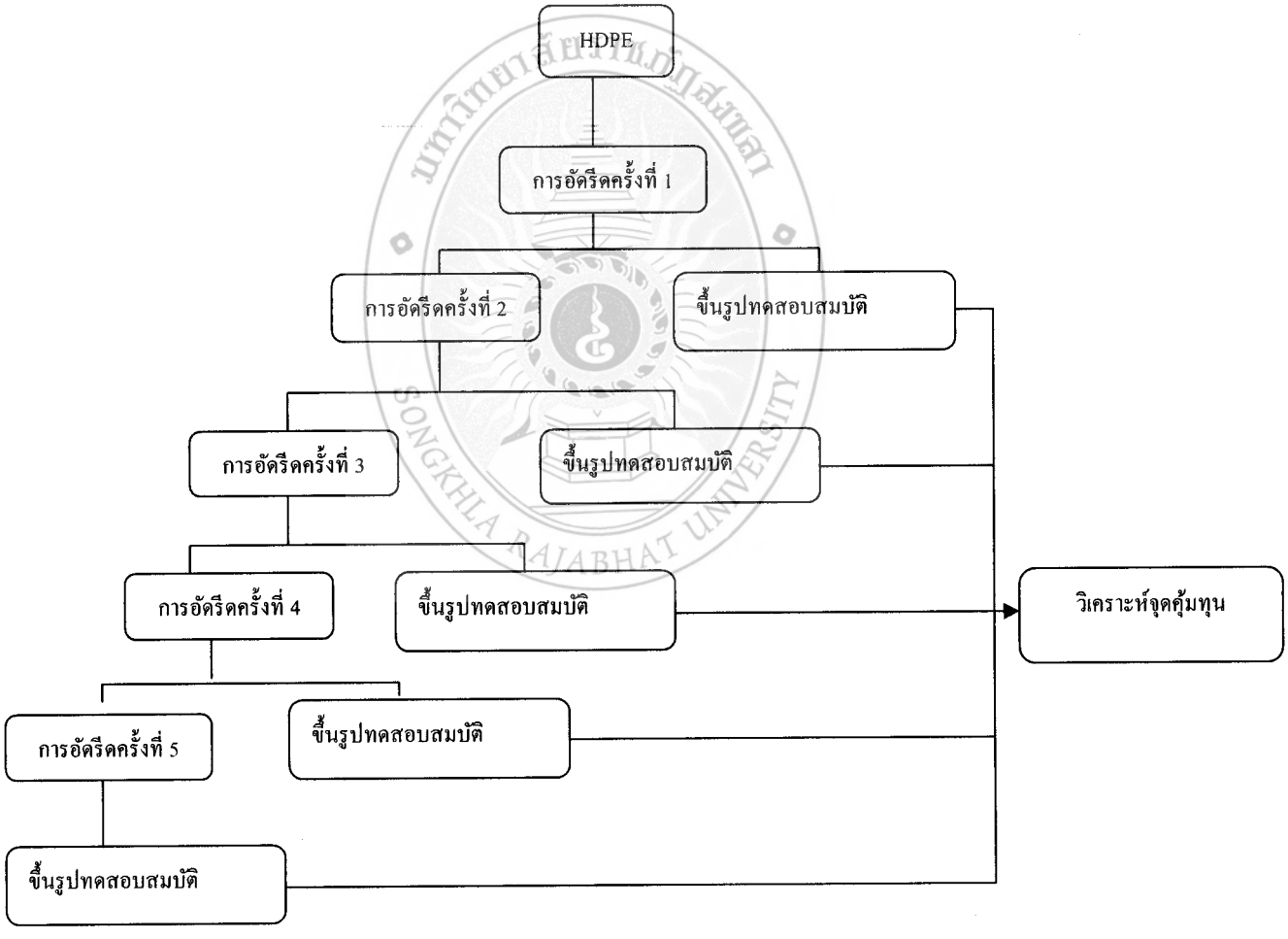
ลดขยะพลาสติกและช่วยแบ่งเบาภาระการกำจัดขยะ ในขณะเดียวกันเป็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างมีคุณค่าและมีประโยชน์สูงสุด

รุ่งโรจน์ (2542) ได้ศึกษาการนำพลาสติกมารีไซเคิลเพื่อช่วยลดปัญหาขยะซึ่งเป็นผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และช่วยลดต้นทุนการผลิตในอุตสาหกรรมฟิล์ม โดยสัดส่วนของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE) ที่ยังไม่ผ่านการใช้งานต่อเม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนรีไซเคิล มีผลต่อสมบัติเชิงกลของฟิล์มผสม จากการศึกษาพบว่าสมบัติ ความเค้นของแรงดึงที่จุดขาด, ความแค้นของแรงดึง ณ จุดคราก และความยืดที่จุดขาด ของฟิล์มลดลงตามปริมาณของเม็ดพลาสติก LDPE มารีไซเคิลที่เพิ่มขึ้น การเพิ่มปริมาณเม็ดพลาสติก LDPE รีไซเคิลทำให้ร้อยละความเป็นผลึกของฟิล์มลดลงจากร้อยละ 78 ไปเป็นร้อยละ 67 และสมบัติความต้านทานแรงดึงลดลงจาก 27 MPa ไปเป็น 17 MPa

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

3.1 บทนำ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติของพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีน ที่ผ่านกระบวนการรีไซเคิลแต่ละครั้งและศึกษาจุดคุ้มทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมในกระบวนการรีไซเคิลพลาสติก ดังรายละเอียดตามแผนผังในภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 แผนผังขั้นตอนของการทำวิจัย

3.2 วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัย

เม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (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 สามารถวัดอุณหภูมิที่กระบอกสกรูได้ 4 ตำแหน่ง และที่หัวดาย สามารถตั้งค่าอุณหภูมิได้ ตั้งแต่อุณหภูมิปกติจนถึง 300 องศาเซลเซียส สกรูที่ใช้เป็นแบบสกรูผสม (mixing screw)

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

3. เครื่องตัดตัวอย่าง ใช้ในการตัดตัวอย่างให้เป็นรูปดัมเบล แสดงดังภาพที่ 3.5 ความดันเท่ากับ 250 psi

4. เครื่องทดสอบความต้านทานต่อแรงดึง ผลิตโดยบริษัท Narin Instrument Co. Ltd.

3.3 วิธีการดำเนินการทดลอง

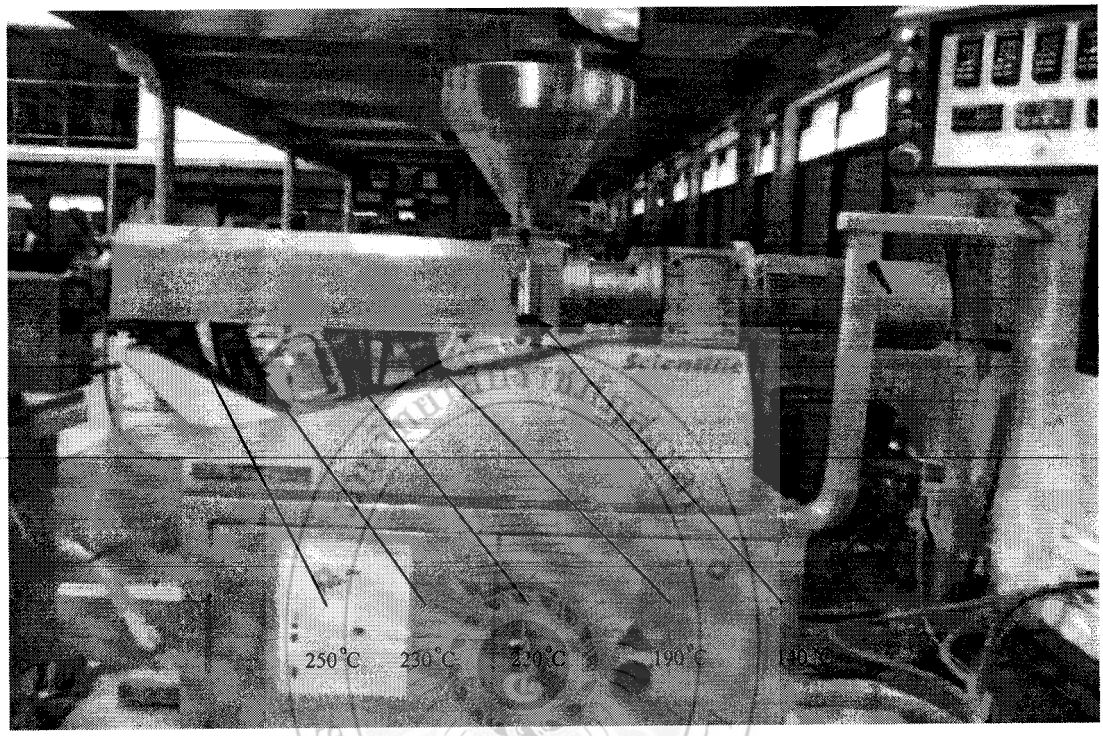
3.3.1 การเตรียมวัสดุ

เม็ดพลาสติก HDPE สำหรับงานวิจัยนี้ใช้เม็ดพลาสติกพอลีเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene: HDPE) เกรด HD5200B ซึ่งเป็นเกรดสำหรับเป่าขวด

3.3.2 กระบวนการอัดรีด

ใช้เม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene: HDPE) สภาวะที่ใช้ในการอัดรีด คือ ความเร็วสกรู 75 รอบ/นาที, อุณหภูมิที่ใช้แสดงช่วงจากกรวยป้อนเม็ดพลาสติกจนถึงหัวดาย เท่ากับ 140, 190, 220, 230, 250 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จะได้เม็ดพลาสติก

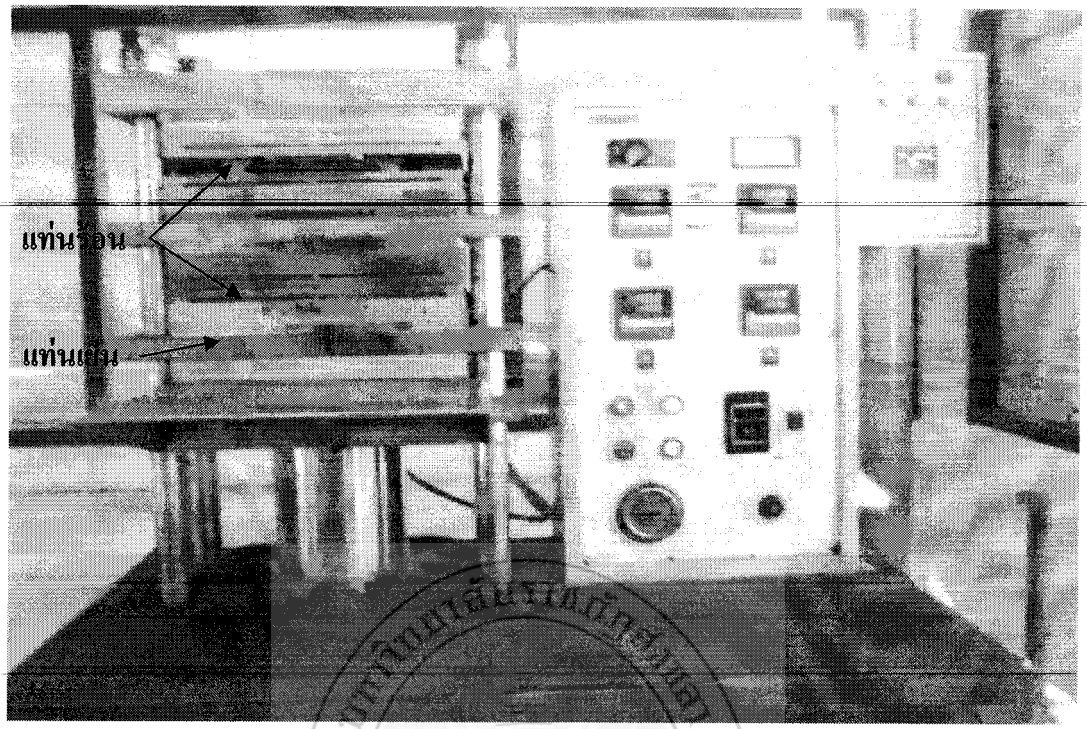
พอลิเอทิลีนที่ผ่านกระบวนการอัดรีดแต่ละครั้ง โดยภาพเครื่องอัดรีดสกรูเดี่ยวและตำแหน่งของอุณหภูมิแต่ละช่วงแสดงดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 เครื่องอัดรีดเกลียวหนอนเดี่ยวและระดับของอุณหภูมิแต่ละช่วง.

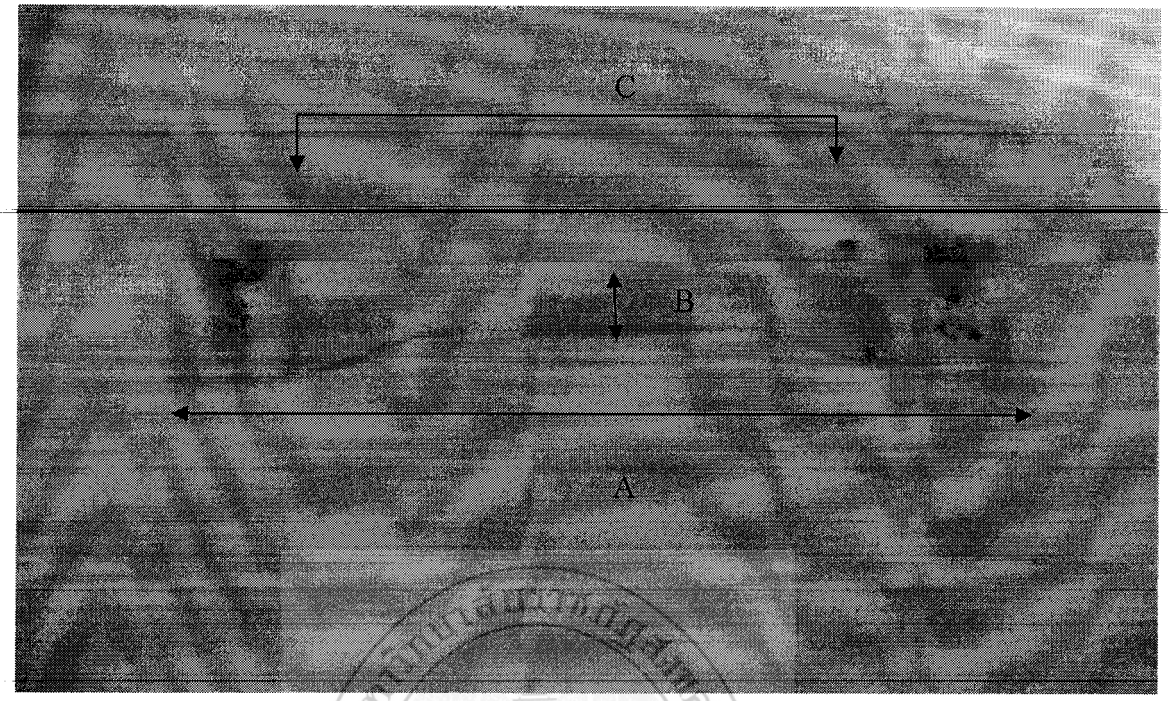
3.3.3 การอัดขึ้นรูป

ในขั้นตอนการอัดขึ้นรูปใช้เม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene : HDPE) ที่ผ่านการอัดรีดแต่ละครั้งในขั้นตอน 3.3.2 นำมาอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดเบ้าไฮโดรลิก โดยใช้แม่พิมพ์ที่มีลักษณะเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมมีขนาดความกว้าง 17 เซนติเมตร ยาว 17 เซนติเมตร หนา 0.314 เซนติเมตร แสดงดังภาพที่ 3.4 และขึ้นรูปโดยใช้อุณหภูมิที่ 180 องศาเซลเซียส ซึ่งเริ่มจากการอุ่นแม่พิมพ์ให้ร้อนแล้วจึงอัดร้อนขึ้นรูปเป็นเวลา 20 นาที จากนั้นหล่อเย็นอีก 20 นาที จากนั้นนำแผ่นชิ้นงานทดสอบไปตัดชิ้นงานทดสอบความต้านทานแรงดึง โดยใช้เครื่องตัดตัวอย่าง ซึ่งมีรูปร่างชิ้นงานตามมาตรฐาน ASTM D 638 Type I และชิ้นงานที่ได้มีลักษณะแสดงดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.3 เครื่องอัดเบ้าแบบไฮไดลิก

ภาพที่ 3.4 เบ้า



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

3.3.4 การทดสอบสมบัติของพลาสติก

3.2.4.1 การทดสอบสมบัติความต้านทานต่อแรงดึง (Tensile properties)

การทดสอบความต้านทานแรงดึงของวัสดุ เป็นตัวบอกความสามารถในการทนรับแรงดึงของวัสดุจนขาดในระยะเวลาสั้นๆ ด้วยอัตราการดึงคงที่ โดยการเตรียมชิ้นงานสำหรับทดสอบจะให้อยู่ในรูปของดัมเบล (Dumbbell) ตามมาตรฐาน ASTM D 638 Type I ซึ่งชิ้นงานมีขนาดความยาว 120 มิลลิเมตร ความกว้าง 10 มิลลิเมตร ระยะจับชิ้นทดสอบชิ้นทดสอบก่อนดึง 80 มิลลิเมตร แสดงดังภาพที่ 3.5 การทดสอบทำได้โดยนำชิ้นงานที่เตรียมไว้ไปจับยึดด้วยหัวจับขนาด 5 กิโลนิวตัน ที่ปลายทั้งสองข้างของชิ้นงาน แล้วทำการดึงชิ้นงานด้วยเครื่อง universal testing machine ดังภาพที่ 3.6 ด้วยอัตราเร็ว 50 มิลลิเมตรต่อนาที จนชิ้นงานแยกขาดจากกัน โดยผลการทดลองที่ได้จะแสดงในภาพความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น (Stress) และความเครียด (Strain)

สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

ภาพที่ 3.6 เครื่อง universal testing machine

ข้อมูลที่ต้องคำนวณจากผลการทดลองได้แก่

ก. สูตรหาค่าความต้านทานต่อแรงดึง ณ จุดขาด (Tensile Strength ; TS)

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

เมื่อ F : แรงที่ดึงชิ้นทดสอบ ณ จุดขาด (นิวตัน)

A : พื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบก่อนดึง (ตารางมิลลิเมตร)

ข.สูตรหาค่าเปอร์เซ็นต์ในการยืดตัวสูงสุด (% Elongation)

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

โดยที่ ΔL : ระยะที่ยืดออกของชิ้นทดสอบ (มิลลิเมตร)

L_0 : พื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบก่อนดึง (มิลลิเมตร)

ว้ 8.4
พ127 ก
177258
19 ก.ค. 2556

ค. สูตรหาค่ายังมอดูลัส (Young's modulus)

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

เมื่อ stress หาค่าได้จากสมการที่ 3.1

เมื่อ strain หาค่าได้จากสมการที่ 3.2

3.4 วิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมในการรีไซเคิล

3.4.1. ในการศึกษาจุดคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ของการรีไซเคิลพลาสติกพอลิเอทิลีน (วาสนา, 2545) จะต้องทราบค่า ต้นทุนคงที่ และต้นทุนผันแปรของโครงการซึ่งหาได้จาก

ต้นทุนคงที่ = ต้นทุนเครื่องจักร

ต้นทุนผันแปร = ต้นทุนวัตถุดิบ

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

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

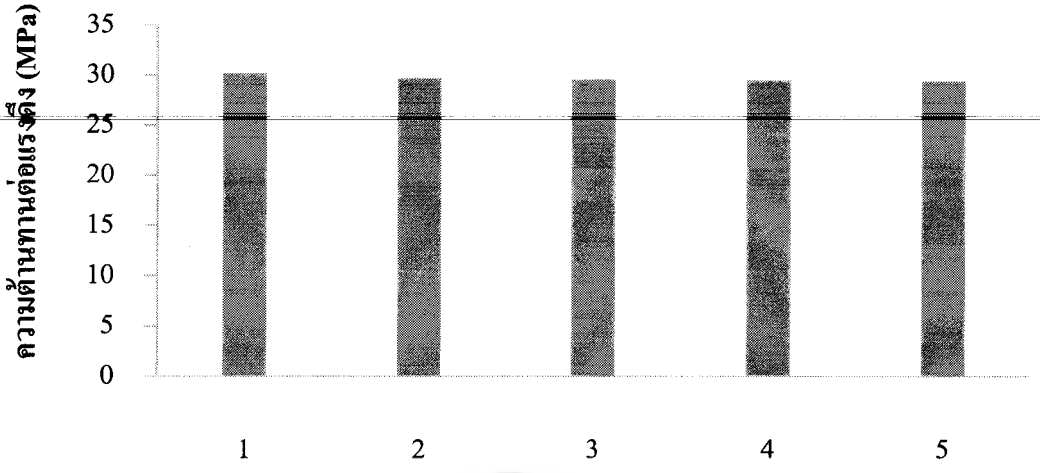
งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยสนใจศึกษาสมบัติของพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีน ที่ผ่านกระบวนการรีไซเคิลแต่ละครั้ง และเป็นการศึกษาจุดคุ้มทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมในกระบวนการรีไซเคิลพลาสติก ซึ่งผลและการวิเคราะห์ผลการการทดลอง ได้แก่ ผลการทดสอบสมบัติ และผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ด้านสิ่งแวดล้อมในการรีไซเคิลพลาสติก ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.1 ผลการทดสอบสมบัติ

4.1.1 ผลการทดสอบความต้านทานต่อแรงดึง (Tensile Strength ; TS)

จากผลการทดสอบพบว่าค่าความต้านทานต่อแรงดึงของพลาสติกที่ผ่านการอัดรีดของครั้งที่ 1-5 มีค่าเท่ากับ 30.16, 29.69, 29.61, 29.53, 29.46 MPa ตามลำดับ จากภาพที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าความต้านทานต่อแรงดึงมีแนวโน้มลดลง เมื่อพลาสติกผ่านการอัดรีดหลายครั้ง ซึ่งคาดว่าอาจเกิดจากการอัดรีดพลาสติกซ้ำหลายครั้ง มีผลต่อการเสื่อมสภาพทางความร้อนของพลาสติก เนื่องจากแรงเฉือนเชิงกล (Mechanical Shear) ใน เครื่องอัดรีด ไปทำลายโซ่ของพอลิเมอร์ให้แตกออก ทำให้ความยาวของโมเลกุลและน้ำหนักโมเลกุลลดลง ซึ่งส่งผลให้สมบัติของพลาสติกมีแนวโน้มลดลง (นิลุบล, 2550)

จากการวิเคราะห์ความต้านทานต่อแรงดึงทางสถิติ สรุปได้ว่า มีค่าความต้านทานต่อแรงดึงเฉลี่ย 29.69 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ย 0.52 เมื่อทดสอบความแตกต่างของจำนวนครั้งในการอัดรีดพบว่าไม่มีความแตกต่างกันนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

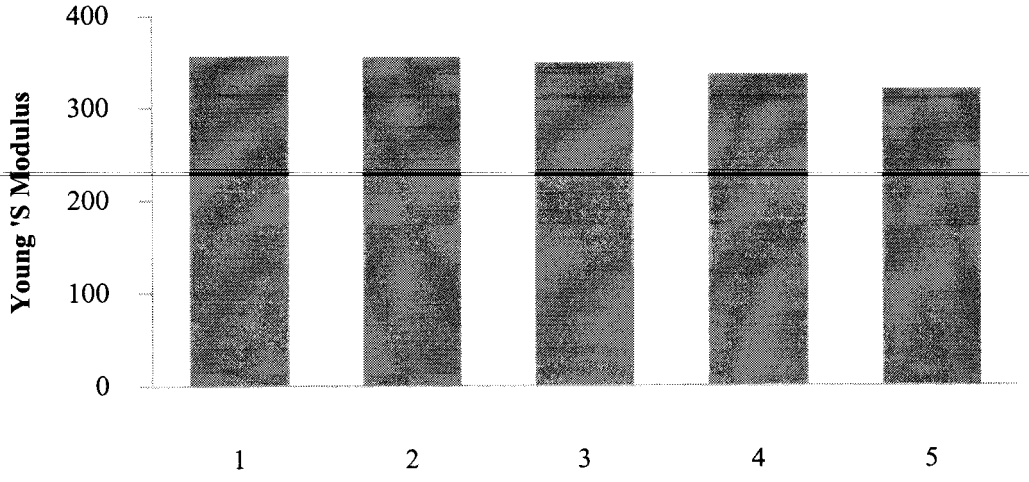


ภาพที่ 4.1 ผลการทดสอบความต้านทานต่อแรงดึง

4.1.2 ผลการทดสอบมอดุลัสยืดหยุ่น (Young's modulus)

ผลการทดสอบมอดุลัสยืดหยุ่นของพลาสติกที่ผ่านการอัดรีดของครั้งที่ 1-5 มีค่าเท่ากับ 356.16, 354.66, 348.32, 335.62, 318.64 MPa ตามลำดับ จากภาพที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าค่ามอดุลัสมีแนวโน้มลดลง เมื่อพลาสติกผ่านการอัดรีดหลายครั้ง ซึ่งคาดว่าอาจเกิดจากการอัดรีดพลาสติกซ้ำหลายครั้ง มีผลต่อการเสื่อมสภาพทางความร้อนของพลาสติก เนื่องจากแรงเฉือนเชิงกล (Mechanical Shear) ใน เครื่องอัดรีด ไปทำลายโซ่ของพอลิเมอร์ให้แตกออก ทำให้ความยาวของโมเลกุลและน้ำหนักโมเลกุลลดลง ซึ่งส่งผลให้สมบัติของพลาสติกมีแนวโน้มลดลง (นิลุบล, 2550)

จากการวิเคราะห์ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นทางสถิติ สรุปได้ว่า มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ย 342.68 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ย 33.55 เมื่อทดสอบความแตกต่างของจำนวนครั้งในการอัดรีดพบว่าไม่มีความแตกต่างกันนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

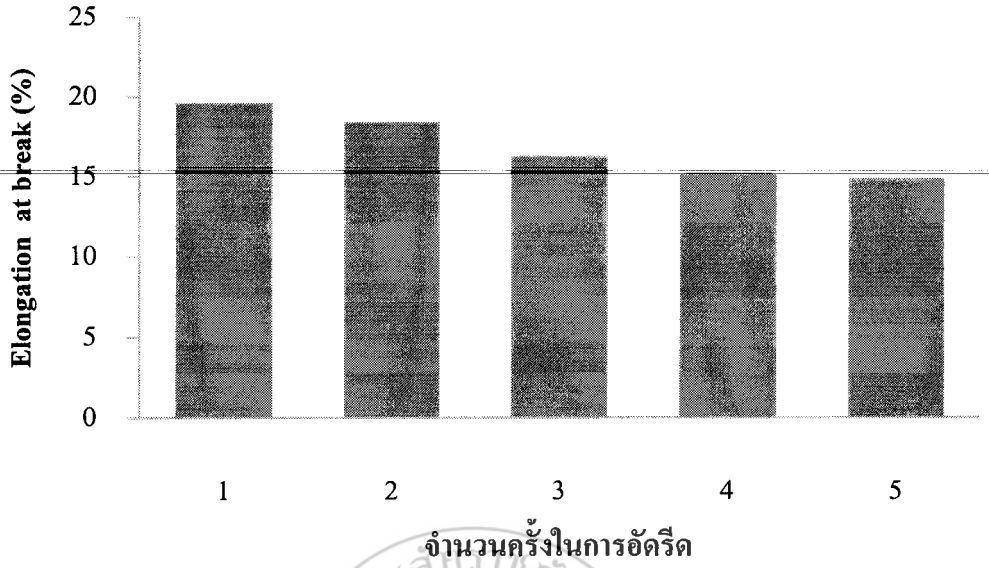


ภาพที่ 4.2 ผลการทดสอบมอดุลัสยืดหยุ่น

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

ผลการทดสอบเปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาด ของพลาสติกที่ผ่านการอัดรีดของครั้งที่ 1-5 มีค่าเท่ากับ 19.62, 18.42, 16.28, 15.12, 14.91 % ตามลำดับ จากภาพที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่า เปอร์เซ็นต์การยืดมีแนวโน้มลดลง เมื่อพลาสติกผ่านการอัดรีดหลายครั้ง ซึ่งคาดว่าอาจเกิดจากการอัดรีดพลาสติกซ้ำหลายๆครั้ง มีผลต่อการเสื่อมสภาพทางความร้อนของพลาสติก เนื่องจากแรงเฉือนเชิงกล (Mechanical Shear) ใน เครื่องอัดรีด ไปทำลายโซ่ของพอลิเมอร์ให้แตกออก ทำให้ความยาวของโมเลกุลและน้ำหนักโมเลกุลลดลง ซึ่งส่งผลให้สมบัติของพลาสติกมีแน้วโน้มลดลง (นิลุบล, 2550)

จากการวิเคราะห์ค่าเปอร์เซ็นการยืด ณ จุดขาดทางสถิติ สรุปได้ว่า มีค่าเปอร์เซ็นการยืด ณ จุดขาดเฉลี่ย 16.87 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ย 5.07 เมื่อทดสอบความแตกต่างของจำนวนครั้งในการอัดรีดพบว่าไม่มีความแตกต่างกันนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 4.3 ผลการทดสอบเปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาด

4.2 ผลวิเคราะห์จุดคุ้มทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมในการรีไซเคิลพลาสติก

จากการรีไซเคิลพลาสติกพอลิเอทิลีนจำเป็นต้องมีต้นทุน 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.ค่าวัตถุดิบ	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		

ในกระบวนการอัดรีดจะใช้เม็ดพลาสติกบริสุทธิ์กิโลกรัมละ 50 บาท (สมาคมอุตสาหกรรมพลาสติกไทย, 2555) ใน 1 วัน สามารถอัดรีดได้ประมาณ 24 กิโลกรัม/วัน 1 ปี สามารถอัดรีดได้ 5,760 กิโลกรัม/ปี เท่ากับปีละ 288,000 บาท /ปี ซึ่งผลิตภัณฑ์ 1 ชิ้น ใช้เม็ดพลาสติก 81.67 กรัม/ชิ้น หรือเท่ากับ 293 ชิ้น/วัน หรือ 70,320 ชิ้น/ปี โดยค่าแรงกำหนดวันละ 300 บาท/วัน (กระทรวงแรงงาน, 2555)

วิธีคำนวณ : หาปริมาณสินค้า ณ จุดคุ้มทุน ใช้สูตร

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

เมื่อ ต้นทุนคงที่รวม = 900,000 บาท

$$\text{ต้นทุนผันแปรเฉลี่ย} = \frac{\text{ต้นทุนผันแปรรวม}}{\text{ปริมาณสินค้าที่ผลิตได้}}$$

$$= \frac{360{,}000 \text{ บาท}}{70{,}320 \text{ ชิ้น}}$$

$$= 5.12 \text{ บาท/ชิ้น}$$

1 ชิ้น = 81.67 กรัม = 5.12 บาท

$$1000 \text{ กรัม} = \frac{1000 * 5.12}{81.67}$$

$$= 62.69 \text{ บาท/กิโลกรัม}$$

$\therefore$ ต้นทุนผันแปรเฉลี่ย = 62.69 บาท/กิโลกรัม

ราคาต่อหน่วยสินค้า = ราคาต่อชิ้นสินค้า

= 19 บาท/กิโลกรัม

(จากการสืบค้นข้อมูลจากประกาศใบแจ้งราคารับซื้อสินค้าของบริษัทวงษ์พาณิชย์ ปี 2555 http://www.wongpanit.com/wpnnew/images/1349333418.pdf)

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

$$= \frac{900{,}000}{43.69}$$

$$= 20{,}600 \text{ กิโลกรัม}$$

จากการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนของการรีไซเคิลพลาสติก โดยการคำนวณหาระดับการดำเนินงานของโครงการที่ปริมาณของสินค้ามีผลทำให้รายได้เท่ากับรายจ่ายในรอบระยะเวลา 1 ปี

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

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาสมบัติของพลาสติกพอลิเอทิลีนที่ผ่านกระบวนการรีไซเคิลแต่ละครั้งและศึกษาจุดคุ้มทุนในกระบวนการรีไซเคิลพลาสติกพอลิเอทิลีน โดยใช้เม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง ซึ่งสภาวะที่ใช้ในการอัดรีด คือ ความเร็วสกรู 75 รอบ/นาที, อุณหภูมิที่ใช้แสดงช่วงจากกรวยป้อนเม็ดพลาสติกจนถึงหัวดาย เท่ากับ 140, 190, 220, 230, 250 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จะได้เม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนที่ผ่านกระบวนการอัดรีดแต่ละครั้ง และนำมาอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดเบ้าไฮโดรลิก จากนั้นนำแผ่นชิ้นงานทดสอบไปตัดชิ้นงานทดสอบความต้านทานแรงดึง โดยใช้เครื่องตัดตัวอย่างโดยชิ้นงานที่ได้จะมีลักษณะเป็นรูปดัมเบล

จากผลการทดสอบพบว่าค่าความต้านทานต่อแรงดึงของพลาสติกที่ผ่านการอัดรีดของครั้งที่ 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 ผลการทดสอบเปอร์เซ็นต์การยืด ณ จุดขาด ของพลาสติกที่ผ่านการอัดรีดของครั้งที่ 1-5 มีค่าเท่ากับ 19.62, 18.42, 16.28, 15.12, 14.91 % ตามลำดับ

จากการนำผลการทดลองมาทำการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ค่าความต้านทานต่อแรงดึง ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น และค่าเปอร์เซ็นการยืด ณ จุดขาด ไม่มีความแตกต่างกันนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากการศึกษาจุดคุ้มทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์ในกระบวนการรีไซเคิลพลาสติกพอลิเอทิลีน พบว่าจะต้องขายผลิตภัณฑ์ให้ได้จำนวน 20,600 กิโลกรัม จึงจะทำให้การรีไซเคิลพลาสติกพอลิเอทิลีนถึงจุดคุ้มทุนพอดี ในกรณีที่ตั้งราคาขายผลิตภัณฑ์19 บาท/กิโลกรัม จึงจะทำให้รายได้ของโครงการเท่ากับรายจ่ายพอดี

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า สมบัติของพลาสติกมีแนวโน้มลดลง เมื่อพลาสติกผ่านการอัดรีดหลายครั้ง ซึ่งคาดว่าอาจเกิดจากการอัดรีดพลาสติกซ้ำหลายๆครั้ง มีผลต่อการเสื่อมสภาพทางความร้อนของพลาสติก เนื่องจากแรงเฉือนเชิงกล (Mechanical Shear) ในเครื่องอัดรีดไปทำลายโซ่ของพอลิเมอร์ให้แตกออก ทำให้ความยาวของโมเลกุลและน้ำหนักโมเลกุลลดลง ซึ่งส่งผลให้สมบัติของพลาสติกมีแนวโน้มลดลง (นิลุบล, 2550) และการศึกษาจุดคุ้มทุนพอดีในกระบวนการรีไซเคิล

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

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

บรรณานุกรม

นิรุต ราจุรักษ์สกุล. 2550. **การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการใช้พลังงานของเครื่องอัดรีดพลาสติกชนิดสกรูเดี่ยว**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมพลังงาน, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นิลุบล เผือกบัวขาว. 2550. **สมบัติเชิงกลและสัณฐานวิทยาของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูปใหม่โดยมีแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นสารเติมแต่ง**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวัสดุศาสตร์ ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรมบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

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

เพลินพิศ บูชาธรรม, นิตยา เกตุแก้ว และศรารัตน์ มหาศรานนท์. 2544. **การนำขวดน้ำดื่มพอลิเอทธิลีนเทเรพธาเลทกลับมาใช้ใหม่ในรูปของสี**. วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. :24 (2) : 193-208.

ยงยุทธ ข้ามสี่. 2551. **บรรจุภัณฑ์พลาสติกกับสิ่งแวดล้อม**. วารสารแม่โจ้ปริทัศน์. : 9 (3) : 38-43.

รุ่งโรจน์ ผูกพันธุ์. 2542. **สัณฐานวิทยาและสมบัติเชิงกลของฟิล์มที่จัดเรียงตัวในสองทิศทางของพอลิเอทิลีนเวียนทำใหม่**.วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาปิโตรเคมีและวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อาทิตยา ชาญชิต. 2548. **ผลกระทบจากการจัดตั้งเขตการค้าเสรีอาเซียนต่ออุตสาหกรรมปิโตรเคมี :กรณีศึกษาปิโตรเคมีขั้นปลาย**. 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. ใบแจ้งราคารับซื้อสินค้า.

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)

เสรีย์ ตู้ประกาย, สิรวัลภ์ เรืองช่วย และ ศิศีโรตม์ เกตุแก้ว. 2549. **กระบวนการคัดแยกพลาสติกเชิงไฟฟ้าสถิต.** มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

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

สมาคมอุตสาหกรรมพลาสติกไทย. 2555.**รายงานสถิติราคาเม็ดพลาสติก**.

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

Loultcheva, 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

ภาคผนวก ก

ข้อมูลการทดลอง

จากการเตรียมแผ่นพลาสติกที่ผ่านการอัดอัดรีดแต่ละครั้งมาอัดขึ้นรูป เมื่อศึกษาสมบัติ ความต้านทานต่อแรงดึง การยืดตัวสูงสุด และค่ายังมอดุลัส สามารถแสดงผลการทดลองได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 วิเคราะห์ค่าความต้านทานต่อแรงดึง โดยใช้โปรแกรม spss

Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
ความต้านทานต่อแรงดึง	อัดรีดครั้งที่ 1	5	30.1568	.3259	.1458	29.7521	30.5614	29.69	30.47
	อัดรีดครั้งที่ 2	5	29.6889	.4783	.2139	29.0950	30.2828	29.30	30.47
	อัดรีดครั้งที่ 3	5	29.6111	.6994	.3128	28.7427	30.4795	28.52	30.08
	อัดรีดครั้งที่ 4	5	29.5300	.6514	.2913	28.7212	30.3388	28.90	30.46
	อัดรีดครั้งที่ 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 การวิเคราะห์ค่าเปอร์เซ็นการยืดตัวสูงสุด โดยใช้โปรแกรม spss

Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
เปอร์เซ็นการยืดณ จุดขาด	อัดรีดครั้งที่ 1	5	19.6225	4.1478	1.8550	14.4723	24.7727	12.91	23.80
	อัดรีดครั้งที่ 2	5	18.4150	8.5652	3.8305	7.7799	29.0501	12.50	32.00
	อัดรีดครั้งที่ 3	5	16.2835	5.9253	2.6499	8.9263	23.6407	11.34	24.91
	อัดรีดครั้งที่ 4	5	15.1220	.7984	.3571	14.1306	16.1134	14.15	15.95
	อัดรีดครั้งที่ 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 การวิเคราะห์ค่ายังมอดุลัส โดยใช้โปรแกรม spss

Descrlptlves

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
มอดุลัสยืดหยุ่น	อัดรีดครั้งที่ 1	5	356.1600	31.0781	13.8985	317.5714	394.7486	305.40	388.10
	อัดรีดครั้งที่ 2	5	354.6600	37.3075	16.6844	308.3366	400.9834	309.90	395.80
	อัดรีดครั้งที่ 3	5	348.3200	35.1296	15.7104	304.7009	391.9391	308.80	388.20
	อัดรีดครั้งที่ 4	5	335.6200	36.2664	16.2188	290.5893	380.6507	289.80	389.40
	อัดรีดครั้งที่ 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
เปอร์เซ็นการยืด ณ จุดขาด	5.388	4	20	.004
มอดุลัสยืดหยุ่น	.435	4	20	.781

ตารางที่ 5 ANOVA

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

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา SONGKHLA RAJABHAT UNIVERSITY

ภาคผนวก ข
ตัวอย่างการคำนวณ

ภาคผนวก ข
ตัวอย่างการคำนวณ

ก. การหาปริมาตรของพิมพ์

ปริมาตร = กว้าง x ยาว x หนา

ตัวอย่างที่ 1 คำนวณหาปริมาตรของแม่พิมพ์

$V = 17 \times 17 \times 0.314$

$= 90.746\ cm^3$

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

$M = D \times V$

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

$= 81.67\ g$

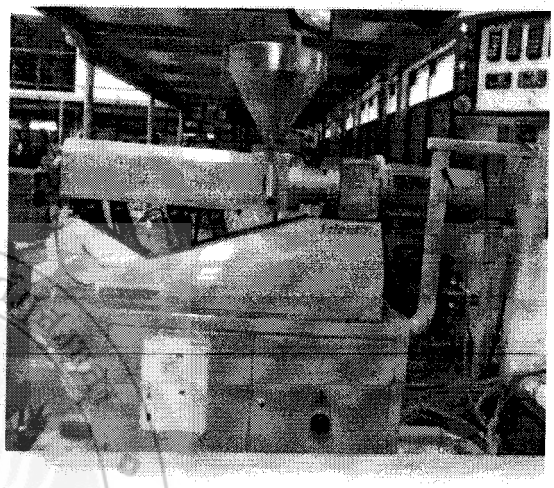
ภาคผนวก ค

ภาพประกอบการวิจัย

ภาคผนวก ค
ภาพประกอบการวิจัย

การอัดรีดโดยใช้เครื่อง Extruder

ภาพที่ ผค-1 เม็ดพลาสติกHDPE บริสุทธิ์

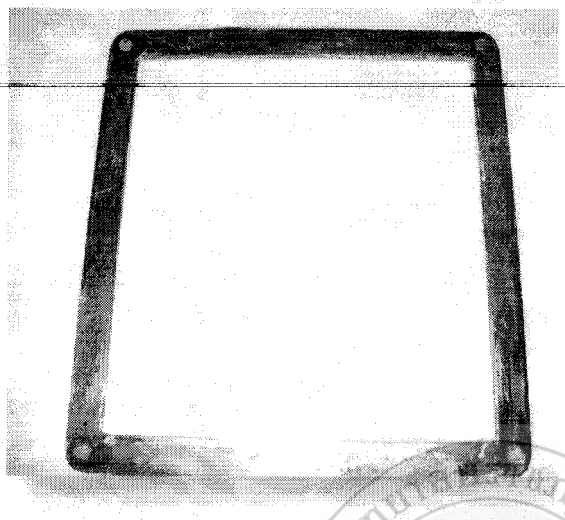


ภาพที่ ผค-2 เครื่องอัดรีด

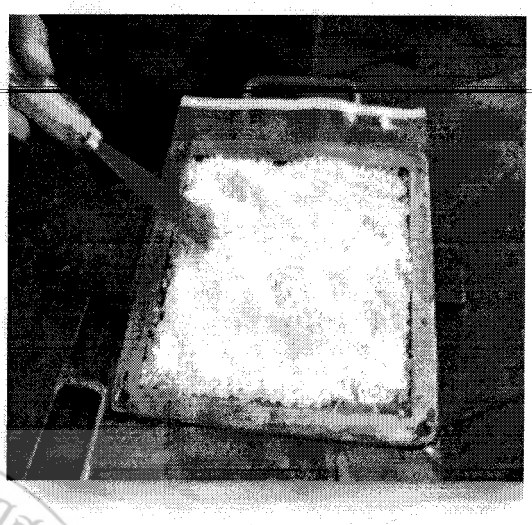
ภาพที่ ผค-3 เครื่องตัดเม็ดพลาสติก

ภาพที่ ผค-4 เม็ดพลาสติกที่ผ่านการอัดรีด

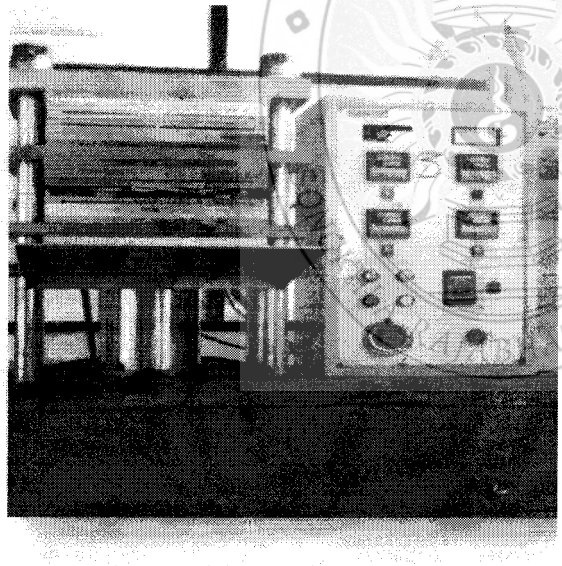
การอัดเบ้าโดยใช้เครื่องอัดเบ้าแบบไฮไดลิก



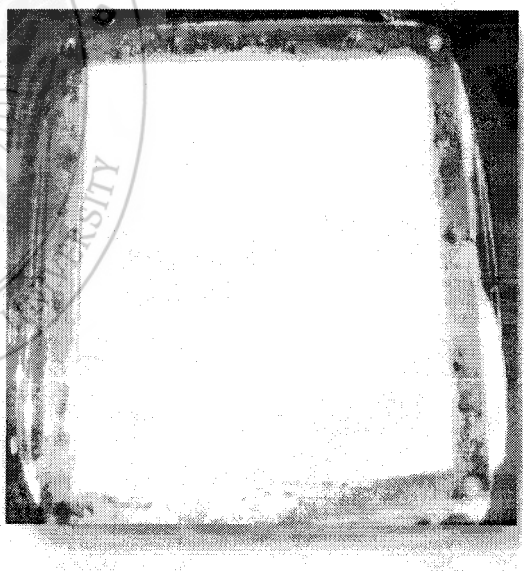
ภาพที่ ผค-5 เบ้า



ภาพที่ ผค-6 นำเม็ดพลาสติกใส่เบ้า

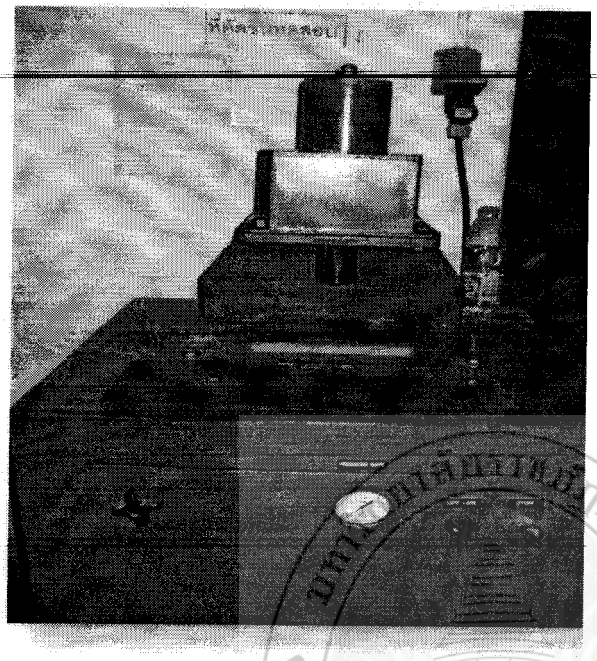


ภาพที่ ผค 7-เครื่องอัดเบ้าแบบไฮไดลิก

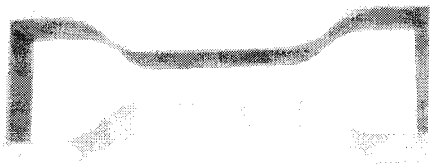


ภาพที่ ผค-8 แผ่นพลาสติกที่ผ่านการอัดขึ้นรูป

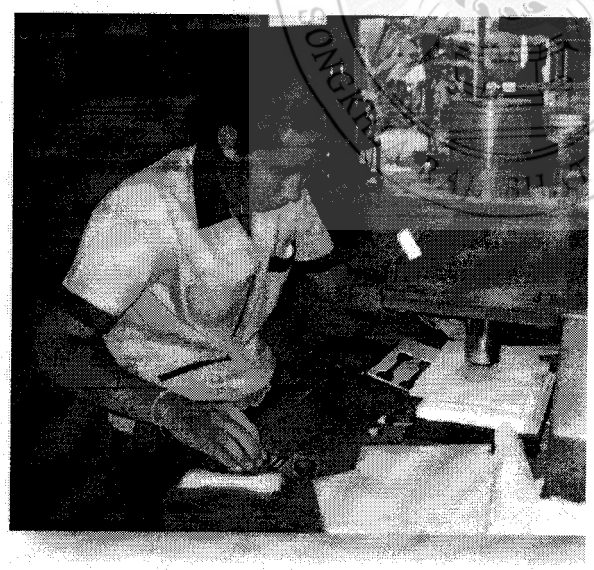
การตัดชิ้นทดสอบ



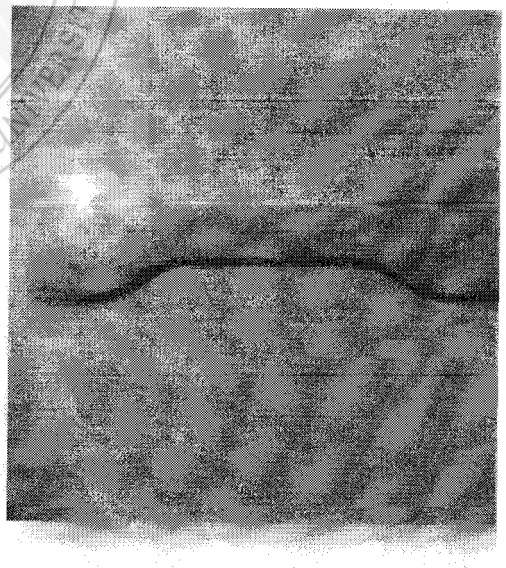
ภาพที่ ผค-9 เครื่องตัดชิ้นทดสอบ



ภาพที่ ผค-10 แม่พิมพ์สำหรับตัด

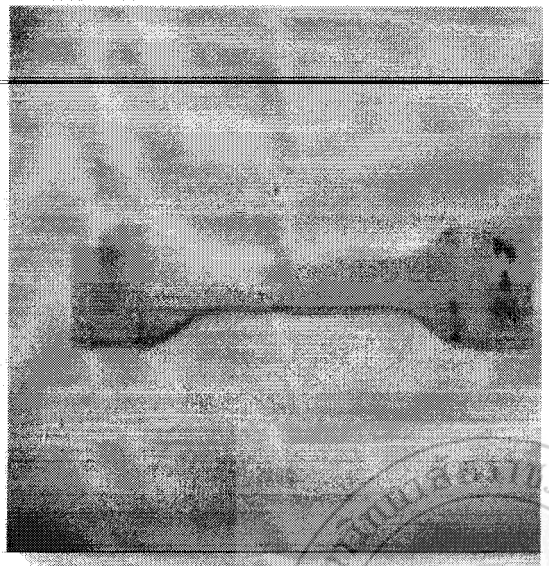


ภาพที่ ผค-11 การตัดชิ้นทดสอบ

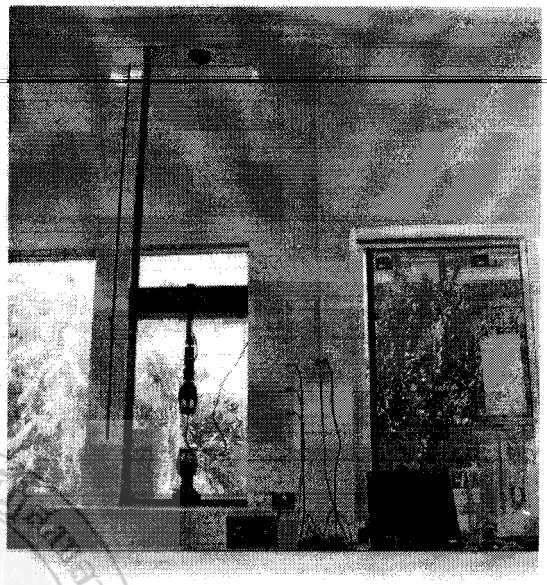


ภาพที่ ผค-12 ชิ้นทดสอบ

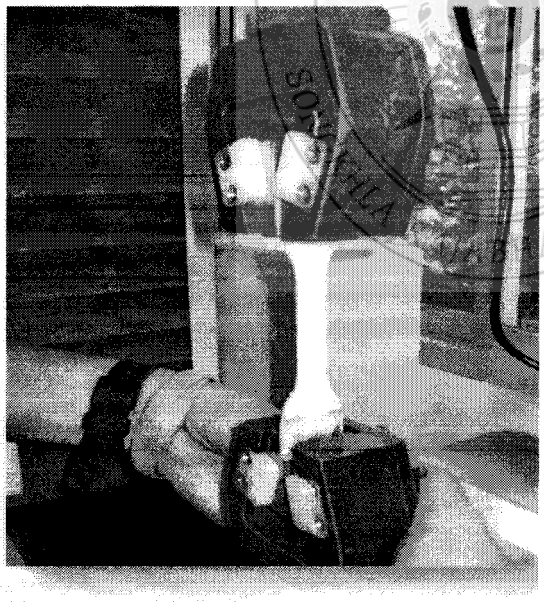
การทดสอบความต้านทานต่อแรงดึง



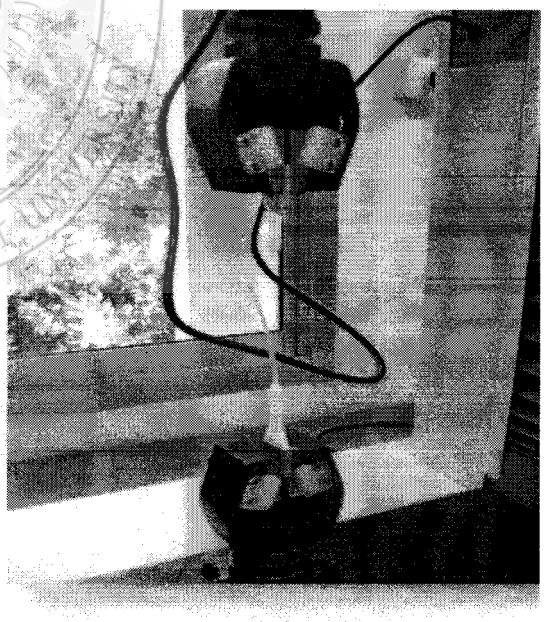
ภาพที่ ผค-13 ชิ้นทดสอบรูปดัมเบล



ภาพที่ ผค-14 เครื่องทดสอบความต้านทานต่อแรงดึง



ภาพที่ ผค-15 เตรียมตัวอย่างชิ้นทดสอบเข้าเครื่องทดสอบ



ภาพที่ ผค-16 ดึงชิ้นทดสอบจนขาดออกจากกัน

ภาคผนวก ง

แบบเสนอโครงร่างวิจัย

แบบเสนอโครงการวิจัย
โปรแกรมวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
วิจัยเฉพะทางสิ่งแวดล้อม (4003001)

1. ชื่อโครงการวิจัย การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมในการรีไซเคิลพลาสติก

Environment Economic Analysis of Plastics Recycling.

2. ปีการศึกษาที่ทำการวิจัย 2554

3. สาขาที่ทำการวิจัย วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

4. ประวัติของผู้วิจัย

4.1 นางสาวฟารีดา หมาดโซ๊ะ ศึกษาระดับปริญญาตรี
ชั้นปีที่ 4 โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
Miss. Fareeda Mardsoh, Education of Bachelor Degree 4,
Environmental Science,Faculty of Science and Technology,
Songkhla Rajabhat University
4.2 นางสาวสุกัญญา เตาวาโต ศึกษาระดับปริญญาตรี
ชั้นปีที่ 4 โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
Miss. Sukunya toawato, Education of Bachelor Degree 4,
Environmental Science,Faculty of Science and Technology,
Songkhla Rajabhat University

5. รายละเอียดเกี่ยวกับการวิจัย

5.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมาพลาสติกเป็นวัสดุที่ได้รับการใช้งานอย่างกว้างขวาง ในการดำรงชีวิต เนื่องจากพลาสติกเป็นวัสดุที่มีสมบัติเด่นหลายประการ เช่น ความหนาแน่นต่ำ (น้ำหนักเบา) ทนทาน และมีความยืดหยุ่นสูง เหมาะสำหรับการใช้งานด้านต่าง ๆ ตั้งแต่บรรจุภัณฑ์ อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและของเล่นเด็ก นอกจากนี้ยังเป็นวัสดุที่สามารถมาทำเป็นภาชนะ หรือของใช้แบบใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้งเนื่องจากมีราคาถูก มูลฝอยประเภทพลาสติกจึงถูกทิ้งในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและก่อให้เกิดมลภาวะเนื่องจากไม่มีการย่อยสลาย หรือย่อยสลายได้ยาก พลาสติกที่นิยมใช้และมีปริมาณการทิ้งมากที่สุดได้แก่ พลาสติกชนิดพอลิเอทิลีน (Polyethylene: PE)พอลิโพรพิลีน (Polypropylene: PP) พอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl Chloride : PVC) โพลิสไตรีน (Polystyrene : PS) พอลิเอทิลีนเทเรพเทเลต(Polyethylene Tarepthalate: PET) ซึ่งผลิตภัณฑ์พลาสติกที่มีการใช้มากที่สุดได้แก่ ขวดน้ำ ถุงพลาสติก ถุงบรรจุอาหารแช่แข็ง ฟิล์มเพื่อการเกษตร เครื่องใช้ไฟฟ้า ขวดแชมพู ส่วนใหญ่แล้วจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่นิยมและมีปริมาณขยะมากที่สุดเป็นพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนและพอลิโพรพิลีน ร้อยละ 65 (ยงยุทธ, 2551)

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมในการรีไซเคิลพลาสติก คือ การศึกษาจุดคุ้มทุนในการรีไซเคิลพลาสติก จากข้อมูลข้างต้นคณะผู้วิจัยจึงได้มุ่งศึกษาพลาสติกพอลิเอทิลีน ซึ่งจะเป็นการศึกษาสมบัติของพลาสติกพอลิเอทิลีน ที่ผ่านการรีไซเคิลแต่ละครั้ง และวิเคราะห์จุดคุ้มทุนพอดีในการรีไซเคิลพลาสติก คาดว่าการวิจัยครั้งนี้จะเป็นเลือกหนึ่งที่ลดปริมาณขยะพลาสติกที่เกิดขึ้นได้ในอนาคต

5.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสมบัติของพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีน ที่ผ่านกระบวนการรีไซเคิลแต่ละครั้ง
2. เพื่อศึกษาจุดคุ้มทุนพอดีในกระบวนการรีไซเคิลพลาสติกพอลิเอทิลีน

5.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ทราบสมบัติของพลาสติกพอลิเอทีลีน ที่ผ่านกระบวนการอัดรีดแต่ละครั้ง
2. ทราบจุดคุ้มทุนพอดีในการรีไซเคิลพลาสติกพอลิเอทีลีนได้
3. สามารถลดปริมาณพลาสติกพอลิเอทีลีน ที่มีปริมาณการใช้มากที่สุดได้

5.4 การประมวลเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

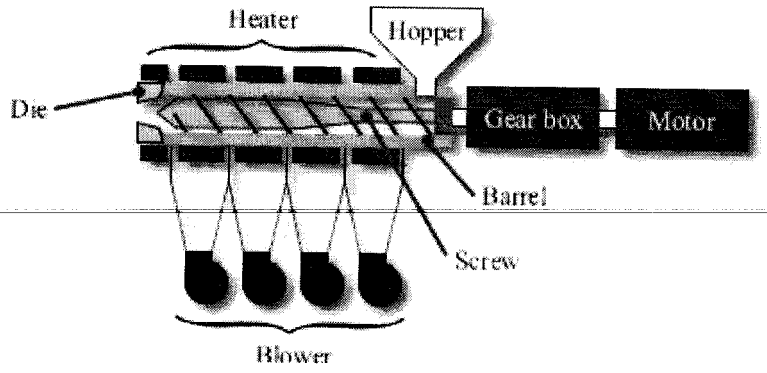
5.4.1 เทอร์มอพลาสติก

5.4.1.1 ความหมายของเทอร์มอพลาสติก

เทอร์มอพลาสติก เป็นวัสดุพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งที่อ่อนตัวเมื่อได้รับความร้อนและสามารถไหลได้เมื่อมีแรงกระทำระหว่างที่พอลิเมอร์ได้รับความร้อน เมื่อเย็นตัวลงพอลิเมอร์ประเภทนี้จะแข็งตัวและสามารถใช้งานได้ เช่นขวดน้ำ แผ่นพลาสติก ฟิล์มบรรจุภัณฑ์ ฯลฯ ตัวอย่างพลาสติก เช่น พอลิเอทิลีน พอลิโพรพิลีน พอลิสไตรีน สำหรับงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นศึกษาพลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.4.1.2 กระบวนการแปรรูปเทอร์มอพลาสติกด้วยเครื่องอัดรีดสกรูเดี่ยว

กระบวนการแปรรูปพลาสติกทำได้โดยการให้ความร้อนแก่เทอร์มอพลาสติกซึ่งอยู่ในรูปของเม็ดหรือผงเพื่อให้เกิดการหลอม จากนั้นให้แรงกระทำแก่เทอร์มอพลาสติกหลอมให้เกิดการไหลและได้รูปทรงดังกล่าวเมื่อการให้ความร้อนยุติลง (หรือเมื่อได้รับความเย็น) ซึ่งในกระบวนการแปรรูปเทอร์มอพลาสติกสามารถทำได้หลายวิธี แต่ในงานวิจัยนี้สนใจใช้กระบวนการแปรรูปเทอร์มอพลาสติกด้วยเครื่องอัดรีดสกรูเดี่ยว (Single screw extruder) ซึ่งเครื่องอัดรีดสกรูเดี่ยวประกอบด้วย มอเตอร์ (Motor) เฟืองทดลองความเร็ว (Gear box) กรวยป้อน (Hopper) กระบอก (Barrel) สกรู (Screw) เครื่องให้ความร้อน (Heater) และหัวดาย (Die) และ พัดลม (Blower) เพื่อควบคุมอุณหภูมิของกระบอกให้คงที่แน่นอนได้ แสดงดังภาพที่ 2.1 แต่ละช่วงของกระบอกสามารถตั้งอุณหภูมิได้ตามต้องการทุกขั้นตอนที่มีการให้ความร้อน บริเวณรอบฐานกรวยป้อนขณะทำงานจะต้องมีการหล่อเย็นด้วยน้ำ ทั้งนี้เพื่อป้องกันเม็ดเทอร์มอพลาสติกหลอมตรงช่องเข้า หรือโคนเกลียวหนอน ซึ่งหากเกิดขึ้นจะทำให้ไม่สามารถเข้าเครื่องอัดรีดได้การป้อนเทอร์มอพลาสติกเข้าได้ไม่เต็มที่



ภาพที่ 2.1 ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องอัดรีดพลาสติกชนิดสกรูเดี่ยว
ที่มา : นิรุต, 2550

สกรู (Screw) ประกอบอยู่กับระบบเฟืองขับ ตอนท้ายจะมีช่องทางนำเทอร์มอพลาสติกเข้าผ่านกรวยป้อน ที่กระบอกและเกลียวหนอนจะมีแรงกระทำ มีการเสียดสี และมีการกัดกร่อน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเลือกใช้เหล็กที่มีคุณภาพสูงทำเกลียวหนอน และกระบอกซึ่งส่วนใหญ่จะนำมาชุบแข็งด้วยวิธี nitriding (บรรเลง, 2546)

ขั้นตอนการอัดรีดเทอร์มอพลาสติกด้วยเครื่องอัดรีดแบบสกรูเดี่ยวเริ่มจากการป้อนเม็ดเทอร์มอพลาสติกที่กรวยเติมเทอร์มอพลาสติก จากนั้นเม็ดพลาสติกจะถูกนำไปยังหัวดายโดยอาศัยการหมุนของสกรูในกระบอกสกรู กระบอกสกรูทำหน้าที่ให้ความร้อนแก่เม็ดพลาสติกระหว่างการอัดรีด อย่างไรก็ตามความร้อนที่เกิดขึ้นจริงๆ นั้นมาจากทั้งการตั้งอุณหภูมิที่กระบอกและจากการเสียดสีระหว่างเม็ดเทอร์มอพลาสติกและกระบอกสกรู

5.4.1.3 สมบัติและการใช้งานเทอร์มอพลาสติก

เทอร์มอพลาสติกนับว่าเป็นวัสดุที่มีบทบาทและสำคัญมากในยุคปัจจุบันนี้ เพราะเทอร์มอพลาสติกมีสมบัติพิเศษดีเด่นกว่าโลหะตรงที่ไม่เกิดสนิม น้ำหนักเบา (ความหนาแน่นต่ำกว่าโลหะ) ขึ้นรูปหรือแปรรูปง่ายกว่าโลหะ บางชนิดให้ความโปร่งใส

ก. สมบัติทางกลของเทอร์มอพลาสติก (นิลุบล, 2550)

สมบัติเชิงกล คือ พฤติกรรมอย่างหนึ่งของวัสดุที่แสดงออกมา ในการออกแรงภายนอกที่มากระทำ เรียกว่า ความเค้น (Stress) วัดเป็นแรงต่อหน่วยพื้นที่ ดังสมการ (1.1) และส่วนอัตราส่วนระหว่างความยาวของวัสดุ ที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากวัสดุนั้นรับแรงกระทำดังกล่าวจนขาด เรียกว่า ความเครียด (Strain) ซึ่งความเครียดไม่มีหน่วยระบุกำกับไว้ แต่นิยมบอกเป็นเปอร์เซ็นต์การยืดตัวของวัสดุ (Elongation) แสดงดังสมการ (1.2)

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

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

เมื่อ F : แรงที่ดึงชิ้นทดสอบ ณ จุดขาด (นิวตัน)

A : พื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบก่อนดึง (มิลลิเมตร)

- สูตรหาค่าความสามารถในการยืดตัวสูงสุด (Elongation ;E)

$$\% E = (\Delta L / L_0) X 100 \qquad (1.2)$$

โดยที่ ΔL : ระยะที่ยืดออกในช่วงเริ่มต้นชิ้นทดสอบ (มิลลิเมตร)

L_0 : ความยาวเริ่มต้นของชิ้นทดสอบก่อนดึง (มิลลิเมตร)

การทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความแข็งแรงของวัสดุเมื่อได้รับแรงดึง ถ้าดึงชิ้นงานอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งวัสดุเกิดการแตกหัก ผลจากการวัดแรงที่มากระทำต่อวัสดุ ณ ตำแหน่งที่เกิดการแตกหักเรียกว่าความเค้นสูงสุดเนื่องจากแรงดึง (Ultimate Tensile Stress) หรือความต้านทานแรงดึง (Tensile Strength) สำหรับวัสดุอุดมคติที่มีสมบัติยืดหยุ่น ความเค้นเป็นสัดส่วนกับความเครียด อัตราส่วนระหว่างความเค้นและความเครียดนี้เป็นค่าคงที่ เรียกว่ามอดุลัส (Modulus) สำหรับการให้ความเค้นใดๆกับวัสดุที่มีมอดุลัสต่ำ วัสดุนั้นจะแสดงค่าความเครียดหรือระยะยืดหรือการสูญเสียรูปร่างของชิ้นงานได้สูงกว่าวัสดุที่มีมอดุลัสสูง ดังนั้น มอดุลัสของวัสดุจึงหมายถึง ความสามารถในการต้านทานต่อการสูญเสียรูปร่างของชิ้นงานนั่นเอง ในความเป็นจริงพลาสติกส่วนใหญ่จะประพฤติตัวตามแบบฮุคเกียน (Hookean's Behavior) เฉพาะเมื่อทดสอบด้วยอัตราเร็วในการยืดตัวต่ำ บางครั้งเรียกมอดุลัสของสภาพยืดหยุ่นว่า อิลาสติกมอดุลัส (Elastic Modulus) หรือมอดุลัสของยัง (Young's Modulus)การวัดมอดุลัสนี้ทำได้โดยการสร้างเส้นตรงสัมผัสกับช่วงต้นของเส้นโค้งความเค้น-ความเครียด จากนั้นคำนวณค่าความชันของเส้นสัมผัส ดังสมการ (1.3)

