

การเปรียบเทียบการสังเคราะห์บีดอะครีเลตแบบแกน/เปลือก
โดยการเกิดพอลิเมอร์แบบแขวนลอยที่มีการเลี้ยงปืดและแบบการเกิดพอลิเมอร์ชั้นตอนเดียว

นายประณัฐ อัครกิตติมงคล



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาปิโตรเคมีและวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์

หลักสูตรปิโตรเคมีและวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-346-550-2

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

COMPARISON OF THE SYNTHESIS OF ACRYLATE CORE/SHELL BEADS
BY SEEDED SUSPENSION POLYMERIZATION AND ONE STAGE POLYMERIZATION

Mr. Pranut Akkarakittimongkol

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

Program of Petrochemistry and Polymer Science

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2000

ISBN 974-346-550-2

ประณัฐ อัครกิตติมงคล : การเปรียบเทียบการสังเคราะห์บีดอะคริเลตแบบแกน/เปลือก โดยการเกิดพอลิเมอร์แบบ
แขวนลอยที่มีการเลี้ยงบีดและการเกิดพอลิเมอร์ขั้นตอนเดียว. (COMPARISON OF THE SYNTHESIS OF
ACRYLATE CORE/SHELL BEADS BY SEEDED SUSPENSION POLYMERIZATION AND ONE STAGE
POLYMERIZATION) อ. ที่ปรึกษา : ศาสตราจารย์ ดร. สุดา เกียรติกำจรวงศ์, อ. ที่ปรึกษาร่วม : ศาสตราจารย์
ดร. ชินโซะ โอมิ, 115 หน้า. ISBN 974-346-550-2

งานวิจัยนี้ได้สังเคราะห์บีดแบบแกน/เปลือก โดยมีเบนโซิลเพอร์ออกไซด์และพอลิไวนิลไพโรลิโดน พี-90 เป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยาและสารแขวนลอยตาม
ลำดับ โดยศึกษาตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อขนาดอนุภาคเฉลี่ย การกระจายขนาดอนุภาค และสมบัติการบวมของพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้ อันได้แก่
ความเข้มข้นของตัวริเริ่มปฏิกิริยา อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา อัตราการกวน เวลาในการทำปฏิกิริยา ความเข้มข้นของสารเชื่อมขวาง ความเข้มข้นของสาร
แขวนลอย และองค์ประกอบของตัวเจือจาง ตรวจสอบสมบัติต่างๆ ของพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้โดยการหาขนาดอนุภาคเฉลี่ยและการกระจายของอนุภาคจาก
การผ่านตระแกรงร่อน สมบัติการบวมจากการชั่งน้ำหนัก สมบัติทางความร้อนด้วย DSC จลนพลศาสตร์ของการดูดซึมและการคายตัวทำลายด้วย
กล้องจุลทรรศน์แบบทัศนศาสตร์ ฐานวิทยาของผิวด้วย SEM

ภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเกิดพอลิเมอร์แบบแกน/เปลือกของเมทิลเมทาคริเลต/สไตรีนแบบขั้นตอนเดียว ใช้ปริมาณเอทิลีนไกลคอลไดเมทาคริเลต
ร้อยละ 7.0 อัตราส่วนระหว่างโกลูอินและไอโซออกเทน 70:30 อุณหภูมิและเวลาในการทำปฏิกิริยา คือ 75 องศาเซลเซียส และ 10 ชั่วโมง ตามลำดับ
บีดของเมทิลเมทาคริเลต/สไตรีนที่สังเคราะห์ได้มีลักษณะเป็นทรงกลม และมีโครงสร้างแบบแกน/เปลือก ซึ่งมีสไตรีนเป็นแกนและเมทิลเมทาคริเลต
เป็นเปลือก มีสมบัติดังนี้ ขนาดอนุภาคเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.42-0.59 มิลลิเมตร อัตราส่วนการบวมโกลูอิน 6.6 เท่า สมประสิทธิ์การแพร่ในโกลูอิน-ไอโซ-
ออกเทนอยู่ในพิสัย 0.1242-0.1743 ตารางมิลลิเมตรต่ออนาที ส่วนการสังเคราะห์พอลิเมอร์โดยการเกิดแบบแขวนลอยที่มีการเลี้ยงบีดประกอบด้วย
สองขั้นตอนดังนี้คือ ขั้นตอนแรกเป็นการเตรียมบีดพอลิเมอร์ที่เป็นแกนกลาง และขั้นตอนที่สองเป็นการสังเคราะห์เปลือกบนแกนกลางโดยใช้
สไตรีน ภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเกิดพอลิเมอร์แบบแขวนลอยแบบการเลี้ยงบีดของเมทิลอะคริเลต/สไตรีน ใช้ปริมาณเอทิลีนไกลคอลไดเมทาคริเลต
ร้อยละ 15.0 อัตราส่วนระหว่างโกลูอินและไอโซออกเทน 80:20 อุณหภูมิและเวลาในการทำปฏิกิริยา คือ 75 องศาเซลเซียส และ 10 ชั่วโมง ตามลำดับ
บีดของเมทิลอะคริเลต/สไตรีนที่สังเคราะห์ได้มีลักษณะเป็นแบบแกน/เปลือก ซึ่งมีเมทิลอะคริเลตเป็นแกนและสไตรีนเป็นเปลือก มีสมบัติดังนี้
ขนาดอนุภาคเฉลี่ย 1.61 มิลลิเมตร อัตราส่วนการบวมโกลูอิน 2.5 เท่า สมประสิทธิ์การแพร่ในโกลูอิน-ไอโซออกเทนอยู่ในพิสัย 0.0711-0.0777 ตาราง
มิลลิเมตรต่ออนาที ส่วนภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเกิดพอลิเมอร์แบบแขวนลอยที่มีการเลี้ยงบีดของ 2-เอทิลเฮกซิลอะคริเลต/สไตรีน ใช้ปริมาณ
เอทิลีนไกลคอลไดเมทาคริเลตร้อยละ 7.0 อัตราส่วนระหว่างโกลูอินและไอโซออกเทน 60:40 อุณหภูมิและเวลาในการทำปฏิกิริยา คือ 75 องศาเซลเซียส
และ 10 ชั่วโมง ตามลำดับ บีดของ 2-เอทิลเฮกซิลอะคริเลต/สไตรีนที่สังเคราะห์ได้มีลักษณะเป็นแบบแกน/เปลือก ซึ่งมี 2-เอทิลเฮกซิลอะคริเลตเป็นแกน
และสไตรีนเป็นเปลือก มีสมบัติดังนี้ ขนาดอนุภาคเฉลี่ย 0.40 มิลลิเมตร อัตราส่วนการบวมโกลูอิน 3.0 เท่า สมประสิทธิ์การแพร่ในโกลูอิน-ไอโซออกเทน
0.7614 ตารางมิลลิเมตรต่ออนาที บีดที่สังเคราะห์ได้จากการเตรียมพอลิเมอร์แบบขั้นตอนเดียวมีโครงสร้างแบบเอกพันธ์ ส่วนบีดที่สังเคราะห์ได้จาก
การเตรียมพอลิเมอร์แบบแขวนลอยที่มีการเลี้ยงบีดมีโครงสร้างแบบวิวิธพันธุ์ที่เปลือกแยกออกจากแกนกลางอย่างชัดเจน

ภาควิชา.....
สาขาวิชา..... ปิโตรเคมีและวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์.....
ปีการศึกษา..... 2543.....

ลายมือชื่อนิสิต..... ประณัฐ อัครกิตติมงคล.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... 尾見信三.....

4072298723 : MAJOR POLYMER SCIENCE

KEY WORD: CORE/SHELL BEADS / SUSPENSION POLYMERIZATION / SOLUBILITY PARAMETER / ABSORPTION / DESORPTION / SEEDED / ONE STAGE

PRANUT AKKARAKITTIMONGKOL : COMPARISON OF THE SYNTHESIS OF ACRYLATE CORE/SHELL BEADS BY SEEDED SUSPENSION POLYMERIZATION AND ONE STAGE POLYMERIZATION. THESIS ADVISOR : PROFESSOR SUDA KIATKAMJORNWONG, Ph.D. , THESIS CO-ADVISOR : PROFESSOR SHINZO OMI, Ph.D. , 115 pp. ISBN 974-346-550-2

Synthesis of solvent absorption-desorption core/shell beads was performed in the presence of benzoyl peroxide and poly(vinyl pyrrolidone) K-90 as an initiator and a suspending agent, respectively. The effects of reaction parameters, that are the initiator concentration, polymerization temperature, agitation rate, polymerization time, crosslinking agent concentration, concentration of suspending agent and diluent composition on the average particle size, size distribution and swelling properties of the resulting core/shell beads were investigated. The average particle size and size distribution was measured by sieve analysis, the swelling properties by gravimetric measurement, thermal property by DSC, kinetics of absorption and desorption by optical microscopy and surface morphology by SEM.

The optimum condition for the synthesis of the core/shell bead of poly(methyl methacrylate)/polystyrene by one-stage suspension polymerization was found as follows: the amount of EGDMA was 7.0%; the toluene:i-octane ratio was 70:30; the polymerization temperature and time were 75°C and 10 hr, respectively. The poly(methyl methacrylate)/polystyrene was spherical beads and of core/shell morphology. The polystyrene was the core and poly(methyl methacrylate) was the shell. The properties of the beads are as follows: the average particle sizes in the range of 0.42-0.59 mm; the swelling ratio of 6.6 times in toluene and the diffusion coefficient in toluene:i-octane solvent in the range 0.1242-0.1743 of mm²min⁻¹. There are two steps of the synthesis of the seeded suspension polymerization. The first step is preparation of the seed particles; the other step is the polymerization of the styrene monomer for a formation of the shell layer on the seed particle. The optimum condition for the synthesis of the core/shell bead of poly(methyl acrylate)/polystyrene was found as follows: the amount of EGDMA was 15.0%; the toluene:i-octane ratio was 80:20; the polymerization temperature and time were 75°C and 10 hr, respectively. The poly(methyl acrylate)/polystyrene beads had the core/shell morphology. The core was poly(methyl acrylate) and the shell was polystyrene. The properties beads were as follows: the average particle sizes of 1.61 mm; the swelling ratio of 2.5 times in toluene and the diffusion coefficient in toluene:i-octane solvent in the range of 0.0711-0.0777 mm²min⁻¹. The optimum condition for the synthesis of the core/shell bead of poly(2-ethylhexyl acrylate)/polystyrene was found as follows: the amount of EGDMA was 7.0%; the toluene:i-octane ratio was 60:40; the polymerization temperature and time were 75°C and 10 hr, respectively. The poly(2-ethylhexyl acrylate)/polystyrene beads had a heterogeneous structure with opaque appearance. The bead had a core/shell morphology; the core was poly(2-ethylhexyl acrylate) and the shell was polystyrene. The properties of the beads were as follows: the average particle sizes of 0.4 mm; the swelling ratio of 3.0 times in toluene and the diffusion coefficient in toluene:i-octane solvent 0.7614 mm²min⁻¹. In the one-stage suspension polymerization, the polymer beads had a homogeneous structure, while the polymer beads from the seeded suspension polymerization had a heterogeneous structure with a distinct shell separated from the core of the respective polymers.

Department.....	Student's signature.....
Field of study... Petrochemistry and Polymer Science.....	Advisor's signature..... <i>Suda Kiatkamjornwong</i>
Academic year..... 2000.....	Co-advisor's signature..... <i>三見信彦</i>



ACKNOWLEDGEMENTS

The author wishes to express his deep gratitude to his advisor, Professor Dr. Suda Kiatkamjornwong, and co-advisor, Professor Dr. Shinzo Omi, for their invaluable guidance and assistance towards the thesis. He is obliged to the Petroleum Authority of Thailand (PTT) financial support.

The author also wishes to thank the thesis committee: Associate Professor Dr. Supawan Tantayanon, Professor Dr. Pattarapan prasassarakich and Associate Professor Dr. Wimonrat Trakarnpruk for their comments and suggestions.

Appreciation is also expressed to Department of Photographic Science and Printing Technology for providing the facility in the laboratory and equipment; Tokyo University of Agriculture and Technology, Japan, for supporting some chemicals; Eternal Resin Co., Ltd. for supporting the styrene monomer; Lenso Asia Public Co., Ltd. for supporting the methyl acrylate monomer; Union Carbide Co., Ltd. for supporting the 2-ethylhexyl acrylate monomer; Chula-Canon Technical Co-Operation for providing the instrument for determining the solvent sorption and desorption of imbibed beads and the Graduate School of Chulalongkorn University for financial support that makes this research work possible.

Finally, the author would like to extend his appreciation to his parents, brother, sisters and friends, who have given their assistance, encouragement and loves throughout his entire study.

CONTENTS

	PAGE
ABSTRACT (IN THAI).....	iv
ABSTRACT (IN ENGLISH).....	v
ACKNOWLEDGEMENT.....	vi
CONTENTS.....	vii
LIST OF TABLES.....	x
LIST OF FIGURES.....	xiii
ABBREVIATIONS.....	xvii
CHAPTER I : INTRODUCTION.....	1
1.1 Scientific Background and Rationale.....	1
1.2 Objectives of Research Work.....	2
1.3 Scopes of Research Work.....	2
1.4 Contents of Research Work.....	3
CHAPTER II : THEORY AND LITERATURE REVIEW.....	4
2.1 Suspension Polymerization.....	4
2.2 Comparison of Suspension Polymerization with Other Polymerization Processes.....	6
2.3 Kinetic Modeling.....	6
2.4 Particle Formation and Properties.....	8
2.5 Suspension Agents.....	8
2.6 Core-Shell Particle Structure.....	11
2.7 Absorption-Desorption Kinetics.....	14
2.8 Literature Review.....	16
CHAPTER III : EXPERIMENTAL.....	19
3.1 Chemicals.....	19
3.2 Glassware.....	21
3.3 Equipment.....	21
3.4 Polymerization Procedure.....	22

CONTENTS (continued)

	PAGE
3.5 Characterization.....	24
CHAPTER IV : RESULT AND DISCUSSION.....	30
4.1 One-Stage Suspension Polymerization.....	30
4.1.1 Effect of Suspending Agent Concentration.....	30
4.1.2 Effect of Crosslinking Agent Concentration.....	33
4.1.3 Effect of Initiator Concentration.....	37
4.1.4 Effect of Diluent Composition.....	40
4.1.5 Effect of Inhibitor Concentration.....	44
4.1.6 Effect of Polymerization Time.....	47
4.1.7 Effect of Polymerization Temperature.....	49
4.1.8 Effect of Agitation Rate.....	52
4.2 Seeded Suspension Polymerization.....	55
4.2.1 Seeded Suspension Polymerization of Poly(Methyl Acrylate)/Polystyrene.....	55
4.2.2 Seeded Suspension Polymerization of Poly(2-Ethylhexyl Acrylate)/Polystyrene.....	59
4.3 Absorption-Desorption in Core/Shell Beads and Diffusion Coefficient of Toluene:Isooctane Solvents.....	65
4.3.1 Absorption.....	65
4.3.2 Desorption.....	67
4.3.3 Cycle of Solvent Absorption and Desorption.....	71
4.3.4 Diffusion Coefficient.....	71
4.4 Physical Properties of Swelling Ratio of Polymer Beads.....	75
4.5 Glass Transition Temperature of Core/Shell Beads.....	78
4.6 Comparison between the One-Stage Suspension Polymerization and the Seeded Suspension Polymerization.....	84

CONTENTS (continued)

	PAGE
4.7 Syntheses of Poly(Methyl Acrylate)/Polystyrene, Poly(2-Ethylhexyl Acrylate)/ Polystyrene and Poly(2-Ethylhexyl Methacrylate)/Polystyrene By One-Stage Suspension Polymerization and Poly(Methyl Methacrylate)/Polystyrene and Poly(2-Ethylhexyl Methacrylate)/Polystyrene by Seeded Suspension Polymerization.....	86
CHAPTER V : CONCLUSION AND SUGGESTION.....	90
5.1 Conclusion.....	90
5.2 Suggestion for Future Work.....	95
REFERENCES.....	96
APPENDICES.....	100
APPENDIX A.....	101
APPENDIX B.....	108
VITA.....	115

LIST OF TABLES

Table		PAGE
2.1	Industrial stabilizers used in suspension polymerization.....	9
4.1	Effects of the suspending agent concentration on size and size distribution of the polymer beads.....	31
4.2	Effects of the suspending agent concentration on % monomer conversion, average particle size and swelling ratio of the polymer beads.....	32
4.3	Effects of the crosslinking agent concentration on size and size distribution of the polymer beads.....	33
4.4	Effects of the crosslinking agent concentration on % monomer conversion, average particle size and swelling ratio of the polymer beads.....	35
4.5	Effects of the initiator concentration on size and size distribution of the polymer beads.....	37
4.6	Effects of the initiator concentration on % monomer conversion, average particle size and swelling ratio of the polymer beads.....	39
4.7	Effects of the diluent composition on size and size distribution of the polymer beads.....	41
4.8	Effects of the diluent composition between toluene and isooctane on % monomer conversion, average particle size and swelling ratio of the polymer beads.....	41
4.9	Effects of the inhibitor concentration on size and size distribution of the polymer beads.....	45
4.10	Effects of the inhibitor concentration on % monomer conversion, average particle size and swelling ratio of the polymer beads.....	46
4.11	Effects of the polymerization time on size and size distribution of the polymer beads.....	47

LIST OF TABLES (continued)

Table		PAGE
4.12	Effects of the polymerization time on % monomer conversion, average particle size and swelling ratio of the polymer beads.....	48
4.13	Effects of the polymerization temperature on size and size distribution of the polymer beads.....	50
4.14	Effects of the polymerization temperature on % monomer conversion, average particle size and swelling ratio of the polymer beads.....	51
4.15	Effects of the agitation rate on size and size distribution of the polymer beads.....	52
4.16	Effects of the agitation rate on % monomer conversion, average particle size and swelling ratio of the polymer beads.....	53
4.17	Size distribution of polymer beads of poly(methyl acrylate) seed and poly(methyl acrylate)/polystyrene.....	56
4.18	Properties of poly(methyl acrylate) seed and poly(methyl acrylate)/polystyrene in terms of percentage monomer conversion, average particle size and swelling ratio in toluene.....	57
4.19	Size distribution of the polymer beads of poly(2-ethylhexyl acrylate) seed	60
4.20	Size distribution of the polymer beads of poly(2-ethylhexyl acrylate)/polystyrene.....	60
4.21	Properties of poly(2-ethylhexyl acrylate) seed and poly(2-ethylhexyl acrylate)/polystyrene in terms of percentage monomer conversion, average particle size and swelling ratio in toluene.....	61
4.22	Diffusion coefficient of toluene:isooctane solvents in core/shell beads	75
4.23	Swelling ratio of the polymer beads in various solvents.....	76
A-1	Absorption and desorption of polymer bead of poly(methyl methacrylate)/polystyrene. (Run PMMA/PS: 1st).....	101

LIST OF TABLES (continued)

Table		PAGE
A-2	Absorption and desorption of polymer bead of poly(methyl methacrylate)/polystyrene. (Run PMMA/PS: 2nd).....	102
A-3	Absorption and desorption of polymer bead of poly(methyl methacrylate)/polystyrene. (Run PMMA/PS: 3rd).....	103
A-4	Absorption and desorption of polymer bead of poly(methyl acrylate)/polystyrene. (Run PMA/PS: 1st).....	104
A-5	Absorption and desorption of polymer bead of poly(methyl acrylate)/polystyrene. (Run PMA/PS: 2nd).....	105
A-6	Absorption and desorption of polymer bead of poly(methyl acrylate)/polystyrene. (Run PMA/PS: 3rd).....	106
A-7	Absorption and desorption of polymer bead of poly(2-ethylhexyl acrylate)/polystyrene. (Run P(2-EHA)/PS: 1st).....	107
B-1	Data for the calculation of the diffusion coefficient of solvents absorbed and desorbed in the core/shell beads.....	109

LIST OF FIGURES

Figure		PAGE
2.1	Core-Shell particle structure.....	11
3.1	Schematic diagram of the suspension polymerization of the crosslinked (meth)acrylate polymers.....	25
3.2	Schematic diagram of the seeded suspension polymerization.....	26
3.3	Schematic diagram of one-stage suspension polymerization.....	27
4.1	Size distribution of the copolymer beads styrene/methyl methacrylate/ ethyleneglycol dimethacrylate under the effect of suspending agent concentrations: (a) 1.0 % and (b) 0.7 % PVP K-90.....	31
4.2	Size distribution of the copolymer beads of styrene/ methyl methacrylate/ethyleneglycol dimethacrylate under the effect of crosslinking agent concentrations: (a) 15 %, (b) 10 % and (C) 7 %wt based on monomer phase.....	34
4.3	Effects of the crosslinking agent concentration on average particle size and swelling ratio of the copolymer beads of styrene/methyl methacrylate/ethyleneglycol dimethacrylate.....	35
4.4	SEM photographs of poly(Sty-co-MMA-co-EGDMA) at different crosslinking agent concentrations: (a) 7.0 % (x50), (b) 10.0 % (x50), (c) 15.0 % (x50), (d) 7.0 % (x3000), (e) 10.0 % (x3000) and (f) 15.0 % (x3000).....	36
4.5	Size distribution of the copolymer beads of styrene/ methyl methacrylate/ethyleneglycol dimethacrylate under the effect of initiator concentration: (a) 1.0 %, (b) 0.7 %, (c) 0.6 % and (d) 0.4 % BPO based on the oil phase.....	38
4.6	Effects of the initiator concentration on average particle size and swelling ratio.....	39

LIST OF FIGURES (continued)

Figure	PAGE
4.7	Size distribution of the copolymer beads of styrene/ methyl methacrylate/ethyleneglycol dimethacrylate under the effect of diluent composition between toluene and isooctane: (a) 100:0 and (b) 70:30..... 42
4.8	SEM photographs of poly(Sty-co-MMA-co-EGDMA) at different toluene:isooctane ratio: (a) 100:0 and (b) 70:30..... 43
4.9	Size distribution of the copolymer beads of styrene/ methyl methacrylate/ethyleneglycol dimethacrylate under the effect of inhibitor concentration: (a) 0.16 %, (b) 0.11 % and (c) 0 % based on the aqueous phase..... 45
4.10	Effects of the inhibitor concentration on average particle size and swelling ratio..... 46
4.11	Size distribution of the copolymer beads of styrene/methyl methacrylate/ethyleneglycol dimethacrylate under the effect of polymerization time: (a) 14 hours, (b) 10 hours and (c) 6 hours..... 48
4.12	Size distribution of the copolymer beads of styrene/ methyl methacrylate/ethyleneglycol dimethacrylate under the polymerization temperature: (a) 85°C and (b) 75°C..... 50
4.13	Size distribution of the copolymer beads of styrene/ methyl methacrylate/ethyleneglycol dimethacrylate under the effect of agitation rate: (a) 200 rpm and (b) 160 rpm..... 53
4.14	SEM photographs of poly(Sty-co-MMA-co-EGDMA) beads after extraction by cyclohexane in a soxhlet extractor for 24 hours..... 54
4.15	Bead size distribution: (a) poly(methyl acrylate) seed and (b) poly(methyl acrylate)/polystyrene beads..... 56

LIST OF FIGURES (continued)

Figure		PAGE
4.16	SEM photographs of poly(methyl acrylate)/polystyrene (a) x50, (b) x500 and (c) x3000.....	57
4.17	SEM photographs of cross-section of seeded poly(methyl acrylate)/polystyrene (a) x50 and (b) x120.....	59
4.18	Bead size distribution : (a) poly(2-ethylhexyl acrylate) seed and (b) poly(2-ethylhexyl acrylate)/polystyrene beads.....	61
4.19	SEM photographs of poly(2-ethylhexyl acrylate) seed.....	62
4.20	SEM photographs of poly(2-ethylhexyl acrylate)/polystyrene (a) x30 and (b) x500	62
4.21	Optical photographs of cross-section of poly(2-ethylhexyl acrylate)/polystyrene (x45).....	63
4.22	Schematic representation of the polymerization system.....	63
4.23	Schematic representation of formation mechanism of poly(metha)acrylate/polystyrene composite particles.....	64
4.24	Absorption of the PMMA/PS bead by one-stage suspension polymerization with time.....	68
4.25	Desorption of the PMMA/PS bead by one-stage suspension polymerization with time.....	68
4.26	Absorption of the PMA/PS bead by seeded suspension polymerization with time.....	69
4.27	Desorption of the PMA/PS bead by seeded suspension polymerization with time.....	69
4.28	Absorption of the P(2-EHA)/PS bead by seeded suspension polymerization with time.....	70

LIST OF FIGURES (continued)

Figure	PAGE
4.29	Desorption of the P(2-EHA)/PS bead by seeded suspension polymerization with time..... 70
4.30	Absorption and desorption of the PMMA/PS bead by one-stage suspension polymerization with time..... 72
4.31	Absorption and desorption of the PMA/PS bead by seeded suspension polymerization with time..... 73
4.32	Absorption and desorption of the P(2-EHA)/PS bead by seeded suspension polymerization with time..... 74
4.33	Swelling ratio of the polymer beads in various solvents..... 77
4.34	DSC traces of crosslinked poly(methyl methacrylate)/polystyrene by one-stage suspension polymerization..... 79
4.35	DSC traces of crosslinked poly(methyl acrylate)/polystyrene by seeded suspension polymerization..... 80
4.36	DSC traces of crosslinked poly(2-ethylhexyl acrylate)/polystyrene by seeded suspension polymerization..... 81
4.37	DSC traces of crosslinked poly(methyl acrylate) by suspension polymerization..... 82
4.38	DSC traces of crosslinked poly(2-ethylhexyl acrylate) by suspension polymerization..... 83
A-1	Variation of polymer bead volume with time (Run PMMA/PS: 1st)..... 101
A-2	Variation of polymer bead volume with time (Run PMMA/PS: 2nd)..... 102
A-3	Variation of polymer bead volume with time (Run PMMA/PS: 3rd)..... 103
A-4	Variation of polymer bead volume with time (Run PMA/PS: 1st)..... 104
A-5	Variation of polymer bead volume with time (Run PMA/PS: 2nd)..... 105
A-6	Variation of polymer bead volume with time (Run PMA/PS: 3rd)..... 106
A-7	Variation of polymer bead volume with time (Run P(2-EHA)/PS: 1st)..... 107

ABBREVIATIONS

tol	: toluene
i-oct	: isooctane
%wt	: percent by weight
mm	: millimeter
°C	: degree Celcius
rpm	: revolution per minute
T _g	: glass transition temperature
PMA	: poly(methyl acrylate)
PMMA	: poly(methyl methacrylate)
P(2-EHA)	: poly(2-ethylhexyl acrylate)
PS	: polystyrene
min	: minute
MPa	: megapascal
pp.	: page