Class III
CONFIDENTIAL

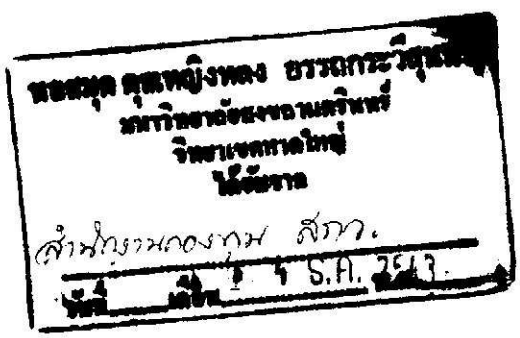
29 ธ.ค. 2542

# รายงาน
# โครงการวิจัยนำร่อง

## เรื่อง ข้อกำหนดเทคนิคที่ดีในการอบไม้ยางพาราแปรรูป

(Identification of Good Practice in Sawn Rubber Wood-Drying Process)

ภายใต้ชุดโครงการ "การพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ยางพารา"




*โดย ฐานันดร์ศักดิ์ เทพญา*

*ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์*

*มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์*

**Order Key**.....
**BIB Key** 204583

เลขหมู่ TS[illegible]
เลขทะเบียน.....
S.A. 2543

**ได้รับทุนสนับสนุนการทำวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)**

สัญญาเลขที่ PPG2/003/2541 ระยะเวลา 4 เดือน

## Abstract

Six rubber wood drying plants were investigated for identifying a good practice in drying or kiln schedule that can produce low degrade of dried products. Drying strategy, board arrangement, kiln design and equipment are the important views of the survey. During drying process, kiln environments such as dry bulb temperature, wet bulb temperature, air velocity and wood moisture content were measured as possible. Steaming and venting are also observed. It was found that sawn rubber wood-drying practice have been done by own experience and lacked of instrumentation and moisture monitoring. Although the defect boards from sawing process were chosen out before treated by chemical solution and drying, some of degrade boards were found after drying process. Twist, crook and bow were occurred more than the other forms of warp, however, the total amount of warps were only 0.16-0.76% from dried products. It can be concluded that rubber wood drying should be operated by kiln schedule. The schedule at the beginning should be run by dry bulb temperature above 45°C or 50°C depend upon the boards thickness and quantity and at high humidity, more than 80%. Steaming should be functioned at the early step of drying and also at the end of the kiln schedule, when the MC in wood was reduced to 15% before reached the final MC, for stress relief. Kiln monitoring, instrument checking, maintenance for properly operation and attention in wood stacking are the good techniques in rubber wood drying.

## บทคัดย่อ

การหาข้อกำหนดที่ดีในการอบไม้ยางพาราหรือตารางการอบที่เหมาะสมได้จากการสำรวจโรงอบไม้ยางพารา 6 แห่ง โดยศึกษาวิธีการอบ การจัดเรียงกองไม้ การออกแบบห้องอบและอุปกรณ์ต่างๆในห้องอบ การตรวจวัดบรรยากาศในห้องอบได้แก่ อุณหภูมิกระเปาะแห้ง อุปกรณ์กระเปาะเปียก ความเร็วลมและความชื้นของไม้ขณะกาอบรวมถึงการสังเกตเทคนิคการปรับสภาพในห้องอบโดยการสเปรย์ไอน้ำและระบายความชื้นออกจากห้องอบ จากการสำรวจโรงอบไม้ยางพาราพบว่าเทคนิคการอบไม้ยางพาราทำโดยประสบการณ์ของผู้ควบคุมการอบและยังขาดการตรวจวัดและติดตามข้อมูลการอบ แม้ว่าก่อนการอัดน้ำยาเคมีและก่อนการอบได้มีการคัดแยกไม้เสียบางส่วนออกไปแล้วแต่ก็ยังพบไม้ที่เสียหลังจากการอบ การบิดงอของไม้ (twist) การโค้งตามสันไม้ (crook) และโค้งตามความยาวไม้ (bow) จะพบมากกว่าการบิดงอแบบอื่นๆ แต่รวมแล้วคิดเป็นสัดส่วนเพียง 0.16-0.76%ของไม้ที่อบแห้งทั้งหมด จากการสำรวจการอบไม้ยางพารายังพบการอบไม้ควรอบไปตามตารางการอบโดยเริ่มอบที่อุณหภูมิกระเปาะแห้งสูงกว่า 45°C หรือ 50°C ที่ความชื้นสูงขึ้นอยู่กับความหนาและปริมาณไม้ในห้องอบ การสเปรย์ไอน้ำควรทำในช่วงแรกของการอบและช่วงท้ายของตารางการอบเมื่อความชื้นในไม้ลดลงเหลือ 15% เพื่อคลายความเค้นในเนื้อไม้ เทคนิคการอบไม้ยางพาราที่ดีควรมีการตรวจสอบติดตามเงื่อนไขการอบ มีการตรวจสอบอุปกรณ์เครื่องมือวัดในห้อง อบให้ใช้งานได้อย่างถูกต้องเสมอ รวมถึงการให้ความใส่ใจต่อการจัดเรียงกองไม้ในห้องอบด้วย

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| กิตติกรรมประกาศ | 1 |
| Abstract | 2 |
| บทคัดย่อ | 3 |
| คำนำ | 4 |
| รายการรูปประกอบ | 6 |
| รายการตาราง | 8 |
| 1. ความเป็นมาและความสำคัญของเรื่อง | 9 |
| 2. พื้นที่เพาะปลูกและปริมาณของไม้ยางพาราไทย | 9 |
| 3. ลักษณะและคุณสมบัติของไม้ยางพารา | 10 |
| 4. การอัดน้ำยาไม้ยางพารา | 13 |
| 5. การอบไม้ยางพารา | 14 |
| 5.1 พลังงานที่ใช้ในการอบไม้ยางพารา | 15 |
| 5.2 ห้องอบไม้ยางพารา | 15 |
| 5.3 การตรวจวัดการอบไม้ยางพารา | 26 |
| 5.3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือในการตรวจวัด | 26 |
| 5.3.2 ผลการตรวจวัดการอบไม้ยางพารา | 26 |
| 5.4 เทคนิคการอบไม้ยางพารา | 36 |
| 5.4.1 การอบไม้ตามตาราง MC และใช้ตารางหรือกราฟ EMC | 37 |
| 5.4.2 การอบไม้โดยใช้อุณหภูมิสูง (High temperature drying, HTD) | 41 |
| 5.5 ข้อควรคำนึงและเทคนิคที่ดีในการอบไม้ยางพารา | 41 |
| สรุป | 61 |
| บรรณานุกรม | 63 |
| ภาคผนวก | 64 |
| ภาคผนวก ก. ตารางการอบไม้ยางพาราจากการใช้โปรแกรมการอบไม้ผ่านเว็บไซต์ | 65 |
| ภาคผนวก ข. รายการการตรวจสอบห้องอบและอุปกรณ์ภายในห้องอบเพื่อให้ได้ไม้ที่มีคุณภาพ | 66 |
| ภาคผนวก ค. ตารางความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความชื้นสมดุลของไม้ (ตาราง EMC) | 86 |
| ภาคผนวก ง. การตรวจสอบความเค้นในไม้โดยวิธี prong test | 87 |
| ภาคผนวก จ. ลักษณะการบิดงอของไม้จากการอบและตำแหน่งการเลื่อยที่ส่งผลต่อการบิดงอของไม้ | 88 |

# รายการรูปประกอบ


หน้า

รูปที่ 1 แสดงการเก็บรักษาไม้ยางพาราไว้ในบ่อซุง 11

รูปที่ 2 แสดงการคัดเลือกและเรียงไม้เข้าถังอัดน้ำยาป้องกันมอดและเชื้อรา 14

รูปที่ 3 แสดงการอบไม้ด้วยห้องอบแบบ progressive หรือ semicontinuous 15

รูปที่ 4 แสดงลักษณะภายในของห้องอบแบบ progressive 16

รูปที่ 5 แสดงการอบไม้ในห้องอบไม้แบบ compartment หรือ batch และ ลักษณะการเรียงกองไม้ในห้องอบ 16

รูปที่ 6 แสดงลักษณะภายในของห้องอบแบบ batch หรือ compartment 17

รูปที่ 7 แสดงหลักการทำงานของห้องอบไม้ที่ใช้ฮีทปั๊ม 18

รูปที่ 8 แสดงหม้อกำเนิดไอน้ำที่ใช้ไม้ฟืนจากเศษไม้ยางพาราเป็นแหล่งความร้อนสำหรับห้องอบไม้ 19

รูปที่ 9 แสดงลักษณะเพดานของห้องอบไม้และการวางท่อความร้อนด้านบน 20

รูปที่ 10 แสดงห้องอบไม้ที่กำลังก่อสร้าง (1) 20

รูปที่ 11 แสดงห้องอบไม้ที่กำลังก่อสร้าง (2) 21

รูปที่ 12 แสดงพื้นที่ภายในห้องอบไม้ขนาด 3.3x3.8x12.0 ม.$^3$ 21

รูปที่ 13 แสดงบริเวณด้านหลังของห้องอบที่มีการติดตั้งพัดลมด้านข้างและมือโยกเปิดช่องระบายความชื้น 21

รูปที่ 14 รูปสเก็ตห้องอบ (1) 22

รูปที่ 15 รูปสเก็ตห้องอบ (2) 22

รูปที่ 16 แสดงลักษณะการวางพัดลมและท่อให้ความร้อนในห้องอบไม้ 23

รูปที่ 17 แสดงลักษณะใบพัดลมที่ใช้ในห้องอบไม้ 23

รูปที่ 18 แสดงลักษณะการวางพัดลมด้านบนแบบแนวยาว 24

รูปที่ 19 แสดงลักษณะการวางพัดลมด้านบนแบบวางขวาง 24

รูปที่ 20 แสดงลักษณะพัดลมวางข้างและมีกล่องบังลม (baffle box) 25

รูปที่ 21 แสดงลักษณะการจัดเรียงไม้ในห้องอบไม้ยางพารา 27

รูปที่ 22 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นไม้, อุณหภูมิกระเปาะแห้ง, ความชื้นสัมพัทธ์ และ EMC จากการอบไม้ขนาด 2121x105 29

รูปที่ 23 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นไม้, อุณหภูมิกระเปาะแห้ง, ความชื้นสัมพัทธ์ และ EMC จากการอบไม้ขนาด 1313, 1321, 1331, 1341x105 31

รูปที่ 24 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นไม้, อุณหภูมิกระเปาะแห้ง, ความชื้นสัมพัทธ์ และ EMC จากการอบไม้ขนาด 1121, 1131, 1141, 721, 731x105 32

รูปที่ 25 ไดอะแกรมอธิบายเทคนิคการอบไม้ยางพารา 37

รูปที่ 26 แสดงความสัมพันธ์ของครามชื้นสมดุลไม้อุณหภูมิกระเปาะแห้ง ค่าที่ลดลงของอุณหภูมิกระเปาะเปียกจากอุณหภูมิกระเปาะแห้ง และความชื้นสัมพัทธ์ 38

รูปที่ 27 แสดงไฮโกรมิเตอร์สำหรับวัดอุณหภูมิกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียก 43

รูปที่ 28 แสดงขนาดหน้าไม้ที่ไม่เท่ากันจะส่งผลต่อการจัดเรียงกองไม้และ sticker 48

รูปที่ 29 แสดงลักษณะการจัดวางกองไม้ในห้องอบและลักษณะการวางแผ่นกั้นลม (baffle) ที่ดี 48

## รายการรูปประกอบ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 30 แสดงภาพด้านบนในการจัดเรียงกองไม้ที่เหมาะสมในห้องอบ 49
รูปที่ 31 แสดงการวัดความชื้นของไม้โดยเครื่องมือวัดความชื้นแบบเข็มตอก 50
รูปที่ 32 แสดงการทำ prong test เพื่อตรวจสอบการแข็งนอก (casehardening) ของไม้ 51
รูปที่ 33 แสดงลักษณะภายในและการไหลของอากาศในห้องอบไม้แบบ batch 52
รูปที่ 34 แสดงตัวอย่างของแนวการเรียง sticker ที่ดี ที่ไม่ดีและการตรวจสอบ 53
รูปที่ 35 แสดงตัวอย่างการจัดเรียงไม้ในแต่ละชั้นที่มีขนาดสั้นยาวไม่เท่ากัน 54
รูปที่ 36 แสดงลักษณะการไหลของอากาศผ่านทางช่องว่างระหว่าง sticker โดยที่การจัดเรียงไม้ไม่ควรเหลื่อมกันในด้านที่ลมผ่านเกินกว่า 3 นิ้ว (ขนาดความยาวของหัวลูกศรแสดงถึงสัดส่วนของปริมาณของอากาศที่ไหล) 54
รูปที่ 37 แสดงการป้องกันกันการบิดงอของไม้ขณะอบโดยใช้สปริงรั้งกองไม้ 55
รูปที่ 38 แสดงการจัดวางไม้หนุน (bolster) 55
รูปที่ 39 แสดงการโค้งงอของไม้หลังการอบแบบ crook 56
รูปที่ 40 แสดงการโค้งงอของไม้หลังการอบแบบ bow 57
รูปที่ 41 แสดงการโค้งงอของไม้หลังการอบแบบ twist 57
รูปที่ 42 แสดงการโค้งงอของไม้หลังการอบแบบ kink 57
รูปที่ 43 แสดงการโค้งงอของไม้หลังการอบแบบ cup 57
รูปที่ 44 แสดงไม้ยางพาราที่ผ่านการอบแยกจัดเก็บไว้ภายในโรงงาน 58

## รายการตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติเชิงกลของไม้ยางพาราเทียบกับไม้สัก 12

ตารางที่ 2 แสดงความชื้นสมดุลและการเปลี่ยนขนาดของไม้บางชนิด เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเปลี่ยนจาก 37% เป็น 83% ที่อุณหภูมิ 20 °C 13

ตารางที่ 3 แสดงผลการอบไม้ยางพาราขนาด 2121x105 จำนวน 4,342 ท่อน 28

ตารางที่ 4 แสดงผลการอบไม้ยางพาราขนาด 1313, 1321, 1331, 1341x105 30

ตารางที่ 5 แสดงผลการอบไม้ยางพาราขนาด 1121, 1131, 1141, 721, 731x105 32

ตารางที่ 6 แสดงจำนวนและลักษณะการเสียของไม้ยางพาราหลังการอบแยกตามขนาดหน้าไม้ 34

ตารางที่ 7 แสดงการอบไม้ยางพาราสำหรับไม้ที่มีขนาดความหนาเกิน 1 ½ นิ้ว 39

ตารางที่ 8 แสดงการอบไม้ยางพาราสำหรับไม้ที่มีขนาดความหนาไม่เกิน 1 ½ นิ้ว 40

ตารางที่ 9 แสดงการอบไม้ยางพาราสำหรับไม้ที่มีขนาดความหนาไม่เกิน 1 ½ นิ้ว 40

ตารางที่ 10 สรุปตำหนิของไม้ที่เกี่ยวข้องกับการอบแห้ง สาเหตุ การป้องกันและการแก้ไข 59

## 1. ความเป็นมาและความสำคัญของเรื่อง

เนื่องจากปัจจุบันอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้มีการขยายตัวสูงและต่อเนื่อง มูลค่าการส่งออกในปี 2539 สูงถึง 12256.6 ล้านบาท [1] คิดเป็นสัดส่วนเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราประมาณร้อยละ 70 [2] ตลาดส่งออกที่สำคัญได้แก่ ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกาและสหภาพยุโรป แต่เนื่องจากการส่งออกเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราของไทยต้องแข่งขันกับประเทศคู่แข่งเช่น อินโดนีเซียและสาธารณรัฐประชาชนจีน ซึ่งมีต้นทุนค่าแรงต่ำกว่า อีกทั้งประเทศมาเลเซียได้หันมาใช้นโยบายลดราคาสินค้าเฟอร์นิเจอร์ที่ทำมาจากไม้ยางพาราเพื่อจะตีตลาด ดังนั้นอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราไทยจึงต้องมีการปรับปรุงพัฒนาคุณภาพและรูปแบบของสินค้าให้ตรงกับความต้องการของตลาดควบคู่กับการลดต้นทุนการผลิตเพื่อให้แข่งขันได้ รวมถึงการให้ความสำคัญในเรื่องของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

เนื่องจากไม้ยางพาราเป็นไม้ที่ถูกทำลายด้วยมอดและราได้ง่าย หลังการตัดโค่นแล้วต้องรีบแปรรูปและป้องกันโดยการอาบหรืออัดน้ำยาเคมี จากนั้นจึงนำเข้าอบแห้งในห้องอบ ไม้ที่ออกจากห้องอบควรมีความชื้นประมาณ 8-12% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศที่นำไปใช้งานและควรเก็บในที่ร่มแห้งมีอากาศถ่ายเทสะดวก การอบแห้งไม้ยางพาราจึงควรศึกษาว่าความชื้นสมดุลที่เหมาะสมของไม้ยางพาราควรเป็นเท่าใดจึงเหมาะสมในการนำไปใช้งาน แต่ไม้ยางพาราจะมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นภายในมากกว่าไม้สักเมื่อความชื้นในอากาศเปลี่ยนไป [3] สำหรับไม้ที่มีความหนา 2 นิ้ว การอบแห้งไม้ยางพาราจะเร็วกว่าการอบไม้สักประมาณ 2 เท่า [4] การแตกเสียหายจากการอบแห้งไม้ยางพารามีน้อยนอกจากว่าไม้ที่เข้าอบเป็นไม้ติดไส้ ไม้ยางพาราจะมีการหดตัวเมื่อความชื้นลดลงต่ำกว่าจุดหมาดที่ 21.3%[3] การหดตัวของไม้ยางพาราในด้านรัศมีและด้านสัมผัสจะใกล้เคียงกับไม้สัก แต่การหดตัวทางด้านยาวตามแนวเส้นของไม้ยางพาราจะสูงกว่าซึ่งต่างจากไม้สักเกือบสิบเท่า [4] ทั้งนี้เนื่องจากแนวเสี้ยนของไม้ยางพาราอยู่ในแนวเอียงซึ่งส่งผลให้การคงรูปของไม้ขณะอบไม่ดีนอกเสียจากได้รับการอบที่ถูกต้อง กระบวนการอบไม้เป็นส่วนหนึ่งของต้นทุนการผลิตเพราะเกี่ยวข้องกับเวลา พลังงานที่ใช้และคุณภาพหลังอบ แหล่งพลังงานที่ใช้ในการอบได้จากเศษไม้ซึ่งมีอยู่อย่างเหลือเฟือและไม่ได้เป็นปัญหาแก่อุตสาหกรรม อย่างไรก็ตามหากสามารถลดเวลาในการอบไม้ยางพาราลงได้จะทำให้ใช้พลังงานในการอบน้อยลงด้วย ดังนั้นเวลาและคุณภาพจึงมีผลต่อต้นทุนอย่างมาก ทั้งเวลาและคุณภาพขึ้นอยู่กับเทคนิคการอบ โรงงานอบไม้ยางพาราในประเทศไทยใช้เทคนิคการอบแตกต่างกันขึ้นอยู่กับการได้รับการถ่ายทอดต่อๆกันมา แต่ทั้งหมดเป็นเทคนิคที่ได้จากประสบการณ์ การวิจัยเพื่อจะนำไปสู่การอบไม้ได้ดีนั้นจึงควรเริ่มจากการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นในการอบไม้เพื่อรวบรวมปัญหาและเทคนิคที่ใช้ในการอบสำหรับใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการอบไม้ที่มีประสิทธิภาพต่อไป

## 2. ที่มา พื้นที่เพาะปลูกและปริมาณของไม้ยางพาราไทย

ไม้ยางพาราเป็นไม้ยืนต้นมีถิ่นกำเนิดเดิมอยู่แถบลุ่มน้ำอเมซอน ทวีปอเมริกาใต้ เป็นไม้อยู่ในสกุล (Genus) Hevea และวงศ์ (Family) Euphorbiaceae ซึ่งในวงศ์นี้มีอยู่ประมาณ 12 ชนิด ลำต้นมีขนาดกลางถึงใหญ่สำหรับชนิดที่ให้น้ำยางมากและดีที่สุด คือ Hevea Braziliensis [5] ซึ่งเป็นที่นิยมปลูกในประเทศไทยและประเทศใกล้เคียง การปลูกยางพาราในประเทศไทยเริ่มขึ้นระหว่างปี พ.ศ. 2442-2444 ที่จังหวัดตรังโดยพระยารัษฎานุประดิษฐ์ มหิศรภักดี (คอซิมบี้ ณ ระนอง) ต่อมาได้แพร่หลายไปทั่วพื้นที่ภาคใต้และภาคตะวันออก ซึ่งวัตถุประสงค์หลักของการปลูกยางพาราก็เพื่อกรีดน้ำยางไปทำยางแผ่นเพื่อจำหน่าย เมื่อต้นยางพารามีอายุมากขึ้นให้น้ำยางน้อยก็จะถูกตัดโค่น

และเผาทิ้งเพื่อปลูกใหม่ แต่ปัจจุบันไม้จากป่ามีปริมาณลดลงและมีพระราชบัญญัติปิดป่า ทำให้ไม้ยางพาราได้รับความสนใจมากขึ้น โดยเฉพาะการนำไปแปรรูปเป็นเฟอร์นิเจอร์เพื่อส่งออก จึงทำให้ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญยิ่งขึ้น ในปี พ.ศ. 2537 ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกยางพาราทั้งสิ้น 13.2 ล้านไร่ และมีเป้าหมายการตัดโค่นต้นยางเก่า (อายุ 25-30 ปี) สำหรับปี 2540-2544 ประมาณปีละ 230,000 ไร่ ได้ไม้ยางพาราแปรรูปประมาณปีละ 2.23 ล้านลูกบาศก์เมตร และในช่วงปีเดียวกันกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ยังมีแผนขยายพื้นที่การปลูกยางพาราในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเพิ่มอีกประมาณ 200,000 ไร่ [4] ทั้งนี้พื้นที่ปลูกยางพารา 1 ไร่ จะได้ไม้ยางพาราประมาณ 47 ลูกบาศก์เมตร แต่จะสามารถนำมาแปรรูปโดยเฉลี่ยประมาณ 20.64 ลูกบาศก์เมตร [4] ซึ่งใกล้เคียงกับข้อมูลจากรายงานโครงการสำรวจวัตถุดิบเพื่อทำเยื่อกระดาษของสรรเสริญ เจริญศรี [6] อ้างโดย อรุณ ชม-ชาญ [5] คือ 21.8 ลูกบาศก์เมตร แต่การเลื่อยแปรรูปไม้จะเสียเนื้อไม้ไปได้ถึง 20-50% ของไม้ที่เลื่อยออกมาแต่ละแผ่น ซึ่งประมาณว่าโรงงานจะได้ไม้แปรรูปเพียง 30% ของปริมาตรไม้ท่อนเท่านั้น ทั้งนี้ยังไม่รวมถึงไม้ที่สูญเสียจากกรรมวิธีการอบ แต่จากการทดลองแปรรูปไม้ยางพาราของหน่วยวิจัยการแปรรูปไม้ กองวิจัยผลิตผลป่าไม้ที่ใช้เลื่อยนอนเป็นเลื่อยเปิดปีกและเลื่อยสายพานเป็นเลื่อยซอย ได้อัตราการแปรรูปถึง 47% [5] จะเห็นว่าอัตราการแปรรูปที่ได้ขึ้นอยู่กับเทคนิคการเลื่อยและลักษณะของไม้ที่โรงงานเฟอร์นิเจอร์จะนำไปใช้งาน

### 3. ลักษณะและคุณสมบัติของไม้ยางพารา

การทราบลักษณะและคุณสมบัติของไม้ยางพาราทำให้ทราบถึงข้อเด่นข้อด้อยในการนำไม้ยางพาราไปใช้งาน อีกทั้งยังเป็นประโยชน์ต่อการหาวิธีการแปรรูปและกระบวนการปรับปรุงคุณสมบัติของไม้ยางพาราด้วยกรรมวิธีต่างๆ

ไม้ยางพาราเป็นไม้ที่มีลักษณะลำต้นกลม สูงปานกลาง เปลือกสีเทาดำ มองทางด้านหน้าตัดจะเห็นท่อน้ำยาง (Latex Vessel) ต่อกันเป็นวงตามแนวด้านสัมผัส (tangential) เนื้อไม้มีสีขาวอมเหลืองเมื่อสด และจะมีสีขาวจางเมื่อแห้ง เนื้อหยาบปานกลาง เสี้ยนตรง วงรอบปีไม่เห็นชัด ไม่มีแก่น เรย์ (Ray) มีขนาดเล็กมากและมีสีอ่อนกว่าเนื้อไม้ พอร์ (Pore) เป็นแบบ radial multiple ซึ่งการเรียงตัวจะตัดกันระหว่างเรย์กับ metatracheal parenchyma ทำให้มองดูเนื้อไม้คล้ายตาข่าย มีความหนาแน่นพื้นฐาน (Basic density) 0.56-0.65 กรัม/ลบ.ซม. [6] สำหรับที่ความชื้น 15% มีความหนาแน่นประมาณ 0.67-0.74 กรัม/ลบ.ซม. โดยมีค่าใกล้เคียงกับไม้ Soft Maple [7] ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับพันธุ์ของยางพารานั้นๆ สำหรับขนาดของเส้นใยไม้ยางพาราประมาณ 1.26 มม. โดยมีความกว้างประมาณ 0.021 มม. คุณสมบัติทางเคมีของไม้ยางพาราสดโดยคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักอบแห้งประกอบด้วย สารแทรก (Extractives) 13.28% (สำหรับสารแทรกแบ่งเป็นสารที่สามารถละลายในน้ำร้อน 10.36% และละลายได้ในสารละลายรวม 23.24%) เซลลูโลส (Cellulose) 50.63% (Holocellulose 78.72%, Alpha cellulose 49.41%) เพนโตซาน (Pentosan) 17.17% ลิกนิน (Lignin) 18.06% และเถ้า (Ash) 0.86% บางรายงาน [3] พบว่าคุณสมบัติทางเคมีของไม้ยางพาราแตกต่างไปจากนี้ โดยเฉพาะสัดส่วนของสารแทรก (5.59%) ซึ่งเข้าใจว่าขึ้นอยู่กับพันธุ์ของยางพาราและวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี สารแทรกแม้เป็นองค์ประกอบเพียงส่วนน้อยแต่จะมีบทบาทสำคัญคือ การมีปริมาณสารแทรกชนิดต่างๆอยู่มากน้อยไม่เท่ากันจะทำให้ไม้นั้นมีสีคล้ำหรือมีสีแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังทำให้มีความทนทานต่อการทำลายของแมลงและเห็ดราแตกต่างกันด้วย การมีปริมาณสารแทรกอยู่มากนั้นมีส่วนสำคัญที่ทำให้ไม้มีการคงรูปดีขึ้น การหดตัวเมื่อแห้งจะน้อยกว่าปกติและหลังจากแห้งแล้วจะมีการเปลี่ยนแปลงขนาดหรือรูปร่างน้อยแม้ว่าจะถูกนำไปใช้งานในสภาวะอากาศที่มีความรุนแรง เช่น ต้องสัมผัสกับความชื้นสูงและต่ำ

สลับกันไปก็ตาม [8] สำหรับการเก็บรักษาท่อนซุงไม้ยางพาราจากเชื้อราและแมลงในบ่อซุงดังในรูปที่ 1 จะทำให้สารแทรกที่ละลายน้ำส่วนหนึ่งหายไปและส่งผลต่อสัดส่วนการหดตัวของไม้ภายหลังการอบแห้งเล็กน้อย จากรายงานการเก็บรักษาไม้ยางพาราไว้ในน้ำจะทำให้ไม้มีผิวคล้ำลงใน 4 สัปดาห์แรก แต่มีความลึกเพียง 1-2 มม.เท่านั้นและสีเนื้อไม้เปลี่ยนจากขาวอมเหลืองเป็นสีน้ำตาลอ่อน เมื่อเก็บไว้ 11-12 สัปดาห์ สีจะไม่เปลี่ยนแปลงต่อไป หากเก็บไว้ในน้ำนานถึง 20 สัปดาห์ ส่งผลให้ความหนาแน่นของไม้ลดลง ซึ่งน้ำหนักที่ลดลงคิดเป็น 20% ของน้ำหนักอบแห้ง และในขณะเดียวกันจะมีน้ำหนักลดลง 25% และ 40% หากเก็บรักษากลางแจ้งในฤดูหนาวและฤดูฝนตามลำดับ [6] จะเห็นได้ว่าการเก็บรักษาไม้ยางพารากลางแจ้งในฤดูฝนมีน้ำหนักที่หายไปมากที่สุดทั้งนี้เนื่องจากสารแทรกที่ละลายได้ในน้ำได้และองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆในไม้ส่วนหนึ่งได้สูญเสียไป แต่ในทางปฏิบัติไม่นิยมเก็บไม้ยางพาราไว้ในกลางแจ้งเป็นเวลานานโดยไม่ได้ผ่านกระบวนการทางเคมีเพื่อป้องกันเชื้อราหรือผ่านการอบก่อน

รูปที่ 1 แสดงการเก็บรักษาไม้ยางพาราไว้ในบ่อซุง

ไม้ยางพาราเป็นไม้เติบโตเร็วชนิดหนึ่ง ในการตรวจนับวงปีของไม้ยางพาราจากสวนอายุประมาณ 25 ปี พบว่าอัตราการเจริญเติบโตทางเส้นผ่าศูนย์กลางโดยเฉลี่ยประมาณ 1.21 ซม./ปี [5] แต่อัตราการเจริญเติบโตสูงสุดในปีใดปีหนึ่งอาจสูงถึง 3.1 ซม. การตัดโค่นไม้ยางพาราที่มีอายุน้อยมาใช้งานจะมีแรงเค้นที่เกิดจากการเจริญเติบโต (growth stress) ในเนื้อไม้อยู่มาก เกิดจากเซลล์เนื้อไม้จะหดตัวทางด้านยาวและขยายตัวทางด้านข้าง แต่เนื่องจากเซลล์เหล่านี้เป็นส่วนหนึ่งของลำต้นจึงไม่อาจหดตัวหรือขยายตัวทางได้โดยอิสระ จึงทำให้เกิดแรงเค้นสะสมอยู่ภายในลำต้น เมื่อนำไม้ไปแปรรูป ไม้ที่บริเวณใกล้ไส้จะมีการขยายตัวทางความยาว ไม้ที่บริเวณใกล้เปลือกจะมีการหดตัวทางความยาวขึ้นเพื่อปลดปล่อยแรงเค้นที่มีอยู่จึงทำให้ไม้แปรรูปเกิดการโก่งงอ การโก่งงอและแตกในสภาพสดเกิดขึ้นได้โดยไม่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงความชื้นในเนื้อไม้

คุณสมบัติของไม้ยางพาราในการนำมาทำเฟอร์นิเจอร์ขึ้นอยู่กับลักษณะของเนื้อไม้ ความแข็งแรงและน้ำหนัก คุณสมบัติเกี่ยวกับการแห้ง การหดตัว การคงรูปขณะใช้งานและความยากง่ายในการตกแต่งด้วยเครื่องจักร

ในแง่ของลักษณะเนื้อไม้ ไม้ยางพาราเป็นไม้ที่มีลวดลายสวยงามเกิดจากอัตราการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันระหว่างฤดูต่างๆ หน้าไม้แปรรูปที่เลื่อยตัดกับเส้นรัศมีจะมีลวดลายปรากฏเห็นชัดกว่าหน้าไม้ที่เลื่อยขนานกับเส้นรัศมี และเนื่องจากไม้ยางพารามีลักษณะสีอ่อนจึงเหมาะกับการนำไปออกแบบเครื่องเรือนที่ต้องมีการย้อมสี

ในส่วนของความแข็งแรงและน้ำหนัก ไม้ยางพาราอยู่ในกลุ่มของไม้ที่มีน้ำหนักปานกลางเทียบเท่าได้กับไม้สักซึ่งมีความหนาแน่นเฉลี่ยประมาณ 0.64 ก./ซม.$^3$ แม้ว่าไม้ยางพารากับไม้สักจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันคือมีน้ำหนักและความแข็งแรงปานกลาง ดังแสดงในตารางที่ 1 ความแข็งแรงในการรับแรงดัดและแรงกดขนานเสี้ยนของไม้ยางพาราด้อยกว่าไม้สักเล็กน้อย การรับแรงดึงในแนวรัศมีและสัมผัสดีกว่าไม้สักเล็กน้อย ส่วนการรับแรงอื่นๆมีค่าใกล้เคียงกันถึงมากกว่าไม้สักเช่น การรับแรงกระแทก ดังนั้นไม้ยางพาราจึงมีความเหมาะสมในการทำเครื่องเรือนเช่นเดียวกับไม้สัก

**ตารางที่ 1** แสดงคุณสมบัติเชิงกลของไม้ยางพาราเทียบกับไม้สัก

| คุณสมบัติ (Physical and Mechanical Properties) | ไม้ยางพารา [7] (Hevea brasiliensis) | | | ไม้ยางพารา [5] (Hevea brasiliensis) | ไม้สัก [5] (Tectona grandis) |
|---|---|---|---|---|---|
| | Green | Air dry | Oven dry | | |
| Number of annual ring per inch | 5 | 5 | 5 | - | - |
| Moisture content | 80% | - | 12% | 12% | 12% |
| Specific gravity (based on oven dry) | 0.58 | 0.60 | - | 0.70 | 0.64 |
| Shrinkage - radial | - | 1.31 | 2.55 | - | - |
| - tangential | - | 1.53 | 5.20 | - | - |
| - volumetric | - | 5.11 | 8.60 | - | - |
| Static bending (kg/cm$^2$) | | | | | |
| Modulus of rupture | 535 | 887 | 973 | 973 | 1,023 |
| Modulus of elasticity | 68,70 | 93,500 | 96,000 | 95,000 | 103,900 |
| Fibre stress at elastic limit | 0 | 550 | 610 | 600 | 665 |
| | 334 | | | | |
| Compression// to grain (kg/cm$^2$) | | | | | |
| Maximum crushing strength | 283 | 438 | 478 | 478 | 505 |
| Compression ⊥ to grain (tang.) (kg/cm$^2$) | | | | | |
| crushing strength at proportional limit | 34 | 94 | 93 | 93 | 92 |
| Tension // to grain (kg/cm$^2$) - radial | 19 | 27 | 28 | 29 | 24 |
| - | 21 | 29 | 29 | 29 | 24 |
| tangential | | | | | |
| Shear (kg/cm$^2$) - radial | 74 | 120 | 155 | 162 | 139 |
| - tangential | 97 | 156 | 169 | 162 | 139 |
| Hardness (kg/cm$^2$) - radial | 285 | 367 | 544 | 538 | 497 |
| - tangential | 287 | 393 | 532 | 538 | 497 |
| Impact strength | | | | | |
| Maximum load, kg | - | - | - | 149 | 118 |
| Work expended, kg-m | - | - | - | 2.9 | 1.7 |

การเปลี่ยนแปลงขนาดหรือการพองตัวของไม้ยางพาราเมื่อเทียบกับไม้อื่นๆ พบว่าจะมีการพองตัวน้อยกว่าไม้ยูคาลิปตัสแต่จะพองตัวมากกว่าไม้สักและไม้มะค่าโมง ทั้งนี้เนื่องจากไม้ยางพาราเป็นไม้ที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าไม้ในกลุ่มดังกล่าวและมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นเมื่อความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นมากกว่า ดังแสดงในตารางที่ 2 อย่างไรก็ตามอัตราการพองตัวต่อการเปลี่ยนความชื้นสมดุลของไม้ยางพารายังน้อยกว่าไม้สักและไม้ยูคาลิปตัส แสดงให้เห็นว่าการพองตัวของไม้ยางพาราจะค่อยเป็นค่อยไปเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเพิ่มขึ้น คุณสมบัติเช่นนี้มีความสำคัญในการนำไปทำเฟอร์นิเจอร์ ไม่ว่าจะเป็นการออกแบบรูปแบบผลิตภัณฑ์ การเข้าไม้และการประสานกาว ส่วนประโยชน์ของการพองตัวของไม้ในแง่ของเทคนิคการอบจะเห็นว่า หากต้องมีการอบเพื่อลดความเค้นของไม้และลดอาการแข็งนอกของไม้ยางพาราในช่วงสุดท้ายของการอบจำเป็นต้องใช้เวลาในการเพิ่มหรือรักษาความชื้นในห้องอบนานกว่าไม้สักและไม้ยูคาลิปตัส

**ตารางที่ 2** แสดงความชื้นสมดุลและการเปลี่ยนขนาดของไม้บางชนิด เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเปลี่ยนจาก 37% เป็น 83% ที่อุณหภูมิ 20 °C (ดัดแปลงจาก [6])

| ชนิดไม้ | ความหนาแน่น ($g/cm^3$) | %ความชื้นสมดุลของไม้ที่ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ | | การเปลี่ยนความชื้นสมดุลของไม้ % | *อัตราการพองตัวต่ออัตราการเปลี่ยนความชื้นสมดุล %/% | %การพองตัวทั้งหมดเมื่อความชื้นในอากาศเปลี่ยนจาก 37 %เป็น 83% |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 37% | 83% | | | |
| ไม้สัก (Tectona grandis) | 0.65 | 7.2 | 13.4 | 5.2 | 0.21 | 1.31 |
| ไม้มะค่าโมง (Afzelio sp.) | 0.71 | 7.3 | 13.7 | 6.4 | 0.17 | 1.09 |
| ไม้ยูคาลิปตัส (Eucalyptus patens) | 0.89 | 9.5 | 19.0 | 9.5 | 0.34 | 3.23 |
| ไม้ยางพารา (H. braziliensis) | 0.62 | 8.0 | 18.1 | 10.1 | 0.19 | 1.92 |

* การพองตัวเป็นการพองตัวของไม้โดยเฉลี่ยระหว่างด้านรัศมีและด้านสัมผัสโดยใช้ขนาดของไม้อบแห้งเป็นเกณฑ์

4. การอัดน้ำยาไม้ยางพารา

การอัดน้ำยาไม้ยางพาราเป็นการป้องกันเบื้องต้นจากการเข้าทำลายของเชื้อราและมอด การอัดน้ำยาไม้ยางพารามักทำหลังจากการเลื่อยแปรรูปหรือก่อนการอบ ปกติไม้ยางพาราหลังจากตัดโค่นจะมีความทนทานตามธรรมชาติ 1.9 ปี (พิสัย 0.5-3.8 ปี) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ สำหรับการอัดน้ำยาไม้ยางพารามักมุ่งเน้นป้องกันเชื้อราที่เกิดการเสียสีและเชื้อราที่เข้าไปเจริญเติบโตในเนื้อไม้ ซึ่งช่วงความชื้นในเนื้อไม้ที่อ่อนแอต่อการเข้าทำลายของเชื้อราดังกล่าวอยู่ในช่วง 25%-40% ส่วนการป้องกันพวกแมลงจะเน้นการป้องกันมอดและปลวกใต้ดินซึ่งเป็นตัวการหลักในการทำลายเนื้อไม้ถึง 95%

น้ำยาที่ใช้ในการป้องกันไม้ยางพาราที่นิยมใช้กันในปัจจุบันจะใช้พวกสารประกอบบอร์เร็กซ์ หรือมีชื่อทางการค้าว่าทิมบอร์ (Tim-bor) ซึ่งมีความปลอดภัยต่อการนำไม้ที่ผ่านการอัดน้ำยาไปใช้แปรรูปเป็นเฟอร์นิเจอร์และอุปกรณ์ตบแต่งภายในที่ต้องมีการสัมผัสกับผู้ใช้ ส่วนน้ำยาชนิดอื่นๆที่ไม่นิยมใช้และเลิกใช้งานไปเนื่องจากเป็นพิษ ได้แก่พวก CCA (Copper Sulphate- Chromium Dichromate –Arsenic pentoxide) หรือ ACZA (Ammoniacal Copper Zinc Arsenic) และ NaPCP ( Sodium pentachlorophinate)

วิธีการอัดน้ำยาไม้ยางพาราจะใช้การอัดแบบความดันในถัง ไม้ยางพาราท่อนจะถูกคัดแยกและบรรจุบนรถลำเลียงเข้าถังความดันดังแสดงในรูปที่ 2 จากนั้นจะทำการ vacuum เพื่อให้ภายในถังมีความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศซึ่งทำกันประมาณ 25 นิ้วปรอท (600 mmHg) และให้ความชื้นที่อยู่ในไม้ออกมากส่วนหนึ่ง จากนั้นจึงเดินปั๊มเพื่ออัดน้ำยาเข้าสู่ถัง โดยมากจะใช้ความดันในการอัดที่ 150 ปอนด์/ตารางนิ้ว จากนั้นก็จะถ่ายน้ำยาออกแล้วทำ vacuum ซ้ำอีกครั้งเพื่อให้น้ำยามีการกระจายตัวในเนื้อไม้ ขั้นตอนนี้ไม่ควร vacuum ให้ความดันต่ำเกินไปเพราะจะทำให้น้ำยาไหลออกจากเนื้อไม้ การอัดน้ำยาไม้มักจะใช้ค่ามาตรฐานตามที่ผู้ผลิตน้ำยาและเกณฑ์ความปลอดภัย รวมถึงความสามารถในการป้องกันการทำลายของมอดและเชื้อราตามลักษณะการใช้งานของไม้นั้นๆ ค่าที่ใช้กันเรียกว่า BAE (Boric Acid Equivalent) หากสารใดให้ค่าของบอริคแอซิด $B_2O_3$ = 56.3% จะถือว่าให้ค่า 100%BAE ซึ่งการคำนวณหาค่านี้และปริมาณการใช้สารเคมีหรือน้ำยาในการอัดสามารถปรึกษาได้จากบริษัทผู้จำหน่าย

รูปที่ 2 แสดงการคัดเลือกและเรียงไม้เข้าถังอัดน้ำยาป้องกันมอดและเชื้อรา

## 5. การอบไม้ยางพารา

กระบวนการอบไม้ยางพาราเป็นกระบวนการที่ดึงน้ำออกจากไม้ซึ่งประกอบอยู่ในรูปของน้ำอิสระ (free water) ในช่องว่างของเซลล์ และน้ำที่อยู่ในผนังเซลล์เนื้อไม้ (bound water) ในระหว่างการอบแห้งน้ำอิสระจะออกไปได้ก่อน ส่วนน้ำที่อยู่ในผนังเซลล์เนื้อไม้จะออกไปยากกว่าเนื่องจากจะติดอยู่ในผนังเซลล์ซึ่งเป็นโครงสร้างของเนื้อไม้ เมื่อน้ำที่อยู่ในผนังเซลล์เนื้อไม้ออกไป ไม้ก็จะเกิดการหดตัว โดยที่จะมีการหดตัวตามแนวเกรนน้อยกว่าแต่จะหดตัวในแนวสัมผัสกับวงปีมากกว่าแนวรัศมีถึงสองเท่า ดังนั้นการอบแห้งจึงควรทำด้วยความระวังเอาใจใส่เพื่อไม่ให้ความเค้นที่เกิดขึ้นระหว่างการอบส่งผลต่อการเสียหายของไม้ได้เพราะส่วนมากการอบแห้งจะต้องอบไม้เพื่อใช้งานให้มีความชื้น (MC) ต่ำกว่าจุดหมาด (fiber saturation point) เมื่อไม้มีความชื้นต่ำกว่าจุดหมาด ความชื้นจะเคลื่อนที่ในรูปของการแพร่กระจาย (diffusion) อันเกิดขึ้นเนื่องจากความแตกต่างของความดันไอซึ่งการเปลี่ยนแปลงของความดันไอจะมีค่าน้อยเมื่อไม้มีความชื้นสูงกว่าจุดหมาดโดยการเคลื่อนที่ของความชื้นจะเป็นไปในรูปของ capillary action แต่การเปลี่ยนแปลงของความดันไอจะมีมากเมื่อไม้มีความชื้นต่ำกว่าจุดหมาด [9]

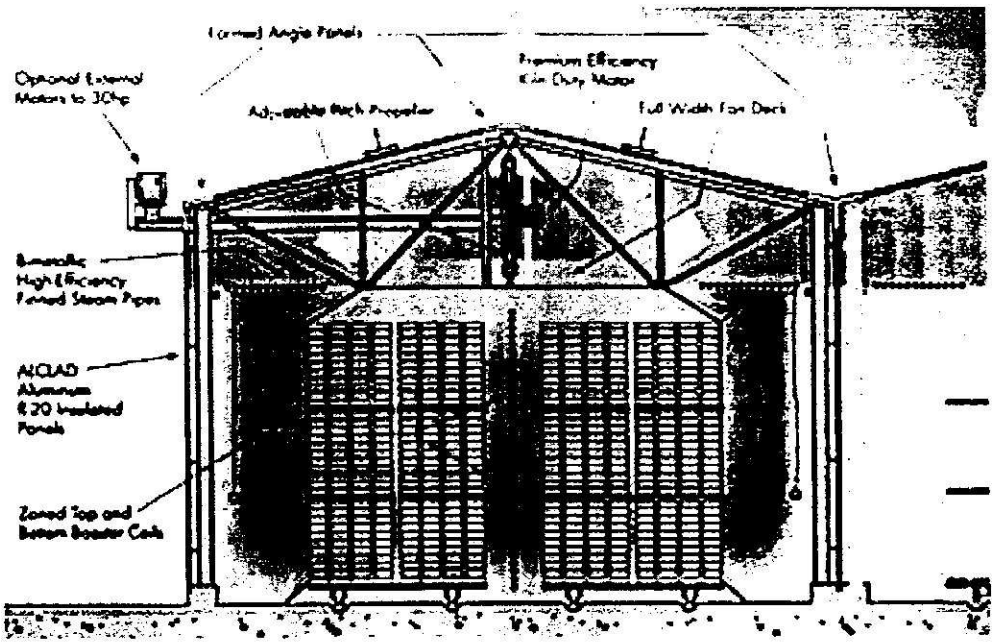
### 5.1 พลังงานที่ใช้ในการอบไม้

การอบไม้เป็นกระบวนการที่ต้องใช้พลังงานความร้อนจำนวนมาก แม้จะไม่ได้มีการศึกษาโดยเฉพาะเจาะจงถึงพลังงานที่ใช้ในการอบไม้ยางพารา แต่ก็มีรายงานที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับพลังงานที่ใช้ในการอบไม้ไว้ ซึ่งระบุว่า การอบแห้งไม้ต้องการพลังงานถึง 40-70% ของพลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์จากไม้ทั้งหมด โดยพลังงานที่ใช้จะเป็นพลังงานที่ใช้ในการระเหยน้ำออกไป พลังงานที่ทำให้ไม้และน้ำในเนื้อไม้มีอุณหภูมิสูงขึ้นถึงอุณหภูมิในห้องอบและยังต้องใช้พลังงานความร้อนชดเชยกับพลังงานที่สูญเสียไปจากการนำความร้อนผ่านผนังห้องอบและสูญเสียไปกับรอยรั่วของผนังห้องอบและช่องระบายความชื้น พลังงานที่ต้องใช้ยังขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพของไม้ กระบวนการอบและประสิทธิภาพของห้องอบ พลังงานที่ใช้ในการอบไม้จะมีค่าประมาณ 1.5-3 เท่าของพลังงานความร้อนที่ต้องใช้ในการระเหยน้ำ (2.3 MJ/kg) ห้องอบขนาดเล็กมักต้องการพลังงานความร้อนในการอบแห้งไม้ต่อน้ำหนักของน้ำในไม้ที่ระเหยไปมากกว่าห้องอบที่มีขนาดใหญ่กว่า สำหรับไม้เนื้ออ่อนถึงไม้เนื้อแข็งโดยทั่วไปต้องการพลังงานความร้อนในการอบ 4.7-7.0 MJ/kg [10]

### 5.2 ห้องอบไม้ยางพารา

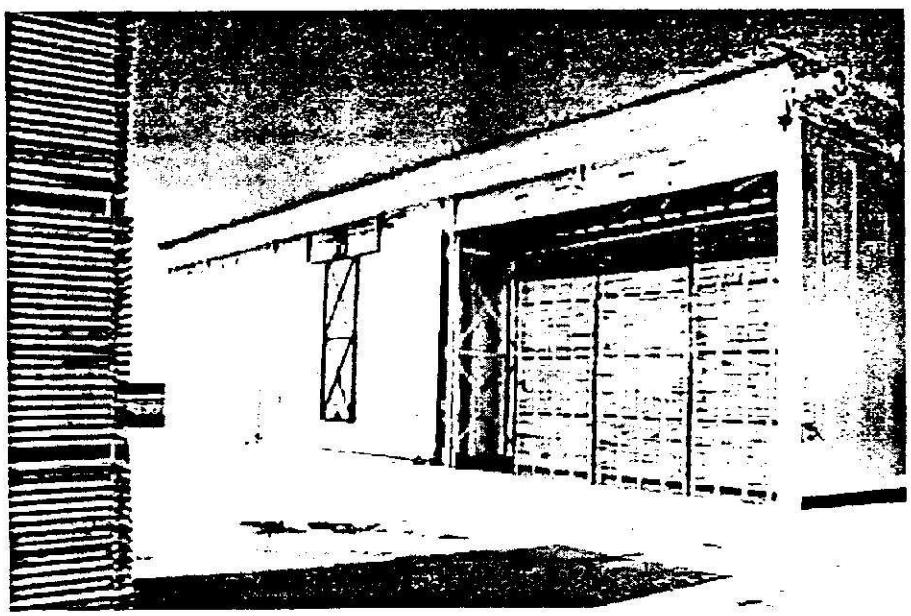
การอบไม้ยางพาราส่วนมากใช้วิธีการอบโดยอากาศร้อนเนื่องจากเป็นระบบที่ไม่ซับซ้อนและแพร่หลายในการอบไม้ชนิดอื่นๆเช่นกัน ห้องอบที่ใช้เรียกว่า conventional kiln สามารถจำแนกได้เป็นสองพวกคือ *progressive* หรือ *semicontinuous* ดังแสดงในรูปที่ 3 และ 4 และ *compartment* หรือ *batch* ดังแสดงในรูปที่ 5 และ 6

รูปที่ 3 แสดงการอบไม้ด้วยห้องอบแบบ progressive หรือ semicontinuous

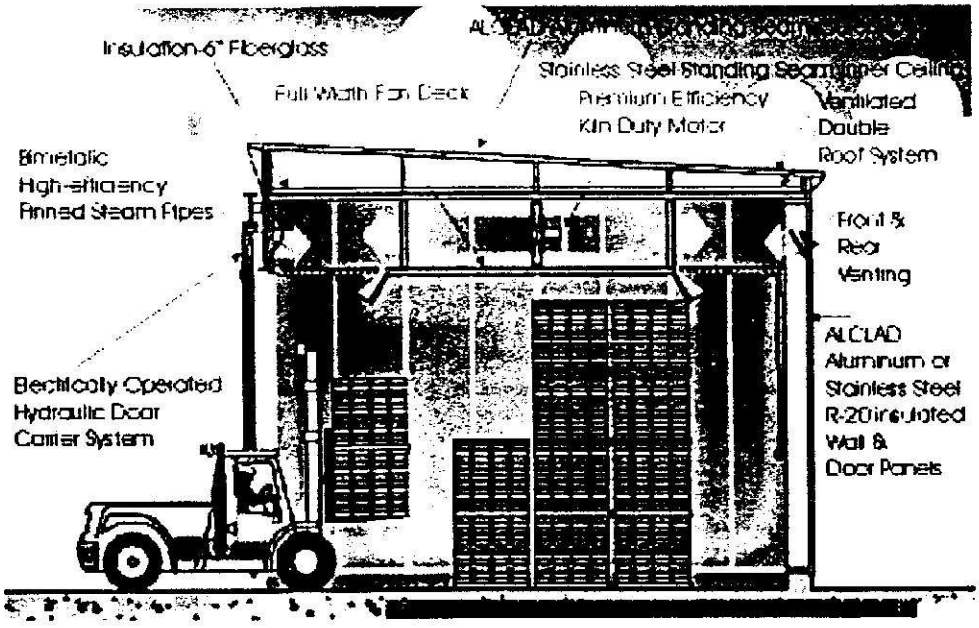


รูปที่ 4 แสดงลักษณะภายในของห้องอบแบบ progressive

ในแบบแรกไม้ในห้องอบบนรถจะเคลื่อนที่ไปตามความยาวของห้องอบ ห้องอบจะมีอุณหภูมิและความชื้นที่ทางเข้าต่ำกว่าที่ทางออก ส่วนห้องอบแบบ batch ไม้ทั้งหมดจะเข้าอบในห้องอบทีเดียว ห้องอบแบบนี้มีการลงทุนและดำเนินการสูงแต่สามารถอบแห้งให้ได้ MC ใกล้เคียงกับเป้าที่ต้องการมากกว่า และสามารถปรับเปลี่ยนปริมาณการอบไม้ได้ ห้องอบไม้ที่ออกแบบควรมีขนาดใหญ่พอที่จะบรรจุกองไม้และอุปกรณ์ต่างๆที่ต้องใช้ในการหมุนเวียนของอากาศ



รูปที่ 5 แสดงการอบไม้ในห้องอบไม้แบบ compartment หรือ batch และลักษณะการเรียงกองไม้ในห้องอบ




รูปที่ 6 แสดงลักษณะภายในของห้องอบแบบ batch หรือ compartment

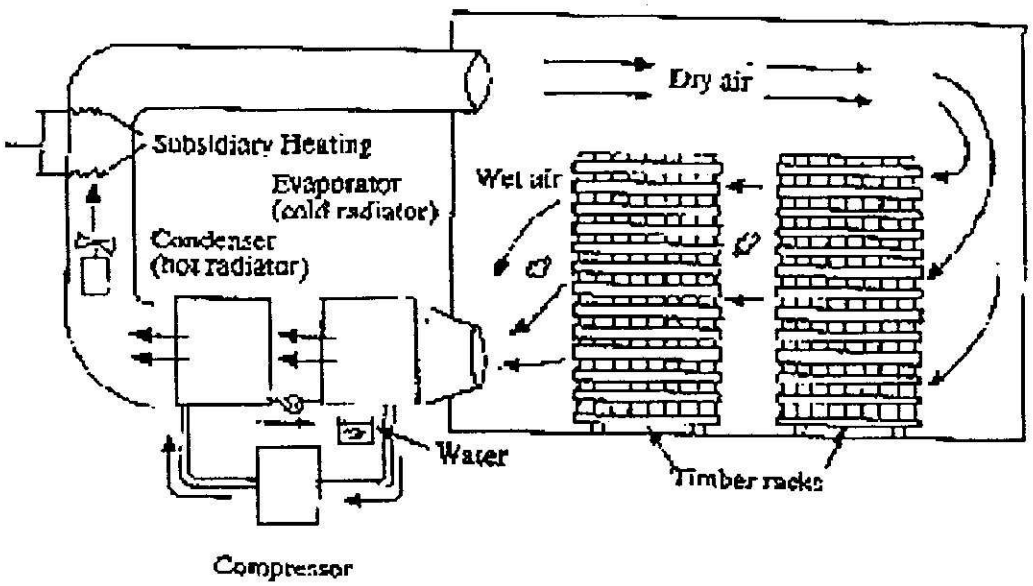
ห้องอบแบบ conventional ผนังห้องอบทำขึ้นจากการก่ออิฐ หรือคอนกรีตบล็อค เสาและเพดานทำด้วยคอนกรีตเสริมเหล็ก ประดุบุด้วยฉนวนใยแก้วปิดทับด้วยแผ่นอะลูมิเนียม ห้องอบไม้ต้องมีการบุฉนวนอย่างดีและให้มีการรั่วของอากาศน้อยที่สุดเนื่องจากจะส่งผลต่อการควบคุมความชื้นในห้องอบ ผนังด้านในห้องอบควรมีการฉาบด้วยวัสดุกันความชื้นเพื่อป้องกันไม่ให้โครงสร้างของห้องอบได้รับความชื้นอันเป็นสาเหตุให้อายุการใช้งานสั้นลง ห้องอบไม้ส่วนใหญ่มักใช้ไอน้ำไหลผ่านท่อให้ความร้อนกับไม้ในห้องอบ แต่ก็ยังมีห้องอบไม้บางแบบที่นำเอาหลักการทำงานของระบบปรับอากาศมาใช้ในการอบไม้

***การอบแห้งแบบลดความชื้น*** *(Dehumidification Drying)*

ห้องอบแห้งแบบลดความชื้นจะอาศัยหลักการของฮีทปั๊ม (heat pump) หรือปั๊มความร้อน โดยความร้อนแฝงของการระเหยของอากาศจากภายนอกห้องอบถูกดึงผ่านระบบปรับอากาศและใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิในห้องอบ ระบบฮีทปั๊มจะมีการนำความร้อนของอากาศภายในระบบกลับมาใช้ใหม่ซึ่งปกติจะถูกปล่อยสู่บรรยากาศ ขั้นตอนการลดความชื้นในห้องอบเริ่มจาก

- อากาศร้อนชื้นจากห้องอบถูกดูดเข้าไหลผ่านคอยล์เย็น (evaporator coils)
- ไอน้ำจะควบแน่นเป็นน้ำและถูกถ่ายออกจากห้องอบ
- ความร้อนจากอากาศและความร้อนแฝงของการควบแน่นทำให้สารทำความเย็นในคอยล์เย็นระเหยเป็นไอ
- ไอสารทำความเย็นถูกอัดโดยคอมเพรสเซอร์ซึ่งจะมีการรับพลังงานความร้อนเพิ่มจากการอัด
- ไอสารทำความเย็นไหลกลับไปยังคอนเดนเซอร์ซึ่งจะถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศเย็นที่ผ่านคอยล์เย็นมา

ด้วยกระบวนการดังกล่าว ความร้อนจะถูกนำกลับมาใช้ซ้ำในการอบแห้ง พลังงานที่ต้องให้กับระบบจะเป็นพลังงานที่ใช้ในการขับคอมเพรสเซอร์และพัดลม ห้องอบที่ใช้วิธีการอบแห้งแบบนี้อาจมีการติดตั้งฮีทเตอร์เพิ่มเพื่อให้อุณหภูมิในห้องอบสูงขึ้นกว่าเดิมอย่างน้อยประมาณ 25 °C หลักการของห้องอบแบบนี้แสดงดังรูปที่ 7




รูปที่ 7 แสดงหลักการทำงานของห้องอบไม้ที่ใช้ฮีทปั๊ม

*ข้อดีของระบบนี้คือ*

- มีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานความร้อน
- ทำงานที่อุณหภูมิต่ำ สามารถออกแบบห้องอบแห้งที่มีขนาดเล็กและโครงสร้างที่ง่ายๆ เช่น การใช้โครงไม้เป็นโครงสร้างห้องอบ บุด้วยแผ่นพลาสติกหรือแผ่นเหล็ก
- ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาและความต้องการพลังงานสูงสุดของระบบต่ำและสามารถขยายขนาดห้องเป็นขนาด 45-70 ลบ.ม. ได้โดยลงทุนในส่วนของอุปกรณ์ต่ำ
- เนื่องจากอุณหภูมิที่สามารถใช้อบแห้งได้ค่อนข้างต่ำประมาณ 50°C อัตราการแห้งจึงช้าแต่เกิดปัญหาตำหนิของไม้จากการอบน้อย ดังนั้นห้องอบโดยหลักการนี้สามารถใช้อบไม้ต่างชนิดกันได้

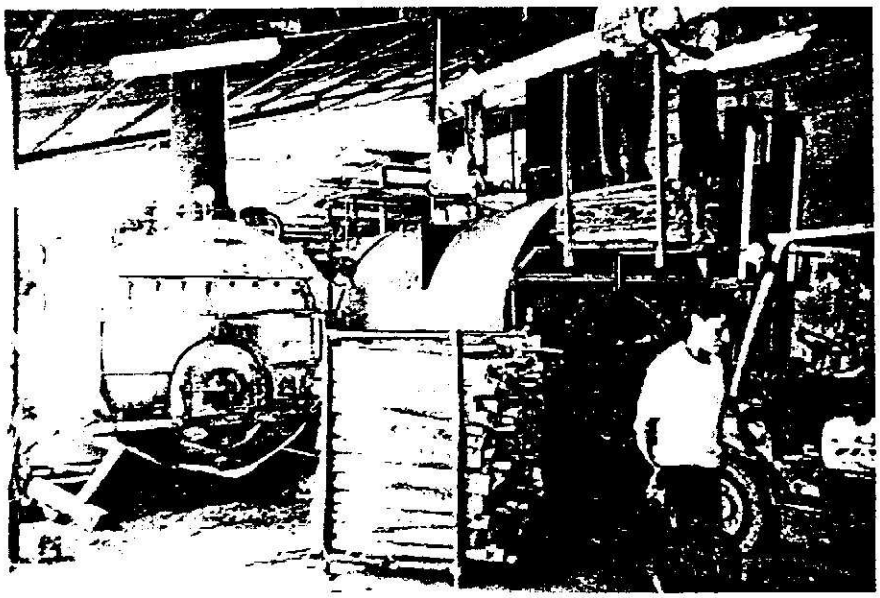
*ข้อเสียของระบบนี้คือ*

- อัตราการอบแห้งต่ำ
- ไม่สามารถทำ conditioning เพื่อคลายความเค้นในไม้ได้
- เนื่องจากทำงานที่อุณหภูมิค่อนข้างต่ำ ห้องอบจึงต้องหุ้มฉนวนและป้องกันรอยรั่วเป็นอย่างดี เพื่อไม่ให้สูญเสียความร้อน

สำหรับห้องอบไม้ยางพาราที่พบเห็นทางภาคใต้มักใช้หม้อไอน้ำเป็นอุปกรณ์กำเนิดความร้อนโดยใช้ปีกไม้ยางพาราหรือเศษเหลือจากการแปรรูปไม้ยางพารานำมาเป็นเชื้อเพลิงดังรูปที่ 8 แล้วส่งไอน้ำไปตามท่อหุ้มฉนวนสู่ห้องอบไม้แต่ละห้อง ขนาดของหม้อกำเนิดไอน้ำขึ้นอยู่กับจำนวนและขนาดของห้องอบ ในการออกแบบห้องอบไม้ควรออกแบบเผื่อขนาดของหม้อไอน้ำที่จะจ่ายความร้อนให้กับห้องอบเพื่อรองรับการขยายกำลังการผลิตในอนาคต ปกติห้องอบขนาดไม้ 4x4x8 ม.$^3$ อบไม้ปริมาณ 25 ลบ.ม./ห้อง จำนวน 10 ห้องควรใช้หม้อไอน้ำขนาด 2 ตัน/ชั่วโมง ความดันใช้งานประมาณ 3-5 kg/cm$^2$ ขนาดห้องอบ ปริมาตรไม้ที่อบ อัตราการใช้ไอน้ำ ขนาดและจำนวนพัดลมที่ใช้แสดงได้ดังข้อมูลข้างล่างนี้

| TYPE | Drying capacity | Drying chamber size | Steam capacity | Cyclical fan |
|---|---|---|---|---|
| SF-25M3 | 25M3 | 7.7x4x4.6M | 100 kgs/hour | 3HPx4 pcs |
| SF-100M3 | 100M3 | 15.6x6.6x4.6M | 350 kgs/hour | 3HPx16 pcs |

Use Steam Pressure 1.5~3kgs/cm$^2$

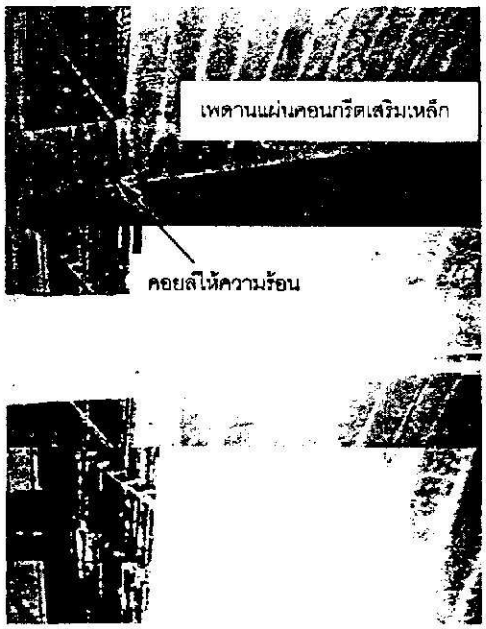


รูปที่ 8 แสดงหม้อกำเนิดไอน้ำที่ใช้ไม้ฟืนจากเศษไม้ยางพาราเป็นแหล่งความร้อนสำหรับห้องอบไม้

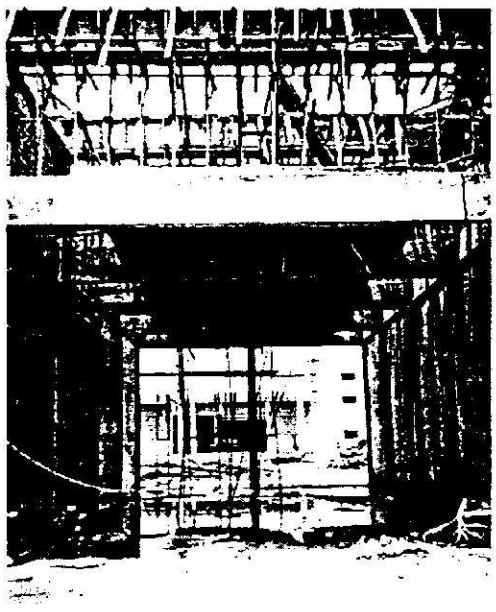
ลักษณะของห้องอบไม้มักออกแบบเป็นห้องสี่เหลี่ยมแบ่งเป็นห้องๆ แต่ละห้องจะแบ่งเป็นสองส่วนคือ ส่วนบริเวณกองไม้ที่จะอบและส่วนบริเวณของชุดพัดลมกับท่อความร้อนซึ่งมักออกแบบให้อยู่ด้านบนของห้องอบดังรูปที่ 9 สำหรับเพดานห้องอบจะมี 2 ชั้น ชั้นในทำด้วยแผ่นคอนกรีต ลักษณะห้องอบที่กำลังก่อสร้างแสดงให้เห็นเพดานด้านในดังรูปที่ 10 และลักษณะภายนอกดังรูปที่ 11

Prince of Songkla Univ.





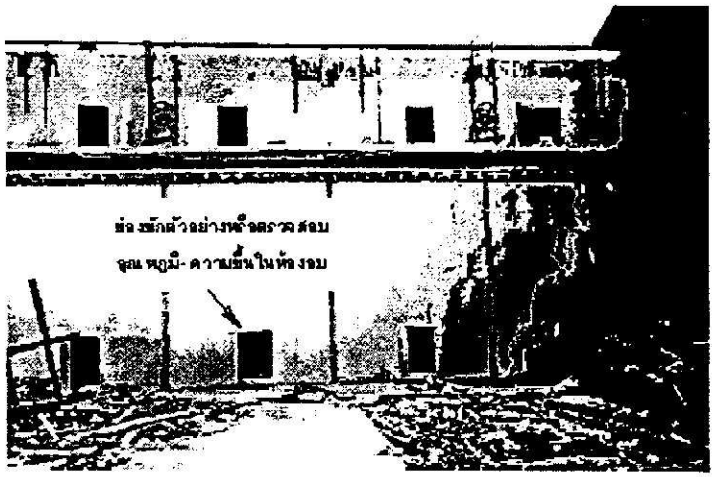

**รูปที่ 9 แสดงลักษณะเพดานห้องอบไม้และการวางท่อความร้อนด้านบน**



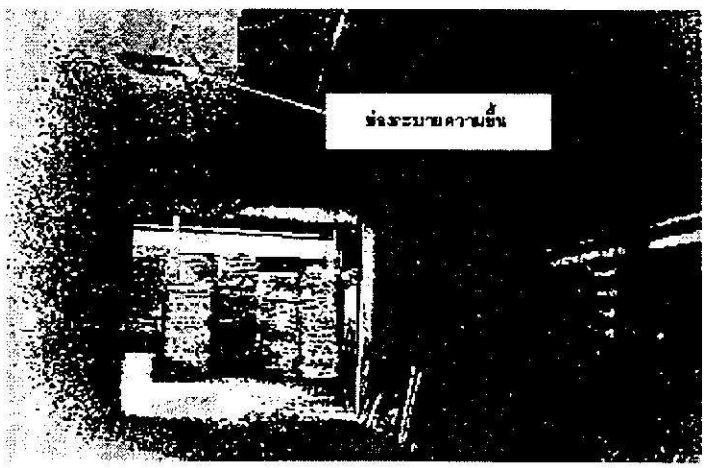
รูปที่ 10 แสดงห้องอบไม้ที่กำลังก่อสร้าง (1)

**เพดานห้องอบด้านบนจะมีช่องระบายความชื้น ดังแสดงในรูปที่ 12 สำหรับเปิดเพื่อลดความชื้นในห้องอบหากมีค่าสูงกว่าที่ตั้งไว้ ซึ่งอาจใช้ระบบควบคุมการเปิดปิดอัตโนมัติหรือใช้ผู้ควบคุมในการเปิดปิดโดยใช้มือโยกดังแสดงในรูปที่ 13 ช่องระบายความชื้นจะมีขนาดประมาณ 1x1 ตร.ฟ. อาจมีตั้งแต่ 4-8 ช่องต่อห้อง ขึ้นอยู่กับขนาดและความยาวของห้องอบ**

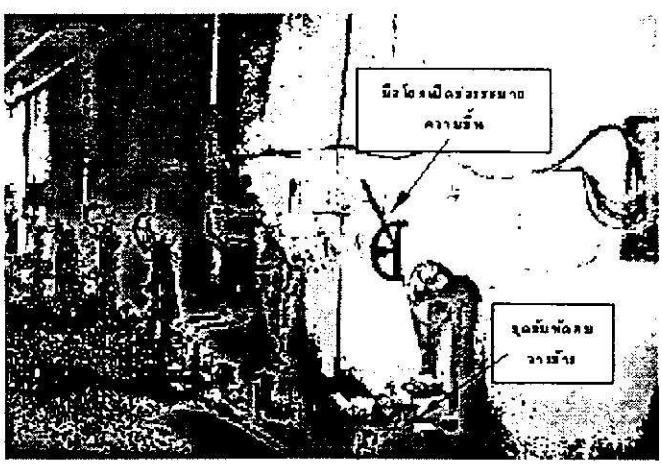
ด้านหน้าของห้องอบจะใช้ประตูอะลูมิเนียมบุด้วยฉนวนใยแก้ว บางแห่งอาจใช้โฟมบุแทน ที่ประตูจะมีช่องเปิด ประมาณ 40x60 ซม.$^2$ เพื่อให้ผู้ควบคุมห้องอบสามารถเข้าไปสุ่มตัวอย่างไม้ในห้องอบมาตรวจสอบความชื้นหรือคุณภาพของไม้ระหว่างการอบได้ดังแสดงในรูปที่ 11




รูปที่ 11 แสดงห้องอบไม้ที่กำลังก่อสร้าง (2)

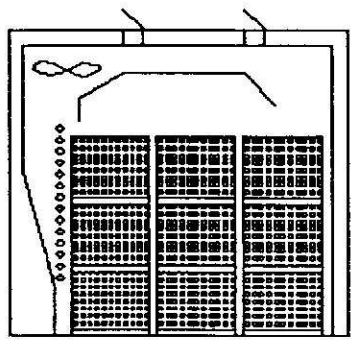



รูปที่ 12 แสดงพื้นที่ภายในห้องอบไม้ขนาด 3.3x3.8x12.0 ม.$^3$

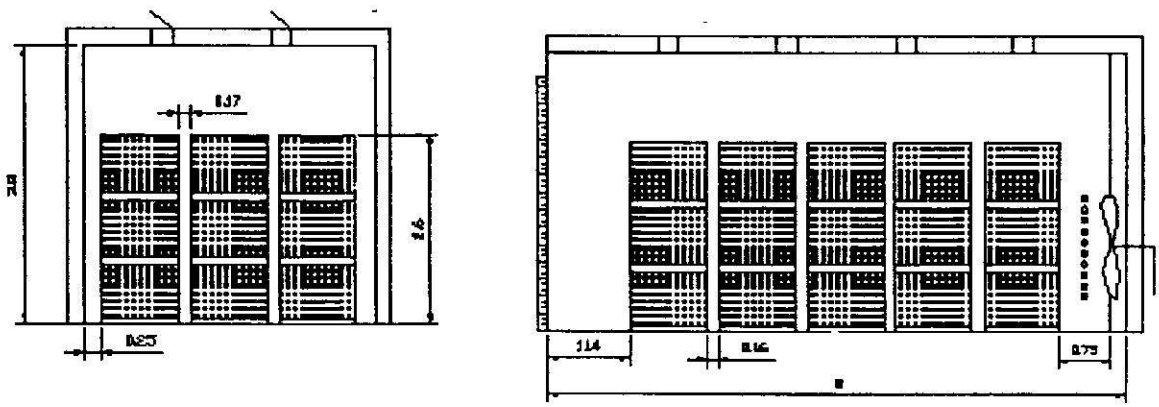



รูปที่ 13 แสดงบริเวณด้านหลังของห้องอบที่มีการติดตั้งพัดลมด้านข้างและมือโยกเปิดช่องระบายความชื้น

จากการสำรวจห้องอบไม้ยางพาราในภาคใต้โดยมากพบว่ามักจะก่อสร้าง 2 ขนาดคือ มีพื้นที่ภายใน 3.3x3.8x12.0 ม.$^3$ และขนาด 4.0x3.8x8.0 ม.$^3$ การจัดวางพัดลมในห้องอบมีทั้งแบบวางข้างและวางบนดังแสดงในรูปที่ 14 และ 15 สำหรับห้องอบที่มีการวางของพัดลมแบบวางบนและวางข้างในลักษณะรูปสเก็ตทั้ง 2 รูปจะไม่สามารถกลับทิศทางการหมุนของพัดลมได้ การแห้งของไม้ในห้องอบจะช้าและไม่ค่อยสม่ำเสมอ ส่วนห้องอบที่มีคอยล์วางด้านบน 2 ข้างตามแนวความยาวของห้องอบและมีพัดลมวางตรงกลางของเพดานคอนกรีตจะสามารถให้ความร้อนแก่ห้องอบได้ดีกว่า คุณภาพของไม้อบแห้งสม่ำเสมอ และใช้เวลาในการอบแห้งสั้นกว่า แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับเทคนิคและเงื่อนไขการอบ

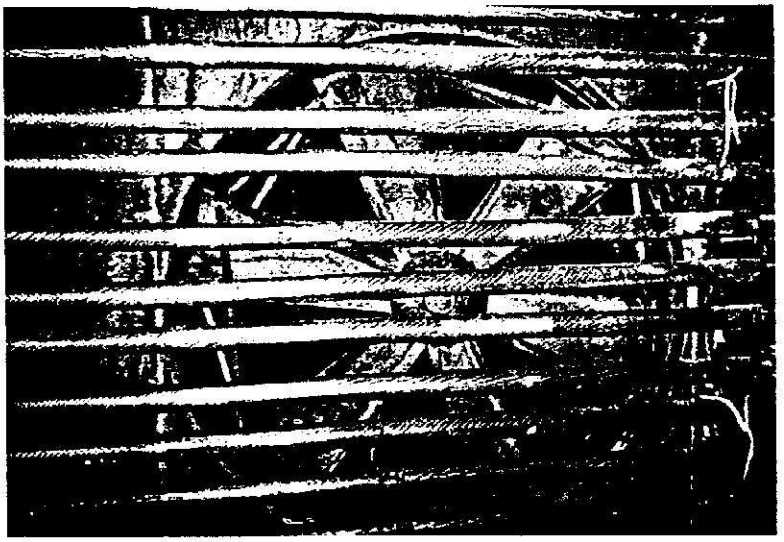


รูปที่ 14 รูปสเก็ตห้องอบ (1)



รูปที่ 15 รูปสเก็ตห้องอบ (2)

สำหรับห้องอบขนาดเล็กมักจะใช้พัดลม 2 ชุด ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.44 ม. และห้องอบขนาดใหญ่จะใช้พัดลมจำนวน 4 ชุด ขนาดเดียวกัน ตัวคอยล์ให้ความร้อนจะอยู่หน้าพัดลม อาจวางด้านบนหรือด้านข้างตามความยาวของห้องอบ ขึ้นอยู่กับการออกแบบ เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกของคอยล์ประมาณ 3 ซม. มีครีบช่วยถ่ายเทความร้อนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7 ซม. ติดอยู่ประมาณ 46 ครีบ ต่อความยาวคอยล์ 1 ฟุต ลักษณะของคอยล์และพัดลมแสดงดังรูปที่ 16 ลักษณะของใบพัดลมเป็นแบบ 6 ใบ ดังแสดงในรูปที่ 17 และมักทำขึ้นโดยช่างในท้องถิ่น ห้องอบบางแห่งอาจใช้ใบพัดแบบ 4 ใบที่มีขนาดใหญ่ โดยสั่งทำจากโรงงาน

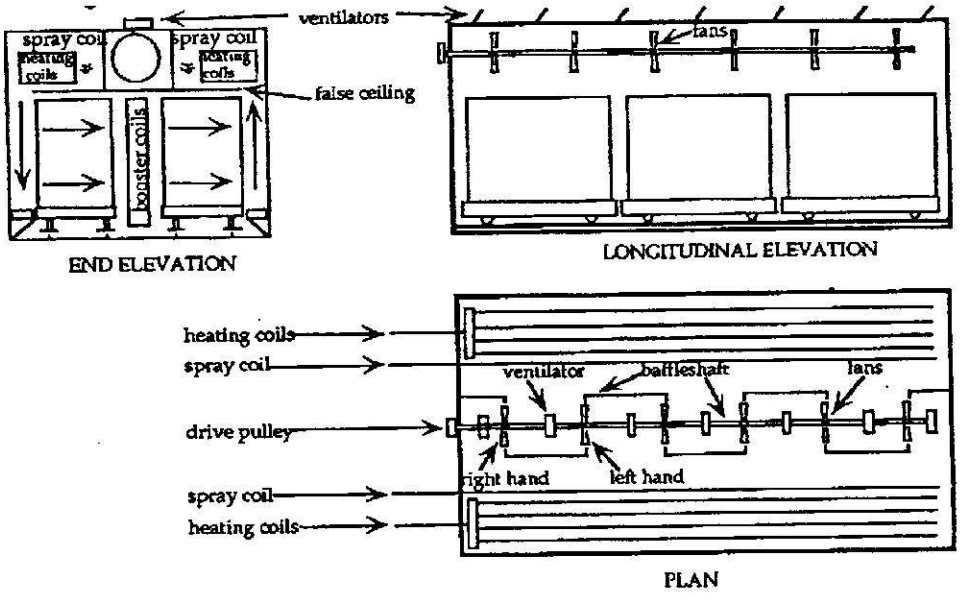


รูปที่ 16 แสดงลักษณะการวางพัดลมและท่อให้ความร้อนในห้องอบไม้

รูปที่ 17 แสดงลักษณะใบพัดลมที่ใช้ในห้องอบไม้

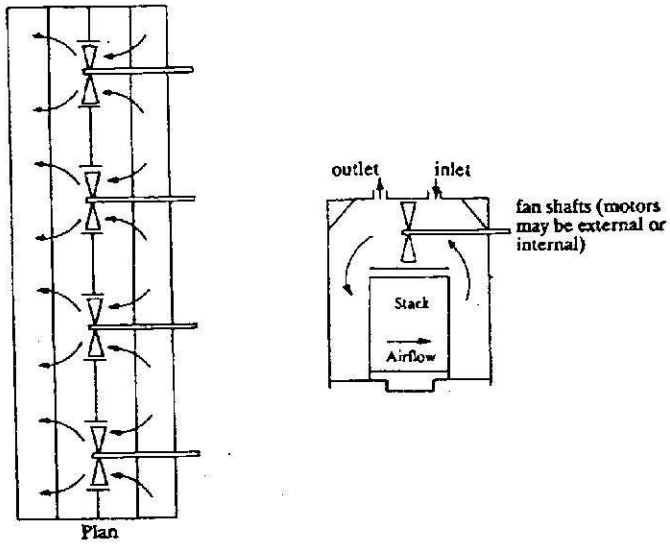
ลักษณะการไหลหรือการหมุนเวียนของอากาศในห้องอบส่งผลอย่างมากต่อคุณภาพของไม้ที่ได้จากการอบ ระบบหมุนเวียนอากาศประกอบด้วย พัดลมแบบการไหลตามแกน (axial flow) ที่ให้ปริมาณลมมากแต่ต้องการกำลังขับต่ำ แผ่นกั้นลม (baffle) ทำหน้าที่บังคับการไหลของอากาศให้ผ่านกองไม้อย่างสม่ำเสมอทั้งทิศทางไปและกลับเมื่อพัดลมมีการหมุนกลับทิศ ห้องอบทั่วไปจะมีการวางแนวพัดลม 2 ลักษณะคือ พัดลมวางบน (overhead fans) และพัดลมวางข้าง (side fans)

*พัดลมวางบน (overhead fans)* มี 2 แบบคือ ลักษณะเพลาตามยาวอยู่กึ่งกลางตามความยาวห้องอบ ทิศทางการไหลของอากาศบังคับโดย แผ่นกั้นลม (baffle) ดังแสดงในรูปที่ 18 (สังเกตรูปด้านบนจะเห็นว่าพัดลมแต่ละชุดจะมีลักษณะการบิดของใบไม่เหมือนกัน : right hand/left hand)



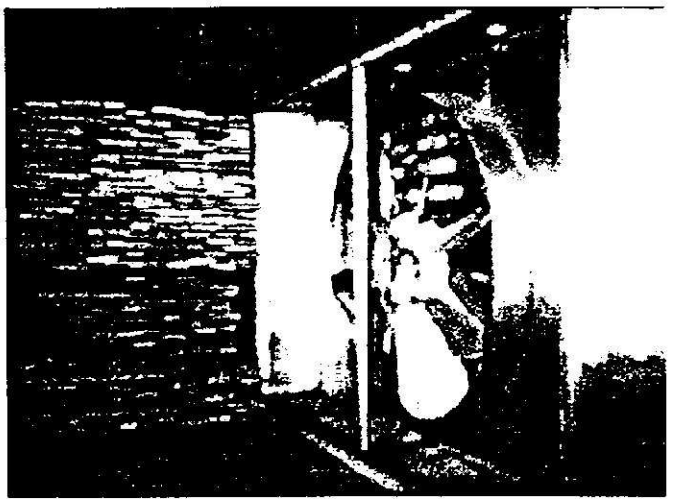

รูปที่ 18 แสดงลักษณะการวางพัดลมด้านบนแบบแนวยาว

ความเร็วลมผ่านกองไม้ของการจัดวางพัดลมในลักษณะนี้ประมาณ 0.5-1.0 m/s สำหรับพัดลมที่ใช้ ใบพัดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.8-1.0 m ส่วนพัดลมวางบนอีกลักษณะหนึ่งจะเป็นแบบเพลาสั้น วางในแนวขวางกับความยาวห้องอบ ดังแสดงในรูปที่ 19 ไม่มีการไหลของอากาศเสริมกันระหว่างชุดพัดลม พัดลมจะหมุนบังคับลมไปในทิศทางเดียวกันโดยไม่มีแผ่น baffle ในการบังคับทิศทาง แต่การออกแบบจะง่ายกว่าแบบเพลาตามยาวเนื่องจากแบบเพลาตามยาวต้องให้ความใส่ใจในแนวของเพลาและการบำรุงรักษามากกว่า ใบพัดลมแบบนี้มีตั้งแต่ขนาด 0.8-1.8 m ความเร็วลมเฉลี่ยที่ไหลผ่านกองไม้ประมาณ 0.9-1.8 m/s




รูปที่ 19 แสดงลักษณะการวางพัดลมด้านบนแบบวางขวาง

*พัดลมวางข้าง (side fans)* พัดลมลมวางข้างมีการจัดวาง 2 แบบคือ เป่าในแนวดิ่งและในแนวนอน โดยที่พัดลมขนาดใหญ่จะถูกติดตั้งที่ข้างใดข้างหนึ่งของห้องอบ อาจจะมีกล่องบังคับทิศทางลมหรือไม่มีก็ได้ ความเร็วลมเฉลี่ยประมาณ 1.5-2.4 m/s โดยใบพัดลมขนาดใหญ่อาจมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.4-2.4 m ข้อดีของพัดลมวางข้างคือ สามารถติดตั้งพัดลมที่มีขนาดใหญ่ได้ กินกำลังต่ำเมื่อเทียบกับปริมาณลมที่ต้องการ ลักษณะของการจัดเรียงกองไม้ส่งผลต่อการไหลของอากาศน้อยกว่า สามารถใช้พื้นห้องอบเป็นที่ติดตั้งพัดลมได้โดยไม่ต้องใช้ผนังห้องอบมาเป็นตัวรองรับพัดลม การดูแลรักษาก็ทำได้ง่ายกว่าแบบพัดลมวางบน ส่วนข้อเสียของการวางพัดลมลักษณะนี้คือ ถ้าห้องอบมีความยาวมากๆ ความเร็วลมที่ไหลผ่านกองไม้ปลายทางจะค่อนข้างต่ำทำให้เกิดความแตกต่างของความเร็วลมด้านที่ใกล้และห่างพัดลมมาก ทำให้ไม้แห้งต่างกันมากด้วย



รูปที่ 20 แสดงลักษณะพัดลมวางข้างและมีกล่องบังลม (baffle box)

โดยทั่วไปมักออกแบบห้องอบให้ได้ความเร็วลมที่ไหลผ่านกองไม้จะอยู่ในช่วง 1 m/s (200 fpm) ถึง 6 m/s (1200 fpm) ส่วนมากห้องอบแบบ conventional จะใช้การให้ความร้อนโดยทางอ้อม คือใช้ท่อไอน้ำ (steam coil) ถ่ายเทพลังงานความร้อนให้กับอากาศไหลผ่านกองไม้เพื่ออบแห้ง การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในห้องอบขึ้นอยู่กับเงื่อนไขที่ทำให้ได้ไม้คุณภาพดีที่สุด อุณหภูมิกระเปาะแห้งในห้องอบควบคุมโดยการปรับวาล์วไอน้ำเพื่อเพิ่มหรือลดปริมาณการไหลของไอน้ำ อาจปรับด้วยมือหรือจากการควบคุมอัตโนมัติ โดยปกติความชื้นในห้องอบจะถูกควบคุมโดยอุปกรณ์วัดอุณหภูมิกระเปาะเปียก เมื่ออุณหภูมิกระเปาะเปียกสูงมาก ช่องระบายความชื้นด้านบนของห้องอบจะถูกเปิดออกเพื่อระบายความชื้นในห้องอบออกไป เมื่ออุณหภูมิกระเปาะเปียกต่ำเกินไป ไอน้ำจะถูกสเปรย์เข้าสู่ห้องอบจนกระทั่งอุณหภูมิกระเปาะเปียกมีค่าตามต้องการ การอบไม้ที่ดีที่สุดควรอบตามตารางการอบซึ่งจะเป็นตัวกำหนดอุณหภูมิกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียกของห้องอบในช่วงเวลาต่างๆ โดยพื้นฐานแล้วการเริ่มต้นในการอบไม้ควรเริ่มจากอุณหภูมิต่ำ ความชื้นสัมพัทธ์สูง เมื่อไม้เริ่มแห้ง อุณหภูมิในห้องอบจะค่อยๆสูงขึ้นและความชื้นสัมพัทธ์จะต่ำลง ห้องอบไม้ยางพาราในปัจจุบันจะอบไม้ที่อุณหภูมิสูงสุดในช่วง 60°C-85°C (140-185°F) และความเร็วลมในช่วง 1-3 m/s (200-600 fpm) อย่างไรก็ตามบางแห่งใช้อุณหภูมิในการอบเพียงไม่เกิน 65°C (149°F) ความเร็วลมน้อยกว่า 1 m/s (200 fpm) ซึ่งมักอบแห้งได้ช้า สำหรับการอบไม้ยางพาราที่อุณหภูมิสูงมักไม่ทำกัน เนื่องจากยังไม่ได้มีการศึกษาอย่างแน่ชัดในเรื่องของเทคนิคการอบ ซึ่งการอบที่อุณหภูมิสูงอาจใช้อุณหภูมิถึง 130°C (266°F) และความเร็วลมมากกว่า 2 m/s (400 fpm)

ไม้ยางพารา ซึ่งเป็นไม้เนื้อแข็งปานกลาง (temperate hardwood) การอบอาจใช้วิธีการอบตามตารางความชื้น (MC) ของไม้ได้ เนื่องจาก MC และตำหนิของไม้หลังการอบเป็นข้อคำนึงหลักของการนำไม้ไปใช้งาน สำหรับไม้ที่ต้องผ่านการเลื่อยผ่าเพื่อนำไปผลิตเป็นอุปกรณ์เครื่องใช้ต่างๆ การเลื่อยผ่าจะทำให้ความเค้นในเนื้อไม้ปลดปล่อยออกมา เกิดการบิดงอของไม้ ซึ่งเป็นปัญหาต่อการผลิต วิธีการแก้ไขสาเหตุของความเค้นที่เกิดขึ้นในไม้ระหว่างการอบทำโดยการควบคุมห้องอบในช่วงท้ายของการอบให้มีอุณหภูมิสูง (มากกว่า 71°C หรือ 160°F) และความชื้นสัมพัทธ์สูง (มากกว่า 70%) เป็นเวลานานหลายชั่วโมงเพื่อลดความเค้น (สำหรับห้องอบที่มีการอบที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเดือดของน้ำ) ช่วงเวลาที่ใช้ในการควบคุมดังกล่าวขึ้นอยู่กับความหนาของไม้และเป้าหมายค่า MC ของไม้ที่ต้องการ

### 5.3 การตรวจวัดการอบไม้ยางพารา

การสำรวจตรวจวัดการอบไม้ยางพารามักทำโดยการวัดอุณหภูมิ ความชื้นที่ใช้ในการอบ การจัดเรียงไม้ในห้องอบ ความเร็วลมที่ใช้ การเปลี่ยนแปลงความชื้นในไม้ระหว่างอบ ความชื้นไม้เมื่อสิ้นสุดการอบรวมถึงจำนวนและลักษณะเสียหายของไม้หลังการอบแยกตามขนาดหน้าไม้ การตรวจวัดบางอย่างไม่สามารถทำได้สะดวกในระหว่างการอบ แต่ข้อมูลที่ได้ก็เพียงพอที่จะทำให้ทราบเงื่อนไขการอบที่ดีในการอบไม้ยางพาราได้ อย่างไรก็ตามคุณภาพของไม้ที่ผ่านการอบก็ยังขึ้นอยู่กับตัวแปรบางประการที่ไม่สามารถควบคุมได้ในระหว่างการอบเช่น ลักษณะของห้องอบ การชำรุดเสียหายของอุปกรณ์เครื่องจักรบางอย่าง และความผิดพลาดของผู้ควบคุมห้องอบ แต่ปัจจัยดังกล่าวสามารถป้องกันได้ดังจะได้กล่าวในหัวข้อของข้อควรคำนึงและเทคนิคที่ดีในการอบไม้ต่อไป

#### 5.3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือในการตรวจวัด

การตรวจวัดอุณหภูมิในห้องอบจะวัดอุณหภูมิกระเปาะแห้งโดยใช้สายเทอร์โมคัปเปิ้ลชนิด K ต่อเข้ากับดิจิตอลเทอร์โมมิเตอร์ยี่ห้อ OMEGA รุ่น HH81 อุณหภูมิกระเปาะเปียกวัดโดยใช้สายเทอร์โมคัปเปิ้ลชนิดเดียวกันที่ชับน้ำจากผ้าที่จุ่มในหลอดแก้วต่อเข้ากับดิจิตอลเทอร์โมมิเตอร์เช่นกัน ความชื้นในห้องอบได้จากการนำอุณหภูมิกระเปาะแห้งและเปียกมาอ่านค่าจากแผนภูมิความชื้นของอากาศ (Psychrometric chart) หรือจากตาราง EMC หรือใช้กราฟ EMC ความชื้นในเนื้อไม้วัดโดยเครื่องมือวัดความชื้นแบบหัวเข็มปักยี่ห้อ DELMHORST รุ่น J-2000 สามารถอ่านค่าความชื้นได้ได้ตั้งแต่ 6% ถึง 40% ในช่วงอุณหภูมิ -17.9°C –123°C ความเร็วลมในห้องอบวัดโดยใช้เครื่องวัดความเร็วลม (annemometer) ยี่ห้อ DIGICON รุ่น DA-42 วัดค่าได้ตั้งแต่ 0.4-30 m/s

#### 5.3.2 ผลการตรวจวัดการอบไม้ยางพารา

จากการตรวจนับไม้ยางพาราท่อนที่ถูกคัดแยกเป็นไม้เสียก่อนเข้าอัดน้ำยาและอบ คิดเป็นสัดส่วน 4-8% โดยปริมาตร จากปริมาตรไม้ที่เข้าอัดน้ำยาประมาณ 136 ลบ.ฟ. ต่อครั้ง ทั้งนี้สัดส่วนไม้ที่คัดแยกออกขึ้นอยู่กับลักษณะของไม้ที่รับซื้อว่ามีตำหนิหรือตาไม้มากหรือไม่และขึ้นอยู่กับการเลื่อย โดยไม้ที่มีหน้าตัดโตกว่าเช่น 2"x2" มีแนวโน้มถูกคัดแยกออกมากที่สุด รองลงมาเป็นไม้ 1 ½" x4" และ 1 ½" x2" ตามลำดับ เนื่องจากไม้ท่อนแปรรูปที่มีหน้าตัดโตกว่ามีโอกาสพบตำหนิ เช่น ตาไม้ การเจริญเติบโตที่ผิดปกติหรือการทำลายเนื้อไม้โดยมอดและแมลงได้มากกว่า

ไม้ที่ผ่านการอัดน้ำยาจะถูกนำมาเรียงเป็นกองและนำเข้าห้องอบทันทีซึ่งโดยมากโรงอบไม้ยางพาราจะอบไม้ที่มีขนาดแตกต่างกันในห้องอบเดียวกัน แต่มีข้อสังเกตว่าไม้ที่มีความหนาใกล้เคียงแต่ความกว้างต่างกันสามารถอบให้ห้องเดียวกันได้เช่น ไม้ขนาด 1121, 1131, 1141, 721 และ 731 จะเห็นว่าไม้ส่วนใหญ่มีความหนาประมาณ 1 นิ้ว ส่วนความกว้างจะแตกต่างกันตั้งแต่ 2 นิ้ว 3 นิ้ว และ 4 นิ้ว ไม้ที่มีขนาดไม่ถึง 1 นิ้ว (721, 731) ก็สามารถนำมาอบปนกันได้หากมีปริมาณที่ไม่มากเกินไป ส่วนไม้ที่มีความหนามาก เช่น ไม้ขนาด 2121 มักถูกแยกอบในห้องเดียวกันต่างหาก แต่บางครั้งไม้ขนาดดังกล่าวก็อาจนำมาอบปนกับไม้ขนาดบางกว่าหากมีปริมาณไม่มาก

การจัดเรียงไม้ยางพาราท่อนในห้องอบจะวางไม้ซ้อนสลับกันโดยมีไม้ขนาด 1 นิ้ว x 1 นิ้ว x105 ซม. เป็นไม้รอง (sticker) การจัดเรียงไม้ในห้องอบแสดงดังรูปที่ 21 กองไม้ที่มีขนาดหน้าไม้ต่างกันเมื่อจัดเรียงเป็นกองจะมีช่องว่างภายในกองไม้ต่างกันด้วย ซึ่งช่องว่างนี้เรียกว่า void ratio (VR) คือ สัดส่วนช่องว่างของกองไม้

$VR = \frac{\text{ปริมาตรกองไม้ - ปริมาตรไม้}}{\text{ปริมาตรกองไม้}}$ ช่องว่างนี้มีผลต่อการไหลของอากาศผ่านกองไม้และเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง กองไม้ที่มี VR มากแสดงว่ามีการไหลผ่านของอากาศได้ดีกว่าและจะอบแห้งได้เร็วกว่ากองไม้ที่มี VR น้อยกว่า จากการตรวจวัดกองไม้ขนาดต่างๆ ได้ค่าเฉลี่ยของ void ratio ดังต่อไปนี้

กองไม้ยางพาราขนาด 1"x1"x105 cm VR = 0.593

กองไม้ยางพาราขนาด 1.5"x3"x105 cm VR = 0.561

กองไม้ยางพาราขนาด 1"x4"x105 cm VR = 0.364

กองไม้ยางพาราขนาด 2"x2"x105 cm VR = 0.326

การอบไม้ของโรงอบไม้ยางพาราที่สำรวจมักอบตามตารางความชื้นไม้ (MC) ที่ควบคุม บางแห่งอบตามตารางควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในห้องอบ แบบแรกจะใช้การตรวจวัดความชื้นไม้เป็นระยะๆ แล้วเปรียบเทียบค่ากับค่าในตารางความชื้นไม้ที่ควบคุมแล้วปรับอุณหภูมิ ความชื้นในห้องอบให้เหมาะสมจนกว่าจะอบไม้จนกระทั่งความชื้นไม้ในห้องอบได้ตามเป้าที่ต้องการ ซึ่งปกติมักจะอบให้มีความชื้นต่ำกว่าความชื้นสมดุลของไม้ (EMC) ที่บรรยากาศการนำไม้ไปใช้งานประมาณ 2% ส่วนการอบตามตารางควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในห้องอบหรือตาราง EMC

รูปที่ 21 แสดงลักษณะการจัดเรียงไม้ในห้องอบไม้ยางพารา

(การอบจริงที่พบเห็นมักจะไม่มีการตรวจสอบเงื่อนไขการอบตามกราฟ EMC) จะอบโดยควบคุมอุณหภูมิกระเปาะแห้งและเปียกในห้องอบ ซึ่งการควบคุมอาจใช้ระบบอัตโนมัติแบบ PID (Proportional-Integral-Derivative) โดยอาศัยสัญญาณค่าอุณหภูมิและความชื้นในห้องอบเปรียบเทียบกับค่าที่ตั้งไว้ตามตารางการอบว่าเป็นไปตามที่ต้องการหรือไม่ หากแตกต่างกันก็จะส่งสัญญาณไปควบคุมให้อุปกรณ์ต่างๆทำงาน เช่น การเปิดปิดวาล์วไอน้ำ การเปิดช่องระบายความชื้น การสเปรย์ไอน้ำ หรือแม้กระทั่งการหมุนของพัดลม (หากเป็นห้องอบที่มีการปรับทิศทางการหมุนและความเร็วของพัดลมได้) เป็นต้น ระบบควบคุมแบบนี้มีโอกาสที่จะควบคุมผิดพลาดได้หากอุปกรณ์เครื่องมือวัดขาดการตรวจสอบและดูแลอย่างสม่ำเสมอ โรงอบไม้ยางพาราใหม่ๆที่มีเงินลงทุนสูงมักใช้การควบคุมแบบนี้เพราะสะดวกและประหยัดแรงงานคนในการดูแลการอบ อย่างไรก็ตามการอบตามตารางควบคุมอุณหภูมิและความชื้นโดยใช้คนควบคุมก็ยังคงปฏิบัติโดยทั่วไป เนื่องจากสามารถตรวจสอบติดตามการอบได้อย่างน่าเชื่อถือกว่าหากผู้ควบคุมห้องอบให้ความเอาใจใส่ในการอบ ในตารางที่ 3, 4 และ 5 เป็นตัวอย่างตารางข้อมูลการอบไม้ไม้ยางพาราที่ควบคุมความชื้นไม้และอุณหภูมิ/ความชื้นบรรยากาศในห้องอบ ส่วนตารางที่ 6 เป็นข้อมูลสัดส่วนของไม้ที่เสียตามขนาดหน้าไม้และรูปแบบของการเสีย

ความหมายของสัญลักษณ์ที่ใช้ในตารางผลการตรวจวัดการอบไม้ยางพารา

△ สเปรย์ไอน้ำ 1 ชั่วโมง ▨ เปิดช่องระบายความชื้น 2 ชั่วโมง

T (DB) คือ อุณหภูมิกระเปาะแห้ง T (WB) คือ อุณหภูมิกระเปาะเปียก

EMC คือ ความชื้นสมดุลของไม้ (Equilibrium Moisture Content)

($T_{DB}$, $T_{WB}$, RH) คือ อุณหภูมิกระเปาะแห้ง, อุณหภูมิกระเปาะเปียก, และความชื้นสัมผัสในห้องอบระหว่างการสเปรย์ไอน้ำ

ตารางที่ 3 แสดงผลการอบไม้ยางพาราขนาด 2121x105 จำนวน 4,342 ท่อน

(2"x2"x105 cm เผื่อหน้าไม้ 1/8 นิ้ว บางโรงเลื่อยเผื่อหน้าไม้ ¼ นิ้ว ขึ้นอยู่กับการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดใด)

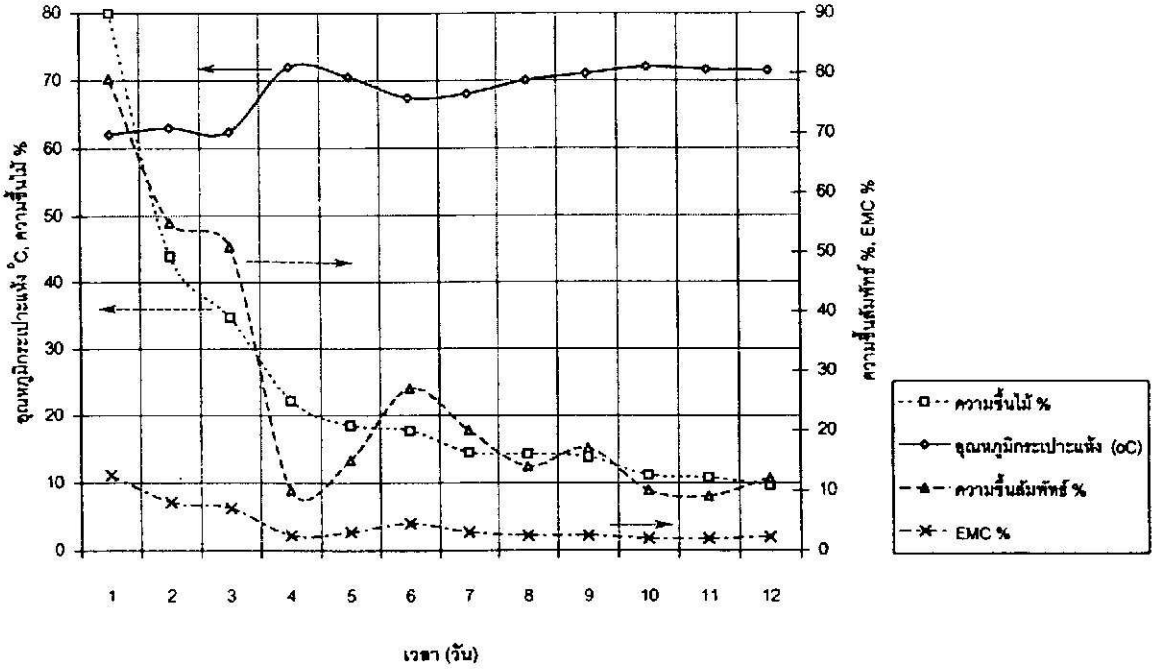
ความเร็วลมหน้ากองไม้ 2.75 m/s (ไม่มีแผ่นกั้นลม) ความเร็วลมหลังกองไม้ 0.4 m/s

ห้องอบขนาด 3.3x3.8x8 ม.$^3$ ปริมาตรไม้ที่อบ 395.99 ลบ.ฟ.

| ความชื้นไม้ควบคุม % | วันที่ | ความชื้นจริงในไม้ % | อุณหภูมิ (°C) | | ความชื้นสัมพัทธ์ % | EMC % | หมายเหตุ △,▨ , ($T_{DB}$, $T_{WB}$, RH) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | T (DB) | T (WB) | | | |
| >50 | 1 | >60 | 62 | 51.5 | 79 | 12.5 | - |
| 45.8 | 2 | 43.9 | 63 | 52 | 55 | 8.0 | △ (65, 63.5, 88) |
| 29.4 | 3 | 34.7 | 62.4 | 50.5 | 51 | 7.0 | △ (67, 65, 88) |
| 20.9 | 4 | 22.2 | 72 | 38.8 | 10 | 2.5 | ▨ |
| 18.5 | 5 | 18.5 | 70.5 | 41.6 | 15 | 3.0 | △ (64, 61.4, 85) |
| 13.4 | 6 | 17.7 | 67.4 | 43.7 | 27 | 4.5 | △ (66, 62.1, 82) |
| 11.9 | 7 | 14.5 | 68 | 42 | 20 | 3.0 | ▨ |
| 11 | 8 | 14.3 | 70 | 40 | 14 | 2.5 | △ (68, 66, 91) |
| | 9 | 13.8 | 71 | 42.5 | 17 | 2.5 | △ (65, 62.5, 88) |
| | 10 | 11.2 | 72 | 38 | 10 | 2.0 | ▨ |
| | 11 | 10.8 | 71.6 | 36.5 | 9 | 2.0 | - |
| | 12 | 9.6 | 71.5 | 39 | 12 | 2.25 | - |

วัดโดยเครื่องวัดความชื้นแบบอนาลอกของโรงอบ

ความชื้นไม้วัดจากตัวอย่างไม้ 5 ท่อน เป็นกองไม้อยู่ใกล้ประตูห้องอบ




รูปที่ 22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นไม้, อุณหภูมิกระเปาะแห้ง, ความชื้นสัมพัทธ์และ EMC จากการอบไม้ขนาด 2121x105

ไม้ที่เสียจากการอบไม้ขนาด 2121 ทั้งสิ้น 13 ท่อน คิดเป็น 0.30%

*เสียแบบบิด (twist) 3 ท่อน*

*เสียแบบโค้งตามความยาวไม้ (bow) 4 ท่อน*

*เสียแบบปลายแตก (end split) 3 ท่อน*

*เสียแบบเป็นตำหนิที่ผิว 2 ท่อน*

จากตารางที่ 3 เป็นตารางการผลการตรวจวัดข้อมูลการอบไม้ยางพาราของโรงอบไม้แห่งหนึ่งซึ่งสามารถนำข้อมูลมาพลอตเป็นกราฟดังรูปที่ 22 ไม้ที่อบมีขนาด 2121x105 เป็นไม้ที่ค่อนข้างหนา ปริมาตรไม้ในห้องอบ 395.99 ลบ.ฟ. (11.21 ลบ.ม.) จะเห็นว่าใช้เวลาในการอบนานถึง 12 วัน ความชื้นเริ่มต้นของไม้มากกว่า 60% เนื่องจากเป็นไม้สดที่เพิ่งผ่านการอัดน้ำยามา ซึ่งความชื้นจริงในไม้อาจมากกว่า 100% จากการสำรวจโรงอบไม้ยางพาราพบว่า ไม้ขนาดความหนาเกิน 1.5 นิ้ว มักได้รับการสเปรย์ไอน้ำในช่วงวันที่ 2 และ 3 ของการอบ เพื่อป้องกันการบิดงอเนื่องจากมีความแตกต่างของความชื้นในเนื้อไม้มากเกินไป การสเปรย์ไอน้ำมักใช้เวลาประมาณ 1-2 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับปริมาณไม้ในห้องอบ ซึ่งจากข้อมูลตารางที่ 3 ห้องอบไม้จุไม้ 11.2 ลบ.ม. ใช้เวลาในการสเปรย์ไอน้ำ 1 ชั่วโมง ในการอบแห้งจะเห็นว่าอุณหภูมิเริ่มต้นในการอบจะค่อนข้างสูง (62°C DB) แต่จะยังคงรักษาความชื้นในห้องอบให้สูงไว้ ขณะที่ความชื้นสมดุลเริ่มต้นที่ 12.5% หลังจากการสเปรย์ไอน้ำในช่วงแรกติดต่อกัน 2 วัน จะเปิดช่องระบายความชื้นในห้องอบเพื่อให้ความชื้นสัมพัทธ์และความชื้นในเนื้อไม้ลดลง จะเห็นว่าในวันที่ 4 ของการอบ มีการเปิดช่องระบายความชื้นเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ในห้องอบมีค่าเพียง 10% โดยที่ EMC มีค่า 2.5% หลังจากนั้นเมื่อความชื้นในไม้ลดลงต่ำกว่าจุดหมาด (น้อยกว่า 30% หรืออาจเป็น 21.3%) ไม้ในห้องอบก็เริ่มมีการหดตัว ในช่วงนี้จะเห็นว่ามี

การสเปรย์ไอน้ำติดต่อกันอีก 2 วัน วันละ 1 ชั่วโมง เพื่อไม่ให้ไม้มีการหดตัวมากเกินไปซึ่งจะทำให้เกิดการบิดงอได้ การสเปรย์ไอน้ำในช่วงนี้จะช่วยให้ไม้ที่แห้งไม่เท่ากันมีการปรับความชื้นภายในให้ใกล้เคียงกันด้วย แต่ความชื้นของไม้ในช่วงนี้จะยังไม่เท่ากับเป้าที่ต้องการ ดังนั้นในวันถัดไปจึงมีการลดความชื้นในห้องอบโดยการเปิดช่องระบายความชื้น ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ในห้องอบลดลงจาก 20% เป็น 14% EMC ลดลงเหลือ 3.0% ในช่วงนี้เป็นช่วงที่สำคัญมากในการอบไม้ยางพาราที่มีขนาดหนากว่า 1.5 นิ้ว จะเห็นว่ามีการสเปรย์ไอน้ำโดยที่ความชื้นสัมพัทธ์ในห้องอบเป็น 91% และ 88% ติดต่อกันอีก 2 วัน เพื่อป้องกันการแข็งนอกของไม้ โดยความชื้นของไม้ขณะนี้ลดลงเหลือ 11.2% เมื่อระบายความชื้นจากห้องอบหลังจากการสเปรย์ไอน้ำครั้งสุดท้าย ในช่วงเวลานี้หากความชื้นไม่ได้ตามค่าที่ต้องการ ก็ไม่จำเป็นต้องอบไม้ต่อไปเนื่องจากจะทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน แต่ในตารางที่ 3 จะเห็นว่าไม้จะถูกอบต่อไปจนความชื้นเหลือเพียง 9.6%

**ตารางที่** 4 แสดงผลการอบไม้ยางพาราขนาด 1313, 1321, 1331, 1341x105

ไม้ขนาด 1313 มีจำนวน 1,325 ท่อน, 1321 จำนวน 1,793 ท่อน, 1331 จำนวน 1239 ท่อน, และขนาด 1341 มีจำนวน 1088 ท่อน

ความเร็วลมหน้ากองไม้ 2.72 m/s (ไม่มีแผ่นกั้นลม)

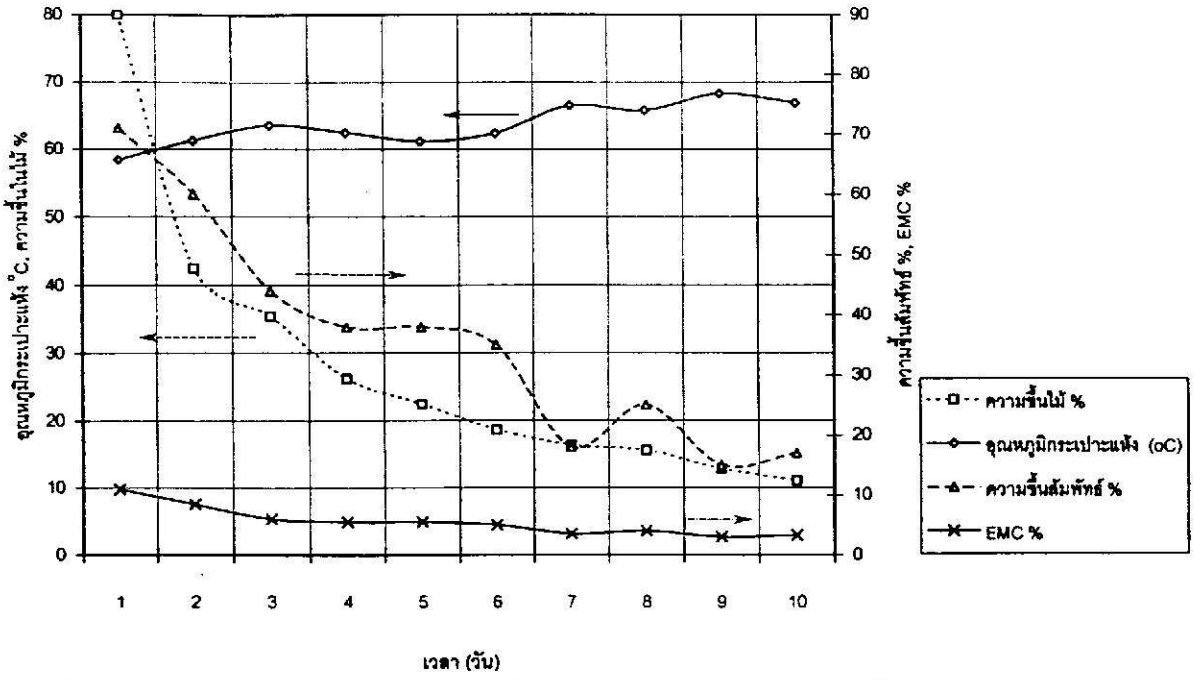
ความเร็วลมหลังกองไม้ 0.53 m/s

ห้องอบขนาด 3.3x3.8x8 ม.$^3$

ปริมาตรไม้ที่อบ 350.2 ลบ.ฟ.

| ความชื้นไม้ควบคุม % | วันที่ | ความชื้นจริงในไม้ % | อุณหภูมิ (°C) | | ความชื้นสัมพัทธ์ % | EMC % | หมายเหตุ △,▨ , ($T_{DB}$, $T_{WB}$, RH) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | T (DB) | T (WB) | | | |
| >50 | 1 | >60 | 58.4 | 52.5 | 71 | 11.0 | - |
| 45.8 | 2 | 42.5 | 61.3 | 51.7 | 60 | 8.5 | - |
| 29.4 | 3 | 35.4 | 63.6 | 49.2 | 44 | 6.0 | ▨ |
| 20.9 | 4 | 26.2 | 62.5 | 45.5 | 38 | 5.5 | △ (66.2, 63.5, 85) |
| 18.5 | 5 | 22.4 | 61.2 | 43.9 | 38 | 5.5 | ▨ |
| 13.4 | 6 | 18.6 | 62.4 | 42.5 | 35 | 5.0 | ▨ |
| 11.9 | 7 | 16.3 | 66.5 | 40.4 | 18 | 3.5 | △ (68.4, 66.5,91) |
| 11 | 8 | 15.5 | 65.8 | 42.2 | 25 | 4.0 | △ (66.5, 64, 90) |
| | 9 | 12.8 | 68.3 | 40.1 | 15 | 3.0 | ▨ |
| | 10 | 11 | 66.9 | 39.5 | 17 | 3.25 | - |

* วัดโดยเครื่องวัดความชื้นแบบอนาลอกของโรงอบ




รูปที่ 23 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นไม้, อุณหภูมิกระเปาะแห้ง, ความชื้นสัมพัทธ์และ EMC จากการอบไม้ขนาด 1313, 1321, 1331, 1341x105

ไม้ที่เสียจากการอบไม้ขนาด 1313 จำนวน 9 ท่อน คิดเป็น 0.68%

*เสียแบบบิด (twist) 4 ท่อน*

*เสียแบบโค้งตามความยาวไม้ (bow) 3 ท่อน*

*เสียแบบปลายแตก (end split) 1 ท่อน*

*เสียแบบตำหนิที่ผิว 1 ท่อน*

ไม้ที่เสียจากการอบไม้ขนาด 1321 จำนวน 6 ท่อน คิดเป็น 0.33%

*เสียแบบบิด (twist) 2 ท่อน*

*เสียแบบโค้งตามความยาวไม้ (bow) 1 ท่อน*

*เสียแบบโค้งตามสันไม้ (crook) 2 ท่อน*

*เสียแบบปลายแตก (end split) 1 ท่อน*

ไม้ที่เสียจากการอบไม้ขนาด 1331 จำนวน 4 ท่อน คิดเป็น 0.32%

*เสียแบบบิด (twist) 1 ท่อน*

*เสียแบบโค้งตามความยาวไม้ (bow) 1 ท่อน*

*เสียแบบโค้งตามสันไม้ (crook) 2 ท่อน*

ไม้ที่เสียจากการอบไม้ขนาด 1341 จำนวน 2 ท่อน คิดเป็น 18%

*เสียแบบบิด (twist) 1 ท่อน*

*เสียแบบโค้งตามความยาวไม้ (bow) 1 ท่อน*

**ตารางที่ 5** แสดงผลการอบไม้ยางพาราขนาด 1121, 1131, 1141, 721, 731x105

ไม้ขนาด 1121 มีจำนวน 2,140 ท่อน, 1131 จำนวน 1489 ท่อน, 1141 จำนวน 1310 ท่อน, 721 จำนวน 388 ท่อน และขนาด 731 มีจำนวน 224 ท่อน

ความเร็วลมหน้ากองไม้ 2.92 m/s (ไม่มีแผ่นกั้นลม)

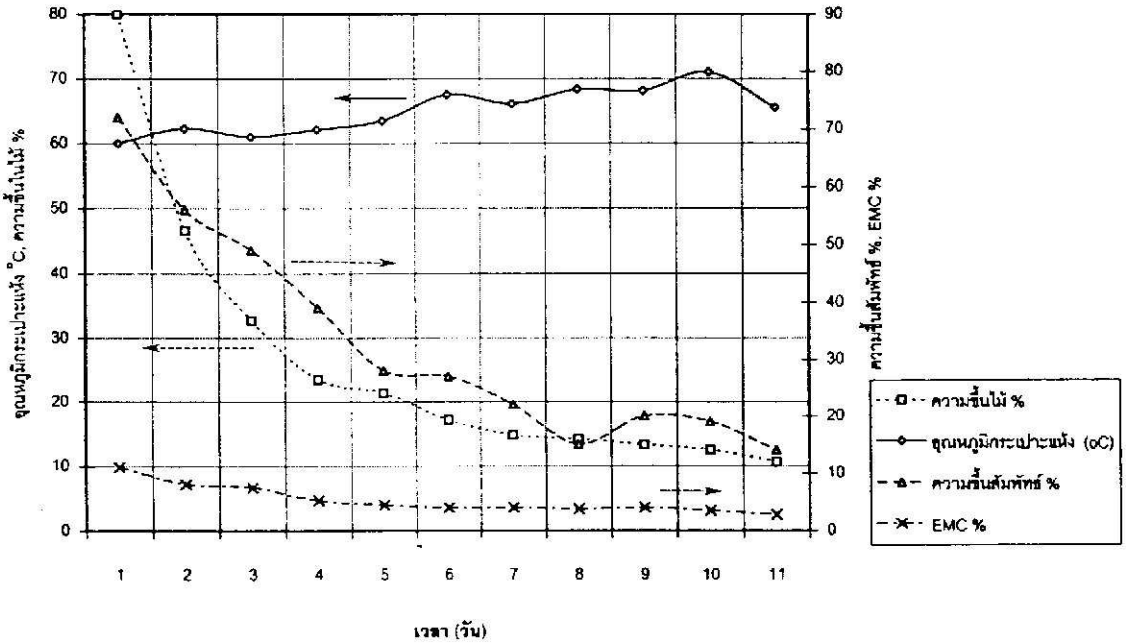
ความเร็วลมหลังกองไม้ 0.45 m/s

ห้องอบขนาด 3.3x3.8x8 ม.$^3$

ปริมาตรไม้ที่อบ 412.13 ลบ.ฟ.

| ความชื้นไม้ควบคุม % | วันที่ | ความชื้นจริงในไม้ % | อุณหภูมิ (°C) | | ความชื้นสัมพัทธ์ % | EMC % | หมายเหตุ △,▨ , ($T_{DB}$, $T_{WB}$, RH) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | T (DB) | T (WB) | | | |
| >50 | 1 | >60 | 60 | 54.2 | 72 | 11.0 | - |
| 45.8 | 2 | 46.6 | 62.3 | 51.5 | 56 | 8.1 | - |
| 29.4 | 3 | 32.7 | 61 | 49 | 49 | 7.5 | ▨ |
| 20.9 | 4 | 23.5 | 62.1 | 49.2 | 39 | 5.25 | △ (63, 60, 85) |
| 18.5 | 5 | 21.4 | 63.5 | 41.2 | 28 | 4.5 | ▨ |
| 13.4 | 6 | 17.2 | 67.5 | 43.8 | 27 | 4.0 | ▨ |
| 11.9 | 7 | 14.8 | 66.1 | 40.5 | 22 | 4.0 | △ (67, 64.5, 88) |
| 11 | 8 | 14.2 | 68.3 | 40.6 | 15 | 3.75 | △ (70, 66.5, 85) |
| | 9 | 13.3 | 68.1 | 42 | 20 | 4.0 | ▨ |
| | 10 | 12.5 | 71 | 42.8 | 19 | 3.5 | - |
| | 11 | 10.6 | 65.5 | 36.5 | 14 | 2.75 | - |

วัดโดยเครื่องวัดความชื้นแบบอนาลอกของโรงอบ




รูปที่ 24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นไม้, อุณหภูมิกระเปาะแห้ง, ความชื้นสัมพัทธ์และ EMC จากการอบไม้ขนาด 1121, 1131, 1141, 721, 731x105

ไม้ที่เสียจากการอบไม้ขนาด 1121 จำนวน 7 ท่อน คิดเป็น 0.33%

*เสียแบบบิด (twist) 2 ท่อน*

*เสียแบบโค้งตามความยาวไม้ (bow) 4 ท่อน*

*เสียแบบตำหนิที่ผิว 1 ท่อน*

ไม้ที่เสียจากการอบไม้ขนาด 1131 จำนวน 5 ท่อน คิดเป็น 0.35%

*เสียแบบบิด (twist) 2 ท่อน*

*เสียแบบโค้งตามความยาวไม้ (bow) 1 ท่อน*

*เสียแบบโค้งตามสันไม้ (crook) 1 ท่อน*

*เสียแบบตำหนิที่ผิว 1 ท่อน*

ไม้ที่เสียจากการอบไม้ขนาด 1141 จำนวน 6 ท่อน คิดเป็น 0.46%

*เสียแบบบิด (twist) 2 ท่อน*

*เสียแบบโค้งตามความยาวไม้ (bow) 2 ท่อน*

*เสียแบบโค้งตามสันไม้ (crook) 1 ท่อน*

*เสียแบบตำหนิที่ผิว 1 ท่อน*

ไม่มีไม้ที่เสียจากการอบไม้ขนาด 721 และ 731

ตารางที่ 4 และตารางที่ 5 เป็นตารางการอบไม้ยางพาราขนาด 1313,1321, 1331, 1341 และตารางการอบไม้ขนาด 1121, 1131, 1141, 721 และ 731 ซึ่งมีขนาดหน้าไม้ไม่แตกต่างกันมากนัก เมื่อพิจารณาตารางการอบจะเห็นว่ามีตารางการอบที่คล้ายกันทั้งสองตาราง แต่ในตารางอบไม้ตารางที่ 4 จะใช้เวลาในการอบสั้นกว่า ทั้งที่ขนาดหน้าไม้โตกว่าไม้ที่อบตามตารางที่ 5 เล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากมีปริมาณไม้ที่อบมากกว่าประมาณ 62 ลบ.ฟ. สำหรับไม้ยางพาราที่มีขนาดหนาน้อยกว่า 2 นิ้ว เงื่อนไขการควบคุมความชื้นในห้องอบ เช่น วันที่มีการสเปรย์ไอน้ำและระบายความชื้นจะแตกต่างจากไม้ที่มีขนาด 2 นิ้ว แม้ว่าอุณหภูมิเริ่มต้นที่ใช้ในการอบจะใกล้เคียงกัน (ประมาณ 62-65°C) EMC เริ่มต้นที่ 11% โดยไม้ที่มีขนาดหนาน้อยกว่า 2 นิ้วจะใช้เวลาในการอบสั้นกว่า เมื่อพิจารณาตารางการอบทั้ง 2 จะเห็นว่าการสเปรย์ไอน้ำจะทำในวันที่ 4 ของการอบเป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อความชื้นในไม้ต่ำกว่า 30% โดยมีเหตุผลเช่นเดียวกับการอบในตารางที่ 3 ในขณะที่ก่อนวันที่ 4 คือวันที่ 3 ของการอบจะมีการระบายความชื้นในห้องอบออกไปก่อน และหลังจากการสเปรย์ไอน้ำในวันที่ 4 ก็จะระบายความชื้นทิ้งอีกในวันที่ 5 และ 6 วันละ 2 ชั่วโมง จากนั้นเมื่อความชื้นในไม้ลดลงและเริ่มเข้าสู่เป้าหมายที่ต้องการ ก็มีการสเปรย์ไอน้ำอีกเป็นเวลา 1 ชั่วโมง 2 วันติดต่อกันเพื่อให้ไม้มีความชื้นใกล้เคียงกันทั้งห้องอบและลดอาการบิดงอ แล้วระบายความชื้นทิ้งในวันถัดไปเพื่อให้ไม้แห้งลงไปอีกและอบต่อไปจนความชื้นไม้เหลือ 10.6% จากลักษณะกราฟในรูปที่ 23 และ 24 หากพิจารณาอัตราการอบแห้งของไม้ในช่วงต่างๆจากเส้นความชื้นในไม้ที่ลดลง จะเห็นว่าอัตราการอบแห้งในช่วงแรกจะเร็วกว่าช่วงหลังของการอบ และอัตราการอบแห้งจะเริ่มเกือบคงที่ในวันที่ 7 ของการอบ

**ตารางที่ 6** แสดงจำนวนและลักษณะการเสียของไม้ยางพาราหลังการอบแยกตามขนาดหน้าไม้

| ขนาดไม้ | จำนวน (ท่อน) | เวลาที่ใช้อบ (วัน) | ปริมาตรรวม (ลบ.ฟ.) | จำนวนไม้เสีย | | ลักษณะการเสียเป็นจำนวน (ท่อน) | | | | | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ท่อน | % | cup | twist | bow | crook | End split | |
| 2121x105 | 3661 | 12 | 333.88 | 12 | 0.33 | - | 2 | 3 | - | 3 | ตำหนิที่ผิว (4) |
| 2121x105 | 551 | 12 | 50.25 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1121x105 | 2136 | 8 | 362.79 | 8 | 0.37 | - | 2 | 3 | - | 1 | ตำหนิที่ผิว (2) |
| 1131x105 | 1936 | | | 6 | 0.31 | - | 1 | 3 | 1 | 1 | ตำหนิที่ผิว (1) |
| 1141x105 | 935 | | | 2 | 0.21 | - | 1 | - | 1 | - | - |
| 721x105 | 661 | | | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 731x105 | 489 | | | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1121x105 | 2916 | 8 | 260.48 | 7 | 0.24 | - | 2 | 1 | 3 | - | ตำหนิที่ผิว (1) |
| 1131x105 | 1409 | | | 6 | 0.50 | - | 1 | - | 2 | 1 | ตำหนิที่ผิว (1) |
| 1141x105 | 129 | | | 4 | 3.1 | 1 | 1 | 1 | 1 | - | - |
| 721x105 | 295 | | | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 731x105 | 181 | | | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1121x105 | 2174 | 8 | 328.43 | 9 | 0.41 | - | 2 | 1 | 2 | 1 | ตำหนิที่ผิว (2) |
| 1131x105 | 1637 | | | 4 | 0.24 | - | 1 | - | 2 | - | ตำหนิที่ผิว (1) |
| 1141x105 | 1030 | | | 6 | 0.58 | 1 | 2 | 1 | 1 | - | ตำหนิที่ผิว (1) |
| 721x105 | 288 | | | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 731x105 | 264 | | | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2121x105 | 4491 | 12 | 409.58 | 11 | 0.24 | - | 3 | 2 | - | 3 | ตำหนิที่ผิว (4) |
| 2121x105 | 4269 | 12 | 389.33 | 7 | 0.16 | - | 4 | 3 | - | 2 | ตำหนิที่ผิว (3) |
| 2121x105 | 4342 | 12 | 395.99 | 13 | 0.30 | - | 3 | 4 | - | 3 | ตำหนิที่ผิว (2) |
| 1121x105 | 2374 | 8 | 372.94 | 9 | 0.76 | - | 2 | 1 | 3 | 1 | ตำหนิที่ผิว (2) |
| 1131x105 | 1662 | | | 9 | 0.54 | - | 2 | 2 | 1 | - | ตำหนิที่ผิว (4) |
| 1141x105 | 1293 | | | 3 | 0.23 | - | 1 | - | - | - | ตำหนิที่ผิว (1) |
| 2121x105 | 74 | | | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 721x105 | 383 | | | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 731x105 | 258 | | | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1121x105 | 2925 | 8 | 369.62 | 9 | 0.31 | - | 1 | 1 | 3 | 2 | ตำหนิที่ผิว (2) |
| 1131x105 | 1699 | | | 8 | 0.47 | - | 2 | - | 2 | - | ตำหนิที่ผิว (4) |
| 1141x105 | 1053 | | | 5 | 0.47 | - | 1 | 1 | 1 | 1 | ตำหนิที่ผิว (1) |
| 721x105 | 316 | | | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 731x105 | 287 | | | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2121x105 | 3277 | 12 | 298.86 | 7 | 0.21 | - | 3 | 2 | - | 2 | - |
| 2121x105 | 1888 | 8 | 172.19 | - | - | - | - | - | - | - | - |

**ตารางที่ 6** แสดงจำนวนและลักษณะการเสียของไม้ยางพาราหลังการอบแยกตามขนาดหน้าไม้ (ต่อ)

| ขนาดไม้ | จำนวน (ท่อน) | เวลาที่ใช้อบ (วัน) | ปริมาตรรวม (ลบ.ฟ.) | จำนวนไม้เสีย | | ลักษณะการเสียเป็นจำนวน (ท่อน) | | | | | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ท่อน | % | cup | twist | bow | crook | End split | |
| 1121x105 | 2032 | 8 | 378.73 | 9 | 0.44 | - | 3 | 1 | 1 | 1 | ตำหนิที่ผิว (3) |
| 1131x105 | 1240 | | | 4 | 0.32 | - | 1 | 1 | - | - | ตำหนิที่ผิว (2) |
| 1141x105 | 1701 | | | 4 | 0.24 | - | 1 | 1 | - | - | ตำหนิที่ผิว (2) |
| 721x105 | 552 | | | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 731x105 | 1531 | | | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1121x105 | 636 | 13 | 588.38 | 3 | 0.47 | - | 1 | - | 1 | 1 | - |
| 1125x105 | 882 | | (ไม้ส่วนใหญ่ | 3 | 0.34 | - | 1 | 1 | 1 | - | - |
| 1131x105 | 415 | | เป็นขนาด | 3 | 0.72 | - | 1 | - | 1 | - | ตำหนิที่ผิว (1) |
| 1141x105 | 125 | | 2525 | 1 | 0.80 | - | - | - | 1 | - | - |
| 2525x105 | 3202 | | ปริมาตร | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 721x105 | 166 | | 456.29 ลบ. | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 725x105 | 158 | | ฟ.) | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 731x105 | 19 | | | - | - | - | - | - | - | - | - |

ตารางที่ 6 เป็นตารางแสดงจำนวนและลักษณะการเสียของไม้ยางพาราหลังจากการอบแยกตามขนาดของไม้ จะเห็นได้ว่าจำนวนไม้ที่เสียในแต่ละขนาดค่อนข้างน้อย คิดเป็นสัดส่วนไม่ถึง 1% และพบว่าไม้ที่มีขนาดบางกว่าจะมีแนวโน้มการเสียเนื่องจากการอบมากกว่าไม้ที่มีขนาดหนากว่า แต่ก็ไม่มากนัก จากตารางที่ 10 จะเห็นว่าไม้ขนาด 2121x105 มีสัดส่วนของไม้ที่เสีย 0.16-0.33% ขณะที่เทียบกับไม้ขนาด 1121x105 ซึ่งมีสัดส่วนไม้ที่เสีย 0.24-0.76% ทั้งนี้ไม้ที่บางกว่ามีโอกาสการเสียตามลักษณะต่างๆได้ง่ายกว่าเนื่องจากใช้เงื่อนไขในการอบที่เร่งรัดกว่า (ใช้เวลาสั้นกว่า)

จากการพิจารณาลักษณะการเสียของไม้แบบต่างๆพบว่าไม้ที่มีขนาดตั้งแต่ 1121 นิ้ว ถึง 2525 นิ้ว แทบจะไม่มีการเสียแบบโค้งตามหน้าตัดของไม้ (cup) เลย แต่จะมีการเสียแบบโค้งตามความยาวของไม้คล้ายสะพาน (bow) และการโค้งตามความยาวลำไม้ (crook) มากกว่า (สำหรับไม้ที่มีหน้าตัดไม่จัตุรัส) ส่วนการเสียหายแบบแตกปลาย (end split) ซึ่งเกิดเนื่องจากไม้สูญเสียความชื้นออกไปทางปลายทั้งสองข้างเร็วเกินไป ทำให้ปลายไม้แห้งกว่าส่วนอื่น และเมื่อมีการสเปรย์ไอน้ำเพื่อปรับความชื้นในไม้ ผิวที่ปลายไม้จะขยายตัวและชับความชื้น ขณะที่ใจกลางของไม้ที่ปลายยังคงหดตัวอยู่ ทำให้เกิดการแตกของปลายไม้ขึ้นได้ จากตารางที่ 10 พบว่าลักษณะแตกปลายมักเกิดกับไม้ที่มีขนาดหน้าตัดใหญ่กว่า โดยขนาด 2121 นิ้ว และขนาดที่หนากว่าจะมีโอกาสเกิดมากที่สุดและไม้ที่มีลักษณะแตกปลายมักพบบริเวณกองไม้ที่อยู่ใกล้กับพัดลม ส่วนไม้ที่เสียหายอื่นๆ ได้แก่การมีตำหนิที่ผิว ซึ่งไม้พวกนี้เป็นไม้ที่หลุดรอดจากการคัดไม้ก่อนเข้าอัดน้ำยาและอบ โดยมีจำนวนน้อยกว่าไม้ที่เสียเนื่องจากการบิดงอแบบต่างๆและแตกปลายรวมกันทั้งหมด

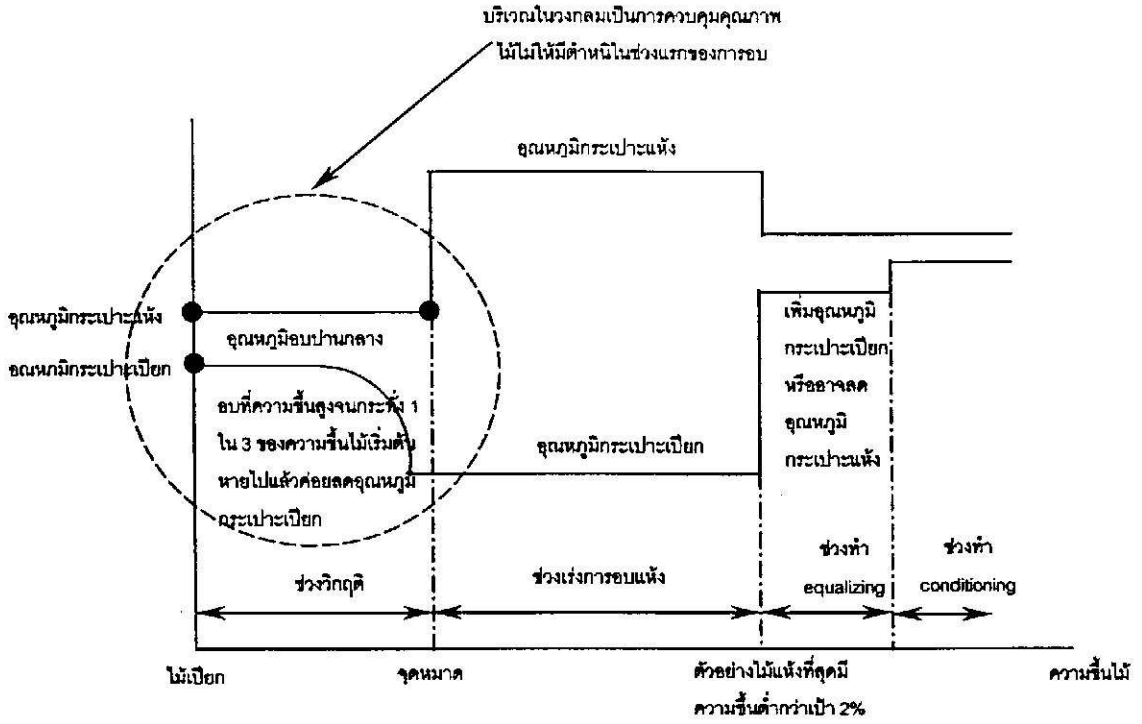
เป็นที่น่าสังเกตว่าการเสียของไม้เนื่องจากการเกิดราดำ ราเขียวหรือราเสียสีต่างๆ แทบไม่พบ เนื่องจากการอบเริ่มต้นที่อุณหภูมิค่อนข้างสูง (มากกว่า 50°C) แต่ลักษณะของสีผิวไม้จะเข้มขึ้นเนื่องจากในกระบวนการรักษาไม้จะต้องผ่านการอัดน้ำยา และในระหว่างการอบก็ผ่านการสเปรย์ไอน้ำมา แต่บางโรงอบไม้พยายามหลีกเลี่ยงการอัดน้ำยาและการสเปรย์ไอน้ำเพื่อให้ไม้ที่ผ่านการอบมีสีขาวนวล เหมาะแก่การย้อมสีและนำไปผลิตเป็นเฟอร์นิเจอร์ แต่ก็

ต้องแลกกับการที่ไม่สามารถป้องกันไม้จากการทำลายของมอดและแมลงได้ ส่วนการไม่สเปรย์ไอน้ำแม้ว่าจะหลีกเลี่ยงปัญหาสีคล้ำจากการช้ำน้ำของไม้ได้ และได้ไม้ที่มีสีสวยงามกว่าการสเปรย์ไอน้ำ แม้ว่าไม้ที่ได้จะไม่พบตำหนิหรือการเสียหายจากการบิดงอแบบต่างๆมากนัก แต่ภายในเนื้อไม้จะไม่ได้รับการปลดปล่อยความเค้นที่เกิดขึ้นจากการอบออกไป และไม้ดังกล่าวอาจเสียหายเมื่อนำไปผ่านการแปรรูปโดยการเลื่อยผ่าหรือการไสขึ้นรูปในขั้นตอนต่อไป ส่วนผลของช่องว่างในกองไม้ (void ratio) ต่อเวลาในการอบหรืออัตราการอบแห้ง ไม่สามารถสรุปได้จากการสำรวจการอบไม้ในครั้งนี้เนื่องจากห้องอบไม้มักอบไม้ที่มีหน้าไม้ขนาดต่างกันในห้องเดียวกัน อย่างไรก็ตามการอบไม้ยางพาราเพื่อให้ได้คุณภาพดีมีไม้ที่เสียน้อยที่สุดก็ยังต้องมีการศึกษาทดลองให้เป็นที่แน่ชัดต่อไป

### 5.4 เทคนิคการอบไม้ยางพารา

เทคนิคในการอบไม้ยางพารา ตามเอกสารที่อ้างจาก [12] ระบุว่า การหลีกเลี่ยงไม่ให้ไม้ยางพาราเกิดการทำลายของแมลงและเชื้อราวิธีหนึ่งคือการเริ่มอบด้วยไอน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 70°C (อุณหภูมิเริ่มต้นอบสูงกว่าอุณหภูมิในห้องอบที่ได้ตรวจวัด) และความชื้นสัมพัทธ์ 100% นานประมาณ 2-4 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับความหนาของไม้ที่เข้าอบ วิธีนี้จะเป็นการลดการทำลายของเชื้อราและการเปลี่ยนสีจากราอื่นๆ ในกรณีที่ห้องอบควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติ ให้ตั้งอุณหภูมิกระเปาะแห้งไว้ที่ 70°C หรือสูงกว่านี้เล็กน้อย ในกรณีที่ไม้หนาประมาณ 1 นิ้วหรือน้อยกว่านี้ ให้ใช้ระยะเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง ถ้าไม้หนาขึ้นทุกๆ 1-1.5 ซม. ให้เพิ่มเวลาอีก 1 ชม. ส่วนการแก้ไขการบิดโค้งของไม้ให้ทำที่ความชื้นในไม้ประมาณ 18% โดยการเพิ่มอุณหภูมิกระเปาะแห้งและเปียกเป็น 100°C และคงอุณหภูมินี้ไว้ประมาณ 4-8 ชม. ซึ่งอุณหภูมิและความชื้นสูงนี้จะทำให้เนื้อไม้คลายตัวกลับมาได้ แต่การจัดเรียงกองไม้และการวางไม้รอง (sticker) ควรเท่ากันสม่ำเสมอด้วย การแก้ไขการแข็งนอก (casehardening) ให้ทำในช่วงสุดท้ายของการอบโดยให้เพิ่มอุณหภูมิกระเปาะแห้งจากเดิมขึ้นไปอีก 12°C โดยควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องอบเป็น 90% ประมาณ 3-6 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับตำหนิและความหนาของไม้ แต่ถ้าอุณหภูมิขณะนั้นเป็น 80°C หรือมากกว่า ก็ไม่จำเป็นต้องเพิ่มอุณหภูมิอีกแต่ให้รักษาอุณหภูมินั้นไว้ ส่วนการปรับความชื้นไม้ให้เท่ากัน (equalizing) ทำโดยการตั้งอุณหภูมิกระเปาะแห้งและเปียกตามสภาพที่คิดว่าไม้ที่แห้งกว่าสามารถดูดความชื้นเข้าไปและไม้ที่มีความชื้นสูงกว่าสามารถคายความชื้นที่เกินอยู่ออกมา ซึ่งในทางปฏิบัติโดยทั่วไปแล้วจะคงอุณหภูมิกระเปาะแห้งในช่วงสุดท้ายของการอบไว้เหมือนเดิมแล้วปรับอุณหภูมิกระเปาะเปียกขึ้นไปเพื่อให้ความชื้นสมดุลของไม้เท่ากับความชื้นที่ต้องการอบแห้ง ในการทำ equalizing ต้องมีการตรวจสอบความชื้นของไม้ในห้องอบเป็นระยะๆ ตามแต่ละขนาดความหนา ซึ่งการทำ equalizing ส่วนใหญ่จะใช้เวลาไม่น้อยกว่า 12 ชม.

นอกจากนี้ขั้นตอนในการอบไม้ยางพารายังสามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 25 จากไดอะแกรมรูปที่ 25 อธิบายได้ดังนี้ ช่วงแรกของการอบที่อยู่ภายใต้วงกลมเส้นประเป็นช่วงที่สำคัญในการควบคุมคุณภาพของไม้ที่จะได้จากการอบ ช่วงนี้การอบควรใช้อุณหภูมิปานกลางและความชื้นสูง เงื่อนไขการอบเช่นนี้คงไว้จนกระทั่ง 1 ใน 3 ของความชื้นไม้เริ่มต้นหายไป หลังจากนั้นจึงค่อยเร่งการอบซึ่งเริ่มจากจุดหมาด โดยที่น้ำอิสระได้ระเหยออกไปจากช่องว่างเซลล์แล้วและผนังเซลล์เนื้อไม้อิ่มตัวด้วยน้ำ (fiber saturation point) การเร่งการอบในช่วงนี้ทำโดยเพิ่มอุณหภูมิกระเปาะแห้งให้สูงขึ้นเท่าที่เป็นไปได้ขณะเดียวกันให้ลดอุณหภูมิกระเปาะเปียกให้ต่ำลง คงเงื่อนไขการอบนี้ไว้จนกระทั่งความชื้นไม้ในห้องอบต่ำกว่าเป้าที่ต้องการประมาณ 2% โดยการสุ่มวัดจากไม้ตัวอย่าง จากนั้นให้ทำ equalizing เพื่อให้ความชื้นไม้ในห้องอบกระจายใกล้เคียงสม่ำเสมอกัน ในช่วงนี้ไม้ท่อนที่ชื้นกว่าจะถูกทำให้แห้งขณะที่ไม้ที่แห้งแล้วก็จะหยุดคายความชื้น ช่วงนี้ทำโดยการปรับอุณหภูมิกระเปาะแห้งให้ลดลง แล้วเพิ่มอุณหภูมิกระเปาะเปียก ส่วนช่วง conditioning




รูปที่ 25 ไดอะแกรมอธิบายเทคนิคการอบไม้ยางพารา

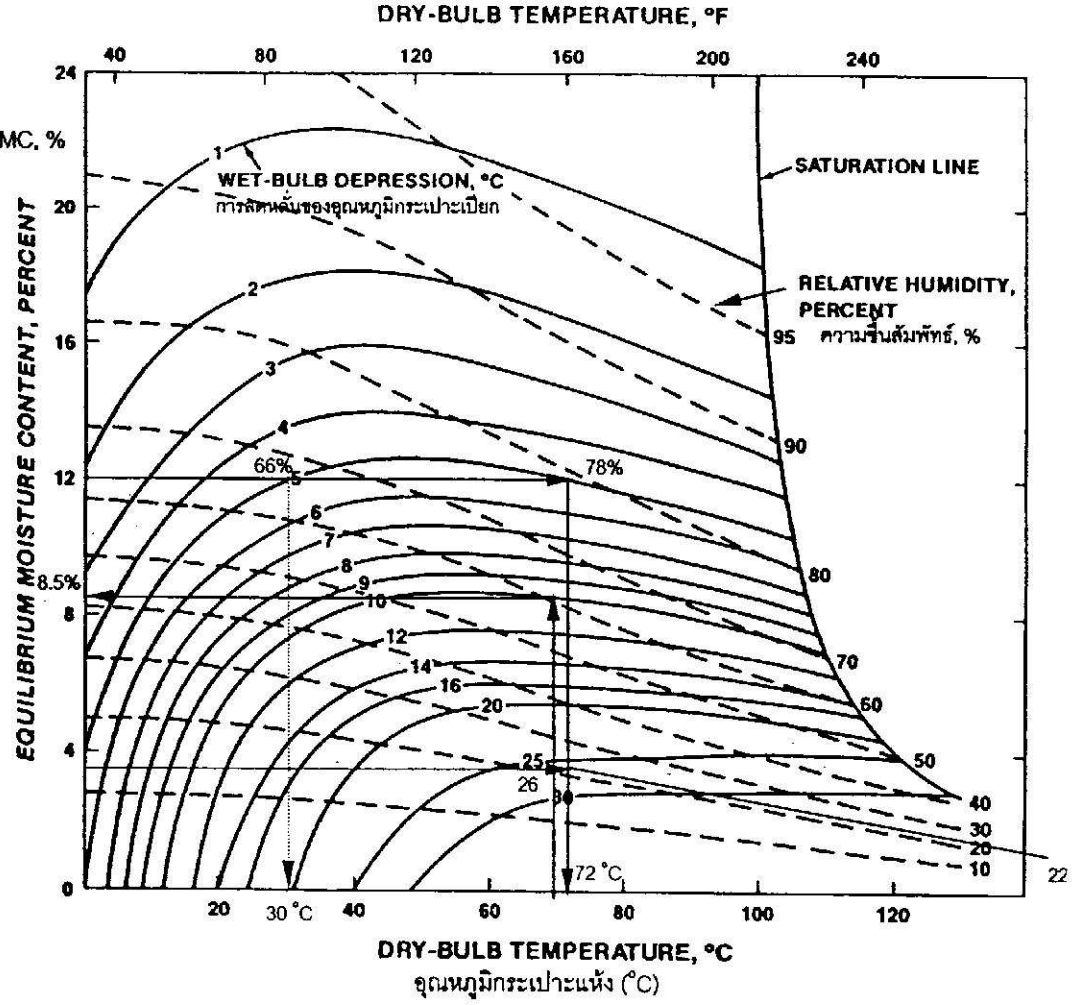
ซึ่งเป็นการอบคลายความเค้นในเนื้อไม้เพื่อหลีกเลี่ยงการแข็งนอก (case hardening) ของไม้ การอบทำโดยการปรับความชื้นสัมพัทธ์ในห้องอบประมาณ 90% และคงอุณหภูมิในห้องอบให้สูงกว่าตารางการอบช่วงสุดท้ายประมาณ 10-15°C ส่วนการบิดงอของไม้บางลักษณะอาจแก้ไขได้โดยการทำ reconditioning โดยการทำให้ไม้มีอุณหภูมิประมาณ 100°C และความชื้นสัมพัทธ์ 100% นานประมาณ 4-8 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับปริมาณไม้และความหนาของไม้ในห้องอบ

### 5.4.1 การอบไม้ตามตาราง MC และใช้ตารางหรือกราฟ EMC

การอบไม้ตามตาราง MC เป็นวิธีที่นิยมทำกันมากที่สุดเนื่องจากเป็นวิธีที่ผู้อบสามารถปรับเปลี่ยนการอบให้ได้ไม้ที่มีคุณภาพดีและแก้ไขคุณภาพของไม้บางประการอันเนื่องมาจากการอบที่ไม่เหมาะสมระหว่างการอบได้ การที่จะปรับเปลี่ยนเงื่อนไขการอบจำเป็นต้องทราบข้อมูลของอุณหภูมิและความมชื้นในห้องอบรวมถึงความชื้นของไม้ขณะนั้น เทคนิคการอบโดยใช้ตาราง EMC หรือ EMC chart เป็นแนวทางที่ทำให้อบไม้ได้ MCตามต้องการ ค่า EMC (equilibrium moisture content) หรือปริมาณความชื้นสมดุลของไม้ อธิบายได้ดังนี้ เมื่อปล่อยให้ไม้แห้ง การระเหยของน้ำจะเริ่มขึ้นที่ผิวก่อนโดยน้ำที่อยู่ในส่วนเนื้อไม้จะเคลื่อนที่ออกมาสู่ผิวนอก แล้วระเหยไปสู่อากาศเรื่อยๆจนกระทั่งไม้นั้นมีประมาณความชื้นเท่ากับความชื้นของบรรยากาศที่อยู่ในห้องอบ การระเหยของน้ำออกจากไม้ก็จะหยุด ซึ่งจุดที่ไม้ไม่มีการคายความชื้นหรือดูดความชื้นนี้เรียกว่าความชื้นสมดุล ซึ่งจะแตกต่างกันออกไปตามสภาพของบรรยากาศที่อยู่โดยรอบ อัตราการแห้งนี้จะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับความสามารถในการอุ้มน้ำของอากาศที่อยู่โดยรอบ ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความเร็วของอากาศ

สำหรับอัตราการเคลื่อนที่ของความชื้นออกจากเนื้อไม้จะเกิดขึ้นตามแนวเสี้ยนไม้ (longitudinal) มากที่สุด ตามแนวรัศมี (radial) และด้านสัมผัส (tangential) รองลงมาตามลำดับ รูปที่ 26 เป็นรูปแสดงความสัมพันธ์ของ

EMC ไม้กับอุณหภูมิกระเปาะแห้ง (dry bulb temperature) และการลดหลั่นของอุณหภูมิกระเปาะเปียก (wet bulb depression) ส่วนเส้นประในรูปที่ 26 แสดงความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ




รูปที่ 26 แสดงความสัมพันธ์ของความชื้นสมดุลไม้อุณหภูมิกระเปาะแห้ง ค่าที่ลดลงของอุณหภูมิกระเปาะเปียกจากอุณหภูมิกระเปาะแห้ง และความชื้นสัมพัทธ์

หากต้องการทราบว่าการอบไม้ที่อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 70°C (158°F) อุณหภูมิกระเปาะเปียก 60°C (140°F) ค่า MC ของไม้ที่สมดุลกับสภาพบรรยากาศในห้องอบและจะไม่เปลี่ยนแปลงเมื่ออบไปเป็นเวลานาน ให้เริ่มต้นจากการดูอุณหภูมิกระเปาะแห้งบนแกนนอนที่ 70°C แล้วลากเส้นตรงในแนวดิ่งขึ้นไปตัดแนวของเส้นลดหลั่นของอุณหภูมิกระเปาะเปียก ซึ่งในที่นี้คือ 70°C –60°C = 10°C จะเห็นว่า ณ จุดตัดนี้ หากพิจารณาเส้นประก็จะได้ว่าความชื้นสัมพัทธ์ในห้องอบเท่ากับ 60% จากนั้นให้ลากเส้นตรงจากจุดตัดนี้ขนานกับแกนนอนไปตัดแกนดิ่งซ้ายมือแล้วอ่านค่า EMC จากการประมาณค่าในสเกล ในที่นี้จะได้ค่า EMC = 8.5% แสดงว่าหากเรารักษาเงื่อนไขการอบแห้งในห้องอบให้มีอุณหภูมิกระเปาะแห้ง 70°C และอุณหภูมิกระเปาะเปียก 60°C ค่า MC สุดท้ายของไม้ที่ได้คือ 8.5% แต่ในทางปฏิบัติอาจใช้เวลานานมากและมักจะใช้วิธีปรับความชื้นสัมพัทธ์ในห้องอบให้ต่ำลงไปอีก หากเป้าหมายของ MC ไม้ในการอบไม่ใช่ค่า 8.5% แต่เป็น 12% และหากต้องการหาว่าอุณหภูมิที่ใช้อบไม้ควรเป็นเท่าใด ก็ทำได้ในทางกลับกันคือ ให้ลากเส้นตรงแนวนอนจากค่า EMC = 12% ไปตัดกับเส้นการลดหลั่นของอุณหภูมิกระเปาะเปียก จากรูปที่ 26 จะเห็นว่าจุดตัดจะอยู่บนเส้นลดหลั่นของอุณหภูมิกระเปาะเปียกเท่ากับ 5 °C ซึ่งจุดตัดบนเส้นดัง

กล่าวมี 2 จุด จากจุดแรกเมื่อลากเส้นแนวดิ่งลงมาจะได้อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 30°C แต่การอบแห้งไม้ยางพาราในเขตร้อนชื้นอย่างทางภาคใต้ของประเทศไทย ไม่สามารถอบที่อุณหภูมิดังกล่าวได้เนื่องจากอุณหภูมิบรรยากาศภายนอกมักจะสูงกว่า 30°C ในเกือบทุกฤดูกาล และที่อุณหภูมิดังกล่าวหากมีความชื้นสัมพัทธ์ที่พอเหมาะก็จะทำให้ไม้ยางพาราในห้องอบเกิดเชื้อราและเสียสีขึ้นได้ ดังนั้นจึงมาพิจารณาจุดตัดจุดที่ 2 ที่อยู่ถัดมา ตรงจุดนี้หากพิจารณาความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศจะเห็นว่าเป็นจุดที่อยู่ระหว่างเส้นประที่ 70% กับ 80% ซึ่งประมาณค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่จุดตัดนี้ได้ 78% จากจุดนี้ลากเส้นตรงในแนวดิ่งลงมาตั้งฉากกับแกนนอน จะตัดแกนนอนที่อุณหภูมิกระเปาะแห้งประมาณ 72°C ดังนั้นหากต้องการอบไม้ให้ได้ MC = 12% ต้องเพิ่มอุณหภูมิกระเปาะแห้งเป็น 72°C และอุณหภูมิกระเปาะเปียกเป็น 67°C (72-5°C) โดยที่ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในห้องอบเป็น 78% จะเห็นว่าเมื่อต้องการอบไม้ให้ได้ MC สูงขึ้นก็ต้องควบคุมความชื้นในห้องอบให้สูงขึ้นตามไปด้วย แต่การอบไม้ยางพาราจริงมักจะปรับอุณหภูมิและความชื้นในการอบให้ได้ EMC ต่ำกว่าค่าเป้า MC ของไม้ที่ต้องการ 8-10% โดยจะรักษาอุณหภูมิกระเปาะแห้งไว้ที่ 72°C (EMC ลดลงประมาณ 8-10% จาก 12%) ซึ่งจะต้องอบที่ EMC ประมาณ 2-4% ในที่นี้หากใช้ค่า EMC เป็น 3.5% เงื่อนไขในการอบหาได้จากรูปที่ 26 ที่ EMC = 3.5% อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 72°C ได้ค่าลดหลั่นของอุณหภูมิกระเปาะเปียก 26°C ได้ความความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 22% ซึ่งนำไปใช้ในการกำหนดเงื่อนไขการอบแห้งจริง การใช้ตาราง EMC จะทำให้ทราบแนวโน้มว่าควรควบคุมเงื่อนไขการอบแห้งไปในทิศทางใด ซึ่งตัวอย่างของตารางการอบไม้ตามตาราง EMC และควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นในห้องอบแสดงได้ดังตารางในภาคผนวก ก. อย่างไรก็ตามการทำการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ของอัตราการอบแห้งกับเงื่อนไขการอบที่เหมาะสมกับไม้ยางพารา จำเป็นต้องมีการศึกษาให้เป็นที่แน่ชัดในห้องปฏิบัติการต่อไป นอกจากนี้การอบไม้ตามตาราง MC ยังสามารถกำหนดเงื่อนไขการอบได้โดยอาศัยตาราง EMC โดยหลักการพิจารณาเป็นไปในทำนองเดียวกับการใช้กราฟ EMC ในรูปที่ 26 ตาราง EMC ดังกล่าวแสดงในภาคผนวก ค.

สำหรับตัวอย่างตารางการอบไม้ยางพาราดูได้จากตารางที่ 7 และ 8 ซึ่งเป็นข้อมูลตารางการอบไม้ยางพาราจากเอกสารอ้างอิง [8] จะเห็นว่าไม้ขนาดความหนาเกิน 1 ½ นิ้ว และหนาน้อยกว่า 1 ½ นิ้ว จะเริ่มอบที่ความชื้นสูงเหมือนกัน แต่อุณหภูมิที่ใช้ในการอบไม้หนาเกิน 1 ½ นิ้ว จะต่ำกว่าและค่อยเป็นค่อยไป อุณหภูมิสูงสุดที่ใช้ในการอบเพียง 65.5°C และความชื้นสัมพัทธ์สุดท้ายในการอบเพียง 30% เมื่อพิจารณาตารางที่ 7 และอาศัยประสบการณ์จากผู้ประกอบการโรงอบไม้หลายแห่งพบว่าไม่สามารถที่จะอบโดยเริ่มต้นที่อุณหภูมิ 40.5°C และความชื้นสูงได้ เนื่องจากจะทำให้เกิดเชื้อราบางชนิดขึ้นได้

ตารางที่ 7 แสดงการอบไม้ยางพาราสำหรับไม้ที่มีขนาดความหนาเกิน 1 ½ นิ้ว (อ้างจากเอกสาร [8])

| ความชื้นไม้ | อุณหภูมิ (°C) | | ความชื้น | EMC |
|---|---|---|---|---|
| % | กระเปาะแห้ง | กระเปาะเปียก | สัมพัทธ์ % | % |
| ไม้สด | 40.5 | 38 | 85 | 17 |
| 60 | 40.5 | 37 | 80 | 15 |
| 40 | 40.5 | 35.5 | 80 | 12.5 |
| 35 | 43.5 | 36 | 60 | 10 |
| 30 | 46 | 36 | 50 | 8.5 |
| 25 | 51.5 | 38 | 40 | 14.5 |
| 20 | 60 | 40.5 | 30 | 5.5 |
| 15 | 65.5 | 44.5 | 30 | 5.5 |

ตารางที่ 8 แสดงการอบไม้ยางพาราสำหรับไม้ที่มีขนาดความหนาไม่เกิน 1 ½ นิ้ว (อ้างจากเอกสาร [8])

| ความชื้นไม้ % | อุณหภูมิ (°C) | | ความชื้นสัมพัทธ์ % | EMC % |
|---|---|---|---|---|
| | กระเปาะแห้ง | กระเปาะเปียก | | |
| ไม้สด | 48.5 | 46 | 85 | 17 |
| 60 | 48.5 | 45 | 80 | 15 |
| 40 | 51.5 | 46.5 | 75 | 12.75 |
| 30 | 54.5 | 47 | 65 | 10.25 |
| 25 | 60 | 49 | 55 | 8 |
| 20 | 68 | 53 | 45 | 6 |
| 15 | 76.5 | 58 | 40 | 5.5 |

ตารางที่ 9 แสดงการอบไม้ยางพาราสำหรับไม้ที่มีขนาดความหนาไม่เกิน 1 ½ นิ้ว

(ข้อมูลจาก FPL: Forest Product Laboratory, USDA: United States Department of Agriculture, Madison WI)

| ความชื้นไม้ % | อุณหภูมิ (°C) | | ความชื้นสัมพัทธ์% | EMC % |
|---|---|---|---|---|
| | กระเปาะแห้ง | กระเปาะเปียก | | |
| >50 | 49.0 | 46.5 | 88 | 17 |
| 50-40 | 49.0 | 46.0 | 85 | 15.75 |
| 45-35 | 49.0 | 44.5 | 77 | 13.5 |
| 35-30 | 49.0 | 41.0 | 62 | 9.75 |
| 30-25 | 54.5 | 37.5 | 35 | 6.5 |
| 25-20 | 60.0 | 32.0 | 15 | 5.75 |
| 20-15 | 65.5 | 37.5 | 18 | 3 |
| 15-เป้า | 82.0 | 54.5 | 26 | 4 |

หากเปรียบเทียบตารางที่ 8 กับตารางที่ 9 ซึ่งเป็นไม้ที่มีขนาดไม่เกิน 1 ½ นิ้ว จะเห็นว่าตารางการอบที่ 5 จะอบที่อุณหภูมิและความชื้นสูงกว่าและสูงกว่าตารางการอบที่ 7 ซึ่งเป็นไม้ที่มีขนาดเกิน 1 ½ นิ้ว แต่เริ่มต้นที่ค่า EMC ของไม้เท่ากันคือ 17% แต่หากพิจารณาตารางการอบไม้ที่ 9 ให้ดี จะพบว่าตารางที่ 9 จะสามารถใช้อบไม้ให้ถึงเป้า MC ที่ต้องการได้เร็วกว่า เนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบที่ช่วงความชื้นไม้เดียวกันที่ 30->25% ความชื้นสัมพัทธ์ในห้องอบในตารางที่ 9 มีค่าเพียง 35% EMC 6.5% ขณะที่ตารางที่ 9 ที่ช่วงความชื้นไม้ดังกล่าวมีความชื้นสัมพัทธ์ 65->55% และ EMC 10.25->8% ทั้งนี้การที่จะเลือกใช้ตารางการอบที่ 8 หรือ 9 ขึ้นอยู่กับการตรวจวัดข้อมูลต่างๆระหว่างการอบว่าเป็นอย่างไร และขึ้นอยู่กับปริมาณไม้ในห้องอบ หากปริมาณไม้ในห้องอบมาก ควรใช้ตารางการอบที่ 8 เนื่องจะการอบจะช้ากว่าและจะไม่ทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิและความชื้นไม้ในห้องอบมากนัก ส่วนตารางการอบที่ 7 ยังคงมีปัญหาในการใช้งาน หากจะใช้ตารางการอบไม้ที่มีขนาดเกิน 1 ½ นิ้วให้ใช้ตารางการอบในภาคผนวก ก. แทน

5.4.2 **การอบไม้โดยใช้อุณหภูมิสูง** (High temperature drying, HTD)

เป็นการอบไม้ที่อุณหภูมิสูงกว่าจุดเดือดของน้ำ วิธีการนี้ปัจจุบันนิยมใช้กับไม้ radiata pine แม้ว่าวิธีการนี้ยังไม่ได้มีการศึกษาและนำมาใช้กับการอบแห้งไม้ยางพารา แต่การอบที่อุณหภูมิสูงโดยควบคุมตารางการอบให้เหมาะสม คาดว่าวิธีการนี้จะสามารถลดเวลาในการอบและประหยัดการใช้พลังงานลงได้ โดยที่คุณภาพของไม้หลังการอบยังคงเป็นที่ยอมรับได้ วิธีการอบจะใช้ไอน้ำร้อนยิ่งยวดที่มีอุณหภูมิกระเปาะแห้งสูงกว่า 100°C อุณหภูมิกระเปาะเปียกที่ 100°C ความดันภายในห้องอบถูกทำให้เพิ่มขึ้นและเพิ่มอุณหภูมิกระเปาะแห้ง แม้ว่าวิธีนี้จะใช้กันค่อนข้างน้อย แต่การใช้อุณหภูมิอบแห้งสูงโดยใช้ไอน้ำผสมกับอากาศ (steam/ air mixtures) เป็นวิธีที่มักใช้กับไม้ radiata pine ในออสเตรเลีย โดยมีขั้นตอนการอบดังนี้

*การเตรียมไม้ (Preparation)*

ไม้ที่อบควรเป็นไม้สดหรือไม้ที่มีความชื้นสูงเพื่อให้ไม้มีความหยุ่นตัวที่อุณหภูมิสูง หากไม้ผ่านการผึ่งโดยอากาศมาก่อน แนะนำให้จัดไม้เป็นกองแล้วสเปรย์ด้วยน้ำก่อนการอบ การเรียงกองไม้ในห้องอบควรมีน้ำหนักกดทับด้านบนอย่างสม่ำเสมอ ไม่ต่ำกว่า 980 kg/m$^3$ ซึ่งการใช้น้ำหนักกดทับจะช่วยลดการบิดงอของไม้ในการอบที่อุณหภูมิสูงได้มาก

*การทำให้ไม้คลายตัวหรือหยุ่นตัว (Plasticisation)*

ก่อนเริ่มอบไม้ควรสเปรย์ด้วยไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิสูงกว่า 95°C เป็นเวลาประมาณ 4 ชั่วโมง

*การอบแห้ง (Drying)*

หลังจากทำ plasticisation ให้อบแห้งที่อุณหภูมิสูงทันทีจนกระทั่งความชื้นในไม้เฉลี่ยลดลงเหลือประมาณ 6% หรือค่าความชื้นของไม้ที่สูงสุด 10% (กรณีของไม้ยางพารา ความชื้นไม้สุดท้ายขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งาน ซึ่งปกติประมาณ 8-12%) โดยใช้เงื่อนไขการอบดังนี้

- อุณหภูมิกระเปาะแห้งสูงสุดที่ใช้ อยู่ในช่วง 116-160°C
- อุณหภูมิกระเปาะเปียกต่ำสุดที่ใช้ ประมาณ 70°C
- ความเร็วลมเฉลี่ยต่ำสุดภายในกองไม้ประมาณ 4 m/s (ที่เหมาะสมความมีค่าประมาณ 5 m/s)

*การอบคลายความเค้นไม้ในขั้นตอนสุดท้ายของการอบ (Final Conditioning)*

ให้ใช้เงื่อนไขการอบโดยการสเปรย์ไอน้ำที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 95°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ทันทีเมื่ออุณหภูมิไม้ในห้องอบเย็นลงที่ประมาณ 90-100°C

## 5.5 ข้อควรคำนึงและเทคนิคที่ดีในการอบไม้ยางพารา

การตรวจสอบอุปกรณ์ต่างๆของห้องอบ การติดตามกระบวนการอบระหว่างการอบและคอยสังเกตคุณภาพไม้เป็นเทคนิคที่ดีในการอบไม้อย่างหนึ่ง การตรวจสอบและติดตามดังกล่าวได้แก่

5.5.1. การตรวจสอบและบำรุงรักษา

5.5.1.1 อุปกรณ์ต่างๆของพัดลม ควรตรวจสอบความเสียหายที่เกิดขึ้นของตัวใบพัดลม มอเตอร์ ลูกปืน เพลา และอุปกรณ์อื่นๆ ทุกเดือน หากมีความเสียหายเพียงเล็กน้อยจะได้ทำการแก้ไขทำให้ลดค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้นเนื่องจากความเสียหายมากในภายหลังได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสั่นของพัดลมซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการเสียหายและการไหลของลมไม่สม่ำเสมอ

5.5.1.2 ตรวจวัดความเร็วลมในห้องอบอย่างน้อยที่สุดปีละ 2 ครั้ง หรือทุกครั้งเมื่อห้องอบมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณไม้ที่เข้าอบหรือมีการดัดแปลงอุปกรณ์ต่างๆภายในห้องอบ เช่นแผ่นกั้นลม ขนาดใบพัดลม หรืออุปกรณ์ขับ ความเร็วลมในห้องอบต้องเพียงพอที่จะนำความร้อนไปสู่ไม้และพาความชื้นออกไปและต้องสม่ำเสมอทั้งห้องอบเพื่อให้กองไม้แห้งอย่างสม่ำเสมอ ความเร็วลมควรวัดบริเวณช่องว่างของไม้รอง (sticker) และบริเวณช่องเปิดของไม้หนุน (bolster) ด้านขาออก

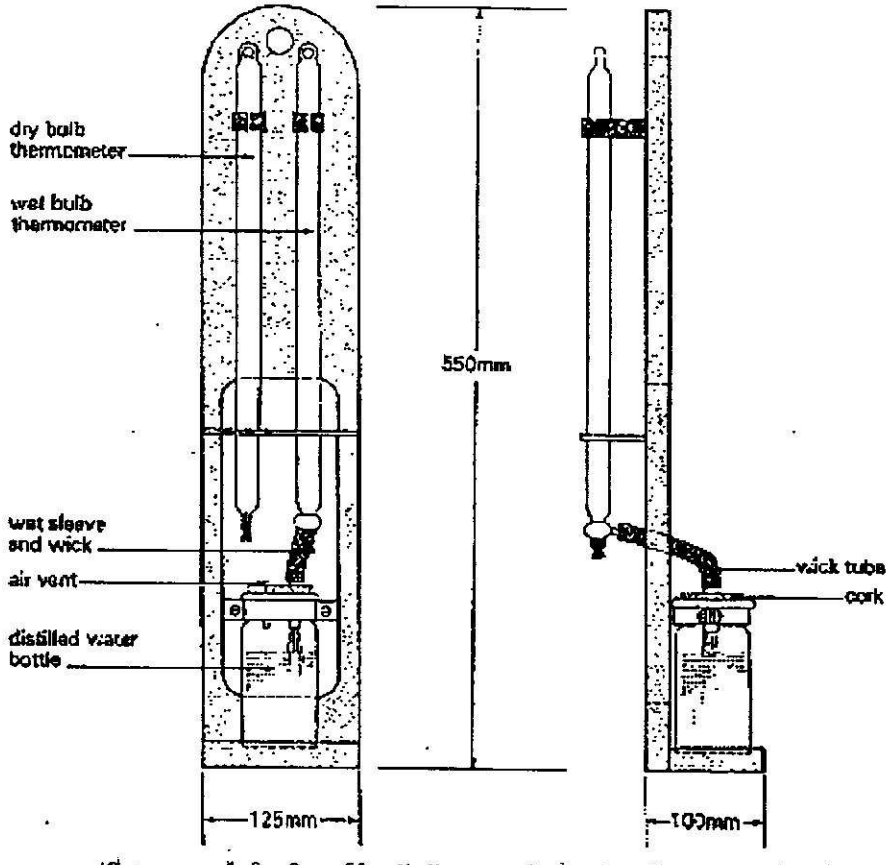
5.5.1.3 อุปกรณ์กับดักไอน้ำหรือแทรป (steam trap) เป็นอุปกรณ์สำคัญในการแยกน้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำ (condensed water) ออกจากระบบให้ความร้อนแก่ห้องอบ แทรปควรจะมีขนาดโตพอที่จะรองรับการใช้งานที่ภาระสูงสุดในช่วงเริ่มต้นการอบได้ แต่ก็ไม่ควรระบายไอน้ำทิ้งมากเกินไปในช่วงที่ความต้องการไอน้ำของห้องอบน้อยลง ความสกปรกของแทรปเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้แทรปไม่ทำงาน ควรจะระบายสิ่งสกปรกทิ้งจากแทรปทุกๆ 30 วัน เนื่องจากหากน้ำในระบบไม่ถูกระบายออกจากระบบท่อไอน้ำจะทำให้ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนจากท่อไอน้ำลดลงและเป็นสาเหตุของการเกิดการสึกกร่อนของท่อได้ แทรปควรติดตั้งอยู่ใกล้กับท่อความร้อนในห้องอบเพื่อให้สะดวกในการตรวจเช็คการทำงานขณะห้องอบมีการอบ

