

목재의 치수안정성 개선을 위한 진공가압 멜라민 수지함침처리¹

오 승 원² · 박 희 준^{3,†}

Vacuum Pressure Treatment of Water-Soluble Melamine Resin Impregnation for Improvement of Dimensional Stability on Softwoods

Seung-Won Oh² · Hee-Jun Park^{3,†}

요 약

진공가압 수지함침 처리에 의한 목재의 치수안정화 정도를 측정하기 위하여 침엽수 3수종에 수용성 멜라민 수지를 수지농도와 처리시간별로 처리한 후, 수지함침 열압축목재(compreg)를 제조한 다음 치수안정성 개선효과를 검토하였다. 수지농도가 높고 처리시간이 길수록 용적 수축률과 항용적 팽윤율은 증가하였으나, 용적 팽윤율, 항용적 수축률 및 흡수성은 감소하였다. 또한 중량 증가율은 수지의 농도가 높을수록 현저히 증가하였으나 처리시간과는 일정한 관계가 없었다.

ABSTRACT

To measure the dimensional stability of three softwoods by vacuum pressurization of water soluble melamine-formaldehyde (MF) resin impregnation process, properties of resin treated compressed woods (compregs) were measured after impregnating the water soluble MF resin into three coniferous wood species for different impregnation times and resin concentrations. As the resin concentration was higher and impregnation time was longer, coefficients of volumetric shrinkage and anti-volumetric swelling efficiency increased, but coefficients of volumetric swelling, anti-volumetric swelling efficiency and absorption decreased. Also, weight percent gain increased remarkably as the resin concentration was high, but there was no uniform relationship with impregnation time.

Keywords : dimensional stability, vacuum press, compreg, coefficient of volumetric shrinkage, coefficient of volumetric swelling

¹ Date Received January 7, 2015, Date Accepted February 17, 2015

² 전북대학교 목재응용과학과, 농업과학기술연구소. Department of wood Science & Technology, Institute of Agriculture Science & Technology, Chonbuk National University, Chonju, 561-756, Korea

³ 전북대학교 주거환경학과. Department of Housing Environmental Design, Chonbuk National University, Chonju, 561-756, Korea

[†] 교신저자(Corresponding author) : 박희준(e-mail: phjun@jbnu.ac.kr)

1. 서 론

목재는 천연재료가 지니는 장점 등으로 가장 친환경적인 재료로 인정을 받고 있지만, 다른 한편으로는 천연재료가기 때문에 재료적인 결점도 가지고 있는 것이 사실이다. 목재의 장점을 살리고, 건축 내·외장재로 적용하기 위해서 해결하여야 할 가장 큰 문제점은 목재가 친수성, 다공성의 재료로 수분과 습도의 변화에 따른 수축과 팽윤, 그리고 이로 인한 뒤틀림과 갈라짐 발생 등이다. 또한, 목재는 천연고분자 유기물로 균과 해충의 침해로 인해 썩기 쉽고 화재에 취약하다는 점 등을 들 수 있다.

따라서 이러한 목재의 단점을 개선시켜 재료의 내구수명을 연장시킬 수 있는 재질 개량화 기술은 매우 중요한 과제라 할 것이다. 이러한 목재의 치수안정화 처리기술은 간단히 표면에 도료를 피복 처리하는 방법, 열 압축 처리하는 방법, 고온에서 열처리하는 방법, 각종 수지를 목재조직 내 주입하여 경화시키는 방법 등 현재까지 매우 다양한 연구가 진행되어 오고 있으며, 최근에 국내 업체에서도 다양한 제품들을 개발, 생산하고 있다(Kwon *et al.* 2009; Han 2009). 그 대표적인 방법으로는 목분과 고분자플라스틱(PE, PP) 등을 혼합한 제품이 상업화되어 방부목의 대체재로 야외용 데크 등에 적용되고 있다. 이러한 WPC (Wood Plastic Composite) 제품은 목재의 단점인 열, 습도, 휨, 뒤틀림 등에 약한 점을 보완한 천연목재질감의 재활용이 가능한 재료로 선진국에서는 성능이 입증되어 목재산업의 새로운 분야로 알려져 있다(Wang and Morrel 2004; Baysal *et al.* 2007).

외국에서도 목재의 치수안정화 처리를 위하여 다양한 연구가 진행되어 오고 있는 바, 그 대표적인 방법으로는 1) 목재 내에 수용성 고분자나 합성수지를 처리하는 방법, 2) 목재 내 세포벽과 결합하는 유기화합물 또는 가교 결합제를 침투시키는 방법, 3) MMA나 Epoxy 단량체를 주입한 후 중합시키는 방법, 4) 열경화성수지를 주입한 후 열 압축경화 시키는 방법, 그리고 5) 열 압축 처리하는 방법 등이 연구되고 있다(Rowell and Gutzmer 1975; Rowell *et al.* 1976; Schneider and Brebner 1985; Mahanata *et*

al. 1979; Deka and Saikia 2000; Gindl *et al.* 2003).

본 연구에서는 다양한 처리조건으로 열경화성 수용성 멜라민수지를 목재에 진공가압 주입한 후 경화하여 수지함침 열압축목재(resin treated compressed wood, compreg)를 제조하고 처리 전, 후의 치수와 중량을 측정함으로써 진공가압 수지함침처리에 의한 목재의 치수안정화 정도를 검토하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시재료

Spruce (*Picea abies* (L.) karst), Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco), Pine (*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.)재를 시중 제재소에서 제재하여 수지함침 재료로 사용하였다. 시험편의 크기는 200 (W) × 600 (L) × 20 mm (H)로 각 수종별로 200개씩 제조하여 열풍건조기로 2주일 건조한 다음 무게 및 치수를 측정하고 함수율을 8.5~10%로 조절하였다. 시험편의 전건비중은 Pine 0.57, Spruce 0.39, Douglas-fir 0.50이었다. 수지함침에 사용한 수지는 수용성 멜라민수지(강남화성, PM-K)로 불휘발 고형분은 58-62%, 점도는 50-150 cps이었다. 멜라민수지는 수지율에 따라 물로 희석하여 수지율 10, 20, 30%로 제조하여 사용하였다.

2.2. 시험방법

2.2.1. 수지함침 및 열압

진공가압 수지함침장치를 이용하여 압력 15 kg/cm² 일 때 수지농도 10, 20, 30%와 함침시간을 5, 10, 15, 20분으로 하여 수종별로 각각 30개씩 수지함침 처리하였다. 진공가압 수지함침 처리된 시험편을 열풍건조기 속에서 일주일 건조하였다. 건조된 시험편을 열압기를 이용하여 수지 처리재 및 미 처리재별로 압력 10 kg/cm², 온도 150℃ 조건으로 5분간 열압하여 수지함침 열압축목재를 제조한 후 중량과 부피를 측정하였다.

2.2.3. 측정항목

용적 수축 및 팽윤율, 중량증가율, 흡수성, 항용적 수축 및 팽윤율은 다음 식으로 구하였다.

1) 용적 수축률

$$B(\%) = (V_t - V_o) / V_o \times 100$$

V_t : 수지처리 후 건조용적(Dry volume of wood after resin treatment)

V_o : 수지처리 전 건조용적(Dry volume of wood before resin treatment)

2) 용적 팽윤율

$$S(\%) = (V_2 - V_1) / V_1 \times 100$$

V_2 : 수침 후 용적(Volume of water-saturated wood)

V_1 : 수침 전 용적(Dry volume of the wood)

3) 중량 증가율

$$WPG(\%) = (W_t - W_o) / W_o \times 100$$

W_t : 수지함침 후 무게(Weight of wood after resin treatment)

W_o : 수지함침 전 무게(Weight of wood before resin treatment)

4) 흡수성

$$WA(\%) = (W_f - W_o) / W_o \times 100$$

W_f : 수침 후 무게(Weight of water-saturated wood)

W_o : 수침 전 무게(Dry weight of the wood)

5) 항용적 수축률

$$ASE(\%) = (S_c - S_t) / S_c \times 100$$

S_c : 미처리재의 용적 수축률(Volumetric shrink coefficient of control wood)

S_t : 처리재의 용적 수축률(Volumetric shrink coefficient of resin treated wood)

6) 항용적 팽윤율

$$ASE(\%) = (S_c - S_t) / S_c \times 100$$

S_c : 미처리재의 용적 팽윤율(Volumetric swelling coefficient of control wood)

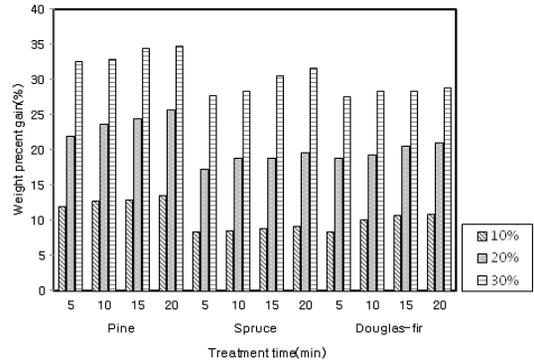


Fig. 1. Weight percent gain after impregnation with melamine resin.

S_t : 처리재의 용적 팽윤율(Volumetric swelling coefficient of resin treated wood)

3. 결과 및 고찰

3.1. 중량 증가율

수지함침 전·후의 무게를 측정하여 중량 증가율을 측정한 결과는 Fig. 1과 같다. 수지처리시간 20분 기준 수지농도 10%와 30% 비교에서 중량 증가율은 Pine의 경우 13.5%에서 34.8%로, Spruce는 9.2%에서 31.6%로, Douglas-fir는 10.8%에서 28.8%로 수지의 농도가 증가할수록 중량 증가는 급속히 증가하였다. Han (2009)이 Korean red pine에 수용성 멜라민 수지를 처리하여 치수안정성을 검토한 결과, 중량 증가율은 수지농도 10%일 때 약 20%에서 수지농도 30%일 때 55%로 수지의 농도가 증가함에 따라 중량 증가율도 증가한다고 하였다. 그러나 본 연구와의 중량 증가율 값의 차이는 수지처리방법 및 시험편의 크기 차이에 기인된 것으로 생각된다. 처리시간별 중량 증가율 변화는 처리시간이 5분에서 20분으로 증가할수록 별 차이가 없는 것으로 나타나, 처리시간 초기에 많은 양의 수지가 주입된 것으로 판단된다. 따라서 중량 증가율은 처리시간보다 수지의 농도에 영향을 받을 수 있었다. 수종별 수지농도에 따른 중량 증가율은 Pine은 2.6배, Spruce는 3.4

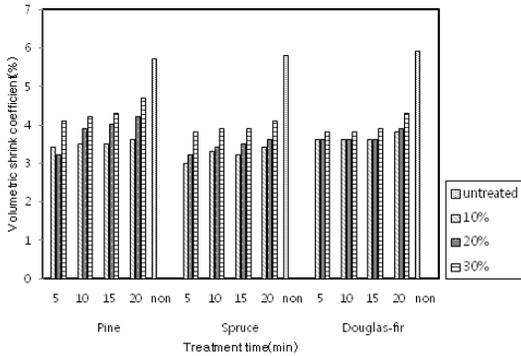


Fig. 2. Volumetric shrink coefficient after impregnation with melamine resin.

배, Douglas-fir는 2.7배 증가로 Spruce의 증가가 약간 크게 나타났다.

3.2. 용적 수축률 및 용적 팽윤율

Fig. 2는 수종별로 수지 처리시간과 처리농도별 용적 수축률을 나타낸 것으로, 처리시간 20분 기준 수지농도 10%와 30%일 때 용적 수축률 비교에서 Pine의 경우 3.6%에서 4.7%로, Spruce는 3.4%에서 4.1%로, Douglas-fir는 3.8%에서 4.3%로 수지의 농도가 높을수록 용적 수축률은 약간 증가하였다. 또한 처리시간에 따른 용적 수축률도 처리시간이 길수록 약간 증가하는 경향을 보였다. 수종 간에는 용적 수축률 차이를 확인할 수 없었으며, 수지 처리재가 미 처리재의 용적 수축률인 5.7~5.9%에 비하여 약간 작은 값을 보여 목재 세포속의 수지가 수축에 영향을 미친 것으로 사료된다.

Fig. 3은 수종별로 수지 처리시간과 처리농도별 용적 팽윤율을 나타낸 것으로, 처리시간 20분 기준 수지농도 10%와 30% 비교에서 용적 팽윤율은 Pine의 경우 10.0%에서 4.2%로, Spruce는 8.2%에서 5.0%로, Douglas-fir는 6.4%에서 4.5%로 수지의 농도가 높을수록 용적 팽윤율은 감소하였다. 처리시간별 용적 팽윤율은 처리시간이 길수록 약간 감소하였다. 수종 간 비교에서는 Douglas-fir의 용적 팽윤율이 약간 작은 값을 보였으며, 수지 미 처리재의 용적 팽윤율인 11.2

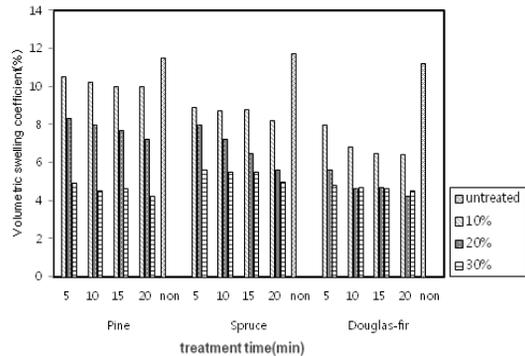


Fig. 3. Volumetric swelling coefficient after impregnation with melamine resin.

~11.7%에 비하여 처리재의 용적 팽윤율이 작았으며, 특히 Pine의 수지농도 30%처리의 경우 10% 수지농도 처리보다 2배 이상 작았음을 알 수 있었다.

3.3. 항용적 수축률 및 항용적 팽윤율

Fig. 4는 수종별로 수지 처리시간과 처리농도별 항용적 수축률을 나타낸 것으로, 처리시간 20분 기준 수지농도 10%와 30% 비교에서 항용적 수축률은 Pine의 경우 35.4%에서 17.5%로, Spruce는 41.4%에서 29.3%로, Douglas-fir는 35.6%에서 27.1%로 수지의 농도가 높을수록 항용적 수축률은 감소하였다. 처리시간별 항용적 수축률은 처리시간이 5분에서 20분으로 증가할수록 항용적 수축률은 약간 감소하였다. 수종 간에는 항용적 수축률 차이는 크게 없었으나 수지농도 30% 기준 Pine의 항용적 수축률이 Douglas-fir보다 35% 정도 작음을 알 수 있었다. Fig. 5는 수종별로 수지 처리시간과 처리농도별 항용적 팽윤율을 나타낸 것으로, 처리시간 20분 기준 수지농도 10%와 30%에서 항용적 팽윤율은 Pine의 경우 13.0%에서 63.5%로, Spruce는 29.9%에서 57.4%로, Douglas-fir는 42.9%에서 59.7%로 처리수지의 농도가 증가할수록 항용적 팽윤율은 크게 증가하였다. Han (2009)이 Korean red pine에 수용성 멜라민 수지를 처리하여 치수안정성을 검토한 결과, 최대용적 팽윤율이 39.3%라고 하였는데 본 연구 결과의 항용적 팽윤율 값이 큰 것으로 나타났

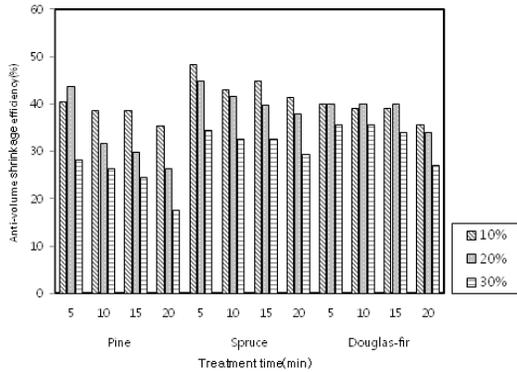


Fig. 4. Anti-volume shrinkage efficiency after impregnation with melamine resin.

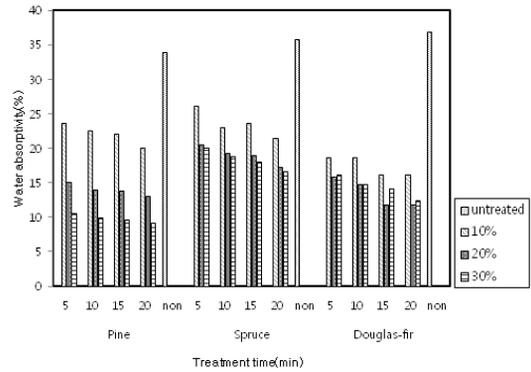


Fig. 6. Water absorptivity after impregnation with melamine resin.

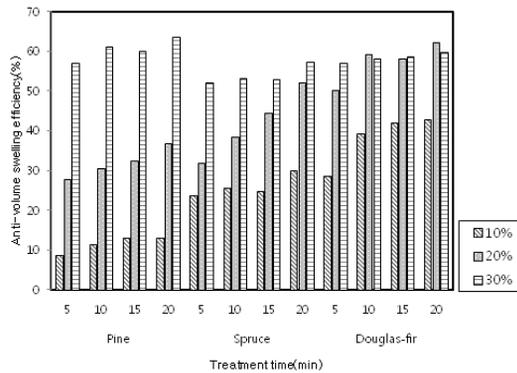


Fig. 5. Anti-volume swelling efficiency after impregnation with melamine resin.

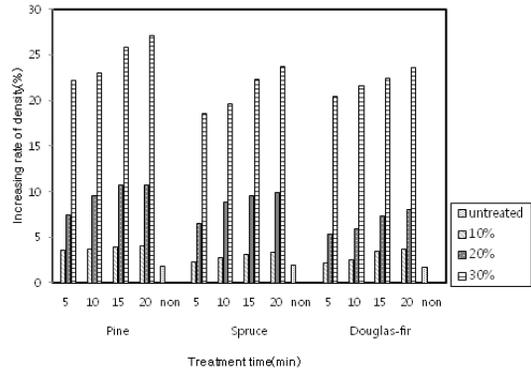


Fig. 7. Increasing rate of density after impregnation with melamine resin.

다. 이는 조건이 다른 진공가압 처리에 의한 약제주입성 개선에 따른 것으로 판단된다. 처리시간별 항용적 팽윤율 변화는 처리시간이 5분에서 20분으로 증가할수록 약간 증가하는 경향을 보였다. 수종 간에는 항용적 팽윤율에 큰 차이는 없었으나 Pine재를 농도 10%로 처리하였을 때 평균 항용적 팽윤율이 11.5%로 가장 적었다.

3.4. 흡수성

수지함침 후 열압한 시험편의 무게를 측정된 다음 물에 24시간 침지하여 무게를 측정하므로써 흡수성을 계산한 결과는 Fig. 6과 같다.

수지처리시간 20분 기준 수지농도 및 처리시간별 흡수성 비교에서 Pine의 경우 수지농도 10%일 때 20.0%에서 수지농도 30%일 때 9.1%로, Spruce는 21.3%에서 16.5%로, Douglas-fir는 16.0%에서 12.4%로 수지의 농도가 증가할수록 흡수성은 감소하는 경향을 보였다. 미처리재의 흡수성인 33.9~36.8% 보다 처리재의 흡수성이 현저히 낮음을 알 수 있었다. 처리시간별 흡수성은 처리시간이 길수록 약간 감소하였으나 뚜렷한 차이는 없었다. 특히 Pine재를 30% 농도의 수지로 처리하였을 때가 흡수성이 9.1%로 가장 낮아 양호한 치수안정성의 결과를 보였는데, 이는 수지함침 후의 중량이 가장 컸기 때문으로 사료된다.

3.5. 수지처리 후 밀도 증가율

수지함침 전·후의 시험편을 열압한 후 밀도 증가율을 측정된 결과는 Fig. 7과 같다.

수지처리시간과 농도별 밀도 증가율은 처리시간 20분 기준 Pine의 경우 수지농도 10% 일 때 4.0%에서 수지농도 30%일 때 27.1%로, Spruce는 3.4%에서 23.7%로, Douglas-fir는 3.7%에서 23.6%로 처리수지의 농도가 높을수록 함침 후 밀도는 크게 증가하였다. 처리시간에 따른 밀도 증가율은 처리시간이 길수록 약간 증가하였으나, 큰 차이는 발견할 수 없었고 수종 간 밀도 증가율도 거의 비슷한 결과를 보였다. 또한 미처리재의 밀도 증가율은 단순 열압에 의한 밀도 증가율로 1.7%~2.0%이었으며, 특히 수지농도 30%에서 처리한 목재의 밀도 증가율이 월등히 높았음을 알 수 있었다.

4. 결 론

본 연구에서는 수용성 멜라민 수지를 진공가압식 수지함침 처리에 의하여 수지농도 및 처리시간별로 목재 내부에 약제를 침투시킴으로써 치수안정성을 향상시킬 수 있는 처리방법을 실험하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 수지의 농도가 높을수록 함침 후 중량증가는 급속히 증가하였으며, 처리시간 초기에 많은 양의 수지가 주입되어 중량 증가율은 처리시간보다 수지의 농도에 영향을 받음을 알 수 있었다.
- 2) 수지의 농도가 높을수록 용적 수축률은 약간 증가하였으며, 수지처리재가 미처리재에 비하여 용적 수축률이 작은 값을 보여 목재세포 속의 수지가 수축에 영향을 미친 것으로 판단된다.
- 3) 용적 팽윤율은 수지의 농도가 높을수록 감소하였으며, 소나무재의 수지농도 30% 처리의 경우 10% 수지농도 처리보다 2배 이상이 작았다.
- 4) 수지의 농도가 높을수록 항용적 수축률은 감소하였으나, 항용적 팽윤율은 증가하였다.
- 5) 흡수성은 수지의 농도가 증가할수록 감소하였

으며 소나무재의 경우 30%의 농도로 처리하였을 때가 흡수성이 9.1%로 가장 낮아 양호한 치수안정성의 결과를 보였다.

- 6) 무처리재에 비해 수용성멜라민수지 진공가압 함침처리재가 전체적으로 치수안정성이 향상되는 경향을 나타냈고, 수종별로는 Spruce재의 약제주입성이 Pine이나 Douglas-fir 보다 좋아 치수안정성 개선효과가 우수하였다.

REFERENCES

- Baysal, E., Yalinkilic, M.K., Altinok, M., Sonmez, A., Peker, H., Colak, M. 2007. Some physical, biological, mechanical, and fire properties of wood polymer composite (WPC) pretreated with boric acid and borax mixture. *Construction and Building Materials* 21: 1879-1885.
- Deka, M., Saikia, C. N. 2000. Chemical modification of wood with thermosetting resin: effect on dimensional stability and strength property. *Bioresource Technology* 72: 179-181.
- Gindl, W., Yaghubi, Z., Wimmer, F. 2003. Impregnation of softwood cell wall with melamine-formaldehyde resin. *Bioresource Technology* 87: 325-330.
- Han, G.S. 2009. Dimensional stability of Korean red pine wood treated with water-soluble melamine-formaldehyde resin. *Journal of The Korea Furniture Society* 20(3): 247-252.
- Kwon, G.J., Kim, N.H., Chun, K.W. 2009. Change in weight, moisture content, and dimension at the early stage of absorption-desorption of polyethylene glycol-treated woods. *Journal of The Korean Wood Science and Technology* 37(6): 497-504.
- Mahanta, D., Rahman, A., Chaliha, B.P. 1979. Particle boards and hard boards from cotton stalk. *Indian Pulp Paper* 1(2): 102-105.
- Rowell, R.M., Gutzmer, D.I. 1975. Chemical mod-

- ification of wood: Reaction of alkylene oxide with southern yellow pine. *Wood Science* 7(3): 240-246.
- Rowell, R.M., Gutzmer, D.I., Sacks, I.B., Kenny, R.E. 1976. Effect of alkylene oxide treatment on dimensional stability of wood. *Wood Science* 9(1): 51-54.
- Schneider, M.H., Brebner, K.I. 1985. Wood polymer combination: the chemical modification of wood by alkoxysilane coupling agent. *Wood Science and Technology* 19: 67-73.
- Wang, W., Morrel, J.J. 2004. Water sorption characteristic of two wood-plastic composite. *Forest products Journal* 54(12): 209-212.