

# 전기난로 감식(감정) 방법에 관한 연구

[ An Investigation method for electric heaters ]

연구자 : 서울지방경찰청 최승복 · 박정기  
LG전자 이영철



1. 연구 목적 .....	16
2. 전열기(전기스토브)의 특성 .....	16
3. 전열기의 구조 .....	16
4. 연소실험 .....	18
5. 비교 분석 .....	23
6. 전열기에서 출화할 수 있는 요건 .....	26
7. 결론 .....	26

# 1. 연구 목적

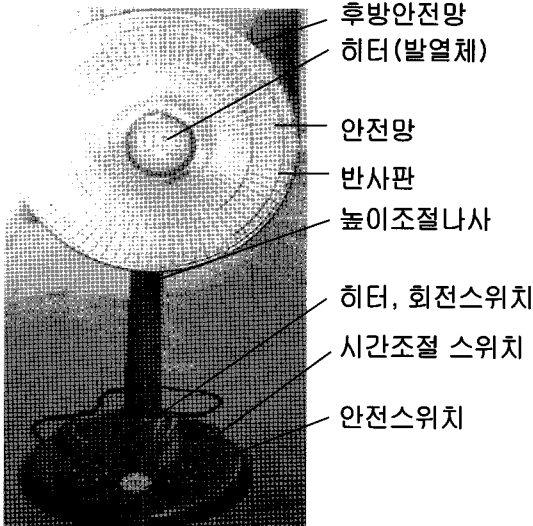
전기난로의 특성을 연구함으로써 현장에서 전기난로(이하 전열기라 함)를 접했을 때 어떠한 방법으로 해석해야 하는지 재현 실험으로 화재후 전열기에 나타나는 형상과 이의 입증방법에 대하여 좀더 과학적으로 해석 하고자함.

# 2. 전열기의 특성

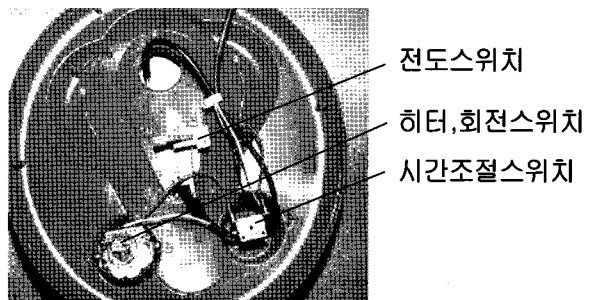
전기 에너지가 발열체(열선)를 통과 함으로 발생하는 주울열을 이용하는 것이 일반적인 전열기의 발열 방식이며, 발열체로는 코일발열체, 운모발열체, 석영관 발열체, 코드발열체, 시이즈식 발열체 및 비철금속 발열체등 그 종류가 다양하며 가정에서 사용하는 전열기의 경우 발열체는 대부분 용융점이 높은 크롬 (용융점 1,875℃)과 니켈(용융점 1,453℃)의 합금을 주로 사용하며 최고 사용온도는 약 900~1,100℃ 이다. 장점으로는 석유, 가스난로 처럼 연료를 연소시켜 사용하는 연소형 난방기구와 비교하면 사용이 간편하고 청결하나 전기를 사용하는 기구인만큼 전기적인 요인이나 가연물의 접촉으로 화재의 위험성이 있다.

# 3. 실험대상 선풍기형 전열기의 구조

< 외부구조 >



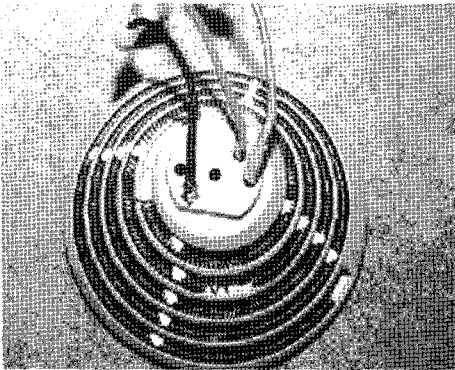
< 내부구조 >



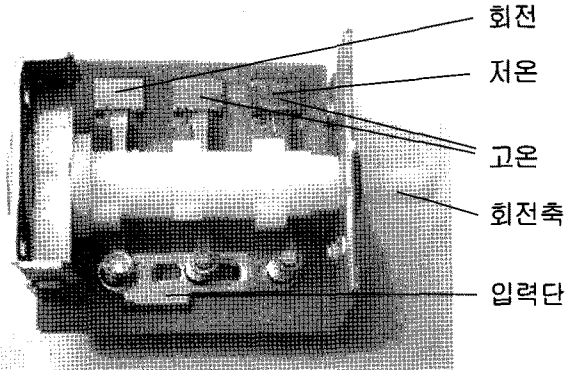
- ▶ 모 델 : VH1000
- ▶ 정격전압 : 220V
- ▶ 소비전력 : 950W

그림에서 살펴본 바와 같이 전열기는 간단한 구조로 되어 있으며 본제품의 경우 안전장치는 접점을 이용한 바닥면의 전도 스위치가 전부이며 기기를 보호할수 있는 퓨즈가 없는 것이 특징이다.

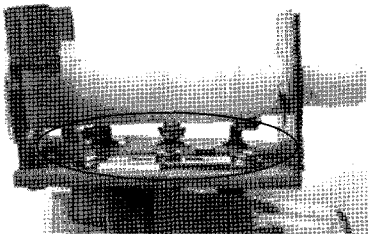
< 발열체 >



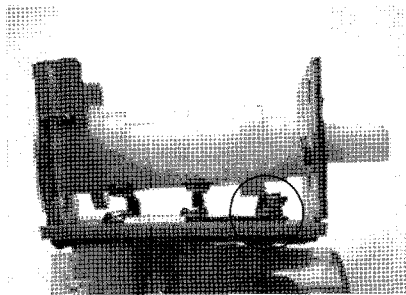
< 히터, 회전 스위치 >



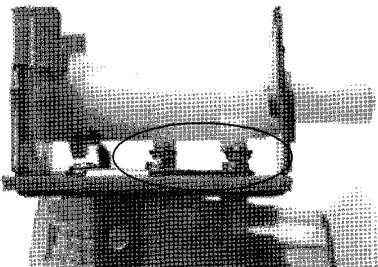
열선(코일)은 2개로 나뉘어져 있으며 저온시는 한곳에 고온일때는 양쪽 코일에 전원이 투입된다. 히터, 회전 스위치는 그림에서 보는 바와 같이 3개의 접점이 타원형 회전축에 의해 입력단 접점에 접속하는 방식이다.



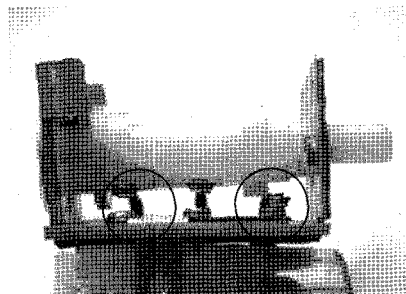
▲ 꺼짐상태  
접점이 입력측 단자에서 떨어져 있다



▲ 저온  
1개의 접점이 붙어 있다

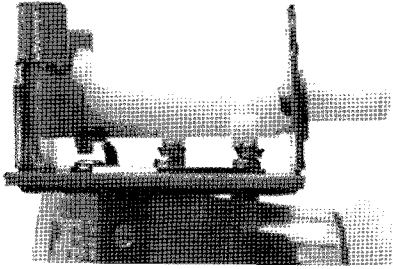


▲ 고온  
2개의 접점이 붙어 있다

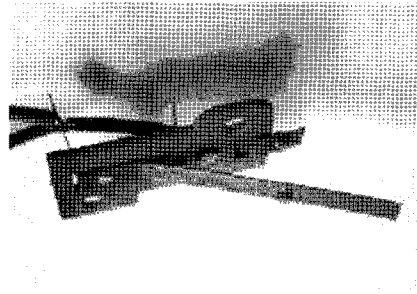


▲ 회전 저온  
회전과 저온에 접점이 붙어 있다

< 전도스위치 >

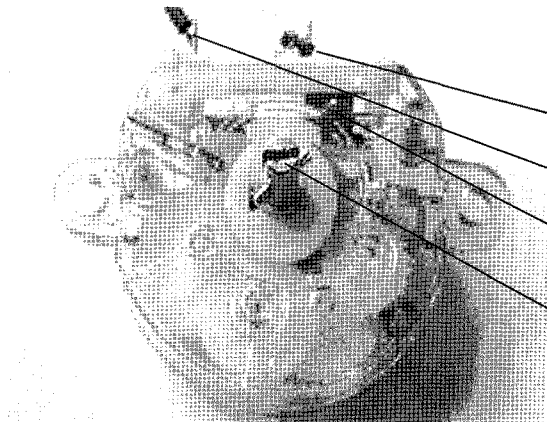


- ▲ 회전 고온  
3개의 접점이 모두 붙어 있다

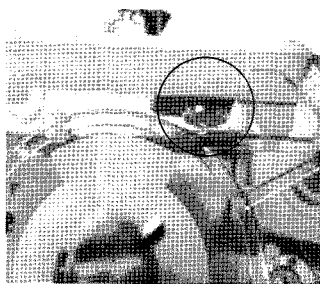


- ▲ 전도 스위치는 푸쉬콕에 의해 아래 접점이 위로 올려져 전원이 인가되며 전열기가 쓰러지거나 굴곡이 있는 곳에서는 푸쉬콕이 스프링에 의해 내려가면서 전원이 차단된다.

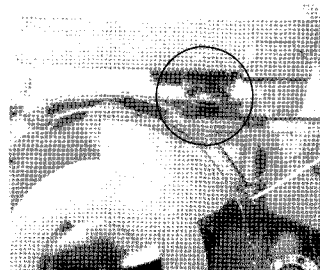
< 시간조절 스위치 >



- 입력
- 출력
- 접점
- 조절손잡이 축



- ◀ OFF상태  
접점이 떨어져 있다



- ◀ ON상태  
접점이 붙어 있다

## 4. 연소 실험

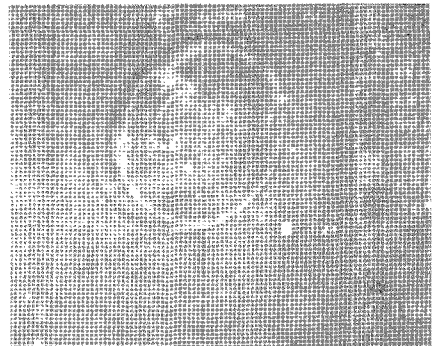
### (1) 연구 내용

- 1) 전원이 인가된 전열기 주변에서 발화 했을때 전열기의 변색형태와 가연물의 부착형태, 내부 접속부에서 단락흔 또는 발열형상을 식별

- 2) 전원이 인가된 전열기에 가연물을 덮고 주변에서 발화하여 옮겨 붙었을때와 전열기에 덮여진 가연물에 직접 착화되어 출화했을 때 각각 어떤 차이점이 있는지를 소훼후 잔해에서 발열형태, 접점부위의 변형상태등을 분석해보고 이들 분석으로 커짐과 꺼짐상태를 판별할수 있는지를 검토
- 3) 동일 업체에서 생산한 제품 4개를 실험재료로 선택하여 비교 분석하였다.

### ♣. 실험

- ① 실험방법은 220V 전원이 인가된 2개의 전열기를 나란히 배열하고 안전망에 가연물을 덮어 두었다.
- ② 사진상 우측은 히터 스위치를 강(고온)으로 조정하여 안전망에 가연물(의류)을 덮어 두었다.
- ③ 좌측의 전열기는 히터 스위치는 꺼짐으로 조정하여 안전망에는 의류를 덮어두고, 바닥에는 목재 가연물을 쌓아두고 급속히 연소 할수 있도록 설치 하였다.
- ④ 전열기의 외부 온도는 적외선 열 감지기로 측정하여보니 약510℃로 측정 되었다.



사진상 우측이 전열기에서 출화할수 있게 하였으며, 좌측은 우측에서 발화하여 연소 확대하는 과정에서 옮겨 붙을수 있도록 가연물을 쌓아 두었으며 또한 전원 코드가 꼬여져 있는

전열기 주변에서 화재가 발생하여 커튼등 가연물이 낙하 위 실험에서와 같이 덮어 있을 경우를 재현하였다.



▲ 7분 경과



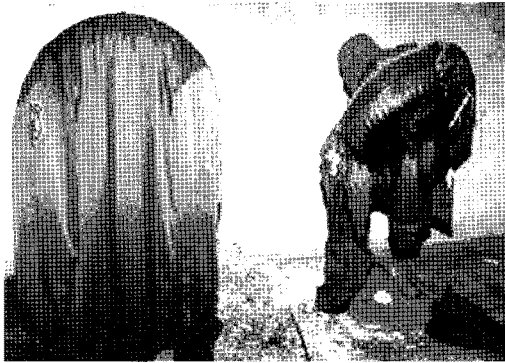
▲ 10분 경과



▲ 30분 경과



▲ 60분 경과



▲ 90분 경과  
가연물에 착화되고 있다



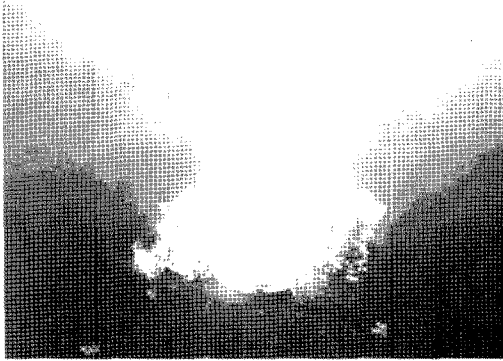
▲ 92분 경과  
전열기 상단 목부위에 착화되어 전  
체적으로 연소되고 있다.



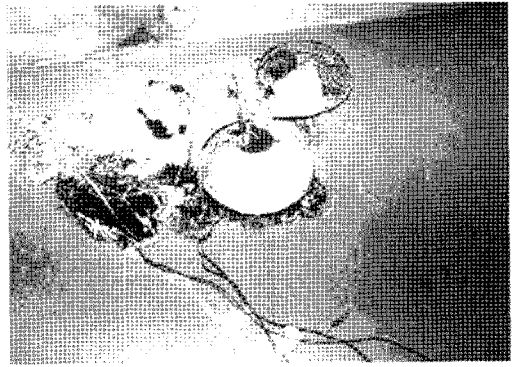
▲ 98분 경과  
좌측 전열기로 확대연소하고 있다.



▲ 100분 경과  
우측 전열기는 세워진 상태에서 연  
소되고 있으며, 좌측은 발열부의  
무게로 인해 앞으로 쓰러져 연소  
되고 있다.



▲ 105분 경과  
최성기의 모습이며 이때 까지 전원  
측에 배선용 30A 배선용차단기는  
ON상태를 유지하고 있다.



▲ 소화직후 모습

### ♣. 실험2

- ① 실험1에서와 같은 방법으로 220V 전원을 인가하여 실험하였으며 가연물은 면수건을 이용하였다.
- ② 좌측이 켜짐 상태이며 우측은 꺼짐상태이다.

[사진1]



[사진2]

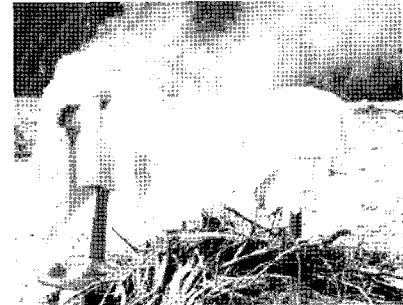


[사진3]



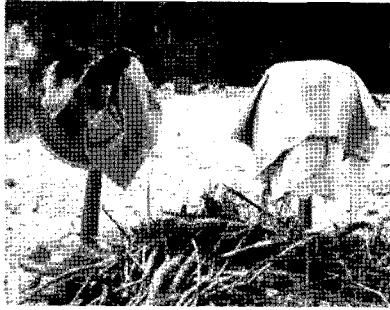
▲ 5분경과

[사진4]



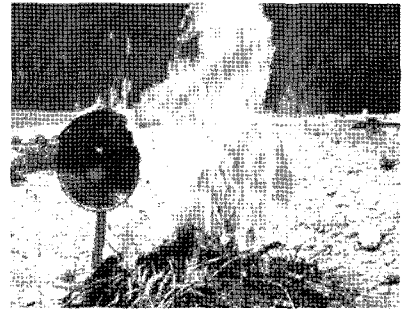
▲ 7분경과

[사진5]



▲ 13분 17초 경과

[사진6]



▲ 15분경과

[사진7]



▲ 16분경과

[사진8]



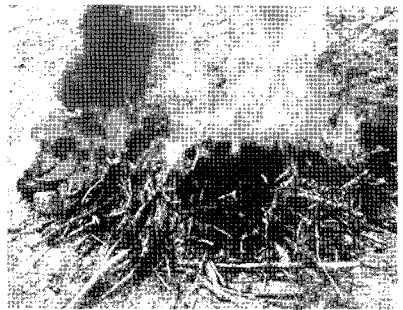
▲ 17분경과

[사진9]



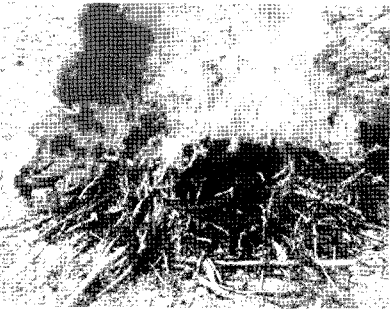
▲ 18분경과

[사진10]



▲ 22분경과

[사진11]



▲ 23분경과

[사진12]



▲ 30분경과



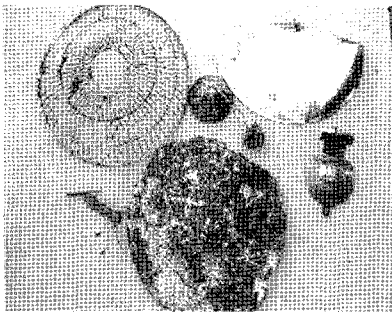
실험1과 비교하여 보면 전열기에 접촉되어 있는 가연물의 조건에 따라 착화까지 많은 시간적 차이가 나는 것을 알수 있다. 면 수건과 같이 축열이 잘되는 가연물에 비해 나일론과 같은 합성 섬유는 착화에 이르기 까지 많은 시간이 필요하다는 것을 알수 있다. 또한 전열기의 무게 중심이 상부에 있으므로 연소시 앞으로 쓰러져 밑 판에 부착되어 있는 전도 스위치의 접점이 떨어져 열선부위의 전원이 차단된다. 만약 전도 스위치 부위를 테이프등으로 고정시켜 두었다면 실생활에서 사용중 전열기 전도시 곧바로 화재로 이어질 수밖에 없는 조건이 된다.

실험1에서는 완전 연소까지 98분이 소요되었으나, 실험2에서는 30분 만에 완전 연소 되었으며, 이때도 실험1에서와 같이 전원측에 달려 있는 배선용 차단기는 ON 상태를 유지하고 있었다.

## 5. 비교 분석

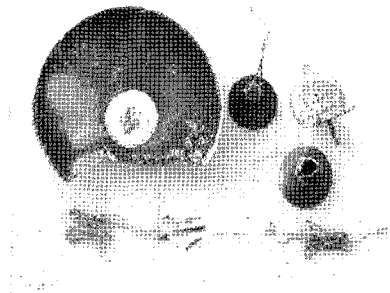
### ♣. 실험1

[사진1]



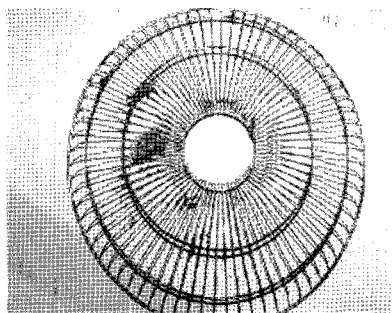
▲ 켜짐상태

[사진2]



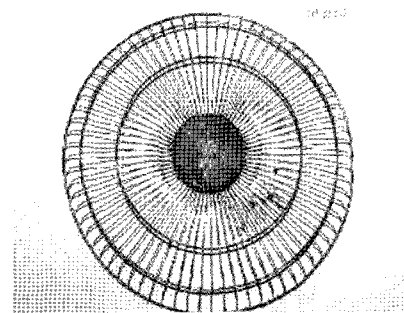
▲ 꺼짐상태

[사진3]



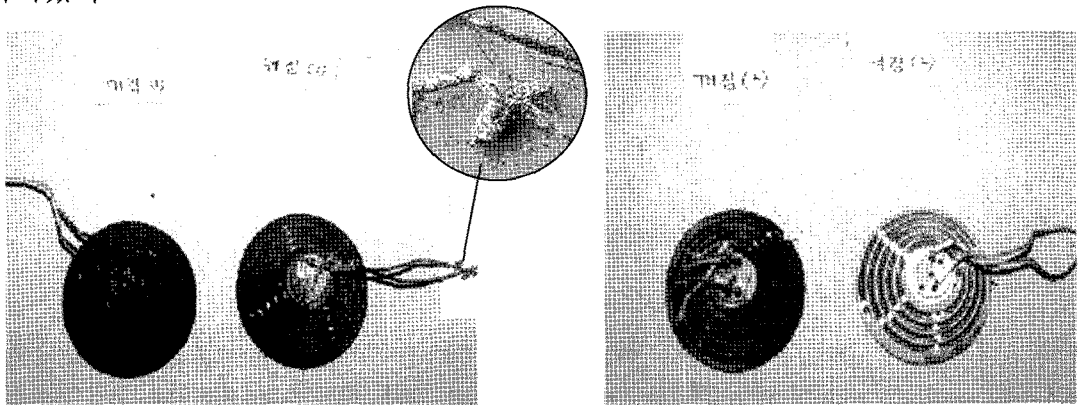
▲ 켜짐상태

[사진4]



▲ 꺼짐상태

사진3은 켜짐상태, 사진4는 꺼짐 상태의 전열기 안전망으로 사진3에 비하여 사진 4가 불완전 연소에 의해 검게 그을린 형태로 식별된다. 이는 산소 공급이 원활했던 켜짐 상태의 전열기는 완전연소에 가까울 정도의 연소 조건에 있었으며, 그렇지 못한 사진4는 상대적으로 불완전 연소를 하며, 그을음에 많이 노출되었던 것으로 판단되며, 주변 가연물이 많고 충분한 산소 공급이 되는 현장의 경우라면 위와 같이 육안으로 켜짐과 꺼짐상태의 안전망으로 구분하기는 곤란할 것이라고 생각된다. 또한 탄화 가연물의 부착 흔적이나 문형으로는 꺼짐과 켜짐의 차이점을 구분하기 어려웠다.



위 사진의 발열체(히터)는 육안상으로 그 차이가 뚜렷하게 구분 되었다. 우측의 켜짐 상태에서 연소된 발열체는 깨끗한 모양으로 발열 형상이 나타났으며, 그렇지 못한 꺼짐 상태의 발열체는 불완전 연소에 의한 다량의 그을음이 부착되어 있음을 알 수 있다.

실험1에서의 켜짐 상태로 쓰러지지 않고 연소된 전열기의 발열체 부위의 배선에 서는 단락흔이 발견되었으며, 연소 중 쓰러진 전열기의 발열체 부위 배선에선 단락 흔이 식별되지 않았다.

## (1) 접점부 비교

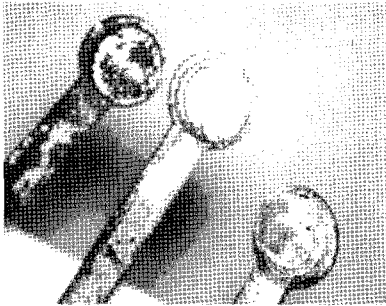
### 1) 히터회전스위치 접점비교

아래 사진에서 보는 바와 같이 본 제품의 경우 입·출력측 스위치 끝 접점은 접촉 저항이 적은 알루미늄 소재로 되어 있어 낮은 온도에도 쉽게 용융되어 단락시 발생하는 과전류에 의한 접촉부 아크흔을 식별하기 어려웠다.

대부분의 경우 전원이 인가된 상태의 부하측에서 단락등에 의한 과전류가 발생하면 접촉 저항이 좋은 접속부 등에서 켜짐여부를 판단할 수 있는 전기적 인 발열형상을 볼수 있다.

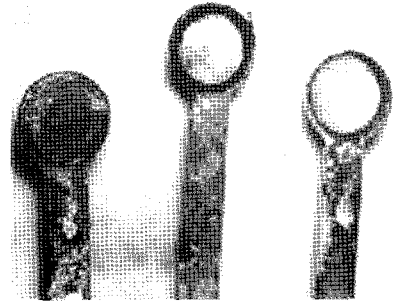
2) 시간 조절스위치 접점

[사진1]



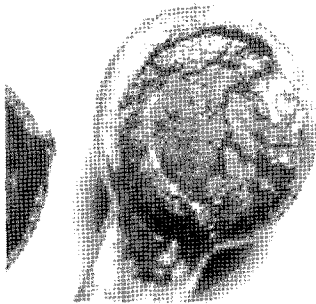
▲ 켜짐상태

[사진2]



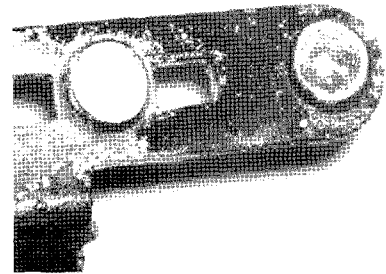
▲ 꺼짐상태

[사진3]



▲ 꺼짐상태

[사진4]



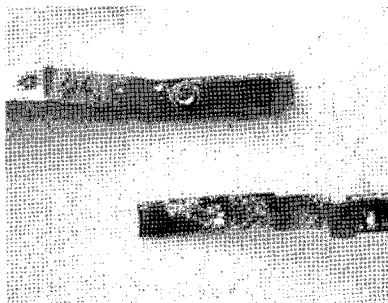
▲ 꺼짐상태

시간조절기 스위치 접점 좌측 꺼짐 상태와 켜짐 상태의 육안상 비교는 꺼짐 상태의 스위치가 검게 그을린 모습을 하고 있으나 접점부위는 히터 스위치와 같은 알루미늄 재질로 되어 있으며 용흔이나 아크흔등 전기적인 특이형상을 식별하기 어려웠다.

3) 전도 스위치

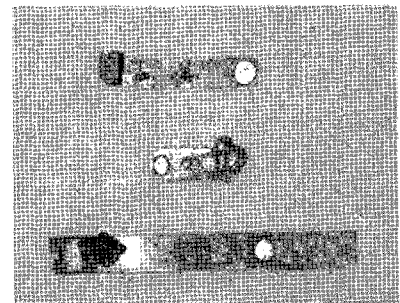
아래 사진1, 사진2는 발열체 주변 배선에서 단락흔이 식별된 전열기의 전도 스위치이다. 위 전도스위치 접점부에서는 전기적인 발열형상 및 용융흔 식별

[사진1]



▲ 꺼짐상태

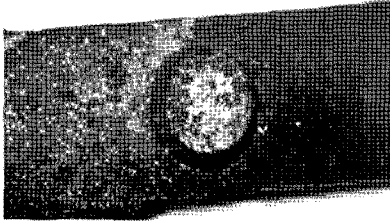
[사진2]



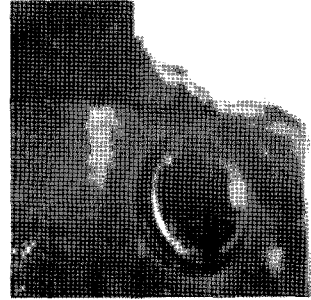
▲ 켜짐상태

되지 않았다.

[사진1]



[사진2]



## 6. 전열기에서 출화 할수 있는 요건

- (1) 가연물의 접촉, 접근에 의한 화재
- (2) 전도 스위치를 인위적으로 고정시켜 사용중 전도에 의한 화재
- (3) 스위치 접촉 불량에 의한 출화
- (4) 내부 배선의 경년열화 등에 따른 합선에 의한 출화
- (5) 접속부 절연물의 절연파괴에 따른 출화

## 7. 결론

전열기(선풍기형)에서 가연물이 접촉되어 발화하였을 경우와 연소 확대되는 과정에서 가연물이 접촉되어 소훼되었을 때 어떠한 방법으로 이를 판단해야 하는지 실험을 통해서 알아 보았다. 켜짐 상태와 꺼짐 상태의 비교는 히터(열선)부위의 변색형태와 안전망의 변색 형태로 구분할 수 있었으며 전도 스위치가 떨어지지 않은 상태에서 연소 되었다면 내부 배선에서 단락흔으로 식별이 가능하였다. 하지만 히터 스위치나, 시간조절 스위치의 접점부위의 용융흔으로는 이를 판단하기 곤란 하였으며, 또한 전열기 몸체에 부착되는 가연물의 탄화흔으로는 이를 구분하기 어려웠다.

이러한 제품 위주의 감식(감정)에 앞서 화재현장에서 정확한 발화부 판단이 요구되며 감정대상물의 선정에도 발화부에 국한된 것이라야 한다.