การขึ้นรูปวัสดุสังเคราะห์เส้นใยธรรมชาติภายใต้สภาวะความดันและอุณหภูมิสูงเพื่อผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

FORMING OF SYNTHETIC MATERIALS WITH NATURAL FIBER UNDER HIGH PERSSURE AND TEMPERATURE TO PRODUCE AUTOMOTIVE PARTS

พลรัชต์ บุญมี
ศุภชัย หลักคำ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2561
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อเรื่อง : การขึ้นรูปวัสดุสังเคราะห์เส้นใยธรรมชาติภายใต้สภาวะความดันและอุณหภูมิสูงเพื่อผลิตชิ้นส่วนยานยนต์
ผู้วิจัย : นายพลรัชต์ บุญมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร
นายศุภชัย หลักคำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร
พ.ศ. : 2561

บทคัดย่อ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมยานยนต์ได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากต่อการขยายตัวทางเศรษฐกิจในประเทศไทย จึงทำให้เกิดการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์เป็นจำนวนมากซึ่งส่งผลให้ซากชิ้นส่วนของยานยนต์ที่เกิดจากการเสื่อมสภาพ และเสียหายเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย

จากปัญหาดังกล่าว แนวคิดการขึ้นรูปชิ้นส่วนยานยนต์โดยศึกษาจากใยธรรมชาติได้ถูกศึกษา โดยนำเส้นใยธรรมชาติจากวตถุดิบหลัก ชนิด ได้แก่ ผักตบชวา อ้อย และสับปะรด 3 มาทำการขึ้นรูป ด้วยแม่พิมพ์ขนาด 50x250x20 มม (กว้างxยาวxสูง) ชนิดงานทดสอบถูกขึ้นรูปภายใต้แม่พิมพ์ที่ติดตั้งอุปกรณ์ให้ความร้อนแบบแท่งขนาด วัตต์ และตรวจวัดอุณหภูมิด้วยอุปกรณ์วัดอุณหภูมิแบบ 700 Type K จากนั้นชิ้นงานที่มีอัตราส่วนเท่ากันทั้ง 3 คือ 1) ใยอ้อย:แกลบ:กาว 2) ใยผักตบชวา:แกลบ:กาว และ 3) ใยสับปะรด:แกลบ:กาวในอัตราส่วนร้อยละ 25:25:50 โดยน้ำหนัก ถูกขึ้นรูปภายใต้อุณหภูมิระหว่าง 100 และ เมกะปาสคาล 5 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 105 ก่อนถูกนำไปทดสอบความสามารถรับโมเมนต์ดัด

ผลการทดสอบพบว่าชิ้นงานที่ทำจากใยอ้อยสามารถรับโมเมนต์ดัดและความเค้นดัดได้สูงสุด คือ5,482.5 นิวตันมิลลิเมตร และ 4,061.11 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ตามลำดับ ชิ้นงานดังกล่าวมีค่ามากกว่าชิ้นงานที่ทำจากใยผักตบชวาร้อยละ 29.65 และใยสับปะรด ร้อยละ 84.01

Title : Forming of synthetic materials with natural fiber under high pressure and temperature to produce automotive parts
Researcher : Mr. Polrut Boonme, Faculty of Engineering, RMUTP
Mr. Supachai Lakkam, Faculty of Engineering, RMUTP
Year : 2018

ABSTRACT

Currently, the automotive industry plays an important role on the economic growth in Thailand. As the same time, the waste of automotive parts has increased as well.

As a results, the automotive parts made from three different natural fiber parts was studied consisting of hyacinths, sugarcane, and pineapple leaf fiber. By of 50 x 250 x 20 mm of mold dimension, the specimens were produced under 700 W of heating stick and measured temperature by a K type of thermometer. There were 3 same proportion specimens made from: 1) sugar cane fiber: husk: latex adhesive 2) water hyacinth fiber: husk: latex adhesive 3) pineapple fiber: husk: latex adhesive in the ratio of 25:25:50 by weight which were formed under temperature between 100°C and 105°C at 5 MPa of pressure and leading to find out the bending moment ability.

The test results show that the specimen made from sugar cane fiber has the highest value 5,482.5 N and 4,061.11 N/mm^2 of bending moment and bending stress respectively. It was more than specimen made of water hyacinth 29.84 % and pineapple fiber 65.01%.

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จด้วยการสนับสนุนทุนการวิจัยจากงบประมาณประจำปีงบประมาณ 2561 ทางคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณต่อคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ ตลอดจนขอขอบคุณผู้ที่ให้ความร่วมมือและให้ความอนุเคราะห์ทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวไว้ในที่นี้

คณะผู้วิจัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ I
ABSTRACT II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VI
สารบัญรูป VII
บทที่ 1 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4
บทที่ 2 5
2.1 ผักตบชวา 5
2.2 สับปะรด 7
2.3 อ้อย 8
2.4 แกลบ (Rice Husk) 9
2.5 กาว 10
2.6 การผสมส่วนผสม 11
2.7 มอดุลัสความยืดหยุ่น 12
2.8 ความหนาแน่น 12
2.9 ทฤษฎีเกี่ยวกับความดัน) 12
2.10 ทฤษฎีความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 12
2.11 โมเมนต์ดัด 13
2.12 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง 14
บทที่ 3 16

3.1 การแปรรูปวัตถุดิบ และลดความชื้น 17
3.2 สมมติฐานและการออกแบบชิ้นงาน 18
3.3 การออกแบบแม่พิมพ์โลหะ 19
3.4 ขั้นตอนการขึ้นรูปชิ้นงาน 20
3.5 การทดสอบแรงกดแบบสถิต (Static load test) 23
บทที่ 4 25
4.1 ผลการทดสอบการขึ้นรูป 25
4.2 ผลการทดสอบแรงกดแบบสถิต (Static load test) 26
บทที่ 5 29
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 29
5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำโครงงาน 29
5.3 ข้อเสนอแนะ 29
บรรณานุกรม 30
ประวัติผู้วิจัย 31

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่ 3.1 การทดลองการอัดขึ้นรูปที่ความดัน อุณหภูมิ เวลา และมวล ต่างๆ.............................21
ตารางที่ 4.1 น้ำหนักหลังการอัดขึ้นรูปของใยอ้อย แกลบ และกาว 25
ตารางที่ 4.2 น้ำหนักหลังการอัดขึ้นรูปของใยผักตบชวา แกลบ และกาว 26
ตารางที่ 4.3 น้ำหนักหลังการอัดขึ้นรูปของใยสับปะรด แกลบ และกาว 26
ตารางที่ 4.4 ค่ามอดุลัสของแต่ละส่วนผสม...27
ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบค่าความเค้นดัดสูงสุดของแต่ละส่วนผสม..28

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

รูปที่ 2.1 ดอกและลักษณะของผักตบชวา 5

รูปที่ 2.2 ต้นสับปะรด 7

รูปที่ 2.3 ลักษณะของต้นอ้อย 8

รูปที่ 2.4 ชานอ้อย 9

รูปที่ 2.5 แกลบ 10

รูปที่ 2.6 กาวลาเท็กซ์ 11

รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน 16

รูปที่ 3.2 การแปรรูปผักตบชวาให้เป็นใย 17

รูปที่ 3.3 การอบเตรียมใยธรรมชาติ 18

รูปที่ 3.4 ชิ้นส่วนที่พักแขน 19

รูปที่ 3.5 การออกแบบแม่พิมพ์ 20

รูปที่ 3.6 การเตรียมวัตถุดิบ 22

รูปที่ 3.7 การอัดขึ้นรูป 23

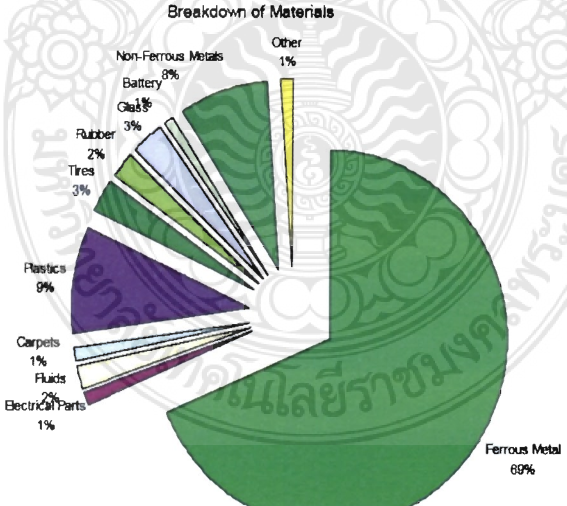
รูปที่ 3.8 เครื่องทดสอบสากล (Universal tester machine) 24

รูปที่ 3.9 ชิ้นทดสอบเริ่มเกิดรอยแตกหัก 24

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากปัจจุบันอุตสาหกรรมยานยนต์ได้มีการเติบโตและเข้ามามีบทบาทอย่างมากต่อการขยายตัวทางเศรษฐกิจภายในประเทศไทย ดังนั้นจึงทำให้เกิดการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์และยานพาหนะอย่างต่อเนื่องเป็นจำนวนมาก โดยประเทศไทยถือเป็นฐานการผลิตรถยนต์รายใหญ่ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และเป็นฐานการผลิตรายใหญ่เป็นอันดับ 9 ของโลก ในขณะที่รถยนต์ถูกนำออกมาใช้บนท้องถนนเป็นจำนวนมาก ซากชิ้นส่วนยานยนต์ที่เกิดขึ้นจากการเสื่อมสภาพและเสียหายก็เพิ่มจำนวนขึ้นตามไปด้วย จากการสำรวจข้อมูลในเบื้องต้นจากองค์กร Green Vehicle Disposal ซึ่งทำการศึกษาเกี่ยวกับการกำจัดชิ้นส่วนยานยนต์ พบว่าพลาสติกเป็นวัสดุที่มีการใช้สูงถึงร้อยละ 9 มากเป็นอันดับที่ 2 รองจากโลหะในรถยนต์ ดังรูปที่ 1 และ 2 โดยวัสดุดังกล่าวได้ถูกนำไปใช้เป็นชิ้นส่วนภายในยานยนต์เป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากสามารถขึ้นรูปได้ง่ายและไม่ประสบกับสภาวะอากาศที่แปรปรวนมากเกินไป



รูปที่ 1.1 สัดส่วนวัสดุที่นำมาใช้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

ที่มา : http://www.greenvehicledisposal.co

รูปที่ 1.2 ชิ้นส่วนภายในยานยนต์ที่ผลิตจากพลาสติก

แม้จะเป็นที่รู้กันดีว่าพลาสติกวัสดุที่ได้จากการสังเคราะห์จากน้ำมันดิบจะใช้เวลายาวนานในการย่อยสลายตามกระบวนการทางธรรมชาติ แต่อุตสาหกรรมยานยนต์ก็ยังหลีกเลี่ยงที่จะนำวัสดุดังกล่าวมาใช้เป็นชิ้นส่วนยานยนต์ไม่ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์จากประเทศญี่ปุ่นซึ่งมีแนวคิดในการออกแบบอายุการใช้งานของยานยนต์เพียง 5 ถึง 10 ปี เท่านั้น และอาศัยกระบวนการรีไซเคิลในการกำจัดวัสดุหลังหมดอายุการใช้งานซึ่งก็ยังไม่สามารถขจัดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมได้อย่างสิ้นเชิง เนื่องจากอุตสาหกรรมยานยนต์ของค่ายรถยนต์ญี่ปุ่นนั้นเป็นแบบการผลิตเชิงจำนวน (Mass production)

รูปที่ 1.3 ชิ้นส่วนภายในยานยนต์หลังหมดอายุการใช้งานในระหว่างกระบวนการย่อยสลาย

ในขณะที่กลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์จากค่ายยุโรป โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศเยอรมันได้มีการตื่นตัวในด้านสิ่งแวดล้อม และมีแนวคิดในการออกแบบชิ้นส่วนยานยนต์ให้มีอายุการใช้งานได้มากกว่า 10ปี ขึ้นไป ได้มีการนำเอาวัสดุธรรมชาติมาประยุกต์ใช้เพื่อผลิตเป็นชิ้นส่วนยานยนต์ อีกทั้งยังมีความพยายามที่จะพัฒนาวัสดุดังกล่าวอย่างต่อเนื่อง แต่ยังคงเป็นเทคนิคที่เป็นความลับสำหรับค่ายรถยนต์ชั้นนำอยู่สำหรับส่วนประกอบวัสดุดังกล่าว

จากปัญหาดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงทำให้เกิดแนวคิดในการหาวัสดุชนิดใหม่เข้ามาทดแทนในการผลิตชิ้นส่วนภายในยานยนต์ โดยการสร้างชิ้นส่วนต้นแบบและทำการทดสอบค่าคุณสมบัติทางกลโดยเน้นการทดสอบไปที่คุณสมบัติทางกลพื้นฐานที่เกิดขึ้นขณะการใช้งาน เช่นความสามารถในการรับแรง, โมเมนต์ดัด, ความเค้น และความเครียด เป็นตัวชี้วัดถึงความสำเร็จเบื้องต้นของการศึกษานอกจากนี้สิ่งที่สำคัญในการเลือกใช้วัสดุที่ต้องคำนึงถึงคือ การเลือกวัสดุเหลือใช้ที่สามารถหาได้ง่ายภายในประเทศและมีจำนวนมากเพียงพอต่อการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ และวัสดุดังกล่าวควรเป็นวัสดุที่สามารถนำกลับไปใช้ใหม่ได้หรือมีการย่อยสลายได้ด้วยตัวเอง อีกทั้งยังต้องมีความหนาแน่น หรือน้ำหนักที่ใกล้เคียงกับวัสดุที่ใช้ในปัจจุบัน เพื่อตอบสนองยุทธศาสตร์การลดอัตราการใช้พลังงานของยานยนต์ในอนาคต

ด้วยแนวคิดดังกล่าว คณะผู้วิจัยได้เล็งเห็นวัสดุเหลือใช้จากธรรมชาติที่มีอยู่ภายในประเทศไทยหลายชนิด เช่น ใยผักตบชวา, ใยกล้วย, ใยสัปปะรถ และ ใยป่านศรนารายณ์ เป็นต้น ซึ่งวัสดุดังที่ได้กล่าวมาในข้างต้นนั้น เป็นวัสดุที่ทางคณาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทรพระนคร เคยได้. ทำการศึกษาการแปรรูปเส้นใย และนำวัสดุไปใช้ในด้านอื่น เช่น กระดาษใยสัปปะรถ, เชือกป่านศรนารายณ์, เชือกป่านกล้วย และวัสดุซับแรงกระแทกใยผักตบชวา เป็นต้น แต่ยังไม่มีการนำมาพัฒนาเพื่อการใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมยานยนต์ โดยวัสดุที่กล่าวมาทั้งหมดนั้นเป็นพืชที่ใช้อยู่ในภายในประเทศปัจจุบัน และมีปริมาณมากเพียงพอต่อการนำมาเป็นส่วนผสมในการผลิตชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมยานยนต์

สำหรับประโยชน์ที่จะได้รับจากการพัฒนาวัสดุดังกล่าว นอกจากจะนำไปสู่การผลิตชิ้นส่วนยานยนต์แล้ว ยังส่งผลต่อการช่วยเร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายหรือการนำกลับมาใช้ใหม่ของชิ้นส่วนยานยนต์ ในอีกทั้งยังเป็นการลดปัญหาสิ่งแวดล้อมจากวัสดุเหลือใช้ธรรมชาติที่มีมากเกินไป และวัชพืชทางน้ำที่สร้างปัญหากีดขวางการจราจรทางน้ำ และส่งผลกระทบทางอ้อมโดยเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุท้องถิ่นดังกล่าวด้วย ซึ่งจากแนวคิดดังกล่าว เชื่อว่าจะทำให้เกิดทางเลือกสำหรับการหาวัสดุทดแทนในการ

ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ภายในประเทศ และนำข้อมูลที่ได้ไปเป็นองค์ความรู้ในการพัฒนาการพัฒนาและออกแบบชิ้นส่วนยานยนต์ อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมการวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมการออกแบบยานยนต์ให้กับประเทศ ซึ่งเป็นประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อมที่ประเทศไทยจะได้รับ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) เพื่อศึกษาวิธีการขึ้นรูปชิ้นส่วนภายในยานยนต์จากวัสดุธรรมชาติ
2) เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางกลเบื้องต้น
3) เพื่อสร้างวัสดุทางเลือกที่ตอบสนองความต้องการของอุตสาหกรรมยานยนต์

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1) ขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ในสภาวะอุณหภูมิสูงไม่เกิน 100°C และความดันมากกว่าความดันบรรยากาศ
2) ผลิตวัสดุสังเคราะห์สำหรับสำหรับยานยนต์ประเภทชนิดบาง
3) ใช้เส้นใย 3 ชนิด คือ ผักตบชวา, สัปปะรส และอ้อย
4) ทดสอบคุณสมบัติทางกลพื้นฐาน เช่น Density, Bending moment, Energy absorption etc.

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้แนวทางการขึ้นรูปวัสดุสังเคราะห์จากธรรมชาติ
2) ได้วัสดุทางเลือกสำหรับชิ้นส่วนยานยนต์
3) ลดปริมาณวัชพืชที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
4) ลดต้นทุนด้านวัตถุดิบในการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์
5) เพิ่มมูลค่าวัตถุอินทรีย์เหลือใช้ในประเทศ
6) ก่อให้เกิดความร่วมมือทางด้านงานวิจัยระหว่างหน่วยงานภาครัฐและเอกชน
7) ผลิตนักวิจัยรุ่นใหม่ และพัฒนานักวิจัยรุ่นเก่าให้กับหน่วยงาน

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ผักตบชวา

ผักตบชวา (Water Hyacinth) เป็นพืชน้ำล้มลุกอายุหลายฤดู สามารถอยู่ได้ทุกสภาพน้ำ มีถิ่นกำเนิดในแถบลุ่มน้ำอะเมซอน ประเทศบราซิล ในทวีปอเมริกาใต้ มีดอก สีม่วงอ่อน คล้ายช่อดอกกล้วยไม้ และแพร่พันธุ์ได้อย่างรวดเร็วจนกลายเป็นวัชพืชที่ร้ายแรงในแหล่งน้ำทั่วไป มีชื่อเรียกในแต่ละท้องถิ่นดังนี้ผักปอด :, สวะ, ผักโรค, ผักตบชวา, ผักยะวา, ผักอีโยก, ผักป่อง ผักตบชวาถูกนำเข้ามาในประเทศไทยในปี พ .ศ.2444 ในสมัยรัชกาลที่ 5 โดยนำเข้ามาจากประเทศอินโดนีเซียในฐานะเป็นไม้ประดับสวยงาม โดยเจ้านายฝ่ายในที่ตามเสด็จประพาสประเทศอินโดนีเซีย ได้เห็นพืชชนิดนี้มีดอกสวยงาม จึงนำกลับมาปลูกในประเทศไทย และใส่อ่างดินเลี้ยงไว้หน้าสนามวังสระปทุม จนกระทั่งเกิดน้ำท่วมวังสระปทุมขึ้น ทำให้ผักตบชวาหลุดลอยกระจายไปตามแม่น้ำลำคลองทั่วไป และแพร่พันธุ์อย่างกว้างขวางในปัจจุบัน

รูปที่ 2.1 ดอกและลักษณะของผักตบชวา

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของผักตบชวามีลักษณะลำต้นสั้นแตกใบเป็นกอลอยไปตามน้ำที่มีการไหล ซึ่งเกิดตามซอกใบแล้วเจริญเป็นต้นอ่อนที่ปลายไหล ถ้าน้ำตื้นก็จะหยั่งรากลงดิน ใบเป็นใบเดี่ยวรูปไข่หรือเกือบกลม ก้านใบกลมอวบน้ำตรงกลางพองออกภายในเป็นช่องอากาศคล้ายฟองน้ำช่วยให้ลอยน้ำได้ ดอกเกิดเป็นช่อที่ปลายยอดมีดอกย่อย 3-ดอก สีม่วงอ่อน มี 25กลีบดอกกลีบ 6

กลีบบนสุดขนาดใหญ่กว่ากลีบอื่น ๆ และมีจุดเหลืองที่กลางกลีบ ขยายพันธุ์โดยการแยกต้นอ่อนที่ปลายไหลไปปลูก และมีประโยชน์ดังต่อไปนี้

1. การบริโภค ดอกอ่อนและก้านใบอ่อนกินเป็นผักลวกจิ้มน้ำพริกหรือทำแกงส้ม

2. ใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ เช่นหมู ใช้ทำปุ๋ยหมัก ก้านและใบอ่อนนำมารับประทานทำเป็นเครื่องจักรสานผักตบชวา

3. ด้านสมุนไพรใช้รับประทานแก้พิษภายในร่างกาย และขับลม ใช้ทาหรือพอกแก้แผลอักเสบ

นอกจากนี้ ผักตบชวาจัดเป็น "เอเลี่ยน สปีชี่ส์" หรือ "ชนิดพันธุ์ต่างถิ่น" ที่เข้ามาแพร่ระบาดรุกรานจนก่อให้เกิดความเสียหายต่อระบบนิเวศน์ในประเทศไทย มีการแพร่ขยายพันธุ์อย่างรวดเร็ว ใน 1 เดือนผักตบชวาเพียง 1 ต้นอาจขยายพันธุ์ได้มากถึง 1,000 ต้น ถึงแม้น้ำจะแห้งจนต้นตายแต่เมล็ดของมันก็ยังมีชีวิตต่อไปได้นานถึง 15 ปีและทันทีที่เมล็ดได้รับน้ำที่เพียงพอมันก็จะแตกหน่อเป็นต้นใหม่ต่อไป จนกลายเป็นปัญหาทางน้ำและทวีความรุนแรงจนเป็นปัญหาระดับประเทศ ทำให้รัฐบาลต้องเสียงบในการกำจัดผักตบชวาจำนวนมาก ซึ่งไม่เพียงแต่ประเทศไทยเท่านั้นอีกกว่า 50 ประเทศทั่วโลกก็เจอปัญหาเช่นเดียวกันนี้ จะมีก็แต่ประเทศในแถบยุโรปเท่านั้นที่ปลอดการรบกวน และบริเวณที่ถูกผักตบชวาคุกคามมากที่สุดคือ ทะเลสาบวิกตอเรีย ประเทศไทยเองมีการเริ่มกำจัดผักตบชวามาตั้งแต่สมัยรัชกาลที่ 6 ถึงขนาดมีการออกพระราชบัญญัติสำหรับกำจัดผักตบชวา พ.ศ. 2456 ปัจจุบันมีหน่วยงานและองค์ก่อนต่างๆได้เข้ามาช่วยเหลือในการกำจัด เช่น นำไปผลิตเป็นของใช้ อาหารสัตว์ ทำปุ๋ย ฯลฯ และมีการนำแมลงมวนผักตบจากแหล่งกำเนิดที่ทวีปอเมริกาใต้ เข้ามาทดลองปล่อยในประเทศไทย เพื่อควบคุมจำนวนประชากรของผักตบชวา

ยิ่งไปกว่านั้น ผักตบชวายังมีบทบาทในการกำจัดน้ำเสีย เพราะสามารถช่วยในการบำบัดน้ำเสีย โดยการทำหน้าที่กรองน้ำที่ไหลผ่านกอผักตบชวาอย่างช้าๆ ทำให้ของแข็งแขวนลอยต่างๆ ที่ปนอยู่ในน้ำถูกสกัดกั้นกรองออก นอกจากนั้น ระบบรากที่มีจำนวนมากจะช่วยกรองสารอินทรีย์ที่ละเอียด และจุลินทรีย์ที่อาศัยเกาะอยู่ที่ราก จะช่วยดูดสารอินทรีย์ไว้ด้วยอีกทางหนึ่ง รากผักตบชวาจะดูดสารอาหารที่อยู่ในน้ำ ทำให้ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสียจึงถูกกำจัดไป อย่างไรก็ตามไนโตรเจนในน้ำเสียนั้น ส่วนมากจะอยู่ในรูปสารประกอบทางเคมี เช่น สารอินทรีย์ไนโตรเจน แอมโมเนียไนโตรเจน และไนเตรทไนโตรเจน พบว่า ผักตบชวาสามารถดูดไนโตรเจนได้ทั้ง 3 ชนิด อื่นๆ คือ ประมาณ 95 % ขณะที่ไนเตรทไนโตรเจน และแอมโมเนียไนโตรเจน จะเป็นประมาณ 80 % และ 77 % ตามลำดับ สถานที่แรกในประเทศไทยที่ใช้การบำบัดด้วยวิธีนี้คือ "บึงมักกะสัน" ซึ่งเป็น

โครงการบึงมักกะสันอันเนื่องมาจากพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว โดยใช้หลักการบำบัดน้ำเสียตามแนวทฤษฎีการพัฒนาโดยการกรองน้ำเสียด้วยผักตบชวา (Filtration)

2.2 สับปะรด

ชื่อวิทยาศาสตร์ (Ananas comosus) ชื่อสามัญ (Pineapple) ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ เป็นไม้ล้มลุก สูง 90-100 ซม. ลำต้นใต้ดิน ปล้องสั้น ไม่แตกกิ่งก้านมีแต่กาบใบห่อหุ้มลำต้น ใบ เป็นใบเดี่ยว ออกเรียงเวียนถี่ ไม่มีก้านใบ ใบเรียวยาว โคนใบเป็นกาบหุ้มลำต้น ปลายแหลม ขอบใบมีหนาม แผ่นใบสีเขียวเข้มและเป็นทางสีแดง ด้านล่างมีนวลแป้งสีขาว ดอก ออกเป็นช่อ ที่ปลายยอด ดอกเรียงอัดกันแน่นรอบแกนช่อดอก กลีบดอก 3 กลีบด้านบนสีชมพูอมม่วง ด้านล่างสีขาว เกสรเพศผู้ 6 อัน เรียบกัน 2 ชั้น ผลเป็นผลรวมรูปรี มีใบสั้นเป็นกระจุก ที่ปลายผล เรียกว่าตะเกียง ผลสุกสีเหลืองสด และฉ่ำน้ำ ดังรูปที่ 2.2

รูปที่ 2.2 ต้นสับปะรด

ที่มา: http://www.tungsong.com/samunpai/drug/60_Pineapple/pineapple.htm

นอกจากการบริโภคสับปะรดแล้วนั้น เปลือก และใบของสับปะรดจะมีเส้นใยเหนียว เปลือกสับปะรดอุดมด้วยสารอาหารที่มีคุณค่า จึงมีการนำเปลือกสับปะรดมาเป็นอาหาร ของโค และสามารถอบแห้งเป็นส่วนผสมของอาหารสัตว์อื่น ๆ ใบสับปะรดปกติชาวไร่สับปะรดจะตัดใบสับปะรดในช่วงก่อนบังคับการออกดอก ซึ่งเศษใบที่ฟันนั้นมีประโยชน์ในการคลุมหน้าดิน และ ย่อยสลายเป็น

ปุ๋ยในแปลงสับปะรด นอกจากนี้ใบสับปะรดนำมาแปรรูปเป็นกระดาษใบสับปะรด ผ้าใยสับปะรด และเป็นผ้าพื้นเมือง ของประเทศฟิลิปปินส์

2.3 อ้อย

ชื่อวิทยาศาสตร์ (Saccharum officinarum linn) ชื่อสามัญ (Sugar cane) อ้อย มีอยู่หลากหลายสายพันธุ์ จะแตกต่างกันที่ความสูงของต้น ความยาวของข้อต้น และสีของ ลำต้น ดังรูปที่ 2.3 โดยต้นอ้อยเป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนของทวีปเอเชีย หรือในประเทศปาปัวนิวกินี และประเทศที่ เป็นแหล่งปลูกอ้อยที่สำคัญของโลก ได้แก่ ประเทศบราซิล ประเทศคิวบา และประเทศอินเดีย เป็นต้น

รูปที่ 2.3 ลักษณะของต้นอ้อย

อ้อยเป็นไม้ล้มลุก สูง 2-5 เมตร ลำต้นสีม่วงแดงมีไขสีขาวปกคลุม ไม่แตกกิ่งก้าน ใบเดี่ยว เรียงสลับ กว้าง 2.5-5 ซม. ยาว 0.5-1 เมตร ดอกช่อออกที่ปลายยอดสีขาว ผลเป็นผลแห้ง ขนาดเล็ก อ้อยมีหลายพันธุ์แตกต่างกันที่ความสูง ความยาวของข้อและสีของลำต้น อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่เกษตรกรนิยมปลูกกันมาก อ้อยที่นำมาคั้นน้ำสำหรับดื่ม เป็นอ้อยที่ปลูกบริเวณที่ราบลุ่ม พื้นที่ดินเหนียว ประชาชนเรียกว่า อ้อยเหลือง หรือ อ้อยสิงคโปร์ นิยมปลูกกันมากในบริเวณ จังหวัดอ่างทอง พระนครศรีอยุธยา สุพรรณบุรี และนครปฐม เป็นต้น

ชานอ้อย (Bagasse) หมายถึง เศษเหลือจากการหีบเอาน้ำอ้อยออกจากท่อนอ้อยแล้ว ดังรูปที่ 2.4 เมื่อท่อนอ้อยผ่านลูกหีบชุดแรก อาจจะมีน้ำอ้อยตกค้างเหลืออยู่ยังหีบออกไม่หมด แต่พอผ่านลูกหีบชุดที่ 3-4 ก็จะมีน้ำอ้อยตกค้างอยู่น้อยมาก หรือแทบจะไม่เหลือ คือ เหลือแต่เส้นใยล้วนๆ ใน

อดีตใช้ชานอ้อยเป็นเชื้อเพลิงสำหรับต้มน้ำในหม้อน้ำให้เดือดแล้ว ใช้กำลังไอน้ำสำหรับเดินเครื่องจักรไอน้ำและสำหรับกำเนิดไฟฟ้า ในระยะเวลาต่อมาชานอ้อยในยุคก่อน ๆ ยังมีน้ำตาลที่หีบออกไม่หมดหลงเหลืออยู่มาก และเป็นการสะดวกในการที่ป้อนชานอ้อยจากลูกหีบลูกสุดท้าย เข้าสู่เตาต้มน้ำหรือ (Boiler) ได้ทันที ถึงกระนั้นก็ตามชานอ้อยก็ยังคงเหลืออยู่อีกมาก เนื่องจากหม้อต้มน้ำใช้ไม่หมดทำให้เกิดปัญหาในการกำจัด และทำลายให้หมดไปจากบริเวณโรงงานแม้ว่าบางโรงงานจึงดัดแปลงไปกลั่นเหล้ารัมหรือแอลกอฮอล์บ้าง แต่ชานอ้อยก็ยังคงเหลืออยู่มาก

รูปที่ 2.4 ชานอ้อย

2.4 แกลบ (Rice Husk)

แกลบ คือ เปลือกแข็งของเมล็ดข้าวที่ได้จากการสีข้าวเป็นส่วนที่เหลือใช้จากการผลิตข้าวเมล็ดมีลักษณะเป็นรูปทรงรี เม็ดยาวสีเหลืองอมน้ำตาล หรือเหลืองนวลแล้วแต่ภูมิประเทศที่มีการปลูกข้าว ดังรูปที่ 2.แกลบประกอบด้วย 8เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน และเถ้า และมีซิลิกาในเถ้ามาก แกลบไม่ละลายในน้ำ มีความคงตัวทางเคมี ทนทานต่อแรงกระทำ จึงเป็นตัวดูดซับที่ดีในการบำบัดน้ำเสียที่มีโลหะหนัก การกำจัดโลหะหนักด้วยแกลบมีรายงานว่าสามารถใช้ได้กับ แคดเมียม ตะกั่ว สังกะสี ทองแดง โคบอลต์ นิกเกิลและเงินโดยใช้ได้ทั้งในรูปที่ทำและไม่ทำปฏิกิริยากับสารเคมี สารเคมีที่นิยมใช้ทำปฏิกิริยากับแกลบเพื่อให้ดูดซับโลหะมากขึ้นคือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมคาร์บอเนตและอีพิคลอโรไฮดริน

2.4.1 การใช้ประโยชน์จากแกลบ

นอกจากการนำแกลบข้าวไปใช้เป็นเชื้อเพลิงต่างๆ แล้ว ยังสามารถนำไปผสมกับวัสดุอื่นๆ ทำเป็นวัสดุก่อสร้างแล้ว แกลบข้าวยังถูกนำไปผลิตเป็นขี้เถ้าแกลบ (Rice husk ash) เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ ส่วนประกอบหลักของขี้เถ้าแกลบ คือ ซิลิกา (SiO_2) สามารถนำไปทำให้บริสุทธิ์ด้วยกระบวนการทางเคมี และการเผาที่อุณหภูมิสูง ซิลิกาในขี้เถ้าแกลบมีทั้งที่เป็น ซิลิกาผลึก (Crystalline

silica) ซิลิกาผลึกสามารถแบ่งย่อยเป็นหลายชนิดตามความแตกต่างของรูปร่าง ลักษณะผลึก และความหนาแน่นของซิลิกา รูปร่างของผลึกมีหลายแบบ เช่น สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม หกเหลี่ยม สี่เหลี่ยมลูกบาศก์และเส้นยาว และซิลิกาอสัณฐาน (Amorphous silica) ซึ่งเป็นซิลิกาที่มีรูปร่างไม่เป็นผลึก (Non-crystalline silica) สรรพคุณ ลดกลิ่น จากคอกวัว นำมาทำปุ๋ยได้

1. ด้านการเกษตร
   - ใช้ผสมเพื่อปรับสภาพดิน
   - ใช้ทำปุ๋ยหมัก
   - ใช้กันความชื้นในคอกสัตว์
   - ใช้เป็นส่วนผสมการผลิตซีเมนต์
2. ด้านการก่อสร้าง
   - เป็นส่วนผสมในการทำอิฐ
   - เมื่อเผาเป็นถ่านแล้วเพิ่มสารเคมีบางประเภทใช้เป็นวัสดุถมในงานถนน
3. ด้านพลังงานและอุตสาหกรรม
   - ใช้เป็นเชื้อเพลิง
   - เผาเป็นเถ้าขาว จนมีคุณสมบัติเป็นด่าง ใช้เป็นส่วนผสมของสบู่ ยาสระผม และน้ำยาล้างจานเป็นต้น
   - ใช้ทำแท่งถ่านอัดขี้เถ้าแกลบ เพื่อเป็นเชื้อเพลิง
   - ใช้ดูดซับก๊าซจากกระบวนการผลิตทางด้านอุตสาหกรรม.

