

โครงสร้างและสมบัติวัสดุเสริมแรงเส้นใยแก้วสำหรับสร้างชิ้นส่วนอากาศยานไร้คนบิน

Glass fiber reinforced material's structure and its properties

for UAV components

กิตติ ศรีนุชศาสตร์

กองการศึกษา โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

E-mail : srinuchart@yahoo.com

บทคัดย่อ

Received: July 12,2018

Revised: August 16,2018

Accepted: September 5,2018

วัสดุเสริมแรงเส้นใยแก้ว ได้รับความนิยมในการนำมาสร้างเป็นอากาศยานไร้คนบินขนาดเล็กเนื่องจากมีน้ำหนักเบาและมีความแข็งแรงมาก ซึ่งในขั้นตอนของการออกแบบโครงสร้างนั้นจำเป็นต้องมีฐานข้อมูลสมบัติของวัสดุ เพื่อคำนวณหารูปแบบโครงสร้างที่เหมาะสม งานวิจัยนี้ศึกษาสมบัติทางกลของวัสดุเสริมแรงเส้นใยแก้วชนิดทอเป็นผืนขนาด 200 กรัมต่อตารางเมตรกับเรซินอีพอกซี (L20+VE3261) ด้วยกระบวนการขึ้นรูปด้วยมือที่วางซ้อนกันจำนวน 8 ชั้น โดยการทดสอบหาค่าความแข็งแรงของวัสดุตามมาตรฐาน ASTM D3039 และกำหนดรูปแบบการวางมุมของใยแก้วทอผืนที่แตกต่างกัน 11 แบบ จากการศึกษาพบว่าวัสดุเสริมแรงเส้นใยแก้วนี้มีค่าความแข็งแรงดึงสูงสุดที่ 327.26 เมกะพาสกาล และค่ามอดูลัสสูงสุดที่ 15.8 จิกะพาสกาล ในการวางมุมแบบ [0]₈.

คำสำคัญ: วัสดุเสริมแรงเส้นใยแก้ว, วัสดุ, อากาศยานไร้คนบินขนาดเล็ก

ABSTRACT

Glass fiber-reinforced material has been used for building the small-sized Unmanned Aerial Vehicle (UAV) due to its light weight and high tensile strength. In the structure design process, it is necessary to have a database of material properties in order to determine the appropriate composite pattern. This research studies the mechanical properties of glass fiber-reinforced materials consisted of 8 layers 200 g/m² glass fabrics and (L20 + VE3261) epoxy resin by using the hand lay up method. The strength of these laminates was tested in accordance with standard ASTM D3039. In this investigation, we analyzed 11 different stacked sequence laminates and the results showed that the maximum tensile strength and maximum modulus were 327.26 MPa and 15.8 GPa, respectively in the pattern [0]₈.

Keywords: Glass fiber-reinforced, Material, Unmanned Aerial Vehicle: UAV.

1. บทนำ

อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned aerial vehicle; UAV) เป็นเครื่องบินที่มีการพัฒนาเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่อง ทั้งในด้านของโครงสร้างอากาศยาน และระบบควบคุมการบิน โดยโครงสร้างของเครื่อง UAV ส่วนใหญ่สร้างขึ้นจากวัสดุผสม เช่น วัสดุเสริมแรงเส้นใยแก้ว วัสดุเสริมแรงเส้นใยคาร์บอน เป็นต้น เนื่องจากสมบัติเด่นของวัสดุที่มีน้ำหนักเบา และมีความแข็งแรง ทำให้สามารถเพิ่มระยะเวลาทำการบิน และสามารถติดตั้งอุปกรณ์เสริมบนอากาศยานไร้คนขับได้มากขึ้น

กองทัพอากาศไทยมีการบรรจุเครื่อง UAV เข้าประจำการ ณ ฝูงบิน 404 กองบิน 4 เพื่อปฏิบัติการภารกิจตรวจการณ์ และภารกิจทางยุทธวิธีร่วมกับอากาศยานแบบอื่น ทำให้การเข้าถึงข้อมูลมีความแม่นยำและรวดเร็วมากขึ้น ทั้งนี้ กองทัพมีแนวความคิดในการจัดสร้างเครื่อง UAV ขึ้นใช้เองในอนาคต

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อทดสอบสมบัติทางกล ได้แก่ ความแข็งแรงดึง ค่ามอดุลัส และอัตราส่วนปัวซองของวัสดุเสริมแรงเส้นใยแก้ว ตามมาตรฐาน ASTM

2.2 เพื่อศึกษาถึงกระบวนการผลิต การขึ้นรูปด้วยมือของวัสดุเสริมแรงเส้นใยแก้ว

2.3 เพื่อเปรียบเทียบสมบัติของวัสดุเสริมแรงเส้นใยแก้วที่มีการวางมุมแบบต่าง ๆ

3. ขอบเขตการวิจัย

3.1 การทดสอบสมบัติทางกลของวัสดุเสริมแรงเส้นใยแก้วด้วยการทดสอบแรงดึง ตามมาตรฐาน ASTM D3039 ประกอบด้วย ความแข็งแรงดึง (Tensile strength) มอดุลัสของยัง (Young of modulus) และอัตราส่วนปัวซอง (Poisson ratio) [1]

3.2 วัสดุผสมที่ใช้ในงานวิจัย เส้นใยเสริมแรงที่ใช้คือ เส้นใยแก้วแบบทอเป็นผืน (Glass fabrics) ชนิด 200 กรัม

ต่อตารางเมตร ความหนา 0.21 มิลลิเมตร กับ อีพอกซี (Epoxy) หมายเลข L20 และตัวบ่มแข็ง หมายเลข VE3261

3.3 ชั้นส่วนวัสดุผสมเสริมแรงเส้นใยที่ใช้ในงานวิจัย คือ เส้นใยแก้ววางเรียงทำมุมที่แตกต่างกัน 8 ชั้น 11 แบบ จำนวนแบบละ 3 ชั้น [2] ดังนี้

- | | |
|------------------------|-----------------------|
| 1. $[0]_8$ | 2. $[90]_8$ |
| 3. $[45]_8$ | 4. $[-45]_8$ |
| 5. $[0/90/45/-45]_8$ | 6. $[45/45/90/90]_8$ |
| 7. $[-45/45/90/90]_8$ | 8. $[90/0/90/0]_8$ |
| 9. $[90/0/90/90]_8$ | 10. $[90/90/45/45]_8$ |
| 11. $[90/90/45/-45]_8$ | |

4. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

4.1 คุณสมบัติเส้นใยแก้ว

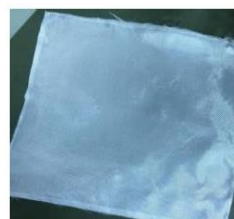
4.2 เรซินอีพอกซี และตัวบ่มแข็ง

4.3 มาตรฐาน ASTM

4.4 เครื่องทดสอบแรงดึง

5. วิธีการดำเนินการวิจัย

5.1 ศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานเส้นใยแก้วทอผืน (รูปที่ 1) ได้แก่ จำนวนเส้นด้ายตามมาตรฐาน ขนาดเส้นด้าย น้ำหนักผ้า และความหนาของผืนผ้าโดยใช้เครื่องมือทดสอบ Instron Model 5566 (รูปที่ 2)

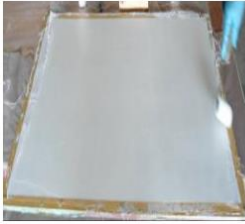


รูปที่ 1 เส้นใยแก้ว



รูปที่ 2 เครื่องทดสอบ

5.2 การขึ้นรูปชิ้นงาน โดยนำเส้นใยแก้ว (รูปที่ 3) วางเรียงทำมุมที่แตกต่างกัน 8 ชั้น 11 แบบ ใช้วิธีการ ขึ้นรูปด้วยมือโดยผสมเรซินอีพอกซี (รูปที่ 4)



รูปที่ 3 เส้นใยแก้วเตรียมขึ้นรูป



รูปที่ 4 เรซินอีพอกซี

5.3 เมื่อได้ชิ้นงานตามขั้นตอน 5.2 แล้ว จึงนำวัสดุเสริมแรงเส้นใยแก้วที่ได้มา ตัดเป็นชิ้นงานตามมาตรฐาน ASTM ด้วยเครื่องตัด CNC ตัวอย่างของชิ้นงานที่ขึ้นรูปและชิ้นงานตัดด้วยเครื่อง CNC แสดงดังรูปที่ 5 และ 6



รูปที่ 5 ชิ้นงานที่ขึ้นรูป



รูปที่ 6 ตัดชิ้นงาน

5.4 นำชิ้นงานที่ได้มาจัดดังแสดงในรูปที่ 7 ชั่งน้ำหนักแล้วทำการทดสอบ ด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง Instron Model 8872 (ดังรูปที่ 8) ตามมาตรฐาน ASTM D3039 ทำการดึงชิ้นงานจนวัสดุเกิดการแตกหักหรือเสียหาย



รูปที่ 7 การจัดชิ้นงาน



รูปที่ 8 ทดสอบแรงดึง

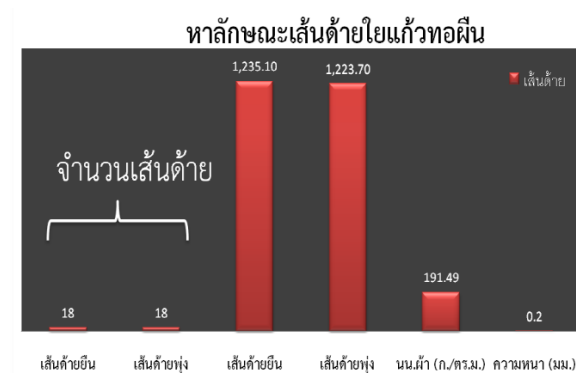
5.5 วิเคราะห์วัสดุเสริมแรงเส้นใยแก้ว จากค่าการทดสอบแรงดึง ตามมาตรฐาน ASTM D3039 [2] [3]

6. ผลการวิจัย

ผลการทดสอบเส้นใยแก้วทอพื้น

ตารางที่ 6.1 ตารางแสดงผลการทดสอบเส้นใยแก้วทอพื้น

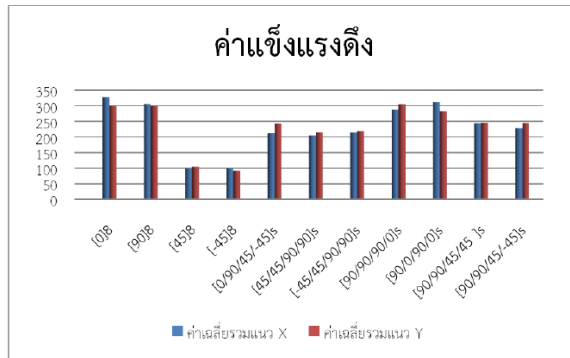
หาจำนวนเส้นด้าย : มาตรฐาน D3775	
จำนวนเส้นด้ายต่อนิ้ว	
- เส้นด้ายยืน	18
- เส้นด้ายพุ่ง	18
จำนวนรวมเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่ง (เส้นต่อตารางนิ้ว)	36
หาขนาดเส้นด้าย : มาตรฐาน D1059	
ขนาดเส้นด้าย (ดีเนียร์)	
- เส้นด้ายยืน	1,235.10
- เส้นด้ายพุ่ง	1,223.70
หาน้ำหนักผ้า : มาตรฐาน D3776	
น้ำหนักผ้า (กรัมต่อตารางเมตร)	191.49
หาความหนา : มาตรฐาน D1777	
ความหนา (มิลลิเมตร)	0.20



รูปที่ 9 กราฟแสดงผลการทดสอบเส้นใยแก้วทอพื้น

จากตารางที่ 6.1 และรูปที่ 9 พบว่าขนาดของเส้นด้ายยืนและเส้นด้ายพุ่งมีค่าใกล้เคียงกัน โดยเส้นด้ายยืนมีขนาด

