ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ สมบัติทางไฟฟ้าของวัสดุผสมเซรามิกพิโซอิเล็กทริก-ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ผู้เขียน นางสาวนิตยา ใจทนง

ปริญญา วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต (วัสดุศาสตร์)

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผศ. ดร. อานนท์ ชัยพานิช	อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
ผศ. ดร. รัตติกร ยิ้มนิรัญ	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
ดร. วรรณวิลัย วิทยากร	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

บทคัดย่อ

วัสดุผสมเชิงโครงสร้างแบบฉลาด คือ วัสดุเชิงโครงสร้างที่สามารถทำหน้าที่ได้หลากหลายในเวลาเดียวกัน อาทิเช่น การตรวจวัดความเครียด การลดการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นในโครงสร้าง และ มีความสำคัญในแง่ของความสามารถในการลดและการควบคุมการสั่นสะเทือนในโครงสร้างได้ ซึ่งหัวข้อในการพัฒนาอุปกรณ์ตรวจจับ (sensor) ในปัจจุบันได้ให้ความสนใจเกี่ยวกับการพัฒนาเทคนิกที่ใช้ตรวจวัดความเสียหายของโครงสร้างทั้งที่มีอยู่แล้ว และโครงสร้างใหม่อย่างมาก ดังนั้นวิทยานิพนธ์นี้ จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะประดิษฐ์ ตรวจสอบ และประยุกต์ วัสดุผสมฉลาดแบบใหม่สำหรับการประยุกต์ใช้งานเป็นตัวตรวจจับ (sensor) และ ตัวขับเร้า (actuator) ในงานด้านวิศวกรรมโยธาโดยจะเป็นการศึกษาการประดิษฐ์และสมบัติของวัสดุผสมซีเมนต์-เซรามิกพิโซอิเล็กทริก แบบ 0-3 โดยงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ เลดเซอร์โคเนตไทเทเนต (PZT) เป็นเฟสของเซรามิกผสมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เพื่อให้เกิดเป็นวัสดุผสมแบบใหม่ อย่างไรก็ตาม การเตรียมวัสดุผสมปูนซีเมนต์กับสารพิโซอิเล็กทริกที่มีการเชื่อมต่อ แบบ 0-3 ให้มีสมบัติพิโซอิเล็กทริกที่ดีนั้นทำได้ยาก เนื่องจากการทำให้เกิดขั้ว (Poling) ของเซรามิกกลุ่มนี้นั้นทำได้ยาก ซึ่งเป็นผลมาจากการมีรูพรุนจำนวนมากในเนื่อของวัสดุผสม ดังนั้นจึงมีการนำเทคนิกใหม่ๆมาช่วยเพื่อเพิ่มความสามารถในการทำขั้วของเซรามิกพิโซอิเล็กทริกนั่นก็คือการเติมเฟสของฉนวน และ สารกึ่งตัวนำลงไปเล็กน้อยในวัสดุผสมเพื่อให้เกิดเป็นเฟสที่สามขึ้นมา ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เลือก พอลิไวนิลิดีนฟลูออไรด์ (PVDF) และคาร์บอนแกรไฟต์ (C) มาเป็นเฟสที่สามร่วมกับ PZT และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เพื่อให้เกิดเป็นวัสดุผสมใหม่ขึ้นมาซึ่งจะเป็นการรวมกันของเฟส เซรามิก-ซีเมนต์-เฟสที่สาม พร้อมกันนี้ได้ทำการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของวัสดุผสมใหม่ดังกล่าว ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน (SEM) และ กล้องจุลทรรศน์แบบใช้สัญญาณพิโซอิเล็กทริก (PFM) อีกทั้งยังทำการตรวจสอบสมบัติพิโซอิเล็กทริก (d_{33} และ g_{33}) สมบัติเฟร์โรอิเล็กทริก และ ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกของวัสดุผสมดังกล่าวด้วย

จากผลการตรวจสอบสมบัติไดอิเล็กทริกของวัสดุผสมข้างต้น พบว่า เมื่อปริมาณเซรามิกโดยปริมาตรเพิ่มขึ้น ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกก็จะเพิ่มขึ้นด้วย สำหรับสมบัติเฟร์โรอิเล็กทริกที่สัดส่วนผสมระหว่างเซรามิกกับซีเมนต์เป็น 50:50 ร้อยละโดยปริมาตร พบว่าค่าโพลาไรเซชั่นคงค้าง (P_{ir}) และค่าสนามไฟฟ้าลบล้าง (E_{ic}) จะเพิ่มขึ้นเมื่อสนามไฟฟ้าภายนอก (E_0) เพิ่มมากขึ้นนอกจากนี้ค่าทางพิโซอิเล็กทริกของวัสดุผสมเซรามิก-ซีเมนต์ แบบ 0-3 ยังมีค่าเพิ่มขึ้นแบบไม่เป็นเส้นตรงตามปริมาณของเซรามิกอีกทั้งสมบัติพิโซอิเล็กทริกนี้ยังสามารถทำให้ดีขึ้นได้เมื่อระยะเวลาของการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของปูนซีเมนต์เพิ่มขึ้นอีกด้วย ยิ่งไปกว่านั้นการเติมเฟสที่สามลงไปในวัสดุผสมเซรามิก-ซีเมนต์ดังกล่าว พบว่า ช่วยเพิ่มค่าคงที่ไดอิเล็กทริกให้สูงขึ้นตามปริมาณคาร์บอนแกรไฟต์ที่เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ในขณะที่ กรณีการเติมพอลิไวนิลิดีนฟลูออไรด์ลงไป จะทำให้ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกลดลง สำหรับสมบัติเฟร์โรอิเล็กทริก และพิโซอิเล็กทริกของเซรามิกผสมที่เติมด้วยคาร์บอแกรไฟต์นั้นพบว่า ค่าพลังงานที่เกิดจากการสูญเสียที่พิจารณาจากวงวนฮีสเทอรีซิส และค่าการสูญเสียเชิงไดอิเล็กทริกมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจาก การเพิ่มขึ้นของวัสดุตัวนำซึ่งก็คือ คาร์บอนแกรไฟต์นั่นเอง ในขณะที่การเติมพอลิไวนิลิดีนฟลูออไรด์ซึ่งเป็นฉนวนลงไปนั้น จะเข้าไปลดค่าการสูญเสียเหล่านี้ นอกจากนี้พอลิไวนิลิดีนฟลูออไรด์ ยังช่วยแก้ปัญหากระบวนการทำขั้วของเซรามิกผสมระบบนี้อีกด้วย โดยจะช่วยเพิ่มการเชื่อมต่อภายในเนื่อวัสดุผสมด้วยการหลอม และเข้าไปแทรกในรอยต่อระหว่างเฟสของเซรามิกและเฟสของซีเมนต์ ดังนั้น จากผลการทดลองในส่วนนี้การใช้พอลิไวนิลิดีนฟลูออไรด์เป็นเฟสที่สามซึ่งเป็นฉนวนนั้นจะช่วยลดการสูญเสียพลังงาน และ ลดเวลาในกระบวนการทำขั้วได้ อีกทั้ง ยังช่วยให้สมบัติพิโซอิเล็กทริกของเซรามิกผสมดีขึ้นอย่างเห็นได้ชัด นั่นคือวัสดุผสมใหม่ที่เตรียมได้จากงานวิจัยนี้เหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้เป็นตัวตรวจจับ (sensor)ได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Thesis Title Electrical Properties of Piezoelectric Ceramic-Portland Cement Composites

Author Miss Nittaya Jaitanong

Degree Doctor of Philosophy (Materials Science)

Thesis Advisory Committee

Asst. Prof. Dr. Arnon Chaipanich Advisor

Asst. Prof. Dr. Rattikorn Yimnirun Co-advisor

Dr. Wanwilai Vittayakorn Co-advisor

ABSTRACT

Smart structural composites are multifunctional structural materials which can perform functions such as sensing strain, vibration reduction and are essential because of their relevance to mitigation and structural vibration control. Recent advances in sensor development have resulted in significant interest in developing in diagnostic technique for damage detection of both existing and new structures. The objectives of this thesis are to fabricate and investigate new smart composites for the sensing and actuation applications in civil engineering. The fabrication and properties of 0-3 cement-based piezoelectric ceramic composites are emphasized. In this study, lead zirconate titanate ceramic (PZT) was used as a ceramic-phase mixed with Portland cement to produce new composites. However, the 0–3 connectivity cement-based piezoelectric composites is still difficult to obtain great piezoelectric properties due to the difficulty in poling ceramic particles in such composites because of the evidence

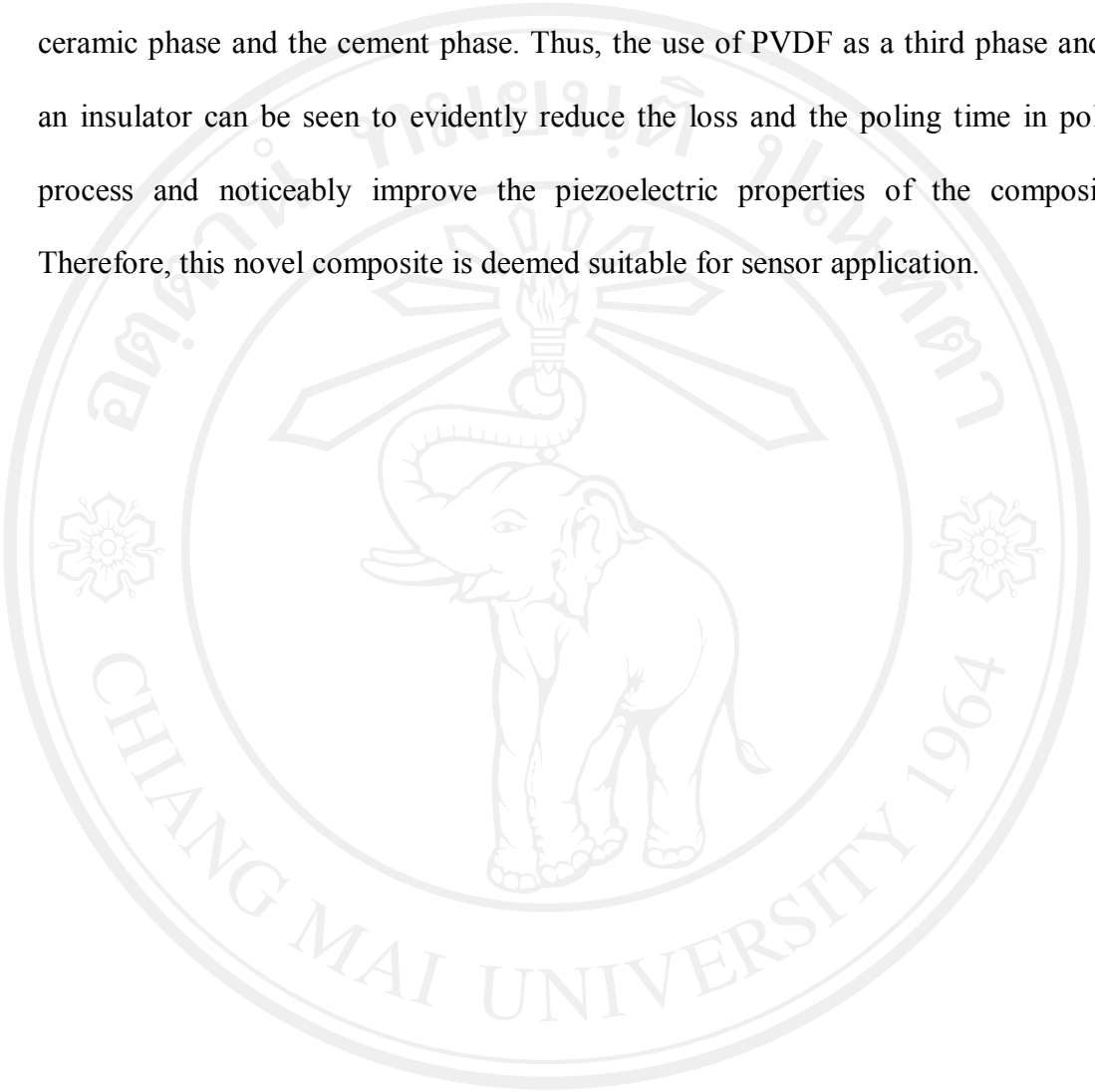
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

of some pores in the composites. Therefore, a novel approach to effectively improve poling of piezoelectric ceramic is to add an insulator and semiconductor phases between piezoelectric particles by the introduction of a small volume fraction of a third phase. In this study, polyvinylidene fluoride (PVDF) and carbon graphite were chosen as a third-phase with PZT and Portland cement to produce new composites of ceramic-cement-third phase combination. Microstructure of the new composites was investigated using Scanning electron microscope (SEM) and Piezoresponse force microscope (PFM). The piezoelectric properties (d_{33} and g_{33}), ferroelectric properties and dielectric permittivity (ε_{33}) were then investigated.

The dielectric results present that with increasing volume fraction of ceramic content, an increase in the dielectric constant was observed. For the ferroelectric properties at combination between ceramic and cement of 50:50 by volume%, it can be seen that there is an increase in both the *instantaneous* remnant polarization (P_{ir}) and the *instantaneous* coercive field (E_{ic}) when the external electrical field (E_0) increases. In addition, the piezoelectric values of the 0–3 ceramic-cement composites show a roughly nonlinear increase as a function of the ceramic content and the piezoelectric properties of the cement-based piezoelectric composite are improved with increasing cement hydration age. Moreover, the dielectric constant of ceramic-cement composite with the third phase addition was found to increase with increasing the third phase as carbon graphite whereas with PVDF addition the dielectric values showed significant decreases. However, the dissipation energy in ferroelectric hysteresis loops and the dielectric loss of the composite added with carbon graphite were found to increase due to the increase in conducting material while the insulative PVDF addition can reduce these dissipation loss. Also, the PVDF addition in the

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

composite can solve the problem relating to the poling process and show good connectivity by filling the pores at the interface region between the piezoelectric ceramic phase and the cement phase. Thus, the use of PVDF as a third phase and as an insulator can be seen to evidently reduce the loss and the poling time in poling process and noticeably improve the piezoelectric properties of the composites. Therefore, this novel composite is deemed suitable for sensor application.



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved