

Ethyl alcohol의 연소속도에 관한 연구

이태구, 최재욱, 목연수, 정두균*

부경대학교 안전공학과, 한국소방안전협회 울산·경남지부*

1. 서론

최근 산업 사회의 급속한 발전에 따라 에너지의 사용이 증대하고 있으며, 이들 물질을 취급, 저장 및 수송하는 과정에서 화재폭발의 가능성은 항상 존재하고 있으며, 여러 가지 인적, 물적 원인에 의해서 화재가 발생하면 인명과 재산상의 피해가 큰 대형사고의 성격을 띠고 있다. 이와 같은 화재폭발 사고를 예방하기 위해서 현장에서 취급하고 있는 위험성 물질에 관한 위험특성을 정확하게 파악하여 근본적인 예방 대책을 강구하여야 하며, 특히 가연성 액체의 경우에는 위험성의 지표인 연소 특성을 파악하는 것은 대단히 중요하다. 연소의 주요 특성치로써는 연소속도, 화염전파속도, 화염도달시간, 화염온도 등이 있다.¹⁾ 국내외적으로 연소에 관한 연구는 오래 전부터 밀폐계 또는 개방계의 인화점에 대한 실험적 연구가 이루어지고 있으며, 국내의 경우 김영수 등²⁾의 화염전파속도에 대한 폭발관 구조의 영향과 세라믹 소염 소자의 소염 성능이 있으며, 해외의 경우 Zhamashchikov 등³⁾이 혼합기체의 연소 특성에 관하여 연구하였다. 또한, 日本自治省消防廳 危險物 委員會의 고 인화점 위험물의 규제의 상태 방법에 관한 보고서⁴⁾와 加納能一 등⁵⁾이 管内에서의 火炎傳播擧動과 화염방지기의 消炎性能에 관한 연구가 있으나, 타 분야에 비해서 연구가 미약한 편이며, 액상 물질의 농도 변화에 따른 연소속도에 관한 문헌을 찾는 것은 정말로 어렵다. 따라서, 본 연구에서는 에틸 알코올을 사용하여 농도와 온도를 변화시켜 이에 따른 연소특성을 분석하고 그 상관 관계를 규명하여 화재폭발 예방을 위한 기초 자료를 제공하고자 한다.

2. 실험장치 및 실험방법

2.1 실험장치

본 실험에 사용한 실험장치는 전파법과 유사한 장치로써 Fig. 1과 같다. 주요 장치의 전체구성은 수조관, 연소관, Thermocouple, 항온조, 기록계, 카메라 등으로 구성되어 있으며, 수조관은 부피가 12ℓ의 아크릴판으로써, 연소시 Boil-over 현상을 방지하기 위해 벽면에 난연성 재료를 부착하였다.

연소관은 Stainless 재질을 이용하였으며, Thermocouple을 일정한 간격으로 연소관에 부착하여 화염의 온도 변화를 측정하였다.

항온조는 35cm×25cm×35cm의 크기로서 내부에 냉각부와 가열부가 들어 있어 온도

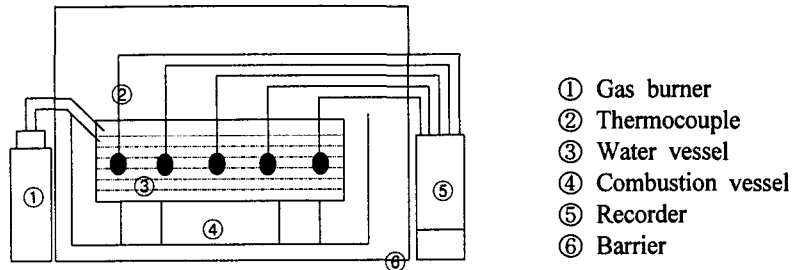


Fig. 1. Schematic diagram of experimental apparatus

를 -35°C 에서 $+95^{\circ}\text{C}$ 까지 자유롭게 조절할 수 있는 ST-30의 2개를 사용하였으며, 열유체로는 에틸렌글리콜과 물을 1:1의 혼합비로 제조한 용액을 넣어서 온도를 조절하는 냉매로 사용하였으며, 항온조 내부의 온도는 설정온도에 따라 전류를 비례 제어할 수 있도록 자동 조절하였다. 기록계는 INR-6000 Series Recorder를 사용하여 각 열전대의 온도 변화율을 차트에 표시하였으며, 카메라는 연소현상을 촬영하여 연소속도를 분석하기 위해 최고 30프레임까지 측정이 가능한 것을 사용하였다.

2.2 실험방법

연소속도 측정은 가연성 액체를 사용하는 것이므로 화재 예방에 만전을 기하여야 하고 온도와 습도 및 외부의 대기 상태에 따라서 연소속도 및 화염의 온도가 많은 영향을 받게 되므로 실험을 행하기에 앞서 측정장소를 무풍 상태로 유지하고 온도 및 습도를 일정하게 유지시켰으며 본 실험을 다음과 같은 순서로 진행하였다.

두개의 항온조를 사용하여 측정하고자 하는 온도로 설정하여 증류수 및 시료를 삼각플라스크에 측정하고자 하는 양만큼 채워서 항온조에 일정한 시간동안 넣어둔다. 시료 및 물의 온도가 설정 온도에 도달하면, 수조관에 균일하게 1ℓ를 넣고 측정하고자 하는 시료를 연소관에 주입한 다음 열전대를 연소관의 각 위치에 부착한다. 기록계와 카메라를 ON시킨 후 연소관의 한쪽에서 가스 점화기를 사용하여 착화시킨다. 한쪽에서 착화가 시작됨과 동시에 카메라로 연소 상황을 촬영 및 관찰한다. 촬영 후 연소속도의 상태를 컴퓨터로 해석하여 연소속도를 구하였으며, 화염의 온도 측정은 5개의 0.35mm pt 열전대를 사용하여 시간의 변화에 따라서 화염온도를 기록계에 기록한 후 온도를 분석함으로써 1회의 실험을 종료하였다.

3. 결과 및 고찰

연소속도의 경우 가연한계 내에서 혼합물의 농도, 온도 및 불활성 기체에 의해 크게 좌우되며 만약 연소열과 반응속도가 크면 연소속도도 커져서 폭발에 이른다.⁹⁾ 본 실험에서는 이러한 연소 특성을 알아보기 위하여 에틸 알콜을 물 비율에 따라 조제하여 사용하였다.

Fig. 2는 농도 변화에 따른 용기별 연소속도를 나타내었으며, 시료의 용기가 작을수록

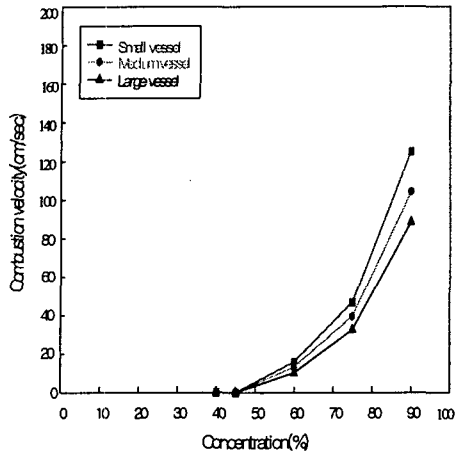


Fig. 2. Combustion velocity of ethyl alcohol by changing concentration.(25°C)

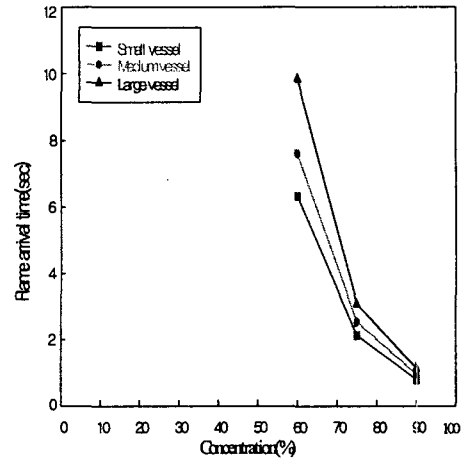


Fig. 3. Flame arrival time of ethyl alcohol by changing concentration.(25°C)

연소가 용이하고 연소속도는 상대적으로 빨라짐을 알 수 있으며, Fig. 3에서는 농도 변화에 따른 용기별 화염도달시간을 나타낸 것으로 용기의 크기가 클수록 화염의 도달시간이 상대적으로 길어짐을 알 수 있다.

Fig. 4는 시료의 농도가 60%이고 용기의 폭이 3cm일 경우에 있어서 각 지점에 대한 화염의 도달시간을 나타낸 것으로서 온도가 높을수록 화염도달시간이 짧게 나타났다. Fig. 5는 용기의 폭이 3cm일 경우에 있어서의 결과로서 온도 변화에 따른 화염의 도달하는 시간을 나타낸 것으로 에틸 알코올의 농도가 증가함에 따라서 화염의 도달시간이 짧게 나타났다.

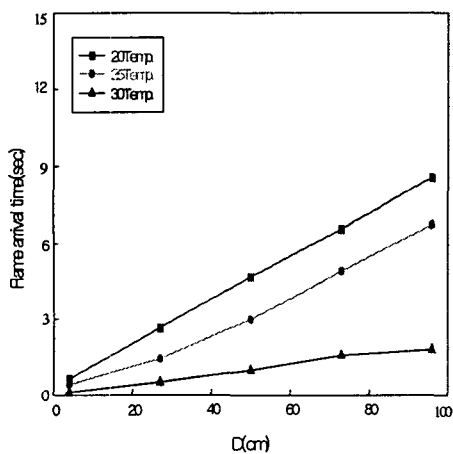


Fig. 4. Flame arrival time of ethyl alcohol by flame propagation distance. (60%, small vessel)

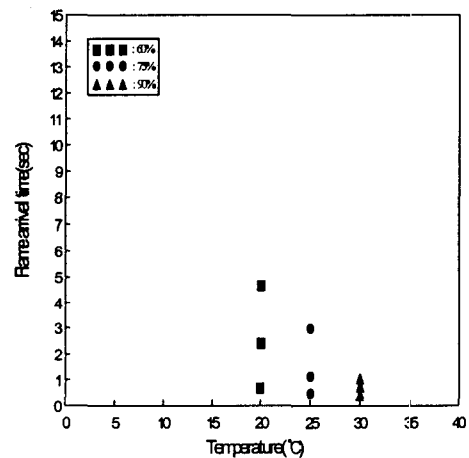


Fig. 5. Flame arrival time of ethyl alcohol by temperature.

(■ ● ▲ : Small vessel)
 (■ ● ▲ : Medium vessel)
 (■ ● ▲ : Large vessel)

4. 결론

산업 현장에서 다목적 용도로 사용되고 있는 에틸 알콜을 전파법을 개량하여 자체 제작한 연소 장치를 이용하여 연소 특성을 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 연소속도는 시료의 온도 및 농도가 높아질수록 증가하는 경향을 나타내었다.
- 2) 시료의 농도가 증가할수록 화염전파속도가 증가하였으며, 온도가 상승할수록 연소속도는 급속히 증가하는 경향을 나타내었다.
- 3) 용기의 크기가 작을수록 연소가 용이하고, 연소속도는 빠르게 나타내었으며, 최대 연소속도는 25℃, 소용기에서 125cm/sec를 구하였다.
- 4) 화염도달시간은 용기의 크기가 클수록 길어지는 경향을 나타내었으며, 시료의 온도 및 농도가 높아질수록 짧아졌다.

참고문헌

1. 오규형, 김홍, 황갑성, 인세진, 연소학, 동화기술, pp. 47-119, (1996)
2. 김영수, 신창섭, “화염전파속도에 대한 폭발 관 구조의 영향과 세라믹 소염 소자의 소염 성능”, Journal of KIIS, Vol. 10, No. 3, pp. 55-61, (1995)
3. V. V. Zhamashchikov, “Special features of combustion of propan-air and hydrogen-air mixtures in a narrow tube”, combustion, explosion, and shock waves, Vol. 33, No. 6, (1997)
4. 自治省消防廳 危險物 委員會, “高引火點 危險物の規制のあり方に關報告書~消防法別表等に關する檢討~, 參考資料 12, 平成 10年 7月.
5. 新井信, 加納能一, 北條英光, 津田健, 化學工學科, 東京工業工學部, “管内における火災の伝播舉動とフレイムアレスターの消炎性能”, 第12節, (1986)
6. 김광렬, 노수영, 김영주, 연소공학, 東和技術, pp. 37-81.