

국산 가래나무 간벌재활용을 위한 금속주입목재의 제조 및 특성

박계신¹·이화형^{1*}

Properties and Manufacturing of Low Melting Alloy Impregnated Wood Composites for using Domestic Thinned Logs of *Juglans mandshurica*

Kye-Shin Park¹·Hwa-hyoung Lee^{1*}

ABSTRACT

The low melting alloy impregnated wood composites with natural grain of thinned *Juglans mandshurica* was made and evaluated in this study. And the proper manufacturing conditions was also investigated in this study. The low melting alloy with bismuth(Bi) and tin(Sn) which are harmless to humans, was applied for this novel composites, which showed not only no defects of discoloration, delamination, swelling, and cracking, because of high dimensional stability and low thickness swelling, but also much improved performance such as high bending strength, high hardness, low abrasion, high thermal conductivity as floor materials. This study also suggested the proper impregnating condition, such as 10 minutes of the preliminary vacuum time, 187°C of the heating temperature and 10 minutes of the maintaining pressure time at the pressure of 30kgf/cm². The produced composites showed 9 times higher density for small specimen, 6.6 times for actual size sample and great increase in bending strength from 102.05N/mm² to 189.47N/mm² for small size sample and to 205.4N/mm² for actual size sample, also great increase in hardness from 15.1N/mm² to 73.38N/mm² for small size sample and 64.87N/mm² for actual size sample. And the composites demonstrated great decrease in abrasion depth and in water absorption.

Key words: Low melting alloy, Wood composites, Thinned logs, *Juglans mandshurica*

1. 서론

현재 전 세계적으로 바이오메스라는 새로운 에너지가 주목을 받고 있는 이 때 간벌재의 실질적 활용은 우리에게 커다란 도움을 줄 수 있다. 숲가꾸기 작업 후 간벌재가 2009년에 1,343,400m³에 달하고 있으나 수집실적은 819,000m³이며 매각공급활용으로 278,000m³, 무상지원활용으로 541,000m³로 쓰이고 있다.(Korea Forest Service, 2010) 따라서 수거비용과 운반비에 대비해 경제적인 가치는 현재까지 극히 적은 실정이다. Japan research society for promoting thinned logs(1983)의 보고에 의하면 간벌재의 유효활용방안으로 원목형태로는 공원시설, 지주목, 토목치산용(Nakatani Kazushi, 1997), 사방댐용(Lee 등, 2006) 등으로 사용할 수 있고 제재 가공재료로서 건축의 목재, 원예시설용 하우스, 가구공예품, 기타 제탄과 연료 등으로 활용할 수 있다고 보고하였으며 국내에서는 PB의 칩용이나 가로수지목과 같은 용도로 사용되고 있으며 칩으로 쓰이는 경우 보통 회사에서 1톤

당 약 8만원 정도 (운송비포함)의 가격으로 사용하고 있어 인건비에 대한 국가보조사업으로만 진행되고 있는 실정이다. 따라서 이러한 간벌재를 이용한 고부가가치의 용도개발이 무엇보다 필요하다.

가래나무는 호두나무와 같이 반환공재로 목재의 무늬가 아름다워 가구나 악기 및 조각재로 사용되므로 간벌재를 바닥재로서 사용할 수 있도록 저온용융금속주입목재를 개발한다면 고부가가치를 창출할 수 있을 것이다. 우리나라 바닥재의 시장 규모 1조 2000억 가운데 목질계 마루가 차지하는 시장은 약 6000억 정도를 차지하고 있다. 그 동안 PVC 바닥재가 선도하던 시장이 목질계 마루판으로 바뀌면서 친환경 인체친화적 바닥재로 전환되고 있다. 이중에서도 가정용 바닥 난방용 플로어링은 오피스용과 달리 가장 가혹한 사용조건에 노출되기 때문에 성능이 최고로 발휘되는 최우수 품질을 갖추고 있지 않으면 안 된다. 더욱이 복사냉난방 시스템에 한국의 온돌이 2008년 3월에 ISO NP(신규작업 항목 제안)로 채택됨으로서 ‘온돌의 국제표준화’를 굳히게 되었다. 최근에 독일, 오스트리아, 덴마크 등은 최근 짓고 있는 주거용 건물의 30-50%에 온돌바닥난방방식의 구조를 설치하고 있어 에너지소모가 적고 열효율이 우수하며 인체에 쾌적한 온돌바닥난방의 전파속도가 매우 빠르게 전개되고 있다. 현재 KS 규격에 맞추어 개발되어 유통되는 온돌용 무늬목적층마루판은 표면 무늬목의 두께가 0.6mm 이

¹ 충남대학교 환경소재공학과(Department of Biobased materials, Chungnam National Univ, 305-764, Korea)

* Corresponding author: 이화형(Hwa-hyoung Lee)

Tel.: +82-42-821-5752 Fax: +82-42-824-9952

E-mail: hhlee@cnu.ac.kr

2010년 11월 7일 투고

2010년 11월 28일 심사완료

2010년 12월 13일 게재확정

하의 얇은 것으로 개발되어 세계에서 선두 자리를 지키고 있으나 2mm 이상의 온돌바닥난방용 후판의 무늬목을 표면재로 갖는 적층마루판의 새로운 시장이 고급 온돌용 원목마루로서 국내 시장 및 중국을 비롯한 국외 시장에서 매우 강하게 요구되고 있다.

금속을 목재에 주입처리하는 기술은 Naeser(1930)와 Martel(1930)이 개발한 것으로 Bi 50%, Pb 31.2%, Sn 18.8%의 조성으로 97°C의 용점을 지닌 저온용융합금으로 목재(10×40×5 cm)를 실험실적인 방법으로 주입처리하여 제품을 만들었으며, lignum vitae 목재 대신에 선박의 스쿠류베어링(screw bearing)으로 사용하려고 연구하였으나 2차세계대전이 끝나고 활용도가 낮고 기타 용도가 없이 폐기되었다. 뿐만 아니라 이 기술은 인체에 유해한 중금속인 납을 다량 함유하고 있어 현재로서는 사용할 수가 없는 기술이 되었다.

Rowell과 Peggy(1987)는 크롬을 함유한 저온용융합금으로 목재를 열처리하여 열처리목재인 Staybwood를 제조하였으며 이 제품의 치수안정성은 열처리온도와 처리시간이 증가함에 따라 증가하나 강도는 떨어지는 방법으로 이 처리에 사용하는 크롬이라는 중금속은 인체에 매우 치명적이므로 인체에 접촉하는 제품으로서 매우 부적당하다.

따라서 본 연구는 이러한 바닥재의 필요성과 더불어 저부가가치로 사용되어 왔던 가래나무 간벌재를 이용하여 인체에 무해한 저온용융합금을 주입하는 금속주입 적정제조 방법과 목재의 특성인 아름다운 무늬를 살리면서도 주입 금속의 특성으로 인하여 물리 기계적성질이 어떤지를 구명하고자 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시 재료

가. 간벌재

금속주입목재의 원료로 사용된 간벌재는 충주연습림에서 1975~2005년까지 31년 된 가래나무(*Juglans mandshurica* M)의 간벌재를 100×250×5mm의 크기로 재단하여 사용하여 적정처리조건이 구명한 후 마루판으로 사용하는 실제크기 75×900×7.5mm의 크기로 실험을 실시하였다.

나. 저온용융합금

금속주입목재에 사용된 금속은 인체에 무해하고 안전한 비스무스(Bi)와 주석(Sn)을 사용하였다. 비스무스의 용점은 271.5°C이고 주석의 용점은 232.06°C이다. 이 두 금속의 조성에 따라 용융점과 특성이 다르게 나타나는데 금속주입 목재에 사용된 합금은 비스무스와 주석을 58:42의 중량비로 합금시킨 용융점 138°C의 저온용융합금을 사용하였다.

2. 실험 방법

가. 금속주입목재의 제조

목재를 가압과 감압 및 가열을 할 수 있는 실린더(Fig. 3) 내에서 가열을 통해 미리 용융된 비스무스와 주석의 저온용융합금의 액체에 목재가 처리조에 잠기도록 하고 실린더의 문을 닫고 소정 온도로 유지하도록 가열하면서 진공펌프에 의하여 감압하여 목재 내의 공기를 제거한 후에 다시 가압하여 목재 속으로 액체상태의 저온용융합금을 주입한다. 처리조건에 따라 주입이 완료되면 압력 해제 후 목재를 처리조의 액체금속으로부터 꺼내면서 표면에 묻어 있는 금속을 가열브레이드로 긁어내어 처리조에 다시 돌려보낸다. 실린더 내의 처리조로부터 밖으로 나온 금속주입목재는 냉각되어지고 샌딩을 통하여 표면을 다듬으면 금속주입목재의 제조가 완료된다.



Fig. 1. *Juglans mandshurica*.



Fig. 2. The low melting alloy with bismuth(Bi) and tin(Sn).



Fig. 3. Pressure treating cylinder.



Fig. 4. *Juglans mandshurica* impregnated with low melting alloy.

나. 처리조건

금속주입목재의 제조조건으로 1) 600-700mmHg로 감압 유지시간 3수준(10분, 20분, 30분) 2) 가압력 3수준 (10kgf/cm², 30kgf/cm², 50kgf/cm²) 3) 가압시간은 6분20초, 10분, 20분의 3수준 4) 처리온도는 용융점과 목재에 해를 주지 않는 200℃ 사이의 온도를 사용하여 3 수준(163℃ 176℃, 187℃)으로 처리 조건을 정하여 최적조건을 구명하고 실제 마루판 크기의 가래나무에 적용하였다.

다. 물리·기계적인 성질

처리조건에 따라 제조된 금속주입목재의 물리적성질을 알아보기 위하여 KS F 3104(2006)에 의거하여 밀도와 흡수율을 측정하였고 KS F 3200(2006)에 의거하여 흡수율과 흡수 두께 팽윤율을 측정하였다. 열전도도는 Quick Thermal Conductivity Meter(QTM-500, 제조사: KYOTO ELECTRONICS)를 사용하여 측정하였다. 전기저항은 전류계(DA-101B, 제조사: SEJIN)를 사용하여 측정하였다. 기계적성질은 KS F 2204(1999)에 따라 목재의 흡수량 측정 방법과 같이 계산하여 중량증가율을 측정하였고 휨강도는 KS F 3104(2006), 3200(2006)에 의거, 경도는 KS F 2212 (2004)에 의거하여 만능재료시험기(Universal Testing Machine, UTM, Tinius olsen Ltd., H-50K-ST, Redhill, England)로 측정하였다. 내마모도시험은 KS F 3111(2008)에 의거하여 내마모도 측정기(AbrasionTester, 제조사: Taber)를 사용하여 마모량으로 측정하였다.

라. 전자현미경 관찰

금속주입된 가래나무의 주입형태는 Philips사의 주사전자 현미경(SEM, Scanning Electron Microscope) XL30 ESEM TMP로 관찰하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 적정처리조건 구명

가. 적정감압시간

감압시간은 진공펌프를 이용하여 실린더 내의 감압을 유지하는 시간으로 일반적인 약액 주입 시 감압시간은 30~60분 정도를 적용하지만 금속주입시 방부주입액 처리온도 보다 고온에서 처리하고 처리시편이 침목이나 전신주보다 두께가 얇기 때문에 10, 20, 30분 간격으로 30분 이내로 시험을 진행하였으며 감압시간에 따른 물리·기계적성질은 Table 1과 2에서 보는 것과 같이 거의 차이가 없었으며 흡수율은 마루판규격에 없는 내용이지만 참고로 측정하였으며 통계적으로 차이는 있었으나 전부 2% 미만으로 무시해도 좋은 정도였고 두께팽윤율은 마루판의 KS 규격이 6% 이하인데 전부 3% 이하로 규격을 모두 만족시켰다. 따라서 경제성을 고려할 때 10분의 감압시간을 주는 것이 적합하다고 생각되었다.

나. 적정처리온도

처리온도는 용융점 138℃와 목재에 해를 주지 않는 20

Table 1. Physical properties of composites along with the vacuum time.

vacuum time pressure- temperature- pressing time	Density (g/cm ³) F=0.679**		Moisture Content (%) F=0.438**		Water Absorption (%) F=25.208**		Thickness Swelling (%) F=0.124**		Thermal Conductivity (W/mK) F=0.399**		Electric Resistance (Ω) F=38.1**	
	mean+SD	DT	mean+SD	DT	mean+SD	DT	mean+SD	DT	mean+SD	DT	mean+SD	DT
10'-50kgf/cm ² -187℃-10'	4.92±0.21	A	0.77±0.2	A	1.30±0.02	A	2.74±0.54	A	0.5281±0.0069	A	0.58±0.05	A
20'-50kgf/cm ² -187℃-10'	4.80±0.3	A	0.81±0.13	A	1.97±0.18	B	2.69±0.53	A	0.5194±0.0257	A	0.43±0.05	B
30'-50kgf/cm ² -187℃-10'	4.64±0.47	A	0.87±0.05	A	1.45±0.1	A	2.55±0.32	A	0.5157±0.0145	A	0.26±0.58	C

* DT : Duncan's new Multiple Range Test

Table 2. Mechanical properties of composites along with the vacuum time.

vacuum time- pressure- temperature- pressing time	Weight Percent Gain (%) F=0.651**		Bending Strength (N/mm ²) F=1.091**		Hardness (N/mm ²) F=0.667**		Abrasion depth (mm)
	mean+SD	DT	mean+SD	DT	mean+SD	DT	
10'-50kgf/cm ² -187℃-10'	705.87±21.6	A	196.97±4.7	A	87.32±20.52	A	0.072
20'-50kgf/cm ² -187℃-10'	700.06±27.24	A	200.4±10.54	A	77.29±12.4	A	0.072
30'-50kgf/cm ² -187℃-10'	681.13±43.32	A	211.9±19.28	A	70.35±27.12	A	0.048

* DT : Duncan's new Multiple Range Test

Table 3. Physical properties of composites along with the temperature.

vacuum time- pressure- temperature- pressing time	Density (g/cm ³) F=0.562**		Moisture Content (%) F=4.187**		Water Absorption (%) F=1.046**		Thickness Swelling (%) F=0.122**		Thermal Conductivity (W/mK) F=0.712**		Electric Resistance (Ω) F=2.192**	
	mean+SD	DT	mean+SD	DT	mean+SD	DT	mean+SD	DT	mean+SD	DT	mean+SD	DT
10 ⁴ -50kgf/cm ² -163℃-10 ⁴	4.79±0.28	A	1.16±0.04	A	1.71±0.21	A	2.64±0.46	A	0.5493±0.02	A	0.52±0.05	A
10 ⁴ -50kgf/cm ² -176℃-10 ⁴	4.76±0.18	A	0.83±0.23	AB	1.72±0.67	A	2.55±0.34	A	0.5326±0.01	A	0.65±0.13	A
10 ⁴ -50kgf/cm ² -187℃-10 ⁴	4.92±0.21	A	0.77±0.2	B	1.30±0.02	A	2.74±0.54	A	0.5281±0.007	A	0.58±0.05	A

* DT : Duncan's new Multiple Range Test

Table 4. Mechanical properties of composites along with the temperature

vacuum time- pressure- temperature- pressing time	Weight Percent Gain (%) F=1.050**		Bending Strength (N/mm ²) F=0.523**		Hardness (N/mm ²) F=0.441**		Abrasion depth (mm)
	mean+SD	DT	mean+SD	DT	mean+SD	DT	
10 ⁴ -50kgf/cm ² -163℃-10 ⁴	694.90±48.27	A	202.67±8.21	A	70.83±21.81	A	0.048
10 ⁴ -50kgf/cm ² -176℃-10 ⁴	739.36±57.74	A	200.53±7.31	A	77.24±31.36	A	0.072
10 ⁴ -50kgf/cm ² -187℃-10 ⁴	705.87±21.6	A	196.97±4.7	A	87.32±20.52	A	0.072

* DT : Duncan's new Multiple Range Test

Table 5. Physical properties of composites along with the pressure.

vacuum time- pressure- temperature- pressing time	Density (g/cm ³) F=253.337**		Moisture Content (%) F=14.557**		Water Absorption (%) F=205.43**		Thickness Swelling (%) F=4.231**		Thermal Conductivity (W/mK) F=402.761**		Electric Resistance (Ω) F=18.038**	
	mean+SD	DT	mean+SD	DT	mean+SD	DT	mean+SD	DT	mean+SD	DT	mean+SD	DT
10 ⁴ -10kgf/cm ² -187℃-10 ⁴	1.66±0.05	A	3.76±1.19	A	13.37±1.34	A	3.58±0.3	A	0.1416±0.02	A	0.95±0.24	A
10 ⁴ -30kgf/cm ² -187℃-10 ⁴	4.67±0.33	B	1.44±0.24	B	2.01±0.47	B	2.72±0.36	B	0.5644±0.03	B	1.18±0.08	B
10 ⁴ -50kgf/cm ² -187℃-10 ⁴	4.92 ±0.21	B	0.77±0.2	B	1.30±0.02	B	2.74±0.54	B	0.5281±0.007	B	0.58±0.05	C

* DT : Duncan's new Multiple Range Test

Table 6. Mechanical properties of composites along with the pressure.

vacuum time- pressure- temperature- pressing time	Weight Percent Gain (%) F=1190.203**		Bending Strength (N/mm ²) F=36.166**		Hardness (N/mm ²) F=26.198**		Abrasion depth (mm)
	mean+SD	DT	mean+SD	DT	mean+SD	DT	
10 ⁴ -10kgf/cm ² -187℃-10 ⁴	202.82±16.97	A	145.6±12.34	A	22.42±2.4	A	0.218
10 ⁴ -30kgf/cm ² -187℃-10 ⁴	701.78±9.44	B	189.47±4.16	B	73.38±10.38	B	0.08
10 ⁴ -50kgf/cm ² -187℃-10 ⁴	705.87±21.6	B	196.97±4.7	B	87.32±20.52	B	0.072

* DT : Duncan's new Multiple Range Test

0℃ 사이의 온도를 사용하였으며 처리온도에 따른 차이는 Table 3과 4에서 보는 바와 같이 통계적으로 거의 차이가 없었고 187℃의 처리조건에서 함수율이 조금 더 낮은 것으로 나타났다. 그 외의 모든 데이터는 거의 비슷하였지만 처리 시 163℃에서의 압력을 주기 위하여 질소가스를 주입할 때 내부온도가 138℃ 가까이 떨어져 처리조의 양 끝 부분에서 약간의 합금이 굳는 현상이 나타났다. 따라서 작업의 용이성을 볼 때 금속의 빠른 용융과 위의 문제를 감

안할 때 187℃가 적당하다고 생각된다.

다. 적정압력

실린더에 가하는 적정압력은 Table 5와 6에서 보듯이 물리·기계적성질이 압력 10kgf/cm²에서 가장 좋지 않았으며 30kgf/cm², 50kgf/cm²에서는 거의 비슷한 성질을 나타내었다. 전기저항을 제외하고 30kgf/cm²와 50kgf/cm²의 통계적인 유의차가 없으므로 경제성을 고려할 때 30kgf/cm²의 압

Table 7. Physical of properties composites along with the pressing time.

vacuum time- pressure- temperature- pressing time	Density (g/cm ³) F=19.63**		Moisture Content (%) F=8.601**		Water Absorption (%) F=3.094**		Thickness Swelling (%) F=2.07**		Thermal Conductivity (W/mK) F=50.488**		Electric Resistance (Ω) F=18.9**	
	mean+SD	DT	mean+SD	DT	mean+SD	DT	mean+SD	DT	mean+SD	DT	mean+SD	DT
10'-30kgf/cm ² -187°C-6'20"	3.74±0.26	A	1.78±0.29	A	2.48±0.2	A	2.97±0.2	A	0.4111±0.01	A	1.56±0.19	A
10'-30kgf/cm ² -187°C-10'	4.67±0.33	B	1.44±0.24	AB	2.01±0.47	A	2.72±0.36	A	0.5644±0.03	B	1.18±0.08	B
10'-30kgf/cm ² -187°C-20'	4.8±0.16	B	1.02±0.11	B	1.87±0.19	A	2.5±0.28	A	0.5548±0.02	B	0.98±0.13	C

* DT : Duncan's new Multiple Range Test

Table 8. Mechanical properties of composites along with the pressing time.

vacuum time- pressure- temperature- pressing time	Weight Percent Gain (%) F=36.072**		Bending Strength (N/mm ²) F=30.776**		Hardness (N/mm ²) F=1.022**		Abrasion depth (mm)
	mean+SD	DT	mean+SD	DT	mean+SD	DT	
10'-30kgf/cm ² -187°C-6'20"	603.24±19.89	A	162.01±9.01	A	63.9±5.69	A	0.104
10'-30kgf/cm ² -187°C-10'	701.78±9.44	B	189.47±4.16	B	73.38±10.38	A	0.08
10'-30kgf/cm ² -187°C-20'	705.96±25.29	B	201.67±4.71	B	71.32±12.34	A	0.08

* DT : Duncan's new Multiple Range Test

력이 적당하였다.

라. 적정가압시간

적정가압시간은 Table 7과 8에서 보듯이 물리·기계적성질이 통계적으로 6분 20초에서는 차이를 나타내었으며 전기저항을 제외하고 10분과 20분의 가압시간에서는 통계적으로 유의차가 없었다. 따라서 중요한 인자인 중량증가와 강도와 경도, 치수안정성, 마모깊이 등 경제성을 고려할 때 10분의 가압시간이 적당하였다.

2. 금속주입가래나무의 주입형태

가래나무는 환공재로 도관분포수가 8-19/mm², 도관의 접선방향직경은 65-170μm, 길이는 240-740μm이고 단일원공이며 방사조직은 1-4열로 주로 동성형이며 목섬유의 길이는 610-1820μm로 Lee(1994)는 보고하고 있다. Fig. 5의 횡단면 사진에서는 도관과 목섬유에 금속으로 충전되어 있음을 볼 수 있고 방사단면 사진에서 유세포는 금속이 주입되지 않았음을 볼 수 있었다. 이러한 현상은 Naeser(1930)와 Martel(1930)이 너도밤나무와 같은 환공재의 변재는 처리하기가 가장 좋으며 도관은 침투가 잘되고 방사조직은 침투가 안 되는 것으로 보고한 것과 동일한 결과를 가져왔다.

3. 금속주입가래나무의 물리적 성질

금속주입가래나무의 물리적성질로 Fig. 6~11은 최적조

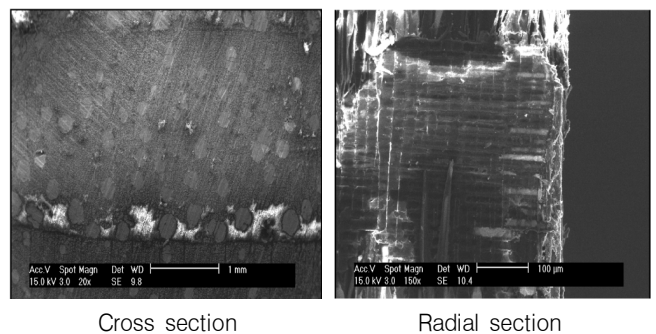


Fig. 5. SEM micrographs of *Juglans mandshurica* impregnated with low melting alloy.

건으로 처리한 작은 시편의 처리재와 실제 마루판 크기의 처리재를 무처리재와 비교한 것으로, 밀도(Fig. 6)는 0.52g/cm³에서 작은 크기의 처리재가 4.67g/cm³로 크게 증가하였고 실제 마루판크기의 처리재는 3.41g/cm³로 작은 시편의 처리재보다는 적은 값이 나왔다. 이는 처리재의 크기가 커져 주입 시 시편의 중간부분에서 표층과 달리 중심층부분이 주입되지 않는 부분이 발생한 결과로 밀도의 차이를 보였으나 표면에서부터 금속이 주입되어 효과를 발휘하는데 문제가 없었다. 독일에서 Naeser(1930)와 Martel(1930)가 실험하였던 금속주입기술에서도 0.6 이하의 비중을 갖는 Walnut을 처리 후 조건에 따라 0.95에서 3.83의 비중을 나타내었는데 본 실험에서의 밀도와 비교해 보면 실제크기 시편의 처리재와 거의 비슷한 결과를 나타냈다고 볼 수 있다. 함수율(Fig. 7)은 미처리재가 12.09%인데 비하여 작은 시편의 처리재가 1.44%, 실제 마루판크기의 처리재가 0.33%

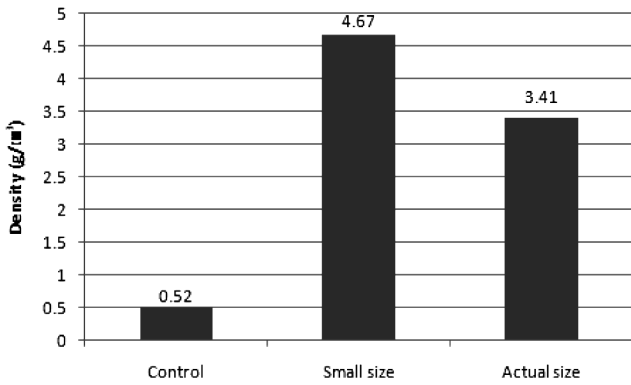


Fig. 6. Comparison of density between the control and the treated specimen of small and actual size.

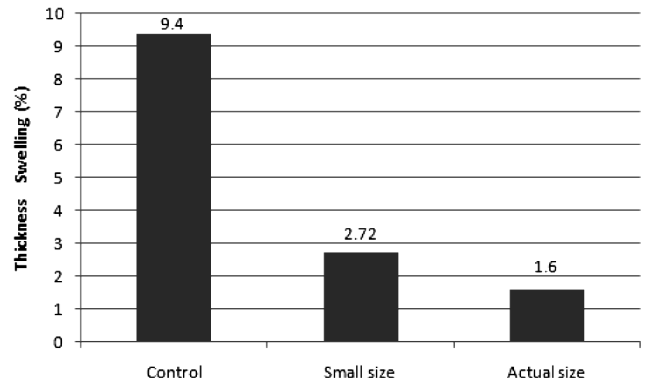


Fig. 9. Comparison of thickness swelling between the control and the treated specimen of small and actual size.

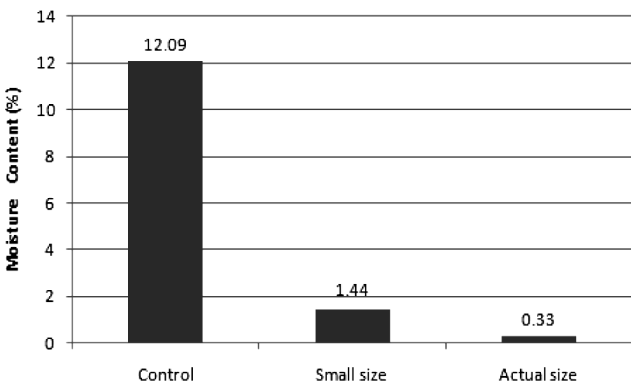


Fig. 7. Comparison of moisture content between the control and the treated specimen of small and actual size.

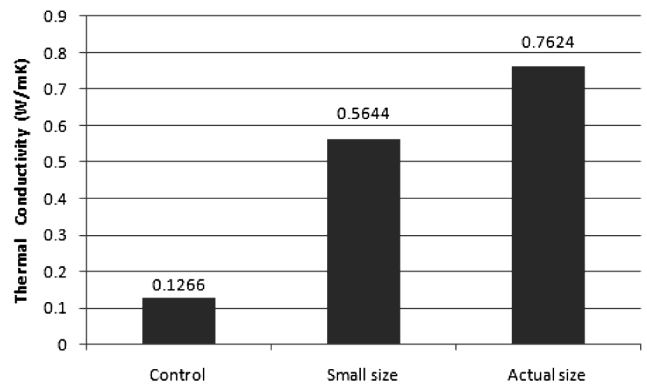


Fig. 10. Comparison of thermal conductivity between the control and the treated specimen of small and actual size.

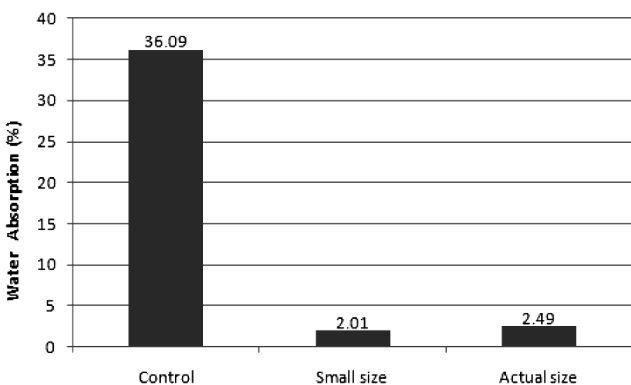


Fig. 8. Comparison of water absorption between the control and the treated specimen of small and actual size.

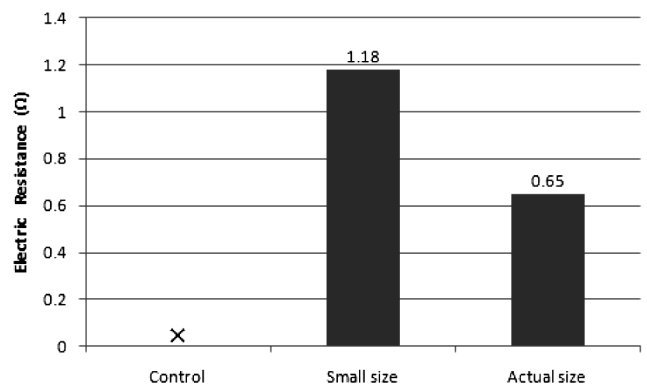


Fig. 11. Comparison of electric resistance between the control and the treated specimen of small and actual size.

로 함수율이 극히 낮았으며 흡수율(Fig. 8)도 처리 후 36.09%에서 2.01%, 2.49%로 각각 크게 감소하였다. 또한 두께팽윤율(Fig. 9)도 9.4%에서 작은 처리재가 2.72%, 실제 마루판크기의 처리재가 1.6%로 현저히 감소하여 매우 큰 치수안정성을 보였다. 열전도도(Fig. 10)는 작은 시편의 처리재가 4배, 실제크기의 처리재가 6배정도로 크게 증가하였고 전기저항(Fig. 11)은 처리 전 통하지 않던 전기가 금속으로 인하여 최적조건에서는 저항이 거의 없는 것으로 나타났다.

3. 금속주입가래나무의 기계적 성질

금속주입가래나무의 기계적성질로 Fig. 12~15는 최적조건으로 처리한 작은 시편의 처리재와 실제 마루판크기의 처리재를 무처리재와 비교한 것으로 중량증가율(Fig. 12)은 작은 시편의 처리재가 701.78%의 증가를 보였고 실제 마루판크기의 처리재가 471.75%의 증가를 보였는데 이는 밀도에서 설명한 바와 같이 시편길이중간부위에 중심층부분이 주입되지 않는 부분이 생겼기 때문이다. 휨강도(Fig. 13)

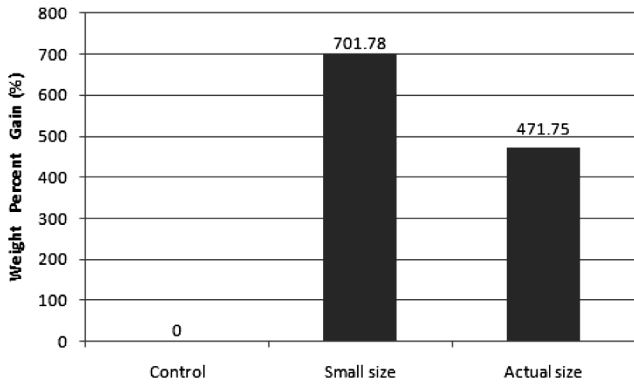


Fig. 12. Comparison of weight percent gain between the control and the treated specimen of small and actual size.

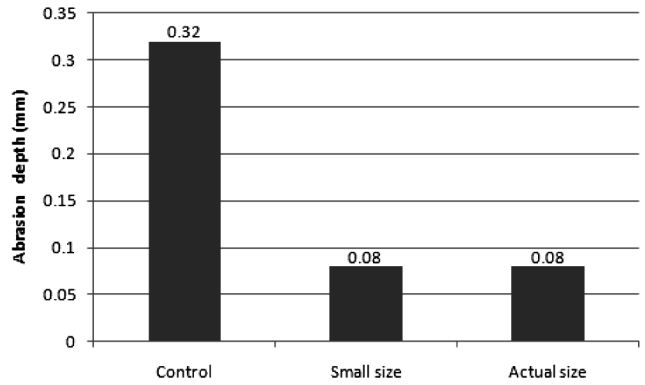


Fig. 15. Comparison of Abrasion depth between the control and the treated specimen of small and actual size.

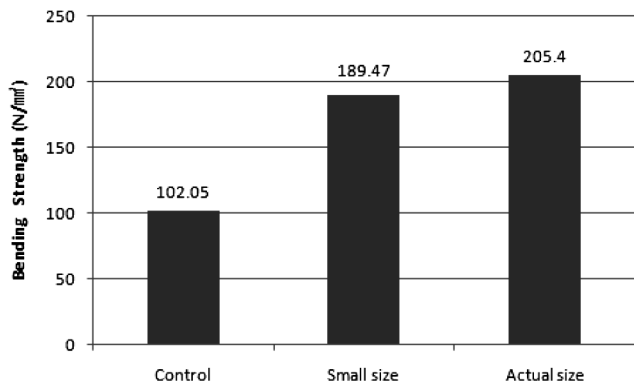


Fig. 13. Comparison of bending strength between the control and the treated specimen of small and actual size.

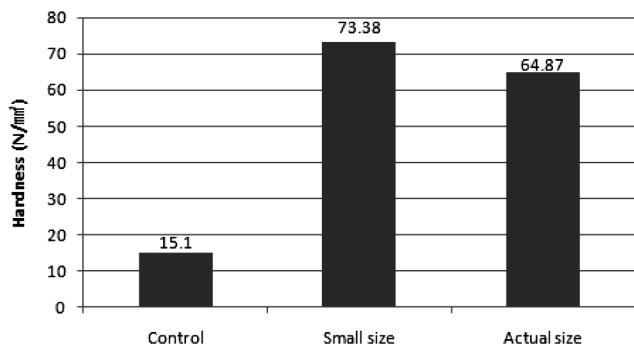


Fig. 14. Comparison of hardness between the control and the treated specimen of small and actual size.

는 작은 크기의 처리재와 실제 마루판크기의 처리재 모두 2배정도의 증가를 보였고 경도(Fig. 14)의 크기는 15.1N/mm²에서 작은 시편의 처리재가 73.38 N/mm², 실제 마루판크기의 처리재가 64.87N/mm²로 두 처리재 모두 크게 증가하였다. 작은 시편의 처리재 경도가 다소 큰 것은 실제 마루판크기의 처리재 길이중간부분의 주입되지 않는 부분이 발생 하에 생긴 것이나 차이는 거의 없었다. 독일에서 Naeser (1930)와 Martel(1930)가 실험하였던 금속주입기술에서 경도가 2~3배 증가한 것으로 보고하고 있으나 본 실험에서 4.86과 4.23배로 크게 나타난 것은 길이는 크나 두께가 보

다 얇은 치수의 차이에 따른 결과라고 생각된다. 마모량 (Fig. 15)은 마모되는 표층부위가 모두 금속으로 가득 차 있어 크기가 작은 시편의 처리재와 실제 마루판크기의 처리재 모두 같은 마모량결과를 갖는 것으로 나타났다.

IV. 결론

본 논문에서는 활용도가 낮은 가래나무 간벌재를 이용하여 고기능성의 금속주입목재를 제조하는 방법과 특성을 구명하기 위하여 적정처리조건과 금속주입목재의 물리·기계적성질을 구명한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 금속주입목재의 색상은 합금의 색상인 회백색을 나타내어 고급스러운 느낌을 살리면서도 무늬는 가래나무가 갖는 고유한 무늬를 그대로 나타내어 금속이 가질 수 없는 천연의 느낌을 나타냈다.

2. 금속주입가래나무의 최적조건은 감압시간 10분, 압력 30kgf/cm², 온도 187°C, 가압시간 10분으로 처리하는 것이 가장 경제적이며 효율성이 높았다.

3. 최적조건에서 만들어진 금속주입가래나무는 무처리재에 비하여 처리재의 크기에 따라 물리적성질이 밀도가 작은 크기의 처리재가 9배, 실제크기의 처리재가 6.5배로 증가되었고 두께 팽윤율은 무처리재의 9.4%에서 1.6%, 2.72%로 매우 낮아졌으며 흡수율은 무처리재의 36.09%에서 2.01%, 2.49%로 대폭 감소하여 치수안정성이 매우 높아졌다. 또한 미처리재의 열전도율은 0.127W/mK에서 작은 크기의 처리재가 0.564W/mK 실제크기의 처리재가 0.7624W/mK으로 매우 높아졌으며 비전도체인 목재가 전기저항이 1.18Ω, 0.65Ω을 가진 전기가 아주 잘 통하는 전도체로 바뀌는 것으로 나타났다.

4. 최적조건에서 만들어진 금속주입가래나무간벌재는 무처리재에 비하여 처리재의 크기에 따라 기계적성질이 중량증가율은 작은 크기의 처리재가 7배 실제크기의 처리재가 4.7배로 증가하였고 휨강도는 두 처리재 모두 2배 증가하였다. 또한 경도는 작은 크기의 처리재가 4.8배 실제크기의

처리재가 4.3배로 크게 증가하였다. 마모량은 0.32mm에서 2개의 처리재가 0.08mm로 4배 감소하여 수명이 4배정도 증가되는 것으로 나타났다.

본 연구는 농림수산식품기술기획평가원의 “바닥복사 가열시스템을 위한 고성능후관무늬목복합체적층마루판의 개발” 연구비에 의하여 수행되었음.

참고문헌

1. Japan research society for promoting thinned logs. 1983. A case study on effective utilization of thinned logs. Chikyusha.
2. Korea Forest Service 2010.08. Statistical Yearbook of Forestry(2010) No.40: 330.
3. Lee, D.H., D.W. Son, O.J. Kim. 2006. Wood-assembled porous dam using thinned logs at flood spillway and/or debris barrier, Korea Patent Number 100659472.
4. Lee, P.W. 1994. Structure of Korean wood species. 321 p. Jungminsa.
5. Martel, P. 1930. Journal for Applied Chem. German patent No. DRP 506,477.
6. Naeser, G. 1930. Umshau 34,250; German patent No. DRP 493905.
7. Nakatani Kazushi. 1997. Utilization of thinned logs for forest conservation project. Chisan. 41(11): 281-287.
8. Rowell, Roger M and Peggy Konkol. 1987. Treatments that enhance physical properties of wood. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-55. Madsison, WI, USDA, Forest Product Laboratory. 12 p.