

구리박막을 이용한 melt-blown 부직포의 전기적 특성에 관한 연구

신현세 · 손준식 · 김영상 · 정진수

단국대학교 공과대학 섬유공학과

1. 서 론

전자파 차폐재는 재료의 도전, 유전 및 자성 손실을 이용하여 전자파가 차폐막을 통과할 때 전자파의 반사, 흡수, 투과 및 다중 반사에 의해서 전자파의 세기를 효과적으로 감쇄시킬 수 있는 재료이며, 전자파 차폐란 전도체 혹은 자성체 등을 이용하여 잡음원을 완전히 차폐하거나 새로운 회로를 형성하여 보호할 대상의 주변에 존재하는 유해파의 세기를 감소시켜 전자파로부터 장비 또는 인체를 보호하는 것을 말한다¹⁾. 재료가 전자파 차폐재료로서 사용되기 위해서는 허용치가 명확한 기준값은 없으나 상용화 가능한 허용반사계수가 -20 dB(99% 차폐효과) 이하 혹은 -30 dB(99.9%) 이하로 하는 경우가 많으며 또한 사용상의 편의를 위하여 두께가 가능한 한 얇고 가벼워야 한다. 이미 고차폐율의 직물이나 편성물을 제조하고자 제직 과정에서 금속 섬유를 혼합한 hybrid 직물에 대한 제조와 그에 대한 전기적 특성은 이미 연구보고가²⁻³⁾ 되어진 반면 melt-blown 부직포에 금속 섬유나 금속박막들을 이용한 전자파 차폐 부직포의 제조에 대한 연구보고는 없는 실정이다. 따라서 산업용으로 많이 사용되고 있는 melt-blown 부직포에 전자파 차폐 성능을 부여한다면 전자파 차폐 벽지, 차폐 패널 등의 건축자재까지 폭 넓게 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 melt-blown 부직포에 전자파 차폐 성능을 부여하기 위한 효율적인 가공방법을 모색하기 위하여 구리박막 필름을 부직포 내에 직선상으로 가로 또는 가로×세로로 배열시켜 부직포를 제조하고, 상용화 가능한 전자파 차폐효과를 갖는 최적의 구리박막 필름의 넓이와 배열간격을 알아보하고자 하였다.

2. 실 험

2.1 원료

Melt-blown 부직포는 두께가 0.15 mm로서 S사 제품을 사용하였으며, 구리박막은 두께가 0.01 mm인 Y사의 제품을 사용하였다.

2.2 시료제조 및 분석

구리박막의 넓이를 1, 3, 5 mm로 하여 부직포 사이에 가로 배열 또는 가로×세로로 교차하게 배열하였으며, 이때 각 구리박막의 넓이마다 부직포 사이의 배열간격을 1, 3, 5 mm로 하여 직선으로 배열하였다. 즉 A1은 넓이가 1 mm인 구리박막을 1 mm 간격으로 부직포 내에

한쪽 방향으로 배열시킨 것을 나타내며 A11은 넓이가 1 mm인 구리박막을 1 mm 간격으로 부직포 내에 가로세로 양방향 직각으로 교차시켜 배열한 것이다. 구리박막을 최소한 사용하기 위하여 구리박막 넓이를 5 mm로 한정하였으며 시료의 크기는 가로세로 15 cm× 15 cm로 제조하였다. 시료코드와 구리박막의 넓이 및 배열간격을 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Sample code, interval and width of thin copper film(mm)

Sample code	Width (mm)	Interval (mm)	
		Horizontal	Vertical
A1	1	1	-
B1	3	1	-
C1	5	1	-
A11	1	1	1
B31	3	1	1
C51	5	1	1
A13	1	3	3
B33	3	3	3
C53	5	3	3
A15	1	5	5
B35	3	5	5
C55	5	5	5

구리박막의 넓이와 배열간격에 따른 melt-blown 부직포의 전자파 차폐효율(shielding effectiveness, SE)의 변화는 ASTM D 4935에 의거하여 Agilent 8722ES network analyzer(Agilent, USA)을 이용하여 50 MHz ~ 1.8 GHz 범위에서 측정하였다. SE는 차폐재료가 있을 때와 없을 때의 전력비로 계산하였다.

$$SE(\text{dB}) = 10 \log P_1 / P_2$$

여기서, P_1 은 차폐전 측정점에서의 전력밀도이며, P_2 는 차폐후 측정점에서의 전력밀도이다.

3. 결과 및 고찰

Figure 1은 순수 melt-blown 부직포와 구리박막의 전자파 차폐효율을 나타낸 것으로 순수 부직포의 경우 거의 차폐효과가 없는 것을 확인할 수 있으며 순수 구리박막의 경우 최소 -60 dB 이하, 평균 -70 dB 이하의 우수한 차폐효과를 나타내는 것을 알 수 있다. 그리고 구리박막의 두께가 0.01 mm와 0.05 mm의 차폐효과가 거의 유사한 경향을 나타냄으로써 구리박막의 두께에는 차폐효과가 크게 차이가 나지 않음을 확인할 수 있었다.

Figure 2는 A1, B1, C1 시료의 전자파 차폐효과를 나타낸 것이다. 시료 모두가 대략 0.2 - 0.35 GHz에서 최대 차폐율을 나타내고 있으며 C1 시료의 경우가 A1, B1 시료보다 최대 차폐율이 더 높은 것을 알 수 있다. 또한 차폐효과가 -20 dB 이하를 나타내는 주파수의 범위가 0.1 - 0.5 GHz로 폭이 좁으며 그 이상의 주파수에서는 차폐효과가 떨어지면서 균일하지 않은 것을 확인할 수 있다. 따라서 0.05 - 1.8 GHz 주파수 범위에서 -20 dB 이하의 차폐효과를 가지는 부직포를 제조하기 위해서는 구리박막의 넓이 5 mm 내에서 한 방향 배열에 의해서는 상용화 가능한 전자파 차폐 부직포의 제조

가 용이하지 못한 것으로 판단된다.

Figure 3은 A11, B31, C51 시료의 전자파 차폐효과를 나타낸 것이다. 세 개의 시료 모두 0.05 - 1.8 GHz 주파수 범위에서 -20 dB 이하의 차폐효과를 나타내고 있으며, B31은 -30dB 이하, C51은 -40 dB 이하의 차폐효과를 나타내고 있다. 즉 구리박막의 넓이가 넓어질수록 차폐효과가 크게 증가하는 경향을 나타내고 있다. 따라서 구리박막을 가로세로 1 mm 교차하게 배열하고 구리박막의 넓이를 1 mm로 할 경우 -20 dB 이하의 차폐효과를 얻을 수 있을 것으로 생각되며 구리박막의 넓이를 3 mm로 할 경우 -30 dB 이하의 차폐효과가 있는 부직포를 제조할 수 있을 것으로 생각된다.

Figure 4는 A15, B35, C55 시료의 전자파 차폐효과를 나타낸 것이다. A15의 경우 0.05 - 0.5 GHz 범위에서 -20 dB 이상으로 차폐효과가 감소되는 경향을 나타내고 있으며 B35와 C55의 경우는 0.3 GHz 이상의 주파수범위에서 차폐효과가 -20 dB 이하를 나타내고 있다. 따라서 0.05 - 1.8 GHz 전 주파수 범위에서 -20 dB 이하의 차폐효과를 나타내는 부직포를 제조하기 위해서는 구리박막의 넓이 1, 3, 5 mm 내에서 배열간격이 5 mm 이상인 경우에는 효과적이지 못하다는 것을 확인할 수 있었다.

