

บทที่ 3

การทดลอง

3.1 การสังเคราะห์อะคริลิกเรซิน

3.1.1 สารเคมี

1. มาลิกแอนไฮไดรด์
2. นอร์มอล-บิวทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์
3. เบนโซิลเปอร์ออกไซด์
4. โซลีน
5. เมทานอล

3.1.2 อุปกรณ์

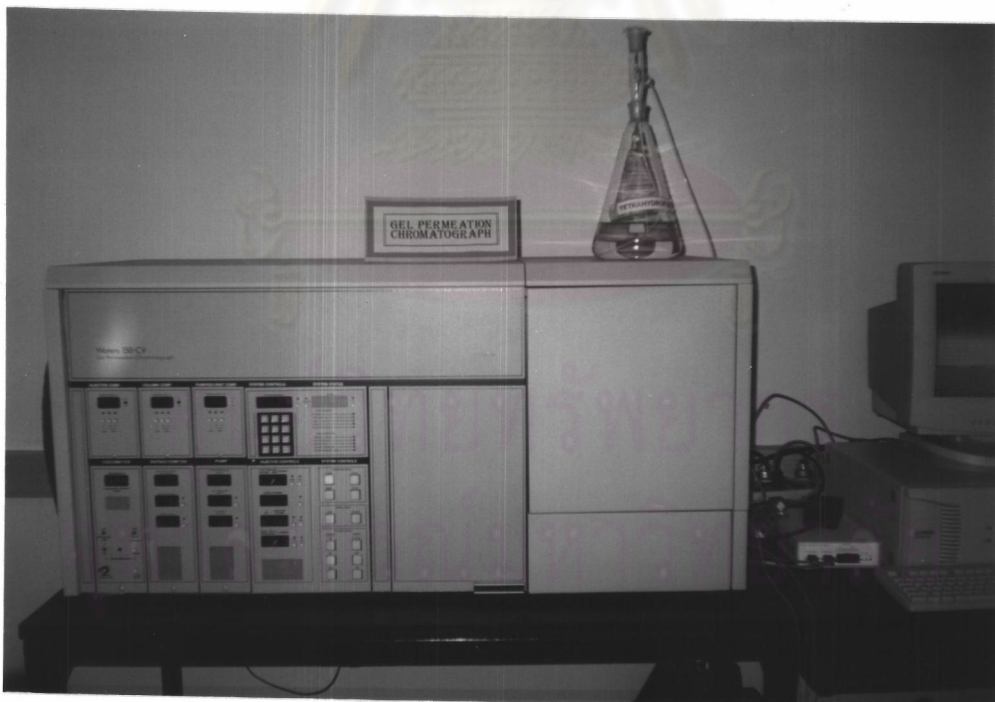
1. ขวดก้นกลม 4 คอ ขนาด 500 มิลลิลิตร
2. เครื่องกวน
3. ท่อนำแก๊สไนโตรเจน
4. เทอร์โมมิเตอร์ (0-200°C)
5. เครื่องควบแน่น
6. heating mantle

3.1.3 เครื่องทดสอบ

1. ฟูรีเออร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (FT-IR Spectrophotometer)
รุ่น Nicolet Impact 400 D (รูปที่ 3.1)
2. เจลเพอร์มิเอชันโครมาโทกราฟี (Gel Permeation Chromatography : GPC)
รุ่น Waters 150-CV (รูปที่ 3.2)



รูปที่ 3.1 ฟลูออโรทรานสฟอรั่มอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์



