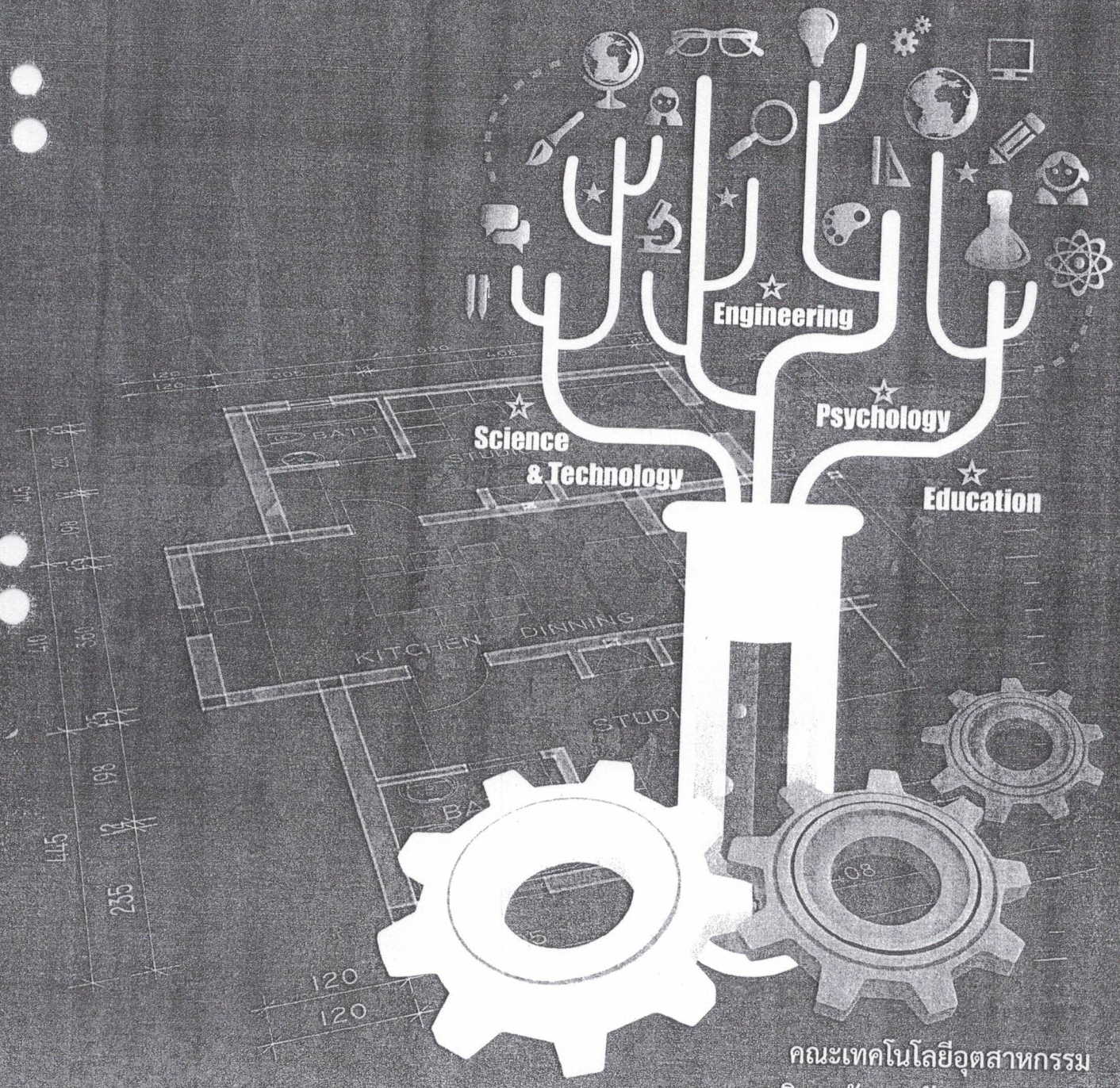
วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

ปีที่ 7 ฉบับที่ 1 มกราคม–มิถุนายน 2560
Vol. 7 No. 1 January – June 2017

JOURNAL OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY

UBON RATCHATHANI RAJABHAT UNIVERSITY



คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
ISSN 2229 - 1210

วารสารได้รับการประเมินคุณภาพให้อยู่ในฐานข้อมูล TCI กลุ่มที่ 1

วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
ปีที่ 7 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2560

เจ้าของ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

ที่ปรึกษา

อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
คณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ
รองคณบดีฝ่ายกิจการนักศึกษา
รองคณบดีฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.มนต์ชัย เทียนทอง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์ ดร.ระพีพันธ์ ปิตาคะโส	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัจฉรีย์ พิมพิมูล	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
อาจารย์ ดร.นัทธพงศ์ นันทสำเริง	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

วัตถุประสงค์และขอบเขตของวารสาร

วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นแหล่งเผยแพร่บทความวิจัย (Research Article) และบทความวิชาการ (Review Article) ของคณาจารย์ นักศึกษา และนักวิชาการทั้งภายในและภายนอกสถาบัน วารสารยินดีรับบทความที่มีขอบเขตเนื้อหาเกี่ยวข้องในศาสตร์ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี ครุศาสตร์อุตสาหกรรม และวิศวกรรมศาสตร์ทุกแขนง โดยทุกบทความจะต้องผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิ ไม่น้อยกว่า 2 ท่านต่อบทความ

กำหนดการออกวารสาร

ปีละ 2 ฉบับ ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม-มิถุนายน
ฉบับที่ 2 เดือนกรกฎาคม-ธันวาคม

บทความและงานวิจัยที่ลงพิมพ์เป็นข้อคิดเห็น ข้อค้นพบของผู้เขียนเท่านั้นและจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบต่อผลทางกฎหมายใด ๆ ที่อาจเกิดขึ้นจากบทความและงานวิจัยนั้น

วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
ปีที่ 7 ฉบับที่ 1 มกราคม–มิถุนายน 2560
ISSN : 2229 – 1210

1 การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านโดยใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือผ่านเครือข่ายสังคม
The Development of Flipped Classroom Using Collaborative Learning Through Social Network
.....อัจฉรา เชยเชิงวิทย์ และธีรพงษ์ วิริยานนท์.....

17 A Study on Kinetic Adsorption of Methyl Orange Dye by Activated Carbon Prepared from Banana Waste
.....Onuma Prachpreecha and Thodsaphon Prachpreecha.....

27 อิทธิพลของการสั่นสะเทือนเชิงกลต่อการเกิดฟลูอิดไดเซชันของอนุภาคในฟลูอิดไดซ์เบดแบบสั่น
The Effect of Mechanical Vibration on Fluidization of the Particles in the Vibrated Fluidized Bed
.....วันวิสาข์ กาญจนาภรณ์.....

211 การพัฒนาแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีความแข็งแรงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนสูงจากเส้นใยกากมะพร้าวและต้นข้าวโพด
Development of High Strength and Thermal Insulation Cement-Bonded Fiberboard from Coconut Meal and Corncob Fibers
.....ผกามาศ ชูสิทธิ์ และนิลมิต นิลาศ.....

