

논문 2006-43IE-4-17

# 복합 전도성 필러의 제작과 전자파 차폐 특성

## (Fabrication and Characteristics of Shielding Effects for the Complex Conductive Filler)

박주태\*, 박재성\*, 도영수\*\*

(Ju-Tae Park, Jae-Sung Park, and Young-Soo Do)

### 요 약

무전해 도금법을 이용하여 고분자섬유의 형태를 가진 전도성 필러를 제조하였다. 나일론 6과 레이온 섬유 분체에 니켈과 구리를 도금한 복합 전도성 필러를 제조하였다. 입도 분석기를 이용하여 필러의 입자크기분포를 측정하였으며, 전도성 필러의 전도성을 측정하기 위해 전도성 분석기를 이용하였으며, 본 연구의 전도성 필러와 유사한 용도로 사용되는 탄소섬유의 전도성을 측정하여 전도성의 차이점을 비교하였다. ABS 수지에 제조된 전도성 필러를 주입하여 필름을 만들어서 1MHz ~ 1GHz 주파수 대역에서 전자파 차폐 특성을 측정하였다. 제조된 전도성 필러가 첨가된 필름의 전자기파 차폐 특성을 측정하기 위하여 ASTM(D4935-89) 규격의 플랜지형 동축전송선 측정기구를 사용하였다. 제조된 전도성 필러는 기존의 탄소계 필러에 비해 전도성이 커서 전자파 차폐용 재료로 적합하였다.

### Abstract

A series of conductive filler were prepared with electroless plating method. Base conductive materials of the filler were nickel and copper. The cores were prepared with Nylon 6 and rayon in different aspect ratio. Also, various complexes were made with ABS resin and conductive filler with different filler feed ratio. The conductivity of the filler was measured with conductivity analyzer and the size distributions of fillers was measured with laser particle size analyzer. Electromagnetic wave shielding efficiency of each complex film was measured with flange circular coaxial transmission line sample holder within the 1MHz ~ 1GHz bandwidth range. From this study, the conductivity of fillers surpass that of other carbon films. It is available that the filler made of fibrous materials can be applied in plastic molding industry of electric appliances as a EMI filler.

**Keywords :** EMI filler, electroless plating method, conductive filler, fibrous materials

### I. 서 론

최근 정보화 시대를 맞이하여 정보통신량이 급증하고 있으며, 반도체 기술의 현저한 발전과 실용화에 따라 다기능화, 고속화, 고신뢰성을 목적으로 디지털화가 급속히 진행되고 있다. 정보통신 장비의 발전은 정밀성과 안전성을 요구하게 됨에 따라 미소한 전자파 장애에

도 민감하게 반응하여 오동작을 일으키게 된다. 뿐만 아니라, 많은 전기전자 장치가 사회 각 분야에 보급됨에 따라 전자파 밀집도가 증가하고 전자파 환경을 나쁘게 만드는 경우가 증가하여 전자파의 인체 유해성 여부가 사회적 이슈로 대두되었다. 그래서 전자파 장애 현상을 일으키는 원인 제거를 위한 방출규제가 높아지고 있으며, 장애 현상을 극복할 수 있는 높은 내성한계가 요구되고 있다.<sup>[1,2]</sup>

전자파 차폐를 위한 연구로서 내성이 강한 회로의 설계, 불필요한 잡음제거를 위한 필터의 이용, 전자파 장애를 최소화할 수 있는 구조설계, 전자파를 흡수 및 반사할 수 있는 재료를 선택하는 방법 등이 있다. 이러한

\* 정회원, 영남이공대학 전자정보계열  
(Dep.of Electronic & Information Engineering, YNC)

\*\* 학생회원, 영남대학교 전자공학과  
(Dep.of Electronic Engineering, YNU)

※ 이 연구실적물은 2006학년도 영남이공대학 연구  
조성비 지원에 의한 것임.

접수일자: 2006년10월18일, 수정완료일: 2006년12월4일

방법 중 고분자상인 섬유와 같은 비전도체의 표면에 금속을 코팅하여 전자파를 흡수 및 반사시키는 재료를 선택하는 방법으로는 전기 화학적인 도금방법이 가장 실용성이 있다. 그러나 섬유는 비전도체이기 때문에 종전의 도금 기술은 사용할 수 없다. 섬유에 전도성을 부여하는 가장 일반적인 방법은 무전해 도금으로써 수용액으로부터 직접 섬유의 표면에 금속을 피복 하는 방법이며, 이 과정을 이용하면 밀착성을 가진 전도성 금속피막이 형성된다.<sup>[3,4]</sup>

밀착성을 가지는 전도성 금속 피막을 입힌 플라스틱의 전자파 차폐방법에는 고유 차폐법과 2차 차폐법이 있다. 고유 차폐법이란 플라스틱 매트릭스에 상당량의 전도성 충전재를 혼합시키는 방법으로 혼합시키는 과정에서 EMI 차폐용 복합재료가 만들어진다.<sup>[5,6]</sup> 이에 비해 2차 차폐법은 플라스틱 표면에 금속이나 도전성 입자를 코팅하여 금속을 입히는 방법이다. 이들 중에서 전도성 코팅과 무전해 도금은 섬유 제품 가공에도 응용 가능한 방법이다. 입자의 크기 및 구조, 충전재와 매트릭스의 상호작용, 공정방식에 따라 전기전도도가 영향을 받는 이러한 전도성 코팅방법과 균일한 금속필름을 형성할 수 있어 차폐효과가 클 것으로 기대되는 무전해 도금법을 복합적으로 적용한 시료는 다양하게 응용 가능하다.<sup>[7,8]</sup>

본 연구에서는 매우 가느다란 막대형태의 고분자 섬유의 형태를 가진 전도성 필러를 제조하였다. 또한 고분자상에 무전해 도금을 함에 있어서 평탄한 도금을 위해 중요한 인자가 되는 고분자 섬유의 에칭조건과 수세 조건을 변화시키면서 필러의 표면특성을 관찰하였다. 일반적으로 전자제품 하우징에 많이 쓰이는 ABS 수지에 평면과 차폐효과를 높이기 위하여 제조된 전도성 필러를 무게비를 달리하여 첨가하고 수지를 필름으로 제작하여 ASTM 규격의 플랜지형 동축 전송선형 측정 장치를 이용하여 1MHz~1GHz 주파수 대역에서 첨가량에 따른 차폐효과를 측정하였다.

## II. 전도성 필러의 제작

### 1. 재료 및 시약

전도성 필러 제작을 위한 전체적인 과정을 그림 1에 나타내었다. 실험에 코어 재료인 나일론6, 레이온 섬유분말은 굵기가 1.5 μm이고 길이가 각각 0.4mm, 0.8mm인 것을 사용하였으며, 섬유분말의 수세에는 비이온계 계면활성제를 무게비로 5w% 물에 첨가하여 수세용액

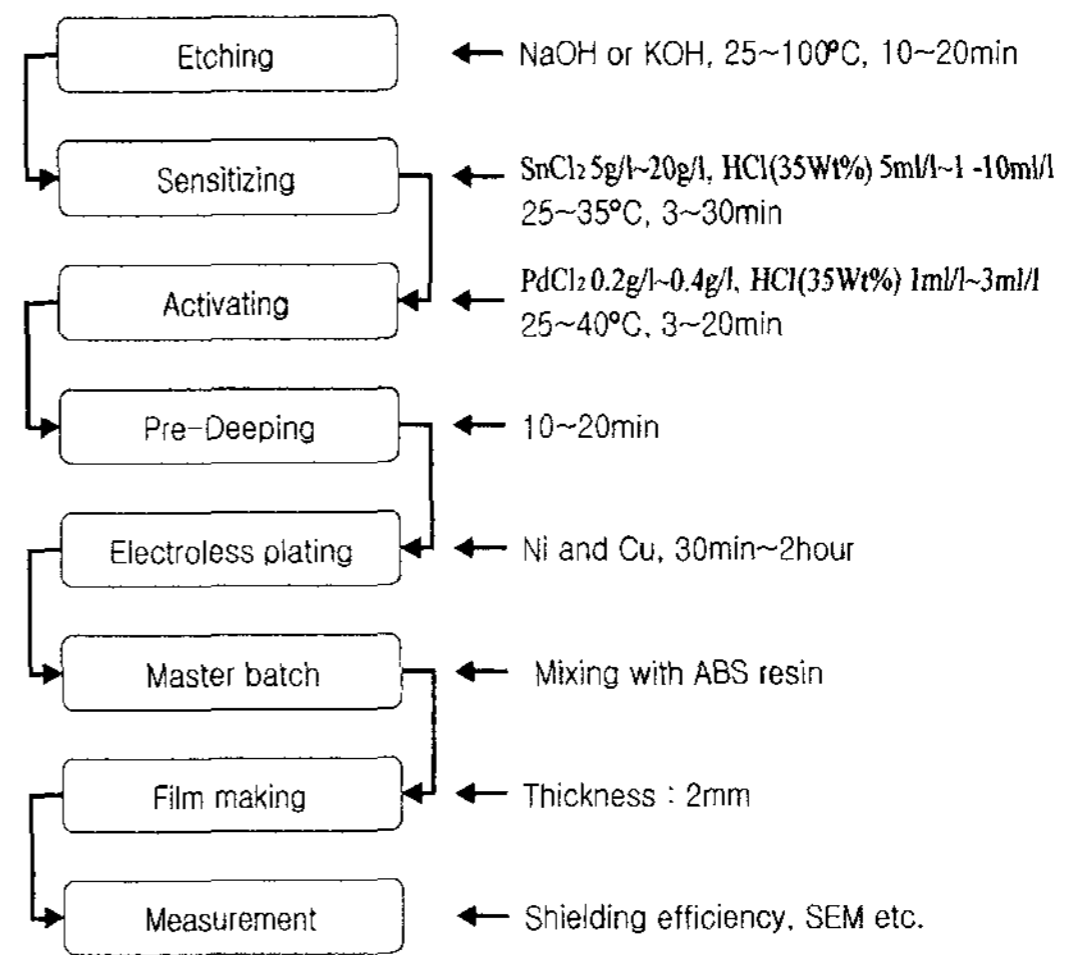


그림 1. 실험공정도  
Fig. 1. Flowchart of experimental procedure.

을 제조한 후 온도를 60°C까지 올려 30분 동안 미세 섬유분말을 1차 세척하였으며 이후 1차 증류수를 이용하여 2차 세척하였다.

### 2. 화학적 에칭처리와 민감화처리

세척이 끝난 섬유분말은 도금공정 이후 온도와 점성이 높은 수지와 혼합되는 과정을 거치는데 이때 많은 전단력을 받으며 교반되는 과정을 거치므로 공정에 충분히 견딜 수 있는 도금피막의 물성을 부여하기 위하여 섬유분말을 화학적으로 에칭하여 뒤이은 도금공정에서 자연스럽게 고리효과를 유발할 수 있게 하였다.

무전해 도금의 화학적인 원리는 도금액 중에 존재하는 금속이온을 환원석출 시켜주는 방법으로 무전해 도금되어야 할 섬유분말의 표면을 도금반응에 적합한 환원제 용액으로 처리해 주는 것이 필요하다.<sup>[7,8]</sup> 이러한 환원제 처리는 일반적으로 도금산업에서 민감화처리라고 불리며 본 연구에서는 산성 Narcus액을 환원제 용액으로 사용하였다.

### 3. 표면 활성화처리와 예비 침적처리

도금금속의 성장핵이 되고, 도금반응의 촉매로 작용하는 미립자를 피도금체 표면에 부착시킴으로써 자동적으로 도금반응을 일으키고, 도금피막의 밀착성을 증진시키는 조작이 표면 활성화 처리이다. 본 연구에서는 니켈도금의 촉매금속으로 널리 사용되고 있는 팔라듐(Pd)을 사용하였다.

활성화처리를 거친 섬유분말의 표면에는 도금공정에서의 액분해와 같은 부반응을 예방하는 것이 필요하다.

일반적인 부반응의 예방방법은 도금을 행할 도금액보다 더 강한 알칼리성 액에 피도금 물질을 침적시키는 방법을 이용하는데 본 연구에서는 수산화나트륨을 이용하여 pH 10의 알칼리 수용액을 이용하여 90°C의 온도에서 1 시간동안 섬유분말을 침적하였다.

4. 섬유분말의 무전해 니켈도금

니켈 도금액의 선택에 있어서 소재의 도금이후 적용되는 과정에서 요구되는 도금피막의 물성을 발현할 수 있는 도금액의 선택이 필수적으로 요구된다. 본 연구에서는 플라스틱 수지와 혼합될 수 있는 전도성 필러의 제작을 목적으로 하였으므로 도금피막이 평활하여 금속 광택을 낼 수 있는 도금피막이 되도록 만들었으며 플라스틱수지의 용융액은 점도가 높아 혼용과정에서 도금피막이 높은 전단력을 가하게 되므로 도금피막의 강도가 높도록 처리하였다. 이러한 도금피막 물성에 가장 근접하다고 사료되는 도금액의 조성 및 처리조건은 다음의 표 1과 같다.

표 1. 니켈 도금액의 조성  
Table 1. Chemical composition of nickel plating liquid.

Plating bath Ingredient	Caustic alkaline Ni bath
Nickel chloride	24 g/l
Phosphoric sodium acid	20 g/l
Citric sodium acid	60 g/l
Boric acid	38 g/l
pH	8 ~ 9
Temp.(°C)	90
Plating velocity( $\mu m/hr$ )	10 ~ 13

5. 전도성 필러의 특성분석

입도분석기 (Laser Particle Size Distribution Analyzer)를 이용하여 필러의 입자크기분포를 측정하였다.

전도성 필러의 전도성을 측정하기 위해 저항측정장치(IM6)를 이용하였으며, 본 연구의 전도성 필러와 유사한 용도로 사용되는 탄소섬유(carbon fiber)의 전도성을 측정하여 전도성의 차이점을 비교하였다.

6. 복합 수지조성물의 특성 분석

전도성 필러가 첨가된 수지 조성물의 전자파차단 특성을 알아보기 위하여 ABS 수지를 질소기류 하에서 300°C의 온도로 용융시킨 후 전도성 필러를 각각 5w%, 10w% 첨가하여 복합수지조성물을 제조하였다.

제조된 전도성 필러가 첨가된 필름의 전자기파 차폐 특성을 측정하기 위하여 ASTM(D4935-89) 규격의 플랜지형 동축전송선 측정치구(Flange circular coaxial transmission line sample holder)를 사용하였다. 두 개의 큰 동축 플랜지 사이에 디스크형태로 자른 필름을 삽입하고 전자파를 입사시켜 필름을 통과해 출사한 전자파의 크기의 비를 차폐효율로 하여 주파수 대역을 1MHz~1GHz 까지 변화시키면서 각 주파수 대역별 차폐효과를 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 전도성 필러의 입도분포

입도분석기(Laser Particle Size Distribution Analyzer)를 이용하여 필러의 입자크기분포를 측정하였다. 입도분포의 측정결과 평균적인 전도성필러의 크기가 약 40  $\mu m$ 이었으며 입자의 크기가 100~200  $\mu m$  사이에 분포되어 있는 사실을 알 수 있었다. 전도성 필러의 입자크기가 이러한 넓은 분포를 가지는 이유는 굵기 대비 길이를 나타내는 임계 부피분의 종횡비가 큰 섬유상의 구조에서 기인된 것으로 사료된다.

2. 전도성 측정

전도성 필러의 전도성은 유사용도로 사용되고 있는 탄소섬유계 전도성 필러 3종과 비교하여 매우 우수한 전기전도 특성을 가지고 있음을 확인할 수 있었다. 전도성이 탄소섬유계 필러에 비해 약 3.5~4.5배의 우수한 전도성을 가지고 있었으며 밀도가 상대적으로 낮아 본 연구에서 제조된 전도성 필러가 경량성의 고전도성 소재임을 확인할 수 있었다.

따라서 이러한 제조방법을 적용할 때 고분자 섬유 소재의 경량성과 강도 등의 특성을 살리고 외부 피막을 형성하는 니켈의 전도특성을 효과적으로 부여하는 것이 가능할 것이다.

3. 복합 수지조성물의 특성

복합수지 조성물의 제조 후 전자현미경을 이용하여

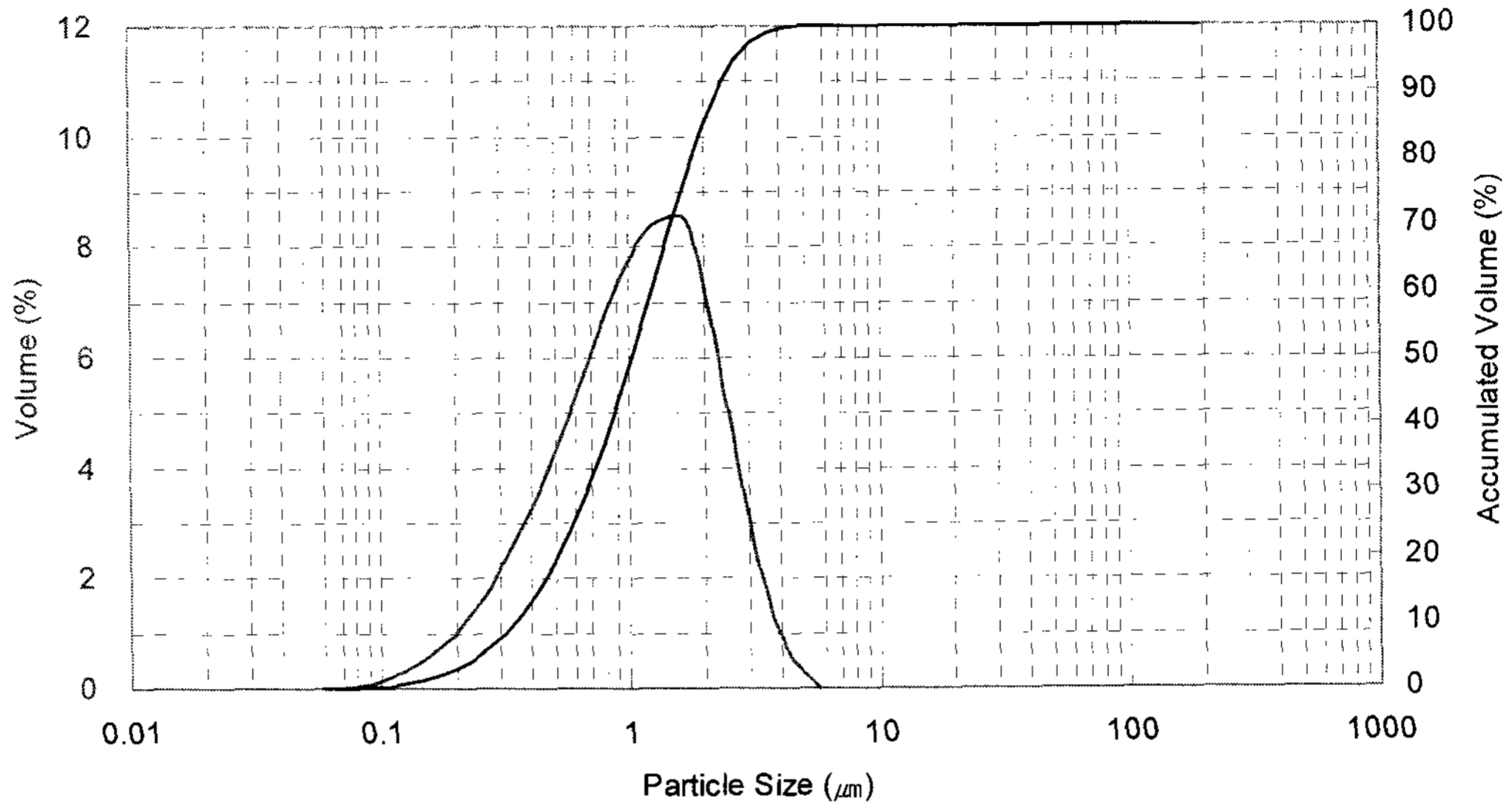


그림 2. 전도성 필러의 입도분포  
Fig. 2. The size distribution of conductive filler.

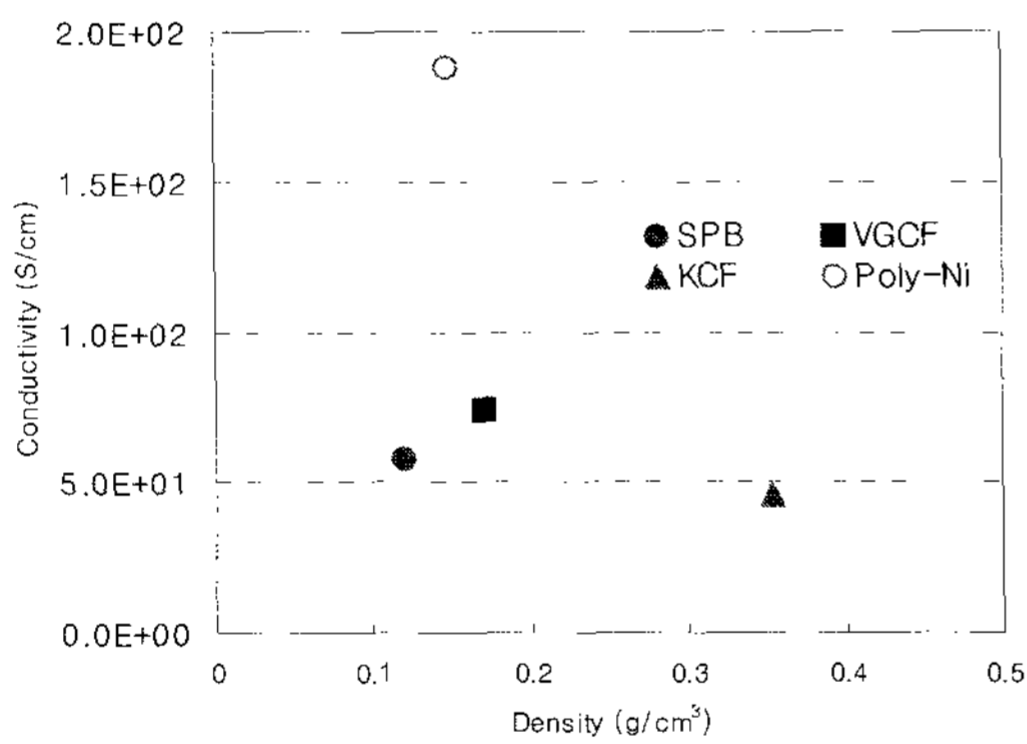
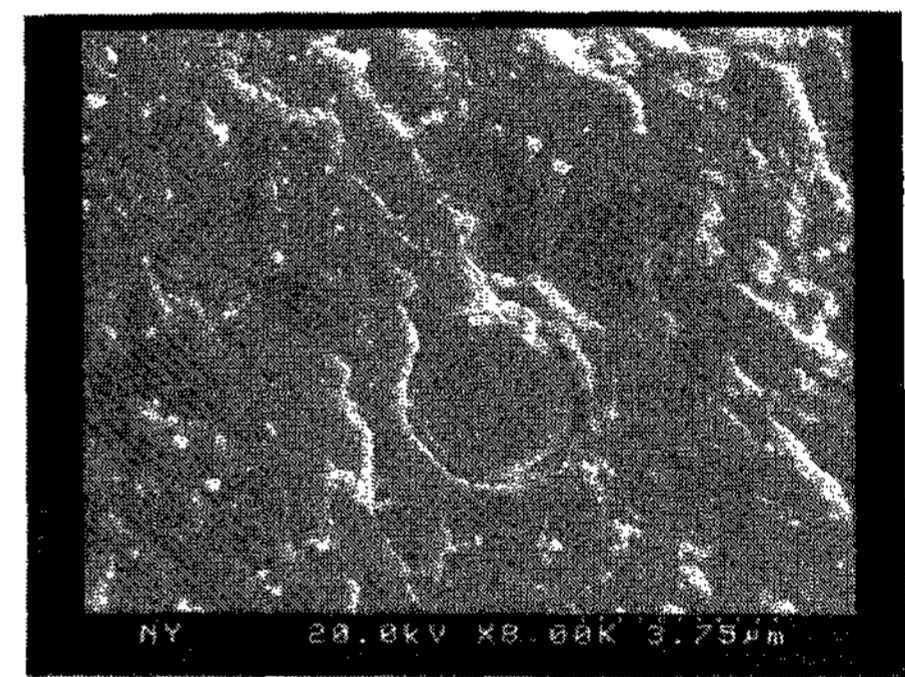
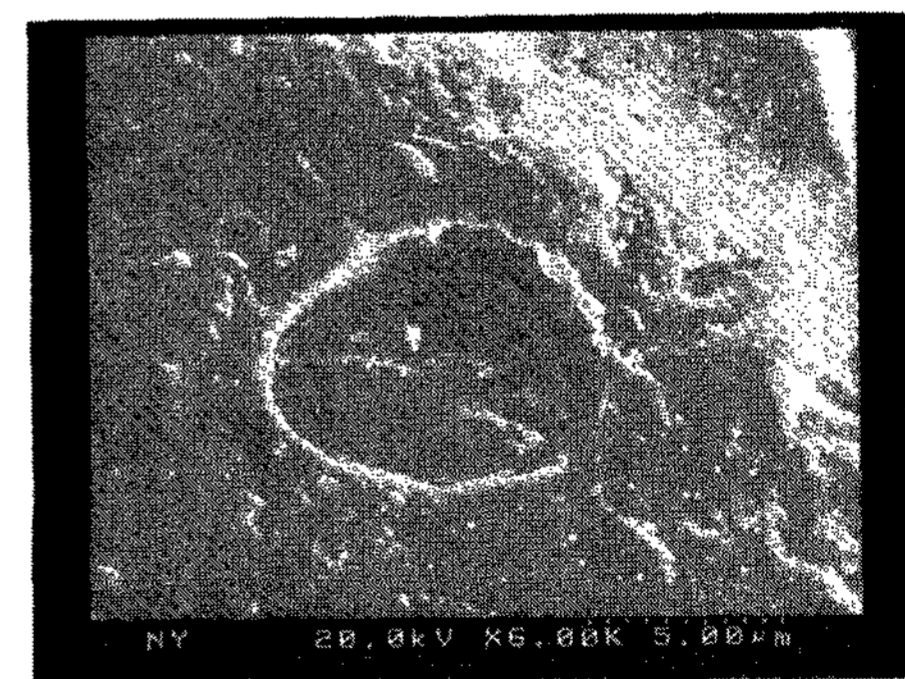


그림 3. 탄소섬유계 전도성 필러와의 전도성과 밀도 비교  
Fig. 3. Comparison of conductivity and density with other carbon filler.

실시된 단면관찰에서 필러의 형태를 유지하며 혼합되어 있는 전도성 필러를 관찰할 수 있었다. 관찰된 수지내에 첨가된 필러는 개개로 분리되어 균일하게 혼합되어 있는 것을 확인할 수 있었다. 삽입된 필러는 나일론6과 레이온 모두 양호한 것으로 보이며, 이를 통해서 고분자 복합소재로 제조한 전도성 필러의 코어를 이루는 고분자의 물성은 도금에는 영향을 미치나 실제 삽입에는 영향이 없는 것을 알 수 있었다. 그림 4의 (a)는 나일론 6 코어에 도전성을 부과한 필러를 탐침한 필름의 표면 조직을 나타내며 (b)는 레이온을 베이스로 한 필러의 표면도이다.



(a)



(b)

그림 4. 나일론 6(a)과 레이온(b)에 도전성을 부과한 필러를 탐침한 필름의 표면도  
Fig. 4. Cross section morphologic of Nylon6 based conductive filler(a) and rayon based conductive filler(b) (×8000, ×6000).

#### 4. 전자파 차폐 특성

복합수지 조성물로 구성된 마스터 배치를 열 압축기

(hot press)를 이용하여 300°C까지 승온 압축한 상태로 수지 조성물을 2mm 두께의 필름으로 제조한 다음 지름 13mm 정도의 디스크 형태로 절단한 시료를 평면파 차폐효과 측정을 위해 사용하였다. 측정된 결과 그림 5와 같이 나일론 6을 코어로 한 필러의 경우 5w% 보다 10w% 첨가되었을 때 평균적으로 2dB 정도 높았다. 그림 6은 같은 방법을 레이온에 적용한 것이며 나일론과 거의 유사한 결과를 보임을 알 수 있다.

전도성 필러가 소량 첨가되어 필러간의 매트릭스 연결을 제대로 발휘하지 못한다면 주파수가 높아짐에 따라 그림 7과 같이 100MHz 이하의 극히 적은 영역만이 차폐능력이 있음을 알 수 있다. 이것은 필러가 충분하지 않음으로 해서 입자간의 연결이 고르지 않음을 알

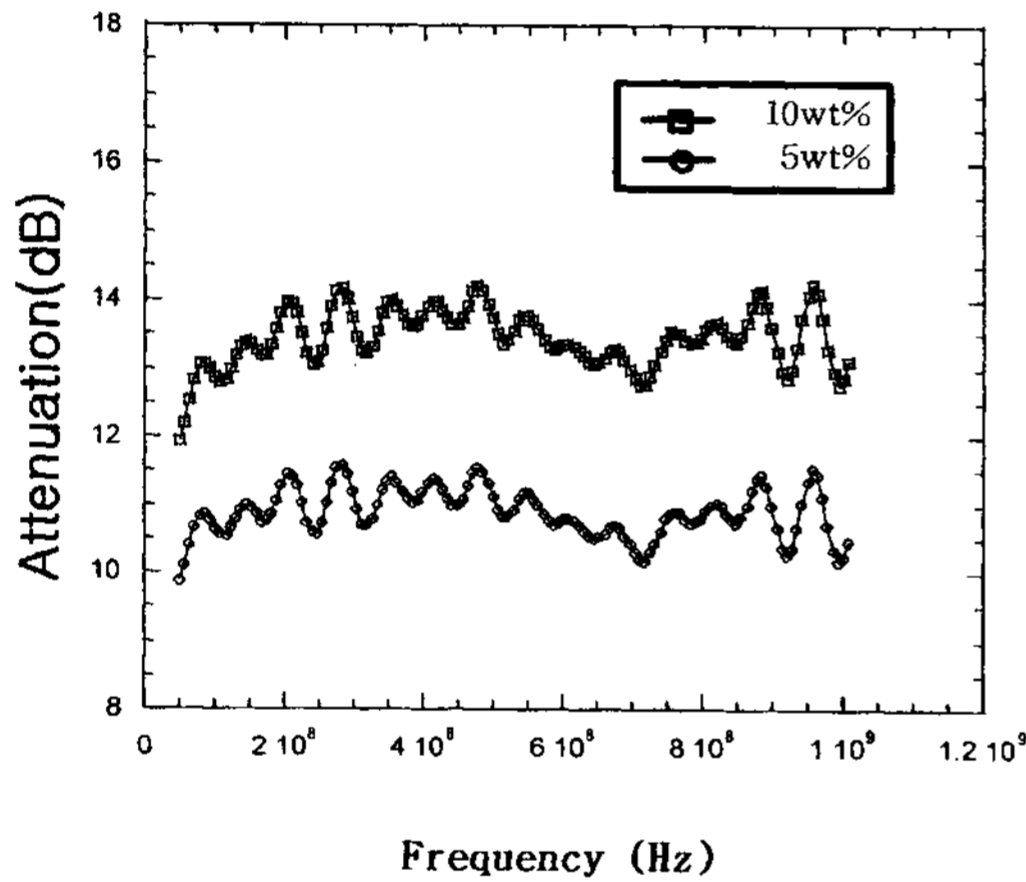


그림 5. 전도성 필러가 5w%와 10w% 첨가되었을 때 나일론 6을 코어로 한 복합수지 조성물의 차폐효과

Fig. 5. Shielding effects of ABS film added 5w% and 10w% conductive filler with Nylon 6 based.

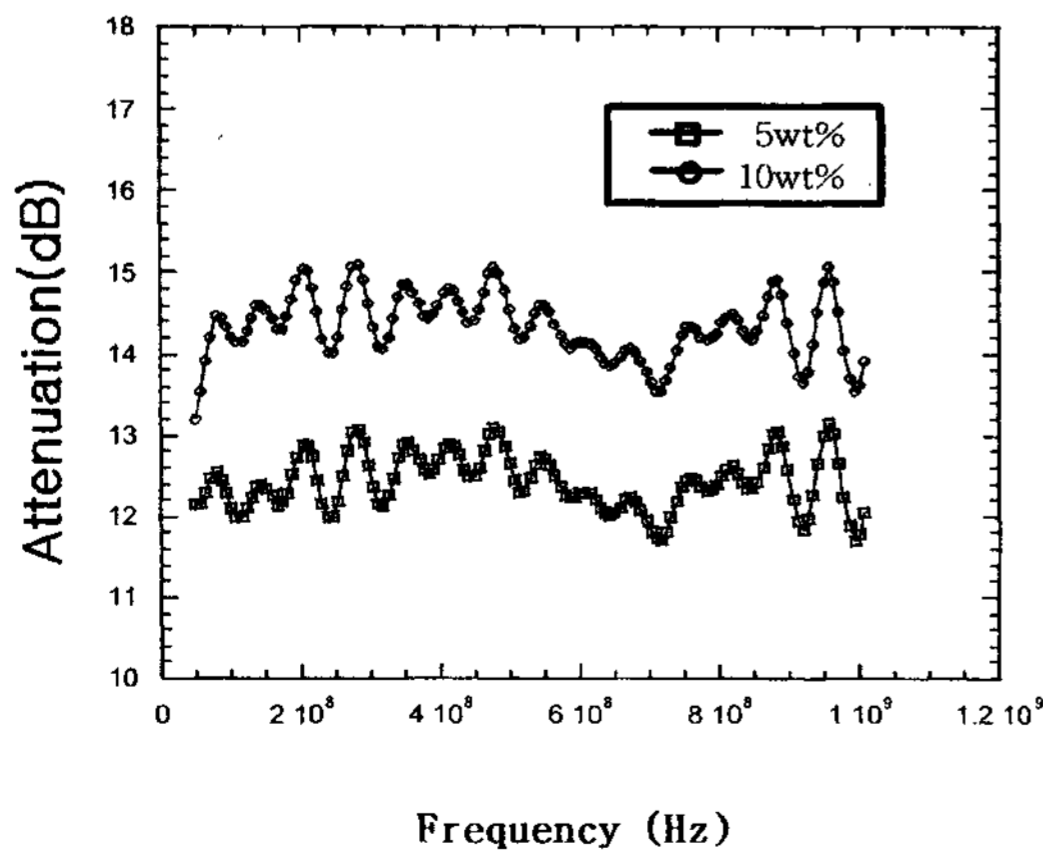


그림 6. 전도성 필러가 5w%와 10w% 첨가되었을 때 레이온을 코어로 한 복합수지 조성물의 차폐효과

Fig. 6. Shielding effects of ABS film added 5w% and 10w% conductive filler with rayon 6 based.

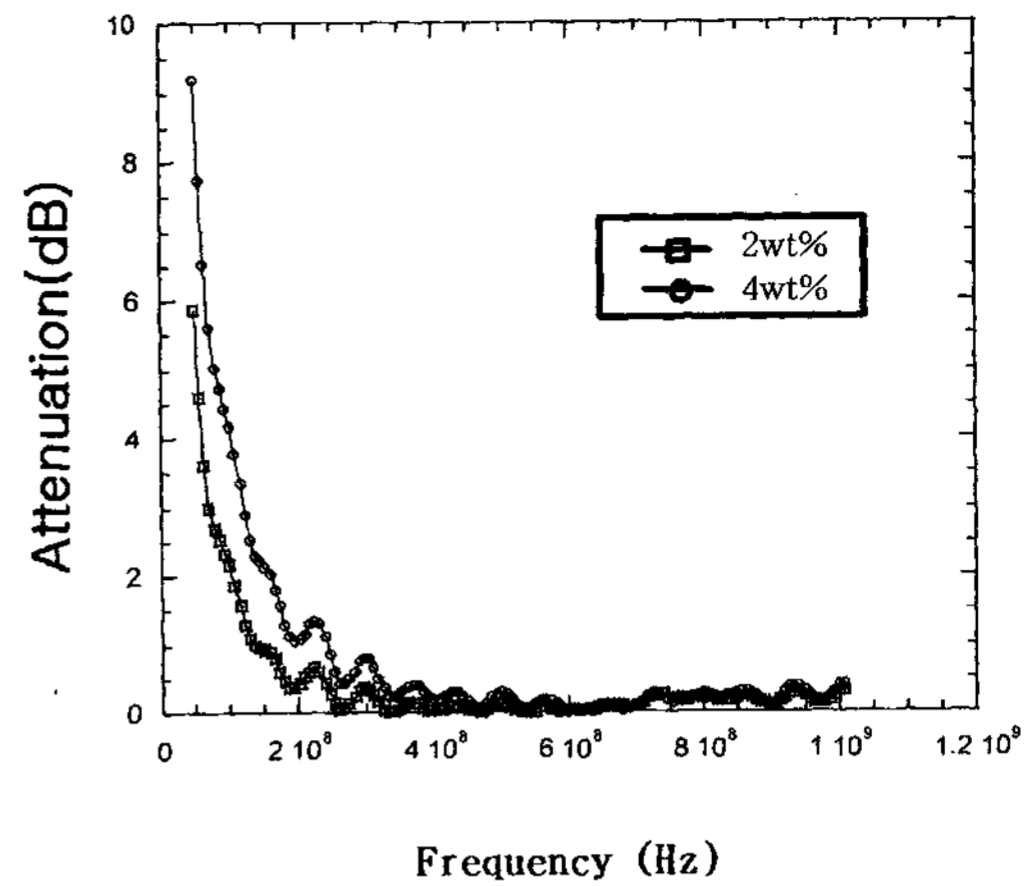


그림 7. 전도성 필러가 2w%와 4w% 첨가되었을 때 나일론 6을 코어로 한 복합수지 조성물의 차폐효과

Fig. 7. Shielding effects of ABS film added 2w% and 4w% conductive filler with Nylon 6 based.

수 있다. 전도성 필러는 전자기기의 성형가공의 자유도, 경량, 저가격이면서 고분자내에서 전계가 존재할 수 있는 기능을 지녀야 함으로 분말입자의 분산도 및 유연성의 영향을 최소화할 수 있는 양을 고려해야한다.<sup>[4]</sup>

#### IV. 결 론

전도성이 우수하며 대량생산이 가능한 전도성 필러를 제조하고 전자파 차폐 재료로서의 사용 가능성을 조사하였다.

무전해 도금법을 이용하여 나일론 6과 레이온 미세 섬유 분체에 니켈과 구리를 도금한 스킨-코어 형태를 가진 복합 전도성 필러를 제조하여 전도성 및 입도 분포를 측정하였다. 그리고 ABS 수지에 제조된 전도성 필러를 주입하여 필름을 만들어 1MHz ~ 1GHz 주파수 대역에서 평면파에 대해 필러의 첨가량에 따른 전자파 차폐 특성을 측정하였다.

제조된 전도성 필러는 기존의 탄소계 필러에 비해 전도성이 커서 전자파 차폐용 재료로 적합하였다. 전자파 차폐효율을 측정된 결과 10w%의 전도성 필러가 함유된 경우에 1MHz ~ 1GHz 주파수 대역에서 10 ~ 20dB 정도의 고른 차폐효율을 보였다.

무전해 도금법에 의해 제조된 복합 전도성 필러는 전자파 차폐용 재료 및 각종 전도성 충전재를 저비용으로 양산할 수 있을 것으로 기대된다.

참고 문헌

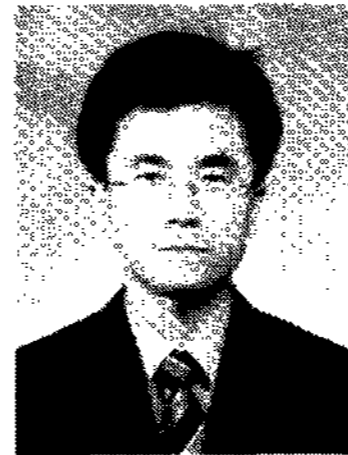
- [1] M.T.Ma, M.Kanda, "Electromagnetic compatibility and interference metrology" NBS Tech. 1099, 1986.
- [2] Li M, Drewniak JL, "An EMI estimate for shielding enclosure evaluation" IEEE Transactions on electro magnetic compatibility, 2001.
- [3] I.A.Abu-Isa, "Polymer Plast" Technol. Eng. (2), p.29, 1979.
- [4] 노윤찬, "Nylon-Inorganic filler alloy" J. of Korean Ind. & Eng. Chemistry, vol.10(1), pp.67-72, 1999.
- [5] T.S.Oh, "Polymer science and technology" vol.2(3), p.179, 1990.
- [6] G. Gupta, H. Yee "EMI shielding effectiveness of conductive composites" Proceedings of the Hetero-geneous Computing Workshop, pp.566-570, 1999.
- [7] 김남일, 장사성, "무전해 도금" 동화기술, 1996.
- [8] 이재호, "습식도금법 : 전기도금과 무전해 도금의 원리와 응용", Bul. Kor. Inst. Met. & Mater, vol.12(6), pp.658-666, 1999.

— 저 자 소 개 —



박 주 태(정회원)  
 1980년 영남대학교 전자공학과 학사.  
 1985년 영남대학원 전자공학과 석사.  
 1997년 영남대학원 전자공학과 박사.

1991년~현재 영남이공대학 전자정보계열 교수  
 <주관심분야: EMC, 전자시스템, 생체전자파>



박 재 성(정회원)  
 1986년 영남대학교 전자공학과 학사.  
 1990년 영남대학원 전자공학과 석사.  
 2000년 영남대학원 전자공학과 박사.

1990년~1993년 (주)제일세라믹  
 2002년~현재 영남이공대학 전자정보계열 조교수  
 <주관심분야: 반도체설계, 센서 및 시스템, >



도 영 수(학생회원)  
 2000년 영남대학교 물리학과 학사.  
 2002년 영남대학교 센서 및 시스템 공학과 석사.  
 2004년~2004년 RIST 센서 시스템실 위촉연구원

2004년~현재 영남대학원 전자공학과 박사 과정  
 <주관심분야: 전자파 차폐재료, 엑츄에이터, 센서