PROCEEDINGS

7th PHAYAO RESEARCH CONFERENCE

รายงานสืบเนื่องจากการ
ประชุมทางวิชาการระดับชาติ

พะเยาวิจัยครั้งที่ 7

25-26 มกราคม 2561

ณ หอประชุมพญางำเมือง
มหาวิทยาลัยพะเยา

ISBN : 978-616-7820-58-3

สารบัญ (ต่อ)

กลุ่มการวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การนำเสนอแบบ Poster Presentation

SCI – P01 อากาศยานการเกษตรขนาดเล็กกึ่งอัตโนมัติแบบ 6 ใบพัด **โดย** ศิริชัย ลาภาสระน้อย เกรียงกมล มงคลเมือง และกฤษฎา ทาสันเทียะ 253

SCI – P02 การเปรียบเทียบลักษณะรูปทรงของแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลที่มีผลต่อประสิทธิภาพทางความร้อนและอายุการใช้งานเพื่อเป็นเชื้อเพลิงทดแทน **โดย** กานต์ วิรุณพันธ์ ธนารักษ์ สายเปลี่ยน และชุมพล ชัยประเดิมศักดิ์ 260

SCI – P03 การศึกษากำลังอัดแกนเดียวของดินลูกรังผสมซีเมนต์คุณภาพต่ำในจังหวัดเชียงราย **โดย** สุรชัย อำนวยพรเลิศ 275

SCI – P04 การศึกษาและออกแบบบล็อกประสานโดยการตกแต่งผิวข้างเพื่อเพิ่มมูลค่า **โดย** โกเมนทร์ พร้อมจะบกฉัตรชัย นามผา ณรงค์พล ลังเพีย เทเวศ เวียงเหล็ก และนัฐพงษ์ ผาทองที 287

SCI – P05 การพัฒนาระบบควบคุมจังหวะลมดูดของเครื่องรีดนมโคด้วยระบบ พีแอลซี **โดย** นิรุต อ่อนสลุง ณรงค์ หูชัยภูมิ และวัชรายุทธ ลำดวน 296

SCI – P06 การพัฒนาระบบตรวจสอบการนอนหลับแบบสวมใส่ด้วยเซ็นเซอร์และสัญญาณชีวการแพทย์ โดย นันท์นภัส ศิริบุญญพัฒน์ และยรรยงค์ พันธ์สวัสดิ์ 307

SCI – P07 ผลของมุมอะซิมุธของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต่อการทำงานของระบบประจุแบตเตอรี่ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ **โดย** สมชาย กฤตพลวิวัฒน์ และภูวดล กล่ำเทพ 318

SCI – P08 การออกแบบเครื่องล้างผักและผลไม้ระบบน้ำวนด้วยน้ำโอโซน **โดย** สุรินทราพร ชั่งไชย พัชราภรณ์ อินริราย ธวัลรัตน์ สัมฤทธิ์ และศิริพงศ์ แท่นทอง 326

SCI – P09 การศึกษาสมรรถนะอากาศยานไร้นักบินชนิดปีกแข็ง **โดย** อภินันทน์ จิตรเจริญ ศราวุธ เรือนศรี ณัฐพงษ์ วิฬุละหิต เฉลิมชัย ฟูวุฒิ และรัฐพล สุวรรณนำปน 332

SCI – P10 ระบบกิจกรรมชุมนุมออนไลน์ กรณีศึกษา โรงเรียนแม่จริม จังหวัดน่าน **โดย** ศุภเสกข์ มูลมา กนกวรรณ กันยะมี และจำรูญ จันทร์กุญชร 342

SCI – P11 รูปแบบการพัฒนา Web Application ศูนย์เรียนรู้เศรษฐกิจพอเพียงชุมชนในประเทศไทย **โดย** พรคิด อั้นขาว และวรรณพร ทีเก่ง 353

SCI – P12 สื่อพจนานุกรมภาษามือไทย บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ **โดย** บุญญรัตน์ อ่ำสุรา 363

SCI – P13 การปรับปรุงกระบวนการผลิตข้าวซ้อมมือ : กรณีศึกษากลุ่มผู้ผลิตข้าวซ้อมมือสินค้า โอท็อปบ้านชบา ตำบลตลุกกลางทุ่ง อำเภอเมือง จังหวัดตาก **โดย** กานต์ วิรุณพันธ์, ธนารักษ์ สายเปลี่ยน และชุมพล ชัยประเดิมศักดิ์ 375

SCI – P14 การพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการผลิตข้าวเกรียบงา : กรณีศึกษากลุ่มผู้ผลิตสินค้า OTOP ชุมชนหัวเดียด อำเภอเมือง จังหวัดตาก **โดย** กานต์ วิรุณพันธ์ ธนารักษ์ สายเปลี่ยน และชุมพล ชัยประเดิมศักดิ์ 385

SCI – P15 การศึกษาถึงอิทธิพลของวัสดุทำแบบหล่อที่มีผลต่ออัตราการเย็นตัวของโลหะหลอมเหลว **โดย** กานต์ วิรุณพันธ์ 394

SCI – P16 แผ่นมุงหลังคาจากวัสดุรีไซเคิล **โดย** ชัยศร โลกิตสถาพร และรำพึง เจริญยศ 403

SCI – P17 การสร้างแบบพิมพ์นูนต่ำเพื่อผลิตภาพนูนต่ำจากใบสับปะรดต้ม **โดย** รัชดาศักดิ์ สุเพ็งคำ 419

SCI – P18 ผลิตภาพกระบวนการลำเลียงอ้อยติดรถบรรทุก **โดย** กานต์ จันทระ ยุทธศิลป์ ชัยสิทธิ์ โกเมนทร์ พร้อมจะบก พลวัฒน์ กองสมบัติ เมธาวัฒน์ดลประสิทธิ์ วรรธชัยเชื้อบุญมี อาทิตย์ พรวิชา และอาทิตย์ สมรัก 430

แผ่นมุงหลังคาจากวัสดุรีไซเคิล

Roofing sheet from recycled materials

ชัยศร โลกิตสถาพร [1]และรำพึง เจริญยศ[2*]

Chaisorn Lokitsathaporn[1] and Rampeung Jaroenyos[2*]

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางกลและทางกายภาพของวัสดุรีไซเคิลที่ใช้ทำเป็นแผ่นมุงหลังคาที่ได้จากการแยกเยื่อกระดาษออกจากกล่องเครื่องดื่ม UHT(Ultra-Heat Treatment) เพื่อให้ได้อลูมิเนียมฟอยล์ผสมกับพอลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นต่ำ ซึ่งสามารถนำไปใช้งานทางวิศวกรรมได้และเป็นทางเลือกหนึ่งในการลดจำนวนกล่องเครื่องดื่ม UHT ที่เหลือใช้มาทำเป็นแผ่นมุงหลังคา ในการทดลองใช้อลูมิเนียมฟอยล์ 3 ขนาด ได้แก่ ขนาดหยาบ ปานกลาง และละเอียด ที่ได้จากการย่อยกล่อง UHT แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 180 ^{o}C เป็นเวลา 20 นาที ภายในแม่แบบ และทำการอัดขึ้นรูปเป็นแผ่น ด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก ที่แรงอัด 6 บาร์, 8 บาร์ และ 10 บาร์ จากนั้นตัดขึ้นรูปเป็นชิ้นทดสอบสมบัติทางกลและทางกายภาพ ตามมาตรฐานในการทดสอบได้แก่ การทดสอบการต้านแรงดัดโค้ง การต้านทานแรงดึง การทนต่อแรงกระแทก ความแข็ง การดูดซึมน้ำ การพองตัว ความหนาแน่น และ การต้านทานความร้อนและการนำความร้อน เปรียบเทียบสมบัติต่างๆทั้งทางกลและทางกายภาพของวัสดุ ที่มีขนาดอลูมิเนียมฟอยล์และแรงอัดในการขึ้นรูปที่ต่างกัน เพื่อนำวัสดุผสมที่มีสมบัติที่เหมาะสมไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์แผ่นมุงหลังคา

จากการทดลองพบว่าสมบัติของวัสดุผสม จากกล่องเครื่องดื่ม UHT รีไซเคิล ที่ขึ้นรูปด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ขนาดหยาบ ด้วยแรงอัด 10 bar มีสมบัติทางกลดีที่สุด คือ การต้านแรงดัดโค้ง 18.23 MPa การต้านทานแรงดึง 10.66 MPa การทนต่อแรงกระแทก 110.99 J/m^2 ความแข็ง 52.40 Shore-D การดูดซึมน้ำ 0.62 % การพองตัว 0.70 % ความหนาแน่น 1.086 g/m^3 การต้านทานความร้อน 0.031 m^2.K/W และ การนำความร้อน 0.219 W/mK ซึ่งมีสมบัติทางกลดีที่สุดเนื่องจากวัสดุผสมที่มีชิ้นอลูมิเนียมฟอยล์ขนาดใหญ่และใช้แรงอัดขึ้นรูปสูง จะมีความแข็งแรงสูงกว่าวัสดุผสมที่มีอลูมิเนียมฟอยล์ขนาดเล็กเพราะเนื้อวัสดุสามารถยึดตัวได้ดีและมีแรงอัดขึ้นรูปสูงทำให้มีการเกาะยึดของชิ้นส่วนผสมมีความหนาแน่นมากยิ่งขึ้นทำให้มีความสามารถในการรับแรงได้สูงจึงเหมาะที่จะนำไปผลิตเป็นแผ่นมุงหลังคา

คำสำคัญ: ยูเอชที, อลูมิเนียมฟอยล์, โพลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ, การอัดขึ้นรูป

[1] สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพมหานคร 10300

[2] สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล สุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี จังหวัด นนทบุรี 11000

[1] Mechanical Engineering Department, Faculty of Industrial Education, Rajamangala University of Technology Phranakhon, Bangkok , 10300

[2] Industrial Engineering Department, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi Nonthaburi Center, Nonthaburi , 11000

*Corresponding author : e-mail : ramp_dong@hotmail.co.th

Abstract

The purpose of this project is to study the mechanical and physical properties of recycled roofing materials. The pulp extracted from the UHT (Ultra-Heat Treatment) beverage boxes to get aluminum foil mixed with low density polyethylene. This can be used engineering and is an useful to reduce the amount waste of UHT boxes to roofing sheets. In experiment use tree size of aluminum foil (coarse, medium and fine) then hot and extruded with 6, 8 and 10 bar compression, then cut into test pieces. To test mechanical and physical properties in accordance with the test standards: Torsion Testing Tensile strength Impact resistance Heat resistance, water absorption, and density testing.Compare the mechanical and physical properties of the material; different sizes of aluminum foil and compressive strength. To bring the best materials to the product.

From the tests, it was found that the properties of recycled composite materials From the box UHT beetroot This is made of coarse aluminum foil. 18.23 MPa bending strength, 10.66 MPa tensile strength, 110.987 J /m^2 impact resistance, 52.40 Shore-D Hardness, 0.62 % Water Absorption, 0.70 % Thickness Swelling, 1.086 g/m^3 Density, 0.031 m^2.K/W Thermal Resistance and 0.291 W/mK Thermal Conductivity is the best mechanical properties. Due to the large aluminum foil, it can be used for high strength. Which is higher than the aluminum foil of a smaller size.

Keywords: ultra-heat treatment (UHT), Aluminium Foil, low density polyethylene(LDPE), extrusion

บทนำ

ด้วยปัจจุบันปัญหาเรื่องขยะมูลฝอยได้กลายเป็นประเด็นสำคัญไม่ว่าจะด้วยภาวะโลกร้อนหรือเป็นกระแสของโลกก็ตาม ทั้งหมดนี้ได้ส่งผลให้ทุกภาคส่วนหันมาให้ความสำคัญในการจัดการขยะทั้งสิ้นไม่ว่าจะเป็นภาครัฐ ภาคเอกชน และภาคประชาชน จากปริมาณขยะมูลฝอยจากชุมชนทั่วประเทศ 15.98 ล้านตัน มีการนำขยะมูลฝอยชุมชนกลับมาใช้ประโยชน์ประมาณ 4.10 ล้านตัน หรือร้อยละ 26 เป็นการคัดแยกขยะและนำกลับคืนสู่การรีไซเคิลประเภท เศษแก้ว กระดาษ พลาสติก เหล็กและอลูมิเนียม ในประเทศไทยมีการใช้กล่อง UHT บรรจุสินค้าและจำหน่ายรวมปีละ ไม่ต่ำกว่า 3,000 ล้านกล่อง [1] ดังนั้นการนำกล่อง UHT มาแปรรูปเพื่อใช้ประโยชน์ จึงเป็นวิธีที่ดีที่สุดในการลดขยะและมลพิษ เพราะว่ากล่องยู เอช ที (UHT) มีส่วนประกอบของชั้นต่างๆ อยู่หลายชั้น โดยมีชั้นของ กระดาษ (paper) อะลูมิเนียม ฟอยล์ (Aluminium Foil) และ พลาสติก (Poly Ethylene) ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่ย่อยสลายได้ยาก และหากทำลายด้วยการนำไปเผาก็จะก่อให้เกิดมลพิษ ดังนั้นการนำกล่องยู เอช ที (UHT) มารีไซเคิล (recycle) แปรรูปเพื่อใช้ประโยชน์ จึงเป็นวิธีการที่ดีที่สุด ในการลดขยะและลดมลพิษ เพื่อเพิ่มความแข็งแรงและทนทาน สามารถกันน้ำ และกันปลวกได้อีกด้วย เนื่องจากกล่อง UHT ประกอบด้วย กระดาษ โพลีเอทิลีน และ อลูมิเนียมฟอยล์ ที่ประกอบกันอยู่หลาย ๆ ชั้นนั่นเอง

ภาพที่ 1 ส่วนประกอบกล่องเครื่องดื่ม UHT

1. โพลีเอทิลีน ป้องกันความชื้นจากภายนอก
2. กระดาษ เพื่อความคงทนแข็งแรงของกล่อง
3. โพลีเอทิลีน ช่วยผนึกกล่องให้แน่นสนิท
4. อลูมิเนียมฟอยล์ ป้องกันภาวะภายนอก
5. โพลีเอทิลีน ช่วยผนึกกล่องให้แน่นสนิท
6. โพลีเอทิลีน ช่วยป้องกันและยึดติดการรั่วซึมของของเหลว [2]

ปัจจุบันบรรจุภัณฑ์กล่องเครื่องดื่มประเภทยู เอช ที(UHT) เป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย ด้วยสมบัติของกล่องที่ปลอดเชื้อโรคและเก็บความสดใหม่ให้กับเครื่องดื่มได้นานถึง 6 เดือน โดยไม่ต้องใส่วัตถุกันเสีย และไม่ต้องแช่เย็น จึงปลอดภัย สำหรับผู้บริโภคทุกวัย โดยเฉพาะกับเด็ก ๆ ที่ต้องดื่มนมเป็นประจำ เมื่อไม่แช่เย็น ก็ไม่ต้องเปลืองค่าไฟ อีกทั้งน้ำหนักกล่องที่เบา ง่ายต่อการพกพาและขนย้าย และยังช่วยประหยัดเชื้อเพลิงในการขนส่งกระดาษ ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักในการผลิตกล่อง ที่มาจากสวนป่า ที่ปลูกทดแทนต่อเนื่องพร้อมหมุนเวียนมาใช้ใหม่(Renewable) จึงไม่ต้องทำลายป่าไม้จากธรรมชาติ กล่องเครื่องดื่มยู เอช ที จึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่รักษาสิ่งแวดล้อมตั้งแต่กระบวนการผลิต จนถึงการนำไปรีไซเคิล ซึ่งไม่มีส่วนใด เหลือทิ้งเป็นขยะเลย

– การคัดแยกกล่องเครื่องดื่ม ไปรีไซเคิล จำนวน 1,000 กิโลกรัม ลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ได้ 900 กิโลกรัม เพราะหากว่าไม่ได้คัดแยกกล่องเครื่องดื่มนำเข้าสู่กระบวนการรีไซเคิล กล่องเหล่านั้นอาจจะถูกทำลายด้วยวิธีการเผาด้วยไฟ ที่จะส่งผลทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจก หรือนำลงหลุมฝังกลบก็จะก่อให้เกิดก๊าซมีเทน จากการฝังได้ ดังนั้น เราสามารถช่วยกันลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) โดยการคัดแยกกล่องเครื่องดื่ม มารีไซเคิลเพื่อให้เกิดประโยชน์

– การคัดแยกกล่องเครื่องดื่ม ไปรีไซเคิล จำนวน 1,000 กิโลกรัม อนุรักษ์พื้นที่ป่าได้ 150 ตารางเมตร เพราะการนำกล่องเครื่องดื่มยู เอช ที ไปรีไซเคิลเป็นแผ่นชิปบอร์ด ประกอบเป็นโต๊ะ–เก้าอี้นักเรียน สามารถลดปริมาณการตัดต้นไม้มาทำโต๊ะ–เก้าอี้นักเรียนที่ทำจากไม้ได้

– การคัดแยกกล่องเครื่องดื่ม ไปรีไซเคิล จำนวน 1,000 กิโลกรัม ลดพื้นที่จัดเก็บขยะได้ 4 ตารางเมตร หากเราคัดแยกกล่องเครื่องดื่มยู เอช ที มารีไซเคิล 1,000 กิโลกรัม จะทำให้ลดพื้นที่จัดเก็บขยะได้ถึง 4 ตารางเมตร นั่นหมายความว่าหากเราสามารถ คัดแยกได้ 100% (38,000 ตัน) ใน 1 ปี เราจะมีพื้นที่สำหรับทำประโยชน์อย่างอื่นที่ไม่ใช่นำมาฝังขยะ เพิ่มขึ้นถึง 9,500 ตารางเมตร (2,375 ตารางวา) นั่นหมายถึง เราจะมีพื้นที่ในการปลูกบ้านหลังละ 25 ตารางวา มากถึง 95 หลังเลยทีเดียว หรืออาจจะนำมาใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ ได้อีกบนพื้นที่อันกว้างขวางนี้ [2]

คณะผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดที่จะนำกล่อง UHT ที่เหลือจากการใช้งานซึ่งมีจำนวนมาก มาผลิตเป็นวัสดุมุงหลังคา ซึ่งต้องทำการศึกษาสมบัติเชิงกลและทางกายภาพที่เปลี่ยนแปลงไปของวัสดุผสม(Polymer Composite) เนื่องจากขนาดของชิ้นผสมและแรงอัดในการขึ้นรูป จากการศึกษา พบว่าขนาดของชิ้นกล่อง UHT ที่ได้จากการย่อย มีผลต่อสมบัติของวัสดุที่ทำการอัดขึ้นรูปทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความแข็งแรง สามารถนำมาผลิตเป็นแผ่นมุงหลังคาที่มีความแข็งแรงได้

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา

วัสดุและอุปกรณ์

1. กล่องเครื่องดื่ม UHT
2. เครื่องชั่งสารเคมีดิจิตอล
3. เครื่องเลื่อยวงเดือน
4. เครื่องปั่นแยกเยื่อกระดาษ

5. เครื่องย่อยพลาสติก
6. เครื่องอัดขึ้นรูปแผ่นไฮดรอลิค
7. เครื่องทดสอบแรงดัดโค้ง
8. เครื่องทดสอบแรงดึง
9. เครื่องทดสอบการทนต่อแรงกระแทก
10. เครื่องทดสอบความแข็ง แบบ Shore D
11. เครื่องวัดความหนาแน่น
12. เครื่องทดสอบการต้านทานความร้อนและการนำความร้อน
13. เครื่องทดสอบการดูดซึมน้ำและการพองตัว

วิธีการศึกษา

1. ศึกษาปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา เพื่อเป็นแนวทางในการลดจำนวนของสิ่งที่เหลือใช้แล้วนำมากำหนดปัญหาวิธีการลดจำนวน การวิเคราะห์ปัญหาและการพัฒนาปรับปรุงเพื่อนำมาผลิตเป็นชิ้นงานใหม่

2. สำรวจปัญหาในพื้นที่ ผู้วิจัยทำการลงสำรวจพื้นที่ ในเขต อ. เมือง จ.นนทบุรี และพื้นที่ใกล้เคียง เพื่อสำรวจเกี่ยวกับปริมาณของกล่องเครื่องดื่ม UHT ที่เหลือจากการบริโภค ซึ่งสำรวจจากร้านซื้อวัสดุเก่าที่มีอยู่หลายร้านในเขตพื้นที่ พบว่าในแต่ละวันจะมีกล่องเครื่องดื่ม UHT จำนวนมาก ส่วนหนึ่งนำกลับมาขายเพื่อนำไปรีไซเคิล แต่มีบางส่วนทิ้งปนไปกับขยะทั่วไปทำให้เกิดปัญหาต่อสภาพแวดล้อม คือกล่องเครื่องดื่ม UHT เป็นวัสดุที่ไม่ย่อยสลาย ทำให้เป็นปัญหาการอุดตันท่อระบายน้ำและลำคลองสาธารณะ จึงมีความคิดที่หาแนวทางจะลดการใช้วัสดุชนิดนี้ลง โดยนำกลับมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ต่อไป

3. กำหนดกระบวนการดำเนินการวิจัย

3.1 การเตรียมวัตถุดิบ โดยการนำกล่องเครื่องดื่ม UHT มาทำความสะอาดโดยการแกะล้างให้สะอาดแล้วดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1) ทำความสะอาดกล่อง UHT จากนั้น นำไปแช่น้ำ เป็นเวลา 8 ชั่วโมง
2) ปั่นเพื่อแยกเยื่อกระดาษออกโดยปั่นให้ละเอียดเป็นเวลา 30 นาที
3) ลดขนาดอลูมิเนียมฟอยล์ด้วยเครื่องบดละเอียด

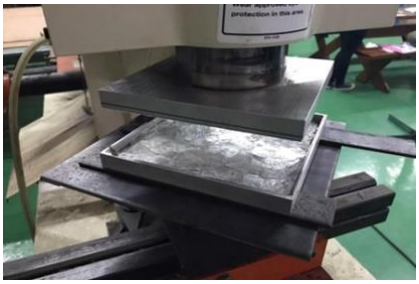
(a) หยาบ (b) ปานกลาง (c) ละเอียด

ภาพที่ 2 ชิ้นอลูมิเนียมฟอยล์ จากกล่อง UHT

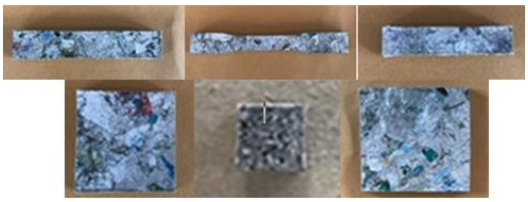
(a) (b) (c)

ภาพที่ 3 ขนาดชิ้นอลูมิเนียมฟอยล์ที่ใช้ทดลอง

3.2 การขึ้นรูปชิ้นทดสอบ โดยการนำอลูมิเนียมฟอยล์แต่ละขนาดใส่ลงในแม่แบบแล้วทำการอัดขึ้นรูป [3] ด้วยความร้อน โดยอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำไปอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิค ที่แรงอัด 6 บาร์ ,8 บาร์ และ 10 บาร์ แล้วปล่อยให้เย็นตัวจะได้ชิ้นงานที่มีลักษณะเป็นแผ่น แล้วตัดและขึ้นรูปเป็นชิ้นทดสอบตามขนาดมาตรฐานที่กำหนด



ภาพที่ 4 การอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิค



ภาพที่ 5 ชิ้นงานทดสอบจากกล่อง UHT รีไซเคิล

3.3 ทดสอบสมบัติทางกล [4]

3.3.1 การทดสอบการดัดโค้ง (Bending Test) นำชิ้นทดสอบที่จัดเตรียมไว้ ทำการทดสอบการดัดโค้งตามมาตรฐาน ASTM D 790 [5] โดยจะทดสอบชิ้นงานขนาดและแรงดันละ 5 ชิ้น ในการทดสอบจะมีระยะห่างฐานรองรับ 80 มิลลิเมตร มีน้ำหนักกด 10 กิโลนิวตัน และมีความเร็วในการกด 14 มิลลิเมตรต่อนาที ด้วยเครื่องทดสอบแรงดัด Nistron รุ่น 4466H1977 ซึ่งมีวิธีการดังนี้

1) จับชิ้นงานกับเครื่องทดสอบ

2) เพิ่มแรงกดอย่างช้า ๆ จนกระทั่งชิ้นงานแตกหัก

ภาพที่ 6 การดัดชิ้นงานชิ้นงานจนแตกหัก

ภาพที่ 7 ชิ้นงานหลังการทดสอบการดัดโค้ง

3.3.2 การทดสอบความต้านทานแรงดึง(Tensile Strength Test) นำชิ้นทดสอบที่จัดเตรียมไว้ ทำการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง ตามมาตรฐาน ASTM D 638 โดยจะทดสอบชิ้นงานขนาด และแรงดันละ 5 ชิ้น ด้วยเครื่องทดสอบ Universal Testing Machine มีวิธีการดังนี้

1) จับชิ้นงานเข้าเครื่องทดสอบ

2) ทำการดึงชิ้นงานโดย การเพิ่มแรงดึงอย่างช้า ๆ จนกระทั่งชิ้นงานขาดออกจากกัน

ภาพที่ 8 ชิ้นงานทดสอบขาดขณะทดสอบ

ภาพที่ 9 ชิ้นงานหลังการทดสอบแรงดึง

3.3.3 การทดสอบการทนต่อแรงกระแทก (Impact Test) นำชิ้นทดสอบที่จัดเตรียมไว้ ทำการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบแรงกระแทก ตามมาตรฐาน ASTM D7136 ชิ้นทดสอบจะถูกตีด้านเดียวกับรอยบากเพียงครั้งเดียว โดยจะทำการทดสอบขนาดและแรงดันละ 5 ชิ้น ด้วยเครื่องทดสอบแรงกระแทก ซึ่งมีวิธีการดังนี้

1) ทำการบากชิ้นงานทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D7136

ภาพที่ 10 ชิ้นงานที่บากเรียบร้อยแล้ว

2) จับชิ้นงานเข้าเครื่องทดสอบและทำการทดสอบ โดยการเหวี่ยงค้อนตีชิ้นงานทดสอบจากด้านหน้าของรอยบากชิ้นงานเพียงครั้งเดียว

ภาพที่ 11 การจับชิ้นงานเข้ากับเครื่องทดสอบแรงกระแทก

ภาพที่ 12 ชิ้นงานหลังจากการตีทดสอบ

3.3.4 การทดสอบความแข็ง(Hardness Test) นำชิ้นทดสอบที่จัดเตรียมไว้ มาทำการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบความแข็ง แบบ Shore D แบบเข็มส่วนปลาย โดยจะทำการทดสอบขนาดและแรงดันละ 5 ชิ้น ชิ้นละ 3 จุด ในการทดสอบจะทำการทดสอบด้วยเครื่อง Durometer Shore D น้ำหนักกด 5 kg. ตามมาตรฐานทดสอบ ASTM D 2240 มีวิธีการดังนี้

1) จับชิ้นงานเข้ากับเครื่องทดสอบแบบ Shore D โดยจัดวางตำแหน่งที่ทำเครื่องหมายไว้บนชิ้นงานให้อยู่ตรงกับหัวกดที่เป็นแบบเข็ม ใส่แรงกดให้หัวกดจับยึดชิ้นงาน

ภาพที่ 13 การจับชิ้นงานเข้าเครื่องทดสอบความแข็ง

2) เพิ่มแรงกด ขนาด 5 kg. ให้หัวกด กดลงบนผิวชิ้นงานสอบ โดยจะทำการกดทดสอบชิ้นงานละ 3 ครั้ง ในตำแหน่งที่ทำเครื่องหมายเอาไว้

ภาพที่ 14 การกดทดสอบความแข็งชิ้นงาน

3.4 การทดสอบสมบัติทางกายภาพ (Physical Properties Testing)

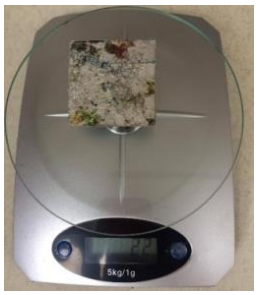
3.4.1 การทดสอบการดูดซึมน้ำ(Water Absorption Test) [6] นำชิ้นทดสอบที่จัดเตรียมไว้ ไปทำการทดสอบการดูดซึมน้ำ โดยจะทดสอบขนาดและแรงดันละ 5 ชิ้น ตามมาตรฐาน ASTM D 570 โดยการชั่งน้ำหนักก่อนและหลังการแช่น้ำ ซึ่งมีวิธีการดังนี้

1) ชั่งน้ำหนักก่อนทำการแช่น้ำ ด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล

2) นำชิ้นงานไปแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ภาพที่ 15 การแช่ชิ้นงานในน้ำ

3) ชั่งน้ำหนักหลังแช่น้ำ โดยการนำชิ้นงานที่แช่น้ำตามเวลาที่กำหนดแล้วมาทำให้ผิวแห้งแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก



ภาพที่ 16 การชั่งน้ำหนักชิ้นทดสอบหลังแช่น้ำ

3.4.2 การทดสอบการพองตัว(Thickness Swelling Test) [7] นำชิ้นทดสอบที่จัดเตรียมไว้ ไปทำการทดสอบการพองตัวโดยทำการวัดความหนาของชิ้นทดสอบก่อนและหลังการแช่น้ำ จะทดสอบชิ้นงานขนาดและแรงดันละ 5 ชิ้น ตามมาตรฐาน ASTM D 570 ซึ่งมีวิธีการดังนี้

1) ทำเครื่องหมายตำแหน่งที่จะวัดความหนาและทำการวัดความหนาของชิ้นงานก่อนแช่น้ำ

2) นำชิ้นงานทดสอบแช่ในน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ภาพที่ 17 การแช่ชิ้นงานในน้ำ

3) วัดความหนาชิ้นทดสอบหลังการแช่น้ำในตำแหน่งที่วัดครั้งแรก

ภาพที่ 18 การวัดขนาดชิ้นทดสอบหลังแช่น้ำ

3.4.3 การทดสอบความหนาแน่น(Density Test) [8] นำชิ้นทดสอบที่จัดเตรียมไว้ ไปทำการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบความหนาแน่นโดยการวัดค่าความหนาแน่นในอากาศและในน้ำ ตามมาตรฐาน ASTM D 792 จะทดสอบชิ้นงานขนาดและแรงดันละ 5 ชิ้น ด้วยเครื่องทดสอบ Densemiter รุ่น m–300y ซึ่งมีวิธีการดังนี้

1) เตรียมเครื่องทดสอบความหนาแน่น
2) นำชิ้นงานมาชั่งน้ำหนักในอากาศและในน้ำ

ภาพที่ 19 ชั่งน้ำหนักชิ้นทดสอบในอากาศ

ภาพที่ 20 ชั่งน้ำหนักชิ้นทดสอบในน้ำ

3.4.4 การทดสอบการต้านทานความร้อนและการนำความร้อน(Thermal Resistance and Thermal Conductivity Test) [9] นำชิ้นทดสอบที่จัดเตรียมไว้ ทำการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบการต้านทานความร้อนและการนำความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C 518 โดยจะทดสอบชิ้นงานขนาดและความดันละ 5 ชิ้น ด้วยเครื่องทดสอบ Hioki Heat Flow Logger LR8432 ซึ่งมีวิธีการดังนี้

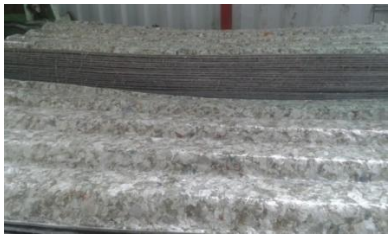
1) ทำการเตรียมเครื่องก่อนทำการทดสอบ ตั้งค่าโปรแกรมบนจอควบคุมแล้วนำชิ้นงานใส่เข้าเครื่องทดสอบและเริ่มการทดสอบโดยจะคำนวณผลให้โดยอัตโนมัติ

ภาพที่ 21 การเตรียมเครื่องทดสอบการต้านทานความร้อนและการนำความร้อน

2) นำชิ้นงานทดสอบใส่เข้าเครื่องทดสอบ โดยวางชิ้นงานบนแผ่นตัวให้ความร้อนของเครื่อง จากนั้นทำการปิดประตูเครื่องทดสอบและล็อคให้สนิท และทำการทดสอบ) การนำความร้อนสามารถอ่านค่าได้จากจอแสดงผล

ภาพที่ 22 การนำชิ้นงานเข้าเครื่องวัดความร้อน

3.5 **การผลิตวัสดุมุงหลังคา** จากการดำเนินการศึกษาและทดลอง ทำให้รู้ถึงสมบัติของวัสดุผสมอลูมิเนียมฟอยล์ จากกล่องเครื่องดื่ม UHT จากนั้นทำการเลือกวัสดุ โดยพิจารณาจากสมบัติทางกลและทางกายภาพที่ดีที่สุดที่ได้จากการทดลอง เพื่อผลิตเป็นแผ่นหลังคาชนิดแผ่นลอนคู่ ขนาด 99 x 240 ซม. หนา 5 มม.

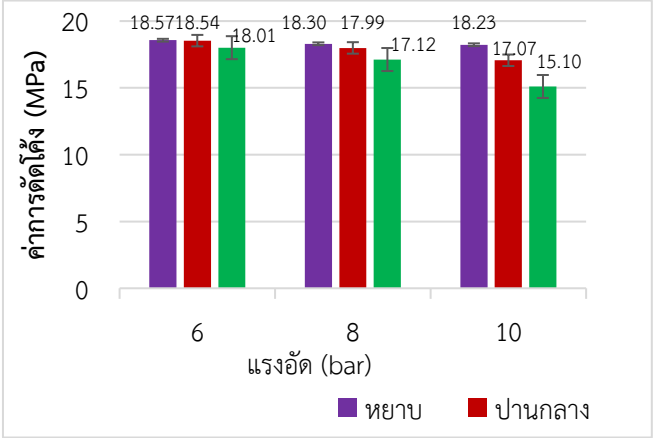


ภาพที่ 23 แผ่นหลังคาลอนใหญ่ ขนาด 99 x 240 ซม. หนา 5 มม.

