

# MISCIBLE BLENDS FROM ESCOR<sup>®</sup> TERPOLYMER

Ms. Worakanya Visitsart

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 of Partnership with  
The University of Michigan, The University of Oklahoma,  
and Case Western Reserve University

2001

ISBN 974-13-0729-2

I 1976 585 X

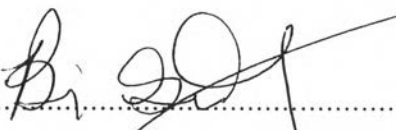
**Thesis Title:** Miscible Blends from ESCOR<sup>®</sup> Terpolymer  
**By:** Worakanya Visitsart  
**Program:** Polymer Science  
**Thesis Advisors:** Assoc. Prof. Brian P. Grady  
Dr. Manit Nithitanakul

---


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

*K. Bunyakit.*  
..... College Director  
(Assoc. Prof. Kunchana Bunyakit)

Thesis Committee:

  
.....  
(Assoc. Prof. Brian P. Grady)

  
.....  
(Dr. Manit Nithitanakul)

  
.....  
(Dr. Pitt Supaphol)

## ABSTRACT

4272017063: POLYMER SCIENCE PROGRAM

Worakanya Visitsart:

Thesis Advisors: Assoc. Prof. Brian P. Grady, and Dr. Manit Nithitanakul , 63 pp ISBN 974-13-0729-2

Keywords: Miscibility/ ESCOR<sup>®</sup> terpolymer / EAA copolymer/ blends/ mechanical / rheological /dynamic mechanical properties

The mechanical, thermal, rheological and dynamic mechanical properties of blends of ESCOR<sup>®</sup> terpolymers and EAA copolymers were studied after blending in various proportions in a twin screw extruder. The mechanical properties of these blends increased with increasing EAA content. There was a direct relationship between the mechanical property values of the blend and the relative amounts of the two components of the blend. However, some ratios were found to have values below a linear relationship and were thought to blends that were not miscible. Young's modulus slightly increases with increasing EAA content. EAA1 and EAA4 behaved better than the other two materials in blends with all three grades of ESCOR<sup>®</sup>, suggesting that these two copolymers are chemically more closely matched with ESCOR<sup>®</sup>s and/or miscibilities were better. For most blends, the gloss dropped upon blending, which indicated phase separation. From rheological properties, the blends of ESCOR<sup>®</sup>320 with EAA2 at 60wt% EAA content was considered the most suitable for used as the damper material due to its high storage modulus and good mechanical properties. Blends of ESCOR<sup>®</sup>320/EAA1 at 80wt% EAA1, ESCOR<sup>®</sup>320/EAA2 at 90, and 95wt % EAA2, ESCOR<sup>®</sup>320/EAA4 at 20 wt % EAA4, and ESCOR<sup>®</sup>320/EAA5 at 80 wt % EAA5 showed single  $T_g$  resulting from dynamic mechanical properties, suggesting completely miscibility.

## บทคัดย่อ

วรัญญา วิสิทธ์ศาสตร์ : การศึกษาการผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกันระหว่าง ESCOR<sup>®</sup> เทอร์พอลิเมอร์และEAA โคพอลิเมอร์ (Miscible Blends from ESCOR<sup>®</sup> Terpolymer) อาจารย์ที่ปรึกษา: รศ. ไบรอัน แกรดี, ดร. มานิตย์ นิธิชนากุล 64 หน้า ISBN 974-13-0729-2

งานวิจัยนี้มุ่งถึงการศึกษาคุณสมบัติการผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน, คุณสมบัติเชิงกล ได้แก่ ความแข็ง, ความต้านทานต่อการดึงยึด (Tensile strength) และ ค่าความใส (Gloss) พฤติกรรมการไหล (Rheological properties) และคุณสมบัติเชิงกลทางไดนามิกส์ (Dynamic mechanical properties) ของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง ESCOR<sup>®</sup> เทอร์พอลิเมอร์และ EAA โคพอลิเมอร์ ค่าคุณสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมนี้ พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของ EAA และเป็นความสัมพันธ์เชิงเส้น อย่างไรก็ตามบางอัตราส่วนได้มีค่าต่ำกว่าความสัมพันธ์นี้ ค่า Young's modulus มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนของ EAA เพิ่มขึ้น และ EAA1 และ EAA4 มีค่าสูงกว่าอีกสองชนิดของ EAA มาก อาจสรุปได้ว่าโคพอลิเมอร์สองชนิดนี้สามารถจับเข้าคู่กับเทอร์พอลิเมอร์ทั้งสามชนิดได้ดีกว่าและ/หรือ การผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกันได้ดีกว่า ในพอลิเมอร์ผสมส่วนใหญ่ ค่าความใสจะลดลงเมื่อพอลิเมอร์ผ่านขบวนการการผสมกัน ดังนั้นพอลิเมอร์ผสมส่วนใหญ่แสดงการไม่ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน สำหรับพฤติกรรมไหล สามารถสรุปได้ว่าพอลิเมอร์ผสมระหว่าง ESCOR<sup>®</sup> 320 และ EAA2 ที่อัตราส่วน 60% โดยน้ำหนัก EAA2 เหมาะสมที่สุดที่จะนำมาใช้เป็นตัวหน่วง (Damper materials) เนื่องจากที่อัตราส่วนนี้มีค่า storage modulus สูงที่สุด และค่าคุณสมบัติเชิงกลค่อนข้างสูง พอลิเมอร์ผสมในอัตราส่วนที่แสดงพิกของ  $T_g$  เป็นพิกเดียว ซึ่งแสดงว่าที่อัตราส่วนนั้นๆ พอลิเมอร์ผสมได้ผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน ได้แก่ ESCOR<sup>®</sup> 320/EAA1 ที่ 80% โดยน้ำหนัก EAA1, ESCOR<sup>®</sup> 320/EAA2 ที่ 90 และ 90% โดยน้ำหนัก EAA2, ESCOR<sup>®</sup> 320/EAA4 ที่ 20 % โดยน้ำหนัก EAA4, และ ESCOR<sup>®</sup> 320/EAA5 ที่ 80 % โดยน้ำหนัก EAA5

## ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to express my sincere appreciation to U.S. advisor, Assoc. Prof. Brain P. Grady who gave recommendations and suggestions for the lab planning and problems solving. And also deeply appreciated Dr. Manit Nithitanakul who gave the intensive suggestion, invaluable guidance, constructive advice and vital help throughout the research work.

I am grateful to Mr. John W. Ellis and Dr. Pitt Supaphol for providing technical knowledge and very helpful suggestions.

I would like to extend my thanks to the New Faculty Development Fund for the financial support.

I wishes to give a sincere thank to all of my friends and staffs of PPC, Chulalongkorn University for their assistance.

Ultimately, I am also indebted to my family for their love, understanding, encouragement and advice.

## TABLE OF CONTENT

	<b>PAGE</b>
Title Page	i
Abstract (English)	iii
Abstract (Thai)	iv
Acknowledgement	v
Table of Contents	vi
List of Tables	viii
List of Figures	x
 <b>CHAPTER</b>	
<b>I INTRODUCTION</b>	<b>1</b>
1.1 Materials	3
1.2 Mechanical Properties	5
1.3 Rheological Properties	7
1.4 Dynamic Mechanical Properties	8
 <b>II LITERATURE SURVEY</b>	 <b>11</b>
2.1 Miscibility of polymer Blends Having Acrylic Acid	11
2.2 Miscibility and Other Properties of Other Polymer Blends	13
2.3 Damping Properties of Polymer Blends	15
 <b>III EXPERIMENTAL</b>	 <b>17</b>
3.1 Materials	17
3.2 Experimental Procedure	18
3.2.1 Polymer Blend Preparation	18

<b>CHAPTER</b>	<b>PAGE</b>
	3.2.2 Characterization 19
	3.2.3 Mechanical Properties of Polymer Blends 20
	3.2.4 Rheological Properties Measurement 21
	3.2.5 Dynamic Mechanical Properties 21
<b>IV</b>	<b>RESULTS AND DISCUSSION 22</b>
	4.1 Thermal Analysis 22
	4.2 Mechanical Properties 24
	4.3 Rheological Properties 35
	4.4 Dynamic Mechanical Properties 37
<b>V</b>	<b>CONCLUSION 41</b>
	<b>REFERENCES 42</b>
	<b>APPENDICES 46</b>
	<b>CURRICULUM VITAE 65</b>

