

실내내장 목질재료의 Overlay 처리 표면재료와 VOC/Formaldehyde 저감특성

김기욱¹ · 안재윤¹ · 김수민^{1,2} · 오진경¹ · 김현중^{1,†}

¹서울대학교 산림과학부 환경재료과학전공 바이오복합재료 및 접착과학 연구실

²Composite Materials & Structure Center, Department of Chemical Engineering and Materials Science and Mechanics, Michigan State University, 2100 Engineering Building, East Lansing, MI 48824, USA

(2007년 12월 3일 접수)

Reduction Characteristics of VOC/Formaldehyde of Overlaid Surface Materials for Interior Wood-based Materials

Ki-Wook Kim¹, Jae-Yoon An¹, Sumin Kim^{1,2}, Jin-Kyoung Oh¹, and Hyun-Joong Kim^{1,†}

¹Lab. of Adhesion & Bio-composites, Program in Environmental Materials Science, Dept., of Forest Sciences, College of Agriculture & Life Science, Seoul National University, Seoul 151-921, Korea.

²Composite Materials & Structure Center, Department of Chemical Engineering and Materials Science and Mechanics, Michigan State University, 2100 Engineering Building, East Lansing, MI 48824, USA

(Received December 3, 2007)

1. 서 언

과거 인간은 수렵과 채집을 통해 의식을 해결하였으며, 이를 취한 후 여분의 것은 토기 등과 같은 용기에 저장하였다. 도구의 발달과 함께 농경과 목축이 시작되고 농업기술이 점차 발전함에 따라 인류사회에 이동문화가 사라져 가고 정착문화가 보편적으로 자리 잡게 되었다. 이때부터 의, 식뿐만이 아니라 주위 환경으로부터 가족공동체를 보호해주며 안락한 쉼터를 제공해주는 집에 대한 관심이 한층 깊어졌을 것이다. 이와 같이 인간은 풍토와 기후 등의 자연환경에 도전하며 적응하기 위해 의식주를 발전시켜 왔으며 이에 그치지 않고 그 내면에는 민족마다의 독특한 문화와 전통, 사상과 역사와 같은 정신성이 담았으며, 계급과 종교에 따라 각기 다른 색(色)의 예술성과 기능성을 표출해 왔다고 할 수 있다. 이렇게 인류역사의 시작과 더불어 의식주에 이용되고 개발된 물질은 그 수를 다 헤아리지 못할 만큼 종류와 특성이 방대하다고 하여도 과언이 아니다. 그러나 이 중 인간 생활에 심미적 안정과 신체에 무리를 주지 않으며 가공성과 기능성이 뛰어난 천연재료 중 하나가 목재임을 부인할 사람은 아무도 없을 것이다. 이러한 특성 때문에 목재는 예로부터 동서고금을 막론하고 즐겨 사용되어 왔다.

18C 산업혁명이 일어난 이래 대량생산이 가능해지고 교통수단과 통신수단의 발전에 힘입어 국가 간 수출입 및 문화교류가 활발해짐에 따라 전 세계적으로 목재의 수요가 폭발적으로 증가하였다. 하지만, 환경오염 및 전 지구적인 기후 변화에 의한 수종의 변화, 사막화, 개발도상국들의 무분별한 벌채 등의 요인에 의해 산림자원이 고갈되기 시작하며 인과적으로 원자재의 가격이 상승하였다. 이러한 한계를 극복하기 위한 방안으로 선진국들은 합판의 표면에 무늬목이나 인공소재를 접착시킨 제품을 개발하기 시작하였다. 이러한 표면재(surface materials)의 개발은 제조원가 절감과 제품의 기능성 향상, 다양한 디자인 개발 가능 등의 효과를 가져왔다.

한편, 최근의 새집증후군 및 친환경에 대한 소비자의 관심과 더불어 파티클보드와 MDF 등 가구재에서 방산되는 포름알데히드와 휘발성 유기화합물에 관련해 이러한 재료들의 방산 경향 및 저감을 위한 연구들이 활발하게 진행되고 있으며(Kim *et al.*, 2005; Kim *et al.*, 2006), 표면재 오버레이 처리된 실내 내장재에 대한 포름알데히드 및 휘발성 유기화합물에 관한 연구도 다각도로 진행되고 있다(Kim *et al.*, 2005; Kim *et al.*, 2006).

이러한 휘발성 유기화합물과 포름알데히드를 저감시키기 위해 표면의 UV 조사처리, 광촉매 코팅, 비용제형 접착제 사용과 낮은 VOC 휘발성을 가진 표면재료

[†]Corresponding author: e-mail: hjokim@snu.ac.kr

등이 꾸준히 개발되고 있으며 앞으로도 꾸준히 친환경 실내내장재에 관한 개발이 선행되어야 할 것이다.

2. 표면재의 종류 및 특징

2.1. 천연소재

2.1.1. 천연 무늬목(Natural Veneer)

무늬목이란 현대 내장재로 즐겨 사용되는 무늬목은 국내산과 수입산의 다양한 활엽수 원목이나 큰 각재로부터 1/25~1/50으로 얇게 슬라이싱된 목재판을 말하며 무늬목(veneer)의 종류로는 천연무늬목, 염색무늬목, 인조무늬목으로 구분한다. 천연 무늬목은 목재로부터 가공된 자연 그대로의 무늬목을 말하며 건조 방법에 따라 건식 무늬목과 습식 무늬목으로 나뉜다(Kang, 2005).

2.1.1.1. 건식 무늬목

원목에서 0.5~0.8 mm의 두께로 슬라이싱된 무늬목을 건조기에 넣어 8~10%의 함수율로 강제압착 건조시켜 보통의 환경에서 평형함수율이 될 수 있도록 치수안정성을 높인 무늬목이며, 수입가구나 고급가구에 많이 사용되는 무늬목이다. 특히 무늬목이 두꺼운 경우 핫프레스(hot-press)를 사용하여 접착하여야 하며, 절단 및 접착 작업공정의 어려움으로 인해 소규모 공장에서는 그 사용 빈도가 활발하지 않은 편이다.

2.1.1.2. 습식 무늬목

원목에서 0.2~0.3 mm의 두께로 절삭한 후 미건조 상태에서 보관성을 높이기 위해 방부 처리하여 35~70%인 생재함수율 또는 그 이상의 수분을 함유하고 있는 무늬목을 말하여, 건식 무늬목에 비해 절단 및 접착방법이 쉽고 가격이 저렴하여 국내에서 많이 사용되고 있다.

2.1.2. 염색무늬목(Dyed Veneer)

천연무늬목의 고유한 색상을 화학 처리를 통해 백색화한 후 그 위에 다른 색을 염색하는 방법으로 다양한 색상을 얻을 수 있으며 주로 수입제품에 많이 사용되고 있다. 염색 무늬목은 여러 장을 사용하여도 동일한 색상을 얻을 수 있는 장점이 있으나 가격이 비싸기 때문에 고급 가구에 주로 사용된다.

2.1.3. 인조무늬목, 집성무늬목(Artificial Veneer, Reconstituted Veneer)

인조무늬목은 집성무늬목이라고도 하며 천연무늬목에서 찾아볼 수 없는 다양한 무늬와 색상을 인위적인 효과를 통해 나타낸 무늬목이다. 인조무늬목은 규격이

정해져 있으며 무늬결을 인공적으로 제작하여 천연무늬목보다는 질감 면에서 조금 떨어지나 천연무늬목에 비해 색상과 그레인의 일정함이 유지되기 때문에 대량 생산에 편리한 장점이 있다.

2.2. 인공소재

오늘날 가구의 주소재였던 목재는 자원고갈로 점차 줄어들면서 원자재의 가격 상승으로 인공소재의 개발이 활발히 진행되고 있으며 인공소재는 천연목재와는 달리 인공적으로 목재의 무늬결과 색상을 유사하게 만든 표면재로서 천연목재의 문제점을 보완하는 동시에 무늬결과 색상을 유사하게 만든 표면재를 말한다. 인공소재는 천연무늬목에서 볼 수 없는 다양한 색상과 무늬를 개발하여 목재 표면재 대체용으로 사용되고 있으며, 작업성이 편리하고 원가 절감으로 사용이 증가하고 있는 추세이다.

2.2.2. LPM (Low Pressure Melamine Impregnated Paper)

2.2.2.1. LPM의 정의

LPM (low pressure melamine impregnated paper)은 종이에 그라비아 인쇄를 하여 모양지를 만들고 이 모양지에 멜라민 수지를 함침시킨 성형용 수지 시트를 말한다. LPM의 특징은 HPM (high pressure melamine impregnated paper)과는 달리 두께가 얇고 별도의 접착제 없이 고온열압에 의해 모양지에 함침되어 있던 수지가 용출되고 자착(auto-adhesion)에 의해 접착된다. LPM을 일반적으로 LPL (low pressure laminate paper)이라고도 하며 HPM 성형과정에 비해 낮은 압력(10~20 kg/cm²)에서 접착 성형되기 때문에 저압지라고 표현한다(유신멜라민 기술연구소, 1991).

2.2.2.2. LPM의 분류 및 용도

LPM은 주로 원지의 평량(1 m²당 무게)에 의해 구분되는데 일반적으로 통용되는 무게는 완성된 LPM의 무게를 의미하는 것이 아니라 함침 평량에 따라 80 g/m²과 120 g/m²으로 구분하여 사용된다(Table 1).

가구용 LPM의 두께는 0.075~0.2 mm이며 1 m²당 80 g의 원지를 함침하면 약 0.1 t가 된다. LPM용 원지는 대부분 수입하여 사용하고 있으며 최저 55 g/m²에서 최고 165 g/m²까지 생산되나 가구용은 80~120 g/m²이 일반적이다. 용도는 주로 사무용과 주방용 가구의

Table 1. Grammages of origin and impregnated papers

Grammage	Grammage after impregnating	Weights (1,200 × 2,400 mm)	Reference
80 g/m ²	200 g/m ²	600 g	Resin contents 60%
120 g/m ²	300 g/m ²	900 g	

Table 2. Components of resin for LPM

Components	Function	Components	Function
Melamine powder resin	Resin	Diethylene glycol	Resin stabilizer
Water solution with formalin 37%	Resin reaction	Water solution with NaOH 10%	pH control
Urea resin	For increase adhesion	Catalyst	Catalysis
n-Butylene	For increase flexibility	Wetting agent	For increase resin impregnation
Water	Diluent	Release agent	Release agent

표면재로 쓰거나 3급 난연재로 사용된다.

2.2.2.3. LPM 함침지의 특성 및 구조

1) 모양지(Pattern Paper)

LPM에 사용되는 모양지의 특징은 아래의 조건을 만족해야 한다.

- ① 장시간 경과해도 빛에 의해 변색 또는 탈색이 없어야 한다.
- ② 인장강도, 인열강도, 신장률, 습윤강도, 습인강도가 강해야 한다.
- ③ 모양지의 무게의 1~1.5배의 멜라민 수지를 흡수할 수 있어야 한다.
- ④ 함침 또는 성형 중에 수지 물성에 영향을 주는 성분이 포함되어 있지 않아야 한다.
- ⑤ 성형 후 원판의 색상이 비치지 않아야 한다.

2) 그라비아 인쇄(Gravure Printing)

모양지 위에는 일반적으로 그라비아 인쇄를 하게 되는 데 인쇄 시 종이에 흡수가 가능하여야 하고 함침 또는 성형 중에 수지와 반응하여 변화가 적어야 하며 내광성과 내화학성이 우수하여야 한다. 그리고 성형 시 경면판에 전사되지 않아야 한다.

2.2.2.4. LPM의 수지 제조

LPM의 수지 함침은 멜라민수지가 대표적이다. LPM용 모양지는 제품이 직접 일광에 노출되기 때문에 광학적인 내성이 우수하고 원지에 접착 처리 등이 되어 있지 않아야 하며 인쇄용 잉크의 부착 및 흡지력도 좋아야 한다. LPM 수지 제조는 아래와 같다(Table 2).

2.2.2.5. LPM의 접착

LPM은 시트 자체의 함침수지가 접착제 역할을 하고 있기 때문에 별개의 접착제가 필요하지 않다. LPM의 접착은 대판의 선정과 성형조건이 중요하며 국내 가공업체의 작업조건은 아래 Table 3과 같다.

Table 3. The hot press condition for LPM

Physical characteristic		Hot press condition	
Moisture content	6~9%	Temp.	130~180°C
Specific gravity	0.67~0.75	Time	30~200 sec
Surface layer SG of PB	0.9~1.0	Pressure	18~27 kgf/cm ²
Error of thickness	± 0.1 mm	Hot plate	Chrome

2.2.2.6. LPM 함침지의 저장 및 보관

LPM에 함침된 멜라민 수지는 휘발성이기 때문에 대기의 온습도에 대단히 민감하다. 고온다습한 하절기에는 수지의 휘발도가 증가하여 접착 불량에 일어나기 쉽다. 다시 말해 하절기에 미성형한 원지 상태로 장기간 방치하면 수지가 서서히 녹으면서 휘발되기 때문에 LPM sheet끼리 서로 자착되어 돌처럼 단단하게 굳어 버린다. 이런 이유에서 LPM의 가사시간 및 자재보관 조건은 매우 중요한 인자로 작용한다. LPM의 가사시간은 수입산의 경우 2~3개월이며 국산재는 1개월 이내이므로 이 기간 내에 접착해야 한다. LPM의 최적 보관 조건은 온도 20°C, 습도 RH 55%이며 자착 고화현상을 막기 위한 방편으로 접착하여 보관한다.

2.2.2.7. LPM의 특성

LPM의 특성은 다음과 같다.

- ① HPM과 달리 두께가 얇다.
- ② 별도의 접착제 없이 고온열압에 의해 모양지에 함침되어 있던 수지가 용출되고 자착에 의해 접착된다.
- ③ 열압 접착 시 경면판에 따라 유광, 무광, 엠보, 나무결 무늬 등의 표면을 얻을 수 있다.
- ④ 내마모성, 내열성, 내화성, 내산성 등 표면 물성이 우수하다.
- ⑤ 증기, 끓는 물, 담뱃불 및 산 등에 대한 내성이 우수하다.

2.2.3. HPM (High Pressure Melamine Impregnated Paper)

2.2.3.1. HPM의 정의

HPM (high pressure melamine impregnated paper)은 HPL (high pressure laminate)이라고 불리기도 하며 종이나 섬유질의 기재에 멜라민 수지를 함침시킨 층과 크라프트 종이에 페놀수지를 함침한 층들로 구성된 표면지, 모양지, 심재지, 응력지 등을 적정한 열과 35~50 kg/cm² 이상의 압력에서 성형시켜 단면 또는 양면에 자연 또는 인공무늬가 디자인되어 있는 판상 재료를 의미한다(Kim, 1995). 미국의 Formica사에서 1927년경에 페놀수지를 무늬 인쇄지에 함침시켜 열압한 것이 HPM의 최초라고 한다(Formica Co., 1990).

2.2.3.2. HPM의 분류 및 용도

HPM의 일반적인 분류와 용도는 아래 Table 4와 같다.

HPM은 등급, 분류, 유형에 따라 각기 세부적으로 나누어진다. 등급에 따라서는 수평면용, 수직면용, 적층 후막판용으로 나눌 수 있고 분류에 따라 일반용과 마루판용으로, 유형별로는 표준형, 난연재용, 가공용, 배면 접착용으로 구분하기도 한다.

2.2.3.3. HPM 함침수지의 특징

1) 페놀수지(Phenol Resin)

페놀수지는 열경화성 수지이며 화장판의 심판부위 함침수지이다. 제조방법은 페놀과 포르말린 수용액을 암모니아나 수산화나트륨으로 부가 반응시켜 제조한

다. 장점으로는 기계적 강도, 가공성, 치수안정성, 내열성이 우수하나 함침지를 황갈색으로 착색시키며 장기간 공기 노출 시 산화되어 충격에 깨지는 약점이 있다.

2) 멜라민수지(Melamine Resin)

함침용 멜라민수지는 열경화성인 특성을 지니며 백색 결정성 분말수지와 37% 포르말린 수용액을 염기성 촉매 반응시켜 제조된다. 또한, 수지의 흡수성이 좋고 경화되면 내수성, 표면강도, 투명성이 우수하며 HPM의 모양지를 보호하는 역할을 하는 반면에 내오염성에 다소 취약하다.

2.2.3.4. HPM의 적층구조 및 구성지의 역할

HPM의 적층은 5~8매의 함침지가 겹쳐져서 1장의 시트를 형성하며 표면지는 색상별로 제외되기도 한다. 아래의 Figure 1과 Table 5는 HPM의 적층구조 및 구성지의 역할을 나타낸 것이다.

HPM은 색상과 디자인 및 화장효과를 결정하는 모양지 위에 멜라민 수지 함지율이 65~85% 정도의 표면지가 오버레이처리되어 있으며 모양지 아래에는 강도와 완충유지 및 응력유지 등을 위한 심재지와 응력지로 구성되어 있다(Kang et al., 2002).

2.2.3.5. HPM의 제조

HPM의 제조는 아래와 같은 공정으로 이루어진다.

- ① 수지의 함침 : 표면지, 모양지, 심재지, 응력지 등의 구성 원지별로 멜라민과 페놀수지를 함침

Table 4. The classification of HPM

	Mark	Characteristic	Application
Glade	H	Horizontal	Kitchen, office furniture
	V	Vertical	Door, shelf
	C	Compact	Table, desk
Class	G	General	General furniture
	D	Heavy duty	Flooring
Type	S	Standard	General standard
	F	Flame retardant	Flame retardant materials
	P	Postforming	Furniture, interior
	B	Backer	Balance maintenance

Table 5. The function of HPM component paper

Paper	Resin	Resin content	Pulp	Grammage	Function
Overlay paper	Melamine	65~85%	α -Cellulose	18~50 g/m ²	Durability 0.05~0.1 mm
Pattern paper	Melamine	45~60%	Sulfite	80~25 g/m ²	Makeup 0.075~0.2 mm
Core paper	Phenol	45~55%	Kraft	150 g/m ²	Strength, shock-absorbing
Balancing paper	Phenol	45~55%	Kraft	150 g/m ²	Stress maintenance

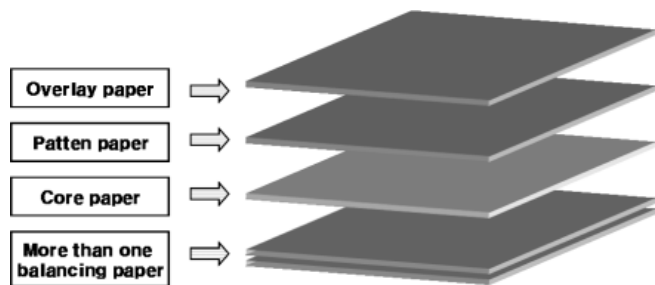


Figure 1. The schematic of HPM.

시킨다.

- ② 함침지의 건조 : 함침시킨 종이를 120~160°C의 강제 통풍식 건조로에서 5~15분간 건조시킨다.
- ③ 적층 : 함침과 건조과정을 마친 종이를 필요한 매수만큼 함침지를 겹치는 공정이며, 일반적으로 5~8매가 1장의 HPM이 된다.
- ④ 고압적층성형 : 성형과정은 먼저 구성지를 올려 놓고 경면판을 피복한 다음 촉압을 120~160°C에서 유지한 뒤 가압(80~120 kg/cm²)과 150~180°C 정도의 고온으로 30분을 유지한다. 이후 성형이 완료되면 경면판을 냉각시키고 HPM 판과 경면판을 떼어내면 HPM이 완성된다.

2.2.4. 피니싱 포일(Finishing Foil)

피니싱 포일은 모양지 또는 단색지를 수지(urea resin, acrylic resin)로 함침, 건조한 후 인쇄표면을 도장처리하여 Roll 단위로 생산한 제품을 말하며 생산 공정에 따라 크게 선함침지(pre-impregnated finishing foil), 후함침지(post-impregnated finishing foil)로 분류할 수 있다. Paper의 표면에 도장처리가 되어 있어 finish라고 하며 paper foil이라 하기도 한다.

2.2.4.1. 종류 및 용도

코팅된 모양지의 종류와 무게에 따라 55~120 g의 평량을 주로 사용하고 있으며, 수지배합 및 표면상태의 가공에 따라 일반용(general)과 래핑용(wrapping)으로 구분된다. 용도로는 주로 중·저가용 가구의 내장재 및 외장재와 문짝 및 천판, 측판, 몰딩의 래핑용 등으로 사용되고 있다.

2.2.4.2. 특징

피니싱 포일의 특징은 우선 다른 소재에 비해 가격이 저렴하며 표면재에 따라 일반용과 래핑용을 선택할 수 있어 편리하다. 또한 PVC 비닐에 비해 인쇄 효과가 뛰어나고 LPM에 비하여 보관이 용이한 장점이 있으며, 보드류에 접착 후 추가 도장 가공이 필요 없어 사용이 간편하다. 규격은 제조회사마다 규격이 약간의 차이는 있으나 주문 생산이 가능하고, 보통 600~1,300 mm이며 길이는 400 m이며 롤(roll)로 감겨져 있다. 피니싱 포일의 접착조건은 아래의 Table 6과 같다.

2.2.4.3. 선함침지(Pre-impregnated Finishing Foil)

펄프(pulp)와 resin (acrylic, melamine, urea)을 혼합하여 함침원지를 제조한 후 함침된 원지에 인쇄 후 래커(lacquer) 마감하여 roll 단위로 생산한 제품이다. 용도는 가구의 몸통, 래핑용, 프레임 도어 등에 사용되

Table 6. The adhesion condition of finishing foil

	Multi press	Hot roller press	Short cycle press
Resin spread	60~80 g/m ²	50~70 g/m ²	60~80 g/m ²
Adhesion temp.	120~150°C	180~200°C	100°C
Press time	20~60 sec	10~15 m/min	20~30 sec
Pressure	5.0~15 bar	5 bar	15 bar

며 hot roller type, hot press type, hot multi press type으로 라미네이팅된다. 일반적으로 접착에는 urea resin이나 PVAc가 주로 사용되며 래핑용으로는 EVA 등이 쓰이고 있다.

2.2.4.4. 후함침지(Post-impregnated Finishing Foil)

모양지를 수지로 함침 및 건조 후 래커(lacquer) 마감하여 roll 단위로 생산한 제품을 말하며 가구 도어류, 몰딩류에 주로 사용되며 일반용으로는 pre-impregnated finishing foil과 동일한 방법으로 라미네이팅이 되며 래핑용으로는 래핑기를 사용한다. 접착제는 urea가 일반적으로 사용되며 래핑용으로는 EVA가 쓰이고 있다.

2.2.5. 폴리페이퍼(Poly Paper)

폴리페이퍼는 종이에 산화티탄을 첨가하여 가구용 소재에 알맞도록 종이 표면에 무늬결을 그라비아 인쇄하여 만든 표면재로 보드류에 모양지를 접착한 후 불포화 폴리에스테르 수지 도료를 도포하여 경화시킨 모양지를 폴리 페이퍼(poly paper)라고 한다.

2.2.5.1. 종류 및 용도

폴리페이퍼는 평량에 따라 사용되는 부분이 다르다. 폴리페이퍼의 평량이 30~35 g/m²일 경우, 잘 보이지 않는 부분인 내장재용이나, 가구 뒷면에 많이 사용하며 50~55 g/m²는 천판, 문짝, 설전, 측판, 침대 머리판, 발판 등 잘 보이는 부분인 외장재에 많이 사용되고 80~120 g/m²의 평량의 폴리페이퍼는 주로 외장재로 사용되나 종이가 두꺼워 함침이 잘 되지 않아 박리 현상이 있으므로 고압 멜라민 화장판(HPM)이나 저압 멜라민 화장판(LPM)으로 사용이 가능하다.

2.2.5.2. 특징

폴리페이퍼의 특징은 무늬목 패턴과 색상이 같으며, 유행에 맞추어 디자인이나 색상을 자유롭게 변화시킬 수 있다. 또한, 천연소재에 비하여 접착력이 우수하여 불량률을 감소시킬 수 있으며 탈색이 되지 않고 대량 생산이 가능할 뿐만 아니라 천연소재에 비하여 가격

이 저렴하다.

2.2.5.3. 규격

모양지의 규격은 보드류에 접착하기 알맞게 폭이 1,270 mm이고 길이는 종이의 평량에 따라 1,500~2,500 m 정도 롤에 감겨져 생산된다.

2.2.6. 코팅 페이퍼(Coated Paper)

코팅 페이퍼는 25~30 g의 박엽지와 강화지 표면에 무늬결을 그라비아 인쇄하여 우레탄 수지를 도포하는 모양지를 말한다.

2.2.6.1. 종류 및 용도

박엽지는 평량이 20~35 g/m²을 사용하여 4~7 g의 우레탄 수지를 도포하여 만든 모양지를 말한다. 강화지는 30~35 g/m²을 사용하여 8 g의 우레탄 수지를 도포하여 만든 모양지를 말하는데 일본에서는 다이섹 페이퍼(daisec paper)라고 한다. 우리나라에서도 코팅 페이퍼를 보드류에 접착하여 사용하는데 도장작업 없이 접착가공으로만 사용이 가능하여 내장재용이나 저가용 가구에 외장재로 사용하기도 한다.

2.2.6.2. 특징

보드류에 접착 후 추가 도장 가공이 필요 없어 사용이 간편하며 폴리 페이퍼, LPM보다 가격이 저렴하지만 내수성이 약한 단점이 있다.

2.2.7. PVC 필름

Polyvinyl chloride (PVC)로 만든 비닐필름은 표면화장재(decorative surfacing)로 이용하고 있으며 색상은 무광, 유광, 하이그로시 등으로 다양하다. PVC 비닐의 사용 종류는 일반용, 성형용, 에지(edge)용으로 구분된다. 일반용은 두께가 0.12~0.2 mm로 가장 많이 사용되는 비닐이며 주로 보드류 평면에 부착하여 사용하며, 성형용은 두께가 0.25~0.4 mm으로 진공으로 가공되며 주로 몰딩류에 많이 사용된다. 에지용은 0.4~0.6 mm을 많이 사용하나 사무용 가구나 주방용 가구의 문짝에는 1~3 mm의 두꺼운 PVC를 에지에 사용하기도 한다. 아래 Table 7에서 PVC의 용도와 분류에 관해 나타내었다. PVC 시트의 장점은 투명성과 광택성이 좋고 인쇄적성이 우수하며 내유성과 내약품성, 내수, 방습성이 강하다. 또한 고주파에 의한 열융착가공과 진공성형이 잘되며 착색가공이 좋은 장점이 있다. 하지만 비중이 높고 가소제, 안정제의 사용으로 식품과의 접촉에 주의가 따르며 가스투과도가 높은 편이고 가공 시 대전성이 커서 작업성이 나쁜 단점이 있다.

Table 7. The application of PVC

	Application	PVC film thickness (mm)	Substrate	Substrate processing
Housing interior	Door frame Window frame	0.16~0.20	Plywood, MDF	Continuous laminated wrapping, V cut
Housing exterior	Exterior door Front door	0.20~0.30	Iron plate	Continuous laminated wrapping
Furniture	Furniture door	0.16~0.20	Plywood, MDF, Iron plate	Continuous laminated wrapping, V cut
Interior	Curtain	0.15~0.30	Iron plate	Continuous laminated wrapping
Electronics	Speaker box Refrigerator Heater	0.16~0.20	Plywood, MDF, PB, iron wood	Continuous laminated wrapping, V cut
Flooring	PVC tile Flooring	0.30~0.40	Plywood, HDF etc	Continuous laminated press

3. 표면 처리에 따른 VOC/Formaldehyde 방산의 저감

3.1. 표면재료 코팅처리에 따른 VOC/Formaldehyde 방산 특성

오버레이 처리된 표면재료의 특성에 따라 인체유해 물질의 방산 경향이 달라진다고 할 수 있다. 이러한 경향은 표면재료 제조 시 finishing 처리에 따라 영향을 많이 받는다고 할 수 있다.

3.1.1. 코팅처리되지 않은 표면재료

Figure 2와 Figure 3은 제조 과정 시 코팅처리되지 않은 표면재료(무늬목, LPM, HPM)를 MDF 판에 접착시켜 TVOC와 Formaldehyde의 방산 경향을 20 L 소형 챔버법으로 실험한 그래프이다. 아래와 같이 코팅처리되지 않은 표면재료를 접착할 시에는 MDF 자체에서 방산되는 TVOC와 Formaldehyde를 저감시키는 경향을 나타낸다고 한다(Kim et al., 2007).

3.1.2. 코팅처리된 표면재료

코팅처리와 같이 마감처리가 된 코팅지, finishing foil (pre type, post type), PVC, PP 등의 표면재료를 MDF와의 접착 시 방산되는 TVOC와 Formaldehyde의 농도

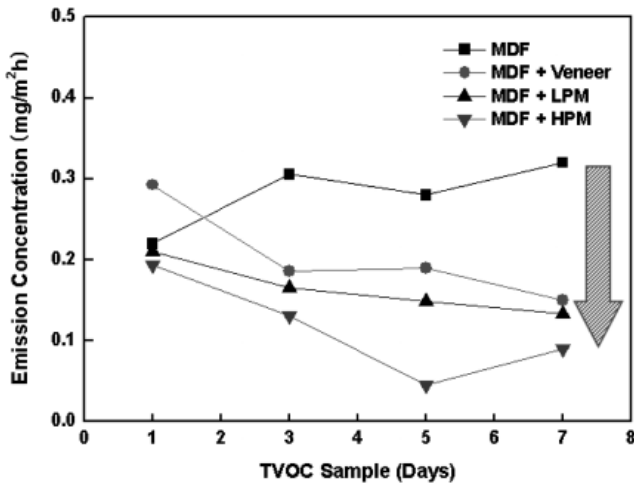


Figure 2. TVOC emission of uncoated surface materials.

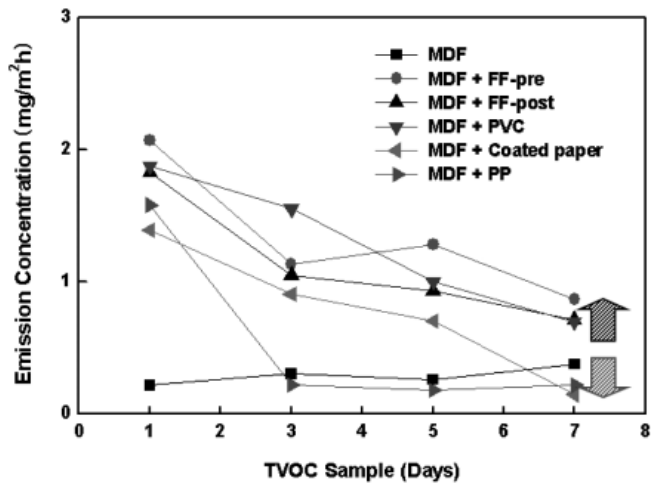


Figure 4. TVOC emission of coated surface materials.

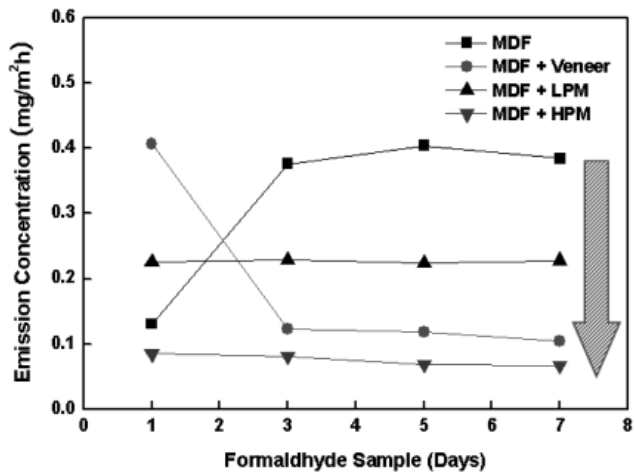


Figure 3. Formaldehyde emission of uncoated surface materials.

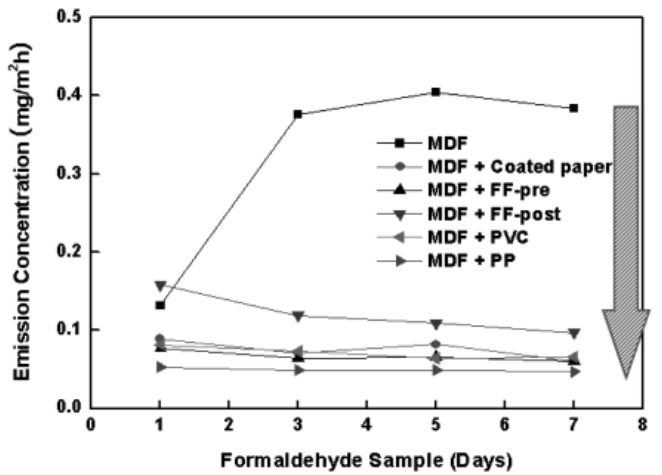


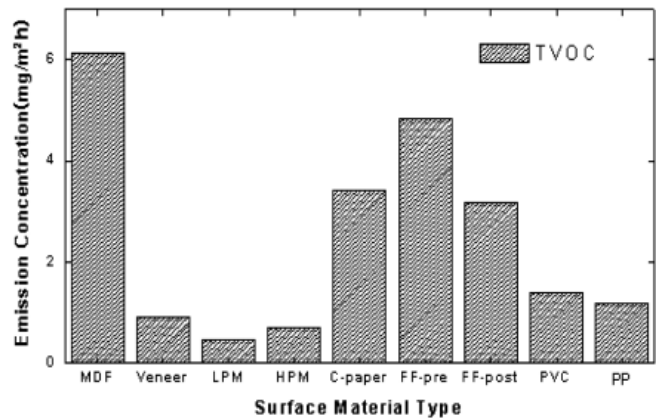
Figure 5. Formaldehyde emission of coated surface materials.

를 Figure 4와 Figure 5에 나타내었다.

코팅처리된 표면재료의 경우 코팅 시 우레탄이나 래커 등의 마감처리로 인해 TVOC의 수치가 대부분 높게 나타난 반면, 포름알데히드의 경우 코팅처리되지 않은 표면재료와 마찬가지로 낮은 방산경향을 나타내었다.

3.1.3. FLEC (Field and Laboratory Emission Cell) 실험 결과

FLEC을 이용한 휘발성 유기화합물 방산 실험의 결과는 Figure 6에 나타난 바와 같다. 무처리된 MDF 판의 휘발성 유기화합물의 방산량은 $6.135 \text{ mg/m}^2\text{h}$ 를 나타내었다. 실험에 사용된 표면재 8종류 모두 대조군에 비해 $0.461 \sim 4.832 \text{ mg/m}^2\text{h}$ 정도로 낮았다. 또한 20 L 소형 챔버법의 결과와 유사하게 코팅처리가 되지 않은 표면재의 경우 코팅처리가 된 표면재에 비해 휘발성



*C-paper : Coated paper

*FF-pre : Pre-impregnated finishing foil

*FF-post : Post-impregnated finishing foil

Figure 6. TVOC of surface materials using FLEC.

유기화합물의 방산을 효율적으로 저감시킨다는 것을 알 수 있다. 코팅처리된 표면재의 경우 20 L 소형 챔버와 유사한 결과를 얻었으며 이는 가소제에 의한 영향이라고 생각되며 PP가 플라스틱계 표면재 중 가장 낮은 방산량을 나타내었다. 표면재를 오버레이 처리된 치장판의 포름알데히드 방산 실험의 결과는 Figure 7에서 볼 수 있듯이 20 L 소형 챔버 실험의 포름알데히드 방산결과와 유사하였다. LPM의 포름알데히드 방산량이 가장 큰 것으로 보아 LPM 제조과정 시 함침용액으로 사용되는 Urea-Formaldehyde 수지와 Melamine-Formaldehyde 수지의 영향 때문이며, 전반적으로 LPM을 제외한 표면재 7종 모두가 낮은 포름알데히드 방산 수치를 나타내었다.

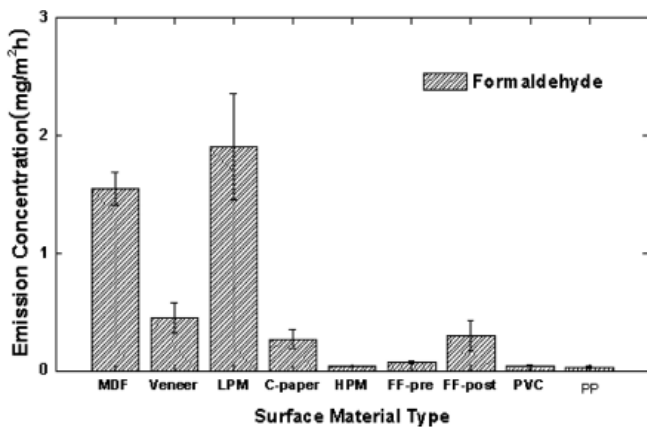


Figure 7. Formaldehyde of surface materials using FLEC.

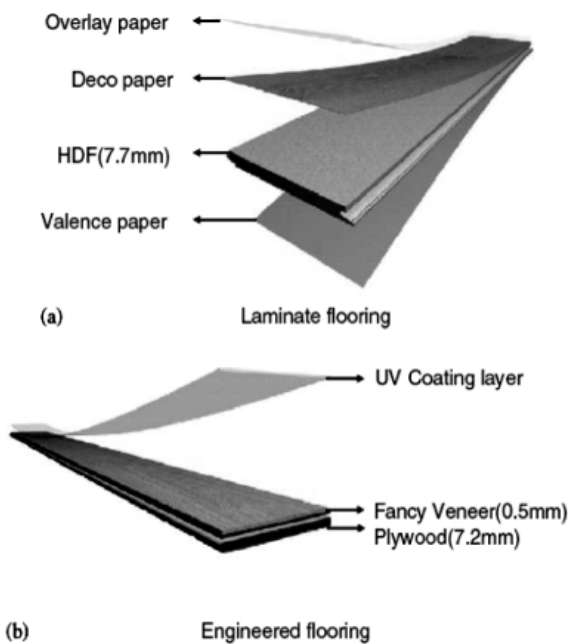


Figure 8. Structure of laminate and engineered floorings.

3.2. UV 코팅 및 표면처리에 따른 TVOC와 포름알데히드의 저감

Figure 8과 Figure 9는 UV 코팅처리된 합판마루와 오버레이 코팅이 된 강화마루의 구조와 PB와 MDF를 대조군으로 하여 실험군에서 방산되는 포름알데히드의 방산량은 데시케이터와 퍼포레이터법을 이용하여 나타낸 그래프이다. 데시케이터와 퍼포레이터 결과 모두 합판마루의 수치가 낮게 나타내었다. 이는 표면의 UV 코팅 처리와 합판마루의 제조 과정 시 페놀수지를 사용하였기 때문에 마루에서 인체유해물질이 적게 방산되었기 때문이다. Figure 10과 Figure 11은 표면 처리된 합판마루와 강화마루의 TVOC 및 Formaldehyde의 방산농도를 20 L 소형 챔버를 이용하여 나타낸 그래프이다. 앞의 결과와는 실험 측정방법 간의 차이 때문에 약간의 차이는 생김에도 표면처리는 원

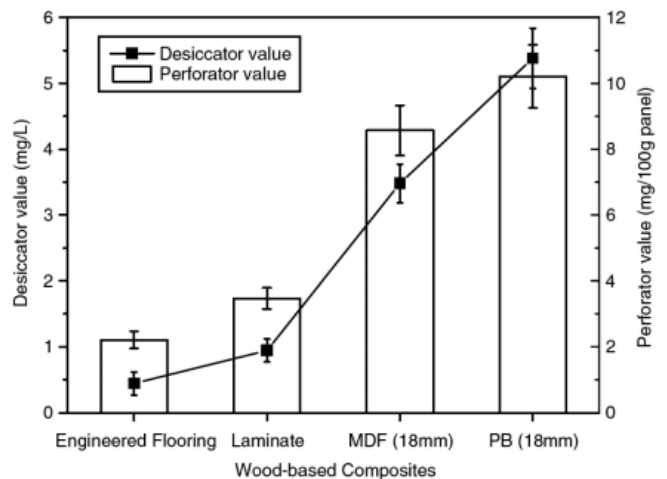


Figure 9. Comparison of desiccator and perforator values of formaldehyde emissions from wood-based composites.

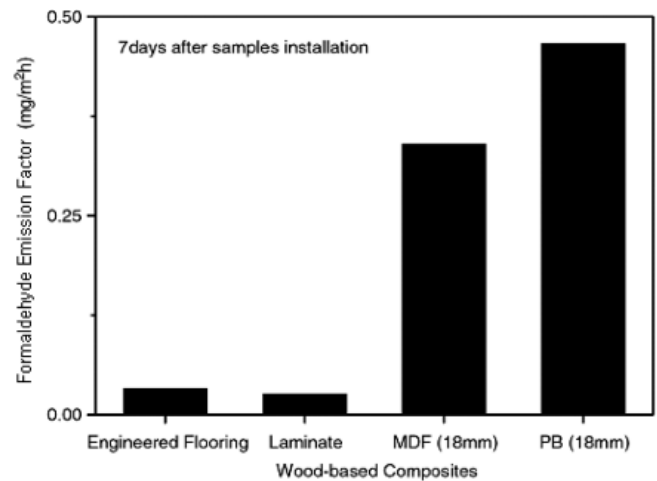


Figure 10. Formaldehyde emission factor of wood-based composites as determined by 20 L small chamber.

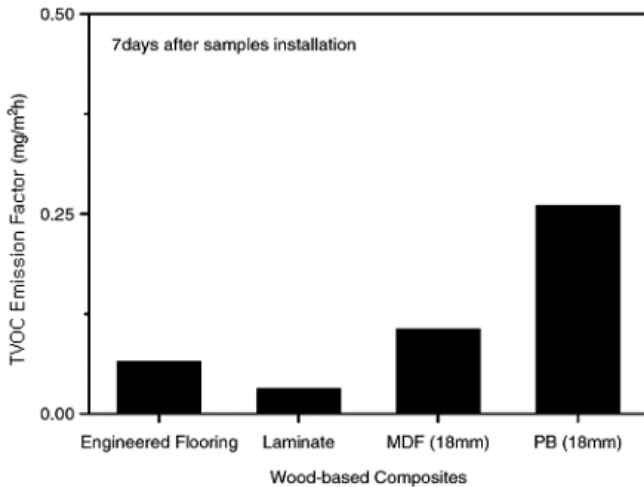


Figure 11. TVOC emission factor of wood-based composites as determined by 20 L small chamber.

재료가 가지고 있는 오염물질의 방산을 저감시킬 수 있다는 동일한 결과를 확인할 수 있다.

4. 맺음말

표면재의 개발은 목질재료를 이용한 가공품들의 원자재 가격상승에 따른 제조원가 절감과 제품의 기능성 향상, 다양한 디자인 개발 등의 효과를 위해 다양하게 연구되고 있으며 최근 새집증후군과 관련하여 알판에 오버레이 처리된 표면재로부터의 포름알데히드와 휘발성 유기화합물(VOCs)이 어떠한 방산경향을 나타내는지에 대한 연구도 활발하게 진행되고 있다. 하지만 제품의 기능성을 만족하며 환경·인간 친화적인 표면재에 관한 연구 및 개발은 상대적으로 미비한 실정이다.

앞으로는 기존의 표면재가 가지고 있는 물성을 저하시키지 않고 알판이나 표면재 자체에서 방산되는 포름알데히드, 휘발성 유기화합물 등의 인체 유해물질을 저감시킬 수 있는 환경·인체 친화적인 표면재가 개발될 필요성이 있다.

참고 문헌

1. S. Kim and H.-J. Kim, Comparison of Standard Methods and Gas Chromatography Method in Determination of Formaldehyde Emission from MDF Bonded with Formaldehyde-based Resins, *Bioresource Technology*, **96**(13), 1457 (2005).
2. S. Kim, J.-A. Kim, H.-J. Kim, and S. D. Kim, Determination of Formaldehyde and TVOC Emission Factor from Wood-based Composites by Small Chamber Method, *Polymer Testing*, **25**(5), 605 (2006).
3. H.-S. Kim, S. Kim, H.-J. Kim, and H.-G. Kim, Physico-Mechanical Properties, Odor and VOC emission of Bio-Flour Filled Polypropylene Bio-Composites with Different Volcanic Pozzolan Content, *Macromolecular Materials and Engineering*, **291**(10), 1255 (2006).
4. S. Kim and H.-J. Kim, Comparison of Formaldehyde Emission from Building Finishing Materials as Temperature in Under Heating System; *ONDOL, Indoor Air*, **15**(5), 317 (2005).
5. S. Kim, H.-J. Kim, and S.-J. Moon, Evaluation of VOCs Emissions from Building Finishing Materials using Small Chamber and VOC Analyzer, *Indoor and Built Environment*, **15**(6), 511 (2006).
6. S. Kim, J.-A. Kim, J.-Y. An, H.-J. Kim, and S.-J. Moon, Development of Test Method using VOC Analyzer to Measure VOC Emission from Adhesives for Building Materials, *Journal of Adhesion Science and Technology*, **20**(15), 1783 (2006).
7. 강신우, 가정용 가구를 위한 표면재에 관한 연구, *한국가구학회지*, **16**(2), 27 (2005).
8. 유신멜라민 기술연구소, LPM (1991).
9. 김상권, 가구의 표면재에 관한 연구, *계원논총*, **1**, 7 (1995).
10. Formica Co., Formica Technical Data (1990).
11. 강욱, 김현중, 박병대, 정우양, 조숙경, *가구공학*, 서울대출판부 (2002).
12. K.-W. Kim, J.-Y. An, and H.-J. Kim, Formaldehyde and TVOC Emission according to Finishing Treatment onto Surface Materials, Abstracts of The 57th Annual Meeting of the Japan Wood Research Society, p.81 (2007).