

## 우드세라믹 제조용 톱밥보드의 수지함침(II)\*<sup>1</sup> — 밀도 및 페놀수지 첨가량의 영향 —

오 승 원\*<sup>2†</sup> · 변 희 섭\*<sup>3</sup>

### Resin Impregnation of Sawdust Board for Making Woodceramics(II)\*<sup>1</sup>

— Effect of Density and Addition Rate of Phenol Formaldehyde Resin —

Seung Won Oh\*<sup>2†</sup> · Hee Seop Byeon\*<sup>3</sup>

#### 요 약

국산 간벌재 3수종을 이용하여 밀도 및 수지첨가량을 달리해서 톱밥보드를 제조한 후 감압 후 상압, 감압·초음파 병행 후 상압으로 20분씩 3반복 함침하여 밀도 및 수지첨가량에 따른 함침 보드의 물성을 측정하고, 함침 시 초음파처리 효과를 조사하였다. 밀도 및 수지첨가량이 증가함에 따라 함침 보드의 밀도, 휨강도 및 브리넬 경도는 증가하였으나, 수지 함침율은 감소하였다. 감압·초음파 병행 후 상압 함침에 의한 함침보드의 밀도, 수지함침율, 휨강도 및 브리넬 경도가 감압 후 상압에 의한 함침 보드 보다 컸다. 보드 함침 시 초음파처리를 병행함으로써 수지 함침율이 증가되어 함침 보드의 물성에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

#### ABSTRACT

This study was carried out to investigate the properties of sawdust board impregnated with phenol resin according to the density and resin content of board. The sawdust board were manufactured to target densities of 0.4, 0.5, 0.6, 0.7 g/cm<sup>3</sup> and resin content of 5, 10, 15, 20% made from *Pinus densiflora*

\*<sup>1</sup> 접수 2002년 11월 11일, 채택 2002년 12월 5일

본 연구는 농림기술개발사업의 지원에 의하여 수행되었음

\*<sup>2</sup> 전북대학교 농업생명과학대학, 생물산업연구소 College of Agriculture & Life Science, Research Institute of Bioindustry, Chonbuk National University, Chonju 561-756, Korea

\*<sup>3</sup> 경상대학교 농업생명과학대학, 농업생명과학연구원 College of Agriculture & Life Science, Institute of Agriculture & Life Science, Gyeongsang National University, Jinju, 660-701, Korea.

† 주저자(corresponding author) : 오승원(e-mail: ohsw@moak.chonbuk.ac.kr)

S. et Z., *Larix kaemferi* C. and *Pinus koraiensis* S. et Z. The impregnation process were executed in two ways, the application of vacuum pressure then followed by atmospheric pressure, and the application of vacuum pressure with ultrasonic vibration then followed by atmospheric pressure. The density of impregnated sawdust board increased as density and resin content of sawdust board increased, but impregnation rate decreased. The density, impregnation rate, bending strength and brinell hardness of sawdust board in impregnated vacuum pressure with ultrasonic vibration then nonpressure were higher than those of vacuum pressure then nonpressure. In this results, the impregnation rate is increased in vacuum pressure with ultrasonic vibration then nonpressure, it has affected the properties of sawdust board impregnated with phenol resin.

**Keywords:** Sawdust board, phenol resin, impregnation, bending strength

## 1. 서 론

톱밥은 목재의 절삭과정에서 생산되는 부산물로서 그동안 주로 축산폐수 정화용, 유기질비료 제조용 및 연료로 사용되어 왔다. 그러나 톱밥은 재료의 특성상 각종 성형재의 생산에 적합한 형태를 갖추고 있기 때문에 페널 등 다양한 모양의 상품을 제조하여 부가가치가 높은 용도로 사용한다면 원료의 이용 면에서 국산재활용에 적합한 산업으로 발전할 수 있을 것으로 생각된다. 이러한 방법 중 하나로 간벌재로 톱밥보드를 만든 후 열 경화성 수지를 함침시켜 고온에서 소성하여 우드세라믹을 제조하는 연구가 진행되고 있다 (Oh, et al., 2000 ; 오, 2001, 2002 ; 오 등 2000). 우드세라믹은 목재의 성질을 유지하면서 숯보다 단단하고 내부식성, 내구성, 원적외선 방사 및 전자파 차폐 효과가 있는 다공질 탄소재료로서 앞으로 공업적으로 이용이 기대되는 새로운 물질이다(Hokkirigawa et al., 1995, 1996a, 1996b ; Kano et al., 1996 ; Kasai et al., 1996).

