

정전기에 대한 기초적인 이해를 쉽게 정리한 자료 입니다.
정전기에 잘 대응하여 생산성 향상에 기여 하시기 바랍니다.

-Contents -

- ◎ 정전기 정의 / 용어해설 ----- Page 2
- ◎ 정전기 발생의 종류 ----- Page 3
- ◎ 정전기 구조 ----- Page 4
- ◎ 정전기 대전의 원인 ----- Page 5-6
- ◎ 정전기 대책 ----- Page 7
 - 정전기를 발생시키지 않는다. ----- Page 7
 - 정전기를 대전시키지 않는다. ----- Page 8
- ◎ 정전기의 유해성 ----- Page 9
- ◎ 정전기 대책과 대응 방법 ----- Page 11-12
- ◎ Ionizer (제전기),제전로프 적용 ----- Page 13-14
- ◎ Ionizer (제전기) 용도 사례 ----- Page 15-16
- ◎ 공정 발생 정전기의 유용한 정보 ----- Page 17

들어가기 앞서

현대의 모든 산업에서는 여러가지 정전기 현상으로 미시적인 관점과 분별 가능적 관점에서의 다양한 트러블이 발생하고 있습니다.

정전기는 단어 의미 그대로 정지된 움직이지 못하는 전기입니다.

물질을 구성하는 Material의 물성적 특징에 의해 정전기 발생 크기와 범위, 지속시간이 달라지며 그러한 각각의 물질 고유의 특징들을 유효 적절한 방법으로 대응하여 정전기로 인한 불합리성에 대응 할 수 있습니다.

산업 현장에서 당연시되는 문제적 현상을 분석하여 원인을 알아채는 기술은 문제 해결의 단초가 됩니다.

운동에너지가 발생하는 모든 장소에 정전기는 발생하며 물성에 따라 발생과 소멸을 반복하기도 합니다. 적용되는 Material의 물성적 특성 범위 내에서 유지 되도록 제품의 품질관리, 품질보증, 안전, 보관, 운반등 적소에 적절한 조치를 취하는 것으로 생산성 수율의 극대화 와 산업 현장의 화재, 폭발등 위해 요소를 제거 할 수 있습니다.



정전기 정의 · 용어 해설

1. 정전기 정의

물체 (주로 부도체)에 전하 (양전하.음전하) 가 축적 되어있는 (대전:帶電) 상태

[양전하] 자유 전자가 1개 떨어져 나가면 원자는 전체적으로 보면 양성자가
1개 더 많게 되고, 전체적으로 +성질(Positive)을 갖게 됩니다.

[음전하] 반대로 떨어져 나간 자유 전자가 그 옆에 있는 다른 원자에 붙게 되면
원자는 전자가 1개 더 많아지며, 전체적으로 - 성질(Negative)을 갖게 됩니다.

※ 정전기는 Positive 정전기, Negative 정전기로 구분 됩니다.

※ 정전기는 전압은 높지만 전류 량이 매우 작습니다.

2. 용어 해설

- ESD (Electro Static Discharge) : 순간적인 정전기 방전
- 대전 (Electrification : 帶電) : 전하 불균형 상태 정전기 발생 상태
- 이온밸런스 (Ion Balance : IB) : 전하가 균형· 불균형 상태 (V:전압)
- 데케이타임 (Decay Time) : 특정 이온밸런스까지 감쇠하는 시간
- 도체 : 전자의 이동이 자유로운 물체로 대전(帶電)되어도 소멸하기 쉬움
- 부도체 : 전자의 이동이 한정 되어 있어 대전(帶電) 후 소멸하기 어려움
- 접지 (Earth) : 도체를 이용하여 대지와 접촉시키는 것
- IONIZER (이온나이저. 이온아이저) : 대전된 표면에 이온을 분사하여 전기적 중성 상태로
전환시키며 대전(帶電)을 제거하는 장비
- 도전성 재질 (Conductive Material) : 표면전도율이 1MW이하인 물질로 정전기에 민감한 부품의
차폐용으로 사용되는 재질
- 정전기 보호재 : 발생을 제한하거나 발생된 정전기를 그 보호재의 정전기 방전으로부터 보호할 수
있는 물질(분산재질. 제전로프)
- 표면저항 : 물질의 표면 저항, 단위는 ohms per square
- 정전기분산재질(Static Dissipative) : 표면전도율이 1MW~1GW인 전하소멸 시간이 도전성 재질처럼
빠르지 않으므로 일반적으로 많이 사용됨

정전기 발생의 종류

정전기 발생에는 상황에 따른 종류와 명칭이 있습니다.
물질 간에 접촉, 분리, 충격, 유도 발생의 원인이 됩니다.

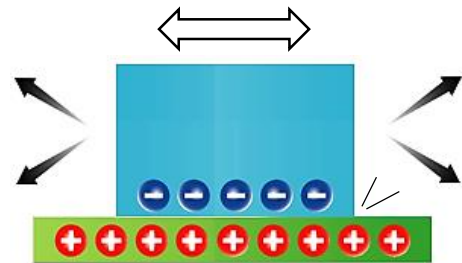
박리 대전

접촉한 물체가 분리될 때 발생하는 정전기



마찰 대전

접촉한 물체가 마찰할 때 발생하는 정전기



유도 대전

대전된 A물체의 전하가 근접한 B물체에 영향을 주는 유전 분극 현상 정전기

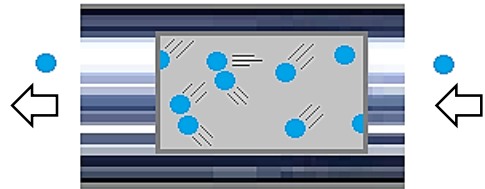


대전물

정전기 발생

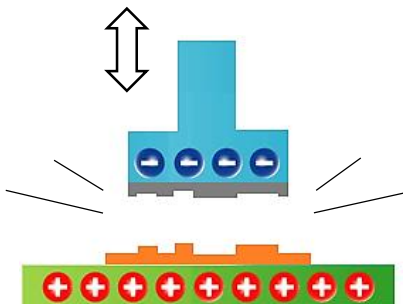
충돌 대전

물체가 충돌할 때 발생하는 정전기



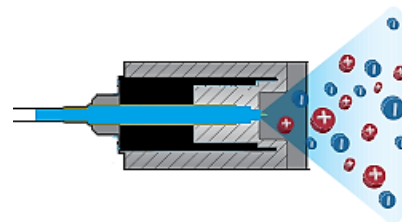
접촉 대전

2개의 물체가 밀착할 때 발생하는 정전기



분출 대전

단면적이 작은 분출구를 통해 분출 될 때 정전기





정전기 구조

1. 정전기 발생 이유

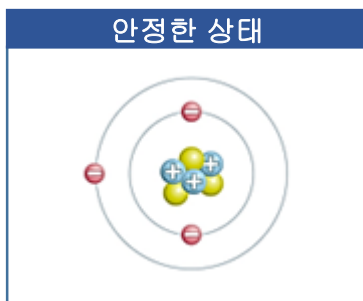


모든 물체는 원자의 구조로 집합되어 있습니다.

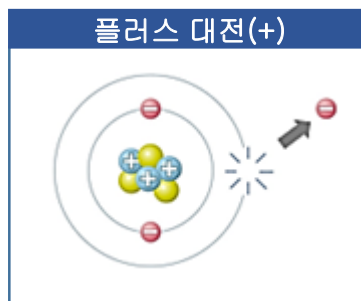
원자에는 양자와 양자를 둘러싼 전자가 서로 안정 상태에 있습니다.

전자는 작은 힘으로도 원자로 모이거나 분리 될수 있습니다.

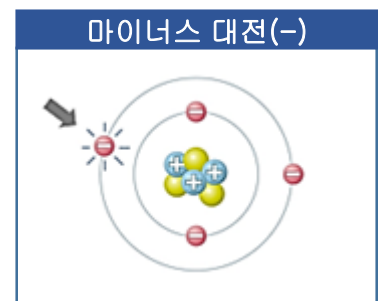
※ 양자와 전자의 균형이 무너져 정전기가 발생합니다.



+, - 밸런스가 유지되어 정전기가 없습니다.



전자의 이탈로 +의 수가 많아 지며 양전하에 대전된 상태 유지

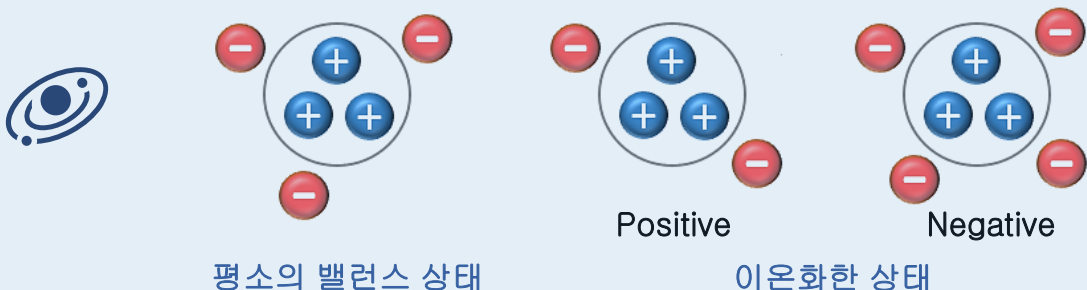


전자의 수가 많아지며 음전하에 대전된 상태 유지

2. 전자 이온의 이동 -> 대전 (帶電)

이오나이저, 플라즈마 발생기, 자외선 발생기, 등 이온을 발생 시켜 정전기를 제거하는 장치가 있습니다. 물체가 운동에 의해 이온이 이동 하면 대전 상태가 됩니다.

이오나이저는 공기중의 산소나 질소를 양이온, 음이온으로 이온화 합니다.



※ 물질의 원자 구조에 따라 전자의 수가 달라집니다.

이수테크노

정전기 대전의 원인

1. 접촉 대전

마찰대전 · 박리대전 · 충돌대전 · 분출대전



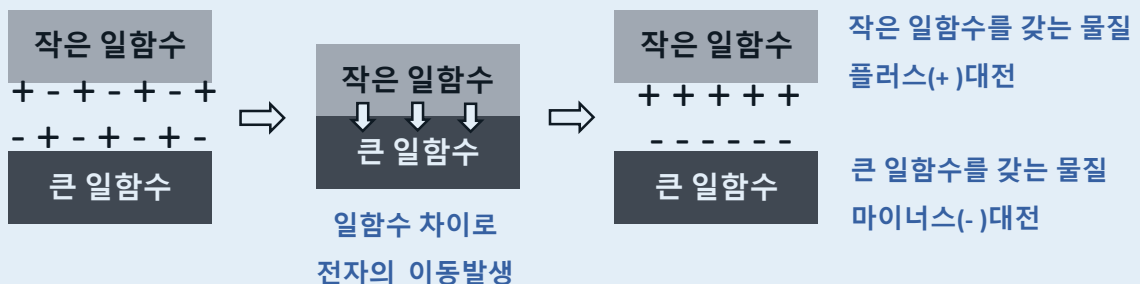
두개의 물체가 접촉 하면 물체 사이에 전자가 이동 할 수 있게 됩니다.

이 상태에서 분리를 시키면 편극(Polarization:偏極) 이 발생 하여 정전기로 나타납니다.



물질 각각의 일함수 고유의 크기로 인해 각각의 두 물체가 접촉을 하게 되면 작은 일함수를 가진 물체에서 큰 일함수를 가진 물체로 전자(-)가 이동합니다.

급격히 분리하면 전자에 편극이 발생하여 전자의 수에 따라 플러스대전 마이너스 대전 상태가 됩니다.



※ 일함수 : 물질 내에 있는 전자 하나를 밖으로 끌어내는 데 필요한 최소의 일 또는 에너지

🔍 일함수(ϕ) eV : 1eV는 전자가 1V의 전위차를 이동할 때 필요한 일 또는 에너지 이다.
정전기(V)의 크기는 이동한 전자의 수량에 비례 한다.

이수테크노

대전의 크기를 결정하는 요소

접촉 면적 , 압력 , 마찰 빈도 , 속도 , 온도 차이

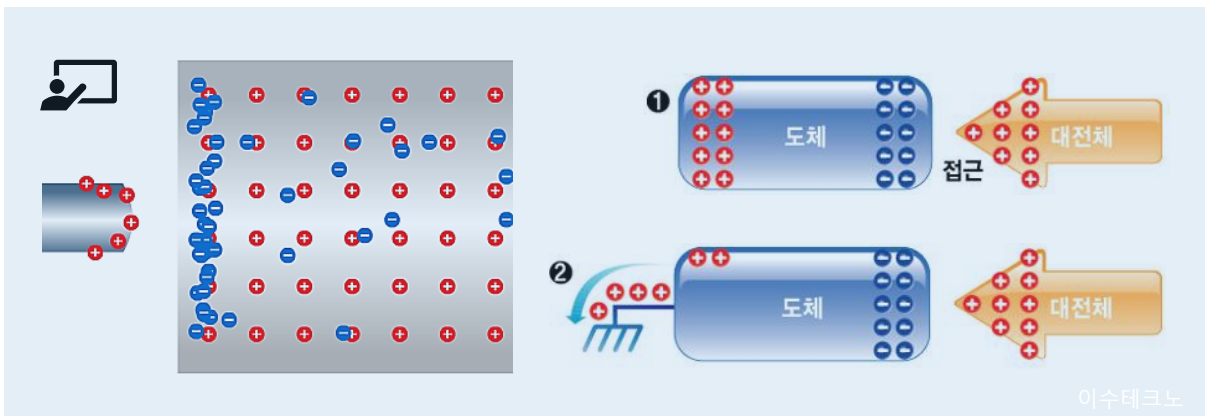
대전의 극성을 결정하는 요인

물질의 종류(재질) 및 표면의 상태 , 이력

정전기 대전의 원인

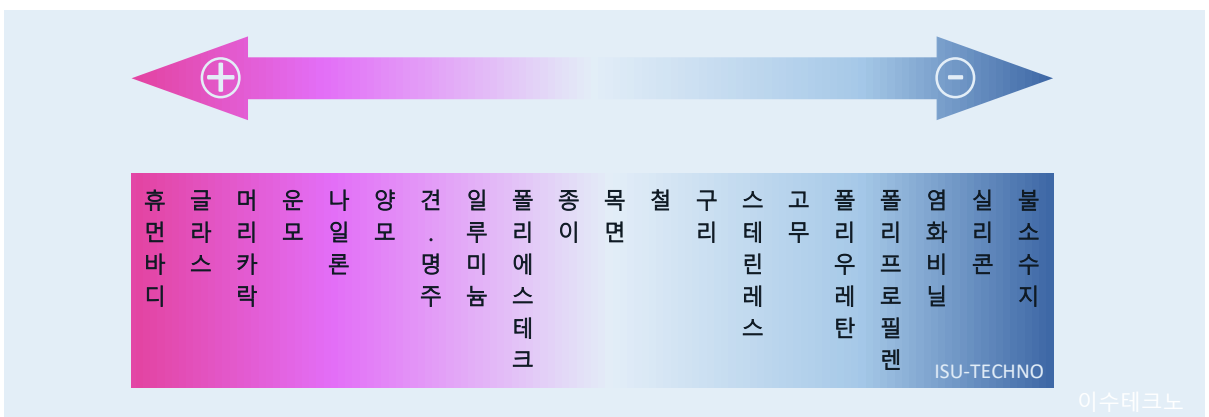
2. 비접촉 대전 : 유도 대전 (Induction Charging)

정전기 유도 (Induction Charging 誘導)로 정전기장 속에 놓이게 되면 전하의 분리가 일어난다. (반대 극성 전이) 물체에 전하를 생성 하며 비 접촉으로 발생 하기 때문에 발견하기 어려운 정전기 입니다.



3. 대전열

물체의 재질에 따라 플러스(+) 대전하기 쉬운 것인지 마이너스(-) 대전하기 쉬운 것인지 알 수 있습니다. 먼 거리의 물체 일수록 정전기가 큼니다.



※ 멀리 떨어진 물질끼리 반응하면 정전기 대전량이 커집니다.

※ 같은 + 성질의 두물질 반응하면 큰대전열 물질이 +, 작은 대전열 물질이 - 로 대전합니다.

정전기 대책

1. 정전기를 발생 시키지 않는다.

1) 접촉하는 재질의 선택

대전열상 반대 물성 사용시 정전기 발생이 쉬워집니다.

물성이 유사한 재질로 설계가 필요 합니다.

2) 접촉하는 면적의 저감

정전기는 접촉 면적이 넓을 수록 발생하기 쉬워 집니다.

큰 면적을 접촉시키지 않는 설계가 필요 합니다.

3) 접촉 회수의 저감

접촉을 반복 할수록 정전기는 축적 됩니다.

접촉 횟수를 줄여 정전기 의 발생을 줄입니다.

4) 정전 용량의 제어

정전기의 전압은 정전 용량에 따라 변화합니다.

정전 용량을 제어할 필요가 있습니다.

● 정전기의 전압과 정전 용량

$$\text{전압 (V)} = \text{전하량(Q)} / \text{정전용량(C)}$$

※ 전하량 이 일정하면 정전 용량의 대소에 따라 전압은 변화 합니다.

○ 정전용량 (C) : 두개의 평판 간에 전기를 축적 하는 양 면적에 비해 커지고, 거리가 멀어지면 작아집니다.

이수테크노

정전기 대책

1. 정전기를 대전 시키지 않는다. ⚡

정전기가 발생해도 문제가 발생하는 크기까지 대전 시키지 않습니다.
아래의 방법으로 용도에 따라 적절한 대책을 마련할 필요가 있습니다.

도체 : 導體

- 어스(Earth) 접지 (接地)
 - 접촉이 안 된 전도체 접지 합니다.
 - 피막 코팅 된 전도체 접지 합니다.
 - 윤활유로 절연된 전도체 접지 합니다.



도체 개별 부품도 부도체와 같은 대책이 필요 합니다.

부도체 : 不導體

- 이온아이저, 제전로프 등으로 제전 (除電)
 - 부도체는 접지로 해결이 어렵습니다.
 - 피막 코팅 된 전도체 에도 사용 합니다.
 - 이온아이저 선정시 재질, 동선, 크기 체크



공통 사항

- 환경 요소 검토 사항 준수
 - 습도 관리 (40%RH ~60%RH) * 습도 관리는 공정의 특수성 은 별도 감안
 - 인체 정전기 HBM (Human Body Model) 관리
 - 적절한 온도 관리 / 공기의 주기적 순환 / 작업장 바닥 관리

정전기의 유해성

1. Trouble 발생

1. 먼지 등 이물부착 (정전기력)
2. 전자 부품의 파괴 (ESD)
3. 감전에 의한 두려움 (방전)



원인은 정전기가 가지는 다음과 같은 현상 때문 입니다.

- ▶ 필름가공 공정의 경우, Roll에 들러 붙거나, 말리는 현상 → 생산성저하 초래
- ▶ 방전현상 → 전자부품의 파괴(전기 쇼크), 작업자의 스파크 두려움
- ▶ 반발 또는 달라 붙는 현상으로 제품의 오염을 유발 → 외관 및 기능 트러블

$$\text{쿨롱 힘} : F \propto (Q_1 \times Q_2) / R^2$$

이러한 이유로 정전기를 제거하는 것 입니다.

2. 인체 대전

대전 전위	전 기 적 충 격 정 도	비 고
1,000 [V]	전혀 느끼지 않는다.	
2,000 [V]	손가락 외측에 살짝 느끼지만 잘 알 수 없다.	희미한 방전음 발생
2,500 [V]	방전한 부분이 바늘 끝에 닿은 듯한 느낌이다.	
3,000 [V]	따금한 아픔을 느낀다. 바늘에 찔린 느낌을 받는다.	
4,000 [V]	손가락에 바늘로 깊이 찔린듯한 아픔을 느낀다.	방전의 발광을 본다.
5,000 [V]	손바닥이나 팔꿈치까지 전기충격을 아프게 느낀다.	손끝에서 방전 발광.
6,000 [V]	손가락에 강한 아픔과 팔 전체에 전기충격을 느낀다.	
7,000 [V]	손가락, 손바닥에 강한 통증과 마비되는 느낌을 받는다	
8,000 [V]	손바닥 내지 팔꿈치까지 마비되는 느낌을 받는다.	
9,000 [V]	손목에 강한 통증과 팔이 마비되는 느낌을 받는다.	
10,000 [V]	손 전체의 통증과 전기가 흐른 느낌을 받는다.	
11,000 [V]	손가락에 강한 마비와 손 전체에 강한 전기충격을 느낀다	
12,000 [V]	강한 전기충격으로 몸 전체를 강타당한 느낌을 받는다.	

🔍 정전기의 전압은 높습니다. 하지만 전류의 양이 작기 때문에 순식간에 사라져 버립니다.



정전기의 유해성

3. 흡인력

- 1) 먼지 부착 : 기관 회로 단락, 액정부분발광 . 페트병 이물질
- 2) 작업성 : 수지 성형품 이탈, 시트 찢, 전송불량, 피더 막힘

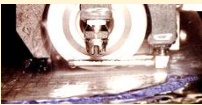
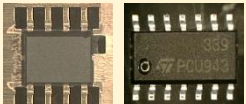
4. 반발력

- 1) 먼지 비산 : 파우더 비산
- 2) 작업성 : 수지 성형품 정렬 불량, 라벨 부착 위치 틀어짐
롤러 부위 마림 발생

5. 방 전

인체는 3000V 이하의 정전기 방전은 거의 느낄 수 없다. 그러나 인간이 감지하지 못하는 낮은 영역 [100V이하] 의 정전기 방전에서 반도체 회로의 패턴이 파괴 될 수 있습니다.

ESD 방전 세기		반도체 소자의 장해	
전하량[C]	에너지[J]		
10 ⁻¹⁰ ~ 10 ⁻⁸	10 ⁻⁶ ~ 10 ⁻⁵	동작특성 불안정	전류 증폭률 저하, 노이즈 증가
10 ⁻⁸ ~ 10 ⁻⁷	10 ⁻⁵ ~ 10 ⁻⁴	동작특성 열화	접합부 단락, 내 전압 저하
10 ⁻⁷ ~ 10 ⁻⁵	10 ⁻⁴ ~ 10 ⁻³	소자의 파괴	산화막 용융, 전극 단락
10 ⁻¹⁵ 이상	10 ⁻³ 이상	소자의 파괴	재료의 변형, 용융, 합금화

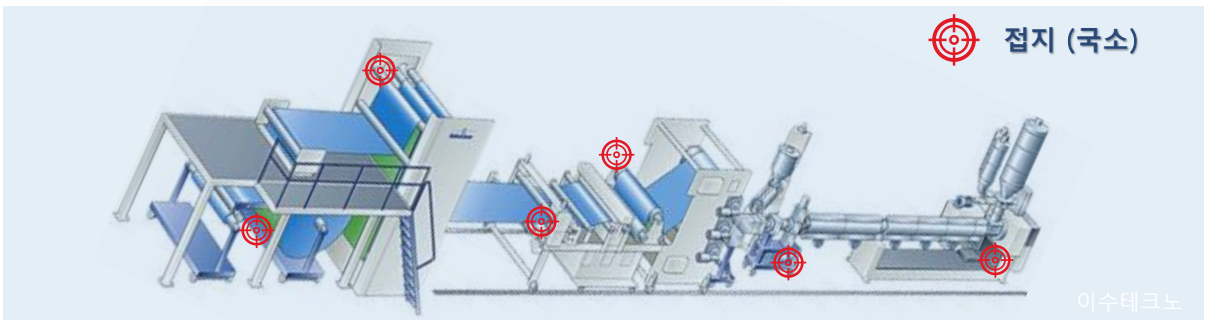
PROCESS		INFLUENCE		KEY PIONT
Wafer Sawing		ESD	3,500~4,000V	실시간 발생 정전기 제거
		종류	마찰 대전	
		요소	속도, 면적	
Wafer Pick UP		ESD	4,500~6,000V	Wafer 필름, Pick up Tool 정전기 제거
		종류	박리 대전	
		요소	면적, 접착력, 속도	
Frame Trim Form		ESD	3,500~4,500V	트림, 폼 직전에 EMC 표면 정전기 제거
		종류	마찰 대전	
		요소	속도, 압력	
Marking		ESD	4,000~6,000V	제품 표면 내재 정전기 제거
		종류	유도 대전	
		요소	Plasma 강도	
Packing		ESD	1,000~3,000V	마감재 정전기 제거 이송 경로 정전기 제거
		종류	마찰 대전	
		요소	튜브, 봉지 재질	

정전기 대책과 대응방법

정전기를 대전시키지 않기 위한 5가지 대책

1. 설비 접지 (접속) ... 정전기 배출

도체의 경우 접지에 의해 간단히 정전기 대전을 중화 시킬 수 있습니다.
(전원 콘센트 + 설비 본체 벽면 금속부분에 접지)



2. 온 습도 관리 ... 정전기 분산

습도가 적정하면 정전기가 사라집니다. 공정에 적당한 온도와 습도 관리가 비용을 절약 합니다.

온도는 20℃ ~ 25℃ 관리

습도 40%RH ~ 60%RH 관리

3. 도전성 자재 사용 ... 정전기 생성 방지

도전성 재질을 함유한 부품을 사용하여 접지하고 정전기를 제거 합니다.

도전성 재료 : Ag 필러, Cu 필러, 탄소계 (카본블랙, 흑연, CNT, 탄소섬유)

정전기 대책과 대응방법

정전기를 대전시키지 않기 위한 5가지 대책

4. 이오나이저 적용 . . . 정전기 대전 제거

1) 제전 블로워 : ION BLOWER (FAN 내장 타입)



2) 제전바 : ION BAR (클린 압축 공기 공급형)



3) 무풍제전바 : Wind Less ION BAR (무풍형)



정전기 대책과 대응방법

정전기를 대전시키지 않기 위한 5가지 대책

4) 제전노즐 제전건 정전기 측정장치



5. 제전로프 및 제전로프 응용제품 적용... 정전기 대전 제거

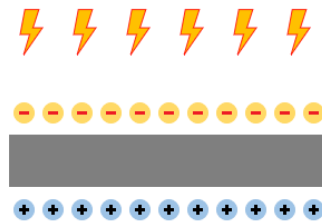


● 작동 원리 Performance

제전 로프 (정전기 로프) Corona Discharge 발생



일반 로프 반응 없음



☞ Corona Discharge 현상

대전체에서 발생한 정전기를 코로나 방전 원리에 의해 정전기를 제거 한다.

제전로프 주변에 3KV 이상의 정전기가 발생할 경우 미세 금속화이버에 흡수되어 단위 면적당 전하가 급격히 증가하여 다량의 이온이 방전되어 정전기 발생위치로 이동하여 대전체의 정전기를 제거 시키는 원리.



IONIZER (제전기) 적용

현상	업종	공정	내용
분진 이물	반도체	외관 검사	이물 부착에 따른 외관 불량 오류 방지
	FPD FILM	에칭 장치	분진에 의한 파괴 방지
	SMT	실장 공정	분진, 정전기에 의한 파괴 방지
	기타	클린 벤치	공간의 대전 제거로 분진 대책
	기타	렌즈 제조	이물 분진 부착 방지
	노광 공정	노광 공정	이물 분진 부착 방지
	포장	충진기	장입 충전 불량 (비산)
부착 말림	반도체	몰드 장치	몰드 전후의 금형 제전
	FPD FILM	편광판 접착	보호막 박리시의 제전
	FPD FILM	필름박리장치	보호 필름이 스트로커에 달라 붙음 방지
	수지 성형	분쇄	분쇄 펠렛 용기에 달라 붙음
	수지 성형	사출성형기	금형에서 경로 이탈 불량
	수지 성형	성형기 취출	취출 오류 불량 발생
	수지 성형	이송	이송로에 부착되어 이송 불량 방지
	수지 성형	이송	제품에 분진 . 이물 부착
	수지 성형	이송	제품간의 상호 부착으로 작업성 저하
이탈	반도체	파츠 피더	로더 이탈에 의한 생산성 저하
	포장	라벨기	라벨 부착 위치 불량 방지
	포장	포장기	부품 식품등의 삽입 미스
	기타	일회용 컵생산	픽업시 텅김및 이물 부착 방지
	기타	선형재 공급	이중 공급으로 설비 이탈
보호 파괴 방호	반도체	칩 마운터	ROLL 부품 취출시 정전기에 의한 파괴 방지
	반도체	핸들러	삽입 취출시의 정전기에 의한 파괴 방지
	반도체	수지 봉입기	달라 붙음 , 정전기에 의한 파괴 방지
	반도체	포장 공정	UV Tape 박리, 트레이 수납시
	반도체	워이퍼 소잉	정전기에 의한 회로 파괴 방지
	FPD FILM	유리기판가열냉각	분진 부착 , 정전기에 의한 파괴 방지
	FPD FILM	액정눈금 검사	카세트에서 취출시의 정전기에 의한 파괴 방지
	FPD FILM	세정 장치	세정 에어 블로워 정전기에 의한 파괴 방지
	FPD FILM	스토리지	로드 · 언로드 시의 정전기에 의한 파괴 방지
기타	권선기	권선기	직선 재료 끊어짐
	인터 폴딩	인터 폴딩	삽입시 겹침 오작동 발생
	인쇄 프린팅	그라비아인쇄기	잉크 날림 방지 , 인쇄 불량 방지

이수테크노

IONIZER (제전기) 적용 사례

클린 벤치 · 작업대 정전기 제거



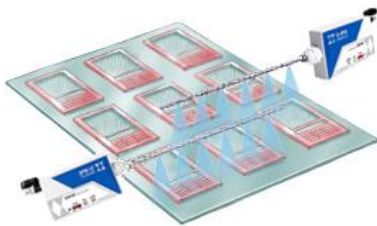
추천 모델 : **SBL-15SGK**

필름 · 시트 정전기 제거



추천 모델 : **SIB1GK, SIB4GK**

정밀 부품 정전기제거



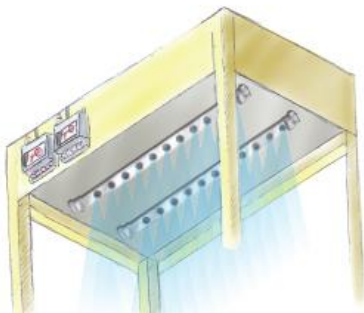
추천 모델 : **SPN-12GK**

필름 · 시트 로더 정전기 제거



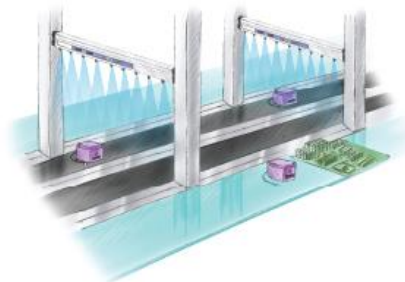
추천 모델 : **SIB1GK, SIB4GK**

클린부스 이송로 정전기 제거



추천 모델 : **SIB1GK, SIB7GK**

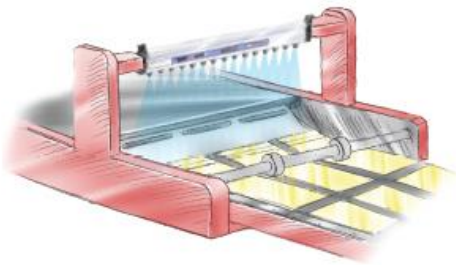
도장 전처리 · 후처리 정전기 제거



추천 모델 : **SIB1GK, SIB7GK**

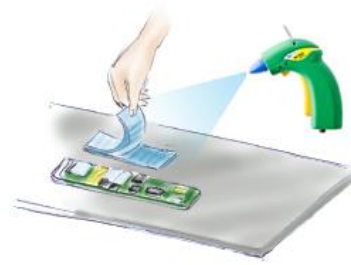
IONIZER (제전기) 적용 사례

인쇄 · 프린팅 정전기 제거



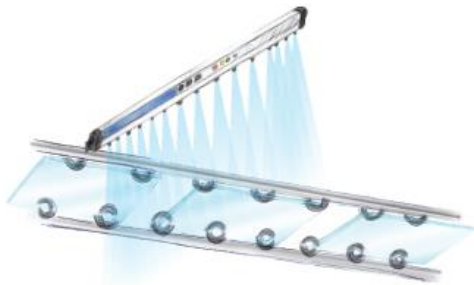
추천 모델 : **SIB1GK, MEL-G, SSBGK**

이동형 정전기 제거



추천 모델 : **SIG-30GK**

유리 기판 정전기제거



추천 모델 : **SIB4GK**

자재 작업대 정전기 제거



추천 모델 : **SOB-2SGK**

스토리지 정전기 제거



추천 모델 : **SOB-3SGK**

세정 후처리 정전기 제거



추천 모델 : 고온 : **SSB1GK** · 다습 : **SKBGK**



공정 발생 정전기의 유용한 정보

1. 접지 : 설비 전원 콘센트 접지 외 설비 본체와 접지구 금속 부분에 접지.
2. 제품 정전기는 부분적으로 제거해도 마찰과 충격에 의해 다시 발생 한다.
생산 수율이나 트러블로 인한 Loss 발생 부분에 집중 제전(除電)한다.
3. 대용량 고압 정전기는 1차, 2차 로 정전기를 제거해준다.
필름, 판넬, 컨베이어 등 고속 작업시의 발생하는 30kV이상의 정전기는
1차 제전로프, 제전로드, 제전링크, 제전게이트 등으로 5kV 미만으로
저감 시킨후 이오나이저를 적용하여 100V 미만으로 안정화 시킨다.
4. 공정의 생산품, 가공품 작업에 알맞은 제전(除電) 대책을 세운다.
작업시 발생하는 정전기를 고비용을 들여 전부 제거할 필요는 없다.
트러블 이나 Loss발생이 없을 정도의 제전도 충분하다.
예로 원단 프린트 작업에 고성능 이오나이저를 다수 사용하기 보다는
제전로프, 제전링크, 제전로드 등으로 문제 발생 정전기 전압 이하로
관리하는 편이 비용적인 측면에서 우선 될 수 있다.
5. 작업 인원을 정전기로 부터 보호 해야 한다.
작업중 발생하는 정전기 스파크, 불쾌감, 놀람등으로 피로도 누적을
해소하여 안전하고 쾌적한 생산 현장을 구축 할 수 있다.

정전기에 잘 대응 하시어 생산성 향상에 기여 하시기 바랍니다.