

정전기 제전 장치의 종류와 ESD 방지를 위한 대책

金 泰 洙 (신한기연(주) 이사)

I. 서론

전자산업의 초창기 시절에 있어서 정전기는 제품의 생산에 문제를 일으키는 여러가지 요인중 하나에 불과하였지만 최근 들어서는 정전기 방전(ESD; Electrostatic Discharge)이 문제의 가장 주된 요인으로 부각되고 있다. 이는 전자산업 부문에서의 정전기 문제에 대한 이해도가 극히 미미한 점에 반해 전자회로는 보다 고밀도화되고 있어 결과적으로 정전기에 취약한 쪽으로 산업이 발전하고 있는데 그 원인이 있다. 전자산업 부문에 종사하는 대부분의 엔지니어들이 정전기분야를 단순히 이해하기 어려운 영역으로 치부해 버리기 때문에 정전기문제에 대한 대비책을 장치설계단계에서 충분히 반영하지 못하고 있는 것이 현실이다. 따라서 문제가 발생하면 체계적인 대책이나 해결책을 찾기 위한 아무런 논리적인 접근없이 그 문제가 없어질 때까지 이런저런 여러가지 조치를 생각나는대로 취해 보는 것이 유일한 방법처럼 인식되고 있다. 이런 경우 설령 문제가 해결되었다 하더라도 왜 그 문제가 해결되었는지를 알 수 없기 때문에 근본적으로 문제재발을 방지할 수 있는 설계 개선은 이를 수가 없다.

흔히 엔지니어들은 ESD를 전자파 장애(EMI; Electromagnetic Interference)의 다른 형태로 혼돈하고 있는데 ESD가 EMI를 일으키

기는 해도 ESD가 단순히 EMI 그 자체가 아님을 알아야 한다. 즉, ESD는 EMI를 발생시킬 뿐 아니라 다른 장비에 전하를 직접 주입시킨다는 점을 주지해야 하는 것이다.

전자·반도체 분야의 정전기 장해에 대한 대책 및 분석등의 기술자문을 수행하고 있는 필자는 이 분야에서 종사하고 있는 여러분에게 조금이나마 도움이 되고자 정전기 현상을 이해하기 위해서 필수적인 제전 장치의 원리와 종류 및 선택시의 기준과 아울러 전자·반도체 장치 및 부품을 취급할 때의 정전기 대책 지침등을 소개하였습니다.

II. 제전(응용)장치의 원리와 종류

1. 제전 장치의 종류

현재까지 개발되어 있는 제전장치는 크게 다음과 같이 3가지로 대별할 수 있다.

- ① 전압인가식 제전장치
- ② 자기방전식 제전장치
- ③ 방사선식 제전장치

이들 각각의 제전장치에 대한 구조와 제전 원리등을 살펴보면 다음과 같다.

1.1 전압인가식 제전장치(High Voltage Electrostatic Remover)

1) 제전 원리

제전 전극은 침상 전극과 그의 대향 전극(접

지극)으로 구성되어져 있으며, 침상 전극에 고전압을 인가하고, 대향 전극을 접지하면 침상 전극 부에서 코로나 방전이 발생하며 이 방전에 의해 공기 이온이 생성된다. 이 이온에 의해서 대전물체의 전하를 중화한다.

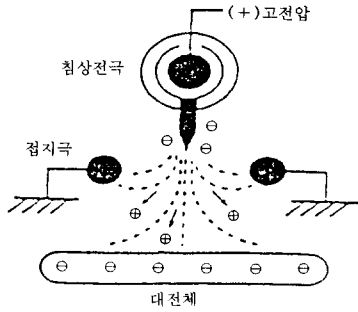


그림 1. 제전 원리

2) 제전장치의 구조 및 특징

(1) 구조

전압인가식 제전장치의 구조는 고압 전원, 제전 전극 및 고압 전선의 3부분으로 구성되어 있는데 이들을 살펴보면 다음과 같다.

- ① 제전 전극 : 침상 또는 세선상 전극(고전압을 인가) 대향 전극(접지시킴)

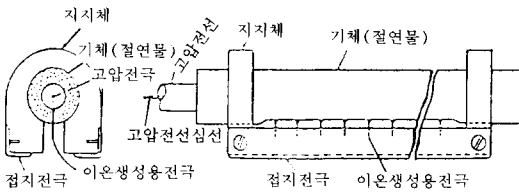


그림 2. 제전 전극의 일반적 구조

- ② 고압 전원 : 교류식, 직류식, 직류 펄스식
- ③ 고압 전선 : 동축 케이블을 사용

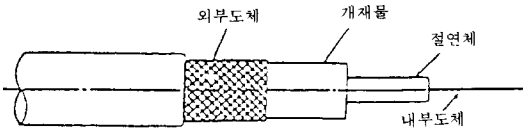


그림 3. 고압 전선의 일반적 구조

(2) 특징

- ① 제전 능력이 다양하며 우수하다.
- ② 기종이 다양하며 응용범위가 넓다.

3) 종류

(1) 형태별 종류

제전기는 표 1과 같이 형태별로 나눌 수 있다.

표 1. 형태별 종류

종 류	제 전 전 극	용 도
표준형 제전기	침상전극에 의해 고전압을 인가. 전극 형상은 직선형	필름, 종이, 섬유 등 각종 대전물체의 제전
송풍형 제전기	송풍장치를 부착 전극형상은 직선 또는 평면상	분체, 인체, 유체의 제전
노즐형 제전기	노즐형 전극 전극의 형상은 임의로 변경이 가능	복잡한 형상의 물체 제전
Flange형 제전기	전극이 원형이나 각형의 플랜지 형태	Pipe Line에 설치하여 분체를 제전
권총형 제전기	압축 공기 분출기능의 보유	분진제거를 목적으로 하는 필름 등의 제전
방폭형 제전기	내압 방폭구조, 특수 고압전선 가연성 물질이 존재하는 위험한 장소에서 사용하더라도 제전기 자신이 착화원으로 되지 않도록 방폭구조를 갖는 제전기	가연성 물질의 제전

* 분체 : 고체 입자가 많이 모여 있는 상태의 물체

(2) 제전장치의 전원 방식별 세분류

① 교류식 제전장치

(+)이온과 전자의 발생량이 동일하므로 공간 전하는 Zero상태가 되어 송풍이 없으면 이온이 대전 물체로 이동하지 않고 서로 중화되어지므로 송풍식에 비하여 상대적으로 제전거리가 대단히 짧다. 교류식 제전장치에 사용하는 방전침(Emitter)의 재료로는 일반적으로 니켈이나 스테인레

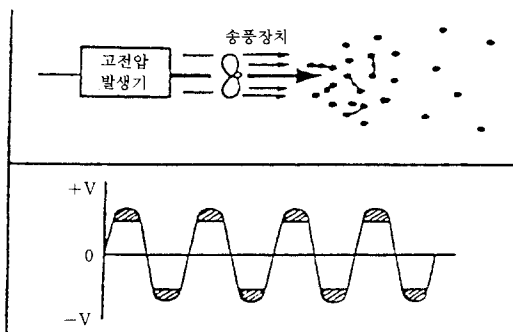


그림 4. 발생 원리

스를 사용한다.

② 직류식(Steady State DC)

(+), (-) 방전침의 끝에 고전압을 인가하여 코로나를 발생시킴으로서 주위의 공기를 절연 파괴시킨다. 이온은 절연 파괴된 공기로 부터 발생되며 송풍장치를 별도로 하지 않아도 동일 극성끼리 서로 반발작용에 의해서 이온들이 넓게 확산된다. 직류식 제전장치에 사용하는 방전침의 재료로는 보통 텅스텐이나 실리콘을 사용한다.

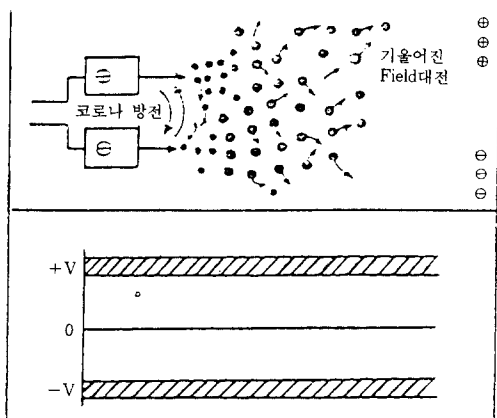


그림 5. 발생 원리

③ 직류 펄스식(Pulsed DC)

공간 전하가 생성되고 이온의 확산을 용이하게 하기 위해서 주파수시간 간격을 0.2~2.75초 정도로 유지시켜 펄스 전압을 발생하게 한다. 대전물체와의 거리에 따라 이 주파수시간 간격을 조절할 수 있으며 필요한 이온량에 따라 전압 레벨을 조절할 수도 있다.

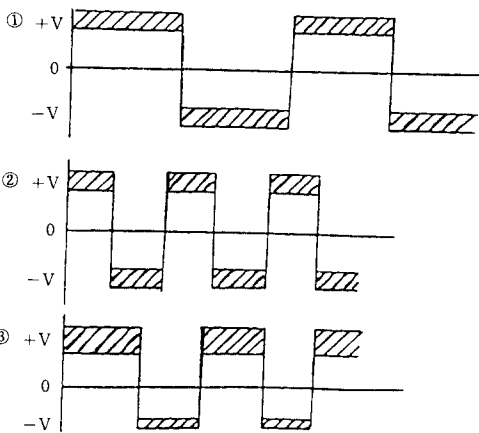


그림 6. 발생 원리

4) 유효 제전 전류의 측정

① 제전기를 그림 7과 같이 대전물체에 인접하는 제전 전극의 선단에서 설치거리 $5 \pm 0.5\text{cm}$ 로 모의대전물체의 긴 방향의 중앙에 설치한다. 또 모의대전물체는 절연물에 의하여 지지하고 접지물체에서 30[cm]이상 떨어진다.

② 측정용의 직류고압전원 및 각 측정기를 접속한다. 여기에서 직류고압전원은 충분한 전압전류용량과 전압변동이 작은 것을 사용한다. ripple은 100[V] P-P이하의 것이 좋다.

③ 직류전원을 작동시키고 전원의 전압을 상승시켜서 모의대전물체의 전압을 $-5[\text{kV}]$ 로 설정한다.

④ 제전기의 고압전원을 동작시켜 전류계의 지시 $|I_e|$ 를 읽는다. 이 값이 제전기의 유효제전전류에 해당한다.

* 제전기의 유효길이(l_e)가 모의대전물체의 긴 방향의 거리 이하인 경우 : $|J_e| = |I_e| / l_e$

* 제전기의 유효길이가 모의대전물체의 긴 방향의 거리(L)를 초과하는 경우 : $|J_e| = |I_e| / L$

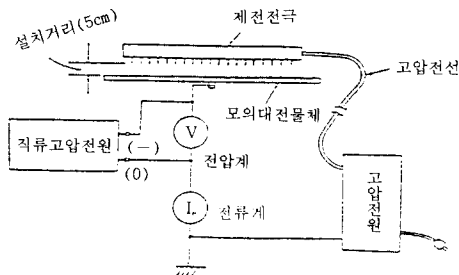


그림 7. 전압인가식 제전장치 유효제전전류

⑤ 단위길이에 대한 유효제전전류 |J_e|의 값은 다음과 같이 구한다.

1.2 자기방전식 제전장치(Self-Discharge Type Static Remover)

1) 제전 원리

접지한 도전성 세선을 대전 물체에 접근시키면 양쪽에서 강력한 불평등 전계가 발생하며, 세선 선단에 근접하여 공기 이온대가 코로나방전에 의해 발생하고 대전체의 전하를 중화한다.

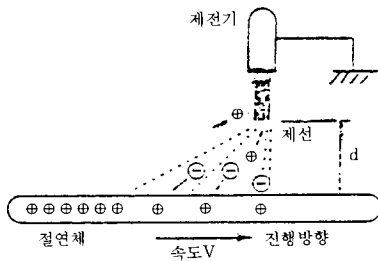


그림 8. 제전 원리

2) 장치의 구성 및 특징

① 제전 전극의 구조가 단순함 : 스테인레스(5[μ m]), 카본(7[μ m]), 도전성섬유(50[μ m])

② Ion생성에 전원이 불필요함.

③ 대전 물체의 전위가 높을수록 양호한 제전이 된다.

④ 50[kV]내외의 높은 대전을 제거하는 것이 특징이고 2[kV]내외의 대전전압이 잔류한다.

3) 용 도

자기방전식 제전장치는 전자 복사기에서 다양하게 사용되고 있으며, 그 밖에 플라스틱, 섬유, 인쇄등의 각종 공업 분야에서 광범위하게 사용되고 있다.

1.3 방사선식 제전장치(Nuclear Type Static Remover)

1) 제정 원리

방사선의 공기 전리작용을 이용하여 방사선 동위원소로 제전에 필요한 Ion을 만드는 제전 방식으로 반감기가 길고 전리 능력이 큰 α 선 또는 β 선이 사용된다.

2) 구조 및 특징

선원의 표면은 박막으로 보호되어 사용상 안전을 도모하고 있으며, 제전기 자체의 방사선에 대한 안전을 감안하여 소량의 선원만을 사용하고, 방사선에 의해 대전 물체의 물성이 변하는 경우도 있어 특별한 경우를 제외하고는 거의 사용하지 않는다. 또한 제전기 자체가 착화원이 될 가능성이 있다.

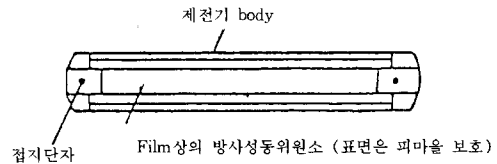


그림 9. 방사선식 제전장치의 구조

3) 용 도

Tank에 저장되어 있는 가연성 물질의 제전에 사용한다.

2. 제전기의 선정 및 설치

2.1 제전기의 선정

1) 설치 장소에 따른 제전기의 선정

전압인가식 제전기를 위험장소에 설치하는 경우에는 위험장소에 따라 다음과 같이 설치한다. 상대습도가 80%이상의 환경에서는 될 수 있는 한 전압인가식 제전기를 사용하지 않는 것이 바람직하며 자기방전식이나 방사선식을 사용하는 것이 좋다.

2) 제전 대상에 따른 제전기의 선정

대전 물체가 가린성 물질이거나 가연성 물질(불에 잘 탈수 있는 물질)을 포함하고 있는 경

표 2. 위험장소에 따른 방폭형 전압인가식 제전기의 선정

위험 장소	각부의 구조	방 폭 구 조		
		제 전 전극	고압 전선	고압 전선
Gas/증기의 위험장소	0 종	내압방폭구조	특수고압전선	
	1 종	내압방폭구조	특수고압전선	
	2 종	내압방폭구조	특수고압전선	내압방폭구조
분진 위험장소		분진방폭 특수구조	특수고압전선	분진방폭구조

우에 전압인가식 제전기를 사용하는 경우에는 표 2에 따라 선정한다. 구체적인 제전기의 선정예를 들어 보면 다음과 같다.

① 필름, 포장, 지, 고무시트등 표면대전물체를 제전하고자 하는 경우 : 비방폭형 전압인가식또는 자기방전식 제전기

② 필름, 포장, 지, 고무시트등 표면대전물체가 위험장소에 있거나 가연성용제, 가스등을 포함하고 있는 경우 : 방폭형 전압인가식 제전기

③ 탱크등의 용기가운데 장치되어 있는 가연성 대전물체를 제전하고자 하는 경우 : 방사선식 제전기

④ 성형공정, 도장공정등에서 이동하는 소형의 대전물체를 제전하고자 하는 경우 : 권총형, 노즐형 전압인가식 제전기

⑤ 파이프 안을 유동하고 있는 분체류 또는 고속으로 이동하는 있는 seal등을 제전하고자 하는 경우 : Flange형 전압인가식 제전기

⑥ 제지, 시트를 감는 경우와 같이 이동하는 대전물체를 제전하고자 하는 경우 : 자기방전식 제전기 또는 송풍형/노즐형 전압인가식 제전기

⑦ 부유하고 있는 물체, 낙하하는 분체등을 제전하고자 하는 경우 : 송풍형 제전기

⑧ 인쇄공정, 필름공정등에서 대전물체가 고속으로 이동하며, 대전의 극성이 일정한 경우 : 직류형 전압인가식 제전기

2.2 제전기의 설치

1) 설치에 관한 일반사항

제전기는 일반적으로 다음과 같은 위치에 설치한다.

① 제전기를 설치하기 전후의 전위를 측정하여 제전의 목표치를 만족하는 위치 또는 제전효율이 90[%]이상이 되는 위치

$$\text{제전 효율}[\%] = \frac{|V_a| - |V_b|}{|V_a|} * 100[\%]$$

제전기 설치전의 전위 V_a , 제전기 설치후의 전위 V_b .

② 제전기를 설치하기 전에 대전물체의 전위를 측정하여 그 전위가 될 수 있는대로 높은 위치

③ 제전기의 위치(L)는 정전기의 발생원에서

최소한 설치거리(d)이상 떨어져 있으면서 될 수 있는한 발생원에 가까운 위치.($L \geq d$)

일반적으로 정전기의 발생원에서 5~20[cm]이상 떨어진 곳에 설치하며, 온도가 150[°C] 상대습도가 80[%]이상이 되는 환경은 피하도록 한다.

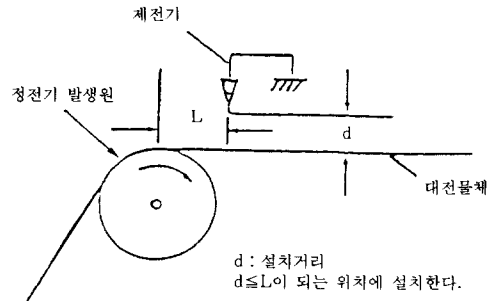


그림 10. 제전기의 설치 위치

2) 전압인가식 제전기의 설치

제전전극의 설치거리리는 2~10[cm]정도가 표준이며, 제전기를 이 표준거리보다 멀리 설치하면 제전효과가 줄어들게 되고, 너무 가깝게 설치하면 역대전되기 쉽기 때문에 설치거리리는 현장에서 잘 고려해야 한다.

3) 자기방전식 제전기의 설치

설치거리리는 1~5[cm]정도가 표준이며, 제전기를 이 표준거리보다 멀리 설치하면 제전효과가 줄어들게 되고, 너무 가깝게 설치하면 역대전되기 쉽기 때문에 설치거리리는 잘 생각해야 한다. 자기방전식 제전기는 다른 제전기에 비해 설치, 교환의 빈도가 높기 때문에 설치가 용이한 방법으로 한다.

4) 방사선식 제전기의 설치

설치거리리는 제전기의 방사선원이 α 선일 경우에는 1~2[cm], β 선일 경우에는 2~5[cm]정도를 표준으로 한다.

3. 제전 응용 장치

3.1 제전식 제진 장치

1) 제전 원리

정전기에 있어서 피제진물(작업대)에 부착된 진분을 확실하게 제거하며, 또한 정전기에 의한

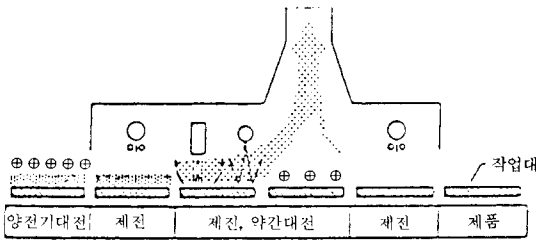


그림 11. 제진 방식

진분의 부착을 방지하는 장치로서 그림 11과 같다.

2) 특징

제진 작업은 정전기 제거환경내에서 이루어지며, 제진 후드내의 공기는 집진기에 의하여 언제나 청정하게 유지하고 이тал 진분이 흩어져서 날아다니는 것이 없게 된다.

3.2 Corona 표면 처리기

1) 구성 개요

발진기(Oscillator)를 사용한 고주파 발생장치(High Frequency Generator)와 전극 유니트로 구성되어 있으며 전극 유니트내에서 강력한 코로나 방전을 발생시킨다.

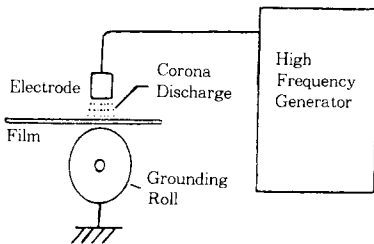


그림 12. 구성 방식

2) 특징

① 인쇄 잉크의 접착성 개량

* 중후물용 필름(50~150[μ m]) : sugar bag, rice bag

* 중포장용 필름(150~350[μ m]) : chemical fertilizer bag, animal feed bag

② 라미네이팅 또는 코팅의 접착성 개량

* 증착(Deposition), 코팅 : magnetic tape

* 압출 라미네이트 : 우유용기, 냉동식품 bag,

instant noodle bag

* Dry 라미네이트 : rice cake bag

* Thermal 라미네이트 : rice cake bag

③ Non-slipping treatments

④ 살균 효과

III. 전자장치(부품)의 제조, 운반 및 설치시 ESD방지를 위한 대책

1. 개요

어떤 시스템에 ESD(Electrostatic Discharge) 방지를 위하여 적절한 접지 및 차폐등을 하였다 하더라도 공정 전체에 대한 ESD의 효과적인 제어에는 별로 도움이 되지 못할 수 있다. 잘 설계된 전자장치일지라도 이들을 제조, 운반 및 설치할 때에 ESD에 의한 손상이 자주 발생한다. 그러나, 일단 조립이 끝난 전자장치를 ESD에 의해 고장이 생긴 다음 수리하는 것은 좋은 방법이 될 수 없다. 왜냐하면 시스템을 완성하고 난 후 ESD 피해가 발생한다면, 경제적으로 가장 큰 손실을 입게 되기 때문이다.

ESD에 의한 피해를 최종 테스트 단계에서 발견하겠다고 생각하는 것도 바람직하지는 않다. 왜냐하면 IC와 같은 부품이 제조도중에 ESD에 의해 피해를 입더라도 파손까지는 되지 않는 경우가 종종 있는데 이러한 피해는 최종 테스트 단계에서 발견할 수 없기 때문이다. 이것을 잠재적 피해(Latent Failure)라고 하는데, 이러한 잠재적 피해는 수요자가 제품을 사용하는 도중에 파손으로 발전하게 된다.

일반적으로 사람이 ESD를 피부로 느끼기전까지는 ESD가 발생하지 않았다고 생각하는데, 이것도 사실과는 상당히 다르다. 사람은 2~3[kV] 정도의 레벨에서는 ESD를 피부로 느낄 수가 없다. 그러나 많은 전자 부품들은 2[kV]정도만 되어도 피해를 입기에 충분한 전위가 된다. 심지어는 아크가 전혀 발생하지 않은 경우에도 정전계 그 자체가 절연과피의 원인이 될 수 있다. 전자 부품의 경우, 가장 큰 경제적인 손실을 일으킬 수 있는 ESD 피해는 바로 우리가 인지할 수 없는 이러한 잠재적 피해라는 점을 주의해야 한다.

특히 잠재적 피해가 내재해 있을 가능성이 있음에도 문제가 발생할 때까지 기다린다는 것은 이미 시간적으로 ESD에 대한 어떠한 보호조치도 취할 수 없는 단계에 와 있음을 인식해야 한다. 따라서, ESD에 대한 보호대책은 지속적으로 시행해야 한다. ESD방지를 위한 제조, 운반 및 설치 지침을 이해하기 위해서는 다음에 열거한 5가지의 기본적인 ESD 프로세스를 반드시 이해해야 한다.

① 전하는 물질이 서로 접촉함으로써 발생한다.

② 대전된 절연체는 전하를 보유하고 있으며 정전계 (Electrostatic Field)를 형성한다.

③ 전위가 서로 다른 두 도체는 이들 사이에 존재하는 절연물(공기, 플라스틱, 금속 산화물 등)을 파괴할 수 있고, 도체가 서로 전하를 균등하게 가지기 위해 아크를 형성시킨다.

④ 절연파괴와 아크전류로 인해 영구적인 피해나 파괴가 일어난다.

⑤ 도체 근처에 대전된 절연물이 있는 경우, 도체는 정전계로 인해 전하를 띠게 된다.

이와 같은 기본적인 ESD프로세스를 바탕으로, 전자장치 및 부품의 제조, 운반, 설치시 ESD에 의한 잠재적 피해 및 영구적 피해의 방지대책으로 다음과 같은 방법들을 제시한다.

2. 전자장치의 ESD에 대한 방지대책

2.1 주변 절연물의 최소화

현재 우리가 살고 있는 주변 환경은 무수한 절연물들로 둘러 쌓여 있어, 이들을 전체적으로 제거하는 것은 불가능하다. 그러나 ESD 피해를 줄이기 위한 1차적인 방법으로 이들 절연물을 가능한 한 줄여야 한다. 제한해야 할 절연물의 예로는 비도전성 작업대표면, 컨베이어, 운반차, 토트박스, 백, 포장재등을 들 수 있다. 특히 공정상 정전기에 민감한 물질등을 다룰 수 밖에 없는 경우에는 바닥, 의자, 작업자의 의복, 신발등은 숨이나 가죽(폴리에스테르나 고무가 아닌)같은 전하 발생이 적은 물질등으로 제조한 것을 사용해야 하며 수량도 가급적 제한해야 한다.

2.2 절연물간의 접촉 최소화

절연물을 제거할 수 없는 경우라면 플라스틱으로 된 박스나 백에는 플라스틱 물건을 넣지 말고, 비도전성 작업대위에 비도전성 박스를 올려 놓지 않도록 한다. 절연성 물질이 다른 절연성 물질과 접촉할 수밖에 없는 경우에는 어느 정도 도전성을 가진 물질(정전 분산형 물질이라고 한다)로 대체하여 접촉되도록 한다.

2.3 도전성 물질의 접지(인체 포함)

사실 접지하지 않은 도체는 그 자체가 하나의 유전체로써 전하를 띌 수 있다. 도체를 접지하는 것은 도체가 전하를 띠는 것을 방지해 준다.

여기서 한가지 유념해야 할 것은 단지 어떠한 절연물이 접지된 도체와 접촉되어 있다는 이유만으로 상기 2)항을 무시해서는 안된다는 점이다. 왜냐하면 접지된 도체라 하더라도 절연물이 전하를 띠는 것을 방지할 수는 없기 때문이다. 따라서 인체를 접지시킨 경우라도 그 사람의 의복은 언제라도 전하를 띌 수 있기 때문에 전하형성을 방지할 수 있는 도전성 물질로 의복을 만들어야 한다.

절연체의 각 부분에는 균일하게 전하가 분포하지 않기 때문에 절연체는 접지를 해도 전하가 신속하게 방전되지 않는다. 따라서, 절연체를 효과적으로 방전시키려면 절연물의 전 표면에 전하를 살포하여 중화시키는 방법을 사용해야 한다.

인체에 전하가 축적되지 않게 하는 적절한 방법 중의 하나는 인체를 접지된 도전성 표면에 접촉시키는 것이다. 사람이 접지된 물체와 계속해서 접촉이 이루어지는 한 인체는 전하를 띠지 않지만, 접지된 물체와 떨어지는 순간 인체에는 전하가 다시 축적된다.

2.4 이오나이저 또는 기타 다른 제전장비의 사용

전하의 축적을 방지하는 것이 거의 불가능하거나 많은 비용이 들 경우, 조립전의 부품 상태에서 정전하를 중화시킬 수 있도록 이오나이저 또는 기타 다른 제전장비를 사용한다. 상기 1)~3)의 방법으로 ESD 피해를 방지할 수 있다면 이러한 제전장비를 사용할 필요는 없다. 어떤 절

연물에 있는 전하를 제전장비로써 중화할 수 있다 하더라도 전하의 축적 그 자체를 방지하는 것이 보다 효율적일 것이다. 전하를 띤 절연물은 정전계를 형성하게 되며 이 정전계로 인해 절연 부품이 방전되기 전에 파손될 수도 있다. 제전장비를 사용하는 것은 축적이 된 전하들을 접지 등의 방법으로 다른 곳으로 흘려 보내는 것이 아니라 전하가 과다하게 축적되는 것을 방지하는데 목적이 있다. 이 점을 고려할 때, 이온 밸런스가 이루어지지 않는 이오나이저는 그 자체가 전하축적의 원인이 될 수 있다는 점을 주목해야 한다.

그러나, 적절한 방법으로 ESD에 대한 대책을 강구하였을지라도 어느 정도는 항상 전하의 축적이 있기 때문에, 전자 부품의 피해 원인이 될 수 있는 정전계는 항상 존재할 수 있다.

2.5 부품 또는 조립품의 취급

부품 또는 조립품을 취급할 때 손으로 다루는 것을 최소화해야 한다. 특히 도전성접촉의 결과를 가져 오는 부품취급에 유의해야 한다.

이는 정전기를 제어하지 못하는 환경하에서 작업할 때 특히 유용하다. 그러나 정전기제어가 되는 작업환경이라 해도 필요 이상으로 부품이 인체와 접촉하는 것은 바람직하지 못하며, 접촉할 때에는 비도전성 부분을 이용하도록 한다. 부품이나 조립품이 서로 접촉하거나 다른 표면과 접촉할 때에는 미끄럼운동(Sliding Motion)을 최소로 유지하는 것이 바람직하고, 가능하다면 도체끼리 함께 접촉하지 않도록 하는 것이 바람직하다. 사람이 접지된 부품이나 조립품을 다룰 때에도 이들은 마찰에 의해 전하를 띠게 된다. 그런 다음 도체 부분이 다른 도체를 만나게 되면 정전기에 의한 방전이 일어나게 된다. 이 현상은 특히 전자장치의 설치시에 발생할 확률이 높다. 이러한 경우 ESD에 관련된 직렬저항이나 인덕턴스가 인체의 ESD에 비해 매우 작은 값을 가지므로 매우 큰 침투전류가 이들 부품이나 조립품의 방전에 관계하게 된다.

조립품이 전하를 띠게 되는 일반적인 경로는 콘택타 부위를 청소하기 위해 고무지우개(Rubber Eraser)를 사용하는 경우이다. 지우개가 도

금판과 마찰함으로써 조립품에 많은 양의 전하를 발생시키게 된다. 콘택타 부위를 청소해야 할 경우, 비정전형 제품(Antistatic Cleaner)을 사용하여야 한다.

손의 접촉에 대해서는 검사자나 감독자도 유의해야 한다. 잠재적 ESD 피해의 주요 원인은 생산품을 검사하면서 생산 라인을 돌아다니는 검사자나 감독자에 의한 것이다. 검사자나 감독자도 부하 직원에게 준수하도록 요구한 ESD 방지 지침을 따라야 한다.

2.6 ESD에 민감한 전자 부품과 조립품의 차폐

일반적으로 조립, 운반 및 설치 시의 차폐는 도전성 백과 토트박스등에 의해 이루어진다. 차폐가 필요한 부품과 조립품들은 차폐를 제거할 필요가 있을 때까지는 차폐에 의해 보호한다. 또한 박스와 박스간의 불필요한 부품이동은 피해야 한다. 차폐가 필요한 경우, 이들 부품의 차폐는 다음 3가지 조건을 만족해야 한다.

① 모든 방향에 대해 완벽하게 차폐를 해야 한다.

예를 들면, 뚜껑이 열려 있는 박스는 단지 옆면과 아랫면만을 차폐할 수 있을 것이다. IC튜브 끝부분의 작은 구멍은 대개 차폐에 크게 문제되지 않는 것이다. 그러나 차폐가 되지 않는 부분이 넓을 경우에는 차폐 효과가 크게 감소하게 된다.

앞에서 언급한 것처럼 도전성 물품이 다른 도전성 물품으로 전하를 흘려 보낸다면 이 물품들은 접지되어 있어야 하는데, 이것은 차폐에서도 마찬가지가 된다. 전하를 띤 부품이 접지되지 않은 차폐재 내부에 있는 경우, 차폐재에도 전하가 축적된다.

그러나 전하를 흘려 보내는 것이 좋은 방법이라 하더라도 차폐의 주목적은 외부의 정전계로부터 내부를 보호하는데 있다. 차폐재가 부품을 완전히 둘러싸고 있다면 차폐재의 접지 여부와는 상관없이 효과적인 차폐를 할 수 있다. 접지 그 자체가 차폐를 개선하는 효과는 없지만, 접지를 통하여 정전계의 효과를 감소시킬 수는 있다. 그러므로 백이나 토트박스를 열기 전에 적어도 1

초 이상 접지된 표면위에 놓아두는 것도 좋은 방법중의 하나이다.

② 차폐재는 전계의 변화에 신속히 대응할 수 있는 도전성재료로 만들어야 한다.

이렇게 하는 이유는 차폐 물질이 외부의 전계를 확인하기 위해서 정기적인 점검을 해야 한다.

①) 작업자들이 ESD에 대한 지침들을 잘 이해하고 실천하는지 확인해야 한다. 리스트 스트랩이나 차폐물을 작업자들이 사용하지 않는다면 전혀 도움이 되지 못할 것이다.

② 장비가 제대로 동작하고 있는지를 확인해야 한다. 접지의 연결과 표면의 도전성을 점검해야 한다. 측정장비를 가지고 ESD 보호장비들이 사양에 적합한지를 점검해야 한다. 잘 관리하고 있는 접지된 부품들은 100[V]가 초과하지 않도록 해야 한다. 리스트 스트랩, 작업대 표면, 차폐물은 시간이 지나면 정상적인 기능을 발휘하지 못하므로 계속 점검하여 효과가 없을 경우 교체해야 한다.

③ 정전하의 레벨을 측정함으로써, 전자장치와 조치들이 정전하로부터 효과적으로 보호되고 있는지를 점검해야 한다. 또한, 우리가 느끼기에 너무 작은 스파크등을 검출하기 위해서는 AM라디오나 다른 장비들을 사용하도록 한다. ESD피해로 인한 손실비용을 고려해 볼 때, 전자장치와 부품들은 수시로 점검해야 하고, 필요하다면 매일 매일 점검해야 한다. 모든 대책이 효과적으로 시행되고 있으리라 생각하는 것은 위험할 수 있으며, 지속적으로 전자장치와 조치들이 제기능을 발휘하고 있는지를 점검해야 한다. 잠재적 피해나 이로 인해 차후에 피해가 발생할 때까지 결코 기다려서는 안된다.

4. 결론

2.장에서 논의한 ESD 방지대책을 요약 정리하면 다음과 같다. 개별 대책의 배경을 이해하는 것도 중요하지만, 이러한 대책들을 지속적으로 시행하고 그 시행실태를 확인, 점검하는 것이 ESD 피해를 줄일 수 있는 지름길이 될 것이다.

① 모든 작업대 표면은 정전분산형(표면저항

율 $10^6 \sim 10^9 [\Omega/\text{cm}^2]$)이어야 하고, 접지되어 있어야 한다.

② 차폐되지 않은 부품이나 조립품을 취급하는 사람들은 접지된 리스트 스트랩이나 힐 스트랩을 착용해야 한다.

③ 모든 접지 저항은 $10^6 \sim 10^8 [\Omega]$ 의 저항값을 가져야 한다.

④ 제조 공정에서 불필요한 나일론 코트, 플라스틱등의 모든 절연물은 조립 라인이나 작업 환경으로부터 적어도 180[cm]이상 떨어져 있어야 한다.

⑤ 제조공정에서 필요한 비도전성 절연물들은 도체 표면 위에 놓여져 있어야 하며, 다른 절연물들과 접촉해서는 안된다. 이것은 작업 환경 및 운반시에도 적용된다.

⑥ 부품이나 조립품을 운반, 수송 및 저장시 사용되는 토트 박스, 상자, 백, 컨베이어, 포장재 및 그 밖의 우리 인체는 접지시키거나 적어도 부품이나 조립품을 보관하거나 꺼내기전 1초이상 접지된 표면과 접촉시킨다.

⑦ 불필요한 조작이나 손의 접촉을 피해야 한다. 부품이나 조립품의 비도전성 표면에서 다루도록 한다. 가능한 한 다른 조립품이나 표면들간의 도전성 부분의 접촉을 피해야 한다.

⑧ 특히, 정전기에 민감한 부품으로 지정된 부품이나 조립품들은 설치되기 전까지는 차폐된 컨테이너안에 보관하여야 한다. 이들 부품들은 부품이나 모듈당하지 않은 조립품으로 운반할 시에는 차폐 백속에 넣어서 운반해야 한다. 일반적으로, 500[V] 이하의 전압에 의해 피해를 받을 수 있는 부품들은 제조환경에서 특별히 민감한 것으로 간주하여 주의를 요하며, 4,000[V] 이하의 전압에 영향을 받을 수 있는 부품은 운반이나 설치환경에서 민감한 것으로 간주하여 주의해야 한다.

⑨ 차폐된 컨테이너가 필요한 경우, 이 컨테이너는 부품이나 조립품을 완전히 둘러싸야 한다. 즉, 이 박스들은 뚜껑을 갖고 있어야 한다. 부품이나 조립품과 접촉하는 차폐된 컨테이너의 모든 표면은 $10^6 \sim 10^{10} [\Omega/\text{cm}^2]$ 의 저항값을 가져야 한다. 그러나, 차폐층의 표면저항은 $10^4 [\Omega/\text{cm}^2]$ 이

하의 값을 가져야 한다. 물론, 차폐된 컨테이너의 차폐층은 부품이나 조립품과 접촉해서는 안된다.

⑩ ESD에 특히 민감한 부품외에도 모든 부품들은 v), vi)항을 만족하는 컨테이너와 포장물이나 자계에 의한 에너지를 흡수하거나 반사하기 때문이다. 그러나 대부분의 전자제품 제조, 운반 및 설치 시에 사용하는 차폐재는 이들 특성중 반사특성을 기본적으로 이용한다. 반사는 물질의 도전성에 관계된다. 차폐재는 외부의 전계에 반대되는 전하를 발생시킴으로써 전계를 반사하게 된다. 차폐재는 외부의 전계에 반대되는 전하를 발생시킴으로써 전계를 반사하게 된다. 차폐재의 도전성이 양호하지 않으면 외부 전계 및 자계에 의한 전하의 발생이 늦어져서 차폐가 이루어지기 전에 피해가 발생하게 된다. 그러나, 아크발생을 방지해야 한다는 점을 고려하면 도전성 차폐재에 대한 부정적인 측면이 있는 것도 사실이다. 예를 들면, 전하를 띤 PCB기판을 도전성이 좋은 금속 박스위에 놓는 경우, PCB기판에서 금속박스로 아크방전이 일어나게 된다. 이러한 아크발생이 부품을 파괴하게 되는 것이다.

③ 운반시 부품을 보호하기 위한 차폐재는 다소 도전성이 낮은 층(Lower Conductivity Layer)과 도전성이 높은 층(Fairly Conductivity Layer)을 적층해야 한다.

도전성이 높은 층은 외부의 전계변화에 신속히 대응할 수가 있다. 도전성이 낮은 층은 전하를 띤 도전체와 접촉할 경우 자신을 아크로부터 보호하게 되고 스스로는 전하를 보유하거나 발생시키지 않는다. 도전성이 높은 층은 $10^4[\Omega/\text{cm}^2]$ 이하의 저항을 가져야 하고, 도전성이 낮은 층은 $10^6 \sim 10^{10}[\Omega/\text{cm}^2]$ 이 되어야 한다.

2.7 도전성 물질의 접지선 저항값에 대한 유지
도전성 물질에 대한 접지선의 저항값을 $1[\text{M}\Omega] \sim 100[\text{M}\Omega]$ 으로 유지해야 한다.

앞에서 언급했듯이 인체를 포함한 모든 도전성 물질들은 가능한 한 접지시켜야 한다. 접지선이 유지해야 할 저항값중 하한치 $1[\text{M}\Omega]$ 은 접지된 물질로 전류가 너무 신속히 흐르는 것을 방지하

기 위한 값이며, 상한치 $100[\text{M}\Omega]$ 은 도전성 물질에 충전된 어떠한 전하라도 흘러 보낼 수 있는 저항값이다. 인체의 접지나 인체가 접촉할 가능성이 있는 모든 접지된 표면의 경우, 인체보호를 위해 $0.5[\text{mA}]$ 이상의 전류가 흐르지 못하도록 접지는 충분한 저항값을 가져야 한다(접지 경로에서의 저항은 접지 리스트 스트랩에서 단락이 일어날 수 있으므로 인체를 보호하기 위해 가능한 한 저항이 인체에 근접되어 있어야 한다. 또한 인체의 접지선 연결은 AC Power의 연결과는 완전히 분리되어 있어야 한다.)

2.8 정전기에 대한 보호 조치

정전기에 대한 보호조치는 제조, 운반 및 설치시의 모든 과정에 대해 실시해야 한다.

일부 회사들은 최종 생산시험 후의 ESD 방지 대책에만 관심을 가지려 하는 경향이 있다. 이것은 최종 생산시험 후에 모든 ESD 문제를 해결할 수 있다고 생각함으로써 그 전까지의 프로세서에 대해서는 관심을 갖고 있지 않음을 의미한다. 즉, 앞에서도 언급한 잠재적 피해에 대해서는 인식을 하지 못하고 있는 것이다. 또 어떤 경우에는 IC부품등이 모듈딩될 때까지의 과정에 대해서는 상당히 주의를 기울이지만, 모듈딩이 된후에는 부품이 절연물로 보호되고 있기 때문에 어떠한 피해도 발생하지 않을 것이라고 생각하여 ESD 방지대책에 관심을 갖지 않는 경향도 있다. 그러나, 이러한 것은 전하를 발생시키는 주요인이 “절연물”이라는 중요한 사실을 인식하지 못하고 있는 데에서 기인하고 있다.

또한, ESD피해는 방전뿐만 아니라 정전하로 인한 전계 그 자체에 의해서도 발생할 수 있다는 사실을 간과하고 있는 것이다. 대부분의 회사에서는 전자부품을 보호하는 데에는 상당한 관심을 보이고 있다. 하지만, 플라스틱 제품에서의 전하 축적에 의한 피해로부터 전자부품을 보호하는 것에 대해서는 그리 심각하게 생각하지 않는 것 같다. 따라서, 지금까지 ESD에 대해 주의를 기울이며 여러가지 보호대책을 강구한 PCB기판을 $5[\text{kV}]$ 까지도 대전되는 플라스틱 케이스에 설치하는 잘못을 범하게 되는 것이다. 이는 정전계가

도체는 물론 절연체에도 관계된다는 것을 이해하지 못하고 있기 때문이다.

따라서 모든 공정에 걸쳐 정전기 보호대책을 수립하여야 한다.

2.9) ESD 보호시스템의 정기점검

아무리 주의를 기울여 개발한 ESD 보호대책이라 하더라도 이들을 적절하게 적용하고 있는지에 넣어 운반하고 보관하여야 한다. 이 항목은 전자부품은 물론 플라스틱 부분에도 적용된다. 어떤 부분에 대해서 이 항목을 적용시킬 수 없다면 다른 부분과 접촉하기 전에 완전히 방전시켜야 한다.

① 컨테이너, 작업대 표면, 접지등은 사양에

정전기 제전 장치의 종류와 ESD 방지를 위한 대책

맞는 기능을 하고 있는지 확인하기 위해 주기적으로 측정해야 한다.

⑫ ESD 보호 시스템이 제대로 작동하고 있는지 정기적으로 점검해야 한다.

◇ 著 者 紹 介 ◇



김 태 수(金泰洙)

1961년 충남 서산 출생. 1984년 호서대학교 전자공학과 졸업. 1984년 (주)서미트 개발실. 1990년 개발실 실장근무. 1990~현재 신한기연(주) 이사로 재직.