

모발건조기의 전기화재 위험요소에 따른 화재 감정기법 연구

(Study of Fire Appraisal Method According to Electrical Fire Hazards of Hair Dryer)

문현욱* · 이기연 · 김동우 · 길형준 · 김향곤

(Hyun-Wook Moon · Ki-Yeon Lee · Dong-Woo Kim · Hyung-Jun Gil · Hyang-Kon Kim)

Abstract

In this study, investigation and appraisal method for the scene of a fire according to electrical fire hazards of hair dryer which is usually used at living space are presented. Hair dryer is briefly composed of heating part, wind part and control part. Electrical fire hazards of hair dryer are insulation destruction of power cord, ignition by overheat of heating coil, scattering spark on inside dust, overheat of motor by fan shackle, ignition by carelessness of user, and so on. Fire cause by hair dryer can be perceived through investigation about half-disconnection of power cord, contact badness of power plug, verification of heating coil, fan and switch. These results are expected to be utilized effectively in a countermeasure to prevent an electrical fire by hair dryer.

Key Words : Hair Dryer, Electrical Fire Hazard, Fire Appraisal Method

1. 서 론

우리나라에서 지난 2009년에 발생한 전체 화재건수는 47,318건이며 이중에서 전기화재는 9,391건으로 전체 화재의 19.8[%]의 점유율을 나타내고 있다. 사고설비별 전기화재 발생은 전기배선 및 배선기구에서 2,158건으로 23.0[%]이며 조명기구 및 간판에서 1,103건으로 11.7[%]이다. 전기배선 및 배선기구에서 발생한 화재를 자세하게 분석하면 옥내배선에서 704건

(32.6[%])으로 가장 많이 발생하였고, 전기기기용 코드에서 412건(19.1[%])이 발생하였으며, 다음으로 배선기구인 콘센트에서 284건이 발생하여 13.2[%]를 점유하였다. 사고전압별로는 220/380[V]에서 5,307건(56.5[%])으로 화재가 많이 발생하였고, 발화지점별로는 생활공간에서 2,161건(23[%])의 발생으로 가장 큰 부분을 차지하는 것을 알 수 있다. 이렇게 전기화재가 우리가 생활하는 침실이나 거실, 목욕탕 등 생활공간에서 사용하는 전압에서 많이 발생하고 인명피해도 대부분 생활공간에서 발생하였다. 생활공간에서 사용하는 생활기에서 발생한 화재건수는 221건으로 그 중 모발건조기가 16건을 차지하고 있다[1].

본 논문에서는 전기화재가 많이 발생하는 생활공간에서 흔히 사용하는 모발건조기의 구조, 제어장치 및

* 주저자 : 전기안전연구원 화재감전연구부 주임연구원
Tel : 031-580-3038, Fax : 031-580-3045
E-mail : hwmoon@kesco.or.kr
접수일자 : 2011년 10월 26일
1차심사 : 2011년 11월 1일
심사완료 : 2011년 12월 1일

안전장치 등의 분석을 통해 모발건조기에서 발생할 수 있는 전기화재의 위험요소에 대해 알아보고 이에 따른 화재조사 및 감지기법을 제시하였다.

2. 본 론

2.1 모발건조기의 구조

일상생활에서 모발건조기는 일반적으로 사용자가 제품의 손잡이를 직접 잡고 사용하는 전기제품으로 직접 인체와 접촉되어 사용되므로 화상, 화재, 감전 및 전자파와 같은 각종 위험요소로부터 안전한 구조로 되어 있어야 한다. 따라서 모발건조기는 다음과 같은 규격에 따라 제조되어야 한다. KSC 9311(전기 모발 건조기)은 송풍장치와 전열장치를 내장한 손잡이형의 모발건조기에 관하여 규정하고 있다. 이 규격에서 규정하는 송풍장치는 모발건조기 내에 내장된 날개를 회전시켜 바람을 일으키는 장치를 말하며, 전열장치는 송풍장치로 발생시킨 바람을 가열하기 위해 발열원이 되는 전열선 또는 반도체를 말한다. 그리고 KSC IEC 60335-2-23(가정용 및 이와 유사한 전기기기의 안전성-제2-23부: 피부 손질 또는 모발 손질용 전기기기에 대한 개별 요구사항)은 정격전압이 250[V] 이하인 것으로 사람 또는 동물의 피부 및 모발을 손질하기 위한 가정용 및 이와 유사한 전기기기의 안전성을 취급 범위로 하고 있다[2-5].

모발건조기의 구조는 전체적으로 스위치가 포함되어 있는 손잡이와 열선커버에 덮인 열선과 바이메탈 스위치, 온도퓨즈와 같은 안전장치로 이루어진 발열부분, 모터와 팬으로 이루어진 송풍장치로 구성되어 있고 그림 1과 같다. 그림 1 (b)는 열선과 안전장치로 이루어진 발열부분으로 열선으로는 일반적으로 히터코일을 사용하고, 히터코일 안쪽에는 과열방지를 위한 안전장치로 바이메탈 스위치와 온도퓨즈를 이용하기도 한다. 그림 1 (c)는 송풍장치로 팬과 소형모터가 내장되어 있고, 사용되는 모터는 직류모터로 되어 있다. 그림 1 (d)는 모발건조기의 제어를 위한 스위치가 들어있는 손잡이 부분으로 주로

사용되는 스위치로는 푸시식, 텀블러식, 슬라이드식 등이 있다.



그림 1. 모발건조기의 구조
Fig. 1. Structure of Hair Dryer

2.2 모발건조기의 제어장치와 안전장치

모발건조기 동작의 제어는 스위치를 이용하며, 스위치 조작에 따라 ‘강풍-약풍-정지’ 상태로 동작하는 3동작 스위치와 ‘강온풍-약온풍-냉풍-정지’ 상태로 동작하는 4동작 스위치가 많이 쓰이고 있다. 그림 2는 모발건조기의 4동작 스위치의 외형, 초정밀 엑스선 시스템(X-Tek System, VMX-160, England)을 이용한 스위치의 X-ray 사진, 스위치의 내부 모습과 스위치 접점을 보여주고 있다.

모발건조기는 발열체를 이용하는 전기제품으로 사용자가 발열에 대해 안전한 구조로 되어 있어야 한다. 그래서 일반적으로 모발건조기는 온도에 대한 안전장치로 바이메탈 스위치와 온도퓨즈를 사용하고 있다. 바이메탈 스위치는 열을 받았을 때 팽창계수에 따라 늘어나는 정도가 다른 두 금속판을 붙여 놓은 것으로 저온에서는 바이메탈을 통해 전류가 흐르지만 고온 때는 접점이 떨어져 전류가 흐르지 않는 원리이다. 그림 3 (a)에서 보듯이 바이메탈 스위치는 모발건조기의 열선 안쪽에 있으며 열선의 과열을 방지하는 역할을

한다. 일반적으로 모발건조기에서 사용되는 바이메탈 스위치는 약 120[°C]에서 팽창하면서 접점을 떨어뜨려 전원을 차단시키게 되어 있다. 그리고 바이메탈 스위치와 같이 모발건조기의 안전장치로 사용되는 것은 온도퓨즈이다. 그림 3 (b)의 온도퓨즈는 모발건조기의 고장이나 과부하 등의 이상 상태에서 생기는 과열을 감지하여 회로를 차단하는 것으로 용단 온도에서 한번 동작하며 재사용할 수 없다.

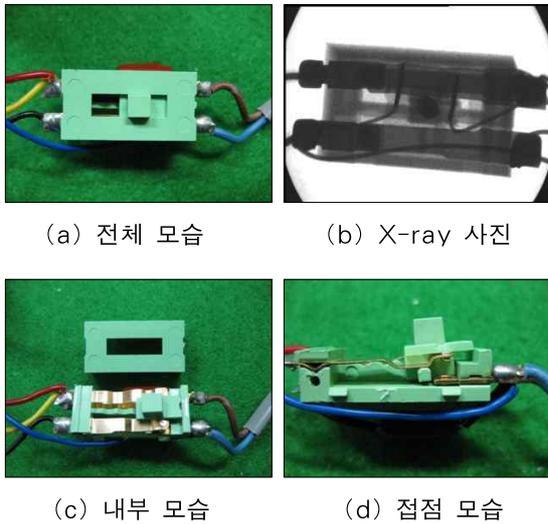


그림 2. 모발건조기의 스위치
Fig. 2. Switch of Hair Dryer

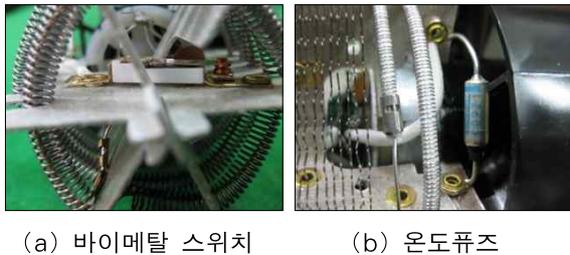


그림 3. 모발건조기의 안전장치
Fig. 3. Safety devices of Hair Dryer

모발건조기에서 사용되는 안전장치는 기본적으로 바이메탈 스위치로 모발건조기 열선의 중심이나 끝부분에 위치하여 온도를 제어하며 제품에 따라서는 바이메탈 스위치와 온도퓨즈를 함께 사용하여 온도제어를 하기도 한다.

2.3 모발건조기 화재 재현 실험

모발건조기는 안전장치로 바이메탈 스위치와 온도퓨즈를 이용하여 온도상승으로 인한 과열을 방지하고 있다. 따라서 모발건조기의 실험은 모발건조기의 오동작 및 사용자의 부주의로 발생하는 과열로 인한 사고를 재현하였다.

본 실험은 바이메탈 스위치가 모발건조기의 과열을 방지하여 전원을 차단시키므로 그림 4 (a)와 같이 바이메탈 스위치의 접점이 온도상승에도 떨어지지 않게 강제로 연결을 하여 모발건조기가 오동작할 경우를 재현하고, 사용자의 부주의로 발생하는 경우를 설정하여 모발건조기에 수건을 덮어두고 실험을 하였다. 그림 4 (b)는 모발건조기의 화재 재현 실험을 구성한 장치로 실험은 총 30분 동안 실시되었다.



(a) 구속된 바이메탈 스위치 (b) 실험 장치

그림 4. 화재 재현 실험
Fig. 4. Experiment for fire reappearance

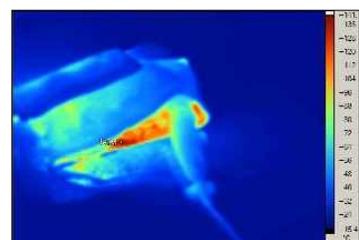


그림 5. 모발건조기의 열화상 사진
Fig. 5. Thermal image of Hair Dryer

그림 5에서 보듯이 실험 시작 후 약 24분경에 모발건조기에서 착화가 발생하고, 그 때 실시간 영상 열분포 측정시스템(Fluke, TI45-FT, USA)으로 확인한 최고 온도는 약 145[°C]이다. 모발건조기에 설치된 바이메탈 스위치는 일반적으로 약 120[°C]에서 접점이 떨어

어져 전원을 차단하므로 바이메탈 스위치가 정상적으로 동작을 했을 경우에는 실험과 같이 착화가 일어나지 않았을 것이다.

그림 6은 실험에서 착화 후 열에 의해 변형된 모발건조기의 전체 모습이다.



그림 6. 실험 후의 전체 외형 모습
Fig. 6. Whole appearance after experiment



그림 7. 실험 후의 부분적인 외형 모습
Fig. 7. Particular appearance after experiment

그림 7 (a)의 열선 커버는 내부가 불에 그을리고 모발건조기 외형과 붙어 있는 상태이며, 바람을 발생하는 송풍장치의 팬도 그림 7 (b)에서 보듯이 변형되어 있다. 그림 7 (c)를 보면 모발건조기 내부의 히터코일은 끊어진 상태이다. 실험 중 착화가 일어나면서 모발건조기 내부가 불에 그을리고 히터코일이 끊어지며 용융흔이 생성된 것을 볼 수 있다. 그림 7 (d)는 모발

건조기의 스위치의 모습으로 스위치의 접점은 붙어 있는 상태로 열에 용융되어 있다.

바이메탈 스위치의 고장으로 발생한 화재 재현 실험에서 보듯이 모발건조기에서 화재가 발생했을 때에는 수많은 화재 위험 요소 중에서 현장 조사 및 감정을 통해 정확한 화재 원인 규명을 실시하여야 한다.

2.4 모발건조기의 화재 위험요소 분석

모발건조기로 인해 발생할 수 있는 화재 위험요소는 다음과 같다. 모발건조기는 사용자가 직접 손잡이를 잡고 사용하므로 전원코드 인입된 부분이 이리저리 꺾이게 되어 있고 이러한 꺾이는 부분에 전류가 집중되어 절연이 파괴되고 이를 방지한다면 화재로 발전할 수 있게 된다. 그리고 발열장치인 히터코일의 과열을 방지하는 안전장치로 바이메탈 스위치나 온도퓨즈가 있지만 이러한 안전장치가 고장을 일으킬 경우에 사용자가 모발건조기를 켜놓은 상태로 방치하였다면 화재로 이어질 수 있다. 모발건조기는 내부에 먼지 등 이물질이 삼입될 경우가 있는데 이 때 모발건조기를 사용한다면 내부의 히터코일에서 발생한 열에 의해 착화된 불티가 송풍장치에 의해 날아가 화재로 이어질 수 있다. 또한 작동 중에 열에 의해 송풍장치의 팬이 녹아 눌러 붙었을 경우나, 팬에 이물질이 끼어서 회전하는 것을 방해한다면 모터 내부에서 국부적인 발열에 의해 출화될 가능성이 있다. 마지막으로 사용자가 임의로 내부를 조작한다든지 하는 등의 사용자의 부주의에 의해서 착화될 가능성도 있다[6-7].

2.5 모발건조기 화재현장조사 및 감정기법

모발건조기에서 발생한 화재 원인 규명을 위한 조사 및 감정 포인트는 모발건조기의 화재 위험요소인 전원코드의 절연파괴, 히터코일의 과열에 의한 착화, 내부에 퇴적한 먼지에 착화된 불티 비산, 팬의 구속에 의한 모터 과열, 사용자의 부주의에 의한 착화 등을 고려하여 다음과 같다.

첫째로 모발건조기의 전원코드를 살펴봐야 한다. 전

원코드에 전기적인 특이점, 단락흔 등이 식별된다면 전원코드가 연결되었다는 것이며, 발화부내에 전원코드가 연결된 가전제품이 있다면 발화원으로 작용하였을 경우를 충분히 검토하여 배제하여야 할 것이다.

둘째로 우선 겉으로 확인할 수 있는 열선코일 커버의 변색 정도를 살펴봐야 한다. 열선코일 커버의 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 열 받은 형상이 식별된다면 의심을 하여 다른 요인을 찾아서 과학적으로 증명을 하여야 할 것이다.

셋째로 모발건조기의 내부 배선을 확인하여 내부 배선에 단락흔 등이나 전기적인 요인이 식별된다면 화재 당시 전원이 인가되었을 뿐만 아니라 스위치가 작동 중이었다고 봐야 한다. 그렇다면 관계자의 진술 및 수사를 통한 보충이 필요하겠지만, 발화원과의 상당한 개연성을 가지고 있다고 봐도 무방할 것이다. 예를 들어 전원이 인가되어 있고 작동 중에 외부의 다른 가연물에 의해 모발건조기가 소훼되었다면, 가전제품의 내부배선보다는 전원 코드의 비닐 절연체가 먼저 소훼되어 절연이 파괴되면서 단락을 형성하여 전원이 차단되었을 것이고, 내부배선에는 전원이 차단된 상태로 연소가 되기 때문에 단락 등은 이루지 못할 것이다

마지막으로 모발건조기에서 발화하였으나 합선보다 누전이 선행되었고 누전차단기가 작동하였을 경우는 단락을 이루기전에 누전으로 인해 누전차단기가 작동을 하여 전원이 차단될 수 있을 가능성이 있으므로 이때는 연소형상 등이나 관계자의 진술 등으로 판단하여야 한다.

그림 8은 모발건조기의 화재 위험요소와 화재원인 규명을 위한 조사 및 감정 포인트를 기반으로 하여 화재 감정 절차를 도표로 나타낸 것이다.

3. 결 론

본 논문에서는 일상생활에서 사용되는 모발건조기의 전기화재 위험요소와 그에 따른 화재감정 기법에

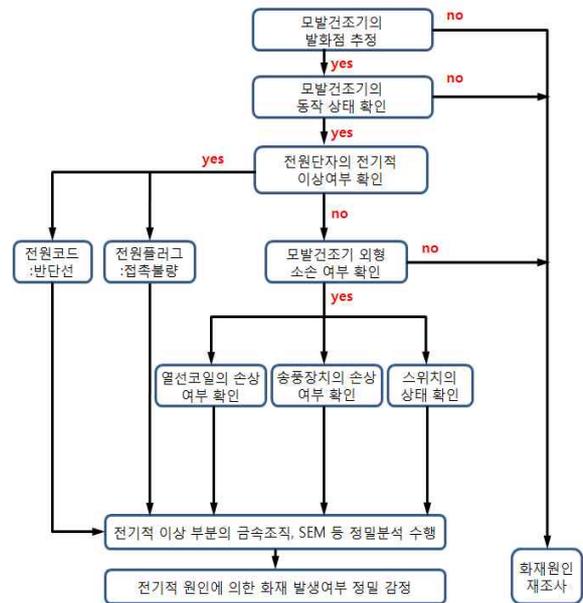


그림 8. 화재 감정 절차
Fig. 8. Fire appraisal process

관하여 알아보았다. 모발건조기는 크게 발열부분, 송풍부분, 제어부분의 구조로 되어있고 제어장치와 안전장치로 사용된 스위치, 온도퓨즈 등을 분석하였다. 바이메탈 스위치의 고장으로 인한 화재재현 실험을 통하여 모발건조기의 전기화재 위험요소를 알아보고 분석하였다. 그리고 모발건조기의 열선 커버, 발열선, 스위치 등에서의 화재원인 규명을 위한 조사 및 감정 기법에 대해서 알아보았다. 모발건조기의 전기화재 위험요소에 따른 화재 조사 및 감정기법을 정리하면 다음과 같다.

- ① 전원코드의 기계적 피로에 의한 반단선 유무 및 용융흔의 형태 및 플러그의 접촉불량 발생 유무 확인
- ② 히터코일의 접촉 및 용착 여부와 이상발열 감지장치(바이메탈 스위치, 온도퓨즈)의 상태 확인, 송풍장치(모터 및 팬)의 구속 운전에 의한 과열 및 고장 유무 확인
- ③ 모발건조기의 작동 상태 및 사용조건, 거치 상태 확인
- ④ 기타 배분전반의 차단기의 동작상태 확인

References

- [1] 임인배, “전기재해통계분석”, 한국전기안전공사, pp.7~24, 2010.
- [2] 최충석 외, “전기화재공학”, 동화기술, pp.336~338, 2004.
- [3] 한국산업표준, “전기 모발 건조기(KSC 9311)”, 2002.
- [4] 한국산업표준, “가정용 및 이와 유사한 전기기기의 안전성-제2-23부 : 피부 손질 또는 모발 손질용 전기기기에 대한 개별 요구사항(KSC IEC 60335-2-23)”, 2005.
- [5] 최충석, “화재원인조사실무-부주의로 방지된 모발건조기 화재의 원인 판정”, 한국화재보험협회, 방재와 보험 no.110, pp.30~37, 2005.
- [6] 김동욱, 송길목, 김동우, 최충석, “부주의에 의해 출화된 모발건조기의 화재사례 연구”, 한국화재소방학회, 춘계학술대회 논문집, pp.26~30, 2005.
- [7] 문현욱, 김동욱, 이기연, 김향곤, “모발건조기에서의 화재 위험성에 관한 연구”, 대한전기학회, 춘계학술대회 논문집, pp.87~88, 2011.

◆ 저자소개 ◆



문현욱 (文鉉旭)

1975년 2월 14일생. 2000년 8월 경북대학교 전자전기공학부 졸업. 2004년 University of Florida, Electrical & Computer Engineering 졸업(석사). 2006년~현재 한국전기안전공사 전기안전연구원 화재감전연구부 주임연구원.



이기연 (李璣燕)

1975년 5월 12일생. 2002년 2월 인천대학교 전기공학과 졸업. 2004년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2004년~현재 한국전기안전공사 전기안전연구원 화재감전연구부 주임연구원.



김동우 (金東佑)

1972년 3월 20일생. 1996년 2월 인하대학교 전기공학과 졸업. 1998년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2001년~현재 한국전기안전공사 전기안전연구원 화재감전연구부 주임연구원.



길형준 (吉亨准)

1969년 8월 27일생. 1997년 2월 인하대학교 전기공학과 졸업. 1999년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2006년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 2000년~현재 한국전기안전공사 전기안전연구원 화재감전연구부 선임연구원.



김향곤 (金珣坤)

1970년 12월 14일생. 1996년 조선대학교 전기공학과 졸업. 2000년 동 산업대학원 전기공학과 졸업(석사). 2011년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1996년~현재 한국전기안전공사 전기안전연구원 화재감전연구부 부장/책임연구원.