

前處理 木材의 收縮率 變化^{*1}

姜 球 陽^{*2}

Shrinkages of Prefrozen or Presteamed Wood^{*1}

Ho-Yang Kang^{*2}

ABSTRACT

To increase drying rate and reduce drying degradation, pretreatments such as prefreezing and prestreaming have been widely used in wood industries. Prestreaming lumbers prior to kiln drying is known positively to improve its permeability, to increase diffusion coefficient and to reduce discoloration, but negatively to increase collapse. Prefreezing lumbers prior to kiln drying is also known to reduce significantly its drying defects and its shrinkages. Thus it is no doubt that the pretreated lumbers shrink diversely from the untreated. In this study the shrinkage behaviors of the pretreated specimens are investigated by drying two tropical hardwoods (Apitong and Taun) in three different drying conditions: high temperature and slow drying rate (drying in a closed cylinder), high temperature and rapid drying rate (drying in an oven) and low temperature and slow drying rate(drying at room temperature). The prefrozen specimens show the least volumetric shrinkages in most drying conditions. The specimens dried in cylinders shrink most among all drying conditions. In general the pretreated specimens reached the 30 % moisture content faster than the untreated by about 30 %.

Keywords : Pretreatment, prefreezing, prestreaming, collapse, volumetric shrinkage

1. 緒 論

목재건조시 건조결함을 줄이면서 건조속도를 증가시키기 위하여 실시하는 증기처리, 냉동처리 등의 전처리 효과에 대해서 많은 사람이 연구하여 왔다. 증기처리를 행하면 추출물이 많은 목재의 오염이 줄어들고¹⁾, 투과율과 확산계수가 증가하며²⁾, 건조속도가 증가한다^{3,4)}는 긍정적인 결과가 있는 한편, 찌그러짐의 발생빈도가 증가하며^{2,5)} 건조속도도 전혀 개선되지 않는다^{5,6)}는 부정적인 결과보고

도 있다.

Erickson이 행한 냉동처리효과에 관한 포괄적인 연구결과에 의하면 비록 건조속도의 변화는 없었으나 건조결함이 현저하게 줄거나 없어졌으며, 수축률이 줄고, 또 수용성 추출물의 양에 상관없이 수축율이 일정하였으며^{7,8,9,10)}, 따라서 찌그러짐을 줄이는데 냉동처리가 효과적이었다고 보고하였다. 이와 같이 전처리재의 수축율은 무처리재와 다름을 알 수 있다.

찌그러짐은 건조중 자유수의 이동에 따른 세포

*1 接受 1994年 2月 14日 Received February 14, 1994

*2 忠南大學校 農科大學 College of Agriculture, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

내 황압축응력이 목재세포의 황압축 강도보다 커질 때 발생하는 것으로 건조목 재적의 손실을 가져온다. 따라서 효율적인 목재의 건조를 위해서 수종별 찌그러짐 발생여부와 찌그러짐율을 조사할 필요가 있다. 찌그러짐율은 건조온도와 건조속도 등의 건조조건에 영향을 받으므로 건조조건을 변화시킴으로써 찌그러짐율을 변화시킬 수 있다.

본 연구에서는 몇가지 건조조건에서 전처리 및 무처리재를 건조하여 부피수축률과 찌그러짐율을 조사, 비교하므로써 부피수축률에 대한 전처리 및 건조조건의 효과를 조사해 보고자 한다.

2. 材料 및 方法

2.1 공시재료

국내에 도입되어 가구재와 건축재로 많이 사용되고 있으며, 찌그러짐이 자주 발생하여 생산현장에서 어려움을 겪고 있는 아피통(*Apitong, Dipterocarpus spp.*)과 타운(*Taun, Pometia spp.*)을 공시수종으로 사용하였다. 생재상태로 인천소재 가구공장에서 구입한 공시판재의 두께는 4 cm였으며, 전처리전까지 공시판재를 물에 침지시켜 보관하였다.

2.2 실험계획

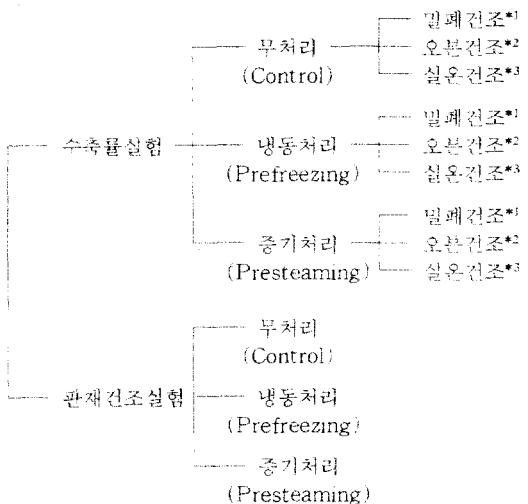
실험은 수종별로 그림 1과 같이 수축률실험과 판재건조실험으로 나누어 실시되었다.

2.3 전처리

공시판재를 폭 140 mm, 길이 600 mm로 자른 후, 무처리, 냉동처리, 증기처리의 세그룹으로 나누었다. 냉동처리판재는 영하 섭씨 40 ℃의 냉동고에 5 일간 보관하였으며, 증기처리판재는 섭씨 100 ℃의 autoclave에 넣고 4 시간 증기처리하였다. 전처리 후 공시판재를 4 면 대패 후 잘라, 각 처리당 수축률실험 공시시편(30 mm × 30 mm × 20-30 mm) 15개와 판재건조실험 공시판재(140 mm × 30 mm × 450 mm) 2개를 만들었다. 수축률실험 공시시편을 각 건조방법당 5 개씩으로 나누어 각 공시시편의 가로, 세로, 높이와 무게를 젠 후 건조를 실시하였다.

2.4 수축률실험

수축률시편을 밀폐건조(Closed cylinder drying), 오븐건조(Oven drying) 와 실온건조(Room temperature drying)의 세가지 방법으로 건조하



*1 밀폐건조(Closed cylinder drying, 고온저속건조)
*2 오븐건조(Oven drying, 고온고속건조)
*3 실온건조(Room temperature drying, 저온저속건조)

Fig. 1. Experimental plan

였다. 밀폐건조는 직경 80 mm, 높이 200 mm의 스테인레스 원통속에 시편을 넣은 후 양입구를 두께 10 mm의 라왕마개로 막고 103 ℃ 오븐에 넣어 실시한 것으로 고온에서 저속으로 건조하는 방법이다. 오븐건조는 시편을 103 ℃ 오븐에서 건조하는 것으로 고온고속건조방법인데, 할클의 발생을 막기 위해 오븐내 공기를 순환시키지 않았다. 실온건조는 공시시편을 실온에 3개월동안 방치하여 천천히 건조한 후 40 ℃ 오븐에서 1주일, 60 ℃ 오븐에서 1주일 건조하고나서 마지막으로 103 ℃ 오븐에서 전간까지 건조한 것으로 저온저속건조방법이다.

생재비중(절건부계 / 생재부피)은 치수법으로 구하였으며 공시시편의 수축률은 접선방향과 방사방향을 구별하기 어려워 선수축률 대신 부피수축률로 구하였다. 찌그러짐율은 밀폐건조 또는 오븐건조의 수축률과 실온건조 수축률의 차이로 구하였다.

2.5 판재건조

공시판재는 USDA의 Dry Kiln Manual^[11]에서 추천하는 건조스케줄(표 1)로 humidity chamber (chamber내 풍속은 1.0~2.3 m/sec.)에서 건조하였다. 공시판재의 측면은 알카드애너멜 흑색페인트로 도장하고 마무리는 실리콘슬런트로 메꾸어 이곳을 통한 수분이동을 최대로 억제하였다.

Table 1. Drying schedules used for this study.

Apitong 4 / 4			Taun 4 / 4		
함수율	건구온도	습구온도	함수율	건구온도	습구온도
(%)	(°C)	(°C)	(%)	(°C)	(°C)
> 50	45	42	> 40	55	52
50-40	45	41	40-35	55	51
40-35	45	39	35-30	60	54
35-30	50	34	30-25	65	55
30-25	55	30	25-20	70	55
25-20	55	27	20-15	75	53
20-15	60	32	15- ²⁵	80	50
15- ²⁵	70	42			

Table 2. Initial moisture contents of control and pretreatment specimens.

Specimens	Apitong			Taun		
	control	freezing	steaming	control	freezing	steaming
1	67.2	50.3	55.6	68.1	110.0	35.3
2	59.2	44.8	54.0	59.2	75.0	43.1
3	63.3	69.8	53.7	87.3	67.9	33.2
4	59.1	66.5	56.0	50.5	73.8	35.2
5	61.9	69.2	55.4	86.1	54.7	36.2
Average	62.1	60.1	54.9	70.3	76.3	36.3

Table 3. Specific gravities(oven dry weight-green volume basis) of control and pretreatment specimens.

Specimens	Apitong			Taun		
	control	freezing	steaming	control	freezing	steaming
1	0.581	0.585	0.601	0.460	missing	0.464
2	0.567	0.578	0.603	0.623	0.651	0.457
3	0.577	0.564	0.578	0.459	0.646	0.642
4	0.574	0.578	0.586	0.457	0.474	0.646
5	0.570	0.585	0.586	0.464	0.470	0.462
Average	0.574	0.578	0.591	0.493	0.560	0.534

3. 結果 및 考察

3. 1 초기함수율

건조 전 전처리판재와 무처리판재의 초기함수율은 표 2와 같다. 아피통과 타운 모두 무처리와 냉동처리시편에 비해 증기처리시편의 초기함수율이 낮았는데, 타운은 그차이가 매우 커다. 증기처리에 의해 대부분 초기함수율이 낮아지는데 투과율이 높을수록 함수률저하가 크다는 사실^[6,12]에 비추어 타운이 아피통보다 투과율이 높음을 알 수 있다.

3. 2 생재비중

Table 4. Volumetric shrinkages of specimens dried by three different methods.

	Volumetric shrinkage				
	CYL-DRY collapse ^{*1}	OVEN-DRY collapse ^{*2}	AIR-DRY ^{*3}	(%)	(%)
Apitong	35.4	13.3	22.8	0.6	22.2
	control	33.9	13.0	28.0	7.1
		33.9	12.8	28.8	7.7
		28.3	7.7	27.1	6.6
		26.5	6.0	25.8	5.4
average	31.6	10.6	26.5	5.5	21.0
freezing	23.1	7.0	15.9	-0.2	16.1
		34.0	17.3	19.3	2.6
		26.0	8.3	21.4	3.7
		30.9	8.7	24.7	2.5
		28.1	7.9	21.1	1.0
average	28.4	9.9	20.5	1.9	18.6
steaming	19.9	-1.0	16.9	-4.0	20.9
		23.7	1.1	27.1	4.5
		20.8	1.6	23.2	4.0
		19.8	-1.6	21.4	-0.0
		26.6	6.6	29.8	9.8
average	22.2	1.3	23.7	2.8	20.8
Taun	18.2	6.6	12.2	0.7	11.6
	control	17.7	4.7	12.8	-0.1
		18.4	7.3	14.3	3.2
		22.0	11.2	12.8	2.0
		17.5	6.0	10.0	-1.5
average	18.8	7.2	12.4	0.8	11.6
freezing	17.5	* ³	12.1	* ³	* ³
		13.9	4.5	13.1	3.7
		14.9	0.8	14.1	-0.0
		17.0	5.5	10.2	-1.3
		16.7	4.9	11.3	-0.5
average	16.0	3.9	12.1	0.5	11.7
steaming	20.8	8.4	14.8	2.4	12.5
		21.8	9.6	13.7	1.5
		14.4	-0.7	13.3	-1.9
		14.6	2.6	16.6	4.6
		18.3	6.2	16.1	4.0
average	18.0	5.2	14.9	2.1	12.8

*¹ Cyl-dry minus Air-dry.

*² Oven-dry minus Air-dry.

*³ Missing data.

전처리 시편과 무처리 시편의 비중을 비교해 보면 별차이를 나타내지 않았다(표 3). 타운의 경우 평균값에 차이가 있는 것처럼 보이나 차세히 보면 그것은 비중이 뚜렷이 다른 두 가지 시편이 섞여있어, 섞인 비율에 따라 차이를 나타냈기 때문인 것을 알 수 있다.

3.3 부피수축률

전처리별, 건조방법별 각 시편의 부피수축률은 표 4 와 같다. 부피수축률에 대한 전처리 효과와 건조방법에 따른 효과는 다음의 그림 2, 3, 4 로서 좀 더 자세히 비교 설명하였다.

3.3.1 전처리간 수축률 비교

표 4 의 평균값만을 그림 2 에 표시하여 비교하였다. 아피통의 경우, 밀폐건조를 제외하고는 냉동처리가 가장 낮은 부피수축률을 보였으며 타운도 냉동처리가 가장 낮거나 무처리와 비슷한 부피수축률을 보였다. 이는 Erickson의 실험결과⁸⁾와 마찬가지로 냉동처리에 의해 세포벽내 미세활열이 발생하여 수분이 이탈할 때 미세공극을 만들었기 때문으로 해석할 수 있다.

아피통 밀폐건조에 있어서 냉동처리가 증기처리보다 높은 부피수축률을 나타낸 원인은 자세히 밝혀지지 않았지만, 직접적인 원인은 밀폐건조 증기처리시편의 부피수축률은 다른 건조방법 증기처리시편의 부피수축률과 비슷한 값을 나타낸 반면, 밀폐건조 무처리와 냉동처리시편의 부피수축률은 다른 건조방법의 부피수축률보다 월등히 큰 값을 나타낸 때문이다. 후에 다시 설명하겠지만, 아피통 밀폐건조 무처리시편과 냉동처리시편의 비정상적으로 큰 부피수축률은 찌그러짐의 발생 때문이었다.

3.3.2 건조방법간 수축률 비교

건조방법간 부피수축률을 비교하여 보면 아피통 증기처리를 제외하고는 모두 밀폐건조>오븐건조 >실온건조 순으로 나타났다(그림 3). 예상한 대로 밀폐건조사 가장 큰 부피수축률을 보였으며 실온

온건조사 가장 낮은 부피수축률을 보였다.

아피통 증기처리의 경우에는 건조방법간에 별 차이를 나타내지 않았다. 아피통은 추출물이 많은 수종으로 증기처리에 의해 수용성 추출물이 대부분 빠져나왔기 때문에 세포벽이 안정화되어 건조방법에 상관없이 일정한 수축률을 보이는 것으로 추측된다. 실온건조사 아피통 증기처리의 부피수축률이 무처리나 냉동처리의 부피수축률보다 약간 크다는 것(그림 3)이나 증기처리의 평균 생재비중이 무처리나 냉동처리의 평균 생재비중보다 크다는 것(표 3)이 증기처리에 의해서 세포벽이 안정되었다는 것을 일부 뒷받침 해준다.

3.3.3 찌그러짐률

밀폐건조 또는 오븐건조와 실온건조 부피수축률 차이를 찌그러짐율의 평균치를 그림 4 에 나타냈다. 아피통 증기처리를 제외하고는 밀폐건조사 오븐건조에 비해 훨씬 큰 찌그러짐율을 보였는데 이는 고온고속건조사보다는 고온저속건조사에 찌그

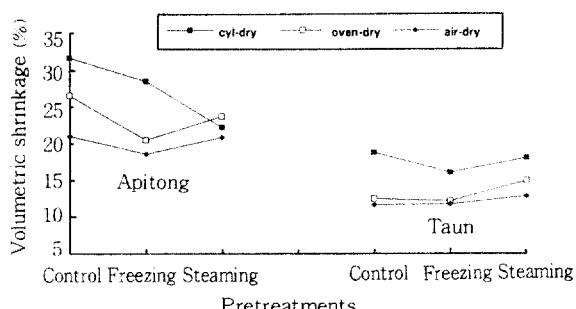


Fig. 2. Comparison of average volumetric shrinkages between prefrozen, prestreamed and control specimens within each drying condition. The prefrozen specimens show the least volumetric shrinkages in most drying conditions except Apitong specimens dried in cylinders.

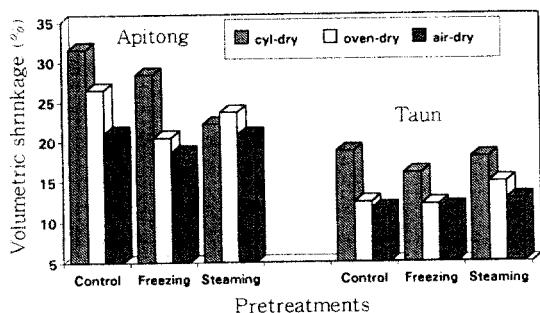


Fig. 3. Comparison of average volumetric shrinkages between drying conditions within each treatment. The specimens dried in cylinders shrink most among all drying conditions.

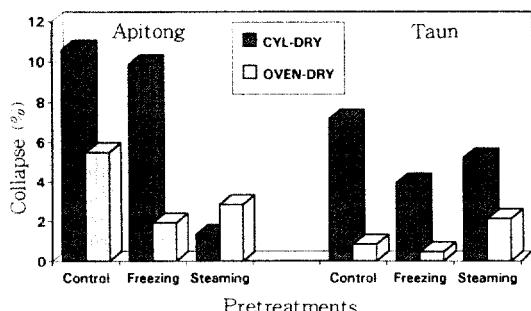


Fig. 4. Average collapses of pretreated and control specimens.

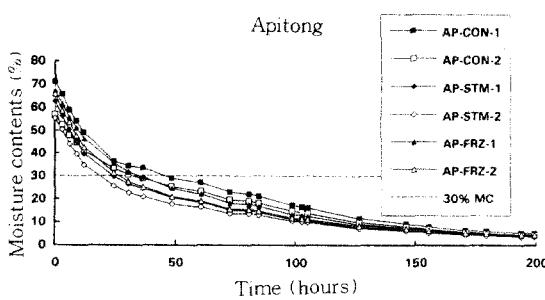


Fig. 5. Drying curves of prefrozen, prestreamed and control Apitong boards. The thickness of boards was 30 mm. The discrete line indicates the moisture content of 30 %.

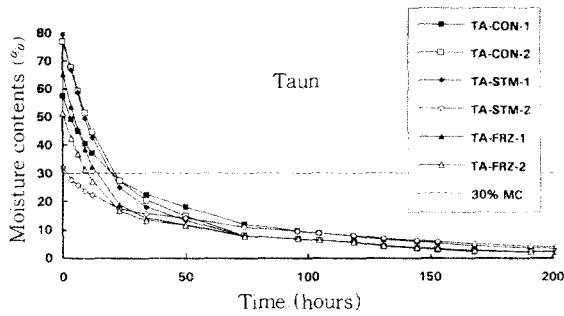


Fig. 6. Drying curves of prefrozen, prestreamed and control Taun boards. The thickness of boards was 30 mm. The discrete line indicates the moisture content of 30 %.

점이 더 많이 발생한다는 것을 뒷바침 해주는 것이다.

아피통과 타운 모두 전처리에 의한 찌그러짐을 감소를 보였는데 그중 아피통 증기처리는 감소효과가 대단히 큰 것으로 나타났다. 타운 오븐건조의 경우 증기처리의 찌그러짐율이 무처리 보다 약간 큰 것으로 나타났는데 두 수치 모두 2 % 이내로 그 차이는 무시해도 될 것 같다.

3. 3. 4 표면색상

수축율시편의 전건 후 표면색상을 비교하였더니 밀폐건조시편이 가장 짙은색을 나타냈으며 오븐건조시편이 가장 옅은색을 띠었다. 이는 밀폐건조시편의 표면이 고온에서 목재가 분해되면서 발생한 기체와 실린더 외부로 빠져나가지 못한 수분에 의해 가수분해되면서 열화되었기 때문이라고 설명할 수 있다. 전처리 효과를 비교하면 냉동건조시편은

Table 5. Drying time from green to 30 % MC.

	Apitong		Taun	
	Initial MC(%)	Drying time(hr)	Initial MC(%)	Drying time(hr)
Control	-1	71.0	45.5	57.3
Control	-2	56.8	32.0	76.8
Freezing	-1	66.9	34.6	65.2
Freezing	-2	65.7	26.8	51.2
Steaming	-1	62.6	24.0	79.4
Steaming	-2	55.2	18.5	32.1
				1.7

무처리와 같이 옅은색을 나타냈으나 증기처리시편은 대부분 짙은색의 얼룩을 나타내고 있었다. 이는 증기처리시 추출물이 표면으로 이동한 때문으로 추정된다.

3. 4 건조곡선

무처리와 전처리 공시판재를 humidity chamber에서 건조하여 얻은 건조곡선은 그림 4, 5와 같으며, 각 처리별 함수율 30 % 도달시간은 표 5와 같다. 아피통에서는 증기처리, 냉동처리, 무처리 순으로 함수율 30 %에 먼저 도달하였으며, 타운에서는 증기처리 2 번 공시판재를 제외한다면 (너무 낮은 초기함수율 (32.1 %) 때문에 1.7시간 만에 도달하였다.) 냉동처리, 증기처리, 무처리 순으로 함수율 30 %에 먼저 도달하였다. 대체적으로 전처리 판재가 무처리보다 30 % 정도 빨리 함수율 30 %에 도달하였다고 말할 수 있다.

4. 結論

냉동처리, 증기처리의 전처리 목재를 세가지 건조온도와 건조속도조건에서 건조하여 부피수축율과 찌그러짐율 등을 조사, 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 아피통의 경우, 밀폐건조를 제외하고는 냉동처리가 가장 낮은 부피수축율을 보였으며 타운도 냉동처리가 가장 낮거나 무처리와 비슷한 부피수축율을 보였다.
2. 건조방법간 부피수축율을 비교하여 보면 아피통 증기처리를 제외하고는 아피통과 타운 모두 밀폐건조>오븐건조>실온건조 순으로 나타났다.
3. 아피통 증기처리를 제외하고는 밀폐건조가 오븐건조에 비해 훨씬 큰 찌그러짐율을 보였는데, 이는 고온고속건조보다는 고온저속건조에 찌그러짐이 더 많이 발생한다는 것을 의미한다.

4. 아페통과 타운 모두 전처리에 의한 씨그리 짐을 감소를 보였는데, 그중 아페통 증기처리는 감소 효과가 대단히 큰 것으로 나타났다.
5. 건조후 시편의 표면색상은 밀폐건조가 가장 짙은 색깔을 나타냈으며, 오분건조가 가장 깨끗하고 균일한 색깔을 나타냈다.
6. 공시판재 건조시 전처리 판재의 핵수율 30% 도 달시간은 무처리보다 30%정도 빨랐다.

参考文献

1. Ellwood, E. L. and R. W. Erickson. 1962. Effect of presteaming on seasoning stain and drying rate of redwood. *Forest Prod. J.* 12(7): 328~332
2. Mackay, J. F. G. 1971. Influence of steaming on water vapor diffusion in hardwoods. *Wood Sci.* 3(3):156~160
3. Simpson, W. T. 1975. Effect of steaming on the drying rate of several species of wood. *Wood Sci.* 7(3): 247~255
4. Simpson, W. T. 1976. Steaming northern red oak to reduce kiln-drying time. *Forest Prod. J.* 26(10): 35~36
5. Holmes, S. and C. J. Kozlik. 1989. Collapse and moisture distribution in pres
teamed and kiln-dried incense-cedar squares. *Forest Prod. J.* 39(2):14~16.
6. Harris, R. A. et al. 1989. Steaming of red oak prior to kiln-drying: effects on moisture movement. *Forest Prod. J.* 39(11/12) :70~72
7. Erickson, H. D. et al. 1968. Freeze-drying and wood shrinkage. *Forest Prod. J.* 18(6) :63~68
8. Erickson, R. W. 1968. Drying of prefrozen redwood - fundamental and applied considerations. *Forest Prod. J.* 18(6):49~56
9. Erickson, R. W. and H. D. Peterson. 1969. The influence of prefreezing and cold water extraction on the shrinkage of wood. *Forest Prod. J.* 19(4):53~57
10. Erickson, R. W. et al. 1971. Prefreezing alone and combined with presteaming in the drying of redwood dimension. *Forest Prod. J.* 21(7):54~59
11. USDA. 1988. Dry Kiln Operator's Manual. USDA Forest Service FPL, Madison, WI:7~18
12. 강호양. 1991. 증기전처리가 목재내부수분확산에 미치는 효과. *한국가구학회지* 2(1):3~10