

วิธีการในการวิจัย

CNSL ที่ใช้ในการทดลองนี้ สกัดจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์โดยใช้เครื่องปิดอัด การทำโพลีเมอร์ไรเซชันกระทำในระดับห้องปฏิบัติการ และระดับใกล้เคียงกับระบบที่ใช้ในโรงงาน อุตสาหกรรม โดยระดับห้องปฏิบัติการกระทำที่ห้องปฏิบัติการเคมี ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ระบบใกล้เคียงกับระบบที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม กระทำการทดลองที่ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย บางเขน กรุงเทพมหานคร

3.1 สารเคมีที่ใช้

3.1.1 โทลูอีน (Toluene) เกรดสำหรับการค้า

3.1.2 พารา-ฟอร์มัลดีไฮด์ เกรดสำหรับการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

3.1.3 เฟนิล-ไอโซไซยาเนต เกรดสำหรับการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

3.1.4 Concentrated sulphuric acid เกรดสำหรับการวิเคราะห์ในห้อง

ปฏิบัติการ

3.2 เครื่องมือที่ใช้

3.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในระดับห้องปฏิบัติการ

3.2.1.1 ขวดแก้วกันกลม ปริมาตร 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร ขนาดคอขวด 29/32

3.2.1.2 เครื่องควบแน่น สูง 300 เซนติเมตร ขนาดคอ 29/32 ใช้ น้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นการหล่อเย็น

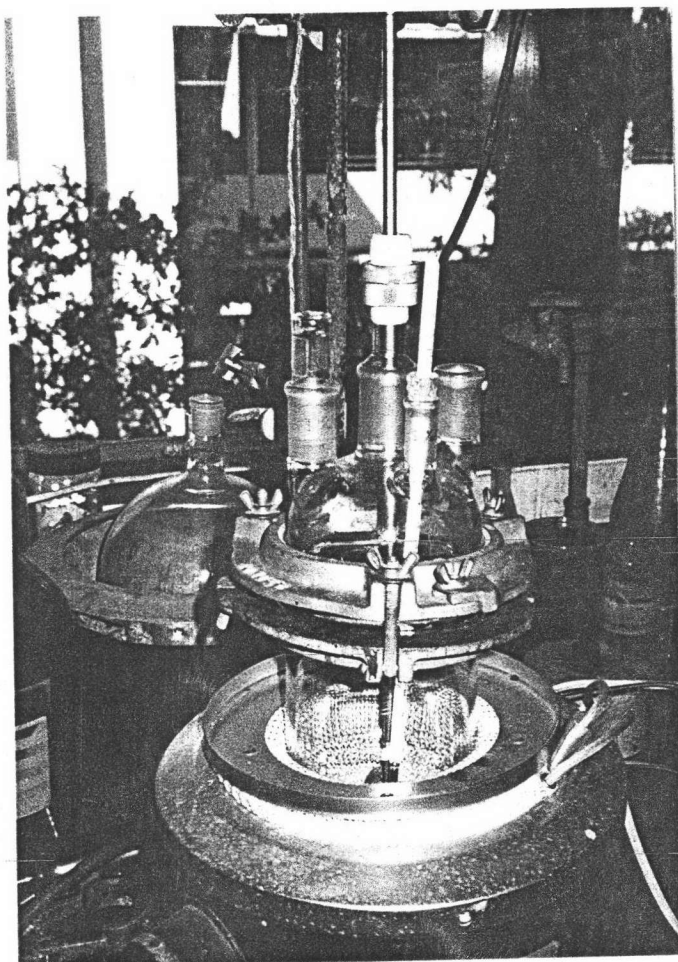
3.2.1.3 เทอร์โมมิเตอร์ สำหรับวัดอุณหภูมิ 50-200 °C

3.2.1.4 เครื่องกวนแบบใช้มอเตอร์ของบริษัทคาร์ลคอสส์ จำกัด ประเทศเยอรมันนี ใช้กำลังไฟฟ้า 25 วัตต์ มีความเร็ว 450 รอบต่อนาที มีใบพัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.50 เซนติเมตร

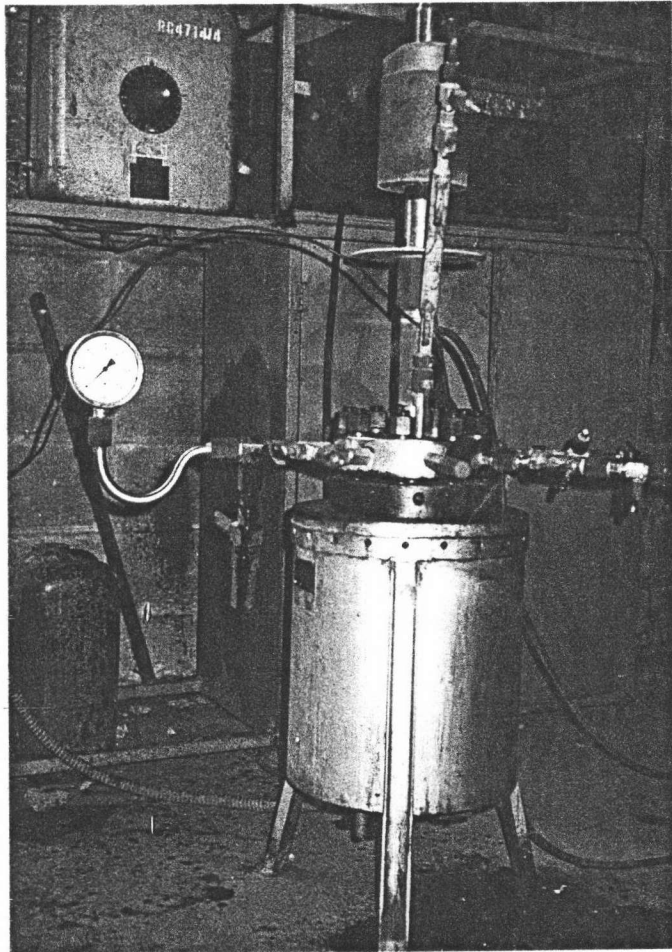
3.2.1.5 เครื่องทำความร้อนไฟฟ้าชนิดหลุม แบบ MUH/3L หมายเลข

D. 9343 ของบริษัทคาร์ลคอสส์ จำกัด ประเทศไทย ใช้กำลังไฟฟ้า 2 x 250 วัตต์

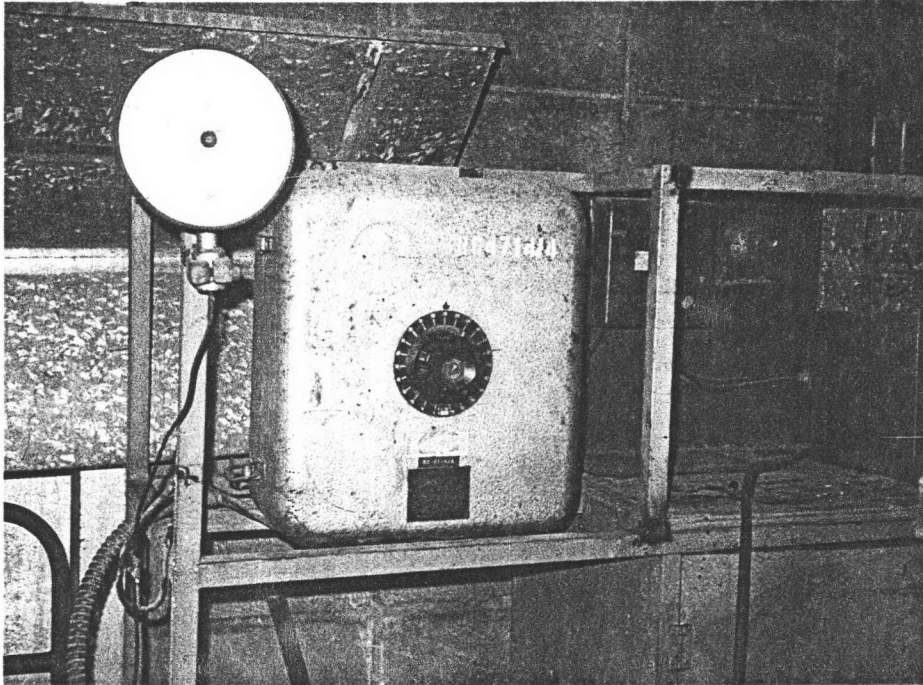
จัดเตรียมเครื่องมือทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 3.1



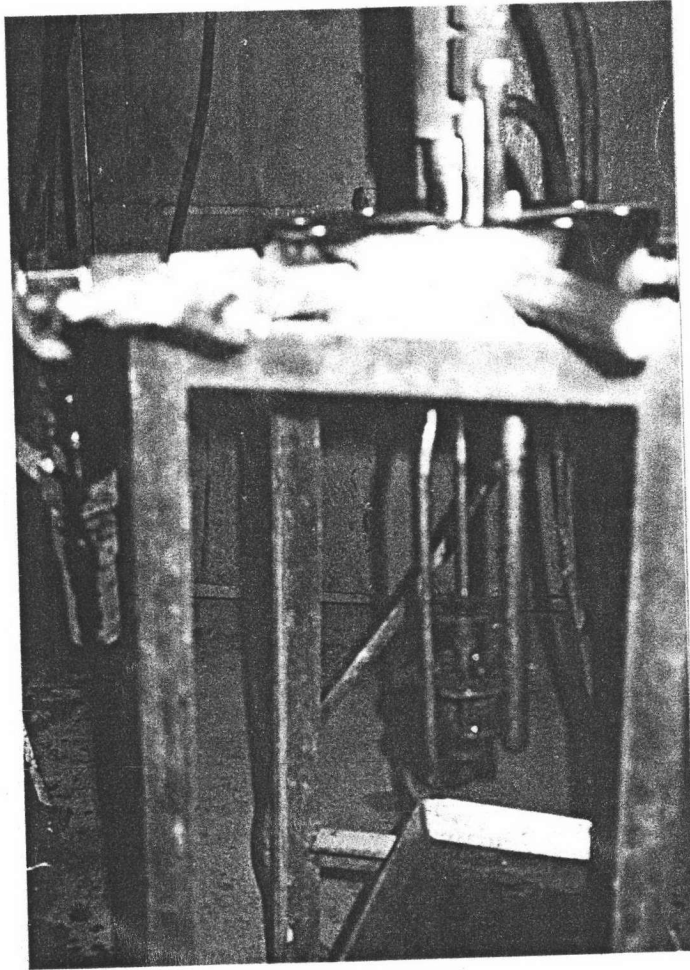
รูปที่ 3.1 เครื่องมือที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ



รูปที่ 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในระบบที่ใกล้เคียงกับระบบในโรงงานอุตสาหกรรม



รูปที่ 3.2.1 เป็นภาพแสดง เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Thermostat)



รูปที่ 3.2.2 เป็นภาพแสดงใบพัดกวน มีลักษณะเป็นแผ่นกลมมีรู โดยรอบ
มี 3 แผ่นวางต่างระดับกัน

3.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในระบบใกล้เคียงกับระบบที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม

รีแอกเตอร์ (Reactor) เป็นเครื่องของบริษัท Messrs Andreas Hofer Hochdrucktechnik Gmdh แบบ EH2 หมายเลขเครื่อง 68.4312 ของประเทศเยอรมันดี ประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ

3.2.2.1 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat exchanger)

3.2.2.2 เครื่องปั่นกวน (Agitator)

3.2.2.3 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Thermostat)

ชิ้นส่วนต่าง ๆ ได้แสดงในรูปที่ 3.2, รูปที่ 3.2.1, รูปที่ 3.2.2 ตามลำดับ

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 การทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ

3.3.1.1 การเตรียมตัวอย่าง CNSL

1. ตัวอย่างที่ L1

นำ CNSL 50 กรัม ละลายในโทลูอีน 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ในขวดแก้วก้นกลมขนาดจุ 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงไป แล้วนำไปให้ความร้อนด้วยเตาไฟฟ้าชนิดหลุม ที่อุณหภูมิ 110-120 °C เป็นเวลาครึ่งชั่วโมง ทั้งให้เย็นลงจนอุณหภูมิลดลงเหลือ 70-80 °C จึงค่อย ๆ ใส่พารา-ฟอร์มาลดีไฮด์ ปริมาณ 2 กรัม ลงไปที่ละน้อย เพื่อไม่ให้เกิดฟองมากจนล้นขวดแก้ว หลังจากนั้นให้ความร้อนแก่ส่วนผสมเพิ่มขึ้น ที่อุณหภูมิ 110-120 °C เป็นเวลาอีกครึ่งชั่วโมง ทั้งไว้ให้เย็นบันทึกลักษณะของสารที่ได้ และเก็บสารตัวอย่างไว้

2. ตัวอย่างที่ L2

นำ CNSL 50 กรัม ละลายในโทลูอีน 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ในขวดแก้วก้นกลมขนาดจุ 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงไป แล้วนำไปให้ความร้อนด้วยเตาไฟฟ้าชนิดหลุม ที่อุณหภูมิ 110-120 °C เป็นเวลาครึ่งชั่วโมง ทั้งให้เย็นลงจนอุณหภูมิลดลงเหลือ 70-80 °C จึงค่อย ๆ ใส่พารา-ฟอร์มาลดีไฮด์ ปริมาณ 3 กรัม ลงไปที่ละน้อย เพื่อไม่ให้เกิดฟองมากจนล้นขวดแก้ว หลังจากนั้นให้



ความร้อนแก่ส่วนผสมเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิ 110-120° ซ เป็นเวลาอีกครั้งชั่วโมง ทั้งไว้ให้เป็นลง
บันทึกลักษณะของสารที่ได้ และเก็บสารตัวอย่างไว้

3. ตัวอย่างที่ L3

น้ำ CNSL 50 กรัม ละลายในโทลูอีน 100 ลูกบาศก์-
เซนติเมตร ใส่ในขวดแก้วกันกลมขนาดจุ 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น
0.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงไป แล้วนำไปให้ความร้อนด้วยเตาไฟฟ้าชนิดหลุม ที่อุณหภูมิ 110-
120° ซ เป็นเวลาครึ่งชั่วโมง ทั้งไว้เป็นลงจนอุณหภูมิลดลงเหลือ 70-80° ซ ings ค่อย ๆ ใส่
พารา-ฟอร์มัลดีไฮด์ ปริมาณ 4 กรัม ลงไปที่ละน้อย เพื่อไม่ให้เกิดฟองมากจนล้นขวดแก้ว หลังจากนั้น
ให้ความร้อนแก่ส่วนผสมที่อุณหภูมิ 110-120° ซ เป็นเวลาอีกครั้งชั่วโมง ทั้งไว้เป็นลง
บันทึกลักษณะของสารที่ได้ และเก็บสารตัวอย่างไว้

4. ตัวอย่างที่ L4

น้ำ CNSL 50 กรัม ละลายในโทลูอีน 100 ลูกบาศก์-
เซนติเมตร ใส่ในขวดแก้วกันกลมขนาดจุ 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น
0.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงไป แล้วนำไปให้ความร้อนด้วยเตาไฟฟ้าชนิดหลุม ที่อุณหภูมิ 110-
120° ซ เป็นเวลาครึ่งชั่วโมง ทั้งไว้เป็นลงจนอุณหภูมิลดลงเหลือ 70-80° ซ ings ค่อย ๆ ใส่
พารา-ฟอร์มัลดีไฮด์ ปริมาณ 5 กรัม ลงไปที่ละน้อย ๆ เพื่อไม่ให้เกิดฟองมากจนล้นขวดแก้ว
หลังจากนั้นให้ความร้อนแก่ส่วนผสมที่อุณหภูมิ 110-120° ซ เป็นเวลาอีกครั้งชั่วโมง ทั้งไว้ให้
บันทึกลักษณะของสารที่ได้ และเก็บสารตัวอย่างไว้

5. ตัวอย่างที่ L5

น้ำ CNSL 100 กรัม ละลายในโทลูอีน 200 ลูกบาศก์-
เซนติเมตร ใส่ในขวดแก้วกันกลมขนาดจุ 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1.0
ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงไป แล้วนำไปให้ความร้อนด้วยเตาไฟฟ้าชนิดหลุม ที่อุณหภูมิ 110-120° ซ
เป็นเวลาครึ่งชั่วโมง ทั้งไว้เป็นลงจนอุณหภูมิลดลงเหลือ 70-80° ซ ings ค่อย ๆ ใส่พารา-ฟอร์-
มาลดีไฮด์ ปริมาณ 4 กรัม ลงไปที่ละน้อย ๆ เพื่อไม่ให้เกิดฟองมากจนล้นขวดแก้ว หลังจากนั้น
ให้ความร้อนแก่ส่วนผสมที่อุณหภูมิ 110-120° ซ เป็นเวลาอีกครั้งชั่วโมง ทั้งไว้ให้
บันทึกลักษณะของสารที่ได้ และเก็บสารตัวอย่างไว้

6. ตัวอย่างที่ L6

น้ำ CNSL 100 กรัม ละลายในโทลูอีน 200 ลูกบาศก์-
เซนติเมตร ใส่ในขวดแก้วกันกลมขนาดจุ 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร เต็มกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1.0
ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงไปแล้วนำไปให้ความร้อนแก่ส่วนผสมที่อุณหภูมิ 110-120° ซ เป็นเวลา
ครึ่งชั่วโมง ทั้งให้เป็นลงจนอุณหภูมิลดลงเหลือ 70-80° ซ ซึ่งค่อย ๆ ใส่พารา-ฟอร์มาลดีไฮด์
ปริมาณ 6 กรัม ลงไปที่ละน้อย ๆ เพื่อไม่ให้เกิดฟองมากจนล้นขวดแก้ว หลังจากนั้นให้ความ-
ร้อนแก่ส่วนผสม ที่อุณหภูมิ 110-120° ซ เป็นเวลาอีกครั้งชั่วโมง ทั้งให้เป็นลง บันทึกลักษณะ
ของสารที่ได้ และเก็บสารตัวอย่างไว้

7. ตัวอย่างที่ L7

น้ำ CNSL 100 กรัม ละลายในโทลูอีน 200 ลูกบาศก์-
เซนติเมตร ใส่ในขวดแก้วกันกลมขนาดจุ 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร เต็มกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1.0
ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงไป แล้วนำไปให้ความร้อนด้วยเตาไฟฟ้าชนิดหลุม ที่อุณหภูมิ 110-120° ซ
เป็นเวลาครึ่งชั่วโมง ทั้งให้เป็นลงจนอุณหภูมิลดลงเหลือ 70-80° ซ ซึ่งค่อย ๆ ใส่พารา-ฟอร์-
มาลดีไฮด์ ปริมาณ 8 กรัม ลงไปที่ละน้อย ๆ เพื่อไม่ให้เกิดฟองมากจนล้นขวดแก้ว หลังจากนั้น
ให้ความร้อนแก่ส่วนผสมที่อุณหภูมิ 110-120° ซ เป็นเวลาอีกครั้งชั่วโมง ทั้งให้เป็นลง บันทึก
ลักษณะของสารที่ได้ และเก็บสารตัวอย่างไว้

8. ตัวอย่างที่ L8

น้ำ CNSL 100 กรัม ละลายในโทลูอีน 200 ลูกบาศก์-
เซนติเมตร ใส่ในขวดแก้วกันกลมขนาดจุ 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร เต็มกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1.0
ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงไป แล้วนำไปให้ความร้อนด้วยเตาไฟฟ้าชนิดหลุม ที่อุณหภูมิ 110-120° ซ
เป็นเวลาครึ่งชั่วโมง ทั้งให้เป็นลงจนอุณหภูมิลดลงเหลือ 70-80° ซ ซึ่งค่อย ๆ ใส่พารา-ฟอร์-
มาลดีไฮด์ ปริมาณ 10 กรัม ลงไปที่ละน้อย ๆ เพื่อไม่ให้เกิดฟองมากจนล้นขวดแก้ว หลังจากนั้น
ให้ความร้อนแก่ส่วนผสมที่อุณหภูมิ 110-120° ซ เป็นเวลาอีกครั้งชั่วโมง ทั้งให้เป็นลง บันทึก
ลักษณะของสารที่ได้ และเก็บสารตัวอย่างไว้

ผลการทดลองของสาร L1-L8 บันทึกในตารางที่ 4.1 บทที่ 4
สารที่ทดลองแล้วตัวอย่างที่ L1-L8 ต้องนำมาวัดความหนืด และอัตราเร็วของการแห้ง โดย
วิธีการด้วยการบรรยายในหัวข้อ 3.4 และหัวข้อ 3.5 แล้วจึงนำมาใส่สารเฟนิล-ไอโซไซยาเนต
หลังจากนั้นนำไปวัดความหนืด และอัตราเร็วของการแห้งอีกครั้ง

3.3.1.2 วิธีทดลองในการ เต็มลสาร เฟนิล-ไอโซไชยาเนท

แบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ

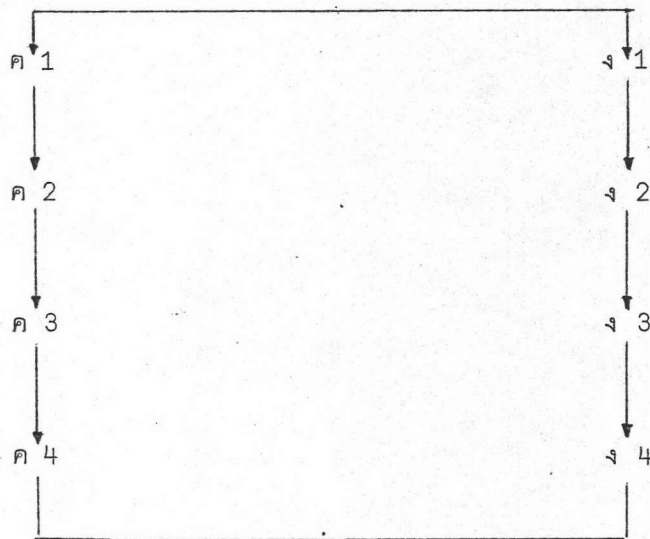
ก. ไม่ให้ความร้อนกับลสาร L1-L8 ที่วัดความหนืดและอัตราเร็วของการแห้งในครั้งแรก หลังจากเติมเฟนิล ไอโซไชยาเนท แล้ว

ข. หลังจากเติมเฟนิล-ไอโซไชยาเนท แล้ว ให้ความร้อนกับลสาร L1-L8 ที่วัดความหนืด และอัตราเร็วของการแห้งในครั้งแรกแล้ว โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลาครึ่งชั่วโมง

ทั้งสองกรณี ทำการทดลองตามขั้นตอนต่อไปนี้เช่นเดียวกัน คือ ทั้งลสาร ก. และลสาร ข. ต่างถูกแบ่ง เป็น 2 ส่วน ดังนี้

ลสาร ก. และลสาร ข.

แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ๆ ละ 70 ลูกบาศก์เซนติเมตร



วัดความหนืดทันที

ทิ้งลสารทั้งสองส่วนไว้ 3 ชั่วโมง

นำมา วัดความหนืดและอัตราเร็วของการแห้งอีกครั้ง

- ในที่นี้
- ค 1 หมายถึง ส่วนแรกของลำาร ก. และลำาร ข. ที่ถูกแบ่งมา 70 ลูกบาศก์เซนติเมตร
 - ค 2 หมายถึง การคำนวณหาปริมาณของ CNSL และโทลูอีน ที่ประกอบอยู่ในลำาร 70 ลูกบาศก์เซนติเมตร นี้ คือ 23.3 ลูกบาศก์เซนติเมตร และ 46.6 ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ
 - ค 3 หมายถึง การเตรียมเฟนิล-ไอโซไซยาเนท 5 % ของ CNSL 23.3 ลูกบาศก์เซนติเมตร ผสมกับปริมาณโทลูอีน ปริมาตรเท่ากับที่คำนวณไว้ คือ 46.6 ลูกบาศก์เซนติเมตร
 - ค 4 หมายถึง ผสมลำารผสมของโทลูอีน และเฟนิล-ไอโซไซยาเนท 5 % กับลำารส่วนแรก 70 ลูกบาศก์เซนติเมตร
 - ง 1 หมายถึง ส่วนที่ล่องของลำาร ก. และลำาร ข. ปริมาณ 70 ลูกบาศก์เซนติเมตร
 - ง 2 หมายถึง การคำนวณหาปริมาณของ CNSL และโทลูอีน ที่ประกอบอยู่ในลำาร 70 ลูกบาศก์เซนติเมตร นี้ คือ 23.3 ลูกบาศก์เซนติเมตร และ 46.6 ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ
 - ง 3 หมายถึง การเตรียมเฟนิล-ไอโซไซยาเนท 10 % ของ CNSL 23.3 ลูกบาศก์เซนติเมตร ผสมกับปริมาณโทลูอีน ซึ่งปริมาตรเท่ากับที่คำนวณไว้ คือ 46.6 ลูกบาศก์เซนติเมตร
 - ง 4 หมายถึง การผสมลำารผสมของโทลูอีน และเฟนิล-ไอโซไซยาเนท 10 % กับลำารส่วนที่ล่อง จำนวน 70 ลูกบาศก์เซนติเมตร

บันทึกผลการทดลองในตารางที่ 4.3 สำหรับกรณีแรกที่ไม่ให้ความร้อนกับตัวอย่าง L1-L8 และตารางที่ 4.4 ของบทที่ 4 ในกรณีให้ความร้อนกับตัวอย่างที่ L1-L8 ลึรูปผลที่ได้ และบันทึกความแตกต่างด้วย

จากผลการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการที่ได้มา จะเลือกเฉพาะผลการทดลองที่ดี เหมาะในการทำสารเคลือบผิววัสดุ มาขยายระดับเป็นระบบใกล้เคียงกับระบบที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม

3.3.2 การทดลองในระบบใกล้เคียงกับระบบที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม

3.3.2.1 การเตรียมตัวอย่าง CNSL

1. ตัวอย่างที่ S1

นำ CNSL 500 กรัม มาละลายในโทลูอีน 1 ลิตร ใส่ในรีแอกเตอร์ เต็มกรดซัลฟูริกเข้มข้น 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงไป ชั่งพารา-ฟอร์มาลดีไฮด์ ปริมาณ 20 กรัม ใส่ลงไปในส่วนผสม หลังจากนั้นให้ความร้อนแก่รีแอกเตอร์เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 120 °C ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วจึงเปิดรีแอกเตอร์ออก นำสารตัวอย่างที่ได้มาวัดความหนืด และอัตราเร็วของการแห้ง ตามวิธีที่จะกล่าวถึงต่อไป

