

ผลของเอชดีพีอีต่อสมบัติเชิงกลและเชิงกายภาพของฟิล์มเป่าแอลแอลดีพีอี/แอลดีพีอี



นายปิยะ สวัสดิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาปิโตรเคมีและวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-14-1768-3

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I ๑๑๓๖๖๖๖

**EFFECT OF HDPE ON MECHANICAL AND PHYSICAL PROPERTIES
OF LLDPE/LDPE BLOWN FILMS**

Mr. Piya Sawasdi

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Petrochemistry and Polymer Science**

Program of Petrochemistry and Polymer Science

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2005

ISBN 974-14-1768-3

431824

ปิยะ สวัสดิ์ : ผลของเอชดีพีอีต่อสมบัติเชิงกลและเชิงกายภาพของฟิล์มเป่าแอลแอลดีพีอี/แอลดีพีอี

(EFFECT OF HDPE ON MECHANICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF LLDPE/LDPE

BLOWN FILMS) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.ศุภวรรณ ดันตยานนท์, อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ.ดร.พิชญ์ สุภผล ;

84 หน้า, ISBN 974-14-1768-3

งานวิจัยนี้ ได้ศึกษาผลของเอชดีพีอีต่อสมบัติเชิงกลและเชิงกายภาพของฟิล์มเป่าแอลแอลดีพีอี/แอลดีพีอี โดยใช้แอลแอลดีพีอีสองชนิดซึ่งผลิตโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาซีเกลอร์-แนคทา (แซดเอ็น-แอลแอลดีพีอี) และตัวเร่งปฏิกิริยามทัลโลซีน (เอ็ม-แอลแอลดีพีอี) เอชดีพีอีสองชนิดซึ่งมีค่าดัชนีการหลอมไหลแตกต่างกันคือ 0.04 กรัมต่อ 10 นาที (เอชดีพีอี1) และ 0.7 กรัมต่อ 10 นาที (เอชดีพีอี2) ในส่วนแรกเป็นการเตรียมฟิล์มเป่าที่สัดส่วนต่างๆ กัน โดยกำหนดให้ปริมาณแอลดีพีอีคงที่ 15% โดยน้ำหนัก และเอชดีพีอีมีปริมาณ 5-30% โดยน้ำหนัก นำฟิล์มเป่ามาทดสอบสมบัติเชิงกล ได้แก่ การคงรูป (ยังสัมมอดูลัส) การทนต่อแรงดึงที่จุดขาด การยืดออกที่จุดขาด การทนต่อแรงฉีกขาด การทนต่อแรงกระแทก และการทนต่อการเจาะทะลุ และนำมาทดสอบสมบัติกายภาพ ได้แก่ ความขุ่น ความมันเงา จำนวนเจล อุณหภูมิการชิลติคเริ่มต้น และปริมาณผลผลิต นอกจากนี้ได้ศึกษาสมบัติทางความร้อน นอนไอโซเทอร์มอลเมลต์คริสตัลไลเซชันและพฤติกรรมการหลอมเหลว พบว่าเมื่อปริมาณของเอชดีพีอีเพิ่มขึ้น ปริมาณผลึกของฟิล์มเป่าเพิ่มขึ้น ซึ่งสัมพันธ์กับค่ายังสัมมอดูลัสที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ความใสของฟิล์มเป่าลดลง ปริมาณเอชดีพีอี 15% โดยน้ำหนัก ทำให้ฟิล์มเป่ามีสมบัติเชิงกลและสมบัติเชิงกายภาพเหมาะสมกว่าฟิล์มเป่าที่มีปริมาณเอชดีพีอีอื่นๆ สำหรับฟิล์มเป่าที่เตรียมจากเอชดีพีอี มีสมบัติเชิงกลดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับฟิล์มเป่าที่เตรียมจากเอชดีพีอี 2 และยังมีลักษณะพื้นผิวฟิล์มไม่เรียบ พบว่าฟิล์มเป่าที่ใช้เอ็ม-แอลแอลดีพีอี มีสมบัติเชิงกลส่วนใหญ่ดีกว่า แต่แซดเอ็น-แอลแอลดีพีอีมีความขุ่นต่ำกว่า เมื่อกำหนดให้ปริมาณของเอชดีพีอี 2 คงที่ที่ 15% โดยน้ำหนัก และแอลดีพีอีมีปริมาณ 5, 15 และ 25% โดยน้ำหนัก พบว่าฟิล์มเป่ามีสมบัติเชิงกลต่างๆลดลง แต่สมบัติเชิงกายภาพดีขึ้น โดยเฉพาะความขุ่นและอุณหภูมิการชิลติคเริ่มต้นของฟิล์มเป่าลดลง ฟิล์มเป่าที่เตรียมจากเอ็ม-แอลแอลดีพีอี มีสมบัติเชิงกลดีกว่า แต่ฟิล์มเป่าที่เตรียมจากแซดเอ็น-แอลแอลดีพีอี มีสมบัติทางกายภาพดีกว่า

