

과산화수소/케로신(촉매점화) 점화기의 점화특성에 관한 연구

김기우* · 김태완* · 이양석* · 김 유** · 고영성* · 김선진***

Ignition Studies Of Igniter using Hydrogen Peroxide And Kerosene (Catalyst Ignition)

Kiwoo Kim* · Taewan Kim* · Yangsuk Lee* · Yoo Kim** ·
Youngsung Ko* · Sunjin Kim***

ABSTRACT

Exothermic and ignition characteristic of igniter is very important factor in engine performance. Since the igniter performance is effected by Hydrogen Peroxide decomposition rate, we have to test the preliminary catalyst performance test. In this report, after making igniter using hydrogen peroxide/kerosene, a thermal characteristic were examined by comparing hydrogen peroxide mass and catalyst mass. And then we study ignition characteristic of the affects of O/F ratio using the previous data.

초 록

점화기의 발열온도와 점화특성은 엔진 성능에 있어 매우 중요한 요소이다. 과산화수소/케로신 점화기는 과산화수소 분해율에 따라 큰 성능차이가 발생하므로 점화기의 연구에 앞서 촉매 분해성능 연구를 선행할 필요가 있다. 본 논문에서는 과산화수소/케로신을 사용하는 점화기를 제작하여 과산화수소/촉매의 비율에 따른 발열온도 파악과 이때 얻어진 자료를 바탕으로 O/F ratio 별 점화특성의 확인하였다.

Key Words : Hydrogen Peroxide(과산화수소), Kerosene(케로신), SUS(Steel special Use Stainless)

1. 서 론

근래까지 성능을 최우선하는 로켓 개발방향으로 인하여 로켓 추진제의 산화제는 상대적으로

고성능이며 저장성이 우수한 Hydrazine, 사산화질소등으로 대체되면서 과산화수소를 이용한 로켓연구는 현격히 감소하였다. 그러나 Hydrazine 과 사산화질소 사용에 따른 환경오염 및 운용 시 위험 때문에 과산화수소는 단일 추진제 및 이원 추진제의 산화제로서 관심이 높아지고 있는 실정이다. 또한 안정성이 크게 개선되고 고 순도 과산화수소가 개발되면서 친환경성, 운영비용 등의 장

* 충남대학교 항공우주공학과

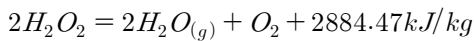
** 충남대학교 기계공학과

*** 청양대학교 소방안전관리학과

연락처, E-mail: ysko5@cnu.ac.kr

점들과 함께 이를 로켓 추진제로 활용한 연구가 활발히 진행되고 있다[1-3].

과산화수소와 케로신을 이용한 점화 시스템은 과산화수소가 촉매 베드를 통과하여 기체상태의 수증기와 산소로 분해되고 이 분해생성물에 케로신을 분사시켜 점화시키는 촉매점화 방식이다. 과산화수소가 촉매에 의해 정상적으로 분해된다면 Table 1. 과 같이 분해 생성물의 온도가 케로신의 점화온도보다 높아 외부로부터의 추가적인 점화 에너지가 필요 없다[4].



이 점화방식은 과산화수소의 분해 생성물에 케로신만 분무하면 되기 때문에 분사 시스템이 간단하고 분해된 과산화수소가 높은 모멘텀을 가지므로 액체상태의 케로신을 빠르게 미립화 시킬 수 있는 장점이 있다[4].

본 연구에서는 과산화수소의 발열특성과 점화 특성을 확인하여 추후 예정된 점화지연 시간, 최적 과산화수소 공급 리드타임 선정 등 점화기 신뢰도 향상을 위한 선행연구로서 최종목표인 과산화수소/케로신 연소기 제작의 기초자료 제공을 목표로 하고 있다.

Table 1. Theoretical Adiabatic Gas Temperature for Various Concentrations of H_2O_2

H_2O_2 Concentration (%)	Decomposition Temperature (°C)
80	510
85	630
90	750
95	870
98	950

2. 실험장치 및 방법

2.1 점화기

점화기는 Fig 2와 같이 크게 매니폴드, 인젝

터, 촉매 베드로 구성된다. 촉매와 촉매 베드는 촉매점화 장치 설계의 가장 중요한 설계요소 중 하나로 촉매를 이용하여 과산화수소를 분해시켜 케로신 점화에 필요한 에너지를 생성한다. 촉매와 촉매 베드에 관한 연구는 활발히 진행 중이므로 본 연구에서는 촉매 베드의 최적설계에 관한 연구를 선행하기 보다는 충분한 촉매를 수용시킴으로서 과산화수소 유량의 변화에도 높은 분해율을 보이는 촉매 베드 설계에 중점을 두었다.

연료(케로신)분사 인젝터는 효과적인 미립화를 위해 Swirl Type 인젝터를 선정하였고 산화제(과산화수소) 인젝터는 샤워헤드 타입으로 인젝터 홀 개수는 18개 이고 각각의 직경은 0.6mm로 가공하였다.

2.2 공급설비

산화제 및 연료를 점화기에 공급하기 위하여 고압질소를 이용한 가압방식을 사용하였으며 각각의 유량을 고려하여 과산화수소와 케로신 배관은 1/2"와 1/4" 직경으로 구성되었다. 특히 과산화수소의 높은 반응성을 고려하여 모든 배관과 저장탱크는 SUS계열을 사용하였으며 내부세척을 수행하였다. Fig 3.은 공급설비의 개략적인 P&ID이다.

이번 연구에서는 95% 농도의 과산화수소를 사용하였고 촉매대 후미에 K-Type의 온도센서를 6개 부착하여 평균적인 분해특성을 확인하였고 케로신과 과산화수소 공급배관에 유량계를 설치하여 각각의 유량을 측정하였다.



Fig. 1 Catalyst bed

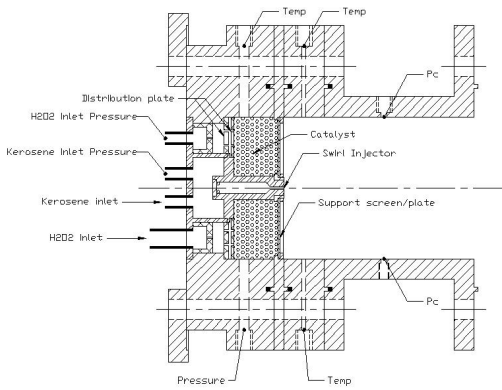


Fig. 2 Schematic of igniter

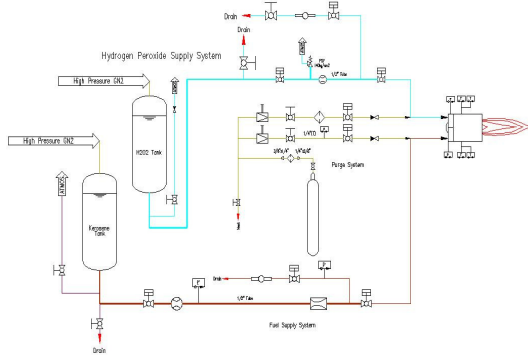


Fig. 3 Simplified schematic of supply system

2.3 실험방법 및 목적

앞서 설명했듯이 과산화수소/케로신 점화시스템의 촉매 베드 성능평가는 필수적이다. 따라서 이번 연구에서는 촉매 베드 성능평가를 선행한 후 이때 얻어진 데이터를 기초로 하여 O/F ratio별 점화여부를 연구 하였고 이 자료는 추후 연구의 기초자료로 사용될 예정이다.

첫 번째 실험은 과산화수소/촉매의 비율에 따른 발열특성과 촉매대가 가장 높은 효율을 나타내는 과산화수소 유량측정을 목표로 하였다. 과산화수소 가압 압력은 0.6bar에서 2.6bar까지 이고 이때의 유량은 수류실험에서 얻은 데이터를 기초로 예상할 수 있었다. 여기서 얻은 자료를 바탕으로 과산화수소 유량은 고정시키고 케로신 유량을 제어하여 O/F ratio에 따른 점화가능여

부를 관찰하였다. 또한 과산화수소 리드타임이 점화에 미치는 영향을 확인하기 위하여 과산화수소 리드타임을 1.5초에서 4.5초로 변화시켜 이때의 점화여부를 확인하였다.

실험 수행 시 한 가지 주의해야 할 사항은 촉매에 케로신이 묻어있는 상태로 과산화수소와 반응이 일어나면 촉매 베드 후류의 온도는 농도 95%의 과산화수소의 단일분해온도인 870°C보다 높은 온도까지 상승하게 된다. 이는 촉매를 지지하고 있던 mesh에 손상을 주게 되어 점화기로서의 기능을 상실하게 된다. 또한 케로신이 점화기 내부에 잔류한 상태에서 과산화수소와 촉매가 반응하게 되면 분해된 과산화수소와 다량의 케로신이 단시간에 반응하여 hard start의 위험이 있다. 따라서 점화를 위한 적절한 리드타임 선정과 시험 중 충분한 purge가 이루어 져야한다.

3. 실험결과 및 고찰

과산화수소의 가압압력을 0.6bar에서 2.6bar 까지 변화를 주면서 이때의 발열특성을 관찰하였는데 압력에 따라 유량은 최소 72.5g/s에서 최대 156.4g/s까지 증가하였다. Fig 4.에서 볼 수 있듯이 분해가스 온도가 770°C 전후로 과산화수소 유량이 증가함에 따라 소폭 감소함을 확인할 수 있는데 농도 95% 과산화수소의 단일 분해온도가 870°C임을 감안하면 과산화수소가 상당부분 분해됨을 알 수 있었다. 이는 케로신의 점화온도를 상회하는 범위로서 촉매점화에 필요한 온도를 충분히 만족시키는 것으로 판단된다.

