

# 무전해 금속 도금된 폴리에스테르 섬유의 전자파 차폐성

손지현, 천태일

동의대학교 생활과학대학 의상학과

## Electromagnetic Wave Shielding Effect of Polyester Fabrics Chemically Plated with Copper and Nickel

Ji Hyun Son, Tae il Chun

*Department of Textile and Clothings, Donggeui University, Pusan 614-714, Korea*

**Abstract** - In this study we have examined Copper and Nickel double metal layer on the synthetic fabrics by electroless chemical plating. We have focused on the shielding effect of the four kinds of woven and none-woven structure against electromagnetic fields. The shielding effectiveness of Copper and Nickel double metal layer showed between 90dB and 70dB, which are closely related to the fabric structure, that is cover factor and density. The more dense, The better shielding effect.

### 1. 서 론

전자파 발생 작업장 및 장시간 유해 전자파에 노출되어 있는 경우에는 필히 전자파 차폐용 소재를 장착하도록 법적규제[1-3]가 있으며, 각 분야에서 각종 전자파 차폐용 재료가 개발되고 있다.[4,5] 최근에는 무전해 도금법을 응용하여 일반 합성 섬유직물 표면에 고순도의 각종 금속 박막 층을 형성시켜, 고부가가치 의류제품 및 산업안전 및 인체 보호복으로서 기능성을 가진 첨단 의류소재가 개발되고 있다. 이와 같은 의류소재는 일반 합성직물의 표면을 금속화함으로서 직물소재로서의 특성을 유지하면서 전자파 차폐용 소재로서의 기능성을 가지게 된다. 통상 고분자 및 플라스틱 재료 위에 무전해 도금법에 의해 형성되는 금속 층은 수 $\mu\text{m}$ 에서 수십 $\mu\text{m}$ 두께의 박막으로 밀착력, 가공성 및 내구성 등이 문제점으로 남아있는 상태이며[6,10] 아직까지 습식 도금공정을 섬유 및 직물에 응용한 연구는 많이 알려져 있지 않으며, 처리 방법과 공정 조정이 까다로운 장치상의 난점으로 기술적인 연구가 진행되어야 할 부분이다.[11-13] 또한 금속 복합 층에 대한 직물의 구조와 형태에 따른 전자파 차폐효과와의 관계는 조사되어야 할 부분으로 남아있다. 따라서 본 연구에서는 PET 섬유표면에 무전해 도금법으로 구리 및 니켈 복합층을 형성시키고 그 형태 및 조성을 전자현미경사진(SEM-EDXS)로 확인하였다. 도금 후의 금속과 섬유간의 밀착강도를 측정하였으며 이렇게 제조된 금속화 섬유의 도전성 및 전자파 차폐성능을 평가하였다.

## 2. 실험

### 2.1 시료 및 시약

폴리에스테르 장섬유 부직포 및 Spun Bond 구조물 각 4종류를 시료로 사용하였다. 시료는 국산 주)KOLON 으로 제공받은 원단 제품을 정련 및 세정 후 사용하였다. 상세한 섬유 제품 규격은 Table 1에 나타내었다. 기타 무전해 도금용 시약은 일반 시판시약 1급 품을 사용하였다.

Table 1. Polyester samples used for electroless chemical plating

Type	Material	Weight (g/m <sup>2</sup> )	Thickness (mm)	Width(mm)	Density	
					warp	weft
Rip-Top	PET 100%	73 ±3	0.09 ±0.002	1060±5	144	107
T-290	PET 100%	80 ±3	0.1 ±0.002	1060±5	187	95
Mesh-130	PET 100%	27 ±3	0.08 ±0.002	1060±5	140	120
SB-50 (Spun Bond)	PET 100%	50	0.15	1000	-	-

### 2.2 무전해도금을 이용한 섬유직물 표면의 금속화

무전해 도금의 전처리공정으로 전보[6-8]에 준하여 정련 탈지감량하고 감응화, 촉매화 처리하였다.

