

การพัฒนาการขึ้นรูปวัสดุเชิงประกอบที่เสริมแรงด้วยเส้นใยธรรมชาติ:

การทบทวนวรรณกรรม

DEVELOPMENT OF FORMING COMPOSITE MATERIAL WITH NATURAL FIBERS-REINFORCE: A REVIEW LITERATURE

ขจร อัจฉิมัจฉิตกาล¹ และ กิตติ สถาพรประสาธน์¹

¹ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ถ. รังสิต-นครนายก อ. องครักษ์ จ. นครนายก 26120

E-mail: kutjimaj@hotmail.com

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Mechanical Engineering,

Srinakharinwirot University, Ongkharak, Nakhornnayok 26120, Thailand

E-mail: kutjimaj@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความทบทวนวรรณกรรมได้รวบรวมศึกษาเกี่ยวกับการนำเส้นใยสังเคราะห์และเส้นใยธรรมชาติผ่านกระบวนการขึ้นรูปด้วยวัสดุเชิงประกอบหรือวัสดุคอมโพสิตช่วยเสริมแรงให้กับพอลิเมอร์ต่างๆ เช่น พอลิโพรพิลีนกับใยแก้ว, เส้นใยสับปะรดกับเอทิลีนไวไนลอะซิเตด, พอลิยูรีเทนโฟมผสมเส้นใยปอ, ไม้พลาสติกคอมโพสิตผสมเส้นใยมะพร้าว, ระบบสุญญากาศสำหรับพลาสติกชนิดโพลีไวนิลคลอไรด์, เทอร์โมพลาสติกสแตร์ชจากแป้งข้าวเหนียวกับเส้นใยเซลลูโลสจากกระดาษหนังสือพิมพ์รีไซเคิล, โครงสร้างผ้าและชนิดเส้นใยการทอ และเทอร์โมพลาสติกคอมโพสิตโพลีโพรพิลีนกับเส้นใยอะรามิด ต่อความสามารถในการต้านทานการเจาะทะลุ เพื่อศึกษาข้อมูลนำไปพัฒนาปรับปรุงโครงสร้างความเป็นผลึกวัสดุคอมโพสิตระหว่างเส้นใยปอจากวัสดุธรรมชาติผสมกับอีพ็อกซีเรซิน ใช้ระบบสุญญากาศ และสารเติมแต่งในการขึ้นรูป ช่วยให้คุณสมบัติเชิงกลเท่ากับเส้นใยคาร์บอนที่มีราคาต้นทุนสูงในการผลิต นำไปทดแทนเส้นใยคาร์บอนที่ใช้ในภาคอุตสาหกรรม เช่น การบิน ยานยนต์ ผลิตภัณฑ์สิ่งทอ และเครื่องจักรกลแต่ละประเภทต่อไป

คำสำคัญ: วัสดุคอมโพสิตช่วยเสริมแรง, เส้นใยสังเคราะห์, เส้นใยธรรมชาติ

ABSTRACT

This reviewed involves with the literature on the use of fibre-reinforced composites with synthetic fiber and natural fibers was the application of composite material using fiber

reinforced polymer by forming with composite materials such as glass fiber with polypropylene, ethylene vinyl acetate with pineapple leaf fib, jute fibre mixed with polyurethane, wood-plastic with coir fibers, vacuum thermoforming process for polyvinyl chloride plastic, rice starch reinforced with recycled newspaper cellulose fibres, structural weaved textile, aramid fabric and polypropylene for the information study in develop and improve the structure of the crystalline material between natural jute fiber mixed with epoxy resin by during the mixing to use vacuum system and additives in forming the enables mechanical properties than carbon fibers and the high cost of production and ready to be taken to replace the carbon fiber used in industries such as aerospace, automotive, textile products and mechanical each of the categories.

KEYWORDS: fibre-reinforced composites, natural fibers, composite material

1. บทนำ

ปัจจุบันวัสดุธรรมชาติ มีบทบาทสำคัญในการขึ้นรูปวัสดุเชิงประกอบหรือเรียกอีกอย่างว่าวัสดุคอมโพสิต [1-6] เพื่อผลิตชิ้นส่วนอุตสาหกรรม [7-9] บางชนิดให้สามารถใช้งานได้เทียบเท่ากับวัสดุสังเคราะห์ เช่น เส้นใยแก้ว เส้นใยคาร์บอน [7, 10] ที่มีค่าใช้จ่ายต้นทุนการใช้เชื้อเพลิง และอุณหภูมิเผาไหม้ในการผลิตค่อนข้างมาก ทำให้ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) มากตามไปด้วย ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมในอากาศ ดังนั้นด้วยเหตุผลการศึกษาบทความทบทวนงานวิจัยการขึ้นรูปคอมโพสิตที่เกี่ยวข้องแต่ละประเภท เพื่อที่จะสามารถเตรียมเลือกใช้วัสดุธรรมชาติประเภทต่างๆ อาทิ เช่น เส้นใยมะพร้าว เส้นใยสับปะรด เส้นใยปอ เส้นใยอะรามิด ประกอบกับการใช้วัสดุรีไซเคิล ระบบสุญญากาศ โครงสร้างวิธีการทักทอเส้นใย และการเคลือบวัสดุด้วยอีพ็อกซีเรซิน [11-13] มาทำการขึ้นรูปวัสดุ เพื่อต้องการพัฒนาและขจัดปัญหาในข้อจำกัดการนำวัสดุธรรมชาติมาใช้ได้บางชนิด ให้สามารถผลิตชิ้นส่วนได้คุณสมบัติทางเชิงกลตรงตามที่ต้องการอุตสาหกรรมการผลิตต้องการ โดยการดำเนินงานวิจัยคำนึงถึงใช้ประโยชน์จากวัสดุต้องมีความแข็งแรงทนทานต่อการดัดงอ รอยแตกแยก [8] เสียหายจากการกัดกร่อน [9] อันเกิดจากความชื้นเทียบเท่าหรือมากกว่าวัสดุสังเคราะห์ ลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในการผลิต นำกลับมาใช้ใหม่ได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม โดยกระบวนการขึ้นรูปวัสดุคอมโพสิตสามารถพิจารณานำไปประยุกต์เลือกใช้วัสดุ เพื่อให้สอดคล้องในการขึ้นรูปร่างชิ้นส่วน รวมทั้งสามารถทราบถึงความเคลื่อนไหวและพัฒนาการของงานวิจัยอย่างต่อเนื่อง

