

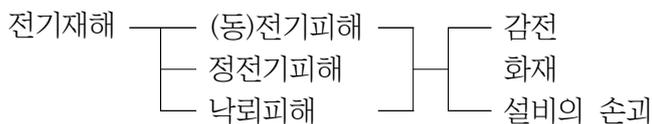
|   |
|---|
| <p>안전교육</p> <h2 style="margin: 0;">12주. 전기안전</h2>   |
| <p><b>학습 개요</b></p>   |
| <p><b>&lt;학습목차&gt;</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 전기안전             <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 전기와 전기재해의 분류, 정전기피해및 낙뢰 재해</li> <li>2) 감전재해의 원인과 대책</li> <li>3) 전기화재의 예방</li> </ol> </li> <li>2. 방폭             <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 방폭</li> <li>2) 정전기</li> </ol> </li> </ol> <p><b>&lt;학습목표&gt;</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 전기재해의 원인과 대책을 이해한다</li> <li>2. 정전기를 이해하고 이로인한 사고를 막을 수 있다</li> </ol> |
| <p><b>학습 키워드</b></p>  |
| <p>전기과 전기재해의 분류, 감전재해의 원인과 대책, 전기화재의 예방, 정전기</p>  |
| <p><b>학습 내용</b></p>   |

### <1강. 전기안전 >

#### 4.5 전기안전

##### 제1절 전기와 전기재해의 분류

전기는 크게 동전기와 정전기로 나눈다. 동전기는 전자제품을 움직이는 힘으로서 주로 전력공사에서 공급되는 축전지, 건전지 등에서 얻어지는 것을 말하고 정전기는 마찰대전과 번개 등이다. 동전기는 다시 직류와 교류로 나뉘고 교류는 고주파전력과 전력공사에서 공급되는 상용전력이 있다. 전기는 일종의 압력인 전압, 유량에 비유되는 전류와 이 흐름을 방해하는 저항이 있다.



① 감전재해

감전은 사람의 인체로 전기가 흘러 충격을 받는 현상이다. 다른 말로 전격이라고도 한다.

- 전기통로에 인체 등이 접촉되어 인체에서 단락에서 단락 또는 단락회로의 일부를 구성하여 감전되는 것
- 전선로에 인체 등에 접촉되어 인체를 통하여 지락전류가 흘러 감전되는 것

② 전기화재

전류는 방전, 발열 등의 현상을 수반하는 것이며 전기에너지는 1kwh가 약 860kcal의 열량을 발생하기 때문에 전기가 화재의 원인이 될 수 있다.

- 전기기계의 사용상의 부주의로 인한 발화
- 전기다리미, 전열기구 등의 통전된 상태로의 방치에 의한 것
- 전구나 전열기구에 가연성 물질의 접근 또는 접촉에 의한 것
- 전기설비의 단락, 소손에 의한 발화
- 단락 또는 과부하에 의한 발열
- 접촉 및 접촉 불량에 의한 불량
- 전기설비로부터의 누설전류에 의한 발화(누전화재)
- 전기불꽃에 의한 발화, 폭발

③ 전기설비의 손괴, 기능의 일시정지

이른바 정전사고를 말하는 것으로, 원인별로 천재지변에 의한 것, 인위적이고 우발적인 것, 시설의 노후, 노화에 의한 것, 동 .식물에 의한 것 등으로 분류할 수 있다

2. 정전기피해

① 정전기에 의한 감전 : 감전에 의한 쇼크로 놀라거나 불쾌감을 느끼게 된다.

② 정전기 화재

방전불꽃으로 발화, 착화, 폭발하여 화재가 발생하는 일이 있다. 정전기에 의한 화재발생의 예는 다음과 같다

- 주유소에서 비닐, 호수, 드럼통에서 지하 탱크로 주유하던 중 정전기에 의한 화재가 발생한 경우
- 수소 봄베이의 밸브가 깨어져 분출된 수소에 착화된 경우

③ 설비의 기능장애

정전기는 정과 부 사이에서는 흡인력이 작용하고, 같은 종류 사이에서는 반발력이 작용하여 방직공장에서는 방적실이 부풀고 인쇄공장에서는 인쇄지가 붙어 버려 생산에 막대한 지장을 준다.

### 3. 낙뢰재해

낙뢰재해는 낙뢰로 인한 감전, 직격뢰에 의한 건물이나 구조물 등의 화재, 물건의 손괴 등과 같이 분류할 수 있다.

## 제2절 감전재해의 원인과 대책

### 1. 감전재해의 원인

일반적으로 감전재해는 다른 재해에 비하여 발생률이 낮으나 일단 재해가 발생하면 치명적인 경우가 많으며, 또한 다행히 생명을 건졌다 하더라도 평생동안 불구가 되는 예가 적지 않다.

이것은 감전되었을 때의 호흡정지, 심장마비, 근육이 수축되는 등의 신체기능 장애와 감전사고에 의한 추락 등으로 인한 2차 재해 때문에 일어난다.

전격에 의한 인체의 반응 및 사망의 한계는 그 속성상 인체실험이 어렵고, 또 어떠한 실험결과가 나와도 그것은 검증이 어렵다는 점과 인간의 다양성, 재해당시의 상황 변수 등의 이유로 확일적으로 정하기는 어렵지만, 인체의 감전시 그 위험도는

통전전류의 크기, 통전시간, 통전경로, 전원의 종류에 의해 거의 결정 된다. 그리고 인체에 대한 전격의 영향은 크게 두 가지로 나눌 수 있는데,

**첫째**는 전기신호가 신경과근육을 자극해서 정상적인 기능을 저해하면 호흡정지 또는 심실세동을 일으키는 현상이며,

**둘째**는 전기에너지가 생체조직의 파괴, 손상등의 구조적손상을 일으키는 것이다.

#### ① 인체의 저항

감전되었을 때의 생체반응은 전압의 고압, 저압에 의한 것이 아니고 전류의 양이 많고 적음에 의해 결정된다. 즉 인체는 [통전전류의 크기 \* 시간]이 어느 정도 이상이 되면 전류의 열작용으로 전류의 유입구와 유출구에는 화상을 입게 되고, 인체 내의 조직세포를 파괴하거나 혈구를 변질시킨다. 감전되었을 때 인체통과전류의 대소는 인체에 가해지는 전압과 인체저항에 따라 결정된다.

인체의 저항은 체내의 저항과 피부부분의 접촉 저항 등 두 가지로 나누고 있으며 체내 저항은 150~500Ω 정도로 추정되며 피부 저항은 피부의 건습상태와 전극에서의 접촉면적,

접촉압력, 인가전압 등에 의하여 많은 차이가 난다.

예를 들어 2개(2가닥)의 전선을 좌·우 손으로 1개씩 잡고 100V의 전압으로 인가 하였을 경우 인체의 저항은 손이 젖어 있으면 2000Ω, 건조되어 있으면 5000Ω정도라고 보며, 손이 젖어 있을때 인체에 흐르는 전류는 50mA, 손이 건조되어 있을때는 20mA이 된다.

### ② 접촉 허용전압

어떠한 형태이든 전원과 인체가 접촉되어야 전압이 인체에 인가되게 되고 따라서 인체를 통과하는 전류가 일정 수준이면 전격을 유발하게 된다. 접촉되는 형태는 여러 가지로 분류가 가능하나 전기안전을 위한 대체의 관심에서 크게 직접접촉과 간접접촉의 형태로 분류된다.

직접 접촉형태는 충전부에 인체의 일부가 직접 접촉하여 전압이 인가된 상태이며 간접 접촉형태는 전선의 피복절연손상 또는 아크발생에 의하여 발생되며, 평상시 충전되지 않는 기기의 금속제 외부에 누전되어 있는 상태에서 인체의 일부가 이 외부에 접촉하여 인체에 전압이 인가된 상태이다.

또, 전압이 높을 때는 직접 충전부에 접촉되지 않아도 접근하는 것만으로도 감전될 우려가 있으므로 사용전압의 근접한계 이내에 가지 않도록 주의하여야 한다. 또 100V이하의 전압이라도 환경이나 육체적 조건에 따라서 감전되는 일이 있으며 감전사망자 중 최저저압 35V에서 사망한 예가 있다.

특히 인체의 저항은 여러 가지 조건에 따라 변화하므로 저압이라 해서 경시하는 것은 매우 위험한 일이다. 특히 최근에는 우리가 접하고 있는 220V 380V 전압을 많이 취급하게 되는데, 이 전압은 위험도도 높을 뿐만 아니라 많이 취급하게 되므로 주의하지 아니하고 대수롭지 않게 생각하는데서 사고가 종종 일어나고 있음을 명심하여야 한다.

표 4-12 접촉상태에 따른 허용접촉전압의 분류

| 종별  | 접촉상태   | 허용접촉전압 |
|-----|--|--------|
| 제1종 | 인체의 대부분이 수중에 있는 상태   | 2.5V이하 |
| 제2종 | 인체가 현저하게 젖어 있는 상태. 금속성의 전기 기계기구나 구조물에 인체의 일부가 상시 접촉되어 있는 상태. | 25V이하  |
| 제3종 | 건조한 통상의 인체상태로서, 접촉전압이 가해지더라도 위험성이 낮은 상태                      | 50V이하  |
| 제4종 | 건조한 통상의 인체상태로서, 접촉전압이 가해지더라도 위험성이 낮은 상태. 접촉전압이 가해질 우려가 없는 경우 | 제한없음   |

### ③ 통전시간

감전재해의 크기는 통전시간이 길고 짧은 데도 영향이 크다. 상당히 큰 전류가 흘렀다고 해도 통전시간이 매우 짧을 때에는 생명에 이상이 없는 일도 있으며 역으로 작은 전류라도

통전시간이 길었기 때문에 사망한 예도 있다. 감전의 한계에 대해서는 인체 실험을 할 수 없기 때문에 많은 동물실험 결과 인체에 위험한 전류와 시간의 한계는 다음과 같다. 518mA가 통전되었을 때 0.05초 이상, 52mA가 흘렀을 때 5초 이상이 경과되면 사망하게 되는 것이나 실용상 안전한 허용 전류는 심실 세동이 멈추기 이전에 전기가 흐르고 있는 회로를 차단해 버리는 것이다.

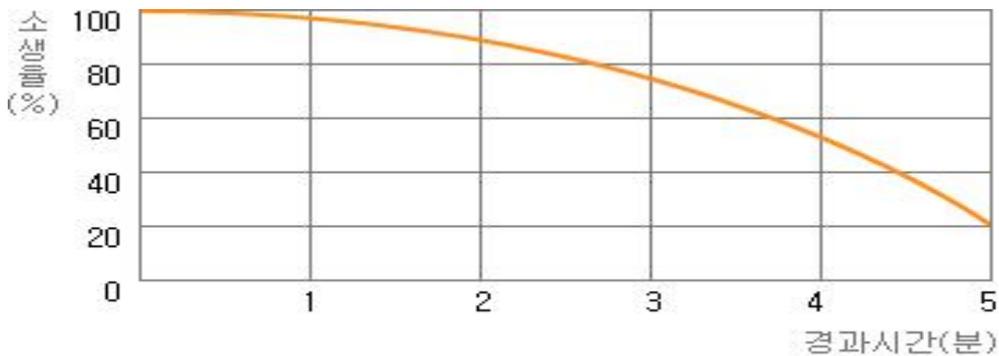
선진국에서 동물 실험결과 얻는 심실세동 한계치는 50mA을 감전방지 목표치로 삼고 있으며, 그러나 인간에게서는 더욱 더 안전도를 요구하기 때문에 1.67이라는 안전율을 부과하여 50mA/sec 나누기 1.67=30mA/sec 를 안전전류로 정하고 있다.

따라서  $20\text{mA} \times 1.5\text{s} = 30\text{mA}/\text{sec}$ ,  $60\text{mA} \times 0.5\text{s} = 30\text{mA}/\text{sec}$ , 즉 20mA는 1.5sec 동안에 60mA는 0.5sec 이하는 인체에 통과하는 전류 정도가 안전하다는 것이다. 또, 30mA/sec 는 누전차단기의 감도, 전류, 동작시간을 정하는 기본 기준으로 삼고 있고, 그러나 실제 누전차단기는 30mA/sec보다 훨씬 적게 설계되어 있다.

#### ④ 전격에 의한 인체상해

감전에 의한 사망의 대부분은 감전사고 발생 직후에 사망하는 것인데, 이는 충전부에 손이 접촉되어 흐르는 전류가 심장을 관통하여 생기는 경우가 많으며 사인의 대부분은 심실세동에 의한 것이다. 감전이 되었을 경우 심장의 근육은 경련을 일으키며 펌프작용을 정상적으로 하지 못하게 되어 혈액순환이 정지되므로 호흡도 멈추게 되어 사망하게 된다.

감전쇼크에 의하여 호흡이 정지되었을 경우 혈액중의 산소함유량이 약 1분 이내에 감소하기 시작하여 산소 결핍현상이 나타나기 시작한다. 그러므로 단시간 내에 인공호흡 등 응급처치를 실시할 경우 감전재해자의 95% 이상을 소생시킬 수 있다.



<그림IV-27. 감전사고 후 응급조치 개시시간에 따른 소생율>

#### ☆ 감지전류

인체에 전류가 흐름을 느낄 수 있음을 말하는데 우리 가정에서 사용하는 100V 30W 전구의 밝기의 빛은 300mA 에 해당하므로 전류가 인체에 100mA만 통과 하여도 순간적으로 치사한다

고 하는데 30W 밝기의 전구의 소량의 전류량인 300mA은 세 사람을 치사시킬 수 있는 위력이 있음을 알 수 있음을 볼 때 우리가 누전에 대하여 왜 관심도가 높은지 짐작이 되리라 본다.

또한 누설전류의 정체를 확실히 찾아내야 하며 사고예방의 차원에서 누전차단기 설치를 의무화하고 있으며 누전차단기가 정상적인 동작을 한다면 사람이 부주의로 벗겨진 전선과 접촉되었거나 전선이 노후되어 피복이 누전상태가 되었을 때 자동으로 누전차단기가 동작하게 되므로 우리의 피해를 막아주는 역할이 대단히 중요한 전기안전 파수꾼이라고 할 수 있다.

- ① 최소감지전류 : 교류(상용주파수 60Hz)에서 이 값은 2mA 이하로서 이 정도의 전류로서는 위험이 없다.
- ② 고통한계전류 : 전류의 흐름에 따른 고통을 참을 수 있는 한계전류로서 교류(상용주파수 60Hz)에서 성인 남자의 경우 대략 7~8mA이다.
- ③ 이탈전류와 교착전류(마비한계전류) : 통전전류가 증가하면 통전경로의 근육 경련이 심해지고 신경이 마비되어 운동이 자유롭지 않게 되는 한계의 전류를 교착 전류, 운동의 자유를 잃지 않는 최대한도의 전류를 이탈 전류라 하는데 교류(상용주파수 60Hz)에서 이 값은 대개 10~15mA이다.
- ④ 심실세동전류 : 심장의 맥동에 영향을 주어 혈액순환이 곤란하게 되고 끝내는 심장 기능을 잃게 되는 현상을 일반적으로 심실세동이라 하며, 심실세동을 일으킬 때 그대로 방치하면 수분 이내에 사망하게 되므로 즉시 인공호흡을 실시하여야 한다.

## 2. 감전사고 방지대책

전기사고의 발생확률은 그리 높지 않으나, 일단 사고가 발생하면 사망 등의 중대재해나 많은 재산피해가 발생할 가능성이 매우 높다. 그리고 감전 사고는 순식간에 일어나고 감지하였을 때에는 이미 때가 늦는 경우가 많으므로, 사전에 충분한 대비를 하여야 한다. 감전사고를 예방하기 위한 일반적인 방지대책에는 다음과 같은 방법이 있다.

- ① 전기기기 및 배선 등의 모든 충전부는 노출시키지 않는다.
- ② 전기기기 사용시에는 필히 접지를 시켜야 한다.
- ③ 누전차단기를 시설하여 감전사고의 재해를 방지한다.
- ④ 전기기기의 스위치 조작은 아무나 함부로 하지 않도록 한다.
- ⑤ 젖은 손으로 전기기기를 만지지 않는다.
- ⑥ 안전기(개폐기)에는 반드시 정격퓨즈를 사용하고, 동선·철선 등을 사용하지 않는다.
- ⑦ 불량하거나 고장난 전기제품은 사용하지 않도록 한다.
- ⑧ 배선용 전선은 중간에 연결한 접속부분이 있는 것을 사용하지 않는다.

위의 사항을 전기기계 기구 과배선으로 구분하여 설명하면 다음과 같다.

1) 전기기계·기구의 안전

- ① 노출 충전부의 방호 : 전기기기의 노출된 충전부에 직접 접촉하거나 비충전 부분의 누전 등으로 인해 충전된 부위를 접촉할 때 발생하는 감전 사고를 방지하기 위해서는 충전부를 방호하거나 격리시켜야 한다.
- ② 보호절연 : 실험장소 또는 기기 자체를 절연시켜 통전경로를 차단하는 것으로, 장소의 절연은 실험자가 접촉할 수 있는 모든 도전성 금속을 절연물로 덮고 바닥 또한 절연처리하는 것이며, 기기의 절연은 이중절연구조의 기기를 사용하는 것이다.
- ③ 보호접지 : 절연불량으로 누전된 전기기기에 사람이 접촉되면 감전사고가 일어나게 되며, 이 경우에 금속제 외함을 접지시켜 누설전류를 접지선을 통하여 대지로 흘려주게 되면 기기 외함에 나타나는 대지전압을 감소시켜 감전사고를 막을 수 있다.
- ④ 누전차단기설치 : 누전으로 인한 감전사고를 방지하기 위하여 감도전류 30mA 이하, 동작시간이 0.03초 이하인 누전차단기를 설치한다.
- ⑤ 이중절연구조의 전동기계·기구사용 : 감전의 우려가 높은 장소에서 사용하거나 접지가 곤란한 전기기기는 가급적 절연을 이중으로 실시한 이중절연기기에 표시를 해서 사용한다.

2) 배선 및 이동전선의 안전

- ① 전로의 절연 : 누전에 의해 화재나 감전의 위험이 있는 곳은 절연조치를 하여야 한다.
  - 실험실 내에 시설하는 전선을 원칙적으로 나전선은 사용하지 않는다.
  - 저압전로에서의 절연저항은 전로마다 <표 4-13>의 값 이상을 유지해야 한다.
  - 저압의 전선로 중 절연부분의 전선과 대지시간의 절연은 사용전압에 대한 누설 전류가 최대공급전류의 1/2,000이 넘지 않도록 유지해야 한다.

표 4 -13 저압전로의 절연저항치

| 사용전압   |                       | 절연저항치(MΩ) |
|--|-----------------------|-----------|
| 400 V이하  | 대지전압이 150 V이하의 경우     | 0.1       |
|  | 150 V를 넘고 300 V이하인 경우 | 0.2       |
|  | 300 V를 넘고 400 V이하인 경우 | 0.3       |
| 400 V를 넘는 것  |                       | 0.4       |
| (주) 대지전압은 접지식 전로에 있어서는 전선과 대지간, 비접지식 전로에 있어서는 전선 간의 전압을 말한다. |                       |           |

3) 전선의 극성표시 및 색별

옥내배선인 경우의 중성선에는 배색 또는 회색 표시를 하고, 접지측 전선은 녹색선을 사

용하되 불가피할 경우에는 백색선이나 회색선을 사용한다.

- 이동전선의사용 : 이동전선은 전동공구 · 용접기 · 전등 등과 같은 이동식과 가반식 전기기기에 사용되므로, 사용상 피복이 손상되기 쉽기 때문에 그 선정과 취급에 유의해야 한다.
  - 이동전선의 선정
    - \* 0.75mm<sup>2</sup> 이상의 코드 또는 캡타이어 케이블을 사용한다.
    - \* 코드선은 400V 이하의 전구선 및 이동전선으로만 사용한다.
  - 굵기와 길이는 부하에 따라 적절한 것을 선정한다.
  - 전동기기의 외함 또는 이에 부착된 기기 외함의 금속부분을 접지할 경우는 연결된 이동전선의 한 선심을 접지선으로서 사용한다. 이 경우 이동선심은 3심(단상의 경우) 또는 4심(3상의 경우)의 것을 쓰고 녹색의 선심을 접지선으로서 사용한다.
  - 배선과 이동전선과의 접속을 콘센트나 삽입플러그로 하는 경우는 접지극이 있는 것을 사용한다.
- 습윤한 장소의 배선 : 습기가 많은 장소, 또는 물기가 많은 장소, 세장(洗場)에서의 배선은 가급적 피하되, 부득이한 경우에는 애자사용 · 금속관배선 · 합성수지관 배선 등의 공사방법으로 시공한다.
- 콘센트·플러그 및 케이블커넥터 동일구내에 전기방식·분기회로의 종류가 다른 회로에서 콘센트를 시설하는 경우에는 각콘센트는 용도가 다른 플러그가 꽂아질 우려가 없는 구조의 것을 사용해야 한다.( 색별표시 등의 조치된 것 제외)

### 제3절 전기화재의 예방

#### 1.전기설비의 방폭

##### 1) 폭발의기본조건

화재 폭발이 일어나기 위한 기본조건은 다음과 같이 3가지 요소가 동시에 존재해야 한다. 따라서 이 중 한 가지라도 결핍되면 연소 혹은 폭발이 일어나지 않게 되므로, 화재, 폭발사고 방지대책에서 중요한 포인트가 된다.

- 가연성 물질 (가연성 가스 또는 증기)의 존재
- 폭발위험 분위기의 조성(가연성 물질+지연성 물질)
- 최소 착화 에너지 이상의 점화원 존재

##### 2) 방폭이론

전기설비로 인한 화재 폭발방지를 위해서는 위험 분위기 생성 확률과 전기설비가 점화원으로 되는 확률과의 곱이 0이 되도록 해야 한다.

① 위험분위기생성방지

- 가연성 물질의 누설 및 방출방지 : 공기 중의 가연성 물질이 누설되거나 방출되는 것을 방지하기 위해서는 우선 가연성 물질의 사용량을 최대한 억제하고, 가능한 개방상태에서는 사용하지 않도록 한다. 또한 배관의 이음부분이나 펌프의 회전축 틈새 등에서 누설되지 않도록 하며, 특히 이상반응이나 장치의 열화, 파손, 오작동 등의 사고에 따른 누설도 방지할 수 있도록 해야 한다.
- 가연성 물질의 체류방지 : 가연성 물질이 누설되거나 방출되기 쉬운 설비에는 옥외에서 설치하거나 외벽이 개방된 건물에 설치하며, 환기가 불충분한 장소에서는 강제 환기를 하여 가스가 체류하는 것을 방지해야 한다

② 전기설비의 점화원 억제

- 현재적 점화원 : 정상동작 상태에서 점화원이 될 수 있는 것
  - \* 직류전동기의 정류자, 권선형 유도전동기의 슬립링 등
  - \* 고온부로서 전열기, 저항기, 전동기의 고온부 등
  - \* 개폐기 및 차단기류의 접점, 제어기기 및 보호계전기의 전기접점 등
- 잠재적 점화원 : 정상동작 상태에서는 점화원이 되지 않으나 이상 상태에서 점화원이 될 수 있는 점화원으로서, 전동기 및 변압기의 귀년, 마그넷 코일, 전기적 광원, 케이블, 기타 배선등이 그 예에 속한다.

## <2강. 방폭 및 정전기안전 >

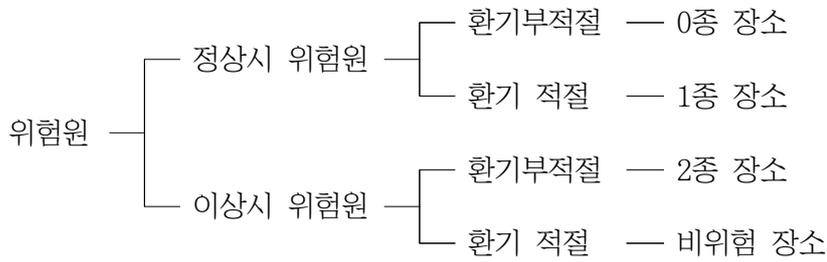
### 2. 방폭

#### 1) 방폭 지역의 설정

- 인화성 또는 가연성의 가스나 증기가 쉽게 존재할 가능성이 있는 지역
- 인화점 40°C 이하의 액체가 저장, 취급되고 있는 지역
- 인화점 65°C 이하의 액체가 인화점 이상으로 저장 취급될 수 있는 지역
- 인화점 100°C 이하인 액체의 경우 해당 액체의 인화점 이상으로 저장, 취급되고 있는 지역

#### 2) 방폭 지역의 분류

방폭 지역(위험장소)은 0종 장소, 1종 장소, 2종 장소 등 3가지로 분류한다.



3) 위험등급의 분류

- ① 발화도 : 폭발성 가스의 발화도는 발화점에 따라서 5등급으로 분류한다.
- ② 폭발등급 : 폭발성 가스의 폭발등급은 표준용기에 의한 폭발시험에 대해서 최대 안전 틈새를 생기게 하는 틈의 최소치에 따라서 3등급으로 분류한다.

| 발화도 | 발화점               | 예     | 폭발 등급 | 틈새거리              |
|-----|-------------------|-------|-------|-------------------|
| G1  | 450°C 초과          | 아세톤   | 1등급   | 0.6mm 초과          |
| G2  | 300°C 초과 450°C 이하 | 에틸렌   |       |                   |
| G3  | 200°C 초과 300°C 이하 | 가솔린   | 2등급   | 0.4mm 초과 0.6mm 이하 |
| G4  | 135°C 초과 200°C 이하 | 에틸에테르 | 3등급   | 0.4mm 이하          |
| G5  | 100°C 초과 135°C 이하 | 이황화탄소 |       |                   |

③ 방폭구조의 종류

폭발성 가스 또는 증기가 존재하는 장소에서 사용하는 전기기기의 사용 중 발생 할 수 있는 전기불꽃, 아크 또는 폭발하였을 때 화염이 외부로 전파되지 않도록 특수하게 설계, 제작된 기기를 방폭형 전기기계기구라 하며, 방폭구조의 종류는 다음과 같다.

- 내압방폭구조 : 전기기계구에서 점화원이 될 우려가 있는 부분 즉 불꽃 아크 또는 과열이 생길 우려가 있는 부분을 전폐구조인 기구에 넣어 만일 외부의 폭발성가스가 내부로 침입해서 폭발하였을 때 용기가 그 압력에 견디어 파손되지 않고 폭발한 고열 및 가스가 용기의 접합부 틈으로부터 외부로 새는 일이 있어도 그 동안에 냉각되어 외부의 폭발성 가스에 점화가 파급 될 우려가 없는 구조
- 유입방폭구조 : 유입 방폭 구조는 전기기기가 불꽃또는 아크 등을 발생해서 폭발성가스에 점화할 우려가 있는 부분을 기름 안에 넣어 유면상의 폭발성 가스에 인화될 우려가 없도록 한 구조
- 압력방폭 구조 : 압력 방폭 구조는 점화원이 될 우려가 있는 부분을 용기 내에 넣고 신선한 공기 또는 불연성가스 등의 보호기체를 용기내부에 공급함으로써 내부 압력을 유지하여 폭발성 가스가 침입하지 않도록 한 구조

- 안전증방폭 구조 : 안전증 방폭 구조는 전기기기의 권선, 에어캡, 접점, 단자 등과 같이 정상적인 운전 중에는 불꽃, 아크 또는 과열이 발생해서는 안 될 부분에 이런 것의 발생을 방지하기 위해서 구조와 온도상승에 대해서 특히 안전도를 증기시킨 구조
- 본질 안전방폭 구조 : 본질안전 방폭 구조는 정상시 및 사고시에 발생하는 전기 불꽃 또는 고온부에 의하여 폭발성가스에 점화할 수 없는 것이 점화 시험, 기타에 의하여 확인된 구조
- 특수방폭구조 : 상기 이외의 방폭 구조로서 폭발성가스의 인화를 방지할 수 있는 것이 기타의 방법에 의하여 확인된 구조.

4) 방폭 구조의 기호

① 기호

| 가스 · 증기 방폭 |        | 분진 방폭 |       |
|------------|--------|-------|-------|
| 방폭 구조      | 기호     | 방폭 구조 | 기호    |
| 내압         | d      | 특수 분진 | S D P |
| 압력         | p      |       |       |
| 안전증        | e      | 보통 방진 | D P   |
| 유입         | o      |       |       |
| 본질 안전      | ia, ib | 방진 특수 | X D P |
| 특수         | s      |       |       |

5) 방폭 전기설비의 설치

① 설치위치

- 운전, 조작, 조정 등이 편리한 위치에 설치하고, 또한 긴급 시에 대응하기 위하여 발판 및 통로를 확보해야 한다.
- 유지보수가 편리한 장소에 설치하고, 점검 및 정비에 필요한 공간을 주위에 확보해야 한다.
- 수분이나 습기에 노출되지 않는 위치에 설치하고 상시 습기가 많은 장소에는 설치해서는 안 된다.
- 부식성 가스 발산구 주위 또는 부식성 액체가 비산할 수 있는 위치에는 설치해서는 안 된다.
- 고온장소 및 고온발열체에 근접한 위치에 설치해서는 안된다.
- 기초 조용물 또는 기계장치로부터 현저한 진동의 영향을 받는 위치에 설치해서는 안된다.

## 제4절 정전기

### 1. 정전기의 개요

정전기 현상에 대한 가장 오래 된 기록은 고대 그리스의 철학자 탈레스가 양의 가죽으로 호박(송진이 굳어서 된 보석)을 닦을 때 생긴 현상을 적어 놓은 것이다. 이 때문에 영어로 '전기'를 뜻하는 'electronic-' 이라는 말은 그리스어로 '호박(electron)'에서 유래한 것이다. 보통 상태에서는 전자와 양성자의 숫자가 서로 균형을 이루어서 전체적으로는 중성을 띠게 된다. 그러나 물체가 외부와의 마찰이나 다른 특별한 힘을 받게 되면 이것들이 어느 한 곳으로 몰려서 그 물체가 양(+) 전하(전자 보다 양성자가 많은 경우)나 음(-)전하(양성자 보다 전자가 많은 경우)를 띠게 된다. 이 전하들이 전선 같은 도체를 타고 흘러 다니는 것이 우리가 알고 있는 전기이다. 그런데 이 전하들이 흘러 다니지 못하고 한 곳에 고여 있는 것, 그것이 바로 정전기인 것이다. 정전기는 말 그대로 '정지된, 또는 움직이지 못하는' 전기이다.

### 2. 정전기 대전현상

다른 물질과 상호 접촉운동에 의한 발생되는 마찰대전과 다양한 효과는 화재 또는 폭발 위험성을 형성할 수 있다. 정전기의 발생이 모든 접촉면에서 발생하기 때문에 정전기의 발생을 완전히 예방할 수는 없다.

#### 1) 마찰대전

두 물질 사이의 마찰에 의한 접촉과가 분리과정이 계속되면 이에 따른 기계적 에너지 차에 의한 자유전자의 방출 또는 흡입으로 정전기가 발생하는 현상을 말한다. 고체 액체류 또는 분체류에서의 대전은 주로 마찰대전에 기인되며 표는 고분자물질의 대전 서열을 나타낸 것이다. 표에서 두 물질을 서로 마찰시킬 경우 왼쪽은 (+), 오른쪽은(-)이다.

| +  | 0   |     |    |     |                                 |    |                            |                           |          |    |     |     |    |     | -   |      |       |      |       |      |     |      |     |
|----|-----|-----|----|-----|---------------------------------|----|----------------------------|---------------------------|----------|----|-----|-----|----|-----|-----|------|-------|------|-------|------|-----|------|-----|
| 유리 | 머리털 | 나일론 | 양모 | 레이온 | 비닐론<br><small>인견<br/>인방</small> | 견포 | 아세테이트<br><small>인견</small> | 오오련면<br><small>인방</small> | 펄프<br>노지 | 고무 | 테릴린 | 비닐론 | 사린 | 다클론 | 테릴렌 | 카페이트 | 폴리에틸렌 | 카네칼론 | 셀루로이드 | 사진필름 | 셀로판 | 염화비닐 | 테프론 |

#### 2) 박리대전

상호 밀착되어 있는 물질이 떨어질 때 전하분리에 의한 정전지의 발생을 말한다. 박리대전은 접촉면의 밀착면, 박리속도 등에 의해서 대전량이 변화되며, 일반적으로 마찰대전보다 큰 정전기가 발생하게 된다.

### 3) 유동대전

액체류를 파이프 등으로 수송할 때 액체류와 파이프 등의 고체류와 접촉하면서 이 두 물질사이의 경계선에서 전기 2중층이 형성되고, 이 2중층을 형성하는 전하의 일부가 액체류의 유동과 같이 이동하여 대전되는 현상이다. 유동대전은 주로 액체류와 고체의 접촉에 의해서 발생되며, 액체류의 유동속도가 대전량에 큰 영향을 미친다.

### 4) 분출대전

분체류, 액체류, 기체류가 단면적이 작은 분출구를 통해 공기중으로 분출될 때 분출되는 물질과 분출구의 마찰에 의해 발생하는 현상을 말한다. 분출대전은 분출되는 물질과 분출구를 구성하는 물질과의 직접적인 마찰에 의해서도 발생되지만 실제로는 분출되는 물질 구성 입자간의 상호충돌에 의해 더 많은 정전기가 발생된다.

### 5) 유도대전

도체가 전기장에 노출되면 도체에는 전하의 분극이 일어나 가까운 쪽에는 반대극성의 전하가, 먼 쪽에는 같은 극성의 전하로 대전되는 현상을 말한다. 유도대전은 접지되지 않은 도체가 대전물체 가까이 있을 경우에 주로 발생한다.

### 6) 기타대전

이외에도 분체류에 의한 입자 상호간이나 입자와 고체와의 충돌에 의한 접촉, 분리과정에서 발생하는 충돌대전, 고체, 분체류 등이 파괴될 때의 전하분리로 인한 파괴대전, 액체류의 교반, 수송 중에 발생하는 교반대전 또는 침강대전 등이 있다.

## 3. 정전기에 의한 위험성

정전기의 각종 대전으로 발생하는 재해는 역학적 현상에 의한 것과 방전현상에 의한 것으로 나눌 수 있다.

### 1) 역학적 현상에 의한 것

발생한 전하에 의해 공기중의 먼지 등의 가벼운 물질을 흡인해 오염시키거나 장시간에 걸쳐 들어붙어 파이프 배관에 있어서는 구멍이 막히거나 좁아지게 될 수가 있다.

### 2) 방전현상에 의한 것

물체의 대전에 의해 전위가 상승해 고전위로 되어 공기의 절연을 파괴해 방전될 때 인체의 전격을 주어 추락 등의 2차 재해를 일으킨다든가 대전물체로부터의 불꽃방전에 의해 가연성 물질의 착화 또는 가연성 가스, 분진에 의한 폭발화재 등의 재해가 발생한다.

#### ① 인체에 대한위험

인체는 전기적 도체이므로, 건조한 상태에서는 신발과 바닥재와의 접촉이나 주위 대전

물체로부터의 유도 등에 수천볼트까지 대전되어 방전 시 불쾌감을 유발시키기도 하고, 심한 경우 방전시의 충격이나 무의식적인 반사작용으로 인한 상해를 일으킬 수 있다. 또한 실크나 인조섬유 등 양질의 절연재질로 된 의복을 건조한 환경에서 입거나 벗을 때에는 착화성 정전기 스파크가 발생할 수 있다.

## ② 인화성, 가연성액체

정전기는 액체가 다른 물질과 접촉하여 이동할 때 발생된다. 이는 흔히 파이프를 통해 흐를 때, 그리고 혼합, 주입, 펌핑, 여과 또는 교반 같은 작용에서 발생한다. 정전기는 액체에서 축적이 가능하고 축적이 충분하면 정전스파크가 발생된다. 스파크가 인화성 증기-공기 혼합 상태에서 발생하면 정전기는 발화원이 된다.

## ③ 가스

유동가스가 금속 산화물 또는 스케일 입자 등에 또는 액체입자나 분무에 오염되면 대전될 수 있다. 도전체에 입자-함유가스의 흐름은 이 물체가 방전 파이프에 접지되거나, 본딩되지 않았다면 축적될 것이다. 축적이 충분하면 정전 스파크가 생길 수도 있다. 스파크가 증기-공기 혼합 상태에서 발생할 때 발화원이 될 수 있다.

## ④ 분진과 섬유

산업에서 분진과 섬유의 가공 및 취급 시 발생한다. 가연성은 분진운이나 층의 발화가 정전기방전으로 인한 예가 있다. 정전기가 발화원으로서 확실하게 입증된 모든 예에서 스파크는 절연된 도체와 대지 사이에서 발생한다. 분진운이나 자체 내의 정전방전에 의해서 발화될 수 있다는 것은 실험적으로 증명되지 않았다.

## 4. 정전기의 안전

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

### 1) 본딩과 접지

- ① 도전성 물체는 직접 접지하거나, 또는 이미 대지에 연결된 다른 도전성 물체에 본딩함으로써 접지할 수 있다. 어떤 물체는 대지에 연결함으로써 본질적으로 본딩하거나 접지된다.
- ② 본딩은 도전성 물체 사이의 전위차를 최소화하기 위한 것이다. 반면에 접지는 물체와 대지 사이의 전위차를 최소화하기 위한 것이다.
- ③ 정전기의 축적을 예방하기 위하여 저항은  $1\text{m}\Omega$  미만이 필요하다
- ④ 접지체와 대지 사이의 저항은 접지선 그 자체의 저항과 대지의 접지전극 저항으로

구성된다.

2) 습도

- ① 습도는 정전기를 축적하는 물질의 표면이 습기를 흡수하고, 비정상적으로 가열되지 않는 곳에서만 정전기를 해결하는데 유효하다.
- ② 실내에서의 상대습도를 60~70%로 유지하는 것도 정전기를 완화하는데 도움이 된다.
- ③ 공기로부터 습도흡수에 민감하지 않는 절연체는 습도가 정전기 예방원이 될 수가 없다.(예: 플라스틱 또는 원유의 표면 등)

3) 전도성증가

- ① 정전기 대전은 저전도성 물질의 표면에 축적될 수 있다. 도전성을 증가함으로써, 즉 저항력을 낮춤으로써, 전하는 위험수준까지 축적되기 전에 완화될 수 있다.
- ② 고체에서도 도전성을 높이기 위해 도전물질은 첨가하는 것이 가능하다.
- ③ 액체연료에서는 대전방지제를 사용할 수도 있으나, 전하완화를 위해 완전한 전기경로를 제공하는 본딩 및 접지에 접촉하여야 한다.

4) 이온화

① 자기방전식(정전기결합) 제전기

도전체의 정전하는 흐름이 자유롭고, 물체가 구형이 아니면 표면에 집중적으로 분포한다. 만일 물체가 공기중에 있고, 곡률반경이 거의 0이면 미세한 돌출부분으로 인한 전하집중은 물체에 도전성을 갖게 하는 공기의 이온화를 발생시킬 것이며, 큰 지름의 표면이 고전압을 받고 유지할 수 있어, 돌출부분의 표면은 적은 양의 전하를 유지할 수 있다. 접지된 돌출부에서 유도된 전하가 대전체의 부근에 위치할 때 공기의 코로나 이온화를 발생시켜, 도전체는 전하를 대지로 소멸시킨다.

② 전압인가식 제전기

전압인가식 제전기는 공정, 제조, 인쇄중의 면, 모, 실기, 제지와 같은 물질로부터 정전하를 제거하기 위한 적합한 방법이다. 이는 대전된 표면에 전도성인 이온화된 환경을 제공하여 근처의 전하가 접지된 도전체로 누설된다.

③ 방사선식제전기 : 방사선 물질에 의한 공기의 이온화 방법

④ 기타

기타 발화위험을 제거하기 위해서는 물체의 불활성화, 환기 또는 재배치에 의한 발화성 혼합기를 제어하는 방법도 있다

## 제5절 전기설비의 낙뢰

### 1. 낙뢰의 개요

뇌운하부에 축적되어 있는 음(-)전하와 지면에 유도된 양(+)전하 사이 방전현상을 낙뢰라고 한다. 이때 뇌운 속의 전하가 지면을 향해서 내려올 때 일격에 내려 오는 것이 아니라 계단형으로 충전과 방전을 반복하면서 약 30m씩 전진하며 Stepped streamer가 내려오면서 지상 수십 m에 도달하면 돌출물에서 상향의 Connecting streamer가 Stepped leader의 선단을 향해서 출발한다. 이때 Connecting Streamer 와 Stopped leader 가 접촉하면 지상에서 Leader에 의해서 미리 전리된 길(방전로)을 따라서 격심한 소리와 밝은 빛을 내면서 위로 올라간다. 이것을 귀환뇌격(Return stroke)이라 말하고 있으며, 이 귀환뇌격을 낙뢰라 부르고 있다. 대부분의 낙뢰는 이 한 번의 뇌격으로 방전을 종료한다. 낙뢰 전류의 세기는 50kA 정도이고, 온도는 약 3만°C이며 낙뢰전류는 1/1000초 이하의 짧은 시간동안 흐르게 된다.

### 2. 사고방지대책

#### 1) 직격으로 인한 피해의 방지대책

- ① 옥외(屋外), 특히 주위가 터진 평지나 산 위 등에서 번개를 만났을 때에는 몸을 될 수 있는 한 낮게 하고 가능하면 낮은 곳이나 동굴 속 등에 들어간다.
- ② 금속성의 물품을 버리며, 이로부터 멀리 피하여야 한다.
- ③ 될 수 있는 한 전기가 흐르고 있는 곳 가까이 가지 않는다.
- ④ 철책이나 전화 또는 전력선 및 철골 구조물 옆에서의 작업은 중지하여야 한다.
- ⑤ 개방된 창고나 상자 등에 들어있는 가연성 물질에는 손을 대지 않는다.
- ⑥ 특히 금속성 장치를 끌고 있을 경우에는 트랙터의 운전을 중지하고 차에서 내려야 한다.
- ⑦ 수영을 하고 있을 경우에는 물에서 빨리 나와야 하며, 작은 보트에 타고 있을 경우에는 배에서 내려야 한다.
- ⑧ 자동차에 타고 있을 경우에는 차를 세우고 차 안에 그대로 있는 것이 좋다(자동차는 낙뢰에 대해서 뛰어난 보호 작용을 하는 경우가 많다.)
- ⑨ 건물 안으로 피하는 것이 안전하나 야외에서 건물이 없을 때는 동굴이나 우묵 팬 곳 또는 좁은 골짜기로, 그리고 숲이 우거진 습지에서는 나무가 많이 있는 곳으로 피한다.
- ⑩ 만약 야외에서 대피할 때 가장 높은 것 이외에 피신처가 없을 경우, 예를 들면 큰 나무 하나가 있을 경우는 그 나무로부터 멀리 떨어져서 몸을 낮게 움츠린다.

- ⑪ 번개가 발생하고 있을 때는 산꼭대기나 산봉우리에서 빨리 피한다.
- ⑫ 만약 전기가 몸에 감각되어 머리칼이 곤두서고 피부가 찌릿찌릿할 때는 낙뢰직전에 있을 때이므로 재빠른 동작으로 땅에 엎드려야 한다.

## 2) 건물에 대한 방지대책

### ① 피뢰기의 개요

뇌에 의해서 회로개폐 등에 발생한 충격성 과전압의 서지를 대지에 방전시킴으로써 그 파고치를 제한하여 전기시설의 절연을 보호함과 동시에 계통의 정상상태를 교란하지 않고 원상으로 복귀시키기 위한 장치이다.

### ② 피뢰기의 임무

- 피뢰기는 특성요소와 직렬 갭에 의하여 기기 보호 및 송전의 안정을 도모한다.
- 이상전압의 내습으로 피뢰 단잔전압이 일정 값 이하가 되면 즉시 방전을 정지해서 원래의 송전상태로 돌아가게 한다.
- \* 특성요소란 : 비직선 전압, 전류특성에 따라 방전할 때는 대전류를 통과시키고 단자 전압을 제한하며 방전 후에는 속류를 실질적으로 저지 또는 직렬 갭으로 차단할 수 있는 정도로 제한하는 구성성분을 말한다.

### ③ 피뢰기동작

- 피뢰기는 직렬 갭으로 상용주파수의 상규전압에 대해서는 대지간에 절연을 유지하고 있지만 이상전압이 내습하면 갭이 방전을 개시해선 특성요소를 통해서 서지전류를 대지에 흘려줌으로써 전압상승을 방지한다.
- 뇌전압의 진행파가 피뢰기의 설치점에 도달해서 직렬 갭이 충격방전 개시전압 받으면, 직렬 갭이 먼저 방전하게 되는데, 그렇게 되면 특성요소가 선로에 이어져서 뇌전류를 방류하여 전압을 제한 전압까지 내린다.

## 3. 관련용어 정리

- 감전 : 외부에서 인가된 전원에 의하여 인체내로 전류가 통과되는 것을 말한다
- 정상운전 : 합은 전기설비가 단락, 지락, 누전 등 전기적 고장이 없는 운전 상태를 말한다.
- 고장 : 전기설비에서 단락, 지락, 누전 등 전기적인 이상이 발생한 상태를 말한다.
- 직접접촉 : 정상운전시 전압이 인가된 충전부분에 인체가 접촉되는 것을 말한다.
- 간접접촉 : 고장으로 전압이 인가된 도전성 부분에 인체가 접촉되는 것을 말한다.
- 도전성 제한공간 : 대부분의 공간이 금속 등 도전성 물질로 둘러 쌓여 있어 이 장소에서 작업시 신체의 일부분이 도전성 물질과 쉽게 접촉될 수 있는 장소를 말한다

- 방폭지역(Hazardous Area) : 전기설비를 설치 사용함에 있어 특별한 주의를 요하는 폭발성 가스분위기가 조성되거나 조성될 우려가 있는 지역을 말한다.
- 비방폭지역(Non-Hazardous Area) : 전기설비를 설치 사용함에 있어 특별한 주의를 요하는 폭발성 가스분위기가 조성될 우려가 없는 지역을 말한다.
- 최고표면온도(Maximum Surface Temperature) : 전기설비가 사양 범위내의 최악의 조건에서 사용되는 경우에 주위의 폭발성 위험분위기에 점화될 우려가 있는 당해 방폭 전기설비의 구성부품이 도달하는 표면온도 중 가장 높은 온도를 말한다.
- 방폭전기설비의 그룹(Group of An Electrical Apparatus for Explosive Atmospheres) 이라 함은 사용되는 폭발위험분위기에 관련된 전기설비의 분류를 말한다.
  - ☆ 폭발위험분위기에 사용되는 전기설비는 다음과 같이 2가지로 분류한다.
    - I 급 : 폭발성 가스가 존재할 우려가 있는 광산에서의 전기설비
    - II 급 : I 급 장소 이외의 폭발위험분위기용 전기설비
- 방폭구조(Type of Protection) : 설비에 의한 주위의 위험분위기에 점화됨을 피하기 위해 전기설비에취하는 특별한 조치를 말한다.
- 실링 링(Sealing Ring) : 케이블 또는 배관과 입구 사이의 밀봉을 확실히 하기 위한 케이블 또는 배관밀봉기구에 사용되는 링을 말한다.
- 내부저항 대 인덕턴스 비의 최대값 (Li/Ri, Maximum Internal Inductance to Resistance Ratio) : 전기설비의 내부접속설비에서 고려되는 저항(Ri)과 인덕턴스(Li)와의 비를 말한다.
- 외부저항 대 인덕턴스 비의 최대값 (Lo/Ro, : Maximum External Inductance to Resistance Ratio) : 전기설비에 접속된 외부회로의 저항(Ro) 대 인덕턴스(Lo)의 비를 말한다.
- 간단한 기기(Simple Apparatus) : 사용되는 본질안전회로에 적합한 회로정수를 보유한 단순 구조의 전기부품 또는 부품의 조합을 말하며, 다음의 구조는 간단한 기기로 간주할 수 있다.
  - ① 스위치, 접속함, 저항 및 간단한 반도체 기구 등과 같은 수동 소자
  - ② 축전기(Capacitor), 유도기(Inductor) 등과 같이 계통의 전체적 안정에 관련되는 회로정수를 갖고 있는 에너지 저장원
  - ③ 열전대, 광전지 등과 같이 1.5V, 100mA, 25mW를 넘지 않는 에너지 발생원

(주) 이들 에너지발생원의 인덕턴스 또는 정전용량을 ②에서와 같이 고려해야 한다.
- 본질안전방폭기기 (Intrinsocally Safe Apparatus) : 내부의 모든 회로가 본질안전기능이 있는 전기설비를 말한다.
- 관련 기기(Associated Apparatus) : 모든 전기회로 또는 회로가 본질안전회로는 아니더라도 본질안전회로의 안전에 영향을 미칠 수 있는 회로가 포함되어 있는 기기를 말한다.
- 정상운전(Normal Operation) : 당해 기기의 설계사양에 따라 전기.기계적으로 구성되고 제조자에 의하여 규정된 범위 내에서 운전되는 것을 말한다.

- ☆ 제조자에 의해 규정된 범위에는 회전자의 구속(Stalled Rotors), 램프고장 및 과부하 등의 지속적인 운전조건이 포함될 수 있다.
- 정상분위기 조건(Normal Atmospheric Conditions) : 편차가 가연성 분진의 폭발특성에 대한 영향을 무시할 정도인 경우, 101.3kPa(1,013mbar) 및 20°C에서 편차범위내의 온도 및 압력을 포함하는 조건을 말한다.
- 혼합물(Hybrid Mixtures) : 상당한 양의 가연성 증기 및 가스와 결합된 분진·증기 혼합물을 말한다. 가연성 증기 또는 가스 농도가 폭발하한의 20%를 초과하지 않는다고 할 때, 대부분의 경우, 그 시스템은 순수한 가연성 분진·공기 혼합물로서 간주 될 수 있다. 만약, 이 수준을 초과할 경우 특별한 고려가 필요할 수 있다.
- 분진(Dust) : 대기 중에서 자중에 의하여 가라앉지만, 일정시간 부유상태로 있는 작은 고체입자를 말한다.
- 도전성 분진(Conductive Dust) : 전기저항율이 103 Ωm이하인 분진을 말한다.
- 분진폭발분위기(Explosive Dust Atmosphere : 위험분위기) : 대기조건 하에서 점화·연소되지 않은 분진 또는 섬유의 형태의 가연성 물질이 공기와 혼합되어 있는 물질을 말한다.
- 가연성 분진(Combustible Dust) : 상온·상압상태의 공기 중에서 연소되거나 폭발성 혼합물을 형성할 수 있는 분진을 말한다.
- 분진방폭지역(Classified Area) : 전기기기의 설치·사용함에 있어 특별한 주의를 요하는 폭발성 분진·공기 혼합물 또는 분진층이 존재하거나 존재할 우려가 있는 지역을 말한다.
- 방폭지역의 구분(ZONES) : 분진·공기혼합물의 발생빈도 및 기간에 근거하여 지역을 구분하는 것으로 분진의 두께도 고려하여야 한다.
- 20종 장소(Zone 20) : 정상 작동중 분진이 공기와 혼합되어 폭발농도를 형성할 정도로 충분한 양의 분진운이 연속적 또는 자주 생성되거나 조절할 수 없을 정도의 과도한 두께의 분진층이 형성될 수 있는 지역을 말한다. 이 지역에는 분진이 폭발성 혼합물이 자주 또는 장시간 형성될 수 있는 분진내재지역의 내부가 해당된다.
- 21종 장소(Zone 21) : 정상운전·취급 및 보수과정 등에서 분진이 폭발 농도를 형성할 정도로 분진운 형태가 생성되거나 생성될 우려가 있는 지역 중 20종 장소가 아닌 지역을 말한다. 이 지역에는 분말을 채우거나 비우는 곳의 인근지역 및 분진층이 정상운전 중 분진혼합물의 폭발농도를 조성하거나 조성할 우려가 있는 지역 등을 포함될 수 있다.
- 22종 장소(Zone 22) : 분진운이 드물게 짧은 기간 생성되거나, 비정상상태에서 위험분위기를 생성할 수 있는 분진축적물 또는 분진층이 존재할 수 있는 지역중 21종장소로 구분되지 않는 지역을 말한다. 단, 분진축적물 또는 분진층의 제거가 보증될 수 없다면, 그 지역은 21종장소로 구분 되어야 한다. 이 그 지역에는 분진이 누출되어 축적될 수 있는 분진내재설비 인근지역이 포함될 수 있다.
- 분진 누출원(Source of Dust Release) : 폭발성 분진·공기 혼합물이 형성될 수 있는 정도

의 분진이 누출 또는 생성될 수 있는 지점이나 위치를 말한다. 조건에 따라 모든 누출원이 폭발성 분진·공기혼합물을 꼭 생성하지는 않지만, 미약하거나 작은 연속 누출원이라도 시간을 고려할 때 잠재적인 위험한 분진층을 생성할 수 있다는 것을 감안하여야 한다.

- 정상운전(Normal Operation) : 설비가 당해 설비의 설계변수 내에서 운전되는 상태를 말하며, 작은 양의 분진누출(예, 필터에서의 누출)은 정상운전의 일부가 될 수 있다.
- 이상상태(Abnormal Conditions) : 드물게 발생할 수 있는 공정에 관련된 오작동을 말하며, 다음의 경우가 해당된다.
  - ① 보수 또는 운전정지를 포함하는 고장
  - ② 필터재료의 고장
  - ③ 유연(Flexible) 접속의 고장
  - ④ 과도압력 방출
  - ⑤ 수송설비에서의 누출
- 누전차단기 : 지락검출장치, 차단기구 및 인출기구등으로 조립된 장치로서 누전에 의하여 이동식 또는 가반식의 전동기를 가진 전동기계.기구의 금속제 외함 또는 금속제 외피 등 금속부분에서 발생하는 지락전류가 일정한 수치에 도달했을 경우 동작시간 이내에 당해 전동기계 및 기구의 전로를 차단하는 것을 말한다.
- 지락전류 : 접촉 또는 절연파괴 등의 사고에 의하여 전로 또는 부하의 충전부에서 대지로 흐르는 전류를 말한다.
- 누설전류 : 정전용량 등에 의하여 전로와 전로 또는 전로와 대지 사이로 흐르는 전류를 말한다.
- 정력전류 : 누전차단기의 주회로에 연속 통전할 경우의 허용전류를 말한다.
- 충전부 : 통상적으로 전압을 인가할 목적으로 한 도체 또는 도전성 부분을 말한다.
- 위험충전부 : 어떤 조건하에서 상해(감전)를 입힐 위험이 있는 충전부를 말한다.
- 노출 도전부(Exposed Conductive Part) : 일반적으로 충전되지 않으나, 기능절연이 고장날 경우에 충전부가 되며 접촉 가능성이 있는 전기기기의 도전성 부분을 말한다. 다만, 다른 노출 도전부와외의 접촉에 의해서 충전부가 되는 전기기기의 도전부는 제외한다.
- 기타 도전부(Extraneous Conductive Part) : 전기설비의 부분은 아니나 어떤 전위(국소 대지의 전위를 말한다)를 가지기 쉬운 도전성 부분을 말한다.
- 접촉전류 : 정상상태 또는 고장상태에서 전기설비의 접근 가능한 부분에 사람이 접촉되어 흐르는 전류를 말한다.
- 접촉전압 : 동시 접촉한 경우에 있어 인가되는 전압을 말한다.
- 기능절연(Basic Insulation) : 감전에 대하여 기능보호를 하기 위한 위험충전부의 절연을 말한다.
- 부가절연(Supplementary Insulation) : 기능절연의 고장시의 감전방호(고장보호)를 위하

여 기능절연에 추가해서 실시하는 독립된 절연을 말한다.

- 이중절연(Double Insulation) : 기능절연과 부가절연으로 구성된 절연을 말한다.
- 강화절연(Reinforced Insulation) : 위험충전부에 의한 감전방호를 위하여 이중절연과 동등한 수준의 절연을 말한다. 다만, 강화 절연은 기능절연 또는 부가절연으로 여러 층을 구성하여도 무방하다.
- 전기적인 방호장애물(ELECTRICALLY PROTECTIVE OBSTACLE) : 의식적인 행위에 의한 직접접촉은 방지하지 않으나, 무의식적인 직접접촉을방지할 수 있는 장애물을 말한다.
- 전기적인 방호배리어(Electrically Protective Barrier) : 통상적으로 모든 접근방향에서의 직접접촉에 대해서 방호하는 부분을 말한다.
- 방호외함(Protective Enclosure) : 위험충전부가 모든 방향에서 접근을 방지될 수 있도록 함의 내부에 넣는 것을 말한다.
- 등전위 본딩(Equipotential Bonding) : 등전위성을 확인하기 위한 목적으로 인접부분을 전기적인 접촉을 실시하는 방호조치를 말한다.
- 방호등전위본딩(Protective Equipotential Bonding) : 안전목적(예를 들면, 감전방호)의 등전위본딩을 말한다.
- 기준대지(Reference Earth) : 모든 접지설비의 영향 영역밖에 있고, 도전성으로 보여지는 대지의 일부를 말하며, 그 전위는 규약적으로 0이다.
- 강화방호조치(Enhanced Protective Provision) : 두 개의 독립된 방호조치 요소에 의한 방호와 동등 이상의 방호 신뢰성을 가진 방호조치를 말한다.
- 방호격리(Protective Separation) : 어떤 전기회로를 다음 중 하나의 방법에 의해 다른 것 으로부터 격리하는 것을 말한다.
  - ① 이중절연
  - ② 기능절연 및 방호스크린
  - ③ 강화절연
- 초저전압(Extra Low Voltage : ELV) : 교류전압 50V이하, 직류전압 120V이하 (IEC 1201의 전압범위에 규정한 당해 전압한계를 초과하지 않는 전압)의 전압을 말한다.
- 안전초저압(Safety Extra Low Voltage : SELV) : 정상상태에서 또는 다른 회로에 있어서 지락고장을 포함한 단일 고장상태에서 인가되는 전압이 초저전압을 초과하지 않는 전기시스템을 말한다.
- 방호초저압(Protective Extra Low Voltage : PELV) : 정상상태에서 또는 다른 회로에 있어서 지락고장을 제외한 단일고장상태에서 인가되는 전압이 초저전압을 초과하지 않는 전기시스템을 말한다.
- 기능접지(Functional Earthing) : 기기의 정상적인 기능을 위한 접지를 말한다.
- 보호접지선(Protective Conductor : PE) : 안전(감전방호)을 목적으로 한 접지선을 말한

다.

- PEN(Combined Protective & Neutral Conductor) : 중성점접지와 보호접지의 기능을 겸용한 접지선을 말한다.
- 전기적인 격리(Electrical Separation) : 위험한 충전상태에 있는 회로를 다른 부분과의 접촉으로부터 절연하는 방호조치를 말한다.
- 비맥동(Ripple-Free) : 맥동성분이 10%(실효값)이하의 정현파 맥동전압을 말한다.
- TN계통 : 전력계통 접지방식의 하나로 전원측의 한 점을 직접 접지 시키고, 전기기기의 접지는 전원측 접지극에 보호도체로 접속한 방식을 말한다.
- TT계통 : 전력계통 접지방식의 하나로 계통의 한쪽은 직접 접지 시키고, 기기의 보호접지는 이와는 별도의 접지극에 접속하는 방식을 말한다.
- IT계통 : 전력계통 접지방식의 하나로 모든 충전부를 대지에서 격리시키거나 한 점에서 임피던스접지 시키고, 설비의 도전부는 독립접지 또는 공통 접지한 방식을 말한다.

### 학습 평가

1. 정전기로 인한 사고는 많이 예상되지만 정전기는 모든 접촉면에서 발생하기 때문에 정전기의 발생을 완전히 예방할 수는 없다. 정전기발생이 되는 다음 대전현상은 어느 대전현상에 대한 설명인가

“도체가 전기장에 노출되면 도체에는 전하의 분극이 일어나 가까운 쪽에는 반대극성의 전하가, 먼 쪽에는 같은 극성의 전하로 대전되는 현상을 말한다. 이 대전은 접지되지 않은 도체가 대전물체 가까이 있을 경우에 주로 발생한다”

- ① 마찰대전
- ② 분극대전
- ③ 유도대전
- ④ 분출대전

정답) 3번

**설명) 정전기 대전현상**

다른 물질과 상호 접촉운동에 의한 발생되는 마찰대전과 다양한 효과는 화재 또는 폭발 위험성을 형성할 수 있다. 정전기의 발생이 모든 접촉면에서 발생하기 때문에 정전기의 발생을 완전히 예방할 수는 없다.

- ① 마찰대전 : 두 물질 사이의 마찰에 의한 접촉과가 분리과정이 계속되면 이에 따른 기계적 에너지 차에 의한 자유전자의 방출 또는 흡입으로 정전기가 발생하는 현상을 말한다. 고체 액체류 또는 분체류에서의 대전은 주로 마찰대전에 기인된다

- ② 박리대전 : 상호 밀착되어 있는 물질이 떨어질 때 전하분리에 의한 정전지의 발생을 말한다. 박리대전은 접촉면의 밀착면, 박리속도 등에 의해서 대전량이 변화되며, 일반적으로 마찰대전보다 큰 정전기가 발생하게 된다.
- ③ 유동대전: 액체류를 파이프 등으로 수송할 때 액체류와 파이프 등의 고체류와 접촉하면서 이 두 물질사이의 경계선에서 전기 2중층이 형성되고, 이 2중층을 형성하는 전하의 일부가 액체류의 유동과 같이 이동하여 대전되는 현상이다. 유동대전은 주로 액체류와 고체의 접촉에 의해서 발생되며, 액체류의 유동속도가 대전량에 큰 영향을 미친다.
- ④ 분출대전 : 분체류, 액체류, 기체류가 단면적이 작은 분출구를 통해 공기중으로 분출될 때 분출되는 물질과 분출구의 마찰에 의해 발생하는 현상을 말한다. 분출대전은 분출되는 물질과 분출구를 구성하는 물질과의 직접적인 마찰에 의해서도 발생되지만 실제로는 분출되는 물질 구성입자간의 상호충돌에 의해 더 많은 정전기가 발생된다.
- ⑤ 유도대전 : 도체가 전기장에 노출되면 도체에는 전하의 분극이 일어나 가까운 쪽에는 반대극성의 전하가, 먼 쪽에는 같은 극성의 전하로 대전되는 현상을 말한다. 유도대전은 접지되지 않은 도체가 대전물체 가까이 있을 경우에 주로 발생한다.
- ⑥ 기타대전 : 이외에도 분체류에 의한 입자 상호간이나 입자와 고체와의 충돌에 의한 접촉, 분리과정에서 발생하는 충돌대전, 고체, 분체류 등이 파괴될 때의 전하분리로 인한 파괴대전, 액체류의 교반, 수송 중에 발생하는 교반대전 또는 침강대전 등이 있다.?

2. 낙뢰의 직격으로 인한 피해의 방지대책으로서 옳지 못한 것은?

- ① 옥외(屋外), 특히 주위가 터진 평지나 산 위 등에서 번개를 만났을 때에는 몸을 될 수 있는 한 낮게 하고 가능하면 낮은 곳이나 동굴 속 등에 들어간다.
- ② 금속성의 물품을 버리며, 이로부터 멀리 피하고, 될 수 있는 한 전기가 흐르고 있는 곳 가까이 가지 않는다.
- ③ 철책이나 전화 또는 전력선 및 철골 구조물 옆에서의 작업은 중지하여야 하며, 개방된 창고나 상자 등에 들어있는 가연성 물질에는 손을 대지 않는다.
- ④ 금속성 장치를 끌고 있을 경우나, 트랙터의 운전시, 자동차에 타고 있을 경우에는 운행을 중지하고 차에서 내려야 한다.

정답) 4 번

설명) 낙뢰의 직격으로 인한 피해의 방지대책

- 옥외(屋外), 특히 주위가 터진 평지나 산 위 등에서 번개를 만났을 때에는 몸을 될 수 있는 한 낮게 하고 가능하면 낮은 곳이나 동굴 속 등에 들어간다.
- 금속성의 물품을 버리며, 이로부터 멀리 피하여야 한다.

- 될 수 있는 한 전기가 흐르고 있는 곳 가까이 가지 않는다.
- 철책이나 전화 또는 전력선 및 철골 구조물 옆에서의 작업은 중지하여야 한다.
- 개방된 창고나 상자 등에 들어있는 가연성 물질에는 손을 대지 않는다.
- 특히 금속성 장치를 끌고 있을 경우에는 트랙터의 운전을 중지하고 차에서 내려야 한다.
- 수영을 하고 있을 경우에는 물에서 빨리 나와야 하며, 작은 보트에 타고 있을 경우에는 배에서 내려야 한다.
- 자동차에 타고 있을 경우에는 차를 세우고 차 안에 그대로 있는 것이 좋다(자동차는 낙뢰에 대해서 뛰어난 보호 작용을 하는 경우가 많다.)
- 건물 안으로 피하는 것이 안전하나 야외에서 건물이 없을 때는 동굴이나 우묵 팬곳 또는 좁은 골짜기로, 그리고 숲이 우거진 습지에서는 나무가 많이 있는 곳으로 피한다.
- 만약 야외에서 대피할 때 가장 높은 것 이외에 피신처가 없을 경우, 예를 들면 큰 나무 하나가 있을 경우는 그 나무로부터 멀리 떨어져서 몸을 낮게 움츠린다.
- 번개가 발생하고 있을 때는 산꼭대기나 산봉우리에서 빨리 피한다.
- 만약 전기가 몸에 감각되어 머리칼이 곤두서고 피부가 찌릿찌릿할 때는 낙뢰직전에 있을 때이므로 재빠른 동작으로 땅에 엎드려야 한다.

**학습 정리**

**1. 전기설비의 방폭**

(폭발의기본조건 )

화재 폭발이 일어나기 위한 기본조건은 다음과 같이 3가지 요소가 동시에 존재해야 한다. 따라서 이 중 한 가지라도 결핍되면 연소 혹은 폭발이 일어나지 않게 되므로, 화재, 폭발사고 방지대책에서 중요한 포인트가 된다.

- 가연성 물질 (가연성 가스 또는 증기)의 존재
- 폭발위험 분위기의 조성(가연성 물질+지연성 물질)
- 최소 착화 에너지 이상의 점화원 존재

**2. 방폭**

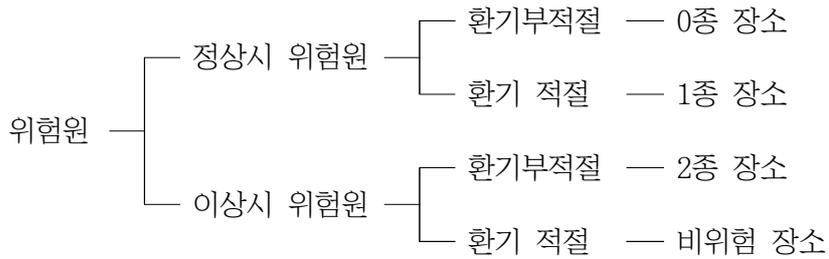
① 방폭 지역의 설정

- 인화성 또는 가연성의 가스나 증기가 쉽게 존재할 가능성이 있는 지역
- 인화점 40°C 이하의 액체가 저장, 취급되고 있는 지역
- 인화점 65°C 이하의 액체가 인화점 이상으로 저장 취급될 수 있는 지역

○ 인화점 100°C 이하인 액체의 경우 해당 액체의 인화점 이상으로 저장, 취급되고 있는 지역

② 방폭 지역의 분류

방폭 지역(위험장소)은 0종 장소, 1종 장소, 2종 장소 등 3가지로 분류한다.



3. 정전기에 의한 위험성

정전기의 각종 대전으로 발생하는 재해는 역학적 현상에 의한 것과 방전현상에 의한 것으로 나눌 수 있다.

|              |
|--------------|
| <b>차시 예고</b> |
| 13 주. 기계안전   |