

# 아세틸화 활엽수재의 치수변화 특성\*1

한 규 성\*2

## Dimensional Change of Acetylated Hardwood\*1

Gyu-Seong Han\*2

### ABSTRACT

---

It is well-known fact that dimensional stability of wood is greatly enhanced by acetylation of wood. This dimensional stability results from bulking of the reacted acetate within the cell wall, which reduces further swelling when the modified woods come into contact with water or water vapor. The purpose of this research was to determine the water absorption and dimensional stability of the acetylated solid wood in liquid water and in humidity tests. Beech and red oak were acetylated. Moisture and water absorption of acetylated wood were quite dependent on weight percent gain(WPG). Antiswelling efficiency(ASE) was quite dependent on WPG, but was not dependent on species.

*Keywords* : acetylation, dimensional stability, hardwood, ASE

---

\*1 본 연구는 충북대학교 학술연구재단의 지원에 의해 수행됨.

\*2 충북대학교 산림과학부 School of Forest Resources, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

## 1. 서 론

목재는 수분의 출입에 의해 수축과 팽윤을 반복하며, 미생물의 침입에 의해 부후되는 등의 결점을 가지고 있다. 이에 따라 이들 결점을 극복하고자 많은 연구 중에서 최근 들어 각광을 받고 있는 것이, 목재를 화학적으로 처리하여 상기의 양대 결점을 극복하고자 하는 것이다. 특히 목재를 아세틸화하여 치수안정성 및 내부후성을 부여하고자 하는 노력은 방법상으로는 적용성으로도 매우 적합한 처리로 여겨지고 있다.

아세틸화란 목재의 수산기를 아세틸기로 치환하는 에테르화 반응으로서, 세포벽에 형성된 아세테이트의 팽윤효과(bulking effect)에 의해 치수안정성이 부여된다고 알려져 있다. 무수초산에 의한 방법이 주로 이용되고 있으며 반응중에 초산이 부산물로 생성되는 처리방법이다(Rowell, 1983). 그리고 아세틸화 된 목재는 내구성(Goldstein et al., 1961; Peterson & Thomas, 1978; Nilsson et al., 1988; Larsson & Tillman, 1989; Takahashi et al., 1989)과 치수안정성(Clermont & Bender, 1957; Dreher et al., 1964; Rowell, 1982)이 현저하게 증대된다고 알려져 있다. 이렇듯 아세틸화는 목재에 우수한 성능을 부여할 수 있는 방법임에도 불구하고, 상용화에 이르기까지는 많은 과제가 남아 있다. 한편, 유럽에서는 아세틸화목재를 파일렛 플랜트에서 생산하기 위한 방법을 제안하기에 이르렀지만(Beckers & Militz, 1994), 아직 해결해야 할 과제가 많다고 보고되었다. 또한 한 등(1996)은 국산 낙엽송, 시베리아산 낙엽송, 뉴질랜드산 라디에타소나무 등의 침엽수재를 심변재 부위에 따라 아세틸화 한 결과, 수종과 부위와 관계없이 아세틸화도의 증가에 따라 치수안정성이 증가한다고 하였다.

그런데 이제까지의 아세틸화는 주로 침엽수재에 한하여 이루어져 왔다. 따라서 본연구에서는 아세틸화를 활엽수재에 적용함으로써 얻어지는 치수안정 효과를 분석하였고, 아세틸화 활엽수재의 수분에 의한 치수변화 특성을 조사하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시수종

공시수종으로는 미국산 너도밤나무와 레드오크의 인공건조재를 사용하였다(표1 참조). 시편의 크기는 30(T)×30(R)×30(L)mm로 하였으며, 아세틸화를 하기 전에 105℃의 건조기에서 전건하였다.

### 2.2 아세틸화

전건의 목재시료를 500ml의 스테인레스제 감압 용기에 넣고 진공펌프를 이용하여 1시간 감압한다. 이어서 약액도입관을 이용하여 무수초산 100ml와 자일렌 300ml를 도입한 후 1시간 놓아둔다. 이어서 감압과 상압상태를 각각 15분간씩 6시간 동안 반복하여 반응약액이 충분히 침투되도록 한다. 약액이 충분히 침투한 시료를 반응액과 함께 분리플라스크에 옮겨 넣고 125℃에서 1-5시간 아세틸화 반응을 행한다. 반응종료 후 온수로 충분히 세척하고 1일간 그늘에서 건조시킨 다음, 105℃의 오븐에서 1일간 건조하여 아세틸화 목재를 얻었다.

아세틸화의 처리정도는 처리전후의 무게를 측정하여 중량증가율(WPG: weight percent gain)로 표시하였다(한 등, 1996).

### 2.3 흡수 및 흡습시험

흡수시험은 아세틸화 목재를 비커에 넣고 증

Table 1. Physical characteristics of sample wood.

Species	Average ring width(mm)	Air-dry density(g/cm <sup>3</sup> )	MC(%)
Red oak( <i>Quercus rubra</i> )	1.76	0.75	10.4
Beech( <i>Fagus grandifolia</i> )	1.92	0.61	9.8

류수를 채운 다음 시편이 뜨지 않도록 눌러 놓고 28일간 침지시켜 행하였다. 흡습시험은 2염기성 인산나트륨(dibasic sodium phosphate)의 과포화수 용액을 바닥에 넣은 데시케이터(20℃에서 95%의 상대습도 유지)에 아세틸화목재를 28일간 방치하여 행하였다.

### 2. 4 치수안정성의 평가

아세틸화목재의 치수안정성은 팽윤율(S: swelling)과 항팽윤율(ASE: antismwelling efficiency)을 구하여 평가하였으며, 아세틸목재의 흡습 및 흡수 특성은 각 조건하에서의 함수상태(함수율)로 평가하였다(한 등, 1996).

## 3. 결과 및 고찰

### 3. 1 반응시간이 아세틸화에 미치는 영향

반응시간이 아세틸화에 미치는 영향을 수종별로 조사한 결과를 그림 1에 나타냈다.

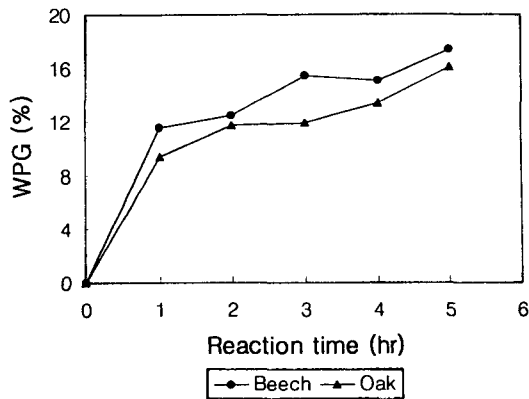


Fig. 1. Degree of acetylation of hardwoods as a function of reaction time(125℃).

두 수종 모두 반응시간이 경과함에 따라 지속적인 증가 경향을 나타냈다. 반응시간 한시간에 10% 정도의 중량증가율에 다다른 후, 이후엔 중량증가

율의 증가가 크게 둔화되어 5시간이 경과하면 약 16%의 중량증가율을 나타냈다. 이는 침엽수재의 경우 보여지는 10% 내외(라디에타소나무 내부재는 16%)보다는 높은 값으로서(한 등, 1996), 활엽수재의 아세틸화가 침엽수재에 비해 쉽게 이루어짐을 나타내는 것이다.

한편 두 수종간에 나타난 중량증가율의 차이는 침엽수재의 아세틸화에서도 나타났듯이, 약제의 침투성의 차이에 기인한 것으로 여겨진다. 즉 연륜폭이 크고 비중이 낮은 너도밤나무의 경우가 약액의 침투가 용이하고, 이에 따라 반응의 정도를 높게 한 것으로 생각한다.

### 3. 2 아세틸화목재의 흡습 및 흡수 특성

아세틸화목재를 95% 상대습도하에 28일간 폭로했을 때 아세틸화도(중량증가율)에 따른 평형함수율(EMC)의 변화를 그림2에 나타냈다.

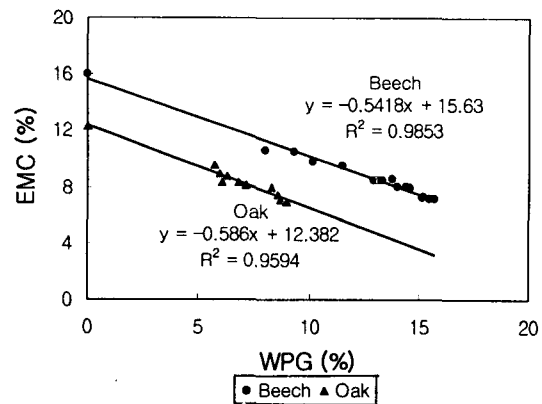


Fig. 2. EMC of acetylated hardwoods at 95% relative humidity(20℃) after 28 days.

아세틸화도가 높아질수록 평형함수율은 직선적으로 저하하였다. 무처리재의 경우 12-16%의 평형함수율을 나타내었으나, 중량증가율이 12% 정도가 되면 평형함수율은 절반으로 줄어 들었다. 이는 아세틸화에 의한 소수화가 이루어짐에 따라 분자의 흡착능이 저하함으로써 나타난다.

또한, 아세틸화목재를 28일간 물에 침지하였을 때 아세틸화도에 따른 함수율의 변화를 그림 3에 나타냈다.

아세틸화도에 따른 침지함수율의 변화는, 중량 증가율이 증가함에 따라 함수율이 직선적으로 감소하는 경향을 나타냈다. 흡수상태는 흡습상태와 달리 대부분의 수분이 자유수의 형태로 세포내강에 들어가 다량의 액상의 물로 존재하기 때문에 아세틸화에 따른 함수율의 저하가 크지 않을 것으로 기대되었으나, 실제적으로는 아세틸화에 의해 상당히 흡수성이 저하됨이 밝혀졌다.

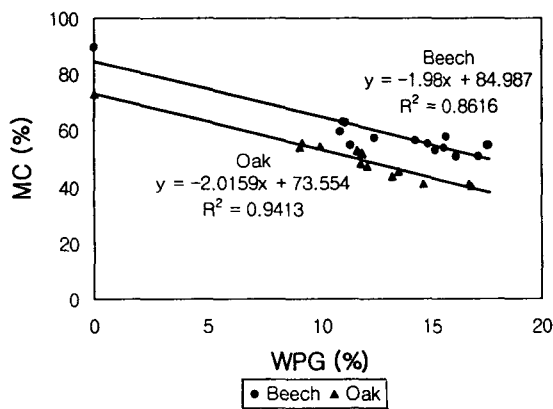


Fig. 3. Water absorption of acetylated hardwoods in liquid water after 28 days.

### 3.3 아세틸화목재의 팽윤 특성

흡습상태에서 아세틸화목재(너도밤나무재)의 방사방향의 팽윤율을 경시적으로 관찰한 결과, 그림 4와 같이 시간이 경과함에 따라 증가하다가 21일 이후 일정해지는 경향을 나타냈으며, 아세틸화도가 높을수록 낮은 팽윤율을 나타냈다. 95%의 상대습도하에서 28일간 노출시켰을 때 무처리목재의 방사방향의 팽윤율이 2.9% 이었으나, 중량증가율이 15.7%인 아세틸화목재의 팽윤율은 0.8%로 저하하였다.

또한, 흡습상태에서 아세틸화목재의 접선방향의 팽윤율도 시간이 경과함에 따라 증가하다가 21일 이후 일정해지는 경향을 나타냈으며, 아세틸화도가 높을수록 낮은 팽윤율을 나타냈다(그림 5). 28일 경과후 무처리목재의 접선방향의 팽윤율은 5.1% 이었으나, 중량증가율이 15.7%인 아세틸화목재의 팽윤율은 0.8%로 저하하였다.

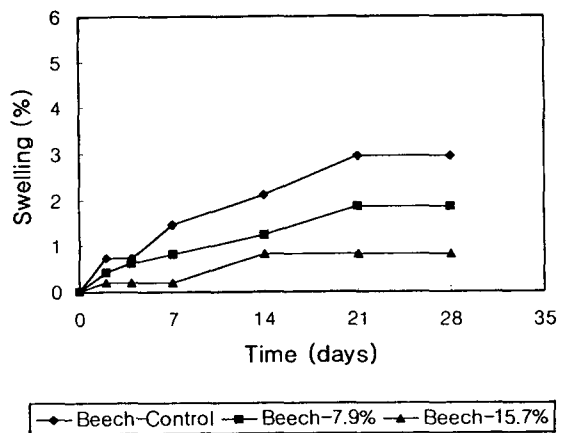


Fig. 4. Radial swelling of acetylated beech at 95% relative humidity(20°C).

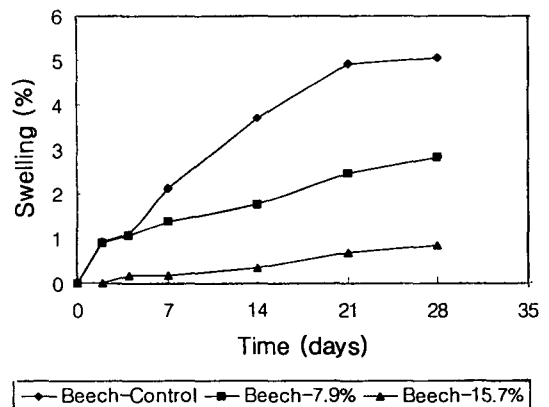


Fig. 5. Tangential swelling of acetylated beech at 95% relative humidity(20°C).

한편, 흡수상태에서의 아세틸화목재의 방사방향의 팽윤율을 경시적으로 관찰한 결과, 팽윤율은 침지후 침지후 2일까지 급격히 증가한 후 이후는 거의 일정한 값을 유지하였으며, 아세틸화도가 높을수록 최대팽윤율은 작은 값을 나타냈다. 물속에 28일간 흡수침지후의 무처리목재의 방사방향 팽윤율은 6.7%이었으나, 중량증가율이 15.7%인 아세틸화목재의 팽윤율은 2.7%로 저하하였다. 접선방향의 팽윤율에 있어서도 아세틸화도가 높을수록 낮은 팽윤율을 나타냈으며, 무처리재의 28일간 침지후의 접선방향 팽윤율은 9.9%이었으나, 중량증가율이 15.7%인 아세틸화목재의 팽윤율은 4.7%로 저하하였다(표 2).

이상의 결과로 볼 때 아세틸화목재는 무처리재에 비하여 수분에 의한 팽창이 현저하게 감소하는 것을 알 수 있었으며, 아세틸화에 의한 활엽수재의 팽윤율 감소 경향은 침엽수재의 경우와 대동소이하었다.

Table 2. Swelling of acetylated beech in liquid water after 28 days.

WPG (%)	Radial (%)	Tangential (%)
Control	6.7	9.9
11.4	5.2	6.4
15.7	2.7	4.7
17.6	1.6	3.7

### 3. 4 아세틸화목재의 항팽윤율

아세틸화한 너도밤나무와 레드오크의 방향별 중량증가율과 항팽윤율과의 관계를 그림 6과 그림 7에 나타냈다.

그림 6은 아세틸화재를 흡수상태(20℃, 95% 상대습도)에서 28일간 방치한 후의 항팽윤율을 나타낸 것으로, 항팽윤율은 중량증가율이 증가함에 따라 증가하는 정의 상관관계를 나타냈다. 또한 같은 수종에 있어서 방향별(방사방향과 접선방향) 항팽윤율은 침엽수재의 경우와 마찬가지로 차이를 보이지 않았다.

그리고 아세틸화 활엽수재로부터 약 50%의 항팽윤율을 얻기 위해서는 중량증가율 12% 정도의

처리가 필요한데, 이는 아세틸화 침엽수재의 경우와 같은 결과이다. 이로부터 침엽수재와 활엽수재를 막론하고 같은 정도의 아세틸화 처리는 같은 정도의 치수안정성을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

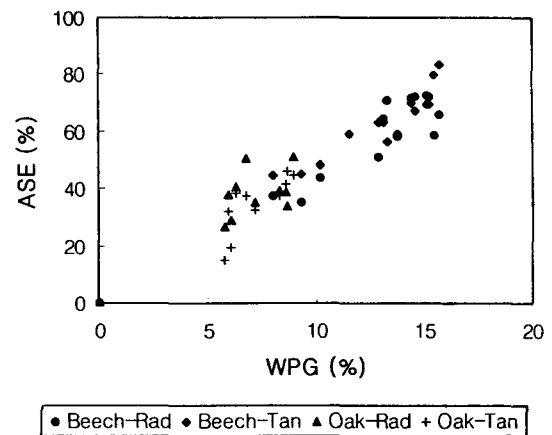


Fig. 6. ASE of acetylated hardwoods at 95% relative humidity(20℃) after 28 days.

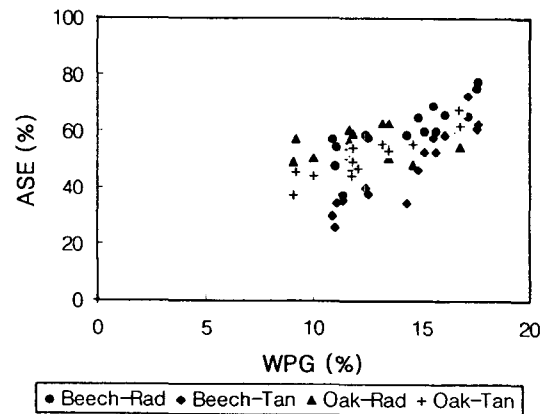


Fig. 7. ASE of acetylated hardwoods in liquid water after 28 days.

그림 7은 아세틸화재를 흡수상태(물에 침지)에서 28일간 방치한 후의 팽윤율을 나타낸 것으로, 흡수상태에서와 거의 같은 결과를 나타냈다. 즉, 흡수상태에서의 팽윤율은 수종 및 방향에 관계없이 중량증가율이 증가함에 따라 증가하는 경의 관계를 나타냈다.

한편 그림 6과 그림 7로부터 유추해 볼 때, 중량 증가율 20% 이상의 아세틸화 처리는 목재에 80% 이상의 높은 치수안정성을 부여할 수 있음을 알 수 있다. 이상의 결과와 한 등(1996)의 결과를 종합해 보면, 실용적인 치수안정성인 50% 이상의 팽윤율을 가지는 목재를 얻기 위해서는 중량증가율이 12% 이상이 되도록 아세틸화 해야 하며, 80% 이상의 고도의 치수안정성을 얻기 위해서는 20% 이상의 중량증가율을 얻도록 아세틸화 해야 한다.

### 참 고 문 헌

1. Beckers, E.P.J. and H. Militz. 1994. Acetylation of solid wood. Initial trials on lab and semi industrial scale. Proc. 2nd Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium. Vancouver, Canada. pp. 125-123.
2. Clermont, L.P. and F. Bender. 1957. The effect of swelling agents and catalysts on acetylation of wood. *For. Prod. J.* 7(5):167-170.
3. Dreher, W.A., I.S. Goldstein, and G.R. Cramer. 1964. Mechanical properties of acetylated wood. *For. Prod. J.* 14(2): 66-68.
4. Goldstein, I.S., E.B. Jeroski, A.E. Lund, E.B. Nielson, and J.W. Weaver. 1961. Acetylation of wood in lumber thickness. *For. Prod. J.* 11(8): 363-370.
5. Larsson, P. and A.-M. Tillman. 1989. Acetylation of lignocellulosic materials. *IRG/WP/3516*.
6. Nilsson, T., R.M. Rowell, R. Simonson, and A.-M. Tillman. 1988. Fungal resistance of pine particleboards made from various types of acetylated chips. *Holzforchung* 42(2): 123-126.
7. Perterson, M.D. and R.J. Thomas. 1978. Protection of wood from decay fungi by acetylation - an ultrastructural and chemical study. *Wood and Fiber* 10(3): 149-163.
8. Rowell, R.M. 1982. Distribution of acetyl groups in Southern pine reacted with acetic anhydride. *Wood Sci.* 15(2): 172-182.
9. Rowell, R.M. 1983. Chemical modification of Wood. *For. Prod. Abst.* 6(12): 363-382.
10. Rowell, R.M., A. Tillman, and R. Simonson. 1986. A simplified procedure for the acetylation of hardwood and softwood flakes for flakeboard production. *J. of Wood Chem. and Tech.* 6(3): 427-448.
11. Takahashi, M., Y. Imamura, and M. Tanahashi. 1989. Effect of acetylation on decay resistance of wood against brown-rot and soft-rot fungi. *IRG/WP/3540*.
12. 한규성, 조남석. 1996. 아세틸화 침엽수재의 치수변화 특성. *목재공학* 24(4): 40-46.