

유· 무기 전도성 물질을 함유한 UV 경화형 다층 코팅의 대전방지 특성

김 화 숙* · 김 현 경* · 김 양 배** · 홍 진 후†*

Antistatic Behavior of UV-curable Multilayer Coating Containing Organic and Inorganic Conducting Materials

Hwa-Suk Kim*, Hyun-Kyoung Kim*, Yang-Bae Kim**, and Jin-Who Hong†*

요 약

하층에 유· 무기 전도성 물질을 코팅하고 상층은 다관능성 아크릴레이트를 코팅한 다층코팅의 자외선 경화형 시스템을 도입하였다. 이러한 다층코팅은 투명한 PMMA, PC, PET 등의 기재 위에 wet and wet 방식의 코팅 방법을 사용하여 제조하였다. 도막의 표면저항과 물성은 상층 두께의 변화와 상대 습도를 다르게 하여 측정하였다. 상층두께가 10 μm 이하일 때 $10^8 \sim 10^{10} \Omega/\text{cm}^2$ 의 표면저항을 나타냈으며 표면 물성은 단층코팅에 비해서 다층코팅이 더 우수하게 나타났다. 그리고 다층코팅에서의 도판트 이동효과는 접촉각과 FT-IR/ATR을 통해 관찰하였다. 하층이 무기 전도성 물질인 경우에는 관찰되지 않는 도판트(DBSA)의 필름-기재 계면에서 필름-공기 계면 쪽으로 이행되는 거동이 유기전도성 물질인 경우에는 관찰되었다.

ABSTRACT

UV curable coating system described here consists of double layers, namely under layer and top layer coatings. The former consists of organic-inorganic conductive materials and the latter consists of multifunctional acrylates. Transparent double layer coatings were prepared on the transparent substrates i.e. PMMA, PC, PET etc. by the wet and wet coating procedure. Their surface resistances and film properties were measured as a function of the top layer thickness and relative humidity. As the thickness of the top layer was less than 10 μm , the surface resistance in the range of $10^8 \sim 10^{10} \Omega/\text{cm}^2$ was obtained. The surface properties of the two-layer coating were remarkably improved compared with the single layer coating. The effects of migration of conducting materials on the film properties of multilayer coating were investigated by using contact angle and Fourier transform infrared/

· 2002년 7월 15일 접수(received), 2002년 9월 3일 채택(accepted)
*조선대학교 공과대학 고분자공학과, ** (주)큐시스(*Dept. of polymer science & Eng., Chosun University, Kwangju 501-759, Korea, **Institute of Photonics & Surface Treatment, Q-Sys Co., Ltd., 971-14, Wolchul-Dong, Buk-Gu, Gwangju 500-460, Korea)

† 주저자(Corresponding author):

attenuated total reflection(FT-IR/ATR). It was found that the migration of dopant(dodecyl benzenesulfonic acid, DBSA) molecules were occurred from film-substrate interface to film-air interface in the organic conductive coating system but not in the inorganic one.

KEYWORDS : UV, MULTILAYER, MIGRATION, ANTISTATIC, FT-IR/ATR

1. 서 론

첨단산업의 발달로 전자 및 컴퓨터 산업의 눈부신 발전과 함께 우리의 생활도 편리해지고 윤택해졌으며, 전자 및 컴퓨터 기기들은 우리 생활에 필수적인 요소가 되었다. 그러나 이러한 기기에서 자주 발생하는 정전기는 산업분야의 생산장애와 재해를 유발시키고 반도체, 섬유, 필름 등의 제품불량 발생과 인화성 물질 취급 장소의 화재, 폭발 등의 원인으로 작용하여 이에 대한 대책들이 요구되고 있다.^[1,2]

정전기는 어떤 물체들에 마찰이나 충격에 의해 전하가 대전되고 이렇게 물체에 축적된 전하가 순간적으로 이동하는 현상을 말하며 특히 플라스틱과 같은 절연물질에 있어서 공기중의 먼지 흡착과 방전으로 인한 계측기 등의 오작동을 일으켜 다양한 부분의 응용에 제한을 주고 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해서 절연체인 플라스틱에 도전성을 부여하게 되는데 표면의 도전화와 내부에 도전성 재료를 첨가하는 방법이 사용되고 있다. 이중 표면의 도전화가 많이 이용되고 있는데 플라스틱 표면에 코팅처리를 하는 것으로 저분자량의 계면활성제, 고분자로 이루어진 대전 방지제,^[3,4] 도전성 유·무기 물질 등을 포함시켜 연구되어지고 있다.^[1,5] 그러나 이러한 물질들도 문제를 가지고 있는데, 저분자량의 계면활성제는 비반응형으로 시간이 지남에 따라 표면으로 이탈이 일어나 대전방지 효과의 지속성이 떨어지고, 고분자로 이루어진 대전 방지제는 표면 물성 조절이 어려워지며 이 또한 효과의 지속성이 감소한다. 도전성 유·무기 물질을 이용하는 것은 비용이 많이 들고 표면 물성이 저하되는 문제를 갖고 있으나 표면저항을 가장 효과적으로 낮출 수 있는 장점이 있다.

따라서 본 연구에서는 Multi-layer 개념을^[6,7] 도입하여 이러한 도전성 유·무기 물질 즉, ITO (Indium Tin Oxide), PANI(polyaniline) 마이크로겔 입자를 under layer로 하고 UV coat-

ing을 top layer로 한 Wet and Wet 코팅 방법을 적용하여 표면 물성을 향상시키고 효과적인 대전 방지성을 얻고자 한다. 이들의 도전성 재료가 표면에 미치는 영향을 조사하기 위해 top layer의 두께를 변화시킴으로써 도전성과 도막 물성의 변화를 보았으며, 전자현미경을 이용하여 필름의 모폴로지를 조사하였다. 또한 FT-IR/ATR을 이용하여 표면분석 및 경화도를 조사하였으며, migration이 대전 방지성에 미치는 영향을 보기 위해 시간에 따른 표면저항과 연필경도를 측정하여 계면의 성질 변화를 관찰하였다.

2. 실험

2.1. 실험재료

다관능성의 폴리우레탄 올리고머인 EB1290, trimethylolpropanetriacrylate(TMPTA) 및 1,6- hexanediol diacrylate(HDDA)는 선경 UCB사의 제품을 사용하였고 광개시제는 Ciba Geigy사의 Irgacure 184를 사용하였다. 유기 전도성 물질은 PANI/DBSA가 shell로 입혀진 전도성 마이크로겔(고형분 17%)을 중합하여 사용하였으며 무기 전도성 물질인 ITO(Indium tin oxide: In₂O₃, 고형분 20%)는 나노 신소재사의 제품을 사용하였다.

2.2. 다층코팅 제조

본 연구에서는 다층코팅으로 구성된 자외선 경화 시스템으로 먼저 하층에 입자를 갖는 유·무기 전도성 물질인 전도성 마이크로겔과 ITO를 바코터를 사용하여 1.1 μm 두께로 코팅하고 상층에는 바코터를 다양하게 하여 3.4~16 μm 의 두께로 용매에 50% 희석된 UV 도료를 Wet and Wet 방식으로 코팅하였다. 실질적으로 Wet and Wet 코팅은 스프레이 코팅에서 많이 적용

되나 본 실험에서는 여러가지 한계점을 갖고 있어 바코터를 이용하여 도포 하였다.

그리고 코팅된 필름은 80℃ 오븐에서 5분 정도 건조하고, 80 W/cm 중압의 수은 램프를 사용하여 경화시켰다.

2.3. 물성측정

2.3.1 전도도 측정

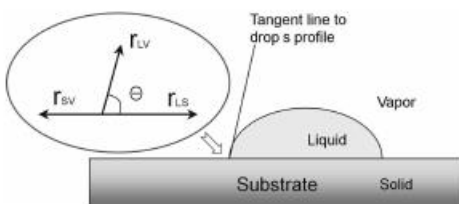
전기 전도도 측정은 20℃에서 4단자법에 의하여 측정하였다. 제조된 필름의 표면저항은 Megaresta H0709(Shishid Electrostatic, Ltd)를 사용하여 two probe method로 상온에서 측정하였다.

2.3.2 접촉각 측정

다층코팅 표면의 젖음성 측정은 표면과 물방울 사이에 형성되는 접촉각으로 결정되는데, 20℃의 실온에서 Contact angle meter(SEO model SEO-300)를 사용하여 조사하였다. 용액은 탈이온 증류수 6 μ L를 Sessile drop 형태로 다층코팅의 표면에 하적하여 표면과 물방울 계면이 확대되어 나타난 모니터를 통해 접촉각을 측정하고, 이를 5회 연속 측정하여 그 평균값으로 나타내었다. Sessile drop 방법은 액을 고체표면에 떨어뜨려 이로 인해 생기는 각을 측정하는 것이다. 작용하는 힘은 각각 액체-기체, 고체-기체, 고체-액체간에 작용하는 상호간의 힘으로써 접합점에서의 크기와 방향을 가지는 벡터로 계면에너지를 나타내며 이러한 관계를 다음의 Young's equation을 사용하여 나타낸다.^(8,9)

