

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

สารเคลือบผิวโลหะจากเว็กซ์



**ปริญญาบัตรนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2550**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

METAL SURFACE COATING FROM WAX



**A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT
FOR THE DEGREE OF BACHELOR IN CHEMICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาบัตรเรื่อง

โดย

อาจารย์ที่ปรึกษา

ปริญญาบัตร

สารเคลือบผิวโลหะจากเว็กซ์

นางสาวเทพิน แซ่ลี

นายพุทธิพันธ์ วิรุฬห์ชัยโชค

ศศ. คร. อภินันท์ นัมคณิศรณ

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี

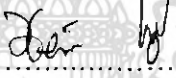
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์


สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญาบัตรนี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคามหลักสูตรปริญญา
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญาบัตร


.....ประธานกรรมการ
(ศศ. คร. อภินันท์ นัมคณิศรณ)


.....กรรมการ
(ดร. นริศรา ทองบุญชู)


.....กรรมการ
(อ. รินฤดี เบญจางคประเสริฐ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง

โดย

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์

สารเคลือบผิวโลหะจากแว็กซ์

นางสาวเทพิน แซ่ลี

นายพุทธินันท์ วิรุฬห์ชัยโชติ

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

ผศ.ดร.อภินันท์ นัมคณิศรณ

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการพัฒนาสารเคลือบผิวโลหะจากปิโตรเลียมแว็กซ์สำหรับเคลือบพื้นผิวโลหะเพื่อเพิ่มความสามารถในการป้องกันการกัดกร่อนของฝุ่นละออง การเกิดสนิม ความเงางามและการป้องกันรอยขีดข่วน สารเคลือบผิวที่ผสมสูตรขึ้นมืองค์ประกอบหลักคือไมโครคริสตัลไลน์แว็กซ์ ใช้ตัวทำละลายผสมของตัวทำละลายเชิงพาณิชย์ “เน็กซ์” และ โทลูอิน โดยมีอัตราส่วนโดยน้ำหนักที่ 65 และ 50 หน่วยน้ำหนักต่อ 100 หน่วยน้ำหนักของแว็กซ์ นอกจากนี้ยังมีสารเติมแต่งอื่นๆ เช่น น้ำมันซิลิโคน เมลามีนเรซินและสารก่อกวนอีกด้วย มีการผสมสารเคลือบผิวโลหะขึ้นทั้งหมด 9 สูตรและทำการทดสอบสมบัติทางเคมีและกายภาพของสารเคลือบผิวที่ผลิตขึ้นเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับตัวอย่างผลิตภัณฑ์สารเคลือบผิวโลหะที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด เมื่อพิจารณาจากสมบัติในด้านต่างๆ โดยรวมพบว่าสารเคลือบผิวสูตรที่ 9 ที่ประกอบด้วยไมโครคริสตัลไลน์แว็กซ์ ตัวทำละลายเน็กซ์ โทลูอิน เมลามีนเรซิน น้ำมันซิลิโคนและสารก่อกวน เป็นสูตรที่ดีที่สุด สมบัติเชิงความร้อนของสารเคลือบวัดด้วยเครื่อง TGA แสดงให้เห็นว่าสารเคลือบที่ผลิตขึ้นสามารถทนความร้อนได้สูงกว่าผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ สมบัติในการป้องกันการเกาะตัวของฝุ่นละอองวัดจากค่ามุมสัมผัสของหยดน้ำบนพื้นผิวที่เคลือบด้วยสารเคลือบ เมื่อเพิ่มปริมาณของน้ำมันซิลิโคนและเมลามีนเรซิน ค่ามุมสัมผัสของหยดน้ำเพิ่มขึ้นแสดงว่าพื้นผิวที่เคลือบสารมีพลังงานอิสระเชิงพื้นผิวดำลงทำให้ฝุ่นจับได้ยากขึ้น สำหรับการทดสอบความสามารถในการป้องกันการเกิดสนิมพบว่าสารเคลือบที่ผสมสูตรขึ้นสามารถป้องกันสนิมได้ดีกว่าผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ และในการทดสอบความเงางามเมื่อนำไปเคลือบพื้นผิวโลหะ โดยวัดดัชนีความเงาจากเครื่อง Gross Meter และความสามารถในการทำความสะดวกราบชนิดต่างๆ พบว่าสารเคลือบผิวที่ผลิตขึ้นมีค่าดัชนีความเงาและสามารถทำความสะดวกราบชนิดต่างๆ ได้ดีเทียบเท่าสารเคลือบผิวโลหะเชิงพาณิชย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Report Title	Metal Surface Coating From Wax
Student	Ms.Thepin Sae-lee Mr.Puttinun Viroonchaichot
Degree	Bachelor Degree of Engineering
Major	Chemical Engineering
Year	2007
Advisor	Asst. Prof. Dr. Apinan Namkanisorn
Report for	Bachelor's Degree of Chemical Engineering Department of Chemical Engineering Faculty of Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Abstract

This project aimed to develop a metal surface coating wax which offers several features such as anti-dust, rust resistant, high gloss finish and scratch prevention. The formulated coating wax consisted of microcrystalline wax as a main base component, commercial metal cleaning solvent, Nax[®], as primary solvent and toluene as secondary solvent as well as several additives such as silicone oil, melamine resin and silane coupling agent. Nax[®] and toluene was used at a weight ratio of 65: 50 per 100 parts of wax. Total of nine formulations were tested for both chemical and physical properties and the results were then compared to a commercially available coating product. From the experimental results, Formula 9 which contained microcrystalline wax, Nax[®], toluene, melamine resin, silicone oil and silane coupling agent was selected as the best formulation. Thermal properties of the coating wax as determined from TGA showed that most formulations had higher thermal degradation temperatures than the commercial wax. Contact angle of water drop on the coated steel surfaces increased with increasing amounts of silicone oil and melamine resin, signifying better anti-dust property due to lower surface free energy of the surfaces. The ability to prevent dust of the formulated wax was superior to a commercial wax. The glossy index as determined using Gross Meter and the ability to wipe out several types of stain of the formulated wax were comparable to those of a commercial wax.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดีด้วยความช่วยเหลือจากคณะอาจารย์และบุคคลหลายฝ่าย
ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ

ศศ.ดร. อภินันท์ นัมคณิศรณ สำหรับคำเสนอแนะและแนวทางแก้ไขปรับปรุงโครงการ
บริษัท สยามเคมีคอลอินดัสตรี จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์สำหรับสารเคมีที่ใช้ในโครงการ
คณาจารย์และเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการภาควิชาวิทยาศาสตร์เคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้เครื่องมือวิเคราะห์
ทางวิทยาศาสตร์

บริษัท วิ พาวเวอร์เทค จำกัด ให้ความช่วยเหลือในการทดสอบตัวอย่างในโครงการ
คุณพงศ์ประภาส ปิยมโนชา ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์

นางสาวเทพิน แซ่ลี
นายพุทธินันท์ วิรุฬห์ชัย ชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญภาพ.....	VIII
สัญลักษณ์.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	1
1.3 ขอบเขต.....	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎี.....	3
2.1 วัตถุประสงค์ของการเคลือบผิว.....	3
2.1.1 เพื่อป้องกันพื้นผิวจากมลภาวะต่างๆ.....	3
2.1.2 เพื่อตกแต่งให้แลดูสวยงาม.....	3
2.2 องค์ประกอบของสารเคลือบผิว.....	3
2.2.1 แร่กึ่ง.....	3
2.2.2 พอลิเมอร์และเรซินสังเคราะห์.....	5
2.2.3 ตัวทำละลาย.....	6
2.2.4 สารก่อกวน.....	10
2.3 กระบวนการที่เกิดขึ้นของสารเคลือบผิว.....	11
2.3.1 การเกิดฟิล์ม.....	11
2.3.2 การแห้งของสารเคลือบผิว.....	11
2.3.3 สนิม.....	12
2.3.4 Contact Angle.....	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวอนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	14
บทที่ 3 การทดลอง.....	16
3.1 สารเคมี.....	16
3.2 เครื่องมือวิเคราะห์.....	16
3.3 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	17
3.4 ขั้นตอนการทดลอง.....	17
3.4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารเคลือบผิวโลหะที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด.....	17
3.4.2 การผสมสูตรสารเคลือบผิวโลหะ.....	17
3.4.3 ทดสอบสมบัติทางกายภาพ.....	18
3.4.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารเคลือบผิว โลหะ.....	19
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	20
4.1 ชนิดของแว็กซ์ที่เลือกใช้.....	20
4.2 องค์ประกอบทางเคมีของสารเคลือบผิว.....	21
4.3 สมบัติเชิงความร้อนของสารเคลือบผิว.....	22
4.4 สมบัติทางกายภาพในการปกป้องพื้นผิว โลหะของสารเคลือบผิว.....	23
4.4.1 ความสามารถในการยึดเหนี่ยวระหว่างสารเคลือบผิว โลหะกับหยดน้ำ.....	23
4.4.2 ความสามารถในการป้องกันการเกิดสนิมเหล็ก.....	24
4.4.3 ความสามารถในการทำความสะอาด.....	26
4.4.4 ความเงางามบนพื้นผิว โลหะ.....	27
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	28
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	28
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	29
เอกสารอ้างอิง.....	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก.....	31
ภาคผนวก ก อินฟราเรดสเปกตรัมของสารเคลือบผิวที่ผลิตขึ้น.....	32
ภาคผนวก ข เทอร์โมแกรมของสารเคลือบผิว โลหะที่ผลิตขึ้น.....	48
ภาคผนวก ค การคำนวณพลังงานเฉลี่ยที่เกิดจากการขีดเหนียวระหว่าง ของแข็งกับของเหลว.....	58
ภาคผนวก ง ค่าความเงาบนพื้นผิวโลหะทดสอบจาก Gloss Meter.....	62



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบสมบัติระหว่างพาราฟินแว็กซ์และไมโครคริสตัลไลน์แว็กซ์.....	4
ตารางที่ 3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง.....	16
ตารางที่ 3.2 สูตรสารเคลือบผิวโลหะ.....	18
ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบผลของสารเติมแต่งในการยึดเหนี่ยวระหว่างสารเคลือบผิว โลหะกับหยดน้ำ.....	23
ตารางที่ 4.2 ความสามารถในการทำความสะอาดของสารเคลือบผิวโลหะ.....	26



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ของค่าแรงดึงผิวระหว่างของแข็งกับของเหลว.....	14
รูปที่ 4.1 อินฟราเรดสเปกตรัมเปรียบเทียบระหว่างไมโครคริสตัลไลน์แวกซ์ สารเคลือบผิว สูตรที่ 4 สารเคลือบผิวสูตรที่ 5 และผลิตภัณฑ์ A โดยที่กราฟหมายเลข 1 คือ สารเคลือบผิวสูตรที่ 4 กราฟหมายเลข 2 คือ สารเคลือบผิวสูตรที่ 5 กราฟหมายเลข 3 คือ ไมโครคริสตัลไลน์แวกซ์ กราฟหมายเลข 4 คือ ผลิตภัณฑ์ A.....	21
รูปที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและน้ำหนักของสาร โดยกราฟหมายเลข 1 คือ ไมโครคริสตัลไลน์แวกซ์ กราฟหมายเลข 2 คือ สารเคลือบผิวที่ประกอบด้วย ไมโครคริสตัลไลน์แวกซ์ ตัวทำละลาย เมลามีนเรซิน สารคู่ควบและน้ำมันซิลิโคน (สูตรที่ 9) กราฟหมายเลข 3 คือ ผลิตภัณฑ์ A.....	22
รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างสารเคลือบผิวโลหะกับ Contact Angle และ Work of adhesion....	23
รูปที่ 4.4 สภาพพื้นผิวของแผ่นโลหะที่ไม่ได้เคลือบผิวและเคลือบผิว.....	25
รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบค่าความเงาของการวัดพื้นผิวชิ้นงานเปรียบเทียบกับพื้นผิวที่เคลือบ สารเคลือบผิวที่มุม 60 องศา.....	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์

δ	พารามิเตอร์การละลาย
γ_{SL}	แรงตึงผิวระหว่างของแข็งกับของเหลว ณ ภาวะสมดุล
γ_{SV}	แรงตึงผิวระหว่างของแข็งกับไอ ณ ภาวะสมดุล
γ_L	แรงตึงผิวของของเหลว ณ ภาวะสมดุล
θ	มุมสัมผัสที่วัดได้จากหยดของของเหลวบนของแข็ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

เทคโนโลยีของสารเคลือบผิวโดยเฉพาะอย่างยิ่งเทคโนโลยีของสี ได้มีมานานแล้วพร้อมกับยุคประวัติศาสตร์เริ่มต้น เช่น ชาวอียิปต์ทำการตกแต่งฝาผนังด้วยสีที่ผสมกับไข่ขาว มนุษย์หินรู้จักใช้โคลนหรือดินที่มีสีมาฉาบบนผนังถ้ำ เป็นต้น สารเคลือบผิวคือสารที่ป้องกันไม่ให้อากาศ น้ำ หรือสิ่งต่าง ๆ สัมผัสกับพื้นผิว นอกจากนี้ยังสามารถเคลือบผิวเพื่อความสวยงามได้อีกด้วย ปัจจุบันถือว่าโลหะเป็นสิ่งที่จำเป็นในชีวิตประจำวันของทุกคน โลหะมีสมบัติได้แก่ที่บแสง ผิวของโลหะ ที่จัดเรียงจะมันวาว แข็งแกร่ง สามารถถูกแปรรูปไปใช้ในงานได้ เป็นตัวนำไฟฟ้าและความร้อนที่ดี เหล็กเป็นโลหะที่มนุษย์นำมาใช้ประโยชน์มากที่สุด เนื่องจากความแข็งแรงและมีราคาถูก อย่างไรก็ตาม ข้อบกพร่องที่สำคัญที่สุดของเหล็กคือ การเกิดสนิม (Rusting) ประมาณกันว่าปีหนึ่งจะเกิดการสูญเสียเนื้อเหล็กไปในรูปของสนิมเหล็กถึงเกือบ 1 ใน 7 ของปริมาณเหล็กที่ผลิตได้ [1] ซึ่งสร้างความสูญเสียในเชิงเศรษฐกิจอย่างมหาศาล

โครงการนี้สนใจที่จะศึกษาวิธีการผลิตสารเคลือบผิวจากแว็กซ์ โดยมุ่งผลิตสารเคลือบผิวโลหะที่มีสมบัติต่าง ๆ เทียบได้สารเคลือบผิวที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวัสดุเคลือบผิวสำหรับโลหะ องค์ประกอบและการใช้ประโยชน์
2. เพื่อศึกษาวิธีการผลิตสารเคลือบผิวโลหะจากปิโตรเลียมแว็กซ์
3. ศึกษาและเปรียบเทียบสมบัติของสารเคลือบผิวที่ผสมสูตรขึ้นกับสารเคลือบผิวที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด
4. เพื่อศึกษาถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการผลิต การใช้ประโยชน์รวมถึงความปลอดภัยในการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตโครงการ

1. ศึกษาองค์ประกอบของสารเคลือบผิวที่จำหน่ายตามท้องตลาด
2. ผสมสูตรสารเคลือบผิวโดยมีตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้
 - ชนิดของปีโตรเลียมเว็กซ์
 - ตัวทำละลาย
 - สารเติมแต่ง
3. ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของสารเคลือบผิวที่ผสมสูตรขึ้นมา

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาองค์ประกอบของสารเคลือบผิวที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด
3. ศึกษาองค์ประกอบของปีโตรเลียมเว็กซ์ พอลิเมอร์ และตัวทำละลายที่นำมาใช้งาน
4. เตรียมสารเคลือบผิวสูตรต่าง ๆ และทดสอบสมบัติของสารเคลือบผิวที่เตรียมขึ้น
5. สรุปผลการทดลองและหาแนวทางพัฒนาสารเคลือบผิวต่อไป

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถผสมสูตรสารเคลือบผิวที่มีคุณสมบัติเทียบได้กับสารเคลือบผิวที่มีขายในท้องตลาด
2. ได้แนวทางในการปรับปรุงคุณสมบัติของสารเคลือบผิวเพื่อเพิ่มความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎี

2.1 วัตถุประสงค์ของการเคลือบผิว [2]

2.1.1 เพื่อป้องกันพื้นผิวจากมลภาวะต่าง ๆ

สารเคลือบผิวจะช่วยให้ผิวหน้าของวัสดุที่ถูกเคลือบมีความทนทานต่ออากาศ น้ำและสารเคมีต่าง ๆ นอกจากนี้สารเคลือบผิวยังช่วยให้ผิวหน้าของวัสดุมีความแข็งแรงขึ้น ทนทานต่อการขีดสีได้มากขึ้นและอายุการใช้งานยาวนานขึ้น ตัวอย่างของการป้องกันพื้นผิววัสดุ เช่น การทาสีไม้ เพื่อป้องกันการผุกร่อนของไม้อันเนื่องมาจากความชื้น หรือการเคลือบผิวภายในกระป๋องโลหะเพื่อป้องกันการกัดกร่อนจากอาหารหรือสารเคมีที่อยู่ภายใน หรือการเคลือบผิวชิ้นส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้า เพื่อไม่ให้สัมผัสกับความชื้น หรือสารเคลือบผิวประเภทหน่วงการคิดไฟช่วยไม่ให้เกิดการลุกไหม้บนผิวหน้า เป็นต้น สารเคลือบผิวบางประเภท ใช้ทาผิวหน้าที่มีรูพรุน เช่น ผิวคอนกรีตและปาสเตอร์ เพื่อช่วยให้ทำความสะอาดได้ง่ายขึ้น

2.1.2 เพื่อตกแต่งให้แลดูสวยงาม

ความสวยงามของวัสดุหลังการเคลือบผิวหน้าด้วยสารเคลือบผิว อาจมาจากสี ความเงา ลวดลายตกแต่ง หรือความสว่าง หรือจากทั้งหมดรวมกัน สีของผิวหน้ามีผลต่อการสะท้อนแสงของผิวหน้า สีขาวจะสะท้อนแสงได้สูงสุด และสีดำจะสะท้อนแสงได้ต่ำสุด

2.2 องค์ประกอบของสารเคลือบผิว

2.2.1 แวกซ์ [3]

แวกซ์ หมายถึง สารผสมที่เป็นไขมันพื้นผิวของใบไม้ ผลไม้ รวมถึงสัตว์ นอกจากนี้ยังสามารถพบแวกซ์จากฟอสซิลที่เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนได้อีกด้วย แวกซ์มีคุณสมบัติคือ กันน้ำได้ แวกซ์แต่ละชนิดมีสูตรเคมีที่แตกต่างกัน แต่ส่วนใหญ่จะประกอบด้วย ไฮโดรคาร์บอน คีโตน ไคคีโตน อัลดีไฮด์ เทอร์พีน โมโนเอสเทอร์ แอลกอฮอล์ชนิดปฐมภูมิและทุติยภูมิ ซึ่งทั้งหมดนั้นจะต่อกับสายโซ่คาร์บอน ส่วนใหญ่จะมีคาร์บอน 12 ถึง 38 อะตอม โดยทั่วไปแวกซ์มีลักษณะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง จุดหลอมเหลวสูงกว่า 45 องศาเซลเซียส ไม่ละลายในน้ำ แต่ละลายได้ดีในสารละลายที่มีขี้ เช่น คลอโรฟอร์ม แวกซ์มีหลายชนิด แต่ในโครงการนี้จะสนใจศึกษาปิโตรเลียมแวกซ์ ซึ่งมี 2 ชนิด ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. พาราฟินแว็กซ์ [4] มีคุณสมบัติ คือ เป็นของแข็งสีขาว ไร้กลิ่น ไม่มีรสชาติ มีจุดหลอมเหลว ระหว่าง 47 °C ถึง 64 °C ไม่ละลายน้ำ แต่จะละลายในอีเทอร์ เบนซีน และเฮกซอเทอร์ พาราฟินแว็กซ์บริสุทธิ์จะมีความสามารถในการเป็นฉนวนที่ดีมาก มีความสามารถในการเก็บความร้อนที่ดี เนื่องจากการที่มีค่าความจุความร้อน (specific heat capacity) 2.14–2.9 J g⁻¹ K⁻¹ และค่าความร้อนแฝงของการหลอมเหลว (heat of fusion) 200–220 J/g พาราฟินแว็กซ์มีประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ มากมาย เช่น อุตสาหกรรมหล่อ ขานยนต์ การผลิตเทียนไข เป็นต้น โดยผสมกับสารเคมีเติมแต่ง เพื่อให้ได้คุณสมบัติตามต้องการ

ข. ไมโครคริสตัลไลน์แว็กซ์ [5] เป็นผลิตภัณฑ์ได้มาจากกระบวนการกลั่นปิโตรเลียม มีลักษณะคล้ายพาราฟินแว็กซ์ (ประกอบด้วยอัลเคนที่มีโซ่ตรง) ไมโครคริสตัลไลน์แว็กซ์จะประกอบด้วยอัลเคนที่เป็นกิ่งก้านในเปอร์เซ็นต์ที่สูงมากกว่าพาราฟินแว็กซ์และมีโครงสร้างแบบโครงผลึกอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน (เป็นคาร์บอนที่ไม่มีวงเบนซีนในโมเลกุล) ที่มีมวลโมเลกุลสูงซึ่งมีลักษณะ ทึบ หนืด ความหนาแน่น และยืดหยุ่นมากกว่าพาราฟินแว็กซ์ รวมทั้งมีมวลโมเลกุลและจุดหลอมเหลวที่สูงกว่าอีกด้วย ความยืดหยุ่นและความสามารถในการยืดเกาะของไมโครคริสตัลไลน์แว็กซ์จะขึ้นอยู่กับจำนวนกิ่งของสายโซ่ในโมเลกุล ลักษณะเฉพาะตัวของโครงสร้างผลึกของไมโครคริสตัลไลน์แว็กซ์คือ เล็กและบาง จึงทำให้มีความยืดหยุ่นมากกว่าพาราฟินแว็กซ์ นิยมใช้เป็นส่วนประกอบในเครื่องสำอางทั่วไป ซึ่งตารางแสดงการเปรียบเทียบปิโตรเลียมแว็กซ์ทั้งสองชนิดดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบสมบัติระหว่างพาราฟินแว็กซ์และไมโครคริสตัลไลน์แว็กซ์ [6]

พาราฟินแว็กซ์	ไมโครคริสตัลไลน์แว็กซ์
อัลเคน โซ่ตรง	อัลเคนแบบกิ่งก้าน
เป็นผลึก	ไม่แน่นอน
แข็งแต่เปราะ	รีดเป็นแผ่นได้
โปร่งแสง	ทึบแสง
จุดหลอมเหลวต่ำ 48-70 °C	จุดหลอมเหลวสูง 54-90 °C
แข็ง	นิ่ม
สีขาว	สีขาวและสีอื่น ๆ
ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น

2.2.2 พอลิเมอร์และเรซินสังเคราะห์ [2,7]

ก. เมลามีนเรซิน (Melamine Resin) เตรียมได้จากเมลามีนทำปฏิกิริยากับฟอร์มัลดีไฮด์ ไฮโดรเจนของหมู่อะมิโนจะถูกแทนที่ด้วยหมู่เมทิลลอล ซึ่งไฮโดรเจนทั้งสองอะตอมของหมู่-อะมิโนในเมลามีนจะถูกแทนที่ได้ง่ายกว่าไฮโดรเจนของหมู่อะมิโน ในยูเรียการเตรียมเมลามีนเรซินเพื่อใช้เป็นสารเคลือบผิว โดยทั่วไปใช้ฟอร์มัลดีไฮด์ 5-6 โมลทำปฏิกิริยากับเมลามีน 1 โมล ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นครั้งแรกเป็นของผสมระหว่างเพนตะและเฮกซะเมทิลลอลเมลามีน ซึ่งจะรวมตัวกันเกิดพันธะอีเทอร์และพันธะเมทิลีน เช่นเดียวกับกรณีของยูเรียเรซิน และในการที่จะได้เรซินซึ่งละลายได้ในตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอน จะต้องเติมบิวทานอลในขั้นสุดท้ายของปฏิกิริยาให้มากเกินไป โดยควบคุมสารละลายให้มีความเป็นกรดเล็กน้อยเพื่ออีเทอร์ฟายหมู่เมทิลลอลบางส่วน เมลามีนเรซินมีสมบัติที่สำคัญ คือ กันน้ำ ทนความร้อน และยึดเกาะกับพื้นผิวหน้าได้ดี นำไปประยุกต์ใช้กับเส้นใยในเสื้อผ้าทำให้เนื้อผ้ายังคงทนแม้จะผ่านการซักล้าง ผลิตภัณฑ์กันน้ำแม่พิมพ์ และนิยมใช้ในอุตสาหกรรมผลิตสารเคลือบผิว

ข. อีพอกซีเรซิน (Epoxy Resin) หรือเรียกว่าอีพอกไซด์เรซิน (Epoxide Resins) หรือในยุโรปเรียกว่า อีทอกซิลีนเรซิน (Ethoxyline Resins) แต่ในสหรัฐอเมริกานิยมเรียกว่า อีพอกซีเรซิน อีพอกซีเรซินเป็นเรซินที่ใช้ประโยชน์ได้มากในอุตสาหกรรม ประมาณ 60% ที่ผลิตขึ้นใช้ในอุตสาหกรรมเคลือบผิว พี คาสตัน (P.Caston) ชาวสวิสเซอร์แลนด์เป็นผู้จดทะเบียนสิทธิบัตรอีพอกซีเรซิน ไว้ในปี 1938 หลังจากนั้นบริษัทซีบา (CIBA) ในสวิสเซอร์แลนด์ และบริษัท เดอ โรและเรย์โนลด์ (Deroe&Raynolds) ในสหรัฐอเมริกาได้ผลิตเรซินชนิดนี้ออกจำหน่ายในชื่อทางการค้าว่า Epon และได้ผลิตส่งออกนอกสหรัฐอเมริกาในนาม Epikite ต่อมาในปี ค.ศ.1948 บริษัท ซีบาได้ผลิตอีพอกซีเรซิน ออกจำหน่ายในนาม Araldite อีพอกซีเรซินเตรียมได้จากปฏิกิริยาระหว่างได- หรือพอลิไฮดรอกฟีนอน และอีพิฮาโลไฮดริน (Epihalohydrin) พอลิไฮดรอกฟีที่ใช้กันมาก ได้แก่ บิสฟีนอน-เอ (Bisphenol-A) สำหรับอีพิฮาโลไฮดรินที่สำคัญในทางการค้า คือ อีพิคลอไรดริน (Epichlorhydrin) อีพอกซีเรซินมีข้อเสียคือไม่ละลายและไม่เข้าเป็นเนื้อเดียวกับตัวทำละลายและเรซิน บางชนิด นอกจากนี้ฟิล์มที่ได้จากอีพอกซีเรซินอาจจะร่วนเมื่ออยู่ภายนอกเป็นระยะเวลานาน ๆ และความทนน้ำจะค่อยลง ตัวทำละลายอีพอกซีเรซิน ได้แก่ เมทิลเอทิลคีโตน ไกลคอลอีเทอร์ และไดเอซีโตน เนื่องจากตัวทำละลายเหล่านี้ราคาแพง ดังนั้นจึงมักเติมแอลกอฮอล์หรือตัวทำละลายอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนผสมไปด้วยเพื่อลดต้นทุน อีพอกซีเรซินมีสมบัติคือเป็นฉนวน ทนต่อสารเคมี ทนความร้อน ป้องกันน้ำและแบคทีเรีย นิยมใช้อีพอกซีเรซินเป็นสารเคลือบผิวในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นสารยึดเหนี่ยว สำหรับอุตสาหกรรมสียานพาหนะต่าง ๆ บนพื้นผิวโลหะเพื่อป้องกันการกัดกร่อน นอกจากนี้อีพอกซีเรซินสามารถทำให้ยึดหยุ่นหรือแข็งทำให้โปร่งแสงหรือทึบแสงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. อะคริลิกเรซิน (Acrylic Resin) เป็นพอลิเมอร์และโคพอลิเมอร์ที่เตรียมได้จากกรดอะคริลิกและอนุพันธ์ของกรดอะคริลิกเช่น กรดเมทาคริลิกและเอสเทอร์ของกรดเหล่านี้ อะคริลิกเรซินที่ใช้ในอุตสาหกรรมเคลือบผิวสามารถผลิตขึ้นได้ในลักษณะทางกายภาพต่างกันดังนี้ เช่นเป็นของแข็ง สารละลาย และอิมัลชัน เป็นต้น อะคริลิกเรซินชนิดแข็งที่ใช้ในการเคลือบผิวเป็นพอลิเมอร์ประเภทเทอร์โมพลาสติกจะอยู่ในลักษณะเป็นเม็ด (Bead) เล็ก ๆ ซึ่งได้มาจากการบดบล็อกใหญ่ ส่วนมากเป็น โสโมพอลิเมอร์ของเมทาคริลเลตเอสเทอร์หรือเป็น โคพอลิเมอร์ของเมทาคริลเลตสำหรับอะคริลิกเรซินที่ผลิตขึ้นในลักษณะสารละลาย มักทำขึ้นโดยกรรมวิธีพอลิเมอร์ไรเซชันแบบสารละลาย และฟิล์มที่ได้หลังการแห้งตัวจะเป็นเทอร์โมพลาสติก แต่ถ้าเรซินมีหมู่ฟังก์ชัน โมโนเมอร์ที่เหมาะสมจะเกิดปฏิกิริยาเชื่อม โยงกลายเป็นเทอร์โมเซต สมบัติที่สำคัญของอะคริลิกเรซินคือมีความคงทนแม้ทั้งไว้กลางแจ้ง สีใสหรือไม่มีสี ทนต่อการเปลี่ยนสีที่อุณหภูมิสูง ยึดหยุ่น เหนียว ทนต่อไอเสีย ไอของสารเคมี กรดและน้ำ อะคริลิกเรซินนิยมใช้ทำแลคเกอร์ น้ำยาขัด น้ำยาเคลือบผิวสำหรับยานพาหนะและพื้นผิวที่เป็นโลหะต่าง ๆ การเคลือบผิวทั้งภายในและภายนอกสำหรับงานก่ออิฐก่อปูน ไม้และพลาสติก

ง. ซิลิโคนเรซิน (Silicone Resin) เป็นพอลิเมอร์อนินทรีย์สามารถใช้ประโยชน์ได้มากมายในอุตสาหกรรมสารประเภทซิลิโคนมีอยู่มากมายขึ้นอยู่กับน้ำหนักโมเลกุลและหมู่อนินทรีย์ที่ต่ออยู่กับซิลิคอน ซิลิโคนเรซินที่ใช้ในทางการค้าส่วนใหญ่จะมีโครงสร้างเป็น โซอาจะยาวหรือสั้นก็ได้ ประกอบด้วยซิลิคอนสลับอยู่กับออกซิเจน โดยมีหมู่อนินทรีย์ต่ออยู่กับอะตอมของซิลิคอน ซิลิโคนที่ใช้ในทางการค้ามีทั้งในรูปของเหลว จารบี ยางและเรซิน ซึ่งลักษณะที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับโครงสร้างของโมเลกุลและน้ำหนักของ โมเลกุล ซิลิโคนเตรียมได้จากการไฮโดรโลซิสคลอโรไซเลน (Chlorosilane) จะได้ซิลานอล (Silanol) เมื่อนำซิลานอลไปทำปฏิกิริยากันจะได้ซิลิโคนที่มีโครงสร้างเป็นพอลิซิลอกเซนเชิงเส้น (Linear Polysiloxane) ที่มีหมู่ไฮดรอกซิลที่ปลายโซ่ผสมอยู่กับอนุพันธ์ที่เป็นวงแหวน ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่เป็นวงแหวนสามารถนำไปทำให้เป็นพอลิเมอร์เชิงเส้นได้ โดยให้ทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟูริกหรือ โบแคสเซียมไฮดรอกไซด์แห้ง ซิลิโคนเรซินมีสมบัติคือ กันน้ำ ป้องกันการกัดกร่อน และทนความร้อน ประโยชน์ของซิลิโคนเรซิน ได้แก่ ผลิตกาว สารที่ใช้ยึดเกาะ

2.2.3 ตัวทำละลาย [2]

ตัวทำละลาย คือ ของเหลวที่ระเหยได้ซึ่งใช้ในสารเคลือบผิว เพื่อละลายสารยึดที่เป็นของแข็งหรือที่มีความหนืดสูงให้ได้เป็นเนื้อเดียวกัน

โคลูเอนต์ คือ ของเหลวที่ระเหยได้ซึ่งไม่สามารถละลายสารยึดได้ด้วยตนเอง แต่เข้าได้เป็นเนื้อเดียวกับตัวทำละลาย และใช้เติมลงไปเพื่อให้การใช้งานของสารเคลือบผิวทำได้ง่ายขึ้น หรือเพื่อปรับปรุงสมบัติการระเหย หรือเพื่อลดต้นทุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวทำละลายแฝง คือ ตัวทำละลายซึ่งไม่สามารถละลายสารยึกได้ด้วยตนเอง แต่เมื่ออยู่รวมกับตัวทำละลายที่แท้จริง จะช่วยให้ของผสมสามารถรับ โคลูเอนต์ได้มากขึ้น

ก. ชนิดของตัวทำละลาย

ตัวทำละลายและ โคลูเอนต์แบ่งออกได้ตามสมบัติทางเคมีดังต่อไปนี้คือ

1. ตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอนแบ่งเป็น 4 ชนิด

- ตัวทำละลายอะลิฟาติก ประกอบด้วยไฮโดรคาร์บอนที่ตรงหรือมีกิ่งก้านสาขา ตัวทำละลายอะลิฟาติกที่อิ่มตัว เรียกว่า พาราฟิน ส่วนตัวทำละลายที่ไม่อิ่มตัวเรียกว่า โอลีฟิน
- ตัวทำละลายอะโรมาติก เป็นตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอนแบบวงที่มีโครงสร้างเป็นวงเบนซีน
- แนฟทีน เป็นตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอนแบบวงที่อิ่มตัว โครงสร้างอาจมีกิ่งก้านสาขาหรือไม่ก็ได้
- เทอร์เพน ไทน์ เป็นตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอนแบบวงที่ไม่อิ่มตัวมีสูตรทั่วไปคือ



ศัพท์ต่าง ๆ ที่นิยมใช้กันในการเรียกชื่อตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอน ได้แก่

ไวท์สปีริต เป็นศัพท์ที่ใช้กันทั่วไปในภาษาอังกฤษ หมายถึง ส่วนของน้ำมันปิโตรเลียมระหว่างน้ำมันรถยนต์และน้ำมันก๊าด ไวท์สปีริตมีช่วงจุดเดือดประมาณ 150-200 องศาเซลเซียส

ปิโตรเลียมสปีริต และมิเนอรัลสปีริต เป็นศัพท์ที่ใช้กันในอเมริกาและแคนาดา หมายถึง ส่วนของน้ำมันปิโตรเลียมซึ่งใกล้เคียงกับไวท์สปีริต

ปิโตรเลียมอีเทอร์ หรือ ลิโกรีน ได้แก่ ส่วนของน้ำมันปิโตรเลียมที่ระเหยง่ายที่สุดมีช่วงจุดเดือดแคบ เช่น 40-50 องศาเซลเซียส 60-70 องศาเซลเซียส และ 60-80 องศาเซลเซียส และมีปริมาณอะโรมาติกต่ำประมาณ 1-5 เปอร์เซ็นต์

น้ำมันก๊าด เป็นส่วนของน้ำมันปิโตรเลียมที่มีช่วงจุดเดือดระหว่าง 160-225 องศาเซลเซียส น้ำมันก๊าดระเหยได้ยาก จึงไม่ใช้กันในสีทาบ้านและผลิตภัณฑ์ที่คล้ายคลึงกัน

ตัวทำละลายหมู่ไฮโดรคาร์บอน ส่วนมากได้จากน้ำมันปิโตรเลียมสำหรับตัวทำละลายอะโรมาติกที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำเช่น เบนซีน โทลูอิน และไซลีน สมัยก่อนได้จากน้ำมันดิบเป็นส่วนใหญ่ แต่เนื่องจากปัจจุบันความต้องการใช้ตัวละลายดังกล่าวในอุตสาหกรรมเคลือบผิวสูงมาก โรงงานอุตสาหกรรมเคมีจึงได้คิดค้นวิธีการผลิตตัวทำละลายดังกล่าวจากน้ำมันปิโตรเลียม และทำให้ปัจจุบันตัวทำละลายดังกล่าวได้มาจากน้ำมันปิโตรเลียมมากกว่าน้ำมันดิบ ซึ่งการเปลี่ยนพาราฟินและแนฟทีนไปเป็นอะโรมาติกเรียกว่า อะโรมาไทเซชัน

2. ตัวทำละลายน้ำมันดิน

ในกระบวนการกลั่นน้ำมันดิน จะแยกได้ส่วนซึ่งประกอบด้วยสารอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนที่มีมวลโมเลกุลต่ำที่สุด 3 ชนิดคือ เบนซีน โทลูอิน และไซลีน เบนซีนไม่เหมาะที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะใช้เป็นตัวทำละลายและไดลูเอนต์ เนื่องจากระเหยง่าย มีจุดวาบไฟต่ำ และเป็นพิษ ดังนั้นจึงไม่นิยมใช้เบนซีนในอุตสาหกรรมเคลือบผิว สำหรับโทลูอินเป็นพิษน้อยกว่าเบนซีนและมีอัตราการระเหยก็เกินไปโดยความเหมาะสม ดังนั้นจึงนิยมใช้โทลูอินเป็นไดลูเอนต์ในไนโตรเซลลูโลส ไวนิลแลกเกอร์และใช้เป็นตัวทำละลายสำหรับเรซินสังเคราะห์บางตัว

3. เทอร์เพนโทน และน้ำมันสน

ตัวทำละลายชนิดนี้ประกอบด้วยของผสมของเทอร์พีนเป็นส่วนใหญ่ เทอร์เพนโทนมีกลิ่นเฉพาะตัวและส่วนใหญ่จะกลั่นออกมาในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 150-180 องศาเซลเซียส เทอร์เพนโทนแบ่งออกได้เป็น 4 ชนิด ดังนี้คือ

- กัมเทอร์เพนโทน หรือกัมสปีริต เดริยมได้โดยการกลั่นยางไม้หรือ โอลีโอเรซิน ที่เก็บมาจากต้นสนที่ยังไม่ตายโดยใช้ไอน้ำ
- สตรีมดิสทิลลิวด์เทอร์เพนโทน ได้จากโอลีโอเรซินที่อยู่ต้นสน โดยการผ่านไอน้ำเข้าไปยัง ไม้ที่บดแล้วหรือ โดยการสกัด ไม้ที่บดแล้วด้วยตัวทำละลาย
- ซัลเฟตวูด เทอร์เพนโทน เป็นการผลิตผลพลอยได้จากขบวนการเปลี่ยนไม้เป็นเยื่อกระดาษโดยกรรมวิธีซัลเฟต
- เคสทริกทีฟลี้ดิสทิลลิวด์เทอร์เพนโทน ได้จากส่วนของผลิตภัณฑ์ซึ่งระเหยในระหว่างกรรมวิธีการกลั่นไม้สนด้วยตัวทำละลาย ปัจจุบันเทอร์เพนโทนชนิดนี้ใช้กันน้อยมาก

ส่วนประกอบที่สำคัญของเทอร์เพนโทน ได้แก่ แอลฟา-ไพเนน บีตา-ไพเนน แคริน และ ไดเพนทีน ซึ่งได้จากส่วนของวูดเทอร์เพนโทน ผลิตภัณฑ์ในทางการค้ามีช่วงจุดเดือด 170-180 องศาเซลเซียส ไดเพนทีนมีความสามารถทำละลายได้ดี นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติด้านการแห้งตัวของฟิล์มที่ได้จากน้ำมันแห้งเร็ว จึงเป็นสารกันการเกิดฝ้าในสีน้ำมันและวารนิช น้ำมันสนเป็นของเหลวไม่มีสีจนกระทั่งถึงสีอำพัน ได้จากส่วนซึ่งมีจุดเดือดสูงระหว่างการทำให้วูดเทอร์เพนโทนบริสุทธิ์ นอกจากนี้ยังได้จากไอที่เกิดขึ้นในระหว่างขบวนการย่อยไม้โดยกรรมวิธีซัลเฟต น้ำมันสนประกอบด้วยของผสมของเทอร์พีนแอลกอฮอล์เป็นส่วนใหญ่ มีช่วงจุดเดือด 190-220 องศาเซลเซียส น้ำมันสนมีคุณสมบัติเป็นตัวทำละลายที่ดีมาก ด้านการเกิดฝ้า และด้านการเกิดฟอง นอกจากนี้ยังแสดงสมบัติเป็นยาฆ่าเชื้อโรคอย่างอ่อน ๆ

4. ตัวทำละลายที่ไม่ใช่ไฮโดรคาร์บอน

- ไนโตรพาราฟิน เริ่มใช้ในวงการอุตสาหกรรมในปี ค.ศ.1941 ตัวทำละลายชนิดนี้ที่ใช้กันมีอยู่ 4 ชนิด คือ ไนโตรมีเทน ไนโตรอีเทน ไนโตรโพรเพน และ α -ไนโตรเจน ซึ่งตัวทำละลายทั้งหมดมีสมบัติเป็นตัวทำละลายที่ดีสำหรับ ไวนิลเรซิน ไนโตรเซลลูโลส เซลลูโลสแอซีเตด น้ำมัน ไขมัน ยี๊ผึ้ง และยางบางชนิด ข้อดีของตัวทำละลายชนิดนี้คือมีกลิ่นน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับดีโตนซึ่งใช้เป็นตัวทำละลายสำหรับ ไวนิลเรซินและอนุพันธ์ของเซลลูโลส นอกจากนี้ยังมีสมบัติเป็นตัวทำละลายดีมาก และมีอัตราการระเหยปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คลอรีเนเตดไฮโดรคาร์บอนที่ใช้กันมากคือ เมทิลีนคลอไรด์ ไตรคลอโรเอทิลีน เมทิลีนคลอไรด์ และเปอร์คลอโรเอทิลีน เมทิลีนคลอไรด์ส่วนใหญ่ใช้เป็นน้ำยาล้างสี ในขณะที่ตัวทำละลาย 2 ชนิดที่เหลือใช้เป็นตัวละลายไขมันบนผิวโลหะ

ข. สมบัติที่สำคัญของตัวทำละลายและไดลูเอนต์

สมบัติที่สำคัญของตัวทำละลายและไดลูเอนต์คือ ความสามารถในการทำละลาย การระเหย จุดติดไฟที่เกิดขึ้นเอง จุดวาบไฟ เสถียรภาพทางเคมี สี กลิ่น สมบัติทางสรีรวิทยา สมบัติการกัดกร่อนและราคา

1. ความสามารถในการทำละลาย

วิธีการทดลองในห้องทดลองที่ใช้หาความสามารถในการทำละลายของตัวทำละลายและไดลูเอนต์ ได้แก่

- อัตราส่วนการเจือจาง นิยามได้ว่าเป็นความสัมพันธ์ทางปริมาตรระหว่างไดลูเอนต์และตัวทำละลายแท้จริงหรือของผสมระหว่างตัวทำละลายแท้จริงกับตัวทำละลายแฝง ณ จุดซึ่งได้เติมไดลูเอนต์ลงไปเพียงพอในสารละลายแลกเกอร์จนทำให้เกิดการตกตะกอนการหาอัตราส่วนเจือจางทำได้โดยการหยดไดลูเอนต์จากบิวเรตต์ลงในสารละลายของพอลิเมอร์ที่รู้ความเข้มข้นและปริมาตร จนกระทั่งสังเกตเห็นความขุ่น ตัวทำละลายใดมีความสามารถในการทำละลายสูงจะรับไดลูเอนต์ได้มาก (มีค่าอัตราส่วนการเจือจางสูง) โดยปกติค่าอัตราส่วนการเจือจางของตัวทำละลายจะลดลง เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

- อัตราการระเหยของตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในสารเคลือบผิว (โดยเฉพาะอย่างยิ่งในไนโตรเซลลูโลสแลกเกอร์) เป็นสมบัติที่สำคัญ เพราะถ้าตัวทำละลายมีอัตราการระเหยเร็ว แม้จะทำให้เกิดการแห้งตัวเป็นฟิล์มเร็วก็ตาม แต่บางครั้งอาจทำให้ฟิล์มเกิดข้อบกพร่องได้ เช่น เกิดลักษณะผิวส้ม หรือเกิดความต้าน ในทางตรงกันข้ามถ้าการระเหยของตัวทำละลายช้ามาก แม้ว่าจะไม่ทำให้ฟิล์มเกิดข้อบกพร่องก็ตามแต่จะทำให้เวลาที่ใช้ในการแห้งนานเกินไป การหาอัตราการระเหยของตัวทำละลายสามารถทำได้หลายวิธี ซึ่งวิธีที่ง่ายที่สุดคือใช้ปิเปตตูดเอาตัวทำละลาย 0.5 มิลลิลิตร หยดลงตรงกลางกระดาษกรองเช่น กระดาษวัดแมนเบอร์ 1 แล้วถือกระดาษกรองยกขึ้นส่องดูกับแสงไฟ สังเกตหยดตัวทำละลายจนกระทั่งหายไป เวลาของการระเหยคือเวลาดังแต่เริ่มหยดตัวทำละลายลงไปจนกระทั่งมองไม่เห็นหยดดังกล่าว แต่วิธีนี้ไม่เหมาะสำหรับการหาอัตราการระเหยของตัวทำละลายผสม

- การละลายของพอลิเมอร์หรือเรซิน การเลือกใช้ตัวทำละลายสำหรับพอลิเมอร์หรือพอลิเมอร์ให้ถูกต้องมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะถ้าเลือกใช้ตัวทำละลายที่ไม่ดีจะทำให้ ฟิล์มที่เคลือบผิวหน้าวัสดุไม่ดีและหลุดออกได้ง่าย กระบวนการละลายของพอลิเมอร์ในตัวทำละลายทั่วไปต่างจากการละลายของสารโมเลกุลเล็ก ๆ ที่เห็นได้ชัดเจนคือพอลิเมอร์ละลายช้ากว่ามาก และชนิดของตัวทำละลายที่สามารถละลายพอลิเมอร์มีน้อยกว่าหรือมีจำกัด กระบวนการละลายของพอลิเมอร์ในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลิเมอร์เกิดเป็น 2 ชั้นตอนคือชั้นที่ 1 หลังจากผสมพอลิเมอร์และตัวทำละลายเข้าด้วยกัน โมเลกุลของตัวทำละลายจะแพร่เข้าหาโมเลกุลของพอลิเมอร์อย่างช้า ๆ เกิดแรงกระทำระหว่าง โมเลกุลของตัวทำละลายกับพอลิเมอร์ โมเลกุลของพอลิเมอร์จะขยายตัวออกโดยการบวมตัวขึ้นปรากฏเป็นลักษณะคล้ายฟูน ชั้นที่ 2 ถ้าแรงดึงดูดหรือแรงกระทำระหว่าง โมเลกุลของตัวทำละลายและพอลิเมอร์มีมากพอ การละลายชั้นที่ 2 นี้จะเกิดขึ้นโดยที่พอลิเมอร์ที่บวมตัวออกนี้ค่อย ๆ ขยายตัวออกไปอีกจนกระทั่งสามารถผสมกับ โมเลกุลตัวทำละลายอย่างเต็มที่ เกิดสารละลายพอลิเมอร์ที่แท้จริง เนื่องจากกระบวนการละลายในชั้นที่ 2 นี้ต้องแยกโมเลกุลของพอลิเมอร์ทั้งหลายออกจากกัน ดังนั้นพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างเป็นร่างแหหรือแบบเชื่อมโยงจะไม่สามารถละลายในชั้นตอนที่ 2 กล่าวคือพอลิเมอร์เหล่านี้จะไม่ละลายจะเกิดแต่การบวม

ค. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการละลายพอลิเมอร์

การที่พอลิเมอร์ชนิดหนึ่งจะละลายได้หรือไม่หรือละลายได้มากน้อยเพียงใดในตัวทำละลาย ขึ้นอยู่กับธรรมชาติและโครงสร้างของพอลิเมอร์ ดังนี้

1. น้ำหนักโมเลกุลของพอลิเมอร์ การเกิดสารละลายพอลิเมอร์อย่างแท้จริง โมเลกุลของพอลิเมอร์และตัวทำละลายจะต้องผสมกันได้เป็นอย่างดี ดังนั้น โอกาสที่โมเลกุลของพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนัก โมเลกุลสูงมาก ๆ และตัวทำละลายจะผสมกันได้ดีจะมีน้อยกว่า ดังนั้น โดยทั่วไปความสามารถในการละลายสำหรับพอลิเมอร์ชนิดเดียวกันจะลดลง เมื่อพอลิเมอร์มีน้ำหนัก โมเลกุลเฉลี่ยสูงขึ้น

2. โครงสร้างของพอลิเมอร์ พอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบร่างแหหรือแบบเชื่อมโยงเป็นดาข่ายจะเกิดการบวมตัวเป็นฟูนเท่านั้น แต่จะไม่ละลาย องค์ประกอบของการบวมตัวหรือการบวมตัวจะเกิดขึ้นมากน้อยเพียงใดขึ้นกับองค์ประกอบของการเชื่อมโยง ถ้าการเชื่อมโยงไม่มากพอลิเมอร์นั้นจะบวมตัวมาก เช่น ยางธรรมชาติที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการวัลคาไนเซชันจะสามารถละลายได้ในตัวทำละลายหลายชนิด เช่น เบนซีน โทลูอีน หรือ คลอรีเนเตดไฮโดรคาร์บอน เช่น คลอโรฟอร์ม ยางธรรมชาติที่ผ่านกระบวนการวัลคาไนเซชันและเกิดการเชื่อมโยงระหว่าง โมเลกุล ไม่มาก จะบวมได้มากกว่ายางที่มีการเชื่อมโยงมากใน โมเลกุล และยางที่มีการเชื่อมโยงมากจนกลายเป็นร่างแหอย่างแท้จริงจะไม่เกิดการบวมตัวขึ้น อิทธิพลของโครงสร้างที่มีต่อความสามารถในการละลายอีกประการหนึ่งได้แก่ ธรรมชาติของพอลิเมอร์ชนิดเดียวกันแต่มีการแตกกิ่งก้านสาขาออก โดยทั่วไปพอลิเมอร์ที่มีกิ่งก้านสาขาจะสามารถละลายได้ดีกว่าพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างเป็นโซ่ตรงภายใต้ภาวะเดียวกันกล่าวคือ อุณหภูมิ ความดัน และตัวทำละลายเดียวกัน

2.2.3 สารคู่ควบ (Coupling Agents) [8]

เป็นสารเติมแต่งชนิดหนึ่ง มีหน้าที่เป็นตัวประสานหรือตัวกลางเชื่อมระหว่างพอลิเมอร์กับสารอื่น โดยจะสร้างพันธะที่แข็งแรงกับเฟสทั้งสองทำให้มีการยึดเกาะระหว่างเฟสดีขึ้น การใส่สารเติมแต่งนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่ควบลงไปจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสามารถในการยึดเกาะได้ดีขึ้น ไชเลนเป็นสารคู่ควบที่นิยมใช้มากที่สุดกับผลิตภัณฑ์เสริมแรงด้วยใยแก้ว มีสูตรทั่วไปคือ $Y-Si(OR)_3$ โดยหมู่ OR (เช่น $-OCH_3$, $-OC_2H_5$) จะเข้าทำปฏิกิริยาเกิดพันธะกับใยแก้ว ในขณะที่หมู่ Y (เช่น หมู่ไวนิล หมู่อะมิโน หมู่อีพอกซี) จะทำปฏิกิริยากับพอลิเมอร์ ซึ่งจะมีผลทำให้ใยแก้วยึดติดกับพอลิเมอร์ได้ดี การใช้ไชเลนจะมีประสิทธิภาพสูงเมื่อนำไปใช้เป็นสารคู่ควบกับสารตัวเติมต่อไปนี้คือ ซิลิกา แก้ว อะลูมินา และอะลูมิโนซิลิเกต ในทางตรงกันข้ามเมื่อนำไชเลนไปใช้กับแคลเซียมคาร์บอเนต ไชเลนจะไม่มีประสิทธิภาพ

2.3 กระบวนการที่เกิดขึ้นของสารเคลือบผิว

2.3.1 การเกิดฟิล์ม [1]

การเปลี่ยนสภาพจากสารเคลือบผิวในภาชนะบรรจุไปเป็นฟิล์มที่ยึดติดแน่นกับผิวและทำให้พื้นผิวมีความทนทานเพิ่มขึ้นคือ กระบวนการการเกิดฟิล์ม ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอน คือ

ก. แอปพลิเคชัน (Application) เป็นการนำสารเคลือบผิวไปเคลือบผิวหน้าหรือทำให้ผิวหน้าของวัสดุเกิดเป็นฟิล์มบาง ๆ ขึ้น การทำอาจใช้แปรง ลูกกลิ้ง การพ่น หรือการจุ่มก็ได้

ข. ฟิกเซชัน (Fixation) เป็นการทำให้ฟิล์มติดแน่นไม่ให้หลุดออกจากผิวหน้าและไม่เกิดเป็นชั้นของฟิล์มที่ไม่ต้องการเช่น กรณีที่เป็นสารเคลือบผิวที่มีตัวทำละลายอินทรีย์เป็นส่วนประกอบ การเกิดฟิล์มในขั้นตอนฟิกเซชัน จะเกิดโดยการระเหยของตัวทำละลายหรือถ้าสารเคลือบผิวเป็นแบบลาเท็กซ์ (Latex System) ขั้นตอนฟิกเซชันจะเกิดโดยอาศัยการระเหยของน้ำ

ค. การบ่ม (Curing) เป็นการทำให้ฟิล์มที่ผ่านขั้นตอนฟิกเซชันแล้วมีความทนทานดีขึ้น ซึ่งอาจทำโดยใช้แสง ความร้อน หรืออากาศ เช่น สีน้ำมันทาบ้านจะเกิดการบ่ม เมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ หรือการนำเคลือบที่ทำจากพอลิเมอร์ชนิดเทอร์โมเซตไปอบ ก็เป็นการบ่มอีกวิธีหนึ่ง กระบวนการเกิดฟิล์มของสารเคลือบผิวบางชนิด ไม่จำเป็นต้องมี 3 ขั้นตอนเสมอไป เช่น แล็กเกอร์ มีขั้นตอนฟิกเซชันและการบ่มรวมกัน โดยอาศัยการระเหยของตัวทำละลายระหว่างการแอปพลิเคชัน เป็นต้น

2.3.2 การแห้งของสารเคลือบผิว [1]

โดยทั่วไปสารเคลือบผิวจะแห้งโดยกรรมวิธีต่างๆ กัน 2 แบบ คือ

ก. การแห้งโดยกรรมวิธีทางกายภาพ (Physical Drying)

การแห้งด้วยวิธีนี้เกิดจากการระเหยของตัวทำละลายกลายเป็นฟิล์มยึดติดกับผิวหน้าด้วยพันธะทุติยภูมิอย่างอ่อน ๆ ดังนั้นฟิล์มที่เกิดจึงยังคงละลายได้ในตัวทำละลายได้ในตัวทำละลายของมัน ตัวอย่างของสารเคลือบผิวแห้งโดยกรรมวิธีทางกายภาพ ได้แก่ แล็กเกอร์ สีที่ทำจากยางคลอรีน

เตค เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. การแห้งโดยกรรมวิธีทางเคมี (Chemical Drying)

ฟิล์มที่ได้จากการแห้งตัวโดยวิธีการนี้จะยึดติดกับผิวหน้าด้วยพันธะปฏิกิริยาเคมี จากการเกิดปฏิกิริยาเคมี ดังนั้นฟิล์มที่ได้จะแข็งแรงและทนทานต่อตัวทำละลาย การแห้งโดยกรรมวิธีทางเคมีอาจจะเกิดโดย

1. ปฏิกิริยาออกซิเดชัน สารเคลือบผิวประเภทนี้จะดูดออกซิเจนในอากาศเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้ขนาดอนุภาคของสารเคลือบผิวใหญ่ขึ้น จนรวมตัวเป็นฟิล์มแห้งตามต้องการ เช่นสีน้ำมันทาบ้านที่ผลิตจากอัลคิเดเรซิน เป็นต้น การแห้งโดยวิธีการนี้อาจเร่งให้แห้งเร็วขึ้น โดยการใส่สารเร่งแห้ง

2. ปฏิกิริยาเคมี สารเคลือบผิวประเภทนี้ส่วนใหญ่บรรจุในภาชนะแยกกัน ก่อนใช้จึงนำมาผสมกันตามอัตราส่วนที่ผู้ผลิตแนะนำ ซึ่งเมื่อผสมแล้วจะเกิดปฏิกิริยาได้เป็นฟิล์มที่แห้งแข็งเรียกสารเคลือบผิวชนิดนี้ว่า สารเคลือบผิวชนิดบ่มเย็นเช่น ยูเรียเรซิน พอลิยูรีเทนเรซิน เป็นต้น แต่ถ้การเกิดปฏิกิริยาต้องใช้อุณหภูมิสูงจะเรียกสารเคลือบผิวชนิดนี้ว่า สารเคลือบผิวชนิดอบ

2.3.3 สนิม [1, 9]

โลหะเป็นวัสดุที่มนุษย์นำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง สมบัติโดยทั่วไปคือ ทึบแสง ผิวของโลหะที่ขัดเรียบจะมันวาว แข็งแกร่งและสามารถถูกแปรรูปไปใช้ในงานโครงสร้างได้ เป็นตัวนำไฟฟ้าและความร้อนที่ดี เหล็กเป็นโลหะที่มนุษย์นิยมใช้มากที่สุด เนื่องจากความแข็งแรงและมีราคาถูก อย่างไรก็ตามข้อบกพร่องที่สำคัญที่สุดของก็คือ การเกิดสนิม (Rusting) ประมาณกันว่าปีหนึ่ง ๆ จะเกิดการสูญเสียเนื้อเหล็กไปในรูปของสนิมเหล็กถึงเกือบ 1 ใน 7 ของปริมาณเหล็กที่ผลิตได้ ซึ่งนอกจากจะสร้างความสูญเสียในเชิงเศรษฐกิจอย่างมหาศาลแล้ว บางครั้งการเกิดสนิมยังอาจก่อให้เกิดอันตรายร้ายแรงต่อชีวิตและทรัพย์สินอย่างประมาณค่ามิได้ ดังนั้นการป้องกันการเกิดสนิมของเหล็กเอาไว้ล่วงหน้าจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อลดปัญหาที่เกิดขึ้น ปฏิกิริยาการเกิดสนิมของเหล็กที่พบเห็นได้ง่ายกับสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ ที่มีเหล็กเป็นองค์ประกอบ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นอาจจะกินเวลายาวนาน แต่จะเกิดขึ้นเมื่อมีเหล็กสัมผัสกับน้ำและความชื้น โดยจะสึกกร่อนกลายเป็นเหล็กออกไซด์ ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) หรือเรียกว่าสนิมเหล็ก สังเกตได้จากสีและลักษณะที่แตกต่างจากเหล็ก (Fe) ดังปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น



สนิมเหล็กมีชื่อทางเคมีคือ ไฮดรอกไซด์ออกไซด์ มีลักษณะเป็นคราบสีแดง ซึ่งไม่สามารถเกาะอยู่บนผิวของเหล็กได้อย่างเหนียวแน่น สามารถหลุดออกไปได้ง่าย ทำให้เนื้อเหล็กที่อยู่ชั้นในสามารถเกิดสนิมต่อไปจนกระทั่งหมดทั้งชิ้น โดยมีปัจจัยสำคัญคือ น้ำ และออกซิเจนในบรรยากาศ แต่สนิมจะเกิดขึ้นได้เร็วมากขึ้นในบางสภาวะเช่น สภาพที่เป็นกรดตามชายทะเลที่มีไอเกลือ เป็นต้น โดยวิธีป้องกันเหล็กไม่ให้เกิดสนิมมีอยู่หลายวิธี เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

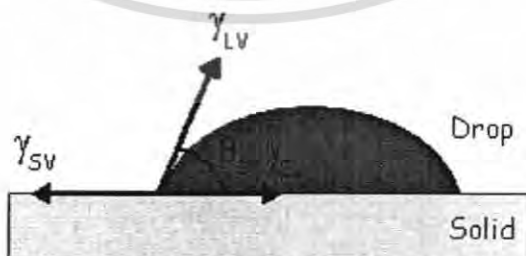
ก. การเคลือบผิวเหล็ก เพื่อป้องกันมิให้เนื้อเหล็กสัมผัสกับน้ำและอากาศโดยตรงซึ่งทำได้หลายวิธีเช่น การทาสี การชุบด้วยโลหะอาทิ ดีบุก สังกะสี มักใช้กับชิ้นงานขนาดเล็กหรือกลาง อย่างไรก็ตามข้อเสียที่เกิดขึ้นคือ ผิวเคลือบสามารถหลุดออกได้ง่ายทั้งทางกายภาพและเคมีซึ่งจะทำให้เนื้อเหล็กมีโอกาสสัมผัสกับบรรยากาศและเกิดสนิมขึ้น

ข. การทำเป็นเหล็กกล้าไร้สนิม (stainless steel) โดยการเติมธาตุอื่นที่สามารถทำให้เกิดชั้นฟิล์มบางขึ้นบนผิวเหล็กเช่น โครเมียม นิกเกิล ธาตุเหล่านี้จะสร้างฟิล์มบางที่ติดแน่นบนผิวเหล็กช่วยป้องกันมิให้เนื้อเหล็กสัมผัสกับบรรยากาศโดยตรง ผิวเคลือบชนิดนี้มีความคงทนทั้งทางกายภาพและเคมี เหล็กกล้าไร้สนิมมีหลายเกรด แต่ละเกรดจะมีส่วนผสมที่ต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับความต้องการในการใช้งานแต่ละประเภท

ค. การใช้กระแสไฟฟ้า เพื่อให้เหล็กมีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่าบริเวณใกล้เคียง ซึ่งจะทำให้เหล็กไม่เกิดการสูญเสียอิเล็กตรอนและกลายเป็นสนิมเกิดขึ้น สามารถป้องกันการเกิดสนิมได้ในทุกสภาพแวดล้อม แต่มีค่าใช้จ่ายสูงและต้องอาศัยแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้าซึ่งไม่สะดวกกับการโยกย้ายไปมา จึงเหมาะสมสำหรับโครงสร้างใหญ่ที่ต้องใช้งานในสภาพแวดล้อมที่เสี่ยงต่อการเกิดสนิมอย่างรุนแรงเช่น ท่อที่ฝังอยู่ใต้ดิน ท่อส่งน้ำมันใต้ทะเล

2.4 Contact Angle [10, 11]

Contact Angle คือมุมที่ของเหลวสัมผัสกับพื้นผิวของของแข็ง ค่า Contact Angle สามารถบอกได้ถึงพลังงานของพื้นผิวและความสามารถในการยึดเกาะของของเหลวบนพื้นผิว วิธีการวัด Contact Angle เป็นการวัดแรงดึงผิวที่อุณหภูมิต่ำ โดยทั่วไปแล้วค่าแรงดึงผิวสามารถคำนวณได้เฉพาะวัสดุที่อยู่ในสถานะเป็นของเหลว Young ได้เสนอสมการเพื่อใช้ในการคำนวณค่าแรงดึงผิวของของแข็ง โดยใช้เวกเตอร์แสดงความสัมพันธ์ของค่าแรงดึงผิวระหว่างของแข็งกับของเหลว ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ของค่าแรงดึงผิวระหว่างของแข็งกับของเหลว [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.1 คุณแรงของเวกเตอร์ทั้ง 3 ทิศทาง จะได้สมการที่ (2)

$$\gamma_{SL} = \gamma_{SV} - \gamma_L \cdot \cos \theta \quad (2)$$

เมื่อ γ_{SL} คือ แรงตึงผิวระหว่างของแข็งกับของเหลว ณ ภาวะสมดุล

γ_{SV} คือ แรงตึงผิวระหว่างของแข็งกับไอ ณ ภาวะสมดุล

γ_L คือ แรงตึงผิวของของเหลว ณ ภาวะสมดุล

θ คือ Contact Angle ที่วัดได้จากหยาบของของเหลวบนของแข็ง

ในการคำนวณค่าแรงตึงผิวของแผ่นพอลิเมอร์ Dupre ได้เสนอสมการในการคำนวณหา Work of Adhesion, W_a จากการขจัดลิฟต์ของเวกเตอร์ใน 3 ทิศทางที่เกี่ยวข้อง ดังสมการที่ (3)

$$W_a = \gamma_L + \gamma_{SV} - \gamma_{SL} \quad (3)$$

เมื่รวมสมการที่ (2) กับสมการที่ (3) จะได้

$$W_a = \gamma_L \cdot (\cos \theta + 1) \quad (4)$$

สมการนี้เป็นสมการที่ใช้คำนวณหา Work of Adhesion ได้โดยวัดค่า Contact Angle ระหว่างผิวของแผ่นพอลิเมอร์กับของเหลว

2.5 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

M. Osterhold และ K. Armbruster [12] ศึกษาลักษณะโครงสร้างพื้นผิวของการเคลือบชิ้นส่วนพลาสติก พบว่าโครงสร้างพื้นฐานของ Substrate (ความเรียบเนียนของพื้นผิว) จะถ่ายทอดไปยังแต่ละชั้นที่เคลือบผิว ดังนั้นการวัดโครงสร้างพื้นผิวจะขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญคือ การเลือก Substrate ปัจจัยพื้นฐานต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลกับพื้นผิวของชิ้นส่วนพลาสติก จะส่งเกิดอิทธิพลของโครงสร้างได้จากเปอร์เซ็นต์ของไฟเบอร์ที่มากขึ้น จะทำให้พื้นผิวขรุขระมากขึ้นและชนิดของไฟเบอร์ จะมีผลต่อสภาพพื้นผิว และจะส่งเกิดอิทธิพลของอุณหภูมิได้จากอุณหภูมิในการอบ Substrate (พลาสติก) ที่เพิ่มขึ้นจะทำให้พื้นผิวขรุขระมากขึ้น อิทธิพลของ Clearcoat จะเพิ่มความสวยงามให้กับพื้นผิว อิทธิพลของทิศทางในการอบ Substrate ส่งเกิดจากการอบในทิศทางที่ขนานกับระนาบที่ให้ผลดีกว่าการอบในทิศทางที่ตั้งฉากกับระนาบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อชั้นที่เคลือบบน Substrate มีคุณสมบัติด้านการอ่อนตัว

G. Bierwagen และคณะ [13] ศึกษาการพัฒนาและทดสอบเพื่อผลิตสารเคลือบผิวสำหรับรูปปั้นที่ทำจากโลหะสัมฤทธิ์ โดยศึกษาสารเติมแต่ง 3 ชนิดได้แก่ Fluoropolymer, Conductive polymer และ BTA Pretreatment ซึ่งใช้เทคนิค Electrochemical Impedance Spectroscopy ในการวิเคราะห์การป้องกันการกัดกร่อนของสารเคลือบผิวและการป้องกันรังสียูวี

J. Hardy และคณะ [11] ศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการคำนวณพลังงานอิสระเชิงพื้นผิว (Surface Free Energy) ของฟิล์มพอลิเมอร์ร่วม (Copolymer) ระหว่างพีวีซีและ EVA โดยผลของพลังงานอิสระเชิงพื้นผิวจะขึ้นอยู่กับวิธีการคำนวณและจำนวนสารละลายมาตรฐานที่ใช้ในการวัด Contact Angle

ปกรณัม พรหมอ่อน และคณะ [8] ศึกษาและพัฒนาสารเคลือบผิวจากเอทิลีน ไวนิล แอซีเตต เพื่อนำมาใช้สำหรับเคลือบเป็นฟิล์มบางบนผิวหน้าของดอกไม้แห้ง ทำให้ดอกไม้แห้งที่ผ่านการเคลือบมีความทนทานต่อสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ การผลิตสารเคลือบจะใช้ตัวทำละลายที่มีโซลีนเป็นองค์ประกอบมากกว่าร้อยละ 10 เพื่อละลายของผสมระหว่างเอทิลีน ไวนิล แอซีเตตและเร็กซ์ในสัดส่วนร้อยละ 5 และ 1 โดยมวลต่อปริมาตรตามลำดับ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การทดลอง

การทดลองแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนแรกเป็นการทดลองเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารเคลือบผิวโลหะที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ ได้แก่ FT-IR และ TGA ส่วนที่สองเป็นการผสมสูตรสารเคลือบผิวโลหะ ส่วนที่สามเป็นการทดลองเพื่อทดสอบสมบัติทางกายภาพและเคมีในการปกป้องพื้นผิวโลหะของสารเคลือบผิวโลหะที่ผลิตขึ้น

3.1 สารเคมี

รายละเอียดของสารเคมีที่ใช้และหน้าที่ของสารเคมีแสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี	หน้าที่
1. ไมโครคริสตัลไลน์แว็กซ์ (Microcrystalline Waxes)	องค์ประกอบหลัก
2. น้ำยาทำความสะอาดพื้นผิวโลหะ ชื่อทางการค้า แน็กซ์ (Nax)	ตัวทำละลาย
3. โทลูอีน (Toluene)	ตัวทำละลาย
4. เมลามีนเรซิน (Melamine Resin)	สารป้องกันการเกิดสนิม การกัดกร่อนและรอยขีดข่วน
5. สารคู่ควบ (Silane Z-6020)	สารยึดเหนี่ยวระหว่างผิวโลหะและชั้นสารเคลือบ
6. น้ำมันซิลิโคน (Silicone Oil)	สารเพิ่มความเงา

3.2 เครื่องมือวิเคราะห์

1. Fourier Transform Infrared Spectrometer (FT-IR) ยี่ห้อ Perkinelmer รุ่น Spectrum Gx
2. Thermo Gravimetric Analyzer (TGA) ยี่ห้อ Perkinelmer รุ่น Pyris 1
3. Gloss Meter ยี่ห้อ BYK Gardner รุ่น Micro-Tri-Gloss

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. บีกเกอร์ปริมาตร 50, 100, 250, 500, 1000 และ 2000 มิลลิลิตร
2. กระบอกตวงปริมาตร 10 มิลลิลิตร
3. เครื่องให้ความร้อนและแม่เหล็กสำหรับปั่นกวน
4. เครื่องให้ออกซิเจน (Oxygen Feeder)
5. เครื่องชั่ง
6. แผ่นโลหะขนาดความกว้าง 4.5 เซนติเมตร ความยาว 11 เซนติเมตร และความหนา 0.1 เซนติเมตร
7. แผ่นโลหะขนาดความกว้าง 4.5 เซนติเมตร ความยาว 6.5 เซนติเมตร และความหนา 0.1 เซนติเมตร
8. หลอดชนิดสารขนาด 100 ไมโครลิตร
9. พาราฟิล์ม (Parafilm)
10. กระจกทรายเบอร์ 80 และ 400
11. ผ้าเอนกประสงค์

3.4 ขั้นตอนการทดลอง

3.4.1 การวิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางเคมีของสารเคลือบผิวโลหะที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด วิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางเคมีของสารเคลือบผิวโลหะที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดด้วย Fourier Transform Infrared Spectrometer (FT-IR) และ Thermo Gravimetric Analyzer (TGA)

3.4.2 การผสมสูตรสารเคลือบผิวโลหะ

1. การเตรียมไมโครคริสตัลไลน์แวกซ์เหลว
นำไมโครคริสตัลไลน์แวกซ์ไปให้ความร้อน เพื่อหลอมให้เป็นของเหลว เป็นเวลาประมาณ 5-10 นาที
2. การผสมสูตรสารเคลือบผิวโลหะ
ชั่งสารเคมีตามตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 สูตรสารเคลือบผิวโลหะ

สูตรที่	สารเคมี (ส่วนต่อหนึ่งร้อยส่วนของเว็กซ์)					
	ไมโครคริสตัลไลน์เว็กซ์	น้ำยาทำความสะอาด	โทลูอีน	เมลามีนเรซิน	น้ำมันซิลิโคน	สารก่อกวน
1	100	65	-	-	-	-
2	100	65	50	-	-	-
3	100	65	50	-	-	0.1
4	100	65	50	-	10	-
5	100	65	50	-	20	-
6	100	65	50	10	-	-
7	100	65	50	20	-	-
8	100	65	50	10	10	0.1
9	100	65	50	10	20	0.1

3.4.3 ทดสอบสมบัติทางกายภาพ

ก. การทดสอบความสามารถในการยึดเหนี่ยวระหว่างสารเคลือบผิวโลหะกับหยดน้ำ โดยมีขั้นตอนดังนี้

- นำโลหะที่ปรับสภาพผิวมาเคลือบด้วยสารเคลือบผิวโลหะ
- หยดน้ำปริมาตร 5 ไมโครลิตรลงบนโลหะที่เคลือบด้วยสารเคลือบผิวโลหะและวางทิ้งไว้ 30 วินาทีจนเข้าสู่สภาวะสมดุล
- นำไปถ่ายภาพหยดน้ำที่เข้าสู่สภาวะสมดุล
- ทำซ้ำในขั้นตอนที่ 1 ถึง 3 โดยเปลี่ยนบริเวณที่ผิวของหยดน้ำสัมผัสกับสารเคลือบผิวโลหะจนครบ 5 ครั้ง
- วัดมุมสัมผัสเฉลี่ยระหว่างผิวของหยดน้ำกับสารเคลือบผิวโลหะ (Contact Angle, θ_{avg}) และคำนวณพลังงานเฉลี่ยที่เกิดจากการยึดเหนี่ยวระหว่างของแข็ง-ของเหลว (Work of Adhesion, W_{avg})

ข. วิเคราะห์และเปรียบเทียบความสามารถในการยึดเหนี่ยวระหว่างผิวของสารเคลือบผิวโลหะกับหยดน้ำ

ค. ทดสอบความสามารถในการป้องกันการเกิดสนิมเหล็ก โดยมีขั้นตอนดังนี้

- นำโลหะที่ปรับสภาพผิวด้วยกระดาษทรายมาเคลือบด้วยสารเคลือบผิวโลหะ
- ใส่ลงในน้ำที่มีการให้ออกซิเจนตลอดเวลาเป็นเวลา 3 วัน ที่อุณหภูมิ 27 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชลเซียส

3. นำไปถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิทัล
4. วิเคราะห์และเปรียบเทียบสภาพผิวของแผ่น โลหะที่ได้จากภาพถ่ายก่อนและหลังใส่ลงในน้ำ

ค. ทดสอบความสามารถในการทำความสะอาด โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. นำโลหะที่ปรับสภาพผิวมาเคลือบด้วยคราบน้ำมันเครื่อง
2. นำสารเคลือบผิวโลหะ มาเช็ดทำความสะอาดคราบสิ่งสกปรกในขั้นตอนที่ 1
3. ทำซ้ำในขั้นตอนที่ 1 ถึง 2 โดยเปลี่ยนเป็นคราบสิ่งสกปรกอื่น ดังนี้
 - คราบน้ำมันจาระบี
 - คราบไข (เทียนไข)
 - คราบสีน้ำมัน
 - คราบเทปใส
 - คราบสนิมเหล็ก
 - คราบน้ำกรดซัลฟูริกเข้มข้น 95%

ผิวโลหะ

4. นำไปถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิทัล
 5. วิเคราะห์และเปรียบเทียบความสามารถในการทำความสะอาดของสารเคลือบผิวโลหะ
- ง. ทดสอบความเงาบนพื้นผิวโลหะ โดยมีขั้นตอนดังนี้
1. นำโลหะที่เคลือบสีมาเคลือบด้วยสารเคลือบผิวโลหะ
 2. ผ่านชิ้นงานเข้าเครื่อง Gloss Meter วัดค่าความเงาที่มุมตกกระทบ 60 องศา
 3. วิเคราะห์และเปรียบเทียบความเงาของสารเคลือบผิวโลหะ

3.4.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารเคลือบผิวโลหะ

1. เตรียมสารเคลือบผิวโลหะตามตารางที่ 3.2 ซึ่งเป็นสูตรสารเคลือบผิวโลหะ
2. วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารเคลือบผิวโลหะที่ผลิตขึ้นด้วย Fourier Transform Infrared Spectrometer (FT-IR) และ Thermo Gravimetric Analyzer (TGA)
3. วิเคราะห์และเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของสารเคลือบผิวโลหะที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดกับสารเคลือบผิวโลหะที่ผลิตขึ้น

บทที่ 4

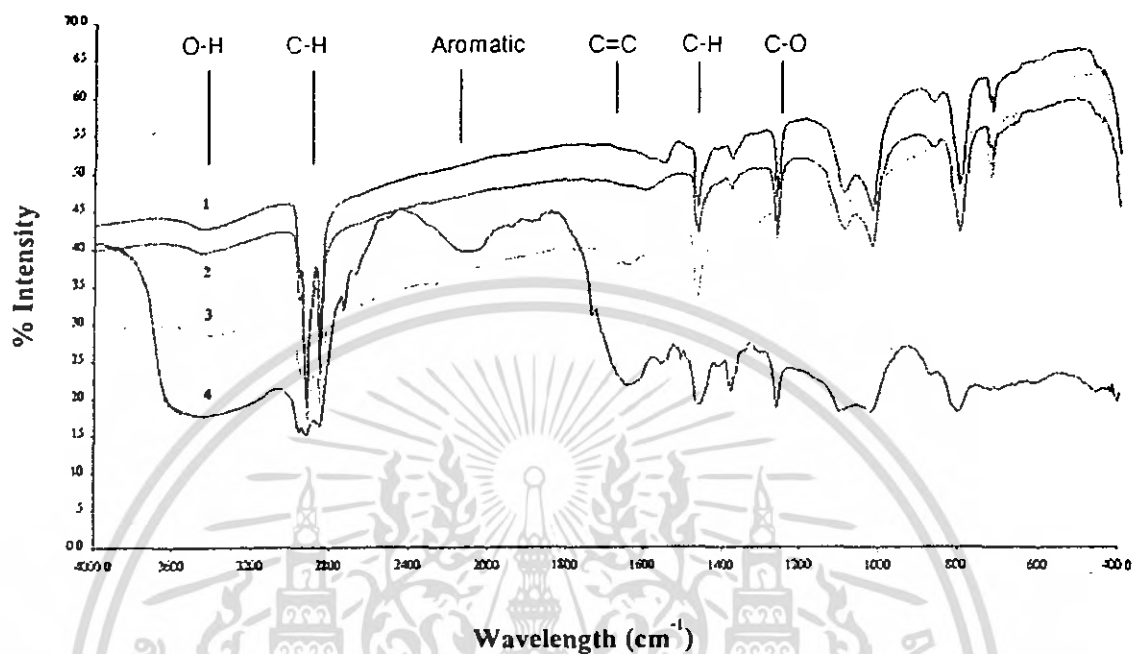
ผลการทดลอง

ผลการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนแรกเป็นการศึกษาชนิดของแว็กซ์ที่เลือกใช้ ส่วนที่สองเป็นผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีสารเคลือบผิวโลหะที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด (โดยสมมติให้เป็นผลิตภัณฑ์ A) และสารเคลือบผิวโลหะที่ผลิตขึ้น ส่วนที่สามเป็นผลการจากการทดสอบสมบัติทางกายภาพในการปกป้องพื้นผิวโลหะของสารเคลือบผิวโลหะที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดและสารเคลือบผิวโลหะที่ผลิตขึ้น

4.1 ชนิดของแว็กซ์ที่เลือกใช้

แว็กซ์ที่ใช้ในการผสมสูตรสารเคลือบผิวโลหะมี 2 ชนิดคือ พาราฟินแว็กซ์และไมโครคริสตัลไลน์แว็กซ์ เมื่อใช้พาราฟินแว็กซ์ผสมกับตัวทำละลายและสารเติมแต่ง พบว่าสารเคลือบผิวโลหะที่ได้มีลักษณะไม่เป็นเนื้อครีม เนื่องจากพาราฟินแว็กซ์ละลายในตัวทำละลายและสารเติมแต่งได้น้อย จึงไม่สามารถนำไปเคลือบบนพื้นผิวโลหะได้ และเมื่อใช้ไมโครคริสตัลไลน์แว็กซ์พบว่าสารเคลือบผิวโลหะที่ได้เป็นเนื้อครีมสามารถนำไปเคลือบบนพื้นผิวโลหะ จึงเหมาะสำหรับผสมสูตรสารเคลือบผิวโลหะ

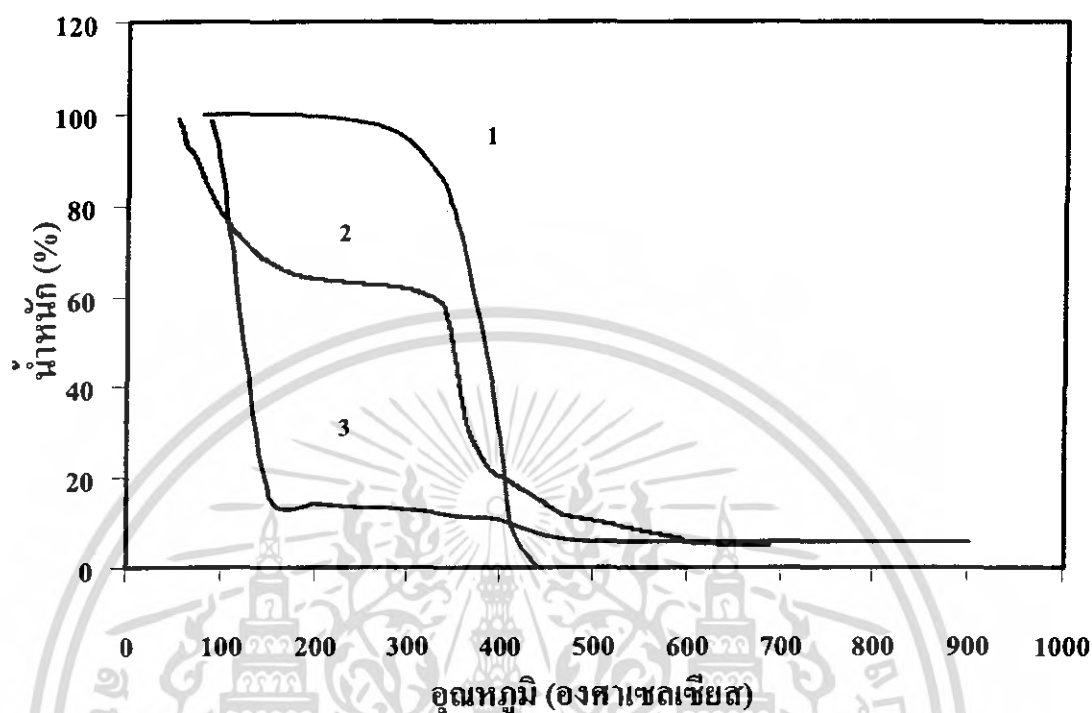
4.2 องค์ประกอบทางเคมีของสารเคลือบผิว



รูปที่ 4.1 อินฟราเรดสเปกตรัมเปรียบเทียบระหว่างไมโครคริสตัลไลน์แวกซ์ สารเคลือบผิวสูตรที่ 4 สารเคลือบผิวสูตรที่ 5 และผลิตภัณฑ์ A โดยที่กราฟหมายเลข 1 คือ สารเคลือบผิวสูตรที่ 4 กราฟหมายเลข 2 คือ สารเคลือบผิวสูตรที่ 5 กราฟหมายเลข 3 คือ ไมโครคริสตัลไลน์แวกซ์ กราฟหมายเลข 4 คือ ผลิตภัณฑ์ A

เมื่อพิจารณาอินฟราเรดสเปกตรัมของกราฟหมายเลข 3 จะพบหมู่ฟังก์ชันอัลเคน ซึ่งสอดคล้องกับ โครงสร้างโมเลกุลของไมโครคริสตัลไลน์แวกซ์ที่ประกอบด้วยอัลเคนโซ่ตรงและแบบกิ่ง เมื่อเติมน้ำมันซิลิโคน อินฟราเรดสเปกตรัมของกราฟหมายเลข 2 จะพบพันธะ C-O เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ โครงสร้างของน้ำมันซิลิโคนประกอบด้วย $(-\text{Si}-\text{O}-\text{Si}-\text{O}-\text{Si}-)_n$ และ $(-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-)_n$ สำหรับกราฟหมายเลข 2 มีการเติมเมลามีนเรซิน จะพบหมู่ฟังก์ชันของอัลดีไฮด์ $\text{H}-\text{C}=\text{O}$ ซึ่งสอดคล้องกับสูตร โครงสร้างของเมลามีนเรซิน เมื่อพิจารณาอินฟราเรดสเปกตรัมของผลิตภัณฑ์ A พบว่ามีสูตร โครงสร้างซับซ้อนที่ประกอบด้วยหมู่ฟังก์ชันของ อัลคีน แอลกอฮอล์ และอะโรมาติก

4.3 สมบัติเชิงความร้อนของสารเคลือบผิว



รูปที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและน้ำหนักของสาร โดยกราฟหมายเลข 1 คือ โยโครคริสตัลไลน์แวกซ์ กราฟหมายเลข 2 คือ สารเคลือบผิวที่ประกอบด้วย โยโครคริสตัลไลน์แวกซ์ ตัวทำละลาย เมลามีนเรซิน สารคู่ควบและน้ำมันซิลิโคน (สูตรที่ 9) กราฟหมายเลข 3 คือ ผลิตภัณฑ์ A

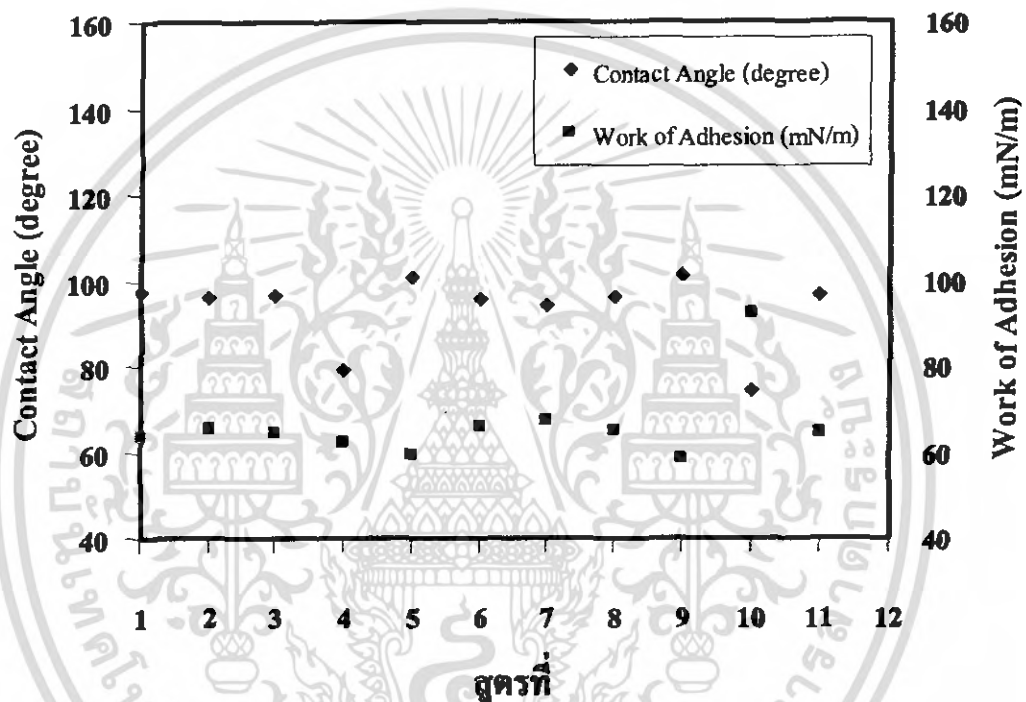
ผลจากกราฟหมายเลข 1 พบว่า โยโครคริสตัลไลน์แวกซ์ เริ่มมีการสลายตัวที่อุณหภูมิประมาณ 250 องศาเซลเซียส และจะสลายตัวจนหมดที่อุณหภูมิประมาณ 430-440 องศาเซลเซียส เมื่อพิจารณาที่กราฟหมายเลข 2 คือ สารเคลือบผิวสูตรที่ 9 พบว่ามีการสลายตัวอยู่ 2 ช่วงอุณหภูมิ ซึ่งช่วงแรกที่อุณหภูมิประมาณ 100-150 องศาเซลเซียส แสดงถึงน้ำหนักของตัวทำละลายที่สลายตัวไปเป็นส่วนใหญ่ สำหรับช่วงที่ 2 คือ ที่อุณหภูมิประมาณ 320-370 องศาเซลเซียส สารมีอัตราการสลายตัวสูง เมื่อเปรียบเทียบกับกราฟของ โยโครคริสตัลไลน์แวกซ์ จะพบว่า มีลักษณะคล้ายคลึงกัน ในช่วง 350-400 องศาเซลเซียส แสดงถึงในช่วงนี้น้ำหนักที่ลดลงคือน้ำหนักของแวกซ์ที่สลายตัวไป เมื่อพิจารณาที่กราฟของสารเคลือบผิวชนิด A พบว่าที่อุณหภูมิประมาณ 150-180 องศาเซลเซียส สารเคลือบผิวส่วนใหญ่สลายตัวไปจนเหลือสารตกค้างประมาณ 7% สรุปได้ว่าสารเคลือบผิวสูตรที่ 9 จะสลายตัวเมื่อได้รับความร้อนในช่วงอุณหภูมิที่สูงกว่าตัวอย่างผลิตภัณฑ์ A แสดงว่าสารเคลือบผิวสูตรที่ 9 สามารถทนความร้อนได้ดีกว่าตัวอย่างผลิตภัณฑ์ A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 สมบัติทางกายภาพในการปกป้องพื้นผิวโลหะของสารเคลือบผิว

4.4.1 ความสามารถในการยึดเหนี่ยวระหว่างสารเคลือบผิวโลหะกับหยดน้ำ

ผลของการทดสอบความสามารถในการยึดเหนี่ยวระหว่างสารเคลือบผิว โลหะกับหยดน้ำ ซึ่งมีส่วนประกอบตามตารางที่ 3.2 สูตรที่ 10 คือ ซึ้นงานเปรียบเทียบและสูตรที่ 11 คือ พื้นผิวโลหะที่เคลือบผลิตภัณฑ์ A ได้ผลดังรูปที่ 4.3 และจากรูปที่ 4.3 จะเปรียบเทียบผลของสารเติมแต่งในการยึดเหนี่ยวระหว่างสารเคลือบผิว โลหะกับหยดน้ำในตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างสารเคลือบผิว โลหะกับ Contact Angle และ Work of Adhesion

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบผลของสารเติมแต่งในการยึดเหนี่ยวระหว่างสารเคลือบผิว โลหะกับหยดน้ำ

สารเติมแต่ง	ความสามารถในการยึดเหนี่ยวระหว่างสารเคลือบผิว โลหะกับหยดน้ำ
โทลูอีนและสารคู่ควบ	Work of Adhesion และ Contact Angle เปลี่ยนแปลงน้อยมาก
เมลามีนเรซิน	Contact Angle เพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณเมลามีนเรซิน
น้ำมันซิลิโคน	Contact Angle เพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำมันซิลิโคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.3 จะได้ว่าโทลูอีนและสารคู่ควบจะไม่มีผลต่อการขีดเหนี่ยวระหว่างสารเคลือบผิวและหยคน้ำ ส่วนเมลามีนเรซินและน้ำมันซิติโคนจะมีผลโดยตรง เมื่อเพิ่มปริมาณจะทำให้การขีดเหนี่ยวระหว่างสารเคลือบผิวโลหะกับหยคน้ำน้อยลง

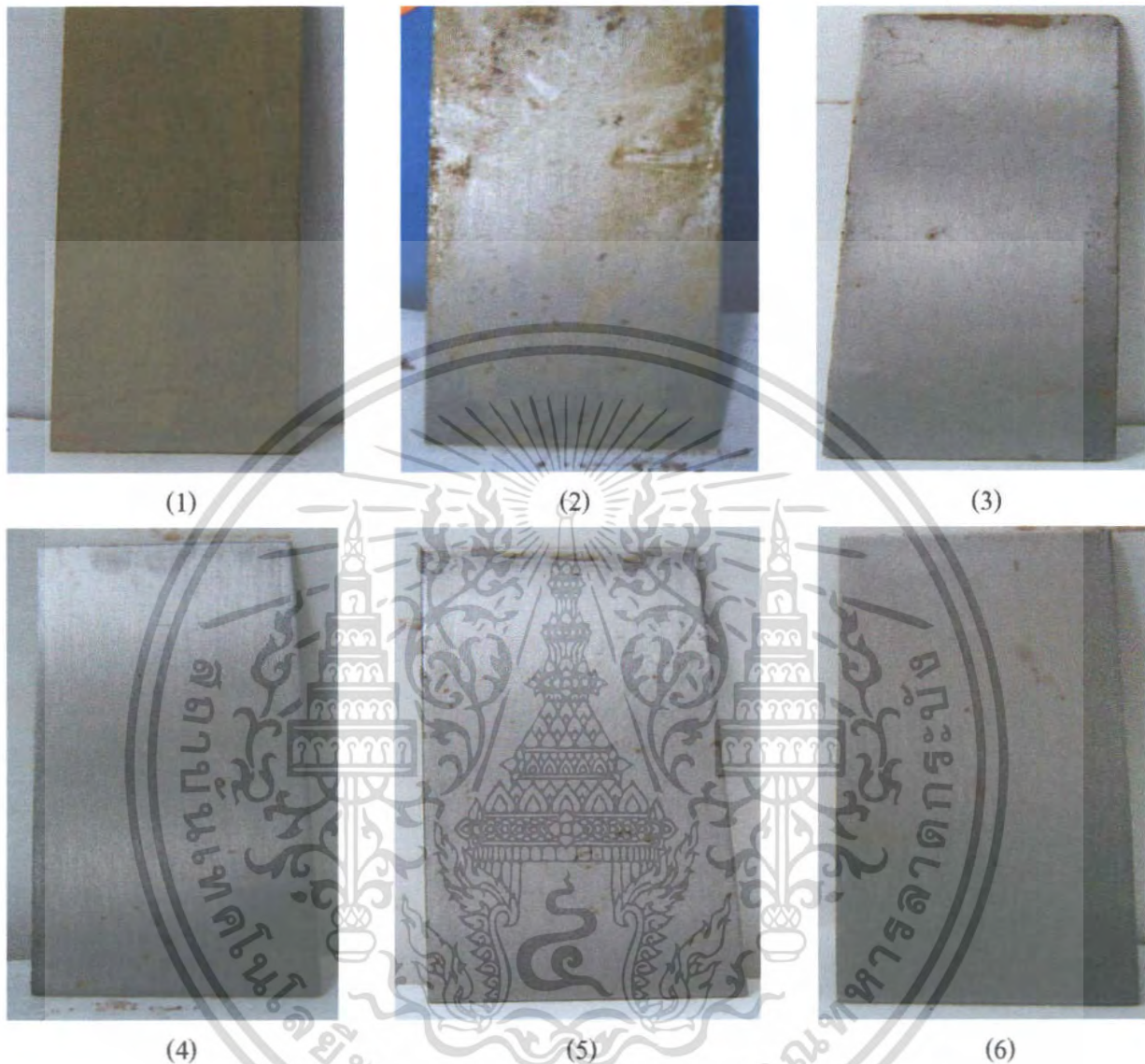
4.4.2 ความสามารถในการป้องกันการเกิดสนิมเหล็ก

เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการป้องกันการเกิดสนิมของ โลหะที่เคลือบสารเคลือบผิวสูตรต่าง ๆ แสดงในรูปที่ 4.4

จากรูปที่ 4.4 พบว่าพื้นผิวที่ไม่ได้เคลือบสารเคลือบผิวจะมีสนิมปรากฏขึ้นมากที่สุดทั่วบริเวณผิวหน้าของแผ่นโลหะ ส่วนพื้นผิวที่เคลือบผลิตภัณฑ์ A จะมีสนิมกระจายบริเวณส่วนบนของแผ่นโลหะ และมีคราบสนิมเล็กน้อยบริเวณส่วนล่างของแผ่นโลหะ

เปรียบเทียบพื้นผิวที่เคลือบสารเคลือบผิวสูตรที่ 6 กับสูตรที่ 7 จะพบว่าปริมาณเมลามีนเรซินที่เพิ่มขึ้นจะทำให้พื้นผิวที่เคลือบสารเคลือบผิวสูตรที่ 7 เกิดสนิมน้อยลง ซึ่งสอดคล้องกับหน้าที่ของเมลามีนเรซินคือ ป้องกันการเกิดสนิม

สูตรที่ 8 กับสูตรที่ 9 เป็นการเปรียบเทียบพื้นผิวที่เคลือบสารเคลือบผิวที่มีปริมาณน้ำมันซิติโคนต่างกัน จะพบว่าไม่มีผลของน้ำมันซิติโคนในการป้องกันการเกิดสนิม



รูปที่ 4.4 สภาพพื้นผิวของแผ่น โลหะที่ไม่ได้เคลือบผิวและเคลือบผิวโดยที่ (1) ไม่ได้เคลือบสารเคลือบผิวโลหะ (2) เคลือบผลิตภัณฑ์ A (3) เคลือบสารเคลือบผิวโลหะสูตรที่ 6 (4) เคลือบสารเคลือบผิวโลหะสูตรที่ 7 (5) เคลือบสารเคลือบผิวโลหะที่สูตรที่ 8 และ(6) เคลือบสารเคลือบผิวโลหะสูตรที่ 9

จากผลการทดลองสรุปได้ว่าพื้นผิวที่เคลือบสารที่ผลิตขึ้นจะป้องกันการเกิดสนิมได้ดีกว่าพื้นผิวที่เคลือบผลิตภัณฑ์ A และพื้นผิวที่ไม่ได้เคลือบสารเคลือบผิวโลหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3 ความสามารถในการทำความสะอาด

ความสามารถในการทำความสะอาดของสารเคลือบผิวทดสอบในการทำความสะอาดคราบสิ่งสกปรกต่าง ๆ ได้แก่ คราบน้ำมันเครื่อง คราบจาระบี คราบสีน้ำมัน คราบน้ำกรด คราบเทปใส คราบสนิมและคราบไข ผลจะแสดงในตารางที่ 4.2

จากตารางที่ 4.2 พบว่าชิ้นงานเปรียบเทียบมีความสามารถในการทำความสะอาดคราบน้ำมันเครื่องและคราบจาระบีเท่านั้น ส่วนสารเคลือบผิวทุกสูตรและตัวอย่างผลิตภัณฑ์ A มีความสามารถในการทำความสะอาดเท่ากัน ยกเว้นคราบน้ำกรดและคราบสนิม

ตารางที่ 4.2 ความสามารถในการทำความสะอาดของสารเคลือบผิวโลหะ

สูตร	คราบสิ่งสกปรก						
	น้ำมันเครื่อง	จาระบี	สีน้ำมัน	น้ำกรด	คราบเทปใส	สนิม	ไข
ชิ้นงานเปรียบเทียบ	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗
ผลิตภัณฑ์ A	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓
1	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓
2	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓
3	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓
4	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓
5	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓
6	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓
7	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓
8	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓
9	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓

หมายเหตุ

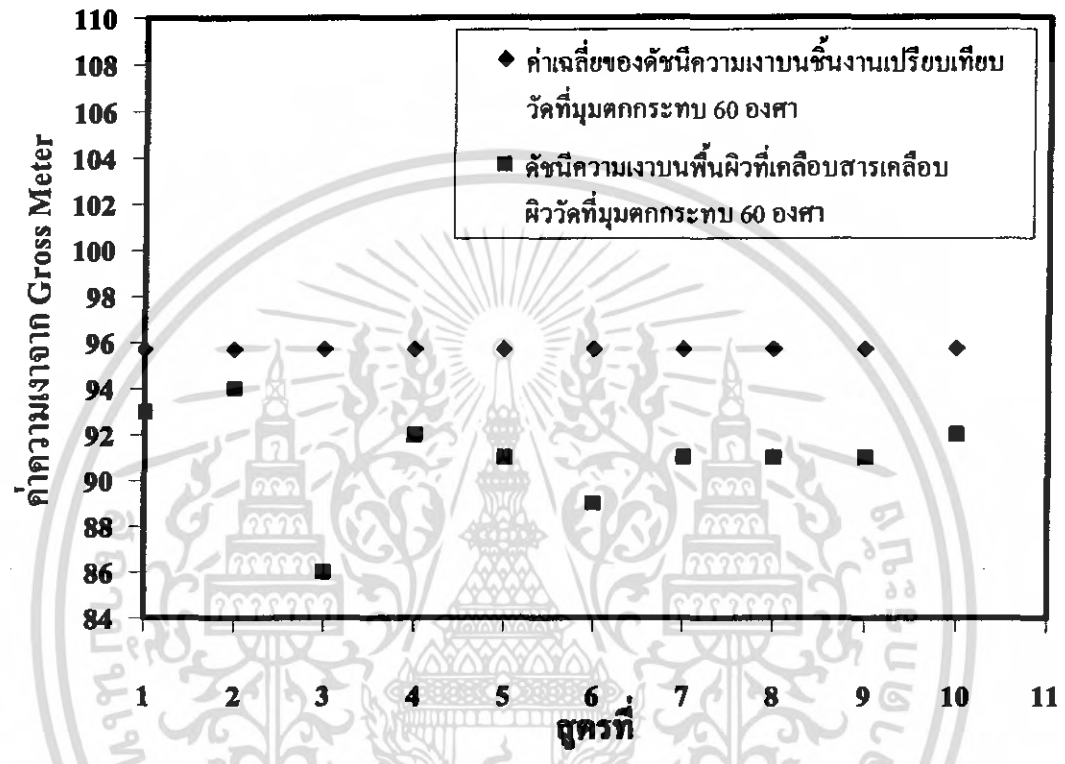
✓ หมายถึง สามารถทำความสะอาดได้

✗ หมายถึง ไม่สามารถทำความสะอาดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.4 ความงามบนพื้นผิวโลหะ

การทดสอบความเงาด้วยเครื่อง Gross Meter โดยใช้มุมตกกระทบ 60 องศา และวัดมุมสะท้อนซึ่งแปรผันโดยตรงกับค่าดัชนีความเงา ถ้าดัชนีความเงามีค่ามาก แสดงว่าพื้นผิวมีความเป็นเงามาก ค่าความเงาของพื้นผิวโลหะที่เคลือบสารเคลือบผิว ซึ่งมีส่วนประกอบตามตารางที่ 3.2 และสูตรที่ 10 คือ พื้นผิวโลหะที่เคลือบผลิตภัณฑ์ A แสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบค่าความเงาของการวัดพื้นผิวชิ้นงานเปรียบเทียบกับพื้นผิวที่เคลือบสารเคลือบผิวที่มุมตกกระทบ 60 องศา

จากรูปที่ 4.5 ชิ้นงานเปรียบเทียบมีดัชนีความเงาเฉลี่ยเท่ากับ 95.7 สำหรับพื้นผิวเคลือบมีดัชนีความเงาเฉลี่ยอยู่ในช่วง 86-95 และเมื่อเปรียบเทียบดัชนีความเงาสูตรที่ 6 และสูตรที่ 7 จะเห็นผลของปริมาณเมลามีนเรซินที่เพิ่มขึ้น ทำให้ความเป็นเงาเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับสมบัติของเมลามีนเรซินในการช่วยเพิ่มความเงา

สูตรที่ 2 และสูตรที่ 8 เป็นการเปรียบเทียบผลของปริมาณน้ำมันซิลิโคนที่เพิ่มขึ้น พบว่าสูตรที่ 8 มีดัชนีความเงาสูงกว่าสูตรที่ 2 ซึ่งสอดคล้องกับหน้าที่ของน้ำมันซิลิโคนซึ่งเป็นสารเพิ่มความเงา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

1. เมื่อเปรียบเทียบสมบัติทางเคมีและกายภาพกับตัวอย่างผลิตภัณฑ์ A พบว่า สารเคลือบผิวโลหะสูตรที่ดีที่สุดคือสูตรที่ 9 มีส่วนผสมคือ ไมโครคริสตัลไลน์แว็กซ์ น้ำยาทำความสะอาด โทลูอิน เมลามีนเรซิน น้ำมันซิลิโคนและสารคู่ควบ

2. สารเคลือบผิวโลหะสูตรที่ 9 จะสลายตัวเมื่อได้รับความร้อนในช่วงอุณหภูมิที่สูงกว่าตัวอย่างผลิตภัณฑ์ A แสดงว่าสารเคลือบผิวสูตรที่ 9 ทนความร้อนได้ดีกว่าตัวอย่างผลิตภัณฑ์ A

3. สารเคลือบผิวโลหะสูตรที่ 9 มีการยึดเหนี่ยวระหว่างสารเคลือบผิวกับหยดน้ำน้อยกว่าตัวอย่างผลิตภัณฑ์ A แสดงว่าสารเคลือบผิวสูตรที่ 9 จะป้องกันการยึดเกาะของฝุ่นละอองได้ดีกว่าตัวอย่างผลิตภัณฑ์ A และสารเคลือบผิวสูตรที่ 9 ยังมีสมบัติในการป้องกันการเกิดสนิมได้ดีกว่าตัวอย่างผลิตภัณฑ์ A อีกด้วย

4. สารเคลือบผิวโลหะสูตรที่ 9 มีความเป็นเงาและความสามารถในการทำความสะอาดเทียบเท่ากับตัวอย่างผลิตภัณฑ์ A

5. อัตราส่วนผสมของสารเคลือบผิวโลหะสูตรที่ 9 ที่สามารถนำมาเป็นแนวทางในการหาส่วนผสมของสารเคลือบผิวโลหะสำหรับการผลิตเชิงพาณิชย์ คือ

สารเคมี	ปริมาณ (ส่วนต่อหนึ่งร้อยส่วนของแว็กซ์)
ไมโครคริสตัลไลน์แว็กซ์	100
น้ำยาทำความสะอาด	65
โทลูอิน	50
เมลามีนเรซิน	10
น้ำมันซิลิโคน	20
สารคู่ควบ	0.1

6. เมื่อปริมาณของน้ำมันซิลิโคนเพิ่มขึ้น ทำให้การยึดเกาะระหว่างหยดน้ำกับแผ่น โลหะลดลง แต่ไม่ส่งผลในการป้องกันการเกิดสนิมอย่างมีนัยสำคัญ

7. เมื่อปริมาณของเมลามีนเรซินเพิ่มขึ้น ทำให้การป้องกันการเกิดสนิมดีขึ้น แต่ไม่ส่งผลในการยึดเกาะระหว่างหยดน้ำกับแผ่น โลหะอย่างมีนัยสำคัญ

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. จากผลการทดลองพบว่าค่าความเงาของพื้นผิวชิ้นงานเปรียบเทียบมีค่ามากกว่าพื้นผิวที่เคลือบสารเคลือบผิว เนื่องจากทดสอบกับชิ้นงานเคลือบสีที่มีความเงาสูงที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน จึงควรศึกษาค่าความเงากับชิ้นงานที่ผ่านการใช้งาน เพื่อให้ตรงกับวัตถุประสงค์ของสารเคลือบผิว
2. แร้วกซ์ที่ขึ้นสูตรได้ถึงแม้จะมีคุณสมบัติในการป้องกันการกัดกร่อนและขัดทำความสะอาด แต่แร้วกซ์มีกลิ่นฉุนจึงอาจไม่เหมาะสำหรับการผลิตเชิงพาณิชย์ ดังนั้นในการศึกษาเพิ่มเติมควรหาวิธีในการลดกลิ่นลง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] สนิม. [Online]. Available :
<http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%AA%E0%B8%99%E0%B8%B4%E0%B8%A1>.
- [2] อรอุษา สรวารี. 2537. สารเคลือบผิว (สี วาร์นิชและแลกเกอร์). กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [3] Wax. [Online]. Available : <http://en.wikipedia.org/wiki/wax>.
- [4] Paraffin Wax. [Online]. Available : http://en.wikipedia.org/wiki/Paraffin_wax.
- [5] Microcrystalline Wax. [Online]. Available :
http://en.wikipedia.org/wiki/Microcrystalline_wax.
- [6] Comparison of Microcrystalline and Paraffin Waxes. [online]. Available :
<http://www.igiwax.com/microcrystallinewax/>.
- [7] Swaraj Paul. 1996. Surface Coating. 2nd ed. New York : John Wiley & Sons.
- [8] ปิยกรณ์ พรหมอ่อน พงศ์ประภาส ปิยมนโนชา และศศิยเวช เกตุแก้ว. “การถนอมดอกไม้แห้งด้วยการเคลือบพอลิเมอร์แวกซ์.” ปรินญาณีพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง. 2546.
- [9] Rusting. [Online]. Available : <http://en.wikipedia.org/wiki/Rust>.
- [10] Contact Angle. [Online]. Available : <http://www.ksvltd.com/content/index/keyca>.
- [11] J. Hardy, M.C. Michalski , J.V. Saramago. “On the Surface Energy of PVC/EVA Polymer Blends” Comparison of Different Calculation Methods, Colloid and Interface Science. vol. 208, pp. 319-328, December 1998.
- [12] M. Osterhold, K. Armbruster, “Characterizing the surface structure of plastics coatings” Progress in Organic Coatings. vol. 57, pp. 165-169, October 2006.
- [13] G. Bierwagen, K. Stanek, T.J. Shedlosky., “Developing and testing a new generation of protective coatings for outdoor bronze sculpture”. Progress in organic coatings 48. Vol.48, pp. 289-296, December 2003.

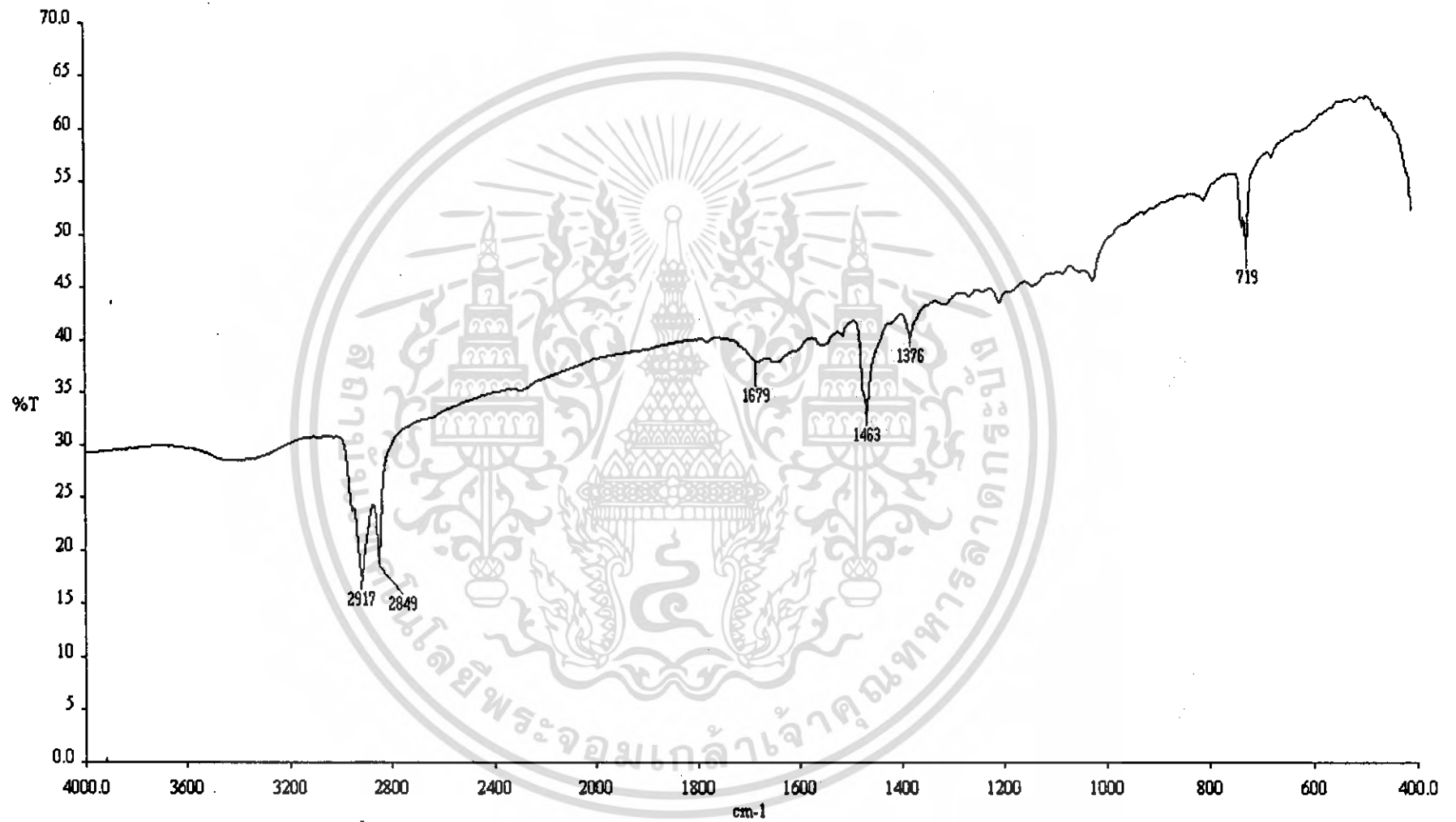
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



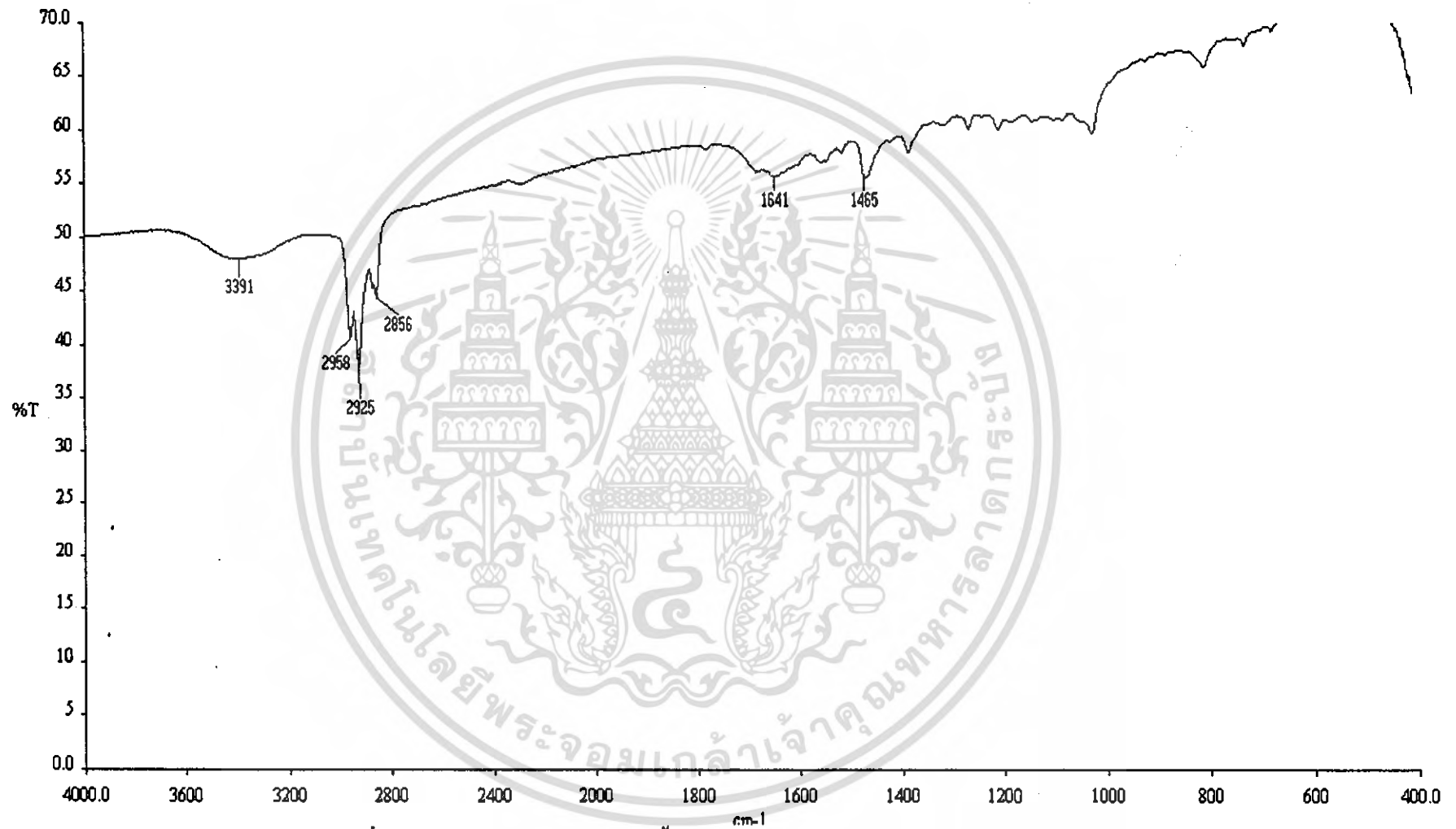
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



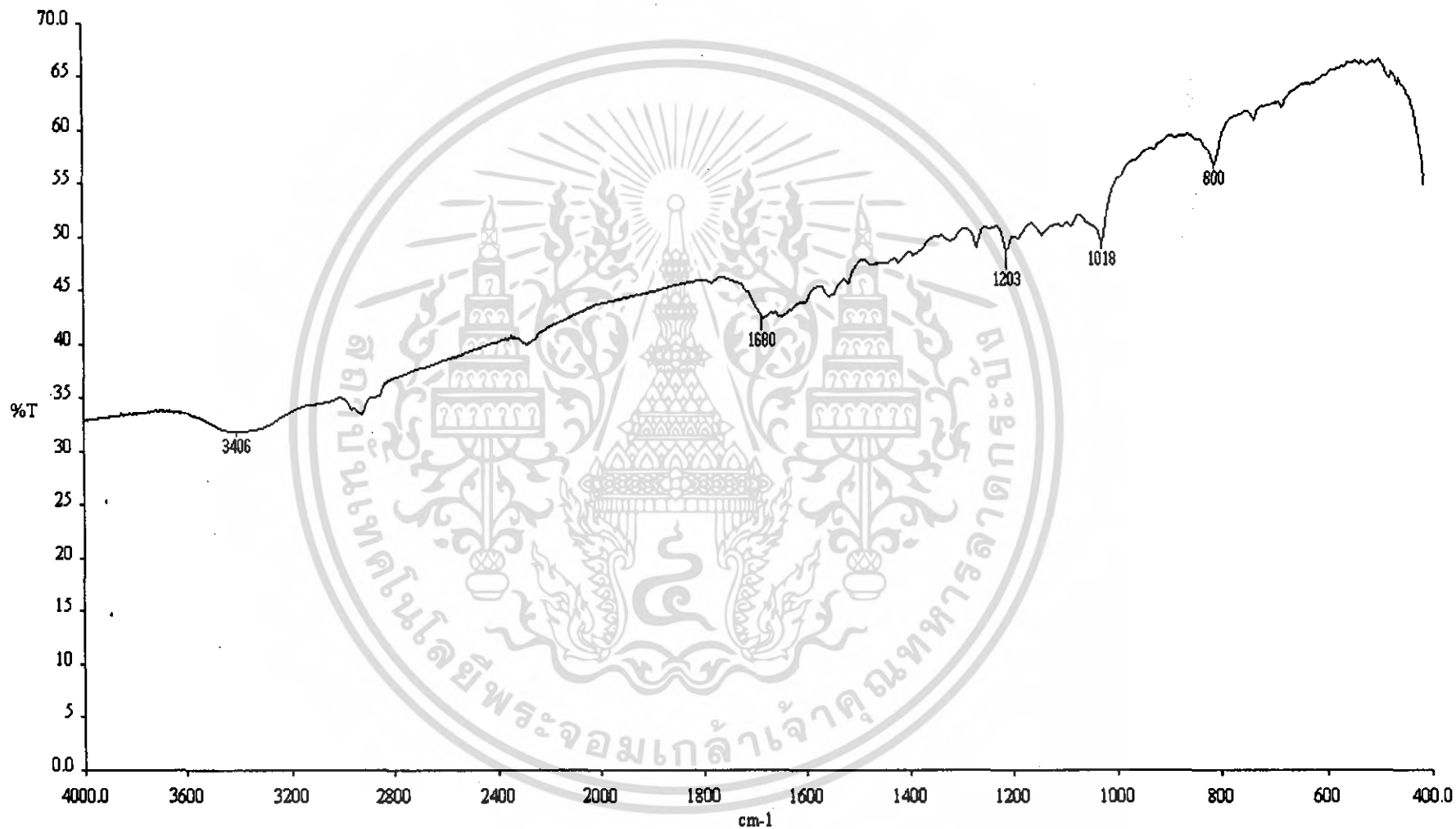
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



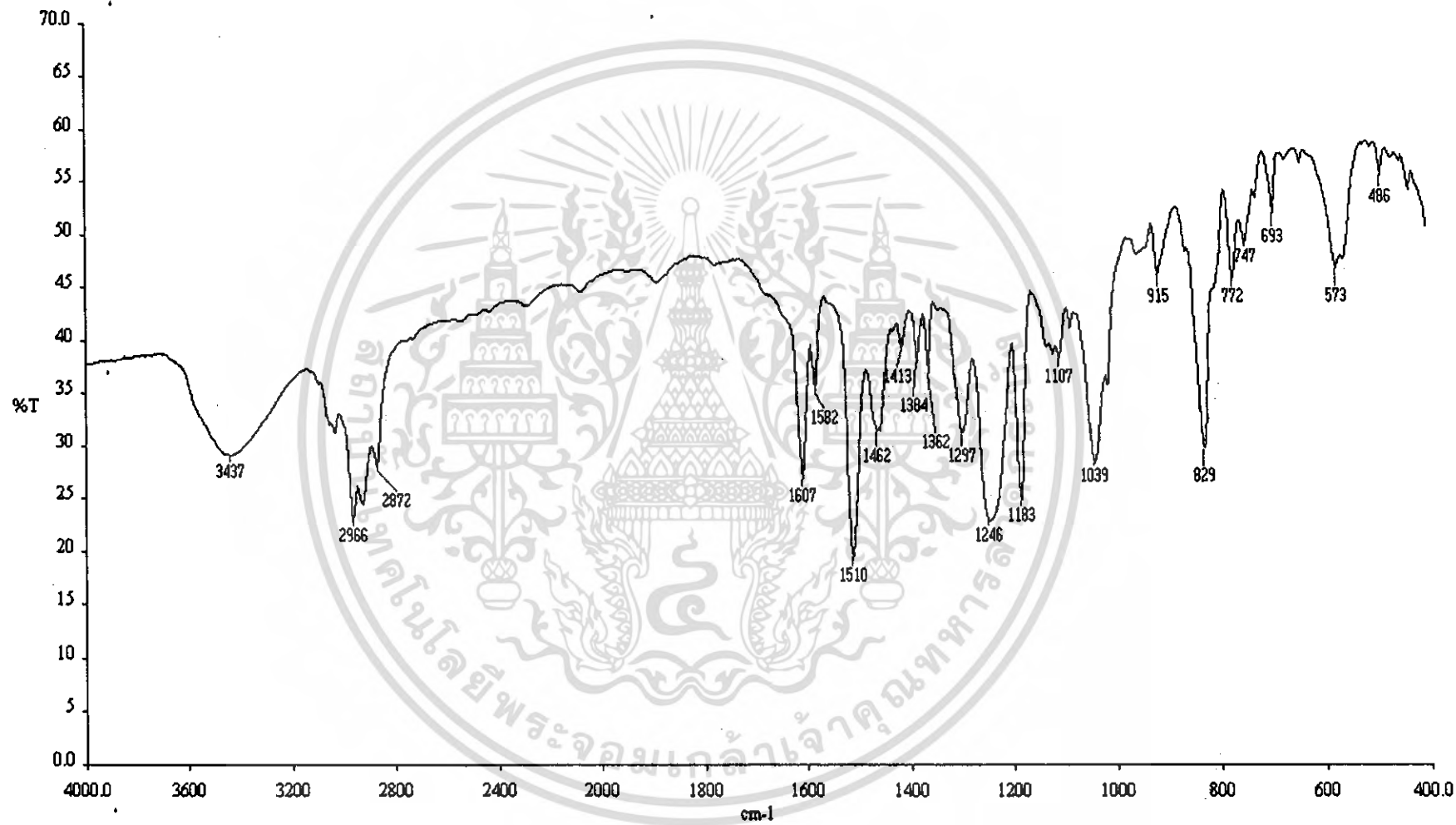
รูปที่ ก.1 อินฟราเรดสเปกตรัมของไมโครคริสตัลไลน์แว็กซ์ (Microcrystalline Waxes)



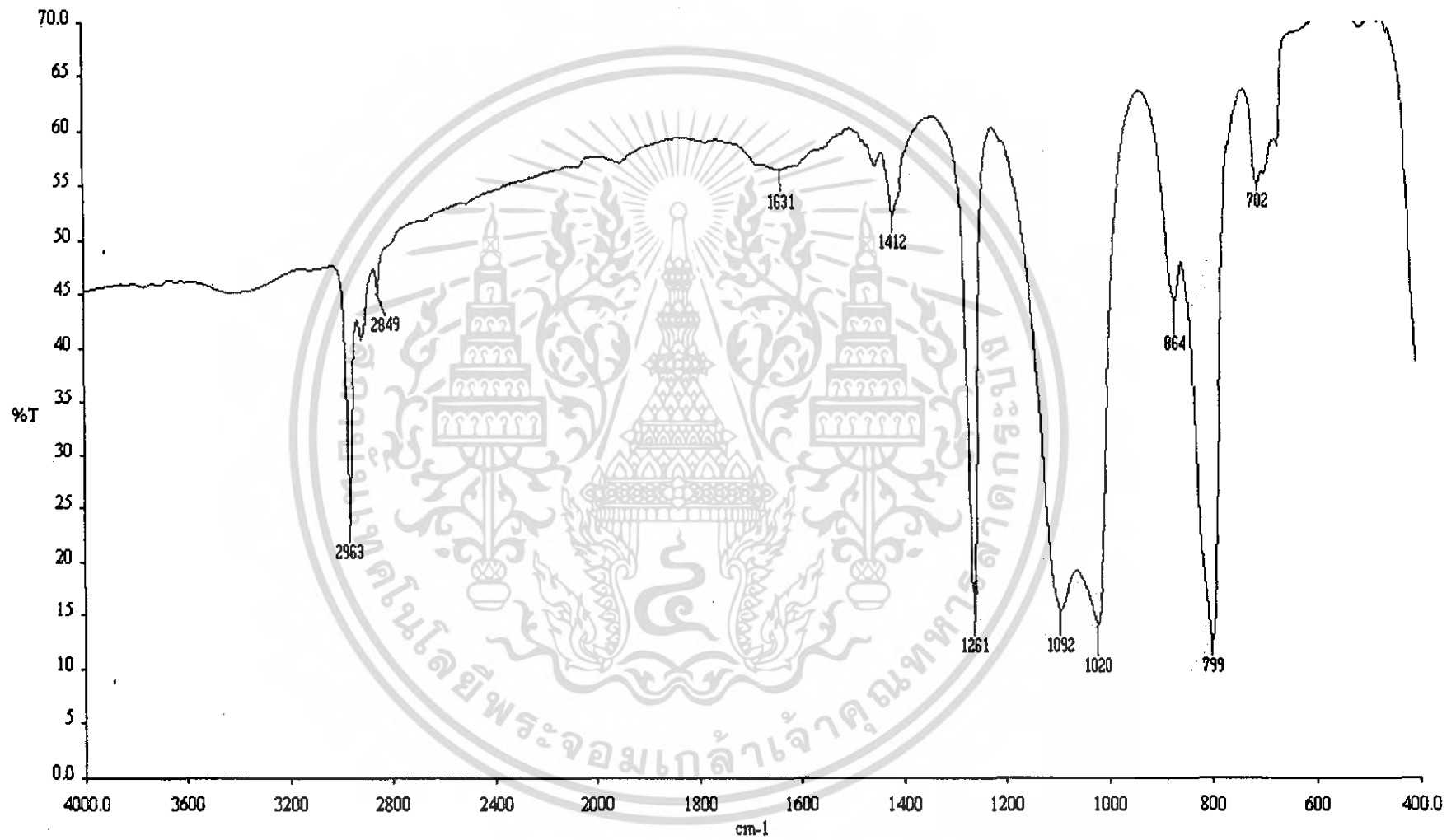
รูปที่ ก.2 อินฟราเรดสเปกตรัมของน้ำยาทำความสะอาดมีชื่อทางการค้า เน็กซ์ (Nax)



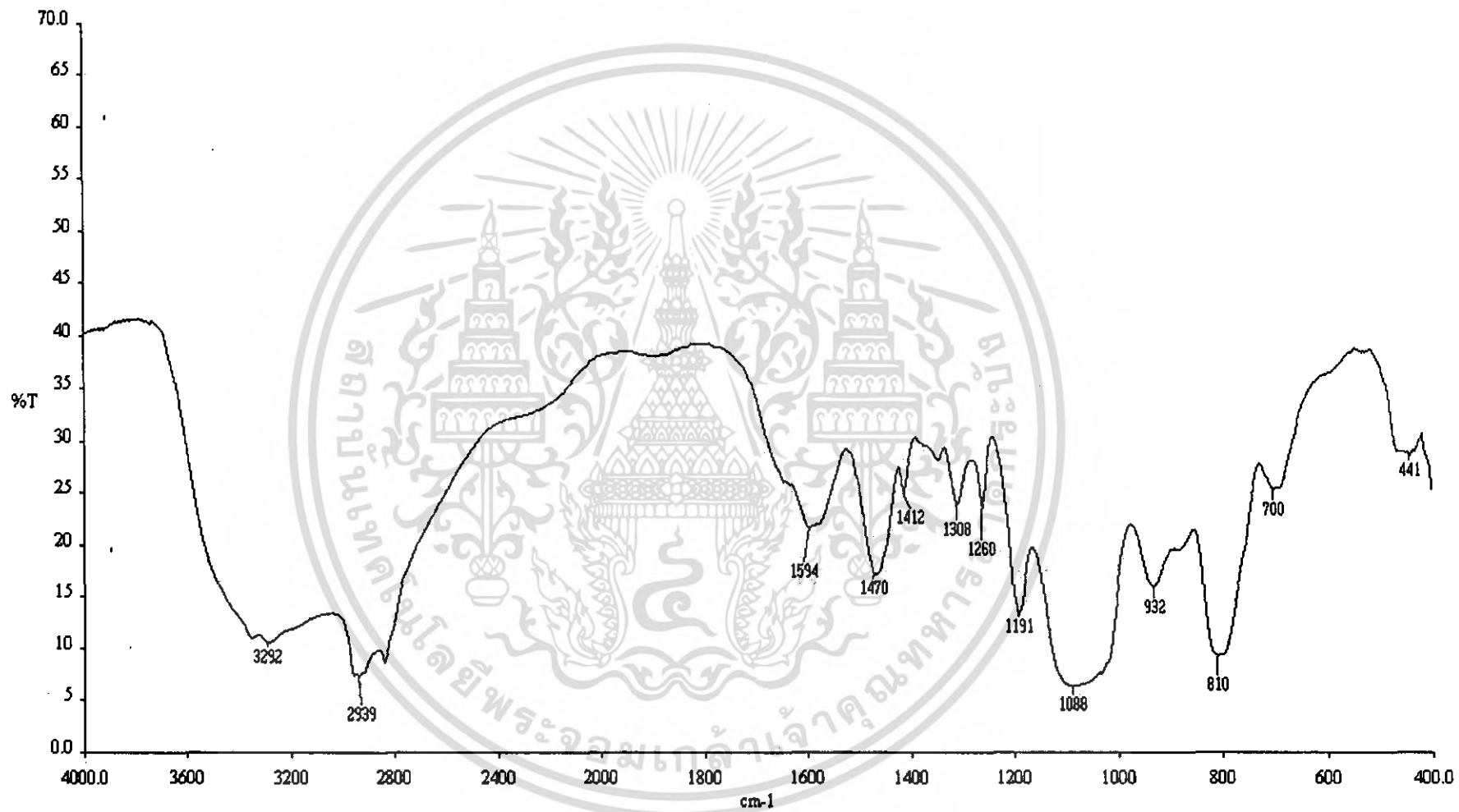
รูปที่ ก.3 อินฟราเรดสเปกตรัมของโทลูอีน (Toluene)



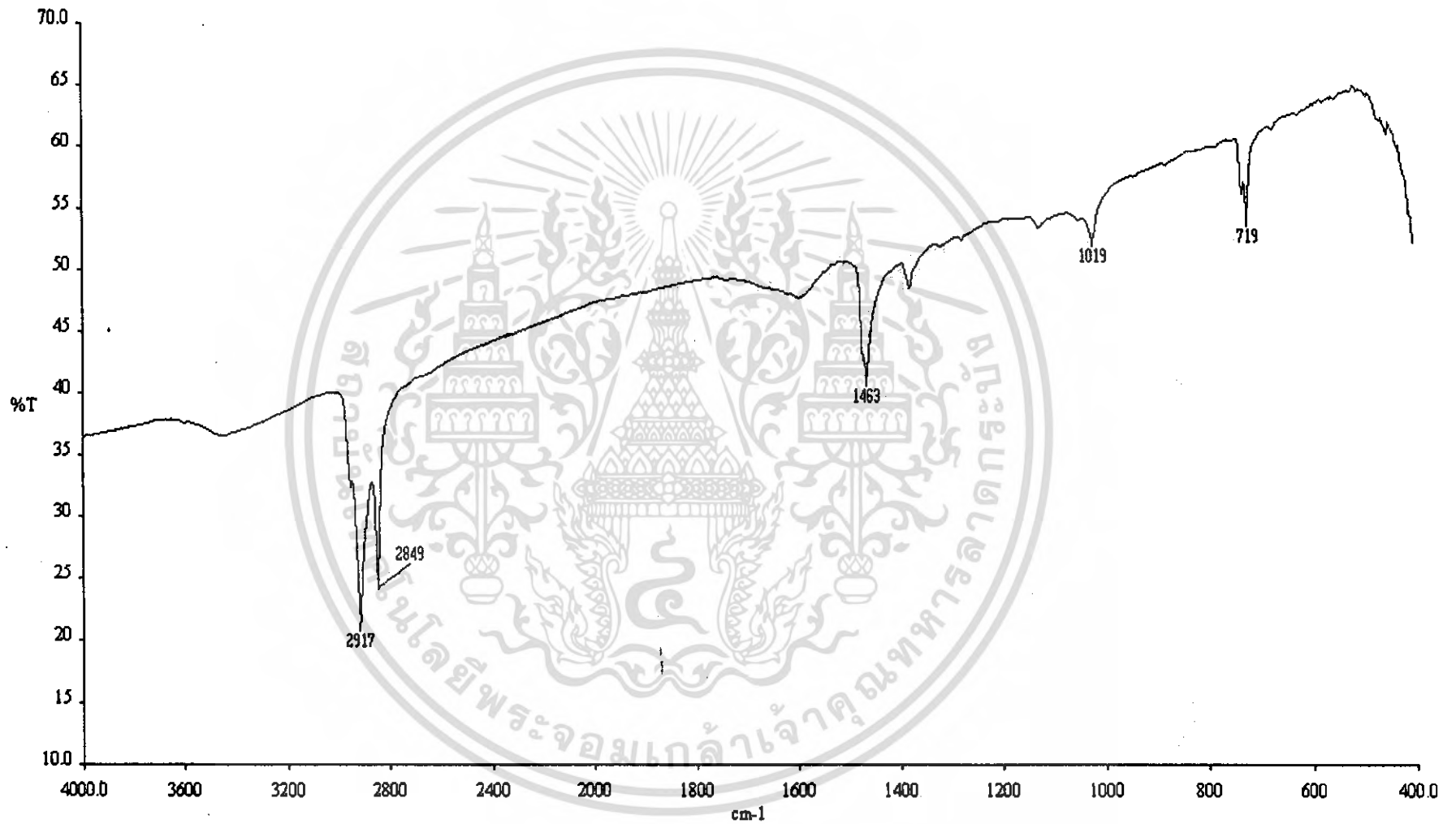
รูปที่ ก.4 อินฟราเรดสเปกตรัมของเมลามีนเรซิน (Melamine Resin)



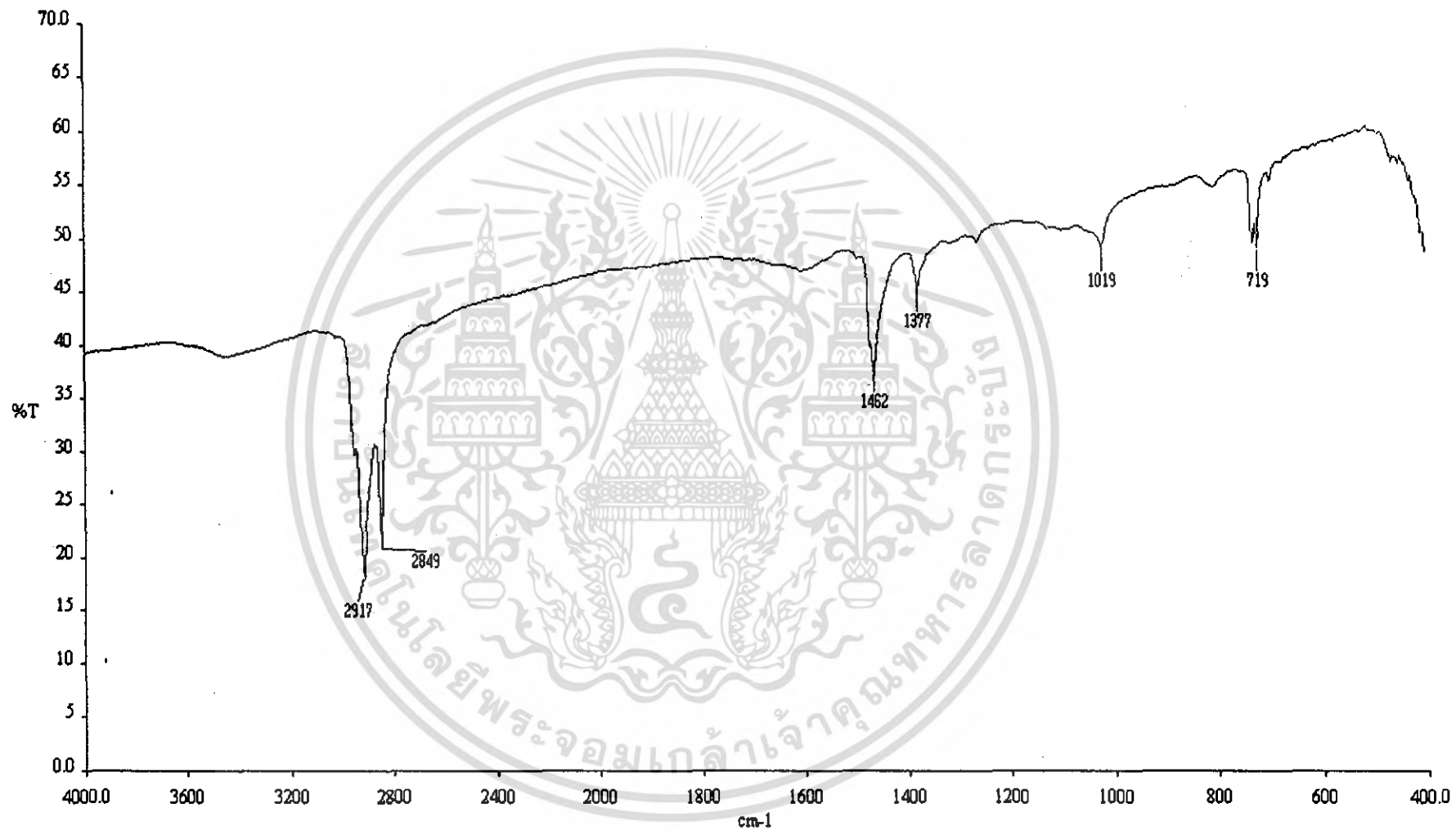
รูปที่ ก.5 อินฟราเรดสเปกตรัมของน้ำมันซิลิโคน (Silicone Oil)



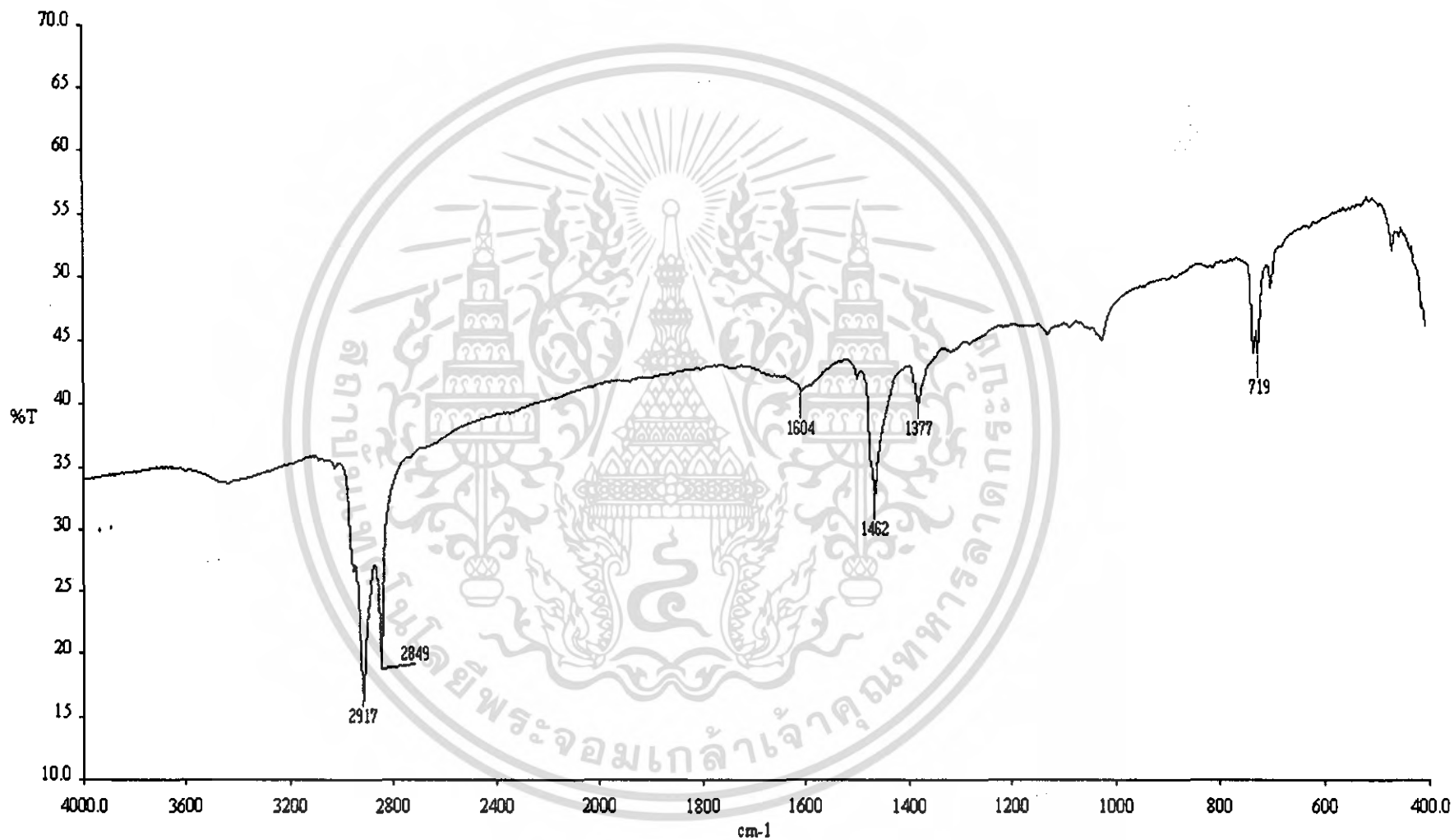
รูปที่ ก.6 อินฟราเรดสเปกตรัมของสารซิลิโคน (Silane Z-6020)



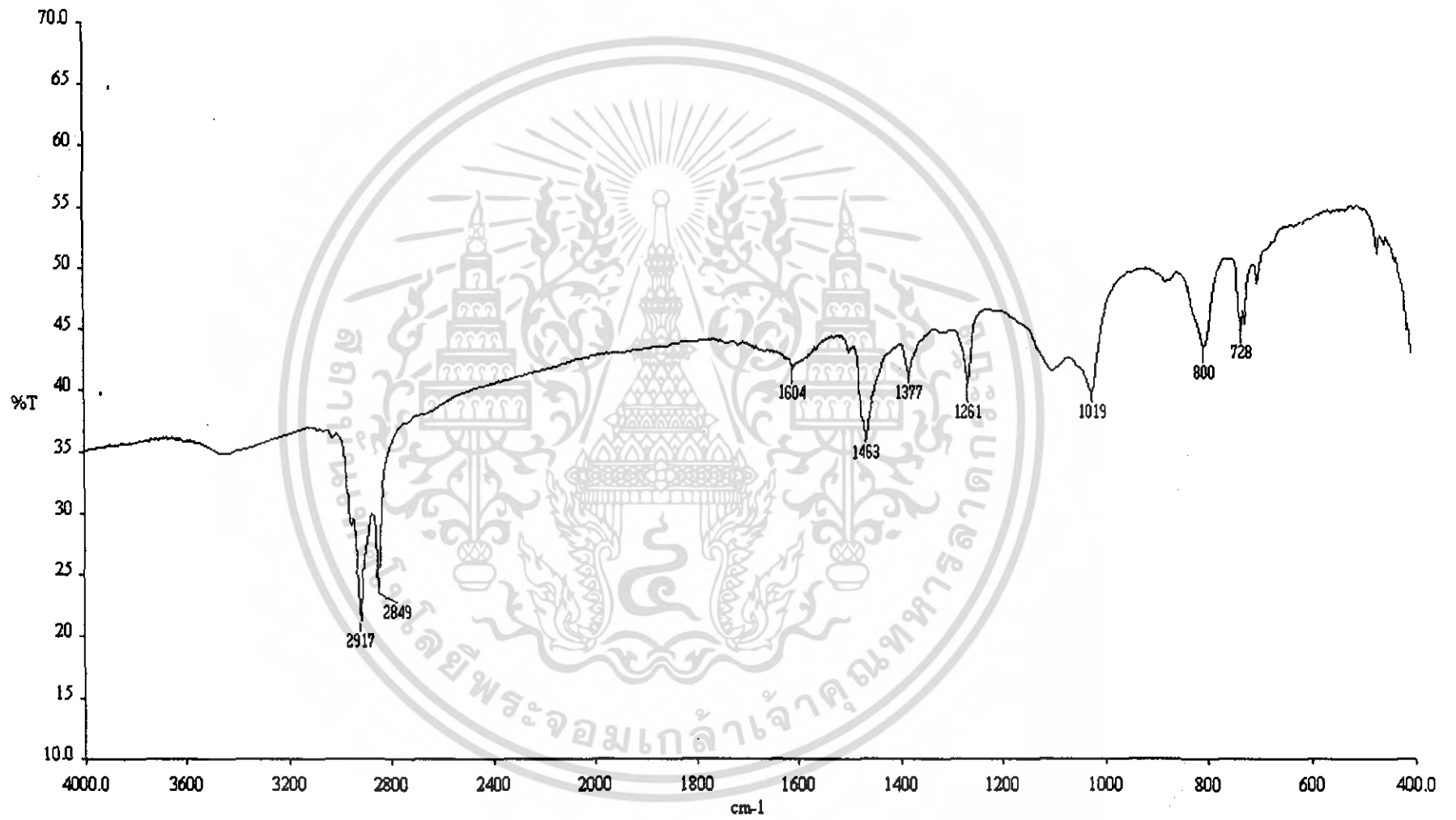
รูปที่ ๓.๗ อินฟราเรดสเปกตรัมของสารเคลือบผิวโลหะสูตรที่ 1



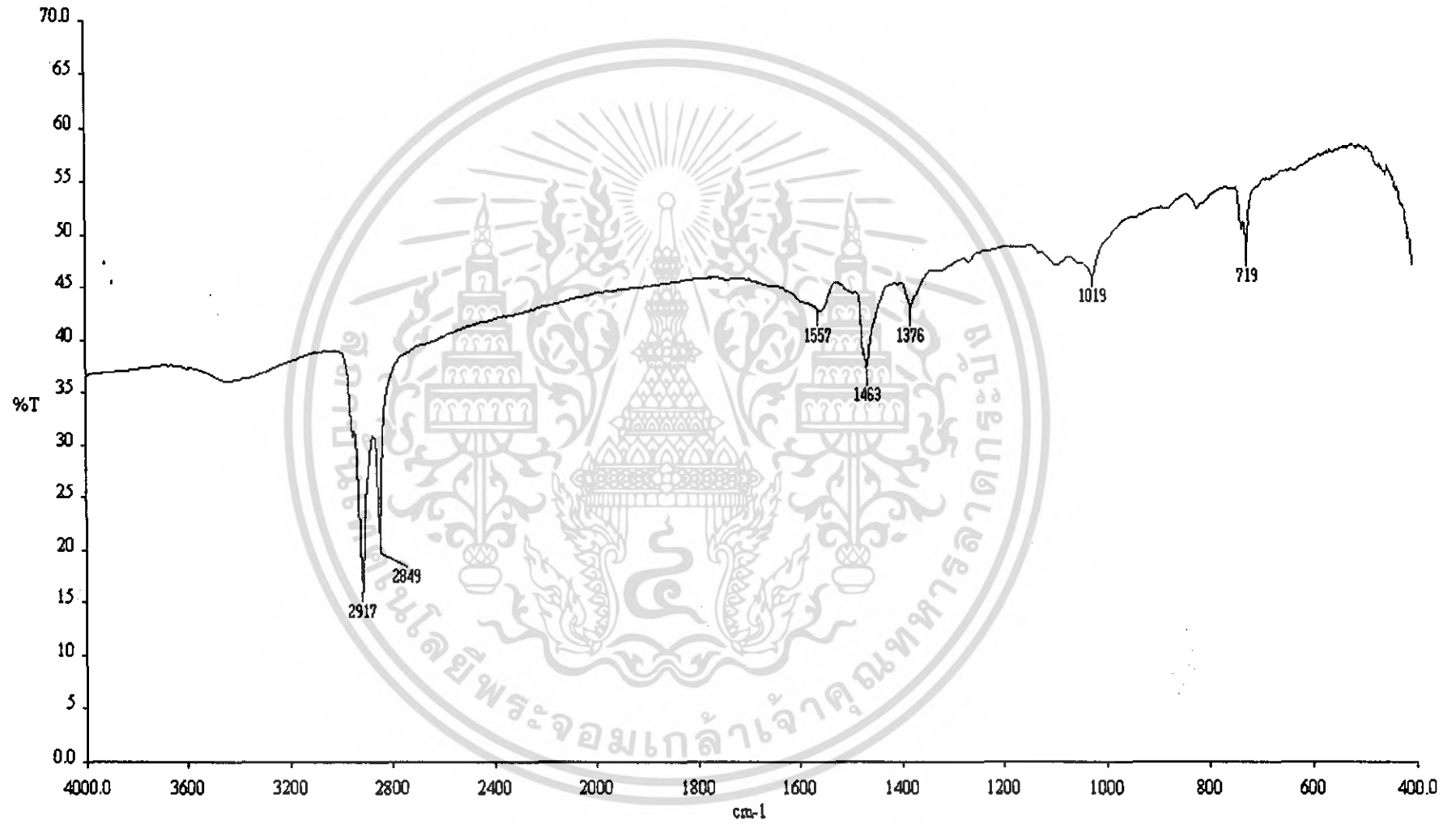
รูปที่ ก.8 อินฟราเรดสเปกตรัมของสารเคลือบผิวโลหะสูตรที่ 2



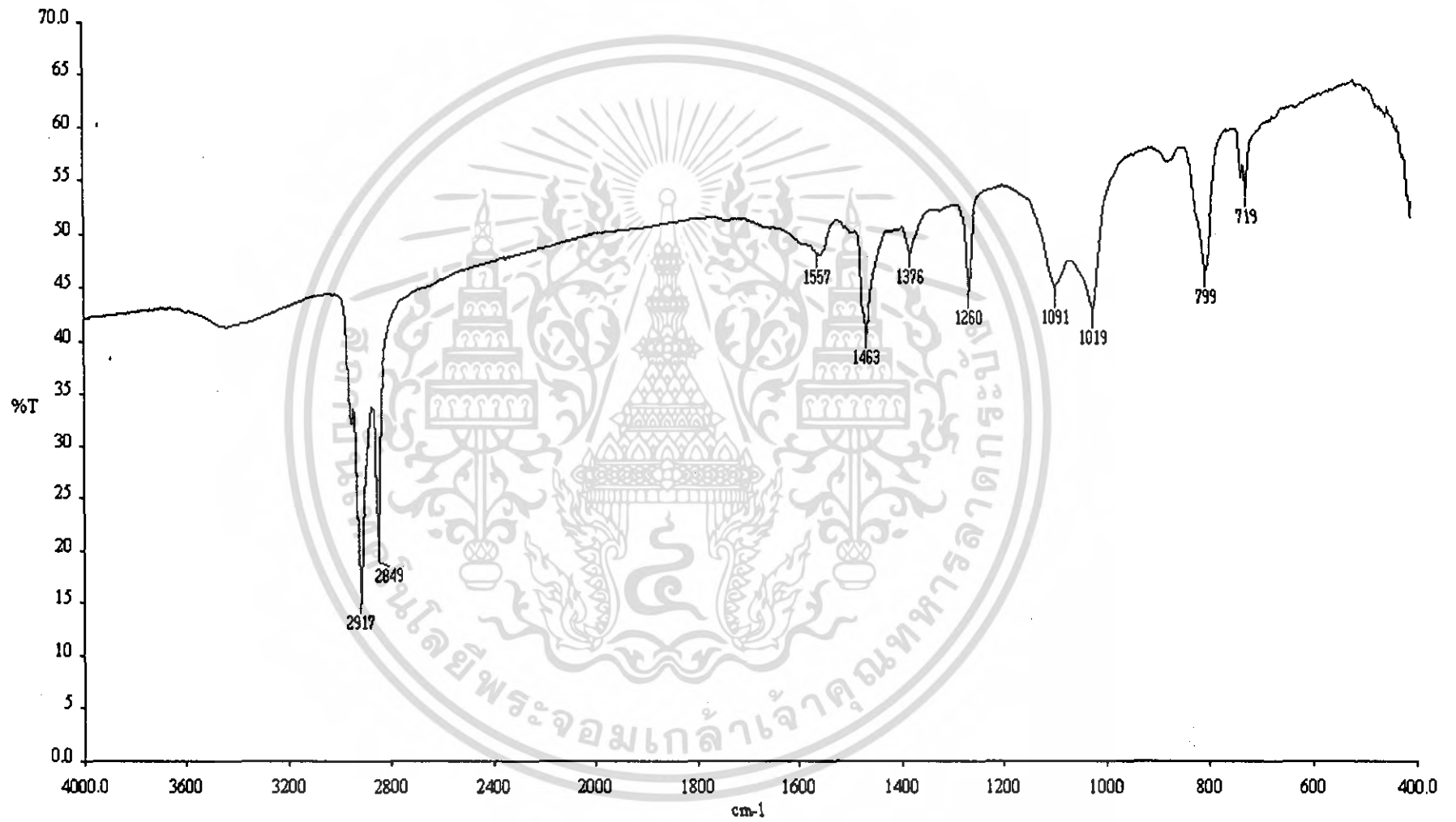
รูปที่ ก.9 อินฟราเรดสเปกตรัมของสารเคลือบผิวโลหะสูตรที่ 3



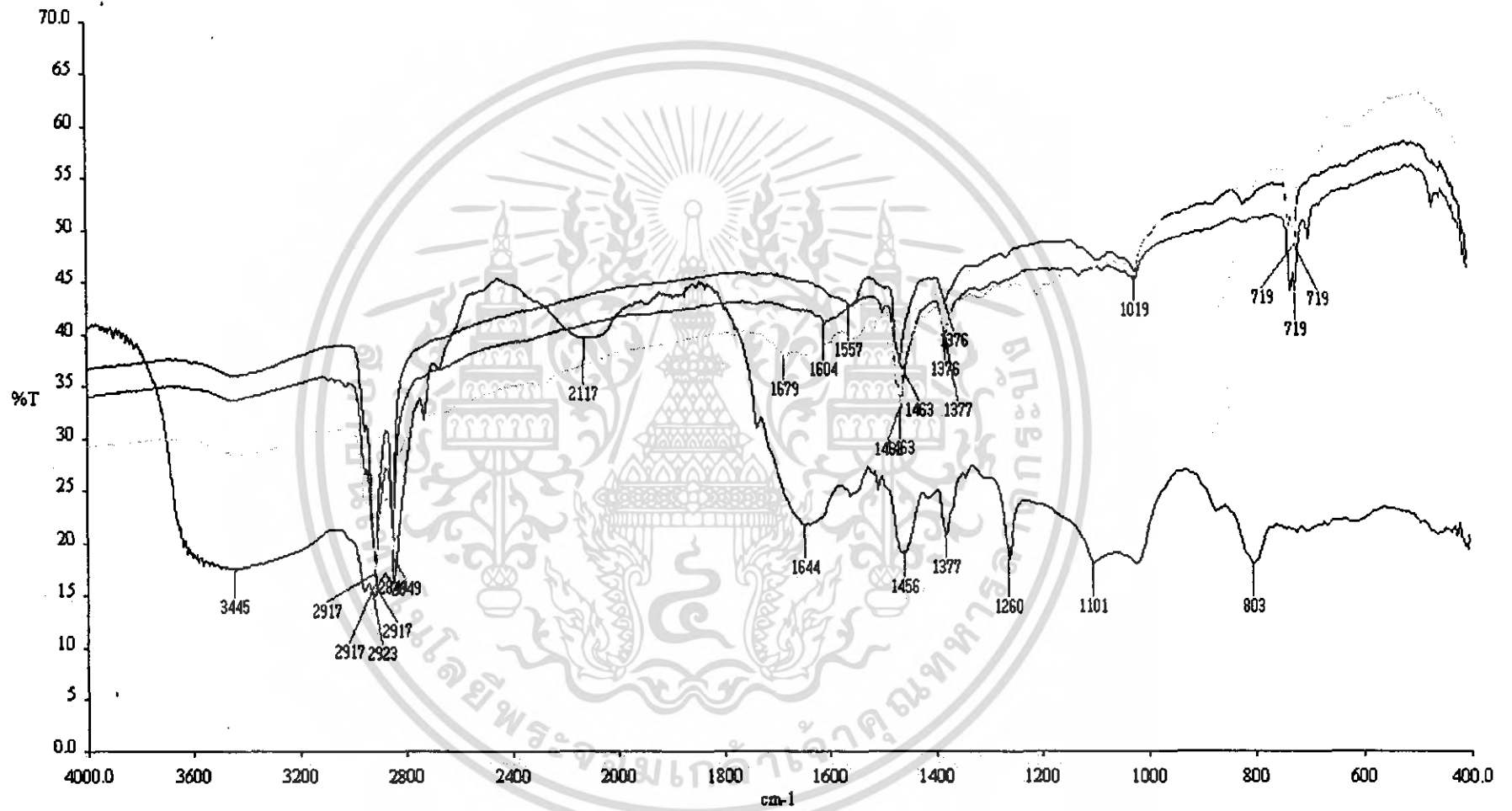
รูปที่ ก.10 อินฟราเรดสเปกตรัมของสารเคลือบผิวโลหะสูตรที่ 4 และ 5



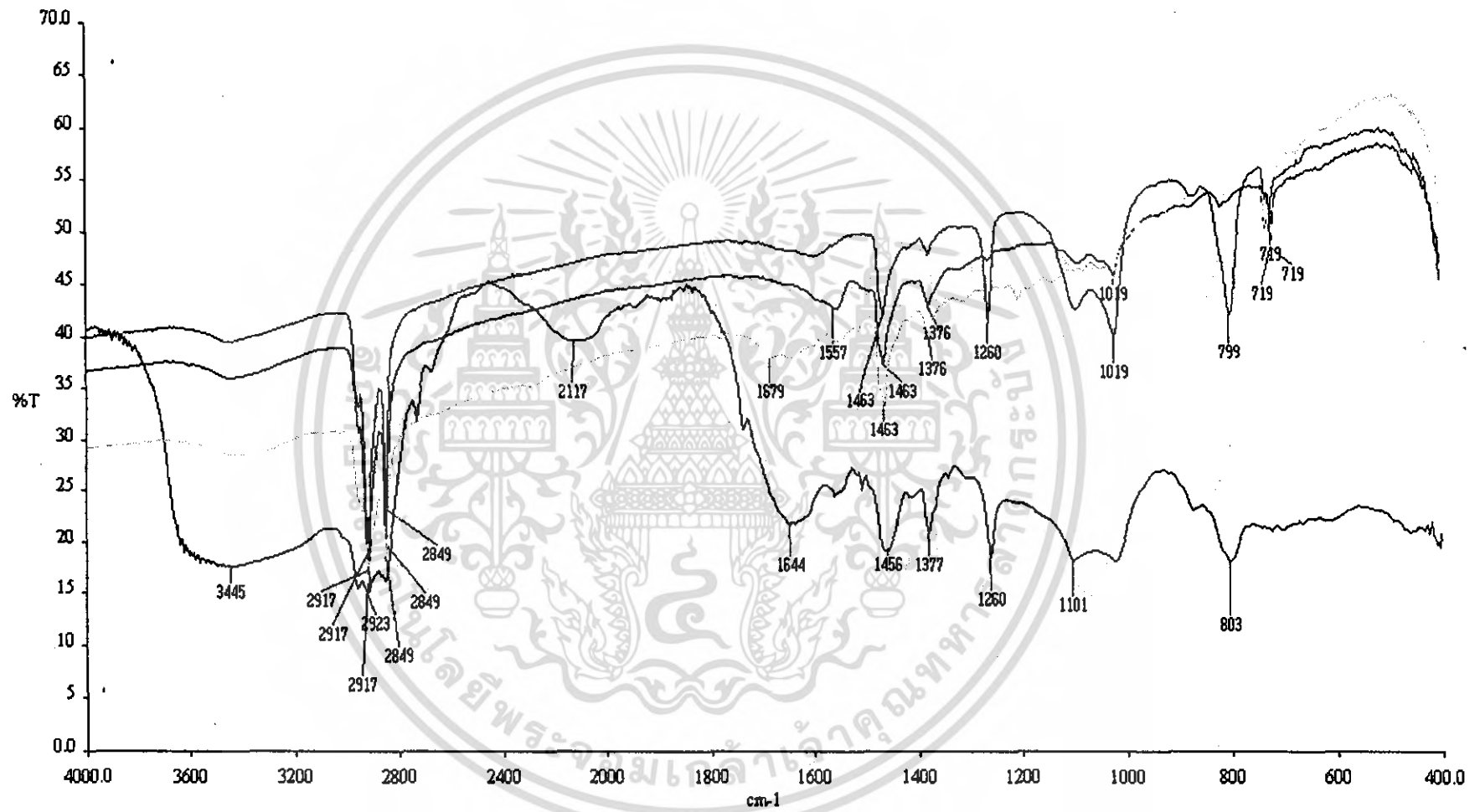
รูปที่ ก.11 อินฟราเรดสเปกตรัมของสารเคลือบผิวโลหะสูตรที่ 6 และ 7



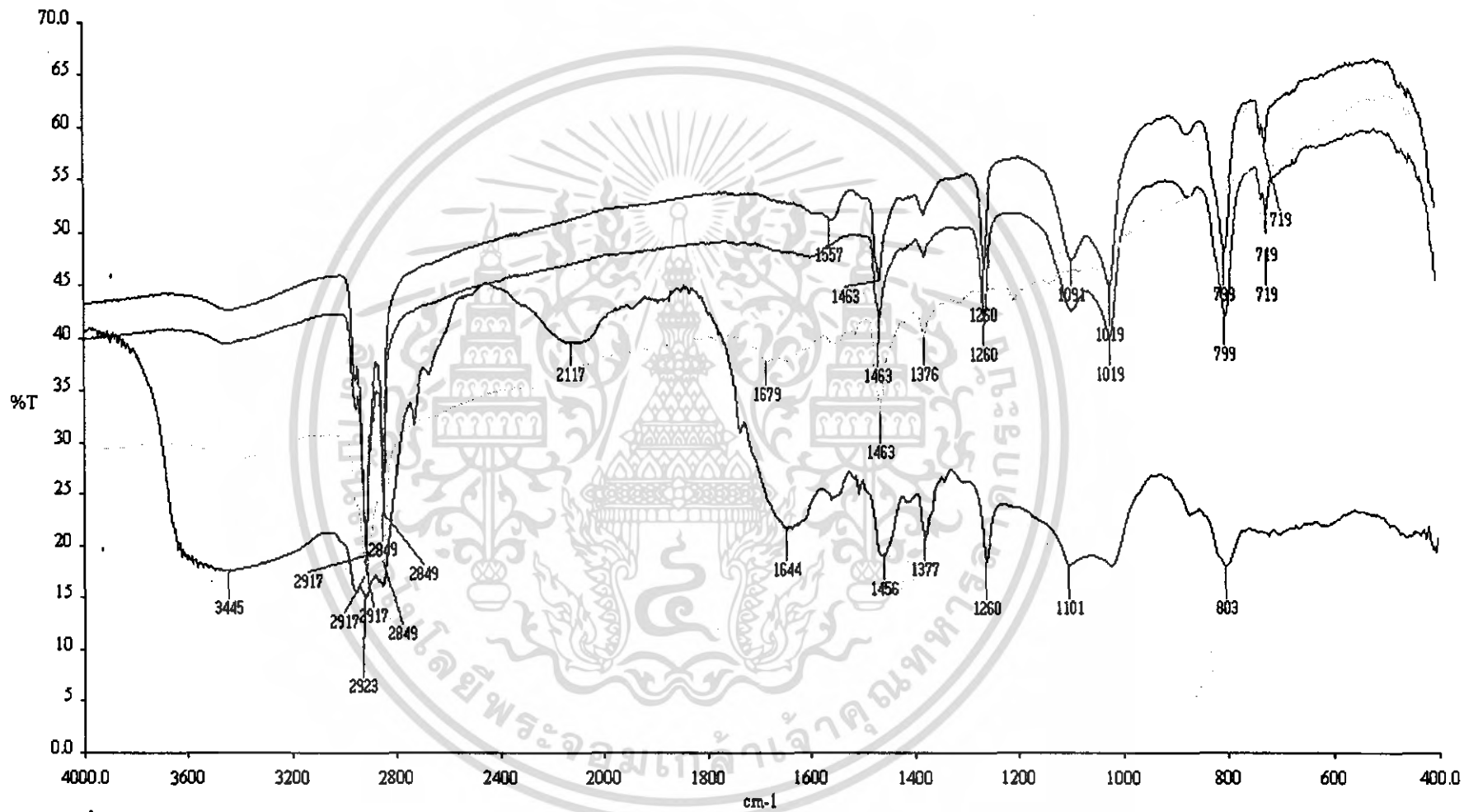
รูปที่ ก.12 อินฟราเรดสเปกตรัมของสารเคลือบผิวโลหะสูตรที่ 8 และ 9



รูปที่ ก.13 อินฟราเรดสเปกตรัมของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ A สารเคลือบผิวโลหะสูตรที่ 2 สารเคลือบผิวโลหะสูตรที่ 6 และไมโครคริสตัลไลน์แว็กซ์ ตามลำดับ



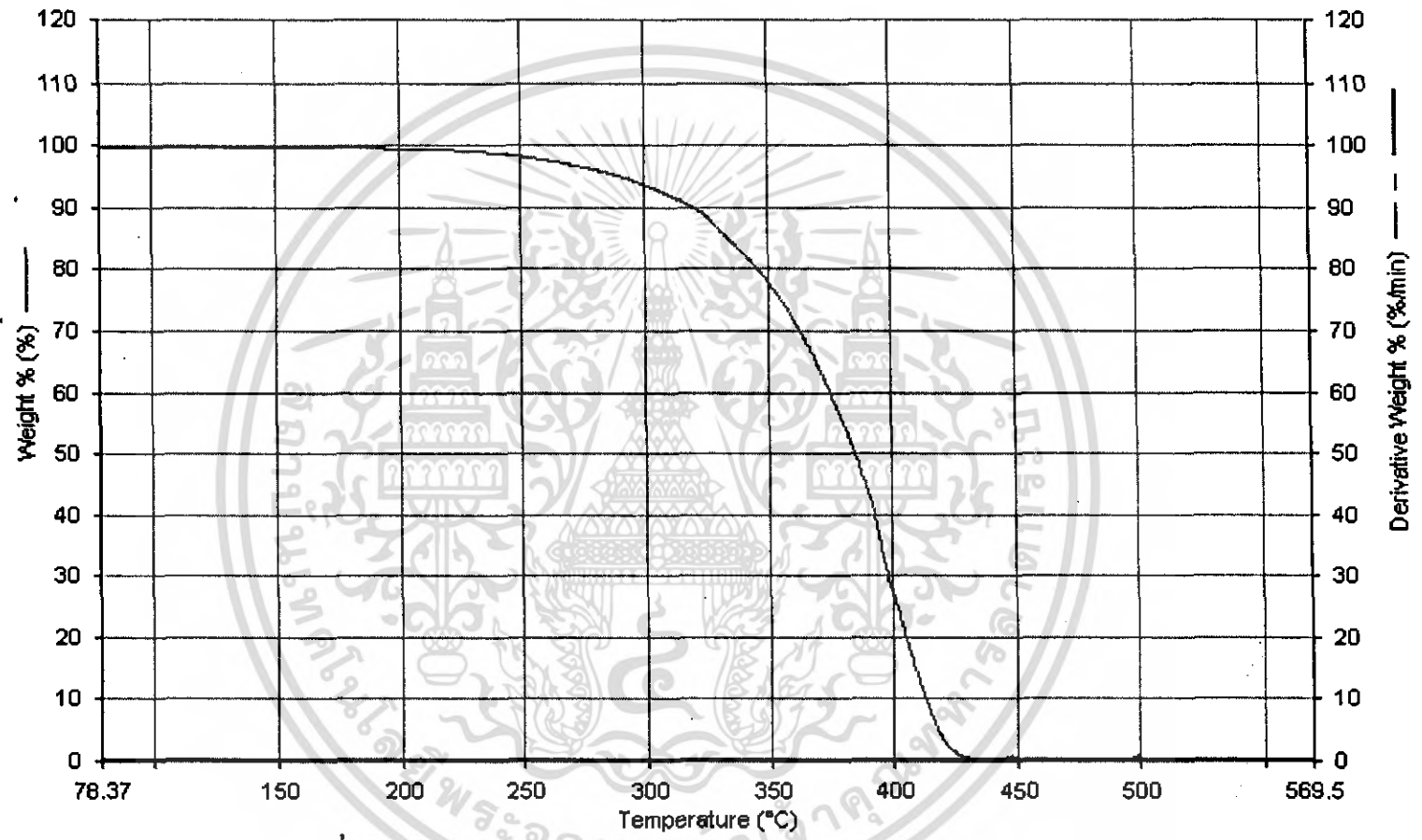
รูปที่ ก.14 อินฟราเรดสเปกตรัมของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ A สารเคลือบผิวโลหะสูตรที่ 6 ไมโครคริสตัลไลน์เว็กซ์ และสารเคลือบผิวโลหะสูตรที่ 5 ตามลำดับ



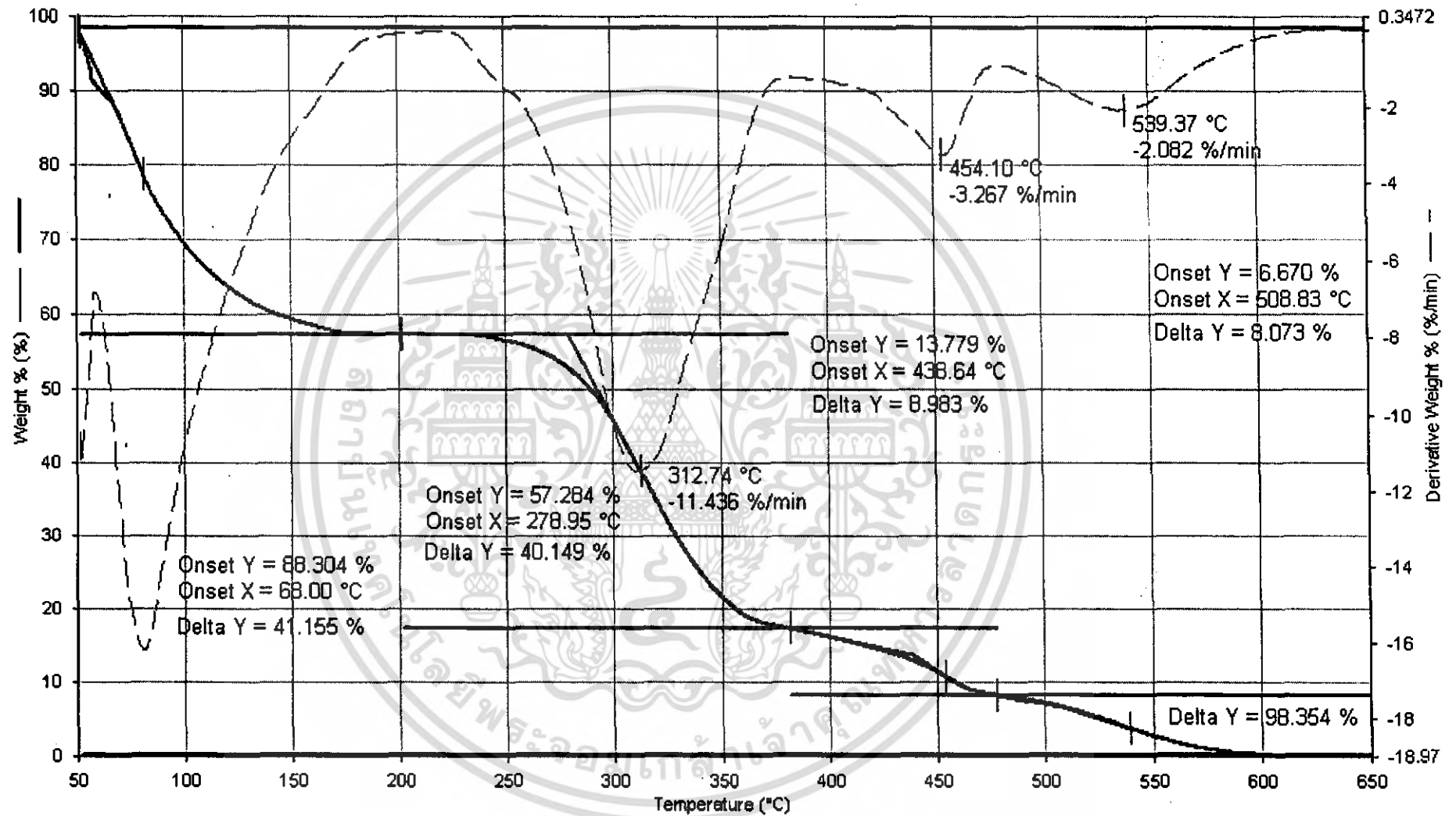
รูปที่ ก.15 อินฟราเรดสเปกตรัมของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ A ไมโครคริสตัลไลน์แวกซ์ สารเคลือบผิวโลหะสูตรที่ 5 และสารเคลือบผิวโลหะสูตรที่ 9 ตามลำดับ



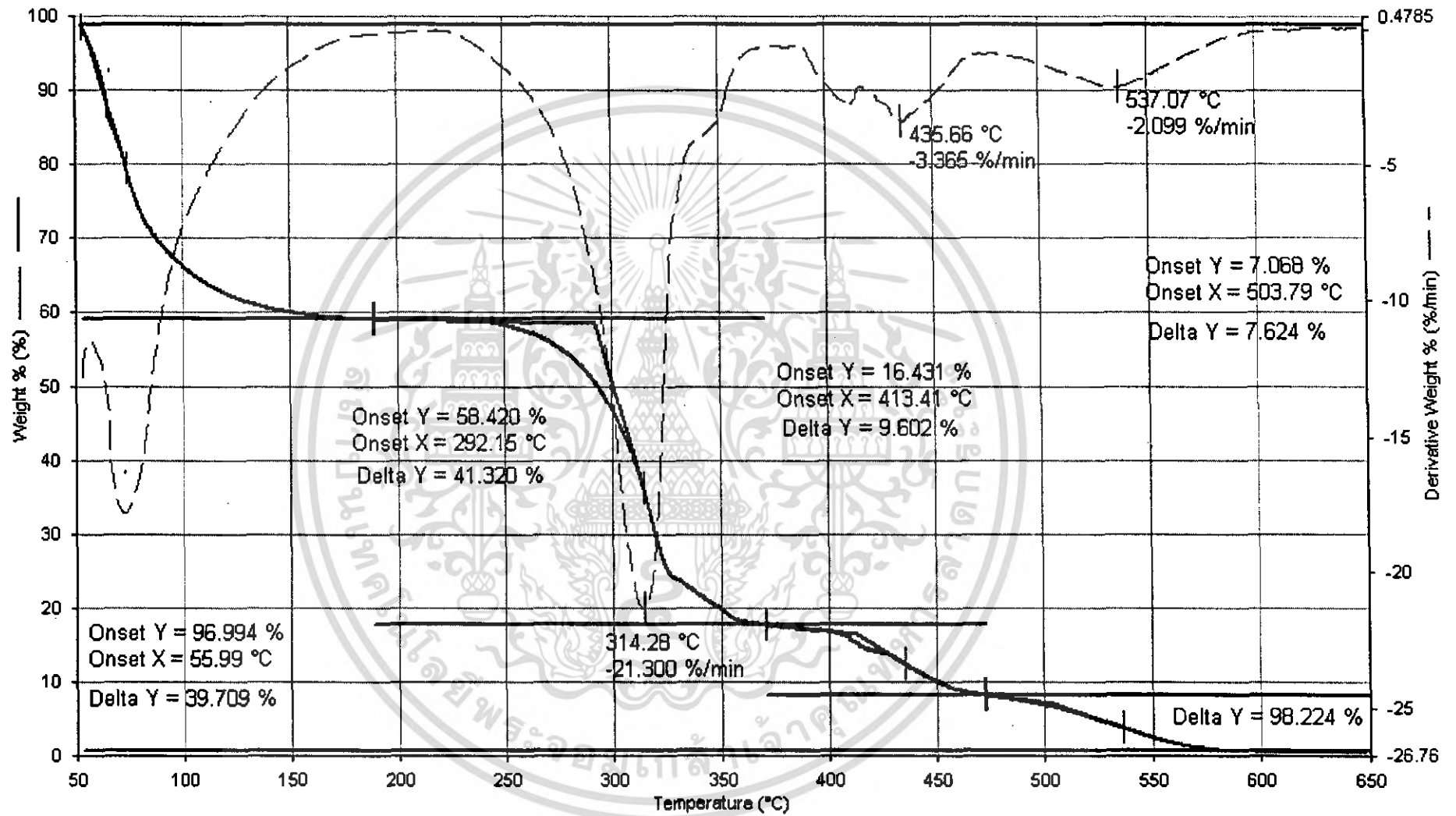
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



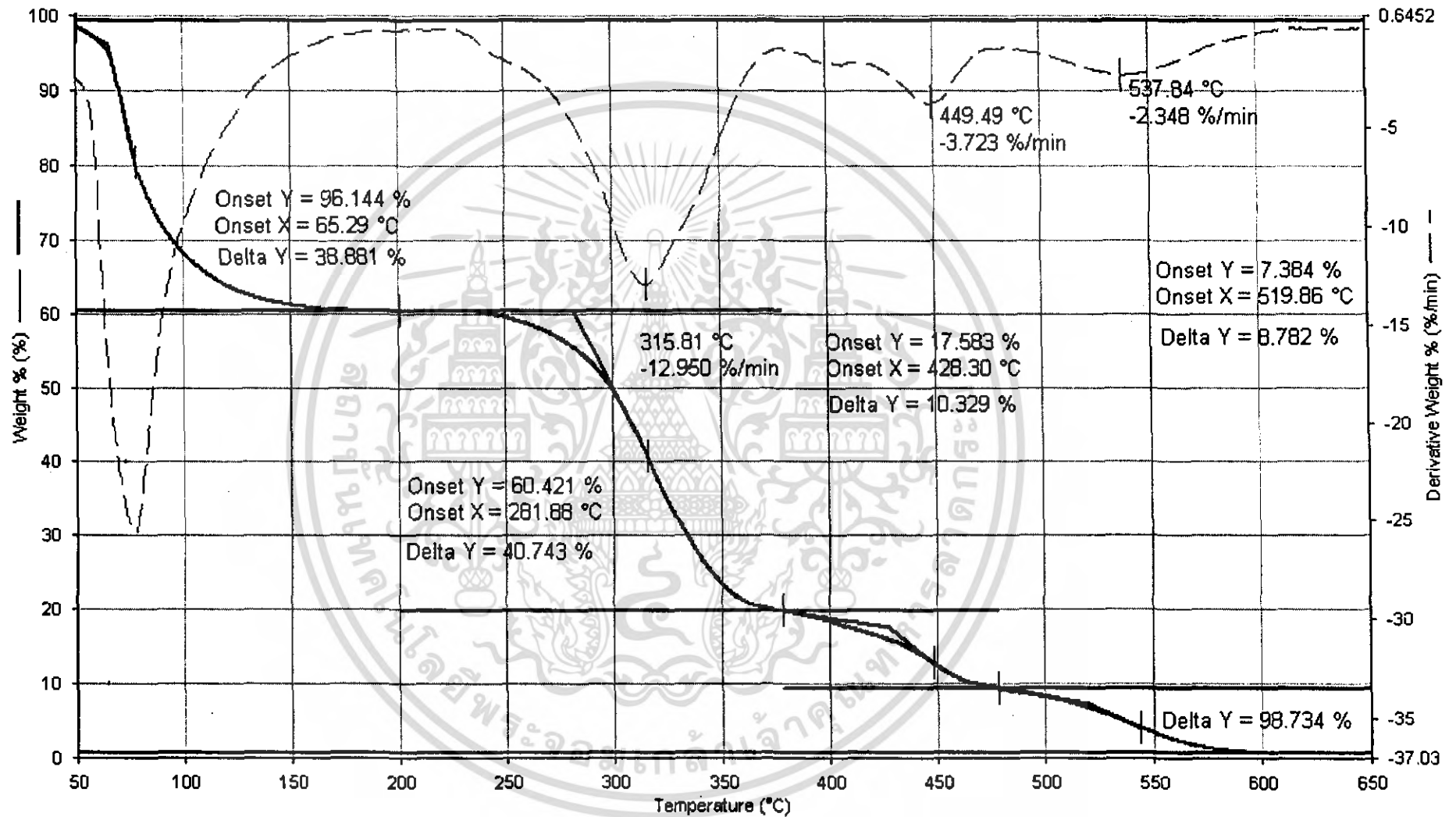
รูปที่ ข.1 เทอร์โมแกรมของไมโครคริสตัลไลน์แว็กซ์ (Microcrystalline Waxes)



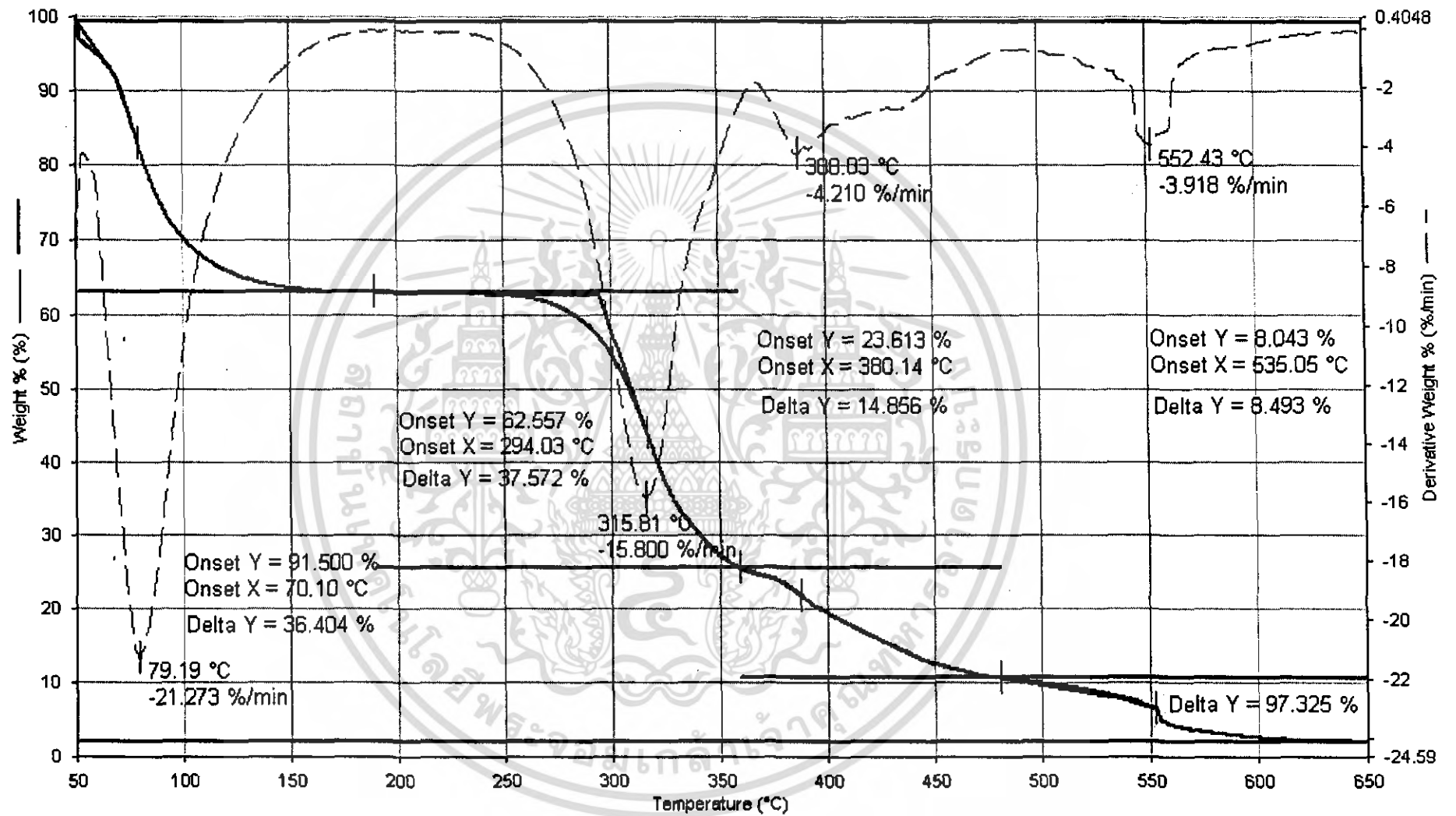
รูปที่ ข.2 เทอร์โมแกรมของสารเคลือบผิวโลหะสูตรที่ 1



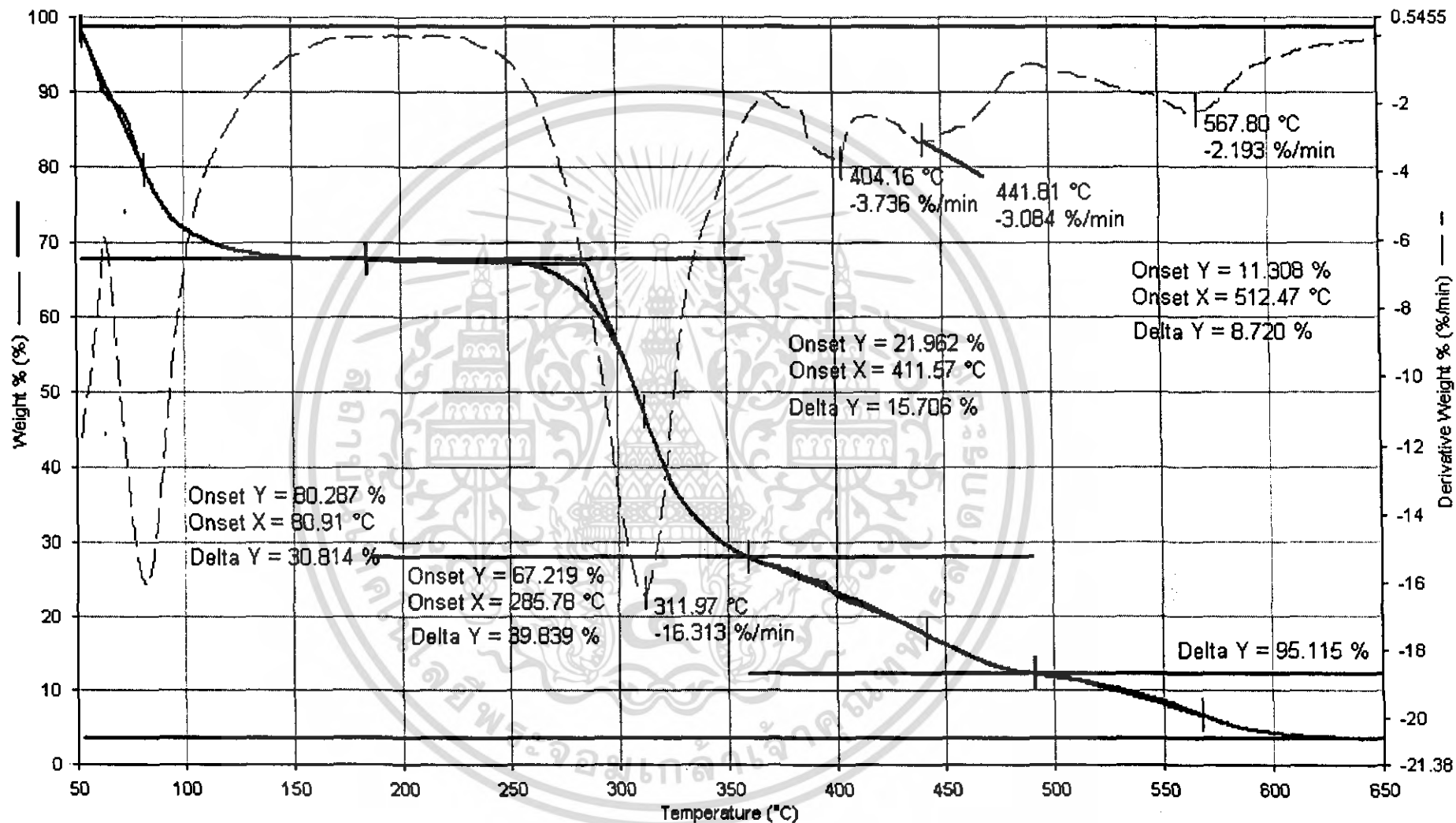
รูปที่ ข.3 เทอร์โมแกรมของสารเคลือบผิวโลหะสูตรที่ 2



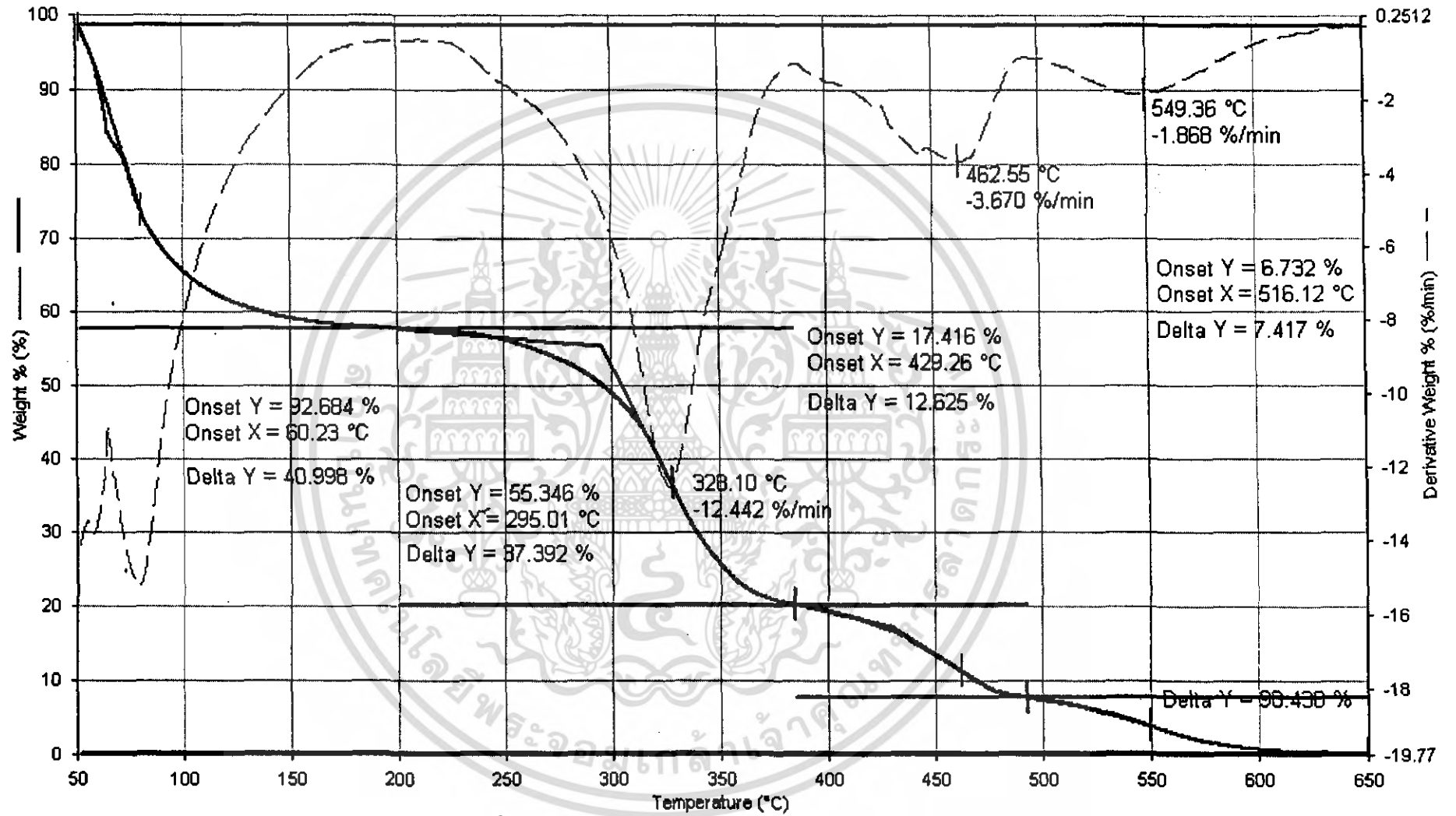
รูปที่ ข.4 เทอร์โมแกรมของสารเคลือบผิวโลหะสูตรที่ 3



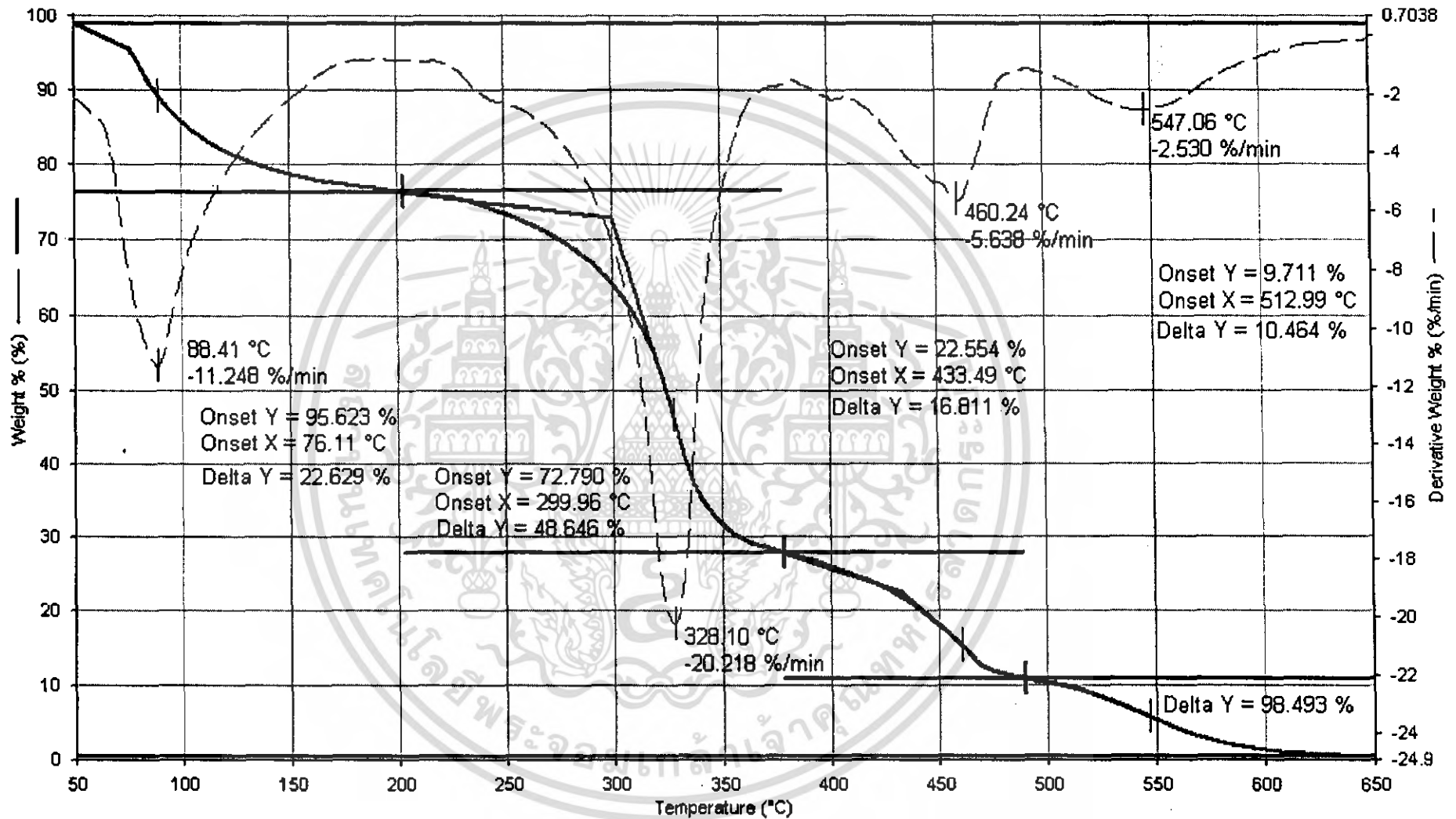
รูปที่ ข.5 เทอร์โมแกรมของสารเคลือบผิวโลหะสูตรที่ 4



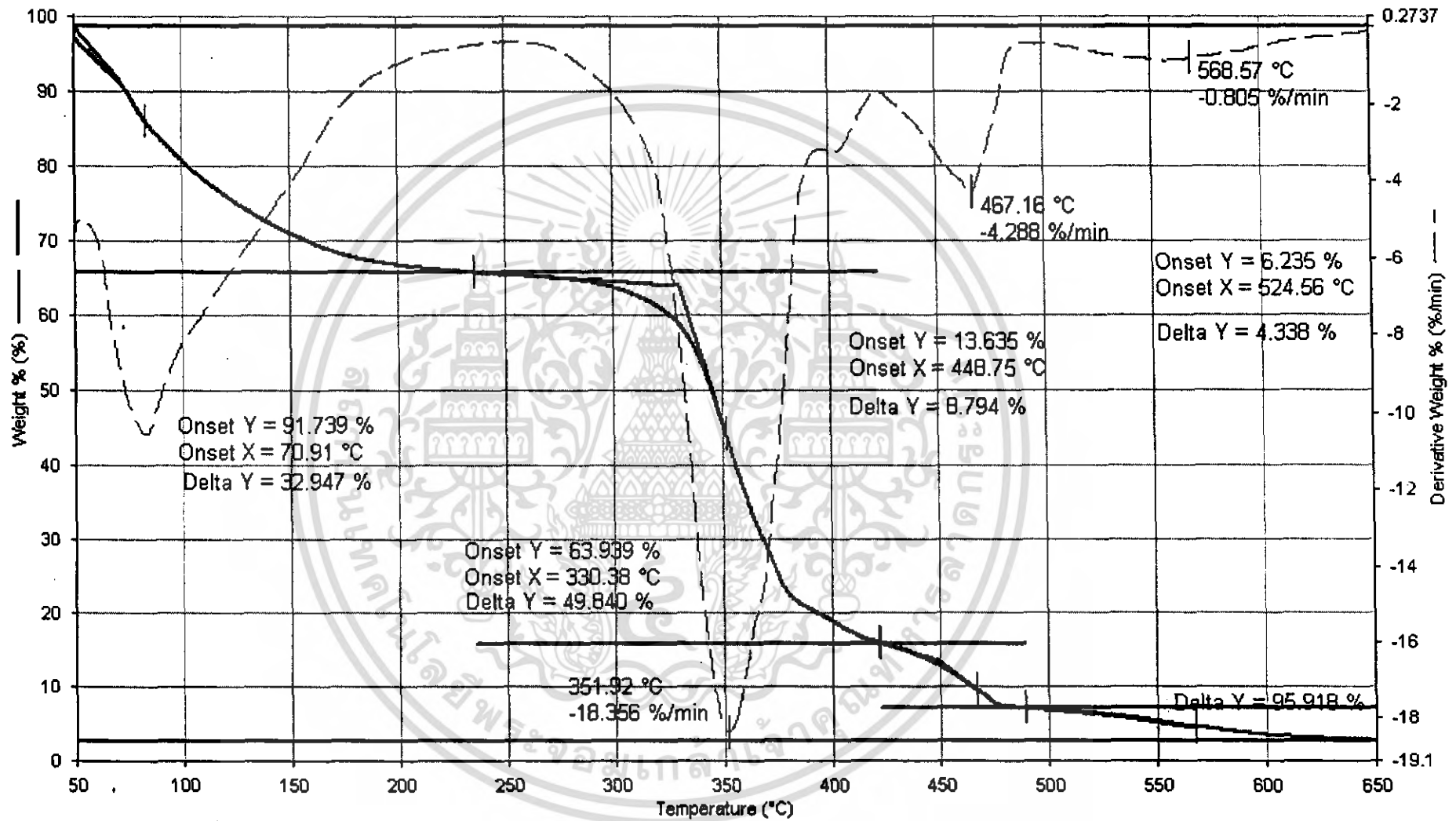
รูปที่ ข.6 เทอร์โมแกรมของสารเคลือบผิวโลหะสูตรที่ 5



รูปที่ ข.7 เทอร์โมแกรมของสารเคลือบผิวโลหะสูตรที่ 6



รูปที่ ข.8 เทอร์โมแกรมของสารเคลือบผิวโลหะสูตรที่ 7



รูปที่ ข.๑ เทอร์โมแกรมของสารเคลือบผิวโลหะสูตรที่ 8



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อมูลมุมสัมผัสเฉลี่ยระหว่างผิวของหยดน้ำกับสารเคลือบผิว โลหะที่ได้จากการทดลอง สามารถคำนวณค่าพลังงานเฉลี่ยที่เกิดจากการยึดเหนี่ยวระหว่างของแข็งกับของเหลว โดยการรวมสมการของ Young [10] และ Dupre [11] แล้วคำนวณค่าพลังงานเฉลี่ย เพื่อทำการวิเคราะห์ความสามารถในการยึดเหนี่ยวระหว่างสารเคลือบผิว โลหะกับหยดน้ำ

ตัวอย่างการคำนวณพลังงานเฉลี่ยที่เกิดจากการยึดเหนี่ยวระหว่างของแข็งกับของเหลว

สำหรับผลการทดลองวัดค่ามุมสัมผัสเฉลี่ยระหว่างผิวของหยดน้ำกับสารเคลือบผิว โลหะ จะสามารถแสดงได้ดังตารางที่ ค.1

ตารางที่ ค.1 ค่ามุมสัมผัสเฉลี่ยระหว่างผิวของหยดน้ำกับสารเคลือบผิว โลหะ

ลำดับที่	สูตรที่	มุมสัมผัสเฉลี่ย (θ_{avg}) (องศา)
1	ชิ้นงานเปรียบเทียบ	74.4
2	ผลิตภัณฑ์ A	96.6
3	1	97.4
4	2	96.0
5	3	96.7
6	4	78.9
7	5	100.6
8	6	95.4
9	7	94.3
10	8	96.1
11	9	101.4

จากข้อมูลการทดลองที่แสดงในตารางที่ ค.1 สามารถคำนวณค่าพลังงานเฉลี่ยที่เกิดจากการยึดเหนี่ยวระหว่างของแข็งกับของเหลว ดังนี้

1. ทำการรวมสมการของ Young และ Dupre

จากสมการของ Young

$$\gamma_{SL} = \gamma_{SV} - \gamma_L \cos \theta \quad (1)$$

เมื่อ γ_{SL} คือ แรงตึงผิวระหว่างของแข็งกับของเหลว ณ ภาวะสมดุล

γ_{SV} คือ แรงตึงผิวระหว่างของแข็งกับไอ ณ ภาวะสมดุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

γ_L คือ แรงตึงผิวของของเหลว ณ ภาวะสมดุล

θ คือ มุมสัมผัสที่วัดได้จากหยดของของเหลวบนของแข็ง

และจากสมการของ Dupre

$$W_a = \gamma_L + \gamma_{sv} - \gamma_{sl} \quad (3)$$

เมื่อ W_a คือ พลังงานที่เกิดขึ้นระหว่างของแข็งกับของเหลว
สามารถรวมสมการทั้งสองได้

$$W_a = \gamma_L \cdot (\cos \theta + 1) \quad (4)$$

2. นำข้อมูลผลการทดลองชิ้นงานเปรียบเทียบกับในตารางที่ ค.1 มาหาค่าพลังงานเฉลี่ยได้จาก
สมการที่ (4)

เมื่อ γ_L ของน้ำ คือ 72.8 มิลลินิวตันต่อเมตร

$$W_a = 72.8 \cdot (\cos 74.4 + 1)$$

$$W_a = 92.41 \text{ มิลลินิวตันต่อเมตร}$$

จากการคำนวณจะแสดงมุมสัมผัสเฉลี่ยและค่าพลังงานเฉลี่ยที่เกิดจากการยึดเหนี่ยว
ระหว่างสารเคลือบผิวโลหะกับหยดน้ำดังตารางที่ ค.2

ตารางที่ ค.2 ค่ามุมสัมพัทธ์เฉลี่ย (องศา)และค่าพลังงานเฉลี่ย (มิลลิวัตต์ต่อเมตร) ที่เกิดจากการขีด
เหนี่ยวนำระหว่างสารเคลือบผิวโลหะ-หยดน้ำ

ลำดับ	สูตรที่	มุมสัมพัทธ์เฉลี่ย (θ_{avg}) (องศา)	พลังงานเฉลี่ย (W_{avg}) (มิลลิวัตต์ต่อเมตร)
1	ชิ้นงานเปรียบเทียบ	74.4	92.41
2	ผลิตภัณฑ์ A	96.6	64.49
3	1	97.4	63.49
4	2	96.0	65.25
5	3	96.7	64.37
6	4	78.9	61.95
7	5	100.6	59.47
8	6	95.4	66.01
9	7	94.3	67.40
10	8	96.1	65.13
11	9	101.4	58.47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 ค่าความเงาบนพื้นผิวโลหะทดสอบจาก Gross Meter

ลำดับ	สูตรที่	ค่าความเงาจาก Gross Meter			
		ชิ้นงานเปรียบเทียบ		พื้นผิวที่เคลือบสารเคลือบผิว	
		20 องศา	60 องศา	20 องศา	60 องศา
1	ผลิตภัณฑ์ A	86	98	80	92
2	สูตรที่ 1	82	96	80	93
3	สูตรที่ 2	82	97	79	94
4	สูตรที่ 3	65	88	68	86
5	สูตรที่ 4	86	97	81	92
6	สูตรที่ 5	86	97	76	91
7	สูตรที่ 6	85	96	77	89
8	สูตรที่ 7	81	94	76	91
9	สูตรที่ 8	86	97	76	91
10	สูตรที่ 9	86	97	77	91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้