ลายมือชื่อนิสิต _____

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม _____

สาขาวิชา ปิโตรเคมีและวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์


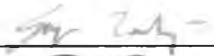
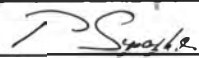
ปีการศึกษา 2548

4773408223 : MAJOR PETROCHEMISTRY AND POLYMERSCIENCE

KEY WORD : LINEAR LOW DENSITY POLYETHYLENE / METALLOCENE POLYETHYLENE / HIGH DENSITY POLYETHYLENE / LOW DENSITY POLYETHYLENE / POLYETHYLENE BLOWN FILM

PIYA SAWASDI : EFFECT OF HDPE ON MECHANICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF LLDPE/LDPE BLOWN FILMS. THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF. SUPAWAN TANTAYANON, Ph.D. THESIS CO-ADISOR: ASSOC. PROF. PITT SUPAPHOL, Ph.D. 84 pp., ISBN 974-14-1768-3

The effect of HDPE on mechanical and physical properties of LLDPE/LDPE blown films were studied. Two types of LLDPE, produced by using Ziegler-Natta (zn-LLDPE) and metallocene catalytic systems (m-LLDPE); two grades of HDPE with different melt flow indices; 0.04 g/10min (HDPE1) and 0.7 g/10min (HDPE2), were used. In the first part, blown films were prepared at various compositions at a fixed LDPE content of 15% by weight, while HDPE content was varied from 5 to 30% by weight. The mechanical properties of the blown films were measured: i.e., stiffness (Young's modulus), tensile strength, elongation at break, tear resistance, impact resistance and puncture resistance. Various physical properties were also characterized: i.e., haze, gloss, amount of gel particles, initial seal temperature and mass throughput. Furthermore, their thermal property was investigated. These included the non-isothermal melt-crystallization and melting behavior. The results obtained indicated that increasing HDPE content caused an increase in the crystallinity of blown films which caused the Young's modulus to increase, while the clarity decreased. The blown films containing 15% HDPE by weight exhibited the most suitable mechanical and physical properties of blown films. The blown films containing HDPE1 had inferior mechanical properties with rough surface. Almost all blown films containing m-LLDPE showed better mechanical properties but more haze than the ones containing zn-LLDPE. In the second part, HDPE2 was kept constant at 15% by weight, while the LDPE content was varied (i.e., 5, 15 and 25% by weight). It was found that the mechanical properties of blown films decreased but better physical properties, especially lower haze and initial seal temperature. The blown films containing m-LLDPE exhibited better mechanical properties, while the blown films containing zn-LLDPE exhibited better physical properties.

| | | |
|----------------|---|---|
| | Student's signature | <u></u> |
| Field of study | <u>Petrochemistry and Polymer Science</u> | Advisor's signature <u></u> |
| Academic year | <u>2005</u> | Co-advisor's signature <u></u> |

ACKNOWLEDGMENTS

With the assistance of many valuable people, this research work and thesis are finally completed. I would like to express gratitude towards my advisor, Associate Professor Supawan Tantayanon, Ph.D. and Associate Professor Pitt Supaphol, Ph.D., their has given me important advice during the course of this research. Furthermore, I would like to thank all members of my thesis committee, Professor Pattarapan Prasassarakich, Ph.D., Associate Professor Wimonrat Trakampruk, Ph.D., Assistant Professor Varawut Tangpasuthadol, Ph.D. who have kindly given their valuable time to comment on my thesis.

Special thanks are due to Mr. Paradorn Chulajata, Prepack(Thailand) Co.. Ltd., for kindness and hospitality in providing blown film machine, testing equipment and supply of LLDPE, LDPE and HDPE resins for this research work.

Thanks go to everyone who has contributed suggestions and support during this research. The last, I thank all members of my family for their full support and encouragement.