이러한 우드세라믹은 소성온도, 수지 함침율, 승온 온도 및 재료의 밀도 등 제조조건에 따라 성질이 다양하며, 특히 재료의 수지 함침량과 밀도는 우드세라믹의 물성에 많은 영향을 끼치는 것으로 알려져 있다. 그러므로 우드세라믹 재료의 균일한 수지 함침과 함침 시간의 단축을 위하여 함침 시 초음파진동 처리를 병행함으로써 함침 효과를 얻기 위한 연구가 진행되고 있다(Okabe & Saito, 1995a, 1995b ; Okabe et al., 1996a, 1996b).

따라서 본 연구에서는 양질의 우드세라믹 제조를 위한 기초 연구로서 톱밥을 이용하여 밀도 및 폐놀수지 첨가량을 달리해서 보드를 제조하고, 감압 함침 시 초음파 진동처리를 병행한 후 함침 보드의 물성을 조사하여 이들이 수지 함침율에 미치는 영향 및 함침 시 초음파 진동처리 효과를 규명하고자 한다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 공시재료

본 실험에서는 소나무(*Pinus densiflora* Sieb et Zucc), 낙엽송(*Larix Kaemferi* Carr), 잣나무(*Pinus koraiensis* Sieb et Zucc) 간벌재를 공시재료로 사용하였다.

### 2.2. 보드제조

각 수종별로 톱밥을 만든 후 입자의 크기를 체를 이용하여 1 mm 이하로 선별하고 함수율을 6% 이하로 조절하였다. 보드를 제조하기 위하여 분말 폐놀수지와 톱밥을 원통속에 넣고 충분히 혼합하여 열압기의 열판 위에 있는 스테인레스 정방형 몰드 속에 넣은 다음 시료 상부의 높이를 빠른 시간 내에 일정하게 조절된 후 열압 성형하여 26×26×1.4 cm의 보드를 제조하였다. 이 때 보드의 제조조건은 밀도에 따라 0.4, 0.5, 0.6, 0.7 g/cm<sup>3</sup>, 수지 함침율에 따라 5, 10, 15,

20%의 보드를 제조하기 위하여 톱밥과 수지의 중량을 조절하였으며, 열압온도 190℃, 가압압력 40→20→10 kgf/cm<sup>2</sup>(3단가압), 가압시간 6→5→4분(3단 가압시간)으로 열압하여 10장씩 제조하였다. 보드제조 시 사용한 접착제는 분말 페놀수지(코오롱 유화(주) KNB - 100PL)로서 용점 80~95℃, 수지 고형분 99%이었다. 열압 과정에서 보드의 두께를 일정하게 하기 위하여 thickness bar를 사용하였으며, 열에 의해서 보드의 상하면과 열판의 부착을 방지하기 위하여 시료의 상부와 하부면에 테프론 판을 깔아 열압 후 보드의 분리를 쉽게 하였다.

### 2.3. 함침

제조된 보드를 수종별, 밀도별, 수지첨가량별로 12×12×1.4 cm의 크기로 재단한 다음 항온항습기(20±1℃, 65±5%)에서 3주간 조습 처리한 후 시험 조건을 일정하게 하기 위하여 시험밀도 ±0.01 g/cm<sup>3</sup>의 시편을 10개씩 선발하였다. 준비된 시편을 보드의 밀도 및 첨가량에 따라 감압 10분 후 상압 10분으로 3반복, 감압·초음파 병행 10분 후 상압 10분으로 3반복, 총 60분씩 함침 하였다. 본 연구에서 사용한 감압·초음파 함침장치(동양 초음파(주))는 함침탱크, 초음파 진동부, 초음파 발전부, 진공펌프 등으로 구성 되어있다. 시편을 액상 페놀수지가 들어 있는 함침탱크에 넣고 1기압에서 주파수 28 kHz, 출력 564 w로 각 함침 조건별로 함침한 후, 60℃에서 8시간, 100℃에서 10시간, 135℃에서 8시간 건조 및 경화시킨 다음 항온항습기에서 조습 처리한 후 물성 조사용 시편으로 사용하였다. 함침에 사용한 액상 페놀수지(코오롱 유화(주) KPD -L777)의 특성은 고형분 51~53%, 점도 45~65 cps, 경화시간 80~95 sec이었다.

