

# 輸出用 木材加工品の 品質改善에 關한 研究

1. 참나무, 라민 및 나왕의 人工乾燥 스케줄\*1

丁 丙 載\*2

## A Study on Quality Improvement of Exporting Wood Products

### I. Kiln Drying Schedules for Oak, Ramin and Meranti

Byung Jae Chung\*2

The exports of plywood are increasing annually and it has ranked first in the world market because of the high quality product and manufactured using modern techniques. However, it is known that the exports of the other wood products, except plywood, is inactive because of their low quality. Accordingly, to increase the exports of various wood products investigations were carried out on kiln drying techniques to improve the quality of the wood.

Wet wood should be kiln dried before use to prevent various drying defects such as distortion, shrinkage etc., which would develop after processing, and also wet wood is not suitable for cutting, gluing and finishing. Therefore, the kiln drying properties of lumber from such species as oak, ramin and meranti which are used in large quantity for manufacturing exporting wood products have been studied.

The results of the research are summarized as follows.

(1) The end checks and the time for drying from initial moisture content of about 40 percent to 5 percent moisture content in oven-dry were investigated as follows:

Species	End checks	Time (hrs.)
Oak	Very severe	44
Ramin	Severe	18
Meranti	Mild	26

(2) The kiln dried results, for 30mm stock, which are presented by using kiln schedule table 3 are as follows:

Species	Sample No.	Initial MC (%)	Final MC (%)	Drying time	Drying rate	Drying defects.
Meranti	1	85	21	185.50	8.31	Medium casehardening
	2	88	19	185.50	8.96	
	3	92	19	185.50	9.48	

\*1. 이 論文은 科學技術處研究開發計劃에 依하여 實施된 研究結果임

\*2. 全南大學校 農科大學 · 林業試驗場 共同研究教授  
Professor, Jeonnam University, Kwangju

Ramin	1	64	9	185.50	7.14	None
	2	63	9	185.50	7.01	
	3	63	9	185.50	7.01	
Oak	1	66	15	185.50	5.32	Severe
	2	58	17	185.50	5.32	casehardening
	3	60	12	185.50	6.23	

(3) The kiln schedules for ramin, meranti and oak are given respectively as follows:

Ramin kiln schedule : Table 17 and Table 18.

Meranti schedule : Table 12.

Oak schedule : Table 15.

## 1. 緒 言

우리 나라 합판工業은 最新의 施設을 導入하고 또한 優秀한 製造技術을 開發하므로써 合板 輸出額은 每年 增加하여 드디어 世界 第1位의 合板 輸出國으로 登場하게 됨은 周知하는 바와같다. 그러나 合板 以外の 各種 木材加工品의 輸出은 極히 不振한 實情에 있음은 主로 木製品의 낮은 品質에 起因하는 것으로 알려져있었다.

一般으로 濕材(wet wood)를 加工하면 切削, 接着 및 塗裝(finishing)等에 있어서 各種의 被害를 誘發하므로 先進國에 있어서는 모든 木材加工 處理에 于先하여 木材加工의 基礎工程으로 木材乾燥를 實施하고 있는 實情이며, 現今 우리 나라에 있어서도 各種의 木材人工乾燥裝置 즉 Hildebrand, Moore dry kiln 및 Kimura (木村) 式 등이 導入되고, 또는 木材加工 工場 自體에서 建設된 各種의 裝置(木材乾燥工業 現況表參照)가 利用되고 있으므로 木材乾燥 施設面에 있어서는 많은 進歩와 多樣性을 보이고 있으나 木材乾燥 技術面에서 檢討할 때는 小數의 工場을 除外하면 많은 工場에 있어서 木材人工乾燥에 對한 徹底한 技術指導 및 啓蒙 등이 부족하고 있는 實情에 있다. 特히 國產樹種에 對한 人工乾燥法 즉 人工乾燥스케줄에 對하여는 尙今 發表된 文獻은 거의 찾아 볼 수 없으므로 本 研究에 있어서는 輸出用材로서 그 使用量이 比較的 많은 國產樹種인 참나무에 對한 人工乾燥스케줄을 究明하는 同時에 外材인 라민(ramin)과 나왕(lauan, 주로 meranti)에 對한 人工乾燥 스케줄을 다루었다.

外材에 對한 人工乾燥 스케줄은 이미 外國에서 究明된 바 있으나, 그들 스케줄 適用에 있어서는 供試木의 初期含水率의 調節과 最終含水率等의 決定에 있어서 韓國의 氣象의 條件에 支配되는 바가 적지 아니하므로 그들의 스케줄 適用에 關한 問題도 아울러 檢討하

였다.

끝으로 本 研究은 科學技術處 研究開發計劃에 依하여 實施되었음을 밝혀두는 바이며, 또한 本 研究 推進에 있어서 많은 支援과 協助을 아끼지 아니한 林業試驗場 李承潤場長 및 趙在明 木材利用 科長에게 深甚한 謝意를 表하는 同時에 試驗進行에 있어서 積極盡力한 林業試驗場 木材加工研究室 李鎔大 研究官 朴相珍 研究士, 柳暢夏, 宋裕植, 趙玠樟 및 徐德禮 研究員 諸位에게 感謝하는 바이다. 또한 本 研究 推進에 있어서 市中에서는 入手하기 어려운 試驗用 供試木을 提供하여 주신 東洋木材工業株式會社 및 크라운 펄프株式會社를 비롯하여 貴重한 參考資料를 提供하여 주신 英昌樂器製造株式會社 等에 對하여 深甚한 謝意를 表하는 바이다.

## 2. 試驗 方法

### 2.1. 試驗材料

本 研究에 使用한 供試木의 樹種 및 그 크기는 다음과 같다.

樹種 : 참나무류, 라민(ramin), 나왕(lauan-meranti)  
 供試木의 크기 : 100°C oven-dry에 使用한 供試木은 두께 20mm, 넓이 90mm, 길이 200mm이며 kiln dry에 使用한 供試木은 두께 30mm 및 60mm, 넓이 90mm, 길이 600mm이다.

이들의 供試木은 市販 原木 또는 製材木을 入手하여 鋸削 및 鉋削(surfacing)等을 實施하여 上記한 치수로 마무리하였다.

人工乾燥中 供試木의 木口割裂을 防止하기 爲하여 kiln dry하기 前에 asphalt 30%, coal tar 70%를 配合한 防水劑를 木口面에 塗布(end coating)하였다.

### 2.2. 試驗方法

木材乾燥工業 現況表  
The real state of kiln drying industry in Korea

企業體名 Name of factory	代表者名 Name of factory owner	輸出木製品의 種類 Exporting wood products	木材乾燥裝置의 種類 Type of dry kiln	使用하는스케줄 Schedule in use	使用樹種名 Species in use
瑞原産業 (Sou Won Industrial Co.)	林大喆 Dae-chul Lim	玩具 미선테블, 木箱子 日用雜貨 (toy, machine Table, wooden box, miscellaneous goods)	Moore dry kiln (U.S.)	美國 스케줄 (U.S.-schedule)	라민(ramin) 나왕(lauan) 나토(nato)
三益피아노 (Sam Ick Piano Co.)	李孝益 (Hyo-Ick Lee)	피아노 (Piano)	自體開發裝置 (Own made kiln)	自體開發스케줄 (Own schedule)	가문비(spruce) 나왕(lauan) 라민(ramin) 고로쇠나무(maple) 물푸레나무(ash) 호도나무(walnut) 서어나무(seo-namu) 층층나무(cheunchung namu) 가중나무(kajung namu) 나토(nato) 당길(tangile)
英昌樂器 (Yung Chang-akki Co.)	金在燮 (Jae-Seop Kim)	피아노, 오르간 하모니카, 완구 상자류 (Piano, organ, harmonica, toy, box)	힐데부란드 Hildebrand	라민 스케줄 (ramin schedule -U.S.) 其他스케줄-日本 (other schedule -Japan)	가문비(spruce) 고로쇠나무(maple) 참나무(oak) 라민(ramin) 자작나무(birch) 호도나무(walnut) 층층나무(cheungcheung namu)
東和企業 (Tong Hwa Enterprise Co.)	承相培 Sang-Bae Seung	나왕製材品 (lumber-lauan)	히르데부란드 (Hildebrand)	自體및日本스케줄 (Own and Japan schedule)	나왕 其他 (lauan and others)
三益物産 Sam Ick Mulsan Co.	李孝益 Hyo-Ick Lee	메로디온 (melodeon) 하모니카 (harmonica) 창(door, window)	기무라型 (Kimura type-Japan)	自體開發 (Own schedule)	나왕(lauan)당길(tangile) 가문비(spruce) 고로쇠나무(maple) 자작나무(birch) 계몽강(geronggung) 나토(nato)
크라운골프 Crown Golf Co.	李成又 (S. W. Lee)	골프타두 (Golf club head)	自體開發 (Own made)	自體開發 (Own schedule)	감나무(persimmon)

2.2.1. 100°C Owendry試驗法

供試木의 人工乾燥 特性을 迅速하게 把握하기 爲하여 供試木의 含水率을 約 40~50%로 調整하여 100°C 恒溫으로 調節된 乾燥機(oven dryer)에 供試木을 넣고 急激히 乾燥할 때 그 木口面에 形成되는 木口割裂(end check)과 含水率 5%까지 乾燥하는데 所要되는 乾燥時間을 測定 比較하였으며, 또한 이것을 이미 人工乾燥法이 究明된 供試木을 上述한 바와 같이 100°C oven dry 할 때 形成되는 木口割裂과 乾燥時間等을 서로 比較檢討하므로써 人工乾燥法 未知의 樹種에 對한 乾燥特性을 概略적으로 把握하는 資料로 使用할 수 있게 하

였다.

