การสังเคราะห์สารเคลือบผิวพอลิยูรีเทนสูตรน้ำ
โดยใช้สารลดแรงตึงผิวที่เตรียมได้จากการรีไซเคิลขยะขวดเพท

นางสาวพรทิพย์ แซ่เบ๊

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-03-1157-1

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I20544336

SYNTHESIS OF WATERBORNE POLYURETHANE COATING USING SURFACTANT DERIVED FROM RECYCLING OF WASTE PET BOTTLE

Miss Prontip Saebae

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Applied Polymer Science and Textile Technology

Department of Material Science

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2001

ISBN 974-03-1157-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การสังเคราะห์สารเคลือบผิวพอลิยูรีเทนสูตรน้ำโดยใช้สารลดแรงตึงผิวที่เตรียมได้จากการรีไซเคิลขยะขวดเพท
โดย	นางสาวพรทิพย์ แซ่เบ๊
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... รองคณบดีฝ่ายบริหาร

(รองศาสตราจารย์ ดร. พิพัฒน์ การเที่ยง) รักษาราชการแทนคณบดีคณะวิทยาศาสตร์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. เข็มชัย เหมะจันทร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ไพพรรณ สันติสุข)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร. วิมลวรรณ พิมพ์พันธุ์)

.....กรรมการ

(อาจารย์ รัจนา ศิริสุข)

นางสาวพรทิพย์ แซ่เบ๊ : การสังเคราะห์พอลิยูรีเทนสูตรน้ำโดยใช้สารลดแรงตึงผิวที่เตรียมได้จากการรีไซเคิลขวดเพท. (SYNTHESIS OF WATERBORNE POLYURETHANE USING SURFACTANT DERIVED FROM RECYCLING OF WASTE PET BOTTLE) อ. ที่ปรึกษา : รศ. เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร์, จำนวน 92 หน้า. ISBN 974-03-1157-1.

งานวิจัยนี้เป็นการสังเคราะห์สารเคลือบผิวชนิดพอลิยูรีเทนสูตรน้ำด้วยกระบวนการอิมัลชันพอลิเมอไรเซชันจากพอลิยูรีเทนที่ดัดแปรด้วยน้ำมันลินสีดและอะคริลิกมอนอเมอร์ โดยใช้สารลดแรงตึงผิวที่เตรียมได้จากปฏิกิริยาระหว่างพอลิเอทิลีนไกลคอล โทลูอีนไดไอโซไซยาเนต และเอทิลีนไกลคอล ทั้งในสภาพที่มีน้ำมันและไม่มีน้ำมันละหุ่ง ซึ่งเอทิลีนไกลคอลที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นผลพลอยได้จากการย่อยสลายขวดเพทที่ใช้แล้วด้วยกระบวนการอัลคาไลน์ดีคอมโพซิชันโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ในตัวกลางที่ปราศจากน้ำ

จากการทดลองพบว่าสามารถย่อยสลายขวดเพทได้ 94.91 % ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส ภายในเวลา 1 ชั่วโมง และเอทิลีนไกลคอลที่ได้มีความบริสุทธิ์ 93.12 % ส่วนสารลดแรงตึงผิวที่เตรียมได้มีค่าความเข้มข้นไมเซลวิกฤต 0.03 โมล/ลิตร

สารเคลือบผิวชนิดพอลิยูรีเทนที่สังเคราะห์ได้ทุกสูตรมีลักษณะภายนอกเหมือนน้ำนม โดยฟิล์มของสารเคลือบผิวที่เตรียมโดยใช้สารลดแรงตึงผิวที่มีน้ำมันละหุ่งในปฏิกิริยามีความอ่อนตัว สามารถติดแน่นได้ดี มีความทนน้ำและด่างดีเยี่ยม ความทนกรดพอใช้

ภาควิชาวัสดุศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์ฯ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2544

4272345723 : MAJOR APPLIED POLYMER SCIENCE AND TEXTILE TECHNOLOGY
KEY WORD: RECYCLING PET / URETHANE SURFACTANT / WATERBORNE POLYURETHANE

PRONTIP SAEBAE : SYNTHESIS OF WATERBORNE POLYURETHANE COATING USING SURFACTANT DERIVED FROM RECYCLING OF WASTE PET BOTTLE. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. SAOWAROJ CHUAYJULJIT, 92 pp. ISBN 974-03-1157-1.

Waterborne polyurethane coating was prepared from emulsion polymerization of linseed oil-modified polyurethane and acrylic monomer using surfactants synthesized from the reaction of polyethylene glycol , toluene diisocyanate and ethylene glycol with and without castor oil . Ethylene glycol used in this research was a by product from alkali decomposition of PET bottle using sodium hydroxide in anhydrous media.

It was found that at 180°C and reaction time of 1 hour, the percent decomposition of PET was 94.91 % and the obtained ethylene glycol had a purity of 92.7 %. The synthesized surfactant had critical micelle concentration of 0.03 mol/l.

Waterborne polyurethane coatings prepared by using both types of surfactants were milk-like liquid. It was also found that the coating prepared with castor oil-based surfactant gave film with good flexibility, good adhesion, excellent water and alkali resistance but fair acid resistance.

Department of Materials Science Student's signature Prontip Saebae

Field of study Applied Polymer Science and Textile Technology Advisor's signature

Academic year 2001

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้อย่างสมบูรณ์เป็นเพราะได้รับคำแนะนำทางวิชาการ ความเอื้อเฟื้อด้านเครื่องมือ วัตถุดิบและสถานที่ทำวิทยานิพนธ์ อีกทั้งยังได้รับความช่วยเหลือและแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์จากผู้ทรงคุณวุฒิด้านต่างๆ เป็นอย่างดี ข้าพเจ้าจึงใคร่ขอขอบคุณบุคคล และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดังรายนาม ต่อไปนี้

1. รศ. เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้คำปรึกษาในการแก้ไขปัญหาและแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ รวมถึงการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์
2. รศ. ดร. เข็มชัย เหมะจันทร รศ. ไพพรรณ สันติสุข อาจารย์ ดร. วิมลวรรณ พิมพ์พันธุ์ อาจารย์ รัจนา ศิริสุข นายชัยวัฒน์ นรกานต์กร ที่ให้คำแนะนำและแนวคิดซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์
3. ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
5. ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
6. บริษัท สยามเคมีคอลอินดัสตรี้ จำกัด
7. บริษัท ยูเนียนคาร์ไบด์ ไทยแลนด์ จำกัด
8. บริษัท เลนโซ่ เอเชีย จำกัด (มหาชน)
9. บริษัท ทุนเท็กซ์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)

ท้ายสุดนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี อีกทั้งอาจารย์ทุกท่านที่ช่วยประสิทธิ์ประสาทความรู้ให้แก่ข้าพเจ้าจนสามารถสร้างสรรค์วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญภาพ ..... ฏ

บทที่

1. บทนำ 1
2. วารสารปริทรรศน์ 3
    2.1 เพท 3
    2.2 การย่อยสลายเพท 6
    2.3 สารลดแรงตึงผิว 10
        2.3.1 แรงตึงผิว 11
        2.3.2 สมการของ Gibb 11
        2.3.3 ความเข้มข้นไมเซลล์วิกฤต 12
        2.3.4 ประโยชน์ของสารลดแรงตึงผิว 13
        2.3.5 การแบ่งชนิดของสารลดแรงตึงผิว 14
    2.4 สารเคลือบผิว 18
        2.4.1 วัตถุประสงค์ของการเคลือบผิว 18
        2.4.2 ประเภทของสารเคลือบผิว 18
        2.4.3 การเกิดฟิล์ม 18
        2.4.4 การแห้งของสารเคลือบ 19
    2.5 สารเคลือบผิวพอลิยูรีเทน 20
        2.5.1 ปฏิกิริยาเคมี 20
        2.5.2 สมบัติของสารเคลือบผิวพอลิยูรีเทน 22
        2.5.3 การใช้งานของพอลิยูรีเทน 23
        2.5.4 พอลิยูรีเทนสูตรน้ำ 23

บทที่ หน้า

2.6 อิมัลชัน 24
2.6.1 ชนิดของอิมัลชัน 25
2.6.2 การเกิดอิมัลชัน 26
2.6.3 อิมัลซิฟายเออร์ 27
2.6.4 วิธีการเตรียมอิมัลชัน 28
2.6.5 สมบัติทางกายภาพของอิมัลชัน 29
2.6.6 ความคงตัวของอิมัลชัน 31
2.6.7 ปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวของอิมัลชัน 34
3. การทดลอง 35
3.1 วัตถุดิบและสารเคมี 35
3.2 เครื่องทดสอบ 36
3.3 ขอบเขตการทดลอง 36
3.4 การเตรียมเอทิลีนไกลคอลจากขวดเพทที่ใช้แล้ว 37
3.5 การเตรียมสารลดแรงตึงผิวพอลิยูรีเทน 38
3.5.1 การเตรียมสารลดแรงตึงผิวพอลิยูรีเทนชนิดไม่มีน้ำมัน
เป็นส่วนประกอบ 38
3.5.2 การเตรียมสารลดแรงตึงผิวพอลิยูรีเทนชนิดมีน้ำมัน
เป็นส่วนประกอบ 42
3.6 การสังเคราะห์สารเคลือบผิวพอลิยูรีเทนสูตรน้ำจาก
สารลดแรงตึงผิวที่สังเคราะห์ได้ 43
3.6.1 การสังเคราะห์สารเคลือบผิวพอลิยูรีเทนสูตรน้ำจาก
สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีน้ำมันเป็นส่วนประกอบ 43
3.6.2 การสังเคราะห์สารเคลือบผิวพอลิยูรีเทนสูตรน้ำจาก
สารลดแรงตึงผิวชนิดมีน้ำมันเป็นส่วนประกอบ 46
3.6.3 การทดสอบสมบัติของสารเคลือบผิวพอลิยูรีเทนสูตรน้ำ 47

4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง 51
4.1 ผลการเตรียมเอทิลีนไกลคอลจากขวดเพทที่ใช้แล้ว 51
4.1.1 การเตรียมเอทิลีนไกลคอลจากขวดเพทที่ใช้แล้ว 51

บทที่ หน้า

4.1.2 การวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีด้วยเทคนิค FT-IR สเปกโทรสโกปี 51
4.1.3 การตรวจสอบความบริสุทธิ์ด้วยเครื่อง GC 53
4.2 ผลการเตรียมสารลดแรงตึงผิว 54
4.2.1 การเตรียมสารลดแรงตึงผิว 54
4.2.2 การวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของสารลดแรงตึงผิว โดยใช้เทคนิค FT-IR สเปกโทรสโกปี 55
4.2.3 การตรวจสอบว่าสารที่สังเคราะห์ได้เป็นสารลดแรงตึงผิว 58
4.2.4 การตรวจสอบสมบัติทางความร้อนด้วยเครื่อง TGA 62
4.3 ผลการเตรียมสารเคลือบผิวชนิดพอลิยูรีเทนสูตรน้ำ 63
4.3.1 การเตรียมสารเคลือบผิวชนิดพอลิยูรีเทนสูตรน้ำ 63
4.3.2 การวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีด้วยเทคนิค FT-IR สเปกโทรสโกปี 63
4.3.3 การศึกษาสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค DSC 67
4.3.4 การศึกษาสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค TGA 68
4.3.5 การทดสอบสมบัติของฟิล์มพอลิยูรีเทน 69
4.3.5.1 การหาปริมาณร้อยละของสารที่ระเหยไม่ได้ 69
4.3.5.2 การทดสอบสมบัติของฟิล์มพอลิยูรีเทน 69
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 72
5.1 สรุปผลการทดลอง 72
5.2 ข้อเสนอแนะ 73
รายการอ้างอิง 74
ภาคผนวก 78
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 92

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า HLB กับประโยชน์ของสารลดแรงตึงผิว.....17
ตารางที่ 2.2 แสดงการเกิดปฏิกิริยาระหว่างไอโซไซยาเนตกับ
การประกอบที่มี active hydrogen.....22
ตารางที่ 2.3 ลักษณะภายนอกที่มองเห็นของอิมัลชันซึ่งแปรตามขนาด
ของหยดอนุภาคเฟสภายใน.....25
ตารางที่ 2.4 ลักษณะต่างๆ ของอิมัลชันมหัพภาคและจุลภาค.....29
ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนผสมโดยโมลและโดยน้ำหนัก (กรัม) ของสารที่ใช้เตรียม
สารลดแรงตึงผิวพอลิยูรีเทน.....38
ตารางที่ 3.2 อัตราส่วนผสมระหว่างพอลิยูรีเทนที่ดัดแปรด้วยน้ำมันลินสีด
(OMPU) และอะคริลิกมอนอเมอร์.....43
ตารางที่ 4.1 สเปกตรัมเอทิลีนไกลคอล.....52
ตารางที่ 4.2 ค่าความบริสุทธิ์ของเอทิลีนไกลคอลด้วยเครื่อง GC.....53
ตารางที่ 4.3 ลักษณะของสารลดแรงตึงผิวที่สังเคราะห์ได้.....54
ตารางที่ 4.4 สเปกตรัมของสารลดแรงตึงผิวที่สังเคราะห์ได้.....55
ตารางที่ 4.5 ค่า CMC ค่า surface excess และค่าความชันของกราฟแสดง
ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสังเคราะห์และแรงตึงผิว.....58
ตารางที่ 4.6 สเปกตรัมของ OMPU.....64
ตารางที่ 4.7 สเปกตรัมของสารเคลือบผิวพอลิยูรีเทนที่เตรียมได้.....65
ตารางที่ 4.8 สมบัติทางความร้อนของฟิล์มสารเคลือบผิวด้วยเทคนิค DSC.....67
ตารางที่ 4.9 การหาปริมาณร้อยละของสารที่ระเหยไม่ได้ของสารเคลือบผิว.....69
ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบสมบัติการทนขูดขีด ความอ่อนตัวของฟิล์ม
ความติดแน่นและความทนแรงกระทบของฟิล์มสารเคลือบผิว.....70
ตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบความทนน้ำ ทนกรดและด่างของฟิล์มสารเคลือบผิว.....71

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 โมเลกุลของสารลดแรงตึงผิว 10
รูปที่ 2.2 แสดงทิศทางของแรงที่กระทำต่อโมเลกุลของของเหลว 10
รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิว และค่า CMC 12
รูปที่2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงตึงผิวและความเข้มข้นของสารละลาย 13
รูปที่ 2.5 สารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบ 14
รูปที่ 2.6 สารลดแรงตึงผิวชนิดประจุบวก 15
รูปที่ 2.7 สารลดแรงตึงผิวชนิดแอมโฟเทอริก 15
รูปที่ 2.8 สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ 16
รูปที่ 2.9 ชนิดของฟิล์มที่ผิวสัมผัสระหว่างน้ำและน้ำมันที่เกิดจากอิมัลซิฟายเออร์ชนิดต่างๆ 27
รูปที่ 2.10 ลักษณะการเรียงตัวของฟิล์มที่หุ้มรอบหยดน้ำมัน ของอิมัลซิฟายเออร์ชนิดประจุลบ 27
รูปที่ 2.11 แผนภูมิการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของระบบอิมัลชัน 32
รูปที่3.1 ขั้นตอนการสังเคราะห์สารลดแรงตึงผิวพอลิยูรีเทนชนิดไม่มี น้ำมันเป็นส่วนประกอบ 39
รูปที่ 3.2 แสดงขั้นตอนการสังเคราะห์สารลดแรงตึงผิวพอลิยูรีเทนชนิดมีน้ำมัน เป็นส่วนประกอบ 41
รูปที่ 3.3 การสังเคราะห์สารเคลือบผิวพอลิยูรีเทน 45
รูปที่ 3.4 เครื่องมือแอพพลิเคเตอร์ (film applicator) 48
รูปที่ 3.5 เครื่อง Mechanical Scratch Test 48
รูปที่ 3.6 เครื่อง Conical Mandrel Test 49
รูปที่ 4.1 สเปกตรัมเปรียบเทียบระหว่าง (a) เอทิลีนไกลคอลมาตรฐาน (b) เอทิลีนไกลคอลก่อนทำการกลั่น และ (c) เอทิลีนไกลคอลภายหลังทำการกลั่น 52
รูปที่ 4.2 สเปกตรัมของสารลดแรงตึงผิวที่สังเคราะห์ได้ (a) ชนิดพอลิยูรีเทนที่ไม่มี น้ำมันเป็นส่วนประกอบ (b) ชนิดพอลิยูรีเทนที่มีน้ำมันเป็นส่วนประกอบ 55
รูปที่ 4.3 สเปกตรัมของสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีน้ำมันเป็นส่วนประกอบ[16] 56
รูปที่ 4.4 สเปกตรัมของสารลดแรงตึงผิวชนิดมีน้ำมันเป็นส่วนประกอบ[16] 56

หน้า

รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสังเคราะห์ชนิดไม่มีน้ำมันเป็นส่วนประกอบ (สูตร S1) และค่าแรงตึงผิว 59
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสังเคราะห์ชนิดไม่มีน้ำมันเป็นส่วนประกอบ (สูตร S2) และค่าแรงตึงผิว 59
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสังเคราะห์ชนิดมีน้ำมันเป็นส่วนประกอบ (สูตร S3) และค่าแรงตึงผิว 60
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารสังเคราะห์ชนิดมีน้ำมันเป็นส่วนประกอบ (สูตร S4) และค่าแรงตึงผิว 60
รูปที่ 4.9 แสดงค่าแรงตึงผิวของสารลดแรงตึงผิวที่มีการเติมพอลิเมอร์และไม่มีการเติมพอลิเมอร์[17] 61
รูปที่ 4.10 แสดงค่าแรงตึงผิวของสารลดแรงตึงผิวที่ไม่มีการเติมพอลิเมอร์และมีการเติมพอลิเมอร์ที่ความเข้มข้นของพอลิเมอร์ต่างๆ [17] 61
รูปที่ 4.11 TGA เทอร์โมแกรมของสารลดแรงตึงผิว (a) ชนิดไม่มีน้ำมันเป็นส่วนประกอบ (b) ชนิดมีน้ำมันเป็นส่วนประกอบ 62
รูปที่ 4.12 สเปกตรัมของ OMPU 63
รูปที่ 4.13 สเปกตรัมของสารเคลือบผิวพอลิยูรีเทนที่เตรียมได้จากสูตร C1 โดยใช้ (a) สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีน้ำมันเป็นส่วนประกอบ (b) สารลดแรงตึงผิวชนิดมีน้ำมันเป็นส่วนประกอบ 65
รูปที่ 4.14 โครงสร้างของสารเคลือบผิวทั้งหมดที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR สเปกโทรสโกปี .. 66
รูปที่ 4.15 สมบัติทางความร้อนที่วัดด้วยเทคนิค DSC ของสารเคลือบผิวสูตร C1 ที่ใช้อิมัลซิฟายเออร์ชนิดไม่มีน้ำมันเป็นส่วนประกอบ 67
รูปที่ 4.16 TGA เทอร์โมแกรมของสารเคลือบผิวที่ใช้อิมัลซิฟายเออร์ชนิดสารลดแรงตึงผิว (a) ไม่มีน้ำมันเป็นส่วนประกอบ (b) มีน้ำมันเป็นส่วนประกอบ 68