RESEARCH AND DEVELOPMENT OF POLYCARBONATE/POLY(METHYL METHACRYLATE) ALLOYS

Aphichaya Bunleechai

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment 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
2013

Thesis Title:	Research and Development of PC/PMMA Alloys
By:	Aphichaya Bunleechai
Program:	Polymer Science
Thesis Advisors:	Asst. Prof. Hathaikarn Manuspiya
	Dr. Ruksapong Kunanuruksapong

Accepted by The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, in partial fulfilment of the requirements for the Degree of Master of Science.

..... College Dean

(Asst. Prof. Pomthong Malakul)

Thesis Committee:

Hathaikarn M.
.....

(Asst. Prof. Hathaikarn Manuspiya)

.....

(Dr. Ruksapong Kunanuruksapong)

Thanyalak Chai
.....

(Asst. Prof. Thanyalak Chaisuwan)

Potejanee Sornthummalee
.....

(Dr. Potejanee Sornthummalee)

ABSTRACT

5472001063: Polymer Science Program
Aphichaya Bunleechai: Research and Development of PC/PMMA Alloys
Thesis Advisors: Asst. Prof. Hathaikarn Manuspiya, and Dr. Ruksapong Kunanuruksapong 166 pp.
Keywords: PC/PMMA alloys/ Compatibilizer

Polycarbonate (PC), one of the engineering thermoplastic, has been attractive to use in various applications owing to its excellent impact resistance and transparency. However, the poor scratch resistance of PC could limit some applications. In this research, the scratch resistance of PC is aimed to be improved by blending PC with poly(methyl methacrylate) (PMMA). PMMA is well known for high scratch resistance but also has some limitations like low impact strength. Then, the blend of PC and PMMA can cause the synergistic properties of PC and PMMA. PC/PMMA alloys generally are immiscible blends which produce phase separation of these two components and result in poor mechanical properties especially the impact strength. In order to improve the compatibility between PC and PMMA, the compatibilizers, poly(ethylene-co-methacrylic acid) (EMAA), ethylene methyl acrylate copolymer (EMA) and ethylene/methyl acrylate/glycidyl methacrylate terpolymer (EMG), were selected to improve the compatibility of alloys. Most compatibilizers improve the impact strength of the alloys but the drawback is the opaque of alloy resin. To maintain the transparency of PC and PMMA, the transesterification catalysts samarium acetylacetonate hydrate (SMACA) and Tin(II)chloride dihydrate($SnCl_2.2H_2O$), were chosen to generate the graft copolymer of PC and PMMA for compatibilization. According to the study, PC80/PMMA20/EMA5 and PC80/PMMA20/EMG1 alloys exhibited the outstanding properties in impact strength than can comparable to neat PC. Therefore, they were selected to compare with commercially available benchmarks.

บทคัดย่อ

อภิชญา บุญลีชัย : การวิจัยและพัฒนาพลาสติกผสมระหว่างพลาสติกวิศวกรรม พอลิคาร์บอเนตและพอลิ(เมทิลเมทาคริเลต) (Research and Development of PC/PMMA Alloys) อ.ที่ปรึกษา : ผศ. ดร.หทัยกานต์ มนัสปิยะ และ ดร.รักษพงศ์ คุณานุรักษพงศ์ 166 หน้า

พอลิคาร์บอเนตเป็นพลาสติกเชิงวิศวกรรมชนิดหนึ่งที่มีความใส และมีสามารถในการทนแรงกระแทกได้สูง แต่มีความสามารถในการทนทานต่อการขีดข่วนได้ต่ำ ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้ทำการผสมพอลิคาร์บอเนตกับพอลิ(เมทิลเมทาคริเลต) ซึ่งมีความใสเช่นเดียวกัน และมีความสามารถในการทนทานต่อการขีดข่วนได้ดี เพื่อปรับปรุงและพัฒนาคุณสมบัติการทนทานต่อการขีดข่วน อย่างไรก็ตาม การผสมพอลิคาร์บอเนตและพอลิ(เมทิลเมทาคริเลต) เกิดการแยกวัฏภาคระหว่างพอลิเมอร์ทั้งสองชนิดส่งผลให้พอลิเมอร์ผสมที่ได้มีความทึบ ดังนั้นจึงต้องทำการเพิ่มความเข้ากันได้ระหว่างพอลิคาร์บอเนตและพอลิ(เมทิลเมทาคริเลต) สารเพิ่มความเข้ากันได้จึงถูกเลือกมาใช้ในการผสมพอลิเมอร์ทั้งสองชนิดเพื่อช่วยให้มีความเข้ากันได้ดียิ่งขึ้น สารเพิ่มความเข้ากันที่เลือกใช้ ได้แก่ พอลิเอธีลีน-โค-เมทิลอะคริลิค แอซิด, เอธิลีน-เมทิลอะคริเลท โคพอลิเมอร์ และ เอธิลีน-เมทิลอะคริเลท-ไกลซิดิล เมทาคริเลท เทอร์พอลิเมอร์ และเมื่อทำการเติมสารเพิ่มความเข้ากันได้ลงในกระบวนการผสมแล้วทำให้ความแข็งแรงของพอลิเมอร์ผสมนั้นเพิ่มขึ้น แต่ข้อด้อยคือ พอลิเมอร์ผสมที่ได้ยังคงความทึบอยู่ อีกทั้งคุณสมบัติทางด้านการยืดและการงอมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณสารเพิ่มความเข้ากันได้ ดังนั้น ตัวเร่งปฏิกิริยา ซามาเลี่ยม อะซิทิลอะซิโทเนต ไฮเดรท และ ทิน(II)คลอไรด์ ไดไฮเดรท จึงถูกเลือกมาใช้ในการเร่งปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างพอลิคาร์บอเนตและพอลิ(เมทิลเมทาคริเลต) เพื่อศึกษาความเข้ากันได้และคุณสมบัติทางแสงของพอลิเมอร์ผสม นอกจากนี้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ยังได้ทำการศึกษาและรายงานผลจากการผสมสารเข้ากันได้และสารเติมแต่งของพอลิคาร์บอเนตและพอลิ(เมทิลเมทาคริเลต)ต่อ สัณฐานวิทยา, คุณสมบัติเชิงกายภาพ, คุณสมบัติเชิงกล, และ คุณสมบัติทางความร้อน จากผลการทดลองทั้งหมด พบว่า การเติมสารเพิ่มความเข้ากันได้ คือ เอธิลีน-เมทิลอะคริเลท โคพอลิเมอร์ ในปริมาณ 5 ส่วนใน 100 ส่วนของพอลิเมอร์ผสม และ เอธิลีน-เมทิลอะคริเลท-ไกลซิดิล เมทาคริเลท เทอร์พอลิเมอร์ ในปริมาณ 1 ส่วนใน 100 ส่วนของพอลิเมอร์ผสมลงไปในพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิคาร์บอเนตและพอลิ(เมทิลเมทาคริเลต)ในอัตราส่วน 80:20 ให้ผลการทดสอบความทนแรงกระแทกสูงเทียบเท่าพอลิคาร์บอเนต ดังนั้น พอลิเมอร์ผสมดังกล่าวจึงถูกนำไปเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆกับพอลิเมอร์ผสมทางการค้า

ACKNOWLEDGEMENTS

This work would not have been possible without the assistance of the following individuals.

First of all, I would like to express my deep appreciation to PTT Phenol Company Limited who heartfully supported this work with research grant.

Secondly, this research would not be succeeded without the raw materials including EMA, EMAA and EMAA(Zn) supported by Chemical Innovation group (Thailand) Co., Ltd. I would like to thank this company as well.

Third, I would like to express my sincere gratitude to Asst. Prof. Hathaikarn Manuspiya, Dr. Ruksapong Kunanuruksapong, Asst. Prof. Dr. Thanyalak Chaisuwan and Dr. Potejanee Sornthummalee for their supervision and suggestion of the experiment. Without their thoughtful helps, this research would not become fruitful.

Fourth, I gratefully acknowledge the Petroleum and Petrochemical College for providing the scholarship.

Last, I would like to thank my friends and my family for helpfulness, cheerfulness, suggestions, and encouragements.

TABLE OF CONTENTS

LIST OF TABLES

LIST OF FIGURES

FIGURE **PAGE**

FIGURE **PAGE**

FIGURE **PAGE**

FIGURE **PAGE**

FIGURE **PAGE**

FIGURE **PAGE**

FIGURE **PAGE**

FIGURE **PAGE**

FIGURE **PAGE**

ABBREVIATIONS

EMA	Ethylene methyl acrylate
EMAA	Sodium ionomer of poly(ethylene-*co*-methacrylate)
EMAA(Zn)	Zinc ionomer of poly(ethylene-co-methacrylate)
EMG	Ethylene/methyl acrylate/glycidyl methacrylate terpolymer
HDPE	High density polyethylene
PC	Polycarbonate
PET	Poly(ethylene terephthalate)
PMMA	Poly(methyl methacrylate)
SMACA	Samarium acetylacetonate hydrate
$SnCl_2.2H_2O$	Tin(II)chloride dihydrate
T_{cc}	Cold crystallization temperature
T_d	Decomposition temperature
T_g	Glass transition temperature
T_m	Melting temperature
TBATPB	Tetrabutylammonium tetraphenylborate
THF	Tetrahydrofuran

LIST OF SYMBOLS

θ	Diffraction angle
ΔE_{mix}	Energy change of the system
ΔG_{mix}	Gibbs free energy of mixing
ΔH_{mix}	Enthalpy of mixing
ΔS_{mix}	Entropy of mixing
ΔV_{mix}	Volume change of the system
P	Pressure of the system
T	Temperature
tan δ	Damping or loss factor