2. การเตรียมการขึ้นรูปของวัสดุคอมโพสิตแบบต่าง ๆ

ลักษณะการเตรียมการขึ้นรูปคอมโพสิต มีดังนี้

- การเตรียมการขึ้นรูปคอมโพสิตอัดขึ้นรูปพอลิโพรพิลีนเสริมแรงด้วยใยแก้ว
- การเตรียมการขึ้นรูปคอมโพสิตของเส้นใยสับปะรดกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตต
- การเตรียมการขึ้นรูปคอมโพสิตของเส้นใยพอลิยูรีเทนโพลีผสมเส้นใยปอจากธรรมชาติ
- การปรับปรุงสมบัติไม้พลาสติกคอมโพสิตที่เตรียมจากพอลิโพรพิลีนผสมเส้นใย

มะพร้าว

- การเตรียมการขึ้นรูปคอมโพสิตการขึ้นรูปด้วยระบบสุญญากาศสำหรับพลาสติกชนิดโพลิไวนิลคลอไรด์

- คุณสมบัติทางกายภาพของเทอร์โมพลาสติกสตาโรซจากแป้งข้าวเหนียวเสริมแรงด้วยเส้นใยเซลลูโลสจากกระดาษหนังสือพิมพ์รีไซเคิล

- แนวทางการศึกษาความสัมพันธ์โครงสร้างผ้าทอต่อการเจาะทะลุของกระสุนปืนเซลลูโลสจากกระดาษหนังสือพิมพ์รีไซเคิล

- การศึกษาผลของชนิดเส้นใยและโครงสร้างการทอต่อความสามารถในการต้านทานการเจาะทะลุ

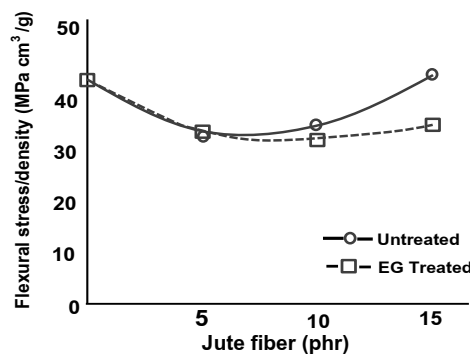
- การศึกษาประสิทธิภาพของเทอร์โมพลาสติกคอมโพสิตพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยอะรามิด ทอทนต่อความสามารถในต้านทานการเจาะทะลุ

2.1 การเตรียมการขึ้นรูปคอมโพสิตอัดขึ้นรูปพอลิโพรพิลีนเสริมแรงด้วยใยแก้ว [11]

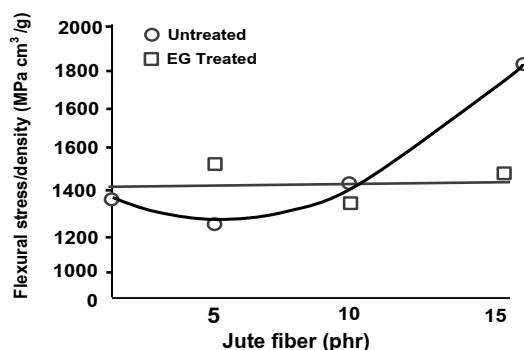
ขั้นตอนแรก การขึ้นรูปคอมโพสิตอัดขึ้นรูปพอลิโพรพิลีนเสริมแรงด้วยใยแก้ว ต้องใช้ปริมาณเส้นใยแก้วประมาณเพียงร้อยละ 30 - 40 เสริมแรงให้กับพอลิโพรพิลีนตามอัตราส่วนที่กำหนด และปรับอุณหภูมิความร้อนให้ได้ถึง 200 °C แล้วทำคลายความร้อนออกด้วยการหล่อเย็นอย่างรวดเร็ว โดยต้องรักษาอุณหภูมิความดันความดันให้ได้ไม่เกิน 200 ปอนด์ต่อตารางนิ้วช่วงเวลาที่อัดขึ้นรูป จึงจะทำให้ได้วัสดุที่ดีต่อการขึ้นรูป ขั้นตอนต่อไปเมื่อขึ้นรูปเสร็จแล้วต้องทำการทดสอบปรับสภาพผิววัสดุด้วยสารโพลีไวนิลแอลกอฮอล์, คาร์บอนซีเมทิลเซลลูโลส, อีโพลีน-43 พี, เอ-174 ไซเลน และฟอกเกอร์เคลือบผิววัสดุ จากการทดสอบสารทั้งหมดพบว่า การเคลือบผิวใยแก้วด้วยสารอีโพลีน-43 พีเท่านั้นที่ทำให้เส้นใยประสานกันพอลิโพรพิลีนได้ดีกว่าสารชนิดอื่น ส่งผลให้คุณสมบัติเชิงกลของวัสดุมากขึ้น แต่การนำไปใช้ยังมีข้อจำกัดการใช้วัสดุสังเคราะห์ และสารเติมแต่งซึ่งหากใช้กับวัสดุธรรมชาติได้ อาจทำให้ปริมาณค่าใช้จ่ายลดลงในการผลิตและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

2.2 การเตรียมการขึ้นรูปคอมโพสิตพอลิยูรีเทนโฟมผสมเส้นใยปอจากธรรมชาติ [14]

ขั้นตอนการขึ้นรูปมีสองวิธี โดยการนำเส้นใยปอที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงแต่งผิวด้วยทางเคมีคือสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และทางกายภาพคือสารละลายเอทิลีนไกลคอลและสารละลายโพรพิลีนไกลคอล ต่อจากนั้นจัดปริมาณเส้นใยปอตามลำดับในช่วงระหว่าง 0 ถึง 15 phr ผสมกับพอลิยูรีเทนโฟมที่มาจากส่วนผสมของพอลิออลในการทำปฏิกิริยากับไดฟีนิลมีเทนไดไอโซไซยาเนต ทำการขึ้นรูปที่วัสดุด้วยการกำหนดอุณหภูมิที่ค่า 60 °C พบว่าการขึ้นรูปเส้นใยปอกับพอลิยูรีเทนทำให้คุณสมบัติการเป็นผลึกยืดเกาะทางเชิงกลดีขึ้น และค่าเส้นใยปอคอมโพสิตโฟมปรับปรุงแต่งด้วยเอทิลีนไกลคอล มีค่ามอดูลัสดัดงอต่อความหนาแน่นของโฟมเพิ่มขึ้น จากขั้นตอนทั้งหมด ถ้ามีการเพิ่มปริมาณการผสมเส้นใยตามลำดับความต้านแรงดัดงอก็จะเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 1 และยังช่วยเพิ่มค่ามอดูลัสดัดงอได้อีก ดังรูปที่ 2 และหากมีการใช้ปริมาณเส้นใยที่มากขึ้น อาจส่งผลต่อค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นในการเผาไหม้วัสดุ ทำให้เกิดมลภาวะเป็นพิษยังคงเดิมไม่เปลี่ยนแปลง



