

# Stainless Steel Fiber 충전 PC/ABS 복합재료의 전자파 차폐용 재료로서의 특성

박정민, 정성훈, 송석규  
한양대학교 섬유공학과

## 1. 서론

전자산업의 급속한 발전과 정보사회로 변화해 감에 따라 각종 전자장비의 사용이 증가하게 되었다. 그러나 전자장비에서 발생하는 전자파에 의한 기기 상호간의 장애현상과 인체에 대한 유해성 등이 새로운 문제로 대두되게 되었다. 이러한 전자파를 효과적으로 차폐하기 위한 하우징 재료를 만들기 위한 여러 가지 노력이 진행되고 있는데 가장 널리 쓰이는 방법은 기존의 재료에 코팅 또는 페인팅 등을 이용하여 전도성 막을 형성시키는 것이나 이는 부가공정에 의한 추가비용, 내구성 등의 문제가 있다. 이에 비하여 stainless steel fiber, aluminum flake, glass fiber 등과 같은 무기 충전재를 이용하여 고분자 복합 재료를 제조하는 방법이 연구되고 있는데 일반적으로 높은 차폐효과를 얻기 위한 충분한 network의 형성을 위해서 충전제의 양을 늘려야 하므로 이로 인한 공정상의 성형성 및 기계적 물성의 저하와 같은 문제점이 남아 있다[1]. Stainless steel fiber는 공정후 높은 aspect ratio를 유지하여 network 형성에 유리할 뿐 아니라 적은 양으로도 큰 효과를 얻을 수 있으므로 충전제에 의한 기계적 강도의 저하를 최소화할 수 있으며 그로 인한 비용의 감소를 가져올 수 있다[2-4].

전자파 차폐 효과에 영향을 주는 조건으로는 충전제 분율, 충전제의 aspect ratio, 시편의 두께 등이 있으며[5-7], 본 연구에서는 이러한 조건들의 변화에 따른 전기적 특성 및 전자파 차폐 효과와의 관계를 관찰하였고 하우징 재료로서 요구되는 기계적 특성들에 대하여도 살펴보았다.

## 2. 실험

매트릭스로 사용된 PC/ABS는 제일 모직 Staroy VB-1202R이며 충전제인 stainless steel fiber(SSF)는 벨기에 Bekaert사의 Beki-shield product code 75/E14-E/5-S (length : 5 mm, diameter : 11  $\mu$ m)이다. 각기 건조된 PC-ABS와 SSF는 270 $^{\circ}$ C에서 5분간 혼합하였으며 혼합후 충전제의 다양한 aspect ratio값을 얻기 위하여 10, 20, 30, 40 rpm의 각기 다른 screw speed에서 혼합하였다. 혼합한 PC/ABS-SSF를 compression molder를 사

용하여 270°C 온도에서 20 MPa의 압력으로 시편을 제작하였다. 제작된 각 시편은 0.01V 전압에서 volume resistivity를 측정하였으며 전자파 차폐 효과 측정을 위하여 ASTM D-4935를 기초로 제작된 coaxial fixture에서 측정되었으며, 측정 주파수대는 45 MHz에서 1.5 GHz까지이다. Matrix를 용매로 녹여 250개의 SSF를 임의로 추출하여 길이와 직경을 구한 후 aspect ratio(L/D)의 분포와 계산하였다. SSF의 matrix내 미시구조 및 거시적인 분포를 SEM을 이용하여 관찰하였다. 기계적 강도의 측정은 ASTM D-638, D790에 의거하여 인장강도와 굴곡강도를 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

네 가지 혼합 조건(10, 20, 30, 40 rpm)과 다양한 부피 분율에서 측정한 volume resistivity의 값을 Figure 1에 나타내었다. Volume resistivity는 첨가된 SSF의 양이 증가함에 따라 혼합시 rpm 값에 관계없이 감소하였으며 부피분율 0.34%에서 volume resistivity값이 급격히 감소하여 percolation threshold에 도달한 후, 이후에는 점차적으로 감소하였다. aluminum flake, graphite fiber, nickel fiber와 같은 다른 무기 충전제들이 10 ~ 20% 사이에서 threshold에 도달하는 것과 비교하여 훨씬 적은 양의 부피 분율에서 percolation threshold에 도달함을 알 수 있다.

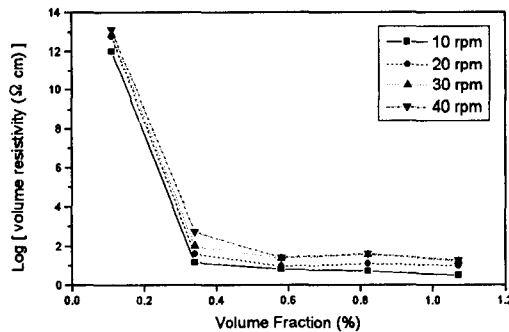


Figure 1. Volume resistivity according to the volume fraction of SSF

Figure 2는 각각의 부피분율에서 전자파 차폐 효과의 평균값의 변화를 나타낸 것이다. 10, 20 rpm에서 제조된 시편의 경우가 30, 40 rpm의 경우보다 월등히 높은 값을 보이고 있으며, 모든 경우 부피 분율 0.58%에서 전자파 차폐 효과가 급격히 증가하는 threshold를 보이고 있다. 특히 전반적으로 차폐효과가 우수한 10, 20 rpm의 경우 그러한 경향이 뚜렷이 나타나고 있으며 20, 30, 40 rpm의 경우에는 threshold 분율 이상에서 완만한 증가를 보이고 있음에 비해 10 rpm의 경우는 계속 증가를 보여 부피 분율 1.87%에서 60 dB 이상의 높은 차폐 효과를 보였다. 이는 다음에 언급될 aspect ratio값과 깊은 관련이 있는데, 낮은 screw speed에선 SSF가 비교적 긴 길이를 유지하는 반면 높은 speed에선

한계치 이상의 힘이 작용되어 심하게 절단되어 내부 구조의 network 형성에 불리해진 것에 기인한다. Figure 3은 시편의 두께가 전자파 차폐 효과에 미치는 영향을 살펴본 것이다. 부피 분율에 관계없이 두께가 증가함에 따라 거의 선형적으로 차폐 효과가 증가하였다. Volume resistivity는 두께의 변화에 관계없이 거의 일정한 값을 가졌던 것과 비교하면 특이한 점이며 volume resistivity를 이용한 전자파 차폐 계산식을 잘 설명할 수 있다.

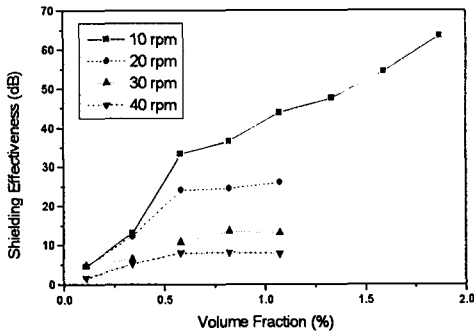


Figure 2. Average shielding effectiveness according to the volume fraction of SSF

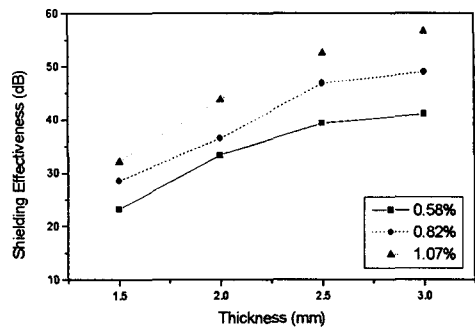


Figure 3. Average shielding effectiveness according to the sample thickness

추출된 충전제의 계급 평균 길이와 평균 직경으로부터 aspect ratio(L/D)값의 분포를 구하였다. 혼합과 성형 공정 이후의 평균 aspect ratio는 screw speed가 낮을수록 높은 aspect ratio 분포가 관찰되었는데 이는 느린 screw speed 조건에서 제작된 시편의 경우가 빠른 speed의 경우보다 낮은 volume resistivity와 높은 전자파 차폐 효과를 갖는 이유를 설명할 수 있다.

전자파 차폐용 재료들은 대부분 전자제품의 하우징으로 이용되므로 기계적 강도를 요구하게 된다. Figure 4와 5에 인장 강도와 굴곡강도의 측정값을 나타내었는데 첨가되는 충전제의 분율이 증가할수록 기계적 강도가 감소하는 경향을 확인할 수 있었다.

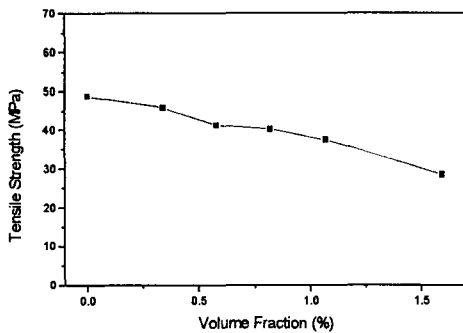


Figure 4. Tensile strength according to the volume fraction of SSF

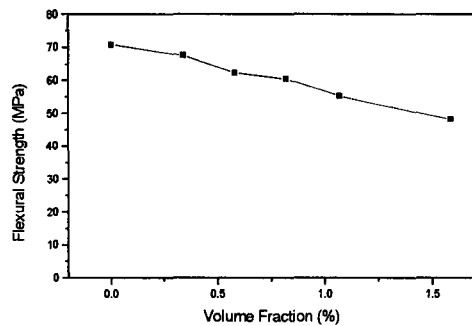


Figure 5. Flexural strength according to the volume fraction of SSF

## 4. 결론

SSF의 부피 분율이 일정하게 증가하였음에도 불구하고 복합재료의 volume resistivity는 0.11%~0.34% 범위에서 급격히 감소하고 이후에는 완만히 감소하는 경향을 보였다. 전자파 차폐 효과는 부피 분율의 증가에 따라 증가하는 경향을 보였으며 0.34%~0.58% 범위에서 급격한 증가가 관찰되었다. Volume resistivity 값과 비교하여 threshold 값이 더 높은 분율에서 나타난 것은 전자파 차폐 효과를 위한 내부구조 network 형성이 전기 전도도의 경우보다 더 많은 양의 충전제 분율에 의해 이루어짐을 알 수 있다. 이와 같은 SSF의 분율은 다른 전도성 충전제와 비교하여 적은 값이며, 이로부터 복합재료 제조후 기계적 물성저하를 최소화시킬 수 있을 것이라 예상된다. 시편의 두께 증가에 따른 전자파 차폐효과는 선형으로 증가하였으며 volume resistivity값이 두께에 관계없이 일정한 값을 갖았던 것에 비해 특이한 결과이다. 동일한 부피 분율과 다른 혼합조건(screw speed)에서 제조한 복합재료의 전기 전도도와 전자파 차폐 효과는 10, 20 rpm의 경우가 30, 40 rpm의 경우보다 높은 값을 가졌다. 이는 SSF 평균 aspect ratio(L/D)가 높은 쪽이 matrix 내부에서 전기 전도에 용이한 network를 형성하기 쉽기 때문임을 알 수 있다. 복합재료의 인장강도와 굴곡강도는 충전제의 분율이 증가할수록 감소하는 경향을 보였는데 이는 충전제 양의 증가에 따른 matrix와 충전제 계면사이의 접착력 감소 및 void의 증가에 기인하는 결과이다.

## 참고문헌

1. E. Ruckenstein and J. S. Park, *Polym. Compos.*, **12**, 289(1991)
2. B. Bridge, M. J. Folkes, H. Jahankhani, *J. Mater. Sci.*, **24**, 1479(1989)
3. R. A. Crossman, *Polym. Eng. Sci.*, **25**, 507(1985)
4. D. M. Bigg, *Adv. Polym. Technol.*, **4**, 255(1984)
5. C. Y. Huang and J. F. Pai, *J. Appl. Polym. Sci.*, **63**, 115(1997)
6. P. B. Jana, A. K. Mallick and S. K. De, *IEEE Trans. Electromagn. Compat.*, **34**, 478(1992)
7. G. Lu, X. Li and H. Jiang, *Compos. Sci. Technol.*, **56**, 193(1996)