



การพัฒนาแผ่นอัดของเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัว  
THE DEVELOPMENT OF RUBBER SHEET-PRESS FOR COW DUNG

ชลดา เปี่ยมปุก

Chonlada Piampuk

ธรววิช คล้ายทองคำ

Tuwawit Klaythongkam

นฤมล สุบิน

Naruemol Subin

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต  
หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล และวิศวกรรมพลังงาน  
ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร  
ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาแผ่นอัดของเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัว

THE DEVELOPMENT OF RUBBER SHEET-PRESS FOR COW DUNG



ชลดา เปี่ยมปุก

Chonlada Piampuk

ชูวิธ คล้ายทองคำ

Tuwawit Klaythongkam

นฤมล สุบิน

Naruemol Subin

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล และวิศวกรรมพลังงาน

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์


สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# THE DEVELOPMENT OF RUBBER SHEET-PRESS FOR COW DUNG

The seal of King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang is a circular emblem. It features a central sunburst with rays emanating from a central point. Below the sunburst are two traditional Thai stupas (chedis) flanking a central, more ornate structure. The entire emblem is surrounded by a circular border containing Thai text. The text at the top reads 'สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง' and the text at the bottom reads 'พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง'.

Chonlada Piampuk  
Tuwawit Klaythongkam  
Naruemol Subin

A PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT  
FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING AND  
ENERGY ENGINEERING DEPARTMENT OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
PRINCE OF CHUMPHON

2022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**COPYRIGHT 2023**

**DEPARTMENT OF ENGINEERING**



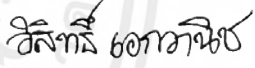


**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

**PRINCE OF CHUMPHON**

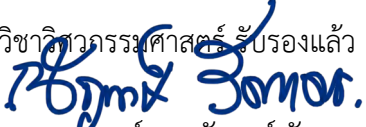
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร  
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ การพัฒนาแผ่นอัดของเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัว  
PROJECT TITLE The Development of Rubber Sheet-Press for Cow Dung  
ชื่อนักศึกษา นางสาวชลดา เปี่ยมปุก รหัสประจำตัว 62201043  
นายธวัช คล้ายทองคำ รหัสประจำตัว 62201116  
นางสาวนฤมล สุบิน รหัสประจำตัว 62201135  
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล และวิศวกรรมพลังงาน  
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ปราโมทย์ กุศล  
ปริญญาานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปริญญาานิพนธ์			ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.นารัษฎะพี	นาคะวัจนะ	กรรมการสอบ	
ผศ.ดร.ศรีรัตน์	ช่วยบุญ	กรรมการสอบ	
ดร.วิสิทธิ์	เอกวานิช	กรรมการสอบ	
รศ.ดร.ปัญญา	แดงวิไลลักษณ์	กรรมการสอบ	
ผศ.ดร.ปราโมทย์	กุศล	อาจารย์ที่ปรึกษา	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 13 มิถุนายน 2566 เวลา 09.00 น เป็นต้นไป  
สถานที่สอบ ออนไลน์

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว  
  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ รัตนเดช)  
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์  
วันที่ 15 มิถุนายน พ.ศ. 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การพัฒนาแผ่นอัดของเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัว	
ชื่อนักศึกษา	นางสาวชลดา เปี่ยมปุก	รหัสประจำตัว 62201043
	นายธวัช คล้ายทองคำ	รหัสประจำตัว 62201116
	นางสาวนฤมล สุบิน	รหัสประจำตัว 62201135
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล และวิศวกรรมพลังงาน	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ปราโมทย์ กุศล	
ปริญญานิพนธ์		

### บทคัดย่อ

การเพิ่มขึ้นของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมทำให้เกิดปัญหาในการจัดการของเสีย เช่น มูลสัตว์ เกษตรกรส่วนใหญ่เพิ่มมูลค่าให้กับมูลวัวด้วยการตากแห้ง แต่ปัญหาที่พบคือ การทำมูลวัวตากแห้งนั้น ใช้ระยะเวลาานาน จึงได้มีการนำเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัวมาใช้กันอย่างแพร่หลายเพื่อลดปัญหาพื้นที่การตากมูลวัว แต่ในส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัวคือ แผ่นอัดที่ประกอบอยู่ตรงส่วนหน้าของเครื่องรีดซึ่งมีระยะเวลาการใช้งานประมาณ2ปีแล้วทำให้ประสิทธิภาพของการแยกน้ำออกจากมูลวัวลดลงอีกทั้งแผ่นอัดมีราคาค่อนข้างสูงและต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ทางผู้จัดทำจึงได้มีแนวทางในการแก้ไขปัญหาด้วยวิธีทางวิศวกรรมย้อนรอย เพื่อหาคุณสมบัติทางกลของวัสดุเพื่อใช้ในการทดแทนจากการศึกษาพบว่าพบว่าการใช้โพลียูรีเทนผสมกับสไตรีนโมโนเมอร์ที่ 3phr มีความต้านทานที่ 104.589 นิวตัน และมีความความยืดหยุ่นที่ 4.35 MPa ซึ่งค่าที่ได้มีความใกล้เคียงกับแผ่นอัดเดิมโดยการทดสอบแรงดึงด้วยเครื่องเทนไซค์ นำวัสดุที่มีค่าใกล้เคียงกับแผ่นอัดเดิมมาทำการการออกแบบและขึ้นรูปแม่พิมพ์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 280 มิลลิเมตร แผงก้นกลีบมีความยาว 112 มิลลิเมตร และ สูง 27 มิลลิเมตร เพื่อให้สามารถประกอบเข้าเครื่องเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัวได้ แผ่นอัดใหม่ที่ขึ้นรูปด้วยโพลียูรีเทนผสมพลาสติกไซเซอร์สไตรีนมอนอเมอร์ที่ 3phr มีความหนา 10 มิลลิเมตร นำแผ่นอัดใหม่ไปทดลองกับแยกของเหลวออกจากมูลวัว SEP COM 015 การประเมินประสิทธิภาพ กำหนดจากค่ามาตรฐานความชื้นแห้งของกากมูลวัวหลังจากแยกของแข็งออกจากของเหลวแล้ว ผลการทดลองพบว่าแผ่นอัดใหม่ที่เติมพลาสติกไซเซอร์สไตรีนมอนอเมอร์ที่ปริมาณ 3phr มีความชื้นที่เหลืออยู่ใกล้เคียงกับแผ่นอัดเดิมของเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัวมีค่าเฉลี่ยความชื้นมาตรฐานแห้ง 4.023 เปอร์เซ็นต์ และแผ่นอัดใหม่มีค่าเฉลี่ยมาตรฐานความชื้นแห้งของแผ่นอัดใหม่อยู่ที่ 4.023 เปอร์เซ็นต์ สามารถนำไปทดแทนแผ่นอัดที่นำเข้าจากต่างประเทศได้

**คำสำคัญ:** แผ่นรีดของเหลวออกจากมูลวัว, มูลวัว, โพลียูรีเทน, สไตรีนโมโนเมอร์

<b>Project Title</b>	The Development of Rubber Sheet-Press for Cow Dung	
<b>Student</b>	Miss Chonlada Piampuk	<b>Student ID</b> 62201043
	Mr. Tuwawit Klaythongkam	<b>Student ID</b> 62201116
	Miss Naruemol Subin	<b>Student ID</b> 62201135
<b>Degree</b>	Bachelor of Engineering	
<b>Program</b>	Mechanical Engineering and Energy Engineering	
<b>Project Advisor</b>	Asst.Prof.Dr.Pramote Kuson	

## ABSTRACT

The increasing number of dairy farmers has led to problems in waste management, such as animal manure. Most farmers have increased the value of cow manure by using it for drying purposes. However, the problem encountered is that the process of drying cow manure takes a long time. As a result, there has been widespread adoption of liquid separation devices to separate the liquid component from the cow manure, aiming to reduce the space needed for the drying process. The important component of the liquid separation device for cow manure is the compression plate located at the front part of the pressing machine. However, these compression plates have been in use for approximately 2 years, leading to a decrease in the efficiency of water separation from cow manure. Additionally, the compression plates are relatively expensive and need to be imported from foreign countries. The creator has come up with a solution by applying a reverse engineering approach to find alternative materials with similar mechanical properties. Through a study, it was found that a blend of polyurethane and 3phr of styrene monomer resulted in a resistance value of 104.589 Newtons and a flexibility value of 4.35 MPa. The obtained values closely approximate those of the original compression plate, as determined through tensile strength testing using a tensile machine. The material with similar properties was then used to design and manufacture a mold with a diameter of 280 millimeters, a partition plate length of 112 millimeters, and a height of 27 millimeters, facilitating the assembly of the liquid separation device for cow manure.

**Keywords:** Cow dung extrusion sheet, Cow dung, Polyurethane, Styrene monomer

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจาก ผศ.ดร.ปราโมทย์ กุศล อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ แนวคิด ความรู้ต่างๆ ตลอดจนขั้นตอนและวิธีการในการทำปริญญานิพนธ์

นอกจากนี้คณะผู้จัดทำต้องขอขอบคุณอินแปลงฟาร์มที่สนับสนุนในการให้ทดลองใช้แผ่นอัดกับเครื่องแยกของเหลวจากมูลวัว ตัวอย่างจากมูลวัวสำหรับการทำวิจัย บุคคลที่ขาดไม่ได้คือ บิดา มารดา ผู้มีพระคุณและเป็นพี่เลี้ยงที่คอยให้การสนับสนุนและกำลังใจแก่คณะผู้จัดทำเสมอ คณะผู้จัดทำขอกราบขอพระคุณเป็นอย่างยิ่ง และขอขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ นักศึกษาที่คอยช่วยเหลือ แนะนำและสนับสนุนในทุกๆ ด้าน รวมถึงกำลังใจซึ่งทำให้การจัดทำปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วง

คณะผู้จัดทำหวังว่าปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะมีประโยชน์ไม่มีก็น้อยต่อผู้ที่สนใจศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาแผ่นอัดของเครื่องแยกของเหลวจากมูลวัว ขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

ชลดา เปี่ยมปุก  
ธวัช คล้ายทองคำ  
นฤมล สุบิน  
มิถุนายน 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 สมมติฐาน	1
1.4 ขอบเขตของโครงการ	1
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.7 แผนการดำเนินงาน	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับมูลลว	4
2.2 เครื่องแยกตะกอน	4
2.3 พลาสติก	7
2.4 พลาสติกไฮเซออร์	10
2.5 พอลิเอทิลีน ไกคอล	10
2.6 โมนอสไตรีน	11
2.7 Polyurethane	11
2.8 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	13
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	20
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	22
3.1 การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ขึ้นสำหรับแผ่นอัดใหม่	22
3.2 การศึกษาสมบัติทางกลของแผ่นอัดของเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลลว	24
3.3 การศึกษาคุณสมบัติทางกลของแผ่นอัดใหม่สำหรับเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลลว	26
3.4 การสร้างแผ่นอัดใหม่ของเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลลว	31
3.5 การทดสอบประสิทธิภาพของแผ่นอัดของเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลลว	35
3.6 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์	36

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผล	37
4.1 ผลการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์	37
4.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกลของแผ่นอัดเดิม	38
4.3 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกลของแผ่นอัดใหม่	39
4.4 ผลการสร้างแผ่นอัดใหม่สำหรับเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัว	45
4.5 ผลการประเมินประสิทธิภาพของแผ่นอัดโดยวัดจากความชื้นที่เหลือ	46
4.6 ผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์	47
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	50
5.1 สรุปผลการทดลอง	50
5.2 ปัญหาที่พบ	51
5.3 ข้อเสนอแนะ	51
เอกสารอ้างอิง	52
ภาคผนวก	56
ภาคผนวก ก การออกแบบแม่พิมพ์สำหรับสร้างแผ่นอัดใหม่ของเครื่องแยก ของเหลวออกจากมูลวัว	57
ประวัติผู้จัดทำ	62

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	แผนการดำเนินงานการออกแบบพัฒนาแผ่นอัดของเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัว	3
2.1	ธาตุอาหารในมูลโค	4
2.2	สมบัติบางประการของเทอร์โมพลาสติก	8
2.3	สมบัติบางประการของเทอร์โมเซตติงพลาสติกบางชนิด	9
4.1	การเปรียบเทียบคุณสมบัติและต้นทุนการผลิตของแผ่นอัดใหม่	49



## สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	แผนผังการดำเนินงานการออกแบบพัฒนาแผ่นอัดของเครื่องแยกของเหลวจากมูลวัว	2
2.1	เครื่องแยกกากตะกอนแบบ Filter Press	5
2.2	เครื่องแยกกากตะกอนแบบ Belt Press	5
2.3	เครื่องแยกกากตะกอนแบบ Decanter Press	6
2.4	เครื่องแยกกากตะกอนแบบ Screw Press	6
2.5	โครงสร้างโมเลกุลของเทอร์โมพลาสติก	7
2.6	โครงสร้างโมเลกุลเทอร์โมเซตติง	9
2.7	โครงสร้างเคมีพอลิเอทิลีน ไกลคอล	11
2.8	โครงสร้างเคมีโมโนสไตรีน	11
2.9	โครงสร้างเคมีโพลียูรีเทน	12
2.10	วัสดุรับแรงในรูปแบบต่างๆ	14
2.11	ขั้นตอนทดสอบแรงดึงพื้นที่หน้าตัดจับหัวท้ายโดยการล็อกที่ป่า	16
2.12	จุดสำคัญของกราฟความเค้นและความเครียดทางวิศวกรรม	16
2.13	การเกิดคอคอดของขั้นตอนทดสอบ ณ จุดความเค้นแรงดึงสูงสุด	17
3.1	แม่พิมพ์สำหรับแผ่นอัดของเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัว	22
3.2	ฐานแม่พิมพ์สำหรับการทำแผ่นอัดใหม่	23
3.3	หมุดสำหรับทำรูน็อต	23
3.4	แผงกันสำหรับทำแฉก	23
3.5	เครื่องทดสอบแรง	24
3.6	ชิ้นงานทดสอบแรงดึง	25
3.7	เครื่องทดสอบแรงดึงกำลังทำงาน	25
3.8	ชิ้นงานทดสอบแรงดึงไม่ผสมพลาสติกไฮเซออร์	26
3.9	Polyurethane Resin โพลียูรีเทน ความแข็ง 70 shore A	26
3.10	แม่พิมพ์ยางสำหรับทดสอบแรง	27
3.11	เครื่องชั่งดิจิตอล	27
3.12	ปีเกอร์	27
3.13	แท่งคนสาร	27
3.14	พอลิเอทิลีน ไกลคอล	28
3.15	สไตรีนมอนอเมอร์	29
3.16	ทาน้ำยากันติดบนฐานแม่พิมพ์	32
3.17	โพลียูรีเทนและตัวทำปฏิกิริยา	32
3.18	เทส่วนผสมลงในแม่พิมพ์	33

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.19	ตู้อบแห้งชนิด Hot Air Oven ยี่ห้อ Binder รุ่น FD53	34
3.20	Moisture Can	35
3.21	กากมูลวัว	35
4.1	แม่พิมพ์สำหรับสร้างแผ่นอัดใหม่	37
4.2	ค่า modulus ของแผ่นอัดเดิม	38
4.3	ค่า tensile strength ของแผ่นอัดเดิม	38
4.4	ค่า modulus ของแผ่นอัดใหม่ที่ไม่เติมพลาสติกไซเซออร์	39
4.5	ค่า tensile strength ของแผ่นอัดใหม่ที่ไม่เติมพลาสติกไซเซออร์	39
4.6	ค่า modulus ของแผ่นอัดใหม่ที่เติมพลาสติกไซเซออร์พอลิเอทิลีนไกลคอล	40
4.7	ค่า tensile strength ของแผ่นอัดใหม่ที่เติมพลาสติกไซเซออร์พอลิเอทิลีนไกลคอล	41
4.8	ค่า modulus ของแผ่นอัดใหม่ที่ผสมพลาสติกไซเซออร์สไตรีนมอนอเมอร์	42
4.9	ค่า tensile strength ของแผ่นอัดใหม่ที่ผสมพลาสติกไซเซออร์สไตรีนมอนอเมอร์	42
4.10	ค่า modulus ของแผ่นอัดใหม่ที่ผสมพลาสติกไซเซออร์พอลิเอทิลีน ไกลคอล ร่วมกับสไตรีนมอนอเมอร์	46
4.11	ค่า tensile strength ของแผ่นอัดใหม่ที่ผสมพลาสติกไซเซออร์ พอลิเอทิลีน ไกลคอลร่วมกับสไตรีนมอนอเมอร์	44
4.12	แผ่นอัดใหม่ที่ไม่ผสมพลาสติกไซเซออร์	44
4.13	แผ่นอัดใหม่ที่ผสมพลาสติกไซเซออร์สไตรีนมอนอเมอร์ 3phr	45
4.14	แผ่นอัดใหม่ที่ผสมพลาสติกไซเซออร์สไตรีนมอนอเมอร์ 3phr เสริมแรงด้วย พอลิเอสเทอร์	46
4.15	ผลของการประเมินประสิทธิภาพของแผ่นอัด	47

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญญานិพนธ์

ในปัจจุบันการเลี้ยงโคนมจัดเป็นอาชีพที่มีรายได้แน่นอน และมั่นคงสำหรับประเทศไทยได้มีการส่งเสริม และพัฒนาเศรษฐกิจด้านปศุสัตว์มากขึ้นโดยเฉพาะโคนม ซึ่งจะเห็นได้จากการเพิ่มขึ้นของเกษตรกรที่เลี้ยงโคนม 25,282 รายในปี 2564 [1] การเพิ่มขึ้นของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมทำให้เกิดปัญหาในการจัดการของเสีย เช่นมูล และปัสสาวะ ของวัวที่ขับถ่ายออกมาเป็นกากอาหารหรืออาหารที่ไม่ถูกย่อย หรืออาหารบางส่วนที่ถูกย่อยแล้วแต่ร่างกายสัตว์ไม่สามารถดูดซึมไปใช้ได้ [2] เกษตรกรส่วนใหญ่เพิ่มมูลค่าให้กับมูลวัวเหลวด้วยการตากแห้ง และแปรรูปเป็นปุ๋ยคอกหรือแมันแต่ยังสามารถนำมูลวัวไปทำเป็นก๊าซชีววมวลได้อีกด้วย [3] แต่ปัญหาที่พบคือปัญหาหามลพิษของน้ำที่เกิดจากการปนเปื้อนมูลวัว การระเหยของแก๊สเรือนกระจก การกัดกร่อนเหล็กที่ใช้ทำคอก ซึ่งปัญหาเหล่านี้จะส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบของโคนม อีกทั้งการทำมูลวัวตากแห้งยังต้องใช้ระยะเวลาที่นาน ทำให้เกิดความสูญเสียในหลายๆด้าน [4,5] ในปัจจุบันได้มีการออกแบบเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลออกมาใช้งาน เพื่อจัดการปัญหาของเสียที่เกิดจากฟาร์มวัวของเกษตรกร และลดระยะเวลาในการแปรรูปมูลวัวโดยไม่จำเป็นต้องใช้พื้นที่บริเวณกว้างเพื่อตากแดด [6] แต่เนื่องจากเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัวนั้นมีส่วนที่สำคัญคือแผ่นที่ต้องใช้คือแผ่นอัดของเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัวมีราคาค่อนข้างสูงและต้องนำเข้าจากต่างประเทศ คณะผู้จัดทำจึงมีความประสงค์ที่ออกแบบ และพัฒนาแผ่นอัดของเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัว

### 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 ออกแบบและพัฒนาแผ่นอัดของเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัว

1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของแผ่นอัดของเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัว โดยประเมินจากความชื้นที่เหลือหลังจากการแยกของเหลวออกจากมูลวัว

### 1.3 สมมติฐานของโครงการ

1.3.1 การใช้พลาสติกไซเซอร์ จะทำให้วัสดุมีความยืดหยุ่นมากขึ้น

### 1.4 ขอบเขตของโครงการ

1.4.1 แผ่นอัดที่สร้างขึ้นมานำไปใช้กับเครื่อง SEPCOM 015 SOLID-LIQUID SCREW PRESS SEPARATORS ที่อินแปลงฟาร์ม

1.4.2 ใช้มูลวัวจากอินแปลงฟาร์มในการแยกของเหลวออกจากของแข็ง

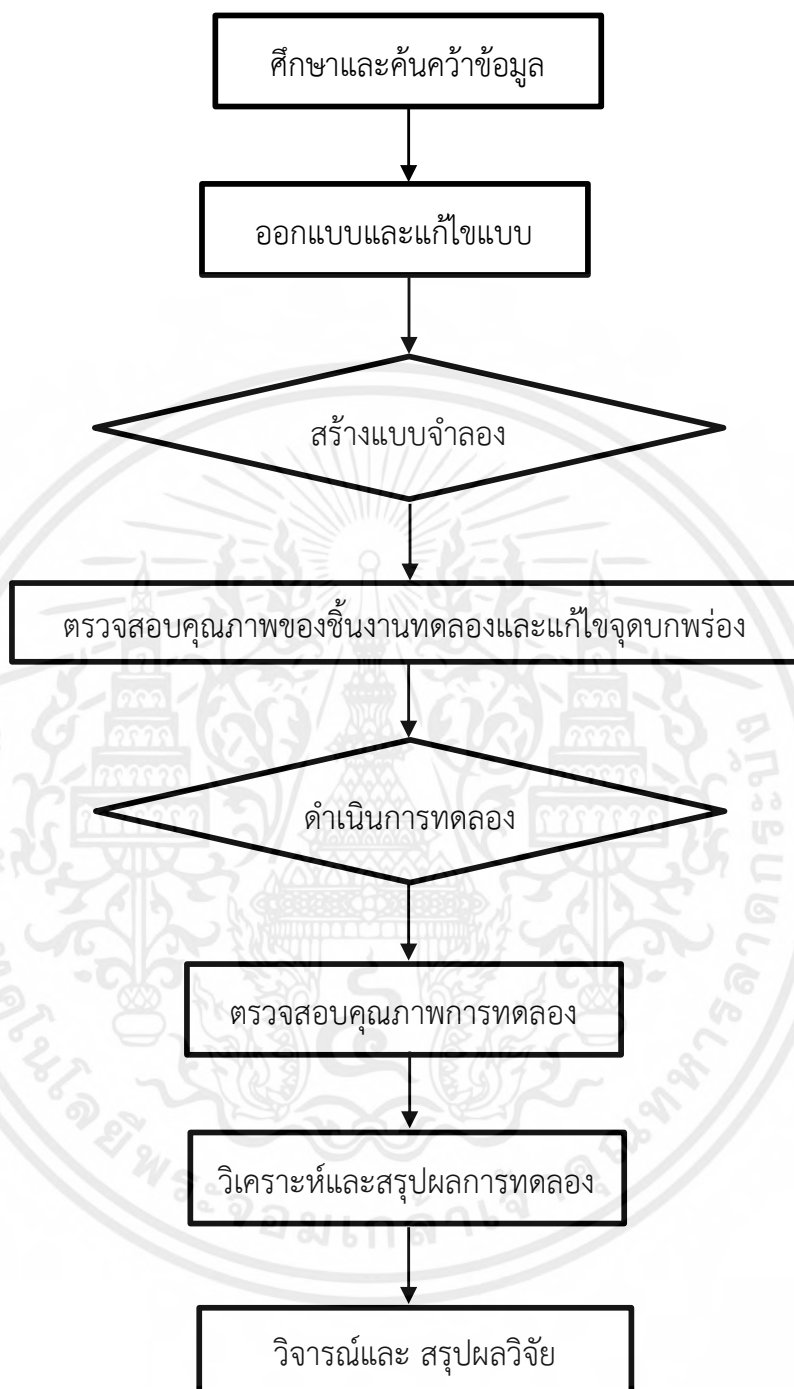
### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 แผ่นอัดที่สร้างขึ้นสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.5.2 ช่วยลดต้นทุนในการนำเข้าของแผ่นอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน



รูปที่ 1.1 แผนผังการดำเนินงานการออกแบบพัฒนาแผ่นอัดของเครื่องแยกของเหลวจากมูลวัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.7 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานการออกแบบพัฒนาแผ่นอัดของเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัว

แผนการดำเนินงาน	ปี 2565		ปี 2566			
	ส.ค. - ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค. มิ.ย.
1.ศึกษาข้อมูล/วิจัยเกี่ยวกับพอลิเมอร์	↔					
2.ทดสอบแรงดึงโพลียูรีเทน			↔			
3.ออกแบบและปรับปรุงแก้ไขแบบ			↔			
4.สร้างแม่พิมพ์สำหรับแผ่นอัด				↔		
5.ทดสอบแผ่นอัด				↔		
6.ทดลองและบันทึกผลการทดลอง				↔		
7.วิเคราะห์ผลการทดลอง				↔		
8.เขียนเล่มปริญญานิพนธ์			↔			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัวชนิดเครื่องรีด แผ่นอัดที่ใช้สำหรับรีดมูลวัวเป็นส่วนที่สำคัญอีกหนึ่งของเครื่องแยก ซึ่งแผ่นอัดจะติดตั้งอยู่บริเวณส่วนหัวของเครื่องแยกกาก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาหลักการทำงาน และโครงสร้างของชิ้นงานต้นแบบโดยใช้หลักการวิศวกรรมย้อนรอยเข้ามาช่วย รวมไปถึงต้องศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับวัสดุที่จะนำมาขึ้นรูป เพื่อหาคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ให้เหมาะสมกับการใช้งาน และสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

#### 2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับมูลวัว

มูลโค (Cow Dung) มีลักษณะเป็นสีเขียวจนถึงดำเมื่อโดนอากาศจะกลายเป็นสีน้ำตาลถึงดำแห้งและแข็ง ประกอบไปด้วยเศษของพืชที่โคกินเข้าไปแล้วไม่สามารถย่อยหรือนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมดในกระบวนการดูดซึมอาหาร จึงเหลือเป็นกากขับถ่ายออกมาเป็นมูลโค [7] ซึ่งในมูลโคจะประกอบไปด้วยธาตุอาหารหลายชนิดตามที่โคได้กินเข้าไป (ตารางที่ 2.1) มีทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ [8]

ตารางที่ 2.1 ธาตุอาหารในมูลโค

Cattle manure properties	Average
pH	8.47
EC (dS m <sup>-1</sup> )	6.38
Total N (g kg <sup>-1</sup> )	11.70
Total P (g kg <sup>-1</sup> )	6.70
Total K (g kg <sup>-1</sup> )	16.80
Total Ca (g kg <sup>-1</sup> )	17.20
Total Mg (g kg <sup>-1</sup> )	1.80

#### 2.2 เครื่องแยกตะกอน

ในฟาร์มทั้งขนาดกลางและขนาดใหญ่การแยกกากของเสียมีความจำเป็นอย่างมากเพราะเป็นวิธีที่ช่วยในการกำจัดของเสียเพื่อลดกลิ่นเหม็นภายในฟาร์ม สามารถจัดการกับมูลวัวในฟาร์มได้ง่าย และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ในปัจจุบันเครื่องแยกกากมีมากมายหลายแบบ เช่น Filter Press, Belt Press, Decanter Press และ Screw Press [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.1 Filter Press

เป็นเครื่องรีดตะกอนโดยใช้หลักการแยกของแข็งกับของเหลวโดยใช้ถุงกรอง (รูปที่ 2.1) หลักการคือ สูบน้ำตะกอนเข้าถุงกรองที่เรียงกันเป็นเฟรม เมื่อน้ำตะกอนเข้าไปในถุงกรองจะใช้ระบบ Hydraulic ในการบีบอัดถุงกรอง จากนั้นน้ำตะกอนที่อยู่ในถุงกรองจะไหลออกมาเหลือแค่กากตะกอนแห้ง เมื่อกากตะกอนแห้งตามที่ต้องการแล้วต้องแกะถุงกรองออกเพื่อนำตะกอนที่รีดน้ำออกไปแล้วออกมา เพื่อเข้ากระบวนการบำบัดต่อไป [10]



รูปที่ 2.1 เครื่องแยกกากตะกอนแบบ Filter Press [11]

### 2.2.2 Belt Press

เครื่องรีดตะกอนโดยใช้แรงดันที่เกิดจากสายพานที่ขึงอยู่บนลูกกลิ้ง (รูปที่ 2.2) โดยน้ำตะกอนที่จะถูกส่งไปยังสายพานเพื่อกระจายตัวให้เต็มสายพาน จากนั้นน้ำตะกอนจะไหลออกผ่านรูพรุนของสายพานตามแนวแรงโน้มถ่วง เมื่อบริเวณที่ผ่านลูกกลิ้งที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กลงเรื่อยๆ เนื้อตะกอนที่กระจายไปบนสายพานจะถูกรีดให้แห้งลงเรื่อยๆ ทั้งนี้ความแห้งของตะกอนจะขึ้นอยู่กับประเภทและชนิดของตะกอน



รูปที่ 2.2 เครื่องแยกกากตะกอนแบบ Belt Press [12]

### 2.2.3 Decanter Press

ใช้หลักการการเหวี่ยงในการทำงาน แรงเหวี่ยงจะทำให้เนื้อตะกอนที่มีน้ำหนักมากกว่าน้ำจะถูกเหวี่ยงหนีจุดศูนย์กลาง ไบกวาดของสกรูจะทำหน้าที่กวาดตะกอนที่ถูกแยกออกไปยังจุดที่กึ่งกลาง ส่วนน้ำจะไหลแยกออกโดยจะไหลไปในทิศทางตรงกันข้าม ในการเหวี่ยงตะกอนต้องใช้มอเตอร์ที่มีกำลังสูงเพื่อให้เกิดแรงเหวี่ยงที่จะแยกตะกอนออกจากน้ำได้ดี



รูปที่ 2.3 เครื่องแยกกากตะกอนแบบ Decanter Press [13]

### 2.2.4 Screw Press

หลักการทำงานของ Screw Press เป็นการเคลื่อนที่ของน้ำตะกอนโดยใช้สกรูหรือลูกเดือยเคลื่อนที่ผ่านชุด Moving and Fixed Rings ซึ่งเคลื่อนที่ผ่าน Rings จะทำให้น้ำแยกออกจากตัวตะกอนผ่านช่องว่างเล็กๆ (Gap) ระหว่าง Rings การเคลื่อนที่ของ Moving Rings จะเป็นตัวช่วยทำความสะอาด เพื่อไม่ให้เกิดการอุดตัน (Gap) ตัวตะกอนจะเคลื่อนที่เรื่อยๆ ส่งผลให้น้ำถูกบีบออกเรื่อยๆ ตามขนาดของ Gap ที่เล็กลงจนแห้งกลายเป็น Sludge Cake ที่มีความแห้ง 15-20% [10]



รูปที่ 2.4 เครื่องแยกกากตะกอนแบบ Screw Press [14]

## 2.3 พลาสติก

พลาสติกจัดเป็นสารประกอบพวกไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbon) ประกอบด้วยธาตุที่สำคัญคือ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน เป็นหลัก อาจจะมีธาตุอื่นๆ เป็นส่วนประกอบร่วมด้วย เช่น ไนโตรเจน ฟลูออรีน คลอรีน และกำมะถัน เป็นต้น ปัจจุบันมีการนำพลาสติกมาใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น โฟม ท่อ ถุง ผลิตจากร้ำมันดิบที่เกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติใต้ผิวดิน ซึ่งมีความสำคัญกับมนุษย์เป็นอย่างมาก

พลาสติกเกิดจากการกลั่นลำดับส่วนของน้ำมันดิบ เพื่อแยกสารประกอบไฮโดรคาร์บอน แยกจนได้เป็นสารประกอบขนาดเล็ก เช่น ก๊าซเอทิลีน โพรพิลีนซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการผลิตพลาสติก สมบัติทั่วไปของพาสติกมีความเสถียร สลายตัวยาก เบาและมวลน้อย เป็นฉนวน [15]

### 2.3.1 ประเภทของพลาสติก

#### 2.3.1.1 เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic)

โครงสร้างโมเลกุล (รูปที่ 2.5) เป็นโซ่ตรงยาวมีการเชื่อมต่อระหว่างโซ่พอลิเมอร์น้อยมาก เมื่อได้รับความร้อนจะอ่อนตัว และเมื่อเย็นลงจะแข็งตัว สามารถเปลี่ยนรูปได้ สามารถหลอมเหลวได้เมื่อหลอมแล้วสามารถนำมาขึ้นรูปกลับมาใช้ใหม่ได้ ตัวอย่างเช่น พอลิเอทิลีน โพลีโพรพิลีน พอลิสไตรีน [16]



รูปที่ 2.5 โครงสร้างโมเลกุลเทอร์โมพลาสติก [17]

ตารางที่ 2.2 สมบัติบางประการของเทอร์โมพลาสติกบางชนิด

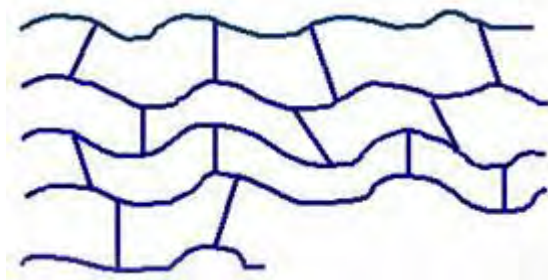
ชนิดของพลาสติก	ชื่อย่อ	สมบัติบางประการ	การนำไปใช้งาน
โพลีเอทิลีน	Polyethylene : PE	ไอน้ำสามารถผ่านได้เล็กน้อย มีลักษณะขุ่นและทนความร้อน	ท่อน้ำ ถัง ถู ขวด แท่นรองรับสินค้า
โพลีโพรพิลีน	Polypropylene : PP	แข็งแรงกว่าโพลีเอทิลีน ทนต่อสารไขมัน ความร้อน	แผ่นพลาสติก ถูพลาสติก หลอดดูดพลาสติก
โพลีสไตรีน	Polystyrene :PS	โปร่งใส เปราะ ทนกรด และต่าง ไอน้ำ และอากาศผ่านได้พอสมควร	ชิ้นส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เครื่องใช้ไฟฟ้า ชิ้นส่วนยานยนต์
โพลีไวนิลคลอไรด์	Polyvinylchloride: PVC	ไอน้ำ อากาศได้พอควร มีสีใสป้องกันไขมันได้	ขวดบรรจุน้ำมันและไขมันปรุงอาหาร ขวดบรรจุเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์
ไนลอน	Nylon	เหนียว ทนต่อการเพิ่มอุณหภูมิ	แผ่นแลมినेट ถูพลาสติกบรรจุอาหารแบบสุญญากาศ
โพลีเอทิลีนเทอร์ฟทาเลต	Terylene :polyethylene terephthalate	เหนียว โปร่งใส ราคาค่อนข้างสูง	ทำแผ่นฟิล์มบรรจุอาหาร
โพลีคาร์บอเนต	Polycarbonate : PC	โปร่งใส แข็ง ทนแรงยึดและแรงกระแทก ทนความร้อน ทนกรด แต่ไม่ทนด่าง	ถ้วย งาน ขาม ขวดนมเด็ก และขวดบรรจุอาหารเด็ก

### 2.3.1.2 เทอร์โมเซตติงพลาสติก (Thermosetting plastic)

เป็นพลาสติกที่มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและทนต่อปฏิกิริยาเคมีได้ดี เกิดคราบและรอยเปื้อนยาก คงรูปหลังการผ่านความร้อน เมื่อเย็นลงจะแข็งมาก ทนความร้อนและความดันไม่อ่อนตัวและเปลี่ยนรูปไม่ได้ แต่ถ้าอุณหภูมิสูงก็จะแตก โดยโมเลกุลจะเชื่อมโยงกันเป็นร่างแหจับกันแน่น (รูปที่ 2.6) แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลแข็งแรงมาก ไม่สามารถนำกลับมาขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปใหม่ได้ เทอร์โมเซตติงพลาสติก ได้แก่ ฟีนอลฟอร์มาดีไฮด์ อีพ็อกซี โพลีเอสเตอร์ ยูรีเทน พอลิยูรีเทน เป็นต้น [16]



รูปที่ 2.6 โครงสร้างโมเลกุลเทอร์โมเซตติง [18]

ตารางที่ 2.3 สมบัติบางประการของเทอร์โมเซตติงพลาสติกบางชนิด

ชนิดของพลาสติก	ชื่อย่อ	สมบัติบางประการ	การนำไปใช้งาน
เมลามีน ฟอร์มัลดีไฮด์	Melamine Formaldehyde	ทนแรงดัน ทนแรงอัด ทนแรงกระแทก ทนต่อ การเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิ ทนปฏิกิริยา เคมี เกิดคราบและรอย เปื้อนยาก	ภาชนะบรรจุอาหาร
ฟีนอลฟอร์มาดีไฮด์	Phenol Formaldehyde	ต้านทานตัวทำละลาย เกลือและน้ำมัน	ฝาจุขวดและหม้อ
อีพ็อกซี	Epoxy	ผิวแข็งแรง เงามม ทน ต่อการขีดข่วน	เคลือบผิว คาร์บอนไฟ เบอร์ ใสใน ส่วนประกอบของ อุปกรณ์ไฟฟ้า
พอลีเอสเตอร์	Polyester	ยืดหยุ่น คงรูปคงขนาด ขณะเป็นของเหลว ทน ต่อการขีดสี	เคลือบผิว ขวดน้ำ เส้น ใย พิล์มและยาง
ยูรีเทน	Urethane	ชื่อเรียกทั่วไปของเอทิล คาร์บาเมต มีสูตรทาง เคมีคือ $\text{NH}_2\text{COOC}_2\text{H}_5$	-
โพลียูรีเทน	Polyurethane : PU	เหนียว ยืดหยุ่น ทนต่อ การขีดข่วน	กาว น้ำมันชักเงา พลาสติกและยาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 พลาสติไซเซอร์ (Plasticizer)

พลาสติไซเซอร์ หรือสารเพิ่มความยืดหยุ่น ที่ใช้ในอุตสาหกรรมพอลิเมอร์โดยใช้เป็นสารเติมแต่ง พลาสติไซเซอร์เป็นสารผสมในวัสดุโดยสารเหล่านี้จะไม่ทำปฏิกิริยากับพลาสติกแต่จะไปแทรกอยู่ระหว่างโมเลกุลของพลาสติก ทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลอ่อนลง และมีผลทำให้  $T_g$  ลดลง เพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานและยืดขยายของวัสดุ สารเหล่านี้จะช่วยลดการเสีรูปร่าง ความแข็ง ความหนาแน่น ความหนืด และประจุไฟฟ้าสถิตของพอลิเมอร์ ในขณะที่เดียวกันก็จะช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นของสายโซ่พอลิเมอร์ และต้านทานการแตกหัก พลาสติไซเซอร์ยังมีผลกับคุณสมบัติอย่างอื่นอีกด้วย เช่น ระดับความเป็นผลึก ความต้านทานต่อสภาพการเป็นกรด-เบส ความต้านทานต่ออนุมูลอิสระ ความต้านทานต่อการสลายตัวทางชีวภาพ และคุณสมบัติทางกายภาพอื่นๆ สามารถนำไปใช้งานได้หลากหลาย ทั้งในอุตสาหกรรมอาหารและยา เครื่องมือทางการแพทย์ ของเล่นสำหรับเด็ก เป็นต้น [19]

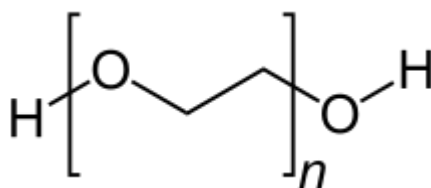
### 2.4.1 หลักการในการเลือกพลาสติไซเซอร์ที่เหมาะสม มีดังนี้ [20]

- 1) มวลโมเลกุลมีค่าสูง ซึ่งโดยปกติมีค่าสูงกว่าตัวทำละลาย เพื่อให้การระเหยเป็นไปได้ยาก (Low volatility)
- 2) มีความคงตัวสูง (Permanence) ทั้งระหว่างการขึ้นรูป และขณะใช้งานพลาสติไซเซอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง จะมีความคงตัวสูง
- 3) มีความทนทาน และมีอัตราการแพร่ที่ต่ำ (Low extractability)
- 4) สามารถเข้ากันได้ดีกับพอลิเมอร์ที่ผสมในระบกับโมเลกุล โดยต้องมีหมู่หรือส่วนที่จะเกิดพันธะทุติยภูมิ (Secondary bond) คือพันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bond) กับพอลิเมอร์ได้ดีและแข็งแรง (High compatibility)
- 5) มีประสิทธิภาพ (Efficiency) ของการเป็นพลาสติไซเซอร์ที่ดี โครงสร้างแบบอะลิฟาติก (Aliphatic) จะมีประสิทธิภาพสูงสุด พลาสติไซเซอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงจะต้องลด  $T_g$  ของพอลิเมอร์ได้ดี
- 6) ความเป็นพิษน้อย หรือ ไม่มีความเป็นพิษเลย (Low or non-toxicity)
- 7) เสถียร (Stability) ไม่ติดไฟ ไม่มีกลิ่น ไม่มีพิษ
- 8) ราคาถูก (Low cost)

## 2.5 พอลิ(เอทิลีน ไกลคอล) (Poly (ethylene glycol, PEG)

พอลิ(เอทิลีน ไกลคอล) หรือ PEG เป็นสารเคมีที่ได้จากการสังเคราะห์ โดยทำปฏิกิริยาระหว่าง โพรพิลีน ออกไซด์ (Propylene oxide, PO) (กับน้ำ รูปที่ 2.7) เนื่องจาก PEG มีสมบัติที่ดี เช่น มีความชอบน้ำสูง (Hydrophilic) มีความสามารถในการละลาย (Solubility) และการเข้ากันได้ (Compatibility) ที่ดี สามารถนำไปผสมสารอื่นๆ ให้เพิ่มความชอบน้ำได้ โดย PEG มีหลายชนิด แตกต่างตามน้ำหนักโมเลกุล เช่น PEG200 ลักษณะขุ่นคล้ายแว็กซ์ (Wax) น้ำหนักโมเลกุลมีผลต่อการละลายน้ำ การดูดความชื้นลดลงแต่มีจุดหลอมเหลวสูงขึ้น PEG ที่มีโมเลกุลต่ำเป็น Plasticizer ที่มีประสิทธิภาพมาก สามารถละลายน้ำได้หลายชนิด เช่น เบนซีน เมทานอล อะซีโตน และโทลูอีน เป็นต้น เนื่องจาก PEG ไม่มีความเป็นพิษ จึงสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้มากมาย [21]

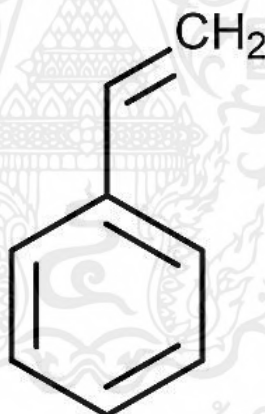
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 โครงสร้างเคมีพอลิ(เอทิลีน ไกลคอล) [22]

## 2.6 โมโนสไตรีน

เป็นของเหลว สีเหลืองใสจนถึงไม่มีสี ระเหยเป็นไอ ได้มาจากการขุดเจาะน้ำมันและแก๊สธรรมชาติ ใช้ผสมในน้ำมันแก๊สโซลีน (Gasoline) เพื่อแยกชนิดน้ำมัน ใช้เป็นสารโมโนเมอร์ (Monomer) ในกระบวนการผลิตโพลีสไตรีน (Polystyrene) ผลิตโคโพลีเมอร์ (copolymer) เช่นพาสติกทนความร้อน Acrylonitrile – butadiene – styrene (ABS) และ Styrene – acrylonitrile copolymer (SAN) และยางสังเคราะห์ SBR [23]

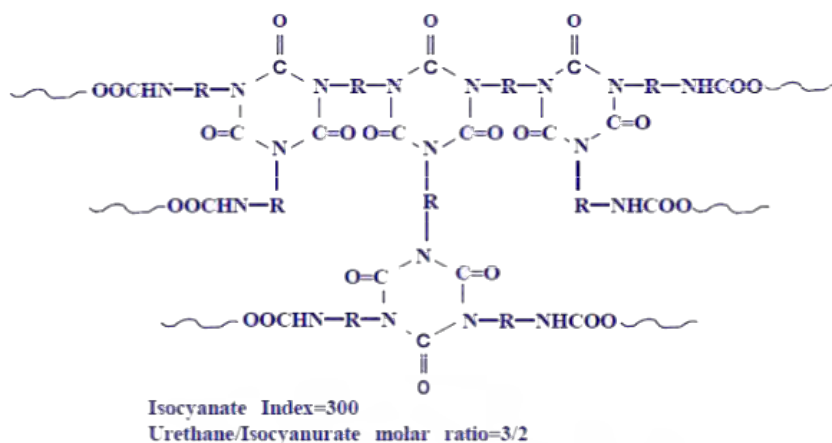


รูปที่ 2.8 โครงสร้างเคมีโมโนสไตรีน [24]

## 2.7 Polyurethane

เริ่มใช้ครั้งแรกในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2 เพื่อทดแทนยางธรรมชาติ เกิดจากปฏิกิริยาโพลีออลกับไอโซไซยาเนต (รูปที่ 2.9) ไม่สามารถหลอมและขึ้นรูปใหม่ได้ [25]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## รูปที่ 2.9 โครงสร้างทางเคมีโพลียูรีเทน [26]

### 2.7.1 ประเภทของ Polyurethane

#### 2.7.1.1 Adhesives

นิยมใช้ในงานไม้และงานก่อสร้างสามารถแบ่งได้ 3 ประเภทได้แก่

##### 1. Single Component One Part Foaming Adhesives

กาวโฟมส่วนประกอบเดียวสามารถทำงานได้เลยโดยไม่ต้องเติมเรซินหรือสารเพิ่มความแข็ง กาวชนิดนี้จะแข็งตัวโดยการดูดความชื้นจากอากาศและวัสดุที่จะยึดติด กาว PU แบบโฟมส่วนประกอบเดียวจะมีสองรูปแบบคือ แบบของเหลว เหมาะสำหรับข้อต่อหรือยึดแผ่นวัสดุ และแบบเจล เหมาะสำหรับร่อง

##### 2. Two-Part Polyurethanes Adhesives

กาว PU สองส่วนจะทำงานได้จะต้องมีการผสมเรซินกับสารทำให้แข็งตัวลงไป โดยเหมาะสำหรับงานพื้นไม้และวัสดุที่ไม่มีรู เช่น พลาสติก โลหะ และวัสดุผสม เนื่องจากวัสดุเหล่านี้ไม่ต้องการความชื้น

##### 3. Single Component Sealant and Bonding Polyurethanes

มีความเหนียวคล้ายกับการซิลิโคนและพอลิเมอร์ไฮบริด ใช้สำหรับปิดผนึกรอยต่อ

#### 2.7.1.2 Sealants

การซิลิโคนเป็นยาแนวที่มีความยืดหยุ่นสูง ทนรังสียูวี มีแรงยึดเกาะสูง ใช้ยาแนวระหว่างกระจกและอลูมิเนียมได้ดี แบบมีกรดจะแห้งเร็วกว่าแบบไม่มีกรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.7.1.3 Thermoplastics

พลาสติกที่ขึ้นรูปโดยการฉีดขณะที่ทำให้อ่อนตัว ไหลด้วยความร้อนและความดันไปยังแม่แบบ เมื่อเย็นตัวลงจะแข็งตามแม่แบบ สามารถนำกลับมารีไซเคิลได้โดยการบดและหลอมขึ้นรูปใหม่

### 2.7.1.4 Foams

PU โฟมแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ โฟมชนิดแข็งและโฟมชนิดยืดหยุ่นโดย Flexible Polyurethane Foams เป็นโฟมชนิดยืดหยุ่น ใช้เป็นวัสดุกันกระแทกให้ความรู้สึกสบายเนื้อ โฟมไม่หนาจนเกินไป มีความทนทานสามารถดูดซับแรงกระแทกได้และทนต่อสารเคมี Rigid Polyurethane Foams ชนิดแข็งจะถูกนำมาใช้ในการก่อสร้าง เป็นฉนวนที่มีประสิทธิภาพสูง ความหนาแน่นต่ำ มีน้ำหนักเบา และทนความร้อนสูง

### 2.7.1.5 Millable Gum

มีคุณสมบัติที่ทนต่อการสึกหรอ การขีดข่วน มีความเหนียว ช่วงความแข็งจะอยู่ที่ 40-90 Shore A แรงดึง 1000 psi 4.5 ยืดตัวได้สูงสุดถึง 600% สามารถใช้ในอุณหภูมิช่วง -90 – 212 องศาฟาเรนไฮต์

### 2.7.1.6 Coatings

เหมาะสำหรับงานภายนอกและภายในอาคารที่มีสภาพแวดล้อมร้อนสูงงานพื้นและผนังที่อยู่ภายนอก ทนแรงกระแทกและกาชูดุได้ดี เนื่องจาก PU ชนิดนี้ทนทานต่อการกัดกร่อนของมลภาวะและสารเคมี โดยความหนาของฟิล์ม 100 – 150 ไมครอน

### 2.7.1.7 Castable Elastomers

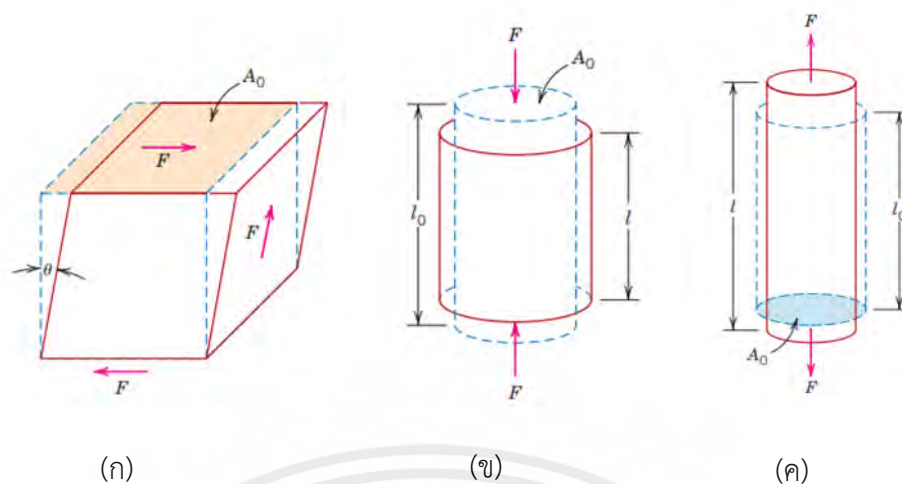
มีความแข็งให้เลือกตั้งแต่ 0 Shore ถึง 85 Shore D รับน้ำหนักได้มาก ทนต่อการเสียดสีรับแรงกระแทกได้สูง มีความยืดหยุ่นสูงเป็นฉนวนกันน้ำและสารเคมีสามารถใช้งานในน้ำ หล่อติดกับเหล็ก อะลูมิเนียมหรือพลาสติกได้อุณหภูมิในการใช้งานตั้งอยู่ที่ -40 ถึง 120 [27]

## 2.8 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2.8.1 ความเค้นและความเครียด

#### 2.8.1.1 ความเค้น (Stress)

คือ แรงต้านภายในของเนื้อวัสดุที่ต้านแรงภายนอกที่มากระทำเพื่อไม่ให้เกิดการเปลี่ยนรูปไปจากเดิม แรงที่มากระทำจะกระจายไปอย่างสม่ำเสมอตลอดพื้นที่หน้าตัดของวัสดุ จากแรงที่กระทำต่อวัสดุทำให้เกิดความเค้น 3 รูปแบบ คือ ความเค้นดึง (Tensile stress) ความเค้นอัด (Compressive stress) และความเค้นเฉือน (Shear stress) (รูปที่ 2.10)



**รูปที่ 2.10** วัสดุรับแรงในรูปแบบต่าง ๆ (ก) วัสดุรับแรงเฉือนจะเกิดความเค้นเฉือนและเปลี่ยนรูปเป็นมุมปิด (ข) วัสดุรับแรงอัดจะเกิดความเค้นอัดและหดตัวเป็น (ค) วัสดุรับแรงดึงจะเกิดความเค้นดึงขึ้นและยืดออกเป็นเส้นตรง [ที่มา William D. 2007] [28]

ความเค้นที่เกิดขึ้นสามารถหาได้จากอัตราส่วนระหว่างแรงที่กระทำต่อพื้นที่หน้าตัด ดังสมการ [29]

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad (2.1)$$

เมื่อ

$\sigma$  = ความเค้นทางวิศวกรรม ( $lb/in^2, N/m^2, kgf/min^2$ )

$F$  = แรงที่กระทำตั้งฉากกับพื้นที่หน้าตัด ( $lb, N, kgf$ )

$A_0$  = พื้นที่หน้าตัดขวางที่ถูกแรงกระทำ ( $in^2, m^2, mm^2$ )

กรณีที่ได้รับแรงเฉือนความเค้นที่เกิดขึ้นจะหาได้จากแรงที่กระทำต่อพื้นที่หน้าตัดที่ขนานกับแนวแรง

$$\tau = \frac{F}{A_0} \quad (2.2)$$

เมื่อ

$\tau$  = ความเฉือน ( $l/in^2, N/m^2, kgf/min^2$ )

$F$  = แรงกระทำที่ตั้งฉากกับพื้นที่หน้าตัด ( $lb, N, kgf$ )

$A_0$  = พื้นที่หน้าตัดขวางที่ถูกแรงกระทำ ( $in^2, m^2, mm^2$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.8.1.2 ความเครียด (Strain)

คือ การเปลี่ยนรูปร่าง (Deformation) ของวัสดุเมื่อมีแรงมากระทำ แบ่งเป็น ความเครียดยืดหยุ่น (Elastic strain) และความเครียดถาวร (Plastic strain) ความเครียดยืดหยุ่นเป็นการเปลี่ยนรูปในลักษณะที่เมื่อลดแรงกระทำแล้ววัสดุจะกลับมามีรูปร่างเดิมที่ก่อนจะถูกแรงกระทำ ความเครียดแบบถาวรเป็นลักษณะที่เมื่อปล่อยแรงแล้วจะไม่สามารถกลับสู่สภาพเดิมได้

ในการหาความเครียดสามารถหาได้ 2 แบบ คือ ความเครียดเชิงเส้น (Linear strain) และความเครียดเฉือน (Shear strain) โดยความเครียดเชิงเส้นจะเกิดขึ้นเมื่อวัสดุรับแรงดึงหรือแรงกด ส่วนความเครียดเฉือนจะเกิดเมื่อวัสดุได้รับแรงเฉือน

ความเครียดเชิงเส้นหาได้จาก [29]

$$\epsilon = \frac{l_i - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (2.3)$$

เมื่อ

$\epsilon$  = ความเครียดเชิงเส้น

$l$  = ความยาวเมื่อได้รับการกระทำ

$l_0$  = ความยาวเกจ (Gage length)

$\Delta l$  = ความยาวเมื่อเปลี่ยนแปลงไป

ความเครียดเฉือนหาได้จาก [29]

$$\gamma = \tan\theta \quad (2.4)$$

เมื่อ

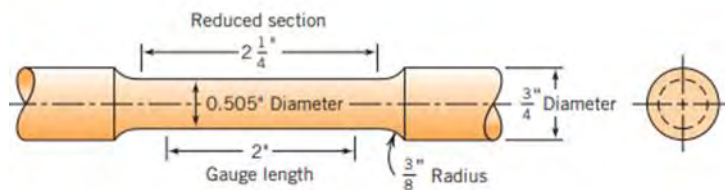
$\gamma$  = ความเครียดเฉือน

$\theta$  = มุมที่เปลี่ยนแปลงไป

### 2.8.2 การทดสอบแรงดึง

การทดสอบแรงดึง (Tensile test) (รูปที่ 2.11) เป็นการวัดความต้านทานของวัสดุโดยการให้แรงดึงที่เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ (Static load) จนกระทั่งวัสดุขาดจากกัน

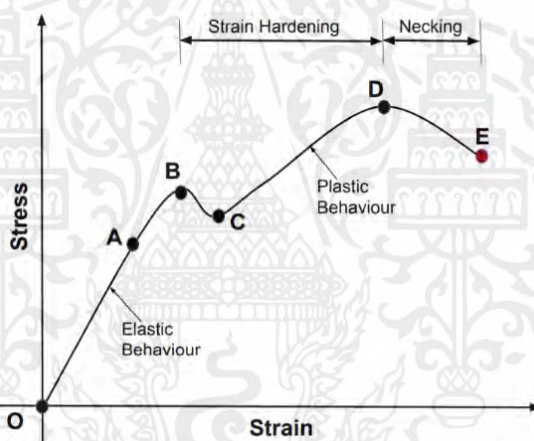
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 ชิ้นทดสอบแรงดึงพื้นที่หน้าตัดจับหัวท้ายโดยการล็อกที่บ่า [ 28]

[ ที่มา William D. 2007]

ชิ้นงานที่ใช้ทดสอบจะมีการกำหนดขนาดไว้เป็นมาตรฐาน เส้นผ่านศูนย์กลาง ความยาวของชิ้นทดสอบ รัศมีความโค้งของบริเวณบ่าล็อกเพื่อจับดึง โดยชิ้นทดสอบที่มีพื้นที่หน้าตัดกลมจะมีสัดส่วนความยาวเกจ (Gage length,  $l_0$ ) ต่อพื้นที่หน้าตัด (A)



รูปที่ 2.12 จุดสำคัญของกราฟความเค้นและความเครียดทางวิศวกรรม [30]

จากกราฟความเค้นความเครียดมีจุดที่สำคัญต่าง ๆ ดังนี้

จุด O-A คือ ขีดจำกัดการแปรผันตรง (Proportional limit) เป็นจุดปลายของส่วนที่เป็นเส้นตรงของกราฟระหว่างความเค้นกับความเครียด ถ้าผ่านจุดนี้ไปแล้วความสัมพันธ์จะไม่แปรผันอีกต่อไป

จุด O-B คือ ขีดจำกัดความยืดหยุ่น (Elastic limit) เป็นจุดที่ความเค้นสูงสุด ซึ่งต่ำกว่าความเค้น ณ จุดครากที่ทำให้วัสดุยังไม่เปลี่ยนรูปร่างถาวร ณ จุดนี้หากปล่อยแรงออกวัสดุจะกลับสู่สภาวะเดิม

จุด B คือ จุดคราก (Yield point) เป็นตำแหน่งที่ชิ้นทดสอบเกิดการเปลี่ยนรูปร่างถาวร บางครั้งจะเรียกจุดนี้ว่า จุดครากบน (Upper yield)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุด C คือ ความยาวของวัสดุจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มแรงดึง ความเค้นจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในจุดนี้ วัสดุจะมี Lower Yield Point คือวัสดุจะมีพฤติกรรมเป็นพลาสติก

จุด D คือ ความต้านทานแรงดึงสูงสุด (Ultimate Tensile Strength: UTS) ความเค้นสูงสุดที่วัสดุจะสามารถต้านทานได้ นิยมเรียกกันว่า ความต้านทานแรงดึง (Tensile strength)

จุด E คือ จุดแตกหัก (Fracture point) เป็นจุดที่วัสดุเกิดการฉีกขาดหรือแตกหักออกจากกัน

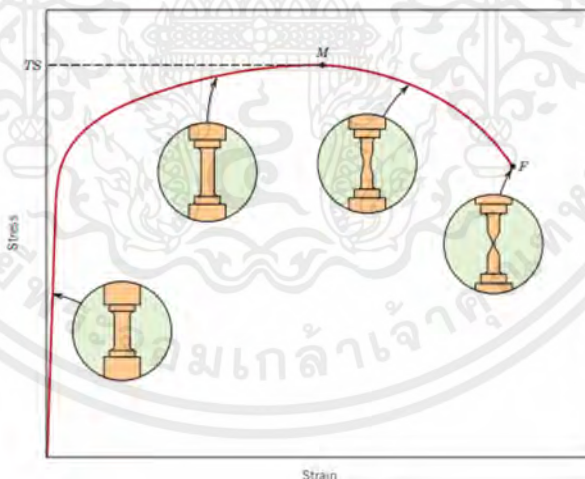
### 2.8.3 สมบัติที่ได้จากการทดสอบแรงดึง

#### 2.8.3.1 ความแข็งแรง ณ จุดคราก (Yield strength; YS หรือ $\sigma_y$ )

ที่วัสดุมีการเปลี่ยนรูปร่างอย่างถาวร โดยให้แรงเกิดจุดครากนี้วัสดุจะเกิดการเปลี่ยนรูปและไม่กลับสู่สภาพเดิม 100% หรือถ้ามองลึกไปจนถึงผลึก จุดครากนี้คือจุดที่โครงสร้างผลึกเกิดการเลื่อน (Slip) ของระนาบผลึก ดังนั้นจุดครากคือค่าความแข็งแรงเป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างการเปลี่ยนรูปยืดหยุ่น (Elastic deformation) และการเปลี่ยนรูปร่างถาวร

#### 2.8.3.2 ความต้านทานแรงดึง (Tensile strength; TS หรือ UTS หรือ $\sigma_u$ )

ค่าความเค้นสูงสุดที่วัสดุรับได้ จากกราฟ ณ จุด M ขึ้นทดสอบเริ่มเกิดคอคอด (Necking) ขึ้นบริเวณความยาวเกจและเมื่อผ่านจุดนี้ไปวัสดุจะมีหน้าตัดลดลงเรื่อยๆ จนเกิดการแตกหัก บางครั้งจะเรียกความเค้นแรงดึงนี้ว่า ความต้านทานแรงดึงสูงสุด (Ultimate Tensile Strength; UTS)



**รูปที่ 2.13** การเกิดคอคอดของชิ้นทดสอบ ณ จุดความเค้นแรงดึงสูงสุด [28] [ที่มา William D. 2007]

#### 2.8.3.3 มอดูลัสของความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity; $E$ )

การเปลี่ยนรูปของวัสดุในสภาวะนี้จะเปลี่ยนรูปแบบไม่ถาวร โดยมีมอดูลัสของความยืดหยุ่น (Modulus of elasticity) หรือมอดูลัสของยัง (Young's modulus) โดยใช้  $E$  เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์ เป็นค่าความชันของกราฟความเค้นกับความเครียดในช่วงสภาวะยืดหยุ่น โดยความสัมพันธ์จะเป็นไปตามกฎของฮุค (Hooke's law) [29]

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E} \quad (2.5)$$

ในกรณีที่วัสดุเกิดการเปลี่ยนรูปเนื่องจากแรงเฉือนจะได้มอดูลัสของการเฉือน (Modulus of rigidity) และใช้  $G$  เป็นสัญลักษณ์ โดยหาได้จากสมการ

$$G = \frac{\sigma_s}{\epsilon_s} \quad (2.6)$$

### 2.8.3.5 เปอร์เซ็นต์การยืดตัวและการลดลงของพื้นที่หน้าตัด (%EL และ %RA)

การวัดความเหนียว (Ductility) ของวัสดุเป็นการวัดขนาดของการเปลี่ยนรูปว่าวัสดุมีการเปลี่ยนรูปไปได้มากหรือน้อยเพียงใดเมื่อมีแรงกระทำ วัสดุที่เปลี่ยนรูปได้มากโดยไม่แตกหักแสดงว่าวัสดุนั้นมีความเหนียวมาก ค่าความเหนียวของวัสดุคือเปอร์เซ็นต์การยืดตัว (%Elongation; %EL หรือ %e) หาได้จาก [29]

$$\%EL = \frac{l_f - l_0}{l_0} \times 100 \quad (2.7)$$

เมื่อ

$\%EL$  = เปอร์เซ็นต์การยืดตัว

$l_f$  = ความยาวของชิ้นส่วนหลังจากขาด

$l_0$  = ความยาวเกจ

เปอร์เซ็นต์การลดลงของพื้นที่หน้าตัด (% Reduction of area) หาได้จาก [29]

$$\%RA = (A_0 - A_f)/A_0 \times 100 \quad (2.8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ

$\%RA$  = เปอร์เซ็นต์การลดลงของพื้นที่หน้าตัด

$A_0$  = พื้นที่หน้าตัดก่อนทดสอบ

$A_f$  = พื้นที่หน้าตัดหลังแตกหัก

## 2.8.4 การอบแห้ง (Drying)

การอบแห้ง คือกระบวนการลดความชื้น มีการถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลสารเกิดขึ้นพร้อมๆกัน ความร้อนจากอากาศร้อนถ่ายเทไปยังผิวด้านนอกของมูลวัวทำให้ความชื้นระเหยออกจากผิวมูลวัว การถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นเป็นการพาความร้อนโดยอากาศเป็นตัวพาความร้อน

### 2.8.4.1 การวิเคราะห์ความชื้น

การหาปริมาณความชื้นของมูลวัวสามารถแสดงได้ 2 แบบ ดังนี้

1. ปริมาณความชื้นมาตรฐานเปียก (Wet basis)

คือ อัตราส่วนน้ำหนักของน้ำในวัสดุต่อน้ำหนักวัสดุชื้น สามารถหาได้จากสมการ [31]

$$M_w(\%) = \frac{w - d}{w} \times 100 \quad (2.9)$$

2. ปริมาณความชื้นมาตรฐานแห้ง (Dry basis)

คือ อัตราส่วนน้ำหนักของน้ำในวัสดุต่อน้ำหนักวัสดุแห้ง สามารถหาได้จากสมการ

$$M_d(\%) = \frac{w - d}{d} \times 100 \quad (2.10)$$

เมื่อ

$M_w$  คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก

$M_d$  คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง

$w$  คือ น้ำหนักก่อนอบ

## 2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Siqi Wang, Yong Yuan et al. (2020). [32] ได้ทำการศึกษาการใช้ยางโพลียูรีเทนอีลาสโตเมอร์หล่อ (CPUE) ทดแทนยางในการผลิตตั๊กบูกบิน โดยพิจารณาจากสูตรที่มีประสิทธิภาพแรงเฉือนแบบดั้งเดิมและสูตรที่ปรับปรุงคุณสมบัติทางกล เช่น ความตึงในแนวแกนเดียว แรงเฉือนแบบฮิสเทรีติก และความแข็งแรงต่อการกระแทก และผลการวิจัยบ่งชี้ว่าการใช้เทคโนโลยีบล็อกโดยการนำแอลกอฮอล์โมเลกุลเล็กมาช่วยทำให้ลดการเสีรูปได้ และสามารถป้องกันการหลุดลอก โดยการเปรียบเทียบทั้งสูตรพบว่าการใช้สูตรใหม่สามารถเพิ่มการเสีรูปสูงสุด

Izabella Maj, Sylwester Kalisz et al. (2021). [33] ได้ทำการศึกษาการกัดกร่อนเหล็กของมูลวัวลวซ์ซีไถ้ผสมฟางโดยพบว่ามูลโคและซีไถ้ผสมฟางแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในด้านองค์ประกอบทางเคมี มูลวัวมีลักษณะเป็นสารประกอบอัลคาไลด์ที่มีความเข้มข้นสูง ( 2.57 wt % Cl, 30.6 wt % CaO, 5.56 wt % K<sub>2</sub>O ) ทำให้เกิดการสะสมของคลอไรด์บนพื้นผิวเหล็ก ซึ่งทำให้เกิดการกัดกร่อนอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิ 560 °C อัตราการกัดกร่อนของมูลวัวสูงกว่าซีไถ้ผสมฟางถึง 3 เท่า โดยผลกระทบเหล่านี้สามารถลดลงได้โดยการกำจัดมูลวัว

F.K. Gorbunova, V.A. Poluboyarova et al. (2019). [34] ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบโครงสร้าง ความแข็งแรง และคุณสมบัติการยืดหยุ่น-การเสีรูปของวัสดุพอลิเมอร์บนพื้นฐานของการฉีดโพลียูรีเทนก่อนและหลังการปรับเปลี่ยนโดยอนุภาคเซรามิก ที่กระจายตัวในระดับนาโน โดยมีการผลิตวัสดุคอมโพสิตที่ใช้ PU และซิลิกอนที่มีความแข็งแรง 37.4 MPa และการยืดตัวสัมพัทธ์ที่ 802.1% (n-SiC d<sub>av</sub> ~ 50 nm, modifier concentration, wt. % – 0.0015-0.003) แสดงให้เห็นว่าการนำอนุภาคนาโนของซิลิกอนที่มีความเข้มข้นเหมาะสมที่สุดที่ 0.0015 wt. % เข้าไปในโพลียูรีเทนแบบฉีดบ่มร้อนโดยใช้พรีโพลิเมอร์ชนิดต่างๆ ทำให้ขนาดเกรนเฉลี่ยของโพลิเมอร์ลดลงและทำให้วัสดุแข็งแรงตัว

J.P. Chastain., W.D. Lucas. et al. (2019). [35] ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัว โดยวิเคราะห์หาปริมาณของแข็ง และสารอาหารที่เหลอยอยู่จากการรีดน้ำออก เครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัวนั้นมีรูสำหรับชุดอัดแห้งที่ทำจากสแตนเลส ขนาด 0.5 มิลลิเมตร ยาว 521 มิลลิเมตร และหมุน 36 รอบต่อนาที โดยต้นกำลังขับเคลื่อนจากมอเตอร์ 4 แรงม้า สำหรับการศึกษานี้ใช้แผ่นถ่วงน้ำหนัก 40 กิโลกรัมในการอัดให้มูลสุกรแห้งที่มีความชื้นที่ต้องการเพื่อหาปริมาณของแข็ง และสารอาหารที่ถูกกำจัด โดยมีกำลังการผลิตตั้งแต่ 189 ถึง 662 ลิตรต่อนาที ขึ้นอยู่กับปริมาณของแข็งที่เหลืออยู่ 14.9 เปอร์เซ็นต์

ฉัตร ผลนาค, สุวิทย์ เพชรห้วยลึก และคณะ (2553). [36] ได้ทำการศึกษาและพัฒนา ระบบอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์สำหรับอบแห้งกระจุต (Lepironia articulata) ระบบอบแห้งนี้ประกอบด้วยแผงรับรังสีอาทิตย์ที่มีพื้นที่รับแสงขนาด 8.64 ตารางเมตร ในกรณีที่แหล่งความร้อนหลักไม่พอเพียง ระบบอบแห้งจะใช้ขดลวดความร้อนขนาด 6 กิโลวัตต์ เป็นแหล่งความร้อนเสริม ซึ่งระบบอบแห้งสามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในห้องอบแห้งได้อย่างอัตโนมัติด้วยการประมวลผลของหน่วย ควบคุมพีแอลซี จากการทดสอบสมรรถนะของระบบอบแห้งพบว่าในการอบแห้งกระจุตจำนวน 22 กิโลกรัม ใช้อุณหภูมิในการอบแห้ง 40-60 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบแห้ง 16 ชั่วโมงต่อเนื่อง พบว่ามีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุด ของการอบแห้ง 41.5 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิ 45 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลเซียส เหมาะสมที่สุดสำหรับการอบแห้งกระจุดสามารถลด ความชื้นในผลิตภัณฑ์เริ่มต้นจาก 167.03 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง เหลือ 9.56 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง ซึ่งได้กระจุดที่มี คุณภาพดี แห้งเร็วและแข็งแรงกว่าผลิตภัณฑ์ตากแห้งตามธรรมชาติ โดยมีกำลังต้านทานแรงดึงสูงสุดเท่ากับ 165 นิวตัน

Meng-Shung Yen, and Ping-Yuan Tsai. (2003). [37] ได้ศึกษาโครงสร้างพื้นผิว และคุณสมบัติทางกายภาพของเยื่อโพลียูรีเทนซีรีสโพลีเอทิลีนไกลคอล (PEG-PU) ซึ่งนำส่วนประกอบ โพลี-ไดเมทิลซิลอกเซน (PDMS) ที่ไม่ชอบน้ำมาใช้โดยขั้นตอนการผสม PU หรือโคพอลิเมอร์ เซกเมนต์แบบอ่อน ได้รับการศึกษาในการตรวจสอบนี้ ในกรณีของกระบวนการผสม จะมีการรวมโพลียูรีเทนในน้ำ (WB-PU) ของ PEG-PU และโพลียูรีเทนซีรีสโพลีไดเมทิลซิลอกเซน (PDMS-PU) เข้าด้วยกัน ในขณะที่กระบวนการโคโพลิเมอร์ไรเซชัน PEG และ PDMS ถูกนำมาเป็นส่วนผสมแบบอ่อน เพื่อให้ WBPU เป็นพอลิเมอร์ สำหรับวิธีการผสม อุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วและการ หลอมเหลวจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเติม PDMS-PU จำนวนเล็กน้อยลงใน PEG-PU และสูงสุดที่ 5% PDM-S-PU ผสม อย่างไรก็ตาม ในกรณีของวิธีโคพอลิเมอร์ คุณสมบัติทางความร้อนเป็นไปตาม ค่าที่คาดการณ์ไว้อย่างใกล้ชิด จากการศึกษาการวิเคราะห์ทางกลแบบไดนามิกพบว่าอัตราส่วนของ เนื้อหา PDMS-PU ที่ต่ำสามารถเพิ่มความยืดหยุ่นของเยื่ออย่าง PEG-PU และเพิ่มความแข็งแรงไป พร้อมๆ กันในวิธีการผสม และวิธีโคพอลิเมอร์ทำให้ PU ได้รับความแข็งแรงและความยืดหยุ่นตาม ธรรมชาติบางส่วนเท่านั้น สำหรับการศึกษาวิเคราะห์ทางเคมีระบุว่า PDMS พื้นผิวด้วยวิธีผสมได้ง่าย กว่าวิธีโคพอลิเมอร์ การศึกษา SEM ยังพบว่าในวิธีการผสม จำนวนรูพรุนน้อยกว่าวิธีโคพอลิเมอร์

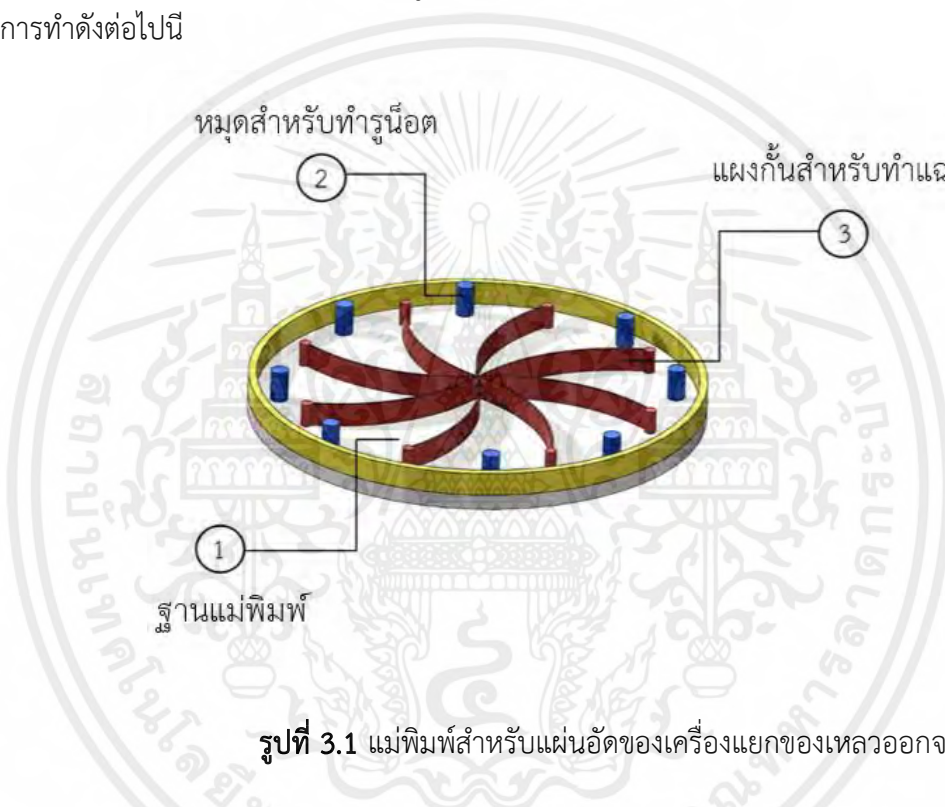
Sema Samatya Yilmaz, and Ayse Aytac. (2021). [38] ได้ ศึกษา โพลียูรีเทน (PU)/โพลี(กรดแลกติก) (PLA) มีอัตราส่วนน้ำหนักต่างกัน (80:20, 60:40, 50:50, 40:60 และ 20:80 ผลของอัตราส่วนน้ำหนักที่แตกต่างกันต่อคุณลักษณะมีการศึกษาคุณสมบัติของ PU/PLA ไฟเบอร์ การ ทดสอบแรงดึงและมุมสัมผัส การกระจายไฟเบอร์ที่เป็นเนื้อเดียวกันมากที่สุดถูกส่งไปที่โครงสร้างของ 6PU/4PLA (60PU:40PLA w/w) โมโนไฟเบอร์นอกจากนี้ไฟเบอร์นี้ถูกกำหนดให้มีความแข็งแรงสูงสุด และแรงดึงที่จุดแตกหักในบรรดาไฟเบอร์ทั้งหมดอย่างไรก็ตามไฟเบอร์ที่ระบุเหล่านี้แสดงให้เห็นพื้นผิว ที่ย่อยสลายทางชีวภาพแบบใหม่ที่บางลงและมีความยืดหยุ่นมากขึ้นพร้อมคุณสมบัติที่ได้อย่างสมบูรณ์ ได้รับคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลคาดว่า PU/PLA ไฟเบอร์ที่ได้รับจะมีความหลากหลายการใช้งาน ในการกรอง พื้นผิวไล่ของเหลว ทางกายภาพเป็นวัสดุปิดแผล และรอยเชื่อมอุตสาหกรรม

นางสาวอรุณศิริ จักรบุตรม, นางสาวพรรณราย รักษ์งาร และคณะ (2020). [39] ได้ ศึกษาสมบัติของเม็ดพลาสติกโพลีสไตรีนที่ได้จากกระบวนการหลอมโฟมและนำมาผสมกับยาง SBR โดยกำหนดสภาวะการหลอมและกระบวนการหลอมโฟมในทุกขั้นตอน จากนั้นจึงนำมาผสมกับยาง SBR ในสัดส่วนต่างๆแล้วทดลองฉีดขึ้นรูป พบว่าที่ปริมาณเปอร์เซ็นต์ยางต่ำๆ ยางจะมีการกระจายตัวได้ ดี การทดสอบแรงดึงของพลาสติกผสมพบว่ามีความเหนียวลดลงอย่างต่อเนื่องตามปริมาณของยาง SBR ที่เพิ่มขึ้นโดยมีค่าต่ำสุดที่ 15.21 MPa และค่าความแข็งที่ผิวมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตาม ปริมาณยางที่เพิ่มขึ้นและมีค่าต่ำสุดที่ 55.51 ที่อัตราส่วนของ โพลีสไตรีนและยาง SBR ที่อัตราส่วน 80:20

### บทที่ 3

## อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาและพัฒนาแผ่นอัดของเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัว (รูปที่ 3.1) เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกลของโพลียูรีเทน และหาประสิทธิภาพของแผ่นอัดของเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัวโดยวัดจากปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่หลังจากแยกของแข็งออกจากของเหลวแล้ว มีขั้นตอนและวิธีการทำดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.1 แม่พิมพ์สำหรับแผ่นอัดของเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัว

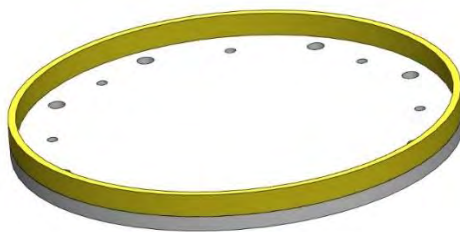
### 3.1 การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ขึ้นรูปสำหรับแผ่นอัดใหม่

ในการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปแผ่นอัดใหม่เพื่อให้แผ่นอัดสามารถประกอบเข้ากับเครื่อง SEPCOM Horizontal Screw Press Separator ได้จึงอ้างอิงจากแผ่นอัดเดิมที่ใช้กับตัวเครื่อง มีวิธีการออกแบบ ดังนี้

#### 3.1.1 การออกแบบฐานแม่พิมพ์

ออกแบบให้เป็นรูปทรงกระบอก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 280 มิลลิเมตร ความสูงของขอบ 27 มิลลิเมตร เพื่อให้สามารถขึ้นรูปความหนาของชิ้นงานได้หลายขนาด (รูปที่ 3.2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 ฐานแม่พิมพ์สำหรับการทำแผ่นอัดใหม่

### 3.1.2 การออกแบบหมุดสำหรับทำรูน็อต

หมุดสำหรับทำรูน็อตออกแบบให้มีลักษณะเป็นทรงกระบอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11 มิลลิเมตร สูง เพื่อให้สามารถถอดเข้าออกได้จำนวน 8 หมุด ตามจำนวนรูน็อตที่ตัวเครื่อง เมื่อเทชิ้นงานแผ่นอัดใหม่จะเกิดเป็นรูสามารถประกอบเข้ากับตัวเครื่องได้ (รูปที่ 3.3)



รูปที่ 3.3 หมุดสำหรับทำรูน็อต

### 3.1.3 แผงกั้นสำหรับทำแฉก

เนื่องจากแผ่นอัดของเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัวให้ปิดในส่วนหัวของเครื่องเพื่อกันไม่ให้ น้ำและกากมูลวัวที่ยังไม่ได้แยกของเหลวออกมาด้านนอก จึงออกแบบให้แผ่นอัดสามารถหุบเข้าหุบออกได้ โดยกำหนดให้มีทั้งหมด 8 แฉก มีรัศมีความโค้งที่ 3.5 องศา ยาว 112 มิลลิเมตร เพื่อให้เวลาชิ้นรูปขึ้นงานตรงกลางของชิ้นงานไม่ติดกันเป็นแผ่นเดียวทั้งหมด (รูปที่ 3.4)



รูปที่ 3.4 แผงกั้นสำหรับทำแฉก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 การศึกษาสมบัติทางกลของแผ่นอัดเต็มของเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัว

ในการศึกษาสมบัติทางกลของแผ่นอัดเต็มของเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัวจะทำการทดสอบโดยการทดสอบแรงดึงหรือ Tensile Testing มีขั้นตอนและอุปกรณ์ในการทำ ดังนี้

#### 3.2.1 อุปกรณ์ในการทดสอบแรงดึง

##### 3.2.1.1 เครื่องทดสอบแรงดึง ยี่ห้อ Lloyd Instruments

รุ่น TA Plus texture analyzers ประเทศอังกฤษ (รูปที่ 3.5)



รูปที่ 3.5 เครื่องทดสอบแรงดึง

##### 3.2.1.2 ชิ้นงานทดสอบ

ตัดชิ้นงานจากแผ่นอัดเต็มของเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัวให้เป็นรูปดรัมเบล ความยาว 140 มิลลิเมตร กว้าง 25 มิลลิเมตร ระยะเกจ 59 มิลลิเมตร ความกว้างเกจวัด 6 มิลลิเมตร ตามมาตรฐานการทดสอบแรงดึงของยางและอีลาสโตเมอร์ D412 ดังรูป 3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 ชิ้นงานทดสอบแรงดึง

### 3.2.2 ขั้นตอนการทดลอง

3.2.2.1 เปิดเครื่องทดสอบแรงดึง แล้วตั้งค่าเครื่องให้มีความเร็วในการดึง 50 มิลลิเมตร/นาที ที่แรงดึง 250 นิวตัน

3.2.2.2 ใส่ชิ้นงานชิ้นที่ 1 ในเครื่องทดสอบ จับชิ้นงานให้แน่นทั้งหัวและท้ายเริ่มทดสอบแรงดึง บันทึกผลการทดลอง



รูปที่ 3.7 เครื่องทดสอบแรงดึงกำลังทำงาน

3.2.2.3 เริ่มทดลองชิ้นที่ 2 และ 3 ตามลำดับ จากนั้นนำผลการทดลองมาวิเคราะห์เพื่อศึกษาความยืดหยุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 การศึกษาคุณสมบัติทางกลของแผ่นอัดใหม่

ในการศึกษาคุณสมบัติทางกลของแผ่นอัดใหม่นี้ได้ออกแบบการทดลองแบ่งเป็น การทดลอง คือ โพลียูรีเทนที่ไม่เติมพลาสติกไซเซอร, โพลียูรีเทนที่เติมพลาสติกไซเซอรพอลิเอทิลีน ไกคอล, โพลียูรีเทนที่เติมพลาสติกไซเซอรสไตรีนมอนอเมอร์ และ โพลียูรีเทนที่เติมพลาสติกไซเซอรพอลิเอทิลีน ไกคอล ร่วมกับสไตรีนมอนอเมอร์ โดยมีอุปกรณ์และวิธีการทดลอง ดังนี้

#### 3.3.1 การศึกษาสมบัติทางกลของยูรีเทนที่ไม่เติมพลาสติกไซเซอร



รูปที่ 3.8 ชิ้นงานทดสอบแรงดึงไม่ผสมพลาสติกไซเซอร

##### 3.3.1.1 อุปกรณ์และขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานสำหรับทดสอบแรงดึง

1. โพลียูรีเทน ความแข็ง 70 shore A (รูปที่ 3.9)
2. แม่พิมพ์สำหรับชิ้นงานทดสอบแรงดึง ขนาด 140x25x6 มิลลิเมตร ระยะเกจ 59 มิลลิเมตร (รูปที่ 3.10)
3. เครื่องชั่งดิจิตอล ทศนิยม 2 ตำแหน่ง (DJSHOP Jewelrt Scale) รุ่น DJ1002 (รูปที่ 3.11)
4. บีเกอร์ ขนาด 600 ml 3 ใบ (รูปที่ 3.12)
5. แท่งคนสาร (รูปที่ 3.13)
6. เตรียมโพลียูรีเทนปริมาตร 120:100 โดยน้ำหนัก
7. ทาน้ำยากันติดโพลียูรีเทนเพื่อให้สามารถแกะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ได้
8. เทส่วนผสมให้เข้ากันเป็นเวลา 6-7 นาที จากนั้นเทลงแม่พิมพ์ รอให้แห้ง จากนั้นนำไปทดสอบแรงดึง



รูปที่ 3.9 Polyurethane Resin โพลียูรีเทน ความแข็ง 70 shore A

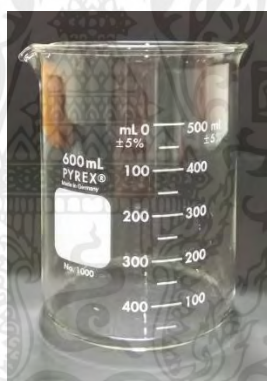
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 แม่พิมพ์ยางสำหรับทดสอบแรง



รูปที่ 3.11 เครื่องชั่งดิจิตอล



รูปที่ 3.12 บีเกอร์



รูปที่ 3.13 แท่งคนสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.1.2 ขั้นตอนการทดสอบแรงดึงของโพลียูรีเทนที่ไม่ผสมพลาสติกไซเซอร์

1. เปิดเครื่องทดสอบแรงดึง แล้วตั้งค่าเครื่องให้มีความเร็วในการดึง 50 มิลลิเมตร/นาที ที่แรงดึง 250 นิวตัน
2. ทดสอบชิ้นงานชิ้นที่ 1 เริ่มดึงจนกว่าจะครบแรงที่เรากำหนดไว้ หรือจนกว่าชิ้นงานจะขาด จากนั้นบันทึกผลการทดสอบ
3. ทำต่อชิ้นที่ 2 ตามลำดับจนครบทั้งหมด 5 ตัวอย่างทดสอบ จากนั้นบันทึกแล้วนำไปวิเคราะห์หาความยืดหยุ่นของชิ้นงาน

### 3.3.2 การศึกษาสมบัติทางกลของโพลียูรีเทนที่ผสมพลาสติกไซเซอร์พอลิเอทิลีน ไกคอล

#### 3.3.2.1 อุปกรณ์และขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานสำหรับทดสอบแรงดึง

1. พอลิเอทิลีน ไกคอล



รูปที่ 3.14 พอลิเอทิลีน ไกคอล

2. โพลียูรีเทน ความแข็ง 70 shore A
3. ปีเกอร์ ขนาด 600 ml 3 ใบ
5. แท่งคนสาร
6. เตรียมโพลียูรีเทนปริมาตร 120:100 โดยน้ำหนัก
7. เตรียมพอลิเอทิลีน ไกคอลปริมาณ 1phr 2phr, 3phr, 4phr และ 5phr
8. ทาน้ำยากันติดโพลียูรีเทนเพื่อให้สามารถแกะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ได้
9. เทส่วนผสมที่ผสมพอลิเอทิลีน ไกคอล 1phr ให้เข้ากันเป็นเวลา 6-7 นาที จากนั้นเทลงแม่พิมพ์
10. ทำตามข้อที่ 9. แต่เปลี่ยนปริมาณของพอลิเอทิลีน ไกคอลเป็น 2phr, 3phr, 4phr และ 5phr จนครบตามลำดับ
11. เมื่อโพลียูรีเทนที่ผสมพอลิเอทิลีน ไกคอลแห้งครบทุกปริมาณแล้ว จากนั้นนำไปทดสอบแรงดึงเพื่อวิเคราะห์หาความยืดหยุ่นของชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.2.2 ขั้นตอนการทดสอบแรงดึงของโพลียูรีเทนที่ผสมพลาสติกไซเซออร์พอลิเอทิลีน ไกคอล

1. เปิดเครื่องทดสอบแรงดึง แล้วตั้งค่าเครื่องให้มีความเร็วในการดึง 50 mm/min ที่แรงดึง 250 N
2. ทดสอบชิ้นงานที่มีปริมาณของพอลิเอทิลีน ไกคอลเป็น 1phr เริ่มจากตัวอย่างที่ 1 เริ่มดึงจนกว่าจะครบแรงที่เรากำหนดไว้ หรือจนกว่าชิ้นงานจะขาด บันทึกผลการทดสอบ
3. ทำต่อตัวอย่างที่ 2 และ 3 ตามลำดับจนครบทั้งหมด 5 ตัวอย่างทดสอบ บันทึกผลการทดลอง
4. จากนั้นทดสอบแรงดึงของโพลียูรีเทนที่ผสมพอลิเอทิลีน ไกคอล เป็น 2phr, 3phr, 4phr และ 5phr จนครบ ทุกตัวอย่างอย่างละ 5 ซ้ำ
5. บันทึกผลการทดลอง แล้วนำมาวิเคราะห์หาความยืดหยุ่นของวัสดุ

### 3.3.3 การศึกษาสมบัติทางกลของโพลียูรีเทนที่ผสมพลาสติกไซเซออร์สไตรีนมอนอเมอร์

#### 3.3.3.1 อุปกรณ์และขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานสำหรับทดสอบแรงดึง

1. สไตรีนมอนอเมอร์



รูปที่ 3.15 สไตรีนมอนอเมอร์

2. โพลียูรีเทน ความแข็ง 70 shore A
3. บีเกอร์ ขนาด 600 ml 3 ใบ
5. แท่งคนสาร
6. เตรียมโพลียูรีเทนปริมาตร 120:100 โดยน้ำหนัก
7. เตรียมสไตรีนมอนอเมอร์ปริมาณ 1phr 2phr, 3phr, 4phr และ 5phr
8. ทาน้ำยากันติดโพรียูรีเทนเพื่อให้สามารถแกะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. เทส่วนผสมที่ผสมสไตรีนมอนอเมอร์ 1phr ให้เข้ากันเป็นเวลา 6-7 นาที จากนั้นเทลงแม่พิมพ์

10. ทำตามข้อที่ 9. แต่เปลี่ยนปริมาณของสไตรีนมอนอเมอร์เป็น 2phr, 3phr, 4phr และ 5phr จนครบตามลำดับ

11. เมื่อโพลียูรีเทนที่ผสมสไตรีนมอนอเมอร์แห้งครบทุกปริมาณแล้วจากนั้นนำไปทดสอบแรงดึงเพื่อวิเคราะห์ความยืดหยุ่นของชิ้นงาน

### 3.3.3.2 ขั้นตอนการทดสอบแรงดึงของโพลียูรีเทนที่ผสมพลาสติกไซเซอ์สไตรีนมอนอเมอร์

1. เปิดเครื่องทดสอบแรงดึง แล้วตั้งค่าเครื่องให้มีความเร็วในการดึง 50 มิลลิเมตร/นาที ที่แรงดึง 250 นิวตัน

2. ทดสอบชิ้นงานที่มีปริมาณของสไตรีนมอนอเมอร์เป็น 1phr เริ่มจากตัวอย่างที่ 1 เริ่มดึงจนกว่าจะครบแรงที่เรากำหนดไว้ หรือจนกว่าชิ้นงานจะขาด บันทึกผลการทดสอบ

3. ทำต่อตัวอย่างที่ 2 และ 3 ตามลำดับจนครบทั้งหมด 5 ตัวอย่างทดสอบ บันทึกผลการทดลอง

4. จากนั้นทดสอบแรงดึงของโพลียูรีเทนที่ผสมสไตรีนมอนอเมอร์เป็น 2phr, 3phr, 4phr และ 5phr จนครบ ทุกตัวอย่างอย่างละ 5 ชิ้น

5. บันทึกผลการทดลอง แล้วนำมาวิเคราะห์หาความยืดหยุ่นของวัสดุ

### 3.3.4 การศึกษาสมบัติทางกลของยูรีเทนที่เติมพลาสติกไซเซอ์พอลิเอทิลีน ไกคอล ร่วมกับสไตรีนมอนอเมอร์

#### 3.3.4.1 อุปกรณ์และขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานสำหรับทดสอบแรงดึง

1. สไตรีนมอนอเมอร์
2. พอลิเอทิลีน ไกคอล
3. โพลียูรีเทน ความแข็ง 70 shore A
4. บีเกอร์ ขนาด 600 ml 3 ใบ
5. แท่งคนสาร
6. เตรียมโพลียูรีเทนปริมาตร 120:100 โดยน้ำหนัก
7. เตรียมสไตรีนมอนอเมอร์และพอลิเอทิลีน ไกคอลรวมกันแล้วให้ได้ปริมาณ 1phr 2phr, 3phr, 4phr และ 5phr

8. ทาน้ำยากันติดโพลียูรีเทนเพื่อให้สามารถแกะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ได้

9. เทส่วนผสมที่ผสมสไตรีนมอนอเมอร์ 1phr ให้เข้ากันเป็นเวลา 6-7 นาที จากนั้นเทลงแม่พิมพ์

10. ทำตามข้อที่ 9. แต่เปลี่ยนปริมาณพลาสติกไซเซอ์ทั้งสองชนิดรวมกันแล้วได้เป็น 2phr, 3phr, 4phr และ 5phr จนครบตามลำดับ

11. เมื่อโพลียูรีเทนที่ผสมพลาสติกไซเซอ์ทั้งสองชนิดแห้งครบทุกปริมาณแล้วจากนั้นนำไปทดสอบแรงดึงเพื่อวิเคราะห์ความยืดหยุ่นของชิ้นงาน

### 3.3.4.2 ขั้นตอนการทดสอบแรงดึงของโพลียูรีเทนที่ผสมพลาสติกไซเซอ์สไตรีนมอนอเมอร์

1. เปิดเครื่องทดสอบแรงดึง แล้วตั้งค่าเครื่องให้มีความเร็วในการดึง 50 มิลลิเมตร/นาที ที่แรงดึง 250 นิวตัน
2. ทดสอบชิ้นงานที่มีปริมาณพลาสติกไซเซอ์สไตรีนมอนอเมอร์เป็น 1phr เริ่มจากตัวอย่างที่ 1 เริ่มดึงจนกว่าจะครบแรงที่เรากำหนดไว้ หรือจนกว่าชิ้นงานจะขาด บันทึกผลการทดสอบ
3. ทำต่อตัวอย่างที่ 2 และ 3 ตามลำดับจนครบทั้งหมด 5 ตัวอย่างทดสอบ บันทึกผลการทดลอง
4. จากนั้นทดสอบแรงดึงของโพลียูรีเทนที่ผสมพลาสติกไซเซอ์สไตรีนมอนอเมอร์เป็น 2phr, 3phr, 4phr และ 5phr จนครบ ทุกตัวอย่างอย่างละ 5 ซ้ำ
5. บันทึกผลการทดลอง แล้วนำมาวิเคราะห์หาความยืดหยุ่นของวัสดุ

## 3.4 การสร้างแผ่นอัดแผ่นใหม่

หลังจากที่ได้ทดสอบแรงดึงของวัสดุเพื่อศึกษาหาความยืดหยุ่นในหัวข้อนี้จะเป็นการสร้างแผ่นอัดใหม่ของเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัวแบ่งเป็น 3 การทดลองคือ แผ่นอัดใหม่ของเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัวโดยใช้โพลียูรีเทนที่ไม่ผสมพลาสติกไซเซอ์สไตรีนมอนอเมอร์, แผ่นอัดใหม่ของเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัวที่ผสมพลาสติกไซเซอ์สไตรีนมอนอเมอร์ และแผ่นอัดใหม่ของเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัวที่ผสมพลาสติกไซเซอ์สไตรีนมอนอเมอร์และเสริมเส้นใยพอลิเอสเตอร์ มีขั้นตอนและอุปกรณ์ในการทำดังนี้

### 3.4.1 การสร้างแผ่นอัดแผ่นใหม่ของเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัวโดยใช้โพลียูรีเทนที่ไม่ผสมพลาสติกไซเซอ์

#### 3.4.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำแผ่นอัดใหม่

1. โพลียูรีเทนขนาดความแข็ง 70 shore A
2. น้ำยากันติดโพลียูรีเทน
3. แม่พิมพ์สำหรับทำแผ่นอัดแผ่นใหม่
4. บีเกอร์
5. เครื่องชั่งดิจิตอล
6. แท่งคนสาร

#### 3.4.1.2 ขั้นตอนในการทำแผ่นอัดแผ่นใหม่

1. ทาน้ำยากันติดที่แม่พิมพ์เพื่อป้องกันไม่ให้ชิ้นงานติดกับแม่พิมพ์



รูปที่ 3.16 ทาน้ำยากันติดบนฐานแม่พิมพ์

2. ชั่งโพลียูรีเทนให้ตามได้สัดส่วน 120:100 ในครั้งนี้จะกำหนดให้ความหนาของแผ่นอัดมีความหนาที่ 2 เซนติเมตร เพื่อศึกษาว่าความหนามีผลต่อการใช้งานของแผ่นอัดหรือไม่

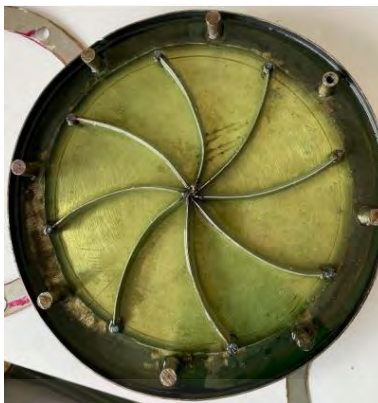


รูปที่ 3.17 โพลียูรีเทนและตัวทำปฏิกิริยา

3 .คนส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากันเป็นเวลา 6-7 นาที ให้เกิดฟองอากาศน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

4. เมื่อครบเวลาแล้วเทส่วนผสมที่เข้ากันดีแล้วลงในแม่พิมพ์ที่ทาากันติดไว้เรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 เทส่วนผสมลงในแม่พิมพ์

5. รอให้แผ่นอัดแห้งสนิทแล้วนำไปทดสอบแยกของเหลวออกจากของแข็งเพื่อหาประสิทธิภาพต่อไป

### 3.4.2 การสร้างแผ่นอัดใหม่ของเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัวโดยใช้โพลียูรีเทนที่ผสมพลาสติกไซเซอร์สไตรีนโมโนเมอร์

#### 3.4.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำแผ่นอัด

1. โพลียูรีเทนความแข็ง 70 shore A
2. สไตรีนโมโนเมอร์
3. น้ำยากันติดโพลียูรีเทน
4. ปีกอร์
5. แม่พิมพ์สำหรับทำแผ่นอัดใหม่
6. ปีกอร์
7. เครื่องชั่งดิจิตอล

#### 3.4.2.2 ขั้นตอนการสร้างแผ่นอัด

1. ทาน้ำยากันติดที่แม่พิมพ์
2. ชั่งน้ำหนักโพลียูรีเทนในอัตราส่วน 120:100 โดยให้ความหนาของชิ้นงานอยู่ที่ 1 เซนติเมตร
3. ชั่งน้ำหนักสไตรีนมอนอเมอร์ที่ปริมาณ 5phr
4. เทส่วนผสมทั้งหมดที่ชั่งไว้คนให้เข้ากันเป็นเวลา 6-7 นาที โดยให้เกิดฟองอากาศน้อยที่สุด เมื่อคนจนครบเวลาแล้วเทลงในแม่พิมพ์ที่ทาน้ำยากันติดแล้ว
5. รอจนแผ่นอัดแห้งสนิท จากนั้นนำไปใส่ในเครื่องแยกของเหลวออกจากของแข็งเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของแผ่นอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4.3 การสร้างแผ่นอัดใหม่ของเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัวที่ผสมพลาสติกไซเซอร์สไตรีนมอนอเมอร์เสริมแรงด้วยเส้นใยพอลิเอสเตออร์

#### 3.4.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างแผ่นอัดใหม่

1. โพลียูรีเทนความแข็ง 70 shore A
2. สไตรีนมอนอเมอร์
3. เส้นใยพอลิเอสเตออร์
4. บีเกอร์
5. แท่งคนสาร
6. เครื่องชั่งดิจิตอล

#### 3.4.3.2 ขั้นตอนการสร้างแผ่นอัด

1. เทน้ำยากันติดที่แม่พิมพ์เพื่อป้องกันไม่ใช้ชิ้นงานติดกับแม่พิมพ์
2. ชั่งโพลียูรีเทนที่อัตราส่วน 120:100 โดยให้ความหนาของชิ้นงานอยู่ที่ 1 เซนติเมตร
3. ชั่งสไตรีนมอนอเมอร์ที่ปริมาณ 5phr
4. ชั่งเส้นใยพอลิเอสเตออร์ 3 กรัม
5. เทส่วนผสมทั้งหมดเข้าด้วยกัน จากนั้นใช้แท่งคนสารคนส่วนผสมเป็นเวลา 6-7 นาที เมื่อคนจนครบเวลาเทลงในแม่พิมพ์
6. รोजนแผ่นอัดแห้งสนิท เมื่อแผ่นอัดแห้งแล้วนำไปประกอบในเครื่องแยกของเหลวเพื่อหาประสิทธิภาพของแผ่นอัด

เมื่อได้ชิ้นงานทั้ง 3 แบบแล้วนำชิ้นงานที่ได้ไปติดตั้งกับเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัวเพื่อเก็บผลที่ได้จากแผ่นอัดมาหาประสิทธิภาพของแผ่นอัดโดยวัดจากความชื้นที่เหลืออยู่ของกากมูลวัวหลังจากแยกของแข็งและของเหลวออกจากกันแล้ว

### 3.5 การทดสอบประสิทธิภาพของแผ่นอัดของเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัว

ในการทดสอบประสิทธิภาพของแผ่นอัดของเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัวโดยวัดจากปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่ของกากมูลวัวหลังจากแยกของแข็งและของเหลวออกจากกันแล้ว มีอุปกรณ์และขั้นตอนในการทำดังนี้

#### 3.5.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการหาความชื้น

##### 3.5.1.1 ตู้อบแห้งชนิด Hot Air Oven ยี่ห้อ Binder รุ่น FD53



รูปที่ 3.19 ตู้อบแห้งชนิด Hot Air Oven ยี่ห้อ Binder รุ่น FD53

##### 3.5.1.2 Moistue Can



รูปที่ 3.20 Moistue Can

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5.1.3 กากมูลวัวหลังจากแยกของเหลวออกจากของแข็งแล้ว



รูปที่ 3.21 กากมูลวัว

### 3.5.1.4 เครื่องซังดีจิตอล

## 3.5.2 ขั้นตอนการหาความชื้น

3.5.2.1 ชั่งน้ำหนักถ้วยสำหรับ จดบันทึกน้ำหนักจากนั้นใส่กากมูลวัวที่แยกของแข็ง ออกจากของเหลว 20 กรัม ทำทั้งหมด 3 ตัวอย่าง

3.5.2.2 เปิดเตาอบให้ได้อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส

3.5.2.3 นำกากมูลวัวทั้งหมดเข้าเตาอบเป็นเวลา 24-36 ชั่วโมง เมื่อครบเวลานำ ออกมาชั่งน้ำหนัก จดบันทึกก่อนต่อน้ำหนักจะไม่มีเปลี่ยนแปลง

3.5.2.4 นำข้อมูลน้ำหนักที่ได้มาหาความชื้นมาตรฐานแห่งจากสมการ 2.10

## 3.6 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

### 3.6.1 การวิเคราะห์และประเมินค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ย

การประเมินค่าใช้จ่ายโดยรวมเกี่ยวกับต้นทุนในการใช้งานแผ่นอัดของเครื่องแยก ของเหลวออกจากมูลวัว สมมติว่า สถานประกอบการใช้แผ่นอัดของเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัว ที่ทำจากโพลียูรีเทนแทนการนำเข้าแผ่นอัดจากต่างประเทศ ซึ่งค่าใช้จ่ายโดยรวมจะประกอบไปด้วย ต้นทุนคงที่ (Fixed cost) และต้นทุนแปรผัน (Variable cost) โดยต้นทุนคงที่ได้แก่ ค่าเสื่อมราคาของ แผ่นอัด (คิดค่าเสื่อมราคา เมื่อประมาณอายุการใช้งาน 1 – 3 ปี) และค่าเสียโอกาสของเงินลงทุน (คิด อัตราดอกเบี้ย เปอร์เซนต์) ซึ่งค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนคงที่จะไม่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณของมูลวัวแห่ง ที่ได้จากแผ่นอัดที่ทำจากโพลียูรีเทน

### 3.6.2 การคำนวณหาจุดคุ้มทุน (Break-even point)

การคำนวณการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายระหว่างการใช้แผ่นอัดที่นำเข้าจาก ต่างประเทศกับแผ่นอัดที่ทำจากโพลียูรีเทน สามารถใช้ต้นทุนในการทำงานเท่ากับรายได้จากการ จำหน่ายมูลวัวแห่งได้ปริมาณเท่าไร

### 3.6.3 การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Pay-back period)

การคาดคะเนว่า เมื่อลงทุนใช้แผ่นอัดที่ทำจากโพลียูรีเทนไปแล้วจะได้รับผลตอบแทนคืนมาใน จำนวนเงินเท่ากับที่ลงทุนไปแล้วภายในระยะเวลากี่ปี [40]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลและวิจารณ์ผล

ในการพัฒนาแผ่นอัดของเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัวนั้นได้มีออกแบบแม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปแผ่นอัดใหม่โดยอ้างอิงจากแผ่นอัดเดิมที่มีการนำเข้าจากต่างประเทศทั้งตำแหน่งของรูน็อตจำนวนแฉก และเส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นอัดเพื่อที่จะสามารถให้แผ่นอัดที่ทำมานั้นสามารถประกอบเข้ากับตัวเครื่องได้ จากได้การศึกษาเกี่ยวกับวัสดุที่จะนำมาใช้ผลิตเป็นแผ่นอัดโดยวัสดุที่เลือกใช้คือโพลียูรีเทน ทำการทดสอบเพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกลของวัสดุโดยการทดสอบแรงดึง และประเมินประสิทธิภาพของแผ่นอัดโดยวัดจากความชื้นที่เหลืออยู่หลังจากแยกของแข็งออกจากของเหลวแล้ว ผลการทดลองมีรายละเอียดดังนี้

#### 4.1 ผลการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์

จากการออกแบบแม่พิมพ์ (รูปที่ 4.1) สำหรับสร้างแผ่นอัดใหม่ฐานของแม่พิมพ์ทำด้วยเหล็กเส้นผ่านศูนย์กลาง 280 มิลลิเมตร ความสูงของขอบฐานสูง 2.7 เซนติเมตร ซึ่งสามารถทำให้สร้างชิ้นงานที่มีความหนาได้สูงสุดถึง 2.7 เซนติเมตร

ในส่วนของหมุดทำรูน็อตมีความสูง 42 มิลลิเมตร สามารถถอดเข้าถอดออกได้เพื่อให้สะดวกต่อการเอาชิ้นงานออก และสุดท้ายในส่วนของแผ่นทำแฉกทำด้วยเหล็กขาวบาง 0.1 มิลลิเมตร มีรูสำหรับยึดกับตัวฐานเพื่อไม่ให้แฉกกันแฉกหลุดในตอนสร้างชิ้นงาน ทั้งหมด 8 แฉก

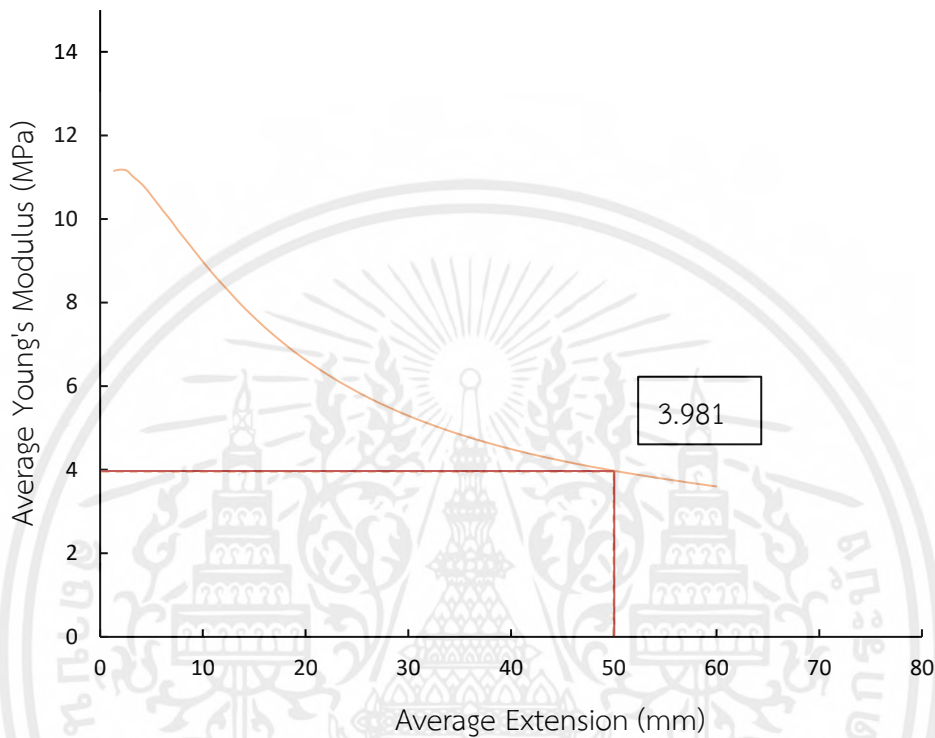


รูปที่ 4.1 แม่พิมพ์สำหรับสร้างแผ่นอัดใหม่

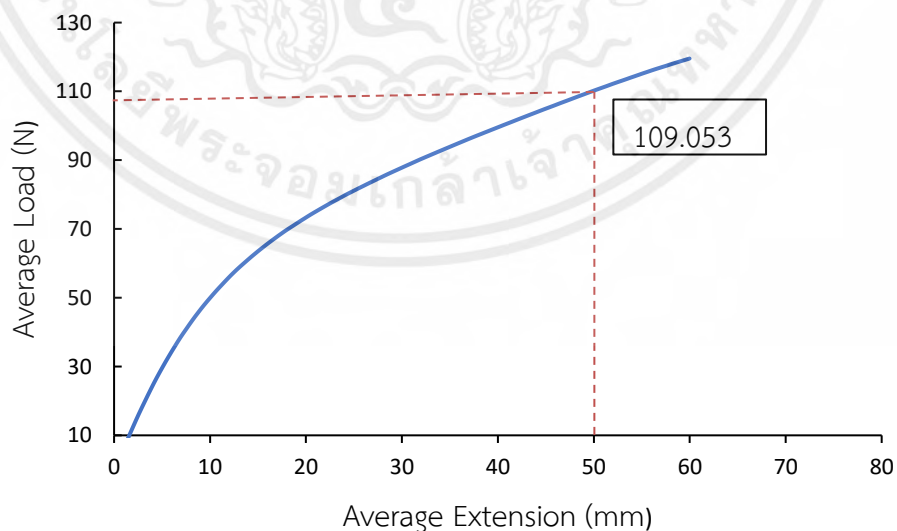
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกลของแผ่นอัดเต็มของเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัว

จากการทดสอบสมบัติทางกลของแผ่นอัดเต็มของเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัว โดยเครื่องเทนไซด์พบว่า มีค่า modulus เฉลี่ยของแผ่นอัดเต็มที่ระยะยืด 50 มิลลิเมตร มีค่าเท่ากับ 7.4619 MPa (รูปที่ 4.2) และค่า tensile strength เฉลี่ยของแผ่นอัดเต็มที่ระยะยืด 50 มิลลิเมตรมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 109.503 (รูปที่ 4.3)



รูปที่ 4.2 ค่า modulus ของแผ่นอัดเต็ม



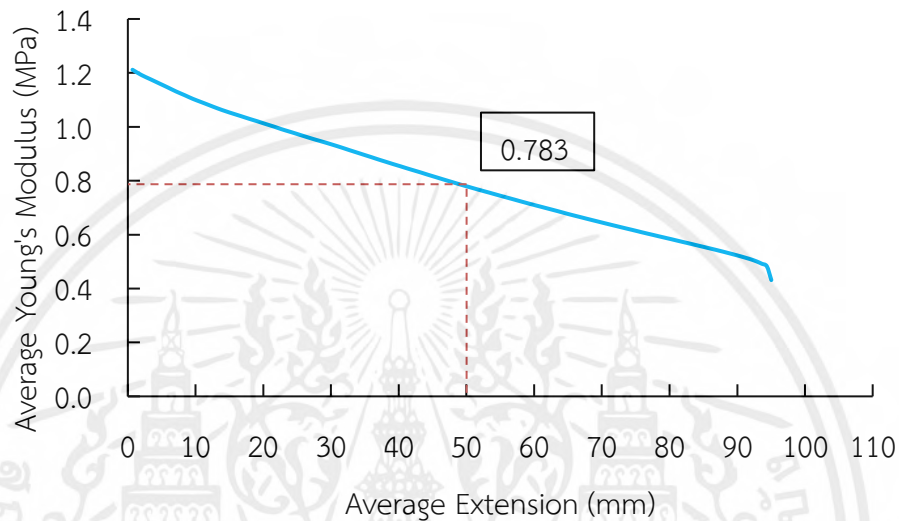
รูปที่ 4.3 ค่า tensile strength ของแผ่นอัดเต็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

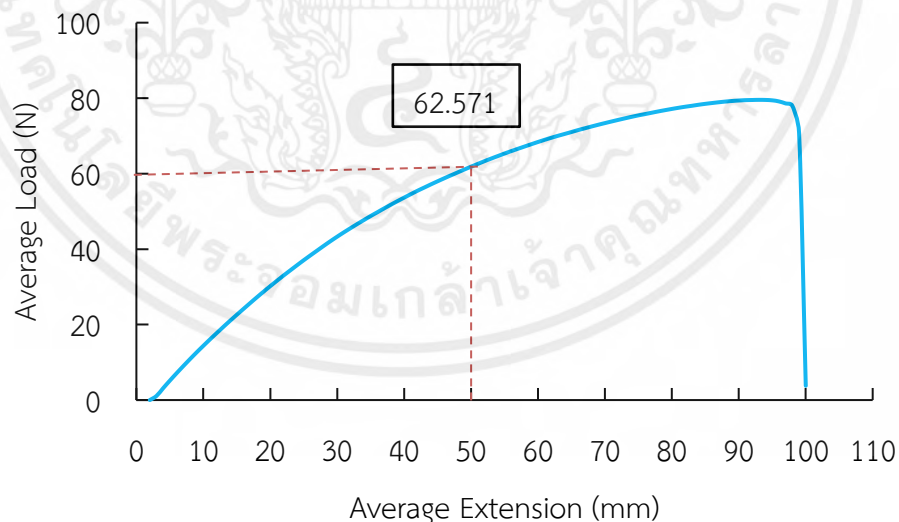
### 4.3 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกลของแผ่นอัดใหม่

#### 4.3.1 ผลการศึกษาสมบัติทางกลของแผ่นอัดใหม่ที่ไม่เติมพลาสติกไซเซอร์

ผลที่ได้จากการทดสอบสมบัติทางกลของแผ่นอัดใหม่ที่ไม่เติมพลาสติกไซเซอร์พบว่าขึ้นทดสอบจะมีค่า Young's Modulus ที่ระยะยืด 50 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ย 0.776 (รูปที่ 4.4) และค่า tensile strength เฉลี่ยของแผ่นอัดใหม่ที่ยืด 50 มิลลิเมตรมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 109.503 (รูปที่ 4.5)



รูปที่ 4.4 ค่า modulus ของแผ่นอัดใหม่ที่ไม่เติมพลาสติกไซเซอร์

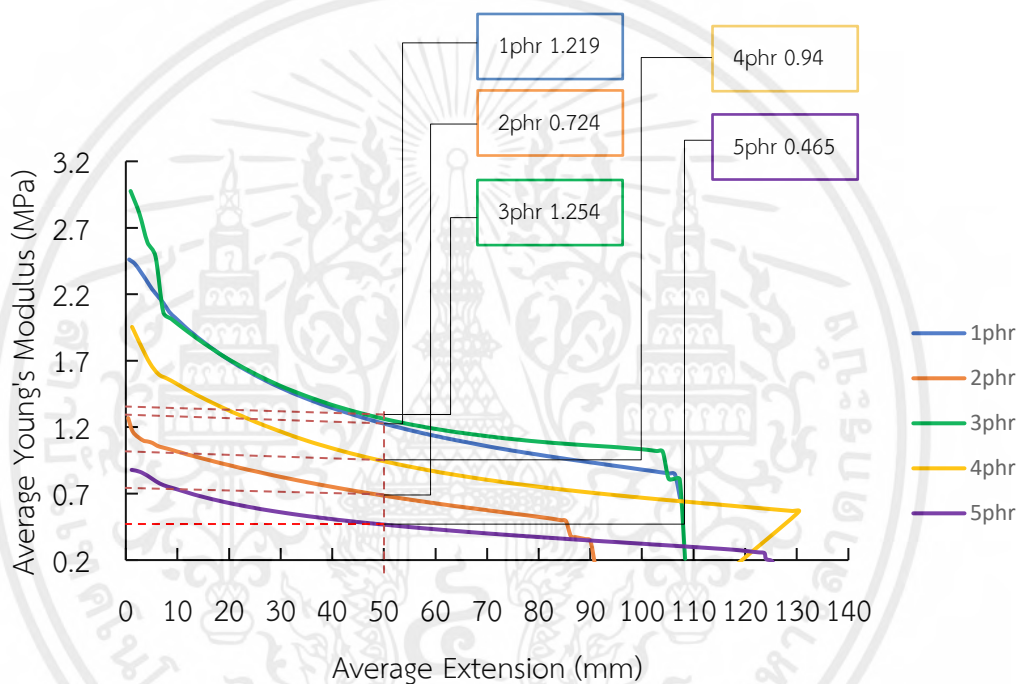


รูปที่ 4.5 ค่า tensile strength ของแผ่นอัดใหม่ที่ไม่เติมพลาสติกไซเซอร์

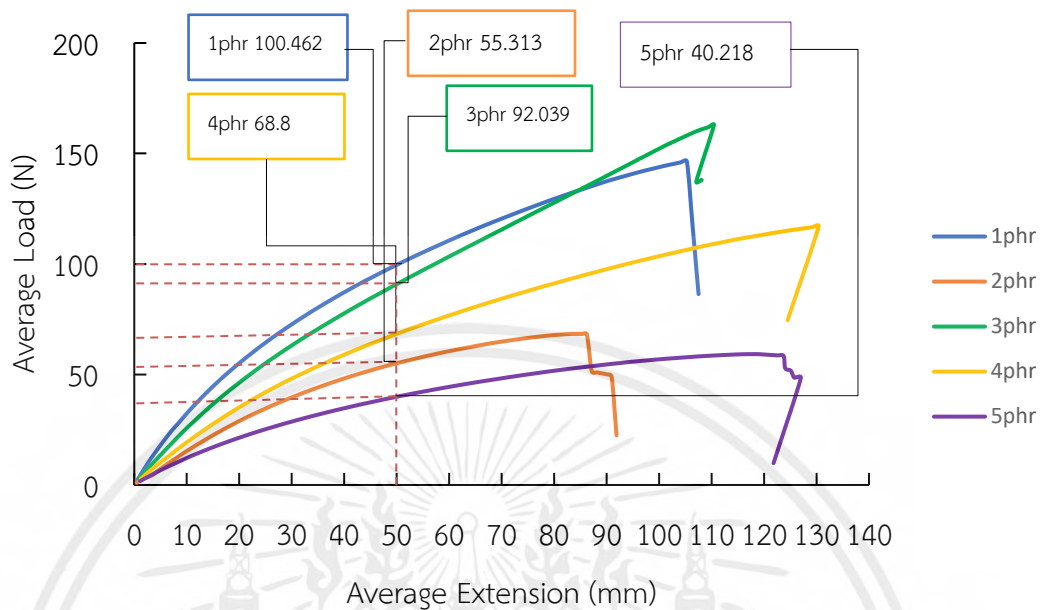
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.3.2 ผลการศึกษาสมบัติทางกลของแผ่นอัดใหม่ที่เติมพลาสติกไซเซอร်พอลิเอทิลีน ไกลคอล

จากการทดสอบคุณสมบัติทางกลของแผ่นอัดใหม่ที่เติมพลาสติกไซเซอร်พอลิเอทิลีน ไกลคอลทั้ง 5 ปริมาณ เมื่อเติมพลาสติกไซเซอร်พบว่าผลที่ได้จากการทดลอง แผ่นอัดใหม่ที่เติมพลาสติกไซเซอร်พอลิเอทิลีน ไกลคอลพบว่าค่าเพิ่มขึ้นของการเติมสารที่ 1phr, 2phr, 3phr, 4phr และ 5phr ทำให้ได้ค่า young's modulus ที่ 1.219, 0.724, 1.254, 0.94, 0.465 MPa ตามลำดับ (รูปที่ 4.4) ซึ่งค่า young's Modulus ที่ได้ไม่มีค่าใกล้เคียงกับค่า young' Modulus ของแผ่นอัดเดิมและค่าการต้านแรงดึงที่ได้มีค่า 100.462, 55.313, 92.039, 68.8, 40.218 (รูปที่ 4.5) ที่ระยะยัด 50 มิลลิเมตร ซึ่งผลที่ได้มีค่าไม่ใกล้เคียงกับแผ่นอัดเดิม



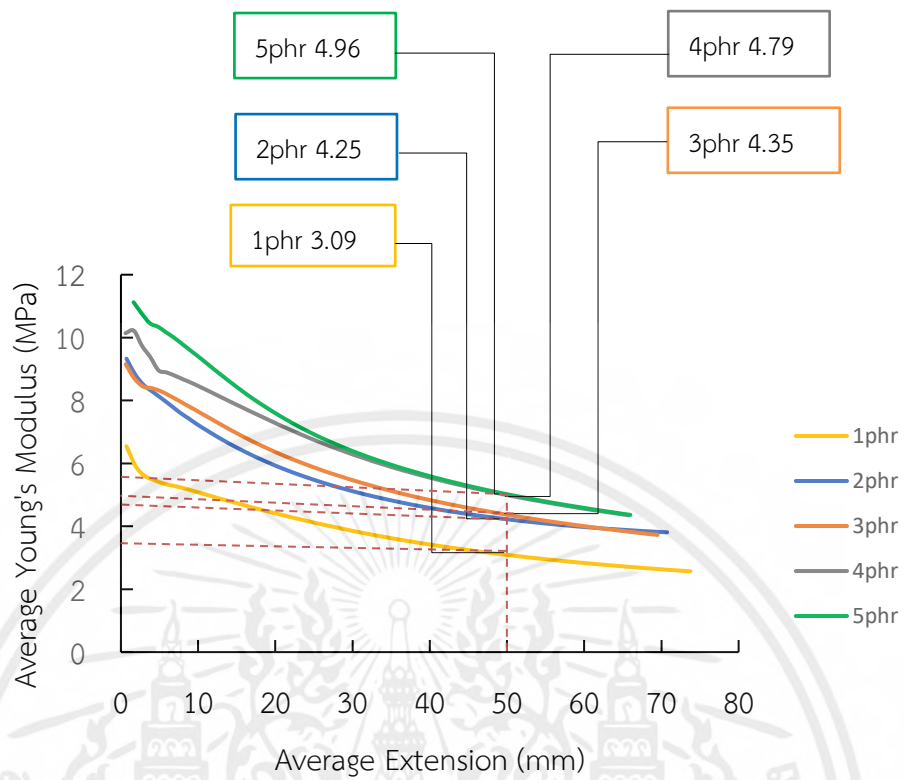
รูปที่ 4.6 ค่า modulus ของแผ่นอัดใหม่ที่เติมพลาสติกไซเซอร်พอลิเอทิลีนไกลคอล



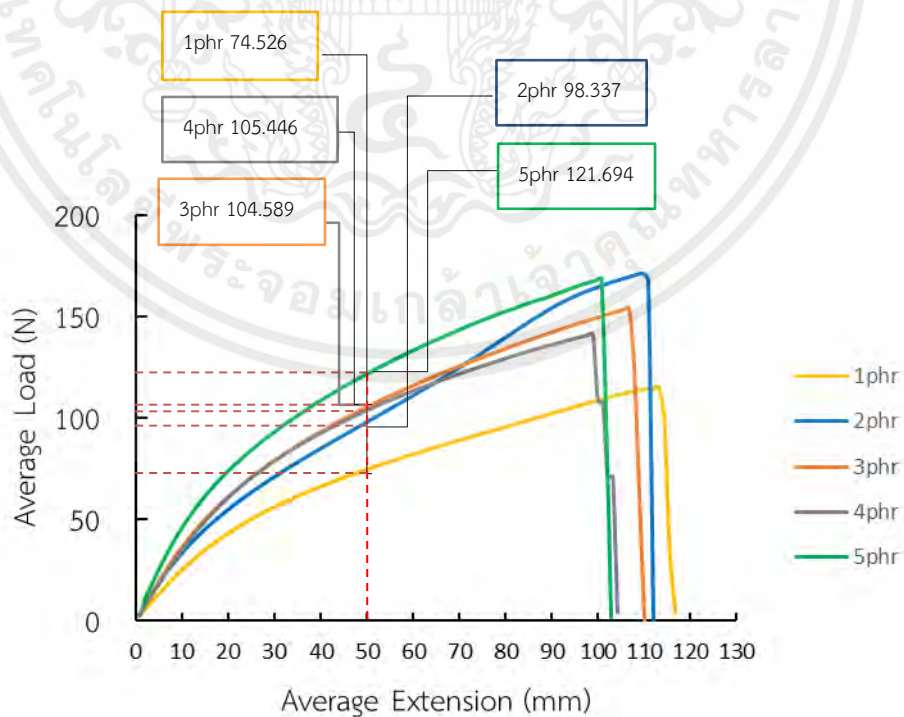
รูปที่ 4.7 tensile strength ของแผ่นอัดใหม่ที่เติมพลาสติกไซเซอร์พอลิเอทิลีนไกลคอล

#### 4.3.3 ผลการศึกษาสมบัติทางกลของแผ่นอัดใหม่ที่เติมพลาสติกไซเซอร์สไตรีนมอนอเมอร์

ผลที่ได้จากการทดลอง แผ่นอัดใหม่ที่เติมพลาสติกไซเซอร์สไตรีนมอนอเมอร์ทั้ง 5 ปริมาณ พบว่าการเพิ่มขึ้นของการเติมสาร phr ที่ 1phr, 2phr, 3 phr, 4phr และ 5phr ทำให้ได้ค่า young's modulus ที่ 3.09, 4.25, 4.35, 4.79 และ 4.96 MPa ตามลำดับ ซึ่งค่า young's Modulus ที่ได้ไม่มีค่าใกล้เคียงกับค่า young's Modulus (รูปที่ 4.6) ของแผ่นอัดเดิมและค่าโหลดที่ได้มีค่า 74.526, 98.337, 104.589, 105.776 และ 121.964 (รูปที่ 4.7) ที่ระยะยืด 50 มิลลิเมตร ซึ่งผลที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับแผ่นอัดเดิม



รูปที่ 4.8 ค่า modulus ของแผ่นอัดใหม่ที่ผสมพลาสติกไซเซอร์สไตรีนมอนอเมอร์

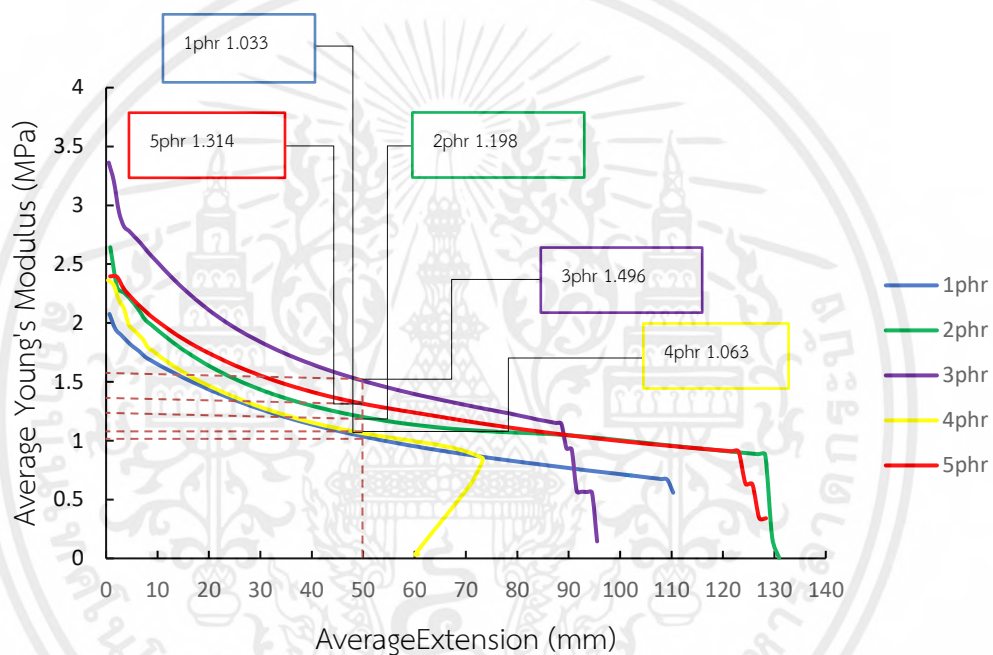


รูปที่ 4.9 ค่า tensile strength ของแผ่นอัดใหม่ที่ผสมพลาสติกไซเซอร์สไตรีนมอนอเมอร์

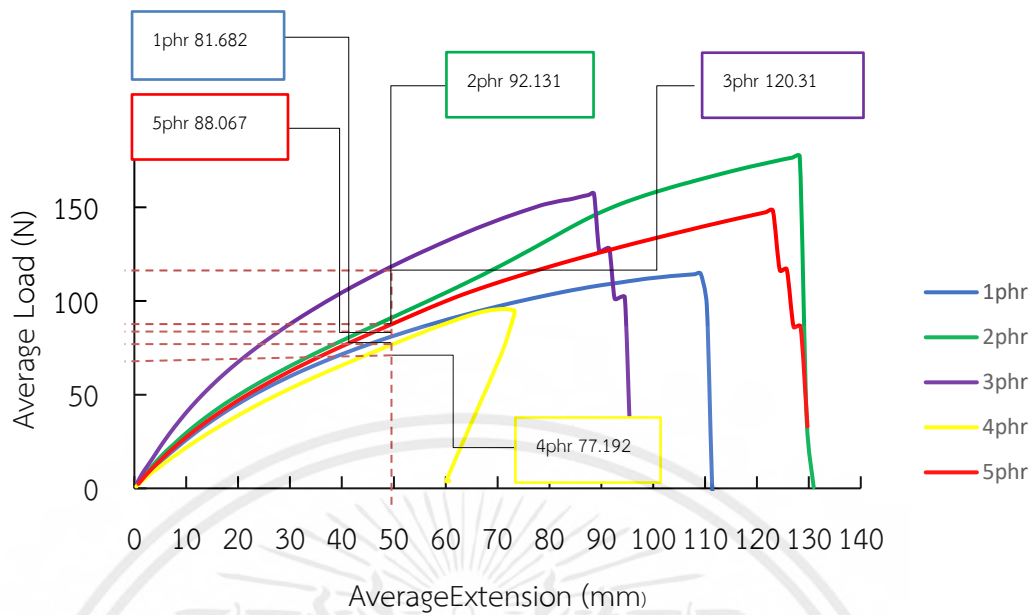
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.3.4 ผลการศึกษาสมบัติทางกลของแผ่นอัดใหม่ที่เติมพลาสติกไซเซอร์พอลิเอทิลีน ไกคอล ร่วมกับสไตรีนนอเมอร์

ผลที่ได้จากการทดลอง แผ่นอัดใหม่ที่เติมพลาสติกไซเซอร์พอลิเอทิลีน ไกคอลและสไตรีนนอเมอร์ พบว่าการเพิ่มขึ้นของการเติมสารphrที่1phr, 2phr, 3phr ,4phr และ 5phr ทำให้ได้ค่า young's modulus ที่ 1.033,1.198,1.496,1.063และ1.314 MPa ตามลำดับ ซึ่งค่า young's Modulus ที่ได้ไม่มีค่าใกล้เคียงกับค่า young' Modulus ของแผ่นอัดเดิมและค่าโหดที่ได้มีค่า 81.682,92.131,120.31,77.192และ88.067ที่ระยะยืด 50 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งผลที่ได้มีค่าไม่ใกล้เคียงกับแผ่นอัดเดิม



รูปที่ 4.10 ค่า modulus ของแผ่นอัดใหม่ที่ผสมพลาสติกไซเซอร์พอลิเอทิลีน ไกคอล ร่วมกับสไตรีนนอเมอร์



รูปที่ 4.11 Tensile strength ของแผ่นอัดใหม่ที่ผสมพลาสติกไฮเซออร์พอลิเอทิลีน ไกคอล ร่วมกับสไตรีนมอนอเมอร์

#### 4.4 ผลการสร้างแผ่นอัดใหม่สำหรับเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัว

จากที่ได้ทดสอบสมบัติทางกลของโพลีเอทิลีนที่ไม่ผสมพลาสติกไฮเซออร์และผสมพลาสติกไฮเซออร์ทั้งสองชนิดแล้วนั้นได้มีการสร้างแผ่นอัดใหม่สำหรับเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัวทั้งหมด 3 แผ่นอัด คือแผ่นอัดที่ไม่ผสมพลาสติกไฮเซออร์, แผ่นอัดที่ผสมพลาสติกไฮเซออร์สไตรีนมอนอเมอร์ที่ปริมาณ 3phr และแผ่นอัดที่ผสมพลาสติกไฮเซออร์สไตรีนมอนอเมอร์ที่ปริมาณ 3phr เสริมแรงด้วยเส้นใยพอลิเอสเตออร์

##### 4.4.1 แผ่นอัดที่ไม่ผสมพลาสติกไฮเซออร์



รูปที่ 4.12 แผ่นอัดใหม่ที่ไม่ผสมพลาสติกไฮเซออร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากการใช้แผ่นอัดใหม่ที่ไม่ผสมพลาสติกไซเซอร์ปรากฏว่าแผ่นอัดสามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกันแผ่นอัดเดิม แต่ข้อเสียของแผ่นอัดที่ไม่ผสมพลาสติกไซเซอร์คือแผ่นอัดไม่มีความยืดหยุ่น ทำให้แผ่นอัดหักเร็วจึงได้มีการปรับโครงสร้างทางเคมีของแผ่นอัดโดยการเติมพลาสติกไซเซอร์สไตรีนมอนอเมอร์

#### 4.4.2 แผ่นอัดที่ผสมพลาสติกไซเซอร์สไตรีนมอนอเมอร์ปริมาณ 3phr

จากการทดสอบแรงดึงของการผสมพลาสติกไซเซอร์แต่ละชนิดและแต่ละปริมาณทำทราบว่าพลาสติกไซเซอร์ที่ทำให้โพลียูรีเทนมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นคือสไตรีนมอนอเมอร์ที่ปริมาณ 3phr ดังนั้นจึงสร้างแผ่นอัดขึ้นมา



รูปที่ 4.13 แผ่นอัดใหม่ที่ผสมพลาสติกไซเซอร์สไตรีนมอนอเมอร์ 3phr

แผ่นอัดที่ผสมพลาสติกไซเซอร์สไตรีนมอนอเมอร์ที่ปริมาณ 3phr สามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับแผ่นอัดที่ไม่เติมพลาสติกไซเซอร์ สามารถใช้งานได้ยาวนานกว่า

