

บทความวิจัย (Research Article)

การออกแบบและสร้างเครื่องตัดต้นแบบสำหรับเตรียมวัสดุผสมชนิดแผ่น Prepreg

ชาญชัย พลตรี¹, เศรษฐพงศ์ เหมณีย์¹, อธิป อุยวัฒน์กุล¹, ศุภชัย ศิริกุล¹ และ อานนท์ เลิศวงษ์ไพศาล^{1,*}

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

* ผู้ประสานงานบทความต้นฉบับ: arnonl@eng.buu.ac.th โทรศัพท์: 065-6021103

(รับบทความ: 19 มีนาคม 2568; แก้ไขบทความ: 18 เมษายน 2568; ตอรับบทความ: 21 เมษายน 2568)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหาค่าใช้จ่ายในการตัดเตรียมวัสดุผสมชนิดแผ่นลามิเนตที่มีชื่อทางการค้าว่า Prepreg ด้วยมือ จากการทดลองตัดพบปัญหาอยู่ 2 ประเด็น ประเด็นแรกคือการตัดด้วยมือนั้นใช้เวลานานเนื่องจากไม่สามารถนำแผ่น Prepreg มาซ้อนกันระหว่างตัดได้เพราะอาจทำให้ตัดได้ไม่ขาดในการตัดครั้งเดียวซึ่งส่งผลเสียต่อคุณภาพของรอยตัด การตัดแผ่น Prepreg ตามขวางแนวเส้นใยทำได้ยากกว่าการตัดตามแนวเส้นใยเนื่องจากการตัดตามขวางนั้นเป็นการตัดเส้นใยทุกเส้นให้ขาด ส่วนนี้ทำให้การตัดตามขวางใช้เวลามากกว่าการตัดตามยาว ประเด็นที่สองคือการตัดด้วยมือนั้นเกิดความคลาดเคลื่อนของขนาดค่อนข้างสูง โดยความคลาดเคลื่อนจะสะสมตั้งแต่แผ่นแรก ๆ ทำให้แผ่นสุดท้ายมีขนาดที่คลาดเคลื่อนมากกว่าชิ้นอื่น ๆ ด้วยเหตุนี้ทางทีมผู้วิจัยจึงคิดสร้างเครื่องตัดโดยมีการออกแบบแนวคิดมา 3 รูปแบบและให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านทำการประเมินและให้คะแนนคุณลักษณะของเครื่องตัดเพื่อคัดเลือกแนวคิดที่เหมาะสมที่สุด หลังจากทำการสร้างเครื่องตัดแล้ว ได้ทำการทดลองตัดและเก็บข้อมูลของเวลาในการตัดพบว่าการตัดตามยาวและตามขวางใช้เวลาใกล้เคียงกันมากเนื่องจากการทำงานของใบมีดเป็นการลดปัจจัยจากการตัดด้วยแรงคน โดยผลการทดลองพบว่าเครื่องตัดสามารถลดเวลาเฉลี่ยในการตัดตามแนวเส้นใยและตามขวางเส้นใยลงได้ร้อยละ 26.70 และร้อยละ 42.61 ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาในการตัดลดลงประมาณร้อยละ 31 เมื่อเทียบกับการตัดด้วยมือ นอกจากนี้ยังพบว่าขนาดของแผ่น Prepreg ที่ถูกตัดด้วยเครื่องนั้นมีความเที่ยงตรงมากกว่าการตัดด้วยมือ

คำสำคัญ: เครื่องตัดแผ่น Prepreg, Prepreg การตัดวัสดุแผ่น ประสิทธิภาพการตัด

การอ้างอิงบทความ: ชาญชัย พลตรี, เศรษฐพงศ์ เหมณีย์, อธิป อุยวัฒน์กุล, ศุภชัย ศิริกุล และ อานนท์ เลิศวงษ์ไพศาล, "การออกแบบและสร้างเครื่องตัดต้นแบบสำหรับเตรียมวัสดุผสมชนิดแผ่น Prepreg," วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, ปีที่ 3, ฉบับที่ 3, หน้า 1-16, 2568.

บทความวิจัย (Research Article)

The Design and Manufacturing of Prototype Cutting Machine for Prepreg Composite Sheet Preparation

Charnchai Phontri¹, Setthapong Hemmanee¹, Athip Auiwatthanakun¹, Supachai Sirikool¹
and Arnon Lerdwongpaisan^{1,*}

¹ Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Burapha University

* Corresponding Author: arnonl@eng.buu.ac.th, Tel: 065-6021103

(Received: March 19, 2025; Revised: April 18, 2025; Accepted: April 21, 2025)

Abstract

This research aims to solve the problems related to manually cutting of composite laminated sheets, commercially known as Prepreg. After manually cutting experiment, two main issues were identified. The first issue is that manual cutting takes a long time because Prepreg sheets cannot be stacked together while cutting. If stacked, it may not be possible to complete the cut in a single attempt, which negatively affects the quality of the cutting edge. Cutting Prepreg sheets across the fiber direction (transverse direction) is more difficult than cutting along the fiber direction (longitudinal direction) because cutting across requires severing all fibers, making it more time-consuming than longitudinal cutting. The second issue is the significant dimensional inaccuracy in manual cutting. This inaccuracy accumulates from the first sheet onward, leading to the greatest errors in the final sheets. In order to resolve these problems, the research team designed three concepts of cutting machine. Three experts were invited to evaluate and score the features of the machines in order to select the most suitable concept. After manufacturing the cutting machine, cutting experiments were conducted. It was found that the time taken for longitudinal and transverse cuts was very similar, as the cutting tool reduces the influence of human effort in the cutting process. The machine could reduce the average cutting time along the fiber direction and across the fiber direction by 26.70% and 42.61%, respectively. The standard deviation of the cutting time was reduced by approximately 31% compared to manual cutting. Additionally, it was found that the size of the Prepreg sheets cut by the machine is more precise than those cut manually.

Keywords: Prepreg Sheet Cutting Machine, Prepreg, Sheet Material Cutting, Cutting Efficiency

Please cite this article as: C. Phontri, S. Hemmanee, A. Auiwatthanakun, S. Sirikool and A. Lerdwongpaisan, "The Design and Manufacturing of Prototype Cutting Machine for Prepreg Composite Sheet Preparation," *The Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University*, vol. 3, no. 3, pp. 1-16, 2025.

บทความวิจัย (Research Article)

1. บทนำ

ปัจจุบันวัสดุผสม (Composite Materials) มีอิทธิพลต่ออุตสาหกรรมเป็นอย่างมากโดยเฉพาะอุตสาหกรรมการบินเนื่องจากเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติหลากหลายขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบ ยกตัวอย่างเช่น การผสมระหว่างโพลีเมอร์และเส้นใยคาร์บอนทำให้ได้วัสดุผสมที่มีความแข็งแรงจากเส้นใยคาร์บอนและน้ำหนักที่เบาจากโพลีเมอร์ วัสดุผสมชนิดที่นิยมใช้ในการผลิตชิ้นส่วนอากาศยานคือชนิดที่มีลักษณะเป็นการเสริมแรงแบบชั้นโครงสร้างหรือที่เรียกว่าลามิเนต โดยมีชื่อทางการค้าว่า “Prepreg” วัสดุ Prepreg นั้นถูกผลิตจากเส้นใยคาร์บอนทำหน้าที่เป็นตัวเสริมแรงที่ถูกฝัง (Pre-Impregnated) อยู่ในเรซินและถูกขึ้นรูปเป็นแผ่นด้วยกระบวนการดึงยืด (Pultrusion) [1] โดยเรซินนั้นจะถูกร้อนทำให้เกิดปฏิกิริยาการเชื่อมขวางของโมเลกุลมาแล้วบางส่วน (Partially Cured) ทำให้ Prepreg นั้นเป็นเหมือนวัสดุกึ่งสำเร็จรูปที่สามารถจำหน่ายเป็นลักษณะเหมือนม้วนเทปได้ พฤติกรรมของวัสดุ Prepreg นั้นมีความซับซ้อน ทำให้ในต่างประเทศมีการศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับวัสดุชนิดนี้อย่างลึกซึ้ง ไม่ว่าจะเป็นพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเสียรูปเนื่องจากกระบวนการทางความร้อนในการอบ (Autoclave Curing Process) [2-3] การเสียรูปที่เกิดจากปัจจัยต่าง ๆ ของกระบวนการขึ้นรูป [4] รวมทั้งการพยายามลดความเสี่ยงรูปของชิ้นส่วนโดยการดัดแปลงรูปทรงของแม่พิมพ์ [5] นอกจากนี้ยังมีนักวิจัยอีกหลายท่านที่ศึกษาเกี่ยวกับสมบัติเชิงกลของ Prepreg เช่น พฤติกรรมในการรับแรงกระแทก (Impact Load)

