

สมบัติเชิงกลของวัสดุเชิงประกอบ พียูซี/เอสเอเอ็น เสริมแรงด้วยใยแก้ว



นายสุวิทย์ อลงกรณ์โชติกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์โพลิเมอร์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2539

ISBN 974-633-363-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Mechanical Properties of Glass Fiber Reinforced PVC/SAN Composites

Mr. Suwit Alongkornchotikul

A Thesis submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Program of Polymer Science

Graduate School

Chulalongkorn University

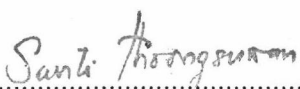
1996

ISBN 974-633-363-1

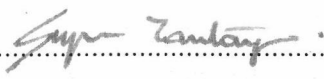
Copyright of Graduate School, Chulalongkorn University

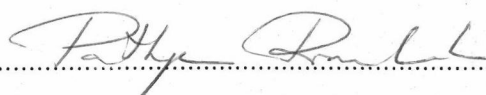
Thesis Title Mechanical Properties of Glass Fiber Reinforced PVC/SAN
Composites
By Mr. Suwit Alongkornchotikul
Department Multidisciplinary of Petrochemistry-Polymer
Thesis Advisor Professor Pattarapan Prasassarakich, Ph.D.
Thesis Co-advisor Associate Professor Suda Kiatkamjornwong, Ph.D.


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


.....Dean of Graduate School
(Associate Professor Sunti Thoongsuwan, Ph.D.)

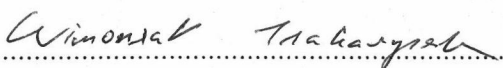
Thesis Committee


.....Chairman
(Associate Professor Supawan Tuntayanon, Ph.D.)


.....Thesis Advisor
(Professor Pattarapan Prasassarakich, Ph.D.)


.....Thesis Co-advisor
(Associate Professor Suda Kiatkamjornwong, Ph.D.)


.....Member
(Assistant Professor Khemchai Hemachandra, Ph.D.)

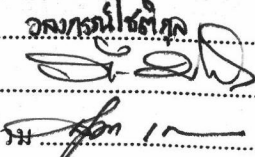

.....Member
(Assistant Professor Wimonrat Trakarnpruk, Ph.D.)

พิมพ์ต้นฉบับบทความวิจัยวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

สุวิทย์ อลงกรณ์โชติกุล : สมบัติเชิงกลของวัสดุเชิงประกอบ ฟีวี่ซี/เอสเอเอ็น เสริมแรงด้วยใยแก้ว (MECHANICAL PROPERTIES OF GLASS FIBER REINFORCED PVC/SAN COMPOSITES) อ. ที่ปรึกษา : ศ.ดร. ภัทรพรรณ ประศาสน์สารกิจ
อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ.ดร. สุดา เกียรติกำจรวงศ์. 106 หน้า. ISBN 974-633-363-1

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของความเข้มข้นของสารประสานคู่ควบ, ปริมาณของใยแก้ว และอัตราส่วนของ ฟีวี่ซี/เอสเอเอ็น ต่อสมบัติเชิงกลของวัสดุเชิงประกอบ ฟีวี่ซี/เอสเอเอ็น เสริมแรงด้วยใยแก้ว โดยทำการผสมด้วยเครื่องผสมลูกกลิ้งแบบคู่ แล้วจึงนำไปขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปพลาสติกแบบไฮดรอลิก เพื่อที่จะปรับปรุงแรงยึดติดระหว่างใยแก้วกับ ฟีวี่ซี/เอสเอเอ็น จึงมีการปรับปรุงใยแก้วด้วยสารประสานคู่ควบอะมิโนไซเลนและเมอร์แคปโทไซเลนก่อนการผสมกับฟีวี่ซี/เอสเอเอ็น ผลที่ได้พบว่าความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารประสานคู่ควบอะมิโนไซเลนและเมอร์แคปโทไซเลนเท่ากับร้อยละ 0.5 และ 2.0% โดยน้ำหนักตามลำดับ สารประสานคู่ควบเมอร์แคปโทไซเลนเป็นตัวช่วยประสานระหว่างใยแก้วและ ฟีวี่ซี/เอสเอเอ็นได้ดีกว่าสารประสานคู่ควบของอะมิโนไซเลน สำหรับวัสดุเชิงประกอบของ ฟีวี่ซี /เอสเอเอ็น 80:20 ที่เสริมแรงด้วยใยแก้วร้อยละ 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปรับปรุงผิวหน้าด้วยสารประสานคู่ควบเมอร์แคปโทไซเลนพบว่าให้คุณสมบัติความต้านทานแรงดึงและความต้านทานแรงโค้งงอที่ดี

ภาควิชา สหสาขาวิชาปิโตรเคมี - โพลีเมอร์
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์โพลีเมอร์
ปีการศึกษา 2538

ลายมือชื่อนิสิต สุวิทย์ อลงกรณ์โชติกุล
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ศ.ดร. ภัทรพรรณ
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รศ.ดร. สุดา


##C685203 : MAJOR POLYMER SCIENCE

KEY WORD: GLASS FIBER/MECHANICAL PROPERTIES/POLY(VINYL CHLORIDE/
STYRENE-ACRYLONITRILE COPOLYMER/COUPLING AGENT
SUWIT ALONGKORNCHOTIKUL : MECHANICAL PROPERTIES
OF GLASS FIBER-REINFORCED POLY(VINYL CHLORIDE)/
STYRENE-ACRYLONITRILE COPOLYMER COMPOSITES. THESIS
ADVISOR: PROF.PATTARAPAN PRASASSARAKICH, Ph.D.
THESIS CO-ADVISOR: ASSOC.PROF.SUDA KIATKAMJORNWONG,
Ph.D. 106 pp. ISBN 974-633-363-1

The effects of concentration of silane coupling agent, glass fiber (GF) loading and PVC/SAN composition on mechanical properties of compression molded poly(vinyl chloride)/styrene-acrylonitrile copolymer composites were investigated. To improve the adhesion between GF and PVC/SAN, GF was treated with aminosilane or mercaptosilane coupling agent before compounding. The suitable concentration of aminosilane and mercaptosilane coupling agent was 0.5 and 2.0% by weight, respectively. Mercaptosilane (A-189) performed better as a coupling agent than did aminosilane (A-1100). The PVC/SAN of 80:20 composite containing 30% glass fiber treated with mercaptosilane rendered the good tensile and flexural properties.

ภาควิชา... สหสาขาวิชาปิโตรเคมี-โพลีเมอร์

สาขาวิชา... วิทยาศาสตร์โพลีเมอร์

ปีการศึกษา... 2538

ลายมือชื่อนิสิต... สุวิทย์ อลงกรณ์ชอติกุล

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา... [Signature]

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม... [Signature]

ACKNOWLEDGMENTS

The author wishes to express his sincere gratitude and appreciation to his advisor, Professor Dr. Pattarapan Prasassarakich and to his co-advisor, Assoc. Prof. Dr. Suda Kiatkamjornwong, for their valuable guidance, kindness, and encouragement throughout the course of this thesis.

The author also wishes to thank Assoc. Prof. Dr. Supawan Tuntayanon and Assist. Prof. Dr. Khemchai Hemachandra, for serving on the committee as chairperson and member.

I am very grateful to the Department of Industrial Chemistry, King Mongkut's Institute of Technology, Ladkrabang Campus, for the Provision of their laboratories, equipment, and their excellent facilities for this research work. Many thanks are due to the Thai Plastic and Chemical (Public Co.,)Ltd., Thai Petrochemical Industry (Public Co.,) Ltd, Asia Glass Fiber Industry Co., Ltd and S.I. Specialty Co., Ltd for providing the materials.

I would also like to thank the following organizations for the provision of experiment facilities: Department of Chemical Technology, Metallurgy and Materials Science Research Institute, and Scientific and Technological Research Equipment Center, Chulalongkorn University.

Finally, I wish to thank the thesis committee for their comments. Thanks are also due to everyone who has contributed suggestions and given me moral support during the thesis writing.

CONTENTS

	PAGE
ABSTRACT (IN THAI).....	iv
ABSTRACT (IN ENGLISH).....	v
ACKNOWLEDGEMENTS.....	vi
CONTENTS.....	vii
LIST OF TABLES.....	x
LIST OF FIGURES.....	xi
CHAPTER I INTRODUCTION.....	1
1.1 The Roles of Composite Materials.....	1
1.2 Purpose of the Research Work.....	3
1.3 Objectives of the Research Work.....	3
1.4 Scope of the Research Work.....	3
CHAPTER II THEORY AND LITERATURE REVIEW.....	5
2.1 Composite Materials.....	5
2.1.1 Classification of Composite Materials.....	6
2.1.2 Fabrication Method.....	12
2.2 Polymer Matrix.....	19
2.2.1 Poly(vinyl chloride).....	19
2.2.2 Styrene-Acrylonitrile Copolymer.....	21
2.3 Principles of Glass Fiber Reinforcement.....	22
2.4 Coupling Agent.....	26
2.4.1 Chemistry of Organofunctional Silane Coupling Agent.....	27
2.4.2 Mode of Silane Addition.....	29
2.5 Literature Reviews.....	30

CONTENTS (continued)

	PAGE
CHAPTER III APPARATUS AND EXPERIMENTAL PROCEDURES.....	40
3.1 Raw Materials and Reagents.....	40
3.1.1 Poly(vinyl chloride).....	40
3.1.2 Styrene-Acrylonitrile Copolymer.....	41
3.1.3 Glass Fiber.....	42
3.1.4 Coupling Agent : Organofunctional Silane.....	42
3.1.5 Reagents.....	43
3.2 Apparatus and Equipment.....	43
3.3 Experimental Procedures.....	44
3.3.1 Dry Blending of PVC.....	44
3.3.2 Treatment of Organofunctional Silane on Glass Fiber.....	45
3.3.2.1 Determination of drying condition in treating glass fiber both silane coupling agent.....	45
3.3.3 Preparation of the Composites.....	46
3.3.4 Compounding.....	46
3.3.5 Molding.....	50
3.4 Mechanical Testing.....	50
3.5 Fiber and Void Content Determination.....	53
3.6 Microstructure of the Fracture Surface of the Composites.....	54
3.6.1 Preparation of Specimens.....	54
3.7 Differential Scanning Calorimetry of the Composites.....	55
CHAPTER IV RESULTS AND DISCUSSIONS.....	56
4.1 Effect of Drying Temperature on Tensile Strength of Glass Fiber Reinforced PVC/SAN Composites.....	56

CONTENTS (continued)

	PAGE
4.2 Effect of Silane Coupling Agent Concentration.....	57
4.3 Mechanical Properties of the Composites.....	65
4.4 Effect of PVC/SAN Composition on Mechanical Properties.....	68
4.5 Effect of Glass Fiber Loading on Mechanical Properties.....	73
4.6 Comparison of Mechanical Properties of the Glass Fiber reinforced PVC/SAN Composites with Different silane Coupling Agent.....	85
4.6 Scanning Electron Microscopy.....	90
4.7 Differential Scanning Calorimetry.....	96
4.8 Economic Consideration.....	99
CHAPTER V CONCLUSION AND SUGGESTIONS.....	101
REFERENCES.....	104
VITA.....	106

LIST OF TABLES

TABLE	PAGE
2.1 Selected Properties of Fibers and Conventional Bulk Metals.....	8
2.2 Fabrication Processes for Polymer Matrix Composite.....	13
2.3 Physical Properties of the Composites.....	31
2.4 Physical Properties of the Composites.....	35
2.5 Physical Properties in Each Mixing.....	36
2.6 Tensile Tests of Unplasticized PVC Cross-linked with mercaptosilane.....	37
3.1 Typical Data of SG 610.....	41
3.2 Typical Data of PORENE AS 330 PC.....	42
3.3 Typical Physical Properties of Silane A-189 and A-1100.....	43
3.4 Formulation of PVC Compounds (phr).....	44
3.5 Formulation of PVC/SAN Composites.....	47
4.1 Effect of Drying Temperature on Tensile Strength.....	57
4.2 Effect of Concentration of Aminosilane and Mercaptosilane Coupling Agent.....	60
4.3 Effect of Different Coupling Agents on Mechanical Properties of the Composites at Various PVC/SAN Compositions and Percents of the Glass Fiber.....	66
4.4 Regression Analysis of the Mechanical Properties in the Range of 10-30% by Weight of the Glass Fiber Loading	82
4.5 Cost Analysis of PVC/SAN-Mercaptosilane Treated Glass Fiber Composites.....	100

LIST OF FIGURES

FIGURE	PAGE
1.1 The growing use of U.S. composites shipments in 1993-1995.....	2
2.1 Types of discontinuous fiber reinforcement.....	10
2.2 Open mold, hand lay-up composite fabrication.....	14
2.3 Open mold, spray-up composite fabrication.....	14
2.4 Autoclave molding.....	15
2.5 Machine for producing sheet-molding compound (SMC).....	15
2.6 Compression molding in matched dies.....	16
2.7 Filament winding process.....	17
2.8 Reinforced reaction injection molding (RRIM) process.....	18
2.9 Pultrusion process.....	18
2.10 Direct melt continuous filament process.....	23
2.11 Arrangement of fibers.....	25
2.12 Functions of coupling agent.....	27
2.13 Reaction process of alkoxy silane.....	28
2.14 ¹ H-NMR spectra of GFR PVC composite in which the glass fibers were sized with an aminosilane having a reactive primary amine moiety.....	31
2.15 DSC thermograms for PVC/ α -MSAN30 (40/60) blends.....	32
2.16 Interfacial shear strength as a function of silane concentration in solution.....	34
2.17 Ratio of number of hydrogen bound to nitrogens to number of alkoxy groups.....	34
2.18 Effect of coupling agent and absorbed moisture on the Young's modulus, strength (or peak stress), and ultimate strain of the composites.....	38
2.19 SEM photomicrograph showing effect of coupling agent.....	39

LIST OF FIGURES (continued)

FIGURE	PAGE
3.1 Schematic of tensile test specimen (type M-1).....	51
4.1 Effect of Aminosilane coupling agent concentration on tensile strength of PVC 60/SAN 40 composites.....	62
4.2 Effect of Aminosilane coupling agent concentration on tensile strength of PVC 70/SAN 30 composites.....	62
4.3 Effect of Aminosilane coupling agent concentration on tensile strength of PVC 80/SAN 20 composites.....	63
4.4 Effect of Mercaptosilane coupling agent concentration on tensile strength of PVC 60/SAN 40 composites.....	63
4.5 Effect of Mercaptosilane coupling agent concentration on tensile strength of PVC 70/SAN 30 composites.....	64
4.6 Effect of Mercaptosilane coupling agent concentration on tensile strength of PVC 80/SAN 20 composites.....	64
4.7 Effect of PVC/SAN composition on tensile strength of the composites. (a) Aminosilane 0.5% (b) Mercaptosilane 2.0%.....	69
4.8 Effect of PVC/SAN composition on flexural strength of the composites. (a) Aminosilane 0.5% (b) Mercaptosilane 2.0%.....	70
4.9 Effect of PVC/SAN composition on hardness of the composites. (a) Aminosilane 0.5% (b) Mercaptosilane 2.0%.....	71
4.10 Effect of PVC/SAN composition on HDT of the composites. (a) Aminosilane 0.5% (b) Mercaptosilane 2.0%.....	72
4.11 Effect of glass fiber loading on tensile strength of the composites (a) Aminosilane 0.5% (b) Mercaptosilane 2.0%.....	75

LIST OF FIGURES (continued)

FIGURE	PAGE
4.12 Effect of glass fiber loading on tensile modulus of the composites. (a) Aminosilane 0.5% (b) Mercaptosilane 2.0%.....	76
4.13 Effect of glass fiber loading on elongation at break of the composites. (a) Aminosilane 0.5% (b) Mercaptosilane 2.0%.....	77
4.14 Effect of glass fiber loading on flexural strength of the composites. (a) Aminosilane 0.5% (b) Mercaptosilane 2.0%.....	78
4.15 Effect of glass fiber loading on flexural modulus of the composites. (a) Aminosilane 0.5% (b) Mercaptosilane 2.0%.....	79
4.16 Effect of glass fiber loading on hardness of the composites. (a) Aminosilane 0.5% (b) Mercaptosilane 2.0%.....	80
4.17 Effect of glass fiber loading on HDT of the composites. (a) Aminosilane 0.5% (b) Mercaptosilane 2.0%.....	81
4.18 Models for the filled polymer. (a) perfect adhesion (b) No adhesion.....	84
4.19 Tensile strength vs glass fiber loading treated with different coupling agent. (a) PVC 60/SAN 40 (b) PVC 70/SAN 30 (c) PVC 80/SAN 20.....	87
4.20 Flexural strength vs glass fiber loading treated with different coupling agent. (a) PVC 60/SAN 40 (b) PVC 70/SAN 30 (c) PVC 80/SAN 20.....	88
4.21 Flexural modulus vs glass fiber loading treated with different coupling agent. (a) PVC 60/SAN 40 (b) PVC 70/SAN 30 (c) PVC 80/SAN 20.....	89
4.22 Hardness vs glass fiber loading treated with different coupling agent. (a) PVC 60/SAN 40 (b) PVC 70/SAN 30 (c) PVC 80/SAN 20.....	90
4.23 HDT vs glass fiber loading treated with different coupling agent. (a) PVC 60/SAN 40 (b) PVC 70/SAN 30 (c) PVC 80/SAN 20.....	91

LIST OF FIGURES (continued)

FIGURE	PAGE
4.24 SEM photomicrograph of fracture surfaces of the PVC/SAN reinforced with 10% by weight of glass fiber loading.....	93
4.25 SEM photomicrograph of fracture surfaces of the PVC/SAN reinforced with 20% by weight of glass fiber loading.....	94
4.26 SEM photomicrograph of fracture surfaces of the PVC/SAN reinforced with 30% by weight of glass fiber loading.....	94
4.27 SEM Photomicrograph of fracture surfaces of the PVC/SAN reinforced with 30% untreated glass fiber. (a) PVC 70/SAN 30 (b) PVC 80/SAN20.....	95
4.28 SEM Photomicrograph of fracture surfaces of the PVC/SAN reinforced with 30% glass fiber treated with Aminosilane coupling agent. (a) PVC 70/SAN 30 (b) PVC 80/SAN20.....	96
4.29 SEM Photomicrograph of fracture surfaces of the PVC 80/SAN 20 reinforced with 30% glass fiber treated with Mercaptosilane coupling agent	97
4.30 DSC curve of the PVC 80/SAN 20 reinforced with 30% glass fiber treated with Mercaptosilane coupling agent.....	98