

PVC 바닥상재용 광경화형 내오염 코팅액의 제조 및 응용에 관한 연구

윤현정*, 하진욱*

*순천향대학교 화학공학·환경공학과

e-mail:chejwh@sch.ac.kr

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

Hyun-Jung Yoon*, Jin-Wook Ha*

*Dept of Chemical & Environmental Eng., College of Eng.,

Soonchunhyang Univ.

요 약

본 연구는 건축자재로 널리 사용되는 PVC 바닥상재 표면의 오염성 및 정전기로부터 보호하기 위하여 기존에 사용하는 광경화형 우레탄-아크릴 수지에 내오염/대전성을 향상시킨 광경화형 내오염 코팅액 개발에 관한 것이다.

PVC 바닥상재용으로 사용되는 내오염성이 없는 우레탄-아크릴 수지에 4가 암모늄을 사용한 수용성 대전방지제와 아크릴용 대전방지제, 폴리우리탄용 대전방지제를 수지의 양 대비 함량(wt%) 5~20%로 변화하여 첨가한 후 1000rpm에서 30분간 고속 배합하여 수지의 내오염/대전성을 향상시킨 내오염 코팅액을 제조하였다. 제조한 내오염 코팅액은 코팅 층의 두께조절이 가능한 코팅(Bar-coating)을 사용하여 PVC 바닥상재에 코팅 한 후 내오염성, 대전성, 부착력, 코팅두께 등의 코팅 층 표면물성을 평가하였다.

연구결과, 수지에 수용성대전방지제 15%를 혼합하여 제조한 코팅액을 Bar-coater No.12로 코팅한 코팅표면이 전기저항($3.24 \times 10^9 \Omega/\text{cm}^2$), 내오염도(매직 Test, 먼지부착 Test) 및 부착력(100%) 모두 가장 좋은 물성을 보였으며, 전반적으로 함량이 많을수록 전기저항과 오염도에서 우수한 것으로 나타났다. 그러나 대전방지제가 과량으로 들어간 경우 migration 현상이 보이는 것을 알 수 있었다.

1. 서론

일반적인 플라스틱 제품은 부도체로서 마찰에 의한 정전기가 쉽게 발생하며 이러한 플라스틱의 정전기 장애를 극복하기 위한 방법은 여러 분야에서 제안되고 있다. [1-2]

정전기는 산업현장에서 크고 작은 장애를 일으키는 원인이 되는데, 정전기로 인하여 화재, 폭발 재해가 발생하며, 반도체산업 및 전자산업이 발전함에 따라 반도체 부품 등의 파괴 또는 성능저하를 초래한다. 이로 인해 표면과 계면에 특이한 활성능을 나타내기 위한 대전방지제의 많은 연구가 진행되고 있다. [6-7]

대전방지제는 건조를 빠르게 진행시키기 위하여 유기 용제가 주로 사용되고 있다. 그러나 유기용제의 사용은 코팅공정에서 휘발성 유기물질(Volatile organic compound, VOC)을 배출하게 되며 이로 인하여 환경오염을 유발하게 된다. 최근 환경문제가

대두되면서 용제형 도료 대신 수계 도료가 선호되고 있으며 환경친화성 뿐만 아니라 건축 재료의 보호 및 외관의 향상에 초점을 두는 기능성 도료의 연구 개발이 활발히 진행되고 있다. 이러한 기능성 중 미관과 직접 연관된 것이 내오염성이다. 건축용 도막에 내오염성을 부여하여 오염물이 접촉 또는 부착되지 않도록 하는 방법뿐만 아니라 접촉된 오염물이 쉽게 제거되도록 하는 방법으로 어린이가 있는 집에서 낙서나 이물질 등을 쉽게 지울 수 있어 다양한 소비자들이 선호하는 제품으로 손꼽히고 있다. [3-5]

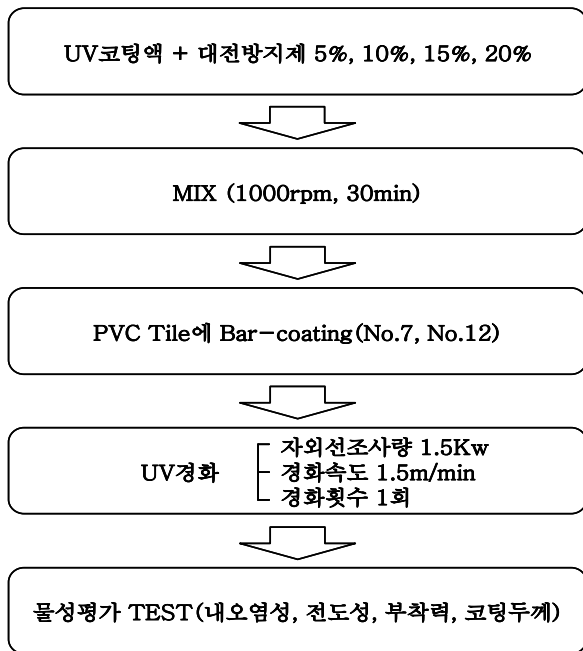
본 연구에서는 기존 PVC상재에 사용되는 용제형 광경화 도료를 대체하고, 바닥재로 많이 사용되는 PVC Tile의 오염을 방지하기 위한 내오염 및 대전기능을 개선할 수 있는 환경친화적이며 내오염(Anti-stain) 기능을 지닌 광경화형 수성도료에 대한 연구를 진행 하였으며, 향후 본 내오염 코팅 연구를 바탕으로 복합기능을 갖는 PVC Tile을 개발할 예정

이다.

2. 실험

2.1. 코팅액 제조방법 및 코팅조건

PVC Tile의 내오염성을 증가시키기 위해 일반 UV코팅액(국산, (주)유진텍21)에 수용성 대전방지제 UJ-AS2006(국산, (주)유진텍21), UV경화 아크릴용 대전방지제 JISTA 411UV(국산, 중일유화주식회사), 폴리우레탄용 대전방지제 JISTA 2000NT(국산, 중일유화주식회사)를 수지의 양 대비 5%, 10%, 15%, 20% 함량으로 조절하여 첨가하였다. UV코팅액과 대전방지제를 배합하기 위해 고속 배합기를 사용하여 1000rpm으로 30분간 배합하여 내오염 코팅액을 제조하였다. 제조한 내오염 코팅액을 10cm×10cm 크기의 PVC Tile에 두께가 다른 두 가지 Bar-coater (No.7, No.12)를 사용하여 코팅하였다. 코팅된 PVC Tile은 UV경화기(국산, Lichtzen)로 자외선 조사량 1.5kw, 경화속도1.5m/min, 경화횟수 1회로 동일한 조건에서 경화하였다. 코팅액 제조방법 및 코팅 조건은 그림 1과 같다.



[그림 1] 코팅액 제조 및 UV경화 코팅조건

2.2. 코팅 층 물성 평가

코팅된 PVC Tile의 전기저항성 평가는 절연저항 측정기(일본, HIOKI사)로 JIS K6911에 기준하여 PVC Tile 표면의 표면 저항 및 체적 저항 정도에

따라 평가하였다. 전기저항성 측정은 습도 35~45% 내에서 측정하였다. 본 연구의 코팅층 전기저항성 목표치는 $10^9 \sim 10^{10} \Omega/\text{cm}^2$ 이다. 내오염성 평가 중 매직 Test는 코팅 표면에 유성매직으로 표시 후 Ethanol로 제거하였을 때 코팅층 표면에 남아있는 유성 매직 표시의 유·무(Pass/Fail) 관찰로 평가하였다. 그리고 먼지부착 Test는 입자 밀도가 낮은 담뱃재를 이용하여 PVC Tile 표면에 정전기를 발생시킨 후 담뱃재의 부착 유·무(Pass/Fail)로 평가 하였다. 부착력 평가는 ASTM D 3359에 근거하여 코팅 표면에 1mm간격으로 칼집을 내어 100개의 정방형을 만들고 그 위에 테이프(3M Tape)를 잘 밀착시켜 일정한 힘으로 수회 떼어내어 코팅층과 기재와의 밀착정도를 관찰하였다. 코팅의 박리정도에 따라 박리가 없다면 5B, 5%미만은 4B, 5~15%는 3B, 15~35%는 2B, 35~65%는 1B, 65%초과는 0B로 측정하였다. 코팅두께의 측정은 초음파 multi-layer 코팅 두께 측정기(미국, Defelsko, positector[®] 100)로 5회 측정 후 평균값으로 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

PVC Tile의 알맞은 내오염 코팅의 조건을 찾기 위하여 대전방지제의 함량을 조절하여 내오염 코팅액을 제조하였다. 시료는 대전방지제의 품명과 함량에 따라 각각 세 가지로 분류하여 표기하였고, 연구에 사용된 대전방지제 종류와 첨가된 함량은 표 1에 나타내었다.

[표 1] 대전방지제 종류와 함량에 따른 코팅액 분류

분 류		품 명	함 량
A-1	수용성 대전방지제 (4가 암모늄)	UJ AS2006	5 %
A-2			10 %
A-3			15 %
A-4			20 %
B-1	UV경화 아크릴용 대전방지제 (Polysiloxane)	JISTA 411UV	5 %
B-2			10 %
B-3			15 %
B-4			20 %
C-1	폴리우레탄용 대전방지제 (Conductive Polymer)	JISTA 2000NT	5 %
C-2			10 %
C-3			15 %
C-4			20 %

3.1. UJ-AS2006 대전방지제의 코팅층 물성

수용성 대전방지제(4가 암모늄) UJ-AS2006으로 제조한 내오염 코팅액 A-1, 2, 3, 4를 PVC Tile에 코팅하여 평가한 물성결과는 표 2와 같다.

내오염성 Test 결과 전기저항성은 $10^9 \sim 10^{10} \Omega/\text{cm}^2$ 으로 본 연구의 목표치에 적합한 양호한 결과가 나왔다. 매직오염도와 먼지부착 Test는 A-1, 2 코팅층에서는 매직과 담뱃재가 남는 좋지 못한 결과가 나왔으나 A-3, 4에서는 모두 양호하였다. 그러나 A-4의 경우 과량의 대전방지제 첨가에 의한 migration 현상이 일어나 코팅층 물성이 저하되었다. 코팅 두께에 따른 코팅층 물성은 차이를 보이지 않았다. 부착력은 ASTM D 3359 부착력 평가에 따라 최상등급인 5B로 모두 매우 우수하였고, 코팅두께는 Bar-coater No.7이 $16\mu\text{m}$ 이고, No.12가 $27.43\mu\text{m}$ 이므로 비교적 적절하게 나왔다. UJ-AS2006 대전방지제 코팅의 결과 함량이 많을수록 우수한 것으로 나타났다.

3.2 JISTA 411UV 대전방지제의 코팅층 물성

UV경화 아크릴용 대전방지제(Polysiloxane) JISTA 411UV로 제조한 내오염 코팅액 B-1, 2, 3, 4를 PVC Tile에 코팅하여 평가한 결과는 표 3과 같다.

내오염성 Test 결과 전기저항성은 B-2, 3, 4의 경우 $10^9 \sim 10^{10} \Omega/\text{cm}^2$ 으로 양호하게 나왔으나 B-1의 경우 $10^{11} \Omega/\text{cm}^2$ 으로 전기저항성이 높게 측정되는 것을 알 수 있었다. 매직오염도와 먼지부착 Test에서는 UJ-AS2006을 첨가한 코팅층의 경우와는 다르게 B-3에서 코팅두께가 두꺼울수록 유성매직과 담뱃재가 남지 않은 결과가 나왔고 B-4 코팅층은 역시 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 부착력은 UJ-AS2006과 마찬가지로 5B인 최상등급이 나왔으며 코팅두께도 적절하게 나왔다. A-4와 마찬가지로 B-4에서는 대전방지제 과량의 첨가로 인해 migration 현상이 일어나 코팅층 물성이 저하되었다.

[표 2] UJ-AS2006 대전방지제의 코팅층 물성평가

	No.7					No.12				
	전기저항성	내오염도		부착력	코팅두께	전기저항성	내오염도		부착력	코팅두께
	Ω/cm^2	매직오염도	먼지부착	cross-cut	초음파	Ω/cm^2	매직오염도	먼지부착	cross-cut	초음파
A-1	5.37×10^{10}	F	F	5B	$19.0\mu\text{m}$	3.46×10^{10}	F	F	5B	$26.2\mu\text{m}$
A-2	4.15×10^{10}	F	F	5B	$18.6\mu\text{m}$	2.40×10^{10}	F	F	5B	$27.6\mu\text{m}$
A-3	6.12×10^9	P	P	5B	$19.0\mu\text{m}$	3.24×10^9	P	P	5B	$27.7\mu\text{m}$
A-4	4.43×10^9	P	P	5B	$19.3\mu\text{m}$	1.43×10^9	P	P	5B	$27.1\mu\text{m}$

[표 3] JISTA 411UV 대전방지제의 코팅층 물성평가

	No.7					No.12				
	전기저항성	내오염도		부착력	코팅두께	전기저항성	내오염도		부착력	코팅두께
	Ω/cm^2	매직오염도	먼지부착	cross-cut	초음파	Ω/cm^2	매직오염도	먼지부착	cross-cut	초음파
B-1	4.36×10^{11}	F	F	5B	$14.3\mu\text{m}$	2.57×10^{11}	F	F	5B	$26.0\mu\text{m}$
B-2	7.10×10^{10}	F	F	5B	$18.3\mu\text{m}$	5.17×10^{10}	F	F	5B	$27.0\mu\text{m}$
B-3	2.27×10^{10}	F	F	5B	$16.3\mu\text{m}$	2.04×10^{10}	P	P	5B	$26.2\mu\text{m}$
B-4	1.00×10^{10}	P	P	5B	$17.8\mu\text{m}$	7.05×10^9	P	P	5B	$26.8\mu\text{m}$

[표 4] JISTA 2000NT 대전방지제의 코팅층 물성평가

	No.7					No.12				
	전기저항성	내오염도		부착력	코팅두께	전기저항성	내오염도		부착력	코팅두께
	Ω/cm^2	매직오염도	먼지부착	cross-cut	초음파	Ω/cm^2	매직오염도	먼지부착	cross-cut	초음파
C-1	6.26×10^{11}	F	F	5B	$16.3\mu\text{m}$	4.90×10^{11}	F	F	5B	$28.3\mu\text{m}$
C-2	4.40×10^{11}	F	F	5B	$16.2\mu\text{m}$	1.67×10^{11}	F	F	5B	$27.0\mu\text{m}$
C-3	1.89×10^{11}	P	P	5B	$18.7\mu\text{m}$	1.08×10^{11}	P	P	5B	$27.7\mu\text{m}$
C-4	6.22×10^{10}	P	P	5B	$18.5\mu\text{m}$	3.54×10^{10}	P	P	5B	$27.1\mu\text{m}$

3.3. JISTA 2000NT 대전방지제의 코팅층 물성

폴리우레탄용 대전방지제(Conductive Polymer) JISTA 2000NT로 제조한 내오염 코팅액 C-1, 2, 3, 4를 PVC Tile에 코팅하여 평가한 결과는 표 4와 같다.

내오염성 Test 결과 전기저항성은 $10^{10} \sim 10^{11} \Omega/\text{cm}^2$ 으로 다른 대전방지제 첨가 코팅액보다 높은 측정값을 나타냈다. 매직오염도와 먼지부착 Test는 UJ-AS2006과 마찬가지로 C-3, 4에서 매직과 담뱃재가 남지 않아 양호한 결과를 얻었다. 시료의 부착력 Test는 앞의 두 실험 결과와 같이 박리현상이 없는 최상등급인 5B로 매우 우수하였으며, 코팅 두께 역시 적절하게 나왔다. A-4, B-4와 마찬가지로 C-4에서는 대전방지제 과량의 첨가로 인해 migration 현상이 일어났다.

