

상수리나무 邊材와 心材의 熱板乾燥에 關한 研究*¹

鄭 希 錫*² · 李 弼 宇*²

Study on Press-drying of Sapwood and Heartwood of Oak*¹

Hee Suk Jung*² · Phil Woo Lee*²

Press drying was used on sapwood and heartwood of oak (*Quercus acutissima Carruthers*) to find profitable means of drying low grade logs. This study was designed to investigate the process of press drying considering core temperature, current moisture content, drying rate, drying time, final moisture content, dimensional change and drying defects. The drying tests were conducted using 1.5 centimeter thick material at platen temperature of 175°C. and pressure of 35psi. The results were summarized as follows.

1. Core temperature was divided into three stages of drying characterized by initial heating period, plateau temperature, and period of rising core temperature. Plateau temperature of heartwood material was higher and longer than that of sapwood material.
2. The predicting equation for change in drying rate of sapwood material was $\log y = -2.7925 - 0.0811x$ as function of time. That of heartwood material was $\log y = -3.3382 - 0.0468x$.
3. Sapwood material reduced the moisture content from 59 to 2.5 percent in 45minutes. Heartwood material reduced the moisture content from 64 to 3.3 percent in 55 minutes.
4. Shrinkage during press drying were 20.4 percent in thickness direction and 2.5 percent in width direction. Recovery on equilibrium conditioning at 65 percent relative humidity and temperature of 20°C. were 11.4 percent in thickness direction and 49.4 percent in width direction.
5. Heartwood material developed severe honeycombing and moderate checking. The sapwood material dried without honeycombing, checking and collapse. All material kept wood flat.

低質材 乾燥의 한 方案으로서 상수리나무 板材를 熱板乾燥하였다. 熱板乾燥條件은 邊材와 心材의 두께 1.5cm板材를 熱板溫度 175°C, 壓力 35psi로 乾燥하여, 乾燥時 內部溫度, 乾燥中 含水率 및 乾燥速度의 變化, 乾燥時間과 末期含水率, 乾燥材의 尺寸變化, 乾燥損傷 등을 調査한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 板材의 內部溫度는 乾燥初期에 급격히 上昇하여 얼마동안 一定하게 유지된 다음 서서히 上昇하였다. plateau temperature는 心材가 邊材보다 높고 유지기간도 길었다.
2. 乾燥時間에 따라 乾燥速度는 減少하였고 邊材의 乾燥速度는 $\log y = -2.7925 - 0.0811x$ ($r = -0.976$), 心材의 乾燥速度는 $\log y = -3.3382 - 0.0468x$ ($r = -0.976$)의 曲線으로 나타났다.
3. 所要되는 乾燥時間은 心材가 邊材보다 길었고, 邊材는 初期含水率 59%에서 末期含水率 2.5%까지 乾燥하는데 45分, 心材는 初期含水率 64%에서 末期含水率 3.3%까지 55분이 各各 所要되었다.
4. 乾燥材의 平均 두께收縮率은 20.4%, 平均 幅收縮率은 2.5%이고, 平均 두께復元率은 11.4% 平均 幅復元率은 49.4%로서 두께는 幅보다 收縮率은 깊으나 復元率은 적었다.
5. 邊材는 內部割裂 등의 乾燥損傷이 거의 없었으나 心材는 內部割裂이 심하게 나타났다.

*¹ Received for publication in Oct. 10, 1977.

*² 서울대학교 農科大學 College of Agriculture, Seoul National University

緒 論

木材를 乾燥하지 않고 그대로 使用하면 收縮에 依한 變形과 理學的 性質이 크게 떨어질 뿐만 아니라 接着과 塗裝等 加工工程에서 여러 가지 被害가 나타난다. 그래서 木材의 損傷防止, 理學的 性質과 加工의 性質을 改着하기 위해 使用하는 場所에 알맞는 含水率까지 乾燥하여 使用하게 된다.

木材의 乾燥는 상당한 技術과 時間이 要求되고 乾燥 損傷이 나타나기 때문에 乾燥時間의 短縮이나 乾燥損傷을 最小化하기 위해 몇가지 特殊乾燥法이 알려져 있으나 乾燥費用이 많이 들어 널리 使用되지 않고 있다. 그래서 木材乾燥는 주로 熱氣乾燥法에 따르고 있는 實情이다.

근래에 와서 產業發展과 더불어 乾燥材의 認識이 높아지고 乾燥材의 需要가 날로 늘어나고 있다. 그러나 供給되는 木材의 質은 점차 떨어지고 있다. 특히 國內 林產資源은 大部分 幼齡林으로 構成되어 있어 급후 막대한 需要量을 충당하기 위해서는 速成短伐期 樹種의 大量 增植利用과 現在까지 低利用 또는 未利用 資源利用이 적극적으로 추진되어야 할 것이다. 速成短伐期 木材나 小徑 低質材 利用問題가 대두됨에 따라 적절한 加工法이 밝혀져야 할 것이다. 이들 木材는 大部分 未熟材(juvenile wood)로 構成되어 있기 때문에 收縮異方性이 크고 치수가 不安全한 性質을 갖고 있다. 특히 小徑 低質材는 灣이가 많고 變曲되어 있기 때문에 이의 製材品에 熱氣乾燥를 適用하면 乾燥損傷이 심하므로 効率的인 乾燥方法이 강구되어야 할 것이다.

本 研究에서는 乾燥損傷이 잘 나타나고 乾燥가 느린 樹種의 하나인 상수리나무 板材를 使用하여 乾燥時間의 短縮은 물론 warping을 最大한 防止하기 위해 特殊乾燥의 한 方法으로 最近에 그 重要性이 평가되고 있는 熱板乾燥를 實施하였다. 熱板乾燥에서 基本的인 性質로서 乾燥中 板材의 內部溫度, 含水率 및 乾燥速度의 變化, 乾燥材의 收縮率과 復元率, 乾燥損傷 등을 알고져 하였다.

研究史

木材乾燥에서 乾燥時間의 短縮이나 乾燥損傷을 적게 하기 위한 特殊乾燥法이 있는데, 지금까지 알려져 있는 特殊乾燥法에 對해 Kollmann(1968)¹⁾은 高溫乾燥(high temperature drying), 化學乾燥(chemical seasoning), 高周波乾燥(high frequency dielectric drying),

줄熱(Joule's heat)에 依한 乾燥, 眞空乾燥(vacuum drying), 有機溶劑乾燥(solvent drying), 有機化學物的 蒸氣乾燥(vapor drying), oily liquid에 依한 乾燥 그리고 赤外線에 의한 乾燥(drying by infra-red radiation) 등을 언급하고 있다. 그러나 近來에 와서 木材工業에 直面하고 있는 未熟材와 小徑低質材의 利用에 있어 치수 安全성의 적기 때문에 從來의 特殊乾燥法으로는 warping이 심하게 나타남으로 새로운 乾燥法이 要求되게 이르렀다. warping의 發生을 防止하고 빨리 乾燥하기 위해 Koch(1964)²⁾는 高溫과 壓力을 適用한 熱板乾燥를 實施한 바 있는데 Southern pine 7/16인치 板材를 大氣壓 以上の 壓力과 溫度 300°F에서 熱板乾燥한 結果 기존의 다른 乾燥法보다 乾燥速度가 빠르고 bow, crook, 幅收縮이 적음을 報告하였다. Mckean(1966)³⁾는 너도밤나무 邊材와 心材板材를 330°F에서 熱板乾燥를 實施한 結果 邊材板材는 2時間에 乾燥되나 乾燥損傷이 일어난다고 報告하였다. Heebink et al (1966)⁴⁾는 低質 潤葉樹로 부터 마루板과 paneling用으로 乾燥하기 위해 溫度 300~350°F, 壓力 50~100psi 條件에서 熱板乾燥의 所要 乾燥時間과 乾燥損傷 등을 報告하였다. Hann(1966)⁵⁾는 yellow poplar를 빨리 乾燥하기 위해 高溫과 大氣壓 以上の 壓力을 適用해서 乾燥의 mechanism과 材質變化에 對한 研究에서 壓力이 클수록 熱에 依한 退化가 커짐을 報告하였다. Schmidt(1967)⁶⁾는 너도밤나무의 板材를 溫度 165°C, 壓力 170~200psi로 熱板乾燥할 때에 乾燥時間別 木材溫度, 含水率 壓力別 板材두께의 變化, 乾燥材의 比重과 치수 安全性 등을 調査한 結果 從來에 未利用의 低質 너도밤나무로도 比較的 우수한 마루板用으로 乾燥利用할 수 있음을 報告하였다. Turkia(1968)⁷⁾은 caul의 形態가 乾燥時間에 미치는 研究에서 無通氣 caul, 通氣 caul 그리고 通氣 caul과 40mesh의 wire cloth를 各各 使用해서 乾燥時間을 調査한 Daniels의 研究結果를 인용보고하였고, Turkia et al (1968)⁸⁾는 aspen 邊材의 熱板乾燥에서 乾燥速度 乾燥經過 및 乾燥材의 치수安全性 등을 報告하였다. Hittmeier et al (1968)⁹⁾은 美國産 潤葉樹 8樹種가 삼나무 低質原木을 paneling과 pallet用으로 熱板乾燥한 結果 乾燥時間이 많이 短縮되고 材質은 熱氣乾燥材와 비슷하여 모든 樹種의 邊材와 乾燥損傷이 적은 樹種의 心材는 熱板乾燥가 가능함을 報告하였다. Haygreen et al (1968)¹⁰⁾은 aspen과 paper birch를 家具用으로 利用하기 위해 熱板乾燥할 때에 乾燥時間에 미치는 影響因子, 乾燥損傷 및 經濟的인 實用性 등의 研究에서 板材두께가 두꺼울수록 經濟的인 實用性이 있음을 밝혔다. Kimball (1968)¹¹⁾은 loblolly pine의 두꺼운 sliced veneer와 얇은

製材木을 熱氣乾燥, 로타型單板乾燥(roller-type veneer drying) 및 熱板乾燥 등 3가지 乾燥法을 適用해서 乾燥時間과 含水 變化를 서로 比較하였다.

Cheh et al (1968)¹⁾은 生材狀態인 潤葉樹材를 高溫乾燥時에 木面과 內部割裂의 發生을 防止하기 爲해 乾燥前에 transverse compression를 處理하여 高溫乾燥하면 乾燥損傷이 적어짐을 報告하였다. Lutz(1974)²⁾은 單板乾燥時에 發生되는 buckling과 end waviness를 防止하기 爲해 flatsliced walnut veneer의 適切한 熱板乾燥의 條件을 報告하였고, Wang et al (1975)³⁾은 red oak의 單板乾燥에 對한 研究에서 板材두께, 初期含水率, 溫度, 壓力 등 諸因子가 乾燥速度에 미치는 影響에 대해 報告하였다. Koch (1972)⁴⁾와 寺澤(1976)⁵⁾은 그들의 報告에서 熱板乾燥를 特殊乾燥의 한 方法으로 述술하고 있다.

以上과 같이 熱板乾燥에 對한 研究은 비교적 늦게 着手된 以來 계속 研究가 수행되고 있으나 우리 나라에서는 아직 熱板乾燥에 對한 研究된 바 없다. 林産資源

의 不足과 아울러 低質 小徑材의 利用이 크게 提擧되고 있는 우리의 實情은 크게 감안할 時에 熱板乾燥에 關한 研究가 必要하다고 生覺된다.

材料 및 方法

1. 材 料

1) 供試木: 使用한 生수리나무는 京畿農大 水原演習林에 自生한 林에서 材長 1m인 原木을 採取하였다. 採取한 原木을 水分蒸發과 橫斷面割裂을 防止하기 爲해 케이트로 엘드 코팅하여 研究所內 貯藏하였다.

2) 供試片: 原木을 두께 1.5cm, 幅 9cm로 製材한 以後 心材와 邊材로 區分하여 試片의 長이 25cm가 되도록 測定해가 供試片을 만들었다. 供試片은 乾燥가 되기 前에 젖은 가마니로 싸서 通氣이 안되는 곳에 저장되면서 使用하였다. 供試片의 試驗條件은 表 1과 같다.

表 1. 供試片의 條件

調 查 項 目	材 種	크 기(cm)	初期含水率(%)	生 材 比 重	數 量
內部溫度	邊 材	두께 1.4×幅 8.4	58	0.64	3
	心 材	두께 1.5×幅 8.5	63	0.66	3
乾燥中含水率 및 乾燥速度	邊 材	두께 1.5×幅 8.9	59	0.63	5
	心 材	〃 1.5×〃 8.9	64	0.63	5
含水變化 및 乾燥損傷	心 邊 材	두께 1.5×幅 8.9	61	0.64	16

3) 供試機器

(1) 熱氣機: 熱板크기는 7×10인치인 油氣式 熱氣機를 使用하였다.

(2) Caul: 熱板과 乾燥材 사이에 넣어서 水分排除가 잘 되도록 通氣카울(ventilated caul)을 使用하였다. 카울의 크기는 두께 6.4mm, 幅 175mm, 長이 254mm이고, 카울의 모양은 카울의 한 면에 直徑 3.2mm인 구멍을 四方 25mm 간격으로 뚫고, 다른 한면에는 矩形의 홈(幅 4.5mm, 長이 1.5mm)을 카울의 長이 方向으로 切었다.

(3) 溫度指示計: 木材의 內部溫度 測定에는 熱電式 溫度計를 使用하였는데 이 溫度計의 性能은 溫度範圍가 0~400°C이고 精度는 ±1deg.이다. 그리고 應答은 中速에 屬하며 CA 타입의 熱電對와 IC 타입의 補償導線으로 구성된 것을 使用하였다.

(4) 其他: 板材와 通氣카울 사이에 80mesh 鐵絲網을 使用했고, 含水 測定에는 感度 0.01mm인 screw micrometer를 使用하였으며, 두께 測定에는 感度 0.01g의 천평을 使用하였다.

方 法

1) 試驗의 內容은 乾燥中 板材의 內部溫度, 含水率, 乾燥速度의 變化 그리고 乾燥板材의 收縮率과 復元率(recovery), 乾燥損傷 등을 알기 爲해 熱氣條件은 熱板溫度 175°C, 壓力 175psi로 하여 乾燥하였다.

1) 板材의 內部溫度(core temperature): 板材가 加熱되어 乾燥됨에 따라 內部溫度와 關係할 關係가 있을 것으로 보아 乾燥時間 經過에 따라 熱電對을 使用하여 內部溫度를 測定하였다. 溫度의 測定位置는 板材의 橫斷面에서 6cm 떨어진 곳에서 板材두께의 中央에 直徑 3.5mm인 구멍을 3cm 長이까지 파고 熱電對을 挿入하여 一定한 時間間隔으로 溫度를 測定하였다.

2) 乾燥中 含水率과 乾燥速度: 乾燥時間別 含水率과 乾燥速度를 알기 爲해 乾燥時間 5分 間隔으로 乾燥中의 板材두께를 測定하였다. 乾燥中 含水率(current moisture content)의 計算은 먼저 乾燥材의 末期含水率(final moisture content)를 式(1)로 求하고, 이를 利用하여 板材의 全乾두께를 式(2)로 求하였다. 이 全乾두께와 乾

燥中의 板材 두께를 使用하였 式(3)으로 乾燥中 含水率을 求하였다. 그리고 心材板材와 邊材板材의 乾燥中 含水率의 變化를 比較하기 爲해 比含水率(relative moisture content)을 求하였는데, 이는 板材의 初期含水率(initial moisture content)를 式(4)로 求한 다음 乾燥中 含水率 對 初期含水率의 比로서 나타냈다.

乾燥速度는 乾燥時間 5分 間隔으로 區分해서 式(5)로 求하였다.

$$U_f = \frac{W_{mf} - W_o}{W_o} \times 100 \dots\dots\dots(1)$$

U_f : 末期含水率 (%)

W_{mf} : 末期含水率 測定用 試片의 全乾前 무게 (g)

W_o : 末期含水率 測定用 試片의 全乾 무게 (g)

$$W_{bo} = \frac{W_{bf}}{1 + \frac{U_f}{100}} \times 100 \dots\dots\dots(2)$$

W_{bo} : 乾燥板材의 全乾 무게 (g)

W_{bf} : 乾燥 끝난 板材 무게 (g)

$$U_t = \frac{W_{bt} - W_{bo}}{W_{bo}} \times 100 \dots\dots\dots(3)$$

U_t : t 乾燥時間에서 板材의 乾燥中 含水率 (%)

W_{bt} : t 乾燥時間에서 板材의 乾燥中 무게 (g)

$$U_i = \frac{W_{bi} - W_{bo}}{W_{bo}} \times 100 \dots\dots\dots(4)$$

U_i : 板材의 初期含水率 (%)

W_{bi} : 板材의 乾燥前 무게 (g)

$$R = \frac{dg}{dt W_{bo}} \dots\dots\dots(5)$$

R : 乾燥速度 (%/min.)

g : 除去된 水分量 (g)

t : 乾燥時間 (min.)

4) 板材의 尺寸變化와 乾燥損傷: 板材는 乾燥함에 따라 收縮하고 加壓하면 壓縮되는 등 熱板乾燥時의 收縮의 程度를 알기 爲해 乾燥前과 乾燥 끝난 즉시 尺寸을 測定하여 收縮率은 式(6)으로 求하였다.

그리고 乾燥가 끝난 板材는 吸濕에 依한 膨潤의 力 除去에 따라 原形으로 復元한다는 性質의 있는 나, 復元의 程度를 알기 爲해 乾燥된 板材를 恒溫恒濕器에 넣어 溫度 20°C, 相濕度 65% 條件에서 恒量이 될때 까지 調濕處理를 實施해서 復元率을 式(7)로 求하였다

$$S = \frac{l - l_c}{l} \times 100 \dots\dots\dots(6)$$

S : 收縮率 (%)

l : 乾燥前 두께 또는 幅 (cm)

l_c : 乾燥後 두께 또는 幅 (cm)

$$r = \frac{l_r - l_c}{l - l_c} \times 100 \dots\dots\dots(7)$$

r : 復元率 (%)

l_r : 復元後 두께 또는 幅 (cm)

結果 및 考察

1. 板材의 内部溫度

邊材板材와 心材板材의 乾燥中 内部溫度의 變化는 그림 1과 같다. 内部溫度는 乾燥初期에 급속히 上昇하는 단계, 内部溫度가 거의 一定하게 유지되는 단계, 内部溫度가 서서히 上昇하는 단계 등 3단계로 區分되고 있다. 邊材와 心材板材의 内部溫度 變化는 다소 相異하였다. 邊材板材의 内部溫度는 乾燥시작 5분만에 103.3°C까지 급격히 上昇한 以後, 약 10分 동안 거의 一定한 溫度 즉 plateau temperature를 유지하다가, 그 다음부터 서서히 上昇하여 乾燥時間 40분만에 内部溫度는 150°C에 到達하였다. 이때에 乾燥板材의 末期含水率은 3.8%이었다. 心材板材의 内部溫度는 乾燥시작 5분만에 106°C까지 급격히 上昇한 以後, 약 15分 동안 plateau temperature를 유지하다가, 그 다음 부터 서서히 上昇하여 乾燥時間 45분만에 内部溫度는 150°C에 達하였다. 이때에 乾燥板材의 末期含水率은 2.4%이었다.

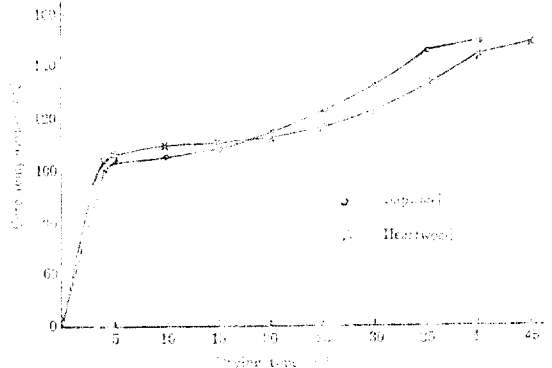


Fig. 1. Change of core temperature during press drying

乾燥中 内部溫度의 變化에 의 3단계로 區分되는 까닭은 乾燥初期에 含水率이 높은 板材는 高溫의 熱板으로부터 熱傳導가 잘 되며, 加熱한 熱量이 氣化에 소모된 熱量보다 훨씬 크기 때문에 급격히 内部溫度가 上昇하나, 그 以後부터는 乾燥에 依한 表層의 含水率이 低下되면서 熱傳導도가 다소 떨어져, 供給되는 熱量은 內層에 存在하는 自由水의 氣化에 소모되는 熱量과 균형을 이루기 때문에 内部溫度가 거의 一定하게 유지될 것이다. 內層에 存在하는 自由水가 모두 除去될 以後 結合水만의 단계되면, 結合水는 自由水보다 末質과 分離 및 그 移動이 현저히 느리기 때문에 結合水의 除去에 소모되

는 熱量은 供給되는 熱量보다 차차 적어짐으로 内部溫度는 서서히 上昇하는 것으로 生覺된다.

邊材板材와 心材板材의 内部溫度의 差異를 考察해 보면 心材板材는 邊材板材보다 첫째 乾燥初期에 溫度上昇이 빠르고, 둘째 plateau temperature가 높고 유지되는 期間이 길며, 셋째 内部溫度가 150°C에 倒達되는 乾燥時間이 길었다. 이와같이 乾燥初期에 溫度上昇의 差異는 心材가 邊材보다 透過性이 크게 떨어질 뿐만 아니라, 比重과 含水率이 높았고 抽出物의 含量이 많은데 其 因된 것으로 보인다. 一般의 木材의 熱傳導度는 密度, 含水率, 抽出物의 含量이 증가됨에 따라 커지는 것으로 報告되어 있다.^{9,10} Turkia(1968)¹⁰에 依하면 内部溫度는 透過性, 初期含水率, 壓力, 溫度 等에 따라 變한다고 報告하였다.

그리고 心材의 plateau temperature가 邊材보다 높고 오래동안 유지되는 것은 心材가 邊材보다 透過性이 적어서 乾燥中 水分의 除去가 느리다. 이로 因하여 心材의 內層에는 水蒸氣壓이 높아져서 内部溫度의 上昇을 초래케 되고, 또한 自由水의 除去가 느린 關係上 그만큼 内部溫度는 오래동안 一定하게 유지되게 된다. 反面에 邊材는 透過性이 좋기 때문에 乾燥中에 自由水는 内部에서 外部로 쉽게 流動되게 때문에, 邊材의 内部溫度는 心材의 것 보다 plateau temperature가 낮고 짧으며, 乾燥末期에 内部溫度가 빨리 上昇되는 것으로 生覺된다.

本 試驗에서 内部溫度의 變化는 Hittmeier et al(1967)⁹, Warg (1975)¹⁰ 등이 red oak를 供試하여 報告한 內容과 비슷하였다. 本 試驗에서 求한 plateau temperature는 邊材가 103~109°C이고, 心材는 106~112°C이었으나, Hittmeier가 報告한 red oak의 plateau temperature는 219~243°F이었다.

2. 乾燥中 含水率과 乾燥速度

邊材板材와 心材板材의 乾燥中 含水率과 比含水率의

變化는 그림 2와 같고, 乾燥時間別 含水率 變化는 曲線的으로 減少하였다. 乾燥時間 45分 동안에, 邊材板材는 初期含水率 59%에서 末期含水率 2.5%까지 乾燥되었으나, 心材板材는 初期含水率 64%에서 末期含水率 9.0%까지 乾燥되었다.

比含水率의 變化曲線을 보면 邊材板材는 心材板材보다 빨리 乾燥되는 것을 알 수 있다. 이는 心材와 邊材보다 抽出物 含量이 높고, 또한 pit aspiration에 依한 透過性이 떨어지는데 基因한 것으로 生覺된다.

邊材板材와 心材板材의 各 乾燥時間에 있어서 乾燥速度는 表 2와 그림 3과 같이 曲線的으로 나타나고 있다. 乾燥時間 x에 對한 乾燥速度 y의 關係를 統計分析한 結果는 表 3과 같다. 邊材板材의 各 乾燥時間에 있어서 乾燥速度에 對한 回歸式은 $\log y = -2.7925 - 0.0811x$ 이며, 相關係數가 $r = -0.970$ 으로 高度의 有意性을 보여주는 狀態에서 回歸係數는 負의 高度의 有意性을 보여주고 있다. 그리고 心材板材의 各 乾燥時間에 있어서 乾燥速度에 對한 回歸式은 $\log y = -3.3382 - 0.0468x$ 이며, 相關係數가 $r = -0.976$ 로 高度의 有意性을 보여주

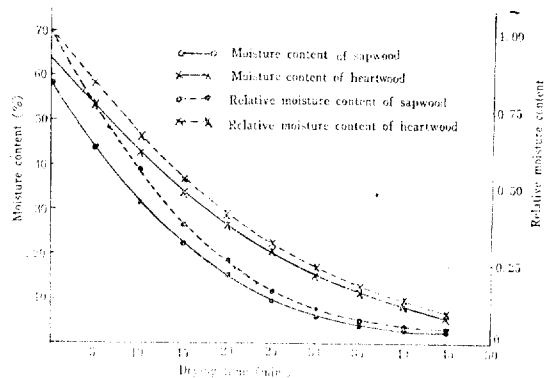


Fig. 2. Moisture content and relative moisture content during press drying.

Table 2. Average drying rate (10⁻⁴%/min.) in different drying times.

Wood type	Drying time(min.)											Final moisture content (%)
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	
Sapwood	293	241	184	146	110	75	42	22	10			2.5
Heartwood	211	224	174	147	121	101	82	60	50	32	19	3.3

Table 3. Summary table of regression relation between drying time and drying rate.

