

# 전기화재 원인과 발생 ⑩

(마지막회)

글/ 배산엔지니어링  
상무이사 김 미 승



목 차

## 제1장 화재일반

## 제2장 전기화재의 개요

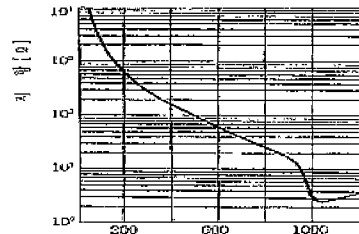
## 제3장 전기화재의 발화형태

5. 지락 또는 누전에 의한 발화
6. 접속부 과열에 의한 발화
7. 열적 경과에 의한 발화
8. 스파크에 의한 발화
9. 절연화에 의한 발화
10. 반단선
11. 정전기에 의한 발화
12. 낙뢰에 의한 발화

### (2) 아산화동증식 발열현상

아산화동증식에 의한 발열현상이란 동선과 단자의 접속부분에 접촉불량이 발생할 때, 접촉되고 있는 부분의 동이 산화 및 발열하여 주위의 동을 용해시켜 들어가면서 이산화동이 증식하는 현상을 말한다. 아래 이산화동의 저항온도 특성을 보면 상온부근에서는 수십 kΩ의 전기저항을 갖고 있으나 온도상승과 함께 급격히 저하되어 1,050℃ 부근에서 약 3Ω가장 적게 되는데 더욱 온도를 올리면 전기저항이 약간 증가하게 된다. 이와 같은 온도특성을 갖고 있으므로 이산화동에 일단 고온부가 생기면 타부분보다 저항치가 낮은 고온부에 전류가 집중적으로 흘러 전류에 의한 고온상태가 유지된다.

그런데 동의 용점이 1,080℃로 고온부의 온도와 같은 정도이므로 고온부 주위의 동이 녹아서 산화하게 되며, 그 결과 이산화동이 증식되어 간다. 즉 고온부의 열에 의한 근처의 가연물이 발화하게 된다.



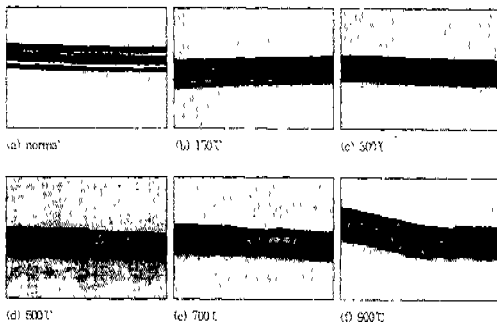
(그림) 아산화동의 저항-온도 특성곡선

### 7. 열적 경과에 대한 발화

전등, 전열기 등을 가연물 주위에서 사용하거나 열의 발산이 잘 안되는 상태에서 사용하면 열축적이 있어 가연물을 발화시킨다.

예로서 60W 이상의 백열전구에 신문지를 싸서 10 시간 정도 지나면 발화의 가능성이 높다. 백열전구의 온도는 40W는 70~90, 60~100W는 80~110, 100W 이상은 100~130 정도로 온도가 올라간다.

또한, 시장에서 정전이 되어 전등 스위치를 끄지 않고 점포를 닫았을 경우, 전등에 피복물 등이 쌓여진 상태에서 통전이 되어 수시간이 지나면 발화의 위험성은 높다.



### 8. 스파크에 의한 발화

스위치로 전기회로를 끊거나 닫을 경우, 또는 전기회로가 단락될 경우 등에는 스파크가 발생하며(이 스파크는 회로가 끊을 때가 더욱 심하다), 이때 스파크 가까이에 가연성 가스 등이 있을 경우에 인화, 또는 착화가 일어난다. 특히 고압 차단기 중 진공차단기는 차단시 스파크가 일어나 변압기의 전력기기에 소손이 우려되므로 Surge Absorb을 부착한다.

예로서 제면공장에서 모터의 스위치를 끊을 때 발생한 스파크가 부근에 부착된 티끌에 착화하는 경우와 가솔린 증기가 있는 장소에 스파크로 인한 발화의 경우가 있다.

### 9. 절연열화에 의한 발화

옥내 배선 및 배선기구의 절연체는 그 대부분이 유기질로 되어 있어 오랜 기간이 지나면 절연성이 노화한다. 그 외에도 유기질 절연체는 고온에서 공기유통이 나쁜 곳에서 가열되면 탄화과정을 겪어 도전성을 띄게 된다.

이러한 장소에 전압이 걸리면 미소전류에 의한 국

부발열로 탄화현상이 누적적으로 축진되어 전류가 점점 증가하고 있다. 결과적으로 탄화부분에 발열과 누전으로 화재의 원인이 되고 있는 것이다. 이 현상은 단락, 스파크, 접촉과열 등의 현상이 발생하는 과정에서 발생하는 때도 있다. 이 때 잔존되어 있는 탄화물의 저항치는 수(數) [Ω]에서 수백 [Ω]정도로서 도전성을 띄고 있다. 특히 전기에 의한 탄화는 다른 조건에 의한 탄화보다 절연성이 적다.

- 전기불꽃이 발생하면 근처의 유기절연체가 탄화됨과 동시에 흑연화되지만 불꽃은 고온만으로 열용량이 적기 때문에 곧 냉각한다. 이 때문에 1회의 불꽃으로 생성되는 흑연은 극히 미량이고, 전극간의 절연파괴까지는 도달하지 않는다. 절연파괴가 일어나 생성된 흑연의 부분을 전류가 흐를 때까지 몇 회 불꽃이 되풀이하여 발생된다.

- 이렇게 하여 일단 전극에 흑연의 전로가 형성되면 전류는 이부분을 계속적으로 흐르게 된다. 흑연은 비금속으로서 큰 전기전도도를 가지고 있지만 금속에 비교하면 그 고유저항은 훨씬 크고 초기의 작은 전류라도 발열하기도 하고 발열에 의해서 소실하는 순간에 불꽃을 발생하기도 한다.

- 트래킹 초기에는 전류가 적어서 발열범위도 적기 때문에 절연체가 독립연소하는 것은 없고, 보다 심부로 향해서 무연연소의 상태로 현상을 진행시키다가 일정한 단계를 지나가면 전류치와 발열면적도 상당치 커지기 때문에 발화, 독립연소하여 화재로 이어진다.

### 10. 반 단선

반 단선이란 전선이 절연피복내에서 단선되어 그 부분에서 단선과 이어짐을 되풀이하는 상태 또는 완전히 단선되지 않을 정도로 심선의 일부가 남아있는 상태를 말한다. 전기사용기구의 코드는 기구의 반복적인 꾸부림에 의해 심선이 끊어져 반단선 상태가 되기 쉽다.

- 코드의 심선이 전부 단선되어 절연피복내에서

단선과 이어짐을 되풀이 하는 경우 심선이 이착할 때마다 불꽃이 발생한다. 이 불꽃에 의하여 절연피복의 내부표면에 흑연이 생성되어 이 흑연에 미소전류가 흘러 흑연이 증식되고 점차로 선간의 절연도 저하하여 최종적으로는 선간 단락되는 경우가 많다.

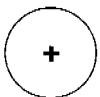
- 이 흑연화 과정까지는 부하전류에 유관하지만, 선간 단락시에는 부하전류에 무관하게 전력이 공급되어있을 시에는 부하전류의 유무에 관계 없이 출화하는 것이 특징이다.



반단선된 비닐캡타이어 원형코드 소손 예

### 11. 정전기에 의한 발화

정전기는 물질의 마찰에 의하여 발생하는 것으로서 그 대소 및 극성은 아래의 대전서열에 따라 결정된다.



- 인간의 손
- 석면
- 토끼
- 모피
- 운 모
- 머리카락
- 나이론(의류, 시트, 커버재료)
- 양모 의류
- 모 피
- 납
- 견(絹)
- 알루미늄
- 종이
- 면(의류)
- 쇠
- 나무
- 호 박
- 경질고무



- 니켈, 구리
- 놋쇠, 은
- 금, 백금
- 유 황
- 아세테이드, 레이온(의류)
- 폴리에스텔(의류, 시트 커버재료)
- 셀룰로이드
- 폴리우레탄
- 폴리에틸렌
- 폴리프로필렌
- PVC(비닐)(시트커버재료)
- 실리콘
- 테프론

이 대전서열의 차가 클수록 정전기 발생이 일어날 확률이 크다.

- 대전물체의 주위(보통 기체 또는 액체)에는 가우스정리로 주어진 전계가 생긴다. 즉 전장에서 언급한 표면전하밀도와 주위의 매질 유전율에 따라

$$E = \rho s / \epsilon_0 \quad (\rho s : \text{표면전하밀도})$$

의 크기의 전계가 생긴다. 전계강도가 주위의 유전매질의 절연파괴전계 이상이 되면 정전기 방전이 일어난다.

일반적으로 표면전하밀도가  $10^{-6} \text{ C/m}^2$  정도 이상이 되면 방전이 발생한다.

- 간헐적인 방전의 경우, 1회의 방전으로 방출되는 전하량은  $10^{-11} \sim 10^{-9} \text{ C}$  정도, 방전에너지는  $10^{-5} \sim 10^{-3} \text{ C}$  정도로 비교적 적으나 표면전하밀도가  $10^{-5} \text{ C/m}^2 \sim 10^{-4} \text{ C/m}^2$  으로 크게 되면 불꽃방전이나 연면방전이 발생한다.

- 대전물체의 표면전계의 강도가 주위 매질의 절연파괴 전계에 이르지 못 할 경우라도 대전물체가 그것보다 전위가 낮은 다른 물체(예를 들면 접지체(接地體))에 접근하거나, 전위가 낮은 물체가 대전물체에 접근하면, 이들 양자간의 전계강도가 매질의 절연파괴 전계를 넘기면서 정전기 방전이 일어난다.

- 정전기 방전에 의해 생기는 방전의 형태는 코로나 방전, 불꽃방전, 연면방전(沿麵放電) 등의 기체방전의 종류 중에 어느 것이 나타나게 되는 것이다.
- 아래 표에 대표적인 기체 및 액체의 절연파괴전계를 보인다.

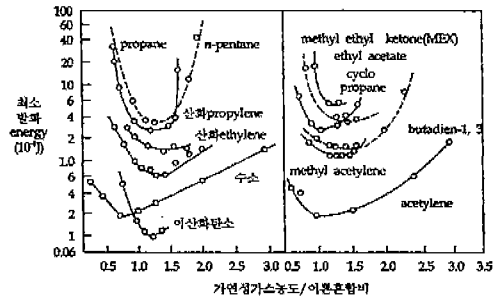
매질명		절연파괴전계(kv/츠)
기체	공기	35.5
	질소	38.0
	수소	15.5
	메탄	22.3
	프로판	37.0
액체	키시톨	300
	벤젠	600
	메칠알콜	900
	절연유	1,000

[표] 기체 및 액체 유전매질의 절연파괴전계

정전기 방전도 보통의 고전압 방전과 본질적으로 다를 것은 없으나 정전기 방전은 단발 또는 간헐적으로 되는 것이 많고, 연속해서 일어나는 방전은 극히 드물고, 커다란 방전전류가 연속해서 흐르는 것도 적다.

이것은 정전기대전의 전하량이 한정되어 있다는 것과 대전물체가 절연체인 것이 많기 때문에 전하의 이동이 잠깐동안에는 일어나지 않으며, 전하의 공급도 한정되어 있는 것에 한한다.

- 정전기에 의하여 화재로 진전되는 것은 정전 스파크에 의하여 가연성 및 증기에 인화되는 경우로 다음 조건이 만족되어야 한다.
  - ① 가연성 가스 및 증기가 폭발한계 내에 있을 것
  - ② 정전 스파크의 에너지가 가연성 가스 및 증기의 최소 착화 에너지 이상일 것
  - ③ 방전하기에 충분한 전위가 나타나 있을 것
 정전 스파크에 의한 흔적은 남지 않는다. 그러므로 이의 발생여부는 위의 3가지 조건에서 추정할 수밖에 없다.



## 12. 낙뢰에 의한 발화

낙뢰는 정전기에 의한 구름과 대지간의 방전현상인데 낙뢰가 발생하면 전기회로에 이상전압이 유기되어 절연물을 파괴시킬 뿐만 아니라, 이때 흐르는 대전류로 인하여 화재의 원인이 되는 경우가 있다.

실례로는 송전선에 낙뢰하여 변전실의 피뢰기를 파손시키고 더욱이 고압애자를 파손시킨 후 전선을 절단시킨 경우, 또는 고압배선에 낙뢰하여 주상변압기 및 변전실의 PT를 소손시킨 경우 등을 들 수 있다. <끝>

"발전의 기준은 우리가 부유한 사람들에게 더 많은 것을 주는 것이 아니고 없는 사람들에게 충분히 주는 데 있다."

Franklin Delano Roosevelt (프랭클린 델라노 루스벨트) [미국 대통령, 1882-1945]