

## 대전방지처리된 물질의 정전기 대전특성에 관한 연구

### A Study on the Electrostatic Characteristics of the Materials Treated by Antistatic Additives

장영민\*·정재희\*·이관형\*\*·차영식\*\*·정춘기\*\*\*·이덕출\*\*\*\*  
Y. M. Chang·J. H. Chung·K. H. Lee·Y. S. Cha·C. K. Chung·D. C. Lee

#### ABSTRACT

There are many methods to move or reduce the static electricity which often causes disasters in industry, etc. The methods may include grounding of a potentially-charged body, use of antistatic materials, humidification of an atmosphere, use of static electricity eliminators. Among those methods, the one utilizing antistatic materials is widely used in the industrial fields due to its effectiveness and inexpensiveness.

In Korea, safety regulations and technical standards are not sufficient for applying to industrial fields as electrostatic disaster prevention measures due to the shortage of practically verified and reliable data.

The propose of this paper is to examine the electrostatic characteristics of the antistatic materials and non-antistatic ordinary materials under the various conditions of different temperature and humidity.

#### 1. 서 론

정전기는 전하의 공간적 이동이 적고 그것에 의한 자계의 효과가 전계에 비해 무시할 수 있을 만큼 적은 전기를 말한다.

정전기의 발생은 2종의 물체가 접촉을 하거나

마찰할 때, 충돌할 때, 박리될 때 발생하며, 또한 액체가 배관속을 흐를 때, 액체속에 용해되지 않은 기체가 혼입되어 이들이 떠오르거나 혹은 가라앉을 때, 고체가 파괴될 때, 액체가 분무할 때 등 정전기는 매우 다양한 형태로 발생한다<sup>1)</sup>.

이렇게 발생된 정전기는 산업현장에서 크고 작

---

\* 서울산업대학교 산업대학원  
\*\* 한국산업안전공단 안전보건연구원  
\*\*\* 국립공업기술원  
\*\*\*\* 인하대학교 전기공학과

은 장·재해를 일으키는 원인이 되는데, 석유화학 공장이나 정유 공장 또는 가연성 물질을 취급하는 공장에서는 이러한 정전기로 인하여 화재·폭발재해가 발생하며<sup>2)</sup>, 최근에는 반도체산업 및 전자산업이 발전함에 따라 IC 같은 반도체 부품등의 파괴 또는 성능저하를 초래한다. 또한, 이러한 정전기 발생은 산업용 로봇나 컴퓨터 시스템 등, 자동화 설비의 오동작을 유발시키는 원인이 되기도 하고, 종이나 필름 등의 각종 제품을 만드는 생산 공정에서는 정전기의 흡인, 반발작용에 의해 먼지가 제품 등에 부착되어 품질을 저하시킨다<sup>3)</sup>. 한편, 정전기가 다량으로 발생하는 공정에서는 정전기로 인한 쇼크가 작업자의 신경질환을 유발시켜 작업능률을 저하시키는 원인이 되기도 한다.

그러나 정전기 현상은 그 재현성이 어렵고 과학적으로 다루기 어렵기 때문에 과거에는 깊은 연구 대상이 되지는 않았지만, 근래에 와서 석유화학 산업 및 반도체산업 등이 급속도로 발전함에 따라 정전기의 발생으로 인한 장·재해가 증가하게 되었으며, 이를 예방하기 위한 연구에 많은 관심을 갖기 시작하였다<sup>1)</sup>.

정전기로 인한 장·재해를 예방하기 위하여 정전기가 많이 발생하는 기계·기구·설비에 대해 접지의 실시, 대전방지처리된 물질의 사용, 도전성재료의 사용, 가습처리, 제전기설치 등의 여러가지 방법이 사용되고 있다. 그중 물질에 대전방지처리를 하여 정전기를 억제시키는 방법은 가격이 싸고 성능면에서 우수하기 때문에 현재 산업현장에서 많이 이용되고 있으며, 대전방지제로는 금속, 금속산화물, 카본, 계면활성제 등이 있는데, 그중 계면활성제가 가장 많이 사용되고 있다<sup>4)</sup>.

이러한 대전방지제의 우수성에 대하여 石井保父<sup>5)</sup>는 “프라스틱의 대전방지기술”에서 프라스틱 재료는 일반적으로 정전기가 대전하기 쉬운 물질로서 프라스틱에 대전방지제를 첨가하여 프라스틱의 표면저항이 감소된 연구를 발표하여 대전방지제에 대한 우수성을 증명하였다.

우리나라의 경우 정전기의 장·재해를 예방하기 위하여 “산업안전기준에 관한 규칙”(개정 1994. 3. 29. 노동부령 제90호) 및 정전기 재해예방을 위한 기술상의 지침(제정 1993. 6. 19. 노동부고시 제 93-22호)을 제정하여 각 사업장에서 이 규정 및 지침을 준수하도록 되어 있다.

그러나, 현 기준 및 지침상에 명시된 정전기재해 예방 대책중 가습 부여에 대하여 정확한 검증이 실질적으로 이루어진 것이 별로 없는 실정이며, 또한 도전성 재료에 관한 용어 해설에는 카본브러쉬, 계면활성제 등 도전성을 높이기 위한 물질을 말한다고 설명하고 있어 대전방지제를 도전성 재료에 포함, 대전방지제에 대한 명확한 구분이 되어 있지 않아 산업현장에서 이 기준이나 지침을 적용하는데는 어려운 점이 있다.

따라서 본 논문은 대전방지 처리된 물질과 일반 물질간의 정전기 대전특성 및 온·습도변화에 따른 대전량의 변화, 그리고 상온에서의 정전기 완화특성 등을 실험을 통해 검토하였으며 이를 바탕으로 산업현장에서 정전기로 인한 장·재해 예방을 위한 적절한 안전대책을 제시하는데 그 목적을 두었다.

## 2. 실험 장치, 시료 및 방법

### 2.1 실험 장치

본 실험에 사용된 실험 장치로는 하전장치(Static Honestmeter, S-5109, shishido), 물질의 대전 전압을 측정하는 정전전압계(105 E. T. S, USA), 환경 분위기(온·습도) 조건을 일정하게 만들어 주는 항온항습기(THC-150S 열전자공업주식회사, 한국), 물질의 표면저항을 측정하는 표면저항기(RF-250, shishido, Japan), 각 물질에 대전되어 있던 정전기를 제거시켜 주는 송풍형 제전기(Shin Stst3,000, shishan Co, Korea) 및 정전기 완화 특성을 측정하는 Static decay meter(4060, E. T. S, USA)을 본 실험 장치로 사용하였다.

### 2.2 시료제작

본 실험에 사용된 시료는 대전방지 처리된 아크

Table 1 Size of specimens  
(width×length×thickness)

Specimens	Antistatic specimens	General specimens
Arcryl	50mm×50mm×5.00mm	50mm×50mm×5.00mm
Rubber	50mm×50mm×2.32mm	50mm×50mm×2.54mm
Film	50mm×50mm×0.22mm	50mm×50mm×0.19mm
Carpet	50mm×50mm×1.68mm	50mm×50mm×1.52mm
Sponge	50mm×50mm×5.21mm	50mm×50mm×5.10mm
Vinyl	50mm×50mm×0.06mm	50mm×50mm×0.06mm

릴, 고무, 필름, 카펫트, 스폰지, 비닐과 대전방지 처리가 안된 일반 아크릴, 고무, 필름, 카펫트, 스폰지, 비닐을 선정하였다. 각 측정용 시료에 대한 크기는 Table 1과 같다.

### 2.3 실험 방법

#### 2.3.1 표면 저항 측정

각 시료에 대한 표면 저항 측정 방법은 송풍형 제전기를 사용하여 시료 표면에 대전되어 있던 정전기 및 시료 주변의 정전기를 제거시킨 후 상온(온도 24℃, 상대습도 62%)에서 각 시료(크기 500mm×100mm)위에 표면 저항기의 측정 전극을 올려 놓고 1분이 지난 후에 시료의 표면저항을 측정하였다.

