

# 폐전선을 이용한 전자파차폐용 고분자 소재

강영구 · 유동욱\*

호서대학교 안전시스템공학과 · \*호서대학교 벤처전문대학원

## I 서론

전자파(Electromagnetic wave)는 인간이 사용하고 있는 모든 전기·전자제품에 의해 발생하는 전기장과 자기장을 의미하며 첨단과학기술의 발전과 함께 전기, 전자, 통신관련 기기의 사용이 급증함에 따라 전자파는 다른 전자기기의 심각한 전파장애와 인체에 유해한 요소로 작용하고 있다. 이러한 피해현상을 EMI(Electro Magnetic Interference)라 하며 소형화, 고집적화, 다기능화를 지향하는 현대 전기, 전자, 통신산업에 있어서 치명적인 장애요소로 대두되고 있다.<sup>1)~4)</sup>

EMI를 방지하기 위해서는 발생원에서의 전자파 누설 방지 기술과 피해 대상에서의 전자파 차폐 기술이 필요하다. 전자파 차폐 재료는 과거에는 금속을 주로 사용하였으나 석유화학공업의 발전과 함께 우수한 물성의 플라스틱 재료 및 복합재료가 개발되어 전기·전자 제품의 하우징 재료로 기존의 금속재료를 대체하고 있기 때문에 대부분의 전자파를 투과시키는 플라스틱재료의 전자파 차폐 성능 부여에 많은 연구가 진행되고 있다.<sup>5)</sup> 플라스틱에 전기전도성을 부여하여 전자파 차폐 성능을 나타내게 하는 방법으로 전기전도성 고분자의 합성, 전도성물질의 코팅, 무전해도금 등이 있으나 전기전도성 충전제를 첨가한 복합재료가 가장 널리 사용된다.<sup>6)~8)</sup> 전도성 충전제들은 대부분 고가의 외국산이기 때문에 본 연구에서는 폐기된 폐전선을 수거하여 flake상으로 가공한 후 PE/페PP blend에 전기로 제강 slag와 함께 첨가하여 복합재료를 제조하고 강도 및 전자파 차폐 특성을 시험하였다.

## II 이론

전자파 차폐란 외부에서 입사되는 전자파 간섭(EMI, Electromagnetic Interference)의 차폐를 의미하는 것으로 전자파를 표면에서 흡수 또는 반사시켜 내부로 전이되는 것을 방지하는 것이다. 전자파 차폐에 있어서 차폐에 의한 전기·전자 기기의 보호능력을 과학적으로 차폐효율(SE, Shielding Effectiveness)이라 하며 전자파의 감쇄율을 의미하는 것으로 decibel(dB)로 표시한다. 차폐재료에 전자파가 입사되면 Fig. 1과 같이 흡수, 반사, 회절, 투과 현상이 나타나며 이때 차폐효과의 총계를 차폐효율 SE라 한다.

보통 0~10dB는 차폐효과가 거의 없다고 판정되며 10~30dB는 최소한도의 차폐효과, 30~60dB는 평균적인 차폐효과, 60~90dB는 평균이상, 90dB 이상의 차폐효율은 최고

기술에 의한 차폐효과를 의미한다.<sup>9)</sup>

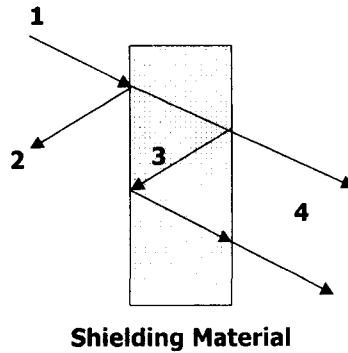
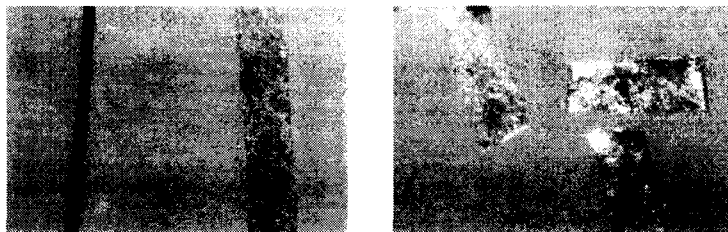


Fig. 1. Schematic of EMI Shielding(1: incident wave, 2: reflected wave, 3: multiple internal reflection, 4: transmitted wave)<sup>(10)</sup>

### III. 실험

#### 1. Cu flake 가공

본 연구에서 전기전도성 충전제로 사용된 Cu flake는 0.08 $\phi$ , 0.26 $\phi$ 의 직경을 갖는 폐동선을 롤(Roll)가공을 통해 압연 후 커팅장치를 이용해 2~3mm 크기로 절단하여 flake상으로 가공하였다. 가공 후 flake의 size는 0.08 $\phi$ 의 경우 0.26 $\times$ 2~3mm, thickness 30 $\mu$ m 였으며 0.26 $\phi$  동선의 경우 0.88 $\times$ 2~3mm, thickness 50 $\mu$ m 였다. Fig. 2의 a)는 0.08 $\phi$  폐동선의 roll 가공전과 가공후를 비교한 것이며 b)는 커팅장치를 통과하여 가공된 폐동선 flake를 나타낸 것이다.



a) Comparison( $\times$ 60)

b) Cu flake( $\times$ 60)

Fig. 2. Photographs of Cu flake

#### 2. 복합재료 제조

전자파 차폐용 복합소재의 제조에 이용된 고분자 매트릭스 수지로는 폐폴리에틸렌과 폐폴리프로필렌으로 상용화제를 이용한 blend가 사용되었으며 함철성분이 50wt(%) 이

상으로 구성된 전기로 제강 슬래그(EAF Slag) 분말이 가공된 폐Cu flake와 함께 충전제로 사용되었다. 건조된 폐HDPE, 폐PP, 상용화제, 제강 슬래그 분말, Cu flake를 Double cone mixer에서 30rpm으로 20분간 혼합하고 Twin screw extruder를 이용해 60rpm으로 압출하여 pelletizing 하였다. 가공된 pellet을 70℃에서 24hr이상 건조한 후 Hot press에서 200kgf/cm<sup>2</sup>의 압력으로 압착성형하여 시험용 시편을 제조하였다.

### 3. 전자파 차폐효과 측정

복합소재의 전자파 차폐효율 측정은 ASTM D4935-99 규격에 의해 동축케이블 내에 전자파 신호 발생기(Signal generator), 시편고정장치(Specimen holder), 전자파 수신기(Receiver)가 장착된 장치에 규격대로 가공한 시편을 시편고정장치에 위치시킨 후 감쇄율을 측정한다. 차폐효율(SE)은 시편이 존재할 경우와 없을 경우의 전자파 신호의 크기차를 이용하여 산출된다.

## IV. 결과 및 고찰

### 1. 복합재료의 기계적 강도 특성

매트릭스 수지인 고분자 블렌드 함량을 50wt(%)로 고정하고 0.08 $\phi$  폐전선을 가공한 폐Cu flake 20~30wt(%), EAF slag powder 30~20wt(%)를 혼합하여 제조한 복합소재의 기계적 강도 특성은 Table 1.에 나타난 바와 같이 Cu flake 함량이 증가함에 따라 인장강도는 증가하였고 충격강도는 감소하는 결과를 얻었다. 이는 비중이 높은 Cu flake 함량이 증가함으로써 수지의 체적충진비가 증가하기 때문이며 충격감도의 감소는 전기로 슬래그 분말에 비해 Cu flake는 고분자 수지와의 anchor effect가 적어 충격에 의해 계면이 쉽게 분리되기 때문이라 사료된다.

Table 1. Mechanical strength of EMI shielding composite as formulation

Sample	T.S. (kgf/cm <sup>2</sup> )	I.S. (kgfcm/cm <sup>2</sup> )
[PE40/PP40/PE-g-MAH10/PP-g-MAH10]50 /Cu flake20/Slag30	126.7	4.33
[PE40/PP40/PE-g-MAH10/PP-g-MAH10]50 /Cu flake25/Slag25	129.4	3.90
[PE40/PP40/PE-g-MAH10/PP-g-MAH10]50 /Cu flake30/Slag20	139.5	3.21

### 2. 복합재료의 전자파 차폐 특성

폐전선을 가공하여 전도성 충전제로 사용한 복합소재의 전자파 차폐효율을 ASTM D4935-99의 방법으로 Coaxial Transmission line을 이용해 100~1,000MHz의 주파수 범위에서 측정된 결과 Cu flake 함량이 20wt(%)인 소재를 기준으로 0.08 $\phi$  폐전선을

가공한 30 $\mu\text{m}$  두께의 flake는 평균 34dB, 0.26 $\phi$  폐전선을 가공한 50 $\mu\text{m}$  두께의 flake는 평균 31dB의 전자파 차폐특성을 나타내었다. 두 filler의 전자파 차폐효율의 차이는 Aspect ratio의 차이에 기인한 것으로 사료되며 모두 30dB 이상의 차폐효율을 나타내어 평균적인 차폐효과가 있음을 알 수 있었다. Table 2.는 두가지 thickness의 폐Cu flake를 20wt(%) 충전한 복합소재의 전자파 차폐효율 측정 결과이며 Fig. 3은 Cu flake 함량에 따른 주파수 대역별 차폐효율을 나타낸 것이다.

Table 2. Shielding Effectiveness of EMI Shielding Composites(Cu flake 20wt%)

Frequency (GHz)	0.5	0.75	1	Rolled Thickness
SE (dB)	33	35	35	30 $\mu\text{m}$
	30	31	31	50 $\mu\text{m}$

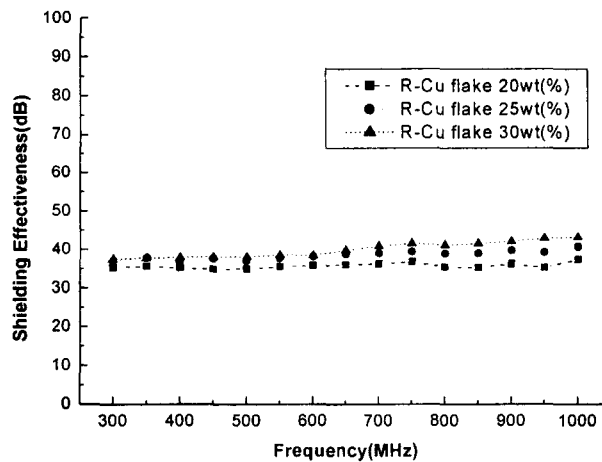


Fig. 3. Shielding Effectiveness of composites as recycled Cu flake content

## V. 결론

폐전선을 flake상으로 가공하여 이를 전도성 충전제로 폐플라스틱과 혼합하여 제조한 복합소재의 전자파차폐 특성을 시험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 폐Cu flake가 20wt(%) 이상 충전 시 30dB 이상의 전자파 차폐 효과를 나타냄으로써 고가의 금속계 전도성 충전제를 대체할 수 있을거라 사료된다.
2. 폐Cu flake 함량이 증가됨에 따라 충격강도가 감소하였는데 이는 매트릭스 수지와 충전제와의 anchor effect가 적기 때문이며 LICA 38과 같은 Coupling agent를 적용할 경우 개선될 수 있을 것으로 사료된다.

## VI. 감사의 글

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

## 참고문헌

1. Mottahed, B. D. And Manoocheri, S., Poly.-Plast., Technol. Eng. 34, 2, pp.271-346, 1995.
2. J. T. Hoback and J. J. Reilly, J. of Elastomers and Plastics, 20, 54, 1988.
3. M. Q. Zhang, Study on the Structure-Property Relation of Electrical Conductive polymeric Composites, PhD thesis, Zhonghsan University, Guangzhou, China, 1991.
4. R. A. Crossman, Conductive Composites Past, Present, and Future, Polm. Eng. Sci. 25, p.507, 1985.
5. A. M. Litman, D. M. Staggs, and N. E. Fowler. "Technical Papers: Regional Tech. Conf.," Society of Plastics Engineers, EMI Shielding Plastics(Electromagnetic Interference/Radio-Frequency Interference), p.127, 1982.
6. A. M. Litman and N. E. Fowler, Electrical Properties, Engineered Materials Handbook: Engineering Plastics, ASM International, Metal Park, p.460, 1988
7. J. M. Crosby and J. E. Travis, Conductive Thermoplastic Composites, Rubber World 193: p.30, 1985
8. J. Meyers, European Regulations to Require EMI Shielding on all Electronics, Mod. Plast. Int. 8: p.16, 1994.
- 9) Olagoke, Olabisi, "Handbook of Thermoplastics" ed. Marcel Dekker, Inc., p.888, 1997.
- 10) A. Moguez, Composite Materials Modifications for EMI Shielding, Preceeding of the 9th International Conference of the Society for the Advancement of Material and Process Engineering European Chapter, Milan, pp.237-252, 1988.