

<p>안전교육</p> <h2 style="margin: 0;">5주. 화재의 방호 및 폭발</h2>
<p>학습 개요</p>
<p><학습목차></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 화재의 예방법 <ol style="list-style-type: none"> 1) 원인별 발생상황 2) 원인별 예방법 2. 폭발 <ol style="list-style-type: none"> 1) 폭발의 기초(정의) 2) 폭발의 종류 및 폭발의 조건 <p><학습목표></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 화재의 발생원인을 이해한다. 2. 화재예방법을 설명할 수 있다
<p>학습 키워드</p>
<p>화재발생원인과 원인별 예방법, 폭발</p>
<p>학습 내용</p>

<1강. 화재의 원인별 예방법 >

(3) 화재의 원인별 예방

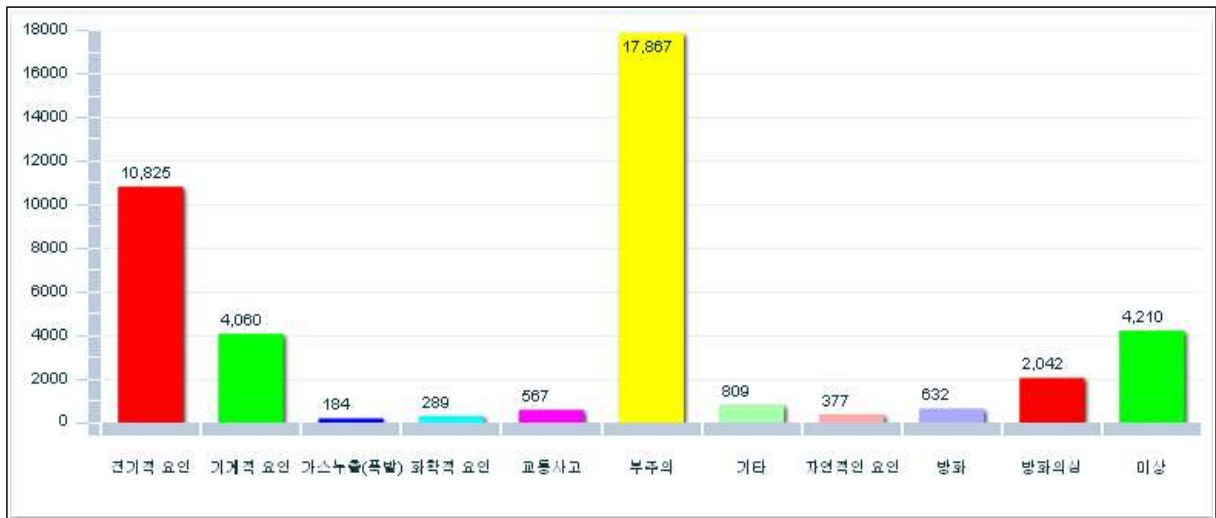
화재가 일어날 수 있는 원인을 따져 보면 전기화재, 담뱃불, 방화, 불티, 불장난, 가스, 유류화재 등의 순으로 나타낼 수 있다.

<p><화재통계 분석- 2010년말 기준></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 2010년 일일평균 : 화재건수 114.7건, 인명피해 5.18명, 재산피해 730백만원 ○ 전년대비 화재건수 -11.5%(5,456건), 인명피해 -22.5%(550명) 감소하였으나, 재산피해는 5.9%(14,912백만원) 증가함. ○ 최근 3년(평균 48,277건) 대비 2010년도 <ul style="list-style-type: none"> ★ 화재건수 : -13.3%(6,415건), ★ 인명피해 : -25.5%(648명),

- ★ 재산피해 -9.4%(27,709백만원) 각각 감소함.
- 장소별, 발화원인별 화재발생 증감사유 분석
 - ★ 장소별 : 임야 -46.3%(1,901건), 위험물.가스제조소등 -35.7%(17건), 철도.선박.항공기 등 -13.3%(18건), 주거 -11.1%(1,312건), 차량 -6.9%(431건), 비주거 -3.06%(517건) 순으로 나타남
 - ★ 발화요인별
 - ★ 방화의심 -29.6%(859건), 부주의 -22.8%(5,262건), 가스누출 -20.3%(47건), 교통사고 -12.8%(83건), 방화 -5.1%(34건), 전기적요인 -0.6%(65건) 순 감소함.
- 최근3년(평균 434명) 인명피해분석
 - ★ 사망자(303명) -30.2%(131명) 감소한 것으로 나타났으며,
 - ★ 장소별로는 주거 65.35%(198명), 비주거 25.1%(76명), 차량 5.9%(18명), 임야.기타 각각 1.65%(5명), 위험물.가스제조소등 0.33%(1명)로 나타남.
- 전년도 같은 기간 대비 전국에서
 - ★ 화재발생율이 가장 높은 시.도는 대전, 가장 낮은 시.도는 전남
 - ★ 인구 1만명당 인명피해는 강원(0.73명), 충남(0.69명), 울산(0.68명), 충북(0.59명), 경북(0.58명), 제주(0.57%) 순임.

출처 : 2010년 소방방재청 통계 재구성

<발화요인별 2010년도>



출처 : 2010년 소방방재청 통계

<발화요인별 분석>

- 2010년 발화요인별 재산피해 발생현황은 **전기적요인(24.8%)에 의한 재산피해액이 가장 높**

은 것으로 나타났으며, 다음으로 부주의(15.1%), 기계적요인(8.7%), 방화.방화의심(4.9%), 화학적요인(1.8%), 교통사고(1.4%), 가스누출(0.7%), 자연적요인(0.6%) 순으로 나타남.

(종전에는 35%내외의 전기화재가 발생했었으나 통계분석방법을 바꾸고 난 이후에는 조정되었다.)

- **전기적요인으로 인한 재산피해내역을 살펴보면** 미확인단락 31.5% (20,837백만원), 절연열화 19.9%(13,175백만원), 과부하.과전류 7.6%(5,015백만원), 접촉불량 6.4%(4,227백만원), 누전.지락 6.36%(4,200백만원), 압착.손상 6.06%(4,003백만원), 트래킹 3.7%(2,437백만원), 반단선 1.64%(1,083백만원), 층간단락 0.85%(564백만원) 순으로 분석됨.

① 전기화재

매년 평균 2.3%씩 증가하고 있는 전기화재의 대부분은 전기 코드나 전선 등 전기용품에 대한 사전 지식의 부족과 부주의한 사용으로 발생하므로, 전기용품의 올바른 사용을 지키면 예방할 수 있다.

전기 화재 원인은 약 77%가 합선이고, 과부하, 누전, 접촉 불량 등의 순이다.

- 합선 : 전선의 피복 또는 절연물이 벗겨져 전선끼리 직접 접촉하게 되면 순간적으로 큰 전류가 흐르게 되고, 높은 열이 발생함에 따라 순간 불꽃이 튀게 되는데 이러한 현상을 말한다.
- 과부하 : 전선의 허용전류를 초과한 것을 과부하라고 한다. 전선에 전기가 흐르면 전선이 가지고 있는 저항에 의하여 열이 발생하게 된다. 한 개의 콘센트에 여러 개의 전기기구를 동시에 사용하거나 적정 용량 이상의 전기를 과다 하게 사용할 경우, 높은 열이 발생하여 화재 발생의 원인이 된다.
- 누전 : 전선이나 전기 기구가 낡거나 절연물이 벗겨져서 전기가 새는 현상이다.
- 접촉 불량 : 전기가 흐르고 있는 전선, 즉 전기가 가는 길에는 곳곳에 접속점이 있다. 이 접속점에서 저항이 생겨 흐름의 장애가 일어나고 일정한 시간 누적되면 전선의 피복이 누렇게 변화되고 급기야 탄화된다. 이때 전선의 도체인 +와 -의 전극이 부딪쳐 불이 나게 된다.
- 기타 : 취급부주의, 제품결함, 정전기 등이 있는데 이 중에서 정전기는 다른 무엇보다도 중요한 인자이다.

★ 정전기란 천사와 악마의 두 얼굴을 가지고 있는 야누스와도 같은 존재이다.

전자사진, 공기 청정장치, 복사기 등, 실생활에 득을 주는 반면 정전기로 인한 폭발, 화재, 전기충격, 제품의 손상 및 파괴 등 산업재해, 각종 정밀 기기의 오작동의 원인으로 우리에게 수많은 손실을 주고 있다. 정전기에 의한 재해는

① 전하의 발생 → ② 전하의 축적 → ③ 방전 → ④ 발화(화재)의 과정을 거친다. 정전기의 제거방법으로는 확실한 접지, 도전성재료의 사용, 가습, 환기 등이 있다.

• 전기화재 예방

- 개폐기에 과전류 차단 장치와 누전 차단기를 설치하고, 정격용량의 퓨즈를 사용하여야 한다.
- 개폐기는 습기나 먼지가 없는 곳에 부착한다.
- 하나의 콘센트에 과도한 전기 기구7를 사용하는 문어발식 콘센트 사용을 피하고, 정전이나 외출 시에는 전기 기구의 플러그를 빼놓는다.
- 전기공사는 전문면허업체에 의뢰하여 시공하고, 옥내 배선은 반드시 절연전선을 사용한다.
- 비닐 코드전선은 못이나 스테이플러로 고정하여 사용해서는 안 된다.
- 가전제품의 플러그를 뽑 때에는 반드시 플러그 몸체를 잡고 뽑는다.
- 세탁기 등 물기가 많은 곳에서 사용하는 전기제품은 접지 후 사용한다.
- 텔레비전 뒷면의 먼지를 제거하고 신문이나 종이류를 두지 않는다.
- 노후 된 전기제품은 수리를 받거나 교체하여야 하며 수시로 점검한다.

동영상

② 방화(放火: Arson)

고의로 불을 놓아 공공의 위험을 야기시키는 방화(放火)는 악의적인 경우가 대부분 이므로 실제 발생할 경우 인명, 재산의 피해가 매우 크다. 이러한 이유로 방화범죄는 형법상 살인, 강도 등과 같이 강력 범죄로 취급하고 있다. 방화의 원인은 크게 가정불화, 불만해소, 정신이상, 싸움, 비관자살, 범죄은폐, 선동 목적, 방화광(放火狂), 우발적 원인, 보험금 취득 목적, 도시의 문화 예술이나 공공시설을 파괴하는 행위인 반달리즘 등으로 나눌 수 있다.

최근 방화의 추세를 살펴보면, 매년 평균 1.4%가 증가하고 있으며, 특히 IMF체제였던 97년과 98년 사이는 방화범죄 증가율이 2.0%로 실제 그 피해규모 및 증가율이 매우 큼을

알 수 있다. 또한 방화 범죄율은 꾸준히 증가하고 있고 년평균 5.4% 이상 증가한 상황으로 이에 대한 대책이 시급하다.

최근 5년간 방화 원인을 살펴보면, 가정불화> 불만해소> 정신 이상> 싸움> 비관자살 순으로 나타나는데, 불만해소, 싸움으로 인한 방화는 점차 증가 추세를 보이고 있다. 총 화재 건수 대비 장소별 방화건수를 살펴보면, 장소별 총화재 건수는 주택 및 아파트가 가장 많다. 다음으로 차량이 32.4%로 그 비율이 가장 높다.

○ 일반적 방화 경향

- 단독범행, 야간에 주로 발생,
- 인화물질, 라이터, 신문지 매개체 사용
- 피해범위가 넓고 인명피해는 대상 • 계절이나 주기 상관없이 발생

방화동기 분석

○ 경제적 이익동기 :

- 화재보험 가입(주택, 건물, 상품, 차량 등),
- 최근 거액, 중복보험 가입

○ 범죄 은폐성 방화 :

- 범죄증거, 행위인멸 및 은폐(범죄장소, 시체, 차량, 증거물, 서류 등)

○ 정신병, 복수심등 :

- 개인적 복수 (Personal Revenge), 사회적 복수 (Social Retaliation),
- 집단적 복수 (Group Retaliation), 스킬, 장난 방화

- 방화의 예방 : 방화의 예방을 위한 대책은 크게 개인적, 사회적, 국가적인 차원에서 수립하는 것이 바람직하다.

개인적인 측면에서의 대책을 살펴보면, 차량 방화를 예방하기 위해서 주택이나 도로상에 함부로 주차하지 않으며, 빈집이나 건물의 화재예방을 위해 문단속을 철저히 한 후 외출하고, 실내 청소 후 내다 버린 쓰레기 중 타기 쉬운 물건이 방치되지 않도록 깨끗이 정리

한다. 그리고 주변의 정신 질환자에 대한 행동을 항상 예의 주시하고 보호자는 성냥이나 라이터 등의 보관에 유의함은 물론, 평소 대화를 통해 불화 및 불만 등을 공유하고 해소하려는 노력이 필요하다.

사회 및 국가적 측면에서의 대책으로는, 우선 화재의 원인이 미상으로 처리된 사건이 많음을 감안하여, 적극성을 띤 전문 화재 조사자를 양성함은 물론, 과학적인 화재감식 장비 및 기술 보강이 필요하다. 또한 모방범죄 등이 빈번히 발생하므로 실제 방화범죄에 대한 처벌규정을 강화하고, 방화의 위험성 및 예방의 필요성을 교육시키는 노력도 병행되어야 한다.

③ 담뱃불 화재

- 원 인 : 담뱃불의 온도는 500°C이고 피우고 있을 때에는 약 800°C에 이른다. 이는 연소 위험 장소에서 흡연, 피울 때의 부주의, 피우고 난 후에 궤초를 함부로 버리는 일 등과 같은 사람의 잘못으로 발생한다.
- 예방요령 : 휘발유, 가스 등 위험물 주변에서 담배를 피우거나 궤초를 버리지 않으며, 흡연은 반드시 재떨이가 있는 곳에서 하고, 재떨이에는 항상 적당하게 물을 담아둔다. 궤초는 비벼서 완전히 끄고 담배 불씨의 유무를 확인한다. 산행을 하거나 야영을 할 때 또는 보행 중에는 특히 흡연을 삼간다.

④ 불티 화재

- 원 인 : 불티는 용접, 금속성 물질의 절단, 연마 등 각종 작업시나 소각 중에 부수적으로 발생하는 것으로 불티화재는 다른 것에 비해 처음에는 불씨의 크기가 성냥불보다 작아 사람들이 쉽게 방심하기 쉽다. 특히 용접시 발생하는 불티는 3,000°C 이상의 고온체이며 풍향과 풍속에 따라서 비산거리가 다르나 약 11m까지 비산되어 이 반경에 있는 가연물에 착화되어 화재가 발생할 수 있다.
- 예방요령 : 용접작업이나 쓰레기 소각 전에는 주변에 위험물이나 가연물을 치우며, 바람이 강하게 부는 날에는 소각작업을 하지 않는다. 그리고 소각한 다음에는 불씨를 완전히 제거하여 불씨가 다시 살아나는 일이 없도록 한다.

⑤ 불장난 화재

- 원 인 : 불장난 화재는 대부분 어린이들에 의하여 성냥, 난롯불, 모닥불, 아궁이불, 라이터, 전기다리미, 초 등을 가지고 장난을 하다가 발생한다. 이밖에 불꽃놀이, 화약놀이 등에 의해서도 화재가 일어난다.
- 예방요령 : 보호자는 어린이에게 어릴 때부터 화재의 무서움을 인식시키고 성냥이나 라이터 같은 것들을 아이들의 손에 닿지 않는 곳에 보관한다. 또 불이 있는 곳에서는 종이나 형겅 등 인화되기 쉬운 물건을 가지고 장난하지 않도록 한다.

⑥ 가연성 가스 화재

- 원 인 : 가연성 가스는 액화석유가스(LPG)와 천연가스(NG)가 대부분이며, 취급 부주의, 안전시설의 미비, 밸브 및 배관 제품의 불량에 의해서 일어난다. 대부분 폭발과 함께 발생하므로 다른 화재에 비하여 그 피해가 크다.
- 예 방 : 가스 사용시설은 반드시 전문시공업체에 의뢰하여 안전기준에 적합하게 설치한다. 가정, 일반 음식점 등 가스 사용업체의 가스 누출 감지기 설비를 의무화하도록 한다. 가스가 누설되면 즉시 콕과 중간 밸브, 메인 밸브를 잠그고 창문과 출입문을 열어 빨리 환기시킨다. 그러나 선풍기, 환풍기 등의 전기 기구를 작동시켜서는 안 된다.

⑦ 유류 화재

- 원 인 : 유류의 경우 주로 취급 부주의에 의하여 불씨가 옮겨 붙어 발생하는 경우가 많다. 유류는 불이 붙기도 쉽고 한 번 불이 붙으면 순식간에 번져서 소화가 어려워지므로 그 피해가 큰 것이 특징이다. 유류는 석유류(휘발유, 석유, 경유)와 동식물성 기름(식용, 공업용)을 가리킨다.
- 예 방
 - 유류 저장소는 가연물인 유증기가 한 곳에 모이지 않도록 환기가 잘 되어야 하고, 다른 물질과 함께 저장하지 않도록 한다.
 - 난로 주변에는 가연물질을 두지 않으며 기름이 새는지 점검한다.
 - 휘발유 등 인화점이 극히 낮은 위험물은 담뱃불이나 작은 불씨에도 급격히 연소하므로

석유난로 주변에서 담배를 피우거나 불이 붙어 있는 상태로 난로를 이동 하거나 주유해 서는 안 된다.

- 튀김 기름은 15분 이상 가열하면 발화하게 되므로 튀김요리 도중 자리를 비우지 않도록 한다. 불이 붙으면 젖은 수건이나 야채, 마요네즈 등으로 덮어서 소화한다. 물로 소화하면 불꽃에 기름이 튀어 화재가 확대되기 쉬우므로 특히 주의한다.

<2강. 폭발 >

제 3 절 폭 발

(1) 폭발의 정의와 분류

1) 폭발의 정의

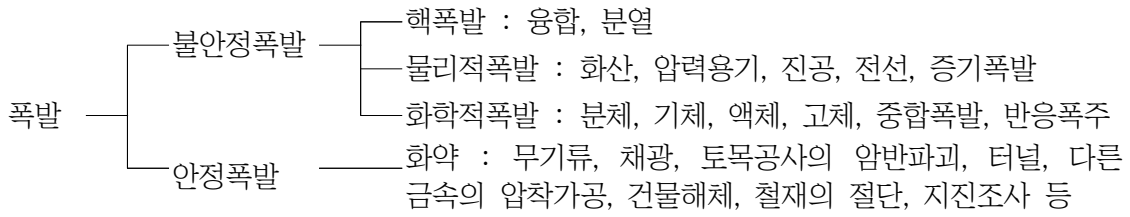
“밀폐공간에서 물리적, 화학적 변화의 결과로 발생한 급격한 압력상승에 의한 에너지가 외계로 전환되는 과정에서 파열, 후폭풍, 폭발 등을 동반하는 현상” 폭발의 결과로 발생하는 파열이나 후 폭풍, 폭발 등은 모두 급격한 압력상승에 의한 것이므로 폭발의 본질은 “급격한 압력상승”이다. 연소를 비롯한 화학반응에 의해 유발되는 폭발은 그 반응의 전파속도에 따라 폭연과 폭굉으로 나누어 진다.

○ 폭연(Deflagration) : 폭발시에 화염 전파속도가 음속이하인 연소를 말한다.

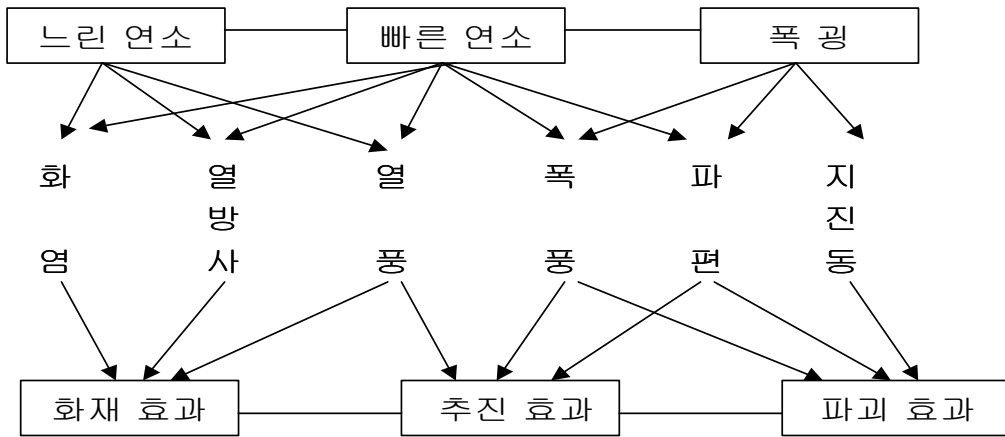
○ 폭굉(폭음, Detonation) : 폭발시 충격파의 전파를 일으키는 현상으로 화염전파속도가 음속보다 빠른, 2,000 ~ 8,000m/sec 정도일 때를 말한다. 폭굉은 충격파가 없으면 발생하지 않는다. 이 때문에 폭굉의 발생은 뇌관과 폭약 등에 의한 강한 충격파가 가해졌을 때, 폭연의 화재면이 가속화되어져 피스톤의 효과에 의한 강한 충격파가 생겼을 때 나타난다. 특히 폭연에서 폭굉으로 전이가 일어나는 경우는 정상적인 폭굉의 경우보다 강한 파괴력이 있다.

(2) 폭발의 분류

폭발은 불안정 폭발과 안정 폭발로 크게 2가지로 구분된다. **불안정폭발**에는 핵폭발, 물리적폭발, 화학적폭발이 있고, **안정폭발**에는 화약이 있다.



(3) 폭발의 효과



(4) 폭발의 조건

가스폭발의 경우 폭발이 발생하려면 연소의 3요소에 더하여 밀폐공간이 있어야 한다.

- ① 연소의 조건 중 물질조건인 가연성물질과 산소를 동시에 아우르는 조건으로 가연성가스와 공기가 착화하기 적절한 비율인 폭발범위(연소범위)내에 있어야 한다.
- ② 에너지원 : 폭발범위 내의 조성으로 있는 폭발성 혼합기를 착화시킬 수 있는 점화에너지가 있어야 한다.
- ③ 밀폐공간 : 상기의 조건이 구비되어있다 해도 개방된 공간에서는 화염은 발생하나 개방된 공간으로 팽창된 기체가 빠져나가므로 압력의 상승은 일어나지 않는다. 따라서 폭발은 밀폐된 공간을 필요로 한다.

(5) 폭발에 영향을 주는 요소

- ① 온도 : 온도가 상승하면 반응속도가 빨라져 하한계는 낮아지고 상한계는 높아지므로 폭발범위는 넓어진다.

- ② 압력 : 압력이 높아지면 반응속도가 빨라져 하한계는 약간 낮아지고 상한계는 크게 높아진다.
- ③ 산소 : 산소량이 증가하면 연소하한계는 변화가 없으나 상한계는 크게 높아진다.
- ④ 불활성물질 : 이산화탄소, 수증기, 질소 등의 불활성물질이 존재하면 폭발범위는 좁아진다.

(6) 폭발의 원인

- ① 발열화학반응 화학반응의 결과로 열이 발생하거나 많은 양의 가스가 발생하면 급격히 압력이 상승하여 폭발이 발생할 수 있다. 폭발성 혼합기의 전면적인 연소인 가스폭발도 일종의 발열화학 반응이다.
- ② 상(相)변화 : 액체가 급격하게 기체로 변하는 상태변화의 결과로 압력이 증가하여 폭발이 발생할 수도 있다.

◎ 압력조건에 따른 분류

급격한 압력발생이 폭발의 선행조건이므로 압력이 발생하게 된 원인에 따라 화학적폭발과 물리적폭발로 분류할 수도 있다)

1) 화학적 폭발

화학반응의 결과로 압력이 발생하여 유발되는 폭발이다. 폭발을 유발하는 화학반응은 산화, 분해, 중합 등이므로 화학적 폭발은 산화폭발, 분해폭발, 중합폭발로 분류한다.

- ① 산화폭발 : 주로 급격한 연소반응에 의한 압력의 발생으로 유발되는 폭발이다. 폭발을 유발하는 급격한 연소를 “비정상연소”라고 한다. 기계적인 일을 생성하는 에너지가 화학적인 변화로부터 발생하는 일반적인 경우이며 폭발의 의미는 연소와 본질적으로 차이가 없는 것으로서 연소의 한 형태에 불과하다. 화학적으로 말하면 연소는 발열과 발광을 수반하는 산화반응이고, 폭발은 그 반응이 급격히 진행되어 빛을 발산하는 것 외에 폭음과 충격압력이 발생하고 순간적으로 반응이 완료되는 현상을 말한다.

산화 폭발은 폭발의 주체가 되는 물질에 따라 ㉠ 가스폭발 ㉡ 분진폭발 ㉢ 분무폭발로 분류된다.

② 분해폭발 : 아세틸렌 등 분해반응을 일으키는 물질이 산소 등 다른 조연물질의 존재없이 단독으로 분해하면서 발열하여 유발되는 폭발이다. 따라서 분해폭발은 산소의 유무에 관계없이 발생한다.

③ 중합폭발 : 중합반응에 따른 발열량이 유발하는 폭발이다. 시안화수소(HCN) 등이 중합폭발을 일으킬 수 있는 물질이며, 모노머(단체량 : 중합을 이루는 단위물질)가 폭발적으로 중합하면서 격렬하게 발열하여 압력이 급상승함으로써 발생한다.

2) 물리적 폭발

화학적인 변화는 분자구조가 변하는 것인데 비해, 물리적인 변화는 물질의 상태(기체, 액체, 고체)가 변하는 온도, 압력 등의 조건이 변하는 것이다.

가장 일반적인 예는 밀폐공간 속의 액체 물질이 급속히 기화하면서 많은 양의 증기가 발생함으로써 증기압이 높아져 이것이 공간을 구획하고 있는 용기나 구조물의 내압을 초과하여 파열되는 증기폭발 현상이다. 이외에도 기체물질의 열팽창에 의한 폭발 등이 있다.

◎ 물질의 물리적 상태에 따른 분류

폭발의 주체가 되는 물질의 물리적 상태에 따라 **기상폭발**과 **응상폭발**로 구분한다.

1) 기상폭발

폭발의 주체가 되는 물질이 기체 상태인 폭발이다. 특이할 사항은 공기 중에 부유하고 있는 분진이나 액적도 비교적 적은 에너지에 의해 쉽게 증기를 발생시키므로 분진폭발과 분무폭발도 기상폭발로 분류된다는 것이다.

① 가스폭발 : 가연성가스가 폭발범위 내의 농도로 공기나 조연성가스 중에 존재할 때 점화에너지에 의해 발생하는 폭발로서 가장 흔하게 발생하는 폭발이다.

② 분해폭발 : 발열분해반응을 하는 물질에 의해 발생하는 폭발이다.

③ 분진폭발 : 공기 중에 부유하고 있는 가연성 분진이 주체가 되는 폭발이다.

④ 분무폭발 : 공기 중에 부유하고 있는 가연성 액적이 주체가 되는 폭발이다.

2) 응상폭발 : 응상폭발은 액체나 고체가 폭발을 일으키는 경우로서 다음과 같다.

① 수증기폭발 : 용융금속이나 고온의 슬러그(Slug)같은 물질이 물속에서 투입되었을 때에

순간적으로 급격하게 비등하고 이러한 상변화에 따른 폭발현상이 나타나게 된다.

또한 보일러의 배관이 어떤 사고에 의하여 일부분이라도 파손되면 대기압 하에서의 비점 이상으로 과열되어 평형상태에 있던 물이 순간적으로 대기로 방출됨으로써 평형상태가 파괴되고 이때에 발생하는 상변화도 폭발현상을 나타내는 경우가 있다.

② 증기폭발 : 저온액화가스(LPG, LNG 등)가 사고로 인해 분출되었을 때에는 조건에 따라서는 급격한 기화에 동반하는 비등현상을 나타낸다. 액상에서 기상으로 급격한 상변화에 의한 폭발 현상에 수증기폭발을 포함시켜 “증기폭발” 이라고 부른다. 이 증기폭발은 단순한 상변화에 의한 것으로 폭발의 발생과정에 착화를 필요로 하지 않으므로 화염의 발생은 없으나 증기폭발에 의하여 공기 중에서 기화한 가스가 가연성인 경우에는 증기폭발에 이어서 가스폭발이 발행할 위험이 있다.

③ 폭발성 화합물의 폭발 : 산업용이나 군사용으로 쓰이는 폭약에 의한 폭발이나 화학산업 현장에서 반응 중에 생기는 민감한 부산물에 의한 재해로서의 폭발

④ 혼합위험성 물질에 의한 폭발 : 산업용이나 군사용으로 쓰이는 폭약에 의한 폭발이나 화학산업 현장에서 반응 중에 생기는 민감한 부산물에 의한 재해로서의 폭발

3) 주요한 폭발

현장에서 재해로서 발생하는 대부분의 폭발이 폭발성 혼합기에 의한 가스 폭발이다.

(1) 가스폭발의 조건

가연성 가스와 지연성 가스(사고폭발을 대상으로 하는 경우는 공기로 생각해도 무방)와의 혼합기체가 다음의 2가지 조건이 동시에 만족될 때 발생한다.

① 제1조건 : 조성조건(농도조건)

혼합기체 중의 가연성가스의 농도가 어떤 농도 범위(가연성 가스의 종류와 혼합 기체의 온도에 의해 정해진 농도범위) 내에 있는 것이 필요하다. 이 농도범위를 “폭발범위”라고 부르고 폭발범위 내의 혼합기체를 가연성 혼합기체 (폭발성 혼합기체) 또는 폭명기라고 부른다. 따라서 가연성가스의 저농도 측의 한계를 “폭발하한계”, 고농도 측의 한계를 “폭발 상한계”라 하며 가스폭발은 연소의 한 형태이므로 폭발범위, 폭발하한계, 폭발상한계를 각각

연소범위, 연소하한계, 연소상한계라고도 한다.

심화학습 - 혼합물의 폭발하한계

[혼합물의 폭발하한계]

가연성가스가 여러 가지 성분의 혼합물인 경우가 종종 있는데, 이 경우 그것을 구성하고 있는 단독 성분 가스의 폭발한계를 알면 Le Chateilier의 법칙에 의하여 폭발한계를 근사적으로 구할 수 있다.

$$L = \frac{100}{\frac{V_1}{L_1} + \frac{V_2}{L_2} + \frac{V_3}{L_3} + \dots}$$

여기서 L = 혼합가스의 폭발한계(vol%)

L1, L2, L3, ...: 혼합가스를 형성하는 각 단독 성분의 폭발한계(%)

V1, V2, V3, ...: 각 단독성분의 혼합가스 중의 농도(vod%)

$$V_1 + V_2 + V_3 + \dots = 100$$

일반적으로 이 법칙은 하한계에서는 잘 일치되지만 상한계에서는 정확하게 일치하지 않는다.

② 제2조건 : 에너지조건

가연성 혼합기체는 그 상태로서는 폭발하지 않고 여기에 어떤 외부에너지가 주어 지면서, 그 부분에서 연소반응이 개시되어 화염이 발생하고 미연소의 혼합기체로 전파하여 간다.

(2) 분진폭발

공기와 같은 산화성 기체 속에 고체의 미세한 분말이 떠 있어서 그 농도가 적당한 범위 안에 있을 때 거기에 불꽃, 화염, 섬광 등 화원에 의하여 에너지가 공급되면 격심한 폭발이 일어나는 경우가 있는데 이런 폭발을 “분진폭발”이라고 한다.

① 분진폭발의 과정

- 입자표면에 열에너지가 주어져서 표면온도가 상승한다.
- 입자표면의 분자가 열분해 또는 건류 작용을 일으켜서 가연성기체가 입자 주위에 방출된다.
- 이 기체가 공기와 혼합, 폭발성 혼합기체를 생성·발화하여 화염을 발생시킨다
- 이 화염에 의해 생성된 열은 다시 다른 분말의 분해를 촉진시켜 차례로 가연성 기체를 방출시켜 공기와 혼합하여 발화, 전파한다.

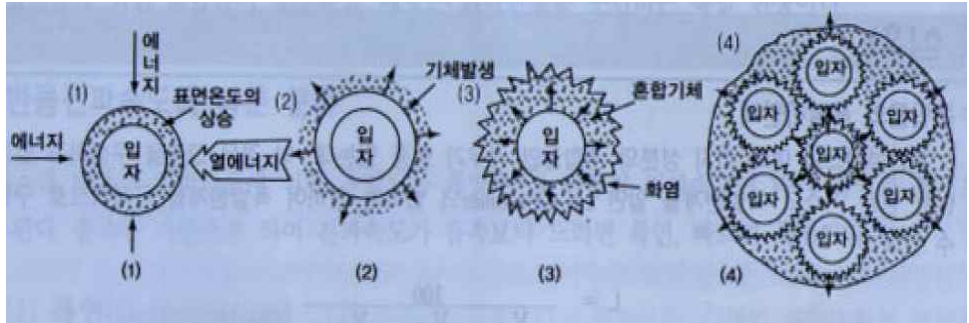


그림 3 분진폭발과정

② 분진폭발의 조건

- 가연성 : 금속, 플라스틱, 밀가루, 설탕, 전분, 석탄 등 가연성물질의 분진
- 미분상태 : 200mesh(76 μ m) 이하의 분진

※ 메시(mesh) : 1인치 당 체눈의 수. 200mesh는 가로, 세로 각각 1인치에 200개의 눈이 있는 체를 통과한 분진

- 지연성 가스(공기) 중에 부유
- 점화원의 존재

③ 분진폭발의 특성

- 가스폭발과 비교하여 연소속도, 폭발압력은 작으나 연소시간이 길고 발생에너지가 크기 때문에 파괴력이 크다.
- 가스폭발보다 최소발화에너지(MIE:Minimum Ignition Energy)는 크다.
- 폭발시 입자가 연소하면서 비산하므로 접촉되는 가연물은 국부적으로 심한 탄화를 일으키고 인체에는 심한 화상을 유발한다.
- 최초의 폭발에 의해 인근 분진이 부유하므로 연쇄폭발이 발생할 수 있다.
- 가스폭발에 비해 불완전연소가 심하므로 일산화탄소에 의한 중독의 위험이 크다.

④ 폭발성에 영향을 미치는 인자

- 분진의 화학적 성질 : 발열량이 클수록, 휘발성분의 함유량이 많을수록 폭발성 증가한다. 산소와 반응성이 있는 분진은 공기 중에서 산화피막을 형성하므로 노출시간이 길수록 폭발성이 감소한다.
- 분진의 입도 및 형태 : 입도가 작을수록 비표면적이 커지므로 폭발성이 증가하고, 입도가 같은 경우 구상, 침상, 평편상 순으로 비표면적이 증가하므로 폭발성이 증가한다.

- 수분 : 수분은 분진의 부유성과 대전성을 억제하므로 폭발성을 낮게 한다. 그러나 마그네슘, 알루미늄, 등 물과의 반응성이 있는 물질은 폭발성이 증가한다.

(3) 블레비(BLEVE) 현상 : 액화가스탱크 등에서 물리적 폭발이 순간적으로 화학적 폭발로 이어지는 현상 “BLEVE (Boiling Liquid Expanding Explosion)”라고 한다.

① 과정

프로판등 액화가스탱크의 외부에서 화재가 나면 탱크가 가열되어 내부의 액체에 높은 증기압이 발생하고, 그 증기압이 탱크의 내압을 초과하게 되면 결국 탱크는 파열에 이르게 된다. 이때 파열이 발생하는 지점은 탱크의 기상부와 면하는 부분이다. 그것은 액상부와 면하는 지점은 외부에서 화염에 의한 열을 받는다 해도 그 열을 내부의 액상으로 효과적으로 전달시키나 기상부와 면하는 지점은 액체보다 낮은 기체의 열전도율로 인해 열을 효과적으로 전달시키나 기상부와 면하는 지점은 액체보다 낮은 기체의 열전도율로 인해 열을 효과적으로 전달하지 못하고 축적하여 결국 높아진 내압을 견디지 못하면 국부적인 가열에 의한 강도 저하에 따른 파열이 일어나기 때문이다.

파열이 발생하면 탱크 내부에 액화된 상태로 저장되어 있던 가스는 빠르게 기화하면서 파열점을 통해 외부로 확산된다. 확산된 가스는 주변의 공기와 혼합되어 폭발성 혼합기를 형성하고 존재하는 화염을 착화에너지로 하여 다시 폭발하게 된다.

* BELVE의 방지법(防止法)으로는 Cravan은 다음의 항목을 들고 있다.

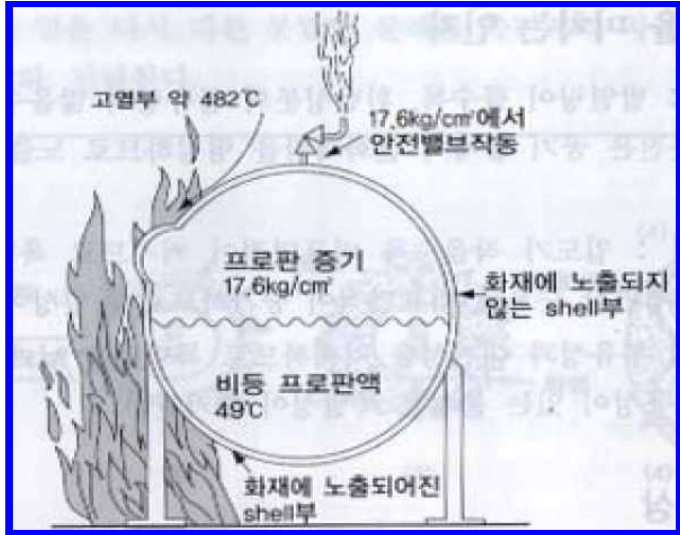
- ① 방액제에 균배(均配)를 주어 집액부(集液部)가 화재가 발생했을 때 화염이 직접 탱크에 접하지 않도록 해야한다..
- ② 가연성 액화가스 용기(容器)에 대하여 외부단열을 하여 이것에 따라 용기(容器)에의 열의 침입 속도를 약 1/10 느리게 하여 처리시간을 얻도록 해야한다.
- ③ 고정식의 살수(撒水) 설비를 설치하여 탱크가 화염(火炎)에 의해 가연되지 않도록 해야한다.

* Jarrett는 4~6초간 인간이 받는 열방사(熱放射)의 한계를 다음과 같이 나타내었다.

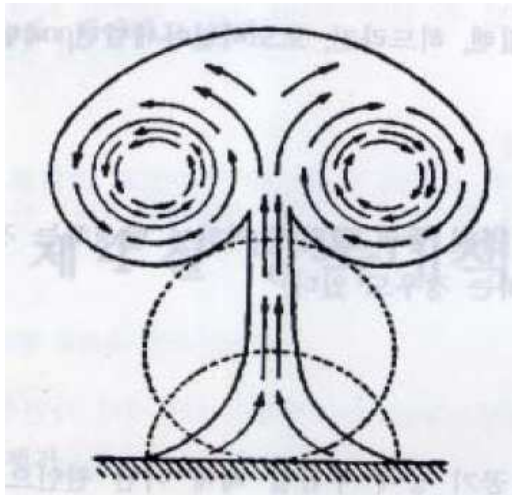
- ① 1도 화상을 받는 한계를 $3\text{cal}/\text{cm}^2$
- ② 2도 화상을 받는 한계를 $6\text{cal}/\text{cm}^2$
- ③ 3도 화상을 받는 한계를 $9\text{cal}/\text{cm}^2$
- ④ 공장 내의 종업원의 수열한계(受熱限界)는 $4\text{cal}/\text{cm}^2$
- ⑤ 일반 주택 내에 대한 한계치(限界値)는 $1.5\text{cal}/\text{cm}^2$

[화염에 노출되어 있는 구형 액화프로판탱크]

탱크의 일부가 파괴되면 그때까지 탱크 내부에서 평형상태에 있던 기상부와 액상부가 압력이 방출되기 때문에 평형이 깨진다. 이것을 보상하고 열역학적으로 평형이 되려면 상압고온의 액상부가 급격히 증발하여 기체로 되는 수밖에 없다. 이 때문에 내용물은 미세화하면서 강한 힘으로 용기에 부딪혀서 이것을 파괴함과 동시에 외부로 분출된다. 이때 주위에는 이미 화염이 존재하므로 즉시 이 증기운이 착화하여 폭발적으로 연소를 일으켜 화염이 발생된다. BLEVE에 의해 발생된 화염은 최초엔 지표면 부근에서 발생하여 거대하게 성장하는데, 반구형의 형태를 형성한 후 부력에 의해 상승하면서 버섯모양으로 변하는데 이 화염을 “파이어볼(Fire Ball)”이라 한다.



[파이어 볼(Fireball)]



파이어볼이란 ‘가연성액체로부터 대량 증발한 증기운이 갑자기 연소할 때 생기는 구상(球狀)의 불꽃’이라고 정의 된다.

파이어볼의 크기 D[m]와 물질량 W[kg] 사이에는 다음의 관계식이 주어지고 있다.

$$D = 3.77W^{0.325}$$

또 파이어볼의 계산시간 t도 개략적으로 계산이 가능하다.

$$D = 0.25W^{0.349}$$

이들 두 식에서 W는 가연물만이 아니고, 가연물이 연소하는데 필요한 산소량도 포함한 중량이다.

파이어볼의 형성에는 2가지 형태가 있다.

첫째는 가연성액화가스가 탱크 등에서 누설되어 지면으로부터 열을 받아 급속하게 확산

하여 개방공간에서 증기운을 형성하고, 그것이 착화해서 연소한 결과 파이어볼을 형성하는 것이고

둘째는 가연성액화가스 저장탱크가 열을 받아서 BLEVE 현상을 일으켜서 착화·폭발하면서 파이어볼을 형성하는 것이다. 이 경우 가장 재해규모가 크다.

$D = 3.77W^{0.325}$ 란 공식에 의해 W만 계산 할 수 있으면 Fire Ball의 크기를 알 수 있을 것임으로 여기서는 W를 계산하는 방법만 소개하겠습니다.

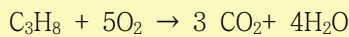
* 물이 무엇인지, 분자량의 계산은 어떻게 하는지 등등이 궁금하시면 “일반화학”에서 따로 공부하시기 바랍니다.

액화프로판(C_3H_8) 500kg이 파이어볼을 형성했을 때의 W?

-프로판의 몰수 : 프로판의 분자량이 44이므로 $500/44=11.36\text{kg mol}$

* 프로판의 분자량계산방법
탄소의 분자량이 12이고, 수소는 1임으로. $(12 \times 3) + 8 = 44$

-500kg의 프로판이 연소하는데 필요한 산소의 몰수



프로판과 산소는 1:5의 비율이므로 $11.36\text{kg mol} \times 5 = 56.82\text{kg mol}$

-산소의 무게 : 산소의 분자량이 32이므로 $56.82 \times 32 = 1818.18\text{kg}$

-W = 프로판 + 산소 = $500 + 1818 = 2318\text{kg}$

(4) 분해 폭발

분해하면서 발열하는 물질이 자체적으로 분해하면서 폭발하는 현상을 “분해폭발”이라고 한다.

- ① 특징 : 분해폭발은 혼합물이 자체적으로 분해하면서 발생하는 것이므로 공기나 산소의 존재를 필요로 하지 않으므로 공기나 산소의 유·무에 관계없이 발생할 수 있다.
- ② 분해폭발성물질 : 아세틸렌, 산화에틸렌, 에틸렌, 히드라진, 모노비닐아세틸렌, 메틸아세틸렌, 디아세틸렌, 오존, 이산화염소, 청산 등
- ③ 점화에너지 : 분해폭발은 화염, 스파크, 가열 등의 열원에 의하여 발생하는 경우가 많지만 밸브의 개폐에 의한 단열압축열에 의해 발화하는 경우도 있다.

(5) 분무 폭발

미세한 액적이 무상으로 공기 중에 부유할 때에 어떤 원인으로 인해 착화에너지가 주어

지면 분무폭발이 발생한다.

- ① 특징 : 액적의 온도가 그 물질의 인화점 이하로 존재하여도 무상으로 분출된 경우에 폭발하는 경구가 있다. 이것은 착화에너지에 의하여 일부의 액적이 가열되어 그의 표면부분에 가연성의 혼합기체가 형성되고 이것이 연소하기 시작하여, 이 연소열에 의하여 액적의 주위에는 가연성 혼합기체가 형성되고 순차적으로 연소반응이 진행되어 이것이 가속화되어 폭발이 발생하는 것이다.

[박막폭굉(Film Detonation)]

분무폭발과 비슷한 현상으로 박막폭굉(Film Detonation)이라는 것이 있다. 고압의 공기배관이나 산소배관 중에 윤활유가 박막상으로 존재할 때는 박막의 온도가 윤활유의 인화점 이하일지라도 어떤 원인으로 여기에 높은 에너지를 가진 충격파가 보내지면, 관벽에 부착하여 있는 윤활유가 무화(霧化)하여 폭굉이 발생하는 현상이다.

(6) 증기운폭발

대기 중에 대량의 가연성가스가 유출되거나 대량의 가연성액체가 유출되면 그것으로부터 발생하는 증기가 공기와 혼합해서 가연성 혼합 기체를 형성하고 발화원에 의하여 발생하는 폭발을 “증기운폭발”이라고 한다. 개방된 대기중에서 발생하기 때문에 “ 자유공간중의 증기운폭발 (UVCD : Unconfined Vapor Cloud Explosion)”이라고 한다.

<폭풍에 의한 피해(Clancey)>

압력(kPa)	피해
0.14	주파수가 낮은(10~15Hz) 경우는 불쾌한 소음이 된다
0.21	굴곡 있는 커다란 유리창이 파괴된다
0.28	큰 소음(143HdB), 유리가 깨지는 음파
0.7	굴곡 있는 작은 창이 파괴된다
1	유리가 파괴되는 일방적인 압력
2.1	「안전한계」(이 한계에서는 0.95의 확률로 커다란 피해는 없다), 「추진한계」(물건이 날아가는 한계) 집의 천정 일부가 파손되거나 창의 유리 10%가 파괴된다
2.8	건물의 작은 피해의 한계
3.5~7	대소의 창의 유리가 보통 파괴된다 : 창틀도 때에 따라 파괴된다
5	가옥이 다소 피해를 입는다
7	가옥이 주거할 수 없을 정도로 일부가 파괴된다
7~14	석면 파판(波板)이 파괴된다. 철 또는 알루미늄제판은 굽어져서 파괴된다.

	(가정용)목판은 소손되어 날아간다.
9	건물의 철제프레임이 다소 굽어진다.
14	가옥의 벽과 지붕이 일부 파괴된다.
14~21	미강화 콘크리트와 블록벽이 파괴된다.
16	건물의 커다란 피해의 한계
17	벽돌조 가옥의 50%가 파괴된다
21	공장내의 중기계(3,000lb)는 피해 없고 철제 프레임으로 되어진 건물이 파괴되어 기초로부터 벗어난다.
21~28	무근 건물, 강판건물이 파괴된다. 저유조가 파괴된다.
28	경량 건축물이 파괴된다.
35	목재의 전주가 절단된다. 건물내의 고수압기(40,000lb)가 가벼운 피해를 입는다.
35~50	가옥이 전괴(全壞)된다.
50	화차(貨車)가 전복된다.
50~55	강화되지 않은 두께 8~12in 블록이 절단, 열에 의해 파손된다.
63	화차가 전괴된다.
70	건물이 거의 대부분 붕괴된다. 중량기계(7,000lb)가 이동하여 파괴된다. 극중량기계(12,000lb)는 잔존한다.
210	crater가 생기는 한계

학습 평가

1. 전기 화재 원인은 약 77%가 합선이고, 과부하, 누전, 접촉 불량 등의 순서로 발생한다고 한다. 다음설명은 무엇을 표현한 것인가 ?

“전선에 전기가 흐르면 전선이 가지고 있는 저항에 의하여 열이 발생하게 된다. 한 개의 콘센트에 여러 개의 전기기구를 동시에 사용하거나 적정 용량 이상의 전기를 과다 하게 사용할 경우, 높은 열이 발생하여 화재 발생의 원인이 된다.”

- ① 합선 ② 접촉불량 ③ 과부하 ④ 누전

정답) 3번

2. 전기화재 예방을 위한 방법중 부적절한 것은 ?

- ① 개폐기에 과전류 차단 장치와 누전 차단기를 설치하고, 정격용량의 퓨즈를 사용하여야 한다.
- ② 개폐기는 습기나 먼지가 없는 곳에 부착한다.
- ③ 하나의 콘센트에 과다한 전기 기구7를 사용하는 문어발식 콘센트 사용을 피하고, 정전이나 외출 시에는 전기 기구의 플러그를 빼놓는다.
- ④ 전기공사는 전문면허업체에 의뢰하여 시공하고, 옥내 배선은 반드시 절연전선을 사용하며 비닐 코드전선은 못이나 스테이플러로 고정해야 한다.

정답) 4번

설명) 옥내배선은 비닐코드전선을 사용하면 안됨

학습 정리

1. 정전기란

전자사진, 공기 청정장치, 복사기 등, 실생활에 득을 주는 반면 정전기로 인한 폭발, 화재, 전기충격, 제품의 손상 및 파괴 등 산업재해, 각종 정밀 기기의 오작동의 원인으로 우리에게 수많은 손실을 주고 있다. 정전기에 의한 재해는

① 전하의 발생 → ② 전하의 축적 → ③ 방전 → ④ 발화(화재)의 과정을 거친다. 정전기의 제거방법으로는 확실한 접지, 도전성재료의 사용, 가습, 환기 등이 있다.

2. 폭발이란?

(1) 폭발의 정의

“밀폐공간에서 물리적, 화학적 변화의 결과로 발생한 급격한 압력상승에 의한 에너지가 외계로 전환되는 과정에서 파열, 후폭풍, 폭발 등을 동반하는 현상” 폭발의 결과로 발생하는 파열이나 후 폭풍, 폭발 등은 모두 급격한 압력상승에 의한 것이므로 폭발의 본질은 “급격한 압력상승”이다. 연소를 비롯한 화학반응에 의해 유발되는 폭발은 그 반응의 전파속도에 따라 폭연과 폭굉으로 나누어 진다.

- 폭연(Deflagration)
- 폭굉(폭음, Detonation)

(2) 폭발의 조건 : 가스폭발의 경우 폭발이 발생하려면 연소의 3요소에 더하여 밀폐공간이 있어야 한다.

① 연소의 조건 ② 에너지원 ③ 밀폐공간

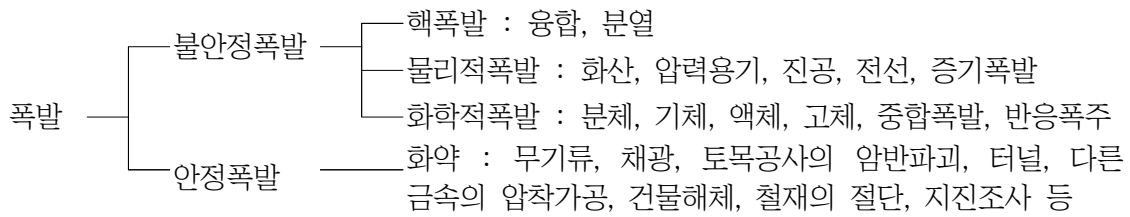
(3) 폭발에 영향을 주는 요소 : ① 온 도 ② 압 력 ③ 산 소 ④ 불활성물질

(4) 폭발의 효과

(5) 폭발의 원인

(6) 폭발의 분류

폭발은 불안정 폭발과 안정 폭발로 크게 2가지로 구분된다. **불안정폭발**에는 핵폭발, 물리적폭발, 화학적폭발이 있고, **안정폭발**에는 화약이 있다.



◎ **압력조건에 따른 분류**

급격한 압력발생이 폭발의 선행조건이므로 압력이 발생하게 된 원인에 따라 화학적폭발과 물리적폭발로 분류할 수도 있다)

1) 화학적 폭발

2) 물리적 폭발

◎ **물질의 물리적 상태에 따른 분류**

폭발의 주체가 되는 물질의 물리적 상태에 따라 **기상폭발**과 **응상폭발**로 구분한다.

1) 기상폭발 : 폭발의 주체가 되는 물질이 기체 상태인 폭발이다. 특이할 사항은 공기 중에 부유하고 있는 분진이나 액적도 비교적 적은 에너지에 의해 쉽게 증기를 발생시키므로 분진폭발과 분무폭발도 기상폭발로 분류된다는 것이다.

2) 응상폭발 : 응상폭발은 액체나 고체가 폭발을 일으키는 경우

3) 주요한 폭발 : 현장에서 재해로서 발생하는 대부분의 폭발이 폭발성 혼합기에 의한 가스 폭발이다.

(1) 가스폭발의 조건 (2) 분진폭발 (3) 블레비(BLEVE) 현상

차시 예고
6 주. 산불