

# 시판 전자기파 차단 직물의 차폐효과 및 물성

한은경·오경화\*·김은애

연세대학교 생활과학대학 의류환경학과, \*중앙대학교 사범대학 가정교육과

## EMI Shielding Effectiveness and the Physical Properties of Commercial EMI Shielding Fabrics

Eun Gyeong Han · Kyung Wha Oh\* · Eun Ae Kim

Dept. of Clothing and Textiles, Yonsei University

\*Dept. of Home Economics Education, Chung-Ang University

(1999. 3. 12 접수)

### Abstract

By using commercial available electromagnetic interference (EMI) shielding fabrics, EMI shielding effectiveness (SE) and the physical properties were investigated. Thirteen specimens were chosen, six fabrics were non-electrolytic plated with Cu, six plated with Cu+Ni and one plated with Ni. SE was measured by RF Impedance Analyzer HP4291A (Hewlett Packard, Co. Ltd) at the frequency of 100MHz~1.8GHz.

The results showed that the commercial EMI shielding fabrics provided SE values over 30dB at the frequency of 100MHz~1.8GHz. Fabrics plated with Cu showed more effective shielding than those plated with Ni. The thickness of coating and fabric count were also influential factors on SE. Tensile properties were acceptable for lining fabrics, but water vapor transport properties indicated that the better treatment condition were suggested to improve comfort properties.

**Key words:** EMI shielding effectiveness, non-electrolytic plating, physical property, water vapor transport property; 전자기파 장해 차폐효과, 무전해 도금, 물성, 수분 전달 특성

### I. 서론

전자기파 장해(Electromagnetic Interference, EMI) 문제는 전자기파 잡음이 산업기기에 오동작을 일으켜 산업재해를 유발할 뿐 아니라<sup>1)</sup>, 이러한 전자기파가 인체에 여러 가지 질병들<sup>2)</sup>을 유발시킬 수 있다는 가능성 때문에 관심이 집중되고 있다. 이에 최근 전자기파 차폐제의 개발과 차폐성능 평가 기술개발

에 관하여 다각적인 연구가 진행되고 있다<sup>3~5)</sup>.

전자기파는 일종의 전류로서 인체에 방사되었을 때 생체 효과(bioeffect)를 지배하는 작용 인자가 되며, 주파수에 따라 나타나는 영향이 다르다. 일반적으로 주파수 100kHz 이상에서는 열 손실에 의한 발열반응이 나타나고, 그 이하의 주파수에서는 전류에 의한 직접적인 자극반응이 우세하게 나타난다<sup>6)</sup>. 이 주파수의 전자기파에 노출되면 유전자 돌연변이, 염색체 이상, 태아의 성장 및 발육 저해, 피부장애, 발

암과 수정체 이상 등이 나타날 수 있다<sup>7)</sup>. 그러나 인체가 전자기파에 장시간 노출될 때의 최대 안전·전력 밀도 권고치는 각 나라마다 다르게 규정하고 있어 미국의 경우  $10\text{mW}/\text{cm}^2$ , 러시아는  $0.01\text{mW}/\text{cm}^2$  이하이다. 또한 전자레인지 산업, 군 관계당국, 보건소, 학자들간에도 견해가 달라 마이크로파 노출에 대한 실질적 안전 수준에 대한 강한 논쟁이 일고 있다<sup>8)</sup>.

건강 관련 종사자들과 의료진들은 분광기 등의 의료장비를 사용하였을 때 생물체와 조직 내에서 무선 저주파(lower radio frequency,  $10\text{kHz}\sim 300\text{GHz}$ )의 전자기파가 인체에 수많은 효과와 반응을 일으킬 수 있다고 우려하고 있다<sup>9)</sup>. 특히  $1\text{MHz}\sim 100\text{GHz}$  사이의 전자기장은 생물학적으로 특별한 의미가 있다. 왜냐하면 이 파장의 전자기장은 신체 크기, 조직 특성, 주파수 등에 따라 다양하게 생물 조직계에 통과, 흡수, 반사되기 때문이다. 이 주파수 범위 내에서는 조직이 아주 미량의 산란을 일으키기 때문에 환경 조건에 따라서 의학적으로 유익한 효과를 주거나 생물학적 손상 또는 해를 가져다 줄 수 있다. 이에 소비자들도 스스로 전자기파 장해에 대한 인식을 갖고 자기방어책을 모색해야 할 것이며 특히 전자기파 방사환경에서 인체를 보호할 수 있는 의복 소재에 대한 고찰이 필요하다고 본다.

