บทที่ 3
การทดลอง

3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

วัสดุที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย

3.1.1 น้ำยางธรรมชาติชนิดความเข้มข้นร้อยละ 60

ตารางที่ 3.1 สมบัติทางเคมีของน้ำยางข้นร้อยละ 60

สมบัติ	ผลการทดสอบ	มาตรฐานของน้ำยางชนิดแอมโมเนียความเข้มข้นสูง
Sample reference	Batch No. T2 311043	
Date of production	-	
Total solid content, (% by wt.)	61.79	61.5 min.
Dry rubber content, (% by wt)	60.20	60.0 min.
Non rubber content, (% by wt.)	1.59	2.0 min.
Ammonia content (on total weight), (%by wt.)	0.76	0.6 min.
Ammonia content (on water phase), (% by	1.99	
wt.)	1243	650 min.
Mechanical stability time @ 55% TS, seconds	0.020	0.20 max.
Volatile fatty acid number (VFA number)	0.58	1.0 max.
Potassium hydroxide number (KOH number)	10.32	
pH of latex	0.943	
Specific gravity at 25 ^{0}C	0.003	0.10 max.
Sludge content, % (m/m)	0.002	0.05 max.
Coagulum content, % (m/m)	1.90	8 max
Copper content, mg/kg of total solid	0.27	8 max
Manganese content, mg/kg of total solid		

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

สมบัติ	ผลการทดสอบ	มาตรฐานของน้ำยางชนิดแอมโมเนียความเข้มข้นสูง
Magnesium content on solid, ppm	25	
Viscosity at 61 TSC< 25 ^{0} C by Brookfield LVT;	190	
Spindle No. 1. Speed 6 rpm (cPs)	109	
2. Speed 30 rpm (cPs)	88	
3. Speed 60 rpm (cPs)		

3.1.2 สารเคมีที่เติมในน้ำยางสูตรปกติ

สารเคมีที่เติมในน้ำยางมีแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 สารเคมีที่เติมในน้ำยาง

ชื่อสารเคมี	หน้าที่
โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH)	เพิ่มความคงตัวให้น้ำยาง
ซัลเฟอร์ (S)	ช่วยให้ยางคงรูป
ซิงก์ออกไซด์ (ZnO)	กระตุ้นการวัลคาไนซ์
ซิงก์ไดเอทธิลไดไธโอคาร์บาเมต (ZDEC)	เร่งปฏิกิริยาการคงรูปของยาง
ซิงก์ 2 – เมอเคปโทเบนซ์ไทอาโซล (ZMBT)	เร่งปฏิกิริยาการคงรูปของยาง
วิงสเตย์ – แอล (Wing Stay - L)	ป้องกันยางเสื่อม

3.1.3 พอลิเมอร์ที่ละลายน้ำได้

ในงานวิจัยนี้ใช้พอลิเมอร์ 3 ชนิดดังนี้

- **พอลิเอทิลีไกลคอล** (Polyethylene glycol , PEG) ชนิดมีน้ำหนักโมเลกุล 1000 จากบริษัท APS CHEMICALS
    - มีลักษณะเป็นของเหลวใสหรือของแข็งสีขาว
    - ในกรณีที่เป็นของแข็งมีจุดหลอมเหลว 35-60 °C
    - ในกรณีที่เป็นของเหลว ความดันไอต่ำ ความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.1 ที่ความเข้มข้นประมาณ 5% จะมี pH 4-7
    - มีโครงสร้างเป็น $CH_2OH(CH_2OCH_2)_nCH_2OH$ น้ำหนักโมเลกุล 200-8,000
    - สามารถผสมกับน้ำและตัวทำละลายอินทรีย์เคมีได้หลายชนิด
- **แป้ง** (starch soluble) จากบริษัท APS CHEMICALS
    - มีลักษณะเป็นผงสีขาว
    - มีค่า pH 5.0 – 7.0
    - โครงสร้าง $(C_6H_{10}O_5)_n$ ละลายในน้ำ
- **พอลิไวนิลแอลกอฮอล์** (Polyvinyl alcohol, PVA) เกรดห้องทดลอง จาก Carlo Erba Reagenti RPE. มีค่า
    - ดัชนีเอสเทอริฟิเคชั่น : 140$\pm$ 10
    - สารละลายความเข้มข้น 4% มีความหนืด24.5-27.5 เมกะปาสคาล (ที่อุณหภูมิ 20 °C)

3.1.4 ผ้าฝ้ายถักฟอกขาวโครงสร้างซิงเกอร์เจอซี่ เบอร์ด้าย 20/1

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

3.2.1 อุปกรณ์การเตรียมน้ำยางผสม

- เครื่องกวนน้ำยางกับสารเคมีรุ่น 2060 R ผลิตโดยบริษัท Voss
- ถังสเตนเลสขนาดความจุ 1 ลิตร
- บีกเกอร์ขนาด 50 และ 1000 มิลลิลิตร

- เครื่องชั่งไฟฟ้ารุ่น PM30-K ผลิตโดยบริษัท METTLER
- กระดาษฟอยด์

3.2.2 อุปกรณ์การเตรียมสารละลายพอลิเมอร์

- บีกเกอร์ขนาด 1000 มิลลิลิตร
- เครื่องชั่ง
- แท่งแม่เหล็กคน

3.2.3 อุปกรณ์การขึ้นรูปชิ้นงาน

- หลอดทดลองชนิดทนความร้อนขนาดใหญ่
- บีกเกอร์ชนิดทนความร้อนขนาด 1 ลิตรชนิดทรงสูง
- บีกเกอร์ขนาด 2000 มิลลิลิตร
- แท่นสำหรับเสียบหลอดทดลอง
- ภาชนะที่สามารถทนความร้อนสำหรับใส่บีกเกอร์วางในเตาอบ
- เทอร์โมมิเตอร์
- นาฬิกาจับเวลา
- เตาอบ
- อ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath)

3.2.4 อุปกรณ์ในการทดสอบและวิเคราะห์

- อุปกรณ์หาค่าปริมาณของแข็งในน้ำยางผสม

- บีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร
- เครื่องชั่งไฟฟ้ารุ่น AE200 ผลิตโดยบริษัท METTLER
- จานเพาะเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว
- เตาอบ

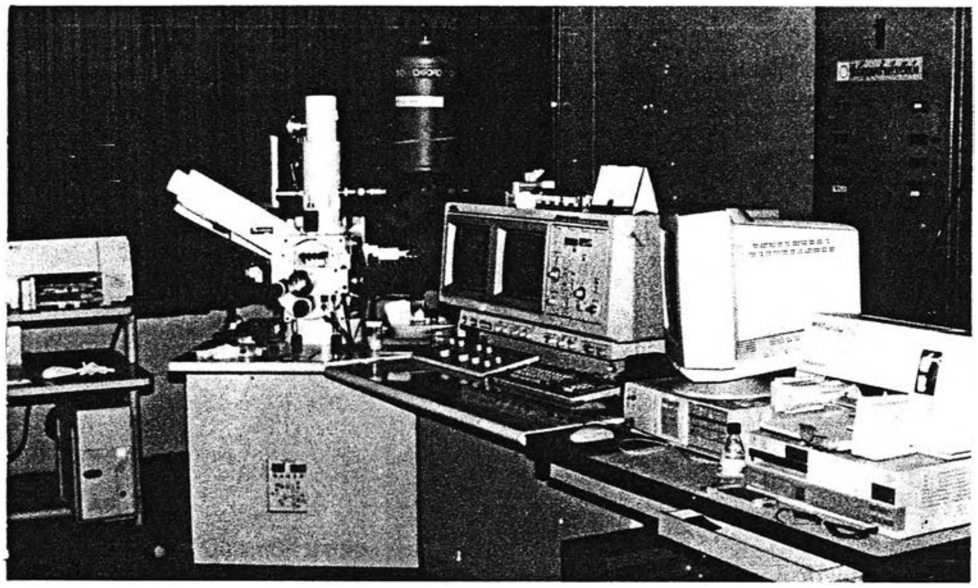
- อุปกรณ์หาองศาการคงรูปของน้ำยางผสมโดยการใช้คลอโรฟอร์ม

- บิกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร
- แท่งแก้วคน

- เครื่องมือทดสอบความแข็งแรงทนต่อการดึง

- เครื่องมือทดสอบความแข็งแรงทนต่อการดึง (Tensile strength tester) รุ่น LR5K ผลิตโดยบริษัท LLOYD

- เครื่องตัดตัวอย่างยางแบบใช้กำลังลม (compress air sample cutter) รุ่น SDAP-100-N
- เครื่องวัดความหนา (thickness gauge) ผลิตโดยบริษัท Toyoseiki
- **กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราด** (Scanning Electron Microscope) รุ่น JSM-6400 ผลิตโดยบริษัท JEOL



รูปที่ 3.1 กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราด

(Scanning Electron Microscope)

- **เครื่องทดสอบความสามารถในการซึมผ่านของอากาศ** (air permeability tester) รุ่น AP360D ผลิตโดยบริษัท DAIE KAGAKU SEIKI MFG.
- **เครื่องทดสอบการสะท้อนน้ำ** (Spray Tester) ผลิตโดยบริษัท Crown Royal

3.3 วิธีการดำเนินการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการเตรียมแผ่นยางธรรมชาติให้มีรูพรุนด้วยการผสมพอลิเมอร์ละลายน้ำเข้าไปในขั้นตอนการเตรียมน้ำยางแล้วทำการไล่พอลิเมอร์ออกในขั้นตอนการขึ้นรูป โดยมีวิธีการดำเนินการทดลองดังนี้

ขั้นตอนการเตรียมน้ำยางประกอบด้วย

- การหาความสามารถในการละลายน้ำของพอลิเมอร์

- การคำนวณหาสูตรน้ำยางผสมพอลิเมอร์
- การผสมน้ำยางและพอลิเมอร์

ขั้นตอนการขึ้นรูปแผ่นยางและการเคลือบยางบนผ้า

ขั้นตอนการทดสอบสมบัติ

3.3.1 การหาความสามารถในการละลายน้ำของพอลิเมอร์

พอลิเมอร์ที่ใช้ในการทดลองนี้มี 3 ชนิด คือ พอลิเอทิลีนไกลคอล (Polyethylene glycol, PEG) แป้ง (starch) และพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Polyvinyl alcohol, PVA)

วิธีทดลอง

ทดสอบหาความสามารถในการละลายน้ำของพอลิเมอร์ทั้ง 3 ชนิดข้างต้น โดยชั่งพอลิเมอร์และเติมน้ำลงในพอลิเมอร์ตามสัดส่วนความเข้มข้นต่างๆแล้วคนให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกันที่อุณหภูมิห้อง ถ้าพอลิเมอร์ไม่สามารถละลายที่อุณหภูมิห้อง ให้อุ่นของผสมนั้นและคนจนสามารถละลายพอลิเมอร์ได้หมด แล้วตรวจสอบดูว่าพอลิเมอร์แต่ละชนิดมีความสามารถละลายน้ำได้มากที่สุดเท่าใด

3.3.2 การคำนวณหาสูตรน้ำยางผสมพอลิเมอร์

การหาสูตรน้ำยางผสมพอลิเมอร์จะยึดสูตรน้ำยางปกติเป็นบรรทัดฐาน แล้วแปรค่าปริมาณพอลิเมอร์และน้ำที่เติม โดยในแต่ละสูตรจะคงที่ปริมาณเนื้อของแข็งทั้งหมดโดยที่ให้คงปริมาณเนื้อของแข็งไว้ราว 35% (TSC = 35%) ดังตัวอย่างการคำนวณและตารางที่ 3.3-3.12

ตาราง 3.3 ตัวอย่างสูตรน้ำยางปกติ

สารเคมี	น้ำหนักแห้ง (กรัม)	น้ำหนักเปียก (กรัม)
60 % น้ำยางข้น	100.00	167.00
10 % KOH	0.10	1.00
50 % Sulphur	0.70	1.40
50 % ZDEC	0.80	1.60
50 % ZMBT	0.20	0.40
50 % Wingstay-L	0.75	1.50
50 % ZnO	0.80	1.60
น้ำ	0.00	120.79
รวม	103.35	295.29

ตัวอย่างการคำนวณน้ำหนักเปียกจากน้ำหนักแห้ง

น้ำยางเข้มข้นร้อยละ 60 แสดงว่ามีเนื้อยางอยู่ 60 ส่วนจากทั้งหมด 100 ส่วน นั่นคือ
เนื้อยาง 60 ส่วน มีน้ำหนักเปียกเท่ากับ 100
หากต้องการเนื้อยาง 100 ส่วน ควรมีน้ำหนักเปียก $\frac{100X100}{60} = 167$

โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 10 แสดงว่ามีโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์อยู่ 10 ส่วน และน้ำ 90 ส่วน
ดังนั้นต้องการโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ 10 ส่วนจะมีน้ำหนักเปียก 100
หากต้องการโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ 0.1 ส่วนควรมีน้ำหนักเปียก $\frac{100X0.1}{10} = 1$

จากนั้นคำนวณน้ำหนักเปียกของสารที่เหลือจนครบแล้วจึงคำนวณหาค่าปริมาณเนื้อของแข็ง(TSC) ซึ่งในที่นี้ต้องการของแข็งทั้งหมด 35 % (TSC = 35%) และสุดท้ายคำนวณหาปริมาณน้ำที่ต้องเติมเพิ่มดังนี้

ปริมาณเนื้อของแข็ง (TSC) 35 ส่วน มีน้ำหนักเปียก 100 ส่วน
หากต้องการปริมาณเนื้อของ 103.35 ส่วนควรมีน้ำหนักเปียก $\frac{100 X 103.35}{35} = 295.29$

น้ำหนักเปียกของสารทั้งหมดที่เป็นเนื้อของแข็งมีค่า174.5
(คือ167.00+1.00+1.40+1.60+0.40+1.50+1.60)
ดังนั้นต้องเติมน้ำเพิ่มอีก 295.29 – 174.5 = 120.79

ต่อไปทำการคำนวณหาสูตรน้ำยางผสมพอลิเมอร์ที่ความเข้มข้นต่างๆกัน ตามวิธีคำนวณข้างต้น และได้สูตรน้ำยางผสมพอลิเมอร์ต่างๆดังแสดงในตารางที่ 3.4 – 3.12

ตาราง 3.4 สูตรน้ำยางผสมพอลิเมอร์ความเข้มข้น 1 % ปริมาณ 1 ส่วนต่อน้ำหนักยางแห้ง 100 ส่วน

สารเคมี	น้ำหนักแห้ง (กรัม)	น้ำหนักเปียก (กรัม)
60 % น้ำยางข้น	100.00	167.00
10 % KOH	0.10	1.00
50 % Sulphur	0.70	1.40
50 % ZDEC	0.80	1.60
50 % ZMBT	0.20	0.40
50 % Wingstay-L	0.75	1.50
50 % ZnO	0.80	1.60
1 % พอลิเมอร์	1.00	100
น้ำ	0.00	23.64
รวม	104.35	298.14

ตาราง 3.5 สูตรน้ำยางผสมพอลิเมอร์ความเข้มข้น 5 % ปริมาณ 1 ส่วนต่อน้ำหนักยางแห้ง 100 ส่วน

สารเคมี	น้ำหนักแห้ง (กรัม)	น้ำหนักเปียก (กรัม)
60 % น้ำยางข้น	100.00	167.00
10 % KOH	0.10	1.00
50 % Sulphur	0.70	1.40
50 % ZDEC	0.80	1.60
50 % ZMBT	0.20	0.40
50 % Wingstay-L	0.75	1.50
50 % ZnO	0.80	1.60
5 % พอลิเมอร์	1.00	20.00
น้ำ	0.00	103.64
รวม	104.35	298.14

ตาราง 3.7 สูตรน้ำยางผสมพอลิเมอร์ความเข้มข้น 5 % ปริมาณ 2 ส่วนต่อน้ำหนักยางแห้ง 100 ส่วน

สารเคมี	น้ำหนักแห้ง (กรัม)	น้ำหนักเปียก (กรัม)
60 % น้ำยางข้น	100.00	167.00
10 % KOH	0.10	1.00
50 % Sulphur	0.70	1.40
50 % ZDEC	0.80	1.60
50 % ZMBT	0.20	0.40
50 % Wingstay-L	0.75	1.50
50 % ZnO	0.80	1.60
5 % พอลิเมอร์	2.00	40.00
น้ำ	0.00	86.50
รวม	105.35	301.00

ตาราง 3.7 สูตรน้ำยางผสมพอลิเมอร์ความเข้มข้น 5 % ปริมาณ 3 ส่วนต่อน้ำหนักยางแห้ง 100 ส่วน

สารเคมี	น้ำหนักแห้ง (กรัม)	น้ำหนักเปียก (กรัม)
60 % น้ำยางข้น	100.00	167.00
10 % KOH	0.10	1.00
50 % Sulphur	0.70	1.40
50 % ZDEC	0.80	1.60
50 % ZMBT	0.20	0.40
50 % Wingstay-L	0.75	1.50
50 % ZnO	0.80	1.60
5 % พอลิเมอร์	3.00	60.00
น้ำ	0.00	69.36
รวม	106.35	303.86

ตาราง 3.8 สูตรน้ำยางผสมพอลิเมอร์ความเข้มข้น 5 % ปริมาณ 4 ส่วนต่อน้ำหนักยางแห้ง 100 ส่วน

สารเคมี	น้ำหนักแห้ง (กรัม)	น้ำหนักเปียก (กรัม)
60 % น้ำยางข้น	100.00	167.00
10 % KOH	0.10	1.00
50 % Sulphur	0.70	1.40
50 % ZDEC	0.80	1.60
50 % ZMBT	0.20	0.40
50 % Wingstay-L	0.75	1.50
50 % ZnO	0.80	1.60
5 % พอลิเมอร์	4.00	80.00
น้ำ	0.00	52.21
รวม	107.35	306.71

ตาราง 3.9 สูตรน้ำยางผสมพอลิเมอร์ความเข้มข้น 5 % ปริมาณ 5 ส่วนต่อน้ำหนักยางแห้ง 100 ส่วน

สารเคมี	น้ำหนักแห้ง (กรัม)	น้ำหนักเปียก (กรัม)
60 % น้ำยางข้น	100.00	167.00
10 % KOH	0.10	1.00
50 % Sulphur	0.70	1.40
50 % ZDEC	0.80	1.60
50 % ZMBT	0.20	0.40
50 % Wingstay-L	0.75	1.50
50 % ZnO	0.80	1.60
5 % พอลิเมอร์	5.00	100.00
น้ำ	0.00	35.07
รวม	108.35	309.57

ตาราง 3.10 สูตรน้ำยางผสมพอลิเมอร์เข้มข้น 10 % ปริมาณ 10 ส่วนต่อน้ำหนักยางแห้ง 100 ส่วน

สารเคมี	น้ำหนักแห้ง (กรัม)	น้ำหนักเปียก (กรัม)
60 % น้ำยางข้น	100.00	167.00
10 % KOH	0.10	1.00
50 % Sulphur	0.70	1.40
50 % ZDEC	0.80	1.60
50 % ZMBT	0.20	0.40
50 % Wingstay-L	0.75	1.50
50 % ZnO	0.80	1.60
10 % พอลิเมอร์	10.00	100.00
น้ำ	0.00	49.36
รวม	113.35	323.86

ตาราง 3.11 สูตรน้ำยางผสมพอลิเมอร์เข้มข้น 20 % ปริมาณ 20 ส่วนต่อน้ำหนักยางแห้ง 100 ส่วน

สารเคมี	น้ำหนักแห้ง (กรัม)	น้ำหนักเปียก (กรัม)
60 % น้ำยางข้น	100.00	167.00
10 % KOH	0.10	1.00
50 % Sulphur	0.70	1.40
50 % ZDEC	0.80	1.60
50 % ZMBT	0.20	0.40
50 % Wingstay-L	0.75	1.50
50 % ZnO	0.80	1.60
20 % พอลิเมอร์	20.00	100.00
น้ำ	0.00	77.92
รวม	123.35	352.42

ตารางที่ 3.12 สูตรน้ำยางผสมพอลิเมอร์เข้มข้น 30 % ปริมาณ 30 ส่วนต่อน้ำหนักยางแห้ง 100 ส่วน

สารเคมี	น้ำหนักแห้ง (กรัม)	น้ำหนักเปียก (กรัม)
60 % น้ำยางข้น	100.00	167.00
10 % KOH	0.10	1.00
50 % Sulphur	0.70	1.40
50 % ZDEC	0.80	1.60
50 % ZMBT	0.20	0.40
50 % Wing Stay-L	0.75	1.50
50 % ZnO	0.80	1.60
30 % พอลิเมอร์	30.00	100.00
น้ำ	0.00	106.5
รวม	133.35	381.0

3.3.3 การผสมน้ำยางและพอลิเมอร์

กวนน้ำยางความเข้มข้นร้อยละ 60 เป็นเวลา 10 นาทีเพื่อไล่แอมโมเนีย จากนั้นเติมสารละลายโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 10 เติมสารละลายซัลเฟอร์ แล้วตามด้วยสารละลายซิงก์ไดเอทธิลไดไธโอคาร์บาเมต (ZDEC) และ ซิงค์ 2 - เมอเคปโทเบนซ์ไทอาโซล (ZMBT) เติมวิงสเตย์ - แอล (Wing Stay - L) ซิงก์ออกไซด์ (ZnO) พอลิเมอร์และเติมน้ำเป็นลำดับสุดท้าย ในการเติมสารต่างๆ ลงใน

น้ำยางควรคนให้สารที่เติมลงไปผสมเป็นเนื้อเดียวกับน้ำยางก่อนการเติมสารชนิดต่อไปเสมอ เมื่อเติมสารทุกชนิดและน้ำลงในน้ำยางครบแล้วให้กวนต่อไปอีกเป็นเวลาประมาณ 45 นาที แล้วจึงบ่มที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นทดสอบหาค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด (TSC) และหาองศาการคงรูปของน้ำยางทุกวันจนได้องศาการคงรูประดับ 3 ที่เหมาะแก่การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ดังวิธีทดสอบต่อไปนี้

3.3.3.1 การทดสอบหาปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยาง

การทดสอบหาปริมาณของแข็งทั้งหมด (TSC) ในน้ำยางจะกระทำ 3 ครั้งต่อ 1 ตัวอย่าง มีวิธีการทดสอบตามลำดับดังนี้

1. อบและชั่งน้ำหนักของจานแก้ว ด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่งจดบันทึกน้ำหนัก (จานแก้วที่จะมาใช้ทดสอบควรเป็นจานแก้วที่สะอาดอบในตู้อบจนแห้งแล้วนำเข้าเก็บในภาชนะแก้วดูดความชื้น (desiccator)
2. เทน้ำยาง 2.0 ± 0.5 กรัม ลงบนจานแก้ว จดบันทึกน้ำหนัก
3. เอียงจานแก้วหมุนช้า ๆ เพื่อให้น้ำยางแผ่กระจายทั่วจานแก้ว
4. นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 70 ^{0} C เป็นเวลา 16 ชั่วโมง
5. นำออกจากตู้อบแล้วทิ้งให้เย็นในภาชนะแก้วดูดความชื้น (desiccator)
6. ชั่งน้ำหนักจานแก้วที่มีแผ่นยางแห้ง จดบันทึกน้ำหนักแล้วนำเข้าไปอบซ้ำนาน 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นในภาชนะแก้วดูดความชื้นแล้วชั่งน้ำหนักอีกครั้ง อบและชั่งน้ำหนักแบบนี้จนน้ำหนักที่หายไปเริ่มคงที่โดยมีความแตกต่างกันน้อยกว่า 1 มิลลิกรัม
7. คำนวณหาร้อยละของปริมาณของแข็งทั้งหมด (%TSC) จากสมการ 3.1

$$\% \text{ TSC} = \frac{M_1 \text{ X } 100}{M_0}$$

M_0 = น้ำหนักของน้ำยางและจานแก้ว – น้ำหนักของจานแก้ว (หน่วยเป็นกรัม)

M_1 = น้ำหนักของแผ่นยางแห้ง และจานแก้ว – น้ำหนักของจานแก้ว (หน่วยเป็นกรัม)

ผลทดสอบทั้ง 3 ครั้งต้องต่างกันไม่เกิน 0.2 หน่วย แล้วหาค่าเฉลี่ยของผลที่ได้

3.3.3.2 การทดสอบหาองศาการคงรูปของน้ำยาง

การทดสอบนี้มีวิธีทำดังต่อไปนี้

1. เทน้ำยางปริมาตร 1 มิลลิลิตรลงในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร
2. หยดสารละลายคลอโรฟอร์มลงในน้ำยางจนน้ำยางจับตัวเป็นก้อน จากนั้นนำก้อนยางที่ได้มาลองดึงดู หากสามารถดึงให้ขาดออกจากกันได้เหมือนก้อนดินน้ำมันแสดงว่ายางมีการคงรูปปานกลางเหมาะแก่การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ตารางที่ 3.13 แสดงลักษณะและการคงรูปของยาง

ตารางที่ 3.13 ลักษณะและการคงรูปของยาง

สถานะของยาง	ลักษณะการจับตัวของยาง
ยังไม่คงรูป (unvulcanied)	เป็นก้อนเหนียว
คงรูปบ้างเล็กน้อย (lightly vulcanized)	เป็นก้อนนุ่มหยาบ ๆ
คงรูปปานกลาง (moderate vulcanized)	เป็นเม็ดร่วนไม่เหนียวดึงขาดได้เหมือนดินน้ำมัน
คงรูปเต็มที่ (fully vulcanized)	เป็นเม็ดแห้ง ๆ ร่วนและละเอียด

3.3.4 การขึ้นรูปแผ่นยางและการเคลือบยางบนผ้า

การขึ้นรูปชิ้นงานในงานวิจัยนี้จะใช้วิธีขึ้นรูปโดยใช้เทคนิคการจุ่มโดยใช้สารช่วยน้ำยางจับตัวซึ่งสารที่ใช้ในที่นี้คือสารละลายแคลเซียมไนเตรตความเข้มข้น 35%

3.3.4.1 การขึ้นรูปแผ่นยาง

การขึ้นรูปแผ่นยางในงานวิจัยนี้มี 2 วิธีดังนี้ คือ

วิธีที่ 1 การขึ้นรูปแผ่นยางเมื่อสารพอลิเมอร์ถูกไล่ออกจากยางก่อนอบยางให้สุก (แบบ A)

- ล้างแม่แบบสำหรับขึ้นรูปให้สะอาดแล้วอบให้แห้ง
- นำน้ำยางผสมสารเคมีที่มีองศาการคงรูปปานกลางมากรองพักไว้ในภาชนะที่มีขนาดใหญ่พอที่จะจุ่มแม่แบบ
- นำแม่แบบร้อนมาจุ่มในสารช่วยน้ำยางจับตัวแล้วนำไปอบในตู้อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 100^{0} C
- นำแม่แบบมาจุ่มในน้ำยางเป็นเวลา 10-15 วินาที ขึ้นอยู่กับการใช้งานว่าต้องการชิ้นงานที่หนาหรือบาง (จุ่มนานชิ้นงานจะหนา)
- นำน้ำยางที่ได้ไปล้างด้วยน้ำร้อน 100^{0} C เป็นเวลา 3 นาทีเพื่อไล่สารพอลิเมอร์ออก แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 100^{0} C เป็นเวลา 20 นาที หรือจนกว่ายางจะสุกแล้วจึงถอดออกจากแม่แบบ โดยการใช้แป้งช่วยในการถอด จากนั้นนำแผ่นยางไปทดสอบสมบัติต่างๆ

วิธีที่ 2 การขึ้นรูปแผ่นยางเมื่อสารพอลิเมอร์ถูกไล่ออกจากยางหลังอบยางให้สุก (แบบ B)

- ล้างแม่แบบสำหรับขึ้นรูปให้สะอาดแล้วอบให้แห้ง
- นำน้ำยางผสมสารเคมีที่มีองศาของการคงรูปปานกลางมากรองพักไว้ในภาชนะที่มีขนาดใหญ่พอที่จะจุ่มแม่แบบ
- นำแม่แบบร้อนมาจุ่มในสารช่วยน้ำยางจับตัวแล้วนำไปอบในตู้อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 100^{0}C
- นำแม่แบบมาจุ่มในน้ำยาง ประมาณ10-15 วินาที ขึ้นอยู่กับการใช้งานว่าต้องการชิ้นงานที่หนาหรือบาง (จุ่มนานชิ้นงานจะหนา) แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 ^{0}C เป็นเวลา 20 นาที หรือจนกว่ายางจะสุกแล้วจึงนำน้ำยางที่ได้ไปล้างด้วยน้ำร้อน 100 ^{0}C เป็นเวลา 3 นาที แล้วนำไปอบอีกครั้งที่อุณหภูมิ 100 ^{0}C เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นถอดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ โดยการใช้ แป้งช่วยในการถอด และนำแผ่นยางไปทดสอบสมบัติต่างๆ

3.3.4.2 การเคลือบยางบนผ้า

การเคลือบยางบนผ้าในที่นี้เป็นการเคลือบน้ำยางธรรมชาติบนผ้าฝ้ายถักฟอกขาวเบอร์ด้าย 20/1 โดยมีวิธีการดังนี้

1. ล้างบีกเกอร์ทรงสูงขนาด 1 ลิตร และอบให้แห้ง
2. จุ่มบีกเกอร์ในสารช่วยให้น้ำยางจับตัว จากนั้นนำผ้าขนาด 20 X 38 เซนติเมตรพันรอบบีกเกอร์แล้วทำการจุ่มบีกเกอร์ที่ผ่านการพันผ้าแล้วในสารช่วยให้น้ำยางจับตัวอีกครั้ง จากนั้นนำไปอบให้แห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 ^{0}C
3. นำน้ำยางผสมสารเคมีที่มีองศาการคงรูปปานกลางมากรองใส่บีกเกอร์ขนาด 2,000 มิลลิลิตร
4. จุ่มผ้าและบีกเกอร์ที่เตรียมไว้ในข้อ 2 ลงในน้ำยางเป็นเวลา 15 วินาที จากนั้นจึงนำไปล้างที่ 100^{0}C เป็นเวลา 3 นาที
5. นำผ้าและบีกเกอร์ไปอบที่อุณหภูมิ 100 ^{0}C เป็นเวลาประมาณ 45 นาที หรือจนกว่ายางจะสุก
6. เมื่อยางสุกแล้วนำผ้าและบีกเกอร์ออกจากตู้อบแล้วถอดผ้าออกจากบีกเกอร์ นำผ้าเคลือบยางไปทดสอบสมบัติด้านความสามารถให้อากาศซึมผ่านและสมบัติความสามารถในการสะท้อนน้ำ

3.3.5 การทดสอบสมบัติ

การทดสอบสมบัติในที่นี้เป็นการทดสอบสมบัติของแผ่นยางและผ้าเคลือบยางในด้านความทนต่อแรงดึง การส่องดูพื้นผิวของแผ่นยาง ความสามารถให้อากาศซึมผ่าน และความสามารถในการสะท้อนน้ำ โดยมีวิธีการทดสอบต่างๆดังนี้

3.3.5.1 การส่องดูพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Scanning Electron Microscope)

- ตัดชิ้นงานเป็นรูปสี่เหลี่ยมเล็กๆ ติดลงบนแท่นโลหะทรงกระบอกแล้วนำชิ้นงานเหล่านั้นไปฉาบทอง
- นำชิ้นงานที่เตรียมไว้ไปส่องดูพื้นผิวด้วยกล้องอิเลคตรอนชนิดส่องกราด โดยใช้กำลังขยาย 2,000 เท่า ส่องดูสภาพพื้นผิวโดยรอบเพื่อตรวจดูลักษณะของรูพรุนว่ามีปริมาณมากน้อยเพียงใด และมีขนาดเป็นอย่างไร และสังเกตลักษณะอนุภาคของเนื้อยางว่ามีขนาดเท่าไร

3.3.5.2 การทดสอบหาความทนต่อแรงดึง (Tensile Test) ตามมาตรฐาน ISO 37

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

- ตัดชิ้นงานยางโดยใช้เครื่องตัดตัวอย่างยางแบบใช้กำลังลมให้เป็นรูปดัมเบลจำนวน 20 ชิ้น โดยชิ้นงานที่ใช้ทดสอบต้องแบนและหนาไม่ต่ำกว่า 1.5 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 3 มิลลิเมตร การตัดชิ้นงานต้องตัดให้ขาดในการกด 1 ครั้ง
- นำตัวอย่างยางที่ตัดเป็นรูปดัมเบลล์แล้วมาวางเรียงกับพื้นแล้วขีดเส้น 2 เส้นตรงบริเวณคอคอดของชิ้นงาน และให้เส้นแต่ละเส้นห่างกันพอประมาณ โดยให้เส้นนั้นตั้งฉากกับความยาวของดัมเบลล์และเส้นดังกล่าวควรอยู่บริเวณตรงกลางของตัวอย่างยางด้วย
- วัดความหนาของยาง 3 แห่งคือ ตรงกลาง 1 แห่ง และตรงปลายเลยขีดทั้งสองข้างละแห่งแล้วหาค่าความหนาเฉลี่ยหากมีความหนาต่ำสุดและสูงสุดเกิน 0.08 มิลลิเมตรถือว่าตัวอย่างนั้นใช้ไม่ได้ ส่วนความกว้างของยางให้วัดจากขนาดของหัว die
- แยกตัวอย่างเป็น 2 ส่วนเท่าๆ กัน ส่วนหนึ่งนำไปทดสอบหาความทนต่อแรงดึงได้เลย อีกส่วนหนึ่งนำไปห่อกระดาษแล้วอบที่อุณหภูมิ 100 ^{o}C เป็นเวลา 22 ชั่วโมง เพื่อจำลองสถานการณ์การใช้งานในภาวะที่รุนแรง แล้วจึงนำไปทดสอบความสามารถในการทนแรงดึง โดยใช้เครื่องมือทดสอบหาความทนต่อแรงดึง (tensile strength tester)

ขั้นตอนที่ 2 การทดสอบหาความทนต่อแรงดึง

- นำตัวอย่างยางที่เตรียมไว้มายึดติดส่วนบนและล่างของยางตามความยาวด้วยคลิปตัวจับของเครื่องทดสอบ จัดให้ตัวอย่างยางอยู่ตรงกลางของคลิปที่จับพอดี
- เดินเครื่องด้วยอัตราเร็วในการดึง 8.5 ± 0.8 มิลลิเมตรต่อวินาที เครื่องจะดึงยางให้ยืดออกตามยาวจนขาด บันทึกค่าแรงดึงขาด และความยืดยางที่จุดขาด

3.3.5.3 การทดสอบหาความสามารถให้อากาศซึมผ่าน (Air Permeability Test)

การทดสอบนี้จะใช้การทดสอบตามมาตรฐาน ASTM-D 737-96 ซึ่งเป็นการทดสอบความสามารถในการให้อากาศซึมผ่านผ้า โดยมีขั้นตอนการทำดังนี้

- เตรียมการทดลองโดยนำชิ้นงานยางไปเก็บไว้ในห้องที่มีอุณหภูมิ 25 ^{0}C 1 คืน
- ตัดตัวอย่างเป็นสี่เหลี่ยมให้มีความกว้างและความยาวไม่น้อยกว่า 10 เซนติเมตร
- นำตัวอย่างวางบนเครื่องทดสอบโดยจัดวางชิ้นตัวอย่างทดสอบให้ปิดช่องพ่นลมของเครื่องให้สนิท แล้วเริ่มเดินเครื่องให้พ่นลมปะทะกับตัวอย่าง เครื่องจะค่อยๆเพิ่มแรงลมมากขึ้นๆ จนลมสามารถซึมทะลุผ่านชิ้นตัวอย่างได้ บันทึกค่าลมที่ผ่านทะลุชิ้นตัวอย่างออกมาโดยการหาค่าเฉลี่ยแรงลมวัดอย่างน้อย 3 จุดต่อ 1 ตัวอย่าง ทำการทดสอบซ้ำอีก 2 ครั้งกับชิ้นตัวอย่างใหม่
- ในกรณีที่เครื่องพ่นลมปะทะชิ้นตัวอย่างด้วยแรงลมสูงสุดแล้ว แต่ลมไม่สามารถทะลุผ่านชิ้นตัวอย่างได้เครื่องจะแสดงค่าผิดพลาดขึ้น หมายถึงชิ้นงานนั้นไม่สามารถให้อากาศซึมผ่านได้เลย

3.3.5.4 การทดสอบหาความสามารถในการสะท้อนน้ำ (Water Repellent Test- Spray Test) ตามมาตรฐาน AATCC 22-1974 โดยมีวิธีทดลองดังนี้

- ตัดชิ้นงานตัวอย่างขนาด 7 X 7 นิ้ว แล้วสวมตัวอย่างลงบนสะดึงของเครื่องทดสอบ ขึงให้ตึง
- นำชิ้นตัวอย่างและสะดึงไปวางครอบบนแท่นในเครื่องทดสอบการสะท้อนน้ำ
- ตวงน้ำปริมาตร 250 มิลลิลิตรใส่กระบอกตวง
- ค่อยๆ รินน้ำจากกระบอกตวงลงในกรวยบนเครื่องทดสอบซึ่งมีฝักบัวรองอยู่ด้านล่าง น้ำจะไหลตกจากฝักบัวในเครื่องกระจายไปบนชิ้นทดสอบ ดังรูปที่ 3.2 สังเกตลักษณะการกระจายของน้ำเหนือพื้นผิว
- ปลดสะดึงออกจากเครื่อง สังเกตลักษณะพื้นผิวของชิ้นตัวอย่างที่อยู่หลังสะดึงว่ามีการซึมของน้ำผ่านชิ้นตัวอย่างหรือไม่ เปรียบเทียบการเปียกของชิ้นตัวอย่างโดยดูเทียบกับรูปที่ 3.3 ซึ่งเป็นภาพมาตรฐานที่ใช้เป็นภาพอ้างอิงในการจัดลำดับคุณภาพการสะท้อนน้ำ โดยมีเกณฑ์ดังตารางที่ 3.14 ซึ่งเป็นมาตรฐานการทดสอบคุณภาพการสะท้อนน้ำตามมาตรฐาน AATCC 22-1974

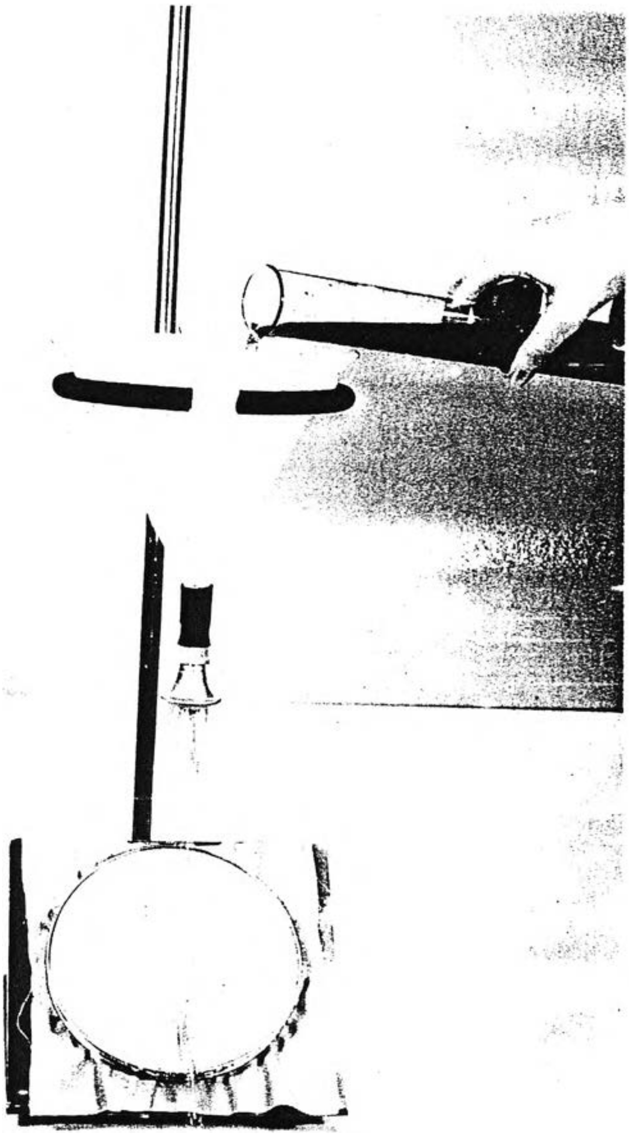


Fig. 2—AATCC Spray Tester.

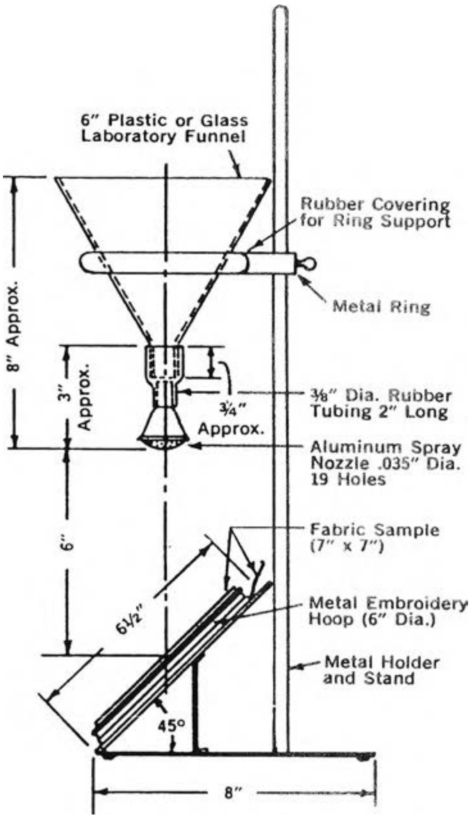
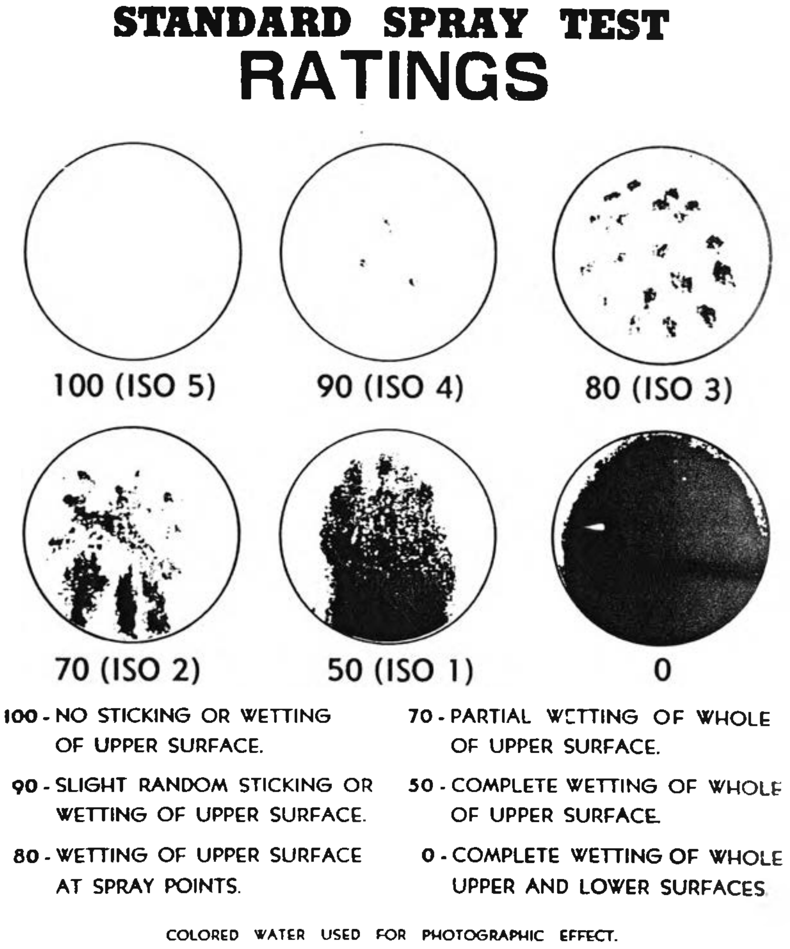


Fig. 2A—Details of AATCC Spray Tester.

รูปที่ 3.2 วิธีทดสอบการทดสอบหาความสามารถในการสะท้อนน้ำ

(Water Repellent Test- Spray Test) ตามมาตรฐาน AATCC 22-1974



รูปที่ 3.3 ลักษณะการกระจายตัวของน้ำบนชิ้นตัวอย่าง

ตารางที่ 3.14 มาตรฐานการทดสอบคุณภาพการสะท้อนน้ำตามมาตรฐาน AATCC 22-1974

คุณภาพ (ระดับ)	ระดับการสะท้อนน้ำ
100	ไม่มีหยดน้ำเกาะติดหรือไม่มีการเปียกบนผิวด้านหน้า
90	มีหยดน้ำเกาะติดหรือมีการเปียกเพียงเล็กน้อยกระจายบนผิวด้านหน้า
80	มีการเปียกบนผิวด้านหน้าเฉพาะตำแหน่งที่น้ำกระทบ
70	มีการเปียกเพียงบางส่วนของผิวด้านหน้า
50	มีการเปียกกระจายทั่วทั้งหมดของผิวด้านหน้า
0	มีการเปียกทั่วทั้งหมดของผิวด้านหน้าและด้านหลัง