

**MECHANICAL PROPERTIES AND MICROSTRUCTURE OF RICE  
HUSK-FILLED AND BURNING HUSK-FILLED HDPE BLENDS**

Mr. Narin Kaabbuathong

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

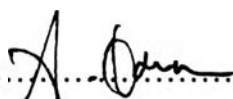
ISBN 974-331-926-3

I 19337656


**Thesis Title** : Mechanical Properties and Microstructure of Rice Husk-Filled and Burning Husk-Filled HDPE Blends  
**By** : Mr. Narin Kaabbuathong  
**Program** : Polymer Science  
**Thesis Advisors** : Assoc. Prof. David C. Martin  
Dr. Ratana Rujiravanit


---


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:**

  
.....  
(Assoc. Prof. David C. Martin)

  
.....  
(Dr. Ratana Rujiravanit)

  
.....  
(Dr. Suwabun Chirachanchai)

## บทคัดย่อ

นาย นรินทร์ กาบบัวทอง : สมบัติเชิงกลและโครงสร้างจุลภาคของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงกับแกลบและแกลบเผาอัดแท่ง (Mechanical Properties and Microstructure of Rice Husk-Filled and Burning Husk-Filled HDPE Blends) อ.ที่ปรึกษา : รศ. ดร. เดวิด ซี มาร์ติน (Assoc. Prof. David C. Martin) และ ดร. รัตนา รุจิรวนิช, 73 หน้า ISBN 974-331-926-3

งานวิจัยนี้ศึกษาสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (HDPE) กับสารเติม 3 ชนิด ได้แก่ แกลบ แกลบเผาอัดแท่ง และแป้งมันสำปะหลัง โดยศึกษาถึงผลกระทบของปริมาณสารเติมที่มีต่อสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมและขนาดอนุภาคของสารเติม ซึ่งถูกคัดแยกโดยใช้ชุดของตะแกรงร่อนให้มีขนาดต่าง ๆ กัน ได้แก่ 53, 180 และ 425 ไมโครเมตร ปริมาณสารเติมที่ศึกษาอยู่ระหว่าง 0 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จากการศึกษาพบว่ามอดูลัสของการดึงยืดและมอดูลัสของการโค้งงอของพอลิเมอร์ผสมทั้งสามชนิดมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณสารเติมเพิ่มมากขึ้น แต่ในทางตรงกันข้ามค่าการทนต่อแรงดึงของพอลิเมอร์ผสมทั้งสามชนิดมีแนวโน้มที่จะลดลงเมื่อปริมาณสารเติมเพิ่มขึ้น สำหรับค่าการทนต่อแรงกระทบของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงกับแกลบและแกลบเผาอัดแท่งมีค่าลดลงเมื่อปริมาณสารเติมเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าการทนต่อแรงกระทบของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงกับแป้งมันสำปะหลังมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณสารเติมเพิ่มมากขึ้น จากการศึกษาการทนต่อแรงกด พบว่าพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงกับแกลบเผาอัดแท่งจะมีค่าการทนต่อแรงกดเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณสารเติมเพิ่มขึ้น และจากการศึกษาสมบัติถึงการกระจายตัวของสารเติมในเนื้อของพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงด้วยการใช้กล้องสแกนนิ่งอิเล็กตรอน ไมโครสโคป (Scanning Electron Microscope) พบว่าเมื่อปริมาณสารเติมเพิ่มขึ้นมีผลทำให้สารเติมทั้ง 3 ชนิดเข้าไปจัดเรียงตัวของเนื้อพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง ซึ่งส่งผลทำให้สมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมทั้ง 3 ชนิดลดลง นอกจากนี้จากการศึกษาสมบัติการดูดซับน้ำของพอลิเมอร์ผสม พบว่าการดูดซับน้ำของพอลิเมอร์ผสมทั้ง 3 ชนิด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณสารเติมและช่วงเวลาของการทดลองเพิ่มขึ้น

**ABSTRACT**

## 972011 : POLYMER SCIENCE PROGRAM

**KEY WORDS** : Polymer Blends/Rice Husk/High Density Polyethylene

Narin Kaabbuathong : Mechanical Properties and Microstructure of Rice Husk-Filled and Burning Husk-Filled HDPE Blends. Thesis Advisor: Assoc. Prof. David C. Martin and Dr. Ratana Rujiravanit, 73 pp ISBN 974-331-926-3

The mechanical properties of high density polyethylene (HDPE) blended with tapioca starch, rice husk and burning husk have been investigated. The tensile, flexural and impact properties were studied as functions of filler content and particle sizes of the fillers (53, 180 and 425 $\mu$ m). The filler content was varied from 0% to 30% by weight. The tensile and flexural modulus of the three types of blends were found to increase with increasing filler content. On the other hand, the tensile strength of tapioca starch-filled, rice husk-filled and burning husk-filled HDPE blends decreased with increasing filler content. The flexural strength of the blends containing rice husk and tapioca starch decreased with increasing filler content, whereas burning husk-filled HDPE blend showed the significant improvement in the flexural strength with increasing filler content. The impact strength of all types of the blends exhibited the same trend of decreasing with increasing filler content. Scanning electron microscopic studies were carried out to gain more understanding in the filler-matrix adhesion as well as the distribution and dispersion of the filler particles in polymer matrix. Water absorption of the polymer blends showed an increasing trend with increasing filler content and immersing time.

## ACKNOWLEDGMENTS

The author would like to thank the Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, for providing him the opportunity to study in Polymer Science Program. He greatly appreciates all Professors who have tendered invaluable knowledge to him at this college.

He would like to give special thanks to his U.S. advisor, Assoc. Prof. David C. Martin who gave some recommendations on the research. He is also deeply indebted to his Thai advisor, Dr. Ratana Rujiravanit, who not only originated this thesis work, but also gave him intensive suggestion, invaluable guidances, constructive advice and vital help throughout the research work.

He wishes to extend his appreciation to Mr. John W. Ellis and Mr. Bernd Udo Jacob for their suggestions in polymer processing techniques throughout this research work. He would also like to thank all the staff at the Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University for their assistance and in helping him to use the research facilities.

Finally, sincerest appreciation is to his family for their love, understanding, encouragement and advice.

## 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>
<b>II LITERATURE SURVEY</b>	<b>10</b>
<b>III EXPERIMENTAL</b>	
3.1 Materials	15
3.1.1 High Density Polyethylene	15
3.1.2 Fillers	16
3.2 Experimental Procedures	16
3.2.1 Filler Preparation	16
3.2.2 Filler Density Measurement	18
3.2.3 Thermogravimetric Analysis	19
3.2.4 Polymer Blend Preparation	19
3.2.5 Mechanical Properties of Polymer Blends	21
3.2.6 Water Absorption	22
3.2.7 Scanning Electron Microscope	23

<b>CHAPTER</b>		<b>PAGE</b>
<b>IV</b>	<b>RESULTS AND DISCUSSION</b>	24
	4.1 Thermogravimetric Analysis of Fillers	24
	4.2 Filler Density Measurement	25
	4.3 Microstructure Characterization	25
	4.4 Mechanical Properties Testing	31
	4.4.1 Effect of Filler Content	31
	4.4.2 Effect of Particle Size	39
	4.5 Water and Moisture Absorption	44
<b>V</b>	<b>CONCLUSIONS</b>	49
	<b>REFERENCES</b>	50
	<b>APPENDIX</b>	54
	<b>CIRRICULUM VITAE</b>	

**LIST OF TABLES**

<b>TABLE</b>		<b>PAGE</b>
3.1	Physical property of HDPE	15
3.2	Density of the solvent	18
3.3	Batch composition of each filler content for tapioca starch-filled HDPE blend	20
3.4	Batch composition of each filler content for rice husk-filled HDPE blend	20
3.5	Batch composition of each filler content for burning husk-filled HDPE blend	21
4.1	Density of fillers	25
4.2	Physical properties of fillers	27



**LIST OF FIGURES**

<b>FIGURE</b>	<b>PAGE</b>
1.1 The repeating unit of cellulose	3
1.2 The structure of starch	6
1.3 Types of flexural testing equipment	8
3.1 Preparation process of rice husk	17
4.1 TGA thermogram of tapioca starch, rice husk and burning husk	24
4.2 SEM micrograph at 750 magnification of tapioca starch particles	26
4.3 SEM micrograph at 750 magnification of rice husk particles	26
4.4 SEM micrograph at 750 magnification of burning husk particles	27
4.5 SEM micrographs of tapioca starch-filled HDPE at (a) 1% filler content	28
(b) 5% filler content	28
(c) 10% filler content	28
(d) 30% filler content	28
4.6 SEM micrographs of rice husk-filled HDPE at (a) 1% filler content	29
(b) 5% filler content	29
(c) 10% filler content	29
(d) 30% filler content	29

FIGURE	PAGE
4.7 SEM micrographs of rice husk-filled HDPE at	
(a) 1% filler content	30
(b) 5% filler content	30
(c) 10% filler content	30
(d) 30% filler content	30
4.8 Tensile strength at yield of tapioca starch-filled, rice husk-filled and burning husk-filled HDPE blends	31
4.9 Tensile modulus of tapioca starch-filled, rice husk-filled and burning husk-filled HDPE blends	32
4.10 Flexural strength of tapioca starch-filled, rice husk-filled and burning husk-filled HDPE blends	33
4.11 Fracture surface at 10% filler content of the blends containing	
(a) Pure HDPE	35
(b) Tapioca starch	35
(c) Rice husk	35
(d) burning husk	35
4.12 Average pore size diameters within the polymer blended with tapioca starch, rice husk and burning husk in the polymer blends	36
4.13 Flexural modulus of tapioca starch-filled, rice husk-filled and burning husk-filled HDPE blends	37
4.14 Impact strength of tapioca starch-filled, rice husk-filled and burning husk-filled HDPE blends	38

FIGURE	PAGE
4.15 SEM micrographs of the polymer blends containing rice husk at 10% filler content	
(a) 53 $\mu\text{m}$	40
(b) 180 $\mu\text{m}$	40
(c) 425 $\mu\text{m}$	40
4.16 SEM micrograph of the polymer blends containing burning husk at 10% filler content	
(a) 53 $\mu\text{m}$	41
(b) 180 $\mu\text{m}$	41
(c) 425 $\mu\text{m}$	41
4.17 Effect of particle sizes on tensile strength of rice husk-filled and burning husk-filled HDPE blends with 10% filler content as compared to tapioca starch-filled HDPE blend.	42
4.18 Effect of particle sizes on flexural strength of rice husk-filled and burning husk-filled HDPE blends with 10% filler content as compared to tapioca starch-filled HDPE blend.	43
4.18 Effect of filler content and filler sizes on impact strength of rice husk-filled HDPE blend	44
4.19 Effect of filler content and filler sizes on impact strength of burning husk-filled HDPE blend	44
4.21 Cross-sectional area of the blends containing fillers with different in diameters	45
4.22 Water absorption of tapioca starch-filled HDPE blend at various filler content	46
4.23 Water absorption of rice husk-filled HDPE blend at various rice husk content	46

FIGURE	PAGE
4.24 Water absorption of burning husk-filled HDPE blend at various burning husk content	47
4.25 Water absorption of tapioca starch-filled, rice husk-filled And burning husk-filled HDPE blends at 30% filler content	48