สมบัติทางกายภาพและเชิงกลของไม้มะพร้าวประกอบที่มีพอลิ(สไตรีน-โค-เมทิลเมทาคริเลต)

นางสาวสุดารัตน์ เกาลวณิชย์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา ปิโตรเคมีและวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์
หลักสูตร ปิโตรเคมีและวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-030-231-9

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 19969016

PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF COCONUT WOOD POLY (STYRENE-CO-METHYL METHACRYLATE) COMPOSITES

Miss Sudarat Kaolawanich

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Petrochemistry and Polymer Science
Program of Petrochemistry and Polymer Science
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2001

ISBN 974-030-231-9

Thesis Title	Physical and mechanical properties of coconut wood poly(styrene-co-methyl methacrylate) composites
By	Miss Sudarat Kaolawanich
Field of Study	Petrochemistry and Polymer Science
Thesis Advisor	Associate Professor Sophon Roengsumran, Ph.D.

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

..... Dean of Faculty of Science

(Associate Professor Wanchai Phothiphichitr, Ph.D.)

THESIS COMMITTEE

.....Chairman

(Professor Pattarapan Prasassarakich, Ph.D.)

.....Thesis Advisor

(Associate Professor Sophon Roengsumran, Ph.D.)

.....Member

(Associate Professor Amorn Petsom, Ph.D.)

.....Member

(Assistant Professor Preecha Lertpratchya, Ph.D.)

.....Member

(Assistant Professor Warinthorn Chavasiri, Ph.D.)

สุดารัตน์ เกาลวณิชย์ : สมบัติทางกายภาพและเชิงกลของพอลิ(สไตรีน-โค-เมทิลเมทาคริเลต) ที่มีไม้มะพร้าวประกอบ (Physical and mechanical properties of coconut wood poly(styrene-co-methyl methacrylate) composites
อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร.โสภณ เริงสำราญ; 131 หน้า ISBN 974-030-231-9

ไม้มะพร้าวประกอบพอลิเมอร์ถูกเตรียมโดยการแช่ไม้มะพร้าวให้ชุ่มด้วยสไตรีนและการผสมผสานกันของสไตรีนและเมทิลเมทาคริเลตภายใต้ความดันต่ำ และต่อจากนั้นทำให้เกิดการพอลิเมอร์ไรซ์โดยการเร่งปฏิกิริยาด้วยความร้อน ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าเมทิลเอทิลคีโตนเปอร์ออกไซด์ 2% โดยน้ำหนัก อุณหภูมิการบ่ม 70°ซ เวลาการดูดอากาศออก 0.5 และ 2 ชั่วโมง เวลาการแช่ 1 และ 4 ชั่วโมง สำหรับไม้มะพร้าวความหนาแน่นต่ำและปานกลางเหมาะสมสำหรับการเตรียมไม้มะพร้าวประกอบพอลิเมอร์

สมบัติทางกายภาพและเชิงกลของไม้มะพร้าวประกอบที่มีพอลิสไตรีนจะดูดซึมน้ำลดลง 63% และ 53% สัมประสิทธิ์การขยายตัวทางปริมาตรลดลง 46% และ 46% ความหนาแน่นเพิ่มขึ้น 117% และ 50% ความทนแรงบิดงอเพิ่มขึ้น 100% และ 19% มอดูลัสยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น 72%และ 27% ความทนแรงอัดเพิ่มขึ้น 34% และ 77% เมื่อเปรียบเทียบกับไม้มะพร้าวความหนาแน่นต่ำและปานกลางตามลำดับ

สมบัติทางกายภาพและเชิงกลของไม้มะพร้าวประกอบที่มีพอลิ(สไตรีน-โค-เมทิลเมทาคริเลต) จะดูดซึมน้ำลดลง 39-50% และ 19-29% สัมประสิทธิ์การขยายตัวทางปริมาตรลดลง 15-19% และ 12-14% ความหนาแน่นเพิ่มขึ้น 68-79 % และ 34-48% ความทนแรงบิดงอเพิ่มขึ้น 21-68% และ 8-16% มอดูลัสยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น 3-30% และ 10-25% ความทนแรงอัดเพิ่มขึ้น 24-127% และ 46-80% เมื่อเปรียบเทียบกับไม้มะพร้าวธรรมชาติที่มีความหนาแน่นต่ำและปานกลางตามลำดับ สัณฐานวิทยาของไม้มะพร้าวประกอบพอลิเมอร์ศึกษาได้ด้วยสแกนนิ่งอิเล็คตรอนไมโครสโกปี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หลักสูตร ปิโตรเคมีและวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ ลายมือชื่อนิสิต สุดารัตน์ เกาลวณิชย์
สาขาวิชา ปิโตรเคมีและวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2544 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม -

427 24332 23 : MAJOR PETROCHEMISTRY AND POLYMER SCIENCE
KEY WORD : COCONUT WOOD / IMPREGNATION / COMPOSITE / STYRENE /METHYL METHACRYLATE

SUDARAT KAOLAWANICH : PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF COCONUT WOOD POLY(STYRENE-CO-METHYL METHACRYLATE) COMPOSITES
THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. SOPHON ROENGSUMRAN, Ph.D., 131 pp.
ISBN 974-030-231-9

Coconut wood polymer composites were prepared by impregnating the coconut wood with styrene and the combinations of styrene and methyl methacrylate under reduce pressure and subsequent polymerization by catalyst-heat treatment. Results of this study showed that 2% by wt. of methyl ethyl ketone peroxide, 70°C curing temperature, 0.5 and 2 hours evacuating time, 1 and 4 hours soaking time for low and medium density coconut wood were suitable for preparation of coconut wood polymer composites.

The physical and mechanical properties of coconut wood polystyrene composites were decreased by 63% and 53% in water absorption, 46% and 46% in volumetric swelling coefficient. They were increased by 117% and 50% in density, 100% and 19% in flexure stress, 72% and 27% in modulus of elasticity, 34% and 77% in compression when compared to low and medium density coconut wood, respectively.

The physical and mechanical properties of coconut wood poly(ST-CO-MMA) composites were decreased by 39-50% and 19-29% in water absorption, 15-19% and 12-14% in volumetric swelling coefficient. They were increased by 68-79% and 34-48% in density, 21-68% and 8-16% in flexure stress, 3-30% and 18-25% in modulus of elasticity, 24-117% and 46-80% in compression when compared to low and medium density coconut wood, respectively. The morphology of the composites was examined using scanning electron microscopy.

Program Petrochemistry and Polymer Science Student's signature .....
Field of study Petrochemistry and Polymer Science Advisor's signature .....
Academic year 2001 Co-advisor's signature .....

ACKNOWLEDGEMENT

I would like to express my deep gratitude to Associate Professor Dr. Sophon Roengsumran and Associate Professor Dr. Amorn Petsom, for their valuable instruction, concern, encouragement and helpful discussion throughout this research.

I am grateful to the chairman and members of the thesis committee for their valuable suggestions and comments.

In addition, I would like to thank Siam Chemical Industries Co., Ltd. for some chemicals used in this research. My thanks are due to the Graduate School of Chulalongkorn University for partial fund for the thesis.

Thanks go towards everyone who has contributed suggestions and supports throughout this research.

Finally, I am very deep and thanks to my family for their love, support, great encouragement and helpfulness throughout this thesis.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CONTENTS

PAGE

ABSTRACT (IN THAI).....iv
ABSTRACT (IN ENGLISH).....v
ACKNOWLEDGEMENT.....vi
CONTENTS.....vii
LIST OF TABLES.....x
LIST OF FIGURES.....xi
LIST OF ABBREVIATIONS.....xiii
CHAPTER 1 INTRODUCTION.....1
1.1 Objectives of the research work.....2
1.2 Scopes of the research work.....2
CHAPTER 2 THEORY AND LITERATURE REVIEW.....3
2.1 Properties of wood.....3
2.1.1 Structure of wood.....3
2.1.2 Sapwood and heartwood.....8
2.1.3 Physical properties of wood.....9
2.2 Coconut palm.....11
2.2.1 Coconut varieties.....11
2.2.2 Coconut stem anatomy.....11
2.2.3 Products of the coconut palm.....13
2.2.4 The Utilization of coconut timber.....13
2.2.5 Physical and mechanical properties.....14
2.3 Methods for improving dimensional stability of wood.....14
2.4 Solid modified woods.....15
2.4.1 Fundamental of impregnation.....15
2.4.2 Vinyl resin treatment.....16
2.5 The chemical used for modified wood.....17
2.6 Termites.....20
2.7 Water and polymer location.....21

PAGE

2.8 Statistical analysis (oneway- ANOVA).....22
2.9 Literature review.....22
CHAPTER 3 EXPERIMENTAL PROCEDURES..... 27
3.1 Materials.....27
3.2 Apparatus and equipment.....28
3.3 Experimental Procedure.....28
3.3.1 Preparation of coconut wood polymer composites.....28
3.3.2 The study of the factors influencing in the preparation of coconut wood polymer composites.....29
3.3.3 Testing for physical properties.....31
3.3.4 Testing for biological property.....33
3.3.5 Testing for mechanical properties..... 35
3.3.6 Microstructure of WPC specimens.....36
CHAPTER 4 RESULTS AND DISCUSSIONS.....37
4.1 Characteristic of coconut wood materials.....37
4.2 Effect of evacuating times on properties of impregnated samples.....38
4.3 Effect of soaking times on properties of impregnated samples.....40
4.4 Effect of initiator content on properties of impregnated samples.....43
4.5 Effect of curing temperature properties of impregnated samples.....48
4.6 Effect of ratios of ST and MMA monomer on properties of impregnated samples.....49
4.7 Effect of cross-linker on properties of impregnated samples.....54

