전자파 차폐용 탄소섬유의 모폴로지에 따른 전기 전도도

양갑승, 이수현
전남대학교 섬유공학과

1. 서론

각종 전자기기에서 전자파가 발생하는데 이러한 전자파는 전자기기들의 소음과 오동작을 일으킬 뿐만 아니라 인체에도 유해하는 등의 전자파 장해를 가져온다. 게다가 정보누설이라는 점도 간과할 수 없기 때문에 전자파는 차폐되어야하고 이러한 전자파 차폐는 전자기 상품의 필수조건으로서 규제가 되어지고 있다.

전자파 차폐는 재료표면에서의 반사손실과 내부에서의 흡수손실, 내부반사손실에 의해서 발생한다. 표면 반사손실은 보호재의 내부구조와는 관계없으며 재료표면의 상태에 따라 달라진다. 흡수손실은 도전율과 투자율의 곱이 큰 편이 우수하고 두꺼울수록 크다. 전도성 섬유를 포함한 수지의 전자파 차폐는 이 흡수손실에 의한 것이라 할 수 있다.

전자파 차폐재료로는 전통적인 금속판이 있지만 최근에는 전도성 섬유를 수지와 복합재료로 만들거나 전도성 수지를 이용하여 차폐성능과 생산성이 모두 우수한 새로운 전자파 차폐용 재료가 이용되고 있다[1]. 특히 흑연화된 탄소섬유는 비중이 낮고 전도성이 우수하기 때문에 전자파 차폐용으로 많이 응용되고 있다. 이러한 흑연화된 탄소섬유가 전도성이 우수한 이유는 적층의 구조가 잘 발달되었기 때문이다. 이 적층의 구조는 제조과정에서 결정되기 때문에 제조과정을 제어하여 탄소재료의 미세구조를 제어함으로써 적층구조를 개선하고 전도성을 향상시켜 우수한 전자파 차폐용 재료로 이용된다[2,3]. 이 연구에서는 다양한 방법으로 탄소섬유를 제조하고 미세구조를 분석한 다음 전도도를 측정하여 미세구조와 전도성의 관계를 분석하였다.

2. 실험

각종 핏치로부터 방사된 섬유를 안정화 탄화하여 탄소섬유를 제조하고 그 미세구조를 주사전자현미경(SEM)을 사용하여 관찰하였다[4,5,6]. 전기 전도도는 저항측정기를 이용하여 4지 단자법으로 저항을 구하고 주사전자현미경(SEM)을 이용하여 각 섬유의 지름과 단면적을 측정하여 비저항을 계산하였다. 각 시료 섬유의 배향도는 X-ray회절 분석기를 이용하여 측정하였다. Fig. 1과 같이 탄소섬유를 silver paste로 silver wire와 연결하여 cell을 제조하고 (1)단자와 (4)단자에 전류를 걸어주어 (2)단자와 (3)단자에서 나오는 전위차를 측정한다. 걸어준 전류는 10μA로 모든 섬유에 고정시켜 흘려주었고, 그 결과 전위차는 모두 mV단위로 측정되었다. 측정된 전위차와 걸어준 전류 값으로 저항을 ohm's law($V=I \cdot R$)로 구했다. 비저항은 저항과 단면적을 알고 전위차를 측정했던 두 단자의 거리를 알면 다음식 (1)로부터 구할 수 있다. 구해진 비저항의 단위는 $\Omega \cdot$ cm이다. 이때 단면적 A는 주사전자현미경으로 관찰된 탄소섬유의 지름과 전도도 측정에 사용된 섬유의 개수로 계산했다.

$$\rho = R \times \frac{A}{L} \qquad \cdots\cdots(1)$$

각 시료에 대하여 최소 10회 이상의 반복실험을 하여 평균값을 취하였다.

