

## 부록 A

### NFPA 77

#### 정전기에 관한 권장실무

(Recommended Practice on Static Electricity)

#### 1993년판

NFPA 77, Recommended Practice on Static Electricity는 정전기에 관한 기술위원회에 의해 작성되었고, 플로리다주의 올란도에서 1993년 5월 24일에서 27일까지 열린 연차총회에서 NFPA에 의해 의결되었다. 1993년 6월 23일 기준심의회에 의해 발간되었으며, 1993년 8월 20일자부터 효력을 발휘하며, 이전의 모든 판본에 우선한다.

본 문서는 1993년판은 ANSI에 의해 승인되었다.

#### NFPA 77의 기원 및 발전

정전기로 명명된 NFPA 프로젝트는 1936년에 시작되었고, 1937년 NFPA에 향상된 보고서를 제출하였다. NFPA 77의 임시판은 1941년에 채택되었다. 이 임시판은 진일보한 개정을 거쳐 1946년에 NFPA에 의해 공식적으로 채택되었다. 1950, 1961, 1966, 1972, 1982, 1988, 1993년에 개정되고, 채택되었다.

본문의 명확성을 증대시키기 위하여 많은 편집상의 변경이외에도 1993년판은 아래와 같은 몇 가지 개정사항을 포함한다.

- 반도전성 호스의 새로운 정의
- 폭발성 물질의 기송적재를 다루는 새로운 2.3.10
- 프로우트형 게이지의 적절한 본딩과 적절한 탱크 계측 기술을 다룬 4.3.1의 개정사항
- 플라스틱 콘테이너에서 인화성 액체의 취급을 다룬 7.8.1의 개정사항

# Contents

## 부록 A

### 제 1장 일반 사항

1.1 목적 .....	295
1.2 적용 범위 .....	295
1.3 정의 .....	295
1.4 개요 .....	297
1.5 일반 사항 .....	298
1.6 발생과 저항 .....	299
1.7 발화 에너지 .....	300
1.8 요약 .....	301

### 제 2 장 정전기의 위험성

2.1 발화원으로서 정전기 .....	302
2.2 정전기의 인명 위험성 .....	303
2.3 정전기의 공정 위험성 .....	304

### 제 3 장 발화 위험의 제어

3.1 정전기 제어 .....	306
3.2 정전기 발생의 제어 .....	306
3.3 전하 완화(소멸) .....	306
3.4 불활성화, 환기 또는 재배치에 의한 발화성 혼합기의 제어 .....	311

### 제 4 장 인화성 및 가연성 액체

4.1 개요 .....	312
4.2 액 표면상의 자유전하 .....	314
4.3 저장 탱크 .....	316
4.4 배관 계통 .....	317

4.5 고무 타이어 차량	318
4.6 항공기	320
4.7 유조차, 유조선, 바지선(Barge)	322
4.8 콘테이너 급유	322

## 제 5 장 분진과 섬유

5.1 개요	324
5.2 전하 발생에 영향을 미치는 파라미터	324
5.3 정전기 방전에 의한 분진의 밸브	324
5.4 조면기	325
5.5 제어 조치	325

## 제 6 장 가스

6.1 개요	326
6.2 압력하의 공기	326
6.3 탄화수소	326
6.4 수소-공기, 아세틸렌-공기 혼합물	326
6.5 프로판 가스	326

## 제 7 장 산업과 상업 공전

7.1 벨트	327
7.2 코팅(Coating), 확장(Spreading), 함침(Impregnating)	328
7.3 인쇄 및 석판인쇄(Lithographing)	329
7.4 혼합과 배합작업	332
7.5 필름제조와 사용	333
7.6 스텁 분사	333
7.7 가연성 물질의 도장작업	334
7.8 비 도전성 콘테이너	335
7.9 콘테이너 라이닝	336

## 제 8 장 정전기의 감지와 측정

8.1 개요	337
8.2 전위계	338
8.3 정전 전압	339
8.4 전계 측정기	339
8.5 기타 비접촉성 장치	340
8.6 검전기	340
8.7 네온등	340

**제 9 장 참고문헌** ..... 340

**부록 I 설명자료** ..... 341

**부록 II 용어해석** ..... 342

## **부록 B**

**정전기재해 예방을 위한 기술상의 지침** ..... 346

## NFPA 77

### 정전기에 관한 권장 실무

1993년판

주의 : 한 단락을 지칭하는 숫자나 문자 뒤의 별표(\*)는 부록 1에 해당 단락에 관한 설명자료가 있음을 의미한다. 참고문헌에 관한 자료는 제9장에서 찾아 볼 수 있다.

## 제 1 장 일반사항

### 1.1 목적

1.1.1 본 권장실무의 목적은 정전하의 발생과 특징에 대한 논의, 완화의 일반적 방법, 어떤 특정한 작용에서 정전하의 소멸을 위한 권장안을 제시함으로써 정전기의 화재위험성을 감소시키는데 도움이 되고자 하는 것이다.

1.1.2 정전기는 종종 발화성 혼합기의 발화원, 산업에서 공정상의 장애 또는 개인에 있어 골칫거리이다.

### 1.2 적용범위

1.2.1 본 권장실무는 1.2.2에 제시된 것을 제외하고, 정전기 화재위험의 제거나 완화를 위한 정전기제어 방식을 다루고 있다.

1.2.2 본 권장실무에서는 병원 수술실이나 인화성 마취제가 관리되는 지역에서의 정전기의 제어와 예방에 관해 다루지 않았고 NFPA 99, Standard for Health Care Facilities에 다루어졌다.

1.2.3 낙뢰는 본 권장 실무에서 다루지 않았고, NFPA 780, Lightning Protection code에서 다루었다.

### 1.3 정의

(부록 B 참조)

**승인됨(Approved)** 관할기관이 허용하는

참고: NFPA는 어떤 설치나 절차, 장치, 재료도 승인하거나 점검, 보증하지 않으며 시험연구소도 승인하거나 평가하지 않는다. 설치, 절차, 장비, 재료들의 허용여부를 결정할 경우 NFPA나 그 외 적절한 기준과의 일치 여부에 따라 기준이 다르다. 이러한 기준이

없을 경우 관할기관은 설치, 절차, 사용의 적절함을 입증할 증거를 요구할 수 있다. 관할 기관은 제품평가와 관련 있는 기구의 등록(Listing)이나 표지(Labeling)를 참고할 수 있는데, 제품평가란 등록된 종류의 유통상품이 적정규격에 맞는지 여부를 결정하는 것을 뜻한다.

관할기관(Authority Having Juisdiction) 관할기관이란 장비, 설치, 절차를 승인하는 임무를 맡은 기구, 부서 또는 개인을 뜻한다.

참고 : 관할기관이라는 말은 NFPA 문서에서 여러 가지 의미로 쓰이는데 그것은 사법권과 승인기관이 그 임무에 따라 달라지기 때문이다. 공공의 안전이 우선인 곳에서 관할기관은 연방정부, 주, 지방 또는 그 외 지역부서나 소방서장, 소방국장, 노동부, 보건부, 건물관리인, 전기검사원 또는 그 밖의 법정권한을 가진 자들이다. 보험이 목적이라면 보험점검부, 보험요율 사무국이나 또는 다른 보험회사 대표가 관할기관이 될 수 있다. 많은 경우에 재산 소유자나 그가 지정한 대리인이 관할기관의 역할을 하나 국유재산에서는 지휘관이나 공무원이 관할기관이 될 수 있다.

**본딩(Bonding)** 2개 이상의 도전성물체를 대지에 접속하는 과정이며, 본딩의 특별한 형태이다. “본딩된” 또는 “접지된”이라는 단어는, 이 본문에서 사용되듯이 의도된 목적으로 낮은 저항(대개  $10^8\Omega$  이하)을 갖는 전기적 도전경로가 본질적으로 시설의 특성에 의해 존재하거나 또는 정의된 본딩이나 접지가 신중하게 적용된 상태를 말한다.

**반화성혼합기(Ignitable Mixture)** 정전 스파크에 의해 발화될 수 있는 증기-공기, 가스-공기, 분진-공기 혼합기 또는 이를 혼합기의 결합

**표지된(Labeled)** 관할기관이 인정하는 제품평가 관련기관으로서, 표지된 장치 또는 재료의 생산체제를 정기적으로 검사하는 기관이 표지, 기호 또는 기타 식별표지를 부착한 장치 및 재료, 제조업체는 이 표지를 해당기준을 준수함과 규정된 제품성을 나타낸다.

**등록된(Listed)** 관할기관이 승인했거나 제품평가와 관련된 기관에서 발행되어 등록된 장비나 재료를 뜻하는 것으로, 이 기관은 등록된 장비나 재료의 생산에 대해 정기감사를 실시하여 사용하기에 적절한가를 알게 해준다.

참고 : 등록된 장비를 확인하는 방법은 제품평가 관련기관에 따라 달라질 수 있는데, 표지도 되어 있지 않은 경우 등록된 장비로 인정하지 않는다. 관할기관은 등록된 물품을 확인하기 위해 등록된 기관에서 채택한 시스템을 적용해야 한다.

**비도전성 호스(Deniconductive Hose)** 안전수준까지 표류전류의 흐름을 제한하기에 충분한 전기저항을 가진 호스. 충전된 정전기의 완화를 방지할 만큼 높지는 않다.

**하면 좋다(Should)** 권장사항이지 요구사항은 아니다.

정전기(Static Electricity) 전기장 요소의 효과만이 중요하며 자기장 요소는 중요하지 않음을 나타내는 전기적 전하

정전스파크(Static Spark) 접촉되지 않은 2점 사이의 간을 통과하는 전기의 급격한 전하방출

#### 1.4 개요

1.4.1 양전하와 음전하로 인한 정전대전과 다양한 효과는 화재 또는 폭발위험을 형성할 수 있다. 정전기의 발생이 모든 접촉면에서 발생하기 때문에 정전기의 발생을 완전히 예방할 수는 없다.

1.4.2 정전기의 발생이 잠재적인 화재 또는 폭발위험 그 자체는 아니며 분리 상태인 양, 음전하의 방전이나 급격한 재결합이 있어야 한다. 정전기가 발화원이 되기 위해서는 다음 4가지 조건이 만족되어야 한다.

- (a) 우선 정전기 발생의 충분한 수단이 있어야 한다.
- (b) 분리된 전하를 축적하고, 적당한 전위차를 유지하는 수단이 있어야 한다.
- (c) 전절한 에너지의 스파크 방전이 있어야 한다.
- (d) 스파크는 발화성 혼합기에서 발생해야 한다.

1.4.3 정전하의 축적은 접지, 본딩, 가습화 또는 이온화에 의한 여러 조건 하에서 예방할 수 있다. 이러한 수단과 기능은 제 3장에서 논의된다.

1.4.4 일반적인 정전기 발생원은 다음과 같다.

- (a) 슈우트 또는 기송 컨베이어를 통과하는 분쇄물질
- (b) 파이프나 호소의 개구부에서 흐르는 스팀, 공기 또는 가스, 여기에서 스팀은 촉촉하게 젖어있는 것이며, 공기 또는 가스흐름은 특정한 물질을 포함한다.
- (c) 가동중인 비전도성 동력이나 컨베이어 벨트
- (d) 대개 이중의 액체 또는 고체 접촉면의 상대적 위치 변경과 관련된 모든 종류의 움직임

1.4.5 대개의 정전기 시정조치(static-corrective measures)의 목적은 어떠한 원인에 의해 분리된 전하가 스파크를 일으킬 수 있는 가능성이 있기 전에 안전하게 재결합할 수 있는 수단을 제공하고 또 유해한 방전이 발생할 수 있는 스파크 간격을 피하려는 것이다.

1.4.6 공정상 정전기로 인한 위험을 피할 수 없다면 스파크가 발생하는 지점에 발화성혼합기가 없음을 보장하는 방법을 취해야 한다.

## 1.5 일반사항

**1.5.1** 일반인에게 정전기라는 고감도의 수신을 방해하는 라디오 수신기의 소음이나 카페트를 깐 바닥을 걸은 후나 자동차내의 플라스틱 시트커버에 미끄러진 후 금속물질을 접촉했을 때 경험한 전격(electric shock)을 의미할 수 있다. 어떤 사람들은 모직, 실크 또는 합성사로 만들어진 옷을 입었을 때 이상스럽게 딱딱하는 소리와 옷이 서로 부딪히거나 달라붙는 경향을 또한 경험한다. 거의 모든 사람들이 이러한 현상은 주위가 상당히 건조할 때 발생한다는 것을 인식하고 있다. 대부분의 사람에게 그러한 것들은 귀찮은 것이다.

**1.5.2** 전기라는 단어는 호박(amber)을 의미하는 고대그리스의 단어 “elektron”으로부터 유래되었으며, 이는 대전현상이 최초로 관찰되었던 물질로 여겨진다. 수세기 동안 “전기”는 어떤 물체를 실크나 모와 같은 물체와 마찰시켰을 때 가벼운 물체를 유인하거나 밀어낼 수 있는 성질 이상의 의미는 없었다. 300년전 von Guerick에 의해 발광효과와 스파크를 동반하는 강력한 대전현상이 최초로 관측되었다. 비교적 최근에 전기의 유동성이 발견되었을 때, “static”이라는 단어가 새것으로부터 헌 것을 식별하는 수단으로서 사용되었다. 이러한 전기가 항상 정지상태에 있다고 생각하는 것은 잘못이다. 정전기는 정지상태에서 이동할 때 가장 문제가 있다.

**1.5.3** 단순하게 쪽자는 전기는 도체라고 불리우는 금속같은 물질을 통해서는 자유롭게 이동할 수 있고 부도체나 절연체라고 불리우는 물질표면을 통해서는 거의 이동할 수 없거나 전혀 이동할 수 없는, 무게가 없고 더 이상 나눌 수 없는 유동체라고 상상했다. 부도체로는 가스, 유리, 고무, 호박, 천연 수지, 유황, 파라핀 그리고 건성 석유류와 많은 합성수지류 등을 들 수 있다. 전기가 이탈되지 못하게 구속되거나 방지된 부도체의 표면상에 존재할 때, 이를 정전기라 부른다. 어떠한 경우에도 이러한 전기적 성질을 띠고 있는 물체를 대전되었다고 한다.

**1.5.4** 전하는 양(+) 또는 음(-)이다. 한때 이를 두 전하는 두 가지 전기이고, 중성(대전되지 않은)인 물체에는 똑같은 양의 두 전기가 존재한다고 여겨졌다. 이제 비록 여러 가지로 표현되고 있지만 실제로 한가지 전기만이 존재한다고 알려져 있다. 이것은 어떤 힘이 양 음 전하를 강제로 분리했을 때 분명해진다. 모든 원자의 구성요소가 되는 외부의 전자(-)와 내부(핵)의 양자(+)가 이를 전하의 본체이다. 이상하게도 매 100,000 원자당 전자 하나가 과잉 또는 부족한 표면은 매우 강력하게 대전된다.

**1.5.5** 하지만 중성 또는 대전되지 않은 물체에서 두 전하는 정확히 동일한 질량으로 존재하는 것이 사실이다. 양전하와 음전하로 분리하기 위해서는 일이 요구된다. 그러므로 전기는 가끔 기계적, 화학적 또는 열적 에너지를 소모함으로써 얻어지는 에너지의 형

태로서 설명된다. 마찬가지로 전기 에너지의 소모는 등가의 기계적, 화학적 또는 열적 에너지 형태로 나타난다.

**1.5.6** 전자는 도체에서 한 분자에서 또 다른 분자로 이동하기 쉽지만 양자는 원자핵에서 원자가 이동하지 않으면 전혀 움직일 수 없다. 그러므로 고체에서는 오직 전자만이 이동할 수 있으며, 기체와 액체에서는 전자와 양자가 모두 자유롭게 이동할 수 있다.

**1.5.7** 원자의 안정된 구조는 다른 극성을 띤 전하는 끌어당기고, 같은 극성을 가진 전하끼리는 반발하는 성질을 나타낸다. 분리된 전하는 자기 반발력(self-repellent)이 있고, 단지 대전체의 표면상에 존재할 것이다. 물체가 완전한 절연체이거나 완벽하게 절연되어 있다면 전하는 영구히 존재하게 된다. 그러나, 완전한 절연체는 없으며, 분리된 전하는 곧 이탈하여 상대 전하와 결합, 전기적으로 중성이 되어 정상상태가 된다.

**1.5.8** 그러므로 정전기란 절연체나 절연된 도체표면에 전하가 나타나는 현상이다. 정전기는 기계적인 일을 함으로써 발생하며, 이 때 발생이란 전기가 발전되는 것이 아니라 전하의 분리를 의미한다. 상황에 따라 가능한 한 짧게 접지된 곳에서는 동량의 반대극성전하가 존재하며 이 개념은 매우 중요하다.

## 1.6 발생과 저장

### 1.6.1 발생

#### 1.6.1.1 기요

극성이 같은 전하는 서로 반발하고, 극성이 다른 전하는 서로 끌어당긴다. 절연체 표면상의 전하는 가까운 도체의 최근접 표면상에 동량의 다른 극성전하를 끌어들이고 반대편상의 동극성전하는 더 먼 쪽으로 반발시키는 과정을 유도현상이라고 한다. 접한 면상의 전하는 구속 전하라 부르고, 반대편 상의 반발된 전하는 자유잔하라고 하며, 접지경로를 일시적으로 제공하는 것에 의해 소멸시킬 수 있다. 도전체가 원래의 대전체로부터 멀리 떨어져 나가면 구속 전하는 자유스러우며, 도전체의 전 표면으로 재분배될 것이다. 결국 스파크라는 형태로 방출될 수 있다.

#### 1.6.1.2 접촉분리(마찰) 전하

다른 성질의 두 물질이 접촉하는 곳에서 하나의 물질은 접촉면을 따라 다른 물질로 전자를 이동한다. 두 물질의 전체(net) 전하가 대전되지 않은 채로 남아있다고 하더라도 전자의 물질이 전자를 얻게되어 양으로 대전되는 반면 다른 물질은 전자를 잃게 되어 음으로 대전된다. 이 동량의 이중성 전하는 서로 강력하게 끌어당기기 때문에 그들은 밀접하게 반대편에 관계되어 있고, 표면이 접촉하는 동안 외부적으로 민감하지 않다. 그러나

비도전성 물질이 서로 끌어당긴다면 전하 불균형은 단일의 물질로 남게 되므로 양 전하와 음전하가 된다. 이 전하 메커니즘은 분리속도, 물질의 도전성, 물질의 일함수에 의해 변화한다.

#### 1.6.1.3 이온충격

이온 샤워(코로나 점에서 발생되는 것과 같은)에 충격받기 쉬운 물체의 표면은 이온의 부착 또는 이온에 의한 표면의 전하인도에 의해 대전된다. 이 메커니즘에 의한 전하는 충격전하라 한다.

#### 1.6.1.4 접촉

비대전체가 대전체와 접촉하게 되었을 때 전하는 비대전체로 이동한다.

**1.6.2 절연체** 표면에서 스파크가 단지 작은 지역으로부터 전하를 방출하는 반면, 도전체상의 모든 전하는 일시에 스파크로 방출할 수 있으므로 여러 상황에서 유도 전하는 최초 분리전하보다 훨씬 위험하다.

**1.6.3** 실제로 대전된 표면에 근접한 금속판은 하나의 측전기판과 같은 작용을 하며, 에너지를 축적할 수 있는 능력은 정전용량으로 표시한다. 전위차가 커패시터의 두 면 사이에 있을 때 전기는 축적될 수 있다. 몇 개의 예에서 판 중의 하나는 지면이며, 절연매개체는 공기이고, 판 중의 다른 하나는 전하가 유도 또는 기타현상에 의해 이동되는 지구로부터 절연된 물체이다. 도전경로가 만들어졌을 때 축적된 에너지는 방출되며(커패시터가 방전된다) 스파크가 발생하는 것이 가능하다. 스파크에 의해 축적되고 방출된 에너지는 아래와 같이 정전용량(C) 및 전압(V)과 관련 있다.

$$\text{에너지} = \frac{1}{2} CV^2 T$$

**1.6.4 고전위로 대전된 부도체** 가까이에 다른 부도체가 있으면 그 부도체는 극성을 갖게된다. 즉 도체를 구성하는 분자는 이들의 전자가 자유롭게 이동할 수 없으므로 힘이 작용하는 방향으로 어느 정도 향하게 된다. 절연체와 부도체는 극성을 가지는 특성 때문에 유전체라 불리기도 하며, 분리된 매개체로서의 이들 존재는 전하의 축적효과를 증가시킨다.

## 1.7 발화 에너지

**1.7.1** 발화를 일으킬 수 있는 스파크 능력을 방전되는 에너지량에 따라 결정되고, 이들은 전체 축적에너지의 일부이다.

**1.7.2** 실험에 의하면 포화 탄화수소가스나 증기가 공기와의 최적 혼합조건에서 방전에 의해 발화하려면 약 0.25 mJ 이 필요하다. 불포화된 탄화수소는 더 낮은 최소 발화에너지를 가질 수 있다.(표 1.7.2 참조) 전위차가 1500V 이하인 경우는 일반적으로 정전방전시 간격이 짧고, 열손실이 커서 위와 같은 혼합기에서 거의 위험이 없는 것으로 알려져 있다.

표 1.7.2 최소발화에너지

가스 또는 증기	mJ(millijoule)
methane(메탄)	0.29
propane(프로판)	0.25
cyclopropane(사이클로 프로판)	0.18
ethylene(에틸렌)	0.08
acetylene(아세틸렌)	0.017
hydrogen(수소)	0.017

**1.7.3** 시험에 의하면 분진이나 섬유는 공기와 최적 혼합기의 정전발화를 위해 일반적인 가스와 증기보다 1~2배의 방전 에너지가 필요하다.(필요한 발화에너지는 입자크기 감소로 급격히 작아진다.)

#### 1.7.4 혼성 혼합기

다른 상의 두개 이상의 인화성 물질, 예를 들어 증기와 함께 분진이 혼합기에 존재하는 경우 이 혼합기는 혼성이라고 한다. 가스가 더 낮은 연소하한계 농도에 존재한다 하더라도, 테스트는 분진부유에의 인화성 가스의 혼합이 분진의 발화에너지를 상당히 낮출 수 있다는 것을 보여준다. 두 요소가 연소하한계에 있다 하더라도 혼합기는 인화성이 될 수 있다. 혼성혼합기는 증기 접착(수지제품, receivers와 같은), 주위 습기와의 작용, 인화성 증기 주위에서 분진을 다루는 것(인화성 액체에 분진이나 분말을 더하는 것과 같이)에 의해 형성될 수 있다. 이러한 예에서, 발화성 혼합기는 가장 쉽게 발화되는 요소의 에너지 수준에서 발화될 수 있다.

**1.7.5** 발화 에너지는 공기 중의 관련 산소농도의 상승에 의해 감소된다.

## 1.8 요약

**1.8.1** 요약하면, 정전기는 상당히 높은 절연체나 절연된 물체에서 일어날 것이다. 우려되면 다음 상황평가를 먼저 고려해야 한다.

- (a) 전하가 생성될 수 있는가?
- (b) 전하가 축적될 것인가?

- (c) 방전이 발생할 수 있는가?
- (d) 방전지역에 발화성 혼합기는 존재할 것인가?
- (e) 방전은 혼합기를 발화시킬 충분한 에너지가 있는가?

**1.8.2** 저항이 높은 도전로의 시험은 계기의 지시치가 페인트, 그리스 막(grease-film), 공극 등 사소한 장해요인에 영향을 받지 않도록 500V 이상의 전압을 인가해야 한다.

**1.8.3** 대부분의 경우 저항이  $1M\Omega$  이면 적절한 누설경로를 형성한다. 그러나 경우에 따라서 저항은  $1 M\Omega$  이상이나 이하가 필요할 수도 있다.

**1.8.4** 본딩이 제공되는 경우는 이중의 전하가 존재하는 물체간을 연결해야 한다.

## 제 2 장 정전기의 위험성

### 2.1 발화원으로서 정전기

#### 2.1.1 인화성 가연성 액체

정전기는 액체가 다른 물질과 접촉하여 이동할 때 발생된다. 이는 흔히 파이프를 통해 흐를 때, 그리고 혼합, 주입, 펌핑, 여과 또는 교반 같은 작용에서 나타난다. 어떠한 조건하에서, 특히 액체 탄화수소와 같이 정전기는 액체에서 축적될 수 있다. 축적이 충분하다면 정전스파크는 일어날 수 있다. 스파크가 인화성 증기-공기 혼합 상태에서 발생하면 발화원이 될 수 있다. 그러므로 이러한 두 가지 조건의 동시에 발생을 예방하기 위한 조치를 취해야 한다.

#### 2.1.2 가스

유동가스가 금속산화물 또는 스케일 입자(Scale Particles) 등에 또는 액체입자나 분무에 오염되면 대전될 수 있다. 도전체에 입자함유 가스의 흐름을 이 물체가 방전 파이프에 접지되거나 본딩되지 않았다면, 충전될 것이다. 축적이 충분하다면 정전스파크가 생길 수도 있다. 스파크가 증기-공기 혼합 상태에서 발생할 때 발화원이 될 수 있다. 정전스파크와 인화성 증기-공기 혼합 상태가 동시에 발생할 수 있는 곳에서는 발화를 피하기 위해 적절한 예방대책이 요구된다.

#### 2.1.3 분진과 섬유

정전하는 흔히 산업에서 분진과 섬유의 가공 및 취급 시 발생한다고 여겨진다. 가연성 분진운이나 증의 발화가 방전으로 인한 예가 기록되어 있다. 정전기가 발화원으로써 확실하게 입증된 모든 예에서, 스파크는 절연된 도체와 대지 사이에 발생한다. 분진운이 자체내의 정전 방전에 의해서 발화될 수 있다는 것은 실험적으로 증명되지 않았다.

## 2.2 정전기의 인명 위험

### 2.2.1 인체

인체는 전도체이며 건조한 환경에서 자주 수천 볼트의 고전압을 일으키는 정전하를 촉적한다. 이 전하는 신발과 바닥재와의 접촉 또는 다양한 제조작업 수행시에 발생된다.

### 2.2.2 의복

**2.2.2.1** 여러 상황 하에서, 작업자의 의복과 신발은 정전하가 발생되는 즉시 유출하기에 충분한 전도체가 될 수 있다.

**2.2.2.2** 비록 실크와 합성섬유가 우수한 절연체이고, 이들로부터 만든 의복이 정전현상을 발생시키지만 의복작용이 위험요소임을 나타내는 결정적인 증거는 없다.

**2.2.2.3** 한편, 옷을 벗을 때 상당한 정전하를 발생할 수 있다. 다수의 조건하에서 이 과정은 거의 위험요소가 되지는 않는다. 그러나 어떤 물질이나 낮은 습도 조건에 대해 정전기 발화원이 존재할 수 있다.

**2.2.2.4** 걸옷을 벗는 것은 병원 수술실, 폭발물 제조시설, 그리고 낮은 전기 에너지로 발화될 수 있는 인화성 및 폭발성 분위기를 생성하는 곳이나 그 유사한 장소등의 작업지역에서 특히 위험하다. 이러한 지역에서 작용되는 의복은 작업지역용으로 적합한 것이어야 한다. NFPA 99 Standard for Health Care Facilities 는 대전방지용 의복을 평가하기 위한 시험방법에 관한 정보를 제공한다.

**2.2.2.5** 액화 산소를 충전하는 플랜트에서 냉각된 가스로부터 증기는 의복에 침투하여 인화성을 띠게 한다. 사람에게 촉적된 정전하는 발화원이 될 수 있다. 이것은 전도성 신발이나 바닥재를 사용함으로써 예방할 수 있다.

### 2.2.3 위험 용도

발화성 혼합기가 있는 곳에서 대전된 인체로부터 잡재적인 발화가능성이 있으며, 인체에 대한 정전하의 촉적을 방지하기 위해 아래의 조치가 포함된다.

- (a) 고무옷, 고무장화, 고무창을 댄 신발, 비도전성 합성구두창을 댄 신발의 착용을 피한다.
- (b) 도전성 바닥재와 도전성 신발류의 제공

### 2.2.4 불쾌감과 부상

정전쇼크는 이러한 상황하에서 무의식적인 반응으로 작업자에게 불쾌감과 부상을 입힐 수 있다. 그 자체는 인간에게 위험하지만, 추락 또는 움직이는 기계와 함께 섞이는

무의식적인 발음의 원인이 될 수 있다. 전하축적을 피할 수 없고, 인화성 가스나 증기가 존재하지 않으며, 금속부품이 제거될 수 있는 접촉에 의한 다양한 방법의 배려가 있어야 한다. 이러한 방법은 다른 것과 함께 비금속성 수동레일, 절연된 문손잡이, 기타 비전도성 차폐를 포함한다.

## 2.3 정전기의 공정 위험성

### 2.3.1 혼합과 배합 작업

**2.3.1.1** 잘 분리된 비도전성을 질의 공기이송뿐 아니라, 고체 비도전성 물질과의 혼합, 그라인딩, 선별 및 배합작업은 정전기를 발생시킬 수 있다. 정전 위험도는 전하를 발생하고 유지하는 물질의 특성과 충격적인 방전을 일으키기에 충분한 전하를 축적하는 덕트와 기계의 절연된 도전성 부품의 용량에 의해 영향을 받는다. (7.4절 참조)

**2.3.1.2** 인화성 액체는 페인트, 니스, 락커, 인쇄잉크 및 유사한 제품의 제조에서 다양한 색소, 수지 또는 유사한 재료와 함께 교반기 또는 살균용 압력을 내에서 배합된다. 이 공정은 용매의 발화점, 관련된 양, 취급방식, 환기양 그리고 기타 요소에 따라서 격렬한 화재와 폭발위험을 안고 있다. 정전기는 잠재적 발화원이며, 그로부터 보호될 수 있다.(4장 참조)

### 2.3.2 조면기

면에 정전하가 충분한 양일 때, 조면기 스탠드(Gin stand)나 조면설비(Gin equipment)에 등글게 뭉치게 된다. 이는 설비내에서 제품불량문제와 마찰열을 발생한다. 정전하축적으로 인해 스파크에 의해서 방출된 에너지의 양이 생긴 조면(loose lint), 분진 또는 면을 발화하기에 충분한 양이 아님을 경험을 통해 보여주고 있다. (5.4 참조)

### 2.3.3 코팅, 확장

이 각각의 공정에서, 대기 가공되는 물질은 기계 끝의 로울러로부터 풀리지 않으며, 여기에서 코팅 재료가 제공되는 확장기 또는 조절기(doctor) 나 이프 아래의 여러 로울러를 지나거나 로울러 사이, 나이프 아래 그리고 스팀 제이블 위를 통하거나 또는 건조로를 통하고, 마지막으로 롤레에 짜지고, 스키드(skid)상에 얇은 판으로 만들어진다. 정전하는 이러한 각각의 작업에서 발생된다. 인화성 액체가 사용되면 정전기는 점화원이 될 수 있다. (7.2 참조)

### 2.3.4 벨트

몇 가지 형태의 벨트는 흔히 정전기발생을 나타내며, 이는 환경에 따라서 시정조치를 보

장 하기도 하고 그렇지 않기도 한다.(7.1절 참조)

### 2.3.5 드라이 크리닝

상업용 드라이 크리닝 작업은 얼룩을 빼는 작업을 제외하고는 밀폐된 기계 안에서 수행된다. 수행된 작업-섬유 중 몇은 상당히 높은 절연체이고, 다양한 용매 자체도 좋은 절연체로서 정전기의 우수한 발생원이며, 작업은 섬유를 담그기, 교반, 용매동으로부터 그것들을 빼내는 것-은 관련된 물질의 절연된 표면상에 정전하를 발생하기 쉽다. 인화성액체가 사용되면 정전기는 발화원이 될 것이다.(NFPA 32. Standard for Dcleaning Plants 참조)

### 2.3.6 활자인쇄와 석판인쇄

**2.3.6.1 활자인쇄와 석판인쇄** 산업에서 정전기는 제조관점에서 흔히 값비싼 장해요인이며 골칫거리이다. 공정에서 인화성 잉크와 용매가 사용될 때 정전기는 화재 또는 폭발위험을 일으킬 수 있다.(7.3 참조)

**2.3.6.2** 작업 수행 중 정전기로 대전된 종이는 다른 물체를 유인하고, 이는 종이와 직물을 제어하는데 어려움을 유발하고 또 가끔 직물이 찢어지는 원인이 된다. 이는 또한 위에 놓여있는 종이의 아래면으로 잉크를 유인하거나 송지더미(delivery pile)에서 종이 표면의 더욱 밀접한 접촉이 오프셋 상태에서 증가될 수 있다. 인쇄된 상은 또한 분진입자의 인력과 종이 보푸라기의 의해 손상을 입을 수 있다.

### 2.3.7 스프레이 마감

스프레이 마감기구에 의한 페인트, 니스, 에나멜, 락커 그리고 기타 마감제의 사용은 스프레이된 물체상과 스프레이 총에 축적되어 정전 전하를 유발할 수 있다. 인화성액체가 사용된다면, 정전기는 발화원이 될 수 있다.(NFPA 33. Standard for Spary Application Using Flammable and Combustible Materials 참조)

### 2.3.8 스팀 방사(Stream Jets)

대기로 빠져나가는 습한 증기는 그 지역의 절연된 물체상에 축적되는 정전기를 발생할 수 있다. 인화성 증기- 공기 혼합기가 존재한다면, 정전기의 방전은 발화원이 될 수 있다.(7.6 참조)

### 2.3.9 폭약 제조

가장 폭발적인, 예를 들면 수은 폭약분과 아지화연(lead azide)같은 것이 분진 상태에 있다면 정전 스파크 방전에 의해 쉽게 폭발될 수 있다. 폭약 제조작업과 저정지역에서 정전기로 인한 사고를 예방하기 위해 필요한 조치는 취급하는 물질의 정전기 민감도에 따라 매우 다양하다.

### 2.3.10 폭발성 물질의 기송 적재

발파제를 전기 뇌관 또는 기타 정전기 민감 기폭기구를 미리 넣은 발파공에 기송(Pneumatically) 적재할 때, 아래의 주의사항을 주의해야 한다.

- (a) 정점지장치가 정전기의 충격을 방지하기 위해 적재 설비에 사용되어야 한다.
- (b) 전체 길이에 걸쳐  $2M\Omega$  이하의 저항과 ft 길이 ( $3,280\Omega/m$ )당의  $>1,000\Omega$  이상의 저항을 갖는 반도전성 호소를 사용해야 한다.
- (c) 정전하가 현장 적재조건하에서 적절히 소멸되는 것을 보장하기 위한 유자격자에 의한 모든 적재설비의 평가

작업자의 정전쇼크는 정전기에 민감하지 않은 기폭기구를 사용시 피할 수 있다.

정전쇼크를 받기 쉬운 작업자는 추락이나 무의식적인 반응으로부터 부상을 입기 쉽다.(2.2.4 참조)

## 제 3 장 발화 위험의 제어

### 3.1 정전기 제어

정전기로부터의 발화위험은 정전기 스파크가 방전되는 지역으로부터 발화성 혼합기의 제거, 양 및 정전기 발생속도의 제어, 정전기 발생 후의 정전완화에 의해 제거 할 수 있다.

### 3.2 정전기 발생의 제어

두개의 서로 다른 물질이 서로 상대적으로 움직일 때마다 정전기가 발생되므로, 이 움직임의 감소는 정전기의 발생률을 감소할 수 있다. 물질이 상당히 낮은 속도로 흐른다면 정전기 위험도 발생하지 않을 것이다. 흔히 이 정전기 제어 수단은 낮은 생산성 때문에 상업적으로 채택되지 않는다.

### 3.3 전하 완화 (소멸)

#### 3.3.1 본딩과 접지

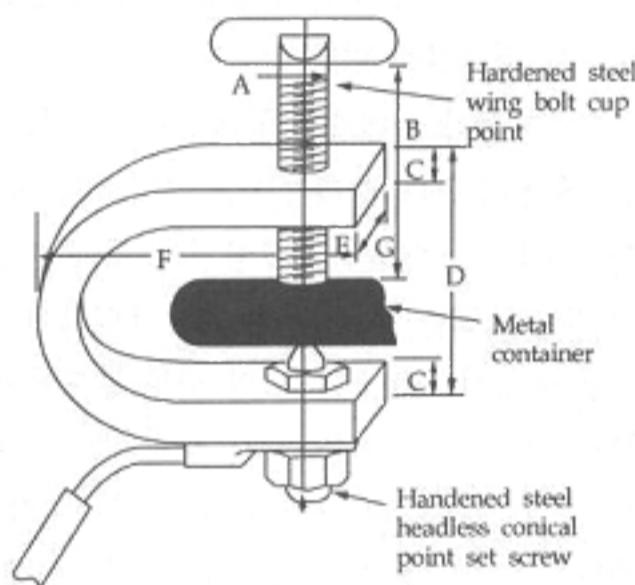
**3.3.1.1** 도전성 물체는 직접 접지하거나 또는 이미 대지에 연결된 다른 도전성 물체에 본딩함으로써 접지할 수 있다. 어떤 물체는 대지에 연결함으로써 본질적으로 본딩되거나 접지된다. 그 예가 지증 배관이나 지상에 설치된 대형 저장 탱크이다.

**3.3.1.2** 본딩은 도전성 물체 사이의 전위차를 최소화하기 위한 것이다. 이와는 다르게 접지는 물체와 대지 사이의 전위차를 위한 것이다.

**3.3.1.3** 전선의 최소 크기는 전류용량보다 기계적 강도에 표시된다. 가요성 전선은 자주 탈, 착 되는 본딩용으로 사용되어야 한다. 정전기의 충격을 예방하기 위해서 저항은 대개  $1M\Omega$  미만이 필요하며, 여러 경우에 있어 더 낮을 수도 있다. 전력

회로를 보호하기 위해서, 저항은 고장상태시 회로 차단기나 퓨즈의 작동을 보장하기 위해 상당히 낮아야 한다. 전력회로나 낙뢰 예방을 위한 적절한 접지는 전전기 예방을 위한 적절한 접지성능 이상이어야 한다.

**3.3.1.4** 전선은 절연될 수도, 않을 수도 있다. 어떤 사람들은 고장을 육안검사에 의해서 쉽게 발견하기 위해 비절연 전선을 선호한다. 전선이 절연됐다면 운전경험에 의해 규칙적인 간격으로 단선 여부를 검사해야 한다.



**3.3.1.5** 연결은 압축형 접지 클램프, 경남땀, 용접, 배터리식의 클램프, 자석 또는 금속대 금속 접촉을 제공하는 다른 특수한 클램프로 만들어질 수 있다.(그림 3.3.1.5, 4.6.3 및 4.8.4 참조)

그림 3.3.1.5 전형적인 압축형 접지 클램프

**3.3.1.6** 접지체와 대지 사이의 저항은 접지선 그 자체의 저항과 대지의 접지전극(접지봉) 저항으로 구성된다. 어떤 접지접속부에서의 대부분의 저항은 대지의 접지전극의 접촉에 있다. 접지저항은 접촉면적, 대진의 저항도, 수분의 양에 따라 상당히 다양하다.

### 3.3.2 가습

**3.3.2.1** 이는 정전기의 증상(manifestations) - 즉 응단을 겪어갈 때 경험한 스파크는 주변에 습기가 있을 때 보다 건조한 날씨 중에 더욱 민감하다는 것이 일반적인 경험이다. 이러한 경험으로부터 정전기 발생이 날씨의 지배를 받는다는 그릇된 믿음을 불러일으킬 수 있다. 실제로 발생 메커니즘은 날씨에 영향을 받는 것이 아니고, 날씨는 발생된 전하가 너무 신속히 빠져나가서 측적 결과를 볼 수 없다든지 또는 일반적으로 인식된 감각증상을 나타낼 수 없는 효과만을 갖는다.

**3.3.2.2** 제1장에서 물질은 절연체나 부도체로 구분되는 것과 같이 도체로 막연히 기술하

였으며, 이는 완전한 절연체는 없기 때문에, 정전기의 고립된 전하는 결국에는 소멸된다고 설명하였다. 절연된 물체에 도전성을 전할 수 있는 어떤 것도 정전전하를 소멸시키는 수단이 될 수 있는 것이다.

**3.3.2.3 섬유, 모, 종이, 필름, 콘크리트 또는 석재와 같은 일반적으로 접하는 대부분의 물질은 주위환경에서 공기와 평형상태로 일정한 양의 습도를 포함한다. 이 습기 함유는 날씨에 관련하여 대부분 물질의 도전성을 조절하므로 정전기의 이탈을 예방한다. 이 물질의 도전성은 공기의 절대적 물 함유에 의해서가 아닌 상대적 습도에 의해서 조절된다.**

**3.3.2.3.1** 반대 끝편에서 30% 이하의 상대습도로 이 같은 물질은 건조되고, 우수한 절연체가 될 수 있고, 정전 증상을 인식 가능하게 된다. 이 두 가지 조건 사이에 명확한 경계선은 없다.

**3.3.2.4** 이들 물질의 도전성이 상대습도의 작용이라는 것을 강조해야 한다. 어떤 지속적인 습기 함유에서 주위의 상대습도는 온도가 올라가면 내려가고, 온도가 내려가면 올라간다. 추운 날씨에서 외부환경의 절대습도는 비록 상대습도가 높더라도 낮아질 수 있다. 동일한 공기가 실내로 유입되어 더워질 때, 상대습도는 상당히 낮게 된다. 한 예로서  $30^{\circ}\text{F}$  ( $1^{\circ}\text{C}$ )의 외부 온도에서 포화된 공기는  $70^{\circ}\text{F}$  ( $20^{\circ}\text{C}$ )의 실내온도까지 더워지면 20%를 약간 상회하는 상대습도를 갖는다. 이 현상은 정전기 발생이 항상 겨울날씨 동안에 더 자극적이 |라는 전에 말한 일반적인 믿음을 확인 시켜준다. 정전기 문제는 대개 이 기간동안에 더 심한데, 이는 물질상의 정전 전하가 상대습도가 낮을 때 더 적게 소멸되기 때문이다.

**3.3.2.5** 주변을 습윤을 갖게 하는 것은 정전이 종이조각, 명주솜, 섬유 등의 탈착을 일으키는 곳에서처럼 특수한 상황에서 정전기 문제의 해결이라고 증명되었다. 50% 이상의 상대습도는 그러한 난제를 피한다고 대개 기술되어 있다.

**3.3.2.5.1** 불행히도 정전기의 위험이 있는 장소를 습윤화하는 것은 실제적이지 못하다. 취급하는 물질상의 유해한 효과를 피하기 위해 상대적으로 낮은 습도를 갖는 환경에서 몇 가지 조작을 수행하는 것이 필요하다. 고습도는 건구(dry bulb) 온도가 높은 곳에서 운전상 불편함의 원인이 된다. 또 한편으로 고습도는 어떤 물질의 특성을 다루는데 효과적으로 영향을 미치며 그로 인해, 부가적 이점을 제공한다.

**3.3.2.5.2** 몇 가지 경우에서 중요지역에 직접적인 스팀방사에 의한 국부습은 전실의 습도를 증가할 필요없이 만족스러운 결과를 제공할 수 있다.(7.2.6 과 7.6 참조)

**3.3.2.6** 가습이 모든 정전기 문제의 해결책은 아니다. 어떤 절연체는 공기로부터 습기

흡수에 민감하지 않으며 고습도는 저항력을 현저히 줄이지는 않을 것이다. 오염되지 않은 플라스틱과 원유의 표면이 좋은 예이다. 그러한 표면은 주위가 100%까지의 상대습도를 가지고 있더라도 정전하를 축적할 수 있다.

**3.3.2.7** 요약해서, 가습은 정전기를 축적하는 물질의 표면이 습기를 흡수하고, 비정상적으로 가열되지 않은 곳의 정전기 문제의 해결책이 될 수 있다. 가열된 표면, 오일, 기타 액체 및 고체 절연물질 표면상의 정전기에 대해 고습도는 정전하를 방출하는 수단으로 제공되지 않으며 다른 해결방법을 찾아야 한다.

### 3.3.3 전도성 증가

**3.3.3.1** 정전기 대전은 저전도성 물질의 표면상에 축적될 수 있다. 도전성을 증가함으로써 저항력을 낮춤으로써 전하는 위험수준까지 축적되기 전에 완화될 수 있다.

**3.3.3.2** 고체에서 도전성을 높이기 위해 도전물질을 첨가하는 거상 가능하다. 예를 들어, 카본블랙은 도전성을 높이기 위해 몇 가지 플라스틱에 첨가되어 왔다.

**3.3.3.3** 액체 연료에서 대전방지제는 전하축적을 제어하기 위해 사용되어 왔다. 이들은 극성 재료로서 연료에 혼합되며, 대개 저농도 상태이다. 사용 온도에서  $50\text{ pS/m}^2$ 를 초과하는 도전성 수준은 일반적으로 위험하지 않다고 여겨진다.

**3.3.3.3.1** 온도의 감소로 대전방지제의 효과는 감소한다. 가장 낮은 제품 사용온도에서 만족한 도전성을 갖게 하기 위해 충분한 방지제가 사용되는 것이 중요하다.

**3.3.3.3.2** 대전방지제는 정전기발생을 억제하지 않음을 주의한다. 그것은 빠른 전하의 완화 즉, 반대 극 전하와의 재결합을 허용한다. 대전방지제는 전하 완화를 위해 완전한 전기경로를 제공하는 본딩 및 접지에 접속하여야 한다.

### 3.3.4 이온화

#### 3.3.4.1 개요

어떠한 상황에서 공기는 정전하를 소멸하기 충분한 도전성을 가질 수 있다. 모든 정전기 증화제의 사용에 있어서 환경조건(분진, 온도 등), 재고품, 기계부품, 인원에 관련하여 기구의 배치같은 에지니어링 문제를 염두에 두어야 한다. 이러한 제어기구는 정전하의 발생을 억제하지 않음을 주의한다.(1.4.1 참조) 제어기구는 제어된 수준까진 전하를 감소시키기 위해 공기(또는 다른 가스)의 이온화를 이용한다.

#### 3.3.4.2 자기방전식(정전기 결합) 제전기

**3.3.4.2.1** 도전체의 정전하는 흐름이 자유로우며, 공간에서 구형체상에 그 자체를 형태없이 표면에 분배한다. 물체가 구형이 아니라면 전하의 자체 반발력은 최소한의 곡선 반경을 갖는 표면상에 집중되게 될 것이다.

**3.3.4.2.2** 만일 물체가 공기 중에 있고, 곡률반경이 거의 0으로 감소하면 미세한 돌출부분으로 인한 전하 집중은 물체에 도전성을 갖게 하는 공기의 이온화를 발생할 것이다. 큰 지름의 표면이 고전압을 받고 유지할 수 있으므로, 돌출부분이 있는 동일한 표면은 누설 비율이 발생 비율과 동일하기 전에 오직 작은 전하만을 유지할 수 있다. 접지된 돌출부에서 유도된 전하가 대전체의 부근에 위치할 때 공기의 코로나 이온화를 발생시킬 수 있고, 대전체는 전하를 대지로 소멸시킬 수 있다. 이 효과와 성능의 발달은 상대 기하학, 물체 상의 전하밀도, 돌출부와 관련된 유동속도에 따른다. 이러한 기본적 개념은 자기 방전식 제전기의 다양한 설계의 계기가 되었다.

**3.3.4.2.3** 정전기 결합은 일련의 바늘이 설치된 금속 막대이다. 또 다른 형태는 금사로 싸인 금속 철사이다.

**3.3.4.2.4** 부도체의 전하밀도는 절대 양이지만 위치에 따라 변화 할 수 있다. 이 전하와 관련된 전기장은 어떠한 고정된 기하학에서 만들어졌을 때 전하에 비례한 양적 전압을 측정하는데 사용될 수 있다. 측정은 유도체와 제전기의 배치 및 설계에 상당히 유용하게 사용된다. 이동벨트상에 발생되는 전압은 평균값이다. 제전기 이후에 나타나는 전압을 측정함으로써 최적의 위치를 발견할 수 있다.

**3.3.4.2.5** 자기방전식 제전기가 이동벨트용으로 사용될 때(동력벨트에 대해 7.1 절, 섬유에 대해 7.2절, 그리고 종이에 대해 7.3절 참조) 그림 7.2.4에서 볼 수 있듯이 작동은 벨트상에 5kv가 발생할 때 시작된다. 측정은 롤러 같은 접지체로부터 벗어나서, 전계 측정기(field-mill) 또는 대전된 표면으로부터 대략 1인치(25mm)에 배치된 다른 기구를 사용하여 제전기 앞에서 만들어진다. 이러한 조건하에서 문제점이 발생하면, 유도성 막대를 다른 기구와의 연결에서 사용할 수 있다.(3.3.4.3 과 3.3.4.4 참조)

### 3.3.4.3 전압인가식 제전기

**3.3.4.3.1** 전압인가식 제전기는 공정, 제조, 인쇄증의 면, 모, 실크, 제지와 같은 물질로부터 정전하를 제거하기 위한 유효한 수단인 고전압인가식 장치이다. 이는 대전된 표면의 부근에서 전도성인 이온화된 환경을 발생한다. 근처의 전하는 근접한 접지된 도전체로 누설된다.

**3.3.4.3.2** 전압인가식 제전기는 특별히 허락을 받지 않으면 인화성 증기 가스 또는 분진이 존재하는 장소에 사용할 수 없다.

### 3.3.4.4 방사선식 제전기

**3.3.4.4.1** 정전기를 소멸시키는 또 한가지 방법은 방사선 물질에 의한 공기의 이온화

이다. 이러한 시설은 현 설비의 재설계를 요구하지 않는다. 방사선식 제전기의 조립과 분배는 시민의 건강과 안전에 책임을 지는 U.S. Nuclear Regulatory Commission(or Agreement State Licensing Agency)에 의해 면허를 받았다.

3.3.4.4.2 방사성 물질은 그 자체가 잠재적인 발화원은 아니다. 그렇기 때문에 정전 소멸의 목적은 주위 환경의 발생가능한 인화성에 근거하여 장소제한을 받지 않는다. 그러나 방사선원이 전압인가식 장치의 일종이라면 그 설비의 설치는 NFPA 70, National Electrical Code 에 따라 다른 전기기구와 동일한 방법으로 제한되어야 한다.

3.3.4.4.3 발생 전압의 사용이 20kV (3.3.4.2.4 참조)를 초과하는 것은 벨트 속도에 따라 효율성이 현저히 감소된다. 이러한 경우에 방사선식 제전기 사용 이전에 자기방전식 제전기의 사용이 효과적임이 증명되었다.

### 3.3.4.5 나화

공기의 이온화는 또한 나화에 의해 얻어질 수 있다.(7.3.4.5 참조)

3.3.4.6.3.3.4 에 설명된 어떤 방법에 의한 이온화는 특히 7.1, 7.2 와 7.3의 절에서 논의된 공정에 적용 할 수 있다.

## 3.4 불활성화, 환기 또는 재배치에 의한 발화성 혼합기의 제어

3.4.1 우수한 설계의 주된 목적인 정전기 축적을 방지하기 위한 계획된 노력에도 불구하고 스스로 해결할 수 없는 비도전성 물체와 비도전성 장치의 취급에 관련된 많은 작업이 있다. 관련된 물질의 본질적 위험성에 따라서 정전 소멸장치를 대체하고, 보완하는 다른 방법을 제공하는 것이 바람직하며 또는 중요할 수 있다.

3.4.1.1 정상적으로 발화성 혼합기가 공정탱크와 같은 소형 밀폐실내에 수납되어 있는 경우 불활성 가스가 부연성 혼합기를 만드는데 효과적으로 사용될 수 있다. (NFPA 69, Standard on Explosion Prevention 참조) 운전이 연소한계 상한을 초과하는 분위기에서 정상적으로 수행될 때, 혼합물이 연소범위에 있는 기간 동안만 불활성 가스를 공급하는 것이 실용적이다.

3.4.1.2 기계식 환기는 발화성 혼합기를 정상연소범위 이하로 잘 회석시키는 실례로서 적용 할 수 있다. 또한 공기 유동을 조절함으로써, 다른 제어 할 수 없는 정전기 위험이 존재하는 곳의 운전접극에서 기계적 환기는 신뢰성을 확보하기 위해 완벽한 작동을 보장하는 설비와 서로 인터록되어야 한다.

3.4.1.3 설비의 정전기가 축적된 일부가 위험장소에 불필요하게 배치된 경우 그 설비를

안전한 지역에 재배치하는 것이 정전기 측정을 방진하는 것보다 더 바람직하다.

## 제 4 장 인화성 및 가연성 액체

### 4.1 개요

**4.1.1** 인화성 액체를 취급하거나 저장할 때, 인화성 증기-공기 혼합기를 형성할 수 있다.

**4.1.1.1** 액체 온도가 인화점보다 낮으면, 액표면 상의 혼합물은 연소하한계 이하이며 발화되지 않는다. 인화점이나 인화점을 약간 초과하여 취급되는 액체는 자유 표면에서 인화성 증기-공기를 갖기가 더욱 용이하다. 액체의 온도가 인화점을 초과한다면 자유표면에 평형 증기-공기 혼합기는 특히 벤트나 맨홀의 근접부분에서 액체의 자유 표면으로부터 멀리 떨어져 존재한다. 또한 가스없는 탱크에 인화성 및 가연성 액체를 충전할 때 증기공간은 충전증 연소범위를 통과할 것이다. 증기 혼합기가 연소범위 미만이거나 초과하면 스파크가 발생하여도 발화하지 않는다.

**4.1.1.2** 가솔린과 같은 매우 낮은 인화점을 갖는 열대 기후나 온도에서 연소한계 상한을 훗싼 초과하는 액체표면에 증기-공기혼합기를 갖는다. 따라서 스파크가 발생하더라도 발화가 되지 않는다. 그러나 이러한 액체가 그 인화점보다 약간 높은 온도에서 취급되면 발화는 가능하게 된다. 온대 기후에서 등유 또는 높은 인화점을 갖는 액체는 보통 인화점 보다 낮은 온도에서 취급된다. 따라서 액체표면에서의 증기-공기 혼합기는 연소한계 하한 아래이며, 스파크가 발생하더라도 발화는 발생하지 않는다. 열대 지방에서 또는 가열될 때, 등유나 가타 높은 인화점을 갖는 액체는 인화성 증기-공기 혼합기를 발생하는 온도 이상을 갖는다.

**4.1.1.3** 일반적으로 액체의 취급온도가 액표면에서의 증기-공기 혼합기가 연소하한계 상한과 하한의 중간에 있을 때 발화조건은 최적이 된다. 이 조건은 액체의 취급온도가 인화점을 약간 초과할 때 일어난다. 취급 온도가 증가하거나 감소함에 따라, 발화 가능성은 감소한다. 그림 4.1.1.3 은 해발에서 온도, Reid 증기압 연소한계의 관계를 보여준다.

**4.1.1.4** 액체 상태에서의 증기압은 오직 온도와 증기-공기 혼합기의 조성을 결정하는 증기압에 의해 영향을 받은 전체 압력의 부분에 따른다. 그래서 전체 압력이 낮은 높은 고도(고지대나, 비행 중 같은)에서 인화점과 최적의 증기-공기 혼합에 부합하는 온도는 모두 감소된다. 정의에 따르면 가연성 액체는 그러한 조건에서 인화성이 될 수 있다.

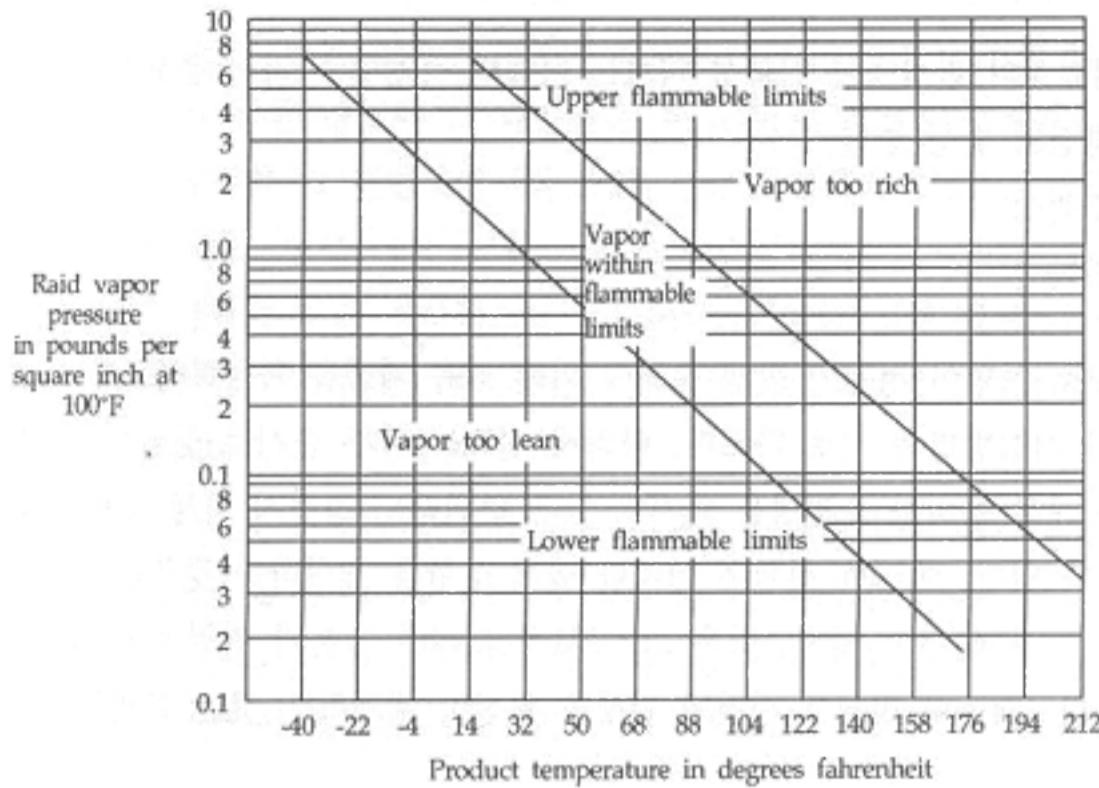


그림 4.1.1.4 해발에서 석유제품의 연소한계와 온도, Reid 증기압 사이의 관계

예 : hexan[증기압=5.0 psia(35 kPa)]과 같은 제품을 가진 탱크의 증기 공간은 대략 -28°F(-33°C)에서 +27°F (-3°C)의 제품온도에 대해 연소한계 내에 있을 것이다. 또는 56°F (13°C)의 제품온도에서 heptane[증기압=1.6 psia(11 kPa)]을 취급할 때, 증기는 연소한계 내에 있으며 정전기 방전을 방지하기 위해 주의해야 한다.

4.1.2 정전기는 액체가 다른 물질과 접촉하여 움직일 때 발생된다. 건전지는 주로 물질의 배전을 통한 흐름, 혼합, 주입, 펌핑, 여과, 교반과 같은 작업에서 발생한다. 일정한 조건하에서 특히 액화 탄화수소에 대해 정전기는 액체상에서 축적될 수 있다. 축적이 충분하면 정전 스파크가 생길 수 있다. 그러므로 두 가지 조건의 동시 발생을 방지하기 위한 조치가 취해져야 한다.

4.1.2.1 점토질을 이용한 여과와 마이크로필터는 본질적으로 정전하를 발생하는 액체유동성을 증가시킨다. 시험은 이러한 필터를 사용하는 것이 필터없이 얹어진 것보다 100배에서 200배의 높은 전하를 발생함을 보여준다.

4.1.3 발화를 방지하기 위해서 아래 사항의 한가지 이상을 제어하는 것이 필요하다.

- (a) 인화성 증기
- (b) 공기(또는 산소)
- (c) 발화원

4.1.4 표준 제어방법은 착화성 스파크 또는 발화성 증기-공기 혼합기의 형성을 방지하도록

고안되었다. 여러 경우에 있어서 증기와 밀화성 혼합기를 형성할 수 있는 공기는 불연성 혼합기로 변환될 수 있는 양으로 제거되거나, 감소될 수 있다.

4.1.5 점전기 위험성의 관점에서 액체는 아래의 특성에 따라서 분류될 수 있다.

- (a) 점전기 발생 능력
- (b) 도저성
- (c) 인화점

4.1.6 많은 연구소 시험이 발생 능력에 의해 석유 제품을 특성화하도록 개발되어 왔다. 그러나 시험방법은 서로 다르며 따라서 연료는 다른 순서로 등급이 정해진다. 어떤 연료가 대략 동일한 도전성을 가지고 있다 하더라도 점전기 발생 능력이 폭넓게 다양한 경우가 있다. 이러한 시험은 어떠한 실제 상황을 재현하는 경우는 거의 없고, 이러한 이유 때문에 전하 발생능력은 그 자체에 의해서 점전기 위험성을 확실하게 예고 하지 않는다. 제품의 경제로 점전기 발생을 완전히 제거하는 것은 실제적일 수 없다.

4.1.7 액체의 전도성은 접지된 콘테이너에서 전하를 보유하는 능력의 측정에 의한다(7.8절 참조) 도전성이 낮을수록 액체의 전하보유 능력은 크다. 사용 조건하에서 액체의 도전성이 50pS/M 보다 크다면, 발생되는 어떠한 전하도 잠재위험을 축적하지 않고, 소멸할 것이다.(완화에대한 논의는 부록 B 참조)

4.1.7.1 대부분의 원유, 잔유(No.5 와 6 중유를 포함해서), 아스팔트 그리고 승용차 액체는 점전하를 축적하지 않음이 경험을 통해 알려졌다.

4.1.7.2 액체가 비도전성 콘테이너(유리, 플라스틱)에 이송될 때 콘테이너 재료는 대지로의 전하 완화를 방해한다. 이러한 예에서 전도성 액체라 하더라도 전하를 축적할 수 있다.(7.8절 참조)

## 4.2 액 표면상의 자유전하

4.2.1 전기적으로 대전된 액체가 탱크 또는 콘테이너에 주입되거나, 퍼내기나 또는 이송된다면, 액체 내의 도일극성의 단위전하는 액체의 외부 표면쪽으로 서로 반발할 것이다. 이러한 작용은 콘테이너 벽과 접촉하는 면 뿐 아니라, 공간에 인접한 상부표면에도 해당될 것이다. 후자의 전하는 종종 표면전하라 불리우며, 많은 상황에서 가장 염려스러운 것이다. (7.8절 참조)

## 4.2 액 표면상의 자유전하

4.2.1 전기적으로 대전된 액체가 탱크 또는 콘테이너에 주입되거나, 퍼내기나 또는 이송된다면, 액체 내의 동일극성의 단위전하는 액체의 외부 표면쪽으로 서로 반발할 것이다. 이러한 작용은 콘테이너 벽과 접촉하는 면 뿐 아니라, 공간에 인접한 상부표면에도 해당될 것이다. 후자의 전하는 종종 표면전하라 불리우며, 많은 상황에서 가장 염려스러운 것이다.

4.2.2 대부분의 경우 콘테이너는 금속이며 도전성이다. 콘테이너가 대지에 연결되었는지 또는 대지로부터 절연되었는지에 따라 예방대책에도 약간의 차이가 있는 두 가지

인 저장탱크 (2) 건식 고무타이어 상의 탱크트럭

**4.2.2.1** 4.2.2의 첫 번째 상황에서 금속 콘테이너는 대지에 연결되어 있다. 용기에 접촉한 표면에 달한 전하는 그곳에서 유도된 반대 극성의 전하와 재결합한다. 이러한 전과정 동안 탱크와 그 내용물은 한 단위로 여겨지며 전기적으로 중성이다. 즉, 액체에서와 그 표면상에서의 모든 전하는 정확히 같으며, 탱크 동체 상의 전하와 반대이다. 탱크 점차적으로 소멸된다. 이러한 것이 발생하는데 요구되는 시간을 정치 시간이라 한다. 정치시간은 우선적으로 액체의 도전율에 의존한다. 이는 매우 짧은 시간에 일어날 수 있다.

4.2.2.2 이러한 모든 과정 동안에 탱크 동체는 대지전하에 있다. 외부적으로 콘테이너는 전기적으로 중성이다. 그러나 내부적으로 콘테이너 벽과 유동체 사이에 전위차가 있으며, 유동체상의 전하가 점차적으로 빠져나가고, 탱크벽상의 반대극성의 전하와 재결합할 때 계속된다.

**4.2.2.3** 액표면과 금속 탱크동체의 어느 부분 사이의 전위차가 공기의 이온화를 야기할 만큼 충분히 높다면 전열파괴가 생길 수 있으며, 스파크가 동체까지 오를 수 있다. 액체표면을 건너는 그러한 스파크는 인화성 증기-공기 혼합기가 존재하는 곳에서 발화원이 될 수 있다. 그러나 탱크 동체에서 스파크는 둘출부 또는 탱크 내부로 투입되는 도전성 물체에서의 스파크보다 낮은 점화원을 갖는다. 탱크 또는 콘테이터의 본딩이나 접지는 내부 표면전하를 제거할 수 있다.

**4.2.3.4** 4.2.2에서 언급된 두 번째 상황에서, 탱크 동체는 대지로부터 상당히 절연되었다. 액표면에서의 전하는 둘둘하고, 반대인 전하를 컨테이너 내부까지 유인한다. 이것은 액체에서의 것과 같이 같은 부호이고, 동류의 크기인 자유 전하를 탱크의 외부표면상에 남긴다. 이러한 전하는 스파크의 형태로 탱크로부터 지면으로 이탈한다. 개방된 둘을 통한 탱크트럭의 충전작업에는 충전이 화재를 유발하기 쉬운 스파크원이 될 수 있다. 이러한 경우의 스파크는 대지전위에 의해 충전 개구부의 말단으로부터, 충전 파이프까지 튀어 오를 수 있다. 이 위험성은 콘테이너의 충전 개시전에 접지하거나, 충전파이프를 탱크까지 본딩하는 것에 의해 제어될 수 있다. 탱크가 접지되었다면, 충전 파이프도 또한 접지되어야 한다.(그림 4.5.3 참조)

**4.2.4** 앞에서 유동흐름으로 콘테이너 내부로 전달되 전하의 분배를 논의했다. 그 이상의 발생과 분리가 몇 가지 방법으로 콘테이너 내부에서 표면전하를 발생시키기 위해 일어날 수 있다.

(a) 내부 주입시의 튀김 또는 분무 되는 흐름

- (b) 내부 주입시 바닥물의 교란
- (c) 액체속의 공기 또는 가스의 혼합
- (d) 탱크 내부에서 방사 또는 추진제 혼합

4.2.5 액표면상의 이러한 전하는 본딩이나 접지에 의해 방지할 수는 없지만, 증기공간을 불활성화하고, 적절한 불활성 가스로 산소를 치환하거나, 또는 천연가스 같은 가스를 사용해서 연소범위 상한 이상으로 증기공간에서의 가연가스의 농도를 높이는 것에 의해 방지할 수 있다.

4.2.6 대전방지제의 사용은 표면전하를 신속하게 완화하고, 위험한 전위의 조성을 방지한다.

### 4.3 저장탱크

4.3.1 저장탱크는 두 가지의 일반적 형태가 있다. 증기공간을 갖는 것과 본질적으로 증기공간을 갖지 않는 것이다. 콘루프 탱크는 전자의 한 예이며, 플로팅 로프는 후자의 한 예이다.

4.3.2 증기와 공기의 인화성 혼합기를 포함하는 공간을 갖는 탱크가 정전기 축적 액체로 채워졌을 때, 취급하는 액체의 특징에 따라 아래의 한 가지 이상의 방호대책[(a)의(i)]]이 사용될 수 있다.

- (a) 상부 튜김 충전은 원유와 같이 정전기가 잘 축적되지 않는 인화성 액체 이외는 금지된다.
- (b) 주입 파이프는 탱크 바닥 가까이에 설치하며, 교란과 최소화되도록 설계되어야 한다. 일반적으로 주입흐름은 탱크바닥에서 물과 험전률이 뒤섞이는 것을 줄이도록 수평방향이 선호된다.
- (c) 일반적으로 전하 발생은 유속에 따라 증가하므로 정전기 전하의 발생은 저 속에서 훨씬 적다. 실제적으로 탱크로 들어가는 파이프에서 액체의 선형속도는 주입구가 완전히 잠길 때까지  $3.3\text{ft/sec}(1\text{m/sec})$ 이하로 유지해야 한다.
- (d) 물은 주입흐름에서 제거되어야 한다. 이는 전하 밀도 또는 단위 용량당 전하가 흐름줄기에서 그리고 탱크에 정착하는 것에 의해 물과 같은 혼합할 수 없는 액체의 존재에 의해 증가될 수 있기 때문이다.
- (e) 증기공간을 갖는 탱크내부로 공기나 다른 가스를 공급하는 많은 양의 펌핑은 피해야 한다. 왜냐하면 탱크내의 인화성 액체를 통과하는 가스의 거품이 전하를 발생하고, 자유액체 표면에서 전하를 방출하기 때문이다.
- (f) 사용전에 탱크내 인화성 증기-공기 혼합기가 남아 있으면 정전기 발생 액체의 높은 인화점에서 펌핑하기 전에 불활성화와 증기냉각을 통해 폭발로부터

안전성을 확보해야 한다.(보다 자세한 사항은 NFPA 69, Standard on Explosion Prevention System 참조)

(g) 비접지된 도전성 부유물체가 탱크로 유입되는 순간을 제거하는데 주의해야한다. 왜냐하면 이것이 동체 또는 접지된 표면에 근접할 때 동시에 그 전하를 모두 방출할 수 있기 때문이다. 자동 플로트형 탱크 게이지의 모든 부분이 전기적으로 상호 연결되도록 유의한다.

(h) 지붕 맨홀 또는 다른 지붕 개구부를 통한 계량(gauging) 또는 시료채취는 가능하다면 피해야 한다. 어떠한 경우에도 도전성 물체를 가지고 또는 지붕 개구부를 통한 계량 또는 지붕 시료채취는 충전 완료되고 표면 난류가 가라앉을 때까지는 피해야 한다. 액체의 특성, 탱크의 용량 그리고 충전율에 따라 30분 이상의 정치시간이 표면전하를 안전수준으로 소멸시키기 위해 요구된다. 이러한 작업을 수행하는데 선호되는 방법은 탱크의 바닥까지 연장되는 사운딩용 파이프(soundig pipe)를 사용하는 것이다. 정전기장이 사운딩용 파이프에 한정되고, 너무 작아 스파크를 야기할 수 없기 때문에 조각은 언제든지 안전하게 수행될 수 있다.

(i) 계량이나 시료채취가 도전성 재료를 사용하는 지붕 맨홀이나 지붕 개구부를 통하여 이루어질 때 도전체와 개구부 가장자리의 금속표면과 직접 접촉시키도록 주의가 요구된다. 만약 이것이 곤란하면 도전체와 탱크 사이를 상호 본딩하기 위해 본딩 띠(bonding strap)가 사용되어야 한다.

**4.3.3** 인화성 액체가 기존의 개방된(외부의)플로팅 루프 탱크 안으로 펌프되면, 상기의 방지조치는 지붕이 부유될 때까지 적용되어야 한다. 이후에 특별한 예방조치는 필요하지 않다.

**4.3.4** 탱크 내의 스파크 발화는 외부 접지 연결에 의해 제어되지 않는다.(3.3.1과 4.2.3 참조)

**4.3.5** 외부 스파크 발화는 탱크가 고의적으로 지면으로부터 절연되어 접지 저항이 실제적으로  $10\Omega$ 을 넘지 않는다면 가능하지 않다.

#### 4.4 배관 계통

**4.4.1** 인화성 증기-공기 혼합기가 존재하는 장소에서, 금속 배관의 전기적으로 격리된 부분은 발화를 일으킬 수 있는 외부 스파크를 방진하기 위해 타 배관 계통과 본딩(접지)시켜야 한다.

**4.4.2** 운활된 가요성 금속배관이나 금속 스윙조인트 주변에 본딩은 필요없으나 접촉 표면이 비금속성 절연물질로 이루어진다면 접합부 주위에 본딩이 설치되어야 한다.

## 4.5 고무 타이어 차량

**4.5.1** 공기고무 타이어가 달린 차량은 때때로 정전기 전하를 축적한다. 이는 타이어가 건조하고, 그로 인해 우수한 절연체가 되었을 때 발생한다.

**4.5.1.1** 그러한 전하는 두개의 분리되고, 관련되지 않은 과정에서 발생할 수 있다. 도로상에서 타이어의 회전접촉 또는 충격 연료와 화물 탱크 차량은 타이어에 의해서 대지와 분리되기 때문에, 타이어의 전기적 저항이 두 경우에 있어서 중요한 부분으로 처리된다 하더라도 이것은 개별적으로 중요하게 고려되는 것이다.

**4.5.1.2** 차량의 움직임으로부터의 정전기는 도로와 타이어의 분리점에서 발생된다. 이것은 타이어와 도로가 건조했을 때의 고속운전에서만 중요하다.

**4.5.1.3** 정전기 방전용 체인(정전기 방전용 띠)은 원래 정전하가 발생되자마자 도로로 흘리는 수단으로서 여겨졌다. 정전기 방전용 체인은 도로가 건조할 때 이러한 목적으로 더 효과가 없으며, 또한 도로가 젖어 있을 때도 필요가 없다. 게다가 정전기 방전용 체인은 아래에서 논의되었듯이 차량에 적재시 정전기 제어수단으로서 효과가 없으며, 그 사용은 요구되지 않는다.

**4.5.2** 정전기 발생능력이 있는 제품을 차량의 연료탱크 또는 화물탱크에 충전하는 동안, 전하가 탱크 내부로 들어가 차량에 전하를 발생시킬 것이다. 이것의 위험성 여부는 전하의 양과 아래에 논의되었던 바와 같이 기타 요소에 의한다.

**4.5.2.1** 차량내부로 들어간 전하의 총량은 주입된 제품의 총량과 발생특성에 의한다.

**4.5.2.2** 차량이 완벽하게 대지로부터 절연되었다면, 주입으로 발생된 전압은 차량의 용량에 의해 결정된다.

**4.5.3** 개방음을 통해서 탱크트럭에 적재할 때, 상당한 정전기 위험으로 발전될 수 있다는 것이 경험을 통해 증명되었다. 전위는 차량과 접지된 배관계통 사이에 나타날 수 있으며, 스파크가 탱크 개구부의 말단과 충전 파이프 사이에 발생할 수 있다. 이러한 가능성을 배제하기 위해 본딩은 충전 파이프와 화물 탱크 사이에 설치되어야 한다.(그림 4.5.3 참조) 본딩접속은 둘이 개방되기 전에 이루어져야 하며, 둘이 폐쇄될 때까지 제거되지 않아야 한다.

**4.5.3.1** 고정된 본딩선의 말단은 충전배관, 전기적으로 배관에 연결된 금속액의 일부분 또는 지면에 연결될 수 있다. 가요성 금속 접합점 또는 충전 파이프에서(절연형이 아닌) 회전조인트 주위를 본딩할 필요는 없다. 본딩선상의 부착클립은 집게형 클립이거나 또는 자유롭게 잡아당길 수 있는 기타 동동성은의 부착물로서 본딩을

풀리지 않은 상태에서 차량을 움직였을 경우에 손상되지 않는 구조이어야 한다.

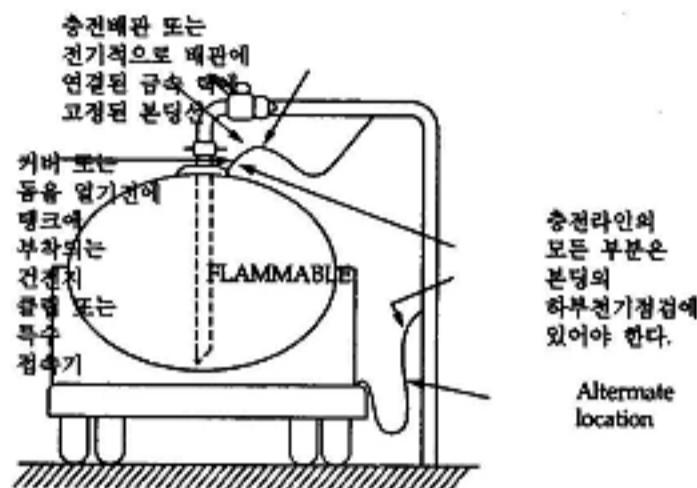
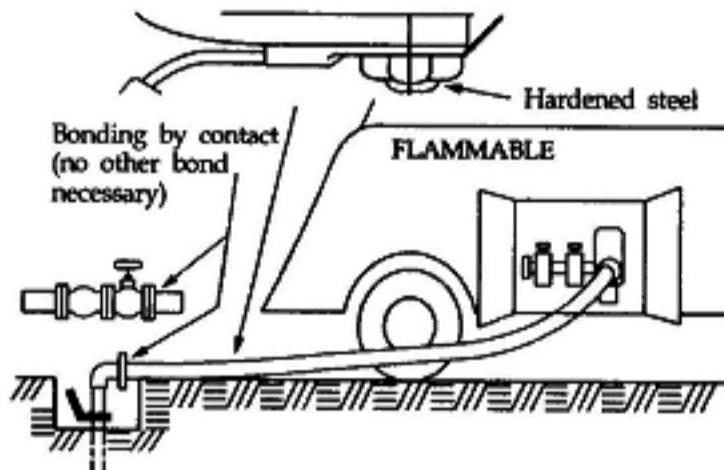


그림 4.5.3 개방 돔을 통한 탱크트럭의 충전



4.5.3.2 다음과 같은 사항은 본딩이 필요하지 않다. (1) 아스팔트와 원유 같은 정전기 측적 능력을 갖지 않는 제품을 차량에 충전할 때, (2) 탱크로리가 Class I 액체가 취급되지 않는 랙에 충전된 Class II 또는 Class III 액체의 운반용으로만 사용될 때, 또는 (3) 사용된 호스나 파이프가 도전성인지 비도전성인지 여부에 관계없이, 스파크가 발생할 수 있는 장소에 증기의 방출이 없는 폐쇄 연결을 통해서 탱크로리에 실고 하역할 때 (그림 4.5.3.2 참조), 폐쇄 연결은 인화성을 질을 주입하기 전에 접속하고, 주입 완료 후에 해체하는 방식을 말함(액체의 분류에 관한 사항은 NFPA 321, Standard on Basic Classification of Flammable and Combustible Liquids 참조)

그림 4.5.3.2 폐쇄 연결을 통한 탱크로리의 충전 및 비우기

4.5.3.3 스위치 로딩은 이전에 중증기압 또는 고증기압 제품을 실었던 탱크나 구획 실내에 저증기압 제품을 실는 것을 말한다. 스위치 로딩은 가솔린을 실었던 탱크에 로드 연료를 실는 경우와 같이 인화성 증기가 잔류하고 있는 탱크에 증기압이 낮

전위가 이온화할 수 있는 정도가 되기 전까지는 이온화가 시작되지 않음으로써 분명해진다. 정전기 제거장치가 적절하게 설계되고, 전기적으로 필요한 위치에 적당한 수로 설치되었다면, 정전기 제거장치는 항공기의 위험전압을 안전하게 낮출 수 있다.

**4.6.2.4 비행중인 항공기에서 발생되는 정전기는 인화성 증기-공기 혼합기가 존재하는 곳에서만 화재 또는 폭발위험이 될 수 있으므로, 그러한 인화성 증기-공기 혼합기가 축적될 수 있는 구조나 과정을 모두 제거하는데 모든 노력을 기울어야 한다.**

## 4.7 유조차, 유조선, 바지선(Barge)

### 4.7.1 유조차

**4.7.1.1 개방음을 통해서 유조차에 실거나 내릴 때, 주입과(downsput)은 탱크바닥에 미칠 만큼 충분하게 길어야 한다.(예외에 관해서 4.5.3.2 참조)**

**4.7.1.2 정전기에 대한 보호를 위해 레일을 통해서 접지하는 유조차의 저항과 배관, 가요성 금속조인트, 금속성회전 조인트의 저항을 적절히 낮게 배려해야 한다.**

**4.7.1.3 폐쇄식 연결을 통해 유조차에 실거나 내릴 때, 보호조치를 취하는 것은 필요하지 않다.(4.5.3.2 참조)**

### 4.7.2 유조선 및 바지선

**4.7.2.1 유조선과 바지선에 금유나 배유시 외부로부터의 정전 스파크를 방지하기 위한 특별한 조치가 필요하지 않다. 선박과 해안 사이의 본딩 케이블은 필요하지 않다. 선체는 수면과 접촉하는 것에 의해 본질적으로 접触되며, 따라 선체(hull)상의 정전하의 축적은 방지된다.**

**4.7.2.2 선박에서의 금유나 배유작업은 밀폐식을 통해서이다. 이러한 선박은, 일반적으로 지면과 적절히 접속되어 있어 외부로부터 정전기 스파크가 방지되며, 방전이 발생하더라도 일화성 증기-공기 혼합기 중에서 방전이 일어날 가능성은 거의 없다.(4.3 과 4.4절 참조)**

**4.7.2.3 증기공간을 갖는 저장탱크에 인화성 액체를 가압급유하는 것에 대한 4.3 절에서의 논의는 동일한 액체를 갖는 유조선에서의 금유경우에도 적용된다.**

## 4.8 콘테이너 경유

**4.8.1 운반 가능한 콘테이너의 충전은 규모가 작고, 유량이 적으므로 다소 완화된 정전기 제어장치가 허용되는 외에는 탱크로리와 유사하다.**

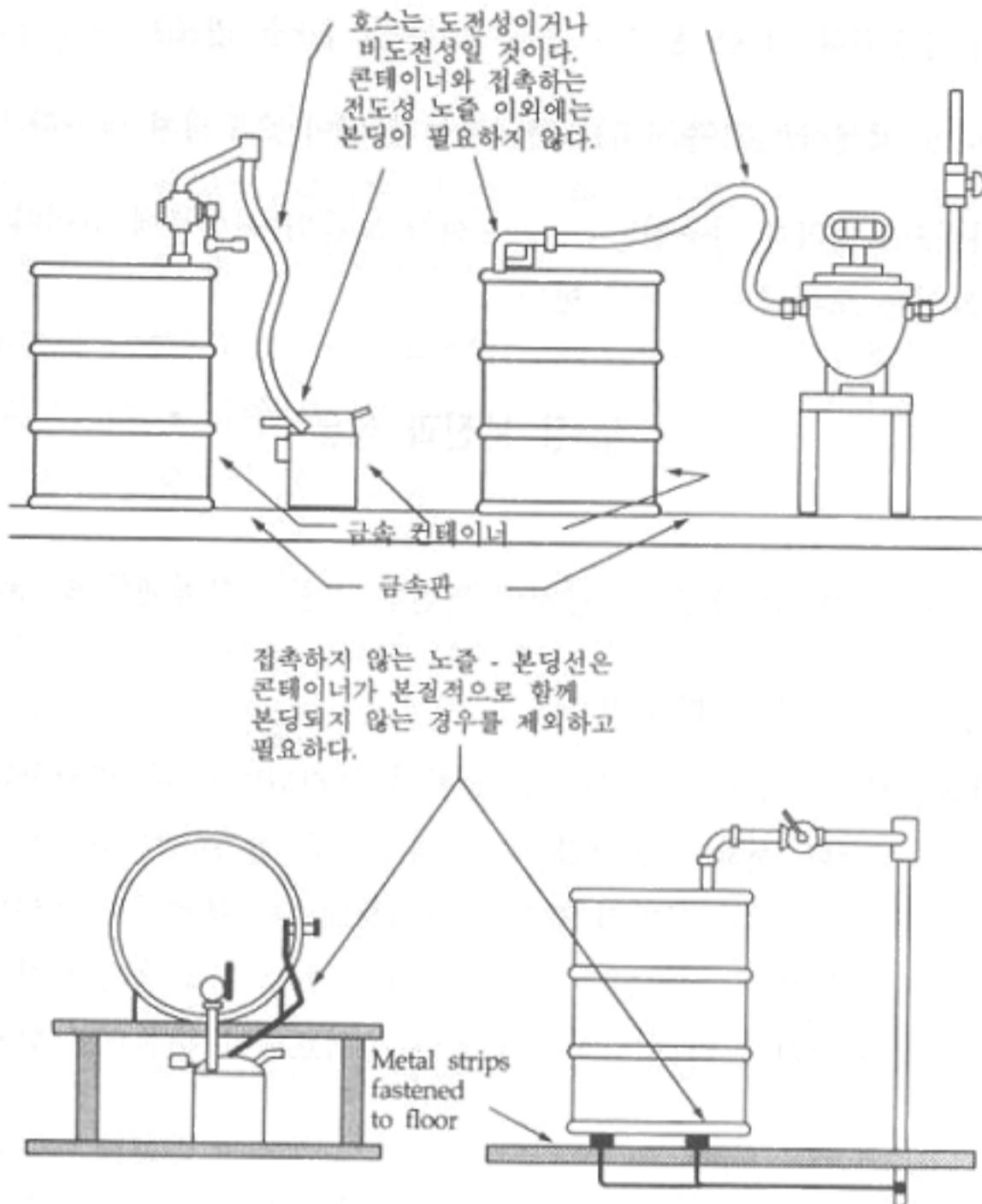


그림 4.8.4 콘테이너 충전시의 본딩

**4.8.2** 금속통이나 드럼통에 충전하는 경우 도전성 스파우트(spout), 노즐 또는 충전파이프는 충전하는 동안 도전성을 갖는다면 계속하여 충전용 개구부 둘레와 접촉되도록 하여야 한다. 도전성 깔때기(tunnel), 여과기(strainer) 및 기타 기구는 충전 개구부에서 스파크의 가능성을 피하기 위해 충전노즐 및 콘테이너에 지속적으로 연결되어 있어야 한다. 이러한 상황하에서, 콘테이너와 연결부 사이의 본딩선에 의한 접지와 같은 추가적인 대책은 정당화되지 않는다.

**4.8.3** 55갤론(208L) 드럼까지 콘테이너에 충전하는데 있어, 주입관(downsput)을 콘테이너 바닥까지 연결하는 필요성은 경험으로 증명된 바 없다.

**4.8.4** 접속이 배관과 콘테이너 사이에서 유지될 수 없고, 두 가지가 본질적으로 본딩되지 않는다면 이들 간에 본딩선이 사용되어야 한다. 4.8.4 그림은 콘테이너 충전에서 사용되는 다양한 보호조치를 예시한다.

**4.8.5.5** 갭콘 (19L) 이하 용량의 유리 또는 기타 비도전성 물질로된 콘테이너는 대개 특별한 조치없이 충전된다.(더 큰 용량의 콘테이너라면, 7.8을 참조)

**4.8.6** 콘테이너가 폐쇄식으로 충전되는 곳에서는 본딩이 요구되지 않는다.

**4.8.7** 만약 마이크로필터가 사용된다면, 가능한한 노즐의 최상부에 있어야 한다. 필터의 하부 이송 라인은 도전성이 있어야 한다.

## 제 5 장 분진과 섬유

### 5.1 개요

이 장에서는 분진과 섬유의 취급 및 공정에 관련된 정전기 문제에 대해 논의한다.

### 5.2 전하 발생에 영향을 미치는 파라미터

**5.2.1** 정전하의 이동은 접촉하고 있는 두 물체가 분리되었을 때 발생한다. 표면에서 분산된 분진은 상당한 전하로 발전할 수 있다. 최대 전하량은 물질의 고유특성, 입자의 크기, 접촉표면의 넓이, 표면의 도전성 가스상태로의 분해정도, 외부조건 및 설비내에서의 누설저항에 의해 결정된다. 대전 현상은 초기 분리시 발생한다. 부유 입자의 연속적인 누설저항에 의해 결정된다. 대전 현상은 초기 분리시 발생한다. 부유 입자의 연속적인 충격은 전하에 다소 영향을 미치나 충격표면이 분진으로 덮히면 그 결과는 경미하다.

**5.2.2** 두 물질이 양질의 도체라면 전하 발생은 거의 일어나지 않으나 도체와 도체, 부도체와 부도체 사이에는 발생하기 쉽다. 석영 표면분진을 분산시키는 것과 같이 동종 물질이 분리되는 경우, 전체적으로 0 전하가 되는 동량의 양, 음전하가 나타난다. 구성이 다른 물질의 단일 극성의 전하는 분진에 의해 결정되며, 각각의 물질은 동량의 이중 극성을 갖게 된다. 금속과 절연체의 경우 금속은 대개 양전하를 절연체는 음전하를 갖게된다.

**5.2.3** 부유분진에서의 정전하 발생은 보통 방지될 수 없다. 그 분진의 이산되는 표면의 분진이나 습윤화로 발생전하가 소멸되지 않는다. 분진의 이산방식, 이산에 소요된 에너지의 양, 와류도, 공기의 조성은 대개 전하량이나 전하분포에 영향을 주지 않는다.

**5.2.4** 표면의 분진 이산에 의해 발생된 전압은 이산된 분진의 양에 비례하여 최대 전압은 설비에서의 누설저항과 코로나 방전 및 스파크 방전에 의해 결정된다.

### 5.3 정전기 방전에 의한 분진의 밸브

**5.3.1** 가연성 물질(휘발성 구성물의 유, 무)의 분진운과 분진총은 경험적으로 정전기 방전

에 의해 발화된다. 분진의 운동에 의해 정전하가 발생되는 경우도 있으며 정전기 발생장치나 전자장치에서도 발생한다.

**5.3.1.1** 분진운의 경우 방전 에너지량에 관계없이 발화하지 않는 최소 분진농도가 존재한다. 최소 분진농도에서는 점화를 위해 상대적으로 많은 에너지를 요구한다. 최소 분진농도의 5~10배 분진농도에서 발화를 위해 요구되는 에너지는 최소이다.

**5.3.1.2** 최적의 발화조건을 위해 요구되는 회로저항은 정전용량, 전압, 분진의 형태에 따라 다양하며 종종 10,000Ω에서 100,000Ω까지의 범위에 있다. 연결에서 금속 분진층은 압축되지 않으면 도전성이 낮다.

**5.3.2** 분진운을 발화하기 위해 요구되는 최소 전기에너지는 대개 10~80mJ의 범위에 있으며, 축소된 입자크기로 급속히 감소한다. 그래서 분진은 기계나 인체로부터 정전방전에 의해 소비되는 것보다 더 작은 에너지로 발화할 수 있게 된다. 가연성 분진층은 정전 전하에 의해 발화될 수 있지만, 분진층과 분진운의 발화를 위해 요구되는 최소에너지간에는 거의 관련성이 없다. 알루미늄, 티타늄, 마그네슘, 지루코늄과 같은 금속분진은 탄소성 물질보다 약한 에너지로 발화할 수 있다.

**5.3.3** 분진운은 인화성 가스 또는 증기의 혼성 혼합물로서 존재할 때 쉽게 발화할 수 있다.(1.7.4 참조) 경우에 따라 비전도성 구성품(드럼 라이너 등)이 존재할 때 특별한 조치가 취해져야 한다.(7.9 참조)

## 5.4 조면기

**5.4.1** 면에 상당량의 전하가 존재할 때 면은 조면스탠드와 설비에 뭉쳐질 것이다. 이는 설비에 마찰열과 생산장해를 일으킨다.

**5.4.2** 면의 정전기 발생은 가습기와 대전방지제를 사용함으로써 최소화할 수 있다.

**5.4.3** 조면기의 본딩과 접지는 면공정상에 정전기 축적을 방지하거나 제거할 수 없다.

## 5.5 제어 조치

분진과 관련된 정전기를 제어하는 기본적인 방법은

- (a) 도전성 설비만을 사용하고, 모든 구성요소를 접지시킨다.
- (b) 대전된 분진 더미와 탐침 사이에서 방전을 일으킬 수 있는 돌출부(projection)와 탐침을 피한다.
- (c) 분진을 방전하는 수단을 제시하기 위해 공기를 이온화한다.
- (d) 콘테이너를 불활성화함으로써 인화성의 조건을 피한다.

## 제 6 장 가 스

### 6.1 기요

**6.1.1** 고체 또는 액체입자를 포함하지 않는 가스의 흐름은 정전기를 발생한다고 해도 매우 적은 것으로 알려져 있다.

**6.1.2** 금속산화물, 스케일입자(Scale Particle) 또는 무상이나 입자상태의 액체를 포함한 가스의 흐름은 정전기를 발생한다. 도전체 반대방향의 분자함유 가스의 흐름은 물체가 방전 배관에 접지되거나 본딩되지 않았다면, 후자가 대전될 것이다.

**6.1.3** 밀폐식 장치나 배관내에 가스가 있는 경우 설비는 전기적으로 도전성을 갖게하거나 본딩할 필요는 없지만, 전기적으로 절연된 도전체 부분이 사용되지 않았을 때는 제외한다.

### 6.2 입력하의 공기

응축된 수증기 입자를 포함하는 압축공기가 방출되는 경우 강한 대전현상이 일어난다.

### 6.3 탄화수소

탄화수소가 오리피스를 통해 고압액체 상태로 방출되는 경우 방출장치나 수용용기에는 정전하가 축적된다. 고압 탄화수소는 높은 발화 위험성이 있기 때문에 인화성 분위기가 조성되는 장소에 방전되어서는 안된다.

### 6.4 수소-공기 아세틸렌-공기 혼합기

수소-공기 아세틸렌-공기 혼합기는 0.017mJ 의 아주 작은 에너지로도 발화할 수 있다. 순수한 수소의 흐름은 어떠한 정전기도 발생하지 않는다. 그러나 산업분야에서 사용되고 있는 가스상태의 수소는 배관을 통해 흐르거나 벨브를 통해 압력용기로 유입되거나 노즐을 통해 방출되며, 용기나 배관 우측에서 나오는 산화물을 포함하게 되므로 이와 같이 이를 질으로 포함한 수소가스는 정전기를 발생시키고, 발화될 수 있다.

### 6.5 프로판 가스

**6.5.1** 액화석유가스는 6.1.1과 가스상태나 6.1.2 의 이물질이 포함된 경우와 유사한 방법으로 취급 한다.

**6.5.2** 밀폐식 연결을 통해 차량에 주유 또는 배유하는 경우는 스파크 발생부위에 증기가 누설되지 않으므로 호스나 배관의 도전성 여부에 관계없이 본딩이 필요하지 않다. 밀폐식 연결은 흐름이 시작되기 전에 접속되고, 흐름이 끝난 후 분리되는 형태이다.

## 제 7 장 산업과 상업 공정

### 7.1 벨트

#### 7.1.1 개요

동력전달용으로 사용되는 고무나 가죽으로 된 평벨트, V 벨트와 고체물질의 운송을 위해 사용되는 벨트는 정전기를 발생할 수 있으며, 발화성 분위기 분진 및 섬유가 존재할 우려가 있는 장소에는 원화조치를 해야 한다.

#### 7.1.2 평 벨트

7.1.2.1 고무 및 가죽 평벨트는 마찰에 의해 주위공기보다 높은 온도에서 운전됨으로 보통 건조하고, 우수한 절연체가 된다. 정전기 발생은 벨트가 벨트차(pulley)와 분리되고, 벨트차의 도전성 여부에 관계없이 일어난다.

7.1.2.2 도전성 물질로 만들어진 대전방지형 벨트를 사용함으로써 전하족적을 방진지할 수 있다. 또한 벨트에 특수형의 도전성 피막을 입힘으로써 방지할 수 있다. 지속적인 효과를 위해 피막을 자주 입혀야 한다.

7.1.2.3 벨트 내측의 벨트차가 분리되는 부분에서 수 인치 떨어진 지점에 설치되어 있는 접지된 빗형 정전기제거기는 대부분의 정전기를 효과적으로 배출시킬 수 있다(그림 7.2.4 d 부분 참조)

#### 7.1.3 V 벨트

V 벨트는 평벨트보다 정전기 발생 위험이 낮다. 그러나 일정한 온도 및 습도 조건하의 평벨트 운전은 상당한 양의 정전기를 발생할 수 있다. 인화성 증기가 존재하는 곳에는 도전형 V 벨트는 비도전체 물질의 측적에 구애받지 않고, 유지되어야 한다. V 벨트는 대개 정전기가 발생 위험이 적다는 것을 고려하여 인화성 증기가 존재할 우려가 있는 장소에서의 운전이 바람직하다.

#### 7.1.4 콘베이어 벨트

7.1.4.1 고체물질 운반용 벨트는 대개 저속으로 작동하여, 정상 상태에서 정전기를 발생하지 않는다. 그러나 운반되는 물질이 가열하였거나 매우 건조한 경우 또는 벨트가 가열된 환경에서 작동하거나 고속으로 운전될 경우 상당한 정전기를 발생시킬 수 있다.

7.1.4.2 콘베이어 벨트의 끝으로부터 호퍼 또는 유입된 물질은 정전기를 발생할 수 있다. 그러한 전하가 문제를 발생시키면 벨트 보조대와 벨트차를 호퍼와 전기적으로 본딩해야만 한다. 제전기는 재료의 유입에 도움이 될 수 있는 콘베이어

말단에서 가까운 지점에 설치한다.

#### 7.1.6 벨트차와 측

7.1.6.1 금속 벨트차는 그 위를 달리는 벨트에 나타나는 전해와 동량 이종의 전하를 띄게되며 측, 베어링 장치의 본체를 통해 대지로 전달된다. 금속 부품을 절연시키는 비도전성 부품과 관련한 특별한 경우에서, 설비의 절연된 금속 부분을 본딩하거나 접지하는 것이 필요하다.

7.1.6.2 윤활된 베어링은 대개 정전기가 측으로 누설될 만큼 상당한 도전성을 갖고 있다. 그러나 매우 높은 RPM에서 작동되는 베어링을 통과한 컨덕턴스는 전하발생율이 높을 때 정전기의 측적을 방지하기에 충분하지 않다. 이러한 이유 때문에 매우 높은 RPM에서 회전하는 측을 베어링 험(housing)에 슬라이딩 접촉을 통해서 본딩하거나 접지하여야 한다.

#### 7.2 코팅(Coating), 확장(Spreading), 함침(Impregnating)

7.2.1 코팅, 확장, 함침 작업은 섬유, 종이 등의 물질에 페인트, 렉커, 합성고무, 도우프(Dope), 니스와 같은 용액을 칠하는 작업으로서 상호 유사하다. 재료의 코팅과 함침작업에는 나이프(knife, blade), 플로잉 롤러(flowing roller) 스퀴이즈 롤러(squeeze roller)가 포함되며, 사용방식은 도장제의 점도, 습도, 기계의 속도, 필요한 코팅의 두께 및 함침의 깊이 등에 의해 결정된다.

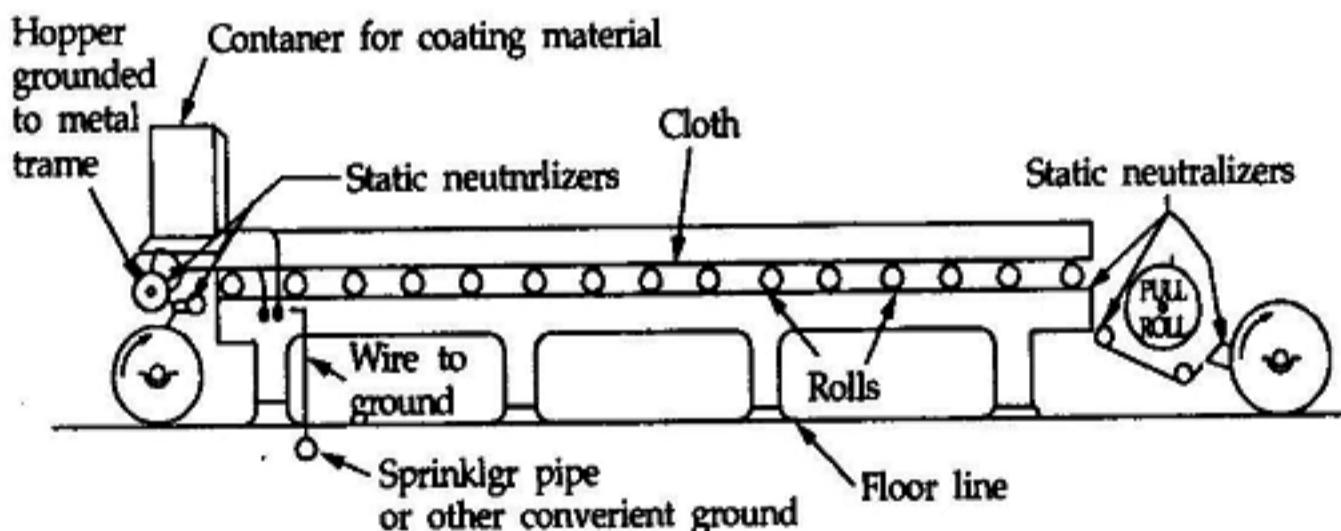


그림 7.2.1 의류 코팅기(금속프레임)의 접지와 제전기

7.2.2 코팅된 재료의 전하 측적은 롤로의 재질에 따라 상당부분 결정된다. 어떤 경우에 있어서 전하 측적은 롤러용으로 된 재료의 선택에 의해 상당히 감소될 수 있다. 예를 들어 비도전성 재료로 피복된 롤 대신에 도전성 롤은 도움이 될 수 있다.

7.2.3 작업자는 도전화를 작용해야 한다. 코팅기 주위의 작업대는 도전성을 갖고, 접지되어야 하며 작업자와 지면이 절연상태가 되지 않도록 주위 바닥을 청결하게 유지하여야

**7.2.4** 공정 중에 인화성 액체가 사용되면, 인화성 증기-공기 혼합기의 발화 방지를 위해 확실한 예방조치를 취해야 한다. 갑격왔던 재료가 풀리거나 나이프나 스프레더 밀을 통과하거나 롤로 위를 지나는 곳에는 제전기(그림 7.2.4 참조)를 설치해야 한다.(최대효과를 위한 배치에 관해서는 그림 7.2.4 참조) 기계의 모든 도전성 부분은 함께 접지되어야 하며, 기계가 본질적으로 접지되지 않았다면 기계의 프레임은 영구적으로 접지시켜야 한다.

**7.2.5** 인화성 액체가 사용되는 장소에, 적절한 환기는 이 지역과 설비에 인화성 증기 측적물을 방지하기 위해 제공되어야 한다.(NFPA 34, Standard for Dipping and Coating Processes Using Flammable or Combustible Liquids)

**7.2.6** 공정상 슬윤화가 유해하지 않다면 50% 이상의 상대습도 유지는 정전기 측적을 완화하는데 도움이 된다. 정전기 발생부분과 장치의 투입부에 국부 슬윤화와 증기분사 장치의 설치는 경우에 따라 정전기를 제어할 수 있는 실질적인 방법이 되는 것으로 알려져 있다.(7.6.1 참조)

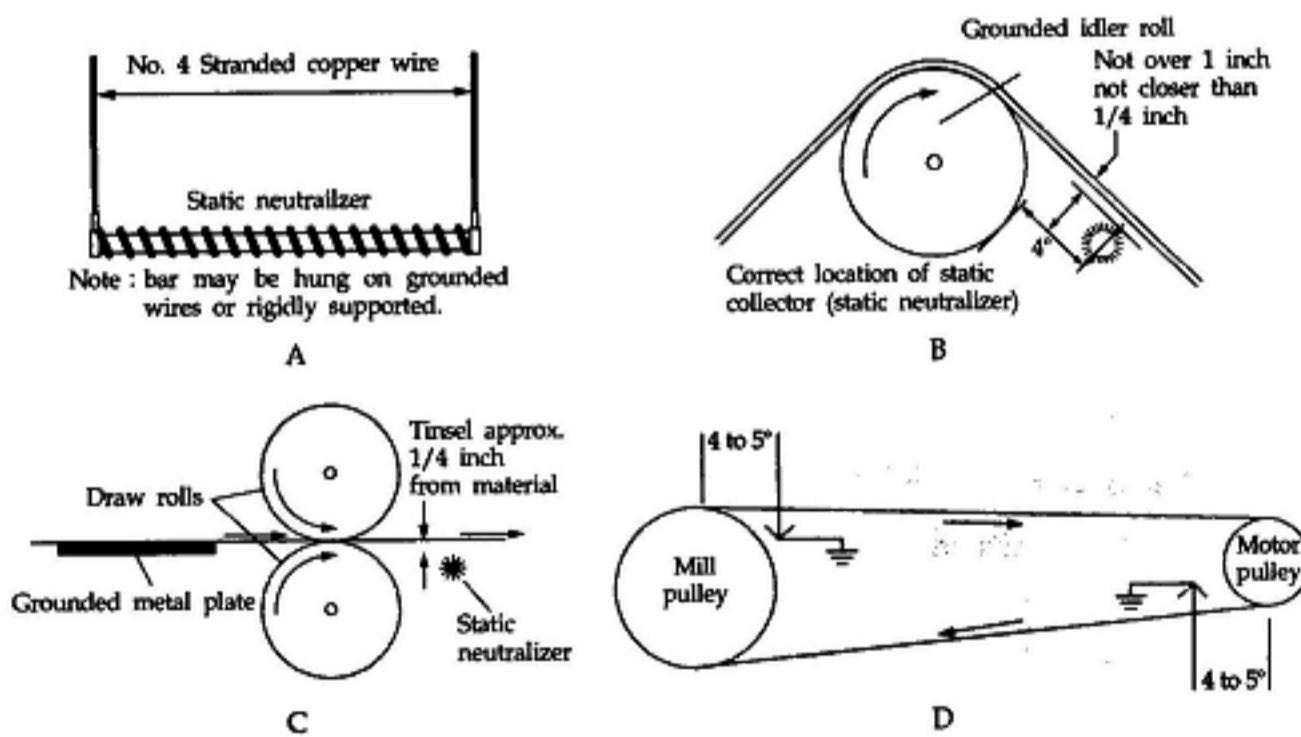


그림 7.2.4 비 도전성을 질의 정전기 제거

**7.2.7** 호퍼와 같은 솔벤트 용기는 밀폐식 배관을 통해서 주입되고, 밀폐되어야 한다.

### 7.3 인쇄 및 석판인쇄(Lithography)

#### 7.3.1 개요

인쇄나 석판인쇄 산업과 관련된 정전기 문제는 7.3.2에서 7.3.4.9에 걸쳐 서술되어 있다.

### 7.3.2 종이

7.3.2.1 종이표면의 특징은 경전기 발생량에 상당한 영향을 미친다. 종이는 다음과 같은 공정에서 정전기가 발생한다. : 접지(folding), 염색 절단, 새눈이박기(Eyeleting), 장식, 돌을 깔고 거칠게 하기(Pebbling and Roughing), 얇게 자르기, 구멍을 뚫기, 꺽쇠로 고정시키기, 마무리하기

7.3.2.2 종이의 흡습성이 어느 정도 종이표면의 특성에 의해 결정되며, 마찬가지로 종이의 정전기 발생에 상당한 영향을 미친다. 종이에 수분 함량이 많을수록 정전기 발생량은 더 적다. 방습성인 초산섬유로 된 종이 가공의 어려움이 좋은 예이다.

7.3.2.3 제지 산업에서 사용된 모든 종이가 상대습도 70% 이상에서 공기와 평형을 이룬다면, 다른 정전기 제어 방법이 필요 없을 것이다. 그러나 정전기 발생을 줄이기 위해 습도를 증가시키면 습도변화로 인한 종이의 크기와 신축성이 변하므로 공정상의 문제와 인쇄의 결함을 초래하며, 잉크의 건조에도 영향을 미친다.

### 7.3.3 잉크

7.3.3.1 활자인쇄와 석판인쇄에서 사용된 잉크는 인화점 300°F에서 400°F(149°C에서 204°C)을 갖는 약간의 휘발성 용매를 포함하며 화재 또는 폭발위험이 거의 존재하지 않는다. 고속인쇄 또는 그라비야 인쇄 및 곡면인쇄는 20°F에서 120°F(-4°C~49°C)의 범위에서 인화점을 갖는 낮은 인화점 솔벤트의 사용을 요구한다. 정전 스파크 또는 인화성 증기가 정전스파크나 기타 발화원에 의해 발화될 수 있는 다른 인화점 솔벤트를 사용하기 때문에 화재가 발생할 수 있다.

### 7.3.4 인쇄기

7.3.4.1 룸 또는 저장품으로부터 잡아당겨질 때, 인쇄표면에 그것을 옮기는 룸 또는 공급기(feeder)를 만질 때, 또는 원판과 마지막 운반 룸 또는 저장품 사이에 제공되는 취급기계에서 인쇄기에서 이용중인 종이에 의해서 많은 정전기가 발생한다.

플라스틱, 비닐, 및 기타 합성재료상의 인쇄는 종이에 하는 것보다 정전기 문제가 더 많이 발생한다.

7.3.4.2 인쇄기에서 정전기를 제거하는 일반적인 방법은 비록 프레임접지 자체가 정전기를 방지하는데 효과적이 아니더라도 자주 사용된다. 제전기 3.3.4에서 설명되었듯이 보통 종이에 아주 근접하여 사용한다. 그러나 작동중에 어느 한 점에서 정전기의 감소는 공정의 마지막 단계에서 정전기의 생성을 방진한다. 제전기가 여러 위치상에 필요할 수 있다.(그림7.3.4.2 참조) 또한 제전 막대는 운반 종이로부터 정전기를 제거하기 위해 흔히 인쇄지를 물어내는 장치에 부착된다. 신속

작동인쇄기를 위해 막대 주위를 쌓 금사 또는 공간에서 0.5~1 인치 (12.7~25.4mm) 서로 떨어져 있는 접지된 바늘과 같은 자기방전식제전기는 효과적인 것으로 밝혀졌다. 모든 제전기와 마찬가지로 위치가 중요하며, 개별시설의 효과는 전여 변경의 현장 측정에 의해 확인되어야 한다.(3.3.4.2.4 참조) 제전기는 접지된 금속성 인쇄기 부분에서 또는 직물이 롤러에 의해 저지되는 지역에서 될 수 있는대로 멀리 떨어져서 위치해야 하며, 직물의 통로를 방해해서는 안된다.

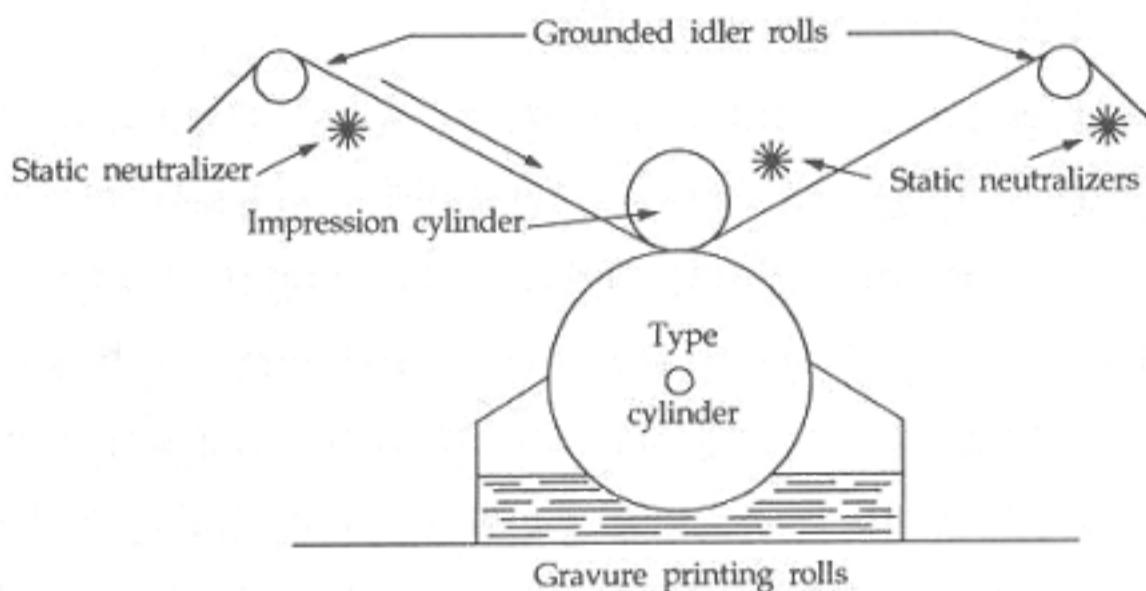


그림 7.3.4.2 인쇄 물에서 정전기 제거

**7.3.4.3** 금사 또는 마늘은 깨끗하고, 날카로운 면이 존재한다. 오물의 죽적과 부식생성 물은 효과적인 유지관리 프로그램에 의해 조절되어야 한다.

**7.3.4.4** 가습은 정전기를 제어하는 가장 효과적인 방법 중의 하나이다.(3.3.2 참조) 요구되는 가습량과 도입 방법은 작동되는 종이와 국부적인 인쇄실 조건에 따라 다소 다르다. 대개 45~60% 의 상대습도의 범위가 가장 실제적이다. 환기설비가 있는 플랜트에서 가습은 상대적으로 용이하며, 다른 곳에서 습도는 스텁을 방출하는 것에 의해 쉽게 도입된다.

**7.3.4.5** 정전기 제어에 대해 위에 설명한 것 이외에도, 인쇄기에서 흔히 사용되는 기구는 개방 가스화염이다. 물론 이것은 저휘발성의 잉크를 사용하는 인쇄에서만 사용될 수 있다. 이 개방화염은 이동의 말단부에서 인쇄기에 가로로 위치하여 종이가 신속히 또는 히터에 근접해서 화염을 통과하게 허용한다. 가스 화염이 꺼지도록 인쇄기와 인터랙해야 한다. 버너의 불꽃이 종이의 가장자리에 닿지 않도록 하는 것이 필요하다.

**7.3.4.6** 제전기는 모든 인쇄기, 특히 회전형 인쇄기에서 정전기의 제거를 위해 사용된다.

(3.3.4 참조) **롤의 끝** 부분으로부터의 잉크 분사는 제전기 끝에 축적되는 경향이 있으며, 몇 예에서 나무 많은 잉크 축적은 제전기의 전기적 고양을 야기하기 때문에 항상 청결하게 유지되는 것이 중요하다.

**7.3.4.7** 높은 작동 속도는 밀폐된 잉크통 개발 결과이다. 이는 더 안전한 인쇄에 도움이 된다. 적절한 국부환기에 의한 인화성 종기의 제거는 이러한 인쇄기에서 화재를 제거하는 최상의 방법일 것이다. 조절(냉방,난방) 공기는 인쇄기에 공급되어 인쇄 실린더를 지나갈 때 종이로부터 배기된다. 이는 급속한 건조를 도울 뿐 아니라 연소하한계 이하로 종기를 유지한다.

**7.3.4.8** 화재의 관점에서, 느린 속도의 인쇄기는 고속도 인쇄기에서 나타나는 정전기 문제가 내재하지 않는다. 평발침대 인쇄기에서 사용되는 잉크는 항상 저휘발성이다. 그러나 제품의 관점에서 정전기 문제는 여전히 존재한다. 각장의 종이를 사용하는 이러한 인쇄 형태는 흔히 두개 이상의 인쇄기를 통해서 작업을 하는데 필요한 다색인쇄 작업을 위해 사용된다. 밸채(fly : 인쇄에서 종이를 넘기는 장치)로부터 각장의 종이를 만족스럽게 운반할 뿐 아니라 정확한 기록의 문제는 인쇄에서 발생된 정전기의 영향을 받는다. 압지들로부터 종이를 내보내는 것까지도 가끔 어렵다. 압지들에서의 집착문제를 가장 만족스럽게 처리하는 방법 중의 한 가지는 글리세린과 아세틱산에 종이를 담그는 방법을 사용하는 것이다.

**7.3.4.9** 건조대에서 건조한 종이를 사용하는 회전 그라비아판 (rotogravure)인쇄는 정전기 발생기가 될 수 있다. 고무 **롤**은 동식각(etched) **롤**에 대한 압력의 4톤 (907kg)정도로 인쇄되며, 이는 휘발성 잉크를 포함한다. 그리고 두 개의 **롤** 사이 **롤** 종이가 지나간다. 다색 인쇄기에서 각 색을 위한 비슷한 배열이 되어있다. 정전기의 발생은 가끔 **롤**과의 접촉에서 광택을 내기 위해 **롤**에 넣는 종이의 각 도 **롤** 변화하거나 **롤** 사이에서 압력을 줄이는 것에 의해 감소될 수 있다. 종이와 잉크의 도전성과 인쇄실 공기 습도 **롤** 높이는 것은 또한 회전 그라비아 인쇄에서 정전기 효과를 줄이는데 유효하다. 좀더 완전한 제어를 위해서 각 인쇄 **롤**러의 이동부분에 직물의 전체 너비 **롤** 덮는 제전기가 항상 필요하다.

## 7.4 혼합과 배합작업

**7.4.1** 인화성 액체 또는 인화성 액체에 입자의 혼합 및 배합에서, 정전기를 소멸하는데 가장 일반적인 방법은 모든 금속 부분과 기계의 모든 움직이는 부분을 본딩 및 접지하는 것이다. 따라서 금속과 다른 도전성 물질에 의해 접촉되는 부품설계에서 가능하면 많이 사용되어야 한다.

**7.4.2** 권장되는 본딩과 접지는 액체 표면에서의 자유전하를 제거하지는 않는다.(4.2절 참조)

**7.4.3** 탱크에서의 분사 혼합과 프로펠러(propeller) 혼합은 전하를 생성할 수 있다. 인화성액체 탱크의 바닥에서 물의 충이 형성되는 교반을 피하기 위한 주의가 취해져야 한다. 분사 또는 프로펠러 흐름은 표면을 깨뜨리지 않도록 방향을 잡아야 한다. 방사 혼합 노즐은 액체표면 위에 있을 때 탱크 충전용으로 사용되어서는 안된다. 인화성 혼합기가 액체표면 상에 존재하면 불활성 가스 주입이 적용될 수도 있다.(NFPA 69, Standard on Explosion Prevention Systems 참조)

**7.4.4** 프로팅 루프 탱크는 증기 공간을 제거한다. 따라서 위험한 배합 서비스에 특히 바람직하다.

**7.4.5** 운전 중 분진이나 분말이 발생되는 지역에서는 적절한 관리가 가장 중요하다. 건물과 장비는 선반 벽선반과 물질이 축적될 수 있는 유사한 장소를 제거하도록 설계되어야 한다.

**7.4.6** 수송관(duct)과 콘테이너로 들어오는 충격스파크를 발생할 수 있는 금속, 공구 또는 느슨한 철물류를 방지하는데 주의를 해야 한다.

**7.4.7** 락커나, 코팅재료 제조에서 플라스틱 분말 또는 펜렛이 용매에서 용해된다. 플라스틱 재료와 용매는 대개 부도체이지만 혼합 및 배합 작업시, 정전기 발생이 높을 수 있으며, 특히 작업의 시작시에 높다. 전하 발생은 도전성 용매의 사용 또는 비도전성 용매에 도전성 참가제를 함하는 것에 의해 감소될 수 있다.

## 7.5 필름제조와 사출

얇은 필름제조에서 정전하의 발생은 약간 있을 수 있다. 특히 비도전성 코팅 재료가 사용된 때 최종제품이 도전성이 아니라면, 제품으로부터 용매가 증발하는 만큼 위험성이 증가한다. 제품의 정전하는 근처의 공기를 이온화함으로써 감소될 수 있다. 이온화는 정전기빗, 금속실 황동(tinsel brass)을 사용하고 또는 방사성 물질을 사용하는 것에 의해 얻어질 수 있다.

## 7.6 스텁분사

**7.6.1** 방출 배관에 본딩되거나 파이프 또는 양쪽 유닛에 접지되지 않았다면, 스텁이 응축되는 표면에서 정전기가 축적될 수 있다. 연결부분 사이에  $10\Omega$  이하의 저항이 적절하다. 인화성 증기-공기 혼합기가 존재할 가능성이 있다면 스텁분사는 피해야 한다.

또한 스팀 추출기가 인화성 증기를 포함하는 탱크를 환기하기 위해 사용된다면 추출기는 탱크로부터 수증기를 밀어내도록 사용되어야 하며(스팀을 탱크안으로 끌어넣지 않는다.) 추출기는 탱크에 전기적으로 본딩되어야 한다.

**7.6.2** 스팀 청소가 위험을 형성할 때, 방출된 스팀이 통과하는 모든 파이프나 노출은 스팀이 사용되는 장비에 본딩되거나 두개의 물체에 본드되어야 한다.

## 7.7 인화성, 가연성 물질의 도장작업

(NFPA 33, Standard for Spray Application Using Flammable and Combustible Materials 참조)

**7.7.1** 스프레이 도장시설에서 인화성 혼합기의 발화는 종종 축적된 정전기의 방전 결과이다.

**7.7.2** 에어레스(Airless) 스프레이 설비에서, 정전기는 피도장 물체와 스프레이 건에 축적될 수 있다. 장비가 건을 통해 세정되거나(색상 변경을 위해) 건으로부터 유체흐름이 전기적으로 절연된 양동이 또는 드럼통 안으로 향할 때 특별히 위험한 조건이 존재한다. 인화성 액체가 관련되는 끝의 도전성 피도장 물체와 건으로부터 방출되는 유체를 모으는 콘테이너는 스프레이 장비에 본딩되어야 하며, 이 두 가지는 스프레이에서 생성된 전하가 스파크를 발생하지 않고 소멸되도록 접지되어야 한다.

**7.7.3** 유체 또는 분말의 스프레이장비는 작업제품에 코팅의 접착을 높이기 위해 고전압(30kv~150kv)에서 작동되어야 한다.

**7.7.3.1** 이러한 장비의 몇가지 형(흔히 고착된 기구라고 한다.)은 인화성 혼합기의 발화 할 수 있는 발화가능 스파크 방전 가능성이 있고, 전격 부상을 발생시킬 수 있다. 분무기와 제품 사이의 거리조정에 의해 그러한 스파크 현상을 방지하려는 시도는 증기 또는 에어줄이 포함된 공기를 통한 스파크 거리를 예상할 수 없기 때문에 신뢰적이지 못하다. 그러한 스파크를 발생할 수 있는 장비를 사용할 때는 방호펜스로 에워싸야 하고, 직원을 보호하기 위해 인터록해야 하며, 인화성 또는 가연성 코팅 재료를 사용할 때는 고기술의 소화설비에 의해 방호되어야 한다.

**7.7.3.2** 정전장비의 작동시 공정 지역내에 전기적 도전성이 절연된 물체는 공정에 의해 영향을 받으며, 인화성 또는 가연성 물질을 변화할 수 있는 스파크 방전 결과를 낳는 전압으로 대전될 수 있다. 보통 이러한 사고에 관련된 물체는 잘못된 접촉점을 갖는 콘베이어 상의 제품을 포함한다. : 용제 용기 또는 공구가 비전도성 페인트 잔여물, 판지 또는 목조 잔여물 위에 놓여 있다 : 느슨한 바닥격자(grate)

와 같은 스프레이-부스부품(components) : 고무 신발에 의해 대지로부터 절연된 사람, 바닥과 장갑에 측적된 페인트 잔여물

**7.7.4** 작동 중의 정전장비가 없지만 점착적이고, 전기적 비도전성 페인트 잔여물이 마루에 측적되어 있는 스프레이 페인팅 환경에서도 상당한 위험성은 그러한 바닥을 걸어가는 것으로부터 발생하는 신체의 정전기와 연관되어 있다. 둘 또는 세발자국이 작업자의 신체에 충분한 전압을 발생할 수 있으며, 작업자가 접지된 물체에 다다랐을 때, 발화성 스파크를 발생한다. 이러한 스파크가 용제용기 또는 새롭게 페인트된 물체 주위와 같은 인화성 증기에서 발생한다면 화재가 된다.

#### 7.7.5 예방

**7.7.5.1** 임의 물체상에 측적된 정전기의 스파크에 의한 발화를 방지하기 위해, 공정지역 내의 모든 전기적 도전성 물체는 전기적으로 본딩되거나 접지되어야 한다. 정전설비를 위한 고압 전력공급 장치는 장비가 실제 스프레이 작업시에만 동전되도록 제어인터록(interlocks)장치가 설치되어야 한다.

**7.7.5.2** 정전 스프레이 장비로부터의 위험성을 최소화하기 위해 등록된 장비만이 사용되어야 하며, 제조사의 권장사항에 따라 설치 및 유지관리되어야 한다.

### 7.8 비도전성 콘테이너

#### 7.8.1 액체 취급

5~6gal(19~227L) 용량의 플라스틱 용기에서 인화성 액체의 취급은 액체가 도전성이더라도 위험하다. 콘테이너에 충전하는 동안 튕는 것, 교란 또는 여과에 의해 생성된 전하는 액체 표면 또는 대지로부터 절연된 도전성 부품에 측박될 수 있다. 전하는 또한 선적시나 취급 시 콘테이너의 외부 표면을 문지르는 것에 의해 생성될 수 있다. 이러한 대전 메카니즘은 발화성 방전의 결과를 가져온다. 권장된 안전조치는 콘테이너나 주변 모든 금속 부품을 접지하는 것이며, 접지된 주입기로 바닥에다 충전하는 것에 의해 전하 완화를 제공한다.

##### 7.8.1.1 운반가능한 콘테이너

운반가능한 콘테이너에 인화성 물질의 취급은, 액체가 도전성이더라도 상당히 위험하다. 콘테이너를 문지르는 행위 또는 다른 공정에 의해 대전된다면, 콘테이너에서의 대전된 액체로부터 또는 용기 그 자체로부터 발화성 방전이 발생할 수 있다. 비도전성 콘테이너가 사용되어야 한다면 방전 전극은 충전 중 액체에 존재해야 한다. 이는 접지된 힘전파이프 또는 접지된 전선으로 구성될 수 있다. 깔때기와 같은 모든 도전성 요소는 충전 중 접지되어야 한다. 충전율은 상향흐름 필터가 있을 때 특히 최소화해야 하고, 방전

전극 또는 침전 파이프는 어떠한 저도전성 액체(50pS/m 이하)를 충전한 후에 최소한 30초동안 액체에 머물러 있어야 한다. 비도전성 콘테이너가 주위의 인화성 혼합기를 포함하는 지역에서 사용된다면 콘테이너 표면의 대전 가능성 때문에 위험이 추가로 발생한다. 또한 비접지된 직원에 의한 발화위험도 고려하여야 한다. 저도전성 액체와 1gal(3.8 L)을 초과하는 비도전성 콘테이너에 관련된 절차를 채택하기 전에 특별한 중고를 받아야 한다.

#### **7.8.1.2 고정 콘테이너**

55gal(208L)을 초과하는 고전된 비도전성 콘테이너의 사용은 적절한 설계와 절차가 제시되지 않는다면 인화성 액체 서비스를 위해 권장되지 않는다. 전문가의 조언을 얻어야 하며, 특히 저도전성 액체일 때는 더욱 그렇다. 잠수한 접지판 또는 격자의 사용과 같이 대전 완화를 돋는 추가적인 방법은 외부 접지체를 고려하여 콘테이너 기하학적 고려를 포함하며, 그 적절한 크기와 배치는 일반화될 수 없다.

#### **7.8.2 분말(분진) 취급**

##### **7.8.2.1 종이막대와 섬유드럼**

이 콘테이너는 도전체로 간주될 수 있다. 종이막대는 접지된 인원에 접촉되 때 또는 공정용기의 원료투입구와 같이 접지된 표면에 있을 때 접지된다. 섬유드럼은 접지케이블과 클립에 의해 접지할 수 있다.(비도전성 라이너에 관해서 7.9절 참조)

##### **7.8.2.2 플라스틱 가방과 드럼**

이 콘테이너는 쉽게 대전되고, 표면 또는 비접지된 직원의 유도대전에 의해 방전될 수 있다. 인화성 액체에 분말을 옮길 때, 혼성 혼합물이 형성될 수 있는 곳에 또는 저발화 에너지의 민감한 분말과 함께 이를 사용해서는 안된다. 직원은 적절하게 접지되어야 한다.

##### **7.8.2.3 대형 콘테이너와 운반상자**

7.8.2.2의 규정에 추가하여 접지막대는 컨테이너 벽의 축전기와 유사한 전하축적을 방지하기 위해 충전중 콘테이너 안에 위치해야 한다.

#### **7.9 콘테이너 라이닝**

**7.9.1** 라이닝은 도전성 플라스틱 또는 알루미늄 호일과 같이 도전성 또는 비도전성일 수 있다. 도전성 라이닝에서 발생되는 위험성은 접지에 따라 정해진다. 비도전성 라이닝은 도전성의 광범위한 범위를 가지고 있으며 라이닝이 전하의 완화를 방해한다면 위험을 형성한다. 비정전기 및 도전성 라이닝은 구입 가능하다.

### 7.9.2 액체

**7.9.2.1** 액체용 콘테이너는 의도적으로 라이닝하거나 액체가 벽에 응고되거나 껌 또는 수지를 형성할 때와 같이 물질의 침적에 의해 라이닝 될 수 있다 라이닝이 전화완화를 방해한다면, 더 많은 전하가 도전성 콘테이너의 경우에서보다 더 많이 축적한다. 페인트, 에폭시 또는 페놀수지의 라이닝은 대개 무시될 수 있다. 라이닝의 표면저항이  $1011\Omega$ 을 초과하면 도전성 물질의 접지된 침전 파이프의 사용을 고려해 보아야 한다. 침전 파이프는 항상 폴리에틸렌에서와 같이 고-저항 라이닝을 위해 사용되어야 한다.(즉 폴리-철 드럼) 마이크로 필터가 낮은 도전성 액체 서비스에서 사용된다면, 추가적인 예방조치가 고-저항 라이닝을 위해 필요하다. 필터와 콘테이너 사이에 적당한 완화시간이 제공될 수 없다면 불활성화를 고려해 보아야 한다.]

### 7.9.3 분말(분진)

#### 7.9.3.1 도전성 콘테이너

포리에틸렌 같은 비도전성 라이너는 혼성 혼합물이 존재하거나 저발화에너지와 함께 민감한 분진용인 경우에 사용되어서는 안된다. 특별히 이 라이너는 콘테이너를 떠나는 것이 허용되지 않으며, 원료 투입구에서와 같이 인화성 증기가 존재하는 지역에서 재조정 할 수 없다. 페이트 또는 에폭시 수지와 같은 고정된 라이닝은 추가적으로 발화위험을 갖는다고 여겨지지 않는다. 모든 경우에 있어서 콘테이너를 접지하는데 특별한 주의를 기울여야 한다. 섬유 드럼일 경우 높고 낮은 흙은 폴리에틸렌 라이닝이 있다면 접지되어야 한다. 특히 종이마대인 경우에 관련된 사람을 통한 접지에 의존하는 다른 비접지된 콘테이너의 적절 취급 때문에 직원은 접지되어야 한다.

#### 7.9.3.2 비도전성 콘테이너

도전성 플라스틱과 같은 도전성 라이닝이 사용된다면 이 라이닝이 적절하게 접지되었는지를 확인하는데 특별한 주의를 요한다. 그렇지 않다면 라이닝에 축적된 전하는 강력한 스파크로서 방전될 수 있다.

## 제 8 장 정전기의 감지와 측정

### 8.1 개요

**8.1.1** 정전화 형성의 위험도를 평가하기 위해 그 위치를 확인하고, 그 크기를 결정하는 것이 필요하다. 현재 가능한 여러 가지 측정기구 중에서, 대부분이 다음이 범주 안에 있는 것이다. 전위계, 정전 전압계 또는 사용 용도에 따라서 전위계가 전압, 축적된 전하 또는 전류를 측정할 수 있다. 정전 정압계는 전압을 측정한다. 전계 측정기

(field mill)는 전계를 발생하는 전하에 직접 접촉없이 공간의 전계강도(단위 거리당 전압)를 측정한다. 게다가 대상 물체에 정전하의 양적인 표시를 할 수 있는 다양한 휴대용 비접촉성 기구가 있다.

※ 참고 : 계기 또는 시험기법이 인화성 혼합기를 발화하지 않도록 하기 위한 상당한 주의가 필요하다. 예를 들어 계기는 본질안전구조로 설계되었으며, 노출된 민감한 요소에 나타나는 위험한 에너지 수준을 방지하기 위해 퍼지되거나 특별히 보호되는 회로가 있는 방폭구조의 함에 밀폐되어 있다.

**8.1.2** 위험수준을 의미있게 결정하기 위해 적당한 형의 계기가 사용되고, 눈금을 적절하게 해석하는 것이 중요하다. 비접촉성 계기는 민감한 둘째에서 전계강도의 크기(그리고 몇 경우에서 극성화)에 응답하며, 이는 전압 또는 전하에 따라 눈금이 교정되더라도 반응한다. 계기에서의 전계강도는 정전하에 접근한 전계와 상당히 다르며, 이러한 경우 계기의 눈금은 위험성의 정도를 정확하게 나타내지 않는다. 대전된 도전체를 위한 측정방법은 비도전체의 그것과 다르다. 도전체의 전압은 접촉에 의해 측정된다. 비도전체에 대한 전압측정은 적절하지도 가능하지도 않다. 왜냐하면 전압은 지점에 따라 서로 다르고, 측정장치의 도입에 따라 변하기 때문이다.

**8.1.3** 대전된 비도전체는 종이, 필름, 분말, 액체, 공정 물, 사출 등 많은 서로 다른 형태를 취할 수 있다. 분말 또는 액체의 대전레벨의 결정은 단위 크기당(mass) 전하와 단위 용량당 전하에 관련될 수 있는 대전전류 또는 축전된 전하의 전위계 측정으로 가능하다. 종이, 필름, 직물, 공정을 등과 같은 표면상의 대전발생의 측정은 주로 단위표면적당 전하가 추론될 수 있는 것으로부터 표면 위에 전계강도(단위거리 당 전압)에 따라 쉽게 된다. 비도전성 표면상의 전하밀도가 전형적으로 형태가 없기 때문에, 계기에 의해 측정된 지역이 그 눈금에 상당한 영향을 가질 수 있다.

**8.1.4** 비도전체의 대전레벨 또는 전계강도와 유용한 스파크 에너지 사이의 관계는 도전체의 경우에서처럼 한정되어있지 않다. 실험장의 관계는 인화성 액체의 취급과 인화성 환경에서의 플라스틱 필름의 가공과 같이 몇 가지 적용이 발전되어 왔다.

## 8.2 전위계

**8.2.1** 전위계는 흔히 실험실에서 사용되며, 전계 조사를 위해 사용된다. 측정은 ASTMD447, Standard Test Method for Static Electrification에서 설명된 절차에 따라서 실기되어야 한다. 이러한 계기는 측정된 전하의 소멸을 피하기 위해 필요하고, 입력 저항(전형적으로  $10^{14}\Omega$  이상)을 제공하는 특별한 입력단계를 채용한다. 그들은 즉, 입력에서(전형적으로  $10^{14}\Omega$  미만) 자체생성되는 전류인 매우 낮은 바이어스 전류를 갖는다. 전위계의 최대 전체 눈금 범위는 대개 10 또는 100V이며, 키클로볼트 범

위에서의 정전기 전위는 고저항 배율기의 부작에 의해 측정될 수 있다. 전위계는 또한 적당한 저항기 또는 측전계를 입력측 또는 피드백 구성을 가로지르는 것에 의해 대전전류 또는 통합전하를 측정할 수 있다.

**8.2.2** 전위계는 기본적으로 측정되는 물체를 접촉하도록 설계되었고, 측정된 물체로부터 약간의 전하를 끌어내는 특성이 있다. 그러나 대전된 물체의 전계의 전위계의 입력 단자를 노출하는 탐침과 비 접촉 측정이 가능하다. 탐침은 효과적인 용량성 분리기이다.

**8.2.3** 용량성 탐침/전위계 결합은 지속적인 감시에 적당하지 않다. 왜냐하면 한정된 입력 저항과 전위계의 바이어스 전류는 눈금오차를 야기하기 때문이다. 그러나 배치는 많은 상황에서 특별지점 측정용으로 사용될 수 있다.

### 8.3 정전 전압

이러한 유형의 계기는 연결된 도전체의 전위 측정용으로만 적당하다. 정전 전압계는 가동 및 정지 금속 날개 사이의 정전하 유인에 의해 작동한다. 편향을 유지하려는 전류가 흐르지 않는데, 이는 날개의 한 셋트가(대개 정진된 셋트) 상당히 높게 절연되었기 때문이다. 운반가능하고, 정확하게 눈금교정된 계기는 100~1000V 이상의 범위에서 유용하다. 계기의 입력 정전용량은 만약 측정되는 설비가 보다 큰 정전용량을 가지고 있지 않다면, 측정된 전위는 감소 할 것이다.

### 8.4 전계 측정기

**8.4.1** 측정을 위해 대전된 물체와의 접촉 필요성은 전계 측정기를 사용함으로써 극복 할 수 있다. 전계 측정기는 차폐나 회전 셔터가 민감한 전극을 정전계와 전계 없는 지역에 교대로 노출하는 비접촉성 장치이다. 이 형태와 장치를 전계 측정기, 전계 강도계, 발전 전압계 또는 정전계라고 부른다. 어떤 전계 측정기는 높은 정확성에 높은 정도의 섬세함을 가지고 있다.

**8.4.2** 전계 측정기는 표면에서 전계강도(단위 거리당 전압)에 응답한다. 전압이나 전계강도를 서로 다른 위치에서 재지는 않는다. 그러나 전계 측정기 표면에서 전계강도를 측정하는 것부터 먼 위치에서 전압이나 전계강도가 얼마라는 것을 추론하는 것은 가능하다. 이 추론은 전계 측정기가 위치하는 기하학적 환경에 상당히 의존한다. 접지된 금속판에 블어있는 동안 전계 측정기는 눈금교정된다. 알려진 전위가 계기로부터의 표준거리에 있는 별련 금속판에 적용된다. 이 별련판 기하학은 알려진 일정한 전계강도를 제시한다.

### 8.5 기타 비접촉성 장치

비접촉성 계기의 다양성은 손에 쥐는 것과 대전이 의심되는 지역을 가리키는 것으로 유용하다. 눈금이 볼트로 조정되어 있다하더라도 손에 쥐는 미터는 미터앞 표면의 전압을 측정하지는 않는다. 이 눈금은 미터 앞 부분의 전압뿐만 아니라 미터 자체의 정전위와 기하학적 환경에도 의존한다.

### 8.6 검전기

판 검전기는 간단하지만 민감한 장치이며, 장치가 대전되었을 때 그 판의 반발에 의한 전하의 존재 혹은 부재를 나타낸다. 이온화한 방사선용 휴대용 방사선량계와 한 두개 교실 시범모델로서 의존된 유닛만이 이용 가능하다.

### 8.7 네온 등

작은 네온등과 형광등은 한 단서가 접지되고(또 손에 쥐었을 때) 다른 단자가 700V 이상의 전위를 운반하는 표면과 접촉했을 때 회미하게 점등될 것이다. 등은 표면이 등을 통해 대전되면서 빛을 낸다.

## 제 9 장 참고문헌

## 부록 I 설명자료

이 부록은 NFPA 문서의 권장사항의 일부가 아니라, 정보의 목적으로만 포함되었다.

A-1.6 아래의 표는 마찰 대전 접촉/분리대전, 또는 마찰-대전으로서 다양하게 참조되는 현상과 연관된다. 이 효과의 조건이 되는 두가지 재료의 대전은 그들이 목록상(분리의 정도) 멀리 떨어져 있음에 따라 더 많이 발생한다.(예를 들어 cellulose nitrate(질산성유1소)에 문지른 토끼털은 최대로 대전된다. 이 표상에서 서로 인접한 재료는 최소로 대전된다. )

### 전형적 대전서열

#### ⊕ 토끼 털

투명합성수지

베이클라이트(일종의 합성수지)

초산 성유 소

유리

석영

운모

모

고양이 털

실크

면

나무

호박

수지

금속

폴리스틸렌

폴리 에틸렌

테프론

#### ⊖ 질산성유소

※ 참고 : 이 대전서열은 드문 경우에만 재생되지 않을 것이다. 청결과 습도 같은 조건은 이 서열에 상당한 영향을 미친다. 이 목적의 상단의 재료는 하단의 재료와 함께 대전되었을 경우 정(+)의 정전기를 발생한다.

## 부록 II 용어 해설

이부록은 NFPA 문서 권장사항의 일부가 아니다. 정보목적으로만 포함되었다. 사전에서 찾을 수 있는 단어와 용어는 여기에 있는 것으로 한정되지 않는다. 아래의 기술적인 단어는 이 매뉴얼과 정전기 분야에서 그들 용도의 용어로 한정된다. 그러므로 정의는 일반적이거나 완전한 본질에서 필요하지 않다.

### 정전용량(Capacitance)

분수 또는 패러드(정전기용량의 단위)로 측정된다. 전전용량은 공기탱크 같은 것이다. 탱크안으로 밀어넣은 공기의 각 온스는 탱크안에서 특정 양의 압력을 상승시킨다. 이 양은 탱크의 크기 또는 용량에 의해 결정된다. 작은 탱크에서 고정된 공기의 양이 들어왔을 때 압력상승은 크다. 큰 탱크에서 같은 공기의 양이 추가되었을 때 압력상승은 작다. 본질적으로 공기는 누군가가 공기밸브를 열어서 공기를 빼내거나 탱크가 폭발할 때까지 탱크안에 남아있게 된다.

같은 것을 전기적으로 적용해보면 사람, 자동차 또는 비행기 같은 전기적으로 충성인 물체로부터 받은 전자(위의 공기와 같은 것)는 표면 지역과 물체의 형태에 따른 비율에서 전압(압력)이 상승한다. 전압은 물체의 표면특성(정전용량)과 표면의 전자수에 의해 결정된다. 물체가 클수록 특정한 양의 전압을 상승하는데 더 많은 전자가 필요하다. 그러한 까닭에 이 물체의 정전용량이 높아진다. 명확하게, 비행기와 같이 큰 물체는 전압의 큰 변화없이 많은 전자를 받아들이고 소멸시킬 수 있다. 그래서 이것은 많은 정전용량을 갖는다. 이와는 다르게 머리핀과 같은 작은 물체는 작은 전자만을 나누거나 받아들일 수 있으며, 이는 전압에서 많은 변화를 만들어서 작은 정전용량을 갖는다. 전기 전하와 공기 설명 사이의 가장 큰 차이점은 변화를 만들어서 작은 정전용량을 갖는다. 전기 전하와 공기 설명 사이의 가장 큰 차이점은 공기가 내부에 남아 있는 동안, 전기를 보유한 전하는 물체의 외부에 남아 있다는 것이다. 정전용량은 “패러드”의 단위로 측정된다. 실제로, 패러드는 수직적으로 상당히 많아서 106패러드 또는  $10^6$ 패러드 그리고  $10^{12}$ 패러드(이상 모두 많은 패러드를 의미)라고 이야기하는 것이 용이하다.

### 전하(Charge)

분수 또는 쿠лон(전기량의 단위: C)으로 측정된다. 물체의 정전하는 물체(음전하)의 분리된 전자의 수, 또는 물체가 아닌(양전하) 분리된 전자의 수에 의해 측정된다. 전자는 파괴될 수 없으며, 그래서 명확하게 전자기 한 물체에서 제거되었을 때 다른 물체로 이동한다. 그래서 항상 발생된(전하)(양음전하)는 둘 둘 반대 전하가 있다. 물체에 6,240,000,000,000,000 개의 전자가 있다고 말하기는 어색해서 우리는 대신에 물체가 1쿠лон의 전하를 가졌다고 한다. 쿠лон은 단순히 이 특정한 전자를 위해 명명한 것이다. 더 편리한 용어에서 1쿠лон =  $6.24 \times 10^{18}$  전자이다. 정전기에 많은 실제적 단위가 uc(마이크로쿠лон)이며,  $6.24 \times 10^{12}$  전자를 나타낸다.

### 전하 완화

액체의 도전성은 전하가 대지로 소멸되는데 소요된 시간으로 결정한다. 액체가 접지되고 도전성 콘테이너에 있을 때, 완화시간  $\tau$  ( $1/e$  또는 원래 전하의 37%로 떨어지는 전하에 대한 시간)가 주어진다.

$$\tau = \frac{66_0}{K} \times 10^{-12} (\text{초})$$

$\tau$  = 완화 시간(초)

$\epsilon$  = 액체의 상대적 허용도

$\epsilon_r$  = 자유 공간의 허용도( $8.85 \times 10^{-12} F/m$ )

$k$  = 액체의 도전성(pS/m)

도전성이 낮을 수록 완화시간은 길고 전하를 잡고 있는 능력은 크다. 전하가 원래 수치의 5%로 떨어지면 매파 3번의 완화시간이 요구되며, 5번의 완화시간은 이를 원래 수치의 1%이하가 되게 한다. 이것으로부터

$$Q = Q_0 e^{-t/\tau}$$

$Q$  = t 시간전하

$Q_0$  = 원래의 전하

예 : 그의 상대적 허용도와 50pS/m의 도전성을 가진 액체를 가정하면 4.1.7에서 주어진 완화시간은 0.35s이다. 1초 후에 남겨진 전하의 소량은 아래와 같이 주어진다.

$$\frac{Q}{Q_0} = \exp \frac{-1}{0.35} = 0.06$$

약 1초 안에 전하가 원래수치의 약 6%로 떨어지기 때문에 50pS/m 이상의 도전성 수치는 대개 접지된 기계에서 위험한 전하축적을 방지하는데 충분하다. 약 100pS/m의 도전성을 가진

액체는 대부분의 경우에 높은 도전성이라고 할 수 있다.

### 전류(Current)

분수 또는 암페어(A)로 측정된다. 특정한 시간(분당 갤런) 안에 어떠한 지점을 지나는 물의 양에 따라 계산되는 물의 흐름과 같이 시간에 의해 측정되는 전장의 흐름이다. 이 흐름이 전류이다. 전류는 초당 전자의 흐름에 따라 측정되며, 이 숫자가 매우 크기 때문에 초당 쿠лон에 따라 전류를 계산하는 것이 편리하다.(쿠лон의 정의에 관하여 전하 편을 참조). 초당 쿠лон이라고 계속 말하기가 곤란하여, 암페어(A)라는 단어가 이 대신에 개발되었다. 그래서 초당 1C 이 1A 가 된다.

### 에너지(Energy)

분수 또는 Joule(주울 :J)단위로 측정된다. 스파크는 확장되는 에너지이다. 에너지는 일을 하도록 요구된다. 종종, 이것이 전형적인 에너지라면 이것은  $\text{ft} \cdot \text{lbf}$  (피트파운드 : 1 파운드의 무게를 1 피트 옮리는 일의 양) 또는  $\text{g} \cdot \text{cm}$  (와트 · 초 : 1초 1와트에 해당하는 단위) 또는 더 쉽게 말해서 J로 측정된다. 한시간에 1초에서 대략 1야드 운동하는 4 1/2 lbf 큰망치에 의해 둘에 일격을 가한 것과 동일하다. 이는 상당한 강타이다. 정전 스파크는 대개 크지 않다. 그래서 몇 천분의 1J (mJ)로 측정되는 에너지이다. 정전 스파크는 본문에서 논의되었듯이 문제를 일으키는 최소한의 에너지 양이 필요하다.

Exponential Fraction	Decimal	Words	Word Indicator
$10^{-12}$	0.000000000001	one trillionth	pico
$10^{-9}$	0.000000001	one billionth	nano
$10^{-6}$	0.000001	one millionth	micro
$10^{-5}$	0.00001	one hundred thousandth	
$10^{-4}$	0.0001	one ten thousandth	
$10^{-3}$	0.001	one thousandth	milli
$10^{-2}$	0.01	one hundredth	
$10^{-1}$	0.1	one tenth	
$10^0$	1	one	
$10^1$	10	ten	
$10^2$	100	one hundred	
$10^3$	1000	one thousand	kilo
$10^4$	10000	ten thousand	
$10^5$	100000	one hundred thousand	
$10^6$	1000000	one million	mega
$10^9$	1000000000	one billion	giga
$10^{12}$	1000000000000	one trillion	tera

### 지수 (Exponentials)

지수는 간단히 말해  $10^2$ 에서 2,  $10^{-3}$ 에서의 -3과 같은 웃첨자다. 지수는 기본숫자 자체가 몇 번 곱해지는가를 나타내는 수이다. 양지수는 곱의 수를 나타내며 음지수는 나누기를 나타낸다. 그래서  $10^2 = 10 \times 10$ , 그리고  $10^{-3} = 1/10^3 = 1/(10 \times 10 \times 10) = 0.001$  또는 천분의 일이다. 10에서 양 지수는 또한  $10^5 = 1,000,000$  또는 일 백만과 같이 1 다음의 0 의 수임을 아는 것은 많은 계산이 필요하지 않다.

### 발화성 (incondive)

발화성 혼합기를 발화할 수 있는 충분한 에너지를 갖는 스파크를 발화성이라고 한다. 그래서 발화성의 스파크는 발화성 혼합기를 발화할 수 있고, 화재나 폭발을 일으킬 수 있다. 비발화성 스파크는 발화성 혼합기 안에서 발생하지 않는다면, 발화를 일으킬 수 있는 에너지를 갖지 않는다.

### 발화도

발화성 혼합기를 발화할 수 있는 능력, 본문에서 설명되었듯이 발화도를 위해 요구되는 에너지 레벨은 다양하고, 계산이 가능하다.

### 전위 (potential)

볼트(V), 또는 킬로볼트(kV)로 측정된다. 때때로 밀리볼트(mV)로 측정되기도 한다. 저장된 에너지는 일 할 능력이 있다. 수력학에서 압력이 사용되는 단어이다. 전기에서 이 능력은 일을 하는 전위라는 용어로 표현된다. 전기에서의 전위는 "V" 단위로 측정된다. 전위 또는 전압이 기본 점으로부터 측정된다. 이점은 어떠한 전압이 될 수 있지만, 대개 접지되고, 이론적으로 0 전압이다. X볼트의 대지전압을 가진 한 지점이, 대지에 Y 전압을 가진 다른 지점과 비교할 때 "X 빼기 Y"볼트의 전위차가 두 지점 사이에 존재한다. 정확히 말해서 2500(+) 볼트의 대지전위를 가진 한 지점의 1500(-) 볼트의 대지전위를 가진 지점과 비교될 때 전위가 4000 볼트이다.

### 저항 (Resistance)

옴( $\Omega$ ) 또는 메가오옴(M $\Omega$ )으로 측정된다. 전류는 전기회로 또는 도전체의 통과에서 난관에 부딪친다. 이 난관은 측정될 수 있으며, 저항이라 불리운다. 수력학에서 파이프를 통하는 물의 저항은 마찰손실이라 불리우며, 파이프 길이의 압력에서 잃어버린 파운드로 측정된다. 전기에서 저항은 회로의 한부분에 강하된 전압에 의해 측정될 수 있지만, 대개 " $\Omega$ "으로 측정된다. 옴의 회로저항은 암페어의 전류로 볼트의 전압을 나눈 것과 동일하다.

$$(즉, \frac{10V}{1A} = 10\Omega, \frac{1V}{1\mu} = 1M\Omega)$$

## 정전기재해예방을 위한 기술상의 지침

제정 1993. 6. 19 노동부고시 제93.22호

**제1조 [목적]** 이 지침은 산업안전보건법(이하 "법"이라 한다.) 제 27조 및 산업안전기준에 관한 규칙(이하 "규칙"이라 한다.) 제 355조의 규정에 의거 정전기에 의한 화재 또는 폭발 등의 위험이 발생할 우려가 있는 설비에 대하여 정전기의 발생을 억제하거나 제거하기 위한 필요한 지침을 규정하여 정전기를 인한 산업재해를 예방하는데 있다.

**제2조[적용범위]** 이 지침은 인화성물질 또는 가연성의 가스나 증기 및 분진 등에 화재 폭발 위험이 있는 장소에서 정전기의 발생을 억제하거나 제거하기 위한 제반조치에 대하여 적용한다.

**제3조[용어의 정의]** ① 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음 각호와 같다.

1. "정전기 대전"이라 함은 물체와 물체사이에 접촉 또는 분리, 마찰, 충격, 유동 및 분사 등으로 인하여 전하가 축적된 상태를 말한다.
2. "고유저항"이라 함은 한변의 길이가 1m인 정육면체의 대향면 간의 저항을 말한다. 단위는 오옴-미터( $\Omega\text{-m}$ )로 표시한다.
3. "도전율"이라 함은 고유전항의 역수치를 말하며, 단위는 지멘스/미터( $\text{S/m} = \Omega^{-1}\text{m}^{-1}$ )로 표시한다.
4. "정전기 접지"(이하 "접지"라 한다.) 라 함은 대지에 대한 접지저항이  $10^6\Omega$  이하인 것을 말한다.

② 기타 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 이 지침에 특별한 규정이 있는 것을 제외하고는 법, 동법시행령 및 동법시행규칙이 정의하는 바에 따른다.

**제4조 [벨트]** 고무나 가죽으로 된 로울러 벨트가 인화성증기, 분진, 섬유 등이 취급되는 공정에서 사용되는 경우 다음 각호의 정전기 완화조치를 하여야 한다.

1. 수평벨트의 안전사항은 다음 각목과 같다.
  - 가. 도전성물질로 된 정전기 방지용 벨트를 사용하거나 벨트에 테이프식의 도전성물질이 부착된 제품을 사용할 것
  - 나. 자기방전식 제전기는 벨트 한쪽으로 벨트가 회전체를 벗어나는 지점으로부터 10~15cm 거리에 설치한다. 이 때 벨트와 제전기의 접근거리는 6~25mm 가 되도록 하거나 실제측정을 하여 제전효과가 가장 좋은 지점을 선정하고, 제전기 본체는 접지시킨 것
2. 브이(V)벨트의 경우 수평벨트보다 정전기로 인한 위험은 낮으나 도전성 벨트를 사용 하든지 방폭지역에서는 기계설계 제작시 직결 구동 방식을 고려한다.

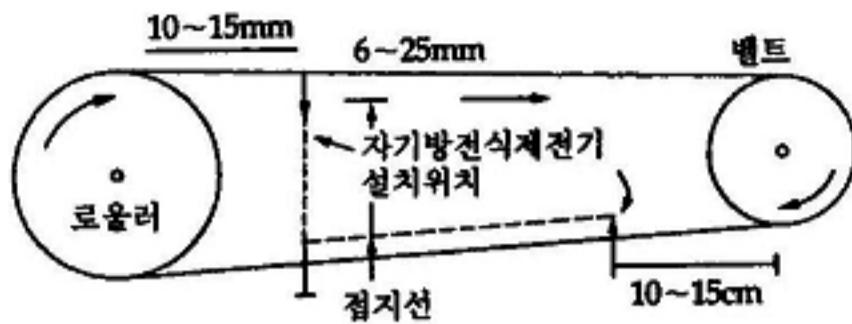


그림 3.1 자기방전식 제전기 설치방법

**제6조 [드라이크리닝 설비 등]** 인화성 유기용제를 사용하는 드라이크리닝설비 또는 모피류 등을 세정하는 설비의 경우 다음 각화의 조치를 하여야 한다.

1. 저장탱크, 처리탱크, 필터, 펌프, 파이프, 덕트, 드라이크리닝 장비, 건조 케비넷, 덤블러 등 건조실 내의 모든 장비는 상호 본딩하고 접지하여야 한다. 또한, 본체와 장비가 떨어져 설치되어 있는 경우에도 장비를 접지하여야 한다.
2. 직물 인입 또는 인출시 정전기의 발생 및 축전되지 않도록 직물이 서로 다른 기기 사이로 이송되는 경우 두 기기 사이를 본딩할 것

**제6조 [인화성물질 및 가연성 분체를 분무하는 공정 등]** 유압 압축공기 및 고압정전기 등을 이용하여 인화물질 및 가연성 분체를 분무 또는 이송하는 설비는 다음 각호의 조치를 하여야 한다.

1. 스프레이 부스, 배기덕트, 배관 등 인화성물질이 이송되는 모든 금속체는 접지시킬 것
2. 스프레이 건과 도전성 대상물은 접지시킬 것
3. 정전기식 스프레이 장치에 사용되는 페인트용기, 세정용기, 가드레일 등 모든 금속체는 접지시킬 것
4. 콘베이어 또는 행거로 지지되는 도전성 스프레이 대상물은 정전기적 접지가 되도록 할 것

**제7조 [코팅, 함침 공정]** ① 페인트, 락카 등 유기용제를 직물이나 종이 등에 가공하는 공정의 경우 다음 각 호의 규정 중 당해 공정에 적합한 조치를 강구하여야 한다.

1. 코팅기계나 설치된 바닥은 도전성 재질로 마감하고 강구하여야 한다.
2. 작업자는 도전성 신발을 신어야 하며 주위바닥을 깨끗하게 유지하여 작업자와 대지가 절연상태가 되지 않도록 할 것
3. 정전기 제전기는 그림 3.2 와 같이 직물이 풀리는 장소, 로울러 위, 전개용 칼 아래 등에 설치하고 모든 기계 부분들이 상호 본딩되고 접지되도록 할 것
4. 코팅기 주위가 충분히 환기되도록 하여 폭발분위기 조성이 안되도록 할 것
5. 작업공정이나 제품품질에 지장을 초래하지 않는 경우 상대습도를 50% 이상 높이는 방법을 고려할 것
6. 솔벤트 용기 등은 밀봉된 구조로 하고 폐쇄배관을 통하여 주입되도록 할 것
7. 용제탱크 기계 배관 등 모든 관련 설비는 상호 본딩하고 접지하여야 하며 접지저항은  $1M\Omega$  이하로 할 것
8. 전기적으로 절연된 배관 이음부, 기계의 접속부는 모두 본딩할 것

9. 가연성 액체가 전달되는 계통은 용기로부터 모두 상호 본딩시키고 접지할 것
10. 본딩 및 접지에 사용되는 도체는 내부식성 및 기계적 강도가 충분하고 5.5mm 이상의 전선을 사용할 것
11. 동력전달에 사용되는 고무, 가죽제품의 벨트 및 로울러는 도전성 제품을 사용할 것
12. 인화성 액체를 용기에 분사 또는 낙하시킬 때에는 가능한한 용기 바닥까지 배관을 연장시킬 것
  - ① 인화성 물질을 함유하는 도료 및 접착제 등을 도포 또는 염색 등을 하기 위하여 인화성 물질이 함유된 액체에 가공물을 담그거나 통과시키는 공정에 사용되는 설비의 경우에는 제 1항의 규정을 준용한다.

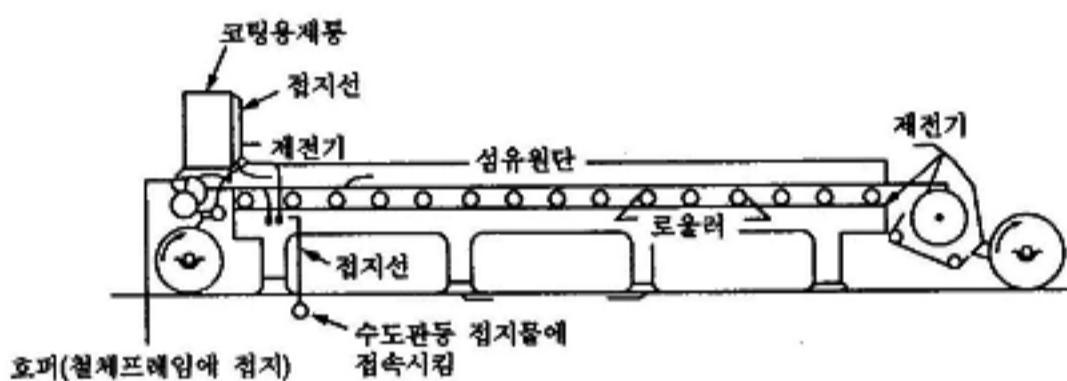


그림 3.2 코팅기의 제전기 설치위치 및 접지방법

**제 8조[인쇄공정]** 인화성 용제를 사용하는 인쇄공정에서는 정전기 완화를 위하여 다음 각호의 조치를 하여야 한다.

1. 종이를 취급하는 공정에서 인쇄물의 손상 또는 인쇄물의 건조속도 등에 지장을 초래하지 않을 경우 상대습도를 70% 이상유지한다.
2. 인쇄프레스는 접지시키고 자기방전식 제전기를 여러 곳에 설치한다. 이때 제전기 방전사와 인쇄물의 접근 간격은 6~25 mm 가 되도록 하거나, 실제 측정을 하여 제전 효과가 가장 좋은 지점을 설정한다.

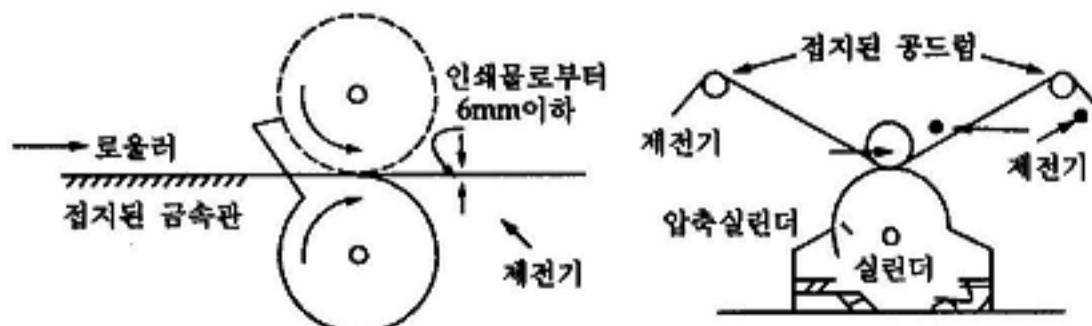


그림 3.3 인쇄프레스의 제전기 설치방법

3. 자기방전식 제전기의 침은 먼지나 기름때 등이 축적되지 않도록 주기적인 보수작업을 설치한다.

4. 사용잉크의 연소성이 크지 않을 경우 불꽃을 이용하여 정전기 를 제거하는 방법을 강구할 수 도 있다. 다만, 이 경우에는 종이가 최종단에 도착되기 전에 불꽃에 가까이 통과시키는 방법이나 종이와 불꽃이 서로 닿지 않도록 하여야 하며, 기계가 정지되면 불꽃도 자동 소灭되도록 상호 인터록 장치를 하여야 한다.

5. 전압 인가식 제전장치는 잉크분무가 제전기 끝에 축전되지 않도록 항상 깨끗한 상태로 유지, 보수하여야 하며, 화재, 폭발 위험 분위기가 조성될 우려가 있는 곳에서는 방폭형을 사용하여야 한다.

6. 작업환경이 건조한 경우 건식종이를 사용하는 인쇄공정에서는 다음 각목의 방법을 적절히 강구한다.

가. 고무로울러와 식각된 동판사이의 압력을 가능한 줄인다.

나. 종이에 압력이 가능한 적게 걸리도록 투입 각도를 조정한다

다. 인쇄잉크, 용해제, 윤활제 또는 종이의 도전성을 증대시킨다.

라. 압력이 걸리는 로울러의 전체 폭에 걸쳐 제전기 를 설치한다.

**제9조 혼합공정 등** 비도전성 물질을 혼합, 그리인딩, 스크린, 교반하는 공정에서는 마찰, 분쇄 과정에서 정전기 대전현상이 크게 발생되므로 다음 각호의 정전기 완화방법을 강구하여야 한다.

1. 인화성 액체를 혼합하는 혼합용기, 가동부분을 접지시키고 혼합물과 접촉되는 가동부는 가능한 도전성 재질의 것을 사용한다. 다만, 본딩이나 접지는 액체 표면 전하를 제전하는데 별로 효과가 없으므로 폭발성 혼합물이 존재할 수 있는 공간에는 질소( $N_2$ ) 또는 불활성가스를 주입하여 폭발한계에 이르지 않도록 한다.

2. 가연성 분진 등이 발생하는 작업장은 정리정돈 및 청소를 주기적으로 실시한다.

3. 솔벤트 또는 첨가제는 도전성을 가진 것을 사용한다.

**제10조 빅막추출 및 압출공정** 얇은 박막을 추출 또는 압출하는 공정에서는 자기방전식 제전기, 전압인가식 제전기 등을 설치하여 주위공기를 이온화시킴으로서 정전기의 발생을 완화시켜야 한다.

**제11조 [수증기 분사 작업]** 폭발성 혼합물이 존재하는 장소에 수증기 를 분사하는 작업의 경우 정전으로 인한 화재, 폭발을 방지하기 위하여 다음 각호의 조치를 하여야 한다.

1. 인화성 액체 저장탱크내의 증기를 밖으로 뽑아낼 때에는 수증기 를 탱크내부에 분사하는 방식은 위험하므로 내부의 증기를 끌어내는 방식으로 할 것

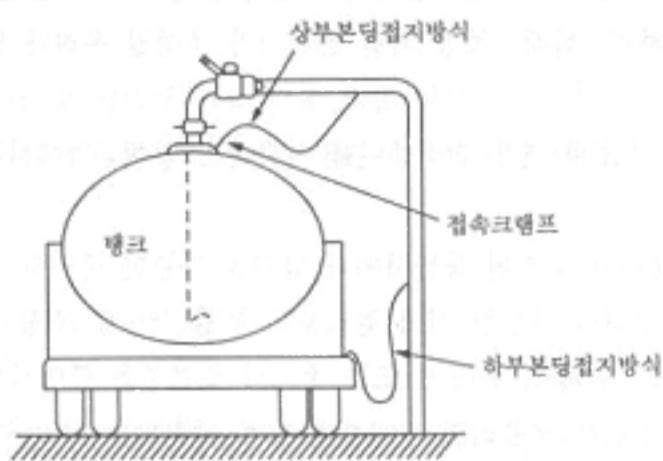
2. 수증기분사로 세척 작업시에는 정전기 대전현상으로 인한 위험을 방지하기 위하여 분사파이프, 노즐 및 분사되는 물체를 모두 본딩 또는 접지 시킨 것

**제12조 [탱크 로울리 등 고무타이어 운반체]** ① 위험물을 고무타이어가 있는 탱크로울리, 탱크차 및 드럼 등에 주입하는 설비의 경우 다음 각호의 정전기 완화 조치를 하여야 한다.]

1. 운반체와 주입 파이프간에 전우차가 없도록 상호 본딩 접지를 할 것(그림 3.4)

2. 하부 주입방식의 경우 저유속을 유지하거나 표면 와류생성을 최소화하기 위하여 위쪽으로 분출되는 현상을 완화시킬 수 있는 기구를 부착하여 사용할 것

3. 주입파이프의 모든 금속체 부분은 전기적으로 접속되어야 하며 플랜지 접속부분이 있을 경우 플랜지 좌우 배관을 본딩시킨다. 다만, 하부주입방식의 경우에는 예외로 한다.



4. 본딩 되지 않은 금속체가 탱크중에 들어가지 않도록 하여야 하며, 주입 전에 탱크내부를 점검하여 본딩되지 않은 금속체내에 있는지를 확인할 것

그림 3.4 상부주입방식 탱크로 올리의 접지방법

5. 미크론 단위의 입자를 제거하는 필터를 통하여 주입이 될 때에는 주입후 30초 이상의 정전기 정지시간을 들 것

6. 도전성 첨가제를 사용할 때는 유속제한이나 정전기 등의 제한을 두지 않아도 좋으나 본딩 및 접지를 할 것

① 제1항 제1호의 본딩 접지시에는 다음 각호의 규정을 준수하여야 한다.

1. 본딩접지는 개구부(햇치)를 열기전에 수행하고 개구부를 닫고나서 제거해야 한다.
2. 본딩용 전선은 한쪽 끝이 주입파이프 또는 그와 연결된 금속체 기타 접지된 금속체에 고정 접속시킨다.
3. 접지 클램프는 본딩을 풀지 않은 상태로 운반체가 움직였을 경우에도 손상을 받지 않는 구조어야 한다.

② 다음 각호의 경우에는 제1항의 본딩 접지를 생략할 수 있다.

1. 크루드 오일이나 아스팔트와 같이 정전기 발생능력이 없는 액체를 취급하는 경우
2. 인화성이 거의 없는 액체를 취급하는 경우
3. 스파크가 발생될 수 있는 장소에 증기의 방출이 없는 폐쇄배관 계통(인화성 물질을 주입하기 전에 접속되고 주입이 완전히 차단된 후 해체하는 방식) 인 경우
4. 그림 3.5와 같이 탱크오일리에서 지하자장탱크로 인화성물질을 하역하는 경우

제13조[용기에 인화성물질 등을 주입하는 공장] ① 금속체 드럼등 도전성 용기에 인화성물질을 주입하는 작업의 경우 다음 각호의 정전기 완화조치를 하여야 한다

1. 주입배관, 용기 등이 모두 전기적으로 접속되도록 본딩시키고 접지를 할 것

다만, 주입보조기구인 깔데기는 주입파이프와 접속상태로 사용하는 경우에는 본딩을 하지 않

아도 된다.

2. 제1호의 규정은 폐쇄배관계통의 경우 본딩을 생략하여도 무방하다.

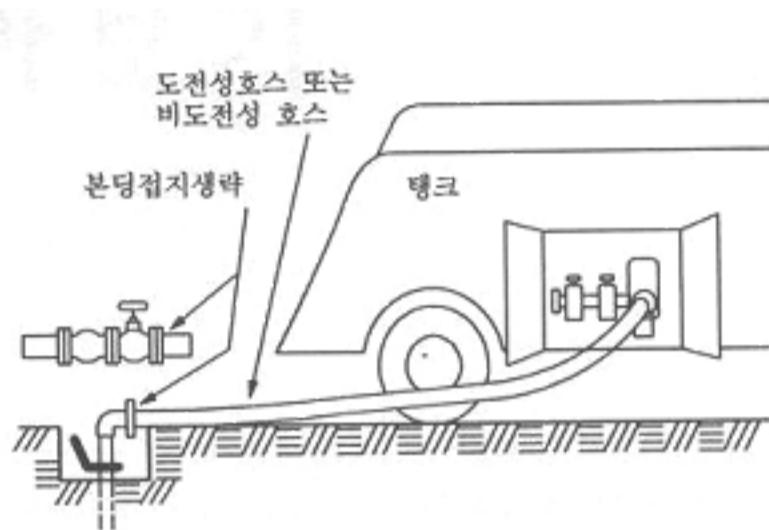


그림 3.5 본딩접지의 생략의 예

(탱크로울리에서 폐쇄배관 방식으로 지하자장탱크로 하역하는 경우에 한함)

3. 마이크로 필터를 사용할 경우 주입노즐을 가능한 멀리 위치하도록 하고 필터를 거쳐 드럼으로 주입되는 배관은 도전성 제질로 할 것  
② 비도전성 용기에 인화성액체를 주입하는 경우에는 다음 각호의 조치를 하여야 한다.
1. 주입시 하부주입 방법으로 할 것
  2. 드럼주변에 접지 밴드를 채결하여 액체표면에 대전된 정전기를 변화시키도록 할 것
  3. 정전기 재전용 접지극을 주입시에는 용기내에 위치하게 하고 주입이 끝난후 30초 이상 경과한 후 제거할 것
  4. 깔데기와 같은 모든 도전성 물체는 주입시 모두 접지시킬 것

## 부 칙

### [시행일]

이 고시는 1993년 7월 1일부터 시행한다.

이 자료는 "정전기 안전", 도서출판 동화기술, 김두현, 김상철, 김상렬, 이성일, 정재희 저, 2001. 8. ISBN 89-425-0062-5, 인용 발췌 함.