PAGE

4.8 Evaluation of WPC specimens for resistance to termites.....56
4.9 Scanning electron microscopy (SEM) of WPC.....58
4.10 Properties of coconut wood polymer composites.....59
CHAPTER 5 CONCLUSION.....61
REFERENCES.....63
APPENDICES.....65
Appendix A Data of testing properties.....66
Appendix B Graphs of testing results.....87
Appendix C Results of statistical analysis (oneway-ANOVA).....94
Appendix D Data of chemicals.....128
VITAE.....131

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF TABLES

TABLE PAGE

2.1 Relationship between mechanical properties and specific gravity of coconut wood....14

2.2 Mechanical properties of common homopolymers....18

4.1 Characteristic of coconut wood materials....37

4.2 Properties of coconut wood polymer composites prepared from various evacuating times....38

4.3 Properties of coconut wood polymer composites prepared by varying soaking times....40

4.4 Properties of low density coconut wood polymer composites prepared with various initiator contents....43

4.5 Properties of medium density coconut wood polymer composites prepared with various initiator contents....45

4.6 Properties of high density coconut wood polymer composites prepared with various initiator contents....47

4.7 Properties of coconut wood polymer composites prepared by varying curing temperature....48

4.8 Properties of low density coconut wood polymer composites prepared from various ratios of ST/MMA....49

4.9 Properties of medium density coconut wood polymer composites prepared from various ratios of ST/MMA....52

4.10 Properties of low density coconut wood polymer composites prepared by varing cross-linker contents....54

4.11 The results of rating termite attack....57

4.12 Comparison of the properties of coconut wood polystyrene and coconut wood poly(ST/MMA) composites with natural coconut wood, teak, rubberwood....60

LIST OF FIGURES

FIGURE PAGE

2.1 Structure of softwood.....5
2.2 Structure of hardwood.....5
2.3 Schematic diagram of structural elements of wood.....6
2.4 Cellular structure of a softwood.....7
2.5 Cellular structure of a hardwood.....7
2.6 Characteristic of log and timber.....9
2.7 Humidity moisture-content relationship at three temperatures 9
2.8 The density structure of the coconut stem.....12
2.9 The structure of styrene.....17
2.10 The structure of polymethyl methacrylate.....17
2.11 The structure of methyl ethyl ketone peroxide.....19
2.12 The structure of divinylbenzene.....19
3.1 Dimension of dimensional stability testing specimen.....33
3.2 Dimension of termite testing specimen.....33
3.3 Typical rating of termite attack on test blocks.....34
3.4 Dimension of flexure and MOE testing specimen..... 35
3.5 Dimension of compression parallel to grain testing specimen.....36
4.1 Effect of evacuating time on the polymer loading and density for low density materials.....39
4.2 Effect of evacuating time on the polymer loading and density for medium density materials..... .39
4.3 Effect of evacuating time on the polymer loading and density for high density materials.....39
4.4 Effect of soaking time on the polymer loading and density for low density materials.....41
4.5 Effect of soaking time on the polymer loading and density for medium density materials.....41

PAGE

4.6 Effect of soaking time on the polymer loading and density for high density materials.....41
4.7 Effect of initiator content on the mechanical properties for low density materials.....44
4.8 Effect of initiator content on the mechanical properties for medium density materials.....46
4.9 Effect of ratios of monomers on the physical and mechanical properties of low density materials.....50
4.10 Effect of ratios of monomers on the physical and mechanical properties of medium density materials.....53
4.11 Effect of cross-linker on the mechanical properties of low density materials.....55
4.12 SEM micrograph of transverse section of empty wood cells (350 x).....58
4.13 SEM micrograph of transverse section of polymer filled wood cells(35 x).....59

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF ABBREVIATIONS

WPC	– wood –polymer composite
ST	-- styrene
MMA	-- methyl methacrylate
MEKP	– methyl ethyl ketone peroxide
MOE	-- modulus of elasticity
PL	– poiymer loading
WA	– water absorption
S	– volumetric swelling coefficient
D	– density
S.D.	– standard deviation
MPa	– mega pascal
Comp.	-- compression
°C	– degree celsius
cps	-- centripoise second
g	-- gram
g/cm^3	-- gram per cubic centimeter
mm	-- millimeter
kg/m^3	-- kilogram per cubic meter
hrs.	– hours
wt.	-- weight
unt.	-- untreated
WRE	-- water repellent effectiveness
S	-- volumetric swelling coefficient
ASE	-- antiswelling efficiency

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย