

A Study on the Properties and Fabrications of Eco-Ceramics Paint

Sang-Jin Lee,[†] Jin-Kyeong Sung, Soon-Ho Kim, and Won-Tae Bae*

Dae-Dong Research Institute, Gyeongnam 660-871, Korea

*Department of Ceramic Engineering Gyeongsang National University, Gyeongnam 660-701, Korea

(Received September 14, 2005; Accepted September 26, 2005)

친환경 무기질 도료의 제조 및 특성에 관한 연구

이상진[†] · 성진경 · 김순호 · 배원태*

(주)대동종합건설 기술연구소

*경상대학교 세라믹공학과

(2005년 9월 14일 접수; 2005년 9월 26일 승인)

ABSTRACT

Sick house syndrome comes from VOCs that is harmful to health. To reduce VOCs, the cause of sick house syndrome, several materials have been developed and use. One of this materials, VOCs absorption paint was developed. VOCs absorption paint contains ceramic binder and zeolite powder. In the present study, eco-ceramics paint has been successfully fabricated by high-speed mixer using ceramic binder and filler powders. The eco-ceramics paint thus obtained have a deodorization rate with about 95.7% and the bacteria decreasing rate is about 99.6%. Moreover, the eco-ceramics paint showed excellent VOCs interception properties due to effect of ceramics layer and zeolite which exist in surface of paint.

Key words : Sick house syndrome, VOCs, Ceramics paint, Zeolite, Micropores

1. 서 론

우리나라는 1970년대 이후 급속한 경제성장과 산업화, 인구의 도시 집중으로 인해 환경문제가 심각하게 야기되고 있으며, 특히 공기의 오염 문제는 국민의 건강을 위협하는 심각한 환경 문제로 국가정책의 최우선 순위로 다루어져야 한다.¹⁾

최근 환경오염이 심각해지면서 숨쉬는 공기에 관한 관심도 점차로 높아지고 있다. 현대인은 하루 중 80%이상을 건물 내에서 생활하고 있으므로 우리가 숨쉬고 있는 실내공기의 질(Indoor Air Quality)은 매우 중요한 요소로 부각되고 있다. 실내공기환경은 그 동안 에너지 절약 설계 및 시공에 따른 건물의 기밀화와 단열 강화에 따른 환기부족 현상이 생겨 날로 악화되어 가고 있으며, 그나마 환기용 외기는 대기오염이 심각한 지역에서 정화되지 않은 채 그대로 실내로 도입되고 있는 상황으로 현대인의 건강을 해치는 중요한 요인이 되고 있다. 실내에는 거주자의 신진대사나 활동, 각종 건축자재와 마감재료, 가구, 조리기구 등으로부터 방출되는 열이나 이산화탄소, 먼지,

휘발성유기화합물(VOCs : Volatile Organic Compounds)이 실내환경 오염의 원인이 되며, 특히 최근에는 각종 사무기기 사용의 증대로 건축내장재들이 다양화, 고급화되어 휘발성 유기화합물, 알데히드, 암모니아 등에 의해 인체에 미치는 영향이 점차 커지고 있다. 이러한 각종 오염물질은 재실자에게 질병이나 두통, 현기증, 메스꺼움, 졸음, 집중력감퇴 등을 불러일으키는 건물병 증후군(SBS : Sick Building Syndrome)을 유발시켜 건강을 크게 악화시킬 수도 있다.

더욱이 복합화합물질로 구성된 건축자재들의 사용이 증가하고 있으며, 자재의 내구성 향상이나 미장효과, 작업의 편리성 등을 위하여 여러 가지 종류의 화학물질 사용이 증가하고 있다. 이러한 건축자재나 가구 등에서는 다양한 종류의 휘발성 유기화합물질(VOCs)을 실내공기 중으로 방출하고 있다. 실내의 화학물질 오염농도는 건축자재의 종류와 생산과정, 생산 후 경과시간 정도에 따라 방출강도가 변화되며, 부적절한 건축자재의 선정으로 인하여 오염물질이 증가하기도 한다. 대부분의 VOCs는 건축재료로부터 오랜 시간 서서히 실내공기로 방출하게 되며, 농도가 낮고 그 종류도 매우 다양하기 때문에 검출이 쉽지 않은 것이 특징이다.²⁻⁵⁾

전술한 바와 같이 기존에 범용적으로 적용되고 있는 도료의 환경오염성 및 인체 유해성에 대한 인식이 확산됨

[†]Corresponding author : Sang-Jin Lee

E-mail : danmul@netian.com

Tel : +82-55-758-9418 Fax : +82-55-754-9457

에 따라 세계적으로 환경친화형 도료의 개발이 활발히 진행되고 있는데 대표적으로 VOCs 저감형 수성도료, 초내후성 수성도료, 천연도료, 무기질 도료 등을 들 수 있다. 그러나 VOCs 저감형 수성도료, 불소수지를 주원료로 사용하는 초내후성 수성도료는 경제성과 범용성에서 단점이 있고, 식물에서 추출한 천연수지를 바인더로 하여 만든 천연도료는 인체에 무해하고 환경친화적인 장점이 있는 반면 경제성과 원료수급에 어려운 단점을 가지고 있다. 이에 비하여 무기질 도료는 내구성, 내수성, 내화성 등 기능성이 우수할 뿐 아니라 원료조달 및 경제성이 우수하여 향후 합성수지 에멀전 도료의 대체재로 활용이 기대된다. 또한 무기질 도료는 합성수지 에멀전 도료에 비하여 휘발성 유기화합물이 전혀 없으며 냄새가 나지 않고, 연소성이 없어 친환경성이 우수하다. 또 물과 접촉하면 도막특성이 오히려 향상되어 내수성이 우수하며, 미세한 기공을 통한 습도 조절능력을 보유하고, 직화접촉 후에도 도막에 이상이 없다. 그 밖에도 항균성, 내구성, 내후성 등이 우수하여 구조물의 내부 및 외부코팅에 효과적이다.⁶⁻¹³⁾

따라서 본 연구에서는 공기질을 개선하는 친환경 무기질 도료를 제조하고 그 특성에 대해 검토하고자 한다.

2. 실험 방법

본 연구에 사용한 원료분말 및 Binder, 첨가제의 배합비와 제조사를 Table 1에 간략히 표기하였다. 도료의 Filler인 분말들은 볼밀링법을 이용하여 혼합하였으며, 볼 : 분말의 비는 10 : 1 (ball : 2000 g, 분말 : 200 g), 볼밀의 회전 속도는 150 rpm으로 고정하여 30분간 혼합하였다.

Table 1. Summary on Characteristics of Filler Powders

Raw material	Product company	Composition (%)
TiO ₂	Dupon	26.60
CaCO ₃	Woojin chemical	43.44
Zeolite	Wangpyo chemical	14.18
Anion	Environmental chemistry	4.43
Antibacterial agent	Cosmo	0.89
Binder	Shinheung silicate, Wacker	9.95
Dispersion agent	Isoca	0.04
Viscosity control agent	Isoca	0.15
pH control agent	Isoca	0.02
Antifoaming agent	Isoca	0.30

Binder와 분산액, 증점액은 각각 물과 혼합하여 제조하였으며, 증점액에 pH 조절제와 소포제를 투입하여 교반하였다. 이렇게 제조되어진 혼합액은 Filler와 교반기에 넣고 1500 rpm으로 30분간 교반하여 무기질 도료를 제조하였다.

분말 입자들의 형태와 크기 및 미세조직을 관찰하기 위하여 주사전자현미경 관찰을 행하였으며, 제조되어진 무기질 도료의 기본물성을 검사하기 위하여 건조시간, 연화도, 은폐율, 비휘발분, 주도, 중금속 검출여부 등을 측정하였다. GC(가스크로마토그래피)를 이용하여 휘발성 유기화합물 검출시험을 행하였으며, 대장균 및 녹농균에 의한 항균시험과 항곰팡이 시험을 하였다. 포름알데히드 측정기와 TVOC 측정기를 이용하여 무기질 도료의 유해가스 차단특성시험을 행하였으며, 탈취율은 적외선 분광 분석기(FT-IR)를 사용하여 측정하였다.

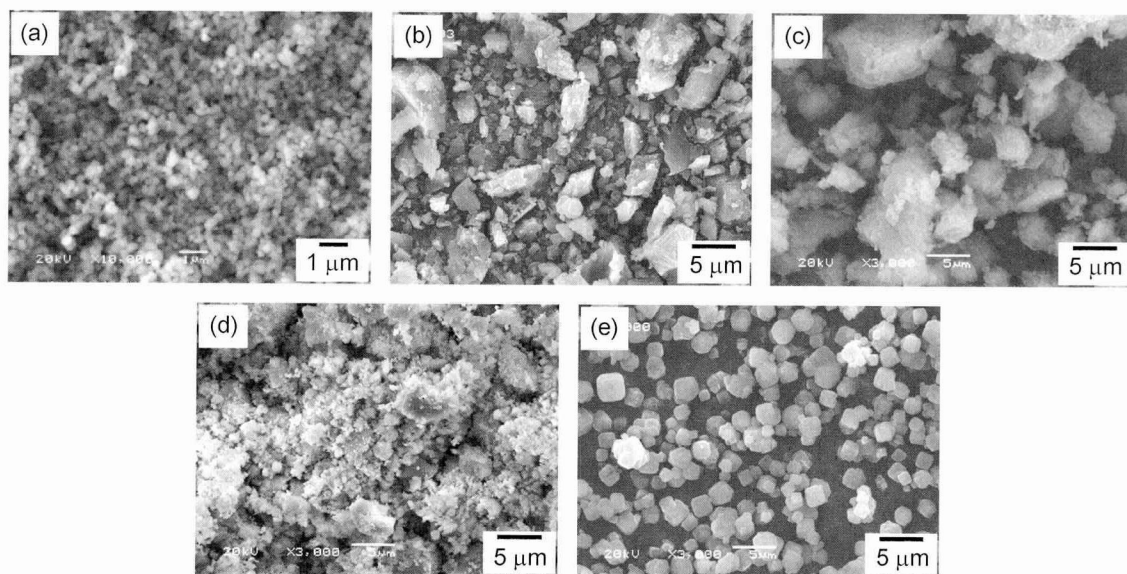


Fig. 1. SEM morphologies of raw powders; (a) TiO₂, (b) CaCO₃, (c) Zeolite, (d) Anion, and (e) Antibiotic.

3. 결과 및 고찰

Fig. 1은 본 연구에 사용된 Filler 원재료 분말들을 주사전자현미경으로 관찰한 결과이다. (a)는 Rutile 형태의 TiO_2 분말로써 평균입도가 약 80 nm로 구형이며, 대부분의 분말들이 응집되어 있음을 관찰할 수 있다. TiO_2 의 경우 도료의 기본 물성인 은폐력에 중요한 영향을 미치는 원재료로써 대부분 나노 크기의 미세입자들이므로 소량 첨가하여도 은폐력 특성이 우수할 것으로 사료된다. 탄산칼슘과 제올라이트는 평균입도가 약 5 μm 정도이며, 각지고 irregular한 형상을 띄고 있다. 음이온석의 경우 평균입도는 약 3 μm 정도로 입자의 크기가 다양하며, 서로 응집되어 있음이 관찰되어진다. Fig. 1(e)는 무기항균제로 제올라이트를 담지체로 하여 은, 아연 이온을 이온 교환시켜 제조하였으며, 평균입도는 약 3 μm 정도로 800°C까지 열적인 안정성을 띄고 있다. 입형은 구형에 가까운 각진 형태이며, 분말의 크기가 대부분 일정하다.

Fig. 2는 제조되어진 무기질 도료와 일반 천연페인트를 도포 후 건조하여 표면을 주사전자현미경으로 관찰한 결과이다. 무기질 도료의 경우 일반적인 천연 페인트에 비하여 표면이 평탄하며 아주 미세한 기공이 고르게 분포하고 있음을 관찰할 수 있다. 이는 Potassium-Silicate계의 무기질 원료를 바인더로 사용하였으므로 일반적인 합성수지 도료의 경화과정과는 완전히 다른 경화 기구를 갖기 때문인 것으로 사료된다. 즉 Potassium-Silicate 화합물이 Filler로 사용되는 CaCO_3 및 공기중의 CO_2 와의 흡착

반응에 의해 gel을 형성하며, 이러한 gel이 도막을 형성하는 주요 구성광물이 된다. 물론 gel 반응에 영향을 미치는 요인은 여러 가지가 있으나 외부의 조건으로는 도포 당시의 온도와 습도 등이 중요한 영향 인자로 작용하며, 적용원료의 입도, 바인더와 도료로서의 기능을 발휘할 수 있는 첨가제들과의 상호 영향성 및 혼합수량 등도 무기질 도료의 물성을 좌우하는 가장 중요한 요인으로 작용하게 된다.

한편 생성된 gel은 대기 중의 CO_2 가스와의 초기반응에 의해 표면부위에 매우 치밀한 무기질 층을 형성하는데, 이러한 무기질 층은 일반적인 콘크리트 구조물의 중성화 반응에 의해 생성되는 CaCO_3 층과는 다른 미세조직을 갖게 된다. 이는 사용된 무기질 원료분말의 특성 및 첨가제 영향으로 볼 수 있으며, 무기질 도료의 코팅에 의해 생성된 치밀한 무기질 층이 오히려 추가로 발생할 수 있는 콘크리트 구조물의 중성화 반응을 억제하는 역할을 수행하게 되는 것이다. 또한 무기질 도료는 미세한 기공을 통해 습기를 흡수 방출함으로서 습도조절이 가능하고, 콘크리트 구조물과 비슷한 열팽창계수를 가지고 있어 온도변화나 기타의 외부조건 변화에 따른 내구성 및 접착 특성이 매우 우수하다.

Table 2는 제조되어진 무기질 도료의 기본 물성을 측정하여 간략히 나타내었다. 연화도는 도료 속에 있는 알맹이 모양의 존재와 크기를 판정하기 위한 시험으로, 깊이가 직선적으로 연속해서 변화하고 있는 홈 속에 직선 모양의 날 끝으로 직각 방향으로 훑어, 도료의 표면에 입자

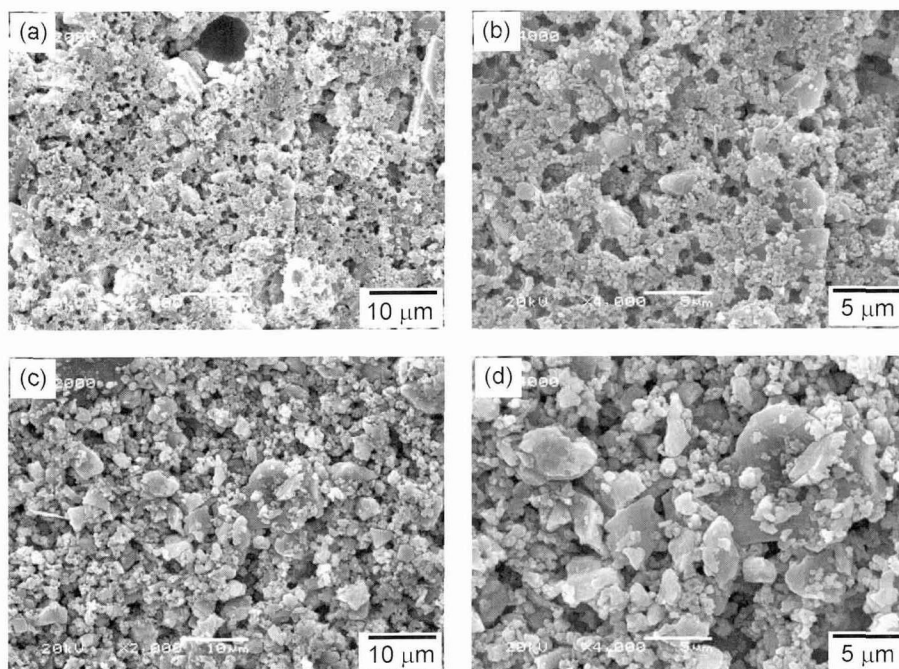
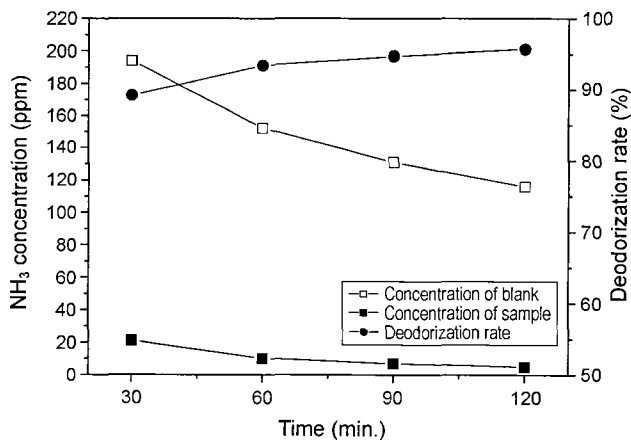


Fig. 2. SEM micrographs of eco-ceramics paint and natural paint; (a) $\times 2000$, (b) $\times 4000$, (c) $\times 2000$, and (d) $\times 4000$.

Table 2. Physical Characteristics Testing of Eco-Ceramics Paint

Item	Unit	Result
Drying time	Minutes	40
Fineness of grind	N.S	3
Consistency	K.U	93
45°, 0° Directional reflectance	%	84
Concealment	-	0.98
Volatile and nonvolatile content	%	65
Odor	-	Good
Storage stability	-	Good
Pb	mg/kg	Not detected
Cd	mg/kg	Not detected
Sb	mg/kg	Not detected
As	mg/kg	Not detected
Hg	mg/kg	Not detected
Cr	mg/kg	Not detected

**Fig. 3.** Result of deodorization rate using NH_3 gas at various sealing time.

또는 입자가 이동 할 수 있는 근이 나타난 곳의 흠 깊이로 입자의 크기에 대한 계략적인 수를 안다. 이는 안료 분산 공정에서 분산 정도를 시험하는 데에도 사용한다.

확산반사율과 은폐율은 뛰어난 특성을 보였으며 유해 중금속 성분은 검출되지 않았다. Table 2에서 나타낸 바와 같이 도료로서의 기본 물성을 대부분 만족하는 무기질 도료를 제조할 수 있었다.

Fig. 3은 밀폐 후 경과시간 변화에 따른 암모니아 가스의 탈취율을 그래프로 나타낸 것이다. 시간이 경과할수록 탈취율은 점점 증가하는 경향을 나타내었으며, 120분 후에는 95.7%로 높은 탈취 성능을 나타내었다. 이는 Filler로 첨가 되어진 제올라이트가 각종 미생물 및 냄새의 입자들이 흡착할 수 있는 수 나노미터(nm) 공극부터~수 마이크로(μm) 공극까지 갖는 다공체로서, 각종 가스는 물론 여러 가지의 냄새들을 물리적인 힘으로 강제적으로 끌어

Table 3. Assessment of VOCs Emission Characteristics of eco-Ceramics Paint (Unit : g/L)

Item	Result
Acetone	Not detected (Limit of detection 0.01)
Methanol	Not detected (Limit of detection 0.01)
Methyl ethyl ketone	Not detected (Limit of detection 0.005)
Ethanol	Not detected (Limit of detection 0.01)
Benzene	Not detected (Limit of detection 0.005)
2-Propanol	Not detected (Limit of detection 0.005)
Methyl isobutylketone	Not detected (Limit of detection 0.005)
Isobutanol	Not detected (Limit of detection 0.01)
Toluene	Not detected (Limit of detection 0.005)
Butyl acetate	Not detected (Limit of detection 0.005)
1-Butyl alcohol	Not detected (Limit of detection 0.01)
Cellosolve	Not detected (Limit of detection 0.01)
o-Xylene	Not detected (Limit of detection 0.005)
m-Xylene	Not detected (Limit of detection 0.005)
p-Xylene	Not detected (Limit of detection 0.005)
Stylene	Not detected (Limit of detection 0.005)
Butyl Cellosolve	Not detected (Limit of detection 0.01)
Others	Not detected (Limit of detection 0.005)

당겨 흡착하는 동시에 화학적으로 분해력까지 가질 수 있도록 하여 줌으로서 탈취능력이 우수한 것으로 사료된다. 또한 도료 표면에 형성되어진 미세한 기공들도 탈취 성능에 큰 영향을 미치리라 사료된다.

Table 3은 제조된 무기질 도료의 휘발성 유기화합물의 방출 여부를 관찰하기 위하여 검출 시험한 결과를 나타낸 것이다. VOCs는 일반적으로 보건학적인 측면과 환경학적인 측면에서 중요하게 다루어지고 있다. 휘발성유기화합물의 일부물질은 냄새를 유발하여 인체의 감각능력에 영향을 주거나 일시적인 최면효과를 가지고 있으며, 일부물질은 발암성과 유전독성을 내포하고 있어 인체에

Table 4. Anti-Bacterial Rate of *Escherichia coli* and *Pseudomonas Aeruginosa*

Item		Result		
		Initial concentration (CFU/40p)	Concentration after 24 h (CFU/40p)	Anti-bacterial rate (%)
Anti-bacterial rate of <i>Escherichia coli</i>	Blank	381	1926	Increase
	Eco-ceramics paint	381	1	99.7
Anti-bacterial rate of <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Blank	400	2026	Increase
	Eco-ceramics paint	400	2	99.5

대한 위해성이 매우 큰 특징이 있다.

VOCs에 의한 인체의 중독증상은 VOCs의 구조, 노출농도와 기간, 다른 VOCs와의 복합 노출, 개인의 감수성, 표적장기의 분포 등에 따라 다르게 나타난다. 벤젠과 1-3부타디엔, 포름알데히드, PAHs는 각각 백혈병, 비암, 폐암을 유발할 수 있는 잠재력을 지니고 있으며, PCBs, PTCs, 다이옥신, 프란은 인체 유전독성 유발물질로 알려져 있다. 또한, 인체에 미치는 장애로는 급성장애와 만성장애로 구분된다. 급성장애로는 VOCs에 의한 독성작용으로 가장 보편적으로 중요하게 다루어지고 있는 중추신경계를 억제하는 마취작용이 있으며, 만성장애로는 VOCs에 의한 비특이적인 중추신경계 작용으로서 급성적으로 나타나는 마취작용에 만성적인 신경행동학적 장애인 중추신경계의 장애와 말초신경장애를 들 수 있다. 이상 설명한 바와 같이 제조되어진 무기질 도료는 시험 결과 어떠한 VOCs도 검출되지 않는 환경 친화적인 도료임을 확인할 수 있었다.

Table 4는 제조된 무기질 도료의 항균시험 결과를 나타낸 것이다. 시험은 Shake Flask법에 의해 진행하였으며, 시험편과 대조편을 공시균으로 접종시킨 후 접종액과 일정량의 중화용액을 진탕시켜 배양된 세균을 추출하여 진행하였다. 이 중화용액 속에 존재하는 세균의 수가 측정되면 항균성이 있는 시험편과 대조편간의 세균감소율을 측정한다. 공시균은 대장균(*Escherichia coli* American Type Culture Collection No. 25922)과 녹농균(*Pseudomonas aeruginosa* ATCC No.15442)을 사용하였다. 세균감소율은 아래 (1)과 같은 식에 의해 계산하였다.

$$\text{세균 감소율} = \frac{[(\text{초기의 균수} - 24\text{시간 후 균수}) \div \text{초기의 균수}] \times 100}{(1)} \quad (1)$$

제조된 무기질 도료는 대장균에 99.7%, 녹농균에 99.5%로 아주 높은 항균력을 나타내었다. 이는 무기질 도료 도막의 알칼리 특성에 의한 항균특성과 첨가 재료가 나타내는 항균특성 때문인 것으로 사료된다. 첨가재료의 항균특성은 다음과 같이 세 가지로 분류해 볼 수 있다.

첫째, 항균금속이온에 의한 항균작용이다. 무기담체로부터 미량 해리된 항균금속이온(Ag^+ , Zn^{2+} , Cu^{2+})은 확산에 의해 세포막에 도달하고, 세포막 등의 단백질에 흡착됨과 동시에 세포의 구조를 파괴한다. 세포막 및 효소 등

의 단백질에 흡착된 항균금속이온은 구성 아미노산인 Cystein의 -SH기에 결합하여, 세포의 에너지 대사를 저해하고 황화물로 전환하기 때문이다. 이러한 현상은 순수(純水)중에는 Ag^+ 담지 Zeolite로부터 Ag^+ 의 용출이 없는 반면, 균체를 넣으면 Ag^+ 가 용출되어 균체 내부로 전이되는 현상에서 찾아볼 수 있다.

둘째, 활성산소에 의한 항균작용이다. 무기담체와 결합하고 있는 산소 혹은 물속의 용존산소는 항균금속의 촉매작용에 의해 부분적으로 활성산소(O^{2+} , O^{2-} , O)로 전환되고 이 활성산소는 오존, 과산화수소, 염소와 같은 강력한 살균작용을 발휘하기 때문이다.

셋째, 세라믹에 의한 흡착 항균작용이다. Zeolite는 잘 발달된 pore를 가지고 있기 때문에 비표면적이 크다. 따라서 균, 박테리아, 유기물질 등을 흡착하는 기능을 보유하고 있으며, 또한 gas 탈취제로도 일부 사용되어지고 있기 때문이다.

Table 5는 무기질 도료의 곰팡이 시험결과를 나타낸 것이다. 곰팡이 균주는 혼합균주(*Aspergillus niger* ATCC

Table 5. Antifungal Characteristics of Eco-Ceramics Paint at various Culture Time

Item	Antifungal characteristics			
	Period			
	1 week	2 weeks	3 weeks	4 weeks
Result	0	0	0	0

0 : Not recognized the growth of filamentous fungi from the sample

Table 6. Assessment of VOCs and HCHO Emission Characteristics from MDF Plywood Using Small Chamber Method

Item	HCHO (ppm)	Shielding rate (%)	VOCs (ppm)	Shielding rate (%)
A-MDF	0.22	81.8	1.32	84.1
Coated A-MDF	0.04		0.21	
B-MDF	0.15	93.3	1.26	87.3
Coated B-MDF	0.01		0.16	
C-MDF	0.04	75.0	1.33	91.0
Coated C-MDF	0.01		0.12	

9642, *Penicillium pinophilum* ATCC 11797, *Chaetomium globosum* ATCC 6205, *Gliosadium virens* ATCC 9645, *Aureobasidium pullulans* ATCC 15233)를 사용하였으며, 4주 배양기간 동안 시료에서 곰팡이균의 성장을 인지할 수 없었다. 이와 같은 무기질 도료의 우수한 항곰팡이 특성은 위에서 설명한 바와 같이 무기질 도료 도막의 알칼리 특성과 첨가재료가 나타내는 항곰팡이 특성 때문인 것으로 사료된다.

Table 6은 VOCs 및 포름알데히드 가스가 많이 방출되는 MDF 합판에 무기질 도료를 도포한 후 차폐율을 측정하여 나타내었다. 포름알데히드의 경우 평균 약 83.4%의 차폐율을 나타내었으며, VOCs의 경우는 약 87.5%의 차폐성능을 보였다. 이와 같이 높은 차폐성능을 나타내는 것은 무기질 바인더가 CO₂ 가스와의 초기 및 장기적인 반응에 의해 표면부위와 내부에 매우 치밀한 무기질 층을 형성하여 때문이라 사료된다. 물론 이와 같은 반응으로 미세한 기공들이 형성되었고, 이로 인해 미세기공을 통한 가스의 유출로 100%의 유해가스 차단 성능은 나타내지 않은 것으로 사료된다. 또한 Filler 분말로 첨가된 변형 제올라이트의 뛰어난 흡착능력 또한 유해가스 방출을 억제하는데 중요한 역할을 한 것으로 판단된다. 천연 제올라이트를 일반적으로 그냥 사용하기보다는 유기 양이온을 이용하여 제올라이트를 변형시킨 후 흡착성질을 증가시켜 이러한 유기오염물질을 제거하는데 사용하였다. 천연 제올라이트는 영구전하를 갖고 있고 이러한 영구전하로 인하여 양이온 계면활성제를 사용하면 표면을 변형시킬 수 있다. TMA⁺(tetramethylammonium, C₄H₁₂N⁺), HDTMA⁺(hexadecyltrimethylammonium, C₁₉H₄₂N⁺), EHDDMA⁺(ethylhexadecyldimethyl-ammonium, C₂₀H₄₄N⁺), CP⁺(cetylpyridinium, C₂₁H₃₈N⁺) 등이 주로 유기양이온으로 이용되고 있다. 본 연구에 사용된 HDTMA와 같은 긴 체인구조를 갖고 있는 양이온 계면활성제는 제올라이트 기공에 들어가기에는 너무 크다. 그래서 이러한 HDTMA는 제올라이트 입자의 외부 표면에서 흡착이 일어난다. HDTMA에 의하여 점차적으로 표면이 변형되면 흡착된 계면활성제는 다른 표면 배열을 갖는 양이온을 형성한다. 수용액 중의 계면활성제의 농도가 임계교질농도(Critical Micelle Concentration : CMC) 이상이면 계면활성제 분자들은 교질을 형성한다. 초기 농도가 CMC를 넘게 되면 양전하를 갖는 계면활성제 교질은 음전하를 갖는 표면에 흡착되어 복층(bilayer)을 형성한다. 복층 중 첫 층은 양이온 교환에 의하여 표면에 고착되어 있고 바깥층은 소수반응(hydrophobic interaction)에 의하여 표면에 존재하게 되며 반대 전하의 이온에 의하여 안정되어진다. 즉 HDTMA⁺와 같은 계면활성제의 경우 복층을 형성하기 위하여 소수성인 꼬리는 서로 마주하게 된다. 단층(monolayer)과 복층에 있는 계면활성제의 비는 수용액에 존재하는 계면활성제의 총 양과

반대전하의 이온의 종류에 따라 틀려진다. 만일 계면활성제의 농도가 CMC이하이면 단지 단분자 상태로 수용액 속에 존재하고 음전하를 갖는 표면에 단분자 상태로 흡착된다. 최근의 연구¹⁴⁻¹⁹⁾에 의하면 이러한 계면활성제로 변형시킨 제올라이트가 다양한 종류의 오염원을 효과적으로 흡착시키는 것으로 나타났다.

4. 결 론

친환경 무기질 도료의 제조 및 특성에 관해 시험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 무기질 도료의 경우 일반적인 천연 페인트에 비하여 표면이 평탄하며, 아주 미세한 기공이 고르게 분포하고 있다.
2. 도료의 기본적인 물성치를 만족하며, VOCs 방출이 거의 없는 친환경적인 무기질 도료를 제조할 수 있었다.
3. 암모니아 가스의 탈취율 시험결과 시간이 경과할수록 탈취율은 더욱 증가하였으며, 120분 후에는 95.7%로 높은 탈취 성능을 나타내었다.
4. 제조된 무기질 도료는 대장균에 99.7%, 녹농균에 99.5%로 아주 높은 항균력을 나타내었다.
5. 4주 배양기간 동안 무기질 도료 시료에서 곰팡이균의 성장을 인지할 수 없었다.
6. 합판에 무기질 도료 도포시 아주 우수한 유해가스 흡착 및 차폐 성능을 나타내었다.

REFERENCES

1. Y. H. Cho, "Development Status of the Automotive Paint Technology," *J. of Kor. Ind. & Eng. Chemistry*, **4** [1] 1-7 (1993).
2. http://152.99.158.3/dl_cab/dl_cab/000/000/000/085/8530_62403.hwp
3. http://www.econews.co.kr/notice/n_view.html?no=14&t.name=dataroom
4. <http://safe.cpb.or.kr/textdata/HOMEPAGE/200404/2900031/rp20040430.hwp>
5. http://www.kihe.re.kr/04/image/2002_02_01.hwp
6. C. G. Lee and I. K. Hong, "Physical Properties of Synthetic Acrylic Coating Containing Alkoxysilane," *J. Kor. Ind. Eng. Chemistry*, **12** [8] 846-52 (2001).
7. J. H. Lee and C. I. Jin, "Development Trends of Environment Protection Paint," *Prospectives of Ind. Chemistry*, **5** [5] 18-24 (2002).
8. H. J. Kim and B. H. Lee, "Development Trends of Natural Coatings," *Prospectives of Ind. Chemistry*, **5** [5] 35-43 (2002).
9. S. K. Kim, "Preparation and Technological Trends of Photocatalytic Coating," *Prospectives of Ind. Chemistry*, **5** [5] 44-53 (2002).
10. K. I. Lee, S. K. Kim, H. S. Song, H. D. Jang, and S. J. Kim,

- "Development of Coatings by Photocatalytic Titanium Dioxide," *Applied Chemistry*, **5** [2] 236-39 (2001).
11. G. G. Lim, "A Study on Removal Efficiency of VOCs using Vortex Cyclones," *J. Kor. Ind. Eng. Chemistry*, **16** [2] 194-99 (2005).
 12. K. C. Jung and S. C. Hong, "A Study on Removal of VOC and Odor Using Ozone in Photocatalytic Reaction System," *J. Kor. Ind. Eng. Chemistry*, **14** [5] 671-79 (2003).
 13. S. J. Lee, S. K. Jang, Y. S. Cho, K. M. Jung, and G. H. Jeong, "Assessment of VOCs Emission Characteristics from Building Materials such as Wall Paper, Paints, and Adhesives Using Small Chamber Method," *J. Kor. Soc. Atmospheric Environment*, **21** [2] 191-204 (2005).
 14. <http://bh.knu.ac.kr/%7Eygkim/document/%BB%EA%BE%F7%B1%A4%B9%B0.hwp>
 15. G. Blanchard, M. Maunaye, and G. Martin, "Removal of Heavy Metals from Waters by Means of Natural Zeolites," *Water Res.*, **18** 1501-07 (1984).
 16. G. M. Haggerty and R. S. Bowman, "Sorption of Chromate and other Inorganic Anions by Organo-Zeolite," *Environ. Sci. Tech.*, **28** 452-58 (1994).
 17. Z. Li and R. Bowman, "Sorption of Perchloethylene by Surfactant-Modified Zeolite as Controlled by Surfactant Loading," *Environ. Sci. and Tech.*, **32** 2278-82 (1998).
 18. M. Pansini and C. Colella, "Lead Pollution Control by Zeolite," *Mater. Eng.*, **1** 623-30 (1989).
 19. I. Santiago, V. P. Worland, E. Cazares, and F. Cadena, "Adsorption of Hexavalent Chromium onto Taolored Zeolite," *Metal Finishing Mag.*, **90** 37-43 (1992).