

발화원의 감정 (V)

전기배선 및 배선기구 ②

절연된 물질 상호간에 전기저항이 감소하여 많은 전류를 흐르게 하는 절연파괴는 화재발생의 원인중 하나이다. 절연파괴의 원인으로는 기계적 손상, 절연피복의 손상, 허용전류를 넘어선 열적손상 등이 있다. 이번 호에는 절연 내력이 점차 저하하여 마침내 절연파괴를 일으키는 배선에서의 전기적 발연원인에 대해 고찰해보기로 하자.

(지난 호에 이어서)

- 1. 전기배선 화재
- 2. 절연피복의 손상
- 3. 전선의 감정
- 4. 배선에서의 전기적 발연원인



4 배선에서의 전기적 발열원인

가. 기계적 손상에 의한 발화

전선의 손상이 오면 절연이 파괴되고 결국 합선이 라는 현상에 도달하게 되는데 발화되는 과정은 절연 파괴 형식에 따라 조금씩 차이가 나고, 나타나는 현상 또한 차이가 있게 마련이다. 감정에서 이들의 형태를 알

인해 눌린 부분의 절연피복이 연화될 수 있는 온도까지 올라가 압축되고, 가동되지 않을 때는 원래대로 복원되지 않고 굳어져 양 전선이 근접한 상태를 유지하게 된다. 재차 가동하게 되면 또다시 연화되고 압축되어 양선의 간격이 더 가까워지게 된다.

이러한 과정이 반복되어 결국 근접하게 되면 미소 전류가 흐르게 되는 트래킹으로 발전, 결국 탄화되고 절연이 파괴되게 된다. 이때는 서서히 진행되므로 절연피복이 녹아 액화되지 않고 국부적으로 탄화되며,



아두면 결과적으로 잔해에서 나타나는 현상이나 형태로 구체적 발화원인을 규명할 수 있을 것이다.

(1) 압축손상에 의한 발화

멀티콘센트의 전원코드를 책상다리 등에 의하여 눌리거나 바닥부분에 배선된 전원 리드선이 가구 등 구조물에 눌리거나 TV, 전기밥솥, 컴퓨터 등 자체에서 다소 미열의 발열이 있는 전기제품의 전원코드가 자신의 받침대 부분 등에 눌리게 되면 처음에는 별문제가 없어 보이지만, 가동 중엔 자체 발생열과 단열효과로

발전하면 미세한 스파크가 발생하여 통전이 증가하고 도체는 미세한 스파크에 의하여 조직이 떨어져 나가는 형태가 된다. <그림1, 2>는 트래킹 초기의 형태이며, <그림 3, 4, 5>는 좀더 발전되어 매부 소선에 미세한 단락흔이 형성된 상태이다.

점점 통전되는 전류가 커지면 스파크 불꽃도 커지고 이로 인해 도체가 뜨거워져 인접한 절연피복이 용융되는 온도까지 올라간다. 그렇게 되면 트래킹이 발생한 부분, 즉 압축 손상 부분이나 인접한 부분의 양선이 합선이 되어 큰 스파크가 발생 착화하게 된다.

이러한 과정을 거쳐 발화된 전선의 단락흔은 화염에 의하여 절연피복이 소실되며, 합선단락이 일어난 경우와는 달리 도체부분의 색상이 흑색으로 나타나고 단락흔은 용융방울이 없이 <그림 6>과 같이 조직이 떨어져 나간 형태를 나타낸다. 다른 경우도 유사하지만 최초 압축손상이 일어난 부분은 압축 단열되어 있어 합선이 되는 순간 공기와의 차단 때문에 아크가 발생, 전선폭발 현상이 수반되어 압축되었던 부분은 <그림

배선된 전선이 목재 등에 눌리는 경우, 불연재 표면에 스파크 흔적이 남아있는 경우도 있다. 바닥에 배선된 전선은 화재 후 대부분 이동되어 원래의 위치를 확인하기가 용이하지 않지만 압축되었던 전선의 단락흔 부분 부하측은 피복이 압축된 형태로 남아있는 경우도 있다. 선풍기나 세탁기와 같이 진동이 심한 전기제품에 압축되는 경우 진동마찰과 함께 압축되므로 다른 전기제품보다 압축손상 위험이 높다. 만약 현장에서



6)과 같이 최초 단락되었던 부분이 없어지는 경우가 대부분이다. 따라서 이를 확인하기 위해서는 남아있는 전선을 원래대로 복원하여 압축되어 있었음을 입증하여야 한다. 이 경우 대부분 바닥에 전선이 배선되었던 자국을 남기게 되므로, 발화부위가 압축손상을 가져올 수 있는 현장인 경우 바닥을 발굴할 때 흔적이 없어지지 않게 유의하여 복원하면 찾을 수 있다. 특히 비닐장판인 경우 흔적은 잘 남게 되지만 바닥을 마구 파헤치는 경우 흔적을 찾을 수 없는 경우가 있다.

도장된 금속이나 인조대리석과 같은 불연재 위에

전기제품의 전원코드에 단락흔이 형성되어 있으면 일단은 동 부분이 최초 발화 연소되었음을 입증하는 것이 된다. 그러나 만약 전기제품 잔해 자체 내부배선에서의 단락흔이나 퓨즈의 과전류 용단, 또는 자체에서의 과열흔적 등 이상이 발견되지 않으면 전원코드의 압축손상을 염두에 두고 세심히 관찰하여 압축손상을 입증할 만한 흔적을 찾을 필요가 있다.

단순히 제품 전원코드에서의 단락으로 발화되었다고 하는 것과 전원코드의 압축손상에 의한 단락으로 발화되었다고 하는 것은 그 책임소재가 완전히 달라지

기 때문에 감정할 때는 특별히 유의할 필요가 있다. 즉 전원코드의 압축손상에 의한 것이라면 제품과는 무관하나 단순히 전원코드의 합선단락에 의한 발화라고 한다면 제품상 결함으로 오인하게 된다.

(2) 마찰손상 발화

전선 절연피복의 기계적 손상 원인 중 또 다른 하나는 진동마찰 손상이다. 샌드위치 패널조 건물의 전

(3) 설취류에 의한 손상발화

주방에 배선된 전선에 음식물 찌꺼기가 부착되거나 축사에 배선된 전선표면에 사료분말이 부착되어 굳게 되면 기생하는 곤충에 의해 절연피복이 손상되는 경우가 있다. 이러한 경우 최초 절연피복이 손상된 부분이 공기 중에 노출되어 장시간 방치되고 또한 습기 등의 유입으로 심하게 부식되어 나타난다. 이 경우 코드 내부의 소선이 영겨 있는 상태로 발견되는데, 실제



기배선이나 배기팬과 같이, 진동이 있는 시설물이나 전기제품의 자체 또는 주변전선이 진동부분과 접촉되어 있으면 전선의 절연피복은 서서히 마찰 손상으로 나선상태가 되고 진동체가 금속인 경우 누전 또는 합선으로 발전한다.

이 경우 합선되기 전에 공기 중에 노출되어 공기와 접촉 부식이 일어난다. 급격한 마찰 손상인 경우에는 부식상태가 나타나지 않지만 진동마찰 손상은 매우 서서히 일어나고 공기 중에 노출되어 있는 시간도 길게 되므로 일반적으로 부식이 일어난다고 보아야 한다.

현장에서 이러한 현상으로 발화된 상황의 입증은 용이하지 않으나 쥐의 통로가 되는 개소에서 발견되고 주변에서 죽은 쥐의 사체 잔해가 발견되면 이에 의한 발화로 보아야 할 것이다.

나. 열적손상에 의한 발화

(1) 과전류에 의한 발화

단심전선에 단순히 과전류가 인가되면 <그림 9>와

같은 용융형태가 나타나는데, 화염과는 다르게 끝부분의 용융부분과 용융되지 않은 부분의 경계가 분명하며, <그림 10>과 같이 단순히 돌기가 형성되기도 한다. 이러한 용단형태가 형성되는 경우는 직접 발화원인으로 작용한 경우가 아니라 부하측에서 합선되어 과전류가 인가된 경우이다. 회로 중 가장 가는 부분의 전선에서 형성되며, 2차적으로 발화 악화하게 된다. 즉 배선 중 일부 전선이 용량이 적은 가는 전선으로 연결된 부

어 단락이 일어났을 경우, 전원코드가 자체 발열체인 장판 밑으로 끼어들어갔거나 실내 모서리바닥 부분에 배선되어 있던 전선에서 원인 미상의 단락이 발생되었다면 방바닥에 난방배관 등 발열체가 설치되어 있지 않나 검토해야 할 것이다.

이러한 과전류에 의하여 발화된 전선의 형태는 여러 가지 형태로 나타나는데, 특히 단열인 경우 연속적인 아크 발생 등으로 용융된 전선이 수 도막으로 분리



- 그림 11. 반단선에 의한 단락형태
- 그림 12. 반단선에 의한 단락형태
- 그림 13. 멀티콘센트의 불완전 접촉으로 발생한 열이 도체를 따라 전도되어, 절연이 파괴되며 형성된 단락흔

분이 있는 곳에서 나타나고, 이는 부하측에서 합선이 있었음을 말하며, 2차적으로 발화될 수도 있어 부하측의 정밀검사가 필요하다.

대부분의 과전류에 의한 절연피복 손상으로 발화하는 경우는 배선된 전선에 표시상 또는 규격상 허용 전류보다 많은 전류가 인가되어 일어나는 것이 아니라, 대부분 사용처가 지나치게 고온인 경우 또는 단열로 고온상태가 되는 경우이다. 그러므로 단순 전선에서 단락으로 발화된 경우라면 현장상황으로부터 이의 가능성을 검토하여야 한다.

예로 전기장판 전원코드가 이유없이 절연 파괴되

되는 형태가 나타나기도 한다. 즉 벽체 모서리 등에 배선된 수 가닥의 전선 중 한 전선만 배선되었던 경로를 따라 심하게 용융되어 있으면, 외형은 화염에 의하여 용융된 형태라고 하더라도 전기적인 열, 즉 과전류에 의한 용융형태로 보아야 할 것이다. 왜냐하면 일반화재에서 바닥 모서리 등이 동선을 용융시킬 만큼의 고온형성이 불가능한 위치에 다른 배선은 용융되지 않고 한선만 용융되어 있다고 하는 것은 열원이 전기에너지일 수밖에 없으며, 단선되는 경우라 하더라도 전류는 계속 통전되는 상태가 된다고 보아야 하기 때문이다. 현장에서 나타나는 형태는 심하게 연소된 발화부분 모

서리를 발굴하여 탄화된 가연물 속에 수 도막으로 용단된 동선의 잔해형태로 나타난다.

(2) 반단선에 의한 발화

반단선은 엄밀히 말하면 국부적 과전류로 볼 수 있다. 즉 내부 도체 단면적 감소로 발생하는 것이며, 단면적이 감소한 개소에서 국부적 과열로 절연피복이 손상되고 이로 인해 결국 합선 단락현상을 일으키는 것

과전류에 의한 절연피복 손상으로 발화되는 경우는 허용전류보다 많은 전류가 인가되어 일어나는 것이 아니라 대부분 사용처가 지나치게 고온인 경우 또는 단열로 고온상태가 되는 경우로 현장 상황으로부터 이의 가능성을 검토하여야 한다.

이다. 플러그 단자 인접 코드에서 주로 발생하는데, 이 경우는 플러그 단자와 콘센트 단자 간의 불완전 접촉 발열에 의한 절연손상과 혼동이 올 수 있다. 반단선의 경우 나타나는 특징은 소선일부가 <그림 11, 12>와 같이 피로파괴 형태를 나타내며, 단락부분이 흑색으로 착색되는 특징이 있다. 반단선이 일어나는 원인은 사용상 반복된 굽힘력이 작용·형성되며, 과도한 꺾임과 구분된다.

(3) 불완전 접촉 발열에 의한 발화


불완전 접촉 발열로 절연피복이 손상되고 이로 인

해 발화되는 현상은 가장 흔한 발화형태이다. 전선의 연결부 불완전 접촉 발열이나 배선기구 단자에서의 불완전 접촉 발열, 스위치 단자부분에서의 불완전 접촉 발열 등은 그 자체가 직접 불씨가 될 수도 있지만, 대부분 이로 인한 발열이 도체를 따라 전도되고 연결된 전선의 절연피복이 열 손상되어 합선이 일어난다. 이때 발생하는 스파크에 의하여 주변 가연물에 착화되는데 대부분의 전기화재가 이로 인해 발생한다고 보아도 무리가 아니다.

스위치류의 접점, 각종 배선기구의 단자와 배선간의 연결부 불완전 접촉이 발열원이 되어 일어나는 화재가 대부분 이러한 과정을 통해 일어나게 된다. 따라서 단순 단락형태만으로 판단하지 말고 불완전 접촉 발열 가능성을 검토 확인하여야 한다.

가장 많이 사용되고 있는 멀티콘센트 부분에서 발화되는 경우 대부분 이러한 현상으로 발화하는데, 멀티콘센트 전원코드나 삽입되어 있는 플러그 단자의 인접 코드 부분에 형성되어 있는 단락흔은 대부분 이러한 불완전 접촉에 의한 발열로 절연이 손상되고 단락이 발생하며 발화된 것이다.

배선기구에서 불완전 접촉 발열이 일어나면 직접 발화하기도 하지만, 대부분 연결코드의 절연피복 열손상으로 일어나는 단락에 의하여 착화된다. 불완전 접촉 자체로 발화하는 경우는 단락이 형성된 위치가 불완전 접촉개소에서 상당한 거리에 형성되게 되나 열전달에 의해 형성되는 단락흔은 인접한 코드에서 형성되며 반단선과 혼동되기도 한다. 따라서 감정할 때는 불완전 접촉인지 반단선인지 확인할 필요가 있다.

매입 콘센트의 단자와 전원선 간에 불완전 접촉은 결선불량이다. 플러그 단자와 콘센트 단자 간의 불완전 접촉 발열은 플러그 코드에 단락을 형성하는 데 이는 사용상 문제로 볼 수 있다. 

↳ 다음호에 계속 됩니다