

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

ในการดำเนินงานวิจัยจะขอกล่าวถึงแผนการดำเนินงาน วัตถุประสงค์ วัสดุอุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และขั้นตอนการทดลองในการดำเนินงานครั้งนี้ ดังต่อไปนี้

3.1 แผนการดำเนินงาน

ในการวิจัยนี้สามารถแบ่งรายละเอียดแผนการดำเนินงานออกเป็นขั้นตอนหลัก ๆ ได้เป็น 6 ขั้นตอนดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงขั้นตอนและระยะเวลาการดำเนินงาน

ระยะเวลาที่ใช้	ขั้นตอนที่	รายละเอียดงานที่ทำ
ต.ค.-พ.ย.53	1	ศึกษาหาข้อมูลก่อนดำเนินงานวิจัย
พ.ย.-ธ.ค.53	2	จัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย บดเม็ดพลาสติกให้เป็นผงละเอียด
ม.ค.-มี.ค.54	3	หาสภาวะการขึ้นรูปที่เหมาะสมของพอลิแลคติกแอซิด และทำการศึกษาพฤติกรรมการไหล
เม.ย.-มิ.ย.54	4	ศึกษาความสามารถในการขึ้นรูปแบบหมุนของพอลิแลคติกแอซิด ที่สภาวะการขึ้นรูปที่เหมาะสมที่หาได้จากขั้นตอนที่ 1 และศึกษาสมบัติด้านต่างๆของผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปแบบหมุน
ก.ค.-ก.ย.54	5	ขึ้นรูปพอลิเอทธิลีนชนิดความหนาแน่นปานกลางด้วยกระบวนการขึ้นรูปแบบหมุน และทดสอบสมบัติเชิงกลของผลิตภัณฑ์ เพื่อเปรียบเทียบกับขั้นตอนที่ 2
ต.ค.54	6	นำผลที่ได้ในทุกขั้นตอนมาทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบ

หมายเหตุ ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัยใช้เวลาจริงนานกว่าที่ผู้วิจัยคาดเอาไว้เนื่องจากหลายสาเหตุ เช่น เครื่องจักรชำรุด เนื่องจากอายุการใช้งาน ทำให้ต้องเสียเวลาในการซ่อมแซม และรอการจัดซื้อชิ้นส่วนทดแทน นอกจากนี้ยังประสบกับปัญหาน้ำท่วมในช่วงสุดท้ายของการดำเนินงาน (ตุลาคม 2554) ทำให้เครื่องจักรเสียหายเกือบทั้งหมด และข้อมูล ตัวอย่างงานวิจัยถูกทำลายเกือบทั้งหมด ทำให้ต้องขยายเวลาการทำงาน และกู้ข้อมูลมาจนถึงเดือนตุลาคม 2555

3.2 วัสดุดิบ และเครื่องมือ

3.2.1 วัสดุดิบที่ใช้ในงานวิจัย

ในการดำเนินงานในครั้งนี้ได้ใช้เม็ดพอลิแลคติกแอซิด และผงพอลิเอทิลีนความหนาแน่นปานกลาง (MDPE) ซึ่งแสดงเกรดที่ใช้และผู้ผลิตได้ในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 วัสดุดิบที่ใช้ในการทดลอง

วัสดุดิบ	เกรด	แหล่งที่มา
เม็ดพอลิแลคติกแอซิด (PLA)	2002D	บริษัท NatureWorks®
ผงพอลิเอทิลีนความหนาแน่นปานกลาง (MDPE)	M3204RU	บริษัท SCG chemical (Thailand)

3.2.2 เครื่องมือในการดำเนินงานวิจัย

ก. เครื่องขึ้นรูปแบบหมุน (Rotational Molding) ชนิด Shuttle-Style-Machine ของภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ซึ่งนำมาใช้ขึ้นรูปพอลิแลคติกแอซิด ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 เครื่องขึ้นรูปแบบหมุน

ข. เครื่องทดสอบดัชนีการไหล (Extrusion Plastometer or Melt Flow Indexer) รุ่น 6425 ของบริษัท CEAST ประเทศอิตาลี ของภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ คณะ

วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี นำมาใช้ในการทดสอบหาค่าดัชนีการไหลของพอลิแลคติกแอซิด ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 เครื่องทดสอบดัชนีการไหล

ค. เครื่องทดสอบสมบัติด้านทานแรงกระแทก (Izod Impact Testing Machine) รุ่น 6545 ของบริษัท CEAST ประเทศอิตาลี ของภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี นำมาใช้ทดสอบสมบัติด้านทานแรงกระแทกของพอลิแลคติกแอซิด ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 เครื่องทดสอบสมบัติด้านทานแรงกระแทก

ง. เครื่องทดสอบสมบัติด้านทานการโค้งงอ (Flexural Testing Machine) รุ่น H50KS ของบริษัท HOUNSFIELD ประเทศอังกฤษ ของภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี นำมาใช้ทดสอบสมบัติด้านทานแรงดึงของพอลิแลคติกแอซิด ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 เครื่องทดสอบสมบัติด้านทานการโค้งงอ

จ. เครื่องทดสอบสมบัติความแข็งผิวแบบ Rockwell (Rockwell Hardness Testing Machine) รุ่น DXT-1 ของบริษัท Matsuzawa ประเทศญี่ปุ่นของภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี นำมาใช้ทดสอบสมบัติความแข็งของพอลิแลคติกแอซิด ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 3.5



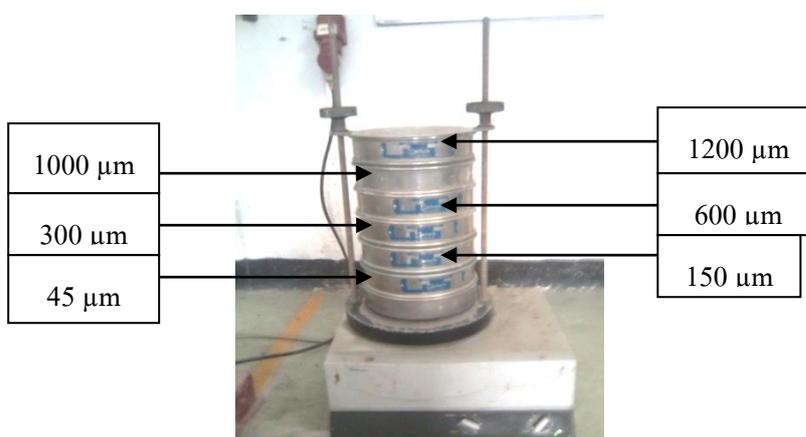
รูปที่ 3.5 เครื่องทดสอบสมบัติความแข็งแบบ Rockwell

จ. เครื่องบดละเอียด (Pulverizer) นำมาใช้บดเม็ดพอลิแลคติกแอซิดให้อยู่ในรูปผงละเอียด ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 เครื่องบด (Pulverizer) แบบบดละเอียด

ข. เครื่องคัดแยกขนาด (Sifter) ยี่ห้อ Retsch รุ่น AS 200 basic ประเทศเยอรมนีของภาควิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี นำมาใช้แยกขนาดของผงพอลิแลคติกแอซิดหลังจากผ่านการบดมาแล้ว ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 เครื่องคัดแยกขนาด (Sifter)

ซ. ตู้อบให้ความร้อน ยี่ห้อ Binder ประเทศสหรัฐอเมริกา ของภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี นำมาใช้อบผงพลาสติกก่อนการขึ้นรูป ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ตู้อบให้ความร้อน

3.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

สำหรับงานวิจัยนี้มีขั้นตอนการทำวิจัยหลังจากการหาข้อมูล และการเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ที่ต้องใช้ สามารถแบ่งออกเป็นขั้นตอนหลัก ๆ ที่สามารถแสดงเป็นแผนผังการทำงาน (Flow Chat) ได้เป็น 4 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 เป็นขั้นตอนการหาสภาวะการขึ้นรูปที่เหมาะสมของพอลิแลคติกแอซิด และทำการศึกษาพฤติกรรมการไหล ขั้นตอนที่ 2 เป็นการศึกษาความสามารถในการขึ้นรูปแบบหมุนของพอลิแลคติกแอซิด ที่สภาวะการขึ้นรูปที่เหมาะสมที่หาได้จากขั้นตอนที่ 1 และศึกษาสมบัติด้านต่างๆของผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูปแบบหมุน และขั้นตอนที่ 3 เป็นการขึ้นรูปพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นปานกลางด้วยกระบวนการขึ้นรูปแบบหมุน และทดสอบสมบัติเชิงกลของผลิตภัณฑ์ และขั้นตอนที่ 4 เป็นการนำผลที่ได้ในทุกขั้นตอนมาทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบ

ในขั้นตอนที่ 1 นำเม็ดพอลิแลคติกแอซิด มาทำการบดละเอียดให้เป็นผงขนาดเล็ก จากนั้นนำผงพอลิแลคติกแอซิด ส่วนหนึ่งนำไปทำการแยกขนาดด้วยเครื่องคัดขนาดให้ได้ขนาด 150 μm และ 300 μm แล้วจึงนำไปทำการทดสอบค่าดัชนีการไหล (Melt Flow Index, MFI) โดยทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 1238 จากนั้นจึงนำผงพอลิแลคติกแอซิดที่ได้นำไปทำการทดลองขึ้นรูปที่สภาวะต่างๆ และตามปริมาณผงวัสดุที่ใช้ทางทฤษฎี พร้อมกับทำการสังเกตลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ การสังเกตลักษณะรูปทรงพื้นผิวของชิ้นงาน และความใสของชิ้นงาน โดยใช้

วิธีการทดสอบด้วยการนำไปทาบลงบนกระดาษ A4 ซึ่งเขียนตัวอักษร A ไว้ จากนั้นทำการให้แสงสว่างจากข้างหลังของกระดาษ A4 เพื่อดูปริมาณของแสงที่ส่องผ่านชิ้นงาน กล่าวคือ ถ้าสามารถมองเห็นตัวอักษร A ซึ่งเขียนอยู่บนกระดาษ A4 โดยผ่านชิ้นงานชิ้นใดได้ชัดเจนกว่ากัน นั่นก็หมายความว่าชิ้นงานชิ้นนั้นมีความใสกว่าชิ้นอื่นๆ

ในการคำนวณหาปริมาณของพอลิแลคติกแอซิดที่จะใช้เป็นวัสดุในการขึ้นรูปชิ้นงาน จะต้อง มีการพิจารณาในส่วนของคุณค่าของชิ้นงานก่อน ซึ่งจากการวัดขนาดของชิ้นงานพบว่า แม่พิมพ์หรือกล่องชิ้นงานชิ้นนอกมีลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งมีขนาดต่างๆ ดังนี้

$$\text{ความยาว} = 310 \text{ mm}$$

$$\text{ความกว้าง} = 200 \text{ mm}$$

$$\text{ความสูง} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{ปริมาตรกล่องนอก} = 3100 \text{ cm}^3$$

และเมื่อได้ทำการพิจารณาที่ความหนาที่ต้องการระหว่างกล่องชิ้นนอกกับกล่องชิ้นในเท่ากับด้านละ 3 mm ดังนั้นจะได้ขนาดของกล่องชิ้นในดังนี้

$$\text{ความยาว} = 310 - 6 = 304 \text{ mm}$$

$$\text{ความกว้าง} = 200 - 6 = 194 \text{ mm}$$

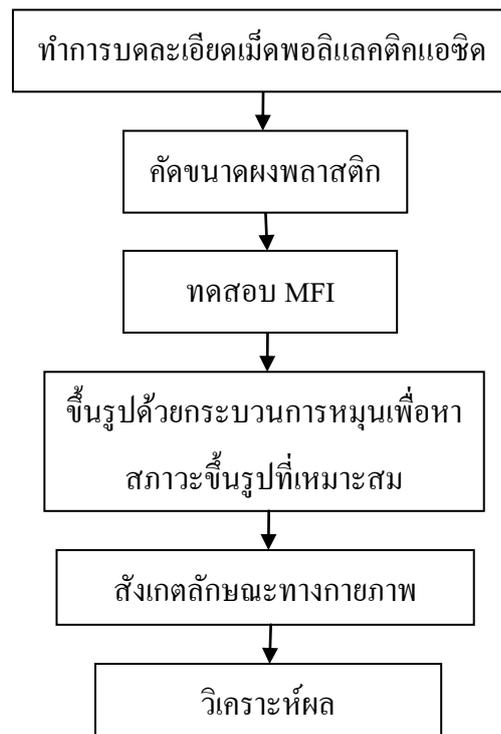
$$\text{ความสูง} = 50 - 6 = 44 \text{ mm}$$

$$\text{ปริมาตรกล่องใน} = 2594.944 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned} \text{ปริมาตรของกล่องที่ต้องการ} &= \text{ปริมาตรกล่องนอก} - \text{ปริมาตรกล่องใน} \\ &= 3100 - 2594.944 = 505.056 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{และจากความหนาแน่นของพอลิแลคติกแอซิด} &= 1.25 \text{ g/cm}^3 \text{ ดังนั้นจะได้} \\ \text{ปริมาณของวัสดุที่ใช้} &= \text{ความหนาแน่น} * \text{ปริมาตร} = (1.25 \text{ g/cm}^3) * (505 \text{ cm}^3) \\ &= 631.25 \text{ g} \end{aligned}$$

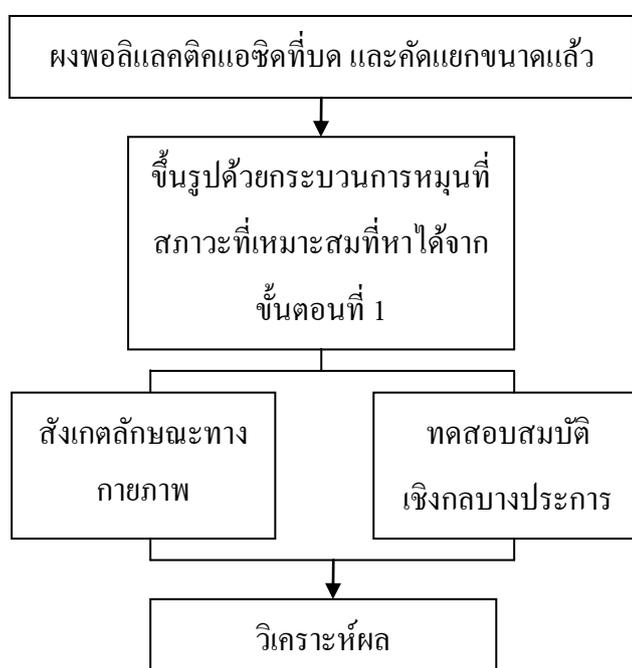
ขั้นตอนที่ 1



รูปที่ 3.9 แผนภาพแสดงขั้นตอนการดำเนินงานในขั้นตอนที่ 1

ในขั้นตอนที่ 2 นำเม็ดพอลิแลคติกแอซิดมาทำการบดละเอียด จากนั้นนำมาคัดแยกขนาด และนำไปขึ้นรูปที่สภาวะการขึ้นรูปที่มีความเหมาะสมที่หาได้จากขั้นตอนที่ 1 จากนั้นนำไปทำการศึกษาสมบัติเชิงกลบางประการ ได้แก่ สมบัติด้านทานการโค้งงอ โดยทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 790, สมบัติด้านทานแรงกระแทกแบบ Izod โดยทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 256 และสมบัติความแข็งผิวแบบ Rockwell โดยทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 785 รวมทั้งศึกษาสังเกตลักษณะทางกายภาพ โดยการสังเกตความใสด้วยสายตา จากนั้นนำไปวิเคราะห์ผล

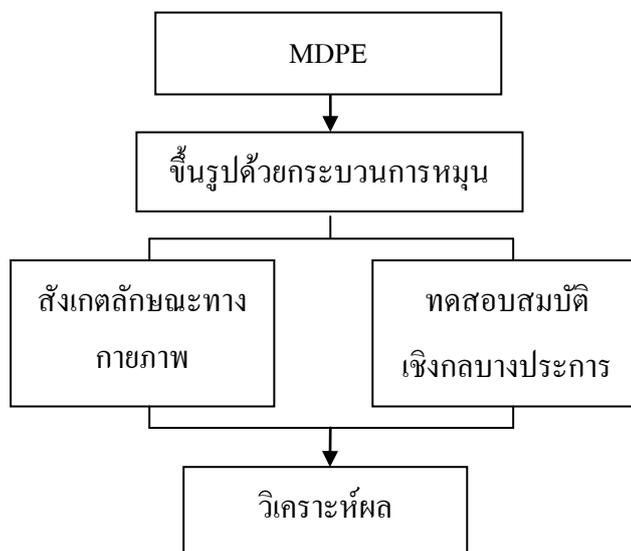
ขั้นตอนที่ 2



รูปที่ 3.10 แผนภาพแสดงขั้นตอนการดำเนินงานในขั้นตอนที่ 2

ในขั้นตอนที่ 3 นำพอลิเอทรีลีนชนิดความหนาแน่นปานกลางทำการขึ้นรูปด้วยกระบวนการขึ้นรูปแบบหมุน โดยใช้ปริมาณของผงที่ 500 g, อุณหภูมิขึ้นรูป 240 °C โดยสภาวะการขึ้นรูปของพอลิเอทรีลีนชนิดความหนาแน่นปานกลางดังกล่าวนี้อ้างอิงมาจากงานวิจัยของคณะผู้วิจัยที่ได้ทดลองทำการขึ้นรูปแล้ว ดังแสดงในตารางที่ 3.3 แล้วนำไปทดสอบสมบัติเชิงกลบางประการ ได้แก่ สมบัติด้านทานการโค้งงอ โดยทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 790, สมบัติด้านทานแรงกระแทกแบบ Izod โดยทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 256 และสมบัติความแข็งผิวแบบ Rockwell โดยทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 785 รวมทั้งศึกษาสังเกตลักษณะทางกายภาพ โดยการสังเกตความใสด้วยสายตา จากนั้นนำไปวิเคราะห์ผล

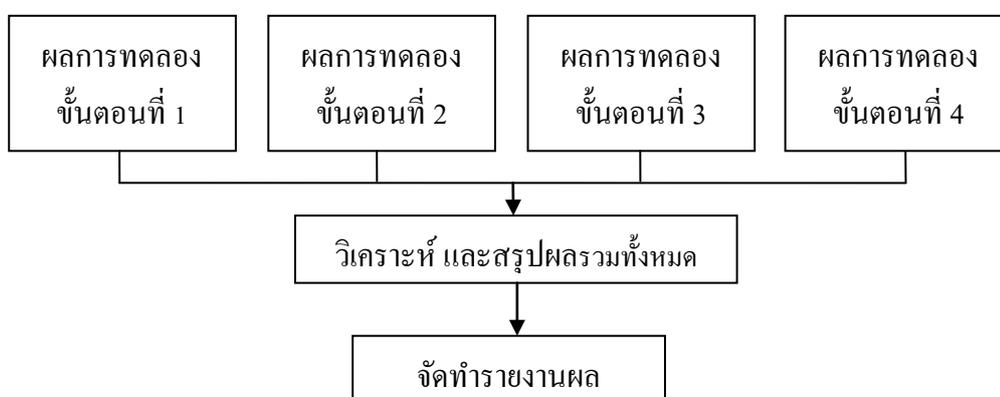
ขั้นตอนที่ 3



รูปที่ 3.11 แผนภาพแสดงขั้นตอนการดำเนินงานในขั้นตอนที่ 3

ในขั้นตอนที่ 4 นำผลที่ได้จากการทดสอบทั้งหมดมาวิเคราะห์ เปรียบเทียบ และสรุปความสามารถในการขึ้นรูปแบบหมุนของพอลิแลคติกแอซิด โดยสังเกตจากลักษณะทางกายภาพภายนอกด้วยสายตา และเปรียบเทียบว่าระหว่างผลิตภัณฑ์ดังกล่าวที่ได้จากกระบวนการนี้ พอลิเมอร์ชนิดใดมีสมบัติเชิงกลบางประการดีกว่ากัน รวมทั้งเปรียบเทียบค่าดัชนีการไหลของพอลิแลคติกแอซิดและพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นปานกลางทั้งสองแบบดังกล่าวด้วย จากนั้นในขั้นตอนสุดท้ายจะได้จัดทำรายงานผลการศึกษาของโครงการต่อไป

ขั้นตอนที่ 4



รูปที่ 3.12 แผนภาพแสดงขั้นตอนการดำเนินงานในขั้นตอนที่ 4