CONTENTS

| | PAGE |
|---|------|
| ABSTRACT (in Thai)..... | iv |
| ABSTRACT (in English)..... | v |
| ACKNOWLEDGEMENTS..... | vi |
| CONTENTS..... | vii |
| LIST OF TABLES..... | xi |
| LIST OF FIGURES..... | xii |
| | |
| CHAPTER I INTRODUCTION | 1 |
| 1.1 General introduction | 1 |
| 1.2 Objective | 2 |
| 1.3 Scope of research | 3 |
| CHAPTER II THEORY..... | 4 |
| 2.1 Polyethylene properties | 4 |
| 2.2 Characteristics of metallocene and Ziegler-Natta catalyst LLDPE | 6 |
| 2.3 Polymer blend | 7 |
| 2.4 Determination of polymer/polymer miscibility | 9 |
| 2.5 Blown film extrusion process | 9 |
| 2.6 Literature reviews | 11 |
| CHAPTER III EXPERIMENTAL | 16 |
| 3.1 Materials | 16 |
| 3.1.1 Linear low density polyethylene (LLDPE)..... | 16 |
| 3.1.2 High density polyethylene (HDPE) | 16 |
| 3.1.3 Low density polyethylene (LDPE) | 17 |
| 3.2 Instruments and apparatus | 17 |

| | PAGE |
|--|------|
| 3.3 Experimentation for a blown film LLDPE/LDPE/HDPE | 18 |
| 3.3.1 Mixing | 18 |
| 3.3.2 Blown film | 19 |
| 3.4 Mechanical properties testing of blown film | 20 |
| 3.4.1 Tensile strength, elongation at break and Young's modulus testing | 20 |
| 3.4.2 Elmendorf tear testing | 21 |
| 3.4.3 Dart Impact resistance testing | 22 |
| 3.4.4 Puncture resistance testing | 22 |
| 3.5 Physical properties testing of blown film | 22 |
| 3.5.1 Measuring of haze | 22 |
| 3.5.2 Measuring of gloss | 23 |
| 3.5.3 Measuring of gel count | 23 |
| 3.5.4 Measuring of throughput | 24 |
| 3.5.5 Initial seal temperature | 24 |
| 3.5.6 Differential scanning calorimeter (DSC) | 25 |
| CHAPTER IV RESULTS AND DISCUSSION | 26 |
| 4.1 Effect of HDPE content | 26 |
| 4.1.1 Effect of HDPE content on mechanical properties of LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 27 |
| 4.1.1.1 Effect of HDPE content on Young's modulus | 27 |
| 4.1.1.2 Effect of HDPE content on tensile strength | 29 |
| 4.1.1.3 Effect of HDPE content on elongation at break | 32 |
| 4.1.1.4 Effect of HDPE content on Elmendorf tear | 34 |
| 4.1.1.5 Effect of HDPE content on dart impact resistance ... | 36 |

| | PAGE |
|--|------|
| 4.1.1.6 Effect of HDPE content on puncture resistance..... | 37 |
| 4.1.2 Effect of HDPE content on physical properties of LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 38 |
| 4.1.2.1 Effect of HDPE content on haze | 38 |
| 4.1.2.2 Effect of HDPE content on gloss | 39 |
| 4.1.2.3 Effect of HDPE content on gel count | 40 |
| 4.1.2.4 Effect of HDPE content on throughput | 41 |
| 4.1.2.5 Effect of HDPE content on initial seal temperature... | 43 |
| 4.2 Effect of LDPE content | 44 |
| 4.2.1 Effect of LDPE content on mechanical properties of LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 45 |
| 4.2.1.1 Effect of LDPE content on Young's modulus | 45 |
| 4.2.1.2 Effect of LDPE content on tensile strength | 46 |
| 4.2.1.3 Effect of LDPE content on elongation at break | 48 |
| 4.2.1.4 Effect of LDPE content on Elmendorf tear | 50 |
| 4.2.1.5 Effect of LDPE content on dart impact resistance ... | 51 |
| 4.2.1.6 Effect of LDPE content on puncture resistance | 52 |
| 4.2.2 Effect of LDPE content on physical properties of LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 53 |
| 4.2.2.1 Effect of LDPE content on haze | 53 |
| 4.2.2.2 Effect of LDPE content on gloss | 54 |
| 4.2.2.3 Effect of LDPE content on gel count | 55 |
| 4.2.2.4 Effect of LDPE content on throughput | 56 |
| 4.2.2.5 Effect of LDPE content on initial seal temperature .. | 56 |
| 4.3 Thermal property of LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 58 |

| | PAGE |
|---|------|
| CHAPTER V CONCLUSION AND SUGGESTION | 62 |
| 5.1 Conclusion | 62 |
| 5.2 Suggestion for further study..... | 63 |
| REFERENCES | 64 |
| APPENDICES | 67 |
| APPENDIX A | 68 |
| APPENDIX B | 69 |
| VITAE | 84 |

LIST OF TABLES

| TABLE | PAGE |
|---|------|
| 2.1 Synthetic methods for polyethylene manufacture | 4 |
| 2.2 Polyethylene properties | 5 |
| 3.1 Formulation of LLDPE/HDPE/LDPE mixes (% by weight) | 18 |
| 4.1 Effect of HDPE content on gel count of LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 41 |
| 4.2 Effect of HDPE content on throughput of LLDPE/LDPE/HDPE blown film ... | 42 |
| 4.3 Effect of LDPE content on gel count of LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 55 |
| 4.4 Effect of HDPE content on throughput of LLDPE/LDPE/HDPE blown film ... | 56 |
| 4.5 % Crystallinity of LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 61 |
| A1 Young's Modulus of LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 69 |
| A2 Tensile strength of LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 71 |
| A3 Elongation at break of LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 73 |
| A4 Elmendorf tear of LLDPE/LDPE/HDPE blown films | 75 |
| A5 Dart impact resistance of LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 77 |
| A6 Puncture resistance of LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 78 |
| A7 Haze of LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 79 |
| A8 Gloss of LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 80 |
| A9 Initial seal temperature of LLDPE/LDPE/HDPE blown films..... | 81 |
| A10 DSC melting of LLDPE/LDPE/HDPE blown films..... | 82 |
| A11 DSC cooling of LLDPE/LDPE/HDPE blown films..... | 83 |

LIST OF FIGURES

| FIGURE | PAGE |
|---|------|
| 2.1 Model structure of polyethylenes, illustrating the various types of regularity of side chains | 6 |
| 2.2 Blown film extrusion | 10 |
| 3.1 Blown film process | 20 |
| 3.2 Film dimensions of tensile test specimen | 20 |
| 3.3 Film dimensions of Elmendorf tear test specimens and Elmendorf tear | 21 |
| 3.4 Measurement of gloss | 23 |
| 3.5 Film dimensions of seal strength test | 24 |
| 4.1 Effect of HDPE content on Young's modulus in machine direction of LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 28 |
| 4.2 Effect of HDPE content on Young's modulus in transverse direction of LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 28 |
| 4.3 Effect of HDPE content on tensile strength in machine direction of LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 30 |
| 4.4 Effect of HDPE content on tensile strength in transverse direction of LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 30 |
| 4.5 Effect of HDPE content on elongation at break in machine direction of LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 32 |
| 4.6 Effect of HDPE content on elongation at break in transverse direction of LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 32 |
| 4.7 Effect of HDPE content on Elmendorf tear in machine direction of LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 35 |
| 4.8 Effect of HDPE content on Elmendorf tear in transverse direction of LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 35 |

| FIGURE | PAGE |
|---|------|
| 4.9 Effect of HDPE content on dart impact resistance of LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 36 |
| 4.10 Effect of HDPE content on puncture resistance of LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 37 |
| 4.11 Effect of HDPE content on haze of LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 38 |
| 4.12 Effect of HDPE content on gloss of LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 39 |
| 4.13 Effect of HDPE content on initial seal temperature of m-LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 43 |
| 4.14 Effect of HDPE content on initial seal temperature of zn-LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 44 |
| 4.15 Effect of HDPE content on Young's modulus in machine direction of LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 45 |
| 4.16 Effect of LDPE content on Young's modulus in transverse direction of LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 45 |
| 4.17 Effect of LDPE content on tensile strength in machine direction of LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 47 |
| 4.18 Effect of LDPE content on tensile strength in transverse direction of LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 47 |
| 4.19 Effect of LDPE content on elongation at break in machine direction of LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 49 |
| 4.20 Effect of LDPE content on elongation at break in transverse direction of LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 49 |
| 4.21 Effect of LDPE content on Elmendorf tear in machine direction of LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 50 |
| 4.22 Effect of LDPE content on Elmendorf tear in transverse direction of LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 51 |

| FIGURE | PAGE |
|---|------|
| 4.23 Effect of LDPE content on dart impact resistance of LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 52 |
| 4.24 Effect of LDPE content on puncture resistance of LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 52 |
| 4.25 Effect of LDPE content on haze of LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 53 |
| 4.26 Effect of LDPE content on gloss of LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 54 |
| 4.27 Effect of LDPE content on initial seal temperature of m-LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 57 |
| 4.28 Effect of LDPE content on initial seal temperature of zn-LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 57 |
| 4.29 DSC melting curves of zn-LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 59 |
| 4.30 DSC crystallization curves of zn-LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 59 |
| 4.31 DSC melting curves of m-LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 60 |
| 4.32 DSC crystallization curves of m-LLDPE/LDPE/HDPE blown film | 60 |