225 **คำแนะนำสำหรับผู้เขียนบทความเพื่อการพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี**

237 **ขั้นตอนการตีพิมพ์**

238 **ผู้ทรงคุณวุฒิ**

การพัฒนาแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีความแข็งแรงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนสูงจากเส้นใยกากมะพร้าวและต้นข้าวโพด

ผกามาศ ชูสิทธิ์[1*] และนิลมิต นิลาศ[2]

[1]คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

[2] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

อีเมล์ : pakamas.c@rmutp.ac.th[1*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตการหาขนาดเหล็กตะแกรงที่เหมาะสม และการทดสอบคุณสมบัติของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีความแข็งแรงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนสูงจากเส้นใยกากมะพร้าว ต้นข้าวโพด และตะแกรงเหล็กใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ : ทราย : กากมะพร้าว : ต้นข้าวโพด : น้ำประปา : สารแคลเซียมคลอไรด์เท่ากับ 1 : 0.2 : 0.0125 : 0.0375 : 0.3 : 0.03 โดยน้ำหนักและเสริมเหล็กตะแกรงขนาดต่าง ๆ จำนวน 5 ขนาด ขึ้นรูปโดยเครื่องอัดและสั่นเขย่า ทดสอบคุณสมบัติตามมาตรฐาน มอก. 878-2537 จากผลการทดสอบ พบว่า ตะแกรงเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร และมีขนาดตะแกรง 1 นิ้ว (Ø1#1") เป็นขนาดตะแกรงเหล็กที่เหมาะสมที่สุดของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์และมีคุณสมบัติของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ต่าง ๆ ตามมาตรฐาน มอก. 878-2537 ได้แก่ ลักษณะขอบและผิวหน้ามีความเรียบได้ฉาก ปริมาณความชื้นร้อยละ 11 สัมประสิทธิ์การนำความร้อน 0.234 วัตต์ต่อเมตร.เคลวิน การพองตัวเมื่อแช่น้ำ ร้อยละ 0.777 ความต้านทานแรงดัด 19.16 เมกะพาสคัล มอดุลัสยืดหยุ่น 4,067 เมกะพาสคัลและความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า 0.4 เมกะพาสคัล แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่พัฒนานี้เป็นวัสดุที่มีความเป็นไปได้ในการใช้งานจริงและสามารถผลิตได้ด้วยเครื่องจักรขนาดเล็ก

คำสำคัญ : เส้นใยกากมะพร้าว เส้นใยต้นข้าวโพด แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ ความแข็งแรงสูง ฉนวนป้องกันความร้อน

Development of High Strength and Thermal Insulation Cement-Bonded Fiberboard from Coconut Meal and Corncob Fibers

Pakamas Choosit[1*] and Nilamit Nilas[2]

[1]Faculty of Industrial Education, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

[2]Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

E-mail : pakamas.c@rmutp.ac.th[1*]

Abstract

This research has the objectives to study the production, to find the proper size of steel wire mesh, and to test the properties of high strength and thermal insulation cement-bonded fiberboard from coconut meal, corncob fibers and steel wire mesh. The mixture ratio of cement-bonded fiberboard included Portland cement type 1 : sand : coconut meal fiber : corncob fiber : water : calcium chloride equal to 1 : 0.2 : 0.0125 : 0.0375 : 0.3 : 0.03 by weight. The 5 different sizes of steel wire mesh were reinforced in the middle layer of cement-bonded fiberboard. The samples were casted by the compression and sharking machine and tested the properties by following the TIS. 878-2537. From the results, the 1 mm of diameter and 1" of gab of steel wire mesh (Ø1#1") was the proper size to reinforce the cement-bonded fiberboard. The properties of this cement-bonded fiberboard ratio which follow the TIS. 878-2537 including perfect edge and surface, moisture 11%, thermal conductivity 0.234 W/m.K, swelling 0.777%, bending strength 19.16 MPa, elastic modulus 4,067 MPa, and tensile strength perpendicular to surface 0.4 MPa. This developing of cement-bonded fiberboard is possible to apply for real building construction and can produce by small machine.

Keywords : Coconut Meal Fiber, Corncob Fiber, Cement-Bonded Fiberboard, High Strength, Thermal Insulation

1. บทนำ

การพัฒนาแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีความแข็งแรงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนสูงจากเส้นใยกากมะพร้าวและต้นข้าวโพดเป็นการนำเศษวัสดุเหลือทิ้งที่ได้จากการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรของพืชเศรษฐกิจมาใช้เป็นแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์แทนที่แผ่นไม้เทียมที่ใช้เศษไม้หรือขี้เลื่อยเป็นส่วนประกอบ [1] ซึ่งเส้นใยกากมะพร้าวและต้นข้าวโพดเป็นวัสดุเหลือทิ้งที่มีปริมาณการทิ้งมากและยังไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์ โดยกากมะพร้าวเป็นขยะจากการคั้นกะทิ มีปริมาณประมาณ 5 แสนตันต่อปี และต้นข้าวโพดเป็นขยะจากการเพาะปลูก มีปริมาณประมาณ 4 ล้านตันต่อปี วัสดุทั้งสองชนิดมีส่วนประกอบของเส้นใยเซลลูโลส (Cellulose Fibers) เป็นวัสดุหลักซึ่งเป็นสายโมเลกุลยาวซ้ำ ยึดเกาะด้วยพันธะ C-O-C ในหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) จับกับหมู่ธาตุอื่น ๆ เรียงตัวเป็นระเบียบ (Crystalline) และระหว่างสายโมเลกุลมีการยึดด้วยพันธะไฮโดรเจนเป็นระยะ ทำให้วัสดุนี้มีคุณสมบัติเหนียว แข็งแรง น้ำหนักเบาและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี [2] เหมาะต่อการนำมาอัดเป็นแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์เพื่อลดต้นทุนการผลิตและช่วยกำจัดวัสดุเหลือทิ้ง ช่วยรักษาสภาพแวดล้อมลดการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด และสร้างรายได้ให้มากขึ้น [3]

จากการสำรวจความต้องการของผู้ประกอบการและผู้บริโภคเกี่ยวกับแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์หรือแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด พบว่า แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ในปัจจุบันมีปัญหาการแตกหักค่อนข้างง่าย ทำให้ไม่สามารถใช้งานได้นาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อนำไปใช้เป็นพื้นและขั้นบันไดของอาคาร นอกจากนี้ผู้ประกอบการและผู้บริโภคยังต้องการให้แผ่นวัสดุนี้มีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีมากขึ้น เพื่อลดความร้อนที่เข้าสู่ภายในอาคารและช่วยประหยัดพลังงาน [4] ทั้งนี้จึงมีการพัฒนาแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากเส้นใยกากมะพร้าวและต้นข้าวโพดให้มีคุณสมบัติด้านความแข็งแรงสูงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี

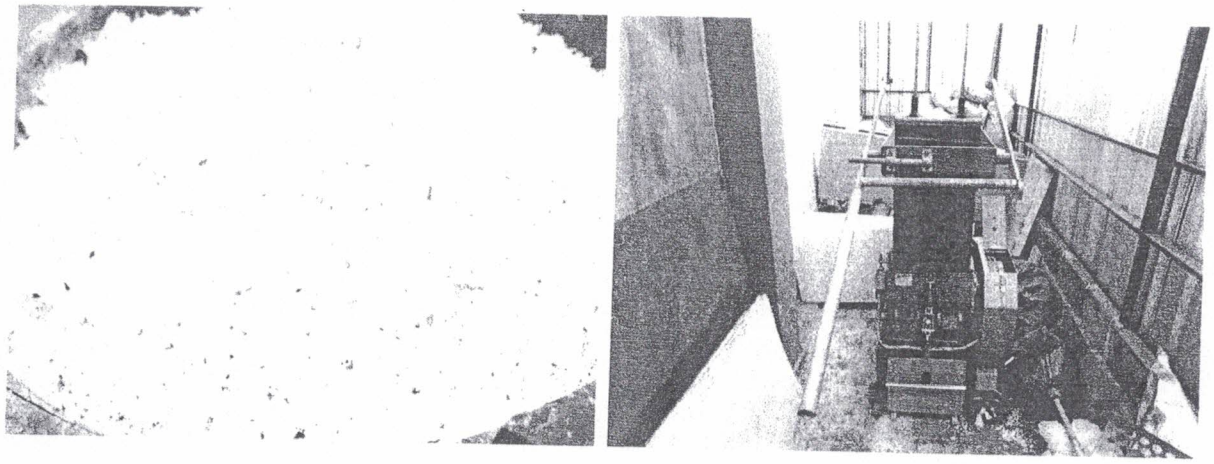
งานวิจัยนี้ ได้เลือกใช้เทคโนโลยีเฟอร์โรซีเมนต์ (Ferro-cement) ในการพัฒนาความแข็งแรง ซึ่งเป็นวิธีการเพิ่มความแข็งแรงให้กับผนังคอนกรีตเปลือกบางทั่วไปด้วยการเสริมตะแกรงเหล็กเข้าไปในส่วนกลางของผนังหรือแผ่นคอนกรีต เพื่อช่วยรับแรงดึงที่เกิดขึ้นเมื่อแผ่นคอนกรีตต้องรับน้ำหนักกดหรือแรงดัด [5] เมื่อนำมาประยุกต์ร่วมกับแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากเส้นใยกากมะพร้าวและต้นข้าวโพดแล้ว จะได้แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีความแข็งแรงสูง เป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีและต้นทุนต่ำ สามารถใช้งานได้หลากหลายตามความต้องการของผู้บริโภคหรือผู้ประกอบการ นอกจากนี้ ยังได้พัฒนากรรมวิธีการขึ้นรูปให้ทำได้ง่ายและแตกต่างจากแผ่นใยไม้ซีเมนต์ทั่วไป โดยการอัดน้ำหนักเฉพาะตอนขึ้นรูปและไม่ต้องค้างน้ำหนักไว้ จึงสามารถผลิตแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ชนิดนี้ได้โดยใช้เครื่องจักรขนาดเล็กซึ่งเหมาะกับวิสาหกิจชุมชนขนาดเล็ก

การพัฒนาแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากเส้นใยกากมะพร้าวและต้นข้าวโพด จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตหาขนาดเหล็กที่เหมาะสม และทดสอบคุณสมบัติของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีความแข็งแรงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนสูง

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้ใช้วัสดุและอุปกรณ์ต่าง ๆ ประกอบด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ทรายละเอียดกากมะพร้าว (รูปที่ 1ก) ต้นข้าวโพด จากเกษตรกรกลุ่มข้าวโพดหวาน ต.ธารเกษม อ.พระพุทธบาท จ.สระบุรีสารเร่งการก่อตัวแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) ตะแกรงเหล็กสี่เหลี่ยม ขนาดและระยะห่างต่าง ๆ จำนวน 5 ขนาด เครื่องผสมคอนกรีตเครื่องอัดแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์เครื่องบดย่อยเส้นใย พร้อมตะแกรงเบอร์ 4 (รูปที่ 1ข) ตะแกรงร่อนคัดแยกขนาด เครื่องชั่งน้ำหนักแบบหล่อขนาด 300 x 300 x 15 มิลลิเมตร ชุดทดสอบหาค่าความหนาแน่น ความชื้น และการดูดซึมน้ำเครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Universal Testing Machine) และเครื่องทดสอบสภาพนำความร้อน



(ก) (ข)

รูปที่ 1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย
(ก) กากมะพร้าว (ข) เครื่องบดย่อยเส้นใย

2.2 การออกแบบตัวอย่างแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์

จากผลการออกแบบอัตราส่วนผสม ขึ้นรูป และทดสอบแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากเส้นใยกากมะพร้าวและต้นข้าวโพดที่ผ่านมา [6] ทำให้ได้อัตราส่วนผสมที่เหมาะ จำนวน 1 อัตราส่วนซึ่งมีคุณสมบัติทางกลผ่านตามที่มาตรฐาน มอก. 878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง [7] กำหนด จากนั้นนำมาออกแบบเพื่อพัฒนาความแข็งแรงด้วยการเสริมตะแกรงเหล็ก จำนวน 5 ขนาด ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนโดยน้ำหนักและขนาดตะแกรงเสริมของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากกากมะพร้าวและเส้นใยต้นข้าวโพด

ขนาดตะแกรงเหล็ก	ปูนซีเมนต์	ทรายละเอียด	กากมะพร้าว	ต้นข้าวโพด	น้ำประปา	สาร $CaCl_2$	เหล็กตะแกรง	
							เส้นผ่านศูนย์กลาง	ช่องว่าง
ไม่เสริมเหล็กตะแกรง	1	0.2	0.0125	0.0375	0.3	0.03	-	-
Ø0.56#0.5”	1	0.2	0.0125	0.0375	0.3	0.03	0.56 mm	0.5”
Ø0.71#0.75”	1	0.2	0.0125	0.0375	0.3	0.03	0.71 mm	0.75”
Ø0.81#0.5”	1	0.2	0.0125	0.0375	0.3	0.03	0.81 mm	0.5”
Ø0.81#1”	1	0.2	0.0125	0.0375	0.3	0.03	0.81 mm	1”
Ø1#1”	1	0.2	0.0125	0.0375	0.3	0.03	1 mm	1”

2.3 การเตรียมตัวอย่างแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์

1) เตรียมเส้นใยต้นข้าวโพดและกากมะพร้าวให้พร้อมต่อการนำมาเป็นส่วนผสม โดยตากต้นข้าวโพดและกากมะพร้าวจนแห้ง เก็บกากมะพร้าวไว้สำหรับใช้เป็นส่วนผสม แต่ในส่วนของต้นข้าวโพดให้ย่อยขนาดด้วยเครื่องบดย่อยเส้นใย ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 โดยย่อยรวมกัน ทั้งในส่วนของลำต้นข้าวโพดและใบต้นข้าวโพด ได้เป็นเส้นใยจากต้นข้าวโพดสำหรับใช้เป็นส่วนผสม ทั้งนี้ จากการหาสัดส่วนของลำต้นข้าวโพดต่อใบต้นข้าวโพดเฉลี่ยโดยทั่วไป พบว่ามีค่าเท่ากับ 40 : 60 โดยน้ำหนัก ดังรูปที่ 2ก และ 2ข

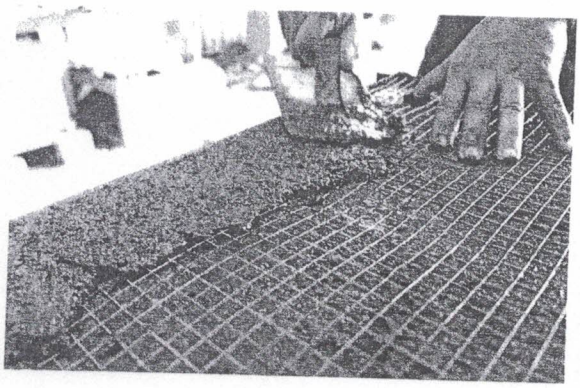
(ก) (ข)

รูปที่ 2 การเตรียมตัวอย่างแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ (ก) การแยกต้นข้าวโพดออกเป็นลำต้นข้าวโพดและใบต้นข้าวโพด (ข) เส้นใยต้นข้าวโพดทั้งในส่วนลำต้นและใบที่บดย่อยผ่านตะแกรงเบอร์ 4

