

KOSHA GUIDE

E - 179 - 2020

정전기 오염방지에 관한 기술지침

2020. 12.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

- 작성자 : (전)한국산업안전보건연구원 최상원

- 제·개정 경과
 - 2020년 10월 전기안전분야 표준제정위원회 심의(제정)

- 관련규격 및 자료
 - 정전기 핸드북, 일본정전기학회
 - KS C IEC 61340 시리즈, 정전기

- 관련법규·규칙·고시 등
 - 산업안전보건기준에 관한 규칙 제325조(정전기로 인한 화재·폭발 등 방지)

- 기술지침 적용 및 문의
 - 이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지(www.kosha.or.kr)의 안전보건기술지침 소관분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.
 - 동 설명서 내에서 인용된 관련규격 및 자료, 법규 등에 관하여 최근 개정본이 있을 경우에는 해당 개정본의 내용을 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2020년 12월

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

정전기 오염방지에 관한 기술지침

1. 목적

이 지침은 산업안전보건기준에 관한 규칙 제325조(정전기로 인한 화재·폭발 등 방지)에 따라 폭발위험장소에서의 정전기 오염(Contamination)으로 인한 ESD(Electrostatic Discharge) 방지와 오염 대책, 관리에 대한 기술적 사항을 정함을 목적으로 한다.

2. 적용범위

- (1) 본 기술지침은 산업안전보건기준에 관한 규칙 제230조(폭발위험이 있는 장소의 설정 및 관리) 및 산업안전보건법 제36조(위험성평가)를 실시함에 따라 정전기에 의한 오염원으로부터 발생하는 화재·폭발을 예방하기 위한 위험성 평가 및 그 대책에 적용한다.
- (2) 본 기술지침은 반도체산업 등과 같이 고 청정도를 유지하기 위한 작업공간에서의 정전기에 의한 오염을 관리하는데 적용할 수 있다.

3. 용어의 정의

- (1) 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “오염(Containment)”이라 함은 높은 전위에 대전되고 있는 물체의 주변에 강한 전계가 형성되어 이 전계의 작용으로 진애(塵埃)(먼지, 분진 등)가 물체로 흡인(吸引)되는 것을 말한다.

(나) “ESD(Electrostatic Discharge)”라 함은 물체에 축적된 전하의 방전 현상을 말한다.

(다) “도전성(Conductive)”이라 함은 표류 전류 아크 및 전격 발생을 허용하는 분산성 범위보다 낮은 저항 또는 저항률을 말한다.

(라) “표면 저항률(Surface resistivity)”이라 함은 일반적으로 단위 길이와 단위 너비의 표면 반대편에 걸친 옴으로 나타낸 저항을 말한다.

(마) “이온나이저(Ionizer)”라 함은 공기 중에 있는 미립자의 부착 방지를 목적으로 한 정전기 제거용 이온을 발생시키는 정전기 제거장치(이하 간단히 ‘제전기’라 한다)를 말한다.

(2) 그 밖에 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 이 지침에서 특별히 규정하는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙 및 안전보건규칙에서 정하는 바에 따른다.

4. 오염방지 대책

제품 또는 부품의 표면에 입자가 달라붙는 것을 방지하는 방법에는 기류 제어에 의해 제품 근처 분위기의 청정도를 향상시키는 것, 제품 및 그 주변 정전기를 방지 또는 제거하는 두 가지가 있다.

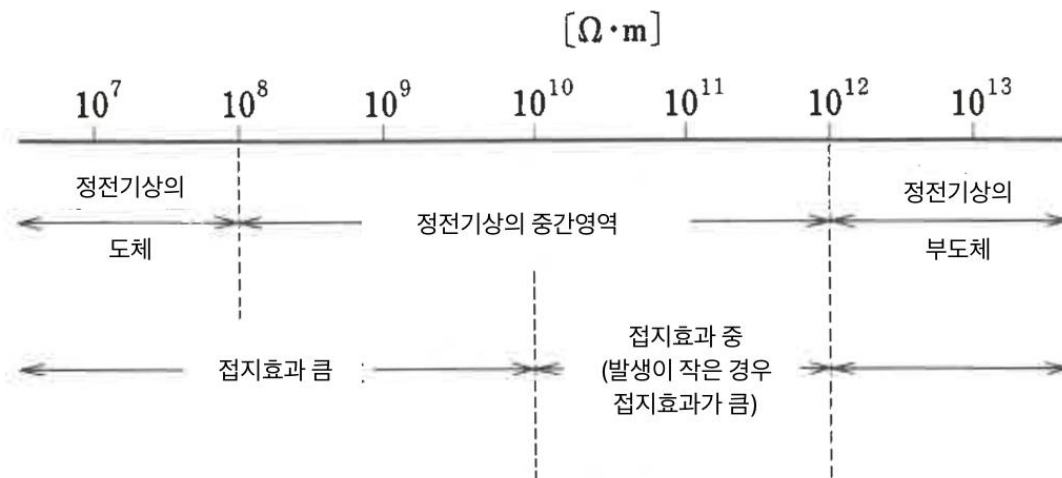
4.1 기류제어

(1) 필터 등으로 여과한 청정 공기의 기류에 의해 먼지 발생원의 주위를 감싼다. 발생한 먼지는 확산되지 않고 기류를 타고 신속하게 배출하는 동시에 제품이 놓인 초 청정 공간으로 먼지 침입을 막을 수 있다. 경제적으로 필요한 부분에만 한정하는 것이 효과적이다.

- (2) 청정실 내의 기류는 일반적으로 0.1~0.5 m/s 정도의 미풍속이며, 사람이나 로봇의 움직임과 온도 상황 등의 경미한 외란에 의해 흐트러지기 쉽다. 풍속을 올리면 이러한 외란의 영향을 억제해 초 청정 공간의 높은 청정도를 유지하는 것은 쉽지만, 풍속을 늘림으로써 운전비용이 증가한다. 따라서 요구되는 청정도를 만족할 수 있는 최저 풍속에서 경제성을 추구한다.

4.2 접지에 의한 정전기 방지

- (1) 정전기 방지 대책으로서 가장 저렴한 비용으로 확실하게 높은 효과를 얻을 수 있는 방법은 접지에 의해 대전된 전하의 누설을 촉진하는 것이다.
- (2) 접지는 모든 대전 물체에 대해 유효하지 않다. 접지가 정전기 방지 대책으로서 유효한 것은 <그림 1>에 나타낸 바와 같이, 대전 물체의 고유 저항이 약 $10^{10} \Omega \cdot m$ 이하의 정전기상의 도체와 중간 영역의 일부이다.



<그림 1> 접지에 의한 정전기 방지 효과

- (3) 전기 저항률이 약 $10^{12} \Omega \cdot m$ 이상의 정전기 부도체(전기적으로 절연물)는 접지를 실시하여도 정전기 방지는 거의 기대할 수 없다. 부득이 전기적 절연물을 사용하는 경우에는 전기 저항률이 약 $10^6 \sim 10^{12} \Omega \cdot m$ 정도의 도전성 재료로 대체하는 것이 바람직하다. 도전성 재료는 절연물 속에 카본 블랙, 금속 분말 등의 도전성 물질을 혼입한 것으로, 높은 도전성을 얻을 수 있고, 환경 습도가

낮아도 효과를 얻을 수 있는 등의 이점이 있다. 이 경우에도 접지가 필요하다. 접지가 불충분하면 도전성 재료는 대전할 뿐만 아니라, 만일 방전이 발생하면 절연체에서 그것보다 큰 에너지 방전이 발생하여 오히려 위험하다.

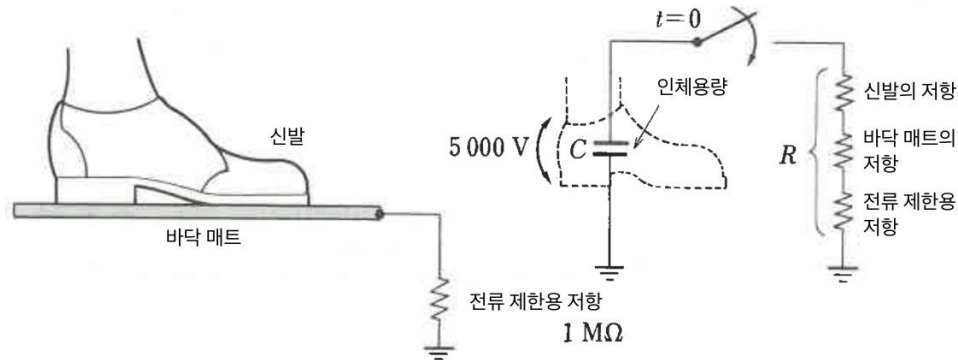
- (4) 그 외에 대전한 절연 물체의 전하 누설을 촉진하기 위해, 계면 활성제를 비롯한 정전기 방지제를 절연 물체의 표면에 도포하거나, 환경의 상대 습도를 높이거나(65 % 이상에서 효과가 현저히 나타남)하는 것도 효과적인 정전기 방지 대책이다. 이러한 대책에 의해 절연 물체의 표면 저항은 $10^8 \sim 10^{10}$ 정도 되며 접지를 충분히 하면 수십 V 이하의 제어도 가능하다.

4.3 인체에 대한 정전기 대책

- (1) 장치 제조 라인에서 작업 환경을 정전기적으로 바람직하게 하기 위해서는 도전성 테이블(또는 테이블 매트), 바닥(또는 바닥 매트), 손목 접지대, 도전성 신발을 적절하게 사용하여 금속 용기나 도전성 주머니 또는 인체와 같은 도전체의 정전기를 신속하게 제거해야 한다. <그림 2>는 도전성 대전 물체가 정전 용량 C (F)를 가지고 경로 저항 R (Ω)의 경우의 등가 회로를 나타낸다. 전하를 제거하는 속도는 C 와 R 의 크기에 따라 결정되며 시간 t (s)의 함수로 다음 식과 같다.

$$V = V_0 \exp^{-t/(RC)}$$

여기서 V (V)는 시간 t 에서의 정전기 물체의 전압, V_0 는 $t = 0$ 에서의 정전기 물체의 초기 전압, R (Ω)은 경로의 저항, C (F)는 정전기 물체의 정전 용량을 나타낸다.



<그림 2> 도전성 바닥 위에 대전된 인체로부터의 전하 누설 경로 및 등가회로

- (2) 인체는 먼지 발생 원인일 뿐만 아니라, 정전기, 정전기 유도 등 정전기적인 문제를 발생시키는 경우도 종종 있다. 인체에 대한 우수한 정전기 대책은 청정실 관리상 매우 중요한 요소이다. 작업자에 따른 정전기를 취급하는 경우에는 작업자 자신(인체 자체)의 정전기와 작업자의 착의에 의한 정전기를 구별하여 고려할 필요가 있다.
- (3) 인체의 정전기는 바닥재, 신발, 의류, 속옷, 운동의 정도, 이동 속도, 습도 조건에 따라 크게 다르며, 일반적으로 작업을 하고 있는 상태에서는 쉽게 1 kV 이상으로 대전된다. 인체는 정전기적으로 도체이기 때문에, 정전기 방지의 기본은 접지이다. 그러나 정전기 발생이 작기 때문에 인체의 접지에는 $10^6 \sim 10^8 \Omega$ 정도의 정전 신발, 손목 접지대로 충분하다. 그러나 바닥이 절연물이라면 효과를 기대할 수 없기 때문에 바닥도 전기 저항이 작은 도전성 바닥이어야 한다. 청정실 안에서 사용 가능한 바닥재의 저항 값은 $10^9 \sim 10^{11} \Omega$ 이 적당하다.
- (4) 반도체 산업에서의 예로 청정실의 의류에는 고도의 방진성, 정전기 방지성(제전성), 내화학 약품성(내산성)이 요구되며, 생물학적 용도에는 멸균 처리(130°C 가압 수증기, 60분간)에 반복적으로 견딜 내열성이 요구된다.
- (5) 작업복이 대전하면 결과적으로 인체의 정전기와 등가가 된다. 상대 습도가 50% 이하의 건조한 환경에서는 작업복이 정전기가 대전되기 쉬우므로 인체의 정전기를 방지하기 위해 정전기 방지 작업복의 착용은 필수적이다. 그러나 작업복을 포함하여 그것들은 발진(發塵)성이 없는 것이어야 한다.

- (6) 청정실 안에서 입고 있는 것, 특히 작업복은 그 사용 기간 동안 세탁, 착용이 여러 번 반복되므로 내구성을 평가하기 위해서는 반복 세탁을 한 시료를 측정하는 것이 필요하다.
- (7) 청정실용 장갑은 청정실 의복에 따른 물건, 즉 의류의 일부이며, 청정실 용 의복과 마찬가지로 대치가 필요하다.
- (8) 정전기 신발의 바닥은 도전성 고무로 되어있어, 재해 장해 방지 매트 위에서의 작업에서는 정전기 전위는 10~20 V이다.

4.4 가습에 의한 정전기 방지

- (1) 상대 습도를 높게 하여 정전기 전위를 낮추는 방법은 도전성 부여와 접지에 의한 전하의 누설에 의한 정전기 방지의 한 예이다. 이것은 물체 내부 또는 표면에 물 분자가 흡착되면 그 결과 전기 저항률이 감소하기 때문이다. 흡습성이 높은 물체에 비교적 효과가 있다. 상대 습도를 80~100 %로 하면 상당한 효과가 있지만, 작업자의 작업 환경으로서 고려하면 비현실적이다.
- (2) 또한 이 정도 고습이 되면 제품이나 부품 표면에서의 물 분자의 흡착량 증가로 인한 장해를 무시할 수 없게 된다. 제품이나 부품의 임시 저장고처럼 제전 시간이 오래 걸려도 결국 낮은 전위가 되는 경우에는 60~80 %의 상대 습도에서도 상당한 효과를 기대할 수 있다.

4.5 재료·장비·설비에 대한 정전기 대책

- (1) 작업자의 보행 시 신발과 바닥 사이에서 일어나는 마찰에 의한 정전기는 바닥 뿐만 아니라 작업자 쪽으로도 대전해 그 대전량은 바닥·신발의 재질, 표면 형상, 보행의 특징, 속도, 습도 조건에 따라 다르다.
- (2) 운반 차량 등의 이동에 따른 바퀴와 바닥 사이의 마찰에 의해서도 바닥에 정전기가 대전한다. 대전량은 바퀴의 재질, 구조, 바퀴에 걸리는 하중, 바닥재의 종류, 표면 형상, 이동 속도, 습도 조건 등에 따라 다르다. 바닥 정전기 방지로

는 발진성이 작은 다음과 같은 것을 사용하는 것이 바람직하다.

(가) 전기 저항이 작은 금속제 바닥

(나) 도전성 고무 또는 도전성 플라스틱을 사용한 정전기 방지 마루 깔기

(다) 도전성 도료에 의한 정전기 방지 바닥 코팅. 그러나 내구성이 짧기 때문에 일반적으로는 사용되지 않는다.

(라) 도전성 고무 또는 도전성 플라스틱을 재료로 하는 정전기 방지 매트. 정전기 방지 매트는 바닥의 도전성이 필요한 부분만을 국부적으로 도전화하는 경우로 한정되어 있다.

(3) 정전기 방지 바닥에 사용되는 도전성 첨가제는 다음과 같은 것이 있다.

(가) 카본 블랙·금속 가루 등으로 이들을 바닥재에 혼입하면 전기 저항이 감소하여 정전기 방지가 된다. 이러한 재료는 도전성을 충분히 높게 할 수 있고 효과가 환경의 습도에 영향받지 않는다.

(나) 친수성의 정전기 방지제로, 바닥재의 표면에 부여하면 전기 저항이 감소하고 정전기 방지가 된다. 정전기 방지제는 도전성을 그다지 높이지 못하고, 습도가 크게 낮아지면 효과가 약해지는 경향이 있다.

4.6 벽에 대한 정전기 대책

(1) 청정실 벽이 대전되어 그 표면에 전계가 형성되면 다음과 같은 문제가 생긴다. 대전된 부유 미립자가 벽 표면에 흡착된다. 이 상태가 오래 지속되면 얇은 퇴적층이 형성되고 박리, 낙하에 의해 제품 또는 부품 등 생산물의 깨끗한 표면을 오염시킨다.

(2) 벽의 정전기에 의한 장애 발생을 방지하기 위해서는 표면 저항률을 낮추는 것이다. 이는 표면 전위를 측정해서 만족하면 된다. 유전체를 사용한 벽재에는

정전기 방지 처리가 취해질 필요가 있지만, 그 경우에도 청정실의 벽 재료로서의 기본 성능인 무발진성, 내후성, 내식성, 내약품성, 불연성, 난연성이 손상되지 않도록 각별히 주의해야 한다.

4.7 작업대 및 의자 등의 정전기 대책

- (1) 작업대 주변에서 아래와 같은 정전기가 발생하는 원인으로 나타낸다. 저항은 급속한 전위 감쇠에 의한 정전 파괴를 방지하기 위해 $250\text{ k}\Omega \sim 1\text{ M}\Omega$ 가 바람직하다. 또한, 작업자는 $250\text{ k}\Omega \sim 1\text{ M}\Omega$ 저항의 손목 접지대를 착용하고 접지한다. 정전기 방지 작업복을 착용한다. 신발은 저항 $1.0 \times 10^5 \Omega$ 이상 $1.0 \times 10^8 \Omega$ 미만의 도전성 신발로 한다.

(가) 작업자의 의복 마찰에 의한 정전기

(나) 작업자의 의복(인체)과 의자와 마찰, 박리에 의한 정전기

(다) 작업대 위의 용기류(부품 등), 장치(제조, 검사 장치 등), 기타 비품류와 작업대와의 마찰에 의한 정전기

(라) 작업대 및 작업대 주변에 존재하는 것, 작업자의 정전기에 의한 정전 유도 정전기

- (2) 작업대 주변의 표면에 사용되는 재료는 정전기 전위의 감쇠 시간(초기 전위의 약 1/10의 전위가 될 때까지의 시간)이 0.2초 정도 이하인 것이 바람직하다.

4.8 이동용 상자 및 용기류 등의 정전기 대책

- (1) 용기류의 정전기 대전은 정전기 발생량, 용기류의 저항에 관계된다. 특히 절연 물질로 된 이동용 박스 제품을 출입할 때 발생하는 정전기는 박스 안의 제품에 대하여 정전기 장애의 원인이 된다.

- (2) 일반적으로는 절연 물질을 도전성화하기 위해 탄소와 금속 등의 도전성 물질을 소재 안에 혼입 또는 표면에 도포하는 방법이 취해진다. 그러나 고도의 청정도가 요구되는 부품 또는 재료에 직접 접촉하는 용기에 이 방법은 쉽게 적용할 수 없고, 유일하게 수지와 석영 유리 소재로 이루어진 용기가 사용되는 경우가 많다. 도전성 재료의 내약품성이나 내마모성에는 아직까지도 해결하여야 할 문제가 있고 도전성 물질에 의한 오염 장애를 무시할 수 없기 때문이다.
- (3) 접지에 의한 정전기 전하의 누설을 도모하기 위하여 절연 물질의 표면 저항을 작게 하는 것으로 한다. 표면 저항을 작게 하는 방법에는 수지 표면을 약품 처리 및 플라즈마 처리로 이온화 또는 산화하여 표면을 극성이 큰 도전성 구조로 개질하는 방법이나 계면 활성제를 중심으로 한 정전기 방지제를 수지 표면에 도포하는 방법이나 용기 소재에 원래의 도전성 물질을 첨가하는 방법이 있다.
- (4) 유리 기판이나 각종 디스크의 반송용으로 사용되는 수지성 운반용 박스를 예로, 정전기 방지 사양의 용기는 누설 저항이 $10^5 \sim 10^8 \Omega$ 이하의 클립 부착 접지선으로 충분한 제전이 가능하다. 또한, 정전기 방지가 처리되어 있지 않은 수지성 운반용 박스에 대해서는 송풍식 이오나이저나 주변 분위기의 상대 습도의 증가에 따라 어느 정도의 제전도 가능하다.

4.9 세척공정에서 정전기 대책

- (1) 이오나이저에 따른 정전기 중화가 주요 정전기 방지 대책이 된다(4.10 참조). 주의할 점은 인화성 물질을 사용하는 세정 시설 등에서 부득이 코로나 방전식 이오나이저를 사용하는 경우에는 이러한 방전으로 인한 화재의 위험성이 있으므로 전원 차단기구 등에 의해 점화성 방전을 억제한 특수 방폭형 이오나이저를 사용한다.
- (2) 세정 후 물에 IPA(이소프로필 알코올)과 같은 대체 용매를 사용하여 증기 건조를 한다. 초순수 세정으로 세정물의 표면에 발생한 정전기는 IPA 세정에 의해 중화된다.

- (3) 세정에 사용하는 이동대차, 치공구 등에 도전성이 높은 재료를 사용하여 접지한다. 세정 설비, 세정조, 캐비닛, 반송부 등에도 도전성의 것을 사용해 이를 접지한다.
- (4) 제트 스크리버 등의 세정에서는 초순수에 탄산가스를 용해시켜 초순수의 저항을 저하시킨다.
- (5) 환경의 습도를 가능한 한 높게 하고 대전된 정전기를 신속하게 누설시킨다.
- (6) 유기 용제 등의 인화성 물질의 정전기에 의한 화재·폭발 재해 방지를 위해 다양한 안전 대책을 실시한다.

4.10 이온나이저에 의한 정전기 전하의 중화

- (1) 공기 중에서 파티클 부착 방지를 목적으로 한 정전기 제거용 이온나이저는 이온의 발생 원리의 차이에 따라 코로나 방전식 및 광 조사 형식으로 분류된다.

<표 1> 각종 이온나이저의 특징

이온 발생 방법		전극의 열화와 전극 유지 간격과 램프 수명	사용 분위기	장점	유지보수 필요성
코로나방전	금속 제전극	열화 있음(금속 입자 먼지), 주간 유지 간격	대기압 공기중 기류가 필수	값 싼·실적 많음	불가(전극 먼지 있음)
	실리콘 제전극	열화 있음(Si 입자 먼지), 주간 유지 간격		금속 입자의 발생 없음	불가(전극 먼지 있음)
	유리 제전극	열화 없음, 수개월~1년 유지 간격		전극 수명 반영구적	가능(방전부에 청정 공기)
광조사	자외선	약 3000시간의 수명(공식 값: 실제로는 약 2배)	불활성 가스 또는 감압 진공 속의 무산소 상태이어야 함.	- 제전 시간 짧음 - 기류를 필요로 하지 않음	가능(전리 공간의 가스 모양 불순물 제어)
	연X선	약 5000시간의 수명(공식 값: 실제로는 약 2배)	- 가스 존재가 필요 - 감압 진공 속에서 사용 불가 - 청정실 안에서 완전한 차폐가 필요	- 제전 시간 짧음 - 기류를 필요로 하지 않음	가능(전리 공간의 가스 모양 불순물 제어)

(2) 이오나이저를 사용할 경우 다음과 같은 문제점을 검토하여야 한다.

- (가) 현재의 이오나이저를 청정실 안에서 가동하면 코로나 방전 시의 표면 산화와 스퍼터링 현상에 의해 코로나 방전 전극의 끝부분에서 금속 미립자가 다수 발생해 금속 오염을 일으킨다.
- (나) 코로나 방전극 선단부의 전리 현상에 의해 청정실 분위기 안의 가스 모양의 유기 물질에서 나노미터 크기의 입자가 생성된다. 이 가스 입자 변환에 의해 미립자가 전극 선단부에 부착·퇴적하면 새로운 먼지 발생의 원천이 된다.
- (다) 다수의 이오나이저를 청정실 천정면에 설치한 경우, 오존 농도가 4~10 ppb로 될 수 있다. 미국 직업안전보건보건법(OSHA)의 0.1 ppm 이하는 만족하지만, 오존은 반응성이 풍부하기 때문에 반도체 제조에서는 바람직하지 않다.
- (라) 이오나이저는 양·음의 이온을 발생시켜 실내 기류에서 반송하고 대전체를 중화하지만 이온은 반송 중 기류 안에서 섞이면서 대전체에 도달하기 때문에 교류전원형에서는 도달하기 전에 일정한 비율로 양·음 이온이 재결합하기 쉽다.
- (마) 펄스직류형에서는 양·음이온의 발생주기가 길기 때문에(1~10초 간), 양, 음 이온의 재결합률은 떨어지는 대신에 양·음이온의 큰 덩어리가 긴 주기로 하여 교대로 대전 표면에 도달하기 때문에 대전 표면의 전위는 양극, 음극 상호 반복하고 (\pm 수 kV로 변동하는 경우도 있다), 부드러운 감쇠 현상을 얻을 수 없다.
- (바) 기존의 교류전원형의 이오나이저에서는 이미터(방전극)에 양·음 같은 크기의 전압이 인가되어, 이 경우 양·음이온 발생량에 큰 편차가 생긴다. 어떠한 경우, 양이온의 발생량은 음이온 발생량의 10배 이상이 되어, 정전기 표면은 중화되기는커녕 수십 V에서 200 V 정도의 양의 전위로 대전될 수 있는 경우도 있다.

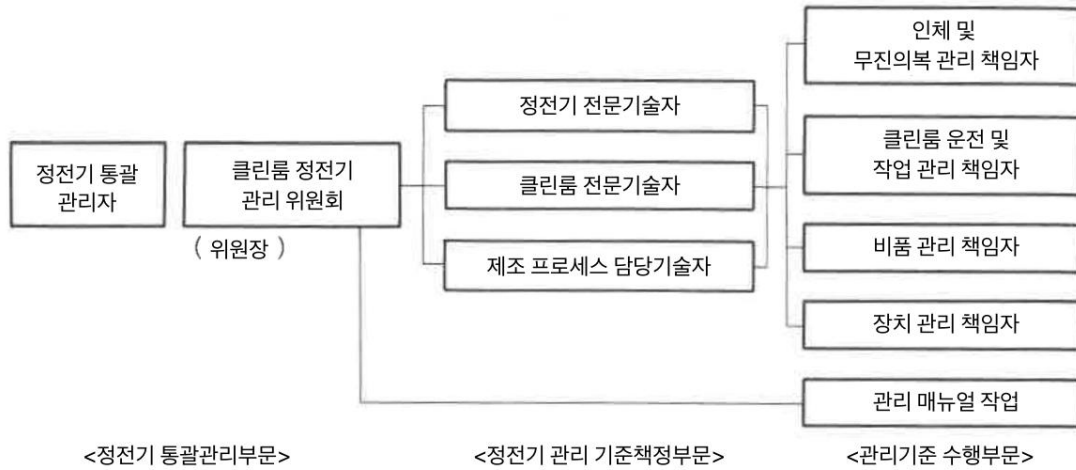
5. 오염 관리 방안

5.1 개요

작업장에서 정전기에 의한 오염을 관리하는 목적은 정전기 현상에 따라 제품에 발생하는 ESD로 인한 화재·폭발 예방 또는 ESD에 의한 제품이나 부품의 파괴를 예방하기 위하여 작업장에서의 청정도를 최상의 상태로 유지하면서 미립자의 정전흡착에 의한 오염의 장애를 제거하고, 제품의 성능 저하를 방지하기 위한 것이다. 이하, ‘정전기에 의한 오염 관리’를 간단하게 ‘정전기 관리’라 한다.

5.2 관리체계

- (1) 작업장에서 정전기 관리를 발생 원인별로 크게 나누어 보면, 인체 및 제진(除塵)복 옷 관련, 공정 운전 및 작업 환경 전반, 책상이나 의자 등의 비품 관련, 제조 장치 관련으로 나눌 수 있다. 작업장의 정전기 관리를 원활하게 하기 위해서는 제조 공정 담당 기술자와 설비 전문 기술자와 정전기 전문 기술자 3자가 협력하여 대책을 마련할 필요가 있다.
- (2) <그림 3>은 청정실 공정에서 정전기 관리 체제의 일례이다. 정전기 관리 체제는 통괄 부서와 관리 기준 책정 부문과 관리 기준 수행 부문으로 구성된다. 총괄 부문에는 정전기 관리위원회가 설치되어 작업자의 정전기에 관한 교육, 훈련을 실시하고 관리 기준 수행 책임자에 의해 현장에서 제안된 정전기에 관한 문제를 거론하며 대책에 대해 검토한다. 정전기 관리 기준 책정 부문에서는 정전기와 설비의 전문 기술자와 제조 공정 기술자가 현장의 의견을 충분히 반영한 실행 가능한 기준치를 책정한다. 관리 기준 수행 부문에서는 정전기 관리 매뉴얼에 따라 이 기준에 준거하는 정전기 대책을 실시한다.



<그림 3> 청정실 공정에서의 정전기 관리 체제의 예

5.3 일상관리

5.3.1 일상관리의 목적

(1) 일상 관리의 목적은 정전기에 의한 각종 장애를 사전에 회피하는 것에 있다. 이를 실현하기 위한 기본 개념은 다음의 세 가지이다.

(가) 정전기(전하)의 발생량을 저감한다.

(나) 전하의 축적량을 저감한다.

(다) 일정 이상의 에너지로 방전시키지 않는다.

(2) 일상 관리의 성패는 어떻게 절차를 표준화하고 단순하면서도 효과적이고 경제적 부담이 적은 방법으로 정착할 수 있는지에 달려있다.

5.3.2 일상관리의 관리대상

(1) 일상의 정전기 관리에서는 제품의 불량률이라는 경제성의 시점뿐만 아니라 재해와 인명과 관계되는 정전기 재해를 일으키는 위험의 크기의 인식에 기반한 관점에서도 각각 관리의 중요성을 판정해 두는 것이 무엇보다 중요하다. 따라서 작업장 내 제품 제조에 관련된 모든 물체나 부위가 관리 대상이 된다.

(2) 정전기 재해의 위험은 다음과 같은 것이 있다.

(가) 대규모 화재와 같은 재해로 이어질 위험성

(나) 인체에 감전 위험

(다) 제품의 직접적인 파괴나 직접적인 오염(또는 직접적인 성능 저하)으로 이어질 위험

(라) 제품이나 시설에 간접적 영향(오염 촉진이나 전자 노이즈에 의한 오동작)

(3) 작업장에서는 다양한 인화성 물질이 사용되기 때문에 (2)의 (가)가 가장 중요하다. 또한, 제품이 정전기나 미립자 오염에 매우 민감한 경우에는 (다)가 특히 중요하며, (라)는 (다) 다음으로 중요하다. 일반적으로 (가), (다), (라)가 만족되면, (나)는 자연스레 문제가 되지 않는다.

5.3.3 일상관리의 관리방법

(1) 공정마다 정전기 관리 대상의 적절한 정전기 관리 매뉴얼을 작성하고 이에 따라 육안으로 이상 점검 등을 실시한다.

(가) 접지나 정전기 방지 기기·설비의 점검

(나) 사람의 행동 체크(지적 확인, 감시·지도, 순찰 및 검토회의)

(2) 정전기에 관한 물리량을 연속적 또는 주기·정기적으로 측정해 데이터의 경년 변화에서 이상을 검출하고 그에 따른 가능성 있는 각종 위험을 예지한다. 예

측 가능한 범위에서 대책을 명기 한 매뉴얼을 작성해 둔다.

- (3) 계측 대상이 되는 물리량에는 다음과 같은 것이 있으며, 측정 항목, 위치, 방법의 선정이나 시기 설정 등은 정전기 전문 기술자와 제조 공정 담당 기술자가 협력하여 결정한다.

(가) 대전량(도전성 물체)

(나) 표면 전하 밀도(비도전성 물체) 또는 표면 전위

(다) 누설 저항

(라) 표면 저항

5.3.4 관리운영

- (1) 작업장에서 정전기 관리를 실제로 실시하는 것은, 인체 및 제진복 관리, 청정실 운전 및 작업 환경 관리, 비품 관리, 장치 관리의 관리 기준 수행 부문이 해당한다. 각 관리 부문에서는 관리 책임자가 관리 분담과 관리 내용을 명확하게 해 둔다.
- (2) 인체의 정전기 관리는 작업 시에는 손목 접지대, 정전기 방지 장갑, 정전기 신발을 착용하고 도전성 바닥이나 도전성 매트를 통해 인체를 확실하게 접지하는 것이다. 또한, 작업복은 정전기 방지처리가 된 제진복이어야 한다.
- (3) 운전 관리에서는 온습도 관리와 이온라이저의 가동 관리가 중요하다. 일반적으로 청정실의 운전 권장 온·습도는 22~23 ℃로 40~50 %RH이다. 반도체 제조용 청정실에서는 제조 프로세스의 종류에 따라 40 %RH 이하의 낮은 습도로 운전하지 않으면 안 되는 경우가 있다. 낮은 습도 분위기에서는 정전기가 발생하기 쉽기 때문에 제조 공정 담당 기술자와 협의하여 적절한 정전기 대책을 실시할 필요가 있다.

(4) 이오나이저에 대해서는 이온 발생 방식의 차이에 따라 관리 내용도 다르다. 코로나 방전 식에서는 다음과 같은 항목을 관리할 필요가 있다.

(가) 접지 전극의 접지 점검

(나) 기류의 속도, 방향과 이온의 확산 상태의 점검 및 계측

(다) 양·음이온 발생량 및 밸런스를 이온 농도계나 정전기 플레이트 모니터(CPM; Charge plate monitor)로 계측

(라) 광산란식 또는 핵응축식의 미립자 계측기에 의해 이미터(방전극)에서 먼지량 모니터링

(마) 가스 입자 변환에 의해 이미터(방전극)의 선단부에 부착·퇴적하는 오염의 점검과 청소

(바) 이미터(방전극)의 열화 상태 점검과 교환

(5) 광조사식에 대해서는 작업장 안에서 사용하는 연X선 램프의 차폐 상태 점검, 수명이 다 된 램프 점검과 교체 등이 있다.

(6) 작업 환경 관리는 바닥재, 벽이나 천장 내장재의 정전기 대책이며, 특히 청정 작업 구역은 정기적인 점검·계측이 필요하다.

(7) 작업장 안에서 사용하는 비품에는 작업대, 의자, 이동용 박스 등의 용기류가 있다. 도전성 재료를 사용한 작업대, 의자, 용기류에 대해서는 접지 상태 점검을 실시한다. 또한 절연 재료로 이루어지는 이동용 박스 등의 용기류 정전기 대책에는 송풍식 이오나이저나 주변 분위기의 가습이 있고, 용기류의 대전 상태와 이오나이저의 가동 상태나 상대 습도의 점검·계측을 실시한다.

(8) 제조 설비와 그 관련 설비·기기의 정전기 대책이다. 제조 시설 안에는 청정실에서 사용하는데 있어서 정전기 대책을 실시하지 않은 경우가 있다. 장치 관

리 책임자는 정전기 관리 기준에 준거하여 장치 담당자와 정전기 장애의 정도를 충분히 협의하여 대책을 마련할 필요가 있다.

5.4 비일상 관리

(1) 작업장의 정전기 관리에는 일상 관리와 함께 제조 설비의 변경이나 제품의 불량률, 사고 발생 등 어떤 변화가 생겼을 때 실시하는 비일상 관리가 있다.

(2) 비일상 관리는 다음과 같은 경우에 할 필요가 있다.

(가) 제품 불량률이 증가한 경우

(나) 실내 청정도가 저하한 경우(코로나 방전식 이온나이저에서 먼지 발생이 의심된다)

(다) 제조 라인을 변경했을 경우

(라) 정전기 대책 기자재의 사용 기종(사용 재료)을 바꿨을 경우

(마) 공정 안을 수리한 경우

(바) 전체적인 청소를 실시한 경우

(사) 장기 휴업이 끝난 직후

(아) 사고나 재해가 발생한 경우