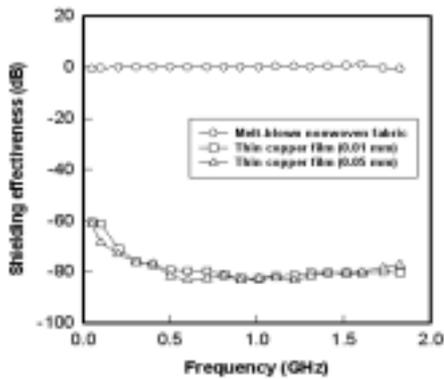


Figure 1. SE vs frequency plots of melt-blown nonwoven fabric and thin copper film with the incident frequency.

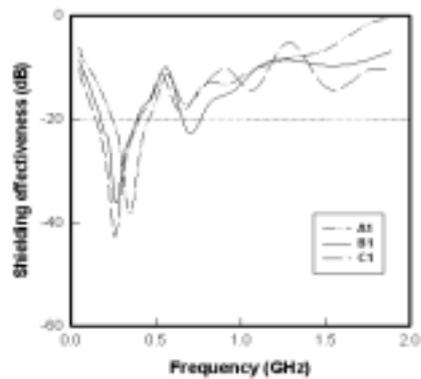


Figure 2. SE vs frequency plots of melt-blown nonwoven fabric A1, B1, and C1 with the incident frequency.

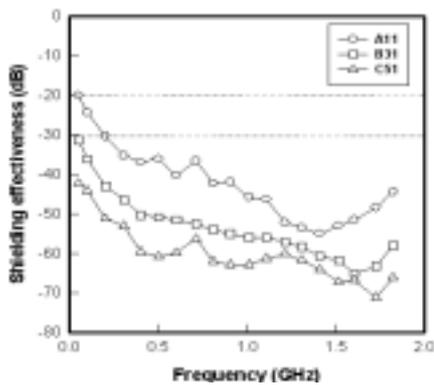


Figure 3. SE vs frequency plots of melt-blown nonwoven fabric A11, B31, and C51 with the incident frequency.

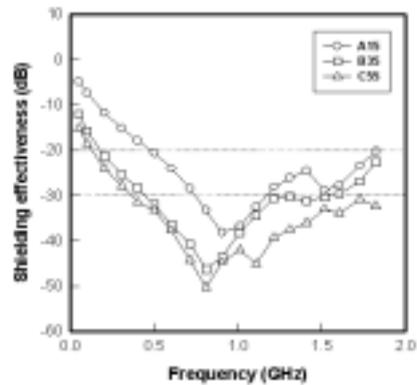


Figure 4. SE vs frequency plots of melt-blown nonwoven fabric A15, B35, and C55 with the incident frequency.

4. 결 론

구리박막 필름을 부직포 내에 직선상으로 가로 또는 가로×세로로 교차하게 배열시켜 구리박막 필름의 넓이와 배열간격이 제조된 부직포의 전자파 차폐효과에 미치는 영향을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 전자파 차폐재료로 구리박막을 이용할 경우 구리박막의 두께에 따라서는 차폐효과가 크지 않음을 알 수 있었고, 구리박막을 1 mm 간격으로 한쪽 방향으로만 배열시키는 경우 0.05 - 1.8 GHz 전주파수 범위에서 -20 dB 이하의 차폐효과를 가지는 부직포를 제조하기에는 용이하지 못함을 알 수 있었다.
2. 최소한의 구리박막을 사용하여 0.05 - 1.8 GHz 전주파수 범위에서 -20 dB 이하의 상용화 가능한 전자파 차폐효과를 가지는 부직포를 제조하기 위해서는 구리박막의 넓이를 1 mm로 배열간격을 가로세로 교차하게 1 mm로 배열 하는 것이 효적임을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

1. J. H. Kim, H. J. Lee, K. J. Han, and W. S. Park, "Korea Electromag. Soc. Symposium Proceedings", 1995.
2. T. H. Ueng and K. B. Cheng, *Compos A: Appl. Sci. Manufact.*, **32**, 1491(2001).
3. K. B. Cheng, K. C. Lee, T. H. Ueng, and K. J. Mou, *Compos A: Appl. Sci. Manufact.*, **33**, 1219(2002).