- สูตรหาค่ายังมอดุลัส (Young's modulus)

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

เมื่อ stress $= F_0 / A$

โดยที่ F_0 : แรงที่ดึงชิ้นทดสอบ ณ จุดขาด (นิวตัน)

A : พื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบก่อนดึง (มิลลิเมตร)

เมื่อ strain = ($\Delta L / L_0$)

ข. ผลิตภัณฑ์เทอร์มอพลาสติก

พอลิเอทิลีน(Polyethylene: PE) เป็นเทอร์มอพลาสติกชนิดหนึ่ง สังเคราะห์ได้จากน้ำมันปิโตรเลียม มีการนำไปใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมครัวเรือน อุตสาหกรรมยานยนต์ หรืออุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ พอลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene, HDPE) เป็น PE ชนิดหนึ่งองค์ประกอบเป็น $(CH_2- CH_2)_n$ มีลักษณะโครงสร้างเป็นเส้นตรง และส่วนที่เป็นกิ่งก้านน้อยมาก ผลิตโดยผ่านกระบวนการซีกเลอร์ (Ziegler Process) และกระบวนการฟิลลิปส์ (Phillips Process) (นิลุบล, 2550) มีการนำไปใช้งานในปริมาณมาก และหลากหลาย ทั้งในอุตสาหกรรมเกษตร ประมง บรรจุภัณฑ์ ฯลฯ เนื่องจากมีสมบัติเหมาะสม เช่น มีสมบัติเด่นด้านความสามารถในการขึ้นรูปง่าย มีความแข็งแรง มีความคงทนสูง มีความเหนียวและทนทานต่อแรงดึงปานกลาง เหมาะสำหรับบรรจุภัณฑ์ขวด ถุง และทำท่อน้ำที่ใช้ในการเกษตร งานฉีด งานเส้นใย แสดงตัวอย่างในตารางที่ 1 จึงเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางทั้งตลาดในประเทศและต่างประเทศ

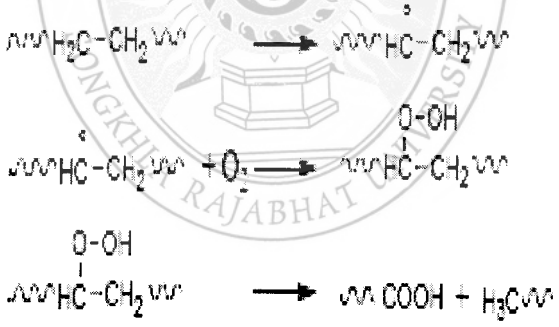
ตารางที่ 1 พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงเกรดต่างๆ

เกรดของ HDPE	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์
1. Injection Molding Grade	ถังแกลอนพลาสติก ถังขยะ ถาดใส่ขนมปัง ลังใส่ขวด ของเล่น และพวกชิ้นงานที่มีโครงสร้างซับซ้อน
2. Blow Molding Grade	ขวดต่างๆ เช่น ขวดนม ขวดน้ำ ขวดแชมพู และแกลลอนขนาดเล็ก
3. Film Extrusion Grade	ถุงช็อปปิ้งต่างๆ
4. Extrusion Sheet Grade	แผ่นพลาสติกที่ใช้ห่ออาหาร บรรจุอาหาร
5. Pipe Extrusion Grade	ท่อน้ำ ท่อร้อยสายไฟ และสายเคเบิล

ที่มา : นิลุบล, 2550

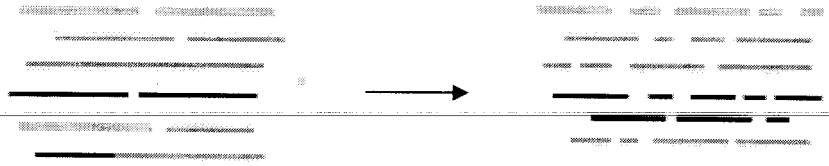
พอลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene, HDPE) นิยมนำกลับมาขึ้นรูปใหม่ หรือนำไปผสมกับเทอร์มอพลาสติกที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน แล้วขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ผลิตภัณฑ์ HDPE ที่นิยมนำมาขึ้นรูปใหม่ ได้แก่ บรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ เช่น ขวดน้ำดื่ม ขวดแชมพู ถังแกลลอนพลาสติก ถังขยะ ถาดใส่ขนมปัง ลัง และพวกพลาสติก HDPE ที่มีความแข็งโดยส่วนใหญ่เป็นเกรดฉีด (Injection Grade)

ปัจจุบันเป็นที่ทราบกันว่า เทอร์มอพลาสติกที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูปมาแล้ว จะมีสมบัติเชิงกลที่ด้อยกว่าพลาสติกที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน (นิลุบล, 2550) เนื่องจากในขั้นตอนการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิสูง พอลิเอทิลีนอาจสลายตัวหรือเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation Reaction) เกิดเป็นอนุมูลอิสระขึ้นบนสายโซ่ จากนั้นสามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในบรรยากาศกลายเป็นสารประกอบเปอร์ออกไซด์ และเกิดการสลายตัวต่อไป โดยแบ่งสายโซ่ออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกได้เป็นสายโซ่ไฮโดรคาร์บอนเช่นเดิม ส่วนที่สองได้เป็นสายโซ่ไฮโดรคาร์บอนที่ปลายข้างหนึ่งกลายเป็นหมู่คาร์บอกซิล ซึ่งสามารถเหนี่ยวนำให้เกิดการสลายตัวต่อไป แสดงกลไกการเกิดปฏิกิริยาดังภาพที่ 2.2 ทำให้ความยาวของสายโซ่โมเลกุลและน้ำหนักโมเลกุลลดลง แสดงโมเดลความยาวของสายโซ่พอลิเมอร์ก่อนและหลังการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันดังภาพที่ 2.3 ส่งผลให้สมบัติเชิงกลของเทอร์มอพลาสติกลดลง เช่น สมบัติการทนต่อแรงดึง และสมบัติการทนต่อแรงกระแทก



ภาพที่ 2 กลไกการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของ PE
ที่มา : นิลุบล, 2550

นอกจากนี้ควรคำนึงถึงความบริสุทธิ์ของเทอร์มอพลาสติกที่นำมาขึ้นรูปใหม่ ซึ่งหากกระบวนการแยกเทอร์พลาสติกไม่ดีพอ อาจทำให้เทอร์มอพลาสติกขึ้นรูปใหม่มีการปนเปื้อนของสิ่งสกปรก ส่งผลให้สมบัติเชิงกลของเทอร์พลาสติกลดลงเช่นกัน



ก่อนเกิดปฏิกิริยา หลังเกิดปฏิกิริยา

ภาพที่ 3 โมเดลแสดงความยาวของสายโซ่พอลิเมอร์ก่อนและหลังการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน
ที่มา : นิลุบล, 2550

ค. การใช้พลาสติกในประเทศไทย

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

5.4.1.4 เทอร์มอพลาสติกกับสิ่งแวดล้อมและการรีไซเคิลเทอร์มอพลาสติก

ก. เทอร์มอพลาสติกกับสิ่งแวดล้อม

พลาสติกเป็นวัสดุที่เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์เป็นอย่างมากและมีแนวโน้มการใช้งานที่เพิ่มมากขึ้นเพราะใช้ทดแทนทรัพยากรธรรมชาติ เช่น ไม้และเหล็กได้เป็นอย่างดี และมีราคาถูก น้ำหนักเบาสามารถผลิตให้มีสมบัติต่าง ๆ ตามที่ต้องการได้จากการเลือกชนิดของวัตถุดิบ กระบวนการผลิตและกระบวนการขึ้นรูปทำให้มีมีผลิตภัณฑ์เทอร์มอพลาสติกหลากหลายรูปแบบ และสีสันให้เลือกใช้อย่างมากมาย ด้วยสมบัติที่โดดเด่นหลายด้าน ทำให้เทอร์มอพลาสติกได้รับการยอมรับอย่างรวดเร็วและมีปริมาณการใช้งานเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ส่งผลให้เกิดขยะเทอร์มอพลาสติกในปริมาณสูงมากขึ้นตามด้วย ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (ยงยุทธ, 2551) ในหลายประเทศจะมีปริมาณขยะเพิ่มมากขึ้นทุกๆปี ก่อให้เกิดปัญหาในส่วนของสถานที่ทิ้งขยะและวิธีการกำจัด ซึ่งมักมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วยและยังต้องเสียค่าใช้จ่ายในแต่ละปีเป็นจำนวนมาก จากตารางที่ 2 มีการศึกษาพบว่า มีปริมาณขยะที่เกิดจากบรรจุภัณฑ์พลาสติกและโฟม ซึ่งอยู่ในรูปของวัสดุอุปกรณ์และเครื่องใช้ต่าง ๆ เช่น ถุง ถาดบรรจุอาหาร หรือตะกร้าบรรจุสิ่งของและวัสดุกันกระแทกให้กับสินค้า มีปริมาณ 12-20 เปอร์เซ็นต์ ข้อมูลจากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่ามีปริมาณขยะพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีนและพลาสติกพอลิเอทิลีน ที่สามารถนำมาทำเป็นถุงร้อน ถุงกระสอบพลาสติก ขวดบรรจุน้ำยาสระผม ขวดบรรจุน้ำยาทำความสะอาด ถุงเย็นและขวดน้ำดื่ม มีปริมาณมากที่สุด

ตารางที่ 2 ปริมาณขยะประเทศต่างๆของยุโรป 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 3 ปริมาณขยะพลาสติกที่พบตามบ้านของประเทศแถบยุโรป

ประเภทพลาสติก	ปริมาณขยะที่พบในขยะ (เปอร์เซ็น)
พอลิเอทิลีน+พอลิโพรพิลีน (PE+PP)	65
พอลิสไตรีน+โฟม (PS+EPS)	15
พอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC)	10
พอลิเอทิลีนเทเรพทาเลต (PET)	5
อื่นๆ	5

ที่มา : ยงยุทธ, 2551

ในกระบวนการผลิตและการกำจัดบรรจุภัณฑ์ อาจก่อให้เกิดมลพิษขึ้นในอากาศ ถ้าไม่มีการป้องกันและควบคุมที่ดี เช่น ในกระบวนการผลิตและทำลายพลาสติกหรือโฟม จะมีก๊าซต่าง ๆ ที่เกิดจากการเผาไหม้ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดภาวะเรือนกระจก ขยะยังทำให้เกิดมลพิษในแหล่งน้ำและทะเล ในประเทศที่มีโรงงานอุตสาหกรรมอยู่ จะมีกฎหมายเกี่ยวกับการควบคุมการปล่อยสารพิษลงในแม่น้ำลำคลอง การนำเอาเศษวัสดุหรือขยะจากบรรจุภัณฑ์ไปฝังในดินต้องมีการคำนึงสารพิษที่อาจปนเปื้อนและไหลซึมลงสู่แหล่งน้ำในดินด้วย นอกจากนี้ การทิ้งขยะที่เกลื่อนกลาดตามสถานที่ท่องเที่ยวตามชายทะเล ซึ่งส่วนหนึ่งมักจะเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ใช้บรรจุอาหารหรือเครื่องดื่ม ก็นับว่าเป็นสิ่งที่อาจก่อให้เกิดสารพิษที่เป็นอันตรายต่อสัตว์ที่อาศัยอยู่ในทะเลด้วย แล้วอาจจะมีผลต่อมนุษย์ ถ้ามีการนำเอาสัตว์ที่ได้รับสารพิษบางชนิดมาบริโภค เป็นเหตุให้ทรัพยากรธรรมชาติลดลง พลาสติกนั้นผลิตมาจากน้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน ในกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์ นอกจากทำให้วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตมีปริมาณลดลงแล้ว ยังต้องมีการนำเอาพลังงานมาใช้ด้วย ซึ่งแม้ว่าจะไม่มากเหมือนกับการใช้เพื่อการคมนาคมขนส่ง แต่ก็นับว่าเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้มีการเอาทรัพยากรธรรมชาติมาใช้เพื่อให้เป็นพลังงานเช่นกัน และขยะยังเป็นแหล่งพาหะของโรค และเป็นสิ่งรบกวนขยะที่อยู่บนพื้น ถ้าไม่มีการกำจัดอย่างดีแล้ว จะเป็นแหล่งเพาะพันธุ์หนู และแมลง ซึ่งเป็นพาหะนำโรคติดต่อมาสู่มนุษย์ ตลอดจนอาจส่งกลิ่นเหม็นรบกวน

ข. การรีไซเคิลเทอร์มอพลาสติก

การจัดการขยะเทอร์มอพลาสติกเป็นสิ่งจำเป็นต้องพิจารณาเพื่อลดผลกระทบของปัญหาขยะเทอร์มอพลาสติกที่เกิดขึ้น เทคนิคการนำขยะเทอร์พลาสติกกลับมาใช้ใหม่ อาจทำได้หลายวิธี ได้แก่

1) นำมาขึ้นรูปใหม่โดยผสมกับเทอร์มอพลาสติกที่ยังไม่ผ่านการใช้งานแล้วขึ้นรูปใหม่ นิยมใช้กับเทอร์มอพลาสติกประเภทพอลิโอเลฟิน (Polyolefins) เช่น PE และ PP

2) นำมาขึ้นรูปใหม่โดยผสมกับฟิลเลอร์ชนิดต่าง ๆ ซึ่งเรียกว่า วัสดุเชิงประกอบ (Composite) เพื่อให้ได้สมบัติตามต้องการ

3) นำมาทำให้แตกเป็นโมเลกุลเล็ก ๆ โดยปฏิกิริยาไฮโดรไลสิส หรือไพโรไลสิส ผลจากปฏิกิริยาจะได้สารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งนำไปใช้เป็นสารเคมี เชื้อเพลิงหรือกลับไปเป็นมอนอเมอร์เพื่อสังเคราะห์เป็นพอลิเมอร์ขึ้นมาใหม่

กระบวนการนำเทอร์มอพลาสติกกลับมาใช้ใหม่โดยการนำมาขึ้นรูปใหม่เริ่มต้นด้วยการแยกเทอร์มอพลาสติกชนิดต่าง ๆออกจากกัน เนื่องจากเทอร์มอพลาสติกแต่ละชนิดมีสมบัติแตกต่างกัน เช่น จุดหลอมเหลว ความหนาแน่น ความแข็ง ความนิ่ม ความใส เมื่อแยกเทอร์มอพลาสติกแต่ละชนิดออกจากกันแล้ว จะมัดรวมกันเป็นก้อน เพื่อแยกส่งไปยังโรงงานผลิตเม็ดเทอร์มอพลาสติกสำหรับขึ้นรูปใหม่ ซึ่งจะบดเทอร์มอพลาสติกให้เป็นชิ้นเล็ก และล้างทำความสะอาดในบ่อน้ำขนาดใหญ่ ในขั้นตอนนี้ จะกำจัดฝุ่นและสิ่งสกปรกออกไป จากนั้นนำชิ้นเทอร์มอพลาสติกไปทำให้แห้งโดยการตากแดด หรือใช้อากาศร้อน แล้วเข้าสู่ขั้นตอนการหลอมชิ้นเทอร์มอพลาสติกผ่านเครื่องหลอมอัดรีดออกมาเป็นเส้น ก่อนตัดให้เป็นเม็ดขนาดเล็กบรรจุลงกล่องเพื่อส่งไปยังโรงงานขึ้นรูปเทอร์มอพลาสติกให้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ โดยมีสัญลักษณ์ที่ใช้ในการระบุหมายเลขแสดงชนิดของพลาสติกที่นำมาขึ้นรูปใหม่ (นิลุบล, 2550) ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สัญลักษณ์ที่ใช้แทนพลาสติกแต่ละชนิดและลักษณะการใช้งานของพลาสติก

สัญลักษณ์	ชื่อของพลาสติก	ลักษณะทั่วไป	การใช้งาน
	พอลิเอทิลีนเทเรพแทเลต (Polyethylene Terepthalate, PET)	เป็นพลาสติกที่ส่วนใหญ่มีความใส มองทะลุได้ มีความแข็งแรงทนทานและเหนียวป้องกันการผ่านของก๊าซได้ดี	ใช้ทำขวดบรรจุน้ำดื่ม ขวดบรรจุของดอง ขวดแยม ขวดน้ำมันพืช ถาดอาหารสำหรับเตาอบ และเครื่องสำอาง สามารถนำมาขึ้นรูปใหม่เป็นเส้นใยสำหรับทำเสื้อกันหนาว พรม ใยสังเคราะห์สำหรับยัดหมอน ถุงหูหิ้ว และกระเป๋า
	พอลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene, HDPE)	เป็นพลาสติกที่มีความหนาแน่นสูง ค่อนข้างนิ่ม มีความเหนียวไม่แตกง่าย	ใช้ทำขวดนมขวดน้ำ ขวดโยเกิร์ต บรรจุภัณฑ์สำหรับน้ำยาทำความสะอาด แชมพู สระผม แป้งเด็ก และถุงหูหิ้วสามารถนำมาขึ้นรูปใหม่เป็นขวดใส่น้ำยาซักผ้า ขวดน้ำมันเครื่อง ท่อ ลังพลาสติก ไม้เทียม
	พอลิไวนิลคลอไรด์ Poly (vinyl Chloride, PVC)	เป็นพลาสติกที่มีลักษณะแข็งและนิ่ม สามารถผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายรูปแบบ มีสีสันสวยงาม	ใช้ทำท่อน้ำประปา สายยางใส แผ่นฟิล์มสำหรับห่ออาหาร ม่านในห้องอาบน้ำ แผ่นกระเบื้องยาง แผ่นพลาสติกปูโต๊ะ ขวดใส่แชมพูสระผมประตู หน้าต่าง วงกบ และหนังเทียม สามารถนำมาขึ้นรูปใหม่เป็นท่อน้ำประปา หรือรางน้ำสำหรับการเกษตร กรวยจราจร เฟอร์นิเจอร์ ม้านั่งพลาสติก ตลับเทป สายเคเบิล
	พอลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นต่ำ (Low density Polyethylene, LDPE)	เป็นพลาสติกที่มีความหนาแน่นต่ำ มีความนิ่มกว่า HDPE มีความเหนียว ยืดตัวได้ในระดับหนึ่ง ส่วนใหญ่ใสมองเห็นได้	ใช้ทำถุงเย็นสำหรับบรรจุอาหาร ถุงใส่ขนมปัง ฟิล์มห่ออาหารและห่อของ สามารถนำมาขึ้นรูปใหม่เป็นถุงดำสำหรับใส่ขยะ ถุงหูหิ้ว ถังขยะ

ตารางที่ 4 (ต่อ) สัญลักษณ์ที่ใช้แทนพลาสติกแต่ละชนิดและลักษณะการใช้งานของพลาสติก

สัญลักษณ์	ชื่อของพลาสติก	ลักษณะทั่วไป	การใช้งาน
	พอลิโพรพิลีน (Polypropylene, PP)	เป็นพลาสติกที่ส่วนใหญ่มีความหนาแน่นค่อนข้างต่ำ มีความแข็งและเหนียว คงรูปดี ทนต่อความร้อนและสารเคมี	ใช้ทำภาชนะบรรจุอาหาร เช่น กล่อง ชาม จาน ถังตะกร้า กระบอกใส่น้ำแช่เย็น ขวดซอส แก้วน้ำพลาสติก ขวดโยเกิร์ต และขวดบรรจุยา สามารถนำมาขึ้นรูปใหม่เป็นกล่องแบตเตอรี่ในรถยนต์ ชิ้นส่วนรถยนต์ เช่น กันชน กรวยสำหรับเติมน้ำมัน ไฟท้าย และไม้กวาดพลาสติก
	พอลิสไตรีน (Polystyrene, PS)	เป็นพลาสติกที่มีความใสแข็งแต่เปราะแตกง่าย สามารถทำเป็นโฟมได้	ใช้ทำภาชนะบรรจุของใช้ เช่น เทปเพลง สำลี หรือภาชนะบรรจุของแห้ง เช่น หมูแผ่น หมูหยอง และคุ๊กกี้ นอกจากนี้ ยังนำมาทำโฟมสำหรับใส่อาหารPET HDPE PVC LDPE PP PS ซึ่งมีน้ำหนักเบามาก สามารถนำมาขึ้นรูปใหม่เป็นไม้แขวนเสื้อ กล่องวิดีโอ ไม้บรรทัด ถาดใส่ไข่ฉนวนกันความร้อน กระเปาะเทอร์โมมิเตอร์ แผงสวิตช์ไฟ และเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ
	พลาสติกอื่นๆ (multilayered plastic materials)	เป็นพลาสติกที่นอกเหนือจากพลาสติกทั้ง 6 กลุ่ม	นิยมนำไปใช้ทำวัสดุที่พบมากมายหลากหลายรูปแบบ

ที่มา : เสรีย์ และคณะ, 2549

แนวทางการแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับขยะเทอร์มอพลาสติกสามารถทำได้โดย ลดปริมาณการใช้ลง (reduce) คือ การนำเอาบรรจุภัณฑ์มาใช้ ควรใช้อย่างประหยัดและให้คุ้มค่า ไม่นำมาใช้อย่าง

ฟุ่มเฟือยโดยมีความจำเป็น เช่น ปฏิเสธในการใช้ถุงพลาสติกบรรจุสินค้าจากห้างสะดวกซื้อ (ถ้าสินค้ามีปริมาณไม่มากนัก) หรือการใช้ถุงกระดาษหรือถุงผ้าแทนถุงพลาสติก ซึ่งยังช่วยลดโอกาสการปนเปื้อนของสารไดออกซินได้อีกด้วย ในการลดการใช้บรรจุภัณฑ์ อาจกระทำโดยการลดปริมาณวัสดุที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ลงก็ได้ ในปัจจุบันได้มีการผลิตบรรจุภัณฑ์ชนิดที่ใช้วัสดุที่ใช้ทำให้น้อยลงโดยการปรับปรุงส่วนผสมของวัตถุดิบและการนำเทคโนโลยีใหม่มาออกแบบบรรจุภัณฑ์ การนำมาใช้หมุนเวียนและใช้ซ้ำ (return and reuse) คือ การนำเอาบรรจุภัณฑ์ที่ใช้หมุนเวียนได้มาใช้ สามารถลดการใช้วัสดุและพลังงานในการผลิตบรรจุภัณฑ์ลงได้ เป็นการใช้ทรัพยากรอย่างประหยัดและเป็นการลดมลพิษที่เกิดขึ้น การนำมาใช้หมุนเวียนอาจนำมาใช้กับสินค้าเดิม เช่น ลังพลาสติกบรรจุผลไม้ เครื่องดื่ม และขนมปัง แท่นรองรับสิ้นค้าและถังน้ำ เป็นต้น หรือถุงพลาสติกให้นำมาล้างแล้วใช้หุ้มเครื่องครัวเพื่อป้องกันฝุ่น และการนำมาแปรรูปใช้ใหม่หรือรีไซเคิล (recycle) คือ พลาสติกเป็นผลพลอยได้จากน้ำมันหรือก๊าซจึงควรประหยัดทรัพยากรดังกล่าวให้มากที่สุด การนำเอาบรรจุภัณฑ์ใช้แล้วมาแปรรูปใหม่ นอกจากจะลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่จะต้องใช้ผลิตแล้ว ยังช่วยลดขั้นตอนในการผลิตและช่วยลดพลังงาน เช่น การนำเอาบรรจุภัณฑ์เก่าที่ทำมาจากพลาสติกพอลิเอทิลีน พอลิไวนิลคลอไรด์ และพอลิโพพิลีนไปแปรรูปใหม่ทำเป็นชาม ถังส้นรองเท้า เป็นต้น (ยงยุทธ, 2551) ข้อมูลจากตารางที่ 5 แสดงชนิดและปริมาณบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่เก็บจากขยะตามบ้านเรือน เพื่อแปรรูปใช้ใหม่ในประเทศสหรัฐอเมริกามากที่สุด คือ ขวดน้ำดื่ม 65 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 5 ชนิดและปริมาณบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่เก็บจากขยะตามบ้านเรือน เพื่อแปรรูปใช้ใหม่ในประเทศสหรัฐอเมริกา

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

ที่มา : ยงยุทธ, 2551

5.4.2 การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อม

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

โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้

ณ จุดคุ้มทุน TR - TVC = TFC (2.4)

TC = TFC + TVC (2.5)

P X Q = TR = TFC + TVC = TFC + (AVC X Q) (2.6)

(P X Q) - (AVC X Q) = TFC (2.7)

Q (P – AVC) = TFC (2.8)

Q = TFC / (P – AVC) (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) (วาสนา, 2545)

2.4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Loultcheva และคณะ (1997) ได้ศึกษาผลของความแตกต่างระหว่างกระบวนการอัดรีดซ้ำแบบเกลียวหนอนเดี่ยวและกระบวนการอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่ โดยนำเอาขวด HDPE ที่ผ่านการใช้งานแล้วมาหลอมขึ้นรูปใหม่ พบว่า HDPE ที่ผ่านกระบวนการอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยวส่งผลต่อสมบัติเชิงกลและค่าความหนืดที่ลดลง เนื่องจากความยาวของสายโซ่โมเลกุลและน้ำหนักโมเลกุลลดลง อย่างไรก็ตาม HDPE ที่ผ่านกระบวนการอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่นั้นมีสมบัติเชิงกลที่ไม่เปลี่ยนแปลงแม้ผ่านกระบวนการขึ้นรูปใหม่ถึง 5 รอบ ส่วนค่าความหนืดเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ทั้งนี้คาดว่าเป็นผลมาจากการเกิดกิ่งสาขาขึ้นบนสายโซ่ของ HDPE ซึ่งสมบัติที่ต่างกันของ HDPE หลังผ่านกระบวนการอัดรีดด้วยอุปกรณ์ที่ต่างกัน มีสาเหตุมาจากระยะเวลาที่อยู่ภายในเครื่องอัดรีดแบบ

เกลียวหนอนเดี่ยวได้รับแรงเค้นเฉือนต่ำที่แตกต่างกัน โดยที่การอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยวได้รับแรงเค้นต่ำและระยะเวลาที่อยู่ภายในเครื่องอัดรีดนานกว่าเกลียวหนอนคู่แต่มีแรงเฉือนที่สูงกว่า

เพลินพิศ บูชาธรรมและคณะ (2541) ได้ศึกษาแนวทางในการนำขวดน้ำดื่มที่ใช้แล้วที่ทำจากพอลิเอธิลีนเทเรพธาเลท (PET) กลับมาใช้ใหม่ในรูปแบบของผลิตภัณฑ์สีอุตสาหกรรม โดยการย่อยสลายด้วยปฏิกิริยาไกลโคไลซิส โดยใช้ไตรเมทิลลอนโพรเพนและเพนตะอีริทริทอล หรือ เอธีลีนไกลคอล (EG) และเพนตะอีริทริทอล (PL) ในสัดส่วนต่าง ๆ เป็นปฏิกิริยา ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายจะนำมาทำปฏิกิริยาพอลิเอสเทอริฟิเคชันเพื่อเตรียมเรซิน ซึ่งผลิตภัณฑ์เรซินที่เตรียมได้นี้ได้แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ เรซิน ประเภทที่นำไปทำสีชนิดใช้น้ำเป็นตัวทำละลายหลักและเรซินประเภทที่นำไปทำสีชนิดใช้สารอินทรีย์เป็นตัวทำทะลายเพียงอย่างเดียว จากการศึกษาพบว่าสีที่ทำมาจากการย่อยสลายขวด PET ที่ใช้แล้วโดยใช้สัดส่วน PET : EG : PL = 1.0 : 0.5 : 0.5 มีสมบัติดีที่สุดและใกล้เคียงกับสีทั่วไปที่ใช้ในอุตสาหกรรมสี แม้ว่าจะมีค่าความเงางามต่ำกว่าแต่ก็อยู่ในระดับมาตรฐานเดียวกัน คือเป็นสีประเภทกึ่งเงา

นอกจากนี้การยึดเกาะและความทนแรงกระแทกต่ำกว่าเล็กน้อยคือจาก 1.25 kg/m เป็น 1.15 kg/m แต่สีที่เตรียมจากขวด PET ที่ใช้แล้วนี้ทนต่อการดัดโค้งด้วยกระบอกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 mm ได้ดีไม่แตกร้าวและนอกจากนี้ยังทนต่อน้ำและตัวทำละลายได้ดีอีกด้วย ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้สูงในการที่นำขวด PET ที่ใช้แล้วมาแปรสภาพเป็นสินค้าใหม่ในรูปแบบของสีอุตสาหกรรมทั้งนี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการช่วยลดมลภาวะ ซึ่งเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการลดขยะพลาสติกและช่วยแบ่งเบาภาระการกำจัดขยะ ในขณะเดียวกันเป็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างมีคุณค่าและมีประโยชน์สูงสุด

รุ่งโรจน์ (2542) ได้ศึกษาการนำพลาสติกมารีไซเคิลเพื่อช่วยลดปัญหาขยะซึ่งเป็นผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และช่วยลดต้นทุนการผลิตในอุตสาหกรรมฟิล์ม โดยสัดส่วนของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE) ที่ยังไม่ผ่านการใช้งานต่อเม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนรีไซเคิล มีผลต่อสมบัติเชิงกลของฟิล์มผสม จากการศึกษาพบว่าสมบัติ ความเค้นของแรงดึงที่จุดขาด, ความแค้นของแรงดึง ณ จุดคราก และความยืดที่จุดขาด ของฟิล์มลดลงตามปริมาณของเม็ดพลาสติก LDPE มารีไซเคิลที่เพิ่มขึ้น การเพิ่มปริมาณเม็ดพลาสติก LDPE รีไซเคิลทำให้ร้อยละความเป็นผลึกของฟิล์มลดลงจากร้อยละ 78 ไปเป็นร้อยละ 67 และสมบัติความต้านทานแรงดึงลดลงจาก 27 MPa ไปเป็น 17 MPa

5.5 ตัวแปรและนิยามปฏิบัติการ

5.5.1 ตัวแปร

ตัวแปรต้น : จำนวนครั้งในการรีไซเคิล

ตัวแปรตาม : สมบัติของพลาสติก, จุดคุ้มทุนพอดี

ตัวแปรควบคุม : เกรดของเม็ดพลาสติก, ชนิดของเม็ดพลาสติก, เครื่องอัดรีด, สภาวะในการอัดรีด

5.5.2 นิยามปฏิบัติการ

5.5.2.1 รีไซเคิล หมายถึง เป็นการจัดการวัสดุเหลือใช้ที่กำลังจะเป็นขยะ โดยนำไปผ่านกระบวนการแปรสภาพ โดยเฉพาะการหลอม เพื่อให้เป็นวัสดุใหม่แล้วนำกลับมาใช้ได้อีก ซึ่งวัสดุที่ผ่านการแปรสภาพนั้นอาจจะเป็นผลิตภัณฑ์เดิมหรือผลิตภัณฑ์ใหม่ก็ได้

5.5.2.2 เทอร์มอพลาสติก เป็นวัสดุพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งที่อ่อนตัวเมื่อได้รับความร้อนและสามารถไหลได้เมื่อมีแรงกระทำระหว่างที่พอลิเมอร์ได้รับความร้อน เมื่อเย็นตัวลงพอลิเมอร์ประเภทนี้จะแข็งตัวและสามารถใช้งานได้ เช่นขวดน้ำ แผ่นพลาสติก ฟิล์มบรรจุภัณฑ์ ฯลฯ ตัวอย่างพลาสติกเช่น พอลิเอทิลีน, พอลิโพรพิลีน, พอลิสไตรีน

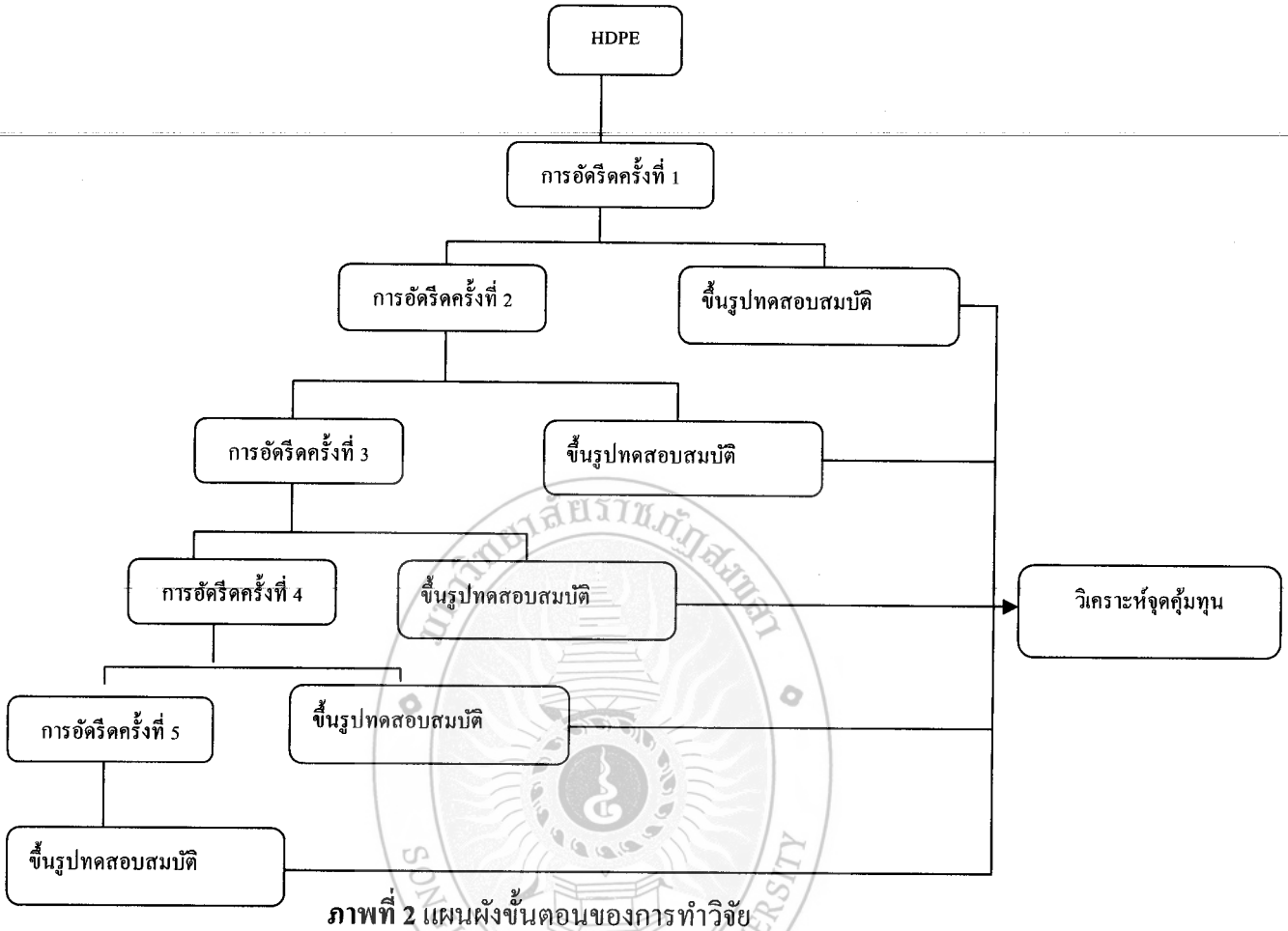
5.5.2.3 PE (Polyethylene) คือ พอลิเอทิลีน แปรเปลี่ยนตามเกรดและความหนาแน่น ตั้งแต่ความหนาแน่นต่ำ ถึงความหนาแน่นสูง ไอน้ำซึมผ่านได้เล็กน้อย ก๊าซต่างๆซึมผ่านได้ (กัญจนา, 2533)

5.5.2.4 จุดคุ้มทุน (Breakeven-Point) หมายถึง ปริมาณสินค้าที่ผลิตและขายที่ทำให้เกิดรายได้เท่ากับต้นทุนทั้งหมด หรือกำไรเท่ากับศูนย์

5.6 สมมุติฐาน

พลาสติกชนิดพอลิเอทีลีนที่ผ่านกระบวนการอัดรีดแต่ละครั้ง ทำให้สมบัติของพลาสติกลดลง เป็นผลให้ไม่คุ้มค่ากับการลงทุน

5.7 ระเบียบวิธีการวิจัย



ภาพที่ 2 แผนผังขั้นตอนของการทำวิจัย

5.7.1 วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

5.7.1.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัย

เม็ดพลาสติกพอลีเอทิลีนความหนาแน่นสูง (Highdensity Polyethylene: HDPE)

5.7.1.2 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 สามารถวัดอุณหภูมิที่กระบอกสกรูได้ 4 ตำแหน่ง และที่หัวดาย สามารถตั้งค่าอุณหภูมิได้ ตั้งแต่อุณหภูมิปกติจนถึง 300 องศาเซลเซียส สกรูที่ใช้เป็นแบบสกรูผสม (mixing screw)

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

3. เครื่องตัดตัวอย่าง ใช้ในการตัดตัวอย่างให้เป็นรูปดัมเบล แสดงดังภาพที่ 3.5 ความดันเท่ากับ 250 psi

4. เครื่องทดสอบความต้านทานต่อแรงดึง ผลิตโดยบริษัท Narin Instrument Co. Ltd.

5.7.2 วิธีการดำเนินการทดลอง

5.7.2.1 การเตรียมวัสดุ

เม็ดพลาสติก HDPE สำหรับงานวิจัยนี้ใช้เม็ดพลาสติกพอลีเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene: HDPE) เกรด HD5200B ซึ่งเป็นเกรดสำหรับเป่าขวด

5.7.2.2 กระบวนการอัดรีด

ใช้เม็ดพลาสติกพอลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene: HDPE) ซึ่งอยู่ในรูปของเม็ดพลาสติกที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน เข้าเครื่องอัดรีด เมื่อมีพลาสติกออกมาก็จะได้พลาสติกที่ผ่านการรีไซเคิล และจะแบ่งเม็ดพลาสติกที่ผ่านการรีไซเคิลออกเป็น 2 ส่วน

ส่วนที่ 1 นำเข้าเครื่องอัดรีดพลาสติกต่อ

ส่วนที่ 2 เก็บผลิตภัณฑ์ นำไปขึ้นรูปโดยการอัดขึ้นรูปให้ได้เป็นแผ่นชิ้นงานขนาดความหนาคงที่ 3 มม. และทดสอบคุณสมบัติ

- การอัดรีดพลาสติกพอลิเอทิลีน จำนวน 5 ครั้ง

5.7.3 วิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อมในการรีไซเคิล

ในการศึกษาจุดคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ของการรีไซเคิลพลาสติกพอลิเอทิลีน จะต้องทราบค่าต้นทุนคงที่ และต้นทุนผันแปรของโครงการซึ่งหาได้จาก

ต้นทุนคงที่ = ต้นทุนเครื่องจักร

ต้นทุนผันแปร = ต้นทุนวัตถุดิบ

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

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.เขียนเค้าโครงวิจัย		←	→												
3.ดำเนินการวิจัย					←	→	→	→	→	→	→	→			
4.สรุปและอภิปรายผลการวิจัย													←	→	
5.จัดทำรายงาน													←	→	→

ที่มา : คณะผู้วิจัย, 2555

5.9 สถานที่ทำการวิจัย ทดลอง หรือเก็บข้อมูล

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

5.10. งบประมาณในการวิจัย

ค่าใช้จ่าย

- ค่าถ่ายเอกสารต่างๆรวมเข้าปกเย็บเล่ม	1,000 บาท
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น	1,000 บาท