

การเตรียมสารเคลือบผิวที่บ่มได้ด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากเมลามีนเรซินดัดแปร

นางสาวชื่นสมล ไสภาจารย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2549

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



4 8 7 2 2 7 0 8 2 3

๖๖18๕๖๕๕

PREPARATION OF ULTRAVIOLET CURABLE COATING
FROM MODIFIED MELAMINE RESIN

Miss Chuensumol Sopajaree

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the D egree of Master of Science Program in Applied Polymer Science and Textile Technology

Department of Materials Science

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2006

Copyright of Chulalongkorn University

492271

นางสาวชื่นสมล โสภาคารีย์ : การเตรียมสารเคลือบผิวที่บ่มได้ด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต จากเมลามีนเรซินดัดแปร. (PREPARATION OF ULTRAVIOLET CUREABLE COATING FROM MODIFIED MELAMINE RESIN)

อ. ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. นันทนา จิรธรรมนุกูล, 114 หน้า.

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาถึงวิธีการในการดัดแปรเมลามีนพอร์มัลดีไฮด์เรซิน ซึ่งนำมาใช้ในสูตร สารเคลือบผิวที่บ่มได้ด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต นอกจากนี้ยังศึกษาถึงผลของสารเจือจางที่ว่องไว ตัวยุติเริ่มปฏิกิริยาทางแสง ปริมาณเมลามีนพอร์มัลดีไฮด์เรซินและสารเติมแต่ง (สารช่วยเปียก) ที่มี ผลต่อพลังงานรังสีอัลตราไวโอเลตที่ใช้ในการแห้งตัวและสมบัติทางกายภาพของฟิล์มสารเคลือบ- ผิว จากงานวิจัยพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการดัดแปรเมลามีนพอร์มัลดีไฮด์เรซิน คือ ที่อุณหภูมิ ในการทำปฏิกิริยาเท่ากับ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 50 นาที

เมื่อนำสารเคลือบผิวที่บ่มได้ด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตจากเมลามีนพอร์มัลดีไฮด์เรซิน ดัดแปรที่มีตัวยุติเริ่มปฏิกิริยาทางแสงและสารเจือจางที่ว่องไวเป็นองค์ประกอบมาศึกษาผลต่อ พลังงานรังสีอัลตราไวโอเลตที่ใช้ในการแห้งตัวและสมบัติของฟิล์มสารเคลือบผิว พบว่า เมื่อเพิ่ม ปริมาณของตัวยุติเริ่มปฏิกิริยา ทำให้พลังงานรังสีอัลตราไวโอเลตที่ใช้ในการแห้งตัวลดลง ในทาง ตรงกันข้ามเมื่อเพิ่มปริมาณของสารเจือจางที่ว่องไว ทำให้พลังงานรังสีอัลตราไวโอเลตที่ใช้ในการ แห้งตัวเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการเพิ่มสารเจือจางที่ว่องไวเข้าไปในสูตรสารเคลือบผิว ทำให้ฟิล์ม สารเคลือบผิวมีความทนทานต่อความร้อนและสมบัติทางกายภาพต่างๆ ดีขึ้นมากกว่าฟิล์ม สารเคลือบผิวที่ไม่มีสารเจือจางเป็นองค์ประกอบ และผลของปริมาณเมลามีนพอร์มัลดีไฮด์เรซินที่ เพิ่มขึ้นทำให้พลังงานที่ใช้ในการแห้งตัวลดลงและเพิ่มความสามารถในการทนทานต่อแรงขีด ขีดของฟิล์มสารเคลือบผิวมากขึ้น สำหรับการใส่สารช่วยเปียกในสูตรสารเคลือบผิวจะทำให้พลังงาน ที่ใช้ในการแห้งตัวสูงขึ้นเล็กน้อย ความทนทานต่อการขีดขีดของฟิล์มสารเคลือบผิวลดลงและ สมบัติทางกายภาพต่างๆ ใกล้เคียงกับสูตรสารเคลือบผิวที่ไม่มีสารช่วยเปียกเป็นองค์ประกอบ

ภาคิวิชาวส์ตศาสตร์

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ

ปีการศึกษา 2549

ลายมือชื่อนิสิต.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

4872270823 : MAJOR APPLIED POLYMER SCIENCE AND TEXTILE TECHNOLOGY

KEY WORD: MELAMINE RESIN / UV CURABLE COATING / ACRYLATE RESIN

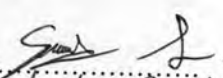
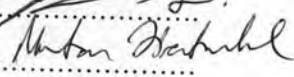
CHUENSUMOL SOPAJAREE : PREPARATION OF ULTRAVIOLET CUREABLE COATING FROM MODIFIED MELAMINE RESIN.

THESIS ADVISOR : ASST. PROF. NANTANA JIRATUMNUKUL, 114 pp.

The purpose of this research was to modify melamine formaldehyde resin and utilize it as an oligomer in ultraviolet curable coating formulation. Besides, the effects of diluent, photoinitiator, melamine formaldehyde and additive (wetting agent) toward coating film properties and energy consumption were also studied. The results showed that the suitable condition in modification was at reaction temperature of 60°C for 50 minutes.

The modified resin was then incorporated with photoinitiators and diluents and found that the energy consumption in curing process reduced as the amount of photoinitiators increased. On the other hand, the energy consumption in curing process increased as the amount of diluents increased. However, the incorporation of diluents in coating formulations significantly enhanced thermal properties and physical properties of coating films relative to ones without diluents. The effect of the amount of melamine formaldehyde resin and wetting agent were studied. It was found that the energy consumption in curing process reduced as the amount of melamine formaldehyde resin increased. Moreover, as the amount of melamine formaldehyde resin increased, mar resistance increased. The formulations with wetting agent used higher energy in curing process than ones without wetting agent. However, addition of wetting agent in the formulation insignificantly improved physical properties of coating films.

Department Materials Science

Student's signature. 
Advisor's signature. 

Field of study Applied Polymer Science and Textile Technology

Academic year 2006

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การเตรียมสารเคลือบผิวที่ป่นได้ด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตจากเมลามีน
เรซินดัดแปร

โดย

นางสาวชื่นสมล ไสภอาจารย์

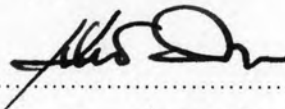
สาขาวิชา

วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ

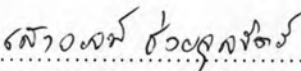
อาจารย์ที่ปรึกษา

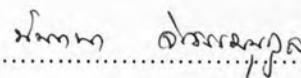
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นันทนา จิรธรรมนกุล

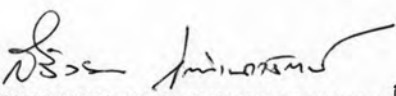
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท



..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. เปี่ยมศักดิ์ เมณะเสวต)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ เสาวรณ ช่วยจุลจิตร)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นันทนา จิรธรรมนกุล)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิริวรรณ กิตติเนาวรัตน์)


..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. มณฑนา ไอภาประกาศิต)

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ได้อย่างสมบูรณ์ โดยท่านผู้ทรงคุณวุฒิเหล่านี้คือ ผศ. ดร. นันทนา จิรธรรมนุกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ผู้ให้คำแนะนำและคำปรึกษาอย่างดียิ่ง ตลอดการทำงานวิจัยนี้ รวมถึงแนะแนวทางในการจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอกราบขอบพระคุณ ร.ศ. เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร ผศ.ดร.สิริวรรณ กิตติเนาวรัตน์ และอาจารย์ ดร.มณฑนา โอภาประกาศิต คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ให้คำแนะนำในการตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์ รวมถึงคณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวัสดุศาสตร์ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ต่างๆ ให้แก่ผู้วิจัยตลอดมา

นอกจากนี้ผู้วิจัยต้องขอกราบขอบพระคุณหน่วยงานต่างๆ และผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สารเคมีสำหรับการทำวิจัย ดังรายนามต่อไปนี้

1. บริษัท Ciba Specialty Chemicals (Thailand) Limited ให้ความอนุเคราะห์สารเคมีที่ใช้ในสูตรสารเคลือบผิว
2. บริษัท Cognis Thailand Limited ให้ความอนุเคราะห์สารเติมแต่งและสารปรับความหนืด
3. บริษัท MFC ให้ความอนุเคราะห์เมลามีนเรซิน

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ คุณปู่ ที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจมาโดยตลอด และขอบคุณเพื่อนๆ รุ่นพี่ รุ่นน้อง ที่ให้กำลังใจ และความช่วยเหลือเอื้อเฟื้อต่างๆ นอกจากนี้ยังมีบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลืออีกมากมายซึ่งมิได้กล่าวถึง ข้าพเจ้าจึงขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ง
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฐ
สารบัญภาพ.....	ฅ

บทที่

1	บทนำ.....	1
2	วารสารปริทัศน์.....	2
	2.1 ความรู้เกี่ยวกับสารเคลือบผิวเบื้องต้น.....	2
	2.1.1 วิวัฒนาการของสารเคลือบผิว.....	2
	2.1.2 ชนิดของสารเคลือบผิว.....	3
	2.1.3 ชนิดของเรซินที่ใช้ในสารเคลือบผิว.....	5
	2.2 ความรู้เกี่ยวกับพอร์มัลดีไฮด์เรซิน.....	10
	2.2.1 การเตรียมเมลามีน.....	10
	2.2.2 การเตรียมเมลามีนพอร์มัลดีไฮด์เรซิน.....	11
	2.2.3 สมบัติและประโยชน์ของเมลามีนเรซิน.....	14
	2.3 การเกิดฟิล์ม.....	14
	2.4 การแห้งของสารเคลือบผิว.....	15
	2.5 การบ่มสารเคลือบผิวด้วยรังสี.....	16
	2.5.1 การบ่มสารเคลือบผิวด้วยลำแสงอิเล็กตรอน.....	16
	2.5.2 การบ่มสารเคลือบผิวด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ต.....	17
	2.6 แสงอัลตราไวโอเล็ต.....	17
	2.7 องค์ประกอบของสารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ต.....	18

2.8	ตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสง.....	19
2.8.1	ตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสงชนิดอนุมูลอิสระ.....	19
2.8.2	ตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสงชนิดประจุบวก.....	22
2.9	โมโนเมอร์และโพลิโกเมอร์.....	23
2.9.1	โพลิโกเมอร์ที่มีกลไกการเกิดปฏิกิริยาแบบอนุมูลอิสระ.....	24
2.9.2	โพลิโกเมอร์ที่มีกลไกการเกิดปฏิกิริยาแบบประจุบวก.....	25
2.9.3	โพลิโกเมอร์ที่มีกลไกการเกิดปฏิกิริยาแบบผสม.....	26
2.10	ตัวเจือจางที่ว่องไว.....	27
2.11	สารเติมแต่ง.....	28
2.12	ข้อดีของการบ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ต.....	28
2.13	ความปลอดภัยของรังสีอัลตราไวโอเล็ต.....	29
2.14	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	29
3	วิธีดำเนินการวิจัย.....	31
3.1	สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง.....	31
3.2	เครื่องแก้วที่ใช้ในการทดลอง.....	31
3.3	อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....	31
3.4	เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์.....	32
3.5	ขอบเขตการทดลอง.....	32
3.6	การดัดแปรเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์.....	33
3.6.1	ศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการดัดแปรเมลามีนเรซิน.....	34
3.7	ศึกษาคุณลักษณะเฉพาะของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์ดัดแปร.....	34
3.8	การวิเคราะห์และทดสอบสมบัติต่างๆ ของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์ดัดแปร.....	36
3.8.1	การทดสอบความหนืดของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์ดัดแปร.....	36
3.8.2	การทดสอบหาค่าของกรด (acid value) ของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์ดัดแปร.....	37
3.9	การเตรียมสูตรสารเคลือบผิวจากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์ดัดแปร ที่บ่มได้ด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ต.....	37

3.9.1	ศึกษาปริมาณของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์ในสูตรสารเคลือบผิว ต่อพลังงานที่ใช้ในการบ่มสารเคลือบผิวด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ต.....	37
3.9.2	ศึกษาปริมาณของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์ในสูตรสารเคลือบผิว ต่อความทนทานต่อการขีดขูดของฟิล์มสารเคลือบผิว หลังจากผ่านการบ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ต.....	38
3.9.3	ศึกษาผลของชนิดและปริมาณของตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสง ในสูตรสารเคลือบผิวต่อพลังงานที่ใช้ในการบ่มสารเคลือบผิว ด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ต.....	38
3.9.4	ศึกษาผลของชนิดและปริมาณของตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสง ในสูตรสารเคลือบผิวต่อความทนทานต่อการขีดขูด ของฟิล์มสารเคลือบผิวหลังจากผ่านการบ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ต.....	38
3.10	การเตรียมสูตรสารเคลือบผิวที่สามารถบ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ต ซึ่งมีสารเจือจางเป็นองค์ประกอบในสูตร.....	41
3.10.1	ศึกษาผลของชนิดและปริมาณของสารเจือจางในสูตร สารเคลือบผิวต่อพลังงานที่ใช้ในการบ่มสารเคลือบผิว ด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ต.....	41
3.10.2	ศึกษาผลของชนิดและปริมาณของสารเจือจาง ในสูตรสารเคลือบผิวต่อความทนทานต่อการขีดขูด ของฟิล์มสารเคลือบผิวหลังจากผ่านการบ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ต.....	41
3.11	การเตรียมสูตรสารเคลือบผิวที่สามารถบ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ต ซึ่งมีสารเจือจางและสารเติมแต่งเป็นองค์ประกอบในสูตร.....	43
3.11.1	ศึกษาผลของสารช่วยเปียกในสูตรสารเคลือบผิวต่อพลังงาน ที่ใช้ในการบ่มสารเคลือบผิวด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ต.....	43
3.11.2	ศึกษาผลของสารช่วยเปียกในสูตรสารเคลือบผิวต่อความทนทาน ต่อการขีดขูดของฟิล์มสารเคลือบผิวหลังจากผ่านการบ่ม ด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ต.....	43
3.12	การเปรียบเทียบพลังงานที่ใช้ในการแห้งตัวของสารเคลือบผิวในแต่ละสูตร.....	44
3.13	การทดสอบสมบัติทางความร้อนของฟิล์มสารเคลือบผิว ด้วยเทคนิคเทอร์โมกราวิเมตริกอะนาลิซิส.....	46
3.14	การทดสอบทางกายภาพของสารเคลือบผิวในภาวะฟิล์มแห้ง.....	47

3.14.1 การทดสอบความทนทานต่อการขูดขีด ของฟิล์มเคลือบผิว.....	47
3.14.2 การทดสอบความติดแน่นของฟิล์มสารเคลือบผิว.....	48
3.14.3 การทดสอบความเงามันของฟิล์มสารเคลือบผิว.....	50
3.14.4 การทดสอบความทนทานต่อการติดกันของฟิล์มสารเคลือบผิว.....	51
3.14.5 การทดสอบความทนทานต่อน้ำเมื่อทดสอบในลักษณะการแช่น้ำ.....	51
3.14.6 การทดสอบความทนทานต่อการขัดถูด้วยตัวทำลายต่างๆ.....	52
4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	53
4.1 ผลการสังเคราะห์เมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์ดัดแปร.....	53
4.1.1 ผลของเวลาและอุณหภูมิที่มีต่อค่าของกรด ในกระบวนการดัดแปรเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์.....	53
4.1.2 การศึกษาคุณลักษณะของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์ โดยเทคนิค FTIR.....	54
4.2 การทดสอบความเหนียวของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์ดัดแปร.....	57
4.3 ผลของตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสงต่อสารเคลือบผิว ที่บ่มได้ด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์ดัดแปร.....	58
4.3.1 ผลของปริมาณเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์ต่อพลังงานที่ใช้ ในการแห้งตัวของฟิล์มสารเคลือบผิวจากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์ดัดแปร ที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ต.....	58
4.3.2 ผลของปริมาณเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์ต่อความทนทานต่อการขูดขีด ของสารเคลือบผิวหลังจากผ่านการบ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ต.....	61
4.3.3 ผลของชนิดและปริมาณของตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสง ในสูตรสารเคลือบผิวต่อพลังงานที่ใช้ในการแห้งตัว ของฟิล์มสารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ต.....	64
4.3.4 ผลของชนิดและปริมาณของตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสง ในสูตรสารเคลือบผิวต่อความทนทานต่อการขูดขีดของฟิล์มสารเคลือบผิว หลังจากผ่านการบ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ต.....	66
4.4 ผลของสารเจือจางต่อสารเคลือบผิวที่บ่มได้ด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ต จากเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์ดัดแปร.....	67

4.4.1 ผลของชนิดและปริมาณของสารเจือจางในสูตรสารเคลือบผิว ต่อพลังงานที่ใช้ในการแห้งตัวของฟิล์มสารเคลือบผิว ที่ป่นด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต.....	68
4.4.2 ผลของชนิดและปริมาณของสารเจือจางในสูตรสารเคลือบผิว ต่อสมบัติทางกายภาพต่างๆ ของสารเคลือบผิว ที่หลังจากผ่านการป่นด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต.....	70
4.4.2.1 ผลของชนิดของสารเจือจางในสูตรต่อความทนทาน ต่อการขีดขูดของฟิล์มสารเคลือบผิวหลังจากผ่าน การป่นด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต.....	70
4.4.2.2 ผลของชนิดของสารเจือจางในสูตรต่อความเงา ของฟิล์มสารเคลือบผิวหลังจากผ่านการป่นด้วย รังสีอัลตราไวโอเลต.....	72
4.4.2.3 ผลของชนิดของสารเจือจางในสูตรต่อความสามารถ ในการยึดติดของฟิล์มสารเคลือบผิวหลังจาก ผ่านการป่นด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต.....	74
4.4.2.4 ผลของชนิดของสารเจือจางในสูตรต่อความทนทานต่อน้ำ ของฟิล์มสารเคลือบผิวหลังจาก ผ่านการป่นด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต.....	76
4.4.2.5 ผลของชนิดของสารเจือจางในสูตรต่อความทนต่อการติดกัน ของฟิล์มสารเคลือบผิวหลังจาก ผ่านการป่นด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต.....	79
4.4.2.6 ผลของชนิดของสารเจือจางในสูตรต่อความทนทานต่อการขัดถู ด้วยตัวทำละลายต่างๆ ของฟิล์มสารเคลือบผิวหลังจาก ผ่านการป่นด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต.....	82
4.5 ผลของสารช่วยเปียกต่อสารเคลือบผิวที่ป่นได้ด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตจาก เมลามีนพอร์มัลดีไฮด์ดัดแปรที่มีสารเจือจางและสารเติมแต่งเป็นองค์ประกอบ.....	85
4.5.1 ผลของสารช่วยเปียกในสูตรสารเคลือบผิวต่อพลังงานที่ใช้ ในการแห้งตัวของฟิล์มสารเคลือบผิวจากเมลามีนพอร์มัลดีไฮด์ดัดแปร ที่ป่นด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต.....	85

4.5.2 ผลของสารช่วยเป็ยกในสูตรสารเคลือบผิวต่อสมบัติทางกายภาพต่างๆ ของสารเคลือบผิวหลังจากผ่านการบ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ต.....	86
4.6 การทดสอบสมบัติทางความร้อนของฟิล์มสารเคลือบผิว ที่บ่มได้ด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ตจากเมลามีนเรซินดัดแปร.....	88
5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	90
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	90
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	92
รายการอ้างอิง.....	93
ภาคผนวก.....	95
ภาคผนวก ก.....	96
ภาคผนวก ข.....	97
ภาคผนวก ค.....	101
ภาคผนวก ง.....	110
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	114

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 3.1 แสดงการออกแบบการทดลองในการศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลา ที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน.....	34
ตารางที่ 3.2 แสดงน้ำหนักของสารตัวอย่างที่ต้องชั่งในการวิเคราะห์หาค่าของกรด.....	37
ตารางที่ 3.3 แสดงสูตรสารเคลือบผิวเพื่อทำการศึกษาค่าผลของชนิดตัวริเริ่มปฏิกิริยา ปริมาณของตัวริเริ่มปฏิกิริยาและปริมาณของเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ ที่มีผลต่อพลังงานในการบ่มสารเคลือบผิวและความทนทานต่อการขีด ของฟิล์มสารเคลือบผิวหลังจากผ่านการบ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ต.....	39
ตารางที่ 3.4 แสดงสูตรสารเคลือบผิวซึ่งมีสารเจือจางเป็นองค์ประกอบเพื่อทำการศึกษา ผลของชนิดและปริมาณของสารเจือจางที่มีผลต่อพลังงานที่ใช้ในการบ่มสารเคลือบผิว และสมบัติทางกายภาพต่างๆ ของฟิล์มสารเคลือบผิวหลังจากผ่านการบ่ม ด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ต.....	42
ตารางที่ 3.5 แสดงสูตรสารเคลือบผิวซึ่งมีสารเจือจางและสารช่วยเปียก (wetting agent) เป็นองค์ประกอบเพื่อทำการศึกษาค่าผลของสารช่วยเปียกที่มีผลต่อพลังงาน ที่ใช้ในการบ่มสารเคลือบผิวและสมบัติทางกายภาพต่างๆ ของฟิล์มสารเคลือบผิว หลังจากผ่านการบ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ต.....	44
ตารางที่ 3.6 แสดงข้อบกพร่องของฟิล์มสารเคลือบผิวที่ผ่านการทดสอบด้วยวิธี cross cut.....	49
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าของกรดที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ.....	53
ตารางที่ 4.2 แสดงคุณลักษณะของเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ กรดอะคริลิก และเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ดัดแปร.....	56
ตารางที่ 4.3 แสดงสูตรความหนืดของเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ดัดแปรสูตรต่างๆ	57
ตารางที่ 4.4 ความสามารถในการยึดติดของสารเคลือบผิวของฟิล์มสารเคลือบผิว ที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีสารเจือจางเป็นองค์ประกอบ.....	75
ตารางที่ 4.5 ความทนทานต่อน้ำของสารเคลือบผิวของฟิล์มสารเคลือบผิว ที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีสารเจือจางเป็นองค์ประกอบ.....	77
ตารางที่ 4.6 ความทนทานต่อการติดกันของสารเคลือบผิวของฟิล์มสารเคลือบผิว ที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีสารเจือจางเป็นองค์ประกอบ.....	79

ตารางที่ 4.7 ความสามารถในการทนการขัดถูด้วยสารเคลือบผิวของฟิล์มสารเคลือบผิว ที่ป่นด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีสารเจือจางเป็นองค์ประกอบ.....	83
ตารางที่ 4.8 ผลของปริมาณของสารช่วยเปียกในสูตรต่อพลังงานที่ใช้ในการบ่มสารเคลือบผิว ด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ตและสมบัติต่างๆ ของสารเคลือบผิว.....	87
ตารางที่ 4.9 แสดงอุณหภูมิการสลายตัวของสารเคลือบผิวที่ป่นด้วยภาวะต่างกัน ที่ร้อยละของการสลายตัวที่ 50 และ 80	88

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของอีพอกซีเรซิน.....	6
รูปที่ 2.2 แสดงภาพการเกิดเอสเทอร์ของกรดคาร์บอนิก.....	7
รูปที่ 2.3 แสดงอนุพันธ์ของอะคริลิกชนิดต่างๆ.....	8
รูปที่ 2.4 แสดงปฏิกิริยาการเกิดเมลามีนเรซิน.....	9
รูปที่ 2.5 แสดงการสังเคราะห์ไอโซแอนโดอะไมด์ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการผลิตเมลามีน.....	10
รูปที่ 2.6 แสดงการเกิดเมลามีนผ่านวิธียูเรีย.....	11
รูปที่ 2.7 แสดงโครงสร้างเรซินแกนซ์ของเมลามีน.....	11
รูปที่ 2.8 แสดงหมู่เมทิลลอลชนิดต่างๆที่เกิดจากปฏิกิริยาการควบแน่น ของเมลามีนกับฟอร์มัลดีไฮด์.....	12
รูปที่ 2.9 แสดงโครงสร้างของเมลามีนเรซิน.....	13
รูปที่ 2.10 แสดงการบ่มสารเคลือบด้วยการใช้ลำแสงอิเล็กตรอน.....	16
รูปที่ 2.11 แสดงการบ่มสารเคลือบด้วยการใช้รังสีอัลตราไวโอเล็ตและลำแสงอิเล็กตรอน.....	17
รูปที่ 2.12 แสดงสเปกตรัมของแสงอัลตราไวโอเล็ต.....	18
รูปที่ 2.13 แสดงการแตกตัวให้อนุมูลอิสระของตัวริเริ่มปฏิกิริยา.....	19
รูปที่ 2.14 แสดงตัวอย่างตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสงที่เกิดการแตกตัวให้ อนุมูลอิสระแบบ Norrish type I.....	20
รูปที่ 2.15 แสดงตัวอย่างตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสงที่เกิดการแตกตัวให้ อนุมูลอิสระแบบ Norrish type II.....	21
รูปที่ 2.16 แสดงตัวอย่างของตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสงชนิดประจุบวก.....	22
รูปที่ 2.17 แสดงการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันแบบประจุบวกของมอนอเมอร์.....	23
รูปที่ 2.18 แสดงสูตรโครงสร้างของสารเคลือบผิวในจำพวกอะคริเลต.....	24
รูปที่ 2.19 พอลิเอสเทอร์ไม่อิ่มตัวซึ่งเตรียมได้จากมาลิกแอโนไฮดรายและกรดฟูมาริก.....	25
รูปที่ 2.20 แสดงโครงสร้างของสารประกอบอีพอกไซด์.....	25
รูปที่ 2.21 แสดงการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันที่มีกลไกแบบประจุบวกของไวนิลอีเทอร์.....	26
รูปที่ 2.22 แสดงโครงสร้างของ 1,6 เฮกเซนไดออกไดอะคริเลต.....	27
รูปที่ 2.23 แสดงโครงสร้างของไตรเมทิลลอลโพรเพนไตรอะคริเลต.....	27
รูปที่ 2.24 แสดงโครงสร้างของไตรโพรเพนไกลคอลไดอะคริเลต.....	28
รูปที่ 3.1 แสดงการต่ออุปกรณ์และเครื่องแก้วที่ใช้ในการดัดแปรเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์.....	33

รูปที่ 3.2 แสดงเครื่องฟูเรียรทรานฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์.....	36
รูปที่ 3.3 แสดงเครื่องวัดความหนืดแบบ Brookfield.....	36
รูปที่ 3.4 แสดงเครื่องบ่มสารเคลือบผิวด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตรุ่น UV tech 12.....	45
รูปที่ 3.5 แสดงภาพของเครื่อง UV Integrator.....	46
รูปที่ 3.6 แสดงเครื่อง TGA.....	47
รูปที่ 3.7 แสดงเครื่องมือทดสอบการขีด.....	47
รูปที่ 3.8 แสดงเครื่องทดสอบความติดแน่น ด้วยวิธี cross-cut tape.....	49
รูปที่ 3.9 แสดงเครื่อง Gloss Meter.....	50
รูปที่ 3.10 การซ้อนทับกันของชั้นทดสอบ.....	51
รูปที่ 4.1 แสดงสเปกตรัม FTIR ของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์ดัดแปร ที่ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 50 นาที ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส.....	54
รูปที่ 4.2 แสดงสเปกตรัม FTIR ของเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์.....	55
รูปที่ 4.3 แสดงสเปกตรัม FTIR ของกรดอะคริลิก.....	55
รูปที่ 4.4 พลังงานที่ใช้ในการแห้งตัวของฟิล์มสารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต โดยใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสงชนิด PI 1.....	58
รูปที่ 4.5 พลังงานที่ใช้ในการแห้งตัวของฟิล์มสารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต โดยใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสงชนิด PI 2.....	59
รูปที่ 4.6 พลังงานที่ใช้ในการแห้งตัวของฟิล์มสารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต โดยใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสงชนิด PI 3.....	59
รูปที่ 4.7 พลังงานที่ใช้ในการแห้งตัวของฟิล์มสารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต โดยใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสงชนิด PI 4.....	60
รูปที่ 4.8 พลังงานที่ใช้ในการแห้งตัวของฟิล์มสารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต โดยใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสงชนิด PI 5.....	60
รูปที่ 4.9 ความทนทานต่อการขีดของฟิล์มสารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต โดยใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสงชนิด PI 1.....	61
รูปที่ 4.10 ความทนทานต่อการขีดของฟิล์มสารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต โดยใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสงชนิด PI 2.....	62
รูปที่ 4.11 ความทนทานต่อการขีดของฟิล์มสารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต โดยใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสงชนิด PI 3.....	62

รูปที่ 4.12 ความทนทานต่อการขีดขูดของฟิล์มสารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ต โดยใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสงชนิด PI 4.....	63
รูปที่ 4.13 ความทนทานต่อการขีดขูดของฟิล์มสารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ต โดยใช้ตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสงชนิด PI 5.....	63
รูปที่ 4.14 พลังงานที่ใช้ในการแห้งตัวของฟิล์มสารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ต ซึ่งใช้อัตราส่วนของเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ต่อกรดอะคริลิกเป็น 1:8 ในตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสงชนิดต่างๆ.....	65
รูปที่ 4.15 ความทนทานต่อการขีดขูดของฟิล์มสารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ต ซึ่งใช้อัตราส่วนของเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ต่อกรดอะคริลิกเป็น 1:8 ในตัวริเริ่มปฏิกิริยาทางแสงชนิดต่างๆ.....	66
รูปที่ 4.16 พลังงานที่ใช้ในการแห้งตัวของฟิล์มสารเคลือบที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ต ที่มีสารเจือจางเป็นองค์ประกอบ.....	69
รูปที่ 4.17 ความทนทานต่อการขีดขูดของฟิล์มสารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ต มีสารเจือจางเป็นองค์ประกอบ.....	71
รูปที่ 4.18 ความเงาของสารเคลือบผิวของฟิล์มสารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ต ที่มีสารเจือจางเป็นองค์ประกอบ.....	73
รูปที่ 4.19 พลังงานที่ใช้ในการแห้งตัวของฟิล์มสารเคลือบผิวที่บ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ต ที่มีสารเจือจางและสารช่วยเปียกเป็นองค์ประกอบ.....	86