รูปที่ 3.2 เจลเปอร์มิเอชันโครมาโทกราฟี

3.1.4 วิธีการทดลอง

1. นำมาลึอกแอนไฮโดรด์ 35 กรัม และไซลีน 100 มิลลิลิตร ใส่ในขวดก้นกลม 4 คอ ซึ่งต่อกับเครื่องกวน เทอร์โมมิเตอร์ เครื่องควบคุม และท่อ นำแก๊สไนโตรเจน
2. ให้ความร้อนกับของผสมที่อุณหภูมิ 95°C ภายใต้บรรยากาศของแก๊สไนโตรเจนพร้อมทั้งกวนของผสมตลอดเวลา
3. ละลายเบนโซิลเปอร์ออกไซด์ 2 กรัม ในนอร์มอล-บิวทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์ 65 กรัม แล้วนำไปใส่ในของผสมของปฏิกิริยาอย่างต่อเนื่องภายในเวลา 2 ชั่วโมง
4. ทิ้งให้ปฏิกิริยาดำเนินต่อไปเป็นเวลา 2 ชั่วโมงและจะต้องกวนของผสมตลอดเวลาภายใต้บรรยากาศของแก๊สไนโตรเจนและให้อุณหภูมิของของผสมคงที่
5. ลดความร้อนลง ทิ้งให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้นั้นลงจนถึงอุณหภูมิห้องภายใต้บรรยากาศของแก๊สไนโตรเจน แล้วนำผลิตภัณฑ์ที่สังเคราะห์ได้ไปสกัดด้วยเมทานอล เพื่อกำจัดมอนอเมอร์ที่เหลือจากปฏิกิริยาออก
6. นำผลิตภัณฑ์ที่เตรียมได้คืออะคริลิกเรซิน ซึ่งเป็นโคพอลิเมอร์ระหว่างมาลึอกแอนไฮโดรด์และนอร์มอล-บิวทิลเมทาคริเลตมอนอเมอร์ ไปทดสอบหาค่าของกรดและวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค FT-IR Spectroscopy และ GPC

3.2 ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันระหว่างน้ำมันปาล์มและน้ำมันทัง

3.2.1 สารเคมี

1. น้ำมันทัง
2. น้ำมันปาล์ม
3. โซเดียมไฮดรอกไซด์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หมายเหตุ

น้ำมันปาล์มที่ใช้ในการทดลอง ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทมรกตอินดรัสตรี จำกัด มหาชน มีสมบัติดังนี้

ค่าของกรด	0.2
ค่าไอโอดีน	52
ความถ่วงจำเพาะ	0.91
สี (การ์ดเนอร์)	3 +
ความหนืด	60

น้ำมันทั้งที่ใช้ในการทดลอง ได้รับความอนุเคราะห์จากโรงพิมพ์ธนบัตร ธนาคารแห่งประเทศไทย มีสมบัติดังนี้

ค่าของกรด	7.4
ค่าไอโอดีน	160
ความถ่วงจำเพาะ	0.94
สี (การ์ดเนอร์)	9 -
ความหนืด	223

3.2.2 อุปกรณ์

1. ขวดก้นกลม 4 คอ ขนาด 500 มิลลิลิตร
2. เครื่องกวน
3. ท่อนำแก๊สไนโตรเจน
4. เทอร์โมมิเตอร์ (0-300°C)
5. เครื่องควบแน่น
6. heating mantle

3.2.3 เครื่องทดสอบ

1. แก๊สโครมาโทกราฟี (Gas Chromatography) รุ่น GC – 14 A ของบริษัท SHIMADZU (รูปที่ 3.3)

3.2.4 วิธีทดลอง

1. ทดลองหาภาวะที่เหมาะสมในการทำให้เกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างน้ำมันปาล์มและน้ำมันทังที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักเท่ากับ 1:1 ที่อุณหภูมิ 240° โดยทำการทดลองที่ภาวะต่าง ๆ กัน ดังแสดงในตารางที่ 3.1
2. กวณของผสมตลอดเวลาภายใต้บรรยากาศของแก๊สไนโตรเจนและให้อุณหภูมิของของผสมคงที่
3. ลดความร้อนลง ให้งให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้องภายใต้บรรยากาศของแก๊สไนโตรเจน
4. ตรวจสอบชนิดและปริมาณของกรดไขมันในน้ำมันปาล์ม น้ำมันทัง และน้ำมันปาล์มที่ผ่านการดัดแปร ด้วยเทคนิค GC
5. ทดสอบสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้

ตารางที่ 3.1 ภาวะต่าง ๆ ที่ใช้ในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน

ภาวะที่		เวลา (นาที)
1	ไม่ใส่ตัวเร่งปฏิกิริยา	30
2	ไม่ใส่ตัวเร่งปฏิกิริยา	60
3	ไม่ใส่ตัวเร่งปฏิกิริยา	90
4	ไม่ใส่ตัวเร่งปฏิกิริยา	120
5	ใส่ตัวเร่งปฏิกิริยา*	30
6	ใส่ตัวเร่งปฏิกิริยา*	60
7	ใส่ตัวเร่งปฏิกิริยา*	90
8	ใส่ตัวเร่งปฏิกิริยา*	120

หมายเหตุ * ตัวเร่งปฏิกิริยา คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณ 0.1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของน้ำมันผสม



รูปที่ 3.3 แก๊สโครมาโทกราฟี

3.3 การสังเคราะห์ฮอร์โมนอกลิเซอไรด์

3.3.1 สารเคมี

1. น้ำมันปาล์มที่ผ่านการตัดแปร
2. กลีเซอรอล
3. โซเดียมไฮดรอกไซด์
4. เอทานอล

3.3.2 อุปกรณ์

1. ขวดกั้นกลม 4 คอ ขนาด 500 มิลลิลิตร
2. เครื่องกวน
3. ท่อนำแก๊สไนโตรเจน
4. เทอร์โมมิเตอร์ (0-300°C)
5. เครื่องควบแน่นแบบกลั่นไหลกลับ
6. heating mantle

3.3.3 เครื่องทดสอบ

1. พูรีเออร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ รุ่น Nicolet Impact 400 D

3.3.4 วิธีทดลอง

1. นำน้ำมันปาล์มที่ผ่านการตัดแปรรูป 100 กรัม ใส่ลงในขวดก้นกลม 4 คอ ขนาด 500 มิลลิลิตร ซึ่งต่อกับเครื่องกวน เทอร์โมมิเตอร์ ท่อนำแก๊สไนโตรเจน และเครื่องควบแน่น
2. ใส่กลีเซอรอลปริมาณ 25.5 กรัมและโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 กรัมลงในขวดก้นกลม จากนั้นให้ความร้อนกับของผสมที่อุณหภูมิ 240°C โดยใช้ heating mantle และจะต้องกวนของผสมตลอดเวลาภายใต้บรรยากาศของแก๊สไนโตรเจน เป็นเวลา 90 นาที
3. นำของผสม 1 ส่วนมาทดสอบการละลายในเอทานอล 3 ส่วน จนกระทั่งเกิดการละลายอย่างสมบูรณ์ จึงลดความร้อนลงภายใต้บรรยากาศของแก๊สไนโตรเจน พร้อมทั้งกวนของผสมตลอดเวลา จนถึงอุณหภูมิห้อง
4. นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ ซึ่งก็คือมอนอ-กลีเซอไรด์มาวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR Spectroscopy

3.4 การสังเคราะห์อะคริลิก-อัลคิดเรซิน

3.4.1 สารเคมี

1. มอนอกลีเซอไรด์
2. อะคริลิกเรซิน

3.4.2 อุปกรณ์

1. ขวดก้นกลม 4 คอ ขนาด 500 มิลลิลิตร
2. เครื่องกวน
3. ท่อนำแก๊สไนโตรเจน
4. เทอร์โมมิเตอร์ (0-200°C)
5. เครื่องควบแน่นแบบกลั่นไหลกลับ
6. heating mantle

3.4.3 เครื่องทดสอบ

1. พูริเออร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ รุ่น Nicolet Impact 400 D

3.4.4 วิธีทดลอง

1. ผสมมอนอกลิเซอไรด์และอะคริลิกเรซินในขวด 4 คอซึ่งต่อกับเครื่องกวน เทอร์โมมิเตอร์ ท่อนำแก๊สไนโตรเจน และเครื่องควบคุมแรงดัน ที่อัตราส่วนต่าง ๆ กัน ดังแสดงในตารางที่ 3.2
2. ให้ความร้อนกับของผสมจนกระทั่งอุณหภูมิถึง 180 °C ในเวลา 20 นาที โดยใช้ heating mantle และกวนของผสมตลอดเวลาภายใต้บรรยากาศของแก๊สไนโตรเจน
3. ลดอุณหภูมิของของผสมอย่างรวดเร็วจนถึงอุณหภูมิต่ำ ภายใต้บรรยากาศของแก๊สไนโตรเจน และกวนของผสมตลอดเวลา จากนั้นวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR Spectroscopy และทำการทดสอบสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้

ตารางที่ 3.2 อัตราส่วนของมอนอกลิเซอไรด์และอะคริลิกเรซินที่ใช้ในการสังเคราะห์อัลคิเดเรซิน

ปริมาณมอนอกลิเซอไรด์ (กรัม)	ปริมาณอะคริลิกเรซิน (กรัม)	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ของอะคริลิกเรซิน
85	15	15
80	20	20
75	25	25
70	30	30
65	35	35
60	40	40

3.5 การสังเคราะห์สารยึดอะคริลิก-อัลคิดเรซินสูตรน้ำ

3.5.1 สารเคมี

1. อะคริลิก-อัลคิดเรซิน
2. ไดเอทานอลเอมีน (diethanolamine)
3. น้ำขจัดไอออนแล้ว (deionized water)

3.5.2 อุปกรณ์

1. กระจกเคลือบ
2. เครื่องกวน
3. heater
4. pH paper

3.5.3 เครื่องทดสอบ

1. พูริเออร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ รุ่น Nicolet Impact 400 D

3.5.4 วิธีทดลอง

1. ใส่อะคริลิก-อัลคิดเรซินลงในกระจกเคลือบ แล้วให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 70°C
2. ทำให้อะคริลิก-อัลคิดเรซินเป็นกลางโดยใช้ไดเอทานอลเอมีน
3. ใส่น้ำขจัดไอออนแล้ว (ปริมาณร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก) ในอะคริลิก-อัลคิดเรซินที่เป็นกลางแล้วอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยมีการกวนของผสมตลอดเวลาด้วยความเร็วสูง
4. กวนของผสมต่อไปอีก 1 ชั่วโมง โดยรักษาอุณหภูมิให้คงที่ที่ 70°C
5. ลดความร้อนแล้วทิ้งของผสมให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้อง
6. นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค FT-IR Spectroscopy และทดสอบสมบัติของสารเคลือบผิว

3.6 การทดสอบสมบัติของสารเคลือบผิว

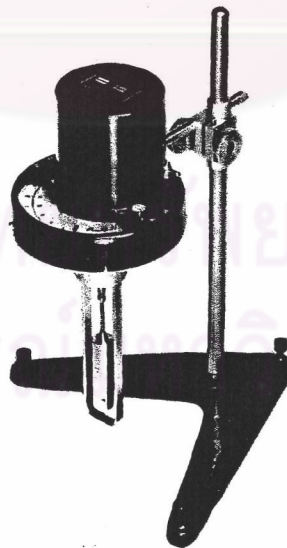
3.6.1 การทดสอบสมบัติในสถานะของเหลว

3.6.1.1 ความหนืด (Viscosity)

ความหนืด หมายถึง ความต้านทานต่อการไหลของของเหลว โดยปกติความหนืดของสารเคลือบผิวหาได้ในหน่วยพอยส์ (poise) การวัดความหนืดจะวัดการไหลภายใต้แรงโน้มถ่วง โดยอัตราการไหลหาได้จากอัตราส่วนความหนืดต่อความหนาแน่น ความหนืดที่วัดได้โดยวิธีนี้เรียกว่า ความหนืดคิเนมาติก

$$\text{ความหนืดคิเนมาติก (สตอกส์)} = \frac{\text{ความหนืดไดนามิก (พอยส์)}}{\text{ความหนาแน่น (กรัม / ซม}^3\text{)}}$$

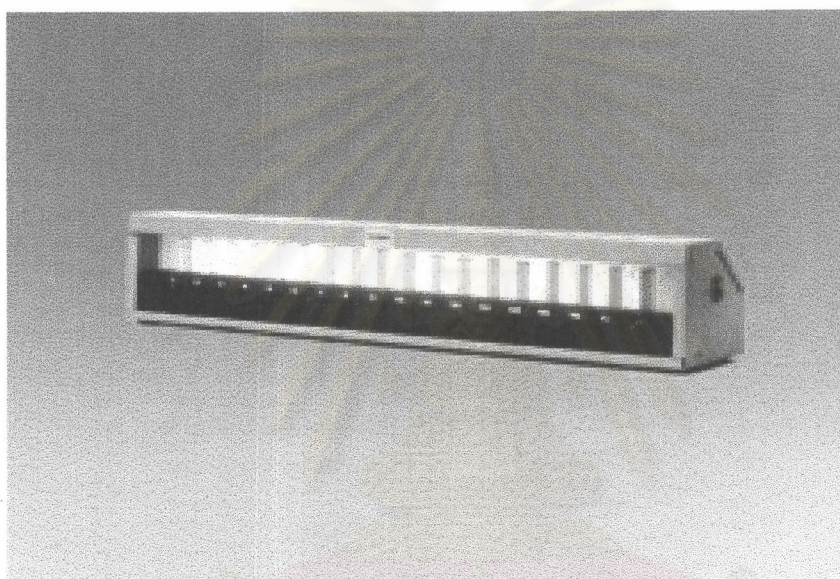
รูปเครื่องมือวัดความหนืด แสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 เครื่องวัดความหนืดแบบ Brookfield

3.6.1.2 สี (Color)

การวัดสีทำได้โดยบรรจุสารเคลือบผิวในหลอดทดสอบ แล้วนำไปเทียบกับสีของสารละลายสีมาตรฐาน (Gardner solution) ซึ่งเป็นสารละลายผสมในน้ำ (aqueous solution mixture) ของ $\text{FeCl}_3 + \text{CCl}_4 + \text{HCl}$ ที่ความเข้มข้นต่างๆกัน และมีเบอร์วัดสีตั้งแต่เบอร์ 1-18 โดยที่เบอร์ 1 สีจะอ่อนที่สุด และเบอร์ 18 สีจะเข้มที่สุด (รูปที่ 3.5) การรายงานผลให้บันทึกเป็นหมายเลขของมาตรฐานที่เทียบได้พอดี หรือที่อ่อนกว่าหรือเข้มกว่า เช่น ค่าของสีอยู่ระหว่าง 3 และ 4 ขึ้นตอนรายงานจะเป็น 3- 3.5 3+ 4- และ 4



รูปที่ 3.5 เครื่องวัดสีแบบการ์ดเนอร์

3.6.1.3 ปริมาณร้อยละของสารที่ระเหยไม่ได้ (% Nonvolatile Content)

ทำได้โดยการนำสารเคลือบผิวหนัก 2 ถึง 3 กรัม (ซึ่งน้ำหนักให้แน่นอน) ใส่ในภาชนะก้นแบนแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นแล้วนำมาชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำไปอบต่ออีกประมาณ 30 นาที แล้วนำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้งว่าน้ำหนักคงที่ น้ำหนักส่วนที่หายไป คือ ปริมาณสารที่ระเหยได้ ดังนั้น

$$\text{ปริมาณร้อยละสารที่ระเหยไม่ได้} = 100 - [(A-B)/A \times 100]$$

$$\text{เมื่อ } A = \text{น้ำหนักสารก่อนอบ}$$

$$B = \text{น้ำหนักสารหลังอบ}$$

3.6.1.4 ค่าของกรด (Acid value)

ค่าของกรดเป็นค่าที่บอกถึงปริมาณของกรดอิสระที่มีในสารตัวอย่าง นิยามไว้ว่าเป็นจำนวนมิลลิกรัมของโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ต้องใช้ในการทำให้กรดอิสระเป็นกลางในสารตัวอย่าง 1 กรัม ทำได้โดยซึ่งให้น้ำหนักที่แน่นอน นำไปละลายในตัวทำละลายที่เป็นกลางแล้วไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 0.1 N โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีน (phenolphthalein) เป็นอินดิเคเตอร์ตามมาตรฐาน ASTM D 1639

คำนวณหาค่าของกรดโดยใช้สูตร

$$\text{ค่าของกรด} = \frac{56.1 \times \text{ความเข้มข้นของ KOH} \times \text{มิลลิลิตรของ KOH ที่ใช้น้ำหนักเป็นกรัมของสารที่ใช้}}$$

3.6.1.5 ค่าไอโอดีน

ค่าไอโอดีนเป็นค่าที่บอกถึงปริมาณความไม่อิ่มตัวที่มีในสารตัวอย่าง นิยามไว้ว่าเป็นจำนวนเซนติกรัมของไอโอดีนที่ถูกดูดโดยสารตัวอย่าง 1 กรัม ทำได้โดยซึ่งสารตัวอย่างให้น้ำหนักที่แน่นอน นำมาละลายในตัวทำละลายเฉื่อย (inert solvent) เช่น คลอโรฟอร์ม คาร์บอนเตตระคลอไรด์ แล้วเติมสารละลายที่มีหมู่ธาตุฮาโลเจนอิสระที่รู้ปริมาณแน่นอนลงไป เก็บไว้ในที่มีดประมาณ 1 ชั่วโมง เติมสารละลายโปแตสเซียมไอโอไดด์ (KI) ลงไป จะเกิดไอโอดีนออกมา นำไปไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟตที่มีความเข้มข้น 0.1 N ($0.1 \text{ N Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) โดยใช้น้ำแข็งเป็นอินดิเคเตอร์ ตามมาตรฐาน ASTM D 1959

คำนวณหาค่าไอโอดีนโดยใช้สูตร

$$\text{ค่าไอโอดีน} = \frac{(B - V) N \times 12.69}{S}$$

โดยที่ B = มิลลิลิตรของ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ที่ใช้ในการไทเทรตกับสารละลายแบลนด์

V = มิลลิลิตรของ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ที่ใช้ในการไทเทรตน้ำมัน

N = ความเข้มข้นของ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

S = น้ำหนักเป็นกรัมของน้ำมัน

3.6.2 การทดสอบสมบัติในภาวะฟิล์มเปียก

3.6.2.1 ระยะเวลาการแห้งตัว

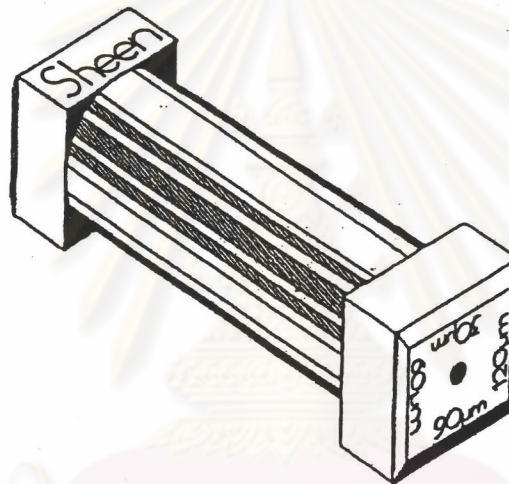
ในการทดสอบนี้จะใช้ตามมาตรฐาน ASTM D 1640-95 โดยจะนำน้ำมันมาปาดเคลือบลงบนแผ่นเหล็กด้วยแอปพลิเคเตอร์ ใช้ความหนาฟิล์มเปียก 30 ไมโครเมตร และจับเวลาการแห้งตัวของฟิล์ม การแห้งตัวของฟิล์มของน้ำมันซึ่งแห้งได้เองในอากาศแตกต่างกันตามระยะเวลาการแห้งตัวตามลำดับ ดังนี้

- (1) แห้งฝุ่นไม่ติด (dust dry) หมายถึง การแห้งขั้นที่ฝุ่นไม่ติดพื้นผิวที่เคลือบไว้แล้วอีกต่อไป
- (2) แห้งที่ผิว (surface dry) หมายถึง การแห้งเฉพาะผิวหน้า แต่ข้างล่างยังนิ่มเหนียว
- (3) แห้งแตะได้ (touch dry) หมายถึง การแห้งถึงขั้นที่แตะเบาๆแล้วไม่มีรอยนิ้วมือ
- (4) แห้งแตะไม่ติด (tack-free dry) หมายถึง การแห้งถึงขั้นที่ผิวไม่อยู่ในสภาพเหนียวติด แม้ว่าจะมีแรงกด การแห้งขั้นนี้เป็นระยะเวลาที่เมื่อใช้นิ้วกดเบาๆที่ผิวฟิล์ม จะไม่มีรอยเกิดขึ้นบนผิวฟิล์ม
- (5) แห้งแข็ง (hard dry) หมายถึง การแห้งขั้นที่สามารถเคลือบอีกชั้นหนึ่งทับได้ด้วยแปรง ทดสอบโดยใช้นิ้วหัวแม่มือกดลงบนผิวฟิล์มแล้วหมุนรอบๆ ถ้าผิวไม่แตกร้าวหรือเสียหายแสดงว่าผิวเคลือบนั้นแห้งแข็งแล้ว

3.6.3 การทดสอบสมบัติในสถานะฟิล์มแห้ง

การเตรียมสารเคลือบผิว

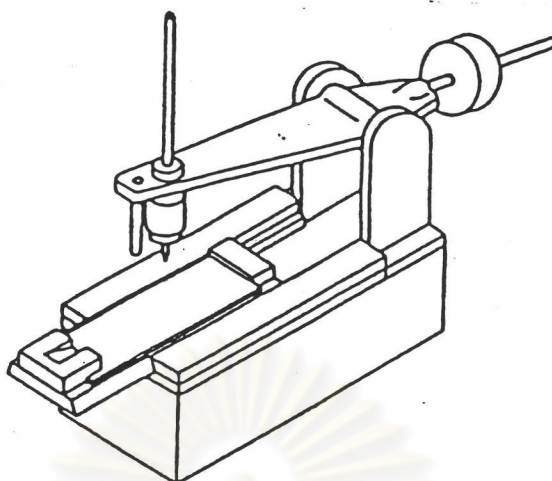
นำสารเคลือบผิวมาปาดเคลือบลงบนแผ่นทดสอบที่เป็นแผ่นโลหะหรือแผ่นกระจกตาม ที่มาตรฐานกำหนดด้วยแอปพลิเคเตอร์ (รูปที่ 3.6) ซึ่งควบคุมความหนาของฟิล์มเปียกได้ตั้งแต่ 30 60 90 และ 120 ไมโครเมตร สำหรับการทดลองนี้ใช้ความหนาของฟิล์มเปียกเท่ากับ 30 ไมโครเมตร จากนั้นทิ้งไว้จนฟิล์มแห้งแล้วนำไปทดสอบสมบัติดังนี้



รูปที่ 3.6 เครื่องมือแอปพลิเคเตอร์ (Film Applicator)

3.6.3.1 ความแข็ง (Hardness)

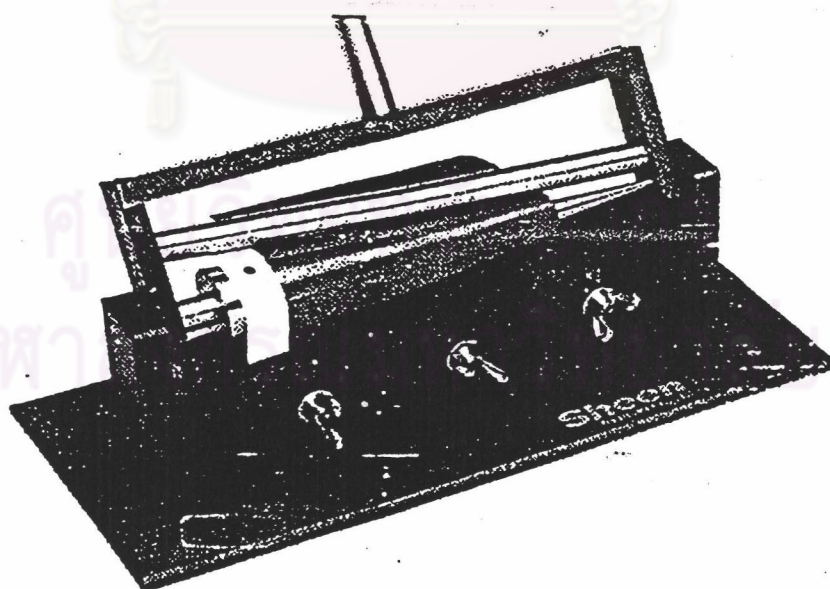
ความแข็ง หมายถึง ความสามารถของฟิล์มของสารเคลือบผิวที่ทนต่อการเกิดรอยจากการกด หรือขีดด้วยของแข็ง การหาความแข็งของฟิล์มของสารเคลือบผิวที่ใช้ทั่วไปคือ การทดสอบการขีด (scratch test) ซึ่งก็คือ การหาความต้านทานต่อการแทงทะลุของฟิล์มของสารเคลือบผิว โดยการขีดด้วยเข็มทดสอบด้วยเครื่อง Mechanical Scratch Test Apparatus (รูปที่ 3.7) การรายงานความแข็งของฟิล์มของตัวอย่างทดสอบก็คือ น้ำหนักน้อยที่สุด (กรัม) ที่ทำให้เข็มแทงทะลุผิวเคลือบ ตามมาตรฐาน มอก.285 เล่ม 32-2527



รูปที่ 3.7 เครื่อง Mechanical Scratch Test Apparatus

3.6.3.2 ความอ่อนตัว (Flexibility)

ทำได้โดยการทดสอบความทนทานต่อการแตกร้าว หรือการหลุดล่อนจากแผ่นทดสอบเมื่อนำไปดัดโค้งรอบแกนรูปกรวย (bending test) ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 3-37 มิลลิเมตร ยาว 200 มิลลิเมตร เครื่องมือทดสอบคือ Conical Mandrel Test Apparatus (รูปที่ 3.8) การรายงานผลการทดสอบให้ระบุเส้นผ่านศูนย์กลางที่ทำให้ผิวฟิล์มร้าวหรือหลุดล่อนจากแผ่นทดสอบ ในกรณีที่ไม่มีขอบพร้อมให้ระบุขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแกนรูปกรวยที่ต่ำที่สุด



รูปที่ 3.8 เครื่อง Conical Mandrel Test Apparatus

3.6.3.3 ความติดแน่น (Adhesion)

ความติดแน่นของฟิล์มของสารเคลือบผิวเป็นตัวบ่งชี้ถึงระดับความมากน้อยของการยึดเกาะระหว่างฟิล์มกับพื้นผิววัสดุ ทดสอบโดยใช้วิธี cross - cut tape ตามมาตรฐาน ASTM D 3359-95 Method B ในการทดสอบใช้เครื่อง Cross Hatch Cutter (รูปที่ 3.9) กรีดเป็นตารางบนผิวของฟิล์มให้ทะลุถึงแผ่นทดสอบ จากนั้นใช้เทปติดที่บริเวณรอยขีดให้สนิทแล้วดึงเทปออกอย่างรวดเร็ว ตรวจดูข้อบกพร่องของฟิล์มแล้วนำไปเปรียบเทียบกับภาพมาตรฐาน และรายงานผลเป็นเกรด ซึ่งแบ่งเกรดไว้ตั้งแต่ 5B - 0B ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 การจัดลำดับความบกพร่องของฟิล์มจากการกรีดเป็นตาราง

เกรด	ลักษณะของฟิล์ม	ภาพ
5B	ขอบของรอยตัดเรียบ ไม่มีส่วนเสียหาย	
4B	เกิดการหลุดล่อนของส่วนที่ติดกัน แต่ความเสียหายต้องไม่เกิน 5%	
3B	เกิดการหลุดล่อนตามขอบและส่วนที่ติดกัน ความเสียหายมากกว่า 5% แต่ไม่เกิน 15%	
2B	เกิดการหลุดล่อนตามขอบและตามแนวยาวของส่วนที่ถูกตัด ความเสียหายมากกว่า 15%	
1B	เกิดการหลุดล่อนตามขอบและตามแนวยาวของส่วนที่ถูกตัด ความเสียหายมากกว่า 35% แต่ไม่เกิน 65%	
0B	เกิดการหลุดล่อนมากและเกิดทุกจุดบนสารเคลือบจนไม่สามารถจัดอยู่ในเกรด 1B ได้	



รูปที่ 3.9 เครื่อง Cross Hatch Cutter

3.6.3.4 ความทนทานต่อแรงกระแทก (Impact Resistance)

คือการวัดความคงทนของฟิล์มของสารเคลือบผิวเมื่อมีแรงกระแทก เครื่องทดสอบ (รูปที่ 3.10) ประกอบด้วยลูกตุ้มหนัก 2.25 ปอนด์ (1 กิโลกรัม) หรือ 4 ปอนด์ (1.8 กิโลกรัม) และสามารถเลื่อนขึ้นลงได้ในระยะทาง 25 หรือ 40 นิ้ว เมื่อจะทดสอบก็นำแผ่นทดสอบที่เคลือบตัวอย่างทดสอบไว้แล้วยึดที่ฐานของเครื่องมือ จากนั้นตั้งระยะทางที่ปล่อยให้ลูกตุ้มลงมากกระทบกับแผ่นทดสอบที่ระยะต่าง ๆ กัน ทำการทดสอบโดยปล่อยลูกตุ้มลงมาให้กระทบกับแผ่นทดสอบอย่างรวดเร็ว จากนั้นทำการตรวจแผ่นทดสอบ ความทนทานต่อแรงกระแทก มีหน่วยเป็นนิ้ว-ปอนด์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.10 เครื่อง Impact Tester

3.6.3.5 ความทนน้ำ (Water Resistance)

การหาความทนน้ำ เป็นการหาความสามารถของฟิล์มของสารเคลือบผิวที่จะกันไม่ให้น้ำซึมผ่านเข้าไปได้ การทดสอบทำโดยวิธีจุ่มน้ำภายในระยะเวลาที่กำหนด เมื่อครบระยะเวลาแล้ว นำแผ่นทดสอบออกจากรน้ำแล้วซับด้วยกระดาษซับ ตรวจสอบผิวแผ่นทดสอบ เพื่อดูรอยพองหรือข้อบกพร่องอื่นๆ จากนั้นตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และทำการตรวจสอบพื้นผิวแผ่นทดสอบอีกครั้ง ตามมาตรฐาน ASTM D 1647-89

3.6.3.6 ความทนกรดและด่าง (Acid and Alkali Resistance)

ทดสอบโดยการนำแผ่นทดสอบไปจุ่มในกรดหรือด่าง ภายในช่วงระยะเวลาที่กำหนด แล้วตรวจสอบสภาพของฟิล์ม ถ้าฟิล์มมีความทนทานต่อกรดหรือด่างได้ดีหลังจุ่มแล้ว ฟิล์มจะต้องมีสภาพเหมือนเดิมไม่มีข้อบกพร่องใดๆเกิดขึ้น ตามมาตรฐาน ASTM D 1647-89