รูปที่ 2.5 แกลบ

ที่มา: http://puechkaset.com

2.5 กาว

กาว คือ ส่วนผสมของของเหลวหรือวัสดุกึ่งของเหลวที่สามารถยึดติดหรือประสานวัสดุสองชิ้นเข้าด้วยกัน ทั้งนี้กาวสามารถแบ่งออกเป็น ประเภท คือ 2

1. กาวจากธรรมชาติ ได้จากพืชและสัตว์ เช่นอัลบูมิน โปรตีน แป้ง ยางสน ยางไม้ เป็นต้น
2. กาวสังเคราะห์ ได้จากพอลิเมอร์สังเคราะห์ เช่น กาวใส กาวลาเท็กซ์ กาวซิลิโคน เป็นต้น

กาวลาเท็กซ์มีส่วนประกอบสำคัญคือ โพลิไวนิลอะซิเตท (polyvinyl acetate) (PVAC) ซึ่งเป็นโพลิเมอร์สังเคราะห์อีกชนิดหนึ่ง แต่ละลายน้ำได้ไม่ดีนัก เมื่ออยู่ในน้ำจึงอยู่ในลักษณะของสารอีมัลชัน (emulsion) คือเป็นอนุภาคเล็กๆ กระจายอยู่ทั่วในน้ำ ขนาดของอนุภาคในสารอีมัลชันมีขนาดใหญ่เกินไปกว่าที่จะทำให้แสงส่องผ่านไปได้ ดังนั้นเมื่อมีแสงตกกระทบกับอนุภาคของกาวจึงเกิดการหักเหและสะท้อนกลับ ทำให้กาวลาเท็กซ์มีลักษณะเป็นสีขาวขุ่นคล้ายน้ำนม แต่เมื่อกาวลาเท็กซ์แห้งก็จะมีลักษณะใสเหมือนกาวใส ดังรูปที่ 2.6

ประโยชน์ของกาวลาเท็กซ์ เหมาะสำหรับใช้ติดวัสดุที่มีรูพรุนมาก เช่น ไม้ กระดาษ ผ้า เป็นต้น

คุณสมบัติของกาวลาเท็กซ์

1. ทนต่อความร้อนได้ดี
2. กันเชื้อราได้ดี
3. ติดได้เหนียวแน่น และคงทน ถาวร
4. ทนต่อสารเคมี

รูปที่ 2.6 กาวลาเท็กซ์

ที่มา: http://www.vcharkarn.com/varticle/38229

2.6 การผสมส่วนผสม

การผสมส่วนผสมโดยใช้วัสดุจากธรรมชาติ คือ ใยผักตบชวา ใยสับปะรด ใยอ้อย แกลบ โดยใช้ตัวประสาน คือ กาว เพื่ออัดขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบ

จากผลงานการวิจัย การศึกษาความสามารถการดูดซับพลังงานของวัสดุทางเลือกจากผักตบชวาและแกลบ ใช้การขึ้นรูปในสภาวะความดันบรรยากาศ และอัดลงในแม่พิมพ์ให้ได้ความหนาแน่น 75 kg/m^3 โดยมีส่วนผสม 3 ส่วนผสมด้วยกัน ผักต)บชวา:แกลบ:กาวลาเท็กซ์ คือ (37.5:12.5:50, 25:25:50, 12.5:37.5:50 โดยน้ำหนักตามลำดับ

จากผลการทดสอบพบว่าส่วนผสมผักตบชวา:แกลบ:กาวลาเท็กซ์ ที่ 25:25:50 สามารถดูดซับพลังงานได้มากที่สุด โดยวัสดุมีความยืดหยุ่นในช่วงการเสียรูปถาวรที่มากกว่า และมีค่าความเค้นสูงสุดที่ 6,572.77 N/m^2 ทางกลุ่มผู้จัดทำจึงเลือกอัตราส่วนนี้นำมาใช้อัดชิ้นทดสอบ

2.7 มอดุลัสความยืดหยุ่น (สมศักดิ์ ไชยะภินันท์, 2552)

มอดุลัสความยืดหยุ่น นักฟิสิกส์ชาวอังกฤษชื่อ โรเบิร์ต ฮุค ได้ตั้งกฎว่า ภายใต้ขีดจำกัดสัดส่วนความยืดหยุ่น อัตราส่วนระหว่างความเค้น และความเครียดของวัสดุแต่ละชนิดมีค่าคงที่ เรียกค่าคงที่นี้ว่า มอดุลัสความยืดหยุ่น หรือยังส์ มอดุลัส สัญลักษณ์ที่ใช้ คือ E หาได้จากสมการที่ 2.1

$$E = \frac{FL^3}{48\delta I} \tag{2.1}$$

เมื่อ
- E คือ มอดุลัสความยืดหยุ่น (N/mm^2)
- δ คือ ระยะการโก่ง (m)
- L คือ ความยาวเดิมของวัสดุ (m)
- F คือ แรงกิริยา (N)
- I คือ โมเมนต์ความเฉื่อย (m^4)

2.8 ความหนาแน่น (สมศักดิ์ ไชยะภินันท์, 2552)

ความหนาแน่น (Density, สัญลักษณ์: ρ อักษรกรีกโรมัน) เป็นการวัดมวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร ยิ่งวัตถุมีความหนาแน่นมากขึ้น มวลต่อหน่วยปริมาตรก็ยิ่งมากขึ้น กล่าวอีกนัยหนึ่ง คือ วัตถุที่มีความหนาแน่นสูง (เช่น เหล็ก) จะมีปริมาตรน้อยกว่าวัตถุความหนาแน่นต่ำ (เช่น น้ำ) ที่มีมวลเท่ากัน หน่วย (SI) ของความหนาแน่น คือ กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (kg/m^3) ความหนาแน่นเฉลี่ย (Average density) หาได้จากผลหารระหว่างมวลรวมกับปริมาตรรวม หาได้จากสมการที่ 2.2

$$\rho = \frac{m}{V} \tag{2.2}$$

เมื่อ
- ρ คือ ความหนาแน่นของวัตถุ (kg/m^3)
- m คือ มวลรวมของวัตถุ (kg)
- V คือ ปริมาตรรวมของวัตถุ (m^3)

2.9 ทฤษฎีเกี่ยวกับความดัน (มนตรี พิรุณเกษตร,2545)

ความดัน (Pressure) สัญลักษณ์คือ P เป็นปริมาณชนิดหนึ่งในทางฟิสิกส์ หมายถึงอัตราส่วนระหว่างแรงที่กระทำตั้งฉากซึ่งทำโดยของแข็ง ของเหลว หรือแก๊ส ต่อพื้นที่ของสารใดๆ

(ของแข็ง ของเหลว หรือแก๊ส) ความดันเป็นปริมาณสเกลาร์ซึ่งเป็นปริมาณที่มีแต่ขนาดไม่มีทิศทาง จากความหมายของความดันข้างต้นสามารถเขียนเป็นสูตรคณิตศาสตร์ ได้ดังนี้

$$P = \frac{F}{A} \tag{2.3}$$

โดยที่ P คือความดัน (N/m^2)

F คือแรง (N)

A คือพื้นที่ (m^2)

2.10 ทฤษฎีความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน หรือ SD (Standard deviation) คิดค้นโดย ฟรานซิส กาลตัน (Francis galton) ในช่วงปลายคริสต์ทศวรรษ 1860 จุดประสงค์ในการคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือการหาค่าที่กระจายตัวของข้อมูลที่ออกห่างจากค่าเฉลี่ยกลางของข้อมูล ค่ายิ่งมากแสดงว่ามีการกระจายของข้อมูลสูง ในการวัดการกระจายที่นิยมใช้กัน คือความแปรปรวนซึ่งมีความสัมพันธ์กับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองจะต้องพิจารณาข้อมูลอย่างรอบคอบ และต้องพิจารณาถึงความแตกต่างของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานหรือความแปรปรวนมากกว่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ย

การคำนวณความแปรปรวนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานนั้นสามารถเขียนด้วยสมการดังนี้

$$S.D. = \sqrt{\frac{n\sum \bar{x}^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}} \tag{2.4}$$

โดยที่ S.D. คือ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

$\sum$ คือ ผลรวม

x คือ ข้อมูล (น้ำหนักของชิ้นงาน)

$\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ย (น้ำหนักของชิ้นงาน)

n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

2.11 โมเมนต์ดัด (วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์, 2556)

การวิเคราะห์แรงเฉือนและโมเมนต์มักจะใช้ในการวิเคราะห์คาน (Beam) ซึ่งเป็นชิ้นส่วนทางกลที่รับภาระกระทำตามขวางตั้งฉาก (Transverse shear) กับแนวแกนของคานภายใต้ภาระกระทำตามขวางตั้งฉากกับแนวแกนของคานจะทำให้เกิดแรงเฉือนต้าน (Shear force) และโมเมนต์ดัดในคาน (Bending moment) โดยแรงเฉือนจะทำให้เกิดค่าความเค้นเฉือน (Shear stress) และโมเมนต์ดัดจะทำให้เกิดความเค้นดัด (Bending stress หรือ Flexural stress) ดังนั้นก่อนที่จะ

วิเคราะห์ความเค้นได้จำเป็นต้องคำนวณหาแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดได้เสียก่อน ในการที่จะสร้างสมการของแรงเฉือน (V) และโมเมนต์ (M) ในเริ่มต้นนั้นจำเป็นต้องมีการกำหนดจุดเริ่มต้น และทิศทางที่เป็นบวก จากนั้นจึงกำหนดทิศทางและเครื่องหมายของแรงเฉือนและโมเมนต์ ตัวอย่างการกำหนดเครื่องหมายของแรงเฉือนและโมเมนต์

$$\sigma = \frac{My}{I} \qquad (2.7)$$

โดยที่ σ คือค่าความเค้นดัด (N/m^2)
M คือโมเมนต์ดัด (N.m)
y คือระยะจากแกนสะเทิน (m)
I คือโมเมนต์ความเฉื่อย (m^4)

2.12การทบทวนวรรณกรรม สารสนเทศ/(Information) ที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนวรรณกรรมเบื้องต้นพบว่ามีความพยายามนำเส้นใยธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ในหลายหลายอุตสาหกรรม โดย สุชาดา และคณะ,)2546(ได้ทำการผลิตเส้นใยสัปปะรสเพื่ออุตสาหกรรมสิ่งทอ ซึ่งต่อมาในปี พ.ศ.2549 กุลยศ สุวันทโรจน์ ได้ศึกษาออกแบบและสร้างตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน เพื่อให้ตู้อบสามารถใช้งานร่วมกับชุดทำความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพลักษณะของชุดตู้อบโครงสร้างของตู้อบทำจากอลูมิเนียม เพื่อให้ความร้อนแก่กล่องเก็บความร้อนมากขึ้นและสามารถนำความร้อนนั้นไปใช้อบผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ ซึ่งเครื่องดังกล่าวยังใช้งานได้ดีในปัจจุบัน

นอกจากนี้ยังพบ บงกช และคณะ,)2550 (ได้ออกแบบเครื่องอบกระดาษเยื้อกล้วย โดยทำการทดสอบสมรรถนะเบื้องต้นของเครื่องอบแห้งในรูปแบบต่างๆ พบว่า เครื่องอบแห้งกระดาษจากเยื่อกล้วยมีประสิทธิภาพความร้อนเท่ากับ 34.7%

สำหรับพืชน้ำ ได้มีความพยายามในการนำกากผักตบชวามาใช้ประโยชน์โดย นพพร และคณะ,)2553 (ได้ใช้ใยผักตบชวาและแกลบมาเป็นส่วนผสมในการผลิตกระถางต้นไม้ผ่านกระบวนการอัดขึ้นรูป เพื่อให้สามารถนำต้นกล้าไปเพาะปลูกลงดินโดยไม่ต้องถอดกระถาง ซึ่งลดอัตราความเสียหายจากการถอดต้อนกล้าออกจากกระถางได้เป็นอย่างดี

ต่อมาในปี พ.ศ.2557 วรวิทย์ และคณะ ได้เริ่มทำการศึกษาการแปรรูปผักตบชวาเพื่อผลิตเป็นชิ้นส่วนยานยนต์ ด้วยวิธีใช้ใยผักตบชวาและแกลบเป็นเส้นใยในการหล่อไฟเบอร์กลาส แต่วัสดุ

ดังกล่าวสามารถรับแรงกดได้น้อยกว่าวัสดุไฟเบอร์กลาสที่ใช้ใยไฟเบอร์ จากนั้น กุลยศ และคณะ,)2558 (ได้ทำการพัฒนาวัสดุใยผักตบชวาด้วยการนำเอาพอลีเมอร์มาใช้เป็นตัวประสานของวัสดุ ซึ่งวัสดุดังกล่าวมีคุณสมบัติในการรับแรงกระแทกได้ อย่างไรก็ตามยังมีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาในขั้นตอนการผลิตเนื่องจากความชื้นของใยธรรมชาติที่นำมาเป็นวัตถุดิบมีอิทธิพลกับคุณสมบัติวัสดุเป็นอย่างมาก

