모발건조기에 대한 발화 연구

[A study for the outbreak of a fire by hair dryer]

연구자 : 서울지방경찰청 이상준 · 주희선
서울소방본부 안성일

목차

1. 모발건조기의 발화 연구 목적 28

2. 모발건조기의 발화 가능성 28

3. 모발건조기의 내부구조 29

4. 1차 실험 31

5. 2차 실험 32

6. 외부화염에 의해 착화된 모발 건조기 34

7. 결론 35

1. 모발건조기의 발화 연구 목적

연구 과제를 모발건조기로 택하게 된 이유는 다음과 같다.

(1) 모발건조기에서의 발화 가능성 여부 확인

화재현장에서 화재원인조사 중 특히 발화부 내에서 전원코드가 연결된 모발건조기가 놓여 있을 때 발화원과 무슨 관계가 있을까? 라는 생각을 하게 된다. 그때 과연 이 모발건조기를 어떻게 해야 할까? 이것이 불을 낸 것이 맞는가? 다음과 같이 실험 및 분해를 통해 의구심을 풀고자 한다.

(2) 모발건조기의 내부 구조 확인

먼저 모발건조기의 내부구조를 알고, 자체에서 발화된 모발건조기의 내부 구조 및 형상을 비교해야 한다.

(3) 과학적인 발화원인의 판단 능력 배양

위와 같은 방법으로 비교 분석된 자료를 바탕으로 발화원과 관련지을 만한 판단 능력을 배양한다.

(4) 모발건조기에서 발화원인 분석

마지막으로 모든 가능성을 검토하여 결론을 내리는데 좀더 과학적인 판단능력을 배양하고, 그 원인을 분석한다.

2. 모발건조기의 발화 가능성

(1) 전원코드의 절연파괴

모발건조기는 주로 사용하는 것이 머리카락을 말리거나 헤어스타일을 변화시키는 도구로 사용한다. 그러면 모발건조기의 전원코드 인입된 부분은 사용자에 의해 이리저리 꺾이는 구조로 되어 있다, 이 꺾임을 방지하기 위해 고무 등으로 처리는 되어 있지만, 이것이 제구실을 못한다든지, 오랜 기간 사용하다 보면 노후 되어 고무 패킹이 제구실을 하지 모하여 꺾이는 부분에 전류가 집중되어 절연이 파괴되고, 이를 방치한다면 화재로 발전하게 된다.

(2) 히터코일의 과열에 의한 착화

모발건조기 내부에는 열을 발생하는 코일이 있다. 물론 모발건조기의 내부 중 히터 코일에는 과열을 방지하는 안전장치가 되어 있지만 이것이 고장을 일으킬 경우, 이 또한 사용자가 스위치를 ON 상태로 계속 방치하였다면 바로 화재

로 이어질 것이다.

(3) 내부에 퇴적한 먼지에 착화된 불티 비산

먼지가 많이 쌓이는 공장 등에서 사용하는 모발건조기는 내부에 먼지 등 이물질이 끼어있을 경우가 있다. 이때 모발 건조기를 사용한다면 내부의 히터 코일에서 발생한 열에 의해 무염 착화된 불티가 송풍기의 바람에 의해 날아가 착화가 되는 경우가 있을 것이다.

(3) 송풍기의 구속에 의한 모터 과열

앞에서 언급한 바와 같이 히터에서 나는 열을 송풍구로 내어 보내기 위해 히터 코일 뒤에 송풍기를 돌려주는 모터가 있다. 이것은 부피가 작기 때문에 주로 직류모터를 주로 사용 하지만, 작동 중에 열에 의해 송풍기가 녹아서 눌러 붙었을 경우나, 송풍기에 이물질이 끼어서 회전하는 것을 방해 한다면 모터 내부에서 국부적인 발열에 의해 출화할 가능성이 있다고 할 것이다.

(5) 기타(사용자의 부주의에 의한 착화)

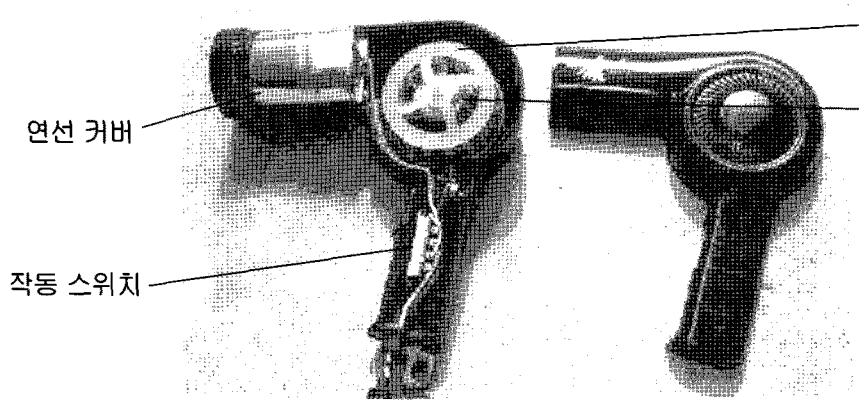
마지막으로 사용자가 임의로 내부를 조작한다든지 하는 등의 사용자의 부주의에 의해서 착화하는 사례를 들 수 있겠다.

3. 모발건조기의 내부구조

(1) 전체 모습

모발 건조기의 구조를 사진으로 살펴보기로 하겠다.

모발건조기는 다른 가전제품에 비해 비교적 간단한 구조로 되어있으며, 이 사진은 겉 커버를 벗겨낸 내부 구조이다.

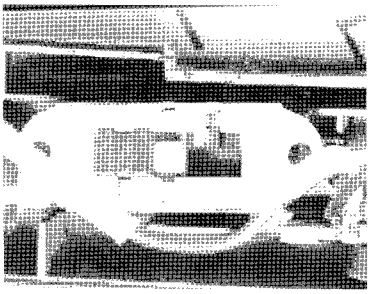


◀【1-2】
스위치 앞면

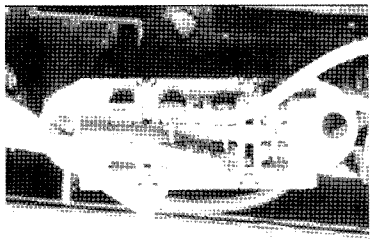
먼저 손잡이 부분에 모발건조기를 작동하는 스위치가 있으며, 본 실험에 사용된 모발건조기는 3동작 스위치로 가장 아래에 '꺼짐', 중앙에 '약', 가장 위에 '강'의 켜짐의 위치가 있는 제품이다. 위로 올라가면 바람을 일으켜주는 송풍기가 있으며, 송풍기 안 쪽에는 소형 모터가 내장되어 있다. 이 모터는 직류 모터로서 모터 아랫부분에 교류를 직류로 바꿔주는 정류기가 설치되어 있다

그 앞으로는 합금으로 된 둥근 커버가 있다. 커버 안 쪽에는 열을 발생하는 히터 코일이 내장되어있으며, 코일 안쪽에는 과열을 방지하는 바이메탈 스위치가 설치되어 있다.

(2) 스위치 근접 모습



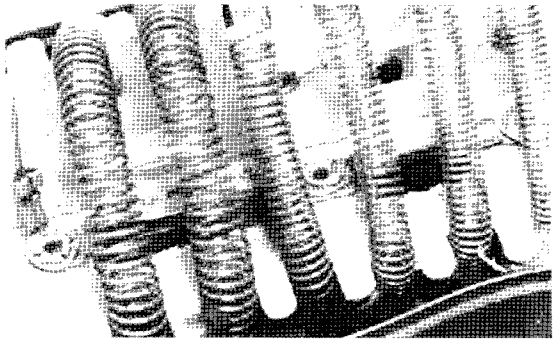
◀【1-2】
스위치
앞면



◀【1-3】
스위치
뒷면

스위치의 근접 사진으로 사진【1-2】는 스위치의 앞모습으로 최대로 켠 상태이고, 사진【1-3】의 모습은 뒷면은 접점부이다.

(3) 열선 코일 내부의 바이메탈 스위치 모습



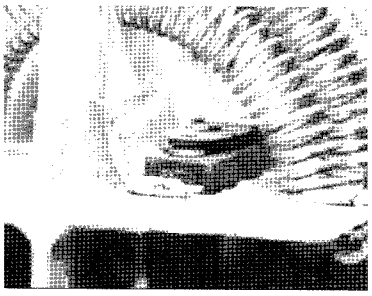
◀【1-4】
열선코일 내부 바이메탈 스위치 모습

※열선코일 안쪽의 바이메탈의 모습으로, 이 바이메탈 스위치는 온도가 약120도에서 팽창하면서 접점부를 이탈시켜 전원을 차단시키게 되어 있다

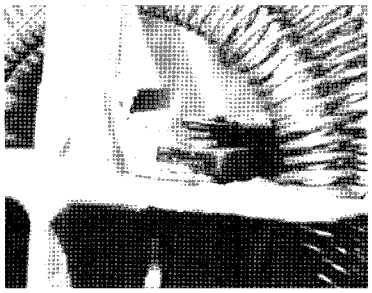
아래의 사진들은 바이메탈 스위치의 접점부를 근접 촬영한 사진이다

사진【1-5】는 초기 바이메탈의 접점부가 접촉, 즉 모발건조기가 작동하는 켜짐 상태이며 사진【1-6】은 과열이 되는 것을 방지하는 것으로, 바이메탈 스위치가 작동하여 모발건조기가 꺼진 상태이다.

이때 바이메탈 스위치가 작동하는 온도는 내부온도는 측정하지 못하였으며, 외부온도는 열화상 카메라로 확인한바 약 120도 정도에서 사진【1-6】과 같이



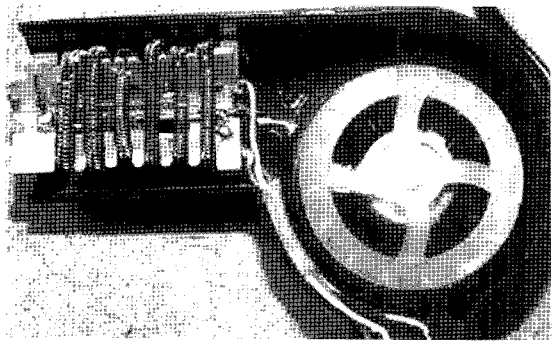
◀【1-5】
바이메탈
스위치
켜짐



◀【1-6】
바이메탈
스위치
꺼짐

작동이 중지되는 것을 관찰할 수 있었다.

(4) 실험하기 위하여 바이메탈 스위치를 강제로 연결시킨 모습

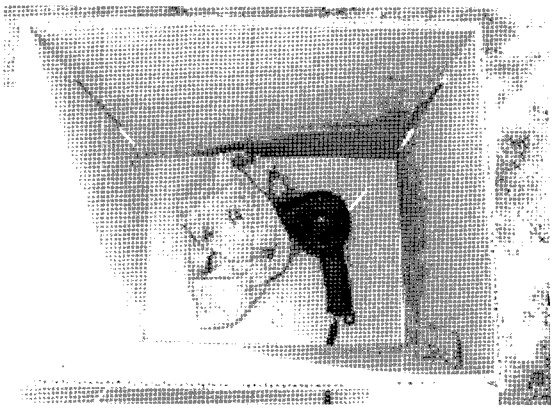


◀【1-7】
열선코일 스위치를 강제로
연결시킨 모습

본 실험은 모발건조기의 바이메탈 스위치가 과열되는 것을 방지하여 전원을 차단시키므로, 사진【1- 7】과 같이 전류가 바이메탈 스위치를 거치지 않게 하기 위해 직렬로 연결을 하고 본 실험을 하였다.

본 실험은 내부결함 즉 바이메탈 스위치의 오 · 작동 등으로 인해 모발건조기에서 착화된 경우를 재현한 것이다.

4. 1차 실험

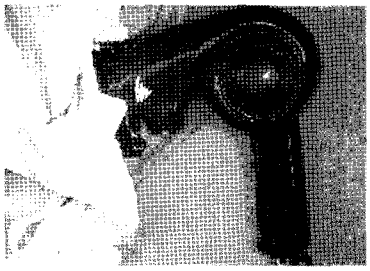


◀【2-1】
바이메탈 스위치 켜짐

1차 실험은 모발건조기 내부에 있는 바이메탈 스위치의 과열을 방지하는 기능을 하지 못하게 쇼트 시켜 놓았고, 다른 기능들은 정상적으로 작동을 하게 놓았으며, 본 실험에 사용되는 모발

건조기는 100/220V겸용의 전원을 사용하는 것으로 100V에 맞춰 놓았고, 전원으로는 상용전기를 사용하지 못하여 교류110V를 일으키는 발전기를 상용전기 대신에 사용하였으며, 모발건조기 사이에는 30암페어 용량의 가정용 누전 과부하 겸용 차단기를 설치하였다.

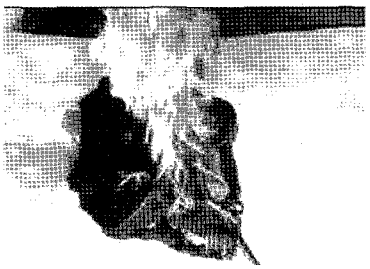
모발건조기의 송풍구 앞에는 사진【2-1】과 같이 수건을 덮어놓아 가연물로 사용하였고 이때 주위로 방열되는 것을 막기 위해 박스를 이용하여 축열 시켰다.



◀【2-2】
15분 후

◀【2-3】
26분 후

모발건조기 작동 15분 후 사진【2-2】와 같이 송풍구가 용융되고, 약 26분 후 사진【2-3】과 같이 착화되어 가연물이 연소되기 시작하였고, 약 27분이 경과 되면서 사진【2-4】와 같이 완전 소훼됨을 알 수 있다. 이때 발전기의 전원이 차단되어 내부 배선 및 인입코드 등에서 단락흔은 식별되지 않은 상태이다.



◀【2-4】
27분 후

사진【2-5】는 착화에서 약 3분 경과 후 진화한 모습이며, 사진【2-6】은 진화된 상태에서 열선커버를 근접촬영 한 모습이다. 열선커버에서 국부적인 발열 형상이 식별됨.

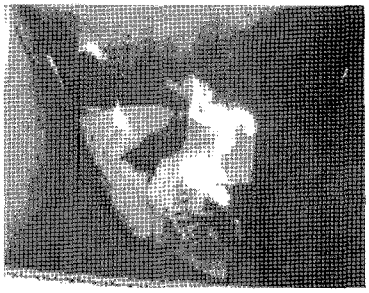
◀【2-5】
진화된
모습

◀【2-6】
열선커버
근접촬영

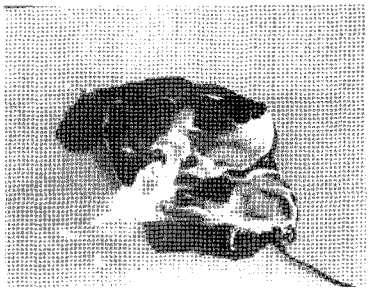
5. 2차 실험

2차 실험은 모발건조기의 송풍기가 작동을 하지 않을 경우를 가정하여, 송풍기를

떼어낸 상태에서 전원을 인가하여 열선코일 자체 열에 의해 출화 하는 것을 실험 한 것이며, 전원사용 및 경로는 1차 실험과 동일하게 적용하였음.



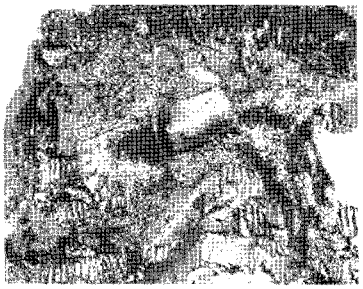
◀【3-1】
3분
경과 후



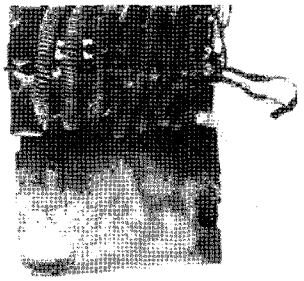
◀【3-2】
5분
경과 후

모발건조기에 전원을 인가하여 작동된 후 약 1분이 경과 되자 모발건조기의 몸체 부분에서 연기가 나면서 약 3분이 경과 되자 사진【3-1】과 같이 출화 되었고, 약 5분이 경과 되면서 사진【3-2】와 같이 완전 소훼되고 있었음.

이때 외부의 열선커버에서 1차 실험과 유사한 형상인 사진【3-4】와 같이 국부적인 발열 형상이 식별되며, 내부배선에서 단락흔이 식별된다



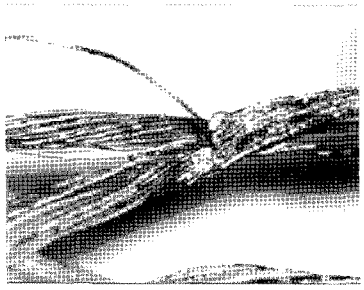
◀【3-3】
2차 실험 후
진화된 모습



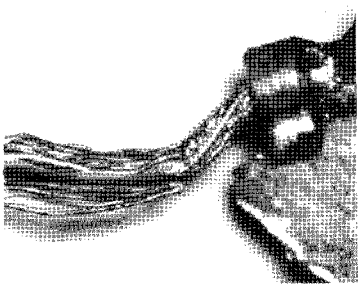
◀【3-4】
열선커버
근접촬영

◀【3-5】
2차 실험 내
부 배선 모습

◀【3-6】
단락흔 근
접촬영



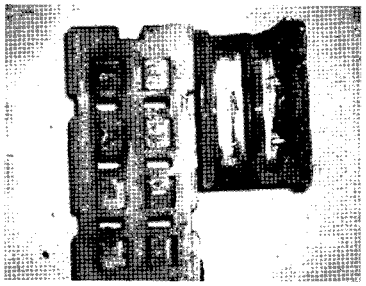
◀【3-7】
단락흔
현미경
촬영-1



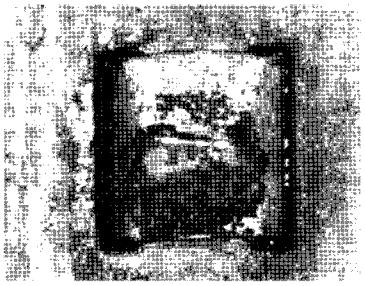
◀【3-8】
단락흔 현
미경
촬영-2

2차 실험 한 것을 내부 배선 등의 검사한바, 사진【3-5, 6】과 같이 내부 배선 중 열선 코일로 연결된 배선 2곳에서 단락흔을 식별할 수 있었다.

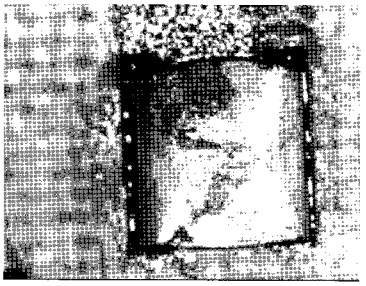
사진【3-7, 8】은 위 단락흔을 현미경으로 촬영한 사진이다.



◀【3-9】 스위치 접점부 근접촬영



◀【3-10】 ①번 스위치 접점부 근접 촬영



◀【3-11】 ②번 스위치 접점부 근접 촬영

사진【3-9】는 스위치의 접점부를 실체 현미경으로 촬영한 것이다.

우측에 검은 테두리가 있는 것이 사용자가 조작하는 스위치이고, 좌측의 것이 내부 배선이 연결되어 모발건조기 내부에 고정된 스위치이다.

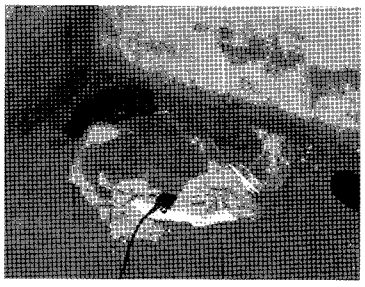
여기서 ①번의 스위치와 ②번의 스위치의 접점부가 다른 것이 보일 것이다.

사진【3-10, 11】 ①, ②번을 좀더 확대하여 촬영한 것이다.

사진【3-10】은 접촉이 되어있던 부분의 스위치이고, 사진【3-11】은 접촉이 되지 않은 스위치 접점이다.

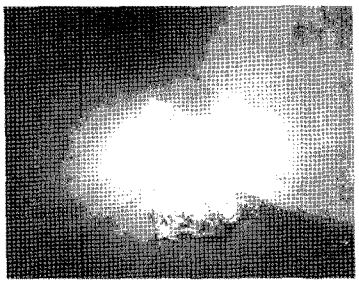
여기서 일반적으로 스위치는 정상작동을 할 때에도 접점부가 접촉을 반복하기 때문에 접점부에서 미세한 차이는 보이나 이것으로 전원인가 여부, 또는 전기적인 특이점을 보기는 곤란할 것이다.

6. 외부화염에 의해 착화된 모발 건조기

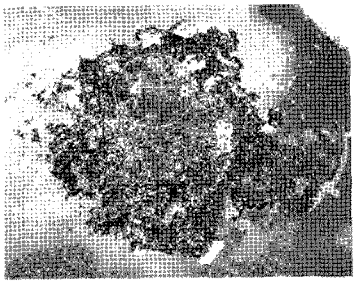


◀【4-1】 가연물 속의 모발건조기

◀【4-2】 가연물에 착화한 모습



◀【4-3】
가연물이
연소되는
모습

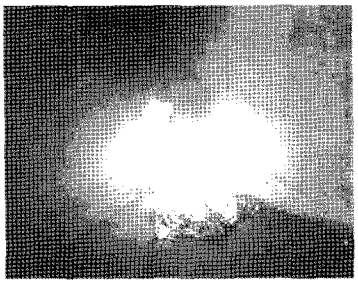


◀【4-4】
가연물이
연소된 후의
모습

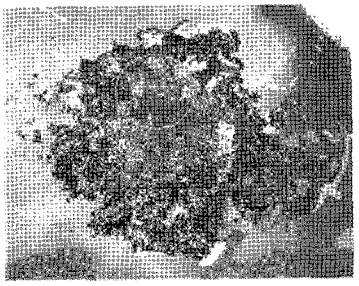
위 실험은 가연물 속에 모발건조기가 있을 경우 외부에서 착화되어, 가연물과 모발건조기가 같은 조건으로 연소하였을 경우를 실험 한 것이다.

실험조건으로는 전원은 상용전원을 사용하였으며, 모발건조기의 작동 스위치는 꺼짐 상태이고, 이때 착화를 원활히 하기 위하여 인화성물질을 사용하였다.

본 실험에서 나타나는 형상으로는 가연물이 연소되면서 본체에 연결된 전원코드가 연소되기 시작하면서 전원코드에서 단락흔을 식별할 수 있었으며, 내부배선 등에서는 전기적인 특이점 식별되지 않으나, 열선커버가 앞에서 실험한 자체에서 발화한 모발건조기와는 다른 점을 식별할 수 있었다.



◀【4-5】
자체
연소된
열선커버



◀【4-6】
자체
연소된
열선커버

위 사진【4-5】는 모발건조기 내부의 열선이 가열된 상태에서 출화한 것이며, 사진【4-6】은 열선이 가열되지 않은 상태로 외부에서 소훼된 상태로 이 두 개를 비교하였을 때에는 확연한 차이를 구별할 수 있다.

7. 결론

(1) 첫째, 전원코드를 살펴봐야 할 것이다. 전원코드에 전기적인 특이점, 단락흔 등이 식별된다면 전원코드가 연결되었다는 것이며, 발화부 내에 전원코드가 연결된 가전제품이 있다면 발화원으로 작용하였을 경우를 충분히 검토하여 배제하여야 할 것이다.

(2) 둘째, 우선 겉으로 확인할 수 있는 히터코일 커버의 변색 정도를 살펴봐야 할

것이다. 앞의 사진에서 본 바와 같이 오염 정도가 심하고 검게 그을렸으며, 비교적 검은 색을 띠고 있고, 다른 요인과 부합이 되어 충분한 배제 요인이 성립된다면 배제하여도 무방하겠지만 변색이 비교적 밝은 색으로 되어있고 국부적으로 수열 받은 형상이 식별된다면 의심을 하여 다른 요인을 찾아서 과학적으로 증명을 하여야 할 것이다.

(3) 셋째, 모발건조기의 내부 배선을 확인하여 내부배선에 단락흔 등이나 전기적인 요인이 식별된다면 화재 당시 전원이 인가되었을 뿐만 아니라 스위치가 작동 중이었다고 봐야 할 것이다. 그렇다면 관계자의 진술 및 수사를 통한 보충이 필요 하겠지만 발화원과의 상당한 개연성을 가지고 있다고 봐도 무방할 것이다. 예를 들어 전원이 인가되어있고 작동 중에 외부의 다른 가연물에 의해 모발건조기가 소훼되었다면 가전제품의 내부배선 보다는 전원 코드의 비닐 절연제가 먼저 소훼되어 절연이 파괴되면서 단락을 형성하여 전원이 차단되었을 것이고, 내부배선에는 전원이 차단된 상태로 연소가 되기 때문에 단락 등은 이루지 못할 것이다.

(4) 마지막으로는 기타 모발건조기에서 발화 하였으나 합선보다 누전이 선행 되었고 누전차단기가 작동하였을 경우는 단락을 이루기전에 누전으로 인해 누전차단기가 작동을 하여 전원이 차단될 수 있을 가능성이 있으므로 이때는 연소형상 등이나 관계자의 진술 등으로 판단하여야 할 것이다.

모발건조기는 비교적 작은 가전제품이고 또 소훼가 되면 눈에 잘 띠지 않으므로 현장검사시 상당한 주의가 요구된다.

특히 화재현장에서 발화원으로 작용한 검체는 가장 먼저 연소되기 시작했고, 또 가장 오래 연소되었을 경우가 다반사일 것이다. 현장에서 의심이 가는 검체가 누군가의 실수로 인해 훼손되었다면 이를 증명하는 것을 실제로 불가능할 것이다.

이를 예방하고 실수하지 않기 위해서는 검체에 손을 대기 전에 충분한 사진촬영을 하여 증거자료를 확보한 후 검사를 해도 늦지는 않을 것이다.