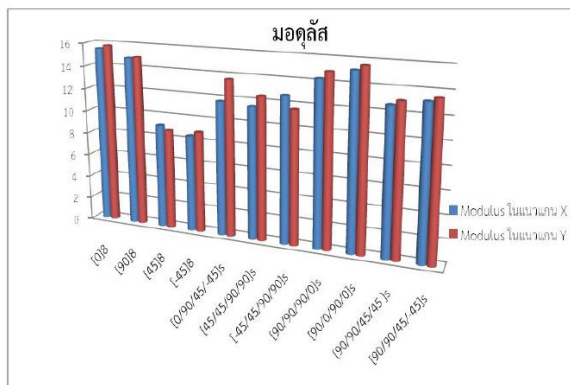
ใหญ่กว่าเส้นด้ายพุ่งร้อยละ 0.93 จำนวนเส้นด้ายขึ้น และเส้นด้ายพุ่งมีจำนวนเท่ากัน ความหนาจริงของผ้าและน้ำหนักจริงของผ้ามีค่าน้อยกว่าเส้นใยแก้วของบริษัทผู้ผลิต ร้อยละ 4.76 และร้อยละ 4.3 ตามลำดับ



รูปที่ 10 กราฟแสดงความแข็งแรงดึงในแนวแกน X และ แกน Y

ผลการทดลองดึงชิ้นงาน

จากการวิเคราะห์มุมที่ทนต่อแรงดึงมากที่สุดคือ มุม $[0]_8$ เนื่องจากเส้นใยมีการวางในแนวเดียวกันกับแรงที่กระทำ เมื่อชิ้นงานถูกดึง ในแนวแกน X และแนวแกน Y เส้นใยจะกระจายแรงได้ดีกว่ามุม $[45]_8$ ดังแสดงในรูป 10



รูปที่ 11 กราฟแสดงผลค่ามอดูลัสในแนวแกน X และแกน Y

จากการวิเคราะห์ค่ามอดูลัสของชิ้นงาน พบว่า ค่ามอดูลัสมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงกับค่าความแข็งแรงดึง คือ ชิ้นงานที่มีค่าความแข็งแรงดึงมาก ค่ามอดูลัสก็จะมีค่ามาก ดังแสดง

ในรูปที่ 11 โดยชิ้นงานแบบ $[0]_8$ มีค่ามอดูลัสสูงสุด เท่ากับ 15.80 จิกะพาสกาล และชิ้นงานแบบ $[-45]_8$ มีค่ามอดูลัสต่ำสุด เท่ากับ 8.48 จิกะพาสกาล

ตารางที่ 6.2 ตารางแสดงผลอัตราส่วนปัวซองจากการทดลอง

มุมวาง	อัตราส่วนปัวซอง
$[0]_8$	0.45
$[90]_8$	0.17
$[45]_8$	0.98
$[-45]_8$	1.06
$[0/90/45/-45]_8$	0.18
$[45/45/90/90]_8$	0.51
$[-45/45/90/90]_8$	0.56
$[90/0/90/0]_8$	0.04
$[90/0/90/90]_8$	0.08
$[90/90/45/45]_8$	0.2
$[90/90/45/-45]_8$	0.19

จากการวิเคราะห์ค่าอัตราส่วนปัวซองของชิ้นงานตามตาราง 6.2 พบว่า ชิ้นงานที่มีมุมวางแบบ $[45]_8$ และ $[-45]_8$ มีค่าอัตราส่วนปัวซองที่สูง คือ 0.98 และ 1.06 ตามลำดับ แสดงว่าชิ้นงานมีการเปลี่ยนแปลงขนาดอย่างมากในแนวตั้งฉากกับแรงดึงก่อนที่ชิ้นงานจะเกิดการแตกหัก ในขณะที่การวางมุมรูปแบบอื่นมีค่าต่ำกว่า 0.5 ซึ่งแสดงถึงชิ้นงานมีการเปลี่ยนแปลงขนาดเพียงเล็กน้อยก่อนเกิดการแตกหัก

7. บทสรุป

7.1 วัสดุเสริมแรงเส้นใยแก้วที่ผลิตจาก เส้นใยแก้วทอพื้น ชนิด 200 กรัมต่อตารางเมตร ผสมกับเรซินอีพอกซี ชนิด L20 + VE3261 ตามกระบวนการขึ้นรูปด้วยมือ ที่ความหนา 8 ชั้น น้ำหนักของชิ้นงานที่ได้มีค่าเฉลี่ย 10.86 ± 0.65 กรัม เมื่อนำไปทดสอบแรงดึง ตามมาตรฐาน

