THE INFLUENCE OF REPROCESSING ON THE PROPERTIES OF HIGH DENSITY POLYETHYLENE (HDPE)

Ms. Ying-anong Arthasart

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
1996

ISBN 974-633-849-8

I17723413

Thesis Title	:	The Influence of Reprocessing on the Properties of High Density Polyethylene (HDPE)
By	:	Ms. Ying-anong Arthasart
Program	:	Polymer Science
Thesis Advisors	:	1. Asst. Prof. David C. Martin 2. Assoc. Prof. Kanchana Trakulcoo

---

Accepted by the Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science.

..... Director of the College
(Prof. Somchai Osuwan)

Thesis Committee

.....
(Asst. Prof. David C. Martin)

.....
(Assoc. Prof. Kanchana Trakulcoo)

.....
(Assoc. Prof. Anuvat Sirivat)

บทคัดย่อ

ยิ่งอนงค์ อัตถศาสตร์: ผลกระทบของการนำกลับมาผลิตใหม่ที่มีต่อคุณสมบัติของโพลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (The Influence of Reprocessing on the Properties of High Density Polyethylene) : ผศ. ดร. เดวิด ซี. มาร์ติน, รศ. ดร. กัญจนา ตระกูลคู, 40 หน้า ISBN 974-633-849-8

โพลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง เป็นพลาสติกทางการค้าซึ่งใช้ในการผลิตพลาสติกบรรจุภัณฑ์ในปัจจุบัน ความจำเป็นในการรีไซเคิลขยะพลาสติกเป็นผลมาจากการที่วัตถุดิบมีราคาสูงและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม พอลิเมอร์ผสมของโพลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงชนิดบริสุทธิ์ และจากขวดน้ำดื่มที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว ถูกนำกลับมาผลิตใหม่สิบครั้งโดยใช้เครื่องอัดรีดแบบสกรูแฝด แล้วนำมาศึกษาผลกระทบของการนำกลับมาผลิตใหม่ และอิทธิพลของปริมาณของโพลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงจากขวดน้ำดื่มที่ผ่านการใช้งานมาแล้วที่มีต่อความสามารถในการขึ้นรูป สมบัติเชิงความร้อนและสมบัติเชิงกล จากการศึกษาพบว่าโพลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงชนิดบริสุทธิ์และพอลิเมอร์ผสมที่นำกลับมาผลิตใหม่ที่อุณหภูมิ 235 องศาเซลเซียส จำนวนสิบครั้งจะมีความสามารถในการขึ้นรูปดีขึ้น ความหนืดและเปอร์เซ็นต์สภาพผลึกลดลง และสมบัติเชิงกลเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย การลดลงของดัชนีการไหลน่าจะมีสมมติฐานมาจากการเชื่อมขวางของสายโซ่พอลิเมอร์หรือการเกิดกิ่งของสายโซ่พอลิเมอร์มากกว่าการแตกหักของสายโซ่พอลิเมอร์

ABSTRACT

- ## 942016 : MAJOR POLYMER SCIENCE
- KEY WORDS : HDPE/REPROCESSING/PROPERTIES

YING-ANONG ARTHASART : THE INFLUENCE OF REPROCESSING ON THE PROPERTIES OF HIGH DENSITY POLYETHYLENE (HDPE) : THESIS ADVISORS : ASST. PROF. DAVID C. MARTIN, PH.D. AND ASSOC. PROF. KANCHANA TRAKULCOO, PH.D., 40 PP. ISBN 974-633-849-8

High Density Polyethylene (HDPE) is a commodity thermoplastic used to produce a major percentage of plastic containers on the market today. The need for recycling of plastic waste is a result of the high price of material and environmental pollution. Blends of virgin/postconsumer HDPE from water bottles at different ratios ranging from virgin to 100 % post-consumer HDPE were reprocessed for 10 passes using twin screw extruder. The effects of reprocessing and varying the amount of post-consumer HDPE on processability, thermal and mechanical properties were investigated. It was found that virgin HDPE and blends of virgin/post-consumer HDPE can be reprocessed at 235 $^{\circ}$ C for 10 passes with better processability, decrease in viscosity and percentage of crystallinity, and small changes in mechanical properties. A decrease in MFI was hypothesized to be due to crosslinking or chain branching rather than to chain scission.