2.2.2. 人工乾燥 試驗法

本 研究를 遂行하기 爲하여 製作된 實驗用 乾燥裝置 內에서 一定한 乾燥條件 아래 供試木을 乾燥하고, 同供試木의 初期含水率, 最終含水率, 乾燥時間 및 그 乾燥條件에 依하여 誘發되는 乾燥缺陷等을 測定하여 供試木의 樹種 및 두께 等に 最適한 乾燥 스케줄(kiln drying schedule)을 決定하였다.

供試木의 人工乾燥에 使用한 乾燥條件은 그 樹種 및 두께에 適用할 수 있는 外國의 스케줄이 있을 때는 그것을 먼저 適用하여 그 適否를 檢討하는 同時에 供試

木의 收縮割裂 形成에 重要한 影響因子로 알려져 있는 Keylwerth 比를 測定하고, 適用한 乾燥 스케줄의 強弱도를 檢討하였다.

2.3. 試驗裝置 및 測定機

本 研究에 使用한 人工 乾燥裝置는 筆者 考案으로 製作된 實驗用 木材乾燥裝置로서 그 溫濕度調節 精度 (accuracy)는 表 1로 表示하는 바와같이 比較的 銳敏한 性能을 가진다.

供試木의 含水率을 測定하기 爲한 試片(moisture section)의 무게 測定 精度는 1/100g의 直示天秤을 使用하고, moisture section의 ovendry는 溫度 100°C를 正確하게 維持할 수 있는 도요세이기(Toyo Seiki)製作 老化測定機를 使用하였다. 本 試驗을 推進하기 爲하여 製作된 上述한 實驗用 木材乾燥裝置의 構造는 그림 1 ~5로 表示하는 바와같이, 溫, 濕度 自動調節은 電氣 抵抗溫度計를 利用하고 乾燥室의 加熱은 電氣 히터(heater)와 蒸氣 라디에이터(radiator)를 併用 또는 交替使用할 수 있으며 乾燥室의 增濕은 電熱로 加熱되는 低壓 보일러를 使用하였다. 또한 增溫 機作은 電氣抵抗溫度計를 濕球(wet-bulb)로 하여 리레이(relay) 및 소리노이드 밸브(solenoid valve)등을 動作케 하여 蒸氣噴務파이프(spray pipe)를 閉閉하는 同時에, 換氣調節 모터(vent control motor)의 動作에 依

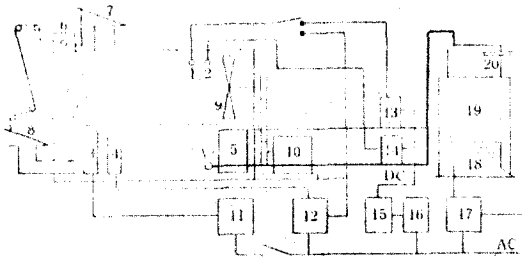


그림 1. 實驗用 乾燥裝置의 構造圖

Schematic drawing of laboratory dry kiln

- 1. 乾球
- 2. 濕球
- 3. 補助히터
- 4. 調節히터
- 5. 라디에이터
- 6. 換氣 모터
- 7. 排氣口
- 8. 吸氣口
- 9. 送風機
- 10. 모터
- 11. 補助히터용 마그네틱 스위치
- 12. 溫度調節용 마그네틱 스위치
- 13. 蒸氣調節용 소리노이드 밸브(solenoid valve)
- 14. 噴務용 소리노이드 밸브(solenoid valve)
- 15. 시리판
- 16. 트랜스포머
- 17. 마그네틱 스위치
- 18. 보일러 히터
- 19. 보일러
- 20. 보일러 溫度調節용 사모밸브

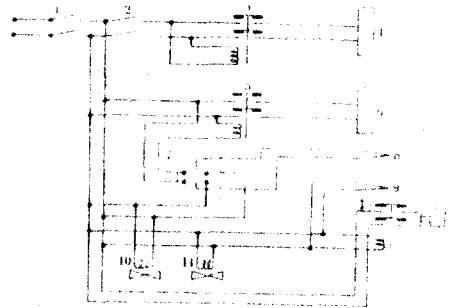


그림 2. 實驗用 木材乾燥 裝置 電氣回路 略圖

Brief electric circuit of laboratory dry kiln

- 1. 메인스위치
- 2. 補助스위치
- 3. 補助 마그네틱 스위치
- 4. 補助 히터
- 5. 調節 마그네틱 스위치
- 6. 調節 히터
- 7. 릴레이
- 8. 乾球
- 9. 濕球
- 10. 소리노이드 밸브
- 11. 소리노이드 밸브
- 12. 換氣調節 모터

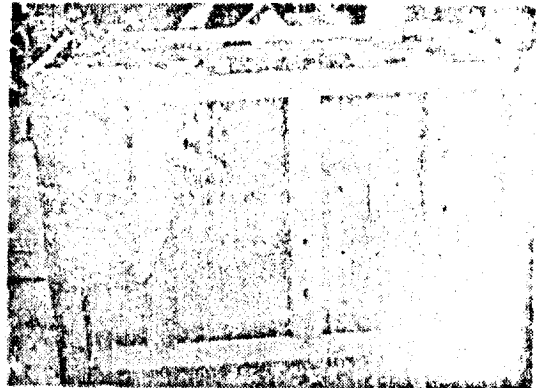


그림 3. 實驗用 木材乾燥裝置 壁體 構造圖

Wall constructions of the laboratory dry kiln

乾燥室 內壁은 알루미늄板 두께 1.2mm를 使用하였으며 內壁에 鐵製 裝設을 設置하고, 그 위에 두께 30mm, 넓이 10 cm의 木材를 그림으로 表示하는 바와같이 組立하여 熱傳導 防止하였으며, 斷熱材로는 그라스울(glass wool)을 使用 하였다.

하여 吸氣口 및 排氣口를 閉閉하여 關係濕度を 自動調節한다.

本 實驗用 乾燥裝置의 溫, 濕度調節性能은 表 1 및 그림 6으로 表示한 바와 같다.

乾燥室內的 熱氣循環 速度는 供試木棧積(stacking) 方法에 따라서 다르나 供試木의 두께 30mm에 對한 材間 間隔을 20mm로 할때 材間風速은 1~2m/s이었다. 本 實驗裝置 製作에 있어서 特別 留意한 點은 乾燥室의 銳敏度를 높이기 爲하여 吸氣, 排氣 및 供試木出入口 등을 完全히 閉閉한 수 있도록 그 構造를 講究하였으며 乾燥室의 壁의 두께는 10cm로 하고 斷熱材로서

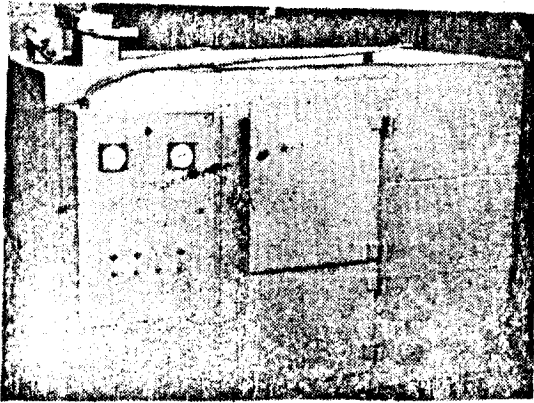


그림 4. 完成된 實驗用 木材 乾燥裝置  
Completed laboratory dry kiln.

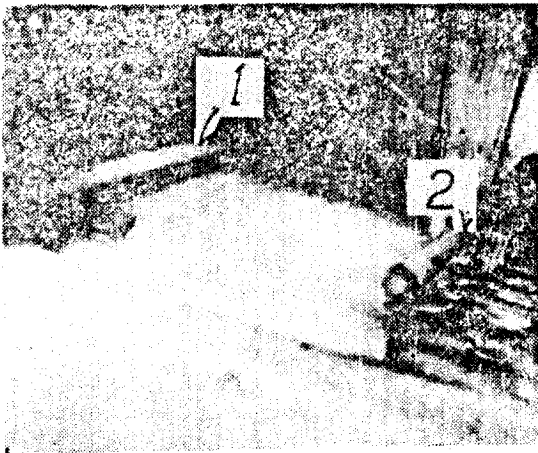


그림 5. 實驗用 木材 乾燥裝置의 乾燥室 下段에  
設置한 加熱用 히터와 스프레이 파이프

Electric heater and spray pipe installed down part of the kiln.

1. 電氣히터
2. 스프레이 파이프

는 glass wool을 사용하였다.

### 3. 試驗結果

#### 3.1. 100°C Owendry試驗 結果

두께 20mm, 넓이 90mm, 길이 200mm의 供試木을 100°C로 調節된 Oven內에서 乾燥한 結果는 表 2 및 그림 7로 表示한 바와 같다.

#### 3.2. 두께 30mm 乾燥 試驗結果.

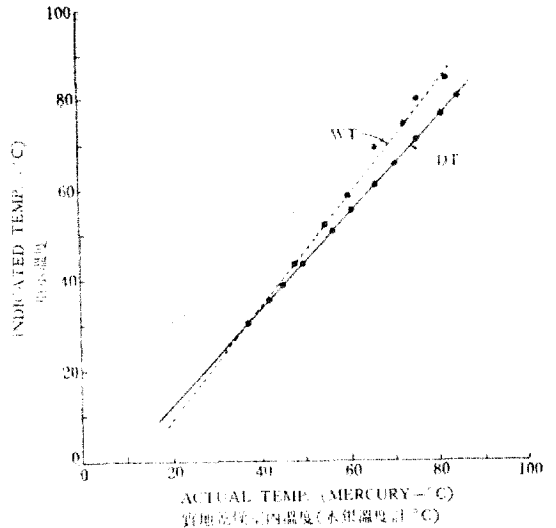


그림 6. 實驗用 木材乾燥 裝置에 設置된 電氣抵抗 溫度計 指示溫度와 乾燥室 實地溫度와의 偏差 曲線圖

Temperature deflection curve between the temperature indicated by electric thermometer and the temperature of the chamber

木 研究 對象 樹種인 라민(ramin), 나왕(lauan-merranti), 및 참나무 등의 乾燥傾向을 把握하기 爲하여, 같은 두께 30mm에 對하여, 同一한 乾燥條件을 適用하고 그 結果를 比較하였다.

이 試驗에 適用한 kiln dry schedule은 大端히 緩한 (mild) 表3 schedule을 使用하였으며, 그 乾燥結果는 表 4, 그림 8 및 그림 9로 表示한 바와 같다.

表 3. 두께 30mm 乾燥 스케줄  
Kiln schedule for 30mm stocks.

溫度階段 初의 含水率(%) MC at start of step	乾球溫度 D.T. °C	濕球溫度 W.T. °C	關係濕度 R%	平衡含水率 EMC, %	키르워스 스비 Keylwerth ratio
Above (이상)					
40	38.0	35.0	84	16.8	2.9
40	49.0	45.5	80	14.1	2.8
35	50.0	45.0	74	12.7	2.7
30	55.5	48.5	67	10.9	2.7
25	61.0	50.8	58	8.7	2.8
20	66.5	54.0	55	7.8	2.5
15	70.5	57.0	52	7.0	2.1

註: Keylwerth 라고 함은 溫度階段初의 含水率에 對한 EMC와의 比 즉 MC/EMC를 表示한다. Keylwerth比를 大略 3.0以下로 하여 乾燥條件을 決定하였다.

表 1. 實驗用 木材乾燥裝置 性能 測定表  
Efficiency test of the laboratory dry kiln

측정시간 Time	지시 온도 °C Indicated temp.		실지 온도 °C Actual temp.		증기압력 Vapor pressure kg/cm <sup>2</sup>	측정시간 time	지시 온도 °C Indicated temp.		실지 온도 °C Actual temp.		증기압력 Vapor pressure kg/cm <sup>2</sup>
	D	W	D	W			D	W	D	W	
9 : 40	35	29	29.0	26.0	0~0.1	12 : 35	70	64			
: 50	"	"	41.5	35.4	0.1	: 45	"	"	74.5	63.5	0.2
10 : 00	"	"	42.0	36.0	"	: 55	"	"	75.0	63.1	"
: 10			42.1	36.0	"	13 : 00	75	69			
: 20	40	34				: 10	"	"	79.2	66.0	"
: 35	"	"	47.0	39.2	"	: 20	"	"	79.4	66.1	0.3
: 55	"	"	47.1	39.5	"	: 20	80	74			
: 55	45	39				: 30	"	"	84.1	70.0	"
11 : 05	"	"	52.0	43.0	"	: 40	"	"	84.4	71.5	"
: 15	"	"	52.0	43.2	"	: 50	"	"	84.7	72.0	"
11 : 15	50	44			0.2	13 : 55	85	79			0.3
: 25	"	"	56.5	47.2	"	14 : 15	"	"	89.4	77.0	"
: 35	"	"	57.0	47.5	"	: 25	"	"	89.4	75.0	"
: 35	55	49				: 30	90	84			
: 45	"	"	61.1	50.6	"	: 40	"	"	93.1	78.6	0.4
: 55	"	"	61.1	51.4	"	: 42	"	"	94.0	81.0	"
: 55	60	54				: 52	"	"	94.0	81.7	"
12 : 05	"	"	66.0	55.4	"	15 : 00	"	"	94.3	82.5	"
: 15	"	"	66.0	56.0	"	: 10	"	"	94.5	82.5	"
: 15	65	59				: 20	"	"	94.5	82.5	"
: 25	"	"	70.5	59.5	"						
: 35	"	"	70.6	60.0	"						

註: 表 1에 있어서 指示溫度라고 함은 實驗用 dry kiln에 設置한 電氣 抵抗溫度計의 指示溫度를 表示하고, D는 dry-bulb 溫度, W는 wet-bulb 溫度를 各各 表示한다. 또한 實地溫度라고 함은 乾燥室內 熱氣流入部 上部에 設置한 水銀 溫度計의 乾球 및 濕球 溫度를 各各 D 및 W로 表示하였으며, 蒸氣壓力(kg/cm<sup>2</sup>)은 乾球과 濕球과의 溫度差(wet-bulb depression)를 6°C로 維持하기 爲하여 調節된 보일러의 蒸氣壓力을 表示한다.

3.3. 라민 乾燥 試驗結果

最近 라민(ramin)은 世界的으로 그 需要가 增加되고 있으며 우리나라에서도 玩具를 비롯한 라민 特殊製品

表 2. 100°C Ovendry 試驗結果

Time-moisture content record in oven at 100°C.

供試木番號 Sample No.	건조시간 Owendrying time(hrs.), 무게 weight(g), 含水率(%) (M.C.)									
	0(hrs)		3.0(hrs)		5.6(hrs)		23.5(hrs)		48.5(hrs)	
	wt.(g)	MC(%)	wt.(g)	MC(%)	wt.(g)	MC(%)	wt(g)	MC(%)	wt(g)	MC(%)
R 111	277.6	49.1	237.0	27.2	212.6	14.1	188.3	0.1	187.8	0.1
R 121	277.0	52.3	234.7	29.0	209.9	15.1	183.7	0.1	183.3	0.1
R 32	289.0	47.9	248.7	28.9	224.3	14.4	198.0	0.1	197.5	0.1
O 111	332.1	46.6	297.9	31.5	279.9	23.5	256.3	13.1	230.0	2.0
O 112	337.5	47.3	304.3	32.8	285.0	24.3	261.5	14.1	232.7	1.5
O 121	343.7	48.3	312.1	34.7	294.5	27.1	269.6	16.4	235.7	1.7
M 11	215.7	43.9	183.7	22.5	170.9	14.0	158.1	5.5	152.2	2.0
M 21	224.5	47.1	186.1	22.0	172.6	13.1	159.8	4.7	154.0	1.0
M 32	220.9	35.4	194.8	19.4	183.8	12.6	173.1	6.1	164.1	1.2

註: 供試木 番號中 R: 라민 O: 삼나무 M: 나왕 R: Ramin O:Oak M: Meranti

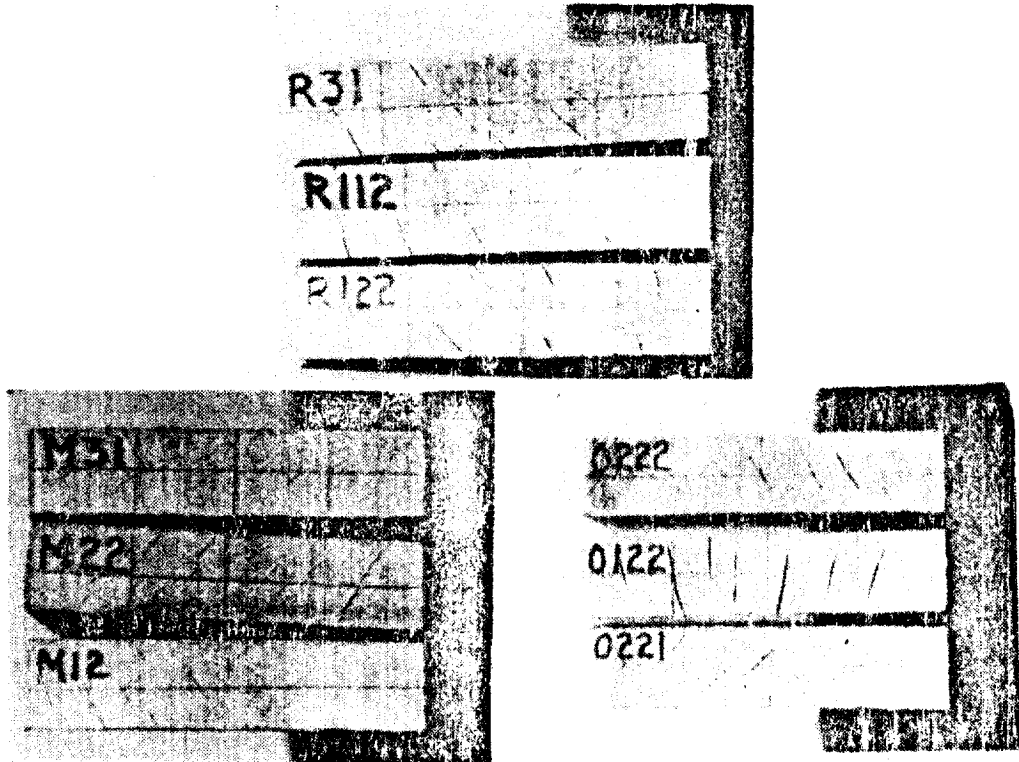


그림 7. 100°C Owendry에 의하여 形成된 木口 割裂 形成狀態  
End checking formation in owendry at 100°C.

R:Ramin O:oak M:Meranti  
R:라민 O:참나무 M:나왕

의 輸出이 活發하게 推進됨에 따라서 라민 原木輸入量  
이 激增되고 있다.  
라민은 太平洋 西南部(Southwest Pacific)의 原産으로

로써 그 乾燥特性은 참나무와 비슷하다는 것이 알려져  
고 있다. 現在 우리 나라에서 使用하고 있는 라민(ramin)  
이라는 用語는 Malaysia 및 Sarawak 生産 樹種

表 4. 두께 30mm에 對하여 乾燥 스케줄 表 3을 適用한 乾燥結果  
Results obtained by using kiln schedule Table 3 for 30mm stock

供試木番號 Sample No.	初期含水率 (%) Initial MC (%)	最終含水率 (%) Final MC (%)	乾燥時間 Drying time	乾燥率* (%) Drying rate (%)	乾燥缺陷 Drying defects.
M-1	85	21	185.5	8.31	表面硬化 形成됨 (Casehardening formed)
M-2	88	19	"	8.96	
M-3	92	19	"	9.48	
R-1	64	9	"	7.14	缺陷 없음 (None)
R-2	63	9	"	7.01	
R-3	63	9	"	7.01	
O-1	66	15	"	5.32	甚한 表面硬化 形成됨 (Severe casehardening.)
O-2	58	17	"	5.32	
O-3	60	12	"	6.23	

註: \* 乾燥率이라고 함은 初期含水率에서 最終含水率을 減한 含水率 즉 蒸發된 水分量을 乾燥에 所要된 時間 즉 乾燥日數로 나눈 數值를 意味한다. 乾燥終了後 供試木을 截斷하여 斧頭(prong)을 作成하고 表面硬化(casehardening)를 調査한 結果는 그림 9로 表示한 바와 같다.

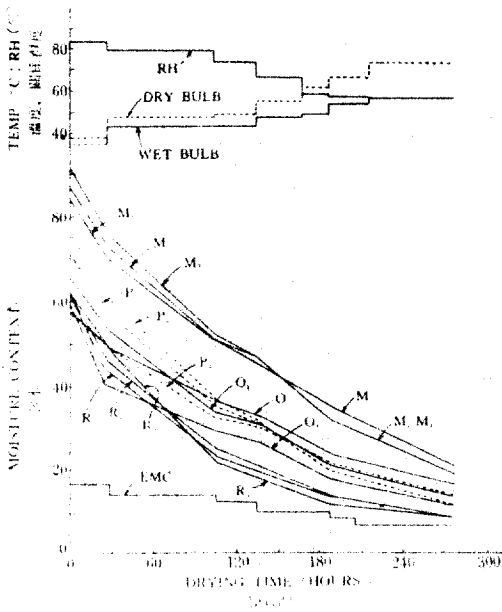


그림 8. 乾燥 스케줄 表 3을 適用하여 두께 30mm의 라민(R), 나왕(M), 및 참나무(O)를 乾燥한 乾燥曲線圖

Drying curve resulted by using kiln schedule table 3 for 30mm, Ramin, metantipersimmon and Oak

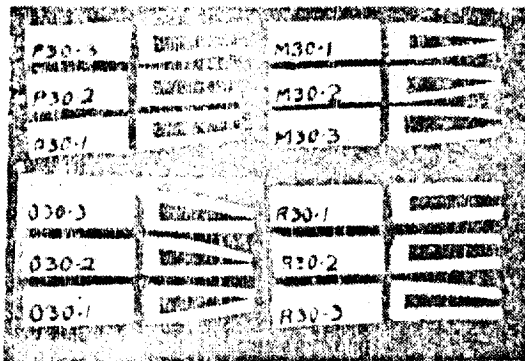


그림 9. 乾燥 스케줄 表 3에 依하여 形成된 表面硬化 狀態

Casehardening developed by using kiln schedule Table 3  
 註: 참나무와 나왕은 甚한 表面硬化를 形成하였으나 라민은 正常(normal)이다.

인 *Gonystylus* spp. 주로 *G. bancanus*에 對하여 美國에서 使用하고 있는 것을 그대로 使用하고 있으나 原

產地인 Malaysia에서는 Malawis라고 부른다.

生材 라민을 人工乾燥할때, 甚한 變形(distortion)은 일으키지 않으나, 甚한 乾燥 割裂 즉 木口 割裂(end checking)과 表面 割裂(surface checking)등을 容易하게 形成하므로 人工 乾燥하기 困難한 樹種으로 認定되고 있다. 本 試驗에 使用하기 爲하여 入手한 라민을 두께 30 및 60mm, 넓이 90mm, 길이 600mm로 各各 加工한 後 end coating한 것을 室內에서 陰乾하였는데 陰乾 中, 두께 60mm 供試木이 約 50%가 表面 割裂을 形成하므로써 供試木으로 使用할 수 없게 되었다는 事實은, 라민의 甚한 割裂性을 立證하는 것으로 思料된다. 따라서 라민 特히 두께 38mm以上 되는 두꺼운 것을 乾燥할 때는 關係濕度 80%以上되는 室內에서 陰乾하여 그 含水率이 約 25% 程度로 減少되었을 때 人工 乾燥하는 것이 安全하다. 그러나 라민 두께 30mm 以下되는 比較的 얇은 것은 그 品質을 損傷하지 않고 乾燥할 수 있으나, 두꺼운 것은 上述한 바와 같이 乾燥, 損傷(seasoning damage)을 일으키기 쉬우므로 kiln dry하기 前에 充分히 氣乾(air seasoning)하여야 된다. 따라서 本 乾燥試驗에 있어서도 上述한 原則을 適用하여 라민 供試木의 含水率을 約 25%로 氣乾된 것을 美國 林産物 研究所(U.S. Forest Products Laboratory) JOHN M. McMILLEN氏가 發表한 라민 두께 6/4 및 8/4인치에 對한 kiln dry schedule을 若干 修正한 表5의 라민 스케줄을 라민 두께 60mm에 適用하여 試驗한 結果를 表 6, 그림 10 및 그림 11로 表示하였다.

이미 發表된 라민 kiln dry schedule로서는 美國 林産物 研究所 JOHN M. McMILLEN氏가 發表한 表7이 있고, Australian Division of Forest Products에서

表 5. 라민(60mm) 乾燥 스케줄  
 Kiln schedule for 60mm Ramin

溫度階段 初의 含水 率 (%) MC at start of step	乾球溫度 DT(°C)	濕球溫度 WT(°C)	關係濕度 RH(%)	平衡含水 率 EMC(%)	키르케르 比 Keylwerrth ratio
Above					
25	49.0	45.5	82	15.1	1.66
25	54.0	50.0	78	13.1	1.91
20	60.0	54.0	75	12.5	1.60
16	65.5	52.0	48	6.9	2.32
12	71.0	43.0	21	3.2	3.75
8	82.0	54.0	26	3.5	2.28

註: 本 Schedule은 JOHN M. McMILLEN氏가 究明한 Ramin 두께 8/4인치에 對한 스케줄을 1階段 緩和하여 두께 60mm에 適用한 것이다.



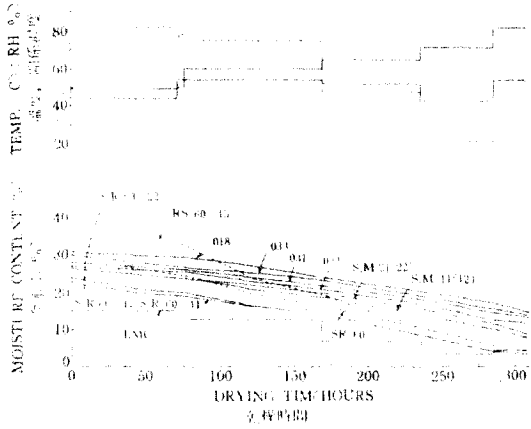


그림 10. 라민 건조 스케줄 表 5를 適用한 乾燥曲線圖  
Drying curve resulted by using kiln schedule Table 5 for Ramin

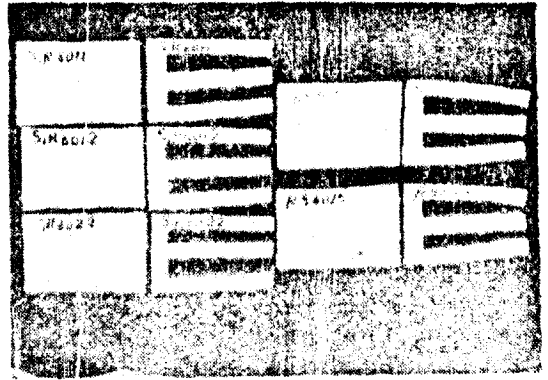


그림 11. 라민 乾燥 스케줄 表 5에 依하여 形成된 表面硬化狀態

Casehardening formed by using kiln schedule Table 5 樣點의 casehardening을 나타내고 있다. (Mild casehardening formed)

라민 두께 4/4인치 角材에 對한 스케줄로서 表 8이 있으며, 또한 英國의 Forest Products Research Laboratory에서 發表한 두께 4/4인치에 對한 스케줄 C 및 두께 6/4인치에 對한 스케줄 B가 있는데 이들은 各各美

表 6. 라민 乾燥 스케줄 5를 適用한 乾燥 結果  
Result obtained by using kiln schedule Table 5

供試木番號 Sample No.	初期含水率 IMC(%)	最終含水率 FMC(%)	乾燥時間 Drying time(hrs)	乾燥 缺 陷 Drying defects.
S <sub>1</sub> R60-11	21.9	3.8	309	없음(none)
S <sub>1</sub> R60-12	22.8	3.7	"	없음(none)
S <sub>1</sub> R60-22	23.6	4.1	"	없음(none)
RS 60-5	28.5	4.7	275	없음(none)
S <sub>1</sub> R60-21	22.6	—	29	供試木 S <sub>1</sub> R60-21 및 RS60-4는 乾燥實施後 29時間 後에 또한 供試木 RS60-7은 66時間後에 各各 甚한 表面割裂을 形成하였으므로 試驗 中斷함(Stopped kilndry because of severe checking formation) 온도 2階段初에 甚한 表面割裂 形成함.
RS 60-4	26.3	—	29	
RS 60-7	24.7	—	66	
RS 60-5	41.2	4.0	309	

表 7. 라민 氣乾材에 對한 乾燥 스케줄  
Kiln schedule for kiln drying previously air-dried Ramin

溫度階段初의 含水率(%) MC at start of step	4/4 및 5/4 inch			6/4 및 8/4 inch		
	DT°F	WD°F	WT°F	DT°F	WD°F	WT°F
25Above	130	10	120	130	8	122
25	140	14	126	140	10	130
20	150	30	120	150	25	125
15	160	50	110	160	50	110
11	180	50	130	180	50	130

註: DT=Dry-bulb temperature. WD=Wet-bulb depression. WT=wet-bulb temperature 本 스케줄 適用에 있어서는 最終 供試木의 含水率이 4~6%로 減少되었을 때 equalizing이나 conditioning을 實施한다.

表 8. 라민 角材 4/4乾燥 스케줄

Kiln schedule for 4/4 inch quarter-sawn Ramin

溫度階段初의 含水率(%) MC at start of step	DT (°F)	WD (°F)	WT (°F)
30Above	140	10	130
30	140	20	120
20	160	30	130
큰 디 소 님	180	10	170

國 kiln dry schedule 番號 T3-C2 및 T2-C1에 大體的으로 該當한다. 또한 美國 民間 企業家 들은 美國 產 너도밤나무에 對한 스케줄을, 높은 含水率을 가지 는 라민에 成功的으로 適用하고 있다는 報告가 있다.

以上의 研究 結果를 綜合하면 두께 25, 32mm에 對하 여는 表 9 스케줄을, 두께 50mm에 對하여는 表 10스 케줄을을 各各 適用할 수 있을 것으로 思想된다.

表 9. 라민 25, 32mm에 대한 乾燥 스케줄

Kiln schedule for 25, 32mm Ramin

溫度階段初의 含水率(%) MC at start of step	DT (°F)	WD (°F)	WT (°F)
40Above	120	4	116
40	120	5	115
35	120	8	112
30	130	14	116
25	140	30	110
20	150	50	100
15	160	50	110

3.4. 나왕 乾燥 試驗結果

나왕 두께 30mm, 初期 含水率 85~92%를 表 3의 乾燥 스케줄에 依하여 乾燥한 結果는 表 4로 表示한바와 같고, 乾燥 條件을 달리하는 表 5의 乾燥 스케줄을 適用하여 께 두 60mm를 乾燥한 結果는 表 11, 그림 12로 表示하는 바와같다. 또한 表 12 나왕 乾燥 스케줄을 두께 60 및 30mm의 나왕에 適用한 乾燥 結果는 表 13, 그

表 12. 나왕 乾燥 스케줄

Kiln schedule for 60mm Meranti

溫度階段初의 含水率(%) .MC at start of step	DT (°C)		WT (°C)		RH (%)	EMC (%)	K 比
	Set	건구온도 Actual DT	Set	습구온도 Actual WT			
40Above	54.0	60.0	56.0	57.2	87	15.8	2.53
40	54.0	60.0	54.0	56.1	82	13.8	2.88
35	54.0	60.0	52.0	53.9	73	11.4	3.07
30	60.0	65.5	53.0	55.0	58	8.3	3.62
25	66.0	71.1	49.0	51.7	36	5.1	4.90
20	66.0	71.1	39.0	43.3	21	3.2	6.66
15	66.0	71.1	39.0	43.3	21	3.2	4.68

림 13 및 그림 14(AB)로 表示한 바와 같다.

表 10. 라민 50mm에 對한 스케줄

Kiln schedule for 50mm Ramin

溫度階段初의 含水率(%) MC at start of step	DT (°F)	WD (°F)	WT (°F)
40 Above	110	3	107
40	110	4	106
35	110	6	104
30	120	10	110
25	130	25	105
20	140	50	90
15	160	50	110

表 11. 乾燥 스케줄 表 5를 適用한 乾燥結果

Results obtained by using kiln schedule Table 5 for meranti

供試木 番號 Sample No.	初期含水率 IMC (%)	最終含水率 FMC (%)	乾燥時間 Drying time	乾燥缺陷 Drying defects
S <sub>1</sub> M11	26.7	7.9	309	弱度の Casehardening 形成됨
S <sub>1</sub> M12	27.3	7.5	"	"
S <sub>1</sub> M21	27.6	8.7	"	Mild casehardening formed
S <sub>1</sub> M22	26.9	8.7	"	"

3.5. 참나무 乾燥 試驗結果

참나무 두께 30mm, 初期 含水率 58~66%를 表 3의 乾燥 스케줄에 依하여 乾燥한 結果는 表 4, 그림 8 및 그림 9로 表示한 바와 같다. 乾燥 條件을 달리하는 表 5 스케줄을 두께 60mm에 適用한 結果는 表 14, 그림 10으로 表示하는 바와 같다. 또한 表 15 乾燥 스케줄을 適用하여 乾燥한 結果는 表 16, 그림 15 및 그림 16(AB)으로 表示하는 바와 같다.

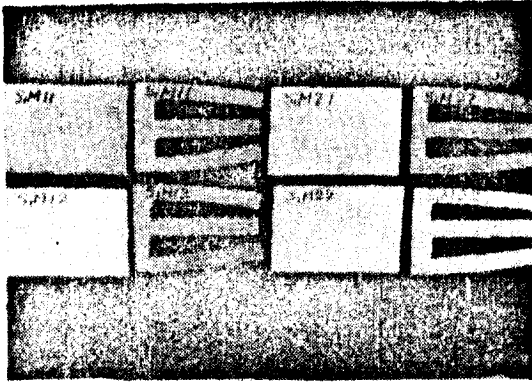


그림 12. 乾燥 스케줄 表 5를 나왕 두께 60mm에適用하여 形成된 表面硬化

Casehardening formed by using kiln schedule Table 5

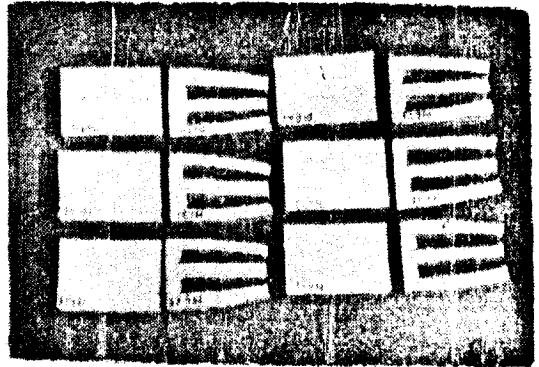


그림 14-1 나왕 스케줄 12를 나왕 두께 60mm에適用한 表面硬化 形成 狀態

Casehardening formed by schedule Table 12 for 60mm Meranti

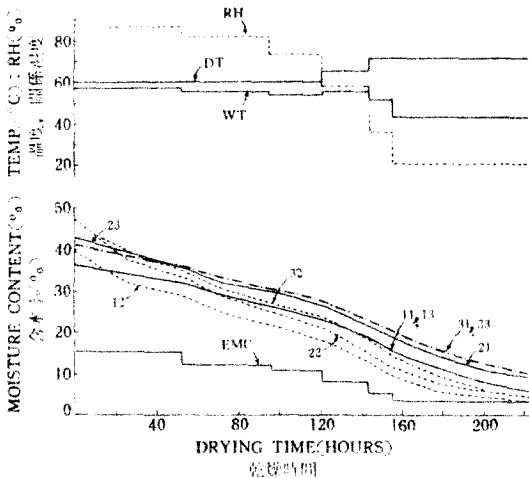


그림 13. 나왕 스케줄 表 12를 適用한 乾燥曲線圖

Drying curve resulted by using kiln schedule Table 12 for Meranti

#### 4. 考察 및 結論

##### 4. 1. 100°C Owendry

人工乾燥法이 未詳한 供試木을 100°C로 調節된 oven 內에서 急激히 乾燥할 때 그 木口面에 形成되는 割裂과 이미 그 木材의 人工乾燥法이 究明된 木材의 木口

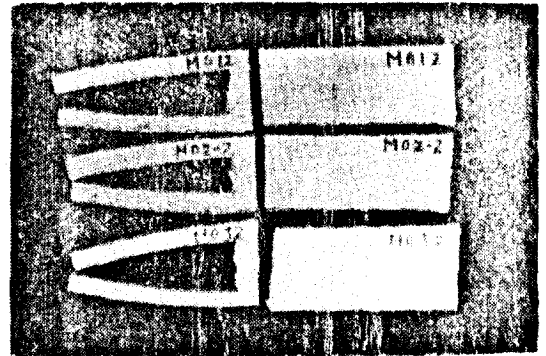


그림 14-2 나왕 스케줄 12를 나왕 두께 30mm에適用한 表面硬化 形成 狀態

Casehardening formed by kiln schedule Table 12 for 30mm Meranti

面에 形成되는 割裂과를 比較하므로써 새로운 樹種에 對한 人體的인 人工乾燥法을 迅速하게 把握할 수 있게하는 100°C owendry法은 人工乾燥스케줄을 豫測하는 簡便한 方法이 될수 있는 것으로 思料된다.

本 研究對象樹種에 對하여 實施한 oven 乾燥 速度 즉 含水率 減少率을 測定한 結果는 表2로 表示한 바와 같거니와, 그 結果를 綜合 平均하여, 初期 含水率 約 50%에서 最終 含水率 5%까지 乾燥하는데 所要되는 時間을 測定하면 다음과 같다.

참나무	44時間
나왕	26時間
라민	18時間

또한 木口面에 形成되는 割裂은 그림 7로 表示된 바와 같이 참나무가 가장 甚하고 그 다음은 라민을 들수

表 13. 나왕 乾燥 스케줄 表 12를 適用한 乾燥 結果  
Result obtained by using kiln schedule Table 12 for Meranti

供試木番號 Sample No.	두께 Thick.(mm)	初期含水率 IMC(%)	最終含水率 FMC(%)	乾燥時間 Drying time	乾燥 缺 陷 Drying defects
MO 11	60	36.4	6.3	223(hrs.)	없음(none)
MO 13	60	36.5	6.6	"	마디 割裂(knot check)
MO 21	60	40.8	8.8	"	없음(none)
MO 23	60	42.8	8.5	"	"
MO 31	60	41.2	9.7	"	"
MO 33	60	40.8	9.8	"	"
MO 12	30	39.2	3.7	"	弱度の collapse 形成(mild collapse formed)
MO 22	30	47.0	4.4	"	없음(none)
MO 32	30	46.6	4.8	"	

表 14. 乾燥 스케줄 表 5를 참나무 두께 60mm에 適用한 乾燥 結果  
Results obtained by using kiln schedule Table 5 for 60mm Oak

供試木番號 Sample No.	初期含水率 IMC(%)	最終含水率 FMC(%)	乾燥時間 Drying time	乾燥 缺 陷 Drying defects
AuO 18	30.9	14.2	309	乾燥實施 18時間後에 表面割裂 25mm 形成, K.C. casehardening 및 弱度の cupping 形成. Surface and, knot checking casehardening and mild cupping
AuO 22	27.7	11.3	"	弱度の casehardening 形成(mild casehardening formed)
AuO 31	28.5	12.6	"	乾燥 實施 20時間 後에 大面割裂 33mm, K.C. casehardening 形成.
AuO 33	29.9	13.1	"	Knot checking, surface checking and casehardening. 乾燥實施 20時間後에 木口割裂, 15mm, K.C.弱度の Cupping 및 casehardening. Knot checking, mild cupping and casehardening

表 15. 참나무 乾燥 스케줄  
Kiln schedule for 60mm Oak.

溫度階段 初의 含水率(%) MC at start of step	DT(°C)		WT(°C)		RH(%)	EMC(%)	K	tE
	Set	건구온도 Actual DT	Set	습구온도 Actual WT				
40Above	31	38	28	36.0	89	19.0	2.10	
40	31	38	27	35.5	86	17.5	2.28	
35	31	38	26	34.0	77	13.9	2.51	
30	37	44	31	38.0	60	9.9	3.03	
25	42	49	27	35.0	41	6.8	3.67	
20	47	54	23	31.0	15	3.0	6.66	
15	60	66	28	36.0	24	3.2	4.68	

있다. 나왕은 微細한 割裂을 形成하였으나 그다지 甚하지 않았다.

100°C oven-dry 實施에 있어서 最初로 木口 割裂이 形成되는 時間은, 初期 含水率 範圍 40~50%에 있어서 참나무 및 라민 등은 約 20分後이고, 나왕은 大略 40分後이었다. 또한 木口 割裂이 最大로 擴大되는 것은 2~3時間을 經過한 後이고, 그 後는 時間이 經過됨

에 따라서 참나무를 除外한 樹種은 最初로 그 割裂이 閉鎖되어 나왕에는 그 割裂 痕跡조차 觀察할 수 없게 되므로 注意를 要한다.

4.2. 두께 30mm 人工乾燥

乾燥 스케줄 表 3을 適用하여 나왕, 라민, 참나무 및 참나무 등의 두께 30mm를 人工 乾燥한 結果는 表 4로

表 16. 참나무 스케줄 表 15를 適用한 乾燥 結果  
Results obtained by using kiln schedule Table 15 for Oak

供試木番號 SampleNo.	두께 Thick. (mm)	初期含水率 IMC(%)	最終含水率 FMC(%)	乾燥時間 Drying time	乾燥 缺 陷 Drying defects
O 1	60	50.6	15.8	624	Pith 收縮에 依한 表面 割裂과 木口割裂形成 End, surface checking formed owing to the pith Casehardening and Cupping을 形成하였으나, 乾燥割裂은 形成되지 않음 casehardening and cupping formed but none of chec king
O 2	"	55.9	12.7	"	
O 3	"	59.0	12.9	"	
O 4	"	55.8	16.6	"	
O 5	"	58.8	19.8	"	
O 6	30	59.2	5.3	"	
O 7	"	50.0	4.5	"	
O 8	"	49.4	4.6	"	
O 9	"	51.1	4.6	"	
O 10	"	51.6	4.5	"	
O 11	"	59.7	5.1	"	
O 12	"	64.1	5.8	"	

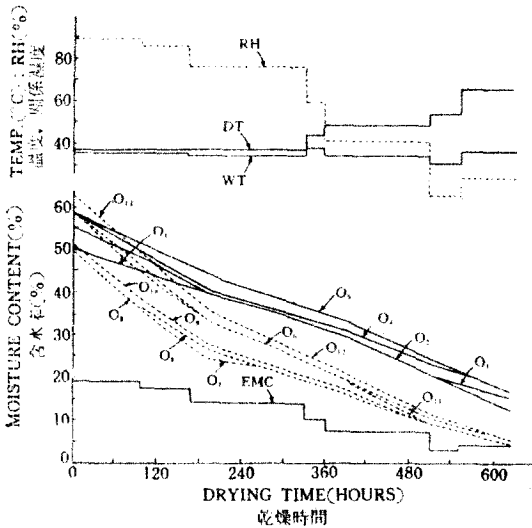


그림 15. 참나무 乾燥 스케줄 表 15를 適用한 乾燥 曲線圖

Drying curve resulted by kiln schedule Table 24 for Oak

表示하는 바와 같이 어떠한 乾燥 割裂도 形成되지 아니하였다는 點에 있어서 大體的으로 無妨한 스케줄이라는 것을 指摘할 수 있다. 一般으로 Keylwerth比 즉 供試木의 平均 含水率과 乾燥 條件인 平衡 含水率(EMC)과의 比가 크면 淸수목 供試木의 表面은 纖維飽和點(fiber saturation point) 以下로 그 含水率이 減少하여 에 接近됨에 따라서 供試木의 表面 收縮 應力은 크게

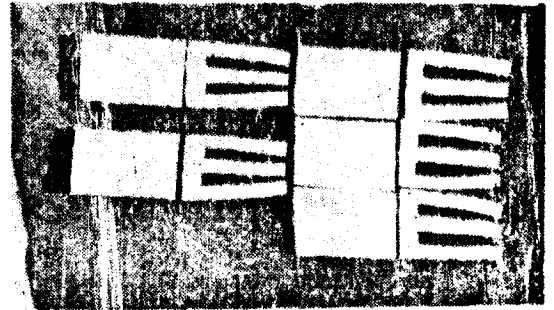


그림 16-A. 참나무 乾燥 스케줄 表 16을 두께 60mm에 適用한 表面硬化 形成 狀態  
Case hardening formed by schedule 15 for 60mm Oak

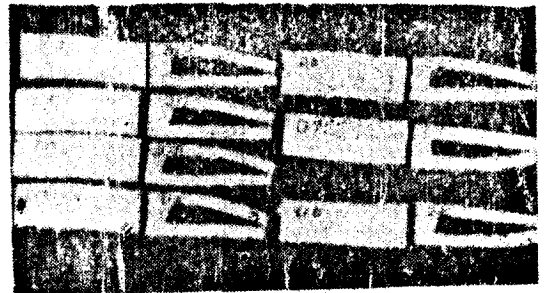


그림 16-B. 참나무 乾燥 스케줄 表 15를 두께 30mm에 適用한 表面硬化 形成 狀態  
Case hardening formed by schedule 15 for 30mm Oak

된다. 즉 表面 收縮率은 Keylwerth 比에 큰 影響을 받  
을 것으로 料想된다. 특히 供試木이 두꺼운 境遇는 表  
面과 木材 内部에 있어서의 水分 傾斜가 크므로 表面  
의 收縮率은 增大하여 容易하게 木口 割裂이나 表面割  
裂을 形成한다. 따라서 이와같은 乾燥 割裂을 防止하  
기 爲하여는 될수 있는 데로, 특히 乾燥 初期에 있어  
서 Keylwerth 比를 작게하는 것이 安全하다. 그러므  
로 두께 30mm에 對한 表 3 스케줄 適用에 있어서는  
Keylwerth 比를 3 以下로 하였으며 또한 各 樹種에 對  
한 乾燥 傾向을 明確히 把握하기 爲하여 特別 높은 含  
水率을 가지는 供試木을 使用하였다. 本 스케줄 適用  
에 있어서 各 供試木의 初期 含水率이 同一하지 않으  
므로, 얻어지는 最終 含水率에는 差異가 있으나, 乾燥  
時間에 對한 含水率 減少率을 計算한 結果(表 4 參照)  
를 보면, 乾燥 速度가 가장 빠른 것은 나왕이고, 가장  
늦은 것은 참나무이며, 라민은 그 中間에 位置하였다.

4.3. 라민 乾燥 스케줄

라민 두께 60mm에 適用한 乾燥 스케줄은 表 5와 같  
고, 그 乾燥 結果는 表 6으로 表示한 바와같다. 本 表 5  
스케줄은 JOHN M. McMILLEN氏가 라민 두께 6/4  
및 8/4인치에 對하여 發表한 것을 修正하여 適用한 것이  
다. 本 스케줄 適用에 있어서는 라민의 強한 乾燥 割裂  
性을 考慮하여 供試木의 初期 含水率을 大略 25%로 調  
濕하고, 또한 初期 乾燥 條件을 比較的 緩한, 乾燥溫  
度 49°C, 關係濕度 82%로 하였다. 그 乾燥結果는 表 6  
으로 表示한 바와 같이, 大體로 類似한 初期 含水率을  
가지는 7個의 供試木中 乾燥 欠陷을 形成하지 아니한  
것은 4個로서 그 安全率은 57%에 相當한다. 이와같이  
類似한 初期 含水率을 가지는데도 不拘하고 어떤 것은  
安全하고 어떤 것은 乾燥 缺陷을 形成하는 것은 乾燥  
中 木材組織 毛細管內의 水分移動 및 細胞膜內의 結合  
水의 揮散 等の 水分移動 mechanism과 乾燥中 形成되  
는 應力과 變形等이 相關의 條件에 따라서 갈을 수가 없  
으므로 上述한 바와같이 一般으로 同一한 含水率을 갖  
이는 供試木에 있어서도 乾燥 欠陷을 形成하는 狀態는  
同一하지 아니한 것으로 思料된다.

라민 乾燥 스케줄 表 5를 適用한 乾燥 結果 表 6을  
綜合하여 라민 두께 60mm를 安全하게 乾燥하기 爲한  
스케줄은 一層 緩한 條件을 가지는 表 17이 適合하고,  
라민 두께 30mm에 對하여 表 18 스케줄이 適當한 것  
으로 思料된다.

라민 두께 30mm에 對한 試驗 結果는 表 4 그림 8 및  
그림 9로 表示한 바와 같이 何等의 乾燥缺陷을 形成하

지 않고 初期 含水率63%~64%의 供試木을 185時間에  
人工 乾燥 할 수 있음에 비추어 上記한 表 18 스케줄  
을 適用할 때는 乾燥時間을 훨씬 短縮할 수 있을 것으  
로 考慮된다.

表 17. Ramin 60mm에 對한 乾燥 스케줄  
Kiln schedule for 60mm Ramin

溫度階段 初의含水 率(%) MC at start of step	DT(°C)	WT(°C)	RH(%)	EMC (%)	K 比
25Above	43.0	41.0	87	17.5	1.43
25	49.0	45.5	82	15.1	1.66
20	54.0	50.0	78	13.1	1.53
15	65.5	52.0	48	6.9	2.17
11	71.0	43.0	21	3.2	3.42

註: 一般으로 K比(Keylwerth)는 潤葉樹에 對하여는 1.6에  
서 3.0을 適用한다. 그러나 特別 緩한 條件으로써 初期  
含水率 20~25%에 對하여 1.43을 乾燥 初期에 適用하  
고, 그 含水率이 減少됨에 따라서 Keylwerth比를 表17  
과 같이 上昇하여 安全性과 迅速性을 期한 것이다.

表 18. Ramin 30mm에 對한 乾燥 스케줄  
Kiln schedule for 30mm Ramin

溫度階段 初의含水 率(%) MC at start of step	DT(°C)	WT(°C)	RH(%)	EMC (%)	K 比
25Above	54.4	49.0	73.0	12.7	1.97
25	60.0	52.0	66.0	10.0	2.50
20	65.6	49.0	41.0	5.8	3.45
15	71.0	43.3	21.0	3.2	4.69
11	82.2	4.54	26.0	3.3	3.30

4.4. 나왕 乾燥 스케줄

나왕 두께 30mm를, 乾燥 스케줄 表 3에 依하여 라  
민 등과 같이 乾燥한 結果에서 觀察할 수 있는 바와같  
이 含水率이 大體로 높은 85~92%의 供試木을 kiln-  
dry하는데 있어서 甚한 表面硬化(그림 9參照)를 形成  
하였으나 木口 割裂이나 表面 割裂 等の 缺陷은 形成  
된바 없으며, 나왕의 乾燥 速度는 表 4로 表示한 바와  
같이 다른 樹種 보다 훨씬 빨랐다. 또한 表 12 스케줄  
을 適用한 乾燥 結果는 表 13으로 表示한 바와같이 初  
期 含水率 36.4~47.0%의 範圍에 있어서 弱度의 colla-  
pse를 形成하였으나, 最終 含水率 約 10%까지 乾燥하  
는데 平均 164時間이 所要되었다. 이와같이 比較的 快

은 時間에 乾燥된다는 것은 다른 樹種에 比하여 그 乾燥가 容易하다는 것을 意味한다.

나왕 두께 60mm 人工 乾燥에 適用한 表 12 스케줄은 美國 林産物 研究所에서 發表한, 두꺼운 潤葉樹에 對한 스케줄中 나왕(lauan-medium 및 light) 10/4인치에 對한 T9-C3을 適用하였다. 本 스케줄 適用 結果는 表 13, 그림 13 및 그림 14로 表示된 바와같이 何等的 乾燥 缺陷을 形成한바 없으므로, 表 12 스케줄은 나왕 두께 60mm, 初期 含水率 約 40%를 安全하게 乾燥할 수 있는 適當한 스케줄이 된다는 것을 指摘할 수 있다. 그러나 表 12 스케줄 보다 溫度階段이 한 階段 높은 스케줄로서 T10을 適用하면 乾燥 時間을 短縮하는데 도움이 될 것으로 考慮된다. 그것은 T9 및 T10은 함께 初期 溫度 60°C에서 始作되나 最終의 두 溫度階段에 있어서 T10이 T9보다 더 높다. 그런데 T10의 最終 階段에 있어서의 溫度는 이미 表 5 스케줄을 나왕 供試木 S<sub>1</sub>M<sub>11</sub>, S<sub>1</sub>M<sub>12</sub>, S<sub>1</sub>M<sub>21</sub> 및 S<sub>1</sub>M<sub>22</sub>에 適用하여 何等的 乾燥 缺陷을 形成하지 아니하였다는 事實에 비추어, 나왕 두께 60mm를 乾燥하는데 T10-C3에 該當하는 表 19를 適用할 수 있는 것으로 思料된다.

表 19. 나왕 두께 60mm 人工 乾燥 스케줄  
Kiln schedule for 60mm Meranti

溫度階段初의 含水率(%) MC at start of step	DT(°C)	WT(°C)	RH(%)	EMC (%)
40Above	60.0	57.2	87	15.8
40	60.0	56.2	82	13.8
35	〃	53.9	73	11.4
30	65.5	55.0	58	8.3
25	71.1	51.6	37	5.1
20	76.6	48.9	24	3.2
15	82.2	54.4	26	3.3

나왕 두께 30mm에 對하여 스케줄 表 12 및 表 19를 適用하면, 두께 60mm 乾燥에 所要되는 時間보다 훨씬 짧은 時間으로 安全하게 乾燥할 수 있을 것으로 思料된다. 다음에 美國 林産物 研究所에서 提示한 나왕(比重, 中 以下) 두께 30mm에 對한 乾燥 스케줄 表 20을 두께 60mm에 對한 것과 比較하기 爲하여 表示하였다.

4.5. 참나무류 乾燥 스케줄

本 研究에서 實施한 참나무 두께 30mm를 다른 樹種과 같이 乾燥 試驗한 結果, 참나무는 가장 낮은 乾燥 速度를 表示하였으며, 또한 100°C oven-dry 試驗에 있어서도 가장 甚한 木口 割裂을 形成하였고, 含水率 5

表 20. 나왕 두께 30mm에 對한 乾燥 스케줄  
Kiln schedule for 30mm Meranti

溫度階段初의 含水率(%) MC at start of step	DT(°C)	WT(°C)	RH(%)	EMC (%)
50Above	65.5	61.6	82	15.7
50	〃	60.0	76	11.8
40	〃	57.2	66	9.6
35	〃	51.6	48	6.9
30	71.1	48.9	31	4.3
25	〃	43.3	21	3.2
20	76.6	48.9	24	3.2
15	82.2	54.4	26	3.3

註: 上表는 나왕 두께 21, 31, 37mm 등에 適用할 수 있다.

%까지 乾燥하는데 所要되는 時間도 가장 길었다. 이와 같은 現象은, 참나무의 乾燥는 다른 樹種에 比하여 大端히 困難하다는 것을 意味한다. 또한 참나무 두께 60mm에 對하여 表 5 乾燥 스케줄을 供試木 初期 含水率 27.7~30.9%에 對하여 適用한 結果는 表 14 및 그림 10 등으로 表示하는 바와같이 甚하지는 않으나 木口 割裂, 表面 割裂, 表面 硬化 및 cupping 등을 形成하였다는 事實에 비추어 더 緩한 스케줄이 要求된다는 것을 시사하고 있다. 따라서 이와같은 試驗 結果를 考慮하고, 또한 試驗材料로 使用한 供試木의 初期 含水率이 比較의 높은 50~60%임을 考慮하여 참나무 두께 60mm에 試圖한 스케줄은 表 15로 表示한 바와같다. 本 스케줄은 美國 林産物 研究所 提示 스케줄 番號 T2-C<sub>1</sub>에 該當한다. 本 스케줄을 適用한 結果는 表 16 그림 15 및 그림 16 등으로 表示한 바와 같이 弱度の cupping을 形成하였을 뿐 何等的 乾燥 缺陷을 形成하지아니 하였으므로 表 15로 表示하는 참나무 스케줄은 두께 60mm, 初期 含水率 50~60%를 安全하게 乾燥할 수 있는 스케줄로써 認定된다. 本 스케줄을 適用한 供試木中 O1, W221 및 W222 등은 甚한 表面 割裂과 木口 割裂을 形成하였으나, 이 割裂은 수심(pith)에 依한 것이었으므로 이들의 供試木은 乾燥 缺陷 觀察에서 除外하였다.

두께 30mm의 乾燥에 있어서도 그 供試木의 含水率 이 比較의 높은 50~60%가 될 때는 역시 두께 60mm에 對한 스케줄을 그대로 適用하는 것이 安全하며, 最終 含水率에 到達하는 時間은 두께 60mm를 乾燥하는 데 所要되는 時間 보다도 顯著히 짧아진다. 美國 林産物 研究所에서 發表한 참나무 乾燥 스케줄은 表 21로 表示하는 바와 같이 産地에 따라서 各各 다른 스케줄이

提示되고 있는데, 우리 나라産 참나무에 對하여는 이미 試驗 結果가 表示하는 바와같이, Southern lowland oak에 適用되는 가장 緩한 스케줄인 T2-C1이 가장 適合한 것으로 思料된다. 要컨데 참나무를 安全하게 人工 乾燥 하기 爲하여는, 먼저 엔드 코팅을 實施하고 徐

徐히 氣乾하여 그 含水率을 約 25%로 減少한 다음에 人工 乾燥하는 것이 安全하다. 그러나 人工 乾燥의 前處理(predrying)로서 實施하는 氣乾中에 割裂되기 쉬우므로 關係溫度가 低下되지 않도록 充分히 注意하여야 할 것이다.

表 21. 참나무 人工乾燥 스케줄  
Kiln schedules for Oak

樹 種 Species	두께 (inch)							
	4/4, 5/4, 6/4		9/4		10/4		12/4	
	D T	WT	D T	WT	D T	WT	D T	WT
Oak, California black	T4	E2	T3	E1	---	---	---	---
Oak, red	T4	D2	T3	D1	T3	C1	T3	C1
Oak, white	T4	C2	T3	C1	T3	B1	T3	B1
Oak, Southern lowland	T2	C1	---	---	---	---	---	---

### 參 考 文 獻

1. Vick, C.B.: 1968, USFPRS, Low-temperature Dry ing of 1-inch Sweetgum.
2. Riets, R.C.: 1969, USFPRS, Influence of initial drying temperature on development of warp in one-inch hard maple lumber.
3. Cuppet, D. B. and E. P. Craft: 1971, USFPRS Low-temperature Drying of 4/4 Appalachian Red oak.
4. Rasmussen, E. F. :1961, Agriculture Handbook No. 188, Dry Kiln-operator's Manual.
5. McMillen, J.M.1972. Seasoning and Handling of Ramin.
6. Sato, S. and S. Terazawa: 1964, The Properties of the Important Japanese Woods Drying Properties. JFES.
7. 丁丙載: 1963, 國產 有用材의 人工 乾燥 特性에 關한 研究. 全南大學校 論文集 第8輯,
8. 丁丙載外 2名: 1968, 江原道産 참나무의 乾燥 特性에 關한 研究. 林業試驗場 報告書.