## LIST OF TABLES

TABLE	PAGE
1 The characteristics of ESCOR <sup>®</sup> terpolymer	17
2 The composition of ESCOR <sup>®</sup> terpolymer	17
3 Composition of ESCOR <sup>®</sup> terpolymer and EAA copolymer	18
4 Melting temperature ( $T_m$ , °C) and crystallization temperature ( $T_c$ , °C) of materials	23
A1 Hardness values of ESCOR <sup>®</sup> 310/EAAAs	46
A2 Hardness values of ESCOR <sup>®</sup> 325/EAAAs	46
A3 Hardness values of ESCOR <sup>®</sup> 320/EAAAs	47
A4 Maximum stress of ESCOR <sup>®</sup> 310/EAAAs	47
A5 Maximum stress of ESCOR <sup>®</sup> 320/EAAAs	48
A6 Maximum stress of ESCOR <sup>®</sup> 325/EAAAs	48
A7 Young's modulus of ESCOR <sup>®</sup> 310/EAAAs	49
A8 Young's modulus of ESCOR <sup>®</sup> 320/EAAAs	49
A10 Young's modulus of ESCOR <sup>®</sup> 325/EAAAs	50
A11 Gloss value at 20° of ESCOR <sup>®</sup> 310/EAAAs	50
A12 Gloss value at 20° of ESCOR <sup>®</sup> 320/EAAAs	51
A13 Gloss value at 20° of ESCOR <sup>®</sup> 325/EAAAs	51
A14 Gloss value at 60° of ESCOR <sup>®</sup> 310/EAAAs	52
A15 Gloss value at 60° of ESCOR <sup>®</sup> 320/EAAAs	52
A16 Gloss value at 20° of ESCOR <sup>®</sup> 325/EAAAs	53
B1 Rheological properties ( $G'$ , dyn/cm <sup>2</sup> ) of ESCOR <sup>®</sup> 320/EAAAs	54



<b>TABLE</b>	<b>PAGE</b>
B2 Rheological properties ( $G''$ , dyn/cm <sup>2</sup> ) of ESCOR <sup>®</sup> 320/ EAAs	55
B3 Rheological properties ( $\tan \delta$ , dyn/cm <sup>2</sup> ) of ESCOR <sup>®</sup> 310/EAAs	56
D1 General properties of ESCOR <sup>®</sup> 310 (acid terpolymer for adhesive and polymer modification)	61
D2 General properties of ESCOR <sup>®</sup> 320 (acid terpolymer for film and extrusion coating applications)	62
D3 General properties of ESCOR <sup>®</sup> 325 (acid terpolymer for speciality and polymer modification)	63

## LIST OF FIGURES

FIGURE	PAGE
1 Damping the vibration using a high loss plastic layer plus a stiff metal skin	9
2 Processing conditions of twin screw extruder	19
3 TGA thermograms of ESCOR <sup>®</sup> terpolymers and EAA copolymers	23
4a Shore D hardness of blends of ESCOR <sup>®</sup> 310/EAA	24
4b Shore D hardness of blends of ESCOR <sup>®</sup> 320/EAA	25
4c Shore D hardness of blends of ESCOR <sup>®</sup> 325/EAA	25
5a Maximum stress of blends of ESCOR <sup>®</sup> 310/EAA	27
5b Maximum stress of blends of ESCOR <sup>®</sup> 320/EAA	27
5c Maximum stress of blends of ESCOR <sup>®</sup> 325/EAA	28
6a Young's modulus of blends of ESCOR <sup>®</sup> 310/EAA	29
6b Young's modulus of blends of ESCOR <sup>®</sup> 320/EAA	30
6c Young's modulus of blends of ESCOR <sup>®</sup> 325/EAA	30
7a Gloss of blends at 20° of ESCOR <sup>®</sup> 310/EAA	31
7b Gloss of blends at 60° of ESCOR <sup>®</sup> 310/EAA	32
7c Gloss of blends at 20° of ESCOR <sup>®</sup> 320/EAA	32
7d Gloss of blends at 60° of ESCOR <sup>®</sup> 320/EAA	33
7e Gloss of blends at 20° of ESCOR <sup>®</sup> 325/EAA	33
7f Gloss of blends at 60° of ESCOR <sup>®</sup> 325/EAA	34
8 Storage modulus, G', of ESCOR <sup>®</sup> 320 terpolymer and EAA2 copolymer blends	35
9 Rheological properties, tan $\delta$ , of ESCOR <sup>®</sup> 320 terpolymer and EAA2 copolymer blends	36

<b>FIGURE</b>	<b>PAGE</b>
10 Dynamic mechanical properties, $\tan \delta$ , of ESCOR <sup>®</sup> 320/ EAA1 blends	37
11 Dynamic mechanical properties, $\tan \delta$ , of ESCOR <sup>®</sup> 320/ EAA2 blends	38
12 Dynamic mechanical properties, $\tan \delta$ , of ESCOR <sup>®</sup> 320/ EAA4 blends	39
13 Dynamic mechanical properties, $\tan \delta$ , of ESCOR <sup>®</sup> 320/ EAA4 blends	40
C1 Dynamic mechanical properties ( $G'$ and $G''$ ) of ESCOR <sup>®</sup> 320/ EAA1 blends	57
C2 Dynamic mechanical properties ( $G'$ and $G''$ ) of ESCOR <sup>®</sup> 320/ EAA2 blends	58
C3 Dynamic mechanical properties ( $G'$ and $G''$ ) of ESCOR <sup>®</sup> 320/ EAA4 blends	59
C4 Dynamic mechanical properties ( $G'$ and $G''$ ) of ESCOR <sup>®</sup> 320/ EAA5 blends	60