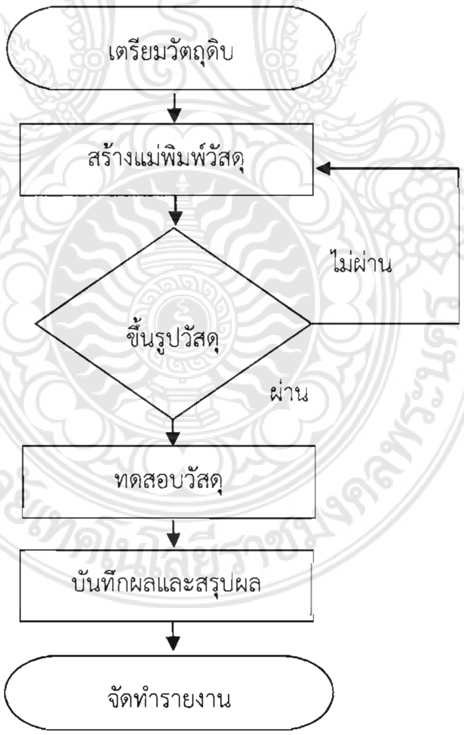
นอกจากนี้ยังพบการนำเส้นใยกล้วยมาใช้ประโยชน์โดย อนันต์ เต็มเปี่ยม,)2558 (ได้สร้างเครื่องสางใยกล้วยเพื่อตอบสนองความต้องการของชุมชนชนบท ในการนำใยกล้วยไปใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ อีกทั้งยังได้พัฒนาต่อยอดให้สามารถทำการตีเกลียวใยกล้วย จนได้รับผลิตภัณฑ์เชือกจากใยกล้วยต้นแบบ อย่างไรก็ตามความสามารถในการรับแรงดึงของใยกล้วยยังอยู่ในระหว่างการศึกษา และเมื่อพิจารณาถึงความสามารถรับแรงดึง เส้นใยป่านศรนารายณ์เป็นอีกเส้นใยที่ได้จากพืชธรรมชาติที่น่าสนใจ โดยเส้นใยดังกล่าวได้กลายเป็นงานหัตถกรรมและผลิตภัณฑ์ OTOP ของตำบลเขาใหญ่ อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี

จากข้อมูลเบื้องต้นที่ได้ทำการสำรวจนั้นพบว่าส่วนใหญ่การนำเส้นใยธรรมชาติมาใช้จะอยู่ในระดับอุสาหกรรมสิ่งทอ และอุตสาหกรรมท้องถิ่น ซึ่งตลาดมีความต้องการไม่มากนัก และยังไม่พบการนำเส้นใยธรรมชาติดังกล่าวมาใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์ จึงนั้นเป็นโอกาสที่ดีในการวิจัยและพัฒนาเส้นใยธรรมชาติ เพื่อสร้างทางเลือกในการใช้งานทั้งให้วัสดุธรรมชาติที่เหลือใช้และชิ้นส่วนยานยนต์ที่มีความต้องการสูงในปัจจุบัน

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

เพื่อให้การดำเนินงานวิจัยบรรลุวัตถุประสงค์ แม่พิมพ์ขึ้นรูปวัสดุชนิดบาง (Shell type) ถูกใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาสำหรับขึ้นรูปชิ้นส่วนยานยนต์จากวัสดุธรรมชาติ และทดสอบความสามารถในการรับโมเมนต์ดัด เพื่อนำมาทำการวิเคราะห์ก่อนสร้างชิ้นงานและทำการทดสอบ และประเมินความเป็นไปได้ในการออกแบบ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

1. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2. การเตรียมวัตถุดิบจากใยธรรมชาติ
3. การออกแบบชิ้นงาน และการออกแบบแม่พิมพ์
4. การขึ้นรูปชิ้นทดสอบ
5. ทดสอบแรงกดแบบสถิต (Static load test)
6. บันทึกผลการทดสอบ
7. สรุปผลการทำโครงงาน



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 การแปรรูปวัตถุดิบ และลดความชื้น

การเก็บผักตบชวาทางกลุ่มได้ทำการสำรวจ ผักตบชวาตามสถานที่ แม่น้ำ ลำคลอง โดยหาจุดที่มีผักตบชวาหนาแน่น และทำการเลือกผักตบชวาที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10-20 mm ทางกลุ่มจึงได้ทำการเก็บรวบรวม จากนั้นจึงนำมาคัดแยกใช้เฉพาะส่วนของลำต้น และนำมาทำความสะอาด จากนั้นผักตบชวา,ชานอ้อย,สับปะรดและแกลบที่ได้จากการเก็บรวบรวมถูกนำมาตัดให้มีความยาวประมาณ 3-5 cm นำวัตถุดิบที่ทำการตัดมาปั่นด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้ จนกระทั่งวัตถุดิบละเอียดเป็นเส้นใย จึงนำเส้นใยธรรมชาติที่ได้จากการปั่นนำมาเทลงบนตะแกรง จากนั้นนำมาร่อนน้ำให้เหลือแต่เส้นใยธรรมชาติ และนำมาตากแดด ประมาณ 1-2 สัปดาห์

3.1.1 การแปรรูปวัตถุดิบ

นำผักตบชวา, ชานอ้อย, ใบสับปะรด และ แกลบ ที่ได้มาทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาดให้เรียบร้อยแล้วนำมาหั่นให้ได้ความยาวประมาณ 3-5 cm ดังรูปที่ 3.2 (ก)แล้วทำการปั่นโดยที่ผสมน้ำลงในเครื่องปั่นด้วย และปั่นจนกว่าวัตถุดิบจะกลายเป็นเส้นใย ดังรูปที่ 3.2)ข (แล้วเทเส้นใยจากธรรมชาติลงบนตะแกรงแล้วนำไปตากจนแห้ง ใช้เวลาตากประมาณ 2 สัปดาห์ และนำมาชั่งน้ำหนัก

(ก)ผักตบที่หั่นแล้ว

(ข) การนำผักตบมาปั่น

รูปที่ 3.2 การแปรรูปผักตบชวาให้เป็นใย

3.1.2 การอบลดความชื้น

หลังจากได้เส้นใยธรรมชาติที่ตากแห้งแล้ว นำมาชั่งน้ำหนักก่อนนำไปอบลดความชื้นโดยใช้เวลาในการอบประมาณ 7 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียสเพื่อให้ได้น้ำหนักสุดท้าย หรือน้ำหนักที่เบาที่สุด ดังรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.3 การอบเตรียมใยธรรมชาติ

3.2 สมมติฐานและการออกแบบชิ้นงาน

การออกแบบชิ้นงานแบบบางเพื่อนำมาทดสอบรับแรงกดทางกลุ่มผู้จัดทำได้เลือกใช้เป็นวัสดุภายในห้องโดยสารรถยนต์เนื่องจากชิ้นงานเป็นใยธรรมชาติไม่สามารถโดนน้ำ และความร้อนที่มากได้ ชิ้นส่วนในห้องโดยสารรถยนต์เป็นชิ้นส่วนที่รับแรงกดตามวัตถุประสงค์ของโครงงาน ทางผู้จัดทำจึงได้เลือกที่พักแขน ดังรูปที่ 3.4 นำมาเป็นชิ้นงานต้นแบบ เพราะมีขนาดที่เล็กและใช้รับแรงกดหรือดึงโดยตรงสำหรับในการออกแบบครั้งนี้ จัดให้ความสำคัญกับเรื่องการใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบา (Light weight) รูปร่าง (Shape) และเป็นวัสดุที่ปลอดจากสารต้องห้ามอย่างโลหะหนัก เพื่อความปลอดภัยต่อสุขภาพในห้องโดยสารเป็นหลัก และสามารถพัฒนาใช้เป็นฉนวนกันความร้อนและกระแสไฟฟ้าได้ เพื่อป้องกันการรบกวนของสนามแม่เหล็กและความร้อน และจะเน้นที่การปรับสภาวะบรรยากาศในห้องโดยสารให้เหมาะกับผู้โดยสาร การออกแบบชิ้นส่วนยานยนต์นี้สามารถทดแทนวัสดุที่ย่อยสลายได้ยากที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยที่วัสดุต้องมีความแข็งแรงและยังสามารถดูดซับแรงได้ดีอีก

รูปที่ 3.4 ชิ้นส่วนที่พักแขน

3.3 การออกแบบแม่พิมพ์โลหะ

ในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนทดสอบที่มีจำนวนมาก จำเป็นต้องอาศัยแม่พิมพ์ที่สามารถครอบคลุมถึงคุณลักษณะของชิ้นงานให้ได้ทั้ง รูปทรง ขนาด น้ำหนัก ตามที่ผู้ออกแบบกำหนดไว้ ซึ่งลักษณะของกรรมวิธีการผลิตที่แตกต่างกันจะส่งผลโดยตรงมาจากแม่พิมพ์ที่นำมาใช้งาน ดังนั้น การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์จึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งซึ่งต้องยึดหลักการ ดังนี้

แม่พิมพ์คุณภาพดี ผลผลิตที่ดีย่อมเกิดขึ้น แม่พิมพ์ผลิตชิ้นงานออกมาได้เร็ว ผลตอบแทนจากการลงทุนจะคืนกลับมาโดยเร็ว และแม่พิมพ์มีราคาที่เหมาะสม ย่อมส่งผลให้ได้เปรียบทางธุรกิจ

ดังนั้น การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ต้องคำนึงถึง คุณภาพ และราคาที่เหมาะสม การออกแบบแม่พิมพ์ที่ดีจึงควรพิจารณาถึงปัจจัยต่างๆ ดังนี้

1. มาตรฐานการออกแบบ ซึ่งในการออกแบบแต่ละครั้ง จำเป็นต้องมีมาตรฐานที่ดีโดยการกำหนดกฎเกณฑ์ต่างๆ นั้น สามารถกระทำได้โดยผู้ผลิตแม่พิมพ์เอง เลือกใช้ชิ้นส่วนมาตรฐานที่เหมาะสม เพื่อช่วยลดเวลาในการออกแบบ

2. สามารถนำแม่พิมพ์ไปใช้ในการผลิตได้โดย ไม่มีอุปสรรคใดๆ เกิดขึ้น

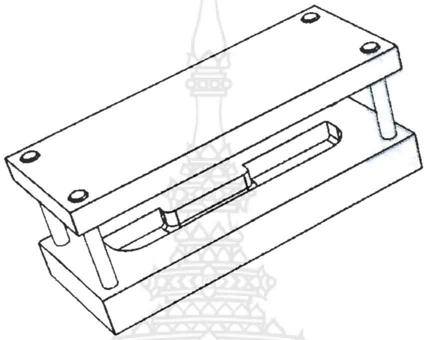
3. เลือกว่าวัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์ได้อย่างเหมาะสมกับปริมาณการผลิต เพื่อลดต้นทุนในการทำแม่พิมพ์

4. ลดความสลับซับซ้อน ในการทำงานของแม่พิมพ์ เพื่อให้เกิดความสะดวกและรวดเร็วในการซ่อมบำรุง เมื่อเกิดความเสียหายระหว่างกระบวนการผลิต

ในปัจจุบันการออกแบบแม่พิมพ์ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องโดยมีการนำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยให้การออกแบบมีความแม่นยำและถูกต้องมากยิ่งขึ้น เนื่องจากในหน่วยความจำของระบบคอมพิวเตอร์ได้เก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและการวิเคราะห์ความถูกต้องของการออกแบบไว้อย่างมากมาย ทำให้ลดระยะเวลาการทำงานขั้นตอนนี้เป็นอย่างมาก แต่การออกแบบจะให้สมบูรณ์ได้นั้น บุคลากรที่ทำงานด้านนี้ต้องมีประสบการณ์ในการทำงานที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแม่พิมพ์มาก่อน เพื่อนำประสบการณ์มาใช้ให้เกิดประโยชน์ในระหว่างการออกแบบต่อไป

จากการศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับโลหะที่จะนำมาทำแม่พิมพ์ ทางผู้จัดทำได้เลือกเป็นโลหะ (Carbon steel S50C) เพราะจัดเป็นกลุ่มเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลางที่นิยมใช้ในงานพื้นฐาน ทั้งงาน

โครงสร้าง งานอุปกรณ์การเกษตร งานเครื่องจักรกล งานแม่พิมพ์และส่วนประกอบของแม่พิมพ์ รวมทั้งชิ้นส่วนในเครื่องยนต์ เป็นต้น เนื่องจากเป็นเหล็กที่มีคุณสมบัติที่ดีในหลายด้าน ทั้งด้านความแข็งแรง ความเหนียวแกร่ง และมีราคาถูก ทางผู้จัดทำได้นำโลหะ (Carbon steel S50C) มาทำแม่พิมพ์ด้วยการกัดโดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ควบคุมเชิงตัวเลข (Computer numerical control (CNC) เพื่อให้ได้แม่พิมพ์ที่มีขนาดที่แม่นยำ และทำการติดตั้งอุปกรณ์ให้ความร้อนแท่งแบบ SUS 304 โดยมี (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง×ความยาว) เท่ากับ 8×230 mm 700 W และติดตั้งตัววัดอุณหภูมิ type k เพื่อวัดอุณหภูมิที่แม่พิมพ์ และจัดทำชุดควบคุมอุณหภูมิ เพื่อควบคุมอุณหภูมิให้ได้ตามที่ต้องการ ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 การออกแบบแม่พิมพ์

