

กระบวนการอัดรีดขยะพลาสติกเพื่อนำพลาสติกกลับมาผลิตใช้ใหม่ EXTRUSION PROCESS OF PLASTIC WASTE FOR PLASTIC RECYCLING

เดช เหมือนขาว¹ ยงยุทธ ดุลยกุล¹ เรวัตร เจยาคม¹และวิทยา ศิริคุณ¹

¹คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

1 ถนนราชดำเนินนอก ตำบลบ่อ่าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000 โทรศัพท์: 085 8887753

E-mail: dechmaunkhaw@yahoo.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษากระบวนการอัดรีดขยะพลาสติกเพื่อนำพลาสติกกลับมาใช้ผลิตใหม่ และหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอัดรีด การออกแบบการทดลองกำหนดอุณหภูมิต่างกัน 3 ระดับ คือ 190 210 และ 230 °C ตรวจสอบลักษณะทางกายภาพและ ค่าความหนาแน่น การวิจัยครั้งนี้พบว่า ตัวแปรต่างๆ ส่งผลกระทบต่อความหนาแน่นที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และอุณหภูมิอัดรีด เท่ากับ 210 °C ให้ผลจำนวนของข้อบกพร่องน้อยกว่า

คำสำคัญ: กระบวนการอัดรีด โพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูง ความหนาแน่น

Abstract

The purposes of the research were to study The extrusion process of plastic waste for plastic recycling and the temperature of the extrusion. The experimental design at 3 levels : 190 210 and 230 °C The results of this were follow; there is no relationship among the factors attainment with the value of density conservation at 0.05 level. The extrusion temperatures equal to 210°C and there is less of defect. .

Keywords: Extrusion process, High density polpyethylene, Density

1. บทนำ

ในปัจจุบันพลาสติกเป็นวัสดุที่ถูกนำมาใช้งานอย่างกว้างขวางในการดำรงชีวิตเพื่อความทันสมัยและความสะดวกสบาย เนื่องจากพลาสติกเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติเด่นหลายประการ เช่น ความหนาแน่นต่ำ ทนทาน และมีความยืดหยุ่นสูง น้ำหนักเบาเหมาะสำหรับการใช้งานด้านต่าง ๆ ตั้งแต่บรรจุภัณฑ์ อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ยานยนต์ เฟอร์นิเจอร์ ของเล่นเด็กตลอดจนอุปกรณ์ในงานก่อสร้าง นอกจากนี้ยังเป็นวัสดุที่ถูกนำมาทำเป็นภาชนะ หรือของใช้แบบใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้งเนื่องจากมีราคาถูก ขยะประเภทพลาสติกจึงถูกทิ้งในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลต่อสภาพแวดล้อมและก่อให้เกิดมลภาวะเนื่องจากไม่ย่อยสลายหรือย่อยสลายได้ยากส่วนใหญ่จะถูกนำไปฝัง

กลบรวมกับขยะทั่วไป ขยะประเภทพลาสติกจะใช้พื้นที่ในการฝังกลบมากกว่าขยะประเภทเศษอาหารประมาณ 3 เท่า [1] เนื่องจากขยะประเภทพลาสติกมีความคงทนและสามารถทนต่อแรงอัดได้สูง นอกจากนี้ก่อให้เกิดปัญหาตามมาอย่างมากมาย ไม่ว่าจะเป็นมลพิษทางอากาศ อันมาจากก๊าซและสารพิษบางประเภทในบรรยากาศ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของผู้อยู่อาศัยใกล้เคียงและน้ำชะล้างขยะ อาจปนเปื้อนในระบบน้ำผิวดินและใต้ดินได้ อีกทั้งก่อให้เกิดปัญหาแหล่งพาทะนาโรค ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจ สังคม ชุมชนที่อยู่อาศัยโดยรอบบริเวณได้และปัญหาที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือปัญหาทรัพยากรธรรมชาติที่ลดน้อยลง กล่าวคือในขณะนี้ประเทศไทยกำลังพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรม จึงทำให้เกิดความใช้วัตถุดิบต่าง ๆ ในปริมาณสูง จึงทำให้มีการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศในปริมาณมาก

ปัจจุบันการนำพลาสติกกลับมารีไซเคิล เริ่มมีความนิยมเพิ่มขึ้น อันเนื่องมาจากขยะการที่มีการใช้พลาสติกหลากหลายชนิด ดังนั้นการใช้พลาสติกรีไซเคิลนับเป็นอีกแนวทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจและควรให้การสนับสนุน เพื่อให้การพัฒนามีประสิทธิภาพสูงสุดและเป็นการส่งเสริมการใช้วัตถุดิบในประเทศและลดต้นทุน ด้วยเหตุนี้เองทางคณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะทำการศึกษาระบวนการอัดรีดพลาสติกเพื่อนำพลาสติกกลับมาใช้ผลิตใหม่โดยเลือกขยะพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene : HDPE) ที่มีปริมาณการทิ้งมากที่สุด [2] โดยนำมาทำการทดลอง เพื่อเป็นฐานความรู้ในการพัฒนา การผลิตระดับอุตสาหกรรมต่อไปได้

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษากระบวนการอัดรีดพลาสติกเพื่อนำพลาสติกกลับมาใช้ผลิตใหม่

2.2 เพื่อศึกษาลักษณะการให้ความร้อนที่แตกต่างกันของการอัดรีดขยะพลาสติกเพื่อนำพลาสติกกลับมาใช้ผลิตใหม่

2.3 เพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอัดรีดขยะพลาสติกเพื่อนำพลาสติกกลับมาใช้ผลิตใหม่

3. แนวคิด ทฤษฎี กรอบแนวคิดการวิจัยและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการพัฒนาทั้งทางด้านสังคมและเศรษฐกิจ โดยเฉพาะการพัฒนาด้านเศรษฐกิจภาคการผลิตนับเป็นปัจจัยสำคัญอย่างยิ่งที่ส่งผลโดยตรงต่อสภาพเศรษฐกิจของประเทศ การพัฒนาทรัพยากรบุคคล วัตถุดิบและเทคโนโลยีด้านต่าง ๆ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง การผลิต

ในภาคอุตสาหกรรมหลายประเภทของประเทศไทยซึ่งในปัจจุบันต้องนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศในอัตราที่สูงมากและมีหลายประเภทที่ต้องนำเข้าโดยเฉพาะวัตถุดิบในอุตสาหกรรมพลาสติก ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยเห็นว่าหากได้มีการทำวิจัยเพื่อศึกษาและออกแบบกระบวนการรีไซเคิลพลาสติกได้เองในเบื้องต้นจะสามารถใช้เป็นองค์ความรู้ในการพัฒนาไปสู่แนวความคิดการออกแบบกระบวนการรีไซเคิลพลาสติกเพื่อนำพลาสติกกลับมาผลิตใช้ใหม่ โดยมีกระบวนการกระบวนการรีไซเคิลพลาสติกเพื่อนำพลาสติกกลับมาผลิตใช้ใหม่ด้วยเครื่อง (Mechanical Recycling) โดยมีกระบวนการดังนี้

3.1 การแยกพลาสติกชนิดต่าง ๆ ออกจากกัน เนื่องจากพลาสติกต่างชนิดกันมีสมบัติแตกต่างกัน เช่น จุดหลอมเหลว ความหนาแน่น ความแข็ง ความนิ่ม ความใส เมื่อพลาสติกแต่ละชนิดถูกแยกออกจากกันแล้วจะถูกบีบให้แบนแล้วมัดรวมกันเป็นก้อน

3.2 การย่อย พลาสติกจะถูกนำมาย่อยให้เป็นชิ้นเล็กขนาดประมาณ 1/4 -1/2 นิ้ว

3.3 การล้างทำความสะอาดในบ่อน้ำขนาดใหญ่ ในขั้นตอนนี้ฝุ่นและสิ่งสกปรกจะถูกกำจัดออกไป หลังจากนั้นชิ้นพลาสติกจะถูกทำให้แห้งโดยการตากแดดหรือใช้อากาศร้อน บ้ายกระดาดหรือฟิล์มที่ติดมากับชิ้นพลาสติกจะถูกเป่าแยกออกมา

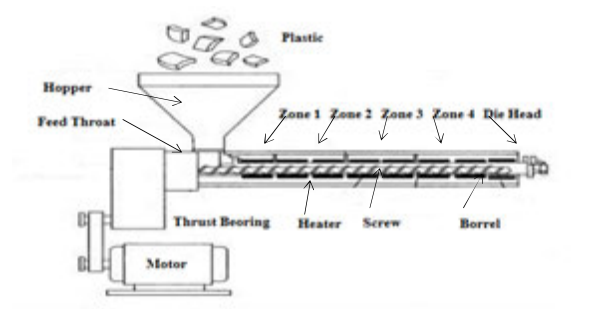
3.4 การหลอมชิ้นพลาสติกผ่านเครื่องอัดรีด (Extruder) ออกมาเป็นเส้น ก่อนตัดให้เป็นเม็ดเล็ก ๆ เพื่อนำพลาสติกขึ้นรูปให้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่

