บทที่ 2

วิธีการวิจัย

การอบแห้งไม้ยางด้วยไอน้ำยิ่งยวดกับลมร้อนในระดับกึ่งอุตสาหกรรมเพื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการอบแห้งไม้ยางแบบทั่วไปตามโรงงานอุตสาหกรรมมีขั้นตอนการวิจัยดังต่อไปนี้

2.1 ตัวอย่างไม้ยาง

ไม้ยางที่นำมาทดลองสามารถหาได้ในท้องถิ่นและเป็นพันธุ์ยางพาราที่มีการอบแห้งเพื่อการพาณิชย์ โดยงานวิจัยได้ไม้ยางสำหรับทดลองมาจากโรงงานช้างไทยพาราวู๊ดและรัตภูมิพาราวู๊ด ซึ่งเป็นโรงงานที่ตั้งอยู่ในจังหวัดสงขลาที่ตั้งอยู่ในภาคใต้ของประเทศไทย ขนาดของไม้ที่ใช้ทดลองมีขนาดยาว 3 นิ้ว (กว้าง) × 1 นิ้ว (หนา) × 1 เมตร (ยาว) ไม้ยางที่นำมาทดลองจะมีการอาบน้ำยารักษาเนื้อไม้ซึ่งเป็นสารเคมีป้องกันเชื้อราและแมลงเจาะกินไม้มาจากโรงงานแล้ว

ก่อนที่จะทำการอบแห้งไม้ยางจำเป็นที่ต้องหาปริมาณความชื้นในเนื้อไม้ เราสามารถหาความชื้นไม้ยางได้หลายวิธีด้วยกันในการทดลองได้ประยุกต์มาตรฐาน AOAC 1990

2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

- ห้องอบแห้งไม้ยาง (Drying room)

ห้องอบแห้งไม้ยางมีลักษณะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมขนาด 2.4 เมตร (กว้าง) × 2.4 เมตร (ยาว) × 3.5เมตร (สูง)

- เครื่องทำความร้อนความร้อนพลังงานไฟฟ้า (Electric heater)

เครื่องกำเนิดความร้อนหลังงานไฟฟ้าภายนอกห้องขนาดที่ใช้ 6 กิโลวัตต์ เพื่อให้ความร้อนแก่ไอน้ำร้อนอิ่มตัวก่อนเข้าห้องอบไม้และเครื่องกำเนิดความร้อนพลังงานไฟฟ้าภายในห้องอบแห้งขนาดที่ใช้ 18 กิโลวัตต์ เพื่อควบคุมอุณหภูมิในห้องอบให้มีค่าตามต้องการ

- กล่องควบคุมอุณหภูมิ (Temperature control box)

กล่องควบคุมอุณหภูมิมีสองชุดคือ กล่องควบคุมอุณหภูมิภายนอกใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องทำความร้อนชุดนอกที่ให้ความร้อนแก่ไอน้ำร้อนยวดยิ่งก่อนเข้าห้องเข้าห้องอบแห้ง ในส่วนของกล่องควบคุมอุณหภูมิภายใน ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องทำความร้อนชุดภายในห้อง

- เครื่องกำเนิดไอน้ำร้อนทรงตั้ง (Vertical steam boiler)

เครื่องกำเนิดไอน้ำ (model KPB-V-300) ที่ใช้มีกำลังการผลิตไอน้ำร้อน 300 กิโลกรัม/ชั่วโมง

- เครื่องมือทดสอบสากล (Lloyd Universal Testing Machine ขนาด 150 กิโลนิวตัน)

ใช้ทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของไม้ที่ผ่านกระบวนการอบแห้งแล้ว เช่น ความแข็ง (hardness), ความเค้นอัดตั้งฉากเสี้ยน (compressive strength perpendicular to grain), ความเค้นเฉือนขนานเสี้ยน (shearing stress parallel to grain) เป็นต้น

- เตาอบไฟฟ้า (Electric oven)

เตาอบใช้ในการอบไม้ชิ้นเล็กๆ อุณหภูมิที่ใช้ 102±2 องศาเซลเซียส

- เครื่องมือวัดอุณหภูมิ (Thermocouple)

ใช้วัดอุณหภูมิในห้องอบไม้ยางและในตัวอย่างไม้ยางที่ใช้ในการทดลอง

- อุปกรณ์วัดความชื้นสัมพัทธ์อากาศ (Relative humidity meter)

ใช้วัดความชื้นสัมพัทธ์ในห้องอบไม้ยางเพื่อกำหนดสภาวะการอบแห้งไม้ยาง

- อุปกรณ์เก็บและส่งข้อมูลอัตโนมัติ (Data logger)

ใช้เก็บและส่งค่าอุณหภูมิกับความชื้นสัมพัทธ์ที่เป็นสัญญาณไฟฟ้าไปยังคอมพิวเตอร์

- คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ (Desktop computer)

ใช้เก็บและบันทึกข้อมูลค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่เป็นสัญญาณดิจิตอล รวมทั้งแสดงค่าขณะที่ทำการทดลอง

- เครื่องชั่ง (Analog scale)

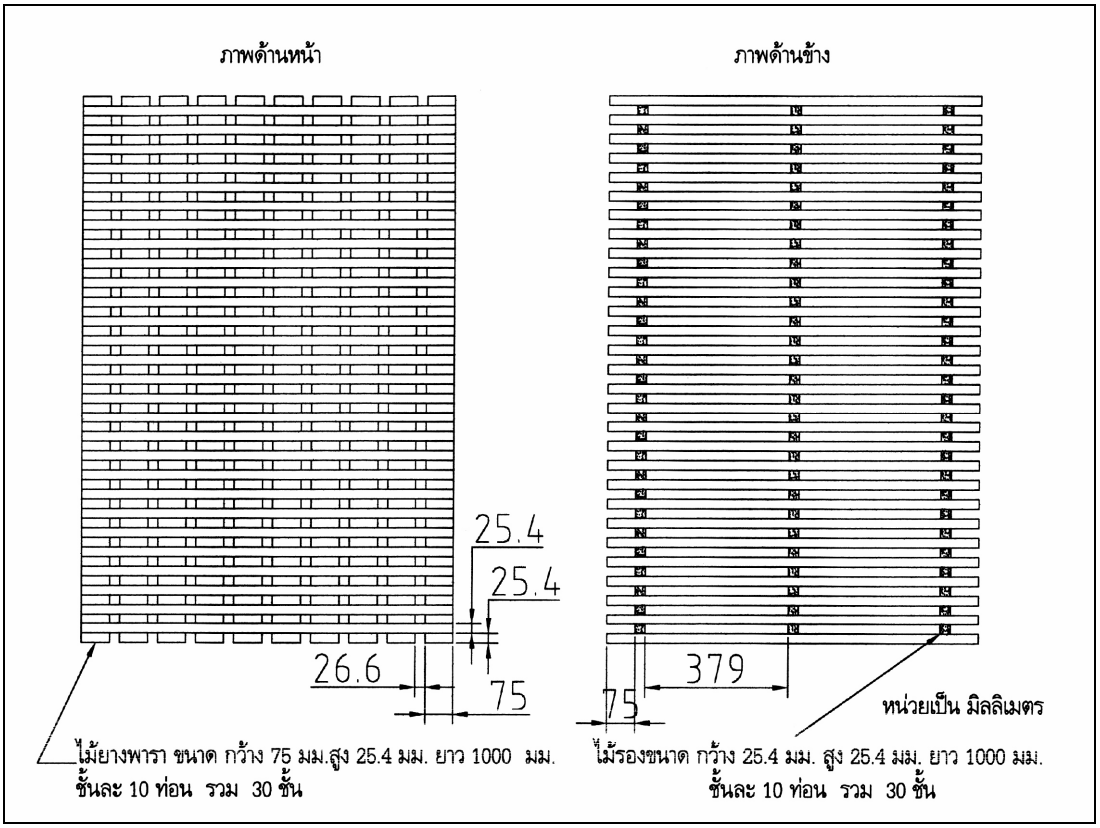
ใช้สำหรับชั่งน้ำหนักไม้ยางขณะทำการทดลองอบแห้งไม้ยาง

2.3 ขั้นตอนการทดลอง

2.3.1 การศึกษาและออกแบบกองไม้ยาง

ตัวอย่างไม้ยางมีขนาดของไม้ยาง 3 นิ้ว (กว้าง) × 1 นิ้ว (หนา) × 1 เมตร (ยาว) น้ำหนักของไม้ยางแต่ละท่อนหนัก 2.6-3.2 กิโลกรัม ตัวอย่างไม้ยางที่นำมาทดลองได้มี การอาบน้ำยารักษาเนื้อไม้มาจากโรงงานแล้ว โดยก่อนที่จะทำการอบแห้งไม้ยางจะต้องมีการหาปริมาณความชื้นภายในของตัวอย่างไม้ก่อนอบตัวอย่างไม้ ซึ่งจะประยุกต์ใช้ตามมาตรฐานของ AOAC 1990

กองไม้ยางสำหรับอบแห้งมีขนาด 1 เมตร (กว้าง) × 1 เมตร (หนา) × 1.7 เมตร (สูง) ซึ่งสามารถวางไม้ได้จำนวน 300 ท่อน (ประมาณ 17.8-18.5 ลูกบาศก์ฟุต) น้ำหนักของกองไม้ประมาณ 800-850 กิโลกรัม

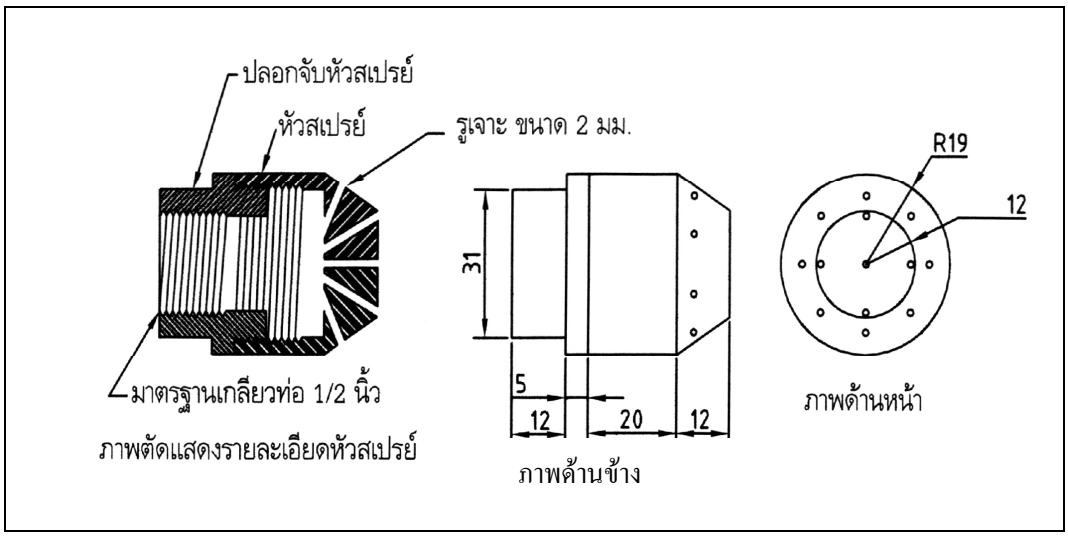


ภาพประกอบที่ 2-1 การจัดวางกองไม้ยางสำหรับอบแห้ง

2.3.2 การศึกษาและออกแบบหัวฉีดพ่นไอน้ำร้อน

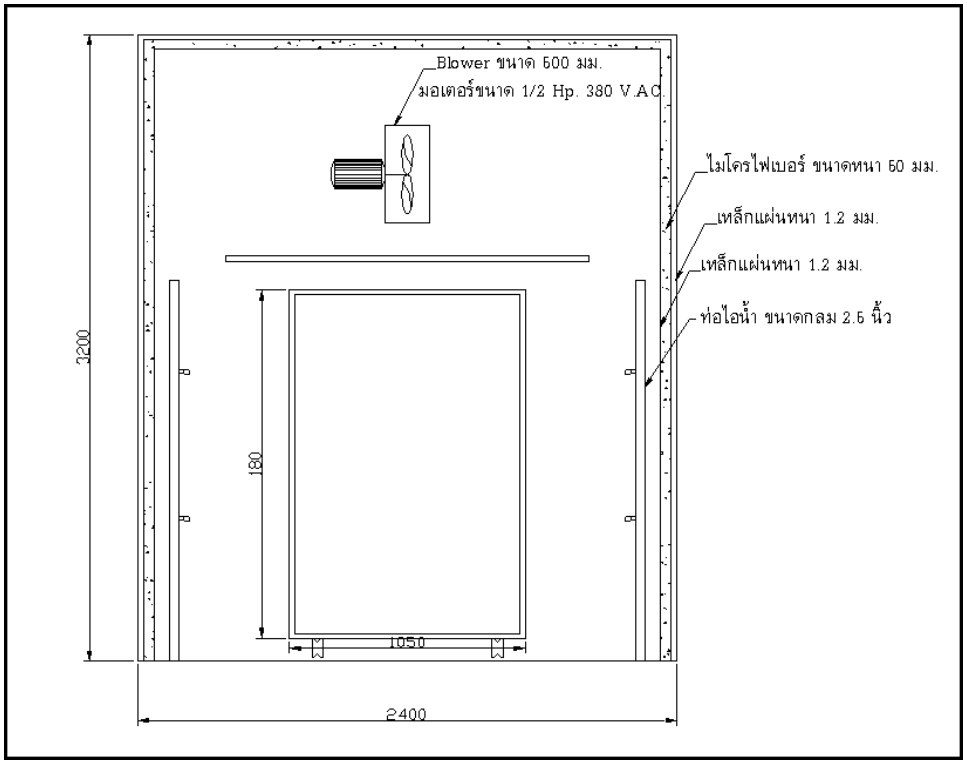
2.3.2.1 หลักการในการออกแบบหัวฉีดพ่นไอน้ำ

หลักการออกแบบหัวฉีดพ่นไอน้ำ สามารถพ่นไอน้ำจากหัวฉีดที่มีรัศมีการกระจายตัวที่กว้างที่สุด ในระยะทางที่ใกล้ที่สุดประมาณ 40 เซนติเมตร ซึ่งห่างจากหัวฉีดพ่นในแนวเดียวกับแนวแกนของหัวฉีดพ่นไอน้ำ

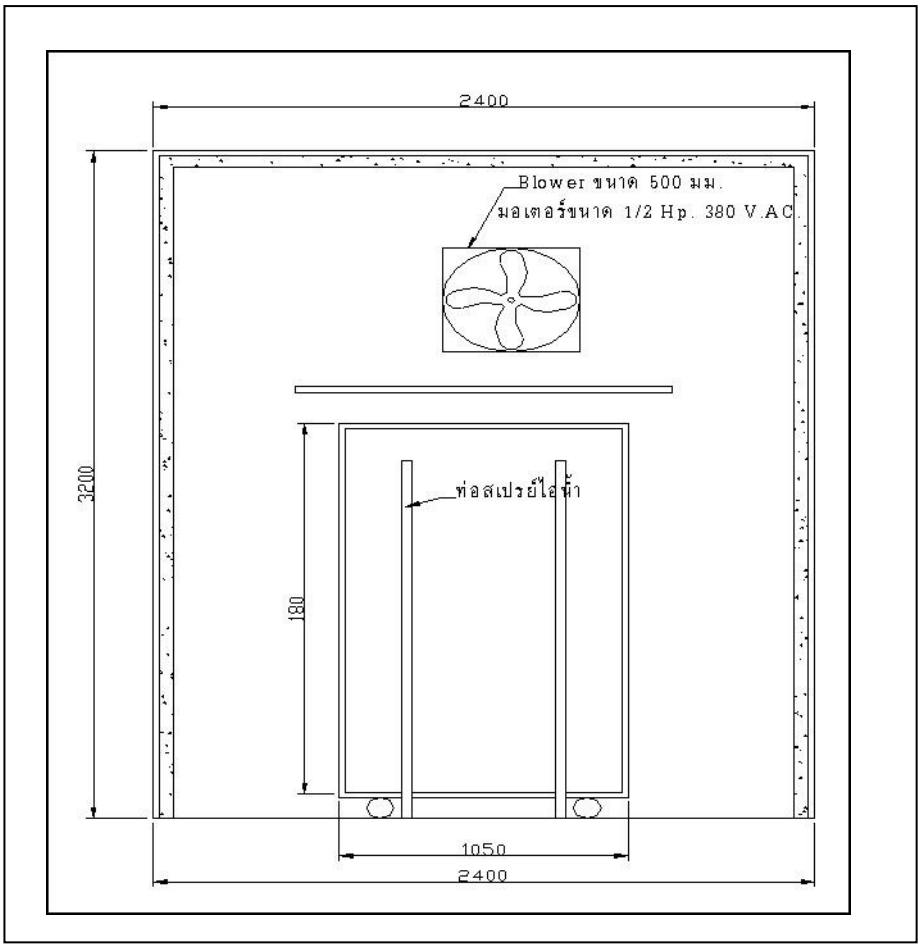


ภาพประกอบที่ 2-2 ภาพตัดแสดงรายละเอียดของหัวฉีดพ่นไอน้ำ

2.3.3 การออกแบบห้องอบไม้ยางและดำเนินการสร้างห้องอบไม้ยาง



ภาพประกอบที่ 2-3 ภาพด้านหน้าห้องอบไม้ยาง (หน่วยเป็นมิลลิเมตร)



ภาพประกอบที่ 2-4 ภาพด้านข้างห้องอบไม้ยาง (หน่วยเป็นมิลลิเมตร)

2.3.3.1 ข้อกำหนดในการออกแบบ

- ห้องอบแห้งไม้มีขนาด กว้าง 2.4 เมตร (กว้าง) × 2.4 เมตร (ยาว) × 2.4 เมตร (สูง)
- อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งไม้ภายในห้อง 110-115 องศาเซลเซียส
- กองไม้ที่ใช้สำหรับทดลองอบแห้งมีขนาด 1 เมตร (กว้าง) × 1 เมตร (หนา) × 1.7 เมตร (สูง) รวมไม้ยางจำนวน 300 ท่อน

2.3.3.2 หลักการของการออกแบบ

ห้องอบแห้งไม้ยางสำหรับการทดลองที่ออกแบบจะจำลองห้องอบไม้ยางที่ใช้อบแห้งไม้ยางในโรงงานอุตสาหกรรมมาใช้ทดลอง แต่จะมีขนาดเล็กกว่าเพื่อให้เหมาะสมกับปริมาณไม้ยางสดอาบน้ำยาที่อบแห้งคือ 18 ลูกบาศก์ฟุต หรือ 800-850 กิโลกรัม ในกระบวนการอบแห้งนั้นไอน้ำยิ่งยวดจะไหลเข้าห้องอบแห้งไม้ยางโดยท่อลำเลียงไอน้ำมีการกระจายไอน้ำยิ่งยวดโดยหัวฉีดไอน้ำเพื่อให้ไอน้ำกระจายตัวสัมผัสกับไม้ได้ดียิ่งขึ้นและมีการไหลเวียนของลมผ่านกองไม้โดยมีพัดลมช่วยพัดให้เกิดการไหลเวียนได้ดียิ่งขึ้น ในการอบแห้งไม้ยางจะอบด้วยอุณหภูมิและ

ความชื้นภายในห้องอบที่ต้องการ หากมีปริมาณของไอน้ำร้อนมากเกินจะมีการระบายออกทางท่อระบายไอน้ำและไอน้ำที่ควบแน่นเป็นหยดน้ำจะระบายออกด้วยท่อระบายน้ำ

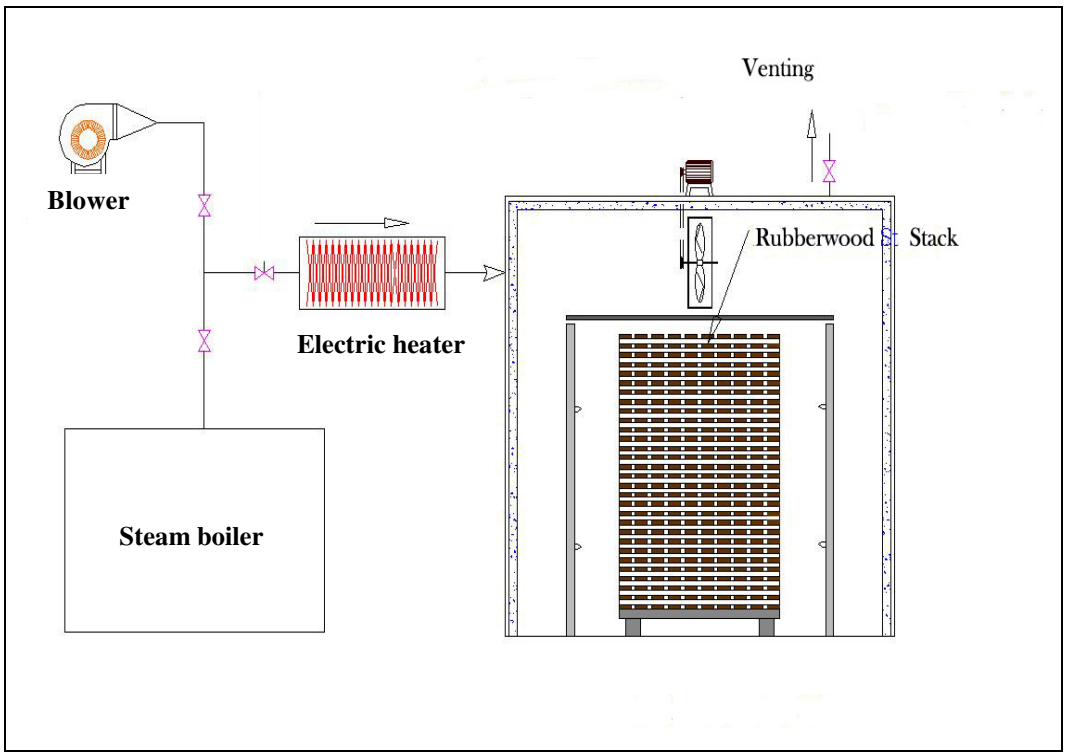
2.3.3.3 ข้อมูลที่ต้องการเก็บบันทึก

- อุณหภูมิภายในห้องอบแห้งไม้ยาง
- ความชื้นสัมพัทธ์ภายในของห้องอบแห้งไม้ยาง
- ความชื้นภายในเนื้อไม้ยาง

2.3.3.4 วัสดุและอุปกรณ์ในการสร้างห้องอบไม้ยาง

- วัสดุ
  - ไมโครไฟเบอร์มีความหนาขนาด 50 มิลลิเมตร
  - โฟมมีความหนาขนาด 25 มิลลิเมตร
  - เหล็กแผ่นปลอดสนิมมีขนาด 1.2 เมตร (กว้าง) × 2.4 เมตร (ยาว) × 1.2 มิลลิเมตร (ความหนา)
- อุปกรณ์ภายในห้องอบไม้ยาง
  - มอเตอร์ขนาด 0.5 แรงม้า ชนิดกระแสไฟฟ้า 380 โวลต์
  - พัดลม (axial fan) เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 50 เซนติเมตร
  - หัวฉีดพ่นไอน้ำ
  - แผ่นบังคับทิศทางลม

กระบวนการอบแห้งไม้ยางจะทำการอบแห้งแบบสลับด้วยไอน้ำยิ่งยวดและลมร้อน เริ่มแรกจะอบด้วยไอน้ำยิ่งยวดซึ่งไอน้ำร้อนยิ่งจะผลิตจากหม้อต้มน้ำ (boiler) แล้วลำเลียงผ่านเครื่องทำความร้อนไฟฟ้า (electric heater) เพื่อเพิ่มอุณหภูมิไอน้ำร้อนให้สูงขึ้นเป็นไอน้ำยิ่งยวดแล้วจึงไหลเข้าสู่ห้องอบไม้ จากนั้นจึงอบสลับด้วยลมร้อนโดยลมร้อนผลิตจากเครื่องดูดอากาศ (blower) ลำเลียงผ่านเครื่องทำความร้อนไฟฟ้าเพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้ได้ตามที่ต้องการจากนั้นลมร้อนถูกลำเลียงเข้าห้องเพื่ออบไม้ยาง ดังภาพประกอบที่ 2-5



ภาพประกอบที่ 2-5 แผนภาพแสดงกระบวนการอบแห้งไม้ยางด้วยไอน้ำยิ่งยวดกับลมร้อน

ภาพประกอบที่ 2-6 ห้องอบแห้งไม้ยางด้วยไอน้ำยิ่งยวดและลมร้อนที่ใช้สำหรับการศึกษาวิจัย

2.3.4 ทดลองอบไม้ยางเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้ง

2.3.4.1 การหาสภาวะของการอบแห้งไม้ยางด้วยไอน้ำยิ่งยวดกับลมร้อน

อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งไม้ยางจะใช้สองระดับคือ 80 และ 110 องศาเซลเซียสโดยอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งไม้ยาง 80 องศาเซลเซียส เพราะว่าเป็นระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งในโรงงานอุตสาหกรรม ส่วนอุณหภูมิการอบที่ 110 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิของไอน้ำยิ่งยวด ตารางการอบแห้งดังที่แสดงดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 สภาวะที่ใช้สำหรับการอบแห้งไม้ยาง

ช่วงที่	ไอน้ำยิ่งยวด ชั่วโมง(°C)	ลมร้อน (80°C)
1	4(100°C) + 3(105°C)	-
2	6(105°C)	1
3	6(110°C)	1
4	4(110°C)	1
5	4(110°C)	1
6	1(110°C)	3
7	1(110°C)	5

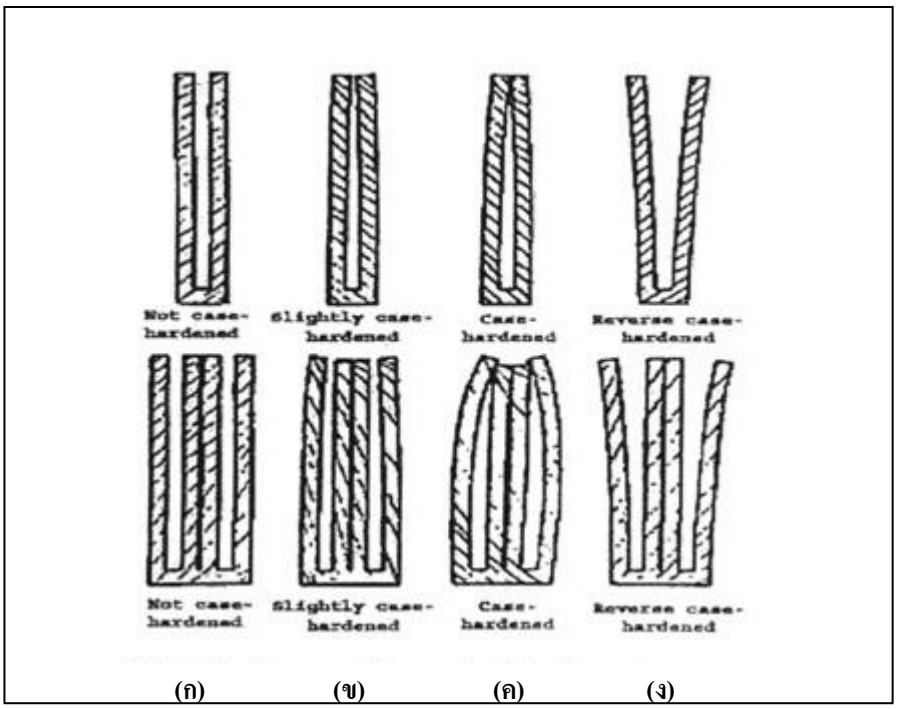
ความชื้นภายในไม้ยางแต่ละช่วงสามารถหาได้จากการวัดน้ำหนักของไม้ยางหลังจากการอบแต่ละช่วงการอบแห้ง ปริมาณของน้ำที่ในไม้จะอยู่ในรูปปริมาณความชื้น (moisture content) ซึ่งจะแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ของทั้งแบบฐานน้ำหนักแห้งหรือฐานน้ำหนักเปียก แต่โดยส่วนมากแล้วมักนิยมใช้ฐานน้ำหนักแห้ง (dry basis)

สภาวะการอบแห้งของการอบแบบผสมผสานระหว่างไอน้ำยิ่งยวดกับลมร้อนที่เหมาะสมจะต้องพิจารณาที่คุณสมบัติทางกายภาพคือไม้มีลักษณะที่ดีไม่แตกหักเสียหาย การโค้งงอต้องอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ รวมทั้งการทดสอบแบบซี่ส้อมเพื่อพิจารณาว่าไม้มีความเค้นในเนื้อไม้มากน้อยเพียงใด ชิ้นไม้ทดสอบแบบซี่ส้อมที่ยอมรับได้จะไม่โค่งงอ ส่วนคุณสมบัติเชิงกลของไม้เปรียบเทียบกับไม้ยางที่อบแบบดังนั้นไม้ที่ผ่านการอบภายใต้สภาวะการอบที่เหมาะสมจะต้องนำมาทดสอบคุณสมบัติเชิงกลเปรียบเทียบค่ากับไม้ยางที่อบแบบทั่วไปและค่าอ้างอิง ดังจะกล่าวถึงต่อไปดังนี้

2.3.4.2 การหาคุณสมบัติทางกายภาพ (Physical Properties) และคุณสมบัติเชิงกล (Mechanical Properties) ของไม้ยาง

2.3.4.2.1 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ (Physical Properties)

เมื่อไม้ยางผ่านกระบวนการอบแห้งแล้วจะต้องนำมาทดสอบแบบซี่ส้อม (prong test) และทดสอบด้วยสายตาก่อน เพื่อตัดสินใจว่าไม้ยางที่ผ่านกระบวนการอบแห้งสามารถยอมรับได้หรือไม่ การทดสอบทางสายตาทำได้ โดยสังเกตไม้ยางหลังอบแห้งว่ามีลักษณะอย่างไร ไม้ยางที่ดีต้องตรงไม่โค้งงอ



ภาพประกอบที่ 2-7 ลักษณะไม้ยางเมื่อทดสอบแบบซี่ส้อม

ที่มา: Simpson, W.T., et al. 1991.”Dry Kiln Operator’s Manual.” Agric. Handbook No. 188, U.S. Dept. of Agriculture. 274 pp.

จากภาพประกอบที่ 2-7 ไม้ที่นำมาทดสอบแบบซี่ส้อมจะเป็นที่ยอมรับเมื่อปล่อยชิ้นไม้ซี่ส้อมไว้ 24 ชั่วโมงแล้วไม่มีการโค้งงอ (no case hardened) ดังภาพ (ก) หากซี่ส้อมมีการโค้งงอจะไม่เป็นที่ยอมรับเพราะว่ามีความเค้นเกิดภายในเนื้อไม้ดังภาพ (ข) และ (ค) ส่วนรูป (ง) เกิดเนื่องจากไม้มีความชื้นมากเกินไปทำให้เกิดแรงดึงในเนื้อไม้ทำให้ซี่ส้อมบานออก

2.3.4.2.2 การทดสอบคุณสมบัติเชิงกล (Mechanical Properties)

เมื่อทดสอบคุณสมบัติเชิงกายภาพ (physical properties) แล้วจึงทดสอบคุณสมบัติเชิงกลไม้ยางหลังอบแห้งเปรียบเทียบกับไม้ที่อบแบบทั่วไปและค่าอ้างอิง โดยการทดสอบคุณสมบัติทางกล (mechanical properties) จะประกอบไปด้วยดังตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 มาตรฐานที่ใช้ทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของไม้ยาง

คุณสมบัติ	มาตรฐาน	ค่าการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของการอบแห้งแบบทั่วไป *	ค่าอ้างอิง **
1. Shear strength parallel to grain	ISO 3346	15.35 MPa	11.0 MPa
2. Compressive strength			
• parallel to grain	ISO 3787	52.66 MPa	32.0 MPa
• perpendicular to grain	ASTM 143	2.06 MPa	5.0 MPa
3. Static bending			
• modulus of rupture	BS 373	107.06 MPa	66.0 MPa
• modulus of elasticity		9,721.41 MPa	9,240.0 MPa
4. Hardness	ISO 3350	4,890.09 N	4,350.0 N

ที่มา: * กนกวรณ บัวผุด. (2004).

** Killmann. W. and Hong. L. T. (2002).

2.3.4.3 การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล

หลังจากที่ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลแล้ว ข้อมูลของตัวอย่างทดสอบที่ทราบคุณสมบัติเชิงกลของไม้ยางที่อบด้วยวิธีผสมผสานระหว่างไอน้ำยิ่งยวดกับลมร้อนจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลคุณสมบัติเชิงกลไม้ที่ผ่านการอบด้วยวิธีปกติ (conventional drying) จากโรงงานรัตภูมิพาราวู้ดและข้อมูลของที่ทำการวิจัยไว้ก่อนแล้ว หลังจากนั้นจึงวิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (Statistical Package for Social Science 11; SPSS 11) ซึ่งเป็นโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่องานวิจัย

2.3.5 การศึกษาพลังงานความร้อนที่ใช้อบแห้งไม้ในกระบวนการอบแห้ง

การศึกษาพลังงานความร้อนที่ใช้ทั้งกระบวนการอบแห้งในการวิจัยทดลองซึ่งมีแหล่งความร้อนจาก 2 แหล่งคือ พลังงานไฟฟ้าและพลังงานจากไอน้ำร้อน ซึ่งพลังงานไฟฟ้าใช้เป็นแหล่งพลังงานแก่เครื่องทำความร้อนทั้งภายในและภายนอกห้องอบแห้ง ส่วนพลังงานความร้อนจากไอน้ำที่ผลิตจากหม้อต้มน้ำ (boiler) ใช้สำหรับอบแห้งไม้ยางในช่วงอบแห้งด้วยไอน้ำในกระบวนการอบแห้ง การศึกษาด้านพลังงานที่ใช้อบแห้งเพื่อเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์หาต้นทุนในการอบแห้งไม้ยางด้วยไอน้ำยิ่งยวดกับลมร้อนเพื่อหาจุดคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ต่อไป

2.3.6 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์โครงการสร้างห้องอบแห้งไม้ยางด้วยไอน้ำยิ่งยวดกับลมร้อนในระดับอุตสาหกรรมเปรียบเทียบกับโครงการสร้างห้องอบแห้งไม้ยางแบบทั่วไป (Conventional drying) ในระดับอุตสาหกรรมรวม 2 วิธี คือวิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (net present value หรือ NPV) และการคำนวณหาค่าอัตราผลตอบแทนภายใน (internal rate of return หรือ IRR) เกณฑ์ในการประเมินโครงการ วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธินี้ สามารถสรุปได้ว่าหากโครงการลงทุนใดที่มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิมากกว่า ศูนย์ (NPV> 0) ผู้วิเคราะห์สามารถยอมรับโครงการลงทุนนั้นได้ ในทางตรงกันข้าม หากโครงการลงทุนใด มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ น้อยกว่า ศูนย์ (NPC <0) ผู้วิเคราะห์สามารถ ปฏิเสธโครงการนั้นได้ ส่วนการคำนวณหาค่าอัตราผลตอบแทนภายในใช้เปรียบเทียบโครงการสร้างห้องอบแห้งไม้ยางด้วยวิธีอบแห้งทั้ง 2 แบบ โครงการที่มีค่าอัตราผลตอบแทนภายในสูงกว่าจะมีความเสี่ยงต่อการขาดทุนน้อยกว่า