

전기장판의 화재위험성 실험연구 An Experimental Study on the Fire Hazard of Electric Heating Pad

이복영 · 박찬호 · 박상태 · 홍성호[†] · 유현종

Bok-Young Lee · Chan-Ho Park · Sang-Tae Park · Sung-Ho Hong[†] · Hyun-Jong Yu

한국화재보험협회 부설 방재시험연구원
(2006. 8. 8. 접수/2006. 9. 13. 채택)

요 약

본 연구는 가정용 전열제품인 전기장판에 대한 화재실험과 난연성실험을 통하여 화재위험성을 분석하였다. 화재실험은 정상조건에서 정격전압을 인가하는 경우와 온도조절기 고장시 정격전압이 인가되는 경우를 모델링하였다. 난연성실험은 UL 94의 수직 연소시험방법을 이용하여 전기장판의 난연성을 평가하였다. 실험에 사용된 전기장판의 종류는 전기매트, 전기요, 비닐장판이다. 실험결과 온도조절기가 고장난 상태에서 정격전압이 인가되는 경우 화재위험성이 높은 것으로 나타났으며 전기장판의 재질은 난연성이 없는 것으로 나타났다.

ABSTRACT

This study presents analysis of fire hazard of electrical heating pad. In order to analyze fire hazard fire experimental and flammability experiment is conducted. The fire experiment is conducted to simulate normal condition and abnormal condition such as breakdown of thermostat. Vertical burning test(UL 94) is conducted for the fire retardant experiment. Kinds of electric heating pad used for experiment are electric mat, fabric pad, vinyl pad. The results show that fire hazard is high in case of breakdown of thermostat with the rating voltage supply. And Material of electric heating pad has not fire retardant performance.

Keywords : Electric heating pad, Electrical fire, Vertical burning test

1. 서 론

전기는 문명사회의 기초에너지로서 다방면에서 이용되고 있어 일상생활에서 전기의 존도는 말할 것도 없거니와 문화생활과 산업활동에 있어 절대적인 기반요건이 되어있다. 이와 같이 없어서는 안 될 전기는 잘못 사용하는 경우와 적절한 관리가 되지 못하면 큰 위험성을 내포하고 있고 이러한 위험성 때문에 전기에너지를 사용하는 작업자의 작은 실수에 의해 치명적인 재해가 발생하기도 한다. 전기로 인한 재해 중에서 전기화재는 수많은 인명피해와 재산상의 피해를 가져다 줄 수 있는 심각한 재해이다.^{1,4)}

가정용 전열제품은 전기에너지를 열에너지로 변환하는 기기로 평상시 사용온도가 높고 일상화된 생활용품

으로 기술적인 지식이 없는 일반인이 많이 접하게 되는 기기로 다른 제품과는 달리 인명과 관련된 위험성이 상대적으로 커 화재에 대한 높은 안전성이 요구된다. 특히, 가정용 전열제품 중 전기장판은 다른 전열제품보다 통상적으로 장시간 사용하는 사용상 특성과 사용 연령층이 다양하기 때문에 높은 화재안전성이 요구되지만 전기장판으로 인한 화재사고사례가 종종 보고되고 있는 실정이다.^{5,6)}

본 연구는 화재실험과 난연성실험을 통하여 전기장판에서의 화재위험성을 분석하기 위한 것이다. 화재실험은 제조자에 의한 정상조건에서의 전기장판과 열화 등으로 인하여 온도조절기가 고장난 상태의 전기장판을 모델링하여 수행하였고, 난연성실험은 UL 94의 시험방법을 이용하였으며, 이를 통하여 전기장판에 사용된 재질의 난연성을 평가하였다.

[†]E-mail: hsho@kfpa.or.kr

2. 실험장치 및 방법

2.1 화재실험

본 연구에서는 온도조절기를 제거하지 않은 정상상태에서의 전기장판과 온도조절기가 제거된 전기장판에 정격전압을 인가하여 온도상승, 화염발생 및 탄화형태 등을 실험하여 화재위험성을 분석하였다.

실험에 사용된 전기장판은 일반 가정에서 흔히 사용되는 3가지 유형을 사용하였으며, 본 연구에서는 편의상 전기장판 종류에 따른 명칭을 다음과 같이 부여하였다.

- (1) 전기매트 : 부직포에 열선을 삽입하고 다시 부직포 및 옥돌 등을 첨부하여 전기장판의 두께가 두꺼운 종류
- (2) 전기요 : 열선을 삽입한 부직포위에 천재질로 마감 처리한 종류
- (3) 비닐장판 : 열선을 삽입한 부직포위에 단순히 비닐재질로 마감 처리한 종류

Fig. 1은 온도상승실험을 위해 K-type 열전대가 부착된 전기매트, 비닐장판, 전기요를 나타낸 것이다. 실험 중 온도측정개소는 실험체의 상, 중, 하 부위에 각 3개의 온도측정 소자를 설치하여 9개의 온도측정부위에서 온도를 측정하였다.

2.2 난연성실험

전기장판 재질의 난연성능을 평가하기 위하여 UL



Fig. 1. Electric heating pad.

94의 난연성시험(20 mm 수직연소시험⁷⁾에 따라 실험을 수행하였다.

UL 94의 난연성시험에 사용된 버너는 내경 9.5 mm ± 0.3 mm, 길이 100 mm ± 10 mm의 버너가 사용되었다. 시험체는 Sheet 형태로 길이 125 mm ± 5 mm, 폭 13 mm ± 0.3 mm, 두께는 최소두께로 재료를 잘라서 5개를 1조로 구성하여 시험하도록 규정하고 있다. Fig. 2는 난연성 실험을 위한 장치에 대한 개략도를 나타낸다. Table 1은 UL 94의 난연성 등급을 나타낸다. Fig. 3은 난연성시험을 위하여 채취한 것으로 좌측부터 순서대로 전기장판의 외피, 내부 부직포(백색, 흑색), 일반열선, 실리콘 열선을 나타낸 것이다.

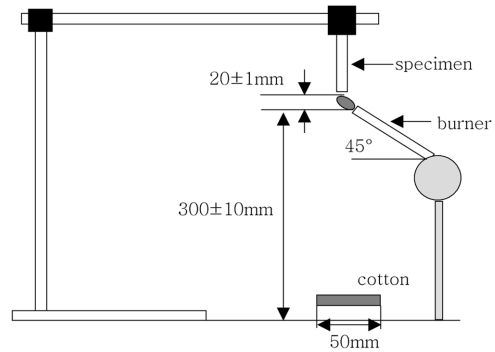


Fig. 2. Experimental setup for vertical burning test (UL 94).

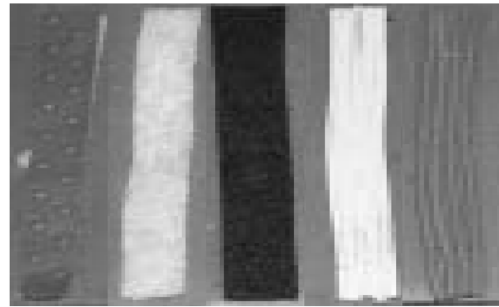


Fig. 3. Specimen for flammability test.

Table 1. Materials classifications

Criteria conditions	V-0	V-1	V-2
Afterflame time for each individual specimen	≤ 10S	≤ 30S	≤ 30S
Total afterflame time for any condition set(for the 5 specimens)	≤ 50S	≤ 250S	≤ 250S
After flame plus after glow time for each individual specimen after the second flame application	≤ 30S	≤ 60S	≤ 60S
Afterflame or afterglow of any specimen up to the holding clamp	No	No	No
Cotton indicator ignited by flaming particles or drops	No	No	Yes

3. 실험결과 및 분석

Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6은 온도조절기를 제거하지 않고

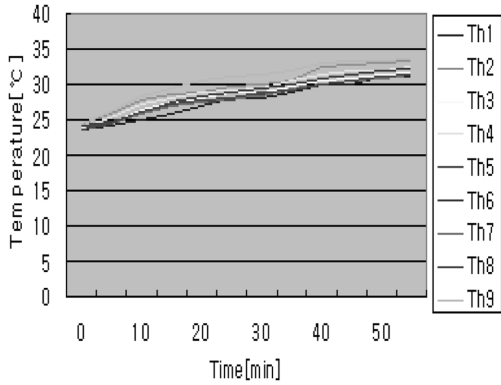


Fig. 4. Time vs. temperature for electric mat in case of normal condition.

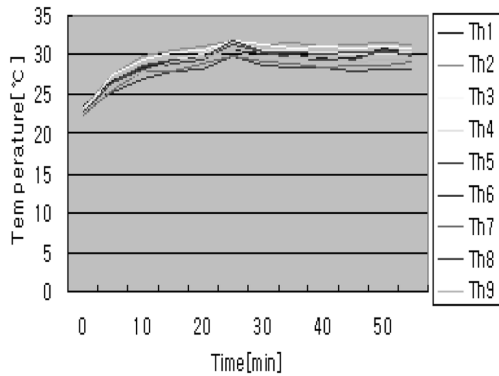


Fig. 5. Time vs. temperature for vinyl pad in case of normal condition.

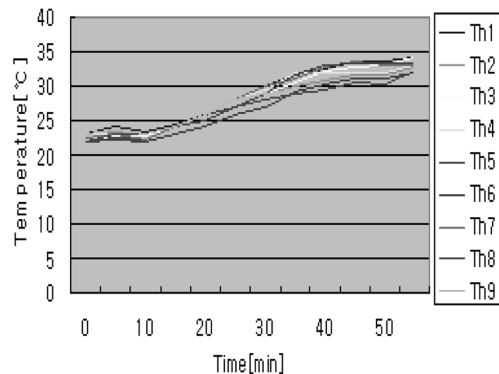


Fig. 6. Time vs. temperature for fabric pad in case of normal condition.

전기장판위에 이불 등이 없는 경우 정상 사용조건에서 전기장판에 정격전압을 인가하였을 때 발생하는 시간에 따른 온도를 나타낸 것이다. Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6에서 보는 바와 같이 전기매트, 비닐장판, 전기요 모두 실험시간 경과에 따라 온도가 상승하여 1시간 경과시에 약 35°C까지 온도가 상승하였으나 그 이후 실험시간 경과에 따른 온도상승은 발열과 방열조건이 평형화되어 안정적으로 온도가 유지되는 것으로 나타났다.

Fig. 7, Fig. 8, Fig. 9는 온도조절기를 제거한 상태에서 정격전압을 1시간 인가한 후의 실험체를 나타낸 것이다. Fig. 7은 1시간 경과 후 전기매트 내부 부직포를 나타낸 것으로 그림에서 보는 바와 같이 내부 열선이 높은 온도로 탄화된 것을 볼 수 있다. 1시간 경과했을 때 전기매트 표면은 외관상 탄화흔적 등이 육안으로 보이지 않았지만 전기매트내부를 보면 Fig. 7과 같이 두꺼운 내부 부직포가 탄화된 것을 확인할 수 있었다. 이 실험에서 전기매트위에 이불을 덮는 등 축열조건이 좋은 상태라면 화재위험성이 높다는 것을 알 수 있다. 따라서 일반 가정에서 온도조절기 내부의 온도프즈나 바이메탈 등 안전장치가 열화 등으로 인하여 제기능을 발휘하지 못하게 되는 경우 장시간 전원이 인가된 상태로 방치하게 되면 화재로 이어질 가능성이 높은 것을 알 수 있다. Fig. 8은 비닐장판의 실험 후 모습을 나타낸 것으로 그림에서 보듯이 열선에 의해 비닐장판

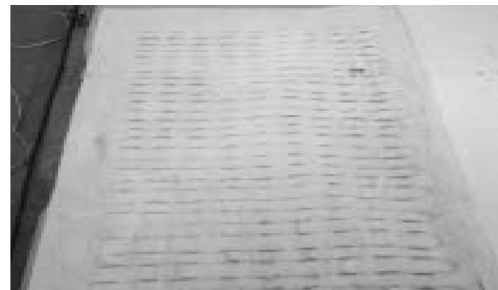


Fig. 7. Nonwoven in electric mat after experiment.

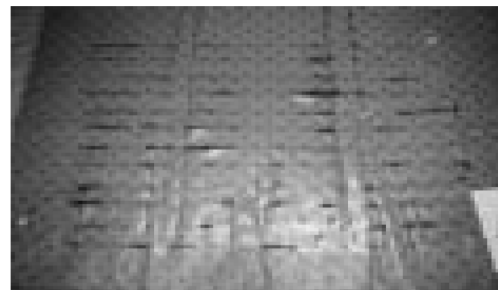


Fig. 8. Electric vinyl pad after experiment.

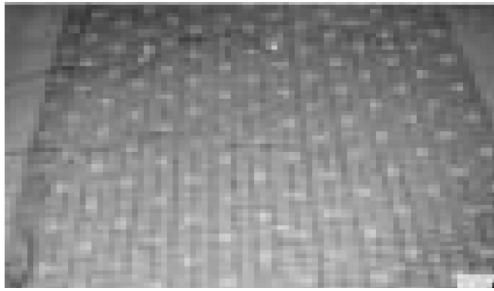


Fig. 9. fabric pad after experiment.

의 외피가 탄화된 흔적을 볼 수 있다. 비닐장판의 경우 전기매트보다도 빠른 외부로의 열발산특성으로 화재위험성이 더 높다고 할 수 있다. Fig. 9는 1시간 경과 후 전기요를 나타낸 것으로 그림에서 보는 바와 같이 열선의 고온으로 인하여 전기요의 외피가 연소된 흔적을 볼 수 있어 이불 등이 덮여 있는 축열이 좋은 상태가 아니라도 전기요에 의해 화재가 쉽게 발생할 수 있는 것을 보여준다. 따라서 일반 가정에서 온도조절기 등이 고장난 경우 장시간 전원이 인가된 상태로 방치하게 되면 전기요에 의한 화재가능성이 높은 것으로 나타났다.

Fig. 10, Fig. 11, Fig. 12는 온도조절기를 제거한 상태에서 정격전압을 인가하였을 경우 전기매트, 비닐장판, 전기요의 시간에 따른 온도상승을 나타낸 것으로 그림에서 보듯이 전기매트, 비닐장판, 전기요 모두 최고 온도상승은 약 100°C로 나타났다. 전기매트의 경우에는 100°C보다 다소 높게 나타났는데, 이것은 전기매트 내부의 부직포가 두꺼워서 축열이 다른 것보다 용이하기 때문인 것으로 사료된다. 이와 같은 온도는 Fig. 7, Fig. 8, Fig. 9의 전기장판 외피의 탄화흔적에서도 알 수 있듯이 축열조건에 따라 화재가능성이 높아질 수 있는 것을 알 수 있다.

Fig. 13은 UL 94의 난연성시험 장면을 나타낸 것으로 그림에서 보듯이 화염이 Clamp 지지부분까지 확대된 것을 볼 수 있다. UL 94의 난연성 시험방법에 따

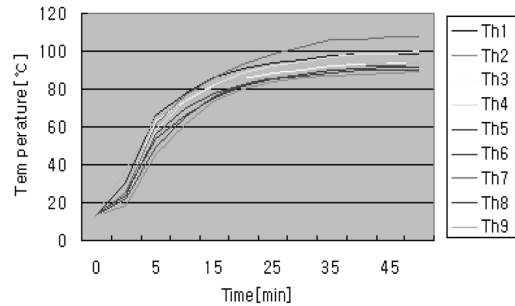


Fig. 10. Time vs. temperature for mat in case of abnormal condition.

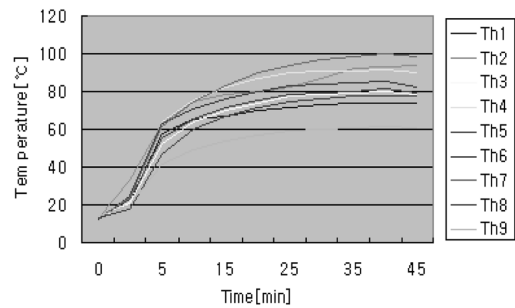


Fig. 11. Time vs. temperature for vinyl pad in case of abnormal condition.

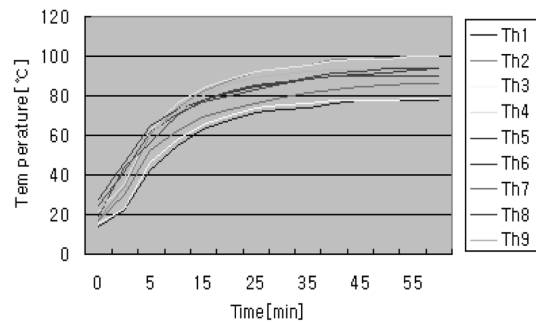


Fig. 12. Time vs. temperature for fabric pad in case of abnormal condition.

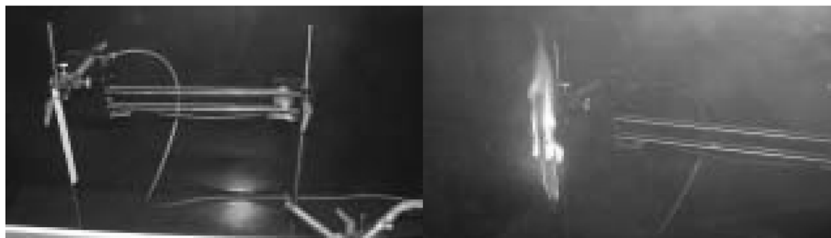


Fig. 13. Vertical burning test (UL 94).

Table 2. Results of vertical burning test

Specimen	Afterflame or afterglow of any specimen up to the holding clamp	Average of after flame time (s)
Outer cover	Yes	16.4
Nonwoven(white)	Yes	17
Nonwoven(black)	Yes	27
Heating wire	Yes	144.6
Silicon heating wire	Yes	204.4

라 전기장판의 난연성능을 시험한 결과 Fig. 13에서 보는 바와 같이 열선, 부직포 등 모든 시험체가 Clamp 지지부분까지 화염이 확대되면서 전소하였다. 부직포나 전기장판의 외피의 경우 30초 이내의 짧은 시간에 전소되었으며, 열선은 좀더 오래 연소가 지속되었으나 UL 94에서 규정하는 난연성능의 기준에 적합하지 않은 것으로 나타났다. Table 2는 난연성시험 결과를 나타낸 것으로 모든 시험체가 Clamp 지지부분까지 연소하였으며, 잔염시간은 모든 시험체가 화염에 의하여 전소하였기 때문에 기준에 적합하지 않은 것으로 나타났다. Table 2의 잔염시간의 평균값은 시험체가 전소하는데 걸린 시간을 나타낸다. 따라서 이와 같이 전기장판의 외피나 열선이 난연성능이 없기 때문에 화재위험성을 감소시키기 위해서는 전기장판의 외피나 열선피복을 난연성능이 있는 재질로 제조하는 것이 필요하다.

4. 결 론

본 논문은 가정용 전열제품 중 전기장판에 대한 화재실험과 난연성시험을 통하여 화재위험성을 분석한 연구이다. 화재실험은 전기장판의 온도조절기가 고장

난 경우를 모델링하였고, 난연성실험은 UL 94의 시험방법을 이용하였다. 그 결과 본 연구의 실험조건하에서는 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 온도조절기를 제거하고 정격전압을 인가한 상태에서 전기매트, 비닐장판, 전기요 모두 100°C 이상의 높은 온도상승을 보여 축열조건이 좋은 경우 화재위험성이 높은 것으로 나타났다.

2) UL 94의 난연성시험방법에 따라 난연성능을 평가한 결과 전기장판의 외피 등은 잔염시간이 30초 이상으로 나타나 난연성능이 없는 것을 알 수 있었다.

3) 전기장판의 화재안전성을 확보하기 위해서는 열선이 설치된 부분에 온도과승방지 설치로 공급전압을 조절할 수 있거나 발열량이 적은 열선을 사용하는 것이 필요한 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 전력산업연구개발사업의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. W. F. Cooper, Electrical Safety Engineering, 3th Edition(1993).
2. A. A. Hattangadi, Electrical Fires and Failures, McGraw-Hill(2000).
3. 김두현 외 5인, 전기안전공학, 동화기술(2000).
4. 원중수, "전기화재-전기기기의 출화요인과 감식", 한국화재소방학회논문지, Vol. 2, No. 2, pp.51-58(1988).
5. 권영구, "전기장판·요의 현황", 전기제품안전21, Vol. 1, pp.22-25(1992).
6. 최충석 외 5, 전기화재공학, 동화기술(2004).
7. UL 94, Test for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances(2000).