또한 표면에너지(mN/m)는 극성과 비극성 용액을 이용하여 Lewis Acid/Base Theory로 구하였으며 극성용액으로는 D. I water와 formamide를 비극성 용액으로는 diiodomethane을 사용하여 측정하였다.

$$\gamma_{LV}\cos\theta = \gamma_{SV} - \gamma_{LS}$$



Where θ : contact angle

γ_{ij} : interfacial energy

(S: Solid, V: Vapor, L: Liquid)

2.3.3. SEM

유·무기 전도성 물질의 형태를 조사하기 위해 하층의 표면과 파단면을 주사전자현미경(FE-SEM, JEOL model JSM-6340F)을 사용하여 관찰하였다.

2.3.4. FT-IR/ATR

다층코팅 도막의 표면분석을 위하여 FT-IR/ATR(Bruker IFS-85)에 악세사리(Thermo Spectra-Tech)를 부착하여 사용하였다. 입사광 45° 각도로 투과·반사되는 ZeSe cell을 이용하였으며 투과 길이는 2 μ m로써 다층코팅 도막의 표면을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 다층코팅의 도막 물성

하층(Under layer)에 입자를 갖는 유·무기 전도성 물질인 PANI 마이크로겔과 ITO를 80% 함유한 UV 경화 도료를 1.1 μ m 두께로 각각 코팅하고 상층(Top layer)에 용매에 50% 희석된 clear UV 도료를 3.4~16 μ m의 두께로 변화시켜 Wet and Wet 방식으로 코팅 하였다. 이렇게 만들어진 다층필름의 기본 물성을 Table 1에 나타내었다. UV 도료만으로 단층 코팅한 UV-T를 보면 표면 저항이 $9.9 \times 10^{13} \Omega/\text{cm}^2$ 으로 절연체의 특성을 나타내었다. 그러나 하층에 유·무기 전도성 물질이 있는 다층코팅에서는 표면 저항이 $10^8 \sim 10^{12} \Omega/\text{cm}^2$ 으로 대전 방지성을 나타내었다. 그리고 하층이 무기 전도성 물질 ITO일 때 보다 유기 전도성 물질인 PANI 마이크로겔일 때 더 우수한 전도성을 보였으며, 상층의 두께를 다르게 했을 때 표면저항을 보면 상층의 두께가 두꺼워 질수록 저항의 수치는 증가함을 알 수 있었다. 이에 대한 자세한 설명은 다음절에서 보기로 하겠다.

표면 경도를 살펴 보면 하층이 유기 전도성 물질인 경우에는 두께가 박막으로 갈수록 경도가

저하되었으나, 무기 전도성 물질인 경우에는 UV 도료만으로 단층 코팅한 UV-T 경도 측정시와 변화가 없었다. 이는 두가지 원인에 의한 것으로 생각할 수 있는데 첫째는 하층이 딱딱한 무기물질보다 유기물질일 때 더 soft 하기 때문에 나타나는 경도 차이라 볼 수 있으며 다른 하나는 하층의 물질에 따라 상층 clear 코팅의 경화도에 차이가 생긴 결과라 생각할 수 있다.

또한 광택도는 유·무기 물질의 다층코팅에서 약간의 차이를 볼 수 있었는데 무기 물질인 ITO가 110 정도의 광택을 보인 반면 PANI 마이크로겔은 박막의 경우($8\ \mu\text{m}$ 이하) 100 이하의 수치를 나타냈다. 이러한 결과는 표면경도 시험과 관련지어 생각해 볼 수 있는데 하층이 유기 물질과 무기 물질일 때 상층의 clear 코팅 도막내 네트워크가 변화됨으로서 표면의 거칠기(roughness)가 영향받아 나타나는 결과로 생각된다. 즉, 경화시 UV 빛을 받았을 때 하층이 투명한 ITO의 무기 물질인 경우는 도막 내에서 reflection 되는 양이 많기 때문에 경화 밀도가 촘촘하지만, 녹색의 고유한 색을 띠는 PANI 마이크로겔에 있어서는 reflection 되는 것보다 absorption 되어지는 양이 많기 때문에 경화 밀도가 감소하는 것이다.

그 밖에 내화화성을 나타내는 MEK 러빙 시험과 폴리카보네이트에서의 접착력 시험은 유·무기 물질의 다층코팅에서 모두 우수하게 나타났다.

이상의 결과로부터 상층의 도막 두께가 $10\ \mu\text{m}$ 이하일 때 표면에 충분한 도전성 효과가 나타남을 알 수 있었다.

Figure 1과 Figure 2에서는 다층코팅에 있어 유·무기 전도성 물질의 형태를 관찰하기 위해 하층의 표면과 필름의 파단면을 전자현미경을 이용하여 관찰하였다. Figure 1에서는 유·무기 전도성 물질의 입자 형태와 투명한 PMMA 기재 위에서 필름을 형성함을 볼 수 있었다. 또한 Figure 2에서는 다층코팅의 파단면을 나타내었는데 Figure 2(a)에서는 저배율로 파단면의 전체적인 형태를 보였고, 고배율로 유·무기 각각의 계면을 측정하여 (b)와 (c)에 나타내었다. Figure 2에서 보여진 것처럼 유·무기 전도성 물질에 관계없이 하층과 상층의 접합부분이 분리 없이 서로 잘 연결되어 있음을 확인할 수 있었다. 이는 Figure 1에서 하층에 보여지는 편 홀에 상층의 clear 도료가 침투되어 서로 물리적 결합을 이루어 나타나는 특성으로 생각된다. 그리고 Table 1

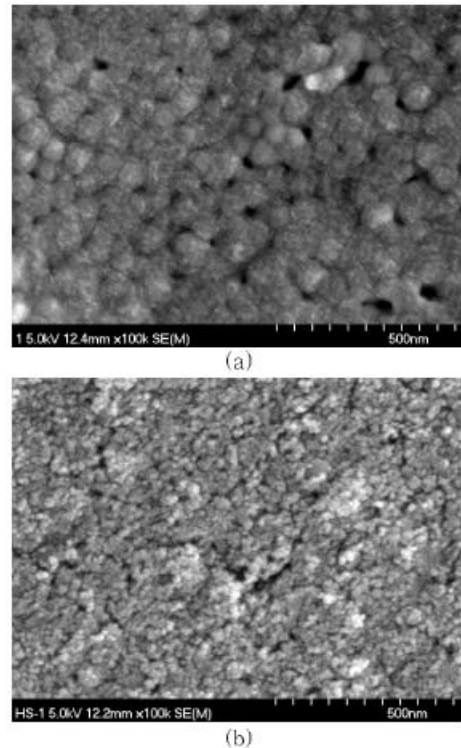


Figure 1. SEM photographs of the under layer dried films.(a) PANI microgel (b) ITO.

의 기질과의 접착력 시험에서도 유·무기 물질 모두 100% 뛰어난 접착성을 나타내 이러한 형태를 미리 예측할 수 있었다.

3.2. 도막 두께에 따른 표면저항과 습도 영향

하층의 두께는 $1.1\ \mu\text{m}$ 로 하고 상층의 두께를 $3.4\sim 16\ \mu\text{m}$ 로 변화시켜 표면저항의 변화를 관찰해 보았으며 또한 데시케이터 안의 습도를 90% 되게 하여 필름을 24시간 방치한 후 표면저항의 변화를 관찰한 것을 Figure 3에 나타내었다.

하층의 유·무기 전도성 물질의 표면저항은 $10^4\ \Omega/\text{cm}^2$ 이며 Figure 3에서 보는 것처럼 상층의 UV 도료층의 두께가 증가할수록 저항값은 높아졌으며, ITO의 경우는 상층의 두께가 $6\ \mu\text{m}$ 이하일 때 그리고 PANI 마이크로겔의 경우는 상층의 두께가 $10\ \mu\text{m}$ 이하일 때 도전성의 효과를 나타내었다. 또한 90% 상대 습도에서 표면 저항을 살펴 본 결과 상대 습도 35% 보다 낮은 표면저항 값을 나타내었다. 이와같이 다층코팅에서 습도가 표면 저항에 미치는 영향을 살펴 보았을 때

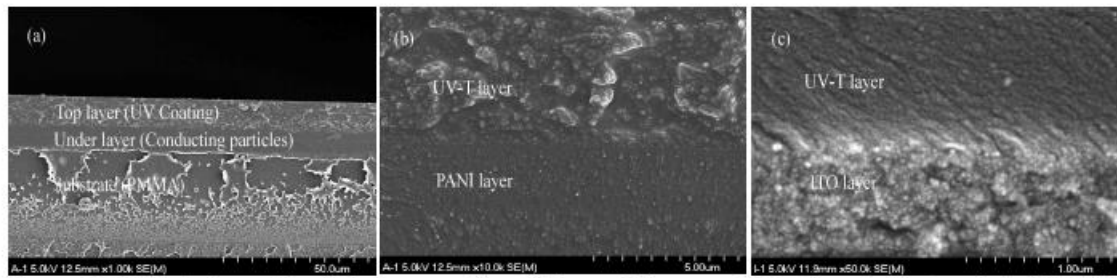


Figure 2. SEM photographs of the cross section of the multilayer coated polymethylmetacrylate (PMMA) top layer: UV-T curing, under layer : (b)PANI, (c)ITO.

Table 1. Surface Properties of the Multilayer Coating as a Function of the Top Layer Thickness

Ingredients		Surface resistance (Ω/cm^2)	Pencil hardness	MEK double rubs	Gloss (60°)	Cross hatch adhesion (PC)
Under layer	Top layer thickness(μm)					
	UV-T	9.9×10^{13}	4H	> 200	112.1	100/100
PANI (green)	3.4	6.5×10^8	2H	> 200	96.5	100/100
	5.7	5.8×10^9	3H	> 200	98.3	100/100
	8.0	2.6×10^{10}	3H	> 200	99.4	100/100
	10.3	3.7×10^{11}	4H	> 200	105.2	100/100
	16.0	5.7×10^{12}	4H	> 200	107.7	100/100
ITO (clear)	3.4	1.2×10^9	4H	> 200	104.4	100/100
	5.7	8.0×10^{10}	4H	> 200	104.1	100/100
	8.0	7.8×10^{12}	4H	> 200	107.4	100/100
	10.3	9.9×10^{12}	4H	> 200	110.5	100/100
	16.0	9.9×10^{12}	4H	> 200	112.0	100/100

상층의 두께가 10 μm 이상일 경우에는 별다른 차이를 보이지 않았으나 유·무기 물질 모두 도전성을 보이는 10 μm 이하의 경우에는 큰 변화를 보여주었다. 이는 수분이 상층에 흡수되어 표면의 젖음성을 향상시켜 나타난 결과이거나 또는 흡수된 수분이 하층의 전도성 물질들의 전하와 상층으로 이동할 수 있게 해주는 전도성 통로의 역할을 함으로써 상승 효과에 의해 나타나는 현상으로 생각 할 수 있다.

이러한 표면 특성의 변화를 더 자세히 관찰하기 위해 다층코팅의 두께를 다르게 했을 때와 고습도 하에서의 표면 접촉각(Contact angle)을 Sessile drop 방법⁽¹⁰⁾ 통해 측정해 보았으며 Figure 4와 Figure 5에 나타내었다. Figure 4에서는 이처럼 물을 이용한 코팅 표면의 실질적인 젖음성 현상을 관찰하였다. Figure 4(a)에서는 UV 도료만으로 one coating한 UV-T와 하층에 ITO 다층코팅인 경우의 접촉각을 나타냈으

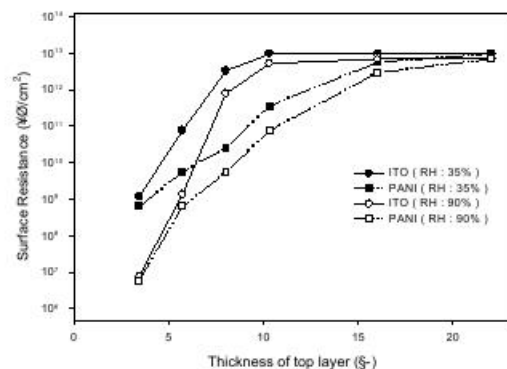


Figure 3. Effects of top layer thickness and relative humidity on surface resistance. Relative humidity : 35%, 90%.

며, Figure 4(b)에서는 하층이 PANI 마이크로 젤이고 상대습도 35%일 때의 접촉각을 그리고 Figure 4(c)에서는 Figure 4(b)와 동일한 다층

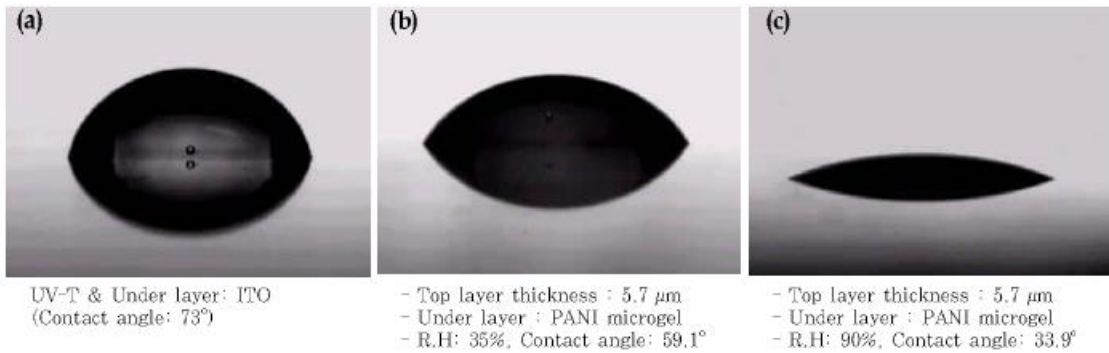


Figure 4. Wetting behavior of water on multilayer coating films.

코팅에서 상대습도 90%일 때의 접촉각 거동을 나타내었다.⁽⁵⁾

일반적으로 물의 친수성(hydrophilicity) 성질을 이용하여 측정하고자 하는 물질과 접촉각도를 조사하는데 유리와 같은 무기물질에서의 접촉각은 20~30°, 일반수지는 70~90° 그리고 소수성(hydrophobicity) 수지는 90° 이상의 접촉각을 보이며 사람마다 그 기준은 조금씩 다르나 70° 미만이면 친수성 경향이 강하다고 하고 90° 이상이면 소수성 경향이 강하다고 한다.^(5,11)

UV 도료만으로 단층 코팅한 UV-T에서 물에 의한 접촉각은 73°로 나타났다. Figure 5에 나타난 바와 같이 하층이 ITO인 전도성 물질의 다층코팅의 경우 두께와 습도영향 하에서 접촉각이 상대습도 35%에서는 73° 정도로 UV-T와 비슷하게 나타났으며 상대습도 90%에서는 67°로 약간의 감소 현상을 보였다. 반면 하층이 PANI 마이크로젤의 경우 상대습도의 변화에 따른 접촉각이 상층의 두께가 10 μm 미만에서 흥미롭게 나타났는데 저습도에서는 50~65°의 접촉각을 보이는 것이 고습도에서는 25~45°로 크게 감소하는 현상을 나타냈다. 하층이 무기물 ITO인 다층코팅의 경우 상층 두께 변화와 고습도에서 접촉각이 일정한 값을 유지하는 것은 전하의 이동이 없기 때문에 단지 상층에 흡수된 수분에 의한 영향으로 표면에 젖음성이 증가하여 나타난 결과라 생각된다. 그러나 PANI 마이크로젤이 하층인 다층코팅에서 상층두께 10 μm 미만에서 접촉각이 큰 변화를 보이는 것은 ITO와는 다르게 PANI 마이크로젤 입자가 Wet and Wet 코팅시 하층과 상층의 계면에서 하층의 도판트 이동이 일어나 박막인 상층에 친수성 성질이 강해져 나타난 결과라 생각되며 이러한 현상으로 인하여 상층의

경화도도 영향을 받을 것으로 생각된다. 또한 고습도 하에서 접촉각이 크게 감소하는 것은 수분 흡수로 PANI 마이크로젤에 이온결합된 도판트(DBSA) 이동(migration)이 쉬워져 다층코팅의 표면을 더 친수적으로 만들었기 때문으로 생각된다. 이상의 결과를 통해 상층두께와 습도 변화에 따른 표면저항에서 살펴보지 못한 표면의 특성 변화를 확인할 수 있었다.

다음은 이상의 결과에서 나타난 도전성 부여 효과가 경화도와 어떠한 관련이 있는지를 살펴보기 위해 FT-IR/ATR을 이용하여 다층코팅 도막의 표면을 살펴보겠다.

3.3. 다층코팅 도막의 표면 분석

Figure 6에서는 하층이 PANI 마이크로젤 전도성 물질이며 상층이 clear UV 도료인 다층코팅의 표면을 상층의 두께를 변화시켜 FT-IR/ATR로 측정한 스펙트럼이다. 그림에서 알 수 있듯이 상층의 두께가 증가할수록 아크릴 그룹의 =CH₂ wagging에 의해서 나타나는 812 cm⁻¹의 흡수 밴드가 감소함을 관찰할 수 있었다. 한편, 유기 전도성 물질의 도판트로 사용한 DBSA의 SO₃⁻ asymmetric stretching에 의한 밴드가 1250~1140 cm⁻¹, symmetric stretching에 의한 밴드가 1070~1030 cm⁻¹에서 나타나는데⁽¹²⁾ Figure 6에서 보면 asymmetric stretching에 의해 나타나는 밴드는 clear UV 도료의 ether 그룹에 의한 흡수 밴드와 겹쳐져 나타나지 않았고 symmetric stretching에 의한 밴드가 1006과 1032 cm⁻¹에서 나타났다. 이러한 SO₃⁻ symmetric stretching에 의한 밴드는 상층두께가 두꺼워 질수록 점점 사라지다가 10.3 μm 이상의

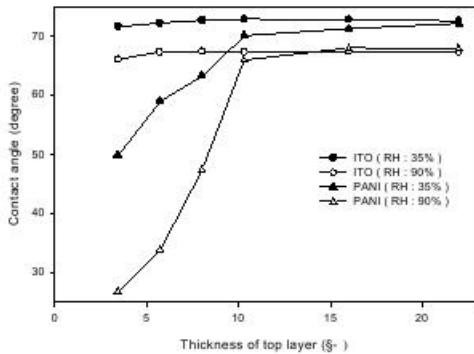


Figure 5. Effects of top layer thickness and relative humidity on contact angle. Relative humidity: 35%, 90%.

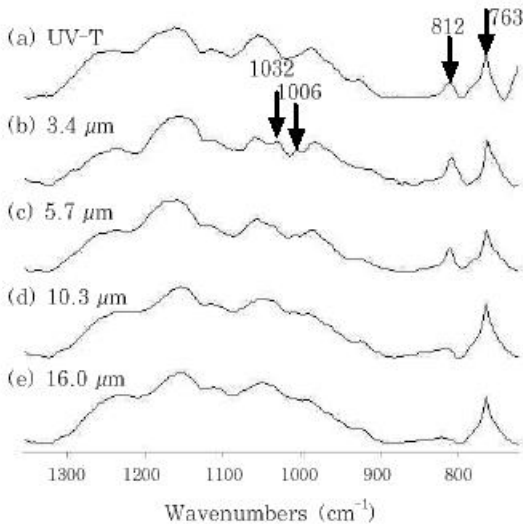


Figure 6. FT-IR/ATR spectra of (a) clear UV single coating and (b)~(e) multilayer coatings as a function of the top layer thickness. (under layer: PANI microgel).

두께에서는 보이지 않았다. 즉 이러한 현상은 하층의 전도성 물질에 사용된 도판트들이 상층으로 이행 되어졌기 때문으로 생각되며 앞서 실험한 상층 두께에 따른 표면저항 변화에 있어서도 박막인 경우 도전성의 효과가 우수한 것도 이러한 도판트가 상층부로 이행되어져 친수성 성질을 높였기 때문으로 생각된다. 그러나 경화도에 있어서는 상층의 두께가 박막일 때 더 감소되는 현상을 보였는데 Figure 7에서는 이러한 경화 효율을 나타내었다.

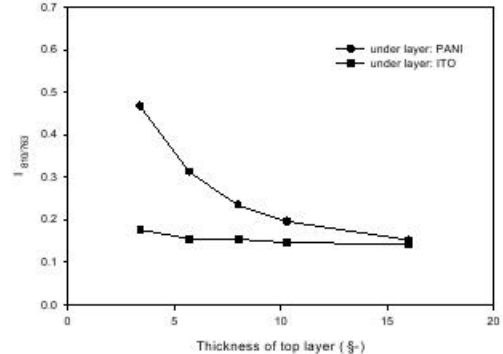


Figure 7. Plots of FT-IR/ATR intensity ratio versus top layer thickness.

Figure 7에서는 clear UV 도료에 존재하는 -CH₂- rocking에 의해 나타나는 763 cm⁻¹의 흡수 밴드를 internal reference로 사용하여 아크릴 그룹 812 cm⁻¹의 흡수 밴드의 강도 변화를 관찰하였다. 하층이 무기물인 ITO의 경우 상층두께 변화에 대하여 경화도의 차이를 보이지 않았으나 앞서 언급하였듯이 하층이 유기물인 PANI 마이크로겔의 경우는 박막에서 경화도가 감소함을 볼 수 있었다. 이는 Figure 6에서 보인 것처럼 도판트의 이행이 상층의 경화도를 저하시키는 것으로 생각된다.

3.4. 단층과 다층코팅에서 시간에 따른 물성 변화 비교

무기 전도성 물질인 ITO와 다르게 유기물질 PANI 마이크로겔에 있어서는 단층코팅과 다층코팅에서 도판트가 필름-기재 계면에서 필름-공기 계면 쪽으로 이행되는 거동이 관찰되었다. 따라서 Figure 8에서는 PANI 마이크로겔이 포함된 단층과 다층코팅에서 시간에 따라 이러한 도판트의 이행이 도막 물성에 어떠한 영향을 미치는지 보기 위해 표면저항과 연필 경도를 500시간 동안 시간 경과에 따라 측정하여 나타내었다. PANI 마이크로겔이 함유된 단층코팅에서는 시간이 경과할수록 표면으로 도판트 이행이 이루어져 표면저항이 증가되었으며 따라서 연필 경도에 있어서도 감소하는 것을 볼 수 있었다. 반면 하층에 PANI 마이크로겔을 갖는 다층코팅 도막의 경우는 시간에 따른 표면저항 값과 연필 경도도 큰 변화를 보이지 않았다. 따라서 단층코팅에서 보다는 다층코팅에서 이러한 도판트의 이행을 막을

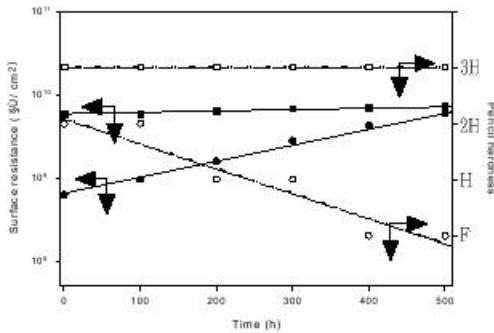


Figure 8. Surface resistance and pencil hardness versus time. ●, ○ : one coating (film contained 27.2 wt% of the conductive microgel). ■, □ : two coating (top layer thickness 5.7 μm, under layer PANI).

수 있으며 표면 물성에 있어서도 뛰어난 것을 알 수 있었다.

4. 결 론

1. 다층코팅에 의한 대전방지 코팅은 상층의 두께가 10 μm 이하였을 때 10⁸~10¹⁰ Ω/cm²의 충분한 대전방지 효과가 나타났고 전체적인 도막 물성에서 단층코팅에 비해 다층코팅이 더 우수함을 알 수 있었다.
2. FT-IR/ATR을 통한 도막의 표면분석에서 경화도는 ITO가 더 우수하였으며, 하층이 PANI 마이크로젤의 경우는 상층두께 10 μm 이하에서 도판트로 사용된 DBSA가 migration되어져 표면의 경화도가 조금 감소되어짐을 관찰할 수 있었다. 그러나 이러한 migration은 코팅 도막내 전하가 이동할 수 있는 통로 역할을 함으로써 표면의 도전성 향상을 가져올 수 있었다.
3. PANI 마이크로젤이 함유된 단층코팅과 다층

코팅의 시간에 따른 도막의 표면 물성에서 단층코팅이 시간이 경과할수록 물성이 저하되는 반면 다층코팅에서는 큰 변화 없이 안정함을 볼 수 있었다.

참 고 문 헌

1. H. P. Lobl, M. Huppertz, and D. Mergel, Surf. Coat. Technol., 82, 90, (1996).
2. M. Tokumizu and M. Sato, Radtech Asia, 492, (1993).
3. H. S. Park, G. K. Cho, J. H. Keun, and E. K. Park, Polymer(Korea), 14, 456, (1995).
4. J. W. Ha and K. H. Whang, J. Korean Ind. Eng. Chem., 12, 27, (2001).
5. K. H. Haas, S. Amberg-Schwab, and K. Rose, Thin solid films, 351, 198, (1999).
6. V. Kale and M. Moukwa, J. Electro., 38, 239, (1996).
7. G. Leftheriotis and S. Papaefthimiou, Solid State Ionics, 136, 655, (2000).
8. F. K. Skinner, Y. Rotenberg, and A. W. Neumann, J. Coll. Inter. Sci., 130, 25, (1989).
9. T. Young, Philos. Trans. R. Soc. London 95, 65, (1805).
10. N. K. Adam, The chemical Structure of Solid Surfaces as Deduced from Contact Angles, in Contact Angle, Wettability, and Adhesion, F.M. Fowkes, editor, Advances in Chemistry Series No.43, American Chemical Society, Washington D.C., 52~56, (1994).
11. J. Bieleman, Additives for coating, Weinheim, Germany, 67~99, (2000).
12. G. Socrates, Infrared characteristic group frequencies, John Wiley & Sons, New York, 158, (1994).