

แผ่นจีนไม้อัดจากเกสต์ไม้อย่างพาราโดโดยใช้สารยึดพอลิเมอร์เอ็มดีไอ

นายสมคิด ทองบุญ



สถาบันวิทยบริการ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาปีโตรเคมีและวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-699-470-3

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**PARTICLEBOARD FROM RUBBER WOOD FLAKE WITH
POLYMERIC MDI BINDER**



MR. SOMKIT TONGBOON

**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
Graduate School**

Chulalongkorn University

Academic Year 1998

ISBN 974-639-470-3

Copyright of Graduate School, Chulalongkorn University

Thesis Title PARTICLEBOARD FROM RUBBER WOOD FLAKE
 WITH POLYMERIC MDI BINDER

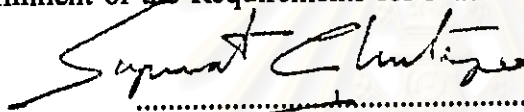
By Mr. Somkit Tongboon

Department Petrochemistry and Polymer Science

Thesis Advisor Professor Pattarapan Prasassarakich, Ph.D.

Thesis Co-advisor Associate Professor Suda Kiatkamjornwong, Ph.D.
 Mr. Woratham Oonjittichai, M.S.

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in Partial
Fullfillment of the Requirements for Master's degree



.....
(Professor Supawat Chutivongse, M.D.)

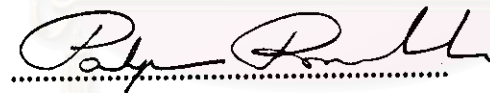
Dean of Graduate School

Thesis Committee



.....
(Associate Professor Supawan Tantayanon, Ph.D.)

Chairman



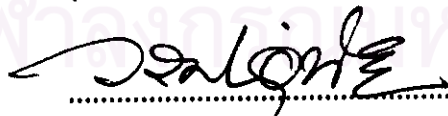
.....
(Professor Pattarapan Prasassarakich, Ph.D.)

Thesis Advisor



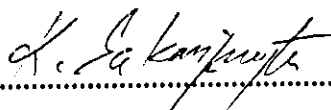
.....
(Associate Professor Suda Kiatkamjornwong, Ph.D.)

Thesis Co-advisor



.....
(Mr. Woratham Oonjittichai, M.S.)

Thesis Co-advisor



.....
(Associate Professor Kroekchai Sukanjanajtee, Ph.D.)

Member

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

สมคิด ทองบุญ : แผ่นชั้นไม้อัดจากเกล็ดไม้ยางพาราโดยใช้สารยึดพอลิเมอร์เอ็มดีไอ (PARTICLEBOARD FROM RUBBER WOOD FLAKE WITH POLYMERIC MDI BINDER) อ.ที่ปรึกษา: ศ.ดร. ภัทรพรหม ประศาสน์สารกิจ อ.ที่ปรึกษาร่วม: รศ.ดร. สุดา เกียรติกำจรวงศ์ และ นาย วรธรรม อุ๋นจิตติชัย. 137 หน้า. ISBN 974-639-470-3

