

# “鋸—乾—剖”加工方法 對降低橡膠木6cm正角材翹曲之功效

翟 思 湧

## 摘 要

本研究旨在探討「鋸—乾—剖」(Saw-Dry-Rip, SDR)加工方法是否可有效降低橡膠木製品翹曲之發生。SDR之加工程序為先將小徑原木「連續鋸製」為盤木(fitches)，隨即將盤木進行高溫或傳統窯乾，然後再縱剖為需要尺寸。本研究之處理有三：(1)CC=傳統製材，傳統窯乾；(2)SC=連續製材，傳統窯乾；(3)SH=連續製材，高溫乾燥，試材之最後尺寸為6cm正角。

結果顯示：SC與SH之平均翹曲均較CC(對照)為低，SDR具有降低翹曲之功效；SC與SH之無翹曲試材收率亦均較CC為高；SH比SC節省乾燥時間與能源；SC與SH之強度性質與CC相比無顯著性之差異；在室內自然狀況下，高溫乾燥材(SH)之含水量變化較傳統窯乾(SC, CC)為緩和。

關鍵詞：鋸—乾—剖，翹曲，連續製材，求品製材，求品製材(傳統製材)，高溫乾燥，橡膠木，正角材，生長應力。

## 前 言

森林為「可以再生」的天然資源，但以耗用過多而漸趨匱乏，人們所喜愛的「天然巨木」已彌趨珍貴而難求。因此，如何有效利用小徑木或人工造林之速生樹種，已為林業先進國家爭相研究之課題。惟，一般小徑木，尤其闊葉樹，均具有某種程度的縱向生長應力(longitudinal growth stress)，鋸木(製材)之際即會發生翹曲<sup>(3, 7)</sup>，乾燥後翹曲情形會更加嚴重。生長應力是在樹木生長過程中形成。樹幹之外緣為引張應力(tension stress)，中央為壓縮應力(compression stress)。引張應力在臨界樹皮部份最大，向髓心逐漸減低，到達一中和層(neutral zone)後，隨轉為壓縮

應力；此壓縮應力逐漸增加，至髓心達於最高(圖1.A)。為消除生長應力所引起之翹曲，美國林產研究人員曾試用各種方法，如：設計特殊製材方式；使用特殊疊棹；採行高溫乾燥；實施化學處理以及壓抑措施等；但均未獲得完全成功，尤以闊葉木材為然<sup>(7)</sup>。

至1978年美國林產研究所 Hiram Hallock 再就生長應力所引起之困擾進行深入研究而發展出「鋸—乾—剖」加工方法(Saw-Dry-Rip process, 縮寫為S-D-R或SDR. 14.) 以其就 Yellow poplar 進行試驗之結果顯示，SDR對降低駝背翹(crook)，弓形翹(bow)，以及扭曲(twist)均有助益<sup>(1)</sup>。此一突破性研究成果，可使美國一般中低密度的闊葉小徑木，如 Yellow poplar,

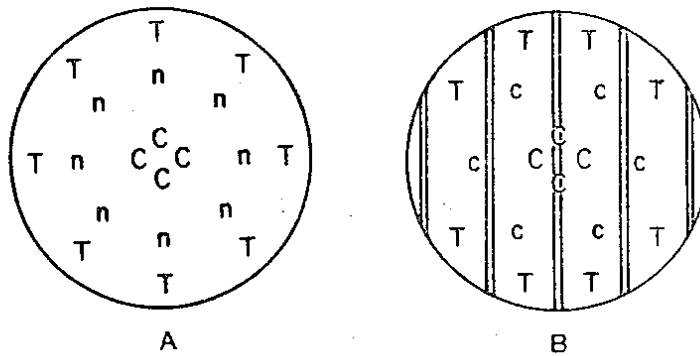


圖1. A) 縱向生長應力之分佈情形。

T=引張應力，n=中性，C=壓縮應力。

B) 連續製材之寬盤木可使生長應力保持平衡。

\*圖片來源：Maeglin, R. R. and R. S. Boone, 1983. "Manufacture of quality yellow-poplar studs using the saw-dry-rip concept." FPJ 33(3), P. 11.

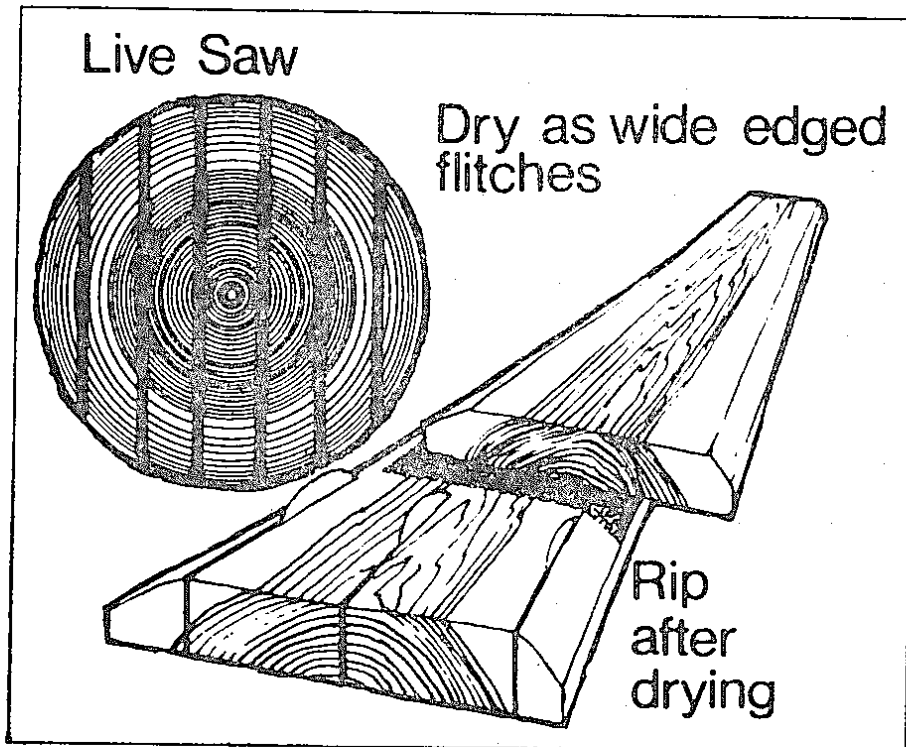


圖2. S-D-R 加工方法圖解

\*圖片來源：Maeglin, R. R., 1978. "Yellow-Poplar studs By S-D-R. Southern." Lumberman. Dec. 15, 1978.

Aspen, Willow, Basswood, Cottonwood, 和 Red alder等，得以用為建材，而紓解了對針葉木的需求壓力<sup>(4,14)</sup>。

所謂 S-D-R 加工方法是先將原木平行同一平面連續鋸製 (live-sawn) 為盤木 (flitches) ，

盤木兩側稍加修整後直接進行高溫乾燥至需要含水率，乾燥完畢後再縱剖為適用尺寸<sup>(1, 4, 3)</sup>，詳如圖 2.所示。其所以能解除生長應力減少翹曲的原理如下：

1) 連續製材可使盤木兩側之引張應力保持平衡(1. B.)，此一應力平衡可防止木材側向偏斜(crook)。惟以大部份原木並非絕對呈圓筒形或其年輪呈同心圓，故應力的平衡並不完美。

2) 寬大的盤木可抑制側向翹曲的趨勢，從而補償了天然均衡之不足。

3) 在乾燥後期，由於乾燥應力之轉換，木材兩側逐漸產生壓縮應力，抵消原有的引張生長應力(tension growth stresses)，木材中央逐漸產生引張應力，抵消原有的壓縮生長應力(compression growth stresses)。

4) 高溫乾燥所採用之溫度(110°C以上)會軟化結合木材纖維之木質素(lignin)，使發生應力的纖維相互滑動而達於無應力狀態。當木質素冷凝後，木材即保持在無應力的狀況下<sup>(7,9,13)</sup>。

Huber 等人<sup>(2)</sup>以 Aspen 進行試驗之結果顯示：(A).SDR 並採行高溫乾燥對降低翹曲之功效最優；(B).SDR 傳統窯乾次之；(C).傳統製材(即求品製材，grade-sawn) 傳統窯乾最差。唯就品等與收率言，却以(C)較佳；此點與其原有之假設相反。Maeglin 與 Boone 等人<sup>(5, 6, 8, 11, 12)</sup>自 1979 至 1985 年間分別以 Aspen, Yellow poplar, Cottonwood, Basswood, Red maple, Sweetgum 以及 Black willow 進行試驗之結果顯示：SDR 對降低翹曲均具效益；試材經貯存一段時期後之翹曲增加程度亦以 SDR 最為輕微。但對幼齡木(juvenile wood)引起縱向翹曲之 Ponderosa pine 言，SDR 未具顯著效益<sup>(10)</sup>。綜上所述，SDR 加工方式實為降低生長應力引起翹曲之突破性發展成果。

近年來本省家具業自南洋地區進口(或自產)

橡膠木(Rubber wood)製品作為木器用料之現象已極為普遍，數量亦逐年增加。唯此種木材多屬小徑木並具有相當程度的生長應力，而業界仍採用傳統的製材與乾燥方法，故利用率偏低；此不僅增加原料成本，對天然資源亦屬浪費。為此，特擬訂該計劃，試就 SDR 加工方式對減低橡膠木製品翹曲之功效進行探討，並將所得資料提供業界參考。本研究承黃清吟及熊如珍小姐協助統計資料，李銘鐘先生協助現場操作，並蒙農委會資助經費，得以完成，併此致謝。

## 材料及方法

### 試驗設計

製驗方法採用兩種：一為求品製材法(grade-sawing)，亦即傳統的製材方法，以獲得最佳品等(grade)與最高材積為製材要旨；另一為連續製材法(live-sawing)，即平行同一平面將原木連續縱剖為一定厚度之盤木(flitches)，至剖完為止。乾燥方法亦採用兩種：一為傳統窯乾；另一為高溫乾燥，以上四種方法組合為下列三種處理：

- (1).CC (對照組)——傳統製材，傳統乾燥；
- (2).SC——連續製材，傳統乾燥；
- (3).SH——連續製材，高溫乾燥。

### 試材來源

本試驗所用試材乃採自嘉義中埔分所約35年生之巴西橡膠木(Heavea brasiliensis, Rubber wood)。共取樣木3株。伐倒後，每隔120cm截取一段，共得20段，分為3組供3種處理之用。分組之際，使每一組內均含有各株樣木之原木段，並儘量使其材積相等。結果兩組含有7支原木，一組含有6支原木。有關試材特性，詳見表1。

表 1. 試材特性

Table 1. Characteristics of material used in experiment

樹種 Common name	Species Scientific name	產地 Origin	直徑 Diameter (cm)	品等 Grade	平均生材含水量 Ave. Green M. C. (%)	平均比重 <sup>(1)</sup> Ave. Sp. Gr. (Wo/Vg)	平均絕乾收縮率 <sup>(2)</sup> Ave. Oven-dry Shrinkage (%)	
							弦向 Tangential	徑向 Radial
橡膠木 Rubber wood	Heavea brasiliensis	臺灣嘉義 Chai-Yi Taiwan	Ave. 35.90 Max. 49.75 Min. 27.01	三等以上 NO. 3 & Better	74.35 (2.21) <sup>(3)</sup>	0.573 (0.010)	5.90 (0.26)	2.76 (0.14)

- (1) 試體數為12. Number of specimen is 12.
- (2) 試體數為20. Number of specimen is 20.
- (3) 括號內數值為標準誤。 Value in parenthesis represents standard error.

製材

本研究之最終製品規格為省內家具工廠所常用之6×6cm正角材。故傳統製材法乃依「求品製材」之要領直接將原木鋸製為6cm正角材。而連續製材法乃先將原木縱剖一最少為7 cm 寬之「開鋸面」(Opening face)；然後平行此一開鋸面鋸割6cm厚之盤木 (flitches)，兩邊修為平行線後準備乾燥。

乾燥

傳統乾燥 (CC 及 SC) 所採用之基準為 T8-D4 (詳見表 2.) 高溫乾燥 (SH) 乃採用蒸汽空氣

混合法 (Mixture of steam and air process)。各處理均選取樣板 4 塊，作為控制窯內情況及測定徑弦向收縮率之用。高溫乾燥之處理程序如下：

1. 乾球110°C，濕球溫度82°C。
2. 開始運轉時，加熱及噴汽系統同時啓用。待濕球溫度升至 82°C 時，即將其控制指針設定在 82°C，同時將乾球溫度之控制指針設定在 110°C。
3. 俟最乾樣板之含水量降至 8 % 時，進行均勻處理；窯內條件調整為乾球溫度 93°C，濕

表 2. 橡膠木 6cm 正角材及 6cm 盤木所採用之傳統窖乾基準—T<sub>8</sub>-D<sub>4</sub>

Table 2. Conventional drying schedule used for 6cm square and 6cm flitch of Rubber wood

平均含水量 Ave. M. C.	乾球溫度 D. B. T.	濕球溫度 W. B. T.	平衡含水量 E. M. C.
%	.....°C.....		%
50以上	54	51°C	14.0
50	54	49	12.1
40	54	46	9.7
35	54	41	6.8
30	60	32	2.6
25	66	38	2.9
20	71	43	3.2
15以下	82	54	3.3
均勻處理 E. T.	82	71	7.6
調節處理 C. T.	82	78	12.9

球溫度 83°C。

4. 待最濕樣板之含水量降至10%左右，進行調節處理。窯內條件調整為乾球 88°C，濕度 84°C。

### 縱 剖

SC 與 SH 兩組盤木試材，經乾燥處理後隨即縱剖為 6cm 正角，並儘量求取最高之製材率。

### 測驗項目

#### 1. 翹曲程度——

本研究旨在探求 SDR 加工方法是否可降低橡膠木製品之縱向翹曲程度，故該項測定至為重要。由於全部試材之終製品規格只有 6cm 正角一種，故無駝背翹 (Crook) 與弓形翹 (Bow) 之分，而統以翹曲 (Warp) 視之 (扭曲亦包含在內)。翹曲程度以最大撓度 (Maximun deflection) 計之。

#### 2. 材積收率——

收率之測定有二：(1)各處理最後所得6cm正角材對其原木材積之百分率，測定之時不考慮翹曲缺點；(2)各處理無翹曲缺點之收率。其計算基礎又為二：一為對其6×6cm 乾材積之百分率，另一為對其原木材積之百分率。

#### 3. 乾燥效果——

乾燥效果之測計包括：乾燥速率；乾燥應力；含水率之均勻性；能源消耗；以及收縮率等五個項目。

#### 4. 機械性質——

為瞭解不同乾燥方法對其機械性質是否具有影響，特參照 ASTM D-143 之標準，將各處理之試材分別進行靜力彎曲 (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) 等五項測定。

#### 5. 吸濕情形——

各組試材經乾燥縱剖後，逢機選取10支鋸製為 2×2×25cm 鉋光試體，置於室內，每月測定其重量一次，並將室內之溫濕度記錄之，以觀察在自然溫濕度的變化下。不同處理試體之含水量變化，藉以判斷其吸濕情形。

## 結果與討論

### 翹曲程度

各處理不同翹曲撓度所佔之百分率詳見表 3。未發生翹曲之試材比率：SH 處理 (連續製材，高溫乾燥) 為 65.39；SC 處理 (連續製材，傳統窯乾) 為 65.31%；而對照組之 CC 處理 (傳統製材，傳統窯乾) 僅為 37.34%。若將撓度小於 6mm 計入，則 SH 為 90.38%；SC 為 93.88%；CC 為 48.00%。

其平均翹曲 (表 4.) CC 為 6.55mm，SC 為 1.84mm，SH 為 1.92mm。經變方分析結果，差異在 0.01 水準顯著，再經鄧肯試驗 SC 與 SH 之間之差異在 0.05 水準不顯著。此足以顯示，只要採用連續製材 (SDR) 不論傳統窯乾或高溫乾燥，對縱向應力所引起之翹曲均具降低效益；而 SC 與 SH 對 CC (對照組) 之翹曲降低率分別為 71.91% 及 70.69%。在翹曲幅度方面，亦以 CC. 30mm 為最大，SC. 12mm 次之，SH. 11mm 最小。

以上所得結果與 Huber<sup>(2)</sup>及 Maeglin<sup>(9)</sup>等人分別就 Aspen 及 Yellow-poplar 進行試驗所得之結果相同。

表 3. 各處理之翹曲百分率

Table 3. Warp percent frequency by treatment

翹曲撓度 Warp deflection (mm)	處 理 <sup>(1)</sup> Treatment		
	CC (%)	SC (%)	SH (%)
0	37.31	65.31	65.39
0.5~ 3.5	1.33	10.20	0
3.5~ 6.5	9.33	18.37	25.00
6.5~ 9.5	24.00	2.04	7.69
9.5~12.5	10.67	4.08	1.92
12.5~15.5	6.67	0	0
15.5~18.5	6.67	0	0
18.5~21.5	1.33	0	0
21.5~24.5	0	0	0
24.5~27.5	1.33	0	0
27.5~30.5	1.33	0	0
Total (%)	100	100	100

(1) CC=傳統製材，傳統窖乾 (Conventional sawing/conventional drying).

SC=連續製材，傳統窖乾 (SDR live sawing/conventional drying).

SH=連續製材，高溫乾燥 (SDR live sawing/high-temperature drying).

表 4. 翹曲之平均值、幅度、以及對 CC 處理之降低百分率

Table 4. Warp average, range, and percent reduction over CC treatment

處 理 <sup>(1) (2)</sup> Treatment	平均 翹 曲 <sup>(3)</sup> Average warp (mm)		幅 度 <sup>(4)</sup> Range (mm)	對 CC 之降低率 Reduction over CC (%)
CC	6.55	A	30	—
	(0.76) <sup>(5)</sup>			
SC	1.84	B	12	71.91
	(0.42)			
SH	1.92	B	11	70.69
	(0.40)			

(1) CC=傳統製材，傳統窖乾 (Conventional sawing/conventional drying).