#### 2.3.2 상온에서의 물질의 정전기 대전 특성 측정

상온에서 대전방지처리 물질과 일반 물질들의 정전기 대전 전압을 측정하기 위하여 각 시료들을 알콜등의 세정제로 깨끗이 세척한 후 30분간 건조시켜 송풍형 제전기로 시료 표면에 대전되어 있던 정전기를 제거시킨 후 +9KV의 고압으로 2분간 코로나 대전을 시킨후 정전 전압계로 각 시료의 정전기 대전 전압을 측정하였다. 이 실험에 대한 결과치는 4회 조작을 행하고 그 평균치로 값을 정하였다.

#### 2.3.3 환경 변화에 따른 물질의 정전기 대전 특성 측정

환경 변화에 따른 물질들의 정전기 대전 전압을 측정하기 위하여 항온항습기를 이용하였다. 이때 실험에 사용된 물질들은 대전방지처리된 아크릴, 고무, 필름과 대전방지처리가 안된 아크릴, 고무, 필름을 사용하여 환경변화에 따른 정전기 대전 전압을 측정하였다.

환경 변화로서 온도는 20℃를 일정하게 유지하고 습도만 20%~80%까지 10%씩 변화를 주면서 습도 변화에 따른 각 물질들의 정전기 대전 전압을 측정하였으며, 또한 습도는 40% 및 70%로 일정하게 유지하고 온도만 -20℃~40℃, 10℃씩 변화시키면서 온도 변화에 따른 각 물질들의 정전기 대전 전압을 측정하였다. 실험방법은 위와 똑같은 방법으로 행하였다.

이 실험에 대한 결과치는 4회 조작을 행하고 그

평균값으로 하였다.

#### 2.3.4 정전기 완화 특성 측정

각 물질의 정전기 완화 특성을 측정하기 위하여 Static decay meter를 이용하여 상온(온도 20℃, 상대습도 60%)에서 시료에 5KV의 전압을 인가하여 정전기가 완전히 완화되는 시간을 측정하였다.

### 3.1 시료의 표면 저항 측정

고체 물질의 표면 저항은 정전기를 예방하는데 매우 중요하다. 예를 들면 마루의 표면 저항을  $10^6 \Omega/\square$ 이하로 유지하면 정전기가 물질 표면에 대전되는 것을 방지할 수 있다. 부도체의 표면 저항을 감소시키는 방법으로는 물질에 도전성 물질을 삽입한다든지, 도전성 도료를 칠하면 물질의 표면 저항을 감소시킬 수가 있다.

Table 2는 이 실험에 사용된 물질들의 표면 저항을 상온(온도 24℃, 상대습도 60%)에서 측정하여 나타낸 것이다.

Table 2 Surface resistance of the materials

(unit : MΩ/□)

Specimens	Antistatic materials	General materials
Arcryl	2.85	∞
Rubber	26.00	∞
Film	0.07	∞
Carpet	0.05	∞
Vinyl	23.00	∞
Sponge	0.40	∞

현재 산업안전 기준에 관한 규칙 및 정전기재해 예방을 위한 기술상의 지침에서는 도전성 재료를 사용하는 것에만 포괄적으로 명시가 되어 있으나 대전방지처리된 재료의 사용에 대하여는 인체에 대전되는 정전기를 예방하기 위하여 정전기대전방지용 안전화 착용 및 제전복 착용, 제전 용구 사용 등을 제외하고는 명시가 되어 있지 않아 대전방지 처리된 물질 사용에 대하여도 명확하게 명시하는 것으로 현행 규칙 및 지침이 개정되어야 한다고 생각된다.

### 3.2 상온에서의 대전특성

온도 33℃, 상대습도 57%의 상온에서 대전방지 처리 물질과 일반물질을 정전기 하전장치로서 +

9KV의 직류 고압을 인가한 후 대전전위를 측정하  
결과, Table 3과 같이 나타났다.

