

木材의 치수變動에 관한 研究*1

鄭 希 錫*2 · 李 弼 宇*2 · 李 南 浩*2

Study on Movement of Wood *1

Hee Suk Jung *2 · Phil Woo Lee *2 · Nam Ho Lee *2

Summary

Both the control and heated specimen of oak, hornbean, alder, poplar, red pine and pitch pine among domestic commercial species and taun imported were used for radial and tangential shrinkage and movement that occurred on changing the relative humidity of the atmosphere from 90 percent to 60 percent at 25°C. The results of this study were as follows.

1. The radial and tangential shrinkage of the control and heated hornbean and oak wood, except alder, of high specific gravity showed greater than species with low specific gravity. The ratio of tangential to radial shrinkage was 1.46 for taun to 2.70 for alder.
2. Green volume specific gravity of the heated and soaked specimen of all species except poplar decreased 1.5 to 3.1 percent. Shrinkage of the heated specimen increased more than that of the control specimen, and antishrink efficiency of all timbers except alder had negative value. Shrinkage from green to air-dry of treated specimens increased more than case of total shrinkage, and radial shrinkage of those specimen increased greater than tangential shrinkage.
3. The movement of the heating specimen for 120 hours decreased than those of the control and the heating specimen for 240 hours. The movement of heating oak, poplar, red pine and pitch pine for 240 hours increased rather than those of the control specimen.

Key words: antishrink efficiency, movement, total shrinkage,

1. 緒 論

우리나라는 林産資源의 부족으로 인하여 소량의 國産材 生産利用과 아울러 다량의 木材를 導入하여 利用하고 있다. 어떠한 樹種의 木材利用이던간에 生材는 사용조건에 알맞은 利用含水率까지 天然乾燥 또는 人工乾燥하여 사용하고 있으며 木材는 乾燥되면서 收縮(shrinking) 하고 收縮率의 정도는 樹種, 個體, 部位 및 生産地에 따라 상이하다. 일단 乾燥된 木材일지라도 사용중에 溫度와 濕도가 일일, 계절 또는 연도에 따라 變化되면 목재치수변동이 일어난다

즉 吸濕하면 膨潤(swelling) 되고 脫濕하면 收縮한다. 溫度와 濕도가 주기적인 변화로 인하여 木材의 收縮과 膨潤이 반복되면 木製品의 치수안전성이 차츰 저하된다. 치수안전성의 정도는 치수변동(movement)의 크기에 따라 달라지고 木製品 加工시에 아무리 精密한 치수로 제작된 목제품일지라도 그 제품의 수명은 내적인 치수변동에 의해 좌우된다.

木材의 收縮率과 치수변동치의 관계는 樹種에 따라 다르다. 즉 보고된 바에 의하면 참나무類의 경우는 全收縮率이 크지만 치수변동치는 보통인 樹種이고 檜木은 全收縮率은 적으나 치수변동치는 큰 樹種이다. 收縮率과 치수변동치의 상호관계는 확실

*1. 接受 3月15日 Received March 15, 1986.

이 論文은 1985年度 文敎部 學術研究 助成費에 의하여 연구되었음.

*2. 서울대학교 農科大學 College of Agriculture, Seoul National University, Suwon 170, Korea.

히 밝혀져 있지 않고 다만 乾燥溫度와 木材成分에 기인된 것으로 보고 있다.

근년에 需要가 증가되고 있는 피아노등 악기류, 후로링, 가구 등 고급의 精密木工品은 收縮率보다는 尺寸變動치가 적은 木재를 사용하여야만 제품의 安全性과 耐久性을 증가시킬 수 있을 것으로 생각된다.

따라서 本 研究에서는 몇 種의 國產樹種과 導入樹種의 木재를 供試하여 먼저 收縮率을 구하고 이들 樹種의 天然乾燥材와 加熱處理時間別로 區分하여 尺寸變動율을 조사 구명함으로써 악기 및 목가구의 尺寸安定性과 耐久性을 높일 수 있는 部材를 선정하는데 기초자료를 얻고자 하였다.

2. 究 研 史

Stevens(1963)는 木材가 노출된 環境條件의 正常的인 주기변화에 따른 尺寸變化를 movement라 부르고 收縮率과 區分되어야함을 주장한 이래 Key-lwerth(1964)는 유럽產 자작나무의 含水率과 放射方向, 接線方向 및 容積收縮率의 關係를 조사 보고 하였다. Kauman(1964)은 collapse가 일어나기 쉬운 樹種의 含水率과 收縮率의 關係는 正常的인 收縮의 것과 水分傾斜에 의한 乾燥應力에 의한 影響으로 나타나는 것을 區分하였고, Richardson(1976)은 英國產 主要木재의 尺寸變動치를 조사하고 標準含水率에서 生材狀態까지 纖維方向, 放射方向, 接線方向의 尺寸變動치를 보고하고 木工品제작시에 movement defect를 最少化할 必要가 있음을 제시하였다. Desch(1981)와 Dinwoodie(1981)는 英國 및 熱帶產 針葉樹 8 樹種과 闊葉樹 31 樹種의 尺寸變動치를 조사하고 그 크기를 小(3.0%미만), 中(3.0~4.5%), 大(4.5%이상)로 區分하였으며 尺寸變動치와 收縮率間에 一致하지 않은 樹種을 찾아내고 木工品 利用에 尺寸變動치가 적은 樹種을 勸奨하였다. Choong(1969)은 美國南部產 소나무類 10 樹種의 抽出物이 收縮率에 미치는 研究에서 抽出材는 非抽出材보다 收縮率이 컸었고 吸濕性이 컸음을 究明하였고, Espenas(1971)는 미송, 햄록, 오리나무의 生材를 90°F~215°F의 여러水準의 溫度의 乾燥에서 高溫일수록 收縮率은 컸으나 高溫乾燥材는 吸濕性의 減少로 尺寸가 安定됨을 보고 하였으며, Koch(1972)는 木재의 收縮과 膨潤은 抽出物, 前溫度處理, 樹幹의 部位, 比重, 化學造成, 휘

브릴 각도 등의 인자가 影響함을 보고하였다. 鄭 등(1972)은 有用闊葉樹材의 材質에 關한 試驗에서 층층나무外 9 樹種의 氣乾收縮率과 全收縮率등을 조사 보고 하였으며, 정성호 등(1984)은 자작나무속의 氣乾收縮率과 全收縮率을 조사 보고 하였다.

3. 材料 및 方材

3.1 材 料

1) 供試樹種 : 供試樹種은 우리나라산 활엽수인 참나무, 서어나무, 오리나무, 이태리포플러와 침엽수인 소나무, 리기다소나무 그리고 導入樹種인 타운(taun)을 선정하여 사용하였다.

2) 供試原木의 製材 : 供試原木은 곧은결로 제재하여 변장 35mm로 제재한 후 변장 30mm가되게 平削하였다.

3) 試驗片의 形狀과 크기 : 木재의 放射方向과 接線方向의 氣乾收縮率과 全收縮率用 試驗片과 尺寸變動用 試驗片의 크기는 5mm(纖維方向)×30mm(放射方向)×30mm(接線方向)로 제작하였다.

4) 試驗片의 數量 : 收縮率試驗片은 生材의 정상 수축을 시험과 공기가열 및 沈水前處理시험으로 區分하여 각 樹種別로 10개씩 제작하였으며, 尺寸變動용 시험편은 天然乾燥處理材와 가열공기 건조처리 120시간과 240시간으로 區分하여 각 樹種別로 10개씩 제작하여 사용하였다.

5) 供試器機

(1) 直示마이크로미터 : 收縮率과 尺寸變動용 試驗片의 길이 측정은 精密度 0.002mm인 直示마이크로미터를 사용하였다.

(2) 乾燥器(oven) : 가열공기 건조前處理에 쓴 乾燥器는 精密度 ±2°C인 것을 사용하였다.

(3) 直示天秤 : 試驗片의 含水率 및 生材比重 측정시에 시험편의 무게 측정은 精密度 0.01g인 直示天秤을 使用하였다.

3.2 方 法

1) 收縮率

(1) 正常收縮率 : 收縮率試驗片의 生材상태(섬유 포화점 이상)와 氣乾상태(含水率 12% 기준) 그리고 全乾상태의 接線方向과 放射方向의 길이를 측정하여 接線方向과 放射方向의 氣乾收縮率과 全收縮率

을 구하였다.

(2) 加熱 및 沈水處理材의 收縮率 : 生材試驗片을 溫度 60℃에서 20時間, 100℃에서 4시간 가열하여 全乾시킨다음 沈水시켜 生材상태로 誘導하여 生材상태, 氣乾상태 및 全乾상태의 接線方向과 放射方向의 길이를 측정하여 接線方向과 放射方向의 氣乾收縮率과 全收縮率을 구하였다. 또한 接線方向收縮率 대 放射方向收縮率의 비인 T/R率을 구하였다.

(3) 比重減少率과 抗收縮率 (antishrink efficiencies, ASE) : 比重減少率 (Gd)은 다음式 (1)로 구하였으며 抗收縮率 (ASE)은 다음式 (2)로 계산하였다.

$$Gd = \frac{G_c - G_t}{G_c} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

Gc : 無處理試驗片의 生材比重

Gt : 加熱 및 沈水試驗片의 生材比重

$$ASE = \frac{S_c - S_t}{S_c} \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

Sc : 無處理試驗片의 收縮率 (%)

St : 加熱 및 沈水處理試驗片의 收縮率 (%)

2) 치수변동율

(1) 試驗片의 乾燥 : 試驗片은 無處理(天然乾燥)와 加熱處理로 區分하고 加熱處理試驗片은 溫度 50℃에서 處理時間 120시간과 240시간동안 加熱處理하였다.

(2) 치수변동율의 측정 : 天然乾燥와 加熱處理試驗片은 溫度 25℃와 相對濕度 90%에서 平衡시켜 接線方向과 放射方向의 길이를 측정 한뒤 同一溫度에서 相對濕度 60%에 平衡시켜 接線方向과 放射方向의 길이를 측정하여 각 방향별 치수변동율을 式 (3)으로 구하고, 두 방향의 치수변동율을 합산 (Mt + Mr)하여 치수변동율 (Mt(r))의 정도를 알고저 하였다.

$$Mt(r) = \frac{T_{90}(R_{90}) - T_{60}(R_{60})}{T_{90}(R_{90})} \times 100 \dots\dots (3)$$

Mt(r) : 接線(또는 放射)方向 치수변동율(%)

T90(R90) : 溫度 25℃와 相對濕度 90% 조건에서 平衡한 시편의 接線(또는 放射)方向의 길이(mm)

T60(R60) : 溫度 25℃와 相對濕度 60% 조건에서 平衡한 시편의 接線(또는 放射)方向의 길이(mm)

4. 結果 및 考察

4.1 收縮率

활엽수인 참나무, 서어나무, 오리나무, 이태리포플러 및 타운(taun)과 침엽수인 소나무와 리기다소나무의 生材 比重, 放射方向과 接線方向의 生材에서 氣乾까지 正常收縮率과 生材에서 全乾까지 正常收縮率의 平均值와 표준편차는 表 1과 같고, 이들 樹種의 加熱 및 沈水處理木材의 放射方向과 接線方向의 生材에서 氣乾까지 收縮率과 生材에서 全乾까지 收縮率의 평균과 표준편차는 다음 表 2와 같다.

참나무와 서어나무의 生材比重은 0.66과 0.62로 비교적 가장 컸었고, 이태리포플러의 生材比重은 0.36으로 적은 편이었다.