Sapwood or heartwood	Regression equation	F.	r
Sapwood	$\log Y = -2.7925 - 0.0811X$	112.42**	-0.970**
Heartwood	$\log Y = -3.3382 - 0.0468X$	177.83**	-0.976**

는 狀態에서 回歸係數는 負의 高度의 有意性을 보여주고 있다. 邊材板材나 心材板材는 모두 乾燥時間이 경과함에 따라 乾燥速度는 減少되고 있었다. 邊材板材의 乾燥速度는 心材板材의 乾燥速度보다 乾燥前期에는 컸으나 乾燥後期에는 적었다. 이와같이 乾燥時間別에 따라 邊材板材와 心材板材의 乾燥速度의 差異는 邊材는 心材보다 透透性이 커서, 乾燥前期에 상당한 水分이 除去됨에 따라 乾燥後期에는 상응하며 乾燥速度가 떨어지게 되는 것으로 生覺되고, 反面에 心材는 aspirated pit와 tylosis의 存在, 抽出物의 높은 含量때문에 水分流動이 느려서 乾燥前期에는 邊材보다 乾燥速度가 떨어지나, 乾燥後期에는 邊材보다 높은 含水率로 인하여 乾燥速度가 큰 것으로 生覺된다. 本 試驗에서 일어난 乾燥速度는 Turkia(1968)¹⁴⁾의 邊材板材의 乾燥時間別 乾燥速度, Hittmeier(1967)⁵⁾의 plateau temperature 別에 따른 乾燥速度, 그리고 Wang(1975)¹⁶⁾의 red oak의 乾燥時間別 比含水率로 나타난 乾燥速度 等の 變化曲線과 유사한 경향을 나타내고 있다.

3 乾燥板材의 尺寸變化和 乾燥損傷

末期含水率 3%까지 乾燥될 때에 板材의 두께收縮率과 幅收縮率, 溫度 20°C, 關係溫度 65% 條件에서 平衡狀態에 倒達될 때에 復元率은 表 4와 같다. 두께 收

縮率과 標準偏差는 20.4%±2.0이고 幅收縮率과 標準偏差는 2.5%±0.9이다. 그리고 두께 復元率과 標準偏差는 11.4%±2.1이고 幅復元率과 標準偏差는 49.4%±29.0이다.

熱板乾燥에서 두께收縮率은 木材의 正常的인 收縮率보다 컸으나 幅收縮率은 오히려 적었다. 이는 熱板乾燥할 때에 水分除去에 依한 收縮과 同時에 加壓에 依한 壓縮이 됨으로 두께收縮은 더욱 커지나, 幅收縮은 加壓에 依해 억제되기 때문에 적어진다.

Koch(1964)⁷⁾는 소나무 乾燥試驗에서 熱板乾燥의 收縮率을 天然乾燥, 熱氣乾燥, jet dhyer와 roller veneer dryer에 依한 乾燥에서 보다 큰 事實을 報告하였다. Hittmeier(1975)⁵⁾는 red oak의 熱板乾燥時 두께收縮率

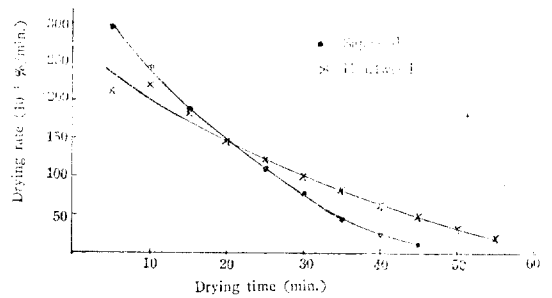


Fig. 3. Drying rate during press drying.

Table 4. Dimensional change

No	Final moisture content (%)	Shrinkage(%)		Recovery(%)		Wood type
		Thickness	Width	Thickness	Width	
1	2.0	21.4	3.4	14.2	67.2	Sapwood
2	3.2	21.6	1.3	10.9	86.4	"
3	1.6	20.8	2.2	14.5	77.5	"
4	3.8	23.1	1.3	8.5	68.1	"
5	4.5	21.5	1.3	5.3	72.7	"
6	3.0	22.2	2.6	14.6	22.9	"
7	2.9	22.3	3.6	9.7	31.9	"
8	3.2	22.5	1.9	10.5	29.4	"
9	2.8	18.4	3.4	10.7	25.4	Heartwood
10	3.3	19.8	2.0	14.3	94.1	"
11	0.8	19.2	1.9	11.2	93.8	"
12	3.0	15.2	2.9	13.0	32.7	"
13	3.1	19.3	1.5	11.3	23.0	"
14	2.1	21.1	3.9	12.9	20.8	"
15	3.8	18.5	3.8	10.7	25.7	"
16	5.0	19.5	3.4	9.7	19.4	"
Mean	3.0	20.4	2.5	11.4	49.4	
Standard deviation	1.0	2.0	0.9	2.1	29.0	

10.1~19.6%, 幅收縮率 1.4~4.3%이고, post oak의 두께收縮率 10.0~15.1%, 幅收縮率 0.3~3.5%로 報告된 內容은 本 試驗結果와 유사하다. Ziegler(1971)¹⁷⁾는 eastern hemlock의 두께收縮率은 壓力이 일정하면, 乾燥時間이 길고 溫度가 높을수록 큰 事實을 報告하였으며, Wang(1975)¹⁶⁾은 red oak의 두께變化는 壓力이 크고, 初期含水率이 높고, 末期含水率이 적을수록 커진다고 報告하였다.

低含水率까지 乾燥된 板材를 放置해 두면 吸濕에 依해 膨潤되고, 잔류 應力이 除去됨에 따라 復元될리는 性質이 있다. 復元率은 低含水率까지 乾燥된 板材가 氣乾狀態에 까지 吸濕됨에 따라 일단 일어난 收縮量이 復元率만큼 回復되는 것이다. 幅收縮量은 거의 半정도 復元되나, 두께收縮量은 不過 11.4% 정도로 復元되었다. Wang(1975)¹⁶⁾은 復元率이 여러가지 因子에 따라 다르지만 收縮率, 溫度 및 木理方向에 따라 달라진다고 報告하였다.

熱板乾燥時에 乾燥損傷에 있어서는 邊材板材는 乾燥損傷이 거의 나타나지 않았으나, 心材板材는 大部分 內部割裂이 심하게 나타났다. 心材板材의 內部割裂은 透適성이 적어서 水分排除가 느리기 때문에 板材 內部壓力을 높여서 割裂이 나타나는 것으로 생각된다. Hittmeier(1967)⁵⁾는 두께가 두꺼운 木材일수록 內部割裂이 심하다고 하였으며, Haygreen(1968)³⁾은 tyloses가 存在하는 心材는 內部割裂, collapse의 原因이 된다고 報告하였다.

引用文獻

- Cech, M.Y., Goulet, M. 1968. Transverse compression treatment of wood to improve its drying behavior. Forest Prod. J. Vol. 18, No. 5:90-91.
- Hann, R.A. 1966. Theoretical considerations in the drying of wood at pressures above atmospheric. Forest Prod. J. 16(4).
- Haygreen, J.G. and Turkia, 1968. Technical and economic considerations in the platen drying of aspen sapwood and paper birch cut stock. Forest Prod. J. Vol. 18, No.8.
- Heebink, B.G. and K.C. Compton, 1966. Paneling and flooring from low grade hardwood logs. U.S. Forest Service Res. Note, EPL-0122 : 24
- Hittmeier, M.E., G.L. Comstock and R.A. Hann, 1968. Press drying nine species of wood. Forest products journal Vol. 18. No. 9 : 91-96.
- Kimball, K.E., 1968. Accelerated methods of drying thicksliced and thin-waved loblolly pine. Forest prod. J. Vol. 18, No.1.
- Koch, Peter, 1964. Techniques for drying thick southern pine veneer. Forest Prod. J. 14(9):382-386.
- Koch, P. 1972. Utilization of the southern pines. Vol. I. Raw material. USDA Forest Service. U.S. Government Printing office. :307-314.
- Kollmann, F.F.P. and W.A. Cote 1968. Principles of wood science and technology. Vol. I. Springer Verlag.
- Lutz, J.F., and Planger H.R., 1974. Pressdrying green flastliced walnut veneer to reduce buckling and end waviness. Forest Prod. J. Vol. 24. No. 5. :29-34.
- McKean, Herber. B. 1966. Hot press drying of beech billets. FPRS News Digest, File No. G-1, 7. 29.
- Schmidt, J., 1967. Press drying of beechwood. Forest Prod. J. 17(9): 107-113.
- 寺澤眞, 筒本卓造, 1966. 木材の人工乾燥, 日本木材加工技術協會
- Turkia. and Haygreen, 1968. Platen drying of aspens sapwood. Forest Prod. J. 18(6):43-48.
- U.S. D.A. 1974. Wood Handbook. Agriculture. Handbeck. No.72. U.S. Government Printing Office.
- Wang, J.H., F.C. Beall. 1975. Laboratory press-drying of red oak. Wood science Vol.8. No.2.
- Ziegler. G.A., W.K. Murphey, F.C. Beall. 1971. Operational variables in press drying eastern hemlock. Forest. Prod. J. 11(10):32-34.