รูปที่ 1 ความต้านแรงดัดงอของพอลิยูรีเทนโฟมคอมโพสิตผสมเส้นใยปอในปริมาณ 0 - 15 phr [14]



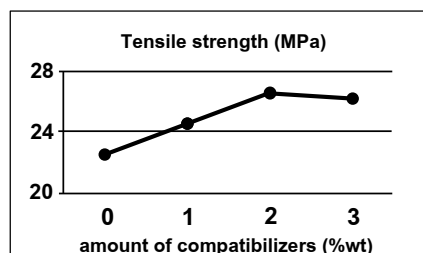
รูปที่ 2 มอดูลัสดัดงอของพอลิยูรีเทนโฟมคอมโพสิตผสมเส้นใยปอในปริมาณ 0 - 15 phr [14]

2.3 การเตรียมการขึ้นรูปคอมโพสิตของเส้นใยสับปะรดกับเอทิลีนไวนิลอะซิเตต [15]

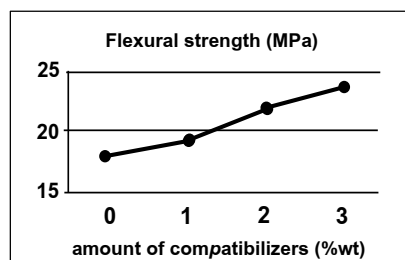
ในขั้นตอนนี้ใช้เส้นใยสับปะรดเพียงร้อยละ 0 - 20 ขึ้นรูปเสริมแรงให้กับคอมโพสิตเอทิลีนไวนิลอะซิเตต (ethylene vinyl acetate, EVA) กับการขึ้นรูปคอมโพสิตพอลิเอทิลีนชนิด low density polyethylene (LDPE) โดยทดลองตามลำดับของร้อยละ ผลจากการทดลองพบว่า ความแตกต่างคุณสมบัติเชิงกลด้วยเพิ่มการใช้เส้นใยตามลำดับ จะช่วยให้ค่าคอมโพสิต EVA มีคุณสมบัติเชิงกลดีกว่าคอมโพสิต LDPE จากการขึ้นรูปการใช้เส้นใยวัสดุธรรมชาติเพิ่มขึ้นตามลำดับนั้นทำให้โครงสร้างมีความแข็งแรง แต่ถ้าจะเปรียบเทียบกับวัสดุสังเคราะห์ ถ้าต้นทุนการผลิตเท่ากัน อาจจะส่งผลต่อการไม่นำไปปรับเปลี่ยนทดแทนและลดปริมาณการใช้วัสดุสังเคราะห์

2.4 การปรับปรุงสมบัติไม้พลาสติกคอมโพสิตที่เตรียมจากพอลิโพรพิลีนผสมเส้นใยมะพร้าว [16]

ข้อจำกัดในขั้นตอนนี้ทดลองโดยใช้สารช่วยผสม (PP-g-MA) อุณหภูมิถึง 190 °C และเวลาในการขึ้นรูประหว่างไม้พลาสติกคอมโพสิตที่มาจากวัสดุสังเคราะห์พอลิโพรพิลีนผสมเส้นใยมะพร้าว ด้วยเครื่องชนิดแบบสองลูกกลิ้งเท่านั้นในการอัดขึ้นรูป ผลที่ได้ทำให้สมบัติเชิงกลของวัสดุคอมโพสิต มีความแข็งแรง ความเป็นผลึกการยึดเกาะบริเวณรอยต่อระหว่างของเส้นใยกับพอลิเมอร์ดีขึ้น ดังรูปที่ 3 - 4 ขั้นตอนนี้ถ้าขึ้นรูปทดแทนเส้นใยชนิดอื่นๆ กับพอลิโพรพิลีน อาจจะช่วยให้ทราบคุณสมบัติการเป็นผลึกยึดเกาะวัสดุมากขึ้นกว่าเส้นใยมะพร้าว



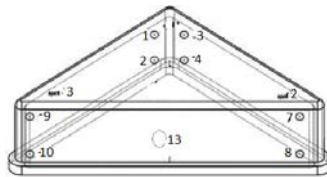
รูปที่ 3 ผลของปริมาณสารช่วยผสมต่อค่าความแข็งแรงดึง [16]



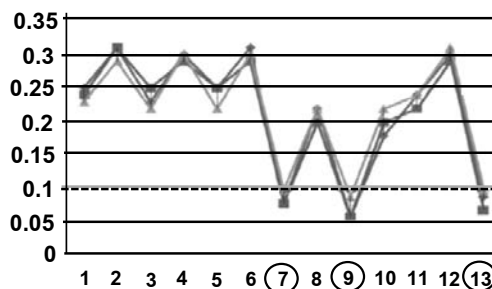
รูปที่ 4 ผลของปริมาณสารช่วยผสมต่อค่าความแข็งแรงโค้งงอ [16]

2.5 การเตรียมการขึ้นรูปคอมโพสิตการขึ้นรูปด้วยระบบสูญญากาศสำหรับพลาสติกชนิดโพลิไวนิลคลอไรด์ [17]

ในขั้นตอนนี้พบว่าการใช้ระบบสูญญากาศควบคุมการขึ้นรูปพลาสติกชนิดโพลิไวนิลคลอไรด์นั้นช่วยให้ลดปัญหาจากแตกหักที่เกิดขึ้นจากการขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ใส่แซนด์วิชดังรูปที่ 5 ช่วยให้วัสดุมีความหนาเท่ากัน ที่สำคัญมีน้ำหนักเบาในการขึ้นรูปโดยกำหนดค่าความหนาของวัสดุไว้ที่ 0.4 มิลลิเมตร และด้วยทดสอบแบบเชิงแฟกทอเรียลแบบ 25 (2k Factorial Design) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ทดสอบเพียงครั้งเดียวเท่านั้น ขณะที่ทดสอบได้ปรับอุณหภูมิความร้อนถึง 190 °C ใช้เวลา 34 วินาที และระบบสูญญากาศ 36 วินาที ลมเป่า 19 วินาที และใช้ลมเย็น 9 วินาที ทำให้ตำแหน่งต่างๆ มีความหนาน้อยกว่า 0.1 มิลลิเมตร (ต่ำกว่าค่าที่ยอมรับได้) มีความหนาเพิ่มขึ้นตามลำดับ ซึ่งมาตรฐานที่กำหนด คือ ต่ำกว่า 0.1 มิลลิเมตร ความหนาของชิ้นงานทั้ง 13 ตำแหน่งแสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 5 ตำแหน่งการวัดความหนาของฝาบรรจุภัณฑ์ใส่แซนด์วิช [17]