3.4 ขั้นตอนการขึ้นรูปชิ้นงาน

จากการศึกษาการขึ้นรูปวัสดุทางเลือกจากเส้นใยธรรมชาติพบว่า ส่วนผสมเกี่ยวกับอัตราส่วนระหว่างใยผักตบชวา แกลบ และกาว ในอัตราส่วนร้อยละ 25:25:50 เป็นอัตราส่วนที่มีความน่าสนใจและเป็นไปได้ ทางกลุ่มผู้จัดทำโครงงานได้ทำการต่อยอดเพิ่มขึ้นโดยนำใยธรรมชาติอีกชนิด นำมา 2 เปรียบเทียบคือ ใยอ้อย:แกลบ:กาว และใยสับปะรด:แกลบ:กาว ที่อัตราส่วน 25:25:50 เพื่อทำการศึกษาคุณสมบัติในการรับแรงกด และศึกษาเกี่ยวกับการขึ้นรูปต่อไป

3.4.1 การทดลองอัดขึ้นรูปชิ้นงาน

กลุ่มผู้จัดทำได้เริ่มต้นทดลองอัดชิ้นงาน ที่ความดันตั้งแต่ 3 เมกะปาสคาล ที่อุณหภูมิระหว่าง 80 ถึง 85 องศาเซลเซียส โดยใช้ระยะเวลา 20 นาที น้ำหนักส่วนผสม 40 กรัม พบว่า ชิ้นงานที่อัดขึ้นรูปไม่เต็มแม่พิมพ์ และตัวทำประสานยังละลายไม่ทั่วชิ้นงาน ต่อมาจึงทดลองใช้ ความดันที่ 4 เมกะปาสคาล ที่อุณหภูมิระหว่าง 80 ถึง 85 องศาเซลเซียส โดยใช้ระยะเวลา 30 นาที น้ำหนักส่วนผสม 50 กรัม พบว่า ชิ้นงานที่อัดขึ้นรูปไม่เต็มแม่พิมพ์ และตัวทำประสานยังละลายไม่ทั่วชิ้นงาน หลังจากนั้นจึงเพิ่มความดันขึ้นเป็น 5 เมกะปาสคาล ที่อุณหภูมิระหว่าง 100 ถึง 105 องศาเซลเซียส โดยใช้ระยะเวลา 30 นาที น้ำหนักส่วนผสม 60 กรัม พบว่า ชิ้นงานที่อัดออกมานั้นมีความสมบูรณ์และตัวทำประสานละลายทั่วชิ้นงาน ซึ่งต่างจากการทดลองอัดจากครั้งที่ผ่านมา ต่อมาจึงได้ทำการ

ทดลองอัดชิ้นงานที่ความดัน 5 เมกะปาสคาล ที่อุณหภูมิระหว่าง 100 ถึง 105 องศาเซลเซียส และเพิ่มเวลาในการอัดเป็น 40 นาที พบว่า ชิ้นงานที่อัดมานั้นเกิดรอยไหม้ ดังตารางที่ 3.1

ดังนั้น กลุ่มผู้จัดทำได้เลือกใช้ความดันที่ 5 เมกะปาสคาล อุณหภูมิระหว่าง 100 ถึง 105 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 นาที มาใช้ในการอัดขึ้นรูปชิ้นงาน

ตารางที่ 3.1 การทดลองการอัดขึ้นรูปที่ความดัน อุณหภูมิ เวลา และมวล ต่างๆ

ความดัน (MPa)	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (min)	มวล (g)	ผลที่ได้
3	80-85	20	40	ชิ้นงานที่อัดขึ้นรูปไม่เต็มแม่พิมพ์ และตัวทำประสานยังละลายไม่ทั่วชิ้นงาน
4	80-85	30	50	ชิ้นงานที่อัดขึ้นรูปไม่เต็มแม่พิมพ์ และตัวทำประสานยังละลายไม่ทั่วชิ้นงาน
5	100-105	30	60	ชิ้นงานที่อัดออกมานั้นมีความสมบูรณ์ และตัวทำประสานละลายทั่วชิ้นงาน
5	100-105	40	60	ชิ้นงานที่อัดมานั้นเกิดรอยไหม้

3.4.2 การเตรียมวัตถุดิบ

นำวัตถุดิบที่ผ่านการอบลดความชื้นมาชั่งน้ำหนัก ใช้อัตราส่วนผสมอยู่ที่ร้อยละ 25:25:50 ซึ่งมีน้ำหนักรวมอยู่ที่ 60 กรัม ดังรูปที่ 3.10 ที่สามารถขึ้นรูปได้เต็มแม่พิมพ์พอดี โดยมีปริมาตรที่ได้จากการออกแบบแม่พิมพ์อยู่ที่ 43,111.58 ลูกบาศก์มิลลิเมตร ที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรมเขียนแบบ จะได้ความหนาแน่นจากการคำนวณสมการดังที่ 2.2

จากสมการที่ (2.2)

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$m = 60 \text{ g}$$

$$v = 43{,}111.58 \text{ mm}^3$$

$$\rho = \frac{m}{v}$$

แทนค่า

$$= 60 \text{ g} / 43{,}111.58 \text{ mm}^3$$

ความหนาแน่นของชิ้นงาน $\rho = 0.00139 \text{ g/mm}^3$

ดังนั้นความหนาแน่นของชิ้นงานขึ้นอยู่กับน้ำหนักของส่วนผสมไม่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาตรเพราะปริมาตรของแม่พิมพ์มีขนาดเท่าเดิม

รูปที่ 3.6 การเตรียมวัตถุดิบ

3.4.3 การเตรียมแม่พิมพ์

นำน้ำมันอเนกประสงค์พ่นลงในแม่พิมพ์เพื่อป้องกันการติดของแผ่นฟอยล์ที่นำมารองส่วนผสมที่ทำการอัด เปิดระบบตู้ควบคุมอุณหภูมิโดยให้ความร้อนแม่พิมพ์ระหว่าง 100 ถึง 105 องศาเซลเซียส

3.4.4 การอัดขึ้นรูปชิ้นงาน

นำส่วนผสมที่จัดเตรียมไว้ทำการใส่ลงในแม่พิมพ์ให้เต็ม เดินเครื่องอัดน้ำมันไฮดรอลิกเพื่อให้น้ำมันเข้าสู่ระบบ ทำการกดแม่พิมพ์ลงบนส่วนผสมในแม่พิมพ์จนสุด ด้วยความดันในกระบอกสูบที่ 5 เมกะปาสคาล จนสุดทำการอัดทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิ 100 ถึง 105 องศาเซลเซียส ดังรูปที่ 3.11 เมื่อครบตามเวลาที่กำหนดไว้ทำการนำชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์โดยใช้ลมเป่าออก แรงที่ใช้กดชิ้นงานสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้ ความดันในกระบอกสูบ 5 เมกะปาสคาล ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบอยู่ที่ 100 มิลลิเมตร

สมการที่ (2.3)

$$P = \frac{F}{A}$$

หาแรง F

$$F = P \times A$$

$$P = 50 \text{ bar}$$

$$50 \text{ bar} = 5 \text{ MN/m}^2$$

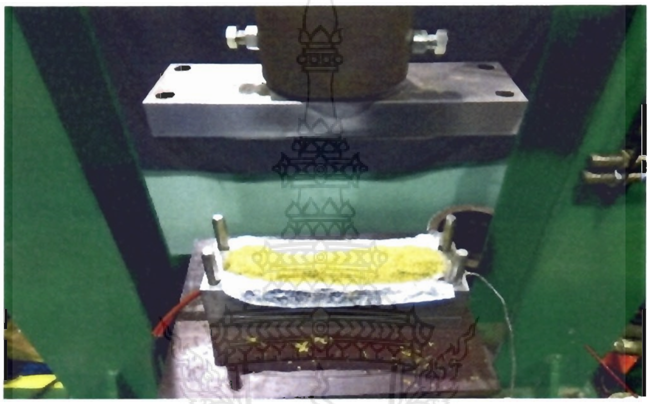
หาพื้นที่ A $A = \frac{\pi}{4}d^2$

$A = \frac{\pi}{4}0.1^2 m^2$

แทนค่า $F = PA$

$= 5\ MN/m^2 \times \frac{\pi}{4}0.1^2 m^2$

แรงที่ใช้กดชิ้นงานอยู่ที่ $F = 39.2\ kN$



รูปที่ 3.7 การอัดขึ้นรูป

3.5 การทดสอบแรงกดแบบสถิต (Static load test)

จากการศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยต่างๆ ในการรับแรงกดของชิ้นงาน ทางผู้จัดทำได้เลือกใช้การทดสอบแบบสถิตโดยใช้เครื่องทดสอบสากล ดังรูปที่ 3.8 โดยมีวัตถุประสงค์ของการทดสอบคือการหาค่าที่วัสดุจะสามารถรับแรงกดได้มากที่สุด เพื่อการนำมาคำนวณหาค่ามอดุลัสความยืดหยุ่น และค่าความเค้นดัด

3.5.1 อุปกรณ์การทดลอง

1.)เครื่องทดสอบสากล (Universal tester machine)
2.)เวอร์เนียร์
3.)ตลับเมตรวัดความยาวของวัสดุ
4.)ชิ้นงานทดสอบ

รูปที่ 3.8 เครื่องทดสอบสากล) Universal tester machine(

3.5.2 วิธีการทดสอบ

1. ทำการเตรียมชิ้นทดสอบเพื่อทำการทดสอบแรงกด
2. นำชิ้นทดสอบวางบนจุดรองรับโดยมีระยะห่างอยู่ที่ 15 เซนติเมตรและอยู่ตรงกลางระหว่าง หัวทดสอบแรงกดบนเครื่องทดสอบสากล (Universal tester machine)
3. กำหนดขนาดและรูปร่างชิ้นส่วนที่จะทำการทดสอบลงบนเครื่องคอมพิวเตอร์ของชุดทดสอบ
4. กำหนดความเร็วในการกด แล้วเริ่มทำการกดเพื่อทดสอบวัสดุ
5. รอจนเครื่องทดสอบกดวัสดุจนแตกหักและทำการเก็บข้อมูลผลการทดสอบ

รูปที่ 3.9 ชิ้นทดสอบเริ่มเกิดรอยแตกหัก

บทที่ 4
ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ผลการทดสอบการขึ้นรูป

การตรวจสอบมาตรฐานในการขึ้นรูปของชิ้นงานขึ้นอยู่กับน้ำหนักส่วนผสมของวัตถุดิบแต่ละชนิดโดยที่ผู้จัดทำได้หาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ที่เป็นการวัดการกระจายตัวของข้อมูลทางสถิติที่เป็นปกติทั่วไป ใช้สำหรับเปรียบเทียบน้ำหนักชิ้นงานแต่ละชิ้นว่ามีการกระจายตัวออกไปมากน้อยเท่าใด หากน้ำหนักของชิ้นงานส่วนใหญ่อยู่ใกล้ค่าเฉลี่ยมาก ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานก็จะมีค่าน้อย ในทางกลับกัน ถ้าน้ำหนักของชิ้นงานแต่ละชิ้นอยู่ห่างไกลจากค่าเฉลี่ยเป็นส่วนมาก ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานก็จะมีค่ามาก เทียบจากน้ำหนักของชิ้นงานโดยขนาดเท่ากันความหนาแน่นเท่ากัน

4.1.1 น้ำหนัก และค่าเบี่ยงเบนที่ได้จากส่วนผสมของ ใยอ้อย แกลบ กาว

ตารางที่ 4.1 น้ำหนักหลังการอัดขึ้นรูปของใยอ้อย แกลบ และกาว

ชิ้นงานที่	**น้ำหนักหลังการขึ้นรูป (g)**
1.	38. 2
2.	37.0
3.	38. 3
น้ำหนักเฉลี่ย ($\overline{x}$)	37. 83
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.723

สมการ)2.4(

$$S.D. = \sqrt{\frac{n\sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

$$\sum x^2 = 38.2^2 + 37.0^2 + 38.3^2$$

$$= 4,295.13$$

$$\sum x = 38.2 + 37.0 + 38.3$$

$$= 113.5$$

$$n = 3$$

แทนค่า

$$= \sqrt{\frac{3 \times 4295.13 - 113.5^2}{3 \times (3-1)}}$$

$$S.D. = 0.723$$

4.1.2 น้ำหนัก และค่าเบี่ยงเบนที่ได้จากส่วนผสมของ ใยผักตบชวา แกลบ กาว

ตารางที่ 4.2 น้ำหนักหลังการอัดขึ้นรูปของใยผักตบชวา แกลบ และกาว

ชิ้นงานที่	**น้ำหนักหลังการขึ้นรูป (g)**
1.	39. 3
2.	38. 2
3.	37. 7
น้ำหนักเฉลี่ย ($\overline{x}$)	38.4
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.818

4.1.3 น้ำหนัก และค่าเบี่ยงเบนที่ได้จากส่วนผสมของ ใยสับปะรด แกลบ กาว

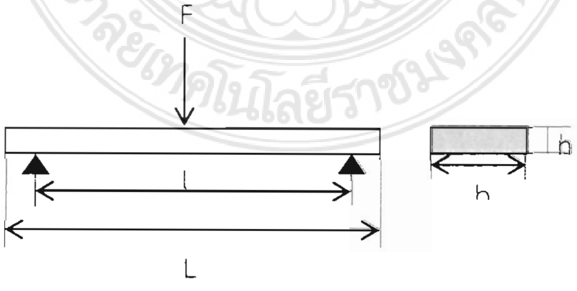
ตารางที่ 4.3 น้ำหนักหลังการอัดขึ้นรูปของใยสับปะรด แกลบ และกาว

ชิ้นงานที่	**น้ำหนักหลังการขึ้นรูป (g)**
1.	37. 9
2.	38. 6
3.	38. 5
น้ำหนักเฉลี่ย ($\overline{x}$)	38.33
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.375

4.2 ผลการทดสอบแรงกดแบบสถิต (Static load test)

4.2.1 การทดสอบค่ามอดุลัสความยืดหยุ่น

ค่าแรงกดจากชิ้นงานทดสอบแบบแผ่นบางที่มีขนาด กว้าง 35mm สูง 10 mm ยาว 140mm ขนาดความกว้างจุดรองรับ 120mm ความเร็วในการกด 2mm/min



รูปที่ 4. 1การทดสอบค่าความเค้นดัด

สมการ)2.1($E = \frac{Fl^3}{48\delta I}$

$F = 21.63$ N

$l = 120$ mm

ระยะกดจากเครื่องทดสอบ $\delta = 5.21$ mm

$I = bxh^3/12$

$= 2,916.66$ mm^4

แทนค่า $E = 21.63$ N × 120^3 /48 × 5.21 × 2,916.6

$E = 51.25$ N/mm^2

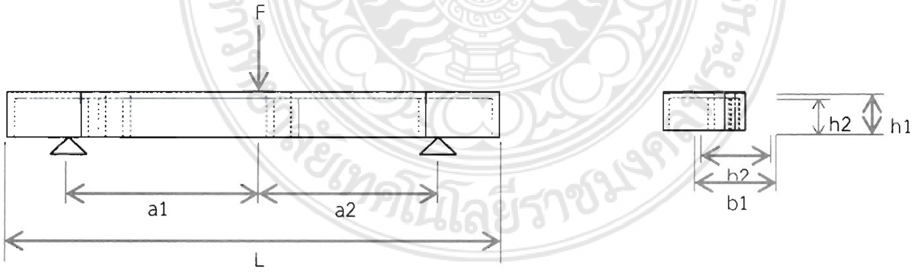
สมการนี้คิดจากส่วนผสมของใยอ้อย แกลบ กาวเพียงอย่างเดียว ส่วนผสมชนิดอื่นทำการแสดงค่าดังตารางที่ 4.4

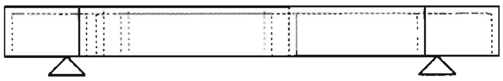
ตารางที่ 4.4 ค่ามอดุลัสของแต่ละส่วนผสม

ชนิดส่วนผสม	แรงกด (N)	ระยะกด (mm)	ค่ามอดุลัส (N/mm^2)
ใยอ้อย แกลบ กาว	21.63	5.21	51.25
ใยผักตบชวา แกลบ กาว	16.35	4.69	42.94
ใยสับปะรด แกลบ กาว	13.19	3.32	49.02

4.2.2 การทดสอบค่าความเค้นดัด

ชิ้นทดสอบที่ได้จากการอัดขึ้นรูปใช้วัสดุส่วนผสมของ ใยอ้อย แกลบ และกาว โดยใช้แรง 73 สูงสุดอยู่ที่. 1N ขนาดความยาว L = 200 mm ระยะจุดรองรับอยู่ที่ a1 + a2 = 150 mm ความสูงชิ้นงาน h1 = 20 mm และh2 = 17 mm ความกว้างฐานชิ้นงานอยู่ที่ b1 = 40 mm และ b2 = 34 mm





สมการที่ (2.5) $\sigma = \frac{My}{I}$

$M = F \times a1$

$= 73.1\ N \times 75\ mm$

$M = 5{,}482.5\ N \cdot mm$

$y = h1 / 2$

$= 20\ mm / 2$

$y = 10\ mm$

$I = (b1 - b2) \times (h1 - h2)^3 / 12$

$= (40 - 34)\ mm \times (20 - 17)\ 3\ mm^3/12$

$I = 13.5\ mm^4$

แทนค่า $\sigma = 5{,}482.5\ N \cdot mm \times 10\ mm/13.5\ mm^4$

$\sigma = 4{,}061.11\ N/mm^2$

ค่าความเค้นดัดที่เกิดขึ้นมากที่สุดของ ใยอ้อย แกลบ และกาว อยู่ที่ 4,061.11 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร

ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบค่าความเค้นดัดสูงสุดของแต่ละส่วนผสม

ส่วนผสม	แรงกด (N)	โมเมนต์ดัด (N·mm)	ค่าความเค้นดัด (N/mm^2)
ใยอ้อย แกลบ กาว	73.1	5,482.5	4,061.11
ใยผักตบชวา แกลบ กาว	56.3	4,222.5	3,127.77
ใยสับปะรด แกลบ กาว	44.3	3,322.5	2,461.11

จากตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าวัสดุส่วนผสมจากใยอ้อย สามารถรับแรงกดได้มากเนื่องจากเส้นใยของอ้อยมีความเหนียว และแข็งแรง เมื่อนำมาอัดขึ้นรูป ทำให้สามารถรับแรงกดได้ดี ค่าความเค้นดัดจึงมากที่สุดเนื่องจากค่าความสามารถรับแรงกดส่งผลต่อค่าความเค้นดัดของชิ้นงาน ส่วนผสมจากใยผักตบชวา และใยสับปะรด จะมีค่าความเค้นดัดน้อยกว่าส่วนผสมจากใยอ้อย เนื่องจากค่าความสามารถรับแรงกดได้น้อยลงส่งผลให้ค่าที่คำนวณน้อยลงตามลำดับ

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากผลการดำเนินงานตามวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแม่พิมพ์ขึ้นรูปวัสดุชนิดบาง (Shell type) คณะผู้วิจัยได้สร้างแม่พิมพ์โดยคำนึงถึงปัจจัยหลายด้าน เช่น คุณสมบัติของโลหะที่ใช้ทำแม่พิมพ์ ขนาดแม่พิมพ์ และวิธีการสร้างแม่พิมพ์ เพื่อนำไปขึ้นรูปวัสดุจากใยธรรมชาติเป็นวัสดุแบบบาง (Shell type และทำการขึ้นรูปวัตถุดิบ (3 ชนิด ได้แก่ ใยผักตบชวา ใยอ้อย และใยสับปะรด ซึ่งแม่พิมพ์ดังกล่าวสามารถทำการขึ้นรูปได้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด

นอกจากนี้ ผลการศึกษาวิธีการขึ้นรูปชิ้นส่วนยานยนต์จากวัสดุธรรมชาติ ด้วยวิธีการอัดวัตถุดิบลงในแม่พิมพ์ พบว่ามีตัวแปรที่ต้องคำนึงถึงคือ ความดัน อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการอัด โดยผลการศึกษาพบว่าการอัดวัตถุดิบที่ความดัน เมกะปาสคาล ขึ้นไป อุณหภูมิ 5ระหว่าง 100-องศา 105 นาที ชิ้นงานที่ผ่านการอัดขึ้นรูปมีลักษณะทางกายภาพที่สมบูรณ์สูงสุด 30 เซลเซียส ด้วยระยะเวลาตามที่ได้ออกแบบไว้

ในขณะที่การทดสอบหาความสามารถการรับโมเมนต์ดัดของชิ้นงานทั้ง ส่วนผสม พบว่า 3 ชิ้นงานที่สามารถรับโมเมนต์ดัดและความเค้นดัดได้สูงสุดคือชิ้นงานที่ทำจากใยอ้อย คือ 5,482.5 นิวตันมิลลิเมตร และ 4,061.11 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าชิ้นงานที่ทำจาใยผักตบชวาร้อยละ 29.65 และใยสับปะรด ร้อยละ 84.01

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำโครงงาน

1.) การจัดทำแม่พิมพ์ของสถานประกอบการมีความล่าช้าจึงทำให้เกิดปัญหาต่อระยะเวลาจัดทำโครงงาน

2.) เครื่องอบลดความชื้นมีขนาดเล็ก ทำให้การอบวัตถุดิบหลายชนิดเป็นไปอย่างล่าช้าเครื่องอัดมีข้อจำกัดด้านความดันที่สามารถทำความดันสูงสุดได้ เมกะปาสคาล 5

5.3 ข้อเสนอแนะ

1) ควรติดอุปกรณ์ให้ความร้อนที่แม่พิมพ์ชิ้นบน เนื่องจากผิวชิ้นงานด้านในไม่สมบูรณ์
2) ควรออกแบบเครื่องอบลดความชื้น ให้มีขนาดใหญ่กว่าเดิม
3) เครื่องอัดควรเพิ่มความดันได้มากขึ้น อาจจะส่งผลให้ชิ้นงานสมบูรณ์มากขึ้น
4) วิธีการทดสอบด้านอื่นๆ คือ การทดสอบความสามารถการรับแรงบิด และการทดสอบความสามารถรับแรงดึง
5) สร้างชิ้นทดสอบให้เท่ากับชิ้นงานจริงแล้วนำไปทดสอบ เพื่อนำไปเปรียบเทียบคุณสมบัติ

บรรณานุกรม

กุลยศ สุวันทโรจน์ .2549 . ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานการประชุมวิชาการเครือข่าย . วิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 20. 18-20 ตุลาคม 2549 .นครราชสีมา

กุลยศ สุวันทโรจน์, ศุภชัย หลักคำ และพิเชษฐ์ บุญญาลัย .การศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสมของโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์จากกากผักตบชวาและแกลบสำหรับการชนคนเดินเท้า‘ .งานวิจัยประจำปีงบประมาณ พ.ศ .2558 สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บงกช ประสิทธิ์ และ อนันต์ พงศ์ธรกุลพานิช. 2550 . การออกแบบเครื่องอบแห้งกระดาษเยื่อกล้วย .การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 3. 23-25 พฤษภาคม 2550 .

นพพร จันทร์พึ่งสุข และคณะ พิมพ์ครั้งที่ 1 ปริญญานิพนธ์เครื่องอัดขึ้นรูปกระถางจากผักตบชวา (PotPlant Compressed Machine from Water Hyacinth) สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร , พ.ศ. 2553

มนตรี พิรุณเกษตร. 2545, “กลศาสตร์วัสดุ,” พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ : บริษัทจูนพับลิชชิ่ง.

วรวิทย์ วรนาวิน, พิเชษฐ์ บุญญาลัย และ ศุภชัย หลักคำ .การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์จากกากผักตบชวา‘ .งานวิจัยประจำปีงบประมาณ พ.ศ .2557 สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

วริทธิ์ อึ้งภากรณ์. 2556, “การออกแบบเครื่องจักรกล,” พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ : สนพ.ซีเอ็ดยูเคชั่น.

