

## 3cm厚橡膠木之高溫乾燥

翟思湧 李銘鐘

### 摘要

省產35年生巴西橡膠木，鋸製為  $3 \times 16 \times 120$ cm之試材，以高溫乾燥與普通窯乾進行配對試驗，結果顯示：高溫乾燥可縮短乾燥時間72%以上，節省能源45%以上；乾燥瑕疵無顯著性之差異，但高溫乾燥材之表面僵化程度較重；高溫（110°C）乾燥對橡膠木之強度性質無影響；橡膠木（3cm）可採行高溫乾燥。

關鍵詞：高溫乾燥，普通窯乾，巴西橡膠木，表面僵化。

### 前言

木材乾燥之能源消耗約佔全部加工過程的70%<sup>(13)</sup>。因此，乾燥處理時除追求品質之提高外，如何節省能源以降低生產成本更為業界所關注之重點；高溫乾燥即可有效地節省能源<sup>(4,15)</sup>。

有關前人研究指出：高溫乾燥的最大優點為乾燥快速。雖然單位時間的能源消耗大，但乾燥時間僅約普通窯乾的1/4左右，故可節省能源。此外，由於乾燥速率快，故可減少窯之容量（Holding capacity），節省建窯投資；降低庫存，避免資金積壓。高溫乾燥之缺點是乾燥瑕疵較多。乾燥品質隨樹種與乾燥基準之不同而有極大差異<sup>(5,6,7,8,9,13)</sup>；亦即對樹種具有選擇性。

筆者曾以蒸汽空氣混合法（Mixture of steam and air process）就大葉桃花心木<sup>(2)</sup>與臺灣杉<sup>(1)</sup>進行配對試驗，結果顯示：前者採行高溫乾燥可節省乾燥時間約60%，乾燥瑕疵無顯著性之差異，強度性質亦未受影響，但最後含水率之均勻性較遜。後者之乾燥時間僅為普通窯乾（對照）的1/7弱，

可節省能源60%以上，機械性質普遍增強，但最後含水率之均勻性亦較差；同時靠近髓心部份易生潰陷與蜂巢裂。根據以上結果，高溫乾燥雖對不同樹種產生不同程度與類型的瑕疵，僅就節省能源與時間而言，實為深具發展潛力的乾燥方法。

橡膠木盛產東南亞。由於此種木材密度適中，加工容易，紋理優美，價格低廉，故深為國內家具業之喜愛而大量採用。所生產之家具亦深受國內外市場歡迎。唯此種木材之最大困擾是極易生黴（Mold），變色（Blue stain），遭蟲蛀。解決之道，除伐木製材後立即作防黴處理（Anti-stain treatment）外，快速適當的乾燥處理才是根本辦法。為此，特研擬該計劃，試就橡膠木採行高溫乾燥之可行性進行探討，期能對前述困擾之消除有所助益，從而說明此一木之利用價值和利用率。

### 材料及方法

#### 試驗材料

本研究所用試材乃採自嘉義中埔分所約35年生之巴西橡膠木（*Hevea brasiliensis*, Rubber

Wood)。共取樣木兩株。伐倒後，每隔120cm截取一段，共得13段，平均直徑約36cm。隨即運回本所，以爐乾法 (Ovendry method) 測其含水量 (Moisture content) 後，開始鋸製試材，其規格為3cm (厚) × 16cm (寬) × 120cm (長)。鋸割時，每相鄰 (連) 兩片分別依序編號為：

A-1, B-1; A-2, B-2; ……餘類推，使其分屬不同之A, B二組，供配對試驗 (paired test) 之用。之後，先在A組試材中逢機選取5塊，再在B組中選出對應之另5塊，分別用為各組之樣板 (kiln samples)；樣板與含水量試片之鋸切方式詳如下圖1。

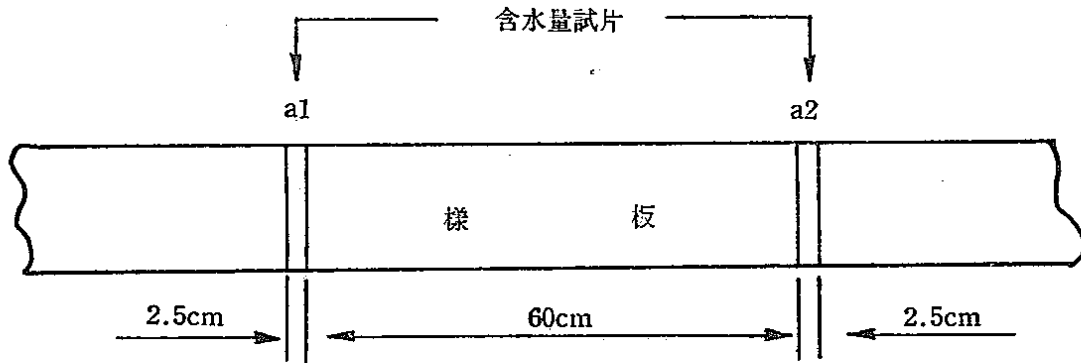


圖 1. 樣板與含水量試片鋸切法

Fig 1. Method of cutting Kiln Samples and moisture sections

圖中60cm長之一段即為樣板。a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>為含水量試片 (Moisture sections)。每一含水量試片鋸妥後，立即拂去木屑及鬆脫之木絲等，以電動天平稱其重量至0.01gm並記錄之，供測含水量之用。之後，於此試片之橫斷面上劃定徑、弦向收縮率測定線，以卡尺 (Vernier caliper) 度量其線長至0.05mm並記錄之，供測爐 (全) 乾收縮率之用。最後再以排水法測定試片生材體積至0.01cm並記錄之，供測比重之用。

(Calculated oven-dry weight) 之用。然後在樣板中央部位劃一收縮率測定線，以卡尺在此測定線上度量樣板之寬與厚至0.05mm並記錄之。此測定線乃用以測定木材在乾燥過程中，不同含水量之徑、弦向收縮率。設樣板為象鋸板 (Quartersawn board)，則其厚為弦向，寬為徑向；設為平鋸板 (Plainsawn board)，則其厚為徑向，寬為弦向。

每一樣板鋸妥之後，立即於其兩端塗刷兩層防裂漆 (End-coating)，以免水份散失過快，失去代表性。繼之以電子天平稱其重量至0.01gm (所用天平最大能量為6kgs) 並記錄之，供推算爐乾重

上述處理完成後，將所有含水量試片置於自動調溫之電烘箱中，以103 ± 2°C之溫度烘至爐 (絕) 乾後，分別求出試材之：(1)含水量，(2)比重，(3)厚度，(4)全 (絕) 乾收縮率，以及(6)樣板之推算爐乾重，有關資料詳如下表1。

表 1. 試材特性<sup>(1)</sup>

Table 1. Characteristics of material used in experiment

樹種 Species	產地	原木平均直徑	製品等級	製品 Lumber	平均生材含水量	平均 <sup>(3)</sup> 比重	平均收縮率 (生材至全乾)		
Common name	Origin	Ave. dia. of logs (cm)	Grade	紋理 <sup>(2)</sup> Grain	Ave. Green M.C. (%)	Ave. SP/GR (Wo/Vg)	弦向 Tangential	徑向 Radial	
Common Scientific name				平均厚度 Ave. Thickness (cm)			Ave. Shrinkage (Green to 0%)		
橡膠木	臺灣嘉義	Ave. 36.6	三等以上	混合					
Rubber wood	Heavea brasiliensis	Max. 53 Min. 21.5	No. 3 & better	Mixed	3.032 (0.056)	73.24 (2.11) <sup>(4)</sup>	0.561 (0.015)	6.48 (0.38)	3.46 (0.29)

(1) 試體數為10。 Number of specimen: 10 pieces.

(2) 指平鋸板與象鋸板而言。 Plainsawn or quartersawn lumber.

(3) 比重以爐乾重量與生材體積求出。 Based on O. D. Wt. and green volume.

(4) 括號內數值為標準誤。 Value in parenthesis represents standard error.

**試驗方法**

1.採行配對試驗 (Paired test)。A組試材進行高溫乾燥；B組試材進行普通窯乾。

(1)高溫乾燥 (High-temperature drying)

採用蒸汽空氣混合法 (Mixture of steam and air process)。其處理程序如下：

A 乾球溫度 110°C (230°F)，濕球溫度 82°C (180°F)。

B 開始運轉時，加熱系統及噴汽系統同時啓用。待濕球溫度升定至 82°C 時，即將濕球溫度之控制指針設定在 82°C，同時將乾球溫度控制指針設定在110°C。

C 俟最乾樣板之含水量降至 6% 時，進行均勻處理 (Equalizing treatment)，窯內條件調整至乾球溫度93°C(200°F)，濕球溫度 79°C(174°C)。

D 俟最濕樣板之含水量降至 8%，進行調節處理 (Conditioning treatment)。調整窯內條件為乾球溫度 88°C (190°F)，濕球溫度83°C(181°F)。

(2)普通窯乾 (Conventional kiln drying)

採用含水量基準表 T8-D5，詳如表 2。每天

表 2. 3cm 橡膠木所採用之傳統窯乾基準表-T8-D5  
Table 2. Conventional drying schedule  
useb fer 3cm Rubber woob

平均含水量 Ave. M.C. %	乾球溫度 D.B.T. °C	濕球溫度 W.B.T. °C	平衡含水量 EMC %
50以上	54	49	12.1
50	54	47	10.0
40	54	47	8.0
35	54	35	4.7
30	60	32	2.6
25	66	38	2.9
20	71	43	3.2
15以上	82	54	3.3
E.T.	82	67	6.0
C.T.	82	77	11.1

稱量樣板一至二次，俟最乾樣板之含水量降至 6% 時開始均勻處理，至最濕樣板之含水量降至 8% 時開始調節處理。

2.最後含水量與乾燥應力試驗

不論高溫乾燥或普通窯乾，處理完畢稍加冷卻後即行出窯。將所有樣板取出，先將每塊之一端切除 15cm 左右，再沿平行纖維方向橫切 2.5 cm 厚之試片 3 塊，進行下列三項測定：

- (1)第一塊測定最後平均含水量 (Ave. final M.C.)；
- (2)第二塊測定表層 (Shell) 與心層 (Core) 含水量之差異情形；
- (3)第三塊作叉形試驗 (Prong test)，測定表面僵化 (Casehardening) 之程度。

3.乾燥缺點之評估(Examining Drying Defects)

- (1)面裂 (Surface checks)：以樣板平面積內所發生乾裂之總長計算之。
- (2)端裂 (End checks)：以樣板兩端橫斷面積內所發生乾裂之總長計算之。
- (3)蜂巢裂 (Honeycomb)：以樣板橫斷面上之蜂巢裂數目計算之。
- (4)潰陷 (Collapse)：以樣板兩面最大潰陷深度之和與板厚之比計算之。其程度之區分如下：
  - A 輕微 (Slight) ——潰陷比例在10%以下；
  - B 中庸 (Medium) ——潰陷比例在10%以上，20%以下；
  - C 嚴重 (Severe) ——潰陷比例在20%以上。
- (5)翹曲 (Warp)：以樣板翹曲部份之最大撓度 (Maximum deflection) 表示之。
- (6)表面僵化 (Casehardening)：根據叉形試驗之結果判斷表面僵化之情形。計分為：
  - A 無僵化 (Not casehardened) ——即所鋸之叉齒伸直平行；
  - B 輕微僵化 (Slightly casehardened) ——兩側之叉齒微向內曲，但叉端並未相接；

C 僵化 (Casehardened) —— 兩側之叉齒，  
向內彎曲，叉端緊緊相接；

D 逆僵化 (Reverse casehardened) —— 即  
兩側之叉齒向外彎曲。

4. 測定收縮率

當含水量降至約40%時，開始就各樣板所測定之收縮率測定線逐日度量其厚度與寬度，併同生材時所量取之數據；計算兩種不同處理之試材在不同含水量時之徑、弦向收縮率是否相同。

5. 測定機械性質

為瞭解高溫乾燥對木材之機械性質是否有影響特參照 ASTM D-143 之標準，將兩種處理之試材分別進行測定。其項目包括：靜力彎曲 (Static bending)，衝擊彎曲 (Impact bending, Toughness)，縱向壓力 (Compression parallel to grain)，縱向剪力 (Shear parallel to grain) 及硬度 (Brinell hardness) 等五項。

6. 試驗設備

本研究所用之小型高溫乾燥設備，係筆者自

行設計委託山富機械公司製造。電氣加溫，蒸汽調濕，最高乾球溫度可達 200°C (392°F)，濕球溫度可達 99°C (210°F)，材間平均風速約 400 FPM，完全自動控制。性能優良，升溫快速，15~20分鐘即可升至最高溫度。容量 (Holding capacity) 為 120cm (長) × 50cm (寬) × 60cm (高)。

結果與討論

乾燥速率與能源消耗

兩種處理之原始與最後平均含水量，能源消耗，以及乾燥速率等詳見表 3。原始與最後平均含水量以及邊、心層含水量差異分別經 F- 值測驗及配對試驗 T- 檢定結果，差異在 0.05 水準均不顯著；此足說明各處理試材含水量之均勻性在乾燥前後均甚良好，而且乾燥品質亦達同一標準，並無邊、心層含水量相差過鉅之情形。乾燥速率之差異在 0.01 水準顯著，高溫乾燥(A)之速率為普通窯乾(B)之 3.6 倍；亦即 A 之乾燥時間僅為 B 的 28% 弱。

在能源消耗方面，處理 A 共耗用電力 194 度，

表 3. 配對比較 3cm 厚橡膠木之最後含水量與乾燥速率  
Table 3. Paired Comparisons of final moisture content and drying rate for 3cm Rubber wood

處理 <sup>(1)</sup> Treat- ments	樣板數 Number of sample	原 始 <sup>(2)</sup> 含水量 Initial M.C. (%)	最後含水量 <sup>(2)</sup> Final M.C. (%)				乾燥時間 (在窯時間) Drying time (Kiln re- sidence time) (hrs)	總消耗 電力 Total power consu- mption (kw.hr.)	總消耗 油量 Total oil consu- mption (liter)	乾燥速率 <sup>(3)</sup> Drying rate (%M.C./hr.)
			平 均 Average	表 層 Shell	心 層 Core	差 異 Diffe- rence				
A	5	73.85 (3.06) <sup>(4)</sup>	6.84 (0.78)	6.08 (0.30)	7.17 (0.87)	1.15 (0.58)	27.5	194	163.0	2.437 (0.098)
B	5	72.63 (3.23)	7.53 (0.69)	7.57 (0.42)	8.07 (0.74)	0.78 (0.55)	99.08	365	299.4	0.657 (0.030)

(1) A: 高溫乾燥 High-temperature, B: 普通窯乾 Conventional kiln drying.

(2) 經 F 值測驗與 T- 檢定結果各處理間之差異在 0.05 水準均不顯著。

After F- and t-test, differences between treatments are not significant at 0.05 level.

(3) 配對試驗 t- 檢定結果，A 與 B 差異在 0.05 水準顯著。

After t-test, difference between A and B is significant at 0.05 level.

(4) 括號內數值為標準誤。 Value in parenthesis represents standard error.

油料163公升，處理B（對照）共耗用電力365度，油料 299.4公升；前者（高溫乾燥）可節省能源分別為油料45.5%，電力 46.8%。此點與 Boone<sup>(5)</sup>及 Wengert<sup>(16)</sup>所稱：高溫乾燥可縮短乾燥時間50

%以上，節省能源 25~60%之結果相同。有關兩種處理之乾燥情況與速率等，分別詳如圖2, 3, 及 4。

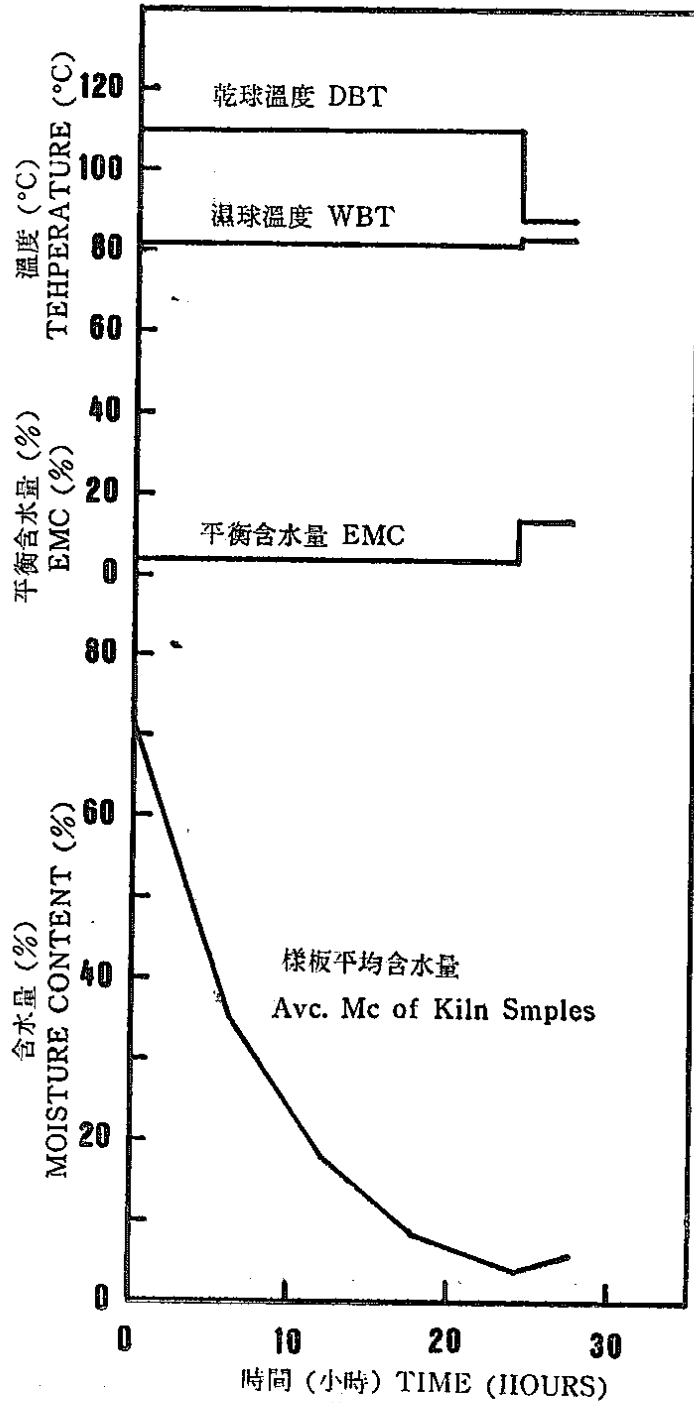


圖 2. 高溫乾燥 3cm 橡膠木之窯內情況與含水量降低情形  
 Fig 2. Kiln conditions and drying curve for 3cm Rubber wood dried by high-temperature

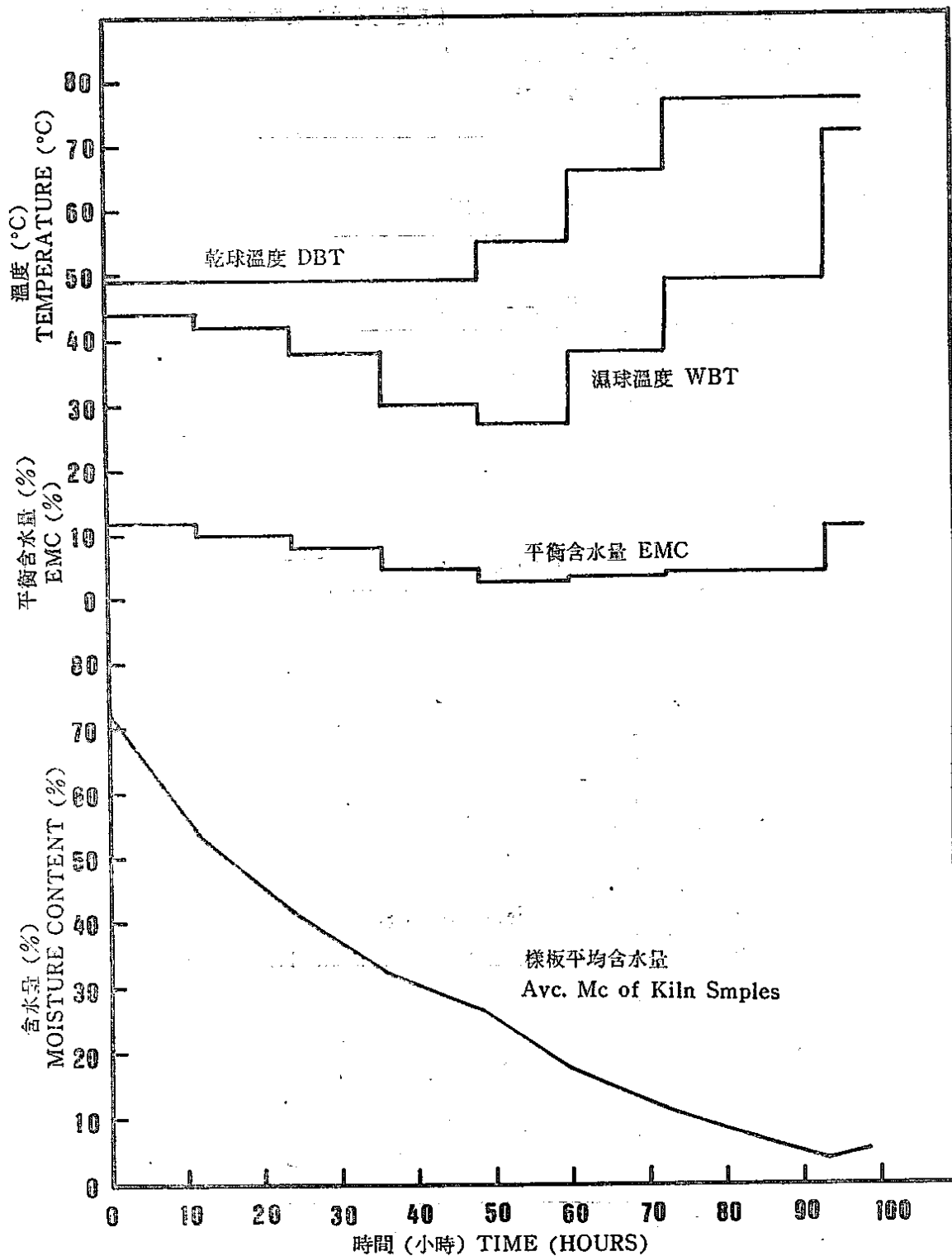


圖 3. 以 T8-D5 基準普通窯乾 3cm 橡膠木之窯內情況與含水量降低情形  
Fig 3. Kiln conditions and drying curve for 3cm Rubber wood dried by conventional kiln schedule T8-D5

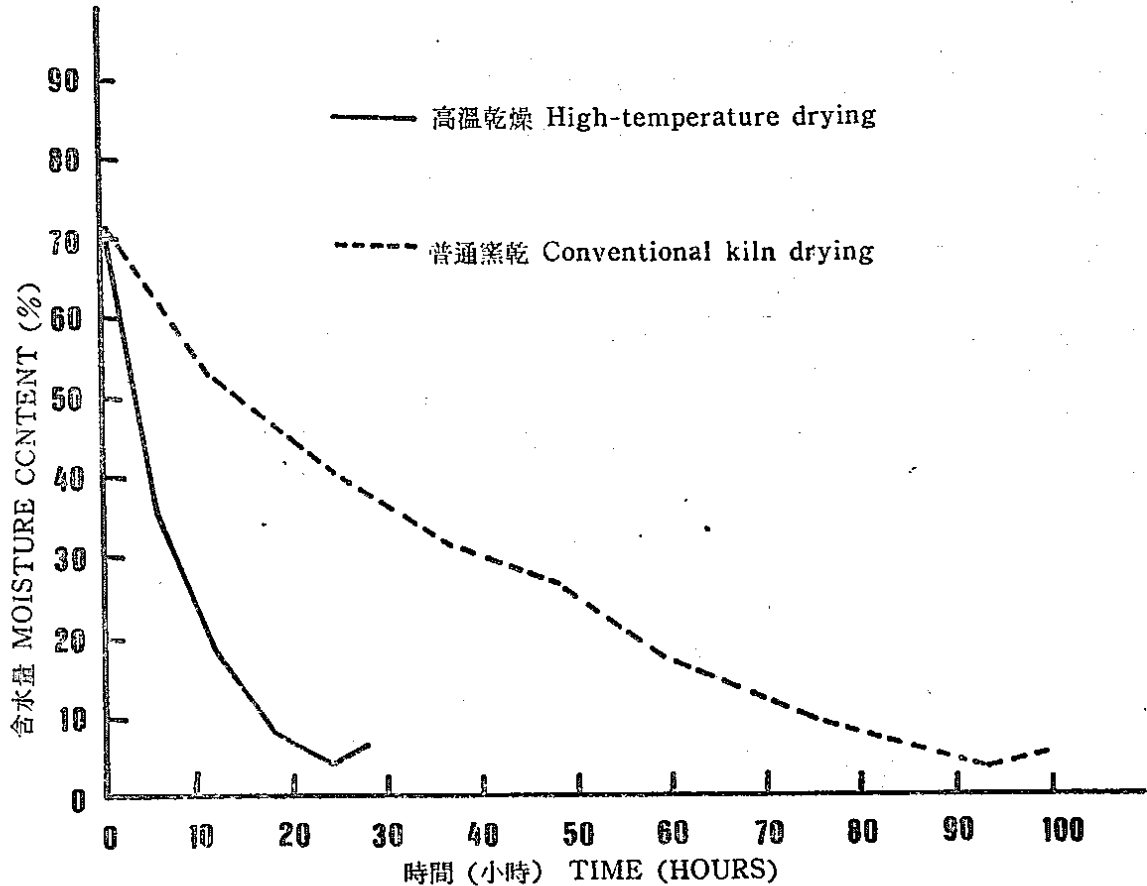


圖 4. 高溫及普通窯乾 3cm 橡膠木之乾燥曲線比較  
 Fig 4. Comparative drying curve for 3cm Rubber Wood dried by high- and conventional-temperature.

**乾燥缺點**

有關前人研究指出，高溫乾燥最易發生之缺點有：蜂巢裂 (honeycomb)，潰陷 (collapse)，乾裂 (checks)，翹曲 (warp)，以及變色 (discoloration) 等<sup>(4, 5, 7, 16)</sup>。惟對本研究所用 3cm 橡膠木而言，較明顯之乾燥缺點僅有翹曲一項。雖然高溫乾燥材(A)之平均翹曲為 5.1mm，而普通窯乾材(B)僅有 1.67mm，但兩者之差異在 0.05 水準不顯著 (表 4)。此外，前者之色調較後者稍深；前者為稻草色，後者為黃白色。再須補充說明者，如果板材中央含有髓心 (pitch)，則易自該髓心處劈裂 (split)。惟此點可於製材時避免之。

至於表面僵化情形 (表 4，圖 5)。兩種處理各施以 3 1/2 小時之調節處理後，普通窯乾樣板之表面僵化已完全解除，但高溫乾燥樣板仍有 3 塊呈現僵化。此足顯示，高溫乾燥所形成之乾燥應力較普通窯乾為強，需要較長時間之調節處理。

**收縮率**

不論高溫或普通窯乾，當含水量降至 6% 時，其弦向收縮率約為徑向之 1.5 倍。在乾燥初期，不論弦向或徑向，高溫乾燥材之收縮率均較普通窯乾為高，但其斜率較為緩和。當含水量降至 10% 後，高溫乾燥材之徑向收縮率反而稍低於普通窯乾燥材 (圖 6, 7)。

表 4. 配對比較 3cm 厚橡膠木之乾燥缺點  
 Table 4. Paired comparisons of drying defects for 3cm Rubber wood

處理 <sup>(1)</sup> Treatment	樣板數 Number of sample	平均翹曲 <sup>(2)</sup> Ave. warp (mm)	表面僵化樣板數 Number of casehardened samples			
			無僵化 Not casehardened	輕微僵化 Slightly casehardened	僵化 casehardened	逆○化 Reverse casehardened
A	5	5.1 (1.7) <sup>(3)</sup>	2	0	3	0
B	5	1.7 (0.64)	5	0	0	0

(1) A: 高溫乾燥, High-temperature drying. B: 普通窯乾, Conventional kiln drying.

(2) 配對試驗 T-檢定結果, A與B差異在0.05水準不顯著。

After t-test difference between A and B is not significant at 0.05 level.

(3) 括號內數值係標準誤。 Figure in the parenthesis represents standard error.

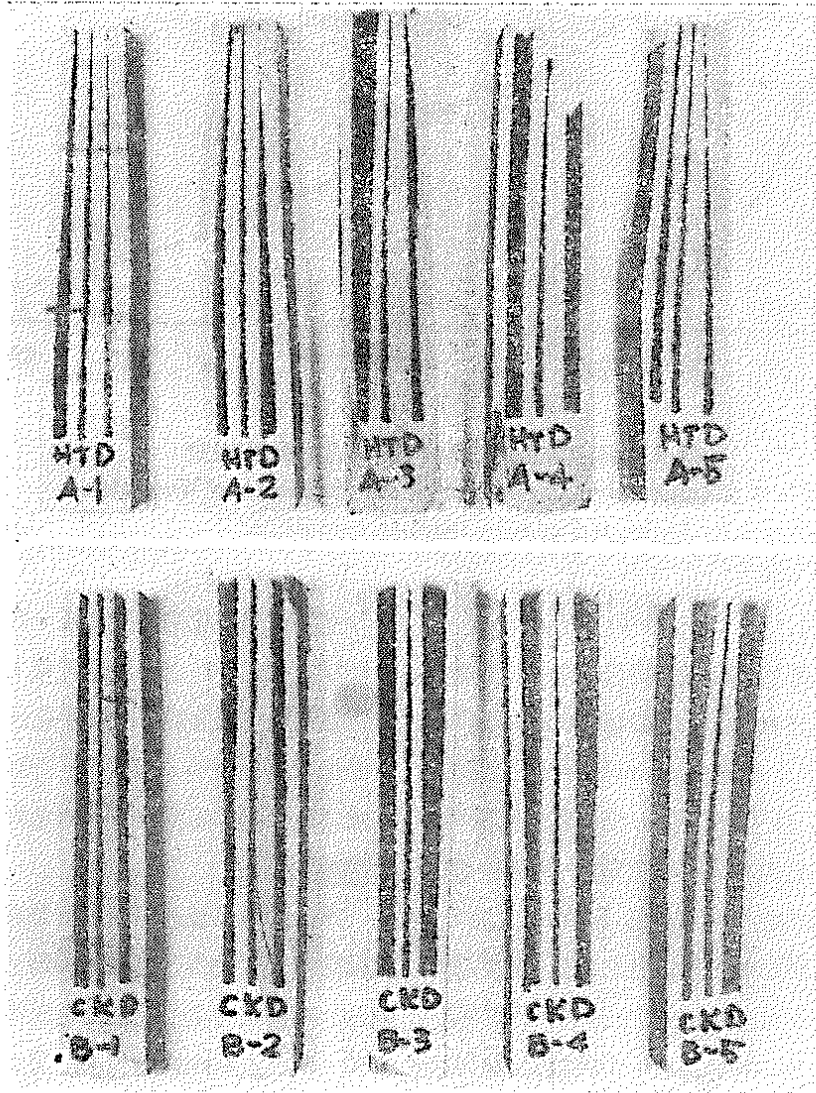


圖 5. 表面僵化試驗結果。 上排：高溫乾燥；下排：普通窯乾

Fig 5. Result of casehardening test.

Above: dried by hightemperature; Below: dried by conventional-temperature



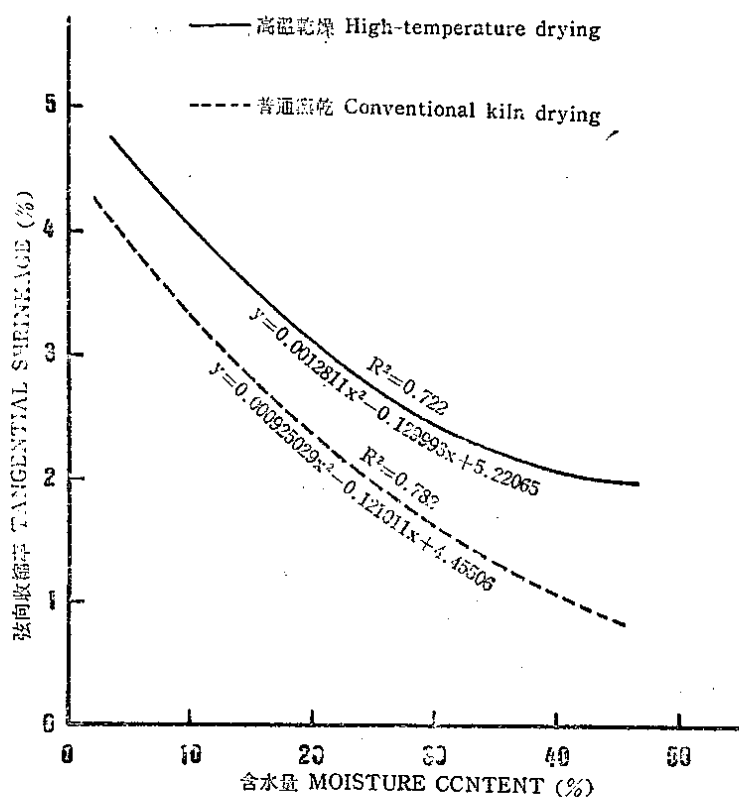


圖 6. 3cm 橡膠木含水量與弦向收縮率之關係

Fig 6. Relationship between M.C. and tangential shrinkage of 3cm Rubber wood

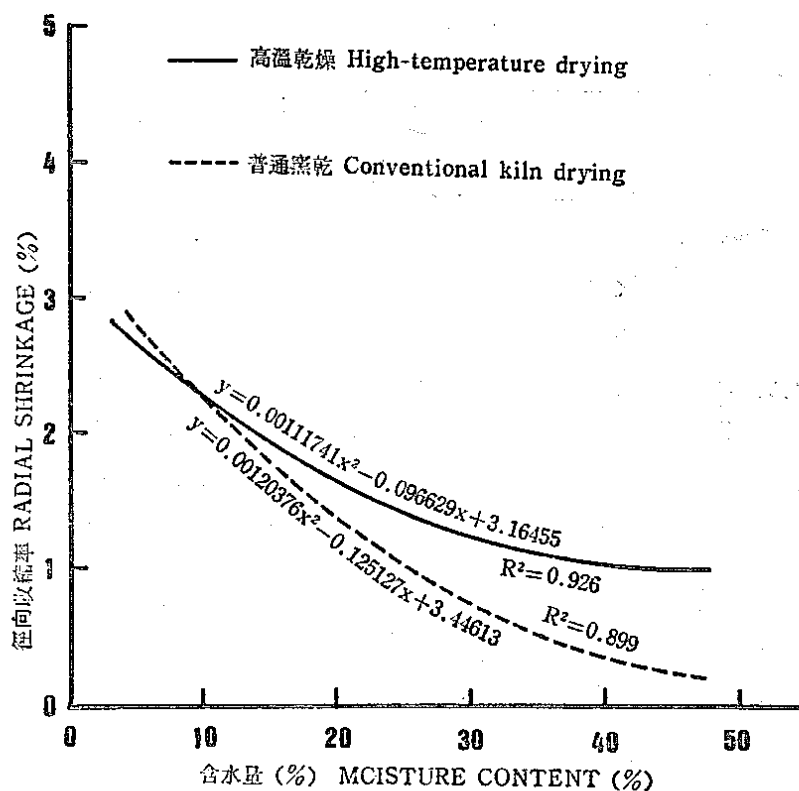


圖 7. 3cm 橡膠木含水量與徑向收縮率之關係

Fig 7. Relationship between M.C. and radial shrinkage of 3cm Rubber wood

**機械性質**

根據有關前人研究，高溫乾燥對強度性質的影響無一致趨勢。Boone<sup>(4)</sup>指出，高溫乾燥對強度性質之影響隨樹種而異。Calvert<sup>(7)</sup>以雲杉 (White Spruce)，松類 (White and Red Pine)，鐵杉 (Eastern Hemlock)，樺樹 (Yellow Birch)，和槭樹 (Hard Maple) 等就靜力彎曲與衝擊彎曲兩要項進行試驗之結果顯示：雲杉無影響；松類之 MOR 降低 5%，餘無影響；鐵杉之 MOR 差異不顯著，衝擊彎曲增強；樺樹與槭樹之各項強度均增加。Gerhard<sup>(8)</sup> 以美國鵝掌楸 (Yellow-poplar) 就靜力彎曲進行試驗之結果顯示：高溫乾燥材之強度雖稍微降低，但差異不顯著。Kozlik<sup>(9)</sup> 以花旗松 (Douglas Fir) 和鐵杉

(Western Hemlock) 就抗張強度 (Tensile strength) 進行試驗之結果為：高溫乾燥材之強度均降低。

筆者先後以大葉桃花心木<sup>(2)</sup>與臺灣杉<sup>(1)</sup>進行試驗之結果顯示：高溫乾燥對前者之強度性質無任何影響；對後者反而有增強之趨勢。

本研究先將兩種處理之試材在其實際含水量 9.06%(A)與9.86%(B)之情況下進行有關強度性質之測試，再將全部數據調整至12%同一標準後進行分析比較。結果顯示，雖然在數據上互有高低，但全部測試項目之差異在0.05水準均不顯著 (表 5)。此足說明高溫 (110°C) 乾燥對橡膠木之強度性質無不利影響。

表 5. 不同處理橡膠木之機械性質比較<sup>(1)</sup>

Table 5. Comparisons of mechanical properties of Rubber wood by treatment

處理 <sup>(2)</sup> Treat- ment	試片數 No. of speci- men	含水率 M.C. (%)	比重 SP. GR. (Wo/Va)	靜力彎曲 <sup>(3)</sup> Static bending (kg/cm <sup>2</sup> )			縱向 <sup>(3)</sup> 壓力 Compr- ession parallel to grain (kg/cm <sup>2</sup> )	縱向 <sup>(3)</sup> 剪力 Shear parallel to grain (kg/cm <sup>2</sup> )	衝擊 <sup>(3)</sup> 彎曲 Impact Toug- hness (kg.m/ cm <sup>2</sup> )	硬 度 <sup>(3)</sup> Brinell hardness (kg/cm <sup>2</sup> )	
				破 壞 係 數 MOR	彈性 纖維 應力 Fiber stress at elastic limit	彈 性 係 數 MOE				縱切面 Longi- tudinal surface	橫切面 End surface
A	12	9.06	0.609 (0.014)	913 (73) <sup>(4)</sup>	478 (28)	104176 (5270)	539 (20)	165 (10)	0.42 (0.04)	3.30 (0.29)	6.24 (0.42)
				817 (66)	417 (24)	98440 (4999)	460 (19)	152 (9)	0.46 (0.04)	3.07 (0.26)	5.59 (0.37)
B	12	9.86	0.599 (0.012)	979 (45)	461 (27)	109693 (5747)	529 (25)	141 (10)	0.46 (0.03)	3.00 (0.22)	6.00 (0.34)
				902 (42)	417 (26)	105279 (5578)	469 (21)	133 (9)	0.47 (0.04)	2.84 (0.21)	5.53 (0.32)

(1) 變方分析係以含水量換算至12%為準。

Variance analysis based on converted moisture content of 12%。

(2) A: 高溫乾燥, High-temperature drying.

B: 普通窯乾, Conventional kiln drying.

(3) 變方分析結果, A與B差異在 0.05 水準不顯著。

After variance analysis, difference between A and B is not significant at 0.05 level.

(4) 括號內數值為標準誤。

Figures in parenthesis represent standard errors.

## 結 論

1. 高溫乾燥3cm橡膠木與普通窯乾相比可縮短乾燥時間72%以上，節省能源45%以上。
2. 在乾燥瑕疵方面，兩種處理無顯著性之差異。但高溫乾燥材之表面僵化程度較普通窯乾材為重；需要較長時間之調節處理。
3. 高溫乾燥材之弦向收縮率大於普通窯乾材；徑向收縮率在10% M.C. 以前大於普通窯乾材，10% M.C. 以後則稍稍減低。
4. 高溫乾燥對橡膠木之機械性質無減弱之影響。
5. 3cm 橡膠木可採行高溫 (110°C) 乾燥。

## 引用文獻

1. 翟思湧，(1985)。臺灣杉之高溫乾燥。林試所研究報告第454號。16pp.
2. 翟思湧，(1984)。大葉桃花心木之高溫乾燥。林試所試驗報告第417號。14pp.
3. 翟思湧，(1976)。主要商用木材窯乾基準表。林試所，林業叢刊11號。pp. 2, 3, 7, 10.
4. Boone R. S. (1979). An introduction to high-temperature drying. Proceedings of a Symposium Held at New Albany, Indiana, March 22, 1979, on High-Temperature Drying of Hardwoods. p. 1-9.
5. Boone, R. S. (1979). High-temperature drying of hardwoods. Proceedings of a Symposium Held at New Albany, Indiana, March 22, 1979, On High-Temperature Drying of Hardwoods. p. 25-40.
6. Boone, R. S. (1980). High-temperature drying of 7/4 yellow-poplar fitches for S-D-R studs, USDA Forest Service. FPL 365. 8pp.
7. Calvert, W. W. (1965). High-temperature kiln-drying of eastern canadian species. Reprinted from Canadian Wood Products Industries. 6pp.
8. Gerhards, C. C. (1983). Effect of high-temperature drying on bending strength of yellow-poplar 2 by 4's Forest Prod. J. 33 (2): 61-67.
9. Kozlik, C. J. (1967). High-temperature drying of douglas fir dimension lumber. Forest Research Laboratory. Oregon State University, 32pp.
10. Kozlik, C. J. (1976). Kiln temperature effect on tensile strength of douglas fir and western hemlock lumber, Forest Prod. J. 26(10): 30-34.
11. Rosen, H. N. (1977). Humidity control can be important when high-temperature drying hardwoods, FPRS, New-Digest, File: G2. 10, 3pp.
12. Rosen, H.N. (1979). Energy requirement in high-temperature and conventional kilns. Prod. of a Symp., New Albany, Ind p. 41-45.
13. Rosen, H. N. (1980). High-temperature initial drying of wood; potential for energy Forest Prod. J. 30 (1): 29-34.
14. Rosen, H. N. (1980). Drying hardwoods with impinging jets; USDA Forest Service, General Technical Report NC-59. 7pp.
15. Rosen, H. N. and B. E. Bodkin, (1981). Steam drying lumber above atmospheric pressure. USDA Forest Service, N.C. Forest Experiment Station. 14pp.
16. Wengert, E. M. (1972). Review of high-temperature kiln drying of hardwoods. Southern Lumberman, Sept. 15, 1972. p. 17-19.

## High-temperature Drying of 3cm Rubber Wood

Sy-Yung Jai    Ming-Chung Lee

### Summary

High-temperature drying of wood appears to be a growing trend for reducing energy consumption in manufacturing most wood products. The objective here was to investigate the efficiency of high-temperature drying (mixture of steam and air process) compared with conventional kiln drying, and evaluate the feasibility of high-temperature drying of 3cm Rubber Wood.

Thirteen *Heavea brasiliensis* bolts, 120cm in length, ranging in diameter from 21 to 53 cm, cut from two 35-year-old Rubber trees in middle part of Taiwan, were used for this study. The bolts were then sawed into 3-by 16cm test boards. During sawing, each two consecutive boards made up a matched set, one to be dried by high-temperature (110°C) and the other to be dried by conventional-temperature (below 83°C). The average green M.C. of the test boards was 73.24 percent, and the specific gravity based on oven-dry weight and green volume was 0.561. Moisture content during drying was monitored by the standard sample board method.

Results of this research are shown as follows:

1. 3cm Rubber Wood can be dried at high-temperature of about 110°C (230°F) without degradation (Table 4.).
2. High-temperature drying can reduce drying time over 72 percent, and saving energy over 45 percent compared to conventional-temperature drying (Table 3.).
3. No statistically significant differences in warp and strength were found between treatments; while the color of the material dried with high-temperature was slightly darker than those dried with conventional-temperature (Table 4, and 5.).
4. The tangential shrinkage of the material dried by high-temperature was higher than those dried by conventional-temperature; however, the radial shrinkage of the former was slightly lower than the latter when the M. C. below 10 percent (Fig. 6,7).
5. The drying stress (casehardening) in high-temperature dried material is greater than those in conventional-temperature.

Key words: High-temperature drying, Conventional-temperature drying, Rubber Wood, Casehardening.