[6-7] และพฤติกรรมในการรับแรงกดและแรงเฉือน (Compressive and Shear Load) [8]

จากที่กล่าวมา จึงเป็นที่น่าสนใจที่จะนำวัสดุ Prepreg มาบรรจุเข้าเป็นรายวิชาบรรยายและวิชาปฏิบัติการของภาควิชาวิศวกรรมวัสดุชั้นสูง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา อย่างไรก็ตามการเตรียมวัสดุ Prepreg นั้นจำเป็นต้องทำการตัดแผ่น Prepreg ให้มีขนาดเล็กเป็นจำนวนมากเพื่อที่จะขึ้นรูปด้วยมือเปล่า (Hand Lay-Up) ได้ด้วยอุปกรณ์การตัดพื้นฐาน ได้แก่ กรรไกรหรือมีดคัตเตอร์ [9] ซึ่งต้องใช้เวลาและเป็นสาเหตุให้เกิดความคลาดเคลื่อนของขนาดได้ ซึ่งความคลาดเคลื่อนของขนาดนั้นจะทำให้เกิดปัญหาเมื่อนำแผ่น Prepreg มาขึ้นรูปให้มีความหนามากขึ้นจนกลายเป็นผลิตภัณฑ์ จะควบคุมขนาดของผลิตภัณฑ์ได้ยากหรือจำเป็นต้องมีการตัดแต่งขอบเพื่อเพิ่มความสวยงาม

จากประเด็นปัญหาดังกล่าวข้างต้น ทางทีมผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการออกแบบและสร้างเครื่องตัดวัสดุ Prepreg ขึ้นมาโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาและลดความคลาดเคลื่อนของขนาดในการตัด ทางทีมผู้วิจัยได้มีการศึกษาเทคนิคการตัดวัสดุต่าง ๆ ยกตัวอย่างเช่น พรเทพ มานิตยวงษ์และสุวรรณี อัสกุลชัย [10] ได้ทำการพัฒนาเครื่องจักรซีเอ็นซีขนาดเล็กเพื่อตัดแผ่นอลูมิเนียมคอมโพสิตโดยการประยุกต์ใช้หัวสว่านคาร์ไบด์แทนเลื่อยวงเดือน ชาญชัย พลตรีและฤทธิกุล จันทระสา [11] ได้พัฒนาเครื่องตัดแผ่นไม้กรอบรูปโดยใช้ใบมีดวงกลมคู่ โดยการตัดจะอาศัยแรงเสียดทานระหว่างใบมีดและแผ่นไม้กรอบรูป ภาณุสิทธิ์ กำปันทองและคณะ [12] ได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องตัดแผ่นฉนวนกันความร้อนโดยใช้ลักษณะการตัดแบบ

บทความวิจัย (Research Article)

โรเตอร์ ลักษณะทางกายภาพของแผ่น Prepreg ที่อุณหภูมิห้องจะมีความอ่อนและเหนียว การตัดแผ่น Prepreg นั้นควรตัดด้วยใบมีดตัดที่มีความคมและบาง ระหว่างการตัด แผ่น Prepreg จะต้องมีความตึงและใบมีดเป็นตัวที่จะต้องเคลื่อนที่เข้าหาแผ่น Prepreg เพื่อป้องกันการย่นของแผ่น Prepreg เทคนิคการตัดบางอย่างไม่สามารถใช้กับวัสดุ Prepreg ได้ เช่น การตัดด้วยน้ำแรงดันสูง (Water Jet Cutting) เนื่องจากความชื้นจากน้ำจะส่งผลให้เกิดการบวมของเรซิน

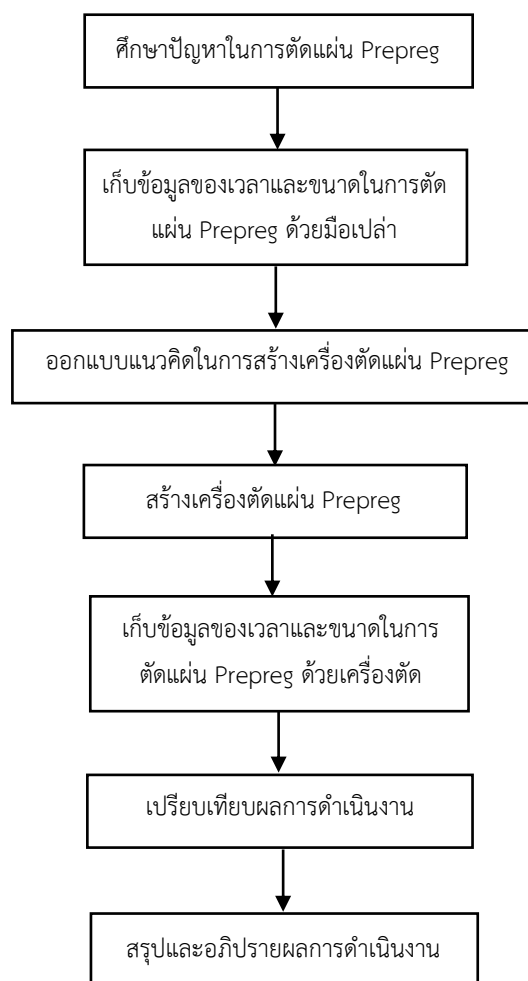
2. วิธีการดำเนินงาน

ทางทีมผู้วิจัยได้กำหนดแนวทางในการดำเนินงาน ดังแสดงในรูปที่ 1

2.1 ศึกษาปัญหาในการตัดแผ่น Prepreg

คณาจารย์ที่เป็นส่วนหนึ่งของทีมผู้วิจัย มีประสบการณ์ในการทำวิจัยเกี่ยวกับการเสียรูปของวัสดุขึ้นโครงสร้างลามิเนตที่ขึ้นรูปจากแผ่น Prepreg ซึ่งจำเป็นต้องตัดแผ่น Prepreg เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมเป็นจำนวนมาก ทำให้มีความคั่นเคยในขั้นตอนการตัด และสามารถถ่ายทอดให้กับทางทีมผู้วิจัยได้เป็นอย่างดี โดยปกติม้วน Prepreg นั้นจะต้องถูกบรรจุอยู่ในถุงปิดผนึกและแช่อยู่ในช่องแช่แข็งอุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส (°C) เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาของเรซินที่อุณหภูมิห้องซึ่งจะทำให้เรซินหมดอายุการใช้งาน Prepreg นั้นจะถูกจัดจำหน่ายเป็นม้วนซึ่งมักจะถูกเรียกว่า Prepreg Tape โดยจะมีขนาดหน้ากว้างที่หลากหลายให้ลูกค้าสามารถเลือกซื้อได้ ตัวอย่างของม้วน Prepreg ดังแสดงในรูปที่ 2 ก่อนที่จะนำ

แผ่น Prepreg มาตัดได้นั้น จำเป็นต้องนำ Prepreg ออกมาจากช่องแช่แข็งและทิ้งไว้ประมาณ 5-6 ชั่วโมงเพื่อให้อุณหภูมิของ Prepreg กลับมาที่อุณหภูมิห้อง โดยระหว่างที่รอนั้นจะต้องไม่นำ Prepreg ออกมาจากถุงปิดผนึกเพื่อป้องกันไอน้ำที่เกิดขึ้นจะสร้างความชื้นให้กับตัวเรซิน ซึ่งระหว่างที่ทำการตัด Prepreg นั้นก็จำเป็นที่จะต้องทำในห้องที่มีการควบคุมอุณหภูมิประมาณ 18-20 °C ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาของเรซินถ้าห้องมีอุณหภูมิที่สูงเกินไป



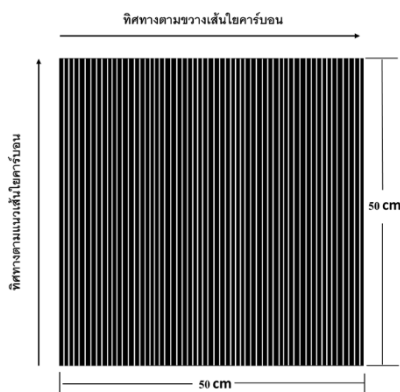
รูปที่ 1 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน

บทความวิจัย (Research Article)

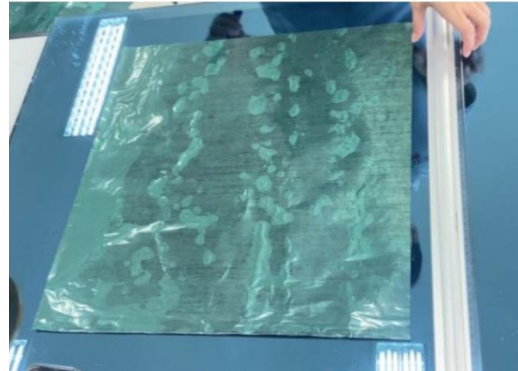


รูปที่ 2 ม้วน Prepreg [13]

สำหรับ Prepreg ที่นำมาทดลองตัดในการวิจัยนี้เป็นม้วน Prepreg ที่มีขนาดหน้ากว้าง 50 เซนติเมตร (cm) และเป็น Prepreg ที่เส้นใยคาร์บอนเรียงตัวในทิศทางเดียว (Unidirectional Prepreg) ซึ่งเป็นวัสดุที่ทางภาควิชาวิศวกรรมวัสดุชั้นสูงได้จัดเตรียมไว้สำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการ โดยจะต้องทำการตัด Prepreg ให้มีขนาดเล็กลง ทีมผู้วิจัยได้ทำการตัดแผ่น Prepreg จากม้วนให้มีขนาดแผ่น 50 x 50 ตารางเซนติเมตร (cm²) ก่อนที่จะทำการทดลองตัด Prepreg ให้มีขนาดเล็กลงเป็นเส้นยาวเพื่อทำการจับเวลาและวัดความคลาดเคลื่อนของขนาด ในการทดลองตัดได้มีการทดลองทั้งการตัดในทิศทางแนวเดียวกับเส้นใยคาร์บอนและการตัดในทิศทางแนวขวางเส้นใยคาร์บอน อธิบายเพิ่มเติมดังรูปที่ 3 แผ่น Prepreg ก่อนทำการทดลองตัดดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 3 ทิศทางในการทดลองตัดแผ่น Prepreg

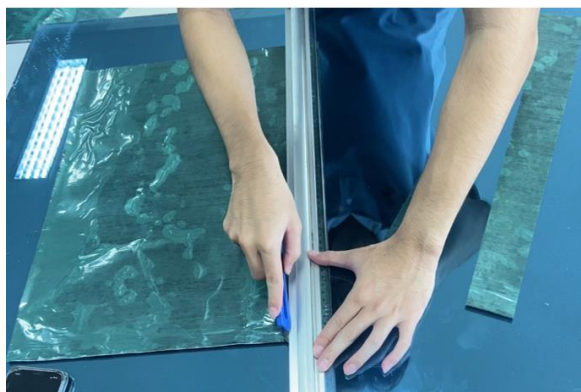


รูปที่ 4 แผ่น Prepreg ก่อนการทดลองตัด

ในการตัดแผ่น Prepreg ให้มีขนาดเล็กลงนั้นจะต้องทำการวัดขนาดและกำหนดตำแหน่งก่อนที่จะตัดหรืออาจจะมีการทำเทมเพลตเพื่อช่วยลดเวลาในการวัดขนาด ในครั้งนี้ทีมผู้วิจัยได้มีการใช้บล็อกเทมเพลตที่ทำจากอะลูมิเนียมโปรไฟล์หน้ากว้าง 5 cm เพื่อให้ง่ายต่อการทดลองตัดดังแสดงในรูปที่ 5 โดยจะตัดแผ่น Prepreg เป็นเส้นให้มีขนาด 5 x 50 cm² ซึ่งจะต้องทำการตัดทั้งหมด 9 รอบ เพื่อให้ได้เส้น Prepreg จำนวน 10 เส้น ในการตัดนั้น ผู้ตัดจะต้องกดเทมเพลตให้แน่นและออกแรงกดมีดตัดเตอร์เพื่อตัดเส้นใยคาร์บอนให้ขาดในการตัดเพียงครั้งเดียวดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนใบมีดอย่างสม่ำเสมอ ถ้าตัดไม่ขาดและมีการตัดซ้ำอาจทำให้รอยตัดไม่ตรง รอยตัดเดิมซึ่งส่งผลต่อการคลาดเคลื่อนของขนาดได้ นอกจากนี้ การวางเทมเพลตและการกดเทมเพลตที่ไม่ดีพออาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของขนาดได้เช่นเดียวกัน ความคลาดเคลื่อนของขนาดในการตัด Prepreg แต่ละแผ่นนั้นจะทำให้เกิดปัญหาในตอนที่น่าำ Prepreg มาขึ้นรูปเป็นชิ้นงานซึ่งจะต้องเอาแผ่น Prepreg มาวางซ้อนกัน (Hand Lay-Up) เพื่อให้เกิดความหนา ถ้าขนาดของแต่ละแผ่นมีความ

บทความวิจัย (Research Article)

คลาดเคลื่อนสูงจะทำให้ขอบของชิ้นงานไม่เท่ากัน โดยเฉพาะชิ้นงานที่มีความหนาหลายๆ จึงจำเป็นต้องมีการตัดแต่งขอบ ส่งผลให้ขนาดของชิ้นงานจริงคลาดเคลื่อนตามไปด้วย จากการทดลองตัดยังพบว่าการตัดตามขวางแนวเส้นใยจะตัดได้ยากกว่าการตัดตามแนวเส้นใยเนื่องจากว่าการตัดตามขวางนั้นจำเป็นต้องตัดเส้นใยทุกเส้นให้ขาดซึ่งต้องใช้แรงในการตัดที่มากกว่า



รูปที่ 5 การตัดแผ่นพรีเพรกให้มีขนาด $5 \times 50 \text{ cm}^2$

2.2 การเก็บข้อมูลเวลาในการตัดแผ่น Prepreg

ในการจับเวลาในการตัดแผ่น Prepreg เป็นเส้น 1 ครั้งนั้นจะเริ่มจากการนำเทมเพลตมาวางทาบและทำการตัดตั้งแต่ด้านบนสุดถึงด้านล่างสุดนับเป็น 1 รอบการทำงาน ในเบื้องต้นทีมผู้วิจัยได้ทำการทดลองจับเวลา 10 ครั้งในการตัดแผ่น Prepreg ให้มีขนาด $5 \times 50 \text{ cm}^2$ ตามยาวและตามขวางแนวเส้นใย ได้ผลดังตารางที่ 1 จะเห็นว่าเวลาในการตัดแต่ละรอบนั้นมีความคลาดเคลื่อนค่อนข้างสูงเนื่องจากความผันแปรของเวลาในการทาบเทมเพลตและเล็งให้ตรงขอบ

ตารางที่ 1 การจับเวลาเบื้องต้นในการตัด Prepreg 10 ครั้ง

รอบที่	เวลาตัดตามยาว (วินาที)	เวลาตัดตามขวาง (วินาที)
1	17.25	27.53
2	15.67	17.16
3	13.48	17.42
4	11.95	21.36
5	12.63	16.9
6	19.87	16.94
7	20.32	17.1
8	12.58	26.08
9	21.34	19.83
10	18.65	16.04
เฉลี่ย ($\bar{x}$)	16.374	19.636
พิสัย (R)	9.39	11.49
$R/\bar{x}$	0.57	0.585
N	55	59

จากความผันแปรของเวลาในตารางที่ 1 จึงจำเป็นต้องมีการคำนวณจำนวนรอบในการจับเวลา (N) ที่เหมาะสม โดยมีการคำนวณค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าพิสัย (R) และมีการคำนวณผลหารของค่าพิสัยและค่าเฉลี่ย เพื่อนำไปเปิดตาราง Maytag ได้จำนวนรอบการจับเวลาที่เหมาะสมภายใต้ความเชื่อมั่นที่ 95 % สำหรับการตัดตามยาวและตามขวางแนวเส้นใยอย่างน้อย 55 และ 59 รอบตามลำดับ

เนื่องจากในการตัดแผ่น Prepreg ขนาด $50 \times 50 \text{ cm}^2$ 1 แผ่น ให้เป็นแผ่นขนาด $5 \times 50 \text{ cm}^2$ จำนวน 10 แผ่นนั้น จะจับเวลาการตัดได้ 9 รอบ ดังนั้นทาง

บทความวิจัย (Research Article)

ทีมผู้วิจัยจึงทำการจับเวลาทั้งสิ้น 63 รอบ หรือ หมายถึงการตัดแผ่น Prepreg ขนาด $50 \times 50 \text{ cm}^2$ จำนวนอย่างละ 7 แผ่นสำหรับการตัดตามยาวและตามขวางแนวเส้นใย ได้ข้อมูลเวลาแสดงในตารางที่ 2 จากข้อมูลพบว่าการตัดตามขวางแนวเส้นใยคาร์บอน

