임산에너지 21(3) : 10-17. 2002
J. Kor. For. En. 21(3) : 10-17. 2002

단소용 대나무재의 열처리 및 건조[1]

변희섭[2] · 오승원[3] · 공태석[4] · 김종만[2]

Heat Treatment and Drying Methods of Small-Notched Bamboo for Vertical Flute[1]

Hee Seop Byeon[2], Seung Won Oh[3], Tae Suk Kong[4] and Jong-Man Kim[2]

요 약

본 연구는 단소용 대나무 악기재를 효과적으로 건조하기 위하여 열처리 및 몇 가지 스케줄에 의한 건조를 실시하였다. 평균 직경 2.2㎝, 길이 60㎝정도의 솜대를 이용하였다. 열처리 효과를 평가하기 위하여 무처리 및 열처리재로 구분하였으며 적당한 건조 조건 조사를 위해서 20℃, 65%와 40℃, 40% 그리고 대기상태의 3가지 조건으로 실시하였다.

탄화와 재색의 결함이 발생하지 않는 열처리의 최적 온도 조건은 180℃정도가 적당하였으며 열처리가 할렬의 수와 할렬 크기의 발생을 줄였으며 건조결함을 발생하지 않는 최적의 조건은 온도 20℃, 관계습도 65%이지만 건조를 할 때 기간이 너무 많이 소요되는 단점이 있기 때문에 40℃, 40%에서 건조시키는 것이 더욱 효율적이었다.

ABSTRACT

This study was carried out to investigate a heat treatment condition and suitable drying schedule of bamboo material(*Phyllostachys nigra* var. henonis) for a vertical flute with small-notched bamboo. It is very important to prevent drying defects during its drying process. We investigated the effect of heat treatment the most suitable drying schedule for small-notched bamboo vertical flute without drying defects in this research. A direct heat treatment method and drying conditions of 3(20℃ 65%, 40℃ 40%, and dry at air condition) were applied to the Bamboo specimen that felled in several areas for a month.

---

1. 접수 2002년 11월 30일 Received on November 30, 2002
본 연구는 농림기술개발사업의 지원에 의하여 수행되었슴.
2. 경상대학교 농과대학, 농업생명과학연구원, College of Agriculture, Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju, Korea, 660-701.
3. 전북대학교 농과대학 산림과학부, Division of Forest Science, College of Agriculture, Chonbuk National University.
4. 경상대학교 농과대학 산림과학부 Division of Forest Science, College of Agriculture, Gyeonsang National University, Jinju, Korea, 660-701

The result suggested that the most suitable drying schedule with the less split and the shortest time was to dry at 40℃, 40% condition and it was useful to direct heat-treatment because of reducing the number and size of split during drying bamboo.

Keywords : vertical flute with small-notched bamboo, direct heat treatment, temperature, drying schedule

서 론

단소는 대나무를 재료로 하는 국악기 중에서 대표적으로 한국적인 소리를 내는 악기중의 하나이며 세로로 부는 관악기로서 취구에 아랫입술을 대고 숨을 불어넣어 소리를 낸다. 이런 단소의 좋은 음질을 위해서는 건조하는 과정에서 건조결함을 예방하는 것이 무엇보다도 중요하다. 전통적인 단소용 대나무 건조방법으로는 채취 후에 약 한 달간 응달에 건조하고 다시 3개월간 바닷물이나 소금물에 담근 후에 다시 응달에서 건조시켜 악기재로 사용하였다. 이와 같이 대나무로 제작하는 과정에서 가장 힘들고 어려운 과정이 바로 건조결함을 일으키지 않고 잘 건조하는 것이다. 건조결함을 일으키지 않는 원활한 건조를 위해서는 '진빼기'를 실시하는데 일반적으로 이러한 과정은 직접가열에 의한 열처리를 통해서 이루어지고 있다. 직접가열 열처리 방식은 토치램프나 기타 열원을 이용해서 단시간에 가열하기 때문에 진빼기 작업시간을 줄일 수는 있지만, 높은 온도의 불이 소재표면에 닿기 때문에 가열시간이 길어지면 소재표면이 탄화되거나 결함이 발생할 수 있다. 이에 반해서 온도가 낮거나 열처리 시간이 짧으면 진빼기가 잘 되지 않는 단점을 가지고 있다. 따라서 처리시의 온도와 시간이 정립된다면 건조 결함을 예방하면서 짧은 시간에 단소용으로 적합한 대나무를 생산할 수 있는 장점을 가지고 있다. 진빼기 작업을 위한 직접가열 열처리시의 열처리 온도는 건조결함을 예방하면서 적당한 건조스케쥴을 확립하기 위한 중요한 요소이다.

악기재의 음향적 성질 개선에 관한 연구를 살펴보면 다음과 같다. 악기재를 포르말린, 무수초산, 페놀, PEG등으로 화학약품처리하면 악기재의 흡습성과 치수안정성이 개선되고 악기재의 탄성계수가 변화되어 음향적 성질 향상 효과를 가진다고 보고되고 있다[4,7](Rowell et al, 1993 ; Yano et al, 1993 ; 강, 1996). 악기재의 흡습성과 치수안정성이 개선되면 환경변화에 영향을 받지 않고 일정한 소리를 낼 수 있으며 오래 간직할 수 있다. 또한 좋은 악기재는 가볍고 탄성계수가 높은 것이어야 한다[5,8]고 알려져 있으므로(이 등, 1989 ; Takeshi, 1991) 화학처리에 의해 악기재의 탄성계수가 높아지면 음향적 성질도 좋아진다고 보고하였다. 하지만 치수안정성과 탄성계수가 모두 개선된다면 더욱 좋겠지만 치수안정성이 좋아지면 탄성계수는 감소하는 경우도 있다[1](Akitsu et al, 1991). 상기의 방법은 주로 악기의 음향적 성질을 향상시키고자 노력[6](Yano et al, 1992)하였는데 본 연구는 단소용 대나무재를 건조결함을 일으키지 않고 신속하게 건조하기 위한 진빼기 처리조건 및 건조 스케쥴 개발을 위한 기초적 자료를 위하여 실시하였다. 악기용 대나무를 건조하는데 오랜 시간이 소요되는데 이런 단점을 극복하기 위해 최대한 빠른 시간 안에 건조를 하면서 할렬이나 뒤틀림을 막을 수 있는 최적의 조건을 조사하고자 하였다.

재료 및 방법

2.1 공시재료

본 실험에 사용된 대나무는 경남 진주시 가좌동에 위치한 경상대학교 연습림, 창녕군 남지읍, 산청군 시천면에서 2001년 9월~10월에 채취하여 사용하였다. 대나무는 수령에 따라 숙성도가 다르기 때문에[2](Itoh, 1990)가지에 의한 식별법으로 3년생 이상의 솜대(*Phyllostachys nigra* var. henonis)중에서 곧고 결함이 없으며 마디와 마디사이 즉, 절간이 짧은 수고가 약 6~7m, 지상 30㎝부위의 평균 직경이 2.2㎝인 밑둥에서 60㎝ 정도의 높이로 채취하여 공시재료로 사용하였다. 경상대학교 연습림에서 채취한 솜대를 이용하여 먼저 생재 함수율을 측정하기 위해서 벌채직후 10개를 무작위로 선택하여 전건법으로 함수율을 측정하였다. 30개의 솜대 중 15개는 직접 가열(진빼기)을 하고 나머지 15개는 생재를 그대로 사용하였다. 이렇게 나눈 솜대를 다시 각각 5개로 나누어서 대기건조, 온도 20℃ 관계습도 65% 의 항온항습 조건 건조, 온도 40℃ 관계습도 40%의 항온항습 조건으로 건조하였다. 건조 과정중에 일어나는 할렬의 개수와 함수율과 무게의 변화를 관찰하면서 1개월간 건조하였다.

2.2 함수율 측정

함수율은 105℃±3℃ 건조기를 이용하여 전건중량을 측정하였으며 다음의 건량기준함수율식(1)에 의해 산출하였다.

$$MC(\%) = \frac{Wg - Wo}{Wo} \times 100 \quad \text{-----(1)}$$

여기서 MC(%)는 함수율, W_g는 측정시의 무게(생재무게) 그리고 W_o는 전건무게이다.

2.3 진빼기 처리법

진빼기 처리는 직접가열 방식으로 토치램프를 사용하여 대나무 표면에 직접 열을 가하여 처리하는 방법으로 그림1에서 나타낸 것과 같이 실시하였다. 열처리를 할 때 온도가 재질에 미치는 영향이 크기 때문에 처리온도 범위를 비접촉식 적외선 온도계(SPOT THERMOMETER 505A)를 사용하여 조사하였다.

Fig. 1. Direct heating method by using gas torch.

2.4 건조처리 조건(항목)

건조처리를 할 때는 다음 세 가지의 건조방법으로 건조를 실시하였다.

(가) 대기 건조(천연 건조)

열처리 후의 시험편과 무처리 시험편을 실내의 그늘에서 방치하여 건조하였다. 이때의 온도와 습도는 낮밤의 차이가 있었으나 약 온도가 20~25℃, 습도가 40~50%정도였다.

(나) 항온항습 조건

목재의 조습처리를 위한 일반적인 조건인 20℃, 관계습도 65% 항온항습실의 조건에서 건조하였다.

(다) 건조스케쥴 조건

건조결함을 최대한 줄이면서 빠른 건조를 위하여 온도 40℃, 관계습도 40%의 조건에서 건조하였다.

결과 및 고찰

3.1 생재 함수율

솜대 밑둥으로부터 60㎝정도의 대나무 10개로부터 측정한 생재 함수율의 범위는 67±7%로 나타났다. 그리고 대나무의 중간 부위(지표면으로부터 30㎝)의 평균직경은 22.5±5㎜이였다.

3.2 직접가열법에 의한 진빼기 처리조건

그림 2는 진빼기 작업을 위해 150℃, 180℃, 210℃의 조건으로 열처리한 대나무의 표면 상태를 나타내었다. 좌측에 있는 150℃에서는 진빼기가 완전하게 되지 않았으며, 중간에 있는 180℃로 처리한 결과 열원에 대한 재의 손상도 없었으며 광택과 적당한 재색을 나타내었다. 그리고 우측은 온도가 210℃정도로 처리한 경우 표면이 탄화되어 재에 손상을 일으켰으며 검게 변하고 미관상 좋지 않았다. 이와 같은 결과로 솜대의 진빼기 처리시 180℃정도가 가장 적당한 온도로 판단되었다. 또한 180℃의 온도로 열처리 시간을 살펴본 결과 불꽃과 재의 거리에 따라서는 큰 차이가 없었으며, 불꽃이 재의 표면에 닿았을 때부터 2~3초의 시간이 적당하였다.

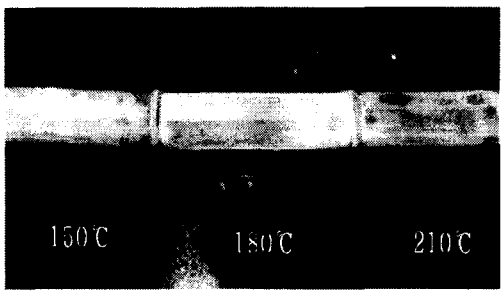

Fig. 2. Surface states of bamboo according to heat treatment temperature.

3.3 시간에 따른 함수율 변화

표 1과 그림 3의 B_{HT1}, B_{HT2}, B_{HT3}은 토치를 사용한 직접 열처리한 시험편이고 B_{NT1}, B_{NT2}, B_{NT3}은 무처리 시험편의 시간에 따른 건조속도 변화를 나타내었다. 벌채 3일후의 대나무를 열처리했을 때 5~11%정도의 함수율 감소를 나타내어 열처리로 인하여 어느 정도 함수율이 감소하여 뒤에서 언급하는 결함발생방지 및 건조시간 단축에 열처리 효과가 인정되었다. 그러나 무처리 시험편의 함수율은 거의 변화가 없었다. 목재는 강도성능이 증가하는 섬유포화점이 일반적으로 약 28~30%이지만 죽재는 목재의 섬유포화점보다 낮은 함수율 16~17%부근에 섬유포화점이 존재한다고 보고되었다[3](Laxamana, 1985). 죽재가 섬유포화점에 도달하는데 걸리는 시간은 각 조건마다 많은 차이가 나타났다. 온도 40℃, 관계습도 40%의 조건(B_{HT2}, B_{NT2})이 가장 먼저 섬유포화점에 다다랐으며 걸린 기간은 각각 7일과 8일이었다. 그 다음으로는 대기상태의 대략적인 온도 25℃, 습도 40%의 조건(B_{HT3}, B_{NT3})에서는 각각 17일과 19일이었다. 섬유포화점까지 가장 늦게 도달한 조건 온도 20℃, 관계습도 65%의 조건(B_{HT1}, B_{NT1})에서는 각각 28일과 30일이 경과하여도 섬유포화점까지 도달하지 못하였다. 일반적으로 20℃, 관계습도 65%의 조건에서 목재의 평형함수율인 약 12%까지 건조시키는데 걸리는 시간도 많은 차이가 있었다. B_{HT1}과 B_{NT1}의 대기상태 조건에서는 30일이 경과하여도 12%까지 건조되지 않아 건조하는데 너무나 긴 시간이 걸린다는 것을 알 수 있었다. 마찬가지로 B_{HT3}과 B_{NT3}은 12%까지 건조하는데 약 한달이라는 긴 시간이 걸렸다. 하지만 B_{HT2}, B_{NT2}는 함수율 12%까지는 9일이 걸렸다.

그림 3은 함수율 단계별 건조속도를 그래프로 나타낸 것으로 건조 초기에서 섬유포화점까지 진행할수록 건조속도가 급격히 감소하여 목재와 매우 흡사한 경향을 보여주고 있다.

Table 1. Change of moisture content by drying period.

conditions			MC (green)	MC after heat treatment	16% MC (FSP)	12% MC
Heat treatment	B_{HT1}	Day	-	-	28	30
		MC(%)	58	53	16.7	16
	B_{HT2}	Day	-	-	7	9
		MC(%)	60	51	15.4	12
	B_{HT3}	Day	-	-	17	23
		MC(%)	61	50	16	12
Non-heat treatment	B_{NT1}	Day	-	-	30	30
		MC(%)	66	66	23.7	24
	B_{NT2}	Day	-	-	8	9
		MC(%)	58	58	15.7	12
	B_{NT3}	Day	-	-	19	30
		MC(%)	64	64	16.3	12.8

Notes; MC: Moisture content, FSP: Fiber Saturation Point,
Heat treatment: (B_{HT1}: Dried at 20℃, 65% condition after heat treatment, B_{HT2}: Dried at 40℃, 40% condition after heat treatment and B_{HT3}: Dried at air condition),
Non-heat treatment: (B_{NT1}: Dried at 20℃, 65% condition without heat treatment, B_{NT2}: Dried at 40℃, 40% condition without heat treatment and B_{NT3}: Dried at air condition without heat treatment).

이와 같이 건조곡선과 건조속도는 온도와 습도에 따라 크게 영향을 받는다는 사실을 알 수 있다. 또한 같은 온도와 습도라고 할지라도 죽재의 FSP까지 함수율은 진빼기 작업을 했을 경우 무처리에 비해 그래프가 항상 아래에 존재하였으며 B_{HT2}나 B_{NT2}, B_{HT3}와 B_{NT3}은 FSP에서 평형함수율까지 도달하는데는 약간의 차이가 있었으나 거의 비슷한 경향의 함수율 상태를 나타내었다. 따라서 본 연구 수행 조건 중에서 단소용 대나무를 빠른 시간내에 건조하기 위한 적합한 조건은 건조스케쥴 B_{HT2}, B_{NT2}가 적당하였다.

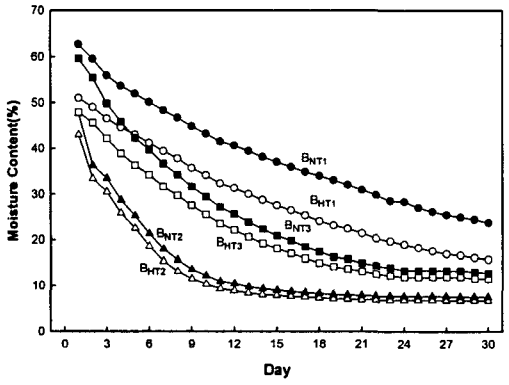

Fig. 3. Change of Moisture Content by drying period.

Legend; ●: B_{NT1}, ○: B_{HT1}, ■: B_{NT3}, □: B_{HT3}, p: B_{NT2}, r: B_{HT2}

3.4 건조 조건에 따른 건조 결함 평가

무처리재와 직접가열에 의한 열처리 후 대기방치, 온도20℃ 관계습도 65%의 항온항습실

과 온도 40℃ 관계습도40%의 항온항습실 조건에서 건조하여 평형함수율에 달한 후 다시 시험편을 대기상태로 두어 대기 함수율과 평행에 달했을 때 할렬의 유무를 관찰하였다.

Table 2. The number of splitted specimen by drying condition.

Treatment conditions		Drying conditions		
		Air condition	20℃, 65%	40℃, 40%
Non-heat treatment	Specimen	5(4)	5(0)	5(1)
Heat treatment	Specimen	5(1)	5(0)	5(1)

Note; ( ): The Number of splitted bamboo.

표 2는 건조 결함 평가를 위하여 각각의 건조 조건하에서 발생한 할렬의 개수를 나타내었다. 열처리를 하지 않은 대기 건조시에는 5개의 시료 중 4개에서 할렬이 발생하였다. 열처리 후에 대기 건조시에는 5개중 1개에서 할렬이 발생하였다. 열처리를 실시한 시료 및 무처리 시료를 온도 20℃에 관계습도 65%의 조건에서 건조시켰을 경우에는 할렬이 발생하지 않았으나 온도 40℃, 관계습도 40%의 조건에서 건조시켰을 경우에는 5개의 시료중 1개에서 할렬이 발생하였다. 건조시간은 온도 20℃, 관계습도 65%조건보다도 짧은 시간내에 건조시킬 수 있었다. 이러한 결과로 볼 때 진빼기 처리인 열처리가 할렬방지에 효과가 있으며 적당한 건조스케쥴을 개발한다면 건조결함을 줄이거나 발생시키지 않고 건조시간을

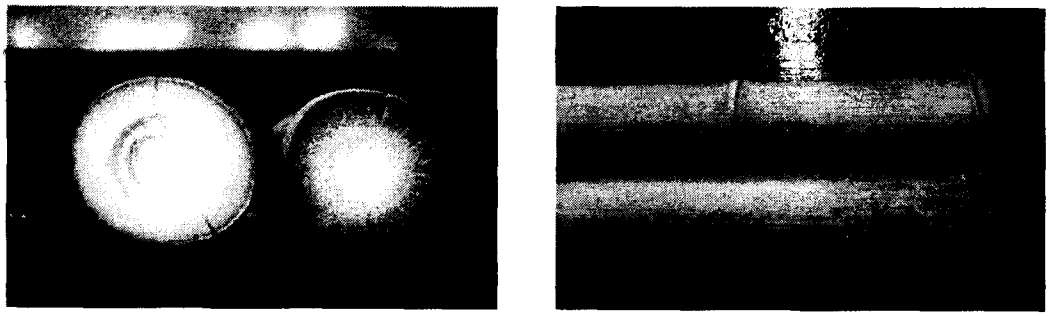

Fig. 4. Split state of specimen without heat treatment.

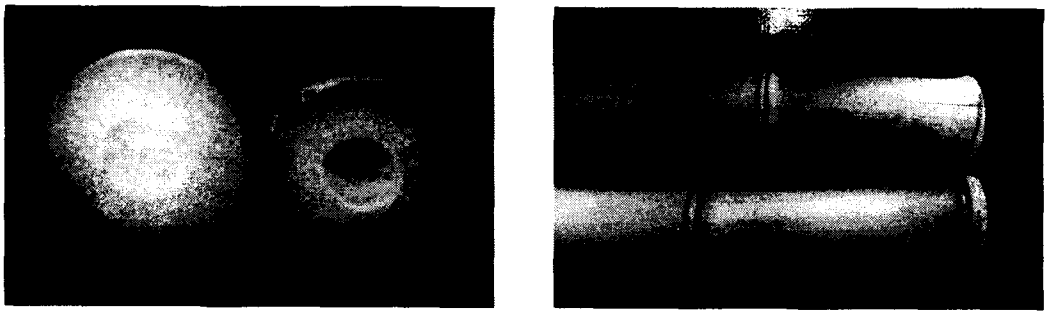

Fig. 5. Split state of specimen by natural drying after heat treatment.

단축시키면서 건조가 가능할 것으로 판단된다. 또한 짧은 건조시간을 요할 경우 온도 40℃, 관계습도 40%의 조건에서 건조를 실시한다면 더욱 짧은 시간 내에 건조가 가능하리라 생각된다.

그림 4는 열처리를 하지 않은 시료이고 그림 5는 열처리를 실시한 시료를 나타내었다. 그림 4, 5를 통해서 알 수 있는 바와 같이 열처리를 실시한 시료의 할렬이 무처리재의 할렬에 비하여 아주 미세하고, 할렬수가 적어 할렬예방에 열처리의 효과가 있음을 알 수 있다. 또한 그림 4의 길이방향 할렬이 그림 5의 길이방향 할렬보다 훨씬 심하게 나타났다. 따라서 대나무 건조시 열처리를 실시하면 건조시간의 단축뿐만 아니라 할렬의 수와 크기를 줄일 수 있다.

Table. 3. The ratio of splitted specimen after heat treatment by growth area.

Location	Number of specimen	Number of split	Rate of split(%)
Sancheong-gun, Sicheon-myon	30	4	13
Changnyeong-gun, Namgi-up	20	6	30
Gyeongsang N.U. Experimental plantion	20	4	20

표 3은 생장 환경이 서로 다른 경남 산청군 시천면, 창녕군 남지읍 그리고 경상대학교 연습림내의 대나무를 벌채 후 직접가열 하여 바로 대기상태로 방치한 후 할렬의 개수를 관찰하여 백분율로 나타내었다. 산청군 시천면의 대나무 할렬비율이 13%로 가장 낮았으며 경상대 연습림 그리고 창녕군 남지읍 순이었다. 이것은 대나무가 성장할 때 토양성분이나 강수량, 연평균 온도, 일조량 등의 여러가지 생장 환경 조건에 따른 화학적 성분의 차이와 비중에 관련이 있는 것으로 판단되므로 차후 연구해야할 과제인 것 같다.

결 론

단소용 대나무의 건조과정에서 일어나는 건조결함을 예방함과 동시에 원활한 건조를 위해 토치램프를 이용한 직접가열 방식의 진빼기 처리 및 건조 조건에 대한 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 진주 경상대에서 2월에 채취한 단소용 솜대의 함수율은 55~74%이고 평균 함수율은 67%이었다.
2. 진빼기 작업시 가열온도는 재에 탄화를 일으키지 않으면서 광택을 내는 180℃정도의 온도가 적합하였으며 가열 처리 시간은 불꽃이 재면에 닿았을 때는 2~3초가 적당하였다.
3. 진빼기 작업은 건조결함을 방지 및 건조시간 단축에 효과가 있었다.
4. 적당한 건조스케쥴로 건조하면 할렬의 발생을 줄이면서 건조시간을 단축시킬 수 있었으며 본 연구 조건 중에서 최상의 건조조건은 온도 40℃와 관계습도 40%이었다.

참고문헌

1. Akitsu, H., M. Norimoto, and T. Morooka. 1991. Vibrational properties of chemically modified wood. J. Japan Wood Res. Soc. 37(7): 590~597.
2. Itoh, T. 1990. Lignification of Bamboo (*Phyllostachys heterocycla* Mitf.) During its Growth. Holzforschung. 47(2) : 191~200.
3. Laxamana, M. G. 1985. Drying of some commercial Philippine bamboos. FPRDI Journal (Philippine). 14(1/2); 8-19.

4. Rowell, R. M. , R. S. Lichtenberg, and P. Larsson. 1993. Stability of acetylated wood to environmental changes. Wood & Fiber Sci. 25(4) : 359～364.
5. Takeshi, O. 1991. Acoustic properties of wood. J .Japan Wood Res. Soc. 37(11) : 991～998.
6. Yano, H., M. Norimoto, and Rowell, R. M. 1993. Stabilization of acoustical properties of wooden musical instruments by acetylation. Wood & Fiber Sci. 25(4) : 395～403.
7. 강호양 · 이종신 · 허종윤 · 이관영 · 심준오. 1996. 전통 대나무 악기재의 아세틸화. 목재공학 24(5) : 5～11.
8. 이화형 · 위 흡 · 이원용 · 박상진 · 홍병화. 1989. 목재물리 및 역학. 향문사. : 377.