249065
ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
249065

การพัฒนารูปแบบเครื่องหมายการค้าสิ่งทอพื้นบ้านอีสานโดยการประยุกต์จากลายเส้นภาพเขียนสีและลายผ้าโบราณ

ชาตรี บุตรี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิจิตรศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเครื่องประดับและเครื่องหนัง
พฤษภาคม 2556
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ว.ท.ร.ม.ร.ส.ร.
2554 A18

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
249065

การพัฒนาสารเคลือบผิวและสารยึดติดพอลิยูรีเทนอีลาสโตเมอร์จากขวดเพ็ตใช้แล้ว และยางธรรมชาติเหลวดัดแปร

ราตรี บุมี

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม
พฤษภาคม 2555
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยความเอาใจใส่ดูแลเป็นอย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ช. วยากรณ์ เพ็ชญไพศิษฏ์ ที่ได้ให้โอกาสในการทำงานวิจัยชิ้นนี้ ซึ่งช่วยขัดเกลาปัญญาของข้าพเจ้าให้ดีขึ้น อีกทั้งให้ความช่วยเหลือ คำปรึกษา และแนะนำแนวความคิดในการวิจัยนี้แก่ผู้วิจัยด้วยดีตลอดมา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณในความกรุณาของอาจารย์เป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ ดร.จุฑาทิพย์ นมะหุต ที่ให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา แนวคิดและแนวทางในการแก้ปัญหาในการทำวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณกรรมการสอบวิทยานิพนธ์อันประกอบไปด้วย รองศาสตราจารย์ ดร.เมธา รัตนากรพิทักษ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.ปราณี ภิญโญชีพ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ด้วยความเอาใจใส่ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ และทรงคุณค่า

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ภาควิชาเคมีทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ตลอดระยะเวลาที่ผู้วิจัยเข้ารับการศึกษา ณ สถาบันการศึกษาแห่งนี้

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ และเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง

ขอขอบพระคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยเรื่องนี้

เหนือสิ่งอื่นใดขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ของผู้วิจัยที่ให้กำลังใจและให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้านอย่างดีที่สุดเสมอมา

ราตรี บุมี

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาสารเคลือบผิวและสารยึดติดพอลิยูรีเทนอีลาสโตเมอร์จากขวดเพ็ตใช้แล้ว และยางธรรมชาติเหลวดัดแปร
ผู้วิจัย	ราตรี บุมี
ประธานที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ช.วยากรณ์ เพ็ชญไพศิษฏ์
กรรมการที่ปรึกษา	ดร.จุฑาทิพย์ นมะหุต
ประเภทสารนิพนธ์	วิทยานิพนธ์ วท.ม. สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2554
คำสำคัญ	พอลิยูรีเทน สารเคลือบผิว สารยึดติด เพ็ตดัดแปร ยางธรรมชาติเหลวดัดแปร

บทคัดย่อ

249065

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการเตรียมพอลิยูรีเทนอีลาสโตเมอร์จากวัตถุดิบจากธรรมชาติ และขยะพลาสติก สำหรับการประยุกต์ใช้งานด้านการเคลือบผิวชิ้นงานโลหะ และสารยึดติดสำหรับชิ้นงานไม้ โดยเตรียมจากการทำปฏิกิริยาของหมู่ไฮดรอกซิลและหมู่กรดคาร์บอกซิลิกของยางธรรมชาติเหลวไฮดรอกซิล (HLNR) เพ็ตดัดแปรที่มีหมู่ไฮดรอกซิลที่ตำแหน่งปลาย (HTPET) เพ็ตดัดแปรที่มีหมู่กรดคาร์บอกซิลิกที่ตำแหน่งปลาย (CTPET) และพอลิยูรีเทนทางการค้ากระป๋อง B (Polyol B) กับหมู่ไอโซไซยาเนตของพอลิยูรีเทนทางการค้ากระป๋อง A (PU paint commercial (A)) และ 40% 4,4-ไดฟีนิลมีเทน ไดไอโซไซยาเนต, 60% พอลิเมทิลีน พอลิฟีนิล พอลิไดไอโซไซยาเนต (Millionate MR-200 (MDI)) เกรดทางการค้า

ศึกษาโครงสร้างทางเคมีของสารตั้งต้น และผลิตภัณฑ์ของสารเคลือบผิวพอลิยูรีเทนอีลาสโตเมอร์โดยเทคนิค FT-IR และ ATR-IR สเปกโทรสโกปี ศึกษาผลของอัตราส่วนของสารพอลิออล/พอลิแอซิด ต่อพอลิยูรีเทนทางการค้ากระป๋อง A และผลของปริมาณหมู่ไฮดรอกซิลของยางธรรมชาติเหลวดัดแปร ตามมาตรฐานสารเคลือบผิวสำหรับอุตสาหกรรมรถยนต์ พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารพอลิออล/พอลิแอซิด ต่อพอลิยูรีเทนทางการค้ากระป๋อง A คือ 2 : 7.5 โดยน้ำหนัก เมื่อใช้ HLNR ที่มีปริมาณหมู่ไฮดรอกซิล 50% และเพ็ตดัดแปรที่ทำปฏิกิริยากับไกลโคไลซีสด้วยไตรเมทิลออล โพรเพน (P-T) ซึ่งอัตราส่วนที่ให้สมบัติเชิงกลที่ดีที่สุดคือ P-T : HLNR 50 : PU paint commercial (A) เท่ากับ 1 : 1 : 7.5 โดยน้ำหนัก โดยให้สมบัติเชิงกลที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรมสารเคลือบผิวสำหรับรถยนต์ ในด้านการยึดเกาะ และความทนต่อการดัดโค้งของฟิล์ม

249065

ศึกษาผลของชนิดและอัตราส่วนของสารพอลิออล/พอลิแอซิด ต่อไอโซไซยาเนตทางการค้า (MDI) และผลของปริมาณหมู่ไฮดรอกซิลของยางธรรมชาติเหลวไฮดรอกซิล พบว่า เพ็ตดัดแปรทั้ง HTPET และ CTPET ในการทำปฏิกิริยาร่วมกับยางธรรมชาติเหลวดัดแปรที่มีปริมาณหมู่ไฮดรอกซิล 35% และ MDI ให้ผลการทดสอบสมบัติเชิงกลที่ดีผ่านตามมาตรฐานอุตสาหกรรมสารเคลือบผิวสำหรับรถยนต์ ยกเว้นค่าความแข็งซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานเล็กน้อย โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมคือ HTPET/CTPET : HLNR 30 : MDI เท่ากับ 0.25 : 1 : 0.75 โดยน้ำหนัก

ในขณะที่ผลของชนิดและอัตราส่วนของเพ็ตดัดแปร และยางธรรมชาติเหลวไฮดรอกซิล ความต้านทานต่อสารเคมี และเวลาต่อสมบัติการยึดติด ของสารยึดติดพอลิยูรีเทนอีลาสโตเมอร์ ศึกษาโดยค่าความต้านทานต่อแรงเฉือน พบว่าการเตรียมสารยึดติดโดยใช้เพ็ตดัดแปรทั้งชนิด HTPET และ CTPET สามารถเตรียมสารยึดติดได้ดีที่สุด 3 ชนิด คือ HTPET ที่ได้จากการนำขวดน้ำเพ็ตทำปฏิกิริยาไกลโคไลซีสร่วมกับสารผสมระหว่างเอทิลีน ไกลคอล และไตรเมทิลออล โพรเพน (P-ET) และ CTPET ได้จากนำ HTPET ทำปฏิกิริยาการเปิดวงร่วมกับมาลิอิก แอนไฮไดรด์ (P-ET-MA และ P-T-MA) ในการทำปฏิกิริยาร่วมกับยางธรรมชาติเหลวดัดแปร ที่มีปริมาณหมู่ไฮดรอกซิล 50% และ MDI พบว่าให้ค่าความต้านทานต่อแรงเฉือนดีที่สุด โดยอัตราส่วนที่ดีที่สุดคือ P-ET, P-ET-MA หรือ P-T-MA : HLNR 50 : MDI คือ 0.35-0.45 : 0.55-0.65 : 0.75 โดยโมล ให้ค่าความต้านทานต่อแรงเฉือนสูงถึง 11-13 MPa สำหรับการศึกษาผลของความต้านทานต่อสารเคมี พบว่าสารยึดติดที่มี P-T-MA เป็นองค์ประกอบสามารถทนต่อสภาวะน้ำเย็น น้ำร้อน กรด และเบส ได้ดีที่สุด และผลของเวลาต่อสมบัติการยึดติด พบว่าสารยึดติดที่มี P-ET เป็นองค์ประกอบใช้เวลายึดติดระหว่างชิ้นไม้ได้เร็ว กว่า P-ET-MA และ P-T-MA ตามลำดับ

Title	DEVELOPMENT OF SURFACE COATING AND ADHESIVE POLYURETHANE ELASTOMER FROM WASTE PET BOTTLES AND MODIFIED LIQUID NATURAL RUBBER
Author	Ratree Bumee
Advisor	Assistant Professor Chor.Wayakorn Phetphaisit, Ph.D.
Co-Advisor	Jutatip Namahoot, Ph.D.
Academic Paper	Thesis M.S. in Industrial Chemistry, Naresuan University, 2011
Keywords	Polyurethane, Coatings, Adhesives, Modified PET, Modified liquid natural rubber

ABSTRACT

249065

This research is concerned with study preparing polyurethane elastomer from natural materials and plastic wastes for the applications of metallic coatings and adhesives for wood products. The polyurethane elastomer was prepared by the reaction between polyol/polyacid; hydroxyl group and carboxylic acid group of hydroxyl liquid natural rubber (HLNR), hydroxyl terminated polyethylene terephthalate (HTPET), carboxylic acid terminated polyethylene terephthalate (CTPET), and polyol pack B in a two-pack polyurethane topcoat (polyol B) and isocyanate; isocyanate pack A in a two-pack polyurethane topcoat (PU paint commercial (A)) and 40% 4,4-diphenylmethane diisocyanate, 60% polymethylene polyphenyl polyisocyanate (Millionate MR-200 (commercial MDI)).

The chemical structure of the reactants and products of the polyurethane elastomer coatings was investigated by FT-IR and ATR-IR spectroscopy. The ratio of polyol/polyacid and PU paint commercial (A) and the modified liquid natural rubber with different amount of hydroxyl groups were studied base on the industrial standard for automobile coating. It was found that the suitable ratio of polyol/polyacid and PU paint commercial (A) is 2 and 7.5 by weight, respectively. In addition, the coating with HLNR with 50% of hydroxyl group and modified PET from glycolysis reaction with trimethylol propane (P-T) shows a good mechanical property. The suitable ratio of P-T, HLNR50

and PU paint commercial (A) is 1, 1, and 0.75 by weight, respectively. This coating is passed the test of adhesion and bending base on passing the industrial standard for automobile coating.

The type and the ratio of polyol/polyacid and commercial isocyanate (MDI) and the hydroxyl liquid natural rubber with different amount of hydroxyl group were also studied. It was found that the coating from modified PET; HTPET and CTPET, modified liquid natural rubber with 35% hydroxyl and MDI show a good mechanical property base on passing the industrial standard for automobile coating. The optimum ratio of HTPET / CTPET: HLNR 30: MDI is 0.25: 1: 0.75 by weight.

Meanwhile, the type and ratio of the modified PET and hydroxyl liquid natural rubber, chemicals resistance and green strength of polyurethane elastomer adhesive were studied by the shear strength. It was found that the modified PET; HTPET and CTPET, could be prepared three best types of adhesives with high shear strength resistance. The modified PET was prepared from HTPET resulting from glycolysis reaction between PET water bottles and mixtures of ethylene glycol and trimethylol propane (P-ET), and CTPET resulting from ring opening reaction between HTPET and maleic anhydride (P-ET-MA and P-T-MA). Then, these modified PETs were reacted with modified liquid natural rubber with 50% of hydroxyl groups and MDI to form the adhesives. The optimum ratio of P-ET, P-ET-MA or P-T-MA : HLNR 50 : MDI is equal to 0.35 to 0.45 : 0.55 to 0.65 : 0.75 molar with the optimum shear strength resistance of 11-13 MPa. For the study of chemicals resistance, it was found adhesive with a P-T-MA showed good resistance to cold water, hot water, acids and alkali. Furthermore, the adhesive properties (green strength) were showed that the P-ET could be adhesive to the wood faster than P-ET-MA and P-T-MA.

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	**บทนำ**	1
	ความสำคัญและที่มาของการวิจัย	1
	วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	3
	ขอบเขตของงานวิจัย	3
	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
2	**เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	5
	ยางธรรมชาติ (Natural Rubber, NR)	5
	พอลิเอสเทอร์ (Polyester)	10
	พอลิยูรีเทน	19
	สารเคลือบผิว	25
	กาวติดประสานไม้	32
3	**วิธีการดำเนินงานวิจัย**	40
	สารเคมี	40
	วัสดุอุปกรณ์	41
	วิธีการทดลอง	42
	ยางธรรมชาติเหลวไฮดรอกซิล (Hydroxy Liquid Natural Rubber, HLNR)	57
	การเตรียมเพ็ตดัดแปร	60
	สารเคลือบผิวและสารยึดติดพอลิเอสเทอร์อีลาสโตเมอร์	76
5	**บทสรุป**	106
	สรุปผลการทดลอง	106

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บรรณานุกรม..... 108

ภาคผนวก..... 113

ประวัติผู้วิจัย..... 121

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	อัตราส่วนของสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมยางธรรมชาติเหลวไฮดรอกซิล.....	44
2	อัตราส่วนของสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมเพ็ตดัดแปรที่มีหมู่ปลายเป็นหมู่ไฮดรอกซิล.....	45
3	อัตราส่วนของสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมเพ็ตดัดแปรที่มีหมู่ปลายเป็นหมู่กรดคาร์บอกซิลิก.....	46
4	อัตราส่วนของสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมสารเคลือบผิวพอลิยูรีเทนอีลาสโตเมอร์	48
5	อัตราส่วนของสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมสารยึดติดพอลิยูรีเทนอีลาสโตเมอร์....	50
6	ปริมาณหมู่ไฮดรอกซิล ค่า Intrinsic viscosity ([η]) และน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยตามความหนืด ($\overline{M}_v$)ของยางธรรมชาติเหลวไฮดรอกซิล (HLNR).....	58
7	ผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีด้วยเทคนิค FT-IR สเปกโทรสโกปี ของยางธรรมชาติเหลวดัดแปร (HLNR) ที่มีปริมาณหมู่ไฮดรอกซิล 35%, 50% และ 80%.....	59
8	ลักษณะทางกายภาพและค่า Intrinsic viscosity ของเพ็ตดัดแปรที่ย่อยด้วยไกลคอลในอัตราส่วนต่างๆ.....	62
9	ผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีด้วยเทคนิค ^{13}C NMR สเปกโทรสโกปี ของ P-T, P-ET และ P-P.....	66
10	ลักษณะทางกายภาพ และค่า Intrinsic viscosity ([η]) ของเพ็ตดัดแปรที่มีหมู่กรดคาร์บอกซิลิกที่ตำแหน่งปลาย.....	68
11	ผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีด้วยเทคนิค ^{13}C NMR สเปกโทรสโกปี ของ P-T ที่ทำปฏิกิริยาร่วมกับ PA MA และ AA	71
12	ผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีด้วยเทคนิค ^{13}C NMR สเปกโทรสโกปี ของ P-ET ที่ทำปฏิกิริยาร่วมกับ PA MA และ AA	73
13	ผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีด้วยเทคนิค ^{13}C NMR สเปกโทรสโกปี ของ P-P ที่ทำปฏิกิริยาร่วมกับ PA MA และ AA	75

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
14	ผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีด้วยเทคนิค FT-IR สเปกโทรสโกปี ของเพ็ตดัดแปร ยางธรรมชาติเหลวดัดแปร (HLNR) ที่มีปริมาณหมู่ไฮดรอกซิล 35% Millionate MR-200 และ สีพอลิยูรีเทนทางการค้ากระป๋อง A.....	78
15	การวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีด้วยเทคนิค ATR-IR สเปกโทรสโกปี ของผลิตภัณฑ์พอลิยูรีเทนอีลาสโตเมอร์ (P-T : HLNR 35 : MDI อัตราส่วน 0.25 : 1 : 0.75 โดยน้ำหนัก) และ (P-T : HLNR 35 : PU paint commercial (A) อัตราส่วน 1 : 1 : 7.5 โดยน้ำหนัก).....	80
16	สมบัติเชิงกลของสารเคลือบผิวที่เตรียมจากยางธรรมชาติเหลวไฮดรอกซิล (50%) เพ็ตดัดแปรที่มีหมู่ไฮดรอกซิลตำแหน่งปลาย (P-T) และสีพอลิยูรีเทนทางการค้ากระป๋อง A ในอัตราส่วนผสมต่างๆ กัน.....	82
17	สมบัติเชิงกลของสารเคลือบผิวที่เตรียมจากยางธรรมชาติเหลวไฮดรอกซิล (50%) เพ็ตดัดแปรที่มีหมู่กรดคาร์บอกซิลิกตำแหน่งปลาย (P-T-PA) และไอโซไซยาเนตจากสีทางการค้าในอัตราส่วนผสมต่างๆ กัน.....	83
18	สมบัติเชิงกลของสารเคลือบผิวที่เตรียมจากเพ็ตดัดแปรที่มีหมู่ไฮดรอกซิลตำแหน่งปลาย (P-T) สีพอลิยูรีเทนทางการค้ากระป๋อง A และยางธรรมชาติเหลวดัดแปร ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล 35%, 50% และ 80%.....	85
19	สมบัติเชิงกลของสารเคลือบผิวที่เตรียมจากยางธรรมชาติเหลวไฮดรอกซิล (35% OH) และเพ็ตดัดแปรที่มีหมู่ไฮดรอกซิลตำแหน่งปลาย (P-T) ในอัตราส่วนต่างๆ กัน ต่อไอโซไซยาเนตจากสีทางการค้ากระป๋อง A.....	87
20	สมบัติเชิงกลของสารเคลือบผิวที่เตรียมจากยางธรรมชาติเหลวไฮดรอกซิล (50% OH) และเพ็ตดัดแปรที่มีหมู่ไฮดรอกซิลตำแหน่งปลาย (P-T) ในอัตราส่วนต่างๆ กัน ต่อไอโซไซยาเนตจากสีทางการค้ากระป๋อง A.....	88
21	สมบัติเชิงกลของสารเคลือบผิวที่เตรียมจากยางธรรมชาติเหลวไฮดรอกซิล (80% OH) และเพ็ตดัดแปรที่มีหมู่ไฮดรอกซิลตำแหน่งปลาย (P-T) ในอัตราส่วนต่างๆ กัน ต่อสีพอลิยูรีเทนทางการค้ากระป๋อง A	89

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
22	สมบัติเชิงกลของสารเคลือบผิวที่เตรียมจากยางธรรมชาติเหลวไฮดรอกซิล (50% OH) และเพ็ตดัดแปรที่มีหมู่กรดคาร์บอกซิลิกตำแหน่งปลาย (P-T-PA) ในอัตราส่วนต่างๆ กัน ต่อสีพอลิยูรีเทนทางการค้ากระป๋อง A.....	90
23	สมบัติเชิงกลของสารเคลือบผิวพอลิยูรีเทนอีลาสโตเมอร์ที่เตรียมจากไอโซไซยาเนตทางการค้า (MDI) พอลิยูรีเทนทางการค้ากระป๋อง B (Polyol B) และยางธรรมชาติเหลวดัดแปร ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล 35%, 50% และ 80%.....	92
24	สมบัติเชิงกลของสารเคลือบผิวพอลิยูรีเทนอีลาสโตเมอร์ที่เตรียมจากไอโซไซยาเนตทางการค้า (MDI) พอลิยูรีเทนทางการค้ากระป๋อง B (Polyol B) และยางธรรมชาติเหลวดัดแปร ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล 35%.....	94
25	สมบัติเชิงกลของสารเคลือบผิวที่เตรียมจากยางธรรมชาติเหลวไฮดรอกซิล (35% OH) และพอลิยูรีเทนทางการค้ากระป๋อง B (Polyol B) หรือเพ็ตดัดแปรที่มีหมู่กรดคาร์บอกซิลิกตำแหน่งปลาย (P-ET-PA) ต่อ Millionate MR-200 (MDI).....	96
26	สมบัติเชิงกลของสารเคลือบผิวที่เตรียมจากเพ็ตดัดแปร (HTPET และ CTPET) และยางธรรมชาติเหลวดัดแปร ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล 35% ต่อ Millionate MR-200 (MDI).....	97
27	ค่าความต้านทานต่อแรงเฉือนก่อน และหลังการทดสอบความต้านทานต่อสารเคมี.....	103
28	ความสามารถในการยึดติดชิ้นงานที่เวลาต่างๆ กัน (Green strength) ของสารยึดติดพอลิยูรีเทนอีลาสโตเมอร์	104
29	ผลการทดสอบการดัดโค้งของสารเคลือบผิวที่เตรียมจากเพ็ตดัดแปร (P-T) Millionate MR-200 (MDI) และยางธรรมชาติเหลวดัดแปร ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล 35%, 50% และ 80%.....	114

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง **หน้า**

30 ผลการทดสอบการดัดโค้งของสารเคลือบผิวที่เตรียมจากเพ็ตดัดแปร (P-ET) Millionate MR-200 (MDI) และยางธรรมชาติเหลวดัดแปร ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล 35%, 50% และ 80%..... 115

31 ผลการทดสอบการดัดโค้งของสารเคลือบผิวที่เตรียมจากเพ็ตดัดแปร (P-P) Millionate MR-200 (MDI) และยางธรรมชาติเหลวดัดแปร ที่มีห์มู่ไฮดรอกซิล 35%, 50% และ 80%..... 116

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	สูตรโครงสร้างทางเคมียางธรรมชาติ.....	5
2	ปฏิกิริยาการเตรียมยางธรรมชาติเหลวพอลิออล.....	9
3	การเกิดปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนเอสเทอร์.....	11
4	การเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไลเซชันของ BHET.....	11
5	กระบวนการแอลกอฮอล์ไลซิส (Alcoholysis process).....	12
6	กระบวนการไกลโคไลซิส (Glycolysis process).....	13
7	การสังเคราะห์พอลิเอสเทอร์เรซินชนิดไม่อิ่มตัว.....	16
8	การสังเคราะห์พอลิเอสเทอร์เรซินชนิดไม่อิ่มตัวจาก bis(2-hydroxyethyl) Terephthalate : BHET.....	17
9	ปฏิกิริยาการเกิดพอลิยูรีเทน.....	19
10	ผลิตภัณฑ์จากพอลิยูรีเทน	20
11	กลไกการเกิดปฏิกิริยาของยางธรรมชาติเหลวไฮดรอกซิล (Hydroxyl Liquid Natural Rubber, HLNR)	43
12	ชิ้นงานเหล็ก และชิ้นงานดีบุกสำหรับสารเคลือบผิวพอลิยูรีเทนอีลาสโตเมอร์...	47
13	การเตรียมชิ้นงานไม้สำหรับทดสอบสมบัติความต้านทานต่อแรงเฉือนของสารยึดติดพอลิยูรีเทนอีลาสโตเมอร์.....	49
14	IR spectra ของยางธรรมชาติเหลวไฮดรอกซิล เมื่อ (a) HLNR 35, (b) HLNR 50 และ (c) HLNR 80.....	58
15	^{1}H MNR spectra ของยางธรรมชาติเหลวไฮดรอกซิล ที่มีปริมาณหมู่ไฮดรอกซิล เมื่อ (a) 35%, (b) 50% และ (c) 80%	60
16	การทำปฏิกิริยาไกลโคไลซีสระหว่างเพ็ตและไกลคอล.....	61
17	ผลิตภัณฑ์เพ็ตดัดแปรที่มีหมู่ไฮดรอกซิลที่ตำแหน่งปลาย.....	63
18	^{13}C NMR spectra ของผลิตภัณฑ์เพ็ตที่ทำปฏิกิริยาไกลโคไลซีสร่วมกับไกลคอลชนิดต่างๆ เมื่อ (a) PET-TMP (P-T), (b) PET-EG-TMP (P-ET) และ (c) PET-PG (P-P).....	65

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
19	การทำปฏิกิริยาการเปิดวง และปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันระหว่าง HTPET กับ MA PA และ AA.....	67
20	ผลิตภัณฑ์เพ็ตดัดแปรที่มีหมู่กรดคาร์บอกซิลิกที่ตำแหน่งปลาย.....	69
21	^{13}C NMR spectra เมื่อ (a) ผลิตภัณฑ์ P-T ที่ทำปฏิกิริยาการเปิดวง/ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันร่วมกับ (b) PA (P-T-PA) (c) MA (P-T-MA) และ (d) AA (P-T-AA).....	70
22	^{13}C NMR spectra เมื่อ (a) ผลิตภัณฑ์ P-ET ที่ทำปฏิกิริยาการเปิดวง/ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันร่วมกับ (b) PA (P-ET-PA) (c) MA (P-ET-MA) และ (d) AA (P-ET-AA).....	72
23	^{13}C NMR spectra เมื่อ (a) ผลิตภัณฑ์ P-P ที่ทำปฏิกิริยาการเปิดวง/ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันร่วมกับ (b) PA (P-P-PA) (c) MA (P-P-MA) และ (d) AA (P-P-AA).....	74
24	IR spectra ของสารตั้งต้น เมื่อ (a) เพ็ตดัดแปร (P-T) (b) ยางธรรมชาติเหลวดัดแปร (HLNR 35), (c) Millionate MR-200 (MDI) และ (d) สีพอลิยูรีเทนทางการค้ากระป๋อง A	77
25	IR spectra ของสารผลิตภัณฑ์พอลิยูรีเทนอีลาสโตเมอร์ เมื่อ (a) P-T : HLNR 35 : MDI อัตราส่วน 0.25 : 1 : 0.75 โดยน้ำหนัก และ (b) P-T : HLNR 35 : PU paint commercial (A) อัตราส่วน 1 : 1 : 7.5 โดยน้ำหนัก.....	79
26	ค่าความต้านทานต่อแรงเฉือนของสารยึดติดพอลิยูรีเทนอีลาสโตเมอร์ ที่เตรียมจากเพ็ตดัดแปรที่มีหมู่ไฮดรอกซิลที่ตำแหน่งปลาย และยางธรรมชาติเหลวดัดแปร ที่มีปริมาณหมู่ไฮดรอกซิล 35%, 50% และ 80%.....	99
27	ค่าความต้านทานต่อแรงเฉือนของสารยึดติดพอลิยูรีเทนอีลาสโตเมอร์ ที่เตรียมจากเพ็ตดัดแปรที่มีหมู่กรดคาร์บอกซิลิกที่ตำแหน่งปลาย และยางเหลวดัดแปรที่มีปริมาณหมู่ไฮดรอกซิล 35%, 50% และ 80%	100

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
28	ค่าความต้านทานต่อแรงเฉือนของสารยึดติดพอลิยูรีเทนอีลาสโตเมอร์ที่เตรียมจากเพ็ตดัดแปร ยางธรรมชาติเหลวไฮดรอกซิล และ MDI ในอัตราส่วนต่างๆ กัน เมื่อเพ็ตดัดแปรมีอัตราส่วน 0, 0.25, 0.35, 0.45, 0.75 และ 1 โมล ยางธรรมชาติเหลวไฮดรอกซิล มีอัตราส่วน 1, 0.75, 0.55, 0.65 และ 0.25 และ MDI มีอัตราส่วน 0.75 โมล.....	101
29	เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการยึดติดชิ้นงานที่เวลาต่างๆ กัน (Green Strength).....	105
30	IR spectra ของ (a) เพ็ตดัดแปร (P-ET) (b) ยางธรรมชาติเหลวดัดแปร (HLNR) ที่มีปริมาณหมู่ไฮดรอกซิล 50% (c) ไอโซไซยาเนต (MDI) (d) พอลิยูรีเทนอีลาสโตเมอร์ (P-ET : HLNR 50 : MDI อัตราส่วน 0.35 : 0.65 : 0.75 โดยน้ำหนัก).....	117
31	IR spectra ของ (a) เพ็ตดัดแปร (P-ET-MA) (b) ยางธรรมชาติเหลวดัดแปร (HLNR) ที่มีปริมาณหมู่ไฮดรอกซิล 50% (c) ไอโซไซยาเนต (MDI) (d) พอลิยูรีเทนอีลาสโตเมอร์ (P-ET-MA : HLNR 50 : MDI อัตราส่วน 0.45 : 0.55 : 0.75 โดยน้ำหนัก).....	118
32	IR spectra ของ (a) เพ็ตดัดแปร (P-ET-PA) (b) ยางธรรมชาติเหลวดัดแปร (HLNR) ที่มีปริมาณหมู่ไฮดรอกซิล 50% (c) ไอโซไซยาเนต (MDI) (d) พอลิยูรีเทนอีลาสโตเมอร์ (P-ET-PA : HLNR 50 : MDI อัตราส่วน 0.25 : 0.75 : 0.75 โดยน้ำหนัก).....	119
33	IR spectra ของ (a) เพ็ตดัดแปร (P-T-PA) (b) ยางธรรมชาติเหลวดัดแปร (HLNR) ที่มีปริมาณหมู่ไฮดรอกซิล 35% (c) ไอโซไซยาเนต (MDI) (d) พอลิยูรีเทนอีลาสโตเมอร์ (P-T-PA : HLNR 35 : MDI อัตราส่วน 0.25 : 0.75 : 0.75 โดยน้ำหนัก).....	120

อักษรย่อ

PET	=	พอลิเอทิลีนเทเรฟแทเลต
HTPET	=	เพ็ตที่มีหมู่ปลายเป็นหมู่ไฮดรอกซิล
CTPET	=	เพ็ตที่มีหมู่ปลายเป็นหมู่คาร์บอกซิลิก
NR	=	ยางธรรมชาติ
ENR	=	ยางธรรมชาติอิพอกซิไดซ์
LENR	=	ยางธรรมชาติเหลวอิพอกซิไดซ์
HLNR	=	ยางธรรมชาติเหลวไฮดรอกซิล
EG	=	เอทิลีน ไกลคอล
PG	=	โพรพิลีน ไกลคอล
TMP	=	ไตรเมทิลออล โพรเพน
PA	=	พาทาริก แอนไฮไดรด์
MA	=	มาลิอิก แอนไฮไดรด์
AA	=	กรดอะดิปิก
PTSA	=	กรดพาราโทลูอีนซัลโฟนิค
$CDCl_3$	=	ดิวเทอร์โรคลอโรฟอร์ม
THF	=	เตตระไฮโดรฟิวแรน
MDI	=	Millionate MR-200
MeOH	=	เมทานอล
CH_2Cl_2	=	เมทิลีนคลอไรด์
H_5IO_6	=	กรดเพอร์ไอโอดิก
H_2O_2	=	ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์
^oC	=	องศาเซลเซียส
NMR	=	นิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์ สเปกโทรสโกปี
FT-IR	=	ฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรด สเปกโทรสโกปี
P-T	=	PET-TMP
P-ET	=	PET-EG-TMP
P-P	=	PET-PG

อักษรย่อ (ต่อ)

P-T-PA	=	PET-TMP-PA
P-T-MA	=	PET-TMP-MA
P-T-AA	=	PET-TMP-AA
P-ET-PA	=	PET-EG-TMP-PA
P-ET-MA	=	PET-EG-TMP-MA
P-ET-AA	=	PET-EG-TMP-AA
P-P-PA	=	PET-PG-PA
P-P-MA	=	PET-PG-MA
P-P-AA	=	PET-PG-AA
kg	=	กิโลกรัม
mm^2	=	ตารางมิลลิเมตร
cm	=	เซนติเมตร
ppm	=	Part Per Million
MPa	=	เมกะปาสคาล
NaOH	=	โซเดียมไฮดรอกไซด์
H_2SO_4	=	กรดซัลฟิวริก
kN	=	กิโลนิวตัน
NH_4OH	=	แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์
$[\eta]$	=	ความหนืด
$\overline{M}_v$	=	น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยโดยความหนืด
PU	=	พอลิยูรีเทน
OH	=	ไฮดรอกซิล
(-COOH)	=	คาร์บอกซิลิก
(-NCO)	=	ไอโซไซยาเนต