

폴리에틸렌으로 피복된 전선을 통해 위로 전파하는 화염에 대한 교류전기장 효과에 대한 실험적 연구

임승재* · 김민국** · 박정***† · 정석호**** · Fujita Osamu*****

Experimental Study on Effect of AC Electric Field on Upwardly Spreading Flame over Polyethylene insulated Electrical Wire

Seungjae Lim*, Minkuk Kim**, Jeong Park***†, Sukho Chung****, Osamu Fujita*****

ABSTRACT

An experimental study on effect of AC electric field on upwardly spreading flame over electrical wire, which is insulated by Polyethylene(PE), was conducted. The result showed that upwardly spreading flame leaned toward unburned side with angle of inclination. With applied electric field, size of upwardly spreading flame increased significantly. Flame spread rate showed various trends with inclination, applied voltage and frequency.

Key Words : AC electric field, Angle of inclination, Flame spread rate, Electrical wire

우주에서의 전선화재는 우주에서 발생할 수 있는 화재의 대표적인 경우로써 우주개발을 진행함에 있어 우주에서의 안전과 생존가능성에 대한 여러 가지 문제를 일으키는 주요 요인으로 인식되고 있다. 이러한 전선화재에 대한 연구는 미래의 우주개발을 위한 필수적인 전제조건이 될 것이다. 이러한 관점에서 전선을 통해 전파하는 화염에 대해 주위의 유동과 압력, 피복제의 종류, 중력의 세기 등 화염전파에 영향을 미치는 요인에 대한 다양한 연구가 수행되어 왔으며[1-8], 이를 토대로 전선화재에 대한 화재안전코드가 존재해 왔다. 하지만 현재까지의 전선화재에 대한 화재안전코드는 전선에 전기장이 인가되지 않았을 경우에 국한되어 있으며, 전선화재에 대한 전기장 효과의 이해는 전기장이 인가되었을 경우의 전선화재에 대한 화재안전코드의 수립에 기여할 것이다. 이에 선행 연구에서는 지면과 수평하게 놓인 전선에 교류전기장을 인가하였을 경우의 화염전파에 대해 보고한 바 있다[9]. 그러나 지상에서의 경우에 전선은 중력의 영향 하에 존재하기 때문에, 전선이 기울어져 있을 경우의 화염은 기

존과는 다른 특성을 보일 것이라 판단된다. 이에 기울어진 상태의 전선에 교류전기장을 인가하였을 경우의 화염전파거동에 대한 실험적 연구가 수행되었다.

Fig. 1은 전선과 와이어홀더(Wire Holder), 함수발생기(Function Generator), 증폭기(Amplifier), 비디오카메라로 구성된 본 연구의 실험장치 개략도이다. 길이가 350mm이고 직경이 0.5mm인 니크롬선에 폴리에틸렌(Polyethylene)으로 피복된 직경 0.8mm의 전선이 사용되었으며, 비전도성 아세탈 수지로 만들어진 와이어홀더에 설치되었다. 전선의 한쪽 끝은 와이어홀더의 고정체에 연결되었으며, 다른 한쪽 끝은 스프링과 연결하여 화염이 전파하는 동안 열팽창에 의한 전선의 변형을 방지하였다. 전선을 단일전극상태로 만들기 위해 전선의 한쪽 끝에만 고전압 터미널에 연결되었다. 전선에 인가되는 교류전기장은 함수발생기와 증폭기에 의해 인가되었으며, 오실로스코프를 통해 전선에 인가된 전압과 주파수를 확인하였다. 화염은 에어실린더(Air Cylinder) 끝에 설치된 점화기에 의해 점화되었으며, 점화기에 의해 발생할 수 있는 전기장 교란을 방지하기 위해 PLC(Programmable Logic Controller)회로를 이용하여 점화 후 전선에서 제거되도록 하였다. 전선에 인가되는 교류전압의 세기는 RMS값으로 0-5kV까지 다양하게 변화시켰으며, 교류주파수는 0-1000Hz까지 변화시켜가며 실험을 수행하였

* 부경대학교 의생명융합공학협동과정
** 한국기계연구원 환경에너지기계연구본부
*** 부경대학교 기계공학과
**** KAUST, Clean Combustion Research Center
***** Hokkaido University, Division of Mechanical and Space Engineering
† 연락처, jeongaprk@pknu.ac.kr
TEL : (051) 629-6141 FAX : (051) 629-6126

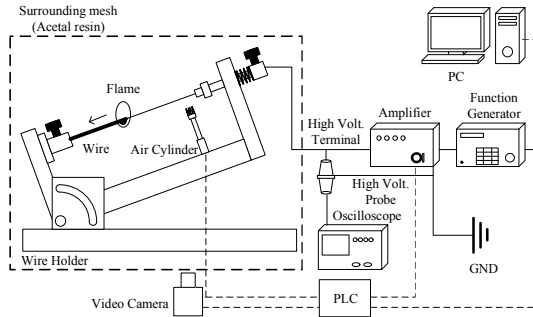


Fig. 1 Schematic illustration of experimental setup

다. 또한 전선이 기울어진 각도는 0°부터 70°까지 다양하게 변화시켰다. 와이어홀더에 연결된 부분을 제외한 213mm구간에서 실험이 수행되었으며, 점화 후 점화천이구간 70mm와 끝에서 와이어홀더와의 영향을 고려한 10mm를 제외한 133mm구간에서 Matlab기반의 코드를 사용하여 분석하였다.

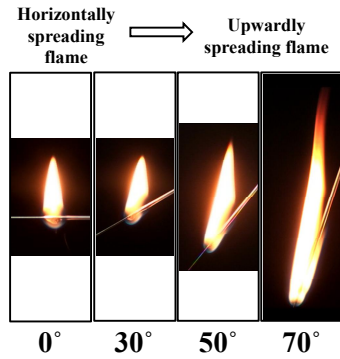
Fig. 2(a)는 전선에 전기장이 인가되지 않았을 경우의 화염의 모습을 전선이 기울어진 각도에 따라 나타낸 그림이다. 전선이 기울어진 각도가 증가할수록 화염의 크기는 급격히 증가하며, 미연측 방향으로 기울어짐을 알 수 있다. 또한 Fig. 2(b)와 같이 전선이 기울어진 각도가 70°로 일정할 경우에 인가되는 전압과 주파수에 따른 화염의 모습변화를 관찰할 수 있었다. Fig. 3은 전선이 기울어진 각도가 70°일 때 전선에 인가되는 전압과 주파수에 따른 화염전파속도를 나타낸 그래프이다. 인가되는 전압과 주파수에 따라 화염전파속도는 큰 차이를 보이며, 특히 인가되는 전압의 크기가 증가할수록 인가되는 주파수에 따른 화염전파속도의 변화가 크게 일어났다.

후 기

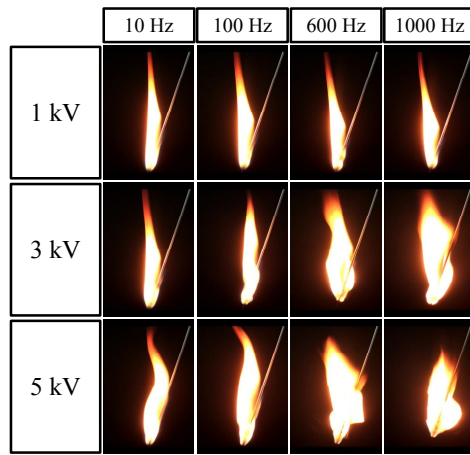
본 연구는 한국연구재단의 우주핵심기술개발사업으로부터 지원을 받아 수행되었습니다.

참고 문헌

[1] O. Fujita, K. Nishizawa and K. Ito, Effect of low external flow on flame spread over polyethylene-insulated wire in microgravity, Proc. Combust. Inst., 29 (2002) 2545-2552
 [2] M. Kikuchi, O. Fujita, K. Ito, A. Sato and T. Sakuraya, Experimental study on flame spread over wire insulation in microgravity, Proc. Combust. Inst., 26 (1998) 2507-2514
 [3] Y. Nakamura, N. Yoshimura, H. Ito, K. Azumaya and O. Fujita, Flame spread over



(a)



(b)

Fig. 2 Instantaneous flame images for (a) upwardly spreading flame without electric field and (b) applied voltages and frequencies at 70°

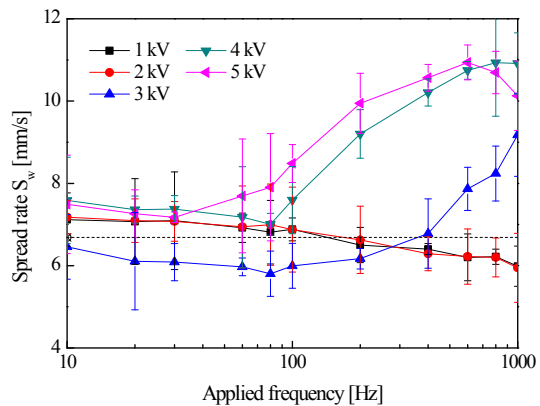


Fig. 5 Flame spread rate with applied frequency for several voltages at 70°

- electrical in sub-atmospheric pressure, Proc. Combust. Inst., 32 (2009) 2559-2566
- [4] Y. Nakamura, N. Yoshimura, T. Matsumura, H. Ito and O. Fujita, Opposed-wind effect on flame spread of electric wire in sub-atmospheric pressure, Journal of thermal science and technology, 3 (2008) 430-441
- [5] A. Umemura, M. Uchida, T. Hirata and J. Sato, Physical model analysis of flame spreading along an electrical wire in microgravity, Proc. Combust. Inst., 29 (2002) 2535-2543
- [6] S. Takahashi, H. Takeuchi, H. Ito, Y. Nakamura and O. Fujita, Study on unsteady molten insulation volume change during flame spreading over wire insulation, Proc. Combust. Inst., 34 (2013) 2657-2664
- [7] Y. Nakamura, N. Yoshimura, T. Matsumura, H. Ito and O. Fujita, Flame spread over polymer-insulated wire in sub-atmospheric pressure : Similarity to microgravity phenomena, Progress in scale modeling, (2008) 17-27
- [8] X. Huang, Y. Nakamura, F. A. Williams, Ignition-to-spread transition of externally heated electrical wire, Proc. Combust. Inst., 34 (2013) 2505-2512
- [9] M.K. Kim, S.H. Chung and O. Fujita, Effect of AC electric fields on spread rate over electrical wire, Proc. Combust. Inst., 33 (2011) 1145-1151