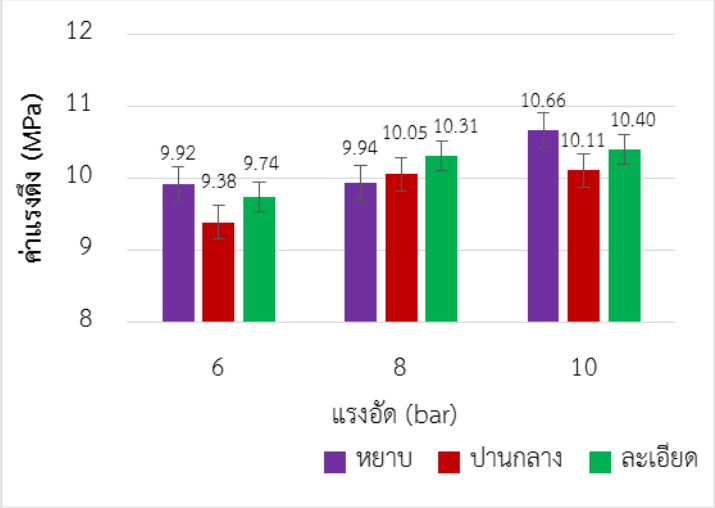
ผลการวิจัย

โครงการวิจัยได้ทำการศึกษาสมบัติทางกลและทางกายภาพของกล่องเครื่องดื่ม UHT วัสดุรีไซเคิล จากการย่อยชิ้นส่วนที่มีขนาดและแรงดันที่ใช้ในการขึ้นรูปที่แตกต่างกัน เป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งมาประยุกต์ใช้ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ให้มีความแข็งแรงทางกลและทางกายภาพมากขึ้นและเป็นการลดการใช้วัตถุดิบจากธรรมชาติ ช่วยลดปริมาณขยะจากกกล่อง UHT และเป็นการสร้างทางเลือกใหม่ให้กับวัสดุที่นำมาใช้งานทางด้านวิศวกรรม รวมทั้งยังช่วยลดการใช้พลังงานและช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม ซึ่งจากผลการวิจัยสามารถสรุปผลได้ดังนี้

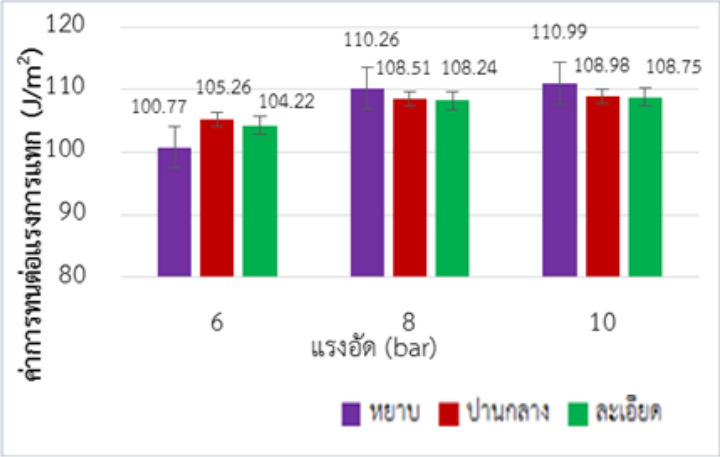
1) การทดสอบทางกล(Mechanical Properties)



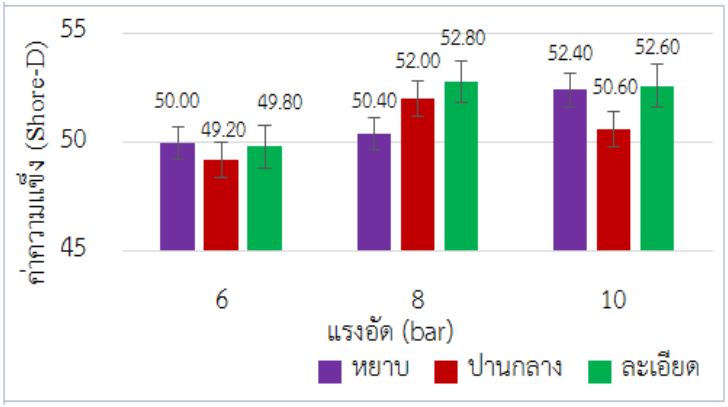
ภาพที่ 25 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดัดโค้ง แรงอัด และขนาดของอลูมิเนียมฟอยล์



ภาพที่ 26 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดึง แรงอัด และขนาดของอลูมิเนียมฟอยล์



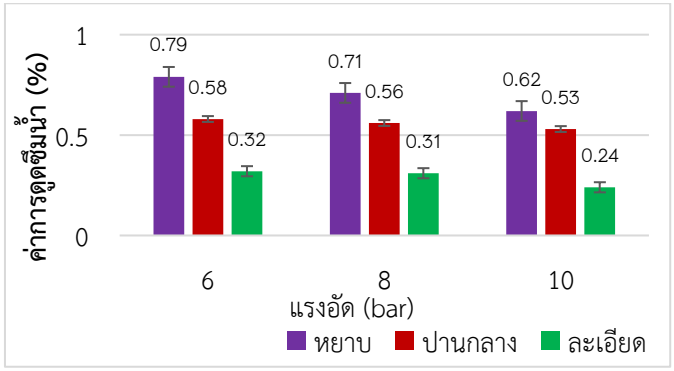
ภาพที่ 27 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างค่าการทนต่อแรงกระแทก แรงอัด และขนาดของอลูมิเนียมฟอยล์



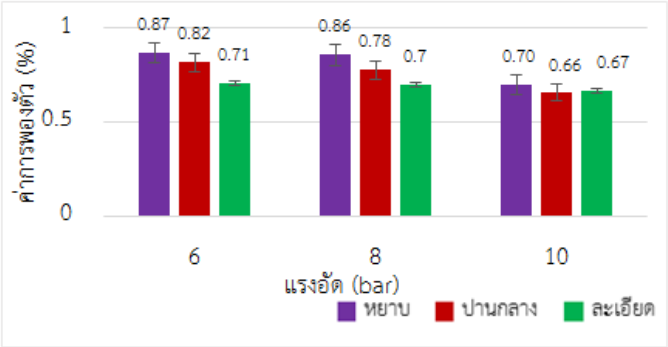
ภาพที่ 28 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็ง แรงอัด และขนาดของอลูมิเนียมฟอยล์

จากภาพที่ 25 – 28 จากการทดลองวัสดุผสมทั้ง 3 ขนาดที่ใช้แรงดันในการขึ้นรูปต่างกัน คือ 6 บาร์ 8 บาร์ และ 10 บาร์ พบว่าวัสดุผสมจากกล่องเครื่องดื่ม UHT ที่ขึ้นรูปจากวัสดุชิ้นขนาดใหญ่ ที่ใช้แรงดันในการขึ้นรูป 10 บาร์ จะมีสมบัติในการทนต่อการแตกหัก 18.23 MPa การต้านทานแรงดึง 10.66 MPa การต้านทานแรงกระแทก 110.99 J/m^2 ซึ่งสูงกว่าวัสดุผสมที่ขึ้นรูปจากวัสดุที่มีชิ้นส่วนขนาดกลางและขนาดเล็ก เนื่องจากชิ้นวัสดุผสมมีอลูมิเนียมฟอยล์ขนาดหยาบ ทำให้สามารถกระจายตัวได้สม่ำเสมอทั่วชิ้นงานและมีการเกาะตัวของโครงสร้างอลูมิเนียมฟอยล์ที่ห่างกว่าวัสดุผสมที่มีชิ้นอลูมิเนียมฟอยล์ขนาดเล็ก ทำให้มีการเคลื่อนตัวของโครงสร้างได้มากกว่า จึงสามารถต้านทานการแตกหักและมีการยืดหยุ่นตัวได้สูง ทำให้สามารถรับแรงได้ดี ยกเว้นความแข็ง ซึ่งมีค่า 52.40 Shore-D น้อยกว่าชิ้นส่วนที่มีขนาดละเอียดลงมาที่ความดันในการขึ้นรูปเดียวกันซึ่งมีความแข็ง 52.60 Shore-D เป็นเพราะว่าชิ้นส่วนขนาดเล็กเมื่ออัดที่ความดันสูงจะมีเนื้อแน่นทำให้ผิวแข็งมากยิ่งขึ้น

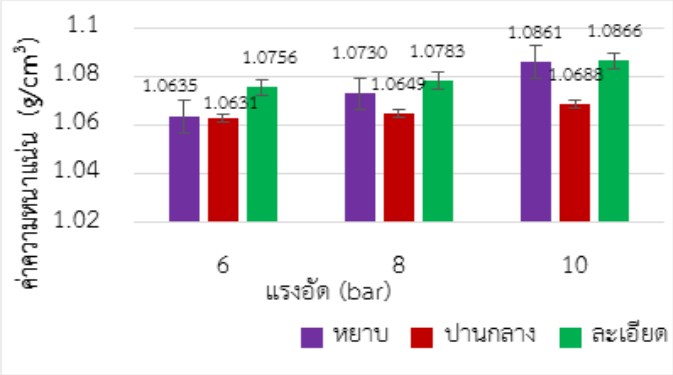
2) การทดสอบทางกายภาพ(Physical Properties)



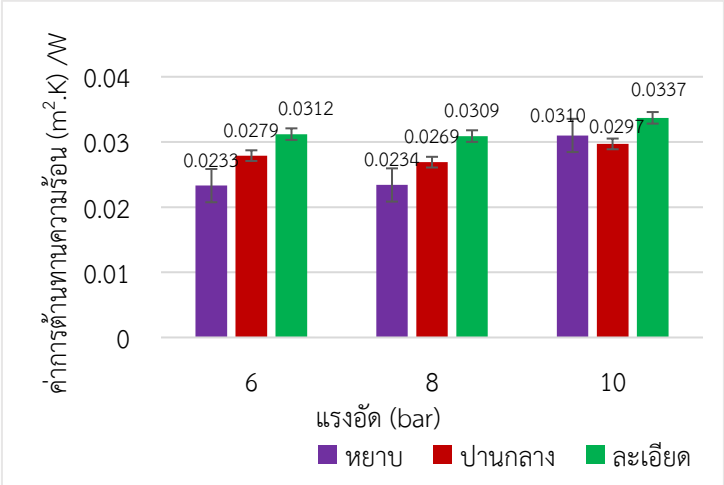
ภาพที่ 29 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซึมน้ำ แรงอัด และขนาดของอลูมิเนียมฟอยล์



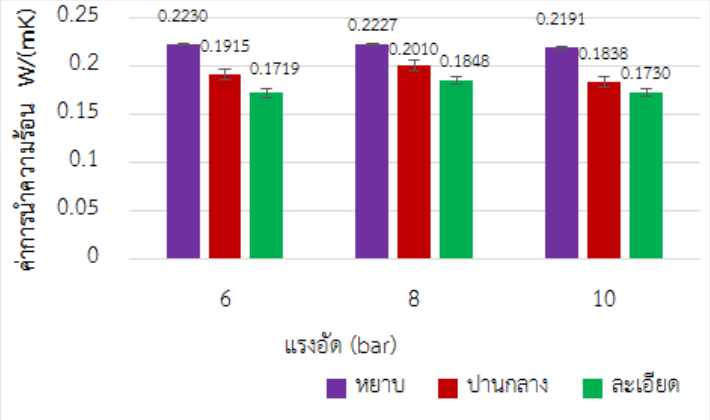
ภาพที่ 30 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างค่าการพองตัว แรงอัด และขนาดของอลูมิเนียมฟอยล์



ภาพที่ 31 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่น แรงอัด และขนาดของอลูมิเนียมฟอยล์



ภาพที่ 32 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างค่าการต้านทานความร้อน แรงอัด และขนาดของอลูมิเนียมฟอยล์



ภาพที่ 33 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำความร้อน แรงอัด และขนาดของอลูมิเนียมฟอยล์

จากภาพที่ 29–33 จากการทดลองพบว่าวัสดุผสมจากกล่องเครื่องดื่ม UHT ที่ขึ้นรูปจากวัสดุชิ้นขนาดใหญ่ ที่ใช้แรงดันในการขึ้นรูป 10 บาร์ จะมีสมบัติการดูดซึมน้ำ 0.62 เปอร์เซ็นต์ การพองตัว 0.70 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่น 1.086 g/m^3 การต้านทานความร้อน 0.031 m^2.K/W และการนำความร้อน 0.219 W/mK ซึ่งมีสมบัติน้อยกว่าวัสดุที่ขึ้นรูปจากชิ้นส่วนวัสดุที่มีขนาดเล็ก ที่มีสมบัติการดูดซึมน้ำ 0.24 เปอร์เซ็นต์ การพองตัว 0.67 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่น 1.087 g/m^3 การต้านทานความร้อน 0.034 m^2.K/W และการนำความร้อน 0.173 W/mK ดีกว่าวัสดุผสมชิ้นขนาดขนาดกลางและขนาดใหญ่ เนื่องจากชิ้นวัสดุผสมมีชิ้นขนาดเล็กทำให้กระจายตัวได้สม่ำเสมอทั่วชิ้นงานและมีการเกาะตัวของโครงสร้างอลูมิเนียมฟอยล์กับโพลีเมอร์ที่หนาแน่นกว่าวัสดุผสมที่มีชิ้นขนาดใหญ่ ทำให้มีเนื้อแน่น พองตัวและดูดซึมน้ำได้น้อย รวมทั้งการต้านทานและการนำความร้อน ซึ่งดีกว่าวัสดุผสมที่ขึ้นรูปจากชิ้นขนาดกลางและขนาดใหญ่

3. การสร้างผลิตภัณฑ์แผ่นมุงหลังคาจากวัสดุผสมกล่องเครื่องดื่ม UHT รีไซเคิล จากการดำเนินการศึกษาสมบัติของวัสดุ ทำให้สามารถรู้ถึงสมบัติของวัสดุผสมทั้ง 3 ขนาดที่ขึ้นรูปด้วยแรงดันที่แตกต่างกัน ทำให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดจากการทดลองแล้วสรุปผลเลือกวัสดุผสมที่มีสมบัติทางกลดีที่สุดนำมาผลิตเป็นแผ่นวัสดุมุงหลังคา 99 x 240 ซม. หนา 5 มม. ต่อไป โดยมีขั้นตอนการการผลิตดังนี้

ภาพที่ 34 ขั้นตอนการสร้างผลิตภัณฑ์จากแผ่นสังเคราะห์ ประเภทกล่องเครื่องดื่ม UHT

วิจารณ์และสรุปผล

จากการทดลองพบว่าวัสดุผสมที่ทำการย่อยจากกล่อง UHT รีไซเคิล ที่คัดแยกออกเป็น 3 ขนาด และทำการขึ้นรูปด้วยการอัดร้อนใช้แรงดันที่แตกต่างกัน คือ 6 บาร์, 8 บาร์ และ 10 บาร์ ปรากฏว่าชิ้นงานที่อัดขึ้นรูปวัสดุ ด้วยขนาดที่หยาบที่แรงดันสูง จะมีสมบัติทางกลสูง คือ ความต้านทานการดัดโค้ง การต้านทานแรงดึง การต้านทานแรงกระแทก แต่จะมีความแข็งผิวน้อยกว่าชิ้นส่วนขนาดเล็ก ซึ่งมีสมบัติการดูดซึมน้ำ การพองตัวต่ำ มีความหนาแน่นและ การต้านทานความร้อนสูง แต่มีค่าการนำความร้อนที่ต่ำ เนื่องจากชิ้นวัสดุผสมมีอลูมิเนียมฟอยล์ขนาดหยาบสามารถกระจายตัวได้ทั่วชิ้นงานและมีการเกาะตัวของโครงสร้างอลูมิเนียมฟอยล์ที่ห่างกว่าวัสดุผสมที่มีชิ้นอลูมิเนียมฟอยล์ขนาดเล็กทำให้มีช่องว่างระหว่างชิ้นส่วนภายในโครงสร้าง เมื่อมีแรงมากระทำให้เกิดการเคลื่อนตัวของโครงสร้างจึงสามารถรับแรงได้มากกว่า ดังนั้นวัสดุจึงสามารถต้านทานการแตกหักและมีการยืดหยุ่นตัวได้สูง ทำให้สามารถรับแรงได้ดี ยกเว้นความแข็ง ซึ่งมีค่าน้อยกว่าชิ้นส่วนที่มีขนาดเล็กลงมาที่ความดันในการขึ้นรูปเดียวกัน ในการพิจารณาเลือกวัสดุเพื่อผลิตเป็นแผ่นมุงหลังคาจะดูที่สมบัติทางกลเป็นหลักเพื่อความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์

ปาริชาติ ยศแก้ว, อภิสิทธิ์ โฆษิตชัยยงค์ และ ณรงค์ฤทธิ์ สมบัติสมภพ ได้ทำการวิจัย [10] เรื่องผลของปริมาณเส้นใยแก้วที่มีต่อสมบัติความทนต่อแรงดัดงอและความต้านทานการสึกหรอของวัสดุเชิงประกอบพอลิไวนิลคลอไรด์และผงไม้ พบว่า ความทนทานต่อการดัดงอมีค่าสูงขึ้นตามปริมาณเส้นใยแก้วทั้งนี้เป็นผลมาจากองค์ประกอบทางเคมี และลักษณะเฉพาะทางกายภาพของไม้ ส่วนสมบัติต้านทานการสึกหรอพบว่า การเติมเส้นใยแก้วในวัสดุเชิงประกอบ ส่งผลให้มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นทำให้อัตราการสึกหรอของวัสดุเชิงประกอบลดลง

ดังนั้นจากผลการทดลองจะเห็นว่าสมบัติทางกลของวัสดุผสมรีไซเคิลจากกล่องนม UHT จะแปรผันไปตามขนาดของชิ้นวัสดุในการผสมและแรงดันในการอัดขึ้นรูป อาจเนื่องจากชิ้นผสมขนาดหยาบมีการยึดตัวของชิ้นส่วนได้สูงจึงทำให้มีความแข็งแรงสูงกว่าชิ้นผสมที่มีชิ้นส่วนขนาดเล็ก เพราะชิ้นงานที่ขึ้นรูปจากชิ้นส่วนขนาดที่หยาบทำให้มีช่องว่างของโครงสร้างมาก จึงทำให้เกิดการดูดซึมน้ำและการพองตัวสูง และมีความหนาแน่น การต้านทานความร้อนและการนำความร้อนที่น้อยกว่าชิ้นงานที่ขึ้นรูปจากชิ้นส่วนขนาดละเอียดที่ความดันเดียวกัน ซึ่งสมบัติของวัสดุผสมอยู่ภายใต้ มอก.876-2547

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก งบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2560 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

เอกสารอ้างอิง

1. อิชิตันกรุ๊ป [อินเทอร์เน็ต]. 2556; สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 20 กันยายน 2560. ได้จาก http://www.set.or.th
2. อำพลฟูด [อินเทอร์เน็ต]. 2556; สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 2 ตุลาคม 2560. ได้จาก http://www.ampolfood.com/csr/recycle2.php
3. “การอัดขึ้นรูป” [อินเทอร์เน็ต]. 2558; สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 29 มีนาคม 2559. ได้จากhttp://www.assabth.com
4. จินตมัย สุวรรณประทีป. การทดสอบสมบัติทางกลของพลาสติก. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย)-ญี่ปุ่น. กรุงเทพฯ; 2547.
5. Annual Book of ASTM Standards. Standard test method for flexural properties of reinforced and unreinforced plastics and electrical insulating materials ASTM D790, Vol 08. Philadelphia; 1990.

6. “การดูดซึมน้ำ” [อินเทอร์เน็ต]. 2558; สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 31 มีนาคม 2559. ได้จาก http://www.thaicermicsociely.or.th
7. “การทดสอบการพองตัว” [อินเทอร์เน็ต]. 2558; สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 31 มีนาคม 2559. ได้จาก http://www.seem.kmutt.ac.th
8. “การทดสอบความหนาแน่น” [อินเทอร์เน็ต]. 2558; สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 20 กันยายน 2560. ได้จาก http://nuclear.rmutphysics.com/blog-sci2/?p=5487
9. “การทดสอบสภาพนำความร้อนของฉนวนกันความร้อนคอมโพสิต” [อินเทอร์เน็ต]. 2558; สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 31 มีนาคม 2559. ได้จาก http://lib3.dss.go.th/fulltextldss
10. ปาริชาติ ยศแก้ว, อภิสิทธิ์ โฆษิตชัยยงค์ และ ณรงค์ฤทธิ์ สมบัติสมภพ ได้ทำการวิจัย. ผลของปริมาณเส้นใยแก้วที่มีต่อสมบัติความทนต่อแรงดัดงอและความต้านทานการสึกหรอของวัสดุเชิงประกอบพอลิไวนิลคลอไรด์และผงไม้. กลุ่มวิจัยการผลิตและขึ้นรูปพอลิเมอร์. สาขาวิชาเทคโนโลยีวัสดุ. คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพฯ; 2555.