

포장제품의 정전기 발생과 방지 대책

권오진 / 산업디자인 포장개발원 시범공장
포장시험실 선임연구원

1. 정전기의 기초

1-1. 정전기의 메카니즘

정전기발생 메카니즘에 최초로 손을 댄 사람은 Alessandro Volta(이탈리아)로(1779년) 마찰대전을 접촉의 효과라고 하고 있다. 1879년에 헤름호르츠(독일)는 두가지의 다른 금속을 접촉시키면 전위차를 발생하기 때문에 계면에 단분자층 정도의 깊이를 갖는 전기의 2중층이 생기는데, 이것이 대전원인이라고 생각했다.

이러한 생각은 현재에도 기초를 이루고 있다. 그 후 금속 또는 반도체를 대상으로 하는 마찰전기에 대해서는 전자론의 발전, 표면 에너지 레벨과 같은 밴도이론의 도입, 실험수단의 발전 등에 있어서 거의 이론이 확립되어 있다. 그래서 고분자재료와 금속과의 마찰에 따른 대전량

이 금속의 에너지레벨에 의존하기 때문에 대전메카니즘으로서 접촉계면에서의 전하이동을 생각하도록 현재는 되어 있다.

그러나 뭐라해도 금속동지, 금속과 반도체, 금속과 절연체인 경우라도 이들 이론을 고분자재료 동시간에까지 연장시켜 적용하기까지는 이르지 못했다.

(1) 물체의 표면

표면이란 여러가지 의미에서 폐물(廢物)이라고 일컫어질만큼 복잡한 요소를 갖고 있다. 철이나 동의 표면을 아주 평행하게 깎고, 휘발유 등으로 닦으면 보기에는 매우 깨끗하지만, 잘살펴보면 기름자체가 흡착되어 남는다. 유지분자의 크기는 수십(Å : 1 = 10⁻⁸ cm)인데, 이 작은 분자가 표면에 붙어 있는 것이다

(2) 마찰

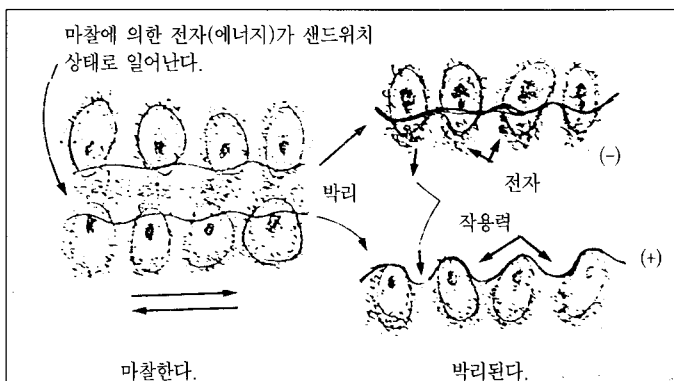
지금 마찰계면을 고속도 카메라로 촬영해서 슬로우 모션화 해서 보면, 마찰은 분자와 분자가 접촉해서 응착하고, 박리해가는 행위를 계속 반복하는 운동인 것이다. 그래서 마찰할 때 열이 발생하는 것을 우리들은 경험적으로 알고 있다.

여기서 마찰에 대한 지금까지의 소개를 해보면, 전기가 왜 나타나는가에 대해서 대충은 알았을 것으로 생각한다. 국부적으로 1000(°C) 이상이 되면 당연히 원자의 가장 외곽에 있는 전자의 궤도가 부풀어져서 불평형상태의 출현이 예상되기 때문이다.

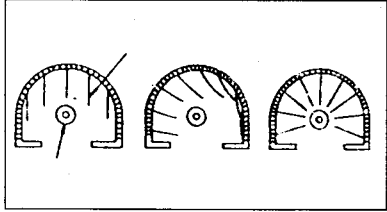
(3) 마찰전기의 발생메카니즘

정전기 발생메카니즘은 외부로부터 받은 에너지를 자칫 잃어버리기 쉬운데 받은 에너지에 의해서 물질 표면에 변화가 생긴다. 마찰의 경우는 외부로부터 운동에너지를 공급하고, 그 대부분이 진동이란 열적 에너지로, 극히 일부가 전자궤도를 변화시킨다. 플라스틱류에서도 열은 전도에 따라서 비교적 빠르게 확산되는데, 전자궤도는 간단히 원상태로 돌아가지 못한다. 이 되돌아가는 성질이 물질의 전기 절연성에 강하게 좌우된다.

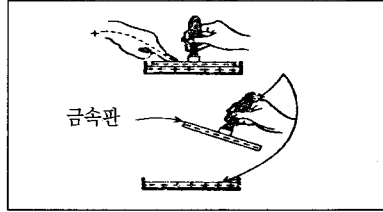
(그림 1) 마찰 대전의 구조



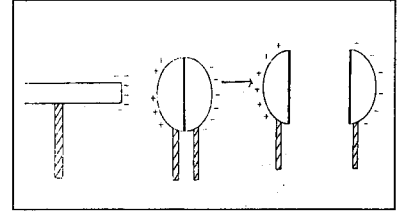
(그림 2) 전계의 모습



(그림 3) Alessandro Volta의 전기분



(그림 4) 정전유도



2. 정전기의 측정원리와 측정기

2-1. 정전기 측정의 배경

정전기의 검출은 호박(琥珀)을 마찰하면, 가벼운 물체를 끌어당기는 현상을 발견한 Thales(그리스의 철학자)에서 비롯된다. 유황덩어리를 만들고, 여기에 축(軸)을 붙여서 회전 시키면서 손을 비벼 마찰시키고, 전기를 일으키는 장치를 만들었던 것은 Ottoron Guericke(1650년경 독일)이고, 방전현상과 전기에 흡인력 외의 척력(斥力)이 있음도 관찰하고 있다. 그후, 네덜란드의 라이덴에 살고 있는 Musschen broek(1692~1791)에 의해서 전기를 축적하는 용기가 고안되었고, 초전기와 병용해서 방전실험이 행해지고, 불꽃(火花)의 길이, 밝기 등으로부터 전기의 강도, 양이란 개념의 싹이 트기 시작했다. 18세기 초엽에 약 30센티 정도의 2개의 실을 1cm간격으로 달아 매두고, 여기에 대전체를 가까이 하면, 실과 실이 조금 벌어지는 것을 발견한 것이 J.Wheeler(영국)이다.

이때 이미, 동종의 전기는 반발하고 이 종의 전기는 흡인한다는 설이 정착한 때이다. 1787년경, Alessandro Volta(이탈리아)에 의해서 개발된 검전기는 사각병 속에 스트로를 넣은 것이고, 열린 각도를 읽기 위한 눈금이 새겨져 있었다. 그

후 베넷트(영국)는 스트로를 금박으로 바꿨는데, 이것이 그대로 지금까지 쓰이고 있다.

[1] Isaac Newton의 만유인력의 법칙

달과 지구는 떨어져 있지만, 달은 지구의 인력을 받아 운동하고 있다. 이같이 지구의 인력에 의해서 대표되는 만유인력과 같이 만유인력은 서로 끌어당기는 힘이다. 그래서 거리 r을 경계로 한 질량 m1 및 m2의 물체 사이에 움직이는 만유인력의 크기는

$$\text{만유인력} = k \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

[2] Alessandro Volta의 전기분(電氣盆)

전기분(電氣盆)은 (그림 3)과 같이 에보나이트와 같은 절연물의 원판을 넣은 분(盆)이다. 이 분(盆)의 표면을 넘어 대전시켜, 분(盆)에 절연체의 자루(柄)를 붙인 금속판을 올려놓고, 그 뒷쪽에 손을 대면, 광하는 소리가 난다. 금속판에 접촉된 손을 떼면서, 잡았던 금속판을 대전하게 된다.

이 이유는 그림과 같이 (+)에 대전한 에보나이트판 위에 금속판을 올려 놓으면, 금속판과 에보나이트판은 완전한 평면은 아니므로 국부적으로 만나는 부분에서부터 정전유도가 일어나고, 금속판 뒷면과 (+)전하, 아랫면에 (-)전하가 나타난다.

여기서 금속판 뒷면에 손을 얹으면, 뒷면에 머물고 있던 (+)전하는 손가락을 통해서 지면으로 들어간다. 그 뒤에 손가락을 떼어 금속판을 들면, 금속판은 (-)에 대전한다. 이것을 반복하면 에보나이트판의 전하가 존재하는 한 제한없는 전하가 나온다는 것이다.

2-2. 정전측정 원리

정전기의 측정에서 가장 기본이 되는 공식은 정전용량C(F), 전위차 V(V), 전하를 Q(C)라 하면, $Q=CV(C)$ 로 나타내는 관계식이다. 그러나 전하가 절연물에 대전할 때는 전하의 많음은 구속되어 있으므로 이것을 직접, 전류로서 계측할 수 없다. 또 정전용량에 대해서도 상대가 절연물이기 때문에, 그 내용 측정은 불가능하다. 그래서 정전기 측정에서는 크롱력(Charles Augustin de Coulomb)이 발견)과 정전유도에 의해서 간접적으로 대전체의 전위를 측정하거나 또 대전체를 후술한 Michael Faraday케이지에 넣고, 그 토탈 차이를 측정하는 방법을 쓰고 있다.

(1) 정전유도

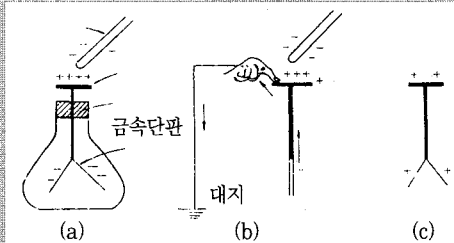
(그림 4)에서와 같이 절연체봉으로 받치고 있는 금속의 반구 A 및 B를 합쳐둔다. 그래서 그 가까이에 같은 절연체봉으로 받친 C 즉 부(負)전하를 갖고 와서, 이 상태에서 A 및 B의 2가지반구를 나누면, 반구 A에는 (+)전하가 대전하고, 반구 B에는 (-)전하가 대전함을 알 수 있다.

이같이 어떤 도체에 대전체를 가깝게 할 때, 그 대전체에 가까운 쪽에 다른 종류의 전하와 먼쪽의 같은 종류의 전하가 뿔뿔이 흩어져서 나타나는 현상을 정전유도라고 부르고 있

3 박검전기

- ①유리봉과 에보나이트봉 ②금속원반
③플크 ④알루미늄박 ⑤대지

①금속원반에 금속봉을 붙인 반대측에 금속박 2장을 끈으로 묶는다. 이것을 유리봉 등에 그림과 같이 넣으면, 전기의 유무와 (+)(-) 등을 간단히 검지할 수 있다. 이것이 박검전기. 예를 들면 박검전기에 (-)



의 대전체를 가까이 두면 그림(a)와 같이 정전유도(절연된 도체에 다른 대전체를 가까이 두면 대전체에 가까운 쪽에 대전체와 반대 전하가 나뉘고 먼쪽에 동종의 전하가 나타나는 현상)에 의해서 등판에 (+)의 전하가 생기고 알루미늄박에 (-)전하가 생기므로, 2장의 알루미늄박은 반발해서 열리고, 박이 열리는 과정에서 대전이 커진다.

그림(a)의 상태에서 그림(b)와 같이 손가락을 대면 알루미늄박의 (-)전하는 대지로 도망가서 알루미늄박은 오므라들고, 이같은 상태에서 대전물체와 손가락을 동시에 금속원반으로부터 멀리하면 그림(c)와 같이 금속원반의 (+)전하는 해방되어 알루미늄박쪽으로 퍼지므로 다시 알루미늄박은 열린다. 여기에 다시 (+)대전물체를 가깝게 하면, 정전유도에 의해 박에 (+)전기가 생기고 더우기 박의 열림이 증가하고 거꾸로 (-)대전물체를 가깝게 하면 박의 (+)전하가 감소해서 오므라들어 대전물체의 정부(正負)동도 간단히 판단할 수 있다.

다. 즉 처음에는 금속중에 같은 양의 (+)전하와 (-)전하가 있고 중화하고 있어 금속전체로서는 중성이지만, (-)전하를 갖고 있는 대전체 C를 금속중의 (+)전하는 왼쪽 끝으로 모여 있는 (-)전하는 오른쪽 끝으로 멀어지고, 이 상태에서 2가지의 반구를 나누면 (+)전하는 A에 (-)전하는 B로 달아 넣어버리는 결과를 나타낸다.

2-3. 계기를 사용하지 않는 간편한 정전기의 측정법

측정기가 없을 때라도 대충 그 발전은 다음과 같은 방법으로 알 수 있다. 우선 담배재를 뿌려두고 대전물을 위에서부터 서서히 가깝게 한다. 약 7(cm)에서 재가 흡인되려 하면, 그때 전압은 약 3(KV) 이상, 5cm에서 2kV, 1cm까지 가까워져도 부착되지 않게 하려면 100(V)이하이고, 정전기에 의한 장애는 거의 발생하지 않는 영역이다. 또 필름과 시이트가 물려 사이를 주행하고 있는 공정에서는 손등을 가까이 하면

손등의 체모가 진동하고 화한 느낌을 받는다. 이 상태에서는 약 5~15kV이고 10cm의 실을 하면으로부터 가깝게 하면 약 15cm위치에서 실이 수직으로 끌여 당긴다. 따라서, 대전방지제의 효과 등은 동일한 도포방법과 습도하에서 테스트하면, 전술한 방법으로 충분히 불량을 판단할 수 있다. 또 정전기를 전압으로 측정할 경우는 대충 쉽게 눈으로 알 수 있고, 정량적으로 알려 할 때는 측정계의 커패시터를 먼저 알아야 한다.

2-4. 대전방지의 효과판정법

대전방지제로는 대부분이 계면활성제를 사용하고, 대전방지용 활성제의 기능은 대기중의 수분을 흡착해서, 표면에 물이 도전막을 형성하고, 대전을 방어한다. 따라서 대기중의 수분이 적어지는 건조기에는 그 효과가 반감되거나 없어져 버린다. 이것을 간단히 알려면, 방지제를 도포한 플라스틱의 온도를

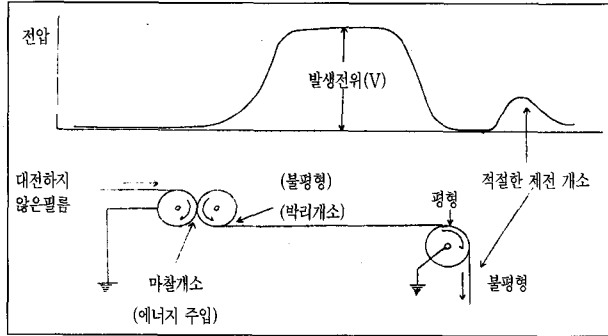
40~50도로한 항온조에 24시간 방치한 뒤, 면포 등으로 마찰하고, 앞이나온 담배재에 의한 흡착정도를 조사하면 판정할 수 있다. 또 대전방지효과는 있어도 점착성에서는 승취(蠅取) 효과가 생겨서 오히려 오염이 쉽기도 한다. 이에 대해서는 지선(指先)에서 그 점착정도를 보는 것으로 충분하다. 더우기 방지제를 이용하기 때문에 피도포물이 화학변화를 일으키거나, 종이 등에서는 변색할 염려가 있다. 이에 대한 지식을 얻으려면 방지제를 종이에 도포해서 햇빛에 1일 두면 불안정한 것에서는 변색해가므로 분별할 수 있다.

3. 일반적인 정전기 대책

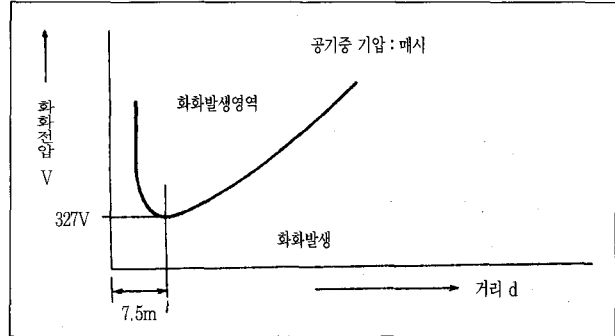
3-1. 전격(電擊)이 문제가 되는 경우

인체에 축적된 전하의 방전, 또는 제조공정중의 대전체로부터의 전격은 종종 경험되고 있다. 전자의 경우는 대전량도 작고, 직접적인 피해는 적다. 그러나 후자에서는 작업자의 현장 정착율에 영향을 주는 만큼 방전에너지가 큰 공정도 있다. 예를들면, 경면금속판에 의한 플라스틱판의 광택내는 공정등에서는 일단 금속판을 접지해도 플라스틱판의 구속전하에 의해 다시 유도전하 하고, 어깨에 달할만큼의 전격을 받는다. 따라서 작업과 공정의 경우 부득이 금속제를 대전체에 근접시킬 경우는 보통 접지해둘 필요가 있다. 또 접지를 실시하지 않을 때, 예를 들면 대차(台車)등에서 절연상태로 된 금속용기를 이동시킬때는 반드시 금속체의 정전용량을 측정해 두고, 전위의 측정과 맞춰 위험정도를 추정하지 않으면 안된다. 또 대책으로

(그림 5) 마찰전기 발생의 규모



(그림 6) 팩센법칙



(표 1) 인체와 옷사이의 습도

측정부위	외기습도 38%RH 온도 18℃	
	외기 중에서 있을 때	운동한 후 땀을 흘렸을 때
코오트상의사이	40(%RH)	60(%RH)
상의와이셔츠사이	40(%RH)	67(%RH)
와이셔츠, 내의사이	42(%RH)	75(%RH)
내의, 피부사이	44(%RH)	82(%RH)

서는 작업자의 신발 등의 저항치를, 정전기적으로는 도체라 볼 수 있고, 10~10()이라 하는 것이 전격을 완화시키는 하나의 방법이다.

3-2. 조습(調濕)

4월부터 10월에 걸친 반년간은 정전기 트러블도 비교적 적다. 이것은 고습도라서 표면이 비교적 짧은 시간에 대기중의 수분과 평행상태가 되기 때문이고, 이런 경험을 살려서 겨울의 건조기에 조습하는 점이 오래전부터 쓰여왔다. 그러나 천연물에서는 효과가 있고, 플라스틱류와 라미네이트지 등 특수지의 출현, 생산의 스피드화, 공장 용량의 증대화 등이 아니라, 단순한 조습으로는 효과를 기대할 수 없고 또 비용면에서도 문제된다. 대부분 경험자에 의하면 초음파 가습기를 써서, 30%의 밀폐된 실내(10m³)를 60%까지 높이는 데 약 30분을 필요로 하고, 공기류를 1(m/sec)로 하면 50%이상

으로 높이는 것이 곤란했다. 트러블 방지에 필요한 습도는 일반적으로 65% 이상이라 해도 그다지 조습에 구애받지 않아도 좋다. 어느 정도의 효과를 보기 위해서는 코스트가 낮은 자기방전식 재전기가 훨씬 유리하다.

3-3. 제전기(除電氣)

제전기의 위치는 [그림 3]과 같이 종이나 필름이 롤러에서 박리해서, 대전위가 포화치에 달하기 직전이 유효하고, 전위가 포화치가 된 위치는 롤러부터 대충 롤러의 반조장의 위치로 생각하면 좋다. 또 종이, 필름의 제조, 가공 공정에서는 다수의 롤러가 운전되고 있고, 롤러를 통과할 때마다 정전기가 충전되어 있지 않다고 생각하기 쉬운데, 전위는 7 팩센법칙에 의해 제한되고, 공간부에서는 거의 일정치로 보존된다. 따라서 트러블조차 없으면 전위가 높아져서 제전기를 설치할 필요가 없

다. 또 사용하지 않는 제전기가 그대로 공정중에 방치된 경우가 있는데, 전압인가식 제전기의 침상전극은 정전용량은 작지만 절연상태이므로 휴면전기의 동기를 만들기도 해서 주의하지 않으면 안된다.

▲ 팩센법칙

방전현상에 대해서는 팩센법칙이 있는데, 방전 가능전압 V, 가스압 P, 전극간 거리 d와의 관계는 [그림 6]과 같아서, 예를 들면 공기중 1기압일 때 전극간거리 7.5(m), 전압 327(V)에서 방전한다. 종장의 건조시기에 셔츠를 벗을 때 반짝반짝 불꽃이 튀는 것을 어둠 속에서 볼 수 있는 것은 이같은 방전에 의한 것이다. 일반적으로 대기중의 불꽃은 거리 1(cm)일 때 30(KV)에서 발생한다.

3-4. 접지

자주 대전하는 종이와 플라스틱 필름이 접지된 금속롤러에 접하면, 전기가 도망가서 없어지지 않느냐 하는 질문이다. 물체에 전기가 구동되어 이동할 수 없는 상태일 때 대전했는지 정전기인지를 알 수 있듯이 그렇게 간단히는 달아나지 않는다. 만일 달아나서 없어지게 되면, 정전기 트러블은 모두 해소되어 있

(표 2) 신발류의 절연저항치(Ω)

피복 구두아래의 제질별 종류	절연저항(Ω)			
	시료수	신 품	시료수	상 품
가 중 창 신 발	5	1×10 ⁵ ~10 ⁸	25	1×10~10 ⁵
합 성 창 신 발	20	1×10 ⁶ ~10 ¹³	40	1×10 ⁵ ~10 ¹¹
고무창 운동화	5	1×10 ¹¹ ~10 ¹³	5	1×10 ⁸ ~10 ¹¹
나일론신발아래	3	1×10 ¹³ ~10 ¹⁴	3	1×10 ²
순모구두 아래	3	1×10 ¹³ ~	3	1×10 ²
순면구두 아래	3	1×10 ¹¹ ~	3	1×10

* 검류계치 편법 또는 메가에 의한다. 습도 습도 52(%RH)

(표 3) 각종 종이의 저항률 및 대전전하량

시 료	체적저항률(Ω·cm)	표면저항률(Ω)	전하량(C/cm ²)
① 토일렛트페이퍼	1.6×10 ¹³	5.3×10 ¹³	3.1×10 ⁻¹⁰
② 실험실용 와이퍼지	2.2×10 ¹³	4.1×10 ¹³	2.8×10 ⁻¹⁰
③ 크라프트지	1.3×10 ¹²	1.9×10 ¹²	4.2×10 ⁻¹¹
④ 일본고유지	6.5×10 ¹²	3.4×10 ¹²	2.3×10 ⁻¹⁰
⑤ 짚 반반지	2.9×10 ¹²	2.3×10 ¹²	2.1×10 ⁻¹⁰
⑦ 건식복사지	5.6×10 ¹¹	1.5×10 ¹¹	6.0×10 ⁻¹²
⑧ 습식복사지	4.9×10 ¹²	5.7×10 ¹²	3.5×10 ⁻¹⁰
⑨ 신문용지	1.5×10 ¹²	6.4×10 ¹¹	2.0×10 ⁻¹¹
⑩ 아트지	1.3×10 ¹²	1.9×10 ¹²	1.2×10 ⁻¹¹

을 것이고, 그것이 초고압 대전류의 직접발전기까지 출현할 것이다. 이것은 정전기 대책의 기본은 접지를 해서 일어난다고 하는 생각에서 발생하는 착오의 하나이다. 그러나 제조공정 등에서 후레임과 물러를 접지하는 것은 기본적으로 바른 대책이고, 대전한 종이와 플라스틱 필름에 접하거나 근접해 있는 금속체가 전기적으로 절연상태인 경우는 방전 에너지도 크고, 전격, 착화폭발 등 큰 트러블의 원인이 된다.

또 접지되었을 때보다 오히려 위험한 경우도 있다. 예를 들면, 화학 공장에서 대전하고 있는 기폭제를 다루는 작업자를 접지하고, 기폭제와의 전위차를 크게 하기 때문에 방전을 쉽게 발생시키는 결과가 되고, 폭발 사고를 일으키는 경우와 유면 전위가 높아진 부위에 접지봉을 근접시켜, 착화시키는 실험 등도 있고, 경우에 따라서 대응책을 생각해야 한다.

3-5. 대전방지제

대전방지제로 사용되는 것은 대부분이 계면활성제로, 이것은 주로 유지를 원료로 만들어진다. 계면활성제는 물에 녹아 물의 표면장력을 약화시키는 물질로 일상 사용되는 비누가 대표적이다. 방지제는 이겨서 속에 넣는 것과 표면에 도포하는 타입이 있고, 원리는 물체표면에 극성기, 결국 공기중의 수분을 흡수하는 결합손을 만들고, 부착된 수분에 의해 전기를 달아나게 하는 것이다. 그러나 모든 플라스틱에 유효한 것은 아직 실험되지 않았다.

또 전기를 달아나게는 할 수 있지만 자체의 끈기 때문에 먼지를 흡착하고, 오히려 오염이 쉬운 것과 화학적 변화를 일으키는 것도 있었고 사용에 있어서 주의가 필요하다.

3-6. 인체의 대전과 대책

의류와 음단에 합성섬유가 사용되고 있으므로 이들 위를 걸거나 착용

해서 동작했을 때 서로의 마찰에 의해 정전기가 나타나 인체에 에너지를 주입한다. 흙, 콘크리트, 아스팔트도로, 마루바닥 등에서는 저항치가10()이하이기 때문에 인체의 에너지를 달아나게 하므로 문제되지 않지만, 비닐타일과 합성섬유 카페트를 사용하는 빌딩과 호텔에서는 종종 전격이 화제가 된다.

인체의 에너지는 합성피 구두를 신었을 때80-150(P^F)이므로 건조기에 비닐제 의자에서 등을 2,3회 마찰한 후 서면, 간단히 3(Kv)정도의 전위가 된다. 지금 이 에너지 양을 가진 사람이 금속체의 룯카나 다른 사람과 접촉했을 때 어느정도의 적격을 받는가 하면 손가락의 두번째 관절부터 손목정도까지 쇼크를 느끼게 된다. 그러나 인체의 대전량 정도에서는 생명에 위험을 미치는 것은 아니나, 오히려 놀라서 발을 밟거나 갖고 있던 물건을 떨어뜨려서 사고가 크게 날 염려가 있으므로 주의가 필요하다.

▲ 방지방법

인체의 대전방지에는 옥내의 습도를 항상 65(%RH)이상으로 가습하면 좋으나 겨울에는 상당히 어렵고 또 착용하는 의류를 전부 천연섬유로 바꾸거나 전면적으로 도전성 마루재를 채용하는 것, 이들은 시공과 비용면에서 곤란하다. 그러나 대전량을 쇼크를 받게 하기 전에, 또 착화에너지량으로 되지 않기 전에 각각 작게하면 좋기 때문에 필요한 국소 결국 에너지입자가 가장 주입되기 쉬운 곳에도 전성카페트와 비닐타일을 깔던가 금속넛트를 설치하면 좋다. 도전성 마루재라도 정전기적 의미 때문이고, 전기기구를 사용하는 장소에서는

[표 4] 종이의 정전기 트러블과 그 영향

발생공정	트러블의 종류	영향
제조	전선 찢어짐, 컵 먼지 부착	불쾌감, 작업능률저하 로스의 발생 품질저하
재단	불량 자를때 절단면끼리 부착 컷타에 부착된다	능률의 저하 품질저하 로스발생
라미네이트 코팅	전선 방전양류의 발생 건조부에서의 착화폭발 용제에의 착화 먼지부착 잉크의 착색불량	불쾌감, 작업능률저하 작업자의 정착률저하 로스발생 조업정지, 인신장애 화재위험, 로스발생 품질저하, 로스발생 품질저하, 로스발생
인쇄	지분발생 불량, 부착 위치어긋남, 2장보내기 용제에의 착화	품질저하, 로스발생 로스발생, 능률저하 화재위험
제대, 포장	떨림 오염	로스발생 품질저하
사용사이드	접지 불능 개봉 불능 복사시 2장 보내기	프린트의 가동저해 작업능률저하 로스발생

저항치가 적어도 10[Ω]이상이면 감전사고를 일으킬 위험이 있으므로 주의를 요한다.

이같이 마루를 처리해서 나일론 구두 밑창과 합성피를 착용했을 때는 그 효과에 의문을 갖고 있다고 생각되므로 최근 필자가 실험했던 옷과 구두 아래의 저항측정결과 [표 5]를 소개한다. 표중 신발과 1개월이상 경과한 것의 측정치는 착용했던 것을 벗은 직후에 측정한 수치이다. 결과로서 합성피바닥 및 고무바닥의 약 40%가 10[Ω]에서 다소 문제가 됐는데, 그의 정전기는 염려할 정도는 아니었다.

4. 정전기 재장해 사례와 그 대책

4-1. 종이의 제조, 가공시의 정전기 트러블

일본의 장망식 초지기로 제조한 종이는 760(m/sec)으로 스피드화 되

어 있고 각각의 공정에서 종이의 정전위를 측정하면, 건조부(드라이어 파트)에서 헬트부터 박리하는 개소에서는 10~30(Kv), 광택기를 통과한 종이 공간부에서 10~30(Kv), 권취기에 권취될 때도 30~50(Kv)이상으로 매우 높은 전위를 나타낸다. 따라서 이를 공정에서는 지단의컬, 롤러에 감길 때 텐션변화에 따른 절단, 작업자에의 전격트러블이 발생한다. 또 종이가 대전된 채 감길 때의 전하의 감배는 매우 늦고, 금속제 권심으로 유도된 전하에 의한 전격은 어깨에 달할 만큼 강한 전격을 준다.

일반적으로 종이의 대부분은 그대로 사용되는 것이 별로 없고, 재단을 비롯 인쇄, 라미네이트, 제대, 포장 등 가공되어 이용된다. 재단시에는 커터에 붙어서 문제가 된다. 인쇄시에는 잉크의 착색불량, 지분발생, 용제에의 착화, 라미네이트 공정시에는 전격, 건조부 내에서의 포발, 접촉테

이프용 이형지 제조공정 등에서는 연면방전으로 방전로의 이형제가 화학변화를 일으켜서 박리효과를 제거하고, 완성품이 된 후 손해를 입히기도 한다. 제대에서는 실불량, 개봉곤란, 포장시의 오염 등 트러블이 있다. 또 종이의 사용사이드에도 프린터용지가 접힐 때 불능, 복사기에서 2장씩 보내지는 등 트러블이 생긴다.

[표 4]는 종이의 정전기 트러블을 정리해서 나타난 것인데 트러블이 경제에 미치는 영향은 크고, 라디오, 텔레비전 등의 조립라인에서는 정전기에 의한 고장이 생기면 라인을 정지해서 조사해야 하고, 1회 정지시 300~400만원의 손실을 입고 겨울에는 겨울에는 여름보다 2~3회나 더 발생된다. [표 4]는 각종 종이의 저항율과 마찰대전량을 측정한 결과인데 종이메이커에서는 현재에도 어떻게 종이의 저항치를 콘트롤 할까 하는 연구가 진행중이다.

4-2. 인쇄시의 정전기 대책

인쇄시의 정전기 대책도 제전기의 사용과 조습이 중심이 되고 있다. 그러나 앞에서 밝힌 바와 같이 방전체 조습은 유효하지 않다. 인쇄공정에서는 사용하는 종이의 질과 양을 갖고 나뉘므로 일을 하기 전에 미리 조습해 두는 것이 유효하고, 비교적 양이 적을 때는 종이에 비닐시트를 덮고, 내부에 수목을 넣는것만으로 충분하다. 또 단시간에 효과를 보고 싶을 때는 적재해 둔 종이 절단면에 인쇄시 물이나 대전방지제를 도포해도 상당히 유효하다. 그러나 건식복사지 등을 너무 가습해 버리면 정전대상이 형식으로 없어지기도 하고 선명도도 잃으므로 주의가

[표 5] 정전기 방지 관련 규격

특성	규격
포면저항률 체적저항률	ASTM-D-257-D-991 IEC Pub. 93 DIN 53482 기타 다수 (관계 NFPA 99, UL 779 ASTM F150등)
전하의 감쇠	FTM S-101C, Method 4046 (NFPA 99 ANSI/EIA 541 (Appendix F) MIL-B-81705C등)
마찰대전 특성	NASA 마찰시험법 패러디 컵법 (ANSI/EIA 541 Appendix B.C.D) 버티칼 셰이커법 (ANSI/EIA 541 Appendix G) (관계 AATCC 134 등)
패러디 케이지 특성	캐퍼시티브 플로우 법 (ANSI/EIA 541 Appendix E) 평행판 시험법 (NASA)
일반규칙	DOD-HDBK-263, MIL-STD-1686A MIL-B-81705C, MIL-P-81997F, BS-5783
EMI/RFI (정전기에 관계된 것)	MIL-B-81705C 4.8.6

AATCC: American Association for Textile Chemists and colorista
 ANSI: American National Standards Institute
 ASTM: American Society of Testing and Materials
 BS: British standards DIN: Deutsche Industrie Normung
 DOD: Department of Defense EIA: Electronic Industries Association
 FTMS: Federal Test Method standards IEC: International Electrotechnical Commission
 MIL: Military specifications and Standards
 NASA: National Aeronautics and space Administration
 NFPA: National Fire Protection Association
 UL: Underwriter's Laboratories

필요하다. 정전기와 밀접한 관계가 있음에도 불구하고 인쇄공장에서 잇기 쉬운 것이 실내 분진관리이다. 제전기와 조습으로 애써 공정 트러블을 억제해도 부유분진은 대전하므로 인쇄물에 쉽게 부착하고, 작은 알갱이나 백색으로 빠지는 현상(핀홀이라고도 한다)이 발생한다. 정전기 대책도 하면서 작업자의 건강관리와 연결할 수도 있는 집진장치의 설치 등 분진 관리에 주의를 바란다.

4-3. 전자기기 사고의 사례와 대책

(1) 전자기기 어셈블리 공정

MOS IC, LSI 등의 취급이나 이들 어셈블리공정에서는 정전기에 의한 품질의 저하 및 기능불능의 발생을 방지하기 위하여 습도관리, 도전성 매트, 어어스 밴드, 캐리아케이스, 한다교대 접지와 같은 대책을 책

책하고 있다. 여기에 소개하는 사례는 위와같은 대책을 하고 있음에도 불구하고 1.8%의 불량품이 발생하고 있는 케이스다. 현장조사를 한 바, 바닥은 리노륨이 깔려 있고 그 저항치는 6.8KV×10 였으며 작업자는 1×10의 운동화를 신고 있었다. 당연한 일이지만 작업시에는 팔목시계에 의하여 1로 인체 어어스가 붙어 있고, 한다교대, 메트는 물론 작업대, 도장된 금속재 장에 이르기까지 어어스가 붙어 있었다.

작업자중 겨울철에 전격의 경험을 한 사람을 골라 Earth~free가 된 상태에서 열걸음 걷게 하여 대전위를 측정 한 바, 약 1.4KV의 대전위를 나타냈다(온도 20도, 습도 42%). 이 결과에서도 아는 바와 같이, Earth~free로 하면 인체는 확실히 대전한다는 사실이며, 원인규명 방법으로서 현작업공정 가운데 인체가 Earth

~free가 되는 작업상태를 조사해 보았다. 그 결과 라인의 작업자가 Earth~free가 되는 상태는 없었지만 반제품을 다음공정으로 옮길 때, 이것을 공기로 정화하는 작업이 있어, 이때에 라인으로부터 떨어진 작업자 및 다음 공정에 반제품을 나르는 작업자, 제품이 된 것을 포장하는 작업자가 완전히 Earth~free가 된다는 사실을 알게 되었다.

이들 작업자로부터 Earth를 떼어 내기란 어려우므로 그 대책으로써 신발을 전도성의 것으로 하고 바닥에 도전성 염화비닐시이트를 깔도록 했다. 그 결과는 1~3월의 건조기인데도 불구하고 불량률 0.1%이하라는 좋은 결과를 얻게 되었다. 인체의 대전을 철저하게 마크하지 않으면 안된다는 사례인 것이다.

또 이와 유사한 사례로서 프린트기판 Tester의 정전파괴가 있었다. 이것은 250회전까지 올라간 기판배선이 오접속(誤接續)을 검사하는 것인데, 작업자나 테스트위에 프린터기판을 놓을 때 Tester의 IC가 파괴되어 버린다는 것이다. 이 사례도 인체의 대전이 원인이었다는 것이 확실해 졌기에 작업을 자동화시켰더니 사고가 전무했다는 것이다. 이상과 같이 반도체다마이스를 취급한다든지 조립하는 인체의 대전을 철저하게 없게 하면 작업대나 금속재 장등을 Earth할 필요가 없다. 그러나 바닥, 신발이 도전성이더라도 의자가 절연성 카스타로 떠 있는 경우, 작업자가 바닥에서 발을 떼고 등을 의자와 마찰시키면 대전하기 때문에 카스타는 도전성의 것으로 하고, 다시 발을 놓은 장소도 도장을 벗기고 도전성으로 해 둘 필요가 있다.☑