### 2.4. 물성조사

함침 보드의 물성을 조사하기 위하여 함침 전 보드의 무게, 길이, 두께를 측정하고 다음, 함침 후 항온항습기에서 조습 처리한 후 KS F 3104에 준하여 보드의 무게 및 치수를 측정하고 밀도변화, 수지 함침율, 두

께 및 길이증가율을 계산하였다. 또한 휨강도는 만능강도 시험기(Autograph, AGS - 10KN, Shimadzu)를 이용하여 하중속도 5 mm/min.조건으로, 경도는 브리넬 경도기를 이용하여 강구직경 10 mm, 하중 500 kg의 조건으로 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 보드의 밀도에 따른 함침 보드의 물성

수종별로 밀도에 따라서 제조된 보드를 감압 후 상압, 감압·초음파 병행 후 상압의 방법으로 20분씩 3반복 함침한 후 함침 보드의 물성을 조사한 결과는 Table 1과 같다. 보드의 각 밀도별 함침 후의 밀도변화는 보드의 밀도가 0.4에서 0.7 g/cm<sup>3</sup>로 증가함에 따라 함침 보드의 밀도는 소나무로 제조된 보드의 경우 감압 후 상압 함침 시 0.66~0.78 g/cm<sup>3</sup>, 감압·초음파 병행 후 상압 함침 시 0.77~0.82 g/cm<sup>3</sup>이었으며, 낙엽송 보드는 각각 0.69~0.80 g/cm<sup>3</sup>, 0.72~0.84 g/cm<sup>3</sup>, 잣나무 보드는 각각 0.68~0.78 g/cm<sup>3</sup>, 0.78~0.86 g/cm<sup>3</sup>로 보드의 밀도가 증가함에 따라 함침 보드의 밀도도 증가하였다. 또한 같은 보드의 밀도에서 감압·초음파 병행 후 상압 함침에 의한 함침 보드의 밀도가 감압 후 상압에 의한 함침 보드의 밀도보다 큰 것으로 나타났다.

수지 함침율은 보드의 밀도가 0.4에서 0.7 g/cm<sup>3</sup>로 증가함에 따라 소나무로 제조된 보드의 경우 감압 후 상압 함침 시 83.8~29.2%, 감압·초음파 병행 후 상압 함침 시 130.4~58.8%이었으며, 낙엽송 보드는 각각 88.4~33.0%, 126.8~54.9%, 잣나무 보드는 각각 87.6~33.7%, 119.6~52.8%로 2가지 함침방법 모두 보드의 밀도가 증가함에 따라 함침율은 직선적으로 감소하는 경향이였다. 이는 보드의 밀도가 높을수록 보드의 조직이 치밀하여 공극이 적어 수지함침이 용이하지 못 했기 때문으로 사료된다. 岡部(1996)은 수지 함침율과 너도밤나무재의 밀도와의 관계에서 강한부(負)의 상관관계( $r=-0.911^{**}$ )가 있음을 밝힌 바 있어 본 연구 결과도 이와 같은 경향이였다. Nonaka 등

Table 1. Properties of sawdust boards after impregnation with phenol resin according to the density

Species	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Impregnation type	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Impregnation rate(%)	Increase rate of length(%)	Increase rate of thickness(%)	MOR (kgf/cm <sup>2</sup> )	Brinell hardness (kg/cm <sup>2</sup> )
<i>Pinus densiflora</i> S. et Z.	0.4	1*	0.66 <sup>a</sup> ±0.02	83.8 <sup>b</sup> ±10.1	1.4±0.3	10.1±0.5	75.3±6.8	536.4±32.7
		2*	0.77±0.01	130.4±17.3	1.4±0.3	7.2±0.5	124.1±10.2	624.3±30.5
	0.5	1	0.74±0.02	65.3±7.2	1.1±0.2	10.7±0.8	106.7±11.3	571.2±41.2
		2	0.83±0.03	83.6±10.3	1.3±0.3	12.5±0.9	142.4±14.6	611.9±38.6
	0.6	1	0.76±0.02	50.0±6.5	0.9±0.1	12.8±1.2	146.5±9.8	698.4±65.3
		2	0.83±0.03	68.2±8.7	1.2±0.2	11.8±1.1	174.6±19.4	1148.7±112.4
	0.7	1	0.78±0.02	29.2±5.3	0.6±0.2	17.1±2.0	159.6±16.5	595.4±60.5
		2	0.82±0.03	58.0±7.2	1.1±0.1	21.9±2.2	171.6±17.1	912.9±73.2
<i>Larix Kaempferi</i> C.	0.4	1	0.69±0.01	88.4±6.5	1.8±0.2	9.4±1.0	74.9±6.5	373.6±17.3
		2	0.72±0.02	126.8±7.7	3.1±0.3	12.5±1.2	122.8±9.7	542.1±24.7
	0.5	1	0.72±0.02	64.8±4.8	1.8±0.2	12.4±0.8	120.7±14.3	440.5±39.6
		2	0.79±0.02	88.6±9.6	2.6±0.3	13.5±1.3	132.4±10.6	662.9±47.3
	0.6	1	0.75±0.03	50.7±7.2	1.1±0.2	13.8±2.0	120.4±14.5	571.1±56.4
		2	0.85±0.04	64.3±5.3	1.8±0.2	14.9±1.7	168.7±17.2	1014.1±72.6
	0.7	1	0.80±0.03	33.0±4.6	1.2±0.3	14.2±1.5	155.4±10.3	642.8±48.2
		2	0.84±0.03	54.9±6.2	1.8±0.3	17.4±3.2	157.1±16.2	962.1±111.4
<i>Pinus koraiensis</i> S. et Z.	0.4	1	0.68±0.02	87.6±7.3	1.3±0.2	8.9±0.9	80.9±6.4	333.2±19.6
		2	0.78±0.03	119.6±11.2	1.8±0.2	9.9±1.2	103.1±11.2	595.7±46.3
	0.5	1	0.74±0.02	61.4±9.6	1.2±0.2	10.4±1.3	112.2±10.3	614.7±72.6
		2	0.82±0.03	94.4±8.2	1.9±0.3	15.2±1.7	128.9±13.1	888.2±65.8
	0.6	1	0.76±0.02	45.3±6.3	1.1±0.2	13.4±1.5	130.9±10.5	584.0±34.2
		2	0.85±0.02	67.3±6.4	1.7±0.2	18.7±2.1	163.5±17.2	1144.5±152.7
	0.7	1	0.78±0.03	33.7±4.6	0.9±0.1	13.5±2.4	152.1±10.7	683.6±49.5
		2	0.86±0.05	52.8±6.3	1.3±0.2	19.2±2.7	168.2±15.4	843.9±63.7

1\* : Vacuum pressure 10 min, Nonpressure 10 min, 3 times, 2\* : Vacuum pressure with ultrasonic vibration 10 min, Nonpressure 10 min, 3 times, a : Value after impregnation, b : Mean value from 5 replications

(1999)은 MDF로, Oh 등 (2000)은 아오모리 Hiba로 제조된 보드로 수지 함침율을 조사한 결과 밀도가 증가할수록 수지 함침율은 감소한다고 밝힌 바 있으며, 우드세라믹 제조 시 재료의 수지 함침율이 높으면 탄화과정에서 많은 양의 수지가 유리탄소화 되어 밀도가 증가함으로써 휨강도가 컸다고 보고한 바 있다. 또한 도(2001)는 불포화폴리에스테르수지를 이용하여 MDF와 밀도 0.41 g/cm<sup>3</sup>인 잣나무재를 감압 데시케이터에 넣고 1기압에서 1~3시간 함침한 결과, MDF

는 45.8~70.1%, 잣나무는 7.4~34.7% 함침율을 나타냈다고 밝힌 바 있어, 본 연구의 함침율보다 낮았다. 감압 후 상압 함침과 감압·초음파 병행 후 상압 함침의 수지 함침율 차이는 밀도 0.4 g/cm<sup>3</sup>의 경우 소나무 보드는 46.6%, 낙엽송 보드는 38.4%, 잣나무 보드는 32.0%이었으며 밀도 0.7 g/cm<sup>3</sup>의 경우에는 각각 28.8%, 21.9%, 19.1%로 모든 수종과 밀도에서 감압·초음파 병행 후 상압 함침이 감압 후 상압 함침보다 높은 함침율을 나타내어 감압 함침 시 초음파 부

가치리 효과가 있음을 알 수 있었다. 초음파 처리를 함으로써 시편에 많은 공동이 생겨 에너지가 방출되고 용해, 분산이 촉진되어 공기와 수지가 효율적으로 치환되었기 때문에 사료된다. Okabe 등(1996)은 밀도  $0.73 \text{ g/cm}^3$ 인 MDF의 수지 함침율과 함침시간과의 관계에서 함침시간이 증가할수록 함침율이 증가하였으며, 감압함침 시 초음파 부가 함침이 단순한 감압 함침보다 약 10% 정도의 함침 효과가 있음을 보고한 바 있다.

함침 후 길이 증가율은 보드의 밀도가 0.4에서  $0.7 \text{ g/cm}^3$ 로 증가함에 따라 소나무로 제조된 보드의 경우 감압 후 상압 함침이 1.4~0.6%, 감압·초음파 병행 후 상압 함침이 1.4~1.1%이었으며, 낙엽송 보드는 각각 1.8~1.2%, 3.1~1.8%, 잣나무 보드는 각각 1.3~0.9%, 1.8~1.3%로 보드의 밀도가 증가함에 따라 약간 감소하였다.

두께 증가율은 보드의 밀도가 증가함에 따라 소나무 보드의 경우 감압 후 상압 함침이 10.1~17.1%, 감압·초음파 병행 후 상압 함침이 7.2~21.9%이었으며 낙엽송 보드는 각각 9.4~14.%, 12.5~17.4%, 잣나무 보드는 각각 8.9~13.5%, 9.9~19.2%로 2가지 함침방법 모두 보드의 밀도가 증가함에 따라 두께 증가율이 증가하는 경향을 보였다. 모든 수종과 밀도에서 감압·초음파 병행 후 상압 함침이 감압 후 상압 함침보다 높은 치수 증가율을 나타내어 수지 함침율과 관련이 있는 것으로 사료된다.

밀도에 따른 함침 보드의 휨강도는 보드의 밀도가 증가함에 따라 소나무 보드의 경우 감압 후 상압 함침이  $75.3 \sim 159.6 \text{ kgf/cm}^2$ , 감압·초음파 병행 후 상압 함침이  $124.1 \sim 171.6 \text{ kgf/cm}^2$ 이었으며, 낙엽송 보드는 각각  $74.9 \sim 155.4 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $122.8 \sim 157.1 \text{ kgf/cm}^2$ , 잣나무 보드는 각각  $80.9 \sim 152.1 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $103.1 \sim 168.2 \text{ kgf/cm}^2$ 로 밀도가 증가함에 따라 휨강도도 증가하였으며, 소나무 보드와 낙엽송 보드는 밀도  $0.6 \text{ g/cm}^3$ 에서  $174.6 \text{ kgf/cm}^2$ 와  $168.7 \text{ kgf/cm}^2$ 로 가장 큰 휨강도 값을 나타냈다. 또한 모든 수종과 밀도에서 감압·초음파 병행 후 상압 함침에 의한 함침 보드의 휨강도가 감압 후 상압 함침 보다 높게 나타났다. 이러한 결과는 함침 전 보드의 밀도가 증가함에 따라 함침 보드의 밀도도 증가하였으며, 감압·초음

파 병행 후 상압에 의한 함침 보드의 밀도가 상대적으로 컸기 때문에 사료된다.

보드의 밀도에 따른 함침 보드의 브리넬 경도 값은 대체적으로 보드의 밀도가 증가함에 따라 증가하였으며, 특히 감압·초음파 병행 후 상압 함침의 경우 밀도  $0.6 \text{ g/cm}^3$ 에서 소나무 보드는  $1148.7 \text{ kg/cm}^2$ , 낙엽송 보드는  $1014.2 \text{ kg/cm}^2$ , 잣나무 보드는  $1144.5 \text{ kg/cm}^2$ 로 각 수종별로 가장 큰 경도 값을 나타냈다. 전 수종과 밀도에서 감압·초음파 병행 후 상압 함침에 의한 함침 보드의 경도 값이 크게 나타나 휨강도와 마찬가지로 함침 전 보드의 밀도에 따른 함침 보드의 밀도변화와 밀접한 관련이 있음을 알 수 있었다.

### 3.2. 수지 첨가량에 따른 함침 보드의 물성

수종별로 수지 첨가량에 따라서 제조된 밀도  $0.6 \pm 0.01 \text{ g/cm}^3$  보드를 5개씩 선별한 후 감압 후 상압, 감압·초음파 병행 후 상압의 방법으로 20분씩 3반복 함침한 후 함침 보드의 물성을 조사한 결과를 Table 2에 나타냈다.

보드의 수지 첨가량별 함침 후 밀도 변화는 수지 첨가량이 5~20%로 증가함에 따라 함침 보드의 밀도는 소나무로 제조된 보드의 경우 감압 후 상압 함침시  $0.71 \sim 0.77 \text{ g/cm}^3$ , 감압·초음파 병행 후 상압함침이  $0.78 \sim 0.85 \text{ g/cm}^3$ 이었으며, 낙엽송 보드는 각각  $0.71 \sim 0.77 \text{ g/cm}^3$ ,  $0.73 \sim 0.82 \text{ g/cm}^3$ , 잣나무 보드는 각각  $0.69 \sim 0.77 \text{ g/cm}^3$ ,  $0.74 \sim 0.84 \text{ g/cm}^3$ 로 수지 첨가량이 증가할수록 함침 보드의 밀도도 증가하였다. 또한 전 수종과 수지 첨가량에서 감압·초음파 병행 후 상압 함침에 의한 함침 보드의 밀도가 감압 후 상압 함침에 의한 함침 보드의 밀도보다 큰 것으로 나타나 많은 양의 수지가 함침 된 것으로 판단된다.

수지 함침율은 보드의 수지 첨가량이 5~20%로 증가함에 따라 소나무로 제조된 보드는 감압 후 상압 함침 시 53.6~46.5%, 감압·초음파 병행 후 상압 함침 시 82.5~68.9%, 낙엽송 보드는 각각 55.7~46.7%, 78.9~66.7%, 잣나무 보드는 각각 58.1~41.8%, 78.6~68.7%로 보드의 수지 첨가량이 증가함에 따라 함침율은 감소하였다. 이는 보드제조 시 분말 폐쇄수지 첨가량이 많을수록 제조 후 보드 내부에 많은 수지

Table 2. Properties of sawdust boards after impregnation with phenol resin according to the resin content

Species	Resin content (%)	Impregnation type	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Impregnation rate(%)	Increase rate of length(%)	Increase rate of thickness(%)	MOR (kgf/cm <sup>2</sup> )	Brinell hardness (kg/cm <sup>2</sup> )
<i>Pinus densiflora</i> S. et Z.	5	1*	0.71 <sup>a</sup> ±0.02	53.4 <sup>b</sup> ±6.2	18±0.3	21.7±3.2	82.9±6.8	5005±30.7
		2*	0.78±0.02	82.5±7.3	2.2±0.4	23.7±2.7	106.2±11.3	509.6±32.4
	10	1	0.73±0.03	51.8±4.7	0.9±0.2	13.4±1.6	139.9±13.2	533.2±26.5
		2	0.80±0.04	74.2±8.5	1.3±0.2	16.5±1.8	146.6±10.5	958.3±64.7
	15	1	0.77±0.01	50.7±6.3	0.8±0.1	7.1±1.2	152.6±16.2	843.0±72.5
		2	0.88±0.04	69.2±7.2	1.4±0.2	7.5±0.8	192.9±17.3	1395.6±112.4
	20	1	0.77±0.03	46.5±4.3	0.8±0.1	5.7±1.0	180.7±20.5	887.1±90.7
		2	0.85±0.05	68.9±7.2	1.1±0.2	7.9±1.3	199.7±14.7	1233.4±132.7
<i>Larix kaemferi</i> C.	5	1	0.71±0.02	55.7±4.9	2.5±0.3	21.3±3.6	73.2±6.2	510.7±40.2
		2	0.73±0.03	78.9±6.1	3.5±0.4	33.9±3.4	110.4±7.3	637.2±70.4
	10	1	0.75±0.02	48.5±4.3	1.6±0.2	13.5±0.9	122.1±15.3	553.2±62.7
		2	0.80±0.03	65.8±7.6	1.9±0.1	14.4±1.3	127.2±10.2	829.7±54.3
	15	1	0.77±0.02	46.9±3.4	1.1±0.2	6.9±0.7	127.5±9.7	741.6±72.1
		2	0.83±0.04	68.3±4.8	1.7±0.3	10.7±0.9	160.6±13.2	992.4±86.5
	20	1	0.77±0.03	46.7±3.5	1.3±0.2	8.3±1.1	149.2±10.6	803.8±56.7
		2	0.82±0.03	66.7±7.5	1.5±0.2	9.5±0.7	152.5±11.3	1096.1±99.4
<i>Pinus koraiensis</i> S. et Z.	5	1	0.69±0.01	58.1±4.6	2.0±0.3	26.7±3.2	56.4±7.6	524.3±35.2
		2	0.74±0.02	78.6±9.2	2.7±0.3	28.6±2.5	97.5±8.1	716.2±65.4
	10	1	0.74±0.02	51.8±3.7	1.1±0.1	14.0±1.3	120.3±10.9	675.4±73.6
		2	0.78±0.03	71.5±8.3	1.9±0.2	18.1±2.0	129.6±11.2	960.5±111.5
	15	1	0.77±0.03	49.7±5.1	0.8±0.2	5.5±0.6	156.6±13.4	997.2±105.2
		2	0.84±0.04	69.9±6.4	1.2±0.3	12.3±0.7	160.4±11.7	1200.3±97.8
	20	1	0.77±0.03	41.8±3.7	0.7±0.1	5.6±0.4	170.5±19.6	827.9±65.4
		2	0.84±0.03	68.7±8.3	1.1±0.2	7.2±0.7	194.7±15.4	1403.4±131.1

1\*: Vacuum pressure 10min, Nonpressure 10 min, 3 times, 2\*: Vacuum pressure with ultrasonic vibration 10 min, Nonpressure 10 min, 3 times, a : Value after impregnation, b : Mean value from 5 replications

가 함유되어 있어 함침이 충분히 이루어지지 못했기 때문에 사료된다. 감압 후 상압 함침과 감압·초음파 병행 후 상압 함침의 함침율의 차이는, 수지 첨가량 5%의 경우 소나무 보드는 28.9%, 낙엽송 보드는 23.2%, 잣나무 보드는 20.5% 이었으며, 수지 첨가량 20%일 때는 각각 22.4%, 20.0%, 26.9%로 모든 수종과 수지 첨가량에서 감압·초음파 병행 후 상압에 의한 함침 보드의 함침율이 높아 감압 함침 시 초음파처리 효과가 있음을 알 수 있었다.

함침 후 길이 증가율은 수지 첨가량이 증가함에 따라 소나무로 제조된 보드의 경우 감압 후 상압 함침 시 1.8~0.8%, 감압·초음파 병행 후 상압 함침 시 2.2~1.1%이었으며, 낙엽송 보드는 각각 2.5~1.3%, 3.5~1.5%, 잣나무 보드는 각각 2.0~0.7%, 2.7~1.1%로 수지 첨가량이 증가함에 따라 감소하였다.

두께 증가율은 수지 첨가량이 증가함에 따라 소나무로 제조된 보드는 감압 후 상압 함침시 21.7~

5.7%, 감압·초음파 병행 후 상압 함침 시 23.7~7.9%이었으며 낙엽송 보드는 각각 21.3~8.3%, 33.9~9.5%, 잣나무 보드는 각각 26.7~5.6%, 28.6~7.2%로 2가지 함침방법 모두 수지 첨가량이 증가함에 따라 두께 증가율은 감소하는 경향이였다. 모든 수종과 수지 첨가량에서 감압·초음파 병행 후 상압 함침에 의한 함침 보드의 치수 증가율이 큰 것으로 나타나 함침율의 영향을 받은 것으로 사료된다. 또한 수지 첨가량 10%에서 길이 및 두께 증가율이 급격히 감소하는 것으로 나타났다.

수지 첨가량에 따른 함침 보드의 휨강도는 수지 첨가량이 5~20%로 증가함에 따라 소나무 보드의 경우 감압 후 상압함침 시 82.9~180.7 kgf/cm<sup>2</sup>, 감압·초음파 병행 후 상압함침 시 106.2~199.7 kgf/cm<sup>2</sup>, 낙엽송 보드는 각각 73.2~149.2 kgf/cm<sup>2</sup>, 110.4~152.5 kgf/cm<sup>2</sup>, 잣나무 보드는 각각 56.4~170.5 kgf/cm<sup>2</sup>, 97.5~194.7 kgf/cm<sup>2</sup>로 수지 첨가량이 증가할수록 휨강도도 증가하였으며 소나무 보드와 잣나무 보드는 수지 첨가율이 20%일 때 199.7 kgf/cm<sup>2</sup>와 194.7 kgf/cm<sup>2</sup>로 큰 휨강도 값을 나타냈다. 또한 감압·초음파 병행 후 상압 함침에 의한 함침 보드의 휨강도가 감압 후 상압 함침보다 높게 나타났는데, 이러한 결과는 수지 첨가량이 증가함에 따라 함침 보드의 밀도도 증가하였으며, 감압·초음파 병행 후 상압에 의한 함침 보드의 밀도가 컸기 때문으로 생각된다. 일반적으로 보드 제조 시 수지 첨가량이 많을수록 휨강도는 증가하는 경향이어서 (kawai *et al.*, 1986 ; 이와 강 1998 ; 이와 윤 1994)본 연구에서도 함침 전 보드의 수지 첨가량이 휨강도에 영향을 미친 것으로 사료된다.

함침 보드의 브리넬 경도 값은 대체적으로 수지 첨가량이 많을수록 컸으며, 특히 감압·초음파 병행 후 상압함침의 경우 소나무로 제조된 보드는 수지 첨가율 15%일 때 1395.6 kg/cm<sup>2</sup>로, 낙엽송 보드와 잣나무 보드는 수지 첨가율 20%일 때 각각 1096.1 kg/cm<sup>2</sup> 와 1403.4 kg/cm<sup>2</sup>로 가장 큰 경도 값을 나타냈다. 전 수종과 수지 첨가량에서 감압·초음파 병행 후 상압 함침에 의한 함침 보드의 경도 값이 크게 나타났는데 이는 함침 후의 밀도 차이에 기인한 것으로 사료된다.

## 4. 결 론

소나무, 낙엽송 및 잣나무 간벌재로 이용하여 밀도 0.4, 0.5, 0.6, 0.7 g/cm<sup>3</sup>, 수지 첨가량 5, 10, 15, 20%의 조건으로 보드를 제조한 후, 감압 후 상압 및 감압·초음파 병행 후 상압 방법으로 20분씩 3반복 함침하여 밀도 및 수지 첨가량에 따른 함침 보드의 물성을 측정하고 감압 함침 시 초음파 처리 효과를 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 보드의 밀도 및 수지 첨가량이 증가함에 따라 함침 보드의 밀도는 증가하였다.
- 2) 보드의 밀도 및 수지 첨가량이 증가함에 따라 수지 함침율은 감소하였다.
- 3) 감압·초음파 병행 후 상압 함침에 의한 함침 보드의 밀도, 수지 함침율, 휨강도 및 브리넬 경도 값이 감압 후 상압 함침에 의한 함침 보드보다 컸다.
- 4) 수종간 함침 보드의 뚜렷한 물성의 차이는 발견할 수 없었다.
- 5) 이상의 결과를 종합해 볼 때, 보드의 수지 함침 시 초음파 처리를 병행함으로써 수지 함침율이 증가되어 함침 보드의 물성에 영향을 끼치는 것으로 판단되어 초음파 처리 효과가 있음을 알 수 있었다.

## 참 고 문 헌

1. Hokkirigawa, K., T. Okabe, and K. Saito. 1995. Development of porous carbon material "woodceramics" - Fundamental wear properties under unlubricated condition and in water -. Journal of the Society of Materials Science Japan 44(501): 800~804.
2. Hokkirigawa, K., T. Okabe, and K. Saito. 1996a. Wear properties of new porous carbon materials : wooderamics. Journal of Porous Materials 2: 229~235.
3. Hokkirigawa, K., T. Okabe, and K. Saito. 1996b. Friction properties of new porous carbon materials : woodceramics. Journal of Porous Materials 2: 237~243.
4. Kano, M., M. Momota, T. Okabe, K. Saito, and R.

- Yamamoto. 1996. Thermogravimetric and differential thermal analysis of woodceramics. Transactions of the Materials Research Society of Japan 20: 40~43.
5. Kasai, K., K. Shibata, K. Saito, and T. Okabe. 1996. Humidity sensor characteristics of woodceramics. Transactions of the Materials Research Society of Japan 20: 85~90
  6. Kawai, S., H. Suda, M. Nakaji, and H. Sasaki. 1986. Production technology for low-density particle board II. Effect of particle moisture and resin content on board properties. Mokuzai Gakkaish 32(11): 876~882.
  7. Nonaka, K., M. Fushtani, and T. Hirose. 1999. Effect of density and phenolic resin loading on the bending strength performance of woodceramics. Transactions of the Materials Research Society of Japan 24(3): 319~322.
  8. Oh, S. W., T. Hirose, and T. Okabe. 2000. Manufacturing characteristics of woodceramics from thinned small logs( I ) - Resin impregnation rate and bending strength -. Mokchae Konghak 28(4): 51~55.
  9. Okabe, T. and K. Saito. 1995a. Development of woodceramics. Transactions of the Material Research Society of Japan 18: 681~684.
  10. Okabe, T. and K. Saito. 1995b. The examination of the manufacturing temperature -. International Ecomaterial Conferencem Xian, China: 1~4.
  11. Okabe, T., K. Saito, and K. Hokkirigawa. 1996a. New porous carbon materials woodceramics : Development and fundamental properties. Journal of Porous Materials 2: 207~213.
  12. Okabe, T., K. Saito, and K. Hokkirigawa. 1996b. The effect of burning temperature on the structural changes of woodceramics. Journal of Porous Materials 2: 215~221.
  13. 도금현. 2001. 불포화폴리에스테르수지 주입 판재의 물성. 월간임업정보 126: 35~39.
  14. 오승원. 2001. 삼나무 간벌재로 제조된 우드세라믹의 성질 -증기분사 및 그시간의 영향-. 목재공학 29(2): 69~75.
  15. 오승원. 2002. 우드세라믹 제조용 석탄수지 함침보드의 수지 함침율과 치수증가율 - 증기분사 시간의 영향 -. 목재공학 30(2): 158~164.
  16. 오승원, T. Okabe and T. Hirose. 2000. 삼나무 간벌재로 제조된 우드세라믹의 전기 적 성질. 한국가구학회지 11(1): 31~36.
  17. 이필우, 윤형운. 1994. MDI(Methylene diphenyl diisocyanate)수지를 이용한 톱밥보드 의 성질. - 보드비중, 수지 첨가량, 매트 함수율에 관하여 - 한국 가구학회지 5(2): 51~61.
  18. 이화형, 강춘원. 1998. 요소수지 연결왕겨 보드의 개발. 목재공학 26(4): 50~55.
  19. 岡部敏弘. 1996. 木質系多孔質炭素材料 ウッドセラミックス . 内田老鶴圃.