

การพัฒนาวัสดุประกอบนาโนคาร์บอนเพื่อลดความเสียหายจากฟ้าผ่าของโครงสร้างอากาศยาน

โดย นางสาวพัชราภรณ์ บุญชู
นางสาวจิรณนิน ภาคูกา



อ้อย (Sugarcane) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย มีการปลูกอย่างแพร่หลาย โดยมีการเพาะปลูกและผลิตน้ำตาลในปริมาณมากทุกปี หลังจากผลิตน้ำตาลจะได้ขานอ้อยซึ่งเป็นกากเหลือจากกระบวนการผลิต ส่วนใหญ่มักถูกนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลหรือถูกทิ้งเป็นขยะโดยไม่มูลค่า งานวิจัยนี้จึงได้นำขานอ้อยมาเพิ่มมูลค่า เพื่อศึกษาและพัฒนากระบวนการสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอนจากขานอ้อย ด้วยวิธีการตกสะสมไอเคมีที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบคุณสมบัติของท่อนาโนคาร์บอนที่ได้จากเรือเซรามิกและผนังท่อในกระบวนการสังเคราะห์และเพื่อศึกษาผลของปริมาณการเติมท่อนาโนคาร์บอนจากขานอ้อยในอีพ็อกซีเรซินต่อคุณสมบัติทางไฟฟ้า โดยเฉพาะความต้านทานไฟฟ้าและความทนทานต่อแรงดันไฟฟ้า (Breakdown Voltage) สำหรับการพัฒนาวัสดุประกอบนาโนที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันฟ้าผ่า โดยทำการสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอนจากขานอ้อยและนำท่อนาโนคาร์บอนที่ได้ไปขึ้นรูปเป็นวัสดุประกอบ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการสังเคราะห์ด้วยวิธีการตกสะสมไอเคมี (Chemical Vapor Deposition; CVD) โดยใช้ถ่านชีวภาพจากขานอ้อยเป็นสารตั้งต้น ใช้เฟอร์โรซีนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา การบูรเป็นแหล่งคาร์บอน และทำในสภาวะแก๊สไนโตรเจน เพื่อศึกษาคุณสมบัติของคาร์บอนนาโนทิวบ์ (Carbon nanotubes, CNTs) ที่ได้จากการสังเคราะห์สองบริเวณคือ จากผนังท่อและจากเรือเซรามิก ผลการวิเคราะห์ด้วยกล้องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron microscope: SEM), วิเคราะห์ธาตุและองค์ประกอบด้วยเทคนิค (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy, EDS) และวิเคราะห์โครงสร้างผลึกทางสารประกอบที่อยู่ในตัวอย่างด้วยเครื่องรามานสเปกโตรมิเตอร์ (Raman spectrometer) พบว่า คาร์บอนนาโนทิวบ์ (Carbon nanotubes, CNTs) จากผนังท่อมีโครงสร้างเรียวยาว เป็นระเบียบ มีคาร์บอนสูงถึง 93.36% และมีค่า ID/IG เท่ากับ 0.864 แสดงถึงความบริสุทธิ์ที่สูงกว่า

จากเรือเซรามิก (92.58% และ ID/IG = 0.942) หลังจากวิเคราะห์นำคาร์บอนนาโนทิวบ์ (Carbon nanotubes, CNTs) มาผสมกับอีพ็อกซีเรซินในปริมาณ 0.01, 0.05, 0.1 และ 0.15 กรัม เคลือบลงบนแผ่น CFRP โดยในการทดลองนี้มีตัวอย่างทั้งหมด 27 ตัวอย่าง แบ่งเป็นอีพ็อกซีเรซินบริสุทธิ์ 0.75 กรัม จำนวน 3 ตัวอย่าง และตัวอย่างผสมท่อนาโนคาร์บอนจากเรือเซรามิกและผนังท่อ ในปริมาณ 0.01, 0.05, 0.1 และ 0.15 กรัม อย่างละ 3 ตัวอย่าง โดยผสมกับอีพ็อกซีเรซินปริมาณ 0.75 กรัมในทุกตัวอย่าง เพื่อศึกษาการกระจายตัวด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่ใช้แสง (optical microscope; OM) พบว่าการกระจายตัวดีขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณคาร์บอนนาโนทิวบ์ (Carbon nanotubes, CNTs) โดยคาร์บอนนาโนทิวบ์ (Carbon nanotubes, CNTs) จากผนังท่อที่มีการกระจายตัวที่สม่ำเสมอและไม่เกาะกลุ่มมากเท่ากับจากเรือเซรามิก สุดท้ายทดสอบความทนทานต่อแรงดันไฟฟ้าด้วยเครื่อง Impulse Voltage Generator ที่แรงดัน 1-30 กิโลโวลต์ ผลการวัดค่าการเบรกดาวน์ (Breakdown Voltage) ของตัวอย่างอีพ็อกซีเรซินบริสุทธิ์ พบว่ามีค่าเท่ากับ 7.44, 7.36 และ 7.44 กิโลโวลต์ สำหรับตัวอย่างที่เติมท่อนาโนคาร์บอนจากเรือเซรามิก พบว่าที่ปริมาณ 0.01 กรัม ให้ค่าเบรกดาวน์เท่ากับ 8.24, 13.60 และ 9.00 กิโลโวลต์ ส่วนที่ปริมาณ 0.05 กรัม มีค่าเท่ากับ 8.20, 9.20 และ 7.44 กิโลโวลต์ ขณะที่ปริมาณ 0.10 กรัม มีค่าเท่ากับ 7.84, 7.60 และ 8.80 กิโลโวลต์ และที่ปริมาณ 0.15 กรัม ค่าเบรกดาวน์ลดลงอยู่ที่ 4.48, 4.16 และ 6.80 กิโลโวลต์ ในส่วนของตัวอย่างที่เติมท่อนาโนคาร์บอนจากผนังท่อ พบว่าที่ปริมาณ 0.01 กรัม มีค่าเบรกดาวน์เท่ากับ 5.20, 5.36 และ 4.96 กิโลโวลต์ ที่ปริมาณ 0.05 กรัม เท่ากับ 4.96, 5.04 และ 5.20 กิโลโวลต์ ปริมาณ 0.10 กรัม เท่ากับ 5.04, 4.08 และ 4.88 กิโลโวลต์ และที่ปริมาณ 0.15 กรัม มีค่าเท่ากับ 4.50, 3.84 และ 4.80 กิโลโวลต์ พบว่าการเติมคาร์บอนนาโนทิวบ์ (Carbon nanotubes, CNTs) ส่งผลให้วัสดุมีความเสียหายจากแรงดันไฟฟ้าลดลง และค่า Impedance ลดลงตามการเพิ่มขึ้นของความถี่ สะท้อนถึงศักยภาพในการประยุกต์ใช้เป็นวัสดุป้องกันฟ้าผ่าที่มีประสิทธิภาพสูง

The development of carbon nanocomposite materials to mitigate lightning strike damage in aircraft structures

By Miss. Patcharaporn Boonchoo
Miss. Jirunthanin Phakuga



Sugarcane is a vital economic crop in Thailand, widely cultivated and processed into sugar annually. One of the by-products of sugar production is bagasse, a fibrous residue often used as biomass fuel or discarded as waste. This research aims to add value to bagasse by studying and developing a process for synthesizing carbon nanotubes (CNTs) from bagasse using the Chemical Vapor Deposition (CVD) method at a temperature of 800°C. The study compares the properties of CNTs synthesized from two areas within the process: the ceramic boat and the tube wall. Furthermore, it investigates the effect of incorporating CNTs derived from bagasse into epoxy resin on the material's electrical properties, particularly electrical resistance and breakdown voltage, for the development of high-performance nanocomposites for lightning protection applications. The CNTs were synthesized using the CVD method, employing biochar derived from bagasse as the precursor, ferrocene as the catalyst, camphor as the carbon source, and nitrogen gas as the carrier atmosphere. The synthesized CNTs were collected from two regions: the inner wall of the tube and the ceramic boat. Characterization was performed using Scanning Electron Microscopy (SEM), Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS), and Raman Spectroscopy. The CNTs from the tube wall exhibited a long, uniform structure with a high carbon content of 93.36% and an ID/IG ratio of 0.864, indicating

higher purity than those obtained from the ceramic boat, which had a carbon content of 92.58% and an ID/IG ratio of 0.942. The CNTs were then mixed with 0.75 grams of epoxy resin at various concentrations—0.01, 0.05, 0.1, and 0.15 grams—and coated onto CFRP sheets. In total, 27 samples were prepared, including three samples of pure epoxy resin and 24 composite samples containing CNTs from either the ceramic boat or the tube wall, each at the four concentration levels. Optical Microscopy (OM) was used to observe the dispersion of CNTs within the epoxy matrix. The results showed that CNT dispersion improved with increasing concentration, with CNTs from the tube wall displaying more uniform dispersion and less agglomeration compared to those from the ceramic boat. The breakdown voltage of the samples was tested using an Impulse Voltage Generator with a voltage range of 1–30 kV. The pure epoxy resin samples had breakdown voltages of 7.44, 7.36, and 7.44 kV. For the samples with CNTs from the ceramic boat, breakdown voltages at 0.01 grams were 8.24, 13.60, and 9.00 kV; at 0.05 grams were 8.20, 9.20, and 7.44 kV; at 0.10 grams were 7.84, 7.60, and 8.80 kV; and at 0.15 grams were reduced to 4.48, 4.16, and 6.80 kV. In contrast, samples with CNTs from the tube wall exhibited breakdown voltages of 5.20, 5.36, and 4.96 kV at 0.01 grams; 4.96, 5.04, and 5.20 kV at 0.05 grams; 5.04, 4.08, and 4.88 kV at 0.10 grams; and 4.50, 3.84, and 4.80 kV at 0.15 grams. The findings indicate that the addition of CNTs can reduce electrical breakdown damage and that impedance decreases with increasing frequency. These characteristics demonstrate the potential of CNT-based nanocomposites for use as efficient materials in lightning protection systems.