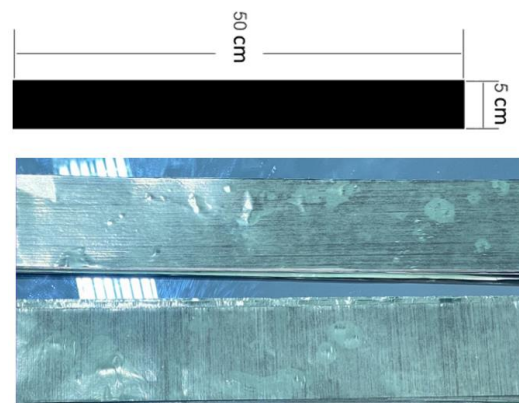
ใช้เวลาเฉลี่ยรวม 20.42 วินาที ส่วนการตัดตามแนวเส้นใยคาร์บอนใช้เวลาเฉลี่ยรวม 15.80 วินาที ซึ่งเวลาน้อยกว่าเพราะการตัดตามแนวเส้นใยคาร์บอนสามารถตัดได้ง่ายกว่า

ตารางที่ 2 ข้อมูลการจับเวลาในการตัดแผ่น Prepreg จำนวน 63 รอบสำหรับการตัดตามยาวและตามขวางแนวเส้นใยคาร์บอน

การทดสอบ (ครั้งที่)		เวลาการตัดครั้งที่ (วินาที)									เฉลี่ย (วินาที)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (วินาที)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9		
ตัดตามยาว แนวเส้นใย คาร์บอน	แผ่นที่ 1	16.84	20.03	21.33	13.38	13.95	15.10	17.57	16.80	18.79	15.80	3.29
	แผ่นที่ 2	14.27	15.69	12.21	17.89	10.76	10.71	11.48	10.55	20.20		
	แผ่นที่ 3	15.29	18.28	21.40	15.13	22.09	17.92	10.92	15.59	16.70		
	แผ่นที่ 4	15.36	22.38	15.15	14.05	16.48	15.03	18.11	12.87	15.93		
	แผ่นที่ 5	18.27	18.29	16.85	13.89	14.65	10.48	22.07	11.54	10.76		
	แผ่นที่ 6	18.81	15.65	17.87	14.65	15.35	10.71	17.89	21.41	15.58		
	แผ่นที่ 7	13.39	15.19	19.21	10.98	10.73	15.23	19.44	16.98	13.34		
ตัดตาม ขวาง แนวเส้นใย คาร์บอน	แผ่นที่ 1	23.53	17.16	17.42	21.36	16.90	16.94	17.10	26.08	19.83	20.42	3.32
	แผ่นที่ 2	26.62	16.35	16.76	18.03	16.04	19.30	18.67	19.53	17.93		
	แผ่นที่ 3	18.37	17.23	18.52	19.23	20.71	16.05	25.82	17.89	20.37		
	แผ่นที่ 4	20.31	21.98	27.31	24.69	16.60	26.52	25.77	27.87	22.15		
	แผ่นที่ 5	25.35	20.12	19.56	23.86	18.53	21.98	20.69	17.55	23.11		
	แผ่นที่ 6	26.45	19.42	18.48	16.13	17.56	20.34	23.74	21.33	21.03		
	แผ่นที่ 7	26.23	18.45	21.40	19.21	19.98	18.41	17.35	19.90	17.44		

2.3 การเก็บข้อมูลขนาดในการตัดแผ่น Prepreg

จากการทดลองตัดในตารางที่ 2 ทีมผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลของขนาดความกว้างในการตัดสำหรับเส้น Prepreg แต่ละชิ้น โดยทำการวัดขนาดความกว้างส่วนหัวและส่วนท้ายของเส้น Prepreg โดยมีมาตรฐานคือขนาดความกว้างควรเท่ากับ 5 cm แสดงได้ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ขนาดและลักษณะของเส้น Prepreg ที่ทำการทดลองตัด

บทความวิจัย (Research Article)

ในตารางที่ 3 สามารถสังเกตได้ว่าจะเกิดความคลาดเคลื่อนสะสมในการตัดแต่ละครั้ง ทำให้ชั้นที่ 10 มีขนาดที่คลาดเคลื่อนมากที่สุดเมื่อเทียบกับชั้นอื่น ๆ

ตารางที่ 3 ขนาดของเส้น Prepreg จากการทดลองตัดด้วยมือ

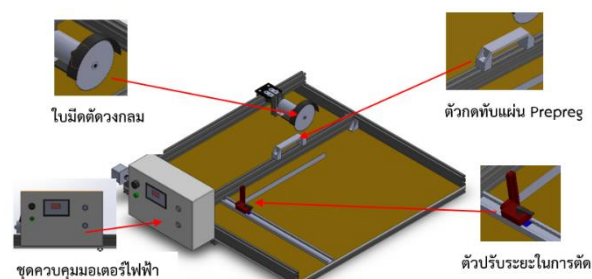
การทดสอบ	แผ่นที่	ตำแหน่ง	ขนาดชั้นที่ (cm)									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ตัดตามยาวแนวเส้นใยคาร์บอน	1	หัว	5.0	5.1	5.1	5.2	5.0	5.1	5.1	5.1	5.1	4.3
		ท้าย	5.1	5.0	5.0	5.1	5.1	5.2	5.0	5.1	5.1	4.5
	2	หัว	5.1	5.1	5.1	5.2	5.1	5.4	5.1	5.3	5.1	3.9
		ท้าย	5.1	5.0	4.8	4.9	5.2	5.2	5.1	5.2	5.1	4.5
	3	หัว	5.0	5.2	4.9	5.3	5.2	5.3	5.1	5.2	5.3	3.8
		ท้าย	5.1	5.3	5.2	5.4	5.1	5.0	5.1	5.1	5.2	3.9
	4	หัว	5.1	5.2	5.1	5.3	5.3	5.3	5.1	5.1	5.1	3.7
		ท้าย	4.9	5.0	5.1	5.3	5.3	5.1	5.2	5.1	5.2	3.8
	5	หัว	5.0	5.1	4.8	5.3	5.2	5.3	5.2	5.2	5.3	3.7
		ท้าย	5.0	4.9	5.1	5.3	5.3	5.1	5.2	5.1	5.2	4.0
	6	หัว	4.9	4.8	5.1	5.2	5.2	5.1	5.2	5.1	5.1	4.4
		ท้าย	5.0	5.0	5.0	5.1	5.1	5.2	5.0	5.1	5.1	4.6
	7	หัว	5.0	5.1	5.1	5.2	5.0	5.4	5.1	5.3	5.1	3.9
		ท้าย	4.9	5.0	5.2	5.2	5.0	5.0	5.3	5.2	5.2	4.1
ตัดตามขวางแนวเส้นใยคาร์บอน	1	หัว	5.0	5.6	4.9	5.1	5.2	5.3	5.2	5.3	5.5	3.1
		ท้าย	5.1	5.3	5.2	5.1	5.2	5.1	5.1	5.1	5.2	3.9
	2	หัว	5.1	5.2	5.1	5.1	5.2	5.1	5.1	5.2	5.3	3.8
		ท้าย	5.0	5.2	5.1	5.0	5.4	5.3	5.5	5.3	4.9	3.5
	3	หัว	5.5	5.3	4.9	5.4	5.2	5.3	5.1	5.2	5.3	3.0
		ท้าย	5.1	5.3	5.2	5.3	5.1	5.0	5.1	5.1	5.2	3.9
	4	หัว	5.1	5.4	5.1	5.3	5.3	5.3	5.1	5.1	5.1	3.5
		ท้าย	5.2	5.2	5.1	5.3	5.3	5.1	5.2	5.1	5.2	3.4
	5	หัว	5.2	5.3	5.1	5.3	5.1	4.9	5.1	5.1	5.2	3.9
		ท้าย	5.3	5.2	4.9	5.4	5.3	5.3	5.2	5.3	5.3	3.0
	6	หัว	5.1	5.2	5.2	5.3	5.2	5.0	5.1	4.9	5.3	3.9
		ท้าย	5.0	5.3	5.1	5.3	5.1	4.9	5.1	5.3	5.2	3.8
	7	หัว	5.1	5.2	5.3	5.3	5.2	5.1	5.2	5.2	5.3	3.3
		ท้าย	5.2	4.8	5.1	5.3	5.1	5.2	5.3	5.2	4.9	4.1

2.4 แนวคิดในการออกแบบเครื่องตัด Prepreg

ทีมผู้วิจัยได้ทำการประชุมเพื่อเสนอแนวคิดในการออกแบบ โดยให้ความสำคัญกับขนาดของโครงสร้างเครื่อง (กว้าง×ยาว×สูง) น้ำหนักของเครื่อง ลักษณะการทำงานของเครื่อง ความหนาของแผ่น Prepreg

