อิทธิพลของตัวเติมที่มีผลต่อสมบัติเชิงกลของ พลาสติกรพลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง

นาย ประสิทธิ์ สุมนัสวรพันธุ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีปิโตรเคมี
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2535

ISBN 974-581-357-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

018114 I15198595

EFFECT OF FILLERS ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF HIGH DENSITY POLYETHYLENE

Mr. Prasit Sumanutvarapun

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Program of Petrochemical Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1992

ISBN 974-581-357-5

Thesis Title	Effect of Fillers on the Mechanical properties of High Density Polyethylene
By	Mr. Prasit Sumanutvarapun
Department	Petro - Polymer (Inter - Program)
Thesis advisor	Associate Professor Pattarapan Prasassarakich, Ph.D.
Thesis Co-advisor	Associate Professor Kanchana Trakulcoo, D.Eng.

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in Partial Fulfilment of the Requirement for the Master's Degree.

Thavorn Vajrabhaya
..... Dean of the Graduate School

(Professor Thavorn Vajrabhaya, Ph.D.)

Thesis Committee

Suda Kiatkamjornwong
..... Chairman

(Associate Professor Suda Kiatkamjornwong, Ph.D.)

Pattarapan Prasassarakich
..... Thesis Advisor

(Associate Professor Pattarapan Prasassarakich, Ph.D.)

Kanchana Trakulcoo
..... Thesis-Co-advisor

(Associate Professor Kanchana Trakulcoo, D.Eng.)

Piyasan Praserthdam
..... Member

(Professor Piyasan Praserthdam, Dr.Ing.)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ประสิทธิ์ สุมนัสวรพันธุ์ : อิทธิพลของตัวเติมที่มีผลต่อสมบัติเชิงกลของพลาสติกโพลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (EFFECT OF FILLERS ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF HIGH DENSITY POLYETHYLENE) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร. ภัทรพรรณ ประศาสน์สารกิจ; รศ.ดร. กัญจนา ตระกูลดู, 111 หน้า. ISBN 974-581-357-5

การวิจัยนี้ได้ศึกษาสมบัติเชิงกลของพลาสติกโพลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง เมื่อใช้ตัวเติม 2 ชนิด คือ แคลเซียมคาร์บอเนต และ คาร์บอนแบล็ก โดยใช้แคลเซียมคาร์บอเนต 2 ชนิด คือ แคลเซียมคาร์บอเนต ชนิด 039 และ ชนิด 1939 ทำการผสมโพลิเอทิลีนกับตัวเติมที่ปริมาณ 0-50% โดยใช้เครื่องอัดร้อน และทำการทดสอบสมบัติเชิงกล โดยใช้ค่าความต้านทานแรงดึง ค่าการยืดตัว ค่าโมดุลัส ค่าความต้านทานแรงกระแทก และค่าความแข็งของชิ้นงาน

จากผลการทดลองพบว่า การใช้ตัวเติมทั้งสองชนิด สามารถเพิ่มสมบัติด้านความต้านทานแรงดึง ความแข็ง และค่าโมดุลัสได้ เมื่อใช้ปริมาณมากขึ้น ยกเว้น เมื่อใช้แคลเซียมคาร์บอเนต ชนิด 039 ค่าความต้านทานแรงดึงลดลง แต่การใช้ตัวเติมทั้งสองชนิดดังกล่าวนั้น ทำให้ค่าการยืดตัว และ ค่าความแข็งลดลง สมบัติเชิงกลของของผสมเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดของตัวเติมเล็กลง เมื่อพิจารณาในแง่ของสมบัติที่เพิ่มขึ้น และ สมบัติที่ลดลง เทียบกับปริมาณ และมูลค่าที่ต้องจ่ายเพิ่มสำหรับตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนต และคาร์บอนแบล็กแล้วพบว่า แคลเซียมบอเนตเป็นตัวเติมที่ดีกว่าคาร์บอนแบล็ก

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา สหสาขาวิชา ปิโตรเคมี-โพลิเมอร์ ลายมือชื่อนิสิต ประสิทธิ์ สุมนัสวรพันธุ์

สาขาวิชา เทคโนโลยี ปิโตรเคมี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2534 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C005065 : MAJOR PETROCHEMICAL TECHNOLOGY
KEY WORD : FILLERS/CALCIUM CARBONATE/CARBON BLACK/HDPE
PRASIT SUMANUTVARAPUN : EFFECT OF FILLERS ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF HIGH DENSITY POLYETHYLENE. THESIS ADVISORS : ASSOC. PROF. PATTARAPAN PRASASSARAKICH, Ph.D.; ASSOC. PROF. KANCHANA TRAKULCOO, D.Eng., 111 pp. ISBN 974-581-357-5

The mechanical properties of high density polyethylene filled with two types of fillers, calcium carbonate (039 and 1939) and carbon black were studied. The polymer was mixed with fillers at 0-50% by means of a two-rolls mill mixing. The test samples were formed by a hydraulic hot press and were cut to standard specimens to test for tensile strength, elongation, modulus, notched Izod impact and hardness.

The results show that, both fillers could enhance tensile modulus, hardness and tensile strength at higher filler loading except the tensile strength of HDPE-$CaCO_3$ 039 compound. Both fillers gave lower elongation and Izod impact strength. The enhancement of compounding properties came from the smaller in filler particle size. Compared with the rising and declining properties of filled system, the calcium carbonates were better than the carbon black.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา สหสาขาวิชา ปิโตรเคมี-โพลิเมอร์ ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา เทคโนโลยี ปิโตรเคมี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2534 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to express my sincere gratitude and appreciation to my advisor, Associate Professor Dr. Pattarapan Prasassarakitch and to my co-advisor, Associate Professor Dr. Kanchana Trakulcoo, for their invaluable guidance, advice, kindness and encouragement through the course of thesis.

I am very grateful to the Department of Material Science and Catalysis Laboratory of Department of Chemical Engineering, Chulalongkorn University, Department of Chemistry, King Mongkut's Institute of Technology, Lardkrabang and Department of Industrial Mechanical, King Mongkut's Institute of Technology, North Bangkok, for the use of their laboratories, equipment, and their excellent facilities. The great gratitude also go to the Thai Petrochemical Industry Co., Ltd. for the raw materials. Thanks are also extended to my good friends and my family for their love, assistance, guidance and encouragements.

The financial support for this research from the Scientific and Technology Development Board (STDB) is greatfully acknowledged. Finally, I wish to thank to the thesis committee, Associate Professor Dr. Suda Kiatkamjornwong and Professor Dr. Piyasan Praserthdam for their comments and suggestions. Thanks are also due to everyone who has contributed suggestions and given me moral support for this thesis.

CONTENTS

Page

ABSTRACT IN THAI..... IV

ABSTRACT IN ENGLISH..... V

ACKNOWLEDGEMENTS..... VI

CONTENTS..... VII

LIST OF TABLES..... X

LIST OF FIGURES..... XII

CHAPTER

1. INTRODUCTION..... 1

2. THEORY AND LITERATURE REVIEW

2.1 Polyethylene..... 6

2.1.1 Physical and chemical properties..... 8

2.1.2 Processing and production..... 14

2.1.3 Application..... 17

2.2 Fillers..... 19

2.2.1 Type and properties..... 19

2.2.2 Theory of the action of fillers and reinforcements..... 22

2.2.3 Calcium carbonate..... 24

2.2.4 Carbon black..... 31

2.2.5 Glass fiber..... 35

2.3 Literature review..... 43

Page

3. APPARATUS AND EXPERIMENTAL METHOD

3.1 Raw materials..... 57

3.2 Apparatus..... 61

3.3 Experimental procedure..... 63

4. RESULTS AND DISCUSSION

4.1 Some properties of fillers..... 65

4.2 Tensile properties measurement

4.2.1 Stress-strain curve at different percents of $CaCO_3$..... 70

4.2.2 Stress-strain curve at different percents of carbon black..... 74

4.2.3 Stress-strain curve at different percents of glass fiber..... 76

4.3 Effect of filler on mechanical properties of high density polyethylene

4.3.1 Tensile strength..... 78

4.3.2 Elongation..... 82

4.3.3 Modulus..... 85

4.3.4 Notched Izod impact strength..... 88

4.3.5 Hardness..... 92

4.4 Comparison of filler types..... 92

4.5 Scanning electron micrographs..... 96

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Page

5. CONCLUSION..... 104

REFERENCE..... 107

VITA..... 111

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF TABLES

Table		Page
1.1	Production statistics for 1975 - 1976.....	4
1.2	The annual usage of most major fillers and reinforcements.....	5
2.1	Intrinsic properties that affect polyethylene resins.....	12
2.2	General classification of fillers.....	20
2.3	Typical properties of natural calcium carbonates.....	26
2.4	Typical properties of precipitated calcium carbonates....	28
2.5	Properties of different types of glass fibers.....	37
2.6	Tensile properties for PP, HDPE filled and unfilled, and for ABS polymer.....	44
2.7	Heat deflection temperature values of mica filled polypropylene system.....	46
3.1	Some properties of polyethylene.....	58
3.2	Some properties of calcium carbonate.....	59
3.3	Some properties of carbon black.....	60
3.4	The specification of the two roll mixing mill.....	61
3.5	The specification of hydraulic hot pressing.....	62
4.1	Some physical properties of fillers.....	67
4.2	Effect of fillers on tensile strength at various percents of fillers.....	81

Table (continued) Page

4.3 Effect of fillers on elongation at various percents of fillers..... 84

4.4 Effect of fillers on modulus at various percents of fillers..... 87

4.5 Effect of fillers on Izod impact strength at various percents of fillers..... 91

4.6 Effect of fillers on hardness at various percents of fillers..... 94

4.7 Summary of mechanical properties of unfilled and filled HDPE..... 95

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF FIGURES

Figure | Page

2.1 Effect of surface treatment and coupling agent level on tensile strength; Phlogopite micas 3 and 4..... 47

2.2 Effect of particle size and coupling agent level on tensile strength; micas 1 and 3..... 47

2.3 Effect of particle size and coupling agent level on flexural modulus; micas 1 and 3..... 48

2.4 Effect of mixing procedure and coupling agent level on tensile strength; mica 1..... 48

2.5 Dependence of total elongation up to 3360% on test temperature for PP homopolymer..... 50

2.6 Tensile modulus and tensile strength versus filler content for HDPE-based materials..... 52

2.7 Elongation at break and impact resistance versus filler content for PS-based materials..... 52

4.1 Particle size distribution of calcium carbonate..... 66

4.2 Electron micrograph of fillers..... 68

4.3 Relationship of stress-strain curve of HDPE..... 71

4.4 Relationship of stress-strain curve at various percents of $CaCO_3$ 039..... 72

4.5 Relationship of stress-strain curve at various percents of $CaCO_3$ 1939..... 73

Figure (continued) Page

4.6 Relationship of stress-strain curve at various percents of carbon black..... 75

4.7 Relationship of stress-strain curve at various percents of glass fiber..... 77

4.8 Effect of fillers on tensile strength at various percents of fillers..... 80

4.9 Effect of fillers on elongation at various percents of fillers..... 83

4.10 Effect of fillers on modulus at various percents of fillers..... 86

4.11 Effect of fillers on Izod impact strength at various percents of fillers..... 90

4.12 Effect of fillers on hardness at various percents of fillers..... 93

4.13 Scanning electron micrograph of the fracture surface of HDPE filled with 30% $CaCO_3$ 039, 270x magnification..... 97

4.14 Scanning electron micrograph of the fracture surface of HDPE filled with 30% $CaCO_3$ 1939, 270x magnification..... 97

4.15 Scanning electron micrograph of the fracture surface of HDPE filled with 40% $CaCO_3$ 039, 270x magnification..... 98

4.16 Scanning electron micrograph of the fracture surface of HDPE filled with 40% $CaCO_3$ 1939, 270x magnification..... 98

Figure (continued) Page

4.17 Scanning electron micrograph of the fracture surface of HDPE filled with 40% $CaCO_3$ 039, 1000x magnification..... 99

4.18 Scanning electron micrograph of the fracture surface of HDPE filled with 40% $CaCO_3$ 1939, 1000x magnification.... 99

4.19 Scanning electron micrograph of the fracture surface of HDPE filled with 2% carbon black, 100x magnification.... 100

4.20 Scanning electron micrograph of the fracture surface of HDPE filled with 10% glass fiber, 35x magnification..... 102

4.21 Scanning electron micrograph of the fracture surface of HDPE filled with 20% glass fiber, 35x magnification..... 102

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย