

발화원의 감정 (V)

전기배선 및 배선기구 ③

배선기구는 오랜시간이 경과하면 절연성이저하하거나 접촉부분이 탄화되어발열 또는 발화원이 될 수 있다. 절연재료의 파손 이상전압에 의한절연파괴, 허용전류를 넘는 과전류에 의한 열적열화 등은 접선부분이 점화되어서 미립자 절연재료의 열화에 의해 발화원인이 되므로 상시 점검하고주의를 기울여야 한다.

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

(지난 호에 이어서)

5. 배선기구에서의 전기적 발열발화

5. 배선기구에서의 전기적 발열발화

화재현장에서 연소확대 흔적으로부터 최초 연소부분을 판정하고 최초 연소부분의 전기배선 상에 나타나 있는 합선에 의한 단락흔 등으로 최초 연소부분임을 입증하고 나면, 최초 연소부분에서 발화원으로 작용할 만한 연소잔해를 검사하게 된다. 이때 먼저 검사하는 것이 연소기구, 가전제품, 기계류, 고온물체 등 구조물이나 기구가 될 것이며, 이들로부터의 발화가능성을 배제하게 되면 전기배선 및 배선기구를 검사한다. 이는 단락흔이 나타나있는 배선을 중심으로 배선에 이용되고 있는 배선기구, 즉 차단기, 스위치, 소켓, 터미널 등 전기회로를 구성하는 기구를 말한다. 또 전기제품에서 각 소자와 소자 사이를 연결하거나 스위치 등 전원을 연결하고 차단하는 스위치나 과열보호장치 등을 배선기구라고 한다.

이들 배선기구에는 입력측의 전선과 단자를 연결하는 부분, 스위치 접점, 출력측의 전선과 단자를 연결하는 부분이 있게 마련이다. 이들에서의 발화는 배선에서와는 달리 합선이나 누전현상은 일어날 수 없는 구조로 되어 있어 트래킹, 그래파이트, 불완전접촉발열에 의한 것이다. 트래킹은 대부분 이물질 유입에 의한 단자간 절연파괴로 일어나므로 관리상의 문제이거나 건물 구조상의 문제로 일어난다. 그래파이트는 재료상의 문제로 볼 수 있어 제품의 하자가 되며, 불완전접촉의 경우 연결부면이라면 원인은 공사 불량이나 단락 접촉개소라면 사용상의 문제와 관련이 있다.

가. 불완전 접촉에 의한 발열

(1) 결선부분에서의 불완전 접촉

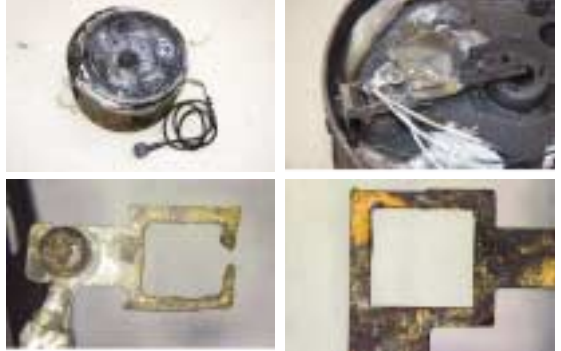
모든 배선기구에는 연결부분이 있게 마련인데 단자와 전선간의 결선부분은 나사조임, 용접, 커넥터에 의한 방법이 사용된다. 대부분 나사 조임으로 이루어지는데 나사를 너무 조여 전선이 변형되거나 덜 조

여 접촉저항이 형성되면 발화하며, 스프링와셔를 사용하지 않고 나사로 조여 놓으면 사용 중에 나사가 풀려 불완전 접촉이 일어나 발화한다. 이 경우 결선부분에서 국부적 탄화흔과 심한 단락 용융흔이 형성된다. 불완전 접촉발열이 진행되면 인접단자와의 절연이 나빠져 트래킹으로 발전한다. 불완전 접촉이 원인이 되어 트래킹으로 발전한 형태는 불완전 접촉으로 발열이 시작된 부분이 용단되거나 완전 융착된 형태와 인접단자와의 사이 절연체가 탄화 또는 차단기와 같이 고정 나사가 있는 경우 나사가 용융되게 된다.

■ 사진 1. 차단기에 나타나 있는 결선부분의 불완전 접촉 발화 흔적



■ 사진 2. 밥솥 내부 결선부분 불완전 접촉 발열에 의해 발화된 예



(2) 접속부분에서의 불완전 접촉

연결부분의 또다른 형태는 스위치나 플러그, 콘센트와 같이 접속부분이 있다. 접속부분은 수시로 접점을 연결하지 않으면 안되는 부분으로, 연결하거나 차단할 때 발생하는 스파크 불꽃은 부도체인 아산화동의 발생원인이 되고 이로 인해 접촉저항이 증가되어 발열

하게 된다.

저전류에서는 무접점 스위치 등을 사용함으로써 막을 수 있지만 전류가 큰 경우 또는 전기제품의 전원 플러그는 근본적으로 무접점 스위치를 사용할 수가 없다. 따라서 불완전 접촉에 의한 발화위험은 매우 높다. 이를 줄이는 방법은 가능한 전기제품의 접속개소를 연결하거나 차단할 때 부하가 없는 상태, 즉 전기제품의 스위치를 끄고 연결하거나 차단하여야 한다.

플러그와 콘센트의 접속개소에서 불완전 접촉에 의한 발열이 있게 되면 열전달에 의하여 플러그 목부분의 전선피복이 열손상되어 합선이 일어나 단락이 발생하게 된다. 외형상 반단선에 의한 형상, 즉 플러그 목 부분에서만 분명한 단락흔이 형성되고, 플러그 단자와 콘센트 단자간의 접속부분에서는 발열흔적이 미세하게 나타난다.

■ 사진 3. 불완전 접촉 발열에 의해 형성된 플러그 목부분의 단락형태



단락흔 부분의 형태로 반단선인지 불완전 접촉인지를 구분하게 된다. 불완전 접촉 발열에 의한 플러그 목부분의 단락흔은 내부 소선의 꼬임형태가 변형되지 않고 전형적인 합선에 의한 단락형태를 나타내나, 반단선에 의한 단락흔은 소선의 꼬임상태가 변형된 상태에서 일부 소선이 파괴된 형태를 남기며, 단락흔 인접 부분 동선이 흑색 또는 청색을 띠는 흑색으로 변색되는 특징을 보인다.

(3) 스위치 접점에서의 불완전 접촉 발열

접점부분의 용융형태로 나타나게 되며, 열가소성인 절연체가 회화되는 특징이 있고 특히 가동접점에서

■ 사진 4. 반단선에 의한 단락흔의 형태



■ 사진 5. 콘센트와 플러그의 접속부분 불완전 접촉 발열에 의해 발화된 예



■ 사진 6. 스위치 접점에서의 불완전 접촉 발열로 발화된 형태



의 발화위험이 높다.

[사진 8, 9]는 정수기 과열보호장치 부분에서의 발화 예로 직렬로 연결된 써머스위치의 커넥터 부분에서의 불완전 접촉발열로 절연체가 소손되며, 트래킹으로 발전 발화된 예이다. 이는 직렬로 써머스위치를 연결하는 경우 특히 충분한 검토가 필요하다.

■ 사진 7. 분전반 개폐기의 스위치 접점부분에서 발생된 불완전 접촉 발화된 예



■ 사진 9. 정수기의 과열보호용 써머스위치 부분 접점에서의 불완전 접촉 발열흔적



■ 사진 8. 정수기의 과열보호용 써머스위치 커넥터 결선부분 불완전 접촉 발열이 원인이 되어 발화된 예



같이 국부적으로 소손된 형태를 남기며, 도체인 단자 부분에 용융흔을 남기는 데 초기 연소부분이 동 부분 이면 이에서 발화된 것으로 볼 수 있다.

[사진 12]에서와 같이 종종 현장에서 초기 발화개 소와 관계없는 분전반 부분에서의 트래킹에 의한 소손 형태가 발견되기도 하는데, 이는 진화작업을 위해 주 수하는 물기가 유입되어 순간적으로 트래킹이 발생하는 것이다. 화재원인이 된 것과는 상이한 형태, 즉 국 부적으로 심한 단락형태를 나타내지만 초기 연소부분 에서 볼 수 있는 주변의 심한 연소형태는 발견되지 않 는다.

만약 초기 진화에 실패하여 2차적으로 완전 연소 된 경우 혼돈을 줄 수 있으므로 유의할 필요가 있다. 건물의 벽체에 설치된 매입형 분전반, 스위치, 콘센트 등에서는 누수 등에 의해 트래킹이 형성되기 쉬우므로 누수되지 않게 하여야 한다. 콘센트 부분에서 접속개 소의 불완전 접촉에 의한 발열의 경우에는 열전달에 의하여 플러그 목부분의 피복이 손상되고 하변이 일어 나 단락이 발생하게 되는 경우가 있으나 트래킹이나 그래파이트 경우에는 이러한 현상이 일어나지는 않는 다. 이는 양 선 간에 일어나기 때문이다.

나. 트래킹에 의한 발화

트래킹은 두 단자 간의 절연이 파괴되어 도전로가 형성되는 것으로 대부분 절연체의 표면에 습기 등이 유입되어 형성되는데, 도전로가 형성되어 통전되면 발열이 일어나 절연체가 탄화되어 단자 간에 스파크가 발생하고 용융흔을 남긴다. [사진 11]에서 보는 바와

다. 그래파이트에 의한 발화

그래파이트의 형성원인에 대하여는 아직 정설이

■ 사진 10. 멀티콘센트 내부 단자 사이에서의 단자간 트래킹에 의한 발화 흔적



■ 사진 11. 차단기의 출력측 단자 부분에서의 트래킹 흔적



■ 사진 12. 소화작업 중의 주수에 의해 형성된 분전반의 트래킹 현상



■ 사진 13. 프린트기판상의 트래킹에 의하여 형성된 용융흔



없지만 트래킹이나 불완전 접촉 발열 초기에 탄화된 절연체의 탄소가 양단간에 형성된 전위에 의하여 재결정이 일어나 도체인 흑연으로 변화하는 것이 아닌가 추측된다. [사진 14]는 그래파이트의 전형적인 예이다. 그래파이트에서 나타나는 특징은 도체인 단자에 단락흔이 형성되지 않으며, 연소 확대되어 인접한 전선에 단락흔이 형성된다.

따라서 완전 연소되는 경우 판별이 어려우나, 최초 발화부분이 배선기구이고 연결전선에서만 단락흔이 형성되고 단자부분에서 단락흔이 형성되지 않는다. 실제도상 단락흔이 형성된 전선이 그래파이트에 의한 발화로 전선피복이 소실되며 형성될 수 있는 위치라면 그래파이트에 의한 것이다.

라. 전기제품에서의 화재

일반전기제품 내부에는 노출된 단자, 접속개소, 접점 등이 매우 많아 트래킹이나 불완전 접촉 또는 그래파이트 등에 의한 발화위험이 상존한다. 이들로부터의 발화여부 판단은 자체 또는 전원코드에서의 단락흔으로 판정한다. 구체적 발화원인이 자체 부품소재 중 발열소자, 즉 코일이나 저항체 또는 프린트선을 포함한 내부배선의 과열이라면 이는 제어소자인 콘덴서, 반도체 등의 단락이고, 배선기구에서의 발화라고 한다면 트래킹인지, 불완전 접촉인지, 그래파이트인지를 규명해야 할 것이다. 왜냐하면 이들의 원인제공이 각기 다르고 책임소재가 달라지기 때문이다.

[사진 5]와 [사진 10]에서 보는 바와 같이 범용화 되

■ 사진 14. 분전반 차단기에 형성된 그래파이트 형태



■ 사진 15. 각종 배선기구에서 나타난 그래파이트 형태



어있는 멀티콘센트는 접속개소나 연결부분이 수 개소가 되어 불완전 접촉에 의한 발열 및 물기 등 이물질 유입 등에 의한 트래킹으로 발열·발화위험이 매우 높은 배선기구이다. 통상 문어발식으로 여러 개의 전기 제품을 연결, 사용하면 과부하에 의한 발화위험이 높은 것으로 알려져 있지만 통상 30A 이상이 되며, 분전반의 차단기가 이보다 낮은 전류에서 차단되도록 설치

되기 때문에 과부하에 의한 발화는 거의 없다. 접속개소, 즉 플러그와 콘센트 단자 간의 불완전 접촉에 의한 발열원인은 주로 전기제품의 전원스위치가 켜진 상태에서 플러그를 콘센트에 삽입하거나 뺄 때 발생하는 스파크에 의하여 접촉부분에 형성된 부도체인 아산화동이 접촉저항을 증가시켜 일어나게 된다. 따라서 이는 사용상의 문제이며, 결선부분의 불완전 접촉이라면 제품상 또는 시공상 문제이고, 트래킹에 의한 발화라면 이는 사용시 환경상의 문제가 될 것이다. 전기제품에서의 발화원인 또한 발화원인의 구체적 기술은 PI법의 시행과 더불어 더욱 더 중요시되고 있다.

6. 맺음말

발화원으로 작용하는 각종 연소기구에서의 발화원인은 자체에서의 문제, 즉 이상발연, 연료공급 이상, 내부 전기 설비상의 문제로 형성되기도 하지만 대부분 사용자의 과실로 볼 수 있는 가연물 접촉이 문제이다. 따라서 단순히 연소기구의 과열이 원인이라고 한다가나 전열기에서의 과열 또는 전기제품에서의 과열로 치부하는 원인조사는 지양되어야 할 것이다. 또한 전기 화재를 단순히 합선, 누전 또는 반단선 등의 형상만으로 설명하는 것은 바람직하지 않다.

전기배선이나 배선기구에서의 화재는 결국 절연 파괴가 원인이므로 절연이 파괴된 원인, 즉 기계적 손상인지 열적손상인지, 열적손상이라면 그것이 과열(단열 또는 고온하 사용) 또는 그래파이트, 결선부분에서의 불완전 접촉, 접속부 불완전 접촉, 접점에서의 불완전 접촉인지 아니면 그래파이트인지를 분명히 하여야 할 것이다. 또한 이들을 사전에 막기 위한 방안, 즉 절연체의 성능 향상을 위한 연구, 수시 점검, 올바른 사용법과 발화위험의 홍보로 예방할 수 있는 방안과 발화되었을 경우 피해를 최소화 할 수 있는 방안이 강구되어야 할 것이다. ⚡