

적외선차단 나노복합 코팅제의 대전방지 특성

강영구 · 김상우*

호서대학교 안전시스템공학과 · *호서대학교 벤처전문대학원

1. 서 론

나노소재 응용분야 중 전도성 고분자 나노복합재료는 각종 첨단 기능을 가진 신소재로서 최근에는 전자파 차폐 소재로 주목받고 있다.¹⁻⁴⁾

특히 인체 유해광선인 자외선 및 적외선 차단 기능을 갖는 고분자 표면에 전도성 물질을 코팅하여 태양광 중 열선을 차단하는 코팅제가 다수 개발되고 있다. 이와 같은 제품은 건물 및 차량에 적용할 경우 실내의 냉난방 효율 개선에 따라 에너지를 절감할 수 있을 뿐만 아니라 인체 유해광선을 차폐하는 효과도 얻을 수 있다. 그러나 현재까지 상용화된 제품군은 기능이 복합화 되어 있지 않아 다양한 용도로 활용하는 데 한계가 있다.

따라서 본 연구에서는 건축, 차량 및 산업 분야까지 광범위한 응용이 가능하도록 상용성이 높으며 투명성을 갖는 Silicone과 같은 matrix 수지에 전도성 filler, IR 차단제를 첨가한 적외선 차단 기능의 나노복합 코팅제를 제조하여 그 특성을 평가하였다. 제조된 액상형 코팅제의 투명성, 광학적 특성 및 전기전도도 특성 등을 측정하여 대전방지 기능을 중심으로 그 응용성을 검증하고자 하였다.

2. 이론적 배경

2-1. Infrared blocking coating film

적외선 차단은 태양광에서 방출되는 자외선, 가시광선 및 적외선 중에서 적외선 영역대의 파장을 차단하는 기능이다. 적외선을 효과적으로 차단하기 위해서는 빛의 반사 및 흡수 성질을 적절히 조절하여야 한다. 일반적인 방법은 적외선을 반사시키는 것이지만, 반사시 가시광선 투과율이 저하되므로 흡수성질을 극대화시키는 것이 효과적이라 할 수 있다.

적외선을 차단하는 물질로는 나노 금속입자가 많이 사용되며, 적외선 흡수를 위해 나노 크기의 유기금속 화합물을 이용한다. 나노 금속입자 중 IR흡수제를 포함한 열선차단 필름은 매우 고가여서 신규 적외선 차단제를 개발할 경우 수요 증대에 따른 제품 경쟁력 확보가 가능하다.⁵⁾

2-2. Electroconductive Composite

정전기는 플라스틱의 성형 과정에서 생산성을 저하시키는 요인으로 작용할 뿐만 아니라 인화성 도료, 용제 및 미분체의 이송 또는 분무 시에 방전된 불꽃에 의해 화재 또는 폭발을 일으킬 수 있다. 또한 반도체 제조공정에서도 정전기 방전에 의해 회로가 손상되거나 통신기기 및 주요 계측기와 같은 정밀 전자 제품의 오작동을 일으켜 대형 사고를 일으키는 원인이 된다. 따라서 이러한 고분자 물질의 제조공정상 안전성을 확보하고 활용도를 높이기 위해서는 전기 전도성 부여에 따른 고분자 재료의 개질이 필요하다. 현재까지 적용되고 있는 전도성 부여기술은 크게 Intrinsically Conducting Polymers와 Conventionally Conducting Composite로 나눌 수 있으며, 대전방지용으로 적합한 전기 전도성은 표면저항 값이 $10^9\Omega$ 이하에서 최적의 상태를 나타낸다.

3. 실험

3-1. Raw materials

본 연구에 사용된 IR 흡수물질은 Copper Phthalocyanine 계열로서 중심 금속은 Cu이며, R을 선택적으로 치환하여 근적외선 파장대역에서 IR 차단 효과를 나타낸다. 전도성 filler로서는 20nm size의 silver(NTU-SP, 나울 Inc.)와 10nm size의 blue color ITO powder(Advanced Nano Products Co. Ltd.)를 사용하였다.

3-2. Manufacturing process

PVA(Wako chemical. Ltd.)를 증류수에 10%와 25%, silicone(동양실리콘. Inc.)을 xylene에 40%와 60%로 각각 용해시킨 binder를 제조하였다. 여기에 전기 전도성을 부여하기 위해 silver 또는 ITO powder를 첨가하고, 적외선 차단 기능을 부여하기 위해 IR 흡수물질인 CuPc를 Table 1.과 같이 함량별로 분산시켜 전기 전도성 적외선 차단 코팅액을 제조하였다.

Table 1. Formulation of IR blocking electroconductive coating solution

No.	Matrix	20nm Silver (wt%)	10nm ITO (wt%)	CuPc (wt%)
1-1	10wt.% PVA sol.	10	-	0.2
1-2		20	-	0.2
1-3	25wt.% PVA sol.	-	10	0.2
1-4		-	20	0.2
2-1	30wt.% silicone sol.	10	-	0.2
2-2		20	-	0.2
2-3	60wt.% silicone sol.	-	10	0.2
2-4		-	20	0.2

4. 결과 및 고찰

4-1. Surface resistivity

대전방지 적용 가능성을 확인하기 위해 제조된 제품을 ASTM D257에 의거, Surface resistivity meter(Model 262A, Monroe Electronics Co. Ltd.)를 사용하여 측정한 결과 Table 2와 같이 filler 함량 20%에서 대전 방지용으로 사용 가능한 저항값인 $10^8 \Omega/\text{sq.}$ 이 확인되었다. 따라서 플라스틱의 성형 과정이나 반도체 제조공정에서 생산성 저하와 안전상 위험 요인인 정전기 방지 효과를 나타낼 수 있다.

Table 2. Surface resistivity as the matrix solubility and filler contents

Sample No.	Matrix	20nm Silver (wt%)	10nm ITO (wt%)	CuPc (wt%)	Surface resistivity ($\Omega/\text{sq.}$)
1-1	PVA sol.	10	-	0.2	10^9
1-2	(10 wt.%)	20	-	0.2	10^8
1-3	PVA sol.	-	10	0.2	10^9
1-4	(25 wt.%)	-	20	0.2	10^8
2-1	silicone sol.	10	-	0.2	10^{10}
2-2	(30 wt.%)	20	-	0.2	$10^8 \sim 10^9$
2-3	silicone sol.	-	10	0.2	10^{10}
2-4	(60 wt.%)	-	20	0.2	10^9

4-2. Infrared absorbance rate

Fig. 1은 제조된 제품의 적외선 차폐 특성을 확인하기 위해 FT-IR spectrometer (Model IFS-66/S, Bruker Co. Ltd.)를 사용하여 적외선 영역 중 고집적 장비와 인체에 유해한 근적외선 영역대의 흡수율을 나타낸 그래프이다.

사용된 matrix와 conductivity filler가 상이하지만 NIR 영역($0.75\mu\text{m} \sim 3000\text{nm}$)에서 흡광도가 약 70%로 증가하는 양상을 나타냄으로써 제조된 코팅제가 근적외선을 효과적으로 차폐하는 것을 알 수 있다.

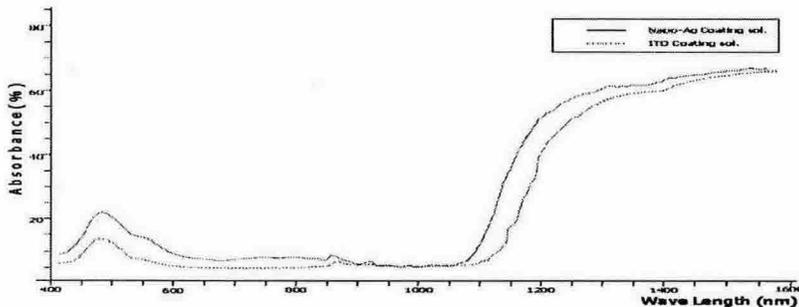
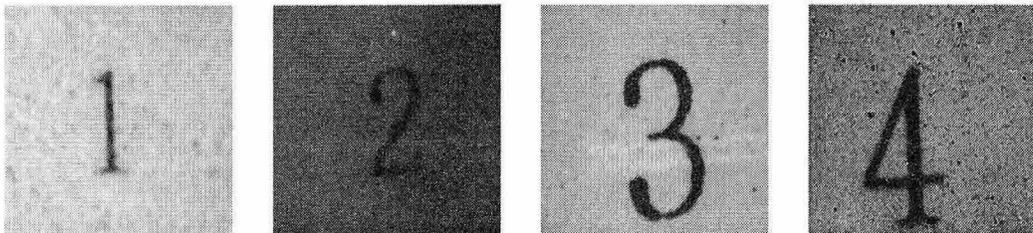


Fig. 1 NIR spectrum of IR blocking electroconductive coating solution

4-3. Transparency and morphology

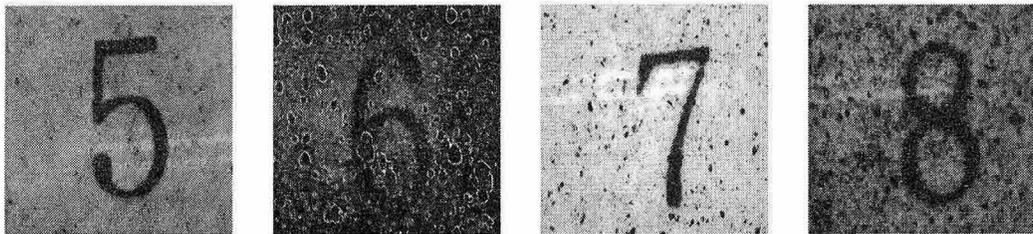
Matrix의 점도조절 및 광학적 투명성을 나타내기 위해서는 filler의 분산성과 그 표면 특성이 매우 중요하다. Fig. 2와 3은 제조된 코팅액을 OHP film에 코팅 후 건조시켜 각 코팅 film을 printing된 글자(신명조, 10point)위에 올려 내부 filler의 분산성, 표면 특성 및 투명성 유·무를 Zooming Stereo microscope를 이용하여 관찰한 것이다.

각각의 Image를 확인하면 분산성에 의해 다소 응집된 입자형상이 관찰되지만, 전체적으로 matrix내에 filler들이 편중되지 않고 균일하게 분산되어 있는 것을 알 수 있다. 또한 filler함량이 증가할수록 명암은 낮아졌지만 투명성에 의해 글자 인식이 뚜렷해 지는 것을 확인할 수 있다. 향후 보완 실험을 통해 더욱 얇은 박막으로 필름을 제조하여 투명성을 높인다면 산업분야를 포함한 차량, 주택의 window coating film 등에 효과적으로 적용이 가능할 것으로 판단된다.



(a) No. 1-1 film (b) No. 1-2 film (c) No. 1-3 film (d) No. 1-4 film

Fig. 2 Transparency & morphology as the filler content on PVA coating film



(a) No. 2-1 film (b) No. 2-2 film (c) No. 2-3 film (d) No. 2-4 film

Fig. 3 Transparency & morphology as the filler content on silicone coating film

참고문헌

1. T. S. Oh, Polymer Science & Technology(Korea), 2(3), 179, 1991.
2. S. Yasufuku, IEEE Electrical Insulation Magazine, 6(6), 226, 1990.
3. N. F. Colaneri & L. W. Shacklette, IEEE Trans. Meas. IM-41, 291, 1992.
4. J. Joo & A. J. Epstein, Appl. Phys. Lett, 65, 2278, 1994.
5. D. J. Benford, E. Serabyn, S. H. Moseley & T. G. Phillips, Proc. SPIE 3357, 1998.