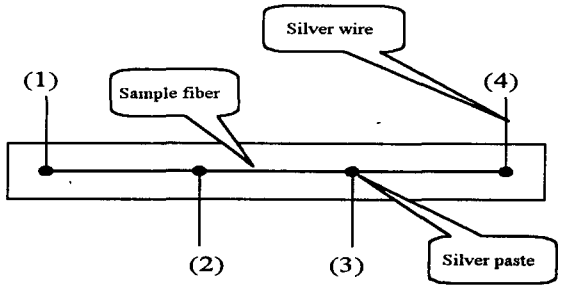


Fig. 1. Cell preparation for measurement of electric conductivity

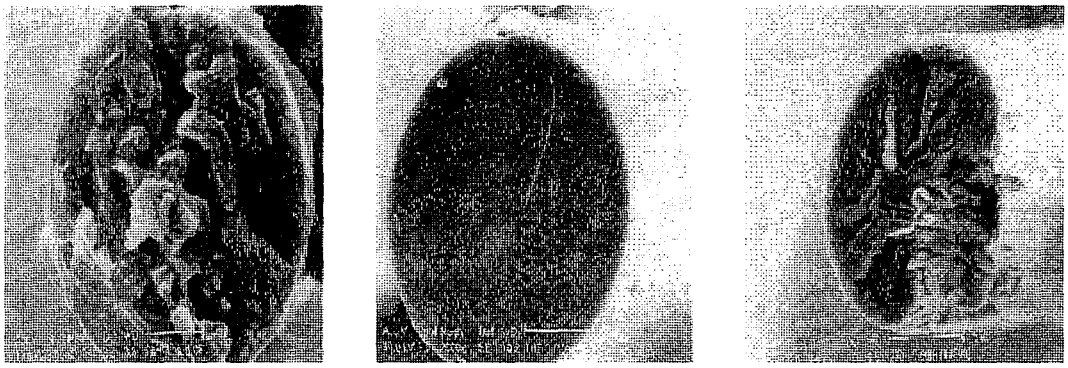
시료 섬유들의 배향도는 X-ray회절 분석기로 회절각에 따른 강도를 얻은 후 반가폭을 측정하여 다음의 식 (2)에 의해 산출하였다.

$$\text{배향도}(\%) = \frac{\text{반가폭} - 360}{360} \times 100 \qquad \cdots\cdots(2)$$

이렇게 측정된 비저항 값과 배향도를 관찰된 모폴로지와 연관하여 그 사이의 관계를 여러 탄소섬유에서 비교하며 살펴보았다.

3. 결과 및 고찰

SEM을 이용하여 살펴본 탄소섬유의 단면부분 모폴로지에서 핏치계 탄소섬유와 PAN계 탄소섬유의 차이는 확실하게 드러난다. 핏치계 탄소섬유는 잘 발단된 적층 구조를 하고 있는 것을 알 수 있다. 모폴로지에서 관찰할 수 있듯이 흑연구조가 잘 발달된 핏치계 탄소섬유가 전도성이 우수할 것이라 추측되었다. 실제 실험에서도 저항을 측정하여 비저항 값과 배향도를 구하여 보면 Table 1에서와 같이 차이가 있음을 알 수 있었다. 값을 살펴보면 전도도는 비저항의 역수이기에 핏치계가 10^3의 전도도, PAN계는 10^2의 전도도 즉, 10배 정도의 전도도 차를 확인할 수 있고 배향도도 10% 이상의 차이를 볼 수 있다. 실질적으로 연구실에서 직접 제조하였던 나프탈렌에서 유도된 메조페이스 핏치(NMP)섬유를 1300℃에서 탄화시킨 탄소섬유도 흑연구조가 많이 발달한 것을 볼 수 있고 상업화된 PAN계 탄소섬유보다 더 우수한 배향도와 전도도를 지닌 것을 확인할 수 있다. 높은 온도에서 열처리하여 탄화시킨 섬유의 배향도가 증가되어질수록 즉, 흑연구조가 더욱 발달한 섬유일수록 전기전도도가 증가됨을 알 수 있다. 결과적으로 배향이 잘 되어 흑연구조가 발달될수록 전자파 차폐용 탄소섬유로 적합하다.



(a) (b) (c)

Fig. 2. Scanning electron microphotographs of cross-section of fibers
(a) Pitch-based CF(3000℃) (b) PAN-based CF
(c) NMP(naphthalene-derived mesophase pitch : 1300℃)

Table 1. The Orientation and resistivity of carbon fibers

Properties \ Fibers	Pitch based CF	PAN based CF	NMP
Orientation (%)	93.07	81.89	83.46
Resistivity ($\Omega \cdot$ cm)	3.72×10^{-4}	2.08×10^{-3}	2.66×10^{-3}

감사의 글 : 이 연구는 1997년 교육부 신소재연구지원 과제에 의하여 행하여 졌으며 이에 감사합니다.

4. 참고문헌

1) 윤문수 등, "전도성 고분자 전기재료의 개발연구", 과학기술처 연구보고서, 한국 전기연구소, 1987년 5월
2) Y. Korai and I. Mochida, *Carbon*, **30**, 1819(1992)
3) S. H. Yoon, Y. Korai, I. Mochida, and I. Kato, *Carbon*, **32**, 273(1994)
4) 양갑승, 김용중, Unpublished data
5) Fluorine-Carbon and Fluoride-Carbon Compounds, T. Nakajima and N. Watanabe, CRC. Press Inc., Boca Raton, FC(1991)
6) 정용보, 연구논문 초록, 1998년도 한국공업화학회 춘계 학회, 조선대학교, 광주, 1998년 5월, P.54