

대전방지형 내열 탄성성형체의 제조 및 특성

강영구 · 박병기*

호서대학교 안전시스템공학과 · *호서대학교 벤처전문대학원

1. 서 론

고분자 재료는 경량성, 성형성, 내약품성, 착색성, 내충격성 등의 우수한 특성 때문에 포장재료, 건축재료, 자동차 내장재 등 다양한 용도로 사용된다.^{1),2)} 그러나 고분자 재료의 전기 절연특성 때문에 정전기 발생으로 인하여 인화성 물질의 폭발, 각종 통신장비의 전기 노이즈, 전자기기의 오작동, 반도체의 손상 및 산업현장에서 크고 작은 피해의 원인이 되고 있다.³⁾ 이러한 현상들을 방지하기 위해서 고분자 소재에 전도성을 부여하여 정전기의 발생 억제 및 도전성 향상에 관한 많은 연구가 진행되고 있으며, 내 충격성이 요구되는 고분자 소재의 대전방지 특성을 부여를 위해 rubber나 elastomer 소재의 도전성 향상과 관련된 연구도 수행되고 있다. 그러나 대부분의 rubber 소재는 내열 특성이 낮기 때문에 본 연구에서는 내열성이 우수한 polyester계 TPE(thermoplastic elastomer) 수지 내에 conductive filler로 carbon black을 첨가하여 대전방지특성을 갖는 내열 탄성소재를 제조하였으며 전기적 특성 향상을 위하여 silane계 coupling agent로 표면처리 된 carbon black을 첨가한 성형체의 전기적 특성 및 기계적 강도를 비교 평가하여 전기전도성 향상을 위한 최적 formulation을 도출하였다.^{4)~6)}

2. 이 론

Conductive filler를 첨가하는 방법은 성형하기 전 polymer matrix resin 내부에 conductive filler를 첨가하는 내부 첨가형과 성형된 제품 표면을 conductive filler가 분산된 conductive solution으로 코팅하는 표면 코팅형 등으로 나눌 수 있다. 표면 코팅법은 형성된 코팅 막에 의해 전기저항이 낮아지고, 고분자표면이 보호되며 사용 용도에 따라 특수한 기능성을 갖도록 사용되어진다. 그러나 장시간 사용 시 외부환경에 의해 코팅막이 손상될 경우 대전방지 효과가 감소되기 때문에 전자재료 부분이나, 단기적인 용도에 제한적으로 사용된다. 지속적인 대전방지 효과를 얻기 위해서는 conductive filler를 충전하는 내부 첨가형이 사용된다. 내부첨가형은 powder, flake, fiber 형태의 전기전도성 filler를 충전하여 제조된다.⁷⁾ conductive filler는 polymer matrix resin과 혼합하여 성형가공하며 전기전도성 filler의 분산상태가 성형체의 전기전도특성에 영향을 주기 때문에 충전제의 분산성 향상 기술과 정밀한 가공기술이 필요하다.

Table 1. Usage of conductive Polymeric Composite⁸⁾ (ohm-cm)

Material	Electric resistance	Matrix	Filler
semi-conductivity	$10^7 \sim 10^{10}$	Paint	metal oxide
anti-static	$10^4 \sim 10^7$	PE,PS,ABS Elastomer	carbon black
conductivity	$10^3 \sim 10^4$	Plastic, PE, EVA Silicone, Rubber	metal Powder carbon black carbon fiber
high-conductivity	$10^3 \sim 10^0$	Plastic, Silicone Rubber	silver powder metal powder carbon fiber metal flake

3. 실험

가. Carbon black의 Coupling agent 전 처리

Silane A-174(γ -methacryoxypropyl trimethoxy silane)를 IPA(isopropyl alcohol) 과 증류수 무게 비 90:10의 비율로 혼합된 용매에 1%, 3% 각각 용해시킨 후, conductive filler 인 carbon black을 1시간 동안 침지시켰다. 침지된 carbon black 용액을 진공건조기에 넣고 용매를 휘발시킨 후, 용매가 휘발된 carbon black을 100°C의 oven에서 건조하였다.

나. 대전방지 성형체 제조

본 연구에서 제조된 성형체는 matrix resin으로 polyester계 TPE(Kolon, KP3372)를 사용하였고, conductive filler로는 carbon black(Degussa, printex XE-2)을 사용하였으며, 각각의 시료는 oven에서 100°C의 온도로 약 24hr동안 건조시켜 사용하였다. coupling agent는 silane계(Union Carbide, A-174)를 사용하였다. 성형체는 TPE와 carbon black을 formulation별로 정량하여 double cone-mixer에서 20min간 mixing한 후 hot press로 압착 성형하여 시편을 제조하였다.(250°C, 250kgf/cm²)

Coupling agent에 의한 전기전도도 향상을 비교평가하기 위하여, carbon black은 coupling agent처리 유무로 구분하여 사용하였다.

다. Volume resistivity test

제조된 성형체의 전기전도 특성을 평가하기 위해 ASTM D257규격으로 Volume resistivity를 측정하였다.

라. Mechanical test

성형체의 기계적 강도를 평가하기 위해 ASTM D638의 규격에 의한 Tensile strength 와 ASTM D790에 의한 Flexural strength를 측정하였다.

4. 결과 및 고찰

성형체의 volume resistivity를 측정한 결과 table 2에 나타낸 바와 같이 coupling agent를 처리에 관계없이 모든 성형체가 carbon black의 함량이 3wt(%)로 증가될 경우 급격한 전기전도도의 증가를 확인할 수 있었으며 1wt(%) silane solution에 의해 처리된 carbon black이 첨가된 성형체의 경우 처리되지 않은 carbon black이 첨가된 성형체에 비해 매우 낮은 전기 저항 값을 나타내었다. 이는 silane 처리로 carbon black의 aggregation 감소에 따른 분산성 향상과 filler와 고분자 matrix 사이의 표면에너지 감소에 따른 계면결합력 향상에 기인한 것으로 사료되며 silane의 농도를 3wt(%)로 높여 처리한 시편의 경우 오히려 전기전도도의 향상 폭이 줄었는데 이는 커플링제 처리가 과잉되어 가공 시 미 반응 silane 커플링제가 carbon black 계면에서의 방해요소로 작용한 것으로 사료된다. 기계적 강도 특성은 coupling agent의 분산성 향상으로 인해 coupling agent 미처리된 carbon black 보다 인장강도의 경우 약 10%, 굴곡강도의 경우 약 15~20% 향상되는 결과를 나타내었으며 커플링제의 처리에 의해 carbon black 함량 증가에 따른 강도의 감소폭도 작아짐을 알 수 있었다.

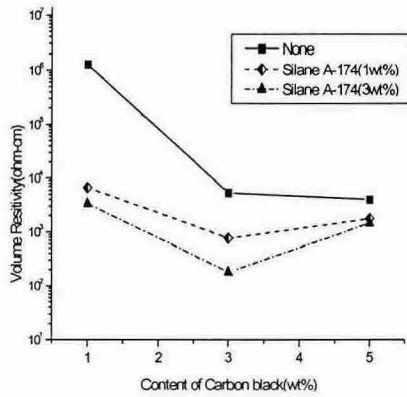
본 연구에서 살펴본 바로 thermoplastic matrix resin에 conductive filler의 첨가함으로써 TPE의 대전향상으로 인해 내열성과 탄성 그리고 대전 기능이 요구되는 가정 및 산업분야에 사용가능한 안전소재의 개발이 가능하다고 사료된다. 그러나 본 연구에 사용된 conductive filler인 carbon black의 경우 착색성의 문제점과 고가라는 단점을 가지고 있기 때문에 carbon black과 유사한 conductive filler의 사용이 필요하다고 사료된다.

Table 2. Effect of coupling agent on the volume resistivity (ohm-cm)

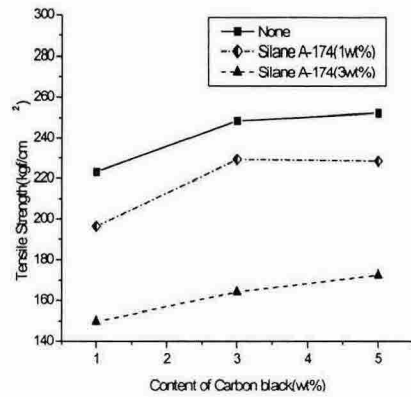
Coupling agent	Carbon black 1%	Carbon black 3%	Carbon black 5%
None	1.29×10 ⁶	6700	3350
A-174 (1wt%)	5340	766	180
A-174 (3wt%)	3990	1750	1454

Table 3. Tensile Strength and Flexural strength (kgf/cm²)

Coupling agent	Carbon black 1%		Carbon black 3%		Carbon black 5%	
	Tensile strength	Flexural strength	Tensile strength	Flexural strength	Tensile strength	Flexural strength
None	223.2	864	196.4	752	149.7	515
A-174 (1wt%)	248.5	1040	229.3	931	164.2	683
A-174 (3wt%)	252.2	1135	228.4	1059	172.5	709



a) Volume resistivity



b) Tensile strength

Fig 1. volume resistivity and tensile strength of composite

참고문헌

1. M. Q. Zhang, Study on the Structure-Property Relation of Electrical Conductive polymeric Composites, PhD thesis, Zhongshan University, Guangzhou, China, 1991.
2. R. A. Crossman, Conductive Composites Past, Present, and Future, Polm. Eng. Sci. 25, p.507, 1985.
3. Mottahed, B. D. And Manoocheri, S., Poly.-Plast., Technol. Eng. 34, 2, pp.271-346, 1995.
4. A. Takahara, T. Magome, and T. Kajiyama, J. Polm. Sci., Part B, 32, 839, 1994.
5. M. J. Folkes and W. K. Wong, Polymer, 28, 1309, 1987.
6. C. Y. Yue and M. Y. Quek, J. Mat. Sci., 29, 2487, 1994.
7. D. E. Hall. Conductive Composites, International Encyclopedia of Composites, Vol. 1, VCH, New York, p.469, 1991.
8. 오택수, 전자파 차폐용 고분자 복합재료, 고분자과학과 기술, 제2권, 3호, p189, 1991