무전해 도금 : 무전해도금은 일반적인 공정으로 알려진 함침법으로 처리하였다. 본 실험에서는 실험실 규모의 도금조를 이용하여 시료를 제조하였다. 본 실험에서 사용된 대표적인 무전해 구리 및 니켈 도금욕의 기본 조성은 다음과 같다.

a) 구리도금욕 조성: CuSO<sub>4</sub> · 5H<sub>2</sub>O 15g/L, EDTA · 4Na 45g/L, p-formaldehyde 15g/L, NaOH 적량 가하여 pH 12.5, 온도 60℃를 유지하면서 5분간 처리하였다.

b) 니켈도금욕 조성: 고순도의 니켈막을 얻기 위해서 산성욕에서 아인산나트륨을 사용하였다. NiSO<sub>4</sub>·6H<sub>2</sub>O 20g/L, KNaC<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub> 20g/L, 차아인산나트륨 5g/L, propionic acid 1ml/L, pH 5.0, 온도 60℃를 유지하면서 5분 간 처리하였다.

무전해 도금 후 형성된 금속 층의 두께는 섬유의 경우 도금후 중량 증가분을 측정한 후 순 구리금속의 밀도(d<sub>25℃</sub> 8.93) 및 니켈금속의 밀도(d<sub>25℃</sub> 8.845)로부터 산술 계산한 값을 상대 비교 값으로 하였다.

### 2.3 표면저항 및 체적고유저항치 측정

시료의 표면저항은 사용하여 측정하였으며 PET 섬유의 체적고유저항치는 다음의 식에 의해 계산하였다.[10]

$$\rho = R \times D / (9 \times 10^5) \times l \times d$$

여기서,  $\rho$ 는 체적고유저항( $\Omega \cdot \text{cm}$ ), R은 전기저항( $\Omega$ ), D는 점도(Denier), l은 측정시료 섬유장, d는 시료의 밀도(g/cm<sup>3</sup>)을 나타낸다.

## 2.4 금속과 섬유간의 계면 밀착성

금속층과 섬유직물간의 계면밀착력은 ASTM D 3359법에 따라 측정하였다. 계면밀착력은 5등급(최저 0B- 최고 5B)을 기준으로 상대 평가하였다.

## 2.5 전자파 차폐율 측정

전자파 차폐율은 ASTM D-4935-89법에 따라서 측정하였으며, 측정기기는 Tracking Generator(0.5-1500MHz, Hewlett Packard HP8444A-OPT 059), Spectrum Analyzer (Hewlett Packard HP8558B-OPT H98), Chamber(Electro-Metrics NFC 1000, FFC-1000)을 이용하였다.

# 3. 고 찰

## 3.1 무전해 도금 및 전자현미경 관찰

도금욕의 주성분은 금속염, 착화제 및 환원제이지만 이외에도 소량의 첨가제와 안정제를 함유하고 있다. 도금속도를 지배하는 주요 인자는 도금욕의 조성, 온도, pH 및 첨가제 등이지만 불순물에 의한 영향도 무시할 수 없는 것으로 알려져 있다. 본 실험에서는 일반적인 무전해도금법을 이용하여 구리/니켈 금속 이중층을 형성하도록 하였다.[6,7]

최종적으로 얻어진 구리/니켈 층을 EDXS로 측정한 결과를 Fig 1에 나타내었다. 함량의 비는 니켈함량 38-43%, 구리 함량 45-47% 이며 나머지는 인과 주석으로 구성된 금속 층으로 평균 두께 1.5-1.7 $\mu$ m로 측정되었다. Fig 2 과 3의 전자현미경 사진에 나타난 것처럼 PET mesh 구조의 섬유 표면(Mesh 130)과 PET 장섬유 부직포(SB-50) 위에 형성된 금속 층이 관찰된다.

## 3.2 계면 밀착강도, 도전성 및 전자파 차폐성

전자파 차폐효과는 반사손실, 차폐재 내부의 에너지 흡수로 인한 에너지 상실효과인 흡수손실, 그리고 다중반사 손실을 각각 더한 것이다.

Table 2 에 PET 장섬유로 구성된 시료를 종류 별로 그 특성을 정리하여 나타내었다. 장섬유 부직포(PET Spun Bond), 폴리에스테르 섬유 평직물, 폴리에스테르 130 mesh 망목구조 순으로 도전성 및 전자파 차폐율이 우수한 것으로 나타내었다. 섬유간의 공극이 적을수록, 직물의 밀도가 높을수록 전자파 차폐효과가 우수한 것으로 나타났다.

Table 2. The properties of PET samples chemically plated with Nickel and Copper.

