MECHANICAL PROPERTIES, ELECTRICAL AND THERMAL CONDUCTIVITIES OF MULTI-WALL CARBON NANOTUBE-REINFORCED NATURAL RUBBER AND NITRILE RUBBER BLENDS

PATTANA KUESENG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR
THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY
(POLYMER SCIENCE AND TECHNOLOGY)
FACULTY OF GRADUATE STUDIES
MAHIDOL UNIVERSITY
2014

Copyright by Mahidol University

COPYRIGHT OF MAHIDOL UNIVERSITY

MECHANICAL PROPERTIES, ELECTRICAL AND THERMAL CONDUCTIVITIES OF MULTI-WALL CARBON NANOTUBE-REINFORCED NATURAL RUBBER AND NITRILE RUBBER BLENDS

PATTANA KUESENG 5238142 SCPO/D

Ph.D. (POLYMER SCIENCE AND TECHNOLOGY)

THESIS ADVISORY COMMITTEE: CHAKRIT SIRISINHA, Ph.D., NITTAYA RATTANASOM, Ph.D., PONGDHORN SAE-OUI, Ph.D.

ABSTRACT

In this research, the properties of 50/50 NR/NBR blends containing MWCNT/NR masterbatches prepared using the predispersing method (P) and conventional method (C) were studied. The amount of MWCNT in both blends was varied from 0 to 6 phr. Additionally, the properties of NR/NBR blends at various blend ratios prepared from the MWCNT/NR masterbatch (mNR) and MWCNT/NBR masterbatch (mNBR) were compared. The amount of MWCNT for both mNR and mNBR blends was kept constant at 4 phr. Furthermore, the properties of 50/50 NR/NBR blends filled with 4 phr of MWCNT, OH-MWCNT, and SiOH-MWCNT were determined.

The results show that modulus, tensile strength, tear strength, and electrical and thermal properties of the P blends are significantly higher than those of the C blends. This is simply due to the better MWCNT dispersion in the P blends. At 4 phr MWCNT, modulus, tensile strength, tear strength, and electrical conductivity of the P blend in the milling direction (MD) are higher than those of the corresponding transverse direction (TD) sample. Moreover, the anisotropic properties of the P blends are clearly observed when 4 phr MWCNT is loaded. This is because most of the MWCNTs in the P blends are aligned along the MD when MWCNT is not more than 4 phr as confirmed by dichroic ratio. Also, SEM images show that the number of MWCNT agglomerates increases when MWCNT is more than 4 phr.

It was also found that hardness, modulus, tensile strength, tear strength, oil resistance, and thermal and electrical conductivities of the mNR blends are superior to those of the corresponding mNBR blends. Additionally, the results show that 100% modulus, storage modulus at 30 ºC, tensile strength, tear strength, and electrical conductivity of both mNR and mNBR blends in MD are higher than those of the corresponding TD samples. Moreover, the 50/50 mNR blend gives the best overall properties. Furthermore, it can be seen that modulus, tensile strength, tear strength, and oil resistance of the 50/50 NR/NBR blend containing SiOH-MWCNT are greater than those containing OH-MWCNT and MWCNT. Also, 300% modulus, storage modulus at 30 ºC, tensile strength, tear strength, and electrical conductivity of these blends in MD are higher than those of the corresponding TD samples. However, modification of the MWCNT surface does not affect the electrical and thermal conductivities of the blends.

KEY WORDS: NR/NBR BLENDS/MULTI-WALL CARBON NANOTUBE/MECHANICAL PROPERTIES/THERMAL CONDUCTIVITY/ELECTRICAL CONDUCTIVITY

159 pages

Copyright by Mahidol University

สมบัติเชิงกล การนำไฟฟ้าและการนำความร้อนของยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางไนไตรล์ที่มีคาร์บอนนาโนทิวบ์เป็นสารเสริมแรง

MECHANICAL PROPERTIES, ELECTRICAL AND THERMAL CONDUCTIVITIES OF MULTI-WALL CARBON NANOTUBE-REINFORCED NATURAL RUBBER AND NITRILE RUBBER BLENDS

พัฒนา เกื้อเส้ง 5238142 SCPO/D

ปร.ด. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีพอลิเมอร์)

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: ชาคริต สิริสิงห, Ph.D., นิตยา รัตนโสม, Ph.D., พงษ์ธร แซ่อุย, Ph.D.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาสมบัติต่างๆของยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางไนไตรล์ (NR/NBR) ที่สัดส่วนการผสม 50/50 โดยใช้มาสเตอร์แบชของยางธรรมชาติที่เตรียมจากวิธีการแตกตัว (P) และวิธีการผสมแบบดั้งเดิม (C) และทำการแปรปริมาณของ MWCNT ตั้งแต่ 0 ถึง 6 ส่วน ต่อยาง 100 ส่วน (phr) และได้เปรียบเทียบสมบัติต่างๆ ของยางผสม NR/NBR ที่สัดส่วนการผสมต่างๆ เมื่อเตรียมยางผสมจากมาสเตอร์แบช MWCNT/NR (mNR) และ MWCNT/NBR (mNR) นอกจากนี้ได้ศึกษาสมบัติต่างๆของยางผสมที่มี MWCNT, OH-MWCNT และ SiOH-MWCNT เป็นสารตัวเติม ในปริมาณ 4 phr ด้วย

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า มอดูลัส ความทนต่อแรงดึง ความทนต่อการฉีกขาด สมบัติการนำความร้อนและการนำไฟฟ้า ของยางผสม P มีค่าสูงกว่ายางผสม C ที่มีปริมาณ CNT เท่ากัน เนื่องจากยางผสม P มีการกระจายตัวของ MWCNT ที่ดีกว่ายางผสม C และเมื่อเติม MWCNT ในปริมาณ 4 phr พบว่าค่ามอดูลัส ความทนต่อแรงดึง และความทนต่อการฉีกขาดของยางผสม P ในทิศตามแนวที่ยางถูกรีดออกจากลูกกลิ้ง (MD) มีค่าสูงกว่าของยางผสม P ในทิศตั้งฉากกับทิศที่ยางถูกรีดออกจากลูกกลิ้ง (TD) อีกทั้งพบว่ายางผสม P แสดงสมบัติแอนไอโซโทรปิคอย่างชัดเจนเมื่อปริมาณ MWCNT เท่ากับ 4 phr ทั้งนี้เนื่องจาก MWCNT ส่วนใหญ่เรียงตัวในทิศ MD เมื่อปริมาณ MWCNT ไม่เกิน 4 phr ซึ่งยืนยันได้ด้วยสัดส่วนไดโครอิก และภาพถ่ายจากเครื่องอิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงให้เห็นว่าจำนวนของแอกโกลเมอเรตของ MWCNT เพิ่มขึ้นเมื่อเติม MWCNT ในปริมาณมากกว่า 4 phr

นอกจากนี้ยังพบว่า ความแข็ง มอดูลัส ความทนต่อแรงดึง ความทนต่อการฉีกขาด ความทนทานต่อน้ำมัน การนำความร้อนและการนำไฟฟ้า ของ mNR มีค่าสูงกว่าของ mNBR และการทดลองแสดงให้เห็นว่า 100% มอดูลัส มอดูลัสสะสมที่อุณหภูมิ 30 ºC ความทนต่อแรงดึงและความทนต่อการฉีกขาดของทั้ง mNR และ mNBR ในทิศ MD มีค่าสูงกว่าในทิศ อีกทั้งพบว่า mNR ที่สัดส่วนการผสม 50/50 ให้สมบัติโดยรวมดีที่สุด นอกจากนี้ยังเห็นได้ว่ามอดูลัส ความทนต่อแรงดึง ความทนต่อการฉีกขาด และความทนทานต่อน้ำมันของ 50/50 NR/NBR ที่มี SiOH-MWCNT เป็นสารตัวเติมมีค่าสูงกว่าในกรณีที่มี OH-MWCNT และ MWCNT เป็นสารตัวเติม อีกทั้งพบว่า 300% มอดูลัส มอดูลัสสะสมที่อุณหภูมิ 30 ºC ความทนต่อแรงดึง ความทนต่อการฉีกขาด และการนำไฟฟ้าของยางผสมเหล่านี้ ในทิศ MD มีค่าสูงกว่าในทิศ TD อย่างไรก็ตามการดัดแปรพื้นผิวของ MWCNT ไม่ส่งผลต่อการนำไฟฟ้าและการนำความร้อนของยางผสม

Copyright by Mahidol University

159 หน้า