과산화수소와 촉매량에 따른 발열특성 파악을 통해 촉매대의 분해성능이 점화에 필요한 성능을 만족한다고 판단되어 O/F ratio에 따른 점화특성을 수행하였다. 두 번째 실험에서는 과산화수소 가압압력을 1.2bar로 고정시키고 케로신의 가압압력을 1bar에서 5bar까지 변화시켰다. 이때의 과산화수소 유량은 94g/s, 케로신의 유량은 가압압력에 따라 11.2g/s에서 17g/s이고 과산화수소 리드타임을 1.5초에서 4.5초로 설정하여 과산화수소 공급 리드타임에 의한 점화특성도 확

인하였다.

Table. 2에 실험 결과를 나타내었다. 첫 번째 실험과 두 번째 실험에서 점화에 실패한 이후 과산화수소 리드타임을 4.5초로 수정하여 모든 점화에 성공하였다. 3,4,5번 실험을 통하여 점화 가능한 O/F ratio 구간을 파악하였으며 이후 실험에서는 리드타임을 변화시켜 점화에 성공하였다. 1번 실험과 7번 실험을 비교해보면 동일한 실험조건 임에도 불구하고 상이한 결과를 나타내었는데 이는 충분한 리드타임과 반복된 실험에 의한 점화기 내부온도 상승이 점화에 영향을 미친 것으로 파악된다.

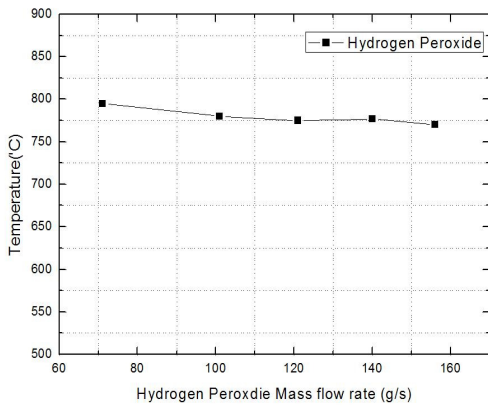


Fig. 4 Hydrogen Peroxide mass flow rate(g/s) vs gas Temperature(°C)

Table 2. Test data including Ignition results

Test #	O/F ratio	lead time (sec)	Ignition
1	7.28	2.5	×
2	8.25	2.5	×
3	8.83	4.5	○
4	7.23	4.5	○
5	5.52	4.5	○
6	7.23	3.5	○
7	7.23	2.5	○
8	7.23	1.5	○

4. 결 론

본 연구는 과산화수소/케로신을 이용한 연소기 제작을 위한 선행연구로서 과산화수소/케로신 점화기를 설계, 제작하여 촉매 베드의 성능평가 및 O/F ratio와 과산화수소 리드타임에 따른 점화여부를 확인 하였다. 이번 실험에 사용된 촉매와 지지체는 $\text{NaMnO}_4/\text{Al}_2\text{O}_3$ 이고 과산화수소 농도는 95% 이다. 실험결과 과산화수소/촉매량의 비율이 1.26 ~ 2.78인 영역에서 케로신 점화에 충분한 분해성능을 보이는 것을 확인하였고 O/F ratio 5.52 ~ 8.83 사이에서의 점화특성과 점화가 가능한 과산화수소 공급 리드타임을 알 수 있었다. 또한 점화기의 점화특성은 점화기 내부 온도에 큰 영향을 받는 것으로 판단된다.

본 연구를 바탕으로 점화지연시간, 점화안정성에 대한 연구를 진행할 예정이다.

후 기

본 연구는 한국과학재단을 통해 교육과학기술부의 우주기초원천기술개발 사업(NSL, National Space Lab)으로 지원받아 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. Antony J Musker, "Highly Stabilised Hydrogen Peroxide As A Rocket Propellant" AIAA Paper 2003-4619, July 2003
2. NASA News Releases, <http://www.nasa.gov/news/index.html> (99-114), 1999
3. W. Anderson, R. Boxwell, D. Crockett, R. Ross, T. Lewis, C. McNeal, K. Verdame (Orbital Sciences Corp.), "Upper-stage Flight Experiment",
4. J. C. Sisco, B. L. Austin, J. S. Mok, and W. E. Anderson, "Autoignition Of Kerosene By Decomposed Hydrogen Peroxide In A Dump Combustor Configuration", AIAA Paper 2003-4921, July 2003