IMPROVEMENT IN THE THERMAL CONDUCTIVITY OF PARTICULATE-FILLED EPOXY COMPOSITE

Karnthidaporn Wattanakul

A Dissertation Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy
The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University
in Academic Partnership with
The University of Michigan, The University of Oklahoma,
and Case Western Reserve University
2010

Thesis Title:	Improvement in Thermal Conductivity of Particulate-filled Epoxy Composite
By:	Karnthidaporn Wattanakul
Program:	Polymer Science
Thesis Advisors:	Assoc. Prof. Nantaya Yanumet
	Asst. Prof. Hathaikarn Manuspiya

Accepted by The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, in partial fulfilment of the requirements for the Degree of Doctor of Philosophy.

..... College Dean
(Asst. Prof. Pomthong Malakul)

Thesis Committee:

..... (Assoc. Prof. Pramoch Rangsunvigit)

..... (Assoc. Prof. Nantaya Yanumet)

..... (Asst. Prof. Hathaikarn Manuspiya)

..... (Dr. Thanyalak Chaisuwan)

..... (Asst. Prof. Toemsak Srikhirin)

..... (Asst. Prof. Thirawut Pongprayoon)

ABSTRACT

4892004063: Polymer Science Program
Karnthidaporn Wattanakul: Improvement in the Thermal Conductivity of Particulate-Filled Epoxy Composite.
Thesis Advisors: Assoc. Prof. Nantaya Yanumet, Asst. Prof. Hathaikarn Manuspiya 149 pp.

Keywords: Thermal Conductive Composite/ Epoxy Composite/ Metal Oxide/ Boron Nitride/ Mixing Condition/ Surface Modification/ Admicellar Polymerization/ Silane Treatment/ Interfacial Adhesion/ Surfactant Adsorption

Two approaches to improve thermal conductivity of epoxy composite are considered in this work. One is the approach to form a conductive network and the other approach is the improvement in interfacial adhesion between matrix and filler by surface modification of filler. According to the first approach, the effects of different types and particle sizes of metal oxide on the thermal conductivity of metal oxide-filled epoxy composite is studied. The SEM micrographs of the fractured surface show improvement in particle dispersion of nano-size metal oxide particles resulting in an increase in thermal conductivity of composite. The effect of mixing conditions of the BN-filled epoxy composite is investigated. The thermal conductivity of BN-filled epoxy composite can be enhanced with increases in mixing speed, time and temperature. A maximum thermal conductivity of 1.68 W/mK is obtained at 37 vol% filler content and the mixing conditions of 300 rpm, 30 min, 30 °C. Furthermore, surface modifications of BN with different methods: conventional silane treatment, admicellar polymerization and surfactant treatment are also

investigated. The thermal conductivity of BN-filled epoxy composite is significantly enhanced by admicellar polymerization and surfactant treatment. The mechanical properties of the composite also improve significantly.

บทคัดย่อ

กานต์ธิดาพร วัฒนกุล : การปรับปรุงสมบัติการนำความร้อนของสารคอมพอสิทอีพอกซี (Improvement in the Thermal Conductivity of Particulate-Filled Epoxy Composite) อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ. ดร. นันทยา ยานุเมศ และ ผศ. ดร. หทัยกานต์ มนัสปิยะ 149 หน้า

แนวทางในการปรับปรุงสมบัติการนำความร้อนของสารคอมพอสิทอีพอกซีสองแนวทางได้รับความสนใจในงานวิจัยนี้ แนวทางแรกใช้วิธีการเสริมสร้างโครงข่ายการนำความร้อนภายในสารคอมพอสิท ส่วนอีกแนวทางหนึ่งเป็นการเพิ่มแรงยึดติดระหว่างสารอีพอกซีกับสารเติมแต่งโดยการดัดแปรพื้นผิวของอนุภาคสารเติมแต่ง การปรับปรุงสมบัติการนำความร้อนในแนวทางแรกนั้น งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของประเภทและขนาดอนุภาคของสารประกอบโลหะออกไซด์ที่มีต่อความสามารถในการนำความร้อนของสารคอมพอสิทที่เติมแต่งด้วยสารประกอบโลหะออกไซด์ ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าความสามารถในการนำความร้อนของสารคอมพอสิทดีขึ้น เมื่อมีการใช้สารประกอบโลหะออกไซด์ที่มีขนาดอนุภาคในระดับนาโนเมตร เนื่องจากอนุภาคเหล่านี้สามารถกระจายตัวได้ดีในสารอีพอกซี นอกจากนี้ ยังได้ศึกษาผลของภาวะที่ที่ใช้ในการผสมต่อการเพิ่มความสามารถในการนำความร้อนของสารคอมพอสิทระหว่างโบรอนไนไตรด์กับอีพอกซี ผลการทดลองพบว่าความสามารถในการนำความร้อนของสารคอมพอสิทเพิ่มขึ้นเมื่อใช้เวลาในการผสมนานขึ้น รวมทั้งเมื่อใช้ความเร็วและอุณหภูมิในการผสมที่สูงขึ้น โดยค่าการนำความร้อนสูงสุดที่ได้คือ 1.68 วัตต์/เมตร-เคลวิน ซึ่งได้จากการใช้สารเติมแต่งในปริมาณ 37 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ทำการผสมที่ความเร็ว 300 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังได้ศึกษาและเปรียบเทียบผลของการดัดแปรพื้นผิวของสารเติมแต่งโบรอนไนไตรด์ โดยใช้สารจำพวกไซเลน, การใช้กระบวนการทำแอดไมเซลลาร์พอลิเมอไรเซชั่น, และการใช้สารลดแรงตึงผิว เพื่อเพิ่มความสามารถในการยึดติดของสารเติมแต่งกับสารอีพอกซี ผลการทดลองพบว่ากระบวนการทำแอดไมเซลลาร์พอลิเมอไรเซชั่นและการใช้สารลดแรงตึงผิวช่วยเพิ่มความสามารถในการนำความร้อนและยกระดับสมบัติเชิงกลของสารคอมพอสิทอย่างเห็นได้ชัด

ACKNOWLEDGEMENTS

First of all, the author wishes to express her gratefulness to her advisors—Assoc. Prof. Nantaya Yanumet and Asst. Prof. Hathaikarn Manuspiya—for their useful advice and supports. The author would also like to thank Assoc. Prof. Pramoch Rangsunvigit, Dr. Thanyalak Chaisuwan, Asst. Prof. Toemsak Srikhirin, and Asst. Prof. Thirawudh Pongprayoon for being her thesis committee, and for giving valuable comments and suggestions. The author would like to show her sincere appreciation to Assoc. Prof. Nantaya Yanumet for her scientific guidance, and for reviewing and improving the original manuscripts. The author is so grateful to Dr. Ampornphan Siriviriyanun and Dr. Suchada Tragoonwichian for their discussion and encouragement throughout this work.

This work is financially supported by the National Excellence Center for Petroleum, Petrochemicals, and Advanced Materials (Thailand). The author is deeply grateful for the scholarship provided by the Higher Education Commission of Thailand. The thermal conductivity measurements were kindly supported by the National Metal and Materials Technology Center (MTEC), Thailand, and Aditya Birla Chemicals (Thailand) Ltd kindly supplied the epoxy resin and curing agent.

The author wishes to thank all faculty and staff members at the PPC for their kindness. The author also appreciates the supports from all her friends at the PPC.

Finally, the author would like to give her thankfulness to her family for their love, inspiration and supports during her study at the PPC.

TABLE OF CONTENTS

CHAPTER PAGE

CHAPTER PAGE

CHAPTER **PAGE**

LIST OF TABLES

LIST OF FIGURES

FIGURE **PAGE**

CHAPTER V

FIGURE **PAGE**

CHAPTER V

CHAPTER VI

FIGURE **PAGE**

CHAPTER VI

CHAPTER VII

FIGURE **PAGE**

CHAPTER VII

FIGURE **PAGE**

CHAPTER VII