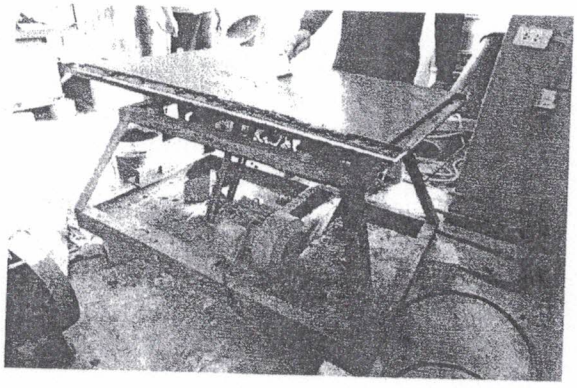
2) ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทรายละเอียด กากมะพร้าว เส้นใยจากต้นข้าวโพด และสารเร่งการก่อตัว เข้าด้วยกันอย่างสม่ำเสมอ ตามอัตราส่วนที่ออกแบบ

3) เตรียมแบบหล่อให้สะอาด และทาน้ำมันหล่อลื่นลงบนแบบเพื่อไม่ให้เกิดการติดแบบขณะถอดแบบ พร้อมทั้งตัดตะแกรงเหล็กเสริมแรง จำนวน 5 ขนาดและความถี่ ให้มีขนาดเล็กกว่าขนาดของแบบหล่อ 5 มิลลิเมตร

4) เทส่วนผสมลงในแบบหล่อ โดยแบ่งการเทออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนล่าง และส่วนบน ซึ่งมีความหนาแต่ละส่วนเท่ากับครึ่งหนึ่งของความหนาแบบหล่อ วางเหล็กตะแกรงเมื่อเทส่วนผสมส่วนล่างแล้ว จากนั้นจึงอัดแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปแบบสั่นเขย่าขนาด 30 x 30 x 1.5 เซนติเมตร (เป็นขนาดที่สามารถด้วยเครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (UTM) ได้ โดยไม่ต้องตัดแผ่นตัวอย่าง)หากต้องการผลิตแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ขนาดใหญ่ขึ้น ให้เทส่วนผสมลงบนโต๊ะสั่นเขย่าและลูกกลิ้งเหล็กในการบดอัด ดังรูปที่ 3ก และ 3ข



(ก)



(ข)

รูปที่ 3 การเตรียมตัวอย่างแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ (ก) การเทส่วนผสมส่วนบนลงบนเหล็กตะแกรงก่อนการอัดขึ้นรูป (ข) แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่อัดขึ้นรูปเรียบร้อยแล้ว

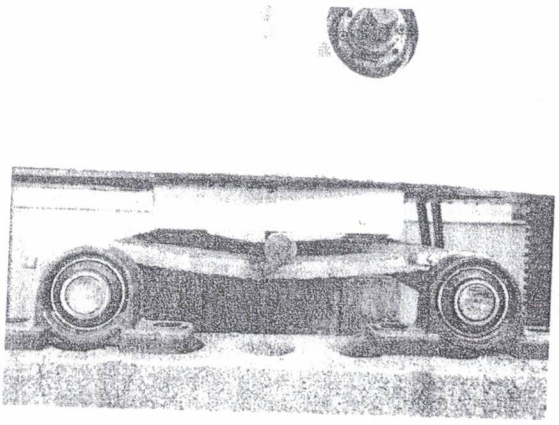
5) บ่มแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ด้วยกระสอบพรมน้ำตามระยะเวลาที่กำหนด

6) เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดในการบ่ม ได้ตัวอย่างแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูง สำหรับทดสอบสมบัติต่าง ๆ ต่อไป

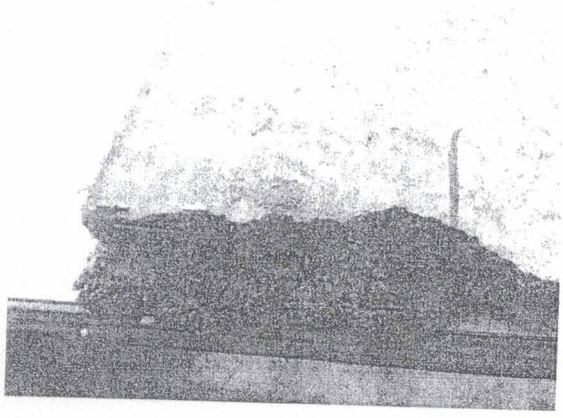
2.4 การทดสอบสมบัติของตัวอย่างแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์

ทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกลตามมาตรฐาน มอก. 878-2537 เรื่อง แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง [7] ประเภทผิวไม่ขัด (UNS) ประกอบด้วย ลักษณะทั่วไป (รูปที่ 4ก) ความหนาแน่นความชื้น สภาพนำความร้อนการพองตัวเมื่อแช่น้ำความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น (รูปที่ 4ข และ 4ค) และความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (รูปที่ 4ง)

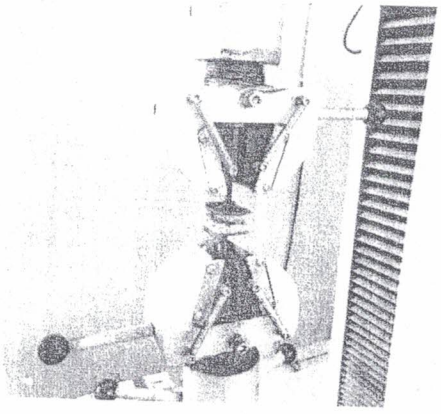
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 4 การทดสอบสมบัติของตัวอย่างแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ (ก) ลักษณะทั่วไป (ข) ความต้านทานแรงดัดและมอดุลัสยืดหยุ่น (ค) การวิบัติของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากแรงดัด (ง) ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

3. ผลการดำเนินการวิจัย

3.1 ผลการทดสอบลักษณะทั่วไป

เมื่อพิจารณาลักษณะทั่วไปของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงจากเส้นใยกากมะพร้าว ต้นข้าวโพดและตะแกรงเหล็กทั้งที่เสริมและไม่เสริมเหล็กตะแกรงโดยวิธีการสังเกตและการวัดขนาดโดยรวม ดังรูปที่ 4ก พบว่า แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ทั้งหมด มีลักษณะผ่านตามที่มาตรฐาน มอก. 878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง [7] กำหนด คือ ขอบและผิวหน้าของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ทั้งหมดมีความเรียบและได้ฉาก ทั้งนี้ เนื่องจากเหล็กตะแกรงที่เสริมลงไปในแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์มีการเว้นระยะหุ้มไว้ด้านละ 5 มิลลิเมตร จึงทำให้การเสริมเหล็กตะแกรงดังกล่าว ไม่มีผลต่อลักษณะของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์

3.2 ผลการทดสอบความหนาแน่น

จากผลการทดสอบความหนาแน่นของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากเส้นใยกากมะพร้าวและต้นข้าวโพด ทั้งที่เสริมและไม่เสริมเหล็กตะแกรงในรูปที่ 5ก พบว่า แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่ทดสอบมีความหนาแน่นแตกต่างกันตามขนาดและความถี่ของเหล็กตะแกรงที่นำมาเสริม เนื่องจากเหล็กตะแกรงเป็นวัสดุที่มีความหนาแน่นสูงเท่ากับ 7,850 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร [8] สูงกว่าความหนาแน่นของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากเส้นใยกากมะพร้าวและต้นข้าวโพดที่มีค่าเท่ากับ 1,994.04 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีความหนาแน่นสูงที่สุด คือ แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์เสริมเหล็กตะแกรงขนาด Ø0.81#0.5” รองลงมาคือ เสริมเหล็กตะแกรงขนาด Ø1#1”, Ø0.71#0.75”, Ø0.81#1”, Ø0.56#0.5” และไม่เสริมเหล็กตะแกรงมีความหนาแน่นต่ำที่สุด ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าผลการทดสอบที่ได้กับมาตรฐาน มอก. 878-2537 ซึ่งกำหนดให้มีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 1,100 – 1,300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร [7] พบว่า ความหนาแน่นของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่ได้มีค่ามากเกินกว่ามาตรฐานกำหนด ทั้งนี้ เป็นเพราะกระบวนการผลิตใช้วิธีการอัดและสั่นเขย่า ทำให้ไม่สามารถใส่เส้นใยกากมะพร้าวและต้นข้าวโพดที่มีความหนาแน่นต่ำได้มากเช่นเดียวกับการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์แบบเดิมที่ใช้วิธีการอัดน้ำหนักค้างไว้เป็นระยะเวลานาน ซึ่งสามารถใส่ชิ้นไม้หรือเส้นใยต่าง ๆ เพื่อลดความหนาแน่นหรือน้ำหนักได้มาก อย่างไรก็ตาม แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่พัฒนายังคงสามารถนำไปใช้งานได้ทั่วไป เนื่องจากมาตรฐาน มอก. 878-2537 เป็นประเภทที่ไม่บังคับให้แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ทั้งหมดต้องผ่านมาตรฐานนี้ [7]

3.3 ผลการทดสอบความชื้น

จากรูปที่ 5(ข)พบว่า ปริมาณความชื้นของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงจากเส้นใยกากมะพร้าว ต้นข้าวโพดและตะแกรงเหล็กทั้งหมดมีค่าใกล้เคียงกัน และอยู่ในช่วงที่มาตรฐาน มอก. 878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง [7] กำหนด คือ อยู่ระหว่างร้อยละ 9 ถึง 15 โดยแผ่นใยไม้อัดที่ขึ้นรูปทั้งหมดมีค่าปริมาณความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 10.9 ถึง 11.7 ทั้งนี้ความชื้นที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากการดูดซึมน้ำของพื้นผิวกากมะพร้าวและเส้นใยต้นข้าวโพดขณะทำการขึ้นรูป

3.4 ผลการทดสอบสภาพนำความร้อน

สภาพนำความร้อน เป็นคุณสมบัติที่สามารถวัดได้จากค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการถ่ายเทอุณหภูมิของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่ง หากแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์มีสภาพนำความร้อนต่ำแสดงว่ามีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี แต่ถ้าแผ่นซีเมนต์มีสภาพนำความร้อนสูงแสดงว่าแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์มีการนำความร้อนที่ดี จากรูปที่ 5ค พบว่าเหล็กตะแกรงที่เสริมในแผ่นใยไม้อัดมีผลทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเพิ่มสูงขึ้น แต่ก็ยังคงมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 878-2537 เรื่อง แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง [7] กำหนด คือ ไม่เกิน 0.25 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน ทั้งนี้ สัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ได้ มีความแปรผันตรงตามความหนาแน่น โดยแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีความหนาแน่นต่ำ จะมีค่าสภาพการนำความร้อนต่ำ ส่วนที่มีความหนาแน่นสูง ก็จะมีค่าสภาพการนำความร้อน

เช่นเดียวกัน [10] กล่าวคือ แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีสภาพนำความร้อนต่ำที่สุด คือ แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่ไม่เสริมตะแกรงเหล็ก รองลงมาคือ แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์เสริมเหล็กตะแกรงขนาด Ø0.71#0.75", Ø1#1", Ø0.56#0.5", Ø0.81#1" และ Ø0.81#0.5" มีสภาพนำความร้อนต่ำที่สุด ตามลำดับ

3.5 ผลการทดสอบการพองตัวเมื่อแช่น้ำ

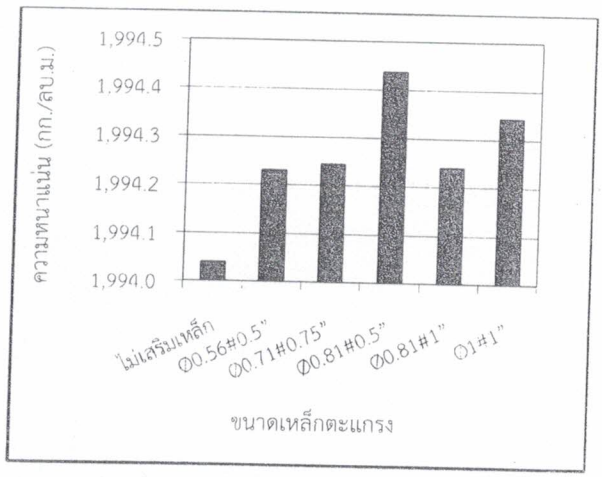
การพองตัวของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงจากเส้นใยกากมะพร้าว ต้นข้าวโพด และตะแกรงเหล็ก เมื่อแช่น้ำเป็นคุณสมบัติที่มีความสำคัญต่อการใช้งาน เนื่องจากแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์เป็นวัสดุที่นิยมนำมาติดตั้งบริเวณภายนอกอาคาร ต้องสัมผัสฝนและความชื้นค่อนข้างมาก ซึ่งผลการทดสอบการพองตัวของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ทั้งที่เสริมและไม่เสริมเหล็กตะแกรง สามารถแสดงได้ ดังรูปที่ 5ง พบว่า การพองตัวของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ทั้งหมดมีค่าใกล้เคียงกัน และอยู่ในช่วงที่มาตรฐาน มอก. 878-2537 เรื่อง แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง [7] กำหนด คือ มีค่าไม่เกิน ร้อยละ 2 ทั้งนี้เป็นผลมาจากแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ทั้งหมดมีปริมาณของปูนซีเมนต์ที่มากเพียงพอต่อการยึดเนื้อของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ไม่ให้พองตัวมากเมื่อมีการแช่น้ำได้ [11] นอกจากนี้การเสริมเหล็กตะแกรงก็มีแนวโน้มช่วยให้การพองตัวของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์มีค่าลดลง

3.6 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดัด

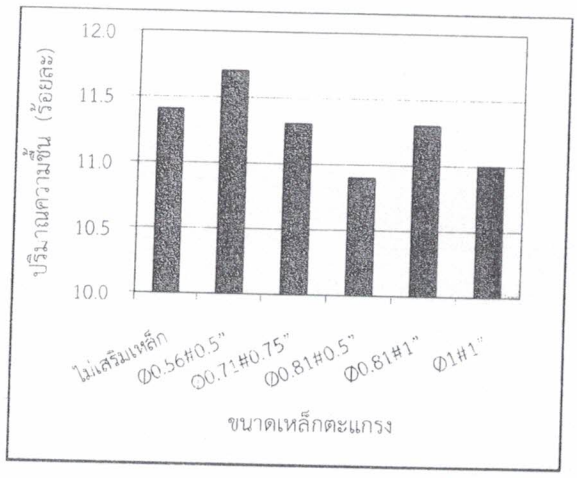
ผลจากการทดสอบความต้านทานแรงดัดของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ทั้งหมดในรูปที่ 5จ ซึ่งเป็นสมบัติทางกลที่แสดงความสามารถในการรับแรงดัดเมื่อใช้งานพบว่า ความต้านทานแรงดัดของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ทั้งหมดมีความแตกต่างกันเป็นผลมาจากความแข็งแรงเฉพาะตัว รูปร่างลักษณะ ความสามารถในการยึดเหนี่ยวการเรียงตัวของกากมะพร้าวและเส้นใยต้นข้าวโพด [12] ตลอดจนขนาดและระยะห่างของตะแกรงเหล็กที่เสริม โดยตะแกรงเหล็กขนาด Ø1# 1" มีค่าความต้านทานแรงดัดสูงที่สุด รองลงมาคือ ขนาด Ø0.81#0.5", Ø0.71#0.75", Ø0.56#0.5", Ø0.81#1" และไม่มีการเสริมเหล็กตะแกรงมีค่าความต้านทานแรงดัดต่ำที่สุดตามลำดับ เมื่อเทียบกับมาตรฐาน มอก. 878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง [7] ที่กำหนดให้ความต้านทานแรงดัดต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 9 เมกะพาสคัล เห็นได้ว่า แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ทั้งหมดสามารถผ่านตามมาตรฐานกำหนดได้ ทั้งนี้ เป็นผลมาจากการเสริมเหล็กตะแกรงเข้าไป มีส่วนช่วยรับแรงดึงระหว่างของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์เมื่อต้องรับแรงดัดได้ดี

3.7 ผลการทดสอบมอดุลัสยืดหยุ่น

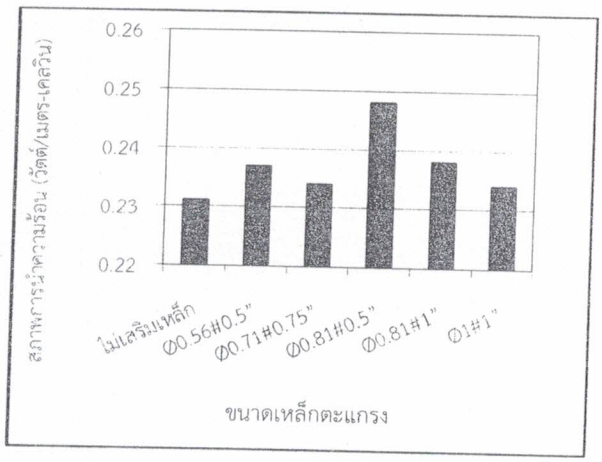
สำหรับผลการทดสอบมอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงจากเส้นใยกากมะพร้าวและต้นข้าวโพด ทั้งที่เสริมและไม่เสริมตะแกรงเหล็กในรูปที่ 5ฉ พบว่า แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่เสริมตะแกรงเหล็กทั้ง 5 ขนาดมีค่ามอดูลัสความยืดหยุ่นน้อยใกล้เคียงกันโดยจะมีค่าสูงกว่าแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่ไม่มีการเสริมตะแกรงเหล็ก มอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ทั้งหมดมีค่าสูงกว่า 3,000 เมกะพาสคัล ผ่านตามที่มาตรฐาน มอก. 878-2537 เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ : ความหนาแน่นสูง กำหนด [7] ซึ่งความสอดคล้องกับสมบัติอื่น ๆ ที่แสดงถึงความแข็งแรง ที่มากขึ้น ได้แก่ ความต้านทานแรงดัด และความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า [12]


ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)
1,994.5
1,994.4
1,994.3
1,994.2
1,994.1
1,994.0
ไม่เสริมเหล็ก
Ø0.56#0.5"
Ø0.71#0.75"
Ø0.81#0.5"
Ø0.81#1"
Ø1#1"
ขนาดเหล็กตะแกรง

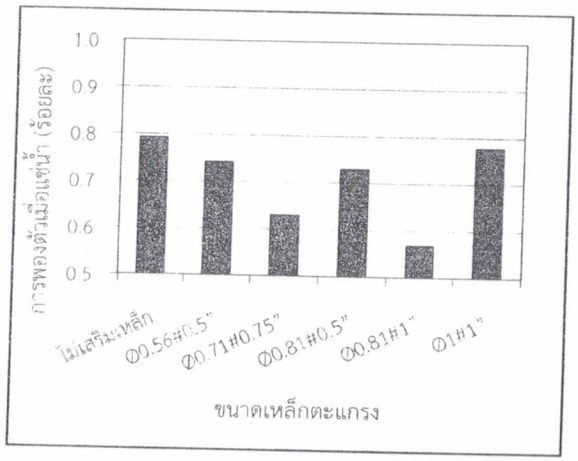
(ก)


ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)
12.0
11.5
11.0
10.5
10.0
ไม่เสริมเหล็ก
Ø0.56#0.5"
Ø0.71#0.75"
Ø0.81#0.5"
Ø0.81#1"
Ø1#1"
ขนาดเหล็กตะแกรง

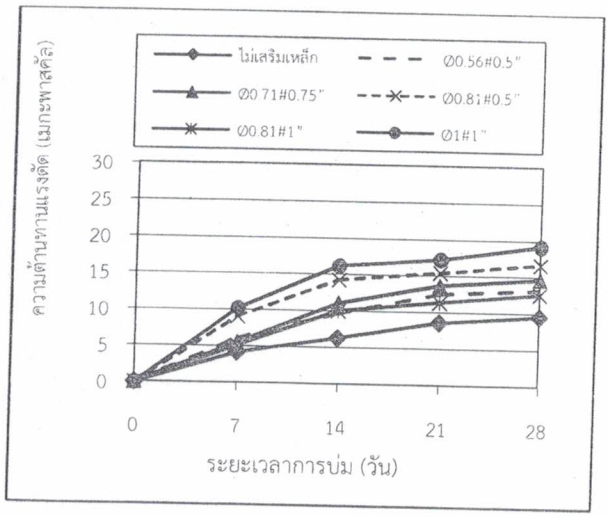
(ข)


สภาพนำความร้อน (วัตต์/เมตร-เคลวิน)
0.26
0.25
0.24
0.23
0.22
ไม่เสริมเหล็ก
Ø0.56#0.5"
Ø0.71#0.75"
Ø0.81#0.5"
Ø0.81#1"
Ø1#1"
ขนาดเหล็กตะแกรง

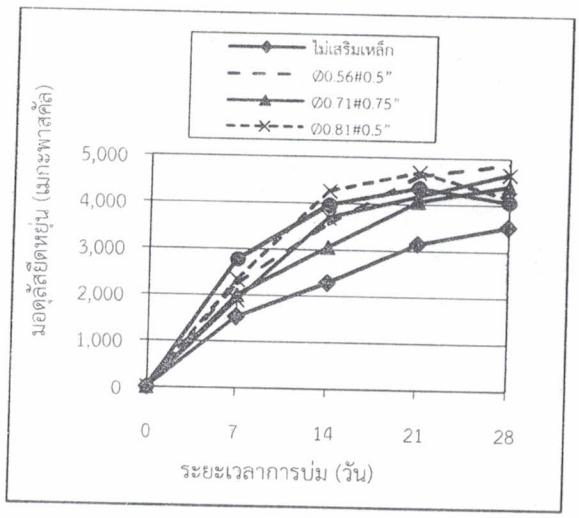
(ค)


การพองตัวเมื่อแช่น้ำ (ร้อยละ)
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
ไม่เสริมเหล็ก
Ø0.56#0.5"
Ø0.71#0.75"
Ø0.81#0.5"
Ø0.81#1"
Ø1#1"
ขนาดเหล็กตะแกรง

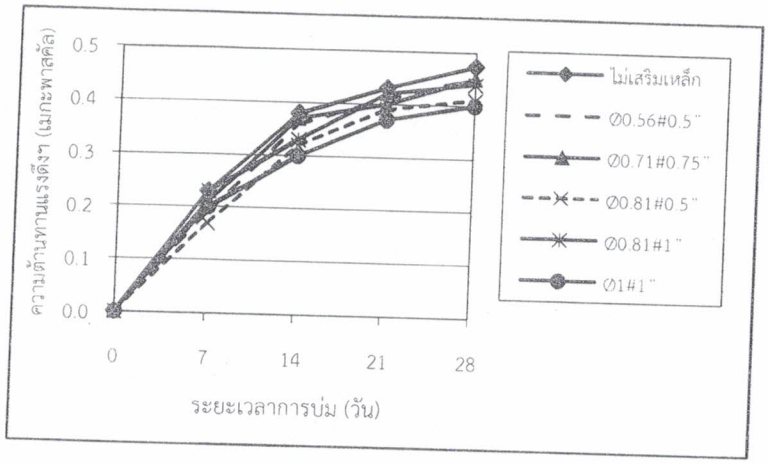
(ง)


ความต้านทานแรงอัดคลัง (เมกะพาสคัล)
ไม่เสริมเหล็ก
Ø0.56#0.5"
Ø0.71#0.75"
Ø0.81#0.5"
Ø0.81#1"
Ø1#1"
30
25
20
15
10
5
0
0
7
14
21
28
ระยะเวลาการบ่ม (วัน)

(จ)


มอดุลัสยืดหยุ่น (เมกะพาสคัล)
ไม่เสริมเหล็ก
Ø0.56#0.5"
Ø0.71#0.75"
Ø0.81#0.5"
5,000
4,000
3,000
2,000
1,000
0
0
7
14
21
28
ระยะเวลาการบ่ม (วัน)

(ฉ)



(ช)

รูปที่ 15 ผลทดสอบสมบัติของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ (ก) ความหนาแน่น (ข) ปริมาณความชื้น (ค) สภาพการนำความร้อน (ง) การพองตัวเมื่อแช่น้ำ (จ) ความต้านทานแรงดัด (ฉ) มอดุลัสยืดหยุ่น (ช) ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

3.8 ผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า เป็นสมบัติทางกลของแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงจากเส้นใยกากมะพร้าว ต้นข้าวโพด และตะแกรงเหล็ก ซึ่งมีความสำคัญเช่นเดียวกับความต้านทานแรงดัด เพราะเป็นสมบัติที่แสดงถึงความทนทานและความแข็งแรงของผิวหน้า โดยมาตรฐาน มอก. 878-2537 กำหนดให้แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ต้องมีความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าสูงกว่า 0.5 เมกะพาสคัล [7] จากรูปที่ 5ช พบว่า การเสริมเหล็กตะแกรงลงในแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จะมีผลต่อคุณสมบัติด้านความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าที่ลดลงจนต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด เป็นผลมาจากการวางแนวของเหล็กตะแกรงจะอยู่ในแนวขนานกับผิวหน้า ทำให้การเสริมเหล็กตะแกรงไม่สามารถช่วยให้แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์รับแรงดึงได้มากขึ้น แต่จะทำให้ค่าความต้านทานแรงดึงดังกล่าวลดลง เพราะการเสริมเหล็กตะแกรงจะลดพื้นที่รับแรงดึงลง [13]

4. สรุป และข้อเสนอแนะ

จากผลการดำเนินงานสามารถสรุปแบ่งเป็นข้อ ๆ ตามวัตถุประสงค์ได้ ดังต่อไปนี้

4.1 แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีความแข็งแรงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนสูงจากเส้นใยกากมะพร้าวต้นข้าวโพดและตะแกรงเหล็ก สามารถผลิตได้จากการบดย่อยเส้นใยข้าวโพดและตากแห้งกากมะพร้าว การผสมส่วนผสมให้เข้ากัน การอัดขึ้นรูปด้วยการสั่นเขย่าและกดอัด การเสริมตะแกรงเหล็กไว้กลางแผ่น และการบ่มแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ให้แข็งแรง โดยใช้อัตราส่วนของแผ่นซีเมนต์ใยอัดซีเมนต์จากเส้นใยกากมะพร้าวและต้นข้าวโพดประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 : ทรายละเอียด : กากมะพร้าว : ต้นข้าวโพด : น้ำประปา :

สารแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) เท่ากับ 1 : 0.2 : 0.0125 : 0.0375 : 0.3 : 0.03 โดยน้ำหนัก ทั้งนี้ อัตราส่วนผสมและวิธีการผลิตที่พัฒนาขึ้นเหมาะสำหรับการผลิตแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ภายในท้องถิ่น หรือวิสาหกิจชุมชนที่ไม่ต้องการลงทุนซื้อเครื่องจักรขนาดใหญ่ที่มีราคาสูงและใช้พื้นที่ในการติดตั้งมาก

4.2 ขนาดที่เหมาะสมของเหล็กตะแกรงสำหรับเสริมในแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ คือ ตะแกรงเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร และมีช่องว่าง 1 นิ้ว (Ø1#1") โดยสามารถช่วยให้แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์รับความต้านทานแรงดัดได้สูงขึ้นมากที่สุด

4.3 ผลการทดสอบแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีความแข็งแรงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนสูงจากเส้นใยกากมะพร้าวต้นข้าวโพดและตะแกรงเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร และมีช่องว่าง 1 นิ้ว (Ø1#1") ซึ่งมีความต้านทานแรงดัดสูงที่สุด มีคุณสมบัติต่างๆ ตามมาตรฐาน มอก. 878-2537 ได้แก่ ลักษณะขอบและผิวหน้ามีความเรียบและได้ฉาก ความหนาแน่น 1,994.34 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ปริมาณความชื้น ร้อยละ 11 สัมประสิทธิ์การนำความร้อน 0.234 วัตต์ต่อเมตร.เคลวิน การพองตัวเมื่อแช่น้ำ ร้อยละ 0.777 ความต้านทานแรงดัด 19.16 เมกะพาสคัล มอดุลัสยืดหยุ่น 4,067 เมกะพาสคัลและความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า 0.4 เมกะพาสคัล

ในการศึกษาต่อไปควรพัฒนาแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ความแข็งแรงสูงจากกากมะพร้าว เส้นใยต้นข้าวโพดและตะแกรงเหล็กให้เป็นฉนวนป้องกันความร้อนได้ดีขึ้น โดยการผสมสารที่สามารถช่วยลดค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนได้ นอกจากนี้ ควรลดความหนาแน่นให้มีค่าระหว่าง 1,100 – 1,300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยการใช้มวลรวมน้ำหนักเบาหรือการเพิ่มช่องว่างภายในแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ และควรเพิ่มความต้านทานแรงดึงที่ผิวหน้าให้สูงกว่า 0.5 เมกะพาสคัล โดยการเสริมเส้นใยที่ช่วยในการรับแรงดึงที่ผิวหน้าได้ดียิ่งขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ประจำปี 2559 ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Department of Industrial Promotion. Wood cement board. Industrial Journal. 1996; 38 : 34-8. (in Thai)
กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. ไม้อัดซีเมนต์. อุตสาหกรรมสาร. 2539; 38 : 34-8.

[2] Saksit Srisaeng, Upawit Suwakuntakul, Soodchai Ngaosiprai. A study of proper mix design for hollow non-load-bearing concrete masonry units which be comprised of Portland cement, sand, and coconut fibers. Journal of Industrial Education. 2007; 1(1) : 77-87. (in Thai)

ศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง, อุปวิทย์ สุวคันธกุล, สุดใจ เหง้าสีไพร. การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุผสมสำหรับคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และเส้นใยมะพร้าว. วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา. 2550; 1(1) : 77-87.

[3] Nanthaporn Sutthiphapa, Jirayu Yuenyong Patumtip Ukham. The factors that affecting the behavior of reducing by undergraduate of Science Faculty, Ubon Ratchathani Rajabhat University. Journal of Industrial Technology Ubon Ratchathani Rajabhat University. 2016; 6(2) : 32-50. (in Thai)
นันทพร สุทธิประภา, จิรายุ ยืนยง, ปทุมทิพย์ อุคำ. ปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการลดปริมาณขยะของนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี. วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี. 2559; 6(2) : 32-50.

[4] Suwat Theparak. Natural resources and environmental problems resolved following the Royal Initiatives. Siamrath Weekly Review. 2007; 55(10) : 12-3. (in Thai)
สุวัฒน์ เทพอารักษ์. การแก้ไขปัญหาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมตามแนวพระราชดำริ. สยามรัฐสัปดาห์วิจารณ์. 2550; 55(10) : 12-13.

[5] Krongsak Lunlar, Siam Duangchanchot, Asanee Vieng-ngen. An Axial Compression Experiment for the Ferrocement-confined Concrete Specimens [project]. Khon Kaen : Khon Kaen University; 2010. (in Thai)
ครองศักดิ์ ลุนหล้า, สยาม ดวงจันทร์โชติ, อัสนีย์ เวียงเงิน. การทดสอบแรงอัดตามแนวแกนสำหรับตัวอย่างคอนกรีตที่เสริมด้วยเฟอร์โรซีเมนต์ [สารนิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต]. ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2553.

[6] Pakamas Choosit, Phanudej Kudngaongarm. The Application of Natural Fibers Obtained from the Mixtures of Coconut Meal and Corncobs in Cement-Bonded Fiberboard. Bangkok : Rajamangala University of Technology Phra Nakhon; 2013. (in Thai)
ผกามาศ ชูสิทธิ์, ภาณุเดช ขัดเงางาม. การพัฒนาแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์จากการประยุกต์ใช้เส้นใยธรรมชาติจากกากมะพร้าวและต้นข้าวโพด. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร; 2556.

[7] Thai Industrial Standards Institute (TISI). Thai Industrial Standard : Cement bonded particleboards : high density (TIS. 878-2537). Bangkok : Thai Industrial Standards Institute; 1994. (in Thai)
สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่องแผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ความหนาแน่นสูง มอก. 878-2537. กรุงเทพฯ : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม; 2537.

[8] Thaksin Thepchatri, Akhrawat Lenwari. Behavior and design of steel structures. Bangkok : Chulalongkorn University Press; 2010. (in Thai)
ทักษิณ เทพชาตรี, อัครวัชร เล่นวารี. พฤติกรรมและการออกแบบโครงสร้างเหล็ก. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2553.

[9] Pawadee Methacanon, Woratham Oonjittichai. Particleboard Property Made of Wastes from Eucalyptus sp. With Environmental Friendly Adhesives. Pathum Thani : National Metal and Materials Technology Center; 2004. (in Thai)
ภาวดี เมธะคานนท์, วรธรรม อุ่นจิตติชัย. สมบัติของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดผลิตจากกาวที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม. ปทุมธานี : ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ; 2547.

[10] Tanunchai Pakunworakij, Pantuda Puthipiroj, Woratham Oonjittichai, Panjira Tisavipat. Thermal resistance efficiency of building insulation material from agricultural waste. Journal of Architectural/Planning Research and Studies. 2006; 4 : 3-13. (in Thai)
ธนัญชัย ปคุณวรกิจ, พันธุดา พุฒิไพโรจน์, วรธรรม อุ่นจิตติชัย, พรรณจิรา ทิศาวิภาต. ประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของฉนวนอาคารจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร. วารสารวิจัยและสาระสถาปัตยกรรม/การผังเมือง. 2549; 4 : 3-13.

[11] Pablo AA. Wood-cement boards from wood wastes and fast-growing plantation species for low cost housing. The Philippine Lumberman. 1989; 35 : 8–53.

[12] Bledzki AK, Gassan J. Composites reinforced with cellulose based fibers. Progress in Polymer Science. 1999; 24(2) : 221-74.

[13] Wichitra Charoenchai. A study of using natural fiber as reinforced material in Poly propylene [thesis]. Bangkok : King Mongkut's University of Technology Thonburi; 2000. (in Thai)
วิจิตรา เจริญชัย. การศึกษาการใช้เส้นใยธรรมชาติเป็นวัสดุเสริมแรงในโพลีโพรพิลีน [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี; 2543.

ผู้ทรงคุณวุฒิ

ผู้ทรงคุณวุฒิที่พิจารณาบทความวารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ปีที่ 7 ฉบับที่ 1

1. รองศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมชัย พาวัฒนา	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
2. รองศาสตราจารย์ ดร.มนต์ชัย เทียนทอง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
3. รองศาสตราจารย์ ดร.มนตรี ศิริปรัชญานันท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
4. รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา ยงเจริญ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
5. รองศาสตราจารย์ ดร.พานิช วุฒิพฤกษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
6. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชมพูนุท เกษมเศรษฐ์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
7. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธารชุดา พันธ์นิกุล	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
8. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เบญจลักษณ์ เมืองมีศรี	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
9. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุดาพร ตังควนิช	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
10. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพรรณ สุดสนธิ์	มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
11. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิสา ทรงศรีวิทยา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
12. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัจฉรีย์ พิมพิมูล	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
13. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธรัช อารีราษฎร์	มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
14. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิติพงษ์ อุ่นใจ	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
15. ดร.กนกวรรณ สุภักดี	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
16. ดร.นภวรรณ ชาติมนตรี	มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ
17. ดร.พันตรี โคมพิทยา	มหาวิทยาลัยนครพนม
18. ดร.วิเชียร โสมณวัฒน์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
19. ดร.อรสา อินทร์น้อย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ฝ่ายสนับสนุนการดำเนินงานจัดทำวารสาร

อาจารย์อุทัย ใจทอง	ฝ่ายประสานงานทั่วไป
อาจารย์อโศก ศรีทองธรรม	ฝ่ายประสานงานทั่วไป
อาจารย์พิมาย แสวงผล	ฝ่ายประสานงานทั่วไป
อาจารย์เกียรติศักดิ์ พระเนตร	ฝ่ายประสานงานทั่วไป
อาจารย์ยุทธศักดิ์ สัณฑมาศ	ฝ่ายออกแบบงานศิลป์
อาจารย์วีรวัตร คำภู	ฝ่ายวารสารออนไลน์
อาจารย์จักรกฤช เหล่าสาย	ฝ่ายวารสารออนไลน์
อาจารย์ ดร.นิกร เห็นงาม	ฝ่ายจัดเตรียมต้นฉบับ
อาจารย์ ดร.ภีม พรประเสริฐ	ฝ่ายจัดเตรียมต้นฉบับ
อาจารย์ปวิณญดา บุญรมย์	ฝ่ายจัดเตรียมต้นฉบับ
นางกติยาภรณ์ ทองแก้ว	ฝ่ายธุรการและการเงิน

ISSN : 2229-1210

วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
ปีที่ 7 ฉบับที่ 1 มกราคม–มิถุนายน 2560
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
2 ถ.ราชธานี ต.ในเมือง อ.เมือง จ.อุบลราชธานี
โทรศัพท์ 045-352000-29 ต่อ 1700 โทรสาร 045-352108
http://www.itech.ubru.ac.th/I-Tech-Journal อีเมล์ : jitubru@gmail.com

JOURNAL OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY UBON RATCHATHANI RAJABHAT UNIVERSITY

วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
2 ถ.ราชธานี ต.ในเมือง อ.เมือง จ.อุบลราชธานี
โทรศัพท์ 045-352000-29 ต่อ 1700 โทรสาร 045-352108
http://www.itech.ubru.ac.th/I-Tech-Journal อีเมล์ : jitubru@gmail.com