

การเตรียมโคพอลิเมอร์แบบกึ่งระหว่างเอทิลีน-โพรพิลีน-ไดอีน เทอร์พอลิเมอร์ และ พอลิสไตรีน
ด้วยวิธีการพอลิเมอไรเซชันแบบอนุมูลอิสระ



นายเฉลิมพล วงษ์เลิศ

ศูนย์วิทยพัทยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

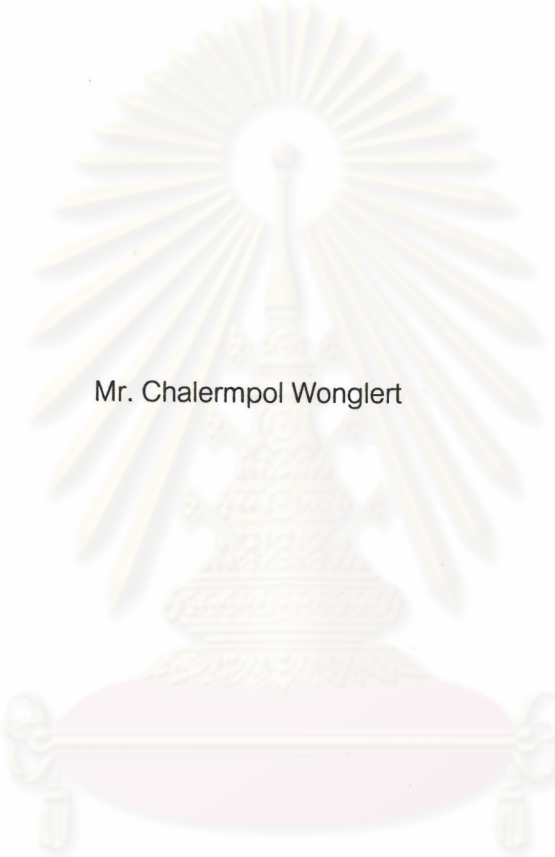
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-5035-8

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SYNTHESIS OF GRAFT-COPOLYMER BETWEEN ETHYLENE-PROPYLENE-DIENE TERPOLYMER
(EPDM) AND POLYSTYRENE BY FREE RADICAL POLYMERIZATION



Mr. Chalernpol Wonglert

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Chemical Engineering

Department of Chemical Engineering

Faculty of Engineering


Chulalongkorn University

Academic Year 2003


ISBN 974-17-5035-8

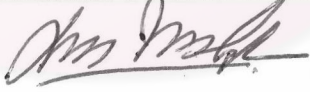
Thesis Title SYNTHESIS OF GRAFT-COPOLYMER BETWEEN ETHYLENE-
PROPYLENE-DIENE TERPOLYMER (EPDM) AND
POLYSTYRENE BY FREE RADICAL POLYMERIZATION
By Mr. Chalernpol Wonglert
Field of Study Chemical Engineering
Thesis Advisor Assistant Professor ML. Supakanok Thongyai, Ph.D.


Accepted by the Faculty of Engineering, Chulalongkorn University in Partial
Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree

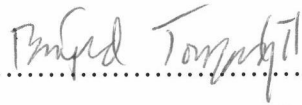
.....Dean of Faculty of Engineering
(Professor Direk Lavansiri, Ph.D.)

THESIS COMMITTEE

..... Chairman
(Associate Professor Suttichai Assabumrungrat, Ph.D.)

..... Thesis Advisor
(Assistant Professor ML. Supakanok Thongyai, Ph.D.)

..... Member
(Assistant Professor Seeroong Prichanont, Ph.D.)

..... Member
(Bunjerd Jongsomjit , Ph.D.)

เฉลิมพล วงษ์เลิศ: การเตรียมโคพอลิเมอร์แบบกึ่งระหว่างเอทิลีน-โพรพิลีน-ไดอีน เทอร์พอลิเมอร์ และ พอลิสไตรีน ด้วยวิธีการพอลิเมอไรเซชันแบบอนุมูลอิสระ (SYNTHESIS OF GRAFT-COPOLYMER BETWEEN ETHYLENE-PROPYLENE-DIENE TERPOLYMER (EPDM) AND POLYSTYRENE BY FREE RADICAL POLYMERIZATION) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.มล.ศุภกนก ทองใหญ่ 107 หน้า. ISBN 974-17-5035-8

การเตรียม โคพอลิเมอร์แบบกึ่ง ระหว่าง เอทิลีน-โพรพิลีน-ไดอีน เทอร์พอลิเมอร์ และ พอลิสไตรีน ด้วยวิธี การพอลิเมอไรเซชันแบบอนุมูลอิสระ ทำได้โดยใช้ ตัวเริ่มปฏิกิริยา เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ (BPO) ภายใต้บรรยากาศอาร์กอน สภาวะในการเตรียม โคพอลิเมอร์แบบกึ่ง ระหว่าง เอทิลีน-โพรพิลีน-ไดอีน เทอร์พอลิเมอร์ และ พอลิสไตรีน ที่เหมาะสมคือ ใช้ เวลาในการทำปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน 4 ชั่วโมง อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 90 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ 4.97×10^{-3} โมลต่อลิตร ความเข้มข้นของสไตรีนมอนอเมอร์ 2.49×10^{-3} โมลต่อลิตร เวลาในการทำปฏิกิริยาของ เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ (ageing time) 10 นาที และ ใช้ สารละลาย โทลูอีน ในการทำปฏิกิริยา การแยกองค์ประกอบ ของโคพอลิเมอร์แบบกึ่ง ระหว่าง เอทิลีน-โพรพิลีน-ไดอีน เทอร์พอลิเมอร์ และ พอลิสไตรีน กับ เอทิลีน-โพรพิลีน-ไดอีน และ พอลิสไตรีน ที่ไม่ทำปฏิกิริยา ทำได้โดยใช้ วิธีการสกัดด้วยตัวทำละลาย (soxhlet) เฮกเซน สำหรับกำจัดเอทิลีน-โพรพิลีน-ไดอีน เทอร์พอลิเมอร์ เป็นเวลา 12 ชั่วโมง และ ใช้วิธีการสกัดด้วยตัวทำละลาย (soxhlet) อะซิโตน สำหรับกำจัด พอลิสไตรีน เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ทำการตรวจสอบพอลิเมอร์โดยใช้ Differential Scanning Calorimeter และ ^{13}C Nuclear Magnetic Resonance นอกจากนี้ทำการศึกษาลักษณะ (morphology) ของพอลิสไตรีน พอลิสไตรีนชนิดรับแรงกระแทกสูง (HIPS) และ พอลิเมอร์ผสม ระหว่าง โคพอลิเมอร์แบบกึ่ง ระหว่าง เอทิลีน-โพรพิลีน-ไดอีน เทอร์พอลิเมอร์ และพอลิสไตรีน กับ พอลิสไตรีน พบว่าพอลิเมอร์ผสมให้ลักษณะที่ดีกว่า คือมีลักษณะเป็นทรงกลม สุดท้ายทำการทดสอบคุณสมบัติทางกลของพอลิเมอร์โดยทดสอบ การยึดตัวของพอลิเมอร์ 4 ชนิด คือ พอลิสไตรีน พอลิสไตรีนชนิดรับแรงกระแทกสูง พอลิเมอร์ผสมของโคพอลิเมอร์แบบกึ่ง ระหว่าง เอทิลีน-โพรพิลีน-ไดอีน เทอร์พอลิเมอร์ และ พอลิสไตรีน กับ พอลิสไตรีน และ พอลิเมอร์ผสมของ เอทิลีน-โพรพิลีน-ไดอีน เทอร์พอลิเมอร์ กับ พอลิสไตรีน พบว่าความเหนียว (toughness) ของพอลิเมอร์มีค่า 0.03450 , 0.12920, 0.07904 และ 0.05252 MPa ตามลำดับ อาจสรุปได้ว่า การทำพอลิเมอร์ผสม โดยการเติมยางบางชนิด ลงไปจะช่วยเพิ่มค่า คุณสมบัติทางกล ของพอลิเมอร์ให้มากขึ้น

ภาควิชา.....วิศวกรรมเคมี..... ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา.....วิศวกรรมเคมี..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา.....2546.....

##4570265021: MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD: GRAFT-COPOLYMER / FREE RADICAL POLYMERIZATION

CHALERMPOL WONGLERT: SYNTHESIS OF GRAFT-COPOLYMER BETWEEN ETHYLENE-PROPYLENE-DIENE TERPOLYMER (EPDM) AND POLYSTYRENE BY FREE RADICAL POLYMERIZATION. THESIS ADVISOR: ASISISTANT PROFESSOR ML. SUPAKANOK THONGYAI, Ph.D. 107 pp. ISBN 974-17-5035-8

Synthesis of graft copolymer between ethylene-propylene-diene terpolymer (EPDM) and polystyrene by free radical polymerization using benzoyl peroxide as the initiator under argon atmosphere was successfully. The optimum condition for synthesis used polymerization time is 4 hrs, polymerization temperature at 90 °C, concentration of benzoyl peroxide initiator at 4.97×10^{-3} mol/L, concentration of styrene monomer at 2.49×10^{-3} mol/L, ageing time for polymerization at 10 minutes and used toluene as the solvent for synthesis graft copolymer. The composition of graft copolymer between ethylene-propylene-diene terpolymer (EPDM) and polystyrene and unreacted EPDM and polystyrene separated by solvent extraction (soxhlet). Hexane solvent used for eliminate unreacted EPDM for 12 hrs and acetone solvent used for eliminate side product polystyrene for 12 hrs. Synthesis graft copolymer could be characterized by Differential Scanning Calorimeter and ^{13}C Nuclear Magnetic Resonance. Moreover, the morphologies of polymer blend between synthesis graft copolymer (EPDM-g-PS) and polystyrene, polystyrene and High Impact Polystyrene (HIPS). The results are polymer blend between synthesis graft copolymer (EPDM-g-PS) and polystyrene have a good morphology than pure polystyrene. The morphologies have a laminar shape due to spherical particles agglomerate at matrix of polystyrene. Finally, tested the mechanical property of four polymers by tensile strength tests used polystyrene (PS), HIPS, EPDM-g-PS blend with PS and EPDM blend with PS, the toughness of the polymers are 0.03450, 0.12920, 0.07904 and 0.05252 MPa, respectively. The polymer blend with the rubber or graft copolymer can improve the mechanical property of pure PS.

Department.....Chemical Engineering... Student's signature.....
 Field of study...Chemical Engineering... Advisor's signature.....
 Academic year.....2003.....

ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to express his greatest gratitude to his advisor, Assistance Professor ML. Supakanok Thonyai for his invaluable guidance throughout this study. In addition, he is also grateful to Associate Professor Sutthichai Assabumrunrat, as the chairman and Assistant Professor Seerong Prichanont and Dr. Bunjerd Jongsomjit as the member of the thesis committee.

Also thanks to S.K. polymer Company Limited for providing EPDM in this study.

Sincere thanks to all my friends and all member in petrochemical laboratory who has encouragement and guided he over the year of this study.

Special thank to all member in Polymer Engineering research laboratory for their assistance and friendship.

Finally, the author would like to dedicate this thesis to his family, who generously supported and encouraged his through the years spent on this study and understand him not only today but also tomorrow.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CONTENTS

	page
ABSTRACT (IN THAI).....	iv
ABSTRACT (IN ENGLISH).....	v
ACKNOWLEDGMENTS.....	vi
CONTENTS.....	vii
LIST OF TABLES.....	xiii
LIST OF FIGURES.....	xiv
CHAPTER	
I INTRODUCTION.....	1
1.1 Objective of the thesis.....	2
1.2 Scopes of the thesis.....	2
II THEORY.....	3
2.1 Common Type of Copolymer.....	3
2.1.1 Unspecified Copolymer.....	4
2.1.2 Statistical Copolymer.....	4
2.1.3 Random Copolymer.....	4
2.1.4 Alternating Copolymer.....	5
2.1.5 Periodic Copolymer.....	5
2.1.6 Block Copolymer.....	5
2.1.7 Graft Copolymer.....	6
2.1.8 AB-Cross-linked Copolymer.....	7
2.1.9 Interpenetrating Copolymer.....	7
2.1.1 Other polymer-polymer combinations.....	7
2.2 Techniques of free radical polymerization.....	11
2.2.1 Bulk.....	11
2.2.2 Suspension.....	12
2.2.3 Solution.....	13
2.2.4 Emulsion.....	13

CONTENTS(CONT.)

	page
2.3 Free radical Initiators.....	14
2.3.1 Peroxides and Hydroperoxides.....	14
2.4 Polymer Blends.....	17
2.4.1 The preparation of the Blends.....	17
2.4.1.1 Melt Mixing.....	17
2.4.1.2 Solvent Casting.....	18
2.4.1.3 Freeze Drying.....	18
2.4.1.4 Emulsions.....	19
2.4.1.5 Mixing via Reaction.....	19
2.5 Polymer Morphology.....	19
2.5.1 The Amorphous State.....	19
2.5.2 Glass Transition Temperature.....	20
2.5.3 The Crystalline Polymer.....	20
2.6 Melting Phenomena.....	20
2.7 Thermal Properties.....	21
2.8 Polymer Toughening.....	21
2.8.1 Definition of tough and brittle behaviour in polymers.....	21
2.8.2 Crazeing.....	23
2.8.3 Cavitation.....	27
III LITERATURE REVIEWS.....	30
IV EXPERIMENT.....	36
4.1 Chemical.....	36
4.2 Equipments.....	37
4.2.1 Cooling System.....	37
4.2.2 Magnetic Stirrer and Heater.....	37
4.2.3 Reactor.....	37
4.2.4 Inert Gas Supply.....	38
4.2.5 Vacuum Pump.....	38
4.2.6 Schlenk Line.....	39
4.2.7 Gas Distribution System.....	39

CONTENTS(CONT.)

	page
4.2.8 Digital Hotplate Stirrer.....	40
4.2.9 Automatic Hydraulic Hot Press.....	40
4.2.10 Surface Temperature Probe and Digital Thermometer...	40
4.3 Polymer Characterization.....	40
4.3.1 Differential Scanning Calorimetry (DSC).....	41
4.3.2 Scanning Electron Microscopy (SEM).....	41
4.3.3 Transmission Electron Microscopy (TEM).....	41
4.3.4 Soxhlet-Type Extractor.....	41
4.3.5 ¹³ C-Nuclear Magnetic Resonance (¹³ C-NMR).....	42
4.3.6 Tensile Strength Machine	42
4.4 Polymerization Procedure.....	43
4.4.1 Preparation of EPDM.....	43
4.4.2 Preparation of Initiator (Benzoyl peroxide (BPO)).....	43
4.4.3 Preparation of Styrene Monomer.....	43
4.4.4 Graft-Copolymer polymerization.....	43
4.4.5 Soxhlet Polymer.....	44
4.5 Polymer Blend between PS and Synthesis Graft copolymer.....	44
4.6 Tensile Strength Tests of Polymer Blend.....	44
V RESULTS AND DISCUSSION.....	45
5.1 Condition for synthesis graft copolymer between EPDM and Styrene.....	45
5.1.1 Effect of Time for synthesis graft copolymer between EPDM and Styrene.....	45
5.1.2 Effect of BPO concentration initiator for synthesis graft copolymer between EPDM and Styrene.....	48
5.1.3 Effect of Oxygen for synthesis graft copolymer between EPDM and Styrene.....	49

CONTENTS(CONT.)

	page
5.1.4 Effect of Solvents for synthesis graft copolymer between EPDM and Styrene.....	50
5.1.5 Effect of Temperature for synthesis graft copolymer between EPDM and Styrene.....	53
5.1.6 Effect of Styrene concentration for synthesis graft copolymer between EPDM and Styrene.....	54
5.1.7 Effect of Aging time for synthesis graft copolymer between EPDM and Styrene.....	56
5.2 Morphology of polymer and polymer blend.....	58
5.2.1 Scanning Electron Microscopy (SEM).....	58
5.2.2 Transmission Electron Microscopy (TEM).....	63
5.3 Tensile Strength Test.....	67
5.4 Scanning Electron Microscopy (SEM) of fracture after tensile strength test.....	69
5.5 Differential Scanning Calorimeter (DSC).....	74
5.6 ¹³ C-Nuclear Magnetic Resonance (¹³ C-NMR).....	80
VI CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS.....	91
REFERENCES.....	93
APPENDICES.....	96
APPENDIX A Raw Data.....	97
A-1 Effect of Time for synthesis graft copolymer between EPDM and Styrene.....	97
A-2 Effect of BPO concentration initiator for synthesis graft copolymer between EPDM and Styrene.....	97
A-3 Effect of Oxygen for synthesis graft copolymer between EPDM and Styrene.....	97
A-4 Effect of Solvents for synthesis graft copolymer between EPDM and Styrene.....	98

CONTENTS(CONT.)

	page
A-5 Effect of Temperature for synthesis graft copolymer between EPDM and Styrene.....	98
A-6 Effect of Styrene concentration for synthesis graft copolymer between EPDM and Styrene.....	98
A-7 Effect of Aging time for synthesis graft copolymer between EPDM and Styrene.....	99
A-8 Example for calculation Yield of synthesis graft copolymer	99
APPENDIX B DSC Curve.....	100
B-1 DSC curve of polymer at second heat (1) pure PS (2) synthesis polymer after soxhlet hexane (3) synthesis polymer after soxhlet acetone (4) solvent hexane after soxhlet hexane.....	100
B-2 DSC curve of polymer at first cool (1) pure PS (2) synthesis polymer after soxhlet hexane (3) synthesis polymer after soxhlet acetone (4) solvent hexane after soxhlet hexane.....	101
B-3 DSC curve of polymer at first heat of pure PS.....	102
B-4 DSC curve of polymer at first heat of solvent hexane after soxhlet hexane	102
B-5 DSC curve of polymer at first cool of solvent hexane after soxhlet hexane	103
B-6 DSC curve of polymer at second heat of solvent hexane after soxhlet hexane	103
B-7 DSC curve of polymer at first heat of solvent acetone after soxhlet acetone	104
B-8 DSC curve of polymer at first cool of solvent acetone after soxhlet acetone	104

CONTENTS(CONT.)

	page
B-9 DSC curve of polymer at second heat of solvent acetone after soxhlet acetone	105
B-10 DSC curve of synthesis polymer after soxhlet hexane.....	105
B-11 DSC curve of synthesis polymer after soxhlet acetone....	106
VITA.....	107



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF TABLES

Table	page
2.1.1 Some copolymer terminology.....	3
2.1.2 Specialized nomenclature terms.....	8
2.2.1 Free Radical Polymerization Techniques.....	11
5.1.1 Yield of synthesis graft copolymer at different time.....	45
5.1.2 Yield of synthesis graft copolymer at different amount of BPO.....	48
5.1.3 Yield of synthesis graft copolymer at different condition.....	49
5.1.4.1 Yield of synthesis graft copolymer of each solvent at 60°C.....	51
5.1.4.2 Yield of synthesis graft copolymer of each solvent at 90°C.....	52
5.1.5 Yield of synthesis graft copolymer at different temperature.....	53
5.1.6 Yield of synthesis graft copolymer at different styrene concentration....	55
5.1.7 Yield of synthesis graft copolymer at different aging Time.....	56
5.3.1 Young's Modulus and Stiffness for difference Polymer.....	67
5.3.2 Toughness of each Polymer.....	68
A-1 Effect of time for synthesis graft copolymer between EPDM and styrene.....	97
A-2 Effect of BPO for synthesis graft copolymer between EPDM and styrene.....	97
A-3 Effect of Oxygen for synthesis graft copolymer between EPDM and styrene.....	97
A-4 Effect of Solvents for synthesis graft copolymer between EPDM and styrene.....	98
A-5 Effect of Temperature for synthesis graft copolymer between EPDM and styrene.....	98
A-6 Effect of Styrene concentration for synthesis graft copolymer between EPDM and styrene.....	98
A-7 Effect of Ageing time for synthesis graft copolymer between EPDM and styrene.....	98

LIST OF FIGURES

xiv

Figure	page
2.1.1 Homopolymer and Copolymer.....	6
2.1.2 Structure of the polymer a) linear b) branched c) network.....	8
2.1.3 Six basic modes of linking two or more polymer are identified. (a) A polymer blend, constituted by a mixture of mutual solution of two or more polymers, not chemically bonded together. (b) A graft copolymer, contributed by a backbone of polymer I with covalently bonded side chains of polymer II. (c) A block copolymer, constituted by linking two polymers end on end by covalent bonds. (d) A semi-inter penetrating polymer network constituted by an entangled combination of two polymers, one of which is crosslinked, that are not bonded to each other. (e) An interpenetrating polymer network, abbreviated IPN, is an entangled combination of two cross-linked polymers that are not bonded to each other. (f) AB-cress-linked copolymer, constituted by having the polymer II species linked, at both ends, onto polymer I. The ends may be grafted to different chains or the same chain. The total product is a network composed of two different polymers.....	10
2.8.1.1 Load-extension curves for a typical polymer tested at four temperature showing different regions of mechanical behavior. (a) Brittle fracture. (b) ductile failure. (c) necking and cold-drawing and (d) homogeneous deformation (quasi-rubber-like-behavior).....	22
2.8.1.2 Young's modulus (MPa) of HIPS and PS.....	22
2.8.2.1 Crazing of HIPS.....	24
2.8.2.2 Relationship between yield stress, crazing stress and microvoid nucleation stress in polystyrene.....	26
2.8.3.1 Cavitation Phenomena in Rubber.....	27
2.8.3.2 Polymer junction interphase.....	28
4.1.1 Inert gas supply system.....	38
4.1.2 Schlenk line.....	39

LIST OF FIGURES

xv

Figure	page
5.1.1 Yield of synthesis graft copolymer at different time.....	46
5.1.2 Yield of synthesis graft copolymer at different BPO.....	48
5.1.3 Yield of synthesis graft copolymer at different condition.....	50
5.1.4.1 Yield of synthesis graft copolymer at different solvent at 60°C.....	51
5.1.4.2 Yield of synthesis graft copolymer at different solvent at 90°C.....	52
5.1.5 Yield of synthesis graft copolymer at different temperature.....	54
5.1.6 Yield of synthesis graft copolymer at different styrene concentration...	55
5.1.7 Yield of synthesis graft copolymer at different aging Time.....	57
5.2.1.1 Scanning electron microscope photograph of polystyrene (a) x500 (b) x 3500.....	59
5.2.1.2 Scanning electron microscope photograph of High Impact polystyrene (a) x500 (b) x 3500.....	60
5.2.1.3 Scanning electron microscope photograph of polymer blend between synthesis graft copolymer (EPDM-g-PS) and polystyrene (a) x750 (b) x 3500 (c) x3500 (d) x5000.....	62
5.2.2.1 Transmission electron microscope Photograph of polystyrene x6000.....	63
5.2.2.2 Transmission electron microscope Photograph of High Impact polystyrene (a) x5000 (b) x6000.....	64
5.2.2.3 Transmission electron microscope Photograph of polymer blend between synthesis graft copolymer (EPDM-g-PS) and polystyrene (a) x4000 (b) x6000 (c) x6000 (d) x6000.....	66
5.3.1 Stress-Strain Diagram for difference Polymer.....	68
5.4.1 Scanning electron microscope Photograph of fracture surface after yielding from tensile strength test of polystyrene (a) x500 (b) x500.....	70
5.4.2 Scanning electron microscope Photograph of fracture surface after yielding from tensile strength test of High Impact polystyrene (a) x500 (b) x500.....	71

LIST OF FIGURES

xvi

Figure	page
5.4.3 Scanning electron microscope photograph of fracture surface after yielding from tensile strength test of polymer blend between EPDM (5% w/w) and polystyrene (a)x500 (b)x500.....	72
5.4.4 Scanning electron microscope photograph of fracture surface after yielding from tensile strength test of polymer blend between synthesis graft copolymer (EPDM-g-PS) (5% w/w) and polystyrene (a)x500 (b)x500.....	73
5.5.1 DSC of pure polystyrene.....	75
5.5.2 DSC of synthesis polymer after soxhlet hexane.....	76
5.5.3 DSC of synthesis polymer after soxhlet acetone.....	77
5.5.4 DSC of solvent hexane after soxhlet hexane.....	78
5.5.5 DSC of synthesis polymer after soxhlet acetone.....	79
5.6.1 NMR (carbon 13) of EPDM.....	81
5.6.2 NMR (carbon 13) of EPDM.....	82
5.6.3 NMR (carbon 13) of EPDM.....	83
5.6.4 NMR (carbon 13) of EPDM-g-PS1.....	84
5.6.5 NMR (carbon 13) of EPDM-g-PS1.....	85
5.6.6 NMR (carbon 13) of EPDM-g-PS1.....	86
5.6.7 NMR (carbon 13) of EPDM-g-PS2.....	87
5.6.8 NMR (carbon 13) of EPDM-g-PS2.....	88
5.6.9 NMR (carbon 13) of EPDM-g-PS2.....	89
B-1 DSC curve of polymer at second heat (1) pure PS (2) synthesis polymer after soxhlet hexane (3) synthesis polymer after soxhlet acetone (4) solvent hexane after soxhlet hexane.....	100
B-2 DSC curve of polymer at first cool (1) pure PS (2) synthesis polymer after soxhlet hexane (3) synthesis polymer after soxhlet acetone (4) solvent hexane after soxhlet hexane.....	100

LIST OF FIGURES

xvii

Figure	page
B-3 DSC curve of polymer at first heat of pure PS.....	102
B-4 DSC curve of polymer at first heat of solvent hexane after soxhlet hexane.....	102
B-5 DSC curve of polymer at first cool of solvent hexane after soxhlet hexane.....	103
B-6 DSC curve of polymer at second heat of solvent hexane after soxhlet hexane.....	103
B-7 DSC curve of polymer at first heat of solvent acetone after soxhlet acetone.....	104
B-8 DSC curve of polymer at first cool of solvent acetone after soxhlet acetone.....	104
B-9 DSC curve of polymer at second heat of solvent acetone after soxhlet acetone.....	105
B-10 DSC curve of synthesis polymer after soxhlet hexane.....	105
B-11 DSC curve of synthesis polymer after soxhlet acetone.....	103

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย