

การเตรียม โฟมพอลิยูรีเทนจากขวดพेटที่ใช้แล้วเพื่อใช้แยกไอออนของโลหะหนัก

นางสาววารุณี วัฒนถนอม



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์  
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-346-402-6

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

11943666X

PREPARATION OF POLYURETHANE FOAM FROM WASTE PET BOTTLES  
FOR HEAVY METAL IONS SEPARATION

Miss Warunee Wattananom

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 Materials Science

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2000

ISBN 974-346-402-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การเตรียมโพลีเมอร์จากขดเพตที่ใช้แล้วเพื่อใช้แยกไอออน  
ของโลหะหนัก

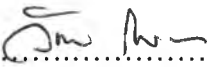
โดย นางสาว วารุณี วัฒนถนอม

ภาควิชา วัสดุศาสตร์

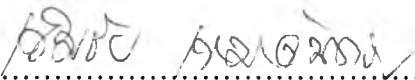
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร

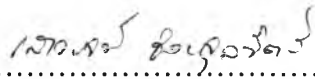
---


คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้  
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท


.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์  
(รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย โพธิ์พิจิตร)

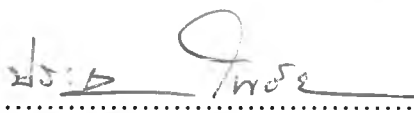
คณะกรรมการการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.เจ็มชัย เหมะจันทร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา  
(รองศาสตราจารย์ เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร)

.....กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ไพพรรณ สันติสุข)

.....กรรมการ  
(อาจารย์ ดร.วิมลวรรณ พิมพ์พันธุ์)

.....กรรมการ  
(อาจารย์ ดร.ประณัฐ โพธิยะราช)

นางสาววารุณี วัฒนถนอม : การเตรียมโฟมพอลิยูรีเทนจากขวดพลาสติกใช้แล้วเพื่อ  
 ใช้แยกไอออนของโลหะหนัก. (PREPARATION OF POLYURETHANE  
 FOAM FROM WASTE PET BOTTLES FOR HEAVY METAL IONS  
 SEPARATION) อ. ที่ปรึกษา : รศ. เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร , 76 หน้า.  
 ISBN 974-346-402-6

ขวดพลาสติกใช้แล้วได้ถูกย่อยสลายด้วยโพรพิลีนไกลคอลที่มากเกินไป ซึ่งเมื่อนำ  
 โกลโคไลซ์โพรดักส์ที่ได้ไปทำปฏิกิริยากับกรดอะดิพิค ได้เป็นพอลิเอสเตอร์พอลิออล  
 และเมื่อนำพอลิออลที่เตรียมได้นี้มาผสมกับพอลิออลที่ใช้ในทางการค้าในอัตราส่วน  
 ต่างๆกันทำให้ได้พอลิออลผสมที่ใช้เตรียมโฟมพอลิยูรีเทนจากปฏิกิริยาระหว่าง  
 พอลิออลไดฟีนิลมีเทนไดไอโซไซยานเนต กรดฟีนิลฟอสฟอนิก และน้ำ ซึ่งโฟม  
 พอลิยูรีเทนที่เตรียมได้เหล่านี้ประกอบด้วยสารแลกเปลี่ยนไอออนบวกที่สามารถทำการ  
 แยกไอออนของโลหะหนัก เช่น ตะกั่ว และทองแดง ออกจากสารละลายได้ นอกจากนี้  
 ยังพบว่าการแยกไอออนของโลหะหนักเกิดมากที่สุดเมื่อปรับค่าความเป็นกรดต่างให้เท่า  
 กับ 1 ด้วยกรดอะซิติก

ภาควิชาวัสดุศาสตร์  
 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์ฯ  
 ปีการศึกษา 2543

ลายมือชื่อนิสิต.....  
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

# # 4172440523: MAJOR APPLIED POLYMER SCIENCE AND TEXTILE TECHNOLOGY

KEY WORD : PET /WASTE PET BOTTLE / POLYURETHANE FOAM/METAL IONS

WARUNEE WATTANATANOM : PREPARATION OF POLYURETHANE  
FOAM FROM WASTE PET BOTTLES FOR HEAVY METAL IONS  
SEPARATION. THESIS ADVISER :ASSOC. PROF. SAOWAROJ  
CHUAYJULJIT. 76 pp. ISBN 974-346-402-6

Waste PET bottles were depolymerized in excess propylene glycol. The glycolized product was then reacted with adipic acid to get polyester polyol. The obtained polyol was mixed with commercial polyol in various ratios. Polyurethane foams were prepared by the reaction of these mixed polyols, diphenylmethane, phenyl phosphonic acid and water. These foams contained cation exchanger i.e.,  $\text{PO}_3^{2-}$  that can separate heavy metal ions such as  $\text{Pb}^{2+}$  and  $\text{Cu}^{2+}$  from the solutions. It was also found that separation was maximum when the pH of the solution was adjusted to 1 by using concentrate acetic acid

Department Materials Science

Student's signature.....Warunee Wattanatanom

Field of study Applied polymer science and textile technology

Advisor's signature.....P. Chuayjuljit

Academic year 2000



## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ได้อย่างสมบูรณ์นั้นเป็นเพราะได้รับคำแนะนำทางด้านวิชาการ ความเอื้อเฟื้อทางด้านสถานที่ เครื่องมือ และวัสดุ ดิบสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ อีกทั้งยังได้รับความช่วยเหลือและการแนะแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์จากผู้ทรงคุณวุฒิในด้านต่างๆเป็นอย่างดี ข้าพเจ้าจึงใคร่ขอขอบพระคุณบุคคลต่างๆและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีรายนามดังนี้

1. รศ. เสาวรจน์ ช่วยจตุจักร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษาในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นและแนะแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ รวมถึงการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์
2. รศ.ดร. เข้มชัย เหมะจันทร์ รศ. ไพพรรณ สันติสุข อ.ดร.ประณัฐ โพธิยะราช อ.ดร.วิมลวรรณ พิมพ์พันธุ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ภาควิชาวัสดุศาสตร์ที่ให้คำแนะนำซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์
3. ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4. บริษัท ยูเนี่ยนคาร์ไบด์ (ประเทศไทย) จำกัด
5. วิทยาลัยปิโตรเลียมและปิโตรเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
6. ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
7. บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี อีกทั้งครูบาอาจารย์ทุกท่านที่ช่วยประสิทธิ์ประสาทวิชาการทั้งหลายให้แก่ข้าพเจ้า จนสามารถสร้างสรรค์วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เป็นผลสำเร็จตามที่มุ่งหวังไว้

## สารบัญ

บทคัดย่อ(ภาษาไทย).....	ง
บทคัดย่อ(ภาษาอังกฤษ).....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูป.....	ฉ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
2.วารสารปริทัศน์.....	3
2.1 เพศ.....	3
2.1.1 สารตั้งต้นที่ใช้ในการสังเคราะห์เพศ.....	3
2.1.2 การสังเคราะห์เพศ.....	5
2.1.3 การย่อยสลายเพศ.....	7
2.2 โฟมพอลิยูรีเทน.....	11
2.2.1 สารตั้งต้นที่ใช้ในการสังเคราะห์โฟมพอลิยูรีเทน.....	13
2.2.2กระบวนการเตรียมโฟมพอลิยูรีเทน.....	21
2.3วัสดุที่ทำการแลกเปลี่ยนไอออน.....	22
3.วิธีการวิจัย.....	26
3.1 การย่อยสลายขวดเพศที่ใช้แล้ว.....	26
3.2 การสังเคราะห์พอลิเอสเทอร์พอลิออกจาก ไกลโคไลซ์โพรดักส์.....	27

3.3 การสังเคราะห์โพลีเมอร์เทินจากพอลิเอสเทอร์พอลิออลที่ได้ จากไกลโคไลซ์โพรดักส์.....	29
3.4 การหาโพลีเมอร์เทินที่เหมาะสมในการแยกไอออน ของโลหะออกจากสารละลาย.....	31
3.5 การแยกไอออนของโลหะออกจากสารละลายโดยใช้ โพลีเมอร์เทินที่สังเคราะห์จากขดเพตที่ใช้แล้ว.....	32
4. ผลการวิจัยและการอภิปรายผล.....	34
4.1 ผลการย่อยสลายขดเพตที่ใช้แล้ว.....	34
4.2 ผลการสังเคราะห์พอลิเอสเทอร์พอลิออลจากไกลโคไลซ์โพรดักส์.....	37
4.3 ผลการสังเคราะห์โพลีเมอร์เทินจากพอลิเอสเทอร์พอลิออล.....	41
4.4 ผลการหาโพลีเมอร์เทินที่เหมาะสมในการแยกไอออน ของโลหะออกจากสารละลาย.....	50
4.5 ผลการแยกไอออนของโลหะออกจากสารละลายออกจากน้ำเสีย.....	51
5. ข้อเสนอแนะ.....	63
5.1 ข้อเสนอแนะ.....	63
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	64
6. รายการอ้างอิง.....	65
7. ภาคผนวก.....	67
ภาคผนวก ก.....	68
ภาคผนวก ข.....	75
8. ประวัติผู้วิจัย.....	76



## สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 อัตราส่วนของส่วนผสมในการสังเคราะห์	
โฟมพอลิยูรีเทน.....	30
ตารางที่ 4.1 ค่าไฮดรอกซิลนัมเบอร์ของพอลิเอสเตอร์พอลิโออล.....	40
ตารางที่ 4.2 ลักษณะและอัตราการไหลของโฟมพอลิยูรีเทน	
ที่สังเคราะห์ได้.....	41
ตารางที่ 4.3 เปอร์เซ็นต์การดูดซึมตะกั่วออกจากสารละลาย	
โดยใช้โฟมพอลิยูรีเทนที่สังเคราะห์จากไกลโคไลซ์โพรดักส์.....	50
ตารางที่ 4.4 เปอร์เซ็นต์การดูดซึมตะกั่วออกจากสารละลาย	
โดยใช้โฟมพอลิยูรีเทนที่สังเคราะห์จากไกลโคไลซ์โพรดักส์	
เมื่อใช้กรดอะซิติกเป็นตัวปรับค่าความเป็นกรดต่าง .....	51
ตารางที่ 4.5 เปอร์เซ็นต์การดูดซึมทองแดงออกจากสารละลาย	
โดยใช้โฟมพอลิยูรีเทนที่สังเคราะห์จากไกลโคไลซ์โพรดักส์	
เมื่อใช้กรดอะซิติกเป็นตัวปรับค่าความเป็นกรดต่าง .....	51
ตารางที่ 4.6 เปอร์เซ็นต์การดูดซึมตะกั่วออกจากสารละลายที่	
ค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 1 โดยใช้โฟมพอลิยูรีเทน	
ที่สังเคราะห์จากไกลโคไลซ์โพรดักส์	
เมื่อใช้กรดอะซิติกเป็นตัวปรับค่าความเป็นกรดต่าง .....	53
ตารางที่ 4.7 เปอร์เซ็นต์การดูดซึมทองแดงออกจากสารละลายที่	
ค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 1 โดยใช้โฟมพอลิยูรีเทน	
ที่สังเคราะห์จากไกลโคไลซ์โพรดักส์	
เมื่อใช้กรดอะซิติกเป็นตัวปรับค่าความเป็นกรดต่าง .....	53

ตารางที่ 4.8	เปอร์เซ็นต์การดูดซึมตะกั่วออกจากสารละลาย โดยใช้โพลีเมอร์ที่สังเคราะห์จากไกลโคไลซ์โพรดักส์ เมื่อใช้กรดไนตริกเป็นตัวปรับค่าความเป็นกรดต่าง.....	55
ตารางที่ 4.9	เปอร์เซ็นต์การดูดซึมทองแดงออกจากสารละลาย โดยใช้โพลีเมอร์ที่สังเคราะห์จากไกลโคไลซ์โพรดักส์ เมื่อใช้กรดไนตริกเป็นตัวปรับค่าความเป็นกรดต่าง.....	55
ตารางที่ 4.10	เปอร์เซ็นต์การดูดซึมตะกั่วออกจากสารละลาย โดยใช้โพลีเมอร์ที่สังเคราะห์จากไกลโคไลซ์โพรดักส์ เมื่อใช้กรดไฮโดรคลอริกเป็นตัวปรับค่าความเป็นกรดต่าง.....	57
ตารางที่ 4.11	เปอร์เซ็นต์การดูดซึมทองแดงออกจากสารละลาย โดยใช้โพลีเมอร์ที่สังเคราะห์จากไกลโคไลซ์โพรดักส์ เมื่อใช้กรดไฮโดรคลอริกเป็นตัวปรับค่าความเป็นกรดต่าง.....	57
ตารางที่ 4.12	เปอร์เซ็นต์การดูดซึมตะกั่วออกจากสารละลาย โดยใช้โพลีเมอร์ที่สังเคราะห์จากไกลโคไลซ์โพรดักส์ เมื่อใช้กรดซัลฟูริกเป็นตัวปรับค่าความเป็นกรดต่าง.....	59
ตารางที่ 4.13	เปอร์เซ็นต์การดูดซึมทองแดงออกจากสารละลาย โดยใช้โพลีเมอร์ที่สังเคราะห์จากไกลโคไลซ์โพรดักส์ เมื่อใช้กรดซัลฟูริกเป็นตัวปรับค่าความเป็นกรดต่าง.....	59

## สารบัญรูป

รูปที่ 4.1 ไกลโคไลซ์โพรดักส์ที่สังเคราะห์ได้จากการ ไกลโคลิซิสขวดเปิดที่ใช้แล้ว.....	34
รูปที่ 4.2 กราฟ FT-IR Spectrum ของไกลโคไลซ์โพรดักส์.....	35
รูปที่ 4.3 กราฟ FT-IR Spectrum ของเปิด.....	35
รูปที่ 4.4 กราฟ FT-IR Spectrum เปรียบเทียบระหว่าง ไกลโคไลซ์โพรดักส์กับเปิด.....	36
รูปที่ 4.5 พอลิเอสเทอร์พอลิออลที่สังเคราะห์จากไกลโคไลซ์โพรดักส์.....	37
รูปที่ 4.6 กราฟ FT-IR Spectrum ของพอลิเอสเทอร์พอลิออล ที่สังเคราะห์ได้จากไกลโคไลซ์โพรดักส์.....	38
รูปที่ 4.7 กราฟ FT-IR Spectrum ของพอลิเอสเทอร์พอลิออล ที่ใช้ในทางการค้า.....	38
รูปที่ 4.8 กราฟ FT-IR Spectrum เปรียบเทียบระหว่าง พอลิเอสเทอร์พอลิออลที่สังเคราะห์ได้กับพอลิเอสเทอร์พอลิออล ที่ใช้ในทางการค้า.....	39
รูปที่ 4.9 โฟมพอลิยูรีเทนสูตรที่ 1 สูตรที่ 2 สูตรที่ 3.....	43
รูปที่ 4.10 โฟมพอลิยูรีเทนสูตรที่ 4 สูตรที่ 5 สูตรที่ 6.....	43
รูปที่ 4.11 โฟมพอลิยูรีเทนสูตรที่ 7 และสูตรที่ 8.....	44
รูปที่ 4.12 กราฟ FT-IR Spectrum ของโฟมพอลิยูรีเทนที่ใส่กรดฟีนิลฟอสฟอนิก....	45
รูปที่ 4.13 กราฟ FT-IR Spectroscopy ของโฟมพอลิยูรีเทนทั้ง 8 สูตร.....	46
รูปที่ 4.14 โฟมพอลิยูรีเทนที่ไม่ได้ใส่กรดฟีนิลฟอสฟอนิก.....	47
รูปที่ 4.15 กราฟ FT-IR Spectrum ของโฟมพอลิยูรีเทนที่ไม่ได้ใส่ กรดฟีนิลฟอสฟอนิก.....	48

รูปที่ 4.16	กราฟ FT-IR Spectrum เปรียบเทียบระหว่างโพลีเอทิลีนที่ใส่กรดฟีนิลฟอสฟอนิกกับโพลีเอทิลีนที่ไม่ได้ใส่กรดฟีนิลฟอสฟอนิก...	49
รูปที่ 4.17	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรดต่างกับเปอร์เซ็นต์การดูดซึมของการแยกตะกั่วออกจากสารละลาย.....	52
รูปที่ 4.18	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรดต่างกับเปอร์เซ็นต์การดูดซึมของการแยกทองแดงออกจากสารละลาย.....	52
รูปที่ 4.19	ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับเปอร์เซ็นต์การดูดซึมของการแยกตะกั่วออกจากสารละลาย.....	54
รูปที่ 4.20	ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับเปอร์เซ็นต์การดูดซึมของการแยกทองแดงออกจากสารละลาย.....	54
รูปที่ 4.21	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรดต่างกับเปอร์เซ็นต์การดูดซึมของการแยกตะกั่วออกจากสารละลายเมื่อใช้กรดไนตริกเป็นตัวปรับค่าความเป็นกรดต่าง.....	56
รูปที่ 4.22	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรดต่างกับเปอร์เซ็นต์การดูดซึมของการแยกทองแดงออกจากสารละลายเมื่อใช้กรดไนตริกเป็นตัวปรับค่าความเป็นกรดต่าง.....	56
รูปที่ 4.23	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรดต่างกับเปอร์เซ็นต์การดูดซึมของการแยกตะกั่วออกจากสารละลายเมื่อใช้กรดไฮโดรคลอริกเป็นตัวปรับค่าความเป็นกรดต่าง.....	58
รูปที่ 4.24	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรดต่างกับเปอร์เซ็นต์การดูดซึมของการแยกทองแดงออกจากสารละลายเมื่อใช้กรดไฮโดรคลอริกเป็นตัวปรับค่าความเป็นกรดต่าง.....	58
รูปที่ 4.25	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรดต่างกับเปอร์เซ็นต์การดูดซึมของการแยกตะกั่วออกจากสารละลายเมื่อใช้กรดซัลฟูริกเป็นตัวปรับค่าความเป็นกรดต่าง.....	60
รูปที่ 4.26	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรดต่างกับเปอร์เซ็นต์การดูดซึมของการแยกทองแดงออกจากสารละลายเมื่อใช้กรดซัลฟูริกเป็นตัวปรับค่าความเป็นกรดต่าง.....	60