

## การประยุกต์ใช้ยางธรรมชาติเพื่อเพิ่มการป้องกันการแตกหัก ของใบพัดอากาศยานไร้คนขับ

### Design natural rubber for protection blades of unmanned aerial vehicle

บุษยามาศ เพชรทอง<sup>1\*</sup>, นิติ ฤทธิรงค์ปราการ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน), 120 หมู่ 3 อาคาร B ชั้น 6-7 ถนนแจ้งวัฒนะ แขวงทุ่งสองห้อง เขต  
หลักสี่ กรุงเทพฯ 10210

<sup>2</sup> ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลและวัสดุ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, ตำบล 2 ต.คอหงส์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

\*ติดต่อ: busayamas@gistda.or.th; Tel. 086-294-8520

#### **บทคัดย่อ**

วัสดุคอมโพสิตเสริมด้วยเส้นใย ได้ถูกใช้งานแพร่หลายในปัจจุบัน เนื่องจากมีคุณสมบัติค่าความแข็งแรงจำเพาะสูง ปัจจุบันได้มีการประยุกต์ใช้วัสดุคอมโพสิตในอุตสาหกรรมอากาศยานและอวกาศรวมถึงในอากาศยานไร้คนขับ อย่างไรก็ตามวัสดุคอมโพสิตจะแตกหักได้ง่ายเมื่อได้รับแรงกระแทก งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้ยางธรรมชาติ กับใบพัดอากาศยานไร้คนขับแบบคอมโพสิต (CFRP) โดยการเคลือบยางธรรมชาติที่ผิวของใบพัดอากาศยานไร้คนขับ เพื่อให้ยางธรรมชาติที่มีความยืดหยุ่นสูงทำหน้าที่รับพลังงานจากการกระแทกแทนใบพัดอากาศยานไร้คนขับโดยตรง จากการศึกษาวิจัย เมื่อทดสอบชิ้นงานด้วย Charpy Impact พบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุคอมโพสิตที่เคลือบยางธรรมชาติจะสามารถรับแรงกระแทกได้มากกว่าใบพัดที่ไม่มีเคลือบยางธรรมชาติ โดยสามารถรับพลังงานได้เพิ่มขึ้น 10.3 เปอร์เซ็นต์ เมื่อมีความหนาของยางธรรมชาติเพิ่มขึ้น 13.68 เปอร์เซ็นต์ และสามารถรับพลังงานได้ดีขึ้น 67.5 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับวัสดุคอมโพสิตที่ไม่เคลือบยาง

**คำหลัก:** วัสดุคอมโพสิต ;ยางธรรมชาติ; ใบพัดอากาศยานไร้คนขับ; การแตกหัก

#### **Abstract**

Fiber reinforced Composite materials is widely used today. Because it has high specific strength. Now, the application of composite materials is used in aircraft and aerospace industry, including the unmanned aerial vehicle. However, composite materials are fragile when impact. This research used natural rubber and coating on UAV blade. The natural rubber has highly flexible to absorb energy from the Impact. And this research used Charpy Impact mechanic to test absorbed energy of the specimen. The composite blade with rubber coating can increase energy absorption of 10.3 percent compared to 13.68 percent weight gain. Also, the absorbed energy is increased 67.5 percent compared to uncoated material.

**Keywords:** Composite materials; natural rubber; blades of unmanned aerial vehicle; fracture

## 1. บทนำ

อากาศยานไร้คนขับโดยทั่วไปสามารถประยุกต์ใช้ในเชิงพาณิชย์อย่างแพร่หลาย ทั้งหน่วยงานภาครัฐและเอกชน เช่น การบินสำรวจสภาพภูมิประเทศและสภาพแวดล้อม เพื่อการเกษตรและอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ งานด้านอุตุนิยมวิทยา การป้องกันและบรรเทาภัยพิบัติทางธรรมชาติ การสำรวจ เป็นต้น นอกจากนี้ระบบอากาศยานไร้คนขับยังเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ ครอบคลุมไปถึงการวิจัยและพัฒนาขั้นสูงทางด้านปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) ในสถาบันการศึกษา ทั้งในและต่างประเทศอีกด้วย จึงมีงานวิจัย การผลิตและดำเนินธุรกิจด้าน UAV ในภารกิจทางทหารอย่างมากมายและหลายประเภท ทั้งในประเทศและในระดับสากล