จากการศึกษากระบวนการกระบวนการรีไซเคิลพลาสติกเพื่อนำพลาสติกกลับมาผลิตใช้ใหม่ด้วยเครื่อง โดยการการหลอมชิ้นพลาสติกผ่านเครื่องอัดรีด (Extruder) ออกมาเป็นเส้น ก่อนตัดให้เป็นเม็ดเล็ก ๆ เพื่อนำพลาสติกขึ้นรูปให้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ได้มีการออกแบบและสร้างเครื่องทำเม็ดพลาสติกแบบลูกรีด การรีไซเคิลเศษพลาสติก ในการทำงานของเครื่องจักร เศษพลาสติกจะถูกขับให้เคลื่อนที่ไปบนผิวลูกรีด ซึ่งมีขดลวดความร้อนอยู่ภายใน หมุนด้วยความเร็วประมาณ 5 ถึง 50 รอบต่อนาที จะทำการหลอมและ ผสมพลาสติกให้เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นพลาสติกหลอมเหลวที่ผสมเข้ากันนี้จะถูกตัดเป็นเม็ด [3] และยังมีการ รีไซเคิลพลาสติกแบบลูกรีด [4] สำหรับการทดสอบสมบัติเชิงกลและสัณฐานวิทยาของโพลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูปใหม่ [5] และการศึกษาสมบัติเชิงกล ของโพลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่ผ่านการใช้งานมาแล้วกับซีลีโอไมยางพารา ที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 18 และ 40 โดยใช้เทคนิคการผสมแบบลูกกลิ้งคู่ ที่อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักของโพลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงต่อซีลีโอไมยางพาราเท่ากับ 50 : 50 60 : 40 และ 70 : 30 [6] และยังมีการนำขวดพลาสติกชนิดโพลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงมาขึ้นรูปใหม่ด้วยเครื่องอัดรีดสกรูเดี่ยว (Single Screw Extruder) โดยผสมพลาสติกชนิดโพลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง 10 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักเพื่อใช้เป็นสารช่วยในการขึ้นรูป [7] โดยมีในการทดลองการศึกษาพฤติกรรมกลไกการแตกหักและหลอมละลายไหลของวัสดุโพลิเมอร์ที่เกิดขึ้น ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความหนาแน่นของการละลายสำหรับพลาสติกชนิดโพลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง [8] และ

ยังมีการนำขวดพลาสติกโพลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงมาขึ้นรูปใหม่ด้วยเครื่องอัดรีดแบบสกรูเดี่ยวโดยผสมโพลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักเพื่อใช้เป็นสารช่วยในการขึ้นรูป [9] และมีการรีไซเคิลพลาสติกชนิดโพลิเอทิลีนเทรพทาเลต จากวัสดุที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว [10]

4. วิธีดำเนินงาน

4.1 ขั้นตอนการดำเนินการออกแบบการทดลองกระบวนการอัดรีดพลาสติกรีไซเคิล โดยกระบวนการให้ความร้อนและอุณหภูมิที่ต่างกัน 3 แบบคือ แบบที่ 1 เป็นกระบวนการให้ความร้อนแบบคงที่แบบที่ 2 เป็นกระบวนการให้ความร้อนแบบลดลงและแบบที่ 3 เป็นกระบวนการให้ความร้อนแบบเพิ่มขึ้น โดยกำหนดอุณหภูมิ ดังแสดงในตารางที่ 1 และแบ่งช่วงการให้ความร้อนของเครื่องอัดรีดพลาสติกแบ่งออกเป็น 5 ช่วง ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ช่วงการให้ความร้อนของเครื่องอัดรีด

ตารางที่ 1 การออกแบบการทดลองกระบวนการให้ความร้อนและอุณหภูมิที่ใช้

กระบวนการให้ความร้อน	การให้ความร้อน (°C)				
	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Die Head
แบบที่ 1	190	190	190	190	190
การให้ความร้อนคงที่	210	210	210	210	210
	230	230	230	230	230
แบบที่ 2	230	220	210	200	190
การให้ความร้อนลดลง	250	240	230	220	210
	270	260	250	240	230
แบบที่ 3	150	160	170	180	190
การให้ความร้อนเพิ่มขึ้น	170	180	190	200	210
	190	200	210	220	230

4.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองเป็นพลาสติกชนิดโพลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง ซึ่งพลาสติกดังกล่าวมาจากแหล่งที่อยู่หลากหลาย การใช้งานมีสภาพที่แตกต่างกัน เช่น ขวดนํ้ายาล้างจาน กระจองแบ่ง กระจอง

น้ำมัน บรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ผ่านการย่อยล้างและสไลด์แห้งแล้ว ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 พลาสติกที่ผ่านกระบวนการย่อย ล้างและกระบวนการสไลด์แห้ง

4.3 ขั้นตอนกระบวนการอัดรีดพลาสติกรีไซเคิล

1) การให้ความร้อนโดยใช้เวลาในการให้ความร้อนจนกว่าภายในกระบอกอัดรีดพลาสติกร้อนทั่วทั้งกระบอกถึงอุณหภูมิที่ตั้งไว้ และรองจนกว่าพลาสติกหลอมละลายทั่วทั้งกระบอก หลังจากนั้นใช้ตะแกรงสเตนเลส เพื่อทำการกรองเศษสิ่งเจือปนออกจากพลาสติกที่กำลังหลอมละลาย

2) ทำการอัดรีดโดยให้สกรูเครื่องอัดรีดทำงานซึ่งใช้ความเร็วรอบของสกรูอัดรีดที่คงที่ และเติมเศษขยะพลาสติกที่ผ่านกระบวนการย่อยล้างและสไลด์แห้งแล้วลงในกรวยเครื่องอัดรีด

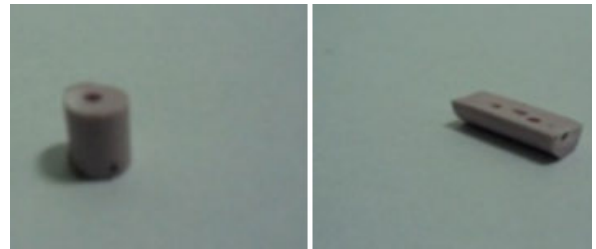
3) พลาสติกจะถูกหลอมและถูกอัดรีดผ่านตาย (Die) เพื่อให้เป็นเส้นและให้เย็นตัว โดยผ่านอ่างน้ำ และให้ลอดผ่านเหล็กกด เพื่อให้พลาสติกที่ผ่านการอัดเป็นเส้นลดอุณหภูมิลงและเกิดการแข็งตัว พร้อมทั้งจะเข้าเครื่องตัดเม็ดพลาสติก ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กระบวนการอัดรีดพลาสติกและเม็ดพลาสติกที่ได้

4.4 การทดสอบทางกายภาพและการตรวจสอบความหนาแน่น

1) การตรวจสอบทางกายภาพ โดยเริ่มจากสุ่มเลือกเส้นพลาสติกในแต่ละกระบวนการต่างกัน และอุณหภูมิต่างกัน นำมาตัดเพื่อตรวจสอบทางกายภาพ คือ โดยทำการตัดหน้าตัดเส้นผ่านศูนย์กลางและผ่าทรงกระบอก แล้วนำพลาสติกที่ตัดแล้ว มาขัดด้วยเครื่องขัดเพื่อให้ผิวเรียบด้วยกระดาษทรายและน้ำเมื่อทำการขัดเสร็จแล้วนำชิ้นเส้นพลาสติกมาตรวจสอบทางกายภาพด้วยกล้องไมโครสโคป (Microscope) รุ่น ZEISS Stemi DV4 ใช้กำลังขยาย 10 เท่า ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ชิ้นงานพลาสติกสำหรับการตรวจสอบ

2) การตรวจสอบหาความหนาแน่น ของเส้นพลาสติกในกระบวนการให้ความร้อนต่างกันและอุณหภูมิต่างกัน โดยการสุ่มเลือกเส้นพลาสติกแล้วนำมาตัดให้มีขนาดความยาวชิ้นละ 30 มิลลิเมตร และใช้ชุดหาความหนาแน่น เพื่อหาปริมาตรและน้ำหนัก แล้วคำนวณค่าความหนาแน่น ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ชุดหาความหนาแน่นและชิ้นพลาสติกสำหรับการตรวจสอบหาความหนาแน่น

5. ผลการศึกษา/การทดลอง

5.1 ผลการตรวจสอบทางกายภาพ

1) ลักษณะทางกายภาพของพลาสติกที่ผ่านการตัด ในแต่ละกระบวนการให้ความร้อนจะมีโพรงอากาศอยู่ภายในเส้นพลาสติก โดยพบว่าที่อุณหภูมิ 210 °C ของทุกแบบมีปริมาณของโพรงอากาศน้อยที่สุดและเมื่อเปรียบเทียบทั้งกระบวนการให้ความร้อนพบว่า การให้ความร้อนแบบที่ 2 กระบวนการให้ความร้อนแบบลดลง จะมีโพรงอากาศน้อยที่สุด ลักษณะของผิวเส้นพลาสติกที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนที่ต่างกัน 3 แบบ ดังแสดงในตารางที่ 2 เมื่อนำมาเปรียบเทียบดูแล้วพบว่า ลักษณะผิวของเส้นพลาสติกจะมีสิ่งเจือปนที่มีขนาดเล็กกว่าแผ่นกรองโดยมีลักษณะเป็นเม็ดที่ละเอียดสีดำหรือสีน้ำตาลปนอยู่ ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ลักษณะสิ่งเจือปนของเส้นพลาสติก

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของเส้นพลาสติกกรีซเคิล

กระบวนการให้ความร้อน	อุณหภูมิ (°C)	ลักษณะทางกายภาพ		
		หน้าตัดกลม	หน้าตัดทรงกระบอก	ผิวนอก
แบบที่ 1	190			
	210			
	230			
แบบที่ 2	190			
	210			
	230			
แบบที่ 3	190			
	210			
	230			

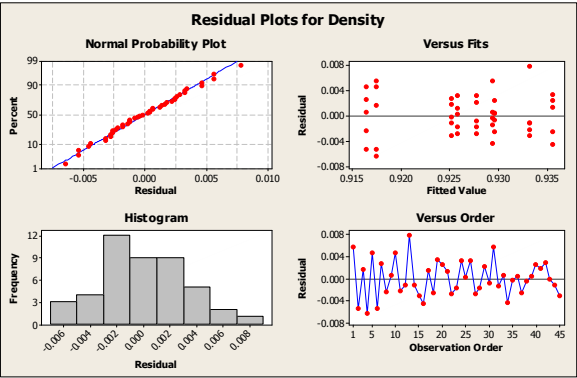
2) ผลและการวิเคราะห์การตรวจสอบความหนาแน่น โดยเก็บข้อมูลจากการตรวจสอบค่าเฉลี่ยความหนาแน่นเส้นพลาสติก ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของพลาสติก

กระบวนการให้ความร้อน	อุณหภูมิ (°C)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	น้ำหนัก (g)	ปริมาตร (cm³)	ความหนาแน่น (g/cm³)
แบบที่ 1	190	3.958	0.317	0.346	0.917
	210	3.944	0.373	0.407	0.916
	230	3.432	0.283	0.303	0.933
แบบที่ 2	190	3.628	0.277	0.297	0.936
	210	3.692	0.289	0.312	0.926
	230	3.322	0.251	0.270	0.928
แบบที่ 3	190	3.448	0.249	0.269	0.926
	210	3.658	0.288	0.310	0.931
	230	3.948	0.316	0.340	0.930

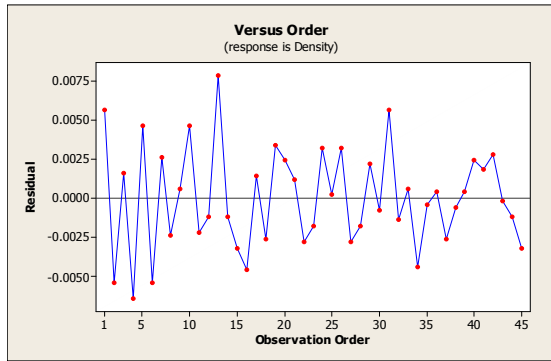
6. การอภิปรายผล

จากการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ (Model Adequacy Checking) เมื่อดำเนินการทดลองตามที่ออกแบบไว้ ก็จะได้ค่าความหนาแน่นพลาสติก ก่อนที่จะนำข้อมูลไปวิเคราะห์ ต้องตรวจสอบก่อนว่าข้อมูลที่เก็บมานั้นเป็นข้อมูลที่มีคุณภาพหรือไม่ โดยมีความจำเป็นต้องพิสูจน์คุณสมบัติของข้อมูล 3 ประการด้วยกันคือ การทดสอบความเป็นอิสระของข้อมูล (Independent Test) การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล (Normality Test) และการทดสอบความมีเสถียรภาพของข้อมูล (Variance Stability Test) ดังนั้นก่อนที่จะนำข้อมูลมาวิเคราะห์นั้นต้องทราบก่อนว่าข้อมูลนั้นมีคุณภาพหรือไม่ตามลักษณะสมบัติของข้อมูล ดังแสดงในภาพที่ 7



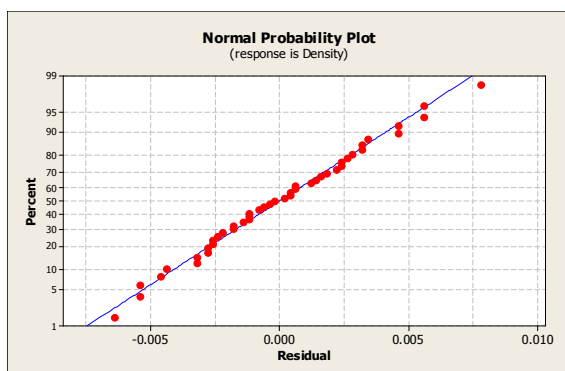
ภาพที่ 7 การวิเคราะห์ข้อมูลความหนาแน่นของพลาสติกกรีซเคิล

1) การทดสอบความเป็นอิสระของข้อมูล เป็นการตรวจสอบข้อมูลที่เก็บมานั้นเป็นอิสระต่อกันเนื่องจากการสุ่ม เพื่อให้ข้อมูลมีการกระจายรอบค่าที่ควรจะเป็นเท่าๆกันเนื่องจากผลของปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ เครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบคุณสมบัตินี้ได้แก่แผนภาพกระจาย (Residuals Versus the Fitted Values) โดยแกน X คือลำดับการทดลองและแกน Y คือค่าเศษเหลือ ถ้าข้อมูลที่เก็บมามีความเป็นอิสระต่อกันนั้นค่าเศษเหลือที่นำมาใส่ลงในแผนภาพกระจายต้องกระจายตัวแบบสุ่มไม่มีแนวโน้มหรือออกนอกปกติ (Outlier) แสดงว่าข้อมูลที่เก็บมาไม่ได้เก็บมาอย่างสุ่ม ทั้งนี้หากข้อมูลมีรูปแบบไม่สุ่มแล้วจะทำให้วิเคราะห์ข้อมูลไม่ได้ โดยเฉพาะการหาค่าเฉลี่ยหรือค่าความหมายของตัวแปรตอบสนอง ดังนั้นถ้าหากข้อมูลไม่สุ่มแล้ว แสดงว่าข้อมูลมีความลำเอียงจำเป็นต้องค้นหาสาเหตุเพื่อการแก้ไขก่อนการวิเคราะห์ จากภาพที่ 8 แสดงให้เห็นถึงการทดสอบความเป็นอิสระของข้อมูล จะเห็นได้ว่าการกระจายข้อมูลอย่างสุ่ม ดังนั้นสรุปได้ว่าไม่เป็นอิสระของข้อมูลนั้นคือข้อมูลเก็บมาอย่างสุ่ม



ภาพที่ 8 การทดสอบความเป็นอิสระของข้อมูลความหนาแน่น

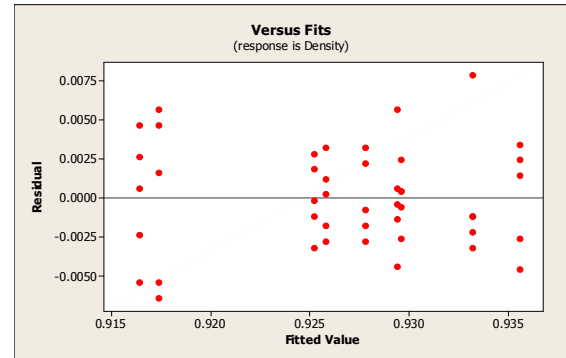
2) การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล เป็นการตรวจสอบว่าข้อมูลแต่ละตัวที่เป็นตัวสุ่มจะต้องมีแนวโน้มเข้าหาค่าคงที่ค่าหนึ่ง ซึ่งเป็นค่าที่ควรจะเป็นเนื่องจากสาเหตุของการเลี้ยวออกของสิ่งที่ไม่ได้รับการควบคุม แล้วมีการกระจายรอบค่าดังกล่าวในลักษณะสมมาตร เครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบคุณสมบัตินี้ได้แก่ กระดาษทดสอบความเป็นปกติ โดยที่แกน X คือค่าเศษเหลือ และแกน Y คือค่าความเป็นปกติมาตรฐาน ถ้าการแจกแจงของข้อมูลเป็นการแจกแจงแบบปกติกราฟจะมีลักษณะเป็นเส้นตรง ทั้งนี้ถ้าหากข้อมูลไม่ได้รับการแจกแจงแบบปกติ จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลไม่ได้ ดังนั้นถ้าหากข้อมูลเป็นตัวแปรสุ่มแบบปกติ แสดงว่าข้อมูลได้มาจากกระบวนการที่ไม่ได้กำหนดเป็นมาตรฐาน จึงจำเป็นต้องค้นหาสาเหตุเพื่อการแก้ไขก่อนการวิเคราะห์ จากภาพที่ 9 ภาพที่ได้มีลักษณะเส้นตรง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเป็นปกติของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง



ภาพที่ 9 การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลความหนาแน่น

3) การทดสอบความเสถียรภาพของความแปรปรวน เป็นการตรวจสอบว่าข้อมูลแต่ละทรีตเมนต์มีความผันแปรรอบค่าศูนย์หรือไม่โดยข้อมูลจะต้องได้รับการเก็บมาจากกระบวนการที่ได้จัดทำเป็นมาตรฐาน แล้วจึงทำให้ความแตกต่างของข้อมูลเกิดมาจากสาเหตุที่ไม่สามารถควบคุมได้ในระบบที่ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเท่านั้น เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบคุณสมบัตินี้ได้แก่ แผนภาพการกระจาย ดังแสดงในภาพที่ 10 โดยแกน X คือผลต่างของค่าความหนาแน่น และแกน Y คือค่าเศษเหลือถ้าข้อมูลที่ได้เก็บมาไม่เสถียรภาพของความแปรปรวนค่า

เศษเหลือที่นำมาใส่ลงในแผนภาพกระจายต้องมีความยาวเท่า ๆ กัน ดังนั้น ข้อมูลมีความเสถียรภาพของความแปรปรวนตามที่ได้ออกแบบไว้



ภาพที่ 10 การทดสอบความเสถียรภาพของข้อมูลความหนาแน่น

จากการประเมินคุณสมบัติทั้ง 3 ประการของข้อมูล การทดสอบหาค่าความหนาแน่นสามารถสรุปได้ว่า ข้อมูลมีคุณสมบัติทั้ง 3 ประการ คือมีความเป็นอิสระของข้อมูล มีความเป็นปกติของข้อมูล และมีความเสถียรภาพของข้อมูล

6.1 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสถิติ Minitab Version 15 โดยใช้การทดสอบแบบ Two-Way ANOVA เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลและยืนยันสมมติฐานในการทดลองว่าในแต่ละลักษณะการให้ความร้อน มีผลต่อความหนาแน่นเส้นพลาสติกหรือไม่

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมทางสถิติ Two-way ANOVA

Two-way ANOVA: Density versus Temperature, Process					
Source	DF	SS	MS	F	P
Temperature	2	0.0004520	0.0002260	17.95	0.000
Process	2	0.0001856	0.0000928	7.37	0.002
Interaction	4	0.0010324	0.0002581	20.5	0.000
Error	36	0.0004532	0.0000126		
Total	44	0.0021232			
S = 0.003548 R-Sq = 78.66 % R-Sq (adj) = 73.91 %					

จากการวิเคราะห์ข้อมูลของค่าความหนาแน่น ดังแสดงในตาราง 3 ได้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ R^2 เท่ากับ 78.66 เปอร์เซ็นต์ หมายความว่า ความผันแปรต่าง ๆ ของการทดลองที่สามารถควบคุมได้ (Controllable) เช่น เครื่องมือ อุปกรณ์หรือปัจจัยต่าง ๆ ที่กำหนดให้คงที่ในการทดลอง มีค่าเท่ากับ 78.66 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลือประมาณ 21.34 เปอร์เซ็นต์ เกิดจากปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ ดังนั้น เมื่อพิจารณาจาก R-Sq เท่ากับ 78.66 เปอร์เซ็นต์ การออกแบบการทดลองครั้งนี้ ถือว่าอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ จากตาราง 3 อัตราความผันแปรของปัจจัยจากการวิเคราะห์เท่ากับ 7.37 ซึ่งมีค่ามากกว่า

ค่าความแปรผันจากตาราง $F > F_{0.05,2,36}$ เท่ากับ 3.266 และความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.002 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้น จึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 สรุปว่า ปัจจัยกระบวนการให้ความร้อนมีผลต่อค่าความหนาแน่น

6.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางกายภาพและความหนาแน่น

ผลการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพกับค่าความหนาแน่นพบว่าที่อุณหภูมิ 210 °C ของกระบวนการให้ความร้อนแบบคงที่มีปริมาณของโพรงอากาศน้อยที่สุด และแบบที่ 2 กระบวนการให้ความร้อนแบบลดลง จะมีโพรงอากาศน้อยที่สุด ส่วนผลการตรวจสอบวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นพบว่าที่อุณหภูมิ 210 °C ของกระบวนการให้ความร้อนแบบคงที่มีค่าความหนาแน่นมากที่สุดและกระบวนการให้ความร้อนแบบที่ 3 มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบการตรวจสอบทั้ง 2 แบบ พบว่าที่อุณหภูมิ 210 °C มีความสอดคล้องกัน เนื่องจากมีโพรงอากาศน้อยและมีค่าความหนาแน่นมาก แต่เมื่อดูทั้งกระบวนการให้ความร้อนทั้ง 3 แบบจะไม่สอดคล้องกัน เนื่องจากแบบที่ 2 จะมีโพรงอากาศน้อยแต่ค่าความหนาแน่นน้อยกว่าแบบที่ 3