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาการผลิตแผ่นชั้นไม้อัดไม้ยางพารา (*Hevea braziliensis*) โดยใช้สารยึดพอลิเมอร์เอ็มดีไอไอโซไซยานต (พีเอ็มดีไอ) โดยศึกษาผลของวัสดุกันสารยึดเกาะติดแผ่นรองอัด ไอโซไซยานตอินเด็กซ์ (ปริมาณของพอลิออก) ปริมาณของสารยึดที่ชั้นผิว/ชั้นใต้ อุณหภูมิในการเคียวสารยึด ระยะเวลาในการเคียวสารยึด และปริมาณความชื้นของเกล็ดไม้ ที่มีผลต่อสมบัติต่างๆ ของแผ่นชั้นไม้อัดไม้ยางพาราโดยสารยึดพีเอ็มดีไอ และเปรียบเทียบกับการใช้สารยึดฟีนอล-ฟอร์มาลดีไฮด์ จากผลการศึกษาพบว่า แผ่นชั้นไม้อัดไม้ยางพาราที่ใช้สารยึดพีเอ็มดีไอให้ชิ้นงานคุณภาพดี ทนทานต่อภาวะที่รุนแรง การดูดซึมน้ำ และการพองตัวเมื่อแช่น้ำที่ต่ำ ค่าความต้านแรงคัด มอดูลัสยืดหยุ่นและค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าที่สูง นอกจากนี้สารยึดพีเอ็มดีไอยังเคียวได้เร็ว เคียวได้ที่อุณหภูมิก่อนข้างต่ำ ปริมาณการใช้น้อยกว่า และสามารถใช้งานได้ดีกับเกล็ดไม้ที่มีความชื้นสูง จากการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนพบว่า แผ่นชั้นไม้อัดที่เตรียมจากชั้นเกล็ดไม้ที่มีความชื้นสูงมีการยึดแน่นของชั้นเกล็ดไม้ที่ดีกว่าเตรียมจากชั้นเกล็ดไม้ที่มีความชื้นต่ำ จากการศึกษาโดยใช้วิธีล้อย้อมสี (ใช้สีล้อย้อม Lofton-Merritt) พบว่า สารยึดพีเอ็มดีไอสามารถซึมเข้าไปในเนื้อไม้และสามารถแพร่ออกไปยังบริเวณที่ไม่มีสารยึดได้ แต่พบว่าสารยึดฟีนอล-ฟอร์มาลดีไฮด์ไม่สามารถทำได้ ปรากฏการณ์ดังกล่าวยืนยันถึงประสิทธิภาพของสารยึดพีเอ็มดีไอที่เหนือกว่าสารยึดฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ จากการศึกษาี้แสดงให้เห็นว่า แผ่นชั้นไม้อัดไม้ยางพาราโดยใช้สารยึดพีเอ็มดีไออาจจะสามารถใช้งานโครงสร้างได้

ภาควิชา
สาขาวิชา
ปีการศึกษา 2541

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

** C827666 : MAJOR PETROCHEMISTRY AND POLYMER SCIENCE

KEY WORD: PARTICLEBOARD / RUBBER WOOD / POLYMERIC MDI / BINDER
SOMKIT TONGBOON : PARTICLEBOARD FROM RUBBER WOOD FLAKE
WITH POLYMERIC MDI BINDER. THESIS ADVISOR: PROF.
PATTARAPAN PRASASSARAKICH, Ph.D. THESIS CO-ADVISOR: ASSOC.
PROF. SUDA KIATKAMJORNWONG, Ph.D. AND MR. WORATHAM
OONJITTICHAI, M.S. 137 pp. ISBN 974-639-470-3

The use of rubber wood (*Hevea braziliensis*) flakes for particleboard with polymeric diisocyanate (pMDI) as binder was investigated. The effects of releasing agents, isocyanate index (polyol content), binder content in surface/core layers, cure temperature, cure time, and moisture content of the flakes on the properties of rubber wooden particleboards which contained pMDI as binder were studied. The properties of the particleboard also were compared with those of phenol-formaldehyde (PF) binder. The particleboard prepared from rubber wood flakes with pMDI binder gave the high quality particleboards which was durable under severe condition, low water absorption and thickness swelling, high modulus of rupture, modulus of elasticity, and internal bonding strength. Moreover, pMDI binder could be cured at low temperatures, within a short time, and the binder consumption was small. The scanning electron micrographs of the rubber wooden particleboard prepared from the high moisture content flakes showed the better packing characteristic than the flakes at low moisture content. The staining method (using Lofton-Merritt as staining agent) showed that the pMDI binder could penetrate into the wood matrix and diffuse to uncoated areas, while PF resin could not. This phenomena confirmed that pMDI binder has a better performance than the PF binder. The rubber wooden particleboards with pMDI binder demonstrated that it could be used for structural applications.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....

ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....



ACKNOWLEDGMENTS

This research work is the co-operation between the Faculty of Science, Chulalongkorn University, and the Royal Forest Department, Ministry of Agriculture and Cooperatives

At first, the author would like to express my sincere gratitude to my advisor Professor Pattarapan Prasassarakish, Ph.D. and my co-advisors, Associate Professor Suda Kiatkamjornwong, Ph.D., and Mr. Woratham Oonjittichai, M.S., for their assistance and suggestions of valuable points of the experiments, for their kindness, and encouragement throughout the course of this research.

The author is very grateful to the Section of Forest Products Research and Development, Forest Research Office, Royal Forest Department, and Department of Photographic Science and Printing Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, for the use of their laboratories, equipment, necessary chemicals, and their excellent facilities. Many thanks are due to the Thai Petrochemical Industry Co., Ltd. for chemicals support, Vanachai Group Public Company Limited for rubber wood flake support, Rubber Research Institute and Office of The Rubber Replanting Aid Fund for useful data support. I am very appreciative to my family and my good friends whose names are not mentioned here for their love, assistance, and encouragements throughout the long years of work.

The author would also like to thank the following organizations for the provision of experiment facilities: Department of Chemical Technology, 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 the moral support in the writing up of thesis work.

CONTENTS

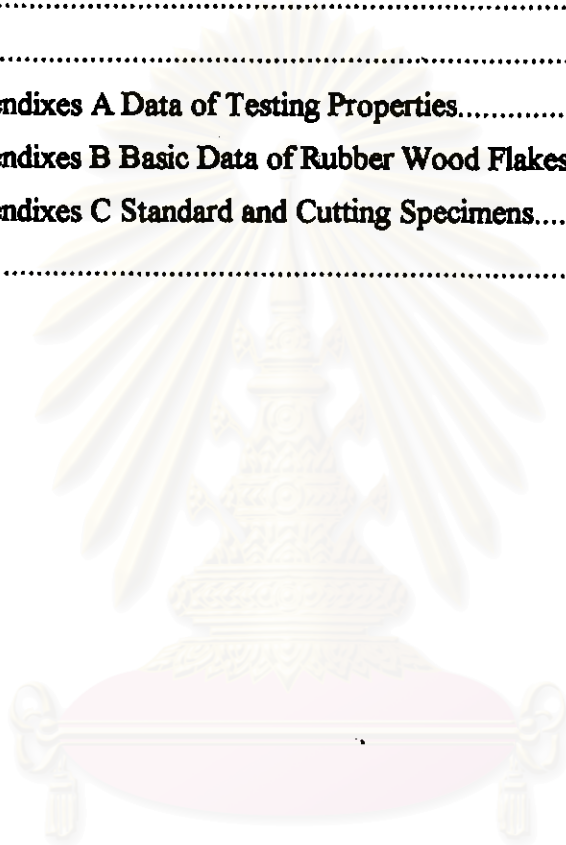
	PAGE
ABSTRACT (IN THAI).....	iv
ABSTRACT.....	v
ACKNOWLEDGMENTS.....	vi
CONTENTS.....	vii
LIST OF TABLES.....	
LIST OF FIGURES.....	
CHAPTER I INTRODUCTION.....	1
1.1 The Roles of the Rubber Wood in Thailand.....	3
1.2 Objectives of the Research Work.....	4
1.3 Scopes of the Research Work.....	5
CHAPTER II THEORY AND LITERATURE REVIEW.....	6
2.1 Particleboards.....	6
2.1.1 General Definitions.....	6
2.1.2 Classifications of Particleboards.....	7
2.1.3 Properties of Isocyanate Bonded Particleboard.....	7
2.1.4 Safety of Isocyanate Bonded Particleboard.....	10
2.2 Wood Materials.....	11
2.2.1 Forest Products.....	13
2.2.2 Industrial Wood Residues.....	13
2.2.3 Agricultural Product Residues.....	13
2.2.4 Rubber Wood in Wood Industries.....	15
2.3 Binders.....	15
2.3.1 Conventional Binders.....	16
2.3.2 Nonconventional Binders.....	16
2.3.3 Isocyanate in Wood Industry.....	18
2.3.4 Adhesion to Wood.....	21
2.3.5 Bonding Reactions of Isocyanate.....	22
2.4 Wax Emulsions.....	24
2.5 Manufacturing Process.....	25
2.6 Literature Review.....	26

CONTENTS (continued)