4. 결론

일반 PVC상재의 가장 중요한 기능은 내오염성이거나 현재 판매되고 있는 모든 PVC상재는 일반 유성잉크(유성매직, 네임 펜, 보드마커 등)에 쉽게 오염이 된다. 이러한 현상을 방지하기 위하여 소재 표면을 코팅함으로써 청소가 쉽고, 내오염성이 탁월한 환경 친화적이며 복합기능성을 지닌 코팅제를 제조하였다.

기존의 우레탄-아크릴 수지에 내오염성을 증가시키기 위하여 3가지 종류의 대전방지제(UJ-AS2006, JISTA 411UV, JISTA 2000NT)를 첨가하여 PVC Tile에 코팅한 후 그 물성을 관찰하였다.

수지에 수용성 대전방지제(UJ-AS2006)를 혼합하여 제조한 코팅액의 경우 전기저항성 $10^9 \sim 10^{10} \Omega/\text{cm}^2$, 아크릴용 대전방지제(JISTA 411UV)를 혼합하여 제조한 코팅액의 전기저항성은 $10^9 \sim 10^{11} \Omega/\text{cm}^2$, 폴리우레탄용 대전방지제(JISTA 2000NT)를 혼합한 코팅액의 전기저항성은 $10^{10} \sim 10^{11} \Omega/\text{cm}^2$ 으로 측정되었다. 매직오염도와 먼지부착 Test는 함량이 증가할수록 코팅층 표면에 남아있는 매직과 담뱃재의 양이 적어지는 결과를 얻었으며 대전방지제 20%이상 첨가 시 migration 현상으로 코팅층 물성에 저하를 일으켰다. 세 가지 종류의 대전방지제의 부착력은 100%로 모든 코팅층에서 좋은 결과를 나타냈다.

연구결과, 우레탄-아크릴 수지에 수용성 대전방지제(UJ-AS2006)를 15% 혼합하여 제조한 코팅액을 Bar-coater No.12($27.43\mu\text{m}$)로 코팅한 PVC바닥상재가

전기저항성 $3.24 \times 10^9 \Omega/\text{cm}^2$, 매직오염도와 먼지부착 Test 양호, 부착력 100%로 가장 좋은 물성을 보였다. 따라서 함량이 높을수록 내오염성이 우수한 것으로 판단된다. 그러나 대전방지제가 과량으로 들어간 경우 migration 현상이 보이는 것을 알 수 있었다.

향후, 본 내오염 코팅의 연구를 바탕으로 복합기능을 갖는 PVC Tile의 연구를 진행할 예정이다.

참고문헌

- [1] 이도현, 하진욱, “복합기능(대전방지/미끄럼방지)을 보유한 열경화형 코팅제의 합성 및 그 응용에 관한 연구”, Applied Chemistry, Vol. 5, No. 2, pp. 332~335, 2001
- [2] 이도현, 하진욱 “수용성 대전방지제의 합성 및 이를 이용한 PVC 바닥재 코팅” 산학기술성공회 춘계학술대회 발표논문, pp. 73~75, 2001
- [3] 하진욱, “환경친화적·반영구적 수용성 대전방지 코팅액 개발”, Applied Chemistry, Vol 6, No. 1, pp. 480~483, 2002
- [4] 이상민, 김준우, 신길재, 박상권, 임종주, 김병식, 홍승민, 이현기, 박종명, “Water Vapor 투과도, 흡수성, 내오염성에 미치는 라텍스 필름 조성의 영향”, Applied Chemistry, Vol. 4, No. 1, pp. 49~52, 2000
- [5] 김의식, 민일홍, “대전방지 UV 경화형 Coating제의 제조와 응용” Journal of Industrial Science and Technology Institute, Vol. 18, No. 2, pp. 1~7, 2004
- [6] 김승진, 김한구, 근장현, 박홍수, “수용성 폴리아민 내구성 대전방지제의 합성과 그의 특성화”, Journal of Korean Ind. & Eng. Chemistry, Vol. 5, No. 3, pp. 466~477, 1994
- [7] 장영민, 정재희, 이관형, 차영식, 정춘기, 이덕출, “대전방지처리된 물질의 정전기 대전특성에 관한 연구”, Journal of KIIS, Vol. 10, No. 1, pp. 20~27, 1995