2. ตัวอย่างที่ S2

นำ CNSL 500 กรัม มาละลายในโทลูอีน 1 ลิตร ใส่ในรีแอกเตอร์ เต็มกรดซัลฟูริกเข้มข้นจำนวน 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงไป ชั่งพารา-ฟอร์มาลดีไฮด์ ปริมาณ 25 กรัม ใส่ลงในส่วนผสม หลังจากนั้นให้ความร้อนแก่รีแอกเตอร์เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 120 °C ทิ้งไว้ให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง แล้วจึงเปิดรีแอกเตอร์ออก นำสารตัวอย่างที่ได้มาวัดความหนืด และอัตราเร็วของการแห้ง

3. ตัวอย่างที่ S3

นำ CNSL 500 กรัม มาละลายในโทลูอีน 1 ลิตร ใส่ในรีแอกเตอร์ เต็มกรดซัลฟูริกเข้มข้นจำนวน 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงไป ชั่งพารา-ฟอร์มาลดีไฮด์ ปริมาณ 30 กรัม ใส่ลงในส่วนผสม หลังจากนั้นให้ความร้อนแก่รีแอกเตอร์เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 120 °C ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วจึงเปิดรีแอกเตอร์ออก นำสารตัวอย่างที่ได้มาวัดความหนืด และอัตราเร็วของการแห้ง

4. ตัวอย่างที่ S4

นำ CNSL 500 กรัม มาละลายในโทลูอีน 1 ลิตร ใส่ในรีแอกเตอร์ เต็มกรดซัลฟูริกเข้มข้นจำนวน 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงไป ชั่งพารา-ฟอร์มาลดีไฮด์ ปริมาณ 35 กรัม ใส่ลงไปในส่วนผสม หลังจากนั้นให้ความร้อนแก่รีแอกเตอร์

เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 120° ซ ทั้งไว้ให้เป็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วจึงเปิดรีแอกเตอร์ออก นำลสารตัวอย่างที่ได้มาวัดความหนืด และอัตราเร็วของการแห้ง เช่นกัน

รูปที่ 3.3 และ 3.4 แสดงภาพเครื่องมือขณะทดลอง บันทึกผลการทดลอง ของ S1-S4 ลงในตารางที่ 4.5, 4.6 บทที่ 4

3.3.2.2 วิธีทดลองในการเติมสาร เฟนิล-ไอโซไซยาเนต

นำลสารตัวอย่าง S1-S4 ที่ทดลองแล้วมาเติมเฟนิล-ไอโซไซยาเนต โดยแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ

ก. นำลสาร S1-S4 ไปวัดความหนืด และอัตราการแห้งได้เลย หลังจากเติมเฟนิล-ไอโซไซยาเนต

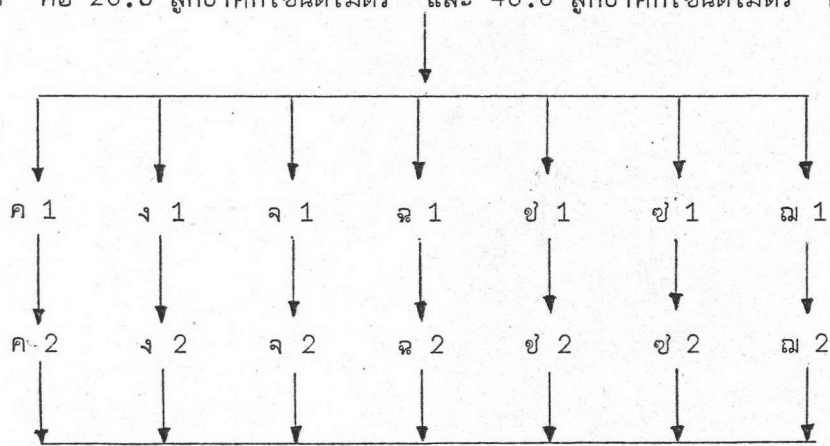
ข. ให้ความร้อนแก่ลสาร S1-S4 ก่อนที่อุณหภูมิ 80° ซ เป็นเวลาครึ่งชั่วโมง หลังจากเติมเฟนิล-ไอโซไซยาเนต แล้ว

ทั้งสองกรณี นำมาทำการทดลองตามขั้นตอนต่อไปนี้ คือ

ลสาร ก. และลสาร ข.

นำมาแบ่งเป็น 7 ส่วน ๆ ละ 70 ลูกบาศก์เซนติเมตร

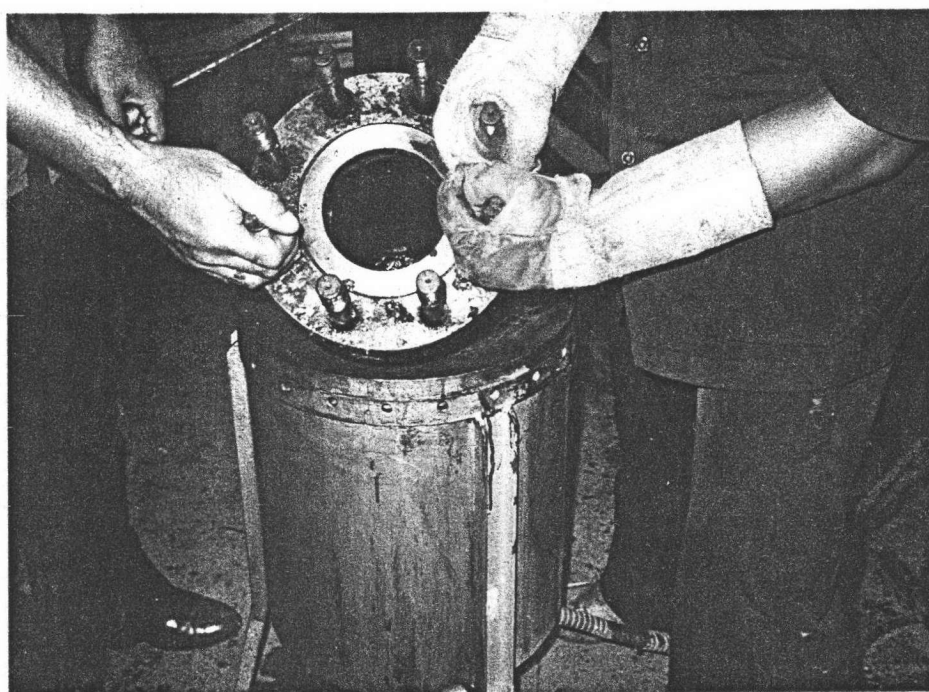
คำนวณปริมาณของ CNSL และโทลูอีน ที่ประกอบอยู่ในลสาร 70 ลูกบาศก์เซนติเมตร คือ 23.3 ลูกบาศก์เซนติเมตร และ 46.6 ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ



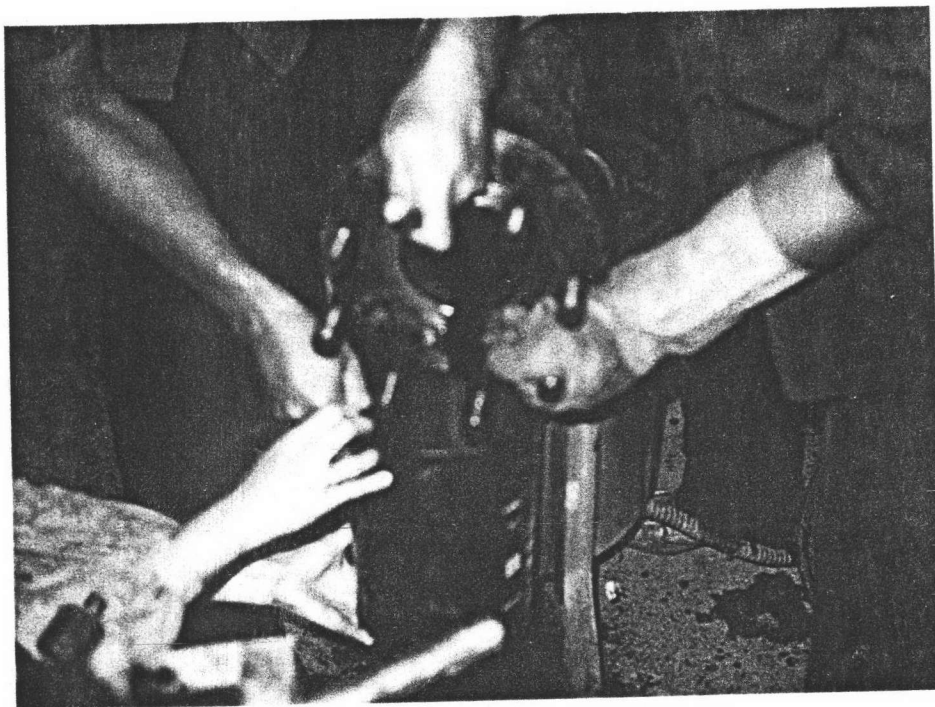
ลสารทุกส่วนนำมาวัดความหนืดทันที

ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 ชั่วโมง

นำมาวัดความหนืดและอัตราเร็วของการแห้ง อีกครั้ง



รูปที่ 3.3 เครื่องปฏิกรณ์ส่วนที่ยกเอียงขึ้นมา เป็นส่วนชั้นในของเครื่อง
สำหรับใส่สารที่ต้องการทดลอง



รูปที่ 3.4 แสดง การทดลอง เมื่อเสิร์จ เรียบร้อย ปล่องให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้อง
จึงนำออกมา เพื่อทำการทดลองขั้นตอนต่อไป

- ในที่นี้
- ค 1 หมายถึง การเตรียมเฟนิล-ไอโซไซยาเนท 5 % ของ CNSL
23.3 ลูกบาศก์เซนติเมตร ผสมกับโทลูอีน 46.6
ลูกบาศก์เซนติเมตร สำหรับสารส่วนที่ 1
- ค 2 หมายถึง นำสารส่วนที่ 1 มาผสมกับสารผสมของโทลูอีน และเฟนิล-
ไอโซไซยาเนท 5 % ของ CNSL
- ง 1 หมายถึง การเตรียมเฟนิล-ไอโซไซยาเนท 6 % ของ CNSL
23.3 ลูกบาศก์เซนติเมตร ผสมกับโทลูอีน 46.6
ลูกบาศก์เซนติเมตร สำหรับสารส่วนที่ 2
- ง 2 หมายถึง นำสารส่วนที่ 2 มาผสมกับสารผสมของโทลูอีน และเฟนิล-
ไอโซไซยาเนท 6 % ของ CNSL
- จ 1 หมายถึง การเตรียมเฟนิล-ไอโซไซยาเนท 7 % ของ CNSL
23.3 ลูกบาศก์เซนติเมตร ผสมกับโทลูอีน 46.6
ลูกบาศก์เซนติเมตร สำหรับสารส่วนที่ 3
- จ 2 หมายถึง นำสารส่วนที่ 3 มาผสมกับสารผสมของโทลูอีน และเฟนิล-
ไอโซไซยาเนท 7 % ของ CNSL
- ฉ 1 หมายถึง การเตรียมเฟนิล-ไอโซไซยาเนท 8 % ของ CNSL
23.3 ลูกบาศก์เซนติเมตร ผสมกับโทลูอีน 46.6
ลูกบาศก์เซนติเมตร สำหรับสารส่วนที่ 4
- ฉ 2 หมายถึง นำสารส่วนที่ 4 มาผสมกับสารผสมของโทลูอีน และเฟนิล-
ไอโซไซยาเนท 8 % ของ CNSL
- ช 1 หมายถึง การเตรียมเฟนิล-ไอโซไซยาเนท 9 % ของ CNSL
23.3 ลูกบาศก์เซนติเมตร ผสมกับโทลูอีน 46.6
ลูกบาศก์เซนติเมตร สำหรับสารส่วนที่ 5
- ช 2 หมายถึง นำสารส่วนที่ 5 มาผสมกับสารผสมของโทลูอีน และเฟนิล-
ไอโซไซยาเนท 9 % ของ CNSL
- ช 1 หมายถึง การเตรียมเฟนิล-ไอโซไซยาเนท 10 % ของ CNSL
23.3 ลูกบาศก์เซนติเมตร ผสมกับโทลูอีน 46.6
ลูกบาศก์เซนติเมตร สำหรับสารส่วนที่ 6

- ในที่นี้
- ข 2 หมายถึง นำสารส่วนที่ 6 มาผสมกับสารผสมของโทลูอีน และเฟนิล-ไอโซไซยาเนท 10 % ของ CNSL
- ฅ 1 หมายถึง การเตรียมเฟนิล-ไอโซไซยาเนท 15 % ของ CNSL 23.3 ลูกบาศก์เซนติเมตร ผสมกับโทลูอีน 46.6 ลูกบาศก์เซนติเมตร สำหรับสารส่วนที่ 7
- ฅ 2 หมายถึง นำสารส่วนที่ 7 มาผสมกับสารผสมของโทลูอีน และเฟนิล-ไอโซไซยาเนท 15 % ของ CNSL

บันทึกผลการทดลองที่ได้สำหรับกรณีแรก ในตารางที่ 4.7 บทที่ 4 และกรณีที่ 2 ในตารางที่ 4.8 บทที่ 4

3.4 วิธีวัดความหนืดโดยใช้ฟอร์ดคัพหมายเลข 4 (Ford Cup No. 4 ของ Sheen)

ฟอร์ดคัพหมายเลข 4 มีขนาดของ Orifice 4.11 มิลลิเมตร เมื่อจะวัดความหนืด ต้องใส่สารที่ต้องการจะวัดให้เต็มถึงขอบบนของถ้วยพอดี โดยใช้นิ้วชี้อุดตรงปลายรูนั้น เริ่มจับเวลาเป็นวินาทีทันที หลังจากปล่อยให้สารไหลผ่านรูเป็นสายต่อเนื่องกัน จนกระทั่งสายของของเหลวนั้นเริ่มขาดตอน สิ่งหยุดจับเวลา

รูปที่ 3.5 แสดงภาพฟอร์ดคัพ หมายเลข 4

ผลการวัดความหนืดของสารตัวอย่าง L1-L8 บันทึกในตารางที่ 4.2 บทที่ 4

3.5 วิธีวัดอัตราเร็วของการแห้ง⁽¹⁴⁾ (Drying time rate)

นำสารตัวอย่าง L1-L8 และ S1-S4 มาวัดอัตราเร็วของการแห้งเป็นนาทีโดยทาลำลงบนกระดาษ และไม้ วัดด้วยวิธี Dry-To-Touch-Time และ Dry-Through-Time (Dry-To-Handle) ดังจะอธิบายต่อไปนี้

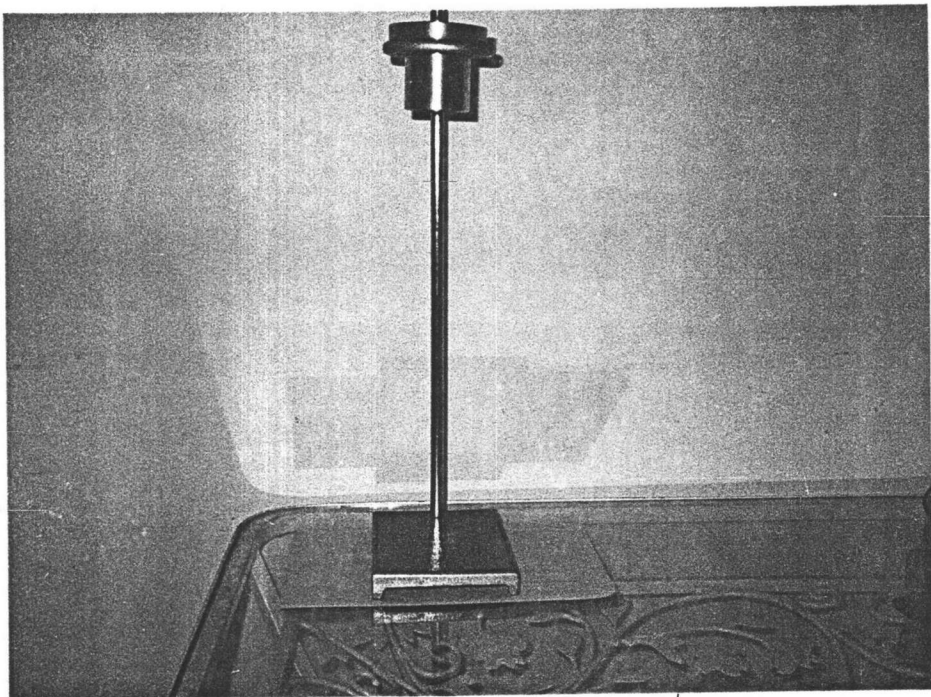
อัตราเร็วของสารแห้งที่ผิว (Dry-To-Touch-Time)

ฟิล์มที่เคลือบผิววัสดุจะถือว่าแห้งเมื่อไม่มีสารติดมากับนิ้วมือ ที่แตะลงบนฟิล์มที่ทาไว้ แม้จะเอานิ้วมือลูบฟิล์มนั้นเบา ๆ บันทึกเวลาตั้งแต่ทาลำเคลือบผิวเสร็จ จนกระทั่งถือว่าแห้งโดยวิธีดังกล่าวแล้ว

อัตราเร็วของการแห้งแข็ง (Dry-Through-Time or Dry-To-Handle)

วางแผ่นไม้และกระจกที่เคลือบผิวไว้แล้วลงบนพื้นราบ ใช้นิ้วหัวแม่มือแตะโดยการยกแขนขึ้นเล็มอไหล่เหนือแผ่นวัสดุทดสอบซึ่งอยู่ในระดับเอว เพื่อให้นิ้วหัวแม่มือกดลงบนแผ่นฟิล์มแรงที่สุด ขณะเดียวกันก็บิดนิ้วหัวแม่มือไป 90° บนแผ่นฟิล์มนั้น จะถือว่าแห้ง เมื่อไม่มีการหลุดร่วงหรือมีสารเคลือบผิวติดนิ้วมาด้วย บันทึกเวลาตั้งแต่ทาลำรเคลือบผิวเสร็จ จนกระทั่งถือว่าแห้งโดยวิธีข้างต้น*

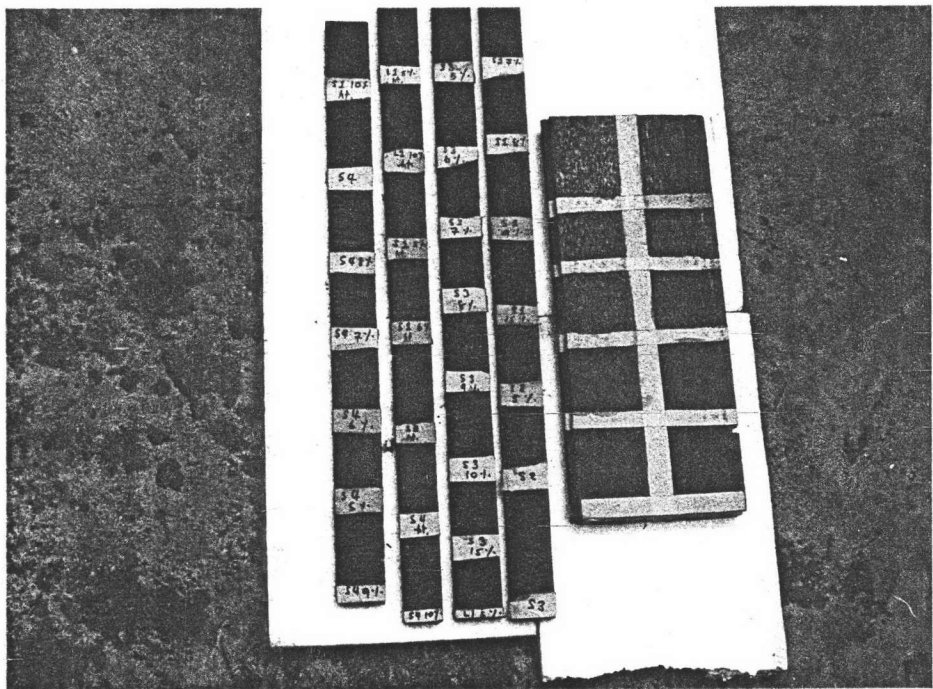
รูปที่ 3.6 และรูปที่ 3.7 แสดงกระจก และไม้ ที่ทาลำรตัวอย่างเพื่อหาอัตราเร็วของการแห้ง



รูปที่ 3.5 เครื่องวัดความหนืดชนิดพอร์ต คัพ หมายเลข 4 ของจีน



รูปที่ 3.6 แสดงการทาสีที่ทดลองแล้วบนแผ่นกระดาษ เพื่อวัดอัตราการแห้ง



รูปที่ 3.7 แสดงการทำสารที่ทดลองแล้วลงบนแผ่นไม้ เพื่อวัดอัตราการแห้ง

นำตัวอย่างของสารที่ได้ ทั้งในระดับห้องปฏิบัติการ และในระบบใกล้เคียงกับระบบ
ที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม มาวัดอัตราการเกาะโดยแผ่นเทป ดังนี้

3.6 การวัดการยึดเกาะโดยแผ่นเทป (15) (Measuring Adhesion by Tape Test)
โดยวิธี Cross-Cut Tape Test (Method B)

วิธีนี้เหมาะสมกับสารที่นำมาเคลือบผิววัสดุแล้ว ได้ฟิล์มที่เคลือบมีความหนาน้อยกว่า
5 mils. (125 ไมครอน) เป็นการตรวจพิจารณาการยึดเกาะกับวัสดุที่ดี แต่ไม่ได้ทดสอบการ
ยึดเกาะกับวัสดุที่ติดอยู่แล้ว เปรียบเทียบกันว่าชนิดใดดีกว่า ลักษณะอย่างนี้จะต้องใช้วิธีอื่นที่ซับซ้อน
และยุ่งยากกว่าวิธีที่จะกล่าวถึง

3.6.1 เครื่องมือที่ใช้

3.6.1.1 มีดตัดเทป และกรีดลงบนแผ่นฟิล์มที่มีความคมเพียงพอที่จะกรีดลง
บนแผ่นฟิล์มได้ดี

3.6.1.2 เทป มีขนาดกว้าง 1 นิ้ว (25 มิลลิเมตร) เป็นเทปใส ให้
แสงผ่านได้บ้าง (Semi-transparent pressure-sensitive tape)

3.6.1.3 ยางลบดินสอที่เสียบปลายแท่งดินสอ

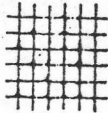
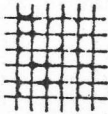
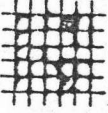
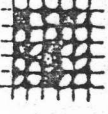
3.6.1.4 แล่งไฟ ที่ช่วยให้สังเกตเห็นรอยต่าง ๆ ได้ชัดเจน

3.6.1.5 แว่นขยาย

3.6.2 วิธีทดสอบ

ไม้ที่เคลือบด้วยสาร L1-L8 และ S1-S4 นำมาวัดความหนาด้วย
เครื่องมือวัดความหนา หากฟิล์มที่เคลือบมีความหนา 50 ไมครอน ให้ใช้มีดกรีดเป็นตารางใน
แนวขนาน และแนวขวางอย่างละ 8 ครั้ง มีระยะห่างระหว่างกัน 1 มิลลิเมตร แต่ถ้าฟิล์ม
มีความหนา 50-125 ไมครอน ให้ใช้มีดกรีดลงบนแผ่นฟิล์มในแนวขนานและแนวขวาง อย่างละ
6 ครั้ง และให้ระยะห่างระหว่างกัน 2 มิลลิเมตร การใช้มีดต้องกรีดให้ลึกถึงตัววัสดุ หลัง
จากนั้นใช้แปรง หรือกระดาษนุ่ม ๆ บัดเศษผงที่เกิดจากการกรีดฟิล์มออก ปิดเทปที่ตัดเตรียมไว้
แล้ว ซึ่งมีความยาว 3 นิ้ว (75 มิลลิเมตร) ลงบนตารางที่กรีด ใช้ยางลบที่เสียบอยู่ปลาย
แท่งดินสอกดเบา ๆ ให้ทั่ว เพื่อให้เทปติดกับฟิล์มได้ดี ทิ้งไว้ประมาณ 90 วินาที จึงลอกเทป
ออกอย่างรวดเร็วเป็นแนวตรง ใช้แว่นขยายสังเกตลักษณะตารางที่แผ่นเทป เปรียบเทียบกับ
ตารางในรูปที่ 3.8 แล้วจัดลำดับตามหมายเลข ดังต่อไปนี้

Classification of Adhesion Test Results

Classification	Surface of cross-cut area from which flaking has occurred. (Example for six parallel cuts)
5	None
4	
3	
2	
1	
0	Greater than 65%

รูปที่ 3.8 การจัดลำดับการยึดเกาะกับวัสดุ

ในพีซี	หมายเลข	5	หมายถึง	ไม่มีส่วนใด หรือขอบของรอยกรีด หลุดออกมาเลย
	หมายเลข	4	หมายถึง	มีส่วนที่หลุดลอกออกมาบ้าง ไม่เกิน 5 % ของพื้นที่รอยกรีดทั้งหมด
	หมายเลข	3	หมายถึง	มีส่วนที่หลุดลอกออกมาตามขอบและรอยกรีดที่ตัดกันประมาณ 5-15 % ของพื้นที่รอยกรีดทั้งหมด
	หมายเลข	2	หมายถึง	ส่วนที่หลุดออกมาคิดเป็น 15-35 % ของพื้นที่รอยกรีดทั้งหมด

ในชั้นนี้ หมายเลข 1 หมายถึง ส่วนที่หลุดออกมาคิดเป็น 35-65 % ของพื้นที่
รอยกรีดทั้งหมด

หมายเลข 0 หมายถึง มีส่วนที่หลุดออกมามากกว่าหมายเลข 1

บันทึกผลการทดสอบในตารางที่ 4.9 และ 4.10 บทที่ 4