บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบทดลอง ผู้วิจัยได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การศึกษากระบวนการผลิตฉนวนความร้อน และทดสอบสมบัติเชิงความร้อนของฉนวนความร้อนที่ผลิตได้ โดยศึกษากระบวนการผลิตฉนวนจากเส้นใยใบสับปะรด และน้ำยางธรรมชาติ สามารถแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอน คือ การเตรียมเส้นใยสับปะรด การเตรียมน้ำยางธรรมชาติสำหรับกระบวนการขึ้นรูป และกระบวนการขึ้นรูปแผ่นฉนวนความร้อนโดยใช้วิธีพ่นเคลือบประสาน หลังจากได้แผ่นฉนวนแล้วจึงนำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพต่อไป

3.1 วัสดุ สารเคมี และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1.1 วัสดุ และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

1. ใบสับปะรด
2. น้ำยางพารา
3. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)
4. สารบอแรกซ์

3.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องปั่นใบสับปะรด
2. ถาดอลูมิเนียม
3. หม้อสแตนเลส
4. เครื่องอัดแผ่นฉนวนความร้อน
5. กระบอกตวง
6. นาฬิกาจับเวลา
7. เครื่องปั่นกวนน้ำยาง
8. บิ๊กเกอร์
9. เครื่องทดสอบค่าการนำความร้อน
10. เครื่องชั่งระบบดิจิตอล และแบบธรรมดา
11. ผ้าขาวบาง
12. แท่งคนสาร

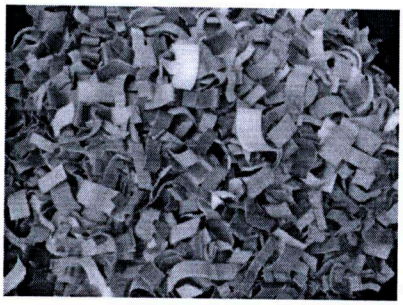
3.2 วิธีการผลิตฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยใบสับปะรด กับน้ำยางธรรมชาติ

ก่อนที่จะนำเส้นใยมาผลิตฉนวนกันความร้อนได้นั้นต้องทำการปรับปรุงใบสับปะรดให้กลายเป็นเส้นใยขนาดเล็กลงและมีความอ่อนนุ่มมากขึ้นโดยการหั่นให้มีความยาวแต่ละชิ้นประมาณ 1 นิ้ว แล้วนำไปปั่นโดยเครื่องปั่นใบสับปะรด ดังแสดงกระบวนการเตรียมเส้นใยในภาพที่ 3.1

3.2.1 การหาสภาวะในการเตรียมเส้นใยใบสับปะรดโดยทำการปรับปรุงให้มีสมบัติที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นฉนวนโดยการนำเส้นใยใบสับปะรดที่ได้จากการปั่น ไปปั่นกวนด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เพื่อให้ได้เส้นใยที่เหมาะสม คือมีความอ่อนนุ่มเป็นเส้นเรียวยาว โดยหาอัตราส่วนของโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อการปั่นกวนดังนี้

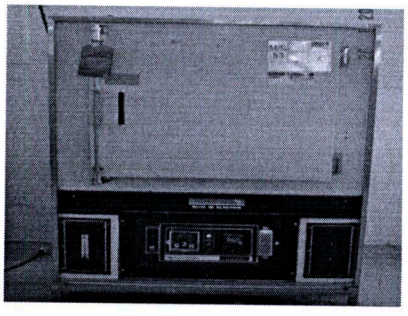
1. ใช้ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10% 15% และ20% โดยน้ำหนัก
2. อุณหภูมิในการปั่นกวน 100 °C
3. เวลาที่ใช้ในการปั่นกวนเส้นใย 10 นาที 15 นาที และ 20 นาที
4. อุณหภูมิอบที่แผ่นฉนวน 80 °C
5. เวลาในการอบที่ 6 ชั่วโมง

จากการทดลองนำใบสับปะรดมาปั่นกวนกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เพื่อให้ได้เป็นเส้นใยที่เหมาะสม โดยคำนึงถึงความอ่อนนุ่ม และอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้าง (Aspect ratio) ของเส้นใยที่ได้ และตัวแปรสำคัญที่ควบคุมคือความเข้มข้นและเวลาในการทำปฏิกิริยาของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์โดยทำการทดสอบที่ความเข้มข้น ตั้งแต่ 10% – 20 % โดยน้ำหนัก (%wt) และเวลาในการทำปฏิกิริยา ตั้งแต่ 10 ถึง 20 นาที ที่อุณหภูมิ 100 °C แล้วจึงทำการกรองและล้างด้วยน้ำให้สะอาด ก่อนนำเส้นใยจากใบสับปะรดไปอบที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากผลการทดลองพบว่า ที่ความเข้มข้นของสารละลาย NaOH เท่ากับ 15 และ 20 %wt พบว่า เส้นใยที่ได้มีความละเอียดมากจนกระทั่งเส้นใยเกาะตัวกันเป็นกลุ่มก้อน ก่อให้เกิดปัญหาในขณะขึ้นรูป เนื่องจากสารเชื่อมติด (Binder) ไม่สามารถเคลือบบนผิวของเส้นใยอย่างทั่วถึง ในขณะที่เมื่อใช้ความเข้มข้นของสารละลาย NaOH เท่ากับ 5% %wt เป็นเวลา 20 นาที พบว่าลักษณะของเส้นใยที่ผ่านการเตรียมด้วยสภาวะนี้มีความแข็งกระด้าง และเส้นใยยังไม่สะอาดพอ ในขณะที่ใช้ความเข้มข้นของสารละลาย NaOH เท่ากับ 10% %wt ขนาด Aspect ratio เพิ่มขึ้นจากและมีความอ่อนตัวจากเดิม รวมทั้งมีการเกาะเกี่ยวผสานกันพอเหมาะไม่เป็นก้อนเกินไป ดังนั้นสภาวะในการเตรียมเส้นใยที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการขึ้นรูปแผ่นฉนวนความร้อน คือที่ความเข้มข้นของสารละลาย NaOH 10%wt โดยใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 20 นาที

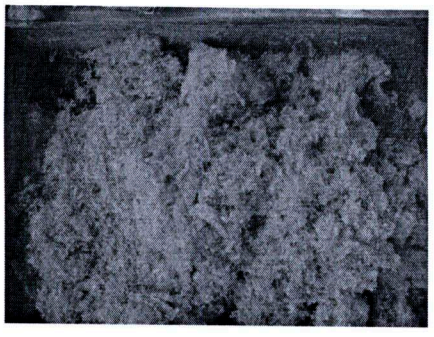


นำใบสับปะรดตัดเป็นชิ้นเล็กๆ

นำใบสับปะรดมาปั่นกวนในสารละลาย NaOH ที่ความเข้มข้น 10%wt อุณหภูมิ 100° C เป็นเวลา 20 นาที



นำเส้นใยล้างให้สะอาดและนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 80° C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง



ลักษณะเส้นใยที่ได้

ภาพที่ 3.1 แสดงกระบวนการเตรียมเส้นใยจากใบสับปะรด

3.2.2 การเตรียมน้ำยางธรรมชาติสูตรเบ้ายางเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน งานวิจัยนี้เลือกน้ำยางธรรมชาติ เพื่อใช้เป็นตัวประสานให้เส้นใยใบสับปะรดเกาะเกี่ยวกันได้ดี โดยเติมสารเคมีลงในน้ำยางธรรมชาติเพื่อให้ได้น้ำยางธรรมชาติสูตรเบ้ายาง เตรียมนำไปใช้ขึ้นรูปแผ่นฉนวน ให้เหมาะสมกับการใช้งาน เช่น การต้านทานเชื้อรา การต้านทานการเสื่อมสภาพจากแสงแดด เป็นต้น

ส่วนประกอบของสารเคมี (สูตรเบ้ายาง) ที่เติมลงในน้ำยางธรรมชาติ มีดังนี้

1. โปแตสเซี่ยมไฮดรอกไซด์	3	กรัม
2. โปแตสเซี่ยมลอเรท	1	กรัม
3. ซัลเฟอร์	4	กรัม
4. ซิงค์ไดเอททิลไดทิโอคาร์บอเนต	2	กรัม
5. วิงสเตย์แอล	2	กรัม
6. ซิงค์ออกไซด์	1.5	กรัม
7. น้ำยางธรรมชาติ	167	กรัม

ขั้นตอนการเตรียมน้ำยางสูตรเบ้ายางเริ่มจาก เทน้ำยางข้นลงในภาชนะบรรจุและทำการปั่นไล่แอมโมเนียที่ใช้รักษาน้ำยางข้นให้ระเหยออกไป ซึ่งใช้เวลาประมาณ 1 นาที โดยความเร็วรอบในการกวนประมาณ 30 รอบต่อนาทีจะได้น้ำยางธรรมชาติ จากนั้นจึงใส่สารเคมีดังกล่าวลงในน้ำยางธรรมชาติตามลำดับ และทำการปั่นกวนน้ำยาง ธรรมชาติต่อไปอีกเป็นเวลา 1 ชั่วโมงเพื่อให้สารเคมีกระจายในน้ำยางได้อย่างทั่วถึง

3.2.3 ทำการหาสภาวะ และอัตราส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปแผ่นฉนวนด้วยวิธีพ่นละอองฝอยเริ่มจากการนำเส้นใยใบสับปะรดมาโรยเป็นชั้นบาง ๆ บนถาด แล้วใช้อุปกรณ์พ่นน้ำยางธรรมชาติ (กระปุกพ่น Foggy) ลงบนเส้นใยใบสับปะรด โดยปรับให้มีละอองแบบฝอยเพื่อเคลือบเส้นใยให้ทั่วถึง หลังจากนั้นโรยเส้นใยใบสับปะรดทับลงไปหนึ่งชั้น พ่นน้ำยางธรรมชาติทับแล้วกดด้วยแผ่นไม้ระนาบ เพื่อทำให้แผ่นฉนวนแน่นขึ้นเป็นการไล่อากาศออกจากแผ่นฉนวน ทำซ้ำเช่นนี้จนได้ความหนาตามต้องการ

หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที เพื่อให้น้ำยางธรรมชาติเกิดการคงรูปจับยึดเส้นใยใบสับปะรดเป็นแผ่น และนำไปอบที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 60 นาที เพื่อให้น้ำยางคงรูปอย่างสมบูรณ์ หลังจากนั้นจึงนำแผ่นฉนวนความร้อนที่ได้ไปทดสอบสมบัติต่าง ๆ โดยแผ่นฉนวนความร้อนที่ใช้ในการทดสอบจะประกอบด้วยอัตราส่วนของ น้ำยาง:เส้นใย เท่ากับ 1 :2, 1:3, 1:4 และ 1:2 ผสมด้วยสารบอแรกซ์ 10 wt% (treat) ซึ่งสารบอแรกซ์จะช่วยทำหน้าที่เป็นสารหน่วงไฟและป้องกันเชื้อรา มด ปลวกต่างๆได้เป็นอย่างดี

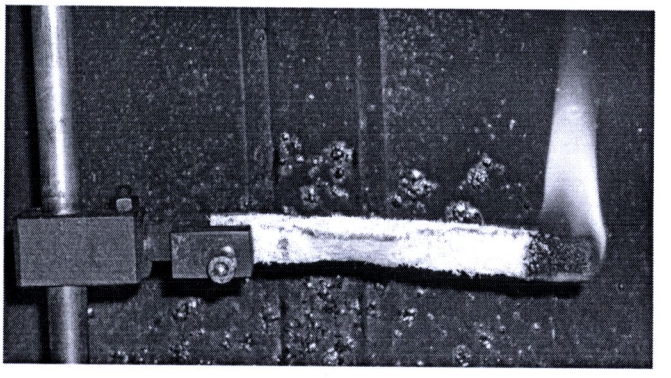
3.3 วิธีการทดสอบสมบัติของฉนวน

3.3.1 ทดสอบค่าการนำความร้อน (Thermal conductivity)

ทำการทดสอบการนำความร้อนของแผ่นฉนวนโดยยึดตามมาตรฐาน ASTM C177-97 ซึ่งใช้ Hot Plate และ Cold plate ทำจากทองแดง มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 4" หนา 0.125" ให้อุณหภูมิของ Hot Plate เท่ากับ 37.7 °C และให้อุณหภูมิของ Cold plate เท่ากับ 10.0 °C โดยอุณหภูมิภายในห้องทดสอบขณะทำการทดสอบเท่ากับ 28.5 °C ใช้ชิ้นงานทดสอบที่มีขนาดกว้าง 20 cm ยาว 20 cm และหนา 1.5 cm ตามลำดับ โดยเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบได้และเปรียบเทียบค่าการนำความร้อนของฉนวนความร้อนที่ผลิตจากเส้นใยใบสับปะรด และน้ำยางธรรมชาติกับฉนวนใยแก้วที่มีขายในเชิงพาณิชย์

3.3.2 การทดสอบหาค่าอัตราการลามไฟ

โดยใช้ชิ้นงานตัวอย่างสองชนิด คือแผ่นฉนวนที่ผลิตได้จากเส้นใยใบสับปะรด และแผ่นฉนวนใยแก้ว ทดสอบโดยใช้ชิ้นงานตัวอย่างสองชนิด ตามมาตรฐาน ASTM D 635-98 โดยชิ้นงานตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบมีขนาด กว้าง 13 mm ยาว 125 mm และมีความหนาในช่วง 3-15 mm โดยใช้ชิ้นงานตัวอย่างที่เป็นแผ่นใยแก้ว 1 ชิ้น และ ชิ้นงานตัวอย่างที่เป็นแผ่นฉนวนจากเส้นใยใบสับปะรดจำนวน5 ชิ้น ทำการทดสอบภายในห้องทดสอบ ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 23-25 °C และมีความชื้นสัมพัทธ์ 50-55 % ใช้ก๊าซหุงต้ม (C_3H_8) เป็นเชื้อเพลิงในการทดสอบโดยเริ่มจ่อเปลวไฟที่ปลายชิ้นงานตัวอย่างเป็นเวลา 30 วินาที แล้วจึงเริ่มทำการจับเวลาและดึงเปลวไฟออก ปล่อยให้เปลวไฟลามไปบนชิ้นงานตัวอย่างและหยุดทำการจับเวลาเมื่อเหลือชิ้นงานตัวอย่าง 25 mm นับจากปลายอีกข้างหนึ่งของชิ้นงานหรือจนกว่าไฟดับ ดังแสดงในภาพที่ 3.2 จากนั้นนำผลที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ยอัตราการลามไฟ



ภาพที่ 3.2 การทดสอบหาอัตราการลามไฟของชิ้นงานแผ่นฉนวนทดสอบ

3.3.3 ทดสอบความหนาแน่น

ในการทดสอบความหนาแน่นใช้มาตรฐาน JISA 5905 เตรียมชิ้นงานทดสอบและใช้ไมโครมิเตอร์ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.05 mm ซึ่งมีส่วนของแป้นวัดเรียบ และขนานกัน และมีเส้นผ่านศูนย์กลายไม่น้อยกว่า 10 mm วัดที่บริเวณกึ่งกลางของขอบของแผ่นเส้นใยอัดทั้ง 4 ด้าน และให้ลึกเข้าไปจากขอบประมาณ 25 ถึง 200 mm ดังภาพที่ 3.3 มีลำดับขั้นตอนดังนี้

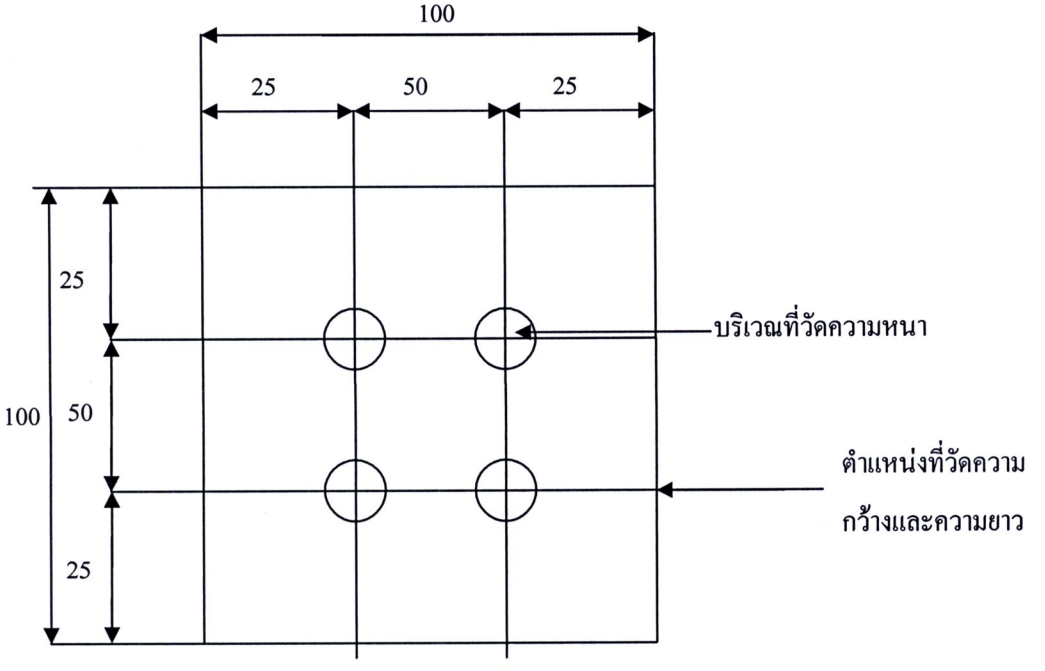
1. วัดตัวอย่าง 1 ชิ้น ขนาดความกว้าง 100 mm ยาว 100 mm วัดให้ละเอียด 0.1 mm ดังภาพที่ 3.3 แล้วหาค่าเฉลี่ย
2. นำชิ้นงานทดสอบ A นำไปชั่งน้ำหนัก
3. วัดความหนาแน่นของชิ้นทดสอบ 4 ตำแหน่ง ด้วยไมโครมิเตอร์ตามภาพที่ 3.3 ตำแหน่งที่วัดความกว้าง ความยาวและความหนาแน่นของชิ้นทดสอบแล้วหาค่าเฉลี่ย
4. วิธีคำนวณหาค่าความหนาแน่นจากสูตร

$$D = \frac{m}{V} \tag{3.1}$$

กำหนดให้ D = ความหนาแน่น มีหน่วยกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร (g/cm^3)

m = มวล มีหน่วยเป็นกรัม (g)

V = ปริมาตร มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร (cm^3)



ภาพที่ 3.3 ตำแหน่งที่วัดความกว้างความยาว และความหนาของแผ่นฉนวน

3.3.4 ทดสอบการดูดซึมน้ำ และการพองตัว

การทดสอบค่าการดูดซึมน้ำและการพองตัวใช้มาตรฐาน JISA 5905 โดยใช้ชิ้นทดสอบขนาด 50x50 มม. เครื่องมือมีใช้ในการวัดขนาดความหนาโดยใช้ไมโครมิเตอร์ ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.01 mm เครื่องชั่งที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.01 g ภาชนะควบคุมอุณหภูมิ สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 20 ± 1 °C กระดาษเซลลูโลสวัดดิ่ง หรือกระดาษซับรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส กว้างไม้น้อยกว่า 120 mm แผ่นน้ำหนักรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส กว้างประมาณ 120 mm มีมวลประมาณ 3 kg มีวิธีการทดสอบดังนี้

1 ชั่งชิ้นงานทดสอบให้ทราบมวลที่แน่นอนถึง 0.01 g เป็นมวลก่อนแช่น้ำ

2. วัดความหนาชิ้นทดสอบ

3. แช่ชิ้นงานทดสอบในภาชนะควบคุมอุณหภูมิที่บรรจุน้ำนิ่ง และสะอาดมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 6 ± 1 มีอุณหภูมิ 20 ± 1 °C โดยตั้งชิ้นงานทดสอบให้ได้ตั้งฉากกับระดับผิวน้ำ และขอบบนอยู่ใต้ผิวน้ำประมาณ 20 mm ชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นต้องวางห่างกัน และต้องห่างผนังของภาชนะพอสมควรเมื่อแช่ชิ้นงานทดสอบครบ 24 ชั่วโมงแล้ว นำชิ้นงานทดสอบขึ้นมาวางบนกระดาษเซลลูโลสวัดดิ่งหรือกระดาษซับ โดยวางในแนวระดับระหว่างกระดาษ แล้ววางทับด้วยแผ่นน้ำหนักสี่เหลี่ยมจัตุรัส ทิ้งไว้ 30 วินาที จึงนำชิ้นทดสอบออกจากแผ่นกระดาษที่ซับน้ำนำชิ้นทดสอบมาชั่ง และวัดความหนาและวิธีการคำนวณหาค่าการดูดซึมน้ำจากสูตร

$$WA = \frac{M_o - M_i}{M_i} \times 100 \qquad (3.2)$$

กำหนดให้ WA = การดูดซึมน้ำ (%)

M_o = น้ำหนักหลังแช่น้ำ (g)

M_i = น้ำหนักก่อนแช่ (g)

4. วิธีการคำนวณค่าการพองตัว

$$SW = \frac{T_i - T_o}{T_o} \times 100 \qquad (3.3)$$

กำหนดให้ SW = การพองตัวทางความหนา (%)

T_i = ความหนาหลังแช่น้ำ (mm)

T_o = ความหนาก่อนแช่น้ำ (mm)

3.4 สรุปขั้นตอนวิธีการผลิตฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยใบสับปะรด กับน้ำยางธรรมชาติ

1. เตรียมเส้นใยใบสับปะรดโดยการหั่นให้มีความยาวแต่ละชิ้นประมาณ 1 นิ้ว

2. นำใบสับปะรดที่หั่นแล้ว ปั่นด้วยเครื่องปั่นอเนกประสงค์ให้เป็นฝอย

3. หาสภาวะในการเตรียมเส้นใยโดยทำการปรับปรุงให้มีสมบัติที่เหมาะสมโดยกำจัด Pith ด้วยการปั่นกวนด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

4. เตรียมน้ำยางธรรมชาติสูตรเบ้ายาง

5. ทำการหาสภาวะ และอัตราส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปแผ่นฉนวน

6. ทำการขึ้นรูปแผ่นฉนวนด้วยการพ่นละอองฝอย

7. นำแผ่นฉนวนอบไล่ความชื้น

8. นำแผ่นฉนวนที่ได้ไปทดสอบสมบัติต่าง ๆ เช่น ทดสอบค่าการนำความร้อน ทดสอบอัตราการลามไฟ ความหนาแน่น ฯ