

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2011-0093397 (43) 공개일자 2011년08월18일
(51) Int. Cl. <i>B27M 3/04</i> (2006.01) <i>E04F 15/06</i> (2006.01) (21) 출원번호 10-2010-0013425 (22) 출원일자 2010년02월12일 심사청구일자 2010년02월12일	(71) 출원인 이화형 대전 유성구 신성동 두레아파트 102-1102 (72) 발명자 이종신 대전광역시 중구 태평1동 253 ~347 강석구 대전 유성구 전민동엑스포아파트 107-1107 (뒷면에 계속)	

전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 바닥복사가열시스템 마루판을 위한 안전한 고성능 금속주입목재복합체의 개발

(57) 요약

본 발명은 인체에 무해하고 안전한 저온용융합금을 목재에 주입하여 목재의 특성인 목재의 아름다운 무늬를 살리면서도 주입 금속의 특성으로 인하여 경도와 휨강도 및 내마모성이 크게 향상되고 무엇보다도 치수안정성이 높아 그 동안 목질재료 온돌마루 바닥재의 문제점이었던 수분과 열에 대한 충격으로 변색, 박리, 부풀음, 갈라지고 터지는 결점이 나타나지 않는 새로운 특성을 갖추면서 높은 열전도도와 원적외선방사를 하면서도 최소 2배에서 최대 6.4배의 바닥복사가열시스템 마루판 수명을 갖는 고기능성의 금속주입목재와 금속주입목재와 목질재료와의 적층복합체에 제조에 관한 것이다.

대표도 - 도4



(72) 발명자

서인수

대전 동구 가양1동 182-10

박계신

대전 대덕구 덕암동 한라빌라 c-가동 301호

이화형

대전 유성구 신성동 두레아파트 102-1102

특허청구의 범위

청구항 1

인체에 안전한 저온용융합금을 가압력 5-50kgf/cm² 처리온도 79-186℃, 처리시간을 배기시간 10분, 가압시간을 2분 30초로부터 10분으로 하여 목재에 주입시켜 목재의 특성인 목재의 아름다운 무늬를 살리면서 동시에 목재의 높은 원적외선 방사율을 그대로 유지하면서도 주입 금속의 특성으로 인하여 경도와 휨강도 및 내마모성과 내화성이 크게 향상되고 무엇보다도 치수안정성이 높아져 휘고 갈라지고 터짐이 없는 새로운 특성을 갖추면서 마모수명이 최소 2배에서 최대 6.4배로 개선시키는 고기능성의 금속주입목재 복합체의 제조 방법

청구항 2

제 1항의 제조방법으로 제조된 금속 2종의 저온용융합금인 것을 특징으로 하는 금속주입목재 복합체의 제조 방법

청구항 3

제 1항의 제조방법으로 제조된 금속 3종의 저온용융합금인 것을 특징으로 하는 금속주입목재 복합체의 제조 방법

청구항 4

목재의 전체를 주입하는 것이 아니고 표면층만 주입하는 금속주입목재 복합체의 제조 방법

청구항 5

합판 및 섬유판 등의 목질재료에 유해물질이 방출되지 않는 친환경 접착제와 도료를 사용하여 금속주입 목재를 적층하고 접착, 도장 가공함으로써 새로운 고기능성을 부여하는 고기능성 금속주입목재목질재료적층복합체를 제조하는 방법

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 인체에 무해한 저온용융합금을 목재에 주입하여 목재의 특성인 목재의 아름다운 무늬를 살리면서도 주입 금속의 특성으로 인하여 경도와 휨강도 및 내마모성과 내화성이 크게 향상되고 무엇보다도 치수안정성이 높고 변색, 박리, 휘고 갈라지고 터짐이 없으며 열전도도와 높은 원적외선 방사율을 동시에 구비하는 새로운 특성을 갖추면서 마모수명이 최소 2배에서 최대 6.4배로 개선되는 고기능성의 금속주입목재마루판 복합체에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 우리나라 바닥재의 시장 규모 1조 2000억 가운데 목질계 마루가 차지하는 시장은 약 6000억 정도를 차지하고 있다. 그동안 PVC바닥재가 선도하던 시장이 목질계 마루판으로 바뀌면서 친환경 인체친화적 바닥재로 전환되고 있다. 이 중에서도 가정용 바닥 난방용 플로어링은 오피스용과 달리 가장 가혹한 사용조건에 노출되기 때문에 성능이 최고로 발휘되는 최우수품질을 갖추고 있지 않으면 안 된다. 더욱이 복사난방시스템에 한국의 온돌이 2008년3월에 ISO NP(신규작업항목 제안)로 채택됨으로 ‘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 우수하고 인체에 쾌적한 온돌바닥난방의 전파속도가 매우 빠르게 전개되고 있다.

[0003] 본 연구의 주제인 온돌용 후판무늬목금속복합체 적층마루판으로 나와 있는 것은 현재까지 없으며 온돌용 마루판에 관련한 특허는 온돌의 종주국인 한국만이 유일하게 다수 보유하고 있으며, 이에 대한 주된 내용은 구조와 시공방법, 바닥재 가공 및 접착방법, 온돌장치, 기능성보강, 메라민함침지 등을 이용한 무늬목층에 관련한 내용이 주류이다. 금속을 목재에 주입처리하는 기술은 1930년 독일의 Naeser과 Martel(1930, German Patents No. DRP 493,905, 506,477) 이 개발한 제품은 Bi 50%, Pb 31.2 Sn 18.8%의 조성으로 97℃의 용점을 지닌 저온용융합금으로 목재(작은 시편, 5X 4X 10 cm으로 실험)에 주입처리하여 제품을 만들었으며, lignum vitae 목재 대신에 선

박의 스�크류베어링(screw bearing)으로 사용하려고 하였으나 활용도가 낮고 기타 용도가 없어 폐기되었다. 이뿐만 아니라 이 기술은 인체에 유해한 중금속인 납을 다량 함유하고 있어 현재로서는 사용할 수가 없는 기술이 됐다. 일반적으로 저온용융합금이란 비스머스(Bi: 융점 271.5℃), 납(Pb: 융점 327.6℃), 주석(Sn: 융점 232.06℃), 카드뮴(Cd: 융점 321.18℃), 인듐(In: 융점 156.76℃), 안티몬(Ant: 융점 630.9℃), 크롬(Cr: 융점 1907℃) 등의 금속을 합금시키면 각개 구성원소의 용융점보다 훨씬 낮은 온도에서 단일 용융점을 갖게 되는 합금으로 원소 조성에 따라 47℃로부터 227℃의 용융점을 갖게 된다. 각 조성에 따라 **그 자신의 특별한 성질을** 갖게 된다. 1930년도 이전에는 실험실적 호기심만 있었을 뿐이었지만, 최근에 새롭고 현실적인 응용과 용도가 많이 개발되어 합금용, 페인트용, 땀질용, anchor shafts, nests for parts in jigs, embossing dies, molds for plastics, melting solders, Laps for rifle barrels 등등 여러 용도로 사용되고 있다. 예를 들면 47℃에서 용융점을 갖는 LOW117합금은 Bi 44.7% Pb 22.6% Sn 8.3%, Cd 5.3%, In 19.1%의 조성을 지니고 있다. 그러나 납, 카드뮴, 안티몬, 크롬 등은 인체에 매우 치명적인 중금속이다. 일반적으로 중금속은 동식물의 체내에 농축되기 때문에 먹이사슬에 따라 인체에 들어와 농축되기 때문에 장기간에 걸쳐 독성을 나타낸다. 납은 소화기, 호흡기, 음식물, 피부로 흡수되어 체내에 축적된다. 반드시 빈혈을 수반하고 조혈 기관 및 소화기, 중추신경계 장애를 가져온다. 크롬도 호흡기, 피부를 통해 유입되어 간장, 신장, 골수에 축적되며, 만성카타르성 비염, 폐기종, 폐부종, 만성기관지염 등의 만성피해와 폐출혈, 기관지염, 폐암 등의 급성피해를 일으킨다. 카드뮴은 이따이이 따이병을 일으키고 인티몬은 비소와 비슷한 증세를 나타낸다. 따라서 인체에 접촉하는 마루판이나 주거용의 금속주입목재 제조에 사용될 경우 납이나 카드뮴등의 중금속 성분이 전혀 없는 **인체에 무해하면서도 안전한 마루판**을 위한 많은 새로운 고기능성을 부여하는 저온용융금속주입목재 처리 방법과 이의 복합체제조에 대한 기술을 개발하여 아주 가혹한 조건에서 사용되는 온돌용 마루판으로 활용할 수 있도록 하는 데 그 목적이 있다.

[0004] 현재 KS 규격에 맞추어 개발되어 유통되는 온돌용 무늬목적층마루판은 표면 무늬목의 두께가 0.6mm이하의 얇은 것으로 개발되어 세계에서 선두 자리를 지키고 있으나 2mm이상의 온돌바닥난방용 후판의 무늬목을 표면재로 갖는 적층마루판의 새로운 시장이 보급형 고급 온돌용 원목마루로서 국내 시장 및 중국을 비롯한 국외 시장에서 매우 강하게 요구되고 있다. 따라서 이를 후판무늬목금속복합체로서 최고의 내마모성, 내화성, 치수안정성 등 새로운 성능을 부여하면서 동시에 천연의 나무 무늬와 높은 원적외선 방사율을 그대로 간직하면서 해결한다면 복사가열시스템을 위한 고성능 후판무늬목금속복합체적층마루판 제조와 그 기술이 중국 일본을 비롯한 구미 각국에 수출되어 온돌의 국제표준화와 더불어 세계를 석권하여 국내의 기술발전과 아울러 국가 경제 발전에 크게 기여할 것이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 따라서 본 발명의 목적은 인체에 무해한 저온용융합금을 목재에 주입하여 목재의 특성인 목재의 아름다운 무늬를 살리면서도 주입 금속의 특성으로 인하여 밀도가 높아지고 경도와 휨강도 및 내마모성이 크게 향상되고 무엇보다도 치수안정성이 높아 변색, 박리, 휘고 갈라지고 터짐이 없는 새로운 특성을 갖추면서 열전도도와 높은 원적외선 방사율을 동시에 구비하는 고기능성의 최소 2배에서 최대 6.4배의 마루판 수명을 갖는 금속주입목재 복합체를 제조하는 방법을 제공하는 것이다.

[0006] 또한 본 발명은 유해물질이 방출되지 않는 친환경 접착제와 도료를 사용하여 합판과 섬유판과 같은 목질재료에 금속주입목재를 적층 가공함으로써 새로운 고기능성을 부여하는 고기능성 금속주입목재와 목질 재료의 적층복합체를 제조하는 방법을 아울러 제공하여 마루판 및 벽재로 사용하도록 하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명은 목재를 감압과 가압 및 가열을 할 수 있는 챔버(용기) 내에서 가열에 의하여 미리 용융된 인체에 무해한 저온용융합금의 액체에 목재가 잠기도록 누름 장치를 사용하여 처리조에 잠기도록 하고 챔버의 문을 닫고 일정한 온도로 유지하도록 가열하면서 진공펌프에 의하여 감압을 하여 목재 내의 공기를 제거(배기)한 후에 다시 가압을 하여 목재 내에 액체상태의 저온용융합금을 주입한다. 주입이 목적대로 완료되면 압력 해제 후 챔버의 문을 열고 목재를 잠기도록 하는 누름장치를 위로 올리고 목재를 처리조의 액체금속으로부터 꺼내면서 표면에 묻어 있는 금속을 가열브레이드로 긁어내어 처리조에 다시 돌려보낸다. 가압챔버내의 처리조로부터 밖으로 나온 금속주입목재복합체는 냉각되고 샌딩을 하여 표면을 다듬으면 금속주입목재복합체의 제조는 완료된다. 제조된 금속주입목재복합체는 목재전체를 완전주입하는 방법과 표면층에 가까운 부분만 주입하도록 하고 내부층은 주입이 되지 않도록 하는 표층부분 금속주입목재복합체를 제조하는

두 가지 방법이 있다. 두껍게 제조된 금속주입목재복합체는 그대로 마루판으로 사용할 수 있고, 보다 경제적으로 사용하기 위하여서는 얇은 금속주입목재복합체를 제조하여 합판, 섬유판 등 목질재료 위에 오버레이 적층 접착시켜 마루판으로 사용할 수 있다. 기존의 마루판에서 사용하고 있는 친환경 접착제와 도료를 그대로 사용할 수 있다.

[0008] 본 발명에서 사용되는 금속주입목재복합체의 제조는 하기의 방법에 따라 제조한다. 즉, 상기 금속주입목재복합체에 사용하는 금속은 인체에 무해하고 안전한 비스머스(Bi:용점 271.5℃), 주석(Sn: 용점 232.06 ℃), 인듐(In: 용점156.76℃)의 3종류를 사용하였으며 당연히 금속의 종류와 조성에 따라 용융점과 특성이 다르게 나타난다. 2종의 금속 조성은 비스머스(Bi:용점 271.5℃)와 주석(Sn: 용점 232.06 ℃)을 Bi:Sn의 중량비로 58:42로 합금하면 용융온도가 138℃가 되며 비스머스(Bi:용점 271.5℃), 주석(Sn: 용점 232.06 ℃), 인듐(In: 용점156.76℃)의 3종의 금속조성은 인듐(In: 용점156.76℃)의 조성비에 따라 용융점이 다르게 되는데 Bi:Sn:In을 중량비로 57.5:17.3:25.2일 때의 합금의 용융점은 78.8℃, 58:27:15이면 90.5℃, 58:32:10이면 99℃, 58:37:5이면 119℃이었다. 비스머스(Bi:용점 271.5℃)와 주석(Sn: 용점 232.06 ℃)의 중량비 58:42의 합금을 사용하여 금속주입목재 복합체를 제조할 경우는 온도, 압력, 시간, 수중에 따라 침투깊이와 중량증가율, 밀도의 증가가 다르게 나타난다. 이에 따라 금속주입목재 복합체의 성질도 다르게 나타난다.

[0009] 진공펌프에 의하여 감압(600-700mmHg)을 하여 목재내의 공기를 제거(배기)한 후에 비스머스(Bi:용점 271.5℃), 주석(Sn: 용점 232.06 ℃), 인듐(In: 용점 156.76℃)의 3종의 금속조성비가 중량비로 57.5:17.3:25.2일 때의 합금(용융점 78.8℃)으로 금속주입처리할 경우 금속주입목재 복합체를 제조할 경우는 온도, 압력, 시간, 수중에 따라 침투깊이와 중량증가율, 밀도의 증가가 다르게 나타나며 당연히 이에 따라 금속주입목재 복합체의 성질도 다르게 나타난다. 부분처리하는 경우도 침투깊이와 중량증가율, 밀도의 증가가 다르게 나타나며 이에 따라 성질도 차이가 나타난다.

[0010] 제조된 금속주입목재복합체는 목재전체를 완전주입하는 방법과 표면층에 가까운 부분만 주입하도록 하고 내부층은 주입이 되지 않도록 하는 표층부분 금속주입목재복합체를 제조하는 두 가지 방법이 있다. 제조된 금속주입목재복합체는 두꺼울 경우 그대로 마루판으로 사용하고 얇은 금속주입목재복합체는 목재, 합판, 섬유판 등 목질재료 위에 오버레이 적층 접착시켜 마루판 또는 테크재로 사용할 수 있다. 기존의 목질마루판에서 사용하고 있는 친환경 접착제와 도료를 그대로 사용할 수 있다. 따라서 인체에 무해한 저온용융합금을 목재에 주입한 금속의 량 즉 중량증가율에 따라 목재의 특성인 목재의 아름다운 무늬를 살리면서도 주입 금속의 특성으로 인하여 경도와 휨강도 및 내마모성과 내화성이 크게 향상되고 무엇보다도 치수안정성이 높고 변색, 박리, 휘고 갈라지고 터짐이 없으며 열전도도와 높은 원적외선 방사율을 동시에 구비하는 새로운 특성을 갖추면서 최소 2배에서 최대 6.4배의 수명을 갖는 고기능성의 금속주입목재 복합체를 제조할 수 있게 되는 것이다. 이하 실시 예를 통하여 본 발명을 설명하고자 한다.

발명의 효과

[0011] 상기와 같은 본원발명은 목질온돌마루판의 가장 문제점인 습기와 열의 충격으로 인한 변색, 박리, 부풀음, 갈라짐과 터짐 등의 결점이 발생하는데 치수안정이 매우 높고 두께 팽윤율이 아주 낮아 이러한 결점이 발생하지 않을뿐더러 휨강도, 경도, 내마모성, 내화성, 열전도도등이 매우 높아져 새로운 고성능을 부여하게 되며 목재가 갖는 천연무늬의 장점을 그대로 간직하면서 동시에 목재의 높은 원적외선 방사율을 그대로 유지하는 가장 이상적인 마루판을 제조하게 된다.

[0012] 따라서 본 발명은 주건 환경의 온돌마루판과 벽재로서 충분히 활용될 수 있으며 복사가열시스템을 위한 고성능 금속주입목재복합체와 금속주입목재복합체와목질재료의 적층마루판의 제조 기술이 국내의 경제 사회 발전에 크게 이바지함은 물론 중국 일본을 비롯한 구미 각국에 수출하여 온돌의 세계화에 부응하며 마루판의 수명을 획기적으로 3배 이상 늘려 탄소 고정능력을 최소 3배 이상 늘리는 효과를 가져 오면서 세계 경제 발전에도 크게 기여할 것이다. 온돌바닥난방시스템은 에너지소모가 적고 열효율이 우수하며 인체에 쾌적하여 ISO 워킹 그룹에 복사난방시스템에 한국의 온돌을 제안하면서 구체화되기 시작하여 2008년 3월에 NP에 채택됨으로 '온돌의 국제표준화'를 굳히게 되었다. Olesen (2002, ASHRAE.J.)은 세계에서 한국이 중주국으로 90%이상의 주거용 건물이 온돌구조를 사용하는 것으로 이 해외에 소개하고 있으며 최근에 독일, 오스트리아, 덴마크등은 최근 주거용 건물의 30-50%를 온돌 구조를 설치하고 있어 매우 빠른 속도로 온돌바닥난방방식이 채택되고 있어 전파속도가 매우 빠르게 전개되고 있다. 따라서 본원의 개발은 온돌의 세계화에 부응하여 사회, 문화적으로 그 파급 효과는 매우 크다 할 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0013] 도 1은 금속주입처리된 Walnut 목재의 중앙 중심부(왼쪽 그림: 부분주입 오른쪽 그림:완전주입)한 사진이다.
- 도 2는 저온용융합금 주입 윌넛의 전자현미경사진으로 상의 좌: 부분 주입된 부분의 접선단면, 상의 우:부분 주입된 부분의 반경단면, 중간의 좌: 완전주입된 부분과 부분주입된 부분의 경계영역의 횡단면, 중간의 우: 완전 주입된 영역의 도관과 목섬유의 횡단면, 하의 좌: 금속주입 목섬유의 고배율 횡단면, 하의 우: 완전주입된 부분의 접선단면을 나타낸다.
- 도 3은 저온용융합금 주입 radiata pine의 전자현미경사진으로 상의 좌: 조재와 만재의 경계 영역의 횡단면, 상의 우:연륜경계의 확대 사진, 중간의 좌: 저온용융합금이 주입된 가도관의 반경단면, 중간의 우: 가도관 벽공구를 메꾼 금속의 모습, 하의 좌: 금속이 주입된 파인의 접선단면, 하의 우: 벽공분야에 일부 주입된 금속과 벽공구로 빠져 나가면서 원주상으로 된 금속의 모습을 나타낸다.
- 도 4는 금속주입처리 전후의 목재 무늬 및 색상을 나타낸 것이다.
- 도 5는 내화 성능평가 과정별 목재의 변화를 나타낸 사진이다.
- 도 6은 금속주입한 물푸레나무를 도장하지 않은 것(맨위)과 합판(맨밑)에 접착 후 도장한 금속주입물푸레나무(중간)의 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

실시예 1

- [0014] BiSn주입목재복합체의 제조 조건에 따른 물리적인 성질 및 기계적인 성질
- [0015] 비스머스(Bi:용점 271.5℃)와 주석(Sn: 용점 232.06 ℃)을 사용하여 Bi:Sn의 중량비로 58:42로 합금하면 용융온도가 138℃가 되었다. 감압가압처리장치내에 가열에 의하여 미리 용융된 인체에 무해한 저온용융합금의 액체를 처리조에 유입하고 목재가 잠기도록 누름 장치를 사용하여 처리조의 금속액체에 목재가 잠기도록 하고 챔버의 문을 닫고 적정한 온도로 유지하도록 가열하면서 진공펌프에 의하여 감압을 하여 목재내의 공기를 제거(배기: 600-700mm Hg)한 후에 다시 가압(10-70kgf/cm²)을 하여 목재 내에 액체상태의 저온용융합금을 주입한다. 주입이 목적대로 완료되면 해압하고 챔버의 문을 열고 처리조의 누름 장치를 위로 올려 목재를 처리조의 액체금속으로부터 꺼내면서 표면에 묻어 있는 금속을 가열브레이드로 긁어내어 처리조에 다시 돌려보낸다. 가압챔버내의 처리조로부터 밖으로 나온 금속주입목재복합체는 냉각되고 샌딩을 하여 표면을 다듬으면 금속주입목재복합체의 제조는 완료된다.
- [0016] 표 1-12는 BiSn주입목재복합체의 제조 조건에 따른 수종별 성질의 변화를 알아보기 위하여, 물리적인 성질로서 밀도, 함수율, 흡수율, 두께 팽윤율, 전기 저항, 열전도도를 측정하였으며, 기계적인 성질로서는 중량증가율, 휨강도, 휨영계수, 경도, 부피마모도등을 실시한 결과이다. 시험을 위한 마루판 수종의 크기는 현장에서 사용하는 900mm×90mm(길이×폭)를 사용하였다.
- [0017] 표 1에서 12까지에 나타난 적정제조조건은 수종에 따라 달리 나타났는데 적정압력의 경우 radiata pine은 10kgf/cm², 30kgf/cm², 50kgf/cm²의 압력 중에서 표1, 표2, 표9 및 표10에서 보는 바와 같이 5(표10)-10kgf/cm²(표2)이면 금속주입 중량증가율이 무처리재의 12배 정도에 달하였으며 이 정도의 압력이면 충분하였고, walnut와 red oak는 30kgf/cm²이 적정한 것으로 나타났다(표3-표6). white oak는 50kgf/cm² (표7-표8)이 제일 좋았다. 적정온도는 온돌바닥재의 가온에 견딜 수 있는 온도 이상으로서 합금의 용융온도이상의 온도를 택하여야 하는데 목재에 열화를 가져오는 200℃ 이하여야 한다. 표9와 표10에서 보는 바와 같이 163℃, 173℃, 186℃의 처리 온도간의 차는 없었으며 적정처리시간은 진공처리시간은 5분보다 10분이 좋았고 적정가압시간은 수종에 따라 표1처럼 금속주입량의 차이가 나타났는데 radiata pine은 2분30초, walnut, red oak 및 white oak는 10분이 제일 좋았다.
- [0018] 제조된 금속주입목재복합체의 성질은 금속의 주입량에 따라 표1-표12에서 보는바와 같이 밀도가 크게 증가하였고 함수율, 흡수율, 두께팽윤율은 크게 감소하여 치수안정성이 매우 높아졌다. 예를 들면 radiata pine의 경우 밀도는 10kgf/cm²의 압력에 가압시간 2분30초의 경우 밀도는 무처리의 0.41로부터 6.13g/cm³으로 15.4배 증가하였으며 중량증가율은 1290%로 증가함에 따라 휨강도는 84N/mm²에서 186.8N/mm²로, 휨영율은 9009N/mm²에서 15853N/mm²으로, 경도는 11.57에서 51.06으로 증가하였으며 표면이 단단하여짐에 따라 부피마모도는 0.415에서 0.116cm³으로

로 감소되어 마모 수명이 3.6배 증가 되었다. 흡수율은 148.3%에서 5.47%로 대폭 감소하였고 두께 팽윤율은 4.39%에서 0.69%로 크게 감소되어 마루판의 생명인 치수안정성이 매우 크게 향상되었다. 다른 수종에서도 마찬가지로의 결과를 나타내었다.

표 1

BiSn주입목재복합체(5mm, *Radiata pine*)의 물리적인 성질

처리 방법*1	밀도 (g/cm ³)		함수율 (%)		흡수율 (%)		두께 팽윤율(%)		열전도도 (W/mK)		전기 저항 (Ω)	
	mean ± SD	DUN *2	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN
무처리	0.41 ± 0.01	A	12.12 ± 0.596	C	148.27 ± 24.26	B	4.39 ± 0.21	B	0.026 ± 0.010	A	×	
10kgf/cm ² -186℃-10분-2분30초	6.13 ± 0.09	C	0.67 ± 0.05	B	5.47 ± 0.88	A	0.69 ± 0.33	A	0.910 ± 0.045	D	1.46 ± 1.64	A
10kgf/cm ² -186℃-10분-10분	5.91 ± 0.15	BC	0.28 ± 0.02	A	2.54 ± 0.09	A	0.52 ± 0.30	A	0.844 ± 0.008	C	0.40 ± 0.14	A
30kgf/cm ² -186℃-10분-6분30초	5.96 ± 0.23	BC	0.30 ± 0.02	A	2.30 ± 0.21	A	0.73 ± 0.31	A	0.794 ± 0.021	B	0.10 ± 0.07	A
30kgf/cm ² -186℃-10분-10분	6.03 ± 0.10	BC	0.43 ± 0.09	AB	2.97 ± 0.18	A	0.75 ± 0.27	A	0.893 ± 0.020	D	0.33 ± 0.04	A
50kgf/cm ² -186℃-10분-10분	5.83 ± 0.19	B	0.32 ± 0.08	A	2.71 ± 0.11	A	0.91 ± 0.24	A	0.903 ± 0.030	D	0.16 ± 0.02	A
30kgf/cm ² -186℃-5분-6분30초	5.92 ± 0.14	BC	0.28 ± 0.04	A	2.65 ± 0.08	A	1.02 ± 0.02	A	0.906 ± 0.033	D	0.23 ± 0.18	A
P-Value: * 0.1, ** 0.05, *** 0.01를 표시함												

*1: 무처리는 금속주입처리를 하지 않은 원재료인 수종을 나타냄

처리조건의 표기방법은 첫 번째가 압력 - 온도 - 진공시간 - 가압시간의 순서로 표시함.

*2: Duncan's new Multiple Range test

표 2

BiSn주입목재복합체(5mm, *Radiata pine*)의 기계적인 성질

처리 방법*1	중량증가율(%)		휨강도(N/mm ²)		휨영계수(N/mm ²)		경도(N/mm ²)		부피마모도(cm ³)	
	mean ± SD	DUN *2	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN
무처리			84.0 ± 3.0	A	9009 ± 154	A	11.57 ± 0.34	A	0.415 ± 0.010	E
10kgf/cm ² -186℃-10분-2분30초	1290.08 ± 19.75	C	186.8 ± 12.1	B	15853 ± 5423	B	51.06 ± 4.18	BC	0.116 ± 0.002	A
10kgf/cm ² -186℃-10분-10분	1244.06 ± 32.25	BC	178.6 ± 9.6	B	21493 ± 1158	C	53.48 ± 7.96	BC	0.208 ± 0.005	D
30kgf/cm ² -186℃-10분-6분30초	1270.83 ± 48.56	C	223.9 ± 5.2	C	22895 ± 1195	BC	47.56 ± 2.82	B	0.144 ± 0.005	B
30kgf/cm ² -186℃-10분-10분	1194.05 ± 19.41	B	205.7 ± 4.7	BC	24025 ± 1298	BC	57.50 ± 11.40	BC	0.162 ± 0.003	C
50kgf/cm ² -186℃-10분-10분	1268.59 ± 41.51	C	195.2 ± 45.6	BC	26350 ± 2428	C	66.02 ± 10.18	C	0.118 ± 0.004	A
30kgf/cm ² -186℃-5분-6분30초	1100.27 ± 25.56	A	213.0 ± 12.2	BC	26017 ± 1352	BC	60.11 ± 15.87	BC	0.199 ± 0.005	D
P-Value: * 0.1, ** 0.05, *** 0.01를 표시함										

[0024] *1: 무처리는 금속주입처리를 하지 않은 원재료인 수종을 나타냄

[0025] 처리조건의 표기방법은 첫 번째가 압력 - 온도 - 진공시간 - 가압시간의 순서로 표시함.

[0026] *2: Duncan's new Multiple Range test

표 3

[0027] BiSn주입목재복합체(5mm, Walnut)의 물리적인 성질

처리 방법*1	밀도(g/cm ³) F=154.559***		함수율(%) F=227.958***		흡수율(%) F=35.592***		두께 팽윤율(%) F=88.510***		열전도도 (W/mK) F=334.189***		전기 저항(Ω) F=942.084***	
	mean ± SD	DUN *2	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN
무처리	0.59 ± 0.023	A	12.02 ± 0.294	C	27.91 ± 5.85	C	6.81 ± 0.72	C	0.048 ± 0.018	A	×	
10kgf/cm ² -186℃-10분-2분30초	2.61 ± 0.12	B	0.88 ± 0.23	A	5.69 ± 1.33	AB	0.99 ± 0.58	A	0.212 ± 0.016	B	3.27 ± 2.19	A
10kgf/cm ² -186℃-10분-10분	2.60 ± 0.18	B	1.53 ± 1.24	AB	9.34 ± 3.71	B	1.78 ± 0.28	B	0.455 ± 0.044	E	11.16 ± 5.71	A
30kgf/cm ² -186℃-10분-6분30초	3.76 ± 0.28	C	0.15 ± 0.02	A	1.85 ± 0.17	A	0.64 ± 0.10	A	0.387 ± 0.003	D	3.91 ± 0.16	A
30kgf/cm ² -186℃-10분-10분	4.31 ± 0.20	D	0.11 ± 0.02	A	2.13 ± 0.25	A	0.87 ± 0.05	A	0.574 ± 0.016	F	0.49 ± 0.19	A
50kgf/cm ² -186℃-10분-10분	4.43 ± 0.24	D	0.08 ± 0.01	A	1.33 ± 0.03	A	0.54 ± 0.31	A	0.781 ± 0.023	G	0.36 ± 0.12	A
30kgf/cm ² -186℃-5분-6분30초	2.43 ± 0.14	B	0.53 ± 0.36	A	3.99 ± 1.64	A	1.15 ± 0.37	AB	0.310 ± 0.019	C	291.68 ± 11.77	B
P-Value: * 0.1, ** 0.05, *** 0.01를 표시함												

[0028] *1: 무처리는 금속주입처리를 하지 않은 원재료인 수종을 나타냄

[0029] 처리조건의 표기방법은 첫 번째가 압력 - 온도 - 진공시간 - 가압시간의 순서로 표시함.

[0030] *2: Duncan's new Multiple Range test

표 4

[0031] BiSn주입목재복합체(5mm, Walnut)의 기계적인 성질

처리 방법*1	중량증가율(%) F=109.133***		휨강도(N/mm ²) F=6.070**		휨영계수(N/mm ²) F=8.256***		경도(N/mm ²) F=218.427***		부피마모도(cm ³) F=102.645***	
	mean ± SD	DUN *2	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN
무처리			131.8 ± 16.3	A	13570 ± 991	A	18.18 ± 0.70	A	0.424 ± 0.014	D
10kgf/cm ² -186℃-10분-2분30초	331.12 ± 15.43	B	152.2 ± 36.4	A	14048 ± 2361	A	41.61 ± 2.73	B	0.349 ± 0.016	C
10kgf/cm ² -186℃-10분-10분	295.81 ± 20.34	AB	143.1 ± 30.7	A	14472 ± 1107	AB	69.65 ± 0.54	D	0.247 ± 0.018	B
30kgf/cm ² -186℃-10분-6분30초	531.48 ± 39.21	C	194.3 ± 12.0	B	16997 ± 1559	BC	78.98 ± 2.76	E	0.243 ± 0.018	B

30kgf/cm ² -186℃-10분-10분	579.31 ± 26.71	D	192.3 ± 11.3	B	15551 ± 882	AB	94.03 ± 7.11	F	0.209 ± 0.010	A
50kgf/cm ² -186℃-10분-10분	612.58 ± 33.79	D	208.6 ± 15.6	B	19174 ± 1089	C	96.67 ± 3.46	F	0.201 ± 0.011	A
30kgf/cm ² -186℃-5분-6분30초	261.52 ± 15.42	A	192.3 ± 10.9	B	19146 ± 1360	C	50.56 ± 1.37	C	0.409 ± 0.024	D
P-Value: * 0.1, ** 0.05, *** 0.01를 표시함										

*1: 무처리는 금속주입처리를 하지 않은 원재료인 수종을 나타냄

처리조건의 표기방법은 첫 번째가 압력 - 온도 - 진공시간 - 가압시간의 순서로 표시함.

*2: Duncan's new Multiple Range test

표 5

BiSn주입목재복합체(5mm, Red Oak)의 물리적인 성질

처리 방법*1	밀도(g/cm ³) F=166.785***		함수율(%) F=3469.911***		흡수율(%) F=890.882***		두께 팽윤율(%) F=99.005***		열전도도 (W/mK) F=595.995***		전기 저항(Ω) F=45.432***	
	mean ± SD	DUN *2	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN
무처리	0.58 ± 0.040	A	8.92 ± 0.350	D	32.83 ± 0.80	D	4.48 ± 0.10	B	0.090 ± 0.004	A	×	
10kgf/cm ² -186℃-10분-2분30초	2.06 ± 0.22	B	0.82 ± 0.04	BC	7.19 ± 0.35	C	1.37 ± 0.20	A	0.253 ± 0.002	C	22.73 ± 3.22	D
10kgf/cm ² -186℃-10분-10분	2.43 ± 0.14	C	0.66 ± 0.14	B	7.67 ± 0.65	C	1.36 ± 0.30	A	0.292 ± 0.011	D	8.00 ± 0.85	BC
30kgf/cm ² -186℃-10분-6분30초	2.44 ± 0.14	C	0.87 ± 0.05	C	8.30 ± 0.55	C	1.41 ± 0.19	A	0.220 ± 0.015	B	9.88 ± 1.77	C
30kgf/cm ² -186℃-10분-10분	3.61 ± 0.13	E	0.24 ± 0.05	A	2.56 ± 1.02	A	1.05 ± 0.36	A	0.454 ± 0.012	F	0.65 ± 0.35	A
50kgf/cm ² -186℃-10분-10분	3.19 ± 0.13	D	0.39 ± 0.04	A	3.84 ± 0.16	B	1.22 ± 0.06	A	0.392 ± 0.002	E	3.61 ± 1.26	AB
P-Value: * 0.1, ** 0.05, *** 0.01를 표시함												

*1: 무처리는 금속주입처리를 하지 않은 원재료인 수종을 나타냄

처리조건의 표기방법은 첫 번째가 압력 - 온도 - 진공시간 - 가압시간의 순서로 표시함.

*2: Duncan's new Multiple Range test

표 6

BiSn주입목재복합체(5mm, Red Oak)의 기계적인 성질

처리 방법*1	중량증가율(%) F=97.851***		휨강도(N/mm ²) F=3.018*		휨영계수(N/mm ²) F=29.998***		경도(N/mm ²) F=35.98***		부피마모도(cm ³) F=56.074***	
	mean ± SD	DUN *2	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN
무처리			169.3 ± 8.8	A	15256 ± 774	A	25.66 ± 0.99	A	0.412 ± 0.011	D

10kgf/cm ² -186℃-10분-2분30초	206.48 ± 22.07	A	174.2 ± 6.1	A	17071 ± 209	B	35.18 ± 2.98	B	0.359 ± 0.021	C
10kgf/cm ² -186℃-10분-10분	287.72 ± 16.11	B	177.6 ± 10.9	AB	17683 ± 525	BC	45.46 ± 0.46	C	0.309 ± 0.031	B
30kgf/cm ² -186℃-10분-6분30초	314.20 ± 17.53	B	185.2 ± 8.4	AB	18771 ± 465	CD	56.76 ± 1.31	D	0.209 ± 0.012	A
30kgf/cm ² -186℃-10분-10분	479.34 ± 16.84	D	204.5 ± 33.1	B	19904 ± 613	DE	71.18 ± 9.65	E	0.283 ± 0.010	B
50kgf/cm ² -186℃-10분-10분	448.63 ± 17.73	D	205.7 ± 7.5	B	20852 ± 971	E	60.55 ± 6.20	D	0.232 ± 0.009	A
P-Value: * 0.1, ** 0.05, *** 0.01를 표시함										

*1: 무처리는 금속주입처리를 하지 않은 원재료인 수종을 나타냄

처리조건의 표기방법은 첫 번째가 압력 - 온도 - 진공시간 - 가압시간의 순서로 표시함.

*2: Duncan's new Multiple Range test

표 7

BiSn주입목재복합체(5mm, White Oak)의 물리적인 성질

처리 방법*1	밀도(g/cm ³) F=405.727***		함수율(%) F=2498.135***		흡수율(%) F=2342.745***		두께 팽윤율(%) F=174.95***		열전도도 (W/nK) F=38.006***		전기 저항(Ω) F=142.36***	
	mean ± SD	DUN *2	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN
무처리	0.68 ± 0.069	A	9.47 ± 0.348	E	21.20 ± 0.44	E	4.76 ± 0.28	C	0.130 ± 0.004	A	×	
10kgf/cm ² -186℃-10분-2분30초	1.18 ± 0.09	B	2.56 ± 0.14	D	16.68 ± 0.21	D	2.37 ± 0.19	B	0.162 ± 0.000	A	×	
10kgf/cm ² -186℃-10분-10분	2.22 ± 0.10	C	0.48 ± 0.09	B	5.36 ± 0.24	C	1.34 ± 0.13	A	0.272 ± 0.028	BC	×	
30kgf/cm ² -186℃-10분-6분30초	2.25 ± 0.15	C	0.70 ± 0.11	C	5.70 ± 0.15	C	1.21 ± 0.08	A	0.239 ± 0.023	B	×	
30kgf/cm ² -186℃-10분-10분	3.79 ± 0.12	D	0.30 ± 0.11	AB	3.32 ± 0.31	A	1.37 ± 0.23	A	0.280 ± 0.016	C	58.15 ± 3.18	
50kgf/cm ² -186℃-10분-10분	3.94 ± 0.14	D	0.24 ± 0.08	A	3.84 ± 0.16	B	1.13 ± 0.10	A	0.301 ± 0.027	C	115.00 ± 5.94	
P-Value: * 0.1, ** 0.05, *** 0.01를 표시함												

*1: 무처리는 금속주입처리를 하지 않은 원재료인 수종을 나타냄

처리조건의 표기방법은 첫 번째가 압력 - 온도 - 진공시간 - 가압시간의 순서로 표시함.

*2: Duncan's new Multiple Range test

표 8

BiSn주입목재복합체(5mm, White Oak)의 기계적인 성질

처리 방법*1	중량증가율(%) F=607.661***		휨강도(N/mm ²) F=28.133***		휨영계수(N/mm ²) F=80.078***		경도(N/mm ²) F=84.934***		부피마모도(cm ³) F=61.977***	
	mean ± SD	DUN *2	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN

무처리			119.2 ± 4.8	A	11565 ± 398	A	18.17 ± 1.97	A	0.443 ± 0.019	E
10kgf/cm ² -186 ℃-10분-2분30초	62.71 ± 4.84	A	122.3 ± 7.9	A	12011 ± 996	A	24.09 ± 1.87	AB	0.421 ± 0.053	E
10kgf/cm ² -186 ℃-10분-10분	208.89 ± 9.32	B	147.2 ± 20.1	A	13801 ± 977	B	33.53 ± 5.90	B	0.290 ± 0.020	D
30kgf/cm ² -186 ℃-10분-6분30초	364.92 ± 11.34	C	197.4 ± 31.5	B	18709 ± 1251	C	49.34 ± 0.39	C	0.235 ± 0.007	C
30kgf/cm ² -186 ℃-10분-10분	441.49 ± 14.14	D	225.8 ± 9.7	B	20829 ± 1190	D	90.02 ± 11.70	D	0.206 ± 0.006	AB
50kgf/cm ² -186 ℃-10분-10분	480.39 ± 17.50	E	265.8 ± 26.6	C	23569 ± 729	E	95.38 ± 7.62	D	0.173 ± 0.006	A
P-Value: * 0.1, ** 0.05, *** 0.01를 표시함										

[0048] *1: 무처리는 금속주입처리를 하지 않은 원재료인 수종을 나타냄

[0049] 처리조건의 표기방법은 첫 번째가 압력 - 온도 - 진공시간 - 가압시간의 순서로 표시함.

[0050] *2: Duncan's new Multiple Range test

표 9

[0051] BiSn주입목재복합체(10mm, **Radiata pine**)의 물리적인 성질

처리 방법*1	밀도(g/cm ³) F=74.725***		함수율(%) F=762.279***		흡수율(%) F=1479.891***		두께 팽윤율(%) F=36.549***		열전도도 (W/mK) F=10.348***		전기 저항(Ω) F=0.781	
	mean ± SD	DUN *2	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN
무처리	0.41 ± 0.018	A	11.99 ± 0.864	A	83.77 ± 1.64	D	4.69 ± 0.71	C	0.026 ± 0.010	A	×	
5kgf/cm ² -186℃-10 분-1분30초	5.77 ± 0.20	BC	0.24 ± 0.01	B	1.78 ± 0.17	A	1.39 ± 0.32	B	1.128 ± 0.092	B	0.565 ± 0.233	A
10kgf/cm ² -186 ℃-10분-2분30초	5.61 ± 0.27	BC	0.17 ± 0.01	B	1.38 ± 0.35	A	0.76 ± 0.26	AB	1.221 ± 0.035	B	0.440 ± 0.014	A
20kgf/cm ² -186 ℃-10분-4분30초	5.41 ± 0.15	B	0.15 ± 0.01	B	1.53 ± 0.39	A	0.63 ± 0.34	A	1.236 ± 0.036	B	0.640 ± 0.269	A
30kgf/cm ² -186 ℃-10분-6분30초	5.58 ± 0.22	BC	0.16 ± 0.001	B	1.31 ± 0.50	A	0.89 ± 0.15	AB	1.328 ± 0.033	B	0.275 ± 0.035	A
50kgf/cm ² -163 ℃-10분-10분	5.96 ± 0.20	C	0.01 ± 0.001	B	2.95 ± 0.76	AB	1.23 ± 0.08	AB	1.404 ± 0.539	B	0.230 ± 0.001	A
50kgf/cm ² -173 ℃-10분-10분	5.59 ± 0.35	BC	0.02 ± 0.001	B	2.36 ± 0.25	AB	1.06 ± 0.17	AB	1.286 ± 0.046	B	0.528 ± 0.145	A
50kgf/cm ² -186 ℃-10분-10분	5.83 ± 0.28	BC	0.04 ± 0.001	B	2.23 ± 0.23	AB	0.73 ± 0.10	AB	1.359 ± 0.140	B	0.400 ± 0.001	A
50kgf/cm ² -163 ℃-11분-10분	5.92 ± 0.24	C	0.03 ± 0.001	B	5.87 ± 1.06	C	0.77 ± 0.45	AB	1.276 ± 0.368	B	1.050 ± 1.061	A
50kgf/cm ² -173 ℃-11분-10분	5.93 ± 0.36	C	0.04 ± 0.001	B	4.23 ± 2.77	BC	0.82 ± 0.29	AB	1.141 ± 0.039	B	0.330 ± 0.001	A
50kgf/cm ² -186 ℃-11분-10분	5.51 ± 0.24	BC	0.05 ± 0.001	B	2.37 ± 0.17	AB	0.63 ± 0.13	A	1.152 ± 0.038	B	0.525 ± 0.361	A
P-Value: * 0.1, ** 0.05, *** 0.01를 표시함												

[0052] *1: 무처리는 금속주입처리를 하지 않은 원재료인 수종을 나타냄

[0053] 처리조건의 표기방법은 첫 번째가 압력 - 온도 - 진공시간 - 가압시간의 순서로 표시함.

[0054] *2: Duncan's new Multiple Range test

표 10

[0055] BiSn주입목재복합체(10mm, **Radiata pine**)의 기계적인 성질

처리 방법*1	중량증가율(%) F=3.134**		휨강도(N/mm ²) F=13.38***		휨영계수(N/mm ²) F=22.724***		경도(N/mm ²) F=17.123***	
	mean ± SD	DUN *2	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN
무처리			90.0 ± 1.1	A	8152 ± 129	A	11.80 ± 0.32	A
5kgf/cm ² -186 ℃-10분-1분30초	1196.33 ± 40.89	A	178.6 ± 14.8	BCD	20197 ± 1123	DE	70.89 ± 7.08	C
10kgf/cm ² -186 ℃-10분-2분30초	1210.15 ± 59.06	A	211.4 ± 17.7	E	22529 ± 1640	DE	79.13 ± 3.16	C
20kgf/cm ² -186 ℃-10분-4분30초	1208.17 ± 33.00	A	204.4 ± 23.8	DE	21344 ± 2109	DE	79.15 ± 8.96	C
30kgf/cm ² -186 ℃-10분-6분30초	1254.31 ± 50.73	A	202.4 ± 18.3	DE	21668 ± 1074	DE	84.47 ± 2.79	C
50kgf/cm ² -163 ℃-10분-10분	1293.20 ± 43.65	A	153.8 ± 9.6	B	16184 ± 1868	B	50.03 ± 9.94	B
50kgf/cm ² -173 ℃-10분-10분	1230.48 ± 79.92	A	180.8 ± 12.2	BCDE	19448 ± 594	CD	71.25 ± 9.38	C
50kgf/cm ² -186 ℃-10분-10분	1287.95 ± 64.48	A	151.9 ± 19.0	B	17323 ± 1204	BC	82.82 ± 19.11	C
50kgf/cm ² -163 ℃-11분-10분	1289.84 ± 52.57	A	162.2 ± 4.5	BC	15409 ± 722	B	69.93 ± 6.30	C
50kgf/cm ² -173 ℃-11분-10분	1249.69 ± 75.18	A	187.2 ± 29.1	CDE	18909 ± 1869	CD	74.31 ± 9.54	C
50kgf/cm ² -186 ℃-11분-10분	1251.87 ± 55.93	A	195.0 ± 5.2	DE	20468 ± 2288	DE	82.12 ± 5.63	C
P-Value: * 0.1, ** 0.05, *** 0.01를 표시함								

[0056] *1: 무처리는 금속주입처리를 하지 않은 원재료인 수종을 나타냄

[0057] 처리조건의 표기방법은 첫 번째가 압력 - 온도 - 진공시간 - 가압시간의 순서로 표시함.

[0058] *2: Duncan's new Multiple Range test

표 11

[0059] BiSn주입목재복합체(10mm, **Walnut**)의 물리적인 성질

처리 방법*1	밀도(g/cm ³) F=75.569***		함수율(%) F=1795.005***		흡수율(%) F=239.390***		두께 팽윤율(%) F=106.939***		열전도도 (W/mK) F=114.667***		전기 저항(Ω) F=708.255***	
	mean ± SD	DUN *2	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN
무처리	0.57 ± 0.031	A	12.50 ± 0.387	E	33.57 ± 1.02	D	6.72 ± 0.59	E	0.048 ± 0.018	A	×	

10kgf/cm ² -186 ℃-10분-2분30초	1.22 ± 0.24	B	1.03 ± 0.22	D	11.64 ± 1.58	C	3.82 ± 0.47	D	0.058 ± 0.003	A	49.350 ± 0.212	D
20kgf/cm ² -186 ℃-10분-4분30초	2.65 ± 0.44	C	0.42 ± 0.04	C	5.62 ± 2.35	B	1.87 ± 0.10	C	0.113 ± 0.007	A	3.975 ± 0.177	BC
30kgf/cm ² -186 ℃-10분-6분30초	3.64 ± 0.26	D	0.13 ± 0.01	ABC	1.65 ± 0.34	A	1.15 ± 0.11	AB	0.256 ± 0.021	B	1.010 ± 0.198	A
50kgf/cm ² -163 ℃-10분-10분	3.72 ± 0.27	DE	0.37 ± 0.03	BC	2.83 ± 1.00	A	1.47 ± 0.11	BC	0.257 ± 0.066	B	2.010 ± 0.905	AB
50kgf/cm ² -173 ℃-10분-10분	4.03 ± 0.35	DE	0.08 ± 0.01	AB	1.39 ± 0.39	A	0.73 ± 0.06	A	0.786 ± 0.036	D	2.440 ± 0.693	ABC
50kgf/cm ² -186 ℃-10분-10분	3.82 ± 0.22	DE	0.13 ± 0.01	ABC	1.22 ± 0.32	A	1.03 ± 0.16	AB	0.669 ± 0.047	C	3.685 ± 1.959	BC
50kgf/cm ² -163 ℃-11분-10분	4.05 ± 0.24	DE	0.05 ± 0.001	A	0.97 ± 0.04	A	0.59 ± 0.34	A	0.677 ± 0.104	C	0.565 ± 0.092	A
50kgf/cm ² -173 ℃-11분-10분	4.17 ± 0.15	DE	0.05 ± 0.001	A	2.63 ± 1.13	A	0.77 ± 0.46	A	0.771 ± 0.014	D	1.390 ± 0.156	A
50kgf/cm ² -186 ℃-11분-10분	3.90 ± 0.17	DE	0.33 ± 0.001	ABC	2.48 ± 0.84	A	0.80 ± 0.20	A	0.295 ± 0.038	B	4.300 ± 0.990	C
P-Value: * 0.1, ** 0.05, *** 0.01를 표시함												

*1: 무처리하는 금속주입처리를 하지 않은 원재료인 수종을 나타냄

처리조건의 표기방법은 첫 번째가 압력 - 온도 - 진공시간 - 가압시간의 순서로 표시함.

*2: Duncan's new Multiple Range test

표 12

BiSn주입복합체(10mm, Walnut)의 기계적인 성질

처리 방법*1	중량증가율(%) F=56.027***		휨강도(N/mm ²) F=5.892***		휨영계수(N/mm ²) F=6.287***		경도(N/mm ²) F=29.536***	
	mean ± SD	DUN *2	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN
무처리			89.2 ± 4.0	A	8141 ± 970	A	18.20 ± 1.42	A
10kgf/cm ² -186 ℃-10분-2분30초	135.07 ± 28.62	A	110.1 ± 14.4	AB	9648 ± 617	A	18.94 ± 0.84	A
20kgf/cm ² -186 ℃-10분-4분30초	278.96 ± 45.03	B	149.9 ± 31.6	BC	14718 ± 582	B	41.98 ± 1.78	B
30kgf/cm ² -186 ℃-10분-6분30초	533.65 ± 38.16	C	189.5 ± 7.3	CD	16831 ± 2565	BC	56.59 ± 4.26	B
50kgf/cm ² -163 ℃-10분-10분	524.27 ± 39.17	C	187.8 ± 21.1	CD	16418 ± 3041	BC	82.67 ± 18.49	C
50kgf/cm ² -173 ℃-10분-10분	510.37 ± 42.91	C	150.0 ± 71.3	BC	16004 ± 4760	BC	83.89 ± 11.83	C
50kgf/cm ² -186 ℃-10분-10분	530.23 ± 31.88	C	186.0 ± 9.4	CD	20898 ± 3414	C	84.66 ± 6.31	C
50kgf/cm ² -163 ℃-11분-10분	570.72 ± 32.76	C	176.8 ± 3.1	CD	15695 ± 3540	B	78.22 ± 6.99	C
50kgf/cm ² -173 ℃-11분-10분	570.92 ± 21.33	C	200.6 ± 28.1	CD	16226 ± 1054	BC	79.24 ± 7.86	C
50kgf/cm ² -186 ℃-11분-10분	530.89 ± 22.60	C	205.0 ± 6.5	D	17654 ± 1039	BC	81.85 ± 9.23	C
P-Value: * 0.1, ** 0.05, *** 0.01를 표시함								

[0064] *1: 무처리는 금속주입처리를 하지 않은 원재료인 수종을 나타냄

[0065] 처리조건의 표기방법은 첫 번째가 압력 - 온도 - 진공시간 - 가압시간의 순서로 표시함.

[0066] *2: Duncan's new Multiple Range test

실시예 2

[0067] BiSnIn주입목재복합체의 제조 및 용융점

[0068] 인체에 안전한 3종의 금속, 비스머스(Bi:용점 271.5℃), 주석(Sn:용점 232.06℃), 인듐(In:용점 156.76℃)을 중량비로 57.5:17.3:25.2 (Bi:Sn:In)로 조성한 합금은 용융점이 78.8℃로 나타나고 조성비가 58:27:15이면 용융점이 90.5℃, 58:32:10이면 용융점이 99℃, 58:37:5℃이면 용융점이 119℃를 나타내었다.

실시예 3

[0069] BiSnIn주입목재복합체(5mm, Walnut)의 제조 조건에 따른 물리적인 성질 및 기계적인 성질

[0070] 실시예 1에서와 같은 방법으로 실험을 하였다. 비스머스(Bi:용점 271.5℃), 주석(Sn:용점 232.06℃), 인듐(In:용점 156.76℃)의 3종 금속조성을 중량비로 57.5:17.3:25.2 (Bi:Sn:In)로 한 합금(용융점:78.8℃)을 제조조건에 따라 실시하였다. BiSnIn주입목재복합체(5mm)의 제조 조건에 따른 특성을 알아보기 위하여, 물리적인 성질로서 밀도, 함수율, 흡수율, 두께팽윤율, 전기 저항, 열전도도 실험을 실시하였으며, 기계적인 성질로서 중량증가율, 휨강도, 휨영계수, 경도, 부피마모도를 측정하였다. 실시 예 3에서는 수종을 Walnut으로 하여 압력 50kgf/cm² 진공시간 10분 가압시간 10분으로 하여 처리온도를 186℃, 142℃, 103℃로 각기 제조하였으며, 무처리 는 금속주입처리를 하지 않은 원재료인 수종을 나타낸다. 표 14에서 보는바와 같이 중량증가율은 186℃나 142℃ 에서 대조구보다 669%, 678%로 동일한 결과를 가져왔으나 기타 성질이 186℃의 처리가 우수한 것으로 나타났다 (표13, 표14). 즉 50kgf/cm²-압력 50kgf/cm²- 진공시간 10분- 가압시간 10분의 3종 BiSnIn주입목재복합체의 성질 은 669%의 중량증가로 밀도가 0.58g/cm³에서 4.78g/cm³로 8.24배 증가하였으며 이로 인하여 휨강도는 132N/mm²에서 174N/mm²로, 휨영계수는 13570N/mm²에서 18786N/mm²으로 경도는 18에서 72로 증가하였고 부피마모율은 0.429cm³에서 0.08cm³로 크게 감소하여 마루판의 마모수명을 5.4배 증가시켰다. 함수율은 12%에서 0.48%로 흡수율은 27.9%에서 1.65%(대조구의 5.9%)로 두께 팽윤율은 6.8%에서 0.74%(대조구의 10.9%)로 많이 감소시켜 치수안정성을 매우 크 게 향상시켰다. 142℃의 경우 마모수명은 표14에서 보는 바와 같이 6.4배로 증가하였다.

표 13

[0071] BiSnIn주입목재복합체(5mm, Walnut)의 물리적인 성질

처리 방법*1	밀도(g/cm ³) F=479.717***		함수율(%) F=431.282***		흡수율(%) F=50.866***		두께 팽윤율(%) F=93.113***		열전도도 (W/mK) F=577.392***		전기 저항(Ω) F=18.656**	
	mean ± SD	DUN *2	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN
무처리	0.58 ± 0.02	A	12.07 ± 0.87	B	27.91 ± 5.85	B	6.81 ± 0.72	C	0.048 ± 0.018	A	×	
50kgf/cm ² -186 ℃-10분-10분	4.78 ± 0.15	C	0.48 ± 0.04	A	1.65 ± 0.02	A	0.74 ± 0.55	A	0.573 ± 0.021	D	0.763 ± 0.230	A
50kgf/cm ² -142 ℃-10분-10분	4.97 ± 0.24	C	0.91 ± 0.29	A	3.97 ± 0.88	A	1.43 ± 0.19	AB	0.478 ± 0.022	C	0.700 ± 0.141	A
50kgf/cm ² -103 ℃-10분-10분	2.79 ± 0.15	B	1.15 ± 0.18	A	5.53 ± 0.40	A	1.95 ± 0.35	B	0.148 ± 0.008	B	3.813 ± 0.972	B
P-Value: * 0.1, ** 0.05, *** 0.01를 표시함												

[0072] *1: 무처리 는 금속주입처리를 하지 않은 원재료인 수종을 나타냄

[0073] 처리조건의 표기방법은 첫 번째가 압력 - 온도 - 진공시간 - 가압시간의 순서로 표시함.

[0074] *2: Duncan's new Multiple Range test

표 14

[0075] BiSnIn주입목재복합체(5mm, Walnut)의 기계적인 성질

처리 방법*1	중량증가율(%) F=150.390***		휨강도(N/mm ²) F=12.069**		휨영계수(N/mm ²) F=78.382***		경도(N/mm ²) F=20.325***		부피마모도(cm ³) F=1277.293***	
	mean ± SD	DUN *2	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN	mean ± SD	DUN
무처리			131.767 ± 16.317	A	13570.333 ± 990.588	B	18.180 ± 0.700	A	0.429 ± 0.011	C
50kgf/cm ² -186℃-10분-10분	669.24 ± 21.45	B	173.767 ± 8.150	B	18785.799 ± 881.148	C	72.061 ± 2.556	C	0.080 ± 0.003	A
50kgf/cm ² -142℃-10분-10분	678.20 ± 32.92	B	143.100 ± 0.500	A	12398.500 ± 87.500	B	67.742 ± 18.629	C	0.067 ± 0.003	A
50kgf/cm ² -103℃-10분-10분	362.20 ± 19.83	A	139.767 ± 1.950	A	10931.131 ± 152.523	A	47.855 ± 1.504	B	0.205 ± 0.011	B
P-Value: * 0.1, ** 0.05, *** 0.01를 표시함										

[0076] *1: 무처리는 금속주입처리를 하지 않은 원재료인 수종을 나타냄

[0077] 처리조건의 표기방법은 첫 번째가 압력 - 온도 - 진공시간 - 가압시간의 순서로 표시함.

[0078] *2: Duncan's new Multiple Range test

실시예 4

[0079] 부분금속주입처리재 제조

[0080] 수입재 Walnut(900mm × 90mm × 10mm)를 20kgf/cm²-186℃-가압 4분30초(진공 10분) 처리하면 도 1의 좌 그림 같이 표층으로부터 2-3mm까지 금속이 침투되고 중앙부분은 침투되지 않는다. 도 1은 금속주입처리된 Walnut 목재를 1%사프란인 용액으로 목질부에 침투시켜 붉은 색을 띄우게 한 것이다. 시편길이는 90cm로서 중앙 부위 한쪽 끝으로부터 45cm 부위를 절단한 단면의 사진이다. 우 그림은 100% 주입된 단면 [(50kgf/cm²-186℃-가압10분(진공 10분+가압 10분)처리] 을 보이고 있다. 도 1의 좌 그림의 처리는 2.8배의 중량증가와 4.65배의 밀도증가에 따라 흡수율은 33.57%에서 5.62%로 두께 팽윤율은 6.72%에서 1.87%로 감소되어 치수안정성이 매우 개선되어졌으며 휨강도는 89.2N/mm²에서 149.9N/mm²로, 탄성계수는 8141N/mm²로부터 14718N/mm²로 경도는 18.20에서 41.98로 2.3배 증가하였으며, 부피마모율도 표층의 금속화로 인하여 0.424cm³에서 0.247cm³로 크게 개선되어 마루판의 성질이 매우 좋아졌다.

실시예 5

[0081] 전자현미경사진

[0082] 도 2는 금속주입Walnut의 전자현미경 사진이다. 중간왼쪽 사진의 아랫부분은 금속이 100% 주입된 부분으로 도판과 목섬유가 금속으로 채워져 있는 횡단면 사진이고 중간 오른쪽 사진은 이것을 150배로 확대한 것이며 아래쪽 왼쪽사진은 목섬유의 내강이 금속으로 채워진 사진(500배)이다. 아래쪽 오른쪽 사진은 경단면 사진으로 금속이 도판과 목섬유의 내강에 채워진 모습이다. 중간왼쪽 사진의 윗부분은 금속이 부분적으로 도판에만 금속으로 채워져 있는 모습이고 위쪽 왼편사진은 부분적으로 금속이 주입된 접선단면 모습이고 위쪽 오른편은 부분적으로 도판만 금속이 채워진 경단면 사진이다. 따라서 20kgf/cm²-186℃-가압10분(진공 10분+가압 10분)의 처리 조건에서 활엽수 환공채인 월넛의 경우는 도판은 쉽게 금속이 주입되고 목섬유는 압력과 침투깊이에 따라 결정되며 유조직은 침투가 쉽게 되지 않음을 알 수 있었으며 도 1의 왼쪽 사진의 경계부분의 확대 사진이 도 2의 중간왼쪽 사진이다. 도 3의 위쪽 왼편사진은 수입 radiata pine의 50kgf/cm²-186℃-가압 10분(진공 10분+가압 10분)처리에 의한 나이테 부근의 횡단면 사진이다. 그 오른쪽은 100배로 확대한 사진으로 조재부의 가도판의 큰 내강은 금속으로 주입되어 있었고 만재부의 가도판의 내강은 좁고 작아서 얼마 들어가지 못함을 보여주고 있다.

도 3의 중간 원편사진은 경단면 사진이고 아래쪽 원편 사진은 접선단면 사진으로 가도판이 금속으로 주입된 모습을 보여주고 있으며 밑쪽 맨 오른쪽 사진은 벽공구를 통하여 금속이 통과하여 원주상으로 고체가 되어 있는 모습을 보여 주고 있다.

도 4는 금속주입처리 전후의 사진으로 목재의 무늬를 지니면서 고성능을 지닌 금속주입목재복합체를 나타낸 것이다.

실시예 6

금속주입목재복합체 내화 성능 평가

도 5는 금속주입목재복합체의 내화 성능을 시험하기 위하여 석고보드와 금속주입된 radiata pine과 red oak, 그리고 주입 처리되지 않은 radiata pine과 red oak를 10cm높이에서 5분 동안 가열하였을 때의 시간별로 내화 상태를 나타낸 사진이다.

도 5에서 보는 바와 같이 무처리 목재는 가열 후 20초부터 불꽃을 내며 타는데 석고보드나 금속주입목재는 끝까지 불꽃을 내지 않았으며 석고보드나 금속주입목재는 적열상태를 유지하면서 주입된 금속이 녹아내리면서 연소를 방지하였다. 무처리 목재는 5분 후에 타면서 구멍이 나는데 비하여 석고보드나 금속주입목재는 도 5처럼 그렇지 아니하였다.

실시예 7

원적외선 방사율 시험

마루판으로서 사용할 때는 마루판이 받은 열을 실내로 이동시킬 때 복사열이 매우 중요한 기능을 발휘하는데 금속주입목재는 열전도율이 일반 목재보다 상당히 높아졌을 뿐만 아니라 표 15 radiata pine의 경우 0.026에서 0.910으로 35배 높아짐), 방사율도 표 15에서 보는 바와 같이 89%로서 목재와 비슷한 수치를 보이고 있어 원적외선 방사물질의 기능을 충분히 발휘하고 있다.

표 15

원적외선 방사율 시험

시험항목	구분	단위	결과	시험방법
방사율 (측정온도 : 40, 측정파장 : 5 ~ 20um)	물푸레나무	-	0.909	KICM-FIR-100 5 : 2006
	금속주입 물푸레나무		0.886	
방사에너지 (측정온도 : 40, 측정파장 : 5 ~ 20um)	물푸레나무	W/m ²	3.67×10^2	
	금속주입 물푸레나무		3.57×10^2	

실시예 8

금속주입목재와 합판의 적층 접착 및 도장 시험

도 6은 금속주입한 물푸레나무를 도장하지 않은 것과 합판에 접착 후 도장한 금속주입물푸레나무의 사진이다. 대판은 인도네시아산 페놀수지로 접착한 메란티(Meranti) 5매 합판으로 두께 7.0 mm를 사용하였으며 금속주입처리박판은 물푸레나무로 두께 2.5mm를 사용하였다. 대판에 무늬가 화려한 금속주입처리박판을 접착하는 접착제는 현재 마루판회사에서 사용하는 에틸렌초산비닐수지(Ethylene vinyl acetate emulsion: EVA: 고형분 52%, pH 5~6)와 MDI(methyl diisocyanate)를 9:1로 혼합한 수지에멜라민수지(Melamine Formaldehyde resin: MF, 고형분 55%, pH 8~9)를 8:2로 혼합하여 사용하였으며 도포량은 120g/m² 이었다. UV도장공정은 소지조정과정 (2 Head sander를 이용한 Sanding, #180, #240)을 거친 후, 하도, 중도, 상도 도장공정을 거쳤다. UV코팅 도료로서 1회의 하도와 2회의 상도라인공정을 거치는데 무용제 타입 우레탄 아크릴레이트계 UV도료를 사용하였고, 중도라인공정은 4회공정으로서 무용제 타입 에폭시 아크릴레이트계 UV도료를 적용하여 도장하였다. 이때 열압공정은 프레스 시간은 90초, 단위압력 10kgf/cm², 온도 130도℃의 조건에서 실시하였다. 내한성 및 내열성, 내

산 및 내알카리시험 결과 대조구와 처리구에서 모두 표면에 갈라짐, 부풀, 벗겨짐 및 현저한 광택의 변화가 없어 차이가 없었다. KS F 3126의 내마모성시험에 따르면 온돌용은 회전수가 1000회전에서 마모 중점이 나타나지 않도록 되어 있는데, 처리구와 대조구 모두 마모중점이 나타나지 않았으며, 500회전시 대조구 0.63g와 처리구 0.65g 감소로 차이가 없었다.

실시예 9

[0092]

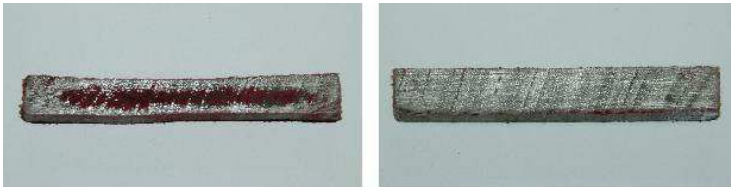
접착내구성 및 내부접착력시험

[0093]

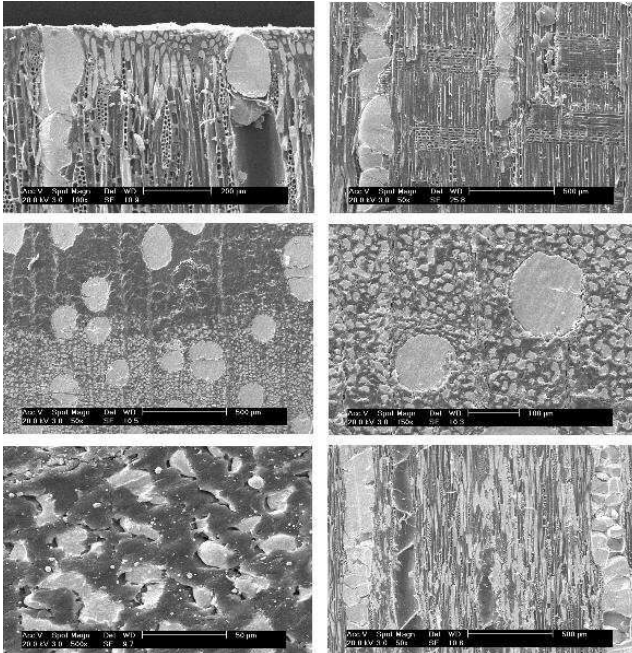
내수침지박리시험 4반복 시험에서 현재사용되는 미장단판오버레이합판 마루판의 대조구와 금속주입목재 오버레이합판마루판 양쪽 모두 다 박리는 0 mm로서 모두 합격되어 차이가 없었으며 끓는 물에 대한 습열성으로 표면에 갈라짐, 부풀, 벗겨짐 및 현저한 광택의 변화가 없었다. 내부결합도 {Internal bonding strength:IB(boil test)}는 $2.82 \times 0.90 \text{N/mm}^2$ 를 나타냈다.

도면

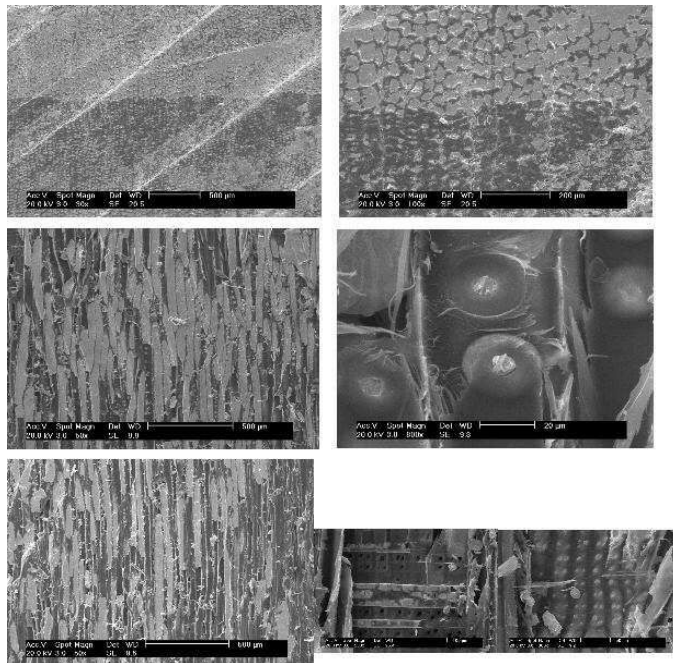
도면1



도면2



도면3



도면4



도면5



도면6

