

메칠, 에칠 알콜의 연소속도

Burning Rate of Methyl and Ethyl Alcohols

우 인 성*
Woo, In Sung

Abstract

Burning rate of immobilized methyl and ethyl alcohols on ceramic balls was studied. Experiments were performed by burning methyl, ethyl alcohols immobilized on sands (particle size 0.35mm) and ceramic balls (particle size 1-5mm) to measure mass burning rate, height burning rate and combustion temperature. The longer time from ignition to extinguishment was resulted from the larger particle size of ceramic balls and the smaller size of ceramic balls exhibited the higher mass burning rate. Of alcohols tested the relative magnitude of facilitation of combustion was methyl > ethyl. Combustion temperature of alcohols, without regard to the types of alcohols, was not increased with smaller ceramic balls (up to 3mm of particle size). However, with larger ceramic balls, combustion temperature of alcohols was increased by 40-50°C and the highest combustion temperature was obtained with sands (particle size 0.35mm).

1. 서 론

가연성 액체 (Combustible liquid)는 가연성이 고 또한 상온에서 액체이므로 액체로서의 유동성 때문에 유출되면 넓은 범위로 퍼지고, 연소할 수 있는 가연성 매체가 있다면 화재 폭발의 위험성을 가지게 된다. 그리고 증기압이 높은 가연성 액체일수록 액체의 표면에서 지속적으로 가연성 증기를 발산하므로 발화원에 의하여 인화 또는 가스폭발을 일으킬 위험성을 가지고 있다^{1,2)}.

연소는 성상에 따라 액체연료의 연소, 기체연료의 연소, 고체연료의 연소로 나눌 수 있으며 석유

화학물질의 연소는 대부분 액체연료의 연소와 기체연료의 연소로 나눌 수 있고 액체연료의 연소는 액면연소, 액적연소, 증발연소 및 분무연소가 있다^{3,4)}. 액면연소 (pool burning)는 액면상에서 그 증기가 공기와 혼합하여 연소하는 불균일계 확산연소의 일종으로 이에 관한 연구는 주로 연소를 계속하기 위한 필수조건인 화염으로 부터 액면으로의 열전달과 화재확대의 원인인 열방사에 관하여 湯本 太郎⁵⁾이 연구하였고, Blinov와 Khundyakov⁶⁾는 연소용기의 직경과 연소속도에 관한 연구에서 연소용기의 직경이 10cm까지는 연소속도가 감소하고 그 후 직경의 증가와 함께 증가한다는 결과를 보고하였고, Alpert⁷⁾와 Tewason⁸⁾은 연소속도와 환기배계수의 관계를 연구하였

* 시립인천대학교 산업안전공학과

고, 武田과 秋田^{9,10)} 및 김광일¹¹⁾은 환기지배의 연소에 있어서 나타나는 진동연소과정의 거동을 연구 보고하였으며 이러한 액면연소형태의 화재는 석유탱크저장조의 화재, 해저 유전에서 분출되는 해상화재 등이 있다.

유기용제를 다량 사용하는 석유화학 공장에서의 화재는 다공성 고분자 물질 등과의 복합화재의 형태로 석유화학물질 단독의 화재보다 피해의 규모는 훨씬 크게 나타난다^{2,3)}. 또한 석유화학 물질이 지표로 유출되는 경우도 그와 같은 규모의 화재가 일어날 것으로 예측되나 지금까지의 화재에 있어서 연소특성 및 유해가스독성평가에 관한 연구는 석유화학물질 즉 유기용제, 고분자물질 단독으로 존재할 때 만의 연구로 복합적인 화재 시의 연소특성에 관한 연구와 본 연구와 같이 다공성물질에 유기용제가 함침되어서 일어나는 연소특성에 관한 연구는 거의없는 실정이다.

본 연구에서는 유기용제로 사용되어지는 메칠, 에칠 알콜이 다공성물질에 유출되어 화재가 발생했을 때 재해예측에 필요한 기초자료를 얻기 위하여 연소모양, 연소속도, 및 다공질층의 온도 등을 각각 단독의 유기용제의 물성치와 비교하여 유기용제를 다량 사용하는 석유화학공장의 화재폭발 위험성 평가 및 방호대책 자료를 얻는데 목적이 있다.

2. 실험방법

2-1. 실험장치

연소특성장치는 연소장치의 내경이 연소속도에 영향을 받지 않기 위하여 Blinov와 Khudyakov⁶⁾의 연구결과를 참고하여 그림 1과 같이 직경 100mm 높이 150mm의 원통형 Stainless제품으로 알콜이 연소할 때 연소속도를 측정하기 위하여 측면에 유리 액위계를 부착하여 연소시 액위의 변화를 알 수 있게하고 연소시 알콜의 증량변화와 온도변화를 측정하기 위하여 digital balance에 연소장치를 올려놓고 증량변화를 측정하였으며 온도는 연소장치의 다공질 물질(ceramic ball)의 표면과 중심부에 chromel-alumel thermocouple을 설치하여 X-Y기록계에 연결시켜서 연소온도

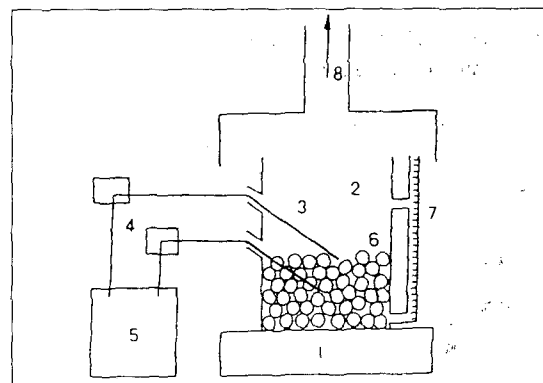
를 측정하였다.

2-2. 실험방법

다공성 물질에 함침시킨 알콜의 연소특성 실험은 그림1의 연소 용기에 직경1~5mm의 다공성물질인 ceramic ball을 50mm 깊이로 채우고 중량을 측정후 유기용제인 methyl alcohol, ethyl alcohol을 ceramic ball표면 까지 함침시킨 후 중량을 측정하고 액위계의 눈금을 기록하였다. 그리고 연소온도 변화를 측정하기 위하여 ceramic ball 표면과 바닥에서 부터 100mm의 중심에 chromel-alumel 열전대를 설치하여 X-Y기록계를 통하여 온도를 측정하였다. 연소특성 실험은 위의 방법으로 ceramic ball의 입경변화, 유기용제의 종류에 대하여 각각 연소를 시킨 후 시간의 변화에 따른 액위계의 눈금변화, 증량감소의 변화 및 온도변화를 측정하였다. 또한 ceramic ball이 없이 각 알콜에 대한 연소특성도 측정하여 비교 검토하였다.

2-3. 실험재료

연소특성실험의 다공성 물질은 직경1~5 mm의 자기 ceramic ball과 0.35mm 모래를 사용하고 유기용제는 인화점이 비교적 낮은 methyl, ethyl alcohol을 사용하였다.



- | | |
|-----------------------------|----------------------|
| 1. Electric digital balance | 2. Combustion vessel |
| 3. Thermocouple | 4. Thermo meter |
| 5. X-Y recorder | 6. Ceramic ball |
| 7. Liquied level indicator | 8. Hood |

Fig. 1. Schematic diagram of combustion characteristics measuring apparatus.

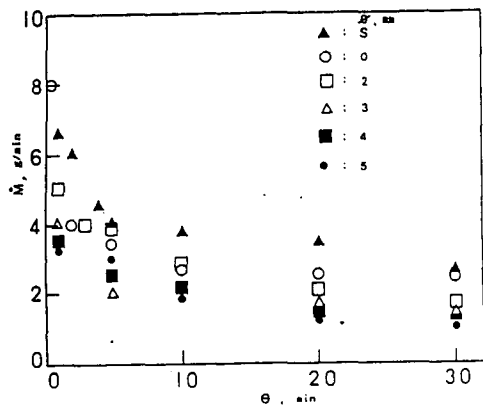


Fig. 2. Effect of ceramic ball diameter on mass burning rate for methyl alcohol.

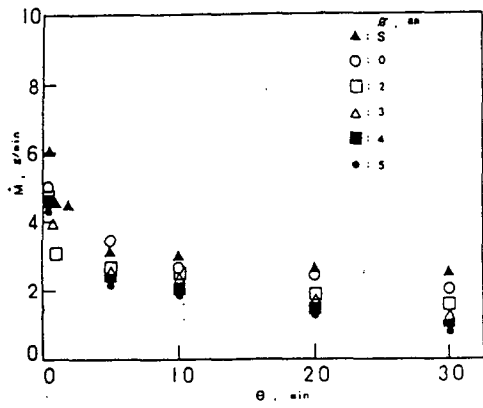


Fig. 3. Effect of ceramic ball diameter on mass burning rate for ethyl alcohol.

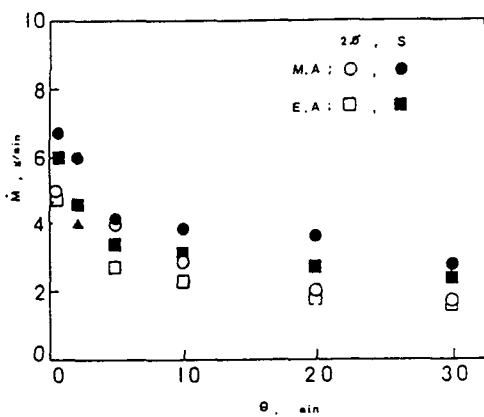


Fig. 4. Comparison of mass burning rate with methyl alcohol and ethyl alcohol.

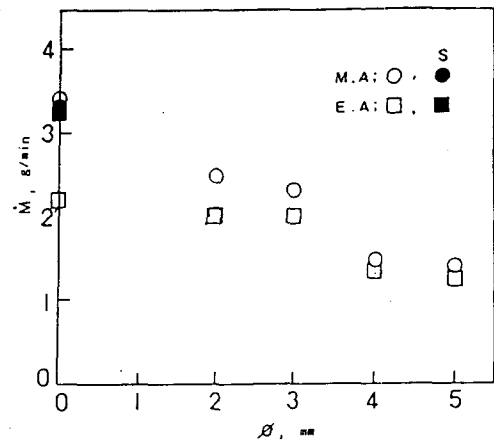


Fig. 5. Comparison of mass burning rate on ceramic ball diameter between methyl alcohol and ethyl alcohol.

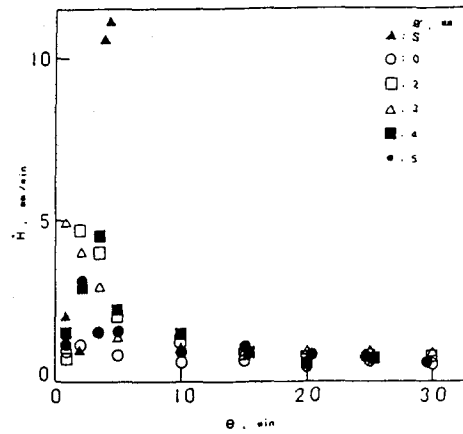


Fig. 6. Effect of ceramic ball diameter on height burning rate for methyl alcohol.

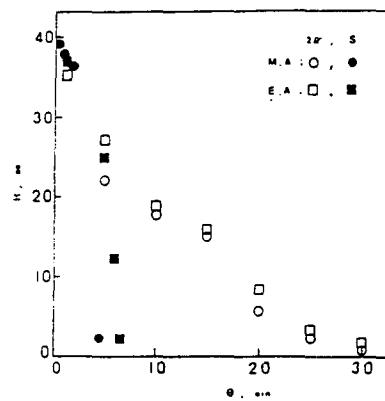


Fig. 7. Comparison of height burning rate between methyl alcohol and ethyl alcohol.

3. 결과 및 고찰

3-1. 알콜의 질량연소속도

다공성 물질에 알콜을 함침 시켰을 때 연소특성을 알아보기 위하여 메칠알콜, 에칠알콜의 연소시간에 따른 질량연소속도(mass burning rate)를 그림 2와 3에 나타내었다. 실험은 연소용기에 ceramic ball을 입경별로 각각 50mm정도 채우고 각 알콜을 ceramic ball의 표면까지 함침시킨 후 thermo sensor를 표면과 바닥에서 부터 100mm 높이에 각각 장치한 다음 thermometer와 X-Y기록계를 연결시키고 알콜용기 전체의 무게와 수위를 기록하고 착화시킨 순간 부터 시간의 변화에 따른 무게변화, 온도변화 및 수위변화를 측정하였다. 그림 2는 메칠알콜을 s로 표시한 0.35mm입경의 모래에 함침시킨 경우와 다공성 물질이 없이 메칠알콜 만 각각 연소시킨 경우 연소감소속도가 가장 컸으며 ceramic ball의 입경이 커질 수록 작아지는 경향을 나타내고 있다. 그림 3은 에칠알콜을 함침시켜 질량연소속도를 측정한 결과로 메칠알콜과 같은 경향을 나타내고 있다. 그림 4는 각 알콜의 질량연소속도를 비교하기 위하여 각 알콜을 모래와 2mm의 ceramic ball에 함침하여 실험한 결과를 나타낸 것이다. 여기서 연소속도는 메칠알콜이 에칠알콜보다 컸으며 초기 5-10분까지는 연소속도가 4-7g/min로 컸으나 그 후 급격히 감소하는 경향을 나타내었고 전체적으로 지수함수로 감소하는 것을 알 수 있다. 그리고 모래에 함침시킨 경우가 2mm의 ceramic ball에 함침시킨 경우보다 훨씬 컸다. 이것은 화재 발생 시 화재 초기에 소화시키기 위하여 사용하는 소화사와 연관시킬 때 가연성물질의 종류와 양에 따라 화재가 촉진될 수도 있다는 것을 알 수 있는 실험결과이다. 또한 그림 5는 ceramic ball의 입경변화에 따른 질량연소속도를 나타낸 것으로 입경이 커질 수록 연소속도는 감소하는 것을 알 수 있다. 이것은 그라스 비드에 메칠알콜을 함침하여 연구한 竹内朝光¹²⁾의 연구결과와 일치하고 있다.

3-2. 알콜에 따른 연소수위 감소속도

그림 6과 7은 메칠알콜과 에칠알콜을 모래와 각

입경의 ceramic ball에 함침시켰을 때 연소수위 감소량을 나타낸 것이다. 여기서 알 수 있는 바와 같이 모래에 함침시킨 경우 연소 수위 감소속도는 매우 커서 메칠알콜은 4분 에칠알콜은 6분 사이에 각각 눈금을 기록할 수 없었으며 연소시간도 길어졌다. 그림 7은 모래와 2mm의 ceramic ball에 메칠알콜과 에칠알콜을 함침시켰을 때 연소수위감소속도를 나타낸 것이다. 여기서 연소수위감소속도는 메칠알콜이 에칠알콜보다 컸으며 모래에 함침시킨 경우가 ceramic ball에 함침시킨 경우보다 훨씬 컸다. 또한 시간에 따른 연소속도는 연소 후 2-5분 에서 최고치를 나타내었으며 입경이 커질 수록 감소하는 경향을 나타내었다. 이것은 액체의 연소속도는 확산연소⁴⁾로 입경이 작은 다공성물질의 표면에서 알콜의 기화량이 증가 하므로 확산속도가 커지기 때문으로 생각된다. 또한 알콜에 따른 평균수위 감소속도는 메칠알콜이 에칠알콜보다 컸다.

3-3. 연소 온도

연소 온도는 화재에 있어서 전파의 가능성을 나타내는 parameter로서 연소온도가 높으면 자연 발화를 촉진시켜 화재의 위험성이 증가하게 된다^{2,3)}. 그림 8과 9는 메칠알콜과 에칠알콜을 ceramic ball의 입경을 변화시켜서 각각 함침하여 연소 할 때 시간에 따른 온도 분포를 나타낸 것이다. 여기서 모래에 함침시킨 경우의 온도가 가장 높았으며 ceramic ball의 입경이 클수록 연소온도는 높은 것을 알 수 있다. 그림 10은 알콜의 종류에 따른 연소온도를 나타낸 것으로 연소 온도는 메칠알콜이 에칠알콜보다 높은 것을 알 수 있고 여기서도 모래에 함침시킨 경우가 ceramic ball에 함침시킨 경우보다 연소 온도가 훨씬 높았다. 또한 3mm의 ceramic ball에 함침시킨 경우 연소온도는 400℃ 인데 비하여 모래에 함침시킨 경우 연소온도는 650℃ 정도로 250℃ 정도 훨씬 높았다. 이것은 연소속도의 경향과 같이 연소속도가 크면 알콜의 기화량 즉 확산속도가 커지므로 연소속도가 높아 연소온도가 높은 것으로 생각된다. 그리고 ceramic ball에 함침 시킨 경우 연소온도는 입경이 2-3mm의 경우에는 비슷하였으나 입경이 5mm

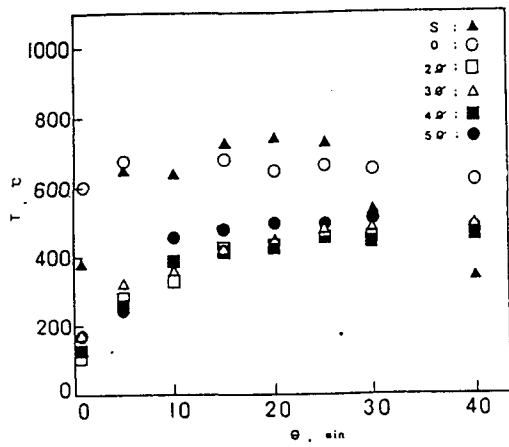


Fig. 8. Temperature distribution on variable ceramic ball diameter for methyl alcohol.

