

알루미늄 진공증착 부직포의 전자파 차폐 특성에 관한 연구

강 구탁, 정 성훈
한양대학교 공과대학 섬유공학과

1. 서론.

전자파장해(Electromagnetic Interference, EMI)란 전자파 신호가 전자기적 간섭에 의하여 훼손되는 것을 말하며 이러한 전자파 방해의 문제는 통신장애에서부터 인공심장이나 보청기등의 오동작, 나아가 자동화 공장의 로봇과 군사 무기의 오동작을 일으키는 등 치명적인 피해를 가져올 수 있다.⁽¹⁾

전자파 장해 대책 기술을 분류하면 크게 접지를 고려한 회로의 설계기술과 차폐기술, 필터 기술로 대별할 수 있다.⁽²⁾ 이중 회로 설계기술과 필터 기술은 개별 기기들에 대한 기술인 반면 차폐기술은 넓은 범위에 적용될 수 있는 기술이다. 따라서 군사 작전통제실의 차폐, 자동화된 공장의 제어실의 차폐, 수술실의 차폐등에는 차폐기술이 절대적으로 필요하다.

진공 증착은 증발, 전이, 응축의 3단계로 나누어지며 증발공정에서 증발물질은 증기 입자의 자발적인 활동에 의해서 증발원으로부터 섬유 표면에 뿌려지고 증기입자가 잔류 gas 입자와 충돌하여 에너지를 잃는 전이현상이 나타나 결국 표면에 도달한 입자는 에너지를 잃어 고정된 위치를 차지하는 응축상태가 되어 얇게 층층으로 응집된 coating 층을 이루어 성장한다.⁽³⁾ 본 연구에서는 알루미늄 진공증착 스펀본드 부직포를 사용하여 전자파 차폐효율과 알루미늄 증착량, 기포 중량, 기포의 균제도, 기포의 표면 특성과의 관계를 연구하였다.

2. 실험

본실험에서는 폴리에스터 스펀본드 부직포가 사용되었다. 사용된 부직포의 기본사양은 Weight(g/m²) : 20, 30, 40, 50, Thickness(mm) 0.24, 0.28, 0.38, 0.48 이다.

2.1 실험재료

진공증착은 Leybold 사(독일)의 진공증착기에서 시행하였으며 증착조건은 Hot plate temperature : 1,400 °C, Freezing roll temperature : - 27°C, Vacuum : 10^{-3.4} torr, Fabric width : 1 m, Diameter of fabric roll : 60 cm, Metalizing : 250 Å, Running speed : 100 m/min 이다. Fig. 1. 에 증착기의 구조를 나타내었다.

2.2 진공증착 공정

진공 증착은 증발, 전이, 응축의 3단계로 나누어지며 증발 공정에서 coating 물질은 높은 온도로 가열되어 섬유 표면에 부착된다. 섬유에 전이되는 과정에서 증기 입자는 에너지가 평형을 이룰 때까지 낮은 에너지의 잔류 gas 입자와 충돌한다. 이 에너지 수준은 잔류 gas 의 온도 또는 chamber 벽면의 온도에 의존한다. 섬유 표면에서의 증기입자의 응축과정은 섬유 상태 (온도, 재질, 표면 상태) 및 증기 입자 상태 (에너지, 재질, 충돌률) 에 의존하며 증기 입자는 섬유 표면에 충돌하여 점차로 에너지를 잃어 고정된 위치를 차지한다.

2.2 부직포 균제도의 측정

시료는 20cm×20cm 의 크기로 한 roll에서 대각선 방향으로 세군데에서 채취하였으며 부직포의 이미지는 스캐너(기종:UMAX S-12)를 이용하여 얻었다. 장치의 구성은 Fig. 2. 와 같다. 각각의 부직포 시료 이미지를 12.7cm×12.7cm (5 in×5 in)크기로 자른 후 스캐너를 이용하여 256 gray scale로 스캐닝하여 360×360 pixels(72DPI)의 이미지를 얻었다. 이를 정보의 손실을 최소화하면서도 손쉬운 이미지 처리에 가장 적합하다고 생각되는 단계인 16 gray scale로 조정하였으며 이미지 필터를 이용하여 부직포 이미지의 패턴을 제거하였다.⁽⁴⁾

각각의 시료의 이미지로부터 평균값과 변동계수(CV%)를 계산하여 서로 비교하였다.

2.3 전자파 차폐효율 측정

본 실험에서는 ASTM-D-4935 에 따라 Tektronix 2707 External Tracking Generator (100kHz - 1.8GHz)와 Tektronix 2712 Spectrum Analyzer (9kHz - 1.8GHz)로 전자파 차폐효과를 측정하였다.⁽⁵⁾ Shielding effectiveness(SE) 측정에서는 reference 시료와 load 시료의 평균 두께의 차이가 25 μ m 이하이고, 굽기 변동이 평균의 5 % 이하이어야 한다. 본 실험에서 Shielding effectiveness(SE) 계산법은 Shielding material 이 있을 때와 없을 때의 전력비로 계산된다. 이를 수식으로 표현하면 다음과 같다.

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

P_1 : received power with a material present

P_2 : received power without a material present

2.4 표면특성

표면성질은 SURFACE TESTER KES-FE-4 로 측정하였으며 임의의 표준 위치에서부터의 감지기의 수직 이탈을 Z (cm)라고 할 때 표면 거칠기는 Z 의 평균분산(mean deviation) SMD 로 나타내어진다.⁽⁶⁾

$$SMD = \frac{1}{L_{\max}} \int_0^{L_{\max}} |Z - \bar{Z}| dL$$

측정 조건은 하중 10g, weight 400g, 측정길이 4 cm (2 cm 왕복) 이며 SMD 값을 비교하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 중량 vs 차폐효과

Fig. 3. 은 중량의 증가에 따른 각 증착량별 전자파 차폐효과를 그래프로 나타낸 것이다. Fig. 3. 에서 보는 바와 같이 동일한 증착량 조건일 경우 중량이 증가함에 따라 차폐효과도 증가함을 알 수 있다. 이는 중량이 증가할수록 단위 면적당 섬유율 수가 증가하여 전자파가 투과해야할 경로가 길어져 반사 및 흡수 손실이 커짐으로써 차폐효과가 커지는 것으로 설명될 수 있다.⁽⁷⁾⁽⁸⁾

3.2 증착량 vs 차폐효과

Fig. 4. 에 증착량의 증가에 따른 전자파 차폐효과를 나타냈다. Fig. 4. 에서 보는 바와 같이 동일한 중량 조건일 경우 대체로 증착량이 증가함에 따라 차폐효과가 증가함을 알 수 있다. 이는 증착량의 증가에 따라 금속층이 치밀해져 반사손실이 증가하며, 섬유율 자체의 직경에 급속층의 증가로 인해 차폐막 두께의 증가를 가져와 흡수손실도 증가하여 차폐효과가 증가한 것으로 추측된다.⁽⁷⁾⁽⁸⁾

3.3 균제도 vs 차폐효과

Fig 5, 6 은 각각 30g/0.5 Ω /1MHz, 20g/1.0 Ω /100MHz의 시료에 대해 균제도와 전자파 차폐효과와의 관계를 나타낸 분산그래프이며 CV% 값이 클수록 차폐효과는 작아지는 것을 보여주고 있다. CV%값이 크다는 것은 단위면적 내 섬유의 배열이 불균일하다는 것을 의미한다. 따라서 CV% 값이 큰 부직포에서 섬유배열이 성긴 부분을 전자파가 회절 등을 통해 투과함으로써 차폐효과가 떨어진 것으로 설명할 수 있다.

3.4 표면 성질 vs 차폐효과

Table 1 에 증착 전, 후의 기포의 표면 성질을 나타내었다. Table 1 에서 알 수 있듯이 표면성질은 증착 전, 후에 별다른 변화를 보이지 않고 있다.

또한 Fig. 7, 8 에서 보는 바와 같이 표면 성질과 차폐효과와는 별다른 상관관계가 없는 것을 보여준다. 즉, 표면의 거칠기는 매질 경로의 증가나 반사 효과의 증가 등에 영향을 주지 못해 차폐효과에는 기여하지 못하는 것으로 추측된다.

4. 결론

이상의 결과에서 살펴본 바와 같이 차폐효과는 부직포 중량이 동일한 경우 증착량이 증

가함에 따라 증가하는 경향을 보였으며, 동일한 증착량의 경우 부직포 중량이 증가함에 따라 차폐효과도 증가함을 알 수 있었다. 부직포의 균제도 또한 차폐효과에 영향을 주는데 섬유분포가 균일할수록 차폐효과가 증가함을 알 수 있었다. 그러나 표면성질은 차폐효과에는 별다른 영향을 주지 못하는 것으로 나타났다.

5. 참고문헌

- (1) 정낙삼, 김기채, 정연준, EMI/EMC 현황과 전망, 한국전자공학회지 Vol.16, No.5 p.58, 1989
- (2) 최태구, 이상현, 전자파장해 대책기술 및 대책용 부품, 한국전자공학회지 Vol.18, No.5, p.26, 1991
- (3) Laybold 진공증착기 manual
- (4) 김시환, 부직포균제도 평가에 관한 연구, 한양대학교, 1997
- (5) American Society of Testing Materials
- (6) SURFACE TESTER KES-FE-4 manual
- (7) 이봉상, 전자안정기의 전자파 장해제거방법에 관한 연구, 연세대학교 산업대학원, 1991
- (8) 김현태, 전기장판의 전자파 장해제거방법에 관한 연구, 연세대학교 산업대학원, 1992

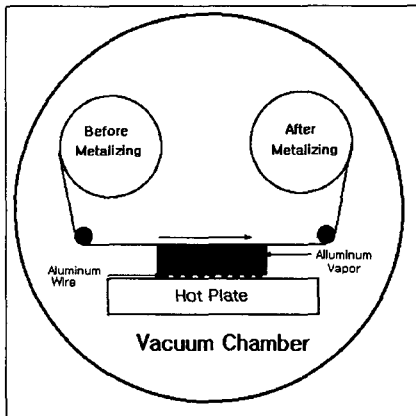


Fig. 1. Diagram of Vacuum Metalizing System

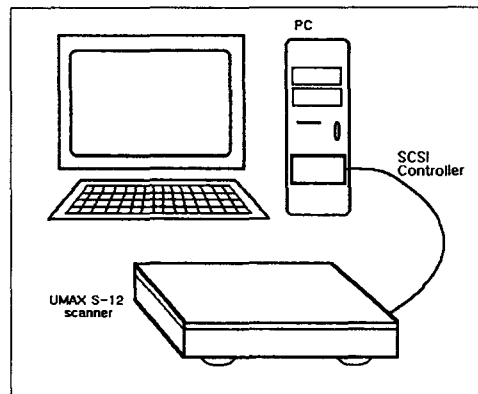


Fig. 2. Image Scanning System

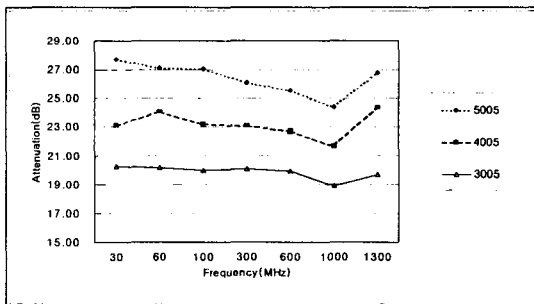


Fig. 3. Effect of Spunbond Nonwoven Fabric Weight on the Shielding Effectiveness

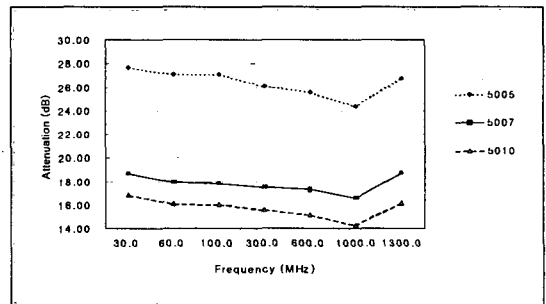


Fig. 4. Effect of Spunbond Nonwoven Fabric Metalizing on the Shielding Effectiveness

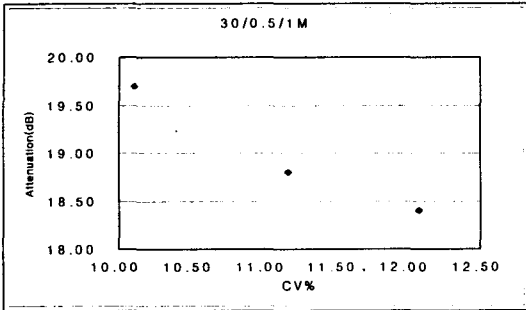


Fig. 5. Effect of Fabric Evenness on the Shielding Effectiveness(30g/0.5Ω/1MHz)

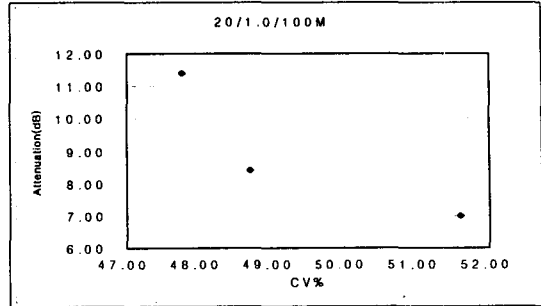


Fig. 6. Effect of Fabric Evenness on the Shielding Effectiveness(20g/1.0Ω/100MHz)

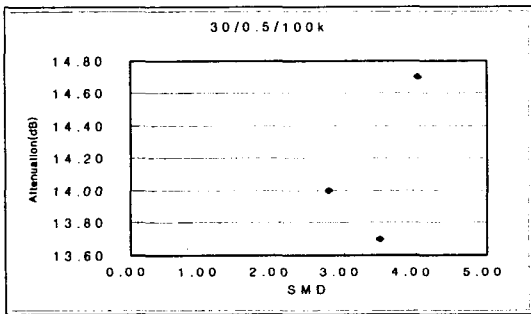


Fig. 7. Effect of Fabric Smoothness on the Shielding Effectiveness(30g/0.5Ω/100kHz)

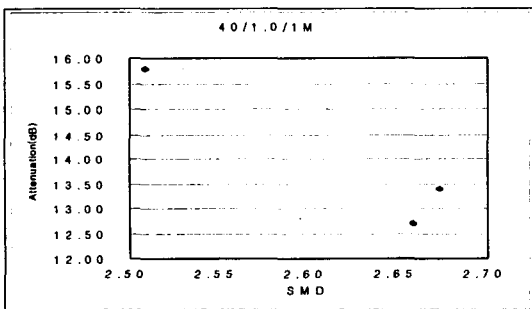


Fig. 8. Effect of Fabric Smoothness on the Shielding Effectiveness(40g/1.0Ω/1MHz)

Table 1. SMD values before and after metalizing

weight (g)	metalizing			
	none	0.5 Ω	0.7 Ω	1.0 Ω
20a	2.266	2.340	2.337	2.171
20b	2.007	2.203	2.381	1.823
20c	2.572	2.472	3.161	2.318
30a	3.643	4.023	3.241	3.214
30b	3.677	3.501	3.486	3.724
30c	3.450	3.450	3.376	2.911
40a	2.955	2.666	2.945	2.509
40b	2.977	3.094	3.450	2.673
40c	3.452	3.320	3.396	2.658
50a	2.648	2.168	2.271	2.818
50b	2.465	2.543	2.751	2.739
50c	2.269	3.102	2.462	3.304