목재공학 20(2) : 51~60(原著)
Mokchae Konghak. 20(2) : 51~60. 1992.

乾燥前 選別에 의한 Southern pine材의 高温乾燥*1

蘇 元 澤*2 · Fred W. Taylor*3

High-temperature Drying of Southern Pine Lumber by Green sorting*1

Won-Tek So*2 · Fred W. Taylor*3

ABSTRACT

This study was performed to investigate the effect of green sorting before drying on the high-temperature drying characteristics of southern yellow pine dimension lumber(2″×6″×12′).

To test the advantages of weight sorting, green lumber was seperated into heavy(above 55 lb), medium(50−55 lb), and light(below 50 lb)weight classes. Pieces in each weight class were subgrouped into high(above 35%) and low(below 30%) latewood groups. Groups were dried and seperated by a standard commercial high-temperature schedule ; dry bulb temperature 245° F, wet bulb temperature 180° F, and air velocity 1200fpm.

The results obtained were as follows :

1. There was a highly significant correlation between annual rings per inch(X) and percent-latewood(Y). The regression equation was Y=24. 5047+1.3272X.

2. There were highly significant correlations between either annual rings per inch(X_1) or percent-latewood(X_2) a.d specific gravity in green wood(Y). Their regression equations were $Y=0.4260+0.0081X_1$ and $Y=0.3749+0.0029X_2$, respectively.

3. Heavier weight charges dried more slowly than lighter weight charges.

4. Board-to-board variation in green or dry moisture content was less for all seperate weight classes than for unseperated control charges.

5. Lower latewood pieces had higher initial moisture content than higher latewood pieces, and then drying time for lower latewood pieces was longer than higher latewood pieces.

Keywords : high-temperature drying, green sorting, late wood, air velocity, moisture content

1. 緖 論

목재의 高温乾燥는 乾球温度 100℃이상의 高温乾燥室에서 乾燥하는 방식으로 一般熱氣乾燥보다 건조시간이 4−10배 정도 단축되며 따라서 에너지도 25−60% 절약되는 利點이 있기 때문에 southern pine재의 건조에 많이 사용되고 있다. 다만 高温에 의한 단기간 急速乾燥이기 때

* 1. 接受 1992年4月20日 Received April 20, 1992
* 2. 全南大學校 農科大學 College of Agriculture, Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea.
* 3 美國 미시시피 州立大學校 Mississippi State University, Mississippi State, MS 39762, U.S.A.

문에 정확한 건조종료시점을 결정하기 어려운 점이 있는 데 즉 乾燥를 너무 일찍 종료하면 規定含水率 15%[16]에 일치시키기 어렵고 너무 늦게 종료하면 불필요한 에너지손실을 초래할 뿐만아니라 高溫에 계속 노출되므로서 過乾되거나 歪曲變形되기 쉽고 건조소요시간 역시 길어지게 된다.

따라서 건조함수율의 분포를 최소화하도록 건조하는 것이 건조비용을 줄이고 건조재품질을 높이는 효과적인 방법이나 southern pine재의 건조와 같이 여러수종을 혼합하여 동시에 건조시키는 경우에는 비록 同科의 수종이라해서 재질이 유사하다고는 하지만 역시 건조성차이에서 오는 불균형 문제는 무시할 수 없을 정도이며 특히 같은 수종이라해도 개체에 따라 또는 부위에따라 상이한 재질을 나타내는 異方性 재료인 목재건조에서는 결코 쉽게 처리되기 어려운 문제인 것이다.

이러한 乾燥不均衡의 문제를 해결하기 위하여 乾燥前 選別을 시도하는 연구가 시작되었으나 아직까지 뚜렷한 성과가 이루워지지 않고 있다. 지금까지의 목재건조에 관한 연구는 주로 단일수종 건조에 대한 함수율변이[1,2], 乾燥棧木의 치수[11], 풍속의 영향[5], 건조실내의 棧積位置, 건조실조건 등의 건조실변이[18, 22]에 대하여 많은 연구가 집중되어 왔으며 생재함수율이나 비중과 같은 材質差異가 건조에 미치는 영향을 조사한 연구는 매우 드물다.

건조전 選別에 관한 Walters[20, 21]의 연구는 southern pine단판을 함수율 90%에서 137%까지 선별하여 건조한 결과 가장 습한 단판이 오히려 가장 낮은 건조함수율을 보이는 경우가 빈번하여 생재함수율에 의한 選別乾燥의 효과가 인정되지 않았으나 생재무게를 기준으로 했을 때는 적정건조시간의 유지와 過乾燥방지에 효과가 있었다고 발표하였다. Smith와 Arganbright[15]는 생재무게에 의한 選別乾燥時 건조함수율 變異를 줄이고 건조소요시간을 단축시키는 효과가 있었으나 Holmes와 Arganbright[6]는 incense cedar의 天然乾燥에서는 選別處理의 효과가 거의 없었다고 주장하였으며 Hart[3, 4]는 pine재의 고온건조시뮬레이션을 위한 컴퓨터모델화연구에서 90%의 생재함수율변이를 갖는 목재는 10%의 최종함수율 變異를 나타낸다고 보고하였다.

Skaarr[13]는 乾燥초기의 乾燥속도는 목재표면으로부터의 수분제거속도의 영향을 받으므로 건조소요시간은 생재함수율이 높을수록 증가하나 건조속도는 비중에 의해서도 영향을 받는다고 발표하였으며 pine재의 비중이 秋材率에 의해 직접적인 영향을 받는 것은 이미 Ifju[7]의 연구에서 입증된 바 있다.

본 연구에서는 생재무게와 추재율을 選別因子로 해서 southern pine dimension lumber의 高溫乾燥를 실시하고 건조전 選別處理가 최종건조함수율 分布와 건조시간 단축 등에 미치는 영향을 조사하였다.

2. 材料 및 方法

2.1 材料의 選別

미국 미시시피주 Ackerman에 위치한 제재공장에서 생재상태의 southern pine목재를 무작위로 선정하여 공시재료로 사용하였으며 재료의 치수는 두께 2inch, 폭 6inch, 길이 12feet였다.

재료의 생재무게 선별은 southern pine의 생재무게분포를 알기 위한 예비조사를 통해 heavy급(55lb이상), medium급(50－55lb), light급(50lb이하)으로 구분하였으며 현지공장에서 제재즉시 생재무게를 측정하여 선별하였다.

pine재의 비중에 직접적으로 영향하는 추재율에 의한 선별은 Table 2에서 구한 추재율 평균치 30.7%를 근거로 재료의 양횡단면에서 5%단위로 肉眼觀察하여 high급(35%이상)과 low급(30%미만)으로 區分選別하였다.

2.2 實驗方法

乾燥前 각각의 생재무게등급과 추재율등급별로 생재치수, 생재무게, 용적, 목구면연륜수, 추재율 등을 측정하였다. 재료의 두께는 길이방향으로 3등분하여 兩端에서 1ft 떨어진 2개부위와 중앙부위의 양측면에 대해 총 6지점을 캘리퍼를 사용하여 1/100inch까지 측정하였으며 폭은 길이방향으로 3등분한 3개지점을 측정하였다. 무게는 직시천칭으로 1gram까지 측정하였고 목구면연륜수와 추재율은 재료의 양단면에 대하여 육안측정하여 평균하였다.

재료의 건조는 선별조건별로 각각 분리하여 각각 6charge씩 12회 高溫乾燥를 실시하였으며 對照用으로 2회의 無選別乾燥를 실시하였고 이때의 건조조건은 乾球溫度 245℉(118℃), 濕球溫度 180℉(82℃)이며 풍속은 1200fpm(40.2

gauge)로서 3시간간격으로 역회전시켜서 高溫乾燥를 실시하였다. 건조시 증기압력은 180-200psi를 유지하였고 건조실은 미리 45분간 예열시킨 다음 목재를 넣어 건조를 시작하였다. 1회 잔적의 건조재수는 55개로서 5층으로 구성하였으며 棧積幅은 6ft로 쌓고 두께 3/4 inch, 폭 6/4 inch, 길이 8feet의 棧木을 잔적길이방향에 2ft간격으로 배치하였으며 균일한 풍향을 유지하도록 遮風板(baffle)을 설치하였다.

건조중 건구온도와 습구온도는 3분간격으로 측정되어 자동기록되었고 잔적전체무게는 load cell을 이용하여 계속 모니터되었다. 건조종료는 잔적전체무게가 함수율 12%로 추정된 무게에 도달했을 때로 하였고 건조종료 후 전기저항식 함수율 측정기로 전체건조재를 대상으로 3부위의 함수율을 측정하였으며 건조재의 무게를 다시측정하여 전건무게를 산출하였다.

2.3 乾燥室 性能

본 실험에 사용된 건조실은 3개의 송풍팬을 상부에 설치한 용량 5,000bf의 強制循環式으로서 하부에 油壓式 저울을 설치하여 잔적전체의 무게를 건조시간별로 자동측정기록할 수 있고 최대풍속 2,500fpm까지의 풍속과 차풍판의 조절이 가능하며 건습구온도를 자동기록할 수있는 컴퓨터시스템과 충분한 열량공급이 가능한 최대압력 225psi의 고압보일러를 구비하고 있었다.

3. 結果 및 考察

3.1 乾燥木材의 基礎形狀

3.1.1 製材치수

본 실험에 사용된 Southern pine건조재의 제재치수는 Table 1과 같이 측정되었다.

Table 1. Dimension of southern pine wood after sawing

Test	Sample size (pcs)	Thickness(inch)			Width(inch)			Length (inch)	Volume (bm)
		Left	Center	Right	Left	Center	Right		
1st	550	1.771 ±0.034	1.772 ±0.035	1.771 ±0.037	6.030 ±0.093	6.043 ±0.077	6.027 ±0.096	145.8 ±0.37	10.82 ±0.19
2nd	550	1.765 ±0.028	1.767 ±0.027	1.764 ±0.029	6.007 ±0.080	6.008 ±0.066	6.004 ±0.076	145.8 ±0.49	10.74 ±0.17
Average		1.768 ±0.031	1.770 ±0.031	1.767 ±0.033	6.019 ±0.087	6.026 ±0.072	6.016 ±0.085	145.8 ±0.43	10.78 ±0.18
Maximum		1.929	1.915	2.160	6.999	6.945	6.982	151.0	12.28
Minimum		1.604	1.631	1.568	5.761	5.539	5.093	141.0	10.34

* ± standard deviation

건조재 550개에 대한 1차조사에서 측정두께는 1.771-1. 772 inch로서 呼稱치수 2 inch에 비해 11%정도 작게 제재되었으며 2차조사에서도 1. 764-1.767 inch로서 역시 12%정도 작게 제재되므로서 제재시기별로 약간의 차이는 있으나 제재두께는 호칭치수보다 상당히 작았다. 전체 1100개에 대한 두께의 최대범위는 1.568-2.160 inch에 이르고 있으나 부위별 標準偏差를 볼 때 측정치의 2%이내에 해당하는 ±0.027-0.037 inch에 불과하여 제재목 개체간 제재정도는 매우 높은 것으로 나타났으며 개체내의 길이방향 3부위별 두께차이도 0.001-0.003 inch로서 극히 양호하였다.

제재폭의 變異는 1차조사에서는 6.027-6.042 inch로서 호칭치수 6 inch보다 0.6%정도 크고 2차조사에서는 6.004-6.008 inch로서 거의 정확한 치수의 폭으로 제재되고 있었다. 제재폭 치수평균의 最大製材誤差는 +0.042 inch(1.1mm) 로

서 ISO規格[8]의 제재치수 30－105mm에 대한 許容誤差 ±2mm이내에 포함되고 있었다. 전체 1100개에 대한 폭의 최대범위는 5.093－6.999 inch로 측정되었으며 개체별 제재편차를 보면 ±0.066－0.096 inch로서 호칭치수의 2%이내에 해당하는 양호한 精度를 보이고 있고 개체내의 길이방향 폭차이도 0.004－0.015 inch의 양호한 결과를 나타냈다.

제재목의 길이는 최대범위 141－151inch에 상당하나 평균길이는 145.8 inch로서 호칭치수 144 inch보다 1.8inch정도 길게 절단되고 있었으며 개체간 길이편차는 ±0.17－0.49 inch로서 측정치의 3%이내에 해당하는 양호한 精度를 나타냈다.

본 실험에 사용된 건조재의 생재체적은 평균 10.78 bm이었고 건조재를 공급해준 제재공장의 제재공정은 완전 자동화되어있었으며 인력에 의한 제재는 전혀 없었다. 본 제재공장의 자동화에 의한 製材精度는 조사결과 매우 優秀하였다.

3.1.2 年輪幅, 秋材率 및 比重

Southern pine재의 木口面 연륜수, 추재율 및 비중은 Table 2와 같이 측정되었는데 목구면상의 연륜수는 8.3－8.6개로서 양단면간의 차이가 매우 작게 나타났으나 표준편차가 측정치의 50%에 가까운 것으로 볼 때 個別變異가 극히 심함을 알 수 있었으며 연륜수의 범위 또한 2－30개로 넓게 나타났다.

추재율의 평균도 양단면간 차이가 없이 28.1－33.4%로 나타났으나 역시 표준편차가 높은 수준이고 개별변이도 최소 5%에서 최대 80%까지 폭넓게 나타났다. 건조전 생재함수율은 최대 161%에서 최소 40%까지 폭넓게 나타났으나 원목운송거리, 제재전 저목기간등의 영향요인이 심하기 때문에 측정치간 차이에 별다른 의미는 없으며 이때의 평균비중은 0.461－0.469로 측정되었다.

Table 2. Annual rings, ratewood-percent, and specific gravity of southern pine woods

Test	Annual rings(pcs)			Ratewood(%)		Green	Sp.Gr.*
	S1	S2	per inch	S1	S2	M.C.(%)	in green
1st	8.3*	8.4	4.7	28.1	28.2	109.6	0.461
	±3.9**	± 4.0	±2.0	±11.1	±11.2	±21.1	±0.046
2nd	8.3	8.6	4.8	33.0	33.4	100.3	0.469
	±3.7	± 4.0	±1.9	±10.6	±11.0	±19.7	±0.042
Maximum	30	30	15.6	80	80	161.0	0.619
Maximum	2	2	1.4	5	5	40.0	0.340

* oven dry weight(gr) /green volume(cm^3)

** ± standard deviation

斷面平均 1 inch당 연륜수는 Fig.1과 같이 偏向된 분포를 보이고 있으며 연륜수 3－5개가 전체의 64%에 해당하는 비율을 나타내고 연륜수 3－6개가 전체의 75%를 점유하였다. 추재율의 분포는 Fig.2에서 보는 바와 같이 뚜렷한 定規分布를 이루고 있으므로 전체의 50%가 추재율

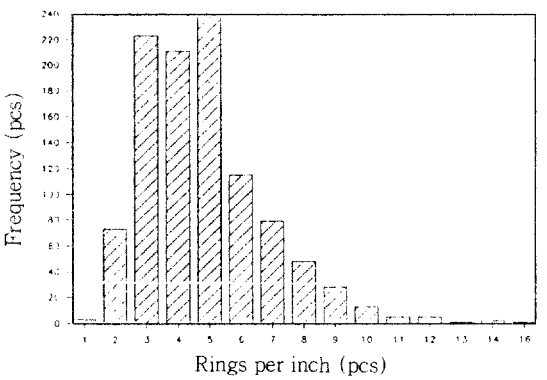

Fig. 1. Distribution of southern pine lumbers according to annual rings per inch.

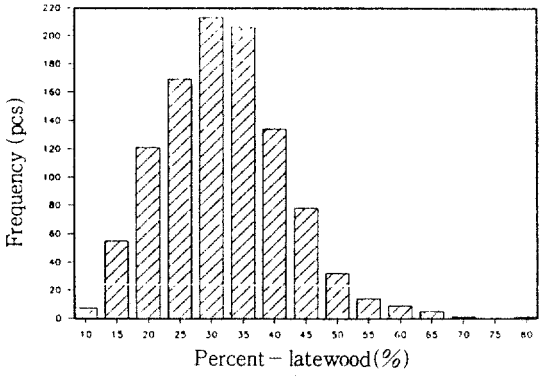

Fig. 2. Distribution of southern pine lumbers according to percentage of latewood.

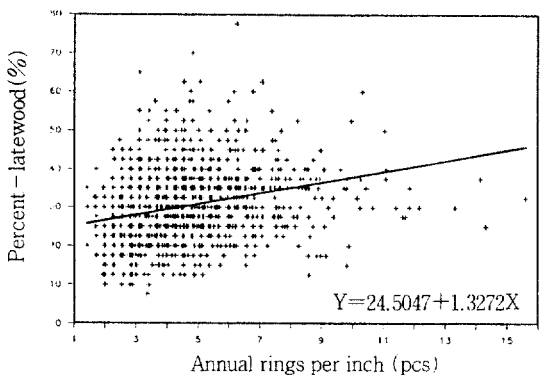

Fig. 3. Relation between annual rings per inch and percent-latewood.

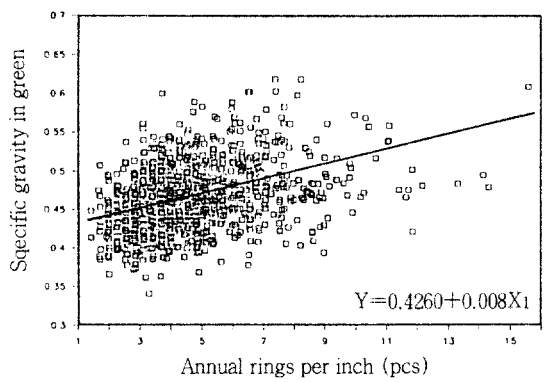

Fig. 4. Relation between annual rings per inch and specific gravity in green.

20-42%범위에 포함한다고 하겠다. 1inch당 연륜수와 추재율간의 관계를 Fig.3과 같이 xy-plot해본 결과 圖表上에서는 散漫한 분포를 보였으나 통계적인 분석에 의해 계산된 相關係數 r=0.2645가 d.f.1043에서의 1%有意限界値 0.081보다 높은 高度의 有意性이 나타났다. 따라서 southern pine재의 1inch당 연륜수와 추재율간에는 상관관계가 인정되며 계속해서 1inch당 연륜수(X)와 추재율(X)간에는 Y=24.5047+1.3272X의 1次回歸式이 성립되었다.

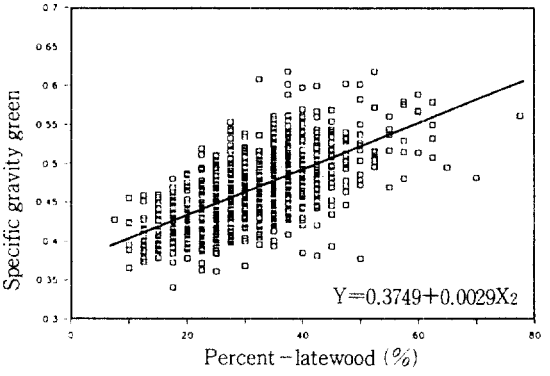

Fig. 5. Relation between percent-latewood and specific gravity in green.

또한 1inch당 연륜수와 비중, 추재율과 비중과의 관계는 Fig 4,5와 같이 나타났으며 각각의 상관계수는 r=0.3587, 0.6436으로서 모두 d.f. 988에서의 1%유의한계치 0.082보다 높은 고도의 正相關을 나타냈으며 추재율의 상관정도가 연륜수보다 양호한 것으로 측정되었다. 따라서 1inch당 연륜수와 추재율이 증가할수록 southern pine재의 비중은 증가함을 알 수 있었으며 1inch당 연륜수(X_1)와 추재율(X_2)의 비중(Y)에 대한 1次回歸式을 구한 결과 $Y=0.4260+0.0081X_1$, $Y=0.3749+0.0029X_2$로 계산되었다.

Rochester[12], Trendelenburg[19], Kollmann[10], Smith[14] 등에 의하면 연륜수와 비중, 추재율과 비중간에는 일정한 傾向이 있다고 발표하였는에 본 실험에서도 동일한 경향이 確認되었다. Ifju[7]는 추재율이 southern pine의 비중에 직접적으로 영향하므로 추재율로부터 비중을 추정할 수 있다고 주장하였으며, Yao[23]는 loblolly pine재의 연구에서 1인치당 연륜수가 3-8개의 범위에서는 정의 상관관계가 인정되고 8개이상에서는 일반적으로 상관이 없음을 지적한 바 있는 데 본 연구의 southern pine재의 1인치당 연륜수는 평균 4.75개, 전체의 75%가 3-6개로서 Yao[23]의 상관인정범위인 8개이내에

거의 포함되고 있었다.

또한 연륜폭과 추재율간에는 아직 뚜렷한 경향이 인정되고 있지 않으나 비중을 共通因子로 한 연륜수와 추재율이 각각 상관관계를 나타내는 것으로 볼 때 연륜수와 추재율간에도 상관가능성이 있음을 當爲的으로 추정할 수 있다고 본다. 다만 특수한 예로서 Taylor와 Burton[17]은 육림처리에의한 速成生長材木의 연륜폭이 무처리재에 비하여 약 3배의 直徑生長을 보였으나 추재율의 차이는 거의 없었다고 발표한 바 있다.

3.2 生材무게 및 秋材率 選別에 의한 高温乾燥效果

3.2.1 生材무게 選別

건조전 생재무게에 의한 選別이 southern pine재의 高温乾燥性에 미치는 영량을 究明하기 위하여 생재무게를 heavy급(551b이상), medium급(55－501), light급(501b미만)의 3개 등급으로 구분해서 각각 4개 charge와 對照用으로 無選別(unsorted) 2개 charge에 대한 高温乾燥를 실시하였으며 얻어진 결과는 Table 3 및 Fig.6과 같다.

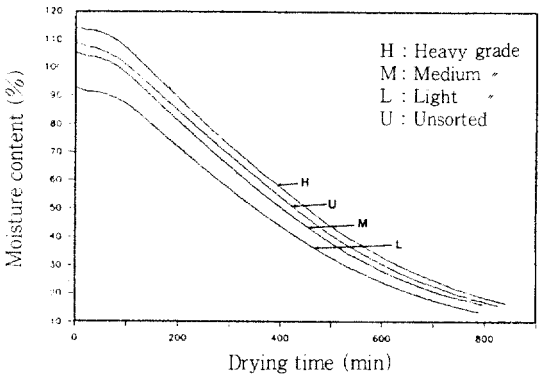

Fig. 6. Moisture content versus drying time for green sorted and unsorted charges.

Table 3. Effect of sorting by green weight on high temperature drying of southern pine wood

Class by green weight	No. of charge	Green weight (lb)	Green M.C. (%)	Dry M.C. (%)	Weight loss (lb.)	Drying Total	Time(hr.) green to 17 percent
Heavy	6	56.09	103	10.6	1394	14.0	12.9
	8	56.85	122	12.4	1538	14.0	13.5
	10	56.61	129	11.1	1599	15.8	15.0
	18	55.87	106	10.0	1416	13.3	13.3
	Avg.	56.36	115	11.0	1487	13.7	13.7
Medium	9	53.13	117	12.4	1404	13.3	12.8
	11	53.76	118	11.0	1442	14.5	13.3
	13	52.97	95	12.6	1228	13.0	12.6
	17	52.75	93	11.8	1214	14.3	13.3
	Avg.	53.15	106	12.0	1322	13.8	13.0
Light	14	48.93	101	11.4	1195	13.4	12.7
	16	49.90	94	11.9	1153	13.6	12.4
	19	49.41	80	6.3	1106	13.6	10.6
	20	48.88	96	10.3	1166	13.2	12.0
	Avg.	49.28	93	10.0	1155	13.4	11.9
Unsorted	12	54.49	110	12.6	1381	14.0	13.2
	15	54.79	110	11.7	1392	14.6	13.5
	Avg.	54.64	110	12.2	1387	14.3	13.4

무게등급별 건조재 1개당 생재무게의 평균은 heavy급 56.361b, medium급 53.151b, light급 49.281b였으며 각각의 생재함수율 평균은 115%, 106%, 93%로서 함수율이 높을수록 생재무게가 많이 나가는 것을 알 수 있었다. 이는 함수율이 높은 heavy급 생재가 보다 많은 수분을 함유하고 있음을 의미하며 따라서 건조에 의해 제거시켜야할 수분이 많고 아울러 보다 긴 건조시간이 소요된다는 것을 단적으로 보여주는 것이다.

본 실험결과에서도 건조후의 1 charge당 무게감소량이 heavy급 1487lb, medium급 1322lb, light급 1155lb로서 생재무게가 무거울수록 건조에 의한 무게감소 즉 水分除去量이 높게 나타나고 있으며 생재에서 17%까지의 건조 소요시간을 비교해보아도 heavy급 13.7시간, medium급 13.0시간, light급 11.9시간으로 생재무게가 무거울수록 오랜 건조시간이 소요되었으며 總乾燥時間 역시 동일한 결과를 보여주었다.

한편 대조용 無選別材의 생재무게는 54.64lb로서 medium급에 해당되나 heavy급에 가까웠으며 생재함수율 110%, 건조후 무게감소량 1387lb, 생재-17% 건조시간 13.4시간을 나타내는 등 heavy급과 medium급의 중간적인 결과를 나타내므로서 前述한 내용에 附合되는 경향을 보여주었다.

따라서 본 실험의 결과만을 볼 때 생재에서 17%까지 3개 charge량의 목재를 건조하는 데 선별없이 건조를 3회 반복했을 때의 총건조시간은 40.2시간이 소요되는 반면에 생재무게선별을 통한 3개 등급의 건조시간합계가 38.6시간으로서, 선별했을 때의 건조시간이 무선별시보다 1charge당 0.5시간이 단축되고 있으며 또한 무선별건조시에는 생재함수율이 상대적으로 낮아 이미 최종함수율에 도달하여 건조가 완료된 목재라 할지라도 초기함수율이 높아서 건조가 진행중인 다른 습한 목재의 건조가 완료될 때까지 기다려야 하기 때문에 불필요한 에너지 損失을 誘導하고 高溫에 계속 露出되므로서 야기되는 물리강도적 劣化 등의 損傷이 예상되나 選別乾燥方法은 건조재의 개별차이를 줄이므로서 이러한 단점을 최소화할 수 있다고 생각한다.

특히 選別材와 無選別材의 함수율편차를 비교해보면 Table 4에서 보는 바와 같이 선별건조의 경우 생재함수율의 표준편차가 heavy급 ±16.62%, medium급 ±14.41%, light급 ±16.

Table 4. Comparison of green and dry moisture content between sorted and unsorted drying

Class by green weight	No. of charge	Green M.C.(%) Avg.	±STD.*	Dry M.C.(%) Avg.	±STD.
Heavy	6	103	18.29	10.6	1.66
	8	122	16.21	12.4	2.41
	10	129	13.93	11.1	2.31
	18	106	18.06	10.0	2.73
	Avg.	115	16.62	11.0	2.28
Medium	9	117	15.31	12.4	2.06
	11	118	14.87	11.0	2.00
	13	95	11.00	12.6	2.53
	17	93	16.51	11.8	2.84
	Avg.	106	14.42	12.0	2.36
Light	14	101	13.09	11.4	1.83
	16	94	19.01	11.9	1.73
	19	80	16.49	6.3	2.73
	20	96	17.58	10.3	2.69
	Avg.	93	16.54	10.0	2.25
Unsorted	12	110	14.88	12.6	3.18
	15	110	23.46	11.7	3.01
	Avg.	110	19.17	12.2	3.10

* STD : standard deviation

54%의 수준인 데 비해 무선별건조에서는 ±19.17%로서 함수율변이가 보다 심하게 나타났으며 건조후 최종함수율의 표준편차 또한 선별건조시 ±2.25-2.36%를 나타냈으나 무선별건조시에는 ±3.10%로서 보다 심한 함수율 불균일상태를 보여주었다. 이는 건조전 선별처리를 실시하므로서 초기생재함수율의 분포를 보다 균일하게 調整해주고 나아가 최종건조함수율의 變異를 감소시키는 효과를 立證하는 것이라 할 수 있겠다. 본 실험에서는 選別處理의 효과만을 조사하기 위하여 equalizing처리와 conitioning처리를 하지않았으나 최종건조함수율의 변이를 줄이기 위한 equalizing 및 conditioning처리를 실시한다면 선별재와 무선별재의 건조소요시간차이는 더 벌어질 것으로 예상된다.

이상의 결과를 종합해볼 때 생재무게를 이용

한 선별방법은 건조시간단축, 건조함수율변이감소, 건조재의 劣化防止 등의 측면에서 그 효과가 인정되며 따라서 생재무게를 乾燥前 選別因子로 이용하는 것은 충분히 가능하다고 思料된다.

3.2.2 秋材率 選別

southern pine재의 高溫乾燥에 대한 건조전 추재율의 효과를 조사하기 위하여 육안식별상 추재율 35%이상 목재를 高秋材率材(high급), 30%미만 목재를 低秋材率材(low급)로 구분해서 고추재율재 6charge, 저추재율재 6charge 및 無選別材(unsorted) 2charge를 대상으로 고온건조를 실시하였으며 그 결과를 Table 5에 표시하였다.

Table 5. Effect of sorting by latewood on high temperature drying of southern pine wood

Class by latewood amount	No. of charge	Latewood (%)	Green M.C. (%)	Dry M.C. (%)	Weight loss (lb.)	Drying Total	Time(hr.) green to 17 percent
High	6	40.4	103	10.6	1394	14.0	12.9
	13	40.0	95	12.6	1228	13.0	12.6
	16	37.8	94	11.9	1153	13.6	12.4
	17	37.8	93	11.8	1214	14.3	13.3
	18	40.2	106	10.0	1416	15.3	13.3
	19	38.5	80	6.3	1106	13.6	10.6
	Avg.	39.1	95	10.5	1252	14.0	12.5
Low	8	24.7	122	12.4	1538	14.0	13.5
	9	23.3	117	12.4	1404	13.3	12.8
	10	24.5	129	11.1	1599	15.8	15.0
	11	24.2	118	11.0	1442	14.5	13.3
	14	23.0	101	11.4	1195	13.4	12.7
	20	25.6	96	10.3	1166	13.2	12.0
	Avg.	24.2	114	11.4	1391	14.0	13.2
Unsorted	12	33.5	110	12.6	1381	14.0	13.2
	15	31.7	110	11.7	1392	14.6	13.5
	Avg.	32.6	110	12.2	1387	14.3	13.4

고추재율 charge의 추재율과 생재함수율의 평균은 각각 39.1%, 95%이고 저추재율 charge의 추재율과 생재함수율의 평균은 24.2%, 114%로서 저추재율재의 생재함수율이 19% 높게 나타났으며 이는 비중에 의한 다소의 변이를 고려한다고 해도 저추재율재의 수분함유량이 고추재율재보다 많음을 의미하는 바 본 실험에서도 고추재율 charge의 건조후 무게감소량이 1252lb인 데비해 저추재율 charge는 1387lb로서 저추재율재의 水分含有量이 11%이상 높은 것이 확인되었다. 따라서 고추재율재와 저추재율재의 水分移動性의 차이가 實用上 무시될 수 있다면 동일조건에서 저추재율재의 건조에 소요되는 시간이 고추재율재보다 길다고 예상되며, 생재에서 17%까지 건조하는 데 소요된 시간도 고추재율재 12.5시간, 저추재율재 13.2시간으로 저추재율재의 건조시간이 더 소요되고 있다.

한편 무선별재의 추재율은 32.6%로서 고추재율재에 가까웠으나 건조후 무게감소량은 저추재율재와 거의 동일한 1387lb를 나타냈으며 따라서 생재에서 17%까지의 건조소요시간평균도 13.4시간으로 가장 길게 나타났다. 또한 秋材率選別에 의한 건조에서도 측정치에 따라 심한 개별변이를 나타내는 것으로 판단해 볼 때 건조전 추재율 선별방법이 southern pine재의 高溫乾燥性에 미치는 영향에 있어서 생재무게선별 만큼

효과적이지는 않지만 생재무게선별에 병행한 부차적인 選別要因으로서 이용할 가치는 있다고 생각한다.

본 실험에서 選別乾燥의 효과를 주로 생재함수율차이에 근거를 두고 설명하였으나 shortleaf trees에 대한 Choong와 Fogg[1]의 최근 연구에서 심재가 변재보다 함수율이 매우 높고 임목간 차이도 상당히 심하여 한 임목의 함수율이 90.7%인 데 비해 다른 임목은 120.5%였다고 보고한 바 있고 Koch[9]는 pine류의 비중과 생재함수율의 변이를 종합하였는 바 southern pine재와 같이 여러개의 類似한 수종을 混合하여 이용하는 경우에는 이러한 個體內 또는 個體間 함수율변이가 더욱 심할 가능성이 많고 생재함수율에 영향하는 인자도 여러가지가 있기 때문에 乾燥前 選別因子로서 相互有機的인 關聯性 등을 複合的으로 연구해야 한다고 생각한다.

4. 結　　論

乾燥前 選別處理가 乾燥性 向上에 미치는 影響을 究明하기 위하여 생재무게와 秋材率을 選別因子로 해서 southern pine재의 高溫乾燥를 실시하였다.

생재무게선별은 heavy급(55lb이상), medium급 (50－55 lb), light급(50 lb이하)으로 구분하고 秋材率選別은 high급(30%이상)과 low급(30%미만)으로 구분하였으며 건조조건은 일반적으로 사용되고 있는 乾球溫度 245℉(118.3℃), 濕球溫度 180℉(82.2℃), 風速 1200fpm으로 조정하고 材料는 두께 2 inch, 폭 6 inch, 길이 12feet의 생재를 사용하였다.

本 實驗의 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. southern pine재의 제재치수는 두께의 경우 呼稱치수보다 11.6% 작았으나 폭과 길이는 각각 0.6%, 1.3% 크게 제재되고 있었으며 個體間 치수편차는 매우 작았다.

2. 1 inch당 연륜수는 3－6개가 전체의 75%를 점유하였고 秋材率의 분포는 뚜렷한 正規分布를 이루고 있으며 전체의 50%가 추재율 20－42%범위에 포함되었다.

3. 1 inch당 年輪數(X)와 秋材率(Y)間에는 高度의 相關關係가 인정되며 Y=24.5047+1.3272X의 1차회귀식이 성립되었다. 또한 1inch당 연륜수와 비중, 추재율과 비중간에도 高度의 상관관계를 나타냈으며 추재율의 相關程度가 연륜수보다 다소 양호하였다.

4. 생재무게 等級이 높을수록 초기생재함수율이 높고 건조에 의한 무게감소 즉 水分除去量도 높게 나타났다. 또한 생재에서 17%까지의 乾燥所要時間에 있어서도 heavy급 13.7시간, medium급 13.0시간, light급 11.9시간으로 생재무게가 무거울수록 오랜 건조시간이 소요되었다.

5. 생재함수율 標準偏差는 選別材 ±14.41－16.62%, 無選別材 ±19.17%, 건조함수율 표준편차는 선별재 ±2.25－2.36%, 무선별재 ±3.10%로서 생재 및 건조함수율 모두 선별재 함수율분포가 무선별재보다 均一하였다.

6. 低秋材率材의 초기생재함수율이 高秋材率材보다 19% 높고, 생재에서 17%까지 건조하는 데 소요된 시간도 저추재율재 13.2시간, 고추재율재 12.5시간으로 저추재율재의 건조시간이 더 소요되었다.

7. 이상의 결과를 綜合해볼 때 생재무게를 이용한 選別方法은 건조시간을 단축시키고 건조함수율분포를 均一하게 해주는 효과가 인정되므로 選別因子로서 충분히 適用可能하며 추재율 또한 2차적인 선별인자로서 효과가 인정되었다.

參 考 文 獻

1. Choong, E.T. and P.J. Fogg. 1989. Differences in moisture content and shrinkage between innerwood and outerwood of two shortleaf pine trees. *Forest Prod. J.* 39(3) : 13－18.
2. Culpepper, L. and G. Wengert. 1982. Studies examine causes of final MC variations. *Timber Processing Ind.* 7(1) : 18－19.
3. Hart, C.A. 1983. A User's Manual for a Family of Simulations of Moisture Sorption in Wood. (modified for high temperature drying) N.C. State Univ., Raleigh, N.C. 78pp.
4. Hart, C.A., J. Denig, and S.J. Hanover. 1986. Variables affecting drying rate and quality. Presentation at Drying Lumber for Quality and Profit. FPRS Conference, Charlotte, N.C.
5. Herzberg, B.L., F.W. Taylor, and H. N. Rosen. 1985. Factors that affect

the time required to high-temperature dry pine dimension lumber. *Forest Prod. J.* 35(7) : 34-36.
6. Holmes, S. and D.G. Arganbright. 1984. Green sorting incense-cedar for increas-ed air-drying yard throughput. *Forest Prod.* J. 34(3) : 57-63.
7. Ifju, G. 1969. Within-growth-ring variation in some physical properties of southern pine wood. *Wood Sci.* 2 : 11-19.
8. International organization for standardization. 1968. International standard ISO 737 : 1-4.
9. Koch, P. 1972. Utilization of the southern pines. Vol.1. Agri. Handb. 420, U.S.D.A. Forest Service, Southern Forest Experiment Station.
10. Kollmann, F.F.P. and Cote, W.A. Jr. 1968. Principles of wood science and technology. Vol.I. Solid wood. Springer-Verlag New York Inc. : 173-179.
11. Price, E.W. and P. Koch. 1981. A note on the effects of stick thickness and air velocity on drying time of southern pine 2x4 and 2x6 lumber. *Wood and Fiber* 14(2) : 115-119.
12. Rochester, G.H. 1933. The mechanical properties of Canadian woods together with their related physical properties. Dep. Int. For. Serv. Bull. 82 : 14-20.
13. Skaar, C. 1972. Water in Wood. Syracuse University Press. Syracuse, N.Y.
14. Smith, D.M. 1955. Relationship between specific gravity and percentage of summerwood in wide-ringed, second-grown Douglas-fir. U.S. For. Prod. Lab. Rpt. No.2045.
15. Smith, W.R. and D.G. Arganbright. 1981. General drying characteristics of young-growth redwood dimension lumber. *Forest Pod. J.* 31(4) : 44-49.
16. Southern Pine Inspection Bureau. Grading Rules. SPIB, Pensacola, Fla.
17. Taylor, F.W. and Burton, J.D. 1982. Growth ring characteristics, specific gravity, and fiber length of rapidly grown loblolly pine. *Wood and Fiber* 14(3) : 204-210.
18. Townsend, I.K. 1985. Moisture Content Variability in an Industrial Dry Kiln. Proc. of the North American Woood Drying Symp. Miss. Forest prod. Util. Lab., Mississippi State, Miss. : 46-48.
19. Trendelenburg, R. 1939. Das Holz als Rohstoff. 1st ed, Mü nchen, J.F. Lehmann Verlag : 48-60.
20. Walters, E.O. 1970. Saturation principle of moisture measure to establish drying sorts. *Forest Prod. J.* 20(2) : 25-28.
21. Walters, E.O. 1971. Sorting southern pine green veneer to improve drying control. *Forest Prod. J.* 21(11) : 52 -59.
22. Wengert, E.M. 1984. Southern pine high temperature kiln control with temperature drop across the load (TDAL) measurements. In Computer Automation for Sawmill Profit. Proc. 7333. Forest Prod. Res. Soc., Madison. Wis.
23. Yao, J. 1970. Influence of growth rate on specific gravity and other selected properties of loblolly pine. *Wood Sci. and Technol.* 4 : 163-175.