สมศักดิ์ ไชยะภินันท์. 2552, “กลศาสตร์ของไหล,” พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ : สนพ.จุฬาลงกรณ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุชาดา อุชชิน และ รุ่งนภา รัตนพาหิระ .2546การผลิตเส้ .นใยสับปะรดเพื่ออุตสาหกรรมสิ่งทอโดยวิธีการแช่ฟอก. นิทรรศการงานวิจัย 60 ปี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อนันต์ เต็มเปี่ยม .เครื่องตีเกลียวเชือกจากเส้นใยกล้วย‘ .งานวิจัยประจำปีงบประมาณ พ.ศ .2558 สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

Euro NCAP. http://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/pedestrian-protection/ ค้นเมื่อ วันที่ 29 มกราคม 2560

ผักตบชวา .http://thailand-an-field.blogspot.com/2010/02/blog-post_11.html ค้นเมื่อ วันที่ 2560 มกราคม 24

สับปะรด .http://www.สุขภาพไทย.com/สับปะรด.มีประโยชน์อย่างไร-html ค้นเมื่อ วันที่ 24 2560 มกราคม

อ้อย . http://kanchanapisek.or.th/kp6/sub/book/book.php?book=5&chap=3&page=chap3.htm ค้นเมื่อ วันที่ มกรา 24คม 2560

แกลบ. http://puechkaset.com/ค้นเมื่อ วันที่ มกราคม 24 2560

กาว .http://www.vcharkarn.com/varticle/38229 ค้นเมื่อ วันที่ มกราคม 24 2560

ประวัติผู้วิจัย

<u>หัวหน้าโครงการ</u>

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นายพลรัชต์ บุญมี
   (ภาษาอังกฤษ) Mr. Polrut Boonme
2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 3 1605 00360 48 4
3. ตำแหน่งบริหาร/วิชาการ ที่เป็นปัจจุบัน
   ตำแหน่งบริหาร - ตำแหน่งวิชาการ อาจารย์
   เงินเดือน 23,890.- เวลาการทำวิจัย 20ชม./สัปดาห์
4. หน่วยงานและสถานที่ที่ติดต่อได้สะดวก
   สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
   1381 ถ.พิบูลสงคราม แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
   โทรศัพท์:02-9132424 ต่อ 138, 081-818-6092
   โทรสาร:02-9132424 ต่อ 138
   E-mail :me_boon@hotmail.com
5. ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา	วิชาเอก	สถานศึกษา	ปีที่สำเร็จ	ประเทศ
ปริญญาโท	วศ.ม.	วิศวกรรมเครื่องกล	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	2551	ไทย
ปริญญาตรี	วศ.บ.	วิศวกรรมเครื่องกล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	2543	ไทย

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ (ซึ่งอาจแตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
   - ความร้อนประยุกต์ (Applied Thermal System)
   - เทคโนโลยีและการจัดการด้านพลังงาน (Energy Technology and Management)
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัยหรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย

   7.1 หัวหน้าโครงการวิจัย :
   - เครื่องคัดแยกขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้า
   - การทดสอบการอัดตัวของวัสดุผสมภายใต้สภาวะอุณหภูมิต่างๆ
   - การออกแบบเครื่องทดสอบการโก่งของคานยึดปลายแน่นสองข้างภายใต้แรงกระจายสม่ำเสมอ
   - การศึกษาเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับการลดมลพิษและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของหัวรถจักรเพื่อความคุ้มค่าต่อการลงทุน

7.2งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว ดังตารางที่แสดงถัดไป:

ลำดับ	ผลงานวิจัย	ปีที่พิมพ์	การเผยแพร่	แหล่งทุน	ตำแหน่ง
1	จลนพลศาสตร์การอบแห้งเนื้อสับปะรดแว่น	พ.ศ.2551	การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 9	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	ผู้ร่วมวิจัย
2	The Specific Energy Consumption of Robusta Coffee Bean Separating	พ.ศ.2553	Green Technology and Productivity	มเทคโนโลยีราชมงคลพระนครประจำปีงบประมาณ 2553	ผู้ร่วมวิจัย
3	เครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้า		รอการเผยแพร่	มเทคโนโลยีราชมงคลพระนครประจำปีงบประมาณ 2553	หัวหน้าโครงการ
4	การทดสอบการอัดตัวของวัสดุผสมภายใต้สภาวะอุณหภูมิต่างๆ	พ.ศ.2556	KKU Research Journal Vol.18, No2.	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	หัวหน้าโครงการ
5	การสีกะลากาแฟโรบัสต้ามลพิษต่ำ	พ.ศ.2556	การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5	มเทคโนโลยีราชมงคลพระนครประจำปีงบประมาณ 2555	ผู้ร่วมวิจัย
6	การออกแบบเครื่องทดสอบการโก่งของคานยึดปลายแน่นสองข้างภายใต้แรงกระจายสม่ำเสมอ		รอการเผยแพร่	มเทคโนโลยีราชมงคลพระนครประจำปีงบประมาณ 2555	หัวหน้าโครงการ
7	การศึกษาเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับการลดมลพิษและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของหัวรถจักรเพื่อความคุ้มค่าต่อการลงทุน	พ.ศ.2559	วารสารวิจัย ปีที่ 9 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2559	มเทคโนโลยีราชมงคลพระนครประจำปีงบประมาณ 2558	หัวหน้าโครงการ

7.3 งานวิจัยที่กำลังทำ -:

<u>ผู้ร่วมวิจัย</u>

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นายศุภชัย หลักคำ
   (ภาษาอังกฤษ) Mr. Supachai Lakkam
2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 3 1201 01788 03 1
3. ตำแหน่งบริหาร/วิชาการ ที่เป็นปัจจุบัน
   ตำแหน่งบริหาร - ตำแหน่งวิชาการ อาจารย์ (พนักงานมหาวิทยาลัย)
   เงินเดือน 30,000.- เวลาการทำวิจัย 20ชม./สัปดาห์
4. หน่วยงานและสถานที่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail
   สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
   1381 ถ.ประชาราษฎร์ สาย 1 แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
   โทรศัพท์:02-9132424 ต่อ 4138
   โทรสาร:02-9132424 ต่อ 4138
   E-mail: supachai.l@rmutp.ac.th
5. ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา	วิชาเอก	สถานศึกษา	ปีที่สำเร็จ	ประเทศ
ปริญญาเอก	Ph.D.	Mechanical Engineering	The SirindhornInternational Thai-German Graduate School of Engineering (TGGS) มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	2560	ไทย
ปริญญาโท	M.Sc.	Automotive Engineering	The SirindhornInternational Thai-German Graduate School of Engineering (TGGS) มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	2552	ไทย
ปริญญาตรี	วศ.บ.	วิศวกรรมเครื่องกล (เกียรตินิยมอันดับสอง)	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	2549	ไทย

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ ระบุสาขาวิชาการ (ซึ่งอาจแตกต่างจากวุฒิการศึกษา)
- เทคนิคการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ (Computation and Simulation Techniques)
- เทคโนโลยีและการจัดการด้านพลังงาน)Energy Technology and Management(

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัยหรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย

7.1 ผู้อำนวยแผนงานวิจัย : -

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : -

- เครื่องทดสอบพฤติกรรมวัสดุความเสียดทาน
- การศึกษาปัจจัยการออกแบบท่อพักไอเสียเพื่อลดเสียงรบกวนและรักษาสมรรถนะของเครื่องยนต์

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :

ลำดับ	ผลงานวิจัย	ปีที่พิมพ์	การเผยแพร่	แหล่งทุน	ตำแหน่ง
1	ผลกระทบและประสิทธิภาพผ้าเบรกเชิงเสียงรบกวน และสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน	พ.ศ.2552	Industry Subcontracting Exhibition of Thailand 2009	บริษัท คอมแพ็คอินเตอร์เนชั่นแนล (1994) จำกัดและIndustrial Technology Assistance Program (iTAP)	นักวิจัย
2	Investigation of Brake Noise Parameters Using Single Dynamometer	Apr.2009	The 5th International Conference on Automotive Engineering ICAE-5	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	นักวิจัย/ผู้นำเสนอ
3	Econo Power Car	Jun.2010	The 2nd RMUTP International Conference : Green Technology and Productivity	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย/ผู้นำเสนอ
4	Analysis of Clutch Materials behaviour : Comparison between Coefficient of Friction Testing and Full Size Testing	Jun.2012	World Academe of Science, Engineering and Technology 66, 2012	EXEDY Friction Material Co. LTD	ผู้ช่วยวิจัย
5	Study and Trend of Development for Electric Railway and Related Industries in Thailand) Phase 2)		รอเผยแพร่	Industrial Technology Assistance Program (iTAP)	ผู้ร่วมวิจัย
6	โครงการศึกษาเครื่องยนต์แก๊สโซลีนและดีเซลขนาดเล็ก 1 สูบ เพื่อจัดทำร่างกฎกระทรวงเฉพาะด้านประสิทธิภาพพลังงาน ตาม พ.ร.บ.การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2550	พ.ศ.2555	RMUTP Research Journal, Vol.6, No.2,	กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน	ผู้ร่วมวิจัย
7	Design and Development of Bus structure for single and double deck		รอเผยแพร่	กรมขนส่งทางบก	ผู้ช่วยวิจัย
8	เครื่องทดสอบพฤติกรรมวัสดุความเสียดทาน	พ.ศ.2555	วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ฉบับที่2 22	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	หัวหน้าโครงการ
9	การทดสอบการอัดตัวของวัสดุผสมภายใต้สภาวะอุณหภูมิต่างๆ	พ.ศ.2556	KKU Research Journal Vol.18, No.2	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย
10	การออกแบบจานเบรกเชิงการสะสมความร้อนเพื่อความปลอดภัย	2013	Songklanakarin J. Sci. Technol. (6) 35, 681-671, Nov. - Dec. 2013	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย

11	การศึกษาปัจจัยของโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ที่ส่งผลต่อการดูดซับพลังงาน	พ.ศ.2556	วารสารวิจัย มข. ปีที่ 18 ฉบับที่ 3 ประจำเดือน พฤษภาคม – มิถุนายน 2556	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย
12	การศึกษาลักษณะทางกายภาพของจานเบรกรถจักยานยนต์ที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการเบรก	พ.ศ.2556	วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 23 ฉบับที่ 2 พ .ค.-ส .ค.2556	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย
13	การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์จากกากผักตบชวา	พ.ศ.2557	วารสารวิจัย มทร.ตะวันออก ปีที่ 7 ธันวาคม - กรกฎาคม 2 ฉบับที่ 2557	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย
14	การศึกษาปัจจัยการออกแบบท่อพักไอเสียเพื่อลดเสียงรบกวนและรักษาสมรรถนะของเครื่องยนต์	พ.ศ.2557	วารสารวิจัย มทร.อีสาน ปีที่ 8 ฉบับที่ 3 กันยายน 2557 ธันวาคม -	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	หัวหน้าโครงการ
15	การศึกษาพฤติกรรมค่าการนำความร้อนแบบไม่เชิงเส้นของวัสดุความเสียดทาน	พ.ศ.2558	วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. ปีที่ 38 ฉบับที่ 3 กรกฎาคม - กันยายน 2558	ม. เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย
16	การศึกษาเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับการลดมลพิษและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของหัวรถจักรเพื่อความคุ้มค่าต่อการลงทุน	พ.ศ.2559	วารสารวิจัย มทร.ตะวันออก ปีที่9 ฉบับที่1 มกราคม มิถุนายน -2559	ม. เทคโนโลยีราชมงคลพระนครประจำปีงบประมาณ 2558	ผู้ร่วมวิจัย
17	การศึกษาพฤติกรรมการถ่ายโอนความร้อน และการสั่นสะเทือนของจานเบรกแบบตรง/แบบกลับที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถการเบรก		รอการเผยแพร่	ม. เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย
	การศึกษาพฤติกรรมค่าความจุความร้อนของวัสดุความเสียดทาน		รอการเผยแพร่	ม. เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย
	การพัฒนาเครื่องทดสอบสัมประสิทธิ์ความเสียดทานยางล้อ		รอการเผยแพร่	ม. เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : -