

부주의에 의해 출화된 모발건조기의 화재사례 연구

김동욱, 송길목, 김동우, 최충석
한국전기안전공사 부설 전기안전연구원

The Fire Case Study of Hair Dryer ignited by the Carelessness

Dong-Ook Kim, Kil-Mok Shong, Dong-Woo Kim, Chung-seog Choi
Electrical Safety research Institute (attach to KESCO)

1. 서론

화재사건의 경우 초기에 특정한 원인이 나타나지 않는 경우 명확한 반증이 없는 한 전기화재로 추정하는 경우가 많이 있다. 그러나 전기에너지와 관련되어 발생하는 화재를 증명하기 위해서는 여러 가지 증거와 과학적인 해석이 동반되어야 한다. 2003년도의 화재통계를 살펴보면 총 화재발생 건수는 31,372건으로 151,590백만원의 재산피해를 냈으며 이중 전기화재는 10,670건으로 34%를 차지하였다[1]. 전기화재발생 원인을 살펴보면 전기용품 부품재료의 취약으로 열과 충격에 취약한 부품을 사용하여 합선이나 누전에 의한 화재, 안전인증을 받지 않았거나 인증을 받은 전기용품을 임의로 변경하거나 설치하여 화재, 사용자의 전기에 관한 상식부족 및 취급 부주의로 인한 화재로 나눌 수 있다. 또한 전기용품 분야별 화재 발생 현황을 참고하면 전선 등 전기배선이 약 50%, 가전기기가 26%, 조명기기가 14%, 배선기기가 10%의 화재 점유율이 나타났다[. 그러나 선진국의 전기화재 비율 10% 대 이하의 결과와 비교하여 보면 화재조사에 많은 문제점이 있음을 알 수 있다. 이러한 문제점에는 수사기법, 통계분류 방법 등의 요인 등이 있으며 특히 화재조사시 물리, 화학, 재료 그리고 전기적 전문지식이 화재현장에서 이루어지지 않기 때문이라고 볼 수 있다. 본 논문에서는 한 주택에서 모발건조기에서 화재가 난 사례를 중심으로 전기적 지식과 재료해석으로 정확한 전기화재 판정의 예를 보이고자 한다.

2. 화재현장 조사

화재원인에 대한 결론은 여러 가지 현장의 연소형태 조사와 발화 의심 제품에 대한 감정, 주변수사 및 목격자 진술 등 복합적으로 도출하여야 한다. 그러나 가장 먼저 해야 할 것이 최초의 발화지점을 찾는 것이다. 발화점을 찾는 방법에는 목재등 가연물의 탄화 방향이나 금속의 변형과 한 지점에서 내부에서 외부로 또는 외부에서 내부로 화염이 남긴 자국 등을 통해 이루어진다[2-3]. 화재가 발생한 주택은 42평으로 침실 4개와 욕실 2개로

구성되어 있었으며 그림 1과 같이 화염은 안방에 있는 욕실에서 발화되어 안방출입구를 거쳐 거실로 진행된 형태와 그림 2와 같이 발코니로 진행된 화염패턴을 볼 수 있었다. 그러나 욕실은 장시간 화염으로 소훼상태가 심하여 정확한 화염패턴을 추측하기 어려웠다.



그림 1. 화염 진행방향 1



그림 2. 화염 진행방향 2

3. 화재 원인조사

화재가 전기에 기인한 것인지 전기이외의 어떠한 원인에 의한 것인지를 규명하기 위해서는 각각의 현상 혹은 기기의 특징을 알고 합리적인 근거에 따라서 이것을 입증해 나가야 한다. 전선 배선기구 또는 전기기기 등에서 출화되기 위해서는 이들이 통전상태인 것이 전제가 된다. 통전의 유무를 조사하는 경우 전기계통의 배선도 및 기기의 결선도에 따라 부하측에서 전원측으로 조사를 진행하지만 소훼 범위가 큰 경우 부하측에서 통전유무를 조사하는 것이 쉽지 않다. 이러한 경우 반대로 전원측에서부터 조사가 이루어진다. 화재가 발생한 주택의 입구에 설치된 분전반의 내부는 직접적으로 화염에 노출되지 않았으며 차단기의 성능 실험결과 누전차단기는 30mA 통전시 0.03초 이내, 과부하시 30A 이내에 동작하여 정상으로 작동되었다. 그러나 화재현장이 객관적으로 보존되어 있지 않아 화재당시 ON/OFF 상태는 알 수 없었다.

3-1 발화 추정 전기기구 및 전기제품 분석

화재 발화 장소는 욕실로 판단되었으며 발화원인은 욕실내 콘센트의 트레이킹과 모발전조기에서 발화된 것으로 추정되었다.

① 콘센트

그림 3(a)은 화재현장의 콘센트로 장시간 화염에 직접 노출된 형태를 보였으며, 그림 3(b)과 같이 내부는 화염에 약간 소훼되었다. 콘센트의 표면에 절연파괴(트래킹)를 분석하기 위해 DTA를 이용한 열특성 분석을 수행하였다.

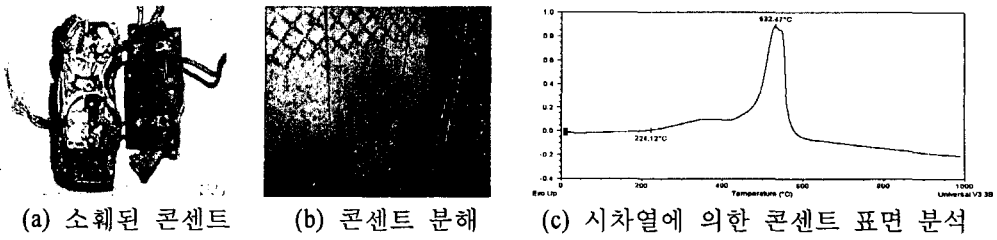


그림 3. 화재현장의 콘센트와 트래킹 분석

그림 3(c)은 시차열에 의해 콘센트 표면의 절연파괴(트래킹) 발생 유무를 분석한 그래프로 트래킹에 의해 절연파괴된 경우 660°C 부근에서 발열피크를 보이나 소화된 콘센트의 경우 532°C도에서 발열피크가 나타나는 것으로 절연파괴(트래킹)는 발생하지 않은 것을 확인할 수 있었다[4].

② 모발건조기

그림 4(a)는 욕실에서 수거된 모발건조기로 소취상태가 심하며, 화염에 직접 노출된 형태를 보였으며, 그림 4(b)에서 히터와 연결된 전선에 그림 4(c)와 같은 용융흔이 관찰되었다. 수거된 모발건조기의 전기적인 원인(단락, 과부하, 접촉불량, 누전 등)을 분석하기 위해 금속조직분석과 테스트어 이용한 통전검사를 수행하였다.

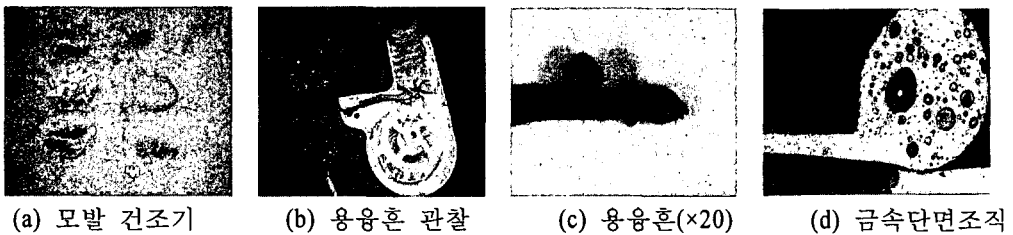


그림 4. 수거된 모발건조기 및 금속조직 분석

그림 4(d)는 그림 4(c)의 용융흔을 100배 확대한 금속단면조직으로 외부화염에 의해 피복이 소실된 후 합선될 때 생성되는 여러 형태의 구멍(void)과 주상조직이 나타났다. 특히 주상조직은 전기가 통전중 합선될 때 높은 열에 의해 발생하는 조직으로 화재당시 모발건조기는 통전중임을 알 수 있었다. 이를 입증하기 위해 테스트어를 이용한 스위치의 조작상태를 분석하였다. 그림 5는 모발 건조기 조작스위치의 회로도로서 스위치의 위치에 따라 히터에 전원투입 및 강약상태를 조절할 수 있다. 그림 6은 소손된 모발건조기의 조작스위치와 정상 조작스위치의 저항측정 그림이다.

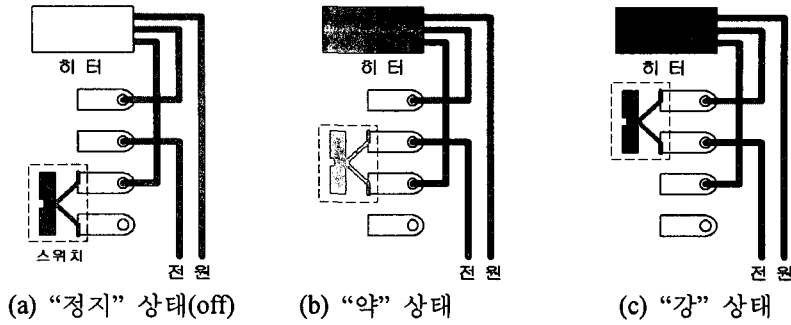


그림 5. 모발 건조기의 스위치 조작에 회로 상태



그림 6. 소손된 조작스위치 및 정상 조작스위치 비교

그림 6(a)은 수거된 조작스위치로 플라스틱 부분은 소화된 상태지만 접점부는 완전히 소화된 상태가 아니었다. 정상 모발건조기의 스위치 상태를 분석한 결과 접점부의 저항은 0.4Ω으로 나타났으며 그림 6(c)과 같이 소화된 조작스위치의 저항도 0.4Ω으로 화재당시에 조작스위치는 “약” 위치에 있었음을 판정할 수 있었다.

4. 난연성 실험

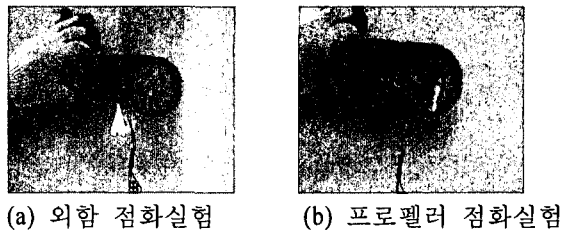


그림 7. 정상 모발 건조기 점화실험

그림 7(a)은 정상 모발 건조기의 외함에 라이터 화염으로 약 4초간 점화시킨 것으로 화염이 확대 진행되는 것을 볼 수 있었으며, 그림 7(b)은 정상 모발건조기의 모터에 의해 회전하는 프로펠러에 라이터 화염을 약 3초간 가한 것으로 화염이 급속하게 진행되는 것을 볼 수 있었다.

5. 결 론

본 논문에서는 모든 가정에서 사용되는 모발건조기의 화재사고를 다루었다. 특히 전기 화재조사는 현장에서 정확한 발화지점 조사와 의심되는 전기제품의 회로분석, 제품에 사용되는 재료의 금속 및 절연재의 특성 분석 등 종합적으로 이루어져야 한다. 모발건조기를 분석한 결과, 화재 당시에 조작 스위치는 “약”의 위치에 있었던 것으로 판단되며 장시간 과열에 의해 전선피복이 녹은 후 합선에 의해 화재가 발생되어 제품의 외함으로 화염이 전이된 것으로 판단된다. 이는 내부 히터의 용융된 전선에서 주상조직이 형성되었던 것과 소회된 조작 스위치의 회로시험기를 이용한 저항측정으로 판명할 수 있었다. 또한, 정상 모발 건조기에 외부화염을 접화시킨 결과 모발 건조기의 외함 및 프로펠러의 재료는 불에 취약하여 화재로 이어지는 것을 알 수 있었다. 즉, 히터가 장착된 모든 전기제품은 특히 난연성 재료를 사용하는 것이 시급하다고 할 수 있다.

본 연구는 산업자원부(MOCIE) 전력산업기반기금에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 한국전기안전공사, “전기재해통계분석”, pp.10~50, 2003
2. Chung-Seog Choi et al, “A Study on the Flame Pattern and Electric Outlet Fired at Standby Mode”, KIFSE Trans. Vol. 16, No. 1, pp.39~44, 2002
3. V. Babrauskas, “Fires due to Electric Arcing: Can ‘Cause’ Beads be Distinguished from ‘Victim’ Beads by Physical or Chemical Testing”, Fire and Materials, pp189~201, 2003
4. 최충석 그 외, “누전차단기 외함 전원측 단자사이의 트래킹에 의한 탄화특성 분석” 한국화재·소방학회 논문지, Vol. 17, No. 4, pp13~19, 2003