ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ สมบัติเชิงกลและสมบัติทางไฟฟ้าของวัสดุผสม 0-3 พีวีดีเอฟ/เซรามิกเฟร์โรอิเล็กทริก

ผู้เขียน นางสาว ไพลิน ทองสนิทกาญจน์

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วัสดุศาสตร์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร. สุกานดา เจียรศิริสมบูรณ์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการเตรียมและสมบัติของวัสดุผสมแบบ 0-3 ระหว่างเมทริกซ์ PVDF กับเซรามิกเฟร์โรอิเล็กทริกในระบบ PVDF/*x*PZT เมื่อ *x* มีค่าเท่ากับ 0, 0.02, 0.09, 0.18, 0.34, 0.67, 0.81, 0.88, 0.96, 0.98 และ 1.0 เศษส่วนโดยปริมาตร (หรือ *x* = 0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9, 0.95, 0.97, 0.99, 0.995 และ 1.0 เศษส่วนโดยน้ำหนัก) โดยใช้เซรามิก PZT บริสุทธิ์ที่สังเคราะห์ขึ้นเองด้วยวิธีมิกซ์ออกไซด์ และทำการเตรียมวัสดุผสมแบบ 0-3 ระหว่างเมทริกซ์ PVDF กับเซรามิกทางการค้า PZT552, PZT406 และ PMN-PT ในระบบ PVDF/*x*PZT552, PVDF/*x*PZT406 และ PVDF/*x*PMN-PT ตามลำดับ เมื่อ *x* มีค่าเท่ากับ 0, 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 เศษส่วนโดยปริมาตร จากนั้นนำวัสดุผสมที่เตรียมได้นี้ไปทำการตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมี โครงสร้างทางจุลภาค สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางไฟฟ้า และสมบัติเชิงกล

จากการศึกษารูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของวัสดุผสม PVDF/PZT พบว่า ปรากฏพีคของ PVDF และ PZT อยู่รวมกัน โดยมีการเพิ่มขึ้นของแต่ละเฟสตามอัตราส่วนการเติมที่เพิ่มขึ้นของเฟสนั้นๆ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความเข้มของพีค ผลการตรวจสอบสมบัติทางกายภาพของวัสดุผสม PVDF/PZT พบว่า ค่าความหนาแน่นของวัสดุผสมจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณเฟส PZT ที่เพิ่มขึ้นจนถึง 0.34 เศษส่วนโดยปริมาตร (0.70 เศษส่วนโดยน้ำหนัก) จากนั้นค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ของวัสดุผสมจะเริ่มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ในส่วนผลการตรวจสอบลักษณะโครงสร้างทางจุลภาค พบว่า แกรนูลของเฟส PZT จะกระจายตัวอยู่ในเมทริกซ์ PVDF อย่างสม่ำเสมอ และพบว่ารูปแบบการเชื่อมต่อเฟสของวัสดุผสมอาจเปลี่ยนจากแบบ 0-3 ไปเป็นแบบ 3-3 ที่อัตราส่วนประมาณ 0.67 เศษส่วนโดยปริมาตร (0.9 เศษส่วนโดยน้ำหนัก) เมื่อทำการตรวจสอบสมบัติทาง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไฟฟ้าของวัสดุผสม PVDF/PZT พบว่า ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้ามีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่าสภาพนำไฟฟ้าจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเฟส PZT เพิ่มขึ้น ส่วนค่าคงที่ไดอิเล็กทริกและค่าสัมประสิทธิ์เพียโซอิเล็กทริกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณเฟส PZT จนถึง 0.88 เศษส่วนโดยปริมาตร (0.97 เศษส่วนโดยน้ำหนัก) จากนั้นจะมีค่าลดลง สำหรับค่าทางเฟร์โรอิเล็กทริกจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณเฟส PZT เพิ่มขึ้นจนถึง 0.34 เศษส่วนโดยปริมาตร และจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณ PZT เพิ่มขึ้นเป็น 0.67 เศษส่วนโดยปริมาตร จากผลการตรวจสอบสมบัติเชิงกล พบว่า ค่าความแข็งแบบนูปและแบบวิกเกอร์ส ค่ามอดุลัสของยัง และค่าความต้านทานต่อการแตกของวัสดุผสม PVDF/PZT มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณ PZT เพิ่มขึ้น

