

주요 국산재 10가지 수종에 대한 Bi-Sn 저온용융 합금주입 목재복합체의 도장 효과

박계신, 서인수, 이화형, 강석구[†]

충남대학교 환경소재공학과

Coating Effect of Low Temperature Melting Bi-Sn Metalized Wood Composites on 10 Different Korean Wood Species

Kye-Shin Park, In Soo Seo, Hwa Hyoung Lee, Seog Goo Kang[†]

Department of Bio-based Materials, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

Abstract: To make metalized wood composites of 10 different korean wood species, it was tested by Low temperature melting Bi-Sn alloy injection method at high temperature and high pressure condition. Metalized wood composite of each wood species had light ash color, but still maintained its own natural wood grain and wood figures. It was evaluated on coating properties. Furthermore, it also was check on effect of coating as like a changes of main color, wood grain and wood figures. The results of test were following as; a coating properties as like a cold resistance, heat resistance, acid resistance, alkali resistance, durability of abrasion, and cross-cut test was proper on the conditions of the KS standard. And, In aspect of color changes, the metalized wood composites of 10 different korean wood species had a light ash color, but still maintained its own natural wood grain and wood figures. Also, the more weight per gain of alloy is, the more grey background of metalized wood composite is.

Keywords: Bi-Sn metalized wood composites, coating, coloring, wood figures

1. 서 론

목재에 금속을 주입 처리하여 제품으로 생산하는 기술은 1930년 독일에서 *lignum vitae* (유창목) 대신에 선박의 스크류베어링(screw bearing)으로 사용하기 위하여, Naeser와 Martel (1930)이 개발하였다. 이 제품의 조성은 Bi 50%, Pb 31.2%, Sn 18.8%이며 97℃의 용점을 갖고 있는 저온용융합금으로 목재 시편을 고압 주입 처리하여 제조하였

다. 그러나 제품 개발 이후 적합한 활용도를 찾지 못하고 폐기되었으며 이 기술은 인체에 유해한 납을 다량 함유하고 있으므로 1980년대 이후에 납이 인체에 해로운 것으로 알려지면서 납은 더 이상 사용할 수 없게 되었다(Martel, P.와 Naeser, G. 1930).

비스머스(Bi: Y메탈社, 용점 271.5℃)는 중금속 중에서 가장 낮은 독성을 갖는 특징이 있어 화장품과 약품 내복약 및 의료용 공정에 사용되고 있으며, 주석(Sn: Y메탈社, 용점 232.06℃)은 음식포장용과 도금용 금속으로 현재까지 사용되고 있다.

2014년 6월 16일 접수; 2014년 7월 25일 수정; 2014년 7월 25일 게재확정

[†] 교신저자 : 강 석 구 (lachesis@cnu.ac.kr)

이렇게 인체에 무해한 이 두 금속을 Bi : Sn의 중량비 58 : 42로 용융 합금하여 목재에 주입하는 처리를 강석구 외(2011), 박계신 외(2010)와 이화형 외(2011)에 의하여 목질바닥재로서 사용하기 위하여 연구되기도 하였다.

이화형 외(2011)는 이 복합체가 높은 치수안정과 낮은 흡수율과 두께팽윤을 때문에 변색이나 박리 등의 단점이 없을 뿐만 아니라 높은 휨강도와 경도, 마모저항 및 높은 열전도도를 갖추고 있어 마루판으로서의 장점이 높다고 기술하였다.

강석구 외(2011)는 금속주입 북미산 흑호두나무 복합체의 물리 기계적인 성질은 무처리 목재에 비하여 밀도는 약 7배가 증가하면서 크게 향상되었으며, 치수안정성은 흡수율과 두께 팽창율을 크게 감소시켜 매우 우수하게 되었고, 전기 전도도는 비전도체에서 전도체로 변화하였으며, 열전도도는 무처리재에 비하여 10배 이상 증가되었다. 기계적인 성질면에서 마모도는 50%로 감소되어 수명이 2배 정도 증가하였고, 휨강도는 1.46배, 경도는 5배로 증가하여 목재보다 매우 뛰어나게 되었다고 보고하였다.

박계신 외(2010)에 의하면 금속주입가래나무간벌재의 중량증가율은 소편 처리재가 7배 실대재 크기의 처리재가 4.7배로 증가하였고 휨강도는 두 처리재 모두 2배 증가하였다. 또한 경도는 소편 처리재가 4.8배 실대재 크기의 처리재가 4.3배로 크게 증가하였다. 마모량은 4배 감소하여 수명이 4배 정도 증가되는 것으로 보고하였다.

미국 임산연구소(2010)에 의하면 목재 도장(페인트, 바니쉬, 착색 등) 마감 처리는 목재의 외관과 치장 및 보호에 목적을 두고 목재의 표면마감처리를 위하여 수종을 세 그룹, 즉 마감처리하기 쉬운 수종, 중간 정도의 수종, 어려운 수종으로 구분하고 있다. 특히 목질 마루판의 도장은 목재의 자연 무늬와 색상을 강조하고 마모방지와 깨끗한 표면을 위하여 투명도장을 원칙으로 하고 도료는 알키드 변형 폴리우레탄 도료가 일반적으로 사용되고 있으며, 특히 수분스트레스는 치수변화를 일으켜 외부노출에 의한 강제 실험 시 목재는 접선방향과 경단방향의 수축팽윤율이 다르므로 페인트나 도장

의 수명의 차를 일으키며, 휘발성유기화합물(VOC)은 오염규제법으로 사용할 수 없다고 보고하고 있다.

본 연구는 Bi-Sn 용융합금의 목질복합체의 표면 도장방법에 따른 외관품질을 수종, 무늬(Wood grain)와 착색(Color-clear coating)방법에 따라 어떻게 발현되는지를 구명하기 위하여 국산재 10가지 수종에 대하여 Bi-Sn 혼합합금을 주입한 후 이에 따른 Clear 도장 및 착색 도장을 실시하고 그에 따른 도장성능과 외관적 품질을 비교 평가하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 재료

2.1.1. 국내산 목재 10 수종

금속주입복합체 제조를 위한 목재는 국산재수종으로 낙엽송(일본잎갈나무, *Larix leptolepis* (S. et Z.) Gordon), 물푸레나무(*Fraxinus rhynchophylla* Hance), 소나무(*Pinus densiflora* Siebold & Zucc.), 느티나무(*Zelkova serrata* Makino), 밤나무(*Castanea crenata* Siebold & Zucc.) 아카시나무(*Robinia pseudoacacia* L.), 자작나무(*Betula platyphylla* var. *japonica* Hara), 고로쇠나무(*Acer pictum* subsp. *mono* (Maxim. Ohashi)), 잣나무(*Pinus koraiensis* Siebold & Zucc.), 가래나무(*Juglans mandshurica* Max.) 등의 10가지 수종으로 선택하여 실시하였으며, 시편의 규격은 120 × 900 × 7 mm의 생재를 자연건조하여 100 × 250 × 5 mm로 정재단한 기건상태의 성숙재(흡수율 11~13%)를 이용하였다.

2.1.2. 용융합금

금속주입목재복합체 제조를 위하여 비스머스(Bi: 융점 271.5℃)와 주석(Sn: 융점 232.06℃)을 Bi : Sn의 중량비 58 : 42로 합금하여 용융온도가 138℃가 되도록 하여 처리 시 목재의 열분해가 일어나지 않도록 한 저온용융합금을 사용하였다.



Fig. 1. Pressure treating cylinder.

2.2. 실험 방법

2.2.1. 금속주입목재복합체 제조

Fig. 1은 금속주입목재복합체 제조에 사용된 장치로서 시편의 주입처리를 위해 감압, 가압 및 가열을 할 수 있는 내열실린더 유형의 주입장치이다.

목재내부에 Bi-Sn 합금을 주입하는 방법으로는 우선 실린더 내에서 가열에 의하여 미리 용융된 액상의 합금에 목재 전체가 처리조에 잠기도록 한 다음 실린더 내부를 185°C의 온도를 유지한 후에 진공펌프를 이용하여 약 10분간 감압(700 mg)하여 실린더 내의 남은 공기를 제거하였다.

이때, Bi-Sn 합금의 용융온도는 강석구 외(2011)의 실험에서 나타난 바와 같이 처리온도를 목재구성요소의 열화가 되도록 발생하지 않는 범위에서 되도록 낮은 합금용융온도인 185°C를 적용하였다(강석구 외 2011; 박계신 외 2010). 이는 질소가스에 의한 가압조건이므로 처리 중 온도의 하강현상의 발생을 대비하여 예비실험을 통해 알 수 있었던 가장 안정화된 온도조건인 185°C를 적용하였다.

각각의 조건별로 합금의 주입이 완료되면 액상의 합금에서 처리된 목재를 꺼내어 표면에 묻어 있는 합금은 칼날로 긁어 처리조로 회수한 후 상온에서 냉각시켰다. 표면에 냉각된 금속은 샌딩하여 금속주입목재복합체 제품을 제조하였다.

2.2.2. 처리 조건

목재에 금속주입의 최적주입조건을 구명하기 위하여, 질소가스 주입 시 가압압력(10 kgf/cm², 30

kgf/cm², 50 kgf/cm²)과 가압온도와 시간(185°C, 2분 30초, 6분 30초, 10분), 그리고 가압 전의 진공도 및 시간(700 mg, 5분, 10분)을 변수로 하여 금속주입목재복합체를 3반복으로 제조하였다.

2.2.3. 금속주입목재복합체의 도장

금속주입목재복합체의 도장은 UV도장 공정을 이용하여 실시하였으며, UV도료는 C社의 UV용으로 사용되는 무용제 타입의 하도용 우레탄아크릴레이트를 사용하였으며, 중도용으로는 무용제타입의 에폭시아크릴레이트, 상도용으로는 우레탄아크릴레이트를 각각 사용하였다.

Clear (투명)도장공정순서는 소지연마과정(2Head drum sander를 이용한 Sanding, #180, #240)을 거친 후, 하도 1회, 중도 3회 상도 2회의 도장 공정을 실시하였다.

Staining에 의한 Color-Clear도장공정순서는 상도공정 1차도포 시 Pigment를 혼합조제한 후 도료에 혼합하는 방식으로 Coloring을 실시하였다.

2.2.4. 금속주입목재복합체의 도막성능

도장된 금속주입목재복합체의 도막 성능은 국산재가 건축내장재로서 가장 많이 사용되고 있는 마루판에 관한 규정인 KS F 3111(천연무늬목치장마루판)에 의거하여 내한성, 내열성, 내산성, 내알카리성, 내마모성, 도막 밀착력, 연필경도, 충격강도를 측정하였다. 또한 금속주입 후 중량증가율이 가장 낮게 나타난 아카시아를 대표수종으로 하여 도막물성을 측정하였다. 금속 침투량이 가장 낮은 아카시아수종을 최저품질로 간주하여 그 기준으로 비교 평가하였다.

2.2.4.1. 내한성, 내열성 시험

내한성 시험은 KS F 3111의 시험방법에 따라 75 mm × 150 mm인 시험편 2개를 채취하여 제작하였고, 시험편을(60±3)°C 항온기에서 2시간 방치한 후 다시(-20±3)°C의 항온기에서 2시간 방치시키는 과정을 2회 실온에 도달할 때까지 반복하였다. 내열성 시험은 시험편을(80±3)°C 항온기에서 2시간 방치한 후 상온에서 2시간 방치시키는

과정을 4회 반복하여 시험을 진행하였다.

2.2.4.1. 내산성, 내알카리성 시험

내산성 시험은 각 시료에서 한 변이 75 mm인 정사각형 시험편 2개를 채취하여 제작하였고, KS F 3111의 시험방법에 따라 시험편을 수평으로 놓고 시험편 표면에 5% 아세트산 수용액을 떨어뜨리고 시계 접시로 6시간 피복한 후, 증류수로 씻어 내어 실내에서 24시간 방치하는 과정을 거쳤다. 또한 내알카리성 시험의 경우 시험편을 수평으로 놓고 시험편 표면에 1% 탄산나트륨 수용액을 떨어뜨리고 시계 접시로 6시간 피복한 후, 즉시 증류수로 씻어낸 후 실내에서 24시간 방치하였다.

2.2.4.1. 내마모성 시험

내마모성 시험은 각 시료에서 지름 100 mm인 원판 시험편 3개를 채취하여 중앙에 지름 10 mm의 구멍을 뚫고 시험편 제작하였고, KS F 3111의 시험방법에 따라 시험편의 질량을 측정 후 회전반에 수평으로 고정시키고, 연질 마모륜 2개를 설치하여 시험하였다. 이때 시험편 위에 가해지는 총 하중량은 고무제 원판 질량을 포함하여 1,000 g으로 하고, 500회전 마다 마모륜을 재생하여 사용하며, 시험에 적용하는 연질 마모륜의 입도는 CS-17로 하였다.

2.2.4.1. 도막 밀착력 시험(Cross cut test)

도막밀착력시험은 KS F 3111의 시험방법에 따라 한 변이 75 mm인 정사각형 시험편 2개를 채취한 시험편으로 하였으며, 시험편의 표면에 2 mm 간격을 두어 수직으로 11개, 수평으로 11개의 선을 긋고 흡집을 내어 테이프를 붙이고 강하게 떼어낸 후 표면의 박리현상을 측정하여 등급을 판정하였다.

2.2.4.2. 연필 경도 시험

연필경도 시험은 시험편을 이용하여 KS M ISO 15184 (도료와 바니시-도막의 연필경도 측정법)에 의거하여 각각의 경도연필을 도료 표면에 대하여 750 g의 하중으로 45° 각도로 눌러질 수 있도록 장착하였고, 속도 60 mm/분, 이동거리 12 mm의

조건으로 측정하였다.

2.2.4.3. 충격 강도 시험

시험편을 이용하여 KS K ISO 24335F (적층 바닥재-충격 저항성 측정)를 참고하여 자유낙하 시험 장치를 사용하여 198 g의 연마된 스테인리스 강구를 150 mm에서 50 mm씩 상승하는 조건으로 측정하였다.

2.2.5. 표면 재색의 비교

10가지 주요 국산재 수종에 대하여 미도장 원목, UV도장 원목, 미도장 금속주입목재복합체, UV도장 금속주입목재복합체, Color-clear도장 금속주입목재복합체에 대한 표면 무늬와 도장 색상의 변화를 사진으로 촬영하여 서로 육안 비교하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 금속주입 후 중량증가율 및 함수율

Table 1은 주요 10가지 국산재 수종의 금속주입 후의 중량증가율 및 물리·기계적 성질을 나타낸 것이다. 유연벽공을 갖는 소나무나 잣나무의 침엽 수종이 8배 이상으로 가장 높은 증가율이 나타났으며, 활엽수 중에서는 가래나무, 자작나무 등이 7배로 가장 높게 나타났다. 아카시아를 제외한 모든 수종이 3배 이상의 중량증가율을 나타냈다.

Fig. 2는 금속주입 전후의 함수율을 나타낸 것으로 처리 후의 함수율은 모두 1% 이하로 크게 감소함을 알 수 있었다. 이는 금속주입처리 시 높은 온도와 고압의 압력 조건하에서 수분이 배출되고 증발에 의해서 금속이 목재의 공극 내로 주입되고 제조된 금속주입목재복합체의 주입된 금속이 수분의 침투를 억제하고 수분의 흡착이 일어나지 않게 된 결과로서, 목재의 특성에 금속의 개질 특성이 부여된 결과에 기인하는 것으로 판단된다.

이러한 결과는 강석구 외(2011)가 보고한 결과와 일치하는 것으로서 강석구 외(2011)는 낮은 함수율과 두께팽윤율로 높은 치수안정성을 결과적으로 나타냈다고 보고하였으며, 강석구 외(2011)와

Table 1. Physical properties of metalized wood composite

NO.	Scientific name	Species	Air-dried Moisture Contents (%)	Density (Oven-dried)		Weight per gain (%)
				Before metal injection	After metal injection	
1	<i>Juglans mandshurica</i>	가래나무	12.0	0.53	4.51	700
2	<i>Acer mono</i>	고로쇠나무	11.1	0.70	3.73	430
3	<i>Larix leptolepis.</i>	낙엽송	12.0	0.60	1.61	295
4	<i>Zelkovaserrata</i>	느티나무	8.9	0.74	2.24	330
5	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	물푸레나무	12.2	0.77	3.65	465
6	<i>Castanea crenata</i>	밤나무	13.1	0.51	2.28	387
7	<i>Pinus densiflora</i>	소나무	12.3	0.47	4.71	912
8	<i>Robinia pseudoacacia</i>	아카시아	10.6	0.74	1.22	140
9	<i>Betula platyphylla var</i>	자작나무	11.3	0.52	4.84	736
10	<i>Pinus koraiensis</i>	잣나무	11.5	0.45	3.67	832

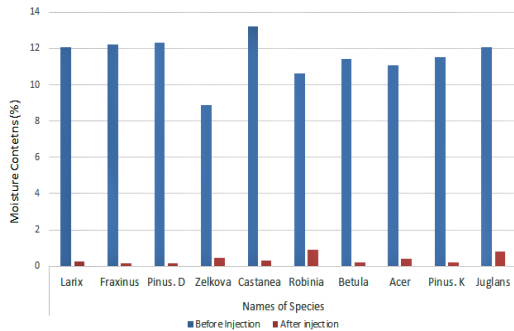


Fig. 2. A changes of moisture content on 10 kinds of domestic wood species.

이화형 외(2011)는 금속주입목재복합체의 중량증가율에 따라 휨강도와 마모강도 및 각종 물리 기계적인 성질의 향상을 보고하였고 함수율의 변화에 따른 치수안정성과 금속의 특성인 높은 열전도도와 전기 전도성을 보고한 것과 같은 결과로 판단된다.

3.2. 도막성능

도장된 금속주입목재복합체의 도막 성능은 KS F 3111에 의거하여 내한성, 내열성, 내산성, 내알카리성, 내마모성, 도막 밀착력을 측정 실험한 결과 모든 규격을 만족시키었으며 복합체의 도장성이 도장이 가장 쉬운 목재 그룹과 동등 이상으로 매우 우수하였다. 이는 목재에 금속주입 처리시 높

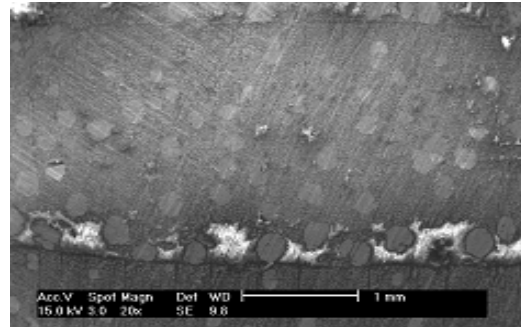


Fig 3. SEM micrograph of specimen impregnated with low melting alloy.

은 온도와 압력에 의해 수분이 외부로 빠져나가면서 금속이 주입되고 제조된 금속주입목재복합체에 주입된 금속의 영향으로 개질 특성이 부여되어 수분 흡착이 감소되었기 되었기 때문이라고 사료된다. 또한 Fig. 3과 나타난 바와 같이 복합체 표면의 목재세포공극이 금속으로 채워져 공극이 없어지고 표면의 균일성을 확보함에 따라 보다 양호한 도장품질이 나타낼 수 있었을 것으로 판단된다. 목재도장에서 목재의 표면 성질은 박산진 외(1987)의 연구결과에서 언급한 것처럼 세포의 종류와 구성, 생장율, 방사세포의 종류와 형태, 조만재의 이행 상태, 환공재와 같이 큰 도관 공극이 표면에 나타나는가의 여부 등이 영향을 미치게 되는데 금속주입목재복합체는 조만재 이행이 없거나 점진적인



Fig. 4. Cross-cut, Pencil hardness, Impact resistance tested specimens (From left to right).

침엽수나 산공재와 동등 이상으로 도장에 의한 마감처리가 피도물의 재질의 균질화에 의해 도장이 용이하게 된 것으로 사료된다.

3.2.1. 내한·내열성 및 내산·내알카리성

내한·내열성 및 내산·내알카리성 실험 결과 도막의 표면에 갈라짐, 부풀음, 벗겨짐 및 광택의 변화가 없어 KS 규격품질기준을 만족시켰다. 이는 금속주입처리가 도막에 영향을 주지 않았음을 알 수 있었다.

3.2.2. 내마모성 실험

도장처리된 금속주입목재복합체의 내마모성 실험결과 1,000회전에서 마모중점이 나타나지 않았으며, 이는 마루판규격(KS F 3111)의 품질기준에 적합한 수준으로 나타났다.

3.2.4. 도막 밀착력 실험(Cross cut test)

Fig. 4와 같이 금속주입목재복합체의 도장 후 도막의 도막밀착력의 실험결과는 테이프에 묻어나는 이물질이 모든 수종에서 나타나지 않고 격자의 전체의 부위도 박리되지 않아 1등급으로 품질기준에 합격하여 금속주입목재복합체의 금속주입이 도막밀착력에 어떠한 나쁜 영향도 주지 않았음을 알 수 있었다.

3.2.5. 연필경도 시험

Fig. 4와 같이 원목투명도장의 경우 아카시아 수

종의 비중에 비례하여 높은 수치를 보였고, 금속도장은 원목도장에 비해 월등히 높은 값을 나타냈다.

3.2.6. 충격강도 시험

Fig. 4와 같이 원목투명도장의 경우 아카시아 수종의 비중에 비례하여 더 강한 충격에서 변형이 생겼고, 금속도장은 원목도장에 비해 높은 값을 나타냈다.

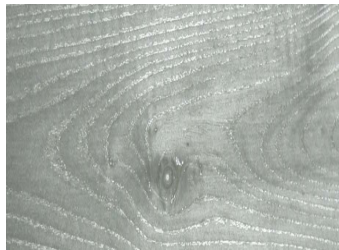
3.3. Coloring에 의한 Bi-Sn 합금 주입 복합체의 외관개선효과

Figs. 5~14은 주요 10가지 국산재 수종을 이용해 제조한 금속주입복합체의 미도장, 도장, 착색도장후의 외관개선에 따른 변화를 나타낸 것이다. 금속주입목재복합체는 주입금속의 영향에 따라 목재 무늬는 그대로 유지되면서 색상이 회백색으로 변화되었다. 전체적으로 원목의 색상에서 금속의 색상인 회백색으로 변화되었고, 중량증가율에 따라 회백색의 농도가 증가하여 나타났다. 또한 Color-clear도장에 있어서도 목재와 비교하여 다양한 색상 조정이 가능함을 알 수 있었다. Clear도장과 Color-clear도장을 통하여 다양한 색상 표현이 가능하게 됨으로써 마루판재는 물론 인테리어 및 가구 표면 재료로서의 색상 적용이 용이함을 알 수 있었다.



Top: Uncoated wood
2nd: UV coated wood
3rd: Uncoated composite
4th: UV coated composite
Bottom: UV stained & finished composite

Fig. 5. *Larix leptolepis* (S. et Z.) Gordon.



Top: Uncoated wood
2nd: UV coated wood
3rd: Uncoated composite
4th: UV coated composite
Bottom: UV stained & finished composite

Fig. 6. *Fraxinus rhynchophylla* Hance.



Top: Uncoated wood
2nd: UV coated wood
3rd: Uncoated composite
4th: UV coated composite
Bottom: UV stained & finished composite

Fig. 7. *Pinus densiflora* Siebold & Zucc.



Top: Uncoated wood
 2nd: UV coated wood
 3rd: Uncoated composite
 4th: UV coated composite
 Bottom: UV stained & finished composite

Top: Uncoated wood
 2nd: UV coated wood
 3rd: Uncoated composite
 4th: UV coated composite
 Bottom: UV stained & finished composite

Top: Uncoated wood
 2nd: UV coated wood
 3rd: Uncoated composite
 4th: UV coated composite
 Bottom: UV stained & finished composite

Fig. 8. *Zelkova serrata* Makino.

Fig. 9. *Castanea crenata* Siebold & Zucc.

Fig. 10. *Robinia pseudoacacia* L.



Top: Uncoated wood
 2nd: UV coated wood
 3rd: Uncoated composite
 4th: UV coated composite
 Bottom: UV stained & finished composite

Top: Uncoated wood
 2nd: UV coated wood
 3rd: Uncoated composite
 4th: UV coated composite
 Bottom: UV stained & finished composite

Top: Uncoated wood
 2nd: UV coated wood
 3rd: Uncoated composite
 4th: UV coated composite
 Bottom: UV stained & finished composite

Fig. 11. *Betula platyphylla* var. *japonica* Hara.

Fig. 12. *Acer pictum* subsp. *mono* (Maxim. Ohashi).

Fig. 13. *Pinus koraiensis* Siebold & Zucc.



Top: Uncoated wood
 2nd: Uncoated composite
 3rd: UV coated composite
 Bottom: UV stained & finished composite

Fig. 14. *Juglans mandshurica* Max.

4. 결 론

본 연구는 국내에서 생산되는 10개 수종에 대하여 Bi-Sn 합금을 주입한 금속주입목재복합체에 대한 도장 및 착색 도장을 통한 도장성과 목재 무늬와 색상의 변화에 대하여 연구 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 일반 목재에 Bi-Sn 합금을 주입할 경우, 목재의 무늬는 그대로 유지하면서 금속의 회백색이 표면에 나타난다. 또한, 금속주입목재복

합체의 중량증가율이 높을수록 더 높은 회백색을 나타냈다.

- 2) 금속주입목재복합체는 Clear도장을 통하여 목재의 무늬가 더 선명해지며, 목재의 색상에 회백색이 가미된 새로운 색상이 나타난다. 또한, Color-Clear도장의 경우에도 목재와 동등이상으로 잘 되어 다양한 색상 조정이 가능함을 알 수 있었다.
- 3) 또한 금속주입목재복합체의 도막 성능은 KS F 3111에 의거하여 내한성, 내열성, 내산성, 내알카리성, 내마모성, 도막 밀착력, 연필경도, 충격강도를 측정 실험한 결과 기준을 만족시켰다. 이는 본 시험에 적용된 국내 주요 10수종 중 중량증가율이 가장 낮은 아카시아 수종을 최저품질로 간주하였을 시에도 도막 물성 중 연필경도, 충격강도에도 높은 수치, 내충격성을 갖는 것으로 나타났다.

사 사

본 연구는 농림수산식품기술기획평가원의 “과제번호 109057022SD010 바닥복사가열시스템을 위한 고성능후판무늬목복합체적층마루판의 개발” 연구비에 의하여 수행되었음.

참 고 문 헌

- 강석구 등. 2011. 북미산 흑호두나무 Bi-Sn 용융합금 복합체의 제조와 특성. *가공* 22(1): 55-63.
- 박계신, 이화형. 2010. 국산 가래나무 간벌재활용을 위한 금속주입목재의 제조 및 특성. *농업과학연구지*. 37(3): 457-464.
- 박상진 등. 1987. 목재조직과 식별. 향문사. 서울, 한국. 385쪽.
- 이화형 등. 2011. 바닥복사 가열 시스템을 위한 고성능 후판무늬목 금속복합체 적층마루판의 개발에 관한 연구. 농림수산식품부 보고서. 과제번호 109057-2.
- Martel, P. 1930. *Journal for Applied Chem.* German patent No. DRP 506477.
- Naeser, G. 1930. *Umshau* 34,250; German patent No. DRP 493905.
- USDA, Forest Service, FPL, 2010, *Wood Handbook, Wood as an Engineering Material*, FPL-GTR-190.