การปรับปรุงความต้านทานไฟฟ้าเชิงปริมาตรในโพลิเมอร์ผสมระหว่างโพลิไวนิลคลอไรด์/ยางไนไตรล์โดยการใช้สารเพิ่มความเสถียรและสารเพิ่มเนื้อ

นายวินัย ชัยบุรานนท์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-639-609-9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I18990404

IMPROVEMENT OF RESISTIVITY IN POLYMER-BLEND OF POLYVINYLCHLORIDE/NITRILE RUBBER BY USING STABILIZER AND FILLER

Mr. Winai Chaiburanont

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Chemical Engineering
Department of Chemical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 1998

Thesis Title	IMPROVEMENT OF VOLUME RESISTIVITY IN POLYMER-BLEND OF POLYVINYLCHLORIDE/NITRILE RUBBER BY USING STABILIZER AND FILLER
By	Mr. Winai Chaiburanont
Department	Chemical Engineering
Thesis Advisor	Siriporn Damrongsakkul, Ph.D.
Co-advisor	Nitiya Mahmadkul

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree.

..... Dean of Graduate School

(Professor Supawat Chutivongse, M.D.)

Thesis Commitee

..... Chairman

(Professor Wiwut Tanthapanichakoon, Ph.D.)

..... Thesis Advisor

(Siriporn Damrongsakkul, Ph.D.)

..... Thesis Co-advisor

(Nitya Mahmadkul)

..... Member

(Sirijutaratana Covavisaruch, Ph.D.)

วินัย ชัยบุรานนท์ : การปรับปรุงความต้านทานไฟฟ้าเชิงปริมาตรในโพลิเมอร์ผสมระหว่างโพลิไวนิล-คลอไรด์/ยางไนไตรล์ โดยการใช้สารเพิ่มความเสถียรและสารเพิ่มเนื้อ (IMPROVEMENT OF VOLUME RESISTIVITY IN POLYMER-BLEND OF POLYVINYLCHLORIDE/NITRILE RUBBER BY USING STABILIZER AND FILLER) อ.ที่ปรึกษา : ดร.ศิริพร ดำรงค์ศักดิ์กุล, อ.ที่ปรึกษาร่วม : น.ส.นิตยา มะหมัดกุล , 102 หน้า. ISBN 974-639-609-9

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาถึงผลกระทบของปริมาณสารเพิ่มความเสถียรทางความร้อน (LEAD STABILIZER) สารเพิ่มเนื้อ (CALCINED KAOLIN CLAY) และ ยางไนไตรล์ (ACRYLONITRILE BUTADIENE RUBBER, NBR) ที่มีผลต่อค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าเชิงปริมาตร (VOLUME RESISTIVITY, VR) ในโพลิเมอร์ผสมระหว่างโพลิไวนิลคลอไรด์กับยางไนไตรล์ (PVC/NBR) ซึ่งเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของค่า VR กับปริมาณสารที่ใช้ โดยสามารถแบ่งเป็น 4 กลุ่ม คือ 1) ความสัมพันธ์ระหว่างค่า VR กับ ปริมาณสารเพิ่มความเสถียร 2) ความสัมพันธ์ระหว่างค่า VR กับ ปริมาณของสารเพิ่มความเสถียร และ สารเพิ่มเนื้อ 3) ความสัมพันธ์ระหว่างค่า VR กับ ปริมาณสารเพิ่มความเสถียร และ ยางไนไตรล์ และ 4) ความสัมพันธ์ระหว่างค่า VR กับ ปริมาณสารเพิ่มความเสถียร, สารเพิ่มเนื้อ และ ยางไนไตรล์ โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการกำหนดปริมาณสารต่าง ๆ ข้างต้น โดยทำการผสมวัตถุดิบตามอัตราส่วนที่กำหนดแล้วนำไปขึ้นรูปบน TWO-ROLLS MILL เพื่อให้เป็นแผ่น (SHEET) แล้วเตรียมชิ้นงานเพื่อวัดค่า VR โดยใช้เครื่องวัดค่า VR

จากการศึกษาพบว่า พีวีซีที่ผสมกับสารเพิ่มความเสถียรเมื่อไม่มีส่วนผสมของสารเพิ่มเนื้อและยางไนไตรล์ ค่า VR จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณสารเพิ่มความเสถียร แต่เพิ่มในอัตราที่ไม่สูงนัก กรณีโพลิเมอร์ผสมของพีวีซี กับ สารเพิ่มความเสถียร และ สารเพิ่มเนื้อ พบว่า ค่า VR จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณของสารเพิ่มเนื้อที่เพิ่มขึ้นในอัตราที่สูง กรณีโพลิเมอร์ผสมของพีวีซี กับ สารเพิ่มความเสถียร และ ยางไนไตรล์ พบว่า ค่า VR จะลดลงตามปริมาณยางไนไตรล์ที่เพิ่มขึ้นในอัตราที่ลดลงอย่างมาก ซึ่งอาจจะอาศัยภาพถ่ายที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราดลำแสง (SCANNING ELECTRON MICROSCOPE, SEM) ในการอธิบายผลของค่า VR ที่ได้จากการทดลอง โดยชิ้นงานที่มีส่วนผสมของสารเพิ่มเนื้อจะสังเกตได้ว่ามีเกล็ดอนุภาคของสารเพิ่มเนื้อกระจายอยู่เต็มเนื้อพีวีซีของชิ้นงาน โดยบริเวณดังกล่าวน่าจะเป็นตัวขัดขวางการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนซึ่งส่งผลให้ความเป็นฉนวนเพิ่มขึ้น จากความสัมพันธ์ระหว่างค่า VR กับ ปริมาณสารต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้น สามารถกำหนดอัตราส่วนผสมของพีวีซีคอมปาวด์สำหรับงานผลิตสายไฟ และ สายเคเบิลได้คือ พีวีซีควรจะมีส่วนผสมของสารเพิ่มความเสถียร 3-4 phr, สารเพิ่มเนื้อ 15-20 phr และ ยางไนไตรล์ 15-30 phr จะทำให้ได้ค่า VR มากกว่าหรือเท่ากับ 10^{13} Ω.cm. ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมที่จะใช้เป็นฉนวนไฟฟ้าของสายไฟ และ สายเคเบิล แต่ต้องคำนึงถึงสมบัติอื่น ๆ เช่น สมบัติเชิงกล ความเสถียรต่อความร้อนและแสง สมบัติใช้งานที่อุณหภูมิสูงและต่ำ ราคา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี	ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2541	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

##C817769 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING
KEY WORD: VOLUME RESISTIVITY IN PVC/NBR BLENDS / VOLUME RESISTIVITY IN PVC / VOLUME RESISTIVITY IN NBR / PVC/NBR BLENDS
WINAI CHAIBURANONT : IMPROVEMENT OF VOLUME RESISTIVITY IN POLYMER-BLEND OF POLYVINYLCHLORIDE/NITRILE RUBBER BY USING STABILIZER AND FILLER. THESIS ADVISOR : SIRIPORN DAMRONGSAKKUL , THESIS CO-ADVISOR : NITAYA MAHMADKUL , 102 pp. ISBN 974-639-609-9

The main purpose of this research is to investigate effects of the amount of heat stabilizer (Lead stabilizer), filler (Calcined Kaolin clay) and Acrylonitrile Butadiene rubber (nitrile rubber, NBR) on the volume resistivity (VR) of Polyvinylchloride/Nitrile rubber blends. In this work, the correlation of volume resistivity (VR) and the amount of the additives was studied, dividing into 4 groups: 1) the VR of PVC resin with stabilizer, 2) the VR of PVC resin with stabilizer and calcined kaolin clay, 3) the VR of PVC resin with stabilizer and nitrile rubber, and 4) the VR of PVC resin with stabilizer, calcined kaolin clay and nitrile rubber. The experiments were conducted by mixing various amount of raw materials together. The mixture was then blended on two-rolls mill in order to get sheets of PVC blends. The VR of PVC blend sheets was measured by volume resistivity meter.

The studies indicated that the VR is varied depending on the amount of stabilizer, filler and nitrile rubber used. The VR of PVC resin with stabilizer is slightly increased. In the case of the blends of PVC resin with stabilizer and kaolin clay, the VR is highly increased when increasing the amount of kaolin clay. On the other hand, the VR of the blends of PVC resin with stabilizer and nitrile rubber is remarkably decreased when the amount of nitrile rubber increased. The results were confirmed by the micrographs of Scanning Electron Microscope (SEM). The increasing of the VR when using clay in the mixture is due to the obstruction of the electron flowing by particles of clay materials. The appropriate formulation of PVC compounds used for insulating wires and cables, which requires the VR at 10^{13} Ω.cm. or higher, is stabilizer 3-4 phr, clay 15-20 phr and NBR 15-30 phr. However, not only electrical property is considered for wires and cables, but also other factors such as mechanical properties, heat and light stability, low and high temperature performance, and price should be considered.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงลงได้จากการได้รับความกรุณาเอื้อเฟื้อ และอำนวยความสะดวก จากบุคคลต่าง ๆ ที่ได้ให้คำแนะนำ แนวทางการจัดทำ ข้อมูล และ เอกสารประกอบต่าง ๆ ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดที่จะขาดเสียมิได้ในการทำวิทยานิพนธ์ ผู้จัดทำขอขอบพระคุณอย่างสูงสำหรับผู้มีรายนามดังต่อไปนี้

อ.ดร.ศิริพร ด่ารงค์ศักดิ์กุล	อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาในการจัดทำวิทยานิพนธ์
คุณนิตยา มะหมัดกุล	ผู้เชี่ยวชาญพิเศษบริการด้านเทคนิค บริษัท ไอซีไอเอเชียดิกเคมิคอลส์ จำกัด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง.
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ.
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ.
สารบัญ..... ช.
สารบัญตาราง..... ซ.
สารบัญกราฟ..... ฌ.
สารบัญภาพ..... ญ.
บทที่
1 บทนำ..... 1
1.1 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 2
1.2 ขอบเขตของงานวิจัย..... 3
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4
3 ทฤษฎี..... 9
3.1 โพลิไวนิลคลอไรด์ (POLYVINYLCHLORIDE)..... 9
3.2 พีวีซีคอมปาวด์ (PVC COMPOUND)..... 11
3.2.1 สารเติมแต่ง (ADDITIVES)..... 11
3.2.2 สมบัติสำหรับพีวีซีคอมปาวด์..... 23
3.2.3 การกำหนดสูตรพีวีซีคอมปาวด์..... 33
3.3 สารปรับปรุงแรงกระแทกในพีวีซีคอมปาวด์ (IMPACT MODIFIER).... 36
3.3.1 ประวัติการผลิตยางไนไตรล์..... 37
3.3.2 ยางไนไตรล์ 38
3.3.3 สมบัติของยางไนไตรล์..... 39
3.3.4 โครงสร้างของยางไนไตรล์..... 42
3.3.5 การปรับปรุงสมบัติของยางไนไตรล์..... 42
3.4 ดินขาว (CLAY MINERALS)..... 44
3.4.1 โครงสร้างและส่วนประกอบ..... 46
3.4.2 KAOLIN..... 48
3.4.3 สมบัติของ CLAY..... 49

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	3.5 สมบัติทางไฟฟ้าของวัสดุ	49
4	วัตถุดิบ และ วิธีดำเนินการวิจัย	61
	4.1 การเลือกวัตถุดิบ	61
	4.2 การกำหนดสูตรผสม	63
	4.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย	64
	4.4 การเตรียมชิ้นงาน	67
	4.4.1 การผสมวัตถุดิบ	70
	4.4.2 การอัดแผ่น SHEET	70
	4.5 การวัดค่า VOLUME RESISTIVITY	70
	4.6 การทำ SCANNING ELECTRON MICROSCOPE (SEM)	71
5	ผลการทดลอง และ การอธิบายผลการทดลอง	73
	5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า VR กับ ปริมาณสารเพิ่มความเสถียร	73
	5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า VR กับ ปริมาณสารเพิ่มความเสถียร และ สารเพิ่มเนื้อ	77
	5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า VR กับ ปริมาณสารเพิ่มความเสถียร และ ยางไนไตรล์	81
	5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า VR กับ ปริมาณสารเพิ่มความเสถียร สารเพิ่มเนื้อ และ ยางไนไตรล์	85
6	สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	92
	รายการอ้างอิง	95
	ภาคผนวก	97
	ประวัติผู้วิจัย	102

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 สารเพิ่มความเสถียรตะกั่ว (LEAD HEAT STABILIZER).....15
ตารางที่ 3.2 สารเพิ่มความเสถียรโลหะผสม (MIXED METAL HEAT-STABILIZER).....16
ตารางที่ 3.3 สารเพิ่มความเสถียรดีบุก (TIN HEAT STABILIZER).....17
ตารางที่ 3.4 ตารางแสดงประสิทธิภาพของสารเพิ่มความนุ่ม.....27
ตารางที่ 3.5 แสดงแนวโน้มสมบัติของยางไนไตรล์ที่เปลี่ยนไปตามปริมาณ ACRYLONITRILE 41
ตารางที่ 3.6 สมบัติ DIELECTRIC ของ FILLER และ PVC.....50

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญกราฟ

หน้า

กราฟที่ 3.1 COMPATIBILITY GRAPH ของ DOP กับ CHLORINATED PARAFFIN.....20
กราฟที่ 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งกับปริมาณสารเพิ่มความนุ่ม.....24
กราฟที่ 3.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น-ความเครียด.....25
กราฟที่ 3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า DIELECTRIC STRENGTH กับ ค่าความหนา และ ความชื้น.....60
กราฟที่ 5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า VR กับ ปริมาณ Stabilizer เมื่อไม่มี NBR และ CLAY.....74
กราฟที่ 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า VR กับ ปริมาณ Stabilizer และ CLAY เมื่อไม่มี NBR.....78
กราฟที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า VR กับ ปริมาณ Stabilizer และ NBR เมื่อไม่มี CLAY.....82
กราฟที่ 5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า VR กับ ปริมาณ CLAY และ NBR เมื่อใช้ Stabilizer 3 phr.....87
กราฟที่ 5.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า VR กับ ปริมาณ CLAY และ NBR เมื่อใช้ Stabilizer 4 phr.....88
กราฟที่ 5.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า VR กับ ปริมาณ CLAY และ NBR เมื่อใช้ Stabilizer 5 phr.....89

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 3.1 ภาพแสดงโครงสร้างอุดมคติของ ALUMINA/SILICA ของ KAOLIN.....47
ภาพที่ 3.2 ภาพแสดงโครงสร้างซิลิกอนในโครงสร้าง TETRAHEDRON.....47
ภาพที่ 3.3 ภาพแสดงการไหลผ่านของอิเล็กตรอนในพีวีซีที่มี KAOLIN.....50
ภาพที่ 3.4 ภาพแสดงการคำนวณค่า VOLUME RESISTIVITY.....55
ภาพที่ 4.1 ภาพแสดงเครื่อง TWO-ROLLS MILL.....65
ภาพที่ 4.2 ภาพแสดงเครื่องอัดแผ่น SHEET.....66
ภาพที่ 4.3 ภาพแสดงหลักการทำงานของเครื่อง SCANNING ELECTRON MICROSCOPE.....68
ภาพที่ 4.4 ภาพแสดงเครื่อง SCANNING ELECTRON MICROSCOPE.....69
ภาพที่ 5.1 ภาพแสดงภาคตัดขวางของแผ่นชิ้นงานที่ได้จากเครื่อง SEM เมื่อไม่มี NBR และ CLAY.....76
ภาพที่ 5.2 ภาพแสดงภาคตัดขวางของแผ่นชิ้นงานที่ได้จากเครื่อง SEM เมื่อไม่มี NBR..... 80
ภาพที่ 5.3 ภาพแสดงภาคตัดขวางของแผ่นชิ้นงานที่ได้จากเครื่อง SEM เมื่อไม่มี CLAY....84
ภาพที่ 5.4 ภาพแสดงภาคตัดขวางของแผ่นชิ้นงานที่ได้จากเครื่อง SEM เมื่อใช้ NBR, สารเพิ่มความเสถียร และ CLAY.....91

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย