

13/11/99 11/99 11/99 11/99

**THE USE OF SILANE COUPLING AGENTS IN NATURAL FIBER-  
UNSATURATED POLYESTER COMPOSITES**

Ms. Niranchana Kasemsook

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science  
The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University  
in Academic Partnership with  
The University of Michigan, The University of Oklahoma,  
and Case Western Reserve University

1999

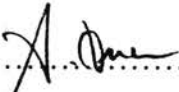
ISBN 974-331-929-8

119337711


**Thesis Title** : The Use of Silane Coupling Agents in Natural Fiber-  
Unsaturated Polyester Composites  
**By** : Ms. Niranchana Kasemsook  
**Program** : Polymer Science  
**Thesis Advisors** : Prof. Hatsuo Ishida  
Dr. Nantaya Yanumet  
Mr. John W. Ellis


---

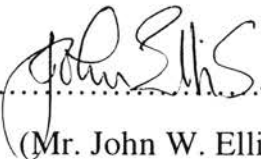
Accepted by the Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Master of Science.

  
..... College Director  
(Prof. Somchai Osuwan)

**Thesis Committee :**

  
.....  
(Prof. Hatsuo Ishida)

  
.....  
(Dr. Nantaya Yanumet)

  
.....  
(Mr. John W. Ellis)

## ABSTRACT

##972013 : POLYMER SCIENCE PROGRAM

KEY WORDS : Silane coupling agent / Kenaf fiber-UPE composite /  
Natural fiber-UPE composite

Ms. Niranchana Kasemsook : The Use of Silane Coupling Agents in Natural Fiber-UPE Composites. Thesis Advisors: Prof. Hatsuo Ishida, Dr. Nantaya Yanumet, and Mr. John W. Ellis, 34 pp. ISBN 974-331-929-8

Cellulose-based natural fibers are potential resources for making low-cost composite materials especially in developing countries where these fibers are abundant. Kenaf fibers possess a moderately high specific strength and stiffness and can be used as reinforcement in a polymeric resin matrix to make useful structural composite materials. Lack of good interfacial adhesion and poor water resistance makes the use of cellulosic fiber reinforced composites less attractive. In this work, fiber surfaces are treated by coating with two types of silane coupling agents containing different organofunctional groups. The resulting mechanical properties and water adsorption of kenaf/unsaturated polyester composites are assessed.

## บทคัดย่อ

นางสาวนิรัญชญา เกษมสุข: การนำตัวประสานไซเลนมาใช้ในการผลิตวัสดุคอมพอสิตจากเส้นใยธรรมชาติ (The Use of Silane Coupling Agents in Natural Fiber-UPE Composites)  
อ. ที่ปรึกษา : ศ. ดร. ฮัทสึโอะ อิชิคะ, ดร. นันทยา ยานูเมศ และ มิสเตอร์ จอห์น เอลลิส 34 หน้า  
ISBN 974-331-929-8

เส้นใยเซลลูโลสเป็นเส้นใยที่มีความแข็งแรงพอประมาณ น้ำหนักเบา ราคาถูกและผลิตได้ภายในประเทศ จึงมีการศึกษาถึงการจะนำมาใช้เป็นตัวเสริมแรงในวัสดุคอมพอสิตเพื่อทดแทนการใช้เส้นใยแก้ว ปอแก้วเป็นเส้นใยเซลลูโลสชนิดหนึ่งที่ถูกเลือกมาเพื่อใช้เป็นตัวเสริมแรงในพอลิเอสเตอร์เรซินชนิดไม่อิ่มตัว แต่เนื่องจากปัญหาการขาดการยึดเกาะกันระหว่างเส้นใยกับเรซิน และปัญหาการดูดซึมน้ำของเส้นใยเซลลูโลสทำให้วัสดุคอมพอสิตที่ได้ขาดความคงทนในการใช้งาน ดังนั้นจึงต้องมีการปรับปรุงสมบัติของเส้นใยให้เหมาะสมก่อนนำมาใช้ในการเสริมแรง ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการปรับปรุงผิวของเส้นใยปอด้วยสารยึดเกาะไซเลน โดยใช้สารยึดเกาะไซเลนซึ่งมีหมู่ฟังก์ชันต่างกันสองชนิดและทำการศึกษาผลของการปรับปรุงผิวต่อสมบัติเชิงกลและการดูดซึมน้ำของวัสดุคอมพอสิตเพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงสมบัติเส้นใยสำหรับการนำไปใช้ในการเสริมแรงวัสดุคอมพอสิตต่อไป

## ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to gratefully give special thanks to her advisor, Professor Hatsuo Ishida for his constructive criticism and valuable suggestions. She is also deeply indebted to her co-advisors, Dr. Nantaya Yanumet and Mr. John W. Ellis for their intensive suggestions, valuable guidance and vital help throughout this research work.

She greatly appreciates all the professors who have tendered invaluable knowledge to her at the Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University.

She wishes to express her thanks to all of her friends and to the college staff who willingly gave her warm support and encouragement and to the Petroleum Authority of Thailand for financial support during the period of the study.

Finally, the author is deeply indebted to her family for their love, understanding, encouragement, and for being a constant source of inspiration.

## TABLE OF CONTENTS

	PAGE
Title Page	i
Abstract (in English)	iii
Abstract (in Thai)	iv
Acknowledgements	v
Table of Contents	vi
List of Tables	viii
List of Figures	ix
<b>CHAPTER</b>	
<b>I INTRODUCTION</b>	<b>1</b>
1.1 Unsaturated Polyester Resin Matrix	2
1.2 Kenaf Fiber	3
1.2.1 Structure	3
1.2.2 Chemical Composition	4
1.3 Organosilane Coupling Agents	5
1.4 Composite Material	8
1.5 Hand Lay-Up Process	8
<b>II LITERATURE SURVEY</b>	<b>10</b>
<b>III EXPERIMENTAL SECTION</b>	<b>12</b>
3.1 Materials	12
3.2 Instruments	12
3.2.1 Compression Molding Machine	12
3.2.2 Instron Universal Testing Machine	13

<b>CHAPTER</b>	<b>PAGE</b>
3.2.3 Scanning Electron Microscope (SEM)	13
3.3 Methodology	13
3.3.1 Preparation of Fiber	13
3.3.2 Hand Lay-Up of Composites	14
3.3.3 Mechanical Testing	15
3.3.4 Determination of Water Adsorption	15
<b>IV RESULTS AND DISCUSSION</b>	<b>16</b>
4.1 Effect of Fiber Content on the Mechanical Properties of the Composite	16
4.2 The Adsorption of Silanol on Fiber	17
4.3 Mechanical Properties of Treated Fiber-UPE Composites	20
4.4 Water Adsorption of Composites	24
4.5 Fractured Surfaces of Specimens from Tensile Testing	27
<b>V CONCLUSIONS</b>	<b>31</b>
<b>REFERENCES</b>	<b>32</b>
<b>CURRICULUM VITAE</b>	<b>34</b>

## LIST OF TABLES

TABLE	PAGE
1.1 Chemical composition of kenaf fibers, wt%	5
1.2 Characteristics of representative commercial silane coupling agents	7
4.1 Chemical structures of g-MPS and VTS	18



## LIST OF FIGURES

FIGURE	PAGE
1.1 Segment of an unsaturated polyester resin chain, showing the active C=C site	2
1.2 Crosslinking of linear unsaturated polyester resin with styrene	3
1.3 Schematic representation of the fine structure of a wood fiber	4
3.1 Mould for making composites by hand lay-up and compression moulding	13
4.1 Tensile and flexural properties of kenaf fiber-UPE composites with different fiber contents	16
4.2 Adsorption of silanol on fiber at various silane concentrations	18
4.3 Adsorption of silanol on fiber at various times	19
4.4 Adsorption of silanol on fiber at various temperatures	20
4.5 Tensile strength of composites vs silane concentration used in fiber treatment	21
4.6 Tensile modulus of composites vs silane concentration used in fiber treatment	21
4.7 Flexural strength of composites vs silane concentration used in fiber treatment	22
4.8 Flexural modulus of composites vs silane concentration used in fiber treatment	22
4.9 Water adsorption of composites at room temperature at various times	25
4.10 Water adsorption of composites at 70°C at various times	26
4.11 Water adsorption of composites at 100°C for 2 hours	27

<b>FIGURE</b>	<b>PAGE</b>
4.12 SEM micrographs of fractured surfaces of composites at various fiber contents	29
4.13 SEM micrographs of fractured surfaces of untreated and silane-treated fiber composites	30