5.5.1.4 อุปกรณ์ที่ใช้ลมในการทำงานและวาล์วลมต่างๆ สำหรับห้องอบที่มีอุปกรณ์นิวเมติกเพื่อเปิด-ปิดช่องระบายอากาศ หรือเปิดปิดวาล์วไอน้ำต่างๆ ควรได้รับการตรวจเช็คสม่ำเสมอ สาเหตุของปัญหาที่เกี่ยวกับอุปกรณ์นิวเมติกมักเป็นความสกปรกและความชื้นของลมที่จ่ายให้กับอุปกรณ์นั้นๆ ประมาณกันว่า 25-40% ของปัญหาเกิดจากความสกปรกของลมจ่าย การดูแลรักษาควรทำโดยระบายความชื้นออกและทำความสะอาดตามอุปกรณ์เซอร์วิสยูนิตต่างๆ เช่น กรองอากาศ หรือที่ดักน้ำ การตรวจเช็คควรทำทุกวัน

5.5.1.5 วาล์วไอน้ำ ควรได้รับการตรวจเช็คสม่ำเสมอ อย่างน้อยทุกๆ 90 วัน เพื่อป้องกันการค้างของวาล์วและการไม่เปิดของวาล์วซึ่งอาจส่งผลให้ห้องอบชื้นหรือแห้งเกินไป ในบางกรณีการตรวจเช็คอาจดูการเปิดของวาล์วให้สัมพันธ์เป็นสัดส่วนกับสัญญาณที่ส่งจากอุปกรณ์ควบคุม

5.5.1.6 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิภายในห้องอบและอุปกรณ์แสดงผล อุณหภูมิในห้องอบที่ถูกต้องทำให้การอบไม้เป็นไปตามตารางการอบ ควรรักษาอุณหภูมิกระเปาะเปียกให้ต่ำกว่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งประมาณ 3 °F หรือ 4°F เมื่อไม้ในห้องอบยังเป็นไม้สดหรือไม้เปียก ถ้าอุณหภูมิกระเปาะแห้งและเปียกมีค่าผิดเพี้ยนไปมากกว่า 2°F การควบคุมอุณหภูมิให้เป็นไปตามตารางการอบจะผิดผลาดและอาจส่งผลให้เกิดตำหนิหรือเกิดราขึ้นที่ผิวไม้ได้ วิธีที่ตรวจสอบที่ง่ายทำโดยการติดเทอร์โมคัปเปิ้ลที่จุดวัดอุณหภูมิต่างๆ ระวังอย่าให้ปลายเทอร์โมคัปเปิ้ลสัมผัสกับโลหะ แล้วอ่านค่าเปรียบเทียบกับค่าที่อ่านจากอุปกรณ์แสดงผลวัดอุณหภูมิที่ใช้งานของห้องอบ การตรวจเช็คอีกวิธีหนึ่งอาจทำได้โดยการสอบเทียบกับเทอร์โมมิเตอร์มาตรฐานที่อุณหภูมิน้ำเดือดที่ 100°C และที่อุณหภูมิจุดเยือกแข็งของน้ำที่ 0°C การสอบเทียบควรทำอย่างน้อยทุกๆ 6 เดือนและเก็บข้อมูลการปรับเทียบที่ทำไว้

5.5.1.7 ตัวชับน้ำในกระเปาะเปียก (wick) ที่สกปรกเนื่องสิ่งสกปรกจากฝุ่น สารระเหยที่ออกมาจากไม้ที่อบ และเกลือแร่ที่ปนอยู่ในน้ำ จะทำให้อุณหภูมิกระเปาะเปียกอ่านค่าไม่ถูกต้อง สำหรับวิธีที่จะทำให้การควบคุมจากอุณหภูมิกระเปาะเปียกทำงานได้ดีควรเปลี่ยน wick ใหม่ทุกครั้งก่อนที่จะอบไม้ชุดต่อไปหรือถ้าเป็นไปได้หากการอบใช้เวลามากกว่า 10-14 วัน ก็ควรเปลี่ยน wick ให้บ่อยขึ้น ลักษณะของการใช้งาน wick จะเหมือนกับการใช้เป็นไฮโกรมิเตอร์ในรูปที่ 27 แต่ใช้กับเทอร์โมคัปเปิ้ลเซ็นเซอร์แทน




รูปที่ 27 แสดงไฮโกรมิเตอร์สำหรับวัดอุณหภูมิกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียก

5.5.1.8 EMC wafers ในระบบควบคุมของห้องอบบางแห่ง (ในต่างประเทศ) ความชื้นสมดุล (EMC) พิจารณาจากความต้านทานไฟฟ้าที่วัดระหว่างแผ่นเซลลูโลสเล็กๆ (EMC wafer) แผ่นนี้ถูกยึดโดยอิเล็คโตรดในห้องอบ การวัดแบบนี้สามารถใช้แทนระบบที่มีการวัดอุณหภูมิกระเปาะเปียกแบบดั้งเดิม เมื่อมีการใช้งาน EMC wafer จะมีสิ่งสกปรกทำให้ค่า EMC ที่วัดได้ผิดพลาด ดังนั้นจึงควรเปลี่ยนแผ่น EMC wafer ตามช่วงเวลาที่ผู้ผลิตกำหนด

5.5.2. ข้อคำนึงในการตรวจวัดติดตามความชื้นไม้และเก็บข้อมูล

5.5.2.1 ข้อมูลที่ควรทราบมาก่อน ได้แก่ ความชื้นของไม้เริ่มต้น เพื่อที่จะเลือกตารางการอบได้อย่างเหมาะสม ตำหนิของไม้ หากไม่มีการคัดออกก่อนเข้าอบ การจัดเรียงไม้ในห้องอบจะมีผลต่อการบิดตัวของไม้ การตรวจวัดความชื้นเริ่มต้นของไม้ทำโดยการสุ่มตัวอย่าง หากไม้แต่ละกองมาจากหลายแหล่งและต้องเข้าอบในห้องอบเดียวกัน ควรสุ่มตัวอย่างทุกกอง ทั้งนี้หากมีการอัดน้ำยาก่อนการอบให้เลือกสุ่มตัวอย่างจากกองที่อัดน้ำยาโดยอาจแยกตามขนาดหน้าไม้

5.5.2.2 เลือกท่อนไม้ตัวอย่างในการตรวจวัดติดตามความชื้นและตำแหน่งของไม้ตัวอย่างในห้องอบหลายๆตำแหน่งในห้องอบ เพื่อให้สามารถปรับเปลี่ยนตารางการอบจริงตามการเปลี่ยนแปลงความชื้นของไม้อย่างเหมาะสม

5.5.2.3 อุปกรณ์วัดความชื้นไม้ในห้องอบขณะอบควรใช้งานได้อย่างถูกต้อง อุปกรณ์ประกอบด้วยตัววัดความชื้นที่อยู่ติดหรือใกล้กับกองไม้ เป็นเข็มความต้านทานที่ฝังติดในเนื้อไม้ตัวอย่างหรือเป็นแถบแผ่นโลหะที่วางติดกันอยู่ในช่องเปิดของไม้รองและต่อเข้ากับอุปกรณ์ควบคุมเพื่อตอบสนองกลับจากสัญญาณที่ได้ เช่น อุณหภูมิ

ห้องที่ลดลงกับปริมาณไอน้ำที่ต้องการ ความชื้นในเนื้อไม้ที่เปลี่ยนไปจะเป็นข้อมูลในการปรับตารางการอบไม้ในช่วงเวลาต่างๆให้เหมาะสม

5.5.2.4 การเก็บรักษาไม้แห้ง ปกติไม้เนื้อแข็งมักอบแห้งจนกระทั่งความชื้นมีค่าประมาณ 6-8% ซึ่งน้อยกว่าไม้เนื้ออ่อนโดยทั่วไป ส่วนมากไม้เนื้อแข็งที่ผ่านการอบแห้งจะเก็บรักษาในพื้นที่ที่มีช่วงความชื้นตลอดทั้งปีประมาณ 13-15% ไม้ที่ผ่านการอบที่มีความชื้นประมาณ 7% และเก็บรักษาภายนอกโดยไม่ได้มีสิ่งป้องกันความชื้นอาจดูดความชื้นกลับมาเป็น 13-15% ซึ่งค่อนข้างสูงสำหรับการนำมาผลิตเป็นเฟอร์นิเจอร์ ไม้ปูพื้น ไม้ตกแต่งภายในเป็นต้น

5.5.2.5 การทำแผนภูมิและบันทึกข้อมูลการอบเป็นสิ่งจำเป็นในการอบไม้ เพราะทำให้ทราบปัญหาที่เกิดขึ้นในกรณีที่ใช้เวลาในการอบนานกว่าปกติจากข้อมูลประวัติการอบของห้องอบนั้นๆ อย่างน้อยที่สุดข้อมูลที่จำเป็นได้แก่ วัน เวลาของไม้ที่เข้าและออกจากห้องอบ ขนาดหน้าไม้ เงื่อนไงการอบที่ช่วงเวลาต่างๆได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม การสเปรย์ไอน้ำ การระบายความชื้น การกลับทิศการหมุนของพัดลม ทั้งนี้ยังรวมถึงข้อมูลของสภาพอากาศภายนอก การชำรุดของอุปกรณ์ที่ต้องได้รับการบำรุงรักษา แม้กระทั่งปริมาณของไม้ที่เข้าอบอาจมีการเก็บข้อมูลจำนวนและลักษณะของตำหนิที่ได้หลังการอบ ข้อมูลเหล่านี้จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงสาเหตุของการอบไม้ที่สูญเสียได้

5.5.3 การตรวจสอบข้อมูลกลับจากผู้ดูแลการเลื่อยหรือจากแผนกประสานไม้

ผู้ดูแลการเลื่อยและแผนกติดกาวหรือเข้าไม้ เป็นแหล่งข้อมูลอย่างดีที่จะทราบถึงปัญหาของคุณภาพไม้ที่อบ เนื่องจากหลายปัญหาที่เกิดขึ้น ไม่สามารถตรวจสอบหรือมองเห็นได้อย่างชัดเจนเมื่อไม้ออกจากห้องอบ เช่น ตำหนิจากราบางชนิด การเกิด honeycombing การเกิด drying stress เป็นต้น แต่จะมองเห็นได้เมื่อไม้เหล่านั้นผ่านกระบวนการแต่งผิว การตัด ด้วยเครื่องจักร และพบว่าปัญหาของความชื้นในเนื้อไม้ที่แตกต่างกันของแต่ละชิ้นและปัญหาจาก drying stress จะพบมากในแผนกประสานกาวมากกว่าแผนกเลื่อยแปรรูป

5.5.4 การตรวจสอบว่าวาล์วต่างๆงานปกติหรือไม่

5.5.4.1 วาล์วไอน้ำทำงานปกติ การทำงานของวาล์วไอน้ำเป็นสิ่งสำคัญ ตำแหน่งการเปิดปิดต้องเป็นไปตามสัญญาณจากตัวควบคุม โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อไม่ต้องการให้ความร้อนแก่ห้องอบสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้ วาล์วจะต้องปิดสนิท นอกจากนี้การปิดไม่สนิทของวาล์วซึ่งจะเกิดการรั่วใต้บ่าวาล์วเป็นสาเหตุของการเกิดสนิมและทำให้วาล์วดังกล่าวชำรุดได้ ทำนองเดียวกันการเปิดสุดของวาล์วก็มีความสำคัญ เพื่อให้ไอน้ำสามารถไหลผ่านไปเต็มที่เพื่อให้ความร้อนแก่ห้องอบได้ตามต้องการ การตรวจสอบการรั่วของวาล์วทำได้โดยการฟังเสียงจากวาล์ว หากสัญญาณสั่งให้วาล์วปิดสนิทแต่ยังคงได้ยินเสียงการไหลของไอน้ำแสดงว่ามีการรั่ว การตรวจสอบอีกวิธีหนึ่งทำขณะที่ไม่มีการอบในห้องอบนั้น โดยตรวจเช็คคอยล์ไอน้ำในห้องอบหรือท่อที่อยู่หน้าวาล์วว่าร้อนหรือไม่เมื่อปิดวาล์สนิท แผนภูมิบันทึกอุณหภูมิในห้องอบก็สามารถบ่งบอกถึงความผิดปกติของวาล์วได้อย่างหนึ่ง ในช่วงที่ตารางการอบช้าเมื่อไม้ในห้องอบอุณหภูมิสูงเกินไปซึ่งต้องการความร้อนต่ำ ตัวควบคุมจะส่งสัญญาณไปยังวาล์วไอน้ำให้ปิดเมื่อวัดค่าอุณภูมิได้สูงกว่าจากค่าที่ตั้งไว้ หากวาล์วปิดไม่สนิทค่าที่บันทึกได้จากแผนภูมิจะแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกจะยังคงสูงขึ้นกว่าค่าที่ตั้งไว้อย่างช้าๆ การแก้ไขการรั่วของวาล์วให้ใช้วิธีการปรับตั้งก้านวาล์วและสปริง รวมถึงการการแต่งผิวบ่าวาล์วให้รับพอดีกับตัววาล์วเมื่อปิดสนิท สำหรับการตรวจเช็คการทำงานของวาล์วที่ตำแหน่งเปิดสุด ให้วัดระยะยกของวาล์วจากตำแหน่งปิดสุดถึงตำแหน่งเปิดสุดแล้วเปรียบเทียบกับข้อมูลผู้ผลิต

5.5.4.2 มาตรวัดหรือเกจวัดความดันไอน้ำและความดันลมอัดของแอร์คอมเพรสเซอร์ต้องอยู่ในสภาพดี หน้าบัทม์ต้องสะอาดสามารถอ่านค่าได้อย่างถูกต้อง

5.5.6. การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ

5.5.6.1 ช่องระบายความชื้นและวาล์วสเปรย์ไอน้ำต้องไม่ทำงานพร้อมกัน ช่องระบายความชื้นทำหน้าที่ลดความชื้นในห้องอบไม้ ขณะที่การสเปรย์ไอน้ำใช้ในการเพิ่มความชื้น หากอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ทั้งสองอย่างนี้ถูกควบคุมโดยอัตโนมัติ อุปกรณ์ทั้งสองไม่ควรทำงานพร้อมกัน แต่ควรทำงานสลับกันตามตารางการอบ รอบการทำงานของช่องระบายความชื้นกับการสเปรย์ไอน้ำไม่ควรเป็นไปอย่างรวดเร็วเนื่องจากการทำงานช่วงสั้นๆอาจส่งผลให้การควบคุมความชื้นในห้องอบผิดพลาด

5.5.6.2 การหมุนกลับทิศทางของพัดลม ในกรณีที่พัดลมติดตั้งด้านบนวางตามยาวตรงกลางของห้องอบ หากพัดลมมีการหมุนเพียงทิศทางเดียว กองไม้ด้านที่พัดลมเป่าอากาศไปจะแห้งกว่าอีกด้านหนึ่ง การกลับทิศการหมุนของพัดลมควรทำทุก 2-3 ชั่วโมงและความเร็วลมฝั่งตรงข้ามของกองเมื่อกลับทิศการหมุนของพัดลมควรใกล้เคียงกัน ถ้าห้องอบมีเทอร์โมคัปเปิ้ลวัดอุณหภูมิหลายตำแหน่งให้สังเกตุการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ เมื่อมีการกลับทิศพัดลม ควรตรวจดูว่าพัดลมได้มีการกลับทิศจริงตามที่ตัวควบคุมทำงานและตรวจเช็คอุปกรณ์รีเลย์สวิทช์ว่าทำงานเป็นปกติหรือไม่

5.5.6.3 การปรับเปลี่ยนเงื่อนไขการอบตามตารางการอบ การอบไม้ตามตารางการอบจะมีการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขการอบเช่น อุณภูมิกระเปาะแห้งในห้องอบโดยอาศัยข้อมูลของความชื้นไม้ (MC) มากกว่าการที่จะอบไปโดยพิจารณาว่าควรจะให้ไม้อยู่ในห้องอบเป็นเวลากี่ชั่วโมง เนื่องจากว่าทั้งอัตราการอบแห้งและการเกิดตำหนิของไม้เกี่ยวข้องกับ MC ของไม้ หากมีการเปลี่ยนตารางการอบก่อนที่ MC ของไม้ลดลงถึงระดับที่เหมาะสม เช่น หากเร่งอบเร็วเกินไปก็จะทำเกิดตำหนิ หากอบช้าเกินไปก็เป็นการสิ้นเปลืองพลังงานและเวลา การใช้ไม้ตัวอย่างในห้องอบเพื่อเป็นตัวบ่งชี้ MC ของไม้ในห้องอบ ควรมีประมาณ 10-12 ชิ้น แล้วใช้ชิ้นไม้ที่วัดค่า MC ได้สูงสุด 5-6 ชิ้น ในการหาค่าเฉลี่ยของ MC ของกองไม้ในห้องอบ และควรพลอตกราฟของความชื้นไม้กับเวลาไว้เพื่อเป็นข้อมูลในภายหลัง ทำให้สามารถประมาณเวลาที่ควรชักตัวอย่างหาค่า MC ที่แท้จริงว่าได้ตามที่ต้องการหรือไม่ และเพื่อที่จะปรับเปลี่ยนตารางการอบให้เหมาะสมต่อไป

5.5.7 ชุดพัดลมและเพดานห้องอบ

อากาศที่ถูกควบคุมอุณหภูมิและความชื้นต้องผ่านกองไม้อย่างสม่ำเสมอเพื่อพาความร้อนไปสู่ไม้ ทำให้เกิดการระเหยของน้ำในเนื้อไม้และพาความชื้นหรือไอน้ำออกไป ปริมาณของลมหรืออากาศที่เพียงพอจะทำให้การอบไม้บรรลุผลตามต้องการ ชุดพัดลมเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญในการทำหน้าที่ดังกล่าว พัดลมและมอเตอร์ขับควรทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ปราศจากการสั่น การหลุดหลวมของเสื้อพัดลมกับเพลา การสึกกร่อนของใบพัด การตรวจเช็คอุปกรณ์ดังกล่าวควรทำด้วยความระมัดระวังขณะที่สวิทช์ควบคุมปิดการทำงานเท่านั้น พัดลมแต่ละชุดควรมีทิศทางการหมุนไปทางเดียวกันเพื่อให้เกิดการไหลของอากาศอย่างสม่ำเสมอ ระยะห่างระหว่างใบแต่ละชิ้นในชุดใบพัดเดียวกันควรเท่ากัน เพื่อให้มอเตอร์กินกระแสไฟฟ้าเท่ากัน ถ้าระยะห่างระหว่างใบไม่เท่ากัน การสั่นและหลุดหลวมของใบพัดลมอาจเกิดขึ้นได้ ช่องเพดานที่ติดตั้งพัดลมควรมีที่ว่างพอที่จะสามารถเข้าไปตรวจดูแลบำรุงรักษาชุดพัดลมได้สะดวกและปลอดภัย หากบริเวณดังกล่าวมีพื้นที่ไม่เพียงพอและไม่สะดวกจะทำให้ชุดพัดลมขาดการตรวจดูแล

5.5.8 ระบบให้ความร้อน

คอยล์ให้ความร้อนแก่ห้องอบควรได้รับการดูแล โดยเฉพาะบริเวณตัวครีบที่ติดกับท่อ หากมีฝุ่นหรือสิ่งสกปรกติดอยู่จะส่งผลให้ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนต่ำ ทำให้อุณหภูมิในห้องอบขึ้นช้าและไม่สามารถรักษาอุณหภูมิในห้องอบให้คงที่ไว้ได้ พวกฝุ่นผงบางส่วนจะเกาะติดที่เพดานห้องอบและตกลงมาติดบริเวณท่อคอยล์ร้อน และเมื่อมีความชื้นในห้องอบทำให้สิ่งสกปรกเหล่านี้เกาะติดกับแผ่นครีบยิ่งขึ้นและไปขวางกั้นลมที่จะดึงความร้อนจากคอยล์มาถ่ายเทให้กับไม้ จึงควรทำความสะอาดคอยล์ให้ความร้อนอย่างสม่ำเสมอ

5.5.9 ช่องระบายอากาศ

5.5.9.1 ฝาช่องระบายอากาศเปิดปิดได้อย่างปกติ การออกแบบห้องอบไม้ต้องออกแบบให้ความชื้นภายในห้องอบสม่ำเสมอตลอดความยาวของห้องอบ หากฝาช่องระบายอากาศปิดไม่สนิทขณะที่มีการสเปรย์ไอน้ำเพื่อเพิ่มความชื้นภายในห้องอบ จะทำให้ความชื้นในห้องอบไม่สม่ำเสมอเนื่องจากจะมีการสูญเสียความชื้นออกไปทำให้สิ้นเปลืองไอน้ำและมีอากาศเย็นจากภายนอกเข้ามา เกิดการควบแน่นของไอน้ำ ทำให้ไม้เกิดราขึ้นได้และยังส่งผลต่อการเกิดสนิมของอุปกรณ์ที่เป็นโลหะภายในห้องอบอีกด้วย ดังนั้นจึงควรตรวจสอบการปิด-เปิดของช่องระบายอากาศซึ่งมักอยู่ด้านบนของห้องอบอย่างสม่ำเสมอ การตรวจเช็คควรทำทั้งกรณีที่พัดลมเปลี่ยนทิศทางการหมุนทั้งสองทาง ช่วงเวลาที่เหมาะสมในการตรวจสอบการรั่วผ่านช่องระบายอากาศคือช่วงเช้าซึ่งบรรยากาศภายนอกมีอุณหภูมิต่ำ ความชื้นสูง

5.5.9.2 อุปกรณ์เปิดฝาช่องระบายอากาศทำงานปกติ กลไกที่ต่อกับฝาช่องระบายอากาศเคลื่อนตัวได้อย่างคล่องตัว โดยมากกลไกนี้จะอาศัยการเคลื่อนตัวของก้านกระบอกสูบลมที่ยึดติดอยู่ ดังนั้นควรตรวจสอบการเคลื่อนตัวของกลไกและการทำงานของกระบอกสูบเพื่อลดปัญหาต่างๆที่อาจจะเกิดขึ้นดังในหัวข้อ 5.5.9.1

5.5.10 ไม้รองและไม้หนุนหรือแพลเลต (sticker and bolster)

5.5.10.1 ความหนาของ sticker ที่ใช้ปกติจะมีความหนา 5/8 -1 นิ้ว และความหนาของ sticker ควรสม่ำเสมอและเรียบตลอดความยาว ความหนาของ sticker ที่ไม่เท่ากันจะทำให้ไม้ที่อบมีการบิดงอได้ ให้วัดความหนาของ sticker บริเวณตรงกลางของ sticker 20 ท่อน แล้วนำค่าที่มากที่สุดที่วัดได้จากจำนวนทั้งหมดลบด้วยค่าที่น้อยที่สุดจากจำนวนทั้งหมด จะได้ค่าพิสัยของ sticker ซึ่งพิสัยความหนาที่ดีควรอยู่ในช่วง 1/32 นิ้วและไม่ควรเกิน 1/8 นิ้ว

5.5.10.2 ไม้หนุนหรือแพลเลต ควรมีความหนาสม่ำเสมอเช่นกันเพื่อป้องกันการบิดงอของไม้ที่อบ ไม้หนุนหรือแพลเลตที่หนาไม่สม่ำเสมอจะส่งผลให้ แถวของ sticker ในแต่ละกองไม้ไม่อยู่ในแนวเดียวกันและอาจไปปิดกั้นทางไหลของอากาศได้ การหาพิสัยของไม้หนุนทำเช่นเดียวกับ sticker แต่ให้วัดจากปลายไม้เข้ามาประมาณ 3 นิ้วจาก 20 ตัวอย่าง หากพิสัยเกิน 3/8 นิ้ว ไม่ควรใช้เป็นไม้หนุน

5.5.10.3 ให้ใช้ sticker ที่มีความตรง หาก sticker มีความโค้งงอมากกว่า 3 นิ้ว โดยวัดจากแนวเส้นตรงปกติ ไม่ควรนำมาใช้งานและหาก sticker ที่มีปลายแตกและสั้นกว่าความยาวของกองไม้อบมากกว่า 3 นิ้วก็ไม่ควรนำมาใช้งานเช่นกัน

5.5.11 ภายในห้องอบที่อุณหภูมิยังต่ำ

5.5.11.1 น้ำที่ควบแน่นหรือน้ำอื่นๆในห้องอบ และหยดลงบนกองไม้จะส่งผลไม้เกิดราขึ้นได้ หรือถ้าไปเกาะกับอุปกรณ์โครงสร้างห้องอบที่เป็นโลหะก็จะเกิดสนิมกัดกร่อนได้ น้ำควบแน่นเกิดจากความชื้นในห้องอบมีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดน้ำค้าง (dew point) ห้องอบที่ดีควรหลีกเลี่ยงการเกิดการควบแน่นหรือให้เกิดน้อยที่สุด ผนัง

ประตูห้องอบที่มีการบุฉนวนอย่างดีจะช่วยลดการควบแน่นของไอน้ำได้ เช่นเดียวกับการป้องกันการรั่วของอากาศเย็นจากภายนอกเข้าสู่ห้องอบทางช่องระบายอากาศ ก็จะช่วยลดการควบแน่นของไอน้ำได้

5.5.11.2 การระบายน้ำออกจากพื้นห้องอบ น้ำที่ควบแน่นบริเวณฝาช่องระบายอากาศหรือบริเวณใกล้เคียงด้านบนของห้องอบจะตกลงมายังพื้นห้องอบ ซึ่งน้ำเหล่านี้จะมีผลต่อการควบคุมความชื้นในห้องอบ รวมถึงปัญหาการเกิดสนิมของอุปกรณ์ต่างๆ ไอน้ำจากการรั่วไหลของท่อไอน้ำก็เช่นเดียวกัน ดังนั้นพื้นห้องอบควรออกแบบให้มีการระบายน้ำที่สะสมออกไปได้ การระบายน้ำออกจากพื้นห้องอบต้องทำหลังจากผ่านกระบวนการลดความเค้นในเนื้อไม้ หรือหลังจากการสเปรย์ไอน้ำตามตารางการอบในช่วงหลังที่ต้องการให้ความแตกของอุณหภูมิกระเปาะแห้งและเปียกสูง

5.5.11.3 ตัวซับน้ำ (wick) ในกระเปาะเปียกใช้งานได้อย่างปกติ wick ที่ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิกระเปาะเปียกต้องทำจากวัสดุที่ซับน้ำได้ดี ควรเป็นผ้าฝ้าย 100% นอกจากนั้นต้องหนาพอที่จะดึงน้ำขึ้นสู่กระเปาะได้มากเกินพอกว่าน้ำที่จะระเหยออกไปจาก wick และต้องให้ wick เปียกชุ่มอยู่เสมอ

5.5.11.4 น้ำที่ไหลเข้าสู่กระเปาะเปียกต้องเพียงพอ เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียกจะให้ค่าที่อ่านได้ต่ำกว่ากระเปาะแห้งเนื่องจากการระเหยของน้ำจาก wick หากน้ำที่ไหลเข้าสู่กระเปาะไม่เพียงพอ อัตราการระเหยก็จะต่ำทำให้ค่าอุณหภูมิที่อ่านได้สูงกว่าความเป็นจริง และจะทำให้บรรยากาศในห้องอบถูกควบคุมให้ค่อนข้างแห้งกว่าความเป็นจริง ถ้าหากน้ำที่จ่ายให้ wick เย็นเกินไป ค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกก็จะต่ำกว่าความเป็นจริงทำให้บรรยากาศในห้องอบถูกควบคุมให้ค่อนข้างชื้นเกินไป ทำนองเดียวกันหากน้ำที่จ่ายให้ wick ร้อนเกินไปจะทำให้บรรยากาศในห้องอบถูกปรับให้ค่อนข้างแห้งไป ดังนั้นอัตราการไหลของน้ำเข้าสู่กระเปาะเปียกควรได้รับการปรับตั้งอย่างเหมาะสม อาจออกแบบให้น้ำที่อยู่ในภาชนะกระเปาะเปียกมีระดับคงที่และหากน้ำที่จ่ายมามีมากเกินไปก็ให้มีช่องทางไหลออกจากภาชนะผ่านท่อออกไปภายนอกห้องอบ

5.5.12 การตรวจเช็คการทำงานของห้องอบ

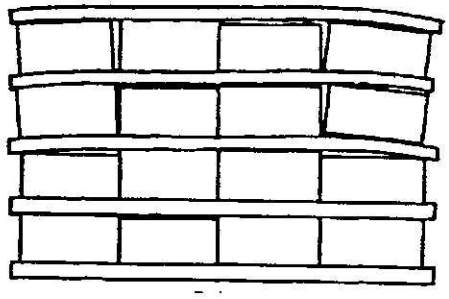
5.5.12.1 คอยล์ให้ความร้อนและท่อจ่ายไอน้ำไม่มีการรั่วของน้ำหรือไอน้ำ การรั่วของไอน้ำจากระบบแม้เพียงเล็กน้อยก็เป็นสาเหตุให้บริเวณดังกล่าวในห้องอบมีความชื้นสูงได้ การแห้งของกองไม้ในห้องอบจะไม่สม่ำเสมอ การรั่วอาจเกิดจากท่อชำรุดมีสนิมเกิดกัดกร่อนจากน้ำในห้องอบหรือเกิดจากการหลุดหลวมของข้อต่อ อีกประการหนึ่งหากท่อไอน้ำไม่ออกแบบให้มีความเอียงเพียงพอ น้ำที่ควบแน่นมีโอกาสไหลไปรวมบริเวณใดบริเวณหนึ่งทำให้การถ่ายเทความร้อนบริเวณนั้นไม่ดีและอาจเกิดสนิมขึ้นภายในท่อได้

5.5.12.2 ไอน้ำที่สเปรย์ไม่ควรมีน้ำปะปน ท่อไอน้ำสำหรับสเปรย์ควรมีความเอียงเพื่อให้น้ำควบแน่นที่อยู่ในท่อสามารถระบายทิ้งออกไปได้ ตรวจเช็คจุดระบายน้ำควบแน่นออกให้แน่ใจว่าสามารถระบายทิ้งได้ หากน้ำถูกสเปรย์ออกมาแทนไอน้ำและเกาะเป็นหยดบนกองไม้จะเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดราขึ้นได้ หากน้ำถูกสเปรย์ไปเกาะกับเซนเซอร์วัดอุณหภูมิก็จะทำให้การควบคุมการทำงานของห้องอบผิดพลาดไม่เป็นไปตามเงื่อนไขจริงที่ต้องการ อีกทั้งยังก่อให้เกิดปัญหาของสนิมตามมาด้วย

5.5.12.3 ไอน้ำที่สเปรย์ต้องกระจายในห้องอบอย่างสม่ำเสมอตลอดความยาวของห้องอบ การตรวจดูสามารถทำในขณะที่ห้องอบว่าง โดยการเปิดวาล์วสเปรย์ไอน้ำ คอยสังเกตรูสเปรย์ที่เจาะไว้บนท่อไอน้ำและสังเกตลักษณะการพุ่ง การกระจายของไอน้ำที่ออกมา

5.5.13 คุณภาพของไม้ที่เข้าห้องอบและการจัดเรียงกองไม้

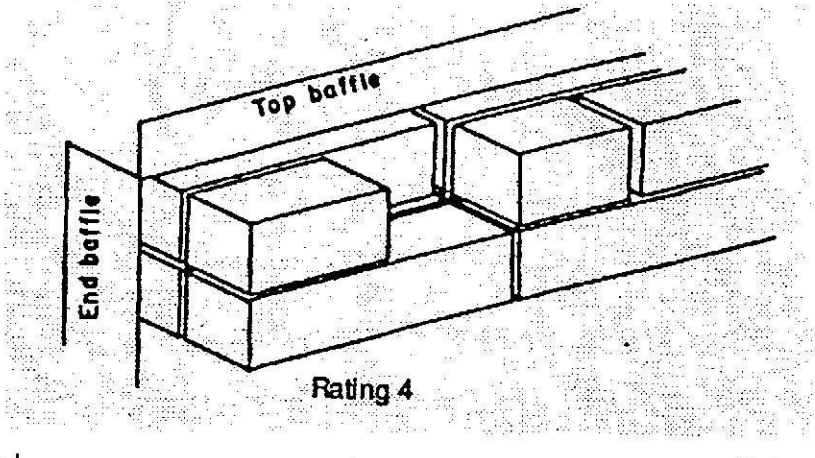
5.5.13.1 ความหนาของไม้ท่อน ความหนาของไม้ที่แตกต่างกันบางส่วนจะถูกแยกออกจากโรงเลื่อยหรือก่อนเข้าห้องอบ อย่างไรก็ตามความหนาที่แตกต่างกันมากกว่า 1/32 นิ้ว (0.031 นิ้ว) เป็นปกติของผลอันเนื่องมาจากคลองเลื่อยและการป้อนไม้เข้าหาใบเลื่อย แต่ความหนาที่แตกต่างมากกว่าค่าดังกล่าวอาจส่งผลต่อคุณภาพของไม้หลังการอบ ไม้ที่มีความหนามากกว่าจะแห้งช้ากว่าไม้ที่ความหนาน้อยกว่า ดังนั้นการอบไม้ที่ปนกันระหว่างขนาดความหนาของไม้ที่แตกต่างกันจะทำให้เพิ่มความแตกต่างของ MC ของไม้ในห้องอบมากขึ้น และในกองไม้เดียวกันไม่ควรเรียงไม้ที่มีขนาดหน้าไม้แตกต่างปนกัน เนื่องจากไม้ที่ขนาดเล็กกว่าจะมีโอกาสโค้งงอจากการอบและการกดทับได้มากกว่า ในรูปที่ 28 แสดงให้เห็นว่าไม้ที่มีความหนาต่างกันวางเรียงในกองเดียวกัน จะส่งผลให้ sticker มีการบิดงอได้ และช่องว่างเนื่องจากความหนาของไม้ที่แตกต่างกันของไม้ท่อนที่อยู่ติดกันส่งผลให้เกิดการหดตัวหรือบิดงอของไม้ โดยที่ไม้ที่มีขนาดเล็กกว่ามีโอกาสเกิดขึ้นได้มากกว่า



รูปที่ 28 แสดงขนาดหน้าไม้ที่ไม่เท่ากันจะส่งผลต่อการจัดเรียงกองไม้และ sticker

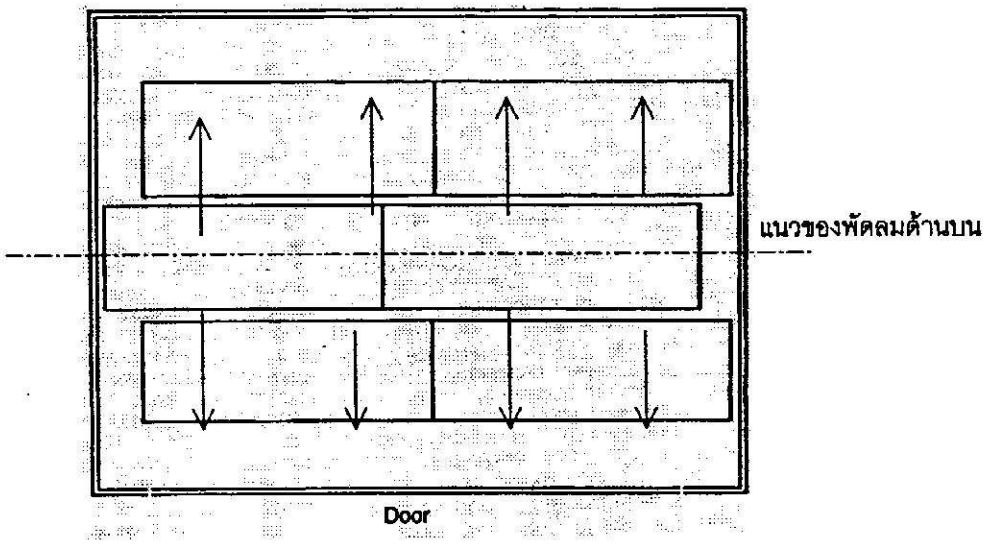
5.5.13.2 ขนาดของช่องว่างระหว่างผนังห้องอบกับกองไม้ (plenum) ต้องเพียงพอให้ลมไหลผ่านไปสู่ช่องว่างระหว่าง sticker อย่างสม่ำเสมอ plenum ควรเท่ากับผลรวมของพื้นที่ช่องเปิดของ sticker และ bolster ผู้ควบคุมห้องอบบางแห่งพยายามที่จะเพิ่มจำนวนแถวของกองไม้เพื่อให้อบไม้ได้มากขึ้น แต่การเพิ่มจำนวนแถวทำให้พื้นที่ของ plenum น้อยลงไปด้วย การไหลของลมที่ผ่านกองไม้จะไม่สม่ำเสมอ

5.5.13.3 กองไม้ที่วางเรียงข้อนกันในห้องอบควรมีขนาดเท่ากัน และควรวางกองไม้ที่ขนาดสั้นกว่าไว้บริเวณตรงกลางของกอง หรือบริเวณที่ไม่มีแผ่นกั้นลม (baffle) เพื่อให้แผ่นกั้นลมชิดกับกองไม้อื่นมากที่สุดและไม่เกิดการไหลลัดของอากาศผ่านกองไม้ที่มีขนาดเล็กกว่า ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 29




รูปที่ 29 แสดงลักษณะการจัดวางกองไม้ในห้องอบและลักษณะการวางแผ่นกั้นลม (baffle) ที่ดี

5.5.13.4 ในห้องอบที่เป็นลักษณะ package-loaded ดังเช่นในรูปที่ 29 การป้องกันการลัดการไหลของอากาศผ่านกองไม้ทำได้ยาก อย่างไรก็ตามควรให้เกิดการไหลลัดน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้โดยการวางกองไม้แถวแรกๆให้ชิดผนังด้านในสุด (กรณีพัดลมอยู่บน) ส่วนกองไม้แถวที่ 2 ให้วางเยื้องออกมาและปลายด้านหนึ่งหยองกองชิดกับผนังฝั่งตรงข้ามดังแสดงในรูปที่ 30




รูปที่ 30 แสดงภาพด้านบนในการจัดเรียงกองไม้ที่เหมาะสมในห้องอบ

5.5.14 ขณะเริ่มการอบไม้ในห้องอบ

5.5.14.1 อากาศต้องไหลผ่านกระเปาะเปียกอย่างเพียงพอเพื่อให้ค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกวัดได้ถูกต้อง ความเร็วของลมควรมากกว่า 300 ft/min (หรือ 1.5 m/s) ถ้าความเร็วลมน้อยกว่า 150 ft/min (0.75 m/s) อุณหภูมิกระเปาะเปียกก็จะอ่านค่าได้มากกว่าค่าที่เป็นจริง เช่น ถ้าความเร็วลมต่ำที่ผ่านกระเปาะเปียกต่ำ อาจให้ค่าอุณหภูมิต่ำกว่ากระเปาะแห้งเพียง 4°F แต่ค่าจริงอาจให้ค่าต่ำกว่าถึง 7°F ก็ได้ การอบแห้งจะขึ้นอยู่กับเงื่อนไงที่เป็นอยู่จริงในการอบไม่ว่าจะเป็นการควบคุมห้องอบให้เพิ่มหรือลดความชื้น ดังนั้นค่าอุณหภูมิที่วัดได้จึงมีความสำคัญมากเพราะจะเป็นตัวควบคุมการทำงานของห้องอบ บางทีลมที่ไหลผ่านกระเปาะเปียกอาจถูกบังโดย baffle หรือสิ่งกีดขวางอื่นๆ ทำให้ความเร็วต่ำ จึงควรเลื่อนตำแหน่งของกระเปาะเปียกไปไว้บริเวณที่มีลมไหลผ่านมากกว่า หรืออาจทำอุปกรณ์ดักลมให้ไหลผ่าน wick ของกระเปาะเปียก

5.5.14.2 ตรวจสอบให้แน่ใจว่าที่ดักไอน้ำ (steam trap) ทำงานเป็นปกติ เมื่อห้องอบเริ่มทำงาน สังเกตดูว่า trap ระบายน้ำเป็นระยะๆหรือไม่ หากเป็นไปดังนี้แสดงว่า trap มีขนาดที่เหมาะสมและทำงานเป็นปกติ หาก trap มีการระบายไอน้ำอย่างต่อเนื่อง แสดงว่ามีปัญหา และปริมาณของน้ำควบแน่นที่อยู่หลัง trap จะทำให้เกิดปัญหากับระบบขึ้นได้ดังที่เคยกล่าวมาแล้ว

5.5.15. ขณะอบไม้

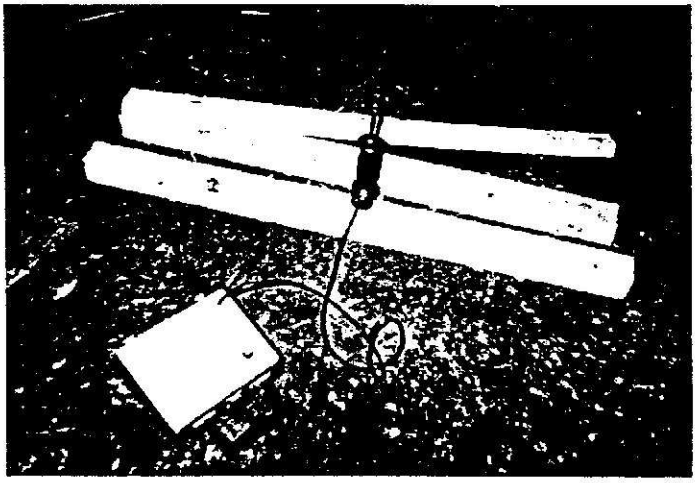
5.5.15.1 ห้องอบต้องไม่มีรอยรั่วของประตู ผนัง และหลังคา การรั่วของโครงสร้างห้องอบจะทำให้กองไม้บริเวณที่มีการรั่วมีอุณหภูมิและความชื้นต่ำกว่าบริเวณอื่นๆ ทำให้ไม้ที่อบแห้งไม่สม่ำเสมอทั่วทั้งห้องอบ อาจทำให้เกิดราบางชนิดขึ้นได้ การรั่วของห้องอบทำให้อากาศเย็นภายนอกเข้าไปได้และเกิดการควบแน่นของไอน้ำส่งผลต่อการเกิดสนิมของอุปกรณ์และกรณีที่ต้องมีการสเปรย์ไอน้ำ ก็จะทำให้สิ้นเปลืองไอน้ำที่สูญเสียไปตามรอยรั่ว การ

ตรวจสอบรอยรั่วอาจทำได้ในเวลากลางวันที่ภายนอกห้องอบมีแสดงสว่างเพียงพอโดยการปิดห้องอบแล้วมองหาแสงสว่างที่ลอดเข้ามาในห้องอบ หรือใช้วิธีตรวจหารอยรั่วจากการสังเกตอากาศที่ไหลเข้าและออกจากห้องอบบริเวณต่างๆรอบห้องอบเมื่อพัดลมในห้องอบทำงานหมุนในแต่ละทิศทาง

5.5.15.2 ขณะห้องอบทำงานให้ตรวจดูให้แน่ใจว่าพัดลมมีการหมุนเปลี่ยนทิศทางตามเวลาที่ตั้งไว้ อาจตรวจสอบการทำงานในช่วงแรกของการอบได้โดยใช้ความรู้สึกของการสัมผัสการไหลของอากาศในห้องอบ

5.5.16 การควบคุมความชื้นไม้

5.5.16.1 เลือกไม้ตัวอย่างที่เหมาะสมในการวัดความชื้น (MC) โดยใช้ไม้ขนาดสั้นที่ตัดจากไม้ท่อนใหญ่ที่อบ (ยาวประมาณ 1 ฟุต) ไม้ที่ใช้เป็นตัวอย่างหา MC ควรมีหน้าไม้หลายขนาดหากห้องอบนั้นอบไม้หลายขนาดปนกันและมีลักษณะการตัดจากส่วนต่างๆของไม้ท่อนที่แตกต่างกัน เพื่อให้ไม้ตัวอย่างเหล่านั้นเป็นตัวแทนของไม้ในห้องอบทั้งหมดได้ ซึ่งไม้ตัวอย่างจะมีทั้งชิ้นที่อบแห้งเร็วและช้าปนกัน ทำให้ทราบพิสัยของ MC ไม้ในห้องอบในช่วงเวลาต่างๆ ไม้ตัวอย่างที่อยู่ในห้องอบจะถูกชักตัวอย่างเพื่อตรวจวัดน้ำหนักที่หายไปได้ในแต่ละช่วงเวลา แล้วนำมาคำนวณเป็นค่า MC หรือจะใช้วิธีชักตัวอย่างไม้มาวัดความชื้นโดยเครื่องมือวัดความชื้นแบบเข็มตอกซึ่งเป็นที่นิยมใช้กัน ดังแสดงในรูปที่ 31



รูปที่ 31 แสดงการวัดความชื้นของไม้โดยเครื่องมือวัดความชื้นแบบเข็มตอก

5.5.16.2 ความแตกต่างของความชื้นไม้ตัวอย่างต้องมีค่าแตกต่างที่เล็กน้อยจาก MC ของไม้ในห้องอบที่ตั้งเป้าไว้ เช่นถ้าเป้าค่า MC ที่ตั้งไว้ 7% หรือ 8% ความแตกต่างความชื้นจากเป้าที่ตั้งไว้ไม่ควรเกิน $\pm$ 2%

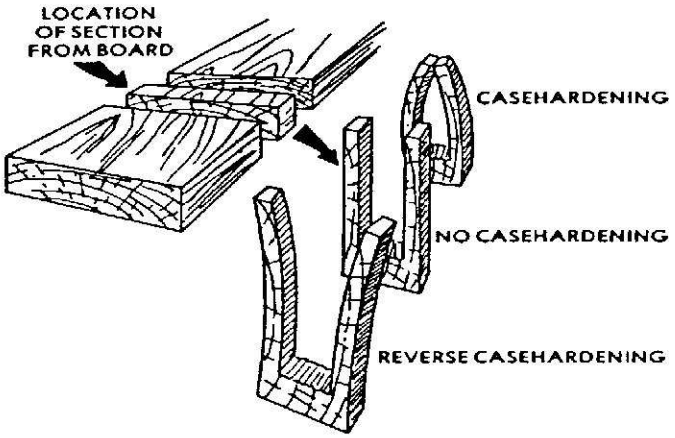
5.5.16.3 การตรวจวัดติดตามความชื้นไม้ วัตถุประสงค์ของอุปกรณ์การตรวจวัดติดตามความชื้นไม้ในห้องอบก็เช่นเดียวกับการชักตัวอย่างไม้เพื่อหา MC แต่การตรวจติดตามโดยวิธีนี้ ไม่จำเป็นต้องเข้าไปในห้องอบที่ร้อนเพื่อชักตัวอย่างและนำกลับไปไว้ในห้องอบที่ตำแหน่งเดิม แต่สามารถทราบการเปลี่ยนแปลงของ MC ไม้ในช่วงเวลาต่างๆขณะอบได้ แต่หากไม่สามารถตรวจติดตามความชื้นไม้ในห้องอบได้ตลอดเวลา การสุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจวัดโดยใช้เครื่องวัดความชื้นไม้แบบเข็มตอกดังแสดงในรูปที่ 31 เป็นช่วงๆก็ถือว่าเป็นข้อมูลเพียงพอที่จะตัดสินใจการปรับเปลี่ยนหรือควบคุมการอบแห้ง แต่ก็มีข้อถกเถียงกันว่าการตรวจวัดโดยที่ใช้ไม้ตัวอย่างจำกัดเช่นนี้ให้ค่า MC ที่ยังไม่ค่อยถูกต้องนักขณะที่ไม้มีความชื้นสูงกว่าจุดอิ่มตัว (fiber saturation point) ดังนั้นจึงควรตรวจสอบและปรับเทียบเครื่องมือวัดดังกล่าวให้ถูกต้องอยู่เสมอ

5.5.16.4 การตรวจวัดความชื้นไม้ในแต่ละจุดโดยใช้ electric moisture meter เป็นวิธีการที่แนะนำให้ใช้เพื่อตรวจสอบว่าไม้ที่อบมี MC ได้ตามเป้าแล้วหรือไม่ ค่าที่อ่านได้จาก electric moisture meter ปกติจำเป็นต้องมีการปรับแก้ค่าตามแต่ละชนิดของไม้ที่วัดตามที่ผู้ผลิตเครื่องมือวัดระบุมา รวมถึงค่าปรับแก้ตามอุณหภูมิของไม้ด้วย การตรวจวัดไม้ตัวอย่างควรวัดอย่างน้อย 10 ชิ้น

5.5.17 การทำ Equalizing และ Conditioning

5.5.17.1 equalizing คือการปรับ MC ของไม้ให้ใกล้เคียงกันและ conditioning คือการอบคลายความเค้นในไม้ การทำ equalizing ใช้ลดการกระจายของ MC ในชิ้นไม้ซึ่งบางชิ้นอาจค่อนข้างเปียกบางชิ้นอาจจะค่อนข้างแห้ง การทำ equalizing ควรทำเมื่อความแตกต่าง MC ของชิ้นไม้ที่แห้งที่สุดและที่เปียกที่สุดมากกว่า 2% ในช่วงสุดท้ายของการอบแห้ง เริ่มต้นทำ equalizing เมื่อชิ้นไม้ตัวอย่างที่แห้งที่สุดมี MC ต่ำกว่าเป้า 2% และทำจนกระทั่งไม้ตัวอย่างชิ้นที่เปียกที่สุดแห้งจน MC ถึงเป้าที่ตั้งไว้ การทำ equalizing ทำโดยการรักษาอุณหภูมิและความแตกต่างของอุณหภูมิกระเปาะแห้งและเปียกในห้องอบให้คงที่ (constant wet-bulb depression) การทำ conditioning ใช้ทำเพื่อลดความเค้นในเนื้อไม้และอาการแข็งนอกของไม้ (casehardening) โดยทำในช่วงสุดท้ายของการอบและหลังจากการทำ equalizing เมื่อ MC ไม้ถึงเป้าที่ตั้งไว้ การทำ conditioning ทำโดยการสเปรย์ไอน้ำเพื่อเพิ่มความชื้นในห้องอบให้ไฟเบอร์ของไม้มีการคลายตัว ซึ่งจะเป็นการช่วยลดการบิดงอของไม้แบบต่างๆได้

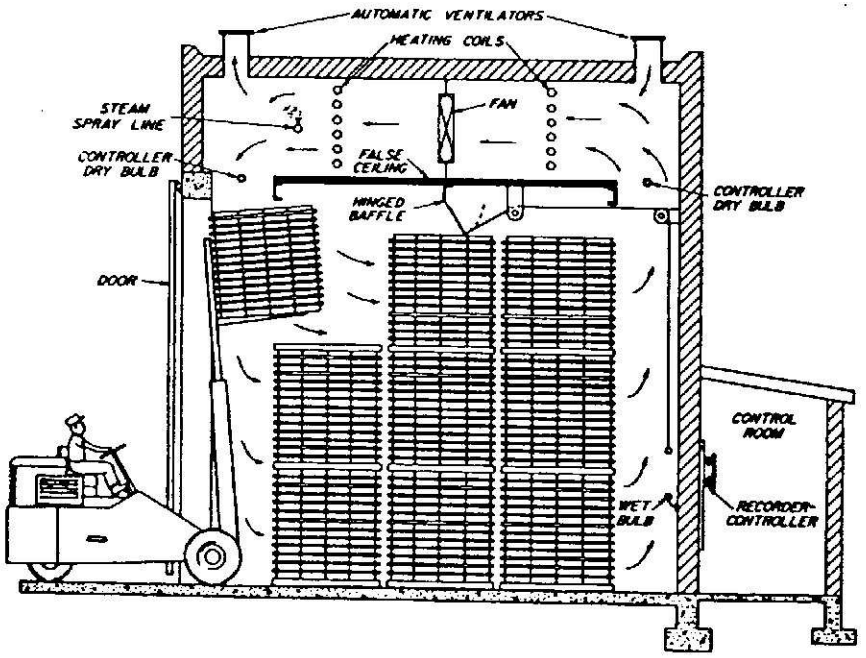
5.5.17.2 ตรวจสอบความเค้นของไม้ที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้วิธี prong test จากการตัดไม้ตัวอย่างหลายๆท่อนที่อบ การแข็งนอก (casehardening) ที่เกิดขึ้นในไม้จากการอบที่ไม่สม่ำเสมอ ที่ผิวนอกเนื้อไม้อยู่ภายใต้แรงกดหรือการหดตัว ขณะที่ภายในอยู่ภายใต้แรงดึงหรือการขยายตัวอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงความชื้น การเลื่อยไม้ที่มีความเค้นอยู่ จะทำให้เกิดการบิดงอเพื่อปลดปล่อยความเค้นในเนื้อไม้ ดังนั้นการป้องกันดังกล่าวทำได้โดยวิธี conditioning ที่ได้กล่าวมาแล้ว ส่วนการทำ prong test เพื่อตรวจสอบความเค้นในเนื้อไม้แสดงดังรูปในภาคผนวก ง. ซึ่งทำอย่างง่ายโดยตัดไม้ดังในรูปที่ 32 ขนาดกว้างประมาณ 1 นิ้ว ห่างจากปลายประมาณ 20 ซม. หรือ 8 นิ้ว แล้วตัดดังเป็นรูปตัวยูดังในรูปที่ 32 หลังจากทิ้งไว้ในบรรยากาศที่อุณหภูมิห้อง 1 วัน ลักษณะรูปร่างของไม้รูปตัวยูจะบ่งบอกลักษณะของ casehardening การคลายความเค้นในเนื้อไม้ทำโดย conditioning จนกระทั่งลักษณะที่บิดงอของไม้ที่ตัดเป็นรูปตัวยูเกือบอยู่ในแนวขนานกัน




รูปที่ 32 แสดงการทำ prong test เพื่อตรวจสอบการแข็งนอก (casehardening) ของไม้

5.5.18 หลังจากอบไม้เสร็จและก่อนการนำไม้ออกจากห้องอบ

5.5.18.1 แผ่นกั้นลม (baffle) ควรใช้งานอย่างถูกต้อง แผ่นกั้นลมทำหน้าที่บังคับอากาศร้อนให้ไหลผ่านกองไม้มากกว่าที่จะไหลไปทางช่องว่างด้านข้างหรือด้านบนของกอง ควรใช้ baffle ทุกครั้งที่มีการอบ หากไม่ใช้ เป็นที่แน่นอนว่าไม้แต่ละกองจะแห้งไม่เท่ากัน อีกทั้งยังสูญเสียเวลาและพลังงานในการอบ baffle ควรอยู่ชิดกับทุกด้านของกองไม้ในห้องอบและไม่ควรเปิดเป็นช่องให้อากาศไหลผ่านไปได้ระหว่างการอบ กรณีที่ไม้มีการหดตัวจากการอบจะเกิดช่องว่างระหว่าง baffle และกองไม้ทำให้อากาศไหลผ่านไปได้ ดังนั้นควรใช้ baffle ที่สามารถปรับให้เลื่อนไปชิดกองไม้ได้ ลักษณะการไหลของอากาศและ baffle ที่สัมผัสกับกองไม้ควรเป็นไปดังรูปที่ 33 หลังจากเสร็จสิ้นการอบ ควรตรวจสอบว่า baffle สัมผัสกับกองไม้ดีหรือไม่เพื่อนำไปปรับปรุงในการอบไม้ในครั้งต่อไป

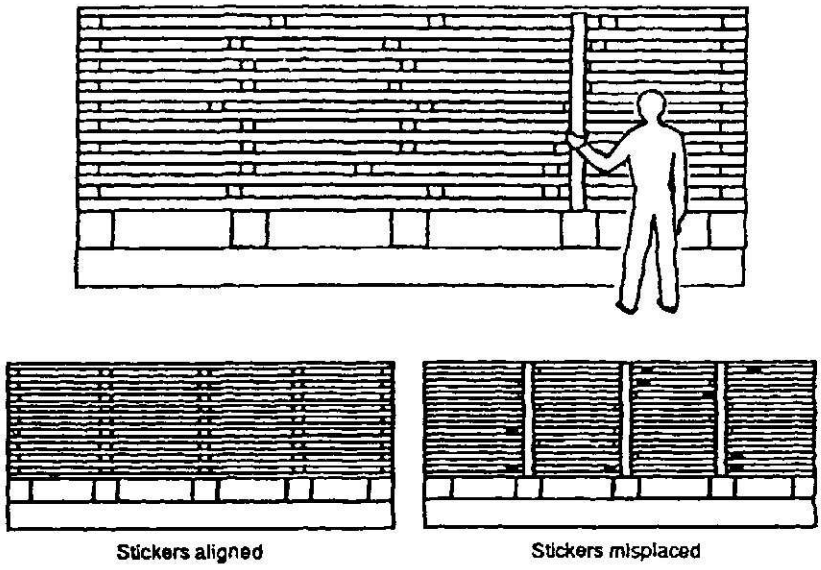



รูปที่ 33 แสดงลักษณะภายในและการไหลของอากาศในห้องอบไม้

5.5.18.2 ความสูงของกองไม้ในห้องอบควรสม่ำเสมอเท่ากันดังแสดงในรูปที่ 33 เพื่อให้ baffle สัมผัสด้านบนของกองไม้ตลอดความยาวของกอง กองไม้ที่ต่ำกว่ากองอื่นจะทำให้เกิดช่องว่างระหว่าง baffle กับกองไม้ทำให้อากาศไหลผ่านไปได้

5.5.19 การจัดเรียงไม้และผลของการจัดเรียงไม้ต่อคุณภาพของไม้อบแห้ง

5.5.19.1 ตำแหน่งของไม้รอง (sticker placement) จุดประสงค์หลักของ sticker ประการแรกคือช่วยให้กองไม้มีช่องว่างสำหรับให้อากาศไหลผ่านไปอบแห้งไม้ได้ ประการที่สองเพื่อกระจายน้ำหนักของกองไม้และถ่ายน้ำหนักในแนวดิ่งจากด้านบนลงสู่ด้านล่างผ่าน sticker และไม้หนุนใต้กอง sticker ที่จัดเรียงไม่อยู่ในแนวเดียวกันจะทำให้น้ำหนักที่ถ่ายลงมาไม่ผ่านจุดเดียวกัน เป็นสาเหตุให้เกิดการบิดงอในรูปแบบต่างๆของไม้ที่อบได้ การจัดเรียงไม้ที่ดี sticker ควรจะอยู่ในแนวคอลัมน์เดียวกัน แต่ในทางปฏิบัติอาจมีการเยื้องไปบ้างเล็กน้อยแต่ไม่ควรเยื้องไปเกินกว่าความหนาของ sticker เมื่อเทียบจากด้านบนสุดของกองไม้ถึงด้านล่างสุด การตรวจดูว่า sticker อยู่ในแนวดิ่งเดียวกันหรือไม่ ทำได้ดังรูปที่ 34




รูปที่ 34 แสดงตัวอย่างของแนวการเรียง sticker ที่ดี ที่ไม่ดีและการตรวจสอบ

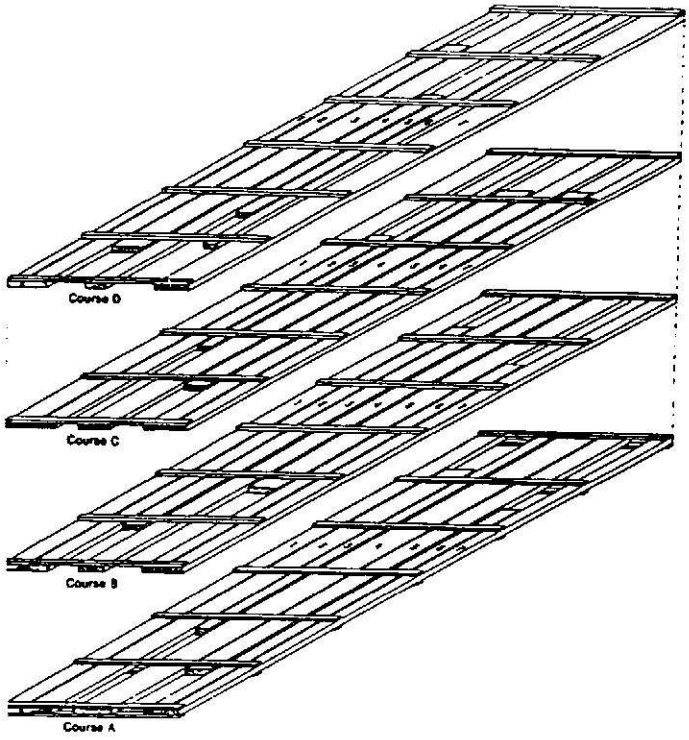
5.5.19.2 sticker ที่ขาดหายไปจะทำให้ไม้ที่อบเกิดการบิดงอได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่ออบไม้ขนาดใหญ่ที่มีการแห้งช้า นอกจากการบิดงอแล้ว การไหลของลมผ่านกองไม้อาจถูกปิดกั้นจากไม้ที่งอหรือโก่งตัว ทำให้ค่า MC ในไม้มีความแตกต่างกันมากขึ้น ดังนั้นการจัดเรียงไม้ควรตรวจสอบให้ดีว่าไม่มี sticker ขาดหายไป

5.5.19.3 sticker ที่อยู่บริเวณริมกองไม้ หากไม้ที่อบยาวไม่เท่ากัน การจัดวาง sticker ในแต่ละชั้นที่ชิดขอบปลายไม้ทั้งสองข้างจะทำให้แนวของ sticker ตามแนวดิ่งไม่ตรงกันและอาจทำให้เกิดการบิดงอของไม้ขณะอบได้ จึงควรตรวจสอบแนว sticker ให้ตรงกัน

5.519.4 ในการจัดเรียงไม้ sticker ที่ใช้รองควรจะขยับเข้ามาจากปลายขอบไม้ทั้งสองด้านประมาณ 1 เท่าของความกว้าง sticker หากเรียง sticker ชิดขอบปลายไม้พอดีเมื่อมีการขนย้ายกองไม้เข้าสู่ห้องอบอาจทำให้เกิดการเลื่อนหล่นได้ แต่ถ้าเลื่อน sticker เข้ามาด้านในมากเกินไปเช่น เลื่อนมา 2-3 เท่าของความกว้าง sticker อาจทำให้ปลายไม้ที่อิสระมีการบิดงอได้เช่นกัน

5.5.20 การจัดวางไม้ในกอง

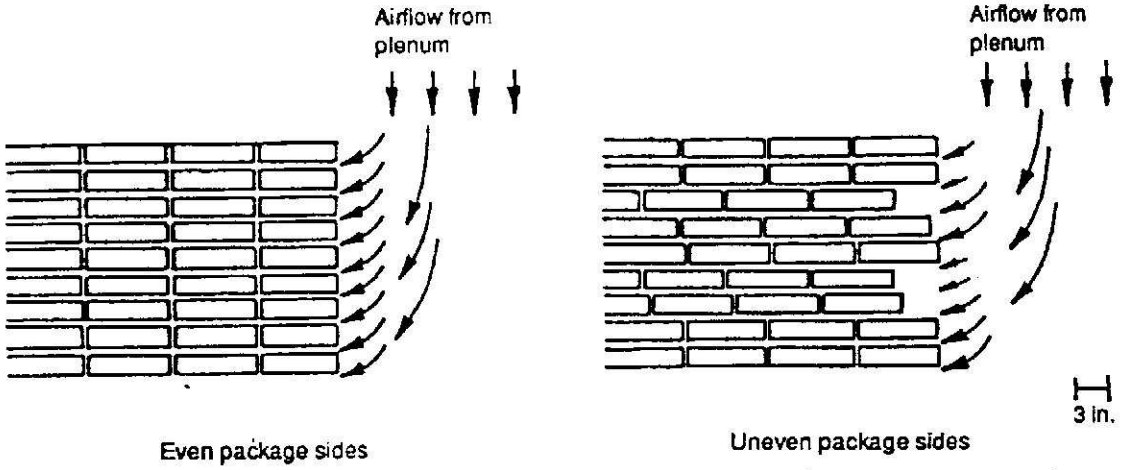
5.5.20.1 หากมีไม้ที่สั้นยาวไม่เท่ากันปนอยู่ ให้พยายามจัดให้ขอบปลายไม้ทั้งสองด้านเรียงปิดและควรจัดไม้ให้มีลักษณะเป็นแผงสี่เหลี่ยมดังแสดงในรูปที่ 35 ไม้ที่มีความยาวมากที่สุดควรจัดไว้บริเวณด้านข้างทั้งสอง ส่วนไม้ที่มีขนาดสั้นให้จัดเรียงไว้ตรงกลางของแต่ละชั้น




รูปที่ 35 แสดงตัวอย่างการจัดเรียงไม้ในแต่ละชั้นที่มีขนาดสั้นยาวไม่เท่ากัน

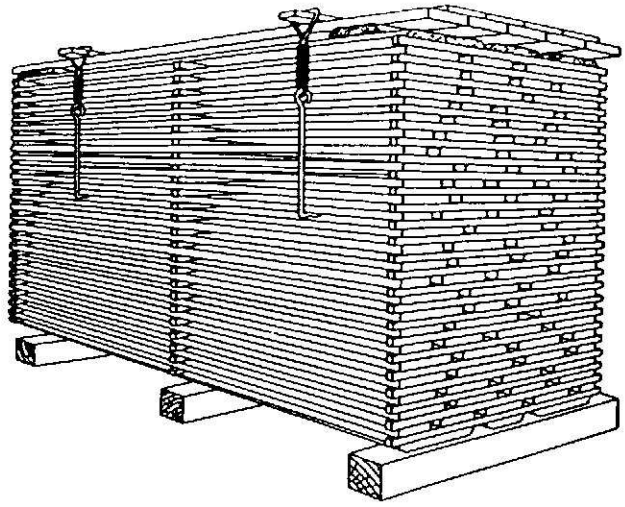
5.5.20.2 การจัดเรียงไม้อาจการซ้อนเหลื่อมกันของไม้ในกองซึ่งจะเกิดการกั้นขวางทางไหลของลมผ่านตามช่องว่างของ sticker และยังทำให้เกิดการบิดงอของไม้ที่ซ้อนเหลื่อมกันอยู่ การเรียงไม้ซ้อนกันจะทำให้กองไม่ไม่มั่นคงและอาจมีไม้หล่นขณะขนย้ายได้

5.5.20.3 บริเวณด้านข้างของกองไม้ที่เปิดเป็นช่องให้อากาศไหลผ่านด้านติดกับผนังห้องอบทั้งสองด้านจากบนลงล่างต้องไม่เหลื่อมออกมาในลักษณะดังรูปที่ 36 (ขวามือ) หากการเรียงเหลื่อมกันเข้าไปด้านในมากกว่า 3 นิ้ว อากาศก็จะมีโอกาสไหลผ่านช่องว่างนี้ได้มากกว่าบริเวณอื่น




รูปที่ 36 แสดงลักษณะการไหลของอากาศผ่านทางช่องว่างระหว่าง sticker โดยที่การจัดเรียงไม้ไม่ควรเหลื่อมกันในด้านที่ลมผ่านเกินกว่า 3 นิ้ว (ขนาดความยาวของหัวลูกศรแสดงถึงสัดส่วนของปริมาณของอากาศที่ไหล)

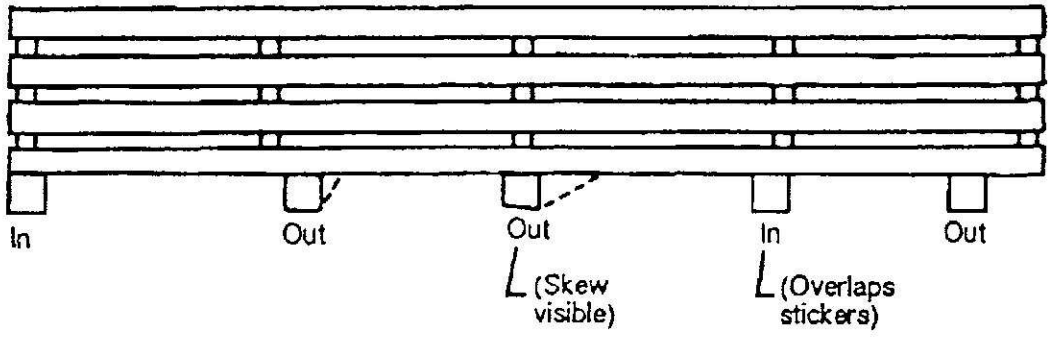
การเรียงไม้ในห้องอบควรมีการใช้น้ำหนักกดทับด้านบนหรือใช้สปริงรั้งกองไม้ไว้เพื่อป้องกันการบิดงอของไม้ระหว่างการอบ การใช้สปริงรั้งแสดงได้ดังรูปที่ 37 .



รูปที่ 37 แสดงการป้องกันการบิดงอของไม้ขณะอบโดยใช้สปริงรั้งกองไม้ไว้

5.5.21 ตำแหน่งของแพลเลตหรือไม้หนุน (bolster and package placement)

5.5.21.1 ตำแหน่งของ bolster ควรวางในแนวเดียวกับแนวคอลัมน์ของ sticker และไม่ควรวางในแนวเยื้องหรือเอียงออกไป ดังแสดงในรูปที่ 38 bolster ที่มีขนาดต่างกันก็ไม่ควรนำมาใช้




รูปที่ 38 แสดงการจัดวางไม้หนุน (bolster)

5.5.21.2 ไม้หนุนก็ทำหน้าที่เช่นเดียวกับ sticker แต่จะรับน้ำหนักของของไม้ทั้งหมด ดังนั้นไม้หนุนควรวางในแนวตรงกับ sticker ไม้หนุนที่ใช้ควรมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะรับน้ำหนักกองไม้ได้และควรมีขนาดหน้าตัดที่เท่ากัน หากใช้ไม้ที่มีขนาดไม่เท่ากันและไม่เอาใจใส่ในการจัดวาง bolster แม้จะจัดเรียงกองไม้และแนว sticker อย่างดี ก็ทำให้เกิดการบิดงอของไม้ขณะอบได้เนื่องจากน้ำหนักที่กดลงยัง bolster แต่ละท่อนไม่เท่ากัน หากใช้แพลเลต ก็ควรตรวจสอบแพตเลตว่าชำรุดหรือไม่ก่อนที่จะนำมารองเป็นไม้หนุน

5.5.22 ตำหนิของไม้ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการอบ

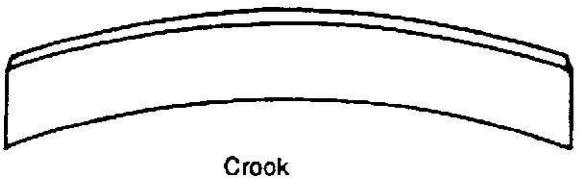
เนื่องจากการนำไม้มาแปรรูปเป็นเฟอร์นิเจอร์ เครื่องตกแต่งภายใน ผนังห้องหรือพื้น จำเป็นต้องอบให้ได้ MC ที่กำหนด ความแตกต่างของ MC และตำหนิที่เกิดขึ้นต้องเป็นที่ยอมรับได้ จะเห็นว่าคุณภาพเป็นสิ่งสำคัญอันดับแรก เมื่อการอบได้คุณภาพตามต้องการแล้ว ประเด็นต่อมาก็จะเป็นเรื่องของเวลาและการใช้พลังงานในการอบ ตำหนิที่เกิดขึ้นจากการอบไม้ เช่น ตำหนิที่ผิว ที่ปลายไม้ บริเวณภายใน (เกิด honeycomb) และเกิดรา มักจะถูกให้ความสำคัญมากกว่าการบิดงอในการอบพวกไม้เนื้อแข็ง เนื่องจากว่าการบิดงอไม่ได้ถูกพิจารณาเป็นตำหนิหลักตาม ข้อบังคับขององค์การไม้เนื้อแข็งนานาชาติ (National Hardwood Lumber Association, NHLA) ซึ่งจะยึดเอาขนาดและจำนวนของไม้ที่ไม่มีตำหนิของผิวจากการตัดที่ได้จากการอบ ในทางกลับกันผลของการบิดงอก็เกิดจากขนาดของการตัดชิ้นไม้ที่ต้องการเช่นกัน ส่วนค่า MC ที่เบี่ยงเบนที่ยอมรับกันทั่วไปต้องไม่เกิน 2-3%

5.5.22.1 ตำหนิที่ปลายและการแตกปลายที่มองเห็นได้ อาจเกิดขึ้นเนื่องจากไม้ที่อบมีการแตกปลายมาก่อนเล็กน้อยหรือมีความเค้นตกค้างในเนื้อไม้จากการเจริญเติบโต (growth stress) ซึ่งการลดปัญหาการแตกปลายทำโดยการทาสารพวกเรซินหรือสารเคมีที่เป็นสีมีส่วนผสมของอะลูมิเนียม และเพื่อให้ได้ผลดีที่สุด ปลายไม้ควรได้รับการทาเคลือบทันทีหลังจากการตัดแปรรูป ในอดีตการทาสารเคลือบปลายไม้มักทำกับไม้ที่มีขนาด 6x4 นิ้ว หรือหนากว่านี้ ส่วนไม้ขนาด 4x4 และ 5x4 นิ้วมักจะทาเคลือบในกรณีที่ไม้นั้นมีมูลค่าสูง แต่ปัจจุบันเริ่มให้ความสนใจกับไม้ทั่วๆไปที่มีขนาด 4x4 นิ้วและ 5x4 นิ้ว รวมถึงไม้ที่มีขนาดหนากว่า 2x2 นิ้วขึ้น มาและที่ต้องเน้นคุณภาพของไม้

5.5.22.2ตำหนิที่ผิวไม้เป็นปัญหาที่ค่อนข้างให้ความสำคัญมากที่สุดในไม้ที่ต้องนำไปทำเป็นเฟอร์นิเจอร์ หากไม้ sticker ที่อบได้มีตำหนิที่ผิวก็จะบ่งบอกถึงตำหนิของไม้ในกองที่อบเช่นกัน และลักษณะเช่นนี้ไม้ที่สูญเสียจะค่อนข้างมาก แต่การสังเกตตำหนิที่ผิวของไม้ในกองทำได้ยากนอกจากจะรื้อกองไม้นั้นออกมา

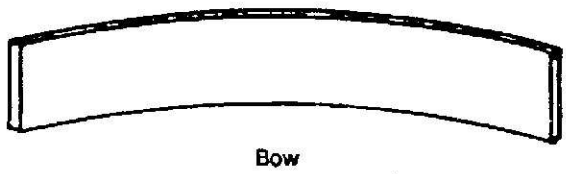
5.5.22.3 การบิดงอ (warp)

การบิดงอของไม้คือการที่ผิวหน้าไม้หรือขอบด้านข้างของไม้ไม่อยู่ในแนวเส้นตรง ลักษณะการบิดงอของไม้จากการอบมักถูกพิจารณาใน 5 รูปแบบ ได้แก่ crook, bow, twist, kink และ cup การบิดงอแบบ crook เป็นการโค้งของไม้ที่ขอบไม้หรือสันไม้มีการเบี่ยงไปจากแนวเส้นตรงเมื่อเทียบจากขอบปลายไม้ถึงของปลายไม้ ดังแสดงในรูปที่ 39



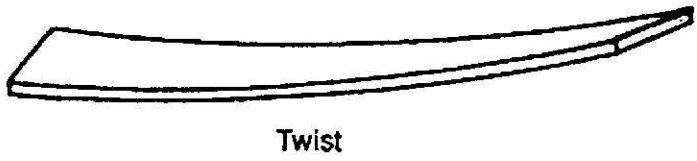

รูปที่ 39 แสดงการโค้งงอของไม้หลังการอบแบบ crook

bow เป็นการโค้งงอของไม้ตามแนวราบตลอดความยาวของไม้ แต่ไม่มีการโค้งงอตามหน้าตัดของไม้ ดังแสดงในรูปที่ 40



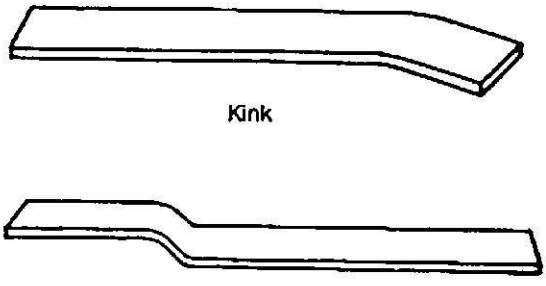

รูปที่ 40 แสดงการโค้งงอของไม้หลังการอบแบบ bow

twist เป็นรูปแบบหนึ่งของการบิดงอที่มีการหมุนหรือบิดไปตามหน้าตัดของไม้ ทำให้ไม่สามารถกดให้อบทั้ง 4 ด้านของปลายไม้อยู่ในแนวราบได้ดังแสดงในรูปที่ 41



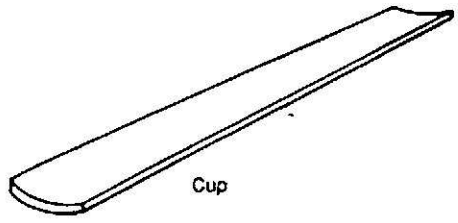

รูปที่ 41 แสดงการโค้งงอของไม้หลังการอบแบบ twist

kink เป็นการบิดงอซึ่งมีการเบี่ยงไปจากแนวแบนราบตามหน้าไม้หรือตามแนวตรงของสันไม้อย่างเด่นชัด อันเนื่องมาจากการวางตำแหน่งของ sticker หรือ bolster ผิด หรือการบิดอาจเกิดขึ้นบริเวณที่เป็นตาไม้ก็ได้ดังแสดงในรูปที่ 42




รูปที่ 42 แสดงการโค้งงอของไม้หลังการอบแบบ kink

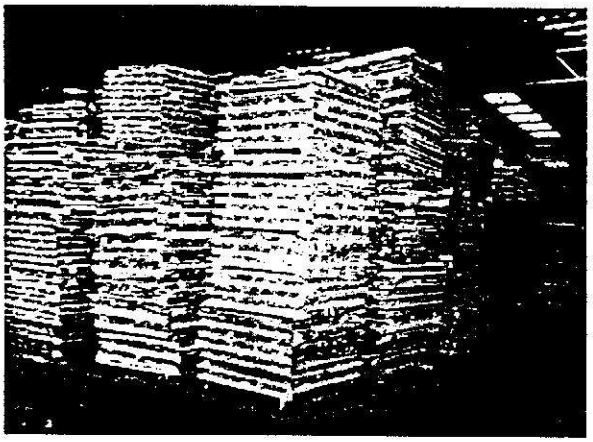
cup เป็นการบิดงอของไม้ เมื่อมองในแนวราบด้านหน้าตัดจะมีลักษณะโค้งไม่อยู่ในแนวเส้นตรงดังแสดงในรูปที่ 43




รูปที่ 43 แสดงการโค้งงอของไม้หลังการอบแบบ cup

การบิดงอ (warp) จะเกิดขึ้นได้ในไม้บางส่วนไม่ว่าจะมีการอบอย่างไร การบิดงอเป็นตัวชี้บ่งถึงคุณภาพของการอบแห้ง ซึ่งการป้องกันการบิดงอสามารถทำได้โดยให้ความเอาใจใส่อย่างดีในกระบวนการอบ ตัวอย่างเช่น การเกิด bow อาจเกิดจากไม่มีน้ำหนักกดทับไม้ด้านบน หรือเนื่องจากมีแรงดึงไม้ที่อยู่ใกล้บริเวณด้านบนของกองมากกว่าที่จะเกี่ยวข้องกับการจัดเรียง sticker ไม่ดี

การประเมินการบิดงอที่ดีที่สุดควรทำหลังจากนำกองไม้ออกจากห้องอบ โดยกองไม้ที่จัดเก็บควรมีป้ายแสดงที่มาของไม้ตามห้องอบ วันเวลาที่ใช้ในการอบ แล้วตรวจหาตำแหน่งของกองไม้ที่มีการบิดงอเกิดขึ้นมากที่สุดในห้องอบ แล้วดูว่าการบิดงอที่เกิดขึ้นแบบต่างๆข้างต้นนั้นมีความสัมพันธ์กับการจัดเรียงไม้อย่างไรบ้าง จะทำให้การจัดเรียงไม้ในการอบครั้งต่อไปทำได้ดียิ่งขึ้น การตรวจประเมินการบิดงอควรจำแนกและนับจำนวนของไม้ที่มีการบิดงอในลักษณะต่างๆไว้ด้วย การจัดเก็บไม้ควรจัดเก็บในที่ร่มดังในรูปที่ 44 มีอากาศถ่ายเทได้สะดวกหรือหากต้องการเก็บไม้ที่ผ่านการอบไว้เป็นเวลานานควรใช้แผ่นพลาสติกห่อหุ้มกองไม้ไว้



รูปที่ 44 แสดงไม้ยางพาราที่ผ่านการอบแยกจัดเก็บไว้ภายในโรงงาน

ตำหนิหรือลักษณะการเสียหายของไม้เนื่องจากการอบ รวมถึงสาเหตุและแนวทางป้องกันแก้ไขอาจสรุปได้โดยย่อดังตารางที่ 10

**ตารางที่ 10 สรุปตำหนิของไม้ที่เกี่ยวข้องกับการอบแห้ง สาเหตุ การป้องกันและการแก้ไข**

| ตำหนิ | สาเหตุ | การป้องกันหรือลดตำหนิ | การแก้ไขที่เป็นไปได้ |
|---|---|---|---|
| ตำหนิผิวหน้าไม้ (surface checking) | การแห้งที่ผิวไม้เร็วเกินไปเมื่อเทียบกับภายในเนื้อไม้ | อบที่ความชื้นสัมพัทธ์สูงในช่วงแรกของการอบ ตรวจสอบอุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้นให้ถูกต้อง | ไม่มีทางแก้ไข เนื่องจากเมื่อไม้เริ่มแห้งสม่ำเสมอ ตำหนินี้จะติดกับเนื้อไม้ |
| ปลายแตก (end split) | ปลายไม้ที่มีการแห้งเร็วกว่าช่วงกลางของไม้จะทำให้เกิดการยกปลาย | ทาปลายไม้ เช่น ทาด้วยบิทูมินัสหรือพวกเรซิน จัดกองไม้ให้ sticker รองรับอยู่ใกล้ปลายไม้ | ไม่มีทางแก้ไข |
| | การไหลเวียนของอากาศบริเวณปลายไม้มากเกินไปขณะที่ไหลเวียนผ่านกองไม้น้อยเกินไป ปลายไม้มีการหดตัว เกิดแรงดึงขณะที่ถูกกดทับไว้ | ติดตั้งแผ่นกั้นลมหรือจัดแผ่นกั้นลม (baffle) ให้อากาศไหลผ่านกองไม้อย่างสม่ำเสมอ | ไม่มีทางแก้ไข |
| การแข็งนอก (Casehardening) | การอบแห้งในช่วงแรกเร็วเกินไปทำให้เกิดความเค้นจากการหดตัวที่ผิวขณะที่ในเนื้อไม้เกิดความเค้นจากแรงดึง | ให้ใช้การอบที่ความชื้นสูงในช่วงเริ่มต้นการอบ และควบคุมอุณหภูมิให้เป็นไปตามตารางการอบในช่วงสิ้นสุดการอบ | ในช่วงสุดท้ายของตารางการอบให้ทำ conditioning เป็นเวลานาน |
| รูรังผึ้งในเนื้อไม้ (honeycombing) | เกิดจากการแข็งนอกอย่างรุนแรงส่งผลให้เกิดตำหนิภายในเนื้อไม้จากการที่ภายในเนื้อไม้เกิดความเค้นดึงสูง หรือเกิดจากการอบที่อุณหภูมิสูงเกินไปในช่วงสุดท้ายของการอบ | 1. ให้อบด้วยความชื้นสูงในช่วงเริ่มต้นการอบ<br>2. ให้สเปรย์ไอน้ำเป็นช่วงๆเมื่อพบว่าไม้ในห้องอบมีการแห้งเร็วเกินไป<br>3. จำกัดอุณหภูมิสุดท้ายของการอบไม่ให้สูงเกินไป | ไม่มีทางแก้ไข |
| การบิดของไม้ (distortion) | การจัดเรียงกองไม้ไม่เหมาะสม เช่น ไม้รอง (sticker) บางชั้นขาดหายไปหรือวาง sticker ช่วงห่างเกินไป แนวของ sticker ในแต่ละชั้นไม่ตรงกัน ขาดการรอง sticker ที่ปลายไม้ | การบิดงอของไม้ไม่สามารถป้องกันได้แต่สามารถลดการเกิดการบิดงอได้โดยการจัดเรียงกองไม้อย่างเหมาะสม จัด sticker แต่ละชั้นให้อยู่ในแนวเดียวกัน อย่าปล่อยให้ปลายไม่ลอยอยู่โดยไม่มี sticker รองรับ | ให้ทำ conditioning ซ้ำ หากกองไม้เรียงอย่างไม่เหมาะสมให้รื้อจัดเรียงไม้ใหม่ก่อนที่จะทำ conditioning |
| | อบที่อุณหภูมิสูงเกินไป ทำให้เกิดการหดตัวของไม้มาก | ให้ใช้ตารางการอบไม้ที่อุณหภูมิต่ำลงมา | ในกรณีนี้ให้ทำ conditioning จนกระทั่งค่าความชื้นไม้เป็นไปตามเป้าที่ต้องการ |

ตารางที่ 10 สรุปตำหนิของไม้ที่เกี่ยวข้องกับการอบแห้ง สาเหตุ การป้องกันและการแก้ไข (ต่อ)

| ตำหนิ | สาเหตุ | การป้องกันหรือลดตำหนิ | การแก้ไขที่เป็นไปได้ |
|---|---|---|---|
| - cup | เกิดจากความแตกต่างในการหดตัวของไม้แนวขวางกับเสี้ยน ในทิศทางสัมผัสและรัศมี | ให้ใช้น้ำหนักกดทับกองไม้ | - |
| - Spring and bow | เกิดจากความแตกต่างในการหดตัวตามความยาวเสี้ยนไม้ | ให้คัดไม้ที่มีลักษณะแนวเสี้ยนไม่สม่ำเสมอตามความยาวไม้ออก | ให้ทำ conditioning ซ้ำ (โดยการสเปรย์ไอน้ำ ใช้เวลา 4 ถึง 8 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 100°C ความชื้นสัมพัทธ์ 100% เมื่อความชื้นในเนื้อไม้มีค่าประมาณ 15%) |
| - Twist | เกิดจากลักษณะของไม้ที่อบมีแนวเสี้ยนวนหรือมีแนวเสี้ยนที่ไม่ตรงขวางอยู่ | - | |
| - Collapse | เกิดจากมีแรงดึงกระทำที่ผนังเซลล์เนื้อไม้ขณะที่ free water ออกไป ซึ่งจะเกิดมากหากใช้อุณหภูมิในการอบสูงเกินไป ทำให้เกิดความแตกต่าง เช่น | | |
| | - การที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิภายในห้องอบ<br>- การที่มีความแตกต่างของความชื้นภายในห้องอบ | ปรับปรุงการจัดวางและระบบให้ความร้อนภายในห้องอบ<br>การสเปรย์ไอน้ำต้องทั่วและสม่ำเสมอทั้งห้องอบ | สเปรย์ไอน้ำประมาณ 3 ชั่วโมง |
| ไม้แห้งไม่ทั่ว | การไหลเวียนของอากาศไม่ดีพอ | ให้ตรวจสอบความเร็วลมการกระจายของลมในห้องอบ เช่นการบังคับทิศทางลมโดย baffle | - |
| | อาจมีการรั่วของท่อไอน้ำ | ให้ซ่อมแซมรอยรั่ว | |
| | อาจมีรอยรั่วของประตู | ปรับปรุงประตูห้องอบให้ปิดสนิท | |
| | มีการควบแน่นของไอน้ำที่เพดานห้องอบ | หุ้มฉนวนผนังห้องอบ | |
| ราเสียสี | อบแห้งช้าเกินไป และใช้อุณหภูมิในการอบต่ำ | ให้ใช้อุณหภูมิอบที่สูงขึ้น | - |

**สรุป**

เทคนิคหรือข้อกำหนดที่ดีในการอบไม้ยางพารา เป็นแนวปฏิบัติที่ไม่เหมือนกันของโรงอบไม้แต่ละแห่ง เนื่องจากลักษณะห้องอบที่แตกต่างกัน การปรับปรุงหรือคิดหาวิธีการอบที่ดีได้จากการทดลองทำหรือลองผิดลองถูกและเทคนิคของแต่ละโรงอบจะใช้ได้ดีกับโรงอบนั้นๆ ไม่สามารถนำมาใช้กับอีกโรงอบหนึ่งได้ทั้งหมด อย่างไรก็ตามเทคนิคบางประการก็สามารถนำมาใช้ได้ การหาวิธีการอบที่ดีเกิดขึ้นมาจากปัญหาเรื่องคุณภาพที่เกิดขึ้นกับไม้ที่ได้จากการอบ ซึ่งส่วนมากในโรงอบไม้ที่มีเทคนิคการอบที่ดีและมีการคัดไม้ท่อนก่อนเข้าอบ ปัญหาดังกล่าวจะไม่รุนแรงมากนัก ปัญหาที่พบได้แก่ การเกิดราทำให้ไม้มีสีคล้ำหรือเป็นจุด มักเกิดกับห้องอบที่เริ่มต้นอบที่อุณหภูมิต่ำ (ต่ำกว่า 40-45°C) เป็นเวลานาน หรือเกิดจากปริมาณและแรงดันไอน้ำไม่เพียงพอกับจำนวนและขนาดของห้องอบหรือเกิดจากขาดการใส่ไม้ฟืน สิ่งเหล่านี้เป็นปัญหาที่ขึ้นอยู่กับการออกแบบห้องอบและการจัดการเบื้องต้น ส่วนปัญหาการบิดงอการแข็งนอก และความชื้นไม้ไม่สม่ำเสมอ จะขึ้นอยู่กับเทคนิคการอบ (เงื่อนไขการอบ) โดยตรง ซึ่งเกี่ยวข้องกับลักษณะการไหลเวียนของอากาศในห้องอบ การจัดเรียงไม้ในกองและการกองไม้ในห้องอบ การตรวจวัดติดตามอุณหภูมิ ความชื้นของอากาศ ความชื้นไม้ขณะอบ ช่วงเวลาการสเปรย์ไอน้ำและการระบายความชื้นออกจากห้องอบ

การอบแห้งไม้ยางพาราที่พบโดยทั่วไปมักใช้ประสบการณ์ในการอบเช่น การนับวันในการอบ สำหรับไม้หนาเกิน 1 ½ นิ้ว จะใช้เวลา 10-12 วัน ไม้หนาน้อยกว่า 1 ½ นิ้วใช้เวลาประมาณ 8-10 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของไม้ในห้องอบ และอุณหภูมิที่ใช้ในการอบ แม้กระนั้นการสเปรย์ไอน้ำก็มีการนับวันเช่นกัน มักจะสเปรย์น้ำในวันที่ 3 ของการอบเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วระบายความชื้นในวันถัดไปเป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยไม่ได้ตรวจวัดความแตกต่างของความชื้นในเนื้อไม้ และการตรวจวัดความชื้นไม้ระหว่างการอบก็ทำกันน้อยมาก อาจไม่มีการตรวจวัดเลยหรือมักตรวจวัดในช่วงท้ายของการอบทีเดียวว่าได้ค่า MC ตามเป้าที่ต้องการหรือไม่ โรงอบไม้ยางพาราบางแห่งใช้วิธีการฟังเสียงเคาะของไม้และการดมกลิ่นซึ่งเป็นวิธีการตรวจสอบความชื้นไม้ที่ไม่ถูกต้อง บางโรงอบที่มีการควบคุมอุณหภูมิความชื้น การสเปรย์ไอน้ำและระบายความชื้นแบบอัตโนมัติ มักขาดการตรวจสอบอุปกรณ์หรือสอบเทียบเครื่องมือวัดว่าทำงานหรืออ่านค่าได้ถูกต้องหรือไม่ การควบคุมการอบโดยอัตโนมัติมักไม่เป็นไปตามความเป็นจริงที่ต้องการหรือตามค่าที่ตั้งไว้ ทำให้ใช้เวลาในการอบนานสิ้นเปลืองพลังงานและอาจเกิดปัญหาเรื่องคุณภาพของไม้ด้วย การอบไม้ยางพาราที่ดีควรเริ่มตั้งแต่การจัดเรียงไม้ในห้องอบแต่ละชั้นในกองไม่ให้ซ้อนกันทำให้กีดขวางการไหลของละอองและไม้รอง (sticker) ควรวางรองในแนวดิ่งเดียวกัน ควรมีแผ่นกั้นลม (baffle) เพื่อบังคับทิศทางการไหลของลมไม่ให้อากาศไหลลัด ซึ่งจะทำให้ไม้แห้งไม่สม่ำเสมอ การอบไม้ยางพารามักจะอบไม้ที่มีขนาดความหนาต่างกันในห้องอบเดียวกัน ถ้าเป็นไปได้ควรหลีกเลี่ยง เพราะการอบไม้ที่มีความหนาต่างกันมากจะควบคุมให้ความชื้นในไม้สม่ำเสมอกันได้ยากกว่า ถ้าไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ก็ควรอบไม้ที่มีหน้าไม้ใกล้เคียงกัน ส่วนการจัดเรียงไม้ในห้องอบควรเรียงไม้ที่มีขนาดเล็กกว่าอยู่ใกล้กับพัดลม เนื่องจากไม้ที่มีขนาดหนากว่าต้องการอุณหภูมิในการอบที่ค่อยเป็นค่อยไปมากกว่า หากต้องการหลีกเลี่ยงการบิดงอควรใช้น้ำหนักกดทับกองไม้ประมาณ 600 kg/m$^2$ ขณะที่จัดกองไม้เข้าห้องอบ แม้กระนั้นห้องอบไม้ยางพาราทั่วไปมักไม่นิยมใช้น้ำหนักกดเนื่องจากมีความยุ่งยากในการยกย้ายน้ำหนักออกจากกองไม้ สำหรับความเร็วลมที่ใช้ในการอบ ความเร็วลมที่วัดหน้ากองไม้ไม่ควรต่ำกว่า 2.54 m/s (500 ft/min) และหลังกองไม้ไม่ควรต่ำกว่า 0.5 m/s (98.4 ft/min) หากห้องอบเป็นแบบพัดลมวางบน ควรมีการสลับทิศทางการหมุนทุกๆ 3 ชั่วโมง น้ำที่ควบแน่นบนพื้นภายในห้องอบเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดราขึ้นได้หากอุณหภูมิในห้องต่ำและมีความชื้นสูง ดังนั้นควรมีช่องระบายออกเพื่อลดความชื้นภายในห้องอบ

การตรวจสอบติดตามความชื้นไม้และบรรยากาศในห้องอบควรทำสม่ำเสมอทุกวันเพื่อที่จะสามารถปรับเปลี่ยนตารางการอบให้เหมาะสมและสามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้ทันท่วงที หากอบไม้ที่มีขนาดต่างกันหลายขนาดในห้องเดียวกัน การสุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจวัดความชื้นไม้จะไม่สะดวกหากตำแหน่งของขนาดหน้าไม้ที่ต้องการอยู่ลึกภายในห้องอบ เนื่องจากค่าที่วัดได้ต้องสามารถใช้เป็นตัวแทนของไม้ทั้งหมดในห้องอบได้ จึงต้องมีการสุ่มตัวอย่างจากหน้าไม้หลายขนาดเป็นจำนวนที่เพียงพอหรืออาจใช้เครื่องมือวัดความชื้นที่ปักในเนื้อไม้แล้วอ่านค่าการเปลี่ยนแปลงความชื้นขณะอบซึ่งจะทำให้สะดวกขึ้น หากไม้ที่อบมีความเค้นหรือเกิดบิองอขึ้นโดยอาจเกิดกับหน้าไม้บางขนาดเท่านั้น (แม้จะมีการควบคุมไม่ให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิในห้องอบมาก) หากไม่รู้ถึงการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวที่เกิดขึ้นในห้องอบ อาจทำให้ไม่สามารถแก้ไขทำให้ไม้ความความชื้นสม่ำเสมอ หรือการอบคลายความเค้นได้ทัน (ดูหัวข้อเทคนิคการอบไม้ ในการทำ equalizing และ conditioning)

การอบไม้ยางพาราให้ได้ผลดีที่สุดควรอบตามตาราง MC ของไม้หรือตารางอุณหภูมิ/ความชื้นสัมพัทธ์และควรตรวจวัด MC ในไม้และบรรยากาศในห้องอบขณะอบร่วมกับการใช้ตารางหรือกราฟ EMC ของไม้ จะทำให้สามารถปรับเปลี่ยนตารางการอบได้อย่างเหมาะสม การอบไม้ยางพาราควรเริ่มจากอุณหภูมิอบไม่ต่ำกว่า 45°C (บางโรงอบใช้อุณหภูมิสูงกว่า 50°C ขึ้นอยู่กับความหนาและปริมาณไม้ในห้องอบ) และความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 80% ในช่วงแรกแล้วค่อยอบโดยควบคุมอุณหภูมิและความชื้นบรรยากาศในห้องอบให้เป็นไปตามตารางการอบ ส่วนการอบไม้ที่อุณหภูมิสูงกว่าจุดเดือดของน้ำ (100°C) และการอบไม้โดยวิธีการปรับเปลี่ยนความเร็วลมในห้องอบตามการเปลี่ยนแปลงความชื้นของไม้ก็เป็นทางเลือกอีกทางหนึ่งที่คาดว่าจะสามารถลดพลังงานและเวลาในการอบไม้ยางพาราลงได้ แต่วิธีการดังกล่าวยังไม่ได้มีการศึกษาเป็นที่แน่ชัดในการนำมาใช้กับการอบไม้ยางพาราซึ่งเป็นประเด็นหนึ่งที่ควรให้ความสนใจและศึกษาอย่างละเอียดต่อไป

# บรรณานุกรม


[1] กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ กองวิจัยสินค้า *การส่งออกผลิตภัณฑ์ไม้ยางพาราและแนวโน้มในอนาคต* เอกสารสมาคมธุรกิจไม้ยางพาราไทย 2540.

[2] กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ กองวิจัยสินค้า *เอกสารทางวิชาการเรื่องสถานการณ์เฟอร์นิเจอร์และชิ้นส่วนของไทย* 2540.

[3] โชติ รักติประกร และดำรงค์ ศรีอรัญ. การใช้ประโยชน์ไม้ยางพารา เอกสารวนผลิตภัณฑ์วิจัย เล่มที่ 1 คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2513.

[4] กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กองบริการอุตสาหกรรม *การผลิตเครื่องเรือนจากไม้ยางพารา* สมาคมธุรกิจไม้ยางพาราไทย 2540.

[5] อรุณ ชมชาญ และสุธี วิสุทธิเทพกุล. *ไม้ยางพารา ลักษณะ คุณสมบัติและการใช้ประโยชน์สำหรับการทำเครื่องเรือน* เอกสารงานวิจัยไม้ชั้นประยุกต์ กองวิจัยผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ 2521.

[6] สรรญเสริญ เจริญศรี. *การทำเยื่อกระดาษจากไม้ยางพาราขนาดกำลังการผลิตปีละ 100,000* ตัน รายงานวิจัย กองวิจัยผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ 2516.

[7] Chomcharn, A. 1980. *Rubber trees for integrated wood industries development in Thailand.* Forest Prod. Res. Div., Royal Forest Department. Bangkok.

[8] สุธี วิสุทธิเทพกุล. *ลักษณะและคุณสมบัติของไม้ยางพารา* เอกสารประกอบการฝึกอบรมเรื่องเทคนิคการเลื่อยแปรรูปไม้และการอบอัดน้ำยาไม้ยางพารา. วันที่ 25-27 พ.ย. 2541. อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา โดยส่วนอุตสาหกรรมเครื่องเรือน สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม

[9] สมาคมอุตสาหกรรมเครื่องเรือนไทย *ทฤษฎีการอบไม้* เครื่องเรือนไทย ปีที่ 5 เล่มที่ 16 มิถุนายน กรุงเทพฯ. 2540.

[10] Rosen, H. N. *Drying of wood and wood products.* Handbook of Industrial Drying. Vol.2, 2nd edition. 1995. pp.899-920.

[11] Boone, R.S., M.R. Milota, J.D. Danielson, and D.W. Huber. 1992. *Quality Drying of Hardwood Lumber : Guidebook-Checklist.* . FPL-IMP-GTR-2. USDA Forest Serv., Forest Prod. Lab., Madison, Wis.

[12] Rubber wood –Kiln drying recommendation, Asia Pacific Forest Industries, November 1992.

## ภาคผนวก ก.

## ตารางการอบไม้ยางพาราจากการใช้โปรแกรมการอบไม้ผ่านเว็บไซต์

This kiln schedule was run by using the program over the World Wide Web,

http://www1.fpl.fs.fed.us/drying.html.

For further information, please contact Steve Verrill at steve@ws10.fpl.fs.fed.us or 608-231-9375.

Scientific name: Hevea brasiliensis

Common name: Rubberwood

For thicknesses of 25 to 38 mm:

The recommended drying schedule is T6-D2 :

| Step | Moisture content | Temperature in degrees F | | | Equilibrium Moisture content | Relative humidity | Temperature in degrees C | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Dry bulb | Wet bulb dep. | Wet bulb | | | Dry bulb | Wet bulb dep. | Wet bulb |
| 1 | Above 50 | 120 | 4 | 116 | 17.7 | 88 | 48.9 | 2.2 | 46.7 |
| 2 | 50 to 40 | 120 | 5 | 115 | 16.4 | 85 | 48.9 | 2.8 | 46.1 |
| 3 | 40 to 35 | 120 | 8 | 112 | 13.6 | 77 | 48.9 | 4.4 | 44.4 |
| 4 | 35 to 30 | 120 | 14 | 106 | 10.3 | 63 | 48.9 | 7.8 | 41.1 |
| 5 | 30 to 25 | 130 | 30 | 100 | 6 | 36 | 54.4 | 16.7 | 37.8 |
| 6 | 25 to 20 | 140 | 50 | 90 | 2.8 | 15 | 60 | 27.8 | 32.2 |
| 7 | 20 to 15 | 150 | 50 | 100 | 3.2 | 19 | 65.6 | 27.8 | 37.8 |
| 8 | 15 to final | 180 | 50 | 130 | 3.6 | 26 | 82.2 | 27.8 | 54.4 |

For a thickness of 50 mm:

The recommended drying schedule is T3-D1:

| Step | Moisture content | Temperature in degrees F | | | Equilibrium Moisture content | Relative humidity | Temperature in degrees C | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Dry bulb | Wet bulb dep. | Wet bulb | | | Dry bulb | Wet bulb dep. | Wet bulb |
| 1 | Above 50 | 110 | 3 | 107 | 19.3 | 90 | 43.3 | 1.7 | 41.7 |
| 2 | 50 to 40 | 110 | 4 | 106 | 17.7 | 87 | 43.3 | 2.2 | 41.1 |
| 3 | 40 to 35 | 110 | 6 | 104 | 15.3 | 81 | 43.3 | 3.3 | 40 |
| 4 | 35 to 30 | 110 | 10 | 100 | 12.1 | 70 | 43.3 | 5.6 | 37.8 |
| 5 | 30 to 25 | 120 | 25 | 95 | 6.9 | 41 | 48.9 | 13.9 | 35 |
| 6 | 25 to 20 | 130 | 50 | 90* | 4.1 | 22 | 54.4 | 27.8 | 32.2* |
| 7 | 20 to 15 | 140 | 50 | 90 | 2.8 | 15 | 60 | 27.8 | 32.2 |
| 8 | 15 to final | 160 | 50 | 110 | 3.4 | 22 | 71.1 | 27.8 | 43.3 |

* Wet bulb values below 90 degrees Fahrenheit are set to 90 degrees.

ภาคผนวก ข.

รายการการตรวจสอบห้องอบและอุปกรณ์ภายในห้องอบเพื่อให้ได้ไม้ที่มีคุณภาพ

# Checklist for Quality Drying of Hardwood Lumber

## Standard Operating Practices

### 1. Maintenance and Inspection

*Low High*

1a. Equipment above fan floor inspected regularly..... 1 2 3 4

Rating
- 4 - Fans, motors, bearings, shafts, and other equipment inspected monthly
- 3 - Inspected quarterly
- 2 - Inspected annually
- 1 - Inspections are not made regularly

1b. Air velocity checks made regularly..... 1 2 3 4

Rating
- 4 - Checked at least semiannually and when unusual lumber load configuration or package arrangement exists
- 3 - Air velocity is checked when there is a problem
- 2 - Air velocity was checked when the kiln was new or rebuilt
- 1 - Air velocity has never been checked

1c. Traps checked for proper operation and plumbed for checking..... 1 2 3 4

Rating
- 4 - Traps are checked for condensate backup and passing steam weekly; traps are properly sized for the load
- 3 - Traps checked at least every 30 days, or traps are not quite large enough to handle condensate during startup
- 2 - Traps are checked at least every 6 months, or traps are very undersized
- 1 - Traps are rarely checked, inaccessible, not plumbed for regular checks

1d. Air supply to control instruments and operating valves checked at regular intervals..... 1 2 4

Rating
- 4 - Air filters and compressors are checked and drained daily
- 3 - Inspected on some other schedule but at least monthly
- 2 - Inspected only when a problem is suspected
- 1 - Inspected only when the controller or air supply does not work

1e. Regular maintenance program for steam valves..... 1 3 4

Rating
- 4 - Valves are inspected at least every 90 days
- 3 - Inspected at least annually
- 1 - Inspected only when a problem is suspected

1f. Regular calibration of temperature sensing devices and indicators..... 1 2 3 4

Rating
- 4 - Calibration checks sensors are made at least every 6 months; results are recorded and filed
- 3 - Calibration checks are made more than 6 months apart but at least every 2 years
- 2 - Calibration is checked when a problem is suspected
- 1 - Not calibrated since installation

1g. Wet-bulb wicks changed on a regular schedule..... 1 2 3 4

Rating
- 4 - New wick(s) used every charge
- 3 - Wick(s) changed on some other regular schedule
- 2 - Wick(s) changed when they are dirty, feel crusty, or falling apart
- 1 - Wick(s) changed rarely

*Low High*

1h. EMC wafers changed on a regular schedule . . . . . 1 3 4
Rating
4 - Equipment manufacturer's replacement schedule followed exactly
3 - Equipment manufacturer's replacement schedule usually followed
1 - Wafers changed only when EMC readings are obviously in error

1i. Regular maintenance program for dehumidification kilns . . . . . 1 3 4
Rating
4 - Equipment manufacturer's maintenance checklist followed exactly
3 - Equipment manufacturer's maintenance checklist usually followed
1 - Little attention paid to equipment manufacturer's checklist

***2. Moisture Content Monitoring and Recordkeeping***

2a. Knowledge of history of lumber before going into kiln . . . . . 1 2 3 4
Rating
4 - The history of the lumber going into the kiln is known
3 - You can reconstruct the history by asking a few questions or making a phone call or two
2 - You do not know the history
1 - No effort was made or did not know the history

2b. Use of sample boards (kiln samples) to monitor moisture content . . . . . 1 2 3 4
Rating
4 - Sample boards are always selected, prepared, placed, and used as recommended in Chapter 6 of the DKOM
3 - Sample boards are usually used, with minimal attention to selection and usually only two or three boards used
2 - Sample boards are used only when drying an unfamiliar species or a thickness not commonly dried
1 - Sample boards never used

2c. In-kiln moisture content monitoring equipment is used when available . . . . . 1 2 4
Rating
4 - In-kiln sensors are used according to the manufacturer's instructions
2 - In-kiln sensors are used but some of the operators do not pay attention to them or not all sensor locations are operating
1 - In-kiln sensors are available but not used

2d. Moisture content control practices for each charge . . . . . 1 2 3 4
Rating
4 - Sample boards always used, every charge spot checked with moisture meter, and all records kept with the kiln charts
3 - Sample boards usually used, meter spot checks are infrequent, but records are kept with kiln charts
2 - Sample boards seldom used, no meter spot checks, no moisture records kept
1 - Sample boards not used, no meter spot checks, no records kept

2e. Dry storage of lumber . . . . . 1 2 3 4
Rating
4 - Dry lumber is always moved to and stored in closed shed
3 - Dry lumber is always moved to and stored in covered shed
2 - Dry lumber maybe left out in weather for several days
1 - No protection from weather for lumber after removal from kiln

2f. Control charts labeled and filed for reference . . . . . 1 2 3 4
Rating
4 - Complete set of records is kept and retrieval is easy
3 - Available information is kept for a while in a manner that allows retrieval
2 - Charts are kept but finding records for a charge of lumber dried 6 months ago is difficult
1 - No information is kept

*Low High*

2g. Records of moisture content checks are kept with control charts ..... 1 3 4
Rating
4 - Complete records are filed together for easy retrieval
3 - Records of MC checks are kept but not filed with control charts
1 - Records are not kept

### *3. Discussion and Feedback from Rough Mill or Glue Room Supervisors*

3a. Communications with rough mill or glue room supervisor ..... 1 2 3 4
Rating
4 - Communicate regularly, at least weekly
3 - Communicate only at scheduled production meetings
2 - Communicate only when there are problems
1 - Communicate rarely

### *4. Learning Opportunities*

4a. Opportunities to visit other sites and meet other operators ..... 1 2 3 4
Rating
4 - Visit other kiln drying sites three or more times per year
3 - Visit other kiln drying sites twice a year
2 - Visit other kiln drying sites once a year
1 - Never visit other kiln drying sites

4b. Attend Dry Kiln Association meetings and drying workshops. ..... 1 2 3 4
Rating
4 - Attend Dry Kiln Association meetings yearly and have attended at least one workshop
3 - Regularly attend meetings but have never been to a workshop
2 - Attend meeting every 2 or 3 years
1 - Never attend meetings or workshops

## Control Room

### *5. Valves Operate Properly*

5a. Steam heat valves operate properly. ..... 1 2 4
Rating
4 - No steam passes when valves close, valves open fully during full-steam demand
2 - With valve closed, passed steam is barely detectable by sound; valves open more than 90% during full-steam demand
1 - Bypassing steam is easily detected when valves are closed or valves open less than 90% during full-steam demand

5b. Steam spray valve fully opens and closes ..... 1 4
Rating
4 - No steam passes when valve closes, valve opens fully
1 - Steam enters spray line when valve is closed or valve opens less than 90% when steam spray demand is high

5c. Gauges are working and readable. ..... 1 4
Rating
4 - All gauges are working and easily readable
1 - Any gauge nonfunctioning or unreadable

### *6. Controls Operate Properly*

*Low High*

6a. Vents and spray are not on together. . . . . 1 2 3 4

Rating
- 4 - Steam spray and vent opening never alternate off and on during any part of the drying schedule
- 3 - Steam spray and vent opening occasionally alternate during some part of the schedule
- 2 - Steam spray and vent opening alternate rapidly during some part of the schedule
- 1 - Steam spray is on and vents are open simultaneously

6b. Recent control charts show fan reversals occur . . . . . 1 2 3 4

Rating
- 4 - Fan reversals all occurred on schedule according to recent charts
- 3 - At least 9 out of 10 fan reversals occurred on schedule
- 2 - At least 7 out of 10 fan reversals occurred on schedule
- 1 - Less than 7 out of 10 scheduled fan reversals were actually made

6c. Recent charts show set point changes are made according to the schedule . . . . . 1 3 4

Rating
- 4 - Set point changes are made within 2 hours of reaching the appropriate MC indicating a change is needed, according to recent charts and records
- 3 - Set point changes are made within 5 hours of reaching the appropriate MC indicating a change is needed, according to recent charts and records
- 1 - Changes in set point are only loosely associated with MC of lumber at time of change

6d. Correct instrument charts are used. . . . . 1 4

Rating
- 4 - Chart paper matches recording instrument
- 1 - Wrong paper is used

## Fan Deck and Kiln Roof

### *7. Fans*

7a. Fans and shrouds are well maintained . . . . . 1 2 4

Rating
- 4 - All fans are tight on the shaft, centered in shrouds both radially and axially, and no blade damage
- 2 - One of the above is not correct
- 1 - More than one problem is found

7b. Fans turning for proper airflow . . . . . 1 3 4

Line-shaft kilns

Rating
- 4 - All fans proper "handedness" and pitch set correctly
- 3 - All fans proper "handedness" but pitch not set correctly
- 1 - One or more fans wrong "handedness" or not turning

Cross-shaft kilns

Rating
- 4 - All fan motors turn the same direction and pitch set correct
- 3 - All fan motors turn the same direction but pitch not set correctly
- 1 - One or more fan motors turning the wrong direction or fan not turning

*Low High*

7c. Fan deck (fan floor) in good repair. . . . . 1 3 4

Rating
- 4 - Fan floor extends to the edge of the lumber piles and can support personnel during maintenance
- 3 - Fan floor extends to the edge of the lumber piles but minor corrosion, rust, or small holes are visible
- 1 - Fan floor does not extend to the edge of the lumber pile and/or rust and holes in the floor make it unsafe for walking

7d. Easy access to fan deck and roof vents. . . . . 1 2 4

Rating
- 4 - Stairway or permanent ladder to roof and easy access to fan deck are available
- 2 - Ladders are available for reaching roof and fan floor
- 1 - Only access to roof and fan floor is by being lifted by fork lift and climbing through the vents to the roof

### *8. Heat Distribution System*

8a. Heating coils clean and free of debris . . . . . 1 2 3 4

| Kilns with fin pipe | Kilns with plain (nonfinned) pipe |
|---|---|
| Rating | Rating |
| 4 - Can see space between fins; Coils look clean | 4 - Coils are clean |
| 3 - Some dirt, rust, or coating on coils or between fins | 3 - Small amounts of dirt, rust, or coating on coils |
| 2 - Moderate dirt, rust, or coating; difficult to see pipe | 2 - Moderate dirt, rust, or coating on coils |
| 1 - Cannot see pipe in places or foreign material on coils | 1 - Heavy dirt, rust, coating, or foreign material on coils |

### *9. Vents*

9a. Vent lids open and close fully. . . . . 1 2 3 4

Rating
- 4 - All vents open to the same height; no vent leakage can be seen or felt with vents closed
- 3 - Slight leakage of vent lids; a little vapor can be seen from outside but light cannot be seen around vents from inside the kiln
- 2 - Major leakage of vent lids or light can be easily seen around vents when they are closed
- 1 - Vent lids do not close and leak significantly; one or more vent lids bent or broken

9b. Vent actuators and linkages operate properly . . . . . 1 2 3 4

Rating
- 4 - Vent actuators and mechanical linkages open vent lids to proper height and close vent lids completely
- 3 - Mechanical linkage is worn so vents only partially open or desired vent opening height cannot be achieved for other reasons
- 2 - One or more vent lids disconnected from connecting linkage
- 1 - Vents inoperative, vent activators not functioning, or linkages disconnected

## Yard and Stacker Area

### *10. Sticker and Bolster Thickness*

*Low High*

10a. Sticker thickness uniformity . . . . . 1 2 3 4

Rating
- 4 - Range of sticker thickness is 1/32 in. (0.031 in.) or less
- 3 - Range of sticker thickness is 1/16 in. (0.063 in.) or less
- 2 - Range of sticker thickness is 1/8 in. (0.125 in.) or less
- 1- Range of sticker thickness is greater than1/8 in. (0.125 in.)

10b. Bolster thickness uniformity . . . . . 1 2 3 4

Rating
- 4 - Range of bolster thickness is 1/8 in. (0.125 in.) or less
- 3 - Range of bolster thickness is 1/4 in. (0.250 in.) or less
- 2 - Range of bolster thickness is 3/8 in. (0.375 in.) or less
- 1 - Range of bolster thickness is greater than 3/8 in. (0.375 in.)

10c. Uniformity of sticker straightness . . . . . 1 2 3 4

Rating
- 4 - All stickers have less than 2 in. of crook or kink
- 3 - No more than 3 stickers have 2 in. or more crook or kink
- 2 - No more than 5 stickers have 2 in. or more crook or kink
- 1 - More than 5 stickers have 2 in. or more crook or kink

## Inside an Empty Kiln

### *11. Inside a Cold Kiln*

11a. Condensation or other water inside of kiln . . . . . 1 2 3 4

Rating
- 4 - No evidence of condensation or water in kiln
- 3 - Some evidence of condensation near walls, at the base of structural members, or under vents, or small water leaks
- 2 - Much evidence of condensation, corrosion problems, or water leaks
- 1 - Kiln damage as a result of condensation or large amounts of water entering kiln

11b. Drainage from kiln floor . . . . . 1 2 3 4

Rating
- 4 - No water standing on kiln floor
- 3 - Small amounts of water present
- 2 - Small puddles covering less than one-fourth of floor
- 1 - Drains are plugged; water standing in kiln

11c. Proper wet-bulb wick isused . . . . . 1 2 3 4

Rating
- 4 - Wick is thick, 100% cotton, and feels very wet to the touch
- 3 - Wick feels soft but is only damp, not wet
- 2 - Wick feels crusted on top and only damp, not wet
- 1 - Wick is crusted and dry

11d. Adequate water flowing towet-bulb. . . . . 1 2 4

Rating
- 4 - Water runs out of wet-bulb pan at a rate between 1/8 and 1/2 cup in 3 minutes
- 2 - Wick is wet but there is less than 1/8 cup of water or more than 1/2 cup overflowing the pan in 3 minutes
- 1 - Wick is barely damp or dry or pan is empty

### *12. Kiln Operational Checks*

*Low High*

12a. Heating coils and steam pipe free of steam or water leaks ..... 1 2 3 4
(See section 12a in the Guidebook for definitions of leaks)
Rating
4 - No leaks present
3 - Small leaks around fittings, in coils, or in steam pipes
2 - Several small leaks or one medium leak
1 - Several medium or large leaks

12b. Steam spray free of liquid water ..... 1 2 4
Rating
4 - No liquid water comes out when steam spray comes on, drain line is open, no water spots on lumber
2 - Improper slope on line or drainage point is blocked
1 - Water spots on lumber that can be traced to the steam spray line or spray line not draining to outside of kiln

12c Steam spray uniformly distributed. ..... 1 2 4
Rating
4 - All nozzles appear to produce equal steam spray
2 - Steam spray appears not uniform or one nozzle plugged
1 - More than one nozzle plugged

## While Preparing Charges and Loading the Kiln

### *13. Lumber Quality and Package Loading*

13a. Lumber thickness variation ..... 1 2 3 4
Rating
4 - All boards are of uniform thickness and touching stickers; stickers are not bent
3 - Fewer than 10 boards per package do not touch stickers or stickers bend slightly over thick or thin lumber
2 - Thickness variation is sufficient to bend stickers or show gaps more than 1/8 in. wide above boards
1 - Thickness variation is great enough to make stacking visibly irregular

13b. Plenum width adequate ..... 1 2 3 4
Rating
4 - Plenum width equals the sum of the sticker and bolster openings
3 - Plenum width is between 3/4 and 1-1/4 times the sum of the sticker and bolster openings
2 - Plenum width is between 1/2 and 1-1/2 times the sum of the sticker and bolster openings
1 - Plenum width is less than 1/2 or more than 1-1/2 times the sum of the sticker and bolster openings

13c. Package arrangement to accommodate short packages ..... 1 2 4
(See Fig. 2 in section 13 of the Guidebook for examples)
Rating
4 - Shorter length packages are always on the top and away from the top and end baffles so there are no voids
2 - Voids are next to the top or end baffles but these do not go through the load
1 - Openings go through the load

*Low High*

13d. Package placement in package kilns. . . . . 1 2 3 4
(See Fig. 3 in section 13 of the Guidebook)
Rating
4 - Initial or back row tight against one wall; next row side shifted tight against opposite wall
3 - Rows staggered, but package ends more than 2 ft from walls
2 - No effort made in positioning packages to avoid short circuiting of air
1 - Extra or additional row of packages placed in plenum space next to loading door

13e. Package placement on kiln trucks in track kilns . . . . . 1 2 3 4
(See Fig. 4 in section 13 of the Guidebook)
Rating
4 - All truck load supports are vertically aligned under stickers
3 - No more than one truck is not in vertical alignment
2 - No more than two trucks are not in vertical alignment
1 - More than two trucks are not in alignment

13f. Rails in track kilns. . . . . 1 2 3 4
Rating
4 - All rails level and well supported with no sign of deflection
3 - Rails settle or move slightly in one or two places
2 - Dips in rails or more than 1/2 in. of deflection when loaded
1 - Rails visibly out of level or have a large amount of deflection

## During Kiln Startup and Operation

### *14. During Kiln Startup*

14a. Adequate airflow across wet bulb. . . . . 1 2 3 4
Rating
When airflow is measured at the wet-bulb sensor
4 - Measured airflow 300 ft/min or greater
3 - Measured airflow 150 to 300 ft/min
2 - Measured airflow is less than 150 ft/min
1 - Wet bulb is blocked from airflow

When airflow is estimated at the wet-bulb sensor
4 - Can easily feel air moving across wick
3 - Airflow is not easy to feel, but a handkerchief can be blown by the air
2 - Cannot feel air movement or see handkerchief move
1 - Wet bulb is blocked from airflow

14b. Confirm that traps are functioning . . . . . 1 2 3 4
Rating
4 - All traps are working
3 - Traps don't quite handle condensate during startup
2 - Traps are very undersized for startup and hold back a large amount of condensate
1 - One or more traps are not working

### *15. While Kiln Is Operating*

15a. Doors, walls, and roof are free of leaks. . . . . 1 2 3 4
(See section 15a. in the Guidebook for definition of leaks)
Rating
4 - No leaks are visible or only slight leaks around rails
3 - Slight leaks around doors or other small leaks
2 - Large leaks
1 - Holes visible in the kiln structure

*Low High*

15b. Confirm fan reversal by feeling airflow direction ..... 1 4
Rating
4 - Airflow actually reverses
1 - Airflow does not actually reverse when timer or control chart indicates it should

## Moisture Content Control and Equalizing and Conditioning Treatments

### *16. Control of Moisture Content*

16a. Proper selection and use of kiln sample boards ..... 1 2 3 4
Rating
4 - Sample boards always selected, prepared, placed, and used as recommended in the DKOM, with at least six samples per charge
3 - Sample boards are usually sampled and prepared well with at least six samples per charge
2 - Sample board selection is poor, samples placed in bolster spaces without proper baffling, or fewer than six samples per charge
1 - No real thought given to sample selection, samples poorly placed in the kiln or only one to three sample boards per charge

16b. Moisture content variation using kiln sample boards ..... 1 2 3 4
Rating
4 - All sample boards are within 1% MC of target when kiln run is completed
3 - No sample board more than 2% MC off target
2 - No sample board more than 3% MC off target
1 - Sample boards not used

16c. Moisture content variation measured by in-kiln monitors ..... 1 2 3 4
Rating
4 - All readings of sensors in monitored boards are within 1% MC of target when kiln run is completed
3 - No reading is more than 2% MC off target
2 - No reading is more than 3% MC off target
1 - Readings of monitored boards off target by 4% or more

16d. Moisture content variation measured by electric moisture meter ..... 1 2 3 4
Rating
4 - All values are within 2% MC of target
3 - All values are within 3% MC of target
2 - All values are within 4% MC of target
1 - Some values are greater than 4% MC off target

### *17. Equalizing and Conditioning Treatments*

17a. Equalizing and conditioning treatments used correctly and used when needed ..... 1 2 3 4
Rating
4 - Equalizing treatment used when MC spread is 2% or greater, conditioning used when stress relief is required, with close attention paid to achieving correct wet-bulb depressions
3 - Equalizing treatment used when MC spread is 5% or greater, conditioning used when stress relief is required, correct wet-bulb depressions usually achieved in a few hours
2 - Equalizing treatment seldom used, conditioning done if required, correct wet-bulb depressions not usually achieved until near the end
1 - Equalizing treatment not used and conditioning consists of steaming for a few hours, with no control of wet-bulb depression

*Low High*

17b. Check for drying stresses using prong test ..... 1 2 3 4

Rating

4 - Several boards, wide, narrow, and average width, are checked from each kiln charge and show no stress

3 - Only one or two boards checked from each kiln charge or several boards show slight stress

2 - Drying stresses are checked only when trouble is reported or regularly show severe drying stress

1 - Drying stresses are never checked

## After Drying Is Completed

### *18. Before Unloading Kiln*

18a. Baffles used properly ..... 1 2 3 4

Rating

4 - Baffles are placed flush against the top, bottom, and ends of the load and were held securely during drying

3 - No spaces greater than 6 in. between baffles and the load, and baffles were held securely

2 - No spaces greater than 12 in. between baffles and the load, and baffles were held securely

1 - Baffles are missing, bent, or openings are greater than 12 in. between baffles and the load; any baffles were unsecured

18b. Package height uniform for good top baffle contact ..... 1 2 3 4

Rating

4 - All pile heights are the same

3 - Pile heights vary but are uniform under baffle

2 - Pile heights vary by 1 ft, and one pile does not reach baffle

1 - Pile heights vary by more than 1 ft, and several packages do not reach baffles

## Evaluate Stacking and Its Effect on Drying Quality

### *19. Sticker Placement*

19a. Sticker alignment ..... 1 2 3 4

(See Figure 5 in Guidebook for illustration of procedure)

Rating

4 - All stickers vertically aligned or less than 2 stickers out of alignment

3 - No more than 5 stickers out of alignment

2 - No more than 10 stickers out of alignment

1 - More than 10 stickers out of alignment

19b. Stickers missing ..... 1 2 3 4

Rating

4 - All stickers present or no more than 2 stickers missing

3 - No more than 5 stickers missing

2 - No more than 10 stickers missing

1 - More than 10 stickers missing

*Low High*

19c. Stickers on edge ..... 1 2 3 4
Rating
4 - No more than 2 stickers on edge
3 - No more then 5 stickers on edge
2 - No more than 10 stickers on edge
1- More than 10 stickers on edge

19d. Sticker placement at ends of packages ..... 1 2 3 4
Rating
4 - All stickers are within1 sticker width of package ends
3 - No more than 3 stickers are more than 2 sticker widths in from the end
2 - No more than 5 stickers are more than 2 sticker widths in from the end
1 - More than 5 stickers are more than 2 sticker widths in from the end

### *20. Board Placement in Packages*

20a. Packages are square at both ends ..... 1 2 3 4
(See Fig. 6 in section 20a. of the Guidebook)
Rating
4 - All boards in all packages reach and are supported by the end sticker; ends of the package are vertical
3 - Not more than 5 boards per package either do not reach the end sticker or extend beyond it by more than 3 in.
2 - Not more than 10 boards per package do not reach the end sticker or extend beyond it by more than 6 in.
1 - More than 10 boards per package do not reach the end sticker or extend beyond it by more than 6 in.

20b. Overlapped boards in package..... 1 2 3 4
Rating
4 - No overlapped boards can be seen
3 - Fewer than 3 boards overlap
2 - Fewer than 5 boards overlap
1 - More than 5 boards overlap

20c. Sides of package even ..... 1 2 3 4
(See Fig. 7 in section 18c. of the Guidebook)
Rating
4 - Sides of all packages are even
3 - No more than 1 course per package is not even
2 - No more than 3 courses per package are not even
1 - More than 3 courses per package are not even

### *21. Bolster and Package Placement*

21a. Bolster (bunk) placement between packages ..... 1 2 3 4
(See Fig. 8 in section 21a. of the Guidebook)
Rating
4 - All bolsters vertically aligned with every column of stickers
3 - No more than 2 bolsters out of alignment or missing in a charge
2 - No more than 4 bolsters out of alignment or missing in a charge
1 - More than 4 of bolsters out of alignment or missing in a charge

*Low High*

21 b. Bolster (bunk) placement on floor ..... 1 2 3 4
(See Fig. 8 in section 21a. of the Guidebook)
Rating
4 - All floor bunks are vertically aligned under stickers
3 - No more than two floor bunks not in vertical alignment under stickers or missing
2 - No more than four floor bunks not in alignment or missing
1 - More than four floor bunks not in alignment or missing

21c. Chimney allowance (track-loaded kilns) ..... 1 2 3 4
(See Fig. 9 in section 21c. of the Guidebook)
Rating
4 - Chimney between adjacent packages is 2 to 3 in. wide and restricted at the top
3 - Chimney is 2 to 3 in. wide but is not restricted at the top
2 - Chimney is 3 to 6 in. wide but is not restricted at the top
1 - Chimney is larger than 6 in.

21d. Packages placed at edge of kiln trucks ..... 1 2 3 4
Rating
4 - All packages are placed within 1 in. of the edge of the kiln truck
3 - One package is not even with the edge of the kiln truck
2 - Two packages are not even with the edge of the kiln truck
1 - More than two packages are not even with the edge of the kiln truck

## Drying Degrade

### *22. Drying Degrade Seen In Rough Dry Lumber*

22a. End checking or end splits visible in stickered lumber ..... 1 2 3 4
(Exclude ring failure, ring and wind shake)
Rating
4 - No end checks or end splits are visible
3 - End checks or end splits deeper than 2 in. in no more than 10 boards per package
2 - End checks or end splits deeper than 2 in. in no more than 20 boards per package
1 - End checks or end splits deeper than 2 in. in more than 20 boards per package

22b. Surface checking visible in stickered lumber ..... 1 2 3 4
Rating
4 - No surface checking visible
3 - Surface checking visible in fewer than 4 boards per package
2 - Surface checking visible in 4 to 8 boards per package
1 - Surface checking visible in more than 8 boards per package

22c. Warp (including kinks) related to stickering and stacking ..... 1 2 3 4
(This includes all distortions that can be related to sticker and bolster misplacement in any form. Bow, crook, twist, kink, and sag occurring because boards are not properly supported are included.)
Rating
4 - No warp or kinks observed
3 - Warp or kinks in no more than 10 boards per package
2 - Warp or kinks in no more than 20 boards per package
1 - Warp or kinks in more than 20 boards per package

### *23. Drying Degrade Problems Reported*

*Low High*

23a. Rough mill and/or glue room complaints ..... 1 2 3 4

Rating
4 - Seldom receive complaints
3 - Complaints of MC-related (too wet-too dry) problems affecting less than 5% of production
2 - Complaints of MC-related problems affecting less than 10% of production
1 - Complaints of MC-related problems affecting more than 10% of production

23b. Surface checking seen unsurfaced lumber or cuttings ..... 1 3 4
(exclude those around knots)

Rating
4 - Surface checking seldom reported as problem
3 - Surface checking reported for an occasional kiln charge
1 - Surface checking frequently reported as problem

23c. Internal checking or honeycomb seen on ends or surfaces ..... 1 3 4

Rating
4 - Internal checking seldom reported as problem
3 - Internal checking reported for an occasional kiln charge
1 - Internal checking frequently reported as a problem

23d. End checks and/or end splits seen on surfaced lumber or cuttings ..... 1 2 3 4
(exclude those associated with ring separation, shake or bucking/felling shatter)

Rating
4 - End checks/splits seldom reported as extending more than 3 inches into piece
3 - End checks/splits extending more than 3 inches reported for an occasional kiln run
2 - End checks/splits extending more than 5 inches reported with some frequency
1 - End checks/splits extending more than 5 inches are a constant problem

23e. Stain, including sticker stain, related to drying in species and grades in which it is a degrading condition ..... 1 2 3 4

Rating
4 - Staining problems are rarely reported
3 - Stain affects less than 5% of production
2 - Stain affects less than 10% of production
1 - Stain affects more than 10% of production

Kiln _____

Date _____

## Summary Checklist for Drying Quality Hardwood Lumber

### Standard Operating Practices

#### 1. *Maintenance and Inspection*

| | | Low | | | High |
|---|---|---|---|---|---|
| 1a. | Equipment above fan floor inspected regularly | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1b. | Air velocity checks made regularly | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1c. | Traps checked for proper operation and plumbed for checking | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1d. | Air supply to control instruments and operating valves checked at regular intervals | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1e. | Regular maintenance program for steam valves | 1 | | 3 | 4 |
| 1f. | Regular calibration of temperature sensing devices and indicators | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1g. | Wet-bulb wicks changed on a regular schedule | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1h. | EMC wafers changed on a regular schedule | 1 | | 3 | 4 |
| 1i. | Regular maintenance program for dehumidification kilns | 1 | | 3 | 4 |

#### 2. *Moisture Content Monitoring and Recordkeeping*

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 2a. | Knowledge of history of lumber before going into kiln | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 2b. | Use of sample boards (kiln samples) to monitor moisture content | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 2c. | In-kiln moisture content monitoring equipment is used | 1 | 2 | | 4 |
| 2d. | Moisture content control practices for each charge | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 2e. | Dry storage of lumber | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 2f. | Control charts labeled and filed for reference | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 2g. | Records of moisture content checks are kept with control charts | 1 | | 3 | 4 |

#### 3. *Discussion and Feedback from Rough Mill or Glue Room Supervisors*

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 3a. | Communications with rough mill or glue room supervisor | 1 | 2 | 3 | 4 |

#### 4. *Learning Opportunities*

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 4a. | Opportunities to visit other sites and meet other operators | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 4b. | Attend Dry Kiln Association meetings and drying workshops | 1 | 2 | 3 | 4 |

### Control Room

#### 5. *Valves Operate Properly*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 5a. | Steam heat valves operate properly | 1 | 2 | 4 |
| 5b. | Steam spray valve fully opens and closes | 1 | | 4 |
| 5c. | Gauges are working and readable | 1 | | 4 |

#### 6. *Controls Operate Properly*

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 6a. | Vents and spray are not on together | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 6b. | Recent control charts show fan reversals occur | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 6c. | Recent charts show setpoint changes are made according to the schedule | 1 | | 3 | 4 |
| 6d. | Correct instrument charts aroused | 1 | | | 4 |

## Fan Deck and Kiln Roof

### *7. Fans*

| | Low | | | High |
|---|---|---|---|---|
| 7a. Fans and shrouds are well maintained | 1 | 2 | | 4 |
| 7b. Fans turning for proper airflow | 1 | | 3 | 4 |
| 7c. Fan deck (fan floor) in good repair | 1 | | 3 | 4 |
| 7d. Easy access to fan deck and roof vents | 1 | 2 | | 4 |

### *8. Heat Distribution System*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 8a. Heating coils clean and free of debris | 1 | 2 | 3 | 4 |

### *9. Vents*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 9a. Vent lids open and close fully | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 9b. Vent actuators and linkages operate properly | 1 | 2 | 3 | 4 |

## Yard and Stacker Area

### *10. Sticker and Bolster Thickness*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 10a. Sticker thickness uniformity | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 10b. Bolster thickness uniformity | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 10c. Uniformity of sticker straightness | 1 | 2 | 3 | 4 |

## Inside an Empty Kiln

### *11. Inside a Cold Kiln*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 11a. Condensation or other water inside of kiln | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 11b. Drainage from kiln floor | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 11c. Proper wet-bulb wick is used | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 11d. Adequate water flowing to wet bulb | 1 | 2 | | 4 |

### *12. Kiln Operational Checks*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 12a. Heating coils and steam pipe free of steam or water leaks | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 12b. Steam spray free of liquid water | 1 | 2 | | 4 |
| 12c. Steam spray uniformly distributed | 1 | 2 | | 4 |

## While Preparing Charges and Loading the Kiln

### *13. Lumber Quality and Package Loading*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 13a. Lumber thickness variation | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 13b. Plenum width adequate | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 13c. Package arrangement to accommodate short packages | 1 | 2 | | 4 |
| 13d. Package placement in package kilns | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 13e. Package placement on kilntrucks in track kilns | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 13f. Rails in track kilns | 1 | 2 | 3 | 4 |

## During Kiln Startup and Operation

### *14. During Kiln Startup*

| | Low | | | High |
|---|---|---|---|---|
| 14a. Adequate airflow across wet bulb | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 14b. Confirm that traps are functioning | 1 | 2 | 3 | 4 |

### *15. While Kiln Is Operating*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 15a. Doors, walls, and roof are free of leaks | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 15b. Confirm fan reversal by feeling airflow direction | 1 | 2 | 3 | 4 |

## Moisture Content Control and Equalizing and Conditioning Treatments

### *16.Control of Moisture Content*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 16a. Proper selection and use of kiln sample boards | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 16b. Moisture content variation using kiln sample boards | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 16c. Moisture content variation measured by in-kiln monitors | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 16d. Moisture content variation measured by electric moisture meter | 1 | 2 | 3 | 4 |

### *17. Equalizing and Conditioning Treatments*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 17a. Equalizing and conditioning treatments used correctly and used when needed | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 17b. Check for drying stresses using prong test | 1 | 2 | 3 | 4 |

## After Drying Is Completed

### *18. Before Unloading Kiln*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 18a. Baffles used properly | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 18b. Package height uniform for good top baffle contact | 1 | 2 | 3 | 4 |

## Evaluate Stacking and Its Effect on Drying Quality

### *19. Sticker Placement*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 19a. Sticker alignment | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 19b. Stickers missing | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 19c. Stickers on edge | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 19d. Sticker placement at ends of packages | 1 | 2 | 3 | 4 |

### *20. Board Placement in Packages*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 20a. Packages are square at both ends | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 20b. Overlapped boards in package | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 20c. Sides of package even | 1 | 2 | 3 | 4 |

### *21. Bolster and Package Placement*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 21a. Bolster (bunk) placement between packages | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 21b. Bolster (bunk) placement on floor | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 21c. Chimney allowance (track-loaded kilns) | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 21d. Packages placed at edge of kiln trucks | 1 | 2 | 3 | 4 |

Drying Degrade

### *22. Drying Degrade Seen In Rough Dry Lumber*

| | Low | | | High |
|---|---|---|---|---|
| 22a. End checking or end splits visible in stickered lumber | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 22b. Surface checking visible in snickered lumber | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 22c. Warp (including kinks) related to snickering and stacking | 1 | 2 | 3 | 4 |

### *23. Drying Degrade Problems Reported*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 23a. Rough mill and/or glue room complaints | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 23b. Surface checking seen unsurfaced lumber or cuttings | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 23c. Internal checking or honeycomb seen on ends or surfaces | 1 | | 3 | 4 |
| 23d. End checks and/or end splits seen on surfaced lumber or cuttings | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 23e. Stain, including sticker stain, related to drying in species and grades in which it is a degrading condition | 1 | 2 | 3 | 4 |

Kiln _____

Date _____

## Checklist Arranged by Drying System Components

### Kiln Structure

| | Low | | | High |
|---|---|---|---|---|
| 7c. Fan deck (fan floor) in good repair | 1 | | 3 | 4 |
| 7d. Easy access to fan deck and roof vents | 1 | 2 | | 4 |
| 11a. Condensation or other water inside of kiln | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 11b. Drainage from kiln floor | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 13f. Rails in track kilns | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 15a. Doors, walls, and roof are free of leaks | 1 | 2 | 3 | 4 |

### Air Circulation System

#### *Fans and Motors*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1a. Equipment above fan floor inspected regularly | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1b. Air velocity checks made regularly | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 6b. Recent control charts show fan reversals occur | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 7a. Fans and shrouds are well maintained | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 7b. Fans turning for proper airflow | ▮ | | | 4 |
| 15b. Confirm fan reversal by feeling airflow direction | 1 | 2 | 3 | 4 |

#### *Baffle sand Plenum*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 13b. Plenum width adequate | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 18a. Baffles used properly | 1 | 2 | 3 | 4 |

### Heating System

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1c. Traps checked for proper operation and plumbed for checking | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1e. Regular maintenance program for steam valves | ▮ | | 3 | 4 |
| 1i. Regular maintenance program for dehumidification kilns | ▮ | | 3 | 4 |
| 8a. Heating coils clean and free of debris | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 12a. Heating coils and steam pipe free of steam or water leaks | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 14b. Confirm that traps are functioning | 1 | 2 | 3 | 4 |

### Venting-Humidification System

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 9a. Vent lids open and close fully | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 9b. Vent actuators and linkages operate properly | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 12b. Steam spray free of liquid water | 1 | 2 | | 4 |
| 12c. Steam spray uniformly distributed | 1 | 2 | | 4 |

## Control System

| | Low | | | High |
|---|---|---|---|---|
| 1d. Air supply to control instruments and operating valves checked at regular intervals | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1f. Regular calibration of temperature sensing devices and indicators | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1g. Wet-bulb wicks changed on a regular schedule | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1h. EMC wafers changed on a regular schedule | 1 | | 3 | 4 |
| 2b. Use of sample boards (kiln samples) to monitor moisture content | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 2c. In-kiln moisture content monitoring equipment is used | 1 | 2 | | 4 |
| 2d. Control charts labeled and filed for reference | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 5a. Steam heat valves operate properly | 1 | 2 | | 4 |
| 5b. Steam spray valve fully opens and closes | 1 | | | 4 |
| 5c. Gauges are working and readable | 1 | | | 4 |
| 6a. Vents and spray are not on together | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 6c. Recent charts show setpoint changes are made according to the schedule | 1 | | 3 | 4 |
| 6d. Correct instrument charts are used | 1 | | | 4 |
| 11c. Proper wet-bulb wick is used | 1 | 2 | | 4 |
| 11d. Adequate water flowing to wet bulb | 1 | 2 | | 4 |
| 14a. Adequate airflow across wet bulb | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 17a. Equalizing and conditioning treatments used correctly and used when needed | 1 | 2 | 3 | 4 |

## Stacking

### *Sticker Placement*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 19a. Sticker alignment | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 19b. Stickers missing | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 19c. Stickers on edge | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 19d. Sticker placement at ends of packages | 1 | 2 | 3 | 4 |

### *Sticker and Bolster Thickness*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 10a. Sticker thickness uniformity | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 10b. Bolster thickness uniformity | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 10c. Uniformity of sticker straightness | 1 | 2 | 3 | 4 |

### *Board Placement in Packages*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 13a. Lumber thickness variation | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 20a. Packages are square at both ends | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 20b. Overlapped boards in package | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 20c. Sides of package even | 1 | 2 | 3 | 4 |

### *Package Placement*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 13c. Package arrangement to accommodate short packages | 1 | 2 | | 4 |
| 13d. Package placement in package kilns | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 13e. Package placement on kiln trucks in track kilns | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 18b. Package height uniform for good top baffle contact | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 21a. Bolster (bunk) placement between packages | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 21b. Bolster (bunk) placement on floor | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 21c. Chimney allowance (track-loaded kilns) | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 21d. Packages placed at edge of kiln trucks | 1 | 2 | 3 | 4 |

## Moisture Checks and Drying Defects

### *Moisture Content Checks*

| | *Low* *High* |
|---|---|
| 2a. Knowledge of history of lumber before going into kiln | 1 2 3 4 |
| 2d. Moisture content control practices for each charge | 1 2 3 4 |
| 2e. Dry storage of lumber | 1 2 3 4 |
| 2g. Records of moisture content checks are kept with control chart | 1 3 4 |
| 16a. Proper selection and use of kiln sample boards | 1 2 3 4 |
| 16b. Moisture content variation using kiln sample boards | 1 2 3 4 |
| 16c. Moisture content variation measured by in-kiln monitors | 1 2 3 4 |
| 16d. Moisture content variation measured by electric moisture meter | 1 2 3 4 |
| 17b. Check for drying stresses using prong test | 1 2 3 4 |

### *Drying Degrade*

| | |
|---|---|
| 22a. End checking or end splits visible in stickered lumber | 1 2 3 4 |
| 22b. Surface checking visible in snickered lumber | 1 2 3 4 |
| 22c. Warp (including kinks) related to snickering and stacking | 1 2 3 4 |
| 23a. Rough mill and/or glue room complaints | 1 2 3 4 |
| 23b. Surface checking seen unsurfaced lumber or cuttings | 1 2 3 4 |
| 23c. Internal checking or honeycomb seen on ends or surfaces | 1 3 4 |
| 23d. End checks and/or end splits seen on surfaced lumber or cuttings | 1 2 3 4 |
| 23e. Stain, including sticker stain, related to drying in species and grades in which it is a degrading condition | 1 2 3 4 |

## Communications and Learning Opportunities

| | |
|---|---|
| 3a. Communications with rough mill or glue room supervisor | 1 2 3 4 |
| 4a. Opportunities to visit other sites and meet other operators | 1 2 3 4 |
| 4b. Attend Dry Kiln Association meetings and drying workshops | 1 2 3 4 |

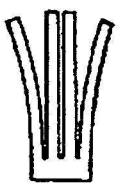
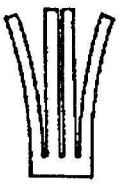
# ภาคผนวก ค.

## ตารางความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความชื้นสมดุลของไม้ (ตาราง EMC)

| Temperature dry bulb (°F.) | Wet-bulb depression (°F.) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 32 | 34 | 36 | 38 | 40 | 45 | 50 |
| 30 | 89 | 78 | 67 | 57 | 46 | 36 | 27 | 17 | 6 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| | ... | 15.9 | 12.9 | 10.8 | 9.0 | 7.4 | 5.7 | 3.9 | 1.6 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 35 | 90 | 81 | 72 | 63 | 54 | 45 | 37 | 28 | 19 | 11 | 3 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| | ... | 16.8 | 13.9 | 11.9 | 10.3 | 8.8 | 7.4 | 6.0 | 4.6 | 2.9 | 0.8 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 40 | 92 | 83 | 75 | 68 | 60 | 52 | 45 | 37 | 29 | 22 | 15 | 8 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| | ... | 17.6 | 14.8 | 12.9 | 11.2 | 9.9 | 8.6 | 7.4 | 6.2 | 5.0 | 3.6 | 1.9 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 45 | 93 | 85 | 78 | 72 | 64 | 58 | 51 | 44 | 37 | 31 | 25 | 19 | 12 | 6 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| | ... | 18.3 | 15.6 | 13.7 | 12.0 | 10.7 | 9.6 | 8.6 | 7.6 | 6.5 | 5.3 | 4.2 | 2.9 | 1.6 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 50 | 93 | 86 | 80 | 74 | 68 | 62 | 56 | 50 | 44 | 38 | 32 | 27 | 21 | 16 | 10 | 5 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| | ... | 19.0 | 16.3 | 14.4 | 12.7 | 11.6 | 10.3 | 9.4 | 8.6 | 7.6 | 6.7 | 5.7 | 4.6 | 3.9 | 2.8 | 1.6 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 55 | 94 | 88 | 82 | 76 | 70 | 65 | 60 | 54 | 49 | 44 | 39 | 34 | 28 | 24 | 19 | 14 | 9 | 5 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| | ... | 19.5 | 16.9 | 15.1 | 13.4 | 12.2 | 11.0 | 10.1 | 9.3 | 8.4 | 7.6 | 6.8 | 6.0 | 5.3 | 4.6 | 3.6 | 2.6 | 1.3 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 60 | 94 | 89 | 83 | 78 | 73 | 68 | 63 | 58 | 53 | 48 | 43 | 39 | 34 | 30 | 26 | 21 | 17 | 13 | 9 | 5 | 1 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| | ... | 19.9 | 17.4 | 15.6 | 13.9 | 12.7 | 11.6 | 10.7 | 9.9 | 9.1 | 8.3 | 7.6 | 6.9 | 6.3 | 5.4 | 4.9 | 4.1 | 3.2 | 2.3 | 1.3 | 0.2 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 65 | 95 | 90 | 84 | 80 | 75 | 70 | 66 | 61 | 56 | 52 | 48 | 44 | 39 | 36 | 32 | 27 | 24 | 20 | 16 | 13 | 9 | 6 | 2 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| | ... | 20.3 | 17.8 | 16.1 | 14.4 | 13.3 | 12.1 | 11.2 | 10.4 | 9.7 | 8.9 | 8.3 | 7.7 | 7.1 | 6.3 | 5.8 | 5.2 | 4.6 | 3.8 | 3.0 | 2.3 | 1.4 | 0.4 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 70 | 95 | 90 | 86 | 81 | 77 | 72 | 68 | 64 | 59 | 55 | 51 | 48 | 44 | 40 | 36 | 33 | 29 | 25 | 22 | 19 | 15 | 12 | 9 | 6 | 3 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| | ... | 20.6 | 18.2 | 16.6 | 14.9 | 13.7 | 12.8 | 11.6 | 10.9 | 10.1 | 9.4 | 8.8 | 8.3 | 7.7 | 7.2 | 6.6 | 6.0 | 5.5 | 4.9 | 4.3 | 3.7 | 2.9 | 2.3 | 1.6 | 0.7 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 75 | 95 | 91 | 86 | 82 | 78 | 74 | 70 | 66 | 62 | 58 | 54 | 51 | 47 | 44 | 41 | 37 | 34 | 31 | 28 | 24 | 21 | 18 | 15 | 12 | 10 | 7 | 4 | 1 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| | ... | 20.9 | 18.6 | 16.8 | 15.2 | 14.0 | 12.9 | 12.0 | 11.2 | 10.6 | 9.8 | 9.3 | 8.7 | 8.2 | 7.7 | 7.2 | 6.7 | 6.2 | 5.6 | 5.1 | 4.7 | 4.1 | 3.6 | 2.9 | 2.3 | 1.7 | 0.9 | 0.2 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 80 | 96 | 91 | 87 | 83 | 79 | 75 | 72 | 68 | 64 | 61 | 57 | 54 | 50 | 47 | 44 | 41 | 38 | 35 | 32 | 29 | 26 | 23 | 20 | 18 | 15 | 12 | 10 | 7 | 5 | 3 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| | ... | 21.0 | 18.7 | 17.0 | 15.6 | 14.3 | 13.2 | 12.3 | 11.6 | 10.9 | 10.1 | 9.7 | 9.1 | 8.5 | 8.1 | 7.7 | 7.2 | 6.8 | 6.5 | 5.8 | 5.4 | 5.0 | 4.6 | 4.0 | 3.5 | 3.0 | 2.4 | 1.8 | 1.1 | 0.3 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 85 | 96 | 92 | 88 | 84 | 80 | 76 | 73 | 70 | 66 | 63 | 59 | 56 | 53 | 50 | 47 | 44 | 41 | 38 | 36 | 33 | 30 | 28 | 25 | 23 | 20 | 18 | 15 | 13 | 11 | 9 | 4 | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| | ... | 21.2 | 18.8 | 17.2 | 15.7 | 14.6 | 13.6 | 12.6 | 11.8 | 11.2 | 10.5 | 10.0 | 9.5 | 9.0 | 8.6 | 8.1 | 7.6 | 7.2 | 6.7 | 6.3 | 6.0 | 5.6 | 5.2 | 4.8 | 4.3 | 3.9 | 3.4 | 3.0 | 2.4 | 1.7 | 0.9 | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 90 | 96 | 92 | 89 | 85 | 81 | 78 | 74 | 71 | 68 | 65 | 61 | 58 | 55 | 52 | 49 | 47 | 44 | 41 | 39 | 36 | 34 | 31 | 29 | 26 | 24 | 22 | 19 | 17 | 15 | 13 | 9 | 5 | 1 | ... | ... | ... | ... |
| | ... | 21.3 | 18.9 | 17.3 | 15.9 | 14.7 | 13.7 | 12.8 | 12.0 | 11.4 | 10.7 | 10.2 | 9.7 | 9.3 | 8.8 | 8.4 | 8.0 | 7.6 | 7.2 | 6.8 | 6.6 | 6.1 | 5.7 | 5.3 | 4.9 | 4.6 | 4.2 | 3.8 | 3.5 | 2.8 | 2.1 | 1.3 | 0.4 | ... | ... | ... | ... |
| 95 | 96 | 92 | 89 | 85 | 82 | 79 | 75 | 72 | 69 | 66 | 63 | 60 | 57 | 55 | 52 | 49 | 46 | 44 | 42 | 39 | 37 | 34 | 32 | 30 | 28 | 26 | 23 | 22 | 20 | 17 | 14 | 10 | 6 | 2 | ... | ... | ... |
| | ... | 21.3 | 19.0 | 17.4 | 16.1 | 14.9 | 13.9 | 12.9 | 12.2 | 11.6 | 11.0 | 10.5 | 10.0 | 9.5 | 9.1 | 8.7 | 8.2 | 7.9 | 7.5 | 7.1 | 6.8 | 6.4 | 6.1 | 5.7 | 5.3 | 5.1 | 4.8 | 4.4 | 4.0 | 3.6 | 3.0 | 2.3 | 1.5 | 0.6 | ... | ... | ... |
| 100 | 96 | 93 | 89 | 86 | 83 | 80 | 77 | 73 | 70 | 68 | 65 | 62 | 59 | 56 | 54 | 51 | 49 | 46 | 44 | 41 | 39 | 37 | 35 | 33 | 30 | 28 | 26 | 24 | 22 | 21 | 17 | 13 | 10 | 7 | 4 | ... | ... |
| | ... | 21.3 | 19.0 | 17.6 | 16.1 | 15.0 | 13.9 | 13.1 | 12.4 | 11.8 | 11.2 | 10.6 | 10.1 | 9.6 | 9.2 | 8.9 | 8.6 | 8.1 | 7.8 | 7.4 | 7.0 | 6.7 | 6.4 | 6.1 | 5.7 | 5.4 | 5.2 | 4.9 | 4.6 | 4.2 | 3.6 | 3.1 | 2.4 | 1.6 | 0.7 | ... | ... |
| 105 | 96 | 93 | 90 | 87 | 83 | 80 | 77 | 74 | 71 | 69 | 66 | 63 | 60 | 58 | 55 | 53 | 50 | 48 | 46 | 44 | 42 | 40 | 37 | 35 | 34 | 31 | 29 | 28 | 26 | 24 | 20 | 17 | 14 | 11 | 8 | ... | ... |
| | ... | 21.4 | 19.0 | 17.6 | 16.2 | 15.1 | 14.0 | 13.2 | 12.6 | 11.9 | 11.3 | 10.8 | 10.3 | 9.8 | 9.4 | 9.0 | 8.7 | 8.3 | 7.9 | 7.6 | 7.5 | 6.8 | 6.7 | 6.4 | 6.1 | 5.7 | 5.4 | 5.2 | 4.8 | 4.6 | 4.2 | 3.6 | 3.1 | 2.4 | 1.8 | ... | ... |
| 110 | 97 | 93 | 90 | 87 | 84 | 81 | 78 | 75 | 73 | 70 | 67 | 65 | 62 | 60 | 57 | 55 | 52 | 50 | 48 | 46 | 44 | 42 | 40 | 38 | 36 | 34 | 32 | 30 | 28 | 26 | 23 | 20 | 17 | 14 | 11 | 4 | ... |
| | ... | 21.4 | 19.0 | 17.5 | 16.2 | 15.1 | 14.1 | 13.3 | 12.6 | 12.0 | 11.4 | 10.8 | 10.4 | 9.9 | 9.5 | 9.2 | 8.8 | 8.4 | 8.1 | 7.7 | 7.5 | 7.2 | 6.8 | 6.6 | 6.3 | 6.0 | 5.7 | 5.4 | 5.2 | 4.8 | 4.4 | 4.0 | 3.5 | 3.0 | 2.5 | 1.1 | ... |
| 115 | 97 | 93 | 90 | 88 | 85 | 82 | 79 | 76 | 74 | 71 | 68 | 66 | 63 | 61 | 58 | 56 | 54 | 52 | 50 | 48 | 45 | 43 | 41 | 40 | 38 | 36 | 34 | 32 | 31 | 29 | 26 | 23 | 20 | 17 | 14 | 8 | 2 |
| | ... | 21.4 | 19.0 | 17.6 | 16.2 | 15.1 | 14.1 | 13.4 | 12.7 | 12.1 | 11.5 | 10.9 | 10.4 | 10.0 | 9.6 | 9.3 | 8.9 | 8.6 | 8.2 | 7.8 | 7.6 | 7.3 | 7.0 | 6.7 | 6.6 | 6.2 | 5.9 | 5.6 | 5.4 | 5.2 | 4.7 | 4.3 | 3.9 | 3.4 | 2.9 | 1.7 | 0.4 |
| 120 | 97 | 94 | 91 | 88 | 85 | 82 | 80 | 77 | 74 | 72 | 69 | 67 | 65 | 62 | 60 | 58 | 55 | 53 | 51 | 49 | 47 | 45 | 43 | 41 | 40 | 38 | 36 | 34 | 33 | 31 | 28 | 25 | 22 | 19 | 17 | 10 | 5 |
| | ... | 21.3 | 19.0 | 17.4 | 16.2 | 15.1 | 14.1 | 13.4 | 12.7 | 12.1 | 11.5 | 11.0 | 10.5 | 10.0 | 9.7 | 9.4 | 9.0 | 8.7 | 8.3 | 7.9 | 7.7 | 7.4 | 7.2 | 6.8 | 6.6 | 6.3 | 6.1 | 5.8 | 5.6 | 5.4 | 5.0 | 4.6 | 4.2 | 3.7 | 3.3 | 2.3 | 1.1 |
| 125 | 97 | 94 | 91 | 88 | 86 | 83 | 80 | 77 | 75 | 73 | 70 | 68 | 65 | 63 | 61 | 59 | 57 | 55 | 53 | 51 | 48 | 47 | 45 | 43 | 41 | 39 | 38 | 36 | 35 | 33 | 30 | 27 | 24 | 22 | 19 | 13 | 8 |
| | ... | 21.2 | 18.9 | 17.3 | 16.1 | 15.0 | 14.0 | 13.4 | 12.7 | 12.1 | 11.5 | 11.0 | 10.5 | 10.0 | 9.7 | 9.4 | 9.0 | 8.7 | 8.4 | 8.0 | 7.7 | 7.5 | 7.2 | 7.0 | 6.7 | 6.6 | 6.2 | 6.0 | 5.8 | 5.5 | 5.2 | 4.8 | 4.4 | 4.0 | 3.6 | 2.7 | 1.6 |
| 130 | 97 | 94 | 91 | 89 | 86 | 83 | 81 | 78 | 76 | 73 | 71 | 69 | 67 | 64 | 62 | 60 | 58 | 56 | 54 | 52 | 50 | 48 | 47 | 45 | 43 | 41 | 40 | 38 | 37 | 35 | 32 | 29 | 26 | 24 | 21 | 15 | 10 |
| | ... | 21.0 | 18.8 | 17.2 | 16.0 | 14.9 | 14.0 | 13.4 | 12.7 | 12.1 | 11.5 | 11.0 | 10.5 | 10.0 | 9.7 | 9.4 | 9.0 | 8.7 | 8.3 | 8.0 | 7.8 | 7.6 | 7.3 | 7.0 | 6.8 | 6.6 | 6.4 | 6.1 | 5.9 | 5.6 | 5.3 | 4.9 | 4.6 | 4.2 | 3.8 | 3.0 | 2.0 |
| 140 | 97 | 95 | 92 | 89 | 87 | 84 | 82 | 79 | 77 | 75 | 73 | 70 | 68 | 66 | 64 | 62 | 60 | 58 | 56 | 54 | 53 | 51 | 49 | 47 | 46 | 44 | 43 | 41 | 40 | 38 | 35 | 32 | 30 | 27 | 25 | 19 | 14 |
| | ... | 20.7 | 18.6 | 16.9 | 15.8 | 14.8 | 13.8 | 13.2 | 12.5 | 11.9 | 11.4 | 10.9 | 10.4 | 10.0 | 9.6 | 9.4 | 9.0 | 8.7 | 8.4 | 8.0 | 7.8 | 7.4 | 7.3 | 7.1 | 6.9 | 6.6 | 6.4 | 6.2 | 6.0 | 5.8 | 5.4 | 5.1 | 4.8 | 4.4 | 4.1 | 3.4 | 2.6 |
| 150 | 98 | 95 | 92 | 90 | 87 | 85 | 82 | 80 | 78 | 76 | 74 | 72 | 70 | 68 | 66 | 64 | 62 | 60 | 58 | 57 | 55 | 53 | 51 | 49 | 48 | 46 | 45 | 43 | 42 | 41 | 38 | 36 | 33 | 30 | 28 | 23 | 18 |
| | ... | 20.2 | 18.4 | 16.6 | 15.4 | 14.6 | 13.7 | 13.0 | 12.4 | 11.8 | 11.2 | 10.8 | 10.3 | 9.9 | 9.5 | 9.2 | 8.9 | 8.6 | 8.3 | 8.0 | 7.8 | 7.5 | 7.3 | 7.1 | 6.9 | 6.7 | 6.4 | 6.2 | 6.0 | 5.8 | 5.4 | 5.2 | 4.9 | 4.3 | 4.2 | 3.6 | 2.9 |
| 160 | 98 | 95 | 93 | 90 | 88 | 86 | 83 | 81 | 79 | 77 | 75 | 73 | 71 | 69 | 67 | 65 | 64 | 62 | 60 | 58 | 57 | 55 | 53 | 52 | 50 | 49 | 47 | 46 | 44 | 43 | 41 | 38 | 35 | 33 | 31 | 25 | 21 |
| | ... | 19.8 | 18.1 | 16.2 | 15.2 | 14.2 | 13.4 | 12.7 | 12.1 | 11.4 | 11.0 | 10.6 | 10.1 | 9.7 | 9.4 | 9.1 | 8.8 | 8.4 | 8.2 | 7.9 | 7.7 | 7.4 | 7.2 | 7.0 | 6.8 | 6.7 | 6.4 | 6.2 | 6.0 | 5.8 | 5.5 | 5.2 | 4.9 | 4.6 | 4.3 | 3.7 | 3.2 |
| 170 | 98 | 95 | 93 | 91 | 89 | 86 | 84 | 82 | 80 | 78 | 76 | 74 | 72 | 70 | 69 | 67 | 65 | 63 | 62 | 60 | 59 | 57 | 55 | 53 | 52 | 51 | 49 | 48 | 47 | 45 | 43 | 40 | 38 | 35 | 33 | 28 | 24 |
| | ... | 19.4 | 17.7 | 15.8 | 14.8 | 13.9 | 13.2 | 12.4 | 11.8 | 11.3 | 10.8 | 10.4 | 9.9 | 9.6 | 9.2 | 9.0 | 8.6 | 8.4 | 8.0 | 7.8 | 7.6 | 7.3 | 7.2 | 6.9 | 6.7 | 6.6 | 6.4 | 6.2 | 6.0 | 5.7 | 5.5 | 5.2 | 4.9 | 4.6 | 4.4 | 3.7 | 3.2 |
| 180 | 98 | 96 | 94 | 91 | 89 | 87 | 85 | 83 | 81 | 79 | 77 | 75 | 73 | 72 | 70 | 69 | 67 | 65 | 63 | 62 | 60 | 58 | 57 | 55 | 54 | 52 | 51 | 50 | 48 | 47 | 45 | 42 | 40 | 38 | 35 | 30 | 26 |
| | ... | 18.9 | 17.3 | 16.3 | 14.5 | 13.7 | 12.9 | 12.2 | 11.6 | 11.1 | 10.6 | 10.1 | 9.7 | 9.4 | 9.0 | 8.8 | 8.4 | 8.1 | 7.8 | 7.6 | 7.4 | 7.2 | 7.0 | 6.8 | 6.5 | 6.4 | 6.2 | 6.0 | 5.8 | 5.7 | 5.4 | 5.2 | 4.8 | 4.6 | 4.4 | 3.8 | 3.3 |
| 190 | 98 | 96 | 94 | 92 | 90 | 88 | 85 | 84 | 82 | 80 | 78 | 76 | 75 | 73 | 71 | 69 | 68 | 66 | 65 | 63 | 62 | 60 | 58 | 57 | 56 | 54 | 53 | 51 | 50 | 49 | 46 | 44 | 42 | 39 | 37 | 32 | 28 |
| | ... | 18.6 | 16.9 | 15.2 | 14.2 | 13.4 | 12.7 | 12.0 | 11.4 | 10.9 | 10.5 | 10.0 | 9.6 | 9.2 | 8.9 | 8.6 | 8.2 | 7.9 | 7.7 | 7.4 | 7.2 | 7.0 | 6.8 | 6.6 | 6.4 | 6.2 | 6.0 | 5.9 | 5.7 | 5.6 | 5.3 | 5.0 | 4.8 | 4.6 | 4.4 | 3.8 | 3.3 |
| 200 | 98 | 96 | 94 | 92 | 90 | 88 | 86 | 84 | 82 | 80 | 79 | 77 | 75 | 74 | 72 | 70 | 69 | 67 | 66 | 64 | 63 | 61 | 60 | 58 | 57 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 48 | 46 | 43 | 41 | 39 | 34 | 30 |
| | ... | 18.1 | 16.4 | 14.9 | 14.0 | 13.2 | 12.6 | 11.8 | 11.2 | 10.8 | 10.3 | 9.8 | 9.4 | 9.1 | 8.8 | 8.4 | 8.1 | 7.7 | 7.5 | 7.2 | 7.0 | 6.9 | 6.6 | 6.4 | 6.2 | 6.0 | 5.9 | 5.7 | 5.6 | 5.4 | 5.2 | 4.9 | 4.7 | 4.5 | 4.3 | 3.8 | 3.3 |
| 210 | 98 | 96 | 94 | 92 | 90 | 88 | 86 | 85 | 83 | 81 | 79 | 78 | 76 | 75 | 73 | 71 | 70 | 68 | 67 | 65 | 64 | 63 | 61 | 60 | 59 | 57 | 56 | 54 | 53 | 52 | 50 | 47 | 45 | 43 | 41 | 36 | 32 |
| | ... | 17.7 | 16.0 | 14.6 | 13.8 | 13.0 | 12.2 | 11.7 | 11.1 | 10.6 | 10.0 | 9.7 | 9.2 | 9.0 | 8.7 | 8.3 | 8.0 | 7.6 | 7.4 | 7.1 | 6.9 | 6.8 | 6.6 | 6.3 | 6.1 | 5.9 | 5.8 | 5.5 | 5.4 | 5.3 | 5.1 | 4.8 | 4.6 | 4.4 | 4.2 | 3.7 | 3.2 |

ภาคผนวก ง.

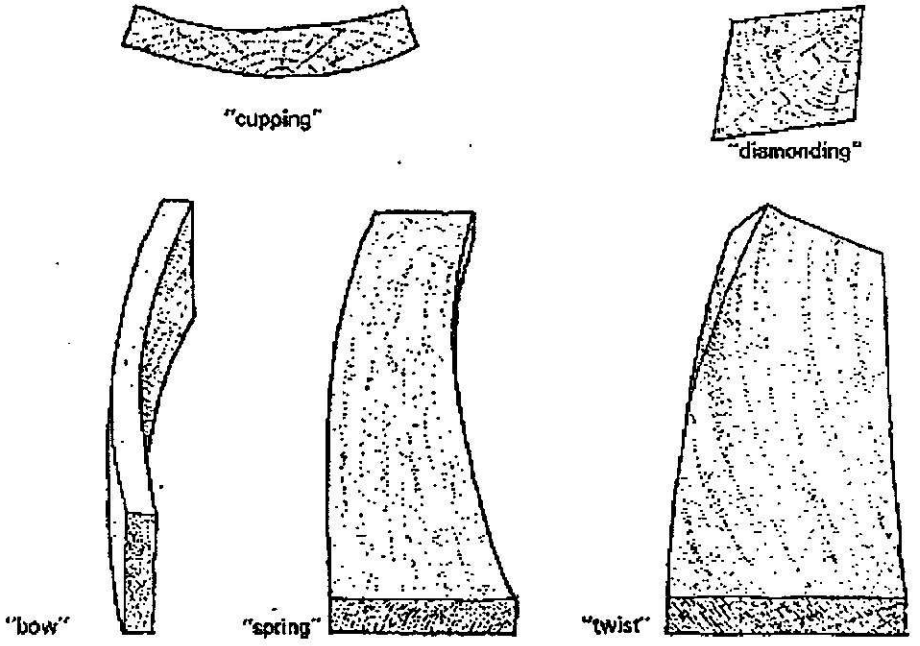
การตรวจสอบความเค้นในไม้โดยวิธี prong test

| Immediately after cutting | After Standing for 24 hours | |
|---|---|---|
|  | |  |
| **1. Turn out**<br>Surface in tension and centre in compression | **1A Turn in**<br>Indication of unequal moisture content distribution: surface drier than centre.<br>Occurrence: Early stages of drying.<br>Remarks: No need to steam, may need to raise humidity. | **1B Does not change**<br>Indication of practically equal moisture content distribution. Surface in tension & centre in compression.<br>Occurrence: After over steaming at low mc.<br>Remarks: Steaming has been too severe. |
| | | |
| **2. Turn In**<br>Surface in compression and centre in tension | **2A Pinch tighter**<br>Indication of unequal moisture content distribution: surface is drier than centre.<br>Occurrence: After the centre dries below fibre saturation point.<br>Remarks: Advantageous point to relieve stresses by steam treatment. | **2B Become straight of turn out**<br>Indication of unequal moisture content distribution: centre is drier than surface.<br>Occurrence: After steaming but before redrying.<br>Remarks: Prongs cut after re-drying should remain practically straight. |
| | | |
| **3. Remain straight**<br>Free from stresses | **3A Remain straight**<br>Indication of equal moisture content distribution and freedom from stresses.<br>Remarks: Correct final condition. | **3B Turn in**<br>Indication of unequal moisture content distribution: surface is drier than centre.<br>Remarks: A short steaming treatment to balance moisture content should also relieve stresses. |
| | | **3C Turn Out**<br>Indication of unequal moisture content distribution: centre is drier than surface.<br>Occurrence: During some period of redrying after steaming. |

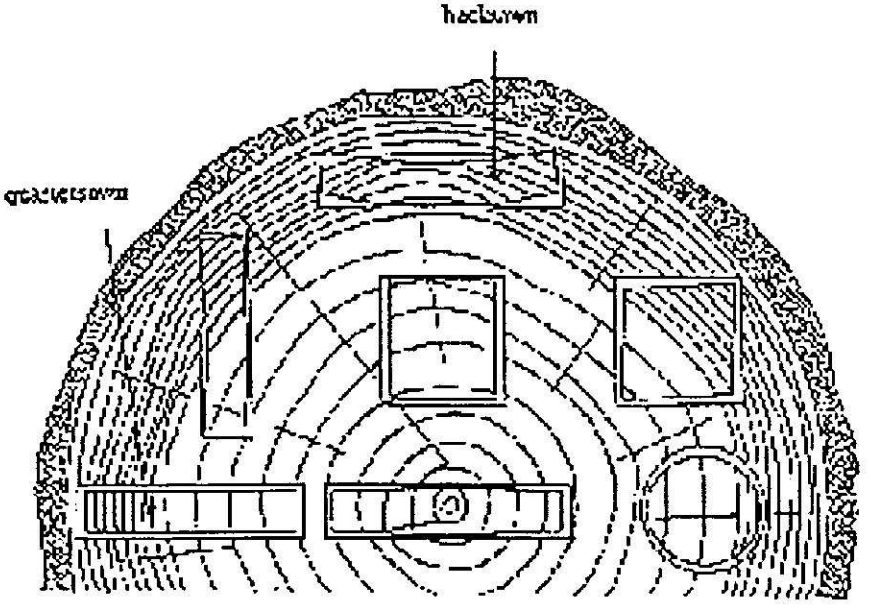
Prong tests for detection of stress. (Mills 1991)

## ภาคผนวก จ.

ลักษณะการบิดงอของไม้จากการอบและตำแหน่งการเลื่อยที่ส่งผลต่อการบิดงอของไม้




Board Distortion (Pratt 1974)



Characteristic shrinkage and distortion of flats, squares and rounds as effected by the direction of annual growth rings. (Mills 1991).