樹種別 無處理試驗片의 氣乾收縮率의 크기는 서어나무가 가장 컸었고, 참나무, 타운, 소나무, 이태리포플러, 리기다소나무, 오리나무 順位였고 加熱 및 沈水處理試驗片의 氣乾收縮率의 크기는 서어나무, 참나무, 타운, 리기다소나무, 소나무, 이태리포플러, 오리나무 順位였다. 樹種別 無處理試驗片의 全收縮率의 크기는 서어나무가 가장 컸었고, 참나무, 타운, 리기다소나무, 소나무, 이태리포플러, 오리나무 順位였다. 또한 樹種別 加熱 및 沈水處理試驗片의 全收縮率의 크기도 無處理試驗片의 경우와 동일하였다. 일반적으로 無處理試驗片과 加熱 및 沈水處理試驗片의 收縮率의 경우 生材比重이 큰 서어나무, 참나무 및 타운材는 收縮率이 컸으며, 比重이 작은 포플러類와 침엽수는 收縮率이 작았으며, 특히 比重에 비하여 오리나무의 收縮率은 적은 편이었다. Panshin (1970), Dinwoodie(1981), Haygreen(1982)등도 比重이 큰 樹種일수록 收縮率이 크다는 보고내용과 일치하고 있다.

또한 無處理와 加熱 및 沈水處理試驗片의 T/R率의 크기는 오리나무가 가장 컸었고, 다음은 이태리포플러, 서어나무, 참나무, 리기다소나무, 소나무, 타운 順位였다. 速成樹인 포플러類와 오리나무의 T/R率은 컸었고, 比重이 큰 서어나무와 참나무의 T/R

Table 1. Shrinkage of unheated specimen.

Species	Green volume Sp. Gr.	Shrinkage from green to air dry			Shrinkage from green to oven dry		
		Radial	Tangential	T/R ratio	Radial	Tangential	T/R ratio
Oak	0.66	2.69 ± 0.23	7.09 ± 0.31	2.64	5.23 ± 0.12	10.91 ± 0.22	2.09
Hornbean	0.62	3.13 ± 0.33	8.44 ± 0.40	2.70	5.47 ± 0.42	12.09 ± 0.54	2.20
Alder	0.45	1.19 ± 0.16	3.91 ± 0.41	3.29	2.45 ± 0.13	6.61 ± 0.25	2.70
Italy poplar	0.36	1.42 ± 0.28	4.57 ± 0.33	3.22	2.56 ± 0.17	6.87 ± 0.18	2.68
Taun	0.57	2.94 ± 0.48	5.18 ± 0.24	1.76	5.84 ± 0.47	8.52 ± 0.23	1.46
Red pine	0.45	2.08 ± 0.33	4.54 ± 0.60	2.18	3.94 ± 0.27	7.72 ± 0.69	1.96
Pitch pine	0.44	1.72 ± 0.49	4.23 ± 0.72	2.46	4.21 ± 0.32	8.33 ± 0.35	1.98

* Note : Mean ± Standard deviation

Table 2. Shrinkage of heated and soaked specimen

Species	Green volume Sp. Gr.	Shrinkage from green to air dry			Shrinkage from green to oven dry		
		Radial	Tangential	T/R ratio	Radial	Tangential	T/R ratio
Oak	0.65	3.75 ± 0.31	8.66 ± 0.41	2.31	5.77 ± 0.07	11.37 ± 0.20	1.97
Hornbean	0.61	4.13 ± 0.46	9.38 ± 0.38	2.27	5.93 ± 0.48	11.96 ± 0.39	2.02
Alder	0.44	1.78 ± 0.08	4.99 ± 0.35	2.80	2.73 ± 0.12	7.12 ± 0.19	2.61
Italy poplar	0.36	2.00 ± 0.11	5.51 ± 0.23	2.76	2.96 ± 0.17	7.37 ± 0.27	2.49
Taun	0.56	4.28 ± 0.40	6.47 ± 0.29	1.51	6.33 ± 0.36	8.80 ± 0.23	1.39
Red pine	0.44	2.74 ± 0.24	5.94 ± 0.71	2.17	4.28 ± 0.33	8.42 ± 0.82	1.97
Pitch pine	0.43	3.09 ± 0.42	6.50 ± 0.46	2.10	4.05 ± 0.34	9.00 ± 0.41	2.22

* Note : Mean ± Standard deviation.

率は 보통이었으며, 침엽수와 타운의 T/R率は 적은 편이었다. Pentoney(1953)는 橫斷方向收縮異方性은 목재의 肉眼的構造, 휘브릴의 排列 및 細胞間層의 변이에 기인된다고 보고하였고, 또한 Haygreen 등(1982)은 髓線조직과 放射膜上的 膜孔의 존재, 接線方向에서 秋材의 지배, 放射方向對 接線方向의 細胞膜質量的 차이등에 의해 기인된다고 보고하였으며, T/R率は Skaar(1972)는 일반적으로 2라고 보고하였다.

加熱 및 沈水處理材의 生材比重減少率과 抗收縮率은 표3과 같다. 無處理試驗片에 대한 加熱 및 沈水處理試驗片의 生材比重減少率은 리기다소나무의 경우 2.3%로서 가장 컸으나, 이태리포플러의 경우는 변동이 없었고, 잔여樹種들은 1.5~2.2% 범위였다. 또한 加熱 및 沈水處理試驗片의 抗收縮率은 氣

乾收縮率의 경우가 全收縮率보다 적었고, 대부분 負의 값을 나타내었으며 供試樹種중에서 放射方向 抗收縮率은 참나무, 서어나무 및 소나무가 비교적 컸으며 리기다소나무가 적은 값을 나타내고 있었다. 또한 接線方向의 抗收縮率은 서어나무가 가장 컸고 리기다소나무가 가장 적었으며 樹種間에 상당한 차이를 나타내고 있다.

加熱 및 沈水處理材의 生材比重의 약간의 감소율이 일어난 것은 Kollmann(1975)이 보고한 바와 같이 목재는 加熱에 의해 목재의 重量減少가 발생하는데 기인된 것으로 여겨지며, 또한 抗收縮率이 負의 값을 나타내고 있는 것은 Stamm(1965)에 따르면 목재는 加熱에 의해 纖維間的 結合력이 약화되고 섬유質의 細胞間層을 통과하는 헤미셀룰로오스분자 체인의 붕괴가 일어난데 기인된 것으로 생각된다.

Table 3. Losses in specific gravity and antishrink efficiencies (ASE)

Species	Loss of green volume Sp. Gr(%)	ASE			
		Shrinkage from green to air day		Shrinkage from green to oven dry	
		Radial	Tangential	Radial	Tangential
Oak	1.5	-39.41	-22.14	-10.33	-4.22
Hornbean	1.6	-31.95	-11.14	- 8.41	1.08
Alder	2.2	-49.58	-27.62	-11.43	-7.72
Italy poplar	0.0	-40.85	-20.57	-15.63	-7.28
Taun	1.8	-45.58	-24.90	- 8.39	-3.29
Red pine	2.2	-31.73	-29.41	- 8.63	-9.07
Pitch pine	2.3	-79.65	-53.66	-10.45	-8.04

Note : Mean \pm Standard deviation.

따라서 한번 加熱弱화된 목재를 沈水하면 미세조직이 느슨하여 容積膨潤이 커짐으로서 결국 再乾燥時에 收縮率이 증가되게 된다.

4.2 치수變動率

樹種別 無處理와 120時間과 240時間 加熱處理材의 含水率, 接線軸과 放射軸의 치수變動率은 表 4, 5와 같이 서어나무, 오리나무, 이태리포플러 樹種의 加熱處理材의 含水率은 無處理材의 含水率보다 감소하였고, 그 밖의 樹種은 加熱處理材와 無處理材간에 비슷한 傾向을 나타내었다. 치수變動率은 無處理試驗材의 경우 오리나무가 5.07%로 가장 적었고 서어나무는 10.14%로 가장 컸었다. 모든 樹種에서 加熱處理 120時間 加熱處理시 치수變動率은 無處理材보다 적었고 240시간 加熱處理시 치수변동율은 120시간 加熱處理시보다 증가하였으며 특히 참나무, 이태리포플러,

소나무, 리기다소나무의 경우는 無處理材보다 오히려 증가하였다. 치수변동율은 比重이 크고 全收縮率이 클수록 큰 傾向을 나타냈다. 供試樹種의 치수변동율급 (movement class)를 분류해보면 모든 樹種은 大 (large)에 속하였다. Kollmann(1975)은 목재를 加熱處理하면 목재의 吸濕性이 감소하며 치수가 안정된다고 보고하였으며, Desch(1981)는 약간의 예외는 있지만 收縮率이 큰 樹種은 치수변동율도 相應하여 큰 값을 나타냈다고 보고하였다. 收縮率과 치수變動率의 차이에 대해서 完全한 해석은 어려우나 다만 어떤 濕度條件에서 平衡含水率의 차이에 기인된 것으로 推定할 수 있고 高溫에서 乾燥할수록 平衡含水率은 낮아지고 치수변동율도 감소하는 것으로 알려지고 있다. 加熱處理木材는 沈水處理하면 오히려 收縮率이 증가하고 加熱時間이 증가할수록 치수변동율이 커지는 傾向을 알 수 있었다.

Table 4. EMC of 90% and 60% relative humidity at 25°C

Species	Control		Heating period 120 hrs		Heating period 240 hrs	
	90% RH	60% RH	90% RH	60% RH	90% RH	60% RH
Oak	24.2	9.6	24.5	10.3	24.4	9.6
Horn bean	28.7	10.5	26.6	10.5	26.2	9.6
Alder	25.0	10.1	25.0	10.8	24.5	10.2
Italy poplar	27.5	13.0	26.8	13.0	25.4	11.0
Taun	25.8	10.7	25.9	11.6	25.2	10.3
Red pine	24.0	9.7	26.6	12.2	25.3	10.1
Pitch pine	26.9	11.7	28.1	13.0	26.9	11.3

Table 5. Movement on transferring timber from 90 % relative humidity to 60 % at 25 °C

Species	Movement (%)					
	Tangential			Radial		
	Control	Heating period 120 hrs	Heating period 240 hrs	Control	Heating period 120 hrs	Heating period 240 hrs
Oak	5.62 ± 0.13	5.33 ± 0.39	5.82 ± 0.10	2.84 ± 0.04	2.76 ± 0.14	2.94 ± 0.06
Horn bean	6.89 ± 0.91	6.37 ± 0.19	6.65 ± 0.22	3.25 ± 0.37	3.10 ± 0.27	3.20 ± 0.33
Alder	3.74 ± 0.11	3.44 ± 0.14	3.69 ± 0.14	1.33 ± 0.06	1.21 ± 0.10	1.41 ± 0.12
Italy poplar	3.72 ± 0.32	3.58 ± 0.08	3.82 ± 0.05	1.43 ± 0.07	1.41 ± 0.06	1.45 ± 0.10
Taun	4.47 ± 0.12	4.30 ± 0.10	4.38 ± 0.25	3.17 ± 0.18	3.15 ± 0.19	3.17 ± 0.22
Red pine	4.49 ± 0.46	4.17 ± 0.33	4.60 ± 0.40	2.24 ± 0.25	2.13 ± 0.20	2.29 ± 0.22
Pitch pine	4.46 ± 0.19	4.29 ± 0.40	4.78 ± 0.55	2.23 ± 0.18	2.27 ± 0.22	2.38 ± 0.21

5. 結 論

引 用 文 獻

國產有用樹種인 참나무, 서어나무, 오리나무, 이태리포플러와 소나무 및 리기다소나무, 導入樹種인 타운을 供試하여 加熱, 沈水處理材와 無處理材의 放射方向과 接線方向의 收縮率, 그리고 溫度 25 °C에서 相對濕度 90 %로부터 60 %까지 尺寸變動率을 측정 비교한 결과는 다음과 같다.

1. 無處理와 加熱, 沈水處理試驗材의 放射方向과 接線方向 收縮率은 生材比重이 큰 樹種인 서어나무와 참나무의 收縮率은 컸으나 오리나무만은 적은 편이었고, 또한 接線方向收縮率과 放射方向收縮率의 比는 타운 1.46에서 오리나무 2.70이었다.

2. 無處理材와 비교하여 加熱, 沈水處理材의 生材比重은 1.5~3.1% 정도 감소하였다.

收縮率은 증가하였으며 抗收縮率은 負의 값을 나타내었다.

加熱, 沈水處理材의 收縮率의 증가정도는 氣乾收縮率이 全收縮率보다 컸고 放射方向이 接線方向보다 컸었다.

3. 120時間 加熱處理材의 尺寸變動率은 無處理材와 240시간 加熱處理材보다 감소하였고 참나무, 이태리포플러, 소나무 및 리기다소나무의 240시간 加熱處理材의 尺寸變動率은 無處理材보다 오히려 컸었다.

1. Choong, E.T. 1969. Effect of extractives on shrinkage and other hygroscopic properties of ten southern pine woods. *Wood and Fiber* 1: 124-133.
2. Dinwoodie J.M. 1981. *Timber*, Timber Press: 167-168.
3. Espenas, L.D. 1971. Shrinkage of douglas fir, western hemlock, and red alder as affected by drying conditions. *For. Prod. J.* 21(6): 44-46.
4. Haygreen, J.G. & J.L. Bowyer. *Forest Products and Wood Science*. IOWA State Univ. Press.
5. Jung, H.S., H.Y. Park, J.M. Jo, & C.S. Shim. 1972. Studies on properties and qualities of korean common hardwoods. *The Res. Rept. of the For. Res. Institute* No. 19: 107-122.
6. Jung, S.H. et al. 1984. Studies on the wood properties of native hardwoods of major importance. *The Res. Rept. of the For. Res. Institute* No. 31: 64-85.
7. Kauman, W.G. 1964. Zellkollaps in Holz-Erste Mitteilung: Einflussgrosen bei der Entstehung des Zellkollaps und seine Ruckbildung. *Holz als Roh-und Werkstoff* 22(5): 183-196.
8. Keylwerth, R. 1964. Untersuchungen uber freie und behinderte Quellung von Holz-Erste Mitteilung: Freie Quellung, Holz als Roh-und Werkstoff 20(7): 252-259.

9. Koch, P. 1972. Utilization of the Southern Pines. Agriculture Handbook No. 420, USDA.
10. Kollmann F.F.F., E.W. Kuenzi & A.J. Stamm. 1975. Principles of Wood Science and Technology Vol. II. Springer-Verlag.
11. Panshin, A.J. & C. De Zeeuw. 1970. Textbook of Wood Technology Vol. 1. McGraw-Hill Book Company: 206-207.
12. Pentony, R.E. 1953. Mechanisms affecting tangential and radial shrinkage. J. For Prod. Res. Soc. 3(2): 27-32.
13. Richardson, B.A. 1976. Wood in Construction. The Construction Press LTD: 22.
14. Skaar, C. 1972. Water in Wood, Syracuse Univ. Press.
15. Stamm, A.J. 1964. Wood and Cellulose Science, Ronald Press Co., New York.
16. Stevens, W.C. 1963. The Transverse shrinkage of wood. For Prod. J. 8(9): 386-389.