Gasoline과 연료첨가제의 자연발화 및 폭발한계특성에 관한 연구

전세호 · 목연수 · 최재욱 · 임우섭 · 김봉훈*

부경대학교 안전공학과 · *한국산업안전공단

1. 서 론

국내 산업에 소요되고 있는 화석연료인 석유류제품은 전량 수입에 의존하고 있으며, 특히 내연기관의 연료로 사용되어지는 Gasoline은 석유류 제품 중에서도 인화점이 비교적 낮은 편이며, 고가의 제품으로 취급되어진다. 또한 대표적 내연기관인 자동차의 경우 연료비 인상에 따른 경제적 부담을 줄이기 위해 연료첨가제를 사용하고 있으며, 이러한 연료첨가제에 대한 환경적인 문제는 이미 사회문제로 대두되어 그 실용성이 확인된바 있으나, 인화성 액체인 연료첨가제에 대한 위험특성자료에 해당되는 발화온도와 폭발한계특성 등에 관한 자료는 거의 없는 실정이다. 또한 연료첨가제의 기능상 Gasoline과의 일정한 비율의 혼합을 원칙으로 하고 있으나, 일반시중에서 판매되는 연료용 첨가제는 정확한 자료도 없이 혼합하여 사용되고 있는 실정이다.

따라서 본 연구는 Gasoline과 연료첨가제의 농도비율에 따른 발화온도[1~2]와 폭발한계특성을 제시함으로써 취급과 사용함에 있어서 그 위험성에 대한 기초자료를 제공하고자 한다.

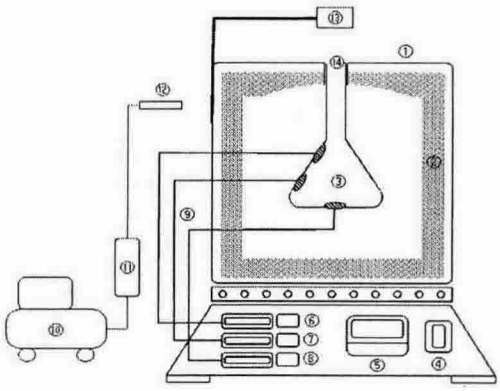
2. 실험장치 및 방법

2. 1 실험시료

본 실험에서 사용된 Gasoline은 ○○정유에서 생산되는 것을 사용하였으며, 연료첨가제는 (주)△△에서 생산되는 Cenox라는 제품을 사용하였다. 그리고 순수한 Gasoline 및 Cenox와 이 두 물질을 20, 40, 60, 80%의 부피비율로 혼합하여 실험을 하였다.

2. 2 자연발화 실험장치 및 가스폭발 실험장치

자연발화온도 측정장치는 ASTM[3]식 발화온도 측정장치로서 Fig. 1.에 나타내었으며, 가스폭발 실험장치는 전파법을 개량한 장치로서 주 구성요소는 폭발통부, 에너지 공급부, 폭발압력 측정장치 및 진공펌프 등으로 구성되어 있다.



① Electric furnace
② Heat
③ Flask
④ Power supply
⑤ Temperature controller and indicator
⑥ Upper part temperature indicator
⑦ Side temperature indicator
⑧ Lower part temperature indicator
⑨ Thermocouple
⑩ Compressure
⑪ Silicagel column
⑫ Cleaning air tube
⑬ Mirror
⑭ Sample injection port

Fig. 1. Schematic diagram of experimental apparatus for autoignition.

2. 3 자연발화 실험방법

파이렉스제 시험용기의 상부, 측부 및 하부에 열전대를 부착시키고, 온도제어장치로 원하는 온도로 미리 설정한 후, AC 200V의 전원을 공급하여 발화측정창치내에 설정된 온도까지 올라가면, 실험은 다음과 같은 순서로 행하였다.

1) 마이크로실린저를 사용하여 원하는 만큼의 시료를 채취한다.
2) 채취한 시료를 플라스크 상부에서 수직으로 주입함과 동시에 스톱위치를 눌러 발화할 때까지의 시간을 측정한다.
3) 발화유무는 상부의 반사경을 통하여 육안으로 판별하고, 1분의 시간경과 후에도 화염이 발생되지 않는 경우에는 "비발화"라 판정한다.
4) 발화유무를 확인 후, 플라스크내에 건조공기를 압축하여 보내어 잔류증기를 제거한 후 1회 측정을 마친다.

최저발화온도의 그 시료량으로 온도를 높여가면서 발화지연시간이 1sec가되는 온도를 "순간발화온도"로 판정하였다.

2. 4 가스폭발 실험방법[4)]

가스폭발 실험 시 진공펌프를 사용하여 폭발통 내부(25℃)를 진공상태($-1.000 kg_f/cm^2$)를 만든 다음, Dalton의 분압법칙을 이용하여 원하는 농도의 가연성기체 상태를 만들었다. 그리고 에너지 공급부에서 점화에너지를 공급하여 폭발유무를 확인하였으며, 폭발 시 오실로스코프상에 나타난 압력파형과 전류파형을 기록하여 폭발압력 및 최대폭발압력상승속도를 구하였다.

3. 결과 및 고찰

3. 1 최저자연발화온도

Fig. 2와 3은 Gasoline과 Cenox의 최저발화온도를 결정하기 위해 시료량을 10~250 $\mu\ell$의 범위에서 발화한계온도를 나타낸 것으로, 시료량 100$\mu\ell$에서 최저자연발화온도를 나타냈다.

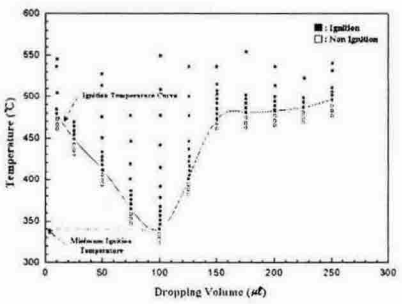


Fig. 2. Relation between ignition temperature and dropping volume for gasoline.

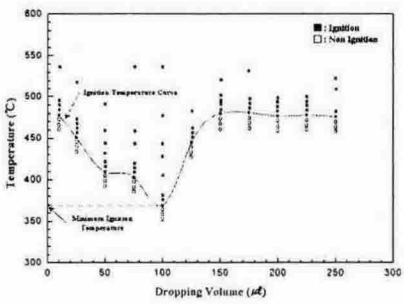


Fig. 3. Relation between ignition temperature and dropping volume for cenox.

3. 2 순간발화온도

Fig. 4와 5는 Gasoline과 Cenox의 최저발화온도를 구한 시료량으로부터 온도를 상승시켜 발화될 때까지의 지연되는 시간이 1sec가 되는 온도를 순간발화온도로 하였다.

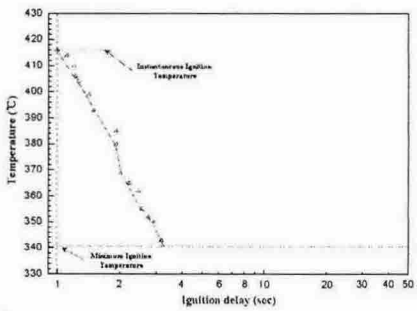


Fig. 4. Relation between ignition temperature and dropping volume for gasoline.

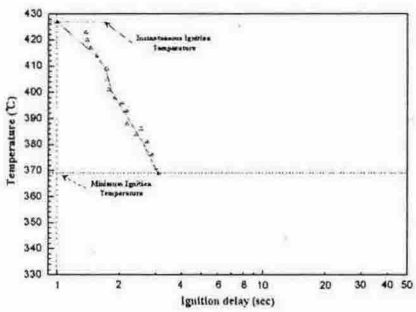


Fig. 5. Relation between ignition temperature and dropping volume for cenox.

3. 3 산소농도에 따른 폭발한계측정 및 최대폭발압력 상승속도

산소농도에 따른 폭발한계범위는 Fig. 6에 나타내었으며, 산소농도 21%에서 Gasoline의 폭발범위는 1.6~7.8%를 구하였다. 또한 최대폭발압력상승속도는 Fig. 7.에 나타내었으며, 산소농도 21%에서 Gasoline은 195.45$kg_f/cm^2 \cdot s$를 구하였다.

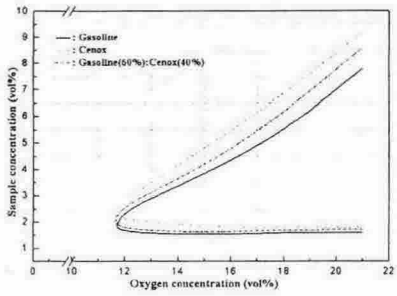


Fig. 6. 산소농도변화에 따른 폭발한계

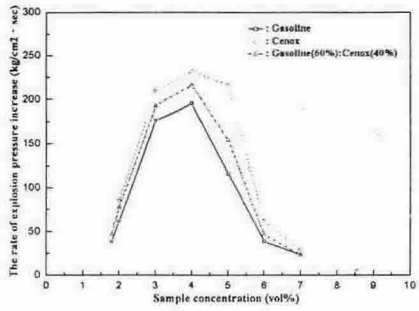


Fig. 7. 최대폭발압력상승속도와의 관계 (산소농도 21%)

4. 결 론

Gasoline과 연료첨가제(Cenox)의 자연발화 및 폭발한계특성을 고찰하기 위해 실험을 행한 결과 다음과 같은 결론를 얻었다.

1) Gasoline은 시료량 100㎕에서 313.5℃의 최저발화온도를 구하였으며, Cenox는 시료량 100㎕에서 368.5℃의 최저발화온도를 구하였다.
2) Gasoline은 416℃의 순간발화온도를 구하였으며, Cenox는 427℃의 순간발화온도를 구하였다.
3) Gasoline과 Cenox의 폭발한계농도는 산소농도 21%에서 폭발범위는 각각 1.6~7.8, 1.8~9.2%를 구하였으며, Gasoline(60%)+Cenox(40%)에서 폭발범위는 1.7~8.6%를 구하였다.
4) 산소21%의 경우 Gasoline 및 Cenox의 최대폭발압력상승속도는 195.45$kg_f/cm^2 \cdot s$ 및 231.72.$kg_f/cm^2 \cdot s$ 를 구하였다.
5) 산소21%의 경우 Gasoline(60%)+Cenox(40%)의 최대폭발상승속도는 216.16$kg_f/cm^2 \cdot s$를 구하였다.

참고문헌

1) 睦演洙, 趙泰濟, 全成均, 兪龍鎬, 化學安全工學, 東和技術, pp.99-105, 1994.
2) J. W. Choi, Y. S. Mok and S. Y. Kim, "A Study on Spontaneous Ignition Estimation of Granulated Activated Carbon", J. of the Korea Institute of Chemical Engineering, Vol. 31, No. 5, 1993.
3) ASTM : "Test Method E659-78(2000) Standard Test Method for Autoignition Temperature of Liquid Chemicals", American Society for Testing Materials, Phladepia, PA., 1994.
4) N. A. Kakutkina, A. A. Korzhavin, V. S. Babkin, V. V. Zamashchikov, and A.A. Pleslov, "Scale Modeling of Gas Explosions in Closed Vessels, Combustion", Explosion and Shock Waves, Vol. 32, No. 6, 1996.