Fig. 1은 대전방지처리 물질과 일반물질을 +전  
극으로 대전시켜 대전 전압을 비교한 그래프로서  
카펫트인 경우에는 일반 카펫트가 6.13KV이며,  
대전방지처리된 카펫트는 0.08KV로 나타나 일반  
카펫트가 대전방지처리된 카펫트보다 약 70배 정  
도 높게 나타났으며, 필름인 경우 일반 필름이  
33KV, 대전방지처리된 필름은 0.06KV로 나타나  
일반 필름이 대전방지처리된 필름보다 약 550배나  
높은 것으로 나타났다. 따라서 대전방지처리된 물  
질은 일반 물질보다 정전기의 대전이 훨씬 낮게 된  
다는 것을 알 수 있다.

Table 3 Electrostatic charged voltage of materials  
(unit : KV)

Specimens	Antistatic materials		General materials	
	(+)charge	(-)charge	(+)charge	(-)charge
Acryl	0.06	0.050	14.50	-21.50
Rubber	0.08	0.050	5.50	-16.63
Film	0.06	0.070	33.00	-7.25
Carpet	0.08	0.050	6.13	-1.75
Vinyl	0.07	0.075	7.25	-8.87
Sponge	0.08	0.040	11.00	-15.63

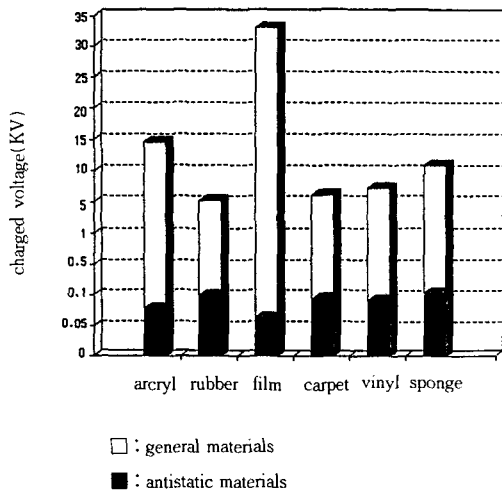


Fig. 1 Electrostatic voltage of materials

### 3. 실험 결과 및 고찰

#### 3.3 환경변화에 따른 정전기 대전 특성

##### 3.3.1 온도변화에 따른 고체물질의 대전특성

Table 4와 Fig. 2는 고무, 아크릴, 필름의 대전  
방지처리된 것과 대전방지처리가 안된 물질들을  
향은 흡습조를 이용하여 습도를 40% 일정하게 유  
지하고 온도 -20°C~40°C까지 10°C씩 증가시키면  
서 각 물질들의 정전기 대전 전압을 나타낸 것이  
다.

여기에서 대전방지처리된 물질들은 온도의 변화  
에 따른 대전 전압은 극히 적게 나타났으나 일반물  
질인 경우, 온도 20°C 이상에서 정전기의 대전 전  
압이 급격하게 상승되었다. 여기에서 일반 물질이  
온도 20°C 이상에서 정전기의 대전 전압이 높게 나

Table 4 Dependence of electrostatic charged voltage  
on temperature(humidity 40%) (unit : KV)

Specimens	Temperature	-20°C	-10°C	0°C	10°C	20°C	30°C	40°C
		Rubber	Antistatic	0.025	0.030	0.050	0.080	0.085
	General	1.900	2.050	2.300	8.300	10.900	10.750	11.000
Acryl	Antistatic	0.013	0.015	0.025	0.032	0.033	0.050	0.050
	General	3.000	3.250	2.650	6.250	16.100	20.300	21.000
Film	Antistatic	0.020	0.025	0.050	0.080	0.090	0.09	0.090
	General	0.800	1.100	1.600	2.500	14.250	17.750	18.000

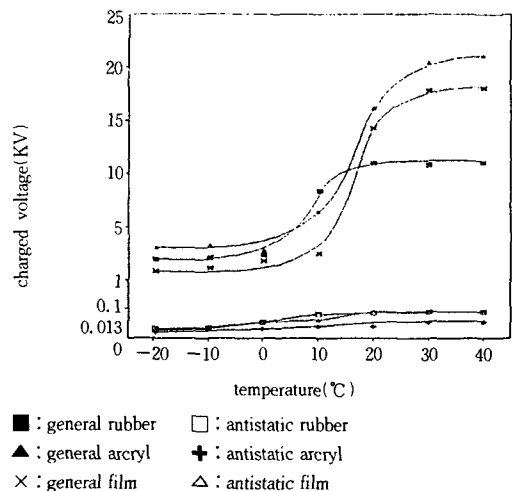


Fig. 2 Dependence of electrostatic voltage on  
temperature(humidity 40%)

타난 이유는 물질 표면상에서의 공간전하의 이동도 및 활성화에너지가 상승하여 대전전압이 상승한 것으로 생각된다.

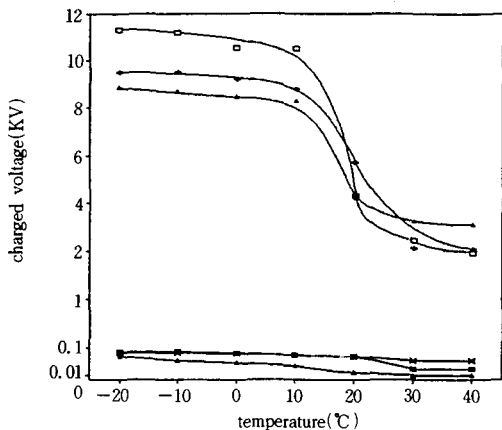
Table 5와 Fig. 3은 습도를 70% 일정하게 유지하고 온도 -20°C~40°C까지 10°C씩 증가하면서 각 물질의 정전기 대전 전압을 나타낸 것이다.

여기에서 대전방지처리된 물질들은 온도의 변화에 따라 대전 전압이 적게 나타났으나 일반물질인 경우에는 온도 20°C 이상에서 정전기의 대전 전압이 적게 발생하였다.

따라서, 습도를 40% 일정하게 유지하면서 온도를 변화시킨 것과, 습도를 70% 유지하면서 온도를 변화시킨 것을 비교하여 보면, 습도 40%일 때는 온도가 낮을수록 정전기의 대전 전압은 적고,

Table 5 Dependence of electrostatic charged voltage on humidity(humidity 70%) (unit : KV)

Specimens	Temperature	Humidity						
		-20°C	-10°C	0°C	10°C	20°C	30°C	40°C
Rubber	Antistatic	0.090	0.090	0.087	0.080	0.075	0.030	0.030
	General	9.500	9.500	9.200	8.820	5.750	2.130	2.100
Acryl	Antistatic	0.073	0.062	0.053	0.043	0.018	0.010	0.010
	General	11.300	11.200	10.540	10.500	4.300	2.450	1.900
Film	Anstatic	0.087	0.087	0.085	0.080	0.075	0.060	0.060
	General	8.850	8.700	8.500	8.300	4.200	3.240	3.100



+ : general rubber    ■ : antistatic rubber  
 □ : general acryl    △ : antistatic acryl  
 ▲ : general film    × : antistatic film

Fig. 3 Dependence of electrostatic voltage on temperature(humidity 70%)

온도가 높을수록 정전기 대전 전압은 높게 발생하였으나, 습도 70%일 때는 온도가 낮을수록 정전기 대전전압은 높게, 온도가 높을수록 정전기 대전 전압은 낮게 나타남을 알 수가 있었다. 따라서, 향후 온도 변화에 대한 정전기 대전 전압에 대해서는 좀 더 구체적인 연구가 필요하다고 생각된다.

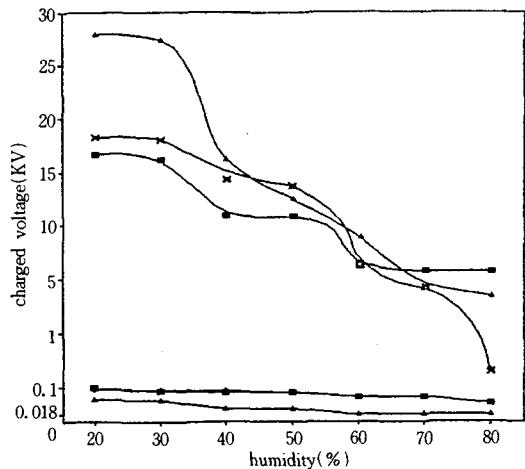
또한 본 실험으로 볼 때, 제품 및 생산공정상에 영향이 없는 한 습도 70%, 온도 20°C 이상 유지하는 것이 정전기 예방에 가장 좋은 환경 조건이라는 것을 알 수가 있었다.

3.3.2 습도변화에 따른 고체물질의 대전 특성

Table 6과 Fig. 4는 고무, 아크릴, 필름의 대전 방지처리된 것과 대전방지처리가 안된 것에 대해

Table 6 Dependence of electrostatic charged voltage on humidity (unit : KV)

Specimens	Humidity	Temperature						
		20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%
Rubber	Antistatic	0.100	0.095	0.085	0.085	0.070	0.075	0.050
	General	16.650	16.000	10.900	10.850	6.350	5.750	5.650
Acryl	Antistatic	0.082	0.060	0.033	0.033	0.018	0.018	0.018
	General	27.850	27.400	16.100	12.500	8.850	4.300	3.350
Film	Antistatic	0.095	0.092	0.090	0.085	0.070	0.075	0.050
	General	18.250	18.100	14.250	13.700	6.250	4.200	0.250



■ : general rubber    □ : antistatic rubber  
 ▲ : general acryl    △ : antistatic acryl  
 × : general film    + : antistatic film

Fig. 4 Dependence of electrostatic charged voltage on humidity

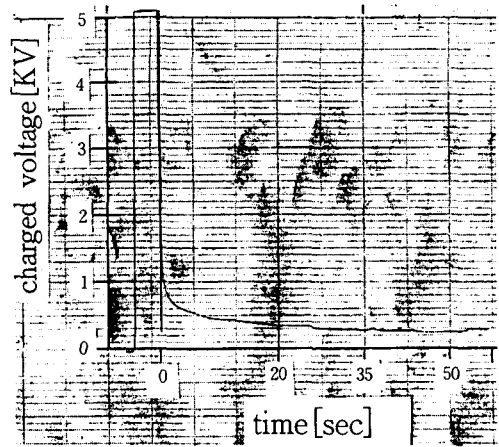
여 항은 항습조를 이용하여 온도를 20℃ 일정하게 유지하고 습도 20%~80%까지 10%씩 습도를 증가시키면서 각 물질들의 정전기 대전전압을 나타낸 것이다.

여기에서 대전방지처리된 물질들은 습도 변화에 따라 정전기의 대전전압의 변화는 극히 적게 나타났으나, 일반 물질들은 습도가 낮을수록 정전기의 대전 전압은 높아지며, 습도가 60% 이상일때 급격하게 감소하는 것을 알 수가 있어 정전기의 발생은 습도의 영향을 받는다는 것을 증명할 수 있었다.

### 3.4 물질의 정전기 완화 특성

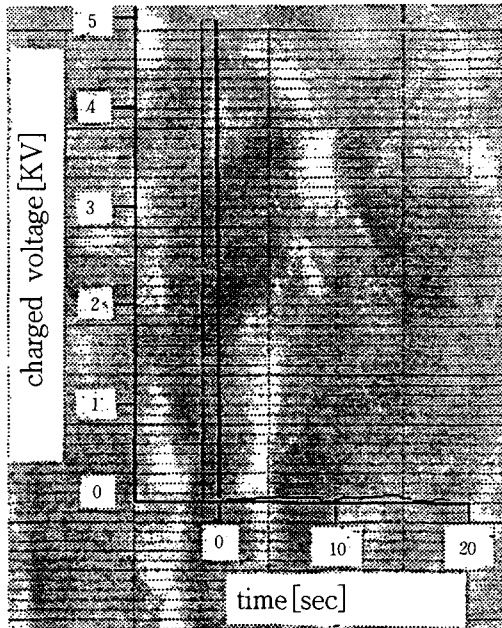
대전방지처리된 고무와 카펫트, 대전방지처리가 안된 고무와 카펫트의 정전기 완화특성을 조사하기 위하여 Static decay meter를 이용하여 상온(온도 20℃, 상대습도 60%)에서 물질에 +5KV의 전압을 인가하여 정전기가 완전히 완화될 때까지의 시간을 조사하였다.

Fig. 5는 대전방지처리된 고무와 일반고무의 정전기가 완화되는 시간을 측정하여 나타낸 것이며,

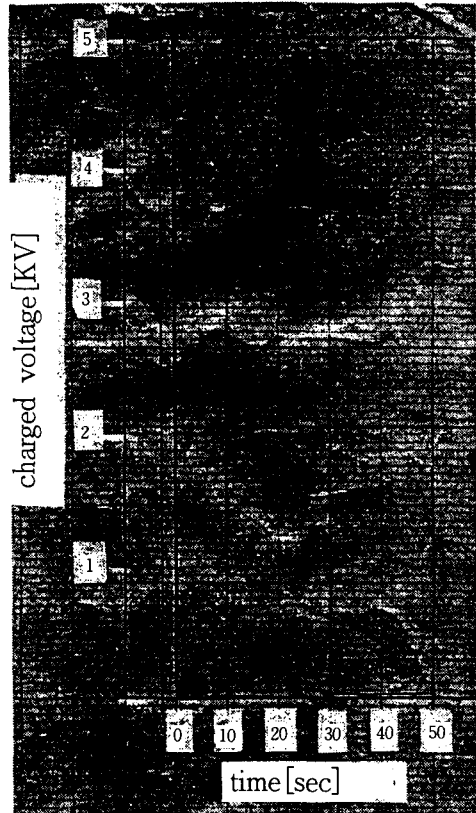


(General rubber)

Fig. 5 Electrostatic relaxation rubber



(Antistatic rubber)



(Antistatic carpet)

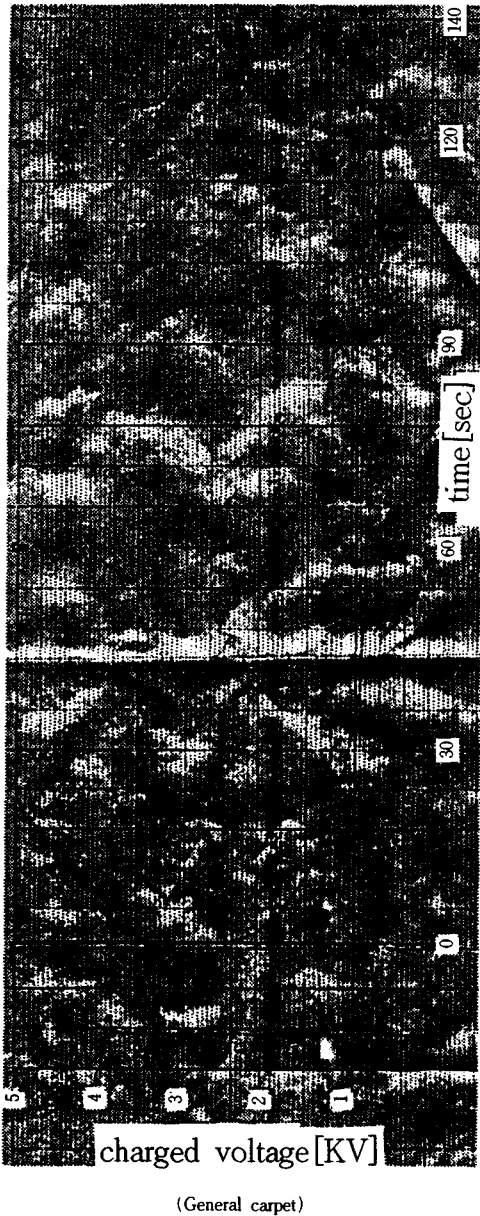


Fig. 6 Electrostatic relaxation carpet

Fig. 6은 대전방지처리된 카펫트와 일반 카펫트의 정전기 완화 시간을 측정하여 나타낸 것이다.

여기에서 대전방지처리된 고무와 카펫트는 정전기가 0%까지 완화될 때까지 걸린 시간은 0.01초로

나타났으나, 일반 고무는 대전전압이 500V까지 완화하는데 걸리는 시간이 약 60초 이었으며, 일반 카펫트의 정전기 완화시정수는 약 7초로 나타났다. 따라서 정전기의 완화는 대전방지처리된 물질이 일반 물질보다 더 빠르게 진행된다는 것을 알 수가 있었다.

#### 4. 결 론

대전방지처리 물질과 처리되지 않은 일반 물질에 대하여 환경 변화에 따른 정전기의 대전 특성과 상온에서의 정전기 완화 특성을 비교 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 상온(온도 33℃ 습도 57%)에서 각 물질에 대한 정전기 대전전압을 측정한 결과 대전방지처리된 물질이 일반물질보다 대전전압이 수십배 내지 수백배 낮은 것으로 나타났다.
- 2) 온도변화에 따른 물질의 정전기 대전전압을 측정한 결과 대전방지처리된 것은 온도의 변화에 관계없이 적게 발생하였으나, 대전방지처리가 안된 물질은 습도 40%를 부여하여 실험을 하였을 때, 온도 +20℃ 이상에서 정전기의 대전전압이 높게 발생하였으나, 습도 70%에서는 적게 발생하여 정전기는 습도가 높고 온도가 높을때 정전기는 적게 발생하고 습도가 높더라도 온도가 아주 낮을 때에는 정전기 발생량이 증가한다는 것을 알 수가 있었다. 따라서 정전기 예방에 가장 좋은 환경 조건은 습도 70%, 온도 20℃로 나타났다.
- 3) 습도 변화에 따른 물질의 정전기 대전전압을 측정한 결과 대전방지처리된 것은 습도 고, 저에 관계없이 적게 발생하였으나, 대전방지처리가 안된 물질은 습도가 낮을수록 물질의 대전전압은 높게, 습도가 높을수록 물질의 대전전압은 낮게 발생하여 일반물질들은 습도가 정전기 발생에 큰 영향을 미친다는 것을 알 수가 있었다.
- 4) 상온(온도 20℃, 상대습도 60%)에서 각 물질의 정전기 완화(0V까지) 시간을 측정한 결과 대전방지처리된 물질은 0.01초로 나타났으나 일반물질인 경우 고무는 60초 이었고, 카펫트는 정전기 완화시정수는 7초로 나타났다. 따라서 정전기의 완화는 대전방지처리된 물질은 일

반 물질보다 더 빠르게 진행된다는 것을 알 수가 있었다.

- 5) 정전기 장·재해의 위험성이 있는 생산 공정상에서는 정전기 장·재해를 예방하기 위하여 정전기 발생량이 큰 일반물질 사용을 억제하고 대전방지처리된 물질을 사용하는 것이 정전기 예방을 위한 효과적인 방안이라고 생각된다.
- 6) 따라서, 산업안전기준 및 정전기 예방을 위한 기술상의 지침에 도전성재료 사용에 대한 내용은 포괄적으로 명시가 되어 있지만, 대전방지처리된 물질을 사용한 장·재해 대책이 명시되어 있지 않으므로<sup>6)</sup> 이에 대해서도 명확하게 명시되도록 현행 규칙 및 지침이 개정되어야 한다고 생각한다.

## 참 고 문 헌

- 1) 월간전기, 정전기 재해, 장애방지(1), 5월호, pp. 42~44, 1992.
- 2) M. Mitral, B. K. Guha, Industrial Fires and Explosions due to Electrostatic Ignition, Chem. Eng. Technol. Vol. 16, p. 325, 1993.
- 3) 기계기술, 정전기 방지 기술과 대책, 8월호, p. 78, 1993.
- 4) 宮本憲興, 帶電防止劑의 現狀, 靜電氣學會誌, Vol. 11, No. 3, p. 158, 1987.
- 5) 石井保父, 프라스틱의 帶電防止技術 靜電氣學會誌, Vol. 17, No. 6, p. 404, 1993.
- 6) 동화기술사, 산업안전관계법규, p. 125, 1993.