



정전기

편집실

1. 정전기

정전기 대책의 방법을 이해하기 위하여서는 우선 그 발생에 관한 이론을 고찰할 필요가 있다. 물질의 구조에 관한 분자설에 따르면 모든 물체는(+)에 대전된 양자를 포함한 원자핵과 그 주위를 도는 (-)에 대전된 전자로 구성되어 있고 중성의 상태를 유지하는 데는 돌고있는 전자의 수와 핵(+)안의 전하수가 같아야 하며 두 개의 소재가 서로 접촉하면 (-)에 대전된 전자(특히 핵으로부터 가장 먼 궤도상의 전자)는 양방 소재의 분자로부터 분자에 자유로이 이동되어지고 접촉한 한 개의 소재가 박리 되어지면 한쪽의 소재는 전자를 얻어 (-)에 대전되고 한쪽의 소재는 전자를 잃어 (+)에 대전된다.

예를 들어 2매의 Film을 강하게 마찰시킨 후 밀착되어 있는 2매의 Film을 분리시킨 다음 정전기를 측정하게 되면 한쪽은 전자를 많이 얻은 결과로 (-)에 대전하고 다른 한쪽은 전자를 많이 잃어 (+)에 대전된 상태를 볼 수가 있다. 접촉 압력이 강하면 강할수록, 박리속도가 빠르면 빠를수록 Film의 대전량은 많아진다.

2. 정전기발생

2-1. 접촉

대전정전기는 2개의 서로 다른 물체가 접촉, 분리 하였을때 “+ ”와“-”의 전하가 상대를 향하여 병행하는 전기 이중층이 형성된다.

그후 물체가 분리하게 되면 전기 이중층의 전하분리가 일어나 2개의 물체에는 각각 극성이 다른 전하가 발생한다.

더욱이 동종의 물체라 하더라도 표면상태(표면의 부식, 평활도)의 차이에 따라 접촉 분리가 일어나면 발생하며 일반적으로는 접촉 분리 과정을 거치게 되면 모든 물체에 발생된다.

2-2. 마찰

대전물체가 마찰을 일으켰을 때나 마찰에 의하여 접촉의 위치가 이동하여 전하 분리가 일어나 정전기가 발생하는 현상을 말하며 마찰대전 접촉, 분리 라는 발생과정을 거쳐 정전기가 발생하는 대표적인 예로써 고체 액체류 또는 분체류에 의하여 발생하는 것은 주로 이것에 기인하고 있다.

2-3. 박리

대전서로 밀착되고 있는 물체가 떨어질 때 전하분리가 일어나 정전기가 발생하는 현상을 말한다. 이것은 접촉면적, 접촉면의 밀착력, 박리 속도 등에 의해 정전기의 발생량이 변화하여 일반적으로는 박리대전 쪽이 마찰대전 보다도 큰 정전기가 발생한다.

2-4. 유동

대전액체류를 파이프 등으로 수송할 때 이것에 정전기가 정전기가 발생하는 현상을 말한다.

액체류가 파이프 등 고체와 접촉하면 전기가 중층이 형성되어 이 전기가중층을 형성하는 전하의 일부가 액체류의 유동에 의하여 흐르기 때문에 정전기가 발생하는 현상으로서 액체류의 이동속도가 정전기의 발생에 커다란 영향을 준다.

2-5. 분출

대전분체류, 액체류, 기체류가 단면적이 작은 개구부로부터 분출할 때 이 사이에 마찰이 일어나 정전기가 발생하는 현상을 말한다. 정전기의 발생 원인에 개구부와 마찰만이 아니라 액체류, 분체류 상호간의 충돌 및 미세하게 비산하는 분말 상태로 영향을 하고 있으며 일반적으로는 후자의 원인에 의하여 많은 정전기가 발생한다.

2-6. 충돌

대전분체류와 같은 입자 상호 간 혹은 입자와 고체와의 충돌에 의해 빠른 접촉, 분리가 행해지기 때문에 정전기가 발생하는 현상이다.

2-7. 대전열

대전열은 소재가 접촉이나 마찰되어 질 때 (+)에 대전되기 쉬운 물질을 위에 두고, (-)에 대전되기 쉬운 물질을 아래로 하여 그 순서대로 열을 지은 것으로 유리와 철을 마찰시키면 유리는 (+), 철은(-)에 대전하고 철과 테프론을 마찰시키면 철은 (+), 테프론은 (-)에 대전한다. 이와같이 대전극성은 마찰하는 상대의 물질에 따라서 변하며 대전열에서 위의 물질과 아래 물질을 마찰시키면 위의물질이 (+)로 아래의 물질이 (-)에 대전한다. 그리고 대전열은 순수한 물질을 대상으로 하였기 때문에 물질 표면에 오염 물질이 부착되면 대전극성이 대전열과 같지 않은 경우도 있고 대전열 중 위치관계가 가까운 물질끼리의 마찰은 대전량이 비교적 적게 된다.

3. 소재의 분류

소재는 “절연체”와 “도체”로 분류할 수 있다. 그리고 절연체 내부에서는 전자의 이동이 한정되어지고 접지를 하여도 전자의 이동이 없기 때문에 접지를 하여도 의미가 없으며 한 개의 절연체에 있어서 어떤 부분은 전자가 모자라고 또 다른 부분은 전자가 많아 대전의 상태가 다르게 되는 경우가 있다. 여기에 반하여 도체에서는 전자의 이동이 자유롭기 때문에 한 개의 도체에서의 대전량은 어느 부분을 측정하여도 같게 되며 접지하는 것으로 대전은 “0”으로 된다. 이것은 접지되는 대지가 전자를 무한히 공급하고 동시에 무한히 흡수하는 저장소 역할을 하기 때문이다. 따라서 도체는 적절히 접지하는 것으로 정전기



대책이 가능하지만 절연체에 있어서 정전기는 정전기 대책에서 기술되는 여러 가지 방법이 이용되어야 한다.

* 일반 전기와 정전기의 차이 (단지 전기의 상태가 다름)-일반전기 : 흐르고 있음 -정전기 : 정지해 있음

* 정전기가 모이는 물질 (모든 물질에 축적)-도체 : 대전을 하여도 소멸되기 쉬움 : 큰 대전이 되기 어려움(도전율이 10⁻⁶ S/m 이상)-절연체 : 대전된 후 소멸되기 어려움 : 큰 대전이 되기 용이함.

4. 전하량과 전위

일반적으로 물질 내부의 전자 1개를 그 표면에서 외부로 꺼내는데 필요한 작용함수(ϕ)라 하고 두 종류 물질의 작용함수 차로써 접촉 전위차가 나타난다. 금속판 A,B 의 표면을 접촉시키면 A 표면에서 B 표면으로 전자가 이동하여 그 결과 A는 +, B는 -로 대전하여 전기적인 이중층이 형성된다. 이때 나타나는 접촉전위차 V 는 $\phi_B - \phi_A$ 로 주어진다. A에서 B로 이동한 정전기를 Q (Coulomb), 양 금속의 표면차를 C (Farad)라 하면

$$Q = c V$$

Q : 전체 대전 전하량 (Joule / 방전 에너지) c : (모든 물체에 발생하는) 정전 용량 V : 어떤 점으로부터 단위 전기량을 옮기는데 필요한 두 점 사이의 전위차

* 정전용량은 전류(A) 와 비슷한 의미로 해석되며 모든 물체(도체 및 부도체)는 각각 고유한 정전용량을 가지고 있다 예를 들면 인체의 정

전용량은 작업장의 환경에 따라 100[pF-피코패럿] 에서 4,000[pF]까지 변화하나 일반적으로 200[pF]로 적용한다.

* 전하를 전기장안에서 이동시키기 위해서는 일을 필요로 한다. +1[C]의 전하를 무한원(無限遠:전기장이 미치지 않는 점)에서 전기장 안의 한 점까지 운반하는데 필요한 일을 그 점의 전위라 할 수 있다. 전위, 전위차의 기호는 V , 단위는 볼트[V] 를 사용한다.

정전기 방전(ESD: Electrostatic Discharge)에서 전위(V)의 용량만을 주요시하는 이유는 c 즉 정전용량은 모든 물체가 갖고 있는 고유용량이며 측정시 의 조건(마찰 면적,회수,압력 등)에 따라 가변되는 것이므로 실제 측정 시 일괄 적용이 불가하다. 따라서 정전기 방전용량에서 c 의 값은 극히 미미하고 모든 물질에 따라 다르므로 V 즉 전위로만 표시한다.

5. 도체의 대전도

전체에 있어서 표면에서 전자의 이동이 자유롭기 때문에 대전되는 데에는 다음의 두 가지 경우로서 첫째는 정전유도이다. 대전물의 전계중에 도체가 있으면 정전유도에 의해 도체 표면에 전하가 드러나고 대전물 측의 전하는 대전물의 전기력선에 포착되어 이동할 수 없고 대전물과 반대측의 전하(대전물과 같은 극성의 전하)는 도체를 접지하게 되면 대지로부터 전하를 공급받아서 중화되므로 접지를 제거하면 (-)로 대전된 결과가 된다. 두번째로 대전된 도체로부터 변환된 대전으로 도체 B는 처음에는 중성상태이고 (+)로 대전된 A의 도체와 B의 도체가 접촉

[표 1] 상대습도에 따른 대전 전위

항 목	대전 전 위 (V) / 상대습도			
	10 %	40 %	50 %	60 %
카펫트 위를 걸을 때 - 인체	35,000	15,000	7,500	1,500
비닐 마루위를 걸을 때 - 인체	12,000	5,000	3,000	250
일반적인 작업자	6,000	800	400	100
일반 플라스틱 Tube 속의 IC	2,000	700	400	100
스티로-폼에 꽂혀있는 IC	14,500	5,000	3,500	1,500
플라스틱 포장을 해체하였을 때 내부	26,000	20,000	7,000	3,000
스티로-폼으로 포장했을 때	21,000	11,000	5,500	1,000
비닐통 속의 IC	11,500	4,000	2,000	600

하게 되면 대전된 A도체로부터 B도체로 대전이 평형상태로 이루어 질 때까지 전하가 흐르게 되어 결과적으로 B 도체가 대전되는 현상이다.

6. 습도와 대전전위

정전기에 의한 장애는 습도의 정도에 의해 일반적으로 여름은 겨울보다도 적게 발생하고 있다. 이러한 원리에 의하여 습도 조절로 대전을 방지하려면 절연체(Plastic, Film, Glass etc)의 경우는 흡습성이 없기 때문에 흡습성이 있는 소재와 같은 효과를 얻기 위해서는 습기가 소재에 충분할 때까지 습도를 높여야 한다.

그 결과 작업자への 불쾌감, 금속부품 및 기계의 부식 등의 문제를 일으키는 사례가 있어 주의하여야 하며 상대습도의 정도에 따라 대전물이 대전되는 대전전위는 큰 차이가 있는 것을 고려한다면 습도가 대전에 미치는 영향을 알 수 있다.

7. 인체의 대전전위

인체로부터 방전 전하량이 $2 \sim 3 \times 10^{-7}(C)$ 이상이 되어 전기적 충격을 발생하는 방전은 일반적으로 대전 전위가 3KV 이상이 되면 발생하므로 인체의 대전에 기인하여 발생하는 전기적 충격의 발

[표 2] 인체대전과 전격의 관계

대전전위	인체 전격의 정도	비고
1.0 KV	전혀 감지하지 못함	
2.0 KV	손가락 바깥쪽에 느껴지지만 통증은 없음	희미한 방전을 발생(감지 전압)
3.0 KV	따끔한 통증을 느낌	방전의 발광을 봄
5.0 KV	손 바닥에서 팔꿈치까지 전기적 충격을 느끼는 통증	방전 발광이 길어짐
8.0 KV	손 바닥에서 팔꿈치까지 저리는 무거운 통증	
10.0 KV	손 전체에 통증과 전기가 흐른 느낌을 받음	
12.0 KV	강한 전기적 충격으로 손 전체를 강타한 통증	



생 한계는 인체의 대전 전위로 표현하면 약 3KV 이다. 이러한 수치는 인체의 정전 용량이 100pF 인 경우이고 인체가 의자에 앉아 있다든지 발 밑에서 특별히 얇은 물질이 있는 경우는 100pF보다 크게 되기 때문에 전기적 충격의 발생한계로 되는 인체의 대전 전위는 적은 수치로 된다.

전도도는 물질 내에 생성된 정전기의 양에 중요한 역할을 하는 것으로 정전기를 방출 시킬 수 있는 물질의 능력을 나타내며 일반적으로 ESD로부터 보호하기 위하여 사용되는 물질의 저항 특성 (Resistive Properties)을 나타내는 방법은 다음과 같다.

체적저항(Volume resistance of a material , R_v , ohms-cm) 체적저항이라는 것은 주어진 순수한 물질의 고유저항이며 다음과 같이 계산 된다. 전기 이온에서 어떤 물질의 저항 R 은 전류가 흐르는 방향에 수직인 단면 A 에 반비례하고 전류가 흐르는 방향과 평행한 방향의 L 에 비례한다. 이것을 수식으로 나타내면 $R \propto L/A$ — [a-1], $R = (\text{상수}) \times L/A$ — [a-2] 여기서 상수는 체적저항으로 알려져 있으며 여러 가지 순수한 물질에 대한 것은 나와 있다. 단위는 Ohm-cm²/cm 이므로 Ohm-cm가 된다. 그러므로 위의 식은 $\rho_v = RA / L$ — [a-3]가 된다. 순수한 물질의 저항은 치수를 알고있는 물질 (즉 길이 : L , 폭 : W, 두께 : t) 의 저항을 조사하여 얻을 수 있다. 단면이 정사각형인 물질 즉 $L = w$ 라면 [a-3] 의 식은 $\rho_v = Rt$ — [a-4]로 된다. 일정한 체적저항 ρ_v 를 가진 Bench Top, Tote Box, Tray 와 같이 덩어리로 된 전도체의 저항 R 은 [a-2]식으로부터 두께에 따라 변화하게 된다.

ρ_v 는 일반적으로 물질이 정사각형인 경우의

저항 R 을 측정하고 [a-3]식에서와 같이 이 저항을 t로 곱하므로 얻어진다. 현재 일반적으로 사용 중인 체적저항 측정 방법과 원리(ASTM D-257)는 아래 그림과 같고 체적저항 $\rho_v = A/t \cdot R_m$ ohm-cm (A : 전극의 접촉 단면적(cm²) , t : 측정물의 두께(cm) , Rm : 측정된 저항(ohms))로 구할 수 있다.

8. 표면저항

표면저항 ρ_s 는 정사각형인 물질의 저항 R을 측정한 것이며 보통 상대적으로 큰 BASE 물질의 표면에 있는 얇은 전도성 물질의 층에 대한 저항의 측정이다. 그러나 체적저항 물질에도 적용할 수 있다. ρ_s 는 ohms per square의 단위를 가지며 물질의 표면 양단에서 측정한다. ρ_s 는 정사각형의 물질에 대한 체적저항 결정시 사용되는 측정 저항치 R 과 등가이다. $\rho_s = R$ (시료의 면적이 정사각형인 경우) 두개의 저항 Parameter 중 에서 표면저항은 주어진 물질에서 실제 자재저항의 측정치이기 때문에 좀더 저항의 Parameter를 나타내는데 적합하다고 할 수 있다.

전도성 금속 BUS BAR 가 플라스틱에 연결되어 있고 BUS BAR 는 OHM METER 에 연결되어 있다. 여기서 유의할 사항은 다음과 같다. <1> 이 BUS BAR 의 위치와 크기가 나타나야 한다. <2> “X” 와 “Y” 의 크기는 서로 같아야 한다. 여기서 X, Y 의 크기를 임의로 정할 수 있으나 반드시 X,Y 의 길이는 같아야 한다. 플라스틱은 부도체의 동작 특성을 살리므로 이 물질의 두께는 중요하지 않다. 이때 유의해야 할 사항은 “X” 의 길이는 각 BUS BAR 사이의 폭이

며 “Y” 의 길이는 각 BUS BAR 의 길이이다.

이제 두 BUS BAR 로 덮인 물질은 완전한 SQUARE AREA 이며 BUS BAR 에 부착된 METER 의 수치는 “OHMS PER SQUARE “ 를 나타낸다. 그러나 실제로 ESD를 방지하기 위해 사용되는 대부분의 물질은 정사각형이 아니다. 그러므로 표면저항은 단지 전기적으로 접촉하는 두 점 사이의 실제 저항에 대한 근사치이다. 여기서 실제 저항은 앞의 [a-3] 식을 사용하여 계산하는 방법과 Ohm-Meter 를 사용하여 측정하는 방법이 있다. $\rho_s = \rho_v / t$ —[b-1], $\rho_{st} = \rho_v$ —[b-2] 두 식에서 ρ_s 는 동일한 물질이라도 그 물질의 두께 t 에 따라 변화한다. 그러므로 동일한 물질의 체적저항에서 ρ_s 와 ρ_v 의 관계는 두께 t가 주어지지 않는 한 의미가 없다. 부도체의 표면에 전도성 물질을 입힌 경우 저항을 나타내는 Parameter로는 일반적으로 표면저항을 사용하며 전도층의 두께는 대부분 일정하고 부도체인 BASE 물질의 체적저항 ρ_v 가 전도성 표면물질의 저항보다 상대적으로 큰 경우는 BASE 물질의 두께에 영향을 받지 않는다.

감소시간은 표면저항을 측정하는 또 하나의 방법이며 어떤 물질을 정전기로 대전하여 원래 전압의 10% 수준까지 내려가는데 걸리는 시간을 측정하는 것이다.

정전기 발생에는 물체에 축적이 되어 있는 상태에서는 위험성이 없으나 대전체가 방전하여 불꽃이 발생하였을때 가연물질에 착화하여 화재, 폭발이 발생한다. 대전체가 방전할 때는 그 불꽃에너지 E (Joule)는 다음식으로 나타낸다.

$E = 1/2 QV = 1/2 CV^2 = Q^2 / 2C$ V: 접촉 전위차 Q : 두 물체간의 대전한 전기량

(Coulomb)C : 두 물체의 접촉표면간의 전기용량 (Farad)

최소 발생 Energy를 W_0 라 하면 $E > W_0$ 인 경우 인화 폭발할 가능성이 많이 있다. 이 최소 발화에너지는 가연성 Gas 또는 증기의 경우 가스의 종류에 따라 그 공기와의 혼합화에 의하여 다르거나 혼합기(混合氣)를 형성하는 산소량이 증가하면 급속히 감소한다. 상온 상압보다 고온 고압이 최소 발화 Energy 가 적다.

가연성 분진의 경우 분진농도, 입자경 (粒子徑) 수분, 유량, 산소량 등이 보다 현저한 영향을 주며 분자 입자경이 적든가 분농도가 크든가 산소량이 많든가, 수소함유량이 적을 때 최소 발화에너지는 적어진다.

이와같이 축적 Energy전계강도가 일반적으로 30 KV/cm 이상의 파괴전계(破壞電界) 가 되면 발생한다. 이것은 대전물체에 축적되어 있던 정전기의 방출현상으로 파괴음이 발생하며 어두운 곳에서 발광을 동반한다. 이때 불꽃방전이나 번개현상의 방전이 발생하여 가연물에 착화원이된 가연성 Gas, 증기, 분진 의 폭발 및 화재사고가 발생한다.

예를들면 최소 착화(발화)에너지를 알면 가연성 가스 또는 증기의 폭발 하한계(explosion-safe : Vex)를 알 수 있다. 만약 벤젠의 $W_{min}=0.2mJ$, 적용 시스템의 C(capacitance) = 300 pF이면 위식에서 가 된다. 즉 벤젠의 혼합기 농도 4.7 Vol% 에서의 폭발 하한계는 1,000~1,200 V 임을 알 수 있으며 이것이 safe-voltage level을 정하는 기준이 된다.(관련 근거 Eplosions and static electricity-EOS/ESD S.P1995)



[표 3] 가연성 가스 및 증기의 최소 발화에너지

가연성 가스 또는 증기	최소 발화 에너지(10-3 Joule)	혼합기 농도(Vol %)
이산화탄소	0.009	28~30
수소	0.019	28~30
아세치렌	0.019	
이황화수소	0.064	
에치렌	0.096	
벤젠	0.20	4.7
시크로헥산	0.22	3.8
부탄	0.25	4.7
프로판	0.26	5~5.5
메탄	0.28	8.5
암모니아	0.77	
아세톤	1.15	

다시 말해서 정전기에 의한 재해가 발생하는 것을 보면 ① 전하의 발생 → ② 전하의 축적 → ③ 방전 → ④ 발화 (재해) 의 과정을 거쳐 재해가 발생되므로 불꽃방전이 발생하는 관계는 전극의 형상에 의해서 결정되는 전계분포 및 Gas 의 압력과 전극간격 간의 누적으로 결정된다.

대기압하의 공기 중에서 전계가 평등일 때 금속 전극간의 전압이 350V 이상에서 불꽃방전이 일어난다.

금속 전극간에 발생하는 방전이 가연성 분위기에 있는 Gas를 발화시키는데 필요한 Energy는 가연물 종류와 농도에 따라 다르며 완전연소 농도 부근점보다도 높게 되면 발화 Energy는 급격하게 발생한다.

정전기 재해는 이와같이 복잡한 Process를 거쳐 발생하므로 Process의 한과정의 연쇄성을 제거 하므로서 재해발생 원인을 막을 수 있다.

9. ESD 방전에 의한 피해

기본적으로 정전기에 발생하는 문제는 먼지 오염과 ESD 방전에 의한 전자부품의 파열과 열화이다. 먼지오염의 경우로는 공기 중에 떠다니는 대전된 먼지가 대전물에 근접하게 되면 정전유도에 의하여 발생하는 Induced Charge에 의한 쿨롱의 힘 $F=Q^2/(2r)^2 < Q : \text{Particle의 대전량}, r:\text{Particle의 반경} >$ 으로 표현된다. 이러한 인력이 대전물과 Particle을 서로 끌어 당기는 작용으로 제품이 오염된다, 쿨롱의 힘 표현식에 나타나듯이 Particle의 대전량이 크면 클수록, Particle의 반지름이 작으면 작을수록 끌어당기는 인력이 커지는 것을 알 수 있다. 다음은 ESD 문제로 표 1-2에서와 같이 대전된 인체나 대전물이 전자부품이나 피도물에 방전하게 되면 방전 전류는 전자 부품이나 피도물의 저항이 낮은 영역을 통과하게 되고 그 크기는 $I =$

[표 4] 각종 분진 최소 착화에너지

분진 종류	발화점(°C)	최소 발화 에너지(10-3 Joule)	폭발하한계(g/m ³)
폴리에치렌	410	10	20
나이론	500	20	30
알미늄	645	20	35
석 탄	610	30	35
고무(천연)	350	50	25

$\Delta q/\Delta t$ (I:방전전류 q:방전량 t:방전시간)로 표시되며 일반적으로 방전은 1mil SEC 내에 이루어 지므로 방전량이 높으면 높을수록 방전 전류는 강해진다. 또한 $E(H) \propto I$ 관계로 방전 전류가 강할 때 생성되는 열에너지는 방전 전류에 비례하여 Micro-chip의 열파손 (Thermal Breakdown),

10. 가습

정전기의 발생(습도와 대전전위)에서도 언급하였지만 가습에 의해 공기의 상대습도를 높이면 물체표면의 흡습량을 증가시켜 표면 저항율을 저하시키므로 물체는 잘 대전이 되지 않는다. 상대습도는 현장 상황에 따라 다르지만 보통 60-70% 가 적당하다.

11. 대전방지제의 사용

대전 방지제를 절연물의 표면에 도포하거나 혼입하여 표면 저항을 저하시켜 대전을 방지하는 방법으로 도포된 층이 박리되지 않고, 습도가 50% 이상일 경우에는 편리한 방법이지만 사용상 하기의 사항을 고려하여야 한다.

- 약제 Coating 작업이 이후 공정에 추가된

경우

- 대전 방지재의 사용으로 인한 제품への 영향

12. 대전방지

용품을 사용 정전기에 약한 전자부품이나 조립된 기관을 취급할 때에는 꼭 정전기 대책이 된 작업장에서 정전기 대책이 된 작업자만이 취급하여야 하며 또 운반이나 보관시에도 도전성 제품을 이용하여야 한다. 각 대상물 또는 중요 공정별 정전기 대책제품은 하기와 같다.

- 1) 인체를 접지시켜 주거나 대전을 방지시켜 주는 제품

- Wrist Strap, Heel Grounder, 대전 방지복, 제전화, 제전 장갑

- 2) Conveyor 또는 통로의 바닥이나 Table 등에 설치하여 대전을 안전하게 접지시키는 제품

- Conductive Floor & Mat(전도성 바닥재, 매트), Conductive Table Mat(전도성 테이블 매트)

- 3) 전자부품 및 조립된 기관을 운반할 때나 포장시 사용되는 도전성 제품



특 집

(표 5) ESD 방지물질의 적용

응용분야	전도성 재료	정전 분산	제 정전기
일반적인사항	1. 높은 전위이나 Hard Ground 접촉시 안전사고 위험이 있음. 2. 회로나 조립품의 시험시 도체표면에 접촉되면 파괴될 수도 있음. 3. 강의 경우 부식하기 쉽고 페인트 등으로 코팅하면 표면저항을 떨어트려 정전기가 발생하기 쉬움. 4. 알루미늄 산화막은 3.항의 문제가 있음. 5. 가연성, 부식성, 독성, 박테리아의 운집, 부식, 흡수, 흡착, 벗겨짐, 장시간의 화학적 안정성을 고려해야함.	1. 도전성 1, 2항의 위험은 적지만 어느정도 존재함. 2. 이는 정전압의 크기나 부품회로의 종류에 관계됨. 3. 도전성재료의 5항	1. 표면의 용제는 습도의 영향을 받는다. 2. 표면의 먼지, 오일, 유기물이 성능을 저하시킴. 3. Antistat 용액이 Item에 침투할 수 있음 4. 도전성 재료의 5항 1. 전하의 방전이 느림. 2. 정전기 분산의 2항
바닥재매트	1. 고전압을 유지하지 않고 재빨리 방전시킴. 2. 안전을 위하여 직렬저항이 필요함.	1. 전하의 방전에 적합한 전도성을 제공. 2. 성능을 위하여 주기적인 관리가 필요함.	

- Conductive(or Static Dissipative) Part Box, Shielding Bag, Foam, Field Service Kit, Film

12-1. Wrist Strap & Checker & Monitors

접지대책이 되어 있지 않은 인체는 간단히 수천 Volt의 정전기가 축적되기 쉽고 이렇게 축적된 정전기를 접지시켜 안전하게 방전시키는 제품이 Wrist Strap이다. 즉 인체는 정전기적으로 도체이므로 도전사를 이용한 손목 Band와 너무 빨리 방전됨으로써 발생되는 Spark나 Noise로 인한 여러 장애의 방지 및 역 전류로 인한 인체의 보호를 위하여 1 MΩ의 저항이 부착된 Cord를 이용하여 인체를 접지시키는 제품이다. 그러나 Wrist Strap은 동작 및 접지 상태를 일상 점검하여야 하며 이런 목적으로 사용되는 제품이 Wrist Strap Checker 이다. Wrist Strap

Checker의 저항범위는 보통 3가지로 구분되는데 저항 범위가 800KΩ ~ 10MΩ일 경우는 Wrist Strap이 정상적으로 동작됨을 나타내고 10MΩ 이상인 경우는 Band가 느슨하여 접촉불량이든지, Cord의 단선, Band가 오염되었을 때 나타내며 800KΩ 미만인 경우는 Wrist Strap에 내장된 1MΩ 저항이 파열되어 너무 빨리 방전되어 Spark나 Noise의 염려가 있음을 나타내므로 저항범위에서 이외의 경우 불량상황에 대응한 수리를 하거나 교환하여 사용하여야만 한다.

12-3. Conductive Mat

작업자나 대전된 제품의 정전기를 접지시킴으로 안전하게 방전시키는 Mat가 도전성(정전분산)이 되기 위하여는 표면저항이 $R_s = 105-108 \Omega/\text{Square}$ (20℃ RH=65%) 이어야 하고 분리된 각 Mat마다 1MΩ 저항이 내장된 Cord를 사용하여 접지시켜 주어야만

하고 Wrist Strap처럼 접지불량, 단선, 저항 파열 등을 상시 점검하여야 한다. 또한 표면의 오염이나 백화 현상 등으로 저항이 변화될 수 있으므로 주기적인 관리가 필요하다. 일반적으로 양면 접착 Tape를 사용하여 간단하게 시공할 수 있을 뿐만 아니라 교체가 용이하기 때문에 가장 많이 사용된다. Mat를 바닥용으로 사용할 때의 저항은 바닥재의 저항과 동일하게 관리 하여야 하며 내화학적, 미끄럼 방지 및 내마모성등에도 유의하여 제품을 선정할 필요가 있다.

12-4. Conductive Floor

바닥재의 표면저항(R_s), 접지저항(R_g)은 $2.5 \times 10^4 \sim 10^6 \Omega$ 로 시공 및 관리가 되어야 하며 에폭시, 우레탄, 타일 등의 종류가 있다(당사 전도성 바닥재 참조), 위의 도전성 Mat나 바닥재 모두 반드시 접지를 하여야 하며 작업자는 Conductive Shoes를 사용하지 않으면 의미가 없다.

12-5. 전도성

의자인체에서 발생한 정전기의 제전을 위하여서 반드시 필요한 설비이며 특히 작업자가 주로 앉아서 작업을 하는 작업장인 경우에는 더더욱 중요하다. 특히 인체와 접촉되는 바닥 및 등받이 시트는 정전기 제어 및 정전기의 방전통로를 위하여 전도성($R_s = 10^5 \sim 10^8 \Omega / \text{Square}$)이 되어야 하며 오염방지 및 Non-Particle 소재로 선택되어야 한다. 또한 바퀴(Caster)도 전도성으로 하여 시트 표면에서 바닥까지 접지가 이루어져야 한다. 흔히

접지를 위하여 체인을 사용하는 경우도 있으나 접촉면적이 불완전하므로 보조수단으로 사용하여야 한다.

12-6. Shielding Bag

정전기에 민감한 전자 부품이나 기관의 운반과 보관시 사용되는 Shielding Bag은 보통 3층구조(그림 2-5 / 금속 Coating층, Polyester층, Polyethylene층)로 되어 있고 금속층(표면저항 약 $10 \sim 2 \Omega / \text{Sq}$)은 발생하는 정전유도를 100 micro-sec 이내에 반응하여 보관된 부품의 파괴를 방지하고 절연층으로 구성된 Polyester층은 정전기의 직접방전으로 인한 피해를 방지할 뿐만 아니라 Bag의 맨 아래 Polyethylene층에 Anti-Static 물질이 화학적으로 합성되어 있으므로 Bag 내부에서의 마찰로 인한 정전기의 발생을 항상 방지시켜 준다.

12-7. 이온나이저(Ionizer)

고전압을 방전시켜 얻어지는 양,음이온을 상대물에 보내어 대전된 정전기와 반대극성으로 중화 소멸시키는 장치로 소재에 대하여 접촉되지 않고 사용하므로 소재를 상하게 하지 않고 용도, 소재, 작업내용에 따라 제전능력, 제전방식(Blower, Air Gun, Air Nozzle, Static Bar etc) 등의 수많은 제품이 있다.

12-8. Blower Type Ionizer

특히 사용연수가 길어 정전기에 대응하기에 가장 효과적인 방법으로 제전방식 중 많이 사용되는 Blower 방식의 사양을 소개하면 다음과 같다.



내장된 송풍기의 Air를 이용하여 방전침과 접지전극 사이에서 발생하는 Ion을 대전물에 전달시켜 주고 대전물에 부착된 먼지도 불어 날려주는 Blower 제전방식의 Ionizer는 보통 복잡형상 대전물의 제전에 이용되며 제전범위 및 제전능력은 Ion Current량의 Blower를 사용하여야 한다. Blower 제전시간을 고려하여 설치를 하여야 할 경우 제전시간과 관계가 있는 변수(대전물과의 거리, 대전물과의 거리에 따른 Ion Current, 대전물의 정전용량)를 조정하여야 하며 대전물의 정전용량은 변하지 않으므로 대전물과의 거리의 조정과 Ion Current가 높은 제전기를 사용하여야 한다. 그리고 Ionizer의 구비사항으로는 Ion Balance, Noise 발생 유무, Ozone 농도 등이 고려되어야 한다. “+”와“-”의 Ion Balance가 맞지 않는다면 Ionizer로 인한 대전의 염려가 있으며 Noise 발생은 기계의 오동작을 초래하며 높은 Ozone 농도(PPM)는 인체에 악영향을 미치므로 주의하여야 한다. 또 Ionizer의 사용상 주의할 사항은 접지상태의 확인과 방전침의 Cleaning이다. 방전이 일어나게 되면 방전침이 오염되어지고 그 오염된 방전침은 정상적인 방전을 하지 못하므로 자연히 Ion Current는 낮아지며 제전성능도 낮아진다. 실제로 Ionizer를 200일 동안 계속 가동시켜 제전전류의 변화를 측정 한 것으로 처음 작동한 다음 90일 경과된 후 Ion Current 현저하게 낮아지고 이때 방전침을 Cleaning 하여주면 Ion Current는 정상적으로 높아지지만 이때부터는 30일 간격으로 현저하게 낮아지는 것을 볼 수 있다. 그림

2-7에서 Ion Current가 정상적으로 되는 요인으로는 Cleaning의 결과이며 여기에서 방전침의 정기적인 Cleaning 필요성을 쉽게 알 수 있다. Ion Current와 Ion Balance를 측정에는 그림 2-8과 같은 방법으로 두개의 Collector Plate에 각가 “+”와“-”의 고전압을 인가한 다음 Ionizer를 작동시키면 거리에 따른 Ion Current 및 Ion Balance를 측정할 수 있다.

13. AC, DC Type 제전장치 비교

AC혹은 DC의고전압을 뽀족한 침 끝에 인가하여 접지와 설계된 거리를 유지하면 AC의 경우는 접지측과 코로나 방전을 일으키게 되는데 이때 이온과 오존을 생성하게 된다. 여기서 생성된 이온은 AC의 50~60Hz 주파수에 의해 +,- 극성을 가지며 매우 빠른속도로 변환하여 상대물에 대전된 정전기와 중화 소멸된다. 극성의 변환이 빨라 상대물까지 도달하기 전에 자체 중화량이 많아 먼거리까지 제전할 수 없는 단점이 있으며 전극의 오손으로 인한 과부하방지를 위해 안전회로와 병행 사용하여야 한다. 그러나 상대적으로 이온 발생이 안정적이며 이온 발란스가 일정량 이상 차이가 나면 회로 자체에서 조절할수 있는 기능(Self control)이 가능하다.반면 DC는 접지와 방전이 아니고 대기중의 산소분자를 전이시켜 이온화하며 따라서 오의 발생이 AC에 비해 1/100 정도 줄어든다. 또 이온발생의 주기를 임의로 조절 사용할 수 있으며 AC에 비해 이온 발생주기가 길어 최대 제전거리가

1m 이상 가능하다. 그러나 +, - 이온발생이 각각의 전극에서 발생되므로 전극의 마모, 오손 및 트랜스의 이상등에 따른 이온발란스의 불균형 가능성이 있으므로 주기적인 관리가 필요하다.

14. Clean room & Clean Bench

제전장치정전기를 중화하고 정전기가 없는 환경을 유지하기 위하여 Hepa Filter의 송풍구에 부착할 수 있는 Ionizer가 있고 상기 제전 제품을 Clean room이나 Clean Bench에 이용할 때의 주의사항으로는 Noise 발생이 없는 제품(Shielding Cable)을 이용하여야 하며 일반 Ionizer의 방전침은 Stainless Steel로 만들어져 있으므로 Metal Contamination의 염려가 있는 공정에서는 텅스텐을 이용한 방전침이 요구되며 Air Gun의 경우 0.5 micron 이상의 Filter가 장비된 제품을 이용하여야 한다.

15. 측정장비

제품의 품질관리에 결점이 없도록 작업 공정상의 문제가 되는 Trouble을 방지하고 제품의 완성도를 높이기 위하여 확실히 제전하는 데에는 정전기의 측정장비는 기본으로 된다. 소재와 각 공정을 수정하여 발생장소, 대전량 등의 원인을 명확히 하는 일이 정전기 대책의 중요한 Point이고 제전장치의 설치장소와 낭비 없는 최적의 기중선정에, Ionizer의 효과판정의 수단으로서도 정전기 관련 측

정장비는 꼭 필요하다.

- Electrostatic Locator : 대전량의 전하를 측정할 수 있는 장비
- Wrist Strap & Shoes Checker : Wrist Strap의 상태를 점검할 수 있는 장비
- Ionometer : Ion Current 와 Ion Balance 를 측정할 수 있는 장비- Decay Time Analyzer : 대전물의 전하량이 소멸되는 상태를 측정
- Work Surface Tester (Megohmmeter) : 표면저항을 측정할 수 있는 장비로 도전성 제품의 성능 Test
- 정전기 감시 Monitor : 입력된 수치의 정전기 이상이 되면 감지하여 경보를 울리는 장비

16. 대전방지

작업대전자부품을 다루는 작업대는 그림 3-4와 같이 설비하여야 한다.(관련근거 : MIL-STD, DOD-HDBK, AMCR, ANSI/ESD/EOS, UL, NFPA)

- ① 대전 방지복($R_v = 10^5\text{-}10^8 \Omega$)
- ② Wrist Strap($R_g = 1M\Omega \pm 10\%$)
- ③ Dissipative Mat($R_s = 10^5\text{-}10^8 \Omega / \text{Square}$)
- ④ Ionizer / 제전 Blower (Decay time = 3 sec 이내, Ion Balance = 10 nA)
- ⑤ 도전화($R_g = 10^5\text{-}10^8 \Omega$)
- ⑦ 바닥재($R_s, R_g = 2.5 \times 10^4 \sim 10^6 \Omega$)

전기기기, 기계 등이 Mat 위에 놓일 때 또는 금속 작업대등이 전도성 바닥에 직접 놓이지 않도록 하여야 한다.(고무받침대등 절연 후 별도접지)



17. 정전기

대책이제까지 정전기 발생에서부터 시작하여 영향과 대책 그리고 대책에 이용되는 제품과 주의사항에 관하여 서술하였다.

앞에서도 볼 수 있듯이 정전기 대책은 모든 공정에서 이루어져야 하며 전자제품에 관련되는 모든 물질을 소재로 분류하여 대상 소재에 알맞은 정전기 대책이 이루어져야 한다. 그리고 도전성 제품과 제전장치는 다중 다양하지만 요구되어지는 성능과 제전효과를 확인하고 적절한 장소에 적절한 장치를 선택하는 일이 중요하며 아울러

- 모든 작업장의 분류 ● 정전기가 일어나지 않는 작업장을 만든다 ● 정전기 대책이 효과적으로 행하여지고 있는지 확인 ● 반도체의 보관방법 및 운반방법의 확인 ● 정전기에 약한 반도체 소자의 확인 ● 작업자 교육 ● 정전기 대책의 정기적인 점검 등이 유효한 정전기 대책을 실시하기 위한 기본적인 과제이며 ● 원료 및 원자재의 공급측이 올바른 정전기 대책을 하는지 ● 공장내에 정전기 대책이 올바르게 행하여지고 있는지 ● 소비자에게 올바른 취급 설명을 하는지 등이 유효한 정전기 대책을 위한 전제조건이다.

18. 잠정적인 피해(Soft failure)

ESD Pulse 에 노출되는 소자나 시스템은 파괴되거나 여러 형태의 성능 저하를 일으킨다. 스파크 형태로 이루어지는 방전은 넓은 주파수 대역에서 간섭하는 전자기 펄스

(Wideband Electromagnetic Interference Pulse : EMI Pulse)를 발생시켜 디지털 시스템의 교란(예로 Processing Error, 컴퓨터의 Shut Down, 프로그램의 파괴, 기억된 정보의 유실등)을 일으키는 바, 이런 피해는 Hardware적인 피해는 아니므로 Reentering에 의하여 회복 가능하다.

이런 Soft error는 EMI Pulse 외에도 Inductive나 Capacitive Coupling에 의하여도 일어난다.

19. 완전한 피해(Hard failure)

시스템 내의 부품이 완전히 파괴되어 정상적인 동작이 불가능한 경우를 말한다. 반도체 부품에 대하여는 다음 세가지 원인이 주요한 것으로 보고 되었다.

① 열 파괴(Thermal Breakdown) : Bipolar 반도체의 가장 큰 파괴요인이다. 이 피해는 ESD Pulse가 가해질때 그 열이 퍼지지 못하여 집중되고 이 부분의 저항의 온도계수가 음이되어 전류가 Shunting되어 결국 Thermal Runaway가 발생 Junction이 Short되는 현상이다.

② 유전 파괴(Dielectric Breakdown) : MOS의 Gate Oxid의 Punch-Through로 인한 가장 주요한 피해 요인이다. Oxide로 된 유전체 양단에 걸린 전압이 유전체의 특성이 상일 경우 유전체가 뚫리고 절연이 파괴되는 것이다)

③ 금속 용해(Metalligation Melt) : ESD에 의하여 소자의 온도가 높아져 금속이 녹거

나 접합선이 떨어지는 현상이다. 특히 단면적이 일정치 않은 Metal Line에서 국부적인 Current Crowding으로 인하여 Metal 이 녹아 끊어지는 경우가 많다.

20. ESD 파괴를 규명하는 과학적 모델

현재까지 연구된 바, 정전기 피해는 크게 세 가지 모델로 설명할 수 있으며 각 모델에 비추어 그 대책을 세울 수 있다.

① 인체에 의한 모델(Human Body Model)이 모델에서는 1장에서 열거한 작업 동작에 의하여 수천~수만 V 까지 대전된 후, 작업자가 부품에 접촉하는 경우 정전기가 순간적으로 방전되어 수 KW 의 전력이 흐르면서 부품을 파괴하게 된다. 이 모델에 의하면 인체의 정전기 대책이 시급하며 가급적 인체의 정전위를 낮추는 것이 중요하다. 리스트 스트랩, 도전성 의복, 도전성 신발등은 이 모델에 의한 피해를 예방하기 위한 방법이라고 할 수 있다.

② 대전 소자의 방전 모델(Charge Device Model) 소자의 운반, 보관, 취급 등의 과정에서 접촉성 대전이 이루어져 어떤 정전압을 유지하고 있다가 접지에 접촉되어 순간적으로 방전을 일으켜 파괴되는 모델이다. 이 모델에서는 소자의 취급 과정에서 가급적 접촉성 대전을 일으키지 않는 물질을 사용함이 중요하다.

③ 전기장에 의한 유도 모델(Field Induced Model) 전기장에 노출된 부품에는 그에 비례하는 정전위차가 유도되며 이 레벨

이 Breakdown Threshold를 넘으면 파괴되는 모델로서 가장 좋은 예는 MOS 의 Punch through이다. 유도에 의한 피해를 막으려면 부품을 외부 전자기파에서 보호하는 Shielding이 필요한데 상용의 Conductive Bag, Faraday Cage Bay, Conductive Tote Box 등은 모두 Shielding를 제공한다.

이상에서 설명한 ESD의 피해를 예방하기 위한 총체적인 대책을 ESD Control Program(ESDCP)이라 한다. ESDCP의 효과적인 수행을 위해서는 부품이나 조립품, 기기, 대형 시스템 모두에 걸쳐 구조적인 협력, 예컨대 디자인, 제조 공정, 조립, 측정, 시험, 수리, 유지, 포장, 선적, 설치, 그리고 동작 및 운용의 모든 과정에 걸친 협력이 반드시 필요한 것이다.

미국의 Military Standard DOD-STD-1686이 ESDCP의 기본요소를 결정한 이후, 각 산업에서는 자사에 맞는 ESDCP를 개발하였으며 그 성공 사례가 여러 차례 보고되어 왔다. ESDCP는 크게 다음 세가지로 나눌 수 있다. (1) 작업자에 대한 ESD 주의 교육 (ESD Awareness Training) (2) ESD 방지 재료(ESD Protective Material) (3) ESD 방지 기기의 사용 (ESD Protective Equipment)

21. ESD 주의/교육

작업장 내의 모든 작업자는 다음 사항의 주의 교육을 받아야 한다.

① 정전기의 발생 원인 ② ESD에 민감한



부품의 인식 ③ ESD Control 방법 ④ 각 각의 분야에서 ESD 방지에 관한 책임

①, ② 항의 교육으로 ESD Item을 주지시킨 후 작업장은 물론 Item의 취급, Item을 포함한 시스템에 아래의 그림(1)과같은 주의 표시를 해야 한다. 어느 Industry에서나 거의 공통으로 제시되고 있는 Item의 취급 주의 사항은 대략 아래와 같다.

- ① 필요이상 불필요하게 부품에 손대지 말고 작업대나 조립품 내부 이외의 어느 곳에도 위치하지 말 것.
- ② Static-Safety Work Area를 벗어나는 경우 항상 Faraday Cage Box를 사용할 것.
- ③ 작업장에서 불필요한 물체는 제거할 것(작업자의 도시락, 용구 등의 플라스틱 재 등)
- ④ ESD Item를 접촉하는 납땀 인두의 Tip 등의 공구는 반드시 접지시킬 것.
- ⑤ Wrist Strap, 도전화 등의 장비를 항상 착용할 것.
- ⑥ 전기장을 유도하는 물체의 근처에 부품을 위치시키지 말 것
- ⑦ Taping 작업 등을 할 때의 정전기 피해를 유의하고 천천히 unroll 시키고 Ionizer를 사용할 것

22. ESD 방지 물질

방지 물질은 다음의 세가지 기본 조건을 만족해야 합니다. ① 접촉성 대전(Triboelectric Charging) 을 예방한 것 : C D Model ② 전자기파의 차단(Shielding 효과) : F I Model ③ 대전된 작업자나 물체와 접촉했을 때의 직접적인 방전의 예방 : H B Model 실제 이상의 조건을 모두 만족시킬 수 없으며 적당한 조합에 의하여 원하는 제어를 할 수 있다. 방

지 물질은 미국 Military Standard 에 의거 그 표면 저항치(ρ_s)에 따라 다음 세가지로 나눈다. ① 전도성(Conductive) - $\rho_s \leq 10^5 \Omega/Sq$ ② 정전 분산(Static Dissipative) - $10^6 \leq \rho_s \leq 10^9 \Omega/Sq$ ③ 제 정전기(Anti Static) - $10^{10} \leq \rho_s \leq 10^{13} \Omega/Sq$ 이 물질의 구분은 각 규격마다 다소 차이가 있으며 다음에 한하여 예외규정을 둔다.<예외> 바닥재 에서의 전도성은 25,000~1,000,000 Ω 으로 한다 - UL,NFPA,AMCR

이 세가지 물질을 선택할 때는 위의 기본 조건을 맞추고 원하는 성능을 고려한다. 는 그 기본 가이드 이다.여기서는 일반적인 사항과 바닥재에 관한 사항만 열거했다.(그외 작업대 표면, Packaing 재료, Tote Box /부품함, Shunt Bar/클립/Foam, 작업의복)

이상의 결과로부터 일반적으로 사용되는 방지 물질은 아래와 같다.

- ① 작업대 표면 - 정전 분산(Static Dissipative)
- ② 작업장 바닥 - Conductive
- ③ 의자 - 정전분산 표면, 전도성 바퀴 or gliders, 접지 구조
- ④ Tote Box(운반상자) - 전도성(Non-particle), 정전분산
- ⑤ 의복 - 정전분산(인체 등전위 : $10^6 \Omega$), 격자형 도전사
- ⑥ 신발 - 전도성 밑창 (접지구조)
- ⑦ Bag - Aluminum Laminate 구조

23. 방지 장비

앞에서 설명한 물질 외에 정전기의 감지, Control, Monitoring이나 부품의 피해 여부 Testing 을 위하여 아래와 같은 장비가 사용되

고 있다. ① Ionizer : 실내 공기를 이온화 시켜 발생된 정전압을 낮추는 장비로서 적당한 접지나 방지책이 없는 경우에 사용된다. ② 리스트 스트랩, Heel Grounder : 손목이나 발에 착용하여 인체에서 발생하는 정전기를 방전 시키며 인체를 작업대 표면과 같은 정전위에 있게해 준다(안전저항 1MΩ) ③ ESD Detector /Alarm System : 주위의 정전위나 전기장이 규정치 이상이면 위험신호를 발하는 장치 ④ 그외의 작업도구 : 그 외에도 흔히 사용되는 도구로써 ESD 방지가 필요한 것 들로서 납땜 흡입기, 일반적인 드라이버나 플라이어 등의 도구가 있는데 Tip을 접지 시키거나 손잡이에 Antistatic 처리를 해야한다. 또한 측정 장비는 사용전에 Probe를 Short시켜 잠재적인 정전기를 소거 시키고 전원의 접지라인에 연결시켜야 한다. 그 외에도 반도체 공정에서 사용되는 Integrated-Circuit Inserter 나 Extractor가 있다.

24. 반도체, 전자 및 기타 제조업의 ESD 장애 방지 대책

① 기본원리작업장의 모든 물체 및 재료의 대전을 억제하며 격리되어 있는 두 물체 사이의 방전을 방지하기 위하여 전기적인 본딩을 하여 안전을 도모한다.

② 접지직물 공장이나 제품 조립공정에 있는 기계 설비 등에서 수백~수천 볼트의 정전기가 대전되는 경우가 있으므로 접지를 실시하고 접지 저항 측정기로 월1회 측정 관리한다. 작업자의 경우는 보통 리스트 스트랩

(Wrist strap)과 힐 그라운드(Heel ground)를 통해서 하게된다. 또한 바닥 재료를 도전성으로 하지 않는다면 아무런 효과를 기대할 수 없다.

③ 작업대작업대의 대전 상태를 전기적으로 측정하여 대전시는 정전기 누설대책(접지등)을 점검하여 대전상태가 되지 않도록 한다. 작업대는 105[Ω/SQ]의 표면저항을 갖는것이 바람직하며 금속 작업대는 바람직하지 않음

④ 전도성 바닥의 저항 측정 관리도전성 타일이나 매트 일부에서 정전기가 대전되는 경우가 있으므로 정기적으로 접지저항 및 대전상태를 측정, 관리한다

⑤ 정전기 중점 발생 장소회전 건조기등 일부 설비나 조립 공정과 같이 국부적으로 대단히 높은 정전기가 대전 되는데 대전체가 부도체인 경우나 반도에 유도된 정전기를 제거하기 위하여 부분적으로 제전기를 사용한다.

⑥ 무진복 및 제전복 세탁 후에도 대전 전위가 일정치 이하가 유지되는 것을 확인하며 가급적 낮은 전압의 정전기가 대전되는 것을 선택한다. 그리고 내의류는 가급적 면 제품 내의를 입는다.

⑦ 기타위에서 언급한 일반적인 경우 외에도 습도 조절이나 Ion Blower 같은 특수장비를 사용하는 경우도 있다. ☐

신제품 및 업체 소개
월간 포장계 편집실
(02)2026-8655~9
E-mail : kopac@chollian.net