ASTM D3039 ค่าความแข็งแรงดึง และค่ามอดุลัสของวัสดุเสริมแรงเส้นใยแก้วนี้ มีค่าสูงสุดเป็น 327.26 เมกะพาสกาล และ 15.80 จิกะพาสกาล ตามลำดับ ซึ่งเป็นชิ้นงานที่มีมุมวางของเส้นใยแบบ [0]_g

7.2 สมบัติทางกลของวัสดุเสริมแรงเส้นใยแก้ว ได้แก่ ค่าความแข็งแรงดึงและค่ามอดุลัส ขึ้นกับทิศทางการวางมุมของเส้นใยแก้วกับทิศทางของแรงดึง โดยเมื่อเส้นใยวางมุมในแนวเดียวกับทิศทางของแรงดึง ค่าสมบัติทางกลทั้งสองจะมีค่ามาก และเมื่อมุมวางของเส้นใยเป็นมุมเอียง 45 องศาจากทิศทางของแรงดึง ค่าสมบัติทางกลทั้งสอง จะน้อยลงตามสัดส่วนจำนวนชั้นที่มีการวางมุมเป็นมุมเอียง โดยชิ้นงานที่มีมุมวางของเส้นใยแบบ [-45]_g มีค่าความแข็งแรงดึงและค่ามอดุลัสน้อยที่สุด เป็น 92.20 เมกะพาสกาล และ 8.48 จิกะพาสกาล ตามลำดับ

7.3 วัสดุเสริมแรงเส้นใยแก้วนี้มีสมบัติทางกลที่ได้จากการทดสอบแรงดึงในทิศทางของแกน X และแกน Y ไม่แตกต่างกันมากนัก เนื่องจากเส้นใยแก้วเป็นแบบทอพื้นที่มีขนาดและจำนวนของเส้นใยในแนวคล้ายกัน และ ด้านพุ่งที่เท่ากัน

8. ข้อเสนอแนะ

8.1 เพื่อให้ข้อมูลสมบัติของวัสดุเสริมแรงเส้นใยแก้ว มีความสมบูรณ์และสามารถนำไปใช้ในการพิจารณาการเลือกวัสดุสำหรับสร้างอากาศยานไร้คนขับ ควรมีการทดสอบสมบัติเพิ่มเติมเช่น การทดสอบแรงเฉือน การทดสอบแรงกระแทก เป็นต้น

8.2 ในขั้นตอนการทดสอบแรงดึง ชิ้นงานทดสอบควรทำพื้นที่รองรับบริเวณหัวจับทั้งสองด้านเพื่อป้องกันปัญหาการเกิดการแตกหักของชิ้นงานที่บริเวณหัวจับ

8.3 งานวิจัยนี้สามารถนำไปวิจัยต่อในสาขาวิชาวัสดุศาสตร์ทางการทหารและอากาศยาน โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช เพื่อผลักดันให้เกิดการพัฒนาของโครงการวิจัยมากยิ่งขึ้น

9. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์วิเคราะห์ทดสอบสิ่งทอที่ได้ให้ทดลองหาเส้นใยแก้ว บริษัท เอ็กซ์ทริม คอมโพสิต จำกัด ที่สนับสนุนให้ผู้วิจัยได้ทำการขึ้นรูปชิ้นงานเพื่อนำไปทดสอบ และสถาบันเทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ ที่สนับสนุนให้ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบสมบัติของชิ้นงาน

10. เอกสารอ้างอิง

- [1] Isaac, M., Danial, & Ori Ishai. (1994). **Engineering Mechanics of Composite Materials**. 3rd edition. Kidlington, Oxford : Elsevier science Ltd.
- [2] Vernice, A., Mayer. (2008). ASTM International Standard World Wide. "2008 Annual Book of ASTM Standards". Baltimore, MD, USA.
- [3] Vernice, A., Mayer. (2010). ASTM International Standard World Wide. "2010 Annual Book of ASTM Standards". Baltimore, MD, USA.