

열역학 평형 계산을 이용한 점화제의 점화반응 분석

엄기현* · 김경민* · 원용선*†

Equilibrium Analysis on the Pyrotechnic Reactions of Igniters

Ki Heon Eom* · Kyung Min Kim* · Yong Sun Won*†

ABSTRACT

This study investigated the aging reactions of three kinds of igniters(BKNO₃, THPP, ZPP). The life-time of igniter depends on oxygen and moisture in the air. For example, Magnesium contained in the BKNO₃ reacts with oxygen and water to form oxide and hydrate. This reaction has an adverse effect on ignition reaction and could be information to analyze aging. Thermodynamic calculation could interpret the aging reaction by calculating flame temperature applying several variables(initial temperature, composition, etc.). If combustion is not completed because of aging igniters, flame temperature will be formed at a low range. The result of this research is expected to support the analysis of igniters aging reactions.

초 록

본 연구는 3종류의 점화제(BKNO₃, THPP, ZPP)에 대한 노화 반응을 수행하였다. 점화제의 수명은 대기에 포함된 산소와 수분의 영향을 받는다. 예를 들면 BKNO₃의 경우 산소, 수분과 결합하여 산화물 또는 수산화물의 형태로 반응이 이루어진다. 이러한 반응은 점화 반응에 있어서는 좋지 않으며, 점화제의 노화 현상의 분석에 있어 매우 중요한 정보가 될 수 있다. 열역학 계산은 점화제의 초기온도, 조성 등으로써 화염온도를 계산하며, 그로써 노화 반응을 설명할 수 있다. 노화에 의해 점화제가 불완전 연소 되었다면, 화염온도는 완전 연소 되었을 경우보다 낮은 범위에서 형성될 것이다. 본 연구에 대한 결과가 점화제의 노화 반응 분석에 대한 뒷받침이 될 것으로 기대된다.

Key Words: Pyrotechnic Reaction(점화반응) Flame Temperature(화염온도), Thermodynamic Calculation(열역학 계산), Aging Reactions(노화반응)

* 부경대학교 화학공학과

† 교신저자, E-mail: yswon@pknu.ac.kr

추진 기관 등에 주로 이용되어지는 고체 점화제는 금속 분말, 산화제, 그리고 유기 고분자로 이루어진 결합제로서 형태를 갖추고 있다. 주로 쓰이는 고체 점화제는 MTV, BKNO₃, THPP, ZPP 등이 있다. 한편, 고체 점화제는 산소, 수분 등과의 반응성이 큰 것으로 알려져 있으며, 이러한 현상은 점화제의 노화(aging)를 야기시킨다.[1,2]

점화제가 노화된 정도 만큼 발생하는 열(에너지)이 줄어들 것이므로 그에 따라 화염온도 또한 하강하게 될 것이다.

2. 연구 내용 및 결과

노화반응 분석은 열역학 계산 프로그램 Thermo-calc를 이용하여 수행하였다. 평형계산에서의 중요한 조건은 점화제를 싣고 있는 용기가 밀폐되어 있는 것으로 보는 것이다. 즉, 계(System)를 단열상태로 설정하는 것이다. 이후, 점화제와 산소, 수분과 접촉한 경우의 화염온도 계산으로 노화의 정도를 파악한다.

Fig. 1은 산소에 따른 BKNO₃ 점화제의 점화 후 화염온도 분석을 그래프로 나타낸 것이다. 산소의 포함 정도가 커질수록 화염온도가 저하되는 것을 확인할 수 있다.

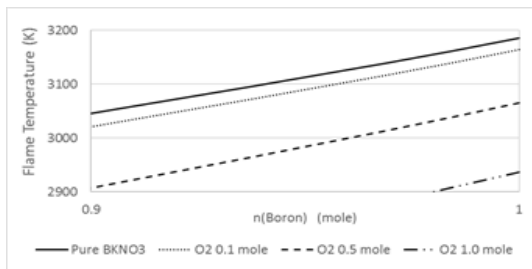


Fig. 1 Prediction of the flame temperature of BKNO₃ igniter; oxygen inclusion.

THPP와 ZPP의 경우 BKNO₃ 점화제와 마찬가지로 산소, 수분의 비율이 늘어날수록 화염온도가 저하되는 것으로 분석되었다. 화염온도 형성이 BKNO₃와 THPP의 경우 3000 K 부근에서 형성됨에 반해 ZPP의 경우는 약 4300 K 부근에서 형성되는 것 또한 확인할 수 있었다.

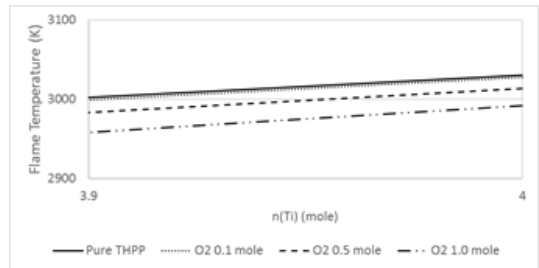


Fig. 2 Prediction of the flame temperature of THPP igniter; oxygen inclusion.

3. 결 론

화약 연소의 정도를 열역학 평형계산을 이용하여 도출한 점화제의 화염온도를 통한 파악으로 온도, 압력, 조성 등의 외부적 요인이 노화반응에 영향을 미쳤는지에 대해 가늠할 수 있다.

참 고 문 헌

1. Yano, Y., "Condensed Phase Reaction of Boron with Potassium Nitrate," Propellant, Explosive, Pyrotechnics, 14(5), 187-189(1989).
2. Cho, K. H. and Kim, E. Y., "Life Expanancy Estimation of the Propellants KM 10 Using High Temperature Accelation Aging Test and Stockpile Analysis Test," Korean Chem. Eng. Res., 48(6), 695-699(2010).