SC=連續製材，傳統窖乾 (SDR live sawing/conventional drying).

SH=連續製材，高溫乾燥 (SDR live sawing/high-temperature drying).

(2) 各處理之樣本數：CC=75, SC=49, SH=52.

Total number of samples per treatment: CC=75, SC=49, SH=52.

(3) 平均值後註有相同字母者表示鄧肯氏新多變域法測定結果差異在 0.05 水準不顯著。

Comparable means followed by the same letter are not significantly different at 0.05 level according to Duncan's new multiple range test.

(4) 幅度自 0 至表列數字。 Range is from 0 to value shown.

(5) 括號內數值係指標準誤。 Value in parenthesis represents standard error.

材積收率

如表 5. 所示, CC 處理 (傳統製材, 傳統窯乾) 之 6×6cm 乾正角收率為 43.26%; SC (連續製材, 傳統窯乾) 為 33.44%; SH (連續製材, 高溫乾燥) 為 31.10%。雖然 SC 與 SH 顯示了較低之乾材積收率, 並不能論斷 SDR 加工方式對收率具有不利影響; 因為各處理所用原木之品等與徑級並不

相同 (表 6.)。同時若就各處理所得 6×6cm 乾正角總材積中無翹曲試體所佔之比率觀之, 則 SH 為 47.73%; SC 為 40.12% 而 CC 僅為 37.35%。對其原木材積之比率亦分別為: SH=20.39%; SC=21.77%; CC=16.15%。故就無翹曲或可利用之材積收率言, 仍以 SH 及 SC 為佳。

表 5. 6cm 乾正角及無翹曲 6cm 乾正角之材積收率

Table 5. Yields by percentage of volume of 6cm dry- and zero warp 6cm dry-square

處理 <sup>(1)</sup> (2)	原木材積 Vol. of saw logs	6cm 乾正角材積 Vol. of 6cm dry square	6cm 乾正角收率 Yield of 6cm dry square	無翹曲 6cm 乾正角材積 Vol. of zero warp 6cm dry square	無翹曲 6cm 乾正角收率 Yield of zero warp 6cm dry square	
					對原木 Based on lgos	對 6cm 正角 Based on 6cm square
	.....m <sub>3</sub> .....		%	.....m <sub>3</sub> .....		
CC	0.794	0.324	43.26	0.121	16.15	37.35
SC	0.634	0.212	33.44	0.138	21.77	40.12
SH	0.721	0.225	31.10	0.147	20.39	47.73

- (1) CC=傳統製材, 傳統密乾 (Conventional sawing/conventional drying).  
 SC=連續製材, 傳統密乾 (SDR live sawing/conventional drying).  
 SH=連續製材, 高溫乾燥 (SDR live sawing/high-temperature drying).

(2) 各處理之樣本數 (Total number of samples per treatment): CC=75, SC=49, SH=52.

表 6. 各處理所用原木之首末端平均直徑差

Table 6. Average difference of diameter between butt- and top-end of the logs used for experiment

處理 <sup>(1)</sup>	首端平均 Ave. butt-end	末端平均 Ave. top-end	差異平均 Ave. difference	差異幅度 Range of difference
	.....cm.....			
CC	35.64	30.80	4.84	1.7~14.5
SC	36.33	32.20	4.20	0.5~22.5
SH	42.67	33.92	8.67	1.0~26.0

- (1) CC=傳統製材, 傳統密乾 (Conventional sawing/conventional drying).  
 SC=連續製材, 傳統密乾 (SDR live sawing/conventional drying).  
 SH=連續製材, 高溫乾燥 (SDR live sawing/high-temperature drying).

乾燥效果

各處理原始與最後含水量經 F-值測驗結果，差異在0.05水準不顯著，此可說明各處理之試材在乾燥前後，其含水量之均勻性均在同一水平。乾燥速率經變方分析結果，差異在0.01水準顯著，再經鄧肯試驗，各處理間之差異在 0.05 水準亦顯著：以SH之速率最高，CC次之，SC 最低。電力總消耗之情況則相反：以SC最高為753度，CC居中623度，SH最低521度（表7。）。

綜合以上，SH 與對照組 CC 相比，可節省乾燥時間54.06%，節省能源16.37%，增加乾燥速率57.34%；與 SC 相比，可節省乾燥時間69.72%，節省能源30.81%，增加乾燥速率73.02%。故乾燥

效益仍以 SH 處理為最佳。

在乾燥應力方面，CC 處理施以5小時的調節處理表面僵化 (casehardening) 已完全解除；SH 與 SC 各施以6小時的調節處理，四塊樣板（每一處理）中除各有一塊尚存輕微之表面僵化外，餘者均已完全解除。

各處理在乾燥過程中之含水量降低情形，詳見圖3。由該圖可明顯看出，雖然 CC 與 SC 採用同一乾燥基準（表2.）而且厚度均為6 cm；但6 cm正角（CC 處理）之乾燥速度仍較6 cm盤木（SC 處理）為快，可縮短乾燥時間約34%，換言之，板之寬度對乾燥速率仍具有影響。

表 7. 6cm 厚橡膠木不同處理之乾燥資料  
Table 7 Drying data by treatment for 6cm Rubber wood

處理 <sup>(1)</sup> Treatment	樣板數 Number of sample	原始含水量 Initial M. C. (%)	最後含水量 Final M. C. (%)				乾燥時間 (在窯時間) Drying time (kiln residence time) (hrs.)	總消耗電力 Total power consumption (kwh)	平均消耗電力 Ave. power consumption (kwh/hr.)	乾燥速率 <sup>(4)</sup> Drying rate (%MC/hr)
			平均 <sup>(2)</sup> Average	表層 <sup>(3)</sup> Shell	心層 <sup>(3)</sup> Core	差異 <sup>(3)</sup> Difference				
CC	4	73.62 (4.46)	8.86 (0.36)	7.72 (0.29)	10.27 (0.61)	2.55 (0.33)	190.5	623	3.2	0.340 (0.022)
SC	4	71.33 (2.82)	9.36 (1.01)	8.18 (0.53)	10.33 (1.35)	2.15 (.87)	289.0	753	2.6	0.215 (0.010)
SH	4	78.12 (4.24)	8.37 (1.02)	7.41 (0.37)	9.22 (1.21)	1.81 (0.86)	87.5	521	5.9	0.797 (0.039)

(1) CC=傳統製材，傳統窯乾 (Conventional sawing/conventional drying).

SC=連續製材，傳統窯乾 (SDR live sawing/conventional drying).

SH=連續製材，高溫乾燥 (SDR live sawing/high-temperature drying).

(2) F值測驗結果各處理試材之原始與最後平均含水量均勻程度之差異在 0.05 水準不顯著。

After F-test, differences of the uniformity of initial and final average M. C. between treatment are not significant at 0.05 level.

(3) 變方分析結果，各處理面之差異在 0.05 水準不顯著。

After analysis of variance, differences between treatments are not significant at 0.05 level.

(4) 變方分析結果，各處理面之差異在 0.01 水準顯著；再經鄧肯氏新多變域檢定法測定結果各處理間之差異在 0.05 水準亦顯著。

After analysis of variance, differences between treatments are significant at 0.01 level; and then after Duncan's new multiple range test, it also shows significant differences between treatments.



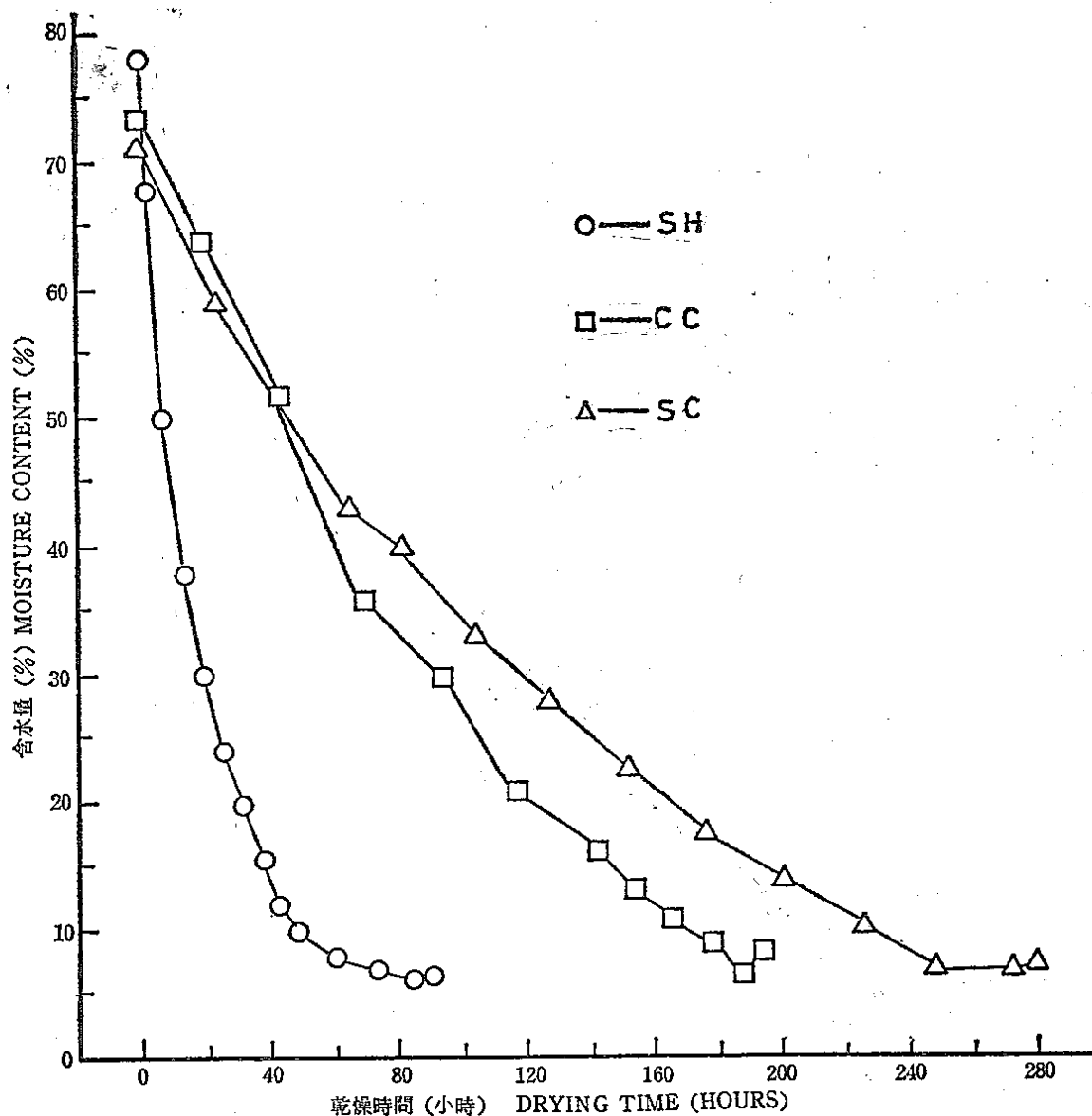


圖 3 6cm 橡膠木不同處理之乾燥曲線  
Fig 3. Drying curves by treatment for 6cm Rubberwood

### 收 縮 率

各處理之徑弦向收縮率與含水量之關係分別詳示於圖 4. 及圖 5. 各該收縮率經共變異分析 (Analysis of covariance) 差異在 0.01 水準顯著。在弦向收縮方面，乾燥初期 SH 之收縮率較 CC 與 SC 均大，但其斜率較兩者均為緩和；故當含水量降

至 15% 左右時，SH 線即與 CC 及 SC 兩曲線相交而變為最低，在徑向收縮方面，乾燥初期，SH 之收縮率較 SC 為高，斜率亦較 SC 為緩和；但與 CC 相比，其收縮率頗為接近，且稍低於 CC，斜率亦頗類似，雖在含水量 20% 左右交會而高出 CC，但仍保持接近。

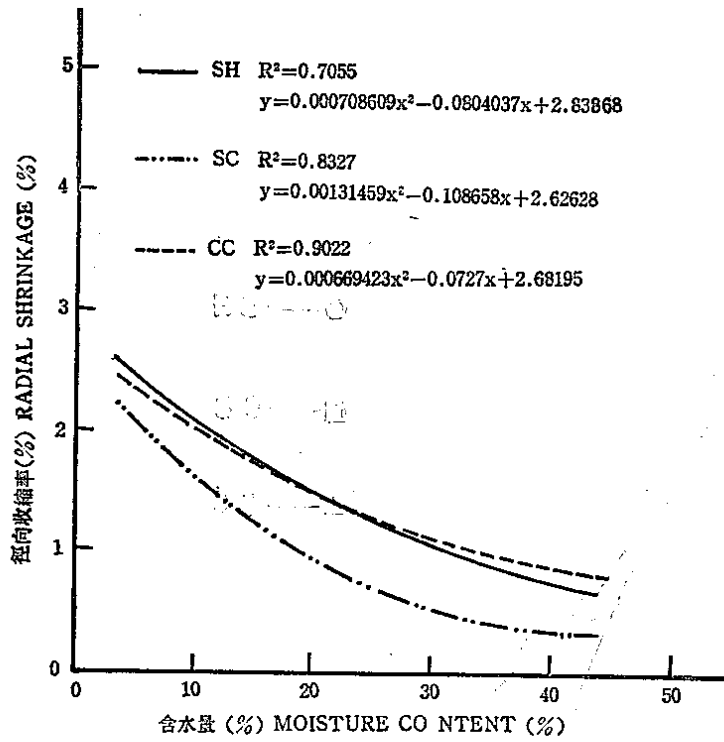


圖 4 不同處理 6cm 橡膠木之含水量與徑向收縮率關係

Fig 4. Relationship between M. C. and radial shrinkage by treatment for 6cm Rubber wood.

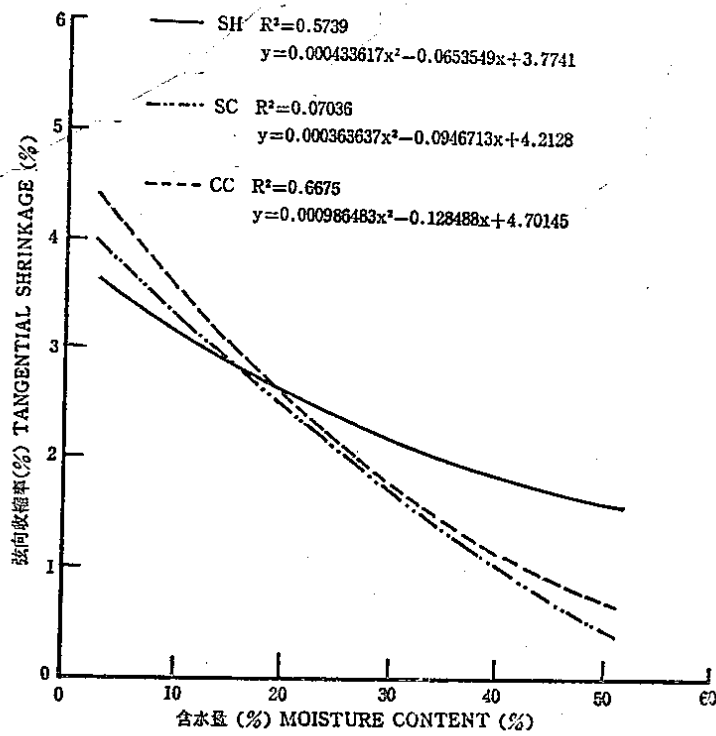


圖 5 不同處理 6cm 橡膠木之含水量與弦向收縮率關係

Fig 5. Relationship between M. C. and tangential shrinkage by treatment for 6cm Rubber wood.

機械性質

為探求傳統窯乾與高溫乾燥對木材之強度性質是否具有影響，特將不同處理之試材進行靜力彎曲，衝擊彎曲及縱向壓力，縱向剪力等試驗(表8)。測試時之試材含水量為CC=10.77%；SC=11.33%；SH=11.84%，測試完畢後，再將全部數據調整至含水量12%之同一標準進行比較，結果顯示：SH之破壞係數(MOR)與彈性係數(MOE)均較CC與SC為遜，但與CC之差異不顯著。在

衝擊彎曲方面，以SC為最強，且與CC及SH之差異顯著，但CC與SH之間之差異不顯著。縱切面之硬度SH遜於CC及SC，且差異顯著，但CC與SC之間之差異不顯著。其餘縱向壓力，縱向剪力，橫切面之硬度，以及彈性限界之纖維應力等各處理間之差異均不顯著。

綜合以上觀之，高溫乾燥材之某些強度(如MOR, MOE等)有稍稍減弱之趨勢，此或因本試驗SH試材之比重較CC與SC為低所使然。

膠 8 不同處理橡膠木之機械性質比較<sup>(6)</sup>

Table 8. Comparison of mechanical properties for Rubber wood by treatment

處理 <sup>(1)</sup> Treatment	含水率 <sup>(3)</sup> M.C. (%)	比重 <sup>(3)</sup> SP/GR (Wo/Va)	靜力彎曲(kg/cm <sup>2</sup> ) static bending			縱向壓力 <sup>(4)</sup> Compressin parallel to grain (kg/cm <sup>2</sup> )	縱向 <sup>(4)</sup> 剪力 Shear parallel to grain (kg/cm <sup>2</sup> )	衝擊彎曲 <sup>(3)</sup> 吸收之能量 Energy absorptin of impact bending (kg-m/ cm <sup>2</sup> )	硬 度 Brinell hardness (kg/mm <sup>2</sup> )	
			破壞 <sup>(3)</sup> 係數 MOR	彈性 <sup>(3)</sup> 纖維應力 Fiber stress at elastic limit	彈性 <sup>(3)</sup> 係數 MOE				縱切面 <sup>(3)</sup> Longi- tudinal surface	橫切面 <sup>(4)</sup> End surface
CC	10.77 B (0.27)	0.629 A (0.006)	1045 (41) <sup>(5)</sup>	565 (31)	121700 (4800)	593 (11)	145 (9)	0.597 (0.048)	2.47 (0.06)	6.15 (0.24)
	12		996 AB (39)	532 (30)	118800 AB (4700)	552 (10)	140 (9)	0.600 B (0.048)	2.39 A (0.05)	5.86 (0.23)
SC	11.33 AB (0.22)	0.628 A (0.004)	1114 (28)	554 (12)	132200 (4100)	596 (18)	121 (12)	0.750 (0.026)	2.53 (0.15)	5.77 (0.35)
	12		1085 A (27)	536 (12)	130400 A (4000)	572 (17)	119 (12)	0.752 A (0.026)	2.49 A (0.15)	5.62 (0.34)
SH	11.84 A (0.28)	0.581 B (0.007)	970 (35)	549 (23)	111700 (3600)	540 (18)	152 (7)	0.548 (0.035)	2.04 (0.16)	5.35 (0.29)
	12		964 B (35)	545 (23)	111400 B (3600)	534 (18)	151 (7)	0.548 B (0.035)	2.03 B (0.13)	5.32 (0.29)

(1) CC=連續製材，傳統窯乾 (Conventional sawing/conventional drying)

SC=連續製材，傳統窯乾 (SDR live sawing/conventional drying)

SH=連續製材，高溫乾燥 (SDR live sawing/high-temperature drying)

(2) 試體數：含水率與比重各20，其餘各12。

Total number of specimen 20 each for M. C. & SP/GR, 12 each for all the rest.

(3) 平均值後註有相同字母者，表示經鄧肯氏新多變域檢定法測定結果差異在0.05不顯著。

Comparable means followed by the same letter are not significantly different at 0.05 level

(4) 變方分析結果差異在0.05水準不顯著。

After variance analysis differences between treatments are not significant at 0.05 level

(5) 括號內數值為標準誤。 Values in parenthesis are standard errors

(6) 變方分析係以含水率推算至12%為準。 Variance analysis based on converted M. C. of 12%

表 9 不同處理 2 × 2 × 25cm 橡膠木試體在室內之平均含水量變化  
Table 9. Indoor change in average M.C. of 2\*2\*25cm Rubber wood specimen by treatment

處理 (1) (2) Treatment	原 始 Initial	每兩週之平均含水量變化 Change in avery two weeks												均 值 (3) Mean	
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24		26
CC	10.43 (0.4) (4)	11.80 (0.09)	11.07 (0.09)	12.96 (0.07)	13.11 (0.05)	12.90 (0.08)	12.59 (0.05)	12.05 (0.05)	12.35 (0.05)	12.38 (0.04)	12.05 (0.04)	11.80 (0.04)	11.23 (0.04)	10.76 (0.04)	1.68 (0.21)
SC	10.29 (0.17)	11.59 (0.16)	10.81 (0.13)	12.88 (0.11)	13.03 (0.09)	12.82 (0.08)	12.37 (0.08)	11.81 (0.07)	12.16 (0.07)	12.19 (0.08)	11.81 (0.07)	11.54 (0.07)	10.93 (0.07)	10.46 (0.07)	1.58 (0.23)
SH	10.46 (0.47)	10.91 (0.44)	10.00 (0.33)	11.69 (0.38)	11.79 (0.28)	11.66 (0.25)	11.24 (0.22)	10.77 (0.18)	11.02 (0.19)	11.02 (0.20)	10.71 (0.19)	10.47 (0.17)	9.93 (0.15)	9.53 (0.13)	0.56 (0.14)
溫 度 (°C)	15.7	19.2	18.0	22.0	23.6	26.3	26.1	27.8	28.8	30.1	30.7	31.2	31.7		
相對濕度 (%)	75.5	69.0	82.5	75.2	75.7	72.8	69.8	74.4	70.4	68.3	65.9	60.6	61.2		

(1) 各處理之樣本數 (Total number of specimen per treatment) = 10

(2) C C = 傳統製材, 傳統蓄乾 (Conventional tawing/conventional drying)

S C = 連續製材, 傳統蓄乾 (SDR live sawing/conventional drying)

S H = 連續製材, 高溫乾燥 (SDR live sawing/high-temperature drying)

(3) 每兩週平均含水量與原含水量之差之平均值, 線段相連數值表示經羅肯氏新多變域檢定結果, 差異在0.05水準不顯著。

Mean of differences between initial M.C. and change in ave. M.C. in every two weeks Lineconnecting values indicate no significant difference between connected values according to Duncan's new multiple range test.

(4) 括號內數值係標準誤。 Value in parenthesis are standard error.

### 吸濕情形

本項測定旨在探求不同乾燥處理是否對未來之吸濕情形具有影響，經26週之觀察結果，SH之含水量變化較CC與SC均為緩和，經完全逢機區集設計變方分析 (Analysis of variance of a completely randomized blocks design) 結果，各處理每兩週平均含水量與原始含水量之差異在0.01水準顯著；再經鄧肯氏新多變域檢定結果，CC與SC之差異在0.05水準不顯著，但SH與CC及SC之間的差異在0.01水準均顯著。此足以說明高溫乾燥材在室內自然溫濕度的變化下，其吸濕（回潮）情形較傳統窯乾材為緩和，亦即其穩定情形較佳（表9）。

### 結論與建議

1. SC（連續製材，傳統窯乾）與SH（連續製材，高溫乾燥）處理之平均翹曲均較CC（傳統製材，傳統乾燥）為低，「鋸一乾一剖」（SDR）加工方法具有降低橡膠木之翹曲之功效。
2. SH與SC之無翹曲試材收率均較CC為高。
3. SH比CC節省乾燥時間54%以上，節省能源16%以上；比SC節省乾燥時間約70%，節省能源約31%，故乾燥效益以SH為最佳。
4. 各處理之徑弦向收縮率均與其含水量成曲線相關。
5. SH處理之某些強度如MOR, MOE, 縱向硬度，及衝擊彎曲等均稍低於SC及CC；但除硬度外與CC之差異均不顯著，其餘強度，三種處理之差異均不顯著。
6. 在室內自然狀況下，高溫乾燥材之含水量變化較傳統窯乾材為緩和。
7. 根據此一研究結果顯示，SDR加工方法具有經濟價值及發展潛力，應對其他具有生長應力之樹種進行類似試驗。

## The Efficiency of Saw-Dry-Rip Process on Reducing Warp of Rubber Wood 6cm Square

Sy-Yung Jai

### Summary

The Saw-Dry-Rip (SDR) process was developed by the Forest Products Laboratory, Madison, Wis., USA, to reduce warp during lumber manufacturing and drying. It is used on low- and medium-density species such as aspen and yellow poplar which are prone to warp because of longitudinal growth stress. Most previous studies indicated that SDR, especially along with high-temperature drying, has the ability to reduce warp in processing small diameter hardwoods for structural lumber. The SDR process consists of live-sawing logs through and through on the same plane into flitches, drying them, and then ripping to final dimensions.

The objective of this research was to evaluate the efficiency of SDR in reducing warp of 6cm square from Rubber wood. Twenty sample bolts, 120cm in length, 35cm in diameter, cut from three 35-year-old Rubber trees in Chai-Yi, southern part of Taiwan, were used for this study. The effects of two sawing methods, grade-sawing (conventional-sawing) and live-sawing (through and through on one plane), and two drying methods, conventional-drying (T8-D4, below 83°C) and high-temperature drying (mixture of steam and air process, 110°C) were compared in three treatment groups:

- A). CC=Conventional sawing/conventional drying.
- B). SC=SDR live sawing/conventional drying.
- C). SH=SDR live sawing/high temperature drying.

The final cut size of the test board was 6×6×120cm.

The data showed that for Rubber wood:

- 1). Live-sawing, whether with conventional or high temperature drying, produced straighter 6cm squares than conventional-sawing. SC treatment reduced warp about 72 percent over the CC control, and SH treatment reduced warp almost 71 percent (Table 4).

2). SH and SC showed the least amount of warp, with 65.39 percent and 65.31 percent, respectively, of the sample boards having zero warp. While CC control only had 37.34 percent with zero warp (Table 3.).

3). Treatment SH reduced drying time over 54 percent and saving energy over 16 percent compare to CC; and about 70 percent and 31 percent reduction in drying time and power consumption respectively compared to SC (Table 7.).

4). The volume yield of 6cm square with zero warp for SH and SC were both higher than CC (Table 5.).

5). Though high-temperature dried material (SH) showed slightly lower values in MOR, MOE, hardness on longitudinal surface, and impact bending than conventional-temperature dried material (CC and SC), the differences between SH and CC were not significant at 0.05 level, with the exception of hardness. In addition, no statistically significant differences between treatment were found in all the rest items tested (Table 8.).

6). The moisture movement for high-temperature dried material (SH) was significantly slower than conventional-temperature dried ones (Table 9.).

7). The problems of warp in Rubber wood lumber can be greatly reduced by using the SDR process.

8). SDR process appears to be a economical approach to utilizing warp-prone young-growth Rubber wood; and it should be tried with some other small diameter hardwood species to demonstrate their utility as furniture making or structural material.

**KEYWORDS:** Saw-Dry-Rip, SDR, live-sawing, grade-sawing, high-temperature drying, Rubber wood, squares, growth stress.

引用文獻

1. Hallock, H., and E. H. Bulgrin. (1978). A look at yellow-poplar for studs. USDA Forest Service, FPL research note 0238. 7pp.
2. Huber, H., R. R. Maeglin, and D. Bozaan. (1984). Commercial evaluation of SDR (Saw-Dry-Rip)—using aspen for door parts. FPJ 34 (11/12): 35-39.
3. Larson, T., R. W. Erickson, and H. D. Petersen. (1983). Saw-Dry-Rip processing: Taking the crook out of the stud game. Agricultural Experiment Station Series No. 1,884 University of Minnesota, St. Paul, MN 55108.
4. Maeglin, R. R. (1978). Yellow-poplar studs by S-D-R. Southern Lumberman, issue of Dec. 15, 1978. 3pp.
5. \_\_\_\_\_. (1979). Could S-D-R be the answer to the aspen oversupply problem? Northern Logger and Timber Processor July 1979. pp. 24-25.
6. \_\_\_\_\_, and R. S. Boone. (1980). High quality studs from small hard woods by the SDR process. Proceedings of the Twenty-Third Annual Joint Meeting of the Midwest and Wisconsin-Michigan Wood Seasoning Associations, pp. 36-51, Dec. 1980.
7. \_\_\_\_\_, and \_\_\_\_\_. (1981). Manufacturing quality structural lumber from hardwoods using the Saw-Dry-Rip process. Proceedings of Ninth Annual Hardwood Symposium of the Hardwood Research Council, 1981.
8. \_\_\_\_\_, E. H. Bulgrin, and H. Y. Hallock. (1981). Yield comparisons between 4/4 lumber and SDR studs from small woods-run yellow-poplar logs. FPJ 31(3): 45-48.
9. \_\_\_\_\_, and R. S. Boone. (1983). Manufacture of quality yellow-poplar studs using the Saw-Dry-Rip (S-D-R) concept. FPJ 33(3): 10-18.
10. \_\_\_\_\_, and \_\_\_\_\_. (1983). An evaluation of Saw-Dry-Rip (SDR) for the manufacture of studs from small ponderosa pine logs. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, Research Paper FPL-435. 7pp.
11. \_\_\_\_\_, and \_\_\_\_\_. (1985). Evaluation of mixed hardwood studs manufactured by the Saw-Dry-Rip (SDR) process. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, Research Note FPL-0249. 10pp.
12. \_\_\_\_\_, (1985). Using poplar wood for structural lumber: The SDR Process. Paper presented at the 22nd Annual Meeting of the Poplar Council of the United States, 1985 June 25-27; Lawrence, KS. 10pp.
13. Simpson; W. T. (1983). Methods of reducing warp when drying. ASIAN TIMBER, 2(5): 80-81.
14. USDA Forest Products Laboratory. (1982). Process turns out studs without the usual warp. Forest Industries, Sep. 1982. pp. 18-19.