การประยุกต์ใช้ทางธรรมชาติเพื่อเพิ่มการป้องกันการแตกหักนั้น เป็นการพัฒนาเพื่อต่อยอดจากปัญหาที่ สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (GISTDA) ได้ใช้อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle) แบบ Multi Rotor ในการทำการบินเพื่อถ่ายบันทึกข้อมูลในภารกิจต่างๆที่ต้องการเก็บรายละเอียดที่ชัดเจนและสามารถถ่ายภาพภายใต้ภารกิจต่างๆที่ได้รับมอบหมาย ซึ่งภารกิจทั่วไปของสำนักงานจะใช้ดาวเทียมไทยโชตในการเก็บภาพถ่ายภูมิสารสนเทศในพื้นที่ต่างๆ แต่เนื่องจากดาวเทียมไทยโชตไม่สามารถถ่ายภาพทะลุเมฆได้ และมีระยะภาพกำลังขยายที่ต่ำ จึงต้องใช้อากาศยานไร้คนขับในการเก็บภาพถ่ายภูมิสารสนเทศ ที่ต้องการภาพกำลังขยายสูง และตลอดจนงานวิจัยต่างๆ

วัสดุคอมโพสิตมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย [1] ทั้งในด้านอุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมอวกาศ รวมทั้งอุปกรณ์กีฬาเนื่องจากคอมโพสิตมีน้ำหนักเบา (Reduced weight) และมี (Improved performance) ที่สูงเมื่อเทียบกับเหล็กกล้า มีค่าแรงความแข็งแรงเฉพาะ 2.00 Gpa เมื่อเทียบกับเหล็กกล้า ที่มีค่าความแข็งแรงเฉพาะ 0.17 GPa ทำให้มีความแข็งแรงสูงกว่าวัสดุ

โดยทั่วไป แต่ข้อเสียที่สำคัญอย่างหนึ่งของวัสดุคอมโพสิตคือมีความเปราะ/แตกหักง่ายและมีความต้านทานต่อแรงกระแทกต่ำ เมื่อได้รับแรงกระแทกในขณะที่ทำการสำรวจหรือการลงจอดซึ่งเกิดจากสภาวะแวดล้อมและสภาพภูมิอากาศที่ไม่เหมาะสม ชิ้นส่วนคอมโพสิตที่ได้รับความเสียหายมีทั้งแบบมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าและแบบต้องทำการตรวจสอบด้วยเครื่องมือไม่ทำลายชิ้นงาน แต่ทั้งนี้เนื่องจากใบพัดเป็นชิ้นส่วนสำคัญในการควบคุมขณะขึ้นบิน ชิ้นส่วนใบพัดเมื่อได้รับแรงกระแทกเพียงเล็กน้อยจึงมักจะเปลี่ยนชิ้นส่วนทันที ทำให้มีค่าใช้จ่ายสูง เพื่อเป็นการลดต้นทุนของสำนักงานดังนั้นจึงได้นำยางธรรมชาติเข้ามาใช้ในการป้องกันการกระแทกของใบพัดอากาศยานไร้คนขับเนื่องจากยางมีคุณสมบัติเด่นในด้านการดูดซับพลังงานสูง มีความทนต่อแรงกระแทก [2] และช่วยยืดอายุการใช้งานของใบพัดอากาศยานไร้คนขับได้ดี

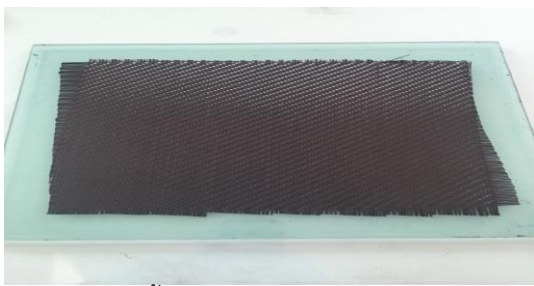
อากาศยานไร้คนขับแบบขึ้น-ลงทางดิ่ง [3] มีความสำคัญในการบินสำรวจถ่ายภาพในความสูงไม่มากนักด้วยขณะบินสภาพภูมิอากาศหรือสภาพแวดล้อมกระทบกับใบพัดทำเนื่องจากวัสดุคอมโพสิตเกิดรอยร้าวหรือแตกหักไม่สามารถใช้งานต่อไปได้ใบพัดคอมโพสิตก็นำเข้ามามีราคาแพงจึงมีแนวคิดที่จะนำความรู้วัสดุประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของใบพัดให้ โดยการศึกษาทางธรรมชาติมีคุณสมบัติยืดหยุ่นสูงสามารถรับแรงกระแทกได้ดี นำมาเคลือบบริเวณผิวใบพัด UAV อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมอุตสาหกรรมยางพาราที่เป็นพืชเศรษฐกิจในประเทศไทย [4]

B. KJ A RSIDE STORM [5] ได้ทำการศึกษาทางธรรมชาติโดยใช้กราฟไฟเบอร์เป็นตัวเสริมแรง Glass fiber reinforcement polymer (GFRP) และใช้ยางธรรมชาติเป็นขอบในส่วนเสริมแรง และมีแผ่นอะลูมิเนียมอยู่ตรงกลาง พบว่ายิ่งความหนาของยางเพิ่มขึ้น ค่า Shear modulus และ stiffness ทั้งแนวตั้งและแนวนอนเพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยยางธรรมชาติที่ใช้ในการทดลองจะคงสภาพเดิมภายหลังได้รับค่า Shear modulus

## 2. ชิ้นงานทดลองและวิธีการทดลอง

### 2.1 ชิ้นงานคอมโพสิต

ชิ้นงานคอมโพสิตทำการขึ้นรูปชิ้นงานคอมโพสิตภายในห้องปฏิบัติการออกแบบและพัฒนาโครงสร้างดาวเทียม ขึ้นรูปชิ้นงานคอมโพสิตทดสอบโดยใช้เส้นใยคาร์บอน (Carbon Fiber) ชนิด 3k แบบลายตรง (Plain weave) และใช้อีพ็อกซีเรซิน (Epoxy Resin) YD 535LV และตัวทำแข็ง (Hardeners) TH7255 เป็นตัวทำปฏิกิริยา อัตราส่วน 100 ต่อ 35 ขึ้นรูปด้วยวิธีสุญญากาศ โดยชิ้นคอมโพสิตมีความหนา 3.2 มิลลิเมตร (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 ขนาดชิ้นงานคอมโพสิตสำหรับตัดตัวอย่าง

### 2.2 ชิ้นงานตัวอย่าง

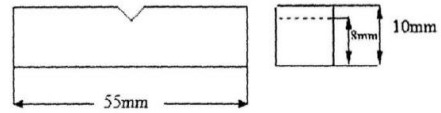
การทดสอบการกระแทก (Impact Testing) [6] เป็นการทดสอบการวัดค่าของพลังงานที่จำเป็นในการทำให้วัสดุแตกหัก ภายใต้การรับแรงแบบเฉียบพลัน ด้วยเครื่อง IMPACT TESTING MACHINE รุ่น J8-300B ที่แรง 150 J



รูปที่ 2 เครื่อง IMPACT TESTING MACHINE รุ่น J8-300B

ทำการเตรียมชิ้นงานตัวอย่างสำหรับทดสอบ Impact test ตามมาตรฐาน ASTM (E23) โดยมีขนาด