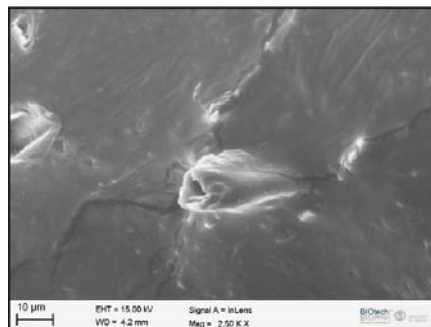


รูปที่ 6 ความหนาดำแหน่งต่างๆ ของชิ้นงาน [17]

จากรูปที่ 6 ระบบสูญญากาศช่วยให้การลดเวลา และน้ำหนักของวัสดุมีรูปร่างเท่ากันช่วยส่งผลดีต่อปริมาณค่าใช้จ่ายการผลิตลดลง และเป็นประโยชน์ต่อการขึ้นรูปวัสดุอื่นๆ ในด้านเชิงกล

2.6 คุณสมบัติทางกายภาพของเทอร์โมพลาสติกสตาบิลจากแป้งข้าวเหนียวเสริมแรงด้วย

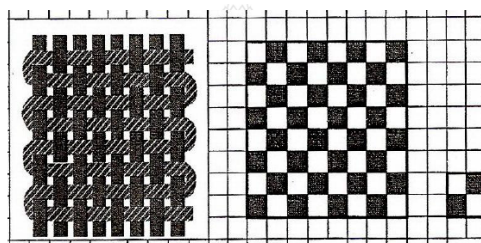
การใช้เส้นใยเซลลูโลสจากวัสดุธรรมชาติเสริมแรงให้กับพลาสติกสตาบิลช่วยเพิ่มค่าความต้านทานแรงดึง และค่ามอดูลัสยืดหยุ่นเพิ่มมากขึ้น ทำให้รักษาระดับอุณหภูมิการย่อยสลายทางความร้อนของไบโอคอมโพสิตเพิ่มขึ้น ต่างกับการที่เทอร์โมพลาสติกสตาบิลที่ไม่มีการเสริมแรง ผลที่ได้ทำให้ความเป็นผลึกยึดกันระหว่างเมทริกซ์ และเส้นใยเซลลูโลสเพิ่มขึ้น) ดังรูปที่ 7 ช่วยให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และประหยัดพลังงานในการขึ้นรูปวัสดุ



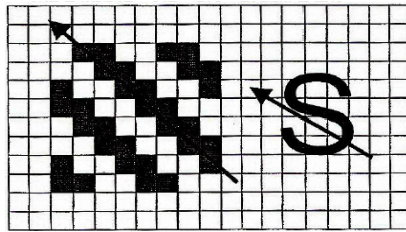
รูปที่ 7 การติดยึดกันระหว่างเมทริกซ์และเส้นใยเซลลูโลส [18]

2.7 การศึกษาความสัมพันธ์โครงสร้างผ้าทอต่อการเจาะทะลุของกระสุนปืน [12]

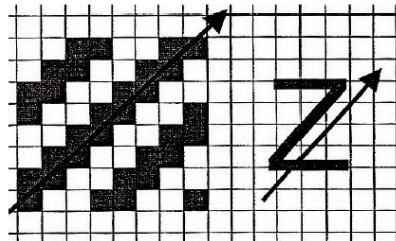
โครงสร้างผ้าทอ ผืนผ้าทอ [12, 19] นำเส้นด้ายในลอน 6 ทำการทอแบบผืนผ้าทอลายขัด (Plain 2x2) และผืนผ้าทอลายทแยง (S-twill 2x2) ดังรูปที่ 8, 9 และ 10 มาจัดเรียงผ้าเป็นชั้นตามที่กำหนด ดังรูปที่ 11 เมื่อนำทดสอบป้องกันการเจาะทะลุ ค่าความแตกต่างแสดงให้เห็นถึงโครงสร้างผ้าทอลายขัด (Plain 2x2) จะสามารถลดการเจาะทะลุของกระสุนปืนได้ดีกว่า โครงสร้างผ้าทอลายทแยง (S-twill 2x2) ถ้านำไปใช้การจัดโครงสร้างเส้นใยชนิดอื่นๆ อย่างเหมาะสมอาจทำให้ลดปริมาณการใช้เส้นใยขึ้นรูป และค่าใช้จ่ายพลังงานในการเผาผลาญก็ลดลง



รูปที่ 8 โครงสร้างผืนผ้าแบบลายขัด [12]



รูปที่ 9 ลายทแยงไปทางซ้าย [12]



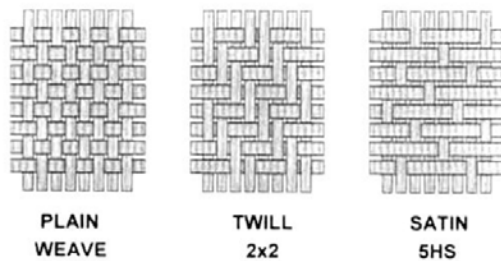
รูปที่ 10 ลายทแยงไปทางขวา [12]



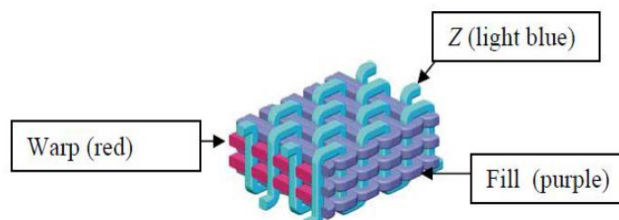
รูปที่ 11 จัดเรียงผ้าเป็นชั้นตามที่กำหนด [12]

2.8 การศึกษาผลของชนิดเส้นใยและโครงสร้างการทอต่อความสามารถในการต้านทานการเจาะทะลุ [20]

จากการใช้เส้นใยทอ [12, 20] ด้วยการทอสานขึ้นรูปเส้นใยแบบ 2 มิติ ดังรูปที่ 12 และแบบ 3 มิติ [1] ดังรูปที่ 13 ช่วยทำให้วัสดุมีความแข็งแรง ทนทาน น้ำหนักเบา ดีกว่าขึ้นรูปเส้นใยแบบ 2 มิติ และเส้นใยทอเสริมแรงสามมิติแบบ 3-D orthogonal weave [2] มีความต้านทานการเจาะทะลุได้ดีกว่าแบบ 3-D angle - interlock weave และเมื่อนำเส้นใยทอแบบ 3-D orthogonal weave ผสมทำมาจากเส้นใยทอเดียวกับเส้นใยไนลอน แบบ twin และ monofilament โดยขึ้นรูปด้วยอีพ็อกซี่ และเปรียบเทียบกับ การทอผสมเส้นใยร่วม แบบ E-glass กับ twine และ แบบ twine กับเคฟล่า พบว่าเส้นใยทอเดี่ยว มีค่าความต้านทานดีกว่าเส้นใยทอผสมร่วม มีดังนี้

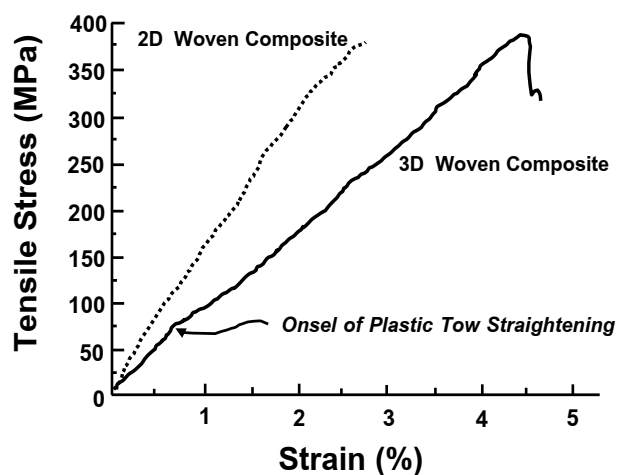


รูปที่ 12 รูปแบบการทอแบบ 2 มิติ [20]

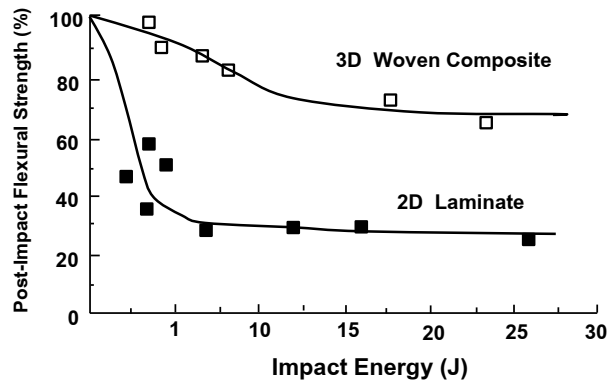


รูปที่ 13 โครงสร้างการทอสามมิติ 3D orthogonal [19]

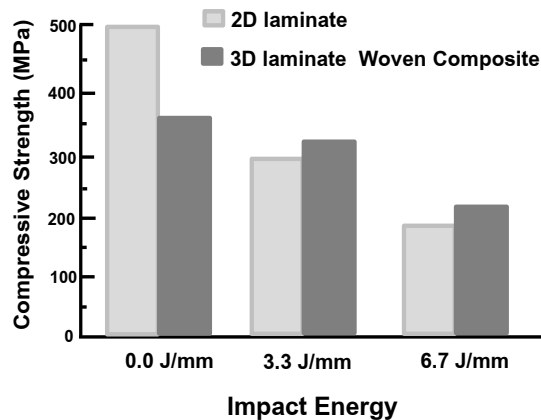
จากผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติการต้านทานต่อแรงดึง วัสดุผสมเสริมแรงการทอแบบ 2 มิติ มีคุณสมบัติความเค้นและความเครียดดีกว่า 3 มิติ ดังรูปที่ 14 และจากผลการทดสอบความแข็งแรงทนต่อแรงดัดของวัสดุที่ใช้เส้นใยคาร์บอนกับอีพ็อกซี่ ผลของความเค้นดัด ดังรูปที่ 15 และแรงอัดระหว่างการทอแบบ 3 มิติ คุณสมบัติดีกว่า 2 มิติ ดังรูปที่ 16



รูปที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของวัสดุผสมทอแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ [20]

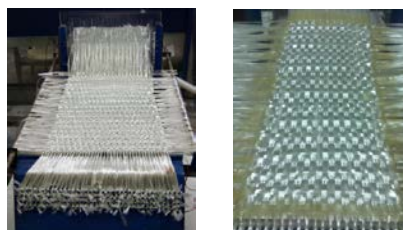


รูปที่ 15 ความเค้นของการตัด [20]



รูปที่ 16 ผลของความเค้นตัด และการอัตราส่วนวัสดุผสมแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ [20]

ทำการทดลองการทอผสมเส้นใยร่วม แบบ E-glass กับ twine และ แบบ twine กับเคฟล่า นำมาเปรียบเทียบกับเส้นใยทอเดี่ยว ดังรูปที่ 17 เป็นลักษณะการทอเส้นใย และเคลือบด้วยอีพ็อกซี ดังรูปที่ 18



รูปที่ 17 ลักษณะการทอเส้นใย [20]

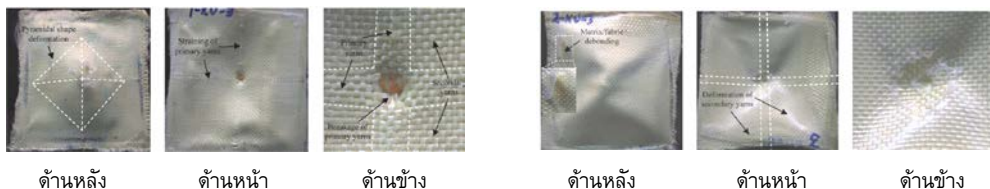


รูปที่ 18 การทาสีฟ็อกซ์ [20]

จากผลที่ได้ทำให้ทราบถึงคุณสมบัติเชิงกลเส้นใยเตียวก้าววัสดุผสม โครงสร้างนี้ช่วยลดเวลาและในการขึ้นรูปของวัสดุ

2.9 การศึกษาประสิทธิภาพของคอมโพสิตพอลิโพรพีลีนกับเส้นใยอะรามิดทนต่อความสามารถในด้านทานการเจาะทะลุ [13]

ผลจากการทดสอบเปรียบเทียบการต้านทานการเจาะทะลุของการจัดเรียงผ้าทออะรามิดแบบธรรมดาและผสมพอลิโพรพีลีน ดังรูปที่ 19 (a) และรูปที่ 19 (b) ไกล่เคียงกันที่ทำจากผ้าทออะรามิดแบบธรรมดา ซึ่งพิจารณาต่อไปที่จะสามารถลดต้นทุนการใช้เส้นใยอะรามิดอย่างเดียวนในการผลิตเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาผลของชนิดเส้นใยและโครงสร้างการทอต่อความสามารถในการต้านทานการเจาะทะลุ มีราคาที่ถูกกว่า



(a) ผ้าทออะรามิดแบบธรรมดา (3ชั้น)

(b) คอมโพสิตแผ่นลามิเนต (3ชั้น)

รูปที่ 19 การทดสอบการต้านทานการเจาะทะลุของการจัดเรียงผ้าทออะรามิดแบบธรรมดา (a) และผสมพอลิโพรพีลีน (b)

การลดปริมาณเส้นใยลงช่วยให้วัสดุมีคุณสมบัติยังคงความเป็นผลึกเท่าเดิม เป็นผลดีต่อการนำไปใช้กับวัสดุธรรมชาติชนิดอื่นๆ ที่ต้องปรับการจัดเรียงการขึ้นรูปให้ได้เชิงกลเท่ากัน

3. การใช้ประโยชน์การขึ้นรูปวัสดุคอมโพสิต

จากกระบวนการขึ้นรูปคอมโพสิตของเส้นใยสังเคราะห์และเส้นใยธรรมชาติทั้งหมด วัสดุธรรมชาติมีคุณสมบัติเชิงกลใกล้เคียงกันสามารถนำมาทดแทนวัสดุประเภทโลหะที่มีน้ำหนัก และใช้พลังงานในการผลิตมาก ส่งผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ก่อผลเสียมลพิษกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น จากการศึกษากระบวนการขึ้นรูปคอมโพสิตทางผู้วิจัยได้ใช้เป็นแนวทางการพัฒนาต่อยอดการทำวิจัย เพื่อนำผลจากการวิจัยประยุกต์ไปใช้ในอุตสาหกรรมการผลิต โดยคำนึงถึงการลดต้นทุน เวลา และปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม [3, 19] โดยนำวัสดุที่สามารถทดแทนและเทียบเท่าวัสดุเดิม ที่มีความแข็งแรง ทนทานทางเชิงกลได้มากขึ้น

ในปัจจุบันการขนส่งสินค้าแต่ละชนิดนี้ค่อนข้างมีราคาสูง เนื่องจากต้องจัดหาพาหนะที่ใช้เชื้อเพลิง เป็นพลังงานช่วยในการขับเคลื่อน ประกอบกับโครงสร้างวัสดุรวมที่มีน้ำหนักค่อนข้างมาก จึงมีผู้ผลิตคิดค้นหาทางที่นำวัสดุมาทดแทน โดยเฉพาะเส้นใยคาร์บอน นำมาขึ้นรูปคอมโพสิตวัสดุขึ้นส่วนอุตสาหกรรมแต่ละประเภท [1, 21] แต่คุณลักษณะเส้นใยคาร์บอน [21] มีดังนี้

- ราคาค่อนข้างสูง มีขนาดเล็กมาก แตกหักได้ง่าย (ลักษณะการยืดของเส้นใย ยืดได้ไม่เกินร้อยละ 2) ในกรณีที่เส้นใยถูกทำลายโดยการบิด และทำให้สั้นลงจะเกิดฝุ่นผง ซึ่งกระจายไปทั่วบรรยากาศ
- นำไฟฟ้า ในกรณีมีฝุ่นของเส้นใยกระจายไปโดยรอบๆ อาจจะทำให้เกิดการลัดวงจรอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นได้
- เส้นใยคาร์บอนถูกเผาไหม้จะเกิดเถ้าถ่าน จะต้องทำการจัดเก็บให้ถูกวิธี เส้นใยคาร์บอนสามารถเข้ากันกับผิวหนังมนุษย์ได้ นำเป็นส่วนประกอบของชิ้นส่วนร่างกายมนุษย์ได้ ในรูปที่ 20 ชิ้นส่วนที่ผลิตจากเส้นใยคาร์บอนขึ้นรูปถ้าเปรียบเทียบกับคุณลักษณะเส้นใยธรรมชาติ คุณสมบัติคือ ราคาถูก น้ำหนักเบา เป็นฉนวนความร้อน ไม่เป็นพิษ ย่อยสลายได้ รักษาสภาพแวดล้อม ติดไฟง่าย มีข้อจำกัดในการใช้งาน



รูปที่ 20 ผลิตภัณฑ์จากเส้นใยคาร์บอน [1]

ดังนั้นการศึกษาทดลองการขึ้นรูปคอมโพสิตทั้งหมด ทางผู้วิจัยมีแนวคิดที่ต้องขยายข้อจำกัดการใช้งาน และประยุกต์การขึ้นรูปคอมโพสิตด้วยเส้นใยธรรมชาติให้สามารถใช้งานได้มากขึ้น และมีคุณสมบัติโครงสร้างของวิธีการขึ้นรูปเส้นใย [1] ดังตารางที่ 1 โดยคำนึงค่าคุณสมบัติเชิงกลต่างๆ ต้องเทียบเท่าหรือมากกว่าชิ้นส่วนที่ผลิตจากเส้นใยคาร์บอน [21] ดังนั้นคือ มีความแข็งแรง, ทนทาน, ความหนาแน่นต่ำ ทำให้มีน้ำหนักเบา, ทนต่อการกระแทก, ทนต่อการขีดถู, ทนต่อสารเคมี, ทนต่อการสลายตัวด้วยความร้อน, ทนต่อการถูกตัด, กันไฟได้, การนำไฟฟ้าต่ำ, ความสามารถในการดูดซับดี โดนคาร์บอนไฟเบอร์หรือเส้นใยคาร์บอน เกิดจากเส้นใยคาร์บอนขนาดเล็ก เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.005 - 0.10 มิลลิเมตร จำนวนมากควั่นเป็นเส้นด้าย [21]

ตารางที่ 1 ค่าคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุชนิดต่าง ๆ

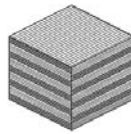
วัสดุ	ความหนาแน่น (กรัม/ซม. ³)	ความต้านทานแรงดึง (จิกะปาสคาล)	ค่ามอดูลัสแรงดึง (จิกะปาสคาล)	ความแข็งแรงเฉพาะ (จิกะปาสคาล)
เส้นใยคาร์บอน	1.75	3.5	230.0	2.00
เหล็กกล้า	7.84	1.3	210.0	0.17
เส้นใยธรรมชาติ	อยู่ระหว่างการศึกษาดูแลเปรียบเทียบ			

3.1 แนวทางการขึ้นรูปวัสดุคอมโพสิตด้วยอีพ็อกซีเรซิน เสริมแรงด้วยเส้นใยปอและเส้นใยคาร์บอน โดยวิธีการขึ้นรูปทางกระบวนการออโตเคลฟ (Autoclave) แล้วมาเปรียบเทียบคุณสมบัติต่าง ๆ ทางเชิงกล

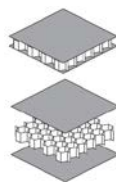
จากที่ได้ศึกษาการขึ้นรูปวัสดุคอมโพสิตด้วยระบบสุญญากาศ ชิ้นงานที่ผลิตได้มีขนาดเท่ากัน ลดเวลาในการขึ้นรูป ความเป็นผืนกทางเชิงกลมากขึ้น

ขั้นตอนการขึ้นรูป ด้วยการเริ่มจากการตัดเส้นใยสังเคราะห์ และเส้นใยธรรมชาติตามขนาด ด้วยวิธีหลักการเลือกขนาดความยาวของเส้นใยได้ใช้หลักการอ้างอิงในการทำคอมโพสิต ดังรูปที่ 23 ต่อจากนั้นนำเส้นใยมาทอสานแบบลายทแยงขึ้นรูปเส้นใยแบบ 3 มิติ (3D-woven fabric) ซึ่งให้คุณสมบัติทางเชิงกลของวัสดุมีความแข็งแรง ทนทาน น้ำหนักเบา จากนั้นนำแผ่นเส้นใยนำมาวางซ้อนกันเป็นชั้นๆ แบบแซนด์วิช ดังรูปที่ 21 แล้วฉาบด้วยเรซิน [22] แล้วใช้เครื่องทำการดูดอากาศหรือไล่อากาศออก ด้วยการกดทับให้เนื้อเรซินและแผ่นเส้นใยแนบสนิทกันกับผิวเรซิน และต่อไปเอาแผ่นเส้นใยเข้าห้องอบหรือเครื่องออโตเคลฟ เพื่อให้เรซินปรับตัวที่อุณหภูมิตามค่าต่างๆ ที่กำหนด ต่อมานำแผ่นเส้นใยที่ได้จากเส้นใยคาร์บอนและเส้นใยปอ มาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเชิงกล ผลที่ได้จากการทดลองเพื่อพัฒนาการปรับปรุงการเลือกใช้วัสดุธรรมชาติมาทดแทนให้มี

คุณสมบัติทางเชิงกลเทียบเท่าหรือมากกว่าวัสดุสังเคราะห์ที่มีราคาต้นทุนที่สูง และลดมลพิษทางอากาศ



รูปที่ 21 คอมโพสิตแบบชั้น [1]



รูปที่ 22 ผลิตภัณฑ์แผ่นประกอบแบบแซนด์วิช [1]

ความยาวเส้นใยที่มีต่อคุณสมบัติของคอมโพสิต

- high strength, stiffness on a weight basis
 - specific strength – tensile strength/specific gravity ratio
 - specific modulus – elastic modulus/specific gravity ratio

l_c = critical length

d = fibre diameter

$$l_c = \frac{\sigma_f d}{2\tau_c}$$

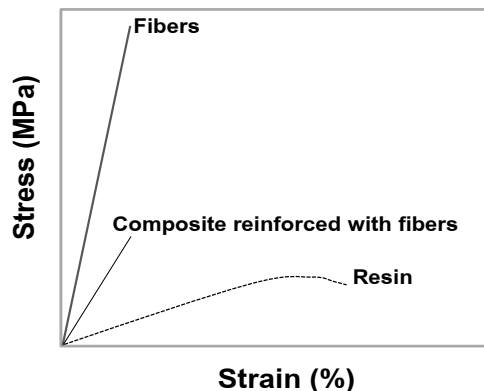
σ_f = ultimate (or tensile) strength

τ_c = fibre-matrix bond strength (or shear yield strength of the matrix, whichever is smaller)

โดยทั่วไปสำหรับ glass and carbon fibre-matrix composites ค่า l_c จะประมาณ 1 mm (20-150 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางไฟเบอร์)

$l \gg l_c$ ($l > 15l_c$): continuous fibres, shorter: discontinuous

รูปที่ 23 ความยาวเส้นใยที่มีต่อคุณสมบัติของคอมโพสิต [1, 21]



รูปที่ 24 เส้นใยเสริมแรงประกอบกันทำให้คอมโพสิตวัสดุมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น [1]

ผลการทดสอบที่ทางผู้วิจัย คือต้องการให้ผลการทดสอบสมบัติความต้านแรงดัดงอและแรงดึง พบว่าคอมโพสิตเส้นใยปอที่นำมาเคลือบอีพอกซีเรซิน มีค่ามอดูลัสดัดงอ ความต้านทางแรงดึง ค่าความแข็งแรงต่อความหนาแน่น ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับเส้นใยคาร์บอนหรือมากกว่า ดังรูปที่ 24

4. สรุป

การขึ้นรูปคอมโพสิต จากการรวบรวมและศึกษาการทดลองการขึ้นรูปวัสดุคอมโพสิต การนำวัสดุจากเส้นใยธรรมชาติมาทดแทนการใช้เส้นใยสังเคราะห์ โดยการสารผสมและปรับโครงสร้างเส้นใย ทำให้คุณสมบัติทางเชิงกล มีค่าความแข็งแรงทนทาน ความหนาแน่นต่ำ ทำให้มีน้ำหนักเบา ทนต่อการกระแทก ดีขึ้นอย่างเห็นได้ชัด การพัฒนาต่อไปต้องมีการปรับโครงสร้างวัสดุธรรมชาติทดแทนวัสดุสังเคราะห์ อาทิ เช่น เส้นใยคาร์บอน ซึ่งมีต้นทุนในการผลิตมีราคาค่อนข้างสูงกว่าเส้นใยธรรมชาติ โดยใช้ข้อมูลจากการศึกษาการขึ้นรูปที่ผ่านมา เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมทางด้านเครื่องจักรกล ยานยนต์ อากาศยาน สิ่งทอ โดยวิธีการนำเส้นใยธรรมชาติ มาปรับปรุงถักทอใหม่ แล้วใช้อีพอกซีเรซินเป็นตัวประสานของเส้นใยเพิ่มการเสริมแรงกับวัสดุให้มีคุณสมบัติเทียบเท่ากับเส้นใยคาร์บอน โดยคำนึงถึงความแข็งแรงทนทาน ความหนาแน่นต่ำทำให้มีน้ำหนักเบา ทนต่อการกระแทก ทนต่อการขีดถู ทนต่อสารเคมี ทนต่อการสลายตัว นำกลับมาใช้ใหม่ได้ โดยไม่ก่อให้เกิดมลพิษกับสิ่งแวดล้อมสามารถทดแทนกันได้ ในอุตสาหกรรมต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] Ellobody, E. (2014). "Chapter 2 - Nonlinear Material Behavior of the Bridge Components." **Finite Element Analysis and Design of Steel and Steel-Concrete Composite Bridges.** pp. 47-111.

- [2] C. Soutis. (2015). "1 - Introduction: Engineering requirements for aerospace composite materials." **Polymer Composites in the Aerospace Industry**. pp. 1-18.
- [3] Omar Faruk, Andrzej K. Bledzki, Hans-Peter Fink, and Mohini Sain. (2012). "Biocomposites reinforced with natural fibers." **Progress in Polymer Science**. Vol. 37: 1552-1596.
- [4] D.B. Miracle (2005). "Metal matrix composites - From science to technological significance." **Composites Science and Technology**. Vol. 65: 2526-2524.
- [5] หฤทภักดิ์ กীরติเสวี, ฉัตรชัย วีระนิติสกุล และ อภิรัตน์ เล่าห์. (2552 - 2553). "ภาพรวมของวัสดุเชิงประกอบ." **วิศวกรรมสาร มก.** ปีที่ 22 (ฉบับที่ 70): 18-31.
- [6] วันดี ธรรมจारी. (2012-2013). "วัสดุผสมสะอาด." **Technology promotion**. ปีที่ 39 (ฉบับที่ 226): 63-66.
- [7] E. Uhlmann, F. Sammler, S. Richarz, F. Heitmüller, and M. Bilz. (2014). "Machining of Carbon Fibre Reinforced Plastics." **Procedia CIRP**. Vol. 24: 19-24.
- [8] Manote Sappakittipakorn, Uthairith Rochana vibhata, and Piti Sukontasukku. (2014). "Testing Methods of Fiber Efficiency for Concrete Reinforcement." **The Journal of KMUTNB**. Vol. 22 (No. 3): 549-559.
- [9] Chatree Homkhiew. (2014). "Development and Applications of Natural Fiber/Thermoplastic composites for Industrial." **The Journal of Industrial Technology**. Vol. 10 (No. 2): 97-110.
- [10] Richard Zemann, Lukas Kain, and Friedrich Bleicher. (2014). "Vibration Assisted Machining of Carbon Fibre Reinforced Polymers." **Procedia Engineering**. Vol. 69: pp. 536-543.
- [11] Suphattra Thanchaiying. (1993). **Compression Molding of Glass fiber Reinforced Polypropylene**. Master's Thesis. Master of Engineering (Inter - Petrochemistry - Polymer). Chulalongkorn University. Thailand.
- [12] Chaleampol Poodsri. (2011). **A study property of the structural weaved textile resisting penetration of bullet**. Bachelor of Engineering. Rajamangal University of Technology Thanyaburi. Thailand.
- [13] J.G. Carrillo, R.A. Gamboa, E.A. Flores-Johnson, P.I. Gonzalez-Chi. (2012). "Ballistic performance of thermoplastic composite laminates made from aramid woven fabric and polypropylene matrix." **Original Research Article Polymer Testing**. Vol. 31: 512-519.

- [14] Maskong, P., Buahom, P., Piyamanocha P., Rungseesantivanon W., and Areerat, S. (2008). "Preparation of Jute/Polyurethane Foam Composites." **Ladkrabang Engineering Journal**. Vol. 25 (No. 3): 42-47.
- [15] Rungsima Chollakup, Rattana Tantatherdtam and Suchada Ujjin. (2010). "The study on mechanical properties of pineapple leaf fiber/ethylene vinyl acetate composite." **Proceedings of 48th Kasetsart University Annual Conference: Agro-Industry**. 3-5 March 2010. Bangkok (Thailand): 73-81.
- [16] Kanok-orn Saengsuwan and Woratham Oonnjittichai. (2010). "Property improment of wood plastic composites (WPC) made from polypropylene (PP) and coir fibers." **The 11th Graduate research conference**. 12 February 2010. Khon kaen University (Thailand): 335-340.
- [17] ประเสริฐ ชุมปัญญา และ ชลิตา ชาญวิจิตร. (2011). "การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการขึ้นรูปด้วยระบบสุญญากาศสำหรับพลาสติกชนิดโพลีไวนิลคลอไรด์". **วารสารวิชาการและวิจัย มทร. พระนคร**. ปีที่ 5 (ฉบับที่ 2): 34-45.
- [18] Katavut Pachana, Amnuay Wattanakornsiri and Supranee Kaewpirom. (2012). "Physical Properties of Thermoplastic Glutinous Rice Starch Reinforced with Recycled Newspaper Cellulose Fibers". **Burapha Sci**. Vol. 17 (No. 1): 13-23.
- [19] Maya Jacob John, and Sabu Thomas. (2008). "Biofibres and Biocomposites". **Review Article Carbohydrate Polymers**. Vol. 71: 343-364.
- [20] Jetsadaporn Chaichana. (2012). **Effects of Fiber Types and weaving Structures on the Puncture Resistance**. Master' thesis. Master of Engineering in Materials Engineering. Prince of Songkla University. Bangkok (Thailand).
- [21] Krittaporn Polmook, Narrissa Kaikeerati and Chaiwat Khurukijwanich. (2012). **Analysis and Design of Electricity Transmission Pole Composed of Glass-fiber Reinforced Composite**. Bachelor of Engineering. King Mongkut's University of Technology Thonburi.
- [22] Kaomin Zhang, Yizhuo Gu, Min li and Zuoguang Zhang. (2014). "Effect of rapid curing process on the properties of carbon fiber/epoxy composite fabricated using vacuum assisted resin infusion molding." **Materials and Design**. Vol. 54: 624-631.

ประวัติผู้เขียนบทความ



ขจร อัจจิมาจิรฐิติกาล กำลังศึกษาปริญญาเอก ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ถ.รังสิต-นครนายก อ.องครักษ์ จ.นครนายก 26120 โทรศัพท์มือถือ 08-4164-1700 E-mail: Kutjimai@hotmail.com งานวิจัยที่สนใจคือการพัฒนาการขึ้นรูปวัสดุเชิงประกอบที่เสริมแรงด้วยเส้นใยธรรมชาติ เพื่อลดต้นทุนและทดแทนการขึ้นรูปวัสดุจากเส้นใยสังเคราะห์



กิตติ สถาพรประสาธน์ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ถ.รังสิต-นครนายก อ.องครักษ์ จ.นครนายก 26120 โทรศัพท์ 0-3732-2609 โทรศัพท์มือถือ 08-9791-2397 E-mail : kitti@swu.ac.th