ที่สามารถตัดได้และความเร็วในการตัด ซึ่งได้แนวคิดของเครื่องตัด Prepreg มาทั้งหมด 3 รูปแบบ

1) แนวคิดที่ 1 เลือกใช้วัสดุอลูมิเนียมโปรไฟล์ มาทำเป็นโครงสร้างโดยขนาดของตัวเครื่องมีความกว้าง 80 cm ยาว 80 cm และสูง 15 cm เครื่องสามารถทำงานกึ่งอัตโนมัติได้โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นตัวขับเคลื่อนในการตัดแผ่น Prepreg ออกแบบให้ตัวเครื่องใช้ใบมีดตัดวงกลมในการตัดและสามารถเปลี่ยนใบมีดตัดได้ง่ายเมื่อเสื่อมสภาพ มีตัวปรับระยะในการตัดรวมทั้งตัวกดทับแผ่น Prepreg ให้อยู่กับที่ ทำให้สามารถตัดได้ง่าย ลักษณะของเครื่องดังแสดงในรูปที่ 7

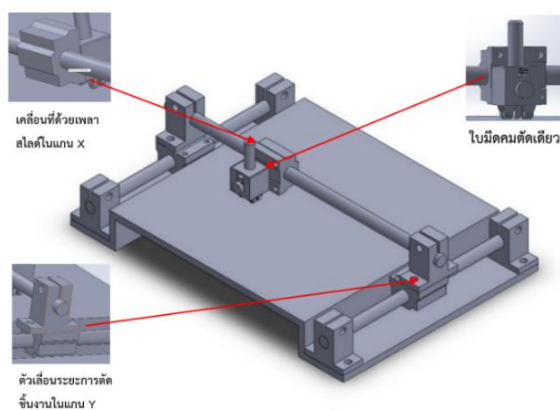


รูปที่ 7 แนวคิดที่ 1 ในการออกแบบเครื่องตัดแผ่น Prepreg

2) แนวคิดที่ 2 เลือกใช้วัสดุสแตนเลสมาทำเป็นโครงสร้างโดยมีขนาดของตัวเครื่องมีความกว้าง 100 cm ยาว 120 cm และสูง 15 cm ไม่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อน ออกแบบให้ตัวเครื่องขับเคลื่อนด้วยเฟลาสไลด์ในแกน X และใช้ใบมีดคมตัดเดียวในการตัดแผ่น Prepreg สามารถเลื่อนระยะ

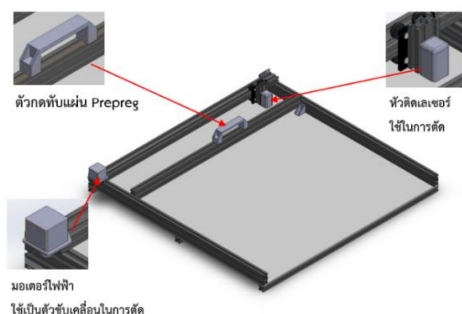
บทความวิจัย (Research Article)

การตัดในแกน Y และสามารถเปลี่ยนใบมีดตัดเมื่อเสื่อมสภาพ ลักษณะของเครื่องดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 แนวคิดที่ 2 ในการออกแบบเครื่องตัดแผ่น Prepreg

3) แนวคิดที่ 3 เลือกใช้วัสดุอลูมิเนียมโปรไฟล์มาทำเป็นโครงสร้างโดยมีขนาดของตัวเครื่องมีความกว้าง 75 cm ยาว 75 cm และสูง 15 cm เครื่องสามารถทำงานกึ่งอัตโนมัติได้โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นตัวขับเคลื่อนในการตัดแผ่น Prepreg (รูปที่ 9)



รูปที่ 9 แนวคิดที่ 3 ในการออกแบบเครื่องตัดแผ่น Prepreg

โดยออกแบบให้ตัวเครื่องใช้หัวตัดเลเซอร์ในการตัด และมีตัวกดทับแผ่น Prepreg ทำให้สามารถตัดได้ง่าย ลักษณะของเครื่องดังแสดงในรูปที่ 9

จากแนวคิดที่ทำการออกแบบมาทั้ง 3 แบบนั้น มีส่วนประกอบหรือรายละเอียดที่แตกต่างกัน ทำให้ต้องมีการเปรียบเทียบเพื่อเลือกแนวคิดที่ดีและเหมาะสมที่สุด โดยได้ขอความอนุเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านเพื่อช่วยในการประเมิน ซึ่งผู้เชี่ยวชาญ 1 ท่านเป็นคณาจารย์หนึ่งในทีมผู้วิจัย ส่วนผู้เชี่ยวชาญอีก 2 ท่านเป็นคณาจารย์ผู้เชี่ยวชาญในการออกแบบและสร้างเครื่องจักรของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ทางทีมผู้เชี่ยวชาญได้กำหนดคุณลักษณะของเครื่องตัดเป็น 11 คุณลักษณะและได้มีการกำหนดค่าน้ำหนักเพื่อแสดงถึงความสำคัญของแต่ละคุณลักษณะ ผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านได้ทำการให้คะแนนประเมินแต่ละปัจจัย โดยคะแนน 1 หมายถึงต่ำมาก 2 หมายถึงต่ำ 3 หมายถึงปานกลาง 4 หมายถึงสูง และ 5 หมายถึงสูงมาก ผลการประเมินดังแสดงในตารางที่ 4 หลังจากนั้นได้นำคะแนนจากผู้เชี่ยวชาญมาทำการเฉลี่ยและนำไปคูณกับน้ำหนักผลรวมของคะแนนจากทุกคุณลักษณะทำให้แนวคิดที่ 1 เป็นแนวคิดที่ถูกเลือกมาทำการสร้างเครื่องตัดจริง

บทความวิจัย (Research Article)

ตารางที่ 4 การประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ

ลำดับ	คุณลักษณะของเครื่องตัด	ค่าน้ำหนัก	คะแนนประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ											
			แนวคิดที่ 1				แนวคิดที่ 2				แนวคิดที่ 3			
			คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	เฉลี่ย	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	เฉลี่ย	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	เฉลี่ย
1	ขนาดโครงสร้างของเครื่อง (กว้างxยาวxสูง)	0.12	4	4	4	4.0	4	4	4	4.0	4	3	3	3.3
			0.48				0.48				0.4			
2	น้ำหนักของเครื่อง	0.10	4	4	4	4.0	3	3	4	3.3	4	4	4	4.0
			0.4				0.33				0.4			
3	ความเร็วในการตัด	0.10	4	5	5	4.7	3	3	4	3.3	4	4	4	4.0
			0.47				0.33				0.4			
4	คุณภาพของรอยตัด	0.12	3	4	4	3.7	4	4	5	4.3	2	2	3	2.3
			0.44				0.52				0.28			
5	ความหนาของชิ้นงานที่ตัดได้	0.10	4	4	4	4.0	2	2	2	2.0	5	4	4	4.3
			0.4				0.2				0.43			
6	การปรับระยะในการตัดได้	0.08	3	3	4	3.3	4	4	4	4.0	2	2	3	2.3
			0.27				0.32				0.187			
7	ระยะเวลาในการเปลี่ยนใบมีดตัด	0.08	4	4	5	4.3	2	3	3	2.7	5	4	5	4.7
			0.35				0.21				0.37			
8	ปรับความเร็วใบมีดตัดได้	0.05	5	5	5	5.0	3	3	2	2.7	3	4	3	3.3
			0.25				0.13				0.17			
9	มีอุปกรณ์ช่วยจับชิ้นงานขณะตัดได้	0.07	4	4	5	4.3	2	2	3	2.3	4	4	4	4.0
			0.30				0.16				0.28			
10	การทำงานของระบบการตัด	0.08	5	5	4	4.7	3	3	3	3.0	4	4	4	4.0
			0.37				0.24				0.32			
11	งบประมาณในการสร้าง	0.10	3	4	4	3.7	3	4	4	3.7	3	3	3	3.0
			0.37				0.37				0.3			
	รวมคะแนน	1.00	4.09				3.30				3.54			

2.5 การสร้างเครื่องตัดแผ่น Prepreg

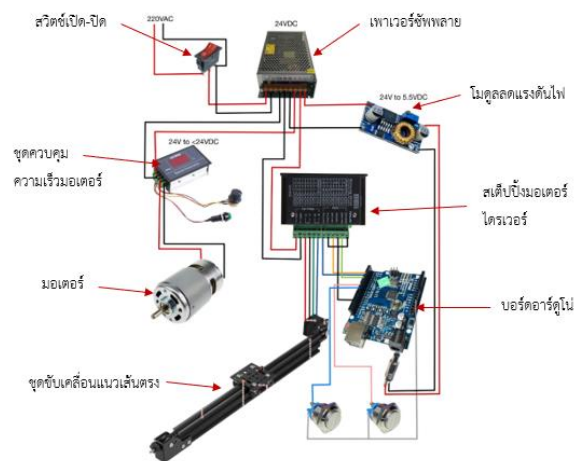
ทีมผู้วิจัยได้เลือกแนวคิดที่ 1 ในการสร้างเครื่องตัดแผ่น โดยส่วนประกอบของเครื่องมี 2 ส่วน ดังนี้

