Thesis Title Physical and Mechanical Properties of Fiber/Ceramic/Epoxy Resin Composites

Author Miss Supreya Kumfu

Degree Doctor of Philosophy (Materials Science)

Thesis Advisory Committee Dr. Wim Nhuapeng Chairperson
Prof. Emeritus Dr. Tawee Tunkasiri Member
Assoc. Prof. Dr. Jerapong Tontrakoon Member
Dr. Pisith Singjai Member

ABSTRACT

This research comprised of two major parts, those being carbon nanotubes (CNTs) synthesization and fabrication of composite material between fiber/ceramic/epoxy resin.

For carbon nanotubes synthesization, the CNTs were synthesized by infusion chemical vapor decomposition (infusion CVD) in which considerably low-purity and low-cost chemicals were employed to produce small diameter, homogeneous and high quality CNTs. The nickel oxide (NiO) and ethanol (C_2H_5OH) were used as the

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

catalyst and carbon source, respectively. The synthesis conditions were 700 ^{o}C for 9 h with flow rate 0.33 ml/min. Phase evolution, chemical composition and microstructure of CNTs were investigated by X–ray diffractometry (XRD), Energy Dispersive Spectroscopy (EDS), Scanning electron microscopy (SEM) and Transmission electron microscopy (TEM), respectively. The results revealed that carbon nanotubes were successfully synthesized by the infusion CVD which the tube diameter in the range of 25–51 nm with the average size of approximately 39 nm and the length of greater than 10 μm. The peak at 26.2◦ comes from carbon and the small peaks at 44.5◦, 51.8◦ and 76.4◦ correspond to the FCC structure of the Ni catalyst and no impurity was detected, suggesting that the XRD result is in good agreement with the SEM and TEM image.

For composite fabrication, the combination of 2-2 and 0-3 fiber/ceramic/epoxy resin composites were prepared using aramid fiber, CNTs and ceramic fillers (Al_2O_3 and SiC nanoparticles) as the dispersed phase and epoxy resin was used as the matrix material. The fiber/ceramic/epoxy resin composite materials were fabricated based on low pressure technique, ultrasonic mixing and casting technique. The physical and mechanical properties such as density, hardness, wear resistance, tensile strength and fracture toughness of all the composites samples were investigated. Moreover, the morphology of composite samples was examined by scanning electron microscopy. The mechanical properties of the combination of 2-2 and 0-3 fiber/ceramic/epoxy resin composites were increased when compared to the pure epoxy resin. The microstructure revealed that the dispersed phase were well-dispersed within the epoxy resin matrix.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์	สมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของวัสดุผสมเส้นใย/เซรามิก/อีพ็อกซีเรซิน
ผู้เขียน	นางสาว สุปรียา คำฟู
ปริญญา	วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต (วัสดุศาสตร์)

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์		
	ดร. วิม เหนือเพ็ง	ประธานกรรมการ
	ศ. เกียรติคุณ ดร. ทวี ตันฑศิริ	กรรมการ
	รศ. ดร. จีระพงษ์ ตันตระกูล	กรรมการ
	ดร. พิศิษฐ์ สิงห์ใจ	กรรมการ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ประกอบด้วยสองส่วนสำคัญ คือ การสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอน (Carbon Nanotubes: CNTs) และการเตรียมวัสดุผสมระหว่างเส้นใย/เซรามิก/อีพ็อกซีเรซิน

สำหรับการสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอนนั้น ได้ทำการสังเคราะห์จากวิธีการตกสะสมไอสารเคมี (Chemical Vapor Decomposition: CVD) โดยใช้นิกเกิลออกไซด์ (NiO) ที่มีความบริสุทธิ์ต่ำและมีราคาถูกเป็นคะตะลิสต์ และใช้เอทานอล (C_2H_5OH) เป็นแหล่งคาร์บอน ทำการสังเคราะห์ที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 9 ชั่วโมง และใช้อัตราการหยดของเอทานอล 0.33 มิลลิลิตรต่อนาที เพื่อให้ได้ท่อนาโนคาร์บอนที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็ก มีความสม่ำเสมอสูง และมีคุณภาพที่ดี จากนั้นทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีด้วยวิธีการกระจายพลังงานของรังสีเอ็กซ์ (EDX) และโครงสร้างจุลภาคของท่อนาโนคาร์บอนที่สังเคราะห์ได้ด้วยวิธีการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (XRD), จุลทรรศนศาสตร์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) และจุลทรรศนศาสตร์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM) ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่า ท่อนาโนคาร์บอนที่สังเคราะห์ได้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 39 นาโนเมตร มีความสม่ำเสมอและมีความบริสุทธิ์สูง ผลการวิเคราะห์ XRD พบว่าไม่มีเฟสแปลกปลอมเกิดขึ้น โดยตำแหน่งพีค 26.2° เป็นของคาร์บอน และตำแหน่งพีค 44.5°, 51.8° และ 76.4° เป็นของนิกเกิลออกไซด์ ซึ่งผลจาก XRD สอดคล้องกับรูปถ่ายจากการวิเคราะห์ด้วย SEM และ TEM

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากนั้นจึงทำการเตรียมวัสดุผสมที่มีการเรียงติดกันแบบ 2-2 และ 0-3 ของเส้นใย/เซรามิก/อีพ็อกซีเรซิน เตรียมโดยใช้เส้นใยอะรามิด (aramid fiber), ท่อนาโนคาร์บอน (CNTs) และตัวเติมเซรามิก (อะลูมินา และซิลิกอนคาร์ไบด์) (ceramic fillers: Al_2O_3 and SiC nanoparticles) เป็นดิสเพอสเฟส (dispersed phase) และใช้อีพ็อกซีเรซิน (epoxy resin) เป็นเมทริกซ์เฟส (matrix phase) วัสดุผสมระหว่างเส้นใย/เซรามิก/อีพ็อกซีเรซินนั้น สามารถเตรียมโดยใช้วิธีแบบใช้ความดันต่ำ, การผสมด้วยการสั่น (ultrasonic mixing) และการเทแบบหล่อ (casting technique) จากนั้นจึงนำตัวอย่างวัสดุผสมที่เตรียมได้ไปหาสมบัติความหนาแน่น สำหรับสมบัติเชิงกลของชิ้นงานนั้น ได้ทำการทดสอบหาค่าความแข็ง (hardness), การต้านทานต่อการสึกหรอ (wear resistance), ค่าการต้านทานต่อแรงดึง (tensile strength), การทนทานต่อการแตกหักของวัสดุ (fracture toughness) นอกจากนี้ยังได้ทำการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของวัสดุผสมที่เตรียมได้โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่า สมบัติเชิงกลของวัสดุผสมที่มีการเรียงติดกันแบบ 2-2 และ 0-3 ของเส้นใย/เซรามิก/อีพ็อกซีเรซินมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับอีพ็อกซีเรซิน และจากโครงสร้างจุลภาคแสดงให้เห็นว่าดิสเพอสเฟสสามารถกระจายตัวอยู่ในเมทริกซ์เฟสได้อย่างดี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved