

전 기 화 재 (IV)

- 가연물 취급장소에서 고려하여야 할 정전기 대책 -

元 鍾 洙

정전기에 의한 사고가 발생하려면, 정전기의 발생, 착화 능력을 가진 위험한 방전의 발생, 폭발성 가스, 증기가 공기와의 비율에서 폭발 한계내에 존재할 것 등의 세가지 조건이 필요하다.

따라서 정전기에 의한 착화, 폭발 사고를 방지하기 위해서는 항상 이 세가지 관점에서 검토하여, 어떤 조건하에서도 3개 조건중 적어도 하나 이상을 제거하는 것이 필요하다.

이하, 정전기에 의한 재해 중에서 그 방전이 착화원이 되어서 발생하는 가연성 가스 등의 폭발, 화재에 의한 재해의 방지 대책에 한정해서 개설한다.

1. 재해 방지 대책의 기본

1.1. 정전기 재해의 발생 요인과 그 착안점.

정전기 대책을 강구코자 하는 경우, 먼저 정전기 재해의 실태를 분석하여, 재해 발생의 과정을 해석해 놓으면, 설계상 어떤 점에 착안해서 어떤 순서로 설계를 진행할 것인가를 알기 쉬우므로 이에 대해 살펴 본다.

원인이 정전기 뿐만 아니라 폭발, 화재가 발생하기 위해서는 다음 두 조건이 동시에 존재

하여야 한다.

- (1) 가연성 혼합 기체로 된 분위기
- (2) 착화원

즉 폭발, 화재는 가연성 혼합 기체가 존재하는 곳에서 정전기 방전과 같은 착화원이 있으면 이로 인해서 가연성 물질에 불이 붙어, 폭발, 화재로 진행한다.

폭발, 화재가 발생하기 위한 하나의 조건인 (1)은, 가연물이 존재하는 장소 또는 이를 포함한 대전체물 및 그 근방의 분위기가 표 1, 표 2로 보인 폭발 범위의 혼합 농도로 되어 있어야 한다.

표 1. 공기와 혼합한 기체 또는 증기의 폭발 범위

기체 또는 증기	폭발범위(%)	기체 또는 증기	폭발 범위(%)
수소	4.1 ~ 74.2	메칠 알코올	6~36.5
일산화탄소	12.5 ~ 74.2	에칠 알코올	3.3~19
메탄	5.3 ~ 13.9	시클로 헥산	1.3~8.4
에탄	3.1 ~ 15.0	아세트 알데히드	4.0~57.0
프로판	2.4 ~ 9.5	아세톤	2.2~13.0
에치렌	3.0 ~ 34	초산 에칠	2.2~11.5
아세치렌	2.5 ~ 40	노말 펜산	1.4~3.0
산화수소	5.6 ~ 40	노말 옥탄	0.84~3.2
암모니아	16.0 ~ 27.0	벤젠	1.4~8
유화수소	4.3 ~ 45.5	톨루엔	1.3~7.0
2유화탄소	1.0 ~ 50	가스린	1.3~6

한편 (2)의 조건은, 착화원인인 정전기 방전 에너지가, 적어도 가연성 물질을 착화시키는데

*副會長 · 서울大 電氣工学科 教授

표 2. 공기와 혼합한 분진의 폭발 하한

분 체(粉体)	폭발하한(g/m ³)	분 체(粉体)	폭발하한(g/m ³)
Zr	40	비닐	40
Mg	20	합성고무	30
Fe	120	목분(木粉)	40
Mn	210	팔프	60
세 락	15	전분	45
페놀	35	대두	40
폴리 에치렌	25	소맥	60
초산 셀로즈	25	석탄	35

표 3. 각종 기체, 증기와 공기와의 혼합 가스의 최소 착화 에너지

물질명	최소 착화 에너지(mJ)	정전 용량(pF)	전압(kV)	전하계산치(μC)
메탄	0.28	9	7.9	0.07
프로판	0.26	10	7.2	0.07
에탄	0.25	10	7.1	0.07
노말 헵탄	0.25	7~4	8~10	0.06~0.04
벤졸	0.20			
에틸 에틸	1.19			
프로판	0.11			
아세치렌	0.019			
수소	0.019	4	3.1	0.012
2유화탄소	0.009			

표 4. 각종 분진과 공기가 혼합하였을 때의 최소 착화 에너지

물질명	최소착화 에너지(mJ)		물질명	최소착화 에너지(mJ)	
	분진운	분진층		분진운	분진층
합성알코홀수지	20	80	페놀수지	10	40
알미늄	10	1.6	폴리 에치렌	30	—
아스피린	25	160	폴리스티렌	15	—
붕소	60	—	실리콘	80	2.4
셀룰로오즈	10	—	스테아린산	25	—
아세트아이드	80	8	설탕	30	—
망강철	20	7	치타늄	10	0.08
망강	80	3.2	비닐수지	10	—

충분한 것, 즉 최소 착화 에너지 이상이어야 한다. 가연성 물질이 가스나 증기인 경우, 분진인

경우의 최소 착화 에너지를 보이면 표 3, 표 4와 같다. 위에서 다룬바와 같이 폭발, 화재가 발생하려면 적어도 두 조건이 필요하며, 정전기가 원인이되어 발생하는 폭발이나 화재는 정전기 방전이 그 중 하나의 조건인 착화원이 되기 때문에 일어나는 것이다.

1. 2. 착화원이 되는 대전체물과 방전의 조건

그림 1은 폭발, 화재의 원인인 정전기 방전이 일어났을 것으로 추정되는 대전체물을 과거의 재해 사례로부터 집계한 것이지만, 이 대전체물로서는, 이동기기, 도구, 고정기기 및 장치, 가공물, 제품이 많다.

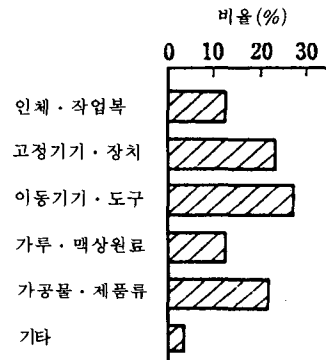


그림 1. 재해 원인으로된 대전물체

이상의 사례에 의하면, 이동하기 위해서 접지를 하기가 곤란한 것, 또는 이동 등으로 접지물과의 거리 변화로 대전 전위가 변화하는 것이, 재해 원인이 되기 쉬운 대전물체이다. 즉 착화원이 될 확률이 높은 정전기 방전은, 대전물체에서 보면 이상과 같은 것으로부터 발생하는 발광을 수반하는 불꽃 방전, 스트리머(Streamer) 방전이다.

이러한 착화원이 되는 방전은 다음과 같은 조건에서 발생하기 쉽다.

- (1) 접지되어 있지 않은 금속과 같은 도체에 정전기가 대전하였을 때.
- (2) 대전물체 가까이 있는 금속과 같은 도체가 그것으로부터 정전 유도를 받았을 때.
- (3) 대전체물에 평할한 형상을 가진 접지물체가 접근하였을 때, 또는 반대로 대전체물이

접근하였을 때.

(4) 접촉 또는 밀착되어 있는 것을 떼었을 때.

(5) 대전체물이 큰 공간에 존재하여, 그 전위가 높아졌을 때.

1. 3. 폭발, 화재가 발생하기 쉬운 조건

1. 3. 1. 작업 공정과의 관계

그림 2는 폭발, 화재가 일어나기 쉬운 작업 공정을 집계한 것이지만, 문제가 되는 공정으로서, 칠 하기, 인쇄 공정, 분출, 도장 공정이 많다. 이와 같은 공정은 정전기 대전이 많은 공정인 동시에, 가연성 물질을 상시 취급하고 있어, 분위기가 가연성 혼합 가스가 충전하기 쉬운 공정이고, 또한 이러한 공정에서는 작업자의 판단에 따라 운전조건, 재료 취급 등이 변경되고 있는 것도 하나의 요인이 되고 있다.

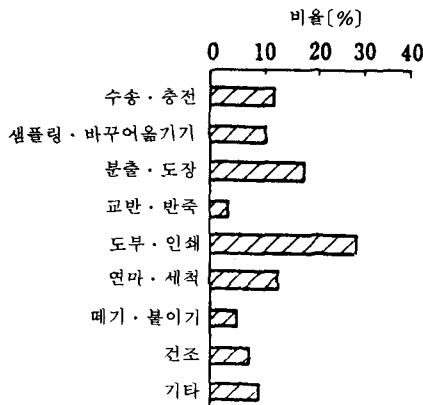


그림 2. 정전기 재해가 발생한 공정

이와 같은 작업 내용, 작업 공정에 대해서, 폭발, 화재가 발생하기 쉬운 조건을 들어 보면, 재해가 일어나기 쉬운 것은 다음과 같은 경우이다.

(1) 도전율이 작은 가연성 액체 및 이를 포함하고 있는 것을 작업자가 취급하고 있는데, 정전기가 발생하고 있는 작업 공정을 동시에 실시하였을 때.

(2) 평상시 실시하지 않는 작업을 실시하였을 때.

(3) 작업 공정에 문제가 발생하였을 때, 또는 작업 공정, 순서를 변경하였을 때.

(4) 장치 등의 운전 조작 또는 작업 순서를 틀리었을 때.

1. 3. 2. 폭발, 화재의 발생 과정

폭발, 화재가 발생한 작업 공정에는 전술한 바와 같이 공정이 많고, 착화한 가연물도 그림 3에서와 같이 가연성 액체의 증기가 압도적으로 많은 것으로 나타나 있다.

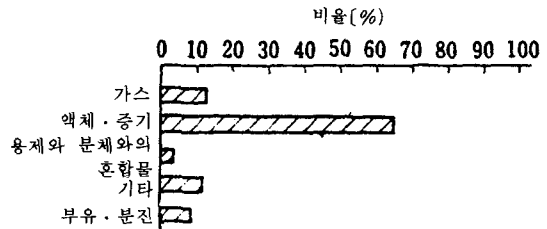


그림 3. 정전기에 의해 착화한 가연성 물질

구체적으로는 가연성 액체를 공정이나 접착제, 도료 등을 취급하는 공정에서 정전기에 의한 방전 불꽃으로 착화되어, 그 후 폭발, 화재로 진전하는 일이 많다. 이러한 것은 가연성 액체 또는 이를 포함하는 수지, 분체 등을 개방 상태 또는 개방에 가까운 상태로 다루었을 때, 폭발, 화재가 일어나기 쉬운 조건이 구비됨을 의미한다. 따라서 폭발, 화재가 발생하는 조건 외에, 가연성 혼합 가스의 발생 빈도가 높은 것도 재해가 일어나기 쉬운 조건으로 되어 있다.

2. 정전기 재해 위험성의 진단

전항에서 정전기에 의한 폭발, 화재에 관한 기본적인 요인과, 대책상 고려하여야 할 착안점이 정리되었으므로, 다음에는 설계 대상인 가연물 취급 장소의 정전기 대책과 관계되는 제조 조건, 즉 취급 물질의 성질, 형태, 취급 방법, 작업 공정의 조건, 설비, 장치, 기기와의 관계, 그리고 정전기에 의한 재해 위험성을 사전에 진단해 놓을 필요가 있다.

즉 이 조건하에서의 재해 발생의 요인에 대해, 그 위험 한계를 정성적, 가능하면 정량적으로 분석하여, 재해 발생 과정에 따른 시계열

(時系列)로 위험 한계를 파악함으로써, 정전기 대책의 각 수법을 주어진 조건에 맞도록 정전기 재해 방지 대책의 확립으로 연결해 나갈 수 있다.

2. 1 정전기 발생 위험 한계의 예측

2. 1. 1. 취급물질의 전기 저항율

정전기 현상은 축적된 전하에 의해서 일어나는 것이며, 이것은 정전기 발생량에서 전하 누설량을 뺀 것을 가지고 표시한다. 따라서 전하 발생이 많더라도 누설이 많으면 축적량이 적어, 정전기 현상은 문제가 되지 않는다. 따라서 취급 물질에서 위험성을 예측하려면, 먼저 물질에 대전한 전하가 잔류하여, 축적되기 쉬운가의 성질 즉 물질 자체의 도전성면에서 본 그 물질의 고유 저항($\Omega\text{-cm}$) 또는 표면 저항(Ω)에 의해서 대략 짐작할 수 있다. 이 저항을 값을 어떻게 생각하면 좋을 것인가, 외국의 기준을 보면 나라에 따라 값에 약간의 차이가 있으나, 이것과 실험예를 참고로 해서 나누어 보면 다음과 같다.

(1) $10^0[\Omega\text{-cm}]$ 이하, 이 경우에는 도전성 액체로 취급할 수 있다.

(2) $10^0\sim 10^4[\Omega\text{-cm}]$, 유동으로 인한 대전이 문제가 되는 액체의 고유 저항 범위이다.

(3) $10^3\sim 10^4[\Omega\text{-cm}]$, 대전이 최대가 되는 것은 이 범위지만, 탱크 상에서의 샘플링 작업 등에서는 전하 완화에 필요한 정지(靜置) 시간을 가지므로, 완화 시간이 길은 $10^5\sim 10^6[\Omega\text{-cm}]$ 의 액체의 대전 위험성이 가장 크다.

(4) $10^5[\Omega\text{-cm}]$ 이상, 이 이상의 것은 일반적으로 이온화 성분이 극히 적으므로 잘 대전되지 않는다. 그러나, 한번 발생한 것은 쉽게 소멸되지 않기 때문에 충분한 대책을 강구하여야 한다.

2. 1. 2. 취급 물질의 조성, 형태

다음에는 취급 물질의 조성, 형태면에서 위험성을 대략 짐작할 수 있다.

(1) 가스, 분무나 산화철의 이물이 혼입하

였거나, 수분 또는 공기를 포함한 비용해성의 액체는 정전기 발생이 심하다.

(2) 분진 농도, 분진의 전기 저항이 $10^7\sim 10^8[\Omega/\text{cm}^2]$ 에 도달하면 정전기가 발생하여, 축적되기 쉬우므로 분진 농도는 가급적 적게 한다. 또한 분진이 대량으로 쌓이지 못하도록 하고, 분진운이 발생할 공간의 존재에 유의할 필요가 있다.

2. 1. 3. 취급 작업 공정 등에서의 위험성 예측

정전기는 물체간의 마찰이나 밀착부분으로부터 떼어낼 때, 발생하므로 이러한 작업과정이 많은 것일수록 또 그 정도가 심한 것일수록 대전이 잘 되어, 위험성도 높다. 따라서 대상 물질을 다루는 작업 공정의 형태에 따라 어느 정도 위험성의 예측이 가능하다. 그림 2는 재해 사례로부터 집계된 위험한 공정이다.

재해는 보통 상태에서 발생하는 일은 드물고, 운전 상태가 변화하던가, 순서를 틀리면 재해로 연결되는 수가 많다. 따라서 보통 상태에서는 느끼지 못하는 요인들을 탐색하기 위해서도, 작업 공정 분석을 하여, 요인의 발생을 사전에 예상해 두는 것이 필요하다. 예상할 수 있는 요인이나 현상에 대해서는 그 발생빈도가 높은 것에서부터 순차적으로 방지 대책을 실시하여야 한다.

2. 1. 4. 기타 대전 완화 조건

취급물질 이외의 대전 완화 조건, 즉 작업 환경 및 공정 전체에서 본 전하의 누설, 감쇠의 유무 및 그 정도, 빈도의 상태도 진단 항목으로써 중요하다. 보통은 대상 물질의 흡습성, 표면 상태, 이에 대한 혼입물, 주변 환경의 습도 등 대전 전하의 대지로의 누설 조건에서 위험성을 예측하게 된다.

2. 1. 5. 대전 에너지로부터의 발화 발생 한계 예측

정전기에 의한 발화의 발생 한계는, 기본적으로는, 대전물의 방전 에너지에 의해서 표시

된다. 이 발생 한계는 최소 착화 에너지와 같은 방전 에너지로 표시되지만 방전 에너지는 보통은 구하기가 어렵다. 따라서 실용상으로 방전 에너지가 발생하는 최소의 대전상태(대전 전위 또는 대전량)로 표시하여, 이것을 가지고 다음과 같이 판단한다.

(1) 대전물체가 도체인 경우. 다음 식에 의해서 산출된 대전물체의 방전 에너지가, 가연물질의 최소 착화 에너지 이상으로 되는 경우에는 위험하다고 판단한다.

$$W_s = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}QV = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$

여기서

C : 도체의 정전 용량 [F].

V : 대전 전위 [V]

Q : 대전 전하량 [C]

따라서 발화의 발생한계는 축적 에너지 W_s 가 방전 에너지 W_d 에 같으며, 이것이 최소 착화 에너지 W_i 와 같다고 놓아, 이것을 대전 전위 V 로 표시하면

$$V = \sqrt{2W_i/C}$$

그리고 이것을 대전 전하량 Q 로 표시하면

$$Q = \sqrt{2CW_i}$$

가 된다.

(2) 대전물체가 부도체인 경우. 대전물체가 부도체이면 도체처럼 발화의 발생 한계에 대한 추정을 하는 것은 보통은 어렵다. 그러나 일례로서 다음과 같은 대전 상태이면 발화의 발생 한계를 표시하는 하나의 짐작은 된다.

가. 부도체의 최고 대전 전위가 5 [kv] 이상인 대전.

나. 대전하고 있는 부도체에 작업자가 접근하였을 때, 인체가 전기적인 충격을 느끼게 되는 대전.

다. 대전하고 있는 부도체에, 접지된 지름 약 3 [mm] 이상의 금속구를 접근시켰을 때, 부도체에서 파괴음, 발광을 수반하는 방전이 발생하는 대전.

2.2. 가연물 취급 장소의 위험성의 판정

정전기에 의한 폭발, 화재를 방지하려면, 위험 분위기가 생기는 확률과, 그 곳에서 점화 능력이 있는 방전 불꽃이 발생하는 확률과의 식을, 실질적으로 영으로 볼 수 있는 작은 값이 되도록 억제하는 일이다. 따라서 그 장소가 가연성 혼합가스의 분위기를 형성하고 있는 위험장소인가, 아닌가를 판별하는 것이 대책의 요점이 됨으로, 다음 요령에 의해서 판정해 놓을 필요가 있다.

2.2.1. 판정의 기본

정전기 발화의 주변 장소에서의 위험 한계는 요컨대, 가연성 혼합 가스의 분위기가 존재할 염려가 있는 장소를 판정하는 것이 된다. 따라서, 이 위험 장소의 판정은, 외국에서는 “전기 설비 방폭 지침”에 준해서 하고 있다. 그러나 정전기인 경우는 일반 전기 설비와는 다르므로, 위험 장소의 급수 분류에 따라 대책에 격차를 두는 것은 거의 필요치 않다. 또한 대전 물체의 이동, 대전물체가 아닌데도 근방에서, 정전 유도에 의한 방전 현상이 일어날 염려가 있으므로, 방폭 지침상의 “장소” 개념에 구애됨이 없이, 정전 방전이 염려되는 개소에 대해서도 세심한 검사를 하여, 정전기 위험 장소의 판정을 한다.

2.2.2. 판정 방법

위험장소에 대한 판정을 하려면, 먼저 정성적으로

(1) 취급 대상이 되는 가연 물질의 물성에서 본 위험도,

(2) 가연성 물질 및 대전 물체가 실제로 사용되는 상태, 공정 조건, 장치 등에서 본 위험성,

(3) 가연성 물질의 누설, 분출, 노출 및 접촉등의 위험 상태를 일으키는 빈도, 규모에서 본 위험성.

등에 대해서 검사하고, 또한 가연성 가스 검지기에 의한 농도의 측정 및 같은 종류의 작업

에 대한 재해 사례의 분석 결과를 포함한 종합 검토를 거쳐, 판정하는 것이 바람직하다.

3. 정전기 대책

3. 1. 발생 방지 대책

현재의 정전기 발생 방지 대책은 경험에 의한 것이며, 다음과 같이 정전기 발생 기구로부터 도출된 대책이 거의 대부분이다.

3. 1. 1. 공정의 속도 제한

정전기의 발생량은 마찰을 일으키는 상호 재질, 마찰면, 마찰 압력 등에 관계되기 때문에, 마찰 면적을 작게 하던가, 마찰 횟수(접촉 횟수)를 적게 하던가, 또는 마찰 압력을 작게 해서 방지한다.

(1) 유속 제한. 그림 4에 보인바와 같이 액체의 정전기는, 유속의 1~2승에 비례해서 발생량이 커진다. 가연성 액체의 유동 대전이 재해와 연결되는 장소는 가연성 분위기가 존재하는 탱크와 같은 용기이므로, 불활성화로 하기 어려운 탱크내 액체의 전위나 전하 밀도가 가연성 증기의 착화성을 고려해서 안전한계이하로 되도록, 유속을 억제할 필요가 있다.

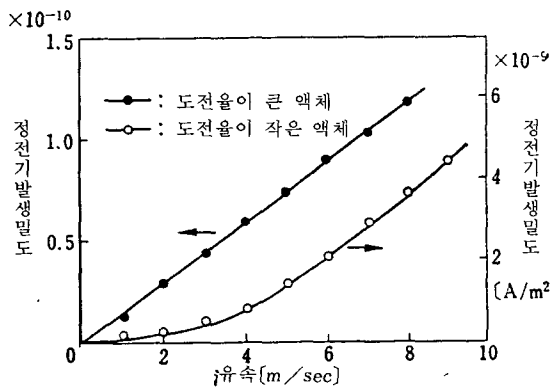


그림 4. 유체의 유속과 정전기 발생량의 예

배관계에서는 펌프, 파이프의 굽힘부, 지름이 가늘어진 부분에서의 정전기 발생이 관의 직선부에서의 정전기 발생보다 커지는 수가 많으므로, 유속의 억제치를 결정하려면, 이상과 같

은 여러 요인의 영향을 종합적으로 검토함과 동시에, 경험이나 실적을 중시할 필요가 있다. 참고로 독일 화학공업협회의 정전기 안전 지침을 인용해 보면, 등유, 제트 연료, 세탁용 벤젠과 같은 석유류의 유속에 대해서는, 다음과 같은 한계치가 추장되고 있다.

$$V^2d = 0.64(m^3/sec^2)$$

여기서 V : 유속 (m/sec)

d : 파이프 지름 (m)

표 5는 파이프 지름에 대한 유속의 한계치를 구한 것이다.

이러한 유속의 한계치는 정상 상태이고, 또한 정상적인 수송이 이루어지고 있을 때 적용되어야 하며, 정전기 발생이 대단히 큰 경우, 또는 가연성 분위기의 착화 위험성이 큰 경우에는 적용하여서 아니된다.

표 5. 유속의 최대치의 일례

파이프 지름(cm)	유속(m/sec)
1	8
2.5	4.9
5	3.5
10	2.5
20	1.8
40	1.3
60	1

그리고 액체중에 물이나 증기와 같은 비용해성 혼합물이 포함되었을 때, 빈 탱크에 주입하는 경우에는 입구 파이프나 주입용 파이프가 액체속으로 완전히 잠기는 동안, 또는 뜨는 덩게가 완전히 떠오르는 동안, 및 법규 적용의 대상이 되는것 등은 유속을 $1(m/sec)$ 이하로 제한 하여야 한다.

(2) 정체구간. 유량이 일정한 경우에는, 관경을 크게하여, 유속을 감속시킴으로서 발생 축적을 적게 할 수 있다. 이를 이용하여, 유속 제한 이상의 배관에는, 유속 제한 이하가 되도록 단면적을 확대하여 난류를 높이지 않도록 정체 구간을 시설하면, 대전량을 감소시킬 수가

있다. 이 정체 구간에 대해서는 위 지침에 의하면 등유, 제트 연료, 세탁용 벤젠에 대한 정체 구간의 최소 배관 길이 L [m]는 정체 구간 중의 유속 V [m/sec]의 3배 정도로 되어 있다.

$$\text{즉 } L = 3V$$

이 정체 구간은 배관에서, 탱크 등의 주입소 바로 앞에 설치하지 않으면 효과가 적다.

(3) 도포, 인쇄, 압연 공정 등의 속도 제한. 일반적으로 이러한 공정의 속도는 억제하는 것이 바람직하지만, 실지는 작업 능률 등의 편에서 제약이 많다. 재해와 연결되는 정전기 발생의 대부분은 속도에 의한 영향보다도, 이음매나 장력 등으로 인한 영향이 클 수가 있어, 고속 운전시의 공정의 전후 밸런스가 깨지지 않도록 유의할 필요가 있다.

3. 1. 2. 분출, 유출의 억제

가연성 물질의 분출 속도 또는 분출 압력이 클 수록 전하의 발생량이 커지게 되어, 전하운중의 전하 밀도가 커짐으로 이를 억제할 필요가 있다.

또한 탱크와 상부에서 직접 액체를 부어 넣는 경우에는 액체의 대전이 큼으로, 안개로 이루어지는 대전운 등은 착화 방전을 일으키기 쉽기 때문에, 고유 저항이 작은 액체일지라도 이러한 방법으로 적제하여서 아니된다.

3. 1. 3. 서로 접촉하는 재질의 선택.

정전기의 발생을 억제하려면, 대전 계열을 참고해서, 접촉하는 상호 물체를 다음과 같은 관계로 하는 것이 바람직하다.

(1) 접촉하는 상호 물체가 대전 계열 중에서 비교적 가까운 위치 관계에 있도록 조합한다.

(2) 정전기 발생이 문제가 되는 물체가 대전 계열 중에서 (+)로 대전하는 물체와, (-)로 대전하는 물체와를 접촉시켜, 것보기 상으로는 정전기가 발생하지 않는 위치 관계에 있도록 조합한다. 단 대전 계열은 순수한 물체를 대상으로 구한 것이 많으므로, 이것을 가지고는 하나의 참고가 되는데 불과함을 유의할 필

요가 있다.

3. 2. 대전 방지 대책

대전 방지 대책은, 대전 물체가 정전기 상의 양도체에 적용되는 대책과, 부도체에 적용되는 대책으로 대별된다. 물체(물질)의 구분에 대해 약술하면 다음과 같다.

(1) 정전기 상의 양도체란, 고유저항이 약 10^8 [Ω -cm] 이하, 표면고유 저항이 10^8 [Ω] 이하인 대전물체

(2) 부도체란 고유 저항이 10^{10} [Ω -cm] 이상, 표면 고유 저항이 10^{11} [Ω] 이상인 대전물체.

그리고 그 중간의 저항치를 가지는 대전물체는 정전기 발생이 적을 때, 양도체의 대전방지 대책을, 그 발생량이 클 때는 부도체에 관한 방지 대책을 적용하여야 한다고 한다.

3. 2. 1. 양도체에 대한 대전 방지 대책.

이에 대한 대전 방지 대책은 정전기 대책의 기본으로 되어 있는 접지를 함으로써 대전 방지 뿐만 아니라 정전 유도 방지에 대해서도 유효한 대책이 된다. 따라서 접지에 대해서는 4절에서 다루기로 한다.

3. 2. 2. 부도체의 대전 방지 대책

이 방지 대책을 대별하면 다음과 같은 방법들이 있다.

(1) 부도체를 양도체로 교환하는 방법. 작업 공정상 지장이 없는 한 극력 도전성 소재로 가공된 표 6 과 같은 것을 사용한다.

표 6. 도전성 재료 및 제품 예

품 종	비 고	품 종	비 고
정전기용 안전화	단화등	도전성 도료	은계, 카본계의 2종
도전성 마루바닥	타일 바닥 등	도전성 섬유, 실	금속 섬유, 기타 각종
도전성 고무 매트		도전성 플라스틱	$1 \sim 10^8$ [Ω -cm]
도전성 타이어		도전성 고무	
도전성 벨트	V 벨트	도전성 접착제	은계, 카본계 등
도전성 호스	카본이 드른 것	도전성 필립 테이프	무형, 불투명 각종

도전성 재료의 이용례로서 특히 설비와 관계되는 벨트에 대해서 알아 본다. 기계, 장치류

의 접지는 전기 설비 기술 기준령에 따라 실시되지만, 벨트류의 정전기 대책은 소홀히 되기 쉽다. V 벨트는 평 벨트에 비해서 정전기 발생이 적다고는 하지만, 위험한 대전량이 될 염려가 있으므로, 정전기 위험 장소에 설치하는 기계, 장치 등에는, 표면 고유 저항이 10^8 [Ω/cm] 이하인 규격품 벨트를 사용하는 것이 바람직하다. 참고로 정전기 방지 벨트의 사용 효과 예를 들으면 표 7 과 같다.

표 7. 정전기 방지 벨트 사용 효과의 예

사용 장소	온 습도	보통 벨트	정전 방지 벨트
펜	31.5℃, 56%	+2,700~4,900 [V]	5 [V]
펜	27.5℃, 58%	+16,000~29,000 [V]	130 [V]
펜	38℃, 42%	+1,200~4,500 [V]	0 [V]
펜	25℃, 48%	-22,000~38,000 [V]	3~13 [V]
판속	—	+2,400~3,600 [V]	2~6 [V]

(2) 부도체를 도전성으로 향상하는 방법, 이 대책은 도전성의 것을 개재시켜, 그로 인하여 부도체를 도전성으로 향상시켜, 정전기 면에서 도체로 하여, 이를 접지한다. 도전성의 향상은 물체(물질)의 고유 저항을 10^{10} [$\Omega-cm$] 이하, 또는 표면 저항을 10^8 [Ω] 이하로 하는 것을 목표로 하지만, 그 방법에는 다음과 같은 것이 있다.

가. 대전 방지제의 이용. 대전 방지제를 부도체의 내부에 혼입, 담금질하여, 부도체의 표면에 칠한다.

나. 대전 방지제 이외의 사용

(가) 액체의 도전성을 향상시키기 위해서, 상기 이외에 알코올, 초산, 물 등을 소량 첨가한다. 또한 부도체에 금속분, 카본, 및 도전성 섬유를 소량 혼입한다.

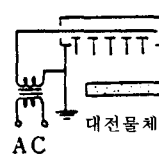
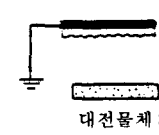
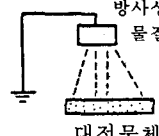
(나) 금속, 카본을 표면에 증착한다.

(다) 도전성 도료, 페이스트 등을 표면에 칠한다.

다. 부도체의 표면 또는 부도체가 존재하는 공간의 분위기를 가습하던가, 표면에 물을 산수한다.

(3) 대전물체의 전하를 제거하는 방법, 이 방법은 정전기 제전기의 사용이 가장 효과적이다. 정전기 제전기로는 표 8 과 같은 제전기가

표 8. 각종 제전기의 비교

	원리	구조	사용 예
전압 인가식 제전기	고전압을 인가하여 방전을 일으켜서 그때 발생하는 이온으로 제전한다		· 필름, 종이의 표면 대전 물체의 제전 · 유동하고 있는 분체 등 체적 대전물체의 제전
자기 방전식 제전기	대전물체의 정전 에너지를 이용하여, 이온을 만들어서, 이것으로 제전한다.		· 필름, 종이, 포복 등 표면 대전물체의 제전
방사선식 제전기	방사선의 제전 작용으로 발생한 한 이온으로 제전한다		· 탱크에 저장된 가연성 액체 등의 제전

있다.

(4) 부도체를 격리, 차폐하는 방법

3. 3. 방전 방지 대책

3. 3. 1. 착화원이 될 수 있는 방전

폭발, 방전의 가장 실제적인 방지 대책은, 착화원이 될 확율이 높은 방전을 방지하는 일이며, 이것에는 불꽃 방전, 스트리머 방전을 방지하는 일 등이 있다.

3. 3. 2. 방전 방지 대책 예

(1) 금속과 같은 도체를 대전물체로 하지 않는다. 절연성의 배관계의 중간에 도체가 고립해서 존재한다. 또한 금속체 상호의 접촉면이 실질적으로 절연되어 있기 때문에 대전해서, 위험한 방전이 생길 염려가 있는 것은 모두 완전하게 접지한다.

(2) 대전물체 주변의 설비에 대한 대책

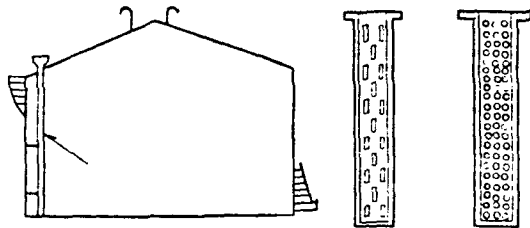
가. 대전량이 큰 부도체의 근방에 접지가 된 평할한 형상의 금속물을 설치하지 않는다.

나. 대전물체 및 접지체의 표면 형상이 비교적 평할한 경우에는 이들 사이에서 방전이 생

기므로, 이러한 접지체가 될만한 것을 근처에 시설하지 않는다.

다. 기중 방전은 대전물체나 근방의 구조물 등에 돌기물이 있으면, 착화로 이어지는 방전 현상이 생기기 쉽다. 특히 그 곡률 반경이 10 [mm] 정도일 때 착화 위험이 큼으로, 그 곡률 반경을 가급적 작게 (0.005[cm] 정도) 하던가, 전연 돌기물을 만들지 않도록 고려한다.

라. 대전물체 액면으로부터의 방전 방지 대책으로, 탱크 등의 검척(檢尺), 시료 채취구 등에는 그림 5와 같은 벽을 설치한다.



(a) 탱크에 설치한 케이지 벽 (b) 케이지 벽의 구멍상황
그림 5. 방전 발생 방지용으로 사용되는 케이지 벽

(3) 인체로부터의 방전 방지, 인체의 대전은 가연성 혼합가스의 착화원이 되는 수도 있으므로 인체의 대전방지 대책은 정전기 방전대책 중에서도 중요한 대책중의 하나가 된다.

- 이것에는
- 가. 대전물체의 차폐,
 - 나. 바닥등 작업 환경에 절연물을 사용하지 않음.
 - 다. 정전화의 사용
 - 라. 대전 방지 작업복의 착용 등이 있다.

(4) 제전기에 의한 방전 방지. 제전기중에는 10[kV] 가까운 고전압을 인가해서 고로나 방전을 일으켜서 제전하는 것이 있으나, 정전기의 제거에 필요한 고로나 방전뿐만 아니라, 때로는 고로나 방전이 가연성 가스 등의 착화원이 되는 스트리머 방전, 불꽃 방전으로 진전하는 것이 있다. 따라서 착화원이 될 염려가 있는 제전기는 가연성 가스 등의 분위기 장소에서는 사용할 수 없다.

4. 대전 방지를 위한 접지

4.1. 접지의 기본

4.1.1. 접지 저항치

가장 기본적인 정전기 대책으로 실시되는 접지의 기준은, 금속 등의 도체 및 고유저항율이 $10^8 \sim 10^{10} [\Omega \cdot \text{cm}]$ 이하의 물체, 장치에 대해서 $10^8 [\Omega]$ 미만의 접지 저항으로, 그 저항치를 $10^8 [\Omega]$ 이하가 되도록 확실하게 접지하는 일이다. 다만 전기 설비, 배선 등으로부터 누전할 염려가 있는 기기, 장치 또는 옥외에 있는 장치로서뢰해(雷害)의 위험이 있는 것에 대해서는 전기 설비 기술 기준령에 의거해서 $10^8 [\Omega]$ 이하로 한다.

4.1.2. 접지의 겸용

접지가 정전기 제거만을 목적으로한 것이 아니고, 전기 기기의 접지, 벼락에 대한 보호 접지와 겸용할 때는 접지 방법, 접지 저항도 후자를 우선시켜야 한다.

4.2. 접지의 구체적 예

4.2.1. 고정기기, 장치의 접지

정전기에 대한 접지는 일반 전기 기기의 접지와 같으며, 확실하게 접지하면 된다.

(1) 접지선의 배선. 일반적으로 고정 설비의 접지용 도선으로는 IV 전선(600[V] 비닐 전선) 또는 이와 동등 이상의 절연 전선을 사용한다. 절연 피복은 녹색인 것이 바람직하다.

접지모선은 단독으로 배선하고, 필요한 개소에서 분기한다. 접지선의 굵기는 전기 설비 기술 기준에서는 최소 굵기가 1.6[mm] 로 되어 있으나 부식 기계적 강도를 고려해서 적의 굵은 것을 사용하여야 하지만 추장예를 들면 다음과 같다.

가. 모선은 60[mm²] 이상의 것(옥내는 38[mm²] 이상)

나. 분기선은 대용량 탱크, 탐 류 등에서는 22[mm²] 이상, 기타는 14[mm²] 이상

다. 장치선은 옥내에서 사용하는 것은 5.5 [mm²] 이상으로 하고, 옥외에서 사용하는 것은 14 [mm²]로 한다.

라. 금속판 배관의 접지는 배관 지지물 등에 의해서, 배관이 유효한 접지가 되어 있지 않은 (10[°][Ω] 이하로 유지 되어 있지 않은것) 경우에는 2 개소 이상에서 접지한다.

(2) 피접지물체와의 접속방법. 접지선과 피접지물체와의 접속은, 확실하게 하기 위해서, 접지 대상물의 탱크 또는 그 가재 및 배관은 접지 피스를 용접 또는 납땜하여, 이것에 접지선의 압착 단자를 볼트, 피스로 접속하는 것이 바람직하다. 이 경우, 접지 피스 및 볼트, 피스의 재질은 스테인레스로 하는 것이 바람직하다.

(3) 금속 이외의 도체의 접지 방법. 접지에서 가장 유의할점은, 도전성 고무 호스 등 금속 이외의 도체를 접지하는 일 이다. 예를 들면 도전성 고무 호스에 접지선을 단지 접속하는 것은 접지 저항이 커져서 접지가 불충분할수가 있다. 따라서 이러한 경우에는 고무 호스와의 접촉 면적을 크게 하는 의미에서, 약 10 [cm²] 이상의 접촉 면적을 가지는 금속판을 이것에 감고, 고무 호스는 금속판을 통해서 접지한다. 이때 고무 호스와 금속판과의 접촉면에서 전기적 접촉을 보다 좋게 하기 위해서 도전성 쿨손재, 도전성 접착제를 사용하는 것이 바람직하다.

4. 2. 2. 이동 설비(기기·장치·용구류)의 접지

(1) 접지용 도선. 일반적으로 이동 기기, 장치의 접지용 도선으로는 1.25 [mm²] 이상의 켈타이어 케이블, 크로로프렌 켈 타이어 케이블, 비닐 켈 타이어 케이블 등을 사용한다.

(2) 접속용 철물. 접속용 철물로는 아즈 크램프, 걸림형 삽입 접속기 등을 사용한다. 그리고 자석식의 접속 철물은 금속 표면이 노출되어 있는 것의 접속에만 사용하고, 표면이 도장, 코팅된 것에는 사용하지 않는다.

(3) 손수레류의 접지. 대전물체를 손수레로 밀어 운반하는 경우에는 손수레가 소정의 위치에 도달하였을 때, 스프링 접촉 등으로 자동 접

지가 되도록 구조적으로 연구할 필요가 있다.

(4) 용기류의 접지. 가연성 액체를 분산시키거나 섞는 경우에는, 작업에 따라 대전하는 용기류에는 접지 전용의 접속 피스를 설치한다. 이 경우 재질은 스테인리스(SUS-27)를 사용한다. 또한 바뀌는 도전성의 것을 사용한다.

또한 용기류를 놓을 소정 위치의 바닥은, 도전성 콘크리트, 접지용의 도전성 매트 등을 사용하고, 소정 위치에 놓으면 자동적으로 용기가 접지되도록 하여야 한다.

(5) 가반형 기기 용구, 공구류의 접지. 기본적으로는 이것을 취급하는 작업자를 통해서 접지한다. 따라서 작업자는 이것을 맨손으로, 또는 도전성 장갑을 끼고, 조작하며, 정전기용 작업화를 착용한다. 작업자를 통해서 접지할 수 없으면, 접지용 도선을 사용해서 접지한다.

(6) 회전체류의 접지

가. 회전체류의 접지. 회전하는 동안 축과 대지간의 저항이 10[°][Ω] 이하로 되지 않는한 카본 브러시, 슬립 링 등을 사용해서 접지한다. 또한 축수의 윤활유에는 가급적 도전성의 것을 사용한다.

나. 벨트류의 접지. 벨트는 도전성이 있는 것을 사용한다. 그리고 벨트는 대전하면 벨트 카바가 정전 유도로 대전하기 때문에 벨트 카바는 반드시 접지한다.

다. 롤, 보빈의 접지. 롤, 보빈류의 축 및 이것을 지지하는 축수는 접지한다.

(7) 기타 접지. 인체는 정전기용 구두, 도전성 마루바닥에 의해서 접지한다.

5. 결론

가연물 취급 장소의 정전기 재해를 방지하려면, 위에서 다루어 온 정전기 대책만을 강구해서는, 서두에서 언급한 것처럼 불완전한 결과가 된다.

따라서, 가연물 취급 장소에서는 폭발이나 화재의 염려가 있는 위험 장소를 없애던가, 또는 이것과 착화원이 되는 정전기 발생 작업 장소를 격리할 수 있도록 설비나 장치를 설계하여,

공정 및 작업 방법이 근본적으로 안전하도록 하여야 한다.

이와 같은 관점에서, 가연물 취급 장소의 설비에 대해 생각하는 경우, 먼저 관계되는 공정을 가급적 묶어서 일체화한다. 예를 들면 유동대전의 염려가 있는 분산 교반기의 본체와, 위

험 분위기를 억제하는 국부적인 배기 설비 및 이에 사용되는 교반 용기에 대해서는 각각 개별적으로 생각하지 말고, 정전기 안전의 기본조건을 종합적으로 검토해서, 일체화된 설비로 하여, 전체 시설을 구성해 가는 것이 필요하다고 생각 된다.