1) โครงสร้างหลักของเครื่องทำจากอลูมิเนียมโปรไฟล์ทรงสี่เหลี่ยมขนาด $2 \times 4 \times 80 \text{ cm}^3$ จำนวน 2 ชิ้น และขนาด $2 \times 2 \times 80 \text{ cm}^3$ จำนวน 3 ชิ้น นำมาประกอบยึดติดกันเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมขนาด $80 \times 80 \text{ cm}^2$ และมีแผ่นอะคริลิคความหนา 5 mm ตัดทำเป็นฐานรองรับชิ้นงานขนาด $80 \times 80 \text{ cm}^2$ จำนวน 1 แผ่น นำมายึดติดกับโครงสร้างหลัก มีตัวกดที่ยกขึ้นลงได้สำหรับกดทับแผ่น Prepreg ทำจากอลูมิเนียมโปรไฟล์ขนาด $2 \times 4 \times 75 \text{ cm}^3$ จำนวน 1 ชิ้น และมีชุดขับเคลื่อนแนวเส้นตรงสำหรับขับเคลื่อนเลื่อนชุดใบมีดตัดประกอบติดตั้งเข้ากับ

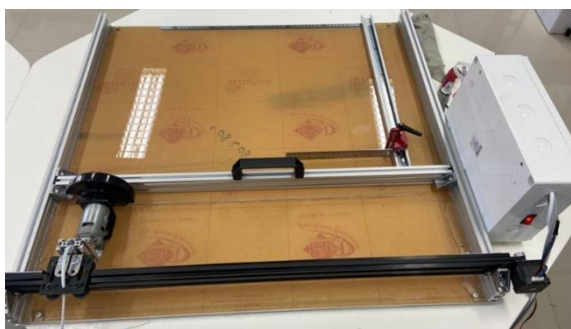
โครงสร้างหลักด้านหน้าเครื่อง ใบมีดตัดกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 45 mm ใบมีดจะประกอบยึดกับมอเตอร์ไฟฟ้า DC 24 V ซึ่งเป็นตัวขับเคลื่อนชุด

2) ส่วนควบคุมการทำงานของเครื่อง ประกอบด้วยกล่องควบคุม มีปุ่มควบคุมการทำงานได้แก่ ปุ่ม ON/OFF ใช้สำหรับสั่งเปิด-ปิดเครื่อง ปุ่มหมุนควบคุมความเร็วมอเตอร์ขับเคลื่อนใบมีดตัด ใช้สำหรับปรับความเร็วรอบของใบมีดตัด หน้าจอแสดงเปอร์เซ็นต์ความเร็วของมอเตอร์ขับเคลื่อนใบมีดตัด และปุ่มสตาร์ทการตัด ใช้สำหรับสั่งชุดระบบขับเคลื่อนใบมีดตัดเลื่อนตัดเป็นแนวเส้นตรง ภายในกล่องควบคุมประกอบด้วยเพาเวอร์ซัพพลาย ชุดบอร์ดควบคุมอุปกรณ์ต่างๆและวงจรไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 10 เครื่องตัดแผ่น Prepreg ที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์ดังแสดงในรูปที่ 11

บทความวิจัย (Research Article)



รูปที่ 10 วงจรไฟฟ้าควบคุมเครื่องตัดแผ่น Prepreg



รูปที่ 11 เครื่องตัดแผ่น Prepreg

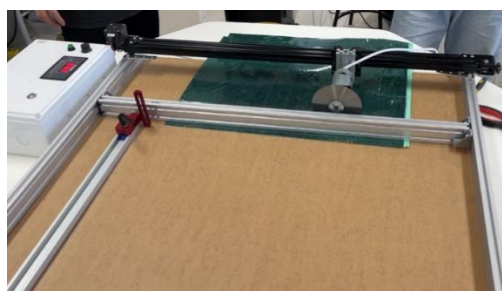
การทำงานของเครื่อง เริ่มต้นโดยการปรับตั้งระยะ ความยาวที่ต้องการจะตัด ป้อนแผ่น Prepreg เข้าไปในเครื่องในส่วนพื้นที่การตัด แล้วใช้ตัวกดทับกดลงบนแผ่น Prepreg เพื่อไม่ให้เกิดการขยับระหว่างการตัด จากนั้นกดปุ่ม ON ที่กล่องควบคุมการทำงานของเครื่องจะเป็นการสั่งมอเตอร์ขับใบมีดตัดหมุน แล้วทำการหมุนปุ่มปรับความเร็วรอบของชุดใบมีดตัดกรณีต้องการเพิ่ม-ลดความเร็ว และเริ่มทำการตัดด้วยการกดปุ่มสตาร์ทการตัด เครื่องจะทำการตัดโดยชุดใบมีดตัดจะเคลื่อนที่ตัดแผ่น Prepreg เป็นแนวเส้นตรง เป็น

การทำงานของเครื่องครบ 1 รอบ เมื่อต้องการหยุดการทำงานของเครื่องให้กดปุ่ม OFF ที่กล่องควบคุม

3. ผลการดำเนินงาน

3.1 จับเวลาการตัดแผ่น Prepreg ด้วยเครื่องตัด

ทางทีมผู้วิจัยได้ทำการทดสอบตัดแผ่น Prepreg เพื่อทำการจับเวลา โดย 1 รอบการทำงานจะเริ่มตั้งแต่การนำแผ่น Prepreg ใส่ลงไปเครื่องจนกระทั่งเครื่องตัดแผ่น Prepreg เสร็จ ลักษณะการวางแผ่น Prepreg ดังแสดงในรูปที่ 12 ได้ทำการเก็บข้อมูลเวลาเพื่อเทียบเคียงกับการตัดด้วยมือ (ตารางที่ 2) ได้ข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 5 ซึ่งสังเกตได้ว่าเครื่องสามารถตัดแผ่น Prepreg ทั้งแนวตามยาวและตามขวางของเส้นใยได้เวลาเฉลี่ยใกล้เคียงกันที่ 23.16 และ 23.45 วินาที ตามลำดับ เนื่องจากการทำงานของใบมีดเป็นการลดปัจจัยจากการตัดด้วยแรงคน อย่างไรก็ตามการตัดแผ่น Prepreg ด้วยเครื่องตัด 1 รอบนั้นยังใช้เวลาเฉลี่ยมากกว่าการตัดด้วยมือเปล่า เนื่องจากการเดินของใบมีดนั้นช้ากว่า แต่เครื่องตัดนั้นสามารถตัดแผ่น Prepreg ที่ซ้อนกันได้อย่างน้อย 2 แผ่น ซึ่งถือเป็นข้อได้เปรียบในการลดเวลาในการเตรียมแผ่น Prepreg ถ้าเทียบกับการตัดด้วยมือเปล่า



รูปที่ 12 ลักษณะการตัดแผ่น Prepreg ด้วยเครื่องตัด

บทความวิจัย (Research Article)

3.2 ข้อมูลขนาดการตัดแผ่น Prepreg ด้วยเครื่องตัด

จากการทดลองในตารางที่ 5 ทางทีมผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลของขนาดโดยมีวิธีการวัดเช่นเดียวกันกับการตัด

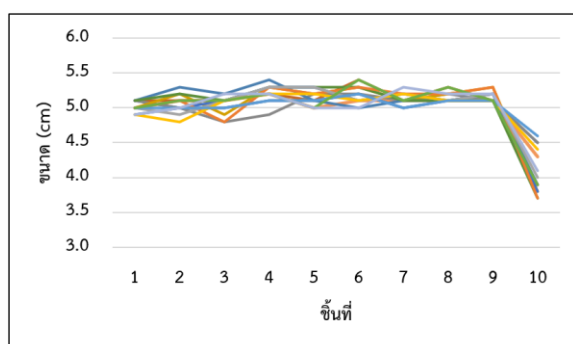
ด้วยมือเปล่าและมีการเก็บข้อมูลลักษณะเช่นเดียวกับตารางที่ 3 หลังจากนั้นได้นำข้อมูลมาสร้างกราฟเพื่อดูความเที่ยงตรงของขนาดแต่ละชิ้น