#### 4.4.3 แผ่นอัดที่ผสมพลาสติกไซเซอร์สไตรีนมอนอเมอร์ที่ปริมาณ 3phr เสริมแรงด้วยเส้นใยพอลิเอสเทอร์

แผ่นอัดนี้สามารถใช้งานได้แต่มีประสิทธิภาพต่ำรีดน้ำออกจากของแข็งได้น้อยเนื่องจากมีแรงกดที่น้อย แต่มีความยืดหยุ่นที่ดี



รูปที่ 4.14 แผ่นอัดใหม่ที่ผสมพลาสติกไฮเซอส์ไตรีนมอนอเมอร์ 3phr เสริมแรงด้วยพอลิเอสเตอร์

#### 4.5 ผลการประเมินประสิทธิภาพของแผ่นอัดโดยวัดจากความชื้นที่เหลือหลังจากที่แยกของแข็งออกจากของเหลวแล้ว

การประเมินประสิทธิภาพของแผ่นอัดจะประเมินโดยการวัดความชื้นที่เหลืออยู่จากการแยกของเหลวออกจากของแข็งแล้ว มีผลการทดลองดังนี้

##### 4.5.1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของแผ่นอัดที่ไม่ผสมพลาสติกไฮเซอส์

จากการทดลองการหาความชื้นของกากมูลวัวที่แยกของเหลวออกจากของแข็งแล้ว ปรากฏว่าความชื้นมาตรฐานแห่งของกากมูลวัวที่แยกโดยแผ่นอัดที่ไม่ผสมพลาสติกไฮเซอส์มีค่าความชื้นมาตรฐานแห่งเฉลี่ย 7.88 เปอร์เซ็นต์

##### 4.5.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพของแผ่นอัดใหม่ที่ผสมพลาสติกไฮเซอส์ไตรีนมอนอเมอร์ที่ปริมาณ 3phr

จากการทดลองการหาปริมาณความชื้นของกากมูลวัวที่แยกโดยแผ่นอัดใหม่ที่ผสมพลาสติกไฮเซอส์ไตรีนมอนอเมอร์ผลปรากฏว่าความชื้นมาตรฐานแห่งเฉลี่ยอยู่ที่ 4.72 เปอร์เซ็นต์

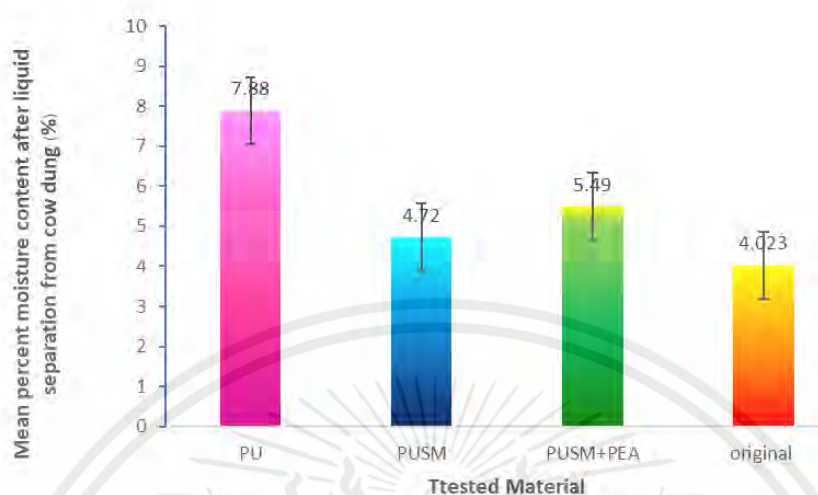
##### 4.5.3 ผลการประเมินประสิทธิภาพของแผ่นอัดใหม่ที่ผสมพลาสติกไฮเซอส์ไตรีนมอนอเมอร์ที่ปริมาณ 5phr เสริมแรงด้วยเส้นใยพอลิเอสเตอร์

จากการทดลองการหาปริมาณความชื้นของกากมูลวัวที่แยกโดยแผ่นอัดใหม่ที่ผสมพลาสติกไฮเซอส์ไตรีนมอนอเมอร์ที่ปริมาณ 3phr เสริมแรงด้วยเส้นใยพอลิเอสเตอร์ปรากฏว่ามีค่าความชื้นมาตรฐานแห่งที่เหลืออยู่เฉลี่ย 5.49 เปอร์เซ็นต์

##### 4.5.4 ผลของการประเมินประสิทธิภาพของแผ่นอัด

จากกราฟแสดงให้เห็นว่าความชื้นที่เหลืออยู่ของกากมูลวัวที่แยกโดยแผ่นอัดที่ผสมพลาสติกไฮเซอส์ไตรีนมอนอเมอร์ 3phr มีความใกล้เคียงกับแผ่นอัดเดิมที่ใช้แยกของเหลวออกจากมูลวัว โดยค่าเฉลี่ยของความชื้นมาตรฐานแห่งของแผ่นอัดที่แยกโดยแผ่นอัดเก่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.023

เปอร์เซ็นต์ และแผ่นอัดใหม่ที่เติมพลาสติกไซเซอร์สไตรีนมอนอเมอร์ที่ปริมาณ 3phr มีปริมาณความชื้นมาตรฐานแห้งเฉลี่ย 4.72 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.15 ผลของการประเมินประสิทธิภาพของแผ่นอัด

#### 4.6 ผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

ตารางที่ 4.1 ค่าใช้จ่ายในการสร้างแผ่นอัดของเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัว

รายการ	ราคา (บาท)
1.เหล็กเพลา	720
3.เหล็กแผ่น	375
4.เหล็กแบน	472
5.ชุดตัวฐาน	330
6.อะลูมิเนียม	340
7.โพลียูรีเทน	870
8.พลาสติกไซเซอร์	250
9. น้ำยากันติดโพลียูรีเทน	230
10. สแตนเลส	690
รวม	4,277

##### 4.6.1 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

กำหนดราคาของการทำแผ่นอัด (P) มีค่า 4,277 บาท มูลค่าซากเมื่อสิ้นเดือนที่ 6 เหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ ของราคาแผ่นอัด กำหนดให้ดอกเบี้ยกำหนดเท่ากับ 6.025 เปอร์เซ็นต์ต่อปี

$$\text{มูลค่าซาก (S)} = 0.1P = (0.1)(4,277) = 427 \text{ บาท}$$

$$\text{ค่าเสื่อมราคา (D)} = (P-S)/L = (4,277-427)/6 = 633 \text{ บาท/เดือน}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}\text{ค่าเสียโอกาสในการลงทุน (R)} &= ((P+S)/2(i/100)) \\ &= ((4,277+427)/2 \times 0.06025) \\ &= 141.708 \text{ บาท/เดือน}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ต้นทุนคงที่ (FC)} &= \text{ค่าเสื่อมราคา} + \text{ค่าเสียโอกาสในการลงทุน} \\ &= 633 + 141.708 \\ &= 774.708 \text{ บาท/เดือน}\end{aligned}$$

กำหนดให้อัตราการทำงานเดือนละ 30 วัน ค่าบำรุงรักษาเฉลี่ยวันละ 5 บาท

$$\begin{aligned}\text{ค่าบำรุงรักษา (M)} &= 5 \times 150 \\ &= 750 \text{ บาท/เดือน (ต้นทุนแปรผัน VC)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ดังนั้นค่าใช้จ่ายทั้งหมด (AC)} &= \text{ต้นทุนคงที่ (FC)} + \text{ต้นทุนแปรผัน (VC)} \\ &= 774.708 + 750 \\ &= 1,524.708 \text{ บาท/เดือน}\end{aligned}$$

#### 4.6.2 จุดคุ้มทุนของแผ่นอัดของเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัว

ในระยะเวลา 1 เดือน แผ่นอัดทำงาน 5 ชั่วโมง/วัน แผ่นอัดทำงาน 30×5 ชั่วโมง เท่ากับ 750 ชั่วโมง สามารถแยกกากมูลวัวได้ 18.41 กิโลกรัม/ชั่วโมง เครื่องสามารถทำงานได้ 2,761.5 กิโลกรัม/เดือน ค่าจ้างในการใช้แผ่นอัดของเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัว 2.2 บาท/กิโลกรัม

$$\text{จุดคุ้มทุน (BEPS)} = \text{ต้นทุนคงที่} (774.708/11) = 70.428 \text{ บาท/เดือน}$$

#### 4.6.3 ระยะเวลาการคืนทุนของแผ่นอัดของเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัว

รายได้จากการขายมูลวัว 5 บาท/กิโลกรัม ใน 1 เดือน แผ่นอัดสามารถแยกกากมูลวัวได้ 2,761.5 กิโลกรัม มีจะมีรายได้ 13,807.5 บาท

$$\begin{aligned}\text{กำไร} &= \text{รายได้ (R)} - \text{ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (AC)} \\ &= 13,807.5 - 1,524.708 \\ &= 12,282.792 \text{ บาท}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ระยะเวลาคืนทุน} &= \text{ค่าใช้จ่ายในการสร้างแผ่นอัด (MC)} / \text{กำไร (P)} \\ &= 4227/12,282.792 \\ &= 3 \text{ เดือน}\end{aligned}$$

จากการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ในการสร้างแผ่นอัดใหม่สำหรับเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัว มีราคา 4,277 บาท จะมีระยะการคืนทุนอยู่ที่ 3 เดือน

**ตารางที่ 4.2** เปรียบเทียบคุณสมบัติและราคาของแผ่นอัดเดิมและแผ่นอัดใหม่

คุณสมบัติของแผ่น	แผ่นอัดเดิม	แผ่นอัดใหม่
Young's Modulus (MPa)	3.971 (1.164)	4.35 (0.852)
Load (N)	109.053 (11.873)	104.589 (15.419)
ความชื้นมาตรฐานแห้ง (%)	4.023 (0.203)	4.72 (0.114)
ราคาต้นทุนการผลิต (บาท)	20,000	1,170

หมายเหตุ ค่าในวงเล็บคือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน SD (Standard Deviation)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

# สรุปและข้อเสนอแนะ

ผลจากการออกแบบและพัฒนาแผ่นอัดของเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัวยี่ห้อ SEPCOM Horizontal Screw Press Separator รุ่น 015 ผลิตที่ประเทศอิตาลี เพื่อลดต้นทุนในการนำเข้าแผ่นอัด โดยการออกแบบแม่พิมพ์ของแผ่นอัดให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 280 มิลลิเมตร เพื่อให้สามารถประกอบเข้าเครื่องเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัวได้ โดยแผ่นอัดที่ได้ทำจากโพลียูรีเทนผสมพลาสติกไฮเซอรัสไตรีนมอนอเมอร์ที่ 3phr เส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นอัด 280 มิลลิเมตรหนา 1 เซนติเมตร ในการทดลองเพื่อศึกษาชนิดของวัสดุที่จะนำมาสร้างเป็นแผ่นอัดได้ศึกษาโดยใช้วิธีวิศวกรรมย้อนรอยคือ ศึกษาสมบัติทางกลของแผ่นอัดเดิมและแผ่นอัดใหม่ทดสอบแรงดึงโดยใช้เครื่องเทนไซค์ ในการทดสอบแรงดึงของแผ่นอัดเดิมของเครื่องแยกของเหลวออกจากของแข็งการทดสอบแรงดึงได้ค่า modulus และค่า tensile strength ของแผ่นอัดเดิมเท่ากับ 5.51966 MPa และ 7.4619 MPa ตามลำดับ สรุปได้ว่าแผ่นอัดเดิมสามารถต้านทานแรงดึงได้มาก และยังมีคามยืดหยุ่นสูง การทดสอบแรงดึงของแผ่นอัดใหม่ที่ไม่ผสมพลาสติกไฮเซอรัสมีค่า modulus และค่า tensile strength เท่ากับ 1.1849 และ 0.9851 MPa ตามลำดับ ส่วนถัดมาเป็นการทดสอบแรงดึงของแผ่นอัดที่เติมพลาสติกไฮเซอรัสโพลิเอทิลีน ไกคอลทั้ง 5 ปริมาณคือ 1phr, 2phr, 3phr, 4phr และ 5phr ผลปรากฏว่าการเติมโพลิเอทิลีน ไกคอลทำให้วัสดุเกิดความยืดหยุ่นแต่ไม่ทนแรงดึง ต่อมาเป็นการทดสอบแรงดึงของแผ่นอัดใหม่ที่ไม่เติมพลาสติกไฮเซอรัสไตรีนมอนอเมอร์ทั้งหมด 5 ปริมาณคือ 1phr, 2phr, 3phr, 4phr และ 5phr ผลปรากฏว่าการเติมสไตรีนมอนอเมอร์ทำให้วัสดุมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นและสามารถทนแรงดึงได้ดีกว่าไม่เติมสไตรีนมอนอเมอร์ จากนั้นทำการทดสอบแรงดึงของโพลียูรีเทนที่เติมพลาสติกไฮเซอรัสโพลิเอทิลีน ไกคอลร่วมกับสไตรีนมอนอเมอร์ทั้ง 5 ปริมาณคือ 1phr, 2phr, 3phr, 4phr และ 5phr สรุปได้ว่าการเติมโพลิเอทิลีน ไกคอลร่วมกับสไตรีนมอนอเมอร์ส่งผลให้มีความยืดหยุ่นเพิ่มมากขึ้นแต่ไม่สามารถทนแรงดึงสูงๆได้ ดังนั้นจากผลการทดลอง เลือกสร้างแผ่นอัดที่มีความยืดหยุ่นและสามารถทนแรงกดได้สร้างแผ่นอัดใหม่ทั้งหมด 3 รูปแบบ คือ แผ่นอัดที่ไม่เติมพลาสติกไฮเซอรัส, แผ่นอัดที่เติมพลาสติกไฮเซอรัสไตรีนมอนอเมอร์ที่ปริมาณ 3phr และแผ่นอัดที่เติมพลาสติกไฮเซอรัสไตรีนมอนอเมอร์ที่ 3phr เสริมแรงด้วยเส้นใยโพลิเอสเทอร์ ผลจากการประเมินประสิทธิภาพของแผ่นอัดแต่ละแผ่นปรากฏว่าแผ่นอัดใหม่ที่ไม่เติมพลาสติกไฮเซอรัสไตรีนมอนอเมอร์ที่ปริมาณ 3phr มีความชื้นที่เหลืออยู่ใกล้เคียงกับแผ่นอัดเดิมของเครื่องแยกของเหลวจากมูลวัวโดยเฉลี่ยความชื้นมาตรฐานแห้งอยู่ที่ 4.72% ซึ่งความชื้นเฉลี่ยของแผ่นอัดเดิมอยู่ที่ 4.023 % ดังนั้นจึงสามารถใช้แผ่นอัดที่ทำจากโพลียูรีเทนเติมพลาสติกไฮเซอรัสไตรีนมอนอเมอร์ที่ 3phr ทดแทนแผ่นอัดที่นำเข้าจากต่างประเทศได้ ในปัจจุบันยังคงใช้แผ่นอัดใหม่ที่สร้างขึ้นจากโพลียูรีเทนที่เติมพลาสติกไฮเซอรัสไตรีนมอนอเมอร์ที่ 3phr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.1 ปัญหาที่พบในการทดลองใช้แผ่นอัดใหม่ของเครื่องแยกของเหลวออกจากมูลวัว

5.1.1 เนื่องจากการทำงานของเครื่องรีดมูลวัวนั้นเป็นการทำงานแบบต่อเนื่องทำให้ส่วนของกليبแผ่นนั้นต้องอ้างค้ำอยู่ตลอดเวลาทำให้ตัววัสดุตรงส่วนกลิปมีค่าความเค้นอยู่ตลอดเวลา ทำให้วัสดุเกิดความเครียดและแตกหักได้เร็ว

5.1.2 การใช้โพลียูรีเทนเรซินในการขึ้นรูปแผ่นอัดจะแยกตัวทำละลายกับตัวละลายออกจากกัน เวลาใช้งานตัวทำละลายเมื่อโดนอากาศจะทำให้เกิดเป็นสีขาวขุ่นและทำให้ประสิทธิภาพเวลาใช้งานลดลง

5.1.3 .ในการผสมสารเกิดฟองอากาศขึ้นเป็นอย่างมาก ทำให้เวลาขึ้นงานสึกหรอในส่วนที่เกิดฟองอากาศจะสึกหรอก่อน

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรเสริมแรงของแผ่นอัดด้วยแผ่นตะแกรงเหล็กแบบรูเพื่อลดความเครียดที่กระทำต่อโคนแฉก

5.2.2 ควรใช้งานตัวทำละลายโพลียูรีเทนให้หมดภายในครั้งเดียวเพื่อลดการสัมผัสกับอากาศ

5.2.3 ควรใช้เครื่องคนสารที่ได้มาตรฐานและมีกำลังรอบหมุนที่เร็ว

## เอกสารอ้างอิง

- [1] ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารกรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2566). เข้าถึงเมื่อ 2 มิถุนายน 2566. เข้าถึงได้จาก <https://ict.dld.go.th/webnew/index.php/th/>.
- [2] Julia Koninger, Emanuele Lugato, Panos Panagos, Mrinalini Kochupillai, Alberto Orgiazzi, Maria J.I. Briones. (2021) “Manure management and soil biodiversity: Towards more sustainable food systems in the EU” Technical University of Munich (TUM), Munich, Germany, pp. 103251
- [3] Molla Rahman Shaibur, Humaira Husain, Samsul Huda Arpon (2021) “Utilization of cow dung residues of biogas plant for sustainable development of a rural community” North South University, Dhaka , Bangladesh, pp.100026
- [4] Andreas Kamilaris, Francesc X. Prenafeta-Boldú (2018) “Deep learning in agriculture: A survey” Institute for Food and Agricultural Research and Technology (IRTA), Spain, pp. 70-90
- [5] Marlen I. Lasprilla-Mantilla, Victoria Wagner, Joan Pena, Annie Frechette, Karine Thivierge, Simon Dufour, and Christopher Fernandez-Prada (2019) “Effects of recycled manure solids bedding on the spread of gastrointestinal parasites in the environment of dairies and milk” Université de Montréal, Saint-Hyacinthe, Québec J2S 2M2 Canada, pp. 102:11308–11316
- [6] S. Fournel, S. Godbout, P. Ruel, A. Fortin, M. Généreux, C. Côté, C. Landry, and D. Pellerin (2019) “Production of recycled manure solids for bedding in Canadian dairy farms: I. Solid–liquid separation” pp. 1832-1846
- [7] กรวิช อยู่สงค์, วชิรินทร์ เหมือนมา. (2561). “ผลของการใช้ปุ๋ยมูลสัตว์ที่มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพของหญ้าที่เกษตรกรศาสตร์: หน้า 47-53.
- [8] สกล ศรีวิวัฒน์และคณะ. “ผลของอัตราการใช้ปุ๋ยมูลวัวร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนต่อผลผลิตและสะสมธาตุอาหารของผักคะน้าที่ปลูกในชุดดินบางแสน”: หน้า 2-3.
- [9] Jeerawan. (2565). เครื่องรีดตะกอนคืออะไร. เข้าถึงเมื่อ 6 มีนาคม 2566. เข้าถึงได้จาก <https://www.premium.co.th/2022/07/18/sludge-dewatering-machine/>.
- [10] Jeerawan. (2565). Screw Press ดีกว่าเครื่องรีดตะกอนประเภทอื่นอย่างไร. เข้าถึงเมื่อ 6 มีนาคม 2566 เข้าถึงได้จาก <https://www.premium.co.th/2022/07/20/screw-press-premium/>.
- [11] Watermark. (2011). Filter press. เข้าถึงเมื่อ 14 เมษายน 2566. เข้าถึงได้จาก [https://en.wikipedia.org/wiki/Filter\\_press](https://en.wikipedia.org/wiki/Filter_press).
- [12] Kent. (2018). Belt Presses. เข้าถึงเมื่อ 14 เมษายน 2565. เข้าถึงได้จาก [dewatering/unison-500-filter-belt-presses/](https://www.premium.co.th/2022/07/20/screw-press-premium/).

- [13] Virtre. (2019). Plastics recycling decanter K series. เข้าถึงเมื่อ 14 เมษายน 2565. เข้าถึงได้จาก <https://www.directindustry.com/prod/flottweg-se/product-28713-1765103.html>.
- [14] Tomas. (2022). Dewatering screw press. เข้าถึงเมื่อ 14 เมษายน 2565. เข้าถึงได้จาก [https://en.wikipedia.org/wiki/Dewatering\\_screw\\_press](https://en.wikipedia.org/wiki/Dewatering_screw_press).
- [15] บริษัท ยูโรเทค เคมีคอลส์ ซัพพลาย จำกัด. (2019). ประวัติความเป็นมาของพลาสติก. เข้าถึงเมื่อ 12 มีนาคม 2566. เข้าถึงได้จาก <https://www.eurotech1997.com/content/5399/ประวัติความเป็นมาของพลาสติก>
- [16] บริษัท ยูโรเทค เคมีคอลส์ ซัพพลาย จำกัด. (2019). พลาสติก. เข้าถึงเมื่อ 12 มีนาคม 2566. เข้าถึงได้จาก <https://www.eurotech1997.com/content/5398/plastic-พลาสติก>
- [17] bio-plastic. (2017). กระบวนการผลิตพลาสติก. เข้าถึงเมื่อ 12 มีนาคม 2566. เข้าถึงได้จาก <https://www.mtec.or.th/bio-plastic/what-is-plastic/plastic-production.html>
- [18] อนุสิษฐ์ เกื้อกุล. (2560). พลาสติก. เข้าถึงเมื่อ 25 เมษายน 2565. เข้าถึงได้จาก [http://bluelemon-blood.blogspot.com/2011/02/blog-post\\_5488.html](http://bluelemon-blood.blogspot.com/2011/02/blog-post_5488.html).
- [19] อรุณศักดิ์ โสภณธรรมภาน. (2550). พลาสติไซเซอร์ (Plasticizers): การปนเปื้อนจากบรรจุภัณฑ์สู่อาหาร. เข้าถึงเมื่อ 12 พฤษภาคม 2566. เข้าถึงได้จาก <https://www2.cri.or.th/manual/examples/article>
- [20] นางสาวจิรวรรณ ว้าวจ้งหรีด. (2564). พลาสติไซเซอร์ (Plasticizers). เข้าถึงเมื่อ 12 พฤษภาคม 2566. เข้าถึงได้จาก <https://www.nsm.or.th/nsm/th/node/5757>.
- [21] P.WAI. ประโยชน์และการใช้งานของ Ethylene Glycol. เข้าถึงเมื่อ 15 พฤษภาคม 2566. เข้าถึงได้จาก <https://pwai.co.th/blogrp-ethylene-glycol/>
- [22] วรปรัชญ์ ชัยคำ, กมลวรรณ ทองธนะ. (2561). “การเตรียมและการทดสอบคุณสมบัติของฟิล์มระหว่างพอลิ(แอล-แลคไทด์)/พอลิ (บิวทิลีน อดิเทพ-โค-เทอเรพทาเลท) โดยยั้งีหล่อขึ้นรูปด้วยตัวทำละลาย”. ปรินญาณิพนธ์ สาขา วิชาเคมี มหาวิทยาลัยพะเยา.
- [23] Derna. (2019). polyethylene glycol (PEG). เข้าถึงเมื่อ 23 พฤษภาคม 2565. เข้าถึงได้จาก [https://hmong.in.th/wiki/Polyethylene\\_glycol](https://hmong.in.th/wiki/Polyethylene_glycol).
- [24] คณะทำงานสื่อสารองค์กร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (2564). Science & Safety: สารเคมีกับความปลอดภัยใกล้ตัว. เข้าถึงเมื่อ 15 พฤษภาคม 2566. เข้าถึงได้จาก <https://www.cmu.ac.th/th/article/95631731-dfa6-4b85-acbe-fd2c5f8871b5>.
- [25] น.อ.วัชรินทร์ เครือดำรงค์. (2018). “สารเคมีอันตราย Styrene สารตั้งต้น ผลิตภัณฑ์โฟม:1-3
- [26] ลำดวน. (2022). โพลียูรีเทนคุณสมบัติ ข้อดี-ข้อเสีย เป็นอย่างไร. เข้าถึงเมื่อ 10 เมษายน 2566. เข้าถึงได้จาก <https://www.kachathailand.com/articles>.
- [27] Michael Elkan. (2560). โพลียูรีเทน. เข้าถึงเมื่อ 15 พฤษภาคม 2565. เข้าถึงได้จาก <http://natheesuphaphan.blogspot.com/2017/09/blog-post.html>.
- [28] สำนักงานส่งเสริมการศึกษานอกระบบและการศึกษาตามอัธยาศัย สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ กระทรวงศึกษาธิการ. (2554). “วิทยาศาสตร์”. เอกสารประกอบการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ สำนักงานกศน. สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [29] สรวนท์ ปุคะภาร. (2559). “วัสดุวิศวกรรม”. เอกสารประกอบการสอนวัสดุวิศวกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.
- [30] SMLease. (2019). Stress-Strain Curve: Strenhth of Materials. เข้าถึงเมื่อ 20 เมษายน 2556. เข้าถึงได้จาก <https://www.sml ease.com/entries/mechanical-design-basics/stress-strain-curve-diagram/>.
- [31] ชุตติมา วงษ์เสนา, สุวิทย์ เพชรห้วยลึก และ สุเจนต์ พรหมเหมือน. (2562). “ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งมากที่สุดโดยใช้ตู้อบไฟฟ้าลมร้อน”. ในการประชุมระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ. หน้า 1342. มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- [32] Siqi Wang, Yong Yuan, Ping Tan, Hongping Zhu, Kaitao Luo. (2020). “Experimental study on mechanical properties of casting high-capacity polyurethane elastomeric bearings.” China c Shield Da (Wuhan) Technology Co Ltd, pp. 120725
- [33] Izabella Maj, Sylwester Kalisz, Aneta Szymajda, Grazyna Łaska, Klaudiusz Gołombek. (2021). “Izabella Maj, Sylwester Kalisz, Aneta Szymajda, Grazyna Łaska, Klaudiusz Gołombek.” Białystok, Poland Silesian University of Technology, pp. 1198-1211.] F.K. Gorbunova, V.A. Poluboyarova , A.I. Saprykinb, L.K. Berdnikova. (2019). “ Structure and mechanical properties of casting polyurethane before and after modification by ceramic nanoparticles.” Russia b Nikolaev Institute of Inorganic Chemistry SB RAS, pp. 66-69
- [34] F.K. Gorbunova, V.A. Poluboyarova , A.I. Saprykinb, L.K. Berdnikova. (2019). “ Structure and mechanical properties of casting polyurethane before and after modification by ceramic nanoparticles.” Russia b Nikolaev Institute of Inorganic Chemistry SB RAS, pp. 66-69
- [35] J.PChastain., W.D. Lucas., J.E. Albrecht., J.C. Pardue., J.Adams III., and K.P. Moore. (2019). “Removal of Solids and Major Plant Nutrients from Swine Manure Using A Screw Press Separator.” Department of Agricultural and Biological Engineering, Clemson University.
- [36] ฉัตร ผลนาค, สุวิทย์ เพชรห้วยลึก, ภรพนา บัวเพชร, ปิติ พานิชายนนท์ และนฤทธิ์ กล่อมพงษ์. (2553). “ระบบอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์สำหรับการอบแห้งกระจุต Solar Dryer System for Bulrush Drying” ศูนย์วิจัยและสาธิตระบบพลังงานทดแทน ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93110, มหาวิทยาลัยทักษิณ ปีที่ 12 ฉบับที่ 3
- [37] Meng-Shung Yen, Ping-Yuan Tsai. (2003). “Study on Polyethylene Glycol/Polydimethylsiloxane Mixing Soft-Segment Waterborne Polyurethane from Different Mixing Processes” National Taiwan University of Science and Technology, pp. 233-243

- [38] Sema Samatya Yilmaz, Ayse Aytac. (2021). "Poly(lactic acid)/polyurethane blend electrospun fibers: structural, thermal, mechanical and surface properties" Kocaeli University, Kocaeli, Turkey, pp. 873-883
- [39] นางสาวอรุณศิริ จักรบุตรม, นางสาวพรรณราย รักษ์งาร, นายอำนาจ ลากเกษมสุข และ ผศ.ธีระพงษ์ ไชยเฉลิมวงศ์. (2020) "นางสาวอรุณศิริ จักรบุตรม, นางสาวพรรณราย รักษ์งาร.
- [40] อำนวย ลากเกษมสุข และ ผศ.ธีระพงษ์ ไชยเฉลิมวงศ์. "วารสารวิศวกรรมศาสตร์" ราชมงคล ธิญบุรี.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## ภาคผนวก

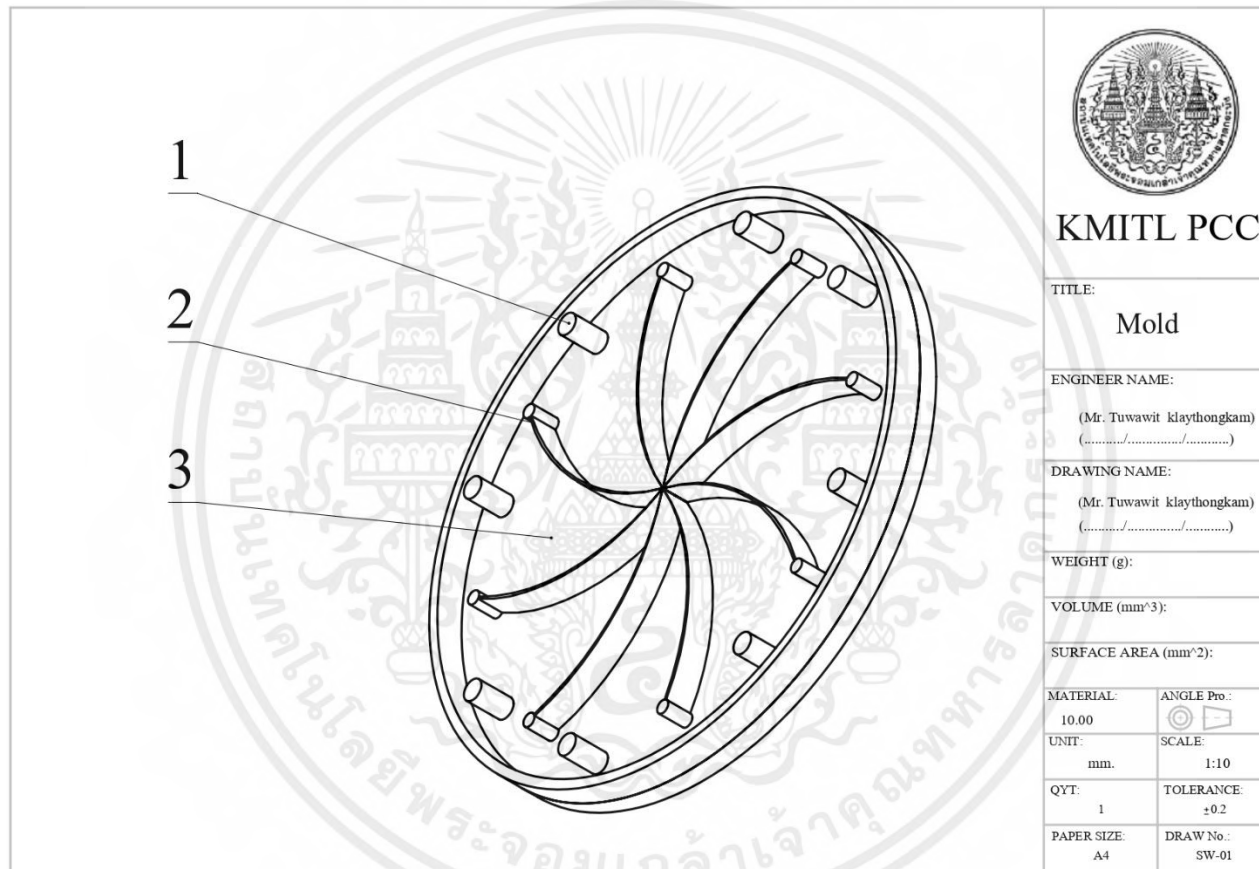
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



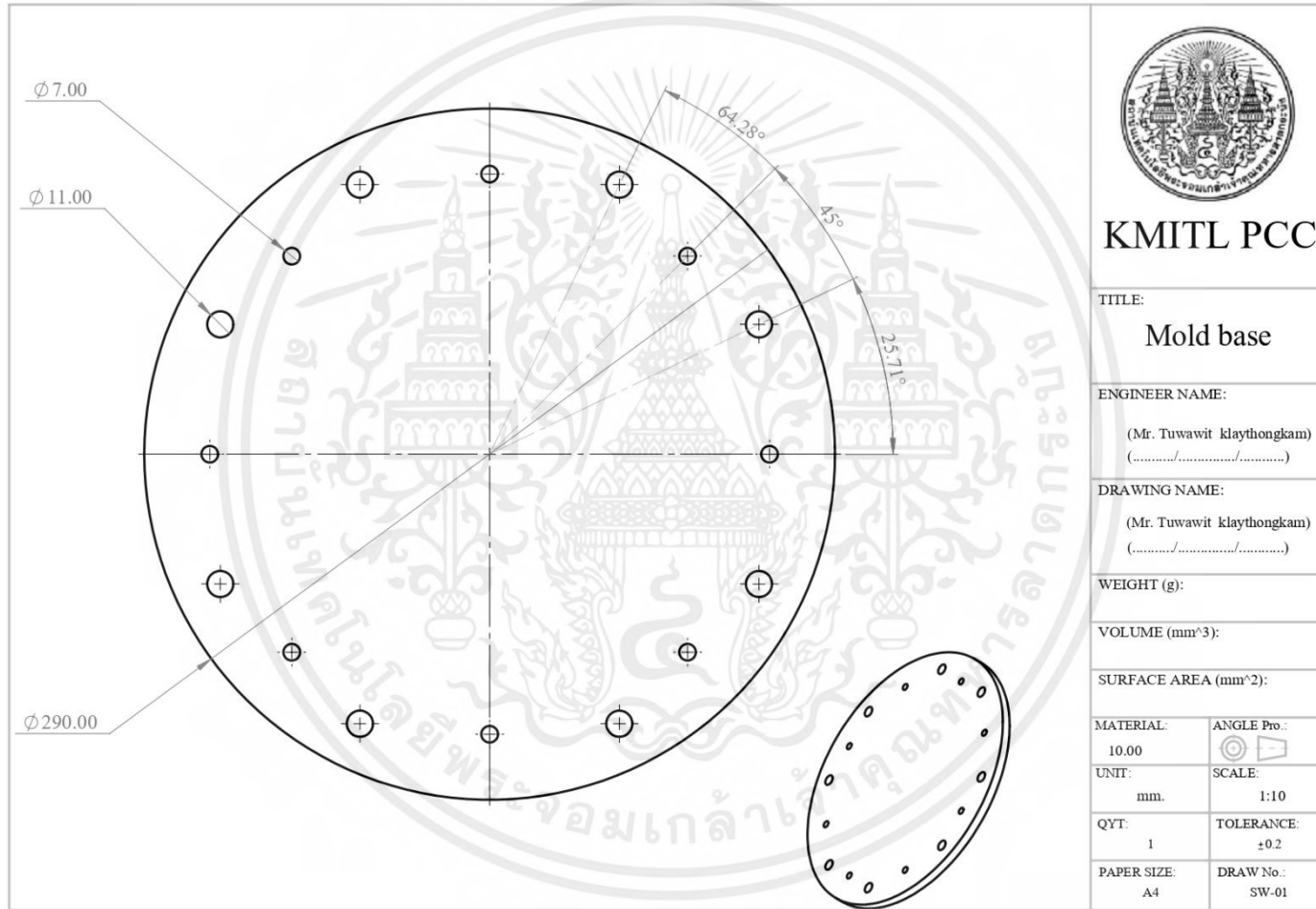
ภาคผนวก ก

**การออกแบบแม่พิมพ์สำหรับสร้างแผ่นอัดใหม่ของเครื่องแยก  
ของเหลวออกจากมูลวัว**

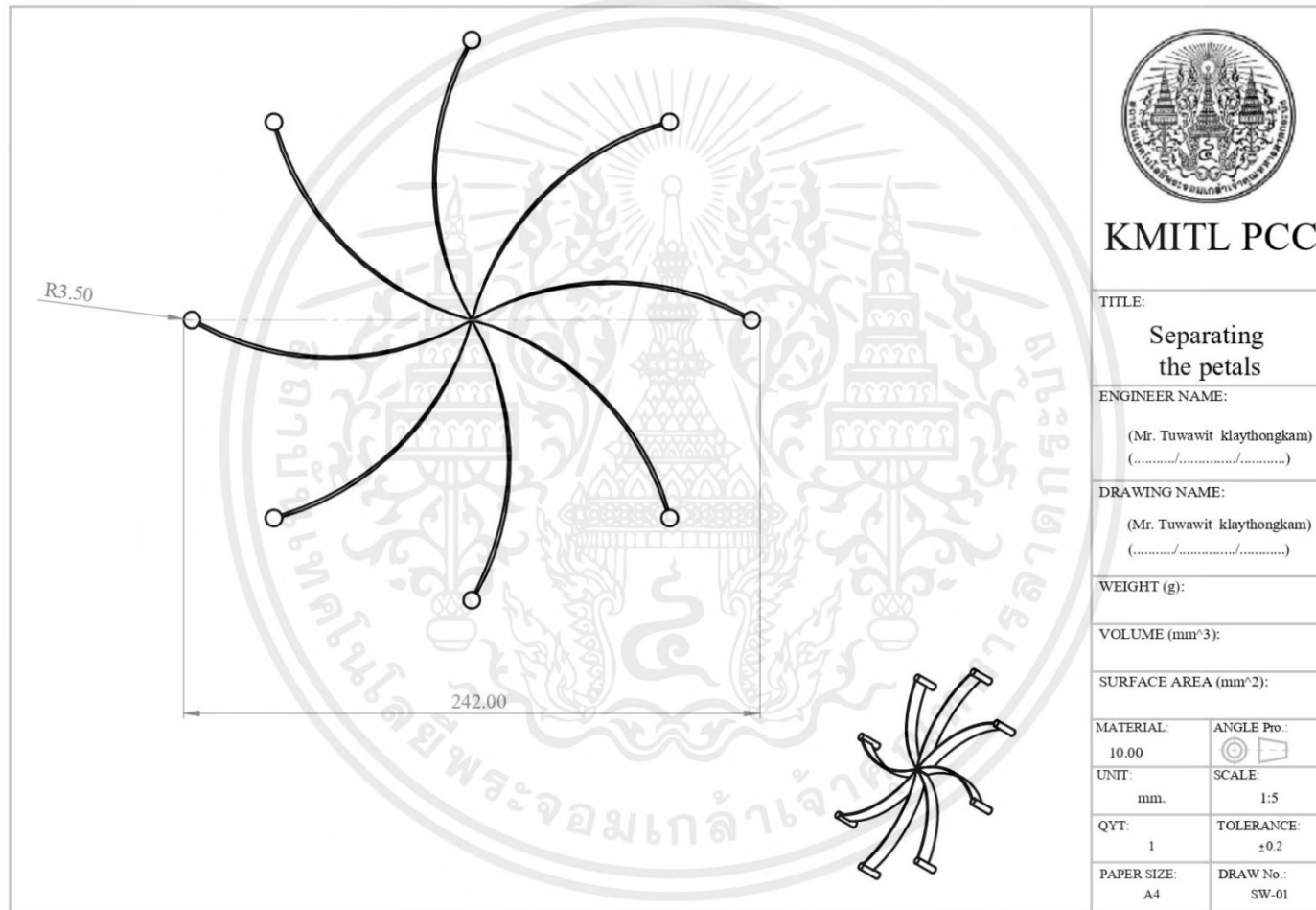
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



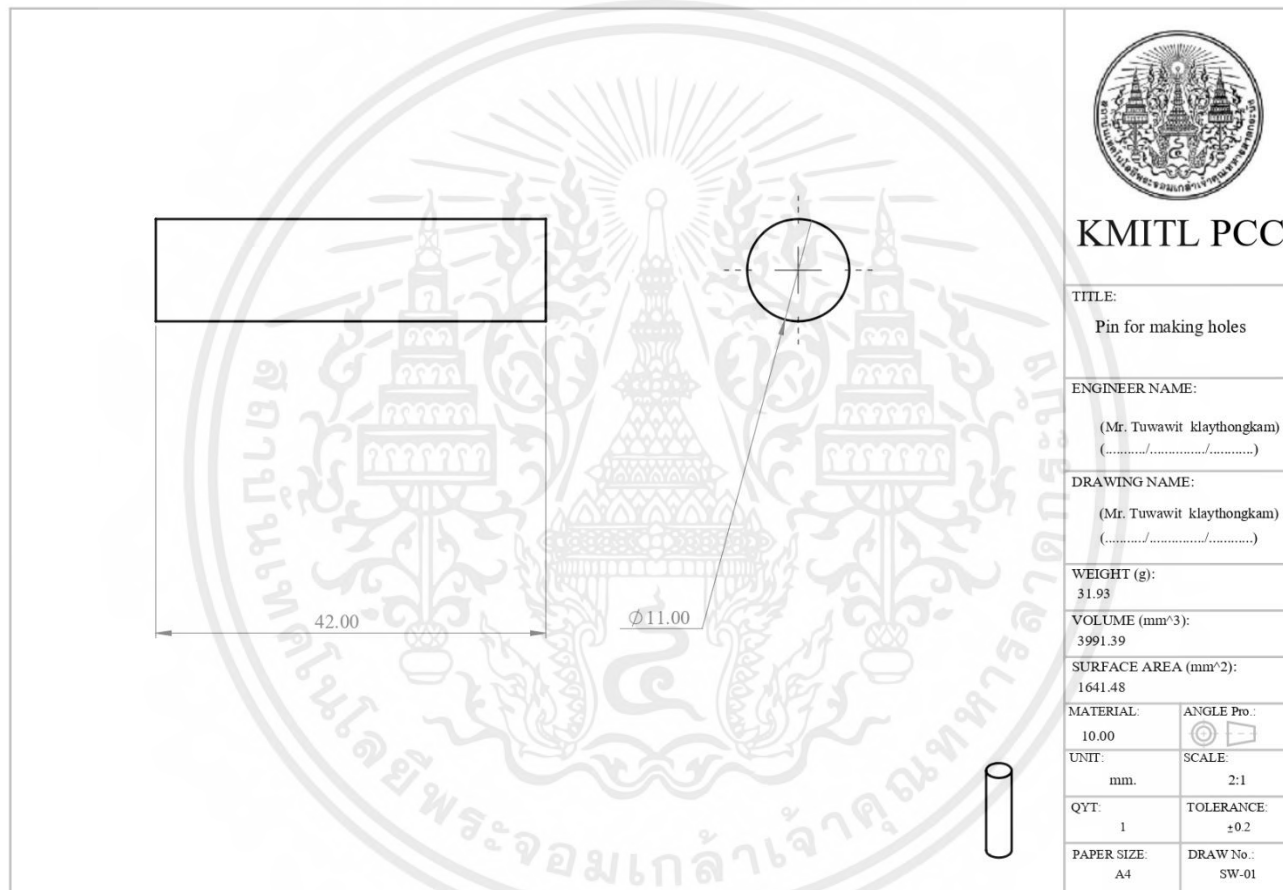
รูปที่ ก.1 Mold



รูปที่ ก.2 Mold Base



รูปที่ ก.3 Pins for holes



รูปที่ ก.4 Separating the petal

## ประวัติผู้เขียน

รูปถ่าย

ชื่อ-นามสกุล นางสาวชลดา เปี่ยมปุก  
วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 17 มิถุนายน พ.ศ. 2543  
ภูมิลำเนา จังหวัดสุราษฎร์ธานี  
ที่อยู่ 41/18 หมู่ที่ 1 ตำบลตะพาน อำเภอพุนพิน  
จังหวัดสุราษฎร์ธานี  
E-mail 62201043@kmitl.ac.th

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทย์-คณิต) ปีการศึกษา 2561 จากโรงเรียนเคียนซาพิทยาคม
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล) ปีการศึกษา 2565 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
- ฝึกประสบการณ์การทำงานตำแหน่งซ่อมบำรุง โรงงาน S.P.O อะโกรอินดัสตรี จำกัด

ผลงานและกิจกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

รูปถ่าย

ชื่อ-นามสกุล	นายรุวิช คล้ายทองคำ
วัน เดือน ปีเกิด	วันที่ 11 กรกฎาคม พ.ศ. 2543
ภูมิลำเนา	จังหวัดระนอง
ที่อยู่	86 ม.2 ตำบลบางพระเหนือ อำเภอละอุ่น จังหวัดระนอง
E-mail	62201116@kmit.at.th

## ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (ศิลป์-ภาษา) ปีการศึกษา 2561 จากโรงเรียนพิชัยรัตนาคาร
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล) ปีการศึกษา 2565 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

## ผลงานและกิจกรรม

- ฝึกงานฝ่ายช่างซ่อมบำรุงอากาศยานและฝ่ายอำนวยความสะดวกการบิน AAT สถาบันการบินเอเชีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

รูปถ่าย

ชื่อ-นามสกุล นางสาวกมล สุบิน  
 วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 20 พฤศจิกายน พ.ศ. 2543  
 ภูมิลำเนา จังหวัดร้อยเอ็ด  
 ที่อยู่ 59/321 ซ.หมู่บ้านหัวนา อำเภอหัวหิน  
 จังหวัดประจวบคีรีขันธ์  
 E-mail 62201135@kmitl.ac.th

### ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทย์-คณิต) ปีการศึกษา 2561 จากโรงเรียนวังไกลกังวล
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมพลังงาน) ปีการศึกษา 2565 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

### ผลงานและกิจกรรม

- ผ่านการฝึกงานในตำแหน่งผู้ช่วยวิศวกร แผนกไฟฟ้าและซ่อมบำรุง บริษัทเคไอเอทานอล จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้