이러한 의복 소재에 적절한 차폐제를 처리함으로써 고분자 복합재료의 전자기파 차폐효과를 증진시키고자 하는 최근의 연구들이 이루어지고 있다<sup>10-14)</sup>. 복합재료에서의 평면파 반사손실은 포함된 첨가제의 전기적 성질에 크게 의존하는데, 특히 부도체 재료 위에 큰 전기전도도를 가지는 금속재료를 선택하여 얇게 도포하면 반사손실을 크게 증가시킬 수 있어 전체적인 차폐효과를 크게 증가시킬 수 있다.

따라서 본 연구에서는 현재 생산되고 있는 시판 전자기파 의류소재의 전자기파 차단 성능과 물성에 관한 특성을 살펴봄으로써 시판 전자기파 차단 직물의 차폐효과를 분석하여 섬유에 응용가능한 차폐 물질을 선정하고자 하며 전자기파 차폐 가공에 의한 직물의 중량, 인장 강신도, 유연성, 수분투과 성능을 분석하여 전자기파 차단 의류소재의 특성을 파악하고자 하였다. 이와 같은 연구를 통하여 의류용 전자기파 차단직물의 차폐성능 평가에 기초자료를 제공하고자 한다.

## II. 실험

### 2-1. 시료

시판 전자기파 차단 의류소재로는 폴리에스테르 섬유로 구성된 제품의 차폐효과 및 물성을 분석하

Table 1. Characteristics of commercial EMI shielding fabrics

No	Weave Type	Coating Material	Thickness (mm)	Weight ( $\text{g}/\text{m}^2$ )	Fabric ( $\text{W}\times\text{F}/5\times 5\text{cm}^2$ )	Manufacturer
1	twill	Cu+Ni	0.13	90	$238\times 163$	A
2	rib	Cu	0.05	70	$240\times 170$	A
3	ripstop	Ni	0.07	78	$169\times 242$	A
4	rib	Cu	0.08	62	$150\times 173$	B
5	non-woven	Cu+Ni	0.10	17	—	B
6	rib	Cu	0.09	83	$190\times 190$	B
7	rib	Cu+Ni	0.08	68	$190\times 190$	B
8	ripstop	Cu	0.09	86	$170\times 170$	B
9	ripstop	Cu+Ni	0.08	68	$170\times 170$	B
10	non-woven	Cu	0.17	71	—	B
11	non-woven	Cu+Ni	0.20	80	—	B
12	mesh	Cu	0.08	30	130	B
13	mesh	Cu+Ni	0.08	32	130	B

였으며 차폐제의 처리 방법은 무전해 도금으로 처리된 시료를 선택하였다. 본 연구에 사용된 시료는 2개의 제조회사에서 제공받았으며 시판 시료의 특성은 Table 1과 같다.

## 2-2. 전자기파 차폐효과 측정

본 연구에서는 주로 금속을 무전해 도금 처리한 시료를 선택하였으므로 전자기파 차폐 메카니즘으로는 반사손실에 의한 차폐효과가 주로 작용한다. 따라서 전자기파 차단 의류소재의 전자기파 차폐효과를 측정하고자 RF Impedance Analyzer HP4291A (Hewlett Packard, Co. Ltd)를 이용하여 각 주파수 대역(100MHz-1.8GHz)에서 각 시료의 임피던스값을 측정하였고 반사손실(Reflection loss)에 의한 전자기파 차폐 특성을 다음의 공식을 이용하여 분석하였다. 이때 전자기파의 반사손실(R)과 감쇠상수(dB)는 입사하는 전자기파의 파동 임피던스(wave impedance)와 차폐재료의 특성 임피던스(characteristic impedance)를 측정하여 다음 공식에 의해 계산하였다.

$$R_{dB} = 20 \log \frac{(1+K)^2}{4K} = 20 \log \frac{(Z_w + Z_m)^2}{4Z_w Z_m}$$

$$R = \left| \frac{Z_w - Z_m}{Z_w + Z_m} \right|^2$$

단, K=파동 임피던스와 차폐 임피던스(Zm)의 비(=Zw/Zm)이며 Zw=377Ω, Zm=Rs+jXs로 측정된 값을 이용하였다.

Rs : Real Part of Impedance

Xs : Imaginary Part of Impedance

## 2-3. 물성 측정

본 연구에서는 착의시 요구되는 의복 소재로서의 물성으로 인장 강신도, 중량, 유연성, 수분 투과 성능을 분석하였다. 또한 시료에 부착된 물질의 성분은 EPMA(electron probe microanalyser, JEOL JXA-8600SX, Japan)로 분석하였다.

직물의 두께는 KS K 0506의 thickness gauge 법에 준하여 측정하였다. 직물의 무게는 표준상태에서 단위면적당 직물의 무게(g/m<sup>2</sup>)로 나타내었다. 처리

직물의 인장강신도는 KS K 0520의 Cut Strip법에 의하여 Alphatens Universal Strength Tester Model 400(James H. Heal & Co. Ltd., England)으로 측정하였다. 인장 강도의 측정단위는 kg·f로, 인장 신도의 단위는 %로 표시하였다. 유연성 평가는 KS K 0539의 컨틸레버법에 준하여 측정하였다. 유연성은 드레이프 강경도로 나타내었으며 단위는 mm로 표시하였다. 처리직물의 공기투과도는 KS K 0570에 의거하여 자동 공기투과도 시험기(KES-F8-API, Kato Tech. Co. Ltd., Japan)를 사용하여 일정량의 공기(40cc)가 단위시간당 단위거리를 이동하는데 필요한 압력(투과 저항)을 측정하여 비교·분석하였으며 단위는 kPa·s/m로 표시하였다. 정적 수분전달 특성으로는 KS K 0594의 투습컵법에 준하여 측정하였다. 투습컵 윗면에 시료를 덮어 밀폐, 고정시킨 후 21±1°C, 35±5% RH 조건의 항온항습기에 24시간 방치한 후의 무게 변화량으로 투습도를 다음과 같이 산출하였다.

$$WVTR = \frac{g}{a}$$

단, WVTR : rate of water vapor transport  
(g/m<sup>2</sup>·24h)

g : weight loss(g), a : area of specimen(m<sup>2</sup>)

또한 적하법(AATCC test method 39)으로 흡수성을 알아보았다.

## III. 결과 및 고찰

### 3-1. 시판 시료의 차폐특성

시판용 전자기파 차단 직물의 차폐제에 대한 효과를 분석하기 위하여 반사손실에 의한 감쇠지수를 Table 2에 제시하였다. 측정주파수 100~1800MHz 범위에서 5번 시료를 제외하고는 감쇠지수가 30dB 이상이었다.

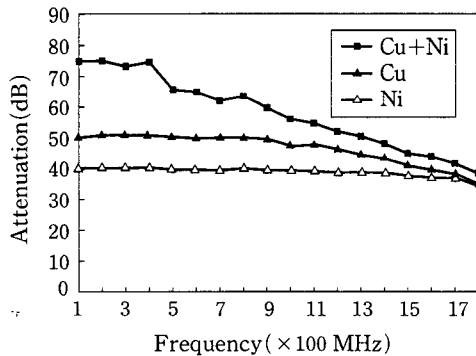
이들 직물에 처리된 금속의 종류에 따른 차폐효과를 비교하기 위하여 제조 회사별, 시료의 특성별로 감쇠지수를 나타낸 것은 Fig. 1-(a)~Fig. 1-(d)와 같다.

Fig. 1-(a)는 A제조사사의 무전해 도금 처리된 폴리에스테르 직물의 감쇠지수를 나타낸 것이다. A사

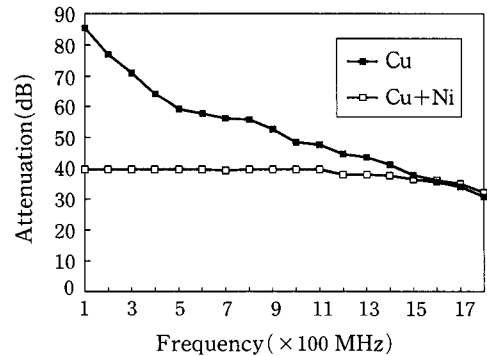
**Table 2. Attenuation of commercial EMI shielding fabrics**

No	Coating Material	100 MHz		300 MHz		500 MHz		1000 MHz		1800 MHz	
		R	R <sub>dB</sub>	R	R <sub>dB</sub>	R	R <sub>dB</sub>	R	R <sub>dB</sub>	R	R <sub>dB</sub>
1	Cu+Ni	0.9952	46.43	0.9951	46.42	0.9949	45.78	0.9933	43.54	0.9746	31.89
2	Cu	0.9996	68.30	0.9996	67.04	0.9990	59.97	0.9970	50.53	0.9822	34.97
3	Ni	0.9856	36.82	0.9854	36.72	0.9852	36.57	0.9842	36.02	0.9750	32.03
4	Cu	0.9994	64.42	0.9994	63.88	0.9994	64.24	0.9987	57.40	0.9875	38.07
5	Cu+Ni	0.9782	33.25	0.9784	33.25	0.9782	33.22	0.9774	32.93	0.9655	29.24
6	Cu	0.9999	85.12	0.9997	70.91	0.9989	59.37	0.9962	48.43	0.9716	30.93
7	Cu+Ni	0.9887	38.96	0.9886	38.89	0.9888	38.99	0.9884	38.73	0.9760	32.38
8	Cu	0.9998	74.27	0.9997	71.10	0.9991	61.07	0.9969	50.19	0.9760	32.40
9	Cu+Ni	0.9958	47.44	0.9956	47.13	0.9954	46.72	0.9935	43.75	0.9714	30.88
10	Cu	0.9995	66.23	0.9996	68.24	0.9995	66.61	0.9978	53.10	0.9800	33.97
11	Cu+Ni	0.9996	68.12	0.9996	68.20	0.9992	62.10	0.9971	50.63	0.9779	33.13
12	Cu	0.9995	65.13	0.9995	65.75	0.9994	64.14	0.9981	54.22	0.9841	35.96
13	Cu+Ni	0.9961	48.25	0.9961	48.11	0.9959	47.66	0.9939	44.33	0.9736	31.56

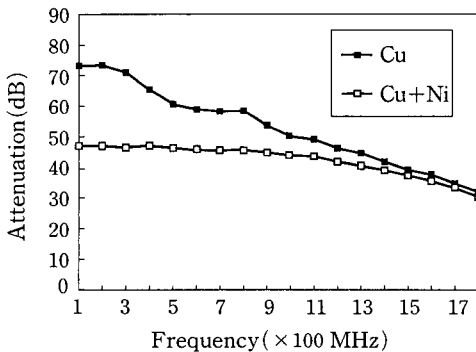
R : Reflection loss, R<sub>dB</sub> : Attenuation (dB)



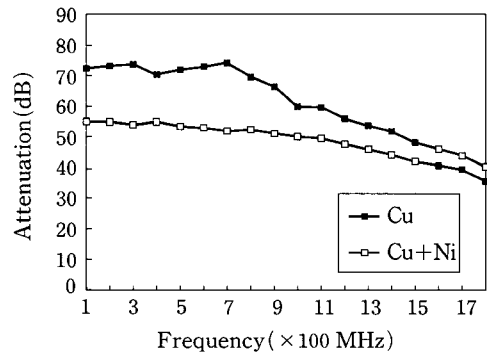
**Fig. 1—(a).** Attenuation of commercial EMI shielding fabrics (Manufacturer A).



**Fig. 1—(b).** Attenuation of commercial EMI shielding fabrics (Manufacturer B : rib weave).



**Fig. 1—(c).** Attenuation of commercial EMI shielding fabrics (Manufacturer B : ripstop).



**Fig. 1—(d).** Attenuation of commercial EMI shielding fabrics (Manufacturer B : mesh).

의 경우, 3종류의 시료 모두 30dB 이상의 차폐효과를 나타내었으며 도금 피막이 구리로만 된 시료가 가장 우수한 차폐효과를 나타내었다. 구리 피막으로 된 시료에 비하여 구리위에 니켈이 함께 도금된 시료와 니켈 피막으로 된 시료의 경우는 구리 피막보다는 전체 측정 주파수에서 일정한 차폐효과를 보여 저주파 대역에서는 구리 피막 시료와의 차이가 크지만 주파수가 증가할수록 이들 시료와 차폐효과 차이는 감소하였다.

Fig. 1-(b), Fig. 1-(c), 그리고 Fig. 1-(d)는 B 제조회사에서 생산되는 시료의 차폐효과를 나타낸 것으로 이 시료들은 직물의 형태에 따라 각각 이랑직, ripstop, 메쉬 형태를 가지고 있다. 각 시료는 구리, 구리와 니켈 도금이 되어 있으며, 직물 형태에 관계없이 구리>구리+니켈 순으로 차폐효과가 증가하는 경향을 보였다. A 제조회사의 시료가 보여주는 경향과 유사하게 B 제조회사의 시료도 구리만으로 피막을 처리할 경우가 니켈 피막을 입힌 경우보다 전체 측정 주파수 대역에서 감소지수가 더 큰 경향을 나타내었으며 주파수가 커지면 그 차이가 감소하였다.

시판 전자기파 차단 직물의 차폐효과를 분석한 결과, 제조회사나 직물의 형태에 관계없이 구리>구리+니켈>니켈 순으로 차폐효과가 증가하였으며 이러한 결과로부터 전자기파 차폐제를 선택함에 있어서 니켈보다는 구리를 이용하여 처리하는 것이

바람직하다고 판단되었다.

### 3-2. 시판 시료의 두께 및 직물 기공도에 따른 차폐효과

Fig. 1-(b)와 Fig. 1-(c)를 보면, 이랑직에 구리 처리된 시료의 감쇠지수는 85~35dB였고 ripstop에 구리 처리된 시료는 74~35dB였다. 조직이 매우 성긴 형태인 망조직의 경우, 구리처리 시료의 감쇠지수가 65~40dB 정도였으며 이랑직물, ripstop 직물과 비교하여 상대적으로 낮은 감쇠지수를 나타내었다. 이러한 직물들의 차폐효과와 차이는 직물 두께나 직물 기공도가 서로 다르기 때문에 나타나는 현상일 수도 있다. 직물의 특성이 차폐효과에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 시판 직물의 두께, 기공도에 따른 차폐효과를 비교하였다. 일반적으로 직물의 밀도가 크고 두께가 두꺼울수록 금속 피막을 보이드(void) 없이 코팅할 수 있기 때문에 차폐효과는 증가할 것이다.<sup>15-16)</sup> 이를 확인하기 위하여 다른 물성은 유사하고 두께와 직물 기공도가 다른 2개의 시료를 비교하였다.

Fig. 2는 부직포에 구리, 구리와 니켈을 도포하였을 때의 반사손실에 의한 감쇠지수를 나타낸 것으로 구리만 처리한 경우는 68~34dB의 감쇠지수를, 구리/니켈로 처리한 것은 68~29dB의 감쇠지수를 나타내었다.

부직포의 형성 방법이 동일한 2개의 부직포에 구

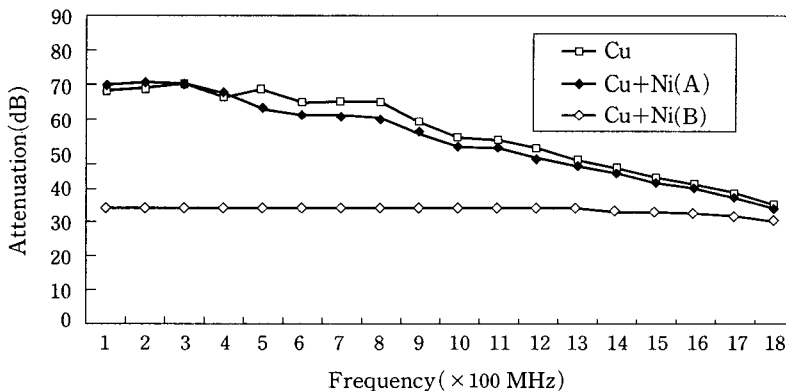
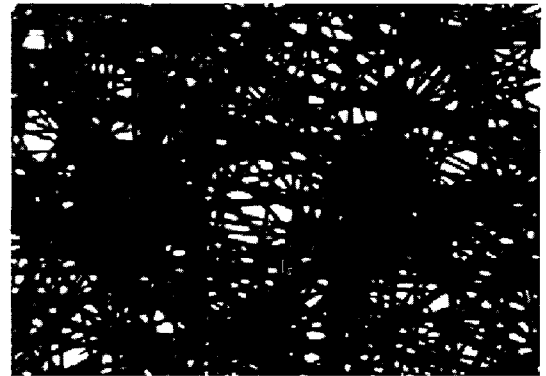


Fig. 2. Effect of nonwoven fabric thickness on the attenuation of commercial EMI shielding fabrics : (A) thick, (B) thin.

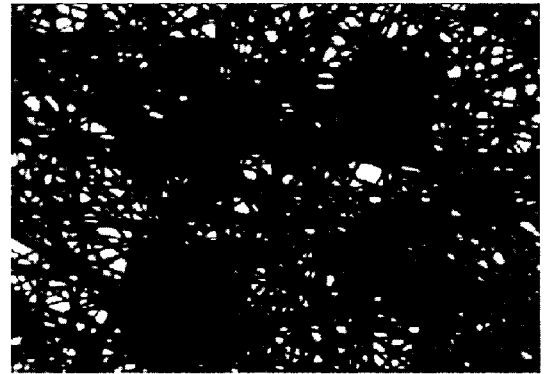
리/니켈과 구리만 처리한 경우를 비교하였다. 구리/니켈로 처리된 시료는 두께가 0.20mm이고 구리만 처리된 시료는 두께가 0.17mm였다. 구리/니켈 처리 시료가 구리만 처리된 시료보다 두께가 더 큼에도 불구하고 도포된 금속재가 구리인 시료가 주파수 500~800 MHz에서는 오히려 차폐효과가 더 크게 나타남을 볼 수 있다(Table 1).

또한 구리/니켈로 도포되어 있으며 두께가 서로 다른 부직포의 감쇠지수를 비교하였다. 두께가 두껍고 표면 섬유들이 형성하고 있는 웹(web)의 형태가 좀 더 규칙적으로 밀착된 시료의 경우는 감쇠지수가 68~32dB 정도로 구리로 도포된 시료와 유사한 차폐 정도를 보이는 반면, 웹의 형성이 헐겁고 두께가 얇은 시료의 경우는 완만한 감쇠지수의 감소현상(33~29dB)을 관찰할 수 있다. 이것은 부직포를 형성하고 있는 섬유들간의 기공이 작고 두께가 두꺼운 시료가 전자기파가 투과될 수 있는 경로를 방해함으로써 차폐효과를 증가시킨 것으로 판단된다. 뿐만 아니라 기공이 작고 치밀하면 처리되는 구리의 양도 많아짐으로써 차폐효과가 증가하였다고 판단되어 섬유들이 웹을 형성하고 있는 형태를 Fig. 3에 제시하였다. Fig. 3-(a)와 Fig. 3-(b)에서 볼 수 있듯이 섬유와 섬유간의 기공이 유사하게 형성되어 있음에도 불구하고 차폐도가 구리일 때 반사 손실에 의한 차폐효과가 우수하였다. Fig. 3-(b)와 Fig. 3-(c)에서는 기공의 차이가 있는 두 개의 부직포를 제시하였는데 기공이 작고 치밀한 부직포가 더 차폐효과가 높은 것을 알 수 있다. 따라서 차폐 효과에 영향을 주는 중요한 인자는 표면에 처리된 차폐재와 차폐재가 처리되는 섬유 표면의 특성이 중요함을 알 수 있다. 매끄러운 금속 표면과는 달리, 직물의 경우는 직물 표면에 직각으로 전자기파가 입사된다고 하더라도 실제 섬유 표면이 갖고 있는 요철의 형태로 인하여 입사되는 전자기파는 다양한 경로로 반사되어 상쇄·간섭됨으로써 매끈한 금속 면에서보다 차폐효과가 크게 감소되지 않은 것으로 생각된다.

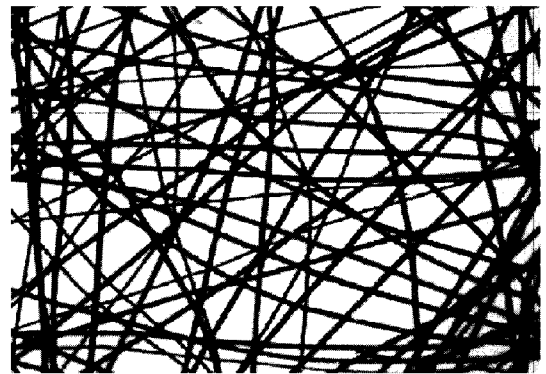
Fig. 4는 제작방법이 동일하며 직물 기공도가 서로 다른 이량직의 폴리에스테르에 구리를 도포하였을 때의 감쇠지수를 비교한 것이다. 500MHz 이하에서



(a)



(b)



(c)

Fig 3. Photographs of commercial EMI shielding nonwoven fabrics taken by image analyzer ( $\times 40$ ): (a) Cu coated, (b) Cu+Ni coated(A: thick), (c) Cu+Ni coated(B: thin).

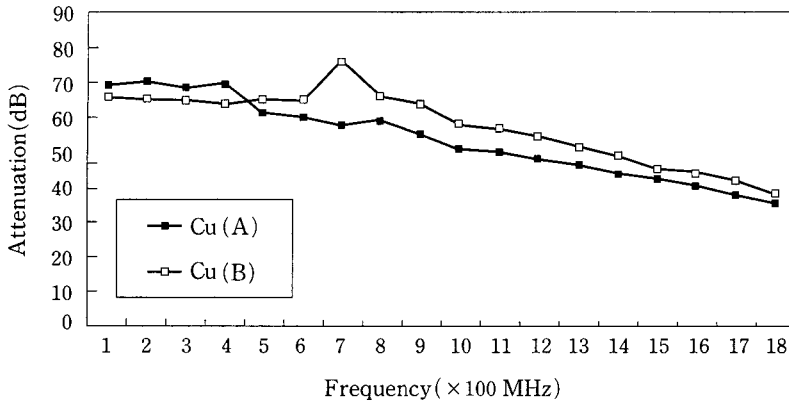
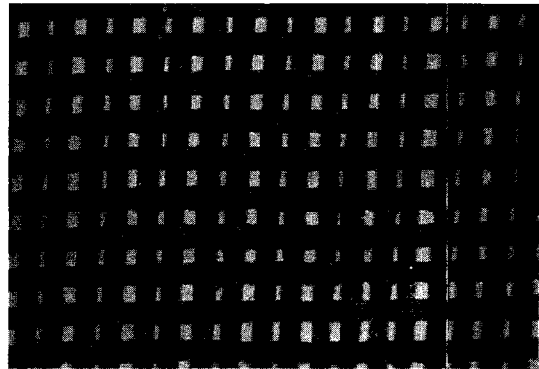


Fig. 4. Effect of fabric count on the attenuation of commercial EMI shielding fabrics (rib weave) : (A) high porosity, (B) low porosity.

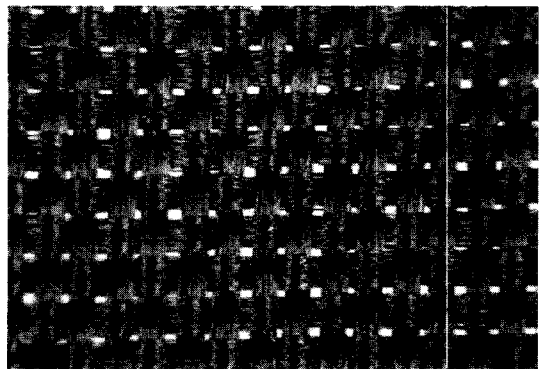
는 기공이 큰 직물이 감쇠지수 85~60dB로 우수하였으나 500MHz 이상의 고주파수 대역에서는 기공이 작은 직물이 차폐효과가 더 우수한 것으로 나타났다. 이는 직물내의 기공의 크기가 작고 치밀하면 도포되는 금속의 형태나 양에도 영향을 미치게 되며 결과적으로 차폐효과도 증가하리라 생각된다. 그러나 500MHz 이하의 비교적 장파장의 주파수에서는 기공의 크기가 큰 시료가 오히려 차폐효과가 증가되는 결과가 나타난 것으로 판단되며 이러한 결과는 입사하는 전자기파의 주파수에 따라 차폐제와 차폐제 간의 거리는 매질 내로 이동하는 전자기파의 경로에 영향을 미칠 수 있음을 의미한다(Fig. 5).

Fig. 5는 직물의 기공이 서로 다른 두 개의 시료의 표면 형상을 제시한 것이다. Fig. 4에서 볼 수 있었듯이, 기공이 작고 치밀한 시료의 경우가 500MHz 이상의 주파수에서 차폐효과가 더 우수하였다는 점을 감안할 때, 전자기파 차단직물 내의 기공의 형태나 양은 차폐효과에 영향을 미치는 인자임을 반영하고 있다.

위의 결과로부터 직물의 두께를 증가시키거나 기공의 크기를 작고 치밀하게 하면 직물 표면에 도금될 금속간의 거리를 좁혀 전자기파가 입사할 수 있는 공간을 감소시키고 입사 경로를 복잡하게 해 줌으로써 저주파 뿐 아니라 고주파 전자기파의 차폐효과를 증가시킬 수 있다고 판단된다. 따라서 의류용 직물에 전자기파 차단 가공을 처리할 때 직물의



(a)



(b)

Fig. 5. Photographs of commercial EMI shielding Cu coated fabrics taken by image analyzer (x40) : (a) high porosity, (b) low porosity.

Table 3. Physical properties of commercial EMI shielding fabrics

Fabric	Tensile Strength (kg · f)		Extension (%)		Drape Stiffness (mm)		Air Resistance (kPa · s/m)	WVT (g/m <sup>2</sup> · h)	Drop Test (sec)
	Warp	Filling	Warp	Filling	Warp	Filling			
Cu-A *	16.20	12.02	18.36	34.84	25	14	0.16	42.8	≥ 10 <sup>4</sup>
Cu-B **	29.85	23.44	40.70	40.44	23	23	0.35	47.3	≥ 10 <sup>4</sup>

\*Manufacturer A, Cu plated,

\*\*Manufacturer B, Cu plated.

특성에 의해서도 차단가공 효과가 다를 수 있음을 감안하여 적합한 직물을 선택하는 것이 필요하다.

### 3-3. 시판 직물의 물성

시판 시료 중 직물의 밀도 및 두께, 섬유성분이 유사하고 구리로 처리된 두 개의 직물을 선택하여 전자기파 차폐 처리한 직물의 물성을 알아보기 위하여 각각의 인장 강신도 및 투습도, 수분투과속도 등을 측정하였다.(Table 3) 인장 강도는 경사방향으로 16~30kg · f, 위사방향으로 12~23kg · f의 범위를 가지며, 신도는 경사방향으로 18~40%, 위사방향으로 34~40%의 값을 나타내었다. 차폐직물을 양복의 안감으로 사용한다고 고려할 때, 이러한 결과를 양복용 인조 섬유 안감에 관한 한국공업규격(KS K 3720-1986)의 인장 강도값인 경사방향 15kg · f, 위사방향 10kg · f 이상이어야 한다는 규정과 비교해보면 본 연구에 사용된 시판직물의 인장강도는 규격에 타당하다고 사료된다. 유연성은 경위사 방향으로 각각 23~25mm, 14~23mm의 범위를 가지는 것으로 나타났다.

이들의 착의시 쾌적성에 미칠 영향을 예측해 보기 위하여 수분 투과성과 관련된 물성, 즉 공기 투과 저항, 투습량 및 적하법에 의해 측정된 결과를 비교해 보았다. 공기투과저항이 큰 시료가 투습성이 작은 것으로 나타났으며 액상의 수분은 3시간이 경과하여도 흡수되지 않았다. 두 개의 시료 모두 투습량은 42.8g/m<sup>2</sup> · h, 47.3g/m<sup>2</sup> · h 로 유사하며, 일정량의 물방울이 떨어져 직물 표면에 스며드는데 걸리는 시간은 3시간 이상을 보였다. 이러한 결과로부터 시판 전자기파 차단소재는 의복으로 착용되었을 때 땀 흡수가 어려우리라 예상된다.

따라서 앞으로의 연구에서는 통기성이 우수하고

착의시 수분 투과성이 우수한 전자기파 차단 의류 소재 가공을 위한 적정의 처리조건이 규명되어야 하며, 방호복으로 사용되었을 경우 전자기파 차단 성능과 쾌적감을 종합적으로 평가할 수 있는 인체 착의 실험이 이루어져야 할 것으로 생각된다.

## IV. 결 론

시판 전자기파 차폐직물의 차폐성능 및 물성을 고찰한 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 시판 전자기파 차폐직물의 차폐성능은 측정 주파수 100MHz~1.8GHz 주파수 대역에서 30dB 이상의 차폐효과를 나타내었다.

둘째, 도포된 차폐제가 구리일 경우가 니켈일 경우보다 차폐효과가 더 우수하였다.

셋째, 직물의 두께나 기공도도 금속 미립자 도금이 진행되는 표면의 특성에 영향을 주기 때문에 차폐효과에 영향을 미치는 인자로 파악되었다.

넷째, 시판 전자기파 차단 직물의 물성을 측정된 결과, 인장 강신도는 안감으로서 유용도가 인정되었으나 수분 전달 특성과 같은 쾌적감 관련 성능에 있어서 개선될 필요성이 제기되었다.

## 감사의 글

이 논문은 1997년 한국학술진흥재단의 학술연구비(1997-001-D00474)에 의하여 지원되었으며 이에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

1. 김민산, "전자파 정보: 우리사회 이미 안전지대 아니



- 다”, 주간조선, 3/16, 1995.
2. 김덕원, 전자파 공해, 수문사, 서울, 1996.
  3. 정낙삼, “전자파 환경의 현황과 측정기술”, 측정표준, 13(2), 8-14, 1990.
  4. 오경화, “Silane 중합을 통한 면섬유의 개질에 관한 연구”, 한국의류학회지, 18(3), 410-418, 1994.
  5. Skeist, I., Handbook of Adhesive(3rd ed.), Von Nostrand Reinhold, NY, 1990.
  6. 김두현 · 김찬오 · 윤양배 · 이동훈 · 이원조 · 정재희, “전자파 장해”, 전기안전공학, 517-533, 도서출판 동화기술, 1990.
  7. 김기채, “전자파에 의한 산업기기의 오동작과 인체장해”, 전기학회지, 42(2), 5-11, 1993.
  8. Cutis C. Johnson and Arthur W. Guy, “Nonionizing Electromagnetic Wave Effects in Biological Materials and Systems” in John M., Biological Effects of Electromagnetic Radiation, Osepchuk, IEEE Press, NY, 47-73, 1983.
  9. Barker T., “The Possible Biological Effects of Low-frequency Electromagnetic Fields”, IEEE Electrical Insulation Magazine, 1(11), 27-31, 1995.
  10. “Toyobo Develops White Conductive Fiber With Polyester/Metal Bicomponents”, JTN, 443(31), 1992.
  11. 서중성, “한일합섬의 신소재 개발 현황”, 화섬, 95, 61-71, 1992.
  12. Ebneith, H. and Fitzky, H. G., “Metallized Textile Fabrics for Microwave Protective Suits” in Protective Clothing, Shirley Institute, NY, Manchester, UK, 88-95, 1982.
  13. (주)동진, EMI 섬유 1995년 실용신안특허출원 제 14396호, “킬레이팅에 의한 금속 도금 실험(전자파 차폐섬유 제조기술)”, 1995.
  14. 한은경, 김은애, 오경화, “전자파 차단외류소재 및 방호복 개발(I)-전도성 코팅법과 무전해 도금법의 비교-”, 한국섬유공학학회지, 35(8), 515-524, 1998.
  15. 김홍구, 무전해 도금의 기술동향 Trends in Electroless Nickel Plating, KINITI Technical Report No. 90, 1994.
  16. 김남일 · 장시성, 무전해 도금, 도서출판 동화기술, 서울, 1996.