7. สรุปและข้อเสนอแนะ

7.1 กระบวนการให้ความร้อนในกระบวนการอัดรีดพลาสติกรีไซเคิลชนิดโพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูงที่สุดคือ แบบที่ 3 กระบวนการให้ความร้อนแบบเพิ่มขึ้น เพราะมีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยดีกว่ากระบวนการอื่น

7.2 อุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการอัดรีดพลาสติกรีไซเคิลชนิดโพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูงคือ อุณหภูมิ 210 °C เพราะมีโพรงอากาศน้อยและมีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยดีกว่ากระบวนการอื่น

7.3 ในการศึกษากระบวนการอัดรีดพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูง เพื่อให้กระบวนการอัดรีดพลาสติกมีประสิทธิภาพสูงสุดที่จะนำไปสู่การทำงานจริง พบว่าควรมีการศึกษาเพิ่มเติม ในกระบวนการอัดรีดพลาสติก ต้องมีการปรับความเร็วรอบของเกลียวหนอนได้ เพื่อให้เหมาะสมกับชนิดของพลาสติกและได้ผลการทดลองที่หลากหลายมากขึ้น และควรมีการนำพลาสติกหลายชนิดมาทดลอง เช่น โพลีเอทิลีนเทรฟาลาเตด โพลีโพรพิลีน มาทำการทดลองสำหรับกระบวนการอัดรีดพลาสติกต่างชนิดกัน

8. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนงบประมาณจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยและคณะอาจารย์ผู้ช่วยนักวิจัย คือ คุณจารุชาติ ชัยกุล คุณศิริพงศ์ จันทองพูน และคุณกรศิลป์ มุกระ นอกจากนี้ยังมีบุคคลท่านอื่นที่ให้ความช่วยเหลือ ซึ่งทางคณะผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

9. เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมควบคุมมลพิษ. (2548). รีไซเคิลพลาสติกมีอาชีพ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

http://ekxy.multiply.com/journal/item/19/Need_a_fun_d_to_Research.

- [2] ประกายดาว แบ่งสันเทียะ. (2550). กลิ่นน้ำมันจากพลาสติก. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

http://www.bangkokbiznews.com/2007/08/10/WW71_7104_news.phpnewsid=88712.

- [3] รัชพงศ์ เบ็งตะพันธ์ และคณะ. (2539). การออกแบบและสร้างเครื่องทำเม็ดพลาสติกแบบลูกรีด. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

<http://library.kmutnb.ac.th/projects/eng/PE/pe0044t.html>

- [4] พรชัย โพธิ์รัตนชัยกุล และ มณิทธิ์ คูสมิทธิ. (2545). การทดสอบและปรับปรุงเครื่องรีไซเคิลทำเม็ดพลาสติกแบบลูกรีด. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

<http://library.kmutnb.ac.th/projects/eng/PE/pe0128t.html>

- [5] นิลุบล เมื่อกบัวขาว. (2550). สมบัติเชิงกลและสัณฐานวิทยาของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูปใหม่โดยมีแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นสารเติมแต่ง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

<http://www.gits.kmutnb.ac.th/ethesis/data/4840880076.pdf>

- [6] อโณทัย ผลสุวรรณ และคณะ. (2550). ศึกษาสมบัติเชิงกลในด้านการต้านทานแรงดึงการทนต่อแรงกระแทกการต้านทานต่อการโค้งงอและความแข็งแรงของผิวของวัสดุผสมโพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูงที่ผ่านการใช้งานกับผงซีลีเนียมยางพารา. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

<http://www.rtir.rmutt.ac.th/handle/123456789/230?mode=full>

- [7] นพวรรณ ชนนพานิช. (2550). ขวดพลาสติก HDPE มาขึ้นรูปใหม่ด้วยเครื่อง Single Screw Extruder. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

http://www.scsoc.or.th/stt/31/sec_e/paper/stt31_E0012.pdf

- [8] Ji-Zhao Liang. (2000 6 January). The flow-induced crystallization behavior in capillary extrusion of high density polyethylene melts. [Online]. Available :

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014294180000057X>

- [9] Kamacho and Karlsson. (1992). Test to Screen catalysts for reforming heavy oil from waste plastic, Appl. Catal.B2. (pp. 153-164).

- [10] Firas Awaja. (2004 10 September). Recycling of PET. [Online]. Available :

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0014305705000728>