ตารางที่ 5 ข้อมูลเวลาการตัดแผ่น Prepreg ด้วยเครื่องตัด

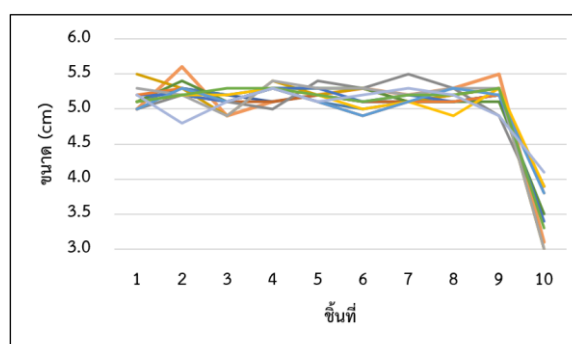
การทดสอบ (ครั้งที่)		เวลาการตัดครั้งที่ (วินาที)									เฉลี่ย (วินาที)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (วินาที)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9		
ตัดตามยาว แนวเส้นใย คาร์บอน	แผ่นที่ 1	28.15	26.81	21.61	23.53	23.92	26.94	26.81	21.61	23.53	23.16	2.26
	แผ่นที่ 2	22.57	26.73	23.59	22.96	25.45	22.57	26.73	23.59	22.96		
	แผ่นที่ 3	20.58	23.2	19.6	21.24	22.59	20.58	23.2	19.6	21.24		
	แผ่นที่ 4	26.67	21.67	24.72	19.75	19.75	26.67	21.67	24.72	19.75		
	แผ่นที่ 5	20.28	20.72	21.77	21.32	26.59	20.28	20.72	21.77	21.32		
	แผ่นที่ 6	23.9	24.15	20.92	24.02	25.07	23.9	24.15	20.92	24.02		
	แผ่นที่ 7	25.59	23.66	22.49	25.6	21.03	25.59	23.66	22.49	25.6		
ตัดตาม ขวาง แนวเส้นใย คาร์บอน	แผ่นที่ 1	27.83	24	22.84	24.97	19.21	20.54	23.31	26.93	25.57	23.45	2.28
	แผ่นที่ 2	19.58	19.69	20.72	23.2	23.29	23.01	24.76	19.6	24.09		
	แผ่นที่ 3	24	24.47	26.21	25.64	19.95	20.22	24.2	23.16	20.92		
	แผ่นที่ 4	21.53	20.48	25.85	25.11	24.28	23.45	23.54	23.3	24.57		
	แผ่นที่ 5	21.96	23.02	23.07	19.91	21.92	24.6	26.94	26.12	26.08		
	แผ่นที่ 6	25.89	19.42	19.41	26.38	20.84	22.57	26.67	26.02	24.89		
	แผ่นที่ 7	22.3	24.75	24.83	21.88	25.71	24.43	24.76	24.01	24.68		

รูปที่ 13 แสดงกราฟขนาดของแผ่น Prepreg ที่ถูกตัดด้วยมือเปล่า (ข้อมูลจากตารางที่ 3) และรูปที่ 14 แสดงกราฟขนาดของแผ่น Prepreg ที่ถูกตัดด้วย

เครื่องตัด จะเห็นได้ชัดเจนว่าเครื่องตัดสามารถตัดขนาดได้เที่ยงตรงกว่าโดยชิ้นที่ 10 ยังมีขนาดที่ใกล้เคียงกับชิ้นอื่น ๆ ทั้งการตัดตามแนวและตามขวาง



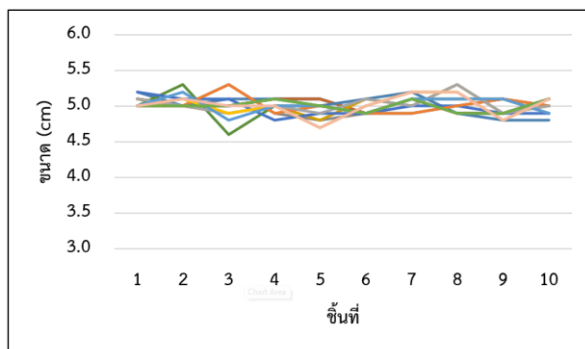
ก) ตัดตามแนวเส้นใย



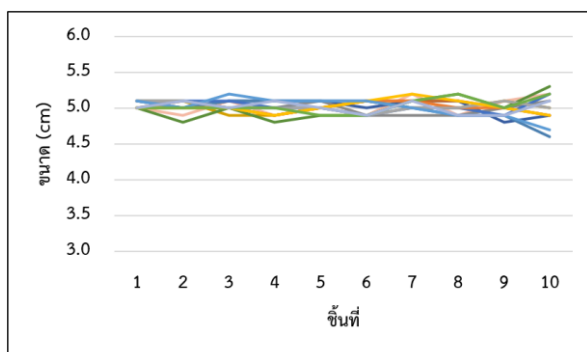
ข) ตัดตามขวางเส้นใย

รูปที่ 13 กราฟแสดงขนาดของแผ่น Prepreg ที่ถูกตัดด้วยมือ

บทความวิจัย (Research Article)



ก) ตัดตามแนวเส้นใย



ข) ตัดตามขวางเส้นใย

รูปที่ 14 กราฟแสดงขนาดของแผ่น Prepreg ที่ถูกตัดด้วยเครื่องตัด

4. สรุปผลการดำเนินงาน

ทางทีมผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงปัญหาในการตัดเตรียมวัสดุแผ่น Prepreg สำหรับทำการทดลองในปฏิบัติการวัสดุผสมสำหรับภาควิชาวิศวกรรมวัสดุชั้นสูง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา การเตรียมวัสดุ Prepreg นั้นจำเป็นต้องใช้แรงงานคนในการตัด เนื่องจากวัสดุชนิดนี้ถูกจัดจำหน่ายเป็นม้วน ทีมผู้วิจัยได้ทำการทดลองตัดพบว่าปัญหาหลัก ๆ คือ สามารถตัดได้เพียงครั้งละ 1 ชิ้น เนื่องจากถ้านำแผ่น Prepreg มาซ้อนกันจะไม่สามารถตัดให้ขาดได้ในบางครั้ง ขนาดของแผ่น Prepreg ที่ตัดได้มีความคลาดเคลื่อนสูงซึ่ง

เกิดความคลาดเคลื่อนสะสมทำให้ขนาดของแต่ละแผ่นมีความแตกต่างกันและส่งผลให้แผ่นสุดท้ายมีขนาดเล็กที่สุดซึ่งจำเป็นต้องทิ้ง ทางทีมผู้วิจัยได้ออกแบบแนวคิดของเครื่องตัดมา 3 รูปแบบและได้มีการวิเคราะห์ข้อดีข้อเสียรวมทั้งให้คะแนนเพื่อเลือกแนวคิดที่เหมาะสมที่สุด หลังจากนั้นได้ทำการสร้างเครื่องตัดขึ้นมาและทำการเก็บข้อมูลของเวลาและขนาดเพื่อเทียบกับการตัดด้วยมือเปล่า

ผลการดำเนินงานพบว่า การตัดด้วยมือเปล่า (ตารางที่ 2) ได้เวลาเฉลี่ยสำหรับการตัดตามแนวเส้นใยและตามขวางเส้นใยอยู่ที่ 15.80 และ 20.42 วินาทีตามลำดับ ส่วนการตัดด้วยเครื่องตัด (ตารางที่ 5) ได้เวลาเฉลี่ยสำหรับการตัดตามแนวเส้นใยและตามขวางเส้นใยอยู่ที่ 23.16 และ 23.45 วินาทีตามลำดับ อย่างไรก็ตามการตัดด้วยเครื่องนั้นสามารถตัดแผ่น Prepreg ซ้อนกันได้อย่างน้อย 2 แผ่น ทำให้สามารถเทียบเคียงได้ว่าเวลาเฉลี่ยในการตัด 1 ครั้งของเครื่องตัดสำหรับการตัดตามแนวเส้นใยและตามขวางเส้นใยอยู่ที่ 11.58 และ 11.72 วินาทีตามลำดับ ซึ่งลดลงคิดเป็นประมาณ 26.70 % และ 42.61 % ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาในการตัดแผ่น Prepreg ด้วยเครื่องตัดมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับการตัดด้วยมือเปล่า ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาในการตัดตามแนวเส้นใย ตัดด้วยมือเปล่าเท่ากับ 3.29 วินาทีและตัดด้วยเครื่องเท่ากับ 2.26 วินาที ซึ่งลดลงประมาณ 31.31 % ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาในการตัดตามขวางเส้นใย ตัดด้วยมือเปล่าเท่ากับ 3.32 วินาทีและตัดด้วยเครื่องเท่ากับ 2.28 วินาที ซึ่งลดลงประมาณ 31.33 % สำหรับการประเมินความคลาดเคลื่อนของขนาด

