

가정용 전열제품의 화재위험성에 관한 실험연구

홍성호, 이복영, 박찬호, 박상태, 유현중
한국화재보험협회 부설 방재시험연구원

A Experimental Study on the Fire Hazards for Household Heating Appliances

Sung-Ho Hong, Bock-Young Lee, Chan-Ho Park,
Sang-Tae Park, Hyun-Jong Yu
Fire Insures Laboratories of Korea

1. 서론

전기는 가정생활을 편리하게 해 주는 에너지 공급원 및 산업의 에너지 공급원으로서 현대사회에 있어서 다른 어떤 에너지보다 그 중요성이 크다. 현대사회의 이러한 전기에너지의 의존도를 고려해 볼 때 전기에 의한 재해로 인하여 발생하는 경제적 손실과 인적손실은 매우 심각하다. 전기로 인한 재해 중에서 전기화재는 전기의 사용량이 증가함에 따라 계속 증가하고 있으며, 점차 복잡화, 대형화되어 가고 있다¹⁾.

현재 사용되는 가정용 전열제품이 이상없이 안전하게 사용되고, 제품의 수명이 다하여 안전하게 폐기되는 것이 이상적이지만 가정용 전열제품으로 인한 전기화재에 관한 사고사례가 종종 보고되고 있는 현실이다²⁾⁻³⁾. 가정용 전열제품은 기술적인 지식이 전혀 없는 일반인이 많이 접하게 되는 기기이기 때문에 여타 다른 제품과는 달리 인명과 관련된 위험성이 상대적으로 크기 때문에 화재에 대한 높은 안전성이 요구된다.

본 논문에서는 가정용 전열제품 중 각 가정에서 하나이상 보유하고 있는 전기압력밥솥을 가지고 난연성 실험 등 다양한 실험을 통하여 화재위험성을 분석하였고, 이를 통하여 안전한 제품을 설계하는데 도움을 주고자 한다.

2. 실험장치 및 방법

2-1 난연성실험

본 연구에서는 전기압력밥솥 외함의 난연성능을 평가하기 위하여 UL 94의 난연성시험(수직연소시험)방법⁴⁾에 따라 실험을 수행하였다. 전기압력밥솥은 열화가 진행된 것을 고려하기 위하여 약 5년정도 사용된 것을 사용하였다.

UL 94의 난연성시험에서는 평가하고자 하는 시험체를 Sheet형태로 길이 125±5 mm, 폭 13±0.3 mm, 두께는 최소두께로 재료를 잘라서 시험하도록 규정하고 있다. 그림 1은 난연성 실험을 위하여 채취한 전기압력밥솥 몸체와 뚜껑의 시험체를 나타낸 것이다. 시험체의 두께와 채취부위는 몸체(2.82 mm), 뚜껑(2.7 mm), 찹판(2.75 mm), PCB 기관 받침대(2.06 mm)와 같다.

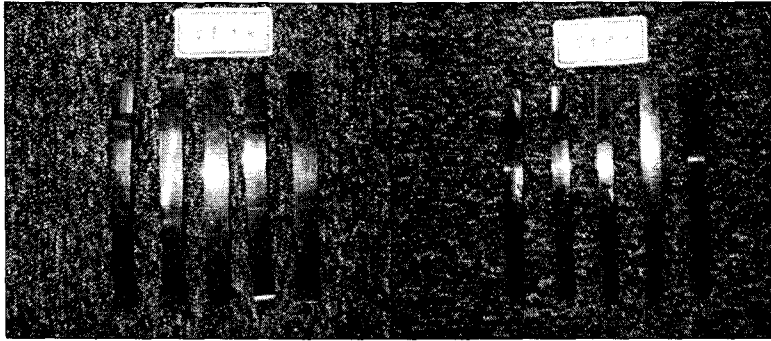


그림 1. 본체 및 뚜껑에서 채취한 시험체

(1) 실험장치

실험용 버너는 내경 9.5 ± 0.3 mm, 길이 100 ± 10 mm의 판구조이고 시험체 고정대는 시험체를 수평 또는 수직으로 고정할 수 있는 Clamp, 금망으로 구성하였다. Clamp에 의한 고정대는 원하는 높이 및 각도로 조정하며 금망지지 Holder는 Aluminium으로 구성하였다. 그림 2는 난연성 실험을 위한 장치에 대한 개략도를 나타낸다.

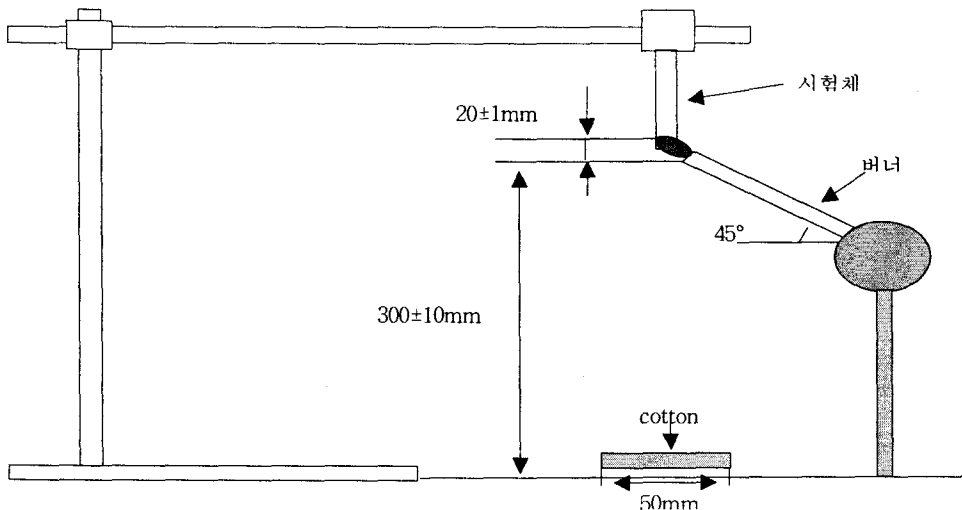


그림 2. 난연성 실험 장치

(2) 실험방법

시험체를 축방향과 수직되게 하여 상부 6 mm를 Clamp로 고정하고, 시험체 하단은 압착되지 않은 상태의 최대 두께가 6 mm가 되도록 얇게 편 탈지면(50 mm \times 50 mm)의 수평면상과 300 mm 이격되도록 한다.

버너는 파란 불꽃이 20 ± 1 mm의 높이가 되도록 조절하고, 불꽃은 노란색 선단을 가진 20 mm의 파란 불꽃이 생성될 때까지 버너의 가스공급 및 공기배출구를 조정한다. 버너의 상부가 시험체 하단에서 10 mm 밑에 위치하도록 하여 시험체 하부 중앙점에 집중되도록 접점시킨 후, 시험체의 위치나 길이의 변화에 대응하여 필요한 만큼 버너를 움직여 계속 10 mm 간격을 갖도록 하면서 10 초간 유지한다. 버너상부의 중앙과 시험

체의 남은 부분사이에 10 mm의 간격을 유지하면서 점염을 하는 동안에 시험체에서 용융물이나 불꽃이 떨어지면 적하물이 버너의 몸체속으로 떨어지는 것을 방지하기 위하여 버너를 45°각도로 기울게 하고 시험체의 밑으로부터 충분한 만큼 이격시킨다. 시험체에 10초간 점염하고 나서 즉시 버너를 시험체로부터 최소 150 mm이상 이격시킴과 동시에 잔염시간 T_1 을 측정한다. 그림 3은 이와 같은 난연성 실험장면을 나타낸다.

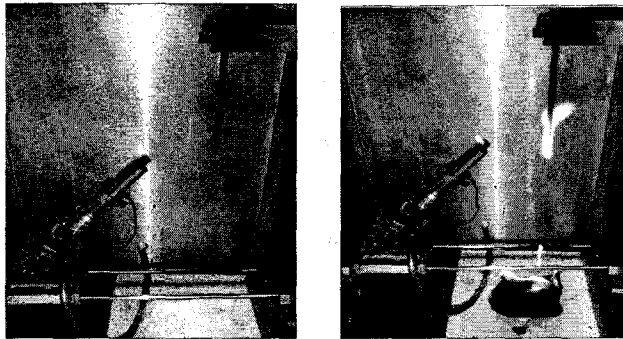


그림 3. 난연성 실험장면

2-2 화재위험성 평가실험

본 연구에서는 전기압력밥솥의 안전장치가 열화 등으로 인하여 고장이 난 경우를 모델링하기 위하여 전기압력밥솥의 온도 Fuse, 제어용 온도센서 등의 안전장치를 제거한 후 회로를 직접 연결하여 작동시켰을 때 각 부위별 온도를 측정하여 시험체의 화재위험성을 평가하였다. 실험에 사용된 온도측정부위는 전기압력밥솥의 외함 표면과 열판의 외측부위를 측정하였다. 그림 4는 비정상적인 사용상태에서의 화재위험성 평가실험을 위하여 열전대를 설치하고 전기압력밥솥을 작동시키는 장면을 나타낸다.



그림 4. 비정상적인 사용상태에서의 화재위험성 평가실험

3. 실험결과 및 분석

그림 5에서 그림 8은 난연성 실험결과를 나타낸 것으로 전기압력밥솥의 각 부위별 잔염시간을 나타낸 것이다. UL 94 난연성시험의 성능기준에서는 가장 낮은 등급인 94V-2인 경우에 시험체의 잔염시간이 30초이하로 규정하고 있다. 그림에서 보듯이 몸

체의 경우 잔염시간은 약 65초~69초, 뚜껑의 경우에는 64~68초, 찜판의 경우에는 106~112초로 나타나 성능기준에서 규정하는 잔염시간을 훨씬 초과하였다. 몸체, 뚜껑, 찜판의 경우에는 1차접염시에 시험체가 Clamp지지부분까지 완전 연소하였으며, 연소조각의 적하에 의해 하부에 있는 탈지면이 연소하였다. PCB 받침대의 경우에는 잔염시간이 19~24초로 나타났으며, 연소조각 등의 적하에 의해 탈지면이 착화되지 않았다.

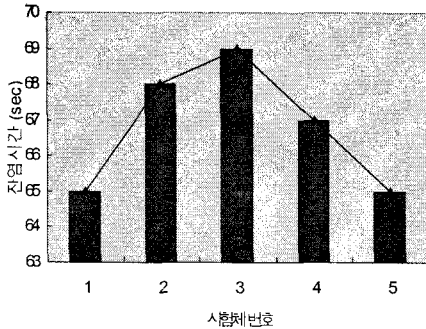


그림 5. 잔염시간 - 몸체

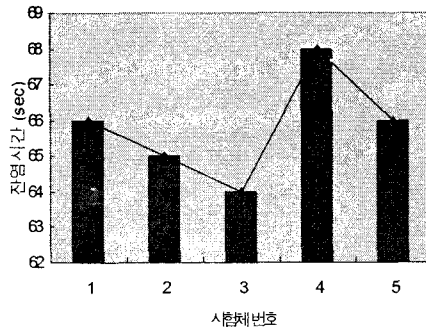


그림 6. 잔염시간 - 뚜껑

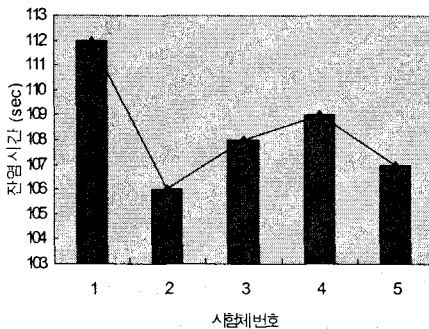


그림 7. 잔염시간 - 찜판

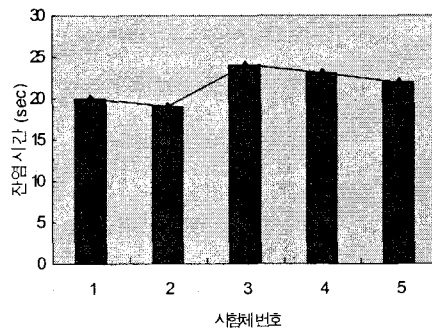


그림 8. 잔염시간 - PCB 받침대

표 1은 난연성 실험결과를 요약한 것으로 표에서의 잔염시간은 5개의 시험체중에 가장 짧은 시간을 나타낸다. 표 1에서 보는 바와 같이 몸체, 뚜껑 등 전기압력밥솥의 외함은 Clamp지지부분까지 연소하였고, 잔염시간도 성능기준을 훨씬 초과한 것을 알 수 있다. 따라서 이와 같이 난연성이 부족한 전기압력밥솥은 내부 회로에서 절연열화, 접촉불량 등으로 인하여 일정한 열량의 화염이 발생하게 되면 즉시 외함으로 화염이 전파할 수 있는 화재위험성이 높을 것으로 판단된다.

표 1. 난연성 실험결과

구 분	시험체가 Clamp 지지부분까지 연소하였는지 여부	잔염시간 T ₁ (sec)
몸 체	연소하였음	65
뚜 껑	연소하였음	65
찜 판	연소하였음	108
PCB기판받침대	연소하지 않았음	23

PCB 받침대의 경우에는 표 1에서 보는 바와 같이 Clamp지지부분까지 연소하지 않았고, 잔염시간도 성능기준에 만족하여 다른 부분과 달리 난연성이 높은 것을 확인할 수 있다.

그림 9는 전기압력밥솥의 안전장치를 제거한 비정상적인 사용상태에서 작동시켰을 때 전기압력밥솥의 각 부위에서 발생하는 시간에 따른 온도를 나타낸 것이다. 그림에서 보듯이 내통의 온도는 약 10분정도 경과한 후에는 100℃이상으로 상승하였고, 이에 따라 외피온도도 상승하는 것을 알 수 있다. 또한 열판은 약 10분이 경과했을 때 400℃로 온도가 높게 상승하였고, 실험시작 약 17분후부터 전기압력밥솥의 열판에 의해 연기가 발생하기 시작하였다. 전기압력밥솥의 외함에 착화하여 화염이 발생한 시점은 실험시작후 약 27분경이었고, 이때 열판의 온도는 약 500℃였다. 시간이 경과함에 따라 전기압력밥솥은 연소가 계속 진행되어 육안으로 화염을 관측할 수 있었다. 그림 10, 11은 이와 같은 실험과정을 나타낸 것으로 실험시작 후 약 20분이 경과했을 때 외함에 화염이 발생하여 그림 10에서와 같이 화염이 발생하는 것을 볼 수 있다.

전기압력밥솥 내부의 안전장치가 고장이 난 경우에 일반 소비자는 알 수 없어 그대로 전원을 투입하여 작동을 시킬 경우 대형 화재로 확대될 수 있는 가능성을 있는 것을 알 수 있다. 따라서 전기압력밥솥으로 인한 화재위험성을 감소시키기 위해서는 외함이 난연성을 갖도록 해야 할 것으로 사료된다.

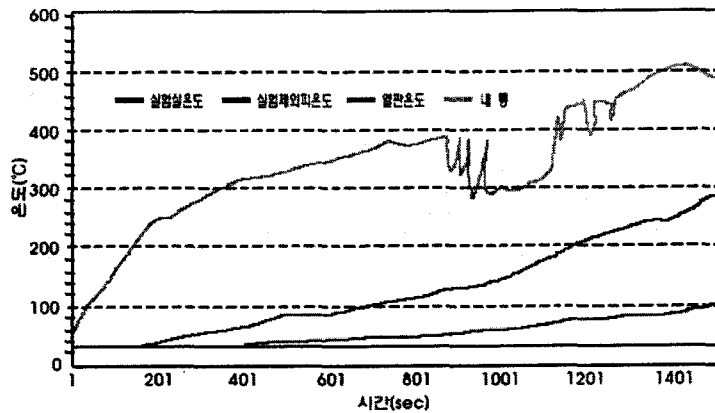


그림 9. 시간에 따른 온도상승

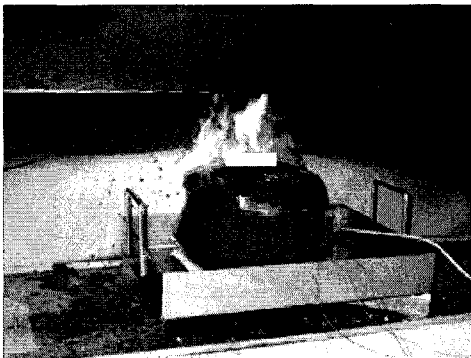


그림 10. 실험시작 27분 경과



그림 11. 실험 종료 후

4. 결론

본 논문은 가정용 진열제품중의 하나인 전기압력밥솥을 이용하여 난연성 실험과 화재실험을 통하여 화재위험성을 분석한 연구이다. 난연성 실험은 UL 94의 시험방법을 이용하였고, 화재실험은 전기압력밥솥의 안전장치를 제거한 상태에서 정격전압을 투입하여 작동시키는 형태로 수행하였다. 그 결과 본 연구의 실험조건하에서는 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 전기압력밥솥 외함의 여러 부분을 가지고 난연성 실험을 수행한 결과 몸체, 뚜껑, 찹판부분은 난연성능이 낮게 나타나 내부적인 회로이상으로 화염이 발생하게 되면 화재로 이어질 가능성이 높은 것으로 나타났다.
- 2) 안전장치를 제거한 상태에서 전기압력밥솥을 작동시켰을 때 약 17분후부터 연기가, 약 20분후부터 외함에 작은 화염이 발생하였고, 이로 인하여 대형화재로 확대될 수 있음을 알 수 있었다.
- 3) 전기압력밥솥으로 인한 화재위험성을 감소시키기 위해서는 난연성능이 높은 재료의 외함을 사용해야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 전력산업연구개발사업의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. A. A. Hattangadi, Electrical Fires and Failures, pp. 11-12, McGraw-Hill, 2000
2. 백동현, “가전제품 화재사례에 따른 대응”, 전기제품안전21, Vol. 142, pp. 17~19, 2005
3. 강인호, 강성기, “생활용 가전제품의 안전성 평가 사례”, 한국산업안전학회 춘계 학술발표대회 논문집, pp. 369~374, 2002
4. UL 94, Test for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances, 2000