

PVC 바닥상재용 광경화형 하드 코팅액의 제조 및 응용에 관한 연구

박보람¹, 윤현정¹, 조홍¹, 하진욱^{1*}
¹순천향대학교 화학공학환경공학과

Formulation and Application of UV-Cured Hard Coating Compounds for PVC Tile

Bo-Ram Park¹, Hyun-Jung Yoon¹, Zhao Hong¹, Jin-Wook Ha^{1*}

¹Department of Chemical & Environmental Engineering, Soonchunhyang University

요약 본 연구는 건축자재로 널리 사용되는 PVC 바닥상재의 표면을 스크래치로부터 보호하기 위하여 기존에 사용하는 광경화형 우레탄-아크릴 수지에 내마모성을 향상시킨 광경화형 하드 코팅액 개발에 관한 것이다.

PVC 바닥상재용으로 사용되는 내마모성이 없는 우레탄-아크릴 수지에 Al_2O_3 (Al-160SG-3), $Al(OH)_3$ (SH-8W) 및 SiO_2 (KS-5000) 등 서로 다른 내마모성을 지닌 물질을 분말 형태로 수지의 양 대비 함량(wt%)을 10~30%로 변화하여 첨가한 후 링밀(Ring Mill)을 사용, 배합하여 수지의 내마모성을 향상시킨 하드 코팅액을 제조하였다. 제조한 하드 코팅액은 코팅층의 두께조절이 가능한 코팅(Bar-coating)을 사용하여 PVC 바닥상재에 코팅 한 후 내마모성, 연필경도, 부착력, 코팅두께 등의 코팅층 표면물성을 평가하였다.

연구결과, 수지에 Al_2O_3 분말 30%를 혼합하여 제조한 하드 코팅액이 내마모성 1등급, 연필경도 H, 부착력 100%로 가장 좋은 물성을 보였으며, 전반적으로 입자크기가 작고, 분말 함량이 많을수록 또한 코팅두께가 두꺼워 질수록 경도 및 내마모성이 우수한 것으로 나타났다.

Abstract This study is on development of UV-cured hard coating compounds which have more improved abrasion resistance than existing UV-cured urethane-acrylic resin, to prevent a surface of a widely used PVC tile as a constructive material from being scratched.

To make a high abrasion resistant hard coating solution compared to UV-cured urethane-acrylic resin which has no abrasion resistance and been used for PVC tiles, we added powder substances of different abrasion resistant level, Al_2O_3 (Al-160SG-3), $Al(OH)_3$ (SH-8W), SiO_2 (KS-5000), etc., to the resin, changing their contents from 10% to 30% against quantities of resin, and compounded it using Ring-Mill. After coating PVC tiles with the hard coating solution using bar-coating method that can adjust a thickness, we estimated some surface properties—abrasion resistance, pencil hardness, adhesive power, thickness of coating, and so on.

As a result, a hard coating solution added 30% Al_2O_3 powder to the resin had the finest surface properties—the first grade in abrasion resistance, H in pencil hardness, 100% in adhesive power, and a hard coating solution which showed excellent solidity and abrasion resistance has smaller particle size, higher powder content, and thicker coating thickness.

Key Words : PVC Tile, UV-Cure, Hard Coating, Wear-Resistant,

1. 서론

1970년대부터 일기 시작한 아파트 건축 붐에 따라 급

격히 늘어난 건축용 도료(용제형)의 수요는 관련분야의 양적 팽창은 가져왔으나 질적인 기술은 그에 부응하지 못하여 많은 환경오염 문제를 야기 시켰다.

*교신저자 : 하진욱(chejwh@sch.ac.kr)

접수일 09년 07월 07일

수정일 09년 08월 19일

게재확정일 09년 09월 16일

이에 전 세계적으로 환경보존에 관한 관심이 크게 고조되어 최근 환경규제는 모든 산업분야에서 범세계적인 차원으로 확산되고 있으며, 국내 도장 산업에서도 휘발성 유기물질(Volatile organic compound, VOC)의 배출을 줄이기 위해 많은 연구가 진행되고 있다.

이러한 환경규제에 대처할 수 있는 광경화형 수성도료는 제조공정에서 용제를 전혀 사용하지 않는 Non-VOC형 도료로 환경친화적이며 다른 도료보다 우수한 생산성을 가진 도료로서 최근 선진국에서 산업 전 분야에 걸쳐 괄목할만한 성장세를 이루고 있다.

특히, 아파트 건축경기의 성장세에 힘입어 PVC상재와 타일 등은 연간 USD 50억불(약 5조원)의 거대시장을 형성하고 있으며, 선진기업들은 제품에 다양한 기능성을 부가하여 특수기능을 가진 도료 및 가공기술 개발에 많은 노력을 기울이고 있다[1-6].

하지만 국내 PVC 상재와 타일은 단순 표면보호만을 목적으로 하고 있으며 용제형의 도료가 많이 사용되기 때문에, 빠르고 다양하게 변화하는 소비자의 요구를 만족시키면서 환경규제에 대처할 수 있는 친환경 기능성 도료의 개발과 이를 적용할 수 있는 첨단기술의 개발이 필요하다.

본 연구에서는 기존 PVC상재에 사용되는 용제형 광경화 도료를 대체하고, 바닥재로 많이 사용되는 PVC타일의 마모현상을 방지하기 위한 표면강화 기능을 개선할 수 있는 환경친화적이며 내마모성(Wear-resistant)을 지닌 광경화형 수성도료에 대한 연구를 진행 하였으며, 본 하드코팅 연구를 바탕으로 복합기능을 갖는 PVC Tile을 개발중에 있다.

2. 실험

2.1 코팅액 제조방법 및 코팅조건

PVC Tile의 내마모성을 증가시키기 위해 일반 UV코팅액(국산, (주)큐엔탑)에 Al₂O₃(aluminum oxide) 내마모제 Al-160SG-3(일본, Showa Denko사), Al(OH)₃(aluminum hydroxide) 내마모제 SH-8W(국산, (주)KC)와 SiO₂(silicon dioxide) 내마모제 KS-5000(국산, (주)21세기실리카)을 수지의 양 대비 10%, 20%, 30% 함량으로 조절하여 첨가하였다. 일반 UV코팅액의 조성은 표 1과 같다.

[표 1] UV 코팅액의 조성

	함 량
광 개 시 제	4.9
모 노 머	48.8
올 리 고 머	45.7
첨 가 제	0.6
합 계	100

세 가지 내마모제의 화학적 성분은 표 2에 나타내었다.

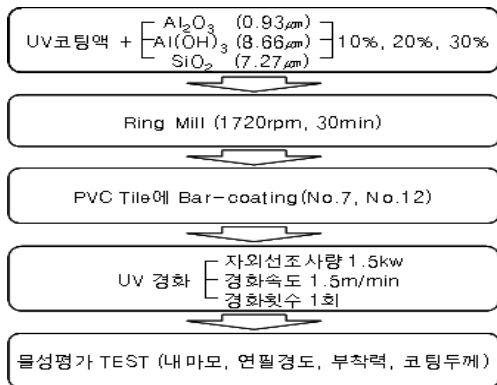
[표 2] 내마모제 화학적 성분

	aluminum oxide	aluminum hydroxide	silicon dioxide
Al ₂ O ₃	99.6	-	0.15
Al(OH) ₃	-	99.6	-
SiO ₂	0.02	0.01	99.5
Na ₂ O	0.30	0.25	-
Fe ₂ O ₃	0.02	0.015	0.03
TiO ₂	-	-	0.02
L.O.I	0.1	-	0.2

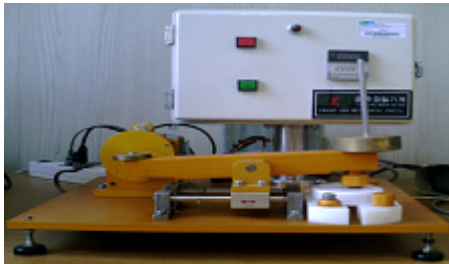
UV코팅액과 내마모제를 배합하기 위해 Ring Mill-RG25(국산, (주)암스텍 산업)를 사용하여 1720rpm으로 30분간 밀링하여 하드 코팅액을 제조하였다. 제조한 코팅액을 10cm×10cm 크기의 PVC Tile에 두께조절이 가능한 두 가지 Bar-coater(No.7, No.12)를 사용하여 코팅하였다. 코팅한 PVC Tile은 UV경화기(국산, Lichtzen)로 자외선 조사량 1.5kw, 경화속도 1.5m/min, 경화회수 1회로 동일한 조건에서 경화하였다. 코팅액 제조방법 및 코팅 조건은 그림 1과 같다.

2.2 코팅 층 물성 평가

코팅된 PVC Tile의 hardness 평가 중 내마모성은 Steel wool tester기(국산, K사)로 Tile 표면에 각각 500g과 1kg의 하중으로 Steel wool을 20회 왕복한 후 육안 관찰로 1~3등급으로 평가하였다. 긁힘이나 흠이 없다면 1등급, 긁힘이 5줄 이하이면 2등급, 5~10줄이면 3등급, 그 외는 등급이하로 구분하였다.



[그림 1] 코팅액 제조 및 UV경화 코팅조건



[그림 2] 내마모 테스트 평가방법

경도는 연필경도 측정기로 KS M ISO 15184에 기준하여 PVC Tile 표면에 45도 각도로 규정된 연필의 심을 대고 500g의 하중으로 5회 왕복 후 긁힘 정도에 따라 평가하였다.



[그림 3] 연필경도 테스트 평가방법

코팅두께의 측정은 초음파 multi-layer 코팅 두께 측정기(미국, Defelsko, positector[®] 100)로 5회 측정 후 평균값으로 평가하였다.



[그림 4] 코팅두께 테스트 평가방법

부착력평가는 ASTM D 3359에 근거하여 코팅 표면에 1mm간격으로 십자형의 칼집을 내어 100개의 정방형을 만들고 3M 테이프를 잘 밀착시켜 일정한 힘으로 수회 떼어내어 코팅 층과 기재와의 밀착정도를 관찰하였다. 코팅의 박리등급에 따른 자세한 기준은 그림 5와 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

3. 결과 및 고찰

PVC Tile의 알맞은 하드코팅의 조건을 찾기 위하여 Particle size가 다른 Al₂O₃(aluminum oxide)분말과 Al(OH)₃(aluminum hydroxide), SiO₂(silicon dioxide)분말의 함량을 조절하여 하드 코팅액을 제조하였다. 내마모제의 함량을 30%이상 첨가할 경우 점도가 높아져 Ring Mill을 할 수 없었다. 시료는 내마모제의 품명과 함량에 따라 각각 세 가지로 분류하여 표기하였고, 연구에 사용된 내마모제의 종류와 Particle Size, 첨가된 함량은 표 3에 나타내었다.

[표 3] 내마모제 종류와 함량에 따른 코팅액의 분류

분 류		품 명	함 량
A-10	Al ₂ O ₃	Al-160SG-3 (0.93 μ m)	10%
A-20			20%
A-30			30%
S-10	Al(OH) ₃	SH-8W (8.66 μ m)	10%
S-20			20%
S-30			30%
K-10	SiO ₂	KS-5000 (7.27 μ m)	10%
K-20			20%
K-30			30%

3.1. Al₂O₃ 내마모제의 코팅층 물성

내마모제 Al₂O₃(aluminum oxide)로 제조한 하드 코팅 액 A-10, 20, 30을 PVC Tile에 코팅하여 평가한 결과는 표 4와 같다.

내마모성 Test 결과 하중 500g에서는 모두 동일한 1등급이 나왔으나 하중1kg에서 A-30이 1등급으로 제일 양호하였다. 연필경도에서는 시료 A-10, 20은 HB로 동일하게 나왔고, A-30은 H로 가장 우수한 결과를 얻었다. Bar-coater에 따른 Test결과는 A-20에서 내마모성 하중 1kg과 연필경도에서만 No.7보다 No.12가 한 단계씩 높은 다른 결과를 보이고 나머지 시료는 동일한 결과가 나왔다. 부착력은 ASTM D 3359 부착력 평가에 따라 최상등급인 5B로 모두 매우 우수하였고, 코팅두께는 Bar-coater No.7으로 코팅 시 16 μ m이고, No.12으로 코팅 시 27.43 μ m 이므로 적절하게 나왔다. Al₂O₃의 하드코팅의 결과 분말 함량이 많을수록, 코팅두께가 두꺼울수록 우수한 것으로 나타났다.

[표 4] Al₂O₃ 내마모제의 코팅층 물성평가

			A-10	A-20	A-30
No.7	내마모성	하중500g	1등급	1등급	1등급
		하중1kg	2등급	2등급	1등급
	연필경도	하중500g	HB	HB	H
	부착력	cross-cut	5B	5B	5B
	코팅두께	초음파	19.0 μ m	18.6 μ m	19.0 μ m
No.12	내마모성	하중500g	1등급	1등급	1등급
		하중1kg	2등급	1등급	1등급
	연필경도	하중500g	HB	H	H
	부착력	cross-cut	5B	5B	5B
	코팅두께	초음파	26.2 μ m	27.6 μ m	27.7 μ m

3.2 Al(OH)₃ 내마모제의 코팅층 물성

내마모제 Al(OH)₃(aluminum hydroxide)로 제조한 하드 코팅액 S-10, 20, 30을 PVC Tile에 코팅하여 평가한 결과는 표 5와 같다.

[표 5] Al(OH)₃ 내마모제의 코팅층 물성평가

			S-10	S-20	S-30
No.7	내마모성	하중500g	등급이하	3등급	3등급
		하중1kg	등급이하	등급이하	등급이하
	연필경도	하중500g	-	HB	HB
	부착력	cross-cut	5B	5B	5B
	코팅두께	초음파	14.3 μ m	18.3 μ m	16.3 μ m
No.12	내마모성	하중500g	등급이하	3등급	3등급
		하중1kg	등급이하	등급이하	등급이하
	연필경도	하중500g	-	HB	HB
	부착력	cross-cut	5B	5B	5B
	코팅두께	초음파	26.0 μ m	27.0 μ m	26.2 μ m

내마모성 Test 결과 S-10은 모두 등급이하로 좋지 않은 결과를 얻었고, S-20, 30은 하중 500g에서 3등급, 하중 1kg에서는 모두 등급이하로 동일한 결과를 얻었다. 연필경도 Test결과 S-10에서는 HB에서도 표면 물성을 보여 가장 낮은 등급으로 평가되었으며, S-20, 30은 HB로 동일하게 나왔다. Bar-coater에 따른 내마모성, 연필경도 Test는 No.7, No.12 모두 동일한 결과를 보였다. 이는 내마모성, 연필경도 Test의 결과가 비교적 좋지 않아 코팅 두께의 차이가 없는 것으로 판단된다. 부착력은 Al₂O₃의 하드코팅의 결과와 같은 5B로 최상등급이 나왔고, 코팅 두께도 적절하게 나왔다. Al(OH)₃의 하드코팅의 결과 분말함량이 많을수록, 우수한 것으로 나타났다.

3.3 SiO₂ 내마모제의 코팅층 물성

내마모제 SiO₂(silicon dioxide)로 제조한 하드 코팅액 K-10, 20, 30을 PVC Tile에 코팅하여 평가한 결과는 표 6과 같다.

【표 6】 SiO₂ 내마모제의 코팅층 물성평가

			K-10	K-20	K-30
No.7	내마모성	하중500g	2등급	1등급	1등급
		하중1kg	3등급	2등급	2등급
	연필경도	하중500g	HB	HB	H
	부착력	cross-cut	5B	5B	5B
	코팅두께	초음파	16.3 μ m	16.2 μ m	18.7 μ m
No.12	내마모성	하중500g	2등급	1등급	1등급
		하중1kg	3등급	2등급	2등급
	연필경도	하중500g	HB	H	H
	부착력	cross-cut	5B	5B	5B
	코팅두께	초음파	28.3 μ m	27.0 μ m	27.7 μ m

내마모성 Test 결과 K-10은 하중 500g에서 2등급, 하중 1kg에서 3등급으로 나오고, K-20, 30에서는 하중 500g에서 1등급, 하중 1kg에서 2등급으로 동일한 결과가 나왔다. 연필경도에서는 HB~H로 우수한 결과를 보였고, 그 중에서 K-20은 Bar-coater에 따라서 연필경도가 HB인 No. 7보다 No. 12에서 H로 한 등급 더 높게 나와 코팅두께가 두꺼워질수록 경도 및 내마모성이 우수한 것으로 판단된다. 부착력은 Al₂O₃, Al(OH)₃내마모제의 코팅층 물성평가와 같이 모두 최상등급인 5B로 매우 우수하였으며, 코팅 두께 역시 Bar-coater No.7은 16~18 μ m, Bar-coater No.12는 27~28 μ m로 적절하게 나왔다.

4. 결론

주로 바닥재로 많이 사용되어지고 있는 일반 PVC 바닥재의 경우 바닥재 위에 놓이는 물건이나 사람, 또는 물건의 마찰에 의해 표면에 손상이오거나 마모가 일어나게 된다. 이러한 마모현상을 방지하기 위하여 소재의 표면을 코팅함으로써 환경 친화적이며 복합기능성을 지닌 광경화형 하드코팅제를 제조하였다. 기존의 우레탄-아크릴 수지에 내마모성을 증가시키기 위해 서로 다른 3종의 내마모제 Al₂O₃ (Al-160SG-3), Al(OH)₃ (SH- 8W), SiO₂(KS-5000)을 첨가하여 PVC Tile에 코팅한 후 그 물성을 관찰하였다.

수지에 Al₂O₃ 분말을 혼합하여 제조한 하드코팅액의 경우 내마모성 1~2등급, 연필경도 H~HB의 결과가 나

왔고, Al(OH)₃분말을 혼합하여 제조한 하드코팅액은 3등급 또는 등급이하로 판정되어 부합하지 못한 결과가 나왔다. SiO₂ 분말을 혼합하여 제조한 하드코팅액은 내마모성 1~3등급, 연필경도 H~HB으로 Al₂O₃ 분말을 혼합한 하드코팅액과 비교적 비슷한 결과를 보였다. 부착력은 모든 코팅액이 100%로 좋은 물성을 보였다. Bar-coater에 따른 코팅두께는 No.7에서 14~19 μ m, No.12에서 26~28 μ m로 적절한 코팅 두께가 측정되었다.

연구결과, Al₂O₃ (Al-160SG-3) 분말 30%와 수지를 혼합하여 제조한 하드 코팅액을 Bar -coater No.12 (27.43 μ m)로 코팅한 PVC 바닥상재가 내마모성 1등급, 연필경도 H, 부착력 100%로 가장 좋은 물성을 보였다. 따라서 전반적으로 입자크기가 작고, 함량이 높을수록, 또한 코팅 두께가 두꺼워질수록 경도 및 내마모성이 우수한 것으로 판단된다.

본 하드코팅의 연구를 바탕으로 복합기능을 갖는 PVC Tile을 개발 중에 있다.

참고문헌

- [1] 유동식, 김선길, 이지호, 하진옥, "열경화형 고기능성 하드코팅액에 관한 연구", 응용화학, Vol. 9, No. 2, pp. 13~16, 2005.
- [2] 윤석은, 우희권, 김동표, "자외선 경화형 유기/무기 복합코팅에 의한 폴리카보네이트의 내마모성 향상 연구", 폴리머, Vol. 24, No. 3, pp. 389~398, 2000.
- [3] 박찬, 박동수, Michael McNallan, "탄화규소 세라믹스 염화에 의한 카본코팅의 내마모성에 관한 연구", 한국부식학회지, Vol. 30, No. 6, pp. 336~341, 2001.
- [4] 문제익, 최재훈, 황현득, 김현중, 김남홍, "광개시제의 함량에 따른 UV경화형 분체도료의 물리적 특성", 접착 및 계면, Vol. 9, No. 2, pp. 32~37, 2008.
- [5] 오대희, 김대진, 서관호, "PVC 컴파운드의 기계적 물성에 대한 가소제의 영향", 엘라스토머, Vol. 34, No. 5, pp. 391~398, 1999.
- [6] 이만성, 조남주, "졸-겔법으로 제조한 유-무기 복합 코팅제의 내마모 및 광학적 특성", 공업화학, Vol. 12, No. 6, pp. 643~648, 2001.

박 보 람(Bo-Ram Park)

[준회원]



- 2009년 2월 : 순천향대학교 환경공학과 (공학사)
- 2009년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 화학공학·환경공학과 석사과정

<관심분야>

광촉매, 기능성 코팅, 대기·수질 정화, 친환경소재, 대체에너지 분야

하 진 옥(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, 대체에너지 분야

윤 현 정(Hyun-Jung Yoon)

[준회원]



- 2009년 2월 : 순천향대학교 환경공학과 (공학사)
- 2009년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 화학공학·환경공학과 석사과정

<관심분야>

광촉매, 기능성 코팅, 대기·수질 정화, 친환경소재, 대체에너지 분야

조 홍(Zhao Hong)

[준회원]



- 1998년 7월 : 南京大學校 化學科 (理學士)
- 2008년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 화학공학·환경공학과 석사과정

<관심분야>

광촉매, 기능성 코팅, 대기·수질 정화, 친환경소재, 대체에너지 분야