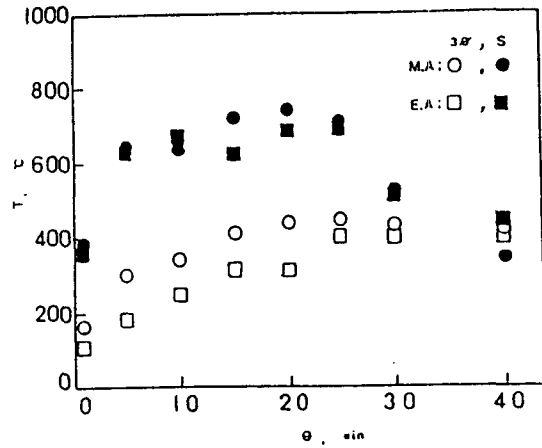


Fig. 10. Comparison of temperature distribution between methyl alcohol and ethyl alcohol.

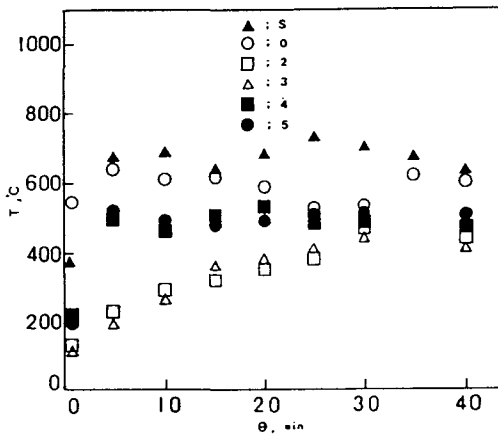


Fig. 9. Temperature distribution on variable ceramic ball diameter for ethyl alcohol.

인 경우 그보다 40-50°C 정도 높았다. 연소온도는 연소시간이 20-30분 사이에서 재 상승이 일어나고 입경이 작은 경우 그 시간은 길어졌다.

4. 결 론

모래와 ceramic ball에 메칠알콜, 에칠알콜을 각각 함침시켜 연소특성을 실험한 결과 다음의 결론을 얻었다.

1. 착화해서 소화까지의 시간은 다공성물질의 입경이 커질 수록 길어진다.
2. ceramic ball에 함침시킨 알콜의 질량연소속도는 알콜에 관계없이 입경이 작을 수록 커지고

메칠 알콜이 에칠 알콜보다 컸다.

3. 연소온도는 ceramic ball에 함침시킨 경우보다 모래에 함침시킨 경우가 훨씬 높았다.

참 고 문 헌

1. H.H. Fawcett, and W.S. Wood., "Safety and Accident Prevention in Chemical Operations", John Wiley & Sons, N.Y.(1982).
2. T.H. Ladwig., "Industrial Prevention and Protection", Van Nostrand Reinhold, N.Y. (1991).
3. 安全工學協會編, "火災", 海文堂 (1983).
4. 平野 敏右, "燃燒學", 海文堂 (1986).
5. 湯本 太郎, "液面における 燃燒速度と放射熱", 東京理科大学 博士論文(1977).
6. V.I. Blinov, and Khudyakov, G.N., Dokl. Akad. Nauk SSSR, 113(5), 1094(1957).
7. R.L. Alpert., Comb. Sci. and Technology, 15, 11(1977).
8. A.Tewarson., Comb. and Flame, 19, 363 (1972).
9. 武田 久弘, 川口 隆, 秋田 一雄., 日本火災學會, 31(2), (1981).
10. H.Takeda, and K. Akita., 8th syposium(international) on Combustion, 519(1981).
11. 金 鑛 鎰., "室內火災의 性狀에 關する 研究", 横浜國立大學 博士論文(1991).
12. 竹內朝光, 平野敏右, 鶴田 俊, 日本安全工學, 第20回, 安全工學シンポジウム, 249(1990).