ชิ้นงาน (รูปที่ 3) ขนาดกว้าง 55 มิลลิเมตร ยาว 10 มิลลิเมตร ทำการเตรียมชิ้นงานทดสอบโดย CNC ตัดขนาดชิ้นงาน (รูปที่ 4)



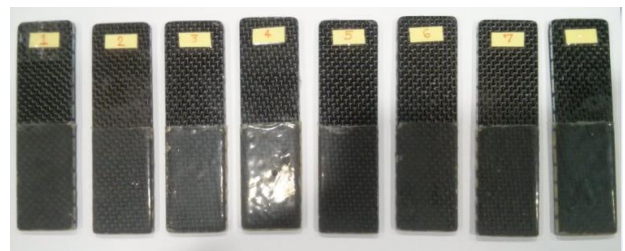
รูปที่ 3 ขนาดชิ้นงานสำหรับทดสอบ IMPACT TESTING



รูปที่ 4 ชิ้นงานคอมโพสิตสำหรับการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM (E23)

### 2.3. วิธีการทดลอง

เคลือบชิ้นงานตัวอย่างชิ้นงานทดสอบ กลุ่มเคลือบในน้ำยางพริวัลคาไนซ์ โดยกำหนดตัวแปรคือเวลาที่ใช้ในการจุ่ม 3 และ 5 วินาที และจำนวนครั้ง 2,3 และ 4 ครั้ง ในการจุ่มเคลือบยางพริวัลคาไนซ์ รอให้ยางเซตตัวเป็นสีใส แล้วจึงนำไปอบในเตาอบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 100 องศา เป็นเวลา 30 นาที (รูปที่ 5 )



รูปที่ 5 ชิ้นงานที่ได้ภายหลังจากการเคลือบยางธรรมชาติ

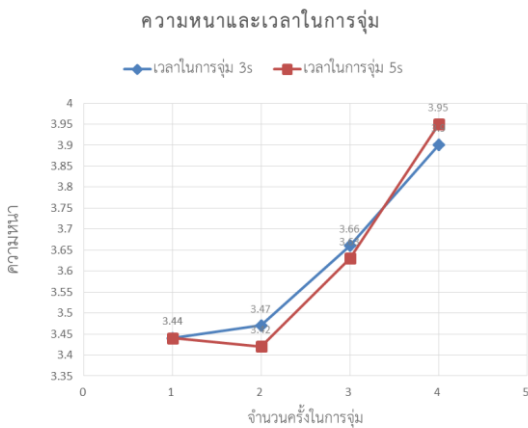
## 3. ผลการทดลอง

### 3.1 ผลการทดสอบการจุ่มเคลือบยางบนชิ้นงานทดสอบ

การทดสอบการจุ่มเคลือบยางบนชิ้นงานทดสอบ 8 ชิ้น ได้แก่ ที่เวลาในการจุ่มเคลือบ 3 วินาที จำนวน 4 ชั้น จำนวนครั้งในการจุ่มเคลือบ 1,2,3,4 ตามลำดับ และ

ที่เวลาในการจุ่มเคลือบ 5 วินาที จำนวน 4 ชั้น จำนวนครั้งในการจุ่มเคลือบ 1,2,3,4 ตามลำดับ (ตารางที่1) โดยความหนาของชิ้นงานเมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาที่ใช้ในการจุ่มเคลือบ ได้ดังรูปที่ 6  
ตารางที่ 1 แสดงค่าความหนาของชิ้นงานภายหลังการทดลองการจุ่มเคลือบยาง

ชิ้นงานทดสอบ	ความหนา (mm)		เวลาในการจุ่ม (s)		จำนวนครั้งในการจุ่มเคลือบ			
	ก่อน	หลัง	3	5	1	2	3	4
1	3.17	3.44						
2	3.15	3.47						
3	3.10	3.66						
4	3.14	3.90						
5	3.16	3.44						
6	3.11	3.42						
7	3.11	3.63						
8	3.14	3.95						



รูปที่ 6 แสดงค่าความหนาที่ระยะเวลากับจำนวนครั้งในการจุ่มที่เวลา 3 และ 5 วินาที

### 3.2 ผลการทดสอบแรงกระแทกของชิ้นงานคอมโพสิต

#### 3.2.1 ชิ้นงานคอมโพสิตไม่เคลือบยางธรรมชาติ

การทดสอบแรงกระแทกวัสดุคอมโพสิตวัสดุคอมโพสิตไม่เคลือบยาง จำนวน 6 ชิ้น เพื่อหาค่าพลังงานดูดซับก่อนทำการเคลือบชิ้นงานตัวอย่าง

ตารางที่ 2 แสดงค่าความหนาและพลังงานดูดซับของชิ้นทดสอบวัสดุคอมโพสิตไม่เคลือบยาง

ตัวแปร	ชิ้นงานทดสอบ					
	1	2	3	4	5	6
ความหนา (mm.)	2.51	2.52	2.51	2.54	2.51	2.53
พลังงานดูดซับ(J)	14	15	15	13	14	15

#### 3.2.2 ชิ้นงานคอมโพสิตเคลือบยางธรรมชาติ

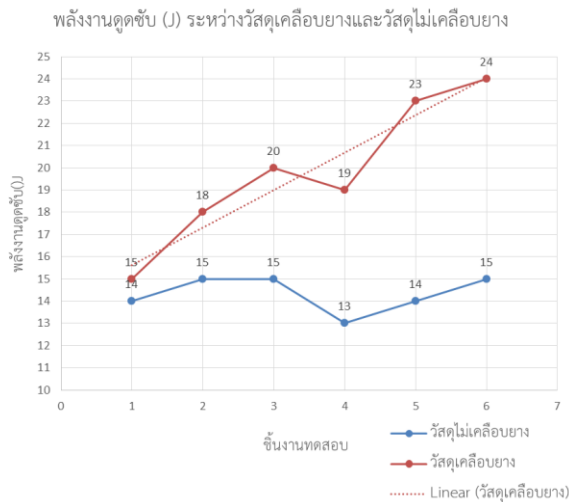
การทดสอบแรงกระแทกวัสดุคอมโพสิตเคลือบยาง 3 , 4 และ 5 ชั้นจำนวน 6 ชิ้น ตามการทดสอบการกระแทก (รูปที่ 4) โดยค่าพลังงานการดูดซับที่เพิ่มขึ้น ดังในตารางที่ 2



รูปที่ 4 ชิ้นงานทดสอบ

ตารางที่ 2 แสดงค่าความหนาก่อนการจุ่มและหลังการจุ่มยางและพลังงานดูดซับจากการทดสอบการกันกระแทก

ชิ้นงานทดสอบ	ความหนา (mm)		จำนวนครั้งในการจุ่มเคลือบ (ชั้น)			E <sub>k</sub> (J)
	ก่อน	หลัง	3	4	5	
1	2.51	3.18				15
2	2.54	3.22				18
3	2.51	3.37				20
4	2.53	3.38				19
5	2.53	3.70				23
6	2.56	3.73				24



รูปที่ 5 แสดงค่าพลังงานดูดซับของชั้นงานทดสอบวัสดุคอมโพสิตเคลือบยางและไม่เคลือบยาง

#### 4. อัตราความหนาและการดูดซับพลังงาน

จากการวิเคราะห์ค่าความหนาและค่าการดูดซับพลังงานพบว่าเมื่อนำค่าความหนาของชั้นงานที่เพิ่มขึ้นเปรียบเทียบกับอัตราส่วนการดูดซับพลังงานที่เพิ่มขึ้นตามลำดับดังตารางที่ 3 ตารางที่ 3 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความหนาที่เพิ่มขึ้นและค่าพลังงานการดูดซับที่เพิ่มขึ้น

ชั้นงาน	% Rubber thickness	%Increased Absorbed Energy
1	26.2	4.7
2	27.8	25.6
3	33.7	39.6
4	34.1	32.6
5	46.8	60.5
6	48.0	67.5

#### 5. สรุป

การทดสอบแรงกระแทกด้วยเครื่อง J8-300B IMPACT TESTING MACHINE ที่แรง 150 J จากผลการทดลองพลังงานดูดซับจากการวัด  $E_k$  (J) ชั้นงานทดสอบวัสดุคอมโพสิตไม่เคลือบยางมีค่าการดูดซับพลังงานเฉลี่ย 14.33J และ พลังงานดูดซับของชั้นงานทดสอบวัสดุคอม

โพสิตเคลือบยาง (3ชั้น) 16.5 J พลังงานดูดซับของชั้นงานทดสอบวัสดุคอมโพสิตเคลือบยาง (4ชั้น) 19.5 J พลังงานดูดซับของชั้นงานทดสอบวัสดุคอมโพสิตเคลือบยาง (5ชั้น) 23.5 J

เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุคอมโพสิตที่เคลือบยางธรรมชาติจะสามารถรับแรงกระแทกได้มากกว่าใบพัดที่ไม่มีการเคลือบยางธรรมชาติ โดยสามารถรับพลังงานได้เพิ่มขึ้น 10.3 เปอร์เซ็นต์ เมื่อมีความหนาของยางธรรมชาติเพิ่มขึ้น 13.68 เปอร์เซ็นต์ และสามารถรับพลังงานได้ดีขึ้น 67.5 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับวัสดุคอมโพสิตที่ไม่เคลือบยาง

โดยทั้งนี้งานวิจัยนี้ส่วนหนึ่งของการพัฒนาต่อยอดการนำยางธรรมชาติมาใช้ในการเคลือบเพื่อป้องกันใบพัดอากาศยานไร้คนขับ และในปัจจุบันได้มีการพัฒนาต่อยอดยางธรรมชาติ โดยการเลือกใช้คุณสมบัตินาโนในการเพิ่มความแข็งแรงของยางธรรมชาติและเพิ่มการดูดซับพลังงานเพิ่มขึ้น เพื่อเป็นการต่อยอดความรู้ด้านวัสดุกับการใช้งานจริงในปัจจุบันของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศและการนำยางธรรมชาติที่เป็นพืชเศรษฐกิจในประเทศมาพัฒนาให้เกิดมูลค่าต่อไปในอนาคต

#### 6. กิตติกรรมประกาศ

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา สำหรับ เครื่องทดสอบ Charpy Impact Test

#### 7. เอกสารอ้างอิง

- [1] F. HedayatiDezfuli, M. ShahriaAlam.(2013). "Multi-criteria optimization and seismic performance assessment of carbon FRP-based elastomeric isolator", Engineering Structures 49 (2013) Page 525-540
- [2] Waszkiewics, S.D., Tierney, M.J. and Scott, H.S. (2009). Development of coated, annular fins for adsorption chillers, *Applied Thermal*



*Engineering*, vol. 29(11-12), August 2009, pp.  
2222 – 2227.

[3] A. McIlhagger, E. Archer, R. McIlhagger, 2015,  
Manufacturing processes for composite  
materials and components for aerospace  
applications, University of Ulster,  
Newtownabbey, UK

[4] ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมยางไทย คลังข้อมูล  
“บทความผลิตภัณฑ์จากยางพารา”หัวข้อ การวัลคาไนซ์  
ผลิตภัณฑ์จากน้ำยาง <http://www.rubbercenter.org>

[4] Hong, S.-G., & Chan, C.-K. 2004. The curing  
behaviors of the epoxy/dicyanamide system  
modified with epoxidized natural rubber.  
*Thermochimica Acta*, 417(1): 99-106.

[5] B. KJ A RSIDE STORM,2013, Surface  
protection and coatings for wind turbine rotor  
blades, Woodhead Publishing Limited, Aalborg  
University, Denmark

[6] Sompol skullong ,Charpy Impact test, Faculty  
of Engineering at Si Racha ,Kasetsart University