	PAGE
CHAPTER III APPARATUS AND EXPERIMENTAL PROCEDURES.....	31
3.1 Raw Materials and Chemicals.....	31
3.1.1 Rubber Wood Flakes.....	31
3.1.2 Binders.....	31
3.1.3 Releasing Agents.....	33
3.1.4 Chemicals.....	33
3.2 Apparatus and Equipment.....	34
3.3 Experimental Procedures.....	34
3.3.1 Wood Flakes Analysis.....	34
3.3.2 Wood Flakes Moisture Content.....	35
3.3.3 Treatment of Binder on Rubber Wood Flakes.....	35
3.3.4 Preparation of Particleboard and Finished Product.....	35
3.3.5 Factors Affecting on Rubber Wooden Particleboard.....	36
3.3.6 Testing.....	40
3.3.7 Microstructure of Fracture Surface of the Particleboard.	46
3.3.8 Staining Method for Bondline Investigation.....	46
CHAPTER IV RESULTS AND DISCUSSION.....	47
4.1 Characteristic of Rubber Wood Flake.....	47
4.2 Investigation of Suitable Releasing Agents.....	49
4.3 Effect of Releasing Agent.....	50
4.4 Effect of Isocyanate Index.....	54
4.5 Effect of pMDI Content in Surface/Core Layers.....	57
4.6 Effect of Cure Temperature.....	61
4.7 Effect of Cure Time.....	64
4.8 Effect of Moisture Content of the Flake.....	67
4.9 Effect of Binder Types in Surface/Core.....	73
4.10 Scanning Electron Microscopy (SEM) of Rubber Wood Flakes and Particleboards.....	78
4.11 The Performance of pMDI Binder.....	83

CONTENTS (continued)

	PAGE
CHAPTER V CONCLUSION.....	93
SUGGESTIONS FOR FURTHER WORK.....	95
REFERENCES.....	96
APPENDIXES.....	101
Appendixes A Data of Testing Properties.....	102
Appendixes B Basic Data of Rubber Wood Flakes.....	121
Appendixes C Standard and Cutting Specimens.....	130
VITA.....	137



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF TABLES

TABLE	PAGE
2.1 World Production of Wood Based Panels, 1990-1994.....	7
2.2 Properties of 3 Layer Laboratory Particleboard, 16 mm, with Various Polyisocyanates.....	8
2.3 Properties of 3 Layer Laboratory Particleboard with Various Binders (16 mm, 170 °C).....	10
2.4 Physical Properties of Single Layer, 20 mm Isocyanate Bonded Particleboard Made from Chips of Various Species of Wood with a Density of Approximately 700 kg/m ³ ; Content of Binder 6% (Referring to Dry Chips), Press Temperature 190 °C.....	11
2.5 The World Production of Sawlogs and Sawwood between 1990-1994.....	12
2.6 Summary of the Major Types of Raw Materials Used in North American Particleboard Plants.....	14
2.7 General Chemical Properties of Rubber Wood.....	17
2.8 General Mechanical Properties of Rubber Wood.....	17
2.9 Rubber Plantation Area of Thailand from 1993-1997.....	17
2.10 The Vapour Pressure of Some Isocyanates at Their Usual Processing Temperature.....	20
3.1 Typical Data of Raycore B 9001.....	32
3.2 Typical Data of Raypol 4150.....	32
3.3. Typical Data of Dynosol S-576.....	33
3.4 Weight of pMDI and Polyol in the Binders.....	37
3.5 Processing Parameters of the Particleboard.....	39
3.6 Dimension of Testing Specimens.....	41
4.1 Size Distribution of Coarse Rubber Wood Flakes.....	48
4.2 Size Distribution of Fine Rubber Wood Flakes.....	48
4.3 Effect of Releasing Agents on the Surface Quality of the Particleboard.....	49
4.4 Properties of Particleboard Prepared with Various Releasing Agents.....	51
4.5 Properties of Particleboard Prepared at Various Isocyanate Indexes.....	55
4.6 Properties of Particleboard Prepared with Various pMDI Content in Surface/Core Layers.....	58

LIST OF TABLES (continued)

TABLE		PAGE
4.7	Properties of Particleboard Prepared with Various Cure Temperatures.....	62
4.8	Properties of Particleboard Prepared at Various Cure Times.....	65
4.9	Properties of Particleboard Prepared with Various Moisture Contents.....	70
4.10	Properties of Particleboard Prepared with Various Binder Types.....	75



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF FIGURES

FIGURE	PAGE
2.1 Average monthly weight change (%) of laboratory made particleboard exposed to outdoor weathering.....	8
2.2 Sorption-isotherms (20 °C) of particleboard (20 mm) bonded with polyisocyanate (pMDI), urea-formaldehyde resin (UF) and phenol-formaldehyde (PF).....	9
2.3 Internal bond and 24 hours thickness swelling of 16 mm laboratory made particleboard versus the quality of binder.....	9
2.4 Internal bond of 16 mm laboratory made particleboard versus density (6% pMDI).....	9
2.5 Internal bond of air classified particleboard versus time of boiling in water (7% pMDI).....	9
2.6 The partial molecular structure of cellulose and hemicellulose.....	12
2.7 Manufacturing process of isocyanate, low pressure phosgenation.....	19
2.8 Polymeric diphenylmethane diisocyanates (pMDI)	19
2.9 The reaction between isocyanate and hydroxyl-containing compounds	23
2.10 The reaction between isocyanate and water.....	23
2.11 Generalized reaction scheme showing the possible reactions which are thought to occur in the curing pMDI-wood bondline.....	24
2.12 Flow diagram of the manufacture particleboard.....	25
3.1 Points to be measured of length, width and thickness.....	42
3.2 Test apparatus of internal bond.....	43
3.3 Testing of modulus of rupture (MOR) and modulus of elasticity (MOE).....	45
3.4 Graph shown relation between loading force and bending.....	45
4.1 Effect of releasing agent on the properties of particleboard.....	53
4.2 Effect of isocyanate index on the properties of particleboard.....	56
4.3 Effect of pMDI content in surface/core on the properties of particleboard....	60
4.4 Effect of cure temperature on the properties of particleboard.....	63
4.5 Effect of cure time on the properties of particleboard.....	66
4.6 The reaction between isocyanate and water.....	68

LIST OF FIGURES (continued)

FIGURE	PAGE
4.7 Effect of moisture content on the properties of particleboard.....	71
4.8 Density of the particleboard at various moisture content.....	72
4.9 Effect of binder type in surface/core on the properties of particleboard.....	77
4.10 SEM micrograph of surface of fine rubber wood flake Original magnification 200X.....	79
4.11 SEM micrograph of surface of coarse rubber wood flake Original magnification 200X.....	77
4.12 SEM micrograph of surface of coarse rubber wood flake Original magnification 500X.....	80
4.13 SEM micrograph of fracture surface of particleboard prepared from the flake containing 2% moisture content with pMDI resin content 7/5. Original magnification 20X.....	81
4.14 SEM micrograph of fracture surface of particleboard prepared from the flake containing 7% moisture content with pMDI resin content 7/3. Original magnification 12X.....	81
4.15 SEM micrograph of fracture surface of particleboard prepared from the flake containing 12% moisture content with pMDI resin content 7/5. Original magnification 12X.....	82
4.16 SEM micrograph of fracture surface of particleboard prepared from the flake containing 7% moisture content with PF resin content 7/5. Original magnification 12X.....	82
4.17 Photograph of PF coated rubber wood flake: (a) before staining and (b) after staining.....	85
4.18 Photographs of pMDI coated rubber wood flake: (a) before staining and (b) after staining.....	87
4.19 Photograph of cured pMDI binder: (a) before staining and (b) after staining	88
4.20 Photograph of the particleboard prepared from PF binder at resin content of 7/5 with a 7% moisture content: (a) before staining and (b) after staining	89

LIST OF FIGURES (continued)

FIGURE		PAGE
4.21	Photograph of the particleboard prepared from pMDI binder at resin content of 7/3 with a 7% moisture content: (a) before staining and (b) after staining.....	90
4.22	Photograph of the particleboard prepared from pMDI binder at resin content of 7/5 with a 2% moisture content: (a) before staining and (b) after staining.....	91
4.23	Photograph of the particleboard prepared from pMDI binder at resin content of 7/5 with a 12% moisture content: (a) before staining and (b) after staining	92


 สถาบันวิทยบริการ
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย