

드럼세탁기 화재안전성 확보를 위한 실험연구

홍성호, 이상현, 박상태, 유현중, 전용재
방재시험연구원

A Experimental Study on the Fire Safety of Drum-type Electric Washing Machine

Sung Ho Hong, Sang Hyun Lee, Sang Tae Park, Hyun Jong Yu, Woong Jae Jeon
Fire Insurers Laboratories of Korea

Abstract - This study presents on the analysis fire hazards of drum type electric washing machine. In order to analyze fire hazards fire experiment is conducted. The fire experiment is conducted to simulate under the normal condition and abnormal condition. The experiment under the abnormal condition is simulated in safety device failure, situation of accumulated dust and tracking phenomenon caused by humidity. The results show that fire hazard is high at the abnormal condition. In this paper, we suggest to use the safety device of low operating temperature in electric washing machine for reducing fire hazard.

1. 서 론

최근 국내에는 건조 일체형 드럼세탁기가 널리 보급되어 세탁에서 건조까지 완전히 자동화되었다. 드럼식 세탁기는 세탁물이 엉키지 않아 세탁이 균일하고, 낙차에 의한 세탁방식으로 세탁물의 손상이 적다. 드럼세탁기는 대부분이 가열장치를 가지고 있기 때문에 온수를 사용할 때에는 효소세제의 활성을 높이고, 빨래를 삶을 수 있으며 적은 액량비에서도 좋은 세탁효과를 기대할 수 있는 장점이 있다^{[1]-[2]}. 이와 같이 드럼세탁기는 생활의 편리를 추구하면서 세탁에서 건조까지 한번에 이용할 수 있지만 건조기능을 위하여 장착된 히터는 화재위험성이 매우 높은 기기이고, 실제로 히터에 의해 화재사고가 종종 발생하는 제품이다^[3].

본 연구에서는 드럼세탁기에 의한 드럼세탁기 고유의 발열특성을 분석하기 위한 정상 작동실험과 건조히터에 의한 화재위험성을 분석하기 위한 이상상태 작동실험을 수행하고 분석하여 드럼세탁기에서 화재안전성을 확보할 수 있는 방안을 제시하였다.

2. 화재위험성 분석 실험방법

2.1 정상조건

제조사 사양에 따라 드럼세탁기를 정상상태로 전원을 인가하고 세탁, 건조까지 순차적으로 작동시킨 다음 온도 등을 측정하였다. 온도측정을 위한 센서는 K-type 열전대이고, 온도측정부위는 다음과 같다.

- 건조히터 내부
- 건조히터 옆 전선
- 드럼 상부
- 송풍관

온도측정부위 중에서 드럼 상부는 건조히터 직하부 드럼위를 나타내는 것이고, 송풍관은 세탁통안으로 삽입되는 온풍관을 나타내는 것이고, 건조히터 옆 전선은 건조히터와 인접한 전선을 나타낸다.

그림 1은 온도 및 소비전류 측정에 대한 개략도를 나

타낸다. 그림에서 보듯이 K-type 열전대로부터 입력되는 신호를 A/D 컨버터에 받아들여 온도를 측정하고, 변류기를 이용하여 소비전류를 측정하였다.

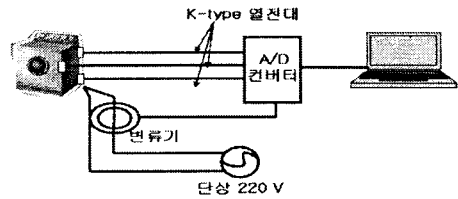


그림 1. 온도 및 소비전류 측정 개략도

2.2 이상조건

2.2.1 안전장치 제거

드럼세탁기에는 건조를 위한 히터가 내장되어 있다. 본 연구에서는 드럼세탁기의 건조히터에 의한 화재위험성을 평가하기 위하여 건조히터의 안전장치를 순차적으로 제거한 상태에서 발열특성 및 화재발생가능성을 평가하였다. 일반적으로 드럼세탁기에는 안전장치로서 바이메탈과 온도 Fuse가 부착되어 있었다. 따라서 이러한 안전장치가 경년열화 등으로 인하여 고장이 발생한 경우를 모델링하기 위하여 안전장치를 제거하고 정격전압을 인가하여 발열특성을 분석하였다. 화재위험성을 분석하기 위하여 부착한 온도센서 측정부위는 정상조건 실험과 동일하다.

2.2.2 먼지에 의한 화재위험성

드럼세탁기를 장기간 사용하게 되면 내부에 먼지 등이 쌓이게 되어 발열량이 높은 건조히터에 의하여 발화하여 화재가 발생할 가능성이 높다. 본 연구에서는 이와 같은 건조히터 주위에 먼지 또는 미세한 옷 및 천 등으로 인한 화재발생가능성을 평가하기 위하여 건조히터 주위에 먼지가 상당히 쌓여 있는 상황을 모델링하였다. 이를 위해 건조히터 주위에 의류로 사용되는 폴리에스테르 60%, 면 40%의 와이셔츠를 절단하여 쌓아 놓은 다음 전원을 인가하여 온도 측정 및 화염발생여부 등을 확인하였다. 또한 안전장치를 제거한 상태에서 먼지 등이 쌓인 경우 온도 측정 및 화염발생여부 등을 확인하였다.

2.2.3 누수에 의한 화재위험성

드럼세탁기는 항상 물을 사용하는 제품이기 때문에 습기침투에 의한 트래킹이 발생할 가능성이 매우 높은 제품이다. 따라서 이와 같은 습기에 의한 트래킹 현상을 모델링 하기 위하여 드럼세탁기 PCB 접속단자에 1%의 염화암모늄 수용액을 적수한 상태에서 전원을 인가하여 화염발생여부 등을 측정하였다.

드럼 세탁기의 호스는 특히 큰 진동과 건조시의 축열 등으로 고무호스가 열화되어 누수가 발생할 위험이 있

다. 누수된 물은 드럼 세탁기의 상판에 부딪치거나 내부 배관을 타고 아래로 흐르게 되어 누수에 의한 영향을 받을 수 있다. 즉 PCB와 급수밸브 등에 물 또는 수분으로 트래킹에 의한 화재를 유발시킬 수 있다. 이와 같은 급수밸브 접속단자는 누수에 의해 트래킹이 발생할 가능성이 있는 부위이다. 따라서 급수밸브에 트래킹으로 인한 화재위험성을 분석하는 트래킹 발화 실험을 수행하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 정상조건

그림 2는 드럼세탁기가 정상 작동하는 경우 시간에 따른 온도분포를 나타낸 것이고, 그림 3은 정상 작동하는 경우 전압 및 전류분포를 나타낸 것이다. 전원이 인가되는 시점에 따라 온도분포가 상승과 하강이 반복되는 것을 볼 수 있다. 드럼세탁기가 정상 작동하는 경우 그림 2에서 보듯이 최고상승온도는 약 135℃로 나타나 다른 제품보다 높은 온도분포를 나타내는 것을 알 수 있지만, 정상 사용상태에서는 건조히터의 온도조절센서 등으로 인하여 화재발생가능성이 비교적 낮은 것으로 나타났다.

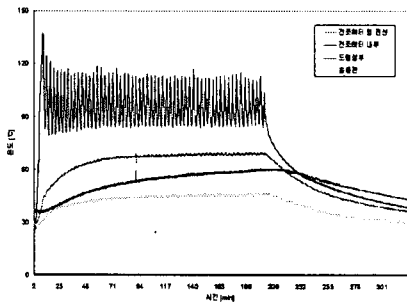


그림 2. 정상작동시 온도분포

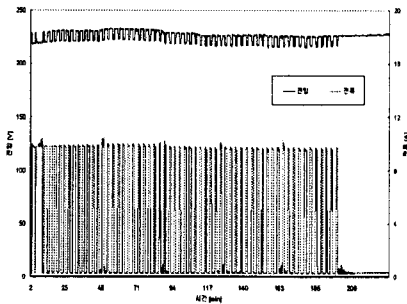


그림 3. 정상작동시 전압 및 전류

3.2 이상조건

3.2.1 안전장치 제거

그림 4는 건조히터에 220 V를 직결한 경우 건조히터 자체의 발열특성을 나타내는 것으로 그림에서 보는 바와 같이 최고 800℃까지 온도가 상승하여 건조히터 고유의 발열온도를 고려한다면 화재위험성이 매우 높은 제품인 것을 확인할 수 있다.

그림 5는 건조히터 전면에 설치된 온도조절센서를 제거한 상태에서 드럼세탁기를 구동시켰을 때 나타나는 시간에 따른 온도분포를 나타낸 것이다. 그림에서 보듯이 온도조절센서를 제거한 경우 바이메탈의 동작에 따라 전원투입과 차단이 반복되는 것을 알 수 있다. 이 때 온도도 전원투입과 차단에 따라 상승과 하강이 반복되는 것을 알 수 있다.

그림 5에서 보듯이 바이메탈의 작동온도는 약 230℃로 나타나 바이메탈의 작동온도가 상당히 높은 것을 알 수 있다. 온도조절센서가 경년열화 등으로 인하여 고장이나는 경우 이와 같은 높은 바이메탈의 온도로 인하여 화재위험성이 매우 높은 것을 알 수 있다. 따라서 온도조절센서 고장으로 인한 화재위험성을 감소시키기 위해서는 작동온도가 비교적 낮은 바이메탈을 사용해야 할 것으로 사료된다.

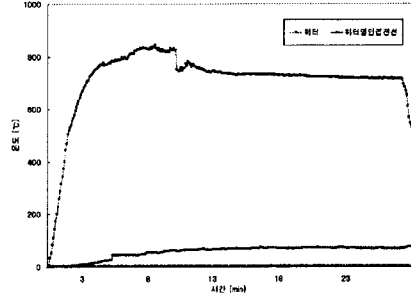


그림 4. 건조히터 발열특성

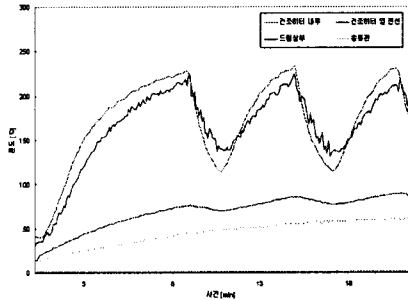


그림 5. 온도조절센서 제거시 시간에 따른 온도분포

그림 6은 온도조절센서와 바이메탈을 제거한 경우 시간에 따른 온도분포를 나타낸 것이다. 전원이 인가됨에 따라 건조히터부위의 온도가 급격하게 상승하는 것을 알 수 있다. 그림 6에서 보듯이 안전장치인 바이메탈이 작동하지 않기 때문에 온도는 300℃이상 높게 상승하는 것으로 나타나 화재위험성이 매우 높은 것을 알 수 있다. 이 때 온도 Fuse는 작동하지 않았으며, 2차 안전장치인 온도 Fuse가 설치되어 있어도 실제로 화재위험성을 감소시키지 못하는 것으로 나타났다.

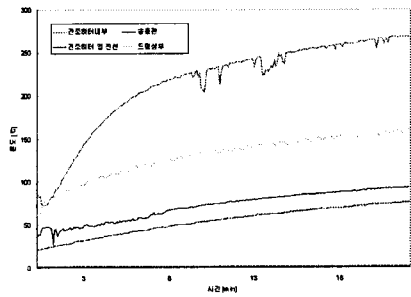


그림 6. 온도조절센서 및 바이메탈 제거시 온도분포

이와 같은 실험결과로부터 온도조절설서가 정상 작동하지 않은 경우 안전장치가 정상적으로 화재위험성을 방지해야 하지만 현재 드럼세탁기에 설치되어 있는 바이메탈이나 온도 Fuse의 작동온도는 상당히 높기 때문에 작동온도가 낮은 바이메탈과 온도 Fuse를 사용해야 할 것으로 사료된다.

3.2.2 먼지에 의한 화재위험성

그림 7은 건조히터에 먼지가 쌓인 것을 가정하여 건조히터에 먼지를 삽입하고 바이메탈 등의 안전장치를 제거한 상태에서 전원을 인가하였을 때 나타나는 연소진행과정을 나타낸 것이다. 그림에서 보듯이 건조히터 주위에 다량의 먼지가 쌓이게 되면 화재위험성이 매우 높다는 것을 확인할 수 있다. 특히 드럼세탁기는 옷이나 천 등을 세탁하기 때문에 옷이나 천조각과 같은 얇고 작은 미세 먼지가 쌓이기 쉬운 제품이기 때문에 그림 7과 같은 실제 화재가 발생할 가능성이 매우 높다.

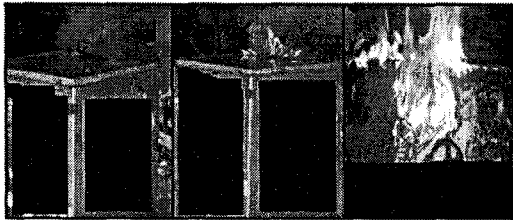


그림 7. 드럼세탁기 연소진행 과정

3.2.3 누수에 의한 화재위험성

그림 8은 PCB에 삽입되어 있는 접속단자의 트레이킹에 의한 화염발생과정을 나타낸 것으로 그림에서 보는 바와 같이 PCB 접속단자에서 작은 스파크가 발생하면서 전제적으로 화염이 확산되는 것을 볼 수 있다.

따라서 이와 같이 PCB 접속단자는 누수에 의한 화재발생가능성이 항상 존재하기 때문에 누수에 대한 화재발생 예방을 해야 한다. 누수에 의한 화재위험성을 감소시키기 위해서는 접속단자를 방수형 커넥터로 해야하며 수평으로 연결되는 접속단자를 다소 경사지게 설치하여 수분이 고이지 않는 구조로 해야 트레이킹이 발생하지 않을 것으로 판단된다.

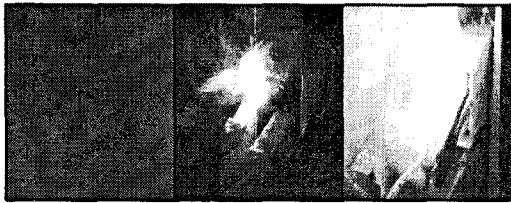


그림 8. PCB 접속단자 트레이킹에 의한 화염발생과정

4. 결 론

본 연구는 드럼세탁기에서 발생가능한 화재위험성을 실험적으로 분석한 연구로 정격전압이 인가되는 정상조건 실험과 장시간 사용에 따른 경년열화 등에 의하여 화재가 발생할 가능성이 높아지는 이상조건에 따라 실험을 수행한 결과 건조히터가 내장된 드럼세탁기는 먼지 등이 쌓이게 되면 화재위험성이 높은 것으로 나타났다. 또한 물을 사용하는 제품이기 때문에 누수에 의해 접속단자의 트레이킹으로 인한 화재위험성도 높은 것으로 나타났다.

현재 시중에서 판매되고 있는 드럼세탁기에는 건조히

터의 과열을 방지하기 위한 안전장치로서 바이메탈과 온도 Fuse를 설치하고 있다. 그러나 이 안전장치의 작동온도가 본 연구의 실험으로부터 알 수 있듯이 상당히 높은 것을 확인할 수 있었다. 따라서 현재 설치되는 안전장치의 작동온도를 낮은 온도로 설정해야 화재위험성을 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다. 또한 온도 Fuse는 대부분 건조히터 측면에 설치되어 있지만 진동이 심한 드럼세탁기의 특성상 온도 Fuse를 견고하게 부착할 수 있는 구조이어야 할 것으로 사료된다.

또한 PCB 접속단자의 트레이킹으로 인한 화재위험성을 감소시키기 위하여 접속단자에 습기나 수분이 유입되지 않는 구조로 해야 할 것으로 판단된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 정승은, 박정희, 윤창상, "건조일체형 드럼세탁기의 건조조건에 따른 정전기 특성", 한국의류학회지, Vol.30, No.5, p.753-761, 2006
- [2] 정정길외 5인, "드럼세탁기용 유도전동기의 효율운전에 관한 연구", 한국조명전기설비학회 춘계학술발표논문집, 2005
- [3] 최충석외 5인, 전기화재공학, 동화기술, 2000