Item Samples*	Average Thickness of the layer( $\mu$ m)	Surface Electrical Resistivity ( $\Omega \cdot \square$ )	Specific Electrical Resistivity ( $\Omega \cdot \text{cm}$ )	Shielding Efficiency. ** ( dB )	Interfacial Adhesion (ASTM 3359)
#(1) Mesh-130	1.5-1.7	0.06	$5 \times 10^{-3}$	55	4B-5B
#(2) T 290	1.5-1.7	0.05	$5.4 \times 10^{-4}$	65-78	4B-5B
#(3) Rip-Top	1.5-1.7	0.04	$4.8 \times 10^{-4}$	65-87	4B-5B
#(4) SB 50	1.5-1.7	0.035	$1 \times 10^{-4}$	80-83	4B-5B

\* The structure and composition of PET samples are shown in Table 1.

\*\*The average value of shielding efficiency is evaluated in the frequency range from 1MHz to 1GHz.

무전해 도금 후 구리/니켈 복합 금속 층과 합성 섬유간의 계면밀착력 4-5B, 측정 주파수 1 MHz - 1 GHz 범위에서 55 - 85dB의 전자파 차폐성능을 나타내었다. 가장 우수한 특성을 나타낸 시료는 장섬유 부직포(PET Spun Bond)형태로 무전해 도금 후 금속 층과 합성섬유간의 계면밀착력 4B-5B, 측정 주파수 1 MHz - 1 GHz 범위에서 평균 80 - 83 dB의 우수한 전자파차폐성능을 나타내었다.

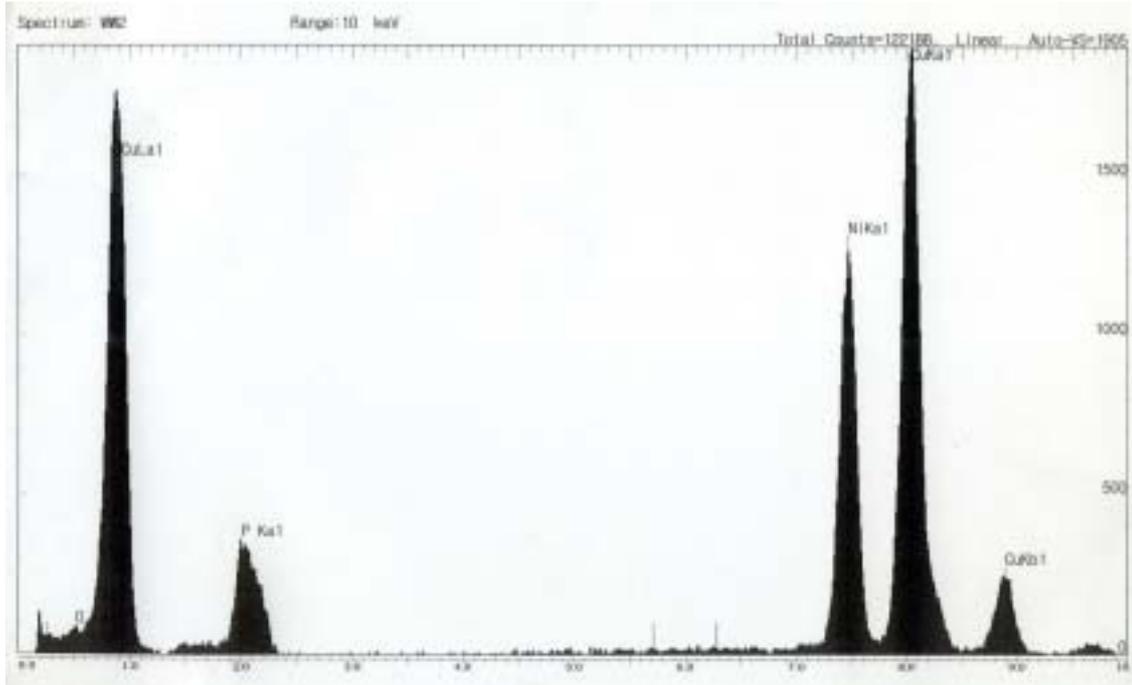


Fig.1 SEM-EDAX of Nickel and Copper metal plating layer on PET fiber

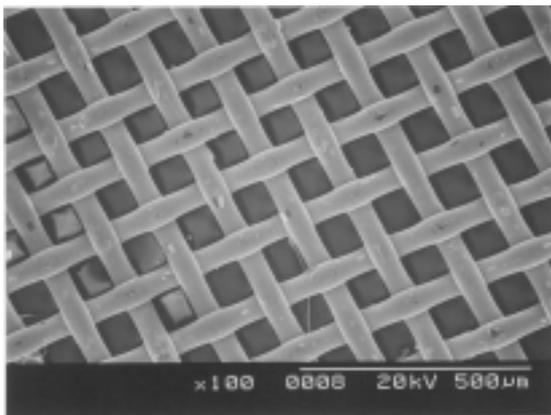


Fig 2. SEM of Nickel and Copper metal plated layer on PET mesh structure (# 130 mesh).



Fig 3. SEM of Nickel and Copper metal plating layer on Non-Woven PET samples (SB-50).

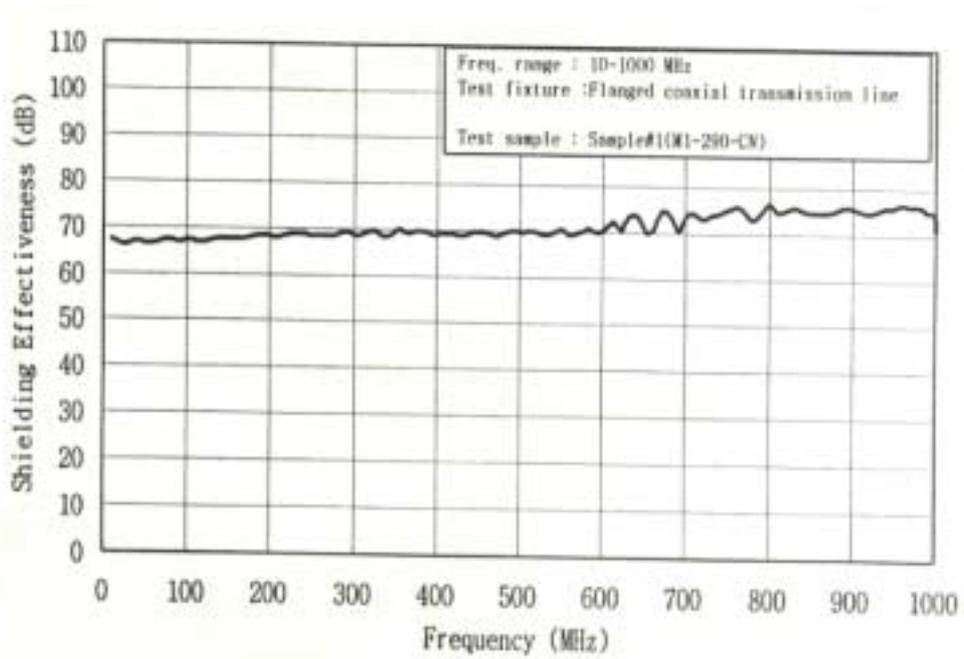


Fig 3. The shielding effectiveness of PET fabric(T-200) samples plating chemically with Nickel and Copper.

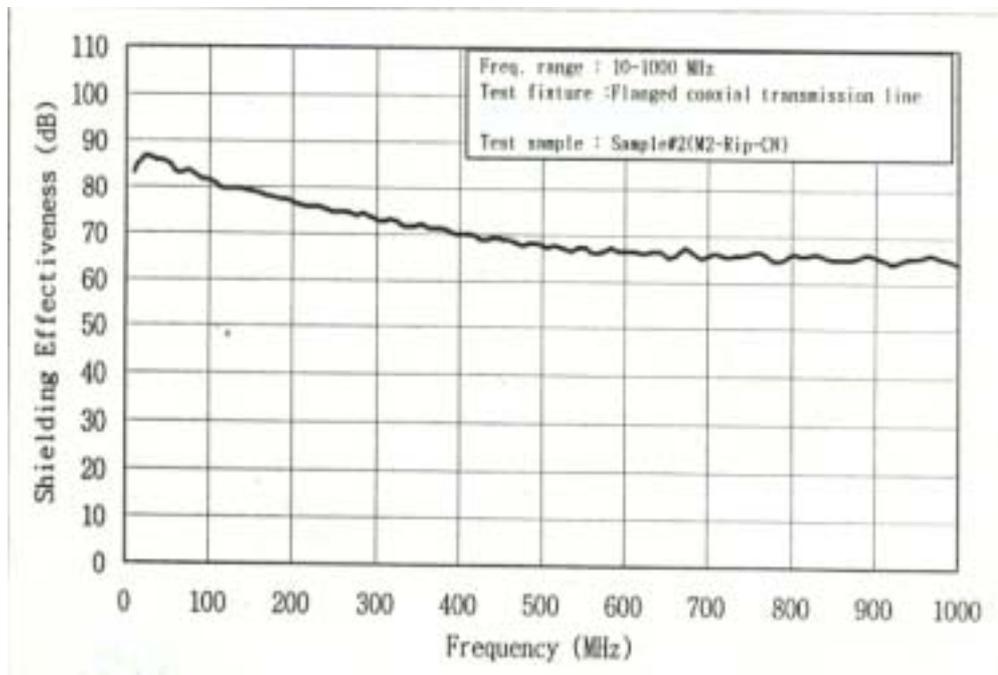


Fig 4. The shielding effectiveness of PET samples(Rip-Top) plating chemically with Nickel and Copper.

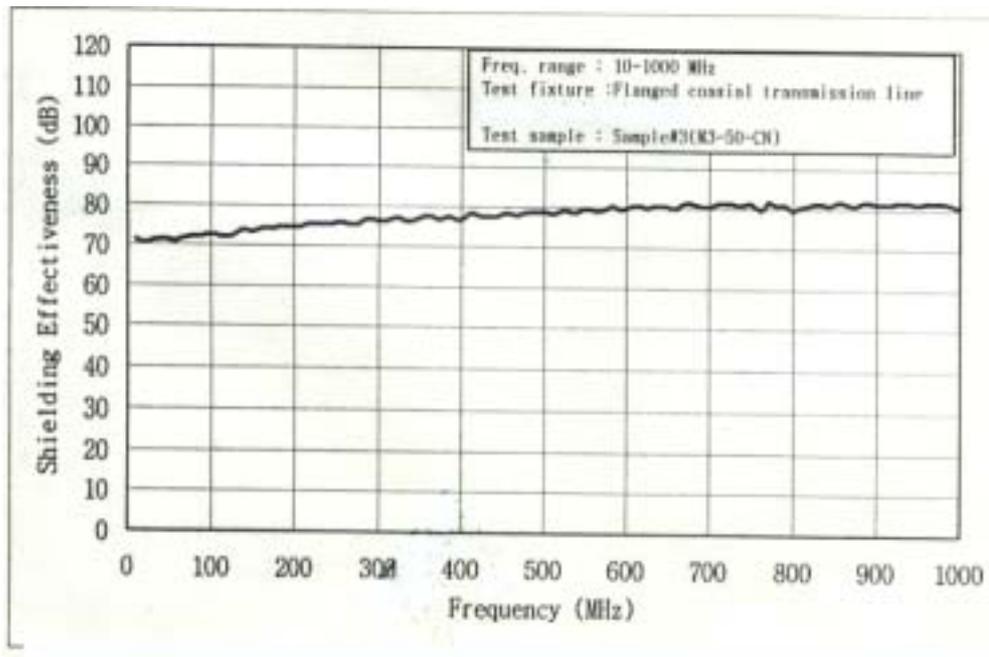


Fig 5. The shielding effectiveness of non-woven samples(SB-50) plating chemically with Nickel and Copper.

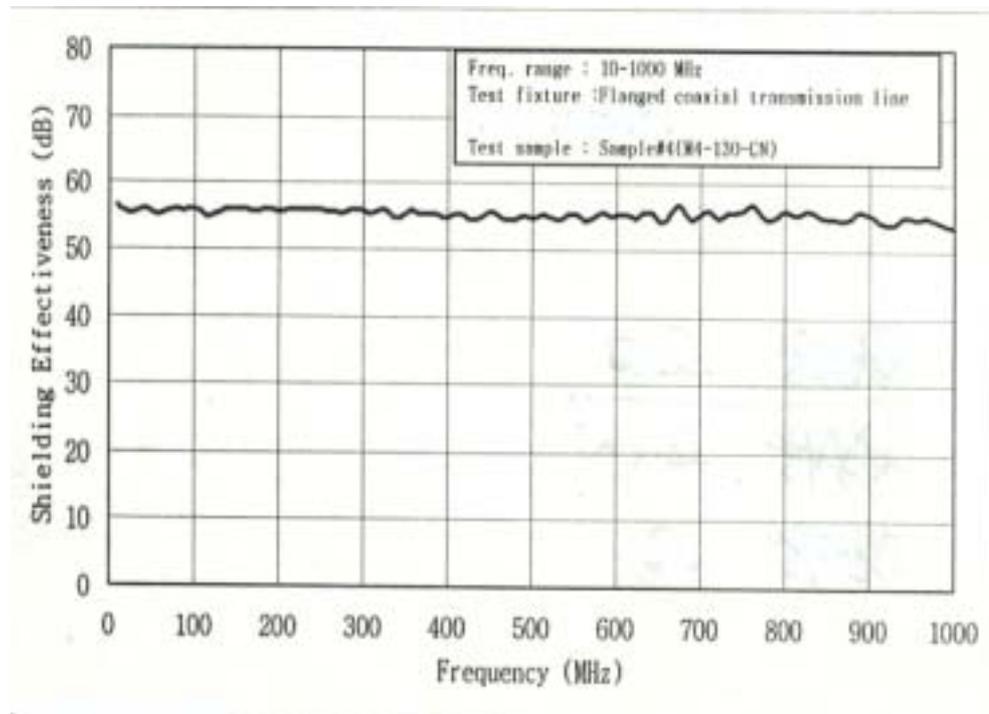


Fig 6. The shielding effectiveness of PET woven samples(Mesh-130) plating chemically with Nickel and Copper.

Fig 3 ~ 6 에 나타난 것처럼 PET 130mesh의 경우 PET 평직물 경우보다 차폐율이 낮은 것으로 나타났다. 장섬유 부직포 및 고밀도 직물 형태가 전자파에 대한 차단성이 우수한 것으로 나타났다. 전체적으로 전자파 차폐성은 직물 조직의 영향을 받는 것으로 나타났으며 직물의 은폐율이 클수록 유리한 것으로 나타났다. 즉 차폐효과는 직물의 구조에 따라 다른 것으로 나타났다. 그러나 단순히 직물의 조직 간의 공간 즉, 은폐율의 차이만은 아닌 것으로 보여진다. 조직간 미소한 공간이 있는 차폐 재료에서 차폐 재료의 공극(mesh) 지름과 차폐주파수 사이에는 상관관계가 있는 것으로 측정되었다.

#### 4. 결 론

전자파 차폐성을 가지는 금속화 섬유를 제조하기 위하여 무전해 도금법을 응용하여 조직과 밀도가 다른 PET 직물 및 부직포 표면에 고순도의 구리 및 니켈금속 박막 이중 층을 형성시키고, 무전해 도금후의 섬유의 조직 및 은폐율에 따른 전자파차폐성과의 관계를 조사한 결과 가장 차폐성이 우수한 시료는 장섬유 부직포 및 고밀도 직물 형태로 측정되었으며 무전해 도금후 금속층과 합성섬유 간의 계면밀착력 4B-5B, 측정 주파수 1MHz-1GHz 범위에서 평균 80dB의 전자파차폐성을 나타내었다. 전자파 차폐성은 직물의 조직 영향을 받는 것으로 나타났으며 직물 조직상 은폐율이 클수록 유리한 것으로 나타났다.

#### 참 고 문 헌

- 1) 中山續一, 倉形健一, “電磁波遮蔽資料, 電氣電磁材料 핸드ブック”, 朝創書店(1987)
- 2) 株)シーエムシー編, “新導電性樹脂の實際技術”, 株)シーエムシー刊,(1988)
- 3) 大林豊明 編, “電磁波材料と實際應用事例”, 株)シーエムシー刊,(1992)
- 4) 長谷川正, 工業材料(日), **34**(3), 85(1986)
- 5) 松本純一, 纖維機械學會誌(日本), **38**(9), 392(1985)
- 6) 金屬表面技術協會 編, “金屬技術講座 9券 無電解塗金”, 朝倉書店刊,(1968)
- 7) 金屬表面技術協會 編, “金屬技術便覽”, 6章-7章, 日刊工業新聞刊,(1976)
- 8) N. Hall(ed.), “Metal Finishing Guide Book and Directory-Metals and Plastics” Publication (42nd Annual ed.), p.532(1974).
- 9) 加工技術研究會(日)編, “機能性複合フィルム・シート”, 日本加工技術研究會 刊,(1989)
- 10) 日本 公開特許公報(A) 昭60-209085(1985)
- 11) M.Day and D.M.Willes, *J.Appl.Polym.Sci.*, **16**, 175(1972)
- 12) L.T.Nguyen et al, *J.Appl.Polym.Sci., Polym.Lett.Ed.*, **18**, 541(1980)
- 13) 千泰一, 韓國染色加工學會誌, **10**(2), 72(1998)