

발화원(發火源)의 감정(V)

– 고온물체에서의 발화와 감정(1) –



김 윤 회
국립과학수사연구소
물리분석과장

〈 목 차 〉

1. 용접불티에 의한 발화와 입증
2. 보일러 연통에서의 발화와 입증
3. 고온 사우나 난방배관에서 저온발화와 입증
4. 내연기관의 배기관

고온물체란 가연물이 접촉되면 발화될 수 있는 것으로 본래는 용접불티, 달군 쇠 등과 같이 적열상태의 금속으로 자체 온도가 일반적인 가연물의 발화점 이상의 온도를 유지하는 것을 말한다. 이러한 것은 가연물이 접촉되면 즉시 발화되게 되므로 가연물이 접촉되지 않게 되어 있어 별문제가 되지 않으나 화재에서 문제가 되는 것은 통상은 발화점보다 훨씬 낮은 온도를 유지하고 있어 직접 또는 간접적으로 가연물과 접촉되어 있는데 어떤 원인으로 발화점 이상의 고온상태가 되는 것과 장시간의 접촉으로 가연물이 탄화되고 나아가 발화되는 물체를 말한다. 즉 보일러 연통, 고온 사우나의 난방배관, 고온수 파이프, 콤프

레서 등 압축기 토출파이프, 내연기관의 배기계통 등에서의 발화로 저온발화란 표현을 사용한다.

1. 용접불티에 의한 발화와 입증

용접불티는 자체 온도가 발생 초기 1500℃ 정도의 고온이므로 가연물에 접촉되면 즉시 발화하게 되며, 불티의 크기가 크면 클수록 발화위험은 크게 마련이다. 또한 매우 먼 곳까지 비산될 수 있어 발화위험이 매우 높다. 특히 높은 곳에서의 용접작업 시에는 비산되는 영역이 넓어질 수 있어 각별한 주의가 요망된다. 따라서 용접 시에는 불티가 비산되는 것을 막기

[사진 1]



[사진 2]



[사진 3]



[사진 4]



[사진 5]



[사진 6]



[사진 1] 1층의 용접장비
[사진 2] 1층 바닥 용접작업흔적
[사진 3] 지층 발화부 추정 개소
[사진 4] 지층 발화부 인접잔해
[사진 5] 지층 발화부 천장형태
[사진 6] 지층 발화부 발굴형태

위한 차단벽을 설치하고 만약을 대비한 소화장비를 갖추고 감시자의 감시 하에 실시하여야 한다.

대부분 화재의 경우 용접작업 후 수십 분 또는 수 시간 경과 후 발화된 것을 인지하는 경우가 있다. 이는 비산된 불티가 물체 틈새나 모퉁이에 쌓여있는 먼지 등의 가연물에 낙하하여 착화 혼소가 일어나, 미처 발견되지 않고 혼소가 진행되어 나중에 발염 화재로 발전하는 경우이다. 이를 입증하는 것은 용접작업 사실의 확인과 입증, 즉 용접작업 내용과 용접흔적 및 작업도구로 입증하고 발화개소를 중심으로 무연화종에 의한 연소형태와 기타 발화원인의 배제이다. 경우에 따라서는 발화개소에서 용접불티가 확인되는 경우도 있으나 진화작업과 도피 등으로 확인이 안 되는 경우가 대부분이다.

가. 용접불티에 의한 발화 예시 1

1층에서 작업 도중 지층에서 발화 연소된 형태로, 1층 바닥의 틈새를 통해 낙하한 용접불티가 적

재해 놓은 소파 부분으로 떨어져 발화된 것으로 추정되는 사건이다. 소파가 적재되었던 부분은 전기 설비나 기타 발화원인을 추정할 만한 시설이나 잔해가 전혀 발견되지 않았으며, 직 상단 1층의 바닥 전기배선에서 화염에 의해 형성된 단락흔(사진 1)이 식별되었다. 용접불티가 떨어지는 경우 발화가 용이한 면으로 된 소파가 적재되어 있었고 완전 연소되었다(사진 6). 1층의 용접작업 부분은 가연물이 없는 상태로 지층으로부터 상층으로 연소가 확대된 것으로, 발화부 상단의 철구조물이 (사진 5)와 같이 국부적으로 심하게 수열된 형태를 보이는 것으로 보아 1층에서의 용접작업(사진 1) 중 틈새로 낙하한 용접불티에 의한 발화로 추정되는 사건이었다.

나. 용접불티에 의한 발화 예시 2

2층 천장 부분에서 발화 연소된 형태로, 3층에서의 용접작업으로 발생된 불티가 2층 천장 부분의 덕

트 내부 가연물에 낙하하여 발화된 사례이다. 이는 용접작업 흔적의 확인과 발화개소를 중심으로 [사진 12]와 같이 자석을 이용하여 용접볼티를 수거하고 여타 발화원인의 부정으로 입증하였다.

동 건의 경우 덕트와 같은 구조에서 용접작업을 하면 용접볼티가 하방의 가연물에 착화, 발화되는 경우 초기 진화가 곤란하여 대형화재로 발전할 위험이 크다. 따라서 용접 전에 반드시 주변 및 하방의 가연물을 확인하고 발화에 철저히 대비한 상태에서 작업을 실시하여야 한다. 특히 샌드위치 패널로 된 건물에서 용접작업을 실시하는 경우 패널 내부가 가연물인 관계로 특별한 주의가 필요하다.

용접작업 물체가 가열되어 접촉된 가연물에 착화하는 경우에는 용접작업이 수 시간 후에 발견되기도 한다. 이는 접촉된 가연물, 특히 난방배관의 단열재 부분에서 훈소가 일어나는 경우이므로, 용접작업 후에는 면밀히 확인하여야 한다. 우선 최초 발화된 용접물체부위는 타 개소보다 수열상태가 다르게 나타

나게 되는데 비교적 적색으로 부식되며, 국부적으로 소실된 형태를 나타낸다.

즉 용접에 의한 발화의 입증은 발화개소를 연소형태나 수열정도와 부근에서의 단락흔으로 입증하고 인접부분에서의 여타 원인의 배제 및 용접작업 흔적과 용접볼티에 의해 착화될 수 있는 가연물의 잔해를 증거로 확보, 입증한다. 용접작업 후 수 십분 또는 수 시간이 경과된 후에 발화되는 경우는 최초 발화된 부분에서 훈소에 의한 흔적과 용접볼티 잔해(용접슬러지)가 수거되기도 한다.([사진 12] 참조)

2. 보일러 연통에서의 발화와 입증

연통은 연소실 상단 약 60cm에서 측정하여 통상 120℃를 넘지 않게 설계되나 사용 중 이상 발연 등에 의해 연소위치가 상승하면 연통 부분이 과열된다. 연통자체가 금속이므로 과열되어도 착화 화재로 발전할 위험은 희박하지만, 수평 부분이 있는 경우

[사진 7]



[사진 8]



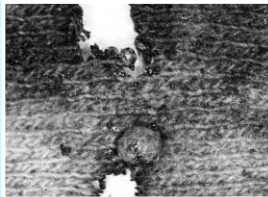
[사진 9]



[사진 10]



[사진 11]



[사진 12]



[사진 7] 2층 천장 부분의 연소 형태
 [사진 8] 3층의 용접작업 흔적
 [사진 9] 2층과 3층 연결 덕트의 형태
 [사진 10] 2층 천장 덕트 내부 연소잔해
 [사진 11] 잔해에서 발견된 용접볼티
 [사진 12] 자석으로 수거한 용접볼티

상단에 먼지가 쌓이게 되면 동 먼지에 착화되고 연통을 따라 연소가 진행되어 벽체나 인접한 가연물에 착화, 화재로 발전한다.

이 경우 최초 착화된 연통 부분이 국부적으로 심하게 수열된 형태를 나타낸다. 특히 이상 발연이 있는 상태에서 발생되므로 연통 내부에 그을음이 심하게 차여있게 되며, 최초 착화된 개소의 연통 내부 그을음은 무연탄이 탄 경우와 같이 적색의 고형형태를 나타낸다.

따라서 연소기 자체에서는 이상 발연 흔적이 있으나 가연물이 존재하지 않아 발화되기 어려운 상태인데, 연통 부분을 중심으로 연소가 확대된 형태를 나타내면 이에 의한 발화로 보고 발화개소를 입증해야 한다. 더불어 동 개소에 설치된 연통의 변색과 내부 연소된 그을음으로 입증하고 가연물 잔해 및 근접한 가연물의 상태 등을 검토하여 판정한다.

연통에서의 발화는 단순히 연통의 과열과 가연물 접촉만이 아니라 연소기 자체에서의 이상 발연을 동시에 수반하므로 이를 입증하고 연소기 자체에서 최초 착화되지 않았음을 입증하여야 한다. 이는 연소기 이상에 의한 자체에서의 발화와 연통에서의 발화와의 민사상 책임소재가 달라질 수 있어 분명히 할 필요가 있다.

3. 고온 사우나 난방배관에서의 저온 발화와 입증

고온배관에서의 발화는 주로 설치된 지가 오래된 스팀배관에서 발생하는 것으로, 스팀배관의 압력이

6kg/cm² 또는 180℃ 이상 되는 고온고압배관에서 일어나는 것으로 알려져 있다. 이러한 설비는 고온 사우나탕, 공장의 스팀배관, 대형 난방기계의 내부배관에서 일어나는 것으로, 가연물이 직접 접촉되어 있고 단열이 용이한 구조에서 일어난다.

발화기구는 고온배관 부분이 단열재로 처리된 상태에서 단열재 틈새 등에 쌓여있는 먼지에서부터 발화하거나 고온 사우나와 같이 밀폐된 공간의 스팀파이프에 접촉된 목재에서부터 발화한다. 초기 착화가 혼소로 시작되므로 발화개소의 파이프 부분이 국부적으로 심한 수열흔적을 남기고, 접촉된 가연물은 회화되며 국부적으로 심한 연소형태를 나타낸다. 따라서 이들에서의 발화 입증은 주변의 전기 단락흔과 국부적 연소형태 및 배관에서의 국부적 수열 흔적으로 발화개소를 국소화하고, 동 개소에서 여타 발화원인을 배제하며, 시설 검토를 통해 고온고압의 형성과 가연물의 접촉 가능성으로 입증한다.

4. 내연기관의 배기관

원동기 배기관이나 자동차 배기관은 가동 중 가연물의 발화점 이상으로 올라가기도 하고 때로는 미연 불티가 토출되기도 한다. 흔한 예가 농촌에서의 원동기 배기관 주변에 벗집 등 가연물을 적재해 놓는 경우나, 오토바이나 차량을 시동이 걸린 상태로 잔디밭이나 낙엽이 쌓여있는 길가 및 쓰레기장에 주차시키는 경우에 발생하는 것이다. 특히 겨울철 바람이 없는 갯길이나 가연물이 적재된 근처에서 주차하고 시동을 켜 채로 승용차에서 휴식을 취하는 경우 많이 발생한다.

고정된 상태인 원동기의 경우 발화개소가 이동하지 않지만 오토바이나 차량의 경우 대부분 이동하게 되므로 이를 감안하여야 한다. 원동기의 경우 발화개소 주변의 가연물 잔해는 대부분 진화작업에서 유실되거나 위치 이동 등에 의하여 현장 확인이 용이하지 않지만 정황수사를 통해 입증이 가능할 것이다. 발화개소가 원동기 부분이라면 발화개소 확인, 작동상태여부 확인, 여타 발화원인 배제로 원동기 배기통부분에서의 발화를 의심하게 되는데, 실제 문제에서는 원동기 배기통에서 발화되었다고 단정할 만한 물적증거는 발견되지 않는다. 따라서 기타 화인의 배제와 정황으로 판정하여야 한다.

차량이나 오토바이인 경우 직접 접촉되지 않는 한 착화가 용이하지 않으나, 엔진 RPM이 높은 경우에 착화되므로 이의 입증이 필요한 경우가 있다. 차량인 경우 연소하는 과정에서 차량이 이동하게 되므로, 최초 정차 위치를 확인하고 동 부분에서의 잔해 검사를 통한 가연성 물질 존재여부를 확인해야 한다. 또한 연소형상과 차량내부배선에서의 단락흔으로 차량의 연소형태가 후미측 배기통 부분의 흡배기나 타이어에서부터 연소된 것을 입증하고, 기타 발화원인을 배제함으로써 입증한다.



[사진 13] 트렁크 중심으로 연소된 차량

가. 시동을 켜 채 보루박스에 접촉 주차 발화된 예

주차시키는 과정에서 보루박스에 접촉된 것을 모르고 시동을 켜놓고 방치하여 발화된 예로, 발화개소가 배기통 끝 부분으로 트렁크 부분만 연소된 차량이다. 조기 발견되어 차체에서는 특이한 이상이 식별되지 않았고 여타 발화원인은 발견되지 않았으나, 현장 바닥에 골판지 연소 잔해가 식별되고 수사상 고의성이 없는 것으로 보아 배기통에서 유출된 열기에 의해 착화 연소된 것으로 볼 수 있었다.([사진 13] 참조)

나. 겨울철 고수부지에 주차시키고 잠든 새 발화된 예

겨울철 차 안에서 잠이 들어 자신도 모르게 가속 페달을 심하게 밟아 엔진이 과열되고 머플러 부분이 손상될 정도로 가열되어 발화된 예이다. 후미 트렁크 부분이 심하게 연소되었으나 앞 부분은 연소되지 않은 상태를 보이며, 후미 우측 타이어가 있는 부분과 동 개소에 있는 배기관이 심하게 열손상된 형태를 보이고 있다.([사진 14~19] 참조)

다. 주행 중 잠시 정차한 사이 하부에서부터 착화 연소된 예

주행 중 잠시 정차한 사이 하부에서 착화 연소된 예로, 방열판 위로 연료가 누출 적하되어 착화되었다. 방열판 상에 적하된 연료에 의해 변색된 흔적이 남아있다.([사진 20~22] 참조) ㉞

[사진 14]



[사진 15]



[사진 16]



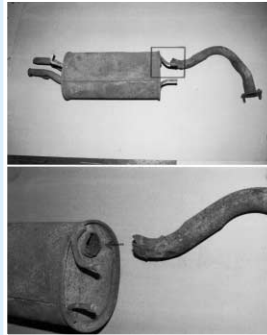
[사진 17]



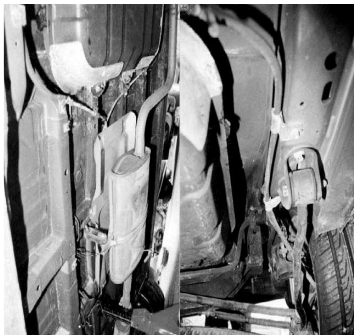
[사진 18]



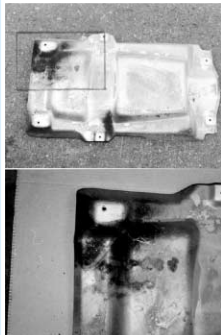
[사진 19]



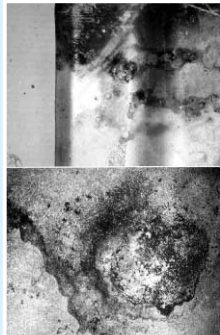
[사진 20]



[사진 21]



[사진 22]



- [사진 14] 차량의 연소형태
- [사진 15] 뒷자석 및 트렁크 연소형태
- [사진 16] 하부 뒷부분 및 배기통 부분
- [사진 17] 우측후륜 및 배기구 부분 연소 형태
- [사진 18] 배기관 과열로 파손된 형태
- [사진 19] 머플러의 과열로 파손된 형태
- [사진 20] 차량 하부에서 발화 연소된 형태
- [사진 21] 방열판의 변색
- [사진 22] 방열판 변색흔

<다음호에 계속>