บทความวิจัย (Research Article)

พบว่าการตัดด้วยมือ (ตารางที่ 3 และรูปที่ 13) จะเกิดความคลาดสะสมทำให้ชั้นที่ 10 มีขนาดที่เล็กกว่าชั้นอื่น ส่วนการตัดด้วยเครื่องจะได้ขนาดที่ใกล้เคียงกันในแต่ละชั้น (รูปที่ 14)

5. อภิปรายผลการดำเนินงาน

เครื่องตัด Prepreg ที่ถูกสร้างขึ้นเป็นเครื่องต้นแบบแรกสำหรับห้องปฏิบัติการ ซึ่งสามารถตัดแผ่น Prepreg ให้มีรูปทรงสี่เหลี่ยมได้ โดยขนาดหน้ากว้างของม้วน Prepreg ที่รองรับได้อยู่ที่ประมาณ 60 cm ซึ่งเพียงพอสำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการ ในอนาคตสามารถพัฒนาเครื่องให้มีขนาดใหญ่ขึ้นได้เพื่อรองรับม้วน Prepreg ที่ใหญ่ขึ้น ทั้งนี้จำเป็นต้องคำนึงถึงการเคลื่อนย้ายและพื้นที่ในการจัดเก็บ ปัจจุบันมีเครื่องตัดแผ่น Prepreg ขนาดใหญ่ถูกสร้างมาเพื่อจัดจำหน่ายซึ่งเหมาะสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะใช้ระบบ CNC ในการควบคุม ทำให้เครื่องเหล่านี้มีราคาแพงมากเริ่มต้นที่ประมาณ 3 ถึง 4 ล้านบาท ด้วยเครื่องที่มีขนาดใหญ่มากและราคาที่แพงจึงเกินความจำเป็นที่จะนำมาใช้ในห้องปฏิบัติการ เนื่องจากไม่ได้มีการตัดแผ่น Prepreg เพื่อนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ขายในเชิงพาณิชย์

แผ่น Prepreg ที่ถูกตัดด้วยเครื่องตัดในงานวิจัยนี้ยังมีความคลาดเคลื่อนของขนาดอยู่เนื่องจากแรงสั่นสะเทือนจากการหมุนของมอเตอร์ระหว่างการตัดรวมทั้งข้อจำกัดของตัวกดทับแผ่น Prepreg ที่ยังอาศัยน้ำหนักของแท่งอลูมิเนียมโปรไฟล์ซึ่งอาจจะทำให้การยึดแผ่น Prepreg ให้อยู่กับที่ยังไม่ดีพอ ในอนาคตสามารถปรับปรุงและพัฒนาเครื่องตัดแผ่น Prepreg ให้มีความแม่นยำในการตัดมากยิ่งขึ้น โดย

ออกแบบเพลลาประกอบมอเตอร์เพื่อลดแรงสั่นสะเทือนและออกแบบอุปกรณ์ในการกดทับแผ่น Prepreg ใหม่ โดยอาจจะใช้ระบบนิวแมติกส์ร่วมกับกระบอกลูกสูบลมเข้ามาช่วยเพื่อให้การจับยึดมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถศึกษาข้อมูลเชิงลึกเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของเครื่องตัดได้ในอนาคตเมื่อมีนิสัยมาทำการทดลองใช้เครื่องแล้ว โดยอาจมีการศึกษาความต้องการโดยการประยุกต์ใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment : QFD) เพื่อพัฒนาเครื่องในรูปแบบที่ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานมากยิ่งขึ้น รวมทั้งยังสามารถศึกษาปัจจัยต่างๆที่ส่งผลต่อคุณภาพของการตัด เช่น ความเร็วในการเดินใบมีด ความเร็วรอบของใบมีด อายุของใบมีด ความหนาที่ตัดได้และคุณภาพของรอยตัด โดยอาจใช้การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) เพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่สุด ส่วนสุดท้ายที่ไม่สามารถละเลยได้คือ มาตรการด้านความปลอดภัยของเครื่องตัด ซึ่งเครื่องตัดต้นแบบแรกนี้มีเพียงฝาครอบใบมีดเท่านั้น ในการพัฒนาเครื่องต่อไปควรเพิ่มสวิตช์ฉุกเฉินเพื่อหยุดการทำงานของเครื่องและอาจจะเพิ่มฝาครอบเครื่องด้านบน

ต้นทุนในการสร้างเครื่องตัดแผ่น Prepreg ต้นแบบนี้อยู่ที่ 11,096 บาท ซึ่งถือเป็นต้นทุนที่ไม่สูงมากนัก อย่างไรก็ตามการพิจารณาถึงความคุ้มค่านั้นจำเป็นต้องมีการนำเครื่องไปใช้จริงในห้องปฏิบัติการเพื่อเปรียบเทียบเวลาในการเตรียมแผ่น Prepreg ที่ลดลงกับอายุการใช้งานของเครื่องตัดรวมทั้งค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง ซึ่งในส่วนนี้ยังต้องใช้เวลาในการวิเคราะห์อีกระยะหนึ่ง

บทความวิจัย (Research Article)

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนโครงการงานวิศวกรรมที่สนับสนุนงบประมาณและภาควิชาวิศวกรรมวัสดุชั้นสูง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพาที่สนับสนุนวัสดุ Prepreg ในการทำการทดลอง

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] P. Esfandiari *et al.*, "Production and processing of pre-impregnated thermoplastic tapes by pultrusion and compression moulding," *Journal of Composite Materials*, vol. 56, no. 11, pp. 1667–1676, 2022.
- [2] L. Moretti *et al.*, "Characterization and modelling of cure-dependent properties and strains during composites manufacturing," *Journal of Composite Materials*, vol. 54, no. 22, pp. 3109–3124, 2020.
- [3] L. Moretti *et al.*, "Experimental study and in-situ FBG monitoring of process-induced strains during autoclave co-curing, co-bonding and secondary bonding of composite laminates," *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, vol. 142, p. 106224, 2020.
- [4] A. Lerdwongpaisan, B. Castanie, and P. Olivier, "Effect of release agent on process-induced deformation in autoclave curing of laminate composites," in *Proceedings of the 20th European Conference on Composite Materials (ECCM20)*, Lausanne, Switzerland, 2022, pp. 470–477.
- [5] E. Delsol *et al.*, "A digital method for the compensated mold design of composite parts," in *Proceedings of the 34th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences (ICAS 2024)*, Florence, Italy, 2024, pp. 1–13.
- [6] F. Neveu *et al.*, "Manufacturing and impact behaviour of aeronautic overmolded grid-stiffened thermoplastic carbon plates," *Composite Structures*, vol. 284, no. 5, p. 115228, 2022.
- [7] J. Serra *et al.*, "Combined loadings after medium velocity impact on large CFRP laminated plates: Discrete ply model simulations," *Composites Part C*, vol. 6, no. 15, p. 100203, 2021.
- [8] M. Ginot *et al.*, "Local buckling on large sandwich panels used in light aviation: Experimental setup and failure scenarios," *Composite Structures*, vol. 304, no. 4, p. 116439, 2023.
- [9] M. Sokolowski, "Process of preparing and laying carbon preregs," *Transactions of*

บทความวิจัย (Research Article)

*The Institute of Aviation, Warsaw,
Poland, 2017.*

- [10] พรเทพ มานิตยวงศ์ และ สุวรรณิ อัสกุลชัย,
"การพัฒนาเครื่องจักรซีเอ็นซีขนาดเล็กเพื่อตัด
แผ่นอลูมิเนียมคอมโพสิต," *วารสาร
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ,*
ปีที่ 13, ฉบับที่ 1, หน้า 143–150, 2561.
- [11] ชาญชัย พลตรี และ ฤทธิชัย จันทระสา, "การ
พัฒนาเครื่องตัดแผ่นไม้กรอบรูปภาพด้วยการ
ประยุกต์วิศวกรรมย้อนรอย," ใน *การประชุม
วิชาการช่วยงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ครั้งที่ 35,*
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2560, หน้า 31–36.
- [12] ภาณุสิทธิ์ กำปั่นทอง และคณะ, "การออกแบบ
และพัฒนาเครื่องตัดแผ่นฉนวนกันความร้อน
ประสิทธิภาพสูงเพื่อลดต้นทุนในกระบวนการ
ผลิต," ใน *การประชุมวิชาการช่วยงานวิศวกรรม
อุตสาหกรรม ครั้งที่ 32, สถาบันเทคโนโลยีพระ
จอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง, 2557.*
- [13] ZOLTEK Corporation, *Technical
Datasheet ZOLTEK™ PX35 PREPREG
TAPES*, Report No. WP 1030030 HH,
ZOLTEK Toray Group, Bridgeton.