

บทที่ 3

การทดลอง

3.1 การตัดแปรร้ำมันปาล์ม ด้วยปฏิกิริยาอินเตอร์เอสเทอร์ฟิเคชัน

3.1.1 สารเคมี

1. น้ำมันปาล์ม
2. น้ำมันทัง
3. น้ำมันลินสีด
4. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide) เกรดสำหรับการวิเคราะห์ ของบริษัท Merck จำกัด

หมายเหตุ

น้ำมันปาล์มที่ใช้ในการทดลองได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท มรกตอินดัสตรี จำกัด (มหาชน)

มีสมบัติดังนี้

ค่าของกรด	2
ค่าไอโอดีน	52
ความถ่วงจำเพาะ	0.907
สี (การ์เดนเนอร์)	4
ความหนืด (สโตกส์)	0.65

น้ำมันทังที่ใช้ในการทดลองได้รับความอนุเคราะห์จากโรงพิมพ์ธนบัตร ธนาคารแห่งประเทศไทย มีสมบัติดังนี้

ค่าของกรด	7
ค่าไอโอดีน	160
ความถ่วงจำเพาะ	0.939
สี (การ์เดนเนอร์)	8
ความหนืด (สโตกส์)	4.70

น้ำมันลินสีดที่ใช้ในการทดลองได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท สยามเคมีคัลอินดัสตรี จำกัด มีสมบัติดังนี้

ค่าของกรด	2
ค่าไอโอดีน	174
ความต้วงจำเพาะ	0.938
สี (การ์ดเนอร์)	2
ความหนืด (สโตกส์)	0.50

3.1.2 อุปกรณ์

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

3.1.3 เครื่องทดสอบ

1. เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี (Gas chromatography) รุ่น Shimatsu GC 17 (รูปที่ 3.1)
2. พูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Fourier transform infrared spectrophotometer) รุ่น Nicolet Impact 400 D (รูปที่ 3.2)

3.1.4 วิธีทดลอง

1. นำของผสมระหว่างน้ำมันปาล์มและน้ำมันทังหรือน้ำมันลินสีด มาทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 240°C ที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักต่าง ๆ กัน ดังแสดงในตารางที่ 3.1 โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ในปริมาณ 0.1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของน้ำมันผสม

2. กวนของผสมตลอดเวลาภายใต้บรรยากาศของแก๊สไนโตรเจน โดยให้อุณหภูมิของของผสมคงที่ เป็นเวลา 90 นาที
3. ลดความร้อน และทิ้งให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้เย็นตัวลงจนถึงอุณหภูมิห้อง ภายใต้บรรยากาศของแก๊สไนโตรเจน
4. ตรวจสอบชนิดและปริมาณของกรดไขมันในน้ำมันปาล์ม น้ำมันทัง น้ำมันลินสีด และน้ำมันปาล์มที่ผ่านการดัดแปร โดยใช้เทคนิค GC
5. ทดสอบสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้

ตารางที่ 3.1 สูตรต่าง ๆ ที่ใช้ในการดัดแปรน้ำมันปาล์ม

สูตรที่	น้ำมันปาล์ม:น้ำมันทังหรือน้ำมันลินสีด
1	90:10
2	80:20
3	70:30
4	60:40
5	50:50

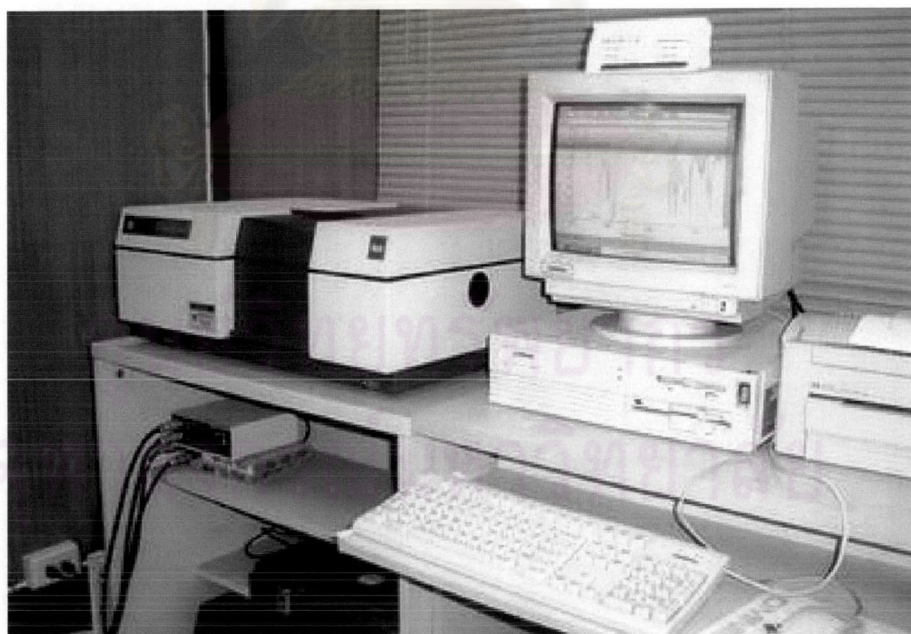
3.2 การสังเคราะห์น้ำมันยูรีเทน

3.2.1 สารเคมี

1. น้ำมันปาล์มดัดแปร
2. กลีเซอรอล
3. แคลเซียมออกไซด์ (calcium oxide) เกรดสำหรับวิเคราะห์ ของบริษัท Fluka จำกัด
4. เอทานอล (ethanol) เกรดสำหรับวิเคราะห์ ของบริษัท Fluka จำกัด
5. ไชลีน (xylene) เกรดสำหรับวิเคราะห์ ของบริษัท Mallinckrodt จำกัด
6. โทลีนไดไอโซไซยาเนต (TDI 80/20) เกรดสำหรับการวิเคราะห์ ของบริษัท ไทยมิตซูย สเปเชียลตี้ เคมีคัล จำกัด
7. เมทานอล (methanol) เกรดสำหรับการวิเคราะห์ ของบริษัท Merck จำกัด



รูปที่ 3.1 เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี



รูปที่ 3.2 พูรีเยอร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

3.2.2 อุปกรณ์

1. ขวดก้นกลม 4 คอ ขนาด 500 มิลลิลิตร
2. เครื่องกวนเชิงกล
3. ท่อนำแก๊สไนโตรเจน
4. เทอร์โมมิเตอร์ (0-300°C)
5. เครื่องควบคุมแรงแบบกลั่นไหลกลับ
6. heating mantal
7. ตัวตักน้ำ

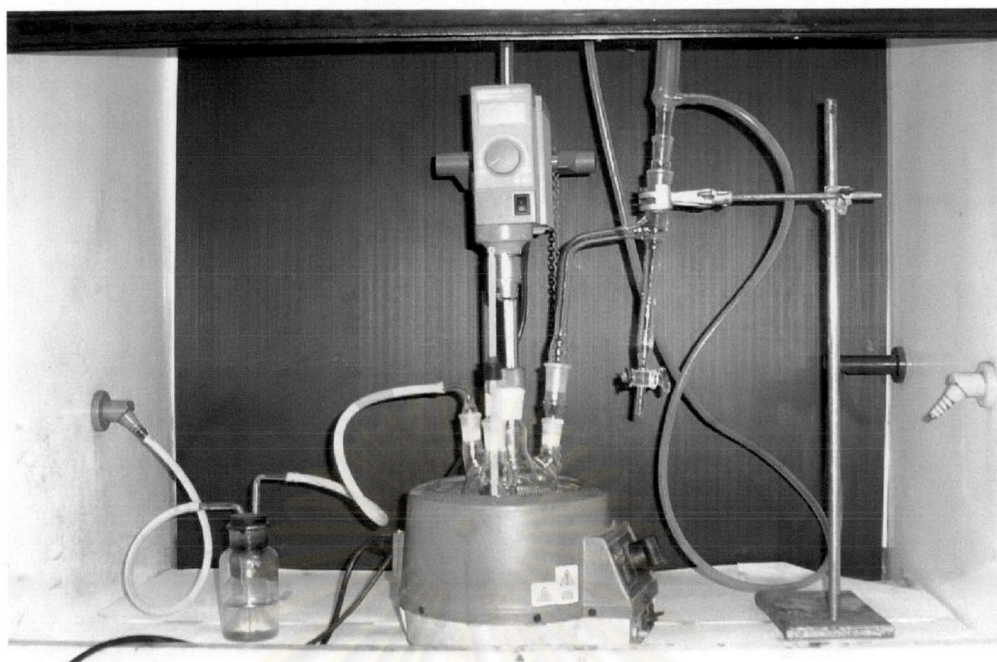
3.2.3 เครื่องทดสอบ

ฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ รุ่น Nicolet Impact 400 D

3.2.4 วิธีทดลอง

3.2.4.1 การสังเคราะห์มอนอและไดกลีเซอไรด์จากปฏิกิริยาแอลกอฮอล์ซิสระหว่างน้ำมันปาล์มกับกลีเซอรอล

1. ใส่น้ำมันปาล์มดัดแปรและกลีเซอรอล ตามอัตราส่วนในตารางที่ 3.2 ลงในขวดก้นกลม 4 คอ ขนาด 500 มิลลิลิตร ซึ่งต่อกับเครื่องกวน เทอร์โมมิเตอร์ ท่อนำแก๊สไนโตรเจน และเครื่องควบคุมแรงที่ต่อกับตัวตักน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 3.3
2. ให้ความร้อนกับของผสมจนกระทั่งถึงอุณหภูมิ 200°C จึงเติมแคลเซียมออกไซด์ลงไป จากนั้น ให้ความร้อนกับของผสมจนอุณหภูมิถึง 240°C โดยต้องกวนของผสมตลอดเวลา ภายใต้บรรยากาศของแก๊สไนโตรเจน เป็นเวลา 90 นาที
3. นำของผสม 1 ส่วน มาทดสอบการละลายในเอทานอล 3 ส่วน จนกระทั่งเกิดการละลายอย่างสมบูรณ์ ซึ่งเป็นการแสดงว่ากลีเซอรอลได้เข้าทำปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์กับน้ำมันปาล์มดัดแปร ได้ผลิตภัณฑ์เป็นมอนอและไดกลีเซอไรด์แล้ว จึงลดความร้อนลงภายใต้บรรยากาศของแก๊สไนโตรเจน พร้อมทั้งกวนของผสมตลอดเวลา จนถึงอุณหภูมิห้อง
4. เติมโซลีนลงในมอนอและไดกลีเซอไรด์ที่สังเคราะห์ได้



รูปที่ 3.3 อุปกรณ์การสังเคราะห์น้ำมันยูรีเทน

ตารางที่ 3.2 สูตรที่ใช้ในการสังเคราะห์น้ำมันยูรีเทนจากน้ำมันปาล์มดัดแปร*

สูตร OH:NCO	Glycerol	Modified Palm Oil	Xylene	TDI	Xylene	CaO	Methanol
1:0.8	20	47.78	62.11	45.39	62.11	0.036	-
1:0.8b	20	47.78	62.11	45.39	62.11	0.036	0.4

หมายเหตุ * น้ำมันปาล์มที่ดัดแปรด้วยน้ำมันทั้ง ดัดแปรที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างน้ำมันปาล์มต่อน้ำมันทั้ง เท่ากับ 90:10 70:30 และ 50:50

น้ำมันปาล์มที่ดัดแปรด้วยน้ำมันลินสีด ดัดแปรที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างน้ำมันปาล์มต่อน้ำมันลินสีด ตั้งแต่ 90:10 ถึง 50:50

สูตร 1:0.8 หมายถึง น้ำมันยูรีเทนที่ใช้อัตราส่วนโดยโมลระหว่าง OH:NCO เท่ากับ 1:0.8 และไม่ได้บดด้วยเมทานอล

สูตร 1:0.8b หมายถึง น้ำมันยูรีเทนที่ใช้อัตราส่วนโดยโมลระหว่าง OH:NCO เท่ากับ 1:0.8 และบดด้วยเมทานอล

3.2.4.2 การสังเคราะห์น้ำมันยูรีเทนจากมอนอและไดกลีเซอไรด์

1. เติมหิวลิซีนไดไฮโดรไซยาเนตและโซลีนที่ผสมอยู่ด้วยกัน ลงในมอนอและไดกลีเซอไรด์ที่สังเคราะห์ได้จากขั้นตอนที่ 3.2.4.1
2. ทดลองหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยา โดยใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 2 ชั่วโมง
3. นำผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ น้ำมันยูรีเทน ไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR Spectroscopy
4. สังเคราะห์น้ำมันยูรีเทนตามวิธีการข้างต้น แต่เติมเมทานอลปริมาณ 2% โดยน้ำหนักของกลีเซอรอลในขั้นตอนสุดท้ายของปฏิกิริยา
5. นำน้ำมันยูรีเทนที่สังเคราะห์ได้ไปวิเคราะห์ และทดสอบสมบัติเปรียบเทียบกับสมบัติของน้ำมันยูรีเทนทางการค้า ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท สยามเคมีคัล อินดัสตรี จำกัด

หมายเหตุ จากการทดลองพบว่า น้ำมันยูรีเทนที่สังเคราะห์ได้จากน้ำมันปาล์มที่ดัดแปรด้วยน้ำมันหังและน้ำมันลินสีด จะเกิดเป็นเจลภายในเวลา 24 ชั่วโมง และ 2-10 วัน ตามลำดับ ดังนั้น จึงได้ทดลองสังเคราะห์น้ำมันยูรีเทนจากน้ำมันปาล์มที่ไม่ผ่านการดัดแปร ที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลต่อหมู่ไอโซไซยาเนตต่าง ๆ กัน ดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 สูตรที่ใช้ในการสังเคราะห์น้ำมันยูรีเทนจากน้ำมันปาล์มที่ไม่ผ่านการดัดแปร

สูตร OH:NCO	Glycerol	Palm Oil	Xylene	TDI	Xylene	CaO	Methanol
1:0.9	20	53.75	69.87	51.06	69.87	0.040	-
1:0.9b	20	53.75	69.87	51.06	69.87	0.040	0.4
1:0.8	20	47.78	62.11	45.39	62.11	0.036	-
1:0.8b	20	47.78	62.11	45.39	62.11	0.036	0.4
1:0.7	20	41.81	54.35	39.72	54.35	0.031	-
1:0.7b	20	41.81	54.35	39.72	54.35	0.031	0.4

3.3 การตรวจสอบสมบัติของสารเคลือบผิว

3.3.1 การทดสอบสมบัติในสถานะของเหลว

3.3.1.1 ความหนืด (viscosity)

ความหนืด หมายถึง ความต้านทานต่อการไหลของของเหลว โดยปกติความหนืดของสารเคลือบผิวหาได้ในหน่วยพอยส์ (poise) การวัดความหนืดจะวัดการไหลภายใต้แรงโน้มถ่วง โดยอัตราการไหลหาได้จากอัตราส่วนของความหนืดต่อความหนาแน่น ความหนืดที่วัดได้โดยวิธีนี้เรียกว่า ความหนืดคิเนมาติก

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

มาตรวัดความหนืด มีหลายชนิด ดังนี้

(1) บับเบิลวิสกิมิเตอร์ (Bubble Viscometer) ชนิดที่รู้จักกันดี คือ การ์ดเนอร์-โฮลท์ บับเบิลวิสกิมิเตอร์ (Gardner-Holdt Bubble Viscometer) ซึ่งประกอบด้วยหลอดมาตรฐานที่ผ่าหลอดถูกผนึกแล้ว จำนวน 41 หลอด แต่ละหลอดมีอักษรตั้งแต่ A-5 ถึง Z-10 ที่แสดงความหนืดของของเหลวที่บรรจุอยู่ภายใน โดยที่ของเหลวที่บรรจุในหลอดอักษร A-5 จะมีความหนืดต่ำสุด และหลอดอักษร Z-10 จะมีความหนืดสูงสุด ดังแสดงในตารางที่ 3.4

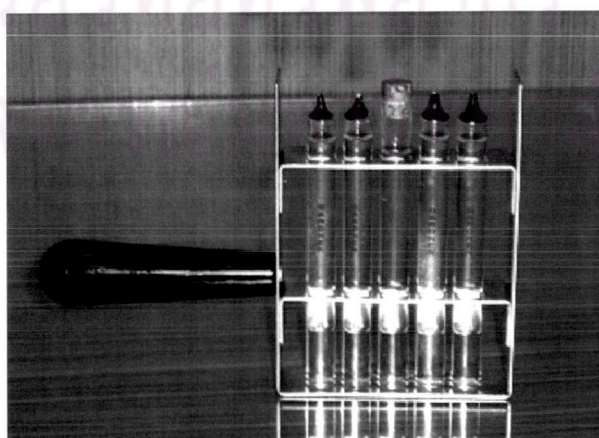
(2) ถ้วยวัดความหนืดของฟอร์ด (Ford Viscosity Cups) เป็นวิธีที่โรงงานนิยมใช้กันมาก ถ้วยวัดความหนืดของฟอร์ด ทำด้วยวัสดุที่ทนการกัดกร่อนและตัวทำละลาย ที่กันถ้วยมีท่อทางออกซึ่งทำด้วยทองเหลือง ถ้วยชนิดนี้มี 3 ขนาดคือ ถ้วยหมายเลข 2 หมายเลข 3 และหมายเลข 4 ถ้วยแต่ละขนาดมีเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อทางออกแตกต่างกัน และเหมาะสำหรับหาความหนืดของสารเคลือบผิวได้ในช่วงต่างกัน

(3) มาตรวัดความหนืดแบบสตอร์เมอร์ (Stormer Viscometer) ใช้หาความหนืดของผลิตภัณฑ์ โดยที่ค่าความหนืดแสดงโดยน้ำหนักเป็นกรัมที่ต้องใช้เพื่อให้เกิดอัตราแรงเฉือนตามที่กำหนด ซึ่งโดยทั่วไปกำหนดให้เป็น 200 รอบต่อนาที

ตารางที่ 3.4 ความหนืดคินเนมาติก (สโตกส์) ของบับเบิลวิสโคมิเตอร์ที่ 25°C

A-5 0.01	F 1.40	P 4.00	Z-1 27.0
A-4 0.06	G 1.65	Q 4.40	Z-2 36.2
A-3 0.14	H 2.00	R 4.70	Z-3 46.3
A-2 0.22	I 2.25	S 5.00	Z-4 63.4
A-1 0.32	J 2.50	T 5.50	Z-5 98.5
A 0.50	K 2.80	U 6.27	Z-6 148
B 0.65	L 3.00	V 8.84	Z-7 388
C 0.85	M 3.20	W 10.7	Z-8 590
D 1.00	N 3.40	X 12.9	Z-9 855
E 1.25	O 3.70	Y 17.6	Z-10 1066
		Z 22.7	

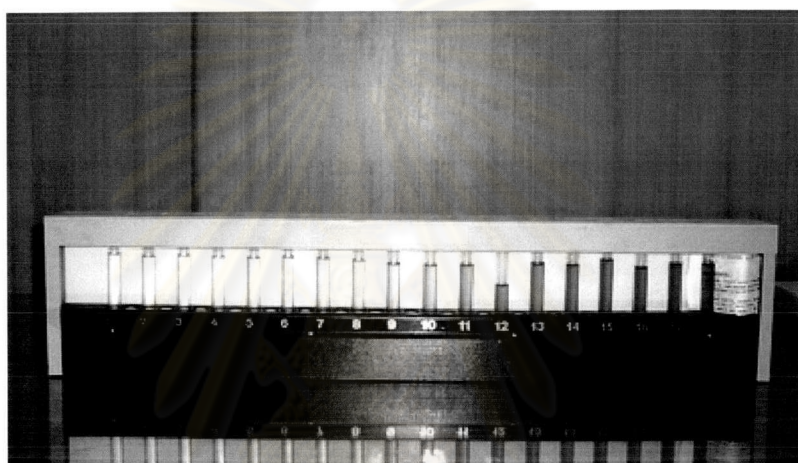
ในงานวิจัยนี้ใช้มาตรวัดความหนืดแบบการ์เดนอร์-ไฮลท์บับเบิลวิสโคมิเตอร์ (รูปที่ 3.4) ซึ่งการวัดทำได้โดยบรรจุตัวอย่างทดสอบในหลอดทดสอบที่มีขนาดเดียวกับหลอดมาตรฐาน ปิดฝาหลอดทดสอบด้วยจุกคอร์ก จากนั้น กลับหลอดทดสอบและหลอดมาตรฐานภายในเวลาเดียวกัน เปรียบเทียบการเคลื่อนที่ของฟองอากาศในหลอดทดสอบว่า จะเท่ากับหรือใกล้เคียงกับหลอดมาตรฐานอักซรวโดมากที่สุด ความหนืดของตัวอย่างทดสอบคือ ความหนืดของของเหลวในหลอดมาตรฐานที่มีการเคลื่อนที่ของฟองอากาศเท่ากับหลอดทดสอบนั่นเอง การรายงานผลให้บันทึกเป็นอักขรการ์เดนอร์-ไฮลท์ หรือเป็นสโตกส์โดยประมาณ



รูปที่ 3.4 มาตรวัดความหนืดชนิดการ์เดนอร์-ไฮลท์บับเบิลวิสโคมิเตอร์

3.3.1.2 สี

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



รูปที่ 3.5 เครื่องวัดสีแบบการ์ดเนอร์

3.3.1.3 ปริมาณร้อยละของสารที่ระเหยไม่ได้ (% Nonvolatile Content)

การหาปริมาณร้อยละของสารที่ระเหยไม่ได้ ทำได้โดยการนำสารเคลือบผิวหนัก 2 ถึง 3 กรัม (ซึ่งน้ำหนักให้แน่นอน) ใส่ในภาชนะก้นแบน แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็น นำมาชั่งน้ำหนัก จากนั้น นำไปอบต่ออีกประมาณ 30 นาที แล้วนำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้งเพื่อให้ น้ำหนักคงที่แน่นอน น้ำหนักส่วนที่หายไปคือ ปริมาณสารที่ระเหยได้ ดังนั้น ปริมาณร้อยละของสารที่ระเหยไม่ได้สามารถคำนวณได้จาก

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

เมื่อ $A =$ น้ำหนักสารก่อนอบ

$B =$ น้ำหนักสารหลังอบ

3.3.1.4 ค่าของกรด (Acid Value)

ค่าของกรดเป็นค่าที่บอกถึงปริมาณของกรดอิสระที่มีในสารตัวอย่าง โดยซึ่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน นำไปละลายในตัวทำละลายที่เป็นกลาง แล้วไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโพแตสเซียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 0.01 N โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีน (phenolphthalene) เป็นอินดิเคเตอร์ คำนวณหาค่าของกรดจากสูตร

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

3.3.1.5 ค่าไอโอดีน (Iodine Value)

ค่าไอโอดีน เป็นค่าที่บอกถึงปริมาณความไม่อิ่มตัวที่มีในสารตัวอย่าง นิยามให้ว่าเป็นจำนวนเซนติกรัมของไอโอดีนที่ถูกดูดโดยสารตัวอย่าง 1 กรัม ทำได้โดยซึ่งสารตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน นำมาละลายในตัวทำละลายเฉื่อย (inert solvent) เช่น คลอโรฟอร์ม คาร์บอนเตตระคลอไรด์ แล้วเติมสารละลายที่มีหมู่ธาตุฮาโลเจนอิสระที่รู้ปริมาณที่แน่นอนลงไป เก็บไว้ในที่มีดประมาณ 1 ชั่วโมง เติมสารละลายโพแตสเซียมไอโอไดด์ (KI) ลงไป จะเกิดไอโอดีนออกมา นำไปไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟตที่มีความเข้มข้น 0.1 N (0.1 N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) โดยใช้แป้งเป็นอินดิเคเตอร์ 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

3.3.1.6 ความสามารถในการละลาย (Solubility)

ทดสอบการละลายในตัวทำละลายประเภทต่าง ๆ เช่น ไทลีน ไวท์สปิริต (white spirit) บิวทิลอะซิเตต (butyl acetate) และนอร์มัลบิวทานอล (*n*-butanol)

3.3.1.7 ระยะเวลาการแห้งตัว (Drying Time)

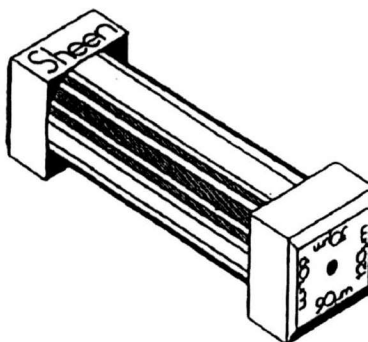
ในการทดสอบนี้เป็นการนำน้ำมันยูรีเทนมาปาดเคลือบลงบนแผ่นเหล็กด้วยแอปพลิเคเตออร์ ใช้ความหนาฟิล์มเปียก 60 ไมครอน และจับเวลาการแห้งตัวของฟิล์ม การแห้งตัวของฟิล์มของสารเคลือบผิวที่สามารถแห้งตัวได้เองในอากาศแตกต่างกันตามระยะเวลาการแห้งตามลำดับดังนี้

- (1) แห้งฝุ่นไม่ติด (dust dry) หมายถึง การแห้งขั้นที่ฝุ่นไม่ติดพื้นผิวที่เคลือบไว้แล้ว
- (2) แห้งที่ผิว (surface dry) หมายถึง การแห้งเฉพาะผิวหน้า แต่ข้างล่างยังนิ่มและเหนียว
- (3) แห้งแตะได้ (touch dry) หมายถึง การแห้งถึงขั้นที่แตะเบา ๆ แล้วไม่มีรอยนิ้วมือติดอยู่
- (4) แห้งแตะไม่ติด (tack-free dry) หมายถึง การแห้งถึงขั้นที่ผิวไม่อยู่ในสภาพเหนียวติด แม้ว่าจะมีแรงกด การแห้งขั้นนี้เป็นระยะเวลาที่เมื่อใช้นิ้วมือกดเบา ๆ ที่ผิวฟิล์ม จะไม่มีรอยเกิดขึ้นบนผิวฟิล์ม
- (5) แห้งแข็ง (hard dry) หมายถึง การแห้งตัวถึงขั้นที่สามารถเคลือบอีกชั้นหนึ่งทับได้ด้วยแปรง ทดสอบโดยใช้นิ้วหัวแม่มือกดลงบนผิวฟิล์มแล้วหมุนรอบ ๆ ถ้าผิวไม่แตกกร้าวหรือเสียหายแสดงว่าผิวเคลือบนั้นแห้งแข็งแล้ว รายละเอียดดูได้จากมาตรฐาน ASTM D1640-95

3.3.2 การทดสอบสมบัติของฟิล์ม

การเตรียมฟิล์มยูรีเทนออยล์

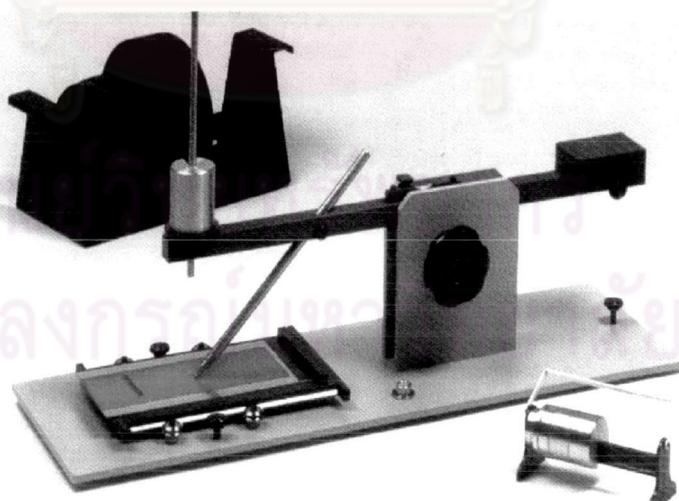
นำน้ำมันยูรีเทนมาปาดเคลือบลงบนแผ่นทดสอบที่เป็นโลหะหรือแผ่นกระจก ตามที่มาตรฐานกำหนดด้วยแอปพลิเคเตออร์ (film applicator) (รูปที่ 3.6) ซึ่งควบคุมความหนาของฟิล์มเปียกได้ตั้งแต่ 30 60 90 และ 120 ไมครอนเมตร สำหรับการทดลองนี้ใช้ความหนาของฟิล์มเปียกเท่ากับ 120 ไมครอนเมตร จากนั้น ทิ้งไว้จนฟิล์มแห้งแล้วนำไปทดสอบสมบัติดังนี้



รูปที่ 3.6 แอปพลิเคชันเคเตอร์

3.3.2.1 ความแข็ง (Hardness)

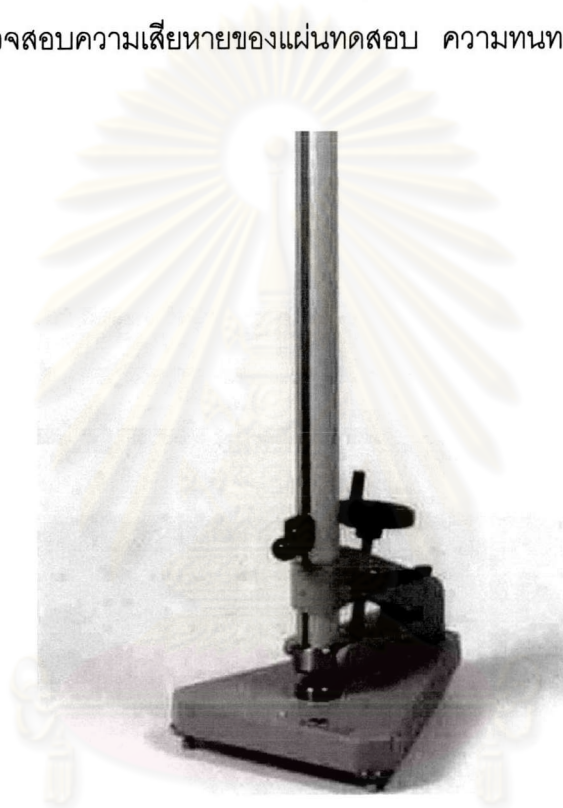
ความแข็ง หมายถึง ความสามารถของฟิล์มของสารเคลือบผิวที่ทนต่อการเกิดรอยจากการกดหรือการขีดด้วยของแข็ง การหาความแข็งของฟิล์มของสารเคลือบผิวที่ใช้ทั่วไปคือ การทดสอบการขีด (scratch test) ซึ่งก็คือ การหาความต้านทานต่อการแ่งทะลุของฟิล์มของสารเคลือบผิว โดยการขีดด้วยเข็มทดสอบด้วย Mechanical Scratch Test Apparatus (รูปที่ 3.7) การรายงานความแข็งของฟิล์มของตัวอย่างทดสอบก็คือ น้ำหนักน้อยที่สุด (กรัม) ที่ทำให้เข็มแ่งทะลุผิวเคลือบ ตามมาตรฐาน ASTM D 2197



รูปที่ 3.7 Mechanical Scratch Test Apparatus

3.3.2.2 ความทนทานต่อแรงกระแทก (Impact Resistance)

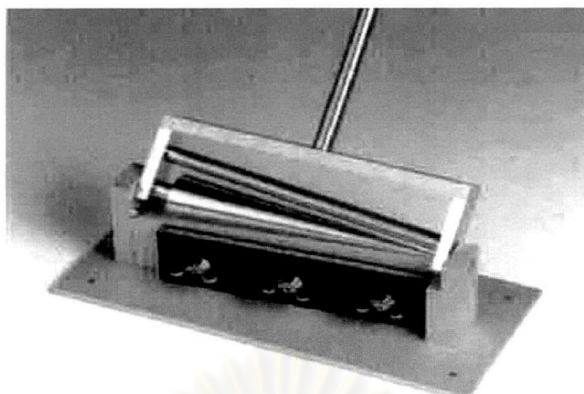
ความทนทานต่อแรงกระแทก เป็นการวัดความคงทนของฟิล์มของสารเคลือบผิวเมื่อมีแรงกระแทก เครื่องทดสอบ (รูปที่ 3.8) ประกอบด้วยลูกตุ้มหนัก 4 ปอนด์ (1.8 กิโลกรัม) และสามารถเลื่อนขึ้นลงได้ในระยะทาง 40 นิ้ว การทดสอบทำได้โดยนำแผ่นทดสอบที่เคลือบตัวอย่างทดสอบไว้แล้วยึดที่ฐานของเครื่องมือ จากนั้น ตั้งระยะทางที่ปล่อยให้ลูกตุ้มลงมากระทบกับแผ่นทดสอบที่ระยะต่าง ๆ กัน ทำการทดสอบโดยปล่อยลูกตุ้มลงมาให้กระทบกับแผ่นทดสอบอย่างรวดเร็ว จากนั้น ตรวจสอบความเสียหายของแผ่นทดสอบ ความทนทานต่อแรงกระแทกมีหน่วยเป็นนิ้ว-ปอนด์



รูปที่ 3.8 เครื่องวัดความทนทานต่อแรงกระแทก

3.3.2.3 ความอ่อนตัว (Flexibility)

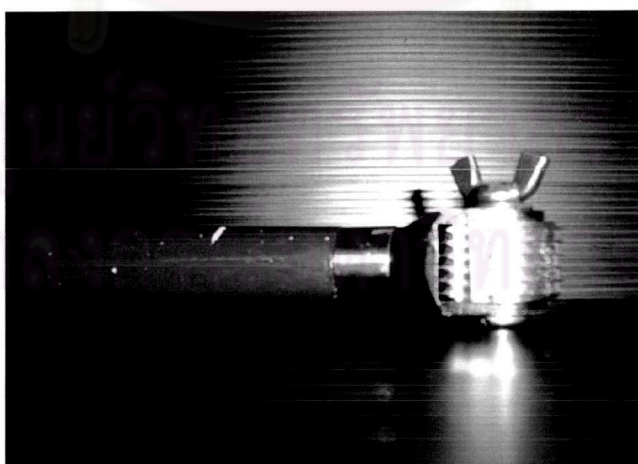
ทำได้โดยทดสอบความทนทานต่อการแตกร้าว หรือการหลุดล่อนจากแผ่นทดสอบ เมื่อนำไปดัดโค้งรอบแกนรูปกรวย (bending test) ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 3-37 มิลลิเมตร ยาว 200 มิลลิเมตร เครื่องมือทดสอบคือ Conical Mandrel Test Apparatus (รูปที่ 3.9) การรายงานผลการทดสอบให้ระบุเส้นผ่านศูนย์กลางที่ทำให้ผิวฟิล์มร้าวหรือหลุดล่อนจากแผ่นทดสอบ ในกรณีที่ไม่นพบความบกพร่องให้ระบุขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแกนรูปกรวยที่ต่ำที่สุด



รูปที่ 3.9 Conical Mandrel Test Apparatus







3.3.2.4 ความติดแน่น (Adhesion)

ความติดแน่นของฟิล์มของสารเคลือบผิวเป็นตัวบอกระดับความมากน้อยของการยึดเกาะระหว่างฟิล์มกับพื้นผิววัสดุ ทดสอบโดยใช้วิธี cross-cut tape ตามมาตรฐาน ASTM D3359-95 Method B ในการทดสอบใช้ Cross Hatch Cutter (รูปที่ 3.10) กรีดเป็นตารางบนผิวของฟิล์มให้ทะลุถึงแผ่นทดสอบ จากนั้น ใช้เทปกาวติดที่บริเวณรอยกรีดให้สนิทแล้วดึงเทปออกอย่างรวดเร็ว ตรวจสอบข้อบกพร่องของฟิล์มแล้วนำไปเปรียบเทียบกับภาพมาตรฐาน และรายงานผลเป็นเกรด ซึ่งแบ่งเกรดไว้ตั้งแต่ 5B-0B ดังตารางที่ 3.5



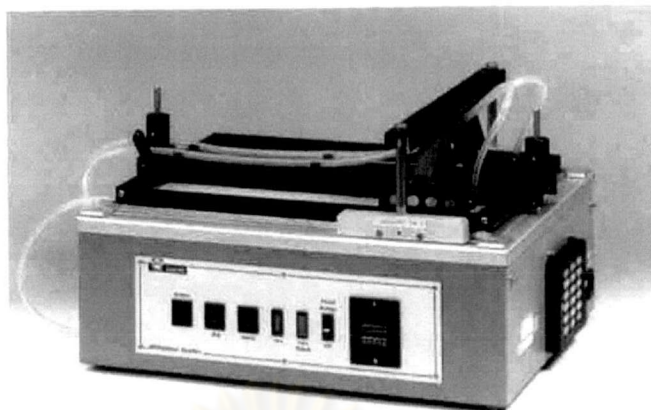
รูปที่ 3.10 Cross Hatch Cutter

ตารางที่ 3.5 การจัดลำดับความบกพร่องของฟิล์มจากการกรีดเป็นตาราง

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

3.3.2.5 ความต้านทานการสึกหรอ (Wear Resistance)

ใช้เครื่องมือทดสอบ Wet Abrasion Scrub Tester (รูปที่ 3.11) ซึ่งประกอบด้วย 2 ชุดคือ ชุดที่ใช้ขัดแผ่นทดสอบและชุดสำหรับขัดถูแผ่นทดสอบ ซึ่งประกอบด้วยแปรงที่มีขนพิเศษ วิธีทดสอบทำได้โดยนำแผ่นทดสอบไปเข้าเครื่อง แล้วตั้งจำนวนรอบขัดถู การรายงานผลให้บันทึกค่าจำนวนรอบของการขัดถูที่ทำให้ผิวฟิล์มเริ่มเกิดการเปลี่ยนแปลง



รูปที่ 3.11 Wet Abrasion Scrub Tester

3.3.2.6 ความทนน้ำ (Water Resistance)

การหาความทนน้ำ เป็นการหาความสามารถของฟิล์มของสารเคลือบผิวที่จะกันไม่ให้น้ำซึมผ่านเข้าไปได้ การทดสอบทำโดยนำฟิล์มไปแช่น้ำภายในระยะเวลาที่กำหนด เมื่อครบระยะเวลาแล้วนำแผ่นทดสอบออกจากน้ำแล้วซับด้วยกระดาษซับ ตรวจสอบผิวของแผ่นทดสอบ เพื่อดูรอยพองหรือข้อบกพร่องอื่น ๆ จากนั้น ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และตรวจสอบพื้นผิวแผ่นทดสอบอีกครั้ง รายละเอียดดูได้จากมาตรฐาน ASTM D 1647-89

3.3.2.7 ความทนกรดและด่าง (Acid and Alkali Resistance)

ทดสอบโดยนำแผ่นทดสอบไปแช่ในกรดหรือด่าง ภายในระยะเวลาที่กำหนด แล้วตรวจดูสภาพผิวของฟิล์ม ถ้าฟิล์มมีความทนทานต่อกรดหรือด่างได้ดี หลังแช่ในกรดหรือด่างแล้วฟิล์มจะต้องมีสภาพเหมือนเดิมไม่มีข้อบกพร่องใด ๆ เกิดขึ้น รายละเอียดดูได้จากมาตรฐาน ASTM D1647-89

3.3.3 การเปรียบเทียบสมบัติของน้ำมันยูรีเทนที่เตรียมได้กับน้ำมันยูรีเทนทางการค้า

น้ำมันยูรีเทนทางการค้าที่ใช้ในการทดลอง ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท สยามเคมีคัล อินดัสตรี จำกัด มีชื่อทางการค้าว่า "Burnock UL-65"