

복합 Filler 충전 전기전도성 폴리머 소재

강영구 · 송종혁*

호서대학교 안전시스템공학과 · *호서대학교 벤처전문대학원

I. 서 론

산업의 고도화에 따라 반도체를 비롯한 전자산업의 발전과 더불어 전자파의 인체 유해성에 대한 EMI 규제가 더욱 강화되고 있으며 반도체 소자나 정밀기기의 ESD 기술이 요구되고 있다. 따라서 전기전도성 고분자는 유해전자파의 차폐나 정전기 방지를 위한 특수용도의 소재로 각광받고 있으며 그 수요가 급증하고 있다.^{1)~3)} 폴리머에 전기전도성을 부여하는 방법에는 전기전도성을 갖는 폴리머 자체를 합성하는 방법과 전기전도성 filler를 충전하는 방법, 무전해 도금이나 전도성 물질을 폴리머 표면에 코팅하는 방법 등이 있으나 전도성 filler를 충전하는 기술이 신뢰성과 경제성 면에서 가장 유리하여 널리 이용되고 있다. 전도성 filler는 carbon black, carbon fiber, powder나 fiber, chip상의 metal이 널리 사용되고 있으나 carbon black의 경우 착색성에 문제가 있고 metal계 filler의 경우 고가라는 단점이 있다.^{4)~6)} 본 연구에서는 페PE/페PP polymer blend에 carbon brush 생산과정에서 발생하는 고 동함량 페Carbon brush를 전기전도성 filler로서 함량별로 충전하여 복합성형체를 제조한 후 강도 특성 및 Morphology 특성, 전기전도특성을 수행함으로써 Antistatic material로의 적용 가능성을 평가하였다.

II. Conductive Composites

전기전도성 복합체는 주로 thermoplastic matrix resin에 powder, chip, fiber 형태의 전기전도성 filler를 충전하여 제조되며 여러 전도성 filler들이 상업적으로 사용되고 있다. Table 1은 전기전도성 복합체에 사용되는 보편적인 filler들의 예를 나타낸 것이며 filler는 composites의 사용용도에 따라 전도성 filler가 matrix 수지와 혼합되었을 때 composite의 전기전도 특성과 기계적 물성을 모두 증가시키는 high performance grade와 전도성 filler로 첨가되었을 때 composite의 기계적 물성을 저하시키는 일반적인 type으로 구분된다. Carbon fiber, Graphite fiber, Stainless steel fiber, Metal-Coated Glass fiber 등은 전도성과 기계적 물성을 모두 요구하는 composite에 적합한 high performance grade로 널리 사용되며 fiber의 표면을 copper, nickel, silver 등으로 coating한 filler의 경우 우수한 전기전도 특성을 나타내어 전자파 차폐급 composite의 filler로서 사용된다.⁷⁾

Table 1. Several Usual Conductive Fillers and Their Incorporation modified Loading in Thermoplastics⁸⁾

Enhancing type	Typical content (wt%)	Additive type	Typical content (wt%)
PAN carbon fiber	30	Ketjen carbon black	5-15
Graphite fiber	10	Furnace carbon black	30-40
Aluminium fiber	30	Aluminium flakes	40
Stainless steel fiber	5	Aluminium powders	30
Nickel-coated graphite fiber	10	Nickel-coated glass beads	20
Gold-plated glass fiber	30	Copper powders	30

III. 실험

1. 성형체 제조

본 연구에 사용된 matrix 수지는 HDPE(High Density Polyethylene) 재질의 post consumer milk bottle과 Polypropylene 공정 scrap을 수거하여 5φ under size의 chip 상으로 분쇄하여 사용하였고 conductive filler로 사용된 폐carbon brush(K사)는 제품 grade와 공정에 따라 물성이 다른데 공정별 2종류의 공정폐기물을 선별 회수하여 사용하였다. 폐HDPE와 폐PP의 상용화를 위한 상용화제로서 PE-g-MAH (EM-520M, Honam Petrochemical)와 PP-g-MAH(CM-1120, Honam Petrochemical)를 1:1 비율로 혼합하여 Dual compatibilizer로 사용하였다.

폐HDPE와 폐PP chip, 상용화제를 vacuum drying oven에서 60℃, 12hr 동안 건조하여 100℃에서 24hr이상 건조된 폐carbon brush와 Double cone mixer에서 30rpm으로 10분간 혼합한 후 twin screw extruder를 이용해 60rpm으로 압출하여 pelletizing 하였다. 가공된 pellet을 70℃에서 24hr이상 건조한 후 Hot press에서 200kgf/cm²의 압력으로 압착성형하여 시험용 시편을 제조하였으며 Table 2.에 폐PE/폐PP/폐carbon brush 복합성형체의 성형온도조건을 나타내었다.

Table 2. Processing Temperature of Recycled HDPE/PP/carbon brush composites

Processing Temperature(℃)				
Extrusion				Compression Molding
Feed	Barrel 1	Barrel 2	Die	
170	205	210	230	225

2. Morphology 특성 시험

폐carbon brush의 원료 형상 및 matrix내의 분산성을 관찰하기 위해 zooming stereomicroscope를 이용하여 원료 및 성형체의 표면을 60배의 배율로 측정하였으며 SEM(Scanning electron microscopy)을 이용하여 filler의 분산정도와 matrix와의 결합 정도를 관찰하기 위해 시편을 액체 질소 내에서 냉각 후 파단시켜 그 fracture surface를 gold sputtering한 후 500배의 배율에서 관찰하였다.

3. 기계적 강도 시험

폐carbon brush의 종류 및 충전량에 따른 기계적 물성을 측정하기 위해 제조된 복합 성형체를 ASTM D638 규격의 시편으로 가공하여 Tensile strength 및 Elongation을 측정하였다.

4. 전기전도 특성 시험

동분 함량이 다른 두가지 폐Carbon brush의 함량(10~50 wt%)에 따른 복합성형체의 전기전도 특성을 ASTM D257의 방법으로 ohm-meter를 이용하여 측정하였다.

IV. 결과 및 고찰

1. 성형체의 기계적 강도 특성

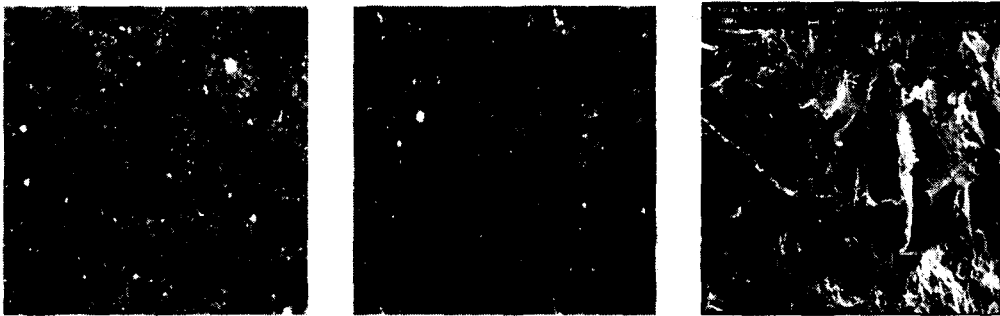
Tensile strength, Elongation test 등을 통해 복합성형체의 기계적 강도를 시험한 결과 Table 3.에 나타낸 바와 같이 동분 함량이 다른 두 폐carbon brush 모두 함량이 증가함에 따라 인장강도는 감소하였으나 동분 함량 B공정의 carbon brush가 충전함량 증가에 따른 인장강도의 감소효과가 컸으며 이는 B공정 폐carbon brush의 입도가 불균일 하고 bulk density가 0.83g/ml로써 A공정 carbon brush의 1.26g/ml보다 작기 때문에 체적 충전비 증가에 따른 성형성 저하가 원인인 것으로 사료된다.

Table 3. Tensile Strength and Surface Resistivity of Conductive Composites

Test Filler content	Tensile strength(kgf/cm ²)		Volume Resistivity(Ω -cm)	
	A process Carbon brush	B process Carbon brush	A process Carbon brush	B process Carbon brush
10wt(%)	151.9	148.5	3.3×10^{11}	2.3×10^8
20wt(%)	143.3	133.2	1.7×10^8	5.5×10^7
30wt(%)	138.2	121.5	2.4×10^9	1.2×10^4
40wt(%)	123.3	109.4	2×10^3	300
50wt(%)	119.6	93.9	290	60

2. Morphology

Fig. 1은 전도성 filler로 사용된 폐carbon brush의 입자형태, 폐HDPE/폐PP/폐Carbon brush 복합 성형체의 표면을 광학현미경을 이용해 측정된 결과와 전도성 복합 성형체의 파단면을 SEM으로 측정된 결과로서 a)는 A공정에서 발생된 폐carbon brush와 성형체를 나타낸 것이며 b)는 B공정에서 발생된 폐carbon brush와 성형체를 나타낸 것이다. B 공정에서 발생된 폐carbon brush의 경우 입도가 불균일 하였으며 이는 filler의 충진율이 높아짐에 따라 강도의 감소효과가 커지는 원인이 되었음을 알 수 있었다. 성형체의 표면과 단면을 측정된 결과 두 성형체 모두 분산상태 및 filler와의 계면상태가 양호한 것으로 나타났다.



a) Recycled Carbon brush (A Process)



b) Recycled Carbon brush (B Process)

Fig.1 Morphology of R-Carbon brush and R-Carbon brush(40wt%) filled Composites

Left: R-carbon brush (Zooming stereomicroscope, $\times 60$)

Middle: Surface of Composite (Zooming stereomicroscope, $\times 60$)

Right : Fracture surface of Composite (SEM, $\times 500$)

3. 성형체의 전기전도 특성

복합성형체의 Volume Resistivity를 측정한 결과 Table 3에 나타낸 바와 같이 폐 carbon brush의 충전량이 20wt(%)에서도 A공정 filler는 $1.7 \times 10^8 \Omega\text{-cm}$, B공정 filler의 경우 $5.5 \times 10^5 \Omega\text{-cm}$ 의 우수한 전기전도 특성을 나타내었다. 이는 Static dissipative materials의 volume resistivity가 일반적으로 $10^2 \sim 10^8 \Omega\text{-cm}$ 이므로⁹⁾ ESD 재료로 충분히 사용 가능한 결과이며 폐carbon brush의 함량을 50wt(%)로 높일 경우 EMI shielding 재료로서도 적용이 가능한 결과를 나타내었다. 전기전도성 composites를 제조하기 위한 전도성 filler를 대부분 외국에서 수입하고 있는 국내 실정에서 폐carbon brush는 저가의 전기전도성 filler로서 충분히 사용 가능할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 21C 프론티어 연구개발사업(산업폐기물 재활용 기술개발 사업)의 연구비 지원으로 수행되었으며 연구비를 지원해준 사업단에 감사드립니다.

References

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, *Polym. Eng. Sci.*, Vol. 25, p.507, 1985.
3. Lonnie Brown and Dan Burns, "The ESD Control Process is a Tool for Managing Quality," *Electronic Packaging and Production*, pp.50-53, April, 1990.
4. D. E. Hall. *Conductive Composites, International Encyclopedia of Composites*, Vol. 1, VCH, New York, p.469, 1991.
5. A. M. Litman and N. E. Fowler, Electrical properties, *Engineered Materials Handbook: Engineering Plastics*, ASM International, Metal Park, p.460, 1988.
6. R. H. Norman, *Conductive Rubbers and Plastics*, Elsevier, Amsterdam, p.3, 1970.
7. Chi-Yuan Huang, Jui-Fun Pai, "Optimum conditions of electroless nickel plating on carbon fibers for EMI shielding effectiveness of ENCF/ABS composites", *Eur. Polym. J.* Vol. 34, No. 2, pp. 261-267, 1998.
8. Olagoke Olabisi, "Handbook of Thermoplastics", Marcel Dekker, p.879, 1997.
9. H. M. zeng and M. Q. Zhang, Conductive polymeric composites, *Essentials of Advanced Materials for High Technology*(H. M. Zeng, ed.), Chinese Science and Technology Press, Beijing, p. 555, 1993.