ผลการตรวจสอบสมบัติของวัสดุผสมในระบบ PVDF/PZT552, PVDF/PZT406 และ PVDF/PMN-PT พบว่า รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของวัสดุผสมในทุกระบบจะปรากฏพีคของ PVDF และพีคของเซรามิกอยู่รวมกัน โดยมีการเพิ่มขึ้นของแต่ละเฟสตามอัตราส่วนการเติมที่เพิ่มขึ้นของเฟสนั้นๆ ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับความเข้มของพีค สำหรับผลการตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ พบว่า ค่าความหนาแน่นของวัสดุผสมจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของเฟสเซรามิกที่เพิ่มขึ้นด้วยความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น ผลการตรวจสอบลักษณะโครงสร้างทางจุลภาค พบว่าเฟสเซรามิกจะกระจายตัวอยู่ในเมทริกซ์ PVDF อย่างสม่ำเสมอ โดยมีรูปแบบการเชื่อมต่อเฟสแบบ 0-3 เมื่อทำการตรวจสอบสมบัติทางไฟฟ้าของวัสดุผสมทุกระบบ พบว่า ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้ามีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่าสภาพนำไฟฟ้าจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเฟสเซรามิกเพิ่มขึ้น ส่วนค่าคงที่ไดอิเล็กทริก ค่าการสูญเสียทางไดอิเล็กทริก และค่าสัมประสิทธิ์เพียโซอิเล็กทริกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณเฟสเซรามิกเพิ่มขึ้น สำหรับผลการตรวจสอบสมบัติเฟร์โรอิเล็กทริกของวัสดุผสมในทุกระบบที่อุณหภูมิห้อง พบว่า ค่าสภาพคงเหลือของโพลาไรเซชัน และค่าโพลาไรเซชันสูงสุดของวัสดุผสมระบบ PVDF/PZT552 และระบบ PVDF/PZT406 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่สนามลบล้างทางไฟฟ้าจะมีค่าลดลงเมื่อปริมาณเฟสเซรามิก PZT552 และ PZT406 เพิ่มขึ้น ส่วนค่าทางเฟร์โรอิเล็กทริกของวัสดุผสมระบบ PVDF/PMN-PT พบว่า ค่าโพลาไรเซชันสูงสุด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเฟสเซรามิก PMN-PT เพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าสภาพคงเหลือของโพลาไรเซชัน และสนามลบล้างทางไฟฟ้าจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อวัสดุผสมมีปริมาณเฟสเซรามิก PMN-PT เพิ่มขึ้นจนถึง 0.2 เศษส่วนโดยปริมาตร จากนั้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณเฟสเซรามิกที่เพิ่มขึ้น จากผลการตรวจสอบสมบัติเชิงกล พบว่า ค่ามอดุลัสของยัง ค่าความแข็งแบบนูปและแบบวิกเกอร์สของวัสดุผสมทุกระบบ มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเฟสเซรามิกเพิ่มขึ้น สำหรับค่าความต้านทานต่อการแตก พบว่า มีความสัมพันธ์กับปริมาณเฟสเซรามิกที่เติมเข้าไปใกล้เคียงแบบเชิงเส้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Thesis Title Mechanical and Electrical Properties of PVDF/Ferroelectric Ceramic 0-3 Composites

Author Miss Pailyn Thongsanitgarn

Degree Master of Science (Materials Science)

Thesis Advisor Asst. Prof. Dr. Sukanda Jiansirisomboon

Abstract

This research studied fabrication and properties of PVDF/Ferroelectric ceramics 0-3 composites. In-house prepared PZT ceramics and commercially available PVDF were used as starting materials to form a full series of PVDF/*x*PZT composites (where x = 0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9, 0.95, 0.97, 0.99, 0.995 and 1.0 weight fraction) with 0-3 connectivity. Moreover, PVDF/*x*PZT552, PVDF/*x*PZT406 and PVDF/*x*PMN-PT composites with x = 0, 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 and 0.5 volume fraction were also fabricated using commercially available PZT552, PZT406 and PMN-PT ceramics, respectively. All composites were investigated particularly in term of chemical composition, microstructure, physical, electrical and mechanical properties.

For PVDF/PZT composites, the preliminary studies of X-ray diffraction pattern showed peaks of two-phase mixture with intensities corresponding to the relative amount of each phase. Bulk densities of the composites increased with increasing PZT content up to 0.34 volume fraction (0.7 weight fraction). Further increase in PZT content decreased relative density significantly. SEM micrographs revealed homogeneous dispersion of PZT granules in PVDF phases. The connectivity might start to switch from 0-3 (PZT-PVDF) to 3-3 (PZT-PVDF) at around 0.67 volume fraction (0.9 weight fraction). Measurement of electrical properties showed that electrical conductivity increased with PZT content, while electrical resistivity decreased. The dielectric constant and piezoelectric coefficient found to increase with increasing PZT

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

concentration up to 0.88 volume fraction (0.97 weight fraction) and then slightly decreased. Ferroelectric measurement of the composites showed that value of remanent polarization, coercive field and loop squareness tended to decrease when increasing PZT content up to 0.34 volume fraction. Further increase in PZT content to 0.67 volume fraction caused abrupt increase in these ferroelectric values. Mechanical properties in terms of Knoop hardness, Vickers hardness, fracture toughness and Young's modulus gradually increased with increasing PZT content.

Investigation on X-ray diffraction pattern of PVDF/PZT552, PVDF/PZT406 and PVDF/PMN-PT composites showed peaks of two-phase mixture with intensities corresponding to the relative amount of each phase. Densities of all composites tended to increase with increasing of ceramic content with linear relationship. The SEM micrographs revealed homogenous dispersion of ceramic phase (PZT552, PZT406 and PMN-PT) in polymer matrix with 0-3 connectivity. Measurement of electrical properties showed electrical conductivity increased with ceramic content, while electrical resistivity decreased. Dielectric constant, dielectric loss and piezoelectric coefficient found to increase with increasing ceramic concentration. Ferroelectric measurement of PVDF/PZT552 and PVDF/PZT406 composites showed an increase in remanent polarization and maximum polarization when increasing ceramic content, while coercive field decreased. Ferroelectric values of PVDF/PMN-PT composites showed that maximum polarization increased with increasing PMN-PT content. Furthermore, remanent polarization and coercive field tended to decrease when PMN-PT increased up to 0.2 weight fraction and then increased with further increase PMN-PT content. Mechanical properties in terms of Knoop hardness, Vickers hardness and Young's modulus gradually increased with increasing ceramics content. Almost linear relationship between fracture toughness values and content of ceramics was observed.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved