

## PVC 바닥상재용 광경화형 내열 코팅액의 제조 및 응용에 관한 연구

박보람<sup>1</sup>, 하진욱<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>순천향대학교 화학공학환경공학과

### Manufacture and Application of UV-Cured Anti-cigar burning Coating Compounds for PVC Tile

Bo-ram Park<sup>1</sup> and Jin-Wook Ha<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Chemical & Environmental Eng., College of Eng., Soonchunhyang Univ.

**요 약** 본 연구는 건축용 바닥재로 널리 이용되는 PVC 상재의 표면을 열에 의한 손상으로부터 보호하기 위하여 기존에 사용하는 광경화형 우레탄-아크릴 수지에 내열성(anti-cigar burning)을 향상시킨 광경화형 수성도료 개발에 관한 것이다.

PVC 바닥상재용으로 사용되는 내열기능성이 없는 우레탄-아크릴 수지에 인계화합물을 주원료로 합성한 내열제, 구아니딘을 주원료로 합성한 내열제, 일시적 방염제로 사용되는 제 2인산암모늄을 수지의 양 대비 함량(wt%)을 10, 20, 30%로 변화하여 첨가한 후 배합하여 수지의 내열성을 향상시킨 코팅액을 제조하였다.

제조한 코팅액은 코팅층의 두께조절이 가능한 Bar-coating을 사용하여 PVC 바닥상재에 코팅한 후, 내열성, 부착력, 내화학성, 코팅두께 등의 코팅층 표면물성을 평가하였다.

연구결과, 수지에 인계화합물을 주원료로 합성한 내열제 30%를 혼합하여 제조한 코팅액을 Bar-coater No.12로 코팅한 코팅표면이 열에 의한 손상이 가장 적고, 부착력 100%, 내화학성 양호로 가장 좋은 물성을 보였다.

전반적으로 내열제 함량이 높고, 코팅 두께가 두꺼울수록 내열성이 우수한 것으로 나타났다.

**Abstract** This study is on development of UV-cured water soluble coating composition which have more improved anti-cigar burning to prevent a surface of PVC tile from damage of heat.

To make an anti-cigar burning coating solution, thermostable agent that synthesize main materials phosphorus compound, guanidine and ammonium phosphate dibasic used temporary flame retardants, changing their contents from 10 to 30wt% against quantities of resin and compounded.

After coating PVC tiles using bar-coating method that can adjust a thickness, we estimated surface properties of coated layer such as anti-cigar burning, adhesive power, chemical resistance, thickness of coating, and so on.

Results showed that a coating composition added 30 wt% of phosphorus compound and coated with No.12 bar-coater had the best optimized surface property in anti-cigar burning effect, adhesive power and chemical resistance. Also, we could find anti-cigar burning effect was improved as thermostable agents content and coating thickness increased.

**Key Words** : PVC Tile, UV-Cure, Anti-cigar burning, Flame retardants, Thermostable

\*교신저자 : 하진욱(chejwh@sch.ac.kr)

접수일 09년 12월 07일

수정일 (1차 10년 01월 21일, 2차 10년 02월 04일)

게재확정일 10년 02월 24일

## 1. 서론

현재 우리 사회는 점차 거대화되고 있으며, 우리가 생활을 영위하는 집과 빌딩의 기능적인 효율을 높이기 위해 건축 내·외장재 및 인테리어 재료의 사용량이 증가하고 있다.[1,2]

건축용 바닥재는 모든 건축물의 마감재로서 전에는 석재, 석고 및 시멘트 등 무기재료가 많이 사용되었다. 그러나 최근에는 대규모 아파트, 대형 오피스텔, 호텔, 공장 및 물류창고 등의 증가로 경량화, 내충격성, 흡음성 및 단열성을 포함한 합성수지 카펫, 아크릴, 우레탄 도장재, 합성고무, 목재바닥재 및 인조대리석 등의 가연성물질과 고분자 복합재료의 사용이 급증하고 있다.[3]

전체 바닥재의 70%이상을 차지하고 있는 PVC (poly-vinyl-chloride)제품은 시공이 간편하고 가격이 저렴하며 제품의 종류가 다양하고 위생적일 뿐만 아니라 내수성이 뛰어나고, 탄력성이 있어 보행감이 좋은 장점이 있다. 그러나 이러한 고분자재료는 열안정성이 낮아 비교적 낮은 온도의 열에 의해 용이하게 분해하고, 화재시 직접 노출되어 제일 먼저 착화 및 연소 확대되는 주요 매체이다. 연소에 따라 분출되는 열, 연기, 유해가스로 인해 물리적 피해는 물론 큰 인명의 피해도 가져오게 된다.

불은 우리의 생활에 필수적인 것이기 때문에 사용하는 한 완전한 화재 발생의 방지는 불가능하다. 그러므로 착화된 불의 확산을 자기소화로 유도하거나 화재가 확대될 때까지의 시간을 지연시키는 각종의 예방규제 조치를 강구하고 있다.[4-8]

이런 화재 피해를 최소화하기 위해 단순표면 보호뿐 아니라 열이나 화염으로부터 피도막물을 일정시간동안 보호하고 열에 의한 오염을 방지하기 위한 기능성을 부여한 Non-VOC형 도료를 이를 적용할 수 있는 첨단기술의 개발이 필요하다.

본 연구에서는 건축용 바닥재로 널리 이용되는 PVC 상재에 사용되는 용제형 광경화형 도료를 대체하고, PVC Tile의 표면을 열에 의한 손상으로부터 보호하기 위한 환경친화적이며 내열기능성을 지닌 광경화형 수성도료에 대한 연구를 진행 하였다.

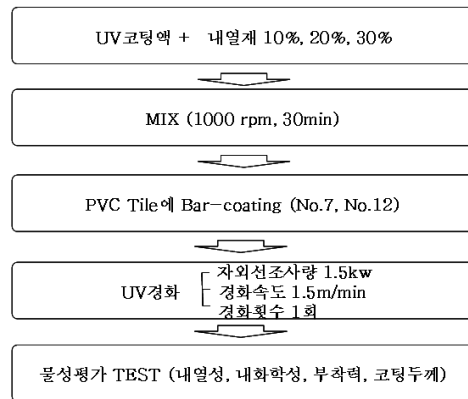
## 2. 실험

### 2.1 코팅액 제조방법 및 경화조건

본 연구에서 PVC Tile의 내열성을 증가시키기 위해 제조한 코팅액과 경화조건은 그림 1과 같다.

### 2.1.1 내열 코팅액 제조

코팅액은 인계화합물을 주원료로 합성한 내열제 DO-40(국산, (주)유진텍21), 구아니딘을 주원료로 합성한 내열제 JIN-FR100(국산, (주)진케믹), 일시적 방염제로 사용되는 제 2인산암모늄(Ammonium Phosphate Dibasic)을 UV코팅액 UJ-PU09(국산, (주)유진텍21)에 무게비로 10, 20, 30 wt% 첨가한 후 상온에서 30분간 교반하여 제조하였다. 일반 UV코팅액의 조성은 표 1, 내열제의 특성은 표 2와 같다.



【그림 1】 코팅액 제조 및 UV 경화조건

【표 1】 일반 UV코팅액의 조성

성분	함량
광개시제	4.9
모노머	59.5
올리고머	35
첨가제	0.6
합계	100

【표 2】 내열제의 특성

	DO-40	JIN-FR100	Ammonium Phosphate Dibasic
주원료	$C_2H_6O_7P_2$	$C_2H_4N_4-HOSO_3NH_2$	$(NH_4)_2HPO_4$
비중 ( $g/cm^3$ )	1.1	1.3 ±0.05	1.619
PH	4-4.5	7±1	7.7-8.1
성상	액상	액상	고상

### 2.1.2 Bar-Coating

10cm×30cm 크기의 PVC Tile에 내열 코팅액을 올려놓고 코팅 층의 두께가 16 $\mu$ m로 코팅 되는 Bar-Coater No.7, 27.43 $\mu$ m로 코팅되는 Bar-Coater No.12를 이용하여 일정속도를 유지하여 한쪽방향으로 끌어당기는 방법으로 상온에서 코팅하였다.

### 2.1.3 UV경화시스템

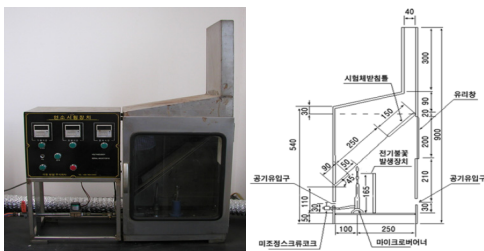
UV경화시스템 (국산, (주)Lichtzen, Model: LZ-UH101RH)은 W340mm×D750mm×H 900mm로 고압 Mercury Lamp의 250~420nm 영역의 강한 자외선을 발생하는 광중합 반응의 원리에 의해 경화되는 자외선 조사장치이다. 자외선 조사량 1.5kw, 경화속도1.5m/min, 경화횟수 1회로 동일한 조건에서 경화하였다.



[그림 3] UV 경화시스템

### 2.2 실험장치 및 방법

내열 코팅된 PVC Tile은 연소시험장치(국산, 극동방열 주식회사)로 한국소방검정공사 규정에 의한 45°Micro Burner법(JIS Z-2150)을 사용하여 Test하였다. 연소시험 장치는 W 30cm×D 35cm×H 60cm 3면이 막힌 stainless steel combustion chamber 안에서 PVC Tile을 시험체 받침틀에 45°각도로 고정하고 KS M 2150(액화석유가스) 제 4호에 적합한 가스를 사용하였으며, 마이크로 버너를 사용하여 불꽃의 길이 30mm로 30초간 연소 실험을 수행하였다.



[그림 4] 연소시험장치

### 2.3 코팅 층 물성 평가

내화학성 평가는 코팅 표면에 메탄올, 에탄올, IPA, 아세톤을 각각 적신 천으로 문지르고 코팅 층 표면을 관찰하는 방법으로 평가하였다. 부착력평가는 ASTM D 3359에 근거하여 코팅 층 표면에 1mm간격으로 11\*11로 십자형으로 칼집을 내어 100개의 정방형을 만들고 그 위에 테이프(3M Tape)를 잘 밀착시켜 부착한 후 급격히 잡아당겨 코팅 층과 기재와의 밀착정도를 관찰하였다. 코팅의 박리등급에 따른 자세한 기준은 그림 4와 같다.

등급	기준
5B	박리 없음
4B	5% 미만
3B	5~15%
2B	15~35%
1B	35~65%
0B	65% 초과

[그림 5] 부착력 테스트 평가방법

코팅두께는 초음파 multilayer 코팅 두께 측정기(미국, Defelsko, positector® 100)로 5회 측정 후 평균값으로 평가하였다.



[그림 6] 코팅두께 테스트 평가방법

## 3. 결과 및 고찰

PVC 바닥상재용으로 사용되는 내열기능성이 없는 우레탄-아크릴 수지에 인계화합물을 주원료로 합성한 내열재(A), 구아니딘을 주원료로 합성한 내열재(B), 일시적 방염제로 사용되는 제 2인산암모늄(C)을 수지의 양 대비 함량(wt%)을 10, 20, 30%로 변화하여 첨가한 후 배합하여 수지의 내열성을 향상시킨 코팅액을 제조하였다. 시료는 내열재의 함량에 따라 임의로 각각 세가지로 분류하여 표기하여 표 3에 표기하였다.







**[표 3]** 내열재의 종류와 함량에 따른 코팅액의 분류

분 류	내열재	함 량
A-10	인계화합물	10%
A-20		20%
A-30		30%
B-10	구아니딘	10%
B-20		20%
B-30		30%
C-10	제2인산암모늄	10%
C-20		20%
C-30		30%

**3.1 인계화합물 내열재의 코팅층 물성**

인계화합물로 제조한 내열 코팅액 A-10, 20, 30을 PVC Tile에 코팅하여 평가한 물성결과는 표 4와 같다.

**[표 4]** 인계화합물 내열재의 코팅층 물성평가

			A-10	A-20	A-30
No.7	내열성	연소시험			
	내화학적	Solvent	양호	양호	양호
	부착력	cross-cut	5B	5B	5B
	코팅두께	초음파	17 $\mu$ m	16 $\mu$ m	18 $\mu$ m
No.12	내열성	연소시험			
	내화학적	Solvent	양호	양호	양호
	부착력	cross-cut	5B	5B	5B
	코팅두께	초음파	27 $\mu$ m	23 $\mu$ m	26 $\mu$ m

내열성 Test 결과 내열재의 함량이 높아질수록 코팅한 코팅표면의 탄화면적이 줄고, 코팅두께가 두꺼워 질수록 열에 의한 손상이 적었다. 내화학적성은 메탄올, 에탄올, IPA, 아세톤으로 각각 문질렀을 때 코팅 층 표면의 변화

가 없이 양호하였다.



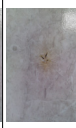



부착력은 ASTM D 3359 부착력 평가에 따라 최상등급인 5B로 모두 매우 우수하였고, 코팅두께는 Bar-coater No.7로 코팅 시 16~18 $\mu$ m이고, No.12로 코팅 시 23~27 $\mu$ m로 적절하게 나왔다. 인계화합물의 내열코팅 결과 내열재 함량이 많을수록, 코팅두께가 두꺼울수록 우수한 것으로 나타났다.

**3.2 구아니딘 내열재의 코팅층 물성**

구아니딘으로 제조한 내열 코팅액 B-10, 20, 30을 PVC Tile에 코팅하여 평가한 물성결과는 표 5와 같다.

내열성 Test 결과 내열재의 함량이 높아질수록 코팅표면의 탄화면적이 줄고, 코팅두께가 두꺼워 질수록 열에 의한 손상이 적었다. 하지만 인계화합물 내열재의 코팅표면보다 탄화면적이 크게 나왔다. 내화학적성은 메탄올, 에탄올, IPA, 아세톤으로 문질렀을 때 코팅 층 표면의 변화가 없이 양호하였다. 부착력은 ASTM D 3359 부착력 평가에 따라 최상등급인 5B로 모두 매우 우수하였고, 코팅 두께는 Bar-coater No.7으로 코팅 시 16~17 $\mu$ m이고, No.12으로 코팅 시 23~28 $\mu$ m로 적절하게 나왔다. 구아니딘 내열재의 코팅결과도 인계화합물 내열재와 마찬가지로 내열재 함량이 많을수록, 코팅두께가 두꺼울수록 우수한 것으로 나타났다.



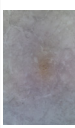


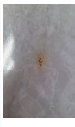
**[표 5]** 구아니딘 내열재의 코팅층 물성평가

			B-10	B-20	B-30
No.7	내열성	연소시험			
	내화학적	Solvent	양호	양호	양호
	부착력	cross-cut	5B	5B	5B
	코팅두께	초음파	17 $\mu$ m	16 $\mu$ m	17 $\mu$ m
No.12	내열성	연소시험			
	내화학적	Solvent	양호	양호	양호
	부착력	cross-cut	5B	5B	5B
	코팅두께	초음파	25 $\mu$ m	28 $\mu$ m	23 $\mu$ m

### 3.3 제2인산암모늄 내열재의 코팅층 물성

제2인산암모늄으로 제조한 내열 코팅액 C-10, 20, 30을 PVC Tile에 코팅하여 평가한 물성결과는 표 6과 같다.

【표 6】 제2인산암모늄 내열재의 코팅층 물성평가

			C-10	C-20	C-30
No.7	내열성	연소시험			
	내화학성	Solvent	양호	양호	양호
	부착력	cross-cut	5B	5B	5B
	코팅두께	초음파	16 $\mu$ m	17 $\mu$ m	17 $\mu$ m
No.12	내열성	연소시험			
	내화학성	Solvent	양호	양호	양호
	부착력	cross-cut	5B	5B	5B
	코팅두께	초음파	27 $\mu$ m	23 $\mu$ m	24 $\mu$ m

내열성 Test 결과 내열재의 함량이 높아질수록 코팅표면의 탄화면적이 줄고, 코팅두께가 두꺼워 질수록 열에 의한 손상이 적었지만, 인계화합물이나 구아니딘 내열재보다 탄화면적도 넓었다. 내화학성은 양호하고, 부착력은 ASTM D 3359 부착력 평가에 따라 최상등급인 5B로 모두 매우 우수하였다. 코팅두께는 Bar-coater No.7로 코팅시 16~17 $\mu$ m이고, No.12로 코팅시 23~27 $\mu$ m로 적절하게 나왔다. 제2인산암모늄 내열재의 코팅결과 내열재 함량이 많고, 코팅두께가 두꺼울수록 우수한 것으로 나타났다.

## 4. 결론

주로 바닥재로 많이 사용되어지고 있는 일반 PVC 바닥재의 경우 불에 약하여 열에 의한 오염이 많아 미관을 해치게 된다. 이러한 PVC상재나 Tile의 표면이 열에 노출되었을 때 열화 자국이 남지 않게 방지하기 위하여 소재의 표면을 코팅함으로써 환경 친화적이며 Anti-cigar burning성의 도막을 형성하는 광경화형 내열코팅제를 제조하였다.

기존의 우레탄-아크릴 수지에 내열성을 증가시키기 위해 서로 다른 3종의 내열재 인계화합물, 구아니딘, 제2인산암모늄을 첨가하여 PVC Tile에 코팅한 후 그 물성을 관찰하였다.

내열성은 함량이 높아질수록 코팅표면의 탄화면적이 줄고 코팅두께가 두꺼워질수록 열에 의한 손상이 적었다. 내화학성은 양호, 부착력 5B로 모든 코팅액에서 좋은 물성을 보였다. Bar-coater에 따른 코팅두께는 No.7에서 16~18 $\mu$ m, No.12에서 23~28 $\mu$ m로 적절한 코팅 두께가 측정되었다.

연구결과, 수지에 인계화합물 내열재 30%를 혼합하여 제조한 내열성 광경화형 코팅액이 구아니딘 내열재와 제2인산암모늄 내열재보다 탄화면적이 적어 열에 의한 손상이 적고, 부착력 100%, 내화학성 양호로 가장 좋은 물성을 보였다. 전반적으로 내열재의 함량이 높고, 코팅두께가 두꺼워질수록 내열성이 우수한 것으로 나타났다.

## 참고문헌

- [1] 하진욱, "환경친화적이며 다기능을 보유한 UV경화형 기능성 코팅제의 개발", 한국과학재단 보고서, 2002.
- [2] 이봉우, 이상원, 사공성호, 김희수, 이병호, 김현중, "건축용 바닥재의 연소성능 시험", 한국소방학회 논문지, 제22권, 제2호, pp. 30-37, 2008.
- [3] 김충환, 김종훈, 김운형, 하동명, 이수경, "석고보드의 실내화재 성능평가", 한국안전학회 추계학술대회 논문집, pp. 190-195, 2000.
- [4] 장성기, 김미현, 서수연, 이우석, 임준호, 임정현, "건축용 바닥재로부터의 VOCs와 Aldehydes 방출 특성", 한국분석과학회, 제19권, 제6호, pp. 544-552, 2006
- [5] 최수경, 서치호, 이경구, 최수, "고분자 바닥재의 시험 방법 및 성능기준에 관한 KS규격 연구", 대한건축학회 보고서, 2004.
- [6] 이내우, 김남석, 문병수, "고분자물질 바닥재의 열적 특성에 관한 연구", 한국안전학회지, 제21권, 제6호, pp. 38-45, 2006.
- [7] H. Demir, D. Balkose and S. Ulku, "Influence of Surface Modification of Fillers and Polymer on Flammability and Tensile behavior of Polypropylene Composites", Polymer Degradation Stability, Vol.91, pp.1079-1085, 2006.
- [8] A.P. Mouritz, Z. Mathys and A.G. Gibson, "Heat Release of Polymer Composites in Fire", Composites Part A: Applied Science Manufacturing, Vol.37, pp.1040-1054, 2006.

**박 보 램(Bo-Ram Park)**

[준회원]



- 2009년 2월 : 순천향대학교 환경 공학과 (공학사)
- 2009년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 화학공학·환경공학과 석사 과정

<관심분야>

광촉매, 기능성 코팅, 대기·수질 정화, 친환경소재, 대체 에너지 분야

**하 진 욱(Jin-Wook Ha)**

[종신회원]



- 1986년 2월 : 연세대학교 화학공학과 (공학사)
- 1990년 8월 : (미)Univ. of Illinois 화학공학과 (공학석사)
- 1993년 5월 : (미)Univ. of Illinois 화학공학과 (공학박사)
- 1995년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 에너지환경공학과 교수

<관심분야>

광촉매, 기능성 코팅, 대기·수질 정화, 친환경소재, 대체 에너지 분야