SHEAR INDUCED DROP BREAKUP AND COALESCENCE IN PS/PP, PS/HDPE, AND PMMA/HDPE BLENDS

Ms. Thanaporn Insuan

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
1999

ISBN 974-331-940-9

Thesis Title : Shear Induced Drop Breakup and Coalescene in PS/PP, PS/HDPE, and PMMA/HDPE Blends

By : Ms. Thanaporn Insuan

Program : Polymer Science

Thesis Advisors : Professor Ronald G. Larson

Associate Professor Anuvat Sirivat

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

.... College Director

(Professor Somchai Osuwan)

Thesis Committee :

....

(Professor Ronald G. Larson)

.... 2/5/99

(Associate Professor Anuvat Sirivat)

.... 3/5/99

(Dr. Manit Nithitanakul)

บทคัดย่อ

นางสาวธนาภรณ์ อินสวน : การแตกตัวของอนุภาคทรงกลมและการรวมตัวของอนุภาคทรงกลมที่เกิดขึ้นจากการเฉือน ในสารผสมพอลิเมอร์ระหว่าง พอลิสไตรีน/พอลิโพพิลีน พอลิสไตลีน/พอลิเอททิลีนความหนาแน่นสูง และ พอลิเมททิลเมททาไคลเลท/พอลิเอททิลีนความหนาแน่นสูง (Shear Induced Drop Breakup and Coalescence in PS/PP, PS/HDPE, and PMMA/HDPE Blends) อ. ที่ปรึกษา : ศ. ดร. รอนาล ลาสัน และ รศ. ดร. อนุวัฒน์ ศิริวัฒน์ 83 หน้า ISBN 974-331-940-9

งานวิจัยนี้ศึกษาและค้นคว้าผลของแรงเฉือนและระยะเวลาของการเฉือนต่อโครงสร้างภายในของสารพอลิเมอร์ผสมที่ไม่สามารถรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกันได้ อันได้แก่ พอลิสไตรีน/พอลิโพพิลีน พอลิสไตลีน/พอลิเอททิลีนความหนาแน่นสูง และ พอลิเมททิลเมททาไคลเลท/พอลิเอททิลีนความหนาแน่นสูง เราพบว่า มีการรวมตัวของอนุภาคของสารพอลิเมอร์ที่มีสัดส่วนน้อยกว่า (พอลิสไตลีนและพอลิเมททิลเมททาไคลเลท) อันส่งผลให้ขนาดของอนุภาคมีขนาดใหญ่ขึ้น ขนาดของอนุภาคเหล่านี้มีขนาดเล็กที่สุดเมื่อทำการเฉือนด้วยอัตรา 200 ต่อวินาที ที่อัตราการเฉือนมากกว่าหรือน้อยกว่านี้ เราพบว่า ขนาดของอนุภาคของสารพอลิเมอร์ที่มีสัดส่วนน้อยกว่ามีขนาดใหญ่ขึ้น จากการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างภายในและคุณสมบัติ viscoelastic ของสารผสมพอลิเมอร์ พบว่า อัตราแรงเฉือนต่อแรงผยุงตัวของอนุภาค (Capillary Number) แสดงความสัมพันธ์ที่ดีกับอัตราส่วนระหว่างความยืดยุ่นของสารพอลิเมอร์ทั้งสอง และพบว่า (ก) เมื่ออัตราส่วนระหว่างความยืดยุ่นของสารพอลิเมอร์ทั้งสองมากกว่า 3 อัตราการรวมตัวสูงกว่าอัตราการแตกตัวทำให้อนุภาคมีขนาดใหญ่ขึ้น เนื่องจากอัตราการเฉือนที่เร็วและอัตราการไหลออกเร็วของสารพอลิเมอร์รอบอนุภาค และ(ข) ที่อัตราส่วนระหว่างความยืดยุ่นของสารพอลิเมอร์ทั้งสองน้อยกว่า 3 (ซึ่งพบที่อัตราการเฉือนต่ำ) อนุภาคมีขนาดใหญ่ขึ้นเช่นกัน นอกจากนี้ทฤษฎีของพาเลียน (Palierne) ยังถูกนำมาทดสอบในการทำนายโครงสร้างภายในของสารพอลิเมอร์

ABSTRACT

972022 : POLYMER SCIENCE PROGRAM

KEY WORDS : Immiscible blends/ Drop breakup/ Coalescence/ Normal stress difference/ Capillary number

Ms. Thanaporn Insuan : Shear Induced Drop Breakup and Coalescence in PS/PP, PS/HDPE, and PMMA/HDPE Blends. Thesis Advisors: Prof. Ronald G. Larson and Assoc. Prof. Anuvat Sirivat, 83 pp. ISBN 974-331-940-9

Morphology of immiscible blends, PS/PP, PS/HDPE, and PMMA/HDPE, was investigated in terms of shear strain rate and shearing time. The coalescence process was observed. The minimum dispersed sizes of all blend systems were found at the shear strain rate of 200 s^{-1}. Above and below this shear strain rate value, the rate of coalescence overcame the rate of drop breakup resulting in larger droplet size. The correlation between viscoelasticity and morphology can be expressed by two dimensionless parameters, capillary number (Ca) and the first normal stress difference ratio (N_r). At $N_r > 3$, coalescence was promoted due to high collision rate and fast matrix drainage during collision. At $N_r < 3$, coalescence also occurred due to low shear stress. Palierne's theory was tested and it can be used to predict the complex modulus of the immiscible blends.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author greatly appreciates the efforts of her research advisors, Professor Ronald G. Larson and Associate Professor Anuvat Sirivat for their constructive criticism, suggestions and proof-reading of this manuscript. The author would like to give sincere thanks to Dr. Manit Nithitanakul for being a thesis committee member.

The author would like to gratefully acknowledge all professors who taught her at the Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, especially those in the Polymer Science Program. Another thank is to Assist. Prof. Ranoo Thavarorhit, the Botany Department, Chulalongkorn University, for microtome technique.

The author wishes to express her thanks to Ms. Khine Yi Mya who has given her suggestions and encouragements and also to all of college staffs for providing the use of research facilities.

Finally, the author is deeply indebted to her family for their love, financial support and encouragements, all of which contributed greatly in her work.

TABLE OF CONTENTS

CHAPTER PAGE

CHAPTER PAGE

LIST OF TABLES

LIST OF FIGURES

FIGURE PAGE

FIGURE PAGE

LIST OF SYMBOLS

SYMBOL

Subscript-d	dispersed phase
Superscript-m	matrix phase
$\dot{\gamma}$	shear strain rate (1/s)
τ	shear stress (dyn/cm^2)
η_d	shear viscosity of dispersed phase (dyn/cm^2.s)
η_m	shear viscosity of matrix phase (dyn/cm^2.s)
η_r	viscosity ratio (η_d / η_m)
N_1	the first normal stress difference (dyn/cm^2)
N_d	the first normal stress of dispersed phase by means of shear strain rate (dyn/cm^2)
N'_d	the first normal stress of dispersed phase by means of shear stress (dyn/cm^2)
N_m	the first normal stress of matrix phase by means of shear strain rate (dyn/cm^2)
N_r	the normal stress ratio (N_d / N_m)
Ca	Capillary number
D_n	number average diameter of dispersed phase (µm)
D_e	equilibrium number average diameter of dispersed phase (µm)
d	diameter of dispersed phase (µm)
R_i	number average radius of dispersed phase (µm)
Γ	interfacial tension (dyn/cm)
$G^*(\omega)$	complex modulus (dyn/cm^2)
ω	frequency (rad/s)