

# 정전기, 재해 예방 대책 및 제거

## - 목 차 -

1. 정전기 재해 방지를 위한 접지
2. 도전성 향상에 의한 대전 방지
3. 도전성 재료의 활용
4. 제 전

(주)에너콘엔지니어링  
(기술영업부)

차장 이 명 훈

정전기 재해의 예방은 정전기의 발생을 가능한한 억제하고 발생전하를 축적시키지 않아야 한다.

이를 위해서는 첫째로, 정전기 발생원을 막고, 발생하는 전하를 예측하며, 둘째는 대전물체의 전하축적의 가능성을 연구하고, 셋째는 방전을 일으키는 물리적 조건이 있는지를 검토한다.

전하가 축적되는 경우에는 그것에 의해 생기는 전계가 위험성 방전이 되는지의 여부를 방전의 형태로 분류해서 예측한다.

### 1. 정전기 재해방지를 위한 접지

일반적으로 대전한 물체에서 전하를 누출시키는 경우, 필터나 대형탱크 등 특별한 경우를 제외하고는 정전기 대전에 의해 접지용 도선에 흐르는 최대전류는  $\mu A$  정도로 극히 작으므로 순수하게 정전기만을 대상으로 접지하게 되면 접지저항의 값은  $10^6 \Omega$  이하이면 가능하다고 생각하고 있으나 보통은  $10^3 \Omega$  이하로 해 주는 것이 안전하다.

그러나 정전기 대책용 접지의 대상물이 전동기 등의 전기기계, 기구인 경우에는 전력회로에서 누전에 의한 위험을 고려하여  $100 \Omega$  이하의 낮은 값의 접지를 하고, 또 석유탱크의 접지는 번개또는 천둥에 의한 유도전류의 발생을 고려하여 수  $\Omega$  이하의 접지저항으로 억제해 대전전위의 상승을 막

아야 한다.

### 1) 고정용 설비기기 등의 접지

고정대상물에 대한 접지용 또는 본딩용 도선의 접속은 용접, 납땜 또는 나사 등에 의하고 그 대상물의 접촉면은 도료등의 부착으로 절연되지 않도록 특히 주의한다.

### 2) 이동식 기기 및 가동부품의 접지

이동식 도전성 기기나 차량에 대전될 가능성이 있는 경우는 도전성 차륜을 사용한다.

접지단자를 연결하거나 분리할 때는 가능한 한 폭발성 분위기가 아닌 안전한 장소에서 하는 것이 바람직하다. 예를 들면 탱크로리의 수송물질의 입출구 가까이에서 접지단자를 연결 및 분리하는 것은 위험하다.

작업에 따라 대전될 가능성이 있는 용기 등의 취급은 접지된 작업대 위에서 하는 것이 좋고, 접지되어 있지 않는 장소에서 작업하는 경우는 사전에 접속기구를 사용해서 용기를 접지하고 작업한 후 일정시간이 경과한 후에 접지단자를 떼는 것이 바람직하다.

폭발성 분위기가 존재하는 장소에서 기기의 이동이 수반되는 작업을 할 경우에는 기기의 누설저항을 항상 작게 할 필요가 있어 작업대의 재료에 도전성 매트를 사용해서 기계를 접지하거나 작업대에 가슴이나 물을 뿌려 도전성을 높여야 한다.

### 3) 액체 취급시의 접지

석유류의 급유중, 수송중, 교반 및 셸플링 등의 작업중에 정전기 방전에 의한 화재폭발이 자주 일어나므로 호스, 노즐 등 전기적으로 절연된 금속도체들은 대전에 의한 착화성 방전을 발생할 가능성이 크므로 접지할 필요가 있고, 이송용 배관 등은 플렌지 부분에서 확실히 본딩시켜 접지하여야 한다. 또한 고무호스 등 절연성 파이프에 금속제 노즐이 접속되어 있는 경우는 확실히 접지하여야 하고, 금속제 기기 등에 호스로 급유하는 경우에는 노즐을 용기벽에 접지한 후에 급유를 시작하고 급유가 끝나면 정지시간을 둔 후에 노즐을 분리한다.

### 4) 인체의 접지

인체는 구두 등에 의해 바닥과 절연되어 있는 경우 작업에 의한 의복의 마찰, 바닥과의 마찰 및 정전유도에 의해 대전되게 되는데, 인체의 대전은 현저히 높게 될 가능성이 있고, 그 결과 도체의 장치 등에 가까이 있을 때 불꽃방전이 발생하여 폭발성 혼합기나 화약 등의 폭발물에 착화하여 화재폭발을 일으키거나 I. C 등의 반도체 소자 등의 기능을 파괴하여 부품을 불량화시키고 이를 이용한 컴퓨터 전자 교환기 등의 오동작 및 동작불능 상태를 유발할 수 있으므로 인체에 정전기 접지를 하는 것이 필요하다.

인체의 접지는 절연성 페인트, 작업대재

료, 구두, 의류 및 의자 등에 의하여 무효화되지 않도록 주의해야 한다. 일반적으로 인체의 정전기를 제거하기 위하여 WRIST STRAP을 사용하는데, 이 제품은 도전성 섬유인 band에 어스선을 연결시켜 정전기를 제거한다. 역류전류로 shock을 받을 경우에 대비하여 스냅내에 1MΩ의 전류제한용 저항이 내장된다.

## 2. 도전성 향상에 의한 대전방지

플라스틱이나 합성섬유의 대전방지에 가장 보편적으로 사용되는 방법은 대전방지제를 첨가하거나, 탄소와 금속분 및 반도체를 첨가하거나 도포하고, 또는 금속과 반도체를 증착하는 방법 등을 통하여 도전성을 부여하므로써 대전된 전하를 누설시키는 방법이다.

일반적으로  $10^{14} \sim 10^{20} \Omega$  정도인 플라스틱 및 섬유제품의 표면고유 저항을  $10^{10} \sim 10^{12} \Omega$ 으로 낮추면 대전성은 극히 적게 되는 것으로 알려져 있다.

### 1) 외부용 일시성 대전방지제

알킬황산 에스테르나 알킬인산 에스테르와 같은 아이온형 활성제는 값이 싸고 저독성이기 때문에 섬유의 프로세스용에 자주 사용되고, 특히 인산에스테르형은 폴리에스테르(비스코스) 및 나이론 등에 효과가 있으며, 섬유에 대한 균일, 부착성이 우수하고 열안정성도 양호하다.

카치온 형 계면활성제는 대전방지효과가 높은 반면에 비교적 고가이고 피부장해 및 섬유용으로 사용될 때 염색견고도의 저하에 대한 주의가 필요하다.

내열성 면에서는 아이온형보다 떨어지나 유연성이 좋으므로 아크릴 섬유용으로 많이 사용되고 있다.

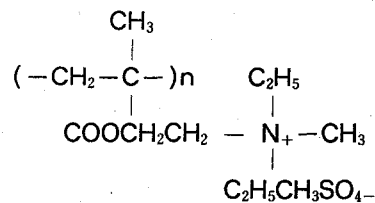
비이온 활성제는 단독사용으로는 효과가 적지만 열안정성이 우수하고, 아이온산, 카치온산, 무기염과 병용하면 대전방지효과를 개선할 수 있다. 양성형 활성제의 대전방지효과는 카치온산 활성제와 같이 대단히 뛰어나고 특히 베타인 형의 효과가 크다.

### 2) 외부용 내구성 대전방지제

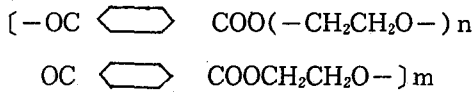
일시성 대전방지제는 세탁과 드라이크리닝으로 거의 효과를 잃기 때문에 최종제품의 대전방지에는 내구성이 있는 고분자수지상의 대전방지제가 있는데 몇가지 예를 들어 보기로 한다.

#### ① 아크릴산 유전체

폴리디에틸 아미노에틸메탄 글리렌드, 디메틸황산 4급 화합물



#### ② 폴리에틸렌 글리콜과 텔레프타드산의 폴리에스테르



위 제품의 특징은 매우 적은 양으로 간단한 적용에 의하여 플라스틱 재료의 우수한 도전성을 공급한다. 오랜 시간 도전성을 지속함으로써 매우 경제적이다.

다른 형식으로 코팅된 표면을 닦아낸다 할지라도 그 효과는 남아 있다. 건조시키기가 쉽고, 쉽게 작업할 수 있고 투명성이다.

이 제품은 폴리비닐 클로라이드로 만든 IC나 LSI 캐리어 케이스에 코팅하여 정전기에 의한 재장해를 방지한다.

### ③ 내부 대전방지제

내부용 대전방지제는 플라스틱이나 섬유의 성형시 미리 첨가하여 사용하는데 가공성 및 내열성 외에 수지와 적당한 상용성을 갖는 것이 필요하다.

상용성이 나쁜 것은 표면이 늘어날 때에 가공성에 나쁜 영향을 미치고 내구성도 불량하게 된다.

이러한 이유로 수지의 종류에 따라 조성을 변경한 여러가지 대전방지제가 개발되어 있다. 폴리에틸렌 섬유를 보면 폴리에틸 세그먼트와 폴리에틸 폴리에스테ルの 플로그 공동 중합체를 프린트 함으로써 고유저항을  $10^{10}$ 에서  $10^{12}$  정도로 낮추는 것이 가능하다.

대전방지제를 식품포장재나 기구 등에 사용할 때는 독성문제가 주의가 필요하고, 특

히 내부용 대전방지제는 포장의 내용물 등에 녹아나올 위험이 있기 때문에 그 독성에 관해서는 최대의 주의가 필요하다.

대전방지제 중에는 비이온계와 양성계는 비교적 독성이 적지만 아이온과 카치온에 속하는 아민과 인계의 것은 독성이 크다. 미국에서는 FDA 규격에서 식품포장용으로 사용가능한 대전방지제는 인가제도를 시행하고 있고 첨가량을 포함해 엄격한 규제가 시행되고 있다.

FDA에서 허가하고 있는 대전방지제로서는 알킬아인산화 에틸렌 첨가제, 알킬페놀산화 에틸렌 첨가제, 유지산의 디이소프토펜놀아미드 및 스테아린산의 폴리에틸렌 글리콜에스테르 등이 있다.

## 3. 도전성 재료의 활용

도전성 재료를 구조적으로 분류하면 분산계와 적층계로 나뉘어지고, 이용법에 의해 분류하면 누설에 의한 대전방지와 공기중 방전에 의한 대전방지로 나뉘어진다.

### 1) 분산계 도전 재료

도전원리는 입자상, 섬유상의 도전성 분산체가 상호 직접 접촉에 의하여 전류가 흐르는 경우와 도전성 분산체의 직접 접촉만이 아닌 절연박막간의 터널 효과에 의해서도 전류가 흐르는 두 가지가 있다.

#### ① 카본블랙 분산계

가격이 저렴하고 성능 및 가공성이 우수한 도전재료이기 때문에 가장 광범위하게 사용되고 있으며 이것은 아세틸렌과 천연가스 및 기름 등의 유기화합물을 고온으로 가열, 탄화함으로써 체적고유저항이  $10^{-1} \sim 10^9 (\Omega \cdot \text{cm})$  범위의 도전성 재료가 생성된다. 사용되는 분야는 천연고무, 가소고무, 부타디엔고무, 폴리에틸렌, 폴리스틸렌, 폴리염화비닐 및 나이론 등으로 카본블랙의 혼합율을 조정해서 체적고유저항이  $10^{-1} \sim 10^9 (\Omega \cdot \text{cm})$ 의 도전성이 얻어진다.

## ② 금속분산계

체적고유저항이  $10^{-5} \sim 10^{-2} (\Omega \cdot \text{cm})$ 로 비교적 낮으나 외력의 기계적 강도면에서 외력의 저항에 약하고 또 금속표면의 점차적으로 산화되어 입자간의 접촉저항이 증대되어 재료가 노화되는 결점이 있다.

### 2) 적층계 도전재료

플라스틱 코팅법은 표면을 예칭한 후에 Au, Pt, Pd, Ag 등의 귀금속액을 주어 화학환원제를 포함한 무전해 코팅액 중에 침투시키는 것으로 니켈, 은, 동 등의 무전해 코팅이 섬유대전 등에 일부 사용된다.

또한 증착법은 투명성이 요구되는 대전방지재료로 사용되고 있고 증착재료는 금 등의 귀금속계와 산화인듐 등의 산화물계가 있다.

### 3) 공기 중의 방전에 의한 대전방지

대전된 물체의 가까이에 도전성의 가선을 접근시키면 코로나 방전이 일어나고 이 때 공기가 전리되어 전리된 이온이 극성이 다르게 대전된 정전기와 만나서 과부족 전하를 주고, 받음으로써 정전기가 제거되는데 이러한 자기방전 작용을 이용해서 도전성 섬유의 대전방지법 및 각종 섬유 제품의 대전방지에 이용된다.

도전성 섬유는 장섬유 및 단섬유 등 각종의 형태가 있고, 도전성 섬유의 혼입율은 0.01~1% 정도로 극히 적은 양이고 이들을 혼입함으로써 섬유 제품의 대전전위가 감소한다.

#### ① 도전성 섬유의 응용

도전성 섬유는 정전작업의 무진, 무균의 카페트, 산업용 자재 등에 이용되고 있다. 정전작업의는 가연성 혼합기체가 발생할 우려가 있는 작업장에서 의복의 대전에 의한 착화를 방지할 목적으로 사용하고 있다.

#### ② 방폭작업의

방폭작업의는 가연성 혼합기의 발생 우려가 있는 작업장에서 의복의 대전에 의한 착화를 방지하는 데 사용된다.

이 경우 인체에 유도되어 축적되는 정전기는 정전화 등에 의해 제거될 수 있기 때문에 여기에서는 옷을 입었을 때의 방전에 의한 착화에 대해 검토한다.

합섬섬유 직편물은 중 또는 저 온도에 있

어서 최고 50~60KV, 15~18 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ 의 대전율을 감지한다. 이와 같은 최고 대전량까지 대전된 천에 각종의 지름을 가진 금속구, 금속선을 근접하고, 천의 대전극성 및 금속구의 지름에 대해서는 방전이 발생한다.

이와 같이 방전이 발생할 때 펄스 방전의 방전에너지가 일정한 값 이상에서 가연성 혼합 기체가 착화, 폭발한다.

#### 4. 제전

##### 1) 제전의 원리

제전물체 가까이 설치된 제전기의 전극에서 발생하는 이온 중에서 대전물체와 반대극성의 이온이 대전물체로 이동하여 이 이온과 대전물체의 전하가 재결합 또는 중립됨으로써 대전물체의 정전기가 제전된다.

제전의 목적은 특히 이동물체 및 부유중인 가연성 분진의 제전에 중요한 역할을 한다.

##### 2) 제전기의 종류

제전기의 종류는 제전에 필요한 이온의 생성방법에 따라 전압인가식 제전기, 자기방전식 제전기, 방사성식 제전기 등의 3종류로 크게 나뉘어진다.

전압인가식 제전기는 금속제 침이나 세선 등을 이용한 제전전극에 고압을 인가하여 전극의 선단에 코로나 방전을 일으켜 제전에 필요한 이온을 발생시키는 방법으로 다

른 제전기에 비하여 제전능력이 크므로 짧은 시간에 제전할 수 있으며 이동하는 대전물체의 제전에 유효하다.

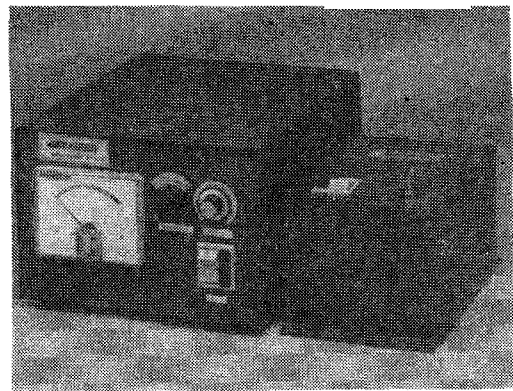
##### ① TRANSFORMER

ION을 발생시키기 위한 고전압 발생기로서 출력볼테지는 5,000~7,000V로 조절이 가능하며 고전압 Cable을 연결하는 잭이 부착되어 있다.

내부는 절연성 우수한 에폭시로 절연처리하여 고전압의 누출을 방지하였다

설치시 고전압 발생기와 전극과의 거리를 짧게 하는것이 효과적이며, IONZER에서 나오는 접지선은 반드시 고전압발생기에 연결하여야 한다.

이 제품은 정전기 제거 IONIZER을 위하여 특수제작하였으며 ION BLOWER, IONIZING BAR IONIZING AIR GUN 그리고 IONIZER 응용 장비와 결합하여 사용된다.



<ECT-240>

- 입력 : 110/220VAC겸용
- 출력 : 5,000~7,000V
- 크기 : 240×140×120(mm)
- 중량 : 5kg
- 특징 : HI, LOW에 의한 출력조정, 잭 삽입 기능

<ECT-280>

- 입력 : 110/220VAC 겸용
- 출력 : 5,000~7,000V
- 크기 : 280×230×160(mm)
- 무게 : 7kg
- 특징 : 출력지시계부착, 출력조정기능 내장, 잭 삽입기능

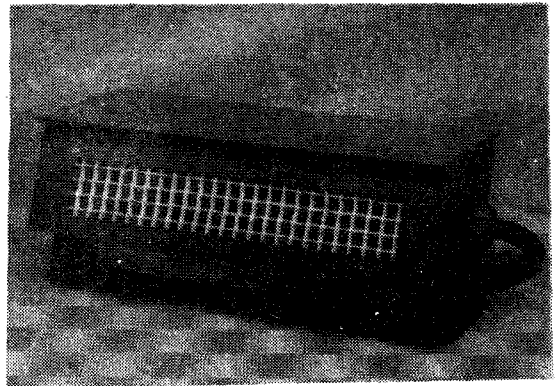
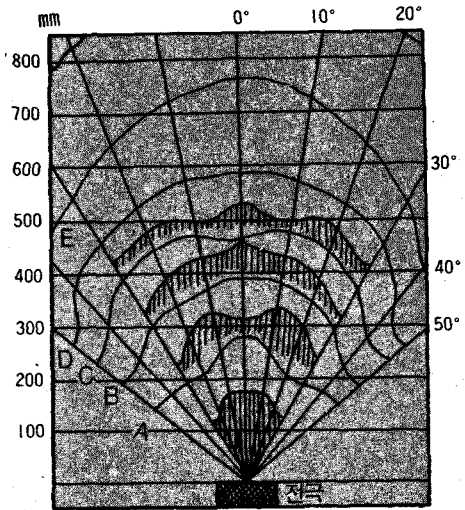
② ION BLOWER

정전기 방전에 의하여 파괴되는 전자제품을 보호하고, 정전기 역학현상에 의한 플라스틱 등의 먼지흡착 및 필름, 섬유 등이 Roller에 감기는 것을 방지하기 위하여 사용된다. 고전압을 침에 인가하여 접지된 그리드와의 코로나 방전을 통해 이온을 생성, 팬에 의해 대전체에 반대이온을 공급하여 정전기를 중화 제거하는 장비이다.

<규격>

- 입력 : 110VAC 또는 220VAC
- 팬 용 량 : 12m<sup>3</sup>/min
- 크 기 : 440×170×150(mm)
- 유효범위 : 최대 1500mm
- 중 량 : 4kg

■ 제전범위



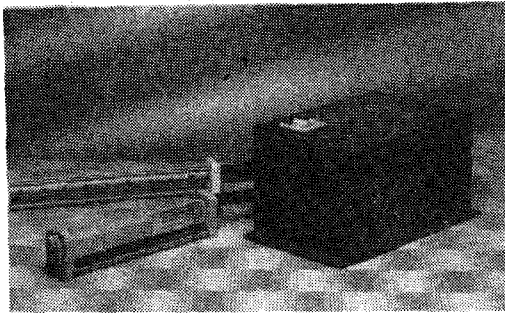
<제전 소요시간>

|   |         |
|---|---------|
| A | 0.5초 이내 |
| B | 1초 이내   |
| C | 2초 이내   |
| D | 3초 이내   |
| E | 5초 이내   |

(75% 효율)

③ IONIZING BAR

고전압을 인가받아 침에서 1/120초 마다 양극성의 이온을 생성 3cm 이내의 대전체를 중화제거한다. 공정상 IONIZING BAR와 대전체의 거리가 떨어져 있는 경우는 Comp.Air가 주입된 AIR IONIZING BAR를 사용한다.



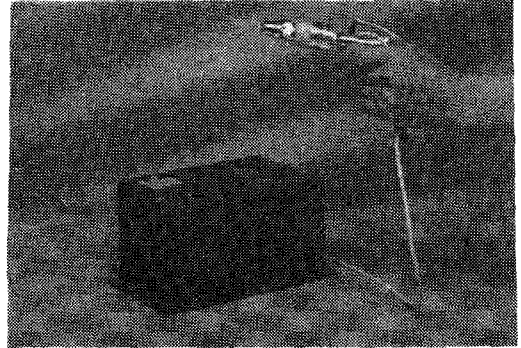
④ IONIZING AIR GUN

일반 AIR GUN으로는 자체공기의 마찰에 의한 정전기로 인하여 물체에 붙어있는 먼지를 제거할 수 없다. 그러나 IONIZING AIR GUN은 이온이 다량 발생하여 Comp. Air와 함께 대전체의 정전기를 중화 제거하므로 물체표면의 먼지를 완전히 제거한다.

5mA 이하의 낮은 전류가 흐르므로 침을 만져도 감전되지 않는다.

〈용도〉

필름, 섬유 제조공정, 그라비아 인쇄, Sheet. 제품 생산공정, 플라스틱 도장전 먼지제거



⑤ IONIZER 응용장비

플라스틱이나 필름 같은 부도체는 정전기 역학현상에 의해 다음과 같은 힘으로 먼지를 흡착한다.

$$F_{ec} = \frac{-D^3 p Q_c^2}{8\pi \epsilon_0 \alpha^2 Z^3}$$

$F_{ec}$  = 정전기 흡착력 [dyne]

$D_p$  = 먼지의 직경 [cm]

$Q_c$  = 대전물체의 과충전하 [C]

$\epsilon_0$  = 진공의 유전율

$$8.854 \times 10^{-12} \text{ [F/m]}$$

$\alpha$  = 대전물체의 반경 [cm]

$Z$  = 먼지중심과 대전물체간의 거리

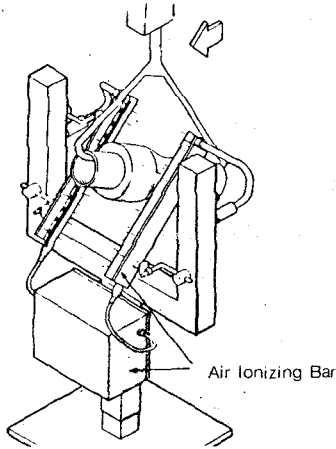
흡착된 먼지는 도장불량, 라미네이팅 필름불량, 반도체의 수율저하 등 생산저하의 큰 원인이 되고 있다.

또한 흡착된 먼지는 강한 Comp.Air로도 떨어지지 않으므로 반드시 Comp, Air가 주입된 IONIZING BAR를 아예 그림과 같이 설치하면 완전히 먼지를 제거할 수 있다. 그 밖의 응용제품으로 병이나 용기속의 정

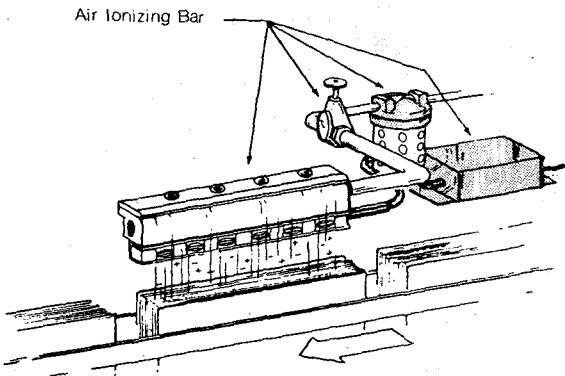


전기 제거, 자동차 밤바 같은 큰 제품의 정전기 제거 제품이 있다.

### ■ 플라스틱 부품의 정전기 및 먼지제거



### ■ 인쇄제본 공정에서의 정전기 및 먼지제거



자기방전식 제전기는 접지된 도전성의 침상이나 세션상의 전극에 제전하고자 하는 물체의 발산정전계를 모으고, 이 정전계에 위해 제전에 필요한 이온을 만드는 제전기로서 전원을 사용하지 않으며 간단한 구조의 제전전극만으로 구성되어 있으므로 설치

가 용이하고 협소한 공간에서도 설치가 가능하나, 설치방법에 따라 제전효율이 크게 변화하므로 설치에 주의를 요하며 제전능력은 피제전물체에 대전전 위에 크게 영향을 받는다.

방사선식 제전기는 방사성 동위원소의 전리작용에 의하여 제전에 필요한 이온을 만들어 내는 제전기로서 착화원으로 될 위험은 적지만 방사성 동위원소를 내장하고 있기 때문에 주의를 요하고 제전능력이 작기 때문에 제전에 시간을 요하며, 이동하는 물체의 제전에는 적합하지 않다.

### 3) 제전특성

제전효율은 설치위치와 대전물체와의 설치거리에 영향을 받는다.

제전기의 설치거리와 제전후의 전위를 조사한 예로서 설치거리가 3~5(cm)의 부근에서 효율이 양호하므로 설치거리는 지장이 없는 범위에서 작게 하는 것이 일반적이고 여기서 10(cm) 이내의 거리에 있는 것은 대전물체의 초기 대전전위가 낮을 때는 설치거리를 적게 하고 전위가 높을 때는 거리를 크게 하는 것이 좋다.

한편 제전효율은 제전기의 설치위치에 의해서도 크게 영향을 받는다.