

고온수증기처리에 의한 낙엽송재의 물성(제2보)*¹ - 고온수증기처리에 의한 낙엽송재의 수축율 변화 -

김정환*^{2†} · 이원희*²

Physical Properties of Larch(*Larix kaemferi* Carr.) Treated by High Temperature Steaming*¹

- Effect of high temperature steaming on shrinkages of larch block -

Jung-Hwan Kim*² · Weon-Hee Lee*²

요 약

본 연구는 낙엽송(*Larix kaemferi* Carr.)재를 이용하여 100℃부터 180℃까지의 고온영역에서 20℃ 간격으로 처리시간을 10분, 30분, 60분, 90분간으로 하여 처리조는 봄베를 사용하였다.

- 1) 고온수증기처리의 처리시간이 길고, 처리온도가 높을수록 밀도의 감소도 커졌다.
- 2) 밀도의 감소에도 불구하고 고온수증기처리재의 수축율이 control재와 비교하여 비슷하거나 높게 나타나는 것은 수증기처리에 의하여 세포벽 내부의 구성성분 및 구조변화에 의하여 야기된 것으로 판단된다.
- 3) 고온수증기처리에 의하여 추정목재의 틀어짐은 감소되었다.

ABSTRACT

This study deals with a physical properties of Larch(*Larix kaemferi* Carr.) treated at temperatures above 100℃. Treatment conditions of this experiment were operated at regular intervals of 20℃ at temperature up to 180℃ for 10, 30, 60 and 90 minutes by using the bomb, respectively.

The results of this study were as follows :

*¹ 접수 2001년 10월 22일, 채택 2002년 1월 30일

본 연구는 "열처리가공에 의한 치수안정화 개선에 관한 연구"의 일부로서 2001년도 한국과학재단의 지역대학 우수과학자 지원사업의 연구비지원으로 수행되었음.

*² 경북대학교 농업생명과학대학 임학·임산공학과군, Department group of Forestry and Wood Science & Technology, College of Agriculture and Life Sciences, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea.

† 주저자(corresponding author) : Jung-Hwan Kim (e-mail: hwan1522@hanmail.net)

- 1) The density was decreased with increasing the times and temperatures of steaming.
- 2) It was considered that the steaming treated specimen's higher shrinkage compared to control was due to change of composition and structure in cell wall.
- 3) The warpage of half edge grain specimen was decreased by high temperature steaming.

Keywords: high temperatures steaming, shrinkage, change of composition, warpage

1. 서 론

목재는 여러 가지 재료들 중에서 예로부터 인간과 가장 친숙하고, 쉽게 구할 수 있으며, 가공성이 뛰어난 재료로서 많은 부분에서 이용되어 왔지만 과학기술의 발전에 의해 새로운 공업용 재료들이 다량 생산되어 목재가 차지하는 분야는 점점 줄어드는 경향을 보여왔다. 그러나 오늘날 환경문제가 대두되면서 바이오매스자원으로서 환경친화적이며, 편안하고 안락한 주거환경의 조성에 효과가 뛰어난 목재가 다시 중요한 재료로서 부각되고 있다. 그러나 현재 목재자원으로서 주로 이용되고 있는 활엽수재 자원이 한정되어 있기 때문에 활엽수재의 대체품으로서 침엽수재의 효율적인 이용이 중요한 과제가 되고 있다. 그러나 침엽수재는 활엽수재에 비하여 경도가 낮고, 조·만재 사이의 물리적 성질이 큰 차이가 나는 단점을 가지고 있다. 따라서 침엽수재가 가지는 여러 가지 단점을 보완하여 보다 부가가치가 큰 재료로서의 전환이 연구되고 있다.

본 연구에서는 전보¹⁾에 이어 낙엽송재의 고부가가치인 이용을 위해 가장 크게 요구되는 치수안정화의 방안에 대한 기초적인 지식을 얻기 위한 연구로서 100℃부터 180℃까지의 고온영역에서의 수증기처리에 의한 낙엽송재의 각 방향별 수축율의 변화를 조사·검토하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시재료

본 연구의 공시재료는 낙엽송(*Larix kaemferi*

Carr.)재를 사용하였으며, 재료의 비중은 0.55(±0.1), 평균연륜폭은 5.6 mm였다. 이 재료의 변재부는 버리고 심재부만을 제재하여 수축율(섬유, 방사, 접선 방향) 실험용 시편을 제작하였다. 섬유방향 수축율 시편은 40×30×5 mm(L×R×T)이고 방사방향과 접선방향 수축율 시편은 5×30×30 mm(L×R×T)으로 제작하였다. 이렇게 제작한 시편을 20℃, 상대습도 80%의 항온항습실에서 조습처리하여 수분평형을 이루게 한 후 실험에 사용하였다.

2.2. 실험방법

2.2.1. 고온수증기처리

시편의 고온수증기처리장치의 재질은 알루미늄이고 외관은 원기둥 형태이며, 두께에 압력계와 온도계, 압력밸브를 설치하였다. 원기둥의 외경은 180 mm이고 내경은 150 mm, 높이는 내부가 210 mm이고 외부가 250 mm이며, 이때 외부높이는 뚜껑을 포함한 높이이다. 온도계의 최고측정 온도는 300℃이고 압력계는 100 kgf/cm²까지 측정이 가능한 볼베를 이용하여 처리온도 100℃부터 180℃까지 20℃간격으로 5조건, 처리시간 10분, 30분, 60분, 90분의 4조건으로 고온수증기처리 하였다. 볼베의 내부에 시편을 투입할 때 시편에 직접적으로 물이 닿지 않도록 하기 위하여 증류수를 채우는 높이보다 더 높은 곳에 그물을 설치하였다. 이렇게 장치한 볼베를 oil bath에 담겨 가열하는 방식을 사용하였다.

각각의 실험조건에서 고온수증기처리된 시편은 다시 20℃, 상대습도 80%의 항온항습실에서 수분평형을 이루게 하였고, 고온수증기처리 전과 처리 후의 비교실험은 주어진 온·습도 조건에서 평형습수율에 도달한 상태에서 이루어졌다.

2.2.2. 수축율 실험

고온수증기처리를 한 시편을 사용하였으며, 대조군으로 고온수증기처리를 하지 않은 control재를 준비하였다. 각 온도조건과 시간조건에 따라 고온 수증기처리를 한 시편을 향한 항습실에서 조습처리를 한 후, 105°C 건조기에서 전건시켜 식 (1)에 의하여 수축율을 계산하였다.

$$\text{전수축율} = \frac{l_g - l_0}{l_g} \times 100 (\%) \quad (1)$$

여기에서, l_g 는 생재상태의 길이, l_0 는 전건상태의 길이를 나타낸다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 고온수증기처리에 의한 시편의 외관변화

고온수증기처리를 했을 때 처리온도 100°C부터 140°C까지의 수증기처리재는 재색의 변화가 없었으나 180°C, 10분 처리재를 제외한 전체 180°C 처리재와 160°C, 90분 처리재는 재색이 검게 변했다. 이것은 고온의 봄베 속에서 시편표면의 탄화가 이루어진 것 때문인 것으로 판단된다. 180°C, 90분 처리재의 경우 미세하게 횡단면에서 할렬이 발견되었다. 그리고 결과에는 나타내지 않았으나 200°C, 10분 처리재의 경우에도 할렬이 발생하였다. 이것은 일정한 처리온도와 처리시간 이상의 고온수증기처리는 수증기처리 과정에 목재 내부와 외부에 있어서 수증기 압력차에 의한 수분경사 때문에 생긴 잔류응력이 재료 표면에 할렬 등의 문제를 일으키는 것으로 판단되었다.

3.2. 수축율

3.2.1. 방사방향과 접선방향 수축율

현재까지 목재의 열처리에 있어서 그 처리효과는 가열온도와 처리시간으로서 나타낼 수 있는데, 고온

에서 단시간 처리와 저온에서 장시간 처리를 하는 경우, 같은 처리효과를 도모할 수 있다고 알려져 있다. 여기서는 100°C에서 180°C 처리범위에 있어서 비슷한 수준의 수축율을 나타내는 처리조건을 찾을 수 있는지에 대하여 조사하였으며, 고온처리일수록 보다 낮은 수축율의 효과를 얻을 수 있는지를 검토하였다.

Fig. 1과 2에서는 각각 처리시간 10분과 90분일 때

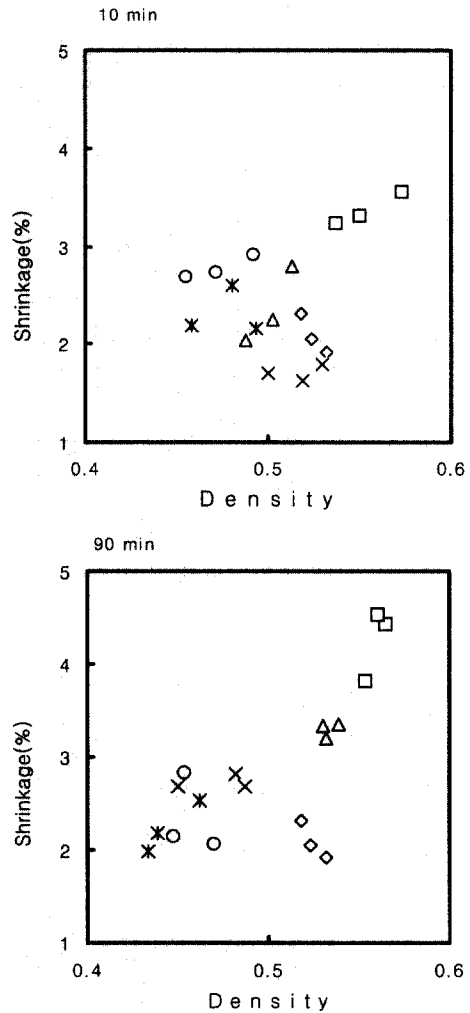


Fig. 1. Relationship between radial shrinkage and density. Legend) ◇: control □: 100°C △: 120°C ×: 140°C *: 160°C ○: 180°C.

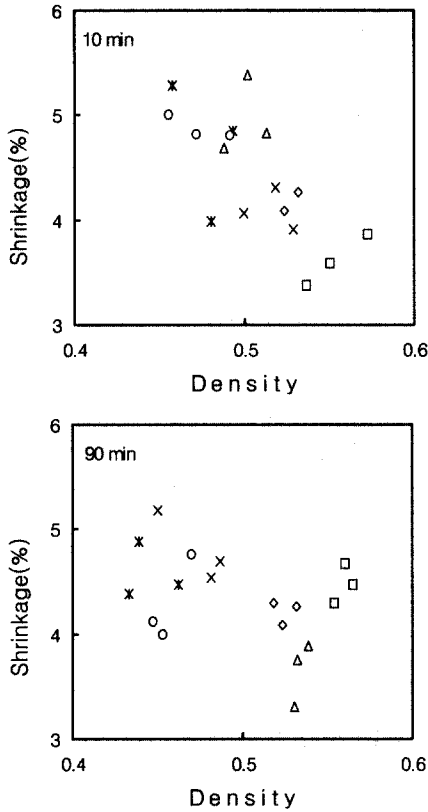


Fig. 2. Relationship between tangential shrinkage and density. Legend) ◇: control □: 100°C △: 120°C, ×: 140°C *: 160°C ○: 180°C.

의 방사방향과 접선방향에서의 수축율을 나타내었다. 여기서 처리온도 100°C일 때의 모든 처리시간 조건의 수증기처리재와 120°C, 90분 수증기처리재의 수축율이 다른 온도조건에서의 수축율과는 다른 경향을 나타내는 것으로 나타났다. 이것은 시편의 선정시 추정면의 시편을 사용하여 나타난 현상이므로 결과 검토시 다른 조건의 고온수증기처리재와 차이를 두고 검토를 하였다. 처리온도조건 100°C의 모든 처리시간조건과 120°C, 90분 처리재를 제외한 모든 시편은 판목면을 가지는 시편을 사용하였다.

Fig. 1에서 나타낸 방사방향 수축율에 있어서 처리시간 10분인 경우 140°C 수증기처리재는 무처리재에 비하여 수축율이 낮게 나타났다. 160°C와 180°C 수증

기처리재의 경우에는 무처리재와 비슷한 수준의 수축율을 나타내었다. 처리시간 90분에서 140°C 이상의 수증기처리재는 무처리재와 비슷하거나 더 높은 수축율을 나타내었다. 전체적으로 수증기처리시간이 길어질수록 목재실질부의 질량감소에 의하여 밀도가 감소하는 경향을 나타내었다. 여기서 밀도의 감소에도 불구하고 수축율이 무처리재와 비슷하거나 높게 나타나는 것은 일정한 경향성이 없어 단정적으로 판단할 수는 없지만, 일반적으로 수축율은 밀도와 비례관계에 있다고 볼 때, 여기서 밀도가 더 낮아졌음에도 수축율이 무처리재보다 더 큰 것은 열연화에 의한 목재성분의 어떤 변화에 의한 구속구조세트현상의 일종으로 생각된다.

Fig. 2에서 나타낸 접선방향 수축율에 있어서 처리시간 10분인 경우 140°C 수증기처리재가 control재와 비슷한 수준의 수축율을 나타내었으며, 다른 온도조건의 수증기처리재는 control재에 비하여 높은 수준의 수축율을 나타내었다. 처리시간 90분의 경우 모든 조건의 수증기처리재가 control재보다 조금씩 높은 수축율을 가지는 경향을 나타내었으며 밀도는 감소하는 경향을 나타내었다. 여기서 처리시간을 9배로 높임으로써 열처리효과의 강도는 더욱 증가하였으며 중량감소가 10분간 처리에 비하여 더욱 많아진 것이 뚜렷해 졌으나 수축율은 큰 변화를 보이지 않고 있다. 이것은 140°C 이상의 수증기처리에 의하여 목재의 세포벽구조체로부터 소실된 화학성분 및 열에 의한 응력이완현상 등의 복합적 인자에 의하여 수축율은 증가하지 않고 중량감소현상만 나타난 것으로 생각된다.

Fig. 1과 2에서 나타난 100°C, 10분과 90분 수증기처리재와 120°C, 90분 수증기처리재 외에 100°C의 모든 처리시간 수증기처리재와 120°C, 60분과 90분 수증기처리재의 수축율이 일정한 경향성을 가지지 않고 있다. 이것은 시편 선택시 추정면으로 제재한 시편이 일부 포함되었기 때문에 수증기처리 후 건조과정에서 생기는 방사방향과 접선방향으로의 수축을 차이에 의한 다이아몬드형 뒤틀림 때문에 나타나는 현상으로 판단되었다. 따라서 추정면에 있어서의 고온수증기처리에 의한 수축율 변화를 Table 1에 나타내었다.

Table 1에 나타나듯이 방사방향과 접선방향의 수

Table 1. Relationship between α_R and α_T

item	α_R	α_T	α_T/α_R (shrinkage anisotropy)
control	2.09	4.21	2.01
100°C 10 min	3.37	3.61	1.07
100°C 30 min	3.36	3.66	1.09
100°C 60 min	3.57	3.93	1.10
100°C 90 min	4.27	4.48	1.05
120°C 60 min	3.58	4.10	1.14
120°C 90 min	3.29	3.65	1.11

* α_R : radial shrinkage, α_T : tangential shrinkage.

축을 비율이 control재에 비하여 고온수증기처리재가 더욱 낮게 나타나고 있다. 이것은 횡단면이 추정면으로 재재된 각재에서 건조 중에 발생하기 쉬운 접선방향과 방사방향의 수축율 차이에서 기인하는 다이아몬드형 뒤틀림을 고온수증기처리에 의하여 줄일 수 있다는 것은 나타내는 것으로 판단되었다.

Fig. 3에서는 140°C와 160°C에서 고온수증기처리시 각 처리시간별 방사방향과 접선방향으로의 수축율을 밀도 기준으로 나타내었다.

Fig. 3에서 가장 눈에 띄게 나타나는 것이 180°C, 30분 수증기처리재의 수축율이 방사방향과 접선방향에서 가장 높게 나타나고 있다는 것이다. 이 조건의 수증기처리재가 다른 조건에서의 수증기처리재와 특별히 차이가 나는 것은 고온수증기처리과정에서 물에 직접 침지되어 열처리되었기 때문으로 추정된다. 전체적으로 수증기 처리시간이 길어지고 처리온도가 높아질수록 밀도가 감소하는 경향이 나타났다. 수축율은 밀도와 거의 직선적으로 비례하는 관계에 있으나, 고온수증기처리에 의하여 밀도가 감소함에도 불구하고 수축율이 control재와 비슷하거나 높게 나타나고 있다. 이 현상은 고온수증기처리에 의하여 세포벽의 셀룰로오스 마이크로피브릴 사이를 충전하고 있는 매트릭스 물질의 분해 등으로 인하여, 수분 흡·탈착에 의한 수축·팽윤성을 억제하는 구성인자의 제거에 의한 현상으로 나타난 것으로 추정된다.

3.2.2. 섬유방향 수축율

섬유방향 수축율의 변화는 아주 작은 수준이었으

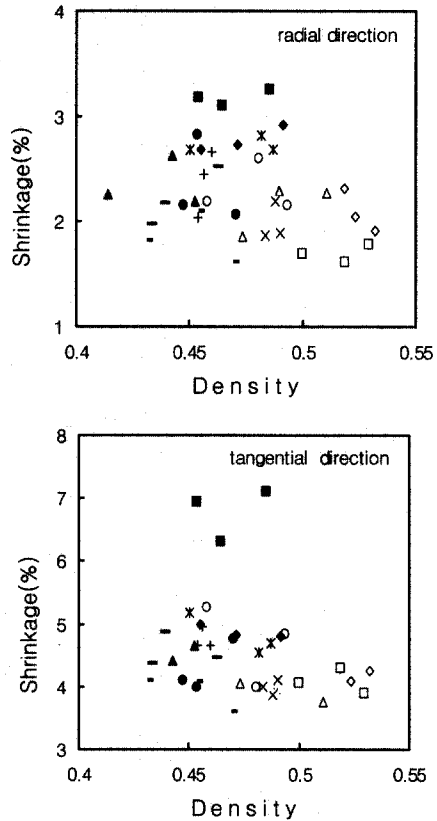


Fig. 3. Relationships between shrinkages and densities. Legend) \diamond : control wood, \square : 140°C, 10 min \triangle : 140°C, 30 min, \times : 140°C, 60 min $*$: 140°C, 90 min, \circ : 160°C, 10 min $+$: 160°C, 30 min, $-$: 160°C, 60 min — : 160°C, 90 min, \blacklozenge : 180°C, 10 min \blacksquare : 180°C, 30 min, \blacktriangle : 180°C, 60 min \bullet : 180°C, 90 min.

며, 밀도와 고온수증기처리의 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.

4. 결 론

고온수증기처리에 의한 3단면의 수축율 변화를 관찰해 본 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 고온수증기처리의 처리시간이 길어지고, 처리온

도가 높아질수록 밀도의 감소도 커졌다.

2) 밀도의 감소에도 불구하고 고온수증기처리재의 수축율이 control재와 비교하여 비슷하거나 높게 나타나는 것은 수증기처리에 의하여 세포벽 내부의 구성성분 및 구조변화가 생긴 것으로 판단된다. 100℃ 이상의 수증기처리에 의한 목재구성성분의 구조변화 및 성분량의 변화 등에 의해 중량감소량이 현저하게 나타났지만, 영구고정이 될 정도의 수증기처리법은 되지 못하였으며, 수축억제작용을 하던 세포벽내의 충전물질의 분해 소실로 밀도감소에 따른 수축율이 증가한 것으로 판단되었다.

3) 고온수증기처리에 의하여 추정면 각재의 건조 중 발생하는 뒤틀림의 정도가 작아지는 효과가 있는 것으로 판단되었다.

참 고 문 헌

1. 김정환, 이원희. 2001. 고온수증기처리에 의한 목재의 물성변화. 목재공학. (투고중)
2. A. Uhmeier, T. Morooka, M. Norimoto (1998) Influence of thermal softening and degradation on the radial compression behavior of wet spruce. *Holzforschung* 52: 78-81.
3. J. A. Snatos (2000) Mechanical behaviour of Eucalyptus wood modified by heat. *Wood Science and Technology* 34: 34-43.
4. Kideaki, K., Kimihiro, U., Takuji, E. (1999) Dimensional stability and strength properties of particleboard produced by a closed-press system, *J. Wood Sci* 45: 402-410.
5. M. Makinaga, M. Norimoto, M. Inoue (1997) Permanent fixation of bending deformation of wood by steam treatment, *Wood Research Institute, Kyoto University* 84: 39-41.
6. M. Norimoto, C. Ota, H. Akitsu, T. Yamada (1993) Permanent fixation of bending deformation in wood by heat treatment, *Wood Research Institute, Kyoto University* 79: 23-33.
7. W. Dwianto, T. Morooka, M. Norimoto, T. Kitahima (1999) Stress relaxation of sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) wood in radial compression under high temperature steam. *Holzforschung* 53: 541-546.
8. W. Dwianto, M. Inoue, M. Morimoto (1998) Permanent fixation of compressive deformation of ALBIZIA wood (*Paraserienthes falcata*) by heat treatment, *Journal of Tropical Forest Products* 4(1): 59-67.
9. W. Dwianto, F. Tanaka, M. Inoue, M. Norimoto (1996) Crystallinity Changes of wood by heat or steam treatment, *Wood Research Institute, Kyoto University* 83: 47-49.