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to give special thanks to my advisor Asst. Prof. David C. Martin of the University of Michigan and my coadvisor, Assoc. Prof. Kanchana Trakulcoo of Petroleum and Petrochemical College, for their guidance throughout this work. I am also grateful to UDLP for financial support of my visit to the University of Michigan.

Thanks also go to Mr. Bernd U. Jacob for taking time to help with the processing and also to Mr. John W. Ellis for useful suggestions on testing procedure. A special thank to my family for giving love, encouragement and financial support. Acknowledgements are also directed to the staff of the Petroleum and Petrochemical College and also my friends in the Polymer Science program.

TABLE OF CONTENTS

CHAPTER		PAGE
	Title Page	i
	Abstract	ii
	Acknowledgements	vi
	Table of Contents	v
	List of Tables	viii
	List of Figures	ix
I	**INTRODUCTION**	
	1.1 High Density Polyethylene	1
	1.2 Recycling of High Density Polyethylene	3
	1.3 Literature Review	4
	1.4 Objectives	6
	1.5 Statement of Problems	7
II	**EXPERIMENTAL DETAILS**	
	2.1 Materials	8
	2.2 Processing	9
	2.3 Sample Preparation	9

CHAPTER **PAGE**

2.4 Testing Procedure 10

2.3.1 Melt Flow Index (MFI) 10

2.3.2 Viscosity Measurement 10

2.3.3 Tensile Test 10

2.3.4 Flexural Test 10

2.3.5 Impact Resistance Test 11

2.3.6 Environmental Stress Cracking Resistance Test 11

2.3.7 Differential Scanning Calorimetry (DSC) 11

III RESULTS AND DISCUSSIONS

3.1 Properties of unprocessed virgin HDPE and post-consumer HDPE 12

3.2 Reprocessing of virgin HDPE and post-consumer HDPE

3.2.1 Processability 14

3.2.2 Viscosity 16

3.2.3 Melt Flow Index (MFI) 17

3.2.4 Thermal Analysis 21

3.3.5 Environmental Stress Cracking Resistance (ESCR) 23

3.3 Reprocessing of Blends of virgin/post-consumer HDPE

3.3.1 Processability 26

3.3.2 Viscosity 27

3.3.3 Melt Flow Index (MFI) 28

3.3.4 Thermal Analysis 29

3.3.5 Tensile Strength 30

3.3.6 Flexural Strenght 31

3.3.7 Impact Resistance 32

CHAPTER		PAGE
IV	CONCLUSIONS AND FUTURE WORKS	34
	REFERENCES	36
	APPENDIX	39

LIST OF TABLES

TABLE		PAGE
3.1	Properties of unprocessed virgin and post-consumer HDPE	13
3.2	% Failure by cracking of reprocessed virgin and the 100 % post-consumer HDPE under ethanol and glacial acetic acid	25

LIST OF FIGURES

FIGURE		PAGE
1.1	The plastic packaging market in 1994.	2
3.1	Viscosity of unprocessed virgin and post-consumer HDPE at shear rates of 100 - 1000 sec.$^{-1}$	14
3.2	Melt pressure of virgin HDPE and the 100 % post-consumer HDPE during reprocessing.	15
3.3	Viscosity at shear rate of 291.8 sec.$^{-1}$ of virgin HDPE and the 100 % post-consumer HDPE during reprocessing.	17
3.4	MFI of virgin HDPE and the 100 % post-consumer HDPE during reprocessing compared to MFI from Hinsken's work.	18
3.5	MFI of HDPE without any stabilizer from Mitterhoferís work.	18
3.6	Melting temperature of virgin HDPE and the 100 % post-consumer HDPE during reprocessing.	22
3.7	% Crystallinity of virgin HDPE and the 100 % post-consumer HDPE during reprocessing.	22
3.8	Melt pressure of reprocessed HDPE for all ratios during reprocessing.	26
3.9	Viscosity at shear rate of 291.8 sec.$^{-1}$of reprocessed HDPE for all ratios during reprocessing.	27
3.10	MFI of reprocessed HDPE for all ratios during reprocessing.	29
3.11	% Crystallinity of reprocessed HDPE for all ratios.	30
3.12	Tensile strength of reprocessed HDPE for all ratios.	31
3.13	Flexural strength of reprocessed HDPE for all ratios.	32
3.14	Impact resistance of reprocessed HDPE for all ratios.	33